

廃棄物処分における地質環境調査・解析手法に  
関する研究小委員会(第Ⅱ期)

活動報告

平成 29 年 6 月



## 目次

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 1. はじめに .....                        | 1   |
| 1-1. 設立の背景と目的 .....                  | 1   |
| 1-2. これまでの主な活動状況 .....               | 2   |
| 1-3. 第二期の検討課題 .....                  | 3   |
| 1-4. 第二期の活動期間と委員構成 .....             | 4   |
| 2. 最終処分場の立地選定に関する検討 .....            | 5   |
| 2-1. 最終処分場の設置から維持管理までの検討 .....       | 5   |
| 2-1-1. 現行の最終処分場の技術上の基準 .....         | 5   |
| 2-1-2. 最終処分場の設置時の検討 .....            | 8   |
| 2-1-3. 最終処分場の維持管理の検討 .....           | 12  |
| 2-1-4. 最終処分場の廃止後の検討 .....            | 16  |
| 2-2. 最終処分場の力学的安定性に関する検討 .....        | 21  |
| 2-2-1. 設置時の力学的安定性の検討 .....           | 21  |
| 2-2-2. 埋立終了後の廃棄物層を含めた力学的安定性の検討 ..... | 26  |
| 2-2-3. 最終処分場の力学的安定性に関する課題 .....      | 39  |
| 3. 最終処分場の周辺環境に関する調査・解析手法の検討 .....    | 42  |
| 3-1. 最終処分場の周辺環境に関する調査・解析手法の検討 .....  | 42  |
| 3-1-1. 基準・要領等からみた周辺環境の保全 .....       | 42  |
| 3-1-2. 現況の調査・解析手法に関する検討 .....        | 62  |
| 3-1-3. 今後の調査・解析手法に関わる課題 .....        | 75  |
| 3-2. 処分場の跡地利用等における応用地質学的課題 .....     | 82  |
| 3-2-1. 跡地利用の手続き .....                | 82  |
| 3-2-2. 跡地利用例 .....                   | 83  |
| 3-2-3. 廃棄物処分場跡地利用に伴う応用地質学的課題 .....   | 86  |
| 3-2-4. 廃棄物処分場跡地利用に伴う調査・評価方法 .....    | 91  |
| 4. 災害時に発生する災害がれき/廃棄物の仮置き等に関して .....  | 92  |
| 4-1. 2016 年熊本地震における災害廃棄物について .....   | 92  |
| 4-1-1. 平成 28 年熊本地震の概要 .....          | 92  |
| 4-1-2. 最終処分場の被災状況 .....              | 96  |
| 4-1-3. 災害廃棄物の状況 .....                | 104 |
| 4-2. 災害廃棄物の処分プロセスにおける応用地質学的検討 .....  | 111 |
| 4-2-1. 仮置場の環境汚染リスク .....             | 111 |
| 4-2-2. 仮置場の重要性と現状 .....              | 112 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 4－2－3．現行法の基での仮置場のあり方 .....               | 115 |
| 5．わが国の現状を踏まえた新たな廃棄物処分場モデルについての多角的検討..... | 118 |
| 5－1．産業廃棄物処理の現状 .....                     | 118 |
| 5－2．再利用を前提とした循環資源保管場の提案 .....            | 120 |
| 5－2－1．災害廃棄物の処理と復興資材 .....                | 120 |
| 5－2－2．循環資源としての廃棄物 .....                  | 120 |
| 5－2－3．最終処分場立地の課題 .....                   | 122 |
| 5－2－4．最終処分場から循環資源保管場への転換 .....           | 123 |
| 5－3．地形・地質を考慮した設置場所の検討 .....              | 125 |
| 5－3－1．想定される設置形態 .....                    | 125 |
| 5－4．地下処分場の事例 .....                       | 128 |
| 5－4－1．有害廃棄物の地下処分施設の事例 .....              | 128 |
| 5－4－2．放射性廃棄物の地下処分の事例 .....               | 130 |
| 5－5．応用地質学的な課題 .....                      | 144 |
| 6．廃棄物関連法令等の変遷 .....                      | 145 |
| 6－1．現行の最終処分場の技術上の基準 .....                | 145 |
| 6－2．最終処分場の各段階における基準等 .....               | 152 |
| 6－2－1．最終処分場の設置時の検討 .....                 | 152 |
| 6－2－2．最終処分場の維持管理の検討 .....                | 154 |
| 6－2－3．最終処分場の廃止後の検討 .....                 | 158 |
| 7．おわりに .....                             | 160 |
| 巻末資料－1　地下水講習会の資料（打木委員） .....             | 161 |
| 巻末資料－2　関係法令等のリスト（陳委員） .....              | 207 |
| 2－1　関連法令 .....                           | 207 |
| 2－1－1　土地利用に関する法令 .....                   | 208 |
| 2－1－2　環境保全に関する法令 .....                   | 209 |
| 2－2　指針等の文献 .....                         | 210 |
| 巻末資料－3　委員会活動に伴う発表文献 .....                | 211 |
| ＜2013年6月学会シンポジウム内容＞ .....                | 211 |
| 1－1．文明と廃棄物 .....                         | 211 |
| 1－2．廃棄物の発生量・処理の状況 .....                  | 211 |
| 1－3．廃棄物処分における問題 .....                    | 213 |
| 1－4．処分場立地選定における地質環境調査・解析について .....       | 213 |
| 1－5．まとめ .....                            | 214 |
| ＜J E S C 2 0 1 1＞ .....                  | 215 |
| 巻末資料－4　委員会活動（議事録等） .....                 | 224 |





## 1. はじめに

### 1-1. 設立の背景と目的

社会システムには、上流側の水・食料・物資・エネルギー等の資源供給インフラシステム、中流にある生産・流通・消費等の利用システム、そして下流部（排出側）に廃棄物再利用・処分システム（下水系、一般廃棄物・産業廃棄物、放射性廃棄物等の処理・処分）があり、それらが調和的に動くことで社会全体が維持されることになる。日本では廃棄物処分に関し、2000年（平成20年）に循環型社会形成推進基本法において**3R**の考え方が導入され、**(1)リデュース**（廃棄物の焼却・分解などによる減量化）**(2)リユース**（再使用）**(3)リサイクル**（有価物の再生利用・再資源化）**(4)熱回収**（サーマルリサイクル）**(5)適正処分**、が進められている。更には既存埋立廃棄物の掘起し再資源化などの再生も進められている。

わが国の一般廃棄物の最終処分場は、1990年代に供用開始された施設が多く、ほとんどが谷埋め型の陸上処分場である。3Rが進み、当時の予想を超えて寿命は伸びているが、操業開始後20年以上経過している現在では、これらの処分場の閉鎖・廃止、跡地適正利用、および今後新たな処分場の設置が求められている。

陸上における一般廃棄物処分場のサイト選定には、立地状況を考慮した水文・地形・地質などの調査・解析による環境評価が極めて重要となる。具体的な処分場設計においては、稼行時のアクセス、操作性などの考慮、貯留機能、長期しゃ断機能、自然災害対策等を考慮した設計が必要である。また、周辺住民の社会的受容の問題が最大の争点となることも多く、客観的な環境安全評価のあり方も検討すべき課題である。

このような状況を踏まえ、廃棄物研究小委員会では次のような経緯で活動を行ってきた。

- ・平成19年5月に災害廃棄物研究小委員会を設立し、地震災害廃棄物、水害廃棄物に関する現地調査、処分方法に関する検討、自治体へのアンケート調査などを実施すると共に、廃棄物処分と応用地質学の役割に関して議論を行った。
- ・平成22年5月には、小委員会名称を変更し、より守備範囲を広げた形で「廃棄物処分における地質環境調査・解析手法に関する研究小委員会（第一期）」を設立した。第一期委員会の活動期間中において、東日本大震災が発生し、その対応として緊急に二次仮置場の設置・運用に関する留意点をとりまとめ公表すると共に、学会発表、および小委員会内での研究に関して議論した（1-2節参照）。

以上を継承・拡大し、応用地質学会における廃棄物関連事案全体の窓口として活動すると共に、1-3節に述べるような具体的な研究活動を行うことを目的として、「廃棄物処分における地質環境調査・解析手法に関する研究小委員会（第二期）」を立ち上げた。

## 1-2. これまでの主な活動状況

本委員会活動は、日本応用地質学会災害廃棄物の防災と環境に関する研究小委員会から続くものなので、ここでは、これまでの主な活動について、以下に簡単に示す。

- 第一期委員会の活動期間中において、東日本大震災が発生し、その対応として 2011 年 6 月：「災害廃棄物の仮置き場に関する留意点－設置から、維持管理、閉鎖まで－」を学会 HP に公開し、緊急に二次仮置場の設置・運用に関する留意点を取りまとめた。
- 2012 年 11 月：平成 24 年度学会研究発表会でのセッションで委員会活動中間報告として、「津波災害廃棄物の発生量の推定について（山中稔：代理発表大野）、災害廃棄物の発生状況と仮置き場の状況（陳友晴）、最終処分場の立地状況と被災の可能性（松本謙二）、応用地質学的観点からの放射性物質の拡散と今後の対応（打木弘一）、放射性物質の遮断シートの活用方法について（山内一生）」を発表
- 2013 年 6 月：学会シンポジウムにて、委員会活動のまとめの一環として「廃棄物処分における地質環境調査・解析手法について（登坂博行委員長）」及び「総合討論：既存最終処分場のリスクと地中の活用」についての発表
- 生活と環境全国大会（2013 年 11 月：高松市）の発表講演の「災害がれき・廃棄物の処理等に係るマニュアル等について」において、本委員会活動の紹介
- 小委員会内で廃棄物処分と応用地質学の役割に関し検討し、地表環境に配慮した「地中・地下廃棄物処分」の将来的な可能性に関して情報収集および議論を行った。現行法では「地中にある空間に処分する」ことは認められていないものの、過去には多数の議論が行われており、諸外国にも事例があることから、日本の半地下式クロード型最終処分場などの事例も参考に、地下廃棄物処分地の得失を、陸上や海面最終処分場と比較しつつ、立地可能性を第二期に検討していくこととした。

### 1－3．第二期の検討課題

本委員会活動では、以下の点について検討し、2章以降で、その成果を示す。

- ① 地震、水害および付随した地すべり・地盤沈下等に関する安全性の検討
- ② 災害廃棄物の処分プロセスにおける応用地質学的検討
  - ・地震・水害発生時に即応した調査活動、応用地質学的提言
  - ・福島原発被災による基準値以下の放射性物質を含む廃棄物処理に関する対応
- ③ 廃棄物処分場の周辺環境（主に生活環境を中心に）に関する調査・解析手法の検討
  - ・水環境、生態系への影響に関する調査・解析手法、評価手法の検討
  - ・構造物の劣化に関する調査・解析
  - ・これらに関する外部からの質問・依頼に対する学会対応
- ④ 処分場の跡地利用等（閉鎖後の暫定利用も含む）における応用地質学的検討
  - ・陸上処分場、海面処分場の跡地利用等に関する応用地質学的検討
  - ・海面処分場や地下処分地の閉鎖後の利用等に関する応用地質学的検討
- ⑤ 地下廃棄物処分地の立地可能性につき、多角的に検討を行う。
  - ・諸外国の事例やクローズド型処分場、放射性廃棄物処分の検討事例などの収集整理と検討
  - ・地形・地質・水文の検討、環境影響評価
  - ・アクセス性、操業性、建設コスト、維持管理等を含めた総合評価

以上のことを踏まえ、委員会を、以下の3つのワーキンググループに分けて活動した。

安全評価ワーキンググループ（WG1）：山中（リーダー）、乾、磯部、陳、細野、和田

維持管理ワーキンググループ（WG2）：宮脇（リーダー）、大久保、鈴木、和田

新処分場ワーキンググループ（WG3）：大山（リーダー）、打木、陳、八村、山内

登坂委員長、宮原幹事、大野副幹事はすべてのワーキンググループに属し、横断的に活動を行う。

なお、本報告は、上記のワーキンググループの活動に必ずしも沿った構成ではないので留意していただきたい。

#### 1-4. 第二期の活動期間と委員構成

本委員会の活動期間と委員構成をいかに示す。

- 活動期間：平成 26 年度～平成 28 年度 (3 年間)
- 委員リスト

|       |        |                                     |
|-------|--------|-------------------------------------|
| 委員長   | 登坂 博行  | 東京大学大学院工学系研究科 教授                    |
| 主幹事   | 宮原 哲也  | (一財)日本環境衛生センター<br>西日本支局環境科学部 課長代理   |
| 副幹事   | 大野 博之  | 株式会社環境地質<br>技術部 部長                  |
| WG1 長 | 山中 稔   | 香川大学工学部<br>安全システム建設工学科 准教授          |
| WG2 長 | 宮脇 健太郎 | 明星大学 理工学部<br>総合理工学科環境・生態学系 教授       |
| WG3 長 | 大山 隆弘  | (一財)電力中央研究所<br>地球工学研究所バックエンド研究センター  |
| 委 員   | 磯部 有作  | (株)地層科学研究所                          |
| 委 員   | 乾 徹    | 京都大学大学院地球環境学堂<br>社会基盤親和技術論分野 准教授    |
| 委 員   | 打木 弘一  | 基礎地盤コンサルタンツ(株)<br>関東支社環境技術センター      |
| 委 員   | 大久保 拓郎 | (株)環境地質サービス<br>代表取締役社長              |
| 委 員   | 鈴木 素之  | 山口大学大学院理工学研究科<br>システム設計工学系 准教授      |
| 委 員   | 陳 友晴   | 京都大学大学院エネルギー科学研究科<br>エネルギー応用科学専攻 助教 |
| 委 員   | 八村 智明  | (一財)日本環境衛生センター<br>西日本支局環境科学部 部長     |
| 委 員   | 細野 賢一  | (株)地層科学研究所<br>防災環境事業グループ            |
| 委 員   | 山内 一生  | (株)建設工学研究社 社長                       |
| 委 員   | 和田 卓也  | (株)建設技術研究所 大阪本社<br>地圏環境部            |

備考) 所属は発足当時

(第 1 章：登坂博行・宮原哲也・大野博之)

## 2. 最終処分場の立地選定に関する検討

最終処分場の立地選定においては、自然条件を的確に把握することによって、その立地に最適な最終処分場のシステムを構築することができる。

最終処分場の施設建設において、貯留構造物、遮水工、防災調整池などの施設は、施設の規模が大きいことや施設の持つ重要性から、立地の自然条件を的確に把握、評価した上で検討されなければならない。不十分な地質情報は、建設時に多大な変更をもたらすだけでなく、場合によっては不適切な設計・施工につながり、安全性への疑問や環境保全機能に対する不十分さ等の問題が発生するので、事業主体はコンサルタントなどの専門家の意見を参考に調査数量を適正に定める必要がある。

最終処分場の適地選定作業は、技術的側面、土地利用上の側面、経済的側面に加え、地域住民の同意等の要件を満たしながら進めていく必要がある。特に、迷惑施設とも言える廃棄物処理・処分施設の立地検討に際しては、地域住民の理解が十分に得られるような明確な用地選定理由のもとに作業を行わなければならない。

### 2-1. 最終処分場の設置から維持管理までの検討

#### 2-1-1. 現行の最終処分場の技術上の基準

##### 2-1-1-1. 立地選定に関する法規や技術上の基準

###### (1) 土地利用等に関する関連法規等

最終処分場を建設する際に、計画地であらかじめ確認しておくべき関係法令や土地利用規制、関連する公害規制法については表2-1-1-1のとおりである。

###### (2) 最終処分場に関連する法令

廃棄物の処理処分を行うには「環境基本法」を前提に、「廃棄物処理法」及び各自治体において定められている「生活環境の保全に関する条例」などに基づいて適正な施設整備と維持管理を実施する必要がある。

以下の表2-1-1-2に、関係する法令、条例について示す。

最終処分場については、「ダイオキシン類対策特別措置法に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理の基準を定める省令」あるいは、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」、「廃棄物最終処分場性能指針」に最終処分場の維持管理基準及び放流水質に係る技術上の基準が定められているため、それらに準拠した施設とする必要がある。

また、「大気汚染防止法」、「水質汚濁防止法」及に基づく大気汚染に係る、ばい煙発生施設、揮発性有機化合物排出施設、一般粉じん発生施設、特定粉じん発生施設、あるいは水質汚濁に係る特定施設に該当しない。

さらに、廃棄物処理法によって定められた最終処分場や浸出水処理施設については、「土壌汚染対策法」に基づく有害物質使用特定施設には該当しない。

###### (3) 現行の最終処分場の技術上の基準

廃棄物最終処分場の技術上の基準としては、『廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和45年法律第137号）（以下、廃棄物処理法）』の規定に基づき、『一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準<sup>1)</sup>（以下、基準省令）』が定められている。さらに、『廃棄物最終処分場性能指針<sup>2)</sup>（以下、性能指針）』、及び『廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領<sup>3)</sup>（以下、整備要領）』などの基準や指針がある。これらの基準等において、廃棄物最終処分場とは『生活環境の保全上支障の生じない方法で、廃棄物を適切に貯留し、かつ生物的、物理化学的に安定な状態にすることができる埋立地とその主要施設、管理施設、関連施設を合わせた総体の施設』と定義されている<sup>2)3)</sup>。

表2-1-1-1 土地利用に関する法令及び適用区域

| 区 分                | 関 係 法 令                        | 適 用 区 域                                          |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 土地利用計画<br>関係法令     | 都市計画法                          | 市街化区域、市街化調整区域、用途地域、<br>風致地区等                     |
|                    | 文化財保護法                         | 史跡・名勝・天然記念物、埋蔵文化財包蔵<br>地                         |
|                    | 生産緑地法                          | 生産緑地地区                                           |
|                    | 農地法                            | 農地、採草放牧地                                         |
|                    | 農業振興地域の整備に<br>関する法律            | 農業振興地域                                           |
|                    | 都市再開発法                         | 市街地再開発事業の施行区域                                    |
|                    | 大阪湾臨海地域開発整<br>備法・中部圏開発整備<br>法等 | 都市整備区域、都市開発区域、保全区域                               |
| 自然環境保全<br>関係法令     | 自然公園法                          | 国立公園、国定公園、都道府県立自然公園                              |
|                    | 自然環境保全法                        | 原生自然環境保全地区                                       |
|                    | 森林法                            | 国有林、森林計画区に係る民有林、保安林                              |
|                    | 鳥獣の保護及び狩猟の<br>適<br>正化に関する法律    | 鳥獣保護区、鳥獣特別保護区                                    |
| 防災関係法令             | 河川法                            | 河川区域、河川保全区域                                      |
|                    | 水源地域対策特別措置<br>法                | 水源地域                                             |
|                    | 砂防法                            | 砂防指定地区                                           |
|                    | 地すべり等防止法                       | 地すべり防止地区                                         |
|                    | 急傾斜地の崩壊による<br>災<br>害の防止に関する法律  | 急傾斜地崩壊危険区域                                       |
|                    | 土砂災害防止法                        | 土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域                              |
|                    | 宅地造成等規制法                       | 宅地造成工事規制区域                                       |
| 土壌汚染・埋立<br>廃棄物関連法令 | 土壌汚染対策法                        | 要措置区域、形質変更要届出区域、自然由<br>来特例区域、埋立地特例区域、埋立地管理<br>区域 |
|                    | 廃棄物処理法                         | 指定区域                                             |

表2-1-1-2 環境保全関係法令

| 環境項目等   | 関係法令                                 |
|---------|--------------------------------------|
| 大気汚染    | 大気汚染防止法、道路交通法                        |
| 水質汚濁    | 水質汚濁防止法                              |
| 土壌汚染    | 農用地の土壌汚染防止法に関する法律<br>土壌汚染対策法         |
| 騒音      | 騒音規制法                                |
| 地盤沈下    | 建築物用地下水の採取の規制に関する法律                  |
| 振動      | 振動規制法                                |
| 悪臭      | 悪臭防止法                                |
| ダイオキシン類 | ダイオキシン類対策特別措置法                       |
| 廃棄物     | 廃棄物処理法、容器包装リサイクル法、<br>建設リサイクル法 他     |
| 条例      | 都道府県生活環境の保全に関する条例、<br>都道府県環境影響評価条例、等 |



## 2-1-2. 最終処分場の設置時の検討

### (1) 最終処分場の施設と機能ならびに応用地質学的諸条件との関係

整備要領<sup>3)</sup>によれば、最終処分場の施設と機能の関係について、下表が示されている。この表に示された施設に求められる機能のうち、応用地質学的諸条件（地形条件・地質条件・地盤条件・水文条件等）と密接な関係があり、それらの諸条件の影響を強く受けるものについては、右端の欄でその関係性の有無について示した。

表 2-1-2-1 最終処分場の施設と機能ならびに応用地質学的諸条件との関係（整備要領<sup>3)</sup>に加筆）

| 最終処分場の機能<br>最終処分場施設             |                | 貯留・<br>処理機能 | 環境保全機能      |              |                                      | 地域還元<br>機能 | 応用<br>地質学的<br>諸条件と<br>の関係 |
|---------------------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------------------|------------|---------------------------|
|                                 |                |             | 地下水<br>汚染防止 | 公共水域<br>汚染防止 | その他<br>(大気汚染<br>防止・生活<br>環境保全<br>など) |            |                           |
| 主<br>要<br>施<br>設                | 貯留構造物          | ◎           |             | ○            |                                      |            | ◎                         |
|                                 | 地下水集排水施設       |             | ○           |              |                                      |            | ◎                         |
|                                 | 遮水工            | ○           | ◎           |              |                                      |            | ◎                         |
|                                 | 雨水集排水施設        |             |             | ○            |                                      |            | ○                         |
|                                 | 浸出水集排水施設       | ○           | ◎           | ◎            |                                      |            | ○                         |
|                                 | 浸出水処理施設        | ○           | ◎           | ◎            |                                      |            | ○                         |
|                                 | 埋立ガス処理施設       | ○           |             |              | ○                                    |            | ○                         |
|                                 | 被覆施設           | ○           | ○           | ○            | ◎                                    |            | ○                         |
| 管<br>理<br>施<br>設                | 搬入管理施設         | ◎           |             |              | ◎                                    |            | ○                         |
|                                 | 環境監視(モニタリング)施設 |             | ◎           | ◎            | ◎                                    |            | ◎                         |
|                                 | 管理棟            | ○           |             |              |                                      |            | ○                         |
|                                 | 管理道路           | ○           |             |              | ○                                    |            | ○                         |
|                                 | その他（洗車施設）      |             |             | ○            | ○                                    |            | ○                         |
| 関<br>連<br>施<br>設                | 埋立前処理施設        | ○           |             |              |                                      |            |                           |
|                                 | 搬入道路           |             |             |              | ○                                    |            | ○                         |
|                                 | 飛散防止設備         |             |             |              | ○                                    |            |                           |
|                                 | 立て札、門扉、囲障設備    |             |             |              | ○                                    |            |                           |
|                                 | 防火設備           |             |             |              | ○                                    |            |                           |
|                                 | 防災設備           |             |             |              | ◎                                    |            | ◎                         |
| 地元還元施設                          |                |             |             |              |                                      | ◎          | ◎                         |
| 跡地 集会場、周辺緑地、運動場、<br>利用 太陽光発電所など |                |             |             |              |                                      |            |                           |

◎：関係が極めて大きい、○：関係がある

## (2) 最終処分場の主要施設計画・設計時に考慮すべき応用地質学的諸問題

最終処分場の施設のうち、表 2-1-2-1 に示したように、応用地質学的諸条件との関係が極めて大きいと考えられる施設は、主要施設のうち『貯留構造物』『地下水集排水施設』『遮水工』であり、管理施設のうち『環境監視（モニタリング）施設』、関連施設のうち『防災設備』などが挙げられる。それぞれの施設に具備すべき機能や、施設の形式については、整備要領<sup>3)</sup>に詳細が示されているためここでは詳述しないが、各構造物が遭遇する応用地質学的諸問題について、留意すべきポイントを述べる。

### 1) 貯留構造物

最終処分場の貯留構造物は、性能指針<sup>2)</sup>によれば「廃棄物の安全な貯留および一時的な浸出水の貯留」を目的とし、主な荷重は「土圧（埋立廃棄物圧）」「浸出水圧」とされ、「表面遮水工」を備えていない場合には、埋立廃棄物や浸出水と直接接することから、貯留構造物自体に「遮水性」が求められている。また、最終処分場の形式は、その地形的立地条件により「谷沢型」「平地掘込型」「平地盛立型」に分類され、その貯留構造物のタイプについては、「重力式コンクリートダム」「盛土ダム」「コンクリート擁壁」「補強盛土壁」「鉛直土留め壁」「コンクリート製ピット」「鋼製ピット」に分類されている（表 2-1-2-2）。

表 2-1-2-2 貯留構造物の分類（出典：整備要領<sup>3)</sup>）

| 最終処分場形式<br>貯留構造物のタイプ                       |                      | 谷沢型 | 平地掘込型 | 平地盛立型 | 応用地質学的諸条件との関係 |
|--------------------------------------------|----------------------|-----|-------|-------|---------------|
| 堰止めタイプ<br>（人工的な堰堤を<br>下流に築造）               | 重力式コンクリートダム          | ○   |       | ○     | ◎             |
|                                            | 盛土ダム                 | ○   |       | ○     | ◎             |
|                                            | コンクリート擁壁             | ○   |       | ○     | ○             |
| ピットタイプ<br>（コンクリート<br>または鋼製の壁を<br>外周と底部に構築） | コンクリートピット            |     | ○     |       |               |
|                                            | 鋼製ピット                |     | ○     |       |               |
| 斜面土留めタイプ<br>（地山を掘削整形して<br>壁として利用）          | コンクリート擁壁<br>ブロック積み擁壁 | ○※  | ○     |       | ○             |
|                                            | 補強盛土壁                | ○※  | ○     |       | ○             |
|                                            | 鉛直土留め壁               | ○※  | ○     |       | ○             |

◎：関係が極めて大きい、○：関係がある

※）地山掘削区域で、斜面土留めタイプが適用される場合がある。

このうち、応用地質学的諸条件との“関係が極めて大きい”と考えられるのは、堰止めタイプの貯留構造物のうち、『重力式コンクリートダム形式』と『盛土ダム形式』の2つである。よって、この2形式について、貯留構造物計画・設計時に遭遇する応用地質学的諸問題について、留意すべきポイントを以下に述べる。

#### ① 重力式コンクリートダム形式

重力式コンクリート形式の貯留構造物の立地選定に当たっては、目標とする廃棄物埋立容量の確保が可能な地形条件に加え、貯留構造物基礎岩盤（地盤）の『地耐力』『弱層の性状と分布状況』『変位・変動・変形の有無』『遮水性』等の地質条件が良好、あるいは問題点の克服が工学的かつ経済的に実現可能か否かがポイントとなる。

#### ●基礎地盤（岩盤）の地耐力、変位・変形

重力式コンクリートダム形式の貯留構造物はそれ自体の比重が大きいことから、基礎地盤（または岩盤）への単位面積当たりの荷重が、盛土ダム（アースダム）形式などと比べて大きくなる。また、盛土ダムと異なり、コンクリート製の堤体は基礎地盤（岩盤）の変形に対して追従せず、堤体のひび割れやジョイント部の分離など、堤体自体が破損するおそれがある。したがって、貯留構造物の規模が大きくなるほど、その基礎地盤（または岩盤）に求められる地盤強度も、より強固で安定したものが求められる。特に、高さ15mを越えるハイダムに相当するものについては、河川法（第四十四条～第五十一条）における「ダムに関する特則」に準拠した、厳しい基準をクリアせねばならない。

また、重力式コンクリートダム形式の貯留構造物に対して、変位や不同沈下等の悪影響を及ぼす要素としては、基礎地盤（または岩盤）中の断層破碎帯（活断層が存在する場合は設置不可）、あるいは熱水変質帯や強風化帯などの地質的弱層の存在が指摘される。よって、これら地質的弱層の性状や分布状況を事前の地質調査で詳細に把握し、設計・施工段階で適切な対策を計画・実施することが重要となる。

さらに、堤体基礎地盤（または岩盤）中、あるいは周辺の地山に、地すべりや岩すべり、岩盤クリープ帯などの重力による地盤変動・変形の有無についても、事前の地質調査時に十分な調査を実施して的確に把握し、必要に応じて対策を講ずる必要がある。

#### ●基礎地盤（岩盤）の透水性・遮水性

自然の谷地形を利用して建設される重力式コンクリートダム形式の貯留構造物では、天然の地質バリア（基礎岩盤（地盤）の遮水性（難透水性））を活用することで、底面遮水シート無しで浸出水の漏洩防止を行う。この場合、貯留構造物の基礎岩盤（地盤）にカーテングラウチングによる鉛直遮水工を構築し、貯留構造物下位地盤（岩盤）中の透水ゾーンを遮水することで、浸出水の漏洩を防止する。このとき、遮水シートに代わって浸出水の漏洩防止を担うカーテングラウチング工に対しては、貯水量に対してある程度の漏水を許容することができる貯水ダムとは異なり、高度な遮水性（透水性改良目標値：ルジオン値<1）が求められる。よって、これら透水ゾーンの性状や分布状況を、事前の現場透水試験（ルジオン試験等）を伴う地質調査で詳細に把握し、設計・施工段階で適切な遮水対策を計画・実施することが重要となる。

## ② 盛土ダム形式

#### ●基礎地盤（岩盤）の地耐力、変位・変形

盛土ダム形式の貯留構造物は、土質材料で堰堤を構築することから、重力式コンクリートダム形式の貯留構造物よりも自重が軽いため、基礎地盤（岩盤）に求められる地耐力は、比較的小さいもの（悪条件）であっても設置可能となる。つまり、盛土ダム形式の貯留構造物は、断層破碎帯、熱水変質帯、強風化帯などの地質的弱層が存在しても、あるいは未固結堆積層の地盤であっても建設可能となる。ただし、基礎地盤中に沖積粘土層などの軟弱地盤が伏在する場合には、盛土ダムによる貯留構造物の構築や、廃棄物埋立による上載荷重の増加で地盤沈下（不同沈下）を誘発する場合がある。このような事態に陥った場合、底面遮水シートの破損や、地下水集排水路・浸出水集排水路等の埋設管路の破損等の問題が生じる。このため、軟弱地盤の分布域は予め選定候補から除外するか、あるいは事前の地質調査結果に基づき、軟弱地盤の掘削除去や地盤改良等の地盤沈下対策を適宜実施する必要がある。同様に、貯留構造物の下位、あるいは周辺地盤中における、地すべりや円弧すべり等の地盤の変位・変形に対しては、事前の地質調査・解析により、それらの地質リスクをあらかじめ把握するとともに、適切な対策工を計画・実施する必要がある。

#### ●基礎地盤（岩盤）の透水性・遮水性

盛土ダム形式では、遮水工は遮水シート等による底面遮水工の設置が前提となるため、盛土ダムの堤体自体に遮水性（遮水機能）は求められない。したがって、盛土ダム形式の貯留構造物は、重力式コンクリートダム形式よりも、地形・地質条件に関する適用範囲が広く、しかも比較的簡便で安価に施工できるため、立地条件が限定される重力式コンクリート形式の貯留構造物に比べて適用可能な場所が多く、管理型処分場で採用されている。

なお、貯留構造物の設計基準については、各構造物の形式によって、下記の設計基準に準拠する必要がある。

【重力式コンクリートダム】

- ◆ 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編〔Ⅰ〕（1997.10）

【盛土ダム】

- ◆ 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕（2003.4）

【擁壁】

- ◆ 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針（1999.3）
- ◆ 建設省制定：土木構造物標準設計 第2巻 解説書（擁壁類）（2000.9）

## 2-1-3. 最終処分場の維持管理の検討

最終処分場管理の最終目的は埋め立てた廃棄物を安全に貯留保管し、廃棄物層を安定化させたのちに生活環境保全上支障のないことを確認したうえで早期に廃止させることである。そのためには、受け入れる廃棄物の量と質の管理を行う「搬入管理」、受け入れた廃棄物を安全に貯留保管させ、かつ早期に安定化させる「埋立作業管理」、最終処分場を構成する施設を機能させるための「施設管理」および「環境管理」が適切に行わなければならない。

### 最終処分場の維持管理基準の概要

| 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令<br>(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)                                  |     |     |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|----|
| ※文中下線部は改正部分を指す。○従来より適用、◎平成10年6月17日改正により適用、×適用無し                                                      |     |     |    |    |
| 基準の内容                                                                                                | 一 廃 | 産 廃 |    |    |
|                                                                                                      |     | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1) 埋立地外に廃棄物が飛散し、及び流出しないように必要な措置を講ずること。                                                               | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 2) 最終処分場外に悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。                                                                    | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 3) 火災発生を防止するために必要な措置を講ずるとともに、消火器その他の消火設備を備えておくこと。                                                    | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 4) ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないように薬剤の散布 其他必要な措置を講ずること。                                                 | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 5) 囲いは、みだりに人が立ち入るのを防止することができるようにしておくこと。                                                              | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにしておくこと。                                                    | ◎   | ◎   | ◎  | ×  |
| 6) 立れその他の設備は、常に見やすい状態にしておくとともに、表示すべき事項に変更が生じた場合には、速やかに書換え其他必要な措置を講ずること。                              | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 7) 擁壁等を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                       | ○   | ○   | ○  | ×  |
| 8 廃棄物を埋め立てる前に遮水工を砂その他のものにより覆うこと。                                                                     | ◎   | ×   | ◎  | ×  |
| 9) 遮水工を定期的に点検し、その遮水効果が低下するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを回復するために必要な措置を講ずること。                                | ○   | ×   | ○  | ×  |
| 10) 最終処分場の周縁の2箇所以上の場所から採取した地下水又は地下水集排水 設備より採取した水の水質検査を次により行うこと。                                      |     |     |    |    |
| イ.埋立開始前に地下水等検査項目、電気伝導率及び塩化物イオン濃度を測定・記録すること。                                                          | ◎   | ◎*  | ◎  | ◎  |
| ロ.埋立開始後、地下水等検査項目を1年に1回以上測定・記録すること。                                                                   | ◎   | ◎   | ◎  | ◎  |
| ハ.埋立開始後、電気伝導率又は塩化物イオン濃度を1月に1回以上測定・記録すること。                                                            | ◎   | ×   | ◎  | ◎  |
| ニ.電気伝導率又は塩化物イオン濃度に異状が認められた場合には、速やかに 再度測定・記録するとともに地下水等検査項目についても測定・記録すること。                             | ◎   | ×   | ◎  | ◎  |
| 11) 地下水等検査項目に係る水質検査の結果、水質の悪化(その原因が当該最終処分場以外にあることが明らかな場合を除く)が認められる場合は、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。 | ◎   | ◎   | ◎  | ◎  |
| 12) 雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、埋立地に雨水が入らないように必要な措置を講ずること。                                          | ○   | ×   | ○  | ○  |
| 13) 調整池を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                      | ◎   | ×   | ◎  | ×  |

|     |                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
| 14) | 浸出液処理設備の維持管理は次により行うこと。<br>イ.放流水の水質が排水基準等に適合することとなるように維持管理すること。<br>ロ.浸出液処理設備の機能の状態を定期的に点検し、異状を認めた場合には速やかに必要な措置を講ずること。<br>ハ.放流水の水質検査を次により行うこと。<br>(1)排水基準等に係る項目について1年に1回以上測定・記録すること。<br>(2)水素イオン濃度、BOD、COD、SS、窒素について1月に1回以上測定・記録すること。 | ◎ | × | ◎ | × |
| 15) | 開渠その他の設備の機能を維持するため、開渠に堆積した土砂等の速やかな除去その他の必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                | ○ | × | ○ | ○ |
| 16) | 通気装置を設けて埋立地から発生するガスを排除すること。<br>(ただし、ガスを発生するおそれのない廃棄物のみを埋め立てる場合を除く。)                                                                                                                                                                 | ○ | × | ◎ | × |
| 17) | 埋立処分が終了した埋立地は、厚さがおおむね50cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。<br>(ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、遮水工と同等以上の効力を有する覆いにより閉鎖すること。)                                                                                                                  | ◎ | × | ◎ | × |
| 18) | 閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                              | ◎ | × | ◎ | × |
| 19) | 埋め立てられた廃棄物の種類、数量及び最終処分場の維持管理に当たって行った点検、検査その他の措置の記録を作成し、廃止までの間保存すること。                                                                                                                                                                | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 20) | 埋立地のたまり水は、埋立開始前に排除すること。                                                                                                                                                                                                             | × | × | × | ○ |
| 21) | 外周仕切設備及び内部仕切設備を定期的に点検し、これらの設備の損壊又は保有水の浸出のおそれがあると認められる場合には、速やかに新たな廃棄物の搬入及び埋立処分を中止させるとともに、設備の損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                           | × | × | × | ○ |
| 22) | 埋立処分が終了した埋立地は、速やかに外周仕切設備と同等の覆いにより閉鎖すること。                                                                                                                                                                                            | × | × | × | ◎ |
| 23) | 閉鎖した埋立地については、覆いを定期的に点検し、覆いの損壊又は保有水の浸出のおそれがある場合には、速やかに覆いの損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                              | × | × | × | ○ |
| 24) | 廃棄物を埋め立てる前に、展開検査を行い、安定型産業廃棄物以外の廃棄物の付着又は混入が認められる場合には廃棄物を埋め立てないこと。                                                                                                                                                                    | × | ◎ | × | × |
| 25) | 浸透水について地下水等検査項目を1年1回以上、BOD又はCODを1月に1回(埋立終了後は3月に1回)以上、水質を測定・記録すること。                                                                                                                                                                  | × | ◎ | × | × |
| 26) | 次に掲げる場合には、速やかに、廃棄物の搬入及び埋立処分を中止するとともに、生活環境保全上必要な措置を講ずること。<br>(1)浸透水に係る地下水等検査項目の水質検査の結果基準に適合していない場合。<br>(2)BOD又はCODの水質検査の結果、BODが20mg/l又はCODが40mg/lを超えている場合。                                                                           | × | ◎ | × | × |
| 27) | 埋立処分が終了した埋立地を、埋立処分以外の用に供する場合は、厚さがおおむね50cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。                                                                                                                                                                    | × | ◎ | × | × |
| 28) | 27)により閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                        | × | ◎ | × | × |

| 廃棄物埋立地の維持管理に関する放流水等の水質の規制<br>(一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)) |                                                |                          |             |                             |                 |               |             |                  |             |                  |           |             |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------|---------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-----------|-------------|------------------|
| (単位:mg/L)                                                                                      |                                                |                          |             |                             |                 |               |             |                  |             |                  |           |             |                  |
| 処分場                                                                                            |                                                | 管理型最終処分場                 |             |                             |                 | 安定型最終処分場      |             |                  |             | 遮断型最終処分場         |           |             |                  |
| 対象試料                                                                                           |                                                | 地下水基準(全処分場共通)            |             | 放流水基準                       |                 | 地下水基準(全処分場共通) |             | 浸透水基準            |             | 地下水基準(全処分場共通)    |           |             |                  |
| 対象期間                                                                                           |                                                | 埋立<br>開始前                | 埋立開始<br>～廃止 | 埋立開始<br>～廃止                 | 廃止時(廃止<br>前2年間) | 埋立<br>開始前     | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時              | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時              | 埋立<br>開始前 | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時              |
| 測定<br>頻度                                                                                       | 地下水等検査項目 <sup>1)</sup>                         | 1回 <sup>3)</sup>         | 1回/年        | —                           | —               | 1回            | 1回/年        | 基準 <sup>※1</sup> | 1回/年        | 基準 <sup>※1</sup> | 1回        | 1回/年        | 基準 <sup>※1</sup> |
|                                                                                                | 電気伝導率又は塩化物イオン <sup>1)</sup>                    | —                        | 1回/月        | —                           | —               | —             | —           | —                | —           | —                | —         | 1回/月        | —                |
|                                                                                                | 電気伝導率及び塩化物イオン <sup>1)</sup>                    | 1回                       | —           | —                           | —               | —             | —           | —                | —           | —                | 1回        | —           | —                |
|                                                                                                | BOD又はCOD <sup>1)</sup>                         | —                        | —           | —                           | —               | —             | —           | —                | 1回/月        | 基準 <sup>※2</sup> | —         | —           | —                |
|                                                                                                | * pH、BOD、COD、SS、N <sup>1)</sup>                | —                        | —           | 1回/月                        | 1回/3か月          | —             | —           | —                | —           | —                | —         | —           | —                |
|                                                                                                | * の項目を除く排水基準項目 <sup>1)</sup>                   | —                        | —           | 1回/年                        | 1回/6か月          | —             | —           | —                | —           | —                | —         | —           | —                |
|                                                                                                | ダイオキシン類 <sup>2)</sup>                          | 1回                       | 1回/年        | 1回/年                        | —               | —             | —           | —                | —           | —                | —         | —           | —                |
| 排水基準項目(○:地下水等検査項目)                                                                             |                                                | 環境基準 <sup>4)</sup>       |             | 維持管理<br>基準 <sup>1)</sup>    |                 | 環境基準          |             | 維持管理<br>基準       |             | 環境基準             |           |             |                  |
| 1                                                                                              | アルキル水銀化合物<br>(地下水:アルキル水銀)                      | 不検出 <sup>5)</sup>        |             | 不検出                         |                 | 不検出           |             | 不検出              |             | 不検出              |           |             |                  |
| 2                                                                                              | 水銀及びアルキル水銀その他<br>の水銀化合物(地下水:総水銀)               | 0.0005                   |             | 0.005                       |                 | 0.0005        |             | 0.0005           |             | 0.0005           |           |             |                  |
| 3                                                                                              | カドミウム及びその化合物<br>(地下水:カドミウム)                    | 0.003                    |             | 0.03                        |                 | 0.003         |             | 0.003            |             | 0.003            |           |             |                  |
| 4                                                                                              | 鉛及びその化合物                                       | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 5                                                                                              | 有機燐化合物 <sup>6)</sup>                           | —                        |             | 1                           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 6                                                                                              | 六価クロム化合物<br>(地下水:六価クロム)                        | 0.05                     |             | 0.5                         |                 | 0.05          |             | 0.05             |             | 0.05             |           |             |                  |
| 7                                                                                              | 砒素及びその化合物<br>(地下水:砒素)                          | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 8                                                                                              | シアン化合物                                         | 不検出                      |             | 1                           |                 | 不検出           |             | 不検出              |             | 不検出              |           |             |                  |
| 9                                                                                              | ポリ塩化ビフェニル                                      | 不検出                      |             | 0.003                       |                 | 不検出           |             | 不検出              |             | 不検出              |           |             |                  |
| 10                                                                                             | トリクロロエチレン                                      | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 11                                                                                             | テトラクロロエチレン                                     | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 12                                                                                             | ジクロロメタン                                        | 0.02                     |             | 0.2                         |                 | 0.02          |             | 0.02             |             | 0.02             |           |             |                  |
| 13                                                                                             | 四塩化炭素                                          | 0.002                    |             | 0.02                        |                 | 0.002         |             | 0.002            |             | 0.002            |           |             |                  |
| 14                                                                                             | 1, 2-ジクロロエタン                                   | 0.004                    |             | 0.04                        |                 | 0.004         |             | 0.004            |             | 0.004            |           |             |                  |
| 15                                                                                             | 1, 1-ジクロロエチレン                                  | 0.1                      |             | 0.2                         |                 | 0.1           |             | 0.02             |             | 0.1              |           |             |                  |
| 16                                                                                             | シス-1, 2-ジクロロエチレン                               | —                        |             | 0.4                         |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 16                                                                                             | 1, 2-ジクロロエチレン                                  | 0.04                     |             | —                           |                 | 0.04          |             | 0.04             |             | 0.04             |           |             |                  |
| 17                                                                                             | 1, 1, 1-トリクロロエタン                               | 1                        |             | 3                           |                 | 1             |             | 1                |             | 1                |           |             |                  |
| 18                                                                                             | 1, 1, 2-トリクロロエタン                               | 0.006                    |             | 0.06                        |                 | 0.006         |             | 0.006            |             | 0.006            |           |             |                  |
| 19                                                                                             | 1, 3-ジクロロプロペン                                  | 0.002                    |             | 0.02                        |                 | 0.002         |             | 0.002            |             | 0.002            |           |             |                  |
| 20                                                                                             | チウラム                                           | 0.006                    |             | 0.06                        |                 | 0.006         |             | 0.006            |             | 0.006            |           |             |                  |
| 21                                                                                             | シマジン                                           | 0.003                    |             | 0.03                        |                 | 0.003         |             | 0.003            |             | 0.003            |           |             |                  |
| 22                                                                                             | チオベンカルブ                                        | 0.02                     |             | 0.2                         |                 | 0.02          |             | 0.02             |             | 0.02             |           |             |                  |
| 23                                                                                             | ベンゼン                                           | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 24                                                                                             | セレン及びその化合物<br>(地下水:セレン)                        | 0.01                     |             | 0.1                         |                 | 0.01          |             | 0.01             |             | 0.01             |           |             |                  |
| 25                                                                                             | 一・四-ジオキサン                                      | 0.05                     |             | 0.5                         |                 | 0.05          |             | 0.05             |             | 0.05             |           |             |                  |
| 26                                                                                             | 塩化ビニルモノマー【クロロエチレン<br>(別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノ<br>マー)】 | 0.002                    |             | —                           |                 | 0.002         |             | 0.002            |             | 0.002            |           |             |                  |
| 27                                                                                             | ホウ素及びその化合物                                     | 海域以外                     | —           | 50 <sup>7)</sup>            |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 230                         |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 28                                                                                             | フッ素及びその化合物                                     | 海域以外                     | —           | 15 <sup>7)</sup>            |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 15                          |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 29                                                                                             | アンモニア、アンモニウム化合物、亜<br>硝酸化合物、硝酸化合物 <sup>8)</sup> | —                        |             | 200 <sup>7)</sup>           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 30                                                                                             | 水素イオン濃度                                        | 海域以外                     | —           | 5.8～8.6                     |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 5.0～9.0                     |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 31                                                                                             | 生物化学的酸素要求量 <sup>9)</sup>                       | —                        |             | 60                          |                 | —             |             | 20               |             | 20               |           | —           |                  |
| 32                                                                                             | 化学的酸素要求量 <sup>9)</sup>                         | —                        |             | 90                          |                 | —             |             | 40               |             | —                |           | —           |                  |
| 33                                                                                             | 浮遊物質                                           | —                        |             | 60                          |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 34                                                                                             | ノルマルヘキサン<br>抽出物質含有量                            | 鉱油                       | —           | 5                           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
|                                                                                                |                                                | 動植物油脂                    | —           | 30                          |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 35                                                                                             | フェノール類含有量                                      | —                        |             | 5                           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 36                                                                                             | 銅含有量                                           | —                        |             | 3                           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 37                                                                                             | 亜鉛含有量                                          | —                        |             | 2 <sup>※3)</sup>            |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 38                                                                                             | 溶解性鉄含有量                                        | —                        |             | 10                          |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 39                                                                                             | 溶解性マンガ含有量                                      | —                        |             | 10                          |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 40                                                                                             | クロム含有量                                         | —                        |             | 2                           |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 41                                                                                             | 大腸菌群数                                          | —                        |             | (3,000個/ mL) <sup>10)</sup> |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 42                                                                                             | 窒素含有量 <sup>11)</sup>                           | —                        |             | 120(60)                     |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 43                                                                                             | 燐含有量 <sup>12)</sup>                            | —                        |             | 16(8)                       |                 | —             |             | —                |             | —                |           |             |                  |
| 44                                                                                             | ダイオキシン類                                        | 1pg—TEQ/L <sup>13)</sup> |             | 10pg—TEQ/L <sup>2)</sup>    |                 | 1pg—TEQ/L     |             | —                |             | 1pg—TEQ/L        |           |             |                  |

※ 1 環境基準に適合していること。

※ 2 BOD : 20mg/L 以下

※ 3 平成 18 年 12 月 11 日現在、設置許可を受けている者又は許可の申請をしている者等は、12 月 11 日から 6 月間、基準値は 5 mg/L が適用される

注)

- 1) 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（最終処分省令：昭和 52 年 3 月総・厚令 1 号）による。
- 2) ダイオキシン類対策特別措置法に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理の基準を定める省令（平成 12 年 1 月・厚 2 号）による。
- 3) 測定頻度の欄における回数は～以上を意味する。
- 4) 地下水の水質汚濁に係る環境基準（平成 9 年 3 月環告 10 号）
- 5) 「一般廃棄物の最終処分場又は産業廃棄物の最終処分場に係る水質検査の方法」（平成 10 年 6 月環・厚告 1 号）により検査した場合において、その結果が当該検査方法の定量限界を下回ることをいう。
- 6) パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及び EPN（エチルパラニトロフェニルチオノベンゼンホスホネイト）に限る。
- 7) 平成 17 年 4 月 1 日から当分の間適用される。
- 8) 1L につきアンモニア性窒素に 0.4 を乗じたもの、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の合計量
- 9) 海域及び湖沼に排出される放流水については生物化学的酸素要求量を除き、それ以外の公共用水域に排出される放流水については化学的酸素要求量を除く。
- 10) 「日間平均：（）」による排水基準値は、一日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。
- 11) 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域（湖沼であって水の塩素イオン含有量が 1L につき 9,000mg を超えるものを含む。以下同じ。）として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限り適用する。
- 12) 燐含有量についての排水基準は、燐が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限り適用する。
- 13) ダイオキシン類による大気汚染、水質の汚濁及び土壌の汚染に係る環境基準（平成 11 年 12 月環告第 68 号）



#### 2-1-4. 最終処分場の廃止後の検討

##### (1) 最終処分場の廃止と応用地質学的諸条件との関係

整備要領<sup>3)</sup>によれば、最終処分場の廃止に当たって下表の廃止確認申請を行うよう定められている。この表に示された項目のうち、応用地質学的諸条件（地形条件・地質条件・地盤条件・水文条件等）と密接な関係があり、それらの諸条件の影響を強く受けるものについては、右端の欄でその関係性の有無について示した。

表 2-1-4-1 廃止確認申請の内容と応用地質学的諸条件との関係（整備要領<sup>3)</sup>に加筆）

| 項 目  | 一般廃棄物最終処分場                                                             |                              | 産業廃棄物最終処分場              |                         | 応用地質学的諸条件との関係※ |
|------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|      | 法第 8 条第 1 項の許可の場合                                                      | 法第 9 条の 3 第 1 項の届出の場合（市町村対象） | 令第 7 条第 14 号ロ（安定型最終処分場） | 令第 7 条第 14 号ハ（管理型最終処分場） |                |
| 記載項目 | 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名                                          | ○                            |                         | ○                       |                |
|      | 名称及び代表者の氏名                                                             |                              | ○                       |                         |                |
|      | 設置の場所                                                                  | ○                            | ○                       | ○                       |                |
|      | 許可の年月日及び許可番号                                                           | ○                            |                         | ○                       |                |
|      | 届出年月日                                                                  |                              | ○                       |                         |                |
|      | 埋め立てた一般廃棄物の種類（当該一般廃棄物に石綿含有一般廃棄物が含まれる場合は、その旨を含む。）及び数量                   | ○                            | ○                       |                         | ◎              |
|      | 埋め立てた産業廃棄物の種類及び数量                                                      |                              |                         | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地の面積及び埋立ての深さ                                                         | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立処分の方法                                                                | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立処分開始年月日                                                              | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立処分終了年月日                                                              | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 悪臭の発散の防止に関する措置の内容                                                      | ○                            | ○                       | ○                       |                |
|      | 火災の発生の防止に関する措置の内容                                                      | ○                            | ○                       | ○                       |                |
|      | ねずみの生息及び害虫の発生の防止に関する措置の内容                                              | ○                            | ○                       | ○                       |                |
|      | 地下水等又は地下水の水質の状況                                                        | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地の保有水等の水質の状況                                                         | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地の浸透水の水質状況                                                           |                              |                         | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地からのガスの発生の状況                                                         | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地の内部及び周辺の地中の温度の状況                                                    | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 埋立地の覆いの概況                                                              | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 石綿含有産業外気物を埋め立てた場合は、その数量                                                |                              |                         | ○                       | ◎              |
| 添付資料 | 当該最終処分場の現状を明らかにする平面図、立面図、断面図および構造図                                     | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 当該最終処分場周辺の地図                                                           | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 当該申請の直前の 2 年以上にわたって行った最終処分基準省令第 1 条第 3 項第 6 号の規定による保有水等の水質検査の結果を記載した書類 | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 当該申請の直前に行った浸透水の水質検査の結果を記載した書類                                          |                              |                         | ○                       | ◎              |
|      | 石綿含有一般（産業）廃棄物を埋め立てた場合は、当該石綿含有一般（産業）廃棄物が埋め立てられている位置を示す図                 | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |
|      | 廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物を埋め立てた場合は、廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物が埋め立てられている位置を示す図               |                              |                         | ○                       | ◎              |
|      | その他、参考となる書類又は図面                                                        | ○                            | ○                       | ○                       | ◎              |

※) ◎：関係が極めて大きい、○：関係がある

## (2) 最終処分場の廃止基準と応用地質学的諸条件との関係

整備要領<sup>3)</sup>によれば、最終処分場の廃止基準については、下表の基準内容が定められている。各廃止基準内容に対して、応用地質学的諸条件との関係が極めて大きいものについて、下表の右端の欄に示した。

表 2-1-4-2 最終処分場の廃止基準と応用地質学的諸条件との関係（整備要領<sup>3)</sup>に加筆）

| 基準の内容                                                                                                                        | 一般<br>廃棄物 | 産業廃棄物 |    |    | 応用<br>地質学的<br>諸条件<br>との関係 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|----|----|---------------------------|
|                                                                                                                              |           | 安定    | 管理 | 遮断 |                           |
| 1 廃棄物最終処分場が囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                       | ○         |       | ○  |    | ◎                         |
| 2 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                        | ○         | ○     | ○  | ○  |                           |
| 3 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。                                                                                              | ○         | ○     | ○  | ○  |                           |
| 4 ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                  | ○         | ○     | ○  | ○  |                           |
| 5 地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。<br>イ 現に地下水質が基準に適合していないこと<br>ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること | ○         | ○     | ○  | ○  | ◎                         |
| 6 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められること。<br>(1)排水基準等 6月に1回以上<br>(2)BOD、COD、SS 3月に1回以上 | ○         |       | ○  |    | ◎                         |
| 7 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。                                                                        | ○         | ○     | ○  |    | ◎                         |
| 8 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていること。                                                                                           | ○         | ○     | ○  |    | ◎                         |
| 9 おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。                                                                                             | ○         | ○     | ○  |    | ◎                         |
| 10 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。                                                           | ○         |       | ○  |    | ◎                         |
| 11 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                                                                    | ○         | ○     | ○  | ○  | ◎                         |
| 12 地滑り、沈下防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                                  |           |       |    | ○  | ◎                         |
| 13 外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。                                                                                           |           |       |    | ○  | ◎                         |
| 14 埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境庁長官及び厚生大臣の定める措置が講じられていること。                                                                       |           |       |    | ○  | ◎                         |
| 15 地滑り、沈下防止工、雨水等排出設備について、構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                              |           | ○     |    |    | ◎                         |
| 16 浸透水の水質が次の要件を満たすこと。<br>・地下水等検査項目：基準に適合<br>・BOD：20mg/l以下                                                                    |           | ○     |    |    | ◎                         |

○：適用、◎：関係が極めて大きい

跡地利用において、地下に廃棄物が埋め立てられている土地の形質変更を行う場合には、『最終処分場跡地形質変更に係る施工ガイドライン<sup>4)</sup>（以下、形質変更ガイドライン）』に準拠する必要がある。土地の形質変更に当たっては、放流水に関するモニタリングと環境保全対策は不可欠であり、必要に応じて、廃棄物の飛散、流出、露出、悪臭・有毒ガスの人体への曝露、可燃ガスによる発火・爆発事故の誘発などを未然に防止する対策を実施する必要がある。また、周縁地下水の水質モニタリング、地盤・構造物の変位等についても、そのモニタリングと環境保全対策を行う必要がある。

（２－１節：山中稔・和田卓也・八村智明）

#### 参 考 文 献

- 1) 総理府・厚生省（1977）：一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（公布日：昭和 52 年 3 月 14 日・総理府・厚生省令第 1 号、最終改正：平成 18 年 11 月 10 日・環境省令第 33 号）
- 2) 厚生省（2000）：廃棄物最終処分場性能指針（公布日：平成 12 年 12 月 28 日・生衛発 1903 号、改訂：平成 14 年 11 月 15 日 環廃対 726 号）
- 3) 全国都市清掃会議（2010 改訂版）：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領
- 4) 環境省（2005）：最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン（廃棄物最終処分場跡地形質変更に係る基準検討委員会）

表ー 最終処分場の廃止基準の概要

| 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令<br>(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)               |  |  |  |  | 最終処分場の廃止基準の概要 |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|---------|--|--|
|                                                                                   |  |  |  |  | 安定型処分場        |                                                                                                                              | 管理型処分場 |    | しゃ断型処分場 |  |  |
| ○適用、×適用無し                                                                         |  |  |  |  | 共通基準          | 2.最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                        |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               | 3.火災発生を防止するためにひつような措置が講じられていること。                                                                                             |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               | 4.ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                  |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               | 5.地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。<br>イ 現に地下水質が基準に適合していないこと<br>ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               | 11.現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                                                                    |        |    |         |  |  |
| 基準の内容                                                                             |  |  |  |  | 一 廃           | 産 廃                                                                                                                          |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               | 安定                                                                                                                           | 管理     | 遮断 |         |  |  |
| 1) 廃棄物最終処分場が囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準 に適合していないと認められないこと。                          |  |  |  |  | ○             | ×                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| 2) 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                            |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ○  |         |  |  |
| 3) 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。                                                  |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ○  |         |  |  |
| 4) ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                      |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ○  |         |  |  |
| 5) 地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。                  |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ○  |         |  |  |
| イ 現に地下水質が基準に適合していないこと                                                             |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
| ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること                                                  |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
| 6) 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度 で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められること。 |  |  |  |  | ○             | ×                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| (1)排水基準等 6月に1回以上                                                                  |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
| (2)BOD,COD,SS 3月に1回以上                                                             |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
| 7) 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。                            |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| 8) 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。                                              |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| 9) おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。                                                 |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| 10) 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。               |  |  |  |  | ○             | ×                                                                                                                            | ○      | ×  |         |  |  |
| 11) 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                        |  |  |  |  | ○             | ○                                                                                                                            | ○      | ○  |         |  |  |
| 12) 地滑り、沈下防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。                                      |  |  |  |  | ×             | ×                                                                                                                            | ×      | ○  |         |  |  |
| 13) 外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。                                               |  |  |  |  | ×             | ×                                                                                                                            | ×      | ○  |         |  |  |
| 14) 埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境庁長官及び厚生大臣の定める措置が講じられていること。                           |  |  |  |  | ×             | ×                                                                                                                            | ×      | ○  |         |  |  |
| 15) 地滑り、沈下防止工、雨水等排出設備について、構造基準に適合していないと認められないこと。                                  |  |  |  |  | ×             | ○                                                                                                                            | ×      | ×  |         |  |  |
| 16) 浸透水の水質が次の要件を満たすこと。                                                            |  |  |  |  | ×             | ○                                                                                                                            | ×      | ×  |         |  |  |
| ・地下水等検査項目：基準に適合                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
| ・BOD：20mg/l以下                                                                     |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |
|                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |    |         |  |  |

## 2-2. 最終処分場の力学的安定性に関する検討

最終処分場の構造基準において力学的安定性を主に求められているのは、現状、最終処分場とその周辺の地すべり及び沈下、貯留構造物（最終処分場の構造基準での表現で「擁壁等」）とその基礎地盤についてである。

### 2-2-1. 設置時の力学的安定性の検討

#### (1) 地すべり及び沈下の地盤状況

最終処分場の力学的安定性を見たとき、地すべりへの対応と沈下への対応は重要なことであり、その点の検討が必要であることは構造基準にも述べられており、適当地滑り防止工又は沈下防止工を設けることで対応できるものである。実際に、最終処分場において地すべり対策としてアンカー工などの設置が試みられた例もある。

#### (2) 貯留構造物とその基礎地盤

最終処分場の構造基準では、貯留構造物は「自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること」とされている。これに従い、「(社)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版（以下、最終処分場の設計要領と呼ぶ）」では、貯留構造物とその基礎地盤の安定性の検討を行うべきことが述べられている。最終処分場の貯留構造物の多くは、盛土ダムであり、この場合には、「農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕（以下、土地改良基準と呼ぶ）」に準拠した内容の検討をすべきことが最終処分場の設計要領に述べられている。

先に示した最終処分場の設計要領では、貯留構造物の安定解析において、盛土ダムの場合、下式のスライス法を用いて検討することが示されている。

## ○スライス法

$$n = \frac{\sum \{Cl + (N - U - N_e) \tan \phi\}}{\sum (T + T_e)}$$

ここで  $n$  : 安全率

$N$  : 各分割片のすべり面上に働く荷重の垂直分力

$$N = (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_2) b \cos \alpha + (E_n - E_{n+1}) \sin \alpha$$

$\gamma_t, \gamma_{sat}$  : 土の湿潤, 飽和重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

$E_n, E_{n+1}$  : 各分割片両面に作用する静水圧 ( $\text{kN/m}^2$ )

$b$  : 各分割片の幅 (m)

$\alpha$  : 各分割片の底版と水平面のなす角度 (度)

$T$  : 各分割片のすべり面上に働く荷重の接線分力

$$T = (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_2) b \sin \alpha - (E_n - E_{n+1}) \cos \alpha$$

$U$  : 各分割片のすべり面上に働く間隙水圧

$$U = \gamma_w h b / \cos \alpha$$

$\gamma_w$  : 水の単位重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

$N_e$  : 各分割片のすべり面上に働く地震時慣性力の垂直分力

$$N_e = k_h (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_2) b \sin \alpha$$

$k_h$  : 設計水平震度

$T_e$  : 各分割片のすべり面上に働く地震時慣性力の接線分力

$$T_e = k_h (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_2) b \cos \alpha$$

$l$  : 各分割片の底版長 ( $=b / \cos \alpha$ ) (m)

$C$  : 各分割片の底版位置における土の粘着力 ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi$  : 各分割片の底版位置における土の内部摩擦角 (度)

この式は、「建設省河川砂防技術基準(案) 同解説 設計編[Ⅰ] ダムの設計 フィルダムの設計 (以下、河川砂防技術基準と呼ぶ)」や「土地改良事業基準」に示される安定計算式であり、貯水構造物である**フィルダムの堤体及び基礎地盤の安定性についての検討のための方法**である。多くの貯留構造物も、河川砂防基準等の示すフィルダムと同じような表面遮水壁型フィルダムである。

さらに、最終処分場の設計要領の中で、貯留構造物・基礎地盤の安定を、次の4種類のケースについて確認することが望ましいとされている。

ケース1 : 完成直後・空虚時

貯留構造物上流には廃棄物は埋立てておらず、空虚な状態を想定したもの。設計震度は100%とする。安全率は1.2以上とする。

ケース2 : 埋立中・洪水時

埋立中であるが、貯留構造物直上流には廃棄物が埋め立てられておらず、洪水が貯水されている状態を想定したもの。貯水状態は、満水状態で考え、設計震度は50%とする。安全率は1.2以上とする。

ケース3 : 埋立終了・洪水時

埋立が終了し、貯留構造物上流には廃棄物が埋め立てられている。廃棄物は埋立面まで地下水で満たされた飽和状態を想定したもの。設計震度は 50%とする。安全率は 1.2 以上とする。

#### ケース 4：埋立終了・地震時

埋立が終了し、構造物上流には廃棄物が埋め立てられており、廃棄物は浸出水集排水施設等により地下水がほとんどない状態を想定したもの。設計震度は 100%とする。安全率は 1.2 以上とする。

以上のことをまとめると、以下の 4 ケースについて検討することとなる。

#### <えん堤・基礎地盤の検討で用いる解析ケース>

|       | 設計震度 | 廃棄物層 | 廃棄物層内<br>地下水       | 空虚部の<br>水位 | 要求安全<br>率 |
|-------|------|------|--------------------|------------|-----------|
| ケース 1 | 100% | 無し   | —                  | 0 m (無)    | 1.2 以上    |
| ケース 2 | 50%  | 埋立中  | 飽和状態               | 満水位        | 1.2 以上    |
| ケース 3 | 50%  | 埋立終了 | 飽和状態               | 空虚部無       | 1.2 以上    |
| ケース 4 | 100% | 埋立終了 | 集排水施設の性能<br>により異なる | 空虚部無       | 1.2 以上    |

ここで、地震力については、一般に、図 2-2-1-1 に示すような考え方をするが、これは、「建設省河川砂防技術基準（案）」に示される考え方である。



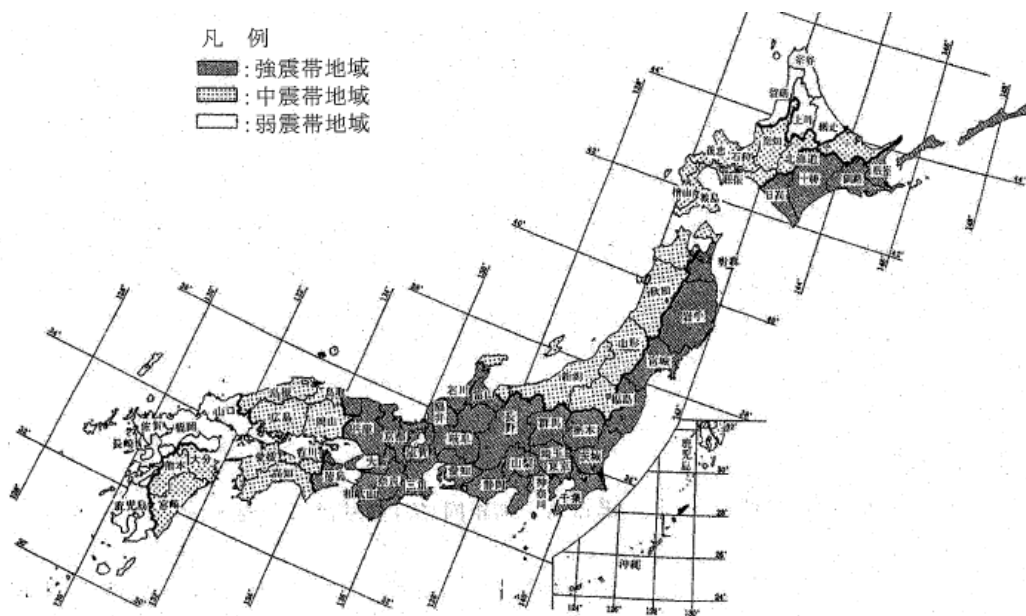


図3.4-5 設計震度の地域区分(河川砂防技術基準(案)、1997)

表3.4-5 設計震度(河川砂防技術基準(案)、1997)

|       | ダムの基礎条件 | 重力式コンクリートダム | アーチ式コンクリートダム | ゾーン型フィルダム | 均一型フィルダム  |
|-------|---------|-------------|--------------|-----------|-----------|
| 強震帯地域 | 通常の岩盤基礎 | 0.12~0.15   | 0.24~0.30    | 0.15      | 0.15~0.18 |
|       | 土質基礎    |             |              | 0.18      | 0.20      |
| 中震帯地域 | 通常の岩盤基礎 | 0.12        | 0.24         | 0.12~0.15 | 0.15      |
|       | 土質基礎    |             |              | 0.15~0.18 | 0.18~0.20 |
| 弱震帯地域 | 通常の岩盤基礎 | 0.10~0.12   | 0.20~0.24    | 0.10~0.12 | 0.12      |
|       | 土質基礎    |             |              | 0.15      | 0.18      |

ただし、これらの値は目安の値であり、当該地域の地震歴、地質条件、堤体の動力学的特性を考慮してこれらの値以上をとることとする。

図 2-2-1-1 設計水平震度の地域区分と設計水平震度

(「(社)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版」より)

### (3) 立地にあたって考慮すべきこと

構造基準には具体的には記されていないが、「最終処分場の設計要領」では、山間最終処分場、平地最終処分場について、以下のことを考慮すべきことが述べられている。

#### (1) 山間最終処分場

- ① 活断層（第四紀断層）
- ② 地質断層（活断層でないもの）
- ③ 地下水の賦存状況（被圧水を含む）
- ④ 地質的な弱線一特に「水みち」となる弱線
- ⑤ 地すべり、崩壊地、軟弱地盤

#### (2) 平地最終処分場

- ① 深部地層の活断層
- ② 土層構成およびそれぞれの力学的性質
- ③ 周辺地下水の水位、透水性及びその流況（帯水層の把握）
- ④ 「水みち」と見なしうるような高透水性ゾーンの位置

この中で、力学的な安定性で問題となるのは、山間最終処分場の①活断層、②地質断層、⑤地すべり、崩壊地、軟弱地盤、平地最終処分場の①深部地層の活断層、②土層構成およびそれぞれの力学的性質である。

これらのことを考慮して基本的には、「最終処分場の設計要領 p48」に述べられているように「最終処分場は、可能な限り不透水性地盤上に建設すると同時に、軟弱地盤や地盤沈下のおそれのある場所、断層を避け、支持力および安全性が十分期待できる地質の場所を選定することが工事費、工期および維持管理の面からも望ましい。」

しかし、昨今は、最終処分場の建設が難しいうえに、既存の最終処分場は逼迫しており、大規模な最終処分場の建設が望まれていることを考えると、地質条件の悪い場にも建設することが必要となってきた。

こうしたことは、農業用ダムでも同様である。すなわち、農業用ダムは、従来小規模ダムの建設が多く、建設可能な基盤条件の許容範囲が広がったが、近年の水の需要量の増大に対応した貯水量の確保、効果的な貯水に適したダム地点の逼迫から、ダムの堤体規模の増大がはかられ、従来の経験になかった地質条件下での計画が進められるようになってきている（長谷川(2003)）。

現状の最終処分場も、この農業用ダムと同じような状況であり、これまで不適切とされていた場所でも適切な最終処分場を計画すべき状況にあると考えられる。

#### <参考文献>

長谷川高士(2003)：農業用ダムの現状と課題，平成 15 年度農業土木学会地方講習会テキストー土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」改訂の解説と環境との調和に配慮した事業実施のための「調査計画・設計」解説，平成 15 年 10 月，pp. 1-10.

### 2-2-2. 埋立終了後の廃棄物層を含めた力学的安定性の検討

貯留構造物及びその基礎地盤の検討においては、先述のスライス法による安定解析を用いるとされており、この検討方法で貯留構造物としては十分に安定な構造物が構築できる。

しかし、埋立が終了し、廃棄物層が高く盛られた状態では、安定性の検討の仕方が異なると思われる。貯留構造物及びその基礎地盤の安定性は、フィルダムの考え方であり、ダム背面に水を貯水させた場合の考え方である。最終処分場においてもそのような貯水状態を示す場合もあるので（集排水施設が不備となった時に豪雨があった場合や貯留構造物背面を調整池として利用している場合など）、こうしたフィルダムの観点の検討が必要な場合も想定される。

しかしながら、廃棄物層が埋立てられた後は、最終処分場の機能の一つである土地還元が求められる。土地還元として最終処分場をみると、土地造成による盛土に相当する。最終処分場を宅地として利用している例があることを考えると、より安全をみた場合、道路土工盛土工指針よりは宅地造成として捉えるのが妥当であろう。宅地造成においては「[第二次改訂版]宅地防災マニュアルの解説（以下、宅地防災マニュアルと呼ぶ）」において、宅地盛土の安定性の検討方法が示されている。

宅地防災マニュアルでは、盛土の安定性は、下記に示す簡便式によることを標準としており、埋立終了後の廃棄物層の安定性の検討については、この簡便式を用いるのが妥当ではないかと考えられる。

#### ○簡便式

〈有効応力法による場合〉

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\{C' \cdot \ell + (W \cos \alpha - U \cdot \ell) \tan \phi'\}}{\Sigma W \sin \alpha} \dots\dots\dots \text{式 V.3-1}$$

〈全応力法による場合〉

$$F_s = \frac{M_R}{M_D} = \frac{\Sigma (C \cdot \ell + W \cos \alpha \cdot \tan \phi)}{\Sigma W \sin \alpha} \dots\dots\dots \text{式 V.3-2}$$

ここに  $F_s$  : 安全率

$M_R$  : 土塊の抵抗モーメント (kN・m/m)

$M_D$  : 土塊の滑動モーメント (kN・m/m)

$W$  : 各スライスの単位長さ重量 (kN/m)

$U$  : 各スライスの滑り面上に働く間げき水圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 各スライスの滑り面の中点と滑り面を円弧とする円の中心とを結ぶ直線が鉛直線となす角度 (°)

$\ell$  : 各スライスの滑り面の長さ (m)

$\phi$  : 盛土の内部摩擦角 (°)

$\phi'$  : 有効応力に関する盛土の内部摩擦角 (°)

$C$  : 盛土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$C'$  : 有効応力に関する盛土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

簡便式には有効応力法と全応力法があり、その使い分けとしては、施工後、長期間経過した盛土の安定は、有効応力法によって計算し、細粒土で急速に盛土する場合、施行中及び施工直後の安定性などについては全応力法によって計算するのが一般的である。最終処分場は、廃棄物層の埋立後長期にわたり廃棄物が安定化するのを待つこと、この間に強い地震に見舞われる可能性もあることを考えると、その安定性の検討には、有効応力法による方法が妥当であろう。ただし、埋立中は全応力となろう。

この簡便式を用いて、「宅地防災マニュアル」では、盛土の安定性の検討において、図 2-2-2-1 のような流れで検討することが示されている。

この図に示されるように、まずは「盛土自体の条件がよいか」を検討しなければならない。これが NO となる盛土自体の条件とは、

- a) 盛土高が標準値を超える場合
- b) 盛土材料の含水比が高く、特にせん断強さが小さい土
- c) 盛土材料の含水比が高く、間隙水圧が増加しやすい土からなる場合

最終処分場の廃棄物層の盛土高は 15m 以上であることが多く、これは標準値を超える値である。以上のことから、一般的には NO となる場合が多いと思われる。

次に、「盛土の崩壊による影響が大きいか」ということに対しては、次の基準のいずれかを満たしている場合とされている。

- a) 万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合
- b) 万一崩壊すると復旧に長期間を要し、道路機能を著しく阻害する場合

一般的には、最終処分場の廃棄物層等が崩壊しても隣接物（住居等）は近傍にはなく、住居等に重大な損害を与えることはほとんどない。一方、崩壊物が道路（公道）等を覆うようなことも考えにくい。したがって、「盛土の崩壊による影響は大きいか」ということに対しては、NO ということになる。このように考えた場合には、最終処分場では、常時の安定の検討を行うだけで良いこととなる。

しかし、最終処分場は、貯留構造物下流に調整池や水処理施設などがあり、それらが複合したシステムとして、処分場からの有害物質の漏洩等を防いでいるので、これらの構造物（隣接物）に重大な損害を与えることは避けなければならない。したがって、ここでは、より安全のため、万一崩壊すると隣接物に重大な損害を与える場合に相当すると考え、「盛土の崩壊による影響は大きいか」ということに対しては、YES と考えるべきと思われる。

以上のことから、「常時の安定の検討」と「地震時の安定の検討」を行うべきと思われる。

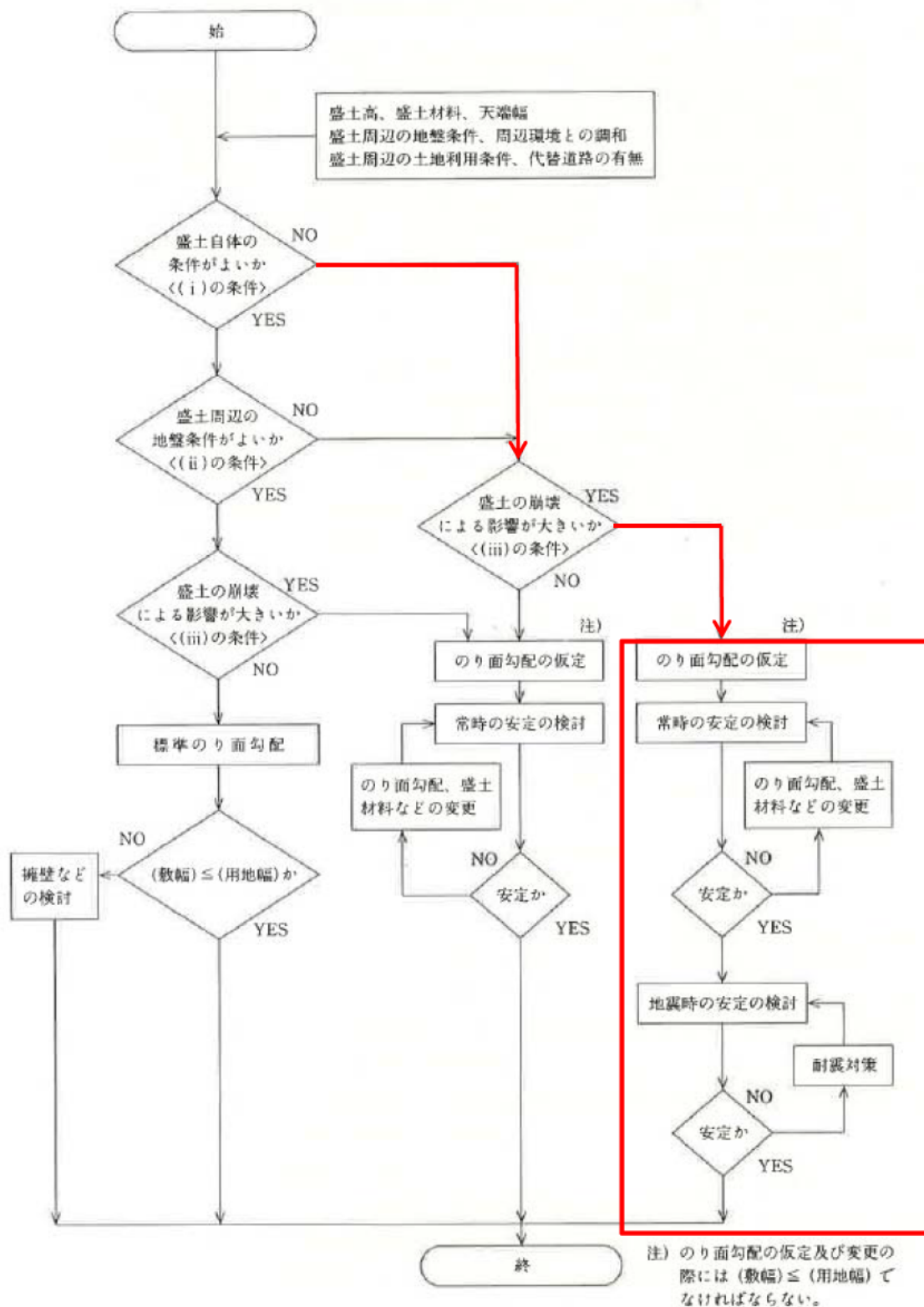


図 2-2-2-1 盛土法面の安定性の検討フローチャート（宅地防災マニュアルより）

なお、宅地防災マニュアルでは、常時の盛土法面の安定に必要な安全率を 1.5 以上としている。これに対して、地震時では、大地震時に安全率 1.0 以上とすることとなっている。なお、大規模地震時の標準設計水平震度  $k_0$  は 0.25 としており、これに地域別補正係数  $C_z$  (建築基準法施行令第 88 条第 1 項に規定する  $Z$  の数値) を掛けて設計水平震度を設定することとなっている。例えば、図 2-2-2-2 に示すように新潟県の場合は、 $Z=0.9$  である。したがって、新潟県では設計水平震度は  $0.25 \times 0.9 = 0.225$  で計算することとなる。



図 2-2-2-2 建築基準法施行令第 88 条第 1 項に規定する  $Z$  の数値 (東北大学 HP  
「[http://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-  
pages/rehab/class/Sustainable/ApSeismicCode.pdf](http://www.archi.tohoku.ac.jp/labs-pages/rehab/class/Sustainable/ApSeismicCode.pdf)」 より)

さらに、宅地防災マニュアルでは、常時の安定の検討では、以下の 2 つの場合について行うこととなっている。

a) 盛土施工直後

盛土施工直後には施工による間隙水圧が残留している場合があるので、間隙水圧が残留しているとして安定性を検討する。

このことを最終処分場に当てはめた場合は、以下のように考えることができるのではないと思われる。

埋立てた廃棄物層中に間隙水圧が残留することは、長期間にわたって埋め立てられることから一般的には考えにくい。しかし、廃棄物層の間隙水圧を考慮することはより危険側を想定することであり、ここでは、より安全側をみて、間隙水圧が残留していると仮定することとする。また、地下水位は、浸出水集排水施設などにより低下しているので、性能指針にあるように、処分場底盤より 0.5m 程度以下とするのが妥当であろう（この性能指針が適用できない場合は別である）。

b) 盛土施工後長期間経過後に降雨及び山地よりの浸透水のある場合

盛土施工による間隙水圧が消散した後においても、降雨及び山地より浸透水を想定した安定の検討が必要である。

このことを最終処分場に当てはめた場合は、以下のように考えることができるのではないと思われる。

これから新設される最終処分場の多くは、管理型最終処分場であると考えられるので、雨水集排水施設や浸出水集排水施設により埋立地内の地下水の上昇はあまり大きくならないように設計される。また、遮水工と地下水集水施設により周辺からの地下水も流入しない構造となっている。さらに、覆土により埋立地表面への雨水は浸透しにくい構造であれば、降水及び山地よりの浸透水は想定しにくい。また、これら施設の不備が生じた場合でも、埋立終了後も施設の維持管理は処分場の廃止基準に達するまで継続されているので、その都度補修がなされることとなる。仮に、その補修終了後までに豪雨が生じた場合を想定しても、土えん堤の高さまでの地下水位上昇程度であると考えられる（盛土高の 1/2 程度）。したがって、この場合に想定される状況とは、発生確率は極めて小さいが、施設の不備の補修終了前の豪雨を想定した地下水位上昇として土えん堤の高さ（盛土高の 1/2 程度）までのものを想定すれば充分ではなかろうか。

一方、地震時の想定については、宅地防災マニュアルで、地震と豪雨が重なることは少ないので、地震時には豪雨による浸透水を考慮しなくてよい<sup>※</sup>とされており、他の「道路土工―盛土工指針」などでもこうした想定が一般的である。したがって、以下のような場合が想定される。

c) 盛土施工後長期間経過後に大規模地震が発生した場合

地震時の安定解析では、有効応力法で解析する場合には地震時に土中に発生する間隙水圧を考慮する。

最終処分場においても、廃棄物層の間隙水圧を考慮するとともに、地下水位は、常時の施工直後の地下水位と同程度の処分場底盤より 0.5m 程度以下とするのが妥当であろう。

以上のことから、最終処分場では、以下に示すような内容の解析を行うのが良いと考えられる。

<最終処分場の検討で用いる解析ケース>

|       | 設計震度    | 廃棄物層 | 廃棄物層内地下水              | 空虚部の水位 | 要求安全率  |
|-------|---------|------|-----------------------|--------|--------|
| ケース 1 | Kh=0.00 | 埋立終了 | 底盤より 0.5m             | 空虚部無   | 1.5 以上 |
| ケース 2 | Kh=0.00 | 埋立終了 | えん堤高さ（盛土<br>高 1/2 程度） | 空虚部無   | 1.5 以上 |
| ケース 3 | Kh=0.25 | 埋立終了 | 底盤より 0.5m             | 空虚部無   | 1.0 以上 |

備考) ケース 3 は、レベル 2 地震動の場合であり、安全率 1.0 以上としたのは、後述するように性能 2 の要求性能で良いと考えられるためである。性能 1 の性能が要求されるレベル 1 地震動の場合には、Kh=0.2 で、安全率 1.5 以上とすべきと思われる。

※ この「豪雨と地震が重なることは少ない」との考え方が一般的であるが、最近の気候変動の影響で、地震と豪雨が重なる確率がどうなっていくのかも今後検討していく必要がある。



### (1) 土木工学におけるフィルダムの地震力の考え方

神谷(1971a)が言うように、フィルダムやアースダムにとって最も危険なのは、クラックの発生である。パイピングもこれから発達し、大きな漏水路にもなる。さらには、これがパイピング破壊や浸透破壊に結び付く。また、高瀬(1965)が述べるように、フィルダムが地震によって、クラックを生じた例は数多くあるが、地震動が直接に堤体を破壊にいたらしめた例はほとんどない。むしろ、クラックからの漏水がパイピングを誘発したために、ついにはダムの決壊に至る場合が恐ろしいので、地震後にすみやかに落水させてクラックの補修を行うことが大切である。地震時においては、堤体ではなく、貯水池周辺の地すべりや、貯水の振動に起因する堤頂越流が危険であり、過去の地震でも満水時に近いダムほど大きい被害を受けている。

フィルダムの地震被害のアメリカの事例をまとめると、以下ようになる(神谷(1971b))。

- ① 強い地震による被害は、堤頂の軸方向クラックと沈下である。沈下は、そのため貯水が越流してダムを破壊するほどである。
- ② 転圧アースダムで完全に破壊された例はアメリカ・ロサンゼルス **Sheffield** ダムだけである。これは下流部の土がルーズで飽和し流動化したためである。
- ③ ダムの被害は堤軸に直角方向の地震動の水平成分によるものである。おそらく、堤体の振幅と加速度が基礎のそれより大であれば、堤体の最も薄い頂部に縦のクラックができる。
- ④ 地震のショックで、たとえ締固めが弱かったとしても、そのために斜面が滑動した例はそれほど多くはない。

土地改良基準等のフィルダムの設計では、地震力を震度法で考えることが、1957 年の基準から謳われるようになり(松本(2003))、これが今の基準でも適用されている。これは、松本(2003)も述べているように、我が国では震度法により計算したフィルダムが建設されているが、フィルダムが地震で決壊していない実績があるからである。さらに、松本(2003)は、震度法は、震度の大きさをレベル1 地震動相当に設定し、これに対する耐震性能がほとんど無被害(地震による永久変形が小さい)な設計法として位置付けられると述べている。すなわち、現行のフィルダムの安定検討は、地震動によるクラックの発生という永久変形が発生しないような設定法であるということである。これは、クラックからの漏水がパイピングを誘発したために、ついにはダムの決壊に至る場合を防ぐ考え方である。

そして、この考え方に基づき水平設計震度を設定しているものと考えられる。

ただし、松本(2003)は、レベル2 地震動に対しては、こうした安定計算とは別に、時刻歴応答解析による永久変形量や亀裂の程度を予測し、安全性を確かめるべきであるとしている。

## (2) 土木工学におけるフィルダム不同沈下の影響の考え方

アースダムにとって最も危険なのはクラックの発生であり、パイピングのような浸透破壊もこれから発達する。不同沈下によるクラックはダム内部の張力によって発展する。クラックの方向はダム軸に平行または直角に口をあけ、垂直、水平またはその中間の方向の面をつくる。なかでも危険なのは、コアを貫く横方向のクラックで、浸潤水の集まる水みちとなる。堤軸方向のクラックは危険というわけではないが、発生が多い。この縦方向のクラックが危険になるのは堤体内部に隠れた横方向のクラックと連結する時である。多くの築堤の研究によると、クラックは最適含水比より 5% またはそれ以上低い含水量で施行されたものに多く、中でも危険なクラックは過度に乾燥した締固め不十分なところに発生する (神谷(1971a))。

こうしたことから、1966 年の土地改良基準からは、フィルダムにおける軟弱地盤とは、N 値 20 以下のものを言うようになっている。ダムにおいては、軟弱地盤による不同沈下や斜面すべりが、重大な災害を下流に及ぼすという特徴からであろう (高瀬(1966))。また、高瀬(1966)も述べているように、こうした不同沈下により貯水の越流が生じ、それによって、ダムの決壊につながる可能性も出てくる。

## (3) 土木工学におけるフィルダムの貯水影響の考え方

高瀬(1966)によれば、フィルダムの事故及び機能障害の統計をみると、「第 1 位：漏水によるもの 40%以上」であり、堤体の滑動・沈下によるものは 15%程度にとどまっており、パイピングや締固め不十分などに起因する漏水事故の方がはるかに大きい。また、アースダムの安定解析において、貯水位がその安全率に大きく影響することはフィルダムの破壊の事例研究からも明らかである (河上(1975))。

神谷(1971a)によれば、貯水による安定性の影響には、①貯水時の下流斜面の滑動、②貯水位低下による上流斜面の滑動がある。こうした事例を踏まえて、土地改良基準や河川砂防基準では、貯水時及び貯水位低下時の安定検討を行うことが示されている。

この他に、神谷(1971b)では、貯水池の波浪による侵食が挙げられている。波浪による侵食は継続時間が短く、完全な破壊に結びつくことはまれであるので、修復が大切である。しかし、余裕高が不十分、上流斜面があまり急なダムでは波浪による破壊の危険がある。なお、この波浪による影響は、河川砂防技術基準などでは、ダムの基本形状等の検討のときに行い、力学的安定性の検討のときには考慮していない。

#### (4) 最終処分場の貯留構造物

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版, p200」でも「種類・構造形式が類似した構造物の指針や基準に準拠して行うものとする」とされているが、ただしとして、「これらに示されるダム基準などは、貯水を目的としたものであり、その適用に際しては、廃棄物の貯留構造物と貯水構造物との違いを考慮することが、過大設計を防ぎ、安全な構造物を設計する上で重要となる。」と述べている。

このことは極めて重要なことを述べているように思われる。最終処分場の貯留構造物は、貯水構造物であるダムとは異なり、以下のようなことから過大設計に結びつく可能性が考えられる。

##### ① 貯水による影響と類似した考えを貯留構造物に考慮することの適否

構造物としての構造は、貯水構造物であるダムと類似する。しかし、フィルダムで考えられているような貯水の影響により滑動することは考えにくい。すなわち、次のような点を適切に検討しておく必要がある。

(ア)埋立中に、貯留構造物上流に貯水される状況が作り出されるようなことは、浸出水集排水施設などがあり考えにくいのが一般的である。施設の不備のときも考えられるが、設計段階でそのようなことを考えるのは不合理であり、維持管理上の問題と思われる。

(イ)埋立終了後に、廃棄物層を飽和状態とし、地震力を 50%掛けた上で、安全率 1.2 以上を要求するのは、過大設計につながる可能性がある。この考えは、貯水構造物のフィルダムの満水時の考え方をそのまま利用しているように思われ、そうだとすると、堤体にクラックが生じただけで決壊につながるダムと、クラックが生じても決壊することはない、維持管理上の補修で済む比較的安全な貯留構造物とは、異なる考え方を採るべきと思われる。

(ウ)上記(イ)と関連するが、埋立終了後の設計段階で考えるものとして、廃棄物層を全量飽和状態とするのは現実的にはあり得ない。埋立廃棄物層内に、堤体頂部付近につながる地下水面が形成されるのが一般的であろう。一方、宙水が形成され、地下水位が高くなり、それが不安定化に結びつくことなどが考えられるが、設計段階で考えるのではなく、維持管理上の問題である。

##### ② 地震時における「安全率 1.2 以上」の適否

フィルダムでは、地震慣性力を全てのケースで組み入れ、安全率 1.2 以上としているが、これはフィルダムにおいて地震力によりクラックが生じ、それが浸透崩壊に結びつく恐れがあるため、無被害とすることを設計思想としている。しかし、貯留構造物では、こうした浸透破壊は考えにくい。地震時の検討は、通常の宅地防災マニュアルで考えているような安全率 1.0 以上で良いと思われる。なお、盛土工指

針と同じように、貯留構造物の要求性能が性能2の時と性能1※の時の地震の想定を吟味する必要がある。これについては、次に示す。

### ③ 要求性能とレベル1・2地震動の区別の必要性

近年、設計水平震度を0.25以上など過大に条例等で設定する場合が見られる。「宅地防災マニュアル」での設計水平震度0.25は、大規模地震の場合であり、いわゆるレベル2地震動への対応である。「宅地防災マニュアル」では、中規模地震では設計水平震度は0.2で考えられており、こちらがレベル1地震動への対応となる。

「道路土工・盛土工指針」の盛土の要求性能でも、下表のように、レベル2地震動の時は、重要度1の場合でも要求性能は性能2である。この地震動別に対する構造物の性能の考え方は、ダムや橋梁なども同じで、橋梁であれば落橋しない程度の損壊であれば許容される。

このように考えると、最終処分場も例外ではなく、レベル2地震動であれば盛土工指針の性能2で良いと思われる。

解表 4-1-1 盛土の要求性能の例

| 重要度    |        | 重要度 1     | 重要度 2 |
|--------|--------|-----------|-------|
| 想定する作用 | 常時の作用  | 性能 1      | 性能 1  |
|        | 降雨の作用  | 性能 1      | 性能 1  |
|        | 地震動の作用 | レベル 1 地震動 | 性能 1  |
|        |        | レベル 2 地震動 | 性能 2  |

- (3) 盛土の重要度の区分は、以下を基本とする。
- 重要度 1：万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは、隣接する施設に重大な影響を与える場合
- 重要度 2：上記以外の場合
- (4) 盛土の要求性能は、想定する作用と盛土の重要度に応じて、上記(2)に示す要求性能の水準から適切に選定する。

なお、参考までに、盛土工指針では、レベル2地震動に対して性能2を重要度1の盛土に要求するにあたり、「一般に盛土は橋梁・トンネル等の他の道路構造物と比較して修復性に優れている」と述べ、盛土の被害程度を「早期の復旧が可能となる範囲の損傷」としている。このことは、耐震性能がほとんど無被害というレベル

※ 性能1 & 2 とは、以下のような性能のこと

性能 1：想定する作用によって構造物としての健全性が損なわな機能

性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、構造物としての機能の回復が速やかに行い得る性能

ではなく、大きな盛土崩壊にはならないが、部分的な亀裂の発生等は許される性能が性能 2 である、と位置付けている。

以上のことから、貯留構造物における性能 2 の状態を具体的に検討する必要がある。

そのためには、性能 2 の状態がどの程度であるのか、ニューマーク法等により変位量等を推定し、それが震度法の安定解析の安全率でどの程度を示すものなのかを比較検討する必要がある。

#### ④ 異常降雨等による変状・崩壊

「道路土工－盛土工指針」に示されるように、集中豪雨のような異常降雨時の変状・崩壊や地下水浸透による変状・崩壊として、以下の 6 つが挙げられる。

- (a) 雨水による表面侵食
- (b) 雨水の浸透による表層すべり
- (c) 表面水が法面に流れ出すことによる洗掘、崩壊
- (d) 雨水浸透による地盤と盛土との境界面に沿った崩壊（急勾配斜面での盛土）
- (e) 河川増水等による擁壁・基礎の洗掘、あるいは裏込め土の吸い出しによる盛土の沈下・流出（盛土の前面に河川等がある場合）
- (f) 間隙水圧の作用による盛土の崩壊

これらについて、貯留構造物や埋立廃棄物層に生じる可能性について検討していく必要がある。最終処分場において、現時点で推定される変状・崩壊は、以下の通り。

| 変状・崩壊の種類                                                  | 貯留構造物                       | 埋立廃棄物層                     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 雨水による表面侵食                                                 | △：表面遮水があるので考えにくい。           | ○：覆土の浸食も考えられる。             |
| 雨水の浸透による表層すべり                                             | △：表面遮水があるので考えにくい。           | ○：締固めの不均質並びに不十分な部分がある場合に検討 |
| 表面水が法面に流れ出すことによる洗掘、崩壊                                     | △：雨水集排水施設が適切な場合は考えにくい。      | △：雨水集排水施設が適切な場合は考えにくい。     |
| 雨水浸透による地盤と盛土との境界面に沿った崩壊（急勾配斜面での盛土）                        | ×：平坦部に盛土されることが多い            | △：急勾配斜面が存在する場合がある。         |
| 河川増水等による擁壁・基礎の洗掘、あるいは裏込め土の吸い出しによる盛土の沈下・流出（盛土の前面に河川等がある場合） | △：貯留構造物の前面に河川や海岸があることは少ない   | ×：河川増水等、生じることはほとんどない。      |
| 間隙水圧の作用による盛土の崩壊                                           | ×：貯留構造物で地下水が豊富になることは想定しにくい。 | △：各種集排水施設の不備などによる状況が想定できる。 |

以上示したように、貯留構造物の安定より、埋立廃棄物の安定性が問題となろう。

<参考文献>

- 長谷川高士(2003)：農業用ダムの現状と課題，平成 15 年度農業土木学会地方講習会テキストー土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」改訂の解説と環境との調和に配慮した事業実施のための「調査計画・設計」解説，平成 15 年 10 月，pp.1-10.
- 高橋禎一(2003)：ダム設計のための地質調査，平成 15 年度農業土木学会地方講習会テキストー土地改良事業計画設計基準・計画「ダム」改訂の解説と環境との調和に配慮した事業実施のための「調査計画・設計」解説，平成 15 年 10 月，pp.35-50.
- 地盤工学会(2015)：地盤工学・実務シリーズ 32ー防災・環境・維持管理と地形・地質，284p.
- 神谷貞吉(1971a)：フィルダムの破損と被害（抄訳）（その 1），土と基礎，第 19 巻，第 3 号，pp.47-50.
- 神谷貞吉(1971b)：フィルダムの破損と被害（抄訳）（その 2），土と基礎，第 19 巻，第 5 号，pp.40-44.
- 松本徳久(2003)：我が国フィルダムの設計・施工の変遷，土木学会論文集 F，第 65 巻，第 4 号，pp.394-413.
- 高瀬国雄(1966)：フィルダム新時代に思う，土と基礎，第 14 巻，第 5 号，pp.1-2.
- 河上房義(1975)：フィルダム安定解析の流れ，土と基礎，第 23 巻，第 5 号，pp.5-10.

### 2-2-3. 最終処分場の力学的安定性に関する課題

陸上最終処分場の貯留構造物の設計では、地震時慣性力などは考慮されるものの、一般的には津波や活断層は考慮されていない。「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版」でも、「完成直後・空虚時」「埋立中・洪水時」「埋立終了・洪水時」「埋立終了・地震時」の 4 ケースを最低考慮するよう述べられているだけである。ここで、図 2-2-3-1 に陸上処分場と海面処分場の特徴を示した。

図 2-2-3-1 をみると、海面最終処分場は、遮水護岸により構成されているが、この護岸の要求性能は、港湾の施設の技術上の基準を定める省令によれば、防潮堤の要求性能を準用している。「管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル(改訂版)<sup>2)</sup>」でも、波浪や潮位の他に津波についても設計条件として示されている。さらに、同マニュアルでは、こうした外力に対する安定性を早期に高めるために、護岸周辺の埋立を先行させるべきことが述べられている。

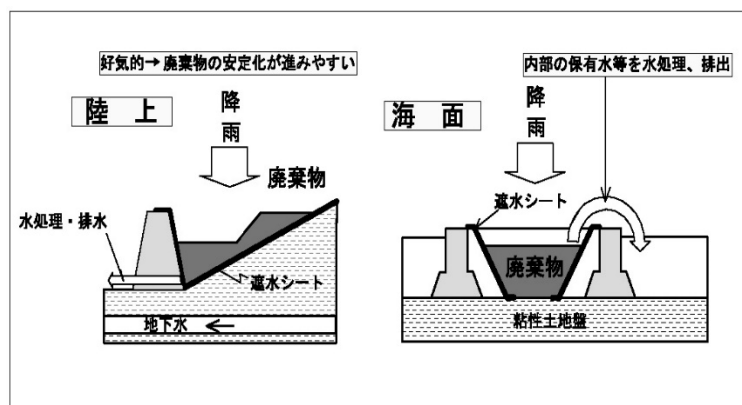


図 2-2-3-1 陸上処分場と海面処分場の特徴<sup>2)</sup>を参考として作成

東日本大震災では、堤防等を越流した津波が裏法面を侵食し堤体機能が損傷することが注目を集めた<sup>3)</sup>。津波が貯留構造物にまで達した最終処分場では、津波は越流せず、裏法面の侵食等による貯留構造物の損傷は生じなかったが、より沿岸に近く直接津波を受けるような場合には貯留構造物の損傷が懸念される。

河川津波対策検討会(2011)<sup>4)</sup>は、最大クラスの津波と施設計画上の津波の 2 つのレベルの津波を想定することを示している。発生頻度は極めて低いものの発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波は、施設対応を超過する事象として扱い、防災街づくり等と一体となって減災を目指す事象と考えるべきとしている。それに対して、施設計画上の津波は、河川管理における施設の諸元等を定める津波で、このレベルの津波災害は防御する必要があるとしている。

施設計画上の津波で、河川沿いに安全に津波を遡上させたとき、場合によってはその上流に陸上最終処分場があり、津波の影響を受けることも考えられる。



陸上最終処分場においても、海面最終処分場と同様に津波による影響を場合によっては考慮していく必要があると思われるが、当面は、海面最終処分場のように貯留構造物周辺の埋立を先行させるといった工夫をして対処していくのが良い（図 2-2-3-2）。

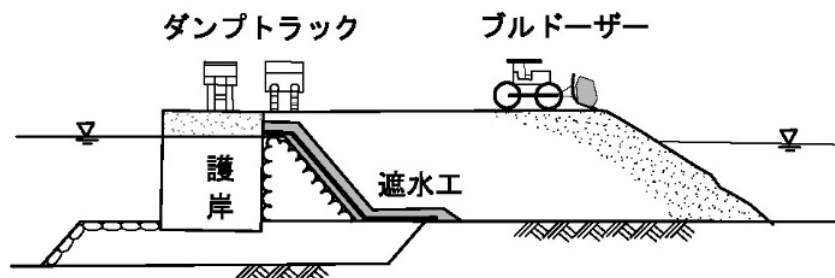


図2-2-3-2 埋立手順に配慮することにより管理型廃棄物埋立護岸の安定性を確保する例<sup>2)</sup>

以上は、前節で示せなかった津波に対する考え方であるが、この他にも、最終処分場において力学的な観点から検討しなければならない点は数多くある。

これら現状の知見をまとめると、表 2-2-3-1 に示すように、貯留構造物の設計が一部過大設計となっている可能性がある一方、維持管理まで含めると、各種集排水設備等が破壊・損傷する恐れが懸念され、過小設計になっている場合が考えられる。

このように、**最終処分場についても、ダムなどの他の構造物と同様に、最終処分場用の適切な設計思想の基での安定性の検討が必要であると考えられる。**

（2－2 節：磯部有作・大野博之・山中稔）

表 2-2-3-1 最終処分場の各種設備とその力学的安定性の検討評価の現状と課題

| 最終処分場の構造物           | 過大な評価になりやすい部分                                                                             | 過小あるいは人為ミスになりやすい部分                                                                        | 備考                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 貯留構造物（擁壁等）<br>及び埋立地 | 最終処分場は、擁壁等の背面に水が溜まらないシステムであるにもかかわらず、埋立地の空虚時には満水で水平設計震度 50%をかける設計が設計要領に示されており、過大設計に繋がらないか。 | 埋立終了後に大規模な盛土の宅地造成に類似したものとなる処分場であっても、水平設計震度が小さく、維持管理上問題となり得ることが懸念される。                      | 安定型・管理型共                                                     |
| 遮水工                 | 現状知見からは特になし                                                                               | 現状の埋立廃棄物量の増大に対して、十分な強度面での設計が行われているかが疑問。                                                   | 管理型のみ                                                        |
| 地下水集排水設備            | 現状知見からは特になし                                                                               | 現状の埋立廃棄物量の増大に対して、十分な強度面での設計が行われているかが疑問。                                                   | 管理型のみでなく、安定型でも地下水が埋立地内に流入するような場合には、設置が必要。                    |
| 保有水等集排水設備           | 現状知見からは特になし                                                                               | 埋立中及び埋立終了後において、十分な集排水となっているのかが疑問。<br>⇒（対応）宅地防災のような縦排水も取り入れることで埋立廃棄物層の力学的に安定性も担保できる可能性がある。 | 安定型：擁壁等の安定性のため設置が必要な場合がある。<br>管理型：保有水等の速やかな排水のため設置しなければならない。 |
| 通気装置                | 現状知見からは特になし                                                                               | 現状の埋立廃棄物量の増大に対して、十分な強度面での設計が行われているかが疑問。                                                   | 管理型のみ                                                        |
| 雨水等集排水設備            | 現状知見からは特になし                                                                               | 十分な集排水処理量が確保されているのかが疑問。<br>また、今後の気候変動にどう対応するのかが課題。                                        | 安定型・管理型共                                                     |
| 調整池                 | 現状知見からは特になし                                                                               | 調整池の湛水及び水位変化に対する周辺の地盤の安定性。                                                                | 管理型のみ                                                        |
| 浸出液処理設備             | 現状知見からは特になし                                                                               | 安定した地盤に設置されているのかが疑問                                                                       | 管理型のみ                                                        |

注）集排水施設で十分な排水が行われていることが、埋立地及び周辺の地盤の力学的安定性を保てることから、表記のように集排水能力も取り上げた。

### 3. 最終処分場の周辺環境に関する調査・解析手法の検討

#### 3-1. 最終処分場の周辺環境に関する調査・解析手法の検討

稲垣・中村・大野(2011)<sup>1</sup>が示すように、廃棄物の最終処分場などの施設は、その力学的安定性（すなわち、災害に強い処理・処分施設）や周辺環境への影響（地下水の水質などへの影響）の観点から、信頼性の向上が強く求められている。そのために、近年は応用地質学的な観点に立った調査・モニタリング・解析・評価手法の確立が必要な段階にきている。

ここでは、こうした背景の基、周辺環境の保全の観点からの調査・解析手法について述べる。1項では、環境省令などの基準や全国都市清掃会議の示した要領などの内容を網羅し、2項ではそれを受けて、既往の調査法に関わる内容をレビューし、3項で今後の課題について述べる。

#### 3-1-1. 基準・要領等からみた周辺環境の保全

##### (1) 最終処分場の基準省令

「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号）」（以降〔基準省令〕）の第1条1項（一般廃棄物最終処分場の構造基準）や第1条2項（一般廃棄物最終処分場の維持管理基準）で、周辺環境の保全に関わる基準が、以下のように規定されている。なお、条文の“ただし条項”はすべて削除してあるので、詳細については巻末を参照されたい。

##### 第一条1項（構造基準）

五号 埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための次に掲げる措置が講じられていること。

イ 埋立地には、一般廃棄物の投入のための開口部及び二に規定する保有水等集排水設備の部分を除き、一般廃棄物の保有水及び雨水等の埋立地からの浸出を防止するため、次の要件を備えた遮水工又はこれと同等以上の遮水の効力を有する遮水工を設けること。

(1) 次のいずれかの要件を備えた遮水層又はこれらと同等以上の効力を有する遮水層を有すること。

(イ) 厚さが五十センチメートル以上であり、かつ、透水係数が毎秒十ナノメートル以下である粘土その他の材料の層の表面に遮水シートが敷設されていること。

---

<sup>1</sup> 稲垣秀輝・中村裕昭・大野博之(2011)：6-2-3 廃棄物の処理・処分，6-2 地域環境，第6章環境地質学；日本応用地質学会：原典からみる応用地質学—その論理と実用，古今書院，pp.185-188.

- (ロ) 厚さが五センチメートル以上であり、かつ、透水係数が毎秒一ナノメートル以下であるアスファルト・コンクリートの層の表面に遮水シートが敷設されていること。
  - (ハ) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シートが敷設されていること。
  - (2) 基礎地盤は、埋め立てる一般廃棄物の荷重その他予想される負荷による遮水層の損傷を防止するために必要な強度を有し、かつ、遮水層の損傷を防止することができる平らな状態であること。
  - (3) 遮水層の表面を、日射によるその劣化を防止するために必要な遮光の効力を有する不織布又はこれと同等以上の遮光の効力及び耐久力を有する物で覆うこと。
- ロ 埋立地（地下の全面に不透水性地層があるものに限る。以下ロにおいて同じ。）には、保有水等の埋立地からの浸出を防止するため、開口部を除き、次のいずれかの要件を備えた遮水工又はこれらと同等以上の遮水の効力を有する遮水工を設けること。
- (1) 薬剤等の注入により、当該不透水性地層までの埋立地の周囲の地盤が、レジオン値が一以下となるまで固化されていること。
  - (2) 厚さが五十センチメートル以上であり、かつ、透水係数が毎秒十ナノメートル以下である壁が埋立地の周囲に当該不透水性地層まで設けられていること。
  - (3) 鋼矢板（他の鋼矢板と接続する部分からの保有水等の浸出を防止するための措置が講じられるものに限る。）が埋立地の周囲に当該不透水性地層まで設けられていること。
  - (4) イ（1）から（3）までに掲げる要件
- ハ 地下水により遮水工が損傷するおそれがある場合には、地下水を有効に集め、排出することができる堅固で耐久力を有する管渠その他の集排水設備を設けること。
- ニ 埋立地には、保有水等を有効に集め、速やかに排出することができる堅固で耐久力を有する構造の管渠その他の集排水設備を設けること。
- ホ 保有水等集排水設備により集められ、へに規定する浸出液処理設備に流入する保有水等の水量及び水質を調整することができる耐水構造の調整池を設けること。
- へ 保有水等集排水設備により集められた保有水等に係る放流水の水質を別表第一の上欄に掲げる項目ごとに同表の下欄に掲げる排水基準及び法第八条第二項第七号 に規定する一般廃棄物処理施設の維持管理に関する計画に放流水の水質について達成することとした数値が定められている場合における当該数値並びにダイオキシン類対策特別措置法施行規則（平成十一年総理府令第六十七号）別表第二の下欄に定めるダイオキシン類の許容限度に適合させることができる

浸出液処理設備を設けること。

- ト ヘに規定する浸出液処理設備に保有水等集排水設備により集められた保有水等を流入させるために設ける導水管又は当該浸出液処理設備の配管の凍結による損壊のおそれのある部分には、有効な防凍のための措置が講じられていること。

#### 第一条 2 項（維持管理基準）

八号 埋め立てる一般廃棄物の荷重その他予想される負荷により、前項第五号イ又はロ（（１）から（３）までを除く。）の規定により設けられた遮水工が損傷するおそれがあると認められる場合には、一般廃棄物を埋め立てる前に遮水工の表面を砂その他の物により覆うこと。

九号 前項第五号イ又はロの規定により設けられた遮水工を定期的に点検し、その遮水効果が低下するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを回復するために必要な措置を講ずること。

十号 埋立地からの浸出液による最終処分場の周縁の地下水の水質への影響の有無を判断することができる二以上の場所から採取され、又は地下水集排水設備により排出された地下水の水質検査を次により行うこと。

イ 埋立処分開始前に別表第二の上欄に掲げる項目、電気伝導率及び塩化物イオンについて測定し、かつ、記録すること。

ロ 埋立処分開始後、地下水等検査項目について一年に一回以上測定し、かつ、記録すること。

ハ 埋立処分開始後、電気伝導率又は塩化物イオンについて一月に一回以上測定し、かつ、記録すること。

ニ ハの規定により測定した電気伝導率又は塩化物イオンの濃度に異状が認められた場合には、速やかに、地下水等検査項目について測定し、かつ、記録すること。

十一号 前号イ、ロ又はニの規定による地下水等検査項目に係る水質検査の結果、水質の悪化が認められた場合には、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。

このように、周辺環境の保全として重要なのは浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止することである。そのために設置される施設として、遮水工（表面遮水工（第１条１項５号イ）、鉛直遮水工（第１条１項５号ロ））、地下水集排水設備（第１条１項５号ハ）、保有水等集排水設備（第１条１項５号ニ）、調整池（第１条１項５号ホ）、浸出液処理設備（第１条１項５号ヘ）、導水管等（第１条１項５号ト）があり、これらが総合的なシステムとして作用することにより、周辺環境の保全が可能となるようなものとなっている。そして、維持管理基準では、これら設備等が埋立から最終処分場の廃止に至るまで適切に機能するよ

う“必要な措置を講ずる”よう求めている。

なお、これらの基準を満たすための具体的な方法等は、規定されていないので、次に示す「最終処分場の計画・設計・管理要領」に依拠することとなる。

## (2) 最終処分場の計画・設計・管理要領

「全国都市清掃会議(2010)：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領－2010 改訂版, 689p. (以降、[最終処分場の計画・設計・管理要領])」では、先の基準省令に沿って最終処分場の設備等について、以下のような目的で、適切に設計・管理すべきことが謳われている。なお、設備等の用語は、基準省令に従っており、( ) 内は最終処分場の計画・設計・管理要領の用語である。

### 1) 遮水工 (遮水工)

埋立地への降水は廃棄物層に浸み込み保有水等となり、やがて底部に敷設された保有水等集排水設備を通して浸出水処理施設に集まる。この保有水等による地下水質汚染防止を目的として遮水工を設置する。この目的を達成するために、a) 遮水機能、b) 損傷防止機能、c) 漏水通過時間確保機能・汚染軽減機能 (万一の地下水汚染に対し、その程度を軽減させる機能：図 3-1-1-1 のような方法で計算できる)、d) 損傷モニタリング機能、e) 修復機能が考えられる。これらの機能は、全てを兼ね備えるべきということではなく、それぞれの埋立地の条件により重要性の度合いやいくつかの機能の組み合わせを検討することとなる。特に、d や e の機能は、費用対効果や修復方法までを含めた検討が必要である。

#### (a) ダルシー則に基づく算定式

$$v = k \cdot i \quad (5.1-1)$$

$$i = (h + H) / h \quad (5.1-2)$$

$$t = h / v \\ = h^2 / k(h + H) \quad (5.1-3)$$

ここに、 $v$ ：漏水通過速度

$k$ ：透水係数

$i$ ：動水勾配

$h$ ：遮水層厚

$H$ ：水位

$t$ ：漏水通過時間

\* 遮水層下部には排水材があるので、水圧は働いていないと考える。

#### (b) 漏水の通過算定モデル

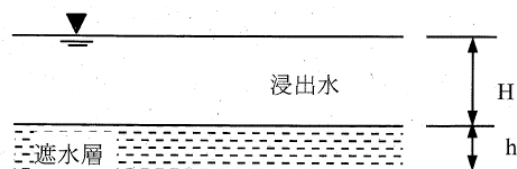


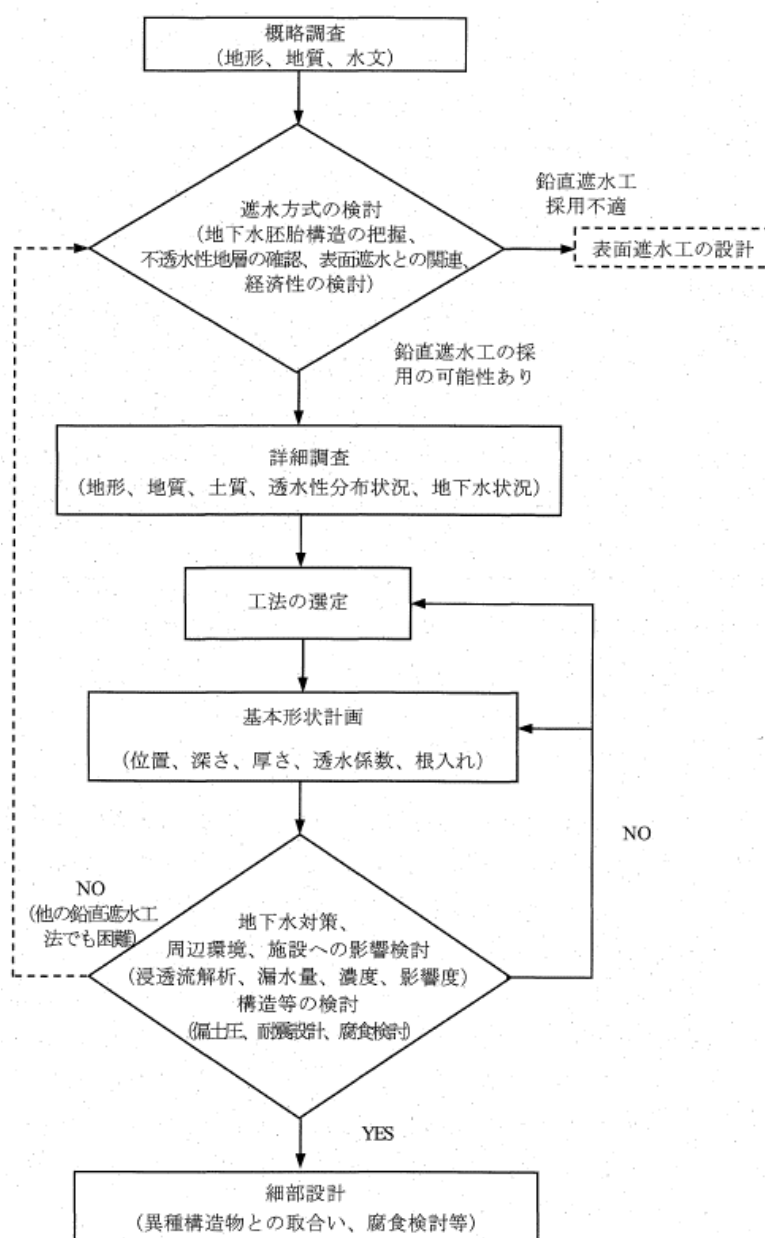
図 3-1-1-1 漏水通過モデルとダルシー則に基づく算定式  
(「最終処分場の計画・設計・管理要領」より)

こうした遮水工においては、「最終処分場の計画・設計・管理要領」の中で、地形・地質による観点から、次のような点に留意すべきことが述べられている (一部加筆修正した)。

- ① 表面遮水工と鉛直遮水工のいずれの遮水工を選定するかは、地形・水文地質条件による。すなわち、不透水性地層（透水係数 100nm/sec 以下の地層）が埋立地下部に連続して存在することが鉛直遮水工を採用する上での必要条件である。
- ② 表面遮水工の遮水材料の選定にあたっては、最終処分場の立地条件により異なるので、“地形や地盤の成形しやすさ” “地盤の強度、沈下量” “地下水の賦存形態と量” に留意した検討が必要である。
- ③ 表面遮水工の下地（基礎地盤）は、廃棄物の重量を支える地盤であると共に、遮水工を破損から守る保護地盤でもあり、下地の整地は遮水性能に大きな影響を与える重要な要素である。また、下地は、埋立作業に必要なトラフィカビリティも確保しなければならない。下地整地にあたっては、基礎地盤の状態を十分考慮し、廃棄物埋立時の作業性が良く、施工時及び将来にわたり遮水シートを破損から守るように計画・施工しなければならない。特に、地下水、湧出水による揚圧力に対しては、地下水集排水設備を設置し遮水シートの浮き上がりを防がなければならない。
- ④ 鉛直遮水工の設計にあたっては、図 3-1-1-2 のような手順で行う。ここで、地質調査が重要となる。ここでの地質調査は、難透水層の平面的及び断面的な状態の把握が主体となる水文地質調査である。この調査では、同時に地下水の流れを把握する。そして、鉛直遮水工を設けることで、地下水の流れがどのように変わるのかを予測し、対策工を含めた設計を行う。
- ⑤ 鉛直遮水工の選定にあたっては、地質的に以下のような点に留意しなければならない。
  - a) 岩盤の場合：我が国の地質構造は極めて変化に富んでおり、均一な地盤が連続して分布することは少ない。このため、鉛直遮水工の適用性が高い地質条件は限定される。このような条件下で**透水層の存在を確認するには、綿密な地質調査が必要である**。また、複雑な地質構造を解明するには、地質構造および水文地質構造を大局的に見ることも必要である。岩盤の遮水性はボーリング孔を用いた透水試験を行うことになる。調査位置や数量などについては、地質構造を考慮して設定する必要がある。
  - b) 土質の場合：沖積平地の場合、地層の連続性を確認することは岩盤の場合に比較して容易である。しかしながら、**堆積条件が変化しているケースが多く、均一の粘性土地盤が深度方向に連続することは少なく、粘性土と砂質土との互層の形態をとることが多い**。このような場合には、**地質層序を検討し、地層の連続性を確認することが必要**である。
  - c) 腐植土層の場合：沖積平地周辺部の開析谷には、腐植土層が厚く堆積した「谷地」地形が多く存在し、最終処分場として利用される機会も多い。このような**腐植土層の透水係数は低く、その連続性も確認しやすい**ことから、鉛直遮水工を適用する条件にある。しかしながら、**腐植土層は著しく含水比が高く地耐力が不足**



する。このため、一般的には、地盤改良により支持力を得るが、地盤改良の工法によっては地盤の透水性を高めることがあるので注意する必要がある。



全体的に、応用地質学的検討が重要となる。

図 3-1-1-2 鉛直遮水工の設計手順（「最終処分場の計画・設計・管理要領」より）

## 2) 地下水集排水設備（地下水集排水施設）

地下水集排水設備は、基準省令にもあるように、遮水工の地下水による損傷防止のために設けられる設備である。また、「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、表面遮水工を設置した埋立地では、**遮水工下部の地下水や湧水の排除を適切に行わないと地下水や湧水あるいは土中で発生する土壌ガスなどによって揚圧力が働いて遮水工を破損することがあるだけでなく、埋立地周辺の地下水位が上昇すると、埋立地の地質・土質によっては、地山がゆるみ、崩落やすべりを誘発する原因ともなるので、これらの悪影響を防止するため地下水などを速やかに排除するために地下水集排水設備を設置することが述べられている。**

そのうえで、“地下水集排水設備は、地形や地質、気象などの条件を十分に考慮に入れて、埋立期間や廃止後までを含めた長期間を対象として判断する必要がある”ことが述べられ、図 3-1-1-3 のような配置例が示されている。また、これら集排水設備の枝線については、“一般的には枝線の間隔は 20m 程度を目途に、**埋立地の地形、地質、土質ならびに地下水集排水区域の面積などを勘案し遮水工に働く揚圧力を効果的にカットできるよう決定**”すべきことが述べられている。

しかし、このためにどのような調査・解析が必要であるのかについてまでは述べられていない。図 3-1-1-3 は、**埋立地及びその周辺の地盤が、比較的均質な透水性地盤に対する配置例と考えられ、より複雑な水文地質構造を示す我が国においては、適切な水文地質構造を把握したうえで、適切な配置を設定しなければ、有効な集排水はできない場合が多いと考えられる。**

このため、地下水集排水設備の設置のために、水文地質構造の把握のための調査・解析が重要である。

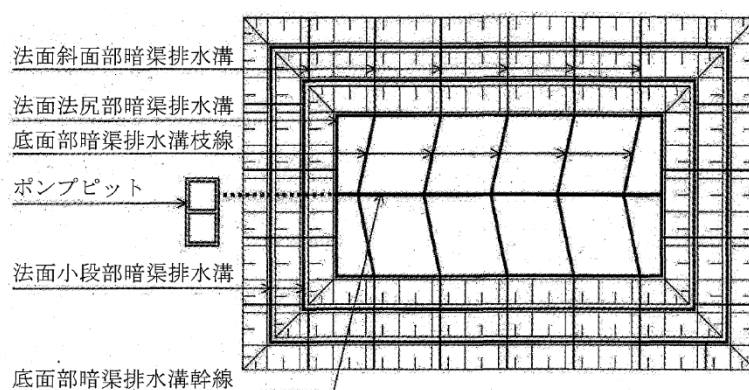


図 3-1-1-3 最終処分場の地下水集排水設備の配置例  
（「最終処分場の計画・設計・管理要領」より）

### 3) 保有水等集排水設備（浸出水集排水施設）

保有水等集排水設備は、埋立層内の保有水や浸入した雨水等の保有水等を速やかに浸出液処理施設に送るために設けられる。埋立地で発生する保有水等の水量をできる限り抑制し、これを速やかに浸出液処理施設へ送ることができれば、埋立地内には保有水等は滞留しないと考えられるので、遮水工や擁壁等（貯留構造物）に及ぼす水圧は減少する。このように保有水等集排水設備は、貯留構造物、遮水工および浸出液処理施設などの各設備との関連が深く、これらの設備は「埋立地の保有水等を速やかに排水する」ということを原則として構成する必要がある。また、廃棄物層内を嫌氣的な環境にせず生化学的な安定化を促進することも目的の一つである。

この設備の設置にあたっては、降水量などの水文学的検討を考慮した設計がなされる（詳細については、「最終処分場の計画・設計・管理要領」を参照されたい）。保有水等集排水設備は、図 3-1-1-4 のような配置で設置される。このうち、底部集排水管は、多くの管理型最終処分場で設置されており、自然流下による排水ができるように勾配をつけて敷設される（写真 3-1-1-1(a)）。これに対して、**法面集排水管や豎形集排水管は、管理型最終処分場によっては設置されない例もある**（写真 3-1-1-1(b)）。

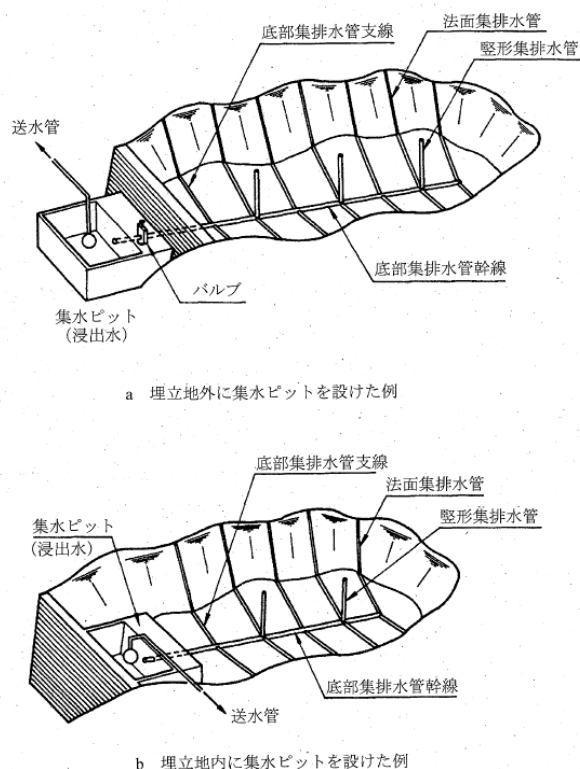


図 3-1-1-4 最終処分場の保有水等集排水設備の配置概念図（「最終処分場の計画・設計・管理要領」より）



(a) 底部集排水管の設置例（埋立前（左）と埋立中（右））



(b) 豎形集排水管の設置例（左）と設置されていない例(右)

写真 3-1-1-1 管理型最終処分場の保有水等集排水設備の設置例

豎形配管は、よく埋立ガスの集排出の機能として捉えられがちである。しかし、「最終処分場の計画・設計・管理要領」にも述べられているように、**法面集排水管や豎形集排水管は、埋立ガス処理施設としての機能も持っているが、中間覆土などによって妨げられがちな鉛直方向の保有水等の集排水を行う機能を持っている。**

この法面集排水管や豎形集排水管の考え方は、最終処分場の埋立廃棄物と同じような形態を示す宅地盛土などでも同様に縦排水工などとして設置されている。これは、盛土の力学的安定性の確保の観点から設けられている。最終処分場でも、写真 3-1-1-2 のように廃棄物による埋立盛土が表層崩壊を起こした事例がいくつかあり、**適切な保有水等の集排水は、嫌気的な環境をつくらないための設備であることと合わせ、埋立廃棄物の法面の力学的な安定性の観点からも必要な設備である。**





(a) A 処分場の例：赤砕部の崩壊



(b) B 処分場の例：ブルーシート部の崩壊

写真 3-1-1-2 一般廃棄物最終処分場の表層崩壊跡の事例

さらに、保有水等集排水設備の基礎地盤については、地質・地盤工学的に、以下のような点に留意すべきことが、「最終処分場の計画・設計・管理要領」に示されている。

- ① 基礎地盤の沈下により排水勾配が確保できなかったり、管継手部に異常が生じるおそれがある場合には、基礎地盤の地盤改良を行い十分強固な地盤としなければならない。
- ② 管軸方向で基礎地盤の地層が急激に変化する場合、その境界部では管に過大な応力が作用し破損に至ることもあるため、これを防止するために、境界部では緩和区間を設け支持力を均等化させる必要がある。

以上示すような留意点を見る限り、保有水等集排水設備の設置にあたっては、力学的な観点からの地盤の検討も重要であることが伺える。こうしたこともあり、「最終処分場の計画・

設計・管理要領」では、“埋設管の設計基準には、「道路土工排水工指針」（（社）日本道路協会、1987）や「土地改良事業計画設計基準設計パイプライン基準書・技術喜」（（社）農業土木学会、1998）などがあるが、これらの基準は、浸出水集排水管の場合と異なり、土被りが比較的浅い場合に適用するものが多い。また、側方土圧（横方向地盤反力係数）の評価が各基準により異なっている。したがって、浸出水集排水管の強度計算においては、浸出水集排水管の特徴に留意しながら、関連基準を参考に総合的に検討しなければならない“と述べられている。こうしたことから考えた場合、**保有水等集排水設備においても水文地質学的観点からだけでなく、力学的観点からの調査・解析が重要となると考えられる**。そして、それが引いては周辺環境の保全につながる。

#### 4）調整池（浸出水調整設備）

「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、以下に示す調整池（浸出水調整設備）、浸出液処理設備（浸出水処理設備）、導水管等（浸出水導水設備）の他、浸出水取水設備（基準省令に用語無）、処理水放流設備（基準省令に用語無）を含めて、“浸出水処理施設”と呼んでいる。

これらの設備の構成例としては、図 3-1-1-5 のようなものが想定されている。

浸出水処理施設の目的は、埋立地内で集められた保有水等を放流先の公共の水域及び地下水を汚染しないよう処理することである。しかし、保有水等の水量や水質は、降雨や埋立廃棄物質、埋立作業などにより変動するので、**a)適切な浸出水処理プロセスの選定、b)水量の変動への対応、c)水質の変動への対応が重要となる**。

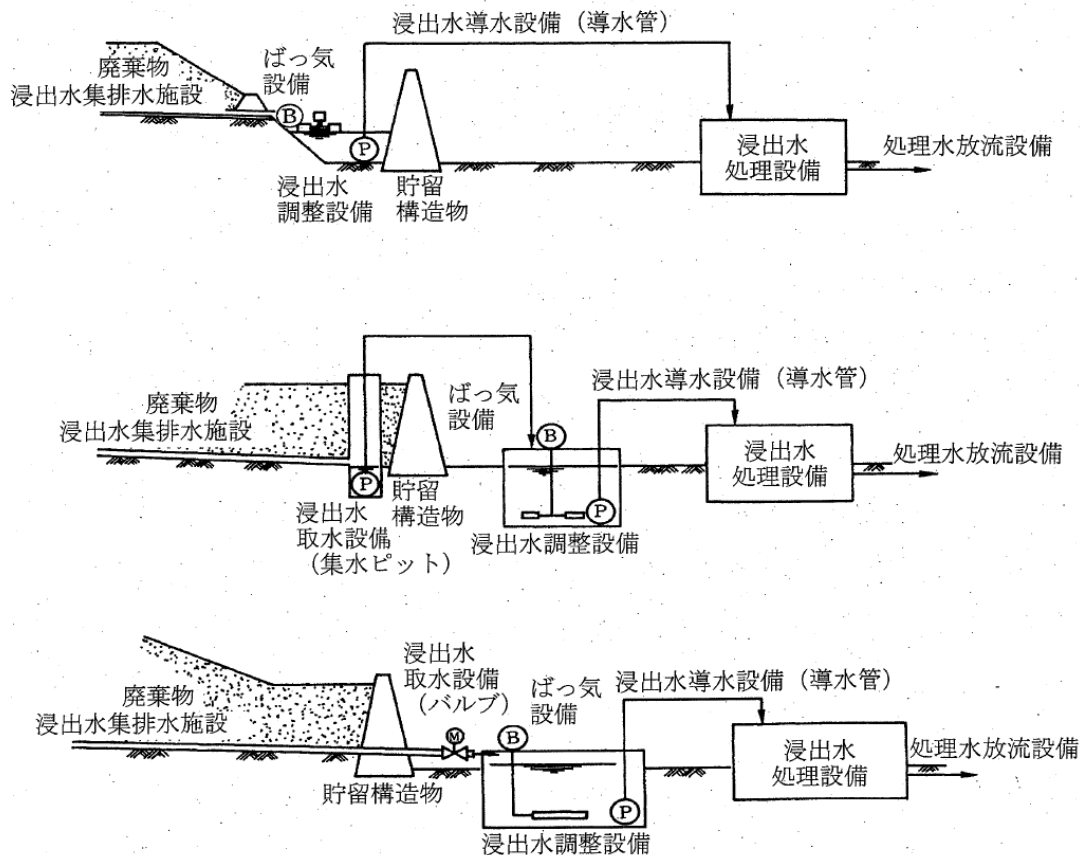


図 3-1-1-5 浸出水処理施設の構成例（「最終処分場の計画・設計・管理要領」より）

この浸出水処理施設のうち、調整池（浸出水調整設備）は、浸出液処理設備（浸出水処理設備）の安定稼働のために必要な設備である。すなわち、浸出液処理設備の能力は一定であるが、浸出水量は降雨等により変動するため、その中間に差分量を調整するための設備を設けることが浸出液処理設備の安定稼働に必要となるために設けられるもので、周辺環境を汚染しないためにも重要な設備であるといえる。このため、基準省令第1条1項5号ホでも“耐水構造の調整池を設けること”となっており、基準省令第1条2項13号では“調整池を定期的に点検し、調整池が損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること”となっている。この調整池は、前述の差分量の調整の他に、浸出水の水質の急激な変動を緩和し、必要に応じて予備ばっ気などの前処理を行う機能を持たせた設備が必要となる。

調整池は、こうしたことから、a)水量変動の調整、b)保有水等の水質の均質化、c)浸出液処理設備の休止時の保有水等の貯水、d)浸出液処理設備の前処理機能、などが求められ、表面遮水工を施した掘り込み池やダム、コンクリート製の調整槽の構造をとる事例が多い。

この調整池の規模等の設計については、「最終処分場の計画・設計・管理要領」に詳細な記述がなされており、浸出水量を適切に予測することが必要とされている。一方で、基準省

令第1条2項13号に示されるような調整池が損傷するおそれがあるか否かの応用地質学的な調査・解析についての具体的な記述はない。

調整池（浸出水調整設備）のトラブルの事例も、「最終処分場の計画・設計・管理要領」によれば、調整設備の容量不足、水質悪化や悪臭発生などが主であった。このようなことから、地質工学的な観点からの調査・解析には余り触れられてこなかったものと考えられるが、近年の気候変動等による豪雨の頻発、地震の頻発などを鑑みると、これまでとは異なり、調整池周辺の地すべりなどの問題も生じるリスクが高まってきている。このため、地質工学的観点からの調査・解析も必要となると考えられる。

## 5) 浸出液処理設備（浸出水処理設備）

「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、浸出液処理設備の設計において、その処理水量と水質の観点が重要視された記述となっており、埋立地から集排水した保有水等の処理を安定的に行い、公共の水域及び地下水を汚染しないような設備の設計がなされる。

浸出水処理施設に集排水された保有水等は、降水量によって大きく変動する。こうした観点を考慮し、いわゆる水文学的な検討にしたがって、保有水等の集排水量（浸出水量）が算出される。これらの算出方法の詳細は、「最終処分場の計画・設計・管理要領」に示されておりそちらを参照していただきたい。なお、こうした浸出水量の算出の考え方は、「宅地防災マニュアルの解説」等にも示されており、一般的な検討方法である。

一方、「最終処分場の計画・設計・管理要領」では浸出水処理施設のトラブルの内容として、“浸出水調整設備容量不足”が挙げられているが、その詳細な原因までは示されていない。筆者らの経験上、水処理量が合わない既設の最終処分場では、これまで以下の原因等がしばしば考えられる。

### a) 地形的要因 1－最終処分場内の埋立状況の変化

最終処分場では、本来の計画的埋立て行為に加え、一時的対応（例えば災害廃棄物の緊急埋立て等）を行う事がしばしばある。この際、本来は覆土を行った部分から順次、閉鎖区間を作ること、降雨の場合内流入を極力抑える計画であったものが、一時的に放棄され、覆土を行わずに埋め立てを続行し、そこに通常の降雨が降れば、計画水量を越える場合がある。

また、緊急対策工事等の必要に迫られた場合、仮設搬入道路を介し、直接的に周辺降雨が埋立地内に流入する事もある。さらに、この際には周辺水路の堆積土砂の排除等の管理が不十分で、周辺地表水が流入する場合もある。

このような災害時などには、最終的に不衛生な廃棄物を分断することが早期かつ優先的な対応となるため、廃棄物埋立層内に入る雨水対策は後回しにされることがしばしばある。また、雨水対策がなされる前に、継続的に埋立てを行った場合には、水処理量が増えてしまう結果となる。



また、各自治体のほとんどではこれらの排水対応を行っているが、地震災害や豪雨災害が頻発した地域の場合、これらの緊急避難行為が常時となるため、当初設計との大幅な差が生じることにもつながりかねない。

さらに、これらの緊急対応には相応な経費の捻出が必要であり、災害が頻発するような場合、排水計画等の対応を立ててもすぐに別の災害が起こり、この排水計画が無に帰すことも多い。近年の社会的傾向として、これらの繰り返される経費発生を無駄と見る向きもある。このため、管理者は管理経費の増額を要求することが徐々に困難になりつつあることも考えられる。

以上のように廃棄物最終処分場における排水管理は徐々に難しさを増す一方であることも雨水流入の一因を作っている可能性がある。

このような課題を解決するには、問題となる最終処分場の埋立て履歴や運営管理記録を再度整理し、最終処分場内及び周辺地域における地下水の性状（水位や水質）を把握するボーリング調査や埋立地内の廃棄物の組成調査や埋立構造調査（物理探査など）を行うことが有効である。

#### **b)地形的要因 2－天候の大幅な変遷に伴う確率降雨量の見込み違い**

豪雨が頻発する現在の傾向は著しく、当初設計を上回る豪雨を起こすことが多くなっている。このような豪雨が処分場内に直接降ることになれば、当然のことながら、水処理量は増すこととなる。このため、豪雨による水処理が十分行えるような豪雨対応型の最終処分場の建設も近年は検討されているが、その構造的な問題や経費の問題等課題が山積している。

しかしながら、反面、気象庁の近年のデータからは年間降雨量に大きな差が無いことが分かっている。よって、年間処理計画に乘せることも可能であるとの判断もできることになる。しかしながら、この豪雨による保有水等を一時的に受け入れる調整池は十分な規模を有さない場合がある。

経済性を考慮して、年間降雨量から設計をする考え方は、工学的な設計においては妥当な判断であるが、設置後の維持管理では、当初計画・設計とは大幅に異なる降雨規模となった場合、調整池の拡充など新たな対応を行うことも工学的な対処法の一つとなる。このような場合、豪雨の発生履歴等、気象庁が保有するアメダスデータ等を収集し、新たに雨量解析を行い、工学的に妥当な浸出水処理施設規模への改良、防災用の調整池の新設・増設等を検討することが有効である。

#### **c)地形的要因 3－当初予想されなかった周辺地形の大幅な改変**

最終処分場は搬入建設を伴うことが多い。このため、旧来は人跡未踏の地であった地域も徐々にこの交通網の発展によって、開発が進むことがしばしば見受けられる。

また、これらの道路網が発達すれば、必然的に山地部の開発（道路開発等）も進み、当初

は山林として流域を評価していたものが、市街地や造成地となり、流出係数等を変えてしまう場合もある。この場合、山地に十分浸透するはずの降雨が浸透を阻害され、地表水として一度に流れ出してしまうこととなり、洪水流量に大幅な影響を与え、最終処分場の有する水処理能力を超える場合もある。

以上のように上流域の地形改変の状況は処分場に流入する水量を大幅に変更する場合があるので、十分留意する必要がある。

現地植生（植林等）の変遷も大規模な場合は流域内の流出係数を変更させ、樹林の成長によって土壌水分の吸い上げ効果の低減もある。これらの事象も、地表水の増加原因を予測する付随的な要因となりうる。

以上のような地形変遷に基づく流量変化（増加原因）を追求するには、昭和 20 年代ごろからの経年の空中写真判読や明治時代からの地形図判読等を行うことが有効である。

#### **d)地質的要因 1－水収支計算に乗らない地下水の存在**

地下水には岩盤内の割れ目に分布するとされる「裂隙（れっか）水（被圧地下水）」の存在も知られている。この裂隙水は地質構造や分布する地質の浸透性等に影響を受け分布している。

現地調査の際には、地下水の湧水地点の分布位置や湧水量の把握はもちろんのこと、分布する地質や地質構造（活断層、地質断層、地質的な弱線―特に「水みち」となる弱線等を含む）を把握し、水収支に与える影響の度合いや流量そのものを算定する根拠としなければならない。

また、大規模な活断層の分布地においては、大規模な活断層に付随する小規模な断層帯の把握も必要であり、従来行う「地表地質調査」のみでは、判断できないこともあり、総合的な地質調査が必要となる。

なお、水みちとなる弱線など、留意すべき地質状況として、「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、山間最終処分場の場合、以下のことが述べられている。

##### **① 埋立地を横断する断層**

断層の性状あるいは周辺の岩盤状況によっては、浸出水の漏出経路となる可能性がある。

##### **② 主要構造物（貯留構造物、防災調整池、浸出水調整設備、浸出水処理設備など）にかかる断層**

断層が幅広い粘土・角礫化帯を伴う場合は、構造物基礎の支持力、せん断強度が問題となる。また、断層に隣接する岩盤に、破碎作用の影響で割れ目が密に発達する場合には透水性が問題となる場合が多く、場合によっては支持力、勢断強度も問題となる。

広域地質図に示されるような断層は、比較的規模が大きいことが予想される。断層の規模・性状によっては、強度あるいは透水性・遮水性改良の面から、構造物の

構築自体が困難になることもあり、あるいはそれほど問題にならないまでも、断層置換などの特殊な基礎処理が必要となる可能性もある。

### ③ 「水みち」となるような地質的弱線

形成された時代の異なる地層、岩体が相接する境界である不連続面は、その時間的ギャップに応じた風化帯が形成されていたり、地下水の流動による風化・変質を受けやすい条件下にあるので、「水みち」が形成されている可能性がある。

形成過程・機構の異なる岩体、地層が接する境界、例えば堆積岩とそれに貫入する火成岩との境界では、破碎や変質を被り劣化していたり、火成岩においては急冷周縁相が形成されクラッキーな状況にあるのが一般的である。また、そのような状況から、境界沿いに風化が深部まで及んでいたりする場合がある。以上から、異種岩体の境界には、「水みち」が形成されている可能性が高いと考えられる。

こうしたことから、地表水の水収支だけでは適切な水処理量が算出できない場合がある。このような場合には、総合的な地質調査が重要となる。

### e)地質的要因 2－特殊な地質による水収支の相違

特殊な地層と地形の組み合わせによる流入水の増加の可能性も考えられる。例えば、周辺に地すべり地や崩壊跡地が多く分布するような場合、これらに賦存する地下水が最終処分場に与える影響も考えられる。

なお、賦存する地下水は、「最終処分場の計画・設計・管理要領」にも示されるように、埋立地周辺の地下水の高まりを形成する場合もあり、こうした地下水の高まりは、埋立地からの保有水等の漏出に対するバリアとして有効にもなるという側面もある。

したがって、賦存する地下水は水収支における浸出水処理施設の水処理量の相違をもたらすデメリットともなり得るが、メリットとして上記の漏出バリア効果もあるので、詳細な水文地質構造の調査・解析が重要となる。

#### 6) 導水管等（浸出水導水設備）

「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、導水管等に関する記述は極めて少ない。基準省令でも凍結等への措置を行うことは謳われるようになったが、それ以外の記述はない。このことは、逆に言えば、これまでの最終処分場で導水管等が凍結等以外で問題となったことはないことを示したものと考えられる。

実際、2016年熊本地震に見舞われた阿蘇地域の一般廃棄物最終処分場の導水管等に損傷等による機能低下はなく、調整池に適切に保有水等が導水管等より放流されていた（写真3-1-1-3）。このように、貯留構造物直下に調整池があり、導水管等の長さも短く表層の埋設管程度であれば、大規模地震による被害もほとんどないようである。

しかし、調整池の設置場所の関係で、導水管等を長距離に地下を通すようなことを考えなければならない場合には、ダムの導水路などと同様な観点から、地質工学的な調査・解析による工学的な判断が必要となると考えられる。ただし、そうした導水管等の設置の事例はまだない。



写真 3-1-1-3 2016 年熊本地震後の導水管等からの保有水等の放流状況

### **(3)「廃棄物最終処分場のための現地調査法」について**

前述したように「最終処分場の計画・設計・管理要領」では、“周辺環境への影響”の調査・解析の具体的な方法までは示されていない場合も多い。

一方、「山田正人・関東処分組(2016)：廃棄物最終処分場のための現地調査法―現場屋がつくった現地調査法，サムハウパブリッシング，194p」では、「6 章 処分場周辺環境の評価」の中で、地形・地質・地下水が取り上げられている。そこでは、「6.2.2 処分場の立地場の把握」、「6.2.3 環境汚染を監視するための観測井の設置」と「6.2.4 地下水水質のモニタリング」が示されている。以下、これらの概略を示す。

#### **1) 処分場の立地場の把握**

ここでは、低地や台地・丘陵に設置した場合の例が示されている。

さらに、現地調査として、地質調査、ボーリング調査及び物理探査の手法が概略述べられ、これらの調査より断面図等を作成し、水文地質構造図を基に観測井の検討を行うことが示されている。

#### **2) 観測井の設置**

ここでは、観測井の水位標高から水位の標高コンターを作成し、地下水の流動方向を決定すべきことが述べられている。この時に留意しなければならない点として、地下水流動方向を見定める必要があるため、少なくとも 1 年間は定期的に水位測定を行うべきことが示されている。

また、地下水集排水設備は、遮水工の破損を的確に捉えられる場合が多く、観測井の代わりに行うことができることも述べられている。

#### **3) 水質モニタリング**

この中では、調査時期と調査項目が示され、モニタリングのための試料採取方法と運搬・保管方法も示されている。特に、焼却残さを埋立てる最終処分場では、地下水等の塩化物イオン濃度又は電気伝導率が長期間な変動を見るうえで有効な指標であることが示されている。

#### (4) まとめ

以上示したように、“周辺環境への影響”を調査するための調査・解析手法、特に、環境地質学的手法については、これまで示された「最終処分場の計画・設計・管理要領」や「現地調査法」には具体的な記述に乏しい。このためもあってと考えられるが、現状では、こうした調査・解析は、担当技術者の力量に負うところが大きく、適切な調査・解析の基、的確な地質工学的判断が示されているとは限らない場合もある。

次項ではこうしたことを踏まえ、現状の調査・解析手法について検討する。

### 3-1-2. 現況の調査・解析手法に関する検討

最終処分場の周辺環境への影響としては、基準省令にも示される“埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止すること”となっており、これにより周辺環境の保全を行うことが目的である。すなわち、埋立地から有害物質等を含む保有水等が漏洩し、周辺の地下水や表流水が汚染されないようにすることである（最終処分場のしゃ断機能）。

このようなことから、最終処分場の周辺環境への影響の調査・解析では、最終処分場内とその周辺の地下水及び表流水の流れを適切に把握し、その基で各種の的確な工学的判断を示すことが重要な目的となる。この他にも、埋立地から発生するガス（硫化水素やメタンなど）や廃棄物等の飛散なども周辺環境への影響として挙げられるが、ここでは、環境地質学的観点から、地下水・表流水の汚染防止の問題だけに絞ることとする。

最終処分場の地下水問題としては、前述したしゃ断機能の他に、施設建設に伴う地下水阻害の問題もある。

しゃ断機能については、一般廃棄物最終処分場あるいは産業廃棄物管理型最終処分場では、少なくとも基準省令で示される構造基準（基準省令第1条）を遵守する必要がある。このためには、基準省令のいう不透水性地層の分布状況や透水性を捉えることなどが必要である。把握方法としては、地表地質踏査に加え、ボーリング調査（各種試験含む）や比抵抗電気探査などの物理探査を用い、数値シミュレーションなどを通して、透水性に関係した地質構造を把握していく。これは、前述の基準省令の目的を果たすためのもの（機能）である。

これに対して、地下水阻害<sup>2</sup>に関わる問題は、基準省令には示されていないものの、トンネルやダムなどの構造物を設置において一般的に問題となる事項であり、最終処分場の設置においても検討すべき事項である。地下水阻害に関わる問題に対しては、周辺の地下水等の利用状況により対応が異なってくるので、広域の地下水挙動を把握し、施設設置の影響を検討・判断することが重要となる。このための水文地質学的な観点での調査・解析が必要であり、資料調査、地形調査、地質調査、数値解析等による予測調査、総合評価・対策検討を実施することとなる。

ここでは、これらのしゃ断機能及び地下水阻害に関する調査・解析の現状を示し、次項の課題に結び付ける。

---

<sup>2</sup> 構造物の設置による地下水位の低下あるいは上昇により生じる周辺の水・地下水利用に影響を及ぼすような場合の被害を、地下水阻害と呼ぶ。

## (1) しや断機能に関わる調査・解析手法

最終処分場では、そのしや断機能を発揮し、周辺環境に悪影響を及ぼさないようにするために、遮水工等の遮水性が求められる。すなわち、地盤の透水性と周辺の流動状況の把握が周辺環境の保全につながる。したがって、調査・解析は地下水流れの把握を目的としたものであり、透水試験、地下水流動試験、物理探査などが挙げられる。以下、これらについて検討する。

### 1) 透水試験

透水試験方法は「地盤工学会編(2013)：地盤調査の方法と解説（以降、「地盤工学会の青本」）」に示されている基準がある。最終処分場においては、地盤中の地下水の問題は基本事項であり、透水試験によって求める透水係数などのパラメータは、数値シミュレーションなどのパラメータとしても重要で、それを適切に求めることが必要となる。

飽和した自然地盤の透水特性を求めるための透水試験方法の代表的なものとして、「単孔を利用した透水試験方法」が広く普及している。この他に、ダムなどで多用される「ルジオン試験方法」も挙げられ、複数孔を利用する「揚水試験方法」「孔内水位回復法による岩盤の透水試験方法」「注水による岩盤の透水試験方法」などもある（いずれも JGS 基準の用語）。

試験方法の詳細は、「地盤工学会の青本」を参照してもらいたい。ここでは、最終処分場の調査で用いられることの多い、「単孔を利用した透水試験方法（非定常法）」と「ルジオン試験方法」を取り上げる。

#### a) 単孔を利用した透水試験方法（非定常法）

1つのボーリング孔あるいは井戸を用いて行う試験方法である。孔内水位を変化させ、その水位変化を計測する。試験の最初に、孔内の地下水をくみ上げる、あるいは水を注入することで水位を大きく変化させ、水位の回復を捉えることで、透水特性を把握する手法である。

非定常法では、透水係数の大きな砂礫層などでは、水位変化が速く、計測誤差が大きくなるのでやや不適切であり、場合によっては定常法を利用する方が良いが、必ずしもそうした点に留意されていないようにも見受けられる。非定常法は、砂層などの滞水層や難透水層などを把握する時などに実施される。

非定常法においては、「透水係数」と場合によって「比貯留係数」が推定可能である。

透水係数は、直線勾配法や曲線一致法により水位の時間変化より求め、比貯留係数は、曲線一致法により求める。非定常法では、水位の時間変化で直線が得られない場合があるが、貯留性の影響以外の乱流や平衡水位の設定等も考慮しその適用性を判断する必要がある。

#### b) ルジオン試験方法

ダムの遮水性を把握する時に広く用いられる試験方法である。試験区間をパッカーで区切り、その区間に水を注入し、その水圧と流量を計測し、飽和地盤の透水特性を把握する。



ルジオン試験は透水係数  $10^{-8}\text{m/s}$  程度以上の地盤・岩盤に用いることができる。特に多孔質媒体としては扱いにくい割れ目系岩盤の透水性を把握するのに適している一方、未固結の地盤等では大きな水圧がかけられないのでやや不適切となることがある。しかし、低圧で水圧を設定するルジオン試験方法もあり、比較的对象地盤は広い。

水圧 $p$ と流量 $q$ の関係をプロットし、 $0.98\text{MPa}$ の時の流量をルジオン値 $\text{Lu}$ として算出する。 $0.98\text{MPa}$ 未満で限界圧力に達してしまうような地盤では、 $p$ - $q$ 曲線を直線的に延ばし、換算ルジオン値 $\text{Lu}'$ として表す。

ルジオン試験は基本的にダルシー則に従うことを前提としているため、乱流となるような低圧での流量増大では層流におけるルジオン値 $\text{Lu}$ とは扱いが異なるので、この換算ルジオン値 $\text{Lu}'$ の意味は大きい。

ルジオン値は、その定義の通り、「有効注水圧力水頭  $100\text{m}$  の時の試験区間長  $1\text{m}$  当たりの注水流量」であり、この定義と試験の標準寸法（長さ  $5\text{m}$ 、孔径  $66\text{mm}$ ）から、 $1\text{Lu} = 1.3 \times 10^{-7}\text{m/sec}$  となる。これによって透水係数に換算することができ、最終処分場の基準省令にもルジオン値が透水係数と共に併記されている。

## 2) 地下水流動状況試験

前述した透水試験は地盤・岩盤の透水係数（あるいはルジオン値）を求める試験であるが、ここで述べるのは、地下水流動の状況を捉える調査であり、把握しようとするものが異なることに留意してほしい。

地下水流動試験は、局所的なものと広域的なものがある。それぞれいくつかもの試験方法があり、詳細は「地盤工学会の青本」の試験方法を参照されたい。

地下水流動の状況を適切に捉えることは、安全で経済的かつ水環境への負荷をできるだけ軽減した工事、災害対策、水質汚染対策などの実施が可能となるばかりでなく、水収支のバランスを維持する健全な水利用にも資するため、今後、重要な調査・解析となると考えられる。

地下水は、多孔質媒体であっても滞水層全体を均等に流れているわけではなく、水みちとして一定の範囲を選択的に流れていることが多い（選択的に流れるのは表流水も同じであり、流れやすい場を選択するのが水の性質である）。また、一層の流動層によって構成されているわけではなく、複数の流動層で構成されている場合が多い。すなわち、地下水流動は透水係数を把握できれば理解できるわけではなく、水みちや流動層の把握が重要であり、地下水流動の調査は、その点に調査の意義がある。

なお、ここで留意しておかなければならない点は、一つの地下水流動状況調査だけでは適切な地下水流動を把握しきれないことが多く、複数の調査を組み合わせることが必要となる点である。特に、数値シミュレーションとのクロスチェックは重要である。

ここでは、最終処分場の地下水流動状況調査で用いられることの多い調査として、局所的な調査の内「孔内微流速測定」を、広域的な調査の内「水質又は同位体分析による調査方法」

について述べ、最後に、「数値シミュレーションによる境界値問題として解く方法」について触れる。

#### **a) 孔内微流速測定**

主に局所的な地下水流動を把握する調査としては、トレーサー試験（単孔式：JGS基準）、トレーサー試験（単孔式を除く）、孔内流向流速測定、孔内微流速測定、地下水温・地温測定などが挙げられる。

孔内微流速測定は、滞水層における深さ方向の流動状況を調査する孔内検層の一種である。単一のボーリング孔に微流速計を設置し、深度毎の流速を測定する。

設置深度毎に得られる微流速に基づき、湧水箇所や逸水箇所の把握、特定区間の透水係数を捉えることができる。ただし、場合によっては、キャリパー検層による孔径の確認による補正が必要である。

#### **b) 水質又は同位体分析による調査方法**

主に広域的な地下水流動を把握する調査としては、ポテンシャル分布の直接測定による方法、水質又は同位体分析による方法、数値シミュレーションによる境界値問題として解く方法が挙げられる。このうち、ここでは、水質又は同位体分析による方法について述べる。

地下水に溶解している物質（水質）、あるいは水自体及び溶解している物質の同位体は、地下水の涵養時の状態や地下水が流れてきた地層及び時間などの情報を反映している。

水質分析の場合には、キーダイアグラムやシュティフダイアグラム（ヘキサダイアグラム）による地下水の性質の把握が可能であり、同位体分析の場合には、安定同位体のデルタ（ $\delta$ ）ダイアグラムによる起源の評価や放射性同位体による滞留時間の評価などが可能である。

例えば、地下水の溶存イオン分布を計測することも地下水の流動状況を捉えるのに有効である。基本的に、地下水において、降水により供給された水は、Na, Cl イオンが少なく、海水が混ざるほど両者が多くなる。Na,  $\text{HCO}_3$  イオンは、岩石との長期接触をした地下水に多く見られる。すなわち、深部に滞留したか、深い部分を長い間動いた水がそれにあたると考えられる。石灰岩地域では、Ca,  $\text{HCO}_3$  イオンが多くなる。また、 $\text{HCO}_3$  イオンが多いものは、降水起源と考えられる。

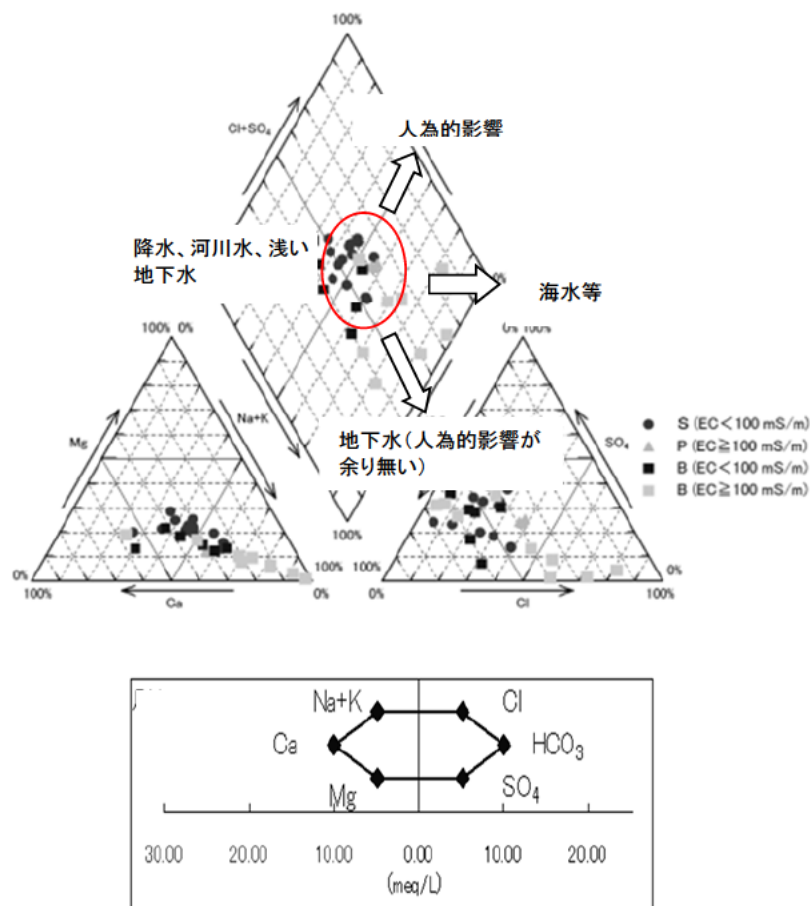


図 3-1-2-1 トリリニアダイアグラム(上)とヘキサダイアグラム(下)による溶存イオンの表現法

一方、 $\text{SO}_4$ イオンは海水中の生物起源か、降水中では人間起源(化石資源中の硫黄酸化物)によるものと考えられ、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}_3$ イオンなどは主に人間活動(農業など)によるものである。中間型は、天水や海水等の混じり合ったものと考えられ、河川水や伏流水、滞留時間の短い地下水などが考えられる。

以上のような性質を利用して、トリリニアダイアグラムとヘキサダイアグラムを用いて、地下水の挙動を推察していく(図 3-1-2-1)。これにより、例えば、処分場から貯留構造物下流への地下水の回り込みなどの水みちがわかることがある。

### c) 数値シミュレーションによる方法

地下水流動の把握には、近年なくてはならない方法となってきたのが数値シミュレーションである。既往のデータからもシミュレーション(模擬)することができるが、現場に即した水文地質モデルを構築していくことが肝要であり、ポテンシャル分布の直接測定による方法、水質又は同位体分析による方法などと併用(クロスチェック)することが望ましい。

図 3-1-2-2 に示されるように、最近の数値シミュレーションの発展は、複雑な三次元地形形状と地質をモデル化した数値解析を行うことが可能となっている。さらに、図 3-1-2-3 に示すような気液二相流の解析を行い、埋立廃棄物内の保有水等の移動を数値シミュレーションできるまでになってきている。また、陸上だけでなく海面最終処分場の保有水等集排水設備の効果についての検討なども数値シミュレーションによりなされる(図 3-1-2-4 参照)など、各種の検討が数値シミュレーションにより検討できるまでになっている。

こうした数値シミュレーションは、各種の検討が行えるようになり、地下水挙動をより詳細に把握する道具として有効なものとなってきているが、必ずしも現地の状況と整合する結果を得られるわけではない。若井(2011)<sup>3</sup>も指摘しているように、決定根拠が十分でない入力パラメータ(透水係数、拡散係数、ひいては水文地質モデル)を解析に採用せざるを得ない場合、予測された結果の信頼度の評価の仕方が課題となる。こうした現状を説明できる適切な地下水流動モデルやパラメータの設定の難しさは、今に始まったことではないものの、未だ十分な解決策が得られていない状況といっても良い。

この意味でも、地下水流動を把握するためには、水質又は同位体分析による調査などの結果と整合の取れる数値シミュレーションをクロスチェックし、水文地質モデルを修正しながら全体として整合の取れた内容としていくことが肝要である。

なお、最終処分場の設置に伴う生活環境影響調査として、地下水調査を実施することが「環境省：廃棄物処理施設生活環境影響調査指針，平成 18 年 9 月」に示されているが、その中で、数値シミュレーションは“地形・地質や地下水の状況が複雑な特徴を有している場合や、下流側に重要な利水施設が存在する場合など、手計算では予測することが困難な場合に適用する”ものとして位置づけられている。この時のシミュレーション方法として、表 3-1-2-1 が示されている。

---

<sup>3</sup> 若井明彦(2011)：無理して“結果”をあわせないこと－信頼性を意識した数値解析へ，地盤工学会誌，第 59 巻，第 3 号，pp.1-3.

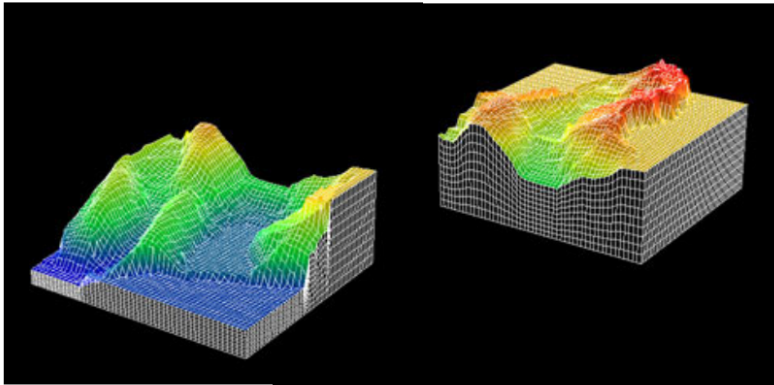


Fig. 1 Model of landfill site

図 3-1-2-2 最終処分場の数値シミュレーションモデルの例

(水藤寛・堀川靖夫・諸泉利嗣・小野芳朗(2006)：最終処分場周辺における地下水流動シミュレーション，第 55 回理論応用力学講演会講演論文集)

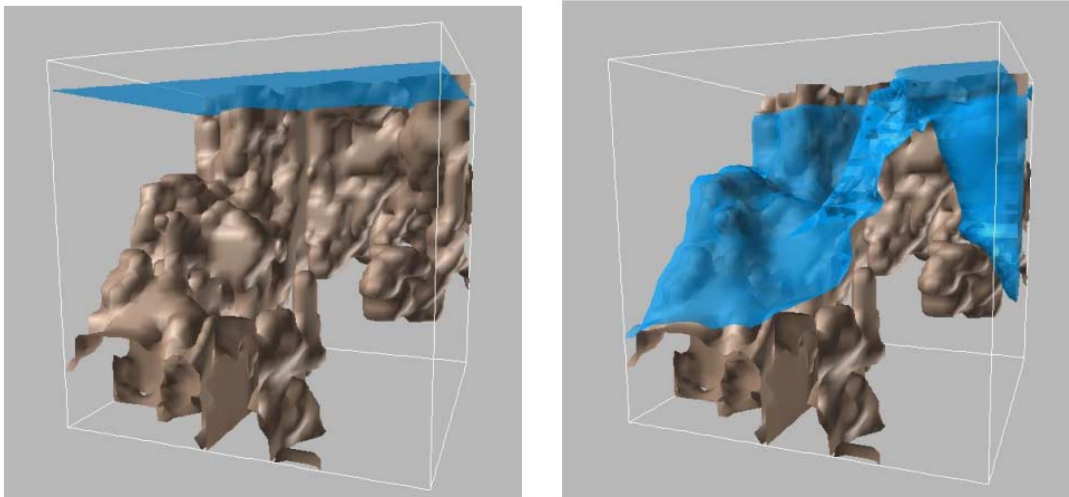


図 2 数値シミュレーション結果

図 3-1-2-3 気液二相流の解析による保有水等の埋立地内移動のシミュレーション事例

(鈴木和将・水藤寛(2016)：廃棄物最終処分場における埋立層間隙内の気液二相流数値解析，第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会，D4-P11，pp. 451-452)

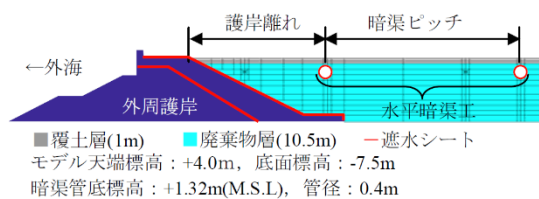


図-1 解析モデル概要

表-1 解析実施ケース

| ケース      | 1  | 2  | 3   | 4   |
|----------|----|----|-----|-----|
| 護岸離れ(m)  | 10 | 25 | 50  | 100 |
| 暗渠ピッチ(m) | 50 | 30 | 100 | 200 |

表-3 各ケースの20年後の濃度分布

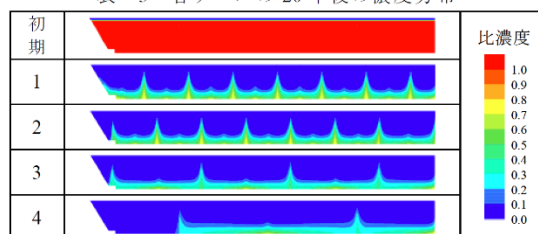
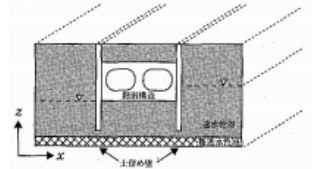
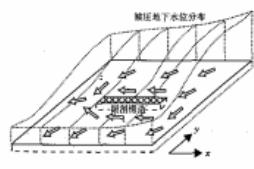
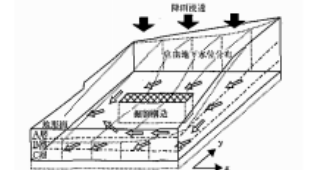
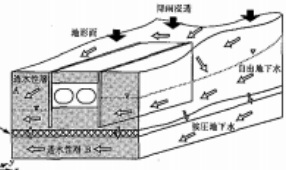


図 3-1-2-4 海面最終処分場の保有水等集排水設備の設置効果の数値シミュレーションによる検討事例（細野賢一・大野博之・永岡修一・八村智明・宮原哲也・松本謙二・飛田靖之・富田洋平(2011)：海面最終処分場の廃棄物層内の水質浄化の処理機能に関する検討，平成 23 年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集， pp.75-76.）

表 3-1-2-1 地下水シミュレーションモデルの説明（環境省：廃棄物処理施設生活環境影響調査指針より）

|      | 鉛直二次元解析                                                                                                                                                                                     | 平面二次元解析                                                                                                                                                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 適用性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直方向の流れが卓越した地下水流動場の検討に適している</li> <li>線形構造物の横断方向断面の検討に適している</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>広域地下水流動場の検討に適している</li> <li>平面的な流れ場の検討</li> <li>被圧地下水位分布の検討</li> </ul>                                                                       |
| 出力   | x, z 方向の地下水流速<br>自由地下水位分布（断面内）                                                                                                                                                              | x, y 方向の地下水流速<br>被圧水位分布（水平面分布）                                                                                                                                                     |
| 短所   | <ul style="list-style-type: none"> <li>奥行き方向の流れを無視</li> </ul>                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直方向の流れがないとして解析</li> <li>自由地下水位の検討ができない（地形が考慮できない）</li> <li>降雨浸透を考慮できない</li> </ul>                                                          |
| 解析対象 | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直方向の迂回効果や帯水層構造を考慮した地下水流動阻害の検討</li> <li>施工時地下水位低下工法の検討</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>広域的な地下水流動阻害の検討</li> <li>平面的な迂回効果の検討</li> </ul>             |
|      | 準三次元解析                                                                                                                                                                                      | 三次元解析                                                                                                                                                                              |
| 適用性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>広域地下水流動場の検討に適している</li> <li>平面的な流れ場の検討</li> <li>自由地下水位分布の検討</li> <li>降雨浸透を考慮できる</li> <li>複数の透水性をもった帯水層の構造を考慮可能</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>三次元的に複雑な地下水流動場の検討が可能</li> <li>詳細検討向き</li> <li>自由地下水位分布の検討</li> <li>降雨浸透を考慮できる</li> <li>地形を考慮できる</li> <li>複雑な水理構造を考慮できる（帯水層、難透水層）</li> </ul> |
| 出力   | x, z 方向の地下水流速<br>自由地下水位分布（水平面分布）                                                                                                                                                            | x, y, z 方向の地下水流速<br>自由地下水位分布                                                                                                                                                       |
| 短所   | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉛直方向の流れがないとして解析</li> <li>複数の帯水層を同時に取り扱うことができない</li> </ul>                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>三次元構造データの作成に多大な努力が必要となる</li> <li>境界条件の面的設置が必要となる</li> </ul>                                                                                 |
| 解析対象 | <ul style="list-style-type: none"> <li>広域的な地下水流動阻害の検討</li> <li>地形・帯水層構造・降雨浸透を考慮した平面的な迂回効果の検討</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>三次元的な地下水流動阻害の検討</li> <li>詳細な対策の検討</li> </ul>             |

### 3）物理探査による調査

物理探査には、屈折法弾性波探査、反射法弾性波探査、比抵抗電気探査、電磁探査など各種の方法があるが、最終処分場において地下水の流れを捉える探査法としては比抵抗電気探査が有効となる。

例えば、図 3-1-2-5 に示すような 3 次元的な比抵抗分布を把握することで、含水量の多い箇所を特定するなどにより、水みちとなりうるような水文地質構造の検討を行うことが



できる。

また、埋立地内の含水状態を把握し、保有水等集排水設備が有効に機能しているか否かの評価のための資料とすることもできる。こうした物理探査の事例を図 3-1-2-6 に示す。さらに対策工前後の比抵抗分布の変化をみることで対策工の効果を評価することもできる。

なお、比抵抗電気探査、電磁探査、屈折法弾性波探査、表面波探査により、最終処分場の埋立地の内部構造を検討した事例が、「遠藤和人(2014)：最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究，平成 25 年度環境研究総合推進費補助金研究事業総合研究報告書，平成 26 年 3 月」に示されているが、図 3-1-2-7 に示されるように、いくつかの物理探査を組み合わせ、その結果を総合的に判断することも有効な方法となる。

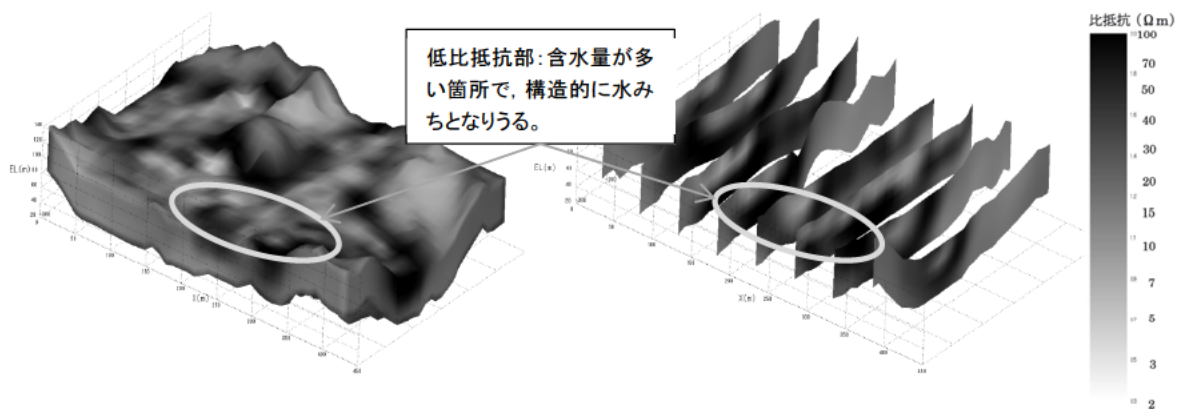


図 3-1-2-5 3次元の比抵抗分布図の例（「地盤工学会(2015)：防災・環境・維持管理と地形地質，丸善出版，pp191-196」より）

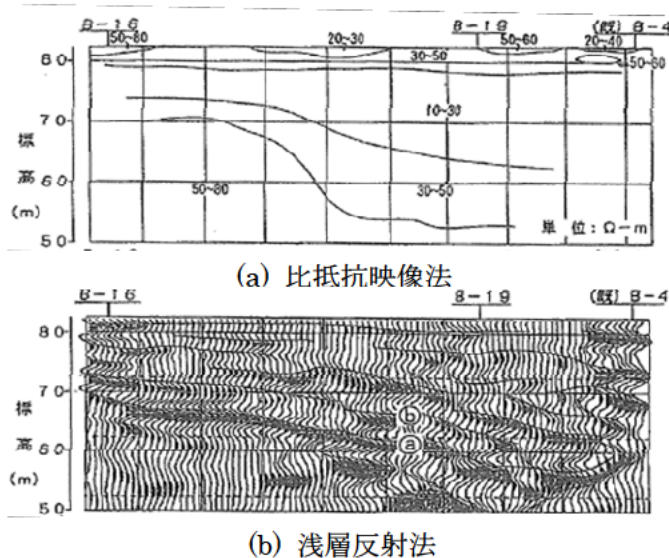


図 3-1-2-6 比抵抗電気探査の結果の事例（「山中・大野(2011)：既存最終処分場に埋め立てられた災害廃棄物の長期間経過後の事例，環境技術会誌」より）比抵抗値が埋立地内は小さく、嫌気的環境となっている可能性があり、より大きな保有水等の集排水が必要と考えられる。

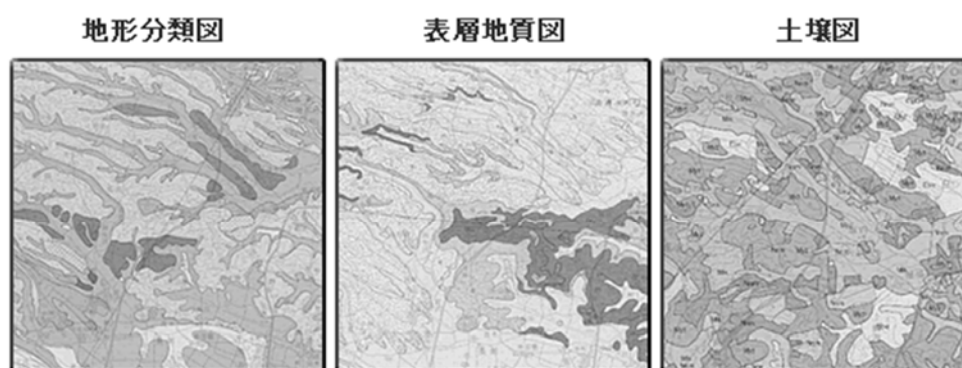




## (2) 地下水阻害に対する調査

最終処分場に限らず、施設の建設にあたっては、施設建設に伴い地下水位の低下あるいは上昇が生じ、地下水阻害を周辺地域に及ぼす恐れがある。地下水阻害の調査としては、地形・地質調査の一環でもある資料収集調査が重要である。雨水流出の多い地域や用水の水源、取水位置が直下流にある地域は避けるべきであり、地下水についても水脈、水位および利水状況などを調査し、悪影響がある場合は避ける。そのための検討には、土地利用の状況や地表水・地下水の利用状況などのデータを収集整理し、不足する情報は実際に改めて調査するのが良い。

土地利用については、国土調査の内、土地分類調査によって得られた土地分類基本図や土地分類基本調査（垂直調査）図などをはじめ、都道府県水調査や水基本調査のデータベース、地下水マップなども収集整理することで、地下水による阻害の可能性を事前に検討し、それに基づいて、実際の阻害の可能性を現地調査により判断する。



宮城県「古川」の一部

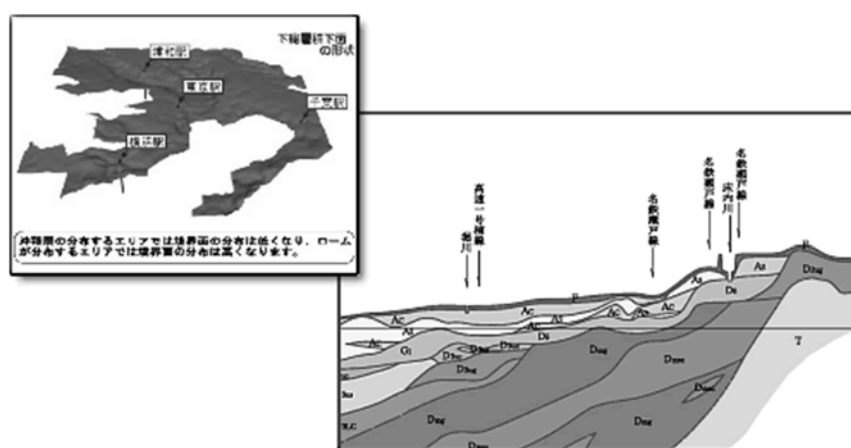


図 3-1-2-8 土地分類基本図(上)と土地分類基本調査(垂直調査)図(下)の例 (「地盤工学会(2015): 防災・環境・維持管理と地形地質, 丸善出版, pp191-196」より)

さらに、数値シミュレーションなどにより、施設設置の影響を事前に予測・評価することも重要である。この時は、より広域の地下水障害を予測・評価するために、図 3-1-2-9 のような広域水文地質モデルを構築して検討していくのが良い。

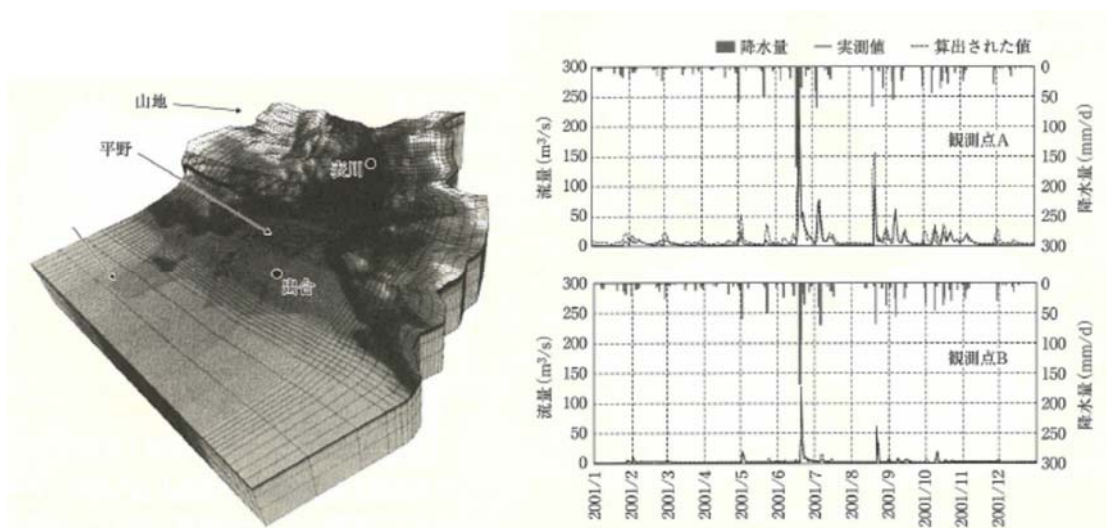


図 3-1-2-9 広域的な地表水・地下水流動の検討のための数値シミュレーションの例（「登坂博行(2006)：地圏水環境の数理－流域水環境の解析法，東京大学出版会，342p.」より）

### 3-1-3. 今後の調査・解析手法に関わる課題

#### (1) 透水試験における課題

基準省令第1条五イで“透水係数が毎秒百ナノメートル（岩盤にあっては、ルジオン値が一）以下である地層”を“不透水性地層”と呼んでいることから、透水試験として「ルジオン試験方法」が用いられることも多い。

しかし、ルジオン試験は、ダムの湛水を考えた、注入圧力 0.98Pa（有効水頭 100m）もの圧力を掛ける透水試験である。ダムの場合には、えん堤高 100m を超えるような大ダムも建設され、水頭が 100m を超えるような水圧も貯水池内地盤に掛かることが想定されるが、最終処分場の場合、水頭差 100m を超えるような水圧が掛かる場合は極めて少ないと思われる。最終処分場の場合の貯留構造物の高さは、その多くが十 m～数十 m であり、貯留構造物の影響で埋立地に水が湛水しても、その水頭は十 m～数十 m であろう。

例えば、ある最終処分場でのルジオン試験の結果を詳細にみると、10kgf/cm<sup>2</sup> (0.98MPa) に達しない段階で限界圧となり、適正なルジオン値 Lu とは言えず、換算ルジオン値 Lu' の値が示されている場合が多い。これは、岩盤中の割れ目を充填する細粒分が流れたり、割れ目等が広がったりすることにより生じる現象で、岩盤の透水性を過大に評価している可能性が高い。

また、 $1Lu = 1.3 \times 10^{-7} \text{m/sec} = 130 \text{nm/sec}$  とする換算値は、ルジオン試験の定義と試験の標準寸法から、割れ目の少ない多孔質媒体の井戸公式より計算された値である。すなわち、割れ目の多い岩盤では多孔質媒体での井戸公式は直接適用できないなど、換算上の仮定が成り立たない場合には、ルジオン値を透水係数に直接換算するべきではない。

したがって、最終処分場の貯留構造物の規模にもよるが、通常最終処分場の貯留構造物程度であれば、「ルジオン試験方法（JGS1323）」を実施するのではなく、「注水による岩盤の透水試験方法（JGS1322-2012）」などを用いて、過大な水圧を掛けない方法を用いるべきではないかと考えられる。ただし、この「注水による岩盤の透水試験方法（JGS1322-2012）」は、通常飽和した岩盤の試験方法であり、不飽和岩盤にはそのまま適用しにくい。

したがって、飽和・不飽和な岩盤における最終処分場のための透水試験方法の開発も必要ではないかと考えられる。

## (2) 地下水流動試験における課題

地下水の流動層は複数あり、水質等分析により推定された地下水流動の適切さを見極めることが難しい場合がある。さらに、地下水流動モデルのための基礎となる水文地質データを十分に得ることも難しいことが多い。このため、数値シミュレーションの結果とのクロスチェックを適切に行う必要がある。

地下水流動を把握すること、特に広域流動を把握し汚染等の広がりを捉えるときには、水みちとなるような弱線を捉えることが重要となるが、現在の調査技術では限界もある。このため、水みちを捉えるための調査技術の開発が必要であると共に、**地質の不確実性を踏まえた地下水流動の工学的な評価の考え方を確立していくことも重要**である。

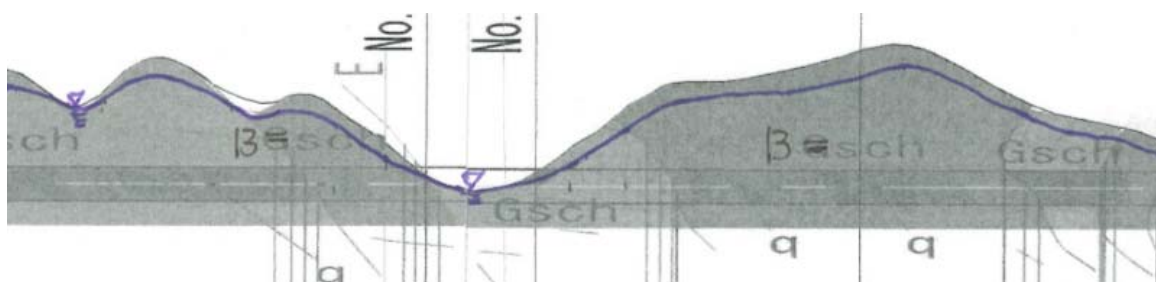


図 3-1-3-1 水文地質調査から得られた地下水位断面の事例

露頭情報などに限られ、調査結果には不確実性が伴う。こうしたデータの工学的な評価の考え方の確立が望まれる。

### (3) 物理探査における課題

物理探査は、非破壊で地盤の状況を捉えられるという大きな利点はあるが、探査時点の地盤状況を捉えているに過ぎない。したがって、地下水流動は季節的な変動など、様々な要因で変化するため、一つの時点で得られた物理探査結果が必ずしも現場の適切な状況を示しているとは限らない。

このため、時間的な変化を捉えた適切な探査も重要である。こうした時系列の物理探査結果を手軽に得ることができれば、保有水等の集排水状況をモニタリングすることも可能となり、最終処分場の維持管理時の“見える化”ができるようになる。

また、最終処分場の廃止後も含め埋立終了後の保有水等の分布状況を捉えることは、廃棄物層の早期安定化や埋立法面の力学的安定性の評価に資するデータとなる。このため、**埋立終了後の最終処分場においても、保有水等の集排水状況を把握するために、物理探査等による定期的なモニタリングが必要であると考えられる。**

#### (4) 地下水阻害調査における課題

「日本学術会議地球惑星科学委員会(2013)：提言―地質地盤情報の共有化に向けて―安全・安心な社会構築のための地質地盤情報に関する法整備―」が指摘するように、大地を構成する岩石・鉱物・地層・地盤等に関わる全ての情報である「地質・地盤情報」は、膨大な情報が存在するものの、その多くが有効に活用されていない。

このため、データの整備と GIS 利用が進められつつあり（図 3-1-3-3）、地形・地質などの各種の情報が Web 上に公開されるようになってきた。こうした情報の利活用が今後は重要となろう。特に、最終処分場の計画時は、地下水阻害の問題だけでなく、周辺的生活環境の保全や処分場の安定性確保の観点からも、現在整備されつつある各種の情報の利用が有効となる。

さらには、今後は、可能な範囲で民間の情報（産業廃棄物最終処分場の水文・地質情報等を含む）が一般に公開され、そうした情報を含めた地質工学的な総合評価により、適切な地下水阻害の判断（過大・過小にならない評価・判断）を行うことが課題となろう。

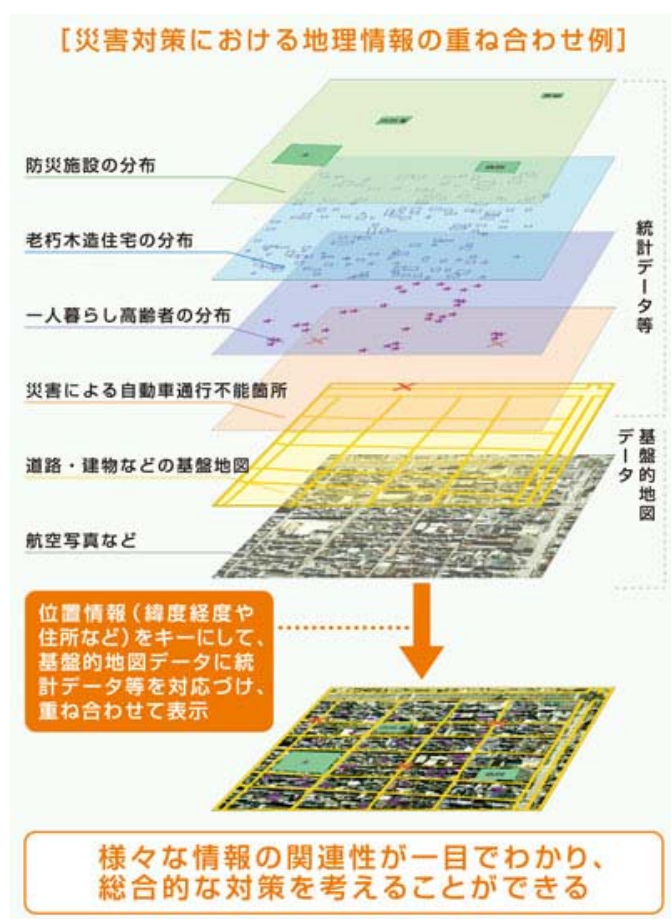


図 3-1-3-3 GIS の利用例



## （５）応用地質学的調査・解析の重要性

「日本道路協会：道路土工－盛土工指針（以降、〔盛土工指針〕）」においては、“排水施設を計画、設計するための排水の調査は、表面排水処理、浸透水処理、凍上対策等を合理的、機能的、経済的に行うとともに、施工性及び維持管理に必要な情報を得るために、表面水、地下水、凍上等に関する調査を実施する。”と述べられている。これは、法面の崩壊の原因には、地表水あるいは浸透水等の水の作用が原因となっている事例が極めて多く、十分な機能を持った排水施設を設置することが法面の安全性を高めるためである。

最終処分場における生活環境の保全のための施設（地下水集排水設備、保有水等集排水設備、浸出水処理施設など）は、実質的に、埋立廃棄物により形成される法面の力学的安定性をも確保するための施設である。したがって、「盛土工指針」が示すように、埋立廃棄物による法面の崩壊を防止するためにも“表面水、地下水、凍上等に関する調査を実施する”必要がある。

「最終処分場の計画・設計・管理要領」でも“**最終処分場の施設配置計画、遮水システム、地すべりなどの災害防除を検討するためには、複雑な地質構造を事前に的確に把握することが重要**である。そのための調査手法としては、地表地質調査、ボーリング調査、物理探査などがある。このうちで全体の地質構造を把握するといった観点から、地表地質調査が最も基本的かつ重要なものであり、その結果を基本としボーリング調査、物理探査を的確に行うことにより、最終処分場の地質構造が三次元的に明らかになり、適切な施設計画の基礎資料として用いることが可能となる。”ことが述べられている。しかし、不適正な最終処分場が発覚する現状を鑑みると、必ずしも十分な調査・解析が実施されているとは言えない。

今後は、最終処分場の計画、設計段階はもちろんのこと、維持管理段階でも的確な地形・地質情報を基に、応用地質学的な検討・判断が必要である。この時に必要となるのが、的確な地質リスク判断である。地質リスクは、地質・地盤情報の持つ不確実性から生じるものであり、地下の情報の基本的な不可視性（物理探査などによりある程度の可視化は可能であるが、十分ではない）に起因しており、それは地下の情報が、不均一性（異方性）、多様性（多面性）、不可逆性、突発性、非再現性を持っているからに他ならない。このため、十分な技術・経験を持った技術者によって調査・解析が実施されたとしても、その結果には予見できない地質条件のズレやブレが含まれてくる。一部に、調査・解析は十分でなくてもよいとする意見もあるが、地質リスクが大きい状況では、施工や維持管理の段階で大きな損失（コスト）が生じることとなる場合が多く、そのためにも地質リスクを低くするための調査・解析は極めて重要である。特に、最終処分場は点構造物であり、道路などの線構造物とは異なり地質リスクは比較的小さくすることができる。

“我が国の自然条件は特殊である”という視点に立った時、どんなに詳細な調査・解析であっても完全ということはできないので、計画・設計段階における調査・解析だけでなく、建設段階や維持管理段階においても適切なモニタリングを行うなどの調査・解析が重要となる。また、設計段階においては、“フェールセーフ”“フォールトアボイダンス”“フォー



ルトトレイランス”の思想に基づく設計を行い、それが機能するのかどうかをモニタリングしながら維持管理していくことも重要である。

このため、応用地質学的な調査・解析は、計画・設計段階から建設・維持管理段階までの長期間、モニタリングなどを通して比較的長期に調査・解析を行っていくことが肝要である。

#### (6) 総合的な調査の重要性と課題

個々の調査・解析手法が発達してきたとしても、それだけでは得られる結果は限られてくる（例えば、比抵抗電気探査であれば、得られる情報はあくまでも比抵抗分布のみである）うえ、地質工学的な判断には結びつかない場合も考えられる。地質工学的には、得られる最善の情報・知見から、コストに配慮し、適切な工学的判断を行わなければならない。このためには、オーソドックスな手法ではあるが、資料調査、地形調査、地表地質踏査、物理探査、数値シミュレーション等を実施し、これらの結果を総合的に評価・判断していくことが重要である。そして、**こうしたことが適切にできる技術者の人材育成が重要な課題である。**

#### (7) 周辺環境の保全のための設備の在り方における課題と提案

埋立廃棄物層内では、宙水状に保有水等が残留するなど、十分集排水されないことも多い。埋立終了後の最終処分場において、こうした残留保有水等の排除を目的として、写真 3-1-3-1 に示すような集水井工を設けた事例もある。

埋立地内の保有水等の多さは、廃棄物層内を嫌氣的な環境にし、廃棄物の生化学的な安定化を遅らせ、環境リスクを高める。特に大規模な埋立の場合、底面の集排水設備だけでは不十分となりやすく、そのリスクはより一層高まる。また、これと共に、力学的な不安定化も懸念される。「最終処分場の設計要領」にも底面集排水設備だけでなく、堅集排水設備も重要であることが述べられているが、堅集排水設備が設置されていない最終処分場もみられる。

このための対応として、集排水設備を宅地盛土などと同様に設けることが考えられる。

こうした集排水により、廃棄物層の早期の生化学的安定化と廃棄物法面の力学的安定化につながるものと考えられる。



写真 3-1-3-1 埋立地内に設けられた集水井工の事例

(3－1節：登坂博行・大野博之・八村智明)

### 3-2. 処分場の跡地利用等における応用地質学的課題

最終処分場は埋立終了（閉鎖）後、一定期間を経て廃棄物等の安定化が進行する。さらに、国の定める廃止基準（平成 10 年改正命令）例えば、浸出水の BOD 等が廃止基準を 2 年間満たす、ガス発生が認められない、地下水モニタリングにより濃度上昇が認められないなど、複数の項目について、知事（都道府県等）が認めて廃止となる。最終処分場の跡地利用は、廃止後に行われるだけでなく、閉鎖後に維持管理を継続しながら実施される（暫定利用・恒久利用）こともある。

本節では、処分場の跡地利用の例を提示し、応用地質学的課題を整理した。

#### 3-2-1. 跡地利用の手続き

最終処分場の跡地利用について、最終処分場の廃止後の場合と、廃止前の場合については、手続きが異なることから概要を紹介する。

最終処分場の廃止後の跡地利用は、環境省「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」などに準拠し行われる。廃止された最終処分場は、安定的な状態ではあるが、土地の形質変更により、生活環境保全上の支障を生ずる恐れがある。このため、「土地の形質の変更に係る届出」を行うことが廃棄物処理法に定められている。なお、通常の管理行為や軽易な行為は届出不要となっている。届出の概要は、事前情報収集、必要な場合試掘を伴う現地調査、土壌利用計画、モニタリング計画など策定の後、届出を行う。またこの届出については、基準に適合しないと認められると計画の変更を命ぜられるものである。

最終処分場の廃止前利用においては、利用の程度（表層利用、中層利用、深層利用）により、廃棄物処理施設変更許可が必要である。例えば、埋立地上部に道路、橋脚などを設置する場合は、都道府県への申請が必要となる。手続きとして、変更許可申請、公告縦覧、関係住民からの意見書提出、区市町村長などからの意見聴取、専門的知識を有する者の意見聴取（2 回程度）といった流れで行われる（東京都の場合）。

跡地利用の具体例をいくつか紹介する。

### 3-2-2. 跡地利用例

比較的古くから行われている公園利用について、代表例として北海道札幌市（モエレ沼公園）、福岡県福岡市（今津運動公園，市民農園）、東京都（東京ゲートブリッジ橋脚）について示す。

モエレ沼公園：一般廃棄物最終処分場の跡地につくられ、イサム・ノグチによるマスタープランが有名である。1988 年に彫刻家イサム・ノグチが計画に参画し基本設計が策定された。浸出水処理など管理を継続しながら建設が進められた。「環状グリーンベルト構想」における北東部の拠点公園でモエレ沼を含めた 189ha を公園区域として 2005 年に開設した。芸術的なモニュメント（ガラスのピラミッド，海の噴水，モエレ山など）が複数設置されている。札幌市モエレ処分場は、2,141 千 m<sup>3</sup> の埋立容量(270 万トン)であり、1979 年（昭和 54 年）搬入開始、1990 年（平成 2 年）6 月埋立終了（閉鎖）している。閉鎖以降、維持管理として、現在（2017.2）も浸出水処理を継続している。水質としては、放流水および周縁河川水について月 1 回検査を行っている。また公園内のモエレ沼は一時雨水貯留池として洪水対策となっている。



参考：モエレ沼公園 HP <http://moerenumapark.jp/>

札幌市 HP

<http://www.city.sapporo.jp/seiso/toukei/gomi/syorijokyo/shisetsu/moere.html>

福岡市西部の今津埋立場には、1973～1992 年の期間に市内から排出された一般廃棄物を埋め立てている（埋立廃棄物量 167 万トン）。一部の区画は、体育館、サッカー場、テニスコートなどを持つ今津運動公園(1992 年開設)や市民リフレッシュ農園（1995 年開設）として利用されている。また、同地区には、特別支援学校も設置されている。浸出水処理を継続し、放流水および周辺地下水のモニタリングが行われている。

今津運動公園：体育館、球技場（サッカー場）、野球場、テニスコート他。ガス対策等あり。

今津リフレッシュ農園：市民農園、最終覆土上にさらに 2m 程度客土し農地として利用。ガス対策等あり。



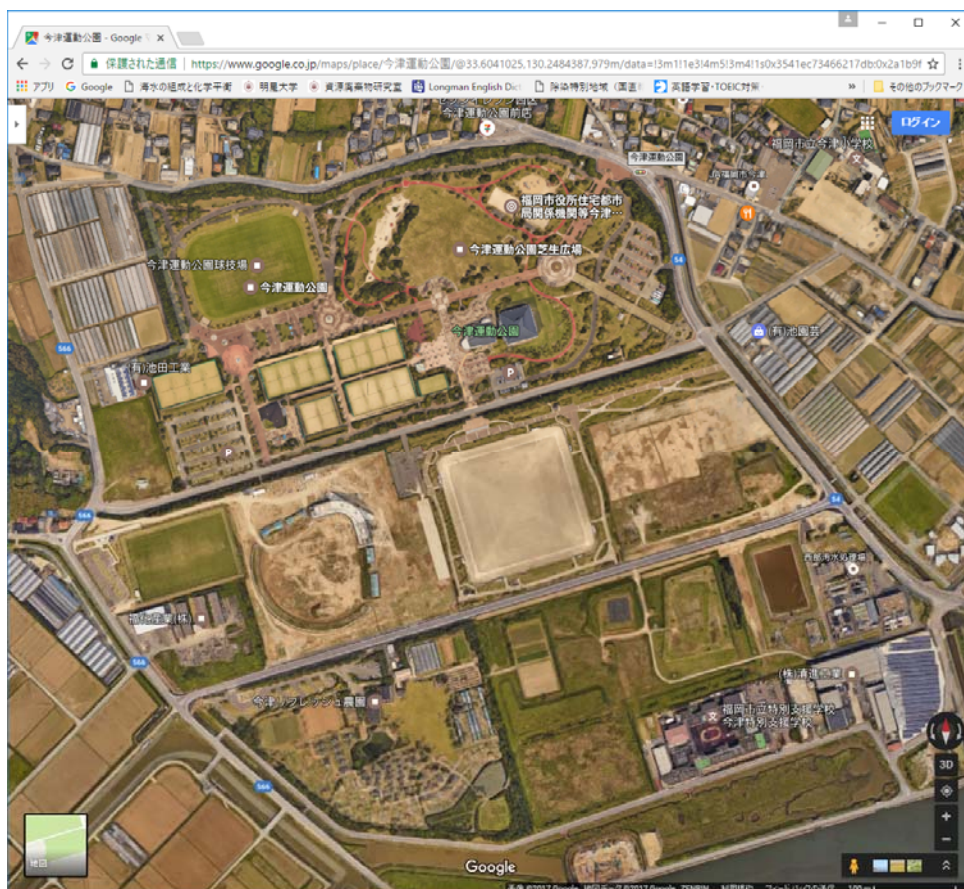


図 今津処分場跡地（Google earth）

近年、暫定利用で太陽光発電所設置が行われている。大阪湾フェニックスでの尼崎沖・泉大津沖処分場をはじめ、全国各地で実施されている。大規模事例として 2 例のみ紹介する。

エコひょうご尼崎発電所（ひょうご環境創造協会）：尼崎沖フェニックス事業用地管理型区画において、兵庫県から土地を借り受け実施している。出力 9.8MW 年間発電電力量 1100 万 kWh であり、2014 年（平成 26 年）12 月 1 日に運転開始した。管理型処分場の跡地の有効利用を図るモデル事業であり、20 年程度実施される。

ソフトバンク泉大津ソーラーパーク（SB エナジー、三井物産・京セラグループ）：泉大津沖フェニックス事業用地管理型区画 25 ヘクタールにおいて、実施されている。出力 19.6MW、年間発電電力量 2,068 万 kWh（一般家庭の約 5,700 世帯分）であり、2014 年（平成 26 年）7 月 17 日に運転開始した。

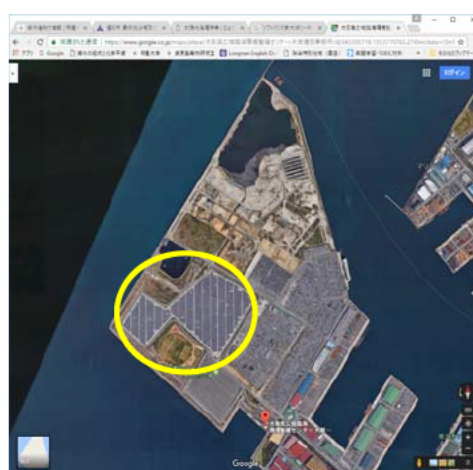
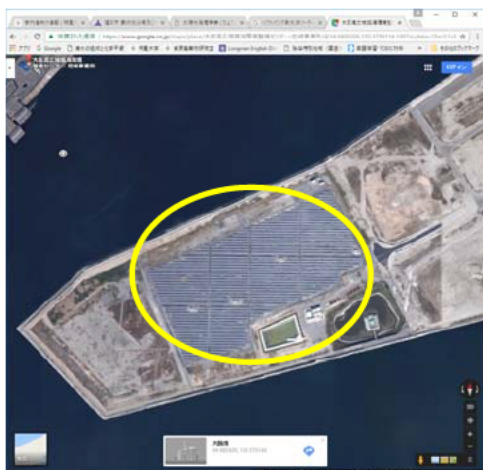


図 メガソーラー (尼崎沖最終処分場) 図 メガソーラー (泉大津沖最終処分場) (Google earth)

最近の例として、東京ゲートブリッジの橋脚が東京都中央防波堤外側処分場内に設置されている。

橋脚設置について技術的観点から、遮水工への影響、地下水への影響、埋立廃棄物の安定化への影響、大気・粉じん・騒音など多くの視点で検討が行われ、許可が出されている。

廃棄物最終処分場の廃棄物埋立部分に設置するため、三重管基礎杭工法を用いている。この工法は、オールケーシング工法で埋立廃棄物を掘削除去し、基礎杭は底部遮水層を貫通するものである。

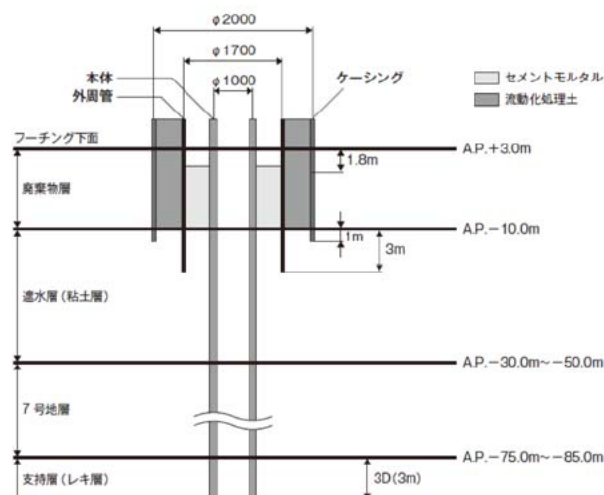


図 三重管基礎杭工法の概念図

引用文献：完成!東京ゲートブリッジの What's new!-新技術の導入過程とその波及効果 その 2-Part1 東京ゲートブリッジで適用された新しい下部構造技術について，土木学会誌 Vol.97 No.4 Page.113-115 (2012.04.15)

### 3-2-3. 廃棄物処分場跡地利用に伴う応用地質学的課題

前述したように、廃棄物処分場の跡地利用を分類する尺度として、利用する地盤を層別に分類して表層利用・中層利用・底層利用の3つに区分される。応用地質学および地盤工学上の観点からみた埋立処分地の一般的な特徴としては、多種多様な廃棄物が不均一、不規則に埋め立てられており、埋立物の物理的特性（土としての基本的な性質）、土質力学的特性（支持力や変形特性等）、化学的特性（ガス、浸出水等）は埋立地ごとに異なる。土砂埋立てによる造成地とは異なり、有機物が含まれているのでガス、汚水、臭気の発生は長期にわたり、また一般的に強度が小さいと考えら得る。有機物が長期にわたって分解するので埋立地盤は長期にわたって沈下し、かつ不均一な埋立てが行われている場合が多いので不同沈下を生じやすい。これらのことから、廃棄物埋立地盤の形質変更を行う際の課題として以下の項目が挙げられる（花嶋正孝（1992）：廃棄物埋立地盤の跡地利用、廃棄物埋立地盤の適正管理と有効利用講習会テキスト, pp.1-27.を参考）。

- 1) 地盤沈下：不同沈下
- 2) 地盤の支持力不足：構造物の設置
- 3) ガス発生：メタン等、悪臭
- 4) 浸出汚水の発生：地下水汚染
- 5) 設置した構造物（金属・コンクリート）の腐食や劣化：耐用年数
- 6) 植生：樹木の生育不良
- 7) 粗大廃棄物の大きさ：杭構造物の設置
- 8) 埋立廃棄物の物性（透水性）：土壌化、安定化
- 9) 掘削した廃棄物の処理：産業廃棄物扱い

要約すると、ガス、浸出水、埋立廃棄物および腐食・劣化に関わる課題となる。さらに跡地利用においては盛土や掘削、構造物の設置といった形質変更が伴うが、跡地利用における形質変更に伴って生じる可能性がある具体的なリスク項目を表に示す（嘉門雅史・鳥崎麻衣・乾 徹・勝見 武（2006）：廃棄物最終処分場跡地の形質変更に伴うリスクと地盤改良技術の適用, 第7回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp.191-196.を加筆修正）。

表 形質変更によって生じることが予想されるリスク（嘉門ら(2006)を修正）

| 形質変更の形態  |          | 影響                                    | 生じるリスク                                                             |
|----------|----------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 盛土       |          | 廃棄物層の沈下による高密度化                        | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                                      |
|          |          | 載荷による保有水等浸透水集排水設備, ガス抜き管, 遮水工, 擁壁の損傷  | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生<br>・廃棄物の流出による土壌汚染<br>・保有水の流出による地下水汚染 |
|          |          | 地表面からの雨水の浸透状況の変化                      | ・保有水の増加, 水質の悪化<br>・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                    |
| 覆土掘削     |          | 掘削覆土の仮置き, 搬出                          | ・粉塵の飛散, 水質汚染, 土壌汚染                                                 |
|          |          | 覆土厚の減少                                | ・可燃性ガス量の増大, 臭気の発生                                                  |
|          |          | 流出防止設備, ガス抜き管の損傷                      | ・水質汚濁<br>・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                             |
|          |          | 雨水の浸透状況の変化                            | ・保有水の増加, 水質の悪化<br>・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                    |
| 廃棄物掘削    |          | 掘削廃棄物の仮置き, 搬出                         | ・粉塵の飛散, 水質汚染, 土壌汚染                                                 |
|          |          | 覆土の除去                                 | ・可燃性ガス量の増大, 臭気の発生<br>・保有水量の増加                                      |
|          |          | 流出防止設備, ガス抜き管の損傷                      | ・水質汚濁<br>・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                             |
|          |          | 雨水の浸透状況の変化                            | ・保有水の増加, 水質の悪化<br>・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                    |
|          |          | 遮水工, 地下集排水設備の損傷                       | ・保有水等の流出<br>・保有水位上昇に伴う埋立層の嫌気化, 保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                  |
| 基礎の設置    | 布基礎・べた基礎 | 廃棄物層の高密度化                             | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                                      |
|          |          | 保有水等浸透水集排水設備, ガス抜き管, 遮水工, 擁壁の損傷       | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生<br>・廃棄物の流出による土壌汚染<br>・保有水の流出による地下水汚染 |
|          |          | 通気性の低下                                | ・臭気の発生, 可燃性ガスの滞留                                                   |
|          |          | 基礎地盤の沈下                               | ・遮水工の損傷<br>・保有水位の上昇                                                |
|          | 杭基礎      | 保有水・浸透水集排水設備, 地下水集排水設備, ガス抜き管, 遮水工の損傷 | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生<br>・保有水の流出による地下水汚染                   |
|          |          |                                       |                                                                    |
| 処分場設備の変更 |          | 擁壁等流出防止設備の改変                          | ・廃棄物の流出防止や汚濁水の溢水防止機能への影響<br>・水質汚濁, 土壌汚染                            |
|          |          | 遮水工の改変                                | ・保有水の流失に伴う水質汚濁, 土壌汚染<br>・廃棄物の流出                                    |
|          |          | 集排水設備（地下水, 保有水, 浸透水）, ガス抜き設備の改変       | ・埋立層の嫌気化による保有水質・ガス質の悪化, 臭気の発生                                      |

実際の跡地利用に際しては、表に示したリスク項目を適切に管理する必要がある。嘉門ら(2006)は跡地利用形態別に、各リスク項目のリスクの程度を評価するための判断基準を管理型処分場の跡地利用を例にとりまとめている。以下にその内容を概説する。



## (1) 表層利用

前述した「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン（以下、ガイドライン）」には、廃棄物層上部の土砂等の覆い又は廃棄物を掘削する場合は、掘削後に土砂等による覆いを 50 cm 以上の厚さで実施しなければならないことが定められており、形質変更後であっても健全な覆土が存在する状態での利用となる。したがって、表層利用に限定される場合には、構造物等が廃棄物や保有水と接触する機会がないことから、保有水の水質は排水基準を判断基準とすることが妥当である。発生ガスに関しては、形質変更によってガス質が悪化する恐れがあり、表層利用であっても注意する必要がある。よって、可燃性ガスや有毒ガスによるリスクの判断目安としては、メタン、酸素、炭酸ガス、硫化水素の濃度とする。悪臭ガスに関しては、悪臭防止法に定められている濃度が判断基準となりうる。また、跡地利用時においては、公園利用の場合などで植物の枯死するおそれがあるため、植生に異常が出ない程度を目安とし、ガス濃度に留意する必要がある。廃棄物飛散に関しては、廃棄物種と飛散との関係が現状では明らかにされていないため、ガイドラインに示されている、風速 5.5 m を廃棄物の飛散が発生しうる風速として規定するに留めている。地盤沈下に関しては、表層利用の場合には、公園等の不定期利用という人の利用レベルからして、極端な不同沈下が生じない程度でよいものと考えられ、判断基準として、相対沈下量 4.0 cm 以下、最大沈下量 20 cm 以下を目安とすることができる。これらの値は、『建築基礎構造設計基準・同解説（日本建築学会）』において、布基礎やべた基礎（鉄筋コンクリート造）を用いた場合の許容相対沈下量と許容最大沈下量の最大値（若干の不同沈下による、大きいひび割れを許容）に相当している。また、表層利用であっても、道路として利用される場合には、『道路土工 軟弱地盤対策工指針』に示す、残留沈下量 10 cm 以下をリスクの判断基準とすることができる。

支持力に関しては、上部構造物の程度によって異なるが、「埋立地安定化調査最終報告書 1994（日本廃棄物コンサルタント協会技術委員会）」にある「公園として利用する場合」の判断基準の N 値 4～8、許容支持力 25～50 kN/m<sup>2</sup> を目安とすることができる。強熱減量が 15% 以上の地盤において、支持力が経年的に不足する可能性があるため、強熱減量 15% の値も、支持力に関する目安となりうる。また、地下水位の高い処分場や海面処分場では、埋立廃棄物の状態によっては地震時に液状化するおそれがあるため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」にある、液状化の可能性のある土の粒度等を、液状化に対する目安にできる。

表 管理型処分場におけるリスクの判断基準

| リスクの種類 | リスクの対象時期   | 表層利用                                                                                 | 中層利用                                                                                                                    | 底層利用                                                             |
|--------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 浸出水・腐食 | 変更時<br>利用時 | 排水基準                                                                                 |                                                                                                                         |                                                                  |
|        | 利用時        | —                                                                                    | 地下水環境基準                                                                                                                 |                                                                  |
|        |            |                                                                                      | pH<br>CO <sub>2</sub><br>NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>Mg <sup>2+</sup><br>SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(DIN4030) | 6.5 以上<br>15 mg/L 以上<br>15 mg/L 以下<br>100 mg/L 以下<br>200 mg/L 以下 |
| 発生ガス   | 変更時        | CH <sub>4</sub><br>O <sub>2</sub><br>CO <sub>2</sub><br>H <sub>2</sub> S             | 1.5%以下<br>18%以上<br>1.5%以下<br>10 ppm 以下                                                                                  | (最終処分場跡地形質変更に係る施工ガイドライン)                                         |
|        |            | 悪臭防止法                                                                                |                                                                                                                         |                                                                  |
|        | 利用時        | 変更時と同等＋植生に異常を生じない程度                                                                  |                                                                                                                         |                                                                  |
| 廃棄物飛散  | 変更時        | 風速 5.5 m/sec(ビューフォート風力階級)<br>(最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン)                                |                                                                                                                         |                                                                  |
| 地盤沈下   | 利用時        | 極端な不同沈下を生じない程度<br>(相対沈下量 ≤ 4.0 cm, 最大沈下量 ≤ 20 cm)                                    | 最大沈下 ≤ 10 cm<br>相対沈下 ≤ 2 cm                                                                                             | 中層利用と同程度、或いはほとんど沈下が完了していること                                      |
|        |            | 残留沈下量 ≤ 10 cm<br>(道路土工 軟弱地盤対策工指針((社)日本道路協会))                                         | (建築基礎構造設計基準・同解説(日本建築学会))                                                                                                |                                                                  |
| 支持力    | 利用時        | N 値 4～8<br>許容支持力 25～50 kN/m <sup>2</sup><br>(埋立地安定化調査最終報告書1994(日本廃棄物コンサルタント協会技術委員会)) | N 値 8～15<br>許容支持力 50～100 kN/m <sup>2</sup><br>同左                                                                        | N 値 15～30<br>許容支持力 100～200 kN/m <sup>2</sup><br>同左               |
|        |            | 強熱減量 15%                                                                             |                                                                                                                         |                                                                  |
|        |            | 対液状化:粒度分布等(港湾の施設の技術上の基準・同解説)                                                         |                                                                                                                         |                                                                  |
| 劣腐化食   | 利用時        | —                                                                                    | 酸度<br>SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(DIN4030)                                                                        | ≥ 20 mmol/kg<br>≤ 2000 mg/kg-dry soil                            |
|        |            |                                                                                      | 土の比抵抗<br>(米国標準局)                                                                                                        | ≥ 6000 Ω cm                                                      |

## (2) 中層・底層利用

中層利用・底層利用では、跡地利用時において人が居住する利用が想定されるため、各リスク項目に対する判断基準が表層利用の場合に比べて厳しく設定する必要がある。浸出水に関しては、形質変更時は表層利用の場合と同様に排水基準が目安となる。さらに、住宅地等の高度利用においては、一般の地盤と同様に排水基準より 1 オーダー厳しい、地下水環境基準を少なくとも敷地境界においては満たす必要があると考えられる。併せて、浸出水による基礎の劣化や腐食のリスクがあるため、例えば DIN4030 に示されるコンクリートの劣化に対する判断基準(弱浸食性)を満たすことが望ましい。発生ガス、廃棄物の飛散に関しては、表層利用と同様である。

地盤の沈下に対しては、「建築基礎構造設計基準・同解説(日本建築学会)」にある、最大

沈下量 10 cm 以下、相対沈下量 2 cm 以下を判断基準とする。10 cm と 2 cm はそれぞれ、布基礎やべた基礎（鉄筋コンクリート造）において、不同沈下による大きなひび割れの発生の境界である時の最大沈下量と相対沈下量に相当する。底層利用では、杭基礎が基本とされるが、布基礎等も併用されると考えられることから、中層利用と同様の判断基準を適用することが妥当である。支持力に関しては、中層利用と底層利用とでは建築される構造物の規模が異なることが多く、求められる支持力は違ってくる。「埋立地安定化調査最終報告書 1994（日本廃棄物コンサルタント協会技術委員会）」の中で示されている、工業団地流通センターとして利用する場合の判断基準である、N 値 8～15、許容支持力 50～100 kN/m<sup>2</sup> を中層利用の支持力の目安としうる。底層利用の場合には、同報告者における、住宅団地として利用する場合の判断基準、N 値 15～30、許容支持力 100～200 kN/m<sup>2</sup> を支持力の目安としうる。N 値以外の項目については、中層利用・底層利用ともに表層利用の場合と同様である。中・底層利用では、廃棄物層中に基礎工が設置されることから、コンクリートの劣化や鋼材の腐食に対しても判断基準が必要となる。廃棄物による基礎の劣化に対しては、DIN4030 における土が示す浸食性の判定基準における、弱浸食性の値、すなわち、酸度 20 mmol/kg 以上、硫酸イオン 2000 mg/kg-dry soil 以下を基準の目安としうる。また、米国標準局が示す、土の比抵抗と腐食速度の関係において腐食度が低いとされる土の比抵抗 6000 Ω cm 以上を、鋼材の腐食に関する判断基準の目安としうる。

#### 3-2-4. 廃棄物処分場跡地利用に伴う調査・評価方法

前節3-2-3で述べたように、廃棄物処分場の跡地利用においては廃棄物地盤の特性を様々な観点から評価し、適正にリスク管理を行う必要がある。しかし、廃棄物地盤を通常の地盤と比較とすると以下の特徴を有するといえる。

- 1) 対象の埋め立てられた廃棄物の種類が多種多様であり、おおむね著しく不均一な地盤である。
- 2) 廃棄物の要素試験結果と地盤特性の関係が十分に解明されていない。
- 3) 安定化メカニズムが未だ十分には解明されていない。特に、嫌気性から好気性に変化した時の状態変化等が不明である。
- 4) 土圧の大きさ、地震時の挙動、振動特性等が未解明である。
- 5) 圧密特性が複雑であり、弾性的な沈下、クリープ的な沈下、腐敗分解による沈下を把握することが至難である。

このことから、廃棄物埋立地盤の評価にあたっては、通常の調査とは異なる評価が必要であり、近年はいくつかの検討が行われている。

(3-2節：宮脇健太郎・乾徹)

#### 4. 災害時に発生する災害がれき/廃棄物の仮置き等に関して

巨大災害（例えば、東日本大震災）と通常の災害とでは、災害廃棄物に対する取り組みが異なる。

巨大災害：災害廃棄物への取り組み主体は国レベル。県や市町村は主体的対応が難しい。

通常の災害：地方自治体や広域連合が主体となる。あるいは、より広い地域での災害では県が主体となることも考えられる。国は技術指導的な立場。

（とりまとめ：宮原哲也、山中稔）

##### 4－1. 2016 年熊本地震における災害廃棄物について

###### 4－1－1. 平成 28 年熊本地震の概要

###### （1）地震の概要

2016 年熊本地震では、4 月 14 日 21 時 26 分に熊本県熊本地方の深さ約 10km でマグニチュード(M) 6.5 の地震が発生し、4 月 16 日 01 時 25 分に同地方の深さ約 10km で M 7.3 の地震が発生した。これらの地震により熊本県で最大震度 7 を観測し、被害が生じた。また、その後も余震が頻発し、これから梅雨や豪雨を迎えることになり、土砂災害等も懸念されるが、実際に、これまでの地震で、土砂崩壊が生じるなどの被害も出ている。



## (2) 被害の状況

### 1) 人的被害

人的被害は、計 2,571 人

|    | 死者   | 重傷者  | 軽傷者    | 分類未確定 | 計      |
|----|------|------|--------|-------|--------|
| 人数 | 121人 | 879人 | 1,433人 | 138人  | 2,571人 |

出典：熊本県資料, 平成 28 年 10 月 5 日時点

### 2) 避難所および避難者数

避難者は、8 市町村で 293 人 (12 か所)

【参考】最大時 (平成 28 年 4 月 17 日時点)

- ・避難所数：855 か所
- ・避難者数：183,882 人

出典：熊本県資料, 平成 28 年 10 月 5 日時点

### 3) 住家被害

住家被害は、全約 12 万棟であり、視察対象の熊本市は約 7 万棟、益城町は 1 万棟である (平成 28 年 6 月 1 日現在)。

|       | 全 壊    | 半 壊     | 一部損壊    | 計        |
|-------|--------|---------|---------|----------|
| 被害棟数  | 6,905棟 | 19,877棟 | 91,946棟 | 118,728棟 |
| うち熊本市 | 2,194棟 | 10,528棟 | 58,222棟 | 70,944棟  |
| うち益城町 | 2,304棟 | 2,449棟  | 5,207棟  | 9,960棟   |

出典：出典：熊本県災害廃棄物処理実行計画第 1 版, 平成 28 年 6 月



熊本県内の住家被害状況

出典：熊本県災害廃棄物処理実行計画第 1 版, 熊本県, 平成 28 年 6 月

### (3) 一般廃棄物処理施設の被害

熊本県内の一般廃棄物処理施設のうち、ごみ焼却施設 4 施設、ごみ固形燃料化施設 1 施設、し尿処理場 3 施設が被災した。

#### ○熊本県内、一般廃棄物処理施設の被害状況

平成28年5月30日現在

| 区分            | 稼働中の施設数 |                    | 稼働停止施設数 |
|---------------|---------|--------------------|---------|
|               |         | うち、被災後に<br>復旧した施設数 |         |
| ごみ焼却施設        | 25施設    | 4施設                | 1施設     |
| ごみ固形燃料化<br>施設 | 2施設     | 1施設                | 1施設     |
| し尿処理場         | 21施設    | 3施設                | 1施設     |
| 最終処分場         | 25施設    | -                  | -       |

出典：環境省 HP、平成 28 年熊本地震における災害廃棄物対策について



#### 4-1-2. 最終処分場の被災状況

ここでは、日本応用地質学会の熊本地震調査報告書の内容を抜粋して示す。

##### (1) 一般廃棄物最終処分場

一般廃棄物最終処分場は、図 4-1-2-1 に示されるような位置に存在する。

この最終処分場周辺には、道路の段差や小崩壊が見られるが、処分場そのものには特に損傷等は見られなかった。写真 4-1-2-2 に処分場の状況を示す。

これに対して、周辺では、最終処分場の東に隣接する道路のアスファルトには小さな圧座による亀裂や、西側の 100m～200m 離れた道路の段差や路肩部の小崩壊が見られる。また、処分場南の 500m～600m の地点に斜面の小崩壊が見られる (図 4-1-2-1)。また、西側数百 m の区域に別荘街があるが、塀の倒壊や道路の亀裂等が見られ、様々な被害が見られる。

この最終処分場の基盤は、風化していない溶結凝灰岩であり、比較的硬い地盤である。一方、道路の亀裂・段差や路肩の崩壊などは、風化が著しく比較的表層が厚いような場が被害を受けている。

また、この最終処分場は、耐震性の検討もなされており、そうしたことも最終処分場の施設に損傷・損壊等が見られなかった要因の一つと考えられる。

なお、今回の調査は、表層に見られる変状のみを取り扱っている。地下構造物については確認していないが、定期的に行っている地下水観測で得られた水質分析で、何らかの変化が見られないのであれば、特に問題はないものと考えて差し支えないと思われる。

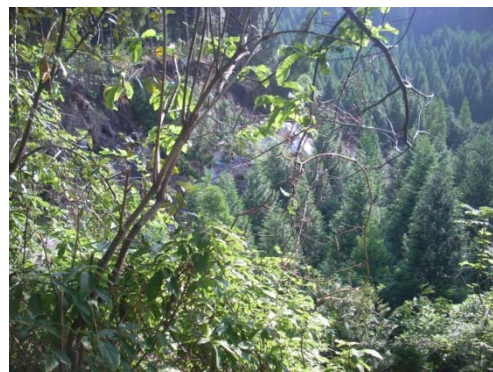




a) 東側の隣接道路の亀裂：奥の処分場埋立  
地内に変位は見られない



d) 南側 450m 離れた道路の段差（10cm）



e) 南側 450m 離れた地点の斜面崩壊



b) 西側 100m 離れた道路の段差



f) 西側 300m 離れた地点の法面崩壊



c) 西側 200m 離れた道路の路肩部の小崩壊



g) 西側 550m 離れた地点の塀の倒壊

写真 4-1-2-1 前述の図 4-1-2-1 に示される主な変状や崩壊の状況





a)側溝の変状なし



d)道路法面（写真左）に変状なし



b)埋立面に変状なし



e)切替会所に変状なし



c)法面流下側溝に変状なし



f)シートに変状なし

写真 4-1-2-2 処分場内の状況：変状は見られない

熊本県内一般廃棄物最終処分場の残余容量

| 地域名       | 市町村等             | 施設名                     | 残余容量<br>[m] |
|-----------|------------------|-------------------------|-------------|
| 熊本        | 熊本市              | 扇田環境センター(新埋立地)          | 1,003,772   |
| 宇城        | 宇城広域連合           | 松山最終処分場                 | 11,519      |
|           | 宇城広域連合           | 栗崎最終処分場                 | 241         |
| 玉名        | 荒尾市              | 荒尾市一般廃棄物最終処分場           | 23,247      |
|           | 有明広域行政事務組合       | 東部環境センター最終処分場           | 10,262      |
| 鹿本・<br>菊池 | 菊池環境保全組合         | 環境美化センター楽善埋立処分場         | 49,597      |
|           | 山鹿植木<br>広域行政事務組合 | 山鹿植木広域行政事務組合最終<br>処分場   | 139,390     |
|           | 菊池市              | 菊池市一般廃棄物最終処分場(暫<br>定施設) | 2,500       |
| 阿蘇        | 阿蘇広域行政事務組合       | 中部最終処分場                 | 13,571      |
| 八代        | 八代生活環境事務組合       | クリーンセンター(最終処分場)         | 7,642       |
| 芦北        | 水俣市              | 水俣市岡山不燃物埋立処分地           | 43,826      |
| 球磨        | 人吉球磨広域行政組合       | 深田最終処分場                 | 36,347      |
|           | 人吉球磨広域行政組合       | 人吉球磨クリーンプラザ<br>(最終処分場)  | 44,155      |
| 天草        | 天草市              | 牛深一般廃棄物最終処分場            | 14,955      |
|           | 天草市              | 御所浦一般廃棄物最終処分場           | 209         |
| 合 計       |                  |                         | 1,401,233   |

※出典：熊本県廃棄物処理計画(第4期)(平成 28 年 3 月：熊本県)



## (2) 産業廃棄物安定型最終処分場

産業廃棄物の安定型最終処分場は、図 4-1-2-2 に示される処分場である。図中には、この処分場の変状と周辺の変状の状況も示した。

処分場の東側には、人工の穴（窪地：廃棄物を埋める予定と考えられる）や沢の部分の造成が行われている。

一方、処分場西側に見られる道路にはずれが生じ、それに連なる形で処分場内の盛土にも亀裂が見られた。この部分は、道路の高盛土部の側壁に覆土用と考えられる土砂が一次仮置きされている場所であり、盛り方も緩い状態であったと考えられる。道路の高盛土部が変状を起こし、それに引きずられる形で、覆土用土砂の盛土部も亀裂が発生したものと考えられる。したがって、処分場全体に大きな影響を与えるものではなく、現状では崩壊に至るようなことはないと考えられる。



図 4-1-2-2 産業廃棄物安定型最終処分場の位置と周辺の被災状況



a) 処分場内の造成部



d) 覆土に用いられると思われる盛土に亀裂が見られるが、崩壊に至るようなものではない。



b) 人工凹地



e) 中央の電柱付近の法肩の亀裂



c) 道路のずれと亀裂



f) 法肩の斜面崩壊

写真 4-1-2-3 前述の図 4-1-2-2 の処分場の状況と周辺の変状状況

### (3) 最終処分場の安定性

前述したようにフィルダムやため池の安全性において最も大きく影響を及ぼすのは“水”である。最終処分場と、フィルダムやため池とを比較したときの最大の特徴は、廃棄物の貯留と水の貯水の違いである。土構造物は、水が関与したときに、安定性に大きな影響を及ぼすことが知られている。

「道路土工—盛土工指針」では、地震時の盛土の著しい被害として、次の3つの場合などを挙げている。

- ・ 平地部の盛土で基礎地盤が液状化しやすい緩い砂質土で構成されている場合
- ・ 山地部の沢地形を埋める盛土で浸透水が存在する場合
- ・ 地山勾配やのり面勾配が急であったりする場合

そして、盛土の地震被害のメカニズムに大きな影響を与えるものは“水”であるとしている。そこで、「十分な排水処理と入念な締固め」を前提として、地下水が関与しない場合のすべり破壊について、図4-1-2-3のような関係を示している。

こうした事例を踏まえて、工学的判断として、レベル2地震動に対して水平設計震度0.2程度で良いと盛土工指針では判断している。

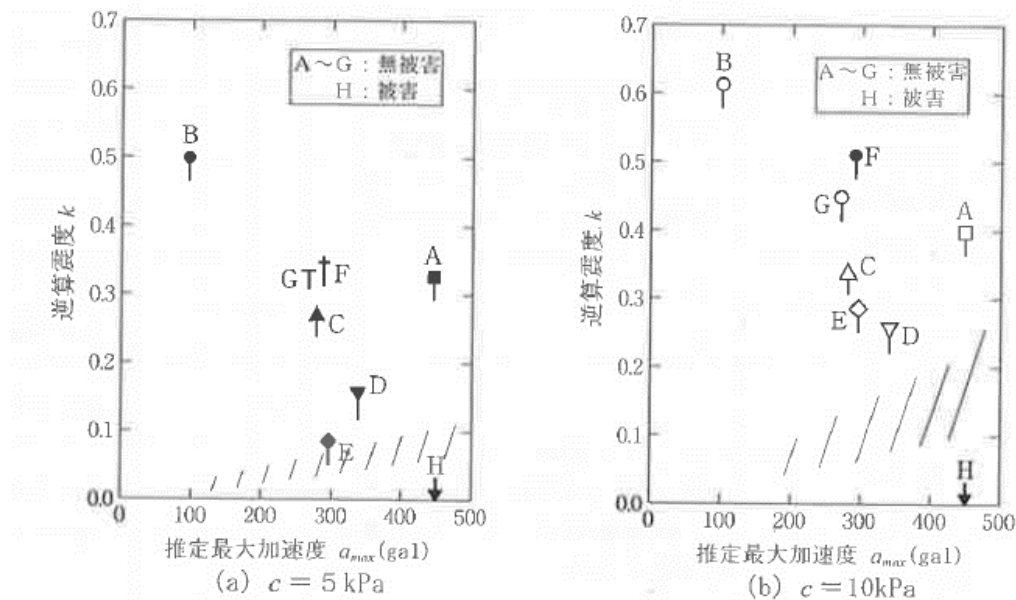


図4-1-2-3 最大加速度と逆算（設計水平）震度との関係（「盛土工指針」p. 307より）

なお、図4-1-2-3に示されるように、逆算震度が0.3～0.5でも水の影響が無いと考えられる盛土地点では、無被害となっている。すなわち、水が関与しなければ、地震の影響は比



較的大きくないことを示した事例とみることもできる。

一般廃棄物や産業廃棄物の管理型最終処分場では、廃棄物埋立地に浸出水集排水施設等が設置されており、これが十分に機能していれば、埋立地内に水は関与しないと考えられる。また、貯留構造物も通常は遮水工が表面に設けられ、雨水等は浸透しない構造となっており、貯留構造物内部が飽和するようなことも考えにくく、ため池えん堤のような強度低下なども起きにくい構造となっている。

今回調査した一般廃棄物最終処分場では、写真 4-1-2-4 に示されるように、集排水施設が適切に設けられていた。この処分場では、こうした集排水施設が十分に機能していたために、**水の関与がなく、処分場内の埋立廃棄物及び貯留構造物への被害がなかったものと推察される。**また、**基礎地盤が溶結凝灰岩等であり、液状化の起きない基礎地盤であること、地山勾配やのり面勾配も急ではなかったことが、被害が生じなかった要因として考えられる。**

このことは逆に言えば、適切に集排水施設等を設け、十分な耐震性の検討を行い、かつ、適正な施設の維持管理が行われる必要があることを意味している。



浸出水集排水施設：やや白色の植生部



雨水集排水施設：維持管理の適切さ



調整池：適切な調整池の設置と集水

写真 4-1-2-4 一般廃棄物最終処分場内の集排水施設と調整池



#### 4-1-3. 災害廃棄物の状況

ここでは、日本応用地質学会の熊本地震調査報告書を抜粋して示す。

##### (1) 平成28年6月時点までの被災状況

平成28年6月4日までの災害廃棄物となりえるがれき等の状況について以下に示す。

4月23・24日の状況は、写真4-1-3-1のとおりである。多くの家屋、道路等が被災し、土砂崩壊も起きていることから、土砂に埋まった家屋も見られる。



写真 4-1-3-1 益城町及びその周辺の被災状況（平成28年4月23・24日撮影）



一方、災害発生後、2 か月弱の6 月 1～4 日の状況は、写真 4-1-3-2 のとおりである。

被災直後の4 月 23・24 日の状況と2 か月弱経過した6 月 1～4 日の状況に大きな違いはない。一部の主要道路については、亀裂や段差を補修し、通行可能な状態にしているが、倒壊家屋等は、被災地におかれたままの状況のものも多く、今後、多くの災害廃棄物が発生することが予想され、二次仮置場の設置が重要となる。



被災家屋は、そのままのところがまだまだ多く存在する。



地方道路：補修は進んでいない



主要道路：亀裂・段差は補修済



補修等に向けた作業中の土砂崩壊箇所も多く見られる。

写真 4-1-3-2 益城町及びその周辺の被災状況（平成 28 年 6 月 1～4 日撮影）

## (2) 一次仮置場の状況

### 1) 4月時点の状況

#### a) 益城町(福原) 災害廃棄物仮置き場(旧中央小学校グラウンド)

今回の地震で、最も家屋被害の大きかった益城町の災害廃棄物を集積する仮置場(旧中央小学校グラウンド)を調査した(図4-1-3-1 参照)

この仮置場では、分別が行われ、分別の種類としては、①木(家具)、②木(柱)、③畳・布団類、④家電4品目(TV、冷蔵庫、洗濯機、エアコン)・その他家電(電子レンジなど)、⑤コンクリートくず、⑥瓦類、⑦金属ごみ、⑧ガラス・陶磁器類の8分類としている。現状では、家庭から出る可燃系の混合ごみが多く積まれており、その高さは火事の発生を抑えるとされる5m以下に概ねされていた。



図4-1-3-1 益城町災害廃棄物仮置場の位置図

過去の地震災害では、発災後1か月程度までの初期段階においては十分な分別がなされておらず、災害がれき/廃棄物が混合状態で仮置きされていたことを考えると、このような初期段階においても分別がなされていることは、過去の災害廃棄物の教訓を生かしているものと考えられる。

一方、今後膨大に発生する家屋解体系の廃棄物の仮置きには課題が残ると思われる。

益城町では、全壊家屋1,026棟、半壊家屋および一部損壊家屋4,374棟もの被害が生じている<sup>1)</sup>。これらの被害家屋から大量の災害廃棄物が今後、仮置き場に搬入されるものと思われる。益城町では災害廃棄物処理計画を定めていないが、熊本県内で唯一定めている菊池市の災害廃棄物処理計画<sup>2)</sup>によると、全壊木造建物からは可燃系廃棄物が21.1t/棟、不燃系廃棄物が54.7t/棟もの廃棄物が排出されるとしている。4月時点では、家屋解体による木質系の廃棄物はまだ量が少なかったが、今後、被災家屋の罹災証明が完了するにしたいがい、急激に木質系の廃棄物が増加し、現在の仮置き場だけでは不足することが容易に予想できる。





(a) 混合ごみ



(b) コンクリートくず類



(c) 冷蔵庫類



(d) 瓦類



(e) 石膏ボード・スレート類



(f) 自転車類

図 4-1-3-2

益城町仮置場での災害廃棄物の分類状況

#### **b) 西原村（災害廃棄物仮置場）村民グラウンド**

西原村では、村民グラウンドを災害廃棄物の仮置場としており（図 4-1-3-3）、仮置場入り口には見取図を設置して、搬入作業がスムーズにできるようにしていると同時に、分別の種類も細かく設定されていた（図 4-1-3-4）。分別種類としては、①ガラス・茶わん・陶器、②蛍光灯、③可燃物（生ごみは除く）、④畳、⑤瓦（セメント）、⑥瓦（焼き・化粧）、⑦コンクリート・セメント・ブロック、⑧スレート、⑨石膏ボード、⑩サイディング、⑪金属、⑫小家電（リサイクル家電や金属に含まない家電等）、⑬廃タイヤ、⑭木くず、⑮生木、⑯ばっ根、⑰家電（テレビ・冷蔵庫・洗濯機・エアコン・パソコン）である<sup>3)</sup>。

こうした分別の違いは、過去の地震災害時にもあり、自治体の裁量に任されている。



図 4-1-3-3 西原村災害廃棄物仮置場

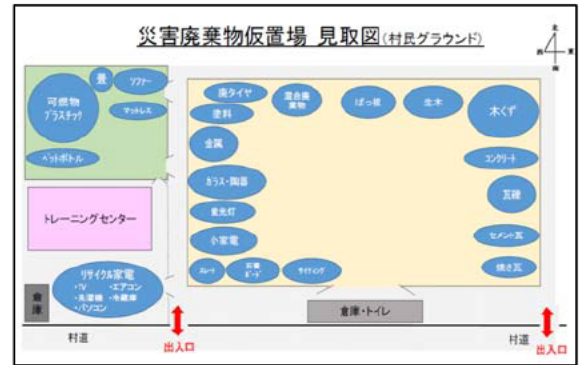


図 4-1-3-4 災害廃棄物仮置場の分別見取り図<sup>3)</sup>



(a) 仮置場の見取り図



(b) 木くずの搬入



(c) ボランティアによる搬入作業の補助



(d) 可燃物



(e) 金属



(f) 廃タイヤ

図 4-1-3-5 西原村の災害廃棄物仮置場の状況

#### 参考文献：

- 1) 政府現地対策本部会議・熊本県災害対策本部会議、2016 年 5 月 2 日会議資料
- 2) 熊本県菊池市：菊池市災害廃棄物処理計画、2011 年 10 月
- 3) 西原村 HP：災害廃棄物仮置き場への搬入について  
[http://www.vill.nishihara.kumamoto.jp/emergency/\\_2068.html](http://www.vill.nishihara.kumamoto.jp/emergency/_2068.html)



## 2) 6月時点の状況

一次仮置場については、平成28年4月21日現在で、約49ヶ所あったことが報告されている(図4-1-3-6)。これまでの災害の多くでは、一次仮置場には雑然とがれき／災害廃棄物が仮置きされていたが、今回の大きな特徴は、搬入時からなるべく数種類に分別して仮置きしている点である。この点は6月現在でも随所にみられる。

例えば、益城町では「被災した家屋の整理・清掃をされる際、さまざまなごみが発生しますが、のちのちのごみ処理に支障がありますので、次のように分別されるようご協力をお願いします。」との広報が6月現在でも示されている。



図 4-1-3-6 4月21日現在の仮置場の状況(吉岡・森口(2016)より)

しかし、一次仮置場での廃棄物の受け入れも、悪天候の場合には、廃棄物の受け入れを中止し、受け入れ時間も制限がなされている。また、各自治体の外から搬入される廃棄物もあるため、許可証の発行をするなどの対応がとられ出されている。

災害廃棄物以外の廃棄物も仮置場に搬入されることは、これまでの震災等でもあり、きれいな破損のないブラウン管テレビが大量に持ち込まれた災害もあり、災害廃棄物としての処理に自治体が苦慮した例が多くある。

一方、このような災害廃棄物を通常のごみとして出される場合があり、「**ごみステーションに災害がれきを出さないでください**」といったような広報も熊本地震では行われている。

こうしたことは、平常時から、住民へ、災害廃棄物についての知識等を周知させることも必要であることを示している。

なお、益城町では旧中央小学校グラウンド、西原村では村民グラウンドが仮置場となっているが、**大津町では**、図 4-1-3-7 に示されるように、旧処分場を仮置場として利用している。仮置場として利用していた「矢護川仮置場」が満杯状態となっていたため 6 月 12 日に閉鎖し、**新たな仮置場として旧処分場が 6 月 15 日より開設**されている。

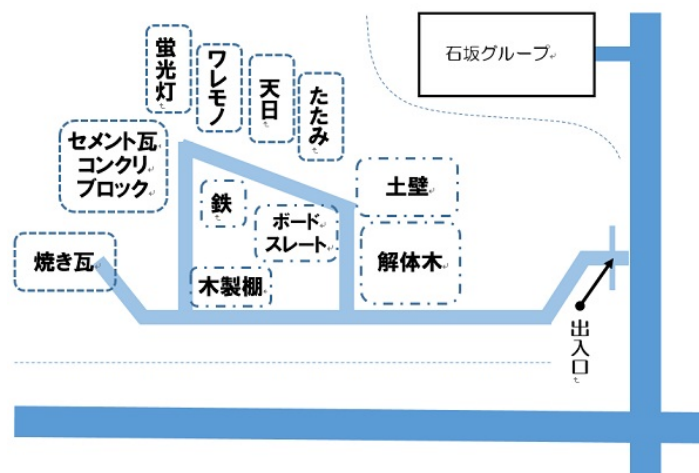


図 4-1-3-7 旧処分場（旧杉水処分場）を仮置場にした例

（大津町：<http://www.town.ozu.kumamoto.jp/information/10655.html>）

現状においては、一次仮置場が設置され、随時稼働しているものの、それが不足気味であることは、毎日新聞 2016 年 5 月 17 日の報道「熊本地震 廃棄物仮置き場不足 3 割が満杯状態に」からもうかがえる。

現状では、災害廃棄物の仮置きに右往左往している状況が伺え、**一次仮置場の設置箇所を事前に検討しておくことの重要性を示したものである。**

（４－１節：山中稔・大野博之・宮原哲也）



## 4-2. 災害廃棄物の処分プロセスにおける応用地質学的検討

### 4-2-1. 仮置場の環境汚染リスク

仮置場には、環境汚染リスクのある災害廃棄物等が一時保管されることから、仮置場の土壌や地下水が汚染されるリスクがある。

例えば、大量の津波堆積物を仮置きしたような場では、仮置場の土壌汚染が懸念される。特に、砒素やふっ素などは津波堆積物等に多く含まれている可能性があり<sup>5)</sup>、仮置場の表流水などに環境基準値を超過するものが検出される懸念がある。実際、乾他<sup>6)</sup>は、東日本大震災の仮置場において、土壌溶出量が環境基準を超過した事例があることを報告している（42カ所中7カ所）。

しかし、伊豆大島の土砂災害では、災害廃棄物等を1年以上仮置きしても仮置場の表層土壌は汚染されていないことや三宅島の例のようにがれき（自動車類）が7年間放置されていても土壌含有量の増加のみられない事例もある。

仮置場における環境汚染リスクはゼロではないものの、そのリスクはケースバイケースと考えて良い。災害廃棄物等からの溶出による有害物質は、濃度の高いものではなく、その多くが表流水として流れ、仮置場の設置期間も数年と短い、といったようなことから仮置場における環境汚染リスクはそれほど大きくないものと考えられる。

表-1 災害がれき／廃棄物等の置かれた場のたまり水や表層土壌の化学分析結果

|                                     |         | 化学分析結果                                                                                                                           | 基準                                            |
|-------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 2000年7月の三宅島噴火後の災害がれきの放置場（2007年7月調査） | たまり水濃度  | Pb : 0.08~0.23mg/L<br>Cd : 0.03mg/L<br>Cr <sup>6+</sup> : 0.06mg/L                                                               | 0.01mg/L<br>0.003mg/L<br>0.05mg/L             |
|                                     | 表層土壌含有量 | Pb : 3~6mg/kg<br>Cd : 1~2mg/kg<br>Cr <sup>6+</sup> : 1~3mg/kg                                                                    | 150mg/kg<br>150mg/kg<br>250mg/kg              |
| 2013年10月伊豆大島土砂災害の二次仮置場（2014年11月調査）※ | 表層土壌溶出量 | F : 0.1~0.3mg/L<br>Pb, Cd, Cr <sup>6+</sup> , As, Hg,<br>B : 定量下限値未満                                                             | 0.8mg/L                                       |
|                                     | 表層土壌含有量 | F : 5mg/kg未満<br>Pb, Cd, Cr <sup>6+</sup> , As, Hg,<br>B : 定量下限値未満                                                                | 4000mg/kg                                     |
|                                     | 伊豆大島参考値 | F（溶岩の含有）：50mg/kg<br>1950/51年噴火後の天水<br>F : 2.6mg/L（火口茶屋）<br>1986年噴火後の地下水<br>Pb:0.02~0.03mg/L<br>Hg : 0.0029mg/L<br>As : 0.013mg/L | 0.8mg/L<br>0.01mg/L<br>0.0005mg/L<br>0.01mg/L |

※：土木学会地盤工学委員会斜面工学研究小委員会の調査。  
1950/51年噴火は野口・後藤(1994)<sup>1)</sup>、1986年噴火は高橋他(1990)<sup>2)</sup>より。基準は、水の場合は水質の環境基準、土壌はその溶出量基準と含有量基準である。

#### 4-2-2. 仮置場の重要性と現状

災害そのものによる環境汚染リスクは防ぎようがない部分もあるが、災害廃棄物等やその仮置場の環境汚染リスクは、人為的に低減することが可能である。今後の災害では、1 億トン以上もの廃棄物発生が予想されている災害もあり、その災害廃棄物等の量が膨大になるほど、濃度が大きくなるリスクが高まる。

災害廃棄物等の環境汚染リスクは、仮置場への早急な災害がれき/廃棄物等の運搬により、被災現場での汚染リスクを大幅に低減できる。**したがって、仮置場への早急な運搬が必要で、災害後の運搬体制の確立が重要である。また、この段階では一次仮置き場の設置となるが、短期で閉鎖することを前提とし、被災地近傍に設置することが望ましい。**

災害時には、写真-1 に示すように、廃棄物の中間処理施設が破損し、稼働できずに処理が遅れることがある。また、稼働していても、通常の生活から発生する廃棄物の処理で、災害廃棄物等を処理する余地がないことも多くある。広域の処理を考えた場合でも、その処理量には限界がある。さらに、東日本大震災で表面化したように、災害がれきは貴重品や記念写真など、個人の所有物も多く含まれ、告知後 6 か月しないと廃棄物とはならないことから、その間の処理ができない。ひところ、山積みになった災害がれきの処理をしないことがマスコミにより報じられたが、安易には処理できない理由の一つである。こうしたことから、災害がれき/廃棄物等を一時保管する仮置場の設置が重要となる。

しかし、前述したように仮置場に集積された災害廃棄物等は、長期にわたる仮置きにより仮置場の土壌や表流水が汚染されるリスクが高まる。



写真-1 中越沖地震における中間処理施設の破損事例 (2007年9月8日撮影)

そこで、東日本大震災では、国立環境研究所を中心とした「震災対応ネットワーク (DRNWW)」などによる災害がれき・廃棄物の処理・仮置き等に関する留意事項等が多く発信された。

例えば、2011 年 4 月 1 日には「仮置場の設置と留意事項 (第一報)」が示されている。これは一次仮置場の設置における留意点であり、主だったものとして以下のものが挙げられ

る。

- 用地の選定：長期に渡って使用できる平坦な場所
- 仮置場での分別：集積後の処理や再利用を念頭においた分別を実施する。
- 注意点：木くずや可燃物は、発火と発熱防止の観点から、高さ5メートル以上積み上げを行わないようにする（図-1）。

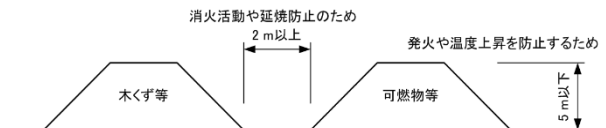


図-1 可燃性廃棄物の仮置きの留意点（DRNWWより）

こうした一次仮置場の設置期間は比較的短く、過去の例では1年程度である。この一次仮置場に災害がれき/廃棄物等を一時保管し、可能であれば分別を行う。この間に、東日本大震災のように災害廃棄物等が膨大であれば、本格的な分別と簡易的な処理（破碎処理など）を行うスペースを兼ね備えた二次仮置場の設置を行う（図-2）。この二次仮置場では、災害廃棄物等の種類毎に分別して仮置きされることとなる（写真-2 参照）。



図-2 二次仮置場の設置例（日本応用地質学会より）



(a) 一次仮置場の例（分別されずに仮置きされることが多い。2013年11月14日撮影）



(b) 二次仮置場の例（分別ヤードが設置されている。2014年11月1日撮影）

写真-2 2013年伊豆大島土砂災害の仮置場の例

このように分別が進められることで、適切な処理が可能となる。そして、災害発生後数年してから、仮置場は閉鎖されていくことになる。仮置き期間が長期間になるほど、また、量が膨大であるほど災害廃棄物等による環境汚染のリスクは高まることが予想される。その対応としては、簡易な水処理施設の設置、アスファルト舗装などが挙げられる。こうした二次仮置場の設置等の留意点については日本応用地質学会<sup>7)</sup>が取りまとめている。

また、災害の怖い点は、災害廃棄物等の処理が終了していない段階で、再度別の災害に見舞われることがある点である。この場合、二次仮置場の設置延長がなされる。例えば、中越地震（平成 16 年 10 月発生）時に二次仮置場を 11 月下旬から準備・施行し、平成 19 年 3 月末で解体以外の廃棄物等が 93%処理完了、解体廃棄物が 85%処理完了で、残り 2 万トン弱となっていたものが、その後の中越沖地震（平成 19 年 7 月発生）後再び増加し、平成 20 年 3 月まで延期した仮置場がある。

このように仮置場は、災害時のがれき/廃棄物等の一時保管になくてはならないものである。しかし、その設置場所は土地利用等を考慮して適切な場に設置しなければ環境汚染リスクが高まることとなる。

#### 4-2-3. 現行法の基での仮置場のあり方

##### (1) ゼロリスクと受容すべきリスク

自然環境はそもそも変化するものである。過去の気候変動や災害は、そのことを我々人類に示している。現在、我々は、その変化する環境をどこまで受容するのか、が問われている。

人類はこれまでに様々な人工物を作ってきた。そうした人工物は、ある確率で発生する外力（災害や事故等）に対して安全を確保するものであり、確率分布に基づく「しきい値」を用いて人工物の強度や大きさなどの抵抗力を決定してきている。すなわち、ある程度のリスクを含んだ設計を行い、それを受容してきた。こうした受容すべきリスクを取り入れていくのが工学的対応であり、それが一般的なことである。

災害廃棄物等やその仮置場に係る環境汚染や衛生環境の悪化も、こうした受容すべきリスクを考慮した対応が求められる。人間は生きている限りリスクをゼロにすることはできない。技術者は、受容すべきリスクを理解させるために、定量的な説明を継続的にを行い、それを受けとめられる環境創造のための教育・啓蒙を行うことが必要である<sup>8)</sup>。

そこで、基準について考えてみる。表-2に示されるように、水に溶けた同じ有害物質でも対象によって異なる基準値となる。特にふっ素はその典型で、水質基準とミネラルウォーター類の基準が2倍以上も異なる。そもそも、ふっ素は人間にとっての必須微量元素である<sup>9)</sup>。ふっ素の水質基準は、宇宮・津野<sup>10)</sup>に「水質基準では、0.8mg/L以下とされ、これはふっ素を3mg/L以上含む水を飲んでいるところでは、95%の人が斑状歯にかかり、1mg/Lでは15%、0.8mg/Lではみられないという統計値から求めたものである」とされ、厚生省の基準根拠にも「斑状歯発生予防の観点から0.8mg/L」と述べられている。しかし、幼児期の虫歯予防には約0.5～0.6mg/Lのふっ素が有効とされ、基本的には大人の永久歯に大きな影響を示すものではないとされている<sup>10)</sup>。

このように、今後は、何を守りたい基準であるのかを吟味することが重要である。龍原<sup>11)</sup>の言うように、限られた資金を有効に活用するために、リスクに応じた適正なレベルで対策するという考え方を浸透させる必要がある。

表-2 各種の法律とその基準値

| 法律・規則等名              | 基準        |          |          |            |           |                  | 備考                                  |
|----------------------|-----------|----------|----------|------------|-----------|------------------|-------------------------------------|
|                      | F         | Pb       | As       | Hg         | Cd        | Cr <sup>6+</sup> |                                     |
| 環境基本法 平成5年法律第91号     |           |          |          |            |           |                  | 法律第16条による基準                         |
| 地下水の水質汚濁に係る環境基準      | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | H3環境庁告示10, H26環告127                 |
| 土壌の汚染に係る環境基準         | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.01mg/L  | 0.05mg/L         | H3環境庁告示46, H26環告44                  |
| 水質汚濁に係る環境基準          | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | S46環境庁告示59, H26環告126                |
| 水道法 昭和32年法律第177号     |           |          |          |            |           |                  | 法律第4条による                            |
| 水質基準                 | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | H26厚労省令第15号                         |
| 食品衛生法 昭和22年法律第233号   |           |          |          |            |           |                  |                                     |
| 清涼飲料水の規格基準           | 2mg/L     | 0.05mg/L | 0.05mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | S34厚生省告示370号                        |
| ミネラルウォーター類の成分規格      | 2mg/L     | 0.05mg/L | 0.05mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | H26厚労省令第141号                        |
| 温泉法 昭和23年法律第125号     |           |          |          |            |           |                  |                                     |
| 温泉の定義                | 2mg/kg以上  | —        | —        | —          | —         | —                |                                     |
| 飲用利用基準(1日当りの総摂取量)    | 1.6mg未満   | 0.2mg未満  | 0.1mg未満  | 0.002mg未満  | —         | —                | H19年環自総発第071001002号<br>大人(16歳以上)の場合 |
| 水質汚濁防止法 昭和45年法律第138号 |           |          |          |            |           |                  |                                     |
| 浄化基準                 | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.003mg/L | 0.05mg/L         | 施行規則 (H26環境省令第30号)<br>施行規則の第9条の3    |
| 土壌汚染対策法 平成14年法律第51号  |           |          |          |            |           |                  |                                     |
| 地下水基準                | 0.8mg/L   | 0.01mg/L | 0.01mg/L | 0.0005mg/L | 0.01mg/L  | 0.05mg/L         | 施行規則 (H26環境省令第29号)<br>施行規則の第7条第1項   |
| 第二溶出基準               | 24mg/L    | 0.3mg/L  | 0.3mg/L  | 0.005mg/L  | 0.3mg/L   | 1.5mg/L          | 施行規則の第9条第1項第2号                      |
| 要件                   | 4000mg/kg | 150mg/kg | 150mg/kg | 15mg/kg    | 150mg/kg  | 250mg/kg         | 施行規則の第31条第2項                        |
| 廃棄物処理法 昭和45年法律第137号  |           |          |          |            |           |                  |                                     |
| 基準                   | —         | 1mg/L    | 1mg/L    | 0.05mg/L   | 1mg/L     | 5mg/L            | 施行規則 (H26環境省令第7号)<br>施行規則の第1条の2     |

注) 基準は、特に記載がなければ「以下」を示す。備考中の H は平成, S は昭和。

## (2) 受容すべきリスクの観点での仮置場のあり方

中央環境審議会の議論<sup>12)</sup>では、「土壌汚染対策法は、今まで以上にリスク管理という視点を強調した改正が行われているが、必ずしもその改正の趣旨は周知されているとは思えない面があり、未だに、土壌汚染があればそれは大変だというような印象が強い」といった意見が出されている。すなわち、ゼロリスクしか受容できないといった反応が根強いことが述べられている。しかし、人は常にリスクを抱えながら生きており、ゼロリスクではなくても、リスクをある程度低減させる方策をとれば良いはずである。土壌汚染対策法には、そのリスクとリスク対策の考え方が示されている。そこでいうリスクとは、「地下水の飲用に対するリスク」と「経口摂取のリスク」である。

ここでは、これを「表流水や地下水の飲用に対するリスク」と「経口摂取のリスク」として、そのリスクの観点から災害廃棄物等の仮置場のあり方を見ておきたい。

### ①表流水や地下水の飲用に対するリスク

- ・ 地下水の利用状況と地下水流動を災害以前に把握することで、災害時のリスク低減につなげる。



- ・ 表流水の流れを災害以前に把握し、上水などに混入する経路があれば対策を講じる。

## ②経口摂取のリスク

- ・ 仮置場の稼働時に、土壌や災害廃棄物等を直接自ら経口摂取することはあり得ない。

このような観点で仮置場を設置すれば、ゼロリスクではないものの、環境汚染リスクを低減することはできる。

そこで、これらのリスクがもともと小さい場を考えたとき、次のような場が、仮置場として適しているものと考えられる。

### ・ 海岸埋立地

- 地下水等は塩水なので飲用はあり得ない。
- 通常、覆土やアスファルト舗装されているので、経口摂取はない。また、散水等により吸い込み等のリスクも低減できる。

### ・ 最終処分場

- 管理型であれば保有水・雨水集排水施設と遮水工があり、処分場外への漏洩はないと考えて良く、表流水や地下水を汚染することはない。
- 処分場内の土壌等を経口摂取することはあり得ない。また、散水等により吸い込み等のリスクも低減できる。

以上示したような場がないような内陸部で、処分場のない地域もある。そうした地域についても適切な仮置場の設置の議論も、今後は必要となろう。この時には、土壌汚染対策法は、「必要以上の無駄な対策はしなくていいと言うことを制度的には強調している」<sup>12)</sup>法律であり、適切なレベルの対応をどのように行っていくのかの議論も必要である。

(4-2節：大野博之)

## 5. わが国の現状を踏まえた新たな廃棄物処分場モデルについての多角的検討

(とりまとめ：大山 WG3 長)

### 5-1. 産業廃棄物処理の現状

わが国の産業廃棄物量は、図-5.1 に示すように平成 20 年以降は約 40,000 万トン前後と推定され、全体の約 53%が再生利用、約 44%が中間処理等での減容化、約 3%が最終処分と推計されている。

最終処分場の埋立処分量は、やや減少傾向にあるが、平成 25 年度には 1,172 万トンと推定され、残余容量は、いくぶん減少傾向にあるが、それでも最終処分場の残余年数は、14.7 年程度である。

平成 26 年 4 月 1 日現在の産業廃棄物処理施設の設置許可件数は、中間処理施設が 18,691 施設、最終処分場が 1,880 施設ある。

中間処理施設の種類は、木くず又はがれき類の破碎施設が中間処理施設全体の 51%、汚泥の脱水施設が 16%で、最終処分場は、安定型処分場が最終処分場全体の 60%である。

これらのことから、産業廃棄物の中間処理等の減容化及び再生利用は、全体処理量の約 97%までになったが、最終処分場の残余年数は、約 14 年程度しかなく、いずれ埋め立て処分は困難になるものと考えられる。

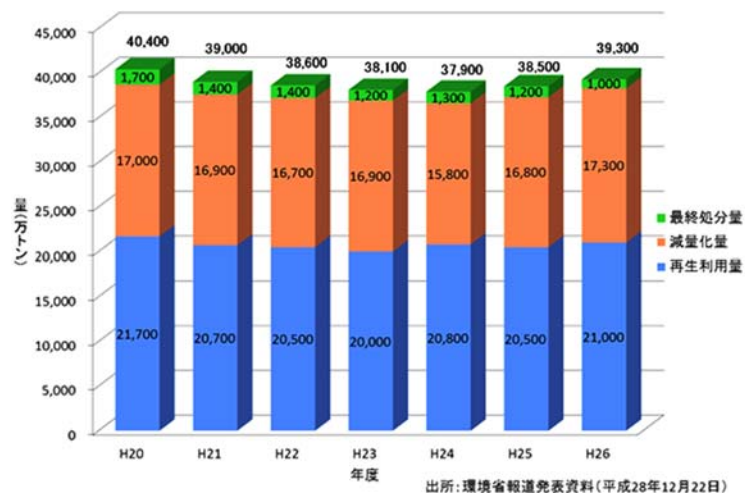


図-5.1 産業廃棄物量の推移

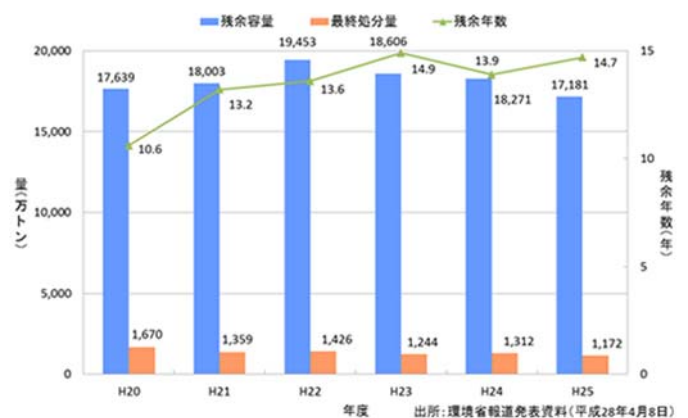
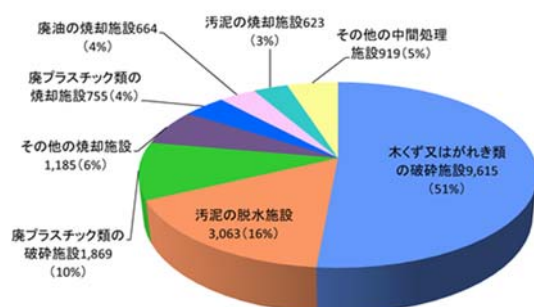
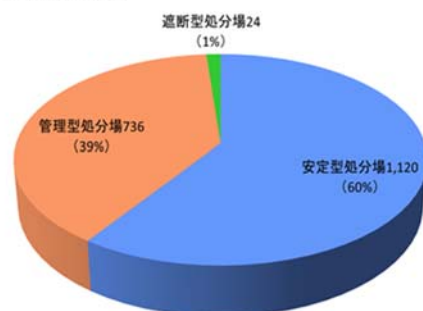


図-5.2 最終処分場の残余容量、埋立処分量および残余年数の推移

①中間処理施設(計18,693件)



②最終処分場(計1,880件)



出所：環境省報道発表資料(平成 28 年 4 月 8 日)

図-5.3 産業廃棄物処理施設の種別設置許可件数

引用資料：公益財団法人 日本産業廃棄物処理振興センターHP 「産廃知識 産業廃棄物処理の現状」  
<http://www.iwnet.or.jp/waste/knowledge/genjou.html>

(打木弘一)

## 5-2. 再利用を前提とした循環資源保管場の提案

### 5-2-1. 災害廃棄物の処理と復興資材

2011年3月11日の東日本大震災・津波災害では、発生した災害廃棄物の分別・選別処理技術の進展により、一部の廃棄物は焼却処分されたものの、多くは復興資材として再利用できるようになり、東日本大震災により生じた災害廃棄物の処理に関する特別措置法により、分別・選別処理されたため、処理コストの課題は残るものの、従来の廃棄物でも適切に処理すれば、資源として扱えるようになってきたものとする。

その後、2013年10月16日未明に発生した伊豆大島の土砂災害や2015年4月14日以降に発生した熊本震災でも災害廃棄物の分別・選別が一般的に行われるようになってきており、廃棄物は資源として再生利用する指向が高まってきている。

### 5-2-2. 循環資源としての廃棄物

平成12年の循環型社会形成推進基本法では、廃棄物のみならず、中古品や副産物をも包括した概念として「廃棄物等」を定義した上で同法の対象とし、その中の有用なものを「循環資源」と定義した。

廃棄物を循環資源として扱えるか否かは、今後の再処理・再製品化技術の発展によるところが大きい。現在の廃棄物経済に比べ、将来の再生資源経済が成り立つような時代になれば、現在の廃棄物は、将来の有用な「循環資源」となる可能性がある。

廃棄物は、将来的な循環資源として扱うことが必要であり、将来の処分コストの変動により、その時代で未利用か再生利用が可能か経済的に決まるものとする。

廃棄物処分コストの将来変化による再処理・資源化・再利用の可能性は、図-5.4に示すように廃棄物の処分コストと有価物として再取出し・資源化コストとの関係について時系列で整理してみると、将来的に最終処分場の建設・維持・管理コストが上がると廃棄物は循環資源として再利用が可能となり、最終処分場の再利用も可能となる。

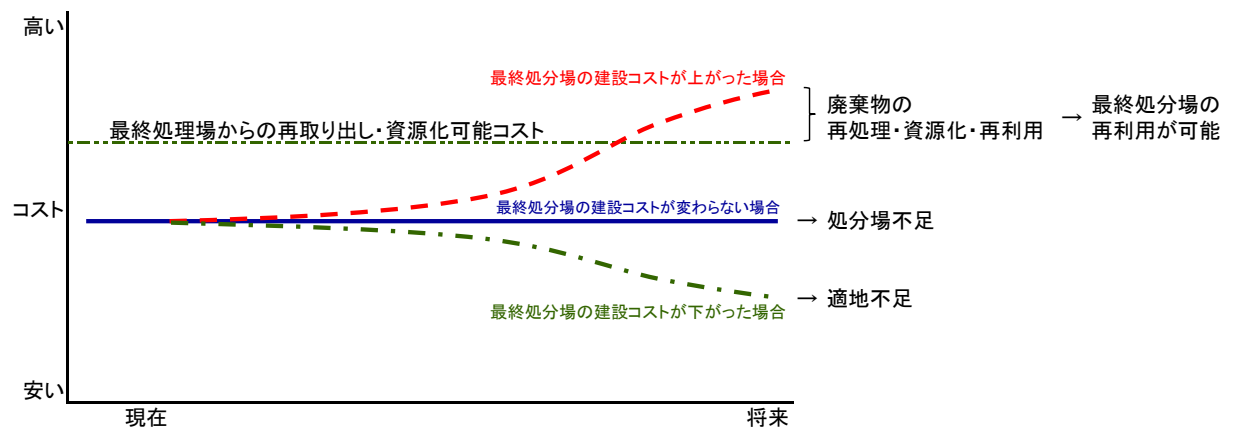


図-5.4 廃棄物処分コストの将来変化による再処理・資源化・再利用の可能性

また廃棄物資源の価値の将来変化による再処理・資源化・再利用の可能性は、図-5.5 に示すように廃棄物の価値と有価物として再取り出し・資源化コストとの関係について時系列で整理してみると、将来的に廃棄物に含まれる循環資源の価値が上がっても、廃棄物は循環資源として再利用が可能となる。

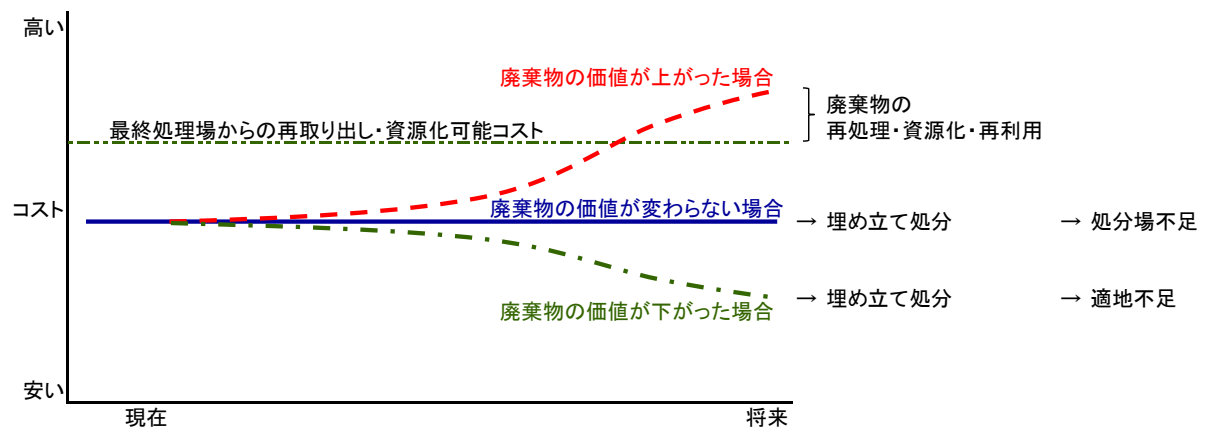


図-5.5 廃棄物資源の価値の将来変化による再処理・資源化・再利用の可能性

### 5-2-3. 最終処分場立地の課題

現在の最終処分場は、山間地や丘陵地の景観上、見えにくい沢地形的を有効に使って設置することが多いが、このような処分場に適した沢部は、清涼な河川水や地下水の源であることが多く、また生態系ネットワークの重要な場でもある。さらに、このような沢部は、人間の生活圏の上流側に位置することから、持続的な管理が十分でないと水汚染などの環境問題等により、近隣住民の反対運動など社会科学的なリスクが発生し、新たな立地がますます難しい状況にある。

これらのことから、これからの最終処分場は、生態系を含め人類の生活環境に影響しや山間地や丘陵地のいわゆる上流域の地表部は、望ましい設置場所ではなく、汚染の移動の最下流域となる海域や地下水の移動速度が極めて遅い地下に設置することを検討しておくことは必要であると考ええる。

新たな最終処分場の立地場所については、応用地形及び応用地質学的な観点から次章で検討した。



#### 5-2-4. 最終処分場から循環資源保管場への転換

廃棄物は、循環資源であると位置づけると、最終処分場は適切な名称ではなく、「循環資源保管場」として管理することになる。

今後の廃棄物は、再生利用を前提とした分別・選別により、「再生資源原料」として、循環資源保管場に安全に運搬・保管・管理・取り出しできることが求められ、効率的に扱える保管容器を内部モニタリング可能なコンテナを検討することが必要となる。

コンテナは、図-5.6 に示すような形状が想定され、内容物や設置場所によってコンテナの材質・強度等を設計する。

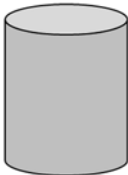
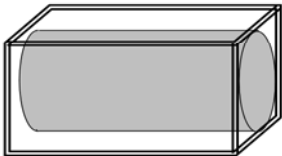
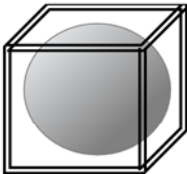
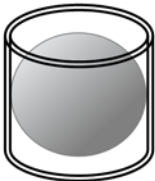
循環資源保管場は、コンテナの集合体としてのユニット構造体として、管理できる単なる保管場としての機能を持たせるだけでなく、循環資源のうち生ゴミ等の腐食しやすい有機物は、バイオガスや排熱のエネルギー生産の利用と一体化した構造にすることも有用である。

循環資源の保管物は、破砕による減容化として、粒体、粉体及び液体化が考えられるが、粉体は爆発しやすく、液体は変質しやすいため、粒体を取り扱いやすく、粒体として圧送・吸引が可能となる。

保管場への搬入・搬出方法は、コンテナ輸送（車両・鉄道・モノレール等）またはパイプライン輸送（圧送・吸引輸送）などが想定される。

循環資源の保管の管理は、密閉したコンテナ管理を基本とし、保管空間の形状に応じて効率的に配置でき、任意の置き場所（番地）から取り出せることが再生利用やすくなる。

図-5.6 保管コンテナの形状と適用する内容物の例

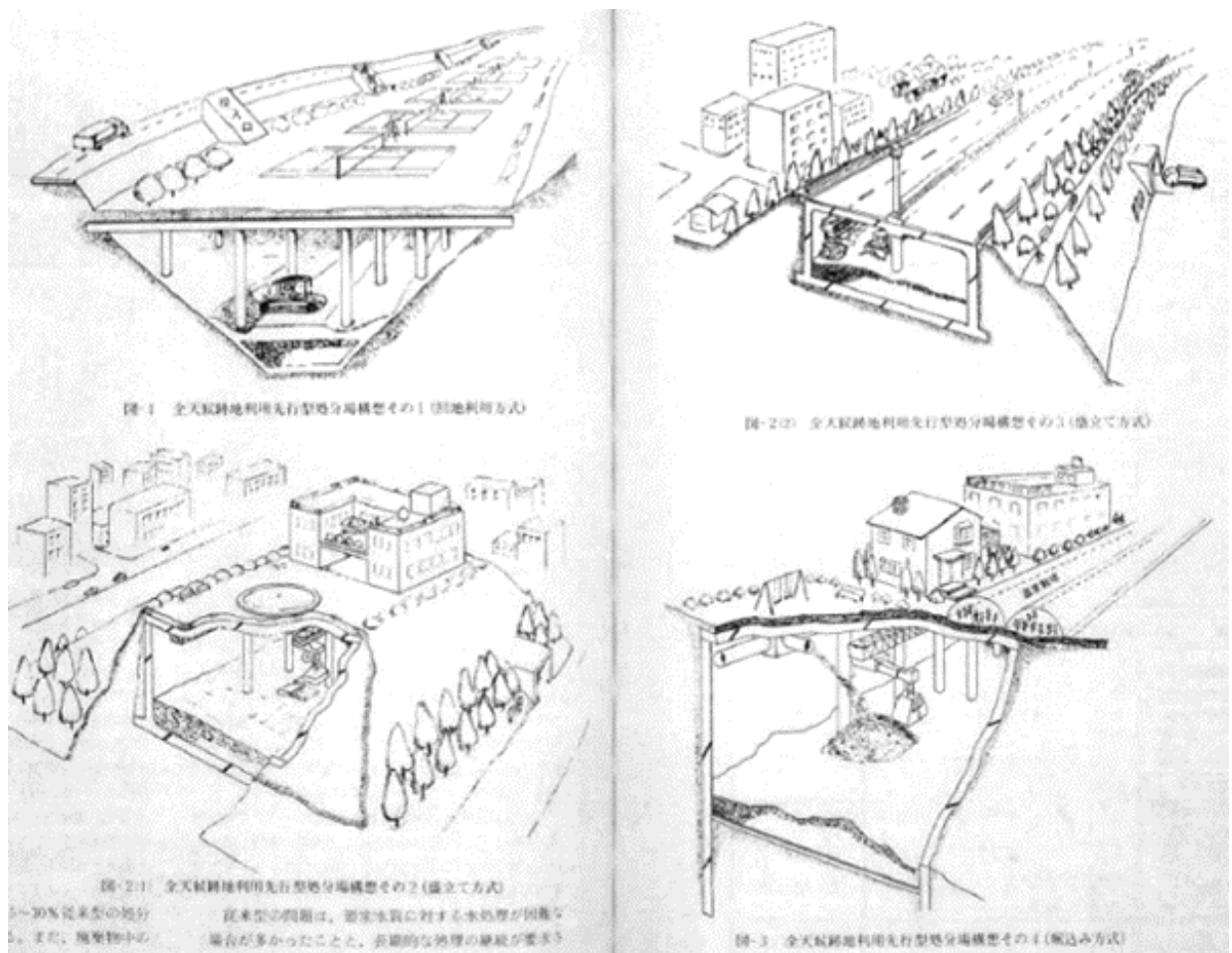
| コンテナ形状        |                                                                                     | 内容物                 | 金属 | プラスチック<br>同種繊維等 | 木質・紙等 | 有機物        | 液状物 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|-----------------|-------|------------|-----|
| 長方体           |    | 塊状<br>礫状<br>混合物等    | ○  | ○               | ○     |            |     |
| 円柱体<br>(縦置管理) |    | 礫状<br>粒状物<br>液状物    | ○  | ○               | ○     | ○<br>脱水・乾燥 | ○   |
| 円柱体<br>(横置管理) |    |                     | ○  | ○               | ○     | ○<br>脱水・乾燥 | ○   |
| 球体<br>(立方体管理) |  | 液状物<br>粒状物<br>ガス発生物 |    |                 |       | ○          | ○   |
| 球体<br>(円柱体管理) |  |                     |    |                 |       | ○          | ○   |

(打木弘一)

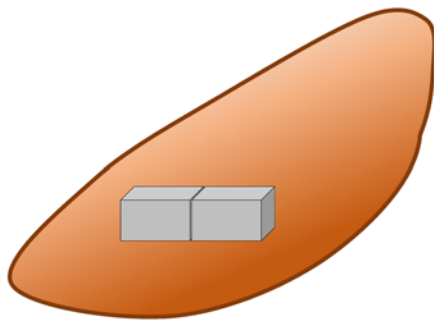
### 5-3. 地形・地質を考慮した設置場所の検討

循環資源保管場の候補地は、表-5.1 に示すように地形・地質を区分し、それぞれについて、設置形態、設置の可能性、設置規模、有効利用の可否、法的な留意点、技術的な課題、管理方法及び保全対象について検討した。

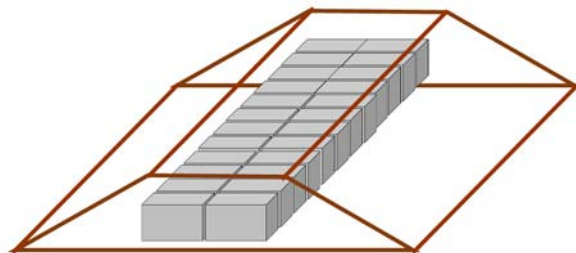
#### 5-3-1. 想定される設置形態



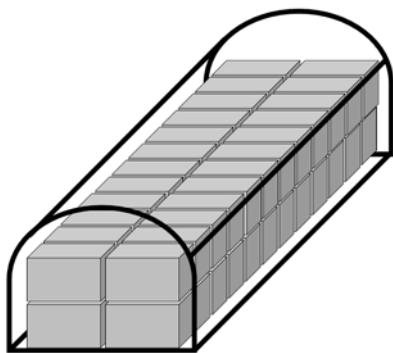
花嶋正孝・船津剛・小谷克巳(1988)：全天候跡地利用先行型処分場構想の提案，都市と廃棄物，Vol.18, No.10, pp.33-37.



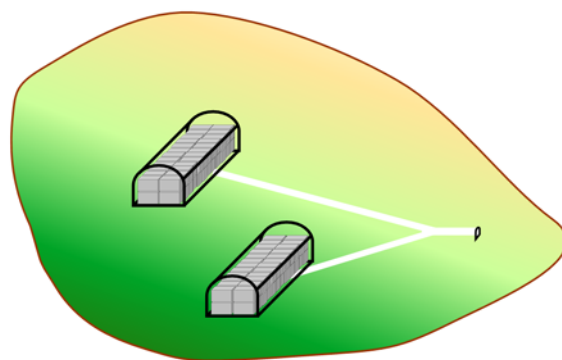
崖錐堆積地内の例



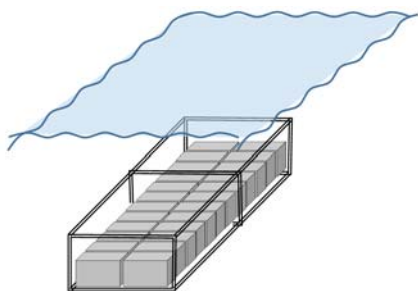
盛土内の例



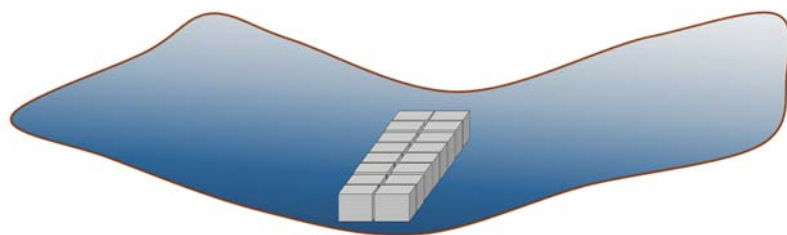
トンネル内の例



山体内の例



湖底・海底の例



海底谷の例

表-5.1 地形・地質区分による循環資源保管場の候補地の検討結果

| 地形等区分  |      |         | 周辺地質    | 設置形態              | 既存事例       | 設置の可能性                                                                               | 設置規模<br>(箇所当り) | エネルギー利用 |    | 資源利用<br>再取り出し | 法的な留意点                                                                                                                                                                                                                                        | 技術的な課題                           | 管理方法                   | 環境保全対象   | コスト |
|--------|------|---------|---------|-------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------|-----|
|        |      |         |         |                   |            |                                                                                      |                | 熱       | ガス |               |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  |                        |          |     |
| 山岳地    | 谷部   | 横断構造物   | 岩盤      | ダム・堰堤の背面に封じ込め     | 有          | 現行の陸上最終処分場                                                                           | 数10,000㎡以下     | 可       | 可  | 可             | 特になし                                                                                                                                                                                                                                          | 特になし                             | 保有水・排水・地下水の水質          | 溪流生態系の保全 |     |
|        |      | 河岸      | 砂礫      | 河岸に封じ込め           | 無          | 河岸侵食防止擁壁背面で可能                                                                        | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             | 河川法＋廃棄物処理法でOKか？                                                                                                                                                                                                                               | 土石流対策・破堤時の流出防止                   | 保有水・地下水・河川水の水質         | 溪流生態系の保全 |     |
|        | 急傾斜地 | 斜面      | 風化岩盤    | 風化防止吹付けモルタル等に混ぜ込む | 無          | 材料としての処理が必要であるため有姿では可能性が低い                                                           | 数10㎡           | 不可      | 不可 | 不可            | 不織布等の有価物資材として利用する                                                                                                                                                                                                                             | 強度低下防止                           | 構造物劣化監視                |          |     |
|        |      | 斜面下部    | 砂礫      | 落石防止重力式擁壁内に封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数10㎡           | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 構造物劣化監視                |          |     |
|        |      |         | 砂礫      | 落石緩衝盛土内封じ込め       | 無          | 崩壊土石飛散防止盛土内                                                                          | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 盛土損傷時の流出防止                       | 構造物侵食監視                |          |     |
|        | 緩傾斜地 | 地すべり地   | 砂礫      | 押さえ盛土内に封じ込め       | 有(意図的ではない) | 処分方法を限定(土壌化する循環資材等)すれば可能か？                                                           | 数100㎡          | 可       | 可  | 不可            | 廃棄物処理法では、処分場の設置基準で地すべり地は認められていない。                                                                                                                                                                                                             | 押え盛土材として有用な循環資材の利用<br>盛土損傷時の流出防止 | 変形・亀裂の有無               | 農耕地の保全   |     |
|        |      |         | 砂礫      | 地すべり防止鋼管杭内に封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数10㎡           | 可       | 可  | 不可            |                                                                                                                                                                                                                                               | 内部腐食防止                           | 杭の破断監視                 |          |     |
|        |      | 崖錐堆積地   | 砂礫      | 掘削して封じ込め          | 無          | 侵食の場であれば可能性あり                                                                        | 数10㎡           | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 今後の被り土厚の予測                       | 被り土の監視                 |          |     |
|        | 地下空洞 | 鉱山跡地    | 岩盤      | 封じ込め              | 不明         | 可能性あり                                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 安定型産業廃棄物(廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず等、建設廃材並びにこれらの産業廃棄物に準ずるもの)以外の廃棄物は地中にある空間を利用する処分を行ってはならないことが廃掃法施行令に示されている。政令(平成4年政令第218号、以下「改正令」という。)の施行の日に現に地中の空間を利用して埋立処分を行っている埋立地にあつては、当該埋立地における埋立処分が終了するまでの間は、引き続き埋立処分を行うことができる。 <b>地層処分と同じ考え方はできないのか？</b> | 坑道水の地表部への湧水箇所の把握                 | 坑内排水・河川水・地下水の水質        | 溪流生態系の保全 |     |
|        |      | トンネル    | 岩盤      | 封じ込め              | 有          | 可能性あり(自然由来汚染土石では実績あり)                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | トンネル水の地表部への湧水箇所の把握               | トンネル排水・河川水・地下水の水質      | 溪流生態系の保全 |     |
| 丘陵地・台地 | 谷部   | 横断構造物   | 砂礫      | 堰堤の背面に封じ込め        | 有          | 現行の陸上最終処分場                                                                           | 数10,000㎡以下     | 可       | 可  | 可             | 特になし                                                                                                                                                                                                                                          | 特になし                             | 保有水・排水・地下水の水質          | 里山生態系の保全 |     |
|        |      | 河岸      | 砂礫      | 掘削して封じ込め          | 有          | 侵食の場では不可                                                                             | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 河川法＋廃棄物処理法でOKか？                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 河川水・地下水の水質             | 里山生態系の保全 |     |
|        | 急傾斜地 | 斜面      | 砂礫・風化岩盤 | 風化防止吹付けモルタル等に混ぜ込む | 無          | 材料としての処理が必要であるため有姿では可能性が低い                                                           | 数10㎡           | 不可      | 不可 | 不可            |                                                                                                                                                                                                                                               | 強度低下防止                           | 構造物劣化監視                |          |     |
|        |      | 斜面下部    | 砂礫      | 落石防止重力式擁壁内に封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数10㎡           | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 構造物劣化監視                |          |     |
|        |      |         | 砂礫      | 盛土内封じ込め           | 無          | 崩壊土石堆積ポケット前面の飛散防止盛土内                                                                 | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 構造物侵食監視                |          |     |
|        | 緩傾斜地 | 地すべり地   | 砂礫      | 押さえ盛土内に封じ込め       | 無          | 変形可能な遮水性大型非腐蝕性土壌                                                                     | 数100㎡          | 不可      | 不可 | 不可            | 廃棄物処理法では、処分場の設置基準で地すべり地は認められていない。                                                                                                                                                                                                             |                                  | 変形・亀裂の有無               | 農耕地の保全   |     |
|        |      |         | 砂礫      | 地すべり防止鋼管杭内に封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数10㎡           | 可       | 可  | 不可            |                                                                                                                                                                                                                                               | 内部腐食防止                           | 杭の破断監視                 |          |     |
|        |      | 崖錐堆積地   | 砂礫      | 掘削して封じ込め          | 無          | 小規模・分散                                                                               | 数10㎡           | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 被り土の監視                 |          |     |
|        | 地下空洞 | トンネル等   | 砂礫・風化岩盤 | 封じ込め              | 不明         | 可能性あり                                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 安定型産業廃棄物(廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず等、建設廃材並びにこれらの産業廃棄物に準ずるもの)以外の廃棄物は地中にある空間を利用する処分を行ってはならないことが廃掃法施行令に示されている。政令(平成4年政令第218号、以下「改正令」という。)の施行の日に現に地中の空間を利用して埋立処分を行っている埋立地にあつては、当該埋立地における埋立処分が終了するまでの間は、引き続き埋立処分を行うことができる。 <b>地層処分と同じ考え方はできないのか？</b> | トンネル水の地表部への湧水箇所の把握               | トンネル排水・河川水・地下水の水質      | 里山生態系の保全 |     |
|        |      |         |         |                   |            |                                                                                      |                |         |    |               |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  |                        |          |     |
| 低地     | 河川   | 河川敷     | 粘性土・砂   | 河川敷地下に封じ込め        | 有          | 侵食の場では不可                                                                             | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 河川法＋廃棄物処理法でOKか？                                                                                                                                                                                                                               |                                  |                        |          |     |
|        |      | 堤防      | 粘性土・砂   | 堤防内封じ込め           | 不明         | 過去に検討されている<br>花嶋正孝・船津剛・小谷克巳(1988):全天候跡地利用先行型処分場構想の提案。都市と廃棄物、Vol.18, No.10, pp.33-37. | 数100㎡          | 可       | 可  | 不可            | 河川法＋廃棄物処理法でOKか？                                                                                                                                                                                                                               | 破堤時の流出防止                         | 河川水・地下水の水質             | 河川生態系の保全 |     |
|        | 人工盛土 | 道路      | 砂礫      | 盛土内に封じ込め          | 不明         |                                                                                      | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 不可            |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 構造物損傷の監視<br>浸出水・地下水の水質 |          |     |
|        |      | 公園      | 粘性土・砂   | 公園内封じ込め           | 有          | 現行の最終処分場の埋立後に公園となる例が多い。<br>汚染土壌の封じ込めあり                                               | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 保有水・排水・地下水の水質          | 公園生態系の保全 |     |
|        |      | その他公共用地 | 粘性土・砂   |                   | 有          | 現行の陸上最終処分場                                                                           | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 特になし                                                                                                                                                                                                                                          | 特になし                             | 保有水・排水・地下水の水質          | 生活環境の保全  |     |
|        | 地上空間 | 高架橋下    | 粘性土・砂   | 封じ込め              | 不明         | 可能性あり                                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 構造物劣化監視                | 生活環境の保全  |     |
|        | 地下空洞 | 建物基礎地下  | 粘性土・砂   | 建物地下封じ込め          | 有？         | 可能性あり                                                                                | 数100㎡          | 可       | 可  | 不可            | 安定型産業廃棄物(廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず等、建設廃材並びにこれらの産業廃棄物に準ずるもの)以外の廃棄物は地中にある空間を利用する処分を行ってはならないことが廃掃法施行令に示されている。政令(平成4年政令第218号、以下「改正令」という。)の施行の日に現に地中の空間を利用して埋立処分を行っている埋立地にあつては、当該埋立地における埋立処分が終了するまでの間は、引き続き埋立処分を行うことができる。 <b>地層処分と同じ考え方はできないのか？</b> |                                  | 地下水の水質                 | 地下水環境の保全 |     |
|        |      | トンネル等   | 粘性土・砂   | 封じ込め              | 無          | 雨水地下貯留施設を想定すると可能性あり                                                                  | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               |                                  | 地下水の水質                 | 地下水環境の保全 |     |
| 湖沼     | 湖底   | 水底      | 粘性土・砂   | コンクリートボックス内封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 軟弱底質対策                           | 湖沼水の水質                 | 湖沼生態系の保全 |     |
| 海域     | 海岸   | 磯浜      | 風化岩盤    | 海岸地下に封じ込め         | 無          | 放射性物質については沖ノ鳥島等で検討中                                                                  | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 塩害対策                             | 海水の水質                  | 海岸生態系の保全 |     |
|        |      | 砂浜      | 砂       | 海岸堤防構造物内に封じ込め     | 無          | 可能性あり                                                                                | 数100㎡          | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 塩害対策                             | 海水の水質                  | 海岸生態系の保全 |     |
|        | 海底谷  | 海底      | 粘性土・砂   | コンクリートボックス内封じ込め   | 無          | 東京湾横断道等を想定すると可能性あり                                                                   | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 海底は国の土地？<br>海底利用の法規制は？<br>漁業権との調整                                                                                                                                                                                                             | 軟弱底質対策                           | 海水の水質                  | 海域生態系の保全 |     |
|        | 海底台地 | 岩礁      | 風化岩盤    | コンクリートボックス内封じ込め   | 無          |                                                                                      | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             |                                                                                                                                                                                                                                               | 塩害対策                             | 海水の水質                  | 海域生態系の保全 |     |
|        | 大陸棚  | 海底      | 粘性土・砂礫  | コンクリートボックス内封じ込め   | 無          | 可能性あり                                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 難             | 深海底での施工技術                                                                                                                                                                                                                                     | 海水の水質                            | 深海域生態系の保全              |          |     |
|        | 地下空洞 | トンネル等   | 岩盤      | 封じ込め              | 無          | 可能性あり                                                                                | 数1,000㎡        | 可       | 可  | 可             | 法的に地中にある空間に当たるのか？                                                                                                                                                                                                                             |                                  | 海水の水質                  |          |     |

(打木弘一)

#### 5-4. 地下処分場の事例

一般廃棄物の処分施設の立地サイトの拡大案の一つとして、地下空間利用の可能性が検討されている。現在、地下空間の利用事例としては、石油やガスの燃料備蓄、地下発電所、交通施設のトンネル等が多く建設されており、また、鉱山跡地が観光施設などで開発されている事例もあるが、処分施設としての利用は限られる<sup>1)</sup>。地下空間を利用した処分施設の事例としては、有害廃棄物や放射性廃棄物の処分施設の検討が進められている。本章では、このような事例を概観し、地下利用の事例を整理する。

##### 5-4-1. 有害廃棄物の地下処分施設の事例

有害廃棄物の地下空間への処分の事例としては、ヨーロッパなどでの検討が比較的進んでいる<sup>2)</sup>。特にドイツでは、岩塩鉱山跡への有害廃棄物の処分事例などが報告されている<sup>3)</sup>。ドイツで操業されている岩塩サイトの事例を表5-4-1-1 にまとめた。

地下数百m に位置する岩塩層はルームアンドピラー方式で掘削され、その跡の空洞にドラム缶などに詰めた廃棄物が埋設されている(図5-4-1-1、5-4-1-2)。

岩塩は、透水性が小さく遮蔽性が優れているため、岩塩を資源として採掘した後の空洞の有効利用として、処分場として活用が進んでいると考えられる。

表 5-4-1-1 岩塩のサイトの事例<sup>3)</sup>

| サイト         | ヘルファノイロード                              | ヘイルブロン                  | ツィーリッツ                                                |
|-------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| 国           | ドイツ(中部)                                | ドイツ(南部)                 | ドイツ<br>(旧東ドイツ領域)                                      |
| 母岩の岩相       | 岩塩(カリ)<br>フッラット厚さ 300m<br>上部に難透水粘土層    | 岩塩(カリ)<br>フッラット         | 岩塩(カリ) フラット<br>300m の岩塩層中の厚さ<br>7m のカリ層<br>上部に難透水の粘土層 |
| 地表からの<br>深度 | 700m                                   | 170-210m                | 450m                                                  |
| 空洞の形態       | 横向き坑道(岩塩採掘<br>跡) ルームアンドピラ<br>ー方式の掘削跡   | 横向き坑道(岩塩採掘<br>跡)        | 横向き坑道(岩塩採掘<br>跡)                                      |
| 空洞の規模       |                                        |                         |                                                       |
| 廃棄物         | 化学廃棄物                                  | 化学廃棄物                   | 化学廃棄物                                                 |
| 操業          | 1972-                                  | 1987-                   | 1995-                                                 |
| 特徴          | 4 万 t/y で処分されて<br>いる。30%は国外からの<br>廃棄物。 | 5-8 万 t/y で処分されて<br>いる。 | 1-7 万 t/y で処分されて<br>いる。                               |

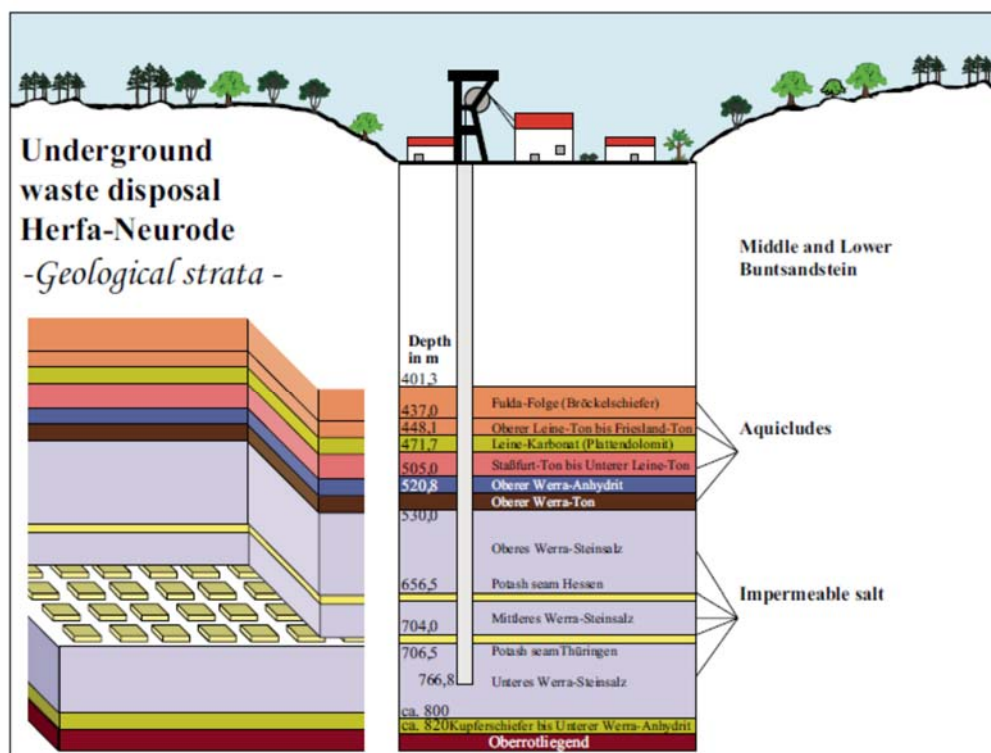


図 5-4-1-1 ヘルファノイロードの地質概要<sup>3)</sup>

岩塩層中に狭在するカリ塩が採取され、その空洞に廃棄物が処分されている。周囲は難透水性の岩塩が分布し、さらに岩塩の上部には難透水性の泥質堆積岩が被っている。



図 5-4-1-2 地下への廃棄物の輸送状況<sup>3)</sup>



## 5-4-2. 放射性廃棄物の地下処分の事例

### (1) 日本の放射性廃棄物処分

日本での放射性廃棄物の処分方法は、廃棄物の放射能レベルに応じて、①浅地中トレンチ処分、②浅地中ピット処分、③余裕深度処分、④地層処分などに区分されている<sup>4)</sup>(図5-4-2-1)。

① 浅地中トレンチ処分：中低レベルの放射性廃棄物を対象にした地上型の施設である<sup>5)</sup>(図5-4-2-2)。

② 浅地中ピット処分：地上から掘削した場所にコンクリートのピットを設け低レベル放射性廃棄物を処分する方法で、現行の一般廃棄物の処分場の遮断型処分場に類似する形態である<sup>6)</sup>(図5-4-2-3)。

③ 余裕深度処分：地下50-100m 程度の深さにトンネル型の坑道を掘削して、「低レベル放射性廃棄物」のうち「放射能レベルの比較的高い廃棄物」を処分する方法で、現在検討が進められている<sup>6)</sup>(図5-4-2-4)。この方式は、廃棄物が非発熱性であるため、比較的規模の大きいトンネルを利用した処分方法が検討されている。将来の一般廃棄物で想定される処分施設にも類似した形式と考えられる。このタイプの処分施設はまだ日本ではないが、青森県の六ヶ所等で研究が行われている<sup>7)</sup>。

④ 地層処分：高レベル放射性廃棄物を対象としている<sup>4)</sup>(図5-4-2-5)。高レベル放射性廃棄物は、発熱性のため小断面の処分空洞に廃棄体が分散されて処分される設計で、設置深度も300m 以上の深度が想定されている。

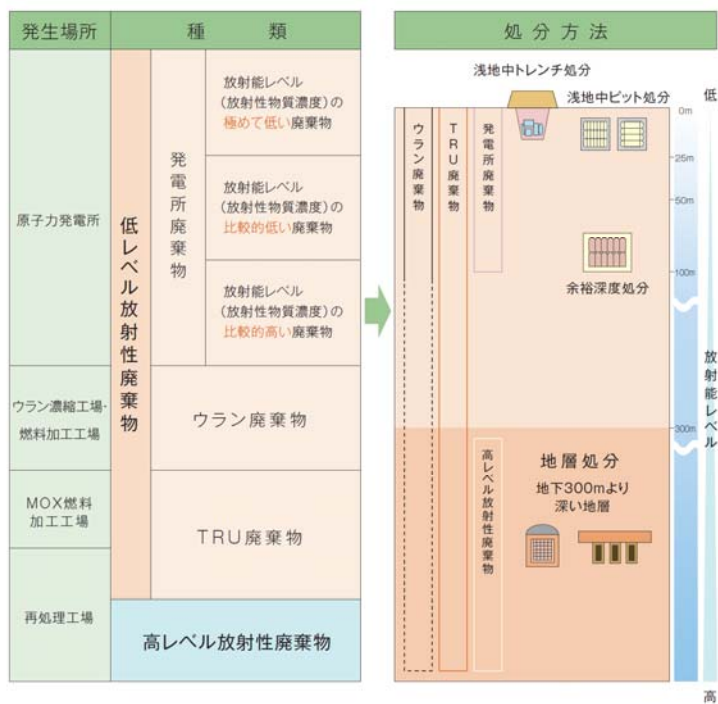
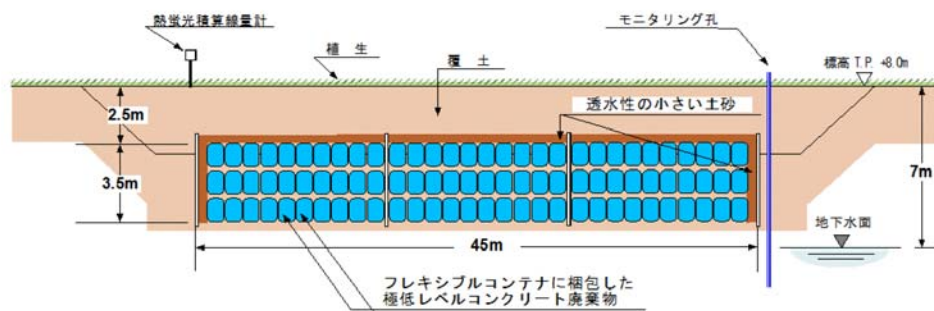


図 5-4-2-1 放射性廃棄物の区分と処分方法<sup>4)</sup>



第9図 トレンチ処分実地試験施設断面図  
(日本原子力研究開発機構・茨城県東海村)<sup>6)</sup>

図 5-4-2-2 浅地中トレンチ処分<sup>5)</sup>

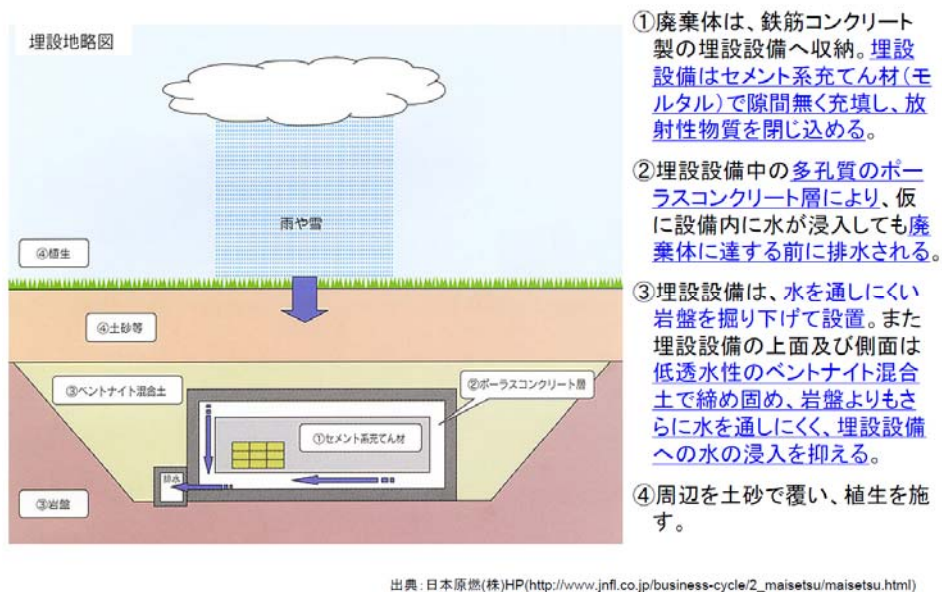


図 5-4-2-3 浅地中ピット処分<sup>6)</sup>

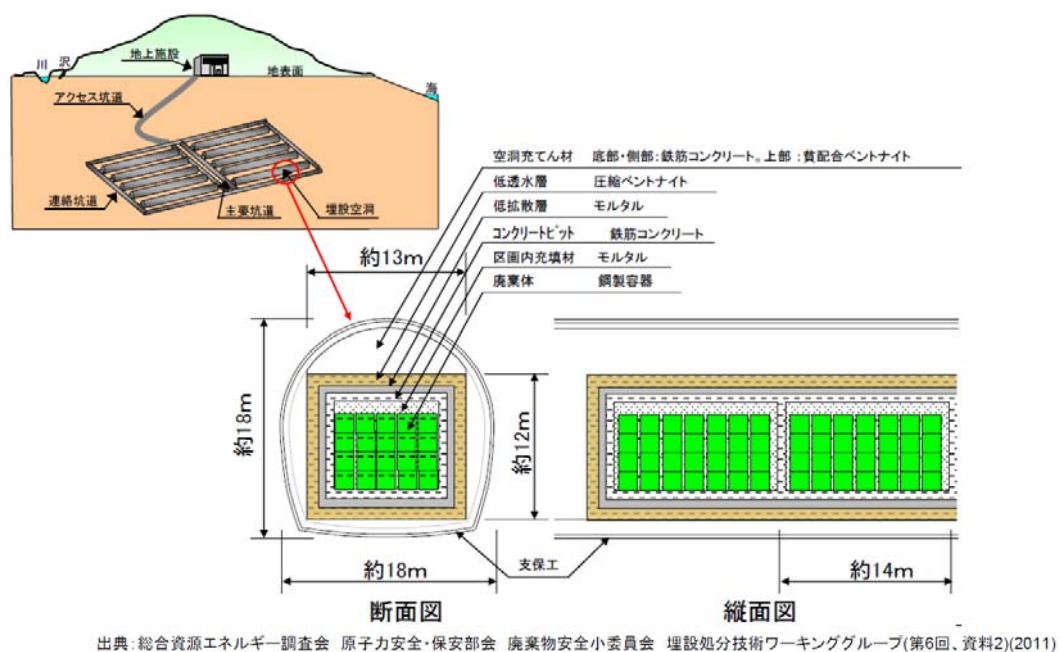


図 5-4-2-4 余裕深度処分<sup>6)</sup>



図 5-4-2-5 高レベル放射性廃棄物、TRU 廃棄物を対象とした地層処分<sup>4)</sup>

高レベル放射性廃棄物は放射能レベルが高いため地下深部に、発熱量が多いため間隔を開けて処分される。TRU 廃棄物は、放射能レベルが低く発熱量が少ないため、廃棄体パッケージにまとめて入れられ処分される。

## (2) 諸外国の事例

地下岩盤中にトンネルやサイロなどの空洞を設置し廃棄物処分を行っている事例を<sup>8)</sup> および各サイトの文献情報を元に整理した。主に地下に大規模な空洞を設けて廃棄物を埋設するタイプの施設である、非発熱性の中低レベル放射性廃棄物処分サイトの事例を収集した。地質のタイプにより、結晶質岩、泥質岩、岩塩に分けて、概説する。

### ・結晶質岩(表5-4-2-1)

主に北欧地域で、結晶質岩を用いた処分施設が検討されている。

結晶質岩の地帯では、地下50-100m 付近の深度に、トンネル型の空洞をもうけ、その中にコンクリート壁のライニングを施し、ベントナイトの人工バリアを周辺に設置し、その空洞に容器に入った中低レベル放射性廃棄物を処分する計画が進められている。スウェーデンやフィンランドでその事例が認められる(図5-4-2-6、図5-4-2-7)。スウェーデンの事例では沿岸域の海底下に設置されている。

### ・泥質岩(表5-4-2-2)

泥質岩地域では、岩石の透水性が小さいために、施設からの漏洩等の影響を小さくできるため処分施設のサイトとして好まれている。

カナダのオンタリオ地域のDGR と呼ばれる処分施設では、地下680m の深度に横向き坑道タイプの処分施設を設ける計画がある(図5-4-2-8)。施設周辺の岩石は頁岩で岩石の透水性が小さいため、ベントナイトのような粘土質の人工バリア材料は用いられていない。また、廃棄物と空洞の隙間の再充填も行われない点が特徴である。

スイスのベレンベルグでは、頁岩を対象として、横向きの坑道タイプの処分施設が検討されている(図5-4-2-9、予備候補地の一つとなっている)。この計画では施設標高が河床レベルに設定されており、施設の建設や建設中の排水が容易な設計であるのが特徴である。

ドイツのコンラッドでは、鉄鉱山の近傍に地下800m の泥質岩を対象として中低レベルの放射性廃棄物処分施設の建設計画が進められている(図5-4-2-10、 5-4-2-11)。空洞周辺の頁岩は低透水性で坑道への浸出水が少ないのが特徴である。

### ・岩塩(表5-4-2-3)

岩塩は、透水性が小さく自己シール性があるなど、廃棄物処分サイトとしての適正を持つため早くから検討が進められている。ただし、日本には施設が立地できるような規模の大きい岩塩層は分布していない。岩塩を対象とした事例では、ドイツのアッセIIやモルスレーベンで中低レベルの放射性廃棄物の処分が実施されている(図5-4-2-12、5-4-2-13)。ドイツ北部には岩塩ドームが多数分布し、岩塩の採掘空洞跡地に廃棄物が処分されてきた。アッセII では施設への地下水の流入が認められたために処分施設からの廃棄物の再取り出しが課題となっている。アメリカのWIPP では、平坦な広がりを持つ岩塩層を利用した処分が行われている(図5-4-2-14)。

表 5-4-2-1 結晶質岩のサイトの事例

|         |                                                                                          |                                                                     |                                                                     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| サイト     | SFR <sup>9, 10)</sup>                                                                    | オルキルオト <sup>11, 12)</sup>                                           | ロヴィーサ <sup>13)</sup>                                                |
| 国       | スウェーデン                                                                                   | フィンランド                                                              | フィンランド                                                              |
| 母岩の岩相   | 結晶質岩                                                                                     | 結晶質岩                                                                | 結晶質岩                                                                |
| 地表からの深度 | 海底下 5m<br>海底から約 50m<br>傾斜坑道でアクセス                                                         | 60-100m<br>傾斜坑道でアクセス                                                | 110m<br>傾斜坑道でアクセス                                                   |
| 空洞の形態   | 縦型サイロ (高さ 50m)<br>横向き坑道 (長さ 160m)                                                        | 縦型サイロ (直径 24m 高さ 34m)、低レベル、中レベル放射性廃棄物用各 1 つ                         | 横向き坑道 (長さ 106m 2 本、84m 1 本)                                         |
| 空洞の規模   | 63000m <sup>3</sup>                                                                      | 15000m <sup>3</sup> x2 基                                            | 約 30000m <sup>3</sup>                                               |
| 廃棄物     | 中低レベル放射性廃棄物                                                                              | 中低レベル放射性廃棄物                                                         | 中低レベル放射性廃棄物                                                         |
| 操業      | 1988-                                                                                    | 1992-                                                               | 1998                                                                |
| 特徴      | 処分サイロの周囲は粘土質のバリア材料で囲われている。<br>発電所の廃止に伴う廃棄物を処分するための施設 (200000m <sup>3</sup> ) を拡張する計画がある。 | 中レベル用の処分サイロには粘土質のバリア材料で囲われている。<br>発電所の廃止に伴う廃棄物を処分するための施設を拡張する計画がある。 | 中レベル用の処分サイロには粘土質のバリア材料で囲われている。<br>発電所の廃止に伴う廃棄物を処分するための施設を拡張する計画がある。 |

表 5-4-2-2 泥質岩のサイトの事例

|         |                                 |                           |                                                 |
|---------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------|
| サイト     | DGR オンタリオ <sup>14, 15)</sup>    | ベレンベルグ <sup>16, 17)</sup> | コンラッド <sup>18, 19)</sup>                        |
| 国       | カナダ                             | スイス                       | ドイツ                                             |
| 母岩の岩相   | 堆積岩<br>古生代の頁岩                   | 堆積岩<br>中生代の頁岩             | 堆積岩<br>中生代の頁岩 鉄鉱山                               |
| 地表からの深度 | 約 680m<br>立坑でアクセス               | 800m<br>水平坑道でアクセス         | 800m<br>立坑でアクセス                                 |
| 空洞の形態   | 横向き坑道 (高さ 7m 幅 8m 長さ 250m 31 本) | 横向き坑道                     | 横向き坑道 (高さ 6m 幅 7m 長さ)                           |
| 空洞の規模   | 200000m <sup>3</sup>            | -                         | 303000m <sup>3</sup>                            |
| 廃棄物     | 中低レベル放射性廃棄物                     | 中低レベル放射性廃棄物               | 中低レベル放射性廃棄物                                     |
| 操業      | 計画中                             | 予備的な候補サイトの一つ              | 建設中                                             |
| 特徴      | 厚さ 200m 施設周辺の堆積岩は低透水性           | 坑道は河床レベルで、操業中の排水が容易       | 旧鉄鉱山の未利用地を利用。厚さ 400m の粘土質岩を利用。既設のシャフトなどのインフラを活用 |

表 5-4-2-3 岩塩のサイトの事例

| サイト             | アッセ <sup>20)</sup>                    | モルスレーベン <sup>21, 22, 23)</sup> | ウィップ(WIPP) <sup>24, 25, 26)</sup>             |
|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| 国               | ドイツ                                   | ドイツ<br>(旧東ドイツ領域)               | アメリカ<br>ニューメキシコ州                              |
| 母岩の岩相           | 岩塩(カリ) ドーム状                           | 岩塩 (カリ) ドーム状                   | 岩塩 地層は平坦                                      |
| 地 表 か ら の<br>深度 | 500-750m                              | 500m                           | 約 655m<br>立坑でアクセス                             |
| 空洞の形態           | 横向き坑道 (岩塩採掘<br>跡)                     | 横向き坑道 (岩塩採掘<br>跡)              | 横向き坑道(高さ 4m 幅<br>10m 長さ 90m、楕状)               |
| 空洞の規模           |                                       | 520000m <sup>3</sup>           | 175000m <sup>3</sup>                          |
| 廃棄物             | 中低レベル放射性廃棄<br>物                       | 中低レベル放射性廃棄<br>物                | 中低レベル放射性廃棄<br>物                               |
| 操業              | 1967-1977                             | 1978-1998 閉鎖中                  | 1999-                                         |
| 特徴              | 地下水の流入が認めら<br>れ、廃棄物の再取り出<br>しが行われている。 | 岩塩ドーム<br>岩塩鉱山跡地を利用             | 岩塩の変形シール性を<br>期待。<br>バリア材料として MgO が<br>用いられる。 |



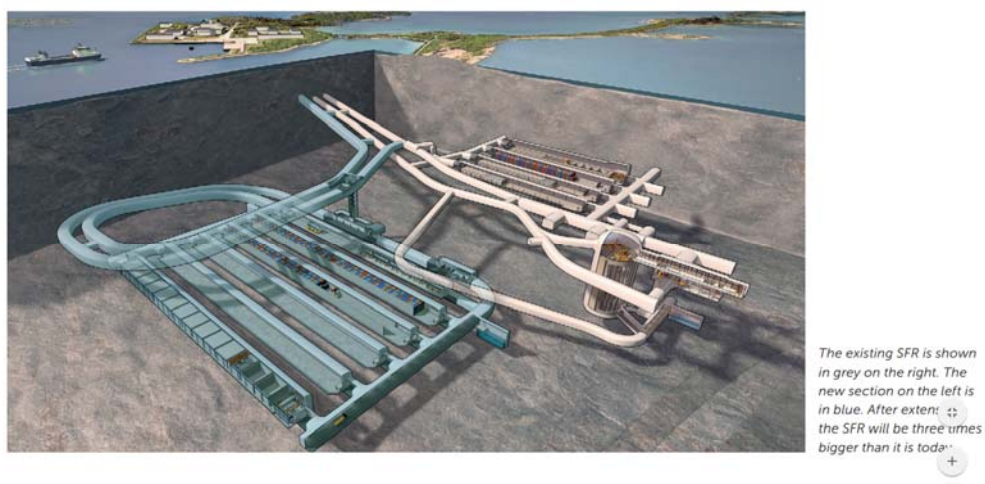


図 5-4-2-6 SFR (スウェーデン)<sup>10)</sup>

右側は現在の処分施設、左側は拡張計画

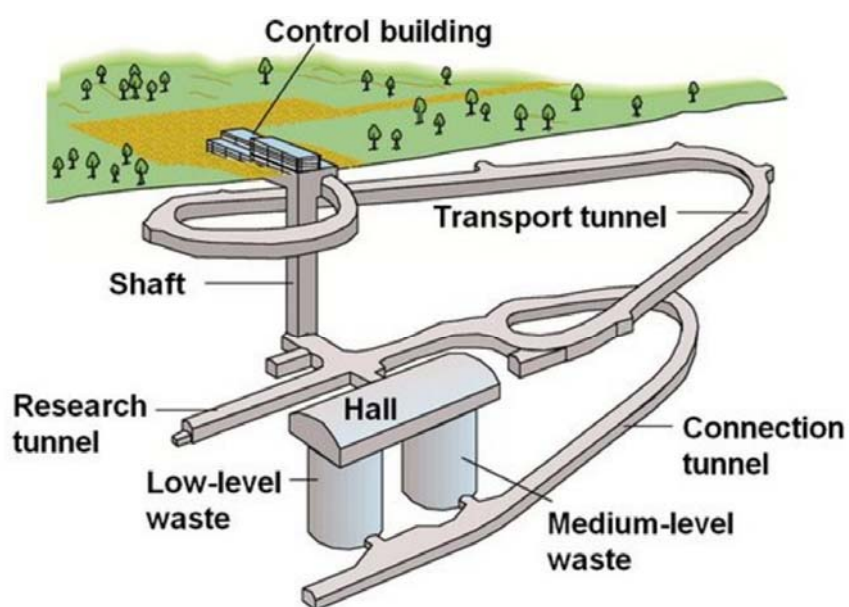


図 5-4-2-7 オルキルオト(フィンランド)<sup>12)</sup>

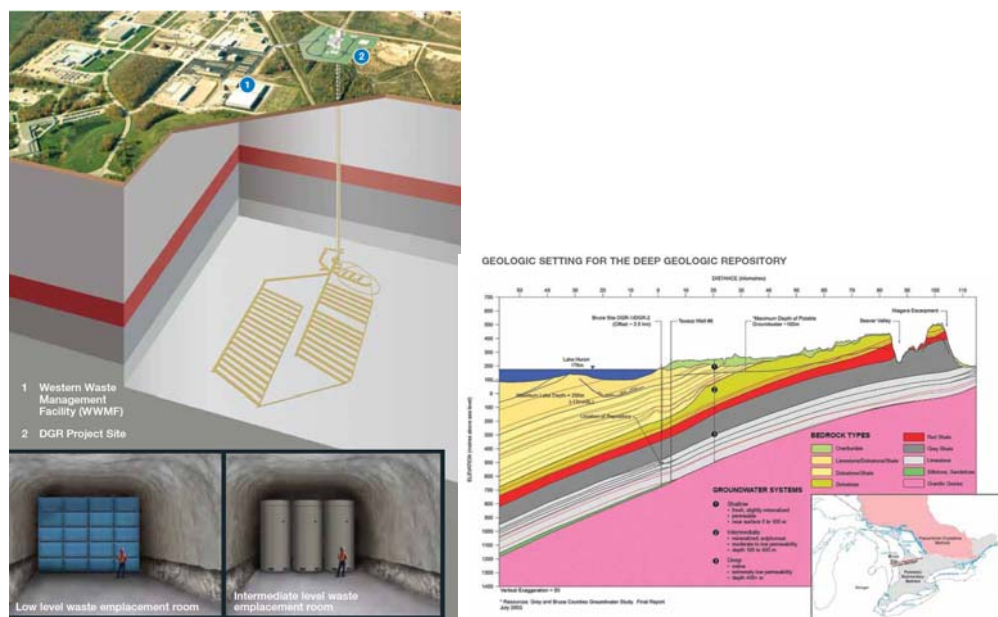


図 5-4-2-8 DGR(カナダ、オンタリオ) <sup>14, 15)</sup>

堆積岩（古生代、頁岩、石灰岩）

中・低レベル放射性廃棄物処分候補地 深度約 680m 頁岩がバリア、人工バリアを用いない

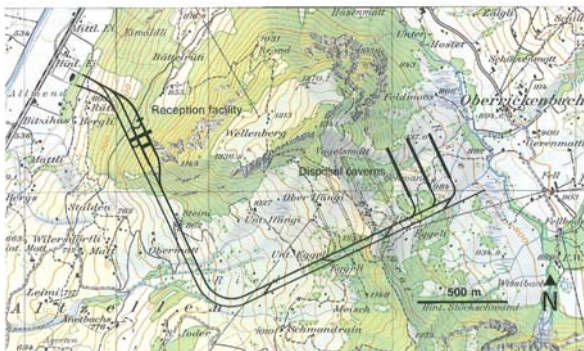
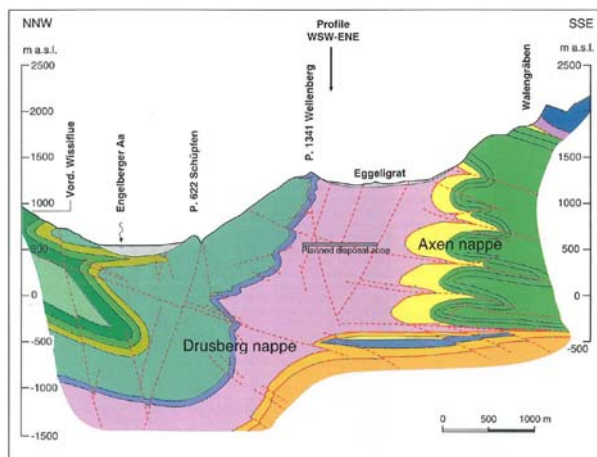


図 5-4-2-9 ベレンベルグ(スイス) <sup>16)</sup>

堆積岩 (中生代、頁岩)

中低レベル放射性廃棄物処分候補地の一つ。河床レベルに建設。工事、排水が容易

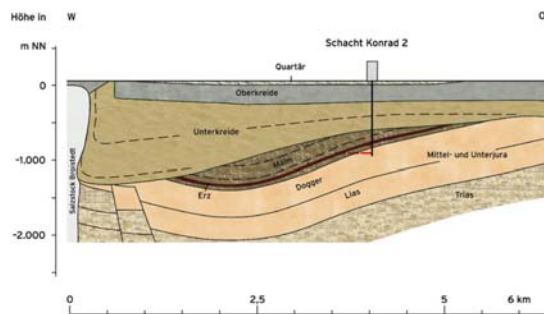


図 5-4-2-10 コンラッド(ドイツ) <sup>19)</sup>

地質断面図



図 5-4-2-11 坑道の処分空洞 <sup>19)</sup>

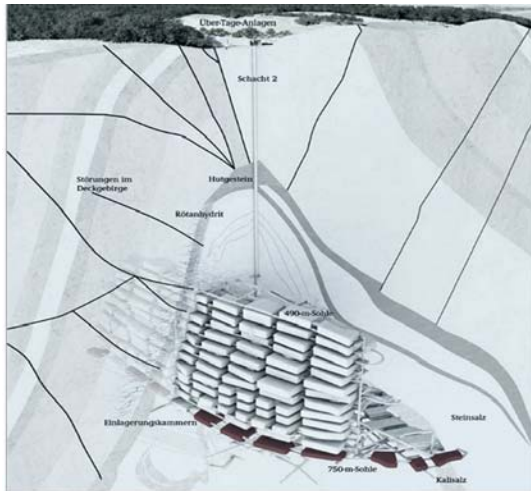


図 5-4-2-12 アッセ(ドイツ) 岩塩の採掘跡の下段の空洞が利用された <sup>20)</sup>

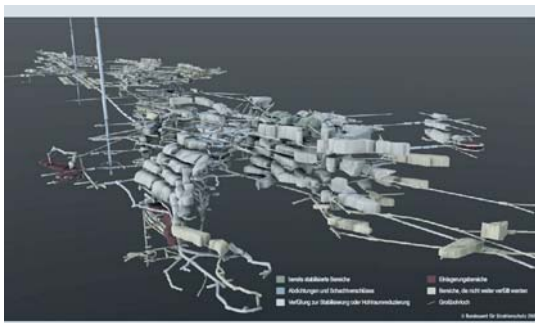


図 5-4-2-13 モルスレーベン(ドイツ) 岩塩採掘跡の利用 <sup>22)</sup>

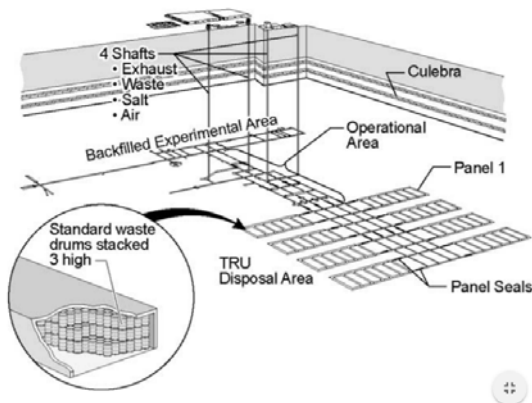


図 5-4-2-14 WIPP(アメリカ) 坑道の概念図 <sup>26)</sup>

### 3) まとめ

有害廃棄物処分、および、放射性廃棄物処分での地下利用に関して諸外国の事例を概観した。放射性廃棄物では特に非発熱性の中低レベル放射性廃棄物の処分では、横向きの坑道や円筒形のサイロタイプの大断面の空洞を用いる方式が採用されている。地質は、それぞれの国の地質状況により最適な地質が選択されている。北欧地域では結晶質岩が、泥質な堆積岩が分布する地域では、泥質岩の地層の分布する深度を狙って処分空洞を設置する事例が認められた。ドイツなど岩塩層が分布する地域では、岩塩の採掘跡が利用されていた。処分深度や処分空洞の形状、形式については、地質の特性や処分される廃棄物の性質を考慮した方法が考案されている。

今回の文献調査は、地下式処分施設の事例紹介の範囲であったが、今後、一般廃棄物等の地下処分への応用を検討する際には、廃棄物の性質の違い（一般廃棄物は有機系のガス発生が生じることがある）、地上施設との違い（地下では地下水の循環が遅く、希釈などが起こりにくい）、処分施設の評価期間（放射性廃棄物の放射線は時間とともに減衰するが、重金属などの有害物質は減衰しない）、関連法規制、既設空洞の利用や新規空洞掘削に伴うコスト評価など多面的な検討が必要となる。

（５－４節：大山隆弘）

### 引用文献

- [1]地下開発利用研究センター，地下空間利用事例，  
<https://www.ena.or.jp/GEC/nec/index1.htm>, (2017/05/30) .
- [2]Kaliampakos, D. Mavropoulos, A and Menegaki, M. (2006) Need and potential for underground disposal - survey of underground mines in Europe, in Popov, V. and Pusch, R. Edit. Disposal of hazardous waste in underground mines, WIT press. 33-60.
- [3]Schade, H.W.J., 2008, Reverse mining—The development of deep geologic isolation of hazardous (chemotoxic) waste in Germany and its international prospects, *in* Rempe, N.T., ed., Deep Geologic Repositories: Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, v. XIX, p. 23–30.
- [4]資源エネルギー庁パンフレット(2008)TALK. 考えよう，放射性廃棄物のこと。～原子力エネルギーの未来のために，地層処分～，資源エネルギー庁.
- [5]日本原子力学会，テキスト「核燃料サイクル」，<http://www.aesj.or.jp/~recycle/top.html>, (2017/05/30).
- [6]日本原燃(2013):低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する検討状況，日本原子力学会バックエンド部会週末基礎講座.
- [7]石田裕樹，守友常雄，佐々木泰(2006):余裕深度処分の成立性確認に向けた地質環境調査について，原子力バックエンド研究，Vol.13，P.37-48.

[8]経済産業省資源エネルギー庁(2016)諸外国における放射性廃棄物関連の施設サイトについて,

[http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy\\_kyoutuu\\_kaigai\\_bettenn2\\_low.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy_kyoutuu_kaigai_bettenn2_low.pdf), (2017/05/30)

#### 結晶質岩

[9]SKB, SFR – Final Repository for Short-lived Radioactive Waste, [http://skb.se/upload/publications/pdf/SFR\\_folder\\_engelsk.pdf](http://skb.se/upload/publications/pdf/SFR_folder_engelsk.pdf) , (2017/05/30)

[10]SKB (2016) Extending the SFR, [http://www.skb.se/upload/publications/pdf/Fact-sheet\\_Extending\\_the\\_SFR.pdf](http://www.skb.se/upload/publications/pdf/Fact-sheet_Extending_the_SFR.pdf) , (2017/05/30)

[11]原子力環境整備促進資金管理センター, 余裕深度処分対象低レベル放射性廃棄物の処分オルキルオト処分場,

<http://www.rwmc.or.jp/disposal/low-level/4-1.html> , (2017/05/30).

[12]Posiva, Final disposal, [http://www.posiva.fi/en/final\\_disposal/nuclear\\_waste\\_management/what\\_is\\_nuclear\\_waste#.WI2QLNKLrtQ](http://www.posiva.fi/en/final_disposal/nuclear_waste_management/what_is_nuclear_waste#.WI2QLNKLrtQ), (2017/05/30).

[13]Ryhänen, V (2011) Management of Spent Fuel and Other Nuclear Waste in Finland - Progress of the Programme since the 1970s, [https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/WTS-Networks/DISPONET/disponetfiles/MalaysiaTC2011/TCMalaysia2012-MngtSpentFuel\\_Ryhanen.pdf](https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/WTS-Networks/DISPONET/disponetfiles/MalaysiaTC2011/TCMalaysia2012-MngtSpentFuel_Ryhanen.pdf) , (2017/05/30).

#### カナダ

[14]Ontario Power Generation (2011) OPG's Deep Geologic Repository project, <http://www.opg.com/generating-power/nuclear/nuclear-waste-management/DGR%20pdfs/NWMO%20216%20-%20EIS%20Summary.pdf>, (2017/05/30).

[15] Ontario Power Generation (2013) OPG's Deep Geologic Repository project [http://opgdgr.com/assets/pdf/DGR\\_Overview\\_Brochure\\_Updated\\_Aug\\_2013.pdf](http://opgdgr.com/assets/pdf/DGR_Overview_Brochure_Updated_Aug_2013.pdf) , (2017/05/30).

#### ベレンベルグ(スイス)

[16]Kappeler, S. (1996) The Wellenberg Site — Geology and Hydrogeology and Long-term Safety. Swiss National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, *Nagra Bulletin No. 24*

[17]Nagra (1999) Synthesis of the Geological Investigations at *Wellenberg*, *Nagra Bulletin No. 32*, Nagra, Wettingen (ドイツ)

- [18]ポリエス・ラプケ(2016)ドイツにおける DBE の放射性廃棄物処分事業に関わる経験, DBE,  
[https://www.numo.or.jp/pr-info/pr/event/pdf/kokusai\\_DBE.pdf](https://www.numo.or.jp/pr-info/pr/event/pdf/kokusai_DBE.pdf) ,(2017.05.30).  
 コンラッド(ドイツ)
- [19]BfS (2016) Konrad repository,  
<http://www.endlager-konrad.de/Konrad/DE/themen/einlagerung/geplantes-endlager/geplantes-endlager.html>,(2017.05.30).  
 岩塩  
 アッセ II(ドイツ)
- [20]BfS (2016) AsseII repository,  
[http://www.asse.bund.de/Asse/EN/home/home\\_node.html](http://www.asse.bund.de/Asse/EN/home/home_node.html),(2017.05.30).  
 モルスレーベン(ドイツ)
- [21]BfS (2016) Morsleben repository,  
[http://www.bfs.de/Morsleben/EN/topics/repository/repository\\_node.html](http://www.bfs.de/Morsleben/EN/topics/repository/repository_node.html),(2017.05.30).
- [22] Morsleben repository,  
[http://www.endlager-morsleben.de/Morsleben/EN/topics/decommissioning-concept/decommissioning-concept-overview/decommissioning-concept-overview\\_node.html](http://www.endlager-morsleben.de/Morsleben/EN/topics/decommissioning-concept/decommissioning-concept-overview/decommissioning-concept-overview_node.html),(2017.05.30).
- [23]Preuss, J., Eilers, G. and Mauke, R. (2002) POST CLOSURE SAFETY OF THE MORSLEBEN REPOSITORY, WM'02 Conference, February 24-28, 2002, Tucson, AZ  
 WIPP(アメリカ)
- [24]Hansen F.(2009) Assessing Engineered Systems in Geologic Repositories: WIPP,  
[http://www.cresp.org/PACOP/Presentations/Day%201%20July%2013%202009/08\\_Hansen\\_Franks%20Presentation\\_60909.pdf](http://www.cresp.org/PACOP/Presentations/Day%201%20July%2013%202009/08_Hansen_Franks%20Presentation_60909.pdf),(2017.05.30).
- [25] Thakur, P., Lemons, B.G. and White, C.R.(2016)The magnitude and relevance of the February 2014 radiation release from the Waste Isolation Pilot Plant repository in New Mexico, USA, *Science of The Total Environment, Volume 565, 15 September 2016, Pages 1124-1137*
- [26]Recharda, R. P. and Tierney, M. S. (2005) Assignment of probability distributions for parameters in the 1996 performance assessment for the Waste Isolation Pilot Plant. Part 1: description of process, *Reliability Engineering and System Safety*, 88, 1–32



#### 5－5．応用地質学的な課題

地下空間を利用する際の今後の課題と展望として、以下のことが挙げられる。

- ① 経済的側面：地下空間を新たに作りそこに安全性の高いシステムを作り上げようとするとコスト高になる可能性が高い。コスト・ベネフィットの分析が必要となる。
- ② 人的資源面：最終処分場としての地下空間利用はこれまでに例はなく、人材教育とその確保が課題となる。
- ③ 安全管理面：人が直接地下空間に入り込まないようなシステムにする必要がある。IoTを使った技術、遠隔操作技術やロボット化が今後の課題となる。こうしたことを実現し、廃棄物の埋立から維持管理までを、一貫して直接人間が踏み込まないシステムにすることができれば、安全面が向上する。
- ④ 情報管理面：維持管理上のモニタリング（情報取得）に IoT 技術を利用する。また、これら情報を適切に公開していくことも重要。
- ⑤ 環境管理面：応用地質学的な課題として、地下水阻害、地下水汚染の問題が生じる。発熱やガスの発生もあるが、有効利用（地中熱利用やメタン等の資源エネルギーとしての利用）をできるシステムにすれば、そこからの収入も得られ、経済的にペイするようになる可能性もある。

（5－5節：大野博之）

## 6. 廃棄物関連法令等の変遷

### 6-1. 現行の最終処分場の技術上の基準

廃棄物の処理は「廃棄物処理法」制定以前は「清掃法」（昭和 29 年制定）の規定に基づき、市街地における汚物の処理として実施され、住民の居住環境の防疫上の見地から清潔に保つことによって公衆衛生の向上を図ることを主たる目的としていた。しかし、昭和 30 年代から 40 年代の我が国は、経済活動の拡大にともない、大都市圏を中心に膨大な廃棄物が排出されるようになり、これまでの法律では対応が難しくなった。このため、昭和 45 年の第 64 回臨時国会（いわゆる「公害国会」）において、現状に即した廃棄物処理体系を整備し、もって、生活環境の保全と公衆衛生の向上を図ることを目的に「清掃法」を全面改正し、「廃棄物処理法」が制定された。

「廃棄物処理法」施行され、廃棄物の処理体系が一応整備されたものの、特に産業廃棄物に関しては不法投棄等の違法処分や無許可の処理業者が横行する等問題も多く、また事業者処理責任の原則も徹底されなかった。さらに我が国では高度経済成長期以降も経済活動は拡大し、物質面に極めて豊かな社会が実現したが、大量生産、大量消費、使い捨ての生活が普遍的になり、廃棄物の増加や質の多様化が一層進むとともに、不法投棄の社会問題化、深刻な中間処理施設や最終処分場の不足等、さまざまな廃棄物に関する問題が発生した。これらの問題に対応して抜本的な対策を講じるため、平成 3 年に大幅な法改正が行われ、以降政令、省令改正等を含め頻繁に改正が行われている。



表 6-1-2 廃棄物処理施行令の変遷

| 廃棄物処理法施行令の変遷            |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                         | 1971年(S46年)                                                             | 1974年(S49年)                                                    | 1975年(S50年)                                 | 1977年(S52年)                                                     | 1989年(H1年)                                | 1992年(H4年)                           | 1995年(H5年)                               | 1994年(H6年)                                               | 1995年(H7年)                                                   | 1997年(H9年)                             | 1997年(H9年)                                                |
|                         | 昭和46年政令第300号<br>(廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第三条および第六条に規定する廃棄物の収集、運搬および処分の基準の施行) | 昭和49年政令第363号<br>(産業廃棄物に含まれる有害物質の検定方法の一部を改正する件(昭和49年環境庁告示第65号)) | 昭和50年政令第360号                                | 昭和52年政令第25号                                                     | 平成元年政令第103号                               | 平成4年政令第218号                          | 平成5年政令第385号                              | 平成6年政令第306号                                              | 平成7年政令第290号                                                  | 平成9年政令第269号                            | 平成9年政令第353号                                               |
| 通知                      | S46.12.27 環水企84<br>環894                                                 | S49.12.3 環整119号<br>S49.12.24 環水規235号                           | S51.3.17 環水企38<br>環整18                      | S52.3.26 環水企45号                                                 | H1.9.18 街産34号<br>H1.9.18 街産35号            | H4.8.31 環水企181号<br>H4.8.31 環水企182号   | H6.2.21 環水企28<br>衛環53                    | H7.3.31 街産40号<br>改訂(H10.11.13 生衛発1631号)<br>H7.3.31 街産41号 | H7.12.27 街産119号<br>改訂(H10.11.13 生衛発1631号)<br>H7.12.27 街産120号 | H9.9.30 衛環250号<br>H9.9.30 衛環251号       | H10.7.16 環水企299号                                          |
| 産業廃棄物、特別管理廃棄物(有害廃棄物)の区分 |                                                                         | ・水質汚濁防止法及び廃棄物処理法施行令の改正(119-01)(235-2)                          |                                             |                                                                 | ・トリクロロエチレン等を含む産業廃棄物を生ずる事業場の管理体制(34-03)    |                                      |                                          | ・特別管理産業廃棄物の拡充(40-2)(41-1)                                | ・特別管理産業廃棄物(トリクロロエチレン等を含む廃油等を生ずる施設)の追加                        | ・ダイオキシン類対策(焼却許可施設の対象拡大、構造・維持管理基準)(250) |                                                           |
|                         |                                                                         | ・有害な産業廃棄物に係る判定基準の改正(119-02)                                    |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          | ・鉛又は砒素の基準強化                                              |                                                              |                                        |                                                           |
| 廃棄物の定義等                 |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 | ・廃棄物の定義(35-01)                            | ・特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物の新設(181)        | ・輸入廃棄物の取り扱い(28-1)                        |                                                          |                                                              | ・設置許可が必要な廃棄物の焼却施設の範囲の見直し(251)          | ・安定型産業廃棄物に係る見直し(工作物の新築等で生じた廃棄物の措置)(299-1)                 |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              | ・一般廃棄物と産業廃棄物の混焼焼却施設の取り扱い(251)          |                                                           |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              | ・廃棄物の最終処分場(251)                        |                                                           |
| 廃棄物収集運搬基準               | ・廃棄物の収集、運搬および処分の基準(基本的な考え方)(84-1)                                       |                                                                |                                             |                                                                 |                                           | ・収集又は運搬の基準(181-2)(182-1)             |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 廃棄物処分(処理)基準             | ・廃棄物の埋立処分の基準(84-2)                                                      |                                                                | ・PCBIに関する処分基準の整備(360-1)                     | ・一般、産業廃棄物の処分基準(45-1)                                            | ・トリクロロエチレン等を含む産業廃棄物の処分の委託の基準(34-02)       | ・中間処理又は再生の基準(181-3)(182-1)           | ・船舶からの埋立場所等への排出に関する基準(28-2)              | ・自動車等破砕物は安定型産業廃棄物としての埋立処分の禁止(40-2)                       | ・産業廃棄物の海洋投入処分基準を強化(ロンドン条約)                                   | ・焼却施設の技術上の基準(DXN類対策)(251)              | ・有害な産業廃棄物の埋立処分基準の強化(299-2)                                |
|                         | ・廃棄物の海洋投入処分の基準(84-3)                                                    |                                                                | ・有機塩素化合物に関する処分基準の整備(360-2)                  | ・海令に規定する排出方法等の基準の改正(45-2)                                       | ・トリクロロエチレン等を含む産業廃棄物の処分方法(34-04)           | ・埋立処分の基準(181-4)(182-1)               | ・輸入廃棄物の海域での焼却                            | ・自動車等破砕物の処理基準の改正(40-4)(41-2)                             |                                                              | ・焼却に係る廃棄物処理基準の明確化(251)                 | ・PCBに係る埋立処分基準の見直し(299-3)                                  |
|                         |                                                                         |                                                                | ・油分を含む汚てい及び油分を含む廃酸又は廃アルカリの海洋投入処分基準(360-3)   |                                                                 |                                           | ・海洋投入処分の基準(181-5)(182-1)             |                                          |                                                          |                                                              | ・最終処分場対策(ミニ最終処分場を許可・届出対象)(250)         | ・廃棄物処理法施行以前に設置された埋立地に起因する公共の水域及び地下水の汚染の防止(処分基準の適用)(299-4) |
| その他                     |                                                                         | ・下水の水質の検定方法の改正(119-03)                                         |                                             |                                                                 | ・廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令別表第五(35-02)           |                                      |                                          |                                                          | ・産業廃棄物処理施設の使用開始報告書の提出の廃止                                     |                                        |                                                           |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 | ・産業廃棄物の排出事業者及び処理業者の指導(35-03)              |                                      |                                          |                                                          | ・技術管理者の認定講習の受講資格の緩和                                          |                                        |                                                           |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         | 1999年(H11年)                                                             | 2001年(H13年)                                                    | 2002年(H14年)                                 | 2004年(H16年)                                                     | 2004年(H16年)                               | 2006年(H18年)                          | 2007年(H19年)                              |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         | 平成11年政令第161号                                                            | 平成13年政令第331号                                                   | 平成14年政令第2号                                  | 平成16年政令第5号                                                      | 平成16年政令第296号                              | 平成18年政令第250号                         | 平成19年政令第283号                             |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 通知                      | H11.7.1 環水企266<br>生衛発984<br>H12.1.17 環水企18<br>生衛発41                     | H13.10.17 環産廃444号<br>H13.10.17 環産廃445号                         | H14.1.17 環産産28号<br>H14.1.17 環産産29号          | H16.4.1 環廃対発040401008<br>環廃産発040401005<br>H16.4.1 環廃産発040401006 | H17.2.18 環廃対発第050218003<br>環廃産発第050218001 | H18.8.9 環廃対060927001<br>環廃産060927002 | H18.8.9 環廃対発第070807001<br>環廃産発第070907001 |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 産業廃棄物、特別管理廃棄物(有害廃棄物)の区分 | ・産業廃棄物焼却炉から排出されるばいじん等の特別管理廃棄物への指定(18-1)                                 | ・と畜場及び食鳥処理場における家畜の解体等に伴って生ずる不要物(動物系固形不要物)(444)(445)            | ・産業廃棄物の明確化(コンクリートくず)(28-1)(29-1)            | ・PCB廃棄物の適正な処理(PCB汚染物の追加等)(08-1)                                 |                                           |                                      | ・物品賃貸業に係る木くず、パレットを産業廃棄物に追加               |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 廃棄物の定義等                 |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           | ・石綿含有一般廃棄物、産業廃棄物(01-1)               |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 廃棄物収集運搬基準               |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 | ・産業廃棄物の収集運搬に係る表示及び書面備え付けの義務付け(03-4)       |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| 廃棄物処分(処理)基準             | ・特定家庭用機器廃棄物の適正処理の一層の確保(266)                                             |                                                                | ・し尿等の海洋投入処分の禁止(28-2)                        | ・産業廃棄物処理業(処理施設)の許可申請等に係る提出書類等の改正等(08-2)(06-2)                   | ・熱分解に係る廃棄物処理基準の明確化(03-1)                  | ・石綿含有一般廃棄物、産業廃棄物の処理基準(01-2)          |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         | ・特別管理廃棄物に係る処理基準の改正(18-2)                                                |                                                                | ・産業廃棄物処理業の許可を要しない者の追加(措置命令代執行)(28-4)(29-4)  | ・牛海綿状脳症に係る産業廃棄物処理業の許可の特例(06-1)                                  | ・ミニ処分場等に係る廃棄物の埋立処分基準の具体化・明確化(03-2)        | ・石綿含有産業廃棄物等の熔融施設(01-2)               |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         | ・ばいじん、燃え殻等の飛散及び流出の防止措置(18-3)                                            |                                                                | ・産業廃棄物の委託基準の追加関係(委託契約書の保存義務の追加)(28-3)(29-3) |                                                                 | ・最終処分場の残余容量の定期的な把握及び記録・閲覧の義務付け(03-3)      |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         | ・廃棄物処理業の許可に係る欠格要件の追加(18-4)                                              |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
| その他                     | ・その他DXN類関係(18-6)                                                        |                                                                | ・再生利用認定申請に係る提出書類の変更(28-4)                   | ・ポリ塩化ビフェニル廃棄物の譲渡し及び譲受けの制限の例外の追加(06-3)                           | ・最終処分場に係るほう素等の排水基準の適用(03-5)               | ・その他 石綿含有一般廃棄物、産業廃棄物に関する事項(01-2)     |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |
|                         |                                                                         |                                                                |                                             |                                                                 |                                           |                                      |                                          |                                                          |                                                              |                                        |                                                           |

表 6-1-3 廃棄物処理法施行規則の変遷

|                 | 1979年(S53年)                                                  | 1981年(S55年)                                                      | 1982年(S56年)                    | 1991年(H3年)                    | 1992年(H4年)         | 1994年(H6年)                          | 1998年(H10年)                           | 1998年(H10年)         | 1999年(H11年)         | 2000年(H12年)                                                                                                                                   | 2001年(H13年)                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                 | 昭和53年厚生省令第51号                                                | 昭和55年厚生省令第44号                                                    | 昭和56年厚生省令第39号                  | 平成3年厚生省令第35号                  | 平成4年厚生省令第65号       | 平成6年厚生省令第80号                        | 平成10年厚生省令第88号                         | 平成10年厚生省令第93号       | 平成11年厚生省令第14号       | 平成12年厚生省令第152号                                                                                                                                | 平成13年環境省令第8号                                           |
| 通知              | S53.8.21 環整89号<br>S53.8.21 環整90号                             | S55.11.10 環整149・環産45                                             | S56.6.22 環整94号                 | H3.7.19 衛環178号                | H4.11.21 衛環292号    | H6.12.28 衛環332号                     | H10.11.17 生衛発1634号<br>H10.11.17 衛環91号 | H10.11.30 衛環96号     | H11.4.5 衛環38号       | H12.12.28 衛環96号                                                                                                                               | H13.3.30 環廃対132<br>H13.3.30 環廃産204<br>H13.3.30 環廃対133号 |
| 廃棄物の区分          |                                                              |                                                                  |                                |                               | ・ 特別管理一般(産業)廃棄物の追加 |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 責務・制度           | ・ し尿浄化槽の維持管理に関する事項(89-1)(90-1)                               | ・ 海洋投入処分に係る規制の強化(149-1)                                          | ・ し尿浄化槽の維持管理基準、清掃基準の放流水水質基準を強化 | ・ 廃自動車の広域的処理指定(178-1)         |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
|                 |                                                              |                                                                  | ・ 新たに加わった方式のし尿浄化槽に関する規定を追加     | ・ 路上放棄車処理協力会(178-1)           |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 廃棄物処理業・収集運搬業・保管 | ・ 一般廃棄物処理業(再生利用認定)(89-2)(90-2)<br>・ し尿浄化槽清掃業の許可の技術上の基準(90-3) |                                                                  |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     | ・ PCBが付着した陶磁器くずのPCB処理物の基準設定(96-1)<br>・ 産業廃棄物処理業の申請等の添付書類の追加(96-6)<br>・ (特別管理)産業廃棄物処理業の許可申請者の能力の基準見直し(96-7)                                    | ・ 一般廃棄物処理業の許可を要しない者の対象、要件の改正(適正処理困難物)(133)             |
| 廃棄物処理施設         | ・ 届出を要しない構造又は規模の変更(90-3)                                     | ・ ごみ焼却施設の技術基準、維持管理基準等(149-2)<br>・ 昭和46年10月25日環整第45号通知の改正等(149-2) |                                |                               |                    | ・ 技術管理者の報告が不要<br>・ 産業廃棄物処理責任者の報告が不要 | ・ 焼却施設の維持管理基準の改正                      | ・ 焼却灰の熱しゃく減量基準の適用除外 | ・ ガス化改質方式の構造、維持管理基準 | ・ 固形燃料化施設の構造、維持管理基準の設定(96-2)<br>・ 精密機能検査(96-3)<br>・ 廃棄物処理施設設置者である法人の分割の認可(96-4)<br>・ 技術管理者等の資格要件の見直し(96-5)<br>・ がれき類等の破砕施設の構造、維持管理基準の設定(96-8) | ・ 一般(産業)廃棄物処理基準における廃棄物を焼却する(小規模)焼却設備の構造(132)           |
| 排出事業者責任         |                                                              |                                                                  |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
|                 |                                                              |                                                                  |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
|                 | 2001年(H13年)<br>平成13年環境省令第33号                                 | 2001年(H13年)<br>平成13年環境省令第38号                                     | 2003年(H15年)<br>平成15年環境省令第19号   | 2006年(H18年)<br>平成18年環境省令第20号  |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 通知              | H13.10.19 環廃対441<br>H13.10.19 環廃産460                         | H13.11.30 環廃対516号                                                | H15.6.25 環廃対発030625002         | H18.5.26 環廃産060526004号        |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 廃棄物の区分          |                                                              |                                                                  |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 責務・制度           |                                                              |                                                                  |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 廃棄物処理業・収集運搬業・保管 |                                                              | ・ 産業廃棄物処理業の許可申請の事務の合理化                                           | ・ 引越時に発生する廃棄物の取扱い              |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 廃棄物処理施設         | ・ 焼却施設の維持管理の基準の見直し(一酸化炭素濃度基準の適用)<br>・ 軽微な変更                  | ・ 産業廃棄物処理施設の設置許可申請の事務の合理化                                        |                                |                               |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |
| 排出事業者責任         |                                                              |                                                                  |                                | ・ 産業廃棄物の排出事業者から処理業者への情報伝達を制度化 |                    |                                     |                                       |                     |                     |                                                                                                                                               |                                                        |

表 6-1-4 廃棄物最終処分場の変遷

|                                                                                                             | 形式                 | 規模等       | 1970年(S45年)                                                                                                                           | 1976年(S51年)                                                                                                                                                                                                                                    | 1991年(H3年)                                                                             | 1997年(H9年)                                                                  | 1997年(H9年)                                                                       | 1997年(H9年)                                     | 1997年(H9年)                                                           | 1999年(H11年)                                                                                                                                                                                 | 2004年(H16年)                           | 2004年(H16年)                                                                                        | 2005年(H17年)                    | 2011年(H23年) |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|--|
|                                                                                                             |                    |           | 昭和45年法律第137号                                                                                                                          | 昭和51年法律第68号                                                                                                                                                                                                                                    | 平成3年法律第95号                                                                             | 平成9年法律第85号                                                                  | 平成9年政令第269号                                                                      | 平成9年政令第353号                                    | 平成11年政令第161号                                                         | 平成16年法律第40号                                                                                                                                                                                 | 平成16年政令第296号                          | 平成17年法律第42号                                                                                        | 平成22年法律第34号                    |             |  |
| 設置<br>手続                                                                                                    | 遮断型                | 全て        | -                                                                                                                                     | 届出                                                                                                                                                                                                                                             | 許可                                                                                     |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       | H17.4.1施行                                                                                          |                                |             |  |
|                                                                                                             | 管理型                | 1,000m2以上 | -                                                                                                                                     | 届出                                                                                                                                                                                                                                             | 許可                                                                                     |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 1,000m2未満 | -                                                                                                                                     | -                                                                                                                                                                                                                                              | -                                                                                      |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 安定型                | 3,000m2以上 | -                                                                                                                                     | 届出                                                                                                                                                                                                                                             | 許可                                                                                     |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 3,000m2未満 | -                                                                                                                                     | -                                                                                                                                                                                                                                              | -                                                                                      |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 一般廃棄物              | 市町村設置     | -                                                                                                                                     | 届出                                                                                                                                                                                                                                             | 届出                                                                                     |                                                                             | 届出                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 市町村以外設置   | -                                                                                                                                     | 届出                                                                                                                                                                                                                                             | 許可                                                                                     |                                                                             | 許可                                                                               |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| 備考                                                                                                          |                    |           | 新たに廃棄物の最終処分場を設置等の届出を要する廃棄物処理施設とする                                                                                                     | ・市町村が一般廃棄物処理計画に従い一般廃棄物を処分するために一般廃棄物処理施設の設置等を行う場合を除き、一般廃棄物処理施設の設置等は従来の届出制から許可制。<br><br>・廃棄物処理施設の設置を許可制                                                                                                                                          |                                                                                        | 最終処分場のうち、許可又は届出の対象とならない小規模な施設(ミニ処分場)において、最終処分場の面積要件を廃止し、すべての最終処分場を許可又は届出の対象 |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| 処分<br>基準・共同<br>命令                                                                                           | 法施行<br>(S46.9.24)前 | 1,000m2以上 |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             | 処分基準                                                                             |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準                                  |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 1,000m2未満 |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             | 処分基準                                                                             |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準                                  |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 法施行<br>(S46.9.24)後 | 1,000m2以上 | 処分基準                                                                                                                                  | 処分基準・共同命令                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                        |                                                                             | 処分基準・共同命令                                                                        |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準・共同命令                             |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 1,000m2未満 | 処分基準                                                                                                                                  | 処分基準                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                        |                                                                             | 処分基準・共同命令                                                                        |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準・共同命令                             |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | ミニ処分場              |           | 処分基準                                                                                                                                  | 処分基準                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                        |                                                                             | 処分基準                                                                             |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準(明確化)                             |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    |           | 処分基準                                                                                                                                  | 処分基準                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                        |                                                                             | 処分基準                                                                             |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 処分基準(明確化)                             |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 備考                 |           | 廃掃法が施行され、規模に係わらず <b>処分基準</b> が適用。<br><br>※処分基準(廃棄物処理法施行令第3条第3号ロ)<br>埋立処分場所からの浸出液によって公共の水域及び地下水を汚染するおそれがある場合には、そのおそれがないように必要な措置を講ずること。 | 一定(1,000m2)以上規模の最終処分場に技術上の基準を定める <b>共同命令</b> が適用<br><br>※共同命令(一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令)<br>埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための次に掲げる措置(遮水工や浸出液処理設備)が講じられていること。<br>ただし、公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な措置を講じた一般廃棄物のみを埋め立てる埋立地についてはこの限りではない。 |                                                                                        |                                                                             | ・平成11年6月17日以後は、処分基準を、廃棄物処理法施行以前に設置された埋立地についても適用。                                 |                                                |                                                                      | ミニ処分場等に係る廃棄物の埋立処分基準の具体化・明確化<br><br>①必要な設備の設置<br>(遮水工、保有水等集排水設備、浸出液処理設備、開渠)<br><br>②放流水等の水質の維持<br>水質検査頻度:排水基準等に係る項目のうち、<br>pH・BOD・COD・SS・T-Nを除く<br>項目:一年に一回以上、pH等:一月に一回以上<br><br>③周縁地下水の水質確認 |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| 維持<br>積立<br>金                                                                                               | 遮断型                | 全て        | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             | 管理型                | 1,000m2以上 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        | 対象                                                                          |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 対象                                    |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             |                    | 1,000m2以下 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        | 対象                                                                          |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 対象                                    |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             | 安定型                | 3,000m2以上 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 対象                                    |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             |                    | 3,000m2以下 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 対象                                    |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             | 一般廃棄物              | 市町村設置     | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
|                                                                                                             |                    | 市町村以外設置   | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        | 対象                                                                          |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 対象                                    |                                                                                                    | 対象                             |             |  |
| 備考                                                                                                          |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                | 国又は地方公共団体(港務局を含む。)以外の者が設置する一般廃棄物の最終処分場及び管理型産業廃棄物の最終処分場であって、平成10年6月17日以降に埋立処分を開始するものが対象 |                                                                             |                                                                                  |                                                | 国又は地方公共団体以外の者が設置する安定型産業廃棄物最終処分場も追加。(施行日(平成17年4月1日)以降に埋立処分を開始するものが対象) |                                                                                                                                                                                             | 平成18年4月1日以降、すべての最終処分場に維持管理積立金制度を適用する。 | 1 維持管理積立金の積立て義務違反への措置<br>2 許可の取消しに伴う措置<br>3 最終処分場の設置者であった者等に係る維持管理積立金の取戻し<br>4 行政代執行に係る維持管理積立金の取戻し |                                |             |  |
| その他制度                                                                                                       |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                | 最終処分場の届出台帳                                                                             | 最終処分場の埋立処分の終了の届出及び廃止の確認                                                     |                                                                                  | 安定型産業廃棄物に係る見直し(廃プリント配線板等埋立禁止、工作物の改築等による廃棄物の措置) | ばいじん、燃え殻等の飛散及び流出の防止措置                                                | 廃棄物が地下にある土地の形質の変更に係る改正(最終処分場跡地等形質変更規制)                                                                                                                                                      | 最終処分場の残余容量の定期的な把握及び記録・閲覧の義務付け         |                                                                                                    | 廃棄物処理施設の定期検査制度(市町村設置を除く最終処分場)  |             |  |
|                                                                                                             |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                | 使用前検査                                                                                  | 廃棄物処理施設の維持管理に関する記録の作成及び閲覧                                                   |                                                                                  | PCBに係る埋立処分基準の見直し                               |                                                                      |                                                                                                                                                                                             | 最終処分場に係るふっ素、ほう素等の排水基準の適用              |                                                                                                    | 廃棄物処理施設の維持管理情報の公開              |             |  |
|                                                                                                             |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  | 有害な産業廃棄物の埋立処分基準の強化                             |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    | 廃棄物処理施設における応急の措置に係る記録の作成義務の明確化 |             |  |
| 排水<br>基準                                                                                                    |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        | H7.3.31 衛産40号                                                               |                                                                                  | H14.3.29 環廃産183号                               |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 管理型                | 1,000m2以上 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                | 鉛又は砒素の基準強化                                                                             |                                                                             | H14.4.1施行<br>ほう素、ふっ素及びその化合物並びにアンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物を追加<br>※暫定的排水基準を3年間適用 |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 1,000m2以下 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 一般廃棄物              | 市町村設置     | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             |                    | 市町村以外設置   | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
|                                                                                                             | 安定型                | 3,000m2以上 | -                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| 3,000m2以下                                                                                                   |                    | -         |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| 遮断型                                                                                                         | 全て                 | -         |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |
| ※ミニ処分場:廃棄物処理法施行令(平成9年政令第269号)の施行前に設置された許可又は届出の対象となる規模要件に満たない廃棄物の最終処分場(3,000m2 未満の安定型処分場又は1,000m2 未満の管理型処分場) |                    |           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                        |                                                                             |                                                                                  |                                                |                                                                      |                                                                                                                                                                                             |                                       |                                                                                                    |                                |             |  |



表 6-1-5 廃棄物処理法の特定施設

| 産業廃棄物処理施設 特定施設(廃棄物処理法 施行令第7条) |       |                                    |    |                                                                                                                                |      |
|-------------------------------|-------|------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                               | 施設の種類 |                                    | 規模 |                                                                                                                                |      |
| 中間<br>処理<br>施設                | 1     | 汚泥の脱水施設                            |    | 処理能力が $10\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの                                                                                           | 焼却施設 |
|                               | 2     | 天日乾燥以外                             |    | 処理能力が $10\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの                                                                                           | 破碎施設 |
|                               |       | 天日乾燥                               |    | 処理能力が $100\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの                                                                                          | 汚泥関係 |
|                               | 3     | 汚泥(PCB処理物を除く)の焼却施設                 |    | 次のいずれかの場合<br>イ) 処理能力が $5\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの<br>ロ) 処理能力が $200\text{kg}/\text{時}$ 以上のもの<br>ハ) 格子面積が $2\text{m}^2$ 以上のもの  |      |
|                               | 4     | 廃油の油水分離施設                          |    | 処理能力が $10\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの                                                                                           |      |
|                               | 5     | 廃油(PCB処理物を除く)の焼却施設                 |    | 次のいずれかの場合<br>イ) 処理能力が $1\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの<br>ロ) 処理能力が $200\text{kg}/\text{時}$ 以上のもの<br>ハ) 火格子面積が $2\text{m}^2$ 以上のもの |      |
|                               | 6     | 廃酸、廃アルカリの中和施設                      |    | 処理能力が $50\text{m}^3/\text{日}$ を超えるもの                                                                                           |      |
|                               | 7     | 廃プラスチック類の破碎施設                      |    | 処理能力が $5\text{t}/\text{日}$ を超えるもの                                                                                              |      |
|                               | 8     | 廃プラスチック類(PCB汚染物、PCB処理物を除く)の焼却施設    |    | 次のいずれかの場合<br>イ) 処理能力が $100\text{kg}/\text{日}$ を超えるもの<br>ロ) 火格子面積が $2\text{m}^2$ 以上のもの                                          |      |
|                               | 8の2   | 木くず、がれき類の破碎施設                      |    | 処理能力が $5\text{t}/\text{日}$ を超えるもの                                                                                              |      |
|                               | 9     | 有害物質を含む汚泥のコンクリート固型化施設              |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 10    | 水銀又はその化合物を含む汚泥のばい焼施設               |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 11    | 汚泥、廃酸、廃アルカリに含まれるシアン化合物の分解施設        |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 11の2  | 廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物の熔融施設               |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 12    | 廃PCB等、PCB汚染物、PCB処理物の焼却施設           |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 12の2  | 廃PCB等、PCB処理物の分解施設                  |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 13    | 廃PCB等、PCB処理物の洗浄施設、分離施設             |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               | 13の2  | 産業廃棄物の焼却施設(汚泥、廃油、廃プラスチック類、廃PCBを除く) |    | 次のいずれかの場合<br>イ) 処理能力が $200\text{kg}/\text{時}$ 以上のもの<br>ロ) 火格子面積が $2\text{m}^2$ 以上のもの                                           |      |
| 最終<br>処分<br>場                 | 14    | イ) 遮断型産業廃棄物最終処分場                   |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               |       | ロ) 安定型産業廃棄物最終処分場                   |    | すべて                                                                                                                            |      |
|                               |       | ハ) 管理型産業廃棄物最終処分場                   |    | すべて                                                                                                                            |      |



表 6-1-6 産業廃棄物管理票制度（マニフェスト）の変遷

|             |                  | マニフェスト対象                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 事業者責任・マニフェスト保存義務                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 措置命令・罰則                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | マニフェスト記載事項・表示事項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 契約書記載事項                                                                                                                         |
|-------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1976年(S51年) | 昭和51年<br>法律第68号  | <b>事業者の産業廃棄物の処理(マニフェスト以前)(36-3)</b><br>有害な産業廃棄物の処分(海洋投入処分を除く。)を委託するときは、必要な事項を記載した文書を交付する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |
| 1991年(H3年)  | 平成3年<br>法律第95号   | <b>特別管理産業廃棄物にマニフェストの使用義務づけ(特別管理産業廃棄物管理票)(232-3)</b><br>特別管理産業廃棄物管理票制度は、排出事業者がその処理を委託した特別管理産業廃棄物の移動及び処理の状況を自ら把握する制度。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |
| 1997年(H9年)  | 平成9年<br>法律第65号   | <b>産業廃棄物管理票制度(全ての産業に拡大)、電子情報処理組織の創設(1631)</b><br>①産業廃棄物管理票制度の適用範囲<br>従前の特別管理産業廃棄物管理票制度の適用範囲を、すべての産業廃棄物に拡大した。<br><br>②電子情報処理組織の使用<br>事業者は、管理票に代えて、電子情報処理組織を使用して、委託した廃棄物の処理の終了を確認でき、この情報の中継等を行う情報処理センターを、全国を通じて一個に限り指定する制度を設ける。<br><br>③事業者が管理票の写しの送付を受けるまでの期間を、特別管理産業廃棄物以外の産業廃棄物は90日、特別管理産業廃棄物は、従来どおり60日とする。また、期間内に管理票の写しの送付がない場合に事業者が都道府県知事に提出する産業廃棄物管理票未回収報告書は、様式を改正し、原則として管理票一枚につき一通提出する。<br><br>④産業廃棄物管理票交付等状況報告書は、同一の都道府県の区域内に設置が短期間であり、又は所在地が一定しない事業場が2以上ある場合、当該2以上の事業場をまとめて報告できる。<br><br>⑤産業廃棄物の処理をその事務として行う市町村又は都道府県への産業廃棄物の処理の依頼は、委託に該当する。当該市町村又は都道府県に産業廃棄物の運搬又は処分を委託する場合、管理票の交付は不要であるが、委託者には委託基準が適用される。 | <b>①措置命令の対象の拡大(マニフェスト未交付)(1112)</b><br>産業廃棄物管理票を交付せず、又は管理票に虚偽の記載をした者及び電子情報処理組織を使用する場合に虚偽の登録を行った者を措置命令の対象者として追加。<br><br><b>②罰則の適用等(1631)</b><br>管理票に虚偽を記載し、又は電子情報処理組織を使用する場合に虚偽の登録を行ったときは、30万円以下の罰金。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>管理票の記載事項の追加(1631)</b><br>① 運搬を受託した者が積替え又は保管を行う場合には、当該積替え又は保管を行う場所の所在地<br>② 産業廃棄物の荷姿<br>③ 運搬を受託した者が積替え又は保管の場所において有価物の拾集を行おうとする場合には、拾集量の見込み<br>→運搬受託者の記載事項として、積替え又は保管の場所において有価物の拾集を行った場合の拾集量を追加。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>委託契約書の記載事項(37-8)</b><br>委託契約書に含まれていなければならない事項<br>改正前:委託する産業廃棄物の種類及び数量、運搬を委託するときには運搬の最終目的地の所在地、処分又は再生を委託するときはその処分又は再生の場所の所在地及びその処分又は再生の方法。<br>改正後<br>①施設の処理能力(処分又は再生の委託の場合)<br>②積替え又は保管の場所に関する事項(運搬の委託の場合)<br>③委託契約の有効期間<br>④委託者が受託者に支払う料金<br>⑤産業廃棄物の性状等委託者の有する適正な処理のために必要な事項に関する情報                                                                                                         |                                                                                                                                 |
| 2000年(H12年) | 平成12年<br>法律第105号 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>マニフェストによる確認の義務づけ(最終処分までの確認)(1469)(78-10)</b><br>改正前:これまでの制度では、事業者が産業廃棄物の中間処理を委託した場合にあっては、中間処理の終了しか確認できない仕組み<br>改正後:事業者が最終処分の終了した旨の記載がされた管理票の写しの送付を受けることにより、最終処分の終了を確認させることなどを目的として、次のとおり制度を強化。<br>①最終処分業者は、中間処理業者に送付している管理票の写しに、最終処分の終了した旨を記載し、中間処理業者は、最終処分の終了した旨を記載した管理票の写しを事業者へ送付。<br>→事業者が産業廃棄物の中間処理を委託した場合、中間処理業者から最終処分終了を記載がした産業廃棄物管理票の写しの送付を受け、最終処分の終了を確認できる。<br><br>②事業者は、最終処分の終了した旨を記載した管理票の写しの送付がないときに、状況把握及び適切な措置を講ずる。<br>→事業者は、交付の日から180日以内に最終処分の終了した旨が記載された管理票の写しの送付を受けないときは、処理の状況を把握し、生活環境の保全上の支障の除去又は発生の防止のために必要な措置を講じ、さらにその講じた措置等を都道府県知事に報告。<br><br>③中間処理業者は、最終処分が終了した旨が記載された管理票の写しの送付を受けたときは、事業者から交付された管理票に最終処分場の場所の所在地及び最終処分を終了した年月日を記載し、当該管理票に係るすべての中間処理産業廃棄物について最終処分が適正に終了したことを確認の上、10日以内に事業者にその写しを送付する。また、中間処理業者におけるこれらの管理票に係る義務の履行を確保するため、管理票に係る事項を機軸の記載事項に追加。<br><br>④電子情報処理組織を使用するとき、産業廃棄物を引き渡した後3日以内に情報処理センターに登録。この期間に登録がなされないときは、管理票の不交付となる。 | <b>管理票の不交付等の罰則を新設(78-10)</b><br>①管理票の不交付、管理票の写しの不送付、保存義務違反などを罰則の対象に追加し、措置命令の対象者の要件に追加。<br><br>②産業廃棄物処理業者又は特別管理産業廃棄物処理業者は、産業廃棄物の運搬又は処分を受託していないにもかかわらず、虚偽の記載をした管理票を交付した場合、罰則の対象。<br><br><b>措置命令の強化(1469)</b><br>排出事業者の処理責任の原則を徹底し、産業廃棄物の適正処理を確保するため、次のとおり措置命令を強化。<br>①<br>改正前:措置命令の対象は、対象者が投棄者又は投棄者に直接処理を委託した者であって委託基準に違反した者若しくは管理票を交付しなかった者等に限る。<br>改正後:不適正処分された産業廃棄物の発生から処分に至る一連の処理の行裡において管理票に係る義務に違反した者、不適正処分等に関与した者を措置命令の対象者に追加。<br><br>② 事業者が管理票に係る義務等に違反しない場合、一定の要件の下に事業者を措置命令の対象。<br>【対象例】<br>・不適正処分を行った者等に責力がなく、かつ、適正な処理料金を負担していない<br>・不適正処分が行われることを知り、又は知ることができたときなど注意義務に照らして事業者に支障の除去等の措置を採ることが適当 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |
| 2002年(H14年) | 平成14年<br>政令第2号   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>産業廃棄物の委託基準の追加関係(委託契約書の保存義務の追加)(28-3)</b><br>契約書及び契約書に添付される書面を契約の終了後から環境省令で定める期間保存することを委託基準として追加した。<br>(保存期間は、マニフェストなどと同様五年間) |
| 2004年(H16年) | 平成16年<br>政令第296号 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>産業廃棄物の収集運搬に係る表示及び書面備え付けの義務付け(03-4)</b><br>①産業廃棄物収集運搬業者であって、産業廃棄物管理票(紙マニフェスト)を使用している者は、当該収集運搬に係る許可証の写し及び産業廃棄物管理票を備え付ける。なお、複数の運搬車で一枚の産業廃棄物管理票が交付されている場合、いずれかの運搬車に産業廃棄物管理票を備え付ける。<br><br>②電子マニフェストを使用している者は当該収集運搬に係る許可証の写し、情報処理センターが発行する電子情報処理組織の使用を証する書面及び<br>ア 運搬する産業廃棄物の種類及び数量<br>イ 当該産業廃棄物の運搬を委託した者の氏名又は名称<br>ウ 運搬する産業廃棄物を積載した日並びに積載した事業場の名称及び連絡先<br>エ 運搬先の事業場の名称及び連絡先、<br>を記載した書面を備え付ける。 |                                                                                                                                 |
| 2005年(H17年) | 平成17年<br>法律第42号  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>産業廃棄物の運搬、処分を受託した者に対する管理票保存の義務付け</b><br><br>①運搬受託者の保存義務<br>・管理票交付者から処分を委託された者がないとき、管理票交付者に管理票の写しを送付した日から当該管理票を5年間保存<br>・管理票交付者から処分を委託された者があるとき、処分受託者から管理票の写しの送付を受けた日から当該管理票の写しを5年間保存<br><br>②処分受託者の保存義務<br>・管理票交付者に管理票の写しを送付した日から当該管理票を5年間保存<br><br>※これらの義務に違反した場合には原状回復等の措置命令及び罰則の対象。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>管理票の義務違反に係る罪の法定刑の引き上げ</b><br>①管理票の義務違反に係る罪の量刑を「50万円以下の罰金」から「6月以下の懲役又は50万円以下の罰金」に引き上げた。<br>→管理票に虚偽の記載をする等して産業廃棄物の不適正処理を隠蔽する行為等<br><br>②産業廃棄物の処理を受託した者が、当該処理を終了せず、又は最終処分を終了した旨が記載された管理票の写しの送付等を受けずに、管理票の写しを送付する行為等は、罰則を適用。<br><br><b>産業廃棄物管理票制度違反に係る動告に従わない者についての公表及び命令措置の導入(04-2)</b><br>動告を受けた事業者、運搬受託者又は処分受託者がその動告に従わないとき、都道府県知事がその旨を公表し、公表後、動告に係る措置をとらなかったとき、当該事業者に対し、都道府県知事がその動告に係る措置をとるべきことを命じ、その命令に違反した者は、罰則の対象。                                                                                                                                                                                  | <b>運搬受託者・処分受託者による管理票の記載項目の追加(04-3)</b><br>①既に管理票に記載することされていた運搬担当者又は処分担当者の氏名に加え、運搬受託者又は処分受託者の氏名又は名称も記載。<br><br>②産業廃棄物処理業者が排出事業者から実際には処理を受託していないにもかかわらず、自己の印を押印した管理票を交付する等の行為は、虚偽の管理票の交付に該当。                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                 |
| 2011年(H23年) | 平成22年<br>法律第34号  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>排出事業者に対する管理票保存の義務付け等(04-11)(05-10)(05-12)</b><br>①管理票を交付した者は、当該管理票の写しを交付した日からマニフェストを5年間保存。一保存すべき産業廃棄物管理票の写しは、「A票」<br><br>②産業廃棄物の運搬受託者又は処分受託者は、委託者が管理票を交付する場合、管理票の交付を受けていないにもかかわらず産業廃棄物の引渡しを受けてはならない。ただし、電子マニフェストを利用できる運搬受託者又は処分受託者が、電子マニフェストを利用し、情報処理センターを経由して当該産業廃棄物の運搬又は処分が終了した旨を報告することを求められた場合は、この規定は適用しない。<br><br>③管理票交付者は、産業廃棄物の処理を適正に行うことが困難となる通知を受けたとき、生活環境の保全上の支障の除去又は発生の防止のために必要な措置を講じる。また、通知を受けた際に産業廃棄物処理業者等により引き渡した産業廃棄物の処理が終了した旨のマニフェストの送付を受けていないときは、通知を受けた日から30日以内に都道府県知事に規則様式による報告書を提出する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                 |

## 6－2．最終処分場の各段階における基準等

### 6－2－1．最終処分場の設置時の検討

最終処分場の構造は、埋め立てられる廃棄物の種類や性状により、(1)一般廃棄物最終処分場および産業廃棄物管理型最終処分場、(2)安定型最終処分場、(3)遮断型最終処分場に区分されている。

最終処分場の設置目的は、廃棄物を適切に埋立処分するためであり、埋立処分の目的は、生活環境の保全上支障が生じない方法で、廃棄物を適切に貯留し、自然界の代謝機能を利用し安定化することにある。したがって、最終処分場は埋立処分の目的を達成するために必要な機能を満足するものでなければならない。

すなわち、最終処分場は、廃棄物を安全に貯留するための貯留機能、および自然界の代謝機能を利用し安定化、無害化を促進し、さらに生活環境の保全を図るための処理機能を有することが求められている。

管理型最終処分場の各施設および設備の目的および機能としては、以下のようになる。

表 6-2-1-1 最終処分場の構造基準の概要

| 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令<br>(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)                                                                |     |     |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|----|
| ※文中下線部は改正部分を指す。○従来より適用、◎平成10年6月17日改正により適用、×適用無し                                                                                    |     |     |    |    |
| 基準の内容                                                                                                                              | 一 廃 | 産 廃 |    |    |
|                                                                                                                                    |     | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1) 埋立地の周囲には、みだりに人が立ち入るのを防止することができる囲いが設けられていること。                                                                                    | ○   | ○   | ○  | ○  |
| (閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにすることができる囲い、杭その他の設備を設ける)                                                                 | ◎   | ◎   | ◎  | ×  |
| 2) 入口の見やすい箇所に、最終処分場(遮断型最終処分場については有害な特別管理産業廃棄物又は有害な産業廃棄物の最終処分場)であることを表示する立札その他の設備が設けられていること。                                        | ○   | ○   | ○  | ◎  |
| 3) 地盤の滑りを防止し、又は最終処分場に設けられる設備の沈下を防止する必要がある場合は、適当地滑り防止工又は沈下防止工が設けられていること。                                                            | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 4) 廃棄物の流出防止のための擁壁、堰堤その他の設備であって、次の要件を備えたものが設けられていること。                                                                               | ○   | ○   | ○  | ×  |
| イ 自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全であること。                                                                                                   |     |     |    |    |
| ロ 廃棄物、地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。                                                                                   |     |     |    |    |
| 5) 埋立地からの浸出液による公共の水域及び地下水の汚染を防止するための次に掲げる措置が講じられていること。                                                                             | ◎   | ×   | ◎  | ×  |
| イ 廃棄物の保有水及び雨水等(保有水等)の埋立地からの浸出を防止することができる次の要件を備えた遮水工又はこれと同等以上の遮水効力を有する遮水工を設けること。                                                    |     |     |    |    |
| (ただし埋立地の側面又は底面に、不透水性地層(厚さ5m以上、透水係数が100nm/秒(=1×10 <sup>-5</sup> cm/秒)以下の地層若しくはルジオン値1以下の岩盤又はこれと同等以上の遮水の効力を有する地層)がある部分については、この限りでない。) |     |     |    |    |
| (1) 次のいずれかの要件を備えた遮水層を有すること。                                                                                                        |     |     |    |    |
| (基礎地盤の勾配が50%以上であって、内部水位が達しない部分については、基礎地盤に吹き付けられたモルタルに遮水シート又はゴムアスファルトが敷設されていること。)                                                   |     |     |    |    |
| (イ) 厚さ50cm以上、透水係数が10nm/秒(=1×10 <sup>-6</sup> cm/秒)以下である粘土等の層に遮水シートが敷設されていること。                                                      |     |     |    |    |
| (ロ) 厚さ5cm以上、透水係数が1nm/秒(=1×10 <sup>-7</sup> cm/秒)以下であるアスファルト・コンクリートの層に遮水シートが敷設されていること。                                              |     |     |    |    |
| (ハ) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シート(二重の遮水シートの間に車両の走行等の衝撃により双方のシートが同時に損傷することを防止できる不織布その他の物が設けられているものに限る。)が敷設されていること。                           |     |     |    |    |
| (2) 遮水層の下部に必要な強度を有し、平らな基礎地盤が設けられていること。                                                                                             |     |     |    |    |
| (3) 遮水層の表面に遮光性を有する不織布その他の物が敷設されていること。                                                                                              |     |     |    |    |
| ロ 埋立地地下全面に、不透水性地層がある場合は次のいずれかの要件を備えた遮水工を設けること。                                                                                     |     |     |    |    |
| (1) 薬剤等の注入により、不透水性地層までの地盤のルジオン値が1以下となるまで固化されていること。                                                                                 |     |     |    |    |
| (2) 厚さ50cm以上、透水係数が10nm/秒(=1×10 <sup>-6</sup> cm/秒)以下である連続壁が不透水性地層まで設けられていること。                                                      |     |     |    |    |
| (3) 鋼矢板が不透水性地層まで設けられていること。                                                                                                         |     |     |    |    |
| (4) イ(1)から(3)に掲げる要件。                                                                                                               |     |     |    |    |
| ハ 地下水により遮水工が損傷するおそれがある場合には管渠(かんきょ)その他の地下水集排水設備を設けること。                                                                              |     |     |    |    |
| ニ 保有水等を有効に集め速やかに排出することができる堅固で耐久力を有する構造の管渠(かんきょ)その他の保有水等集排水設備を設けること。                                                                |     |     |    |    |
| (ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地であって、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる場合については、この限りでない。)                                                          |     |     |    |    |
| ホ 保有水等の水量及び水質の変動を調整することができる耐水構造の調整池を設けること。                                                                                         |     |     |    |    |
| ヘ 保有水等を次の排水基準等に適合させることができる浸出液処理設備を設けること。                                                                                           |     |     |    |    |
| ・総理府令排水基準(BOD、COD、SSについては、それぞれ60、90、60mg/l以下と強化)                                                                                   |     |     |    |    |
| ・維持管理計画上の基準                                                                                                                        |     |     |    |    |
| 6) 埋立地の周囲には、地表水が埋立地の開口部から埋立地へ流入するのを防止することができる開渠その他の設備が設けられていること。                                                                   | ○   | ×   | ○  | ○  |
| 7) 次の要件を満たす外周仕切設備が設けられていること。                                                                                                       | ×   | ×   | ×  | ◎  |
| (1) 日本工業規格A1108(コンクリート圧縮強度試験方法)により測定した一軸圧縮強度が25N/mm <sup>2</sup> 以上の水密性を有する鉄筋コンクリートで造られ、かつ、その厚さが35cm以上であること又はこれと同等以上の遮断の効力を有すること。  |     |     |    |    |
| (2) 自重、土圧、波力、地震力等に対して構造耐力上安全な要件を備えていること。                                                                                           |     |     |    |    |
| (3) 埋め立てた廃棄物と接する面が遮水の効力、腐食防止の効力を有する材料で十分に覆われていること。                                                                                 |     |     |    |    |
| (4) 地表水、地下水及び土壌の性状に応じた有効な腐食防止のための措置が講じられていること。                                                                                     |     |     |    |    |
| (5) 目視等により点検できる構造であること。                                                                                                            |     |     |    |    |
| 8) 面積50㎡超又は容量250m <sup>3</sup> 超の埋立地は、7)(1)から(4)までの要件を備えた内部仕切設備により、一区画の面積が概ね50㎡超又は一区画の容量が250m <sup>3</sup> 超とならないように区画すること。        | ×   | ×   | ×  | ◎  |
| 9) 擁壁等の安定を保持するため必要と認められる場合には埋立地内の雨水等を排出する設備が設けられていること。                                                                             | ×   | ◎   | ×  | ×  |
| 10) 水質検査を行うための浸透水採取設備が設けられていること。                                                                                                   | ×   | ◎   | ×  | ×  |

## 6-2-2. 最終処分場の維持管理の検討

最終処分場管理の最終目的は埋め立てた廃棄物を安全に貯留保管し、廃棄物層を安定化させたのちに生活環境保全上支障のないことを確認したうえで早期に廃止させることである。そのためには、受け入れる廃棄物の量と質の管理を行う「搬入管理」、受け入れた廃棄物を安全に貯留保管させ、かつ早期に安定化させる「埋立作業管理」、最終処分場を構成する施設を機能させるための「施設管理」および「環境管理」が適切に行わなければならない。

表 6-2-2-1 最終処分場の維持管理基準の概要（１）

| 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令<br>(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)                                            |     |     |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|----|
| ※文中下線部は改正部分を指す。○従来より適用、◎平成10年6月17日改正により適用、×適用無し                                                                |     |     |    |    |
| 基準の内容                                                                                                          | 一 廃 | 産 廃 |    |    |
|                                                                                                                |     | 安定  | 管理 | 遮断 |
| 1) 埋立地外に廃棄物が飛散し、及び流出しないように必要な措置を講ずること。                                                                         | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 2) 最終処分場外に悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。                                                                              | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 3) 火災発生を防止するために必要な措置を講ずるとともに、消火器その他の消火設備を備えておくこと。                                                              | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 4) ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないように薬剤の散布 其他必要な措置を講ずること。                                                           | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 5) 囲いは、みだりに人が立ち入るのを防止することができるようにしておくこと。                                                                        | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 閉鎖された埋立地を埋め立て処分以外の用に供する場合においては、埋立地の範囲を明らかにしておくこと。                                                              | ◎   | ◎   | ◎  | ×  |
| 6) 立れその他の設備は、常に見やすい状態にしておくとともに、表示すべき事項に変更が生じた場合には、速やかに書換え其他必要な措置を講ずること。                                        | ○   | ○   | ○  | ○  |
| 7) 擁壁等を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                                 | ○   | ○   | ○  | ×  |
| 8 廃棄物を埋め立てる前に遮水工を砂その他のものにより覆うこと。                                                                               | ◎   | ×   | ◎  | ×  |
| 9) 遮水工を定期的に点検し、その遮水効果が低下するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを回復するために必要な措置を講ずること。                                          | ○   | ×   | ○  | ×  |
| 10) 最終処分場の周縁の2箇所以上の場所から採取した地下水又は地下水集排水 設備より採取した水の水質検査を次により行うこと。<br>イ.埋立開始前に地下水等検査項目、電気伝導率及び塩化物イオン濃度を測定・記録すること。 | ◎   | ◎*  | ◎  | ◎  |
| ロ.埋立開始後、地下水等検査項目を1年に1回以上測定・記録すること。                                                                             | ◎   | ◎   | ◎  | ◎  |
| ハ.埋立開始後、電気伝導率又は塩化物イオン濃度を1月に1回以上測定・記録すること。                                                                      | ◎   | ×   | ◎  | ◎  |
| ニ.電気伝導率又は塩化物イオン濃度に異状が認められた場合には、速やかに 再度測定・記録するとともに地下水等検査項目についても測定・記録すること。                                       | ◎   | ×   | ◎  | ◎  |
| 11) 地下水等検査項目に係る水質検査の結果、水質の悪化(その原因が当該最終処分場以外にあることが明らかな場合を除く)が認められる場合は、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。           | ◎   | ◎   | ◎  | ◎  |
| 12) 雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、埋立地に雨水が入らないように必要な措置を講ずること。                                                    | ○   | ×   | ○  | ○  |
| 13) 調整池を定期的に点検し、損壊するおそれがあると認められる場合には、速やかにこれを防止するために必要な措置を講ずること。                                                | ◎   | ×   | ◎  | ×  |

表 6-2-2-2 最終処分場の維持管理基準の概要（2）

|     |                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
| 14) | 浸出液処理設備の維持管理は次により行うこと。<br>イ.放流水の水質が排水基準等に適合することとなるように維持管理すること。<br>ロ.浸出液処理設備の機能の状態を定期的に点検し、異状を認めた場合には速やかに必要な措置を講ずること。<br>ハ.放流水の水質検査を次により行うこと。<br>(1)排水基準等に係る項目について1年に1回以上測定・記録すること。<br>(2)水素イオン濃度、BOD、COD、SS、窒素について1月に1回以上測定・記録すること。 | ◎ | × | ◎ | × |
| 15) | 開渠その他の設備の機能を維持するため、開渠に堆積した土砂等の速やかな除去その他の必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                | ○ | × | ○ | ○ |
| 16) | 通気装置を設けて埋立地から発生するガスを排除すること。<br>(ただし、ガスを発生するおそれのない廃棄物のみを埋め立てる場合を除く。)                                                                                                                                                                 | ○ | × | ◎ | × |
| 17) | 埋立処分が終了した埋立地は、厚さがおおむね50cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。<br>(ただし、雨水が入らないよう必要な措置が講じられる埋立地については、遮水工と同等以上の効力を有する覆いにより閉鎖すること。)                                                                                                                  | ◎ | × | ◎ | × |
| 18) | 閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                              | ◎ | × | ◎ | × |
| 19) | 埋め立てられた廃棄物の種類、数量及び最終処分場の維持管理に当たって行った点検、検査その他の措置の記録を作成し、廃止までの間保存すること。                                                                                                                                                                | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 20) | 埋立地のたまり水は、埋立開始前に排除すること。                                                                                                                                                                                                             | × | × | × | ○ |
| 21) | 外周仕切設備及び内部仕切設備を定期的に点検し、これらの設備の損壊又は保有水の浸出のおそれがあると認められる場合には、速やかに新たな廃棄物の搬入及び埋立処分を中止させるとともに、設備の損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                           | × | × | × | ○ |
| 22) | 埋立処分が終了した埋立地は、速やかに外周仕切設備と同等の覆いにより閉鎖すること。                                                                                                                                                                                            | × | × | × | ◎ |
| 23) | 閉鎖した埋立地については、覆いを定期的に点検し、覆いの損壊又は保有水の浸出のおそれがある場合には、速やかに覆いの損壊又は保有水の浸出を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                              | × | × | × | ○ |
| 24) | 廃棄物を埋め立てる前に、展開検査を行い、安定型産業廃棄物以外の廃棄物の付着又は混入が認められる場合には廃棄物を埋め立てないこと。                                                                                                                                                                    | × | ◎ | × | × |
| 25) | 浸透水について地下水等検査項目を1年1回以上、BOD又はCODを1月に1回(埋立終了後は3月に1回)以上、水質を測定・記録すること。                                                                                                                                                                  | × | ◎ | × | × |
| 26) | 次に掲げる場合には、速やかに、廃棄物の搬入及び埋立処分を中止するとともに、生活環境保全上必要な措置を講ずること。<br>(1)浸透水に係る地下水等検査項目の水質検査の結果基準に適合していない場合。<br>(2)BOD又はCODの水質検査の結果、BODが20mg/l又はCODが40mg/lを超えている場合。                                                                           | × | ◎ | × | × |
| 27) | 埋立処分が終了した埋立地を、埋立処分以外の用に供する場合は、厚さがおおむね50cm以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。                                                                                                                                                                    | × | ◎ | × | × |
| 28) | 27)により閉鎖した埋立地については、覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。                                                                                                                                                                                        | × | ◎ | × | × |



表 6-2-2-3 最終処分場の維持管理に関する放流水等の水質の規制

| 廃棄物埋立地の維持管理に関する放流水等の水質の規制<br>(一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)) |                                                |                          |             |                            |                 |               |             |            |             |               |           |             |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------|-----------------|---------------|-------------|------------|-------------|---------------|-----------|-------------|------|
| (単位:mg/L)                                                                                      |                                                |                          |             |                            |                 |               |             |            |             |               |           |             |      |
| 処分場                                                                                            |                                                | 管理型最終処分場                 |             |                            |                 | 安定型最終処分場      |             |            |             | 遮断型最終処分場      |           |             |      |
| 対象試料                                                                                           |                                                | 地下水基準(全処分場共通)            |             | 放流水基準                      | 保有水基準           | 地下水基準(全処分場共通) |             | 浸透水基準      |             | 地下水基準(全処分場共通) |           |             |      |
| 対象期間                                                                                           |                                                | 埋立<br>開始前                | 埋立開始<br>～廃止 | 埋立開始<br>～廃止                | 廃止時(廃止<br>前2年間) | 埋立<br>開始前     | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時        | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時           | 埋立<br>開始前 | 埋立開始<br>～廃止 | 廃止時  |
| 測定<br>頻度                                                                                       | 地下水等検査項目 <sup>1)</sup>                         | 1回 <sup>3)</sup>         | 1回/年        | —                          | —               | 1回            | 1回/年        | 基準※1       | 1回/年        | 基準※1          | 1回        | 1回/年        | 基準※1 |
|                                                                                                | 電気伝導率又は塩化物イオン <sup>1)</sup>                    | —                        | 1回/月        | —                          | —               | —             | —           | —          | —           | —             | —         | 1回/月        | —    |
|                                                                                                | 電気伝導率及び塩化物イオン <sup>1)</sup>                    | 1回                       | —           | —                          | —               | —             | —           | —          | —           | —             | 1回        | —           | —    |
|                                                                                                | BOD又はCOD <sup>1)</sup>                         | —                        | —           | —                          | —               | —             | —           | —          | 1回/月        | 基準※2          | —         | —           | —    |
|                                                                                                | *pH、BOD、COD、SS、N <sup>1)</sup>                 | —                        | —           | 1回/月                       | 1回/3か月          | —             | —           | —          | —           | —             | —         | —           | —    |
|                                                                                                | *の項目を除く排水基準項目 <sup>1)</sup>                    | —                        | —           | 1回/年                       | 1回/6か月          | —             | —           | —          | —           | —             | —         | —           | —    |
|                                                                                                | ダイオキシン類 <sup>2)</sup>                          | 1回                       | 1回/年        | 1回/年                       | —               | —             | —           | —          | —           | —             | —         | —           | —    |
| 排水基準項目(○:地下水等検査項目)                                                                             |                                                | 環境基準 <sup>4)</sup>       |             | 維持管理<br>基準 <sup>1)</sup>   |                 | 環境基準          |             | 維持管理<br>基準 |             | 環境基準          |           | 廃止基準        |      |
| 1                                                                                              | アルキル水銀化合物<br>(地下水:アルキル水銀)                      | 不検出 <sup>5)</sup>        |             | 不検出                        |                 | 不検出           |             | 不検出        |             | 不検出           |           | 不検出         |      |
| 2                                                                                              | 水銀及びアルキル水銀その他<br>の水銀化合物(地下水:総水銀)               | 0.0005                   |             | 0.005                      |                 | 0.0005        |             | 0.0005     |             | 0.0005        |           | 0.0005      |      |
| 3                                                                                              | カドミウム及びその化合物<br>(地下水:カドミウム)                    | 0.003                    |             | 0.03                       |                 | 0.003         |             | 0.003      |             | 0.003         |           | 0.003       |      |
| 4                                                                                              | 鉛及びその化合物                                       | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 5                                                                                              | 有機燐化合物 <sup>6)</sup>                           | —                        |             | 1                          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 6                                                                                              | 六価クロム化合物<br>(地下水:六価クロム)                        | 0.05                     |             | 0.5                        |                 | 0.05          |             | 0.05       |             | 0.05          |           | 0.05        |      |
| 7                                                                                              | 砒素及びその化合物<br>(地下水:砒素)                          | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 8                                                                                              | シアン化合物                                         | 不検出                      |             | 1                          |                 | 不検出           |             | 不検出        |             | 不検出           |           | 不検出         |      |
| 9                                                                                              | ポリ塩化ビフェニル                                      | 不検出                      |             | 0.003                      |                 | 不検出           |             | 不検出        |             | 不検出           |           | 不検出         |      |
| 10                                                                                             | トリクロロエチレン                                      | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 11                                                                                             | テトラクロロエチレン                                     | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 12                                                                                             | ジクロロメタン                                        | 0.02                     |             | 0.2                        |                 | 0.02          |             | 0.02       |             | 0.02          |           | 0.02        |      |
| 13                                                                                             | 四塩化炭素                                          | 0.002                    |             | 0.02                       |                 | 0.002         |             | 0.002      |             | 0.002         |           | 0.002       |      |
| 14                                                                                             | 1, 2-ジクロロエタン                                   | 0.004                    |             | 0.04                       |                 | 0.004         |             | 0.004      |             | 0.004         |           | 0.004       |      |
| 15                                                                                             | 1, 1-ジクロロエチレン                                  | 0.1                      |             | 0.2                        |                 | 0.1           |             | 0.02       |             | 0.1           |           | 0.1         |      |
| 16                                                                                             | シス-1, 2-ジクロロエチレン                               | —                        |             | 0.4                        |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 16                                                                                             | 1, 2-ジクロロエチレン                                  | 0.04                     |             | —                          |                 | 0.04          |             | 0.04       |             | 0.04          |           | 0.04        |      |
| 17                                                                                             | 1, 1, 1-トリクロロエタン                               | 1                        |             | 3                          |                 | 1             |             | 1          |             | 1             |           | 1           |      |
| 18                                                                                             | 1, 1, 2-トリクロロエタン                               | 0.006                    |             | 0.06                       |                 | 0.006         |             | 0.006      |             | 0.006         |           | 0.006       |      |
| 19                                                                                             | 1, 3-ジクロロプロペン                                  | 0.002                    |             | 0.02                       |                 | 0.002         |             | 0.002      |             | 0.002         |           | 0.002       |      |
| 20                                                                                             | チオラム                                           | 0.006                    |             | 0.06                       |                 | 0.006         |             | 0.006      |             | 0.006         |           | 0.006       |      |
| 21                                                                                             | シマジン                                           | 0.003                    |             | 0.03                       |                 | 0.003         |             | 0.003      |             | 0.003         |           | 0.003       |      |
| 22                                                                                             | チオベンカルブ                                        | 0.02                     |             | 0.2                        |                 | 0.02          |             | 0.02       |             | 0.02          |           | 0.02        |      |
| 23                                                                                             | ベンゼン                                           | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 24                                                                                             | セレン及びその化合物<br>(地下水:セレン)                        | 0.01                     |             | 0.1                        |                 | 0.01          |             | 0.01       |             | 0.01          |           | 0.01        |      |
| 25                                                                                             | 一・四-ジオキサン                                      | 0.05                     |             | 0.5                        |                 | 0.05          |             | 0.05       |             | 0.05          |           | 0.05        |      |
| 26                                                                                             | 塩化ビニルモノマー【クロロエチレン<br>(別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノ<br>マー)】 | 0.002                    |             | —                          |                 | 0.002         |             | 0.002      |             | 0.002         |           | 0.002       |      |
| 27                                                                                             | ホウ素及びその化合物                                     | 海域以外                     | —           | 50 <sup>7)</sup>           |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 230                        |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 28                                                                                             | フッ素及びその化合物                                     | 海域以外                     | —           | 15 <sup>7)</sup>           |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 15                         |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 29                                                                                             | アンモニア、アンモニウム化合物、亜<br>硝酸化合物、硝酸化合物 <sup>8)</sup> | —                        |             | 200 <sup>7)</sup>          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 30                                                                                             | 水素イオン濃度                                        | 海域以外                     | —           | 5.8～8.6                    |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
|                                                                                                |                                                | 海域                       | —           | 5.0～9.0                    |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 31                                                                                             | 生物化学的酸素要求量 <sup>9)</sup>                       | —                        |             | 60                         |                 | —             |             | 20         |             | 20            | —         |             | —    |
| 32                                                                                             | 化学的酸素要求量 <sup>9)</sup>                         | —                        |             | 90                         |                 | —             |             | 40         |             | —             | —         |             | —    |
| 33                                                                                             | 浮遊物質                                           | —                        |             | 60                         |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 34                                                                                             | ノルマルヘキサン<br>抽出物質含有量                            | 鉱油                       | —           | 5                          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
|                                                                                                |                                                | 動植物油脂                    | —           | 30                         |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 35                                                                                             | フェノール類含有量                                      | —                        |             | 5                          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 36                                                                                             | 銅含有量                                           | —                        |             | 3                          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 37                                                                                             | 亜鉛含有量                                          | —                        |             | 2※3                        |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 38                                                                                             | 溶解性鉄含有量                                        | —                        |             | 10                         |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 39                                                                                             | 溶解性マンガ含有量                                      | —                        |             | 10                         |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 40                                                                                             | クロム含有量                                         | —                        |             | 2                          |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 41                                                                                             | 大腸菌群数                                          | —                        |             | (3,000個/mL) <sup>10)</sup> |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 42                                                                                             | 窒素含有量 <sup>11)</sup>                           | —                        |             | 120(60)                    |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 43                                                                                             | 炭含有量 <sup>12)</sup>                            | —                        |             | 16(8)                      |                 | —             |             | —          |             | —             |           | —           |      |
| 44                                                                                             | ダイオキシン類                                        | 1pg—TEQ/L <sup>13)</sup> |             | 10pg—TEQ/L <sup>2)</sup>   |                 | 1pg—TEQ/L     |             | —          |             | 1pg—TEQ/L     |           | —           |      |

※ 1 環境基準に適合していること。

※ 2 BOD : 20mg/L 以下

※ 3 平成 18 年 12 月 11 日現在、設置許可を受けている者又は許可の申請をしている者等は、12 月 11 日から 6 月間、基準値は 5 mg/L が適用される

注)

- 1) 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（最終処分省令：昭和 52 年 3 月総・厚令 1 号）による。
- 2) ダイオキシン類対策特別措置法に基づく廃棄物の最終処分場の維持管理の基準を定める省令（平成 12 年 1 月・厚 2 号）による。
- 3) 測定頻度の欄における回数は～以上を意味する。
- 4) 地下水の水質汚濁に係る環境基準（平成 9 年 3 月環告 10 号）
- 5) 「一般廃棄物の最終処分場又は産業廃棄物の最終処分場に係る水質検査の方法」（平成 10 年 6 月環・厚告 1 号）により検査した場合において、その結果が当該検査方法の定量限界を下回ることをいう。
- 6) パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及び EPN（エチルパラニトロフェニルチオノベンゼンホスホネイト）に限る。
- 7) 平成 17 年 4 月 1 日から当分の間適用される。
- 8) 1L につきアンモニア性窒素に 0.4 を乗じたもの、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の合計量
- 9) 海域及び湖沼に排出される放流水については生物化学的酸素要求量を除き、それ以外の公共用水域に排出される放流水については化学的酸素要求量を除く。
- 10) 「日間平均：（）」による排水基準値は、一日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。
- 11) 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域（湖沼であつて水の塩素イオン含有量が 1L につき 9,000mg を超えるものを含む。以下同じ。）として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限り適用する。
- 12) 燐含有量についての排水基準は、燐が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限り適用する。
- 13) ダイオキシン類による大気汚染、水質の汚濁及び土壌の汚染に係る環境基準（平成 11 年 12 月環告第 68 号）



### 6－2－3．最終処分場の廃止後の検討

現状、最終処分場の廃止の基準は、表 6-2-3-1 のように規定されている。これにしたがって、海面最終処分場の閉鎖・廃止の検討がなされているが、現状、明確な廃止のための考え方が確立しきれていない。

（6 章：山中稔・八村智明）

表 6-2-3-1 最終処分場の廃止基準の概要

| 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令<br>(昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号)                                                            |  |  |  |  | 最終処分場の廃止基準の概要 |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------|--|
|                                                                                                                                |  |  |  |  | 安定型処分場        |                                                                                                                              | 管理型処分場 |                                                                                                                                   | しゃ断型処分場 |                                                 |  |
| ○適用、×適用無し                                                                                                                      |  |  |  |  | 共通基準          | 2.最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                        |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
|                                                                                                                                |  |  |  |  |               | 3.火災発生を防止するためにひつような措置が講じられていること。                                                                                             |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
|                                                                                                                                |  |  |  |  |               | 4.ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                  |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 1) 廃棄物最終処分場が囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準 に適合していないと認められないこと。                                                                       |  |  |  |  |               | 5.地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。<br>イ 現に地下水質が基準に適合していないこと<br>ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 2) 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                         |  |  |  |  |               | 11.現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                                                                    |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 3) 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。                                                                                               |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 4) ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 5) 地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。<br>イ 現に地下水質が基準に適合していないこと<br>ロ 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること  |  |  |  |  |               | 7.埋立地からのガスの発生がほとんど認められない、又はガス発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。                                                                        |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 6) 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度 で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められること。<br>(1)排水基準等 6月に1回以上<br>(2)BOD,COD,SS 3月に1回以上 |  |  |  |  |               | 8.埋立地の内部8.おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。が周辺の地中温度に対して異常な高温になっていないこと。<br>9.おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。                      |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 7) 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生量の増加が2年以上にわたり認められないこと。                                                                         |  |  |  |  |               | 15.地滑り、沈下防止工、雨水排水設備について構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                                |        | 1.囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準に適合していないとは認められないこと。                                                                                    |         | 12.地滑り、沈下防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。     |  |
| 8) 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。                                                                                           |  |  |  |  | 個別基準          | 16.浸出水が次の要件を満たすこと。<br>(1)地下水等検査項目: 適合<br>(2)BOD: 20mg/L 以下                                                                   |        | 6.保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が次に掲げる項目・頻度で2年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等に適合していると認められること。<br>(1)排水基準等: 6 月に1 回以上<br>(2)BOD,COD,SS: 3 月に1 回以上 |         | 13.外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。              |  |
| 9) おおむね50cm以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。                                                                                              |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        | 10.雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。                                                                |         | 14.埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境大臣の定める措置が講じられていること。 |  |
| 10) 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。                                                            |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 11) 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。                                                                                                     |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 12) 地滑り、沈下防止工及び外周仕切設備が構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 13) 外周仕切設備と同等の効力を有する覆いにより閉鎖されていること。                                                                                            |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 14) 埋め立てられた廃棄物又は外周仕切設備について、環境庁長官及び厚生大臣の定める措置が講じられていること。                                                                        |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 15) 地滑り、沈下防止工、雨水等排出設備について、構造基準に適合していないと認められないこと。                                                                               |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |
| 16) 浸透水の水質が次の要件を満たすこと。<br>・地下水等検査項目: 基準に適合<br>・BOD: 20mg/l以下                                                                   |  |  |  |  |               |                                                                                                                              |        |                                                                                                                                   |         |                                                 |  |

## 7. おわりに

現行の「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号）（以降、〔基準省令〕）」や「全国都市清掃会議(2010)：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領－2010改訂版，689p.（以降、〔最終処分場の計画・設計・管理要領〕）」に示されている計画・設計及び維持管理を実施すれば、最終処分場は十分に力学的に安全で、想定される環境影響を最小限に抑えることのできる優れたシステムであると考えられる。

これらの基準省令や最終処分場の計画・設計・管理要領に基づいて適切に最終処分場を設置・管理していけば、安全な処分場となるのであるが、現状では、そのシステムを生かすための適切な調査・解析と、その結果を受けた地質工学的な評価が定まっていないのが現状である。

ここでは、それらの現状と課題を整理し、第2章と第3章に示した。

こうした安全性が高くなるように設置・維持管理された最終処分場は、近年頻発する災害によって生じる災害廃棄物を受け入れる適切で最後の受け皿になる。そこで、近年の災害廃棄物の状況等を、熊本地震を例にして、第4章で示した。また、巻末に東日本大震災の災害廃棄物の状況を示した論文を添付した。その中で、適切に設置・維持管理されている最終処分場は、レベル2地震動と呼ばれる大規模地震（この場合は熊本地震）においても損傷しない安全な施設であることが示された。

一方、最終処分場の設置が難しくなっている今日、地下空間を利用する視点も必要と考えられる。新たな最終処分の設置場としての可能性を探り、第5章にそれらの検討結果を示した。

また、最後の6章では、今後の最終処分場の検討のために廃棄物関連法令の変遷を示した。

第三期においては、こうした課題を追及し、新たな知見を増やしていく予定である。

(7章：登坂博行・宮原哲也・大野博之)

| 「地下流体の数値解析手法に関する講習会」<br>プログラム |                                      |             |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 2016/4/21                     | 1. 流域モデリング技術の紹介<br>講義(60分)           | 13:30～14:15 |
|                               | 2. 入出力データの構造とモデリングフレームワーク<br>講義(30分) | 14:15～14:45 |
|                               | 3. 解析モデルの構築<br>講義(30分)+実習(1時間)       | 15:00～16:30 |
|                               | 4. 入力データ作成・実行・監視<br>講義(15分)+実習(1時間)  | 16:30～17:45 |
| 2016/4/22                     | 5. 解析結果の可視化<br>講義(30分)+実習(1.5時間)     | 8:45～10:45  |

## 1. 流域モデリング技術 の紹介

平成28年4月21日

株式会社 地圏環境テクノロジー  
Geosphere Environmental Technology Corp.

- 流域モデリング技術について
- 地圏流体シミュレータGETFLOWS®の概要
- 適用事例

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

3

## アウトライン

- 流域モデリング技術について
- 地圏流体シミュレータGETFLOWS®の概要
- 適用事例

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

2

## 深刻化が懸念される今世紀の水問題

### 水環境

- 河川水質事故
- 過剰揚水による地盤沈下・塩水侵入
- 湖沼の富栄養化
- 鉱山廃水

### 水災害

- ゲリラ豪雨
- 洪水・氾濫
- 渇水
- 斜面崩壊・土石流
- 地すべり
- 津波・高潮

### 水資源

- 水利用(生活・工業・農業)
- 地中熱・地熱
- 沿岸域の淡水性地下水
- 地上・地下ダム



地球温暖化 人口増加

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

4



人と水との係わり



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

5

# 流域モデリングとは

- ・ 陸域における様々な物質やエネルギーの輸送過程を計算対象とし、地表面という地上と地下間のインターフェースで分断することなく、流域内の一体的な輸送過程を捉えようとするアプローチ
- ・ 気象条件や土地・水利用等の様々な自然・人工環境の変化が流域内の物質・エネルギー挙動にどのような影響を及ぼすのかの定量評価を与えることができる

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

6

流域モデリングの守備範囲



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

7

# 念の概念対象

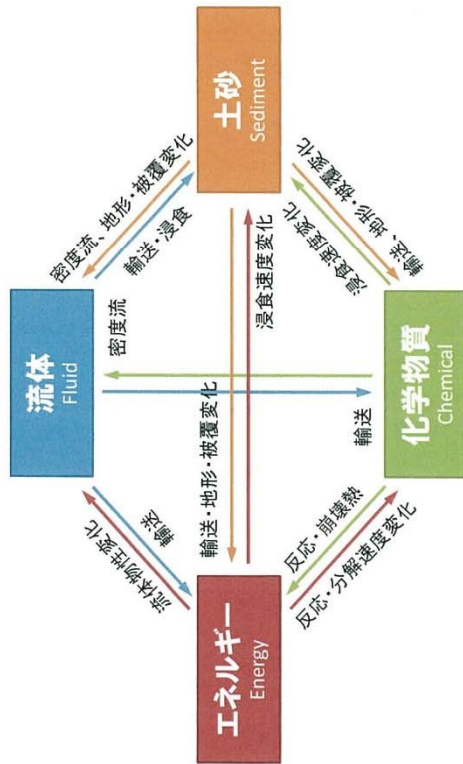


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

6

物質・エネルギーの基礎科学



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

5

# 主要な数値シミュータ

| Model Name                                | Hydrology             |                          | Heat <sup>2)</sup> |             | Sediment <sup>4)</sup> |            | Chemical substance <sup>5)</sup> |            | Coupling <sup>6)</sup> |
|-------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|-------------|------------------------|------------|----------------------------------|------------|------------------------|
|                                           | Surface <sup>1)</sup> | Subsurface <sup>2)</sup> | Surface            | Subsurface  | Surface                | Subsurface | Surface                          | Subsurface |                        |
| <b>AGRICULTURE/URBAN WATERSHED MODEL</b>  |                       |                          |                    |             |                        |            |                                  |            |                        |
| CREAMS                                    | 1D                    | 1D                       | —                  | —           | 1D                     | 1D         | 1D                               | 1D         | UC                     |
| ANSWERS/ANSWER-2000                       | 1D                    | 1D, GA                   | —                  | —           | —                      | 1D         | 1D                               | 1D         | UC                     |
| AGNFS/Ann-AGNFS                           | 1D                    | 1D                       | —                  | —           | 1D                     | 1D         | 1D                               | 1D         | UC                     |
| HSPF                                      | 1D                    | 1D, EM                   | 1D                 | —           | —                      | 1D         | —                                | —          | UC                     |
| EUROSEM                                   | 1D, KW                | —                        | —                  | —           | 1D                     | —          | —                                | —          | UC                     |
| WEPP (Flanagan, 2007)                     | 1D, KW                | —                        | —                  | —           | 1D, HS                 | CH         | —                                | —          | UC                     |
| <b>INTEGRATED WATERSHED MODEL</b>         |                       |                          |                    |             |                        |            |                                  |            |                        |
| MIKE-SHE<br>(Reifgaard, et al., 1995)     | 1D/2D, SW, DW         | 1D/1D, R+B               | —                  | —           | 1D/2D, HS, CH          | 1D/2D      | 1D/3D                            | 1D/3D      | UC/UD                  |
| SHETRAN<br>(John Ewen, et al., 2000)      | 1D/2D, SW, DW         | 1D/3D, R                 | —                  | —           | 1D/2D, HS, CH          | 1D/2D      | 1D/3D                            | 1D/3D      | UC/UD                  |
| HydroGeoSphere<br>(Therrien et al., 2010) | 2D, DW                | 3D, R                    | 2D, L              | 3D, L, S    | —                      | 2D         | 3D                               | 3D         | FC                     |
| InHM (VanderKwaak, 1999)                  | 2D, DW                | 3D, R                    | —                  | —           | 2D                     | —          | —                                | —          | FC                     |
| ParFlow (Sofian, et al., 2006)            | 1D, KW                | 3D, R                    | —                  | —           | —                      | —          | —                                | —          | IC                     |
| CATHY (Camporese, et al., 2010)           | 1D, DW                | 3D, R                    | —                  | —           | —                      | —          | —                                | —          | IC                     |
| MODHMS (Panday et al., 2004)              | 1D/2D, DW             | 3D, R                    | —                  | —           | —                      | —          | —                                | —          | FC/IC                  |
| GETFLOWS (Tosaka et al., 2009)            | 2D, DW                | 3D, GD                   | 2D, G, L           | 3D, G, L, S | 2D                     | —          | 2D                               | 3D         | FC                     |

1) KW(kinematic wave); SV(Saint-Venant); DW(diffusion wave)  
2) EM(empirical equation); GA(Green-Ampt equation); RI(Richard's equation); RB(Boussinesq equation); GD(generalized Darcy's law for multi-phase fluid flow)

3) Heat transport by  $G$  (gases phase),  $L$  (liquid phase) and  $S$  (solid phase).

4) HS(hillslope); CH(channel/channel network)

5) Chemical substance dissolved in water phase and adsorbed onto solid phase (e.g. suspended sediment, soil and rock)

6) UC(Uncoupled)/DU(Degenerated uncoupled): IC(Iterative coupling): EC(Fully coupled)

2017/6/26  
Geosphere Environmental Technology Corp.

02/01/2007

**Figure 1**

4

## 取扱う主な物理化学過程

| 場  | 物質・エネルギー系     | 考慮する素過程                                                                      |
|----|---------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 大気 |               | 無限大の容量をもつ空間として設定し、陸面での状態変化(水深変化)に応じた気相流動のバンプアーとなる。また、対象地域の気象変化(大気圧、気温)を反映する。 |
|    | 流体            | 降水、積雪、融雪、降水遮断、蒸発散、移流、相変化(蒸発、凝縮)                                              |
| 陸面 | エネルギー<br>化学物質 | 放射、反射、顕熱・潜熱輸送、地中熱伝導<br>移流、乱流拡散、吸着・脱離、分解・生成、放射性崩壊                             |
|    | 土砂            | 移流、乱流拡散、雨滴衝撃及び、水流による浸食・堆積、地形変化                                               |
|    | 流体            | 移流、毛細管現象、相変化(蒸発、凝縮)、水蒸気輸送、密度流                                                |
| 地下 | エネルギー<br>化学物質 | 対流、熱伝導、相間熱移動(例えば、固液熱交換等)                                                     |
|    | 土砂            | 移流、分子拡散、機械的分散、吸着・脱離、分解・生成、放射性崩壊<br>コロイド移行                                    |
| 海洋 |               | 無限大の容量をもつ水域として設定し、陸面、地下との物質・エネルギーの相互交換を基調とする。また、潮位変動を反映する。                   |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

10

- 流域モデリング技術について
- 地圏流体シミュレータGETFLOWS®の概要
- 適用事例

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

12



## GETFLOWS®の概要

● 流域スケールの局地から広域、短期から長期を対象

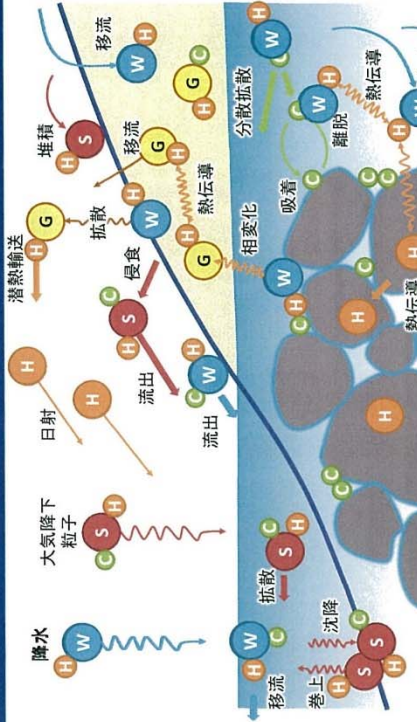
● 流体・熱・化学物質・土砂の同時輸送過程を考慮

● 積分型有限差分法による汎用数値シミュレータ

● 柔軟な境界条件(気象条件、水位変動など)

● 高速で安定な数値解析ソルバーを搭載

## 同時輸送系の概念モデル



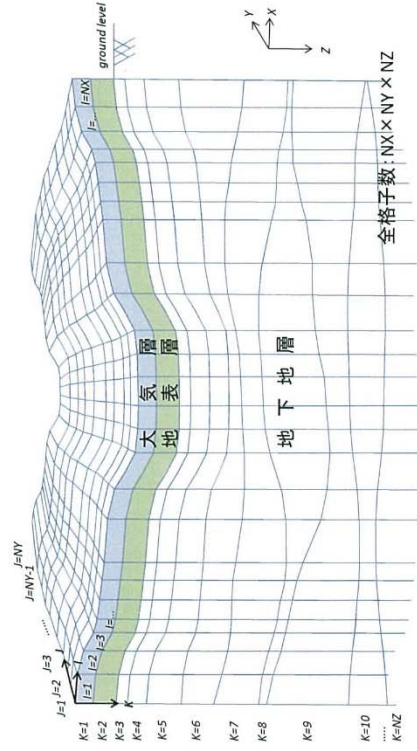
流体、土砂を輸送媒体とした熱、化学物質の同時輸送系として捉えることができる

14

Geosphere Environmental Technology Corp.

2017/6/26

## 3次元格子モデル



16

Geosphere Environmental Technology Corp.

2017/6/26

### 流体

$$-\nabla \cdot (\rho_p u_p) - \sum_{k_f} F_{p,k_f} - q_p = \frac{\partial(\phi \rho_p S_p)}{\partial t} \quad \text{水・空気}$$

### 土砂

$$-\nabla \cdot (u_w C_{ss,i}) + \nabla \cdot (\varepsilon_{ss,i} \nabla C_{ss,i}) + \sum_{ks} S_{i,ks} - q_w C_{ss,i} = \frac{\partial(\phi S_w C_{ss,i})}{\partial t} \quad \text{浮遊砂}$$

### 熱

$$-\frac{1}{1-\phi} \sum_i \left( \frac{\partial T_{Bxi}}{\partial x} + \frac{\partial T_{Byi}}{\partial y} + \sum_{ks} S_{i,ks} - h_{ss,i} \right) = \frac{\partial \xi}{\partial t} \quad \text{可動床}$$

$$-\nabla \cdot (\rho_p H_p u_p) + \nabla \cdot D_p H_p \nabla C_p + \sum_{k_h} T_{p,k_h} - q_p H_p = \frac{\partial(\phi \rho_p U_p S_p)}{\partial t} \quad \text{水・空気}$$

$$\nabla \cdot \lambda_s (\nabla T_s) + \sum_{k_h} T_{s,k_h} - q_s H_s = \frac{\partial}{\partial t} [(1-\phi) \rho_s U_s] \quad \text{地層}$$

### 化学物質

$$-\nabla \cdot (u_p C_{p,i}) + \nabla \cdot D_{p,i} \nabla C_{p,i} + \sum_{k_{cf}} M_{j,k_{cf}} - q_p C_{p,i} = \frac{\partial(\phi S_p C_{p,i})}{\partial t} \quad \text{水・空気}$$

$$-\nabla \cdot \left( u_w \frac{C_{ss,i}}{\rho_{ss,i}} \right) + \nabla \cdot \varepsilon_{ss,i} \nabla \left( \frac{C_{ss,i}}{\rho_{ss,i}} \right) + \sum_{k_{cs}} M_{i,j,k_{cs}} - q_w \frac{C_{ss,i}}{\rho_{ss,i}} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{C_{ss,i}}{\rho_{ss,i}} C_{ss,i} \right) \quad \text{浮遊砂}$$

$$\sum_{k_{cs}} M_{i,j,k_{cs}} = \frac{\partial C_{ss,i}}{\partial t} \quad \text{地層}$$

## 支配方程式

15

Geosphere Environmental Technology Corp.

2017/6/26



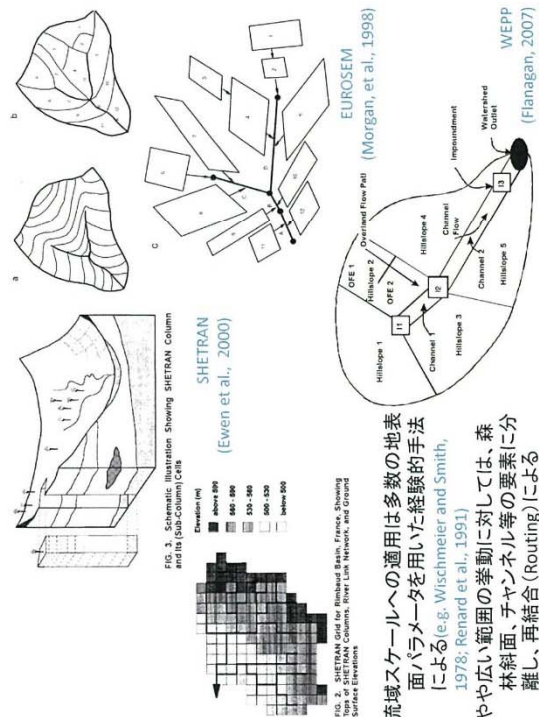
入出力情報

[illegible]

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

17



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

19

いろいろな国のシミュレータ



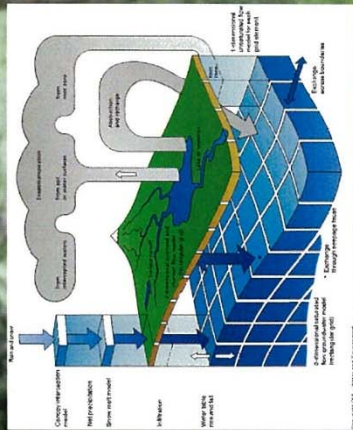
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

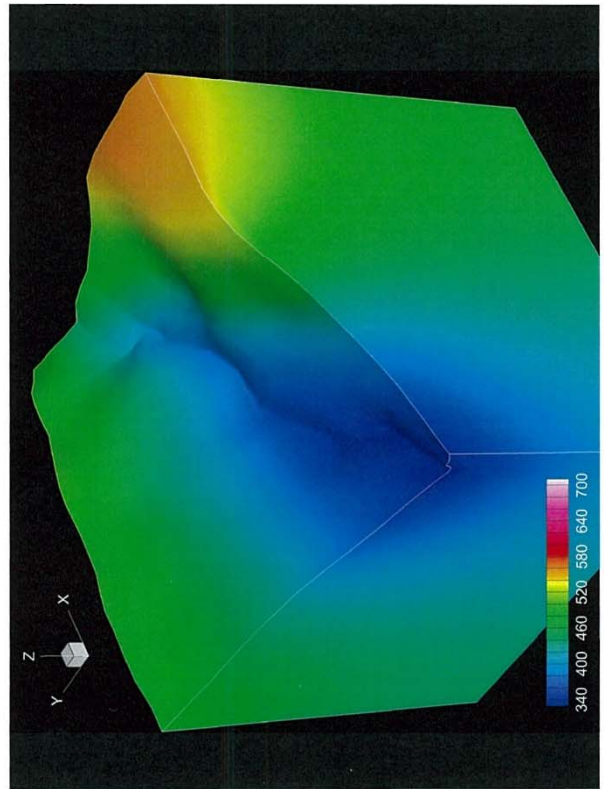




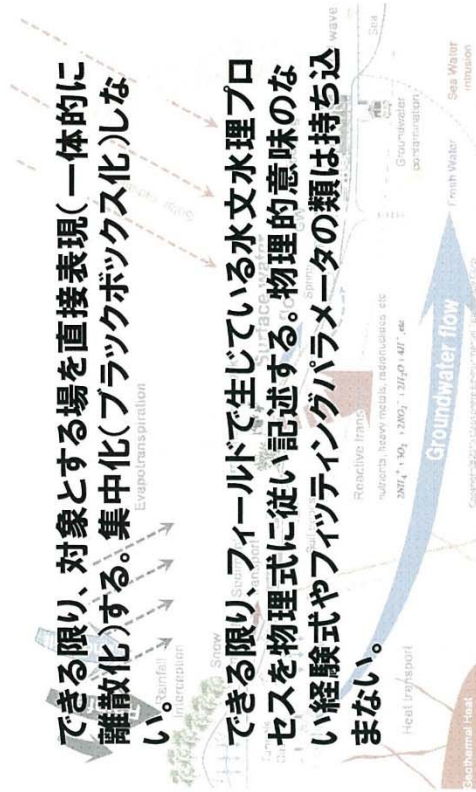
私たちは河川や斜面などの流域の構成要素を分けることができるか？



DHI water & environment

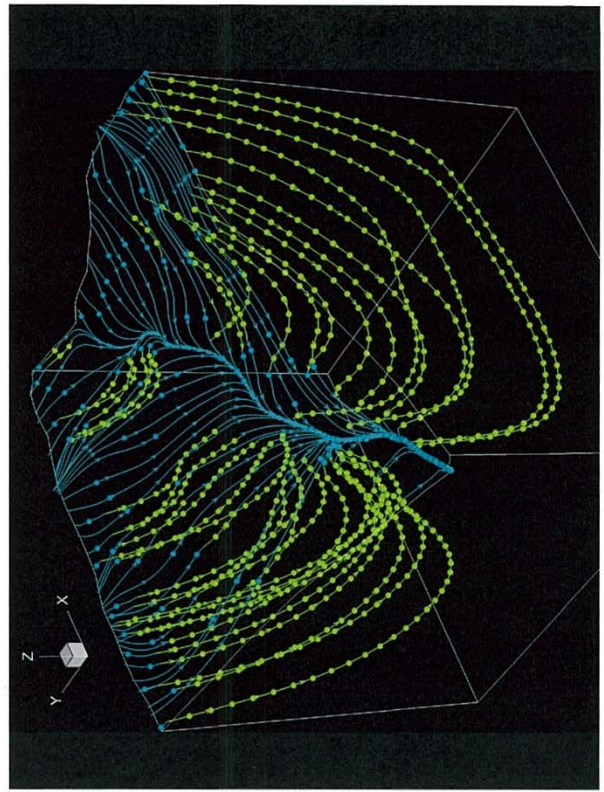


## 基本的な考え方



できる限り、対象とする場を直接表現(一体的に離散化)する。集中化(ブラックボックス化)しない。

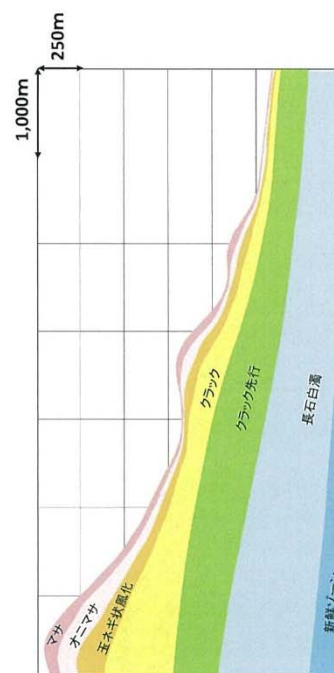
できる限り、フィールドで生じている水文水理プロセスを物理式に従い記述する。物理的意味のない経験式やフィッティングパラメータの類は持ち込まない。







## 山体に浸み込んだ地下水の流れ

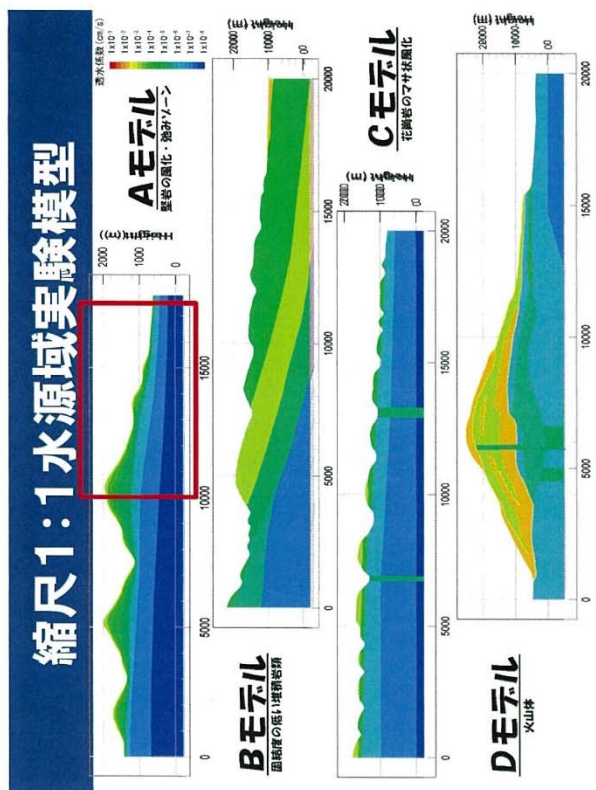


## Aモデル(堅岩の風化・弛みゾーン)

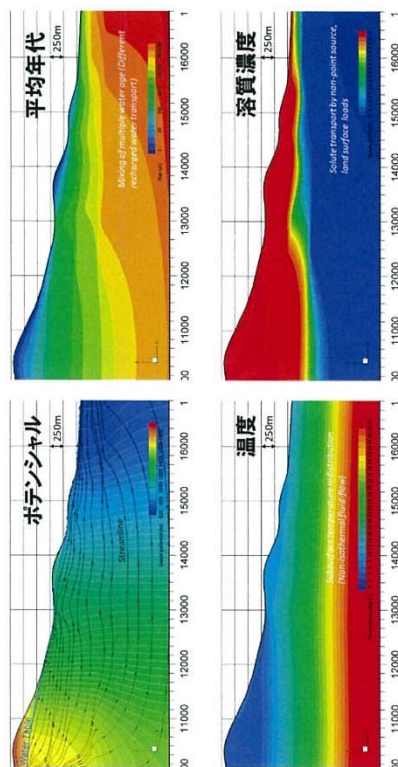
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

27



## 山体地下の流体、溶質、熱



## Aモデル(堅岩の風化・弛みゾーン)

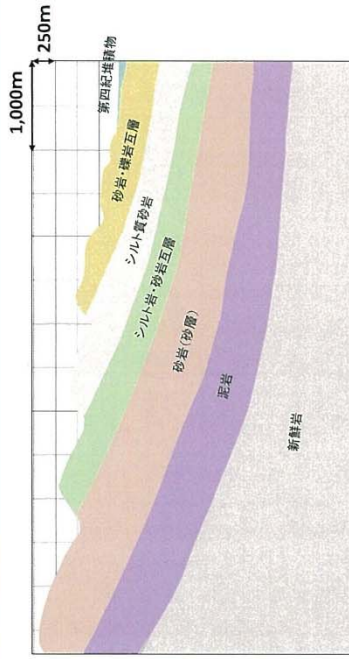
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

28



## 山体地質と地下水流動



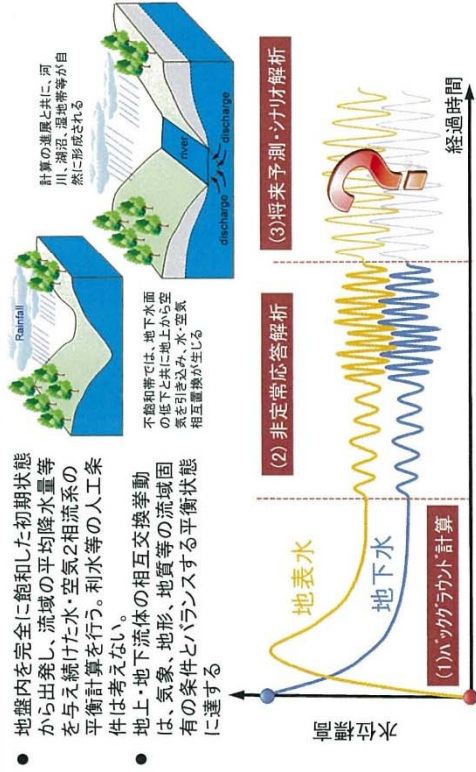
## Bモデル(固結度の低い堆積岩類)

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

29

## シミュレーション手順

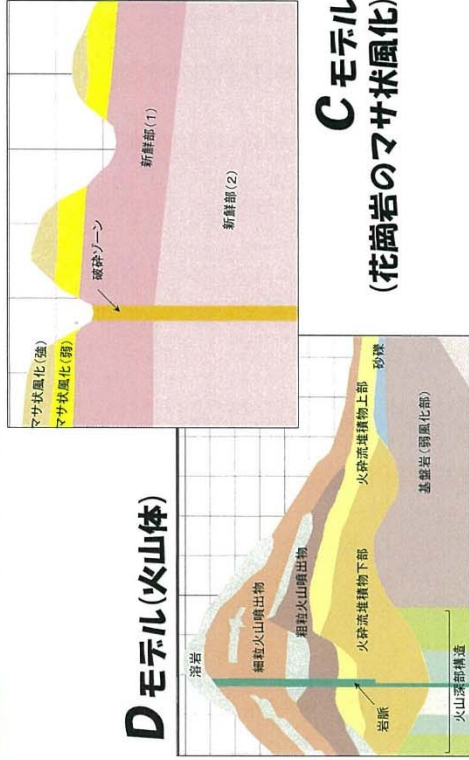


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

31

## 山体地質と地下水流動



## Dモデル(火山体)

## Cモデル(花崗岩のマサ状風化)

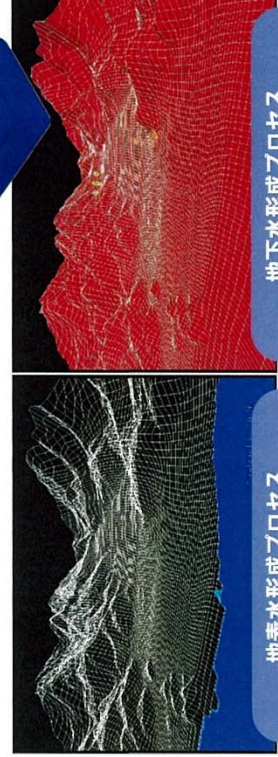
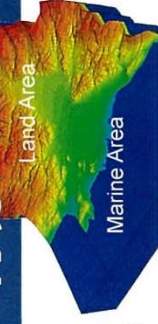
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

30

## バックグラウンドを如何に再現するか?

流域モデルに、その地域の地形、土地利用、地層の分布データ等を組み込み、雨を降らせる。長い年月のシミュレーションを続けると、安定した平衡状態に達し、地域の水の動きを知る手がかりが得られる。



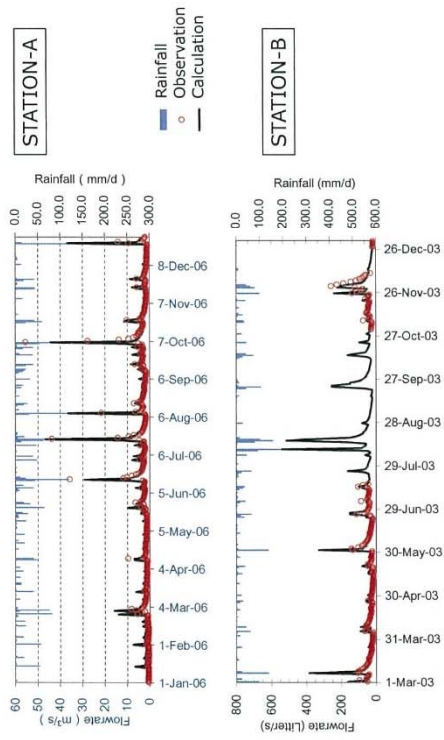
## 地表水形成プロセス

地下水が低地に湧出し河川を形成する過程

## 地下水形成プロセス

地下水面が低下し不飽和帯が発達する過程

## 河川流量変化の再現計算例

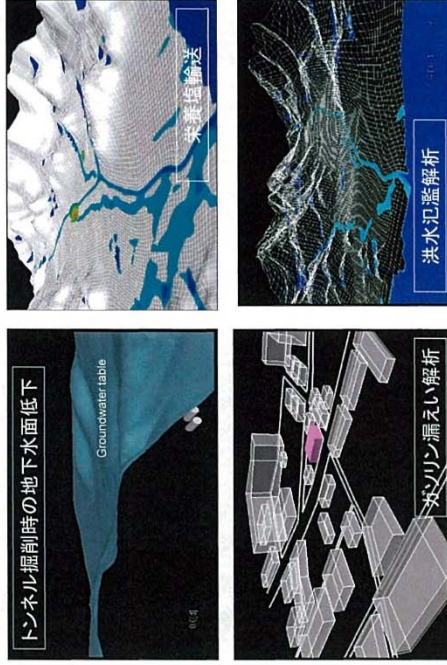


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

33

## 予測計算事例



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

34



## 2. 入出力データの構造 とモデリングフレーム ワーク

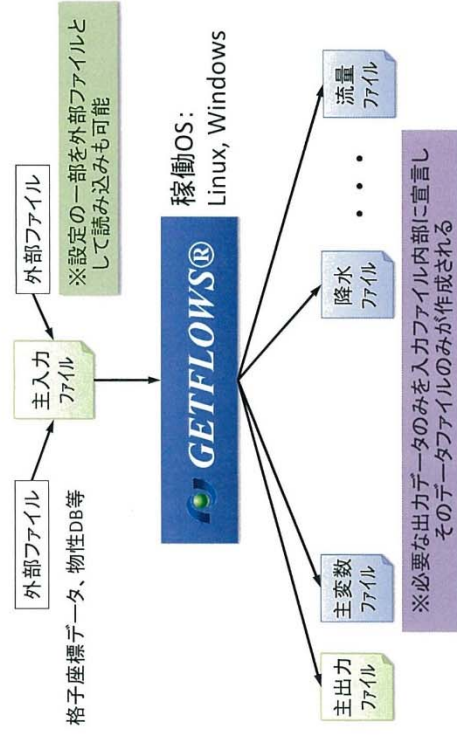
平成28年4月21日

## アウトライン

- 入出力ファイルについて
- モデリングフレームワークについて

- 入出力ファイルについて
- モデリングフレームワークについて

## 入出力ファイルシステム







## 入力ファイルの構成



Geosphere Environmental Technology Corp.

9

## 入力データ例

---

## 出力ファイル例

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

148

## 実行診断メッセージ

2017/6/20

Geosphere Environmental Technology Corp

12

- 入力値の型が異なる
- 値の範囲エラー
- 定義されていないドメインの参照
- 対象でない文字列の入力

# ドキュメント類

- 理論マニュアル
- 操作マニュアル
- 検証例題データセット集

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

## 操作マニュアル

- GETFLOWSの入カファイル規則などの利用方法についてまとめる

GET  
操作

目次

1. 基本情報

2. 入力ファイルの構成

3. 入力ファイルの作成

4. 実行

5. 出力

6. 補足

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

# 理論マニュアル

- GETFLOWSが扱う現象の支配方程式と離散化手法、数値解法などについてまとめる

GETFLOWS  
General purpose Flow Solver

目次

1. 基本情報

2. 入力ファイルの構成

3. 入力ファイルの作成

4. 実行

5. 出力

6. 補足

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

## 検証例題データセット集

- GETFLOWSに対してV&Vとして実施したテストケースのうち一部をデータセット集としてまとめる

検証例題データセット集

目次

1. 基本情報

2. 入力ファイルの構成

3. 入力ファイルの作成

4. 実行

5. 出力

6. 補足

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.



## V & V

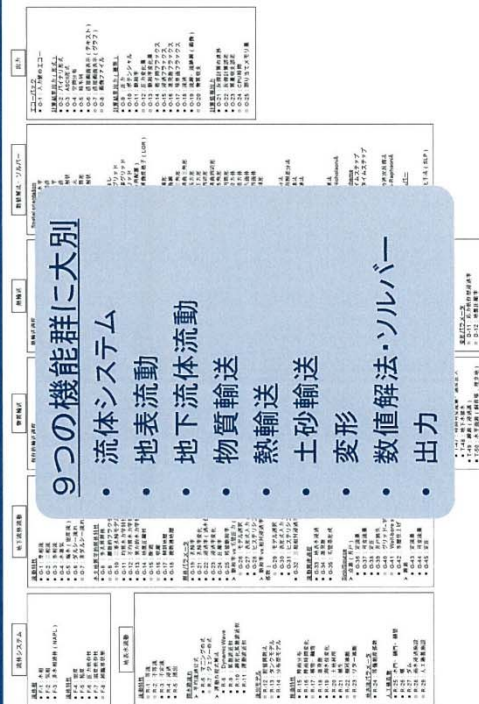
- **V&V (Verification & Validation: 検証と確認) の重要性**
  - シミュレータの品質保証
  - 解析結果を各種の許認可申請や大規模建設工事の基礎資料として利用  
する際など
- 海外での動き: V&Vプロセスの標準化
  - 原子力分野: ANS (米国原子力学会)
  - 流体解析: AIAA (米国航空宇宙学会)
  - 構造解析: ASME (米国機械学会), 英国NAFEMS
  - 地下水: U.S.EPA (米国環境保護庁), ASTM (米国材料試験協会)
- 我が国での動き
  - 日本計算工学会
  - 原子力学会・計算科学技術部会
  - 土木学会

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

17

## 水・物質循環シミュレータの機能分析リスト



※Paul K. M. van der Heijde and David A. Kanzer, 1997. Ground-Water Model Testing: Systematic Evaluation and Testing of Code Functionality and Performance, EPA/600/R-97/007. を参考に作成

## V & V の取り組み

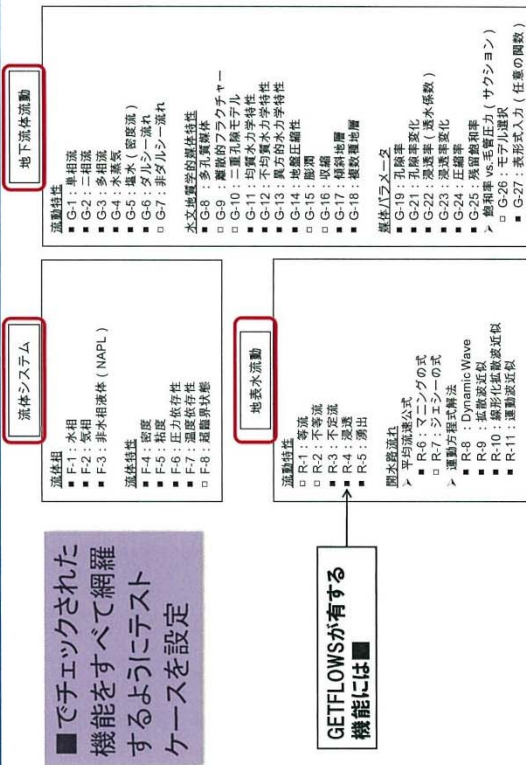
- テストケースを3つのカテゴリーに分類
  - カテゴリー0: 解析種別によらない共通機能の検証及びコードの  
基本特性の把握 (Verification)
  - カテゴリー1: コード機能の検証 (Verification)
  - カテゴリー2: モデルパラメータの確認 (Validation)
- テストケースの設計手順
  1. GCM/RCM, LSM, 地表水流動、土砂輸送、地形変化等の視点を加えた水・物質循環シミュレータの一般的な機能分析リストを作成
  2. 機能分析リストからGETFLOWSが扱える機能を抽出
  3. GETFLOWSが解析可能な解析種別を分類
  4. 解析種別ごとに取り扱う機能を抽出・整理
  5. 全機能を網羅するように解析種別ごとにテストケースを複数設定

2017/6/26

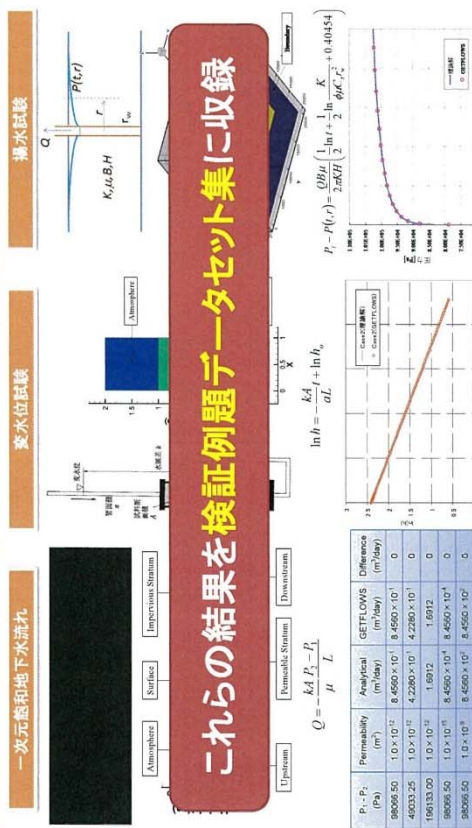
Geosphere Environmental Technology Corp.

18

## 水・物質循環シミュレータの機能分析リスト



# テストケース例

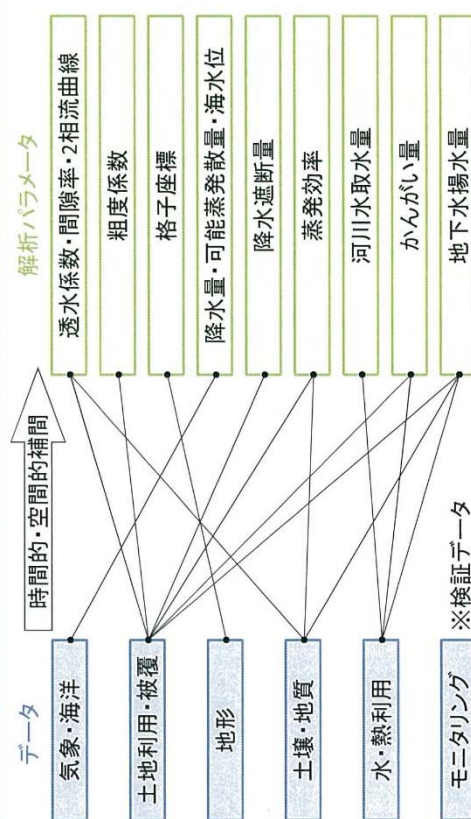


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

21

モデル化



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

23

- ・ 入出カファイルについて
- ・ モデルリングフレームワークについて

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

22

モデリングフレームワーク



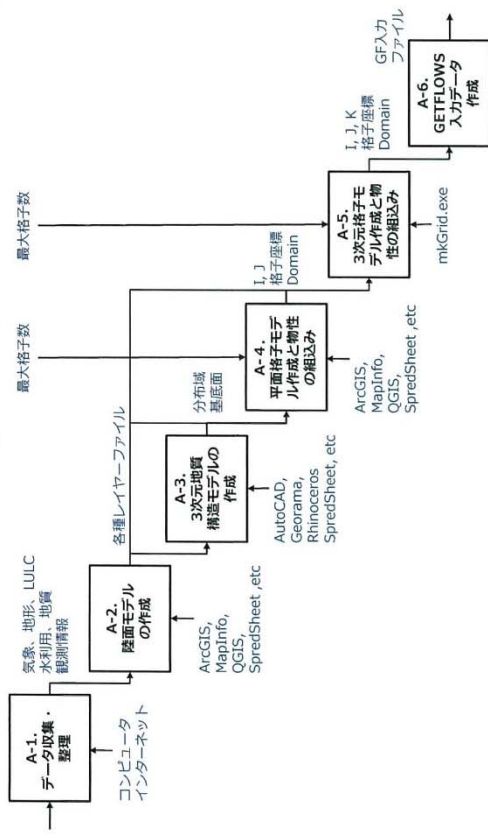
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

24



## モデリングフレームワーク-A

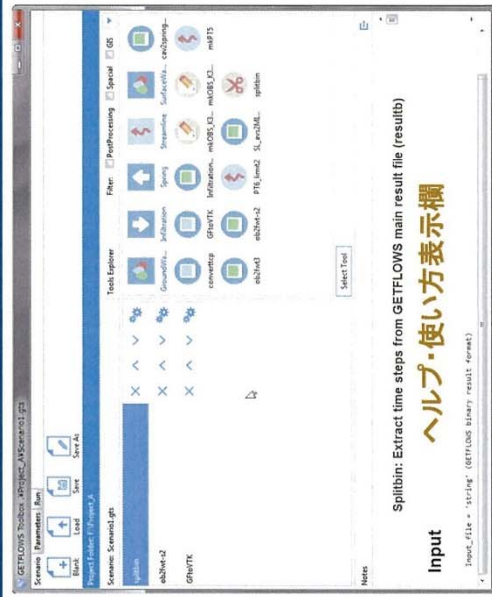


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

25

## GETFLOWS ToolBox© ツール選択画面



2017/6/26

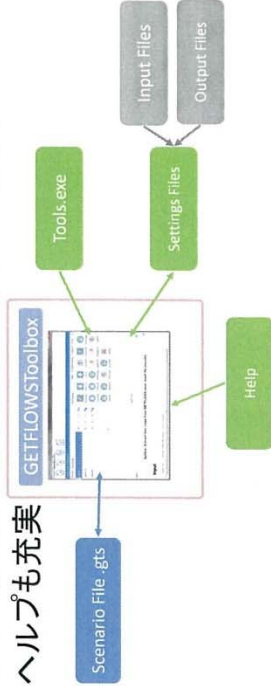
Geosphere Environmental Technology Corp.

27

## GETFLOWS ToolBox©

### 特徴:

- プリ・ポストの道具箱
- 使いたいツールを複数選択して一括処理が可能
- 手順と設定をシナリオとして保存して再利用
- ヘルプも充実

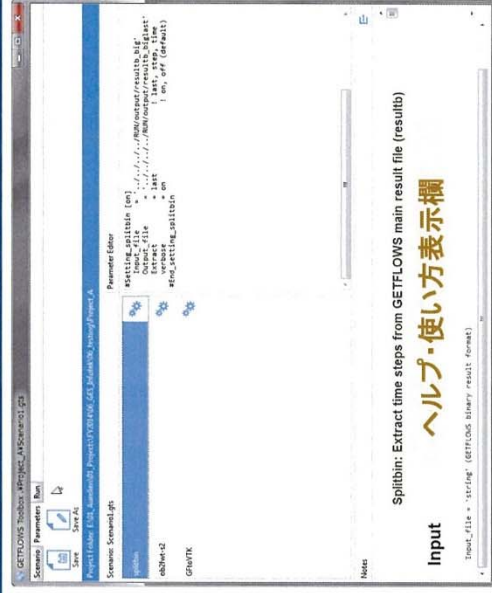


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

26

## GETFLOWS ToolBox© 各ツールの設定



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

28

## GETFLOWS Toolbox© 実行画面

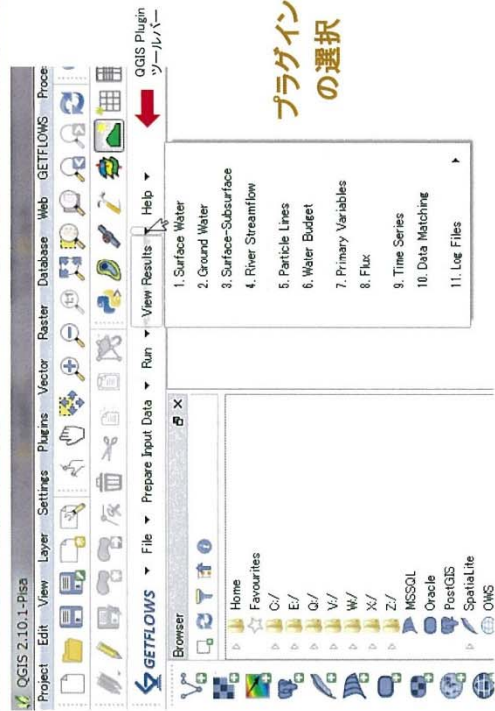


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

29

## GETFLOWS QGIS Plugin [planned]



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

31

## QGIS

充実した機能を備えたオープンソースGISの活用

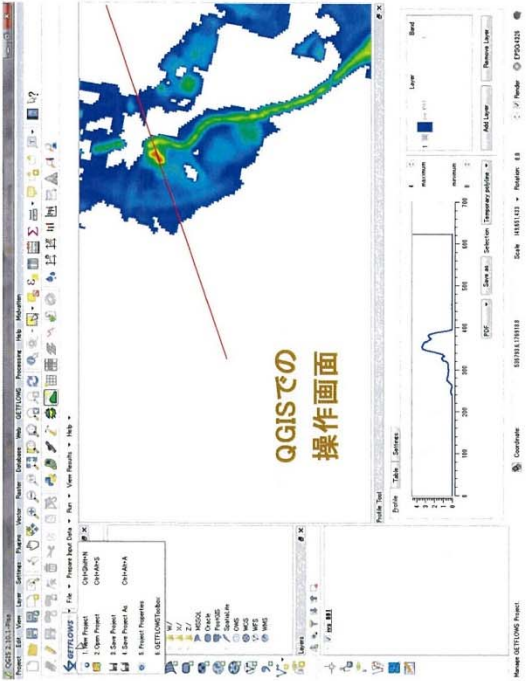


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

30

## GETFLOWS QGIS Plugin [planned]



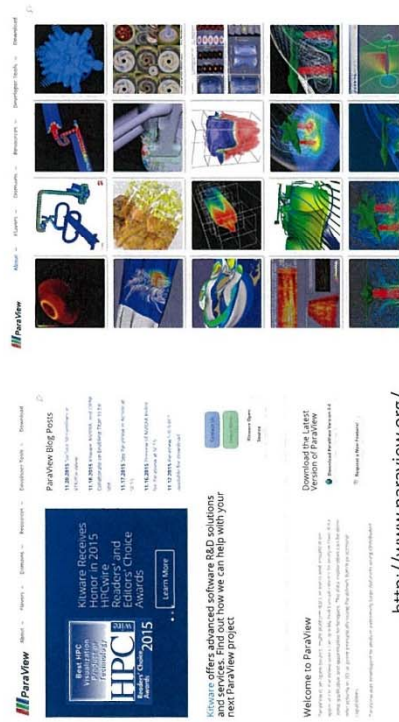
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

31

# ParaView

## フリーの三次元可視化ソフト



<http://www.paraview.org/>

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

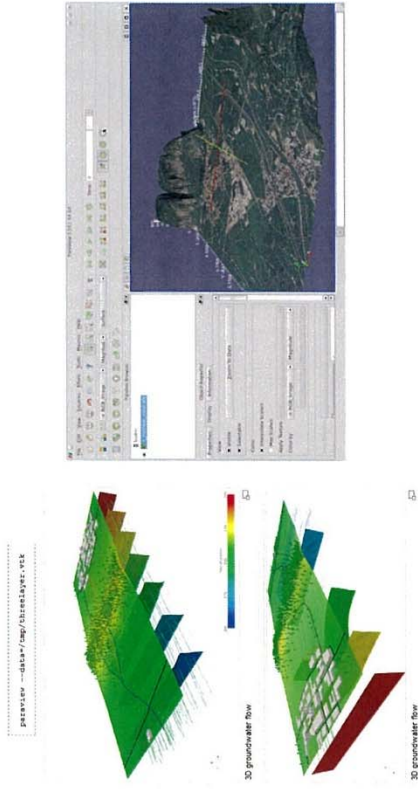
33

2017/6/26

[[https://grasswiki.osgeo.org/wiki/GRASS\\_and\\_Paraview](https://grasswiki.osgeo.org/wiki/GRASS_and_Paraview)]

Geosphere Environmental Technology Corp.

## Example: Paraview+GIS



[[https://grasswiki.osgeo.org/wiki/GRASS\\_and\\_Paraview](https://grasswiki.osgeo.org/wiki/GRASS_and_Paraview)]

Geosphere Environmental Technology Corp.



### 3. 解析モデルの構築

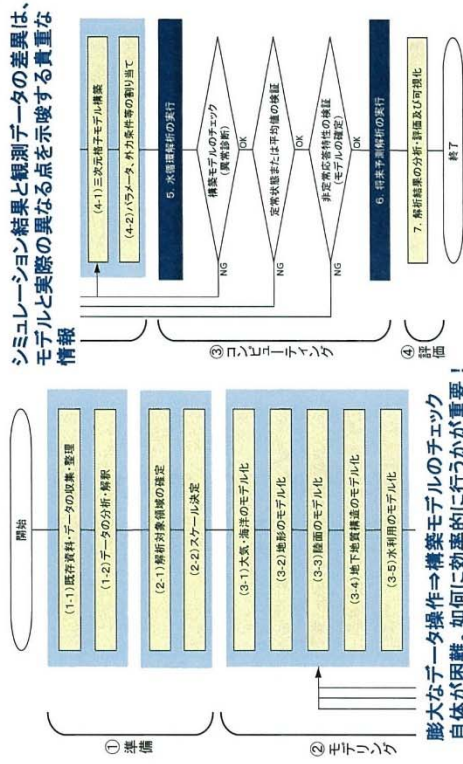
- ① データの収集・整理・分析・解釈
- ② 解析対象領域・スケールの決定
- ③ モデル化
- ④ 三次元格子モデルの構築

平成28年4月21日

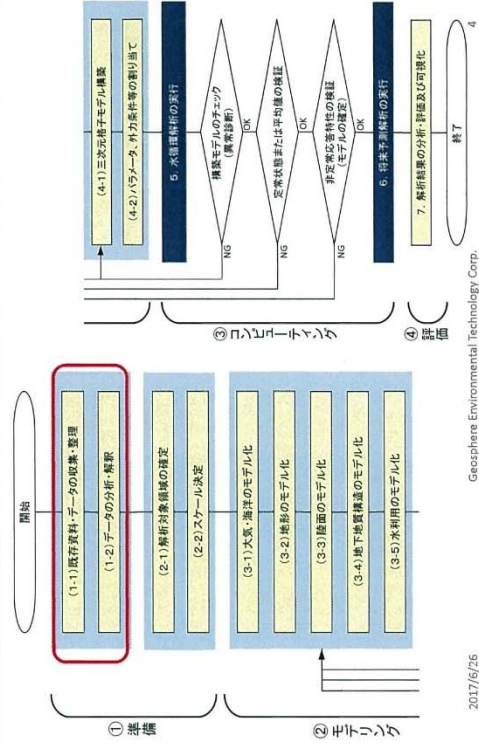
【3-①】

### データの収集・整理・分析・解釈

### 水循環解析の手順



### データの収集・整理・分析・解釈



## 国内外の主なデータベース例(1／3)

国内の公開データは充実(国土交通省、環境省、農林水産省、経済産業省など)。海外は国によって差が顕著。開発途上国のデータは国連や欧米機関の発表データを利用。

| 分類 | データ項目 | 国内外データベース                 |                                                               |
|----|-------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
|    |       | 国内データベース                  | 海外データベース                                                      |
| 気象 | 降水    | 気象庁AmeDAS (MLIT)          | 気象庁世界の天候データベース(ClimatView (JMA))                              |
|    |       | 水文水質データベース (MLIT)         | GHON (Global Historical Climatology Network) (NOAA)           |
|    |       | レーダー・アメダス解析雨量 (JMBSC/JMA) | GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) (JST/CREST) |
|    |       | メッシュ年平均値 (JMBSC/JMA)      | TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) (JAXA/EORC)        |
|    | 気温    | 気象庁AmMeDAS (MLIT)         | 気象庁世界の天候データベース(ClimatView (JMA))                              |
| 気象 | 日照時間  | メッシュ年平均値 (JMBSC/JMA)      | GHON (Global Historical Climatology Network) (NOAA)           |
|    | 積雪深   |                           |                                                               |
|    | 全日日照量 |                           |                                                               |
|    | 気圧    | 気象庁AmMeDAS (MLIT)         | GHON (Global Historical Climatology Network) (NOAA)           |
|    | 風速    |                           |                                                               |
| 海洋 | 相対湿度  | 気象庁AmMeDAS (MLIT)         | GHON (Global Historical Climatology Network) (NOAA)           |
|    | 潮位    | 気象庁満位観測情報 (JMA)           | Monthly mean sea level (PSMSL)                                |
|    |       | 国土地理院潮位データ (MLIT)         | International sea level (BODC)                                |
|    |       |                           | University of Hawaii Sea Level Center (UHSLLC)                |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

5

## 国内外の主なデータベース例(3／3)

国内外ともに、水利用(地表水、地下水)に関するデータは入手困難

| 分類     | データ項目  | 国内外データベース           |                                                                                 |
|--------|--------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|        |        | 国内データベース            | 海外データベース                                                                        |
| 水利用    | 河川取排水  | 河川整備計画 (MLIT)       |                                                                                 |
|        | かんがい用水 | 主要水系調査 (MLIT)       |                                                                                 |
|        |        | 農業用地下水利用実態調査(MAFF)  | AQUASTAT (FAO)                                                                  |
|        | ダム・堰   | ダム便覧                |                                                                                 |
|        |        | 国土数値情報 (MLIT)       | AQUASTAT (FAO)                                                                  |
|        | 地下水揚水  | 主要水系調査 (MLIT)       |                                                                                 |
|        |        | 農業用地下水利用実態調査 (MAFF) |                                                                                 |
| モニタリング | 上下水道   | 全用地盤情報データベース(環境省)   |                                                                                 |
|        | ポンプ所   | 主要水系調査 (MLIT)       |                                                                                 |
|        |        | 自治体水道局資料等           |                                                                                 |
|        | 河川流量   | 水文水質データベース (MLIT)   | Global River Discharge Database (SAGE) Long-Term Mean Monthly Discharges (GRDC) |
|        | 地下水位   | 水文水質データベース (MLIT)   | Global Groundwater Monitoring Network (IGRAC)                                   |
|        | 水質・水温  | 地下水マップ (MLIT)       |                                                                                 |
|        |        | 水基本調査(地下水調査) (MLIT) |                                                                                 |
|        |        | 全用地盤情報データベース(環境省)   |                                                                                 |
|        |        | 水文水質データベース (MLIT)   | Global Environment Monitoring System (GEMStat)                                  |
|        |        |                     | Global River Sediment Yields Database (FAO)                                     |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

7

## 国内外の主なデータベース例(2／3)

| 分類        | データ項目     | 国内外データベース                   |                                                                                     |
|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|           |           | 国内データベース                    | 海外データベース                                                                            |
| 土地利用・土地被覆 | 土地利用・土地被覆 | 国土数値情報 土地利用 (MLIT)          | 国立環境研究所全球土地被覆図 GLCNMO (Global Land Cover by National Mapping Organizations) (ISCGM) |
|           |           | AVNIR-2高解像度土地利用土地被覆図 (JAXA) | Global Land Cover Characterization (USGS)                                           |
|           | 植生        | 自然環境保全基礎調査植生図(環境省)          |                                                                                     |
| 地形        |           | 土地保全基本調査シェムレス土地保全図 (MLIT)   |                                                                                     |
|           | 陸域        | 基礎地図情報メッシュ標高 (GSI)          | SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (NASA)                                      |
|           |           | 数値地図メッシュ標高 (MLIT)           | ASTER-GDEM(宇宙システム開発利用促進機構)                                                          |
|           | 河川・湖沼等    | 国土数値情報 (MLIT)               | GLOBE (Global Land One-kilometer Base Elevation) (NOAA)                             |
|           |           | 河川整備計画 (MLIT)               | HYDRO1K (USGS)                                                                      |
| 土壌・地質     | 海城        | 国土地理院旧地形図                   | SRTM Water Body Dataset                                                             |
|           |           | 国土地理院湖沼図                    | ETOPO (NOAA)                                                                        |
|           | 表層土壌      | 日本海洋データセンター J-EGG500        |                                                                                     |
|           |           | 海上保安庁海図 (MLIT)              |                                                                                     |
|           | 地下地質      | 土地分類基本調査図 (MLIT)            |                                                                                     |
|           |           | 土壌情報閲覧システム(農業環境技術研究所)       |                                                                                     |
|           |           | 産業総合研究所シェムレス地質図             | World Geologic Maps (USGS)                                                          |
|           |           | 水理地質図 (MLIT)                |                                                                                     |
|           |           | 土地分類基本調査図 (MLIT)            |                                                                                     |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

6

【3-2】  
解析対象領域・  
スケールの決定

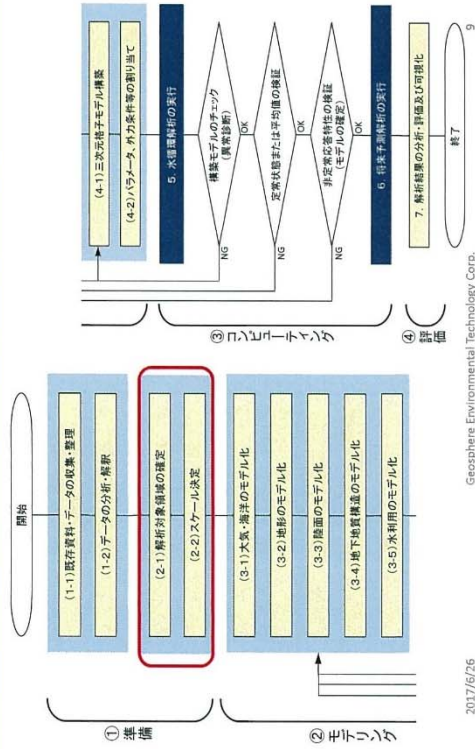
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

8



## 解析対象領域・スケールの決定



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

## 解析対象領域の決定(2/2)

- 国土交通省国土数値情報 \*\*\*
- 河川整備計画
- HYDRO1K, USGS (U.S. Geological Survey)  
<http://eros.usgs.gov/elevation-products>
- Global Drainage Basin Database (GDBD),  
Center for Global Environmental Research,  
Japan  
[http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd\\_index.html](http://www.cger.nies.go.jp/db/gdbd/gdbd_index.html)



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

11

## 解析対象領域の決定(1/2)

- 通常は地形から判読される河川流域を設定する
- 地質構造などによって無視できない隣接流域間の地下水流動が推定される場合、やや広めの領域を設定する
- 深度方向は底面境界が浅部地下水流動と干渉しない十分な範囲までを含める必要がある

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

10

## 平面の格子数概算(1/2)

- 計算機の性能
  - 単体計算と並列計算
  - 1CPUあたりおよそ80万格子(3次元)が目安
  - GETで近年行っている解析では平均 100万～200万格子(3次元)
  - 最大で4000万格子規模の3次元解析の実績
- 総格子数の概算
  - 最低3層(大気層、地表層、表土層)

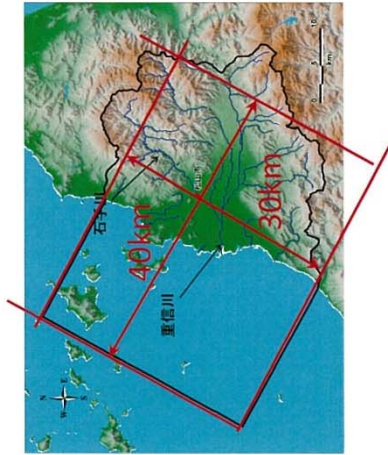
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

12



## 平面の格子数概算(2/2)



| Cell Size (m) | Grid No. without Dummy (D) | Grid No. without Dummy (D) |
|---------------|----------------------------|----------------------------|
| 1             | 15,000,000,000,000         | 450,000,000,000            |
| 5             | 600,000,000,000            | 18,000,000,000             |
| 10            | 150,000,000,000            | 4,500,000,000              |
| 20            | 37,500,000,000             | 1,125,000,000              |
| 30            | 25,000,000,000             | 750,000,000                |
| 40            | 18,750,000,000             | 562,500,000                |
| 50            | 15,000,000,000             | 450,000,000                |
| 60            | 12,500,000,000             | 375,000,000                |
| 70            | 10,714,285,714             | 321,428,571                |
| 80            | 9,375,000,000              | 281,250,000                |
| 90            | 8,333,333,333              | 250,000,000                |
| 100           | 7,500,000,000              | 225,000,000                |
| 120           | 6,250,000,000              | 187,500,000                |
| 150           | 5,000,000,000              | 150,000,000                |
| 200           | 3,750,000,000              | 112,500,000                |
| 300           | 1,875,000,000              | 56,250,000                 |
| 400           | 937,500,000                | 28,125,000                 |
| 500           | 600,000,000                | 18,750,000                 |

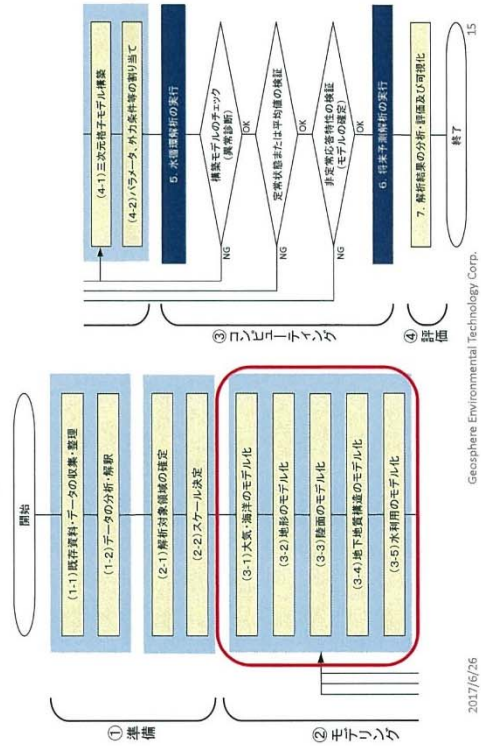
No. of K-Layer: 30

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

13

## モデル化



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

15

【3-3】

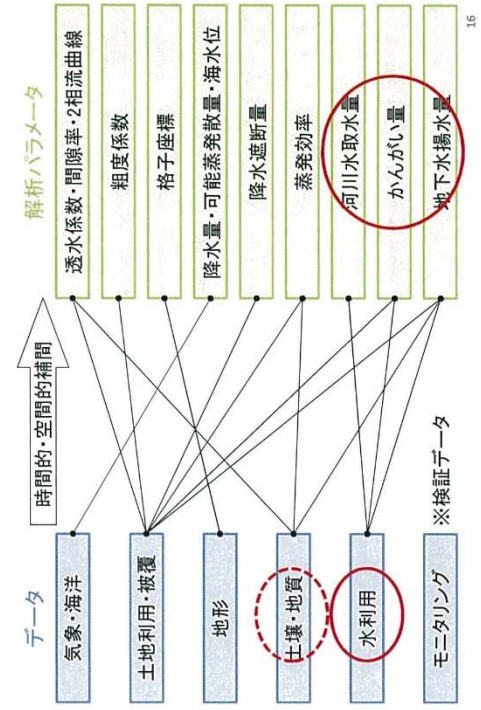
## モデル化

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

14

## モデル化＝情報の時間、空間補間



16

【3-④】

## 三次元格子モデルの構築

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

17

## 三次元格子の作成の流れ

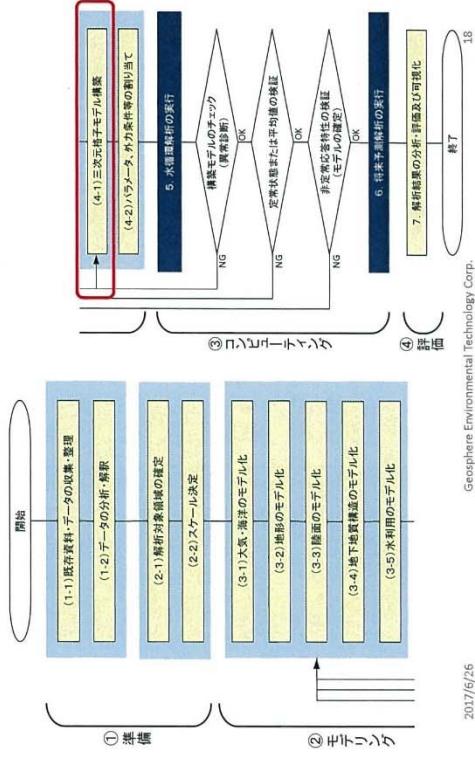
- 平面格子を作成する
  - a. コントロールラインの定義
  - b. 平面格子の離散化
  - c. 平面格子の構造の確認
- 作成した平面格子に対して3次元化に必要なデータを割り当てる
- 深度方向に拡張することで3次元格子モデルを作成する

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

19

## 三次元格子モデルの構築



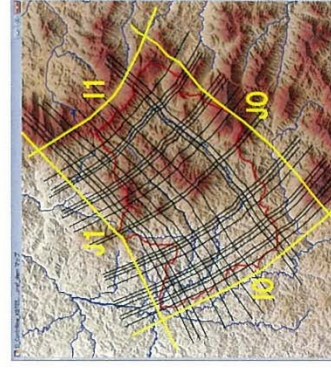
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

18

## a. コントロールラインの定義

- 最も外側の4本のライン (I0, I1, J0, J1) をまず作成する
- コントロールラインは対象領域の河川や地形的特徴 (尾根・谷など) に沿うように作成する



2017/6/26

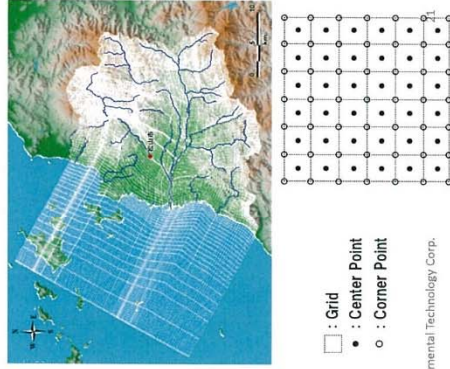
Geosphere Environmental Technology Corp.

20



## b. 平面格子の離散化

- コントロールライン間の間隔を埋め、平面格子を離散化する
- 平面格子はgrid, center point, corner point から成る



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

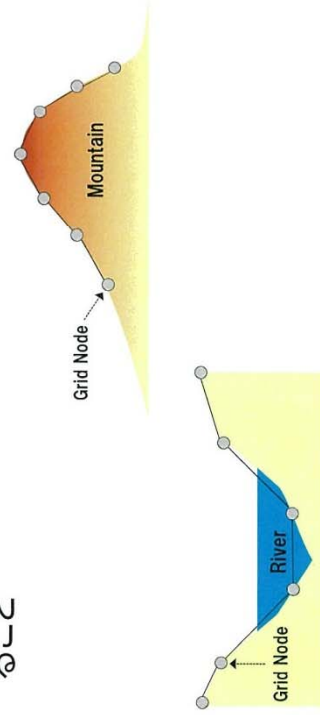
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

22

## 平面格子作成時の着目点(1/2)

- 細かな地形起伏がモデル上で表現されていること



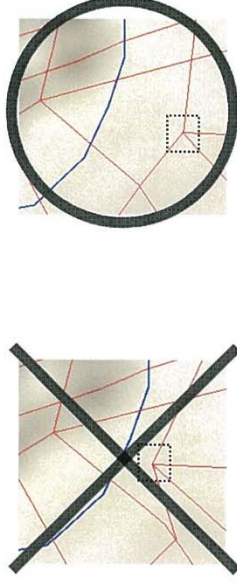
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

23

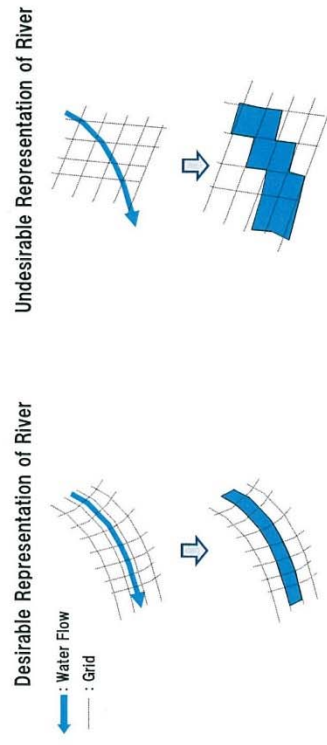
## c. 平面格子の構造の確認

- 格子構造を維持すること



## 平面格子作成時の着目点(2/2)

- 河道形状、着目している対象、範囲などがモデル上で表現できていること

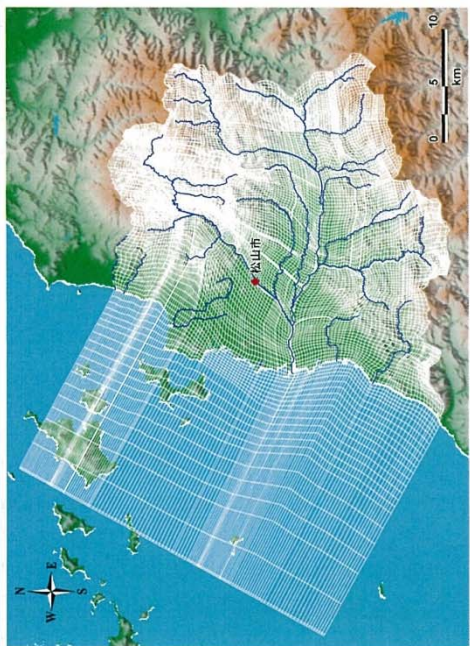


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

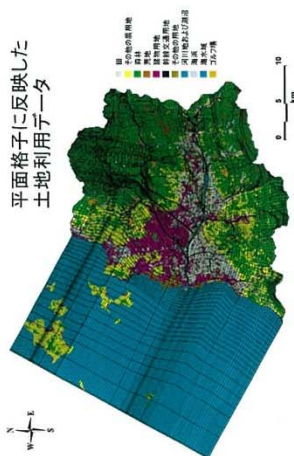
24

# 平面格子の例

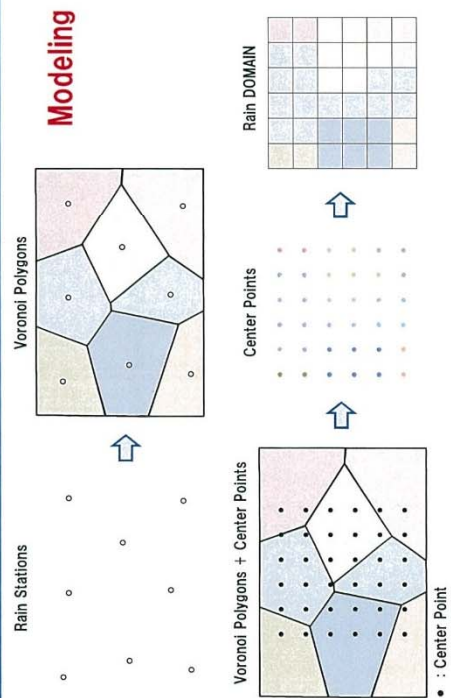


## 収集データの平面格子への反映(1/3)

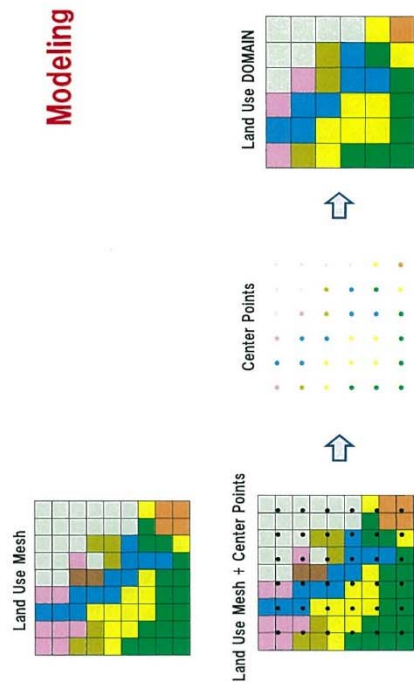
- 気象データの空間分布や植生・土地利用の分布、地形、地質の三次元データ、水利用データを平面格子に反映する
- この情報は、次の三次元格子モデル構築およびデータの割り当ての際に使用される



## 収集データの平面格子への反映(2/3)



### 収集データの平面格子への反映(3/3)





## 収集データの3次元格子への反映(1/2)

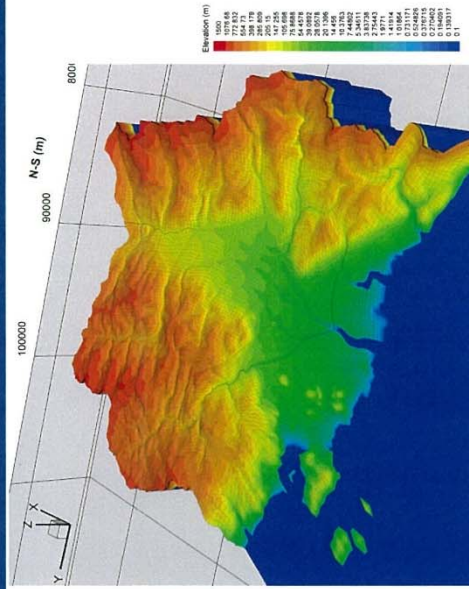
- 構築した三次元格子モデルの各格子に収集したデータを個別に割り当て、DOMAINデータを作成
- DOMAINデータとは
  - 任意の複数格子の集まりからなる格子群を示し、それぞれに固有の名称が定義される
  - DOMAINに登録する格子は、格子番号IJKを用いる
  - 地質、土地利用、境界条件の種別等に対して定義されたDOMAINは入力ファイル全体で共通に参照することができ、入力条件の設定を容易にする

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

29

## 平面格子から三次元格子へ

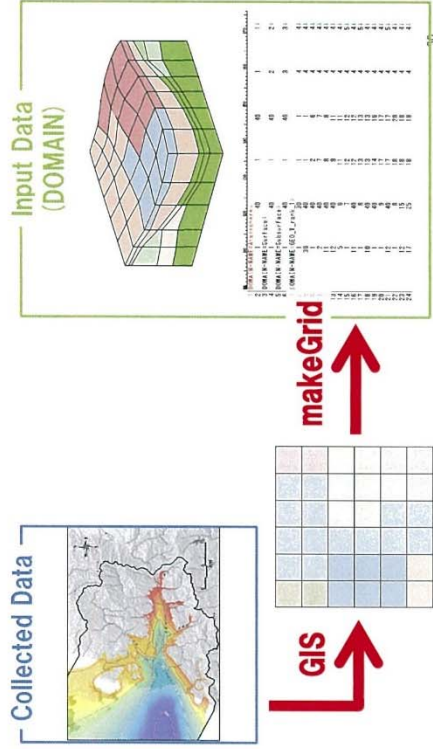


2017/6/26

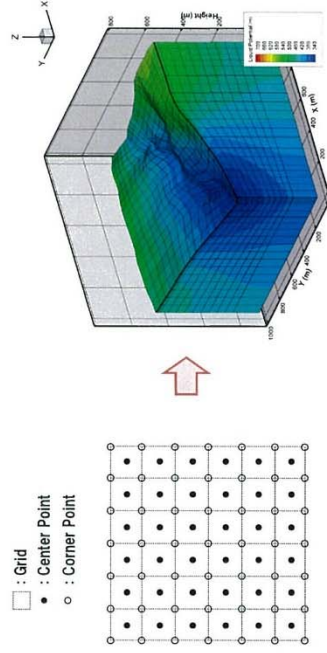
Geosphere Environmental Technology Corp.

31

## 収集データの3次元格子への反映(2/2)



## 三次元格子の作成



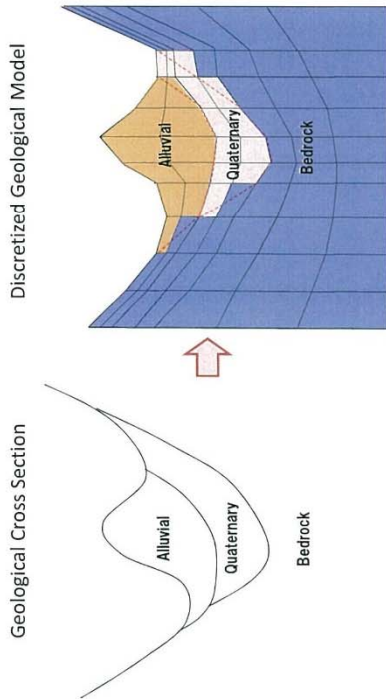
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

32



## mkGrid program

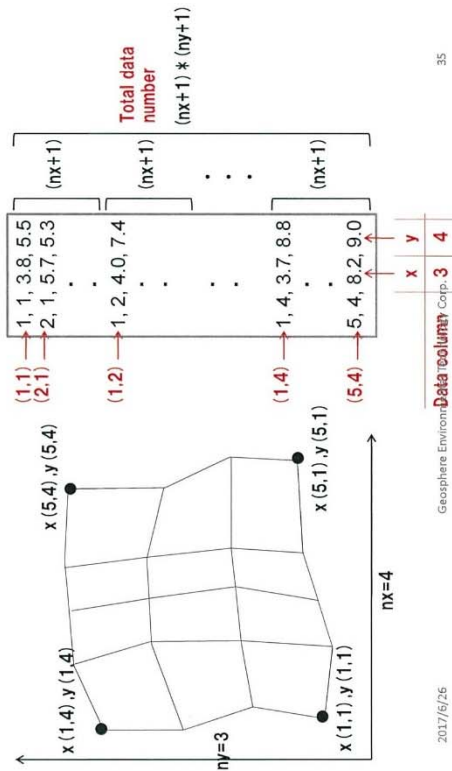


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

33

## 平面格子座標データ



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

35

## 三次元格子の作成の準備

### 入力データ

- 平面格子座標データ
- 地形標高データ
- 地質基底面標高データ
- 土地利用データ

### makeGrid ツール

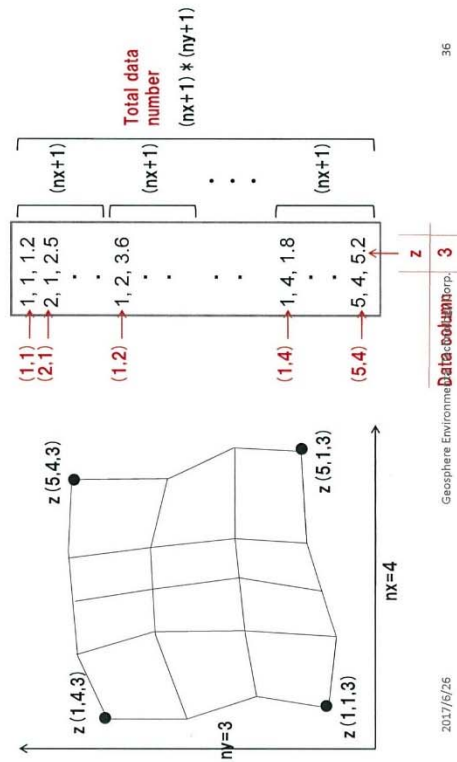
(2次元格子を下方へと押し出し3次元格子を作成するプログラム)

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

34

## 地形標高データ

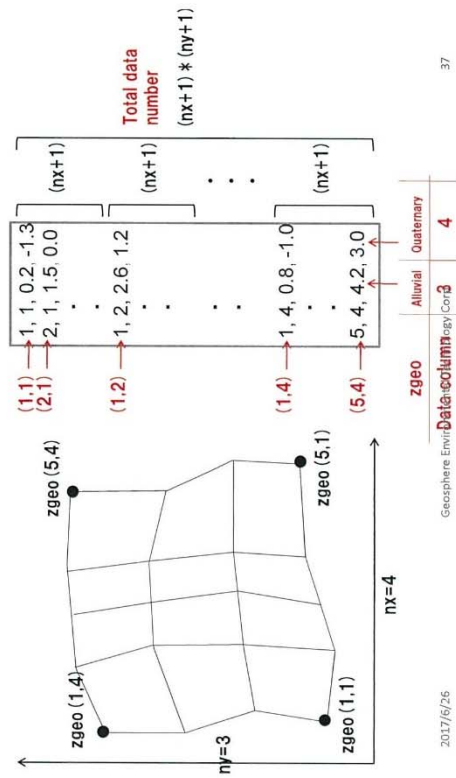


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

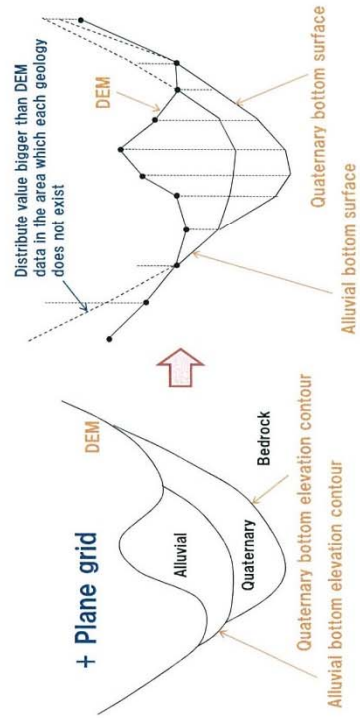
36

## 地質基底面標高データ

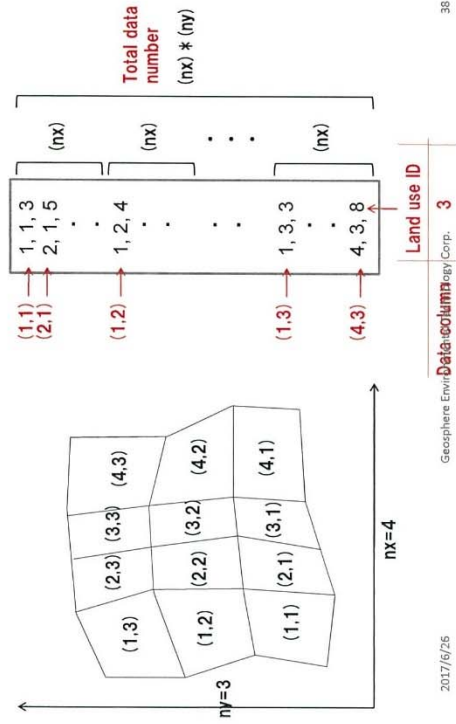


## 三次元格子作成の手順(1/3)

- ① データの収集・準備  
(平面格子、地質基底面コンター)
- ② 平面格子の各コーナポイント  
へのデータの割り当て

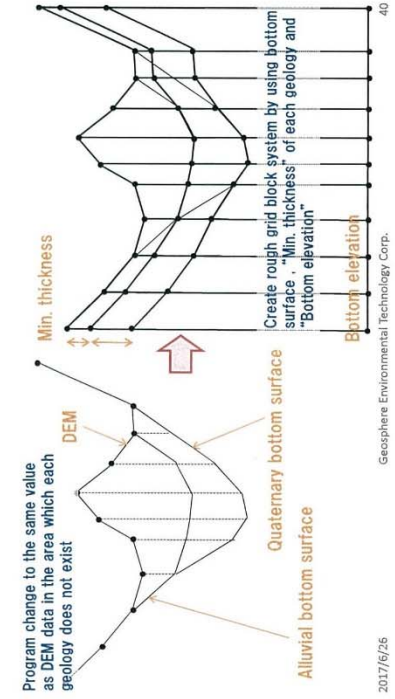


## 土地利用データ



## 三次元格子作成の手順(2/3)

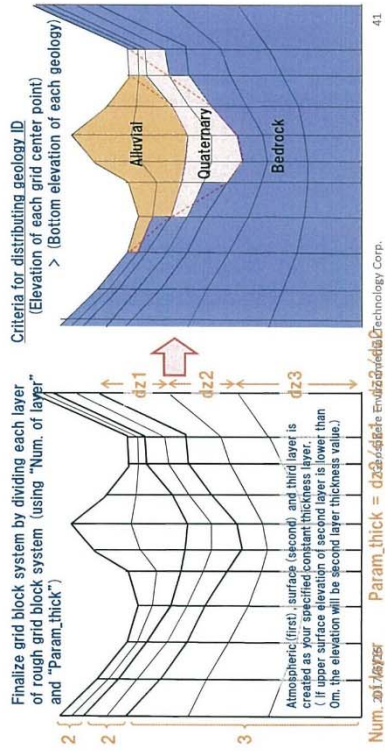
- ③ プログラム実行、データの処理
- ④ 平面格子から三次元格子の作成



## 三次元格子作成の手順(3/3)

### ⑤ 3次元格子の確定

### ⑥ 地質データの割り当て



41

Geosphere Environmental Technology Corp.

## パラメータの設定 (makeGrid 1/2)

#X-Y-Z Coordinate Information

| File name | Data column         |
|-----------|---------------------|
| X         | Coord_geo_001.MID 3 |
| Y         | Coord_geo_001.MID 4 |
| Z (DEM)   | Coord_geo_001.MID 5 |

#LAYER Thickness Information

| Thickness  |       |
|------------|-------|
| Atmosphere | 1.0   |
| Surface    | 100.0 |
| Subsurface | 1.0   |

#BEDROCK Information

| Bottom elevation | Num. of layer | Param.thick |
|------------------|---------------|-------------|
| Bedrock          | -100.0        | 10          |
|                  |               | 1.2         |

#GEOLOGY Information

| Geology name | Number of geology | Thickness | Num. of layer | Param.thick | File name         | Data column |
|--------------|-------------------|-----------|---------------|-------------|-------------------|-------------|
| GEO_W_rank_1 | 3.0               | 8.0       | 3             | 1.0         | Coord_geo_001.MID | 6           |
| GEO_W_rank_2 | 8.0               | 4         | 4             | 1.0         | Coord_geo_001.MID | 7           |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

43

Geosphere Environmental Technology Corp.

## GETFLOWStoolbox© シナリオ



42

Geosphere Environmental Technology Corp.

## パラメータの設定 (makeGrid 2/2)

#LAND use Information

| Land use name | ID |
|---------------|----|
| LAU.Forest    | 5  |
| LAU.RiverLake | 11 |

File name Data column

| File name   | Data column |
|-------------|-------------|
| LAU_001.MID | 6           |

! Land use name : Land use name written in region file  
! ID : ID number corresponding to "Land use name"  
! File name : File name of land use ID data stored  
! Data column : The Number of data stored column

#NUMBER of grid information for each-direction

| Grid number of I-J-K direction |
|--------------------------------|
| 40 40 20                       |

#GRID file information for output

| Output grid file name |
|-----------------------|
| "grid.001"            |

#REGION file information for output

| Output region file name | File format (1=old, 2=new) |
|-------------------------|----------------------------|
| "domain.001"            | 2                          |

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

44

Geosphere Environmental Technology Corp.



## パラメータの設定 (ConvertTcp)

[illegible]

☐ User have to specify

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

45

46

# シナリオの実行

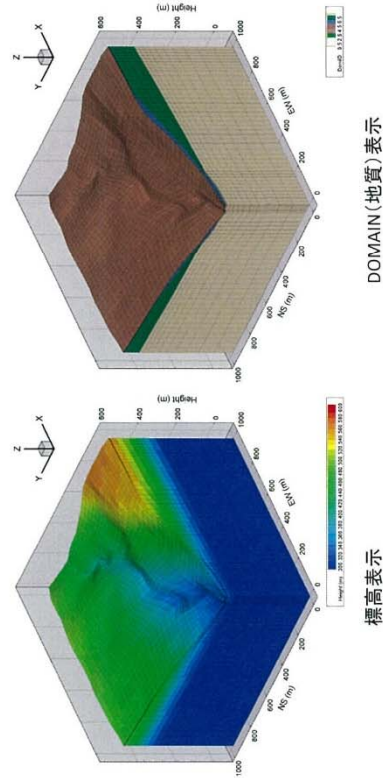


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

46

# Tecplotで確認



DOMAIN(地質)表示

### 示標高表示

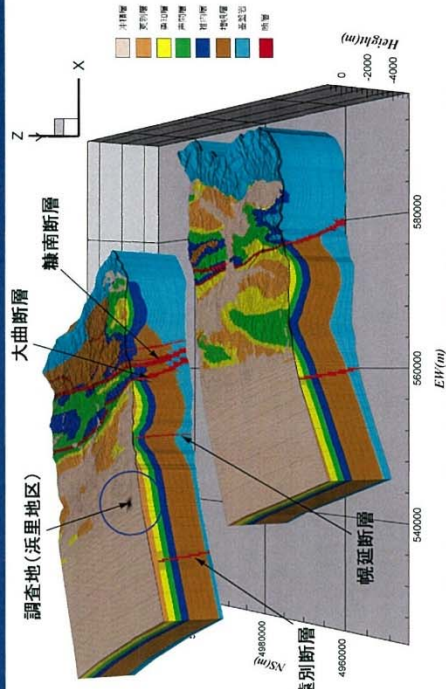
2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

47

48

## 断層破碎帯の割り当て

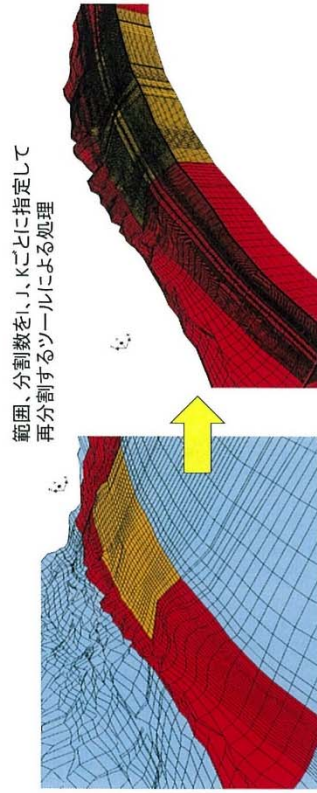
 $EW(m)$ 

出典：多田和広、田中眞樹、森澤二、倉田眞行、井原浩二、柳澤成範、丸井雄一、池澤雄一による「環境問題と社会の基盤研究」その1「環境沿岸域を対象とした地球下水流動モデルの開発」日本水文学会 2008年秋学術大会要旨集要目 216-221。  
Geosphere Environmental Technology Corp.

2017/6/26

48

## 三次元格子の細分化(再分割)





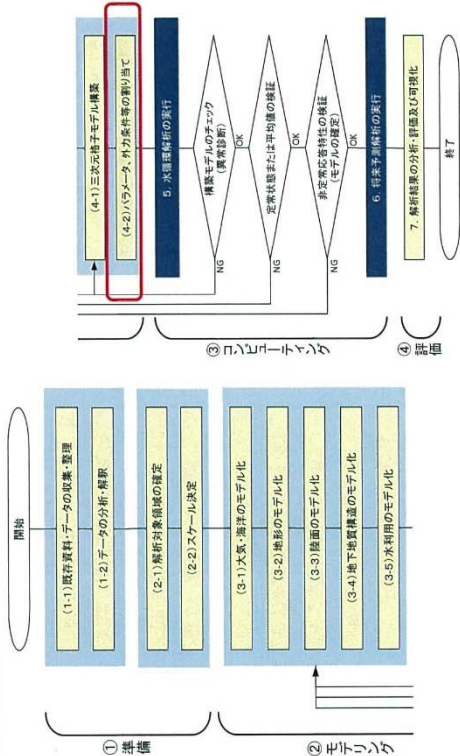
一般社団法人応用地質学会  
廃棄物処分における地質環境調査・解析手法に関する研究小委員会臨向け  
地下流体の数値解析手法に関する講習会

## 4.入力データ作成・実行・監視

- ① 入力データの作成
- ② GETFLOWSの実行・監視

平成28年4月21日

## 入力データの作成



## 【4-①】 入力データの作成 パラメータ・外力条件等の割り当て

## ブロックリスト

|                            | 必須 | デフォルト | 任意 |                             | 必須 | デフォルト | 任意 |
|----------------------------|----|-------|----|-----------------------------|----|-------|----|
| 解析コントロールデータ                |    |       |    | #SOLID-COMPRESSIBILITY      | ✓  |       |    |
| #TITLE-OF-SIMULATION       | ✓  |       | ✓  | #WPF-TABLE                  | ✓  |       |    |
| #JOB-CONTROL               |    | ✓     |    | #ASPERITY                   | ✓  |       |    |
| #SOLVER-CONTROL            |    | ✓     |    | #REDUCIBLE-SATURATION       | ✓  |       |    |
| #TIMESTEP-CONTROL          |    | ✓     |    | 領域分割データ                     |    |       |    |
| #FLUID-SYSTEM              | ✓  |       |    | #DOMAIN-SET                 |    |       | ✓  |
| #FLOW-TYPE                 |    |       |    | #DOMAIN-ALIAS               |    |       | ✓  |
| 液体物性データ                    |    |       |    | #DOMAIN-DECOMPOSITION       |    |       | ✓  |
| #FORMATION-VOLUME-FACTOR   |    | ✓     |    | #FLUID-PROPERTIES           |    |       | ✓  |
| #FLUID-COMPRESSIBILITY     |    | ✓     |    | 液体・地層プロパティデータ               |    |       |    |
| #VISCOSITY                 |    | ✓     |    | #HYDRAULIC-PROPERTIES       |    |       | ✓  |
| #VISCOSITY-INCREMENT       |    | ✓     |    | 外力・運移条件データ                  |    |       |    |
| #FLUID-DENSITY             |    | ✓     |    | #RAINFALL                   |    |       | ✓  |
| #PVT-FORMULA               |    | ✓     |    | #CONDENSATION               |    |       | ✓  |
| #PVT-TABLE                 |    | ✓     |    | #EVAPORATION                |    |       | ✓  |
| 計算グリッド(格子)データ              |    | ✓     |    | #WATERTABLE-CHANGE          |    |       | ✓  |
| #GRIDBLOCK-SYSTEM          |    |       |    | #MATERIAL-CHANGE            |    |       | ✓  |
| 初期条件データ                    | ✓  |       |    | #WELL-OPERATION             |    |       | ✓  |
| #STANDARD-CONDITION        |    | ✓     |    | 出力指示                        |    |       |    |
| #INITIAL-CONDITION         |    | ✓     |    | #OUTFILE-SYSTEM             | ✓  |       |    |
| 地層物性データ                    |    |       |    | #VOLUMEFLUX-OBSERVATION     |    |       | ✓  |
| #EFFECTIVE-POROSITY        |    |       |    | #OUTLIST                    |    |       | ✓  |
| #ABSOLUTE-PERMEABILITY     | ✓  |       |    | #FLUIDMASS-OBSERVATION      |    |       | ✓  |
| #PERMEABILITY-SCALE-FACTOR | ✓  |       |    | #WATER-RECHARGE-OBSERVATION |    |       | ✓  |
| #MANNING-COEFFICIENT       | ✓  | ✓     |    | #VARIABLES-OBSERVATION      |    |       | ✓  |
|                            |    |       |    | 文字列置換                       |    |       |    |
|                            |    |       |    | #REPLACE                    |    |       | ✓  |

## #TITLE-OF-SIMULATION

```
1 Import objects
2 #SOLID-008
3 IMPORT-SOLID-OBJECT ; FILE=solid.db
4 #END-OF-SOLID-008
5 #FLUID-008
6 IMPORT-FLUID-OBJECT ; FILE=fluid.db
7 #END-OF-FLUID-008
8
9
10
11
12 #TITLE-OF-SIMULATION
13 TITLE=Calculation 2D
14 DATE=2014/05/13
15 CALBY=GET Corp.
16 #END-OF-TITLE-OF-SIMULATION
17
18
19
20
21 #JOB-CONTROL
22 RUNTYPE = RUN
23
24
25
26
27 #FLUID-SYSTEM
28 PROBLEM-TYPE=3
29 #END-OF-FLUID-SYSTEM
30
31
32 #SOLVER-CONTROL
33 DUMPING=10.db
34 NXTR=20
35 #END-OF-SOLVER-CONTROL
36
```

シミュレーションのタイトル、目的・データ作成者を定義 (任意)

## #JOB-CONTROL

```
1 Import objects
2 #SOLID-008
3 IMPORT-SOLID-OBJECT ; FILE=solid.db
4 #END-OF-SOLID-008
5 #FLUID-008
6 IMPORT-FLUID-OBJECT ; FILE=fluid.db
7 #END-OF-FLUID-008
8
9
10
11
12 #TITLE-OF-SIMULATION
13 TITLE=Calculation 2D
14 DATE=2014/05/13
15 CALBY=GET Corp.
16 #END-OF-TITLE-OF-SIMULATION
17
18
19
20
21 #JOB-CONTROL
22 RUNTYPE = RUN
23 #END-OF-JOB-CONTROL
24
25
26
27 #FLUID-SYSTEM
28 PROBLEM-TYPE=3
29 #END-OF-FLUID-SYSTEM
30
31
32 #SOLVER-CONTROL
33 DUMPING=10.db
34 NXTR=20
35 #END-OF-SOLVER-CONTROL
36
```

実行モードを定義 (任意)

## #FLUID-SYSTEM

```
1 Import objects
2 #SOLID-008
3 IMPORT-SOLID-OBJECT ; FILE=solid.db
4 #END-OF-SOLID-008
5 #FLUID-008
6 IMPORT-FLUID-OBJECT ; FILE=fluid.db
7 #END-OF-FLUID-008
8
9
10
11
12 #TITLE-OF-SIMULATION
13 TITLE=Calculation 2D
14 DATE=2014/05/13
15 CALBY=GET Corp.
16 #END-OF-TITLE-OF-SIMULATION
17
18
19
20
21 #JOB-CONTROL
22 RUNTYPE = RUN
23
24
25
26
27 #FLUID-SYSTEM
28 PROBLEM-TYPE=3
29 #END-OF-FLUID-SYSTEM
30
31
32 #SOLVER-CONTROL
33 DUMPING=10.db
34 NXTR=20
35 #END-OF-SOLVER-CONTROL
36
```

対象とする流体システムを定義

## #SOLVER-CONTROL

```
1 #SOLVER-CONTROL
2 ORDER = AUT 1 AUT XYZ XYZ YXZ YZX ZXY ZYX
3 NMIN = 5
4 NMAX = 1.E+12
5 NXTR = 30
6 NEXTR = 20
7 DUMPING = 0.0
8 ACTIVATE = ON
9 #TITLE-OF-SIMULATION
10 SIZE = 2, 6
11 CHANE = PRIMARY-VARIABLE, XMIN, XMAX, EPSILON, SLP-TOLERANCE, TOLERANCE
12 LABEL = PV MIN MAX EPS SLP TOL
13 PG 1.E-8 1.E-8 1.E-10 1.E-10 1.E-8 1.E-6
14 SP 0.0 1.0 1.E-10 1.E-8 1.E-6
15 #END-OF-SOLVER-CONTROL
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

非線形解法や線形ソルバーで用いる各種パラメータを定義 (任意)

# #TIMESTEP-CONTROL

[illegible]

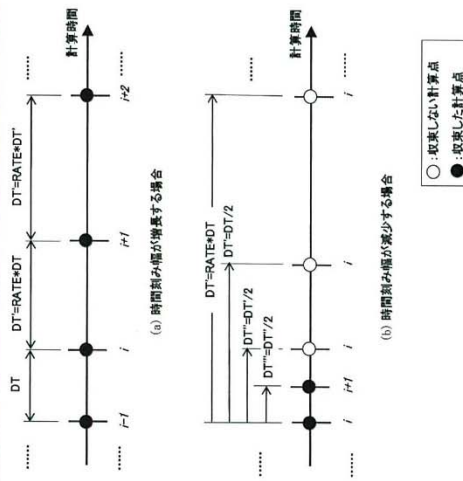
# #FLOW-TYPE

[illegible]

2014/05/13

Geosphere Environmental Technology Corp.

# #TIMESTEP-CONTROL



2014/05/13

Geosphere Environmental Technology Corp.

10

# #GRIDBLOCK-SYSTEM

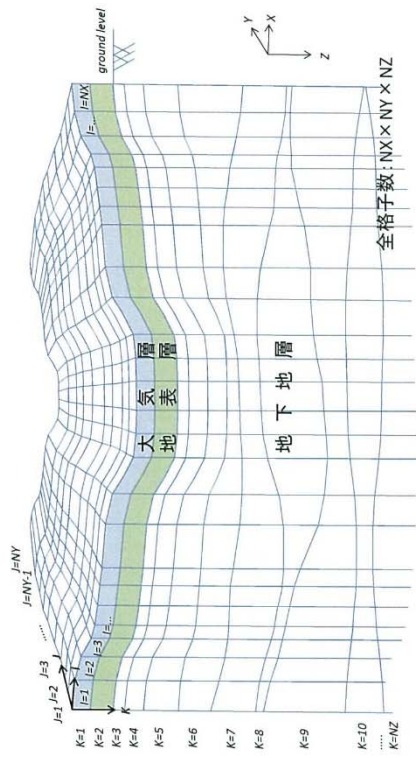
|    |                          |    |                                    |
|----|--------------------------|----|------------------------------------|
| 36 | #TIMESTEP-CONTROL        | 37 | #INITIAL-CONDITION                 |
| 39 | DTIME                    | 40 | #METHOD-DOMAIN                     |
| 41 | DTIME-INITIAL            | 42 | CHANGING-REFERENCE-LAYER-ELEVATION |
| 43 | DTIME-INITIAL            | 44 | LABEL-ON-LAY-BEV                   |
| 44 | #END-OF-TIMESTEP-CONTROL | 45 | CONSTRUCT-FAL-to-H                 |
| 46 |                          | 46 | #END-OF-INITIAL-CONDITION          |
| 47 | #END-FILE                | 47 | #AUDIO-PROPERTIES                  |
| 48 | #END-FILE                | 48 | #IMPACT                            |
| 49 | #END-FILE-ENG-SM         | 49 | #IMPACT-QUANTIFIER-DB              |
| 50 | #END-FILE-ENG-SM         | 50 | #IMPACT-QUANTIFIER-DB              |
| 51 |                          | 51 | #END-OF-FLUID-PROPERTIES           |
| 52 |                          | 52 |                                    |
| 53 | #FLUID-LOCK-SYSTEM       | 53 |                                    |
| 54 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 54 |                                    |
| 55 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 55 |                                    |
| 56 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 56 |                                    |
| 57 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 57 |                                    |
| 58 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 58 |                                    |
| 59 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 59 |                                    |
| 60 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 60 |                                    |
| 61 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 61 |                                    |
| 62 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 62 |                                    |
| 63 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 63 |                                    |
| 64 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 64 |                                    |
| 65 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 65 |                                    |
| 66 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 66 |                                    |
| 67 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 67 |                                    |
| 68 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 68 |                                    |
| 69 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 69 |                                    |
| 70 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 70 |                                    |
| 71 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 71 |                                    |
| 72 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 72 |                                    |
| 73 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 73 |                                    |
| 74 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 74 |                                    |
| 75 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 75 |                                    |
| 76 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 76 |                                    |
| 77 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 77 |                                    |
| 78 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 78 |                                    |
| 79 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 79 |                                    |
| 80 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 80 |                                    |
| 81 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 81 |                                    |
| 82 | FLUID-LOCK-SYSTEM        | 82 |                                    |

# 三次元格子システムのコーナーポイン卜座標値を定義

11



# 三次元格子モデル



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

15

# #DOMAIN-ALIAS

```

=====
GEODATA=SET
IMPORT = DOMAIN : FILE = domain.001
END-OF-DOMAIN=SET

=====
HYDRAALIC=
ALIAS=NAME = UnderGround
GEOSURFACE GEO_M_rank_1 GEO_M_rank_2 GEO_Bedrock
ALIAS=NAME = ALL
GEOPARAMETERS SPZ_Surface UnderGround
END-OF-SURFACE=SET

=====
STANDARD=CONDITION
STANDARD-PRESSURE= 9.80865
GRAVITY
END-OF-STANDARD=CONDITION

=====
INITIAL=CONDITION
*HYDRAALIC=
INITIAL=
SIZE = 1, 8
ONAME = DOMAIN, REFERENCE-LAYER, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
GEOSURFACE, GEOPARAMETERS, STANDARD-PRESSURE, GRAVITY
LABEL = DOWN, UP, POINT, ELEV, DENSITY, REFERENCE-POINT
-----
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.033 0.0
END-OF-INITIAL=CONDITION

=====
HYDRO=PROPERTIES
*HYDRO=
WATER-ALL = FRESHWATER
GAS-ALL = AIR
END-OF-FUID=PROPERTIES

=====
HYDROALIC=PROPERTIES
*HYDROALIC=
SIZE = 4, 8

```

# #DOMAIN-SET

[illegible]

【ドメインとは】

- ・任意の複数格子の集まりからなる格子群を示し、それぞれに固有の名称が定義される
- ・ドメインに登録する格子は、格子番号IJKを用いる
- ・地層、土地利用、境界条件の種類等に対して定義されたリージョンは、入力ファイル全体で共通に参照することができ、入力条件の設定を容易にする

# #STANDARD-CONDITION

```

#DOMAIN-SET
IMPORT = DOMAIN : FILE = domain.001
END-OF-DOMAIN-SET

#INITIAL-STATE
ALIAS ALIAS
  GEO_Subsurface = UnderGround
  ALIAS_NAME = ALL_FSE SurfaceNodeCount
END-OF-INITIAL-STATE

#STANDARD-CONDITION
STANDARD-PRESSURE = 1.0385
GRAVITY
END-OF-STANDARD-CONDITION

#INITIAL-CONDITION
#HYDRAULIC
SIZE = 1, 8
NAME = DOMAIN, REFERENCE-DOMAIN, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
  REFERENCE-TEMPERATURE, REFERENCE-TEMPERATURE-CORRECTION,
  LABEL = DOM_LAY_POINT_ELY END-OF-PreE
--
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.035 0.0
END-OF-INITIAL-CONDITION

#FLUID-PROPERTIES
#DIAPHRAGM
WATER ALL = XFRESHWATER
GAS ALL = XAIR
END-OF-FLUID-PROPERTIES

#HYDRAULIC-PROPERTIES
#DIAPHRAGM
SIZE = 4, 8

```

## # INITIAL-CONDITION

```
#INITIAL-CONDITION
*HYDROSTATIC
METHOD = DOMAIN
SIZE = 1, 0
NAME = DOMAIN, REFERENCE-LAYER, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
XOPT, REFERENCE-PRESSURE, REFERENCE-PC
LABEL = DOM LAY POINT ELV DENS TND Pref Pref
-----
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.033 0.0
END-OF-INITIAL-CONDITION
!
```

### 初期条件を定義

```
#FLUID-PROPERTIES
*DIRECT
WATER-ALL = XRESHWATER
GAS-ALL = XAIR
END-OF-FLUID-PROPERTIES

#HYDRAULIC-PROPERTIES
*TABLE
SIZE = 4, 0
NAME = DOMAIN, EFFECTIVE-POROSITY, PERM, SOLID-COMPRESSIBILITY,
LG-CAPILLARY-TABLE, LG-RPERM-TABLE, WATER-XIR, GAS-XIR
LABEL = DOMAIN PORO PERM Cr Pcrz Srw Szc
-----
GEO.Subsurface 0.40 1.E4 1.E-5 Pc-Low Kr-High 0.001 0.0
GEO.W_rank-1 0.30 1.E2 1.E-5 Pc-Middle Kr-Middle 0.001 0.0
GEO.W_rank-2 0.20 1.E1 1.E-5 Pc-High Kr-Low 0.001 0.0
GEO.Bedrock 0.10 1.E0 1.E-5 Pc-Bedrock Kr-Bedrock 0.001 0.0
*DIRECT
OBC-Atmosphere-ALL = XAtm-DB
OBC-Surface-ALL = XSurf-DB
DensStream-EFFECTIVE-POROSITY = 1.E30
RIVER-MANN = 0.035
END-OF-HYDRAULIC-PROPERTIES
```

```
#MPF-TABLE
IMPORT = MPF-TABLE : FILE = mpf-table.001
END-OF-MPF-TABLE
```

## # HYDRAULIC-PROPERTIES

```
#INITIAL-CONDITION
*HYDROSTATIC
METHOD = DOMAIN
SIZE = 1, 0
NAME = DOMAIN, REFERENCE-LAYER, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
XOPT, REFERENCE-PRESSURE, REFERENCE-PC
LABEL = DOM LAY POINT ELV DENS TND Pref Pref
-----
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.033 0.0
END-OF-INITIAL-CONDITION
!
```

```
#FLUID-PROPERTIES
*DIRECT
WATER-ALL = XRESHWATER
GAS-ALL = XAIR
END-OF-FLUID-PROPERTIES

#HYDRAULIC-PROPERTIES
*TABLE
SIZE = 4, 0
NAME = DOMAIN, EFFECTIVE-POROSITY, PERM, SOLID-COMPRESSIBILITY,
LG-CAPILLARY-TABLE, LG-RPERM-TABLE, WATER-XIR, RPTNG
LABEL = DOMAIN PORO PERM Cr Pcrz Srw Szc
-----
GEO.Subsurface 0.40 1.E4 1.E-5 Pc-Low Kr-High 0.001 0.0
GEO.W_rank-1 0.30 1.E2 1.E-5 Pc-Middle Kr-Middle 0.001 0.0
GEO.W_rank-2 0.20 1.E1 1.E-5 Pc-High Kr-Low 0.001 0.0
GEO.Bedrock 0.10 1.E0 1.E-5 Pc-Bedrock Kr-Bedrock 0.001 0.0
*DIRECT
OBC-Atmosphere-ALL = XAtm-DB
OBC-Surface-ALL = XSurf-DB
DensStream-EFFECTIVE-POROSITY = 1.E30
RIVER-MANN = 0.035
END-OF-HYDRAULIC-PROPERTIES
```

```
#MPF-TABLE
IMPORT = MPF-TABLE : FILE = mpf-table.001
END-OF-MPF-TABLE
```

## # FLUID-PROPERTIES

```
#INITIAL-CONDITION
*HYDROSTATIC
METHOD = DOMAIN
SIZE = 1, 0
NAME = DOMAIN, REFERENCE-LAYER, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
XOPT, REFERENCE-PRESSURE, REFERENCE-PC
LABEL = DOM LAY POINT ELV DENS TND Pref Pref
-----
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.033 0.0
END-OF-INITIAL-CONDITION
!
```

```
#FLUID-PROPERTIES
*DIRECT
WATER-ALL = XRESHWATER
GAS-ALL = XAIR
END-OF-FLUID-PROPERTIES
```

### 流体相毎の物性値を定義

```
#HYDRAULIC-PROPERTIES
*TABLE
SIZE = 4, 0
NAME = DOMAIN, EFFECTIVE-POROSITY, PERM, SOLID-COMPRESSIBILITY,
LG-CAPILLARY-TABLE, LG-RPERM-TABLE, WATER-XIR, GAS-XIR
LABEL = DOMAIN PORO PERM Cr Pcrz Srw Szc
-----
GEO.Subsurface 0.40 1.E4 1.E-5 Pc-Low Kr-High 0.001 0.0
GEO.W_rank-1 0.30 1.E2 1.E-5 Pc-Middle Kr-Middle 0.001 0.0
GEO.W_rank-2 0.20 1.E1 1.E-5 Pc-High Kr-Low 0.001 0.0
GEO.Bedrock 0.10 1.E0 1.E-5 Pc-Bedrock Kr-Bedrock 0.001 0.0
*DIRECT
OBC-Atmosphere-ALL = XAtm-DB
OBC-Surface-ALL = XSurf-DB
DensStream-EFFECTIVE-POROSITY = 1.E30
RIVER-MANN = 0.035
END-OF-HYDRAULIC-PROPERTIES
```

```
#MPF-TABLE
IMPORT = MPF-TABLE : FILE = mpf-table.001
END-OF-MPF-TABLE
```

## # MPF-TABLE

```
#INITIAL-CONDITION
*HYDROSTATIC
METHOD = DOMAIN
SIZE = 1, 0
NAME = DOMAIN, REFERENCE-LAYER, REFERENCE-POINT, ELEVATION, DENSITY,
XOPT, REFERENCE-PRESSURE, REFERENCE-PC
LABEL = DOM LAY POINT ELV DENS TND Pref Pref
-----
ALL 3 GRID 0.0 1.0 11 1.033 0.0
END-OF-INITIAL-CONDITION
!
```

```
#FLUID-PROPERTIES
*DIRECT
WATER-ALL = XRESHWATER
GAS-ALL = XAIR
END-OF-FLUID-PROPERTIES
```

```
#HYDRAULIC-PROPERTIES
*TABLE
SIZE = 4, 0
NAME = DOMAIN, EFFECTIVE-POROSITY, PERM, SOLID-COMPRESSIBILITY,
LG-CAPILLARY-TABLE, LG-RPERM-TABLE, WATER-XIR, RPTNG
LABEL = DOMAIN PORO PERM Cr Pcrz Srw Szc
-----
GEO.Subsurface 0.40 1.E4 1.E-5 Pc-Low Kr-High 0.001 0.0
GEO.W_rank-1 0.30 1.E2 1.E-5 Pc-Middle Kr-Middle 0.001 0.0
GEO.W_rank-2 0.20 1.E1 1.E-5 Pc-High Kr-Low 0.001 0.0
GEO.Bedrock 0.10 1.E0 1.E-5 Pc-Bedrock Kr-Bedrock 0.001 0.0
*DIRECT
OBC-Atmosphere-ALL = XAtm-DB
OBC-Surface-ALL = XSurf-DB
DensStream-EFFECTIVE-POROSITY = 1.E30
RIVER-MANN = 0.035
END-OF-HYDRAULIC-PROPERTIES
```

```
#MPF-TABLE
IMPORT = MPF-TABLE : FILE = mpf-table.001
END-OF-MPF-TABLE
```

多相流ハラスタ(毛細管圧力、相対浸透率)を定義



# #RAINFALL

[illegible]

流体や流体相中の溶解物質・揮発物質、熱の生産・圧入外力を定義

```

CURRENT = 0
ORDER = 0
MAIN-FILE = PG, SW
CHOK-LIST = PG, SW
REPO-FOLDSLIST =
HOLDLINE-LINK-OBSERVATION = TABLE
ORDER = LINK
MAIN-FILE = PG, SW
CHOK-LIST = PG, SW
REPO-FOLDSLIST =
HOLDLINE-LINK-OBSERVATION = TABLE

```

【4-②】

GETFLOWSの実行・監視

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

23

# #VARIABLES-CHANGE

使用例①:ドメインによる設定  
主変数(圧力、飽和率など)の変動外力を定義

```

*VARIABLES-CHANGE
*TABLE
METHOD = DOMAIN
SIZE = 3, 7,
TIME-UNIT, START-TIME, END-TIME, DOMAIN, PRIMARY-VARIABLE,
CHRG = START-VALUE, END-VALUE
LABEL = TINI TS TE DOMAIN FV SVAL EVAL
DAY 0.0 10.0 Upstream PG 1.01 1.02
DAY 10.0 20.0 Upstream PG 1.02 1.03
DAY 20.0 30.0 Upstream PG 1.03 1.04
*END-OF-VARIABLES-CHANGE

```

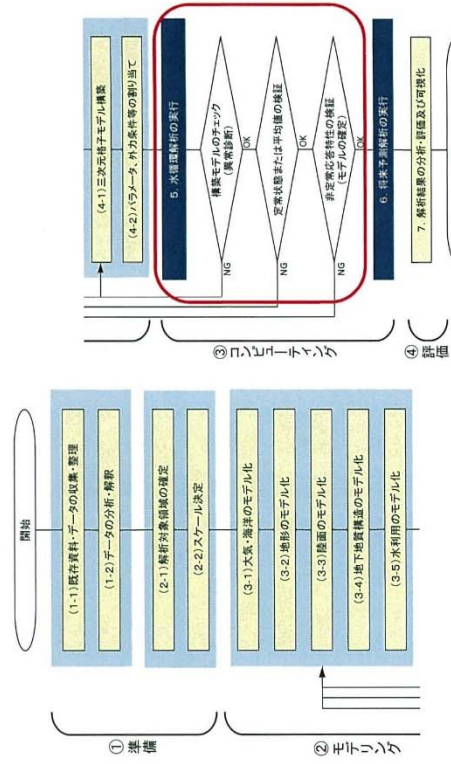
使用例②: 格子番号による設定。

```

#VARIABLES-CHANGE
...
TABLE
...
METHOD = 1,K
...
SIZE = 1, 12
...
NAME = TIME-UNIT, START-TIME, END-TIME, I-MIN, I-MAX, J-MIN, J-MAX,
...
K-MIN, K-MAX, PRIMARY-VARIABLE, START-VALUE, END-VALUE.
...
LABEL = TINI TS TE I1 I2 J1 J2 K1 K2 FV SVAL EVAL
...
DAV 0.0 I.E2 1 6 1 1 3 4 PG 1.0 5.0
#END-OF-VARIABLES-CHANGE

```

GETFLOWSの発行・監視

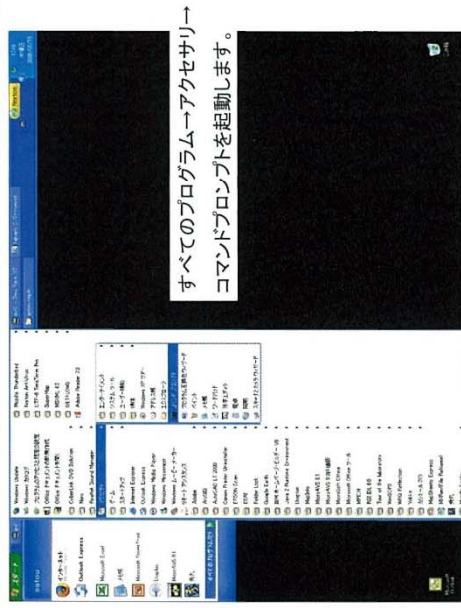


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

24

## 実行手順(1/3) コマンドプロンプトの起動

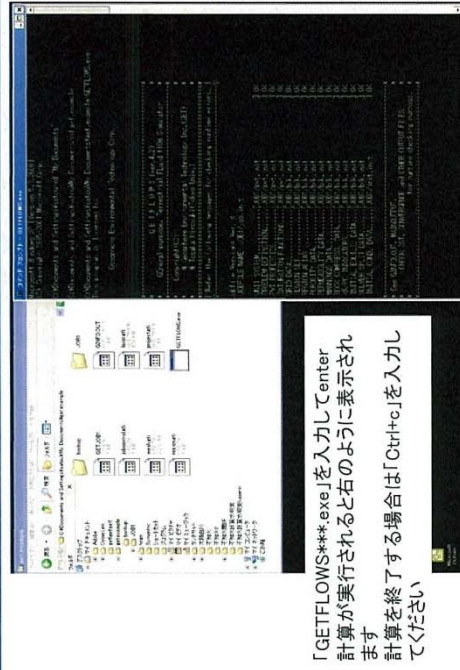


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

25

## 実行手順(3/3) GETFLOWSの実行

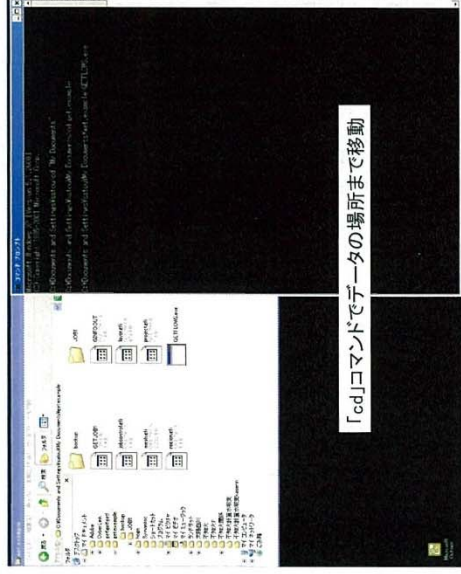


2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

27

## 実行手順(2/3) データフォルダへ移動



2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

26

## エラーメッセージのタイプ

- REQUISITE ERROR: 構造エラー
- OPEN ERROR: ファイルオープン時のエラー
- TYPE ERROR: 設定値のデータタイプが異なる
- NAME ERROR: ブロックやカード名称が異なる
- RANGE ERROR: 設定値の取り得る幅の範囲内でない
- ASSIGN ERROR: データが設定されていない格子が存在する

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

28



## エラーメッセージの表示例

- ・ 実行時の標準出力
- ・ エラー原因の特定を容易に
  - エラーについてのコメント
  - エラー発生行番号出力

```

G E T F L O W S (Version 2010.0.0.1)
General-purpose, Terrestrial Fluid flow Simulator

Copyright (C) 2010,
Geosphere Environmental Technology Corp. (GETI)
Hiroyuki Toyabe (Univ. of Tokyo)

***** Refer the following messages for checking runtime errors. *****

MAIN INPUT FILE = input_Case4_infor.dat

ROUTINE-SYSTEM          ... read successfully
FEFLOW-SYSTEM           ... read successfully
FEFLOW-SET              ... read successfully
FORM-FUNCTION           ... read successfully
FORM-TYPE               ... read successfully
APF-FUNCTION            ... read successfully
RESOLVE-CALCULATION     ... read successfully
*****

*** ERROR ***
[LINE 29] CAN'T SUBSTITUTE "10000". AS AN
RT MASTER-CONTROL
ROUTINE-FORM
ROUTINE-FORM            ... read successfully
ROUTINE-FORM            ... read successfully
HYDRAULIC CO-PROPERTIES ... read successfully
*****

*** ERROR ***
[LINE 197] DOMAIN NAME IS INCORRECT *** UN-
REINBALL
ROUTINE-FLOW
ROUTINE-FLOW            ... read successfully
FEFLOW-MASS-OBSERVATION ... read successfully
FEFLOW-TEMP-OBSERVATION ... read successfully
FEFLOW-LEVEL-OBSERVATION ... read successfully
FEFLOW-CONCENTRATION ON ... read successfully
FEFLOW-INITIAL-CONCENTR ... read successfully
*****

!!!!!! A ERROR ON EXIST METEOLWS STOPPED !!!!!

```

# 解析の監視

- ① 出力データによる確認
  - 格子間流量 (#VOLUMEFLUX-OBSERVATION)
  - 地下水位 (#WATERLEVEL-OBSERVATION)
  - 主変数値 (#VARIABLES-OBSERVATION)
  - 外力条件のエコーバック
- ② 可視化による確認
  - GIS(ArcGIS、QGIS等)や三次元可視化ソフト(Teplot、Paraview等)を利用し、図化処理を行い確認
- ③ ソルバーの計算状況の確認

# 解析の監視の目的

- ・ 解析が異常な状態になっていないかを確認
  - － 設定が適切に反映されているか
  - － 時間刻み幅が異常になっていないか
  - － 異常な流量・水位等になっていないか
- ・ 平衡状態に達したかどうかの確認
- ・ 計算終了予定時刻の見積もり など

2017/6/26

Geosphere Environmental Technology Corp.

## #OUTFILE-SYSTEM:出力ファイルの指定

[illegible]

2014/05/13

Geosphere Environmental Technology Corp.

32





# 出力データの可視化

GETFLOWS®

Source: Parameters Run

Time Explorer

Filter: Refreshing Special

GETFLOWS

一次出力 (Primary Variables)  
⇒ 計算格子毎に出力される情報

- ・ 流量
- ・ 飽和率
- ・ 濃度
- ・ 温度など

加工

Splitpoint: Extract time steps from GETFLOWS main (GETFLOWS MAIN) (Result: Format)

Input

流量・水位グラフ  
地下水等高線  
全水頭  
ベクトル図  
流線軌跡  
アニメーションなど

# ソルバーの計算状況の確認

有効な方程式数

有効な格子数

時間ステップ

solver.outファイル

計算ステップ毎にマトリクスソルバーから出力される収束状況をモニターできる

この情報は、当該シミュレーションの妥当性を判断する上でもっとも重要な情報の一つであり、以下の内容を把握することはできる

→ 非線形反復過程が収束しているか否か  
→ 圧力や飽和率などの変化の激しい格子とその量

現在の時間ステップでの一次変数の最大変化量と格子番号

1 TIME= 4

LOOP=XYZ NORM= 0.2432E-03

| N.R. | IME  | ES   | ITER | ABS NORM   | MAX(1)     | MAX(2)     | MAX(3)     | MAX(4)     | MAX(5) |
|------|------|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 1    | 1600 | 8400 | 1    | 0.1536E-01 | 0.2560E-02 | 0.1508E-02 | 0.3108E-03 | 0.1635E-56 |        |
| 2    | 1600 | 8400 | 2    | 0.1041E-01 | 0.1972E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 3    | 1600 | 8400 | 3    | 0.5214E-02 | 0.1733E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 4    | 1600 | 8400 | 4    | 0.1137E-02 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 5    | 1600 | 8400 | 5    | 0.1137E-02 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 6    | 1600 | 8400 | 6    | 0.7591E-03 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 7    | 1600 | 8400 | 7    | 0.3443E-03 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 8    | 1600 | 8400 | 8    | 0.1323E-03 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 9    | 1600 | 8400 | 9    | 0.8488E-04 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 10   | 1600 | 8400 | 10   | 0.1798E-04 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 11   | 1600 | 8400 | 11   | 0.1798E-04 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 12   | 1600 | 8400 | 12   | 0.8635E-05 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |

MAX LAR: ( 29 1 17) ( 30 1 16) ( 31 1 17) ( 30 1 17) ( 31 1 17)

LOOP=XYZ NORM= 0.716407E-03

| N.R. | IME  | ES   | ITER | ABS NORM   | MAX(1)     | MAX(2)     | MAX(3)     | MAX(4)     | MAX(5) |
|------|------|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 1    | 1600 | 8400 | 1    | 0.1536E-01 | 0.2560E-02 | 0.1508E-02 | 0.3108E-03 | 0.1635E-56 |        |
| 2    | 1600 | 8400 | 2    | 0.1041E-01 | 0.1972E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |

MAX LAR: ( 29 1 17) ( 30 1 16) ( 31 1 17) ( 30 1 17) ( 31 1 17)

LOOP=XYZ NORM= 0.216947E-05

| N.R. | IME  | ES   | ITER | ABS NORM   | MAX(1)     | MAX(2)     | MAX(3)     | MAX(4)     | MAX(5) |
|------|------|------|------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 1    | 1600 | 8400 | 1    | 0.2118E-21 | 0.5085E-11 | 0.3448E-10 | 0.5883E-10 | 0.5514E-44 |        |
| 2    | 1600 | 8400 | 2    | 0.2118E-21 | 0.5085E-11 | 0.3448E-10 | 0.5883E-10 | 0.5514E-44 |        |

MAX LAR: ( 30 1 17) ( 31 1 17) ( 30 1 17) ( 31 1 17) ( 30 1 17)

LOOP=XYZ NORM= 0.400000E-02

| N.R. | IME  | ES   | ITER | ABS NORM     | MAX(1)     | MAX(2)     | MAX(3)     | MAX(4)     | MAX(5) |
|------|------|------|------|--------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 1    | 1600 | 8400 | 1    | 0.400000E-02 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |
| 2    | 1600 | 8400 | 2    | 0.400000E-02 | 0.1814E-02 | 0.1285E-02 | 0.3078E-03 | 0.1483E-56 |        |

MAX LAR: ( 31 1 16) ( 30 1 17) ( 30 1 17) ( 31 1 17) ( 30 1 17)

DXS: 0.000



## 5. 解析結果の可視化

平成28年4月22日



## アウトライン

- 解析結果の可視化事例
- 出力ファイルからのデータコンバート
- 三次元可視化ソフトを用いた演習

6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

2

## 様々な可視化事例

- 地表水深
- 流動量(地表水、地下水、土砂)
- かん養域、湧出域
- 土壌水分量
- 蒸発散量
- 地下水位等高線
- 地下水流動方向
- 全水頭
- 流線
- 地下水温度
- 淡塩境界
- 汚染物質濃度
- 土砂濃度
- 浸食量、堆積量
- 平均年代

6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

3

- 解析結果の可視化事例
- 出力ファイルからのデータコンバート
- 三次元可視化ソフトを用いた演習

4



## データコンバート(Tecplot)

- ToolBox©の起動
- ツール選択
- 設定ファイルの更新
- 実行

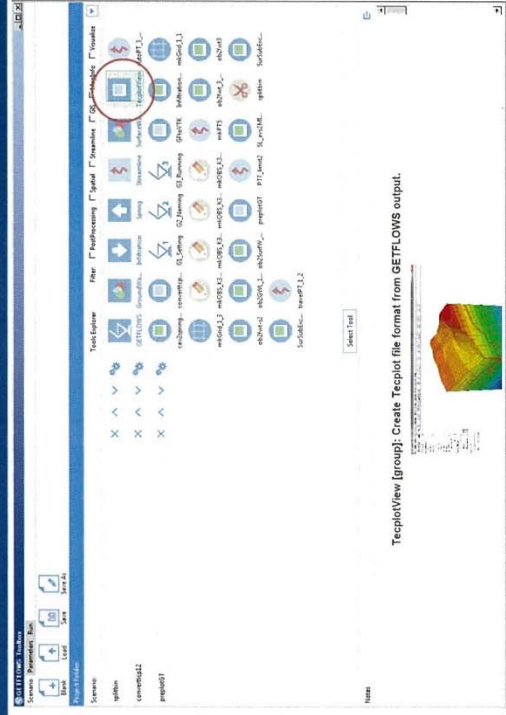
ToolBox<sup>®</sup>の起動

6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

5

# ルール選択



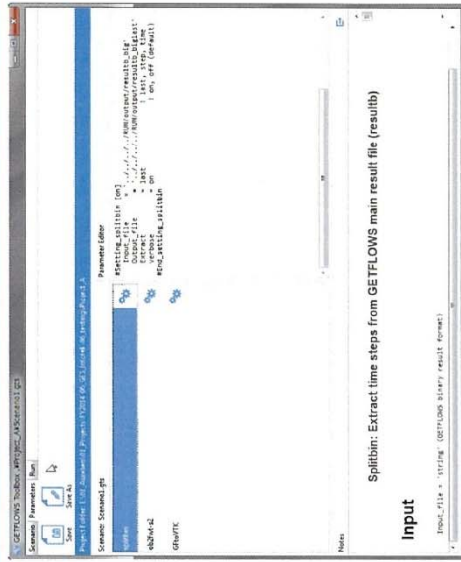
6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

10



## Settingファイルの修正



6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

13

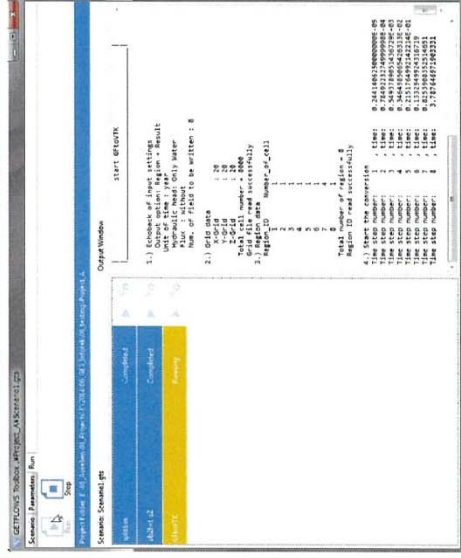
- 解析結果の可視化事例
- 出力ファイルからのデータコンバート
- 三次元可視化ソフトを用いた演習

6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

15

## 実行

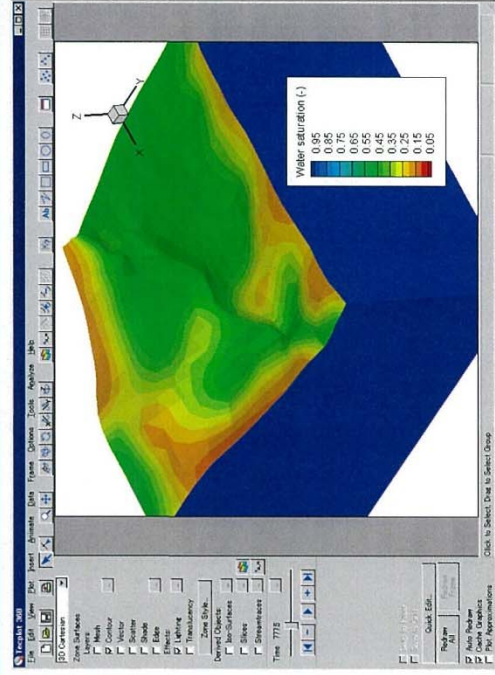


6/26/2017

Geosphere Environmental Technology Corp.

14

## Tecplotによる可視化



## 巻末資料－２ 関係法令等のリスト（陳委員）

本資料では、活動報告書本文中で引用された関連法令及び主要な指針等の文献について取りまとめている。  
なお、【 】内には、本文中で利用した略称を示している。

### ２－１ 関連法令

廃棄物の処理及び清掃に関する法律

【廃棄物処理法】

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S45/S45HO137.html>

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S46/S46SE300.html>

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S46/S46F03601000035.html>

一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S52/S52F03102004001.html>

環境省：廃棄物処理施設生活環境影響調査指針

[http://www.env.go.jp/recycle/misc/facility\\_assess/](http://www.env.go.jp/recycle/misc/facility_assess/)

廃棄物最終処分場性能指針

<http://www.env.go.jp/hourei/11/000329.html>

建築基準法施行令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25SE338.html>

キーワード：Z 値

東日本大震災により生じた災害廃棄物の処理に関する特別措置法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H23/H23HO099.html>

環境基本法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H05/H05HO091.html>

循環型社会形成推進基本法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H12/H12HO110.html>

キーワード：3R、循環資源

清掃法（昭和二十九年法律第七十二号）

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和四十五年十二月二十五日法律第百三十七号）により全部改正



## 2-1-1 土地利用に関する法令

都市計画法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S43/S43HO100.html>

文化財保護法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO214.html>

生産緑地法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S49/S49HO068.html>

農地法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S27/S27HO229.html>

農業振興地域の整備に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S44/S44HO058.html>

都市再開発法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S44/S44HO038.html>

大阪湾臨海地域開発整備法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H04/H04HO110.html>

中部圏開発整備法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S41/S41HO102.html>

自然公園法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32HO161.html>

自然環境保全法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S47/S47HO085.html>

森林法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S26/S26HO249.html>

鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H14/H14HO088.html>

河川法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S39/S39HO167.html>

水源地域対策特別措置法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S48/S48HO118.html>

砂防法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/M30/M30HO029.html>

地すべり等防止法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S33/S33HO030.html>

急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S44/S44HO057.html>

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H12/H12HO057.html>

宅地造成等規制法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S36/S36HO191.html>

## ２－１－２ 環境保全に関する法令

土壌汚染対策法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H14/H14HO053.html>

大気汚染防止法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S43/S43HO097.html>

道路交通法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S35/S35HO105.html>

水質汚濁防止法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S45/S45HO138.html>

農用地の土壌の汚染防止等に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S45/S45HO139.html>

騒音規制法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S43/S43HO098.html>

建築物用地下水の採取の規制に関する法律

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S37/S37HO100.html>

振動規制法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S51/S51HO064.html>

悪臭防止法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S46/S46HO091.html>

ダイオキシン類対策特別措置法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H11/H11HO105.html>

容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（容器包装リサイクル法）

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H07/H07HO112.html>

建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H12/H12HO104.html>

## 2-2 指針等の文献

(社) 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版  
【最終処分場の設計要領】

農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」技術書「フィルダム編」  
【土地改良基準】  
スライム法

建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編 [1] ダムの設計 フィルダムの設計  
【河川砂防技術基準】  
スライム法

第二次改訂版 宅地防災マニュアルの解説  
【宅地防災マニュアル】

管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版）  
??

道路土工排水工指針 （社）日本道路協会 1987

土地改良事業計画設計基準設計パイプライン基準書・技術編? （社）農業土木学会 1998

地盤工学会編（2013）：地盤調査の方法と解説  
【地盤工学会の青本】  
透水試験方法

日本道路協会：道路土工－盛土工指針  
【盛土工指針】

山田正人・関東処分組（2016）：廃棄物最終処分場のための現地調査法－現場屋がつくった現地調査法 サ  
ムハウパブリッシング

## 巻末資料－３ 委員会活動に伴う発表文献

委員会活動を通して数多くの論文等を発表しているが、ここでは、主なものとして２つを以下に示した。

### <2013 年 6 月学会シンポジウム内容>

一般市民は、台所下水・排泄物や生活・産業廃棄物の行く先を意識することは少ないし、ほとんど知らないで済んでいる。その意味では、我が国ではどこでも安定した廃棄物処理システムがうまく運用されているということもできよう。しかし、実際の状況や問題点を知っておくことは有益である。現実には、中間処理施設（焼却場）の不足や最終処分場の埋立残余年数に悩まされる状況が続いている自治体も多い。途上国でも都市の発展は目覚ましく、市内のホテルに滞在する限り不自由を感じないが、その裏側にはゴミの山が築かれていたり、それによる深刻な汚染が広がっている場合もある。

ここでは、我が国の廃棄物の状況に関しいくつかの統計資料を紹介すると共に、廃棄物処理における応用地質学的調査・解析の役割について述べる。

#### 1－1. 文明と廃棄物

自然も社会も生体である人間自身も、大小様々なシステム（入力、内部構造、出力を持つまとまり）で構成されている。社会を大きくとらえれば、上流側の水・食料・物資・エネルギー等の供給システム、中流にある生産・流通・通信システム、そして下流部（排出側）に廃棄物処分システム（下水系、一般廃棄物・産業廃棄物処理等）があり、それらが調和的に動くことで全体が機能することになる。

20 世紀後半における大量生産・大量消費・都市への人口集中は、物資・エネルギーの集中と大量の廃棄物の発生をもたらした。しかし、人間はそれを生活空間から速やかに取り去り再生・循環・廃棄するシステムの整備を同時並行で行い、何とかうまく都市等の発展を支えてきた。

廃棄物は多様であるが、量の多い重要なものとして以下がある。

- ・一般廃棄物、産業廃棄物：常時社会から排出されるもので、前者は家庭や事業所の生活系廃棄物、後者は事業活動に伴って生じた廃棄物で、いずれも 3R（Reduce, Reuse, Recycle）の過程を経て、前者は焼却灰などの不燃残渣、後者は燃え殻、污泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類その他に分類され、最終処分が行われる。
- ・災害廃棄物：日常の廃棄物に対し、大規模自然災害時（洪水氾濫、地震、津波など）には多量の災害廃棄物（一般廃棄物と産業廃棄物の混合体）が発生する（後述）。
- ・気体状廃棄物、液状廃棄物：不燃残渣となる一般・産業廃棄物に対し、エネルギー利用・焼却などに伴い二酸化炭素など気体廃棄物の大気圏への排出が行われる。動植物の生態活動からも多量の排出が行われている。また、下水処理水の海洋への排出、発電冷却に使われた温排水の海洋への排出なども行われている。生産から廃棄までのすべてのプロセスで、大気圏および海洋があたかも無限の容量をもつ最終処分地として使われていることも忘れてはならない。
- ・放射性廃棄物：医療など核科学利用や原子力発電に伴い放射性廃棄物が発生する。今後、地上施設に蓄積された高レベル廃棄物の地層処分が、欧米や我が国の大きな課題となっている（後述）。

#### 1－2. 廃棄物の発生量・処理の状況

以下に、簡単に統計値などを紹介しておきたい。

#### 一般廃棄物

家庭・事業所からの生活系廃棄物（一般廃棄物）の排出量は、日本全体で約 4500 万トンであるが、ごみ総処理量約 4300 万トンの内、直接焼却：約 80%である。また、資源化处理：約 20%（内、直接資源化：約 5%）で、直接最終処分約 1.5%を合わせた最終処分量は約 500 万トン（約 11%）程度となってい

る（環境省資料<sup>1)</sup>）。

一般廃棄物最終処分場は、大きく内陸（陸上処分）と内湾海域（海面処分）に設置されている。環境省資料によれば、現在、国内に約 1800 の一般廃棄物最終処分場があり、平均残余年数は 20 年弱とされる。処分場のほとんどは陸上処分場で、海面処分場の数は少ない。海面処分場は世界にも例がないとされ、海面を遮水壁・遮水シート・粘土質地層により区切り、廃棄物の投入を行うもので、海洋投棄ではなく埋立て・土壌還元に当たるものとされる。全国でも東京湾、大阪湾をはじめ 40 程度あり、陸上処分より容量が大きく立地はしやすいメリットがある。一施設の規模が大きく、数は少ないが容量としては全体の 25%程度を分担している。

### **産業廃棄物**

産業廃棄物は、日本の年間排出量 4 億トン程度、再生利用 5 割強程度、減量化率 4 割強程度であり、最終処分量は全体の数%（1500 万トン程度）となっている。都道府県の認可を受けた民間業者が行うもので、処分場形態として、安定型（直接投棄できる廃プラスチック、ガラス、ゴムなどが対象）、管理型（埋め立て後分解されるもの）、遮断型（毒性物質など）があり、後二者は遮蔽方法やモニタリング方法などが規定され遵守が義務付けられている。

### **災害廃棄物**

地震、洪水氾濫時などに大量の災害廃棄物（混合廃棄物）が発生する場合があります、これらの処理は長期かつ自治体を超えた問題となる場合がある。1995 年阪神淡路大震災では約 2000 万トン弱、2004 年中越地震では 50 万トン程度、そして 2011 年 3 月の東日本大震災・大津波による災害廃棄物は各種瓦礫、海底砂・ヘドロ、海水塩分などが入り混じり、岩手・宮城県だけで約 1400 万（平成 25 年 3 月時点）トンを超えるものと推定されている（この他に、津波堆積物が二県で約 800 万トン以上<sup>2)</sup>）。また、発生が予想される首都直下型地震での廃棄物の生成量は、9000 万トンとも試算されており（東京都中央防災会議）、予め廃棄物の仮置き場の配置なども検討されている。

災害廃棄物は混合体であるため、適切な仮置き場の設置・分別作業・集約などを経て、処理が進められる。過去には、地震で焼却施設が被災した事例もあり、広域での協力体制が必要となる場合がある。東日本大震災の場合には、岩手県・宮城県分については日本全国での受入済量約 32 万トン、受入見込量約 67 万トンに及ぶ（平成 25 年 5 月 7 日現在の環境省資料<sup>2)</sup>）。なお、東日本大震災時の原発被災による放射性物質の広域への降下は、災害廃棄物の広域の受け入れを制限すると共に、下水汚泥などへの集積もあり、処理システムに新たな問題を提起した形となった。

### **放射性廃棄物処分**

地下浅部から深部（数 m 深のピット～500m 程度の地層）を利用する放射性廃棄物処分、特に高レベル放射性廃棄物地層処分の実現は、今後の大きな課題である。原発被災を機に、廃炉手続きや高レベル廃棄体自体の見直し（ガラス固化体にするか、直接容器に閉じ込めた形にするかなど）も議論の俎上にあがっている。

### **大気・海洋への排ガス・排水放出量**

火力発電所、製造業・運輸、家庭、さらに廃棄物処分の過程の焼却においても排ガスが大量に発生し、これらは大気圏に放出されている。CO<sub>2</sub> の大気放散量は、世界的には 300 億トン程度、日本では年間約 13 億トン（世界の 4%程度）に上る（2008 年）。メタン、窒素酸化物、硫黄酸化物、フロンガス等も合わせ、地球温暖化の原因とされる程の段階になったことは周知の通りである。なお、焼却による CO<sub>2</sub> 排出は、環境省試算の 1 人当たり排出量 80kg 弱を参考にすると、全体の 1%内外と考えられる。

一方、排水基準以下に処理された下水処理水は河川・海洋に放流される。河川上流から放流される下水処理水は、下流の上水道取水口で再び浄化施設に取り入れられ上水道水となるような構図があり、処理水自体の水質管理が重要となる。

また、原発・火発・工場等からの温排水の量も極めて膨大になる。たとえば、出力 100 万 kW の原発の温排水は、取り込み温度より 5 度程度以上上昇した海水を 70 トン/秒程度（日量 600 万トン程度）排出するといわれる。

### **二酸化炭素地下隔離**



地球温暖化問題の対策として、気体状廃棄物である二酸化炭素の深部帯水層隔離が検討されている。火力発電所など発生源からの収集・輸送、地下帯水層への超臨界状態の封入が検討されているが、適地の数、間隙容積（隔離量）の推定は難しく、コストの面での難点も指摘されている。

### 1－3．廃棄物処分における問題

#### 立地選定

廃棄物処分に関わる施設（焼却場、最終処分場など）はいわゆる“迷惑施設”である。“必要性は理解するものの、なぜ自分の近くが選ばれねばならないか”というNIMBY（Not In My Back Yard）的発想が表出し、反対運動につながることもある。一般に公有地での新設、旧施設の隣接などでは反対運動は起きにくく、民有地の新設の場合が起きやすいようである<sup>3)</sup>。大きな処分場は大きく自然を改変するため、汚染水の漏えいによる環境への影響（周辺水環境や生態系への影響）の懸念、日常の搬入に伴う生活への影響の懸念なども生じる。一般に、公有地などを中心に複数の適地を挙げ絞り込むことになるが、行政側の適切な対応・市民との信頼関係の構築、説明会・見学会の複数回実施、科学的適地性の説明、情報公開、最新技術を取り入れた安全施設・きれいな施設であることも新設のポイントとなるようである。

#### 不法投棄

産廃の不法投棄の小さなものは多数の例があるが、大規模な例としては、香川県・豊島、岩手・青森県境が挙げられる。

一般廃棄物は市町村が扱うため、きわめて大量に不法投棄される例は見られないが、個人的な生活系や産廃の不法投棄は、山中、道路沿い、住宅地の林中など極めて普遍的にみられる状況がある。途上国では、生活ごみが住宅地近隣で山と積み上げられていたり、河川敷や道路端の低地などに投棄されている状況がよく見られる。

#### 災害時の安定性

東日本大震災では、地震での陸上最終処分場の被害は一部施設の破損を除き報告されていないが、津波による処理施設の建屋・設備の損壊が報告されている。貯留構造物や埋立地そのものへの被害はほとんどなかった。

しかし、今後発生する可能性の高い西日本の海溝型地震などでは、東日本大震災のような大規模な津波の発生も懸念され、特に海面処分場の被災には注意せねばならないだろう。

### 1－4．処分場立地選定における地質環境調査・解析について

一般廃棄物最終処分場、放射性廃棄物の地層処分場、二酸化炭素地下隔離などは、“自然システムの中に人工システム・人工物を埋め込む”ことであり、自然・人工両面からの安全評価が重要となる。

処分場には、サイト選定段階、詳細調査・設計段階、建設段階、操業段階、閉鎖段階（閉鎖後から処分場の廃止に至るまでのモニタリングを含む）があり、閉鎖に至るまでの期間は一般廃棄物では数十年オーダー、地層処分では数百年オーダーと考えられている。

サイト選定段階では、行政側が単一の候補地しか持たない場合と複数の候補サイトの絞り込みをする場合があろう。公有地の場合は現地調査ができるが、民有地では立ち入れない場合がある。例えば、一般廃棄物最終処分場計画時に問題となるのは、①建設時、操業時の表流水や地下水の汚染の可能性と周辺への影響、②貴重な生態系が近隣にある場合の影響、③遮水シートなどの破損・漏洩の際の措置、などである。また、放射性廃棄物地層処分においては、きわめて長期の地質安定性、漏えい・核種移行に対する生活圏への影響評価が厳しく求められる。

基本的に全ての廃棄物最終処分は自然の場（地質の場）を使って行われ、場に合わせて人工物システムを設計せねばならない。そのために応用地質学（地球科学・地質的な踏査・解釈・解析を中心に、関連する探査技術、水文・水理・力学等解析技術なども含めた総合分野と考える）が果たすべき役割はきわめて大きい。

現在は各種の自然情報が電子化され、現地調査に入らずとも概括的事前解析も可能となっている。例えば、次のようなものがある。

- ・地形解析：数値 DEM（10m, 50m）による処分容量算定、周辺斜面の安定性、活断層の有無、
- ・地質解析：表層地質情報を利用した斜面安定性、地盤強度、地下地質の推定、災害時安全性
- ・生態解析：衛星画像、空中写真、文献などによる動植物状況の把握
- ・水理解析：降水情報、地質・水理情報を利用した表流水・地下水流動場の推定

ステージが進むに従い、よりサイト特性に応じたパラメータ等が取得されるから、それらを反映し自然の場に人工施設を埋め込んだ解析・施設設計やリスク評価（汚染物質の移行解析など）を行い、安全評価に資することができよう。

#### 1-5. まとめ

現在は、隣接市町村による廃棄物処分システムの広域連携や最終固体残渣分の減容化、さらに沿岸部には海面処分場の建設も進んでいる。技術開発による新たなきれいな処分場も出始めている。しかし、自然の場を利用する以上、様々な危惧があり、十分に安全性を高めた設計が求められる。今後も、残余年数の逼迫している多くの自治体では新たな処分場の建設が不可避である。

廃棄物処分は NIMBY 的性格の強い事業であり、科学的・客観的・中立的な評価が何よりも重要となる。応用地質学的知見・技術を駆使した総合的な評価が必要な事業であり、同時に社会科学的視点や高い倫理感が求められるものであることも肝に銘じておきたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 環境省(2013)：廃棄物処理技術情報，[http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/).
- 2) 環境省(2012)：廃棄物処理施設の被災状況について，東日本大震災について，平成 24 年 7 月 20 日，2012.  
<http://www.env.go.jp/jishin/taiou1207201700.pdf>（2012 年 8 月閲覧）
- 3) 櫻井宏之(2003)：一般廃棄物最終処分場建設における反対運動及び新規運用の要因分析、滋賀県立大学卒業論文

## Appropriate Treatment/Disposal of Disaster Waste/Debris and Final Disposal Site

Tomoaki HACHIMURA\*, Minoru YAMANAKA\*\*, Hiroyuki OHNO\*\*\*  
Shuichi NAGAOKA\*, Tetsuya MIYAHARA\* and Hiroyuki TOSAKA\*\*\*\*

**Abstract :** Natural disasters occur frequently in Japan, such as the Great East Japan Earthquake. Huge amounts of debris are generated from large-scale disasters; therefore, it is important to appropriately treat and dispose of the debris, which is handled as waste. If such disaster waste is not disposed of in an appropriate and effective way, numerous problems will occur at the final disposal site. For example, disaster waste layers in which stabilization is very slow could become problematic in former site redevelopment. If disaster waste were disposed of directly at a damaged landfill, environmental pollution can be expected. In addition, appropriate disposal of residue and untreatable wastes may be difficult due to the limitation of allowable landfill capacity. In order to appropriately dispose of huge amounts of disaster waste, tentative storage sites are required to be set up at appropriate areas. However, the risk of environmental pollution may be higher at several tentative storage sites. If the tentative storage is expected to be active for a long period such as several years, sufficient and concrete countermeasures such as a hydraulic barrier containing soil mixed with bentonite are necessary. The hydraulic barrier using bentonite is incrementally effective in the treatment of radiation-contaminated waste because bentonite adsorbs radioactive substances.

**Key Words :** disaster waste, final disposal site, tentative waste storage site, environmental impact, hydraulic barrier works, bentonite mixture soil

## INTRODUCTION

In Japan, natural disasters have frequently occurred, i.e. the 2011 earthquake off the Pacific Coast of Tohoku, also known as the Great East Japan Earthquake, and the July 2011 Niigata-Fukushima Heavy Rainstorm. These disasters produced huge amounts of debris is occurred; thus, it is important to properly treat and dispose of disaster waste to avert such environmental risks as pollution (Hachimura *et al.*, 2007). In addition, such a large amount of disaster waste vastly reduces the available capacities of landfill sites (Hachimura *et al.*, 2009). To prevent these problem, it is effective to set up a tentative storage site, while to await appropriate treatment and disposal. In this study, the authors have investigated disaster debris and waste resulting from past large-scale disasters in

addition to final disposal sites compromised by waste and subsequent damages. The results of this 2004~11 investigation are presented in this paper.

### 1. DISASTER CONDITIONS

#### 1.1 Processing of debris to disaster waste

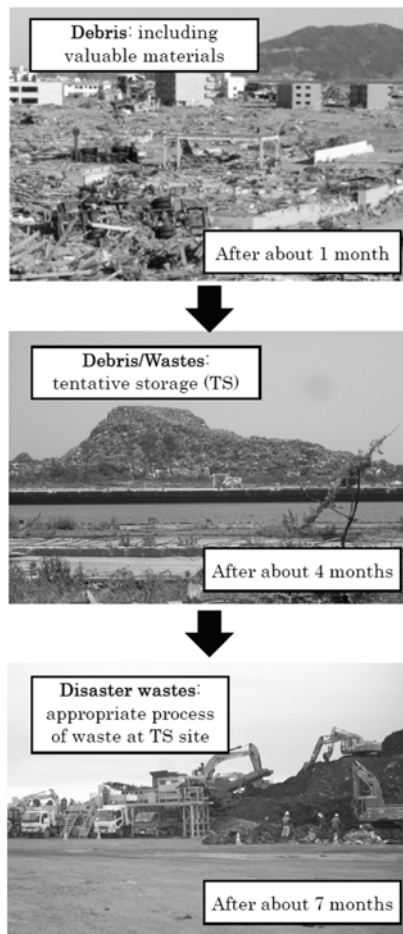
Large-scale disasters generate a huge amount of debris, which is generally gathered at tentative storage sites<sup>1)</sup> for debris, where valuable materials and waste are sorted. It should be noted here, that the debris is not waste yet. According to the Disaster Measures Basic Law in Japan, debris of which the owner is unknown can be processed as the disaster waste at six months after the public notice of tentative storage. Therefore, appropriate treatment and disposal of disaster waste can be begun at this time (Photo 1). At this stage, primary gathering site is set to

---

\* Japan Environmental Sanitation Center, West Japan Branch, \*\* Kagawa University, Crisis-management Research Center,

\*\*\* Kankyo Chishitsu Co.Ltd, Engineering Department, \*\*\*\*The University of Tokyo, School of Engineering

await appropriate treatment through incineration or recycling and disposal.



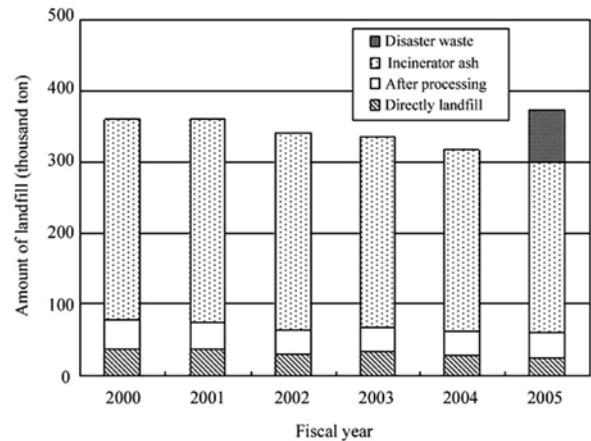
**Photo 1 Transitions from the debris to the disaster waste (The Great East Japan Earthquake)**

### 1.2 General disaster waste management

Effective disaster waste management measures must consider construction waste in addition to general municipal waste. The general framework of disaster waste management is given in Fig 1. The amounts of construction-based waste are always higher than that of general municipal waste. Because construction waste contains such reusable materials as metals and concretes, recycling is a paramount concern in disaster waste management. In the stage at storage of construction-based waste, the secondary gathering sites were set generally for several years at areas where past large scale disaster occurred.

### 1.3 Actual conditions of disaster waste

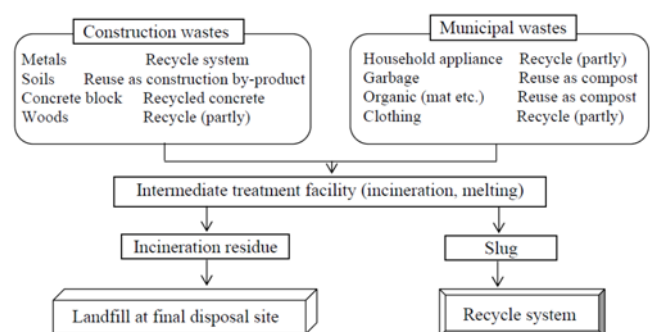
Huge amounts of waste were produced by



**Fig. 2 Accumulation of the disaster waste in landfills in 2005 (Hachimura *et al.*, 2009)**

previous disasters. Fig. 2 illustrates the distribution of a remarkable amount of disaster waste accumulated in Fukuoka landfills following the 2005 Fukuoka-ken Seiho-oki Earthquake.

The amount of waste generated by the 2011 Great East Japan Earthquake is estimated to be more than 26 million tons (Hirayama, 2011). It is difficult to treat and dispose of this waste in a timely manner of less than one year. Although the volume of disaster waste is decreased through incineration and recycling, at least 5%<sup>2)</sup>, or more than 1.3 million tons, of disaster waste in the forms of incineration residue and untreatable waste will be ultimately disposed of



**Fig. 1 Framework of disaster waste management (Hachimura *et al.*, 2010)**

at landfill sites. Although landfill sites have increased capacities for appropriate disposal of such waste, space is limited for final disposal. Although the incineration capacity is 3,500 ton/day at Miyagi Prefecture, the amount of disaster waste at this location is estimated to

more than 15 million tons. If one-third of this amount is assumed to be incinerable waste, the minimum period of treatment is more than several years.

Therefore, it is crucial to set tentative waste storage sites to await appropriate treatment through incineration or recycling and disposal.

## 2. INVESTIGATION

### 2.1 Investigation of disaster-stricken area and tentative storage sites

We visited several stricken areas of past disasters in Japan and investigated the debris conditions and the tentative storage sites opened in response to the disasters. The investigated sites, shown in Table 1, include six recent earthquakes, two volcanic eruptions, and one heavy rainstorm. At five tentative storage sites for two earthquakes (Sites HO, KN, BO and SN) and one volcanic eruption (Site Nw), several environmental measurements regarding harmful gases, water quality, and heavy metals in surface water were performed. At the other storage sites (Sites Kw, Nt, Ym etc.), storage conditions such as method of waste separation and manner of storage were investigated. These tentative storage sites were set at usual land without final disposal sites.

### 2.2 Investigation of final disposal site

Investigation of existing landfill sites is generally dangerous because of the possible outbreak of hazardous or combustible gases and increased temperatures or ignition of garbage. Therefore, a nondestructive monitoring method such as surface wave prospecting method is far safer and more accurate than boring.

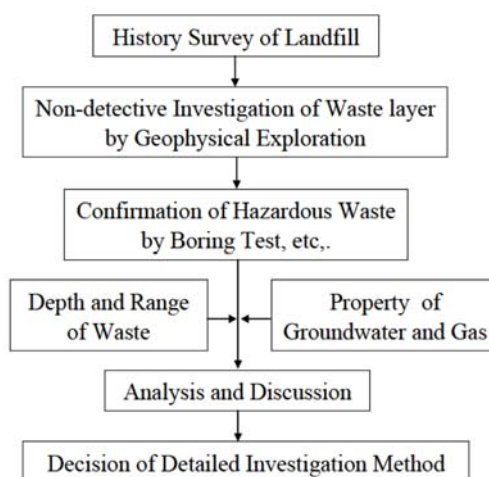
Fig. 3 shows the flow diagram of our investigation. The nondestructive investigation performed prior to boring tests is required to be included in the history survey of landfill site to confirm tentative depths and distribution ranges of waste layers.

Generally, PS logging is performed by using a borehole to obtain the secondary wave (S-wave) velocity profile of the ground. However, this

method requires excessive time and expense to analyze two- or three-dimensional ground profiles. A convenient alternative is to transmit a

**Table 1 Investigated disaster sites**

| Name of disaster                                           | Investigation           |                                   |                                   |
|------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                            | Study Period            | Situation of damage               | Tentative storage                 |
| Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004                  | Nov. 2004 to June. 2007 | Nagaoka & Ojiya city              | 4 sites                           |
| 2005 Fukuoka ken Seiho-oki Earthquake                      | April 2005              | Fukuoka city                      | —                                 |
| Noto Hanto Earthquake in 2007                              | April 2007              | Wajima city                       | 2 sites                           |
| Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007                  | Sep. 2007 to Nov. 2007  | Kashiwazaki city & Kariwa village | 4 sites                           |
| Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008                    | April 2007 to Aug. 2008 | Oshu city                         | —                                 |
| 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake            | April 2011 to Aug. 2011 | Iwate & Miyagi pref.              | Iwate: 9 sites<br>Miyagi: 5 sites |
| Eruption of Unzen volcano in 1991 (End: April 1995)        | Jan. 2007               | Shimabara city                    | —                                 |
| Eruption of Miyake island in 2000 (End: Feb. 2005)         | July 2005 to July 2007  | Miyake village                    | 1 site                            |
| July 2009 Chugoku-Northern Kyushu District Heavy Rainstorm | Aug. 2009               | Hofu city                         | 1 site                            |



**Fig. 3 Flow of investigation procedure for final disposal site. (Hachimura *et al.*, 2010)**

surface wave, or Rayleigh wave, near the ground surface (Hayashi *et al.*, 2001) up to a depth of 20 m.

In general, elastic wave velocity increases with the depth; longer waves penetrate deeper. Therefore, the wave velocity of a short, high-frequency wavelength is slower than that of a long, low-frequency wavelength. By determining the differences among propagation velocities of wavelengths, it is possible to obtain S-wave velocity profile of heterogeneous ground conditions



by analyzing reverse dispersion. The characteristics of the surface wave prospecting used in this study include the following advantages: 1) S-wave velocity of the ground is easily obtained; 2) wide areas can be surveyed quickly and economically;



and 3) measurement and analysis can be performed easily.

In this study, we investigated two final disposal sites before and after disasters.

### 3. CASE STUDIES OF DISASTER WASTE

#### 3.1 Point of left disaster debris/wastes

The results are shown here for two sites at which disaster debris and waste were left undisturbed for seven years and for one site at which debris and waste left untouched for 16 years.

Although heavy metals were detected at the seven-year sites, their concentrations were less than that allowed by Japanese environmental standards (Photo 2). However, if the debris or waste generated by a large-scale disaster were to remain undisturbed for a longer period, water seepage would pollute the area.

#### 3.2 Tentative storage sites

The results are shown here for past 12 tentative waste storage sites.

At sites Kw, Nt, and Ym, a small amount of oil leakage was detected. At sites KN and SN, the measured lead (Pb) concentration in surface water exceeded environmental standards of Japan, and the concentrations of Pb, cadmium (Cd), and chromium (Cr) exceeded the environmental standards at site Nw (Table 2). Water quality analysis performed at five sites revealed a 60% pollution rate. Then, Pb

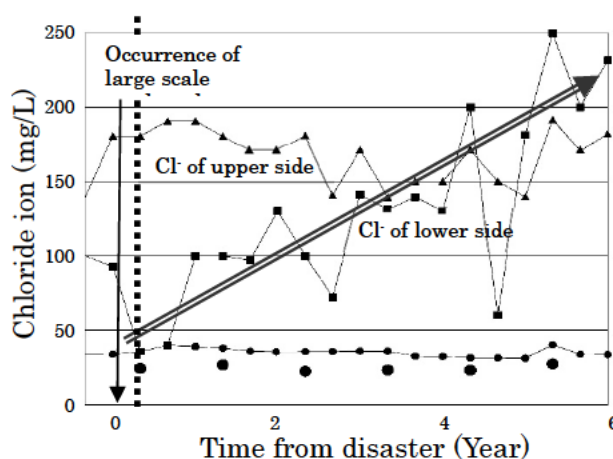
concentration in surface water at site Nw exceeded effluent standards of Japan, so it can be problem in the case of final disposal site.

After the Great East Japan Earthquake, we have investigated the conditions of 14 tentative storage sites. At present, these sites are utilized as the primary gathering sites; thus, appropriate preventive measures are insufficient. Although structures composed of asphalt and concrete were originally constructed for hydraulic barrier, other installations such as fencing are insufficient.

The leaching of toxic substances would result in a polluted environment; therefore, appropriate

**Table 2 Heavy metals in surface water at tentative storage sites after several disasters**

| Surface water    |      |         |         |         |         |         |
|------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                  | Unit | HO Site | KN Site | Nw Site | BO Site | SN Site |
| Cd               | mg/L | 0.005>  | 0.005>  | 0.029   | 0.005>  | 0.005>  |
| Cr <sup>6+</sup> | mg/L | —       | —       | 0.056   | —       | —       |
| Pb               | mg/L | 0.005>  | 0.016   | 0.105   | 0.005>  | 0.020   |
| As               | mg/L | 0.005>  | 0.005>  | 0.005>  | 0.005>  | 0.006   |
| T-Hg             | mg/L | 0.0005> | 0.0005> | 0.0005> | 0.0005> | 0.0005> |



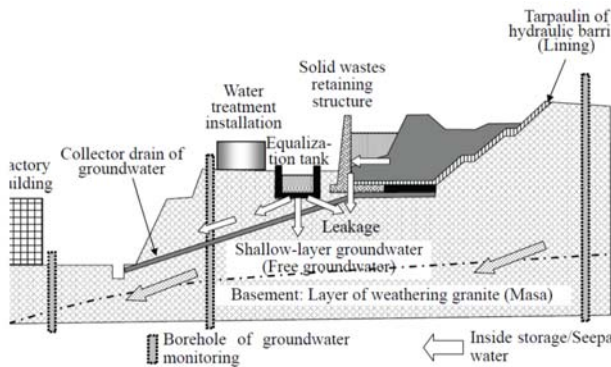
**Fig. 4 Variation of water quality measured before and after large-scale disaster**

measures have to be taken to prevent such adverse effects.

#### 3.3 Final disposal site

We investigated the water quality at a final disposal site before and after a large-scale earthquake.

Fig. 4 shows the variation of chloride ions (Cl<sup>-</sup>) detected through groundwater monitoring at upper and lower sides of the landfill. From this figure, it is evident that Cl<sup>-</sup> in the groundwater flowing down from the landfill increased after the disaster. Our investigation revealed that the



**Fig. 5 Schematic diagram of water seepage from facilities damaged by disaster**

equalization tank and solid waste retaining structure in the final disposal site were damaged by the large-scale earthquake (Fig. 5), which likely caused water seepage from the landfilled waste to infiltrate the surrounding area. Therefore, if disaster waste were disposed of directly at a damaged landfill, environmental pollution can be concerned.

At the second final disposal site, we have investigated by several methods including boring survey and surface wave prospecting.

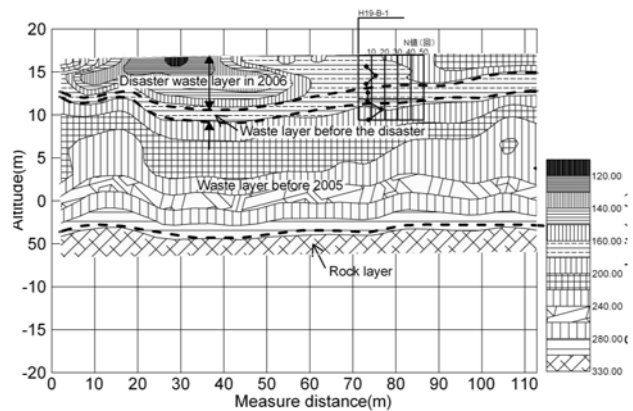
Fig. 6 shows the result of S-wave velocity,  $V_s$ , obtained by the surface wave prospecting on the surface of the landfill. It is evident that a low velocity range ( $V_s = 100 \sim 200$  m/s) is distributed in the layer containing disaster waste. On the contrary,  $V_s$  of the waste before the disaster is greater. Therefore, the disaster waste layer is understood to be lower in density and strength than that before the disaster because the  $V_s$  of the waste layer filled before the disaster is in the range of  $200 \sim 300$  m/s.

Fig. 7 shows the relation between standard penetration resistance ( $N$ -value) and S-wave velocity. This relationship has been previously illustrated for general soils by Imai and Tonouchi. Results of their study are plotted with

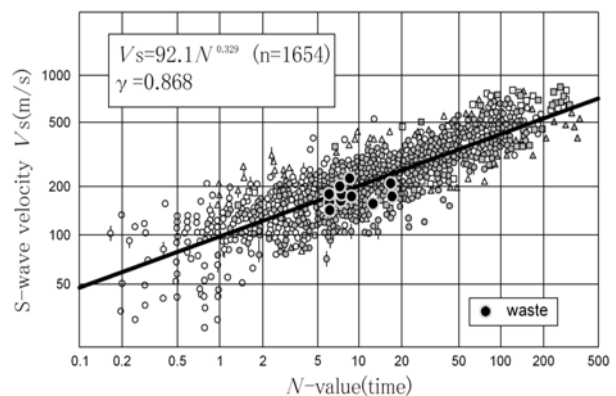
gray plots in the figure. A great number of  $V_s$  of the waste layer is smaller than  $N = 10$ , which is similar to that of general soils. Thus, it is understood that the density and strength of the disaster waste layer are lower than those of the pre-disaster waste.

Conversely, general soil with a small  $N$ -value is often composed of clay, which has very low permeability. Therefore, it is possible that the disaster waste layer also has low permeability. Infiltration water such as rainfall can wash out the polluted water in landfill layers. However, these effects are abated due to the low permeability of these layers. Thus, in landfills, disaster waste layers in which stabilization is very slow could become problematic in former site redevelopment.

#### 4. DISCUSSION



**Fig. 6 Analysis result of S-wave velocity by surface wave prospecting on the landfill**



**Fig. 7 Comparison of waste and general soil for  $N$  versus  $V_s$  (Corrected Imai and Tonouchi, 1999)**

The potential risk of disaster waste should be minimized through appropriate treatment and storage (Hachimura *et al.*, 2007; Ohno *et al.*, 2007). At final disposal site, polluted water at levels in excess of effluent standard must be not discharged, but even so polluted water might be discharged from tentative storage site. Even if serious secondary disasters caused by the disaster waste itself are rare occurrences, technical points should be applied to avoid further expenses related to pollution cleanup at the site in the course of reconstruction. When anaerobic condition develops in the waste pile, harmful gases such as hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), carbon monoxide ( $CO$ ), and methane ( $CH_4$ ) may be generated. Under the anaerobic condition, fire may occur at tentative storage/ disaster-stricken site. The leaching of liquid materials into the soil and shallow subsurface regions provoke the risk of environmental pollution. From the perspective of engineering geology, stability on the basis of the strength and hydraulic properties of soil used as a pollution barrier is of paramount importance. Fig. 8 illustrates such potential hazards and risks associated with disaster waste.

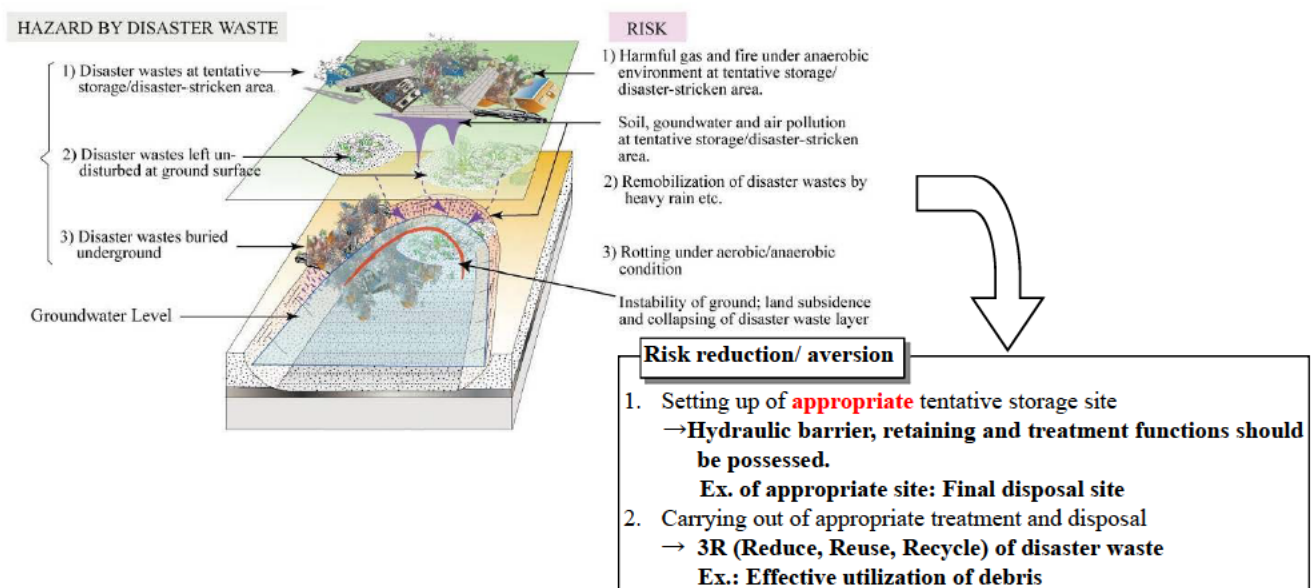
For reduction and aversion of risk by disaster waste, it is effective to set up tentative storage sites as primary and secondary gathering areas for disaster debris and waste while awaiting

appropriate treatment and disposal (Fig.8). If the disaster wastes were disposed of in a hasty manner, numerous problems could occur at the final disposal site. Our investigation certifies that disaster waste carries these risks. For example, disaster waste layers in which stabilization is very slow could become problematic in former site redevelopment. If



**Photo 3** Examples of final disposal sites for disaster waste were disposed of directly at a structurally-damaged landfill, environmental pollution can be expected. It may be difficult to dispose of the residues and untreatable waste appropriately because landfill capacities are limited. Therefore, it is important to reuse and recycle debris/waste for reducing of disaster waste.

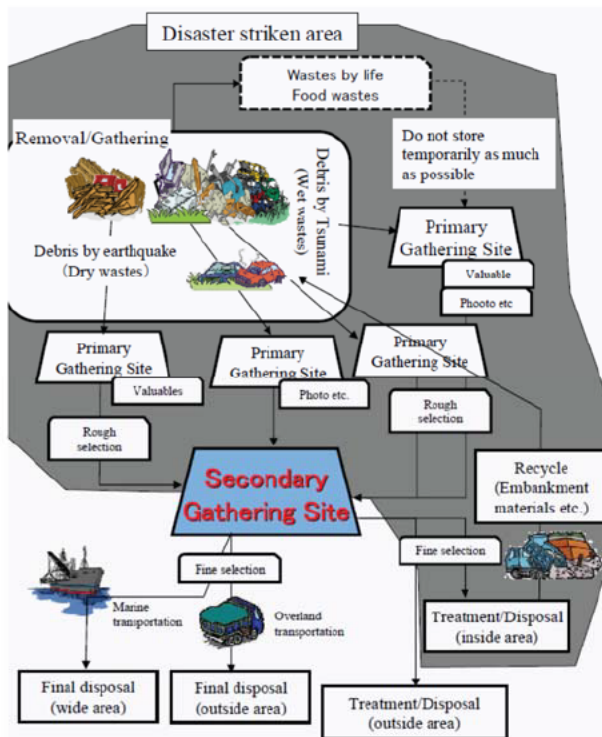
The risk of environmental pollution could be higher at several tentative storages sites. To appropriately dispose of huge amounts of disaster waste, tentative storage areas have to be



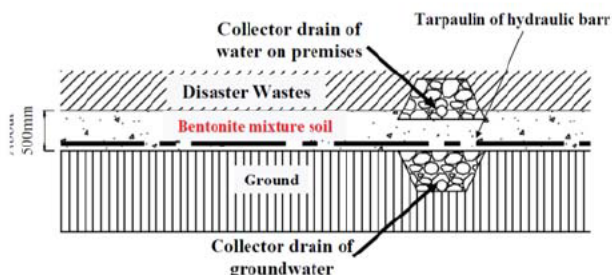
**Fig. 8** Schematic diagrams of potential hazards and risks associated with disaster waste and method of risk reduction/aversion (Corrected Ohno *et al.*, 2008)



set up at appropriate sites. If the storage term of a tentative site is expected to be several years, it is quite important to set up a secondary gathering site. Considering to Japanese Law, secondary gathering sites should function in a similar manner as that for industrial waste storage, but used on a temporary basis in the case of a large-scale disaster (Fig. 9). Secondary gathering site could be set up after primary one, so the site which is similar as prevention measure for industrial waste



**Fig. 9 Function of secondary gathering site for large-scale disaster**

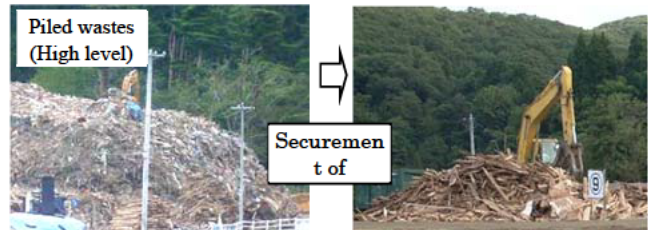


**Fig. 10 Schematic view of batholith structure used for long-term tentative waste storage**

storage should be set. Such storage site would be required to include such proactive functions (preventions of scattering, gas emanation, infiltration etc.).



**Photo 4 Fence and sprinkler at tentative storage to prevent scattering of airborne**



**Photo 5 Lowering the height level and keeping gentle slope of piled waste for stability securement and gas emission prevention**



**Photo 6. Water-treatment installation and pond for infiltration and environmental risk**

Available space of controlled final disposal site is effective as tentative waste storage site, because such site has above functions (Photo 3). However, usually land such as schoolyard was used as tentative storage site at past disaster, as some disaster-stricken municipalities did not have available space of final disposal site.

Because the tentative waste storage site acquires custody of the installations, at usual land, the following standards are required:

- Measures to prevent scattering of airborne waste.
- Measures to prevent spillage of wastes.
- Measures to prevent underground infiltration such as that by leachates within the waste.
- Measures to prevent emanation of stench from the waste, including that by evolved gases such as hydrogen sulfide.

Specifically, the followings are the installations.

Hydraulic barrier is considered as an effective measure against underground infiltration. Bentonite mixture soil effectively controls seepage (Fig. 10), and clay such as bentonite has the ability to adsorb radioactive substances. In addition, the hydraulic barrier using bentonite is incrementally effective in the treatment of radiation-contaminated waste. For scattering prevention, it is necessary to employ such measures as a simplified fence and sprinkler system at the storage site (Photo 4). Moreover, the height of the piled waste should be less than 5 m with a gentle slope to secure the stability and prevent the dissipation (Photo 5). This arrangement is also effective for the prevention of stench emanation resulting from evolved gases. Finally, the surface water at the site should be treated by simple installations (Photo 6).

Therefore, a tentative storage site including appropriate prevention installations has a significant role to reduce/avoid environmental risk.

## CONCLUSIONS

The conclusions of this study are listed as follows:

- 1) At several past tentative storage sites, heavy metals with concentrations exceeding Japanese environmental standards were detected.
- 2) If disaster wastes were disposed of at the damaged landfill, the environment could become polluted.
- 3) The disaster waste layer in landfill site was understood to be less dense and weaker than that containing pre-disaster waste. Such disaster waste layers could become problematic in former site redevelopment.
- 4) For reduction/aversion of above risk, it is necessary to set up appropriate tentative storage sites while awaiting appropriate treatment and disposal of disaster waste.
- 5) Available space of controlled final disposal site is effective as tentative waste storage site,

because such site has proactive functions.

- 6) Tentative storage sites should include several prevention installations such as a hydraulic barrier containing soil mixed with bentonite. Because clay such as bentonite adsorbs radioactive substance, this measure would also be effective to treat radiation-contaminated waste.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was part of a study by a subcommittee of the Japan Society of Engineering Geology. Many staff members of municipalities in disaster-stricken areas cooperated with this study. We wish to express our deep gratitude.

## NOTES

- <sup>1)</sup> Tentative storage sites of disaster debris/wastes include the primary and secondary gathering sites. The primary gathering site is set for short time (ex. less than 1 year), but the secondary gathering site has set for several years at past large scale disaster.
- <sup>2)</sup> Ministry of the Environment (11/26/2010 updated): Annual report on the environment in Japan. <<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/>>, 08/29/2011 referred.

## REFERENCES

- Hachimura, T., Miyahara, T., Ohno, H. (2007) Possibility of the Groundwater and Land Pollution by Disaster Waste, *Journal of the Japan Society of Engineering Geology*, Vol.47, No.6, 360 ~ 368 (in Japanese with English abstract)
- Hachimura, T., Yamanaka, M., Hasegawa, S., Ohno, H. (2009) Damage Survey and Disaster Wastes on the 2005 Fukuoka-ken Seiho-oki Earthquake, *Proceedings of the Nineteenth Int. Offshore and Polar Engineering Conference*, 529~523
- Hachimura, T., Yamanaka, M., Ohno, H., Hasegawa, S. (2010) New Investigation Method to Estimate Waste Properties of Existent Landfills, *Proceedings of the Twentieth Int. Offshore and Polar Engineering Conference*, 739~742
- Hayashi, K., Suzuki, H., and Saito, H. (2001) Surface wave method using artificial sources - Development and application to civil engineering investigations-. *Annual technical*



*report of OYO corporation*, No.21, 9~39 (in Japanese).

Hirayama, S.(2011) Estimation of amount of debris by Tsunami, DRNWW News, March 30<sup>th</sup> 2011.

Imai, T. and Tonouchi, K. (1982) Correlation of N-Value with S-Wave Velocity and Shear Modulus, *Proceedings of the 2nd ESPT*, 67~72

Ohno, H., Miyahara, T. and Hachimura, T. (2007) Environmental Risks to Society of Disaster Waste and Measurement - An Example of Niigata-Chuetsu Earth Quake at 2004, *Proceedings of 7<sup>th</sup> symposium on environmental geotechnology*, 347 ~ 354 (in Japanese with English abstract).

Ohno, H, Tosaka, H, Hachimura T, Miyahara, T, Matsumoto, K, Utsugi, K, Kitaoka, K, Yamamoto, A, Yamamoto, Y (2008) Situation and Environmental Risk of the Waste at/after Disaster and the Tentative Waste Storage, *Proceedings of APLAS Sapporo 2008*, The 5th Asian-Pacific Landfill Symposium, Sapporo, Japan, CD-ROM, 6p.