

支部設立20周年記念行事

記念シンポジウム

「地域の自然・人・産業・文化を護る応用地質学」

講演論文集

期日：平成25年10月4日

会場：高松テルサ（高松市屋島西町）

一般社団法人日本応用地質学会 中国四国支部

一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部設立20周年

記念シンポジウム「地域の自然・人・産業・文化を護る応用地質学」

講演論文集

	頁
1. 支部設立20周年記念シンポジウム「地域の自然・人・産業・文化を護る 応用地質学」の開催にあたって・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
長谷川 修一（香川大学）	
2. 地質災害減災のための新たな追い風―鬼に金棒―・・・・・・・・・・	3
千木良 雅弘（京都大学）	
3. 「中国四国地方の応用地質学」にみる地域の地質技術力・・・・・・・・・・	5
横田 修一郎（元 島根大学）	
4. 隠岐世界ジオパーク―地すべりとの共生―・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
浜崎 晃（㈱日本海技術コンサルタント）	
5. 豪雨による土砂災害に備える住民活動―地域と行政が協働した防災マッ プの作成―・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
中井 真司・渡邊真悟（復建調査設計㈱）	
6. 活断層との共生・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
金折 裕司（山口大学）	
7. 深部地下利用と地下水・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
田中 和広（山口大学）	
8. 地下水の恵み―河川流量から見た地下水環境と地域地盤―・・・・・・・・	31
栢木 智明（合同会社水文LLC）	
9. ジオ鉄―鉄道施設からジオを読む―・・・・・・・・・・・・・・・・・・	35
加藤 弘徳（㈱荒谷建設コンサルタント）・藤田 勝代 （(財)深田地質研究所）・横山 俊治（高知大学）	
10. 総括―中国四国支部活動に期待をこめて・・・・・・・・・・・・・・・・・・	41
横山俊治（高知大学）	

1 一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部設立20周年記念シンポジウム 「地域の自然・人・産業・文化を護る応用地質学」の開催にあたって

一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部は平成6年2月に設立され、平成25年度に設立20周年を迎えることになりました。これも一重に皆様方をはじめ、関係各位の絶大なご支援、ご指導の賜物と心より感謝申し上げます。

日本応用地質学会は、応用地質学に係る研究者・技術者の相互交流及び連携のもと、学際的、総合的かつ実地的な調査研究及び技術開発を行う事によって、わが国の応用地質学に関する調査研究の一層の進展と技術の進歩普及を図り、わが国の学術・文化ひいては経済・社会の発展に寄与する事を目的として設立されました。中国四国支部の会員も、戦後ダムや道路等の地質調査等を通じて社会資本の整備に貢献し、また自然災害の調査研究等を通じて安全な国土づくり、安心してくらす社会づくりの一翼を担ってきました。

日本国内ではこの20年間に平成7年の阪神・淡路大震災、平成23年の東日本大震災と2つの大震災を経験し、また南海トラフ巨大地震も目前に迫っています。防災・減災だけでなく強靱でしなやかな日本国と日本人になるためには、自然を深く理解し、人の営みを自然の営みに調和させることが望まれ、応用地質学の役割がますます重要であります。また、近年のグローバル化の嵐の中、地場の産業が衰退し、地場の産業の衰退は地域の文化の衰退につながっています。地域の産業と文化を護り、地域の持続的な発展のために応用地質学が何をできるのかも問われています。

中国四国支部では支部設立20周年記念行事として、シンポジウム「地域の自然・人・産業・文化を護る応用地質学」を公開し、開催県の小豆島町と香川大学等と共同で「小豆島ジオサイト探訪」を共催します。

ある地域の大地は他の地域と異なる多様な地質（岩石や地層）によってできています。そして、地質を母材として地殻変動や風化・侵食・運搬・堆積によって特有な地形が形成されてきました。また、その地質と地形を土台として気候に適合した生態系（動植物）が生まれ、それらの自然環境と歴史の上に私たちの生活、産業、文化、伝統と歴史があります。まずは、地域の生活、産業、文化、伝統を大地から見直し、地域の自然や風土に根差した持続可能な発展をいかに達成するかについて一緒に考え始めようではありませんか。

平成25年10月4日

実行委員長 長谷川修一（香川大学工学部）

【メモ欄】

2 地質災害軽減のための新たな追い風―鬼に金棒―

千木良雅弘

京都大学防災研究所

1. はじめに

応用地質学会中国四国支部設立 20 周年記念にあたって、「応用地質学の使命」のようなタイトルで講演してほしいと依頼された。しかし、これはあまりに大きな内容なので、もうちょっと下がったところで、表題のような内容で発表をさせていただく。インターネットの普及とパーソナルコンピュータの性能高度化を中心として、応用地質学をとりまく状況は大きく変わりつつあり、これは応用地質学に携わる者にとっては大変追い風になってきた。このことについて、紹介する。従来であれば、専門家に依頼せざるを得なかったようなこと、たとえば地形の画像化や数値処理、衛星画像の入手や処理、力学計算などが、少し努力すれば自らできるようになった。従来ならば専門家が集まってチームワークによって「学際研究・プロジェクト」を行ってきたが、「一人学際」が可能になってきたのである。ただ、大学での地質学の授業は高度な地球科学ではあっても、このような応用地質学の周辺科学を教えているところのごく限られている。また、地質技術者として業務を進めるようになると、なかなか新たな手段を身に着ける機会がないのが実態のように見える。

ここでは、地質災害を軽減するための新しい研究・調査ツールの活用について述べたい。たとえば、次のようなことがある。

1) インターネットが世界を変えた

空中写真、地図、地質図、降雨データ、地震計測データ

―すぐに机上で手に入る

2) 航空レーザーは空中写真と違う世界を見せてくれる

3) GIS(地理情報システム)は道具になった

4) 衛星画像も道具になった

5) ボーリングコアが高品質になった

6) 数値計算(有限要素, 有限差分, 個別要素) ―作らなくても, 原理を知れば, 購入して“使える”

インターネットが世界を変えていることは誰も実感することと思う。空中写真などのデータもインターネットで簡単に入手することができるようになり、空間情報公開の方向でデータが次々に整備されている。

2. 航空レーザー計測

航空レーザー計測は、空中写真とは次元の違う世界を見せてくれる。得られた詳細 DEM を

画像化して樹林の間を透かした画像を見ることによって、かつて名人芸とも言えるようなものだった空中写真判読から脱却して、詳細地形を調査研究することができる。詳細 DEM は、単に地形図を作成して、それに調査結果を記入するためのものではなく、地形の観察・調査する道具になったのである。さらに、詳細 DEM（数値標高モデル）から、様々な地形解析もできるし、地形断面図も自在に作ることができる。また、得られたデータをタブレット端末にインストールして GPS と連動させることによって、位置を決めにくいような場所でも地形図や地形画像上で位置を確認して調査することができる。

3. GIS（地理情報システム）

GIS はちょっと前までごく限られた人たちが“研究的に”扱うものだったが、すでに多くの人々が道具として使う段階に来ている。DEM を GIS で処理することによって、地形図、地形イメージ図、地質図、数値データなど、様々な地理的広がりに関連する情報を処理することができる。水系網の作成や傾斜図の作成やオーバーレイ等も簡単である。

4. 衛星画像

衛星画像は、少し前まで、入手も大変で、入手したとしてもそれを閲覧するために特殊なソフトウェアや高機能のコンピューターを必要としていた。しかし、現在は photoshop や GIS のソフトウェアで閲覧することができる。また、従来、1 シーン数十万円と効果なものが多かったが、日本の衛星 ALOS の画像は安価である。AVNIR-2(解像度 10m), と PRISM(解像度 2.5m) が光学画像センサーである。PRISM の画像は前方視、下方視、後方視のうち 2 枚を用いることによって立体視することができ、さらに DEM を作成することも可能である。DEM 作成は特殊であるが、画像を観察することは容易である。PRISM の画像は通常空中写真とほとんど遜色ない。衛星画像は、地図の入手が難しい海外の調査に極めて有効である。

5. ボーリングコアと数値計算コード

高品質ボーリングコア採取技術の発達によって、従来採取が難しかった地すべり地の脆弱な岩石も採取可能になり、地すべりやその前兆の重力変形斜面の内部構造が詳細に把握できるようになった。また、有限要素法や有限差分法などの数値計算コードも商業ベースで入手可能になった。

6. おわりに

以上、私が関係する範囲で、ツールとして使えるようになったものについて述べた。これらは、従来も使用は可能であったが、大きな変化は、地質技術者が自ら容易に道具として使えるようになったことである。このことによって、地質技術者の思考・活躍範囲が格段に広がった。道具は道具であり、大切なのはそれを使いこなす「頭」である。地質的センスはその「頭」の中核である。

以上

3 「中国四国地方の応用地質学」にみる地域の地質技術力

横田修一郎（元 島根大学）

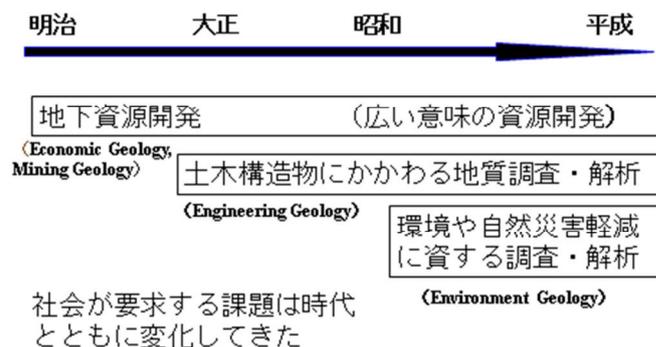
1. はじめに

社会を維持・発展させていくには地質学の知識や考え方は不可欠であり、「応用地質学」はそうした役割の中心を担っている。わが国の社会から要求される地質関連課題は歴史的に変遷してきたが（図－1）、今日でもインフラ整備のための地盤・岩盤特性や広範な資源の利・活用問題、自然災害の予測と軽減などの課題が多く、それらを通じて社会に貢献していくことがこの分野の責務でもある。

しかしながら、個々の課題への的確な対処は地質学の豊富な知識をもっていても容易ではない。これには、要求される内容を十分理解し、かつ関連する広範な事項を理解しながら解決案を検討していくとともに、結果を他分野の人々に分かりやすく伝達していく工夫等も必要である¹⁾。これが広い意味の「地質技術」であり、それを効果的に機能させる学問体系が「応用地質学」といえよう。

多様な地域社会の存在とともに地形・地質状態は地域によって大きく異なることから、「地質技術」は対象地域の自然と社会の特性を十分考慮したものでなければならない。2010年に当支部から刊行された「中国四国地方の応用地質学」²⁾は特定地域を対象とした上記の取り組みをまとめたものであり、地域社会と地質学のかかわりが項目別に触れられている。

本書の編集・出版に携わった1人として、地質学の地域社会や文化とのかかわりについて、「地質技術力」という視点でその現状と課題を考えたい。



図－1 わが国において社会から要求される地質関連課題とその変遷のイメージ

2. 地質学の知識を社会に活かし、貢献すること

「中国四国地方の応用地質学」は支部創立15周年を記念して企画・刊行されたものであり、内容は活断層問題、風化・変質作用、土砂災害、地すべり、応用地質学的知識の現場施工への適用、地下水問題、環境問題など多岐にわたる（表－1）。いずれも地域社会

の維持・発展に不可欠な項目である。

本書には、地質学の視点から、どこにどのような断層や地すべりが存在し、どのような土砂災害が発生しているか等とともに、それらに関連した災害軽減への取り組みや、土木構造物の調査・設計・施工への応用地質学的知識の導入実態等が示されている。

執筆した多数の支部会員は地質調査や建設コンサルタント等の企業、あるいは大学や研究機関、官庁などとその所属は分散しており、記述された内容はそれぞれが日常業務や教育・研究を通じて得られたものである。このことから、本書を通して地質学の知識や考え方を社会に活かし、貢献すべく努力している支部会員の姿が見えるし、支部メンバーは総力として内容的に広範囲の事項に対処できていることがわかる。

表－１ 「中国四国地方の応用地質学」で網羅された内容

-
1. 中国四国地方の自然と社会
 2. 中国四国地方の活断層と応用地質
 3. 岩石の風化・変質作用と応用地質学
 4. 中国四国地域の土砂災害の特徴と軽減策
 5. 地すべりと地質
 6. 応用地質学的知識の現場施工への適用と貢献
 7. 地下水問題
 8. 環境地質への取り組み
 9. 中国四国支部の成果
-

3. 地域限定の高い地質技術力

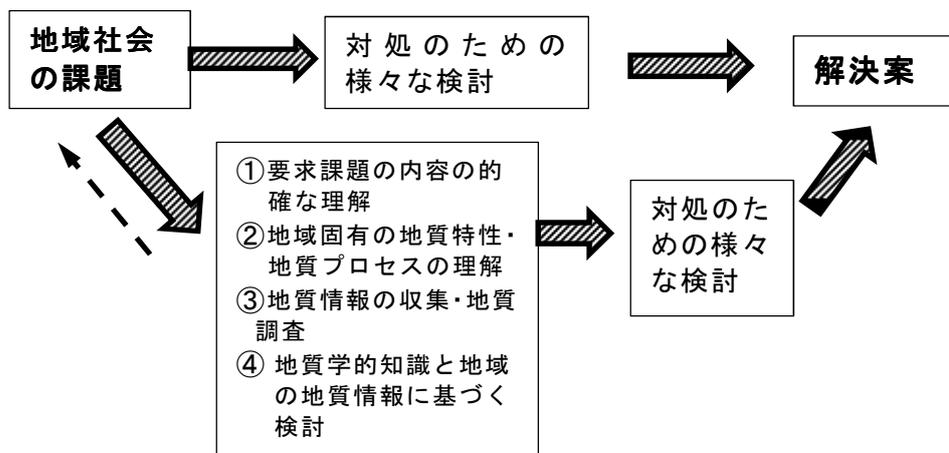
地形・地質状態は地域性を有することから、個々の課題対処には対象地域の地質情報の入手や精度高い地質調査が必要となる。調査・検討結果に基づいて山地や丘陵を掘削したり、盛土したりすれば、自然に大きな負荷を強いることになる。土木施工とともに金属資源や燃料資源にかかわる採掘も地形・地質状態や動植物への負荷とともに、それを介して地域住民の居住環境にも影響を及ぼすことがある。これには地下水や大気など外から捉えにくいものも含まれる。種々の環境問題は間接的な事項も含めてそのような影響の一端を示している。

そうした負荷の軽減には、地域の地質特性や地質プロセスを十分吟味したうえで、それらをベースにした課題への対処方法を模索していくことが必要であろう（図－２）。わが国の地域社会は過去からの永い歴史の中で構築されてきたものであるし、歴史の展開は当然ながらその場所での地形・地質条件やそれをもたらした地形・地質発達史に大きく依存してきた。このため、地質特性を十分考慮して対処していくことが結果として居住環境への影響を少なくし、しいては人々や地域固有の産業、それらを併せてつくられている文化を護ることになる。

本書は、全体として自然と社会を捉え、調査によって地域の地質特性やプロセスの理

解をしたうえ、課題に対処していくという構成である。これは上記のように自然への負荷を少なくする方向であり、中国四国地方を対象とした支部会員による「地質技術力」の高さを裏付けている。

ところで、中国四国地方では古くから花崗岩の他、火山岩、火砕岩、砂岩などが採掘され、石材として石垣や種々の石造物に加工されてきた。地下からの採取は自然改変ではあるが、人工材料に比較すれば自然石の利・活用は地域の文化と調和した姿であろう。これらの多くが産業として衰退気味にあることを考えると、応用地質学としても支援したいものである。



図－2 地域の地質特性・地質プロセスの理解の上にした課題検討のフロー（下側）。これによって自然への負荷をできる限り少なくした解決案の得られることがあるし、結果は同じでも、解決案の妥当性・信頼度を高めることができる。

4. 地質技術者の意識改革

「地質技術」とは地質学をもとにした技術という意味である。一般的な技術のあり方³⁾を参照すれば、社会の要求課題を理解し、地質学や自然科学を駆使して解決案を見出していくことであり、これには、経費や安全面の考慮も含まれる。

ただし、現実に活躍している個々の技術者が“社会課題に対処する”あるいは“貢献する”という意識をもっているかについてはやや疑問に思われる。これは、土木施工に関連した業務の場合、その大半が行政機関等から細分されて発注され、それぞれの仕様書に対応していくかたちで進めざるを得ないことも原因かと思われる。また現実には地質関連業務が土木設計施工の中に埋もれ、その一環と見られることすらある。

様々な技術が交錯する今日の社会にて「地質技術」をもっとアピールしてもいいのではないか。さらに、技術者自身は現実の社会組織とは関係なく「地質技術」を通じて地質学を地域社会に活かし、そこで暮らす人々、産業、さらには文化をサポートしていく意識をもつことも必要であろう。

5. まとめ

- (1) 「中国四国地方の応用地質学」は地域の地形・地質特性とともに多くの社会課題に
応えている支部会員の活動によるものであり、地域の地質技術の実態を示している。
- (2) 全体として、自然と社会を捉えて調査によって地域の地質特性やプロセスの理解をし
ていくことが読み取れ、社会課題に対処する中でも自然への負荷を少なくする方向を示
している。これは、結果として地域の人々と産業、さらには文化を護ることになり、地
質技術力の高さを示しているといえる。
- (3) 将来に向けては、個々の技術者が「地質技術」を通じて人々、産業、文化をサポート
するという意識を日常的にもつことが必要であろう。

文 献

- 1) 横田修一郎（2013）：地質学を社会に活かすー地質技術を身に付けるフィールド教育，
地学団体研究会 第 67 回総会（島根）講演要旨集・巡検案内書，pp.3-6.
- 2) 日本応用地質学会中国四国支部編（2010）：中国四国地方の応用地質学，一般社団法人
日本応用地質学会中国四国支部，264p.
- 3) 大中逸雄（2009）：「JABEEにおけるエンジニアリング・デザイン教育への対応基本方
針（2009.2.7）」および参考資料1～6，JABEE HP.

2. 隠岐諸島の成り立ち

隠岐諸島は、長い間日本列島とともにユーラシア大陸の縁辺にあった。2,500 万年前から始まった地溝帯運動によって、日本列島が大陸から分離するときには日本列島とともに南東に向かって移動し、大陸と日本列島の間に大きな湖が形成された時には湖の底に位置していた。その後も続いた日本列島の分離に伴い、約1,800 万年前頃には湖が海へと変わった。この時、隠岐は日本海の海底の高まりの一つ（隠岐海脚）となり、約1,000 万年前頃までは深い海の底にあった。

長い間（約1,000 万年間）海の底にあった隠岐は、約600 万年前、大規模な火山活動によって海底から隆起し陸地となった。島前は630 万年前に溶岩が噴出し、次いで570 万年前に島後で溶岩が噴出して火山島を形成した。

島前では、元の島を完全に溶岩が覆ったあと、マグマが噴出して空洞となったマグマだまりに向かって火山島の中心部が陥没して大きなくぼ地になった。その後（540 万年前）、カルデラの内部で火山が噴出して焼火山を形成した。

島後では、先に外周の火山ができた後に葛尾山（図-4 参照）を中心とした広い範囲が陥没して、そこを火砕岩が埋め立てたと考えられている。島前、島後ともかなりの規模の噴火であったと思われる。火山活動が終わった島後は、その後一部が海に沈むが、すぐに新しい噴火活動によって隆起し、溶岩によって形成された台地があちこちに作られた。（この新しい火山活動は420 万年間続いたと思われる。）

この火山活動の終了と前後して、第四紀更新世前期（約70 万年前）頃から、本格的な氷期のサイクルが始まった。世界的な海水準変動を起こした氷期サイクルによって海面は数十m以上も上下し、特に約2 万年前にピークを迎えた最終氷期（ウルム氷期）には、140~120mも海面が低下したと言われている。隠岐諸島自体が海底の高まりの上であり、本州（島根半島）との間が水深約70mの浅い海でつながっているため、この氷期サイクルの中で隠岐諸島は何度も本州とつながった半島になったと考えられている。

2 万年前の最終氷期に、隠岐は海水面の低下によって島根半島と陸続きとなったが、その後の温暖化に伴う海水面の上昇によって約1 万年間に現在のような離島となった。

隠岐は世界的にも珍しい不思議な生態系と独自の文化が今も残されている。その大きな要因の一つとして、島根半島と陸続きとなりそして離島となった地史が関係すると考えられている。¹⁾

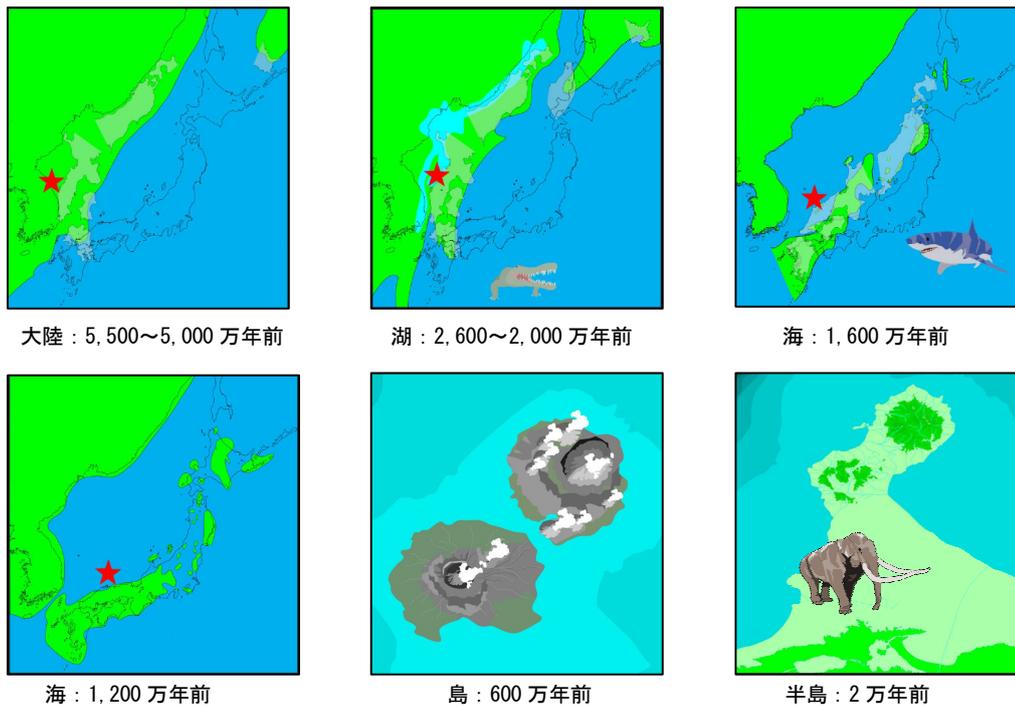


図-3 隠岐諸島の古地理図

3. 隠岐諸島の地質概要

隠岐諸島は主に新第三紀中新世後期（約 630～530 万年前）の溶岩と火砕岩で形成されている。

島前はその大部分が火山性の地質からなり、中新世後期のアルカリ玄武岩質溶岩の外輪山（下部外輪山溶岩，上部外輪山溶岩）と粗面岩質の中央火口丘（焼火山中央火砕丘）を持つ。例外は西ノ島の焼火山と外輪山の間に見られる中新世中期～後期の堆積岩（美田層，市部層）と，焼火山に寄り添う大山の山体を構成している島前火山噴火前の深成岩（大山石英閃長岩）程度である。また，中ノ島北東部に見られる玄武岩（宇受賀玄武岩）は島前カルデラの形成よりも後（約 280 万年前）に形成されたもので，外周から焼火山方面に切り込む入り江をせき止め，なだらかな平地を形成している。

島前に比較して島後はより複雑で，東部の山地周辺は火山性の陥没地形を埋めた中新世後期（約 500 万年前）のアルカリ流紋岩質火砕岩（葛尾層）が円形に分布しており（葛尾コールドロン），その外周を囲むように，中生代（約 2.5 億年前）に変成作用のピークをもつ片麻岩（隠岐変成岩類）が屋根のないドーム状に分布している。さらにその外周には，古第三紀漸新世～新第三紀中新世（約 2,600～1,000 万年前）の堆積岩や多様な組成の溶岩，火砕岩（時張山層，郡層）が分布し，その上に島の外周に沿って西に凸の三日月状に分布した新第三紀中新世後期（約 550 万年前）のアルカリ流紋岩～粗面岩溶岩と火砕岩（重栖層）が重なって山地を形成している。また，鮮新世から更新世（約 470～44 万年前）にかけて散発的に噴出した玄武岩溶岩が島後東側の時張山層～郡層分布域に散在し，台地や山頂の上部を構成している。¹⁾

島後における地すべり活動に大きく関係しているのは次の地質的事象である。

隠岐諸島周辺が中新世中期の久見層堆積から一転して，後期中新世には隆起に転じて島となり，ほぼ全域で多量の溶岩・火砕物からなるアルカリ火山岩類が噴出した。この時に形成されたのが重栖層と葛尾層である。重栖層と，それに属する粗面岩貫入岩の接触部付近に分布する下部中新統の時張山層・郡層や中部中新統の久見層は，この火山活動にともなう熱水変質作用により，スメクタイト化が著しい。鮮新世前期になると，一時的な海進がおり，重栖層と葛尾層の火山体間の低地は内湾となり，そこに内湾性堆積物が堆積し，その後の海退期には陸水成堆積物が形成された。これが向ヶ丘層である（山内ほか，2010）。

向ヶ丘層の下部層は厚さ 0～16m の礫層からなる。中部層は厚さ約 20m の半固結の有機質粘土層・火山灰質粘土層からなり，上部層は礫混じり粘土層ないし砂質粘土層からなる（山内ほか，2005）。向ヶ丘層の層理は，一般に 5～8° 程度の角度で地表面と同じ方向に傾斜している。火山灰質粘土層，有機質粘土層および礫混じり粘土層の粘土鉱物はスメクタイトを主体とし，雲母粘土鉱物やカオリンをわずかに含む。

向ヶ丘層は標高 0m の海岸から，島後最高峰の大満寺山（607 m）の山頂直下の標高 540m まで分布するが，更新世中期までには広域的隆起により大規模に削剥されたと考えられている（村上・山内，2006；山内ほか，2010）。³⁾

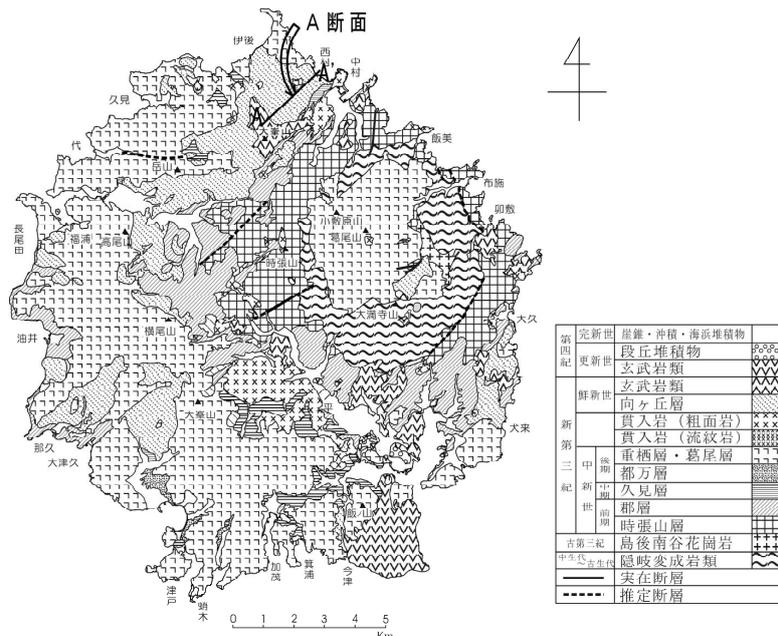


図-4 隠岐島後の地質図（村上，2010）

4. 隠岐諸島の地すべり

隠岐諸島の中で特に地すべりが多いのは島後である。

島後の地すべり地形を地すべり地形分布図（防災科学研究所，2005）で読み取ると，そのほとんどが向ヶ丘層分布域と重なっている（図-5）。

地すべり移動体は，向ヶ丘層やその周辺の変質岩が地層の傾斜方向に向かって滑動したもので，地すべりの発生には海岸域での波浪，内陸部にあつては河川による脚部侵食が大きな誘因となっている。向ヶ丘層の火山灰質粘土や有機質粘土中にある化石化した複数のすべり面や地すべり地形の存在から，隆起による大規模な削剥後も地すべりが繰り返し発生したものと考えられている（山内ほか，2010）。

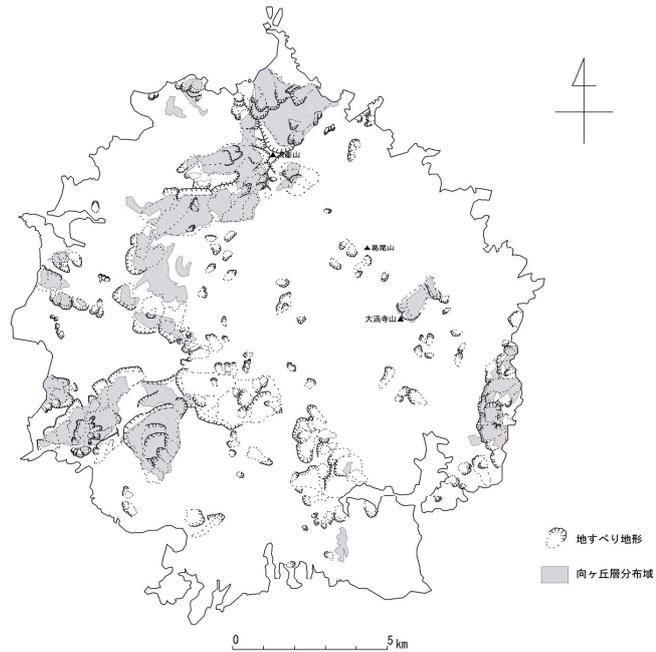


図-5 島後の地すべり地形と向ヶ丘層分布図

向ヶ丘層の地すべりの代表的なものとして，島後北部の大峯山周辺の地すべりがあげられる。ここでは大峯山の山頂を中心にして，四方に広がる複数の大規模な地すべり～崩壊地形が存在している。そのひとつが，大峯山山頂直下に比高 250 m，幅約 1.6km の急崖からなる古い滑落崖をもち，そこから北東の西村に向けて約 2.6km の長さを有する地すべり移動体である（図-6）。この地すべり移動体の内部にはいくつもの丘陵が存在していて起伏に富んでいる。層序や地質構造から，現在丘陵を形成している地すべり移動体よりも以前に，その上位にすべり面をもつ古い地すべり移動体が存在していたと考えられ，移動体の消失後の侵食作用によって丘陵地形は形成されたものと考えられている（山内ほか，2010）。

大峯山直下の滑落崖から北東に約 1.5km 下ったところには，これよりも開析の進んだ滑落崖があり，その下方では幅 150～500m，長さ 300～600m の規模をもつ 5 つの活動的な地すべりが，北西－南東方向に隣接して存在している（図-5, 6）。現在，この活動的な地すべりは西村地すべり防止区域に指定されている。その地すべり移動体は向ヶ丘層からなり，礫混じり粘土層が主体で，中部層の火山灰質粘土層や有機物に富む海成粘土層をすべり面としている。また向ヶ丘層を整合に覆う前期鮮新世の大峯山玄武岩がキャップロックとして存在し，主要な地下水の供給源となっている。³⁾

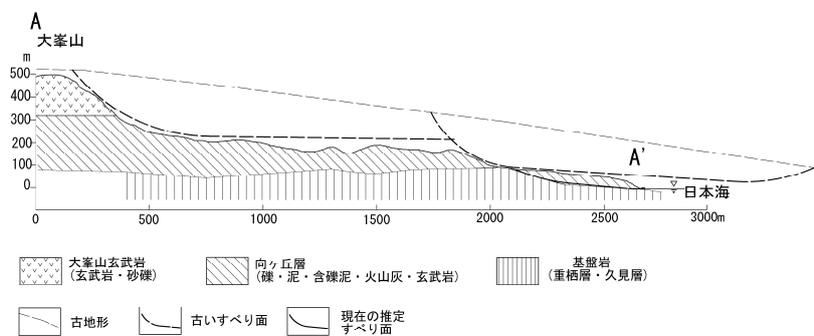


図-6 大峯山北東麓の地すべり断面（村上，2010）

5. 地すべりとの共生



図-7 大峯山東北麓の地すべり地帯 (google Earth)

大峯山北東部には西村地すべり以外にも伊後地区、西村南地区などの地すべり防止区域（構造改善局所管）が集中する地すべり地帯である（図-7）。

これらの内、西村地区および伊後地区は民家が集中しており、住民は古くからその被害に悩まされていた。

それぞれの指定年月日および指定面積は次のとおりである。

西村地区地すべり 昭和42年3月31日 69.16ha

伊後地区地すべり 昭和42年12月20日 55.26ha（その後追加により86.25ha）

それぞれ過去の被害記録を見ると、昭和10年代には被害があったと記録されている。おそらく、それ以前にも被害はあったと考えられるが、地すべりという認識がなかったものと思われる。いずれにしろ、住民は地すべりによる被害に悩まされ、長い間自分たちの力で家屋や農地を守ってきたものである。地すべりが繰り返され、被害が継続していたことを裏付けるように伊後地区では平成4年に第三期地区として地すべり対策事業が再開されている（現在は隠岐島後地区として統合し対策事業を実施）。

過去からの対策工事を見ると、一期工事では地表水排除工が主体で部分的に横ボーリングによる地下水排除工が施工されていた。地表水排除工は農地の用水路としても利用されていたものである。その後、地すべり解析技術および防止工事技術の発展に伴い、二期、三期工事では集水井工や杭工が施工されるようになり、対策工事も大規模となってきた。このように地すべり対策工事が盛んに行われるようになったことから、工事に関わる技術者や作業者が長期にわたり各地区にある民宿に宿泊し、地域にとっても大幅な収入アップになっていたようである。しかし、地すべり対策が進み、地すべりがある程度沈静化してくると反対に隠岐の人口減少が始まった。隠岐（隠岐の島町）の人口推移を示す。

1,965年（昭和40年）	23,669人	1,980年（昭和55年）	20,043人
2,000年（平成12年）	18,045人	2,013年（平成25年）	15,251人

このように最近50年の間に約10,000人の人口が減少している。地すべり防止区域内においても空き家が目立ち、かつて水田であった斜面が荒地となっている。近年、地すべり防止施設の点検を行ったところ、このような荒地を通る排水路が地すべり活動によって破損している箇所が多く存在した。排水路の破損は地すべりにとって水路が無いよりも悪影響を及ぼし、破損箇所に地表水が集中することで新たな地すべりを発生させる危険性が高い。つまり、地すべり対策は

施工して完了ではなく、その後の維持管理が重要であることを物語っている。人口減少がさらに続くこのような地域は隠岐全体での取り組みが必要である。

隠岐世界ジオパークのジオサイト一覧には入っていないが、「大峯山の大規模地すべり地形」は島根県地質百選に入っており、「大地の成り立ち」と「人の営み」を特徴として掲げる隠岐世界ジオパークとしては、今後、ジオサイトとして整備していかなければならない。その中で、地形・地質だけではなく、「人の営み」の部分で、過去から続く地すべり対策の歴史を語り継ぐ必要があり、地域住民が今一度地すべりについて学ばなければならない。特に地すべり対策は杭工など地下工事が大半を占めており、一般の人たちにはなかなか目につかず理解されないのが実状である。今のままでは農地は荒れ果て、地すべり施設も荒れ果て、結果的に地すべり活動が再度活発化してしまう。ジオパークは登録されておしまいでなく、「保護と活用」が重要な課題である。先人たちが築いた隠岐の歴史とすばらしい自然環境を守っていくのが我々の責務であり、隠岐諸島が世界ジオパークに認定された今をきっかけとして皆様に呼びかけていく必要がある。

文 献

- 1) 隠岐ジオパーク推進協議会 (2012) : 隠岐ジオパークガイドブック
- 2) 村上 久・山内靖喜 (2006) : 島後で最近発見された向ヶ丘層について, 隠岐の文化財, 隠岐の島町教育委員会・海士町教育委員会・西ノ島町教育委員会・知夫村教育委員会, Vol. 23, pp. 1-21.
- 3) 村上 久 (2010) : 日本海島嶼部, 隠岐のキャップロック型地すべり, 中国四国地方の応用地質学, 一般社団法人 日本応用地質学会 中国四国支部, pp150-151.
- 4) 山内靖喜・村上 久・三瓶良和・浜崎 晃・内田澄夫・平井政次・守岡康一・朝倉隆之・片山直樹・星野 充・折橋裕二 (2005) : 隠岐・島後で新たに発見された海成鮮新統“向ヶ丘層”, 地球科学, Vol. 59, pp. 35-48.
- 5) 山内靖喜・沢田順弘・高須 晃・小室裕明・村上 久・小林伸治・田山良一 (2010) : 西郷地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 134p.

5 豪雨による土砂災害に備える住民活動

－地域と行政が協働した防災マップの作成－

○中井真司・渡邊真悟
(復建調査設計株式会社)

1. はじめに

近年、毎年のように日本のどこかで自然災害が発生し、住民の防災に対する関心は高まってきている。2001年4月には土砂災害防止法が施行され、土砂災害の恐れのある箇所を法指定するとともに、市町村等によりハザードマップの作成や、警戒避難体制の整備が図られてきているところである。しかし、土砂災害警戒区域等の指定状況は、2013年7月31日現在で60%程度に留まっており、十分な状態ではない。

さらに、最近では、気候変動により土砂災害の原因となる豪雨が増えていると言われており、文部科学省・気象庁・環境省によるレポート¹⁾では、1970年代以降の統計から、降水日数は減少する一方、大雨の年間日数に増加傾向があること、今後の予測として、50mm/h以上の極端な降水現象の頻度や、中心気圧の低い台風の接近頻度が高くなる可能性があるとして指摘されている。

2013年8月30日からは、気象庁による「特別警報」の運用が開始され、災害発生のリスクが高まった時には、住民が自ら「ただちに命を守る行動をとる」必要があることが明確化された。

これらの背景からも、地域住民が災害時に適切に避難できるよう備える必要性が高まっており、自主防災組織等の住民活動を実施している地域も多い。

今回、防災活動が比較的盛んな地域において、地域と行政が協働して防災マップを作成する機会があったので、この事例をもとに、豪雨による土砂災害に備える住民活動について報告する。

2. 対象地域の概要と防災マップ作成の流れ

対象地域は、広島県西部に位置する山間地で、山地を開析して中小河川が流れている。住民は、わずかに分布する谷底平野や山裾の平坦地に居住しており、土砂災害や河川氾濫の危険にさらされている。

当地区は、2005年9月の台風14号で斜面崩壊や土石流等の土砂災害、河川の増水による氾濫が発生した。早い避難により、地区内に人的被害は出なかったが、家屋の全損を含む甚大な被害が発生した²⁾。このこともあり、地域の防災活動は比較的盛んで、地区のコミュニティー推進協議会として防災訓練を行う等、自主防災に取り組んでいる他、いくつかの町内会では個別に自主防災組織を立ち上げ、連絡網の整備等が行き届いている状況であった。



写真-1 土石流による被害(2005年台風14号)



写真-2 河川氾濫による被害(2005年台風14号)

防災マップ作成は、市の事業によるものであったが、作成にあたっては、「過去に災害があった場所」、「増水しやすい場所」、「避難しやすい場所」等の地元住民が把握している地域特有の情報を反映した。また、出来上がった防災マップの原稿をもとに、「避難行動」、「地域の連絡体制」、「考えられる問題点」等を話し合い、今後の地域防災活動に利用しやすいものに仕上げた。

このため、図-1 に示すように3回のワークショップを実施し、地域と行政がお互いの有する情報を出し合って、双方の使いやすいマップの作成を目指した。

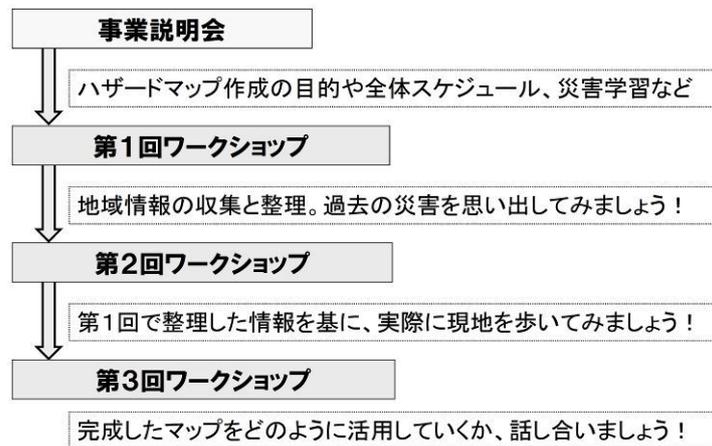


図-1 ワークショップのフロー
(事業説明会で用いた資料を一部改編)

3. ワークショップと防災マップへの反映

ワークショップでは、地域住民と行政が同じテーブルを囲み「忌憚のない意見を出し合うこと」というルールを設けた。

第1回ワークショップでは、県から公表されている「土砂災害危険箇所」、「土砂災害警戒区域・特別警戒区域」³⁾を記載した図面をベースに、住民が話し合いながら地域の防災情報を描き込んだ。これにより、2005年の台風14号災害時の被災場所のみならず、記録に残っていない降雨で家の裏が崩れた等の様々な情報を得ることができた。特に、この地域は1951年10月に発生したルース台風で被害の大きかった地域で、参加した高齢者の数名が当時のことを詳細に覚えており、貴重な情報を聞き出すことができた。また、住民は事前の自主防災活動で地域の危険を把握しており、自治体指定の避難所（自治体の地域防災計画に記載されている避難所）以外の場所を、避難場所として利用している実態も把握することができた。

第2回ワークショップでは、第1回ワークショップで得られた危険情報を、実際に現地で確認することを目的としたフィールド調査を実施した。この時、行政側から、過去に被災した箇所でも、十分な対策により現在は安定している箇所もあること等を説明した。筆者らは、住民が危険と感じる箇所について、素因や誘因に触れながら、起こり得る災害等について解説した。これにより、記載すべき地域の危険箇所を絞り込み、これを反映した防災マップの原稿を作成した。

第3回ワークショップでは、作成した防災マップの原稿をもとに、表-1を用いて避難行動、地域の連絡体制等を再確認し、問題点や課題を抽出した。これにより、非常時に自治体指定の避難所に行くことが困難な住民がいること、避難所への移動中に危険となる箇所を通らなければならない住民がいること等が分った。このため、防災マップには、表示記号で識別できるようにして地域の決めた避難場所も記載すること、避難路上の災害リスクを明示すること等を決定した。

ただし、ワークショップで得られた情報の中で、個人情報に係る事項、記載の同意が得られない事項、その他、行政が発行するマップへの記載が困難な事項については記載せず、マップにメモ欄を設け、住民に加筆してもらえるよう配慮した。



写真-3 地域情報の整理(第1回ワークショップ)

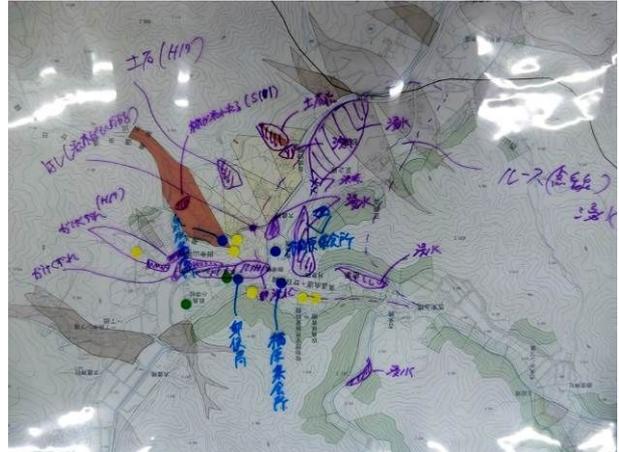


写真-4 地元から得られた地域情報



写真-5 現地の確認(第2回ワークショップ)



写真-6 避難行動の整理(第3回ワークショップ)

表-1 避難行動の整理フォーマット

①避難単位					
②地域の 集合場所					
(鍵の管理について)	管理者 保管場所 緊急時の開錠	管理者 保管場所 緊急時の開錠	管理者 保管場所 緊急時の開錠	管理者 保管場所 緊急時の開錠	管理者 保管場所 緊急時の開錠
②指定避難場所					
③避難方法 と経路	車・徒歩・その他	車・徒歩・その他	車・徒歩・その他	車・徒歩・その他	車・徒歩・その他
④避難情報 の入手					
⑤声掛け 連絡網	ある ・ ない 伝達手段は…?				
⑥集合時の 点呼	誰が	誰が	誰が	誰が	誰が

4. 把握された課題および今後の展望

この地域は、住民が地域のリスクを概ね把握しており、自主防災組織による避難場所や連絡網が整備しつつあり、防災活動が比較的盛んな地域であると感じられた。しかし、地域と行政が協働したワークショップを通じ、以下のような課題も抽出された。

- ① 山間部の谷あいの地区では、豪雨時には土砂災害および河川氾濫の両方の危険性があり、これを考えると安全な場所に乏しい。
- ② 自治体指定の避難所は、町の中心部の公共建物となることが多いが、ここから離れた箇所の住民は危険な箇所を通過しての避難を余儀なくされる。
- ③ 広域的な危険はテレビやラジオ、インターネットによる県の情報等でわかるが、地域の危険は、どこかで災害が発生した通報があってから、防災無線や声掛けで知ることも多い。
- ④ この時には、避難のために外に出ることが困難になっていることもあり、適切な避難のタイミングが分からない。
- ⑤ 住民側は、ハード対策を望んでおり、ソフト対策はハード対策ができるまでに、仕方なく実施する対応であるとの認識がある。
- ⑥ 住民側の望む対策の中には、避難時に危険な水路沿いに柵を付ける、危険な道に手すりを付ける、といった簡易な要望も多いが、行政側は対応しきれていない。

課題の中で、①、②については、「地域の決めた避難場所」と「避難路上の災害リスク」を防災マップの中に記載することとした上で、できる限り「指定の避難所」に、「避難路が危険な状況になる前」に避難することを呼びかけた。③、④については、河川に危険水位がわかる目印を付ける方法（写真-7）等を紹介した。⑤については、現況の進捗率等から、すべての箇所に速やかにハード対策を実施することが困難であることを行政側から説明した上で、ソフト対策の重要性を訴えた。

抽出された課題のうち、可能なものについては、ハザードマップに反映したが、今後の展望には、避難先で被災する例や、避難途中で被災する例もあり、適切な避難は決して容易なものではない。今後、地域ごとの危険を評価した、わかりやすい雨量指標による地域ごとの防災情報の発信も望まれる。

災害軽減のためには「適切な情報」が「適切な方法」で伝達され、情報を受ける側が「適切に理解する」ことが重要である。このためには地域と行政、さらには、民間企業等の連携による継続的な活動が必要と考えられる。今後、「地域と行政が協働した防災マップ」をたたき出し、これらの連携により地域防災力を高めていくことが望まれる。

なお、ワークショップを通じ、1951年10月のルース台風時の被害写真等を含む多くの貴重な資料が得られたため、これをアーカイブして冊子を作製し、行政側で保存することとした。



写真-7 河川への目印の設置例(他地区)

- 1) 文部科学省、気象庁、環境省（2013）：気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』（2012年度版），pp.11-29.
- 2) 地盤工学会中国支部緊急調査団（2005）：中国地方における平成17年台風14号の土砂災害について，土と基礎，Vol.53，No.12，pp.125-130.
- 3) 広島県 Web サイト：土砂災害ポータル広島，<http://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal>

6 活断層との共生

金折裕司

(山口大学大学院 理工学研究科)

1. はじめに

阪神・淡路大震災を誘発した平成7年(1995)年兵庫県南部地震(Mj7.3; Mw6.9)以降, “内陸地震は活断層が動いて起きる”ことがあまりにも誇張されすぎてきた感が否めない. 最近になって頻発している内陸大地震は必ずしも後述の全国主要110活断層に沿っていない. こうしたことが, 一部に誤解と混乱を招いてきている.

一方, 東日本大震災では平成23年(2011)年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の一か月後に起きたMj7.0の内陸地震では, 福島県いわき市の井戸沢断層と湯ノ岳断層に沿って, 正断層変位を伴う地表地震断層が出現した(図-1). これら地表地震断層は, 既知の地質断層や活断層に沿っている. このことは, プレート境界で巨大な海洋地震が発生すると, プレートの弾性的な反発によって陸側の地殻が伸長して, 既存の断層に応力変化が起きて, 活断層地震が誘発されたことを意味している¹⁾.



図-1 東北地方太平洋沖地震の発生後の福島県浜通りの地震(Mj7.0)のときに出現した地表地震断層 (a) 湯ノ岳断層にともなう地表亀裂(湯ノ岳断層南東端付近) (b) 湯ノ岳断層の田場坂トレンチ壁面に現れた正断層 (c) 井戸沢断層に沿った水田に現れた地震断層(いわき市塩ノ平付近) (d) 井戸沢断層に沿って現れた地表地震断層(いわき市塩ノ平付近)

ここでは、兵庫県南部地震以降、西南日本内帯で発生した活断層（内陸）地震は無秩序に発生したのではなく、そこには共通するテクトニクスがあることを指摘するとともに、広域応力場に呼応して動き易い地質断層や真の“活断層”（両者をあわせて、潜在断層：potential fault と呼ぶ）について考える。

2. 活断層地震と長期評価

地震調査研究推進本部によって平成 18（2006）年までに全国主要 98 活断層と追加 12 断層を対象に、詳細な活断層調査が実施され、内陸地震の長期予測結果が順次公表されてきた（<http://www.jishin.go.jp/main/>）。そこでは、次の内陸大地震は当然、調査対象とされた活断層のどれかが動いて起きるはずだという大前提があったように思われる。しかしながら、兵庫県南部地震以降に発生した内陸大地震は、主要 110 活断層に沿っていない。このことから、“未知の活断層が動いた”，もしくは“内陸地震はどこで起きてても不思議ではない”という誤った解釈が生まれてきた。この誤解は、これまで蓄積されてきた地球科学的研究の成果を軽視するものであると言っても過言ではない。

西南日本内帯，すなわち東側の糸魚川 - 静岡構造線と南側の中央構造線で境界された地域では，1995 年兵庫県南部地震以降，被害を誘発した内陸大地震が 4 個発生している（図-2）。これらの内陸大地震には，次のような特徴が認められる（表-1）。すなわち，（1）震源メカニズム解はすべて，ほぼ東西圧縮を示す。（2）1997 年山口県北部の地震（Mj6.6）と 2007 年能登半島地震（Mj6.9）の余震域は北東 - 南西方向を示す。これに対して，2000 年鳥取県西部地震（Mj7.3）と 2005 年福岡県西方沖の地震（Mj7.0）の余震はそれぞれ，北北西 - 南南東と北西 - 南東方向に並び，北東 - 南西方向と共役関係にある。これら 4 個の地震の余震域

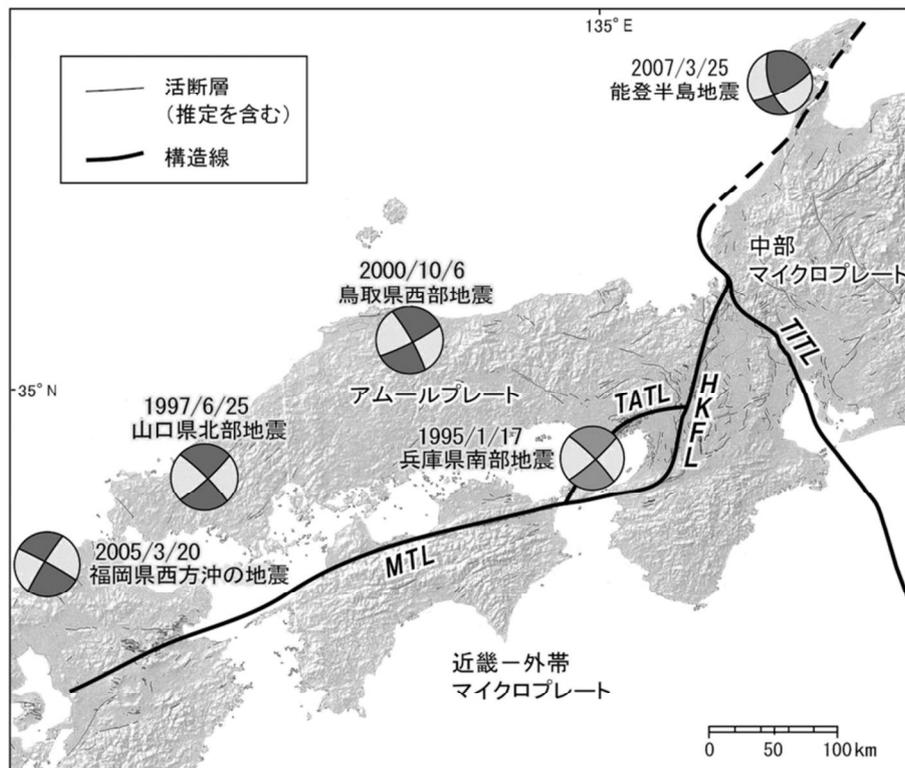


図-2 マイクロプレートモデルと最近起きた活断層地震
（『200 万分の 1 日本列島活断層図』²⁾ に加筆）

表-1 兵庫県南部地震とそれ以降、西南日本内帯で起きた内陸大地震

地震名	発生年月日	マグニチュード		発震メカニズム		余震域		関連断層
		Mw	Mj	断層型	圧縮軸	長さ(km)	方向	
兵庫県南部	1995.1.17	6.9	7.3	右横ずれ	東西	40	NE - SW	野島断層
山口県北部	1997.6.25	5.9	6.6	右横ずれ	東西	10	NE - SW	迫田 - 生雲断層
鳥取県西部	2000.10.6	6.6	7.3	左横ずれ	東西	20	NNW - SSE	リニアメント
福岡県西方沖	2005.3.20	6.6	7.0	左横ずれ	東西	25	NW - SE	警固断層
能登半島	2007.3.25	6.7	6.9	逆断層 (右横ずれ成分)	西北西 東南東	21	NE - SW	海底活断層

の方向と断層のずれのセンスは、震源メカニズム解の東西圧縮と整合する。(3) 山口県北部の地震の余震域は、地質断層である迫田 - 生雲断層に沿っている。福岡県西方沖の地震は、警固断層の北西延長上の海域で起きたのに対して、能登半島地震は海底活断層上とその北東延長上で発生している。鳥取県西部地震の震央付近では、震源断層と同方向で長さの短いリニアメントが集中する³⁾。

西南日本内帯は東進するアムールプレートの南縁に位置し、現在東西圧縮場に置かれている⁴⁾。上記の(1)と(2)はこのことと整合しており、4個の地震がテクトニクスを反映して起きていることを実証している。また、(3)は内陸大地震がどこでも発生しうることを示しているのではなく、地質断層もしくは“活断層”に関連して起きることを確証した事例と考えるべきである。中央防災会議「首都直下地震専門調査会」(<http://www.bousai.go.jp/>, 2005)は、地表に活断層が認められないところでは全国どこにでも起こりうる地震として、防災上の観点からM6.9を想定するとしているが、これについては早急な見直しが必要であろう。

被害を誘発した上記4内陸大地震は、「全国を概観した地震動予測図」(地震調査研究推進本部, <http://www.jishin.go.jp/main/>, 2006)では、今後30年間に震度6弱の揺れに見舞われる確率が0.1%未満の地域およびその付近で発生している。確率の非常に小さい地域で地震が起きているので、それより高い地域はどうみればよいのであろうか。この図には当然、全国主要活断層調査の成果が反映されている。活断層の活動間隔は数千年もしくは数万年であるのに加えて、調査で得られている情報は断層ごとに精度やばらつきが異なる。不確かなデータから確率を求めることはそもそも困難であり、ましてや約百年の間隔で発生している海溝型巨大地震と同列に考えうることは言を俟たないであろう。

3. 切れ残り

平成25(2013)年4月13日に淡路島中部を震源としてMj6.3の地震が起きて、家屋などにすくなからぬ被害が出た。この地震の震央は、兵庫県南部地震の余震域から推定される震源断層の南西端に位置している(図-3a)。このことは何を意味しているのだろうか？

慶長元(1596)年に畿内を中心とする地域で大きな地震が発生した。いわゆる慶長伏見の地震(推定Mj7.5)である。この大地震による液状化痕の認められた遺跡の位置と、同じ地

震での変位が確認された断層トレンチの位置を総合すると、この大地震は高槻－六甲－淡路構造線のほぼ全域が動いて起きたことがわかる（図-3b）。一方、兵庫県南部地震では、その中央部 40km が活動したと推定される（図-3a）。このことは、2つの地震が同一の断層系の活動で起きたことを示唆すると同時に、同一の断層系が活動する場合でも、地震ごとにその破壊域が異なることを意味している⁵⁾。

以上のことから、慶長伏見地震では高槻－六甲－淡路構造線のほぼ全域が破壊されたと推定されるのに対し、兵庫県南部地震では構造線の東部と西部が未破壊のまま残されていたことになる。前述した淡路島の地震は、この“切れ残り”の部分で起きたことが指摘される。

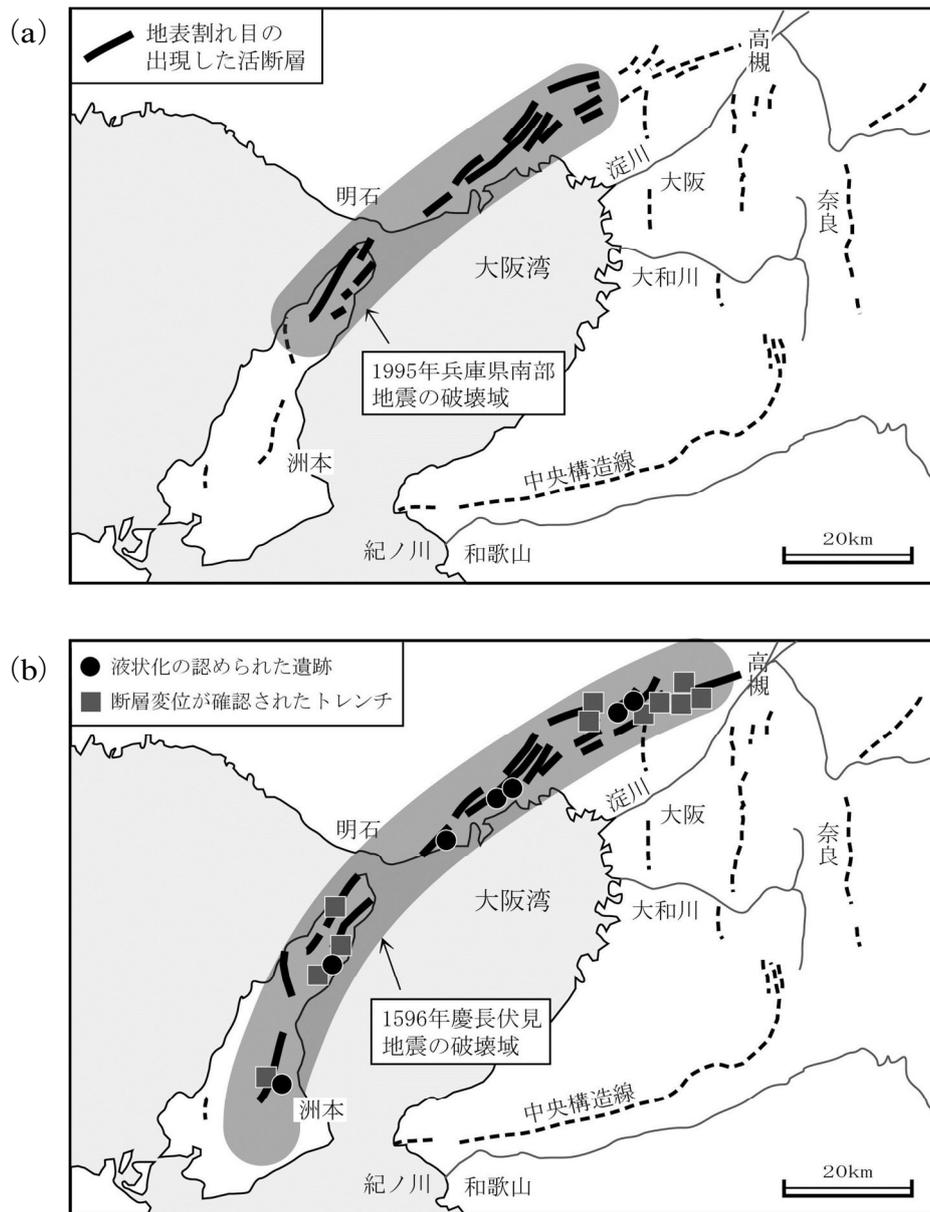


図-3 地震の切れ残り 影をつけた領域が推定破壊域である
 (a) 余震と地表に現れた割れ目の分布から推定された 1995 年兵庫県南部地震の推定破壊域
 (b) 液状化の認められた遺跡と断層変位が確認されたトレンチから推定された 1596 年慶長伏見地震の破壊域

これまでに、同一断層系で複数の被害地震が起きたケースがある。例えば、明治 24 (1891) 年濃尾地震の約 50 年後に、その南東延長上と北西延長上でそれぞれ昭和 20 (1945) 年三河地震と昭和 23 (1948) 年福井地震が起きている⁵⁾。さらに、山口県中部の大原湖断層系では、昭和 52 (1987) 年に山口県中部に地震が起き、その後 10 年以内に平成 3 (1991) 年周防灘の地震と平成 9 (1997) 年山口県北部の地震が発生している⁶⁾。

4. 地震の活動期と南海地震

図-4 に示すように、わが国では地震の活動期と静穏期が交互に訪れている。

享和 2 (1802) 年と文政 2 (1919) 年にそれぞれ畿内・名古屋および伊勢・美濃・近江で大地震が起きている。安政元 (1854) 年の安政東海地震と安政南海地震の 7 年前に、信濃北部および越後西部でいわゆる“善光寺地震”が起き、同じ年に越後の頸城郡でも地震が起きている。その後上記の海洋型巨大地震を挟んで明治 5 (1872) 年まで、17 個の被害地震が続発している。“安政の活動期”は 1802 年から 1872 年までの 70 年間であったと考えられる。

明治 24 (1891) 年に濃尾地震が起きたのち、明治 32 (1899) 年三重県南部、明治 38 (1905) 年芸予地震、大正 3 (1914) 年桜島地震、大正 11 (1922) 年島原地震、大正 14 (1925) 年但馬地震、昭和 2 (1927) 年北丹後地震など大地震が続発している。これ以降太平洋戦争終戦の年を挟んで、海溝型地震の昭和 19 (1944) 年東南海地震と昭和 21 (1946) 年南海地震が起きた。昭和 18 (1943) 年に起きた鳥取地震は、平成 12 (2000) 年鳥取県西部地震に対応している可能性がある。そして、昭和 23 (1948) に 7 個目の内陸地震として福井地震が発生して活動期を終えることになる。“昭和の活動期”は 1891 年～1948 年間で 57 年間となる。

そして、47 年間の静穏期を挟んで、“平成の活動期”が平成 7 (1995) 年の兵庫県南部地震から始まったのである。しかし、静穏期にも中規模程度の地震が起きて被害が出てきていることを承知しておかなければならない。

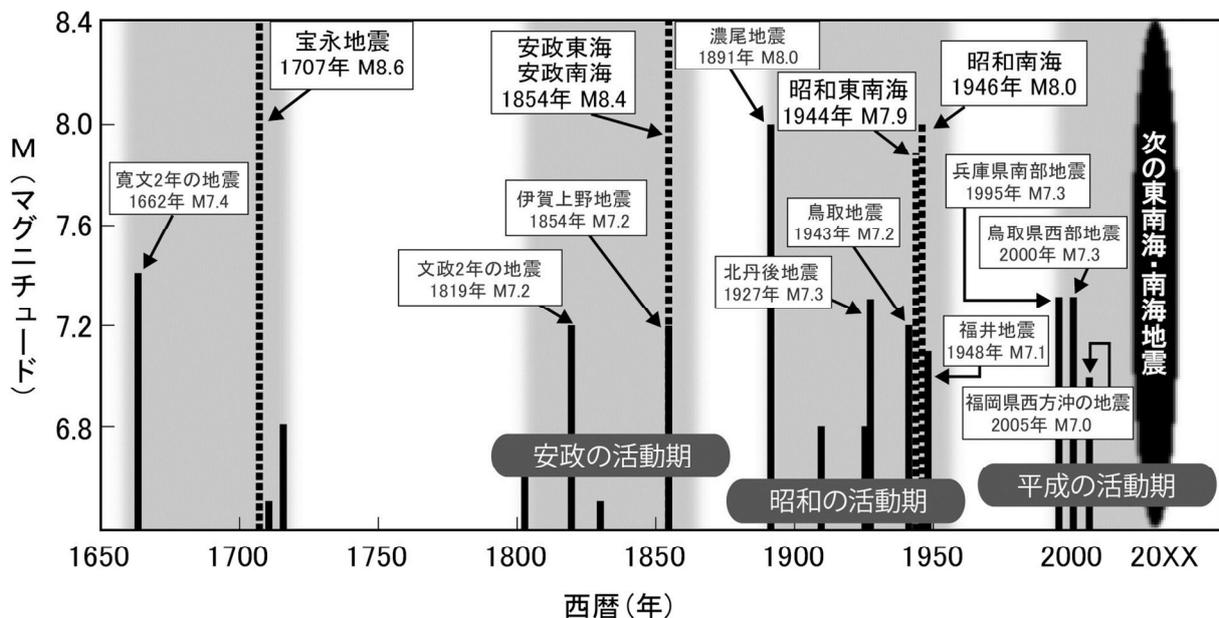


図-4 西日本での地震の活動期と南海地震

活動期と静穏期が 50～70 年間で交互に西日本を訪れている。南海地震が起きてしばらくすると活動期は終息する。

5. おわりに～次の地震に備える

いずれの活動期でも、南海トラフにそって起きる海洋型巨大地震の数十年前から地震活動が活発になり、海洋型巨大地震の発生後数年して活動期が終息している（図-4 参照）。兵庫県南部地震を契機にした“平成の活動期”はいつまで続くのであろうか？次の“南海地震”の発生は今後数十年以内と予測されている。したがって、“平成の活動期”は今後、数十年は続くと思われ、その間に日本のどこかで活断層地震が発生することになる。

私たちは、活断層と火山で形作られた日本列島を生活の場としている限り、活断層地震を正しく知り、活断層と共生していかなければならないのである。活断層と共生し、活断層地震を減災するためには、次のことに心がけていかなければならない。

- (1) 過去に起きた自然災害から学ぶ。
- (2) 自分の住んでいる地域の地形・地質を知る。
- (3) ハザードマップを活用する。
- (4) 後世に災害を語り継ぐ。

引用文献

- 1) 遠田晋次 (2013) : 『連鎖する大地震』, 岩波書店, 128p.
- 2) 200 万分の 1 活断層図編纂ワーキンググループ (2000) : 「200 万分の 1 日本列島活断層図-過去数十万年間の断層活動の特徴-」. 活断層研究, 19, 3-12.
- 3) 井上大栄・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹 (2002) : 「2000 年鳥取県西部地震震源域の活断層調査」, 地震, 第 2 輯, 54-4, 557-573.
- 4) Kanaori, Y., Kawakami, S., Yairi, K. and Niwa, S. (1994) : 「A sequence of destructive earthquakes and the coupling of fault system in central Japan」, *Engineering Geology*, 37, 167-180.
- 5) 金折裕司 (1997) : 『活断層系—大地震発生とマイクロプレート』, 近未来社, 228p.
- 6) 金折裕司・遠田晋次・小泉 朗 (2001) : 「山口県中西部で発生した 3 被害地震と周辺断層付近の応力変化」, 自然災害科学, 20-2, 213-224.

7 深部地下利用と地下水

田中和広（山口大学理工学研究科）

1. はじめに

近年、地下深部の開発利用が活発である。特に、高レベル放射性廃棄物の地層処分場やLPGや石油の地下備蓄施設などは現在、国家的プロジェクトとして地下深部への建設が計画され一部はすでに建設されている。これらは、地下深部岩盤が持つ地質・地下水環境の安定性が期待されたものであり、特に、地表付近で見られる地殻変動の影響が小さいこと、地下水の地化学特性や動水勾配や透水係数が小さいことによる緩慢な地下水流動などが期待されている。

しかし、その一方で、スラブ起源と考えられる深部流体の湧出、異常間隙水圧に起因する泥火山からの深部地下水の噴出、地震時の地下水の噴出など、ある条件のもとでは深部地下水が地表付近に上昇、もしくは湧出する可能性が指摘されている(図1)¹⁾²⁾。このため、地下水がどの程度の深部から、どのような地質・地質構造に規制されて上昇、湧出するかを明らかとすることは、深部地下利用において重要な検討課題と考える。

一方、JAEA³⁾、AIST¹⁾など、諸研究機関では地質・地盤・地下水に関するデータ取得が進められており、地下深部の情報については質、量ともに充実しつつあるが、広域的に深部地下水の地化学的特徴について検討した研究事例は少ない。

本発表では、中国地方西部を対象として深部地下水の水質の形成や流動特性に関する事例研究の結果を紹介するとともに、深部地下水の上昇・湧出を規制する地質・地質構造について報告する。

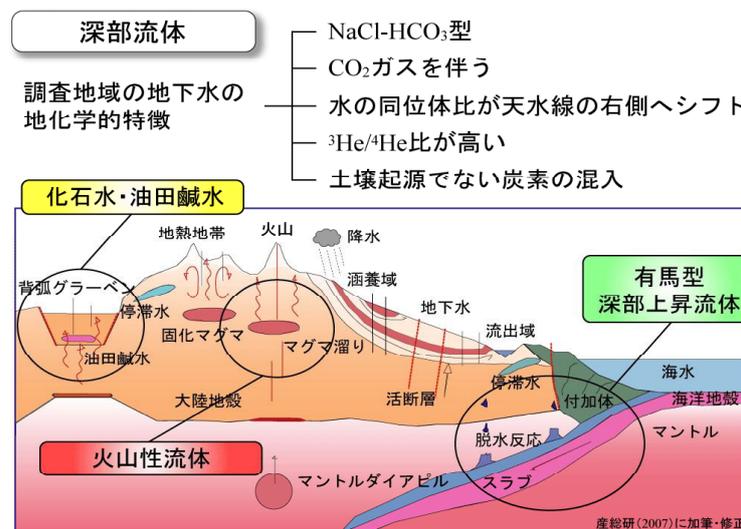


図 1 深部地下水（流体）の分布について¹⁾

なお、ここでは深部地下水を高レベル放射性廃棄物の地層処分場が計画されている深度である300m以深に分布する地下水として議論を進める¹⁾。

2. 中国地方における深部地下水の地化学特性と地下水流動

広島県を例として、広域スケールにおける深部地下水の分布、水質、地下水流動について考察する⁴⁾。使用するデータは大部分が100m以上の深度まで掘削された温泉井戸から採取した地下水である。一般水質と溶存イオン量などの特徴から、深部地下水を3つのタイプに区分した⁴⁾。

Aタイプ地下水：

Aタイプ地下水は広島県内陸部の、白亜紀の花崗岩質岩が広く分布する地域に広く分布している。水質は $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-NaHCO}_3$ 型を示し、深部へ向かい $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型から NaHCO_3 型へと変化する(図2)。この水質変化は水と岩石の反応時間の違いを表すものと考えられ、 Ca^{2+} イオンや Na^+ イオン、 HCO_3^- イオンは主に方解石や長石の溶解によるものであり、深度方向へのCaの減少とNaの増加は、粘土鉱物におけるイオン交換反応によるものと考えられる⁵⁾。標高、掘削深度と酸素・水素同位体比の検討結果によれば、高標高部では局地流動系が、平野部などではより深部ほど、地域流動系が卓越することが想定される。

Bタイプ地下水：

内陸部にスポット的に分布しており、Aタイプと比較して溶存イオン量が多く、 NaHCO_3

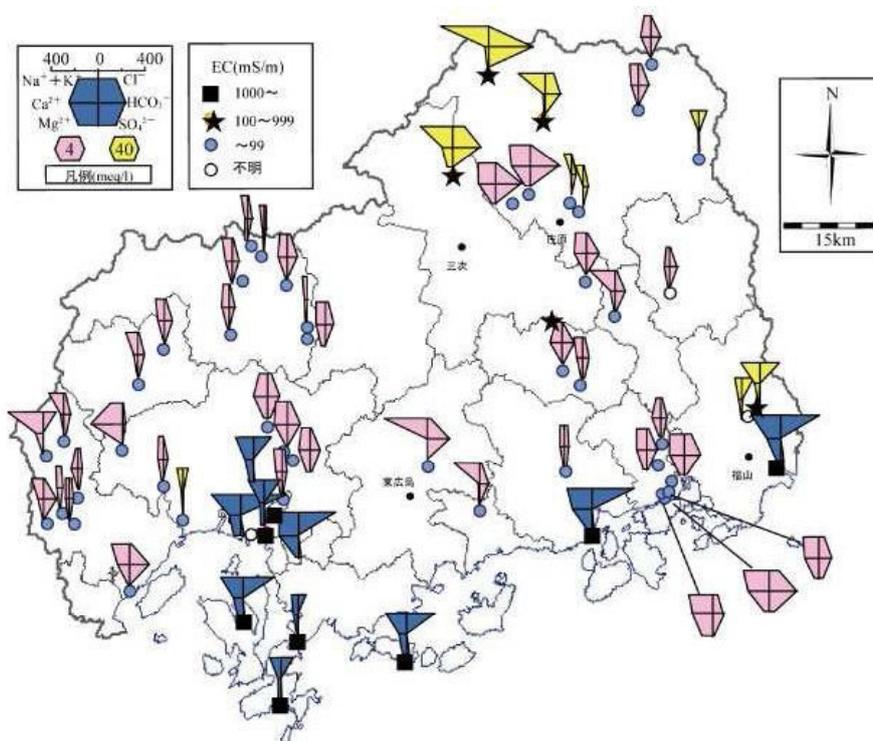


図2 広島県における深部地下水の水質⁴⁾

型や NaCl 型を示す。特に、Cl⁻の溶存イオン量が多く、同様の地下水は山口県と島根県の境界付近にも分布している⁷⁾。ヘリウム同位体比等より、希ガスはマントル起源と考えられ、高塩濃度地下水は沈み込んだプレートからもたらされた深部流体の可能性¹⁾がある。流体は微小地震の発生する北東—南西方向に伸長する断裂系に沿って湧出しており、地下深部まで、断裂系が連続しているものと想定される。

C タイプ地下水：

C タイプは主に、海岸部に分布し、水質は NaCl 型、CaCl₂ 型を示す。Na⁺と Ca²⁺イオンの溶存量の検討より、NaCl 型は現在の海水と天水との混合により、CaCl₂ 型は過去の海水がその後の粘土鉱物のイオン交換反応⁴⁾と天水との混合により NaCl 型から変質したものと考えられる。He 蓄積法⁸⁾による地下水年代測定結果より、後者のほうが前者より古い年代が得られており、低透水性の岩盤中に長期間滞留しているものと考えられる⁹⁾。

3. 海水起源の深部地下水の挙動

堆積岩分布地域の地下深部には、海水起源の地下水（化石海水）が、構造線沿いにはスラブ起源の深部流体などが知られており¹⁾。一部は地下深部より地表付近や地表へと上昇・噴出し、深部地下水環境の長期的な安定性に大きな影響を与えることが予想される。

3.1 泥火山より噴出する地下水と地質・地質構造

プレート収束域の堆積岩分布地域において、小高い丘地形をなす泥火山から泥やメタンガスとともに地下水が湧出することが知られている¹⁰⁾。

新潟県十日町市に分布する泥火山より噴出される地下水は、石油ボーリングから採取した地下水の同位体との比較検討から、約3400mの深度よりもたらされ、泥に含まれるビトリナイトはその反射率より、深度約4000mよりもたらされた可能性が指摘されている¹¹⁾。一般に、泥火山は背斜軸や断層に沿って分布しており¹²⁾、台湾南部においても断層沿いに分布する泥火山群と背斜軸沿いに分布する泥火山群があり、 $\delta^{18}O$ 値の違いにより、断層沿いの泥火山から湧出する地下水

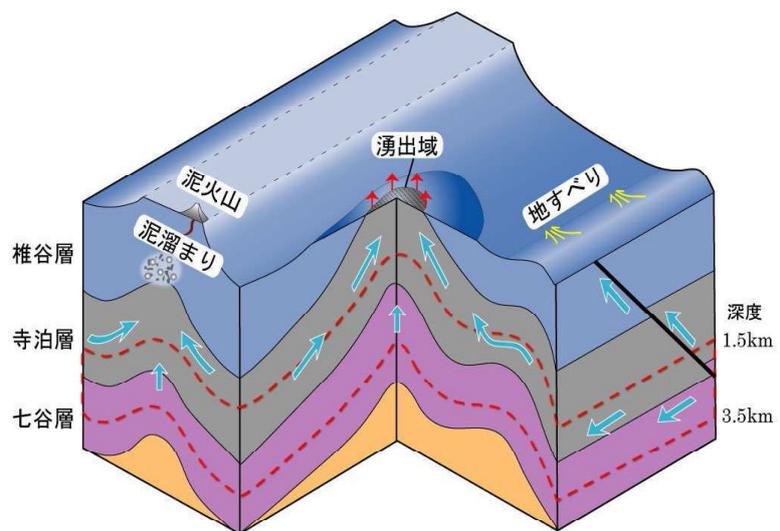


図 3 新潟県十日町市周辺における化石海水の上昇・湧出モデル¹⁴⁾

は背斜軸沿いの泥火山から湧出する地下水と比較し、より深い箇所からもたらされた可能性が指摘されている¹³⁾。

新潟県十日町市松之山周辺の高塩分濃度地下水の分布や地化学特性についての検討結果によれば異常間隙水圧層の形成により上昇を開始した流体は、背斜構造や不透水層である須川層の分布に規制されて緩やかに上昇し、ドーム構造において同心円状に地表付近に上昇し、地すべり水抜き孔などから緩やかに湧出している¹⁴⁾。一方、地表部に須川層が分布する十日町市蒲生泥火山では地下数100m深度に一旦流体が貯留し泥溜まりを形成した後、脱ガスによりガス圧が上昇し、上位の地層を押し上げ、地表部に陥没地形を伴いながら多量の泥や地下水を噴出したものと考えられている¹⁵⁾。

以上より、上昇する深部地下水が爆発的噴火を伴う泥火山を形成するか、静穏な湧出にとどまるかは地下の水理地質構造が大きく影響しているものと考えられる。

3.2 深部流体と地質・地質構造

非火山性地域において、中央構造線などの断裂系に沿って高塩濃度地下水の湧出が知られており¹⁾、希ガスの同位体比などより、スラブ起源の深部流体とされ、有馬型熱水と呼ばれている¹⁶⁾。

Murakami (2011)⁷⁾は、島根県と山口県の境界付近に分布する高塩濃度地下水の分布や地化学特性について検討を行い、塩分濃度の高い地下水は島根県津和野町を中心として同心円状に分布しており、直径約30 kmの範囲内において湧出することを明らかとした。湧出地点はすべてが谷底であり、津和野川沿いでは谷ぞいに連続的に分布している。湧出箇所は、北東—南西方向の断裂系沿いや周辺岩盤に断層で囲まれた古期堆積岩類のブロック中に分布する。露頭スケールでは、湧出は幅数mのゾーンで連続し、ゾーンの方向に斜交する微小割れ目から湧出している。断裂系の一部は活構造と考えられ、断裂沿いに、震源深度が30 km以浅の微小地震が頻発している¹⁷⁾。このため、少なくとも、深度30 km以浅には流体が上昇できる通路が確保されているものと考えられる。

中国地域西部における地震波トモグラフィの解析結果より、沈み込むスラブから低速度帯が上方へ連続しており、脱水した流体が上昇する様子をとらえている可能性がある¹⁸⁾¹⁹⁾。

東田 (2011)²⁰⁾は紀伊半島の中央構造線北方の大阪府河内長野市石川の河床部において、流体の湧出箇所を露頭スケールで詳細に検討している。流体は、破碎帯や微小割れ目を通じて湧出したものと考えられ、微小割れ目の一部は方解石により充填されており、湧出の場は時間とともに移動するものと考えられる。

以上より、深部流体の上昇湧出の経路について、スラブから脱水した流体はマントル、地殻を上昇し、MTLなどの構造線に伴われる断裂系に遭遇、断裂系によって上昇を継続し、地表付近で脱ガスによる発生したガス圧や地形形状に起因する水頭圧力の助けを借りて、谷底において地表に湧出したものであり、地表における湧出箇所は破碎帯や微小割れ目などが考えられる。

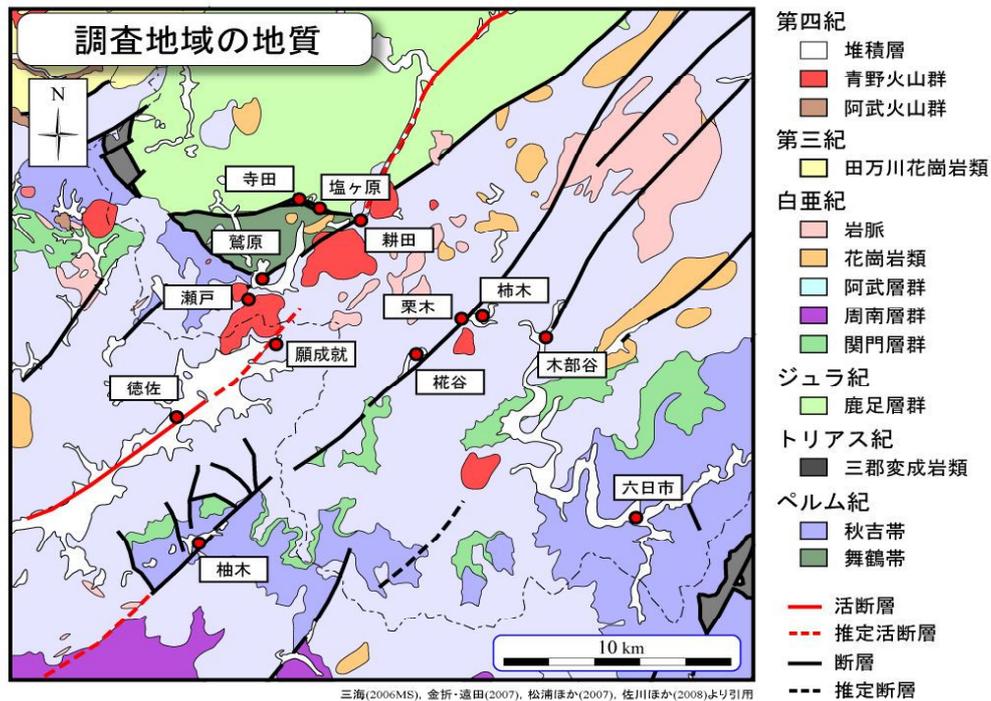


図 4 山口県—島根県県境付近における高塩濃度地下水の分布⁷⁾

4. まとめ

地下深部には天水起源、海水起源の深部地下水が分布しており、長期に滞留する期間における水—岩石反応により水質が変化している。また、深部地下水は異常間隙水圧層、深部流体、地震活動、地熱活動などの外的、内的要因により地表付近へ上昇噴出することが知られている。このような活動の場は地質・地質構造に規制されており、地下開発においては、事前に十分な地質・地質構造調査を行う必要がある。

研究を進めるに当たり、新谷俊一・森川佳太（ダイヤコンサルタント株）、小野雅弘（住友金属鉱山株）、徳安信吾（日本地下探査株）、石原朋和（JR総研）、東田優起（ニュージェック株）、渡邊征稔（八千代エンジニアリング株）、村上裕晃（JAEA）、新開美穂（パスコ株）の各氏および田中研究室の卒業生の皆さんには大変お世話になった。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 産総研（2007）：概要調査の調査・評価項目に関する技術資料 - 長期変動と地球環境の科学的知見と調査の進め方 -, 地質調査総合センター研究資料集, 459, 191p.
- 2) 田中和広（2009）：泥火山および泥火山の生成にかかわる地質・地下水現象の応用地質科学的意義, 地学雑誌, 108, 578-586.
- 3) 核燃料サイクル開発機構（1999）: わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼

性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—

- 4) 新開美穂(2012)：広島県における深部の地下水に関する研究，山口大学卒業論文，57p.
- 5) 山本莊毅(1983)：新版地下水調査法，古今書院，490p.
- 6) 森川佳太(2007)：中国地方の花崗岩沿岸地域における深部地下水環境，山口大学修士論文，43p.
- 7) Murakami, H. (2010): Geochemical studies on the groundwater in southwest Shimane Prefecture and northeast Yamaguchi Prefecture, southwest Japan, Master Thesis, Graduate School of Engineering and Science of Yamaguchi University, 81p.
- 8) 馬原保典(2000)：溶存ガスを用いた地下水調査法の提案(その3)－溶存ヘリウム同位体比の変動を基にした地下水涵養・流出機構の推定－，電力中央研究所報告：U00023, 27p.
- 9) 宮川公雄・馬原保典・田中和広・田代寿春，2001：花崗岩沿岸地域における地下水流動，月刊地球，**23**, 887-893.
- 10) Kopf, J. A. (2002): Significance of mud volcanism, *Review of Geophysics*, **40**, 1-51.
- 11) 新谷俊一・田中和広(2009)：新潟県十日町市における泥火山噴出物の起源，地学雑誌 **108**, 340-349.
- 12) 田中和広・大山隆弘(2001)：台湾南部における泥火山の地質・地下水特性．平成13年度応用地質学会研究発表会講演論文集，59-62.
- 13) 浜田好弘・田中和広・宮田雄一郎(2009)：台湾泥火山の地質構造と地化学特性，地学雑誌，**108**, 408-428.
- 14) 渡邊征稔・田中和広(2012)：新潟県松之山地域における高濃度NaCl型地下水の分布，日本応用地質学会平成23年度研究発表会講演論文集，87-88.
- 15) 石原朋和・田中和広(2009)：泥火山周辺の地質構造と地下水の地下水特性—新潟県十日町蒲生における検討—，地学雑誌，**118**, 350-372.
- 16) 松葉谷治・酒井均・鶴巻道二(1974)：有馬地域の温泉，鉱泉の水素と酸素の同位体比について，岡山大学温泉研究所報告，**43**, 15-28.
- 17) 金折裕司・遠田晋次(2007)：中国地方西部に認められるプレート内山口—出雲地震帯の成因と地震活動，自然災害科学，**25**, 507-523.
- 18) Zhao, D., Mishra, O. P. and Sand, R. (2002): Influence of fluids and magma on earthquakes, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **132**, 249-267. __
- 19) Nakajima, J. and Hasegawa, A. (2008): Topographic evidence for the mantle upwelling beneath southwestern Japan and its implications for arc magmatism, *Earth and Planetary Science Letters*, **254**, 90-105.
- 20) 東田優記(2011)：中央構造線沿いにおける高塩濃度地下水の研究，山口大学理工学研究科修士論文，57p.

8 地下水の恵み —河川流量から見た地下水環境と地域基盤—

○栢木智明（合同会社スイモン LLC）

1. はじめに

地下水は地下水学用語辞典によれば、「地下水面より下にあり、地層の間隙を満たして重力の作用により流動している水」とある。そのため、通常地下水そのものを直接見ることは出来ない。一般的には、接することの出来る井戸水や名水などの湧水のイメージが強く、ある限られた環境下での存在として捉えがちである。

しかしながら、いたるところに地下水が存在している。例えば、雨のない時の河川水は、地下水が流出しているものであり、この水量が多ければ周辺域の地下水が豊かであることを示している。ここでは、河川流量の流出機構と水収支から地域社会の基盤をなす水の需給環境と地下水との関係について示す。

2. 沢水と地下水流出

(1) 沢水流量の流出機構

河川水は、図-1の河川水流出概念図に示すように特異な地質や構造を持つ流域を除けば、その流域に供給された降雨が表面を流下する直接流出、一旦地表下に浸透した雨水が地表面付近を流動し、降雨後比較的速い段階で河道に流出する中間流出と、地表から帯水層まで浸透した地下水が再び流出した地下水流出から成り立っている。降雨直後の表面流出や中間流出が降雨後の比較的早い段階で流出してしまうのに対して、地下水流出は降雨後非常に長い期間みられる。我々が直接利用可能な水量は、洪水時の表面流出量を除いた基底時の流量といえる。

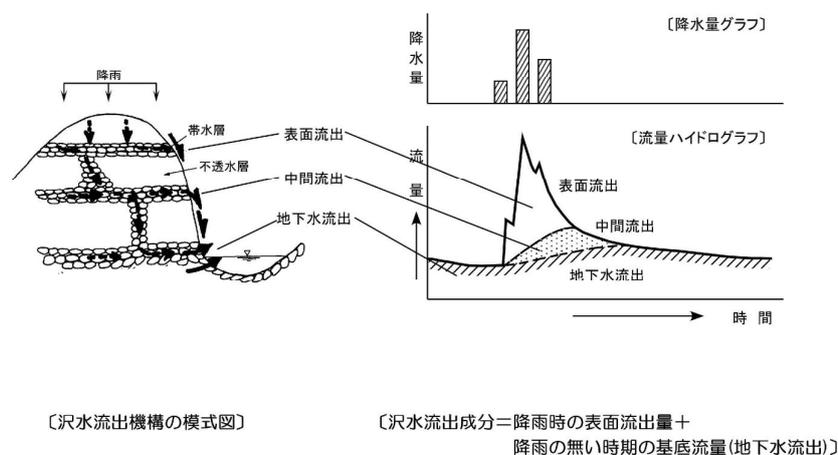


図-1 流域における河川水と地下水流出概念図

(2) 河川流量と地下水との関係

図-2 は河川流量を時系列で表示した流量ハイドログラフである。降雨直後の急激に増加する流量波形（実線）は、ゆっくり増加する流量波形（点線）の上に重なり、互いに干渉したような流量変化が認められる。このゆっくりと増加する流量波形（点線）は、ハイドログラフの基底部分を形成し、この流量のことを基底流出流量（基底流量）と呼ぶ。また、基底流量は上記した地下水流出による流量であり、その流域からの地下水流出量となる。そのため、図-2 に示すように基底流量と流域内の山体地下水位変化には相関性が確認され、（図-2 右図参照）降雨の少ない渇水期における流量（基底流量）は、山体地下水位変化に応じた流量変化を示している。言い換えれば、渇水期の基底流量は、その地山の地下水露頭であり、帯水層を形成している地山の透水性や地表からの涵養（浸透）条件などの水文地質状況に応じた地下水が常時流出しているものと捉えることが出来る。

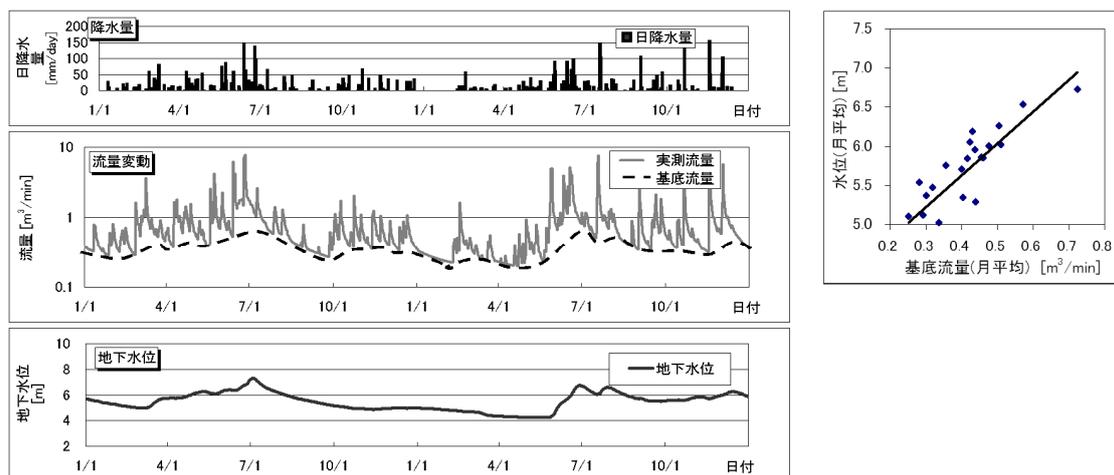


図-2 流量ハイドログラフと流域山体地下水位変化

(3) 河川流量の水収支

流域から流れ出す沢水流量（ Q ）は、降雨（ P ）により供給され、地表や樹木からの蒸発散（ E ）により大気中に再び戻る水量と、降雨時に地表から直接流出する表面流出水量（ Q_s ）と地下に浸透し地下水流出（ Q_g ）として流れ出す基底流量の合計（ $Q=Q_s+Q_g$ ）であり、地下水位変化に伴う地下水貯留変化量（ ΔS ）を含め、図-4 に示す水収支式（ $P-E$ ）=（ Q_s+Q_g ）+ ΔS が成り立つ。水収支期間を1水文年とすれば、地下水貯留変化量（ ΔS ）を無視（異常気象年を除けば）することができ、実測した基底流量があれば、総流出量（ $Q=P-E$ ）における地下水流出量（ Q_g ）の概略割合がわかり、地域における地下水涵養量やその地域の透水性などを判断するための有効な資料となりうる。

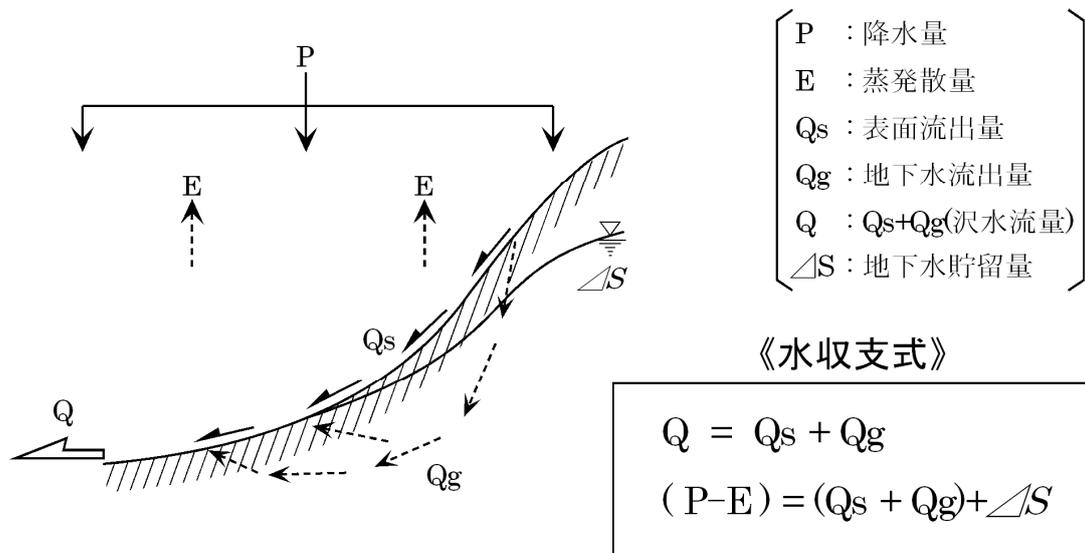


図-3 流域の水収支概念図

香川県を例に考えれば、高松市の年間降水量 (P) が 1091mm/年 (S53~H19 平均)、蒸発散量 (E) が 870mm/年 (S53~H19 月平均気温を基にソーンズウエイト方により算出) であり、洪水時に海へ流出する水量も含めた総水量が $(P - E) = 221\text{mm/年}$ 、香川県全体で約 4.146 億 m^3 /年程度となる。一方、香川県内の主要河川の平均濁水比流量は、1.70 /sec/ km^2 (かがわの水需給による) であり、香川県全体地下水流出量に換算すると約 1.006 億 m^3 /年程度 (流出高で約 54mm/年) となる。言い換えれば、香川県に涵養された総水量の内、自然状態において約 3/4 が洪水時に海に流出し、約 1/4 が地下水流動量からなり、常時流出している利用可能な水量といえる。(現状は溜池やダムに洪水時水量の一部貯水利用)

この水量は、現状の上水道需要量 (約 1.43 億 m^3 /年) にも満たなく、更に農業用水 (3.45 億 m^3 /年)、工業用水 (0.46 億 m^3 /年) を加えた現状の水需要量約 5.34 億 m^3 /年に対して約 1/5 以下の水量となっている。また、全体水需要量は、香川県全体に供給されている総水量 $(P - E)$ 以上 (約 1.35 倍) を利用しており、到底県内での確保が困難な状況が見えてくる。

興味深いことに、県内水源による供給可能性が、ダムや溜池で約 2.34 億 m^3 /年、河川水で 0.72 億 m^3 /年、地下水で約 0.93 億 m^3 /年の合計約 4.0 億 m^3 /年で、香川県内での涵養量 $(P - E)$ とほぼ同じ水量となっている。

3. 地域社会の基盤と地下水

地域に供給される水の総量は、水循環からみれば上記した $(P - E)$ となる。しかしながら、水利用上洪水時に海に流出する水量は、ダムや溜池に貯水できる水量を除けば基

本的に利用できない。その地域で安定的に利用できる水量は、上記した洪水時以外の基底流量（その地域の地下水流出量）となる。

人間社会を維持するためには、利用できる水をどれくらい確保することができるかによって社会規模（都市の規模）が決まることになる。その地域の利用可能な水量は、その地域の降水量と地下水を確保できる入れ物があるかどうかにかかっている。（地下水量がどれくらいあるか）

上記した香川県の例では、河川流量の水収支から地域に供給された水量を限りなく有効的に利用している状況が伺われる。しかしながら、悲観的に見れば今までと同じライフスタイルを続ける限り、これ以上の地域発展は望めない現状が見え隠れしている。このようにその地域の地下水量は、将来的な社会基盤を構築する上で重要なキーワードとなっていることが言える。

地下水の学問は、他の学問に比べ比較的新しい学問であり、まだまだわかっていないことがたくさんある。これからは、地下水をこのような観点（人間社会維持にとって重要な要因のひとつ）から捉え議論する必要性があるものと思う。

（参考文献）

- ・ 山本荘毅責任編集（1986）：地下水学用語辞典，古今書院，59
- ・ 岡本芳美（1982）：技術水文学，日刊工業新聞社，161－178
- ・ 野満隆治（1959）：新河川学，地人書館，124－187
- ・ 高橋信忠（1978）：河川水文学，森北出版，67－102
- ・ 山本荘毅（1992）：地下水水文学，共立出版，109－138
- ・ 高橋彦治（1974）：土木技術者のための地質学，鹿島出版会，182－186
- ・ 香川県（平成22年9月）：かがわの水需給

9 ジオ鉄 — 鉄道施設からジオを読む —

(株) 荒谷建設コンサルタント 加藤 弘徳
(公財) 深田地質研究所 藤田 勝代
高知大学教育研究部 横山 俊治

1. はじめに

鉄道を気軽に利用しながら、沿線に広がる地質・地形を楽しみ、自然科学に興味をもってもらいたい。そんな願いのもと、大地の物語を読み解く新しい鉄道旅行のスタイルとして、「ジオ鉄[®]」の取組みは2009年に筆者らにより提案された¹⁾²⁾。鉄道に精通した地質技術者たちの協力で始まったジオ鉄の活動は、現在、公益財団法人深田地質研究所の普及事業の一環として継続されている³⁾。

鉄道は我が国で最も重要で、かつ私たちに身近な公共交通機関の一つである。山地が国土の約7割を占める日本では、山間部を走る鉄道が多く、鉄道と地形・地質との間には切っても切り離せない関係がある。一般に鉄道は他の交通機関に比べて地形の影響を受けやすい。また地質の脆弱な地帯では地盤災害の影響も受けやすく、豪雪地帯では雪害の影響も考慮しなければならない。したがって、そのルート選定や施設構造には、列車を安全に走らせるために古くから様々な知恵が絞られ、数多くの特徴的な鉄道施設がつけられてきた。

鉄道施設や鉄道構造物は旅行道中の一種の目印となり、ジオと鉄道の関わりを紹介するための良い教材となる。本講演では、ジオ鉄発祥の地である四国地方の鉄道路線に着目し、鉄道施設からジオを読み解く面白さについて紹介する。

2. 鉄道施設に関する基礎知識

一部の特殊なものを除き、一般に鉄道は勾配に弱い。高速道路では2%の勾配が普通に存在するが、鉄道の場合は20‰ (=2%) の勾配が連続すると“難所”と呼ばれることが多い。急勾配の緩和にはルートのそのものを変更することが根本的な解決策となるが、それが困難な場合にはスイッチバックやループ線といった特殊な施設により対応されることがある。鉄道の場合のスイッチバックとは「急勾配を伴う地形における折り返し式鉄道線路」などと説明され、駅や、単線区間での列車行き違いのための信号場などで採用されることが多い。これは、かつて機関車が客車や貨車を牽引していた時代には、急勾配上で列車が一旦停車するとその性能上再発進することが困難であったためである。ループ線は、山間部にトンネルや橋梁を建設して螺旋状に線路を敷設することにより、急勾配を緩和してルートを形成する手法である。

曲線についても鉄道には制約が多く、普通鉄道の場合は例外を除き曲線半径は $R=160\text{m}$ 以上である。 $R=160\text{m}$ の場合、列車の通過速度は条件にもよるが 50km/h 程度にまで制限され、当然のことながら列車のスピードは妨げられる。

このように、鉄道のルート選定は地形的制約を大きく受け、さらに地質条件も考慮しなければ

ならない。このため、現在のような長大トンネルや橋梁を建設する技術がなかった時代に、鉄道技術者は現在以上の苦勞をしたことは想像に難くない。特徴的な鉄道施設から、鉄道技術者と自然条件との格闘の歴史や、その地域のジオの特性や面白さなどを読み取ることができれば、旅の楽しみが増えることは間違いない。さらには自然科学、特に私たちが住む大地の成り立ちや、土木技術に対する関心を深める効果があると考えられ、科学技術のアウトリーチに対する大きな成果が得られることが期待できる。

3. 四国地方にみる特徴的な鉄道施設とジオとの関わり

ここでは、四国地方にみられる特徴的な鉄道施設のうち、地形・地質が背景となって成立したものを紹介する。

3.1 2つの策で急峻な山地を越える —JR 土讃線・坪尻駅—

JR 土讃線は香川県の多度津駅を起点に、徳島県の内陸部を経て、高知県の窪川駅に至る路線として、明治 22 年から昭和 26 年にかけて建設がすすめられた。瀬戸内側から太平洋側まで四国を縦断する路線の性格上、讃岐山脈や四国山地などの山間部を通過する区間が多く、また東西配列で特徴付けられる四国の主な地質帯を横切る路線であることから、土讃線沿線には多数のジオ鉄的ジオポイントが存在している²⁾⁴⁾。

香川・徳島県境には、白亜系和泉層群からなる讃岐山脈が東西方向に延びている。讃岐山脈は南麓を走る中央構造線活断層系の影響を受け隆起しているため、断層に接する南側斜面は地形が急峻で、そこでは吉野川支流により深い谷が刻まれている。土讃線はこの急峻な斜面を最大 25% の連続勾配で乗り越えており、ここは土讃線の難所の一つと言われている。坪尻駅（徳島県三好市；昭和 4 年に単線区間の信号場として開設）はこの連続勾配の途中にあり、スイッチバックが設けられている。スイッチバック運転は当駅に停車する普通列車でのみ体験できる。列車がおもむろにそれまでとは逆向きに出発する光景は、鉄道ファンならずとも興味がそそられるであろう。

また、当駅には険しい山岳地帯に鉄道を通そうとした鉄道技術者の渾身の秘策が込められている。坪尻駅の周辺では、吉野川支流の鮎あいくるしたに苦谷川が深



図一 坪尻駅周辺の俯瞰図

画像は「カシミール 3D (<http://www.kashmir3d.com/>) および国土地理院数値地図 10m」を使用して作成した。

い V 字谷を形成しており、線路は谷底付近を通過している。ルート選定の段階では線路を敷設する平地がなかったため、鮎苦谷川を3か所でトンネルに移設し、生じた旧河道を埋め立てて平地を造成することによりスペースを確保し、スイッチバック施設や線路が敷設された(図-1, 写真-1)。現地では、人工導水トンネルや谷を塞ぐ擁壁などの施設群を見ることができ、急峻な山地に鉄道を通そうとした鉄道技術者の苦勞を生々しく感じることができる。



写真-1 鮎苦谷川の流れを飲み込む人工導水トンネル 右側には河川を塞いだ擁壁がみえる。

坪尻駅のスイッチバックや河道の付け替えは、活断層の活動に伴う山脈の隆起が背景となって成立したものである。このような事実をジオポイントとして解説することで、体験者は普段は感じることのない大地の動きや、鉄道技術者の苦勞を感じとることができると期待され、ここはジオ鉄お勧めポイントのひとつと考えている。

3.2 路線付け替え跡から防災を考える —JR 土讃線・大杉～土佐北川間—

河川が山地を削り斜面が急になると、斜面は次第に不安定になり、崩れやすくなる。その結果、崩壊や地すべり等の土砂災害が生じる。山深い四国山地を越える土讃線は、開業当初からしばしば土砂災害に悩まされてきた。このため土讃線沿線では、主に防災上の観点から多くの区間で線路付け替えが行われてきた。線路付け替えとは、それまでとは別の位置に部分的に新線を建設し、線路を移設することである。付け替えは、開業当時には技術的問題から困難であった長大トンネルや橋梁によってなされ、安全性が向上するとともに、線形の向上に伴うショートカットとスピードアップが到達時間の短縮にも寄与している。

吉野川支流の穴内川に沿って走る土讃線の大杉～土佐北川間(高知県大豊町)6.1kmの区間には、当線最長の付け替え区間が存在している(図-2)。旧線は大杉駅南方では中村大王地すべりブロック(御荷鉾緑色岩類)の末端付近を通過し、また数多くの落石危険区間(石英片岩地帯)を通過するなど、防災上問題の多い地域を通過していた。付け替えは1973年と1986年の2期にわたり行われ、それまでのカーブの多い川沿いのルートから、2つの長いトンネルと橋梁により高速で通過できる新線に切り替えられた。旧線跡には現在も数多くの鉄道遺構が残っており、トンネルや鉄橋跡、通信ケーブル施設跡などのほか、落石防止用の洞門、落石検知柵もみられる。穴内川河床には、線路を越えて落ちてきたであろう落石起源と考えられる無数の巨礫が存在している(写真-2左)。この区間で、いかに当時の技術者が防災に苦慮したかがわかる。

一方の新線を見ると、様々な防災上の工夫が凝らされていることがわかる。新線トンネルの一つ、全長2,583mの大杉トンネルを地形図で確認すると、地すべりの影響を回避するようにその地下を迂回して掘削されていることがわかる(図-2)。また、切り替え区間南端の土佐北川駅は、

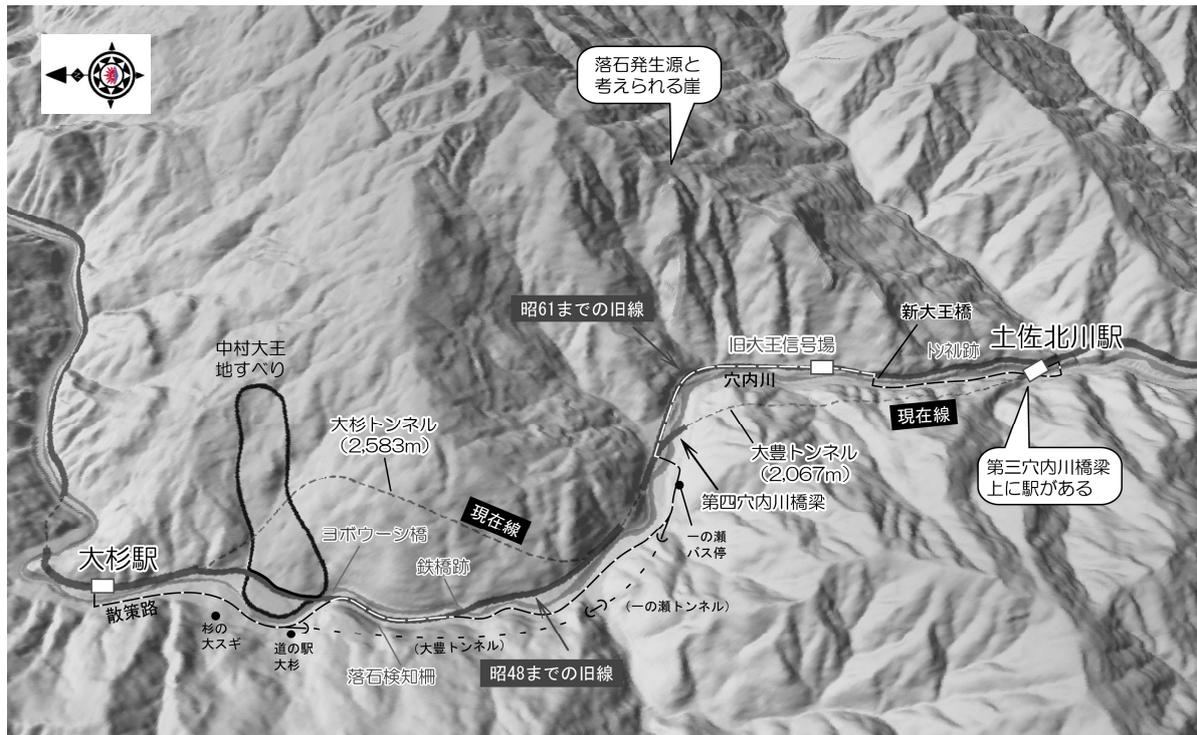


図-2 大杉～土佐北川間の俯瞰図

画像は「カシミール 3D (<http://www.kashmir3d.com/>) および国土地理院数値地図 10m」を使用して作成した。



写真-2 左：旧線の鉄橋跡と河床にみられる落石群 (○部)
右：鉄橋上に設置された新線の土佐北川駅

穴内川右岸側から穴内川の橋梁上に移設された。この駅は全国でも珍しく鉄橋上にプラットフォームがある駅である (写真-2 右)。駅が橋梁上に設けられた理由は、用地・線形の問題もあったのだろうが、土砂災害の直接的な影響を受けにくい点で、防災上の利点が大いと考えられる。

最近、鉄道の廃線跡にかつて列車が行き交っていた時代の栄華をしのび、ロマンを感じる「廃線マニア」という人々が増えている。これをさらに一歩進めて、なぜその線路が放棄 (廃止) されたのかをジオ鉄的視点から考えると、防災への関心や地形・地質への興味がさらに深まるのではないだろうか。また、列車を安全・快適に走らせるための鉄道技術者の努力や、建設時期による土木技術の変化 (進歩) を感じるのも、廃線跡を散策する楽しさの一つになるであろう。

3.3 四万十川上流域と沿岸部を短絡する線路 —土佐くろしお鉄道中村線のループ線—

土佐くろしお鉄道中村線は、JR 土讃線の終点である高知県の窪川駅から同県西部の中核都市・四万十市中村を結び、JR 土讃線の延長の性格を有する路線である。窪川駅および次の若井駅は、四国最長の川である四万十川の上流域にあたり、標高約 200m の高所に位置する。四万十川はここから河口のある中村まで約 100km の距離を、大きく蛇行を繰り返しながら悠然と流れていく。これに対して中村線は若井駅西方で四万十川と別れを告げ、分水嶺となる若井トンネルを抜けたのちに、伊与木川水系に沿って約 7km 先の土佐湾沿岸（黒潮町佐賀）まで一気に下っていくルートを取る。

若井トンネルを抜けたところには、愛媛県宇和島市へ至る JR 予土線との分岐点となる川奥信号場がある。当信号場は伊与木川支流の谷の源頭部付近に位置し、そこには南東向きの急峻な斜面が発達している（図-3）。中村線の線路は、ここから次の荷稻駅（標高約 40m）まで一気に標高を下げていく。ただし線路の勾配には限界があり、直接、谷に沿って線路を引くことができなかつたため、予土線と分岐した直後の場所から右回りのループ線が建設され、距離を稼ぎながら勾配が緩和されている。ループ線の大部分は第一川奥トンネルの中にあるため、列車内でループを実感することは難しいが、川奥信号場付近で一瞬だけ南側の斜面下方に中村線の線路が見えるほか、車内に持ち込んだ方位磁針の針が一周することでループ線の存在を確かめることができる。

上記の伊与木川支流の谷には、その延長が短い割に幅広い沖積低地が発達し、水田が営まれている。その源頭部（川奥信号場のすぐ西側、第一川奥トンネルの西向き坑口付近）の一角は風隙地形をなしており、その背後にはやはり不自然に谷幅の広い四万十川支流の谷がある。かつての四万十川は、伊与木川水系を排出口として土佐湾に流下していた可能性があるという⁵⁾。

中村線と四万十川、ともに窪川から中村まで至るが、それぞれが異なるルートを取るところが興



図-3 中村線のループ線周辺の地形図
(国土地理院 1:2.5 万分の 1 地形図「伊与喜」) に加筆

味深い。平地の多い四万十川沿いに中村線をあえて通さなかったのは、窪川駅まで延びている JR 土讃線と高知県幡多地域の沿岸都市を短絡する使命があったためであろう。中村線にループ線が設置されたのは、標高差のある両地域を結ぶための苦肉の策といえるのかもしれない。

4. おわりに

鉄道沿線には、ジオを楽しむ教材がたくさん存在している。鉄道路線のルート（線形）や鉄道施設の構造、それが成立した技術的・歴史的背景を知ることによって、地形の成り立ち、地質の性状など、大地の動きや自然現象を直感的に捉えることができる。また、沿線に残る鉄道遺構や最新の土木構造物を目にすることによって、土木技術の進歩や、鉄道技術者と自然の闘いの歴史を感じることもできる。このように、鉄道は自然科学・科学技術のアウトリーチ活動には最適な教材である。鉄道は我が国の広い範囲に張り巡らされており、鉄道がある限りどこにでも題材が存在することから、期待される効果は計り知れない。

本稿では、ジオが密接に絡んだ鉄道施設のごく一部を紹介した。この他にも全国には様々な特徴的な鉄道施設が存在しており、ジオ鉄目線で捉えるととても興味深いものが多いが、ここで全てを紹介するには枚挙に暇がない。ジオ鉄に関する筆者らの著書等^{2) 4) 6) 7)}では、各地のジオ鉄的ジオポイントを可能な限り詳細に紹介・解説している。興味のある方はそちらも参照しながら、ジオ鉄に関してより一層の理解を深めてもらえたら幸いである。

引用文献

- 1) 加藤弘徳・藤田勝代・横山俊治 (2009) : ジオ鉄を楽しむ—鉄道車窓からのジオツアーの提案—(1.JR 四国・土讃線), 日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集, A004-P012.
- 2) 加藤弘徳・藤田勝代・横山俊治 (2009) : ジオ鉄を楽しむ—鉄道車窓からのジオツアーの提案(1.JR 四国・土讃線), 総特集ジオパーク(2) 地球科学がつくる持続的な地域社会, 月刊地球, vol.31, No.8, pp.445-454.
- 3) 藤田勝代 (2012) : ジオ鉄の取組み—4 年目を迎えて (2009-2012 年の活動記録), 深田地質研究所年報, No.13, pp.13-20.
- 4) 横山俊治・藤田勝代・加藤弘徳 (2012) : 第七章ジオ鉄[®]で楽しむ高知の地質,最新・高知の地質 大地が動く物語,鈴木堯士・吉倉紳一編, 南の風社, pp.124-146.(第 23 回高知出版学術賞受賞)
- 5) 満塩大洗・山下修司 (1990) : 四国四万十川の後期第四系, 特に形成史に関して, 高知大学学術研究報告, Vol.39, pp.109-126.
- 6) 藤田勝代, 加藤弘徳, 横山俊治, 平石成美 (2011) : 土佐くろしお鉄道ごめん・なはり線ジオ鉄 Map, ごめん・なはり線活性化協議会, 19p.
- 7) 藤田勝代, 上野将司, 横山俊治 (2012) : JR 大糸線ジオ鉄マップ—自然を楽しむ鉄道旅行—, 糸魚川市産業部都市整備課, 27p.

10 総括—中国四国支部活動に期待をこめて

横山俊治（高知大学）

1. はじめに

日本応用地質学会中四国支部の設立20周年を記念して「地域の自然・人・産業・文化を護る応用地質学」というテーマでシンポジウムが企画された。その趣意書には、『人の営みを自然の営みに調和させるために応用地質学の役割がますます重要である。地場産業の衰退が地域文化の衰退につながる恐れがあり、地域の産業と文化を護ることも応用地質学にとって重要な使命である』とのメッセージが記されている。

講演タイトルからみえてくるシンポジウムのなかみは、①応用地質学の使命について、②中四国支部の地質技術力について、③地質資源の恵みと人との共生に関する話題、④地学教育や防災教育のアウトリーチに係る話題である。応用地質学および地域の視点から見た自然と、人、文化との関わりについて講演して頂けるものと期待している。

講演要旨を読まず、講演を聴くことなく、仰せつかったシンポジウムの総括を書くのは無理がる。そこでこれからの中四国支部活動に期待をこめて、①中国四国支部の応用地質学的財産とはなにか、②近い将来、本支部の柱になる文化地質学の最近の活動実績について、③地質技術力を支える地質学独自の基礎技術とはなにか、について私見をのべたい。

2. 中国四国支部の応用地質学的財産

イギリスの地質学者アーサー・ホームズは、「人類を含め、すべての生物の母なる地球を研究することはひととき意義がある」という意味のことをのべている。人類の棲み処である地球の歴史と構造を明らかにする地質学は当に意義のある学問である。では、応用地質学はどのような学問であろうか。応用地質学は、地球をうまく利用し、棲み処を快適、安全なものにする方策を提案する学問である。換言すれば、人類と大地の関わり合いの中で生じる課題を予見し、それを解決のための方針を提案する学問が応用地質学である。

ところで、中国四国支部の地理的範囲内には、3つの海、北の日本海、南の太平洋（フィリピン海）、そして中央部には瀬戸内海が存在する。支部の地理的範囲は単に広いだけでなく、これら3つの海域から予想されるように異なる特性をもった地域が東西に帯状配列している。各地域では地形、地質だけでなく、気象条件も大きく異なっており、それらの影響を強く受けて、人びとの暮らしにも地域差が認められる。本支部は会合を開くにも地理的制約が大きいのは事実であるが、応用地質学的研究という視点から見ると、この多様な地域特性をまるごと捉えることができるメリットが本支部にはある。これこそが本支部の魅力であり財産である。その財産は本支部会員の多岐にわたる活動成果をまとめた「中国四国地方の応用地質学」¹⁾に凝縮されている。

多様な地域性という観点から中国四国地方を概観すると、西南日本内帯に属する山陰地方、中国山地、瀬戸内地域、外帯の四国山地の4地域に大別できる。

山陰地方は新第三紀の被覆層が広く分布し、起伏量の小さい山地が広がっている。被覆層は、

その直下の基盤岩を含め、著しい化学的風化を被っていて、それがこの地域の応用地質学的課題と密接に関係している²⁾。

中国山地に足を踏み入れると、なだらかな高原状の山地が広がる。中国山地とその南の瀬戸内地域そこは後期白亜紀に大規模な酸性火成活動の場となったところで、その時貫入した花崗岩には応力開放によって生じた低角度の微細なクラック（ラミネーションシーティング）が深部まで発達し、その結果生じたマサが高原状の山地形成に寄与している。山地を流れる河川の幅は広く、そこに多くの人びとが居を構え、水田を営んでいる。高原上の山頂には古第三紀の河川成堆積物が残っていて、隆起侵食が進んでいないことを示している。気候にも特色があり、山陰地方から中国山地にかけての山間部は豪雪地帯である。

瀬戸内地域は、中央構造線の右横ずれ運動の結果が地形に現れ、瀬戸内海には海の広がる灘と海が狭まって島が集まる瀬戸がくり返し現れている。マサからなる多くの島は平坦な地形をしている。この地域は雨が少ない。香川県の平野には多くのため池が造られている。しかし、中央構造線が平野の直ぐ北側を走る愛媛県松山では、中央構造線から供給された豊富な地下水が湧水となってわき出している。

中央構造線を越えると、風景が一変する。四国山地は硬質な岩盤が急峻な山地を形成している。現在もフィリピン海プレートの押しによって隆起を続け、山頂の被覆層はほとんど失われている。急峻な山地をえぐって流れる河川沿いは平地が狭い。人びとは山際にへばり付くようにして住むか、山腹の地すべり地まで登って住んでいる。四国山地には、沈み込み深度の異なる付加体の見事な帯状配列が認められる。当地域は、かつて、明治初期に、日本で最初の地質図を作成すべく、特別な思いをもってナウマンが何度も通った地であり、昭和になって、日本列島の基盤構造を解明するならこの地しかないとの決意で小林貞一が調査し、佐川造山運動のモデルを創造した地である。また、約100年に一度活動する海溝型巨大地震の地震動によってダメージを受けてきた地域であり、豪雨多発地域でもある。

このような多様な自然条件をもつ地域が共在する中国四国地方にあっては、応用地質学的魅力は尽きることがない。この魅力を発掘するのが本支部の使命である

3. 文化地質学の芽生え

人と大地との関わりに目を向けたとき、応用地質学が貢献できる新たな世界がみえてくる。中国四国地方でも、多様な人と大地の関わりが多く文化を生み出してきた。その具体的な内容や由来について、地元の方もご存じない場合がある。日々目にされている地形や地質に学術的な価値があることをご存じないこともある。隠れた地質遺産を発掘したり、文化遺産の中に隠れている大地の物語を紐解いたりするのも応用地質学のひとつの貢献である。人と大地の物語を発掘し、その意味と醍醐味とを多くの人びとに還元する分野を文化地質学と呼びたい。実務を通して人と大地の関わりの中で生じた諸問題の解決にあたってきた応用地質学に携わる学会員こそが文化地質学を牽引して行くに相応しいであろう。

最近、本支部では文化地質学に目を向けようという機運が高まってきた。そのメモリアル研究

が長谷川ほか(2006)³⁾の「おいしい讃岐うどんはどこでできるのか?—讃岐うどん有名店の地形・地質学的条件—」という刺激的なタイトルの論文である。その後の5年間にも,”文化地質学”と呼ぶべき研究、活動が花開いてきた。いくつかの例を挙げてみよう。

本年9月9日、濟州島で開催されたアジア太平洋ジオパーク2013シンポジウムにおいて、隠岐ジオパークが世界ジオパークに認定された。これで中国四国地域内の世界ジオパークは山陰海岸ジオパーク、室戸ジオパークに続いて3か所になった。このほか、西予ジオパークや讃岐ジオパークが日本ジオパークを目指している。これらのジオパーク活動にも本支部会員が深く関わっている。

また、2007年には山陰石見銀山が世界遺産に登録された。支部会員はその維持・保全に協力している。

ジオと鉄道を融合したジオ鉄も2009年に本支部会員が企画したもので、四国で生まれ、現在は全国展開している。

ジオパークやジオ鉄の活動には地学教育、防災教育のアウトリーチという側面があり、高校教育の場から地学がほとんど消えている今日、生涯教育の手段としても期待される。

中国四国地方には多様な石材がある。日本海の来待石(新第三紀砂岩)や、瀬戸内海豊島の讃州豊島石(新第三紀凝灰岩)、香川県のサヌカイト、瀬戸内地域の花崗岩(大坂城の残石)などについては、その岩石の地質学的特徴やその利用の歴史などの研究に、支部会員が貢献している。

地質現象に関係した造形美の発掘も始まっている。前掲「中国四国地方の応用地質学」の表紙を飾っている象岩は花崗岩の未風化核岩とタフォニがつくる造形である。

中国四国地方には災害そのものを意味する地名や災害の結果を示唆する地形地名が残っている。高知県奈半利の民家の土塀にみられるいしぐろ(玉石練り塀)や“だんだん”とよばれる石垣、小豆島の醤油造りと深く関わっているかもしれない花崗岩の存在など、生活の中の石に関する隠れた話題はつきない。こういった話題を発掘することも文化地質学であり、応用地質学の役割である。

4. 思い出そう地質学が寄って立つ基礎技術

現在、地学を教えている高等学校は非常に少ないが、“物化生地”という言葉は大学に残っている。では、他の理系分野にはまねのできない地質学(地学)独自の自然の“みかた”とは何だろうか。

それは、地質図を作成する際の地表地質踏査技術に現れている。地表地質踏査は、地質学に関するさまざまな知識だけでなく、地形図の読図技術や登山技術、気象判断に関する知識、危険な動植物に関する知識など、さまざまな知識や技術を動員して行う総合的な技術である。地質踏査の調査対象である露頭は分布に偏りがあり、同じ地質・岩石の露頭であってもその質はさまざまである。このような偏りと不均質性をもった情報を総合化して地質図は作成される。本物の自然を総合的技術と総合化技術で読み解く地表地質踏査技術は他の理系分野にはできない地質学独自のものである。

近年、この地質図が大学理学部の地質系教室においても、地質コンサルタントの実務の世界でも軽んじられている。このような状況が続けば、単に地質図を作成する技術が失われると言うだけでなく、本物の自然を見る目、思考方法が失われていく。地表地質踏査技術は地質学が寄って立つ基礎技術であり、そこに地質学の存在意義が集約されていることを再確認したい。

引用文献

- 1) 日本応用地質学会中国四国支部編 (2010) : 中国四国地方の応用地質学, 262p.
- 2) 横田修一郎 (2013) : 山陰—“中山間地域”の斜面災害, 日本地すべり学会, 第52回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp. 34-39.
- 3) 長谷川修一・野々村敦子・鶴田 聖子・山中 稔(2006) : おいしい讃岐うどんはどこでできるのか?—讃岐うどん有名店の地形・地質学的条件—, 平成18年度研究発表会発表論文集, 日本応用地質学会中国四国支部.

祝 日本応用地質学会中国四国支部
設立20周年記念

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

四国地質調査業協会

理事長 噂 耕司
副理事長 岡田章二
副理事長 神野邦彦
副理事長 森 直樹

事務局 〒760-0067

高松市松福町2-15-24 (香川県土木建設会館)

電話(087)821-4367 FAX(087)851-9376

<http://www.chisitu.com/>

豊で安全な社会づくりのために
地質調査で貢献します

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

中国地質調査業協会

理事長 小谷裕司
副理事長 外山涼一
副理事長 西藤正和

事務局 〒730-0017

広島市中区鉄砲町1番18号(佐々木ビル)

電話(082)221-2666 FAX(082)227-5765

<http://www.chugoku-geo.or.jp/>

一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部では、下表の会社が賛助会員となっていました。

(社)日本応用地質学会 中国四国支部 平成25年度 賛助会員名簿

賛助会員	郵便番号	住所	電話番号	代表者
(株)荒谷建設コンサルタント	730-0831	広島市中区江波西1-25-5	082-292-5481	荒谷 壽一
宇部興産コンサルタント(株)	759-0206	山口県宇部市大字東須恵3897-2	0836-44-1170	横山 紀友
(株)エイト日本技術開発	700-8617	岡山市北区津島京町3-1-21	086-252-8917	小谷 裕司
(株)エイト日本技術開発四国支社	790-0054	松山市空港通2-9-29	089-971-6511	辻 和秀
応用地質(株)広島支店	731-5133	広島市佐伯区旭園3-33	082-921-1161	宇野 嘉伯
基礎地盤コンサルタント(株)中国支社	731-0135	広島市安佐南区長束4-13-25	082-238-7227	佐藤 信悟
(株)キンキ地質センター松山支店	790-0952	松山市朝生田町7丁目15番地4	089-921-2530	池田 和久
合同会社 スイモンLLC	738-0033	広島県廿日市市串戸2丁目17-5-302	0829-34-3397	栢木 智明
構営技術コンサルタント(株)	780-0945	高知市本宮町105-23	088-850-0550	橋口 孝好
国土防災技術(株)四国支店	771-0144	徳島市川内町榎瀬676-1	088-666-3232	森 正一
山陰開発コンサルタント(株)	690-0046	松江市乃木福富町735-33	0852-21-0364	陶山 勤
(株)ダイヤコンサルタント 四国支店	790-0952	松山市朝生田町2-8-37	089-941-4855	春口 孝之
田村ボーリング(株)	760-0007	高松市中央町6-19-21	087-833-7878	田村 孝治
中国開発調査(株)	733-0822	広島市西区庚午中2-13-24	082-274-1211	寺田 博行
中電技術コンサルタント(株)	734-8510	広島市南区出汐2-3-30	082-255-5501	沖田 俊治
(株)東建ジオテック 山口支店	753-0215	山口市大内矢田234-1	083-927-5507	青木 正延
(株)ナイバ	760-0062	高松市塩上町1-3-6	087-862-5121	橋本 孝志
ニタコンサルタント(株)	771-0122	徳島市川内町鈴江西38-2	088-665-5550	岡田 章二
(株)二宮ボーリング	760-0006	高松市亀岡町12-12	087-833-7737	二宮 猛
(株)日本海技術コンサルタント	699-0403	松江市宍道町西来待2570-1	0852-66-3680	中田 昭彦
復建調査設計(株)	732-0052	広島市東区光町2-10-11	082-506-1811	小田 秀樹
復建調査設計(株)四国支社	760-0020	高松市錦町1-3-9	087-826-1911	中山 誠
(株)増田地質工業	760-0005	香川県高松市宮脇町1-18-23	087-862-5255	増田 剛人
(株)雄新地質コンサルタント	791-1126	愛媛県松山市大橋町261-1	089-963-3861	大石 恭司
(株)四電技術コンサルタント	761-0121	香川県高松市牟礼町牟礼1007-3	087-845-8881	武山 正人
(株)陸地コンサルタント	739-0005	広島県東広島市西条大坪町8-27	0824-23-2627	佐々木 仁志

【発行】

一般社団法人日本応用地質学会中国四国支部

<http://www.jseg.or.jp/chushikoku/>

【事務局】

〒780-0945 高知県高知市本宮町105-23

構営技術コンサルタント(株)内 日本応用地質学会中国四国支部事務局

TEL : 088-850-0550 FAX : 088-850-0551

e-mail : sunouchi@koueicon.co.jp

【記念事業実行委員会】

委員長 長谷川 修一 (香川大学)

副委員長 大野裕記 (四国電力株)

委員 西山賢一 (徳島大学)

田村栄治 (株)四電技術コンサルタント)

田村彰三 (田村ポーリング株)

田村浩行 (応用地質株)

山本和彦 (株)ナイバ)

木下博久 (復建調査設計株)

事務補佐 鶴田聖子 (香川大学)