

○松山 淳（パシフィックコンサルタンツ），竹村 貴人（日本大学），大谷 晃（八千代エンジニアリング），堀 信雄（日さく），塩崎 功（エンジニアリング協会），清崎 淳子（知エンジニアリング），佐伯 佳美（グレイコンサルタンツ），磯部 有作（メディアコンサルタンツ），太田 岳洋（山口大学），宇佐美 光宣（大日本ダイワコンサルタンツ），稲垣 秀輝（環境地質）

【地形地質等の課題】

1-2太陽光発電

- ・地形条件（斜面方位等）による日射量の算定
- ・地盤（自然斜面,造成地）の崩壊対策,施設の不等沈下対策
- ・施設基礎の選定,自然災害対応（浸水,土砂崩れ,強風によるパネルの損傷）
- ・伐採,パネルの存在に伴う景観や生態系・生活環境への影響、有害物質による周辺の土壌汚染、架台等の放置（廃棄物問題）がある8）。



写真 愛川太陽光発電所。段丘の緩斜面を造成し太陽電池モジュール（上段1,574枚，下段6,328枚）を配置



写真 山頂の緩斜面に設置されたメガソーラー

1-3風力発電（陸上）

- ・配置計画に関する内容として、風況の良い地形箇所の選定
- ・施設の基礎地盤に関して、地盤対策の要否と検討（液状化、圧密沈下,地すべり,等不安定斜面）、支持層（工学的基盤面）の分布把握
- ・景観、自然公園との関係、騒音対策の必要性



写真 屏風の満の台地上の風車

1-4風力発電（洋上）

- ・風況の良い地形箇所の選定
- ・地盤対策の要否と検討（液状化,圧密沈下,地すべり,等不安定斜面）（海底：着床式）
- ・支持層（工学的基盤面）の分布把握（海底：着床式）
- ・アンカー基礎の対策要否（液状化：浮体式）
- ・景観や、港湾施設,航路,漁業との関係など

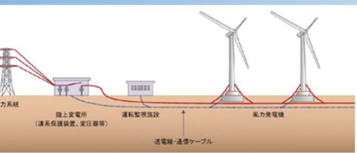


写真 銚子沖の洋上風力発電実証試験施設

図 風力発電施設の主要構成要素概念図（上：陸上,下：洋上）新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）：NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版，672p.）

1-5海洋エネルギー発電

- ・施設を海底地盤や洋上に設置することから、洋上風力発電施設に類似する
- ・潮流条件の良い地形箇所の選定（海底）、地盤対策の要否と検討（液状化,圧密沈下,地すべり,等不安定斜面）（海底：着床式）
- ・支持層（工学的基盤面）の分布把握（海底：着床式）、アンカー基礎の対策要否（液状化：浮体式）
- ・景観、港湾施設,航路,漁業との関係

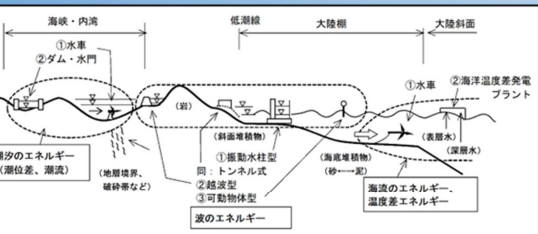


図 海洋エネルギーの種類と発電方法の概念図（模式断面図）

1-6中小水力発電

- ・水力エネルギーの算定（流量、落差）
- ・堰堤等を新規設置の場合の支持地盤の把握
- ・水利権の調整



写真 ダム堤体下流右岸に設置された小水力発電所（安波ダム）

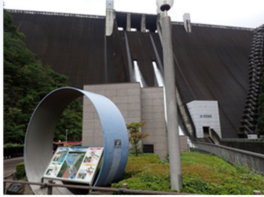


写真 宮ヶ瀬ダムの観光放流。下流の建屋は貯水を利用した愛川第一発電所で、青色の管は放流管の実物（直径3m）の展示

地球の自転・公転、気象

太陽光エネルギー

蒸発散

水循環

太陽光、太陽熱

降雨

地熱発電所

火山

風力

小水力発電所

砂防ダム

ダム

温泉水熱利用

風力発電所（陸上）

太陽光発電所

潮流力発電

波力発電

潮汐力

バイオマス発電所

波力

海流発電

海中熱利用

地熱貯留層

マグマだまり

1-7バイオマス利用

- ・施設の地盤対策の要否と検討（液状化,圧密沈下,地すべり,等不安定斜面）、支持層（工学的基盤面）の分布把握
- ・臨海部の埋立地や河川沿いの低地への立地が多く、低地の軟弱地盤対策が重要



写真 低地に立地するバイオマス発電所

参考：CO<sub>2</sub>排出量削減関連 CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）

- ・孔隙と浸透性を有する貯留層と浸透性の低い遮へい層の組合せ箇所の確認
- ・CO<sub>2</sub>の漏出につながる経路（断層等）が存在しない箇所の確認
- ・CO<sub>2</sub>分離・回収技術、輸送技術、圧入・貯留,監視技術の開発、海洋汚染防止法への対応、地震対策

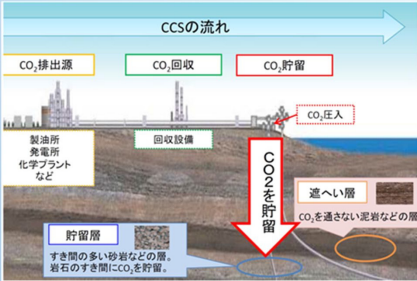


図 CCSの流れ 資源エネルギー庁、知っておきたいエネルギーの基礎用語〜CO<sub>2</sub>を集めて埋めて役立てる「CCUS」：https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/joh\_oteikyoku/ccus.html（2024年9月30日閲覧）

1-1地熱発電

- ・地下1,000〜2,000mの地熱貯留層の効率的な調査方法
- ・地熱貯留層と温泉帯水層を含めた地熱流体の賦存状況や流動状況の把握
- ・国立公園などに該当する火山地帯が多いことから、施設の景観への配慮（写真-1）、自然公園との調整、温泉資源との共生など



写真 景観に配慮した地熱発電設備（秋田県・上の岱地熱発電所）施設は、高さを抑えた配置、周辺と調和する色調などの配慮がみられる



写真 奥尻地熱発電所生産井

2-2温泉熱利用

- ・温泉の温度,泉質,湧出量の把握
- ・温泉源の位置と熱を利用する施設等との位置関係・離隔の把握
- ・地熱資源開発との共生
- ・地域産業とのマッチング

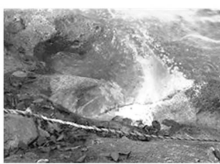


写真 岩盤の割れ目から自然湧出する源泉



写真 温泉井戸湧出量の手測り観測の様子



写真 温泉配管に設置した温泉モニタリング装置（温度、流量、電気伝導率：通信回路付）の例

2-1地中熱利用

- ・熱交換器の設計のための地盤の熱伝導率の測定
- ・地中への排熱による地下環境への影響の検討

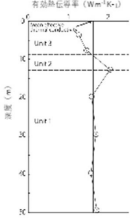


図 熱応答試験による深度ごとの有効熱伝導率の測定例（出典下記3.）



写真 日本大学文理学部に設置されている地中熱ヒートポンプの熱交換器（ダブルUチューブ）。

3-2地化学関連

- ・流動する水と岩石の化学反応に関する解析技術（地熱貯留層の流体や温泉熱利用のための帯水層の流動状況の把握）
- ・地熱開発や温泉熱利用でのスケール問題（原因と対応方法）
- ・地熱資源の有望な火山地帯における熱水変質帯に起因する地すべりへの対応



写真 配管内に付着したスケールの例

3-1 電力貯蔵「新型圧縮空気エネルギー貯蔵（A-CAES）」

- ・地山に合わせた気密方法の選定（岩盤機密,ライニング,水封）
- ・貯蔵時の温度上昇,発電時の温度低下に関する周辺環境への影響評価



図 地下空洞の機密方法イメージ図（出典：下記7.）

【応用地質分野の貢献内容の考察】

【要旨】

- ・2021年10月22日に政府が発表した「第6次エネルギー基本計画」では、気候変動問題への対応（温室効果ガスの削減）と、日本のエネルギー需給構造に関する課題の克服の2つが大きなテーマとなっている。
- ・気候変動問題については、近年の地球温暖化による豪雨に伴い頻発する土砂災害への対応が課題となっている。
- ・エネルギー需給構造では、エネルギーミックスが注目され、再生可能エネルギーは主力電源化に向け最大限の導入に向けた取り組みを促すとされている。
- ・再生可能エネルギー源は、自然現象が生み出すものであり、様々な地形や地質条件とかわりがあり、また施設の地質や地盤条件も重要で、応用地質分野のかわりはますます重要となっているといえる。
- ・資源開発・建設・環境保全・防災等の事業とともに発展してきた応用地質分野の技術が貢献できる内容は多いと考える。

再生可能エネルギーに関する応用地質分野の貢献内容の考察 一覧表

利用形態	整理番号	技術の種類	応用地質分野の貢献内容の考察
1.発電利用	1-1	地熱発電	・地熱貯留層と温泉帯水層を含めた地熱流体の賦存状況や流動状況の把握 ・専門的な関与と一般への理解促進の並行した取り組み
	1-2	太陽光発電	・造成設計（地盤種類による基礎形式の選定,斜面崩壊対策,不等沈下対策） ・災害対応（水浸,崩壊,強風被害に対する予防,事後対応） ・アセスにおける地盤評価,パネル有害物質問題
	1-3	風力発電（陸上）	・配置計画：広域の地形や地盤条件 ・設計：風車基礎の地盤条件、支持層分布、地盤対策検討（液状化、圧密沈下、地すべり等斜面安定）
	1-4	風力発電（洋上）	・配置計画：広域の地形や地盤条件（海底） ・設計：風車基礎の地盤条件、支持層分布、地盤対策検討（液状化、圧密沈下、地すべり等斜面安定）（海底）
	1-5	海洋エネルギー発電	・波力発電（浮体式）：アンカー係留箇所や送電ルートの地形地質 ・波力発電（固定式）：沿岸部構造物箇所の海底地形,基礎地盤 ・潮位差発電施設：ダムや水門の海底地形、基礎地盤 ・潮流発電（海底設置型）：構造物箇所の海底地形,基礎地盤,海峡などでの脆弱部分分布
	1-6	中小水力発電	・水力エネルギーの算定（流量、落差） ・堰堤等を新規設置の場合の支持地盤
	1-7	バイオマス利用	バイオマスの発電所の立地が多い埋立地,低地における地盤沈下,液状化対策の検討
2.熱利用	2-1	地中熱利用	・ヒートポンプの設計のための地盤の熱伝導率の把握 ・排熱を地下で行うため、地下への環境影響評価
	2-2	温泉熱	・効率的な利用のための成分・湧量・温度等の調査 ・スケール対策など維持管理
3.その他関連事項	3-1	電力貯蔵	・地山に合わせた気密方法の選定（岩盤気密,ライニング,水封）
	3-2	地化学関連	・熱水と岩石の化学反応に関する解析技術の研究 ・スケール原因と対策方法の検討 ・地熱資源の有望な火山地帯における熱水変質帯に起因する地すべりの調査
CO <sub>2</sub> 排出量削減関連	CCS		・貯留層と遮へい層の組み合わせ分布箇所の調査

日本応用地質学会誌連載誌リリース

- 1.松山 淳・稲垣秀輝（2019）：「再生可能エネルギー」を連載するにあたって
- 2.本多孝安（2019）：苫小牧における大規模CCS実証試験，応用地質，Vol. 60，No.1，pp.22-26.
- 3.竹村貴人（2019）：地中熱利用，応用地質，Vol. 60，No.2，pp.69-71.
- 4.塩崎 功（2019）：日本の地熱発電開発，応用地質，Vol. 60，No.3，pp.120-124.
- 5.清崎淳子（2019）：地熱資源とその利用，応用地質，Vol. 60，No. 4，pp.180-183.
- 6.大谷 晃（2020）：日本の太陽光発電，応用地質，第61巻，第1号，pp.2-8.
- 7.中川加明一郎（2021）：電力貯蔵ー圧縮空気エネルギー貯蔵ー，応用地質，Vol.62，No.1，pp.23-29.
- 8.松山 淳（2021）：風力発電と地形・地質（その1：概要および洋上風力発電），応用地質，第62巻，第1号，pp.30-34.
- 9.佐伯佳美（2021）：風力発電と地形・地質（その2：陸上風力発電），応用地質，第62巻，第4号，pp.244-250.
- 10.松山 淳（2021）：再生可能エネルギーの地産地消と応用地質ー温泉熱利用ー，応用地質，第62巻，第5号，pp.316-320.
- 11.大谷 晃（2022）：バイオマスに関する再生可能エネルギー，応用地質，第63巻，第3号，pp.1-8.
- 12.松山 淳・磯部有作（2023）：海洋エネルギーを利用した発電技術と応用地質，応用地質，第64巻，第1号，pp.18-33.
- 13.堀 信雄・大谷 晃（2025）：中小水力発電の立地の実態と地形地質，応用地質，第66巻，第1号，pp.2-10.
- 14.松山 淳・竹村貴人・大谷 晃・堀 信雄・塩崎 功・清崎淳子・佐伯佳美・磯部有作・太田岳洋・宇佐美光宣・稲垣 秀輝（2025）：再生可能エネルギーと応用地質，応用地質，第66巻，第2号，pp.38-46.
- 15.松山 淳（2021）：「再生可能エネルギー」連載シリーズを終えるにあたって，応用地質，第66巻，第2号，pp.47-48.