

## 令和4年度 一般社団法人 日本応用地質学会シンポジウム

## 「気候変動対策と応用地質」 実施報告

環境地質研究部会

環境地質研究部会では、平成25年度のシンポジウム（「東日本大震災後の応用地質学—新たな課題としての廃棄物処理と放射能汚染—」）を担当しており、今回は2回目のシンポジウムの担当であった。今年度のシンポジウムは、新型コロナウイルス感染症の蔓延防止のため、ZOOMによるWEBと会場参加のハイブリッド方式で開催した。

## 1. 概要

近年、地球温暖化によるとされる豪雨等異常気象やこれに伴う土砂災害が頻発し、温室効果ガス（CO<sub>2</sub>）の削減による気候変動対策が課題となっており、再生可能エネルギーの導入促進、温室効果ガスの吸収対策などが注目されているところである。このような社会情勢を踏まえ、今回のシンポジウムでは、応用地質分野と関連が深いと思われる気候変動対策技術の研究や技術動向が紹介され、応用地質分野の貢献について講演および討議が行われた。また、再生可能エネルギーのうちベースロード電源として期待されている地熱資源調査の技術開発動向や課題、再生可能エネルギーの利用効率促進において期待される電力エネルギーの貯蔵に関する技術、CO<sub>2</sub>の回収・貯留に関する地下貯留技術動向が取り上げられた。

- ・主催：一般社団法人 日本応用地質学会
- ・後援：日本地熱学会、公益社団法人 日本地下水学会、公益社団法人 日本地すべり学会、公益社団法人 物理探査学会

日時：令和4年6月17日（金）13時開会～17時閉会

会場：貸教室・貸会議室「内海」 3F教室とオンライン（ZOOM）によるハイブリッド方式

（住所：東京都千代田区神田三崎町3丁目6番15号）

参加者：163名（うち会場参加45名）

### プログラム

- 13:00 開会の挨拶（竹村 貴人：環境地質研究部会・副会長）
- 13:05 特別講演1（土屋 範芳：東北大学）
- 13:50 特別講演2（安川 香澄：石油天然ガス・金属鉱物資源機構 地熱事業本部）
- 14:35 特別講演3（及川 透：日本CCS調査）
- 15:20 休憩
- 15:30 話題提供1（中川 加明一郎：元 電力中央研究所）
- 15:50 話題提供2（末永 弘：電力中央研究所）
- 16:10 休憩
- 16:20 パネルディスカッション（座長：清崎 淳子・環境地質研究部会委員、パネリスト：特別講演者、話題提供者）
- 16:55 閉会の挨拶（船山 淳・環境地質研究部会・部会長）
- 17:00 閉会

## 2. 講演の内容

### 特別講演3題

【特別講演1】：「超臨界地熱資源・島弧地殻の描像と地殻流体」

（土屋 範芳：東北大学）

- ・ 日本の地熱発電の現状について説明された。地熱資源量は世界第3位であるのに対して、発電量は低い。地熱発電は太陽光、風力と比較すると稼働率が7倍と効率の良い発電が行われている。一方、地熱発電の発電機で

は、日本のメーカーが世界シェアの約 7 割を占めている。地熱発電量の低迷は、最近 10 年間の国の地熱政策の後退と予算の低減が影響している。

- ・ 我が国の地熱資源は、地質単元が比較的小さいものの、地熱地帯は数多く存在している。既存の地熱発電所は、深度 1,000～2,000m の 200～300℃の熱水を利用しており、350℃以上の熱水を使用している商業井戸は存在していない。今後の地熱フロンティアとして、深度 2,500～3,000m に分布する超臨界領域の地熱を利用することが必要である。
- ・ 超臨界状態の説明の前提として、地球内部の水の存在状態、水の循環に費やすタイムスケール、沈み込み帯での水の循環について説明された後、東北地方での超臨界地熱資源の有望箇所を示され、超臨界状態の室内実験の状況である「汗かき花崗岩」について紹介された。超高压状態では、花崗岩から水が浸み出してくることが地球内部の状態を再現しているものであり、NHK 教育テレビのサイエンス ZERO でも放映されている。

#### 【特別講演 2】：「地熱発電と周辺環境」

(安川 香澄：石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

- ・ 地熱資源と環境との関係や大気汚染、生態系や景観、地下水理システムに及ぼす影響について、国内外の取り組み事例、研究事例を説明された。
- ・ 大気汚染は、硫化水素と二酸化炭素が最も問題となるが、適切なガス対策で大気汚染を回避できる。NEDO は、硫化水素ガスのシミュレータを開発しており、従来の風洞実験と比較して、効率的に検証を行うことができる。硫化水素は、脱硫装置により、拡散を防止でき、工業用硫黄の生産が可能である。二酸化炭素は、地熱発電所内で分離し、温室栽培での植物の育成促進、ドライアイスの製造など、新たな産業をもたらしている。
- ・ 生態系や環境への影響については、国内の事例として、山葵沢地熱発電所、松尾八幡平地熱発電所では地上施設をアースカラーで統一し、景観悪化の軽減を図っている。今後の研究・取り組みとして、エコロジカル・ランドスケープ、可視性分析も行われている。海外では、パイプライン長の削減、カモフラージュ、野生動物の通路の確保などが行われている。特にアイスランドでは、自然保護を重視した地熱発電の計画が行われている。
- ・ 地熱開発による地下水理システムへの影響については、温泉の化学成分と泉温により、5 つのタイプにより分類可能であり、適切な事前調査とモニタリングにより影響を回避できることを説明された。国内の九重地区での地熱資源のタイプ分け、事例検証を具体的にわかりやすく説明された。

#### 【特別講演 3】：「二酸化炭素地中貯留に関する地質評価技術」

(及川 透：日本 CCS 調査)

- ・ 二酸化炭素貯留適地調査事業の事業内容、スケジュール、二酸化炭素を安定的に地中貯留するための地質条件について説明された。我が国の地質は、活断層が多く、地質構造が複雑であることに加えて、堆積盆が小さいため、3D 弾性波探査データが必要である。岩相は、凝灰質の岩相が多く、浸透率が低いことから、調査井でのデータ取得・試験が重要であることを示された。
- ・ 我が国の海域には、二酸化炭素の貯留適地として、26 地点が存在し、このうち、最も精度の高い 3D 弾性波探査データが取得されている 11 地点の貯留可能量の合計は、約 160 億トンと見積もられている。現在の貯留可能量の算定は、容積法を使用しているが、精度を高めるには、CO<sub>2</sub>挙動予測シミュレーションが必要であり、調査井掘削によるデータが不可欠である。
- ・ 貯留適地調査では、高分解能音波探査断面データベースによる異常地形の抽出、基礎物探音響測深データ、海底地形データによるリニアメントの判読、既存地質情報の整理等の作業により、リスクとなる活構造の抽出を行っている。貯留層、遮断層の分布の把握には 3D 弾性波探査データが活用されている。容積法と CO<sub>2</sub>挙動予測シミュレーションの違い、浸透率や地層圧の違いにより総注入量が減少するケース、注入した CO<sub>2</sub>が地層内を移動することを説明された。
- ・ 苫小牧実証実験では、2019 年 11 月に実証実験の目標である 30 万トンを圧入し、現在はモニタリングを行っている。モニタリングおよび海洋環境調査により、CCS が安全かつ安心できるシステムであることを確認している。とくに、地震については事前の不安を払拭できており、自然地震による貯留 CO<sub>2</sub>への影響はなく、CO<sub>2</sub>注入との関連がある微小振動、自然地震は検出されていない。

#### 話題提供 2 題

##### 【話題提供 1】：「新しい CAES による再生可能エネルギーの電力貯蔵」

(中川 加明一郎：元 電力中央研究所)

- ・ 2030 年度のエネルギー需給見通しでは、再生可能エネルギーの総発電量を 3,360～3,530 億 kWh、電源構成 36～38%を見込んでいる。現状でも再生可能エネルギーである太陽光発電の発電量は昼間に集中しており、新たな電力貯蔵システムが必要である。
- ・ これまでの電力貯蔵システムについてレビューされ、大規模な電力貯蔵が可能で同期発電機能を有するエネルギー貯蔵システムとして、地下岩盤を利用した CAES について説明いただいた。CAES は、圧縮した空気を密閉空間に貯蔵し、そのエネルギーを利用して発電する技術である。
- ・ 新しい CAES の技術である A-CAES の特徴として、燃料を使用しないこと、二酸化炭素を排出しないことが挙げられる。A-CAES は地下空洞の建設が必要であるが、日本国内に立地可能な地域は広く分布している。地下空洞建設コストに課題があるものの、電池方式と電力コストの比較を行うと、経済的な方法であることを説明された。

【話題提供 2】：「二酸化炭素循環型地熱発電の開発に向けて」

(末永 弘：電力中央研究所)

- ・ 地熱発電に水ではなく、二酸化炭素を地熱の抽出媒体として使用する二酸化炭素循環型の地熱発電について説明された。二酸化炭素循環型の地熱発電は、同軸式、クローズドループ式、オープンループ式の 3 方式があり、既往事例の整理により、課題の抽出、有望な型式への絞り込みを行い、クローズドループ式、オープンループ式が有望である。
- ・ 二酸化炭素の温度変化に対して密度が変化する特性により、地熱発電に伴い、二酸化炭素が自然に循環するサーモサイフォン現象は、数値解析で提唱されていることに留まっているため、この現象を実証することを目的として室内実験が行われ、サーモサイフォン現象を室内実験レベルで実証できた。
- ・ 今後の研究開発に向けて、二酸化炭素循環型の地熱発電の数値シミュレーションによる評価、カーボンリサイクル二酸化炭素循環型の地熱発電の技術について紹介された。

### 3. パネルディスカッション

【テーマ】：「気候変動対策と応用地質」

(座長：清崎 淳子)

(パネリスト：各講演者)

【各講演者からの意見】

- ・ 各講演者から、応用地質分野に期待することについて、それぞれの立場から意見を戴いた。
- ・ エネルギー供給源は、1750 年～石炭、1850 年～石油、1950 年～原子力と 100 年毎に変わっている。次の 2050 年からは新しい時代となる。世界のエネルギーディマンドは増加、日本は減少。ところが、最近、エネルギー逼迫という不合理が生じている。これは、国内のエネルギー供給システムの不安定化が原因である。2050 年頃には、エネルギーに価値を見いだす時代になる。これを目的とした「エネルギー価値学創生研究拠点」を大学内に立ち上げた。
- ・ 「エネルギー＝電気」ではなく、熱にも注目すべきである。地熱には様々な利用方法がある。地中熱ヒートポンプによる冷暖房や融雪、地熱・地中熱により省エネ化が図れる。エネルギーは変換することで効率が落ちるので、熱は熱として利用する。排熱を地下に貯留する場合、どういった地下貯留にするのかという場において地質技術者の協力を期待する。
- ・ 2050 年 CO<sub>2</sub>排出が 0 となるように CCS は取り組んでいる。ここ 1 年、様々な企業が本気で CCS に取り組んできたように感じている。CCS において計測、解析が重要であり、地化学の観点等、応用地質分野の技術者に期待する。
- ・ 2030 年に 9340 億 kWh/年の 36～38%を再生可能エネルギーとすると、その 20%は既往システムで対応するにしても、新規に 4.09～4.61 億 kWh/日の調整（貯蔵）機能が必要となる。再生可能エネルギーにおいて調整必要な電力量は、揚水式水力発電所において考えた場合、神流川発電クラスのダムが 20～23 箇所必要な試算となり、現実的でない。A-CAES によるエネルギーの貯蔵が重要であり、地下空洞開発のコスト低減について応用地質分野の技術者に期待する。

- ・ 地熱開発は、石油・天然ガスと比較すると、調査ではコストをかけられない。石油・天然ガス開発で確立された既存技術掘削・探査技術を地熱分野に応用して低コスト化が必要である。地質モデルの精緻化による開発エリアの絞り込みや、これによる調査費用の削減を応用地質分野の技術者に期待している。併せて、広域地下水流動を組み合わせた貯留層評価の精緻化にも期待したい。
- ・ 地熱利用の話は、古くて新しいテーマであり、今後の社会生活に大きくかかわってくると考えられる。

【質問に対する回答】

- ・ 会場からの質問 1 件、チャットでの質問 11 件あった。会場で回答できる質問は、パネリストに回答していただき、会場で回答できなかった質問は、シンポジウム終了後、質問者に個別に回答した。

### 3. シンポジウムの役割

- ・ 開会挨拶：竹村副部会長
- ・ 閉会挨拶：船山部会長
- ・ パネルディカッション座長：清崎委員
- ・ 司会：大谷幹事
- ・ タイムキーパー：堀幹事
- ・ 議事録・学会報告：山本委員
- ・ 質問整理(現地)：船山部会長，佐伯委員
- ・ 質問整理(web)：宇佐美委員

### 4. まとめ

今回のシンポジウムは、日本応用質学会として会場参加と ZOOM による WEB 参加のハイブリッド方式で開催し、通信トラブルなく無事にシンポジウムを終えることができた。環境地質研究部会のみでは、WEB 配信のノウハウがないため、事業企画委員会の協力を得て、会場である貸会議室「内海」でリハーサルを行い、会場の配置、通信状況、音響施設などのチェックを行った。シンポジウムの機材セッティング、WEB 配信の運営も事業企画委員会のメンバーに担当していただいた。シンポジウムの円滑な運営に協力いただいた事業企画委員会および事務局に感謝致します。

(文責：山本)



写真-1 シンポジウム状況



写真-2 パネルディスカッション状況