



公開シンポジウム2021 「適応と緩和・脱炭素社会」の報告

名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授

名古屋大学 フューチャー・アース研究センター センター長 **檜山 哲哉**



名古屋大学フューチャー・アース研究センターは、名古屋大学未来社会創造機構、名古屋大学大学院環境学研究科、名古屋大学宇宙地球環境研究所、岐阜大学地域環境変動適応研究センター、岐阜大学流域圏科学研究センター、岐阜大学工学部附属応用気象研究センター、岐阜大学脱炭素・環境エネルギー研究連携支援センターとの共催により、2021年12月18日(土)に「適応と緩和・脱炭素社会」と題した公開シンポジウムを開催しました(図1)。新型コロナウイルスの蔓延防止のため、名古屋大学環境総合館レクチャーホール(対面)とZoom(オンライン配信)によるハイブリッド形式で行い、中部地域のみならず、全国から47名の方々にご参加いただきました。

この公開シンポジウムは、地球規模の気候変動を踏まえ、日本および中部地域における気候変動と気象災害に対する社会の適応とレジリエンス向上に向けた戦略を考え、温室効果気体排出削減(緩和)に向けた大学の取組を広く公開する機会としました。特に、中部地域の関係諸団体(自治体・経済界・マスコミ等)との連携を図り、気候変動への適応と緩和に関する名古屋大学と岐阜大学との連携研究を強化する活動の一環としました。

当日は、杉山直センター長(名古屋大学副総長)(当時)による挨拶と国際的なFuture Earthの枠組の紹介(写真1)、および東海国立大学機構の脱炭素社会構築に向けた取組についての紹介の後、名古屋大学と岐阜大学に所属

する5名の講師から、気候変動への対応(適応)とカーボンニュートラル(緩和)に関わる研究成果の話題提供がありました。講演後のパネルディスカッションでは、「気候変動への対応(緩和策・適応策)を地域で推進する」ことを念頭に、岐阜大学の村岡裕由教授(東海国立大学機構カーボンニュートラル推進室副室長)の司会進行のもと、5人の講師(パネリスト)と会場参加者が40分程度にわたり共に議論しました(写真2)。会場参加者からの質問を受け、パネリストからは次のような意見が出ました。

- ▶カーボンニュートラルを達成し、次世代が生きがいを感じながら住みやすい地域や世界に生きていくためには、カーボンフットプリントを考慮した形で第一次産業の再構築を行うべきであり、そのための政策実現が急務である。
- ▶したがって、カーボンニュートラル達成のため技術開発を担える人材育成を目指すとともに、多様な価値観を共有し認め合う社会にすべきである。
- ▶カーボンニュートラルの実現には、大学での研究・技術開発とともに地域コミュニティとの連携が重要である。地域住民がその生活環境を大切に、楽しめる未来を共に創ろうとする意欲が必須であり、大学には地域との協力を促進する役割がある。

名古屋大学と岐阜大学を束ねる東海国立大学機構は、2021年11月1日に「カーボンニュートラル推進室」を設立し、“知の拠点”として地域の脱炭素化を促してその地域モデルを世界に展開する役割を担い始めました。わが国が2050年にカーボンニュートラルを実現するためには、技術イノベーションのみならず、経済社会イノベーションや地域住民との協力が不可欠であり、そのためには人文社会科学から自然科学までの幅広い知見、および多様なコミュニケーションが必要です。東海国立大学機構は、名古屋大学と岐阜大学が連携して教育研究・社会貢献活動を行うことで、国・地域の政策やイノベーションの基盤となる科学的知見を創出し、その知を普及することを目指します。

名古屋大学フューチャー・アース研究センターはこれらの活動に全面的に協力し、さまざまなステークホルダーとの対話を通じて、超学際的に、より良い「未来の地球」への道筋を探索する研究活動を継続していきます。



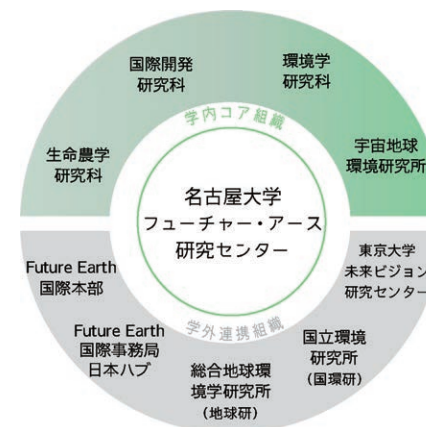
図1 公開シンポジウム2021のポスター



写真1 杉山センター長(当時)による挨拶



写真2 パネルディスカッションの様子



フューチャー・アース日本委員会が
提示した5つの課題

1. 長期的視野に立った
地球環境の持続性を支える
技術・制度の策定
2. 持続可能なアジアの都市
および生活圏の構築
3. 生態系サービスの保全と
人類の生存基盤の確保
4. 多発・集中する自然災害への
対応と減災社会を見据えた
世界ビジョンの策定
5. エネルギー・水・食料連環
(ネクサス)問題の同時的解決

フューチャー・アース
研究センターに設置

- 地球環境
部門
- 都市・生活圏
部門
- 生態系
サービス
部門
- 減災社会
部門
- 資源ネクサス
部門
(地球研と連携)



多様化する開示報告—会計と環境の観点から—

岐阜大学 社会システム経営学環 教授 しのだ ともなり 篠田 朝也

私の専門領域は「会計学」です。意外に思われる人もいるかもしれませんが、会計の領域においても、環境にかかわる問題は重要なテーマとなっています。

会計の重要な役割のひとつに、会計情報を成績表のようなかたちで整理して、企業外部の利害関係者（株主、投資家、銀行、取引先など）に報告することがあります。この外部報告目的の会計を通じて、利害関係者は企業の業績を評価し、投資・融資・取引等を行うかどうか判断することができるようになります。このような会計は、企業間の比較可能性を確保するために各種の法律や会計基準などの規制にしたがって報告されており、例えば、わが国の上場企業では、主に有価証券報告書のなかで開示されています。経済的な成果を開示する外部報告目的の会計の重要性は、これから先も変わることはないでしょう。しかし、それだけでは評価されない時代が到来しています。

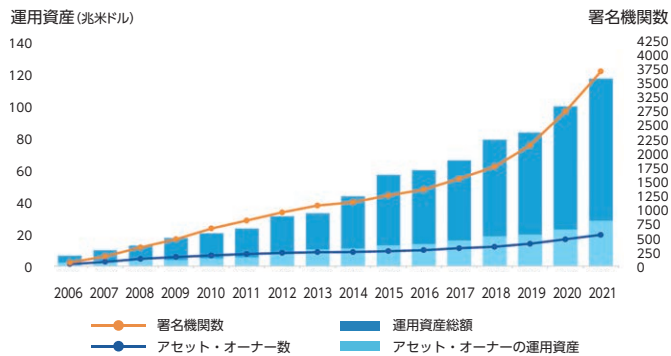
「企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）」という言葉は聞いたことがある人も多いと思います。企業は、経済的価値の追求だけではなく、社会に対して広く責任を負うべきであるという考え方です。この考え方は2000年代には多くの企業に定着するようになりました。さらに、2006年に国連から投資機関に対して「環境・社会・ガバナンス（ESG：Environment, Social, Gov-

ernance）」の要素を考慮した投資行動をとるように求めた「責任投資原則（PRI：Principles for Responsible Investment）」が提示されて以降、日本を含む世界の主要な投資機関がESGの要素を投資の判断基準に組み込むようになっています。この流れは、2015年に国連サミットで採択されたSDGs（Sustainable Development Goals）の考え方の普及とともに、ますます加速しています。

このような背景をもとに、現在、多くの企業が、環境報告書、CSR報告書、統合報告書などと呼ばれる多様な自主開示の報告書を開示するに至っています。東海国立大学機構が開示している『環境報告書』も、この事例のひとつと言えます。

では、このように多様化する開示報告は、社会や企業に対して、どのような帰結をもたらすのでしょうか。その影響や効果について検討することは、会計学をはじめとする社会科学領域における重要な研究テーマとなっているのです。現在、私自身も、中国の共同研究者とともに、日本、中国、米国の各種報告書の開示内容や波及効果の違いについて検討を進めています。また、中小企業や地域経済の活性化にも影響を及ぼしうるESG地域金融の展開などにも関心を持って調査を進めています。

PRI署名機関数・運用資産額等



出所：PRIウェブサイト(<https://www.unpri.org/>)より作成

▼ より理解を深めるために(参考情報)

▶ PRI
<https://www.unpri.org/>



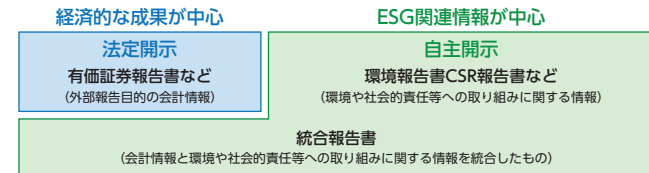
▶ 環境庁「ESG地域金融」
http://greenfinanceportal.env.go.jp/esg/promotion_program.html



PRIの6つの原則

1. 私たちは、投資分析と意思決定のプロセスに ESG の課題を組み込みます
2. 私たちは、活動的な所有者となり、所有方針と所有習慣に ESG の課題を組み入れます
3. 私たちは、投資対象の主体に対して ESG の課題について適切な開示を求めます
4. 私たちは、資産運用業界において本原則が受け入れられ、実行に移されるように働きかけを行います
5. 私たちは、本原則を実行する際の効果を高めるために、協働します
6. 私たちは、本原則の実行に関する活動状況や進捗状況に関して報告します

開示報告の多様化



学生が教員にインタビュー

篠田先生にお話を伺いました



Q 会計学を研究しようと思ったきっかけを教えてください。

A 具体的に答えの出ないものに関心を持ったことが、社会科学の領域に進んだきっかけです。社会科学の中心のひとつに「お金」があります。お金は、人々のモチベーションを高める一方で、人々を困らせる怖いものもあり、得体の知れないモンスターだと思います。だからこそ、そのお金をどのようにうまく扱うのか、お金の背後にどのような人間の想いや活動があり、人の心に影響を及ぼすのか、ということに関心を持ち、会計学を研究対象としました。経営学全般にくわえて、データ分析、法学、心理学など広い領域と関係があることにも魅力を感じています。

Q 環境に対してプラスに働く報告書とはどのような内容を含むものでしょうか。

A 報告書を定期的の開示することだけでも、環境への悪影響を低減させようとする意識につながると思います。とはいえ、報告書の作成だけが目的化してしまい、企業の経営実態とは関わりの薄いものとなるのは望ましくありません。報告書の開示と企業の実際の改善活動が結びついていること、すなわち、開示と行動が連動していることが大切です。

Q 環境と経済は相反すると思いますが、両者のバランスを保つためにはどのような試みが必要あるいは有効でしょうか。

A 環境問題を解決するような事業を展開するというビジネスチャンスもあるとは思いますが、通常は、環境と経済が対立する場合も多く、その両者のバランスを保つには企業の努力が必要です。しかしそれ以上に、私たち消費者が環境問題に対して意識することが大切ではないかと考えます。消費者が環境問題に関心を持ち、環境にやさしいものを購入しようと意識すれば、企業もそのニーズに合わせて環境にやさしい製品を製造します。したがって、この両者のバランスを保つには企業と消費者が共に環境問題について考えることが重要です。そのような消費者の関心を高めるためにも、環境に関連する報告書は役立つものと考えられます。

Q 日本は海外に比べ、企業などの団体が環境に関する取組を積極的にアピールしても、市民への影響があまり見られない印象がありますが、実際はどのようなのでしょうか。

A 実際に、日本では、海外に比べて、企業の環境への取組に対する市民の関心がそれほど高くないという残念な調査結果が出ています。ただ、この理由についてはよく分かりません。この種の調査での回答に際して、日本人が極度に控えめな回答をするというバイアスがあることはよく知られており、この調査でもその影響が出ただけかもしれません。しかし、そうではないかもしれません。いずれにしても、このような調査結果を受け止めるとともに、その原因を明らかにすることは今後の課題でもあります。

インタビューした学生の感想

今回のインタビューを通じて、会計学が単なる「お金」の学問ではなく、人間の心理や社会情勢まで幅広く扱う分野であることを知りました。自主開示の報告書を作成するにあたって、それを作業化するのではなく何を伝えたいかを明確にして作成することが大切だと理解できました。また、企業内外の利害関係者への波及効果を意識するなどといった環境報告書の作成でも重要になるエッセンスを学ぶことができました。しかし、企業がこのような取組をしても、消費者である市民が企業の取組をあまり理解してない現状もあるようです。環境を大切に的企业や市民を増やすために、国や国際機関などで環境に対する意識を高めていこうとする取組が推進されている理由についても理解が深まりました。

左から/上村 斗斗(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程2年)
城戸 慶太郎(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)
篠田 朝也先生
桑原 佑騎(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)
森田 有優奈(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)





「産業動物臨床実習施設」の整備

岐阜大学 応用生物科学部 教授

岐阜大学 応用生物科学部附属岐阜フィールド科学教育研究センター センター長 大場 恵典

令和2年度から整備を進めていました「産業動物臨床実習施設」の建物が令和3年7月に竣工し、翌年2月に設備設置が完了、3月から本格運用が開始されました。総工費は6億5千万円、うち5億5千万円は文部科学省の概算要求(施設整備および基盤的設備等整備)採択によるものです。

本施設は当センターの柳戸農場内に位置し、8つの建物(乳牛舎、実習施設、中動物舎、鶏舎等)から構成されています。すべての建物は衛生管理区域内に集約し、家畜伝染病予防法に順守した施設です。衛生管理区域は口蹄疫や高病原性鳥インフルエンザなどの家畜伝染病に対する防疫強化のために設定されました。区域は野生動物の侵入を防ぐフェンスで周囲から仕切られ、車両消毒槽でタイヤ

等を消毒した車両だけが区域内への進入を許可されます。人の区域内への立ち入りは専用衣服に着替え、専用長靴を履くことで許可されます。また、飼育動物を快適な環境で飼養することでストレスや疾病の低減、生産性の向上につながるアニマルウェルフェア(動物福祉)の考えを取り入れた飼養環境の整備に努めています。

本施設の役割は畜産、産業動物臨床、家畜衛生を軸とした教育研究に不可欠な施設として、将来の産業動物獣医師および畜産系専門職業人の育成のための教育研究環境の提供です。令和2年度に法人統合した名古屋大学や隣接する岐阜県中央家畜保健衛生所をはじめ、地域の教育研究機関と積極的に連携し、地域貢献活動に努めています。

施設を見学しました

乳牛舎

動物福祉の観点から、牛が自由に移動したり、餌を食べたりできるように飼育されています。出産前の牛や子牛等、餌の管理が必要な牛は個室で飼育しています。



鶏舎

鶏舎を3つのエリアに区切り、①日本の養鶏業界で多い従来型のケージ飼育、②動物福祉への対応を取り入れたケージ飼育、③自然な飼育に最も近い平飼いの3種類の飼育方法が比較できるようになっています。



搾乳設備

牛が自ら搾乳スペースに入って搾乳する新しい設備。搾乳機や人が移動する必要がないため、効率的に搾乳ができます。



学生が教員に インタビュー

大場先生にお話を伺いました

Q 衛生管理区域への病原体の侵入経路としてどのようなものが考えられますか？

A 人、野生動物、野鳥、ネズミや昆虫などが病原体を持ち込むと考えられています。区域内に野生動物が侵入しないようにフェンスを設置し、さらにフェンスと地面との隙間を覆うように金網で補強しています。また野鳥の動物舎への侵入や営巣を防止する防鳥ネットを設置しています。しかし、病原体を持ち込んでしまうことが一番多いとされているのが人です。専用衣服や専用長靴の使用、消毒などを徹底して防疫に努めています。

Q 柳戸農場で豚や肉牛ではなく、乳牛や鶏用の建物を用意した理由は何ですか？

A 乳牛、鶏は以前から飼育しており、畜産教育に欠かせない動物でもあるからです。しかしながら全国の大学の中には飼育をやめてしまう大学もあります。その理由にはまず365日の世話が必要なことです。また飼料代、予防接種や治療費などの維持管理費が大きな負担になります。さらに高病原性鳥インフルエンザ、口蹄疫、豚熱などの家畜伝染病の発生リスクがあるからです。なお附属美濃加茂農場では肉牛である黒毛和種牛を飼育しています。

Q アニマルウェルフェア(AW、動物福祉)*の観点からどのようなことを行っていますか？

A 乳牛舎では牛ができるだけ自由に行動できるよう広い飼育スペースに放し飼いにしています。また鶏舎ではケージ飼いや平飼いなど3種の飼育環境を用意し、AWに配慮した飼育法と日本の一般的な飼育法との比較ができます。AW先進地域であるEUの考え方をそのまま受け入れられる社会環境が現在の日本にはまだ整っていません。今後、日本の実情とAWの考え方との折合をつけながら、AW普及について考えていく必要があると思います。

Q 地域貢献活動とは具体的にはどのようなことを行っていますか？

A 畜産物(生乳、肉、卵)の提供、近隣大学からの実習受入、地域の一般の方を対象とした公開講座の開催などです。例えば公開講座では、生活の中の畜産を知ってもらう講義と実習を行います。搾乳、生乳を使ったソフトクリームやバターづくり、卵を使ったマヨネー

ズや黄身返し卵づくり、鶏の解体、鶏肉を使ったソーセージや燻製づくりなどが体験できます。

※アニマルウェルフェア 「動物の生活とその死に関わる環境と関連する動物の身体的・心的状態」と定義され、家畜を快適な環境下で飼養することにより、家畜のストレスや疾病を減らすことが重要とする考え方

インタビューした学生の感想

今回、「産業動物臨床実習施設」を見学させていただき、畜産の効率化と動物福祉への取組の双方を充実させようという努力を実感できました。例えば、乳牛を放し飼いにすることで、動物福祉に配慮しつつも乳牛自ら搾乳場所まで移動し、搾乳を1か所で行い効率化するという工夫がありました。また、担い手不足や利益の問題、消費者意識など日本の畜産の課題についても教えていただきました。今までとは違う、これからの日本の畜産を考えていく大切さがわかりました。

前列左から/ 山口優菜(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部2年)
大場恵典先生
CAO SHANSHAN(岐阜大学応用生物科学部1年)
後列左から/ 土田涼太(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)
高須啓太(岐阜大学地域科学部3年)
片山義章(岐阜大学工学部2年)
中村拓海(名古屋大学農学部2年)





特殊な雰囲気を利用する環境に調和した エネルギーシステム

岐阜大学 工学部 教授

岐阜大学 地方創生エネルギーシステム研究センター 教授 ^{いたや} ^{よしのり} 板谷 義紀

これまでわれわれ人類は化石燃料を中心とするエネルギー資源を利用しており、グリーンかつ高効率で有効利用するさまざまな技術が開発され、日本の技術は世界トップレベルにあると言えます。しかし最近では温暖化に代表される地球環境問題がクローズアップされ、二酸化炭素を排出しないカーボンニュートラルなエネルギーへのシフトが要求されていることは周知の事実です。わが国でも政府が発表しているエネルギー基本計画では、2050年カーボンニュートラル、2030年度の温室効果ガス排出削減目標を2013年度から46%削減、さらに50%の高みを目指して挑戦を続けるとの方針が示されています。このような目標達成には極めて高いハードルを越えることが要求されますが、すでに基礎研究から早期社会実装に向けた実証研究に至るまで多角的な観点から研究開発が進められています。本学高等研究院地方創生エネルギーシステム研究センターでも、図1に示すようなエネルギーシステムの構築を目指し、主に赤枠で囲った部分の研究開発を実施しています。

私たちのグループは図2に示すように、これまで利用されていなかった排熱を活用して高温と低温を作る技術や、回収された二酸化炭素をバイオマス、バイオガスまたは再生可能エネルギーから製造された水素などで反応させて、メタンや化学原料となる合成ガスを製造する研究を行っています。特に前者の高温や低温生成技術は、特殊な状態の媒体を使うことにより従来技術では達成できない高い温度や低い温度を得ることができることを理論的に明らかにして、その実現を目指しています。一方、後者についてはマイクロ波で図に示すようなプラズマを容易に発生させる手法を開発するとともに、プラズマの特殊雰囲気では気体分子を構成する特定電子が著しく励起され、常温常圧下の無触媒でもさまざまな気体分子の分解反応だけでなく合成反応も起きることを明らかにしています。このようなプラズマを反応のアシストに利用することにより、二酸化炭素から化学原料(メタン、エチレン、アセチレンなど)や炭素材料などを合成するカーボンリサイクルへの応用を目指した研究開発に取り組んでいます。

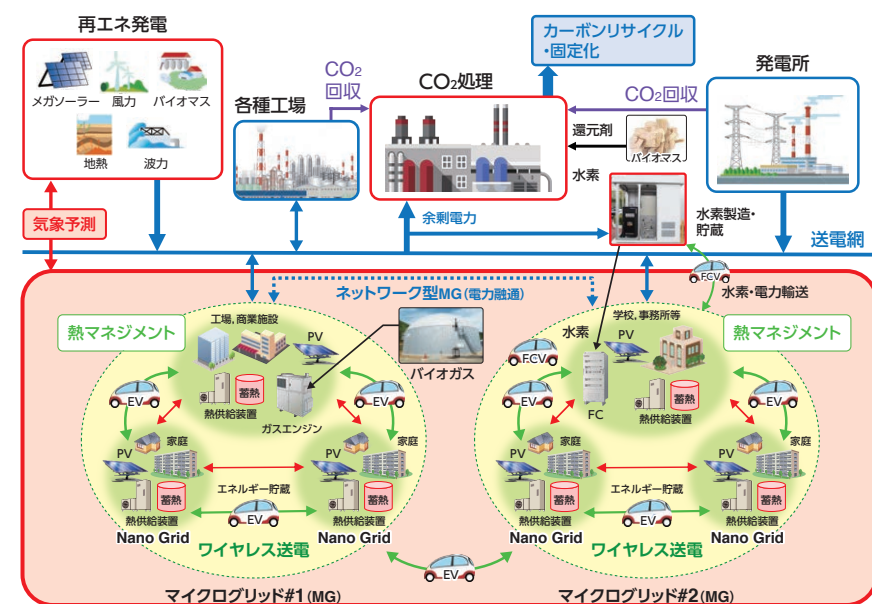


図1 カーボンニュートラル地域エネルギーシステム概念図(地方創生エネルギーシステム研究センターパンフレットより一部修正)

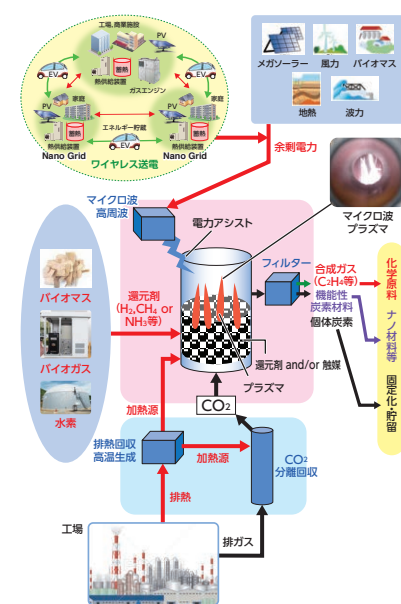


図2 多様な再生可能エネルギー活用型革新的カーボンリサイクル・固定化プロセス

学生が教員に インタビュー

板谷先生にお話を伺いました

Q カーボンニュートラルへの取組において日本が進んでいるというイメージはありませんが、日本の技術は高いのですか？



A エネルギー関連の日本の技術は世界でもトップレベルです。日本の火力発電の効率や工業における省エネ率は世界と比べても高いです。経済性との兼ね合いで商品化されておらず、表に出ていない技術もあります。

Q 日本で実用的な再生可能エネルギーは何ですか？

A 日本ではずば抜けて優れているものはないため、決めることができません。太陽光、風力、バイオマスなどまんべんなく導入する必要があります。

Q 発電した電気の余った場合の使い道はあるのですか？

A 一部は揚水発電で、水を山に汲み上げることに使われます。しかし、使われなかった電気は、そのままにしておくで消えてなくなるため、電気を貯めて置く場所が必要となります。具体的には蓄電池がありますが、コストがかかるため実用化は難しく、現状としては、使われなかった電気の大半が捨てられてしまっています。今後は水素などの燃料やCO₂リサイクルなど化学エネルギーへの変換技術が研究開発されています。

Q CO₂をどのようにして大気中から捕獲しているのでしょうか。

A CO₂の捕獲には3通りあります。1つは、吸収剤を使い、加熱・冷却を繰り返す方法、もう一つは、セメントなどを用いる方法、最後に、大気中のCO₂を冷却する方法です。ただし、最後のCO₂を冷却する方法はまだ研究段階であるため、今現在は主に吸収剤を使う方法とセメントを用いる方法が検討されています。

Q CO₂のリサイクルはどこで処理するのですか？

A CO₂を運搬する時にもCO₂が排出されてしまうため、回収後はできるだけ近くで処理することが望めます。この辺りでは中京工業地帯コンビナートでの連携が想定されます。

Q 機械工学科の教授だそうですが、化学系のことを研究するきっかけは何ですか？

A 大学では、化学工学という化学と機械を足して2で割った学問を学んでいました。そのなかでも、熱について詳しく学んでいたため、今は熱と関わりが深い、エネルギーについての研究をしています。

Q 研究で大切にされていることは何かありますか？

A まずは、自分のアイデアを組み立てた後、現状をよく把握します。そのあとで、ブラックボックス内で何が起きているかを考え、仮説を立て、冷静に結果の解釈をするようにしています。

インタビューした学生の感想

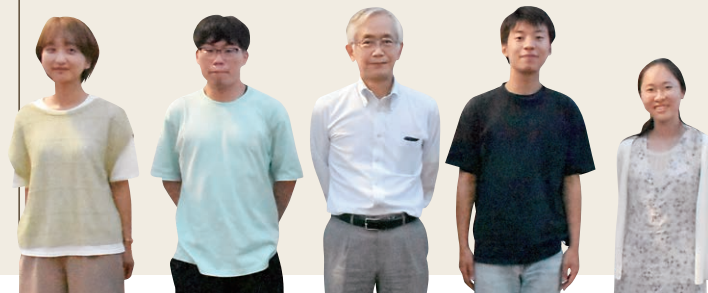
“CO₂のリサイクル”というのは、興味深い方法だと感じました。また、次世代のエネルギー問題の解決のためには、私たちの意識に加えて科学技術の発展が負うところは大きいと感じました。(岡)

エネルギー効率やカーボンニュートラルを考えるためには、ものを作る工程だけでなく、その材料を作る工程、運ぶ工程、貯蔵する工程、リサイクルする工程など全体を考慮しないといけないということが分かり、省エネひとつでも難しいということが実感できました。(柳田)

大学内で実証中の太陽光発電と水素のエネルギーシステムを実際に見ることもできました。実用されると大学単体でのCO₂削減のみでなく、家庭にも広げることができるため、素晴らしいシステムだと思いました。(杉浦)

エネルギーを効率良く使うためには、個人だけではなく、家庭や地域、会社が協力し合う必要があると分かりました。そのため、一人ひとりがエネルギー問題に対して向き合うことが大切だと感じました。(有馬)

左から/ 杉浦花歩(岐阜大学工学部4年)
有馬豊大(岐阜大学工学部4年)
板谷義紀先生
岡優希(岐阜大学応用生物科学部1年)
柳田千穂(岐阜大学応用生物科学部3年)





塩水でも育つアフリカヒゲシバから耐塩性機構を学ぶ

名古屋大学 生命農学研究科 助教 おおい たかお 大井 崇生

多くの陸上植物では、土壌の塩濃度が高いと吸水が阻害されて光合成能力が弱まり、更に葉のイオン濃度が高まると、葉緑体が傷害を受けて枯れてしまいます。このような塩害が問題となる土地は、世界の耕作可能面積の1割に相当するとも言われており、作物の塩害への耐性の強化や、耐性の強い植物の利用は世界の食糧生産における重要課題です。

アフリカヒゲシバは荒れ地でも生育旺盛な牧草として利用される作物で、耐塩性が高く、葉内のイオン濃度を高めることで吸水能力を保つことができます。私たちはアフリカヒゲシバを一般的な水耕液(対照区)と、塩化ナトリウムを加えた水耕液(塩処理区)で栽培しました。加えた塩は質量濃度約1.2%で、美味しいとされる味噌汁0.6～1.0%より塩辛い濃度でしたが、アフリカヒゲシバは枯れることなく2週間以上にわたって生育を続けました。葉内のナトリウム濃度を調べると、対照区に比べて塩処理区では約30倍高い濃度の塩分を溜めていましたが、細胞の内部構造を電子顕微鏡で詳細に観察しても、葉緑体などに目立った傷害は見られませんでした。

そこで、ナトリウムなどの塩分が葉の中でどのように分布しているのかを調査しました。葉を切り出して液体窒素で瞬間凍結し、凍らせたまま表面を削って平らにし、元

素分析装置を搭載した電子顕微鏡で組織断面の内部微細構造を観察しながらナトリウム、リン、硫黄、塩素、カリウム、カルシウム等の分布をマッピング(可視化)しました(図1)。これらの結果より、アフリカヒゲシバでは、有害な濃度のナトリウムが組織内で均一に分布しているのではなく、光合成を担う維管束鞘細胞や葉肉細胞で少なくて表皮細胞で多くなるように偏在し、細胞内では葉緑体で濃度が低くなるように液胞に隔離されていること(図2)が明らかとなりました。加えて、維管束内では木部柔細胞(根から吸い上げられた溶液が通る導管に接した柔細胞)がナトリウムを高蓄積することが初めて示された他、塩処理によってリンや硫黄の蓄積が生じること、維管束を取り囲む維管束鞘細胞にはカルシウムが局在し続けていることなどが明らかとなりましたが、それらの意義はまだよく分かっておりません。

薄い葉の内部にどのようにイオンが分布しているのか、細胞内の微細構造レベルで調べることは技術的に難しく、本研究は貴重な知見になります。私たちの研究対象は小さなミクロの世界ですが、その中で新しく明らかになった知見が積み重なって世界の塩害地での作物生産につながればと願っています。

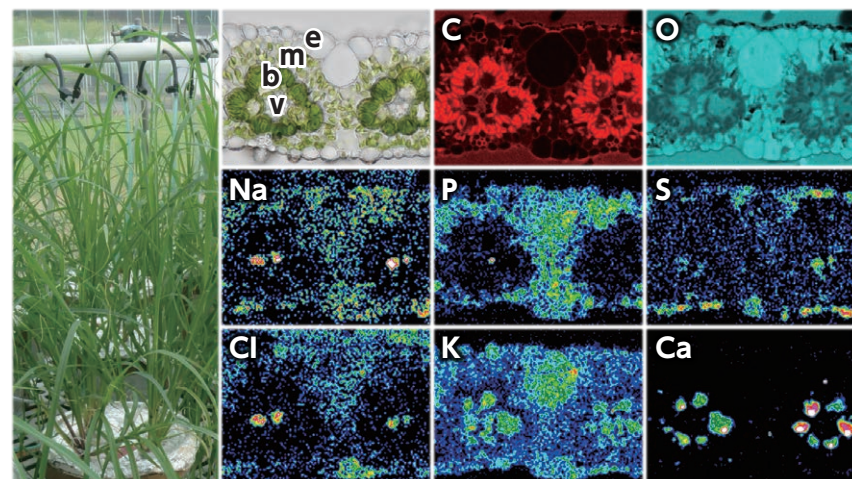


図1 塩付加水耕液で栽培したアフリカヒゲシバとその葉横断面のCryo-SEM-EDSによる元素マッピング。v: 維管束(木部柔細胞を含む)、b: 維管束鞘細胞、m: 葉肉細胞、e: 表皮細胞

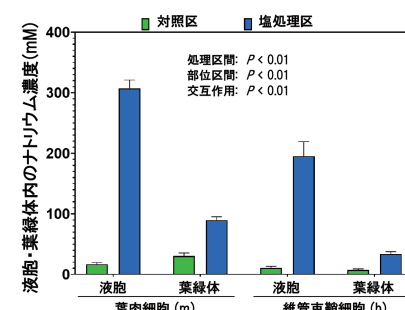


図2 アフリカヒゲシバ葉組織の液胞と葉緑体のCryo-SEM-EDSによる元素定量(Naの例)

学生が教員にインタビュー

大井先生にお話を伺いました



Q 耐塩性を持つ植物の中でもアフリカヒゲシバを研究対象としたのはなぜでしょうか。

A 学生時代、アフリカヒゲシバに塩水をかけると数日後には葉の表面に塩分濃度の高い水滴が出されるのを見て面白いと思い、その塩腺について研究を始めたのがきっかけです。アフリカヒゲシバは耐塩性が高いだけでなく、生育旺盛であるほか、イネ科草本で他の作物への応用がしやすいという利点があるため、現在も研究を続けています。

Q アフリカヒゲシバなどの塩害に強い植物が塩化ナトリウム(NaCl)を高蓄積させる利点は何でしょうか。また排出はしないのでしょうか。

A 塩害地域では土壌のNa⁺やCl⁻などのイオン濃度が高く、一般的に植物は根から水を吸収することが難しくなります。一方でアフリカヒゲシバなどの塩害に強い植物は、土壌からイオンを積極的に取り込むことで根の水ポテンシャルを下げ、土壌から水を吸収できるように順応します。また、その取り込まれたイオンは細胞内の液胞に蓄積されますが、一部のNaClは葉にある塩腺から排出されます。

Q 土壌の塩濃度を下げるためにアフリカヒゲシバが使われることはあるのでしょうか。

A あります。日本ではトウモロコシなど他のイネ科植物が使われることが多いですが、植物を使って土壌浄化を促すことをファイトレメディエーションと言います。技術的な部分はまだ分かっていないことが多く、改良の余地があります。東日本大震災の際には津波による塩害をアフリカヒゲシバを使って改善するという研究も行っていました。

Q 今回の研究は世界の塩害地域の作物生産にどう活かせるのでしょうか。

A アフリカヒゲシバの耐塩性機構をイネなどの穀物に持たせることは、まだまだ研究に時間がかかりますし、実

現できないかもしれません。ですが、細胞レベルでイオン局在があるというこの基礎研究の成果を、イネなどの穀物の耐塩性に関わる研究者に知ってもらえるだけでも価値のある研究だと考えています。

インタビューした学生の感想

アフリカヒゲシバという植物の名前も初めて知りましたが、身近な耐塩性の植物は何か、塩分濃度が高い土壌で植物はどのように適応しているのか、なぜ耐塩性の植物は枯れないのか、といった基本的なことから教えていただいたことで、植物のミクロな世界にどんどん引き込まれていきました。土壌浄化をできる点やヒトが汗腺を持つように、濃度の濃い塩水を外に出す塩腺を持つ植物があるということには驚き、興味深かったです。「植物内のイオン分布がどうなっているのか」という未知の領域を探究しながら、津波被災地の土壌浄化や塩害地の食料生産への寄与など、社会への応答を意識される姿が印象的で、基礎研究として他の研究者にアイデアを提供することにも大きな意義があるという話を聞き、これまで、そしてこれからもこうした研究の積み重なりで科学は進歩していくのだらうと感じました。また、研究のことだけでなく地域や世界の環境問題の話まで幅広く議論でき、とても有意義な時間でした。

前列左から/ 下出登虎(名古屋大学工学部2年)
大井崇生先生
平春来里(名古屋大学環境学研究科博士後期課程1年)
後列左から/ 高城和佳(岐阜大学応用生物科学部2年)
豊川雛衣(岐阜大学応用生物科学部3年)
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部2年)
岡本卓哲(名古屋大学生命農学研究科博士後期課程3年)





地球規模での 海洋富栄養化オンライン評価ツールの開発

名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授 いしづか じょうじ 石坂 丞二

世界中の多くの沿岸域では、人間活動によって窒素やリンなどの栄養分が海域に過剰に流入しています。このような海域では、植物プランクトンが多く増殖し過ぎることで赤潮が起きたり、過剰に生産された有機物が海底近くで分解されて水中の酸素が少なくなったりなど、環境の悪化をまねています。この現象は人為的な「富栄養化」と呼ばれ、世界中で大きな問題となっています。

一方で、日本の多くの沿岸域では、長年富栄養化が問題であったため人為的に栄養分の供給を減少させていますが、最近ではむしろ魚類生産などの減少が起きていることから、逆に「貧栄養化」している可能性が指摘されています。また地球の温暖化によって、栄養分の富んだ深層の水が光のあたる表層へ供給されなくなり、貧栄養化が起きつつある可能性も指摘されています。

このような富栄養化や貧栄養化は水産業にも大きな影響を与えるため、世界のどこでこれらの現象が起きているかを知ることは、人間活動の海洋への影響を理解しそれを改善するために必要であり、SDGsのゴール14「海の豊さを

守ろう」の達成に重要です。

現在、植物プランクトンの全体量を表すクロロフィルa濃度を、人工衛星から海の色を計測することによって定量化できるようになってきており、すでに20年間のデータが蓄積されています。

われわれは国連環境計画（UNEP）の北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）地域活動センター（NPEC）やGoogle社と共同して、世界中のだれでもが簡単に世界中の海域の富栄養化あるいは貧栄養化の状況を調べるシステムを開発しました。このシステムでは、地球全体の海洋や大きな湖の、表層の植物プランクトンのクロロフィルa濃度を、「多いH・少ないL」と「増加I・変化なしN・減少D」の6つの類型に分けます。この類型によって、地球全体の海域のどこが、富栄養化・貧栄養化しているのか、もしくはその傾向があるのかを、予備的に判別することが可能であり、詳細な調査の必要性を検討するための指標に利用できます。

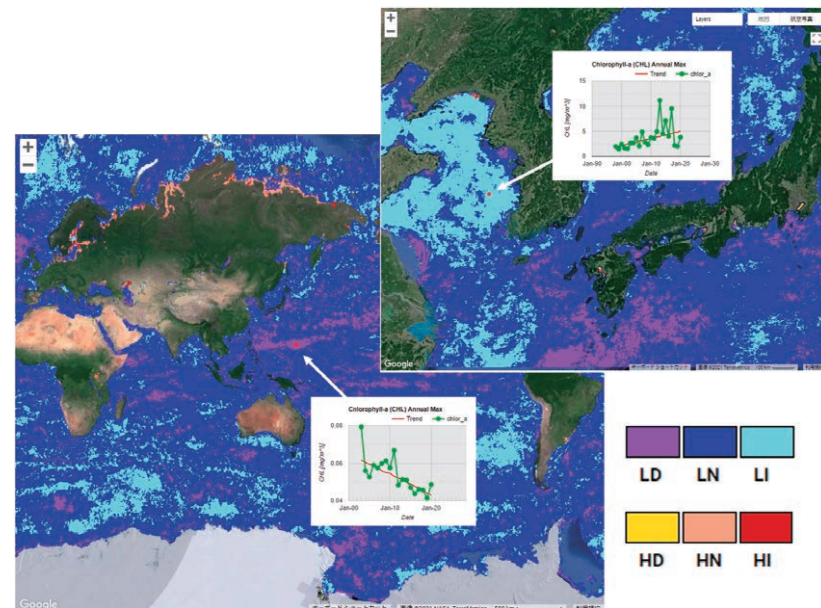


図 地球規模の海洋と日本周辺域での富栄養化・貧栄養化傾向

クロロフィルa濃度を「多いH・少ないL」と「増加I・変化なしN・減少D」の6類型に色分けしています。地球規模では2003年から2020年までの標準的なクロロフィルaの濃度を利用し、4kmごとのデータを利用しています。日本周辺海域では、泥などの影響で推定精度がよいがないために、特別の手法を利用して1998年から2020年の1kmごとのデータを利用しています。岸から遠い海域では、クロロフィルa濃度はあまり高くなく、岸からの富栄養化の影響は見られません。クロロフィルa濃度が北半球では減少(地図中のグラフ)、南半球では増加の傾向が見られますが、現時点ではこれが温暖化等とどう関係しているかははっきりとはわかっていません。渤海・黄海(地図中のグラフ)と呼ばれる海域では、増加傾向が見えます。日本の内湾ではクロロフィルa濃度は高くなっていますが、あまり変化はありません。

ここで紹介した評価ツールのサイト

▶ <https://eutrophicationwatch.users.earthengine.app>

名古屋大学宇宙地球環境研究所

▶ <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/news/research-results/2021/20211026.html>



学生が教員に インタビュー

石坂先生にお話を伺いました

- Q** 植物プランクトンの定量に関して、市民参加型、例えば、「市民が近所の川や池の水を採取し、簡単なパックテストを行う。その後、大学がサンプルを受け取り精密な解析をする。」というような企画や事例はあるのですか？
- A** そのような場所もあると思います。一般の人も参加できるという点では、デジタルカメラなどで撮影した画像から植物プランクトン量を解析するアプリもあるのですが、精度の問題が残っています。最近、市民活動から発展した研究分野としては、プラスチックごみに関する研究があります。
- Q** 海洋富栄養化オンライン評価ツールの開発をしようと思ったきっかけは何でしょうか。
- A** 当初は日本周辺の海域ごとにその状況を調べる研究を行っていましたが、地球規模の海域で衛星の長期データがたまってきて、世界中の人が興味を持つ可能性があると思いました。また、Google社でGoogle Earth Engineという大量のデータを比較的簡単に取り扱えるツールが開発されたことも大きな要因です。
- Q** 今回の評価ツールを活かす際に、海関係の人のみでなく森林や農業などの陸の人との連携が不可欠になると思います。陸関連の人と共同することはあるのですか。
- A** 森と海のつながりは最近よく指摘されていますが、実際に研究が行われている地域はまだ少ないように思います。この数年間とある自治体と一緒に、陸上での人間活動による河川の栄養塩の供給の変化と、河川からの栄養塩の供給による低次生産の変化をモデル化して興味深い結果が出ています。現時点では大規模な研究は行っていないため、今後さらにこのような研究が発展することを期待しています。
- Q** 富栄養化、貧栄養化への対策方法にはどのようなものがありますか。
- A** 工場廃液や生活排水はなるべく処理してから沿岸に流すようにしなければなりません。伊勢湾をはじめ日本

では下水処理が進み、最近むしろ貧栄養化し始めているとの指摘もありますが、完全に理解されているわけではなく、さらに研究を進める必要があると思います。当然、温暖化を防ぐことも重要です。

Q どのような栄養状態の海を目指して保全をすればよいのでしょうか。

A 自然界には多様な海域が存在して、それぞれの環境に適応した多様な生物が生息しています。一方で、人間も海域にさまざまなことを望みます。食べ物が豊かな海域も必要ですし、レジャーに適したきれいな海も必要だと思います。これだけ人間が環境を変えてしまうようになると、それぞれの海域をどのような海域にするのかデザインし、どの時期にどの程度の栄養状態にするのがよいのか考えることも必要なのかもしれません。

インタビューした学生の感想

生物学だけではなく、物理学、化学、衛星データの解析など専門分野の垣根を超えて、融合的に研究されているのが印象的でした。また研究だけでなく、漁業をはじめとしたさまざまな産業に応用できる夢の広がる取り組みだと感じました。私たちにとって身近である海を保全していくためには、多くの人がより「海を理解すること」が必要であり、またさまざまな立場の人の意見を考慮し、理解を得ていくことも重要です。さまざまな人が容易にアクセスでき、状況を確認できるこのオンライン評価ツールは、人間の生活による海への影響を当事者として直視するきっかけとなると思います。研究をただ受け入れるのではなく、どう生かすかまで考えることが、私たちに求められている姿勢ではないかと思いました。



左から/ 谷内桂子(名古屋大学農学部2年)
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部2年)
高城和佳(岐阜大学応用生物科学部2年)
石坂丞二先生
中村拓海(名古屋大学農学部2年)
王愛里(名古屋大学理学部4年)



精密制御震源装置と光ファイバーを用いた、 CO₂貯留サイトの連続モニタリングの試み

名古屋大学 環境学研究科 教授 やまおか こうしゆん 山岡 耕春

はじめに

地球温暖化対策のため世界中でエネルギー源の脱炭素化が進められています。そのために、太陽光や風力などのCO₂を排出しないエネルギー源の活用が進められています。その一方で、しばらくの間は、石油・石炭・天然ガスなど化石エネルギーを用いた発電に頼らなければいけないことも事実です。そこで、このような発電所から排出されるCO₂を回収して地下に閉じ込めることでCO₂を削減する技術の開発が世界中で行われています。これをCCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)と呼んでいます。

地下の監視

CO₂を地下に貯蔵するといってもそのような大きな空間を地下に作るわけではありません。割れ目を多く含んだ地層にCO₂を注入して、液体の形で貯蔵します。しかし、その際にCO₂が予想外の場所に移動して漏れたり、場合によっては誘発地震を発生させたりする心配があるため、CO₂が貯蔵されていく様子を監視する必要があります。しかし、地下に潜って観察することはできませんので、地層中を伝わる地震波(弾性波)が用いられます。

岩盤の割れ目の中にCO₂がしみこんでいくと、その岩盤を伝わる地震波の速度がわずかに変化(約1%程度減少)することが知られています。その変化を連続でとらえるために、名古屋大学で開発した連続的に正確な振動を発生させる震源装置と、近年盛んに利用されるようになった光ファイバーを地震計として用いる装置(DAS)を使って、実証実験を行いました^{*}。実験の結果、震源装置で発信した信号は無事

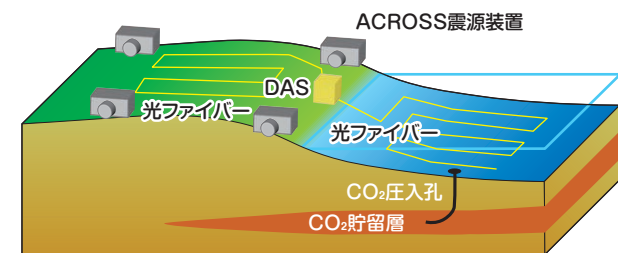


図1 光ファイバーと精密制御震源装置を用いたCO₂貯蓄モニタリングのイメージ

※文献

Tsuji T, Kieta T, Matsuura R, Mukumoto K, Hutapea FL, Kimura T, Yamaoka K, Shinohara M. Continuous monitoring system for safe managements of CO₂ storage and geothermal reservoirs. Scientific Reports 11,19120. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97881-5> (2021)
辻健・山岡耕春(2022). 小型震源装置とDASを用いたCO₂貯留サイトの連続モニタリング. クリーンエネルギー 31(2), 14-20.

光ファイバー地震計で捉えられることが確認でき、概ね1カ月程度の時間解像度で変化を検出できることが分かりました。

近年光ファイバーのさまざまな利用が進められ、光ファイバーが地震計としても使われるようになってきました。光ファイバーの片方からレーザー光を通すと、光ファイバーの伸び縮みに応じて戻ってくる散乱光が変化する性質を利用して、振動を捉える技術です。図1に、震源装置とDASを用いたCO₂貯留モニタリングのイメージを示します。

精密制御震源ACROSS

この研究には、名古屋大学で開発をしてきた精密制御震源装置(ACROSS=Accurately Controlled Routinely Operated Signal System)が用いられました(図2)。この震源は偏心したおもりを回転させて遠心力によって正弦波の信号を発生させる装置です。回転はGPSから提供される正確な時計にあわせて正確に制御されるため、地層中を伝わる地震波のわずかな遅れや進みなどの変化をとらえることが可能となります。

この震源装置は、名古屋大学の三河観測所構内、九州大学、静岡県森町にある気象研究所の施設、新潟県柏崎市にある石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の施設などで実験が進められています。この震源装置が発生させる信号は、地震計で記録される信号に複数の震源の信号が混じり合ってしまうと簡単なデジタル演算で分離できるように設計されています。将来は、多数の震源によるCCUSのモニタリングに活用されることが期待されます。



図2 実験に用いられた震源装置と同型装置の外観

学生が教員に インタビュー

三河地殻変動観測所を見学し 山岡先生にお話を伺いました



Q ACROSSなどの精密機械を用いての長期間の監視が必要な研究ですが、そのような機械を扱う上で特に気をつけていることや苦労している点がありますか。

A 連続したデータが欲しいので常に動かしておくことです。しかし、雷などで停止してしまうことがよくあります。その際に出来るだけ早く復旧、起動させることと、原因を究明して対策をとることを繰り返しています。今ではリモートでも再起動できるようになりました。

Q CCUSに関して、どのように発電所からCO₂だけを他の気体から分離・回収しているのでしょうか。

A ある温度で圧力を上げていくと、CO₂は気体から液体に状態変化します。このときCO₂以外の気体は、状態変化せずに空気中に拡散されるので、残った液体状のCO₂を回収します。

Q 他に行われている地震波探査の方法がありますか。

A 大型vibratorと多数の地震計を用いた地震波探査の技術が確立されていて、これが主流です。しかし、この方法では調査のたびに装置を調達、設置する必要があり、多額の費用がかかります。光ファイバーを用いた地震計(DAS)を用いる方法は、毎回設置する必要がなく、連続的にデータを収集することにも長けています。

Q 液化したCO₂が地層にしみこんでいく過程で、地下水の動きとどう見分けるのでしょうか。

A 密度によって区別が可能で、水と液化したCO₂の密度の違いから何がしみこんでいるかを特定できます。

Q CO₂が地層に液体の状態として貯蔵されているというのは自然界で普通に見られる現象なのでしょうか。

A 減多にありませんが火山(マグマ)から分離したCO₂が火口湖の底に貯蔵されることはあります。

Q 何かの拍子に遮蔽層がずれてCO₂が漏れ出してしまうことはないのでしょうか。

A 全くないとは言えませんが、断層のあるところにはCO₂を注入しないようにしています。また、CO₂によって地震が誘発されることがあり、地震が起きたらCO₂

の注入をやめるようにしています。

Q もし、地下水の多い岐阜に液体化したCO₂を入れると地下水が噴出する可能性はありますか？

A はい、あり得ます。ただ、飲料水として用いられている地下水が存在する深さにはCO₂を入れることはありません。

インタビューした学生の感想

観測壕では温度が年間を通してほとんど変わらず、また、振動ノイズの影響を受けないよう、道路から離して作られており、地震波の測定が非常に難しいことであることが分かりました。また、今回見学したものは南海トラフ巨大地震を想定した耐震設計で作られており、だいぶ前から地震への関心が高かったのだと感じました。

ACROSS震源装置と、通信分野で用いられている光ファイバーの柔軟性という特徴が組み合わさったことで新たなシステムが構築されており、他の技術や分野と掛け合わされることで活用の場を広げられることを学びました。また、GPSや電子基準点を用いた観測は、実は身近に潜んでいることも発見することができ、今後は探してみたいと思いました。今回の見学を通して、地球温暖化について改めて考えるよいきっかけになりました。

前列左から/ 豊川雛衣(岐阜大学応用生物科学部3年)
平春来里(名古屋大学環境学研究科博士後期課程1年)
高城和佳(岐阜大学応用生物科学部2年)
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部2年)
谷内桂子(名古屋大学農学部2年)
後列左から/ 山岡耕春先生
都築春伸(岐阜大学応用生物科学部4年)
片山義章(岐阜大学工学部2年)
小池遥之(名古屋大学全学技術センター技術職員)
馮晨(名古屋大学環境学研究科博士後期課程1年)

