

[008]附属環境工学研究教育センター研究活動報告

<https://hdl.handle.net/2324/7434592>

出版情報：附属環境工学研究教育センター研究活動報告. 8, 2026-07-10. Center for Research and Education of Environmental Technology, Faculty of Engineering, Kyushu University

バージョン：

権利関係：



2. 研究活動の記録

2-1. グローバル課題研究ハブ

2-1-1. 原子炉過酷事故時のソースターム移行挙動に関する研究（守田・劉研究室）

【研究の目的】

原子力は、供給安定性および経済性に優れ、政府が掲げる 2050 年カーボンニュートラルの達成に不可欠な脱炭素電源である。本研究は、安全性を一層向上させた原子力システムの実現を通じて、原子力を活用した脱炭素社会の構築に寄与するとともに、地球規模で進行する温暖化、異常気象、エネルギー資源制約等の諸課題の解決に貢献することを目的とする。

安全で持続可能な原子力システムを実現するためには、福島第一原子力発電所事故に代表される過酷事故の発生を未然に防止するとともに、万一事故が発生した場合にも、その影響を緩和する新たな技術確立することが重要である。本研究では、複雑な物理・化学現象を伴う過酷事故時の原子炉挙動とその影響を対象として、セシウム等の放射性物質が環境中へ放出される過程の物理メカニズムを解明する。さらに、ソースターム（放射性物質の種類、性状、放出開始時期、放出継続時間等）の特性を定量的に評価するための手法を開発する。

【研究の概要】

原子力発電所における過酷事故時の核分裂生成物除去に関する研究

過酷事故時に損傷炉心から放出される核分裂生成物（FP）の環境放出過程の物理メカニズムを解明するため、格納容器（CV）貫通部の破損箇所等の漏洩経路における FP の除去効果に着目した模擬試験を実施し、評価に必要な基礎データを取得する。さらに、CV からの漏洩経路に適用可能な輸送メカニズムに基づき、エアロゾルの沈着挙動を評価する手法を開発する。2025 年度は、従来のサンプリングフィルタを用いた実験手法に加え、光散乱式エアロゾルスpektロメータを用いた手法および ICP-MS 化学分析を用いた手法の開発に着手した。その結果、いずれの手法も有望であることが確認された。一方で、光散乱式エアロゾルスpektロメータを用いる手法については、正確な実験データを取得するために、流路から計測器への接続方法をさらに工夫する必要があることが分かった。また、ICP-MS を用いた実験手法については、洗浄回収における回収率の確認や定量計測手法の導入など、高精度な計測手法の確立が必要であることが明らかとなった。

高速炉過酷事故時の炉容器内 FP 移行挙動に関する研究

高速炉の炉心損傷事故（CDA: Core Disruptive Accident）における炉心膨張過程では、原子炉容器内のナトリウムプール中において、高温・高圧の炉心物質、ナトリウムおよび FP から形成される、CDA 気泡と呼ばれるメートルスケールの蒸気泡が発生する可能性がある。これに関連して本研究では、CDA 気泡に随伴して移行するエアロゾル状 FP の挙動を解析する AMBAC（mechanistic analysis code for aerosol migration behavior associated with a CDA bubble）コードの開発を進めている。2025 年度は、AMBAC コードの解析機能高度化を目的として、機構論的な熱・物質移行モデルを新たに導入するとともに、炉心膨張過程における FP（セシウム）の移行挙動特性について分析を行った。

IVRに関わる熱流動現象の解明及び機構論的モデルの開発

過酷事故時に原子炉が損傷した場合においても、放射性物質を内包する炉心物質を原子炉圧力容器内に保持する In-Vessel Retention (IVR) 冷却システムの実現に向けて、冷却性能を規定する限界熱流束 (CHF: Critical Heat Flux) の支配機構の解明と、あらゆる条件における高精度な予測を目指した研究を進めている。近年、計算能力およびアルゴリズムの発展に伴い、機械学習は膨大なデータからの知見抽出を可能にする技術として、その重要性を増している。このような背景のもと、本研究では機械学習を用いた CHF 予測に関する研究に着手した。2025 年度は、複数の CHF 発生メカニズムに対応するため、CHF を表現する複数の機構論的モデルや相関式を組み込んだ機械学習フレームワーク MPIML (Multi-Physics Informed ML-aided Framework) を開発した。本フレームワークが物理的整合性を有しつつ、高精度な CHF 予測を可能にすることを確認した。

計算科学的手法による炉心損傷事故の IVR に関わる多相熱流動現象の機構解明

高速炉の CDA 時における溶融燃料の IVR 達成に重要な熱流動現象を解明するため、多成分多相流の伝熱、流動および相変化挙動を高精度に解析可能な計算科学的手法(粒子法)を用いた研究を実施している。2025 年度は、冷却材との相互作用によって微粒化した燃料デブリ粒子のナトリウム中における沈降、堆積およびデブリベッド形成挙動を解析する SIMMER-DEM コード(高速炉安全解析コードと離散要素法の連成解析コード)の開発を進めるとともに、既往試験の解析を通じてコードの適用性の検証を進めた。

損傷炉心における残留燃料からの除熱特性に関する研究

高速炉の CDA において、炉内で再固化・堆積してデブリ状となった残留燃料は崩壊熱を有するため、その長期冷却性を示すことは、IVR を実証する上で重要である。本研究では、崩壊熱を伴うデブリ状燃料から周囲流体への熱伝達機構を解明するため、実験的および解析的検討を進めている。2025 年度は、燃料集合体スケールの試験体を用い、崩壊熱をジュール発熱により模擬した粒子層の熱伝達特性試験を実施した。これにより、燃料デブリベッドにおける除熱メカニズムを明らかにするとともに、高速炉安全解析コードに用いる多流体モデルの構成方程式の検証を進めた。

金属燃料高速炉の過酷事故時における炉心特性に関する研究

我が国が開発を進める高速炉実証炉の候補の一つである金属燃料炉心を対象として、その過酷事故評価技術の開発を目的に、高速炉安全解析コードに組み込む金属燃料に関わる物理モデルの高度化を図り、過酷事故時における金属燃料炉心の特性解明を進めている。2025 年度は、燃料材である U-Pu-Zr 合金の高温物性モデルについて、その適用性向上を目的とした改良を行うとともに、CDA 条件下における溶融プールのスロッシングに伴う再臨界時の反応度特性を分析した。さらに、再臨界に伴う放出エネルギーの上限評価に資する理論モデルを開発し、その妥当性を検証した。

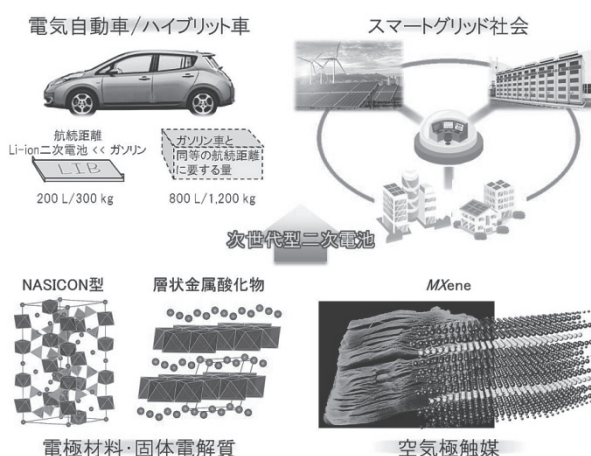
2-1-2. 「元素戦略」に基づいた環境調和型社会への取り組み（林研究室）

固体・物性化学を軸に、様々な合成技術を駆使して、環境・エネルギー・エレクトロニクス分野に貢献する、セラミックスを中心に新しい機能性材料を創出することを目指しています。セラミックスは、一般にありふれた原料から作られる環境調和性の高い材料であり、化学的安定性と多彩な機能性の両立を生かした応用がなされています。

・次世代型二次電池の開発 （全固体ナトリウムイオン二次電池など）

将来のスマート・グリッド社会に不可欠な高エネルギー密度の次世代型二次電池を実現するために、セラミックスを基軸にした要素技術を開拓します。二次電池には、要素部材として、高速ナトリウムイオン伝導性セラミックス、ナノ構造カーボン・酸化物・金属からなる電極、有機電解液などの多様な材料が含まれます。各部材に関して、導電性やイオン伝導性の向上が鍵であり、結晶構造・粒子形態のデザインを通して、二次電池の高性能化を目指すことが重要です。

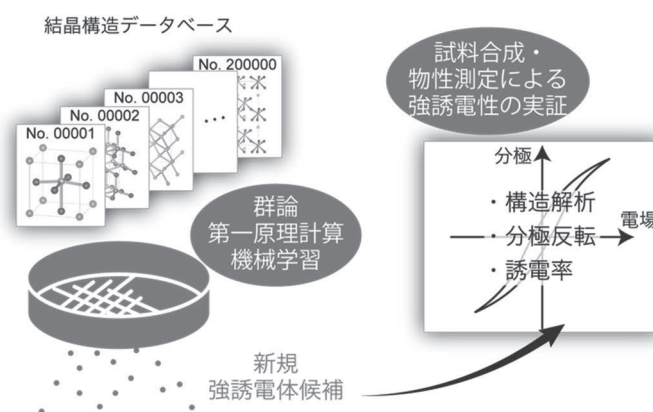
ナトリウムイオン二次電池の固体電解質や電極材料の開発、全固体電池やスーパーキャパシタに向けた複合化プロセスの研究を行っています。



・材料インフォマティクスに基づく環境調和性の高い強誘電・反強誘電体材料探索

強誘電体および反強誘電体は、圧電性、電気エネルギー貯蔵、光電気エネルギー変換など多彩な性質を併せもつことからセンサ、アクチュエータや光学素子などの多種多様なデバイスに利用されている。現在多くの圧電素子に使われている材料は $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ という酸化物であり、 Pb^{2+} の非共有電子対や Zr^{4+} 、 Ti^{4+} の空の d 軌道といった、構成元素のもつ特異な電子状態が強誘電性の起源となっ

ている。近年は、鉛などの毒性の高い元素を含まない、環境調和性の高い（反）強誘電材料の開発が要求されているが、その材料設計指針は確立されていない。そのため、既存の（反）強誘電体の延長線上にない革新的な材料の開拓や、物性発現機構の体系化が求められている。そこで、本研究室では、材料インフォマティクス的手法により、結晶構造データ



ベースに埋もれている新規（反）強誘電体を見出し、それらを実際に合成し構造・物性評価を行い、（反）強誘電メカニズムを解明するという方法論の確立を目指して研究を行っている。

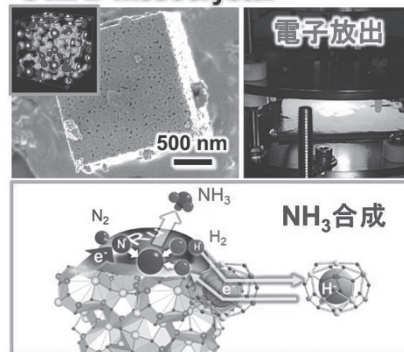
・複合アニオン化合物の創製と新機能

従来の金属カチオン中心の結晶構造設計に対し、アニオン中心の無機材料設計を行う複合アニオンという概念を提唱し、新たな配位構造による新しいセラミックス材料の創製と新機能の創出を目指します。主要な酸化物を構成する、Oの他にS, P, N, F, Clなどの組み合わせにより、無機化合物の合成、探索範囲が飛躍的に広がります。

例として、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C12A7)やその派生結晶は、様々なアニオンを取り込むナノ空隙構造を持ち、これに起因したマルチタレント材料となる複合アニオン材料です。この空隙に活性なH⁻イオンを取り込んだものは、紫外線照射によって絶縁体から電子導電体に変化する機能性を、電子自体を取り込んだエレクトライドは電子の放出・注入のための優れたカソード材料やユニークな触媒担体になります。前記の二次電池材料や誘電体材料開拓にも複合アニオンのアプローチを用いています。



C12A7 mesocrystal



2-1-3. アジア・アフリカ地域における環境配慮型鉱物資源探査の推進(今井研究室)

1. NEDO 地熱発電導入拡大研究開発／発電設備利用率向上に向けたスケールモニタリングと AI 利活用に関する技術開発 分担(機関代表) (2021.7～2026.3)

機関代表者：米津幸太郎 連携機関：九電産業、九電みらいエネルギー

本プロジェクトでは、定量的スケールモニタリング法の確立、および様々な条件における AI への入力データセット(スケール化学組成、流体化学組成、物理パラメータ、発電所運転条件等)の取得を行うことにより、元素毎の付着速度のモニタリングを基にスケール生成予測の結果を求める一連作業を可能とするアルゴリズムを作成する。

確立した AI によるスケール生成予測技術をベースとして、スケール生成を短期間で評価することで、スケールに起因する種々の問題に対し、適時・適切な対策を施すことにより、地熱発電におけるシステム利用率を向上させることを目的とする。

最終年度を迎えた 2025 年度は、シリカスケールの抑制に向けた地熱発電所の現場で対応可能な手法を導く AI の利活用に向けて、AI 入力データセットの工夫を凝らし、スケール生成予測の精度を上げる取り組みを行うことと、データのさらなる拡充を目指した現場試験の実施を重点的に実施した(八丁原・葛根田・上の岱・鬼首の各地熱発電所で現場試験を実施)。AI 入力データセットの改良とデータ量の充実により、スケール生成予測の取り組みが進んだ。データセット数を 30 に限定したうえで、入力データセットを工夫し、実測値と予測値の差が最も小さくなる条件を見出し、それをデータ数 120 の中規模セット、データ数 500 の大規模セットにも応用してみたところ、それぞれにおいても実測値と予測値の値が一定の精度の範囲内に収まることが確認できた。スケール生成能を有する熱水の物理化学情報と最終産物であるスケールに関する化学組成・化学状態・沈殿量等をデータセットに集約し、それらを AI に学習させることで、熱水情報と短期間のスケールモニタリングから、長期のシリカスケールの生成予測をすることができた。まだ、多様な熱水の学習が完了したとは言い難いが、一定の精度を持ったシリカスケールの生成に関する AI 予測を実現することができた。本プロジェクトでは長期のスケール予測を基にした適切な地熱発電所運営による設備利用率の効率化を図ることが目標であったが、その一助となる基礎システムが構築できた。今後は現場事業者からのスケール抑制剤を含む抜本的な技術開発の要請もあり、熱水中のケイ酸と相互作用する薬剤の開発やスケール生成核を物理的に覆ってしまう薬剤の開発などをより強化する必要がある、それに向けて本プロジェクト終了後も取り組んでいく。

2. アジア・アフリカ学術基盤形成 B 型

革新的な地熱資源の探査・開発・持続可能な利用をリードする総合国際拠点形成

日本学術振興会：研究拠点形成事業(2026～2028 年度)、代表

コーディネーター：米津幸太郎(九州大学)

相手国拠点機関：ジブチ／ジブチ地熱エネルギー開発公社、インドネシア／ガジャマダ大学、ケニア／ナイロビ大学、フィリピン／フィリピン大学、台湾／国立台湾大学、タンザニア／タンザニア地質調査所

研究交流計画の目標

脱炭素への産業構造転換を見据えたグリーン成長とエネルギー保障問題が喫緊の課題である昨今の世界情勢の中で、特に日本がプレートテクトニクスの立地上、優位に立っている地熱資源の探査・開発・持続可能な利用の各技術分野は、グローバルに世界を主導している学術分野である。地熱資源を含む再生可能エネルギー分野は脱炭素を実現する社会構築のための近未来の主力産業の基礎を支える分野であるために、政治・経済の影響も大きく受けるが、2022年のTICAD8で日本が提唱したアフリカの脱炭素技術人材育成にも、この地熱分野からの大きな貢献が可能である。地熱資源探査では、探査対象がより複雑化し、大きな地熱ポテンシャル地域の抽出の難易度が高くなり、開発分野では、未利用地熱資源である酸性熱水の有効活用や低温・超臨界地熱資源への挑戦、持続可能な利用のためには、地熱発電所の設備利用率の向上、特にシリカスケール対策とそれを加味した最適運用への機械学習の導入といった地熱資源の発展に向けたあらゆる段階の課題克服への取り組みが可能で総合的拠点構築が、資源・エネルギー貧国の我が国に求められている。申請者は、鉱物資源拠点形成を目標とし、シニア研究者に育てられた2011-2016年の6年間(分担者)、その技術・知見を若手研究者にネットワークごと移管する2017年-2022年の6年間の本事業(代表者)を経て、自立・継続的な国際交流を自身を含む若手研究者へと橋渡ししてきた。これらの活動の延長に、現在のグローバルなエネルギー危機情勢と日本が保有する特有のエネルギー源かつ研究の歴史が深い地熱資源の探査から開発、持続可能な利用の各技術をバランスよく発展させ、革新的な国際共同研究を、日本+海外拠点機関の中核・若手研究者の組み合わせで遂行することを本課題の中心に据え、地熱資源フロンティアであるアジア・アフリカ地域との次世代にも繋がる永続的な研究交流拠点を形成し、より強固な研究拠点基盤を築くことを第一目標とする。若手研究者の育成は急がば回れの世界であり、アジア・アフリカ地域では経済優先の資源開発、中国の台頭も著しい中で、いかに自国の若手研究者を質・量の両面から確保できるかが課題であり、国際共同研究の中で最先端の地熱資源にまつわる各技術要素を網羅しつつ、新規技術開発と実践応用を実施し、その成果を国際学会・国際誌に公表し、若手研究者育成とその研究能力を高めていくことが第二目標である。

2-2. インターフェース課題研究ハブ

2-2-1. 環境からの資源エネルギー回収を目指した機能性有機材料の研究(石田研究室)

環境中に存在する微小なエネルギー（例えば、太陽光、波、風、熱、振動など）を収穫して電力変換を行うエネルギーハーベスタは、環境センサやインフラセンサなど配線や電池交換が困難な箇所における地産地消型の電力源として期待される技術の1つである。その中で、環境振動を電力変換する振動発電技術は天候に左右されにくい安定した発電が期待されている。従来、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）など無機圧電材料を用いた研究事例が多いが、変形に伴う脆性破壊や有害な鉛を含有するなどの問題点が指摘されており、近年では非鉛系材料を中心とした新規材料探索が積極的に行われている。当研究ハブでは、曲げ変形に強く、軽量かつ省エネプロセス可能な有機圧電材料に焦点を当て、振動発電技術に関する基礎および応用的研究を行った。有機圧電材料は大変形しても破壊しにくく、低誘電率に由来して比較的大きな出力電圧が得られるという特徴がある。本研究では、発電量向上を目指してカンチレバー型振動発電デバイスを作製し、薄膜構造、圧電物性の基礎評価を通して有機エネルギーハーベスターとしての可能性を調査した。

下部 Al 電極を真空蒸着したポリエチレンナフタレート（PEN）フィルム基板上に、有機強誘電体ポリフッ化ビニリデントリフルオロエチレン・ランダム共重合体 P(VDF/TrFE)をスピンコート成膜した。結晶化促進のためのアニール処理後、上部 Al 電極を蒸着し圧電キャパシタとした。その後レーザーカッターで任意サイズに切り出すことで片持ち梁構造を形成し、カンチレバー型圧電キャパシタ素子とした。素子裏面には、同様の手順で圧電キャパシタを作製してバイモルフ構造とすることで、(励振用) 上部圧電キャパシタの逆圧電効果によってカンチレバー素子を振動変形させ、その変形状態を(検知用) 下面圧電キャパシタの正圧電効果を通じて変位検知する自己励振・自己変位検知デバイスとした。またカンチレバーの振動変形に伴う圧電発電がどの部位から効果的に発現するかを検証するため、上部電極を梁の長さで3分割し、固定端近傍から根元電極・中央電極・先端電極の3つで電極パターンニングを行った素子も作製した。

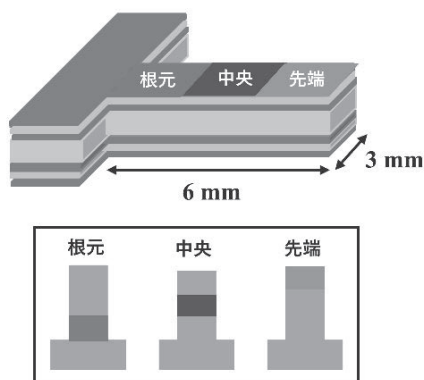


Fig.1 3分割パターンニングした電極構造を持つカンチレバー型素子

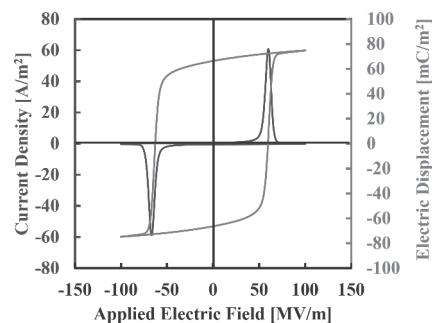


Fig. 2 カンチレバー型有機圧電キャパシタ素子の誘電(DE)ヒステリシス曲線および分極反転スイッチング電流特性

作製したカンチレバー型圧電キャパシタ素子に対して、三角波電圧を印加して分極処理を施し、素子間の基礎物性ばらつきを抑えるため、その残留分極量を約 60mC/m^2 に制御した。Fig.2 には、その DE 誘電ヒステリシス曲線と分極反転スイッチング電流特性を示すが、カンチレバー型に切り抜いても良好な有機強誘電体物性が得られている。

カンチレバー型素子の上面励振デバイスのみに正弦波電圧を印加して逆圧電効果による素子変形を促し、レーザー干渉変位計を用いて変位量測定を行った。Fig.3 には、電圧振幅 20Vpp とした印加正弦波の周波数に対するカンチレバー変位量を示す。PEN 基板厚さが異なる 2 種類の素子で機械共振由来の共振ピークを確認することができ、共振周波数はそれぞれ 330Hz と 720Hz であった。基板が薄くなると変位量が増加するとともに、共振周波数が低周波側に移動した。これは基板の厚みが圧電層の膜厚 ($1\mu\text{m}$) と比べて大きいために、基板材の厚みが素子柔軟性に影響することを示唆している。薄いプラスチック基板では素子全体がより柔軟で大きな振動変位を得ることができる。PEN $9.5\mu\text{m}$ 基板の素子では、機械共振周波数である 300Hz 近傍にて大変形（最大 1mm 以上）しており、また機械共振点から離れた低周波数側では変位量（約 $100\mu\text{m}$ ）がほぼ一定となった。次に、上面励振デバイスへの印加周波数に対する下面検知デバイスの圧電出力特性（発電特性）を Fig.4 に示す。 200Hz 以下の低周波数帯では線形的に出力電圧が上昇し、 $200\sim 1000\text{Hz}$ では圧電電圧出力として $300\sim 400\text{mV}$ 程度のプラトーな挙動を示した。機械共振周波数の近傍では、出力電圧値の大きな変化は観測されなかったが、その位相は 180° の反転挙動を示し、共振・反共振の可能性を示唆した。

同一素子内で固定端に近い方から根元電極、中央電極、先端電極の 3 つの電極にパターンニングを行い、各電極に個別に電圧印加し、それぞれに変位量測定用レーザーをあてて変位量評価を行った。入力電圧 20Vpp を印加した際、全てのパターンニング電極において鋭い共振ピークを示し、その機械共振周波数は一致した。しかしカンチレバー変位量は、根元電極 > 中央電極 > 先端電極 の順で変位量が大きくなった。共振周波数において、根元部の変位量は約 $65\mu\text{m}$ であり、先端部と比較すると約 10 倍の変位量であった。片持ち梁構造では、固定端に近い根元ほど曲率半径が小さく、応力が大きくなるため、逆圧電効果による変位量が大きくなったと考えられる。

今後、発電量向上に向けて圧電性分子薄膜の構造及び分極特性や積層型素子による発電特性に関する研究に加え、自然界に多く存在する低周波環境振動を効率よく回収する発電素子など、有機分子ならではの特徴ある環境発電素子としての研究開発に取り組んでいく予定である。

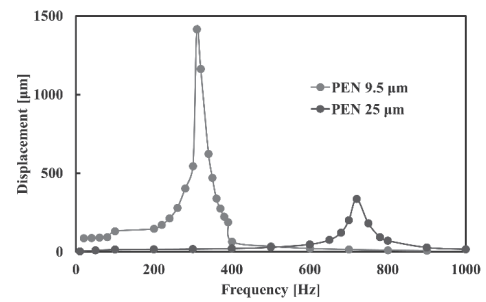


Fig.3 カンチレバー変位量の周波数依存性

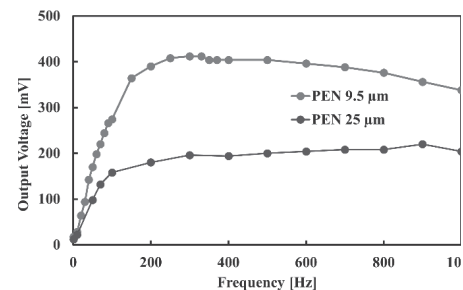


Fig.4 カンチレバー素子の励振圧周波数依存に対する圧電出力特性

2-2-2. 水域の環境・生態系を次世代に繋ぐ研究（清野研究室）

◎海洋教育プロジェクト 「九州大学うみつなぎ」 <https://umitsunagi.jp/>

2020年に、九州大学大学院工学研究院附属環境工学研究教育センターが組織名に“教育”が明記されたため、センター独自の教育プロジェクトを立ち上げることとなった。日本財団の支援を2020-2024年度の5ヶ年にわたり、伊都キャンパスならではの環境教育として海洋を対象を選んだ。すなわち、九州大学伊都キャンパスは、糸島半島に立地し、博多湾、唐津湾を両翼に擁し、地先を対馬暖流が流れている。この地の利、海の利を活用し、実地での観察や観測、海岸清掃などの地域連携の実践を展開した。福岡市西区、福岡県内から始まり、九州全県を対象としたプロジェクトとして発展してきた。

2025年度には、まったくの自走プロジェクトとして清野研究室が継続を担っている。過去5ヶ年に形成されてきた、地域でのネットワークを発展させてきた。資金的には苦戦をしているが、地域の方々の協力が得られている、近くに海があることが何よりの財団であるといえる。

◎漂流漂着ごみによる越境汚染の研究

漂流漂着ごみ（海洋ごみ）は、世界的な海洋環境問題であるが、九州北西部では特に深刻である。玄界灘沿岸は、海洋学的には対馬海峡、気象学的には大陸からの冬季季節風、地学的には複雑な沿岸地形であり、この自然条件により漂流物が漂着しやすい。漁業や生態系への影響について、社会経済的な影響がある。

社会貢献としては、清野が対策協議会会長を仰せつかっている長崎県対馬市の沿岸を中心に、ステークホルダーとともに、海洋ごみのリサイクル、アップサイクルの推進などの総合的な対策を行っている。市のSDGs政策とも連動し、遠隔の市民大学（対馬グローバル大学）などの展開も行っている。国際発信にも発展しており、2024年7月には対馬市主催の日米韓の海洋ごみシンポジウムが開催された。2025年6月には、大阪・関西万国博覧会で日韓・日米の国際シンポジウムを行った。

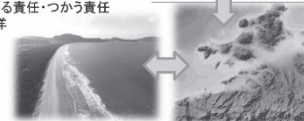
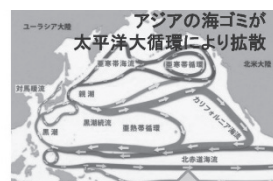
研究テーマ概要

1. 漂流漂着ごみによる越境汚染の研究(連携)

- ・基礎: 物質・粒径別の流出・堆積過程
- ・応用: 市民・自治体参加のモニタリング手法の開発
- ・社会連携: 多セクター連携(特に、製造・流通)



SDGs
目標11 持続可能な都市
目標12 つくる責任・つかう責任
目標14 海洋



◎環境 DNA 等環境モニタリング手法の改良と普及、社会実装

環境 DNA を活用した環境モニタリングを、福岡市西区今津と糸島市芥屋で毎月、対馬と五島列島福江島で四季行っている。そのデータは、自然共生サイトの基礎データなどに活用されている。

環境 DNA は有望な方法であるが、微量分析のため、試料採取時に負荷が大きいのが実情である。学術でのルーティン化や市民調査の展開を考え、採水法を見直している。本センターの客員教授に着任された北海道大学の荒木仁志教授から重力濾過法の技術移転を受け、モニタリングの効率化と社会実装を行っている。

日本沿岸の海洋酸性化観測 海洋研究開発機構（JAMSTEC）と糸島市芥屋で玄界灘を代表する地点として毎月実施している。観測データからは、炭酸塩の結晶化関係の項目に他海域と異なる特徴がみられ、注目される海域となっている。

◎国連海洋会議への参加や発信

2025 年 6 月にフランス・ニースで開催された国連海洋会議に参加した。日本経済新聞社による NIKKEI ブルーオーシャンのプロジェクトの国際発信であった。この会議は 2028 年に韓国で開催が予定されている。

2-3. ローカル課題研究ハブ

2-3-1. 廃棄物の適正処理および資源循環化に関する研究（中山研究室）

（1）溶融分離システムを核としたサーキュラーエコノミー推進拠点における低品位プラスチックの有効利用と貴金属回収に関する研究

近年、資源循環の高度化と脱炭素化を同時に実現する廃棄物処理技術の開発が求められている。とくに、選別残さや複合材由来の低品位プラスチックは、マテリアルリサイクルが困難であり、その有効利用方法の確立が課題となっている。また、一般廃棄物処理に伴って生じる不燃物のリサイクル残さや焼却灰には、鉄、アルミニウム、銅などの金属類に加え、金や銀などの貴金属が含まれている場合があるが、従来の処理方法では、それらの実態把握や回収は十分に進んでいない。

本研究室では、低品位プラスチックを溶融分離システムのエネルギー源として有効利用し、不燃物のリサイクル残さや焼却灰を対象として、有用金属および貴金属を効率的に回収する技術の研究を進めている。具体的には、①低品位プラスチックのエネルギー利用特性の評価、②一般廃棄物由来の不燃物リサイクル残さや焼却灰中に含まれる金や銀などの貴金属濃度の把握と抽出可能性の検討、③貴金属の回収率向上と最終処分量削減の両立、④ライフサイクルコスト（LCC）や温室効果ガス排出量（LC-CO₂）の観点からみた環境・経済性評価等を行っている。これにより、従来は処分対象とされてきた低品位プラスチックや焼却残渣等を新たな資源として位置づけ、資源循環と環境負荷低減を両立する廃棄物処理システムの構築を目指している。

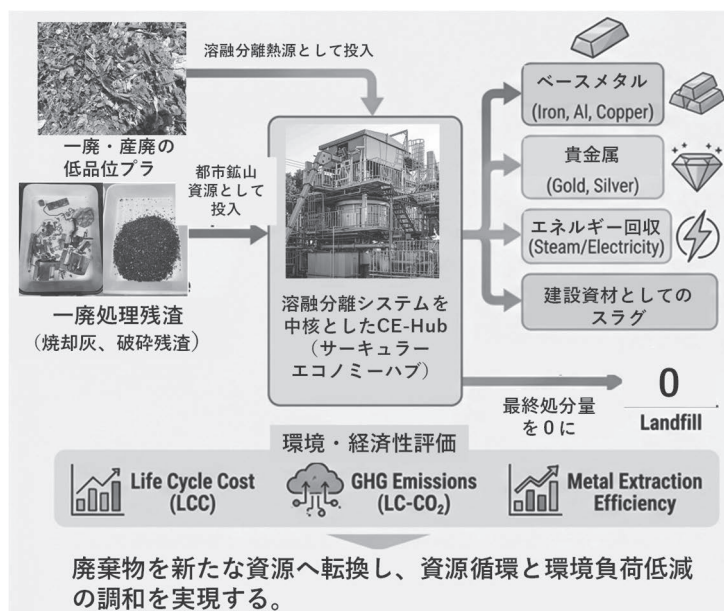


図 溶融分離システムを核としたサーキュラーエコノミー推進拠点の概念図

（2）海洋プラスチック対策としての漁具流出量評価、漁業者による回収活動、市民清掃事業の効果に関する研究

海洋プラスチック問題は、陸域および海域の多様な発生源が複雑に関与する環境問題であり、その実効的な対策には、流出実態の把握と回収活動の効果検証を一体的に進める必要がある。とくに漁業分野では、作業時の逸失等による海洋流出が懸念される一方で、漁業者自身が海洋ごみ回収の担い手として重要な役割を果たしている。また、市民による海岸や河川流域での清掃活動は漂着ごみや散乱ごみの削減に寄与しているが、その効果を定量的に評価した研究は必ずしも十分ではない。

本研究室では、海洋プラスチック対策に資するため、漁具を中心としたプラスチック流

出量の推計、漁業者による回収活動の実態把握と持続可能性評価、市民清掃事業の環境改善効果の分析を総合的に行っている。具体的には、①漁業種類や資材使用実態に基づく漁具流出量の評価、②漁業者による海洋ごみ回収の収支構造や継続条件の分析、③河川流域での清掃活動が漂着ごみや散乱ごみ量に与える影響の評価、④制度設計やインセンティブ付与による効果的な対策手法の提案等を進めている。これらの研究を通じて、海洋へのプラスチック流出抑制と回収活動の持続可能性向上を両立する社会システムの構築を目指している。

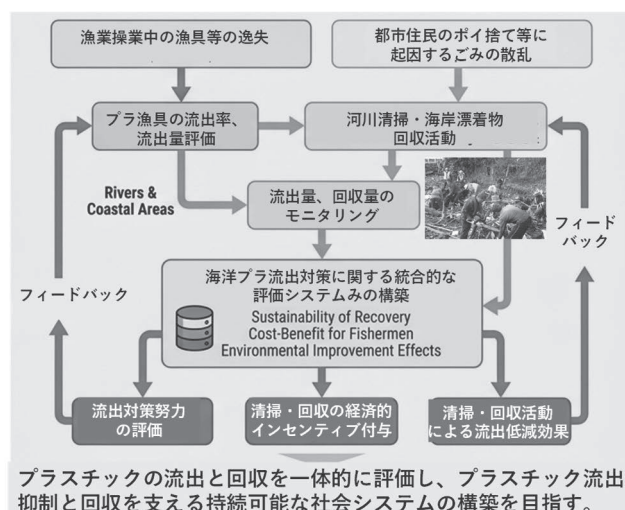


図 漁具流出量評価、回収活動、市民清掃を統合した海洋プラスチック対策評価システムの概念図

(3) 都市ごみ焼却灰を材料とした環境安全な人工石の製造に関する研究

我が国では家庭から排出された燃えるごみのほぼ全量が焼却処理されている。焼却残渣の一部はセメント原料としての有効利用等の再資源化がなされているものの、多くは最終処分場で埋立処分されている。資源の有効利用、さらには最終処分場の埋立容量の確保の観点から、焼却残渣のさらなる再資源化が求められる。本研究では、都市ごみ焼却灰をセメント固化し、粒度調整したもの（以下、人工石と呼ぶ。）を路盤材等の土木資材として環境安全に有効利用するための研究を行っている。焼却灰には特定有害物質に指定されている重金属類、特に鉛およびその化合物が土壤環境基準値を上回る濃度で含まれていることが障害となっていた。我が国における焼却炉形式の主流であるストーカ式焼却炉から排出された焼却灰には、焼却炉の火格子の隙間から落下した灰（以下、落じん灰と呼ぶ。）が含まれているが、本研究では、落じん灰には金、銀などの貴金属に加え、鉛も高濃度で含有されていることに着目し、落じん灰を含まない焼却灰（以下、主灰と呼ぶ。）を材料とすることで環境安全な人工石の製造が可能であると考え、セメント系固化材および重金属安定化剤の種類や添加率の異なる人工石の強度や環境安全性の評価を行っている。

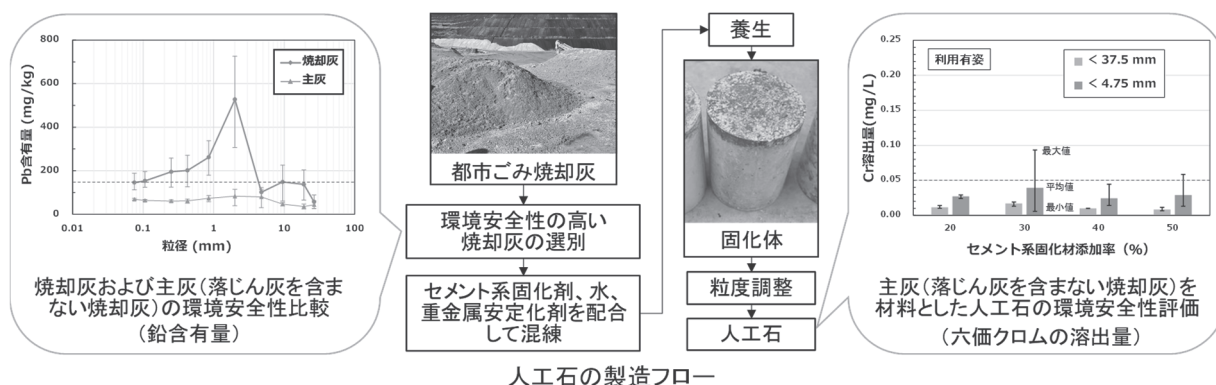


図 都市ごみ焼却灰を材料とした人工石の製造フローならびに材料とする焼却灰および人工石の環境安全性評価

2-3-2. 環境と防災の融合研究（三谷研究室）

望ましい地圏環境創出のための新しい体系の確立を目的として、地圏の開発・利用のあり方、さらには、これらが自然環境や社会環境に及ぼす影響の総合的な評価および環境と調和した開発や建設技術のあり方について研究を行っている。特に、情報技術である地理情報システム（GIS）を積極的に活用した研究を展開している。具体的な研究の領域としては、「地圏環境」、「地下開発」、「災害の予測・防災」、「維持管理」、「国土保全」を柱とする。

① 降雨状況と連動した三次元斜面安定解析に関する研究

近年、集中豪雨や台風により斜面崩壊や土石流などの土砂災害が多発し、人的被害が発生している。土砂災害防止法では、傾斜度など斜面の形状に基づいて警戒区域が指定されているが、地盤特性を考慮した崩壊可能性や規模の予測は反映されていない。これまで、傾斜方向が類似する単位斜面を用いた三次元斜面安定評価手法が提案されているが、谷線と尾根線に基づく領域分割では、0次谷のような凹地形に対応しきれない場合がある。そこで本研究では、0次谷を考慮した単位斜面の生成手法を提案し、崩壊履歴のある斜面を対象に、三次元解析で崩壊の可能性と規模を評価している。さらに、降雨によって変化する地盤物性値の設定方法を提案し、GISを用いた三次元斜面安定解析により、降雨時における崩壊危険度と崩壊規模の評価に加え、崩壊土砂の流出量の算出手法についても検討している。

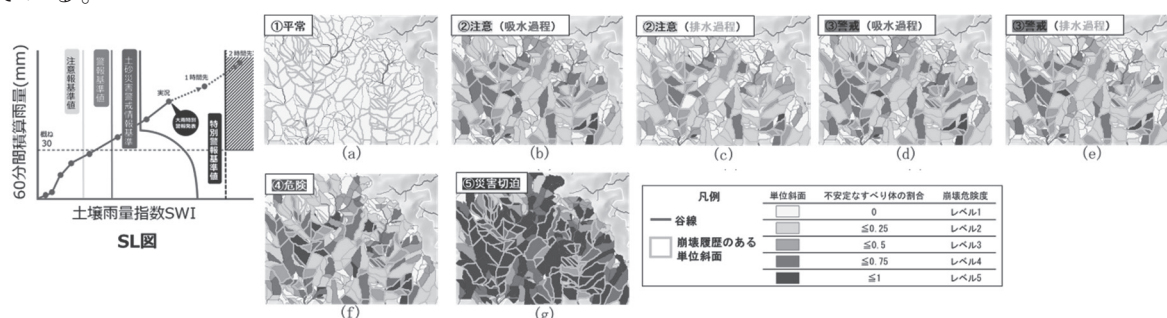


図 三次元斜面安定解析の一例

② 衛星データを用いた崩壊斜面の変動挙動検出に関する研究

本研究では、防災上重要な道路沿い斜面の変状を、衛星データ（ALOS-2 などの SAR）を用いて抽出する手法を開発している。道路は山地の谷間を通る長大構造物であり、その斜面の安定性と維持管理は極めて重要である。後方散乱差分解析や干渉解析、SAR 時系列解析（2.5次元解析など）により不安定斜面を評価し、危険箇所を事前に抽出することで、平常時の予防保全や災害時の迅速な対応に資する。研究では、九州地域の国道を対象に、LP データや過去の防災点検データと組み合わせる解析を行い、衛星データから効率的に斜面変状を検出する手法の確立を目指している。得られた結果は、危険斜面の優先管理や点検計画の立案にも応用が期待される。

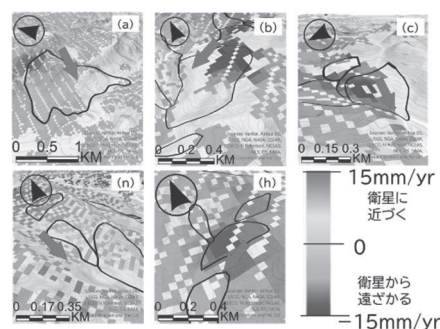


図 解析結果の一例

2-3-3. 資源循環と環境保全のための金属回収・有害元素固定化プロセスの研究 (沖部研究室)

近年、鉱山開発や金属製錬、化学工業などの産業活動に伴い、ヒ素 (As) やクロム (Cr) などの有害元素による水環境汚染が世界的な課題となっている。これらの元素は高い毒性を有し、地下水や河川への流出により生態系および人体へ深刻な影響を及ぼす可能性がある。特にヒ素は皮膚疾患や発がん性などの健康被害と関連しており、また六価クロム (Cr(VI)) は高い溶解性と強い酸化力を持つため、生体への毒性が極めて高いことが知られている。そのため、これらの有害元素を効率的かつ安定的に除去する水処理技術の開発は、世界各地の鉱山地域や工業地域において重要な課題となっている。

一方で、鉱山排水処理や製錬工程では、鉄スラッジやマンガンスラッジなどの金属酸化物を主成分とする副産物が大量に発生する。これらのスラッジは一般に廃棄物として扱われることが多いが、鉄酸化物やマンガン酸化物は金属イオンの吸着や酸化還元反応を促進する性質を有しており、水処理材料として利用できる可能性がある。本研究室では、こうした廃棄物資源を有効利用し、低コストかつ持続的に運転可能な受動 (パッシブ) 型水処理プロセスの開発を目的として研究を進めている。なお、本稿では、独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) との共同研究の成果の一部を報告する。

本年度は、鉱山排水処理過程で発生する鉄スラッジおよびマンガンスラッジを反応媒体として利用し、有害元素の除去および固定化を目的とした水処理技術の開発について検討を行った。まず、マンガン酸化物と鉄酸化物を含む混合バイオスラッジを用い、As(III)を含む水の連続処理実験を実施した。ヒ素は水中では主に As(III)および As(V)の形態で存在するが、As(III)は As(V)よりも溶解性と毒性が高く、除去が難しいことが知られている。そのため、多くの処理プロセスでは、まず As(III)を酸化して As(V)へ変換し、その後吸着や沈殿により除去する二段階処理が必要となる。

本研究では、マンガン酸化物が As(III)を酸化して As(V)へ変換する反応と、鉄酸化物による As(V)の吸着・固定化反応を同一の媒体中で同時に進行させるシステムを構築した (図 1)。

連続カラム実験の結果、この混合バイオスラッジを用いたシステムは 300 日以上の長期運転においても安定した処理性能を維持し、ヒ素除去率 99%以上を達成することが確認された。処理水中のヒ素濃度は、日本の排水基準 (0.1 mg/L) を下回る値を維持しており、実用的な水処理技術としての可能性が示された。さらに、SEM-EDS、XRD、XANES などの分光分析および表面分析を行った結果、マンガン酸化物が As(III)の酸化反応を担い、その後生成した As(V)が鉄酸化物表面に吸着されることで長期的に固定化されることが明らかとなった。また、反応過程で還元された Mn(II)は微生物の作用により再びマンガン酸化物へと再酸化されるため、反応媒体が自己再生的に機能することも確認された。これにより、酸化剤などの化学薬品を追加投入することなく、長期的にヒ素除去機能を維持できる可能性が示された。

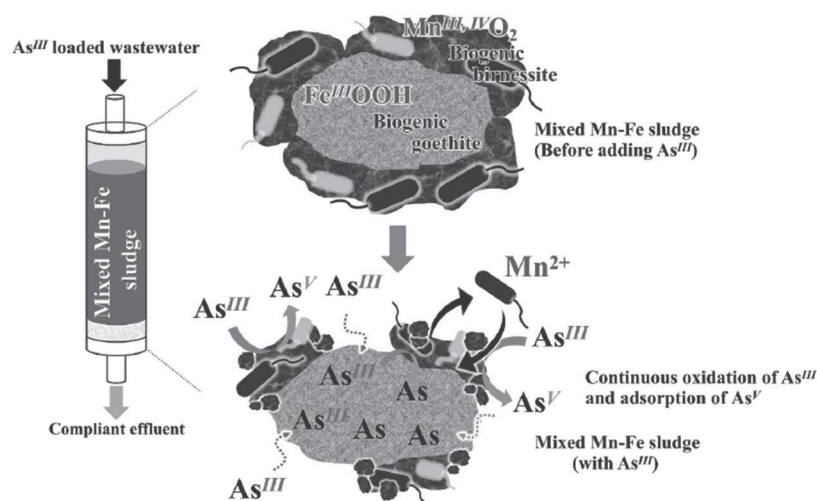


図 1 Mn-Fe 混合バイオスラッジにおける As(III)除去機構の模式図 (Liu and Okibe, Chemical Engineering Journal, 520 (2025) 166421 より転載)。

上段は、ヒ素曝露前のバイオ起源 Mn-Fe スラッジの状態を示しており、birnessite および goethite が反応性成分として存在している。下段は、As(III)を含む排水が Mn-Fe 混合バイオスラッジと接触した際の反応過程を示す。Mn 酸化物は As(III)を As(V)に酸化し、その後 As(V)は Fe スラッジ表面に吸着される。さらに、Mn 酸化物の溶解と微生物による再生により、内部に埋もれていた Fe 表面が露出することで吸着反応が持続的に進行し、表面被覆（パッシベーション）が防止される。

さらに、鉄スラッジを利用した六価クロム（Cr(VI)）のパッシブ型水処理システムについても検討を行った。ここでは、鉄酸化物を主成分とする廃鉄スラッジを充填したカラム反応器を用い、長期間の連続処理試験を行った。その結果、鉄スラッジ中に存在する Fe(III)還元微生物が Fe(III)を Fe(II)へ還元し、その生成した Fe(II)が Cr(VI)を毒性の低い Cr(III)へと還元する反応が進行することが確認された。この反応により生成した Cr(III)は水酸化物として沈殿し、固相中に安定な形で固定化されることが明らかとなった。

また、長期運転において微生物活性を維持するため、堆肥や酒粕などの有機副産物を電子供与体として添加する実験を行った。その結果、これらの有機物は微生物の代謝を支える炭素源として機能し、鉄還元反応を持続的に進行させることができた。特に、堆肥を添加したカラムでは 200 日以上連続運転において Cr(VI)濃度を排水基準以下に維持することが可能であり、連続処理システムとして高い安定性を示した。さらに、処理後の固体試料について溶出試験を実施した結果、固定化されたクロムは安定に保持されており、廃棄物としての安全性を満たすことが確認された。

以上の結果から、鉱山排水処理過程で発生する鉄スラッジやマンガンスラッジなどの廃棄物資源を反応媒体として利用することで、有害元素を長期間にわたり効率的に除去できるパッシブ型水処理システムを構築できることが示された。本研究で提案する技術は、強力な化学薬品や高エネルギー処理を必要としないため環境負荷が低く、維持管理も比較的容易である。また、廃棄物として発生する金属スラッジを再利用することで資源循環にも貢献する技術である。

2-4. 協力研究員の研究活動

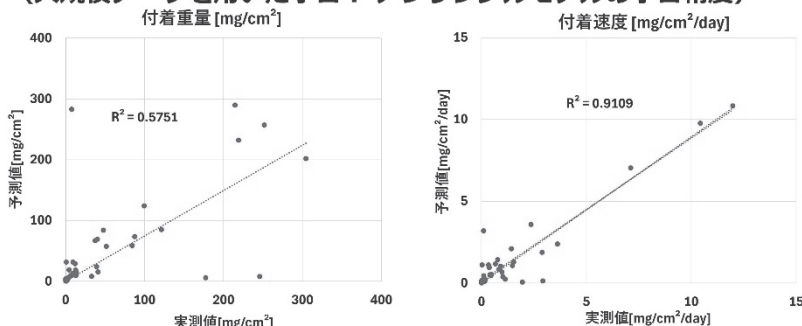
2-4-1. 発電設備利用率向上に向けたスケールモニタリングとAI利活用に関する技術開発

佐藤 正 梧(九州大学環境工学研究教育センター協力研究員・九電産業株式会社)

地熱発電は地下の蒸気を取り出し、タービンを回して発電する再生可能エネルギーの一つである。季節や天候に左右されず、日本には火山地帯が多いため、安定的に発電可能なベースロード電源として近年期待が高まっている。本事業「発電設備利用率向上に向けたスケールモニタリングとAI利活用に関する技術開発」は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の地熱発電導入拡大研究開発の公募において、九電産業株式会社・九州大学・九電みらいエナジー株式会社が受託したプロジェクトであり、2021～2025年度の5年プロジェクトであった。本事業では、定量的スケールモニタリング法の確立と様々な条件におけるAIへの入力データセットの取得を行い、スケール生成予測のためのAIモデルを作成している。作成したAIモデルをもとに、スケール生成要因の解析を行い、スケールに起因する問題に対して適時・適切な対策を施すことで、地熱発電のシステム利用率向上を目指してきたので、その結果を報告する。

本事業は、定量的スケールモニタリング法を確立するため、地熱発電所において熱水や蒸気を対象とした短期のテストピース浸漬試験を実施してきた。その結果、スケールの生成しやすい熱水条件では1～5時間、生成しにくい熱水条件では5日間の浸漬時間で適切なスケールモニタリングが可能であることを示した。また、同時に熱水性状試験を実施し、地化学分析やケイ酸の重合試験、イオン交換樹脂及びシリカゲルへの吸着による溶存ケイ酸およびアルミニウムの化学種の特定制とテストピース表面への元素ごとの付着速度等のデータも取得し、これらの得られたデータセットを用いて、AIソフトMulti-Sigmaを使用したスケール生成要因分析とスケール生成予測(下図)を行った。実際の短期スケール試験の結果を説明変数、長期スケール試験の結果を目的変数としてスケール予測を試みた。その結果、要因分析では、熱水中のケイ酸濃度だけでなく、アルミニウムや鉄といった微量金属が多いほどスケール生成に寄与することが分かった。また、熱水中のケイ酸の重合挙動がスケール生成に影響を及ぼすことも明らかとなった。スケール生成予測に関しては、熱水の化学成分だけではなく、テストピース浸漬試験やケイ酸の重合試験の時間変化等を考慮したほうが、精度の高いAI学習モデルが構築できることがわかり、それに基づいて作成した学習モデルを用いてスケール生成予測を行い、高い精度のスケール生成予測を行うことができた。今後はこれらの技術を実際のスケール生成の現場に持ち込み、より実践的な対処法を加えることで社会実装化を進めていく。

スケール生成予測AI構築
(大規模データを用いた学習：アンサンブルモデルの学習精度)



・4つの学習モデルを使用したアンサンブルモデルによる学習精度は、付着重[mg/cm²]と付着速度[mg/cm²/day]のそれぞれで0.5751と0.9109だった。

図：構築したAIモデルを利用したスケール生成予測の予測値と実測値の差

2-4-2. 地域資源を活かした資源循環型のまちづくり

三戸 優理 (i-Wind Consulting 代表)

本年度は、海洋環境分野における科学的知見の整理・発信支援および、ネイチャーポジティブに関する地域連携の推進を中心に活動を行った。主な取り組みは以下の通りである。

まず、世界海洋プラスチックプランニングセンター (PLAPLA) の設立に伴う展示物制作支援を実施した。具体的には、海洋プラスチック問題に関する基礎的かつ重要な科学的論点として、①海洋プラスチックごみの約 80% が陸域 (主に河川) 由来である点、②将来的に海洋中のプラスチック量が魚類を上回る可能性、③魚類および水生生物におけるプラスチック摂取・汚染の実態、④太平洋ごみベルトおよび海洋循環 (海洋渦) によるごみの集積メカニズム、の 4 点に着目した。これらについて、国内外の査読論文や国際機関報告書等の信頼性の高い文献を体系的に調査・整理し、出典リストを作成した。本取り組みにより、展示内容の科学的根拠を明確化し、エビデンスに基づく情報発信基盤の構築に貢献した。

次に、一般社団法人うみつなぎ主催 (2025 年 7 月 21 日開催) の海の日記念シンポジウム「玄界灘の魅力と課題を考える」に関して、AI による講演録の精査業務を担当した。講演全体の文字起こしデータに対し、誤字脱字の修正に加え、専門用語の統一や文脈の補正を行った。また、各講演者の発表内容およびパネルディスカッションの要点を簡潔に整理し、可読性と正確性を両立した要約を作成した。これにより、記録資料としての信頼性向上と、対外発信資料としての品質向上に寄与した。

さらに、沿岸環境関連学会連絡協議会のシンポジウムにおいて、要旨集作成の支援を行った。全国各地の沿岸域における海洋酸性化の状況に関する複数の研究発表について、それぞれの要旨を収集・整理し、一つの統合ファイルとして取りまとめた。本作業を通じて、地域ごとの知見を俯瞰的に把握可能な資料整備に貢献した。

加えて、2025 年 7 月に熊本で開催予定の Global Nature Positive Summit に関連し、九州大学が関与するイベントのコーディネーション業務に従事するとともに、「ネイチャーポジティブアイランド九州沖縄」における沖縄ディレクターとしての役割を担うこととなった。着任後は、沖縄県内におけるネイチャーポジティブ関連組織の調査を実施し、先進的な取り組みを行う主体の特定を進めた。

来年度も、これらの知見とネットワークを活かし、研究・実務の両面から持続可能な社会の実現に向けた貢献を一層深化させていきたい。

2-4-3. 環境 DNA メタバーコーディングを用いた魚類相の解明

會津 光博（バイオ・ラッドラボラトリーズ株式会社）

現在、バイオ・ラッド ラボラトリーズ株式会社 営業部 アプリケーション スペシャリストとして勤務している。業務内容は、シングルセル、NGS、デジタル PCR の学術として、プレセールス活動・ポストセールス活動・ユーザーサポート、シンポジウム等におけるブース展示員やセミナーのプレゼン・司会等を担っている。

センター協力研究員としては、取得した環境 DNA モニタリングのデータの解析や考察へのアドバイスを行った。現在、環境 DNA 観測ネットワークについて投稿中の学術論文に共著者として参加している。2026 年には公表予定である。

2-4-4. 水域環境の教育・研究・普及啓発における DX の活用

明石 信宏（NTT ドコモビジネス株式会社）

目的：環境 DNA 市民調査手法開発業務

期間・日程：2025 年 6 月

場所・地域：福岡市内

実施内容：環境 DNA 市民調査手法開発に伴う重力濾過法 技術移転を目的とした採水ポイント候補ピックアップ

場所・地域：福岡市東区 多々良川河口周辺

内容：環境 DNA 対馬調査

目的：対馬における環境 DNA

期間・日程：2025 年 9 月 21 日～2025 年 9 月 22 日

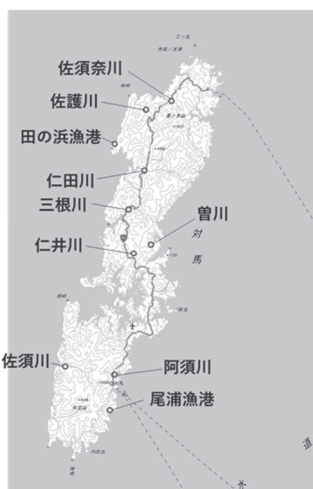
参加メンバー：荒木（北大）、清野・神吉・明石（九大）

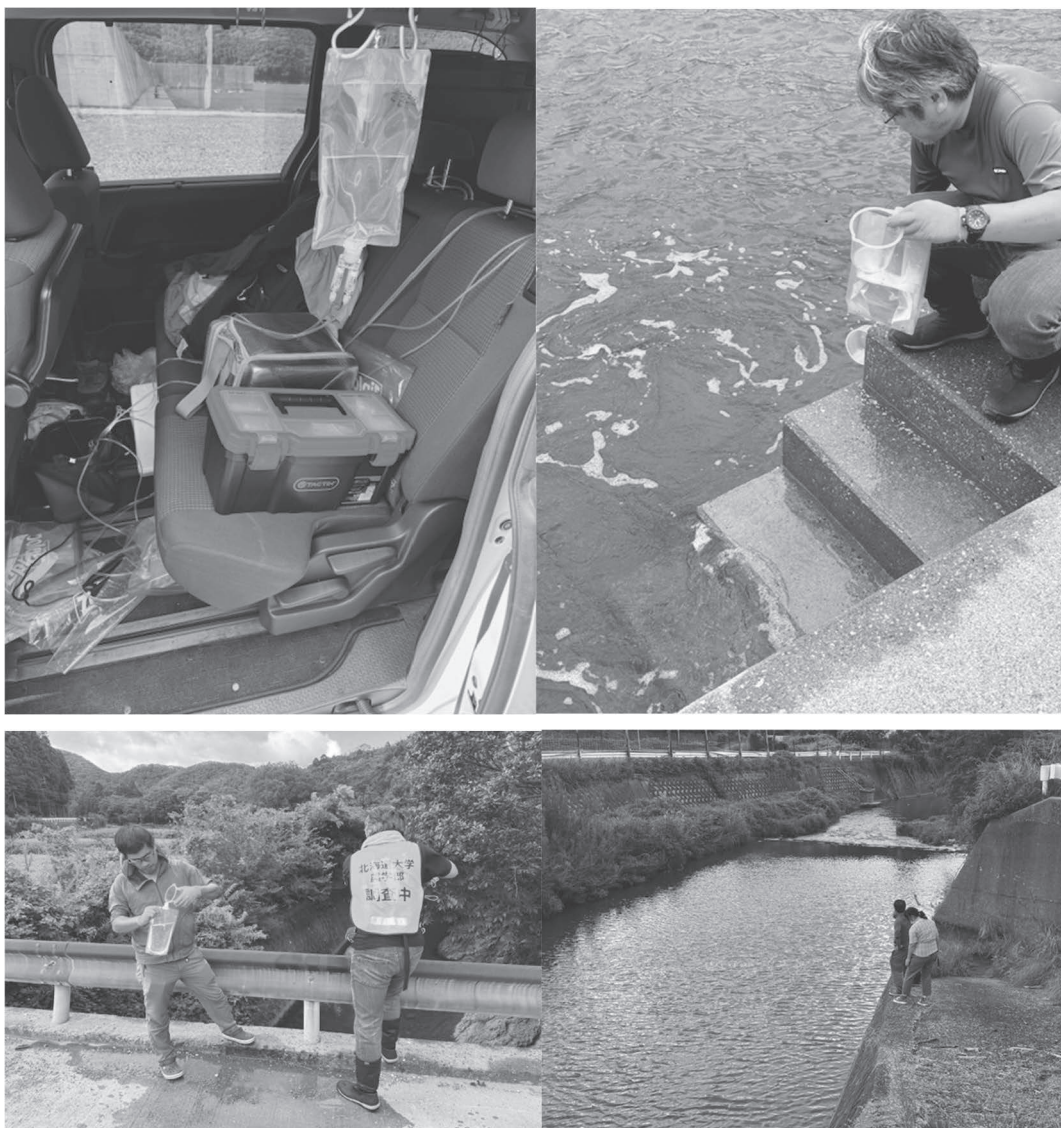
実施内容：対馬における環境 DNA 調査のための採水作業

場所・地域：長崎県対馬市全域

調査地点一覧：

※以下の調査地点において、環境 DNA のための採水を行うとともに、目視で周辺に生息する魚類の確認。





内容：糸島加茂川流域に環境 DNA 調査（採水）

目的：河川における環境 DNA 調査のための採水

期間・日程：2025 年 10 月 11 日

実施内容：加茂川流域に学校を構えられている NPO 法人・産の森学舎の共同の環境 DNA 調査（流域における採水実施）参加した親子の体験サポートも実施

参加メンバー：NPO 法人産の森学舎 大松、小さな脱線研究所 野島智司、
清野・明石・西（九大）

場所・地域：加茂川

内容：環境 DNA 調査（魚類）補完のための採集調査

目的：環境 DNA を補完するために実際に河川にて採集して記録する魚類調査

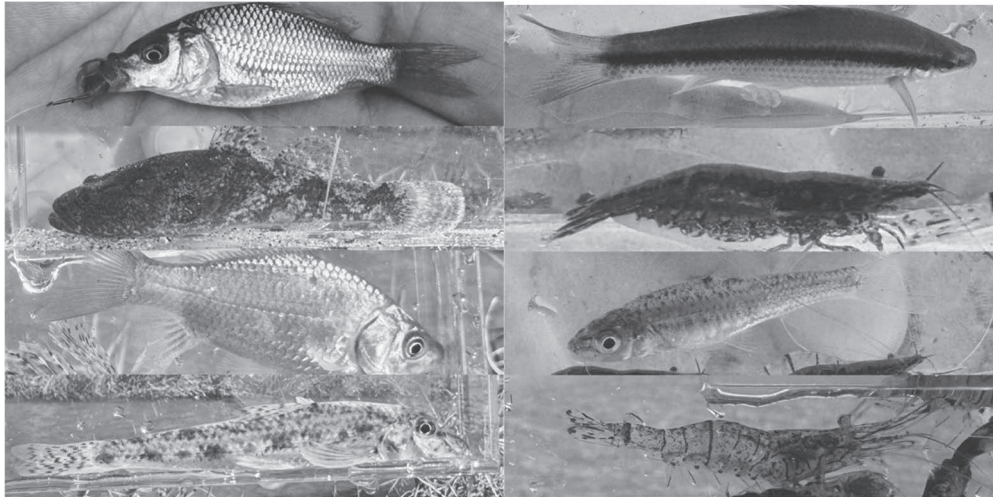
期間・日程：2025 年 8 月 24 日

実施内容：環境 DNA を裏付けるために実際の魚類をタモ網および餌釣りでの採集を行い、
記録する調査を実施

調査結果：確認できた魚種

オヤニラミ、カマツカ、カワムツ、ヨシノボリ、オイカワ、ドンコ、アブラハヤ、鯉、鮒（キンブナ？）、ムギツク、カワバタモロコ、スジエビ、ヤマトヌマエビ、モクズガニ、サワガニ

場所・地域：福岡県那珂川市



内容：日本水フォーラム関係者の会

目的：世界水フォーラム、国連水会議に向けての意識合わせ

実施内容：日本水フォーラム チーフマネージャー朝山由美子氏を囲んで、世界水フォーラム、国連水会議に九州から参加する予定のメンバーの意見交換

期間・日程：2026年1月30日

場所・地域：福岡市博多区

参加メンバー：清野・明石ほか

2-4-5. 海洋や水に関する啓発の実践の環境工学的研究

西 高 一 郎（レジリア代表）

1. 活動概要

九州大学大学院工学研究院環境社会部門生態工学研究室の協力研究員として、環境 DNA (eDNA) を中心としたフィールド調査および関連する技術支援活動に継続的に取り組んだ。また、企画・制作・運営・配信に関する専門的知見を活かし、ワークショップやシンポジウム等の各種催事において、実施コンサルティングから運営実務までを一体的に担い、研究活動の社会実装および発信強化に寄与した。

2. 主な活動内容

- ・環境 DNA (eDNA) に関するフィールド調査の実施（壱岐、日田、糸島、福岡等において継続的に実施）
- ・環境関連ワークショップ（沿岸環境学会連絡協議会 オンラインワークショップ）における技術支援および運営実務（全 4 回）
- ・地域連携活動への参画（対馬・大島交流事業、ビーチクリーン関連活動等）
- ・「うみつなぎシンポ 2026」の企画支援、技術対応および運営
- ・環境・社会実装に関連する視察・調査（大阪・関西万博等）

3. 成果・貢献

環境 DNA 調査については、複数地域において継続的なフィールド活動を実施し、実務的知見の蓄積および調査体制の安定化に寄与した。また、沿岸環境学会連絡協議会オンラインワークショップ（全 4 回）の技術支援および運営を通じて、研究成果の社会発信および関係者間の知識共有の場の構築に貢献した。なお、本ワークショップは 2026 年度においても継続実施が計画されており、継続的な取り組みとしての発展が期待される。

さらに、「うみつなぎ」シンポジウムにおいては、ユース世代を中心とした参加・関与の広がりが見られ、活動の認知および社会的意義の向上に寄与している。

4. 今後の展望

引き続き、環境 DNA を軸としたフィールド調査の継続とともに、研究活動と社会実装を接続する役割を強化し、教育・地域連携・情報発信の各側面から貢献していく。

2-4-6. 都市域の水辺空間における多様な主体の協働による環境再生へ向けた社会技術開発

滝澤 恭平（株式会社水辺総研）

1. 内水氾濫抑制に貢献するコミュニティ治水の推進

武蔵野市（東京都）／コミュニティ治水に貢献するグリーンインフラの調査検討・WS 運営支援業務委託（2025）

本プロジェクトでは、内水氾濫リスクが高い地区をモデルとし、市民が関与可能な GI 技術を通じた地域コミュニティの協働による流域治水を推進します。内水氾濫地点に対して、分散型 GI による流出抑制が有効な小流域エリアを特定し、モデルエリア GI 基本構想を検討。モデルエリアでは、ステークホルダー調査を行い協働可能な主体を特定。また、エリア内の内水氾濫地点に近いみやび青葉公園において表流水をコントロールする雨庭を計画し、市民協働による雨庭づくりワークショップで施工を行い、関与のきっかけを生み出します。雨庭では、市民が関与できる維持管理手法、流出抑制モニタリング方法を開発します。さらに、市全域の公共空間（公園、道路、水路、公共建築等）における流出抑制型 GI ポテンシャルを抽出・整理し、市域における GI 展開を検討していきます。

2. GI の活動主体としての造園事業者、市民ガーデナーをターゲットとした雨庭（レインガーデン）づくり・維持管理講座

八王子市（東京都）／雨水流出抑制に資するグリーンインフラ活用推進業務委託（2024～2025）

市域でグリーンインフラの主體的な担い手となりうるステークホルダーとして、造園事業者（八王子造園業組合、公園指定管理者）と市民ガーデナー（グリーンパートナー）を特定。ターゲットに合わせた雨庭（レインガーデン）づくりワークショップを富士森公園で行いました。雨庭は、公園内道路から一般道への雨水流出をキャッチするものや、斜面の土壌流出を抑制するものなど様々な流出被害に対応するものとなりました。また、市域全域で GI ポテンシャル調査を行い、モデルエリアと雨庭候補地を抽出しました。令和7年度には、施工された雨庭の維持管理として市民ガーデナー向けの植栽ワークショップを実施。また、造園事業者向けに、長池公園内園路の泥水抑制を行う雨庭（レインガーデン）づくりを通して雨庭の計画・デザインと施工技術を学ぶワークショップを実施しています。

3. 枯山水を生きた山水にアップデート

あさぎり町（熊本県）／リュウキンカの郷雨庭（2025）

球磨川の「共創による流域治水」の一貫として、地元の食資源を活かした交流拠点「リュウ

キンカの郷」にて枯山水庭園を雨庭へ再生しました。枯山水の池底に貼られていたモルタルを撤去し、地元産のコンポスト・牛糞堆肥を加えて植物を活かす土壌と表層に整え、植栽の成長による浸透能向上と石組み景観の鑑賞性向上の両立を狙いました。球磨川の流れを模した石組み枯山水を継承し、建築雨樋からの雨水を、球磨川の「支流」に見立てた「遣水」で庭を巡らせゆっくりと「本流」としての雨庭窪地へ導水。窪地での貯留と、雨庭底面からの浸透に加え、堅穴による鉛直方向への浸透を促進しています。

雨庭と周辺には四季を彩る自然風の植栽を導入しました。熊本県造園建設業協会の協力のもと、市民・事業者との協働で施工を行い、地元小学校の環境教育素材や地元農家民泊への普及等への動きが広がっています。

4. 企業駐車場のレインガーデン実装から隣接公園、水辺の GI ビジョンづくりまで、東陽町エリアでの GI 実装を民間主導で推進

東陽町（東京都）／都市構築型グリーンインフラ活用事業（2023～2025）

東陽町における小流域と表流水の経路を GIS で分析し、下流部の浸水を抑制する GI 推進エリアを特定しました。一方、東陽町新砂エリアは、大型事務所ビルが集積する反面、滞留空間が少なく親水空間（汐浜運河）まで駅から歩行距離が長いという課題がありました。そこで、T 社の駐車場の流出抑制を行うレインガーデンを計画し、近隣ワーカーたちのランチ時休憩スペースなどの滞留拠点「リビングハブ」としても機能するように位置づけました。駐車場の不浸透面から集水される U 字側溝をコア抜きし、隣接する植栽地に導水するレインガーデンとしました。試験用小型レインガーデンを設置し、降雨時に流出測定を行い浸透貯留量を検証し、設計諸元を導きました。さらに隣接する提供公園、水辺空間にて環境調査および周辺ステークホルダーの意見を踏まえた上で、まちづくりと連携した GI ビジョンづくりを行っています。

2-5. センター活動

2-5-1. 「ニュースレター」 No.13

CREET Center for Research and Education of Environmental Technology, Faculty of Engineering, Kyushu University NEWSLETTER

九州大学大学院工学研究院 附属環境工学研究教育センター ニュースレター

ISSN 2435-0435

No.
13

2025.8



センター長からのあいさつ

附属環境工学研究教育センター長 守田 幸路

2025年度の附属環境工学研究教育センター長を仰せつかりました。どうぞよろしくお願いいたします。

当センターは2018年4月の設置以来、環境問題に関する先進的な研究・教育拠点として活動してまいりました。設置から5年という節目を経て、昨年度より新たな組織体制が始動し、見直された研究課題のもとで活動を展開しております。この一年間、新体制の基盤固めを進めるとともに、各研究ユニットでは学際的・実践的な研究と教育を本格的に推進してまいりました。2025年度はその2年目にあたり、再編された体制の下で具体的な成果がより多く得られることが期待されます。

近年、環境とエネルギーを取り巻く国際情勢は、ますます厳しさを増しています。気候変動の深刻化に加え、エネルギー資源の需給不安や価格変動、地政学的リスクが複雑に絡み合い、国際社会におけるエネルギー政策の再構築が加速しています。昨年開催された国連気候変動枠組条約第29回締約国会議(COP29)では、パリ協定6条の国際的な炭素市場メカニズムに関するルールが合意されましたが、今後は、各国の削減目標の強化と実行性が重要な焦点となります。

国内においても、本年2月に閣議決定された第7次エネルギー基本計画に基づき、2050年カーボンニュートラルの実現に向けたGX(グリーン・トランスフォーメーション)の具体的な取り

組みが本格化しています。こうした状況は、環境工学分野におけるイノベーション創出と社会実装への期待を一層高めるものであり、当センターが果たすべき役割の大きさを改めて認識しております。

こうした状況のもと、九州大学が掲げる「Kyushu University VISION 2030」、すなわち、「総合知で社会変革を牽引する大学」という目標は、当センターの活動の羅針盤でもあります。多様な「知」と「人材」を結集し、自然科学、人文社会科学、デザインの知を融合させた「総合知」によって社会的課題の解決に貢献するという理念は、複雑化する環境問題に取り組む私たちにとって、ますますその重要性を増しています。

本年度も、当センターは、グローバル課題、インターフェース課題、ローカル課題の3つの研究ハブのもとで、多様な研究者による自由闊達な議論と協働を通じ、次世代を担う研究教育の推進と、社会課題に対応するイノベーションの創出を目指します。さらに、地域・産業界・国際社会との連携も強化し、変動する社会に柔軟かつ積極的に対応できる知の拠点としての役割を果たしてまいります。

皆さまにおかれましては、今後とも当センターの活動に対するご理解とご支援を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。



新しいエネルギー基本計画と原子力の位置付け

グローバル課題研究ハブ 教授 守田 幸路

国のエネルギー政策の基本的な方向性を示す第7次エネルギー基本計画が今年2月に閣議決定されました。第7次計画における原子力の位置付けは、2021年策定の第6次計画からの大きな転換を示しています。

第7次計画では、安全性の確保を大前提に「最大限活用する」との方針が示され、第6次計画にあった「可能な限り依存度を低減する」という記載は削除されました。2040年度の電源構成においても、原子力の比率を約20%に維持する目標が設定されています。この背景には、ウクライナ侵攻や中東情勢を受けた経済安全保障上のリスクが高まったことが挙げられます。また、DX(デジタル・トランスフォーメーション)やGX(グリーン・トランスフォーメーション)の進展に伴い、安定供給と脱炭素化を両立させるために、原子力の活用が不可欠と判断されたと考えられます。

さらに、既設炉の再稼働や運転期間の延長など、既設炉を最大限に活用する方針が示されるとともに、次世代革新炉(小型モジュール炉や高速炉など)の研究・開発・設置に向けた取り組みを進めることが記載されています。すなわち、原子力を将来に向けて持続的に活用していく方向性がより明確に打ち出されており、今後、新規プラントの開発・設置への動きが加速されることが期待されます。

第7次計画では、再生可能エネルギーの「主力電源化」に向けて、「系統整備や調整力の確保に伴う社会全体での統合コ

ストの最小化を図る」ことが述べられています。原子力と再生可能エネルギーを「双方不可欠な脱炭素電源」と位置付け、両者を組み合わせることで、脱炭素と供給安定を両立させる戦略がより鮮明になりました。すなわち、再生可能エネルギーの変動性を補完する安定電源として、原子力の役割が改めて強調されました。

一方で、福島第一原子力発電所事故以降、国民の原子力に対する不安は根強く、原子力の持続的な活用には、事故の教訓と反省を踏まえた安全確保が不可欠です。また、高レベル放射性廃棄物の最終処分地や核燃料サイクルの将来像といった課題も解決が必要です。

エネルギー自給、電源構成、温室効果ガス削減割合の見通し

		2023年度	2040年度(見通し)
エネルギー自給率	再エネ	15.3%	3~4割程度
	火力	22.9%	4~5割程度
電源構成	原子力	8.5%	2割程度
	火力	68.6%	3~4割程度
温室効果ガス削減割合(2013年度比)		27.1%(速報値)	73%

出典：資源エネルギー庁、エネルギー基本計画の概要、2025年2月；資源エネルギー庁、令和5年度(2023年度)エネルギー需給実績を取りまとめた(確報)、2025年4月；環境省、2023年度の我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量について、2025年4月



長崎県の国道57号沿い斜面には火山泥流堆積物や安山岩の露岩が多く、落石や岩盤崩壊が頻発しています。斜面災害への対策として専門技術者による道路防災総点検が実施されており、防災カルテが作成され、点検対象斜面は継続的に監視されています。一方で、斜面の位置や地形的特徴から斜面の危険度を定量的に判定する方式になっておらず、点検対象外斜面の災害発生事例も確認されています。

本研究では、地形的特徴が類似する領域である「斜面ユニット」を生成し、国道沿いの点検対象外斜面を対象に、斜面ユニットを評価単位とした落石・岩盤崩壊の危険性がある斜面の抽出・予測手法について研究しています。広範な領域を対象とする手法として機械学習による手法を用います。教師データとして「斜面ユニット」単位で整理された防災カルテの総合評価結果を用い、分析した斜面の特徴量（地形・地質指標）や道路との空間的な位置関係（以下、離隔と呼ぶ。）を説明変数として用います。特に、崩壊物が道路へ到達する経路を表す離隔をどのように定量化するかが重要となります。

予測された評価結果が斜面の危険度によるものか、離隔によるものか区別するため、斜面ユニットの有する特徴量より斜面の危険度を評価する「斜面安定度評価モデル」と、道路への影響があるか離隔指標を用いて判定し「道路影響評価モデル」を構築しました。両モデルの予測結果を組み合わせ、さらには道路沿いの対策工の有無を考慮し、国道57号沿いの点検対象外斜面7,434箇所から218箇所（約3%）を点検すべき斜面として抽出し、道路沿い斜面の保全に取り組んでいます。

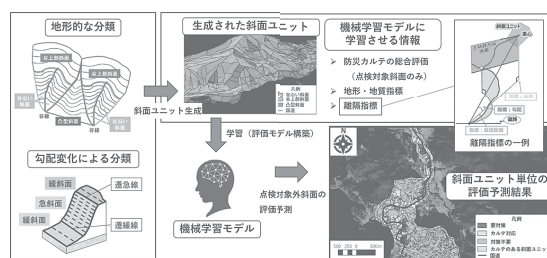


図 機械学習モデルによる斜面ユニットの危険度予測

【公開講座】◆令和6年7月27日

令和6年度の環境工学教育研究センターの公開講座は、グローバル課題研究ハブの今井研究室が中心となり、「水とともに循環する金属資源」というテーマで、センターのセミナー室（九州大学伊都キャンパス CE40棟2F セミナー室）を会場に対面形式で開催された。同じタイトルでの2年続けての公開講座の開催となったが、講師およびトピックに変化を加え、継続的に参加いただいている方にも新たな話題を提供することができた。

まず初めに開会の挨拶を当センター米津准教授より行い、引き続き最初のトピックとして「海底で金属資源を形成する化学反応：沖縄トラフの硫化物鉱床」と題した講演が当センター客員教授でもある神戸大学・石橋純一郎教授からあった。石橋教授が長年取り組んでこられた海底熱水鉱床の科学的な面白さやそれを昨今の脱炭素社会の実現に向けた資源化、海底鉱物資源開発にどのようにつなげるかといった内容を最先端の科学的な見地を交えながら紹介いただいた。硫化物鉱床というやや聞きなれない言葉をやさしく言い換え、身近な化学反応としてとらえながら海底面下で金属が濃集していく様子を紹介いただいた。また、海底から採取された金属鉱石の標本の実物も回覧され、参加者が実際に手にとって観察する機会もいただいた。

次に当センターの米津准教授より、「九州は金 (gold) と温泉の宝庫!：九州に存在する金鉱床と地熱資源について」のタイトルで講義があった。九州には日本で生産・埋蔵が確認されている金の総量の60%近くが存在していること、日本の地熱発電量の40%を占めていることから、これらの資源に非常に富んでいることが紹介された（ちなみに国土面積は11%程度）。このような金資源・地熱資源が身近な火山活動に付随していることや現在、噴火をしている火山だけでなく数百万年前に火山活動をしていた地域も重要な場所であることなどが紹介された。このように地球は絶えず活動を続けており、4次元的に時間軸も考慮しながらの資源開発が世界ではなされていることや資源を生み出す原動力は地球の活動そのものであることを図示しながら、説明された。講義の最後には九州大学で実際に行われている最先端の研究の一端を紹介し、大学が進める国際交流や人材育成がそれらの研究とリンクしてい

ることが示された。

センターのセミナー室において対面で開催された公開講座には学内外からの受講者があり、講座後には希望者に対してラボツアーを実施した。

今回の公開講座を通じて、附属環境工学研究教育センターでの取り組みと成果について広く知っていただくきっかけとなれば幸いです。



講演される石橋客員教授

【編集後記】

附属環境センターでは各研究分野で活発な研究活動を展開している中、センター内の交流はもちろんのこと、公開講座等の、外部に向けた情報発信にも力を入れているところです。これからも環境問題の解決を目指しサステナブルな社会構築を支援する研究教育活動を、皆様方に発信していきたいと存じます。

九州大学大学院工学研究院 附属環境工学研究教育センター ニュースレター No.13

発行: 〒819-0395 福岡市西区元岡744
九州大学大学院工学研究院
附属環境工学研究教育センター
発行人: 附属環境工学研究教育センター センター長
編集: 附属環境工学研究教育センター 事務
発行日: 2025年8月7日
TEL: 092-802-3560 (センター事務局)
FAX: 092-802-3561
e-mail: office@creet.kyushu-u.ac.jp
http://www.creet.kyushu-u.ac.jp/
印刷: 城島印刷株式会社
TEL: 092-531-7102 FAX: 092-524-4411

CREET NEWSLETTER

Center for Research and Education of Environmental Technology,
Faculty of Engineering, Kyushu University

九州大学大学院工学研究院 附属環境工学研究教育センター ニュースレター

ISSN 2435-0435

No.
14
2026.2

地球環境変化の回遊魚の生態への影響を環境DNAで解明する

インターフェース課題研究ハブ 准教授 清野 聡子

環境 DNA は水や大気など環境中に漂う DNA から生物の動態を解明する強力な手法です。生物本体を採取せずとも、生息確認や動態把握ができる画期的な方法です。私の研究室では2016年からこの手法を導入し、拠点大学との共同研究を進めています。

海と川を往来し、外洋までの海を大規模に回遊して一生を送るサケ類。そのダイナミックな生態が、環境 DNA など先端的な方法で続々解明されています。

「回遊魚を取り巻く環境の現在・未来 - サケ科魚類の生態解明を目指して -」と題し、2024年度センター公開講座を9月10日（火）15:00～17:30九州大学西新プラザにて開催しました。

回遊魚の研究で世界的な業績をあげられている北海道大学の荒木仁志教授（北海道大学大学院農学研究院基盤研究部門生物資源科学分野動物生態学研究室）をお招きしました。サケ類のダイナミックな生態と生活史、近年の地球温暖化によると思われる生息域（回遊域）や漁獲量の変化、放流問題や持続可能な新しい資源管理の方向性などについて、最新の研究成果を交えてご講演いただきました。研究者人生は回遊に

似ているとして、熊本での魚少年、九州大学学生、海外での研究員の人生にも言及されました。

さらに“高校生のおさかな博士”伊藤柚貴氏をパネリストに迎え、荒木先生、九州大学うみつなぎ総括担当の清野聡子准教授を交えてトークセッション「魚研究の楽しさを語ろう」を行いました。参加者は生態系、水環境、そして魚好きの方で、質の高い熱心な討議が行われました。

福岡沿岸はサケ類の日本列島の生息の南限になります。北海道と九州で連携して進めている回遊魚の動態研究は、変動する地球での生態系の解明に寄与できる手応えを得ました。



公開講座「激甚災害への対応と持続可能な災害廃棄物処理」

ローカル課題研究ハブ 教授 中山 裕文

公開講座「激甚災害への対応と持続可能な災害廃棄物処理」は、令和7年1月14日にアクロス福岡およびオンライン（Teams）を併用したハイブリッド形式で開催された。本講座は、NPO 法人廃棄物地盤工学研究会第53回勉強会との共催として実施され、災害時における迅速かつ持続可能な廃棄物処理のあり方を多角的に検討することを目的としたものである。

講座では、まず九州大学の馬奈木俊介教授が「災害の経済学」と題して、災害による経済的損失や復興支援の費用対効果进行分析し、社会全体でのレジリエンス向上の重要性を示した。続いて、国立環境研究所の大迫政治氏が「災害廃棄物処理と持続可能性」について講演し、災害対応における循環型社会の視点と長期的な環境負荷低減の必要性を論じた。最後に、応用地質株式会社の中鍋和俊氏が「令和6年能登半島地震における災害廃棄物処理」の実例を紹介し、現場での課題や実践的な対応策を具体的に共有した。

講演後の質疑応答では、研究者・自治体担当者・企業技術者らによる活発な意見交換が行われ、実務と学術の双方から多くの示唆が得られた。参加者からは「現場経験と学術的分析

の両面から学べた」「今後の災害対応に役立つ知見が得られた」といった高い評価が寄せられた。

本公開講座は、災害廃棄物処理の課題を改めて認識するとともに、持続可能な地域防災の実現に向けた今後の連携と知識共有の重要性を再確認する有意義な機会となった。



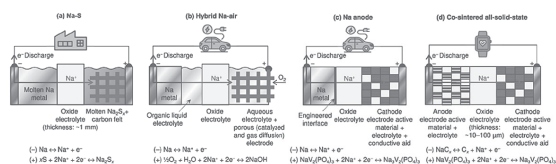
写真：環境工学研究教育センター客員教授 大迫 政治 氏による「災害廃棄物処理と持続可能性」の講演



本研究グループでは、セラミック電解質を基盤として、ナトリウム系電池の新しい可能性を探索してきました。このような実用電池としてナトリウム-硫黄 (Na-S) 電池 (図 a) が知られています。初期の成果として、世界で初めてハイブリッド電解質型 Na 空気電池 (図 b) を実証し、資源的に豊富な Na を用いた、加湿空気中でも動作する空気電池の概念を示しました。(Hayashi et al., *J. Electrochem. Soc.*, 2013; Liang, Hayashi, *J. Electrochem. Soc.*, 2015)。

その後、研究の軸足は、より実用的な固体電池技術へと展開してきました。金属 Na とセラミック電解質との直接界面接触は、現在その重要性が増している研究課題です (図 c)。低い界面抵抗と高い臨界電流密度を達成する事で、高エネルギー密度負極としての金属 Na の実装可能性を示しました (Uchida, Hasegawa, Hayashi et al., *ACS Appl. Energy Mater.*, 2019)。さらに、硫化物系に匹敵する高伝導性の NASICON 型電解質開発とともに、ガラス-セラミックプロセスを用いて正極材料をセラミック電解質上に直接形成することで、

室温での安定した充放電を実証しました。(Jia, Hayashi et al., *ACS Appl. Energy Mater.*, 2022; Xun, Hayashi, et al., *Adv. Energy Mater.*, 2024) この電極は、低温環境下においても性能低下が小さいという特徴を有しています。加えて、低温焼結が可能な高伝導度 NASICON 型 $\text{Na}_3\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_2(\text{PO}_4)$ (NZSP) 電解質と、難鉛鉛化炭素負極材料の複合化にも成功しました (Xun, Hasegawa, Hayashi* et al., *J. Mater. Chem. A*, 2025)。このように、非常に丈夫であらゆる環境で動作する酸化物系全固体電池 (図 d) の実現に向けた基盤技術の確立を目指して研究を継続しています。



セラミック Na 電解質を用いた革新電池の展開
(Xun, Hayashi et al., *Adv. Eng. Mater.* 2026, <https://doi.org/10.1002/adem.202501808>)

センター活動報告とお知らせ

【第7回附属環境工学研究教育センター研究交流会】

令和7年12月12日 (金)、九州大学大学院工学研究院附属環境工学研究教育センターにおいて、第7回研究交流会が開催されました。本交流会は、センターに所属する研究室間で研究内容や進捗に関する情報を共有し、相互理解を深めるとともに、共同研究の促進を目指すものです。

センターは、下記の3つのグループ、計8研究室で構成されています。交流会では、それぞれの研究室から計10名が発表し、各専門分野から最新の研究成果が紹介されました。会場には約40名の教職員・学生が参加し、英語も交えながら活発な質疑応答・意見交換が行われました。

- ・グローバル課題研究ハブ (原子力エネルギーシステム研究室、応用無機化学研究室、応用地質学研究室)
- ・インターフェース課題研究ハブ (応用物理学研究室、生態工学研究室)
- ・ローカル課題研究ハブ (資源循環・廃棄物工学研究室、地圏環境システム工学研究室、資源処理・環境修復工学研究室)

交流会後は、センター1Fのエントランスにて簡単な懇親会が設けられ、教職員・学生同士の交流を更に深めました。会では研究内容や今後の協力の可能性について自由に話し合う姿が見られ、今後の共同研究の発展が期待されました。

最後に、第7回附属環境工学研究教育センター研究交流会を支援してくださいました教職員、学生の皆様に深く感謝致します。また、発表者の皆様には、すばらしい研究成果を共有し、また、質疑応答により有益な議論を展開していただき、誠にありがとうございました。今回の研究交流会を研究グループ間

での共同研究等の契機とし、附属環境工学研究教育センター全体で研究が活性化することを期待しております。



【編集後記】

附属環境工学研究教育センターでは各研究分野で活発な研究活動を展開している中、センター内の交流はもちろんのこと、公開講座等の、外部に向けた情報発信にも力を入れているところです。これからも環境問題の解決を目指しサステナブルな社会構築を支援する研究教育活動を、皆様方に発信していきたいと存じます。

九州大学大学院工学研究院 附属環境工学研究教育センター ニュースレター No. 14

発行: 〒819-0395 福岡市西区元岡744

九州大学大学院工学研究院

附属環境工学研究教育センター

発行人: 附属環境工学研究教育センター センター長

編集: 附属環境工学研究教育センター 事務局

発行日: 2026年2月18日

TEL: 092-802-3560 (センター事務局)

FAX: 092-802-3561

e-mail: office@creet.kyushu-u.ac.jp

<http://www.creet.kyushu-u.ac.jp/>

印刷: 城島印刷株式会社

TEL: 092-531-7102 FAX: 092-524-4411