

## 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 三谷 泰浩

2023年度より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。

2020年4月から3年間、猛威を振った新型コロナウイルスも2023年5月には、5類感染症となり、これまでの制約を強いられてきた厳しい時代が終わり、やっと明るい未来が見えてきたように感じます。感染対策が全くなかった訳ではなく、今後とも基本的な感染対策は必要ではありますが、それでも周りの雰囲気には活気が戻ってきた感があります。大学にも数多くの学生たちの姿が見られるようになり、従前のキャンパスに戻ったような気がします。このコロナとともに歩んだ3年間ではありましたが、決して悪い面ばかりではなく、DX（デジタルトランスフォーメーション）などのITによる社会変革が起こりつつあり、生活スタイルは、個人にフォーカスした人間中心の生活が重視されるようになり、経済活動や人々の行動様式が大きく変わったように思われます。また、世界に目を向けるとロシアのウクライナ侵攻により、当事国における苦難と人道危機がもたらされただけでなく、世界経済全体の成長減速とインフレ加速の影響が、徐々に目に見える形でわれわれの生活を脅かしつつあります。このような社会の変化は、われわれが取り扱っている、環境問題へも大きな波紋を及ぼすことになると考えられ、新たな視点から環境問題をもう一度考え直さなければいけなくなる

と思われま。

このような状況のもと、2022年度、本センターは、改組後、3つの研究ハブのもとにある10個の課題がすべて5年目の時限を迎えることとなりました。センターの核となるグローバル課題研究ハブ、インターフェース課題研究ハブ、ローカル課題研究ハブには変更はありませんが、その下の基本研究単位である研究ユニットの改編および研究課題の見直しを図りました。その結果、出光研究室、原研究室、藤光研究室が当該センターから抜け、新たにエネルギー量子工学部門の守田研究室、石田研究室、地球資源システム工学部門の沖部研究室が加わることとなりました。また、環境社会部門の島岡研究室は、中山准教授を中心とした組織として加わることとなりました。研究ユニットの再編にともない、新たな研究課題も設定され、様々な環境問題の解決に向けて取り組むこととなりました。

このように今年度より、新たな体制で、変わりゆく社会の変化を踏まえながら、急速な環境の変化や諸問題に即応する研究・教育活動を実現するとともに持続的な新たな社会の構築に寄与するよう、より一層、研究・教育活動に取り組んでいく所存です。皆さま方におかれましては、当センターの活動に対するご理解と更なるご支援を賜りたくお願いする次第です。今後ともよろしくお願いいたします。

## 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

グローバル課題研究ハブ 准教授 劉 維

社会から信頼・受容される安全で持続的な利用が可能な原子力システムを実現するには、福島第一原子力発電所で発生したような過酷事故（シビアアクシデント）の発生を防止し、万が一事故が起きたとしても事故の影響を緩和する新しい技術を導入することが重要となります。また、このためには、複雑な物理化学現象を伴う過酷事故時の原子炉の振る舞いやその影響を把握し、原子炉の安全裕度を評価する必要があります。

本研究では、過酷事故時に発生するセシウム等の放射性物質（ソースターム）が環境中へ放出される過程の物理メカニズムを理解し、その移行挙動を評価するための手法を開発します。具体的には、軽水炉の格納容器の貫通部や破損箇所から漏洩するエアロゾル状のソースタームの移行挙動を実験的に明らかにするとともに、次世代革新炉の一つである高速炉については、ナトリウムを冷却材とする高速炉特有の物理化学現象に着目したソースターム移行挙動解析モデルを開発します。

図に軽水炉の格納容器の貫通部や破損箇所から漏洩するエアロゾル状のソースタームの移行挙動を調べるための試験ラインを示します。アトマイザ（噴霧器）で発生したエアロゾル粒子（模擬ソースターム）は、窒素ガスと混合され乾燥エアロゾルとなり、真空ポンプの吸引により試験体に入ります。試験体を通過したエアロゾル粒子は、サンプリングフィルタにより回収され、窒素ガスは大気に排出されます。除染係数は、試験体入口と出口の

粒子の濃度比として定義され、試験ライン中の試験体の有無によって変化するサンプリングフィルタで回収されたエアロゾル粒子の質量から得られます。これまでに、軽水炉の格納容器貫通部の中でも放射性物質の除染係数が小さい（漏洩率が高い）「機器ハッチ」もしくは「ドライウェル（D/W）ヘッド（タンク&グループ型フランジ）」を模擬した平行平板スリット試験体や格納容器貫通部等を模擬した狭隘矩形や円管管路試験体を用いてエアロゾルの沈着効果に関する基礎データを取得し、層流領域及び乱流領域に対してエアロゾル移行評価手法を構築してきました。今後、試験データを拡充して、予測モデルの改良を進めます。

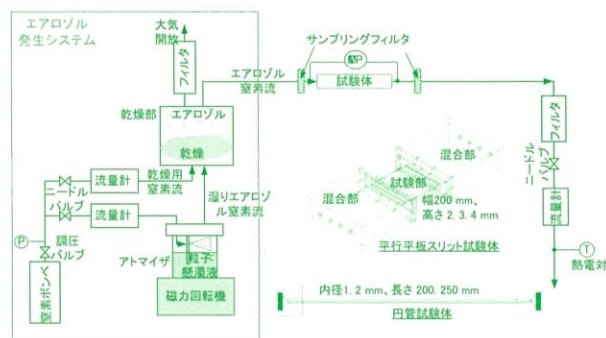


図 エアロゾルの移行挙動を調べるための試験ライン及び試験体



環境中には、多様な自然エネルギーが薄く、広く存在しています。日光下では太陽光エネルギーが有力ですが、夜間や室内、機器内部など光が届きにくい暗所における新エネルギーも模索されています。現在、熱・振動・電磁波、浸透圧など、多様な自然エネルギーを電力変換する研究開発が進められており、そのエネルギー密度は $\sim 1\text{mW}/\text{cm}^2$ 程度と小さいものの、IoT機器や小型電化製品の電池レス化、山頂などメンテナンス困難箇所の小型インフラ、携帯医療センサの自立電源としての応用が期待されています。ここでは、構造体の振動、身体運動など、従来は捨てられている機械エネルギーを回収する圧電型振動発電を中心に研究事例を紹介します。一般に、環境中に存在する振動現象の多くは周波数100Hz以下に広く分布するとされており、効率的な発電には低周波振動を効率よく回収し、エネルギー変換することが重要となります。我々は、環境に優しい発電素子開発というコンセプトの元、鉛やヒ素など

有毒元素を含まない有機圧電材料に注目し、低密度・低弾性率(軽くて柔軟)という物理的特徴を活かして、小型でも低周波駆動可能な有機エナジーハvester(環境発電)に関する研究開発を行っています。複雑な構造と化学的特性をもつ有機分子の構造及び分極特性を緻密に制御し、有機分子ならではの特徴ある発電素子としての研究開発に取り組んでいます。

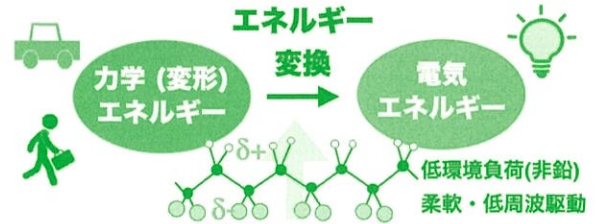


図 圧電型有機振動発電素子のコンセプト



鉱業においては既にバイオテクノロジーが商業化されています。産業基盤として最重要な銅を例にとると、バイオリーチングは既に世界の15%程度の生産を担っています。しかし、世界的な金属需要の増大に対して鉱床の低品位化が深刻化しているため、著しく溶解し難い鉱物種や毒性不純物(特にヒ素)を含むような「難処理性鉱物」の資源化が必須となってきています。これらの難処理性鉱物に由来する汚染水問題も含め、鉱業におけるサステナビリティをどう実現化していくのが課題は多く残されています。当研究室における多岐の研究テーマの1つに、この難処理性一次硫化銅鉱物のバイオリーチングがあります。

に基づく複雑な反応最適化が重要となります。加えてヒ素含有鉱物の場合には、鉱物から銅は溶かしたいがヒ素は溶かしたくない、という相矛盾する要求を叶える必要もあります。これらの課題をクリアしつつ銅浸出反応を最大化するための重要因子の1つに、バイオリーチング中の酸化還元電位(Eh)の制御があります。当研究室では、微生物学的鉄酸化能の強弱による制御、化学的触媒(活性炭触媒や銀触媒)の共存による制御など、多岐の方法を提案してきました(Hydrometallurgy, 2020, 2018, Minerals, 2022, 2021, Geomicrobiology Journal, 2018)。

代表的な難処理性一次硫化銅鉱物として、黄銅鉱( $\text{CuFeS}_2$ )、硫砷銅鉱( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ )、砷四面銅鉱( $(\text{Cu,Ag,Fe,Zn})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ )が挙げられます(後者2つは、鉱物組成に高毒性のヒ素を含む)。これら鉱物のバイオリーチング反応を効率化するためには、微生物学的視点はもちろんのこと、鉱物学的、電気化学的視点等

### 【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。

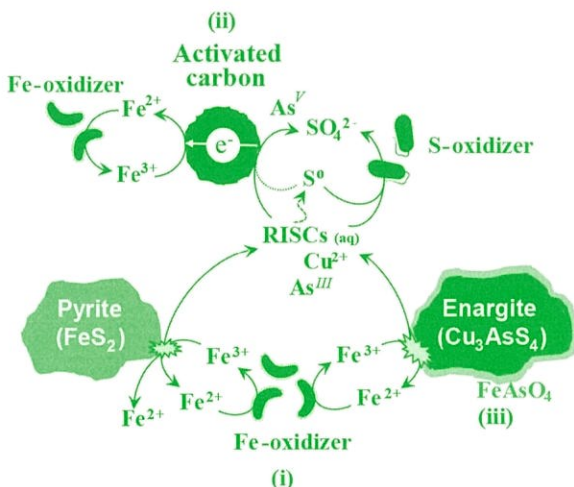


図 硫砷銅鉱の活性炭触媒存在下におけるバイオリーチング機構 (Hydrometallurgy, 2020)

### 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.9

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: 2023年7月3日  
TEL: 092-802-3560(センター事務室)  
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