

Coexistence



東北大学大学院環境科学研究科
アクティビティレポート 2022

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University
Activity Report 2022

Coexistence Activity Report 2022

東北大学大学院環境科学研究科 アクティビティレポート 2022 | Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University





Professor

Tatsuya Kawada

東北大学大学院環境科学研究科長
Dean, Graduate School of Environmental Studies,
Tohoku University

ごあいさつ

平素より東北大学大学院環境科学研究科の研究・教育活動にご理解とご支援を賜り、心より感謝申し上げます。

2022年は、ロシアの突然のウクライナ侵攻で、平和な日常の有り難さと脆さを痛感させられた年でした。国内では、3年間続いたコロナ禍への対応が新しい段階に入り、以前の生活に戻りつつあるところですが、円安の影響もあり、高騰したエネルギー価格が、暮らしや経済を直撃しています。人々や国々の間の分断も少しずつ深まっているように見えます。こういうときにこそ、目の波風に捉われずに、冷静に将来のあり方を考えたいところです。

環境科学研究科は、2003年4月に設立され、まもなく20周年を迎えます。この間、持続可能な資源やエネルギー利用の「技術」と、それを成り立たせる「人と社会」の未来の姿を描くこと、そして、そこで活躍する担い手を育てることが私たちの目標であり責務であると考え、研究・教育に取り組んできました。各教員がそれぞれの研究分野で活躍するとともに、研究科としては、これらを支援し社会実装を促す体制作りを進めています。「環境研究推進センター」には、新たに「地域共創ビジョン推進室」を設置して、連携協定を結ぶ各自治体との協力体制を強化し、地域密着型の研究を推進しています。4月からは、もう一つのセンターとして「資源戦略研究センター」を立ち上げ、国際文化研究科を始めとする学内外との連携を進め、資源に関わる環境影響、サプライチェーン、地政学的リスク等を新しい視点から掘り下げる拠点とすべく、体制を整備しつつあります。

バンドン工科大学との部局間協定の更新、ソウル国立大学の Specialized Graduate School of Intelligent Ecological Sciences との連携協定締結など、国際連携も進めてきました。国費留学生優先配置プログラム「IESLP」と国際共同大学院プログラム「GP-RSS」の共同開催として行ったサマーセミナーでは、対面とリモートのハイブリッド形式で、活発なディスカッションが行われました。今後も、ポストコロナの体制を見据えながら、留学生の受け入れと国際連携を進めてまいります。

研究科創立時からご支援をいただいております DOWA ホールディングス寄附講座は2023年4月から第8期に入り、体制を刷新し、さらなる協力関係を構築してまいります。また関連各社様のご支援のもと開設した硬質材料環境科学人材養成履修証明プログラムは、2023年度からは「硬質材料環境調和設計学講座」として新たに研究・教育をスタートすることになりました。反応解析機器開発学（フロンティア・ラボ）寄附講座も期を新たにし、研究・人材育成・社会貢献を進めてまいります。さて、この20年の間に人々の環境に対する関心は急速に高まり、世界は脱炭素に向けて大きく舵を切り始めました。今こそ、私たちが培ってきた研究を社会に還元するときと考え、新たな20年に向けた歩みを力強く進めてまいります。

今後とも、ご指導ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

Prefatory Note

We sincerely appreciate your understanding and support for the research and educational activities of the Graduate School of Environmental Studies at Tohoku University. The year 2022 made us keenly aware of the importance and fragility of peaceful everyday life due to Russia's sudden invasion of Ukraine. In Japan, we are gradually returning to how things were before the three-year-long COVID-19 pandemic as we enter a new phase of pandemic management. However, the impact of the weakened yen has resulted in skyrocketing energy prices that are hitting our lives and the economy hard. In addition, it seems that the divisions between people and nations are gradually deepening. In times like these, it is important to think calmly about the future and to avoid being caught up in short-term setbacks.

The Graduate School of Environmental Studies was established in April 2003 and will soon celebrate its 20th anniversary. During this time, the goal and responsibility we have strived to accomplish through our research and education have been to envision the future of “technology” for sustainable resource and energy use and the “people and society” that sustain it, and to foster the people who will play a role in advancing these fields. Each faculty member is active in their respective research fields, and as a graduate school, we are working to establish a system that supports these efforts and promotes their implementation into society. The “Environmental Research Promotion Center” has established a new “Co-creation for Social Innovation Division” to strengthen collaboration with each municipality that has signed a cooperative agreement and to promote researches that work closely with local communities. In April, we will launch another center, the “Institute for Resource Initiatives” to deepen our understanding of resource-related environmental impacts, supply chains, and geopolitical risks from a new perspective, and we are developing a base for these initiatives while collaborating with faculties both inside and outside the university, including the Graduate School of International Cultural Studies.

Furthermore, we have worked to promoted international collaboration, such as updating the inter-faculty agreement with Bandung Institute of Technology and finalizing a collaborative agreement with the Specialized Graduate School of Intelligent Ecological Sciences at Seoul National University. At the Summer Seminar held as a joint event between the International Environmental Security Leadership Program (IESLP) and the International Joint Graduate Program in Resilience and Safety Studies (GP-RSS), attendees participated in active discussions that were held in a hybrid format of face-to-face and remote meetings. In the future, we will continue to accept international students and to promote international collaboration, while considering the post-COVID-19 situation.

The Endowed Division by the DOWA Holdings Co., Ltd., which has supported us since the establishment of the graduate school, will enter its 8th term in April 2023, refreshing its structure and building further cooperative relationships. The Hard Materials Environmental Science Human Resource Development Certification Program was established with the support of various related companies and starting the academic year 2023, it will offer new research and education as the “Course for Environmental Harmony Design of Hard Materials.” The Innovative Analytical Pyrolysis (Frontier Laboratories, Ltd.) Endowed Division will also start its new academic year and will continue to strive to advance research, human resource development, and social contribution.

Over the past 20 years, interest in the environment has rapidly increased among people, and the world has begun to steer significantly towards decarbonization. We believe that now is the time to share the research we have cultivated with society and vigorously advance in the new 20 years.

We respectfully request your continued guidance and support.

CONTENTS

ページ					
1	ごあいさつ	環境科学研究科長	Prefatory Note	Dean, Graduate School of Environmental Studies	

先進社会環境学専攻

Department of Environmental Studies for Advanced Society

資源戦略学講座	Resources Strategies	
4	地球環境計測・分析学分野 地球環境の正確な観察・計測・分析と記録、 またそのための装置・技術・方法の開発 平野伸夫 助教	Geo-environmental Measurement and Analysis Measurement, observation and equipment development for understanding of various geosphere information
6	環境複合材料創成科学分野 次世代への持続可能なライフスタイルのための 機能性非金属軽元素材料の開発 佐藤義倫 准教授	Nanocomposite Science and Interfacial Materials Design Development of High-Functional Non-Metal Light Element Materials for a Next-Generation Sustainable Life Style
8	環境素材設計学分野 環境や生命に調和する材料デザインを求めて 上高原理暢 教授	Design of Environment-Friendly Materials Design of materials harmonizing with environment and life
10	環境修復生態学分野 環境調和型バイオテクノロジーによる汚染浄化と 資源回収技術の開発 井上千弘 教授	Geoenvironmental Remediation Development of Environmental Friendly Biotechnologies for Pollution Remediation and Resource Recovery
12	地球物質・エネルギー学分野 地殻流体が駆動する地圏環境の資源形成・ 脱炭素化プロセスの理解とその有効利用 岡本敦 教授	Geomaterial and Energy Geo-environmental systems driven by fluid-rock reactions
14	地球開発環境学分野 環境調和型開発システムに関する研究 高橋弘 教授	Earth Exploitation Environmental Studies Studies on environment-friendly development systems
16	地球開発環境学分野 地殻環境・エネルギー技術の新展開 坂口清敏 准教授	Earth Exploitation Environmental Studies Toward Advanced Environmental Geomechanics and Energy Technology
エネルギー資源学講座	Energy Resources	
18	分散エネルギーシステム学分野 サステナブルなエネルギーシステム実現に向けて 川田達也 教授 / 八代圭司 准教授	Distributed Energy System Toward the development of sustainable energy system
20	エネルギー資源リスク評価学分野 地球環境科学の深化と持続可能なエネルギー資源開発 駒井武 教授 / 渡邊則昭 教授	Resources and Energy Security / Socio-Environmental Dynamic Analysis (Environmental Policies) Deepening of Geo-Environmental Science and Sustainable Energy Resource Development
22	環境共生機能学分野 環境との共生・エネルギーの創製を担うナノ機能素材開発 高橋英志 教授 / 横山俊 准教授	Designing of Nano-Ecomaterials Development of functional nano-ecomaterials for energy and environment in the environmentally benign systems
24	国際エネルギー資源学分野 エネルギー戦略および新しい低炭素技術の普及に向けた舵取り 土屋範芳 教授 / 窪田ひろみ 准教授	International Energy Resources Governing energy strategies and the diffusion of new low-carbon technologies
環境政策学講座	Environmental Policies	
26	環境・都市エネルギー学分野 速やかな都市の脱炭素化に向けて 小端拓郎 准教授	Environmental Urban Energy Toward rapid urban decarbonization
28	環境・エネルギー経済学分野 ライフサイクル視点から真に持続可能な資源循環を目指す研究 松八重一代 教授	Environmental and Energy Economics Research for a true sustainable circulation of resources from a life cycle perspective
30	産業エコロジー分野 世界のサプライチェーンに内在した環境問題を可視化 金本圭一朗 准教授	Industrial Ecology Identifying environmental hotspots from global supply chains
寄附講座（DOWA ホールディングス）	Endowed Division (Dowa Holdings Co., Ltd.)	
32	環境材料政策学分野 高橋英志 教授 / 鳥羽隆一 教授 / バラチャンドラン ジャヤデワン 教授 環境循環政策学分野 白鳥寿一 教授 / 齋藤優子 准教授 環境物質政策学分野 上高原理暢 教授 環境調和型新素材の開発と、持続的な資源循環システムの構築を目指して	Study of Functional Materials Study of End of Life Materials Control Control of Environmental Materials Towards developing environmental friendly new materials and constructing sustainable resource recycling systems
連携講座	Collaborative Divisions	
34	環境リスク評価学分野（産業技術総合研究所） 「安全・安心」な地熱エネルギーの利用を目指して 浅沼宏 教授	Environmental Risk Assessment (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) Studies for utilization of safe and secure geothermal energy

先端環境創成学専攻

Department of Frontier Sciences for Advanced Environment

都市環境・環境地理学講座	Urban Environment and Environmental Geography										
36	環境地理学分野 地理学的視点から多様な人間 - 環境関係を解明する 中谷友樹 教授 / 埴淵知哉 准教授	Environmental Geography Understanding Diverse Human-Environment Relationships from Geographical Perspectives									
太陽地球システム・エネルギー学講座	Solar and Terrestrial Systems and Energy Sciences										
38	資源利用プロセス学分野 / 資源分離・処理プロセス学分野 資源の高度利用・環境保全のためのプロセス研究 葛西栄輝 教授 / 村上太一 准教授	Process Engineering for Advanced Resources Utilization / Resource Processing and Recovery Engineering Process Engineering Research for Advanced Resource Utilization and Environmental Conservation									
40	地球システム計測学分野 大気中のオゾン等微量成分の変動の研究 村田功 准教授	Earth System Monitoring and Instrumentation Variations of ozone and related trace species in the atmosphere									
42	水資源システム学分野 水資源と水環境に関する研究 久保田健吾 准教授 / 李玉友 教授 (工学研究科) / 佐野大輔 教授 (工学研究科) / 小森大輔 准教授 (工学研究科)	Urban and Regional Environmental Systems Researches on Water Resources and Environments									
自然共生システム学講座	Environmentally Benign Systems										
44	資源再生プロセス学分野 資源・物質循環型社会の実現を目指して 吉岡敏明 教授 / 亀田知人 准教授 (工学研究科) / 齋藤優子 准教授	Recycling Chemistry Aiming for a Resource Circulation Society									
46	環境分析化学分野 環境系・生体系物質計測への展開を目指した 新しい化学分析モチーフの開発 壺岐伸彦 教授	Environmental Analytical Chemistry Development of Chemical Motifs for Environmental and Biomedical Analysis									
48	環境生命機能学分野 マイクロ・ナノ電極を利用する環境・医工学バイオセンサデバイス および材料評価システムの開発 珠玖仁 教授 (工学研究科) / 伊野浩介 准教授 (工学研究科) / 井上久美 准教授 (山梨大学) / 熊谷明哉 准教授 (材料科学高等研究所、物質・材料研究機構)	Environmental Bioengineering Development of Environmental/Biomedical Sensors and Visualization Systems for Material Functions with Micro/Nano Electrodes									
資源循環プロセス学講座	Sustainable Recycle Process										
50	環境グリーンプロセス学分野 持続可能性の実現のためのシステム革新 福島康裕 教授	Environmental Green Process Study Systems Innovation for Sustainability									
52	複合材料設計学分野 環境に配慮したマルチファンクショナル複合材料の設計・開発・評価 成田史生 教授	Mechanics and Design of Composite Materials Design, development and evaluation of multi-functional composite materials									
環境創成計画学講座	Ecomaterial Design and Process Engineering										
54	環境分子化学分野 自然環境に順応する Chemical Engineering Technology の創製 大田昌樹 准教授	Environmentally-Benign Molecular Design and Synthesis Innovative experimental and theoretical technologies on chemical engineering for creating sustainable society									
56	環境材料表面科学分野 低環境負荷社会に資する新しい触媒材料の表面設計指針 和田山智正 教授 / 轟直人 准教授	Environmental Materials Surface Science Atomic-level design of novel catalyst materials for eco-friendly society									
寄附講座（フロンティア・ラボ）	Endowed division (Frontier Laboratories Ltd.)										
58	反応解析機器開発学 世界最先端の熱分解分析機器および分析技術の開発を目指して 吉岡敏明 教授 / 渡辺春 准教授	Innovative Analytical Pyrolysis Towards Development of Innovative Analytical Pyrolysis Technologies									
連携講座	Collaborative Divisions										
60	環境適合材料創製学分野（日本製鉄株式会社） 安全・安心な高機能鉄鋼の製造技術を通して、持続可能な社会に貢献 森口晃治 教授 / 松村勝 教授 / 大村朋彦 教授 / 成木紳也 教授	Process Engineering for Environmentally Adapted Materials (Nippon Steel Corporation) Development of manufacturing technology for safe and secure high performance steels contributing to sustainable society									
62	地球環境変動学分野（国立環境研究所） グローバルな大気環境や炭素循環の変化を捉える 中島英彰 教授 / 町田敏暢 教授	Global Environment (National Institute for Environmental Studies) Observation of Global Atmospheric Environment and Carbon Cycle Changes									
環境研究推進センター	Environmental Research Promotion Center (ERPC)										
64	環境研究推進センターの取組み 川田達也 教授 / 松原秀彰 特任教授 / 大庭雅寛 特任准教授	Activities of Environmental Research Promotion Center									
資源戦略研究センター	Institute for Resource Initiatives										
66	持続的社会のためのあらゆる“資源”の安全保障 土屋範芳 教授 / 吉岡敏明 教授 / 劉庭秀 教授 / 松八重一代 教授 / 駒井武 教授	Resources Strategy for Sustainable Society									
70	業績レポート	84	博士・修士論文題目一覧（令和4年3月・9月修了）	91	進路状況	92	TOPICS	101	索引	102	環境科学研究科事務室職員

トビックス

地圏環境の正確な観察・計測・分析と記録、 またそのための装置・技術・方法の開発

Measurement, observation and equipment development for understanding of various geosphere information



助教 平野 伸夫
Assistant Professor
Nobuo Hirano

本研究室では、地圏の様々な情報の理解に焦点を当てており、そのために必要な手法や装置の開発をおこなっている。主なターゲットは、熱水-岩石相互作用、地球内部の水熱条件下での岩石状態の把握、石英や長石など鉱物の自然および人工熱発光 (NTL, ATL) 計測、酸性温泉排水と金属アルミニウムを用いた水素の発生技術等である。

主に地熱および温泉資源の開発と有効活用を目的としたものであり、これらの研究成果を最終的には社会に還元したいと考えている。また、オートクレーブ等を用いる実験や測定方法などについて、可能性の検討やアイデアなどの提供もおこなうことが可能である。

The objective of the laboratory studies is to focus on measurements and observations to understand different geosphere information, for which we are developing apparatuses. Our main targets are water-rock interaction, the destruction of rocks under hydrothermal conditions at Earth's interior, natural and artificial thermoluminescence (NTL, ATL) of minerals such as quartz and feldspar, and hydrogen production from the reaction of strong acid hot spring drainage and aluminum metals.

Our main focus is the development and utilization of geothermal resources, and we will use these research results for social purposes. In addition, we will demonstrate the possibilities of and provide ideas for high-temperature/pressure experiments and measurement methods using autoclaves.

流体相変化に伴う岩石鉱物の破壊現象

これまでの研究で、花崗岩類を 400°C 以上の超臨界状態水中に設置し、急減圧をおこなうと内部流体の沸騰と断熱膨張に伴う温度低下によって、岩石に顕著なき裂を生じさせることが可能であり、数値シミュレーションの結果とも併せて検討し、岩石中の石英の存在が重要であることを報告してきた。この現象は地殻深部や火山近傍における岩石き裂発生原因を考える上で重要となる。これらの結果に加えて、高温熱水環境中での弾性波速度測装置および手法を考案し、温度及び圧力と弾性波速度の関係性を示した (Fig.1)。この結果は、地震にともなう弾性波の速度を利用して地下の状態を推測する手法である弾性波トモグラフィーへの応用が期待できると考えている。

Fracturing of rocks by fluid phase change

In previous studies, we have reported that the rapid decompression of granitic rocks in supercritical water at temperatures above 400°C can induce significant cracks in the rock due to the temperature drop caused by the boiling of the internal fluid and the adiabatic expansion, and that the involvement of quartz in the rock is significant, together with the results of numerical simulations. This phenomenon is important for understanding the causes of rock fractures in the Earth's deep crust and/or near volcanoes. In addition to these results, we devised an apparatus and method for measuring elastic wave velocities in high-temperature hot water environments and presented equations relating temperature and pressure to elastic wave velocities (Fig.1). The results are expected to be applied to seismic tomography, a method of inferring subsurface conditions using seismic wave velocities.

Preliminary geothermal exploration using thermoluminescence

A phenomenon called thermoluminescence (TL) has been observed in minerals constituting rock, especially quartz and feldspar, whereby energy originating from natural radiation stored in minerals is released when the minerals are heated and then energy accumulation is observed as emission light intensity. In other words, once heated, minerals emit less light, so minerals that have been in a geothermal environment should emit relatively less light. Therefore, by observing the amount of luminescence, it is possible to screen promising geothermal resource sites from the minerals in the rock samples obtained during surface exploration. Although quartz has been the main mineral used in this method, it has been found that feldspar can be used instead of quartz. Therefore, we conducted a TL value distribution study using feldspar in a geothermal field in the Republic of El Salvador, Central America, where quartz content is very low in the geothermal area. As a result, it was found that the distribution of feldspar TL values is consistent with the location of existing geothermal power plants and surrounding volcanoes (Fig.2). The results indicate that feldspar TL can be used for

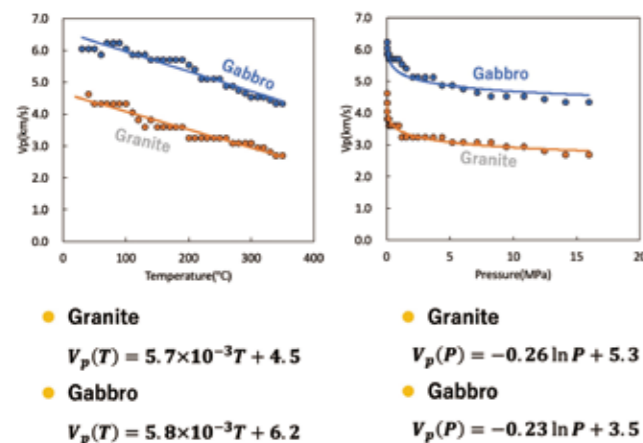


Fig.1 P-wave velocity changes in Granite and Gabbro under High T-P hydrothermal conditions.

鉱物の熱発光を用いた地熱兆候探査

岩石を構成する鉱物、特に石英および長石では鉱物熱発光 (Thermo luminescence, TL) と呼ばれる現象が観察される。これは鉱物内に蓄えられた自然放射線を起源とするエネルギーが、鉱物が加熱されることにより解放され、エネルギー蓄積量が発光強度として観察される現象である。これは、一度加熱された鉱物は発光量が小さくなることを意味しているため、地熱環境にあった鉱物は相対的に発光量が小さくなるはずである。これを利用すれば、大規模な物理探査前の地表踏査などで得られた岩石試料中の鉱物から、地熱資源有望地のスクリーニングがある程度可能である。この手法で使用される鉱物として主に石英を扱ってきたが、石英の代わりに長石も使用可能であることがわかってきた。そこで、石英の含有量が非常に乏しい中米エルサルバドル共和国の地熱地帯において、長石を使用した TL 分布の調査をおこなった。その結果、長石 TL 値の分布が既存の地熱発電所および周辺の火山との位置関係と整合的であることが判明した (Fig.2)。これらの結果から長石 TL についても石英 TL と同様に地熱探査に利用できることが判明し、この手法の応用範囲が広がったといえる。

玉川温泉酸性排水を用いた水素発生および発電実験

これまでの実験から、金属アルミニウムを 50-60°C 程度の pH1-2 の強酸性溶液と反応させた場合に水素を発生させる事が可能であることが判明している。これは、従来の水熱反応による水素生成の方法よりも非常に低い温度であり工業的な利用が期待できる。これまでは比較的純度の高いアルミニウムと玉川酸性温泉水を使用した実験をおこなってきたが、今年度はアルミニウム精錬の際に排出されるアルミニウムドロスと呼ばれるアルミニウム含有粉を使用した実験をおこなった。使用したドロスはアルミニウム精錬のリサイクルシステムに組み込むことのできない低品質のものである。実験結果として、水素の発生は確認できたものの、水素の発生量が非常に小さいことが判明した (Fig.3)。この結果、一応水素発生用アルミニウム源として利用可能であるものの、粉末状であることや水素発生量が小さい事が問題点として挙げられ、ドロスをアルミニウム源として使用するには、これらの問題に対する解決策が必要であることが判明した。

geothermal exploration in the same way as quartz TL, thus expanding the range of applications of this method.

Hydrogen generation and power generation from aluminum with acid hot spring water at low temperature

Hydrogen is generated when a strongly acidic solution at pH 1-2 and metallic aluminum react at about 50-60 °C or hotter. This is a much lower temperature than is used in the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. In the past research, experiments have been conducted using pure aluminum and Tamagawa acidic hot spring water, but this year's experiments were conducted using aluminum-containing powder called *aluminum dross*, which is discharged during aluminum refining. The dross used was of low quality and could not be incorporated into the aluminum refining recycling system. The experimental results showed that although hydrogen was produced, the amount of hydrogen was very small (Fig.3). As a result, although the dross can be used as an aluminum source for hydrogen generation, its powdered form and small amount of hydrogen generation were identified as problems, and it was found that solutions to these problems are necessary before the dross can be used as an aluminum source.

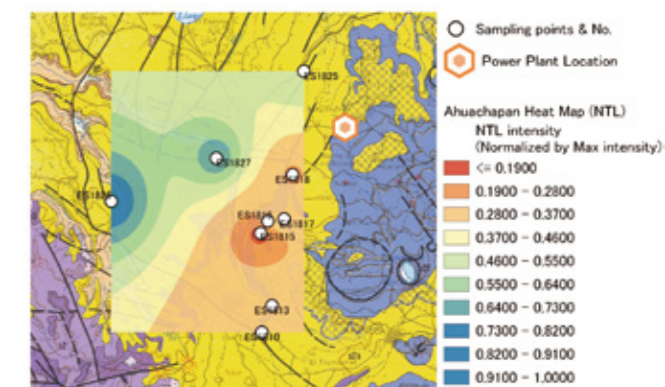


Fig.2 TL values map in the Ahuachapan geothermal area, El Salvador.

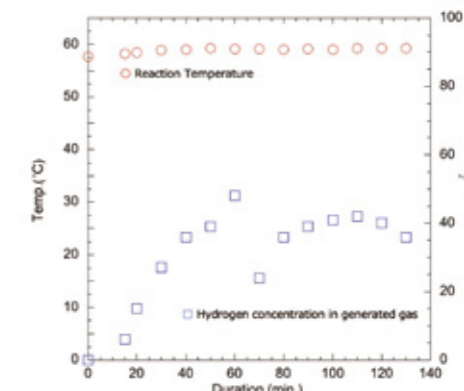


Fig.3 Results of hydrogen production experiments using aluminum dross.

次世代への持続可能なライフスタイルのための機能性非金属軽元素材料の開発

Development of High-Functional Non-Metal Light Element Materials for a Next-Generation Sustainable Life Style



准教授 佐藤 義倫
Associate Professor
Yoshinori Sato

ナノ物質の機能を最大限に活かした高次機能性を持つ集合体・複合材料・有機/無機ハイブリット材料を創成することは、最も魅力的な研究の一つである。本研究室では、表面・界面設計に基づいて、ナノ物質の特性をバルクまで持ち合わせた集合体・複合材料・有機/無機ハイブリット材料の設計・合成・評価を行い、「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals: SDGs)」にも関わる次世代のクリーンエネルギー分野に必要な不可欠な軽量かつ高機能なエネルギー材料(特に非金属軽元素材料)の創成に挑戦している。研究を遂行するにあたり、軽元素のホウ素、炭素、窒素、酸素、フッ素、硫黄、リンを用いた高機能な表界面を持つ非金属軽元素材料の開発を行っている (Fig.1)。

Our laboratory is in the research area of advanced nanomaterials for clean energy (alternative energy and hydrogen energy). To fabricate, assemble, and composite organic/inorganic materials with high-performance functions created from combinations of each material's properties is one of the most fascinating and necessary areas of research. In this laboratory, we design, synthesize, and characterize the assembly, composites, and organic/inorganic materials based on surface/interface design to apply nanomaterials' properties to bulky materials (Fig. 1). In particular, we have challenged ourselves to create and develop highly functional nonmetal light element materials (carbon-based materials including boron, nitrogen, oxygen, fluorine, sulfur, and phosphorus) with high-performance surfaces and interfaces. Such materials are necessary for the field of next-generation clean energy, which in turn is needed to meet sustainable development goals (SDGs).

熱可塑性樹脂と炭素繊維の界面接着強度に関する炭素繊維表面の表面改質

航空機の機体は熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維強化熱硬化性プラスチック (carbon fiber reinforced thermosetting resin: CFRTS) が使われている。しかし、熱硬化性樹脂では硬化が不可逆反応であるため、CFRTS はリサイクル性に劣る。今後、熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維強化熱可塑性プラスチック (carbon fiber reinforced thermoplastics: CFRTTP) の開発が必要である。CFRTTP の開発の課題は、炭素繊維と熱可塑性樹脂との界面結合力の向上である。本研究では、熱可塑性樹脂と炭素繊維との界面結合力における炭素繊維表面の表面改質について調べている。

酸素還元反応のための欠陥導入炭素ナノ材料触媒の開発

新しいエネルギーシステムとして、様々な方法で生成でき貯蔵・輸送が可能な水素エネルギーが考えられている。その水素エネルギー

Surface modification of carbon fiber surface to improve the interfacial bond strength between thermoplastic resin and carbon fiber

Carbon fiber reinforced thermosetting resin is used in airframes, but it has poor recyclability because curing is an irreversible reaction in thermosetting resins. In the future, carbon fiber reinforced thermoplastics (CFRTTP) with thermoplastic resin should be developed. The challenges in the development of CFRTTP are to improve the interfacial bonding strength between carbon fiber and thermoplastic resin. In this study, we investigate the surface modification of carbon fiber surface to improve the interfacial bond strength between thermoplastic resin and carbon fiber.

Development of defect-induced carbon nanomaterial catalysts for oxygen reduction reaction

Hydrogen energy is a candidate for a new alternative energy system because hydrogen molecules can be generated from various resources,

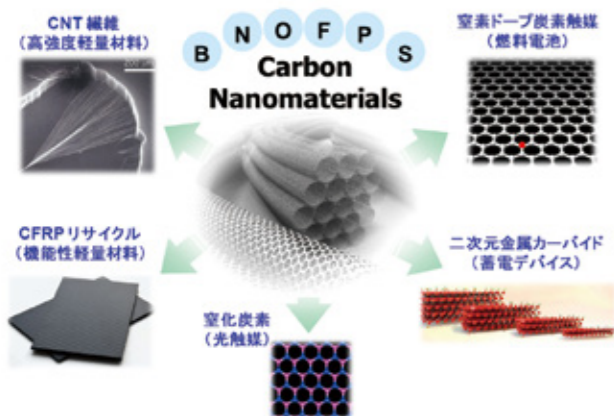


Fig.1 Our research topics.

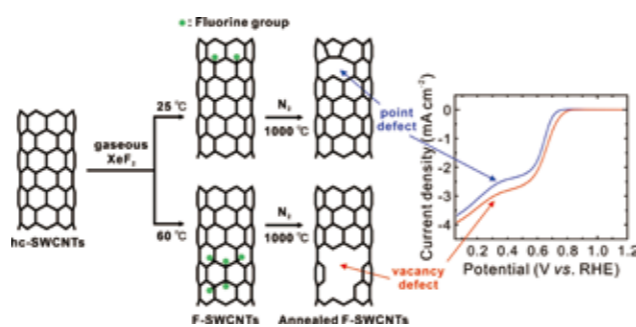


Fig.2 ORR catalytic activity of the defect-induced SWCNTs in alkaline aqueous solution.



Lab members (2022).



New crews. Tomoki Ikeda (left) and Kosei Morita (right).



Spicy curry party.

ギーの利用で期待されている固体高分子形燃料電池 (polymer electrolyte fuel cell: PEFC) は、様々な課題のため広い普及には至っていない。その課題の一つが酸素還元反応 (oxygen reduction reaction: ORR) 触媒として使用されている白金触媒である。白金は埋蔵量が少なく、寿命が短い。そこで、白金を使用しない炭素ナノ材料触媒が埋蔵量や耐久性の点で注目されている。特に欠陥導入炭素ナノ材料は高い触媒活性を示すが、そのメカニズムは解明されていない。本研究では、欠陥導入炭素ナノ材料の ORR 触媒活性メカニズムの解明のために、フッ素化-脱フッ素化を経由することにより、様々な空孔欠陥を選択的に炭素ナノ材料へ導入することを行っている。

2次元窒化チタン化合物の合成

PEFCでは、負極での水素酸化反応 (hydrogen oxidation reaction: HOR)、正極での ORR によって発電される。電解質には酸性やアルカリ性の水溶液が使用されるため、耐酸性、耐アルカリ性の電極触媒が要求される。2次元材料 MXenes は、遷移金属 (Ti, V, Nb, Mo) と非金属軽元素 (C, N) から構成される層状化合物であり、耐酸性に優れている。本研究では、高性能な HOR 触媒や ORR 触媒を目指し、高導電性を持つ2次元窒化チタンの合成を行っている。

受賞 / 学術会議

- ・森田 寛、エネルギー環境奨学賞 (4年生)
- ・森田 寛、第45回フッ素化学討論会、京都市 (ポスター発表)

研究費

- ・共同研究費 (ステラケミア株式会社 / 代表)

共同研究

- ・ステラケミア株式会社 (研究部)

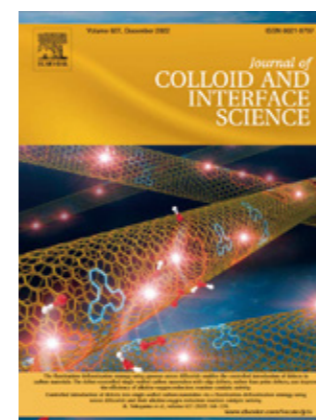


Fig.3 Illustration of defect-induced SWCNTs (Front cover in Journal of Colloid and Interface Science).



Fig.4 Energy and Environment Scholarship Award (Hiromu Morita).

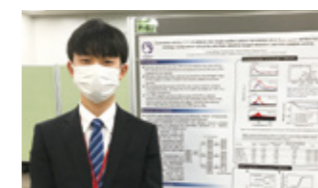


Fig.5 Snapshot at the 45th Fluorine Conference of Japan (Hiromu Morita).

stored, and transported. Although hydrogen-energy-harnessing polymer electrolyte fuel cells (PEFCs) have been expected, they have not yet been widely used. Platinum, which is used as an oxygen reduction reaction (ORR) catalyst, is an expensive and non-abundant resource, and it has poor durability for ORR activity. Therefore, metal-free carbon nanomaterials have been developed as alternative platinum catalysts. In particular, defect-induced carbon nanomaterials have been reported to exhibit especially high ORR catalytic activity. However, the ORR mechanism has not been clarified. In this study, we try to introduce selectively defects into carbon nanomaterials via a fluorination-defluorination process to clarify the mechanism of ORR catalytic activity for defect-induced carbon nanomaterials..

Synthesis of Two-Dimensional Titanium Nitride

PEFCs are operated by the hydrogen oxidation reaction (HOR) at an anode and the ORR at a cathode. Acid- and alkaline-resistant electrocatalysts are required because acidic and alkaline aqueous solutions are used as electrolytes. Two-dimensional materials, MXenes, which have excellent acid and alkaline resistance, are layered compounds composed of transition metals (Ti, V, Nb, and Mo) and non-metal light elements (C and N). In this study, we synthesize two-dimensional titanium nitride with high conductivity to achieve high-performance HOR and ORR catalysts.

Awards / Academic conference

- ・Hiromu Morita, Energy and Environment Scholarship Award
- ・Hiromu Morita, The 45th Fluorine Conference of Japan, Kyoto (Poster)

Grants

- ・Collaboration grant (STELLA CHEMIFA Corporation/PI)

Collaborations

- ・STELLA CHEMIFA Corporation (Research Division)

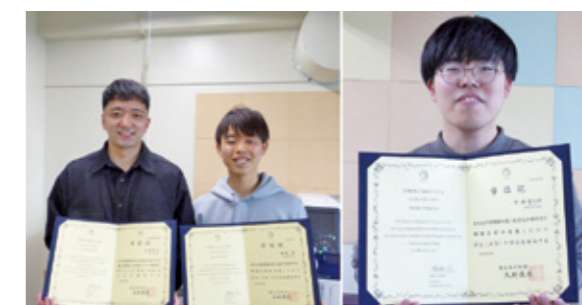


Fig.6 Graduation photo (March 2021). From left, Yota Sakamoto (M2), Hiromu Morita (B4), and Ryutaro Nakata (B4).

環境や生命に調和する材料デザインを求めて

Design of materials harmonizing with environment and life



教授 上高原 理暢
Professor
Masanobu Kamitakahara

現在、我々は様々な材料を利用して生活を営んでいる。持続可能な社会を構築するためには、環境科学の観点からの材料のデザインが必要である。本分野では、材料と自然・生命現象の相互作用についての基礎学術に立脚し、環境科学の観点から、生命や環境と調和し、さらには積極的に生命や自然に働きかけて新しい調和を生み出す材料のデザインの探求を行っている。具体的には、生体を修復するための材料、微生物を利用したバイオリアクターのための担体材料、環境を浄化するための材料、などの開発を行っている。

Nowadays, we are using many materials in our daily lives. From the viewpoint of environmental science, materials design helps to build a sustainable society. In this laboratory, based on the fundamental science of the relationship between materials and phenomena in nature and life, we study the design of materials that produce harmony between the environment and human life from the viewpoint of environmental science. We are studying and developing biomaterials to repair our bodies, materials for bioreactors, materials to clean the environment and materials that are in harmony with the environment.

骨再生を目指したリン酸カルシウムセメントの作製

代謝に組み込まれる骨修復材料の創製を行っている。骨再生を促す注入可能なセメント状の人工骨の開発が求められている。これまでに、生体内で吸収され骨の代謝に組み込まれるリン酸カルシウム球状多孔質顆粒の作製に成功している。これらの球状多孔体をリン酸カルシウム骨セメントに組み込むことにより、細胞や骨組織の進入可能なマクロ気孔と体液やタンパク質の進入可能なミクロ気孔の両方を有する新規な多孔質リン酸カルシウム骨セメントの開発を進めている。不定形な多孔体顆粒を用いる場合に比べ、リン酸カルシウム球状多孔質顆粒を用いることで、顆粒の充填が起こりやすいことやマクロ気孔のサイズ分布を均一化できることを明らかにしている。リン酸カルシウム球状多孔質顆粒の種類や硬化に寄与する反応の工夫により、骨再生能力の高いセメントの作製を目指している。

また、生体吸収性の高いリン酸カルシウムセメントのデザインとして、リン酸化プルランなどの生体吸収性高分子とリン酸カルシウムを複合化したセメントの作製にも取り組んでいる。生体吸収性高分子

Preparation of calcium phosphate cement for bone regeneration

We are preparing bone repair materials that are incorporated into metabolism. Development of injectable artificial bone cements that promote bone regeneration is desired. We have succeeded in preparing spherical porous calcium phosphate granules that are incorporated into bone metabolism. By incorporating these spherical porous bodies into calcium phosphate bone cement, we developed a new porous calcium phosphate bone cement that has macropores that allow cells and bone tissue to enter as well as micropores that allow body fluid and protein to enter. We revealed that the use of spherical porous calcium phosphate granules facilitates granule packing and makes the size distribution of macropores uniform compared to the case of using irregular-shaped porous granules. We aim to produce cement with high bone regeneration ability by selecting the type of spherical porous calcium phosphate granules and the reaction that contributes to hardening.

In addition, as a design of highly bioresorbable calcium phosphate cement, we are also studying the preparation of cement that combines bioresorbable polymers such as phosphorylated pullulan with calcium phosphates. We aim to produce a cement with high bioresorbability that hardens even with a low calcium phosphate content due to the ability of bioresorbable polymers to retain particles. A student has received a poster presentation award at the academic conference for the achievement.

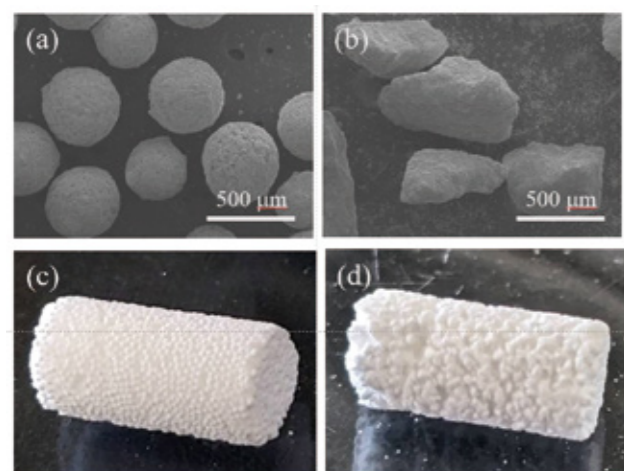


Fig.1 Spherical granules and irregular-shaped granules of calcium phosphate, and cements prepared from those granules. (a) Spherical granules (b) Irregular-shaped granules (c) Cement from spherical granules (d) Cement from irregular-shaped granules

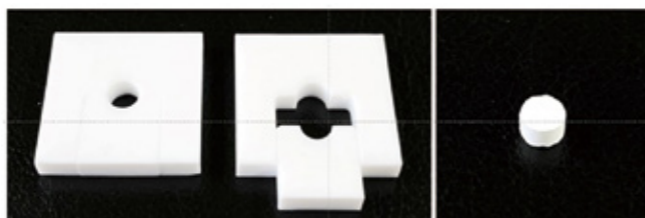


Fig.2 Cement mold and cement composed of calcium phosphate and biodegradable polymer.



助教 梅津 将喜
Assistant Professor
Masaki Umetsu

による粒子保持能力により、リン酸カルシウム含有量が少なくても硬化して生体吸収性の高いセメントの作製を目指している。その成果について、学生が学会でポスター発表賞を受賞している。

薬剤を担持した骨修復材料の作製

人工骨に薬剤を担持して機能を付与しようという試みが多くなされている。担持した薬剤を有効的に機能させるためには、薬剤の放出挙動を制御する必要がある。そのためには、薬剤の担持方法が重要であると考えられる。本研究では、薬剤の担持方法が薬剤の放出挙動に与える影響を調べている。骨再生能力の高いリン酸八カルシウム球状多孔質顆粒を溶解-析出反応により作製する際に、薬剤を共存させることで強固に薬剤を担持することができることを明らかにした。一方で、リン酸八カルシウム球状多孔質顆粒の作製後に薬剤を担持すると、高濃度で担持はできるが早期に放出してしまうことを明らかにしている。現在は、抗菌性を付与することを目指して、銀イオンを担持したリン酸八カルシウム球状多孔質顆粒の作製にも取り組んでいる。

微生物を利用したバイオリアクターのための担体材料の作製

微生物を利用したバイオリアクターによる金属回収や環境浄化などが注目されている。バイオリアクターの構築のためには、微生物を安定に担持できる材料が求められる。微生物の担持のためには、微生物が接着しやすい表面を持つ材料の開発が重要であると考えられる。本研究では、親水性の高い酸化チタンを表面に形成させることのできるチタン金属に注目した。種々の条件で酸化処理したチタン金属基板を作製し、その基板上での微生物の接着挙動について調べている。

学会等での活動

- ・上高原理暢：日本バイオマテリアル学会評議員、日本セラミックス協会生体関連材料部会幹事、無機マテリアル学会評議員等

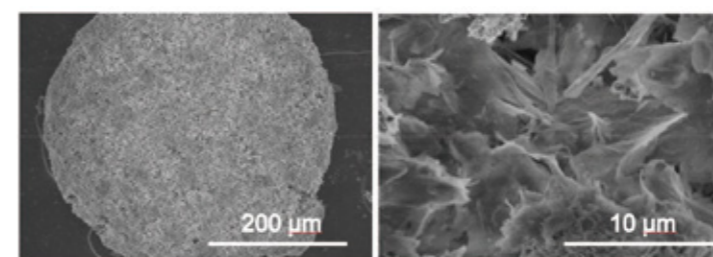


Fig.3 Octacalcium phosphate granules loaded with silver ions.



Group Photo

Preparation of drug-loaded bone repair materials

Many attempts have been made to load drugs on artificial bones to impart a function. To induce a drug's function effectively, it is necessary to control the drug's release behavior. For that purpose, we think the drug-loading method is important. In this study, we investigated the effect of the drug-loading method on the release behavior of the drug. We revealed that the drug could be firmly loaded on spherical porous granules of octacalcium phosphate having high bone regeneration ability when the granules are produced by a dissolution-precipitation reaction by coexisting with the drug. However, it was also revealed that when the drug is supported after the production of octacalcium phosphate spherical porous granules, it can be supported at a high concentration but is released at an early stage. At present, we are also studying the preparation of octacalcium phosphate spherical porous granules loaded with silver ions with the aim of imparting antibacterial properties.

Preparation of scaffold materials for bioreactors using microorganisms

Attention is being paid to metal recovery and environmental purification by bioreactors using microorganisms. To construct a bioreactor, a material capable of stably supporting microorganisms is required. To support microorganisms, it is important to develop a material with a surface on which microorganisms can easily adhere. In this study, we focused on titanium metal, which can form highly hydrophilic titanium oxide on the surface. Titanium metal substrates that have been oxidized under various conditions have been prepared, and the adhesion behavior of microorganisms on the substrates has been investigated.

Activities in academic societies

M. Kamitakahara: Committee Member of the Japanese Society for Biomaterials, Committee Member of Division of Ceramics in Medicine, Biology and Biomimetics of the Ceramic Society of Japan, The Society of Inorganic Materials, Japan, etc.

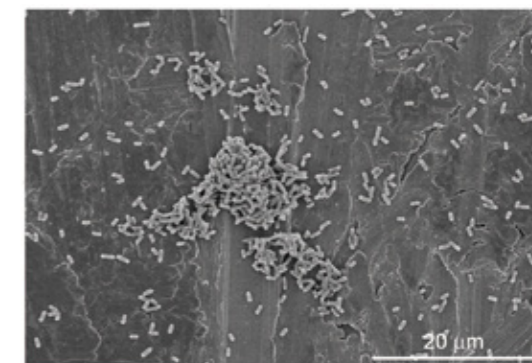


Fig.4 Microorganisms attached on titanium plate.

環境調和型バイオテクノロジーによる 汚染浄化と資源回収技術の開発

Development of Environmental Friendly Biotechnologies
for Pollution Remediation and Resource Recovery



教授 井上 千弘
Professor
Chihiro Inoue

当研究室は、深刻化している重金属や難分解性有機化合物による土壌・地下水の環境汚染、および鉱物やエネルギー資源枯渇問題を解決する有効な手法として、生物機能を活かした低コスト・低環境負荷の環境修復技術や資源回収技術により解決することを目指し、これらの技術開発に関する研究を行っている。以下 2022 年の主な研究活動を紹介します：(1) 植物を用いた有害重金属化合物による土壌・水環境汚染の修復に関する研究、(2) 複合生物系を利用した環境技術の開発に関する研究、(3) 生物工学的資源循環プロセスの構築に関する研究。

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic pollutants has been a serious environmental issue of global concern. Moreover, the depletion of certain mineral and energy resources is approaching. However, effective pollution removal and resource recovery methods with low environmental burdens have not been successfully developed and thus remain a challenge. Our target is to develop remediation and resource recovery technologies that reduce costs, energy demands, and environmental loads. Here, we introduce our major scientific activities in 2022: (1) phytoremediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) research on the development of environmental technology using complex biological systems, and (3) research on the construction of bioengineering-resource recycling processes.

植物を用いた有害重金属化合物による 土壌・水環境汚染の修復に関する研究

ヒ素 (As) やカドミウム (Cd) による土壌・水環境汚染の修復について、それぞれの高蓄積植物 (As: オオバノイノモトソウ, Cd: ハクサンハタザオ) を用いた基礎研究及び実証試験を継続し、今年 (1) 温帯植物のオオバノイノモトソウを亜寒帯地域に長期栽培し、ヒ素除去効果を実証した (Fig.1)。 (2) ハクサンハタザオは Cd を細胞壁や液胞など代謝の少ない部位に輸送・貯蔵することで Cd の高蓄積と毒性回避を同時可能にすることを確認した。

Phytoremediation of heavy metals from polluted soil and water

Regarding the phytoremediation of arsenic (As) and cadmium (Cd) from contaminated soil or water, we have continued the basic research on and demonstration of hyperaccumulators *Pteris cretica* (As) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* (Cd). First, in 2022, we carried out a long-term field trial of *P. cretica* in a subarctic area in Miyagi Prefecture and demonstrated its effectiveness in As removal (Fig.1). Second, we confirmed that *A. halleri* ssp. *gemmifera* transported and stored Cd in low-metabolizing sites such as cell walls and vacuoles, which enabled high Cd accumulation and avoidance of Cd toxicity.

複合生物系による環境技術の開発に関する研究

複合生物系・生物機能による環境技術の実用化に必要な環境・生物間相互作用の解明および機能予測を、ネットワーク解析を含むデータサイエンスの手法を取り入れて行っている。具体的には、モエジマシダの根圏微生物叢と代謝産物に対し、バイオインフォマティクスの手法による網羅的解析 (multi-omics) を行い、根圏に分泌され

Research on the development of environmental technology using complex biological systems

For the practical application of complex biological systems to environmental technologies, we have applied data science approaches, including network analysis and machine learning, to elucidate and predict the functions and interactions among organisms in the system, which is necessary for practical use. Particularly, we conducted a comprehensive analysis of the rhizosphere microbiome and metabolites of *P. vittata* via



Fig.1 Photo of *Pteris cretica* in the field with a close-up view in the upper right corner

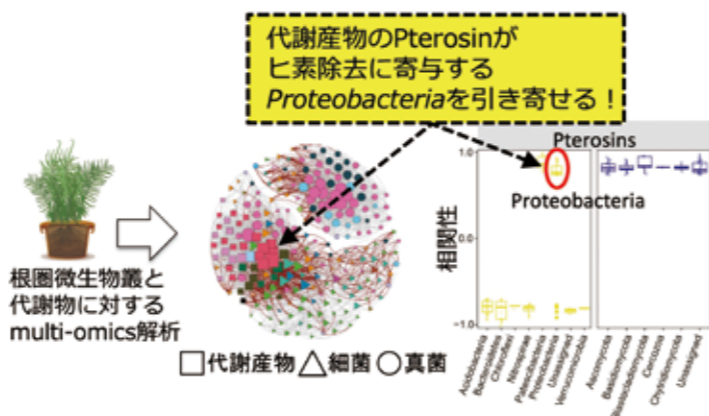


Fig.2 Multi-omics analysis to reveal plant-microbe interactions during phytoextraction



助教 簡 梅芳
Assistant Professor
Mei-Fang Chien

- 博士研究員 黄田 毅
- 技術補佐員 山本 麻理
横坂 かおり
青木 静
- 事務補佐員 工藤 悦子



2022 year end party

た pterosin はヒ素除去に寄与する微生物を引き寄せることを見出し、ヒ素除去の効率化に重要な条件の一つ明らかにした (Fig.2)。

生物工学的資源循環プロセスの構築に関する研究

生物による金属資源の回収を目的とし、微生物の金属吸着形質を付加したシアメタルの Mo と Ni の吸着酵母の作製に成功している。回収プロセスの構築に向けた微生物の固定化技術についても検討している。廃棄系バイオマスからのエネルギー生産を狙い、合成生物学の技術を取り入れた生物工学プロセスを構築し、廃棄バイオマスからのグルコースと同等のバイオエタノール転換効率を達成した (Fig.3)。

multi-omics approaches and found that pterosins secreted to the rhizosphere attracted microorganisms that contribute to As removal, which revealed an important hint to efficient As removal (Fig.2).

Research on the construction of bioengineering-resource recycling processes

Aiming at the recovery of metal resources through a biological process, we have succeeded in producing adsorption yeast for rare metals Mo and Ni by adding metal adsorption traits of microorganisms. We are also studying technology that can immobilize microorganisms for the construction of a recovery process. Aiming to produce energy from waste biomass, we have constructed a bioengineering process that employs synthetic biological technology and have achieved bioethanol conversion efficiency equivalent to that of glucose from waste biomass (Fig.3).

受賞・登用

簡梅芳 (助教)

- ・第五回東北大学優秀女性研究者賞「紫千代萩賞」 植物・微生物による環境浄化機構の解明および有効利用の研究 (Fig.4)
- ・第六回バイオインダストリー協会奨励賞 生物学的環境技術の効率化に寄与する生物間相互作用の解明と応用展開 (Fig.5)

工藤宏史 (D3)、韓凝 (D2)、Agni Lili Ariyanti (D2)

- ・東北大学 JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム 継続

Awards and appointments

Dr. Chien

- ・Murasaki Sendai Hagi Award from Tohoku University for work entitled “Elucidation and effective utilization of environmental purification mechanisms by plants and microorganisms” (Fig.4)
- ・Encouragement Award from the Japan Bioindustry Association for work entitled “Elucidation and application of the interactions among organisms that contribute to improving the efficiency of biological environmental technologies” (Fig.5)

Mr. Kudo (D3), Ms. Han (D2), Ms. Ariyanti (D2)

- ・Tohoku University Advanced Graduate School Pioneering Research Support Project for PhD Students

学会発表、その他活動

国内学会では 10 月に生物工学会、11 月環境バイオテクノロジー学会において、簡助教、D3 工藤、D2 韓、Arriyanti、M2 三村、Jittayasotorn、M1 小嶋により計 7 件の発表を行った (Fig.6)。国際学会では 8 月に D3 の Sari と D2 の Arriyanti が 2nd International Conference on Environmental Socio-Economic, and Health Impacts of Degraded and Mining Lands に、11 月に D3 の Stephanie が 24th International Biohydrometallurgy Symposium にそれぞれ口頭発表を行った。

Presentations in conferences

Dr. Chien, Mr. Kudo (D3), Ms. Han (Dr), Ms. Ariyanti (D2), Mr. Mimura (M2), Mr. Jittayasotorn (M2), and Mr. Kojima (M1) gave presentations at domestic conferences (Fig.6). Ms. Sari, Ms. Ariyanti, and Ms. Stephanie gave presentations at international conferences.

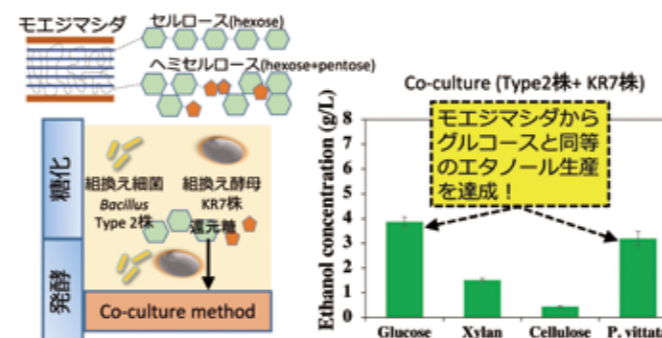


Fig.3 Bioprocess which efficient transfers waste phytomass to bioethanol



Fig.4 Photo of Assist. Prof. Chien in Ceremony of Murasaki Sendai Hagi Award from Tohoku University



Fig.5 Photo of Assist. Prof. Chien in Ceremony of Encouragement Award from the JBA



Fig.6 Group photo in annual meeting of Japan Society for Environmental Biotechnology

地殻流体が駆動する地圏環境の資源形成・脱炭素化プロセスの理解とその有効利用

Geo-environmental systems driven by fluid-rock reactions



教授 岡本 敦
Professor
Atsushi Okamoto

地圏環境において流体は化学反応や物質・エネルギー移動を促進し、岩石-流体反応はグローバルな物質循環、表層環境、資源形成など、人間社会にも大きな影響を与える。本年は、岩石へ二酸化炭素が継続的に固定されるメカニズムを室内実験から解明し、フィールド調査からその実証を進めている。次世代エネルギーである超臨界地熱資源について、貯留層温度評価手法を開発するとともに、室内実験により超臨界条件下での空隙生成を試みている。また、金属資源や海底生物圏のエネルギー源として重要な海底熱水鉱床について、研究航海による実地調査、熱起電力測定実験、流通式反応実験、機械学習を通して、元素輸送・鉱物析出過程やエネルギー生成機構の解明を進めている。

In geo-environments, fluids facilitate chemical reactions and mass and energy transfer, and fluid-rock reactions have a significant effect on human society, including global geochemical cycles, surface environments, and resource formation. In this year, we have clarified the mechanisms of continuous fixation of carbon dioxide in rocks by laboratory experiments and have validated the mechanisms through field investigations. For supercritical geothermal resources, one of the next-generation energy resources, we have developed a method to evaluate reservoir temperature from drill samples, and we are trying to understand pore-generation mechanisms under supercritical reservoirs by laboratory experiments. We are also investigating the mechanisms of elemental transport, mineral precipitation, and energy generation in submarine hydrothermal deposits through cruise field surveys, thermal electromotive force measurements, hydrothermal flow-through experiments, and machine learning.

マントル岩石への CO₂ 固定化の自己促進機構の解明

自然界では CO₂ は岩石中に固定され地球内部を循環している。この地圏環境の CO₂ 固定化メカニズムを理解し、大気中の CO₂ 削減技術につなげるために、室内実験及び野外調査に基づく研究を進めている。マントル岩石のアナログ物質である MgO を用いた室内実験により、水や二酸化炭素を吸収する反応の体積変化により亀裂が生じ、浸透性を増大させることで、CO₂ 固定化が加速されることを明らかにした (Fig.1; プレスリリース 2022 年 1 月 18 日)。オマーンオフィオライトなどフィールド調査を行い、破壊を伴う CO₂ 固定化プロセスが地表に露出したマントル岩石でも大規模に起こっていることを示した (Fig.2)。

沈み込む炭素は地球内部にも影響を与える。沈み込み帯深部を再現する反応実験を行い、地殻-マントル境界において、大きな元素移動を伴いながら水や二酸化炭素が固定されることを示し、表層と地球内部をつなぐグローバルな元素循環、及び CO₂ 流体と地震発生との関係を検討している (科研費基盤研究 (S))。

超臨界地熱資源と岩石-流体反応による空隙形成

超臨界地熱システムの発達過程と資源量を評価するために、最新の岩石学的温度計を葛根田地熱地帯の掘削時のコアカッティング

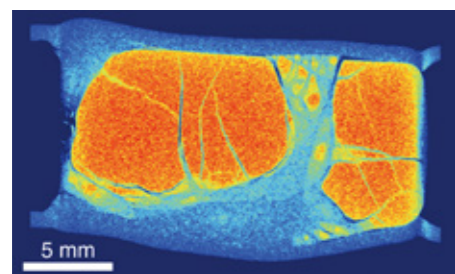


Fig.1 X-ray CT Image of the experimental products showing reaction-induced fracturing during volatile-consuming reaction.

Self-accelerated CO₂ fixation in mantle rocks

In nature, CO₂ is fixed in rocks and circulates in the Earth's interior. To understand the mechanism of CO₂ fixation in the geosphere and to develop technologies to reduce atmospheric CO₂, we are conducting research based on laboratory experiments and field studies. Laboratory experiments using MgO, an analogue of mantle rocks, have revealed that CO₂ fixation is accelerated by the volume increase of reactions that absorb water and carbon dioxide, causing cracks and increased permeability (Fig.1; press release January 18, 2022). Field studies, including the Oman Ophiolite, have shown that fracture-associated CO₂ fixation processes occur even on large-scale mantle rocks exposed at the Earth's surface (Fig.2).

Subducting carbon also affects the Earth's interior. Reaction experiments simulating the deep subduction zone have shown that water and CO₂ are fixed at the crust-mantle boundary with large elemental transfers. In addition, the global elemental cycle linking the surface and the Earth's interior and the relationship between CO₂ fluid and earthquake occurrence are being investigated (Grant-in-Aid for Scientific Research (S)).



Fig.2 Field work on carbonate veins in serpentinites within the Oman ophiolite (Jan 2023).



助教 宇野 正起
Assistant Professor
Masaaki Uno



助教 ダンダル オトゴンバイヤル
Assistant Professor
Dandar Otgonbayar

ス試料に適用した。その結果、熱伝導と対流の効果を示唆する精度の高い連続的な温度プロファイルを得ることに成功した (Fig.3)。この方法は、地熱資源を評価するための精度の高い新たな手法として期待される。さらに、超臨界地熱貯留層の条件での流体と地殻岩石の反応実験を行い、同位体ラベリングや反応前後の X 線 CT 撮像による空隙形状の解析により、空隙形成を支配する反応条件とそのメカニズムを検討している。このような、地殻の流体反応に伴うナノスケールからフィールドスケールの構造形成と元素移動について、ユトレヒト大学 (オランダ) やメリーランド大学 (アメリカ) との国際的な共同研究を進めている (Fig.4)。

海底熱水系の岩石-流体反応と資源形成

日本近海にも数多く存在する海底熱水系は、レアメタルなどの重要な金属鉱床を作るとともに、特異な生態系を支えるエネルギー源としても注目されている。新青丸による小笠原での研究航海によりチムニーと熱水の採取を行った (Fig.5)。チムニー及び黒鉱試料の解析により、硫化物のチムニーは構成鉱物や化学組成によって変化する半導体特性を明らかにした。さらに、黒鉱中の石英粒子について、水熱実験により、水の状態変化に伴って、準安定鉱物から形成したことを明らかにした。

また、海洋底の熱水循環について、鉄の酸化に伴う水素エネルギー発生が温度と岩相により系統的に変化することを実験的に見出すとともに、機械学習を用いて海底熱水変質に伴って元素選択的溶脱・固定が起こっていることを明らかにした。

【受賞】 杉岡純平 (修士課程 2 年) 地球惑星科学連合大会学生優秀発表賞 2022 年 5 月 25 日、高橋美咲 (修士課程 2 年)・松野哲士 (博士課程 1 年) 環境科学研究科優秀発表賞 2022 年 10 月 28 日

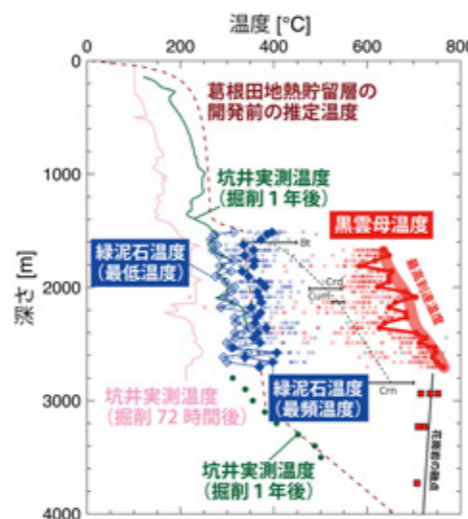


Fig.3 Temperature profile estimated by petrological thermometry along the well of the Kakkonda geothermal field.



Group Photo

Supercritical geothermal resource and porosity formation induced by fluid-rock reaction

Petrographic thermometry was applied to core cuttings samples from drilling in the Kakkonda geothermal field. As a result, we succeeded in obtaining highly accurate and continuous temperature profiles suggesting the effects of heat conduction and convection (Fig.3). This method is expected to be applicable as a highly accurate and simple method. Furthermore, we are conducting high temperature hydrothermal experiments, and we have revealed the reaction conditions and mechanisms to produce porosity in the supercritical geothermal reservoirs. International collaborations with Utrecht University (the Netherlands) and the University of Maryland (United States) are underway to investigate the linkage between nanoscale to field-scale structures in rocks and element transport associated with fluid reactions in the crust (Fig.4).

Fluid-rock interaction at seafloor hydrothermal systems and resource formation

Submarine hydrothermal systems, of which there are many in the seas around Japan, are attracting attention as a source of energy that supports unique ecosystems as well as creating important metal deposits such as rare metals. Chimney and hydrothermal samples were collected during a research cruise around the Ogasawara Islands by the Shinsei Maru (Fig.5). Analysis of chimney and black ore samples revealed that sulfide chimneys have semiconducting properties that vary with the constituent minerals and chemical composition. Furthermore, hydrothermal experiments on quartz grains in black ores revealed that they formed via the formation of metastable minerals as a result of changes in water density.

In addition, we experimentally found that the generation of hydrogen energy associated with iron oxidation varies systematically with temperature and lithology in the hydrothermal circulation of the ocean floor, and we clarified that element-selective dissolution and fixation occur with seafloor hydrothermal alteration by using machine learning. [Awards: J. Sugioka (M2): Best Student Presentation Award, JpGU, June 6 2022, M. Takahashi (M1), S. Matsuno (D1): Presentation Award, GSES, October 28 2022]



Fig.4 Workshop on water-rock interaction at Utrecht University, Netherlands (Nov 2022).

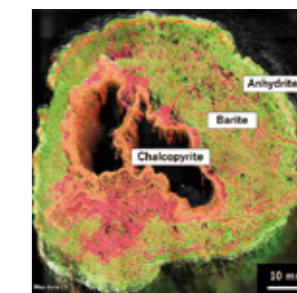


Fig.5 Elemental map of the cross section of Chimney from the Myojin Caldea taken from the scientific cruise to the Ogasawara (Aug 2022).

環境調和型開発システムに関する研究

Studies on environment-friendly development systems



教授 高橋 弘
Professor
Hiroshi Takahashi

本研究室では、環境調和型開発機械施工システムの構築を目指し、建設副産物の再資源化、開発機械の知能化、土砂災害現場における地盤情報取得技術の開発などを行っている。特に土砂災害現場における地盤情報取得においては、2021年4月より「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働 AI ロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、2022年は粘性土を対象とした掘削実験を行った。繊維質固化処理土工法の高度展開に関しては、(1) 廃石膏ボード紙を用いた繊維質固化処理土の強度特性、(2) Empty Fruit Bunch (EFB) を用いた繊維質固化処理土の強度特性に関する研究を実施した。さらにハンドガイド式軟弱泥土回収機械の開発に関する基礎研究、画像を用いた破砕堆積物粒度推定に関する研究などを実施した。

The research activities of this laboratory are as follows. As for the measurement of ground information at the landslide disaster sites, we have participated in the Moonshot R&D Project (Collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction) since 2021, and we have begun research on estimating ground strength using excavating resistive force. As for the advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method, the present study evaluated (1) the strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper and (2) the strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using empty fruit bunches (EFBs). As for the advanced study of construction machinery, fundamental studies on development of a hand-guided, sludge-recovery machine and estimating grain size of crushed rocks using images through bucket excavation were conducted.

掘削抵抗力を用いた地盤強度推定に関する研究

本研究室では、2021年度より、「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働 AI ロボット」のムーンショットプロジェクトに参加し、「掘削抵抗力を用いた地盤強度推定」をテーマに研究を開始した。本年は以下の研究を行った。

(1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた粘性地盤の強度推定:

珪砂 6 号および真砂土に笠岡粘土を混合した粘性地盤を作成し、バケットモデルにより地盤を掘削し、抵抗力を測定するとともに、平均掘削抵抗力と地盤強度 (コーン指数) との関係について検討した (Fig.1)。

(2) ブレードに作用する掘削抵抗力を用いた粘性地盤の強度推定:

(1) と同じ土砂を用いて粘性地盤を作成し、ブレードモデルにより地盤を掘削し、抵抗力を測定するとともに、平均掘削抵抗力と地盤強度 (コーン指数) との関係について検討した (Fig.2)。

(3) 回転時に履帯に作用する回転トルクを用いた砂質土の強度推定:

2022 年は新たな履帯モデルを作成し、真砂土を用いた砂質土盤上で履帯モデルを回転させ、その際のトルクを計測するとともに、平均トルクと地盤強度 (コーン指数) との関係について検討した (Fig.3)。

Study on estimation of ground strength using excavating resistive force

We have participated in the Moonshot R&D Project Goal 3 (collaborative AI robots for adaptation of diverse environments and innovation of infrastructure construction) since 2021, and we have begun research on estimating ground strength using excavating resistive force. The following studies were conducted:

(1) Strength estimation of clay soil using excavator bucket: The excavating resistive force acting on a bucket was measured for clayey soil mixed with silica sand #6 or decomposed granite soil and Kasaoka clay. The relationship between the average excavating resistive force and the cone index was evaluated (Fig.1).

(2) Strength estimation of clay soil using a blade: The same clayey soil as in (1) was excavated using a flat blade, and the excavating resistive force was measured. The relationship between the average excavating resistive force and the cone index was evaluated (Fig.2).

(3) Strength estimation of sandy soil using rotating torque acting on crawler during turning: The torque during the rotation of a newly produced crawler model was measured for sandy soil. The relationship between the average rotating torque and the cone index was evaluated (Fig.3).



Fig.1 Apparatus for bucket excavation



Fig.2 Blade excavation experiment



Fig.3 Apparatus for crawler turning



助教 里見 知昭
Assistant Professor
Tomoaki Satomi



特任助教 劉曉東
Assistant Professor
Xiao Dong Liu

(4) ミニショベルを用いたフィールド試験:

宮城県大崎市三本木町のフィールドにおいて真砂土と笠岡粘土を混合した粘性地盤を作成し、3トンのミニショベルを用いてバケット掘削実験を行うとともに、新たな計測用のブレードを製作し、ブレード掘削実験を行った。またミニショベルを遠隔操作して地盤掘削を行い、遠隔で地盤強度推定を行う流れを確認した (Fig.4)。

繊維質固化処理土工法の高度展開に関する研究

本研究室では、未利用高含水比泥土の新しい再資源化工夫である繊維質固化処理土工法を開発し、本工法の高度展開を目指した研究を行っている。本年は、以下の検討を行った。

(1) 廃石膏ボード紙を用いた繊維質固化処理土の強度特性:

廃石膏ボード紙を用いて繊維質固化処理土を作成し、その強度特性について実験的に検討した。その結果、廃石膏ボード紙は古紙破砕物の代替品と成り得ることが確かめられた (Fig.5)。

(2) Empty Fruit Bunch (EFB) を用いた繊維質固化処理土の強度特性:

EFB を用いた繊維質固化処理土を用いた斜面修復に関して安全率の解析を行った。その結果、EFB を用いた繊維質固化処理土は通常土の斜面より安全率が向上することが確認された。

建設機械の高度化に関する研究

(1) ハンドガイド式泥土回収装置の開発に関する要素研究:

災害現場では大量の軟弱泥土が発生するが、民家や道路上の泥土は人力によって排除されている。そこで、ハンドガイド式の泥土回収装置の開発を目指し、要素研究を開始した。2022 年は泥土回収部分のブレード設計および含水比推定に関する基礎実験を行った (Fig.6)。

(2) 画像を用いた破砕堆積物粒度推定に関する研究:

従来は破砕堆積物の表面画像のみを用いていたため、堆積内部の粒度を得ることは困難であった。そこで、採鉱フルオートメーションを目指してバケット掘削による破砕堆積物の粒度推定に関する基礎検討を行った。



Fig.4 Field experiment using mini-shovel

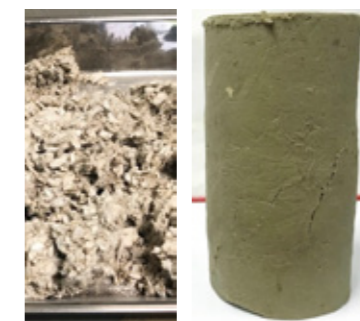


Fig.5 Modified soil by waste gypsum board paper



Fig.6 Experiment to measure water content in the soil

(4) Field experiment using a mini-excavator: Clayey soil excavation experiments using a 3-ton mini-excavator were conducted in the field located in Sanbongi, Osaki City, Miyagi Prefecture. In addition, blade excavation experiments were carried out using a newly produced blade. Furthermore, the process of remotely operating the mini-excavator to excavate the ground and estimate the ground strength was examined (Fig.4).

Advanced study on the Fiber-cement-stabilized soil method

The following studies were conducted to achieve advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method as a new recycling method for unused mud with high water content:

(1) Evaluation of the strength characteristics of fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper: The compressive strength of the fiber-cement-stabilized soil using waste gypsum board paper was evaluated. The results showed that waste gypsum board paper can be an alternative to paper debris conventionally used (Fig.5).

(2) Evaluation of shear strength characteristics of the fiber-cement-stabilized soil using empty fruit bunches (EFBs): The result of slope-stability analyses showed that the fiber-cement-stabilized soil with EFBs improves the safety factor of a slope compared to the original soil.

Advanced study on construction machinery

(1) Elemental research on the development of a hand-guided, sludge-recovery machine: A large amount of weak mud is generated at disaster sites, whereas mud deposited on private houses and roads is removed by hand. In 2022, fundamental experiments were carried out on blade design in the mud collection section and on the estimation of the water content of the mud (Fig.6).

(2) Study on estimating grain size of crushed rocks by using images: Conventional methods only used the surface image of the crushed rocks, making it difficult to determine the grain size inside the deposits. A fundamental study on estimating the grain size by bucket excavation was conducted for full automation of mining.



准教授 坂口 清敏
Associate Professor
Kiyotoshi Sakaguchi

地殻環境・エネルギー技術の新展開

Toward Advanced Environmental Geomechanics and Energy Technology

2022年に当研究室で行った主な研究は以下のとおりである。

- 1) 軟岩体の水没鉛直井に適用可能な高精度地圧計測法の開発
- 2) 鉱物の粒内と粒界の破壊靱性の実測に基づくき裂進展シミュレーション
- 3) 超臨界 CO₂ による地熱貯留層岩石き裂のすべり挙動
- 4) 花崗岩のマクロ破壊靱性とマイクロ破壊靱性
- 5) 岩石の直交異方弾性と非線形弾性を考慮できる地殻応力評価法に関する研究

In 2022, our research activities were as follow:

- 1) Development of a high-precision rock stress measurement method applicable to submerged vertical borehole in soft rock mass
- 2) Simulation of crack propagation based on actual measurement of intragranular and intergranular fracture toughness of minerals
- 3) Slip behavior of a crack in geothermal reservoir rock by supercritical CO₂
- 4) Macro- and micro-fracture toughness of granite
- 5) Study on a rock stress evaluation method considering orthotropic and nonlinear elasticity of rock

軟岩体の水没鉛直井に適用可能な高精度地圧計測法の開発

軟岩体に対して、地表から削孔された水没している鉛直井で地圧測定が可能な新たな高精度地圧測定法として円錐孔壁ひずみ法を開発した。今年度は主に、実用化を目指した室内実験および原位試験を行い、以下の成果を得た。

- (1) 開発した掘削ビットによって所定の形状のポアホールを掘削・加工できることを確認した。
- (2) 開発したポアホールカメラで十分な解像度で円錐孔壁の観察ができることを確認した。
- (3) どぶ漬け接着法の実用性を確認した (Fig.3)。
- (4) ストレインセルを含む測定部と貼り付け装置を分離する機構 (新たに開発) が想定通りの機能を果たすことを確認した (Fig.4)。
- (5) 開発した掘削ビット、センタリングガイド等で想定通りのオーバーコアリングができることを確認した。



Fig.1 In-situ test for (3)



Fig.2 In-situ test for (4)

Development of a high-precision rock stress measurement method applicable to soft rock submerged vertical borehole

The conical borehole wall strain method has been developed as a new high-precision rock stress measurement method for soft rock mass that is submerged in vertical borehole drilled from the ground surface. In this fiscal year, we mainly conducted laboratory experiments and in situ tests aimed at practical application, and we obtained the following results. (1) We confirmed that the developed drilling bit can drill and process a borehole with a predetermined shape. (2) We confirmed that the developed borehole camera can observe the conical borehole wall with sufficient resolution. (3) The practicality of the dipping adhesion method for the strain-cell adhesion was confirmed (Fig.3). (4) We confirmed that the mechanism (newly developed) that separates the measurement unit, including the strain cell, from the attachment device functions as expected (Fig.4). (5) We confirmed that the developed drilling bit, centering guide, etc. could perform overcoring as expected. (6) We confirmed the usefulness and effectiveness of the biaxial sensitivity test using the recovery core to which the strain cell is adhered.

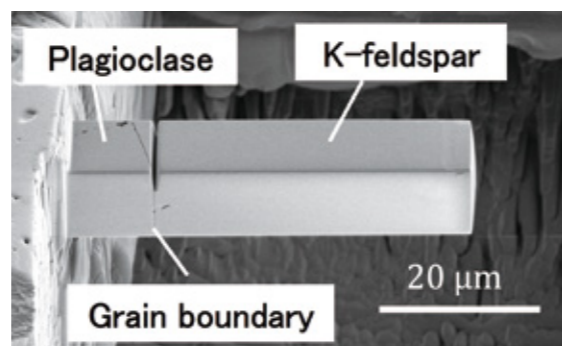


Fig.3 Specimen for grain boundary fracture toughness test

(6) ストレインセルが接着されている回収コアによる二軸感度試験の有用性・有効性が確認できた。

鉱物の粒内と粒界の破壊靱性の実測に基づくき裂進展シミュレーション

岩石の破壊メカニズムの解明を目的として、岩石の構成鉱物 (石英、カリ長石、斜長石、黒雲母) の個々の破壊靱性試験および2つの鉱物の粒界の破壊靱性試験 (Fig.3) を行い、得られたマイクロパラメータ (引張強度、粘着力、ヤング率) を用いてき裂進展の数値シミュレーションを実現した。破壊靱性試験はカンチレバー型の供試体を用いて、3種類の寸法の供試体 (10 μm × 10 μm × 50 μm, 20 μm × 20 μm × 50 μm, 20 μm × 20 μm × 100 μm) で行った。数値シミュレーションには個別要素法 (DEM) コード PFC2D を用い、SCB試験を対象としたシミュレーションモデルを、鉱物および鉱物粒界を模擬した GBM (Grain Based Model) で作成した。SCB試験のき裂発生、進展には、粒界や黒雲母といった弱い構成要素が影響を与えている可能性を明らかにした (Fig.4)。

超臨界 CO₂ による地熱貯留層岩石き裂のすべり挙動

超臨界 CO₂ 地熱発電の実現のために、超臨界 CO₂ による岩石の間隙水圧誘起すべり実験を行い、すべり挙動の特徴の検討、圧入媒体による挙動の比較を行った (Fig.5, 6)。き裂面の性状や圧入媒体の違い (水と CO₂) による、すべり挙動 (せん断膨張 → 初期すべり → 定常すべり) には違いが見られないことが示唆された。初期すべりと定常すべりの速度比を超臨界水と超臨界 CO₂ で比較した結果、後者の方が小さいことが明らかになった。したがって、超臨界 CO₂ 地熱発電は、誘発地震が抑制できる可能性を有している。

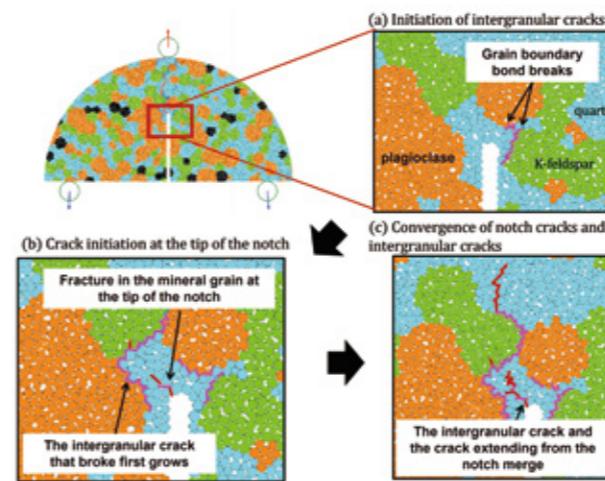


Fig.4 An example of numerical simulation results

Simulation of crack propagation based on actual measurement of intragranular and intergranular fracture toughness of minerals

Individual fracture toughness tests on the minerals (quartz, K-feldspar, plagioclase, and biotite) that compose rock and the grain boundary fracture toughness tests of two minerals (Fig.3) were conducted to elucidate the fracture mechanism of rocks. A numerical simulation of crack propagation was realized using the obtained microparameters (tensile strength, cohesion, and Young's modulus). The fracture toughness tests were conducted with specimens of three types of cantilever shape (10 μm × 10 μm × 50 μm, 20 μm × 20 μm × 50 μm, and 20 μm × 20 μm × 100 μm). The discrete element method (DEM) code PFC2D was used for numerical simulation. A simulation model for the SCB test was created using a grain-based model that simulates minerals and mineral grain boundaries. We clarified the possibility that weak constituents such as grain boundaries and biotite affect crack initiation and propagation in SCB tests (Fig.4).

Slip behavior of a crack in geothermal reservoir rock by supercritical CO₂

Pore-pressure-induced slip experiments of rock by supercritical CO₂ were conducted to investigate the characteristics of slip behavior and to compare the behavior with injected media for the purpose of realization of supercritical CO₂ geothermal power generation (Fig.5, 6). It was suggested that no difference exists in the slip behavior (shear expansion → initial slip → steady slip) due to the difference in the properties of the crack surface and the injection medium (water and CO₂). As a result of comparing the velocity ratio between the initial slip and the steady slip for supercritical water and supercritical CO₂, it was found that the latter is smaller. Therefore, supercritical CO₂ geothermal power generation has the potential to suppress induced earthquakes.

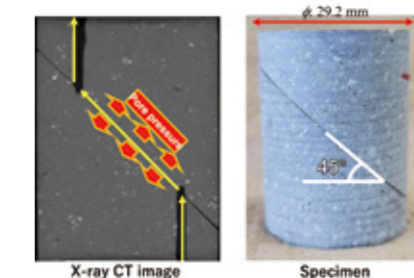


Fig.5 Specimen and image of pore pressure induced slip experiment

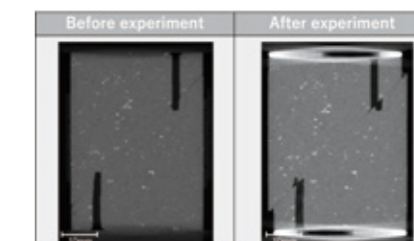


Fig.6 X-ray CT image of specimen of before and after experiment

サステイナブルなエネルギーシステム 実現に向けて

Toward the development of sustainable energy system



教授 川田 達也
Professor
Tatsuya Kawada



准教授 八代 圭司
Associate Professor
Keiji Yashiro



助教 リヤン アクマド ブディマン
Assistant Professor
Riyan Achmad Budiman



Group Photo

当分野の研究方針は、環境調和型社会の実現に向けた社会的要請の高い課題の解決である。現在はその中でも特に、高温電気化学デバイスによるエネルギー高効率利用に不可欠なエネルギー変換技術、およびエネルギー貯蔵技術、また地球環境保全に必要な環境技術の基盤技術および学理構築を重点課題としている。環境・エネルギー問題の解決には、化石燃料の高効率利用と再生可能エネルギーの安定供給のための新しい技術の普及が不可欠と考え、その技術基盤として、高効率、高耐久性の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) および固体酸化物形電解セル (SOEC) の実現に必要な技術課題を取り上げ、学内外の機関との協働し、システムに用いられる材料の使用環境における物理化学的、機械的挙動について、熱力学、固体化学、電気化学を基礎とする解析によって明らかにする。

Our research target is to develop environmentally friendly energy-conversion systems. Our special focus is on high-temperature electrochemical devices such as solid oxide cells, which are useful for high-efficiency energy conversion between chemical and electric energy. Research studies on the mechanical reliability of solid oxide fuel cells (SOFCs) and solid oxide electrolysis cells (SOECs), which are tightly linked with physicochemical and thermodynamic properties, have been performed through collaboration with other research groups inside and outside the university. A simulation code was developed to evaluate the deformation based on transient distribution of chemical potential inside the materials. The mechanical and physicochemical properties of the constituent materials have been measured at elevated temperatures in controlled atmospheres to be used for the simulation.

固体酸化物形燃料電池スタックの 高度評価・解析技術の研究開発

NEDO 委託事業において、発電効率の高い固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の 65% (LHV) の超高効率化、13 万時間以上の高耐久化に貢献する技術の確立を目指し、スタックの高度評価・解析技術の開発を行っている。当研究室も学内外との連携を含めて共同で研究を進めており、国内の SOFC 開発各社とも密接に連携して事業を推進している。高効率化では高い燃料利用率に起因してセル内各所での運転状態が異なり、劣化挙動にも大きな分布が生じる可能性があるため、セル内の局所的な劣化を詳細に評価検討する必要がある。当研究室はセルの機械的信頼性評価に関する開発を担っており、固体酸化物形燃料電池の信頼性評価プロトコルの開発なども行っている (Fig.1)。

Development of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of solid oxide fuel-cell stacks

The ongoing NEDO's project aims to develop advanced stack evaluation techniques for solid oxide fuel cell (SOFC) to achieve super-high efficiency of 65% LHV (lower heating value) and a lifetime of more than 130,000 hours. In this project, a research consortium organized by universities and institutes in Japan is collaborating with companies that have developed SOFCs. Under high-output conditions, high fuel utilization leads to different operating conditions at different locations within a cell. The degradation behavior may also differ from the average operating conditions. Therefore, the local degradation of the cell should be evaluated. Our laboratory contributes to the development of the mechanical reliability evaluation method. We also develop reliability evaluation protocols for solid oxide fuel cells (Fig.1).

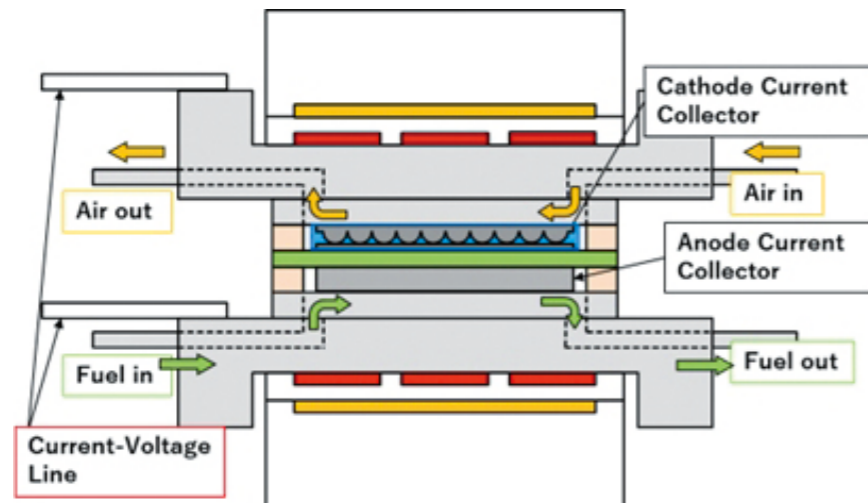


Fig.1 Apparatus for SOFC reliability assessment.

固体酸化物形燃料電池のセル強靱化技術の開発

2022 年度から開始した NEDO 委託事業「固体酸化物形電気化学セル強靱化技術の開発」において、酸化物が基本構成材料の SOFC を幅広い用途に展開可能なように支持体を金属とした強靱 SOFC セルの開発に取り組んでいる。プラズマ溶射法により作製した金属支持型セルにおいて 700°C で 0.7V、700mAcm⁻² という比較的高性能のセルを得ることができた (Fig.2)。現在、さらに耐久性や信頼性の向上を目指した開発を行っている。

高温共電解を利用した液体燃料製造の基礎技術開発

2050 年までにカーボンニュートラルを達成するには、電力供給だけでなく、原料・燃料として使用される一次エネルギーのカーボンニュートラル化が必要となる。DAC や CCUS 等で回収した CO₂ を使い、再生可能エネルギー由来の余剰電力を固体酸化物電解セル (SOEC) で二酸化炭素と水蒸気の共電解することで液体燃料製造に必要な合成ガスを高効率に生成する方式が提案されている。当研究室では SOEC 共電解用セルに必要な基本特性の評価・検討を行っている。電解反応時には電極形状変化による劣化が報告されている。長時間安定に運転可能な共電解セルの開発のために、この要因解析のために専用に設計したモデル電極セルの電極三次元形状を測定することで評価している (Fig.3)。

教育活動

2022 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、准教授 1 名、助教 1 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 5 名、修士学生 9 名、学部学生 8 名、研究生 1 名の学生 18 名の延べ 23 名で構成され、3 月には修士課程を 4 名が修了し、学部生 4 名は卒業後修士課程に進学した。

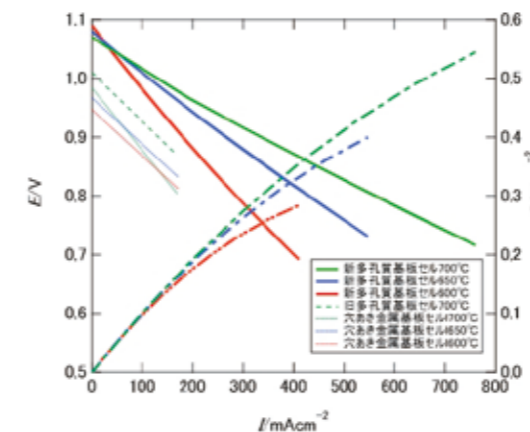


Fig.2 Cell performance of plasma spray metal support SOFC.

Development of cell-toughening technology for solid oxide fuel cells

In the NEDO project that began in FY2022, we have been developing tough metal-supported SOFCs, which can be used in a wide range of applications. A metal-supported cell with relatively high performance of 0.7 V and 700 mAcm⁻² at 700°C was fabricated by a plasma spraying method (Fig.2). Currently, we are working on further development to improve the durability and reliability of the metal-supported cell.

Fundamental technologies for liquid fuel production using high-temperature co-electrolysis

To achieve carbon neutrality by 2050, electricity generation and chemical-industry feed stocks and fuels for transportation must be decarbonized. Much attention has been given to a new fuel production process using captured carbon dioxide and renewable energy. Co-electrolysis of carbon dioxide and steam by solid oxide cells is proposed to produce a syngas for liquid fuel production. Our laboratory has evaluated the basic properties of co-electrolysis cells, finding degradation due to electrode shape changes during electrolytic reactions. To develop a co-electrolysis cell that can operate stably in the long term, we are evaluating this factor by measuring the three-dimensional electrode shape of a specially-designed model electrode cell (Fig.3).

Educational activities

Lab workers consist of five staff members (a professor, an associate professor, an assistant professor, a researcher, and a technical staff member) and 18 students (9 master's students, and 8 undergraduates, 1 research student). Four graduate students and four undergraduate students graduated in March.

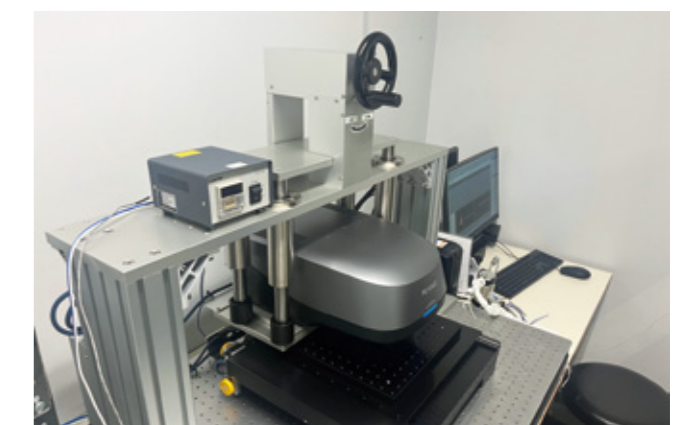


Fig.3 Geometry evaluation system for co-electrolysis cell.

地圏環境科学の深化と持続可能なエネルギー資源開発

Deepening of Geo-Environmental Science and Sustainable Energy Resource Development

エネルギー資源リスク評価学分野は、環境とエネルギー資源の相互作用に関する様々な研究成果をもとに、地球環境における物質循環に根ざした地圏システムの理解、エネルギー資源の開発にともなう安全保障および環境リスク管理、人の健康と自然環境との関係、地圏環境における土壌や地下水等の汚染問題、さらには有害化学物質のリスク評価に関する総合的な教育・研究を実施する。

本研究室の特色は、地球科学とエネルギー資源工学の学術を基礎として、地球環境および地域環境の保全に資する技術やシステムの研究開発を実施し、教育および研究を通じて学術や社会に貢献することである。学術集会や開発手法の技術公開、プレス発表等を通じて、研究成果を広く学術界および社会に発信している。

We have conducted various research in energy resource and environmental sciences and engineering, such as environmental risk assessments, geosciences and geoenvironment in light of energy resource production, geo-informatics, and so on, for our sustainable future. We have investigated hydraulic, mechanical, and chemical properties of rocks at a wide range of temperature and pressure conditions, as well as ways to control and utilize them, particularly for sustainable and profitable production of petroleum and geothermal resources as well as CO₂ sequestration and mineralization. Recently, we initiated research on a new method for CO₂ mineralization in which an environmentally friendly chelating agent is applied and is recycled to dissolve calcium silicate efficiently and produce high-purity calcium carbonate in an alkaline aqueous solution. Furthermore, we initiated new research on atmospheric CO₂ removal in croplands via enhanced weathering of industrial calcium-rich silicate by-products.

超臨界地熱貯留層の造成技術：超臨界水圧破砕法

発電に利用可能な超臨界水や過熱蒸気の生産が期待される400℃以上の地下環境での水圧破砕による地熱貯留層造成シミュレータおよび本シミュレータによる地熱貯留層造成シミュレーションの結果を国際学術雑誌上で発表した(Watanabe et al., *Geothermics*)。本シミュレータは、室内実験で明らかにした超臨界水圧破砕の発生条件および透水性増加量を組み込んだ三次元・超臨界地熱貯留層造成シミュレータである。本シミュレータを用いて、貯留層造成シミュレーションを実施した結果、水圧破砕により半径数百メートルの貯留層が形成できることや、初期地殻応力場の貯留層形成に及ぼす影響が明らかになった。

環境調和型キレート剤を用いた地熱貯留層の透水性改善技術

当研究室で発明した環境調和型キレート剤を用いた新・化学的刺激法により(特許7115692)、鉱物の沈殿を生じることなく、亀裂

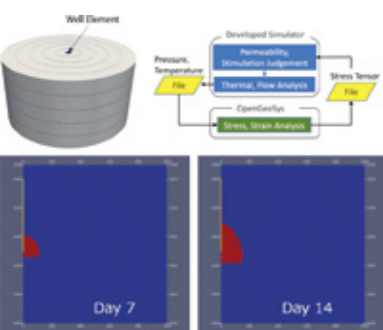


Fig.1 Simulation of supercritical geothermal reservoir formation

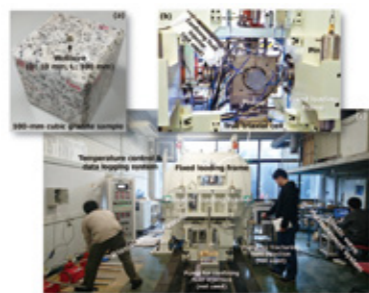


Fig.2 High-temperature true triaxial rock mechanics experimental system

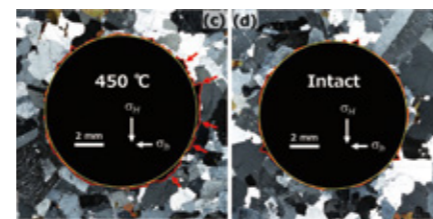


Fig.3 Wellbore failure of granite in a supercritical geothermal environment



教授 駒井 武
Professor
Takeshi Komai



教授 渡邊 則昭
Professor
Noriaki Watanabe



助教 中村 謙吾
Assistant Professor
Kengo Nakamura



Group Photo

を有する花崗岩(地熱貯留層となりうる岩石の一種)の透水性を迅速かつ大幅に向上できることがこれまでに示されている。エルサルバドルの地熱フィールドから採取した亀裂を有する火山岩に対して、キレート剤水溶液の流通実験を行い、火山岩からなる地熱貯留層でも新・化学的刺激法が有効であることを明らかにした(Salala et al., *Geothermics*)。

再生可能キレート剤を用いたCO₂の加速鉱物化プロセス

CO₂の加速鉱物化プロセスとして知られるpHスイングプロセスにおける主要課題(薬品の大量消費と廃液の大量発生)を解決するため、再生可能なキレート剤のアルカリ性水溶液を用いて、室温付近でCO₂の鉱物化を加速するプロセスを提案し、技術的な実現可能性を実験的に明らかにした(Wang et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*)。本プロセスは、弱アルカリ性におけるプロトンとキレート剤の攻撃によるケイ酸塩からのカルシウム(Ca)の加速抽出、強アルカリ性でのCaと炭酸イオンからの炭酸塩鉱物製造、およびCO₂ガスのキャプチャによる抽出液の再生からなり、全反応をアルカリ性条件下で実施し廃液を生じさせない革新的プロセスである(特開2022-102786)。

農地でのカルシウムに富む産業副産物の加速風化を利用した大気中CO₂除去技術

農地におけるカルシウムに富む産業副産物の加速風化は、大気中CO₂の大規模除去に利用できる技術として提案されているものの、本技術の有効性や特徴は実験的に明らかにされていない。そこで、農地土壌として黒ボク土、非農地土壌として真砂土、産業副産物としてポルトランドセメント、製鋼スラグおよびコールフライアッシュを用いた室内実験を行い、技術の有効性とその特徴を明らかにした(Yoshioka et al., *Frontiers in Environmental Science*)。

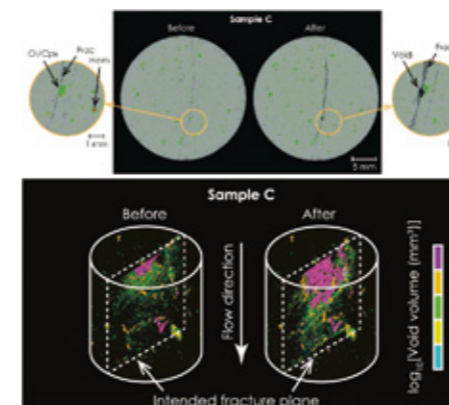


Fig.4 Void formation in a volcanic rock by a chelating agent flooding

granite (a type of rock that can serve as a geothermal reservoir) without causing mineral precipitation. Chelating agent flooding experiments on fractured volcanic rocks, taken from geothermal fields in El Salvador, were newly conducted, and as a result, it was shown that the new chemical stimulation method was also effective in geothermal reservoirs composed of volcanic rocks (Salala et al., *Geothermics*).

Enhanced CO₂ mineralization process using renewable chelating agent

To solve the major problems (i.e., large consumption of chemicals and generation of large amounts of waste fluid) in the pH swing process, which is a well-known enhanced CO₂ mineralization process, we proposed a new process to enhance CO₂ mineralization at around room temperature using an alkaline solution of a renewable chelating agent, and we experimentally demonstrated the technical feasibility of the process (Wang et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*). The process consists of enhanced extraction of calcium (Ca) from silicates by proton and chelating agent attacks in a chelating agent solution under weak alkalinity, production of carbonate minerals from Ca and carbonate ions in the same solution under elevated alkalinity, and regeneration of the extraction solution by CO₂ gas capture with the same solution. This chelating-agent-based enhanced CO₂ mineralization process conducts all reactions under alkaline conditions and produces no waste fluid.

Atmospheric CO₂ removal in croplands via enhanced weathering of calcium-rich silicate by-products

Enhanced weathering of calcium-rich industrial by-products in croplands has been proposed as a method that can be used for large-scale removal of atmospheric CO₂, but the effectiveness and characteristics of this method have not been experimentally clarified. Therefore, we clarified the effectiveness and characteristics by conducting laboratory experiments using andosol as agricultural soil, decomposed granite soil as nonagricultural soil, and Portland cement, steel slag, and coal fly ash as industrial by-products (Yoshioka et al., *Frontiers in Environmental Science*).

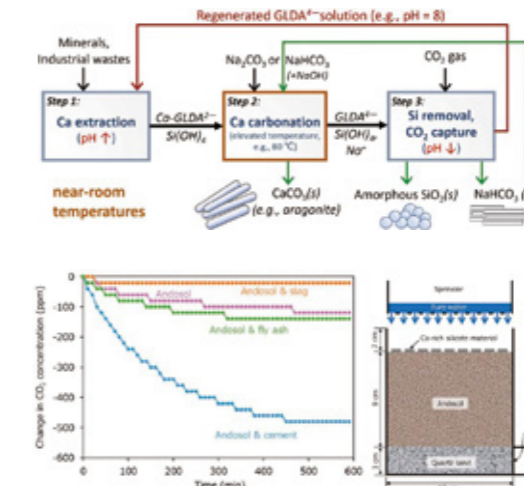


Fig.5 Enhanced CO₂ mineralization process using a renewable chelating agent

Fig.6 Atmospheric CO₂ removal by andosol with calcium-rich byproducts

環境との共生・エネルギーの創製を担うナノ機能素材開発

Development of functional nano-ecomaterials for energy and environment in the environmentally benign systems



教授 高橋 英志
Professor
Hideyuki Takahashi

ナノ材料は省資源で最高性能を発現する材料として期待されているが、真の意味で次世代環境対応型材料とするためには、目的とする機能を最大限に発現できる組成・結晶系・形態に制御する必要がある。この様な観点から、本研究室では、原材料中での材料の状態を計算及びX線構造解析等の機器分析を通じて厳密に制御し、その反応機構を電気化学的手法や質量分析等を利用して解明する事で、高効率且つ均質な状態のナノ材料を開発する手法を開発している。また、高性能を発現するための状態制御法の開発を行っている。研究は(A)自然エネルギー変換材料(化合物太陽電池用ナノ材料、熱電変換合金ナノ粒子、光触媒、など)、(B)機能性ナノ-エコ材料(均質合金ナノ粒子、高機能性電子用金属ナノ材料(Cu ナノ粒子、Cu ナノワイヤなど)、固体高分子燃料電池用機能性ナノ触媒材料、など)、(C)難溶性レアメタル等の抽出を可能とするための錯体制御技術、等に分類できる。

Hideyuki Takahashi Laboratory's research has focused on developing and using well-defined nanomaterials in our daily lives. In particular, we have developed methods for synthesizing and utilizing useful nanomaterials with specific morphology.

Our research objectives can be classified into (a) natural energy conversion materials, such as alloy nanoparticles for compound solar cells, thermoelectric alloy nanoparticles, and photocatalysts with specific morphology; (b) functional nano-eco materials, such as uniform and well-crystallized alloy nanomaterials, well-defined electric integration nanomaterials (Cu nanoparticle, Cu nanowire, etc.), and precise control of nanocatalysts for fuel cells; and (c) development of novel methods for extracting rare metals with precise control under complex conditions.

研究概要

遷移金属等の貴金属ではない金属のナノ材料を実用化することを念頭に、様々な金属/合金ナノ粒子を、環境負荷が少ない手法で合成する研究開発を行っている。特に、材料の特性の均質化や、高特性を発現する相の選択的合成、長寿命化、を達成するためには、均質で結晶性が高い金属/合金ナノ粒子であることが必要である。更に、工業的応用を念頭におくと耐酸化性が高くかつ表面被覆材の使用は限界まで低減する必要である。この様な全ての条件をすべて満たした金属/合金ナノ粒子を、ピーカー等の簡単な装置のみを用い、常温~70°C程度の水溶液中で、合成するという“現代の錬金術”と言える手法を開発している。

その為には、原料となる水溶液中において、金属の状態を均質化すること、合金を合成する様な場合には還元析出させるためのポテンシャルを単一化及び均質化することが必要である(合成する材料により、酸化および硫化をさせる場合もある)。そこで我々の研究室では計算手法を用いて水溶液中の金属錯体の種類等を制御し、その上で還元析出させる手法を開発した。

Research

To achieve industrial applications of transition metal/alloy nanoparticles instead of precious metal nanoparticles, various procedures for synthesizing these materials have been developed under low environmental loading conditions. In particular, a method of synthesizing “uniform” and “well-crystallized” metal/alloy nanoparticles should be developed to utilize the uniform properties, selective and high-performance, suitable phase, and long lifetime. Moreover, materials synthesized for commercial applications should have specific properties, such as high oxidative resistivity and low addition of surfactants. We have developed a method of synthesizing metal/alloy nanoparticles with the properties mentioned above using simple equipment and low energy conditions (RT-70°C) in the aqueous phase.

To synthesize “uniform” and “well-crystallized” metal/alloy nanoparticles, the condition of metals in the aqueous phase should be restricted to the homogeneous phase, and the reduction potential of both metal complexes should be equal. Sometimes, oxide materials and sulfide materials are also synthesized.

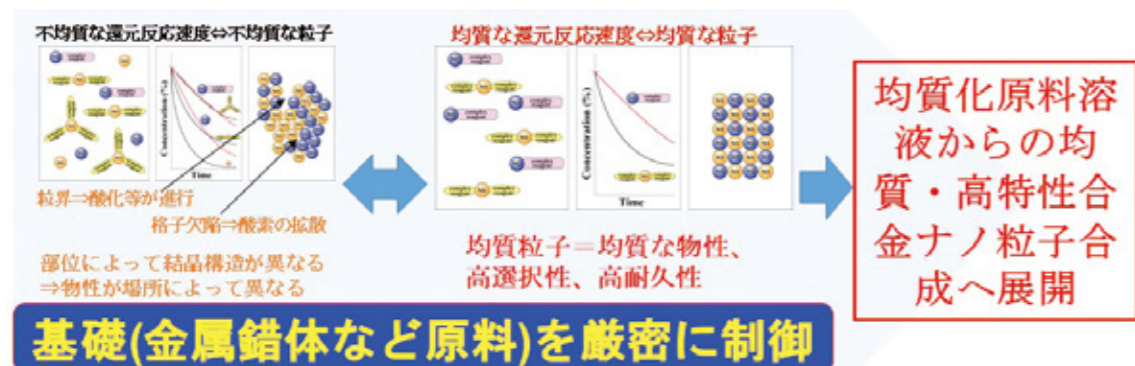


Fig.1 Schematic drawing of researches in H. Takahashi Lab (concept).



准教授 横山 俊
Associate Professor
Shun Yokoyama



助教 横山 幸司
Assistant Professor
Koji Yokoyama



技術職員 本宮 憲一
Technical Associate
Kenichi Motomiya

例えば、化合物太陽電池材料となるCu-In合金ナノ粒子やCu-In-Sナノ粒子、Cu-In-Sn合金ナノ粒子、Cu-Zn-Sn-Sナノ粒子を水溶液中で合成し、塗布することで太陽電池を形成させる技術を開発した。また、導電性が高く耐酸化性が高いCuナノ粒子やCuナノワイヤ、透明導電性材料用の特異な形状制御を行ったCu粒子、構造材料を低温で焼結するためのFeナノ粒子、等の合成と実用化を試みている。更に、エネルギー材料として、熱電変換材料や燃料電池材料、特異な形状で高機能を発現するストラティブアイド光触媒材料、を開発している (Fig.1)。

学生諸君の国際及び国内会議発表、その他の活動

高橋(英)研究室所属では、学生諸君の研究開発能力や意識、コミュニケーション能力に対するグローバル化を促進することにも重点をおいており、学生諸君の国際会議での発表や博士課程学生の留学を精力的に行っている。2022年度は、残念ながら、COVID-19の影響で例年より大幅に少ない11件の学会発表を行った。当該期間では、6月開催の資源・素材学会東北支部春季大会にてMC1の野田祐作さんが(最優秀賞(金賞)受賞)、9月に開催された2022年度資源・素材関係学会合同秋季大会にてMC2の荒谷優馬さん(若手ポスター発表賞受賞)、古賀広見さん、福岡薫さん、MC1の池谷駿之介さん、野田祐作さんが、10月に仙台で開催された第四回環境科学討論会にてMC1の池谷駿之介さん(優秀賞受賞)、野田祐作さん(優秀賞受賞)が、11月に秋田で開催された資源素材学会東北支部若手の会でMC1の池谷駿之介さん、野田祐作さんが、発表を行っている。また、本年度は、学生諸君が関わる1件の論文を報告した。

COVID-19の影響が低減すれば、次年度以降は、ECSやMRS、資源・素材学会、資源・素材学会東北支部大会、応用物理学会、など、国内外の学会にも積極的に参加し、成果の発表を行う予定である。また、自然エネルギーに関する周知活動や高大連携に係る東北大学講師派遣における出前授業なども再開する。

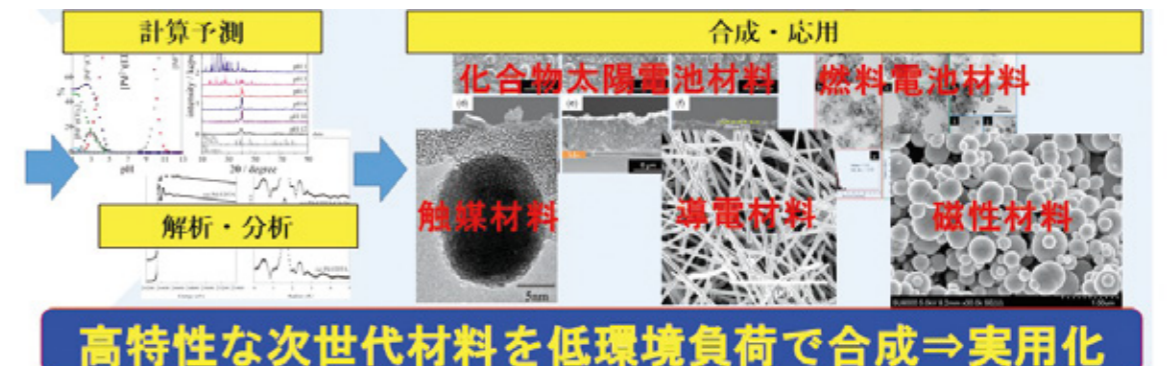


Fig.2 Schematic drawing of researches in H. Takahashi Lab (target).

エネルギー戦略および 新しい低炭素技術の普及に向けた舵取り

Governing energy strategies and the diffusion of new low-carbon technologies



教授 土屋 範芳
Professor
Noriyoshi Tsuchiya

国際社会が抱えるエネルギー問題、資源問題を複眼的にとらえ、地熱や水素エネルギー、評価技術開発、資源循環、二酸化炭素の迅速削減など、自然科学的および社会科学的手法を融合させて、持続的社会的なための総合的かつ体系的なエネルギー資源学の研究を進めている。

As tackling the ever-increasing energy and resources crises becomes a critical and urgent call, our group strives to run various research projects that combine natural and social sciences to study geothermal and hydrogen energy, resource recycling, and carbon emission reduction. We expect these meaningful research projects and essential developments to serve a carbon-neutral society for long-term sustainability.

地熱エネルギーと社会

地熱エネルギーは、再生可能かつクリーンであることから世界的に有望なエネルギー資源である。地下深く高温な環境で形成される超臨界地熱貯留層 (SGR: Supercritical Geothermal Reservoir) を利用することは未来技術として期待が寄せられている。当研究室では、SGRを再現するモデルとして花崗岩-斑岩システムに着目し、熱水角礫岩の形成からマグマ-熱水システムの流体進化を解明する研究を行っており、流体と誘発地震との関係解明に資する新たな知見が得られると期待されている。豊富な地熱資源を有する日本では、地熱開発が有望視される一方で温泉への影響を懸念する関係者の反対などもあり、地熱開発をはじめとする取り組みが停滞している。そこで、Agent Based Modeling を活用し、社会的ネットワークにおけるエージェント (人) の行動をモデル化することで、地熱エネルギーの社会受容性の成熟プロセスを分析している。

流体に関する地質学的プロセスと災害科学研究

流体移動は沈み込み帯における様々な地質学的プロセスにおいて重要な要素であり、火山活動をはじめとする地殻の変動現象、鉱床形成過程、地熱エネルギー推定、誘発地震発生に大きく影響する。そこで、地殻内部における流体の実態を理解することが重要であると考え、地震への流体の寄与、熱水破砕とそれに伴う角礫発生機構、地殻における流体フラックス推定方法確立、岩石学的観点による地震活動の理解、温泉水に含まれる希土類元素の沈殿挙動の解明など

Geothermal energy and society

As a renewable energy source, geothermal energy has enormous potential to power our world in a sustainable, reliable, and environmentally friendly way. Supercritical geothermal reservoirs (SGRs), formed deep underground at high temperatures, are a promising technology for future power generation. We study granite porphyry systems as the natural analogs for SGRs and investigate the fluid evolution of the magmatic-hydrothermal system, which helps explore the potential for more energy and contributes to clarifying the relationship between fluids and induced earthquakes. Given Japan has abundant geothermal resources but development continues to stagnate due to social issues such as opposition from relevant stakeholders, we use agent-based modelling (ABM) to simulate real-world social network behaviors and analyze social acceptance (i.e., social license to operate [SLO]).

Fluid-related geological processes and disaster science

Fluid movement is essential in various geological processes in subduction zones, such as crustal deformation, ore formation, and energy transfer in geothermal systems and earthquakes.

We are researching a wide range of geological topics, including the contribution of fluids to earthquakes, hydrothermal fracturing and brecciation mechanisms, fluid flux estimations from rock samples, discovery of seismic activity evidence, and rare-earth mineralization from hot spring water. We combine field observations, laboratory experiments, and numerical analyses to examine the above topics. Our laboratory also conducts disaster science research, such as tsunami



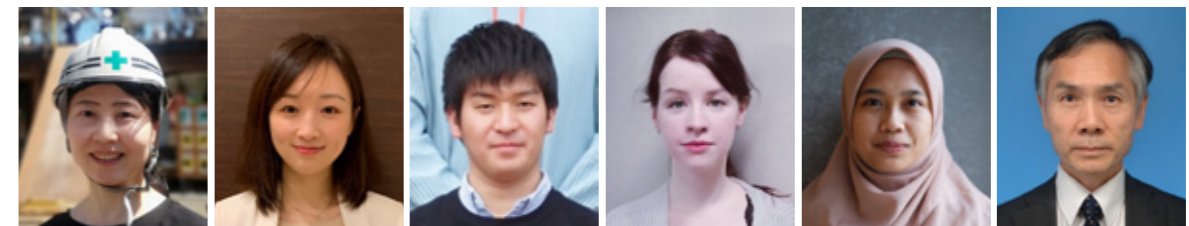
Fig.1 Field survey in El Salvador (SATREPS)



Fig.2 Hand-made equipment of Thermoluminescence installed at the University of El Salvador



Fig.3 Field survey in Lake District, Western Mongolia



准教授 窪田 ひろみ Associate Professor Hiromi Kubota
 助教 王 佳婕 Assistant Professor Jiajie Wang
 助教 末吉 和公 Assistant Professor Kazumasa Sueyoshi
 助教 ミンダリョウ ディアナ Assistant Professor Mindaleva Diana
 助教 パニー ノビタ アルピアーニ Assistant Professor Alviani Vani Novita
 助手 山岸 裕幸 Research Associate Hiroyuki Yamagishi

研究員
 ・アスティン
 ヌルディアナ
 ・バヤンホルド
 マンシール
 ・ゲリ アグロリ

幅広い地質学的テーマについて、野外観察、室内実験、数値解析などで研究を行っている。また、当研究室はビッグデータ分析を活用した津波堆積物の特定に基づく津波浸水域の推定などの災害科学研究も行っている。さらに、金属資源の安全保障のために、金属鉱石や原材料のトレーサビリティに関する研究を進めている。

CCUS と水素生成新技術の開発

カーボンニュートラルの目標を達成するためには、再生可能エネルギー生産や CO₂ の回収・利用・貯留 (CCUS) に関する新技術の開発が不可欠である。当研究室では、酸性温泉やアルミニウム廃棄物と地熱を利用した地域規模の水素エネルギー製造の応用 (秋田県仙北市玉川温泉) と本プロセスのライフサイクルアセスメント (LCA) を展開している。また、キレート材を活用して 100°C未未満で産業副産物から Ca を選択的かつ効率的に溶出し、価値のある高純度炭酸塩を生成する CCUS プロセスを開発し、電力会社、ガス会社、製錬会社等での応用を進めている。さらに、天然のキレート剤を用いて岩石の溶解を促進に関する研究も行っている。

2022年研究テーマ

- ・温泉水と廃アルミニウムによる水素製造
- ・地熱エネルギー利用の社会受容性解析
- ・歴史津波堆積物の識別のための AI 開発
- ・沈み込み帯での地熱資源の形成プロセスと超臨界地熱資源
- ・岩石 - 流体反応帯のフラックス解析による地震活動のモデルの構築
- ・キレート剤を用いた加速 CO₂ 鉱物化プロセス
- ・天然のキレート剤を用いた加速岩石溶解に関する研究

野外調査

- ・地熱地帯の探査 (エルサルバドル、宇奈月温泉等)
- ・太平洋沿岸の歴史津波堆積物調査 (災害研究)
- ・温泉地域での温泉利用と SLO 調査
- ・高圧変成岩地帯の地質調査 (モンゴル湖水地方)



Fig.4 Field survey in Unazuki Hot Spring

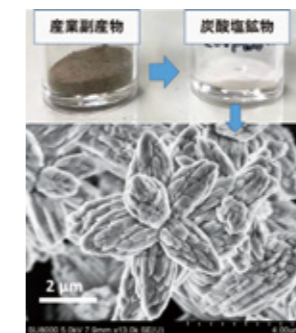


Fig.5 Aragonite production from industrial by-products

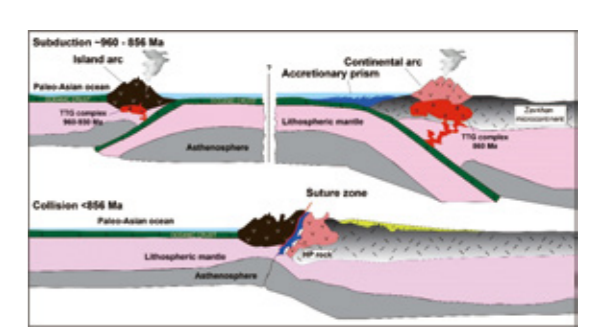


Fig.6 The tectonic model for the subduction of the Zavkhan Terrane and the collision

sediment identification based on big data analysis to estimate tsunami inundation zones. Furthermore, we are investigating the traceability of metal ores and raw materials to ensure the security of metal resources.

Towards a carbon-neutral society: Hydrogen energy and CO₂ capture, utilization, and storage

To achieve the goal of carbon neutrality by 2050, the development of new technologies for renewable energy production and CO₂ capture, utilization, and storage (CCUS) is urgent and essential. Our group is currently engaged in the application of local-scale green hydrogen production projects using acidic hot springs and aluminum waste (e.g., Tamagawa Hot Springs, Semboku City, Akita Prefecture). We have also developed a new CCUS process that uses recyclable chelating agents to promote Ca leaching from industrial byproducts at <100 °C and produces valuable high-purity carbonates. This process is expected to contribute significantly to CO₂ reduction, and we are promoting its application in electric power, gas, and smelting companies. In addition, we are also investigating the use of natural chelating agents to accelerate the dissolution of rocks.

Research Topics in 2022

- ・Hydrogen production using aluminum waste and hot springs
- ・Analysis of social acceptance of geothermal energy
- ・AI for identification of historical tsunami deposits
- ・Geothermal energy system in the subduction zone and supercritical geothermal energy
- ・Construction of seismic activity model by flux analysis of rock-fluid reaction zone
- ・CCUS using industrial wastes and recyclable chelating agents
- ・Natural chelating agents for the dissolution of rocks

Field Survey

- ・Volcanic area survey (El Salvador, Unazuki Hot Spring)
- ・Historical tsunami deposits (coastline of Pacific Ocean)
- ・Geothermal area survey for utilization and SLO analysis
- ・Geological survey in high pressure metamorphic terrane (Lake District, Mongolia)



准教授 小端 拓郎
Associate Professor
Takuro Kobashi

速やかな都市の脱炭素化に向けて

Toward rapid urban decarbonization

2022 年は、IPCC から第 6 次評価報告書 (AR6) が発表され人為起源の気候変動がますます深刻化していることが示された。世界気温の上昇を 1.5 度未満に抑えるためには一刻の猶予も許されない状況である。幸い太陽光や風力といった再生可能エネルギーが化石燃料より安くなりつつあるため、この再エネを使った脱炭素化がカギを握る。また、急速に普及が進む電気自動車 (EV) を、太陽光発電と一緒に活用することで非常に効果的な都市の脱炭素化が可能になる。本研究室では、屋根上太陽光発電と EV を組み合わせて都市の脱炭素化を行う「ソーラー EV シティ構想」の研究を行っている。2022 年は世界の都市 (韓国の都市、深圳、ジャカルタ) における Solar EV シティの研究結果を発表した。また、日本全国の市区町村の解析も行った。

In 2022, IPCC sixth assessment reports (AR6) were published, showing that climate change has intensified. To halt global warming within 1.5 °C, we have to achieve net-zero emission by 2050, which means we have no time left today. Because solar and wind power is increasingly cheaper than fossil fuels, renewable energy is a key to removing fossil fuels as an energy source. In addition, by using Electric Vehicles (EVs) as a battery for variable renewable energy, it is possible to reduce CO₂ emission in an economically efficient way. Therefore, we have been working on research using rooftop photovoltaic (PV) and EV (SolarEV City Concept) for urban decarbonization. In 2022, we published our results of the analyses for decarbonization on South Korean cities, Shenzhen, and Jakarta. In addition, we analyzed all the local municipalities in Japan.

ソーラー EV シティ構想

日本や多くのアジアの都市では、人口密度が高く土地が限られているため屋根上太陽光発電 (PV) を活用することが、都市の脱炭素化に有効である。しかし、屋根上 PV の普及には様々な課題がある。一つは、PV 発電の変動性であり、大容量 PV を都市の脱炭素化に有効に活用するためにはエネルギー貯蔵が必要になる。そこで、今後、急速な普及が予想される EV を蓄電池として活用することで、PV による脱炭素化の経済性が大きく高まる (より大きなエネルギー経費の節約につながる)。私たち研究グループは、この屋根上 PV と EV を蓄電池として組み合わせて都市レベルで脱炭素化を行うことを、「ソーラー EV シティ構想」と名付けて研究を進めている。これまで、札幌市、仙台市、郡山市、新潟市、京都市、岡山市、広島市、東京都区部、川崎市などの分析を行い、都市全体の屋根面積の 70% を活用しつつ、全ての自動車を EV とし、そのバッテリーの半分を PV の蓄電池として活用することにより、各都市の 53-95% の電力を供給できる。また、電力消費と自動車からの CO₂ 排出の 54-95% を削減できることがわかった。また、エネルギーコストの 26-41% の削減に繋がる可能性がある。特に、地方都市においては、一人当たり屋根面積と自動車台数が大きいため、最大 95% 近くの CO₂ 排出削減に繋がる。

Solar EV city concept

In many Asian cities with high population density, land is limited such that utilization of rooftop PV is an important option for urban decarbonization. However, using rooftop PV generation causes various problems. One is the variability of PV generation. By using EVs as storage, the economic efficiency of rooftop PV greatly improves, leading to greater energy cost savings and CO₂ emission reduction. Our research group conducted research on urban decarbonization by combining rooftop PV and EV as storage to support the "Solar EV City Concept." We analyzed Sapporo City, Sendai City, Koriyama City, Niigata City, Kyoto City, Okayama City, Hiroshima City, Tokyo Ward, and Kawasaki City, while utilizing 70% of the roof area of each entire city. By making

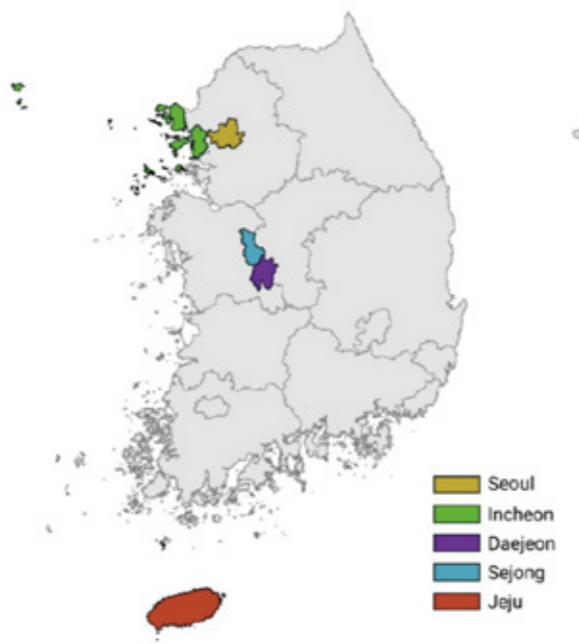


Fig.1 Analyzed Korean cities.

韓国の都市におけるソーラー EV シティ

ソウル国立大学との共同研究により、いくつかの韓国の都市の分析も行った。韓国の都市は、日本の住宅・低層ビルと違ってアパートやマンションなどの高層ビルが多い。つまり、日本の大都市型の都市が一般的のため、一人当たり屋根面積や自動車数が小さい。そのため、PV + EV の効率も日本の大都市に近いが、それよりも小さいことが分かった。つまり、PV+EV では、対象とする都市に供給できる電力に限られる。しかし、ジェジュ島は、低層の建物が多いため日本の地方都市と同様に PV+EV による脱炭素化の効果が高い。2022 年 9 月には、ソウル国立大学知能生態科学研究科・共同研究者の Kang 准教授と、東北大学大学院環境科学研究科学科は、部局間協定を締結した。また、小端准教授は 12 月にソウル国立大学を訪問し、Kang 准教授の研究グループと意見交換を行った。

中国・深圳におけるソーラー EV シティ

中国第 3 の経済都市に成長した深圳は、超高層ビルが建ち並ぶ大都市となっている。本研究室は、ハルビン工業大学深圳の研究者との共同研究により、この深圳市の分析を行った。深圳は、韓国の都市と同様に屋根上 PV と EV による電力供給は限られるが、電力と自動車からの CO₂ 排出の 42% 程度は削減できることが分かった。深圳は、すでに全ての公共バスとタクシーが電動化されている。中国の大手ハイテク企業が、本社を置く深圳において、Solar EV シティが実現されるためには、今後も企業等と連携して研究を続けていく必要がある。

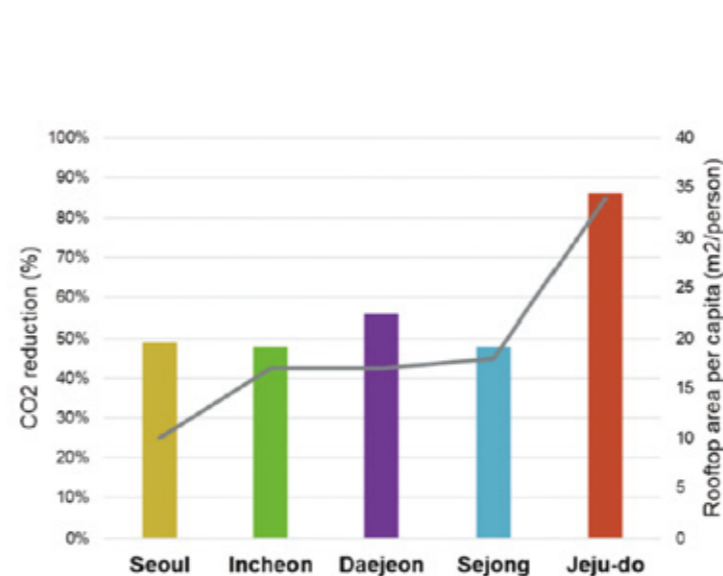


Fig.2 CO₂ emission reduction by rooftop PV and EV in Korean Cities.

all cars EVs and using half of their batteries as PV storage, we can supply 53-95% of the electricity demand for each city. It was also found to reduce CO₂ emissions by 54-95%. It can also lead to a 26-41% reduction in energy costs.

Solar EV Cities in Korean cities and Shenzhen China

In collaboration with Seoul National University, we also analyzed several Korean cities. Cities in South Korea have many high-rise buildings such as apartments and condominiums, unlike Japanese houses and low-rise buildings. In other words, using PV generation combined with EVs, power that can be supplied to the target city is limited. However, because Jeju Island has many low-rise buildings, the effect of PV generation combined with EVs is high, similar to regional cities in Japan.

Shenzhen is the third largest economic city in China. Our laboratory analyzed Shenzhen through joint research with researchers from the Harbin Institute of Technology Shenzhen. Shenzhen, like South Korean cities, has limited power supply from rooftop PV and EV, but it was found that about 42% of CO₂ emissions from electricity and automobiles could be reduced. Shenzhen has already electrified all public buses and taxis. To realize the SolarEV City concept in Shenzhen, where major Chinese high-tech companies are headquartered, it is necessary to continue research in collaboration with companies.

Associate Professor Kobashi visited Seoul National University in December and exchanged opinions with Associate Professor Kang's research group. It is noted that in September, GSES signed an MOU with the graduate school.

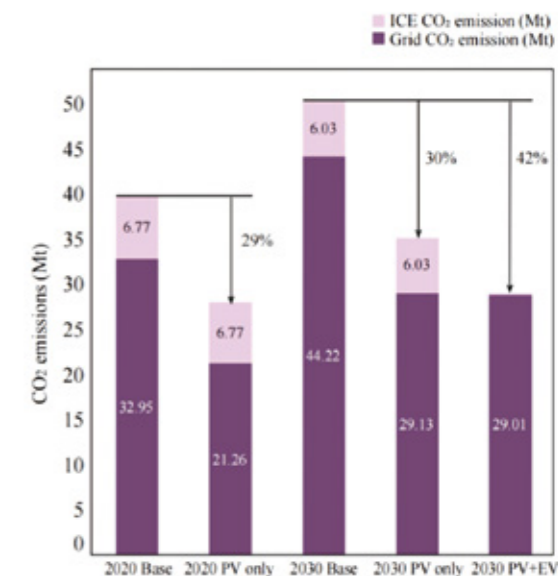


Fig.3 CO₂ emission reduction in Shenzhen, China by "Base", "PV only", and "rooftop PV and EV".

ライフサイクル視点から真に持続可能な資源循環を目指す研究

Research for a true sustainable circulation of resources from a life cycle perspective



教授 松八重 一代
Professor
Kazuyo Matsubae



助教 張 政陽
Assistant Professor
Zhengyang Zhang

本研究分野では、社会の礎となる栄養塩類や資源を巡り、物質循環解析や資源利用に伴う環境影響の評価、環境負荷低減技術と未利用資源の利活用に向けた技術の社会的評価、資源の持続的管理システムの開発を多岐にわたって行っている。地球規模の気候変動、資源の過剰消費、格差が加速する環境破壊、経済社会矛盾の深刻化などの複合的危機の時代に持続可能な社会を構築するためには、経済活動に伴う食料・水・資源・エネルギーの需給構造、廃棄物・副産物の量と質の把握、及びそれらに関連する技術、社会経済的事象の全容を理解する必要がある。これらを踏まえ、真に持続可能な資源循環システムの構築を目指す研究活動をライフサイクル視点から様々なスケールで取り組んでいる。

In this research field, we conduct a wide range of analyses on nutrients and resources that form the basis of our society, such as material flow analysis, the assessment of environmental impacts related to resource use, social evaluation of technologies for alleviating environmental burdens and utilizing untapped natural resources, and the systemic development of sustainable resource management. To build a sustainable society in times of multiple crises, such as global climate change, overconsumption of natural resources, environmental degradation with rising inequalities, and deepening contradictions between economics and societies, it is vital to understand fully the supply and demand structure of food, water, resources, and energy associated with economic activities, the quantity and quality of waste and by-products, and the overall picture of related technologies and socioeconomic events. We passionately conduct research aimed at building a true sustainable circulation system of resources on different scales from the life cycle perspective.

リサイクル新技術の開発と評価

アルミニウムは最もリサイクルされている素材の一つではあるが、現在のスクラップ溶解法では、高品質アルミニウムの生産上有害とされる不純物元素は、リサイクルを重ねるたびに再生アルミニウムの中に蓄積されて次第に含有量が高くなるため、再生アルミニウムの品質低下が避けられない。再生アルミニウムの最終用途は、主に自動車用エンジンブロック鋳造品向きである。世界で進むガソリン車から電気自動車へのシフトによる脱エンジン化に伴い、アルミニウムの循環構造の破綻が懸念される。このままでは将来的に受け皿のないアルミニウム(デッド・メタル)の大量発生が予想される。この“アルミニウム危機”は、先進国共通の課題であるが、高純度アルミニウムに再生できる技術があれば、この危機を克服できる。この度、東北大学工学研究科の朱鴻明教授らのグループと連携し、不純物元素を大量に含む廃アルミニウムを純アルミニウムに再生でき、多様なアルミニウム需要へ対応できる世界唯一の技術を開発した。そして、新技術の導入による世界でのアルミニウムの循環構造の変化を解析した。研究成果は英国科学誌 Nature に掲載された。

Development and evaluation of new recycling technologies

Aluminum (Al) is one of the most recycled and recyclable materials in use today. The recycling of Al scrap today utilizing remelting techniques downgrades the quality of the Al because impurities are accumulated in the recycled Al and their concentration gradually increases every time the Al scrap is recycled. This downgraded recycled Al is mostly used in vehicle engine blocks as Al casting alloys. With the global shift from gasoline vehicles to electric vehicles, the predicted increase in demand for high-grade Al is expected to be accompanied by a drop in the demand for low-grade recycled Al. This will lead to an imbalance in Al cycles and a secondary Al surplus that has become a “dead metal.” This looming imbalance in the Al cycle is a common challenge for developed countries, but rational solutions are available for it. Through the cooperation with Professor Hongmin Zhu’s group from the Graduate School of Engineering at Tohoku University, we developed the world’s first and only solid-state electrolysis (SSE) process for upcycling Al scrap and evaluated the effects of introducing the SSE process to global Al cycles, with the aim of achieving true sustainability in the Al industry. The results have been published in *Nature* (Fig.1).

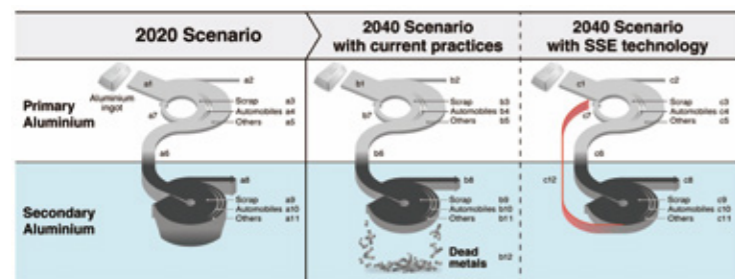


Fig.1 Global aluminium cycle in 2020 and 2040 (Lu, X., Zhang, Z., et al. Nature 606, 511–515, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04748-4>)



Fig.2 Group photo at the ASGM event.

鉱物資源のサプライチェーンリスク最小化に向けて

鉱物資源の採掘から製品の配送に至るまでのサプライチェーンには様々なリスクが付随している。資源の供給制約となり得るリスク要因を踏まえた戦略的な資源管理は、鉱物資源の持続的な利用に対して極めて重要な課題である。当研究室は、科学技術振興機構 (JST) 未来社会創造事業「鉱物資源のサプライチェーンリスク最小化に向けたリソースロジスティクス解析システムの構築 (JPMJMI2115)」に取り組むとともに、「零細及び小規模金採掘における水銀の遺贈」と題した国際的な情報交換イベントを2022年10月に福岡で開催された「エコバランス国際会議」で行った。イベントでは健全な水銀管理の実現に向け、水銀の使用・貿易ならびに環境への排出削減、そして機械学習や無償衛星画像を活用し金鉱山の違法採掘スポットの発見手法開発に関して議論していた。今後も専門家や有識者、各国・各域の関係者との連携を強化し、ものづくりの現場で鉱物資源供給リスクの最小化に向けた意思決定支援を行う (Fig.2)。

Minimizing supply chain risks of mineral resources

The supply chain of minerals, from the extraction of resources and the production of goods through to the distribution of products, is accompanied by various risks. Strategic resource management in the context of risk factors that may constrain the supply of minerals is of vital importance for the sustainable use of minerals. We have begun a project titled “Systemic Development of Resource Logistics for Minimizing Supply Chain Risks of Mineral Resource” (JPMJMI2115), funded by the Japan Science and Technology Agency (JST). In addition, we have co-organized an event titled “Mercury Legacy in Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM)” at the International Conference on EcoBalance in Fukuoka City in October 2022. International views have been exchanged on the issues associated with the use and trade of mercury, and the development of detection methods for illegal gold mining to achieve sound management of mercury in the ASGM. We will continue to strengthen the cooperation with experts in this field and support decision-making to minimize supply risks for minerals in industries (Fig.2).

研究成果の発信と受賞

2022年に我々の研究成果が様々な分野で表彰された。まず、当研究室を率いる松八重一代教授は、持続可能なリソース管理に向けたライフサイクル的思考の分野で優れた業績を上げたため、日本ライフサイクル学会より「功労賞」を受賞した (Fig.3)。また、博士課程1年生の王彬澤は、第4回環境討論会で発表した電気自動車の普及や自動車軽量化の進展に伴う中国における二次アルミニウム循環の解析が評価され、「最優秀ポスター賞」と「研究科長賞」両方を受賞した (Fig.4)。次に、博士課程3年生のDheanara Pinkaは、日本の真珠養殖業の環境影響評価につき、ウィーンで開催された国際産業エコロジー学会・社会経済的代謝分科会より「最優秀ポスター賞」を受賞した (Fig.5)。さらに、9月に博士号を取った Aurup Ratan Dhar は学業成績優秀者として本研究科より表彰された (Fig.6)。

Research outcome communication and awards

In 2022, we enthusiastically presented our research outcomes and were awarded in several fields. Prof. Kazuyou Matsubae received the Distinguished Service Award for her achievements in the field of life cycle thinking for sustainable phosphorus management from the Institute of Life Cycle Assessment of Japan (Fig.3). Binze Wang received both the Best Poster Award and the Dean’s Award for her excellent research on China’s secondary aluminum flow analysis at the 4th Academic Forum on Environmental Studies in the GSES (Fig.4). Moreover, Dheanara Pinka won one of the five selected for the Best Poster Award for her presentation on the environmental impact assessment of Japanese pearl farming at the 14th International Society for Industrial Ecology Socio-Economic Metabolism (ISIE-SEM) Conference held in Vienna, Austria (Fig.5). Further, Dr. Aurup Ratan Dhar received his PhD in September, and he was commended for his academic achievement by the GSES (Fig.6).



Fig.3 Distinguished Service Award for Prof. Kazuyo Matsubae



Fig.4 Binze Wang's award of merit.



Fig.5 Dheanara Pinka's award of merit.



Fig.6 Dr. Aurup Ratan Dhar's award of merit.

世界のサプライチェーンに内在した環境問題を可視化

Identifying environmental hotspots from global supply chains



准教授 金本 圭一郎
Associate Professor
Keiichiro Kanemoto

私たちの消費は、その製品・サービスが作られる過程で様々な環境負荷が排出されている。例えば、輸入された大豆はブラジルで森林を切り開かれて作られているものもあり、そこに住んでいる動植物を絶滅の危機に晒している。サプライチェーンでの環境負荷は、人間活動が地球環境を踏みつけてきた足跡になぞらえて、環境フットプリントと呼ばれる。二酸化炭素はカーボンフットプリント、水はウォーターフットプリントなどと呼ばれる。このような様々な環境フットプリントを大規模なコンピュータによる計算で明らかにしようとしている。

Our consumption generates a range of environmental impacts in the production of products and services. For example, some imported soybeans are produced by clearing forests in Brazil, putting the plants and animals that live there at risk of extinction. The environmental emissions in the supply chain are called the *environmental footprint*, analogous to the footprint of human activity trampling on the global environment. Carbon dioxide is called the *carbon footprint*, water the *water footprint*, and so on. We are trying to identify these different environmental footprints through large-scale computer calculations.

世界規模のサプライチェーンと環境分析

どの製品がどのように各国間をまたいで作られるのかは、各国の産業連関表と呼ばれる経済統計と各国間の貿易統計から作る方法を用いている。そのデータベースはEora 多地域間産業連関表として公開している。企業などへのヒアリングなどから製品の生産過程を辿るライフサイクル・アセスメント(LCA)と呼ばれる方法もある。扱う環境問題は多岐に渡り、気候変動、大気汚染、生物多様性、森林伐採、資源、水、窒素汚染などに関する研究をこれまでに行ってきた。研究は様々な分野の研究者と共同で行うこともある。例えば、大気化学輸送モデルの研究者と各国の消費がサプライチェーンを通じて引き起こす早期死亡者数を明らかにした。

GISとサプライチェーン分析

環境フットプリント分析は、各国間の貿易に伴う環境負荷を分析することが多いが、国よりも細かな場所が重要となることも多々ある。例えば、インドネシアから日本への木材の輸出が生物多様性にとって悪いということが分かったとしても、日本はインドネシアから

Global supply chains and the environment

We use economic statistics, in particular (multi-regional) input-output tables, which describe the purchase and sales relationships between producers and consumers, to understand supply chains. We have developed a global input-output database called the Eora Multiregional Input-Output Table. Our research interests cover a wide range of environmental issues such as climate change, air pollution, biodiversity, deforestation, resources, water and nitrogen pollution. Research is sometimes carried out in collaboration with researchers from various disciplines. For example, we have worked with researchers in atmospheric chemical transport modelling to determine the number of premature deaths caused by consumption in each country through the supply chain.

GIS and supply chain analysis

Environmental footprint analysis is often done at a country level, but a specific location is more important than the country level is. For example, if we find that timber exports from Indonesia to Japan are bad for biodiversity, Japan cannot simply stop all timber imports from Indonesia. Therefore, we have done research to combine geographic information and supply chains to map where biodiversity hotspots are threatened in Indonesia.

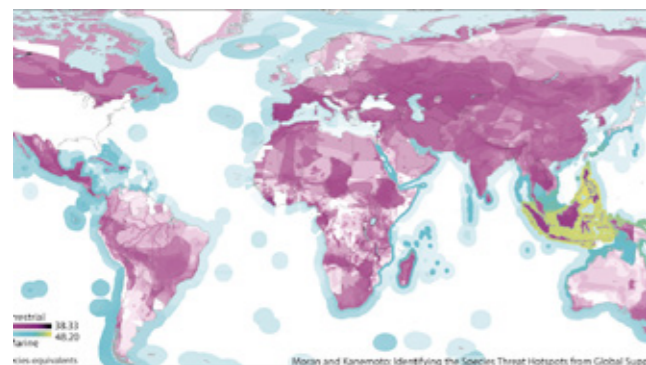


Fig.1 US biodiversity hotspots



Fig.2 Deforestation footprint of nations

の木材の輸入をすべて停止するわけにはいかない。そこで、インドネシアのどこで伐採された木材が種を絶滅の危機に晒しているのかという地理情報をサプライチェーンと組み合わせる研究を行ってきた。

地理情報は絶滅危惧種だけでなく、様々な情報が現在利用可能である。例えば、CO₂ 排出量、大気汚染物質、森林伐採などもサプライチェーン情報と組み合わせることで、各国の消費による環境影響を地図化することなどに拡張してきた。

家庭・都市の環境フットプリント分析

各国の環境フットプリントの内大きな割合を家庭の消費が占めている。つまり、ライフスタイルを変えたり、消費活動を変化させると環境負荷を大きく減らす可能性がある。また、いくつかの地球環境問題は各国間の環境負荷削減交渉が停滞しており、都市や企業などの自発的な行動の重要性が指摘されている。

そこで、各家庭がどのようなライフスタイルをしているのか、そしてどのような消費をしているのかという家庭単位のマイクロ消費データとサプライチェーンに伴う環境負荷のデータを使って、どのような家庭がなぜ大きな環境フットプリントを出しているのかを明らかにする研究を進めている。そして、少数の家庭のライフスタイルや消費活動が問題なのか、それとも多くの家庭のそれらが問題なのかといった疑問にも答えようとしている。

都市は消費活動の中心であり、都市の外側の生産活動に大きな依存をしている。例えば、大部分の電力や農作物が都市部の外で作られて、複雑なサプライチェーンを通じて都市の住民に消費されていることは想像がつく。ただ、都市の環境フットプリントがどれだけで、どのように都市の環境フットプリントを減らせばよいのかは十分に分かっていない。そこで、各都市住民のマイクロ消費データとサプライチェーンに伴う環境負荷のデータから、都市の環境フットプリントを明らかにしようとしている。

Geographical information is not limited to endangered species; a wide range of information is now available. For example, we have extended this framework to include CO₂ emissions, air pollutants, and deforestation.

Environmental footprint analysis of households and cities

Household consumption accounts for a large proportion of the environmental footprint of countries, which means changes in lifestyles and consumption activities have the potential to reduce environmental impacts significantly. In addition, several global environmental issues have stalled negotiations between countries to reduce their environmental emissions drastically, highlighting the importance of voluntary action by cities and businesses.

We are therefore conducting research to identify which households and lifestyles produce large environmental footprints by integrating micro-consumption data at household level and a supply chain database. We are also trying to answer the question of whether it is the lifestyles and consumption activities of a small number of households that are the problem, or those of many households.

Cities are the center of consumption activities and are heavily dependent on production activities outside cities. We can imagine, for example, that most electricity and food is produced outside urban areas and consumed by city residents through complex supply chains. However, we do not fully understand how much and how to reduce the environmental footprint of cities. Therefore, we are trying to clarify the environmental footprint of cities based on the micro-consumption data of each city resident and the environmental impacts associated with the supply chain.

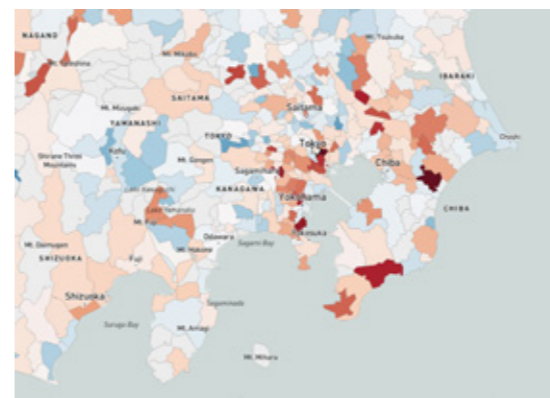


Fig.3 City-level carbon footprints in Japan



Fig.4 Carbon footprint of 13,000 cities

環境材料政策学分野 Study of Functional Materials
 環境循環政策学分野 Study of End of Life Materials Control
 環境物質政策学分野 Control of Environmental Materials

環境調和型新素材の開発と、 持続的な資源循環システムの構築を目指して

Towards developing environmental friendly new materials and
 constructing sustainable resource recycling systems

DOWA 寄附講座は環境科学研究科と DOWA ホールディングス株式会社の包括的共同研究契約のもと 2004 年に開設した。我々は、工業化と高度消費社会の両方の観点において我々を取り巻く環境問題を解決するべく、

- ・環境負荷低減を目指すエネルギー削減に特化した機能性材料およびそれらを用いた機構構造の創製に関する研究
- ・循環型社会を構築するべく電子電気機器廃棄物等からの資源リサイクル技術および社会システム構築などに関する研究
- ・循環の実施に伴って発生する管理すべき物質への対処法の研究

を研究テーマにして研究活動を推進する。

The DOWA Holdings Co., Ltd. Sponsored laboratory was inaugurated in FY 2004 and comes under the endowed division of the Graduate School of Environmental Studies. The main study aim of our laboratory is to solve problems of environmental conservation while taking into consideration the viewpoints of manufacturers and the high-consumption society. Research in this division is categorized mainly into (a) establishing processes of valuable material resources released in society and controlling, recycling, and disposing of them efficiently and safely; (b) inventing the preparation of functional materials that can nurture environmentally friendly engineering applications, such as electronic devices with less impact on the environment; and (c) methods for dealing with substances to be controlled in circulation.

[環境材料政策学分野]

環境調和型材料の開発と応用研究

環境調和型材料を中心とする研究開発、ならびに大学で行われている様々な研究情報収集を通じて、次世代の材料・デバイスの研究シーズの探索や、大学研究シーズと企業ニーズのマッチングを推進させる、ことを目的とした研究室である。例えば、溶液中に拡散したウイルスや重金属イオンなどは簡単には回収できず、拡散により環境に対して大きな影響を及ぼす。この様な対象に対して、簡単簡便に回収する手法の一つとして磁気ビーズが開発されている。この材料は、Fig.1 に示す様に、特定の官能基等を表面に付着させた磁性粒子の形態を有し、官能基等の種類を変更することで様々な物質を対象とすることが可能である。我々の研究室では、この材料を更に高機能化するために、水溶液中にて金属錯体の状態を制御し、還元反応電位と速度を制御する技術開発を通じて、低環境負荷で簡単簡便な装置のみを用いて、コアとなる高特性材料を常温で開発することを試みている。今後、本材料を用いて、様々な対象物質を回収可能な材料を開発し、実際に環境負荷物質等の回収試験等を試みる。

[環境循環政策学分野]

循環型社会構築に関わる研究

本分野では、循環型社会を構築する上での資源リサイクル技術およびそれを実現するための社会システムに関する研究を中心に行っている。具体的には、適正に処理されなければ環境を汚染してしまう可能性のある電気・電子製品スクラップ (E-Scrap) や廃太陽光

[Study of Functional Materials]

Development of Environmentally Friendly Materials and Their Applications

Our laboratory mainly focuses on the development of environmentally friendly materials and their applications. Moreover, we research and match academic and company needs. For example, viruses and/or heavy metal ions, which are widely scattered among environmental conditions, seriously affect by our society because they are difficult to collect. To solve these problems, magnetic beads were recently developed. As shown in the schematic drawing in Fig.1, the specific functional groups, which are attached to the new material's surface, interact with the specific substance. In our laboratory, to develop the highly effective magnetic beads, well-stabilized, high-performance core materials are synthesized under room temperature conditions using simple equipment and by controlling the reaction potential through the management of the metal complex condition in an aqueous phase. We are planning to check these abilities for the collection of various pollutant materials and present the results in international/domestic conferences beginning next year.

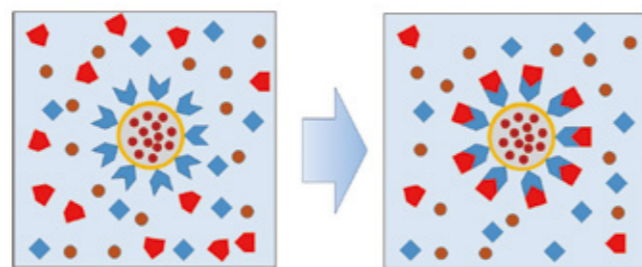


Fig.1 Schematic drawing of the mechanism of magnetic bead



教授 高橋 英志 Professor Hideyuki Takahashi
 教授 鳥羽 隆一 Professor Ryuichi Toba
 教授 バラチャンドラン ジャヤデワン Professor Balachandran Jeyadevan
 教授 白鳥 寿一 Professor Toshikazu Shiratori
 教授 上高原 理暢 Professor Masanobu Kamitakahara
 准教授 齋藤 優子 Associate Professor Yuko Saito
 助教 簡 梅芳 Assistant Professor Mei-Fang Chien

パネル (廃 PV)、あるいは 使用済みリチウム電池 (廃 LiB) に代表される廃棄物は、今後の大量廃棄が予想されながら我が国では明確なリサイクルルートが決まっていない状況にある。これらの処理を考える場合には、適切な収集システムと処理技術が必要となる。またそれに加えて、循環資源量の増大のためには、分別等の処理により発生する金属類やプラスチック類といった素材も二次資源として使えるよう、有害物質や忌避物質を除去することが必要である。当研究室では、適正な制度設計のための基礎研究を実施し、実際に国内で循環する対象物質のフロー調査や分析、情報類型化によりプラットフォームの構築を目指している (Fig.2)。自治体 (仙台市や宮城県) との連携や国の検討委員会等への参画を通じ研究推進すると共に、欧米等の最新動向の把握や情報発信にも注力し、グローバルな資源循環に関わる研究も行っている。一方で、我々は研究活動の社会への発信や環境教育にも注力している。講演・セミナーのほか、宮城県内の小学生を対象とした資源リサイクルに関する環境教育も複数回行った。

[環境物質政策学分野]

環境負荷低減に関わる研究

本分野は、資源開発や製錬事業に係る環境政策の提案にふさわしい環境浄化・環境修復技術の開発とその展開を進めると共に、環境調和的な資源開発に貢献する研究開発を進めることを検討している。具体的には、非鉄金属製錬過程の排水に含まれる金属を、微生物による除去・回収する新しいプロセス開発に取り組みでいる (Fig.3)。



Fig.2 Building a platform for secondary raw materials

[Study of End-of-Life Materials Control] Research toward the Construction of a Recycling-Oriented Society

We are conducting research on recycling in society that focuses on resource-recycling technologies and social systems for building a recycling-oriented society. Specifically, wastes such as electrical and electronic scrap, photovoltaic panel waste, and used lithium batteries, which have the potential to pollute the environment if not disposed of properly, are expected to undergo mass disposal in the future. However, because a clear strategy has not been established in Japan, to establish these processes, proper social systems for collection and processing technologies are required. In addition, to increase the quantity of secondary materials, it is necessary to remove harmful, toxic, and repellent substances so that materials such as metals and plastics generated by sorting and other processing can be safely used as secondary resources. We are conducting basic research to design an appropriate policy and are working to build an informative platform through flow surveys and analyses of target substances circulating in Japan (Fig.2). These studies are progressing through collaboration tests with municipalities (Sendai City and Miyagi Prefecture) and participation in national investigation committees. We also focus on understanding and disseminating information on the latest trends in the other countries and on conducting research related to global resource recycling. At the same time, we also focus on publicizing our research activities and environmental education. In addition to lectures and seminars, we have conducted several environmental education programs on resources and recycling for elementary school students in Miyagi Prefecture.

[Control of Environmental Materials]

Reducing the Environmental Impact of Raw Material Production

We kept researching toward proposing environmental policies related to remediation, especially regarding smelting operations and contributing to environmentally friendly resource development. Particularly, we are studying the development of new processes to remove and recover metals contained in the wastewater produced by the nonferrous metal-smelting industry using microorganisms (Fig.3).

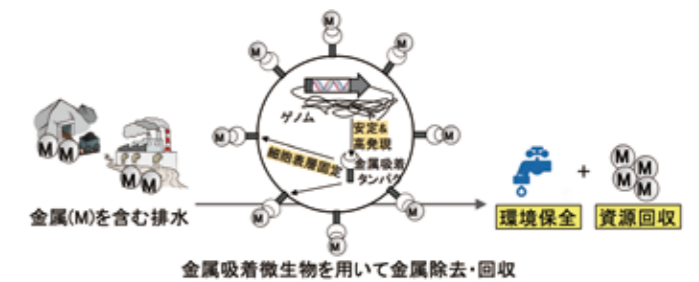


Fig.3 Image of metal recovery by microorganisms

「安全・安心」な地熱エネルギーの利用を目指して

Studies for utilization of safe and secure geothermal energy

当講座には国立研究開発法人産業技術総合研究所・福島再生可能エネルギー研究所 (FREA)・再生可能エネルギー研究センター (福島県郡山市) 所属の研究者が兼務し、教育・研究活動を行っている。現在、本講座では先進社会環境学専攻および先端環境創成学専攻の教員・学生と連携し研究教育活動を行うとともに、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 等からの委託を受け研究を実施している。

The Environmental Risk Assessment (AIST Collaborative Laboratory) team members carried out studies to enhance the safe and secure utilization of geothermal resources in collaboration with researchers in GSJ, AIST, and GSES at Tohoku University. Major research activities in 2022 included (a) modeling and potential evaluation of subduction-origin “supercritical geothermal systems” based on a geophysical and geological survey; (b) simulation, microseismic monitoring, and rock mechanical studies for monitoring and managing enhanced geothermal systems (EGS); and (c) developing an AI system for stable steam production and reservoir management. Furthermore, we developed technology to simulate industries in areas of Japan stricken by the 2011 earthquake.

超臨界地熱発電に関する研究

本講座設立以来、国内外の研究者と連携して、沈み込み帯に起源を有する超臨界地熱システムを利用した発電の可能性を探ってきた。2021年度から NEDO からの委託を受け、3 年間の計画で国内有望地点での詳細事前評価および調査井の仕様策定等を行い、2020 年代後半における調査井掘削・試験等を通じて超臨界地熱資源の存在実証を目指す。その後、2050 年以降に国内総容量数 10 GW 以上の商用発電を実現し、2050 脱炭素社会の実現やエネルギーセキュリティの向上に寄与する。

微小地震や自然電磁波による地熱貯留層の高度モニタリング技術開発

本講座では 2015 年以来、福島県柳津西山地熱フィールドで、貯留層への涵養注水時の微小地震を連続実施し、これにより、貯留層への注水効果をモニタリングし、貯留層内部の高透水性ゾーンの検出等を実現してきた。これらに加え、2022 年度には地熱貯留層のジオメカニカルモデリングを実施している。また、地熱地帯における自然電磁波を用いた貯留層評価に関する研究も実施している。

Research on supercritical geothermal power generation

Members of this laboratory have been investigating the feasibility of establishing several tens of gigawatts of power generation in total using supercritical geothermal resources, which originate in the subduction layers of oceanic plates, in cooperation with scientists and engineers worldwide. We are leading a three-year, NEDO-funded project for detailed modeling and potential evaluation of supercritical geothermal systems in the most promising area and are formulating drilling and testing plans. Members of the laboratory aim to contribute directly to a carbon-free society by 2050 through realizing supercritical geothermal power generation.

Microseismic and magneto-telluric monitoring of geothermal reservoirs

We have carried out microseismic/microearthquake (MEQ) monitoring of geothermal reservoirs associated with treatment injection at the Yanaizu-Nishiyama Geothermal Site in Fukushima since 2015 to determine the reservoir's response to water injection. We also began geomechanical modeling of reservoirs to deepen our understanding of reservoir behavior. Reservoir characterization using naturally existing electromagnetic waves has also been carried out in the lab.

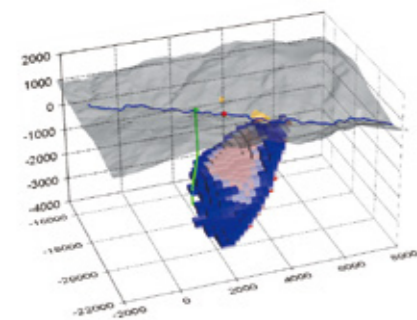


Fig.1 Identified model of a supercritical geothermal system at a Japanese geothermal site



Fig.2 MT survey of supercritical geothermal systems



Fig.3 Seismic survey of supercritical geothermal systems



客員教授 浅沼 宏
Professor
Hiroshi Asanuma

適正な地熱開発のための研究開発

2021 年度から NEDO からの委託を受け、蒸気生産変動の AI による評価 / 予測技術の開発、および地熱井内部の可視化システム・AI 画像処理等に関する研究開発を実施している。これらを通じて持続的かつ安定した地熱エネルギー生産に寄与する。

被災地企業の技術支援

復興予算を使用して、被災地企業が有する地熱関連技術シーズの実用化支援を実施している。

国際貢献、社会貢献、他研究機関との連携等

- 国際貢献
ドイツ、米国、イタリア、アイスランド、ニュージーランド等の国立研究所、大学、民間企業との国際共同研究等を実施中。国際陸上科学掘削プログラム (ICDP) への国際共同提案・WS 開催等。
- 社会貢献・社会連携
浅沼：環境省委員、福島県温泉部会員、J-DESC 陸上掘削部会執行部委員、JOGMEC 委員、日本地熱学会評議員、同総務委員等
- 他研究機関との連携
GFZ、LBNL、LLNL、BNL、SNL、USGS、BRGM、ベルリン自由大学、チューリッヒ工科大学、MIT、PSU、ITB、ISOR 等
- 自治体、NPO 等との連携
福島県、宮城県、山形県、郡山市、雲仙市等
- 小中学校等との連携
浅沼：中学校でのエネルギー環境教育カリキュラム・教材作成支援

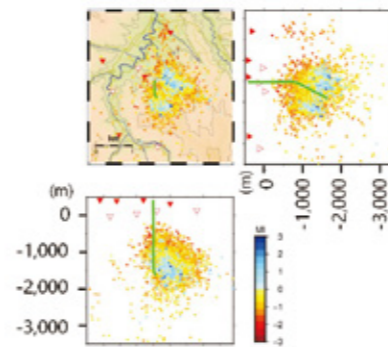


Fig.4 Microseismic monitoring of geothermal reservoir



Fig.5 Laboratory test of a fiber optic downhole sensing system

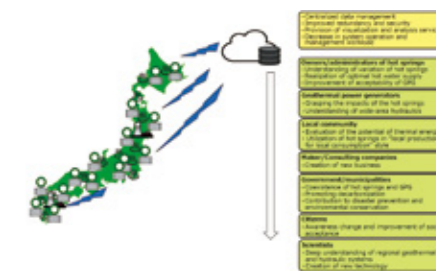


Fig.6 Future model of monitoring of hot springs with AI-IoT technologies

Research on the proper development of geothermal resources

Members of this lab started NEDO-funded projects for (a) an AI monitoring/prediction system for steam production and (b) a visualization and AI processing system for high-temperature boreholes to establish stable and sustainable geothermal energy production.

Technological support of local industries

We provided technological support for startups in local industries in areas damaged by the 2011 earthquake and tsunami. Geothermal-related technologies have been commercialized under this scheme.

Contributions to international society and collaboration with other organizations

- International contributions
International contributions have been made with partners in Germany, the US, Italy, New Zealand, and Iceland, mainly in the area of ultra-high-temperature geothermal development.
- Social contributions
Prof. Asanuma has been a board member of international and domestic scientific drilling projects. He has also served as an evaluation/advisory committee member for governmental agencies and local communities.
- Collaboration with other organizations
The laboratory collaborates with domestic and foreign laboratories, universities, and industries. Mutual visits, web communication, and joint publication are actively done.
- Collaboration with local communities
We have collaborated with local communities, mainly in northeast Japan (Tohoku), in the area of education of children.

地理学的視点から多様な人間-環境関係を解明する

Understanding Diverse Human-Environment Relationships from Geographical Perspectives



教授 中谷 友樹
Professor Tomoki Nakaya



准教授 埴淵 知哉
Associate Professor Tomoya Hanibuchi



助教 関根 良平
Assistant Professor Ryohei Sekine

本研究分野では、様々な空間スケールにおいて変化を続ける地域社会の実態を、地理情報科学の分析技法や社会調査、フィールドワークを通して明らかにし、そこに展開する人間-環境関係のあり方や、地域的課題の発生メカニズムについて検討している。ただし、対象を自然環境に限定せず、むしろ社会的に形成されてきた建造環境、社会環境に着目し、健康、犯罪、貧困、食等の地域的課題における人間-環境関係の地理学的研究を実施している。加えて、地理情報科学における空間統計分析、空間的数理モデル、地理的視覚化、データ融合等に関する諸技法の方法論的研究を行っている。

In this research group, we study diverse conditions and the changing states of local human societies at various spatial scales; we use spatial-analysis techniques from geographic information science, social survey methods, and fieldwork to understand the development of human-environment relationships and the mechanisms that generate local challenges. However, it should be noted that this environment is not limited to the natural environment; rather, we focus on the built and social environments. We conduct studies on the associations that regional problems (e.g., health, crime, poverty, and food access) have with the many facets of such environments. In addition, we conduct methodological studies of the analytical techniques that are used in geographic information sciences, including spatial statistics, spatial mathematical modeling, geographic visualization, and data fusion.

健康地理学

本研究分野では、地理的な環境との関連性や社会格差の視点から、健康の地理学的な分析を実施している (Fig.1)。2022 年では、近隣の地理的剥夺とがんの罹患 (Kaneko et al., 2022)、がんの生存率 (Odani et al., 2022)、精神的健康 (Teng, 2022) との関連を報告した。また、オープンスペースと運動・座位行動との関連に関する観察研究のレビュー (Motomura et al., 2022)、PM2.5 と死亡リスクの関連 (Sawada et al., 2022) など多様な居住地域の環境特性と健康の関連に関する研究成果を得た。福島県の甲状腺がんに関する地理的集積の検討では、統計学的に有意な地理的な患者報告の集積がみられないことを明らかにした (Nakaya et al., 2022)。

Health geographies

This research lab has conducted a geographical analysis of health in terms of its relationship to the geographical environment and the spatial aspects of social inequality (Fig.1). Published studies consider associations of area deprivation at neighborhood levels with cancer morbidity (Kaneko et al., 2022), cancer survival (Odani et al., 2022), and mental health of youth (Teng et al., 2022). We also analyzed relationships between opens space and physical activity as well as sedentary behaviors (Motomura et al., 2022), in addition to PM 2.5 air pollution and various death risks (Sawada et al., 2022). We reported that no statistically significant geographic concentrations of thyroid cancer had occurred in Fukushima Prefecture (Nakaya et al., 2022).

地域・社会調査の方法論

調査方法論に関しては、Web 調査により収集した個票データと地域指標を紐づけた地理的マルチレベルデータの構築と分析を進めた。2020 年に実施した「都市的ライフスタイルの嗜好に関する地理的社会調査」(GULP) について、調査方法と結果の概要をまとめた書籍を刊行した (埴淵編 2022) (Fig.2)。同データを用いて、人口の還流

Methodology of regional and social surveys

Regarding survey methodology, we proceeded with the construction and analysis of geographic multilevel data linking individual data collected through an online survey with regional indicators. We published a book outlining the survey methods and results of the Geo-Social survey for Urban Lifestyle Preferences (GULP) conducted in 2020 (Hanibuchi, 2022; Fig.2). Using the GULP and related data, we clarified the way the internal return migration (Yokoyama et al., 2022), sense of accessibility

移動 (横山ほか 2022)、アクセシビリティ感覚 (谷本・埴淵 2022)、居住満足度 (清水ほか 2022) が、いかに地域の諸特性と関連しているかを明らかにした。加えて、全国的な量的調査が難しいとされてきた在日外国人に対して、コロナ禍の生活やワクチン接種に関する Web 調査を実施した (Teng et al. 2022)。また、コロナ禍のもと実施された 2020 年国勢調査の回答状況について、回答率の都市-農村間の地域差が継続してみられることを示した (山本ほか 2022)。

空間解析

本研究分野では空間データ解析の技術開発を含む方法論的な研究も実施している。時空間的な COVID-19 の発生傾向を 3 次元的に視覚化する新型コロナ時空間 3D マップ (JX 通信社との共同研究, Fig.3) を継続したほか、関連する時空間伝播のより詳細な可視化についての報告を行った (中谷・永田, 2022; 瀬戸ほか, 2022)。また、人口移動の秘匿措置の補完処理を利用し、COVID-19 流行の影響を受けた国内人口移動の変化を明らかにした (Kotsubo and Nakaya, 2022) (Fig.4)。さらに、大規模な GPS データから歩行量分布を推定する技法を開発した (Nagata et al., 2022) (Fig.5) 他、環境犯罪分析でも景観画像の機械学習技術を利用した新たな方法を提案した (Adachi and Nakaya, 2022) (Fig.6)。

(Tanimoto and Hanibuchi, 2022), and residential satisfaction (Shimizu et al., 2022) are associated with various regional or neighborhood characteristics. In addition, we conducted an online survey on daily life during the COVID-19 pandemic and vaccination intention among immigrants living in Japan, which has been considered difficult information to acquire on a nationwide scale (Teng et al., 2022). We also analyzed the responses to the 2020 Population Census conducted under the COVID-19 and found that the urban-rural differences in the response rates were consistent over the past decade (Yamamoto et al., 2022).

Spatial analysis

This lab carries out methodological research to develop new techniques for spatial data analysis with their empirical applications. While continuing to update and disseminate the “COVID-19 Space-Time 3D Map” (Fig.3), in collaboration with JX PRESS Corporation, we published an article about technical developments of 3D space-time visualization of infection (Nakaya and Nagata, 2022; Seto et al., 2022). With the help of iterative proportional fitting, we identified major changes in internal migration patterns affected by the COVID-19 pandemic (Kotsubo and Nakaya, 2022; Fig.4). Further, a novel technique was developed to estimate the distribution of walking volumes from large-scale GPS data (Nagata et al., 2022; Fig.5). Finally, a novel environmental crime analysis was proposed that involves using landscape imagery and machine learning (Adachi and Nakaya, 2022; Fig.6).

日本農業と農山村地域の構造変動

2022 年は、新型コロナウイルスの感染拡大により、フィールドワークを伴う研究の遂行は極めて困難となった。そのため、2021 年度から逐次公表されはじめた 2020 年度農林業センサスを使用して、日本および東北地方の農業と農山村地域の構造変動についてデータの分析を開始した。また、沖縄県東村における世界自然遺産の登録、およびそれを利用したツーリズムを支える域外からの移住者にみられる特徴について考察した (関根 2022)。これは COVID-19 の感染拡大以前に調査を実施した内容に基づいている。

Structural changes in agriculture and rural areas in Japan

Due to the COVID-19 pandemic, carrying out fieldwork became extremely difficult. We therefore began to analyze data on the structural changes in agriculture and rural areas in Japan and the Tohoku region using the 2020 Census of Agriculture and Forestry. In addition, the characteristics observed in out-of-area migrants supporting World Natural Heritage tourism in Higashi-Mura, Okinawa Prefecture, were discussed (Sekine, 2022). This is based on a survey conducted prior to the spread of COVID-19.

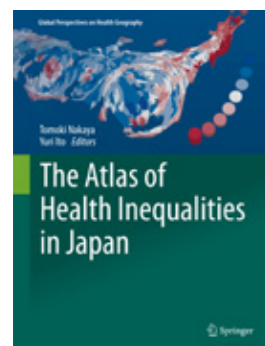


Fig.1 Book cover of “the Atlas of Health Inequalities in Japan” (Nakaya, T. and Ito, Y. eds., Springer, 2019)

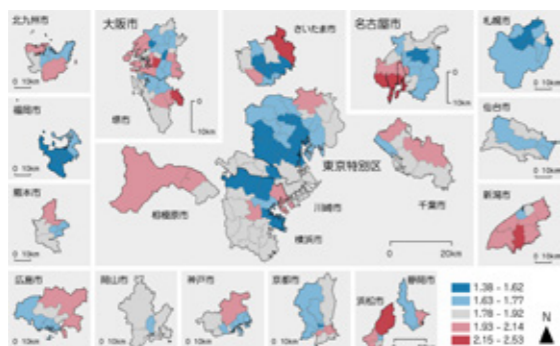


Fig.2 Maps of neighbourhood livability rating in major Japanese cities (Hanibuchi, 2022)

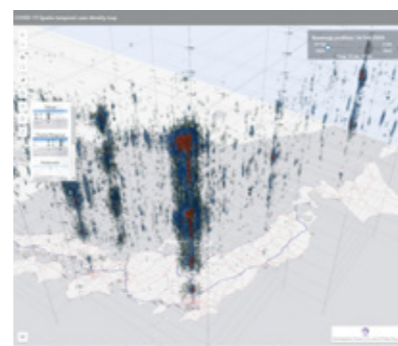


Fig.3 Screenshot of the COVID-19 Space-time 3D Map (<https://nakaya-geolab.com/covid19-stkd/japan/>)

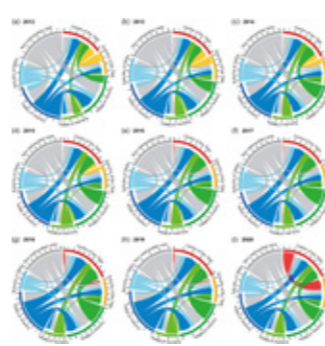


Fig.4 Circular plots of estimated net migration flows among seven area groups in Japan (Kotsubo and Nakaya, 2022)

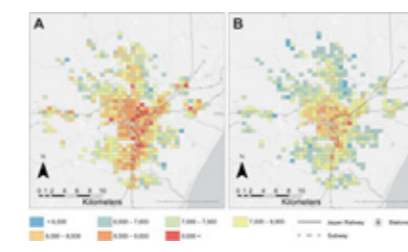


Fig.5 Distribution of step counts estimated from GPS trajectory data in Sendai (A: weekdays, B: weekends and holidays) (Nagata et al., 2022)

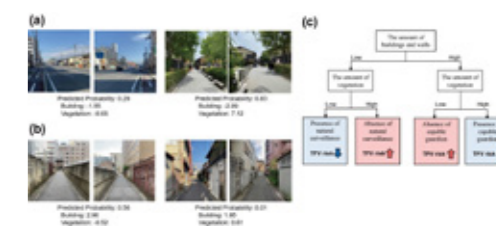


Fig.6 Streetscape images for demonstrating the relationship between the amount of vegetation and the risk of theft from vehicle (TFV) (Adachi and Nakaya, 2022)

資源の高度利用・環境保全のためのプロセス研究

Process Engineering Research for Advanced Resource Utilization and Environmental Conservation



教授 葛西 栄輝
Professor
Eiki Kasai



准教授 村上 太一
Associate Professor
Taichi Murakami

助教 丸岡 大佑
Assistant Professor
Daisuke Maruoka

本研究室では、社会的インパクトが大きい基幹素材の製造やリサイクルプロセスに対して、高効率化と低環境負荷化を同時達成可能な革新的技術原理の探索を目的としている。特に高温反応が関与する製鉄プロセス (Fig.1) において、基礎から実機レベルに至る幅広いテーマについて研究を推進している。例えば、低品位化、劣質化する製鉄原料への対応技術や、製鉄プロセスのカーボンニュートラル化およびゼロカーボン化に関する研究を行っている。さらに、多孔質鉄材料の酸化還元反応を用いた水素製造や自己治癒セラミックス等に関する研究開発も行っている。

The laboratory aims to develop innovative technological principles leading to simultaneous achievements of higher process efficiency and lower environmental load in the manufacturing and recycling processes of base materials, which will have a significant influence on our future society. The laboratory investigates a wide range of research from fundamental to practical levels of the ironmaking process (Fig.1), such as efficient utilization of low-grade iron resources and carbon-neutral and zero-carbon ironmaking technologies. Further, the laboratory performed research and development related to self-healing ceramics and the fabrication of hydrogen by redox reaction using porous iron materials.

次世代水素富化高炉におけるペレットの低温還元粉化挙動の解明

鉄鋼業は日本全体の CO₂ 排出量の約 14% を占める。なかでも高炉は CO₂ 排出量が最も多く、その削減が与える影響は大きい。そのため、水素ガスを還元材として利用する革新的な技術開発が進められている。水素濃度の上昇による高炉操業上の懸念の一つとして、低温還元粉化現象の助長が考えられる。低温還元粉化は、400 ~ 700°C の低温領域において鉱石の還元によりき裂が生じ、高炉内の衝撃や荷重により粉化する現象である。本年は、ペレットの還元粉化挙動に及ぼすガス組成の影響を調査し、粉化機構を明らかにすることを目的とした。

ペレットの還元は、Fig.2 に示す装置内に設置し、500°C、60 min の条件で行った。還元ガス組成は N₂-20% CO-20% CO₂ (0%H₂) および N₂-12% CO-8% H₂-17.7% CO₂-2.3% H₂O (8%H₂) の 2 条件とした。還元試料は転動ドラム内で 30min 回転した後、篩分することにより、粒度分布を求めた。

Fig.3 に実験試料の粒度分布を示す。両条件ともに 8.0 mm 以上の粗粒と 0.5 mm 以下の微粉の割合が高いが、8%H₂ 条件が 0%H₂ よりも還元粉化が進行することが分かる。前者の条件で還元したペレットの表面付近には、多くの微細き裂の発生が認められ、このことが還元粉化進行の要因になったものと考えられる。

Investigation of Low Temperature Reduction Disintegration Behaviors of Iron Ore Pellet in a Next-generation High-hydrogen Blast Furnace

The iron and steel industry accounts for about 14% of the total CO₂ emissions of Japan. The emissions from blast furnaces are especially large, and therefore, reducing emissions is an urgent issue. Therefore, innovative technologies utilizing hydrogen gas as a major reductant are being developed. One of the concerns regarding blast furnace operations caused by the increase in hydrogen concentration is that “low-temperature reduction disintegration” phenomena become remarkable. Low-temperature reduction disintegration occurs between 400 and 700°C by crack formation due to reduction of hematite to magnetite, and fine particles are generated by the impact and load in the blast furnace. In this year, we have examined the behaviors of iron ore pellet under simulated blast furnace conditions with high hydrogen gas concentration.

Pellet samples were put in the experimental apparatus shown in Fig.2, and reduced at 500°C for 60 min. The gas composition is N₂-20%CO-20%CO₂ (0%H₂) or N₂-12%CO-8%H₂-17.7%CO₂-2.3%H₂O (8%H₂). Disintegration test was conducted for the reduced samples by using tumbling drum for 30 min, and then the samples were sieved to obtain their particle size distribution.

Fig.3 shows particle size distribution of the samples after the disintegration test. In both conditions, the weight ratios of coarse grains larger than 8.0 mm and fine grains smaller than 0.5 mm are high,

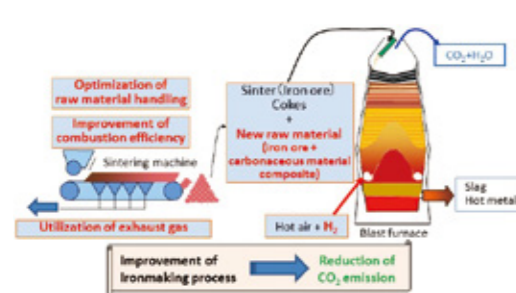


Fig.1 Strategy to reduce CO₂ emissions from the ironmaking processes.

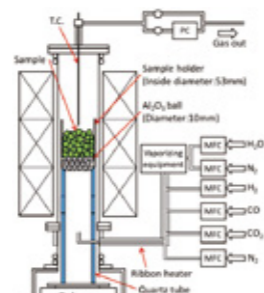


Fig.2 Schematic diagram for reduction experiment apparatus.

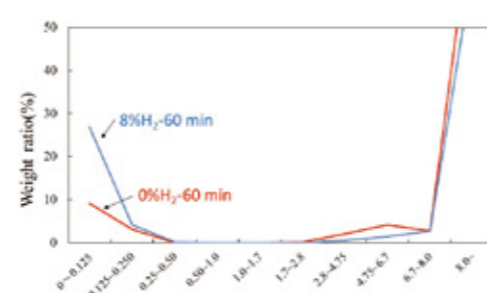


Fig.3 Particle size distribution of the pellet sample after reduction disintegration test.

パックスメンテーション法を用いたアルミナ化による耐高温酸化性鉄基蓄熱体の開発

化石燃料由来の CO₂ 排出量削減のため、一貫製鉄所などの大規模工場から排出される未利用排熱を利用した新規バイオマス炭化改質プロセスを提案し、要素技術について検討を行っている。

排熱は金属球蓄熱体との熱交換により回収し、バイオマスと共に金属球を回転炉に装入することにより、炭化と粉砕が同時に進行する。蓄熱体としては、蓄熱容量、強度および耐熱性などから、磁気変態点での潜熱利用が期待できる Fe-Mn-C 系合金が有望であるが、耐酸化性は十分とは言えない。Al 添加はこの合金系の耐酸化性向上に有効であるが、合金組成の変化は潜熱量の減少をもたらす可能性がある。そこで Fig.4 に示すようなパックスメンテーション法により、AlCl₃ ガスを使用して合金表面へ Al を拡散浸透 (アルミナ化) させる手法を検討している。本年は Fe-Mn-C 合金のアルミナ化による耐酸化性に対するアルミナ化条件の影響について検討した。

Fe-Mn-C 合金試料を 98mass%Al₂O₃-1%NH₄Cl-1%Al 混合粉末とともにアルミナるつぼ内に密封し、還元性雰囲気中、700-900°C、3-12 h のアルミナ化処理を行った。その後、得られた試料を 1000°C、大気条件で熱処理した。Fig.5 に示すように、800 及び 900°C のアルミナ化により極めて良好な耐高温酸化性が得られた。アルミナ化処理後の試料断面観察 (Fig.6) において、700°C、12h では観察されないが、900°C、6h の条件では FeAl₂ 層が認められる。900°C、6h の条件でアルミナ化処理した試料において、1000°C の熱処理後に厚さ 200µm 程度の緻密な Al₂O₃ 層が観察され、これが酸素の拡散を抑制したものと考えられる。現在は、蓄熱性と耐高温酸化性の両立を目指した合金の開発を進めている。

although the reduction disintegration proceeded further under the condition of 8%H₂ than it did under that of 0%H₂. Formation of many fine cracks was observed at the vicinity of the surface to be reduced under the former condition, and it seems to cause its significant reduction disintegration.

Development of High-Temperature, Oxidation-Resistant, Iron-Based Heat Storage Materials by Aluminizing Using the Pack Cementation Method

To reduce CO₂ emissions from fossil fuels, an innovative carbonization/reformation process of utilizing biomass waste heat discharged by large-scale factories has been proposed and its elemental technologies were examined.

Waste heat is recovered by heat exchange using metallic balls of heat storage material (HSM). They are charged into a rotary furnace with biomass and then simultaneous carbonization and pulverization of biomass proceeds. Fe-Mn-C is a promising alloy system as HSM, considering its strength and heat storage properties, because utilization of the latent heat of magnetic transformation can be expected. However, its oxidation resistance is not sufficient. Therefore, the treatment of diffusion penetration (aluminizing) of Al into the alloy surface using AlCl₃ gas by a pack cementation method as shown in Fig.4 is proposed. In this year, the effect of aluminizing conditions on the high-temperature oxidation resistance of Fe-Mn-C alloys has been examined.

Fe-Mn-C alloy samples were charged with powder mixture of 98mass%Al₂O₃-1%NH₄Cl-1%Al into a sealed alumina crucible, and aluminizing treatment was performed in a reducing atmosphere ranging from 700 to 900°C for 3-12 h. Obtained samples were heat-treated at 1000°C in air. Extremely good high-temperature oxidation resistance is obtained by samples aluminized at 800 and 900°C as shown in Fig.5. In the cross-sectional observation of the sample after aluminizing treatment, as shown in Fig. 6, the FeAl₂ layer is observed at 900°C for 6 h, whereas it is not observed at 700°C for 12 h. In the sample aluminized at 900°C for 6 h, the formation of a dense Al₂O₃ layer 200-µm thick is observed after heat treatment at 1000°C and the dense Al₂O₃ layer suppresses the diffusion of oxygen. Currently, we continue to develop the alloys that combine both high heat storage property and high-temperature oxidation resistance.

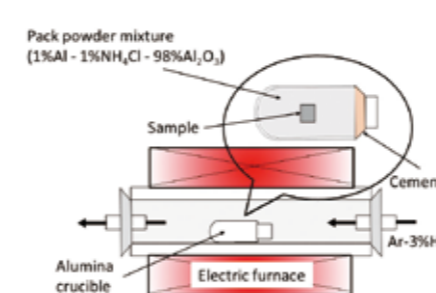


Fig.4 Schematic illustration of aluminizing applying pack cementation method.

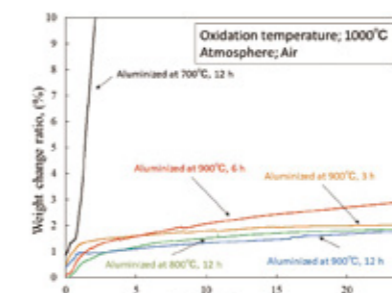


Fig.5 TG profiles of samples after aluminizing under different conditions.

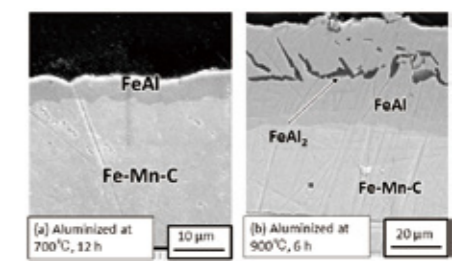


Fig.6 Cross sectional SEM images of samples after aluminizing at (a) 700°C for 12 h and (b) 900°C for 6 h.



准教授 村田 功
Associate Professor
Isao Murata

大気中のオゾン等微量成分の変動の研究

Variations of ozone and related trace species in the atmosphere

当研究室では、「グローバルな大気環境変動」をキーワードに、オゾン減少問題や地球温暖化など、地球規模の環境変動に関わる大気中の微量成分の観測的研究を行っている。2022年は、つくばにおけるフーリエ変換型分光器 (FTIR) 観測による ClONO₂、メタン同位体等の高度分布導出を行った。また、南極・昭和基地における大気重力波の気球観測を行った。

Height profiles of ClONO₂ and some isotopes of methane were retrieved from the spectra observed with a Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) at Tsukuba. Balloon measurements for atmospheric gravity wave were performed at Syowa station, Antarctica.

我々は国立環境研究所との共同研究として、つくばにおける FTIR による観測を 1998 年より行っている。FTIR では太陽光の 2-15 μm の赤外領域のスペクトルから大気中の多くの微量成分の高度分布等を調べることができる。同様の観測を行っている国際的な研究グループ NDACC/IRWG (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group) では、各観測ステーションの結果を総合して地球規模の変動要因を解明する研究を進めており、これまでも HCl、HCHO 等についての論文を共同で発表している。今年も OCS の経年変化に関する論文 (Hannigan et al., 2022) が出版された。また、ClONO₂ やメタン同位体の解析を行った。

ClONO₂ は HCl とともに塩素のリザーバー分子と呼ばれる比較的安定な成分である。中緯度の成層圏では両者の和がほぼ塩素化合物の総量となり、フロン規制による成層圏塩素量の減少傾向のモニタリングに重要である。ClONO₂ の吸収線は 12.8 μm 付近にあるが非常に吸収が弱く解析が難しいため、つくばではこれまで解析していなかった。今回、ベルギーの研究グループの協力で解析パラメータの最適化を行い、カラム全量を導出した。図 1 に 2021 年 1 月 25 日に観測したスペクトルのフィッティングの例を示す。ClONO₂ の吸収は 780.2 cm⁻¹ 付近にありかなり弱い、上部に示した残差を見ると比較的精度良くフィッティングできていることが分かる。今後 ClONO₂ の導出は継続的に進めていく予定である。

大気中の分子の水素、炭素、酸素等の同位体比は、その発生源や経由した化学反応によって異なる。そのため同位体比を観測することでその成分の履歴に関する情報が得られる。ただし、同位体比を求めるには高精度な観測が必要で、これまで大気中の同位体を利

In collaboration with the National Institute for Environmental Studies, we have been investigating the temporal and spatial variations of atmospheric trace species with solar infrared spectroscopy using FTIR at Tsukuba since 1998. We have contributed to the activity of the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group (NDACC/IRWG) and collaborated on HCl, HCHO, and so on. In 2022, a paper on the temporal variation of OCS (Hannigan et al., 2022) was published. ClONO₂ and some isotopes of methane were newly analyzed.

ClONO₂ is a reservoir of chlorine containing species together with HCl. The sum of the two species almost becomes the total abundance of the chlorine-containing species in the stratosphere of the mid-latitudes and is important to the monitoring of the decrease of the stratospheric chlorine according to the Montreal protocol. Absorption lines of ClONO₂ exist at 12.8 μm, but they are very weak. The retrieval was performed using parameters for Jungfraujoch (E. Mahieu, personal communication) as a reference. Fig. 1 shows a fitting result for ClONO₂ from the spectrum at 779.30–780.60 cm⁻¹ observed on January 25, 2021. The weak absorption of ClONO₂ can be seen at 780.2 cm⁻¹ and the residuals show that the spectrum was fitted well. We will continue the retrieval in the future.

Atmospheric species from different sources have different isotope ratios due to bioactivity, etc. In addition, chemical reactions sometimes cause isotopes to fractionate. Therefore, we can obtain information for sources or chemical processes from observed isotope anomalies. Usually, the isotope anomalies are very small (in the order of permille) and accurate measurements such as sampling are needed. There are few measurements with infrared spectroscopy because the uncertainties of the absorption intensities are usually as large as percent or more. But the variations of isotope anomalies sometimes show values in the order of percent or more and the uncertainty of the absorption intensity does not affect

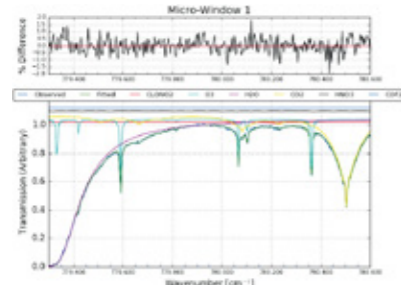


Fig.1 Fitting result for ClONO₂ from the spectrum observed on Jan. 25, 2021.

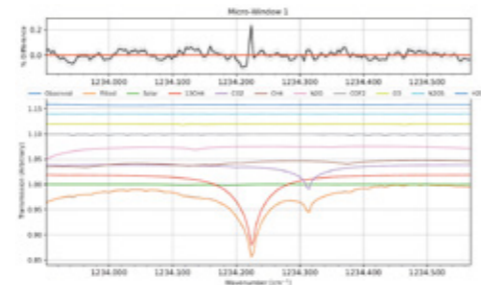


Fig.2 Fitting result for ¹³CH₄ from the spectra observed in 2021.

用した研究は主にサンプリングデータの高精度な分析によって発展してきた。一方、赤外分光では絶対量の少ない同位体でも吸収強度の強い吸収線を用いれば解析は可能であるが、吸収線の強度などに数 % 程度の不確かさがあることが多く、%単位の微小な絶対値を精度よく求めることは難しい。しかし、同位体比の相対的な変動は % オーダーであることも多く、吸収線強度の不確かさはバイアスとして全てのデータに同様に効くため相対変動には影響しない。そこで、相対的な変動であれば赤外分光でも観測可能ではないかと考え、まずはメタンについて検討を始めた。メタンには ¹²CH₄ の他に ¹³CH₄、¹²CH₃D といった安定同位体が存在する。図 2 に 8 μm 帯の波数領域で ¹³CH₄ を解析してみたフィッティングの結果を示す。¹³CH₄ の吸収は 1234.2 cm⁻¹ 付近にある比較的強いものでうまくフィッティングできている。¹²CH₃D についても解析は始めているが、こちらは強い吸収線がまだ見つかっていないので、解析に適した波数領域の探索から進めていく予定である。

村田は昨年 11 月から今年 3 月まで第 63 次南極地域観測隊に夏隊員として参加し、スーパープレッシャー気球を用いた大気重力波の観測を行った。大気重力波は、大気中の運動量輸送を担い、中層大気の子午面循環の駆動を通じて成層圏・中間圏の温度・物質分布の決定に重要な役割を果たす。しかし、南極地域では大気重力波の観測情報が不十分である。スーパープレッシャー気球は一定高度 (今回は 18 km) を長期間浮遊することが可能で、2 次元風速と気圧の観測により重力波の運動量輸送を全周波数帯域で定量的に測定でき、その水平分布もとらえることができる。これを昭和基地の PANSY レーダー観測および最新の気象再解析データと組み合わせることにより、大気重力波による運動量輸送の 3 次元的描像を捉えることが目的である。今回は観測手法の確立が主目的で、3 回の放球を行いいずれも 18 km 付近での水平浮遊に成功した。図 3、4 に 1 回目の放球の様子と放球メンバーの写真を示す。

村田は 2015 年から宮城県保健環境センターの評価委員をしており、今年も 4 回の評価委員会に出席して県保健環境センターが行っている研究の評価を行った。また、2020 年から宮城県環境影響評価技術審査会委員となり、近年申請の増えている風力発電事業を中心に 8 回の審査会に出席した。



Fig.3 The first launch on January 6. (Photo by Noriyuki Takeyoshi, JARE63)

relative changes. Therefore, we can measure the relative changes of the isotope anomalies with infrared spectroscopy. We recently began the retrieval of isotopes of methane. Methane has isotopes such as ¹²CH₄, ¹³CH₄, and ¹²CH₃D. Fig.2 shows a fitting result for ¹³CH₄ from the spectra in the 8-μm region. As for ¹²CH₃D, we are searching for adequate wavenumber regions to fit.

Associate Professor Murata participated in the 63rd Japanese Antarctic Research Expedition as a summer member from November 2021 to March 2022 and carried out the observation of atmospheric gravity waves with a super-pressure balloon. Atmospheric gravity waves transport momentum in the atmosphere and play an important role in determining temperature and material distribution through driving the meridional circulation in the middle atmosphere. However, the observational constraint on the momentum transport due to gravity waves is insufficient in the Antarctic. The super-pressure balloon can stay at a certain altitude (18 km at this time) for a long duration and observe momentum transport due to gravity waves in all frequency bands, and its horizontal distribution is clarified as well. By combining it with the PANSY radar observation at Syowa station and the state-of-the-art meteorological reanalysis data, a 3D picture of momentum transport due to gravity waves is acquired, which contributes to the improvement of future predictions made by the climate model. Three balloons were successfully launched from Syowa Station in January and February, followed by a level flight at an altitude of 18 km. Fig. 3 and 4 show the first launch on January 6 and a group photo of the launch members, respectively.

Associate Professor Murata serves as an evaluation committee member for the Center for Health and Environment, Miyagi Prefectural Government, and he attended four committee meetings. He also serves as a member of the environmental assessment technology examination committee, Miyagi Prefectural Government, and he attended eight committee meetings.



Fig.4 Group photo of the launch members. (Photo by Kentaro Baba, JARE63)

水資源と水環境に関する研究

Researches on Water Resources and Environments



准教授 久保田 健吾
Associate Professor
Kengo Kubota



教授 李玉友
Professor (協力教員)
Yu-You Li



教授 佐野 大輔
Professor
Daisuke Sano



准教授 小森 大輔
Associate Professor
Daisuke Komori

水資源システム学分野では、世界の水問題を解決することを目指し、以下の研究に取り組んでいる。

- 1) 脱炭素型下水処理システムの開発
- 2) 下水疫学的アプローチによる COVID-19 早期検知システムの構築
- 3) 気候変動と土地利用変化が自然環境に与える影響評価手法の開発
- 4) 地球温暖化と林業の衰退など森林の荒廃による流木発生メカニズムの解明
- 5) 環境バイオテクノロジーを用いた排水・廃棄物処理と微生物群集の解明

Our research topics in 2022 were as follow:

- 1) Development of a self-sustainable sewage treatment system
- 2) Development of an early warning system for COVID-19 centered on wastewater-based epidemiology
- 3) Development of evaluation approaches for the effect of climate change and land utilization change on natural environments
- 4) Mechanisms of flood wood generation caused by global warming and forest industry declination
- 5) Waste and wastewater treatment using environmental biotechnologies and microbial community analysis

下水処理活性汚泥の微生物群集の解明にむけて

生物学的廃水処理は、下水道システムにおける中核技術の1つである。微生物によって駆動される処理プロセスにおいて、微生物群の理解は限定的である。原核生物の解析は古くは分離・培養を伴っていたが、微生物の大部分は人為的な培養が難しく、活性汚泥についても1-15%程度しか培養できないと言われていた。そこで培養に依らない微生物の解析方法として分子生物学的手法が導入された。これにより、従来ブラックボックスであった生物学的処理プロセスの解明が進んでいる。本研究室では、日本の下水処理活性汚泥の微生物群集構造およびコア微生物群を明らかにするために、原核生物の16S rRNA 遺伝子を標的として解析をおこなった。その結果、下水処理活性汚泥には400-1,100の属、600-1,500の種が存在していると推察された。門レベルの微生物群集構造ではProteobacteria (Alphaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Deltaproteobacteriaが主)とBacteroidetesが優占していることを明らかにした。この他に、Acidobacteria, Actinobacteria, Chloroflexi, Firmicutes, Nitrospirae, Patescibacteriaが平均して1%以上存在していた。またコア微生物群として全サンプルに共通して見られる属レベルのOTUは32であり、相対存在率の約25%を占めた。コア微生物群を世界各地の活性汚泥と比較したところ、共通性が一部見られるものの、多くは日本の下水処理活性汚泥に独自なものであることがわかった。

また活性汚泥内に存在するPatescibacteriaについてより詳細な研究を行った。Patescibacteriaの細胞サイズが小さいという特徴を活かし、活性汚泥サンプルを孔径0.22 μmで濾過してから解析することで、Patescibacteriaに属する微生物の相対存在率を10倍以上にすることができた。活性汚泥中に見られる

Understanding activated sludge microbiome

Biological wastewater treatment is one of the core technologies in sewer systems. Treatment processes are driven by microorganisms, but our understanding of the sewage-treating microbiome is limited. Analysis of prokaryotes has traditionally involved isolation and cultivation, but the majority of microorganisms are in fact difficult to cultivate, and it is said that only 1-15% of microorganisms in activated sludge can be cultured. Molecular biological techniques have been introduced as a culture-independent approach for analyzing environmental microorganisms. Our laboratory investigated the microbial community and core microorganisms in activated sludge in Japanese sewage treatment plants. We estimated that there are 400-1,100 genera and 600-1,500 species in activated sludge. The community structure at the phylum level revealed that Proteobacteria (Alphaproteobacteria, Gammaproteobacteria, and Deltaproteobacteria) and Bacteroidetes were dominant. In addition, Acidobacteria, Actinobacteria, Chloroflexi, Firmicutes, Nitrospirae, and Patescibacteria were present at an average rate of more than 1%. There were 32 genus-level operational taxonomic units common to all samples as core microbiota, accounting for approximately 25% of the relative abundance. Some members of the core microorganisms in Japanese activated sludge were identical to those found from activated sludge in other countries, but most of the core microorganisms were unique to Japanese activated sludge.

We also conducted detailed investigation of Patescibacteria present in activated sludge. By taking an advantage of the small cell size of Patescibacteria, we filtered activated sludge samples through a 0.45-μm pore size filter before analysis. It was found that the relative abundance of Patescibacteria increased more than 10-fold. The number of operational taxonomic units (97% sequence identity) of Patescibacteria found in activated sludge increased about six-fold after size-fractionation treatment, revealing the greater diversity of Patescibacteria in activated

PatescibacteriaのOperational Taxonomic Unit (97% 相同性)の数はサイズ分画処理を行うことで約6倍になり、これまで見過ごされていた活性汚泥中におけるPatescibacteriaの多種多様性を明らかにすることができた。またメタゲノム解析を行うことで、Patescibacteriaに属する微生物のbinsを回収することができ、Patescibacteriaのゲノムアプローチによる生理生態解明に寄与する基礎的な知見が得られた。

sludge, which had been overlooked so far. The metagenomic analysis also revealed the diversity of Patescibacteria in activated sludge. We were able to recover bins of Patescibacteria, and obtained basic knowledge that may contribute to the elucidation of the physiology and ecology of Patescibacteria in an activated sludge ecosystem.



Fig.1 Activated sludge bioprocess in a sewage treatment plant.

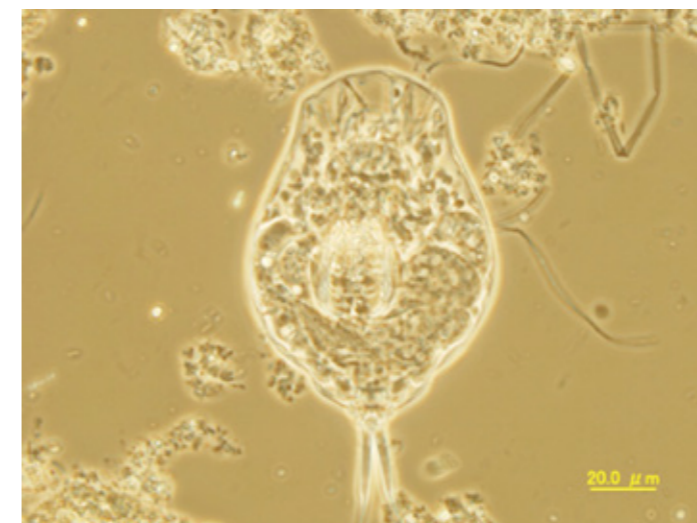


Fig.2 Microorganisms in activated sludge.

資源・物質循環型社会の実現を目指して

Aiming for a Resource Circulation Society



教授 吉岡 敏明
Professor
Toshiaki Yoshioka



准教授 亀田 知人
Associate Professor
Tomohito Kameda



准教授 齋藤 優子
Associate Professor
Yuko Saito



助教 熊谷 将吾
Assistant Professor
Shogo Kumagai

当研究室は、資源・物質循環型社会の実現を目指し廃棄物・排水・排ガスの新しい化学リサイクルプロセスや処理プロセスの開発を行っている。例えば、種々プラスチック、木質バイオマス、金属、添加剤等が複雑に複合化された高分子廃棄物のリサイクルは極めて困難である。そこで、難リサイクル性の高分子廃棄物に様々な化学的アプローチを駆使することで、天然資源を代替する資源に転換するプロセスの開発を行っている。また、排水や排ガスの中には資源として有用な化合物が含まれたまま排出されているものがあり、排水や排ガスに含まれる有価物を粘土化合物を用いて選択的に回収している。粘土化合物は再生して再利用する循環型の排水・排ガスの浄化プロセスを開発している。

In our laboratory, with the goal to realize a resource circulation society, we are developing novel chemical recycling processes for solid wastes as well as treatment methods for discharged water and gas. For example, the recycling of polymer waste has been known to be extremely difficult due to the complex combinations of different kinds of plastics, woody biomasses, metals, or additives. Therefore, with a variety of chemical approaches, we are developing the processes to convert polymeric wastes into useful resources that could replace natural resources. In addition, waste water and gas are discharged containing many valuable compounds. We selectively recover these useful substances by clay materials. In addition, we are developing eco-recycling processes to regenerate and reuse the clay materials.

研究テーマ

- ・プラスチックの持続可能な資源循環と海洋流出制御に向けたシステム構築に関する総合的研究 (Fig.1)
- ・環境インパクト低減に向けたハロゲン制御技術の体系化 (Fig.2)
- ・層状複水酸化物及び Ti, Zr, Ce 酸化物による CO₂ の選択的吸着および吸着後材料からの有用化学品合成の反応系の開発 (Fig.3)
- ・共熱分解シナジー効果制御による有機炭素資源利用高度化 (Fig.4)
- ・熱分解法によるプラスチック、バイオマス、ゴム、石油資源等有機炭素資源の化学原料化
- ・使用済みハーネスの被覆樹脂および銅のリサイクルに向けた剥離技術の開発
- ・太陽電池モジュール封止材の紫外線劣化解析
- ・含塩素樹脂の塩素循環に向けた電気透析プロセスの開発
- ・廃電子基板に含まれる臭素系難燃剤の湿式脱臭素処理直鎖及び環状スルホン酸で修飾された層状複水酸化物の合成とフェノール類の吸着特性
- ・Ti_xZr_(1-x)O₂ の表面塩基点を利用した吸着剤としての機能化
- ・乳酸吸着剤を用いた培地再生処理
- ・高比表面積層状複酸化物の合成とアニオンの吸着特性

Research topics

- ・Comprehensive study on the system development of plastics for sustainable resource circulation and control of leakage into the ocean (Fig.1)
- ・Systematization of halogen control technologies toward environmental impact reduction (Fig.2)
- ・Selective adsorption of CO₂ using layered double hydroxides/oxides and reaction system development of useful chemical synthesis from adsorbed material (Fig.3)
- ・Highly efficient utilization of carbon resources by the control of pyrolytic synergistic interactions during co-pyrolysis (Fig.4)
- ・Chemical feedstock recovery through pyrolysis of plastics, biomass, rubber, and crude oil
- ・Material separation from thin cables in used wire harness by combined physical and chemical processes
- ・Study on the characterization of the UV aging of PV module encapsulant
- ・Development of an electro dialysis process for chlorine cycling of chlorine-containing resins
- ・Debromination of brominated flame retardants in waste printed-circuit boards
- ・Synthesis of linear and cyclic sulfonic-acid-modified layered double hydroxides and their adsorption properties
- ・Functionalization of Ti_xZr_(1-x)O₂ as an adsorbent using surface base sites
- ・Study of lactic acid adsorption for culture medium treatment
- ・Synthesis of layered double oxides with high specific surface area and anion adsorption properties



Fig.1 Systematization of halogen control technologies toward environmental impact reduction



Fig.2 Comprehensive study on the system development of plastics for sustainable resource circulation and control of leakage into the ocean

◇ 受賞 (計 13 件)

- ・令和 4 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞 (熊谷将吾)
- ・一般社団法人廃棄物資源循環学会奨励賞 (齋藤優子)
- ・11th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials 2022 The Best Oral Presentation Award (森田, 謝勝禹) The Best Poster Award (部珠沢)
- ・無機マテリアル学会第 145 回学術講演会優秀公演奨励賞 (楊心怡)
- ・第 4 回環境化学討論会 優秀賞 (森田宜典)
- ・第 33 回廃棄物資源循環学会研究発表会 (梁川治暉)
- ・第 9 回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム、第 23 回プラスチックリサイクル科学研究会討論会合同発表会 最優秀発表賞 (東口亮太)、優秀発表賞 (平野由夏)
- ・第 13 回廃棄物資源循環学会東北支部、第 9 回日本水環境学会東北支部合同研究発表会 優秀発表賞 (安達若菜, 高梨樹)
- ・令和 4 年度化学系学協会東北大会 優秀ポスター賞 (下村亘)

◇ 実施中のプロジェクト (計 18 件)

科研費 5 件

「環境インパクト低減に向けたハロゲン制御技術の体系化」基盤研究 (S) (Fig.1) 等

受託研究 (NEDO・ERCA 等) 5 件

「プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発」ERCA 戦略的研究開発 (I) (Fig.2)
「大気中 CO₂ を利用可能な統合化固定・反応系 (quad-C system) の開発」NEDO ムーンショット型研究開発事業 (Fig.3)
「共熱分解シナジー効果制御による有機炭素資源利用高度化」JST 創発的研究支援事業 (Fig.4) 等

その他共同研究等 計 8 件

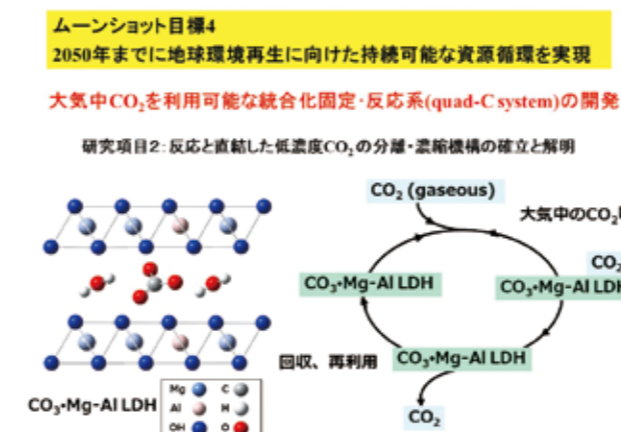


Fig.3 Establishment of a low-concentration CO₂ separation/concentration process using Mg-Al layered double hydroxide

◇ 基調・招待講演 (計 24 件)

- ・Ideas and strategies for making plastic a sustainable material (OECD Workshop on Flexible Food Grade Packing-Economic, Regulatory or Technical Barriers to Sustainable Design from Chemicals Perspective) (吉岡敏明)
- ・資源循環戦略を支えるケミカルリサイクルとバイオプラスチックの新技术展覧 (食品ニューテクノロジー研究会) (吉岡敏明)
- ・Environmental purification technology applying layered double hydroxide (令和4年度化学系学協会東北大会) (亀田知人)
- ・Adsorption of lactate and ammonia by layered double hydroxide and zeolite (6th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering) (亀田知人)
- ・Characterization of engineered plastics using pyrolysis-GC/MS (International Online Analytical Science Conference Advances & Recent Trends in Analytical Science) (熊谷将吾)
- ・Potential of pyrolytic synergistic interactions during co-pyrolysis of plastic, biomass, and petroleum (23rd edition of the International Conference on Analytical and Applied Pyrolysis) (熊谷将吾)
- ・プラスチック資源循環と持続可能な社会の実現に向けて (環境あきた県民フォーラム) (齋藤優子)

◇ 査読付き原著論文 (計 15 報)

および 著書・総説・解説 (計 4 報)

- ・Exhaust gas treatment using MnO₂/Mg-Al layered double hydroxide: Assessment of its mixed gas removal performance and regeneration, T. Kameda, Y. Takahashi, S. Kumagai, Y. Saito, S. Fujita, I. Itou, T. Han, T. Yoshioka, *Chemical Engineering Research and Design*, **431**, 134030 (2022)
- ・Improving levoglucosan and hydrocarbon production through gas-phase synergy during cellulose and polyolefin co-pyrolysis S. Xie, C. Ma, S. Kumagai, Y. Takahashi, T. Kameda, Y. Saito, T. Yoshioka, *Sustainable Energy & Fuels*, **6**, 1469 (2022)
- ・プラスチックリサイクルの現状と将来展望 齋藤優子, 吉岡敏明, 熊谷将吾, 油空圧技術 766. Vol.61. No.6 2022年6月

「共熱分解シナジー効果“制御”」



Fig.4 Highly efficient utilization of carbon resources by the control of pyrolytic synergistic interactions during co-pyrolysis

環境系・生体系物質計測への展開を目指した新しい化学分析モチーフの開発

Development of Chemical Motifs for Environmental and Biomedical Analysis



教授 壹岐 伸彦
Professor
Nobuhiko Iki



助教 唐島田 龍之介
Assistant Professor
Ryunosuke Karashimada

当研究室では、環境や医療分野における課題を解決することを目指し、分子認識に基づく新しい分析手法の開発を行っている。分子認識化学に基づき新しい化学モチーフを開発し、実際の分析手法に応用していくことは、分析技術の飛躍的な発展につながると考えている。今年度得た主な成果の中から1) 異核4核Ca-Tb-TCAS錯体の合成、および2) がん細胞へ送達可能なPt(II)-ジラジカル錯体の開発について述べる。

The aim and goal of this division is to develop analytical methods based on molecular recognition, which provides solutions for environmental problems and tasks in medicine. We believe that breakthroughs in analytical technology will be facilitated through the development and application of chemical motifs capable of recognizing materials and through the establishment of methodology for separation/preconcentration and detection/determination methods for materials of environmental and biological importance. Among such chemical motifs that we studied this year, two examples will be described: (1) synthesis of heterotetranuclear Ca-Tb-TCAS complex and (2) active delivery of Pt(II)-diradical complex to cancer cells.

異核4核Ca-Tb-TCAS錯体の選択的合成と発光特性

一分子中に異なる金属イオンを有する異核錯体の合成には、同核錯体などの副生成物の生成を抑制するため、配位子の精密な設計や複雑な合成方法が必要であった。我々はチアカリックスアレーン(TCAS)が水溶液中で3種類の異核4核錯体(Ca_{4-x}Tb_xTCAS₂, x=1-3)を自己組織的に形成することを見出した。混合比(Ca:Tb:TCAS)とpHを制御することで、Ca₁Tb₃TCAS₂錯体(Ca:Tb:TCAS = 1:3:2, pH 6.0)、Ca₂Tb₂TCAS₂錯体(Ca:Tb:TCAS = 2:2:2, pH 10)、Ca₃Tb₁TCAS₂錯体(Ca:Tb:TCAS = 3:1:2, pH 11)がそれぞれ選択的に合成可能であった(Fig.1)。また、既報のTb₃TCAS₂錯体を合成後、一当量のCaイオンと混合することで、Ca₁Tb₃TCAS₂錯体を選択的に合成できた。以上より、構成要素(Ca, Tb, TCAS)を任意の割合で混合し、pHを調整するだけで3種類の異核4核錯体を選択的に合成する方法を確立した。さらに、これらの異核4核錯体はTCASからTbへのエネルギー移動発光を示し(Fig.2)、高い量子収率と長寿命発光を持つことを明らかにした。以上より、高い発光機能を持つ異核4核Ca-Tb-TCAS錯体の選択的合成法の確立に成功した。

がん細胞への能動的送達を可能とするPt(II)-ジラジカル錯体の開発

がんの新たな治療法として光熱治療が注目されている。これは生

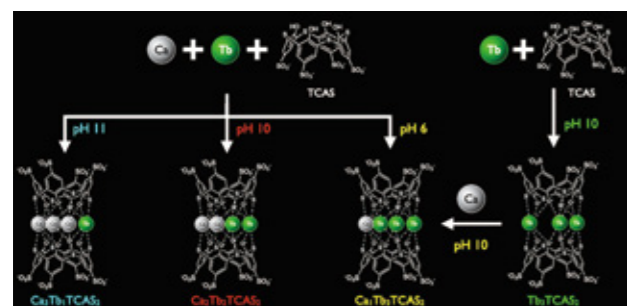


Fig. 1 The formation of three types of heterotetranuclear Ca-Tb-TCAS complexes.

Selective synthesis and luminescence properties of heterotetranuclear Ca-Tb-TCAS complexes

The synthesis of heteronuclear complex comprising different metal ions required a precise design of ligands or a convoluted synthesis method to circumvent the formation of by-products such as homonuclear complexes. We have found that thiacalixarene (TCAS) self-assembled into three types of heterotetranuclear complexes (Ca_{4-x}Tb_xTCAS₂, x=1-3) in aqueous solution. In the optimum conditions of the mixing ratio (Ca:Tb:TCAS) and pH value, the selective formation of Ca₁Tb₃TCAS₂ complex (Ca:Tb:TCAS = 1:3:2, pH 6.0), Ca₂Tb₂TCAS₂ complex (Ca:Tb:TCAS = 2:2:2, pH 10), and Ca₃Tb₁TCAS₂ complex (Ca:Tb:TCAS = 3:1:2, pH 11) was achieved (Fig.1). In addition, the Ca₁Tb₃TCAS₂ complex was selectively synthesized by mixing the previously reported Tb₃TCAS₂ complex with one equivalent amount of Ca ion. As a result of these findings, selective synthesis methods for three types of heterotetranuclear complexes have been developed through the optimization of the Ca:Tb:TCAS ratio and pH condition. Furthermore, these heterotetranuclear complexes exhibited energy-transfer luminescence from TCAS to Tb, with high quantum yield and long luminescence lifetime (Fig.2). In conclusion, we have succeeded in the development of a selective synthesis method of heterotetranuclear Ca-Tb-TCAS complexes possessing high luminescence properties.

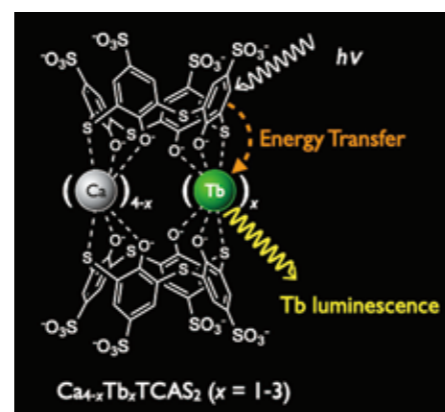


Fig. 2 The schematic representation of energy-transfer luminescence in heterotetranuclear Ca-Tb-TCAS complexes.

体透過性の高い近赤外 (NIR) 光を吸収する光熱変換体をがんを送達し、外部から NIR 光を照射することで発生した熱でがん細胞を殺傷することに基づく。課題はがんへの選択的送達である。がん細胞表面に過剰発現しているレセプターをターゲットとするリガンドを光熱変換体へ導入できれば、がん細胞に能動的に輸送できる。我々は既に細胞内で NIR 吸収能を示す Pt(II)-ジラジカル錯体を見いだしている。今回モデルとして葉酸 (FA) を Pt(II)-ジラジカル錯体へ修飾した。本錯体のがん細胞への送達量を調べたところ非修飾錯体に比べ 10 倍以上であり、FA 修飾の有用性を示すことが出来た。リンカー導入錯体は他のリガンド修飾も可能であり、特定の腫瘍細胞への送達に応用可能である (*Chem. Lett.*, 2022, 51, 1157)。

その他の活動

(Handbook of Physics and Chemistry of Rare Earth 62の出版)
Naoya Morohashi, Nobuhiko Iki, Lanthanide-calixarene complexes and their applications, HPCRE, Volume 62, 2022, Pages 1-280, Elsevier.

本ハンドブックは希土類の物理と化学の関係する研究領域を網羅する。第62巻ではCalixarene-希土類の化学について531の文献を渉猟し、配位子設計、錯体の安定性、構造、光物性、機能、材料応用の観点から解説し、445種類のCalixarene配位子を取りあげた。

(基調講演) Nobuhiko Iki, "Capillary electrophoresis as a tool for kinetics and thermodynamics of biomolecular and metal complex systems" APCE-CECE-ITP-IUPAC 2022, Cambodia.

(出張講義・見学受入) 宮城県仙台第一高等学校 (45名, 12月7日), 北海道北見北斗高校 (11名, 12月15日)。

(受賞)

- 東北分析化学奨励賞「異核複核ランタニド錯体の高機能化と分離分析法の開発」唐島田龍之介、日本分析化学会東北支部、12月17日
- フロンティア・ラボ賞「分光イメージングを用いた近赤外吸収ジラジカル白金錯体の細胞導入の観察」D3 澤村瞭太、みちのく分析科学シンポジウム、7月23日

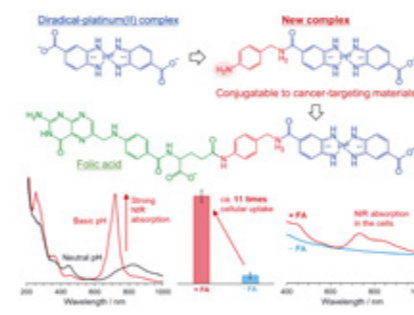


Fig. 3 Modification of the Pt(II)-diradical complex with folic acid and enhancement of the delivery to the cells.



Fig. 4 Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, vol. 62.

Development of Pt(II)-diradical-complex-enabling active targeting of cancer cells

Photothermal therapy, whereby materials capable of a photothermal effect are delivered to cancer and then highly transmitting near infrared (NIR) light is irradiated to produce heat to kill the cancer, has attracted much attention. Selective delivery of the materials to cancer is of key importance. Active targeting is one promising strategy to modify the materials with a ligand that binds to a receptor excessively expressing at the surface of cancer cells. We have already reported Pt(II)-diradical complexes having high photothermal conversion efficiency. Herein, we attached folic acid (FA) to the complex as one of the ligand materials for cancer. As a result, the amount of Pt(II) complex introduced into cancer cells increased 10 times more than that of unmodified Pt(II) complex. The strategy can be applicable to other ligands (*Chem. Lett.*, 2022, 51, 1157).

Other Activities

[Publication of Handbook of Physics and Chemistry of Rare Earth 62]
Naoya Morohashi, Nobuhiko Iki, Lanthanide-calixarene complexes and their applications, HPCRE, Volume 62, 2022, Pages 1-280, Elsevier.

The handbook deals with a research area related to physics and chemistry of rare earth. In Volume 62, we cited 531 studies to describe chemistry of a rare-earth-calixarene complex in terms of ligand design, stability, structure, photophysical properties, functions, and application to materials. The number of calixarene ligands described is up to 445.

[Keynote Lecture]

Nobuhiko Iki, "Capillary electrophoresis as a tool for kinetics and thermodynamics of biomolecular and metal complex systems," APCE-CECE-ITP-IUPAC 2022, Cambodia.

[Visiting lectures and acceptance of lab tours]

Sendai Daiichi High School, Miyagi Prefecture (45 students, December 7) and Kitami Hokuto High School, Hokkaido (11 students, December 15).

[Awards]

- Tohoku Encouragement Award for Analytical Chemistry for "Functionalization of Heteronuclear Dinuclear Lanthanide Complexes and Development of their Separation and Analysis Methods," by Ryunosuke Karashimada, Tohoku Branch, the Japan Society for Analytical Chemistry, December 17.

- Poster Award, Michinoku Symposium of Analytical Sciences, for "Development of near-infrared-absorbing Pt^{II} complexes toward cancer photothermal therapy agents," Ryota Sawamura (D2), October 2.



Fig. 5 Snapshot of the lab-tour.



Fig. 6 Certificate of Tohoku Encouragement Award for Analytical Chemistry.

マイクロ・ナノ電極を利用する環境・医工学バイオセンサデバイスおよび材料評価システムの開発

Development of Environmental/Biomedical Sensors and Visualization Systems for Material Functions with Micro/Nano Electrodes



教授 珠玖 仁
(工学研究科 兼任)
Professor
Hitoshi Shiku

現在、微小なデバイスのバイオ応用・環境モニタリングに大きな期待が寄せられている。これらのデバイスを用いることで、これまで難しかった生体現象を観察することや、簡便かつ迅速な環境評価・医療用検査が可能になっている。また、生体を模倣した微小な細胞チップを作製することで、再生医療応用や生体内での化学物質のモニタリングが可能になる。このような目的のために、我々はマイクロ・ナノシステムを組み込んだ電気化学デバイスの開発を行った。図1に研究室のメンバーの写真を示す。

Micro/nano-devices are in continual demand in biological science and engineering, as well as achieving in accurate analytical information. We have developed micro/nano-electrochemical systems for environmental/biomedical applications and the evaluation of battery materials. We are also investigating the role of the tissue microenvironment, utilizing a microfluidic device, and scanning probe microscopy. These devices are useful in environmental monitoring, medical, and engineering applications. Figure 1 shows a photo of members.

生体モデル（細胞凝集塊、血管）用センサの開発

血管モデル用のセンサシステムを複数報告した。血流を模した流れが付与可能なマイクロ流体デバイス内に構築し、走査型電気化学顕微鏡 (SECM) で細胞活性評価を行い、薬剤評価が可能システムとして完成させた (図2)。

生体分子の高感度センサの開発

カスケード反応によるシグナル増幅システムを有するイムノアッセイシステムを開発し、モデル物質の高感度計測を実現した (図3)。

細胞機能計測のための電気化学発光システムの開発

電気化学反応で発光する現象である電気化学発光 (electrochemiluminescence: ECL) を利用した細胞機能計測システムを開発した (図4)。例えば、培養方法の違いによる細胞接着形式の変化の可視化に成功した。

ハイドロゲルの電気化学接着技術の開発

3次元培養組織を作製するため、細胞足場材料であるハイドロゲルが用いられている。そこでハイドロゲルを組み合わせる技術が求められていた。そこで、電気化学反応を利用したハイドロゲルを接着させる技術を開発した (図5)。この技術を進めば、心臓のような複雑な臓器形成が期待できる。



Fig.1 Photo of members in 2022.

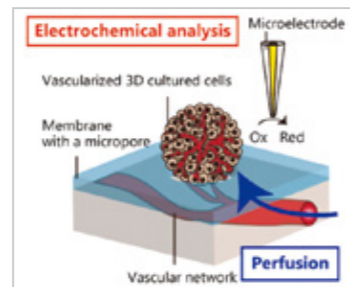


Fig.2 SECM for analysis of a spheroid integrated with a vascular network. Reprinted with permission from Biosensors and Bioelectronics (219, 114808, 2023). Copyright 2022 Elsevier.

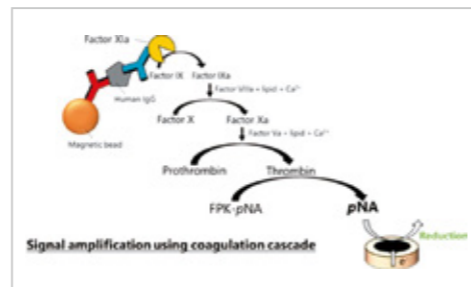


Fig.3 Immunoassay using thrombin cascade for signal amplification. Reprinted with permission from Analytical Chemistry (94, 12427, 2022). Copyright 2022 American Chemical Society.



准教授 伊野 浩介
(工学研究科 兼任)
Associate Professor
Kosuke Ino



准教授 井上 久美
(山梨大学 兼任)
Associate Professor
Kumi Y. Inoue



准教授 熊谷 明哉
(材料科学高等研究所、物質・材料研究機構 兼任)
Associate Professor
Akichika Kumatani



助教 梨本 裕司
(学際科学フロンティア研究所、工学研究科 兼任)
Assistant Professor
Yuji Nashimoto



助教 井田 大貴
(学際科学フロンティア研究所、材料科学高等研究所 兼任)
Assistant Professor
Hiroki Ida

秘書
高野 聡美
研究補佐員
大宮 明子
渡辺 梨乃
遠藤 梨奈

走査型電気化学セル顕微鏡を用いた材料評価

走査型電気化学セル顕微鏡 (scanning electrochemical cell microscopy: SECCM) を用いて、水素発生反応などのための二次元材料の評価を行った。これらの結果は、材料設計の指針に利用できる。

学会発表

招待講演・依頼講演4件を行った。これらを含め、30件以上の学会発表を行った。

受賞

- 伊野浩介(准教授): 東北分析化学賞 (日本分析化学会東北支部奨励賞)
- 伊野浩介(准教授): 奨励賞 (化学とマイクロ・ナノシステム学会)
- 井上久美(准教授): 優秀ポスター賞 (第4回 COI 学術交流会)
- 井上久美(准教授): 優秀賞 (山梨大学男女共同参画学術研究奨励賞)
- 熊谷明哉(准教授): 材料科学世界トップレベル研究拠点長賞(東北大学)
- 岩間智紀 (D3): 東北大学総長賞
- 伊藤健太郎 (D3): 優秀学生講演賞 (2022年電気化学秋季大会)
- 伊藤健太郎 (D3): 東北分析化学奨励賞 (日本分析化学会)
- 伊藤千聖 (M1): 最優秀賞、DOWA 賞 (第4回環境科学学討論会)
- 佐藤寛仁 (M1): ポスター賞 (化学系学協会東北大会)

学術雑誌での表紙、注目論文 (図6)

- Analytical Chemistry, 94, 16451, 2022. Selected as a cover.
- Analytical Chemistry, 94, 12427, 2022. Selected as a cover.
- Analytical Sciences, 38, 1297, 2022. Selected as a hot article.
- Micromachines, 13, 420, 2022. Selected as a feature paper.

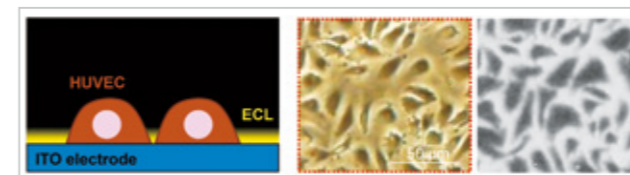


Fig.4 ECL imaging of cellular adhesion of human umbilical vein endothelial cells (HUVECs). Reprinted with permission from Electrochimica Acta (415, 140240, 2022). Copyright 2022 Elsevier.

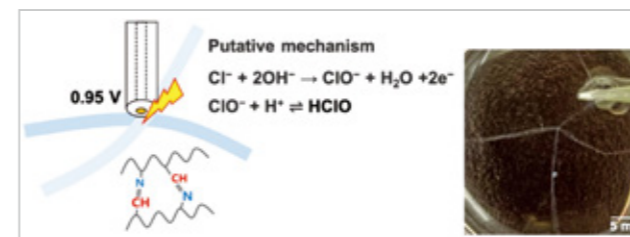


Fig.5 Electrochemical gluing of hydrogels via an electrochemical reaction. Copyright 2022 by the authors. Licensed under CC BY 4.0.



Fig.6 Journal covers. Reprinted from Analytical Chemistry. Copyright 2022 American Chemical Society.

持続可能性の実現のためのシステム革新

Systems Innovation for Sustainability



教授 福島 康裕
Professor
Yasuhiro Fukushima

物質循環改善による持続可能な社会の実現に向けて、国内外でさまざまなプロセス技術の開発が行われている。当研究室では、これらの技術について、現状の延長線上の社会への導入による貢献ではなく、描いた魅力的な社会における貢献ができるよう、ビジョンオリエンテッドな設計を行うことで、効率的な未来技術の実現を図ることに取り組んでいる。特に社会が大きくカーボンニュートラル化へと舵を切中、バイオマス活用技術、炭素固定利用 (CCU) 技術、そして製品リサイクル技術は物質循環の主役とならなければならないが、化石燃料を燃焼してエネルギーを得ている現在と、超低炭素であるが大変限られたエネルギーを使って社会を回していかなければならない未来において、技術システムに求められる性能や用いるべき変換経路が異なってくる。未来の姿を描き、必要な技術の姿や資源との組み合わせ方を明らかにして、持続可能な社会の実現に資する技術の速やかなイノベーションの実現を目指す。

Many “green-process technologies” are being developed to realize a sustainable society, overcoming various serious issues related to materials circulation. Our group had developed a platform (toolbox and database) to assist a vision-oriented design and development of systems that employ these technologies, thereby effectively contributing to the realization of an attractive society equipped with sustainable materials circulation. Today, our modern society strives for realization of carbon neutrality – a form of complete materials circulation that compels us to go through an unprecedented change in the production and consumption systems. Biomass utilization, carbon capture and utilization, and post-consumer recycling are core enabling technologies, the optimal design of which would appear differently depending on whether it is targeting current or future applications. We create future society visions, explore combinations of required technology and resources, and contribute to swift innovation of enabling technologies that are interrelated by circulation of various materials and energy.

福島研究室による新たなスタート

4月より、環境グリーンプロセス学分野は、工学研究科化学工学専攻より異動した福島教授の研究室が担当することになった。新たに5名の学部4年生を工学部から迎え、スタッフ4名、派遣スタッフ2名、秘書2名、大学院生10名を加えた23名で新年度を迎えた。

国内学会参加:

福島(B4)、長谷川(M1)、加藤(M2)、八木原(D1)、福島(教授)は、神戸大学で開催された化学工学会年会(3月16-18日)にオンライン参加した。オンラインでの参加者はまだ少ない状況ではあったが、貴重な研究発表や交流の場を楽しみ、多くの学びのある参加となった。会期中に東北で大きな地震が発生し、仙台に戻る旅程に大きな支障が出たが、幸い研究室に大きな被害は発生しなかった。

A new start with the Fukushima Laboratory

Since April 2022, Professor Yasuhiro Fukushima, formerly affiliated with the Department of Chemical Engineering, Graduate School of Engineering, leads the Environmental Green Process Study at GSES. His group re-started with a moderate size of 23 people, consisting of four staff members, two temporary staff members, two secretaries, and 10 graduate students, in addition to the five new undergraduate students.

Domestic conferences

Mr. Fukushima (B4), Mr. Hasegawa (M1), Ms. Kato (M2), Mr. Yagihara (D1), and Prof. Fukushima participated in the annual meeting of the Society of Chemical Engineers, Japan (SCEJ; Kobe University, March 16-18). On-site participation offered many opportunities to acquire new information and gain experiences, despite having much fewer attendees compared to meetings before the pandemic. During the conference, a large earthquake hit the Tohoku area. Luckily, no serious damage occurred. Prof. Fukushima



Fig.1 Staffs and Graduating Students, March 2022



Fig.2 Kazuki Fukushima presenting his research at Research Conference on Advanced Chemical Engineering Studies (July, Sendai)



助教 大野 肇
Assistant Professor
Hajime Ohno



特任助教 倪 嘉苓
Research Assistant Professor
Jialing Ni



特任講師 (クロスアポイント)
アレクサンダー グスマン
Research Lecturer (cross-appointment)
Alexander Guzman

福島(教授)は化学工学会秋季大会(長野)、触媒討論会(富山)にもオンライン参加し、シンポジウムへの参加や講演などを行なった。

国際学会参加:

ESCAPE32, June 12 - 15, Toulouse, France: グスマン(助教)と八木原(D2)は、フランス・トゥールーズで開催された化学プロセス工学の学会であるESCAPE32において、ポスター発表した。研究室からは、COVID19蔓延以降初の海外での国際会議参加であり、さまざまな制約に直面しながらも再び国際的な交流を伴う研究討論の場へと復帰を果たした。また、大学間交流のあるボルドー大学を訪問、セミナーを開催いただき、同じ分野の研究所の若手研究者たちと互いの研究内容を紹介し合うこともできた。

EcoBalance 2022, Oct. 30 - Nov.2, Fukuoka, Japan: エコバランス国際会議はLCAの分野の中で最も歴史ある国際学会の一つであり、隔年のペースで日本各地を巡って開催されている。前回はコロナ禍でオンライン開催であったが、今年は福岡国際会議場においてハイブリッド開催された。福島研究室からは6件の発表(口頭3, ポスター3)が行われ、そのうち1件は最優秀ポスター賞を受賞という快挙を成し遂げた。

受賞

- 日本LCA学会功績賞, 福島康裕(教授), 「ライフサイクル思考を導入したシナリオ分析による意思決定手法の体系化」, 3月
- 第24回先端研究発表会, 福島一期(M1), 「量子アニーリングマシンによる化学プロセスの設計に向けた試行」, 7月
- 第15回エコバランス国際会議 最優秀ポスター賞, 牧野凌大(M1), 福島康裕(教授), 大野肇(助教) 「塩化ビニルからの脱塩素技術は物質好循環をもたらすのか—多目的多地域を考慮した技術選択モデルを用いた分析」, 11月

卒業

3月: 加藤由樹(修士), 吉田悠人(修士) 9月: 楊亜群(修士)



Fig.3 At the EcoBalance 2022

also attended the SCEJ's autumn meeting (Shinshu University) and the Catalysis Society of Japan meeting (Toyama University).

International Conferences

ESCAPE32, June 12-15, Toulouse, France: Dr. Guzman (Assistant Professor) and Mr. Yagihara (D2) presented their posters at the European Symposium on Computer-Aided Process Engineering. This was the first international conference after the outbreak of COVID-19. Many difficult constraints were imposed, but they made a gracious return to the international academic forum representing Fukushima Laboratory. They also visited University of Bordeaux, where their young researchers hosted a small symposium to offer opportunities seeking potential collaborations.

EcoBalance 2022, Oct. 30-Nov. 2, Fukuoka, Japan: This conference is one of the most historical international conferences in the field of life cycle assessment, held biennially. The previous conference had to go online, but this time, it was held on-site at Fukuoka International Conference Center. Fukushima laboratory gave six presentations (three oral and three poster presentations), among which one won the prestigious Best Poster Presentation Award.

Awards

- Yasuhiro Fukushima, Outstanding Contribution Award, Institute of Life Cycle Assessment, Japan, March
- Kazuki Fukushima, Excellent Presentation Award, *Trials for Chemical Process Design Utilizing a Quantum Annealing Machine*, Research Conference on Advanced Chemical Engineering Studies, July
- Ryodai Makino, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno, The EcoBalance Poster Award (Best Poster) *Can introduction of PVC de-chlorination technology bring circularity benefits? An analysis using a multi-objective, multi-regional technology choice model*

New alumnus

March: Yuki KATO (M.Eng.), Yuto YOSHIDA (M. Eng.)
September: Yaqun Yang (M. Eng.)



Fig.4 With Prof. Dario Bassani@University of Bordeaux

環境に配慮したマルチファンクショナル複合材料の設計・開発・評価

Design, development and evaluation of multi-functional composite materials



教授 成田 史生
Professor
Fumio Narita



助教 栗田 大樹
Assistant Professor
Hiroki Kurita



JSPS 特別研究員 王 真金
JSPS Research Fellowship
for Young Scientists
Zhenjin Wang

本研究室では、IoT (モノのインターネット) 社会の実現に導く環境発電 (エネルギーハーベスティング) 材料やセンサ材料の設計・開発・評価に取り組んでいる。特に、圧電セラミック粒子や磁歪合金ワイヤを利用した複合材料に注目し、強度・機能特性と信頼性・耐久性の向上を目指して理論的・実験的研究を進めている。また、環境汚染を食い止めるための極低環境負荷構造材料の創製を目指し、セルロースナノファイバー強化ポリマー複合材料や機能性絹糸を設計・開発して、力学・物理特性と微細構造との関係を評価している。

Our laboratory is engaged in research to design and develop composite materials for energy-harvesting and sensor applications, which helps realize an internet of things (IoT) society. We focus on composite materials with piezoelectric ceramic particles or magnetostrictive alloy wires and address improving their strength and function or reliability and durability. Furthermore, we are studying cellulose nanofiber-reinforced polymer composites and evaluating the relationship between their mechanical/physical properties and microstructures to prevent environmental pollution.

圧電複合材料

圧電セラミックスは脆く、また、高圧電特性のチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) には有害物質 (鉛) が含まれているため、柔軟な非鉛系圧電材料の開発が要望されている。本研究室では、鉛フリー圧電ナノ粒子分散ポリマーを作製し、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を積層して電極として用い、コロナ放電分極に成功している。また、ポリマー内部の圧電粒子体積含有率を段階的に変化させた傾斜機能圧電粒子分散ポリマーの作製方法を提案し、構造を制御して試作後、圧縮衝撃・曲げ振動発電機能と傾斜組成分布との相関を解明している (Fig.1)。今後の展開が期待される。

磁歪複合材料

超磁歪特性を示す Tb-Dy-Fe 合金は、脆さや渦電流発生などが問題となっており、高価格であるという欠点も有している。Fe-Ga 合金も同様に超磁歪特性を示すが、加工の難しさが製品化の障壁となっている。本研究室では、Fe-Co ワイヤ / 樹脂複合材料を開発し、振動・衝撃発電に成功している。また、Fe-Co ワイヤを燃ってアルミニウム合金に埋め込む技術を確立し、衝撃を電気に変換する軽金属複合材料を開発して、高出力化も実現している。さらに、物質が附着した際の磁歪複合材料の共振周波数・出力電力変化に着目し、磁歪ウイルスセンサの実現に向けた研究を進めている (Fig.2)。

Piezoelectric Composites

The design and development of carbon-fiber-reinforced polymer (CFRP) composites with a function such as piezoelectricity are difficult due to the conductivity of carbon. Here, we prepared a lead-free piezoelectric nanoparticle-dispersed epoxy resin with laminated CFRP layers on the upper and lower surfaces. A large electric field was applied by corona discharge, which polarized the composite successfully. We fabricated the piezoelectric particle-dispersed polymers with controlled structures, the correlation between the compressive shock and bending vibration power generation functions and the graded composition distribution was clarified (see Fig.1). Future developments are expected.

Magnetostrictive Composites

Magnetostrictive Tb-Dy-Fe and Fe-Ga alloys have a wide variety of applications due to their great capability as sensors and energy-harvesting devices. However, the difficulty in machinability and the fabrication cost inhibit their applications as magnetostrictive devices. We have developed Fe-Co wire/resin composites and have succeeded in generating vibration and impact. We have also established a technology to embed twisted Fe-Co wires in aluminum alloy and developed a light metal composite material that converts impact into electricity. Furthermore, we developed magnetostrictive virus sensors using the change in resonant frequency and output power of magnetostrictive composites.

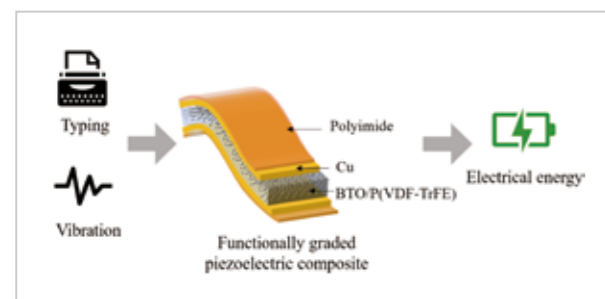


Fig.1 Schematic illustration of functionally graded piezoelectric composites for energy harvesting.

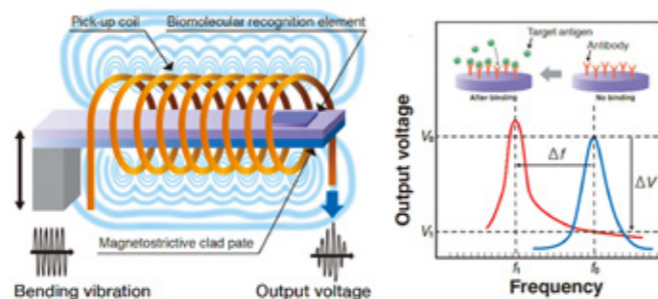


Fig.2 Schematic illustration of magnetostrictive virus sensor mechanism.

低環境負荷複合材料

本研究室では、木質繊維を極限まで破碎して得られるセルロースナノファイバーや、岩石と同成分のバサルト繊維と生分解性ポリマーを組み合わせた高強度・低環境負荷複合材料 (グリーンコンポジット) の開発に取り組んでおり、分解過程における力学特性変化に注目した研究も進めている。また、蚕にセルロースナノファイバーを給餌し、高強度絹糸の創製に成功しており、衰退しつつある日本の養蚕業復活への貢献が期待されている (Fig.3)。

その他の活動

<国際交流>

・JSPS 研究拠点形成事業 A. 先端拠点形成型「IoT 社会を実現するマルチ環境発電材料・デバイス 国際研究拠点形成」

<受賞>

- ・8th Asian Conference on Mechanics of Functional Materials and Structures, 最優秀発表賞, Toshiki Ueno, Hiroki Kurita, Fumio Narita
- ・Symposium on Functionally Graded Materials 2022, 最優秀発表賞, Kohei Maruyama, Zhenjin Wang, Fumio Narita
- ・第8回「ジャパン・レジリエンス・アワード (強靱化大賞)」 「STOP 感染症大賞」
- ・防災・減災 × サステナブル大賞 2022 防災・減災 × SDGs 賞 アカデミー & ジュニアアカデミー部門 グローバル賞

<報道>

- ・2022年12月21日 (水) 河北新報 「電源自給型センサー開発 振動利用し発電、情報送信」
- ・2022年3月2日 (水) 日刊工業 「振動が農業を変える? 磁歪材で害虫密度半減」



Fig.3 Cellulose nanofiber reinforced cocoon of a silkworm.

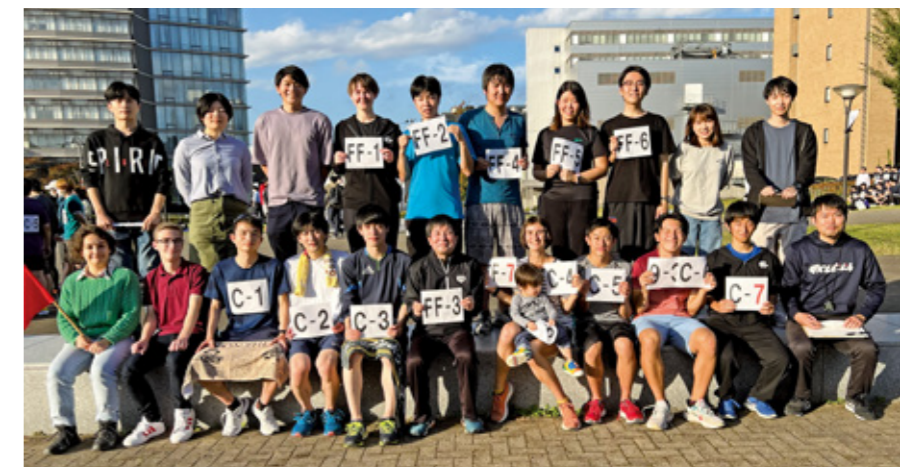


Fig.4 Group photo of the marathon race

Eco-friendly (Green) Composites

We develop high-strength, low-environmental-impact (i.e., green) composites by combining cellulose nanofibers, which are obtained by crushing wood fibers to the utmost limit, and basalt fibers, which are similar in composition to rocks, with biodegradable polymers. We also conduct research focusing on changes in mechanical properties during the degradation process and research focusing on changes in mechanical properties during the degradation process.

Other Activities

<International exchange>

・JSPS Core-to-Core Program, “Establishing an International Research Center for Multi-Energy Harvesting Materials and Devices to Realize an Internet-of-Things Society”

<Award>

- ・8th Asian Conference on Mechanics of Functional Materials and Structures, Best Paper Award, T. Ueno, H. Kurita, F. Narita
- ・Symposium on Functionally Graded Materials 2022, Best Presentation Award, K. Maruyama, Z. Wang, F. Narita
- ・8th Japan Resilience Awards 2022, Prize for "Stopping Infectious Diseases"
- ・2022 Disaster Prevention and Mitigation x Sustainability Award, Disaster Prevention and Mitigation x SDGs Award: Academy & Junior Academy Category

<Media coverage>

- ・Kahoku Shinpo, “Development of a power supply self-sufficient sensor that generates electricity and transmits information using vibration” December 21, 2022
- ・Nikkan Kogyo Shinbun, “Vibrations will change agriculture? Magnetostrictive material halves pest density” March 2, 2022.

自然環境に順応する Chemical Engineering Technology の創製

Innovative experimental and theoretical technologies on chemical engineering for creating sustainable society



准教授 大田 昌樹
Associate Professor
Masaki Ota

従来の医薬食品製造分野においては、ときに高環境負荷の有機溶媒が使用されることで人体への副作用の問題などが懸念されてきた。これに対し我々は、安心かつ安全な経口・経皮物質の製造に向けて、二酸化炭素の他、エタノール、水等のグリーン溶媒を用いた高圧流体、特に超臨界・亜臨界流体の利用による環境調和型製造技術の開発に関する応用研究を推進している。特に最近では、Hildebrand 溶解度パラメータを独自に拡張したエントロピー型溶解度パラメータを理論的背景に、化学を基盤において地球環境や生態系保全に向けた持続可能な社会構築を目的として、天然資源や合成化合物の有効利用を可能とする工学技術の開発に関する研究について付加価値順のカスケード利用を可能とするための分離工学、安心安全な物質選定のための高圧溶液化学、超臨界流体抽出・亜臨界溶媒分離技術の社会実装のためのプロセスシステム等において知識と経験を深めてきた。これらの研究を推進するための基礎学問は化学工学にあり、基礎物性の測定からモデル化まで実験・理論の両面から研究を進めている。

Green processing and engineering are required for the chemical engineering of pharmaceuticals, foods, beverages, cosmetics, chemicals, and so on. For this purpose, we aim to use only non-toxic solvents such as carbon dioxide, ethanol, and water for extraction and separation processes, instead of harmful or potentially toxic solvents. Recently, we developed an entropy-based solubility parameter—an extended Hildebrand solubility parameter—for high-pressure fluids (sub/supercritical fluids) and have applied it to designing extraction and separation techniques in order to achieve sustainable green chemistry. We are promoting these experimental and theoretical approaches based on chemical engineering to study and develop new environmental sciences and technologies.

エントロピー型溶解度パラメータ (eSP) の応用

医薬食品素材の環境調和型抽出分離を設計するにあたり、1930年代に Hildebrand が提唱した溶解度パラメータ (SP 値) は極めて便利な指標である。これは、分子の配置配向は完全にランダムかつ混合による体積変化、さらには過剰エントロピーがそれぞれ無視できるとした正則溶液論に基づく物性であり、溶剤選定の他、高分子材料の設計などに広く用いられている。このパラメータは通常、医薬食品素材の抽出・分離において標準状態で使用されてきたが、最近になって著者は、超臨界・亜臨界流体のような高温高圧状態でも計算できるように理論的手法を新たに展開することができた (Fig.1)。この物性値は、SP 値と互換性のある熱力学量であることからエントロピー型溶解度パラメータ (Fig.2) と名付けたが、この理論が開発されたことにより理論予測をしながら高温高圧下の抽出分離実験が実施できるようになり、試行錯誤に要する実験的コストを大幅に削

$$\delta_H = \sqrt{\frac{\Delta H_{vp} - RT}{v_L}}$$

Hildebrand Solubility Parameter

$$\delta_S \equiv \sqrt{\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T} = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v}$$

Entropy-based Solubility Parameter (Original)

Fig.1 Hildebrand solubility parameter (SP) and entropy-based solubility parameter (eSP)

Application of our entropy-based solubility parameter

The Hildebrand solubility parameter (SP) is useful for chemical engineering processing, such as for extraction and separation techniques. Selecting suitable solvents for production of targeted functional natural resources is usually difficult for high-pressure processing.

Although the SP has been widely used under ambient temperature and pressure conditions, we recently extended its value for high-pressure fluids such as sub-/supercritical fluids (Fig.1). This parameter is termed the entropy-based solubility parameter (eSP), which extends the regular solution theory (Fig.2). Now that our thermodynamic property has been made available, we can more easily predict high-pressure extraction and separation processes and drastically reduce the economic and time costs

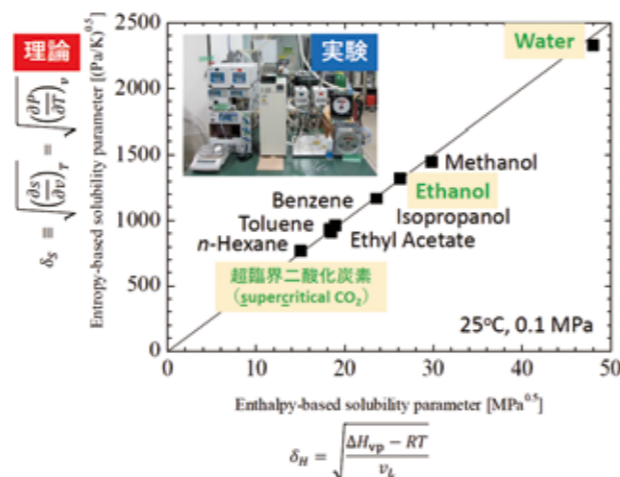


Fig.2 Correlation between SP and eSP

減できるようになった。(平成 30 年度文部科学大臣表彰・若手科学者賞の受賞内容) 今年はその延長線上の実証研究を検討することができた。

流通式亜臨界溶媒分離技術の開発

最近、我々は関連企業と共同で連続式亜臨界溶媒分離装置 (向流接触型高圧抽出装置) のオリジナル開発に成功している (Fig.3)。2013 年には、この装置に搭載した連動式自動背圧弁が市販されている。オリジナリティーは、複数台の自動背圧弁を内蔵タイマーにより交互に吐出する機構そのものにある。2022 年は、医薬品で展開される合成化合物を中心に、高密度流体を利用した亜臨界溶媒分離による分離効率に関する研究を推進してきた。また、この連動弁搭載型の流通式亜臨界溶媒分離装置はパッケージとして普及していないが、需要が拡大すれば将来的には具現化される可能性があるものと期待している。

2022 年の研究活動

所属する化学工学会における機関紙「化学工学論文集」にて、「二酸化炭素 - エタノール - ホップエキス系における高圧気液平衡比測定と相関」が 2021 年度優秀論文集に選出された。Fig.4 には、この論文で紹介したホップエキス主要 7 成分における高圧気液平衡比の実験値と理論値の一致の例を示した。また、これに関連して研究助成を受けた公益財団法人ひと・健康・未来研究財団の機関紙でも受賞論文を掲載することができた。

分担執筆としては、著書「バイオプロセスを用いた有用性物質生産技術」にて、溶媒抽出や超臨界流体クロマトグラフィーの事例を紹介することができた。また、著書「高圧力の科学・技術事典」にも分担執筆をすることができた。

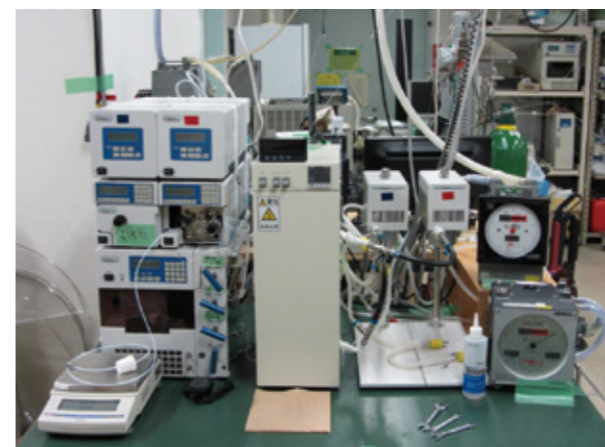


Fig.3 Flow-type subcritical fluid separation apparatus

for trial-and-error experiments. Thus, people would choose these things using the eSP as a tool for selecting a suitable solvent or mixtures for designing high-pressure extraction and separation processes. These contents are based on “The Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology: The Young Scientists’ Prize (2018).”

Development of flow-type subcritical fluid separation

Recently, we developed a flow-type subcritical fluid separation apparatus for separating colors, flavors, and so on from targeted natural resources (Fig.3). The JASCO Corporation collaborated to make interlocking back-pressure regulators and another related setup based on our time-programming regulation concept. This year, the subcritical fluid separation apparatus was used to separate chemicals used for pharmaceutical. Although the apparatus has not been widely used in other research, we would like to conduct PR activities to promote the green separation processes.

Activities in 2022 (Publications)

- [1] 大田昌樹, 受賞論文 ひとや環境にやさしい新しい抽出分離溶媒の開発 ~ 実験の理論予測を目指して~, ひとの健やかでこころ豊かな未来を実現するために~ひと・健康・未来, 31, 32-33 (2022).
- [2] 大田昌樹, 栗原歩大, バイオプロセスを用いた有用性物質生産技術, 第5章 第2節 溶媒抽出, 技術情報協会 (2022).
- [3] 大田昌樹, 松田修汰ら, バイオプロセスを用いた有用性物質生産技術, 第6章第5節 超臨界流体クロマトグラフィー, 技術情報協会 (2022).
- [4] 大田昌樹, 高圧力の科学・技術事典, IV章3.6 分離・抽出: 超臨界CO₂ 天然物固体からの抽出, 朝倉書店 (2022).

Activities in 2022 (Awards)

- [1] 大田昌樹ら, 化学工学論文集2021年度優秀論文賞 (2022).

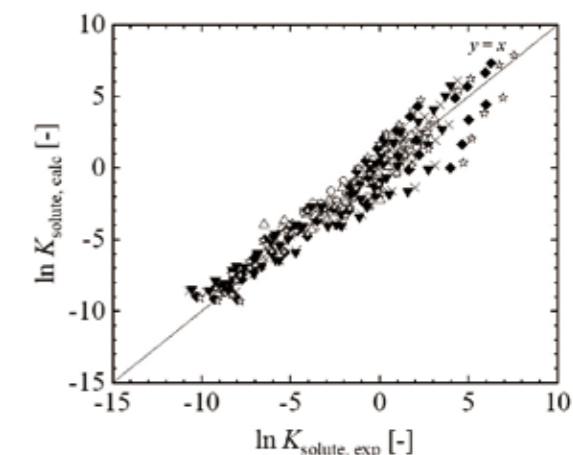


Fig.4 Results of prediction of retention time with separated chemicals on supercritical fluid chromatography.

低環境負荷社会に資する 新しい触媒材料の表面設計指針

Atomic-level design of novel catalyst materials for eco-friendly society



教授 和田山 智正
Professor Toshimasa Wadayama



准教授 轟 直人
Associate Professor Naoto Todoroki



Group Photo

ゼロカーボン社会の実現に向けて、関連する新規材料の開発やその機能向上は必須の技術課題であり、そのための学理解明が求められている。金属や合金、酸化物や炭素系材料表面における水素や酸素などの関連する表面反応を基礎的に理解することは、高効率触媒開発へ向けて極めて重要である。触媒活性とその反応が進行する材料表面の安定性(耐久性)の解明には、材料表面を原子レベルで構造規整する必要がある。本研究分野では、よく規定された(well-defined)金属や合金の単結晶表面に加えて、構造規整したナノ粒子を実触媒のモデルとし、超高真空(UHV)下における分子線エピタキシ(MBE)法やアークプラズマ堆積(APD)法を駆使して気相合成し、そのマイクロ構造を走査型プローブ顕微鏡(SPM)、走査型透過電子顕微鏡(STEM)、X線光電子分光(XPS)、低速イオン散乱分光(LE-ISS)などの表面科学的手法を用いて議論するとともに、ボルタンメトリーやオンライン電気化学質量分析(OLEMS)、走査型電気化学顕微鏡(SECM)などで評価した触媒特性との関係を精査し、次世代触媒材料開発に向けたナノ構造設計指針を得ることを目指している。

Comprehensive understandings of surface reactions on nano-sized, metal- (alloy), oxide-, and carbon-related materials are essential for developing novel nanomaterials with superior catalytic properties. Our approach to the subjects involves (a) preparations of well-defined single-crystal surfaces and nanoparticles of alloys and metal compounds through dry processes (molecular beam epitaxy; MBE and arc-plasma deposition; APD) in ultra-high vacuum (UHV) and (b) electrochemical evaluations of catalytic properties for the UHV-prepared nanostructural catalyst models aimed at developments of practical electrocatalysts. We have routinely used UHV-MBE, UHV-APD, scanning probe microscopy (SPM), scanning transmission electron microscope combined with energy dispersive X-ray spectroscopy (STEM-EDS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), low-energy ion-scattering spectroscopy (LE-ISS), electrochemical (EC) voltammetry, gas-chromatography (GC), on-line electrochemical mass spectrometry (OLEMS), scanning electrochemical microscope (SECM), and so forth to clarify the nanomaterial's surface reactions. Our research accomplishments directly relate to a true zero-carbon society.

原子構造制御燃料電池触媒モデル

固体高分子形燃料電池(PEMFC)のアノードおよびカソードでは、それぞれ水素酸化反応(HOR)および酸素還元反応(ORR)が進行する。その触媒開発に向けて、現在Pt属金属を中心とする合金ナノ粒子の合成とその特性評価が精力的に行われている。例えば現行のアノード触媒であるカーボン担持Ptナノ粒子(Pt/C)は、運転中に電解質膜の劣化要因となるH₂O₂を生成することが問題視されており、主反応たるHOR活性を確保しつつH₂O₂生成量の少ない触媒材料開発が求められている。我々は、触媒ナノ構造と触媒特性の関係を明らかにするため、モデル触媒の気相合成(UHV;<10⁻⁷Pa中)とその特性解明を行っている。

○ 1-1 Ru 添加 Ir(111) 表面系の HOR および H₂O₂ 生成特性

Ir(111) 基板上に1原子層相当厚のRuをアークプラズマ堆積したRu/Ir(111)をアノード触媒表面モデルとして作製した。低速イオン散

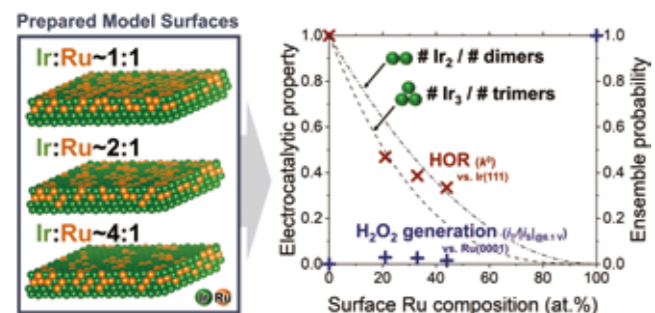


Fig.1 HOR and H₂O₂ generation properties of Ru/Ir(111)

Well-defined model catalyst studies for fuel cells

Pt-based alloy nanoparticles are utilized as catalysts for cathodes and anodes of proton exchange membrane fuel cells (PEMFC). Under the operating condition of a PEMFC, hydrogen oxidation reaction (HOR) and oxygen reduction reaction (ORR) proceed at the anode and cathode, respectively. Particularly, conventional Pt-based anode catalysts (Pt/C) generate hydrogen peroxide (H₂O₂), which deteriorates the polymer electrolyte membrane; therefore, the simultaneous accomplishment of high HOR activity and suppressed H₂O₂ generation is required for the anode catalyst of the next generation. In 2022, we fabricated model anode catalysts in UHV (<10⁻⁷ Pa) and discussed the correlation between the topmost surface atomic structures and catalytic properties for a comprehensive understanding of reaction mechanisms.

○ The topmost surface atomic ratios of Ru/Ir(111) were controlled via changing the Ir(111) substrate temperature during the deposition of a

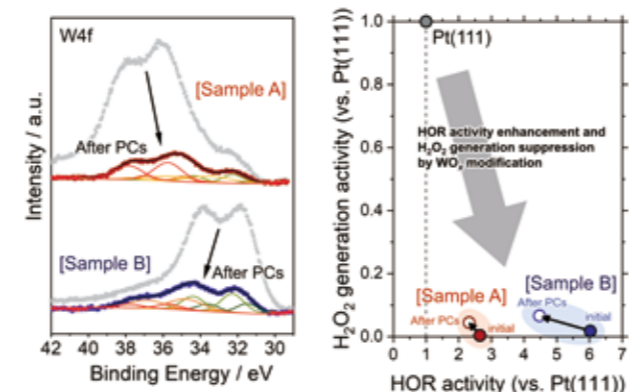


Fig.2 XPS (left) and HOR and H₂O₂ generation properties of WO_x / Pt(111) (right)

乱分光分析結果から試料最表面のRu / Ir原子組成は、試料作製熱処理温度に依存し、1:1 (673 K), 1:2 (773 K), 1:4 (873 K)であった。HOR活性は、Ir₂やIr₃アンサンブルサイトがHORを担うことがわかった。一方、Ru(0001)の場合H₂O₂が生成するのに対し、Ru / Ir(111)では検出限界以下であり、最表面のIrサイトがH₂O₂生成抑制に寄与することがわかった。(Fig.1)。

○ WO_x 修飾 Pt(111) 表面系の HOR および H₂O₂ 生成特性

Pt / C 触媒へのWO₃添加はH₂O₂生成を抑制するとの報告がある。本年は、気相合成により作製したWO_x / Pt(111)表面系をWO₃添加Pt / C触媒の構造モデルとし、そのH₂O₂生成特性を中心としたアノード触媒特性を調査した。XPS測定結果と合わせ、電位変動によりWO_x酸化状態は変化するものの、H₂O₂生成は低減することがわかった。(Fig.2)。

オゾン生成用窒化タンタル電極

オゾン水は排水処理や食品洗浄などの分野への応用が期待されており、代表的オゾン水製造法である電解法では生成効率の良い電極材料が求められている。そこで新規なオゾン水製造用電極材料として遷移金属窒化物に着目した。Pt基板上に窒化タンタル(TaN)をその結晶構造を制御してアークプラズマ堆積(APD)し、Ta₂N結晶構造と0.5 M H₂SO₄中で評価したO₃生成特性との関係を調査した。その結果、岩塩構造を有するTa₂N薄膜の場合3.7 V vs. RHEにおけるオゾン生成効率として21.5%が得られ、高効率オゾン生成電極として期待できる材料系であることがわかった。(Fig.3)。

研究プロジェクト、受賞

NEDO, JSPS 基盤研究(B), 挑戦的研究, JST さきがけ, 次世代研究者挑戦的研究プログラムなどの研究プロジェクトを実施した。轟は村上記念奨励賞を受賞した。また所属学生は、自らの研究成果報告を15件行った。(内1件受賞; Fig.4)

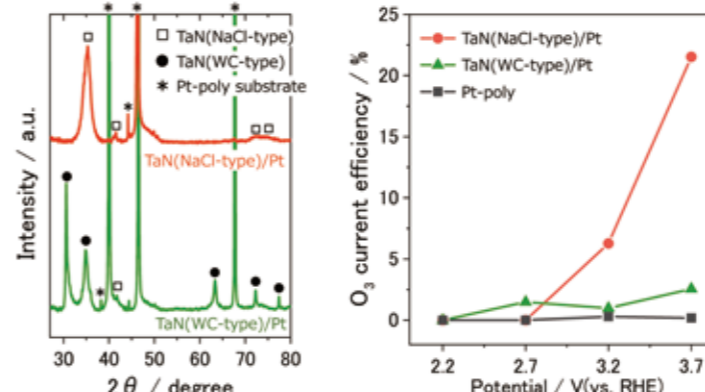


Fig.3 XRD Patterns (left) and O₃ Generation properties of TaN / Pt

one-monolayer-thick Ru. Low-energy ion scattering spectroscopy estimated the surface Ru/Ir ratio to be 1:1 (673 K), 1:2 (773 K), and 1:4 (873 K). HOR activity of Ru/Ir(111) correlated with the probability of Ir₂ and/or Ir₃ ensemble sites, indicating that the Ir sites directly contribute to the HOR. In contrast, the H₂O₂ generation property of Ru/Ir(111) was similar to clean Ir(111) and under the detection limit, while clean Ru(0001) generated H₂O₂. The results suggest that the Ir surface sites are responsible for the reduction of H₂O₂ generation (Fig.1).

○ The cooperation of Pt nanoparticles and WO₃ located nearby is reported to be effective for suppression of H₂O₂ generation during PEMFC power generation. Therefore, WO_x-vacuum-deposited Pt(111) (WO_x/Pt(111)) was used as an anode model catalyst, and their H₂O₂ generation behaviors were investigated. XPS results showed that oxidation states of surface WO_x changed by the potential cycles (PCs), but the H₂O₂ generation remained suppressed even under application of the PCs. (Fig.2)

Tantalum nitride electrode for ozone water generation

Because effective ozone generation electrodes are crucial for practical applications of wastewater treatments, food washing, etc., effective electrode materials are desired to generate the ozone. Therefore, tantalum nitride/platinum (Ta₂N/Pt) electrodes were fabricated through an arc-plasma deposition of Ta on a Pt substrate at 900°C under partial pressure of 0.1Pa-N₂ as ozone generation electrode. The generation efficiencies of Ta₂N/Pt evaluated in 0.5 M H₂SO₄ at 3.7 V vs. RHE were 1% to more than 20%, depending upon the crystal structures of Ta₂N. Particularly, an NaCl-type Ta₂N/Pt electrode showed the highest efficiency of 21.5%. The results indicate that the Ta₂N thin film electrode with NaCl-type crystal structure, is essential for developing a practical ozone-generation electrode (Fig.3).

Research project, award

We have performed NEDO, JSPS KAKENHI, JST PRESTO, and JST SPRING. N. Todoroki received Murakami Memorial Foundation encouragement awards. Our students have presented two papers in international conferences and 15 papers in domestic conferences and received one award (Fig.4).



Fig.4 Certificate of academic award

世界最先端の熱分解分析機器および分析技術の開発を目指して

Towards Development of Innovative Analytical Pyrolysis Technologies

熱分解 - ガスクロマトグラフィー / 質量分析法 (Py-GC/MS 法) による高分子のキャラクタリゼーション、廃プラスチックのリサイクルやバイオマス資源の有効活用に向けた高分子の分解反応評価、これらを可能とする新しい分析手法および分析機器開発 (熱分析装置、ガスクロマトグラフ、質量分析装置、それらの周辺機器など) を行っている。また、フロンティア・ラボが有する海外拠点を通じて研究成果を世界に発信、海外との研究交流や共同研究を実施することで、グローバル人材の育成にも積極的に取り組む。

We are developing innovative pyrolysis technologies, such as pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS), and the related equipment for polymer characterization and development of pyrolysis processes for feedstock recovery from waste plastics and biomass resources. We are also trying to develop human resources capable of global perspectives through international collaborative researches and seminars with Frontier Laboratories' global branch offices.

タンデム μ -リアクター-GC/MS システムを活用し、臭素系難燃剤含有プリント基盤 / タイヤ混合物から石油化学基礎製品の (BTX) 回収および脱臭素に成功

本講座では、ポリマーの構造解析および廃プラスチックやバイオマス化学原料に転換するための手法として、熱分解法に着目している。熱分解法は不活性ガス雰囲気下において「熱」によって種々の化学結合を切断する手法である。本講座では、小型熱分解装置 (通称: パイロライザー) を用いてプラスチックやバイオマス等の高分子を熱分解し、熱分解によって生じる揮発生成物をガスクロマトグラフ / 質量分析装置 (GC/MS) により直接分析するアプローチを研究している。

今年、本講座では、臭素系難燃剤含有プリント基盤 / タイヤ混合物を共熱分解し、さらに共熱分解生成物を活性炭およびゼオライト触媒と反応させることで、石油化学基礎製品である BTX の回収と脱臭素を同時に可能とする共熱分解アプローチ (Fig.1) を発表した。パイロライザーを直列に接続したタンデム μ -リアクター-GC/MS システム (Fig.2) を本検討に採用することで、高効率な共熱分解試験を可能とした。本成果は、アメリカ化学会 (ACS) の ACS Sustainable Chemistry & Engineering 誌に掲載され、本研究のイメージは Supplementary Cover Art として採用された (Fig.3)。なお、本研究成果は、同研究科吉岡研究室との共同成果である。

Production of BTX via Catalytic Fast Pyrolysis of Printed Circuit Boards and Waste Tires Using Hierarchical ZSM-5 Zeolites and Biochar

Pyrolysis is considered a promising method for polymer characterization (in the field of analytical pyrolysis) and chemical feedstock recovery from polymeric wastes (in the area of applied pyrolysis) because it can decompose any polymeric material into smaller molecules by applying heat alone in an inert atmosphere. Pyrolysis-gas chromatography (Py-GC) involves pyrolyzing polymeric materials in a microreactor and a subsequent direct GC analysis of pyrolyzates. Py-GC has immense potential for applications in the fields of analytical and applied pyrolysis because it allows for rapid and accurate analysis of pyrolyzates. This is beneficial for elucidating the microstructure and composition of polymers and for rapid screening of pyrolysis conditions for designing feedstock-recycling processes.

This year, we co-pyrolyzed printed circuit board/tire mixtures containing brominated flame retardants, and the pyrolyzates were further reacted with activated carbon and zeolite catalysts. This approach achieved enhanced production of benzene, toluene, and xylene (BTX) simultaneous with debromination (Fig.1). We employed a tandem microreactor-GC/MS (TR-GC/MS) (Fig.2) that facilitates the high-throughput investigation of pyrolysis-catalyst reactions at desired conditions. This work was published in *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, and the image of this work was selected as the supplementary cover art for the journal (Fig.3).

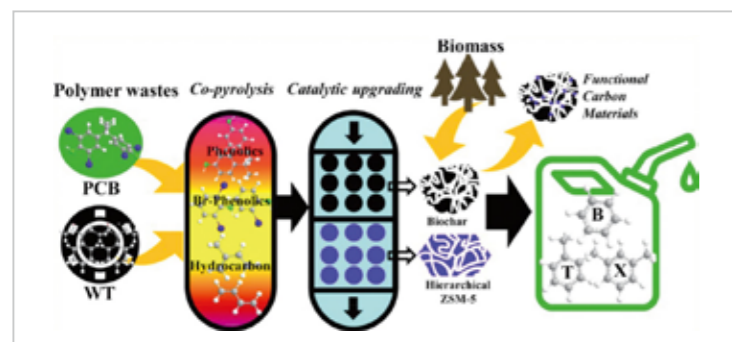


Fig.1 Schematic illustration of BTX production simultaneous with debromination through catalytic co-pyrolysis of printed circuit board/tire mixtures.

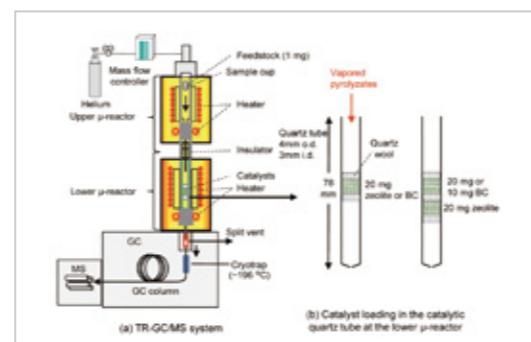


Fig.2 Schematic illustration of TR-GC/MS system.



教授 吉岡 敏明
Professor (兼務)
Toshiaki Yoshioka



准教授 渡辺 壱
Associate Professor
Atsushi Watanabe



助教 熊谷 将吾
Assistant Professor (兼務)
Shogo Kumagai

スーパーエンジニアリングプラスチックの熱酸化分解挙動をモニタリングする新アプローチを発表

フロンティア・ラボ株式会社が開発した燃焼反応生成物を in-situ 分析する熱分解ガスクロマトグラフシステム (Fig.4)、および日本電子が開発した 400 °C まで加熱しながらラジカルを in-situ 分析可能な加熱ユニットを装着した電子スピン共鳴装置 (ESR) (Fig.5)、を駆逐することで、含硫黄スーパーエンジニアリングプラスチックの熱酸化分解挙動を詳細にモニタリングする新アプローチを発表した。今後、様々な高分子の熱酸化分解反応機構の検討に応用できるパワフルな分析手法として期待。なお、本研究成果は、同研究科吉岡研究室および日本電子株式会社との共同成果である。本成果は、*Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 誌に掲載された。

査読付原著論文

- [1] 熊谷将吾*, 吉岡敏明, “プラスチックのケミカルリサイクルプロセス開発への熱分解ガスクロマトグラフィーの応用”, *分析化学*, 71, 549 (2022). **Invited paper**
- [2] C. Ma*, S. Kumagai*, Y. Saito, T. Kameda, A. Watanabe, C. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka, “Production of BTX via Catalytic Fast Pyrolysis of Printed Circuit Boards and Waste Tires Using Hierarchical ZSM-5 Zeolites and Biochar”, *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 10, 14775 (2022). **Supplementary Cover Art**
- [3] S. Kumagai*, M. Sato, C. Ma*, Y. Nakai, T. Kameda, Y. Saito, A. Watanabe, C. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka, “A comprehensive study into the thermo-oxidative degradation of sulfur-based engineering plastics”, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 168, 105754 (2022).

A comprehensive study into the thermo-oxidative degradation of sulfur-based engineering plastics

A combination of a pyrolysis gas chromatograph system developed by Frontier Laboratories Ltd. for in situ analysis of combustion reaction products (Fig.4) with an electron spin resonance (ESR) equipped with a heating system developed by JEOL (Fig.5) achieved detailed monitoring of the thermo-oxidative decomposition behavior of sulfur-containing super-engineering plastics. This technique will be a powerful analytical method that can be applied to investigate the thermo-oxidative decomposition mechanism of various polymers. This work was achieved by collaboration with Yoshioka laboratory and JEOL Ltd. This work was published in the *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.

- [4] K. Tei, M. Matsueda, K. Matsui, T. Ishimura, A. Watanabe, W. Pipkin, N. Teramae, H. Ohtani, C. Watanabe, “Highly sensitive detection of polystyrene by on-line splitless pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry with cryo-trapping of pyrolyzates and forced venting of carrier gas”, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 168, 105707 (2022).

招待講演

- [1] A. Watanabe, “Practical characterization of EPDM by pyrolysis gas chromatography”, *Analytical Pyrolysis Symposium 2022*, January 28, 2022.
- [2] S. Kumagai, “Characterization of engineered plastics using pyrolysis-GC/MS”, *International Online Analytical Science Conference Advances & Recent Trends in Analytical Science*, July 4, 2022.
- [3] S. Kumagai, et al., “Potential of pyrolytic synergistic interactions during co-pyrolysis of plastic, biomass, and petroleum”, *23rd edition of the International Conference on Analytical and Applied Pyrolysis*, May 16, 2022.

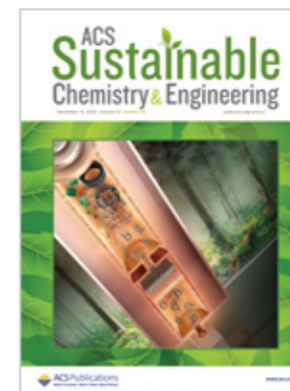


Fig.3 Selected journal cover image by ACS Sustainable Chemistry & Engineering

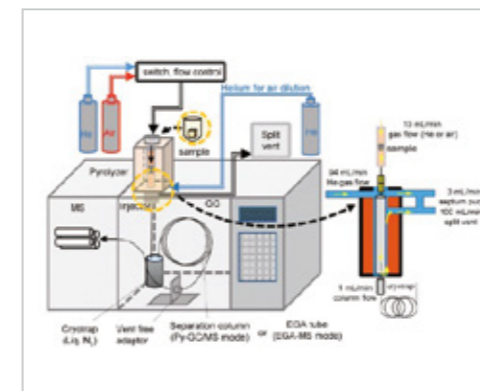


Fig.4 Schematic illustration of customized Py-GC/MS system.

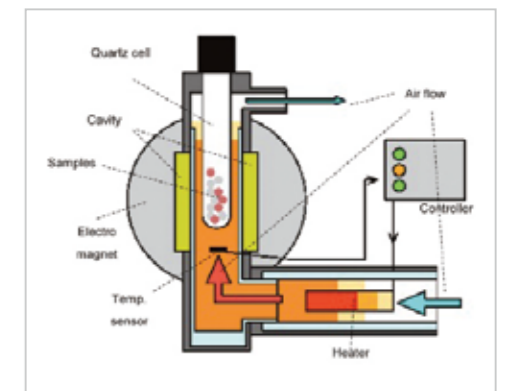


Fig.5 Schematic illustration of the heated-ESR spectrometer.

安全・安心な高機能鉄鋼の製造技術を通して、持続可能な社会に貢献

Development of manufacturing technology for safe and secure high performance steels contributing to sustainable society

高機能鉄鋼製品は主原料として鉄鉱石から製造される。これらの製品は使用した後に、スクラップにされて、再度鉄原料に戻される。鉄は何度も再使用が可能な環境にやさしい材料である。同時に鉄鋼製造工程は大量の資源とエネルギーが必要で、地球環境に大きく関わるので、環境負荷を低減することが必要である。最近ではさらに建築物や自動車の軽量化のため高強度鉄鋼材料が要求されている。私たちは持続可能な社会や産業を構築することを使命として、この講座では環境に適応する特に安全・安心な高機能な金属材料とその製造プロセスと社会制度を探究し、計算科学を用いた基礎研究から企業研究のメリットを生かした大規模実験に基づく応用研究と高度な教育を行っている。

High-performance steels are made primarily from iron ore. At the end of steel products' lives, they are scrapped and recycled as raw iron resources. Iron is therefore a reusable and environmentally friendly material. The steel manufacturing process, however, requires large amounts of resources and energy and affects the environment worldwide. It is therefore necessary to reduce its environmental impact at all stages of production. Additionally, demand for high-strength steels are increasing for weight reduction of infrastructure or automobiles. We aim to establish a sustainable society and industry, so we are studying safe, secure, environmentally adaptable materials and their production processes, as well as related social systems. We undertake education and research via a fundamental study that applies computational science and application research to large-scale experiments owing to resources of the company.

社会の安全・安心を担う環境配慮型構造用鉄鋼材料

私たちは、水素用途や建築・自動車用高強度鋼などのように、地球環境に配慮した高機能鉄鋼材料の研究開発を行っている。これは国連で定めたSDGs (Sustainable Development Goals、持続可能な開発目標) にも整合する。クリーンエネルギーである水素を燃料として走行する燃料電池自動車 (FCV) や FCV に水素を供給する水素ステーションでは高圧の水素ガスが用いられるが、これらの高圧水素システムに使われる鋼材には高強度かつ優れた耐水素脆化特性が要求される。また、建築物や自動車の軽量化のため高強度鋼の需要が増しているが、高強度鋼では水素による脆化が問題となる。本研究では鋼中の主要合金元素 (Mn, Ni, Cr, Mo) の影響を検討している。焼入れままマルテンサイト鋼において、これらの合金元素は水素拡散係数 D を低下させること (Fig.1) や、さらには Mn, Cr, Mo は粒界の水素脆化を促進することを明らかにした。これらの結果は、水素脆化を防止するための最適鋼材の選定や新規鋼材の開発に活用できる。

金属系ポリタイプの形成機構に関する理論物性研究

シンクロ型 LPSO 構造などのポリタイプ系の相安定性予測は、物性物理学や材料科学における永年の課題となっている。これは、ポリタイプの原子論的相互作用が、その幾何学的構造の単純さにもかかわらず、驚くほど複雑で繊細であることに由来する。分子動力学 (MD) 法は様々な動的プロセスを追跡するための強力な計算ツールとして今日知られるが、ポリタイプ現象に MD 法を適用する際の深刻な問題は、長周期ポリタイプ構造を基底状態とする原子間相互作用モデルが開発されていないことであった。我々は、La 系のポリタイプエネルギー論を参照系として、4H 構造を基底状態とする原

Adapting structural steels to the environment for a safe and secure society

We have conducted research and development of high-performance steels from the blast furnace process, such as high-strength steels for hydrogen systems, infrastructure, or automobiles, which are friendly to the global environment. This complies with the United Nations' Sustainable Development Goals. High-pressure gaseous hydrogen, a clean energy carrier, is used in fuel cell vehicles (FCVs) and hydrogen stations that supply hydrogen to FCVs. Steels used for highly pressurized hydrogen systems should have both high strength and sufficient resistance to hydrogen embrittlement (HE). Additionally, demand for high-strength steels is increasing for weight reduction of infrastructure and automobiles. An increase in strength may cause embrittlement due to hydrogen absorption. In this study, the effects of the main alloying elements (Mn, Ni, Cr, and Mo) in steel were investigated. Our work clarified that these alloying elements decrease the hydrogen diffusion coefficient D in water-quenched martensitic steels. Furthermore, we confirmed that Mn, Cr, and Mo promote HE along grain boundaries. These results led to the selection of appropriate steels or development of new steels that are resistant to HE.

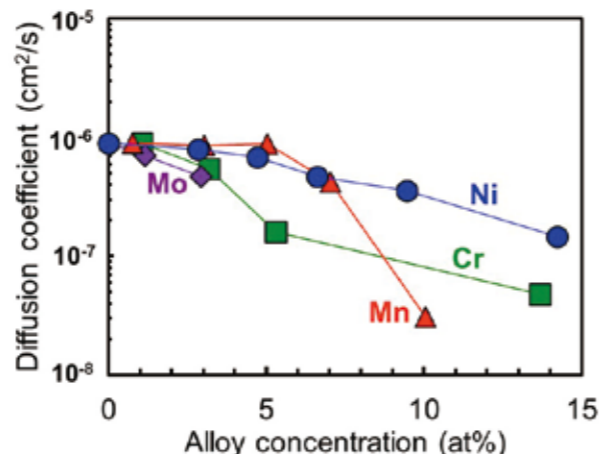


Fig.1 Hydrogen diffusion coefficient D as function of alloy concentration.



客員教授 森口 晃治
Professor Koji Moriguchi



客員教授 松村 勝
Professor Masaru Matsumura



客員教授 大村 朋彦
Professor Tomohiko Omura



客員教授 成木 紳也
Professor Shinya Nariki

子間ポテンシャルの開発に成功した。このポテンシャルを利用した一般化積層欠陥 (GSF) エネルギー曲線は、2H や 3C 構造を基底状態とする相互作用モデル系とは異なる振る舞いを示すため、独特な転位運動が観察できる可能性がある (Fig.2)。

鉄鉱石焼結プロセスにおけるマグネタイト鉱石利用

高鉄品位な微粉鉄鉱石およびバイオマスを使用することが環境負荷低減に結び付く。特に、微粉鉄鉱石としてマグネタイト鉱石を使用すると、その酸化熱を利用できるため、従来熱源である粉コークスを削減できる。本研究では、マグネタイト鉱石の酸化促進のための温度条件最適化を目的として、タブレット電気炉焼成実験を行った。なお、タブレットは焼結原料組成に試薬で調整した。その結果、最高温度 1300°C で液相が生成しない条件 (1167°C) で温度保持することが有効であると結論づけられた (Fig.3)。

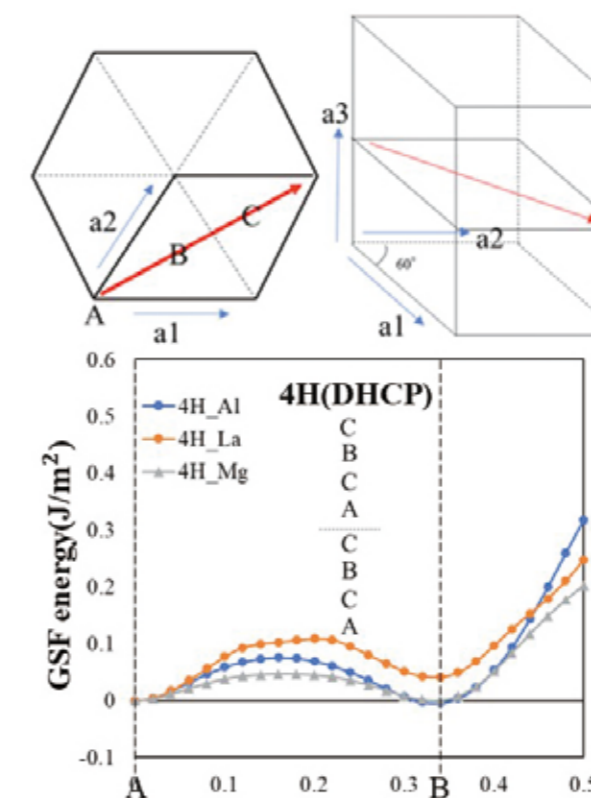


Fig.2 The GSF energy curves based on some potential models. The curve marked with La is by the model constructed in the present work.

Theoretical study on formation mechanisms of metallic polytypes

Predicting polytype phase stability such as synchronized long-period stacking-ordered (LPSO) structures has been a long-standing challenge in condensed matter physics and/or materials science. This situation stems from the fact that the atomistic interactions on polytype energetics are quite complex and delicate despite the simplicity of their geometry. Although the molecular dynamics (MD) method is a powerful computational tool for tracking dynamical processes, the most serious problem in applying the MD method to such polytypism has been the lack of interatomic-interaction models with longer-periodic polytype structures as the ground state. Considering this situation, we have successfully developed an interatomic potential with the 4H ground state using the La polytype energetics as a reference system. Unique dislocation motions might be observed using this potential because the generalized-stacking-fault (GSF) energy curves within the potential model developed here behaves differently from those based on the 2H and 3C ground state models (Fig.2).

Utilization of magnetite ore in the iron ore sintering process

Using high-grade fine iron ore and biomass is effective to reduce environmental load. In particular, when magnetite ore is used as the fine iron ore, the heat of oxidation can be utilized, so coke breeze, which is a conventional heat source, can be reduced.

In this study, with the aim of optimizing the temperature profile for promoting the oxidation of magnetite ore, a sintering tablet test in the electric furnace was performed. Here, the tablet was adjusted to a sinter raw material composition by use of chemical reagent. As a result, it has been concluded that the increasing temperature up to 1300°C and keeping temperature at 1167°C, at which no liquid phase was generated, during the cooling stage was effective for promoting oxidation (Fig.3).

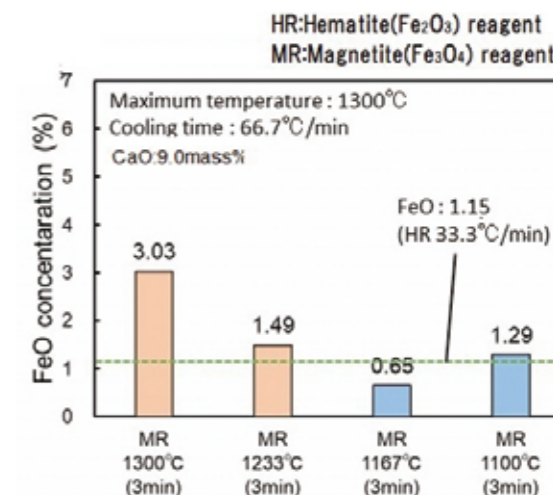


Fig.3 Effect of holding temperature on FeO concentration.

グローバルな大気環境や炭素循環の変化を捉える

Observation of Global Atmospheric Environment and Carbon Cycle Changes

当講座では地球規模の大気環境変動に関わる大気化学成分の分布や経時変化を計測する観測技術、陸域における炭素収支の観測技術、ならびに地球温暖化を含めたグローバルな大気環境変動解析に関する研究と教育を行っている。具体的には、人工衛星、航空機、船舶、地上観測による大気成分や雲、エアロゾル、ならびにそれらの地表プロセスの観測技術、地上からの各種の遠隔計測技術の開発、アジアや南極、シベリアを含む北極など世界各地における観測活動ならびに取得したデータの処理アルゴリズム、データ解析を行うことによって地球規模での大気環境変動の原因究明に向けた研究を実施している。

In cooperation with the National Institute for Environmental Studies, we are carrying out research on the global atmospheric environment, such as global warming and air pollution. For that purpose, we are developing measurement techniques on atmospheric composition changes and terrestrial carbon budgets. We conduct research and education on measurement principles, data processing algorithm, field experiments, and data analysis on the basis of specific cases of remote sensing and in situ technologies. We also develop applications for atmospheric compositions/clouds/aerosols and their surface processes, utilizing such instruments as satellite-borne, air-borne, ship-borne, and ground-based sensors. We conduct field measurements in Asia, Antarctica, and the Arctic including Siberia, and we study global atmospheric environmental change by analyzing these data.

北海道・陸別における FTIR による HCFC-22, HFC-23 観測値から見積もった中国由来 HFC-23 排出量の推定

我々は、北海道陸 (43.5°N, 143.8°E) における 1997年~2020年までの FTIR 観測データから、HFC-23 (CHF₃) の濃度を導出する手法を開発した。また、同じ FTIR データから、HCFC-22 (CHClF₂) の濃度導出も行った。FTIR による解析は SFIT4 と呼ばれる解析プログラムを用いてなされた。さらに、陸別で観測された空気塊の後方軌跡線解析を行って空気塊の起源を推定したところ、2000年の冬季には中国由来の空気塊が多く観測されていたことが判明した。そこで、中国由来と推定された空気塊について解析された HCFC-22 と HFC-23 の、バックグラウンド濃度からの増加量を見積もった。その結果、HCFC-22 に対する HFC-23 の増分の間に、有意な正相関があることが見いだされた。もともと HFC-23 は、工業的に冷媒である HCFC-22 を生産するときの副産物として放出されるガスであり、両者の間に正相関があるということは、両ガスの増加分は、中国における HCFC-22 の生産時に放出された HCFC-22 と HFC-23 を

Estimation of HFC-23 emission in China by the FTIR measurements of HCFC-22 and HFC-23 in Rikubetsu, Hokkaido

We have developed a procedure for retrieving atmospheric abundances of HFC-23 (CHF₃) with a ground-based Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) and have analyzed the spectra observed at Rikubetsu, Japan (43.5°N, 143.8°E). We also analyzed abundances of HCFC-22 (CHClF₂) with the same spectra. The FTIR retrievals were carried out with the SFIT4 retrieval program. We conducted a backward trajectory analysis to examine the origins and transport pathways of the air masses arriving at Rikubetsu. Many air masses that had originated from China were found in the winter of 2000. A good positive correlation was found between the enhancements of HCFC-22 and HFC-23 from their background values. HFC-23 is a by-product of HCFC-22 production from source gases. The existence of a positive correlation between these two gases presumes that the observed enhancements of HCFC-22 and HFC-23 were emitted in the course of HCFC-22 production in China. By using the reported HCFC-22 production amount in China (Wan et al., 2009) and observed HCFC-22 enhancement in Rikubetsu, we can estimate the Chinese HFC-23 emission amount in 2000, which is 1.18

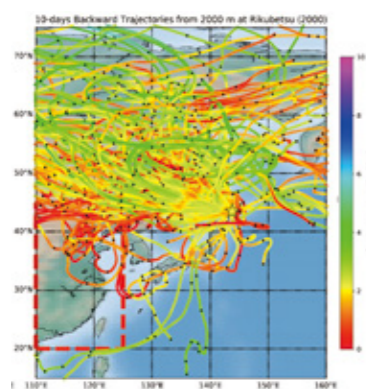


Fig.1 10-day backward trajectories of the air masses arriving at 2000 m above Rikubetsu at the time of the FTIR observations in 2000. Each point on the trajectories is color-coded by altitude above ground level.

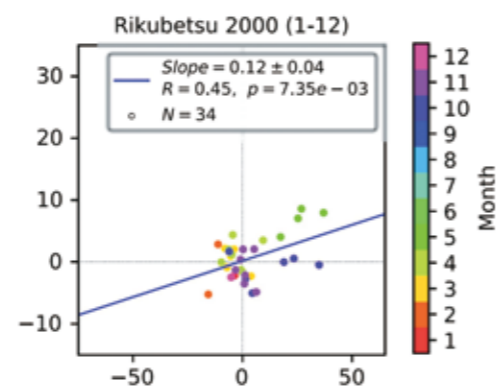


Fig.2 Correlation between Δ HCFC-22 and Δ HFC-23 at Rikubetsu in 2000. Color of each point represents the month of observation. Blue line is the linear regression line, with values of slope, correlation coefficient (R), p-value (p), and number of observations (N).



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima



客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

観測していると推定できる。そこで、文献 (Wan et al., 2009) によって報告されている中国における 2000 年の HCFC-22 の放出量から HFC-23 の放出量を推定したところ、1.18 Gg/y という値を得た。この値は、別の文献 (Simmonds et al., 2018) で報告されている値 (2.83 Gg/y) の約 40% の値であった。この違いは、FTIR で観測された空気塊が、中国南部からの影響を反映していないためであると考えられる。

対流圏界面付近における温室効果ガスの極めて大きな季節変動

大気中の温室効果ガスのグローバルな循環を解明するためにはこれらのガスの空間分布や時間変動を知る必要があるが、世界の観測データは未だ十分とはいえない。特に地表以外の上空の観測値は極めて不足している。我々の研究室では地上ステーションや船舶を利用した観測に加えて航空機を使った温室効果ガスの3次元観測を推進している。

Fig.3 は航空機が対流圏界面付近を飛行した際に、圏界面直下の上部対流圏と直下の下部成層圏で観測した二酸化炭素 (CO₂) 濃度の時間変動である。ここでは気象庁の客観解析データを使って、圏界面からの温度差 ($\Delta\theta$) によって空気塊を分類した。Fig.3 で $\Delta\theta$ が負の値 (赤色) は対流圏の空気であることを、正の値 (青色) は成層圏であることを示す。CO₂ 濃度は対流圏においては陸上生態系の光合成活動で夏季に減少するが、下部成層圏では夏季に流入する低緯度対流圏大気の影響で濃度増加を示す。また、冬季から春季にかけての下部成層圏は沈降流によって濃度が下がる。

メタン (CH₄) 濃度は成層圏においては高度と共に急激に減少している。従って冬季の沈降流の影響を受けると下部成層圏の CH₄ 濃度は大きく減少し、夏季に対流圏から高濃度 CH₄ の流入を受けると濃度が急激に増加するために、極めて大きな季節変動が観測されることになる (Fig.4)。

これらの観測からは温室効果ガスの発生源・吸収源の情報が得られるばかりでなく、成層圏付近の大気輸送やその長期変動を知る手がかりになると期待されている。

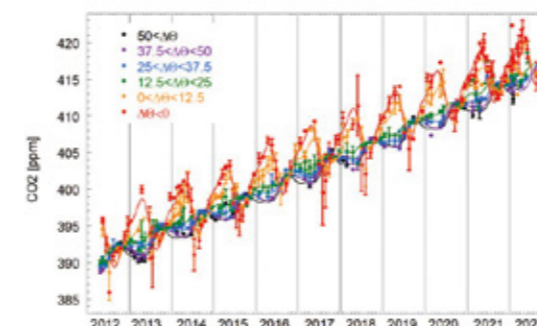


Fig.3 Time series of carbon dioxide mixing ratio observed in the upper troposphere and the lower stratosphere.

Gg/year. This amount is about 40% of the value (2.83 Gg/year) reported by Simmonds et al. (2018). The discrepancy between our estimation and the literature can be attributed to the fact that our measured air masses do not cover the southern part of China, where substantial HCFC-22-manufacturing factories might operate.

Large seasonal variations in greenhouse gases around the tropopause region

We need to know the spatial distribution and temporal variations of atmospheric greenhouse gases (GHGs) to understand the global distribution of their sources and sinks. However, observed GHG data are still insufficient, especially in the upper atmosphere. Our laboratory conducted GHG observation by using ground-based stations, ships, and aircraft.

Fig.3 shows the temporal variations in carbon dioxide (CO₂) at the upper troposphere (UT) and lower stratosphere (LS) observed by aircraft flight around the tropopause. We categorized the air mass by the difference in the potential temperature from the tropopause ($\Delta\theta$) calculated from the meteorological fields of the Japan Meteorological Agency Climate Data Assimilation System. The negative values in $\Delta\theta$ indicate the air mass in the UT (red color in Fig.3), and positive values are in the LT (blue colors in Fig.3). The CO₂ mixing ratio in the UT decreases in summer season by photosynthesis activities, whereas in the LS, CO₂ shows an increase in summer by intrusion of tropospheric air from lower latitudes. From winter to spring, CO₂ in the LS gradually decreases by downward motion of stratospheric air.

A steep vertical gradient can be found in the methane (CH₄) mixing ratio in the stratosphere. Therefore, downward motion in the winter season causes a rapid decrease in CH₄ at the LS (Fig.4). In contrast, a rapid increase of CH₄ can be seen in summer due to air intrusion from the troposphere. As a result, extremely large seasonal variations were observed in the LS.

From the results, we can extract information not only for sources and sinks of their gases but also for air transport in the stratosphere and long-term changes in air transport.

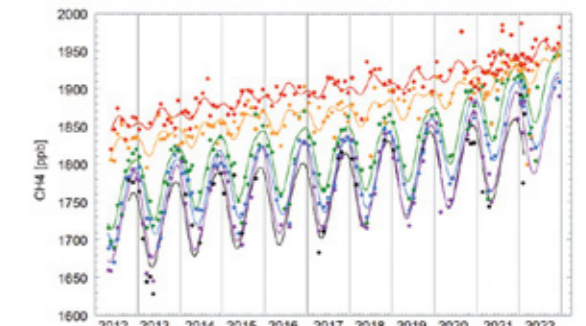


Fig.4 Same as Fig. 3 but for methane mixing ratio.

環境研究推進センターの取組み

Activities of Environmental Research Promotion Center

環境研究推進センターは2017年7月に設立され、本学の環境教育研究活動の推進・地域連携・産学官連携の取組み等を通じて環境に関する研究成果の社会実装を図ることを目的とし活動している。環境科学研究科では、地球温暖化・自然共生・エネルギー・資源循環といった、環境に深く関わる世界最先端の研究が進められているが、これらの研究分野は人々の暮らしや価値観と密接な関係があることから、個々の研究の推進と共に、研究分野間相互に連携しながら人と社会に影響を与えていく「研究成果の体系化」を図っていくことが重要である。

環境研究推進センターは、環境に関する研究推進、地域連携・産学官連携等を通じて研究成果の社会実装の実現を図るとともに、研究のアウトリーチ活動・環境教育の推進・研究成果の普及啓発等を積極的に行っている。

The Environmental Research Promotion Center (ERPC) was founded in July 2017. Through its activities, such as in promoting environmental education and our university's research activities, as well as various projects in coordination with the area or with industry, academic, and governmental organizations, its aim is to apply the results of environmental studies to society. The Graduate School of Environmental Studies works on up-to-date studies that are deeply related to the environment, namely global warming, symbiotic relationships with nature, energy, and resource recycling. Since these study fields are closely related to people's lives and values, it is important for us to coordinate studies among different fields and systematize study results while proceeding with individual studies.

Also, the ERPC is accelerating its environmental studies and projects to materialize actual application of study results to society in coordination with area organizations as well as industry, academic, and governmental organizations. At the same time, the ERPC makes positive efforts through publicity activities, promoting environmental education, and spreading study results.

宮城県との連携

環境科学研究科は、2004年より宮城県と連携協定を締結している (Fig.1)。本年度は宮城県環境生活部との意見交換会を2022年12月に行い、今後の展望について意見を交わした。今年度も、県職員の派遣による「環境行政論」を2学期に実施した。また宮城県での地中熱とZEBの普及のため、宮城県と連携して地中熱設備を導入したZEB (Net Zero Energy Building) の現地見学会を10月と11月に行った (Fig.2)。

仙台市との連携

仙台市とは、2009年連携協定を締結したが、2021年3月に、連携目的を更新し、協力体制をさらに強化した新たな協定を締結した。また12月に情報交換会を行い、今後の展望について意見を交わした。宮城県との連携と同様に、今年度も、仙台市職員の派遣による「環境行政論」を2学期に実施した。

Cooperation with Miyagi Prefecture

The Graduate School of Environmental Studies has had a cooperation agreement with Miyagi Prefecture since 2004 (Fig.1). A roundtable discussion with the Environmental and Community Affairs Department, Miyagi Prefectural Government, was held in December. Environmental Administration was a class in 2022, and it was offered with a prefecture staff as a lecturer in the second semester. For the spread of geothermal heat and net-zero-energy buildings in Miyagi, in October and November, we held site tours of buildings that have installed geothermal heat equipment in cooperation with Miyagi Prefecture (Fig.2).

Cooperation with Sendai City

Our graduate school has had a cooperation agreement with Sendai City since 2009. In March 2021, a new agreement was signed to renew the purpose of cooperation and further strengthen the cooperation system. In December, an information exchange meeting was held with the Environmental Bureau of the City of Sendai. Environmental Administration was a class in 2022, and it was offered with a city staff as a lecturer in the second semester.

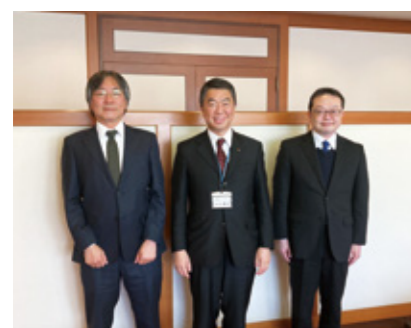


Fig.1 Courtesy call on Yoshihiro Murai, the governor of Miyagi Prefecture.



Fig.2 Site tour of Tohoku Boring Co., Ltd.'s new ZEB.



Fig.3 Symposium in Higashimatsushima city.



教授 川田 達也
Professor
Tatsuya Kawata



特任教授 松原 秀彰
Professor
Hideaki Matsubara



特任准教授 大庭 雅寛
Associate Professor
Masahiro Oba



特任助教 寺坂 宗太
Assistant Professor
Sota Terasaka



特任助教 三橋 正枝
Assistant Professor
Masae Mitsuhashi



助手 横井 瑚子
Research Associate
Koko Yokoi

その他の地方自治体との連携

2017年に連携協定を締結した仙北市では、今年度も、土屋研究室が「玉川強酸性温泉水と廃アルミニウムを用いた水素製造の実証実験」の研究を実施し、環境研究推進センターが実験や仙北市との調整などに協力した。

2022年度は三重県志摩市と宮城県東松島市の2地域を拠点にJSTの共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT)「美食地政学に基づくグリーンジョブマーケットの醸成共創拠点」プロジェクトの拠点運営を行い、6月25日に東松島市で、9月10日に志摩市でシンポジウムを開催した (Figs.3, 4)。

エネルギー価値学創成研究推進拠点

2019年4月に学際研究重点拠点として「エネルギー価値学創成研究推進拠点 (拠点長: 土屋範芳研究科長)」が認定された。12月4日に東北大学エネルギーシンポジウムを開催した (Fig.5)。今年のシンポジウムでは、環境省が進めている脱炭素先行地域を焦点とした。さらに大学における最新のエネルギーシステム研究や電力会社の脱炭素計画について紹介した。

東北大学のカーボンニュートラル推進のため、環境科学研究科の本館 (第1期棟) のZEBとBELS (Building-Housing Energy-efficiency Labeling System) 認証を申請し、「ZEB Ready」認証を受けることに成功した。東北大学における2件目のZEBである。

プラスチックスマート戦略のための超域学際研究拠点

2019年に拠点認定された「プラスチックスマート戦略のための超域学際研究拠点 (拠点長: 松八重一代教授)」の活動の一環で、10月に沖永良部高校でセミナーを開催し、生徒たちは校内でのペットボトル削減に取り組むため、島ならではのフレーバーウォーターづくりを実施した (Fig.6)。

Cooperation with other local governments

The Tsuchiya Laboratory conducted the research project titled "Demonstration Experiment of Hydrogen Production from Waste Aluminum and Tamagawa Hot Spring Acid Water" in Senboku City, with which our graduate school has concluded its 2017 cooperation agreement. The ERPC also cooperated in the experiment for this research project.

In 2022, we operated a project titled "Green Job Market Fostering a Co-Creation Base Based on Gastronomy Geopolitics (JST's COI-NEXT program)," and this program's symposium was held on June 25 in Higashimatsushima City and September 10 in Shima City (Figs.3, 4).

Interdisciplinary Studies of Novel Values on Energy for Sustainable Development of Society

The Interdisciplinary Studies of Novel Values on Energy for Sustainable Development of Society was recognized as an interdisciplinary research group in April 2019. The Tohoku University Energy Symposium was held on December 4 (Fig.5). This year's symposium focused on decarbonization-leading regions promoted by the Ministry of the Environment. It also introduced the latest energy system research at Tohoku University and the decarbonization plans of an electric power company.

To promote carbon neutrality at Tohoku University, we applied for ZEB and BELS (Building-Housing Energy-Efficiency Labeling System) certifications for the main building (Phase I building) of the Graduate School of Environmental Studies and received "ZEB Ready" certification. This is the second ZEB at Tohoku University.

TU-TRIPS: Tohoku University Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart

Tohoku University Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart was launched as a collaborative research group in 2019.

In 2022, TU-TRIPS held a seminar in Okinoerabu High school on October. The students were challenged to reduce plastic bottles and create flavored water that was unique to the island (Fig.6).



Fig.4 Symposium in Shima city.



Fig.5 Tohoku University Energy Symposium.



Fig.6 The Students Challenging to reduce plastic bottles.

持続的社會のためのあらゆる“資源”の安全保障

Resources Strategy for Sustainable Society

「資源」は、持続社会を支える基本的概念であり、「資源」を軸としたサステナビリティ学 (SDGs学) を社会に示していく必要がある。特にカーボンニュートラルと持続的社會の構築は社会全体の喫緊の課題であり、これに対応出来る組織の創設が必要となっている。本センターは、「資源」に関わるハードとソフトの両面で戦略研究を進め、「資源」に関わる複合的な研究・教育組織を構築し、その学際的展開を加速度的に進める。

“Resources” is a fundamental concept that supports a sustainable society, and it is necessary to present to society a study of sustainability (SDGs studies) centered on “resources.” In particular, the establishment of a carbon neutral and sustainable society is an urgent issue, and it is necessary to create an organization that can respond to this social demand. The initiatives will promote strategic research on both hard and soft aspects of “resources,” build a complex research and education organization related to “resources,” and accelerate its interdisciplinary development.

1. 資源戦略研究センターとは

資源の安定確保は、グローバル化の急速な進行とそれに伴う資源メジャーの寡占化、生産国の環境リスク、カントリーリスクの増大、さらに新型コロナによるサプライチェーンの分断と困り込みにより今後不安定化することにより、既存領域を越えた連携を必要としている。このため、旧来の学問領域の壁を超えて取り組んでいく必要がある。独立研究科が、その特長を生かして相乗効果を高めながら、新たな学術領域の創出と国内外の課題の実践的解決を推進する。

資源戦略のソフトプロセスの学術の体系化は大きく遅れている。本学は、ハードプロセスについては伝統的に強いが、持続する社会のためにはハードに加えてソフトパワーの充実が急務であり、また民間にもその要求が強い国内外の課題解決のため、民間資金の導入を進める仕組み作りが必要である。またこの分野の人材不足は深刻であり、大学での教育システムも脆弱化している。人材養成を重要なプロジェクトとして展開する。

2. 産業インフラを利用する炭素循環 (環境・物質部門)

炭素循環を実装し、真の意味で炭素循環を実現するには、基幹産業を主とした既存インフラの活用が大きな効果を発揮する。特に、動脈産業と静脈産業の連携を強化し、また石油資源をバイオマスに転換する新しいバイオリアファイナリーの構築が不可欠である。今年度は、上記の視点で関係機関との情報交換を行い、四日市コンビナートにおけるカーボンニュートラル化に関する検討会において、委員として参画し、コンビナートエリアを超えた広域連携の可能性についても、検討を行った。

1. Institute for Resource Initiatives

The stable securing of resources will become unstable in the future due to the rapid progress of globalization and the resulting oligopoly of “Resource Majors,” increased environmental and country risks in producing countries, and the fragmentation and enclosure of the supply chain by COVID19, requiring collaboration beyond existing fields. Therefore, it is necessary to work beyond the walls of the conventional academic disciplines. Independent graduate schools (GSES) will promote the creation of new academic fields and practical solutions to domestic and international issues while taking advantage of their unique characteristics to enhance synergy.

The systematization of academics in the soft processes of resource strategy has lagged far behind. We have an urgent need to enhance soft power in addition to hard power for a sustainable society in terms of “Resources,” and it is also necessary to create a mechanism to promote the introduction of private funding to solve domestic and international issues for which the private sector has strong demands. There is a serious shortage of human resources in this field, and the education system in universities is becoming weak. We will develop human resources as an academic project.

2. Carbon Circulation Using Industrial Infrastructure (Environmental Materials Division)

In order to implement a carbon cycle, the utilization of existing infrastructure, mainly in the core industries, has a major effect. In particular, it is essential to build a new biorefinery that strengthens the cooperation between the arterial industry and the venous industry, and convert oil resources into biomass. This year, we exchanged information with related organizations from the above perspective, participated as a committee member at a meeting on carbon neutralization in the Yokkaichi Industrial Complex, and examined the possibility of wide-area cooperation beyond the area of the complex.



センター長 / 社会・文化部門
教授 土屋 範芳
Head of Institute / Social & Cultural Division: Professor Noriyoshi Tsuchiya



環境・物質部門
教授 吉岡 敏明
Environmental Material Division: Professor Toshiaki Yoshioka



社会・文化部門
教授 劉 庭秀
(国際文化研究科)
Social & Cultural Division: Professor Jeongsoo Yu (Graduate School of International Cultural Studies)



情報・システム部門
教授 松八重 一代
Informatics Division: Professor Kazuyo Matsubae



情報・システム部門
客員教授 駒井 武
Informatics Division: Professor Takeshi Komai

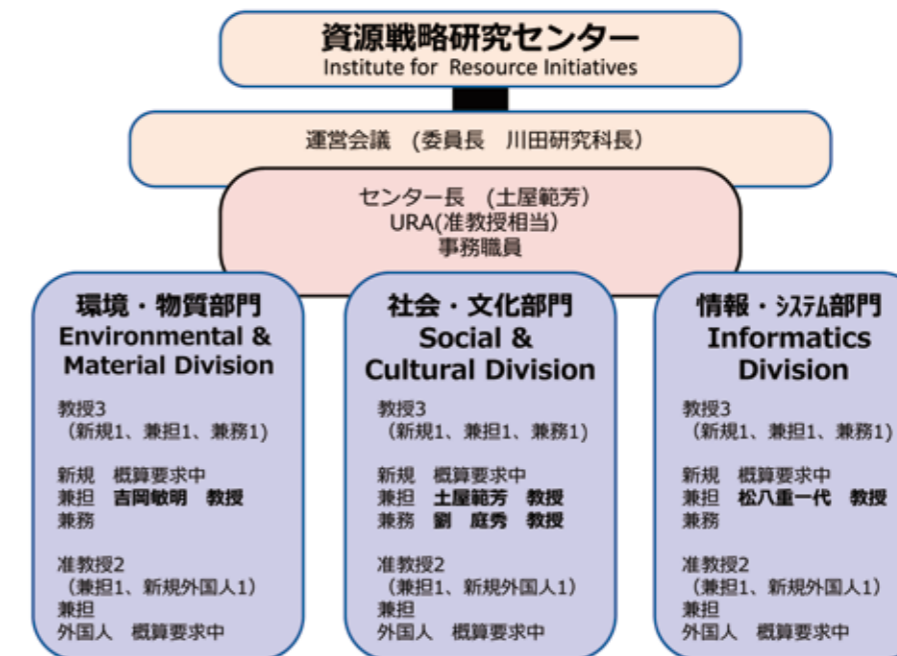


Fig.1 Institute for Resource Initiatives.

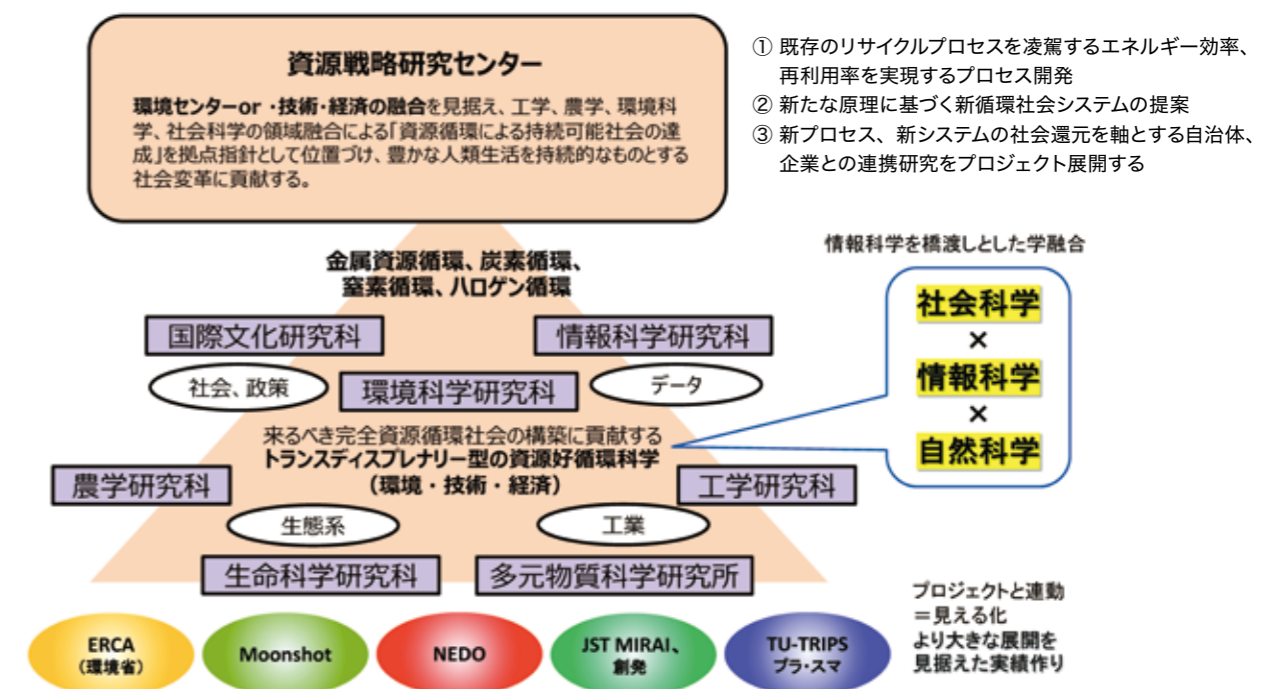


Fig.2 The study of resource strategy requires integration of social, informatics and natural science.

3. 金属資源のトレーサビリティ技術の開発 (社会・文化部門)

金属資源や金属材料のトレーサビリティは、金属製品の品質、安全性、持続可能性の向上に貢献するが、一般的に、一次採掘の鉱山と最終生産の現場は離れているため、サプライチェーンを追跡することは困難である。たとえば、適切な土地権利、探鉱・採掘許可、鉱物輸送許可などを得ずに行われる違法採掘は、森林伐採、汚染などの環境問題を引き起こしていること、人権侵害を伴い、労働環境が劣悪であること、違法採掘で発掘された金属材料を使用することで企業イメージの低下につながるが、このことを可視化する技術は十分には開発されていない。Fig.4は、金属鉱石鉱物、金属材料に含まれるごく微量の希土類元素パターンを金属資源のトレーサーとして応用可能かについて検討し、希土類元素パターンを機械学習によってパターン識別を行った例である。タングステン鉱床はペグマタイト、スカルン、熱水鉱脈鉱床などさまざまなタイプがあり、産状と産地により異なる希土類元素パターンを示すが、材料となるWC (タングステンカーバイド) は、ほぼ同じパターンを示す (図上でクラスターとして分布する)。このことは、希土類元素パターンの変遷を追跡することで、原鉱石から原材料まで追跡可能であることを示唆している。

また、本部門では下記2件の共同研究を開始した。

◎ 循環経済の実現に向けた新しいビジネスモデル構築に関する共同研究 (株式会社 ROOTS)

近年、電気自動車をはじめとする次世代自動車の普及が進んでおり、先進国を中心に資源ナショナリズムの動きが強まっている。本研究は、資源外交、脱炭素、循環経済の国際動向を分析し、使用済みバッテリーや電装品などを事例に、持続可能な資源循環のビジネスモデルを作ることを目指している。本研究目的を達成するためには、国際的な自動車リサイクル、中古車と中古部品の流通状況を正確に把握することが重要である。

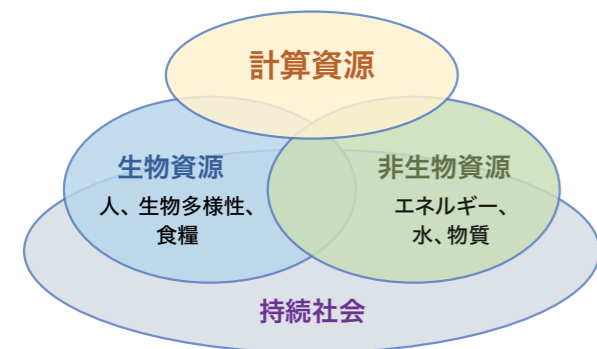


Fig.3 Bio-non-Bio and Informatics resources that are all of "Resources".

3. Traceability for Metal Resources (Social & Cultural Division)

The traceability of metal resources and materials contributes to the quality, safety, and sustainability of metal products, but it is difficult to trace the supply chain because the primary mine and the final production site are generally far apart. For example, illegal mining conducted without proper land rights, exploration and mining permits, or mineral transportation permits causes deforestation, pollution, and other environmental problems; it involves human rights abuses and poor working conditions, and the use of metal materials excavated through illegal mining can damage the corporate image. The technology to visualize this has not been fully developed. This study examines the possibility of applying very small amounts of rare earth element (REE) patterns contained in metal ore minerals and metal materials as tracers of metal resources. An example of the identification of rare earth element patterns by machine learning is shown in Figure.

There are various types of tungsten deposits, such as pegmatite, skarn, and hydrothermal vein deposits. They show different REE patterns depending on the type of deposit and its origin, but the WC (tungsten carbide) material shows almost the same pattern (distributed as clusters on the diagram). This suggests that it is possible to trace the evolution of the REE patterns from the ore to the raw material.

In addition, this division initiated the following two collaborative research projects.

◎ Collaborative research in building a new business model to achieve the circular economy with ROOTS Co.,Ltd.

In recent years, the spread of next-generation vehicles such as EVs has risen, and the movement of resource nationalism in developed countries is intensifying. This study compares and analyzes international trends in resource diplomacy, decarbonizing and circular economy, and proposes a sustainable business model for the recycling of resources using case studies on End-of-life batteries and electrical components. It is important to achieve this research objective through an accurate analysis of the actual situation of international ELV recycling and the distribution of used cars and parts.

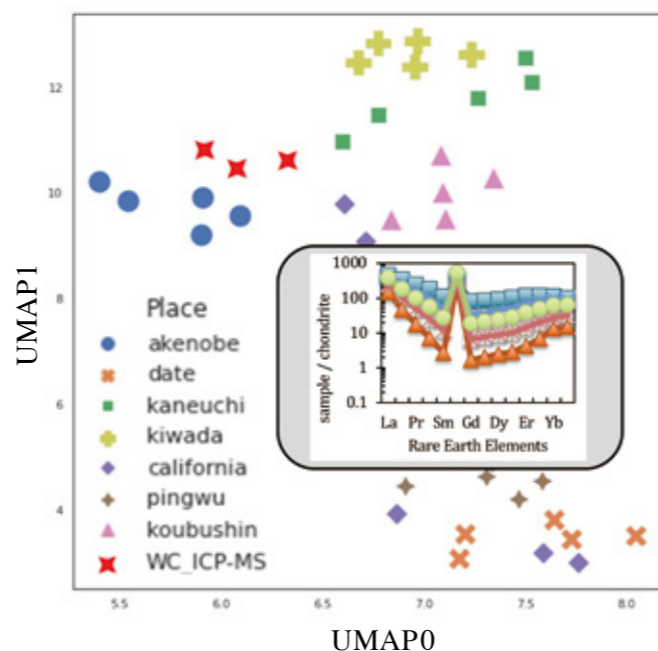


Fig.4 REE pattern and classification of REE pattern by machine-learning(UMAP).

◎ テラヘルツを用いた粗粒状のプラスチックの選別に 関する共同研究 (株式会社サタケ)

廃プラスチック問題は、海洋汚染、使い捨て容器の増加、中国の廃棄物資源の輸入禁止などと密接な関係があり、もはや地球規模環境課題として認識されている。特に、リサイクル効率を向上させるためには、複雑化、多様化している廃プラスチックの素材を適切に選別する必要がある。本研究は、被覆電線の廃棄物を事例に、テラヘルツ波を利用したPEとPVC選別装置の試作機を開発することを目的としている。

4. 責任ある鉱物資源サプライチェーンを目指して (情報・システム部門)

JST 未来社会創造事業「顕在化する社会課題の解決」領域「持続可能な環境・自然資本を実現し活用する新たな循環社会システムの構築」における探索加速型プロジェクト「鉱物資源のサプライチェーンリスク最小化に向けたリソースロジスティクス解析システムの構築」(研究代表者: 松八重一代 2021.11-2024.3) 共催により、2022年10月30日に福岡国際会議場で国際シンポジウム“Mercury Legacy in Artisanal and Small-Scale Gold Mining”を開催した。小規模金採掘 (Artisanal and Small-Scale Gold Mining: ASGM) で行われる不適正な採掘活動と水銀を用いたアマルガム製錬に関わる環境・社会的影響について、その実態把握に関する研究と対策について、専門家が対面・オンラインのハイブリッド形式で集い意見交換を行った。

◎ Collaborative research on the sorting of granular plastic using terahertz waves with SATAKE Corporation

Plastic waste issues are closely related to ocean pollution, increasing one-way containers and China's ban on importing waste. As a result, it is already recognized as a major global problem. In particular, in order to improve the recycling rate, it is necessary to properly sort each plastic, which is becoming more complex and diversified. The objective of this research is to develop the prototype of a sorting device for the waste from coated electrical wire (PE and PVC) using terahertz waves.

4. Forwarding Responsible Mineral Supply Chains (Informatics Division)

The event entitled "Mercury Legacy in Artisanal and Small-Scale Gold Mining" was presented at the Fukuoka Convention Center on October 30, 2022, to strengthen cooperation among experts in this field, fostering sound management in artisanal and small-scale gold mining. The participants actively exchanged their views on mercury use, trade, and pollution in the environment, and emphasized the need for all parties involved in various countries and territories to continue their efforts and further strengthen mutual collaboration and technical assistance to resolve these issues. This event was collaboratively organized by the JST-Mirai Program ("System development of resource logistics toward minimizing the supply chain risks of mineral resources: JPMJMI2115") of the Japan Science and Technology Agency (PL: Prof. Kazuyo Matsubae, 2021.11-2024.3).



Fig.5 Measuring transmissivity of plastic materials (PVC & PE) by terahertz waves.



Fig.6 Group photo at the ASGM event.

先進社会環境学専攻

基幹講座

資源戦略学講座

環境複合材料創成科学分野

【論文】

● Controlled introduction of defects into single-walled carbon nanotubes via a fluorination-defluorination strategy using xenon difluoride and their alkaline oxygen reduction reaction catalytic activity. [Journal of Colloid and Interface Science, 627, (2022), pp. 168-179] Koji Yokoyama, Issei Mamiya, Hiromu Morita, Yoshinori Sato, Kenta Sato, Tetsuo Nishida, Yoshinori Sato

環境素材設計学分野

【論文】

● Calcium phosphate cements comprising spherical porous calcium phosphate granules: synthesis, structure, and properties. [Journal of Asian Ceramic Societies, 10(4), (2022), pp. 731-738] Masanobu Kamitakahara, Kanau Asahara, Hideaki Matsubara

● Preparing dense Yb₂SiO₅ sintered bodies from Yb-Si-O powder synthesized by the polymerizable complex method and appropriate calcination. [Journal of the Ceramic Society of Japan, 130(1), (2022), pp. 118-122] Taishi YOKOI, Hideaki MATSUBARA, Takuto KAMITANI, Sota TERASAKA, Masanobu KAMITAKAHARA

● Sustainable process for enhanced CO₂ mineralization of calcium silicates using a recyclable chelating agent under alkaline conditions. [Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(1), (2022), 107055] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Kosuke Inomoto, Masanobu Kamitakahara, Kengo Nakamura, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

● 超微粒超硬合金の曲げ破壊の実験とDEMシミュレーション. [粉体および粉末冶金, 69, (2022), pp. 249-256] 加藤大夢, 松原秀彰, 寺坂宗太, 高田真之, 上高原理暢

【総説・解説】

● 微生物と非生物の狭間から見る付着性. [生物工学会誌, 100(7), (2022), p. 380] 梅津将喜

環境修復生態学分野

● Arsenic uptake by *Pteris vittata* in a subarctic arsenic-contaminated agricultural field in Japan: An 8-year study. [Science of The Total Environment, 831, (2022), 154830] Yi Huang-Takeshi Kohda, Ginro Endo, Nobuyuki Kitajima,

Kazuki Sugawara, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue, Keisuke Miyauchi

● Efficient biodegradation of 1,4-dioxane commingled with additional organic compound: Role of interspecies interactions within consortia. [Chemosphere, 308(3), (2022), 136440] Tanmoy Roy Tusher, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Empirical Evidence of Arsenite Oxidase Gene as an Indicator Accounting for Arsenic Phytoextraction by *Pteris vittata*. [International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(3), (2022), 1796] Ning Han, Chongyang Yang, Shunya Shimomura, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● From Surface Water to the Deep Sea: A Review on Factors Affecting the Biodegradation of Spilled Oil in Marine Environment. [Journal of Marine Science and Engineering, 10(3), (2022), 426] Hernando Pactao Bacosa, Sheila Mae B. Ancla, Cris Gel Loui A. Arcadio, John Russel A. Dalogdog,

Dioniela Mae C. Ellos, Heather Dale A. Hayag, Jiza Gay P. Jarabe, Ahi Jimhar T. Karim, Carl Kenneth P. Navarro, Mae Princess I. Palma, Rodolfo A. Romarate, Kaye M. Similatan, Jude Albert B. Tangkion, Shann Neil A. Yurong, Jhonamie A. Mabuhay-Omar, Chihiro Inoue, Puspa L. Adhikari

● Recent progress in noble metal electrocatalysts for nitrogen-to-ammonia conversion. [Renewable and Sustainable Energy Reviews, 168, (2022), 112845] Xufeng Rao, Minmin Liu, Meifang Chien, Chihiro Inoue, Jiujun Zhang, Yuyu Liu

● Rhizospheric plant-microbe synergistic interactions achieve efficient arsenic phytoextraction by *Pteris vittata*. [Journal of Hazardous Materials, 434, (2022), 128870] Chongyang Yang, Ning Han, Chihiro Inoue, Yu-Liang Yang, Hideaki Nojiri, Ying-Ning Ho, Mei-Fang Chien

● Second-generation bioethanol production from phytomass after phytoremediation using recombinant bacteria-yeast co-culture. [Fuel, 326, (2022), 124975] Tanmoy Roy Tusher, Jui-Jen Chang, Maria Ita Saunivalu, Sosuke Wakasa, Wen-Hsiung Li, Chieh-Chen Huang, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Separation of microplastic from soil by centrifugation and its application to agricultural soil. [Chemosphere, 288, (2022), 132654] Guido Grause, Yamato Kuniyasu, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue

● Subcellular localization and chemical speciation of Cd in *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* to reveal its hyperaccumulating and detoxification strategies. [Environmental and Experimental Botany, (2022), 105047] Syarifah Hikmah Julinda Sari, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue

地球物質・エネルギー学分野

【論文】

● Continental arc-derived eclogite in the Zavkhan Terrane, western Mongolia: Implications for the suture zone in the northern part of the Central Asian Orogenic Belt. [Journal of Asian Earth Sciences, 229, (2022), 105150] Bayarbold, M., Okamoto, A., Dandar, O., Uno, M., Tsuchiya, N.

● Dehydration of brucite + antigorite under mantle wedge conditions: insights from the direct comparison of microstructures before and after experiments. [Contributions to Mineralogy and Petrology, 177, (2022), 87] Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Masanori Kido, Jun Muto, Simon R. Wallis

● Development of open transport of aqueous fluid from pegmatite revealed by trace elements in garnet. [Geofluids, (2022), 8786250] Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya

● High-temperature silicified zones as potential caprocks of supercritical geothermal reservoirs. [Geothermics, 105, (2022), 102475] Fajar Febiani Amanda, Noriyoshi Tsuchiya, Vani Novita Alviani, Masaaki Uno, Ryoichi Yamada, Shota Shimizu, Ryosuke Oyanagi

● Machine-learning techniques for quantifying the protolith composition and mass transfer history of metabasalt. [Scientific Reports, 12(1), (2022), 1385] Matsuno, S., Uno, M., Okamoto, A., Tsuchiya, N.

● Slab-derived fluid storage in the crust elucidated by earthquake swarm. [Communications Earth & Environment, 3(1), (2022), 286] Yusuke Mukuhira, Masaaki Uno, Keisuke Yoshida

● Volatile-consuming reactions fracture rocks and self-accelerate fluid flow in the lithosphere. [Proceedings of the National Academy of Science, 119(3), (2022), e2110776118] Masaaki Uno, Kodai Koyanagawa, Hisamu Kasahara, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

【総説・解説】

● 岩石の「模様」から地下の流体反応プロセスを解読する. [地球惑星科学連合ニュースレター誌, 18(1), (2022), pp. 10-11] 岡本敦

● 沈み込み帯の含水マントルの炭酸塩化作用—自己促進的な反応—破壊カップリング現象—. [月刊地球 11-12 月合併号, (2022), pp. 566-572, 海洋出版] 岡本敦

地球開発環境学分野（高橋弘研）

【論文】

● Effects of agricultural by-product on mechanical properties of cemented waste soil. [Journal of Cleaner Production, 365, (2022), 132814] Nga Thanh Duong, Khiem Quang Tran, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi

● Study on Mechanical Properties of Cemented Soil Reinforced by Empty Fruit Bunch(EFB). [International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, 25(1), (2022), pp. 109-114] Delima Canny Valentine Simarmata, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi

● ジオポリマーを用いた改良土の機械的特性に関する研究. [テラメカニクス, 42(1), (2022), pp. 55-60] Nguyen Truong Van Loc, Tomoaki SATOMI, Hiroshi TAKAHASHI

● 軟弱砂質土を走行する履帯による土の変形挙動. [テラメカニクス, 42, (2022), pp. 1-6] 中尾紘彰, 里見知昭, 高橋弘

地球開発環境学分野（坂口研）

【論文】

● A numerical study on the creation of artificial supercritical geothermal reservoirs by hydraulic fracturing. [Geothermics, 105, (2022), 102500] Kimio Watanabe, Norihiro Watanabe, Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Masaatsu Aichi, Hisanao Ouchi, Hiroshi Asanuma

● CO₂ Injection-Induced Shearing and Fracturing in Naturally Fractured Conventional and Superhot Geothermal Environments. [Rock Mechanics and Rock Engineering, (2022)] Eko Pramudyo, Ryota Goto, Kiyotoshi Sakaguchi, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe

● Erratum to “CO₂ injection-induced complex cloud-fracture networks in granite at conventional and superhot geothermal conditions” [Geothermics 97 (2021) 102265]. [Geothermics, 101, 102340] Eko Pramudyo, Ryota Goto, Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Wellbore stability in high-temperature granite under true triaxial stress. [Geothermics, 100, 102334] Ryota Goto, Kiyotoshi Sakaguchi, Francesco Parisio, Keita Yoshioka, Eko Pramudyo, Noriaki Watanabe

エネルギー資源学講座

分散エネルギーシステム学分野

【論文】

● Deformation mechanism of Ni(O)-yttria-stabilized zirconia upon reduction and its effect on cell stress evolution in solid oxide fuel cells. [Journal of Power Sources, 550, (2022), 232116] Junya Tanaka, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Toshiyuki Hashida

● Effects of temperature and hydrogen concentration during reduction on deformation behavior of NiO-yttria stabilized zirconia used in solid oxide fuel cells. [Journal of Power Sources, 535, (2022), 231384] Junya Tanaka, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Toshiyuki Hashida

● Performance and stability analysis of SOFC containing thin and dense gadolinium-doped ceria interlayer sintered at low temperature. [Journal of Materiomics, 8(2), (2022), pp. 347-357] Yige Wang, Chuan Jia, Zewei Lyu, Minfang Han, Junwei Wu, Zaihong Sun, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada

エネルギー資源リスク評価学分野

【論文】

- A geochemical approach for source apportionment and environmental impact assessment of heavy metals in a Cu-Ni mining region, Botswana. [Environmental Earth Sciences, 81(5), (2022), Article 138] Fiona Motswaiso, Jiajie Wang, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- A numerical study on the creation of artificial supercritical geothermal reservoirs by hydraulic fracturing. [Geothermics, 105, (2022), 102500] Kimio Watanabe, Norihiro Watanabe, Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Masaatsu Aichi, Hisanao Ouchi, Hiroshi Asanuma
- CO₂ Injection-Induced Shearing and Fracturing in Naturally Fractured Conventional and Superhot Geothermal Environments. [Rock Mechanics and Rock Engineering, (2022)] Eko Pramudyo, Ryota Goto, Kiyotoshi Sakaguchi, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe
- Effectiveness and characteristics of atmospheric CO₂ removal in croplands via enhanced weathering of industrial Ca-rich silicate byproducts. [Frontiers in Environmental Science, 10, (2022), 1068656] Rina Yoshioka, Kengo Nakamura, Ryota Sekiai, Jiajie Wang, Noriaki Watanabe
- Electrical conductivity of H₂O-NaCl fluids under supercritical geothermal conditions and implications for deep conductors observed by the magnetotelluric method. [Geothermics, 101, 2022, 102361] Watanabe, N., Mogi, T., Yamaya, Y., Kitamura, K., Asanuma, H., Tsuchiya, N.
- Erratum to “CO₂ injection-induced complex cloud-fracture networks in granite at conventional and superhot geothermal conditions” [Geothermics 97 (2021) 102265]. [Geothermics, 101, 102340] Eko Pramudyo, Ryota Goto, Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Kengo Nakamura, Takeshi Komai
- Influence of non-uniform flow on toxic elements transport in soil column percolation test. [Heliyon, 8(11), (2022), e11541] Kyouhei Tsuchida, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Potentially toxic elements pose significant and long-term human health risks in river basin districts with abandoned gold mines. [Environmental Geochemistry and Health, 44, (2022), pp. 4685-4702] Arie Pujiwati, Kengo Nakamura, Jiajie Wang, Yoshishige Kawabe, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Role of water in unexpectedly large changes in emission flux of volatile organic compounds in soils under dynamic temperature conditions. [Scientific Reports, 12, (2022), 4418] Asma Akter Parlin, Monami Kondo, Noriaki Watanabe, Kengo Nakamura, Jiajie Wang, Yasuhide Sakamoto, Takeshi Komai
- Significance of soil moisture on temperature dependence of Hg emission. [Journal of Environmental Management, 305, (2022), 114308] S. Zhao, A. Terada, K. Nakamura, M. Nakashima, T. Komai, S. Riya, M. Hosomi, H. Hou
- Spatial and temporal distribution of arsenic contamination

in groundwater of Nawalparasi-West, Nepal: an investigation with suggested countermeasures for South Asian Region. [Environmental Monitoring and Assessment, 194, (2022), 582] Tunisha Gyawali, Susmita Pant, Keizo Nakamura, Takeshi Komai, Shukra Raj Paudel

- Sustainable process for enhanced CO₂ mineralization of calcium silicates using a recyclable chelating agent under alkaline conditions. [Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(1), (2022), 107055] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Kosuke Inomoto, Masanobu Kamitakahara, Kengo Nakamura, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya
- 不飽和土壌からの揮発性化合物の揮発フラックスの定量的予測モデルの開発—土壌カラム試験のヒストリーマッチングによる関連パラメータの検証—. [土木学会論文集 G (環境), 78(3), (2022), pp. 87-103] 近藤 萌波, 坂本 靖英, 川辺 能成, 中村 謙吾, 渡邊 則昭, 駒井 武

環境共生機能学分野

【論文】

- Controlled introduction of defects into single-walled carbon nanotubes via a fluorination-defluorination strategy using xenon difluoride and their alkaline oxygen reduction reaction catalytic activity. [Journal of Colloid and Interface Science, 627, (2022), pp. 168-179] Koji Yokoyama, Issei Mamiya, Hiromu Morita, Yoshinori Sato, Kenta Sato, Tetsuo Nishida, Yoshinori Sato

国際エネルギー資源学分野

【論文】

- A geochemical approach for source apportionment and environmental impact assessment of heavy metals in a Cu-Ni mining region, Botswana. [Environmental Earth Sciences, 81(5), (2022), Article 138] Fiona Motswaiso, Jiajie Wang, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Continental arc-derived eclogite in the Zavkhan Terrane, western Mongolia: Implications for the suture zone in the northern part of the Central Asian Orogenic Belt. [Journal of Asian Earth Sciences, 229, (2022), 105150] Manzshir Bayarbold, Atsushi Okamoto, Otgonbayar Dandar, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
- Cross-cultural comparison of nudging effects for environmental protection: A case-study of risk-averse attitudes toward disposable plastics. [PloS one, 17(11), (2022), e0277183] Hidenori Komatsu, Hiromi Kubota, Nobuyuki Tanaka, Mariah Griffin, Jennifer Link, Glenn Geher, Maryanne L Fisher
- Development of Open Transport of Aqueous Fluid from Pegmatite Revealed by Trace Elements in Garnet. [Geofluids, (2022), 8786250] Astin Nurdiana, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
- Effectiveness and characteristics of atmospheric CO₂ removal in croplands via enhanced weathering of industrial Ca-rich silicate byproducts. [Frontiers in Environmental

- Science, 10, (2022), 1068656] Rina Yoshioka, Kengo Nakamura, Ryota Sekiai, Jiajie Wang, Noriaki Watanabe
- Electrical conductivity of H₂O-NaCl fluids under supercritical geothermal conditions and implications for deep conductors observed by the magnetotelluric method. [Geothermics, 101, 102361] Watanabe, N., Mogi, T., Yamaya, Y., Kitamura, K., Asanuma, H., Tsuchiya, N.
- Estimation of an ultra-high-temperature geothermal reservoir model in the Kakkonda geothermal field, northeastern Japan. [Geothermics, 105, (2022), 102525] Yota Suzuki, Takashi Akatsuka, Yusuke Yamaya, Norihiro Watanabe, Kyosuke Okamoto, Kazumi Osato, Tatsuya Kajiwara, Yasuo Ogawa, Toru Mogi, Noriyoshi Tsuchiya, Hiroshi Asanuma
- High-temperature silicified zones as potential caprocks of supercritical geothermal reservoirs. [Geothermics, 105, (2022), 102475] Fajar Febiani Amanda, Noriyoshi Tsuchiya, Vani Novita Alviani, Masaaki Uno, Ryoichi Yamada, Shota Shimizu, Ryosuke Oyanagi
- Late-Holocene salinity changes in Lake Ogawara, Pacific coast of northeast Japan, related to sea-level fall inferred from sedimentary geochemical signatures. [Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 592, (2022), 110907] Fumiko Watanabe Nara, Takahiro Watanabe, Tetsuya Matsunaka, Shin-ichi Yamasaki, Noriyoshi Tsuchiya, Koji Seto, Kazuyoshi Yamada, Yoshinori Yasuda
- Machine-learning techniques for quantifying the protolith composition and mass transfer history of metabasalt. [Scientific Reports, 12, (2022), 1385] Satoshi Matsuno, Masaaki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
- Potentially toxic elements pose significant and long-term human health risks in river basin districts with abandoned gold mines. [Environmental Geochemistry and Health, 44, (2022), pp. 4685-4702] Arie Pujiwati, Kengo Nakamura, Jiajie Wang, Yoshishige Kawabe, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Role of water in unexpectedly large changes in emission flux of volatile organic compounds in soils under dynamic temperature conditions. [Scientific Reports, 12, (2022), 4418] Asma Akter Parlin, Monami Kondo, Noriaki Watanabe, Kengo Nakamura, Jiajie Wang, Yasuhide Sakamoto, Takeshi Komai
- Searching for the universality of nudging: A cross-cultural comparison of the information effects of reminding people about familial support. [PloS one, 17(11), (2022), e0277969] Hidenori Komatsu, Hiromi Kubota, Nobuyuki Tanaka, Hirotada Ohashi, Mariah Griffin, Jennifer Link, Glenn Geher, Maryanne L Fisher
- Sustainable process for enhanced CO₂ mineralization of calcium silicates using a recyclable chelating agent under alkaline conditions. [Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(1), (2022), 107055] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Kosuke Inomoto, Masanobu Kamitakahara, Kengo Nakamura, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

- Volatile-consuming reactions fracture rocks and self-accelerate fluid flow in the lithosphere. [Proceedings of the National Academy of Science, 119(3), (2022), e2110776118] Masaaki Uno, Kodai Koyanagawa, Hisamu Kasahara, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

【総説・解説】

- テレワークと温泉熱利用による環境負荷低減効果の検証：鳴子地域のケーススタディー . [日本地熱学会誌, 44(3), (2022), pp. 111-122] 鈴木杏奈, 長谷川諒, 稗貫峻一, 窪田ひろみ, 伊藤高敏
- ナッジの設計における進化シミュレーションの活用—特集 エネルギーシステムの進化とOR. [オペレーションズ・リサーチ, 67(12), (2022), pp. 676-681] 小松秀徳, 窪田ひろみ, 田中伸幸, 大橋弘忠
- 洋上風力発電への受容性に対するナッジの効果 . [環境科学会年会講演要旨集 (Web), (2022)] 小松秀徳, 窪田ひろみ, 永井雄宇, 朝野賢司
- 【著書】
- 地熱エネルギーの疑問 50. [日本地熱学会 編, (2022), 成山堂書店] 窪田ひろみ

環境政策学講座

環境・都市エネルギー学分野

【論文】

- A framework to evaluate the energy-environment-economic impacts of developing rooftop photovoltaics integrated with electric vehicles at city level. [Renewable Energy, 200, (2022), pp. 647-657] Junling Liu, Mengyue Li, Liya Xue, Takuro Kobashi
- Assessment of waterfront office redevelopment plan on optimal building arrangements with rooftop photovoltaics: A case study for Shinagawa, Tokyo. [energies, 15(3), (2022), pp. 1-15] Younghun Choi, Takuro Kobashi, Yoshiki Yamagata, Akito Murayama
- Comment on “comparison of holocene temperature reconstructions based on GISP2 multiple-gas-isotope measurements” by Döring and Leuenberger (2022). [Quaternary Science Reviews, 298, (2022), 107707] Takuro Kobashi, Tosiya Nakaegawa
- Energy infrastructure transitions with PV and EV combined systems using techno-economic analyses for decarbonization in cities. [Applied Energy, 319, (2022), 119254] Soowon Chang, Jun-young Cho, Jae Heo, Junsuk Kang, Takuro Kobashi
- Rapid rise of decarbonization potentials of photovoltaics plus electric vehicles in residential houses over commercial districts. [Applied Energy, 306, (2022), 118142] Takuro Kobashi, Younghun Choi, Yujiro Hirano, Yoshiki Yamagata, Kelvin Say
- 【総説・解説】
- SolarEV シティ構想の可能性 - 都市のカーボンニュートラル実現に向けた戦略 . [ベース設計資料, 191, (2022), pp. 37-39] 小端拓郎

環境・エネルギー経済学分野

【論文】

● A solid-state electrolysis process for upcycling aluminium scrap. [Nature, 606, (2022), pp. 511-515] Xin Lu, Zhengyang Zhang, Takehito Hiraki, Osamu Takeda, Hongmin Zhu, Kazuyo Matsubae, Tetsuya Nagasaka

● Energy recovery from end-of-life vehicle recycling in Cameroon: A system dynamics approach. [Journal of Cleaner Production, 361, (2022), 132090] Solange Ayuni Numfor, Yutaka Takahashi, Kazuyo Matsubae

● Food Nitrogen Footprint of the Indian Subcontinent Toward 2050. [Frontiers in Nutrition, 9, (2022), 899431] Aurup Ratan Dhar, Azusa Oita, Kazuyo Matsubae

● Multi-regional land disturbances induced by mineral use in a product-based approach: A case study of gasoline, hybrid, battery electric and fuel cell vehicle production in Japan. [Resources, Conservation and Recycling, 178, (2022), 106093] Shoki Kosai, Liao Hanqing, Zhengyang Zhang, Kazuyo Matsubae, Eiji Yamasue

● Sustainability of Vertical Farming in Comparison with Conventional Farming: A Case Study in Miyagi Prefecture, Japan, on Nitrogen and Phosphorus Footprint. [Sustainability, 14(2), (2022), 1042] Jiarui Liu, Azusa Oita, Kentaro Hayashi, Kazuyo Matsubae

● Why do some countries receive more international financing for coal-fired power plants than renewables? Influencing factors in 23 countries. [Energy for Sustainable Development, 66, (2022), pp. 177-188] Achmed Edianto, Gregory Trencher, Kazuyo Matsubae

● 沖永良部島の経済と環境 . [Journal of Life Cycle Assessment, 18(3), (2022), pp. 152-158] 三橋正枝, 澤田成章, 古川柳藏, 松八重一代

【総説・解説】

● Sustainable phosphorus supply by phosphorus recovery from steelmaking slag: a critical review. [Resources, Conservation and Recycling. 180, (2022), 106203] Huafang Yu, Xin Lu, Takahiro Miki, Kazuyo Matsubae, Yasushi Sasaki, Tetsuya Nagasaka

【著書】

● Advanced manufacturing and high-quality materials: phosphorus. [Routledge Handbook of the Extractive Industries and Sustainable Development, (2022), Routledge] Kazuyo Matsubae, Eiji Yamasue, Hisao Ohtake

● Chapter 8. Consumption - the missing link towards phosphorus sustainability. [Our Phosphorus Future, (2022), UK Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh] W.J. Brownlie, M.A. Sutton, K.V. Heal, D.S. Reay, B.M. Spears

産業エコロジー分野

【論文】

● Differentiated responsibilities of US citizens in the country's sustainable dietary transition. [Environmental Research Letters, 17(7), (2022), 074037] Oliver Taherzade,

Keiichiro Kanemoto

● Multi-perspective Structural Analysis of Supply Chain Networks. [Economic Systems Research, 34(2), (2022), pp. 199-214] Teshu Hanaka, Keiichiro Kanemoto, Shigemi Kagawa

【総説・解説】

● サプライチェーンと環境問題—個人、都市、企業の観点から . [科学, 92(12), (2022), pp. 1090-1094] 金本圭一朗

寄附講座 (DOWAホールディングス)

環境物質政策学講座

地圏環境政策学分野

【論文】

● リチウムイオン電池の資源性と将来展望 電池関連制度の海外動向に関する考察—EUのリチウムイオン電池関連制度を中心として—. [廃棄物資源循環学会誌, 33(3), (2022), pp. 204-213] 齋藤優子, 白鳥寿一

連携講座

環境リスク評価学分野 (産業技術総合研究所)

● 3-D resistivity imaging of the supercritical geothermal system in the Sengan geothermal region, NE Japan. [Geothermics, 103, (2022), 102412] Yamaya, Y., Suzuki, Y., Murata, Y., Okamoto, K., Watanabe, N., Asanuma, H., Hase, H., Ogawa, Y., Mogi, T., Ishizu, K.

● A numerical study on the creation of artificial supercritical geothermal reservoirs by hydraulic fracturing. [Geothermics, 105, (2022), 102500] Watanabe, K., Watanabe, N., Watanabe, N., Sakaguchi, K., Aichi, M., Ouchi, H., Asanuma, H.

● Electrical conductivity of H₂O-NaCl fluids under supercritical geothermal conditions and implications for deep conductors observed by the magnetotelluric method. [Geothermics, 101, (2022), 102361] Watanabe, N., Mogi, T., Yamaya, Y., Kitamura, K., Asanuma, H., Tsuchiya, N.

● Estimation of an ultra-high-temperature geothermal reservoir model in the Kakkonda geothermal field, northeastern Japan. [Geothermics, 105, (2022), 102525] Suzuki, Y., Watanabe, N., Akatsuka, T., Yamaya, Y., Okamoto, K., Kanazawa, S., Osato, K., Kajiwata, T., Ogawa, Y., Mogi, T., Tsuchiya, N., Asanuma, H.

● Geothermal geology and comprehensive temperature model based on surface and borehole geology in Sengan, Northeast Japan. [Geothermics, 105, (2022), 102485] Akatsuka, T., Saito, R., Kajiwara, T., Osada, K., Nagaso, M., Watanabe, N., Tsuchiya, N., Asanuma, H., Kanetsuki, T.

● Structures and fluid flows inferred from the microseismic events around a low-resistivity anomaly in the Kakkonda geothermal field, Northeast Japan. [Geothermics, 100, (2022), 102320] Okamoto, K., Imanishi, K., Asanuma, H.

【総説・解説】

● 温泉のモニタリングとその活用について . [生活と環境 2022年9月号, (2022)] 浅沼宏

● 地熱資源の適正利用へ向けた挑戦 第一回「地熱資源の適正利用とは」 [スマートグリッド 2022年7月号, (2022)] 浅沼宏

● 地熱資源の適正利用へ向けた挑戦 第三回「地熱資源適正利用のためのモニタリング技術—その1—」 [スマートグリッド 2023年1月号, (2022)] 浅沼宏

【著書】

● 地熱エネルギーの疑問 50. [日本地熱学会 編, (2022), 成山堂書店] 浅沼宏 (Q32, T2 を執筆)

先端環境創成学専攻

基幹講座

都市環境・環境地理学講座

環境地理学分野

【論文】

● Analysis of the risk of theft from vehicle crime in Kyoto, Japan using environmental indicators of streetscapes. [Crime Science, 11, 13, (2022)] Hiroki M. Adachi and Tomoki Nakaya

● Analytical estimation of maximum fraction of infected individuals with one-shot non-pharmaceutical intervention in a hybrid epidemic model. [BMC Infectious Diseases, 22(1), (2022), 512] Naoya Fujiwara, Tomokatsu Onaga, Takayuki Wada, Shouhei Takeuchi, Junji Seto, Tomoki Nakaya, Kazuyuki Aihara

● Association Between Residential Environment and Psychological Status Among Young Adults Living Alone During the COVID-19 Pandemic in Tokyo, Japan. [Asia Pacific Journal of Public Health, 34(6-7), (2022), pp. 678-680] Yuanyuan Teng, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi

● Association of Socioeconomic Status Assessed by Areal Deprivation with Cancer Incidence and Detection by Screening in Miyagi, Japan between 2005 and 2010. [Journal of Epidemiology, (2022), Article ID JE(2022)0066] Noriko Kaneko, Yoshikazu Nishino, Yuri Ito, Tomoki Nakaya, Seiki Kanemura

● Associations between neighbourhood street connectivity and sedentary behaviours in Canadian adults: Findings from Alberta's Tomorrow Project. [PLOS ONE, 17(6), (2022), e0269829] Vikram Nichani, Mohammad Javad Koohsari, Koichiro Oka, Tomoki Nakaya, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Jennifer E. Vena, Gavin R. McCormack

● Correlates of domain-specific sedentary behaviors and objectively assessed sedentary time among elementary school children. [Scientific Reports, 12, (2022), 18848] Mohammad Javad Koohsari, Koichiro Oka, Ai Shibata, Gavin R McCormack, Tomoya Hanibuchi, Tomoki Nakaya, Kaori Ishii

● Depression among middle-aged adults in Japan: The role of the built environment design. [Landscape & Urban Planning, 231, March 2023, 104651, (2022)] Koohsari, M. J., Yasunaga, A., McCormack, G. R., Shibata, A., Ishii, K., Nakaya, T., Hanibuchi, T., Nagai, Y., & Oka, K.

● Development of a method for walking step observation based on large-scale GPS data. [International Journal of Health Geographics, 21, (2022), 10] Shohei Nagata, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Naoki Nakaya, Atsushi Hozawa

● Does the Integration of Migrants in the Host Society Raise COVID-19 Vaccine Acceptance? Evidence From a Nationwide Survey in Japan. [Journal of Immigrant and Minority Health, (2022), https://doi.org/10.1007/s10903-022-01402-z] Yuanyuan Teng, Tomoya Hanibuchi, Tomoki Nakaya

● Dose-Response Relationship Between Life-Space Mobility and Mortality in Older Japanese Adults: A Prospective Cohort Study. [Journal of the American Medical Directors Association, 23(11), (2022), pp. 1869.e7-1869.e18] Daiki Watanabe, Tsukasa Yoshida, Yosuke Yamada, Yuya Watanabe, Minoru Yamada, Hiroyuki Fujita, Tomoki Nakaya, Motohiko Miyachi, Hidenori Arai, Misaka Kimura

● Individual-level social capital and COVID-19 vaccine hesitancy in Japan: a cross-sectional study. [Human Vaccines & Immunotherapeutics, 18(5), (2022), pp. 1-7] Masaki Machida, Hiroyuki Kikuchi, Takako Kojima, Itaru Nakamura, Reiko Saito, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Tomoko Takamiya, Yuko Odagiri, Noritoshi Fukushima, Shiho Amagasa, Hidehiro Watanabe, Shigeru Inoue

● Long-term exposure to fine particle matter and all-cause mortality and cause-specific mortality in Japan: the JPHC Study. [BMC Public Health, 22(1), (2022), 466] Norie Sawada, Tomoki Nakaya, Saori Kashima, Takashi Yorifuji, Tomoya Hanibuchi, Hadrien Charvat, Taiki Yamaji, Motoki Iwasaki, Manami Inoue, Hiroyasu Iso, Shoichiro Tsugane

● Neighborhood-level socioeconomic factors moderate the association between physical activity and relative age effect: a cross-sectional survey study with Japanese adolescents.. [BMC Public Health, 22(1), (2022), 1656] Takaaki Mori, Takumi Aoki, Kan Oishi, Tetsuo Harada, Chiaki Tanaka, Shigeo Tanaka, Hideki Tanaka, Kazuhiko Fukuda, Yasuko Kamikawa, Nobuhiro Tsuji, Keisuke Komura, Shohei Kokudo, Noriteru Morita, Kazuhiro Suzuki, Masashi Watanabe, Ryoji Kasanami, Taketaka Hara, Ryo Miyazaki, Takafumi Abe, Koji Yamatsu, Daisuke Kume, Hedenori Asai, Naofumi Yamamoto, Taishi Tsuji, Tomoki Nakaya, Kojiro Ishii

● Perceived workplace layout design and work-related physical activity and sitting time. [Building and Environment, 211, (2022), 108739] Mohammad Javad Koohsari, Gavin R. McCormack, Tomoki Nakaya, Ai Shibata, Kaori Ishii, Chien-Yu Lin, Tomoya Hanibuchi, Akitomo Yasunaga, Koichiro Oka

● Revisiting the Geographical Distribution of Thyroid Cancer Incidence in Fukushima Prefecture: Analysis of Data From the Second- and Third-round Thyroid Ultrasound

Examination. [Journal of Epidemiology, 32 (Suppl_XII), (2022), pp. S76-S83] Tomoki Nakaya, Kunihiko Takahashi, Hideto Takahashi, Seiji Yasumura, Tetsuya Ohira, Hiroki Shimura, Satoru Suzuki, Satoshi Suzuki, Manabu Iwadate, Susumu Yokoya, Hitoshi Ohto, Kenji Kamiya

● Social contact patterns in Japan in the COVID-19 pandemic during and after the Tokyo Olympic Games. [Journal of Global Health, 12, (2022), 5047] Shinya Tsuzuki, Yusuke Asai, Yoko Ibuka, Tomoki Nakaya, Norio Ohmagari, Niel Hens, Philippe Beutels

● Socioeconomic disparities in cancer survival: Relation to stage at diagnosis, treatment, and centralization of patients to accredited hospitals, 2005-2014, Japan. [Cancer Medicine, (2022), pp. 1-15] Satomi Odani, Takahiro Tabuchi, Tomoki Nakaya, Toshitaka Morishima, Kayo Nakata, Yoshihiro Kuwabara, Mari Kajiwara Saito, Chaochen Ma, Isao Miyashiro

● The Design Challenges for Dog Ownership and Dog Walking in Dense Urban Areas: The Case of Japan. [Frontiers in Public Health, 10, (2022), 904122] Mohammad Javad Koohsari, Akitomo Yasunaga, Gavin R McCormack, Tomoki Nakaya, Yukari Nagai, Koichiro Oka

● Trends and Disparities in Adult Body Mass Index Across the 47 Prefectures of Japan, 1975-2018: A Bayesian Spatiotemporal Analysis of National Household Surveys. [Frontiers in Public Health, 10, (2022), 830578] Nayu Ikeda, Tomoki Nakaya, James Bennett, Majid Ezzati, Nobuo Nishi

● Trends in internal migration in Japan, 2012-2020: The impact of the COVID-19 pandemic. [Population, Space and Place, (2022), e2634] Masaki Kotsubo and Tomoki Nakaya

● Unwillingness to cooperate with COVID-19 contact tracing in Japan. [Public Health, 210, (2022), pp. 34-40] M Machida, H Kikuchi, T Kojima, I Nakamura, R Saito, T Nakaya, T Hanibuchi, T Takamiya, Y Odagiri, N Fukushima, S Amagasa, H Watanabe, S Inoue

● Workplace neighbourhood built-environment attributes and sitting at work and for transport among Japanese desk-based workers. [Scientific Reports, 12(1), (2022), pp. 195] Chien-Yu Lin, Mohammad Javad Koohsari, Yung Liao, Kaori Ishii, Ai Shibata, Tomoki Nakaya, Gavin R McCormack, Nyssa Hadgraft, Takemi Sugiyama, Neville Owen, Koichiro Oka

● アクセシビリティの総体的感覚と客観的ウォークアビリティ指標の関係. [E-journal GEO, 17(2), (2022), pp. 249-264] 谷本涼, 埴淵知哉

● 還流移動意思の要因—出身地の特徴に注目した地理的マルチレベル分析—. [季刊地理学, 74(4), (2022), pp. 179-188] 横山由奈, 埴淵知哉, 磯田弦, 松田茂樹, 中谷友樹

● 国勢調査の回答状況における地域差とその推移—聞き取り率・コロナ禍・外国人に注目して—. [E-journal GEO, 17(2), (2022), pp. 197-209] 山本涼子, 埴淵知哉, 山内昌和

● コロナ禍における東京都区部からの転出者分布パターンの変化. [E-journal GEO, 17(1), (2022), pp. 112-122] 小坪将輝, 中谷友樹

● 時空間キューブを利用した COVID-19 流行の時空間地図—特集 疾病と医療の空間分析. [ESTRELA, 336, (2022), pp. 2-7] 中谷友樹, 永田彰平

● GTFS データを用いた公共バスの遅延時間に関する時空間パターンの分析—仙台市営バスを事例に一. [季刊地理学, 73(4), (2022), pp. 264-273] 笠原有貴, 中谷友樹, 磯田弦

● 都市の代表交通手段別構成比と平均歩行時間の関係—全国データを用いた記述疫学研究. [都市計画報告集, 21(3), (2022), pp. 286-289] 樋野公宏, 塩崎光, 井上茂, 菊池宏幸, 福島教照, 天笠志保, 埴淵知哉, 中谷友樹

● 都市形態指標に基づく地区類型と居住地域評価との関連—仙台都市圏を対象として—. [季刊地理学, 74(4), (2022), pp. 159-178] 清水遼, 中谷友樹, 埴淵知哉, 磯田弦

● 山形県における時空間三次元地図を用いた新型コロナウイルス感染症流行可視化の取り組み. [日本公衆衛生雑誌, advpub] 瀬戸順次, 鈴木恵美子, 山田敬子, 石川仁, 加藤裕一, 加藤丈夫, 山下英俊, 阿彦忠之, 水田克巳, 中谷友樹

【総説・解説】

● Associations of public open space attributes with active and sedentary behaviors in dense urban areas: A systematic review of observational studies. [Health & Place, 75, (2022), 102816] Monica Motomura, Mohammad Javad Koohsari, Chien-Yu Lin, Kaori Ishii, Ai Shibata, Tomoki Nakaya, Andrew T Kaczynski, Jenny Veitch, Koichiro Oka

【著書】

● Where have Japanese COVID-19 outbreaks been sustained? [Esri Map Book 37, (2022), Esri Press] Nakaya T, Nagata S

● 社会調査で描く日本の大都市. [埴淵知哉 編, (2022), 古今書院] 埴淵知哉, 上杉昌也, 谷本涼, 中谷友樹, 野崎華世, 松田茂樹, 村中亮夫, 矢部直人, 山内昌和, 山本涼子

太陽地球システム・エネルギー学講座

資源利用プロセス学分野

【論文】

● Improvement of High-Temperature Oxidation Resistance of Iron- Base Heat Storage Materials by Aluminizing Using Pack Cementation Method. [ISIJ International, 62(12), (2022), pp. 2573-2577] Daisuke Maruoka, Kosuke Sato, Taichi Murakami, Eiki Kasai

【著書】

● バイオマス炭化プロセス用蓄熱材としての Fe-Mn-C 合金の相変態および高温酸化挙動の評価. [熱エネルギーの有効活用に向けた蓄熱技術開発, 鈴木洋 編著, pp. 70-76, (2022), シーエムシー出版] 丸岡大佑

地球システム計測学分野

【論文】

● Global Atmospheric OCS Trend Analysis From 22 NDACC Stations. [Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 127(4), (2022), e2021JD035764] James W. Hannigan, Ivan Ortega, Shima Bahramvash Shams, Thomas Blumenstock, John Elliott Campbell, Stephanie Conway, Victoria Flood, Omaira Garcia, David Griffith,

Michel Grutter, Frank Hase, Pascal Jeseck, Nicholas Jones, Emmanuel Mahieu, Maria Makarova, Martine Mazière, Isamu Morino, Isao Murata, Toomo Nagahama, Hideaki Nakijima, Justus Notholt, Mathias Palm, Anatoliy Poberovskii, Markus Rettinger, John Robinson, Amelie N. Röhling, Matthias Schneider, Christian Servais, Dan Smale, Wolfgang Stremme, Kimberly Strong, Ralf Sussmann, Yao Te, Corinne Vigouroux, Tyler Wizenberg

● Variations in Vertical CO/CO2 Profiles in the Martian Mesosphere and Lower Thermosphere Measured by the ExoMars TGO/NOMAD: Implications of Variations in Eddy Diffusion Coefficient. [Geophysical Research Letters, 49(10), (2022), e2022GL098485] Nao Yoshida, Hiromu Nakagawa, Shohei Aoki, Justin Erwin, Ann Carine Vandaele, Frank Daerden, Ian Thomas, Loïc Trompet, Shungo Koyama, Naoki Terada, Lori Neary, Isao Murata, Geronimo Villanueva, Giuliano Liuzzi, Miguel Angel Lopez-Valverde, Adrian Brines, Ashimananda Modak, Yasumasa Kasaba, Bojan Ristic, Giancarlo Bellucci, José Juan López-Moreno, Manish Patel

水資源システム学分野

【論文】

● A review on anaerobic membrane bioreactors for enhanced valorization of urban organic wastes: Achievements, limitations, energy balance and future perspectives. [Science of the Total Environment, 820, (2022), 153284] Yisong Hu, Xuli Cai, Runda Du, Yuan Yang, Chao Rong, Yu Qin, Yu-You Li

● A review on upgrading of the anammox-based nitrogen removal processes: Performance, stability, and control strategies. [Bioresource Technology, 364, (2022), 127992] Yujie Chen, Guangze Guo, Yu-You Li

● An overview of theoretical and technological development of anammox. [Chinese Journal of Environmental Engineering, 16 (2), (2022), pp. 375-380] Yi Xue, Rong Chen, Baoshan Xing, Yuyou Li

● Biofilm growth characterization and treatment performance in a single stage partial nitritation/anammox process with a biofilm carrier. [Water Research, 217, (2022), 118437] Yunzhi Qian, Yan Guo, Junhao Shen, Yu Qin, Yu-You Li

● Biogas production performance and system stability monitoring in thermophilic anaerobic co-digestion of lipids and food waste. [Bioresource Technology, 358, (2022), 127432] Yuanyuan Ren, Chen Wang, Ziang He, Yu Qin, Yu-You Li

● Biomass retention and microbial segregation to offset the impacts of seasonal temperatures for a pilot-scale integrated fixed-film activated sludge partial nitritation-anammox (IFAS-PN/A) treating anaerobically pretreated municipal wastewater. [Water Research, 225, (2022), 119194]

Chao Rong, Zibin Luo, Tianjie Wang, Yu Qin, Jiang Wu, Yan Guo, Yisong Hu, Zhe Kong, Taira Hanaoka, Shinichi Sakemi, Masami Ito, Shigeki Kobayashi, Masumi Kobayashi, Yu-You Li

● Control strategy and performance of simultaneous removal of nitrogen and organic matter in treating swine manure digestate using one reactor with airlift and microgranule. [Bioresource Technology, 355, (2022), 127199] Yunzhi Qian, Fuqiang Chen, Junhao Shen, Yan Guo, Shaopo Wang, Hong Qiang, Yu Qin, Yu-You Li

● Diversity of Candidatus Patescibacteria in Activated Sludge Revealed by a Size-Fractionation Approach. [Microbes and Environments, 37(2), (2022), ME22027] Shuka Kagemasa, Kyohei Kuroda, Ryosuke Nakai, Yu-You Li, Kengo Kubota

● Enhanced biomethanation of lipids by high-solid co-digestion with food waste: Biogas production and lipids degradation demonstrated by long-term continuous operation. [Bioresource Technology, 348, (2022), 126750] Yuanyuan Ren, Chen Wang, Ziang He, Yu Qin, Yu-You Li

● Enhanced degradation and biogas production of waste activated sludge by a high-solid anaerobic membrane bioreactor together with in pipe thermal pretreatment process. Bioresource Technology, 346, (2022), 126583] Guangze Guo, Yemei Li, Shitong Zhou, Yujie Chen, Yu Qin, Yu-You Li

● Experimental adaptation of murine norovirus to calcium hydroxide. [Frontiers in Microbiology, section Virology, 13, (2022), 848439] Wakana Oishi, Mikiko Sato, Kengo Kubota, Ryoka Ishiyama, Reiko Takai-Todaka, Kei Haga, Kazuhiko Katayama, Daisuke Sano

● Fast formation of anammox granules using a nitrification-denitrification sludge and transformation of microbial community. [Water Research, 221, (2022), 118751] Lan Lin, Zibin Luo, Kyuto Ishida, Kampachiro Urasaki, Kengo Kubota, Yu-You Li

● Full-scale application of a down-flow hanging sponge reactor combined with a primary sedimentation basin for domestic sewage treatment. [Bioprocess and Biosystems Engineering, 45, (2022), pp. 701-709] Tsutomu Okubo, Tadashi Tagawa, Masanobu Takahashi, Akinori Iguchi, Mamoru Oshiki, Nobuo Araki, Kengo Kubota, Ahmed Tawfik, Shigeki Uemura, Hideki Harada

● Long term operation performance and membrane fouling mechanisms of anaerobic membrane bioreactor treating waste activated sludge at high solid concentration and high flux. [Science of The Total Environment, 846, (2022), 157435] Guangze Guo, Yemei Li, Shitong Zhou, Yujie Chen, Kampachiro Urasaki, Yu Qin, Kengo Kubota, Yu-You Li

● Microbial characteristics in anaerobic membrane bioreactor treating domestic sewage: Effects of HRT and process performance. [Journal of Environmental Sciences, 111, (2022), pp. 392-399] Jialing Ni, Jiayuan Ji, Yu-You Li, Kengo Kubota

- Microstructure and granulation cycle mechanisms of anammox-HAP coupled granule in the anammox EGSB reactor. [Water Research, 210, (2022), 117968] Yi Xue, Haiyuan Ma, Yisong Hu, Zhe Kong, Yu-You Li
- Niche differentiation of phenol-degrading microorganisms in UASB granular sludge as revealed by fluorescence in situ hybridization. [Engineering, 9, (2022), pp. 61-66] Kengo Kubota, Kei Igarashi, Masayoshi Yamada, Yasuyuki Takemura, Yu-You Li, Hideki Harada
- Nitrogen and phosphorus removal capability of HAP-anammox granular sludge expanded bed reactor and sludge characteristics. [Chinese Journal of Environmental Engineering, 16 (2), (2022), pp. 398-408] Haiyuan Ma, Yanlong Zhang, Yi Xue, Yu-You Li
- Nitrogen removal by a Hydroxyapatite-enhanced Microgranule type One-stage partial Nitrification/anammox process following anaerobic membrane bioreactor treating municipal wastewater. [Bioresource Technology, 348, (2022), 126740] Yujie Chen, Gaoxuefeng Feng, Guangze Guo, Zibin Luo, Chao Rong, Tianjie Wang, Yan Guo, Yu-You Li
- Novel Cross-domain Symbiosis between Candidatus Patescibacteria and Hydrogenotrophic Methanogenic Archaea Methanospirillum Discovered in a Methanogenic Ecosystem. [Microbes and Environments, 37(4), (2022), ME22063] Kyohei Kuroda, Kengo Kubota, Shuka Kagemasa, Ryosuke Nakai, Yuga Hirakata, Kyosuke Yamamoto, Masaru K. Nobu, Takashi Narihiro
- Pilot plant demonstration of temperature impacts on the methanogenic performance and membrane fouling control of the anaerobic membrane bioreactor in treating real municipal wastewater. [Bioresource Technology, 354, (2022), 127167] Chao Rong, Tianjie Wang, Zibin Luo, Yisong Hu, Zhe Kong, Yu Qin, Taira Hanaoka, Masami Ito, Masumi Kobayashi, Yu-You Li
- Recent developments of anaerobic membrane bioreactors for municipal wastewater treatment and bioenergy recovery: Focusing on novel configurations and energy balance analysis. [Journal of Cleaner Production, 356, (2022), 131856] Yisong Hu, Xuli Cai, Yi Xue, Runda Du, Jiayuan Ji, Rong Chen, Daisuke Sano, Yu-You Li
- Seasonal and annual energy efficiency of mainstream anaerobic membrane bioreactor (AnMBR) in temperate climates: Assessment in onsite pilot plant and estimation in scaled-up plant. [Bioresource Technology, 360, (2022), 127542] Rong Chao, Wang Tianjie, Luo Zibin, Hu Yisong, Kong Zhe, Qin Yu, Li Yu-You
- Seasonal temperatures impact on the mass flows in the innovative integrated process of anaerobic membrane bioreactor and one-stage partial nitrification-anammox for the treatment of municipal wastewater. [Bioresource Technology, 349, (2022), 126864] Chao Rong, Tianjie Wang, Zibin Luo, Yan Guo, Zhe Kong, Jiang Wu, Yu Qin, Taira Hanaoka, Shinichi Sakemi, Masami Ito, Shigeki Kobayashi, Masumi Kobayashi, Yu-You Li

- Sodium hypochlorite induced inhibition in anaerobic digestion and possible approach to maintain methane fermentation performance. [Bioresource Technology, 352, (2022), 127096] Jialing Ni, Jiayuan Ji, Kengo Kubota, Yu-You Li
- Successful start-up and operation analysis of the two-stage PN/A process for the treatment of reject water in Tianjin Jinnan Plant. [Chinese Journal of Environmental Engineering, 16 (2), (2022), pp. 430-440] Jinhe Li, Yifan Zhang, Ze Yi, Xiaoying Sun, Yunzhi Qian, Yu-You Li
- Symbiosis between Candidatus Patescibacteria and Archaea Discovered in Wastewater-Treating Bioreactors. [mBio, 13(5), (2022), e01711-22] Kyohei Kuroda, Kyosuke Yamamoto, Ryosuke Nakai, Yuga Hirakata, Kengo Kubota, Masaru K. Nobu, Takashi Narihiro
- The first pilot-scale demonstration of the partial nitrification/anammox-hydroxyapatite process to treat the effluent of the anaerobic membrane bioreactor fed with the actual municipal wastewater. [Science of the Total Environment, 807, (2022), 151063] Yan Guo, Zibin Luo, Chao Rong, Tianjie Wang, Yu Qin, Taira Hanaoka, Shinichi Sakemi, Masami Ito, Shigeki Kobayashi, Masumi Kobayashi, Yu-You Li
- The main anammox-based processes, the involved microbes and the novel process concept from the application perspective. [Frontiers of Environmental Science and Engineering, 16 (7), (2022), 84] Yan Guo, Zibin Luo, Junhao Shen, Yu-You Li
- The startup of the partial nitrification/anammox-hydroxyapatite process based on reconciling biomass and mineral to form the novel granule sludge. [Bioresource Technology, 347, (2022), 126692] Yan Guo, Yunzhi Qian, Junhao Shen, Yu Qin, Yu-You Li
- Treating the filtrate of mainstream anaerobic membrane bioreactor with the pilot-scale sludge-type one-stage partial nitrification/anammox process operated from 25 to 15 °C. [Bioresource Technology, 351, (2022), 127062] Yan Guo, Eli Hendrik Sanjaya, Chao Rong, Tianjie Wang, Zibin Luo, Hong Chen, Hong Wang, Taira Hanaoka, Shinichi Sakemi, Masami Ito, Shigeki Kobayashi, Masumi Kobayashi, Yu-You Li
- Unveiling the characterization and development of prokaryotic community during the start-up and long-term operation of a pilot-scale anaerobic membrane bioreactor for the treatment of real municipal wastewater. [Science of the Total Environment, 813, (2022), 152643] Zhe Kong, Lu Li, Jiang Wu, Chao Rong, Tianjie Wang, Rong Chen, Daisuke Sano, Yu-You Li
- 脱炭素型嫌気性生物処理技術の発展と課題. [用水と廃水, 64(8), (2022), pp. 545-556] 哈俊彤, 宋柳瑩, 葉敏, 李玉友
- 日本各地の下水処理活性汚泥の微生物群集構造とコア微生物群. [下水道協会誌, 59(717), (2022), pp. 132-140] 久保田健吾, 佐藤幹子, 加藤裕之, 李玉友
- 【総説・解説】
- 水処理システムの微生物群の全容を診る解析技術の進展. [水環境学会誌, 45(3), (2022), pp. 91-105] 寺田昭彦, 堀知行, 久保田健吾, 栗栖太, 春日郁朗, 金田一智規, 伊藤司

自然共生システム学講座

資源再生プロセス学分野

【論文】

- A comprehensive study into the thermo-oxidative degradation of sulfur-based engineering plastics. [Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 168, (2022), 105754] Shogo Kumagai, Masumi Sato, Chuan Ma, Yumi Nakai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka
- An integrated utilization strategy of printed circuit boards and waste tire by fast co-pyrolysis: Value-added products recovery and heteroatoms transformation. [Journal of Hazardous Materials, 430, (2022), 128420] Chuan Ma, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka
- Bench-scale PVC swelling and rod milling of waste wire harnesses for recovery of Cu, PVC, and plasticizers. [Journal of Material Cycles and Waste Management, 24(1), (2022), pp. 12-23] Harendra Kumar, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Effect of MnO₂/Mg-Al layered double hydroxide preparation method on the removal of NO. [Results in Chemistry, (2022), 100414] Tomohito Kameda, Yuriko Takahashi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Satoshi Fujita, Ichirou Itou, Tianye Han, Toshiaki Yoshioka
- Effects of heating rate and temperature on product distribution of poly-lactic acid and poly-3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate. [Journal of Material Cycles and Waste Management, (2022)] Zhuze Shao, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Evaluation of Keratin-Cellulose Blend Fibers as Precursors for Carbon Fibers. [ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 10(26), (2022), pp. 8314-8325] Hilda Zahra, Julian Selinger, Daisuke Sawada, Yu Ogawa, Hannes Orelma, Yibo Ma, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka, Michael Hummel
- Exhaust gas treatment using MnO₂/Mg-Al layered double hydroxide: Assessment of its mixed gas removal performance and regeneration. [Chemical Engineering Research and Design, 178, (2022), pp. 602-608] Tomohito Kameda, Yuriko Takahashi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Satoshi Fujita, Ichirou Itou, Tianye Han, Toshiaki Yoshioka
- Improving levoglucosan and hydrocarbon production through gas-phase synergy during cellulose and polyolefin co-pyrolysis. [Sustainable Energy & Fuels, 6, (2022), pp. 1469-1478] Shengyu Xie, Chuan Ma, Shogo Kumagai, Yusuke Takahashi, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Kinetic studies on the uptake of phenols by linear and cyclic organic sulfonic acid-modified Cu-Al layered double hydroxides. [Inorganic Chemistry Communications, 146, (2022), 110194] Tomohito Kameda, Kie Waizumi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

- Production of BTX via Catalytic Fast Pyrolysis of Printed Circuit Boards and Waste Tires Using Hierarchical ZSM-5 Zeolites and Biochar. [ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 10(45), (2022), pp. 14775-14782] Chuan Ma, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Tomohito Kameda, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka
- Structure-activity relationship in hydrogenolysis of polyolefins over Ru/support catalysts. [Applied Catalysis B: Environmental, 318, (2022), 121870] Masazumi Tamura, Shuhei Miyaoka, Yosuke Nakaji, Mifumi Tanji, Shogo Kumagai, Yoshinao Nakagawa, Toshiaki Yoshioka, Keiichi Tomishige
- Structure-activity relationship in hydrogenolysis of polyolefins over Ru/support catalysts. [Applied Catalysis B: Environmental, 318, (2022), 121870] Masazumi Tamura, Shuhei Miyaoka, Yosuke Nakaji, Mifumi Tanji, Shogo Kumagai, Yoshinao Nakagawa, Toshiaki Yoshioka, Keiichi Tomishige
- Synergistic effects during co-pyrolysis of milled wood lignin and polyolefins at the gas phase and liquid/solid phase contacting modes. [Chemical Engineering Journal, 431, (2022), 134030] Chuan Ma, Shengyu Xie, Shogo Kumagai, Yusuke Takahashi, Yuko Saito, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka
- Synthesis of linear and cyclic organic sulfonic acid-modified Cu-Al layered double hydroxides and their adsorption properties. [Journal of Alloys and Compounds, 918, (2022), 165537] Kie Waizumi, Tomohito Kameda, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Thermal decomposition behavior of MnO₂/Mg-Al layered double hydroxide after removal and recovery of acid gas. [Results in Chemistry, 4, (2022), 100310] Tomohito Kameda, Tanya Kurutach, Yuriko Takahashi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Satoshi Fujita, Ichirou Itou, Tianye Han, Toshiaki Yoshioka
- 22 世紀のプラスチックリサイクルを考える. [第 34 回環境工学連合講演会講演論文集, (2022), pp. 27-30] 熊谷将吾
- 電池関連制度の海外動向に関する考察—EU のリチウムイオン電池関連制度を中心として—. [廃棄物資源循環学会誌, 33 (3), (2022), pp. 204-213] 齋藤優子, 白鳥寿一
- 動画を活用した安全教育教材の作成: 研究活動を始める学生向けの化学薬品・廃液・高圧ガスの取り扱い編. [環境と安全, 13(1), (2022), pp. 1-7] 田中信也, 三上恭訓, 本間誠, 服部徹太郎, 吉岡敏明
- プラスチックのケミカルリサイクルプロセス開発への熱分解ガスクロマトグラフィーの応用. [分析化学, 71(45210), (2022), pp. 549-561] 熊谷将吾, 吉岡敏明
- プラスチックリサイクルの現状と将来展望. [油空圧技術, 61(6), (2022), pp. 32-38] 齋藤優子, 熊谷将吾, 吉岡敏明
- 【総説・解説】
- 化学的手法を用いた難リサイクル性プラスチックの資源化. [日本包装学会誌, 31(5), (2022), pp. 289-302] 熊谷将吾, 吉岡敏明
- 金属・プラスチック複合製品のリサイクル—ワイヤーハーネス分離技術を例として—. [成形加工, 34(7), (2022), pp. 246-249] 熊谷将吾, 吉岡敏明

- 炭素循環を可能とする動静脈連携の手立て . [環境技術会誌 , 189, (2022), pp. 1-2] 吉岡敏明
 - 動静脈産業連携によるプラスチックリサイクルと炭素循環 . [環境管理 , 58(12), (2022)] 吉岡 敏明
 - プラスチックケミカルリサイクルにおける炭素循環とハロゲン循環 . [JACI NEWS LETTER, 81, (2022), pp. 2-3] 吉岡敏明
 - プラスチック資源循環に向けてーハロゲン循環・制御の必要性と方策 . [ビニリデン協だより, 83, (2022), pp. 1-11] 吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾
 - プラスチックの資源循環社会を支える炭素循環 . [生活と環境 , 67(3), (2022), p. 1] 吉岡敏明
- 【著書】
- プラスチックのケミカルリサイクルにおける触媒研究動向 . [カーボンニュートラルを目指す最新の触媒技術 , 室井高城 監修, (2022), pp. 320-335, シーエムシー・リサーチ] 熊谷将吾, 吉岡敏明

環境分析化学分野

【論文】

- Development of a Diradical-platinum(II) Complex Equipped with a Linker Conjugatable to a Targeting-materials for Cancer-selective Imaging and Therapy. [Chemistry Letters, 51(12), (2022), pp. 1157-1159] Ryota Sawamura, Atsuko Masuya-Suzuki, Nobuhiko Iki
- Emergence of the super antenna effect in mixed crystals of ytterbium and lutetium complexes showing near-infrared luminescence. [RSC Advances, 12(47), (2022), pp. 30598-30604] Atsuko Masuya-Suzuki, Satoshi Goto, Rika Nakamura, Ryunosuke Karashimada, Yasuhiro Kubota, Ryo Tsunashima, Nobuhiko Iki
- Lanthanide-calixarene complexes and their applications. [Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, 62, (2022), pp. 1-280] Naoya Morohashi, Nobuhiko Iki
- Selective crystallization of dysprosium complex from neodymium/dysprosium mixture enabled by cooperation of coordination and crystallization. [Chemical Communications, 58(14), (2022), pp. 2283-2286] Atsuko Masuya-Suzuki, Koji Hosobori, Ryota Sawamura, Yumika Abe, Ryunosuke Karashimada, Nobuhiko Iki
- 異核ランタニド - チアカリックスアレーン錯体の選択的合成法の開発と発光特性の評価 . [分析化学 , 71(3), (2022), pp. 145-151] 唐島田龍之介, 武者冨貴, 壹岐伸彦

環境生命機能学分野

【論文】

- Bipolar-electrode-based electrochromic devices for analytical applications – A review. [Electroanalysis, 34(2), (2022), pp. 212-226] Siti Masturah Binti Fakhruddin, Kosuke Ino, Kumi Y. Inoue, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- Detection of virus-like particles using magnetostrictive vibration energy harvesting. [Sensors and Actuators: A. Physical, 345, (2022), 113814] Hiroki Kurita, Siti Masturah

Binti Fakhruddin, Daiki Neyama, Kumi Y. Inoue, Tsuyoki Tayama, Daiki Chiba, Masahito Watanabe, Hitoshi Shiku, Fumio Narita

- Electrochemical glue for binding chitosan-alginate hydrogel fibers for cell culture. [Micromachines, 13(3), (2022), 420] Yoshinobu Utagawa, Kosuke Ino, Tatsuki Kumagai, Kaoru Hiramoto, Masahiro Takinoue, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- Electrochemical microwell sensor with Fe-N co-doped carbon catalyst to monitor nitric oxide release from endothelial cell spheroids. [Analytical Sciences, 38(10), (2022), pp. 1297-1304. Selected as a hot article] Kaoru Hiramoto, Kazuyuki Iwase, Yoshinobu Utagawa, Yuji Nashimoto, Itaru Honma, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku
- Electrochemiluminescence imaging based on bipolar electrochemistry using commercially available anisotropic conductive films. [Sensors and Materials, 34(8), (2022), pp. 3113-3122] Rise Akasaka, Kosuke Ino, Tomoki Iwama, Kumi Y. Inoue, Yuji Nashimoto, and Hitoshi Shiku
- Electrochemiluminescence imaging of cellular adhesion in vascular endothelial cells during tube formation on hydrogel scaffolds. [Electrochimica Acta, 415, (2022), 140240] Kosuke Ino, Keika Komatsu, Kaoru Hiramoto, Yoshinobu Utagawa, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- Fabrication of high-density vertical closed bipolar electrode arrays by carbon paste filling method for two-dimensional chemical imaging. [Analytical Chemistry, 94(25), (2022), pp. 8857-8866] Tomoki Iwama, Kumi Y. Inoue, Hitoshi Shiku
- High-sensitivity amperometric dual immunoassay using two cascade reactions with signal amplification of redox cycling in nanoscale gap. [Analytical Chemistry, 94(27), (2022), pp. 16451–16460] Kentaro Ito, Kumi Y. Inoue, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku
- Highly sensitive electrochemical immunoassay using signal amplification of coagulation cascade. [Analytical Chemistry, 94(36), (2022), pp. 12427-12434] Kentaro Ito, Kumi Y. Inoue, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku
- In vitro electrochemical assays for vascular cells and organs. [Electrochemical Science Advances, 2(5), (2022), e2100089] Yoshinobu Utagawa, Kaoru Hiramoto, Yuji Nashimoto, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku
- Thermally-drawn multi-electrode fibers for bipolar electrochemistry and magnified electrochemical imaging. [Advanced Materials Technologies, 7(5), (2022), 2101066] Tomoki Iwama, Yuanyuan Guo, Shoma Handa, Kumi Y. Inoue, Tatsuo Yoshinobu, Fabien Sorin, Hitoshi Shiku
- 酵素活性を利用するバイオ計測に向けた電気化学基質とシステム . [分析化学 , 71(3), (2022), pp. 109-117] 宇田川喜信, 伊藤健太郎, 井上 (安田) 久美, 梨本裕司, 伊野浩介, 珠玖仁

資源循環プロセス学講座

環境グリーンプロセス学分野

【論文】

- A Mass-Balance-Consistent Process Inventory Model for Ion-Exchange Resin Catalyzed Biodiesel Production. [Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 55 (12), (2022) pp. 349-357] I-Ching Chen, Kousuke Hiromori, Makiko Kato, Hajime Ohno, Naomi Shibasaki-Kitakawa, Yasuhiro Fukushima
- Analyzing flue gas properties emitted from power and industrial sectors toward heat-integrated carbon capture. [Energy, 250, (2022), 123775] Koki Yagihara, Hajime Ohno, Alexander Guzman-Urbina, Jialing Ni, Yasuhiro Fukushima
- FIEMA, a system of fuzzy inference and emission analytics for sustainability-oriented chemical process design. [Applied Soft Computing, 126, (2022), 126(2022)] Alexander Guzman-Urbina, Kakeru Ouchi, Hajime Ohno, Yasuhiro Fukushima
- Systematic process energy optimization via multi-level heat integration: A case study on low-temperature reforming for methanol synthesis. [Computer Aided Chemical Engineering, 49, (2022), pp. 1207-1212] Alexander Guzman-Urbina, Haruka Tanaka, Hajime Ohno, Yasuhiro Fukushima
- Toward an efficient recycling system: Evaluating recyclability of end-of-life stainless steels by considering elements distribution during a remelting process. [Journal of Industrial Ecology, 26(5), (2022), pp. 1701-1713] Xin Lu, Hajime Ohno, Osamu Takeda, Takahiro Miki, Yasushi Sasaki, Hongmin Zhu, Tetsuya Nagasaka

複合材料設計学分野

【論文】

- A novel manufacturing method and structural design of functionally graded piezoelectric composites for energy-harvesting. [Materials & Design, 214, (2022), 110371] Zhenjin Wang, Kohei Maruyama, Fumio Narita
- Additive manufacturing and energy-harvesting performance of honeycomb-structured magnetostrictive Fe₅₂-Co₄₈ alloys. [Additive Manufacturing, 54, (2022), 102741] Hiroki Kurita, Paul Lohmuller, Pascal Laheurte, Kenya Nakajima, Fumio Narita
- Additive Manufacturing of Magnetostrictive Fe-Co Alloys. [Materials, 15(3), (2022), 709] K. Nakajima, M. Leparoux, H. Kurita, B. Lanfant, D. Cui, M. Watanabe, T. Sato, F. Narita
- Application of deep neural network learning in composites design. [European Journal of Materials, 2(1), (2022), pp. 118-171] Yinli Wang, Constantinos Soutis, Daisuke Ando, Yuji Sutou, Fumio Narita
- Characteristics of carbon fiber reinforced polymers embedded with magnetostrictive Fe-Co wires at room and high temperatures. [Composites Science and Technology,

228, (2022), 109644] Ryosuke Komagome, Kenichi Katabira, Hiroki Kurita, Fumio Narita

- Correction to: Effect of Silk Fibroin Concentration on the Properties of Polyethylene Glycol Dimethacrylates for Digital Light Processing Printing (Advanced Engineering Materials, (2021), 23, 9, (2100487), 10.1002/adem.202100487). [Advanced Engineering Materials, 24(5), (2022), 2200495] Satoshi Egawa, Hiroki Kurita, Teruyoshi Kanno, Fumio Narita
- Design and Optimization of a Multimode Low-Frequency Piezoelectric Energy Harvester. [International Journal of Applied Mechanics, 14(4), (2022), 2250033] Longfei He, Fumio Narita
- Detection of virus-like particles using magnetostrictive vibration energy harvesting. [Sensors and Actuators A: Physical, 345, (2022), 113814] Hiroki Kurita, Siti Masturah, Binti Fakhruddin, Daiki Neyama, Kumi Y. Inoue, Tsuyoki Tayama, Daiki Chiba, Masahito Watanabe, Hitoshi Shiku, Fumio Narita
- Direct and inverse magnetostrictive properties of Fe-Co-V alloy particle-dispersed polyurethane matrix soft composite sheets. [Sensors and Actuators A: Physical, 337, (2022), 113427] Hiroki Kurita, Takumi Keino, Takahiro Senzaki, Fumio Narita
- Effects of Heat Treatment and Cr Content on the Microstructures, Magnetostriction, and Energy Harvesting Performance of Cr-Doped Fe-Co Alloys. [Advanced Engineering Materials, 24(5), (2022), 2101036] Kenya Nakajima, Shota Tanaka, Kotaro Mori, Hiroki Kurita, Fumio Narita
- Electromechanical characterization and kinetic energy harvesting of piezoelectric nanocomposites reinforced with glass fibers. [Composites Science and Technology, 223, (2022), 109408] Kohei Maruyama, Yoshihiro Kawakami, Kotaro Mori, Hiroki Kurita, Yu Shi, Yu Jia, Fumio Narita
- Fabrication and electromechanical characterization of mullite ceramic fiber/thermoplastic polymer piezoelectric composites. [Journal of the American Ceramic Society, 105(1), (2022), pp. 308-316] Kei Takaishi, Yuki Kubota, Hiroki Kurita, Zhenjin Wang, Fumio Narita
- Impact energy harvesting and storage through duct airflow using magnetostrictive clad films. [AIP Advances, 12(11), (2022), 115109] Toshiki Ueno, Hiroki Kurita, Fumio Narita
- k-Means Clustering for Prediction of Tensile Properties in Carbon Fiber-Reinforced Polymer Composites. [Advanced Engineering Materials, 24(5), (2022), 2101072] Hiroki Kurita, Masanori Suganuma, Yinli Wang, Fumio Narita
- Magnetic properties of Fe-Si-B thin films and their application as stress sensors. [Thin Solid Films, 758, (2022), 139428] Gildas Diguët, Kei Makabe, Joerg Froemel, Hiroki Kurita, Fumio Narita, Masanori Muroyama
- Magneto Elasticity Modeling for Stress Sensors. [Magnetism, 2(3), (2022), pp. 288-305] Gildas Diguët, Joerg Froemel, Hiroki Kurita, Fumio Narita, Kei Makabe, Koichi Ohtaka

● Mode-I fracture control of unidirectional laminated composites using MFC actuators. [Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 33(19), (2022), pp. 2440-2453] Vikas Kaushik, Nagappa Siddgonde, Fumio Narita, Anup Ghosh

● Multifunctional cellular sandwich structures with optimised core topologies for improved mechanical properties and energy harvesting performance. [Composites Part B: Engineering, 238, (2022), 109899] Boyue Chen, Yu Jia, Fumio Narita, Congsi Wang, Yu Shi

● Progress on Materials Reinforcement using Mechanically Defibrillated Cellulose Nanofibers. [Zairyo/Journal of the Society of Materials Science, Japan, 71(5), (2022), pp. 417-423] Hiroki Kurita, Teruyoshi Kanno, Fumio Narita

● Self-Powered Wearable Piezoelectric Monitoring of Human Motion and Physiological Signals for the Postpandemic Era: A Review. [Advanced Materials Technologies, 7(12), (2022), 2200318] Yinli Wang, Yaonan Yu, Xueyong Wei, Fumio Narita

● Stress monitoring capability of magnetostrictive Fe-Co fiber/glass fiber reinforced polymer composites under four-point bending. [Scientific Reports, 12(1), (2022), 22421] Kenichi Katabira, Tomoki Miyashita, Fumio Narita

● Stress sensor performance of sputtered Fe-Si-B alloy thin coating under tensile and bending loads. [Sensors and Actuators A: Physical, 343, (2022), 113652] Hiroki Kurita, Gildas Diguët, Joerg Froemel, Fumio Narita

● Thermal stress control of the polymorphic transformation in MnTe semiconductor films. [Materialia, 24, (2022), 101493] Shunsuke Mori, Yinli Wang, Daisuke Ando, Fumio Narita, Yuji Sutou

● Thermoelectromechanical Characteristics of Piezoelectric Composites Under Mechanical and Thermal Loading. [Advanced Engineering Materials, 24(5), (2022), 2101212] Kotaro Mori, Fumio Narita, Zhenjin Wang, Tadashi Horibe, Kensuke Maejima

● Young's modulus and ferroelectric property of BaTiO₃ films formed by aerosol deposition in consideration of residual stress and film thickness. [Japanese Journal of Applied Physics, 61, (2022), SN1011] Kohei Maruyama, Yoshihiro Kawakami, Fumio Narita

【総説・解説】

●合金化亜鉛めっき層のパウダリング耐性改善に向けたスパッタリング成膜による検証. [材料とプロセス (CD-ROM), 35(2), (2022)] 藺部駿太, 安藤大輔, 須藤祐司, 栗田大樹, 成田史生

●湿式せん断混合と放電プラズマ焼結により作製した B4C 粒子強化アルミニウム基複合材料の引張特性. [粉体粉末冶金協会講演大会 (Web), (2022)] 小山毅士, 栗田大樹, 成田史生, シャフロン ローラン, デズルス オリビエ, アンドリュウ ジェローム

環境創成計画学講座

環境分子化学分野

【論文】

●脳の老化で脆弱化する神経細胞の新規遺伝子発現制御システムを強化する穀物の新規機能性成分に関する研究. [公益財団法人飯島藤十郎記念食品科学振興財団 2021 年度年報, 37, pp. 367-374] 山國徹, 榎本俊樹, 森口茂樹, 大田昌樹

●ひとや環境にやさしい新しい抽出分離溶媒の開発 ～実験の理論予測を目指して～. [ひとの健やかでこころ豊かな未来を実現するためにひと・健康・未来, 31, pp. 32-33] 大田昌樹

環境材料表面科学分野

【論文】

● Abnormal Metal Bond Distances in PtAu Alloy Nanoparticles: In Situ Back-Illumination XAFS Investigations of the Structure of PtAu Nanoparticles on a Flat HOPG Substrate Prepared by Arc Plasma Deposition. [The Journal of Physical Chemistry C, 126(2), (2022), pp. 1006-1016] Bing Hu, Bapurao Bharate, Juan D. Jimenez, Jochen Lauterbach, Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama, Kotaro Higashi, Tomoya Uruga, Yasuhiro Iwasawa, Hiroko Ariga-Miwa, Satoru Takakusagi, Kiyotaka Asakura

● Activity switching of Sn and In species in Heusler alloys for electrochemical CO₂ reduction. [Chemical Communications, 58(31), (2022), pp. 4865-4868] Kazuyuki Iwase, Takayuki Kojima, Naoto Todoroki, Itaru Honma

● Dissolution of constituent elements from various austenitic stainless steel oxygen evolution electrodes under potential cycle loadings. [International Journal of Hydrogen Energy, 47(77), (2022), pp. 32753-32762] Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama

● Hydrogen peroxide generation and hydrogen oxidation reactions of vacuum-prepared Ru/Ir(111) bimetallic surfaces. [Physical Chemistry Chemical Physics, 24(23), (2022), pp. 14277-14283] Kenta Hayashi, Keisuke Kusunoki, Takeru Tomimori, Riku Sato, Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama

● Nanostructures and Oxygen Evolution Overpotentials of Surface Catalyst Layers Synthesized on Various Austenitic Stainless Steel Electrodes. [Electrocatalysis, 13(2), (2022), pp. 113-126] Naoto Todoroki, Arata Shinomiya, Toshimasa Wadayama

● Nanostructures and Oxygen Evolution Overpotentials of Surface Catalyst Layers Synthesized on Various Austenitic Stainless Steel Electrodes. [Electrocatalysis, 13(2), (2022), pp. 116-125] Naoto Todoroki, Arata Shinomiya, Toshimasa Wadayama

● Oxygen reduction reaction properties of vacuum-deposited Pt on thermally grown epitaxial graphene layers. [Journal of Vacuum Science & Technology A, 40(1), (2022), 13216] Masashi Watanabe, Takafumi Kanauchi, Yoshihiro Chida, Kenta Hayashi, Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama

● Surface microstructures and oxygen evolution properties of cobalt oxide deposited on Ir(111) and Pt(111) single crystal substrates. [Electrochemical Science Advances, (2022), pp. 1-9] Naoto Todoroki, Hiroto Tsurumaki, Arata Shinomiya, Toshimasa Wadayama

【総説・解説】

●水電解水素製造装置の高効率化に向けたステンレス鋼電極の開発. [金属, 92(1), (2022), pp. 51-59] 轟直人

連携講座

環境適合材料創製学分野 (日本製鉄株式会社)

【論文】

● (Digital Presentation) Development of an Eam-Type Interatomic Potential Model Reproducing Theoretical Energetics in Polytype Structures. [ECS Meeting Abstracts, 55, (2022), 2286] Shinya Ogane, Riku Sato, Yuta Tanaka, Kazumasa Tsutsui, and Koji Moriguchi

● Mixing effects of SEM imaging conditions on convolutional neural network-based low-carbon steel classification. [Materials Today Communications, 32, (2022), 104062] Kazumasa Tsutsui, Kazushi Matsumoto, Masaki Maeda, Terusato Takatsu, Koji Moriguchi, Kohtaro Hayashi, Shigekazu Morito, and Hidenori Terasaki

● Micro-and Macroscopic Numerical Analyses on Effect of Repulsive Exclusion Zones on Interstitial Particle Diffusivity in Bcc Lattice Based on Diffusion Path Network Model. [ISIJ International 62, (2022), 766] Daichi Akahoshi, Kazuto Kawakami, Tomohiko Omura, Hideaki Sawada, Kazumasa Tsutsui, and Koji Moriguchi

地球環境変動学分野 (国立環境研究所)

【論文】

● Development of a predictive model for vitamin D deficiency based on the vitamin D status in young Japanese women: A study protocol. [PLoS ONE, 17(3), (2022), e0264943] Kuwabara, A., E. Nakatani, N. Tsugawa, H. Nakajima, S. Sasaki, K. Kohno, K. Uenishi, M. Takenaka, K. Takahashi, A. Maeta, N. Sera, K. Kaimoto, M. Iwamoto, H. Kawate, M. Yoshida, and K. Tanaka

● Estimating Methane Emissions in the Arctic nations using surface observations from 2008 to 2019. [EGUsphere, https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-1257] Wittig, S., Berchet, A., Pison, I., Saunio, M., Thanwerdas, J., Martinez, A., Paris, J.-D., Machida, T., Sasakawa, M., Worthy, D. E. J., Lan, X., Thompson, R. L., Sollum, E., and Arshinov, M.

● Global atmospheric OCS trend analysis from 22 NDACC stations. [J. Geophys. Res.-Atmosphere, 127, (2022), e2021JD035764] Hannigan, J. W., I. Ortega, S. B. Shams, T. Blumenstock, J. E. Campbell, S. Conway, V. Flood, O. Garcia, D. Griffith, M. Grutter, F. Hase, P. Jeseck, N. B. Jones, E.

Mahieu, M. Makarova, M. De Maizière, I. Morino, I. Murata, T. Nagahama, H. Nakajima, J. Notholt, M. Palm, A. Poberovskii, M. Rettinger, J. Robinson, A. N. Röhring, M. Schneider, C. Servais, D. Smale, W. Stremme, K. Strong, R. Sussmann, Y. Te, C. Vigouroux, and T. Wizenberg

【総説・解説】

●オゾン観測ネットワークの現状～札幌と那覇サイトの停止が与える影響～. [天気, 2023. in press.] 林田佐智子, 中島英彰, 藤原正智, 山内恭, 金谷有剛, 笠井康子, 今村隆史

●航空機を利用した温室効果ガス観測. [地球環境, 26 (1 & 2), (2022), pp. 37-46] 町田敏暢

●国立環境研究所における温室効果ガスモニタリングの基盤環境 (地上観測局, 温室効果ガス測定装置, 標準ガス). [地球環境, 26 (1 & 2), (2022), pp. 13-26] 笹川基樹, 町田敏暢

●将来の地球観測への期待. [地球環境, 26 (1 & 2), (2022), pp. 89-100] 佐藤啓市, 池田恒平, 寺尾有希夫, 山下陽介, 町田敏暢, 谷本浩志

●成層圏・中間圏の大気化学の諸問題. [大気化学研究, in press] 江口菜穂, 山下陽介, 秋吉英治, 長濱智生, 富川喜弘, 中島英彰, 杉田考文, 坂崎貴俊, 齋藤拓也, 水野亮

【著書】

● Topic 24. 温室効果ガス (CO₂, CH₄, O₃) の分布特性. [図説 世界気候辞典, 山川修治ほか 編, (2022), pp. 369-370, 朝倉書店] 中島英彰

環境研究推進センター

【総説・解説】

●沖永良部島の経済と環境. [Journal of Life Cycle Assessment, 18(3), (2022), pp. 152-158] 三橋正枝, 澤田成章, 古川柳蔵, 松八重一代

【著書】

● [WaaS(Well-being as a Service) : モビリティ変革コンソーシアムによる「スマートシティへの挑戦」, モビリティ変革コンソーシアム Future Lifestyle WG 事務局 著, (2022), pp. 59-68, LIGARE] 三橋正枝

博士・修士論文題目一覧（令和4年3月・9月修了）

博士論文

【令和4年3月修了】 18名

- 藤井 達也
「行為分解木を用いた環境配慮行動の満足度と継続性の評価方法」
指導教員：教授 松八重 一代
研究指導教員：客員教授 古川 柳蔵（東京都市大学）
- 劉 子剣
“Solar light driven photocatalytic degradation of refractory organic compounds using tungsten-doped TiO₂ particles (タングステンドーブ酸化チタン微粒子による太陽光下での難分解有機汚染物質の光触媒分解)”
指導教員：教授 井上 千弘
●Stari Lazo Leonardo Alfredo
“Study on a novel Pseudomonas species which enables biodegradation of carbon tetrachloride in aerobic condition (好気条件下で四塩化炭素を分解する新種の Pseudomonas 属細菌に関する研究)”
指導教員：教授 井上 千弘
研究指導教員：助教 簡 梅芳
- 齊藤 武志
「WC-Co 超硬合金の液相焼結時の部材変形とCo相移動に関する研究」
指導教員：教授 上高原 理暢
- Numfor Solange Ayuni
“The Potential for End-of-Life Vehicle Recycling in Cameroon (カメルーンにおける自動車リサイクルのポテンシャル評価)”
指導教員：教授 松八重 一代
- Meshal J. Abdullah
“Evaluation of Controlled Environment Agriculture to improve food security outcomes in arid environments: Contextualized within the Gulf Cooperation Council- A Kuwait perspective (乾燥環境における食料安全保証向上のための管理農業に関する考察：クウェートに焦点をあてた湾岸協力会議から見た問題整理)”
指導教員：教授 松八重 一代
- 劉 嘉睿
「ライフサイクル視点から見た農業分野における環境親和型技術の導入に関する環境影響評価」
指導教員：教授 松八重 一代
- 永岡 美佳
「超臨界水を用いた土壤中放射性ストロンチウム分析のための前処理法の開発に向けた研究」
指導教員：教授 スミス リチャード リー
- 岩間 智紀
「生体分子の高時空間分解二次元イメージングを実現するバイポーラ電気化学顕微鏡の創成に関する研究」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 井上 久美

- Siti Masturah Binti Fakhruddin
“Engineering the design of miniaturized biosensors with optimized fabrication strategies ideal for point-of-care (POC) testing (ポイントオブケア検査のための小型バイオセンサの作製に関する研究)”
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 井上 久美
- 沈 晨
“Functional Polymer-Modified Magnetite Nanoparticles with Anisotropic Shape and the Magneto-Rheological Behavior (異方性形状を有するマグネタイトナノ粒子の表面機能性ポリマー修飾およびその磁気レオロジー挙動)”
指導教員：教授 村松 淳司
研究指導教員：助教 大須賀 遼太
- 平 典子
「走査型イオンコンダクタンス顕微鏡の多機能化による細胞膜形態のイメージングに関する研究」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：助教 井田 大貴
- 陳 亭儒
“Liquid Phase Assisted Synthesis and Characterization of High-Performance YBaCo₄O_{7+δ} and Ca₂AlMnO_{5+δ} Oxygen Storage Materials (YBaCo₄O_{7+δ} 及び Ca₂AlMnO_{5+δ} 高性能酸素貯蔵材料の液相アシスト合成と特性評価)”
指導教員：教授 殷 澍
- Harendra Kumar
“Material Separation from Thin Cables in Used Wire Harness by Combined Physical and Chemical Processes (物理的プロセスと化学的プロセスを組み合わせた使用済みワイヤーハーネス細線 of 材料分離)”
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：助教 熊谷 将吾
- 今村 大志
「異種金属塩添加による Cu 及び Ni 微粒子の合成と導電材料としての応用展開」
指導教員：教授 蟹江 澄志
研究指導教員：講師 松原 正樹
- 平本 薫
「三次元培養細胞の活性評価に資する電気化学計測システムの開発に関する研究」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 伊野 浩介
- 永田 彰平
“Leveraging urban informatics on human mobility for enhancing geographies of health (健康地理学研究の発展のための人のモビリティに関する都市情報学の応用)”
指導教員：教授 中谷 友樹
研究指導教員：准教授 埴淵 知哉
- 李 孜
“Assessment on Clean Energy Transition Strategies of Oil

Majors (大手石油会社のクリーンエネルギー転換戦略に関する分析評価)”
指導教員：教授 明日香 壽川

【令和4年9月修了】 18名

- Syarifah Hikmah Julinda Sari
“Cd hyperaccumulation and tolerance strategies in *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* at the organ and cellular level (ハクサンハタザオの器官および細胞レベルでの Cd 高蓄積と耐性戦略)”
指導教員：教授 井上 千弘
研究指導教員：助教 簡 梅芳
- Aurup Ratan Dhar
“Impact analysis of religious dietary cultures on nitrogen and phosphorus footprints of food: A case study of the Indian Subcontinent (食品の窒素とリンのフットプリントに対する宗教的な食文化の影響分析：インド大陸における事例研究)”
指導教員：教授 松八重 一代
- Akhmad Amirudin
“Policy evaluation of polyethylene terephthalate (PET) bottle waste management in Indonesia (インドネシアにおけるポリエチレンテレフタレート (PET) ボトル廃棄物管理の政策評価)”
指導教員：教授 井上 千弘
- Asma Akter Parlin
“The role of water in vapor-phase diffusive transport of VOCs in near-surface soils under dynamic temperature conditions (動的な温度条件下における地表付近の土壌中の VOC の気相拡散輸送における水の役割)”
指導教員：教授 渡邊 則昭
- Achmed Shahram Edianto
“The long and winding road to a global coal phase-out: Overseas financing and future lock-in trends (世界的な石炭火力発電のフェーズアウトへの長く曲がりくねった道：国際融資および将来のロックインの動向)”
指導教員：教授 松八重 一代
研究指導教員：客員准教授 Gregory Trencher (京都大学)
- Imam Eko Setiawan
“Life Cycle Assessment of The Coal Mining and Coal Resource Utilization in Indonesia (インドネシアにおける石炭採掘ならびに資源利用に関するライフサイクル分析)”
指導教員：教授 松八重 一代
- Geri Agroli
“Fluid and fault control in rupture dynamics during ore mineralization processes (鉱化作用プロセスにおける破裂ダイナミクスによる流体と断層制御)”
指導教員：教授 土屋 範芳
- Truong Thi Ai Nhi
“Socio-technical barriers to sustainable urban consumption: The case of urban mobility in developing Asian countries (都市部における持続可能な消費を妨げる社会技術的障壁：アジアの開発途上国におけるモビリティの事例)”
指導教員：教授 松八重 一代

- 研究指導教員：客員准教授 Gregory Trencher (京都大学)
- Bayarbold Manzshir
“Geochemical characteristics and evolution of deep fluids under high pressure metamorphic conditions during subduction processes (沈み込みプロセスの高圧変成条件での深部流体の地球化学的特徴と進化)”
指導教員：教授 土屋 範芳
- 横山 浩一
「高炉の CO₂ 排出量削減に対する含炭塊成鉱および水素還元適用の効果」
指導教員：教授 葛西 栄輝
研究指導教員：准教授 村上 太一
- Wang Jingwen
“Modification of Ternary Metal Oxide: Preparation, Characterization and Environmental Purification Applications (三元金属酸化物の修飾：合成・特性評価および環境浄化への応用)”
指導教員：教授 殷 澍
- 石井 花織
「遠隔地の廃棄物問題と人間の安全保障—アラスカの広域処理事業にみる希望」
指導教員：教授 高倉 浩樹
研究指導教員：准教授 ボレー セバスチャン
- 今井 薫
“Virucidal efficacy and mechanism of olanexidine gluconate (オラネキシジングルコン酸塩の殺ウイルス作用とメカニズム)”
指導教員：教授 佐野 大輔
- 樂 孟馨
「日本の環境 NGO によるアドボカシーに関する理論的分析—再生可能エネルギー大量導入に向けた提言活動に注目して—」
指導教員：教授 明日香 壽川
- 栄 超
“Development of Energy Saving and Low Carbon Type Municipal Wastewater Treatment System by Combining Anaerobic Membrane Bioreactor and Anammox Process (嫌気性膜バイオリアクターとアナモックス法の融合による省エネルギー・低炭素型都市下水処理システムの開発)”
指導教員：教授 李 玉友
- Zhu Yifan
“Data-driven modeling applications in wastewater pathogen issues: Microbial safety management and epidemic interpretation (下水中病原体に関わる諸問題に対するデータ駆動型モデリングの適用：微生物リスク管理と感染流行検知)”
指導教員：教授 佐野 大輔
- 薛 意
“Granulation Mechanisms and Microstructure of the Anammox-HAP Coupled Granule for Nitrogen Removal and Phosphorus Recovery (窒素除去とリン回収のためのアナモックス-HAP グラニューールの形成機構と微細構造)”
指導教員：教授 李 玉友
- Vempi Satriya Adi Hendrawan
“Global crop vulnerability to drought and various climate extremes and the possible factors (干ばつおよび極端気象に対する世界の作物収量の脆弱性とその要因)”
指導教員：准教授 小森 大輔

修士論文

【令和4年3月修了】 95名

●笠谷 涼介

「混合導電性酸化物電極の昇温脱離法による吸着種評価」

指導教員：准教授 八代 圭司

●青木 晃司

「水圧による断層すべり発生挙動の室内実験による検討」

指導教員：教授 伊藤 高敏

研究指導教員：助教 椋平 祐輔

●浅井 博紀

「花崗岩のマクロ破壊靱性とマイクロ破壊靱性に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：准教授 坂口 清敏

●姉崎 託巳

「マグネタイトをFe源とするAs(V)含有溶液中でのスコロダイト合成」

指導教員：教授 柴田 悦郎

研究指導教員：助教 安達 謙

●五十嵐 大樹

「大きな地殻変動履歴に伴う鉛直地圧の時空間変動に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：准教授 坂口 清敏

●石田 真英

「スクリュウ式土砂サンプリング機構の開発に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：助教 里見 知昭

●伊藤 祐一

「表面改質した層状タンカーバイドの合成とその電子物性」

指導教員：教授 高橋 英志

研究指導教員：准教授 佐藤 義倫

●岩山 晃大

「堆積軟岩体の水没鉛直井における高精度地圧測定法の開発」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：准教授 坂口 清敏

●梅本 雄太

「高性能透明導電膜形成を目指したCuNWsの液相合成とその形状制御」

指導教員：教授 高橋 英志

研究指導教員：准教授 横山 俊

●大島 賢人

「固体酸化物形燃料電池のオペランド応力測定」

指導教員：准教授 八代 圭司

●大室 ひな

「パーライト副産物の泥土改良への適用に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：助教 里見 知昭

●小野 薫

「Mo系薄膜の形成機構の解明」

指導教員：教授 高橋 英志

研究指導教員：准教授 横山 俊

●葛西 李菜

「有機質ため池底泥土の堤体盛土材としての再資源化に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：助教 里見 知昭

●梶 菜菜

「破碎堆積物のバケット掘削における抵抗力解析と粒度推定に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：助教 里見 知昭

●加藤 大夢

「球状多孔体を用いた骨再生用多孔質リン酸カルシウムセメントの作製と評価」

指導教員：教授 上高原 理暢

●加藤 裕太

「DEMシミュレーションを用いた粉粒体の混合挙動予測法の開発」

指導教員：教授 加納 純也

●久世 萌日

「機械学習を用いた繊維質固化処理土の強度特性推定モデルの構築に関する研究」

指導教員：教授 高橋 弘

研究指導教員：助教 里見 知昭

●倉田 真樹

「イオン導電性酸化物の高温光応答」

指導教員：教授 川田 達也

●近藤 佑樹

「混練プロセスにおける粒子分散・凝集挙動のシミュレーションモデルの開発」

指導教員：教授 加納 純也

●五味 愛雅

「エナジャイト型Cu₃AsO₄の合成方法の研究」

指導教員：教授 小俣 孝久

研究指導教員：助教 鈴木 一誓

●坂本 陽太

「垂直配向フッ素化多層カーボンナノチューブから紡糸したカーボンナノチューブヤーンの機械特性と電気伝導特性」

指導教員：教授 高橋 英志

研究指導教員：准教授 佐藤 義倫

●佐藤 花菜子

「土壌由来微生物によるポリエチレンを主成分とした農業用マルチフィルム表面変化」

指導教員：教授 井上 千弘

●佐藤 貴啓

「長石の熱発光特性と地熱探査への応用」

指導教員：教授 土屋 範芳

研究指導教員：助教 平野 伸夫

●志村 龍之介

「バイオカソード型微生物燃料電池における脱窒反応の改善」

指導教員：教授 井上 千弘

研究指導教員：助教 簡 梅芳

●肖 俊彬

「還元剤添加およびエージング処理による石炭フライアッシュ中のクロム溶出抑制」

指導教員：教授 井上 千弘

●杉本 達哉

「バイポーラ膜電気透析法を用いた廃水中の陰イオンの除去と濃縮に関する基礎的検討」

指導教員：教授 柴田 悦郎

研究指導教員：准教授 飯塚 淳

●杉山 智哉

「鉱山周辺地域の鉱滓ダム決壊に着目した鉱物資源のサプライチェーンリスク解析モデルの開発」

指導教員：教授 松八重 一代

●孫 静怡

“Low SNR event P-S travel time detection by particle motion analysis (粒子軌跡解析を用いた低 SNR 地震波の P-S 走時時間検出)”

指導教員：教授 伊藤 高敏

研究指導教員：助教 椋平 祐輔

●高久 将吾

「坑井壁面から採取したコアを用いた3次元地殻応力測定法の研究」

指導教員：教授 伊藤 高敏

●竹森 達也

「データ駆動型エージェントベースモデルを用いた地熱開発における地域構造と社会受容性」

指導教員：教授 土屋 範芳

●土田 恭平

「飽和・不飽和境界における土壌内の水および溶質の移動挙動」

指導教員：教授 駒井 武

研究指導教員：教授 渡邊 則昭

●牧野 泰

「近赤外バイオイメージング用Ag₂S量子ドット蛍光プローブの開発」

指導教員：教授 小俣 孝久

研究指導教員：講師 佃 諭志

●松尾 蘭太郎

「Zn(Te_{1-x}S_x)混晶量子ドットの合成と光学特性」

指導教員：教授 小俣 孝久

研究指導教員：講師 佃 諭志

●松野 哲士

“Machine learning approaches for estimating protolith composition and mass transfer analyses of metabasalt (機械学習による玄武岩質變成岩の原岩組成推定と物質移動解析)”

指導教員：教授 岡本 敦

研究指導教員：助教 宇野 正起

●水野 克哉

「熱水環境下における岩石の弾性波速度変化に関する研究」

指導教員：教授 土屋 範芳

研究指導教員：助教 平野 伸夫

●村田 智洋

「酸化物電極の局所酸素ポテンシャル測定」

指導教員：教授 川田 達也

●山田 将斗

「H_xWO₃のプロトン・電子混合伝導性」

指導教員：教授 小俣 孝久

研究指導教員：助教 鈴木 一誓

●林 澤鑫

「n型SnS単結晶/MoO₃接合を用いた新たな太陽電池素子とその高変換効率化」

指導教員：教授 小俣 孝久

研究指導教員：助教 鈴木 一誓

●廬 岩

“Material flow analysis on elemental phosphorous and its derivatives in China (中国における工業用途リンのマテリアルフロー分析)”

指導教員：教授 松八重 一代

●王 彬泽

“Material flow analysis on aluminum focusing on the secondary sources in China (中国における循環資源に着目したアルミニウムフロー解析)”

指導教員：教授 松八重 一代

●霞 裕幸

「よく規定されたPt-Co合金単結晶表面の酸素還元反応特性に及ぼすドープ種の影響」

指導教員：教授 和田山 智正

研究指導教員：准教授 轟 直人

●木村 功輝

「第三元素添加Pt-Ni(111)合金表面の電気化学構造安定性」

指導教員：教授 和田山 智正

研究指導教員：准教授 轟 直人

●久保 和輝

「鉄鋼材料の水素拡散および水素脆化に及ぼすCrおよびMoの影響」

指導教員：客員教授 大村 朋彦

●黒川 大輝

「金属/セラミックス複合体の平均物性とマイクロ波加熱特性」

指導教員：教授 コマロフ セルゲイ

研究指導教員：准教授 吉川 昇

●昆野 友城

「マグネタイト微粉鉱の酸化促進のための焼結ヒートパターン設計」

指導教員：客員教授 松村 勝

●齋藤 知昭

「鉄鉱石事前脱リンプロセス実現のためのFe₁O-CaO-SiO₂-Al₂O₃-P₂O₅系状態図の検討」

指導教員：教授 葛西 栄輝

●佐藤 陸

「シンクロ型LPSO相の層間相互作用および電子構造に関する第一原理計算解析」

指導教員：客員教授 森口 晃治

●渋谷 航平

「錯体水素化合物固体電解質を用いた全固体電池の高電位反応性および電気化学特性」

指導教員：教授 折茂 慎一

研究指導教員：准教授 高木 成幸

●高橋 和輝

「MgとWからなる新たな遷移金属錯体水素化合物の合成」

指導教員：教授 折茂 慎一

研究指導教員：准教授 高木 成幸

●高濱 裕記

「高水素高炉内における焼結鉱の還元粉化挙動とそのモデル化」

指導教員：教授 葛西 栄輝

研究指導教員：准教授 村上 太一

●富田 雄貴

「微細化粒子の挙動に及ぼすアルミニウム合金の多重再溶解の影響の解明」

指導教員：教授 コマロフ セルゲイ

研究指導教員：助教 山本 卓也

●豊島 菜々子
「酸化鉄の水素還元により生成する金属鉄組織の形態制御」
指導教員：教授 葛西 栄輝
研究指導教員：准教授 村上 太一

●濱田 里久
「錯体水素化合物 $M [B_{12}H_{12}] \cdot nH_2O$ の合成と電気化学特性評価 ($M=Mg,Zn$) 」
指導教員：教授 折茂 慎一
研究指導教員：准教授 高木 成幸

●東 料太
「木質バイオマスを用いた炭材内装鈹の還元および浸炭機構の解明」
指導教員：教授 葛西 栄輝
研究指導教員：准教授 村上 太一

●福地 拓海
「充填層内炭材燃焼過程における粒子状物質の組成および発生量に対するリサイクル原料添加の影響」
指導教員：教授 葛西 栄輝
研究指導教員：助教 丸岡 大祐

●松鷹 遼
「フローズンエマルジョン新規複合材料の作製と特性評価」
指導教員：教授 コマロフ セルゲイ
研究指導教員：准教授 吉川 昇

●羽澤 萌々子
「有機添加剤を用いたCHA型ゼオライト粒子の形態制御」
指導教員：教授 村松 淳司
研究指導教員：助教 大須賀 遼太

●赤坂 理世
「細胞および組織を対象とするアンペロメトリックな測定に向けた新規マイクロ流体デバイスの開発と評価」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 伊野 浩介

●阿部 友哉
「5-ヒドロキシメチルフルフラールから2,5-フランジカルボン酸への選択的酸化に向けた MnO_x-CeO_2 複合酸化物触媒の開発」
指導教員：教授 スミス リチャード リー
研究指導教員：助教 郭 海心

●生田 大地
「熱分解 - ガスクロマトグラフ / マルチ検出器システムの開発及びポリマー熱分解物の定性定量同時分析」
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：助教 熊谷 将吾

●磯田 薫也
「環境低負荷な手法によるバイオマス由来固体酸触媒の作製および5-ヒドロキシメチルフルフラールの合成」
指導教員：教授 スミス リチャード リー
研究指導教員：助教 郭 海心

●大島 広太郎
「分析的遠心分離および移流拡散モデルを用いた SiO_2 ・修飾 CeO_2 ナノ粒子の沈降特性に関する研究」
指導教員：教授 スミス リチャード リー

●大高 正幹
「フッ素ドーパベロブスカイト酸化物からなる酸素発生電極触媒の開発」
指導教員：教授 本間 格
研究指導教員：助教 岩瀬 和至

●香取 海斗
「酸化銅前駆体を用いた銅 - コバルトナノ粒子の液相合成と磁場誘導バターンニング」
指導教員：教授 村松 淳司
研究指導教員：助教 大須賀 遼太

●久須美 諒
「減圧蒸留残渣油とプラスチックの共熱分解による化学原料化」
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：助教 熊谷 将吾

●小松 慶佳
「細胞の機能・代謝評価に向けた電気化学発光イメージング法の開発」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 伊野 浩介

●小松 万葉
「カソードィックルミノフォアを用いるクロードバイポーラ電極系による高S/N比ドーパミン検出および二次元イメージング」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 井上 久美

●小宮 未来
「がんの中性子捕捉療法を志向したGd(III)-チアカリックスアレーン錯体搭載アルブミンナノ粒子の創製」
指導教員：教授 壹岐 伸彦

●尚 聡果
「p型半導体遷移金属ドーパ酸化コバルトナノ粒子の合成と機能性材料への応用」
指導教員：教授 村松 淳司
研究指導教員：助教 大須賀 遼太

●鈴木 佑京
「 $Ti_xZr_{(1-x)}O_2$ の表面塩基点を利用した吸着剤としての機能化」
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：准教授 亀田 知人

●鈴木 野々香
「マイクロ波および超臨界水熱プロセスによる複合イオンドープ VO_2 の合成と赤外線遮蔽機能」
指導教員：教授 殷 澍
研究指導教員：助教 長谷川 拓哉

●立野 佑太
「ナノ電気化学セル顕微鏡を用いた固体電解質薄膜粒界・粒内のリチウムイオン伝導測定」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：准教授 熊谷 明哉

●田中 銀平
「メカノケミカル法を用いたFe含有ゼオライト触媒の合成と詳細な構造解析」
指導教員：教授 村松 淳司
研究指導教員：助教 大須賀 遼太

●丹治 聖史
「抽出法及び揮発法によるポリオレフィン中の添加剤除去」
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：助教 熊谷 将吾

●友山 恵
「タングステン酸を配位子とした二核ランタニド錯体の発光特性と速度論的安定性の調査」
指導教員：教授 壹岐 伸彦

研究指導教員：助教 唐島田 龍之介

●中村 健太郎
「高濃度懸濁液の沈降測定に基づく SiO_2 ナノ粒子分離に関する研究」
指導教員：教授 スミス リチャード リー

●中村 祐輝
「高容量リチウムイオン電池を目指した鉄系逆蛍石型材料の酸素レドックス反応解析」
指導教員：教授 本間 格
研究指導教員：助教 小林 弘明

●中村 理香
「三脚型シッフ塩基配位子の置換基が Yb(III) 錯体の発光特性に与える影響の検討」
指導教員：教授 壹岐 伸彦
研究指導教員：助教 鈴木 敦子

●松岡 弘憲
「イメージングプローブへの応用を志向した新規チアカリックスアレーン異核錯体の創製」
指導教員：教授 壹岐 伸彦
研究指導教員：助教 唐島田 龍之介

●向本 励
「血管網の形成および経血管的な薬剤投与が酸素代謝に与える影響の電気化学的な評価」
指導教員：教授 珠玖 仁
研究指導教員：助教 梨本 裕司

●山下 貴之
「キャピラリー電気泳動を用いる酵素系の熱力学的および速度論的安定性の評価」
指導教員：教授 壹岐 伸彦

●劉 涵宇
“Solvothermal synthesis of ion doped tungsten suboxide ($W_{18}O_{49}$) and fabrication of NIR shielding PDMS films (イオンドープタングステンサブオキサイド ($W_{18}O_{49}$) のソルボサーマル合成とNIR遮蔽PDMSフィルムの作製)”
指導教員：教授 殷 澍
研究指導教員：助教 長谷川 拓哉

●和泉 希恵
「直鎖及び環状スルホン酸で修飾された層状複水酸化物の合成とフェノール類の吸着特性」
指導教員：教授 吉岡 敏明
研究指導教員：准教授 亀田 知人

●小野寺 哲洋
「中空ニッケル化合物の形態制御とその電気化学触媒活性」
指導教員：教授 殷 澍
研究指導教員：助教 長谷川 拓哉

●堀合 理子
「金ナノロッドをコアとした有機無機ハイブリッドデンドリマーの配向・光学特性制御」
指導教員：教授 蟹江 澄志
研究指導教員：講師 松原 正樹

●宮西 遼
「機能性アミノ基誘導体化イオン液体を用いた貴金属元素の抽出及び逆抽出」
指導教員：教授 蟹江 澄志
研究指導教員：講師 松原 正樹

●石井 敦大
「衛生安全計画に基づいた下水処理放流水質の衛生工学的管理のための水中ウイルス消毒モデルの構築」
指導教員：教授 佐野 大輔

●Ulysse Vassas
“Putting Japanese Energy Cooperatives on the Map : Origins, Governance and Ideas (日本のエネルギー生協のマッピング: その起源、ガバナンス、理念)”
指導教員：教授 明日香 壽川

●加藤 壽一
「都市公園アクセスの社会的不公正の評価：日本の政令指定都市間での比較」
指導教員：教授 中谷 友樹
研究指導教員：助教 関根 良平

●小坪 将輝
「日本の国内人口移動の時空間分析：2012-2020年の市区町村間移動を対象に」
指導教員：教授 中谷 友樹

●清水 遼
「都市形態指標を用いた近隣環境と居住地域評価との関連：仙台都市圏を対象として」
指導教員：教授 中谷 友樹
研究指導教員：准教授 磯田 弦 (理学研究科)

●周 士統
“Improved Anaerobic Digestion of Waste Activated Sludge by Combining Thermophilic AnMBR with Novel Pretreatment Method Based on Hydrodynamic Cavitation(水力学的キャビテーション型前処理と高温嫌気性 MBR の組合せによる余剰活性汚泥の嫌気性消化の性能改善)”
指導教員：教授 李 玉友

●申 俊昊
「サイホン駆動攪拌方式メタン発酵槽を用いた豚ふん尿処理のパイロットプラント試験研究」
指導教員：教授 李 玉友

●馬 真
「メタン発酵る液を処理するための二相型PN/Aプロセスの研究」
指導教員：教授 李 玉友

●林 沐
“Adsorption Kinetics and Mechanisms of Murine Norovirus to Magnetic Carbon Nanotubes in Aqueous Solutions (水中における磁性カーボンナノチューブへのマウスノロウイルス吸着動力学及び吸着メカニズム)”
指導教員：教授 佐野 大輔

【令和4年9月修了】8名

●江畑 聡一郎
「プロトン導電性セラミックス燃料電池における等価回路を用いた電気化学特性評価」
指導教員：准教授 八代 圭司

●Nguyen Truong Van Loc
“Study on Mechanical Properties of Landslide Sludge

Modified by Geopolymer (ジオポリマーを用いて改良した地滑り泥土の機械的特性に関する研究) ”

指導教員：教授 高橋 弘

● Jonathan Mauricio Argueta Martínez

“Selective mineral dissolution and its pH dependence of chelating agent-chemical stimulation for permeability enhancement of volcanic geothermal reservoir (火山岩地熱貯留層の浸透率増進のためのキレート剤化学刺激法の選択的鉱物溶解とその pH 依存性) ”

指導教員：教授 土屋 範芳

● Diana Carolina Martínez Artiga

“Geochemical modeling coupled with statistical multivariate analysis of geothermal fluids in the Berlín geothermal field, El Salvador (エルサルバドル Berlin 地熱地帯の地熱流体の統計的多変量解析と地化学モデリング) ”

指導教員：教授 土屋 範芳

● Rosita Hasna Budiwardhani

“Phenomena and Molecular Responses of *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* against Iron during Cd Hyperaccumulation (ハクサンハタザオの Cd 高蓄積時における鉄の影響と分子応答) ”

指導教員：教授 井上 千弘

研究指導教員：助教 簡 梅芳

● Podolinnia Valentina

“Study of lactic acid adsorption on Mg-Al layered double hydroxides for cell culture medium treatment (細胞培養培地処理のための Mg-Al 系層状複水酸化物による乳酸吸着の研究) ”

指導教員：教授 吉岡 敏明

研究指導教員：准教授 亀田 知人

● 哈 俊彤

「複合促進剤の添加によるメタノール廃水の嫌気性処理の効率化に関する研究」

指導教員：教授 李 玉友

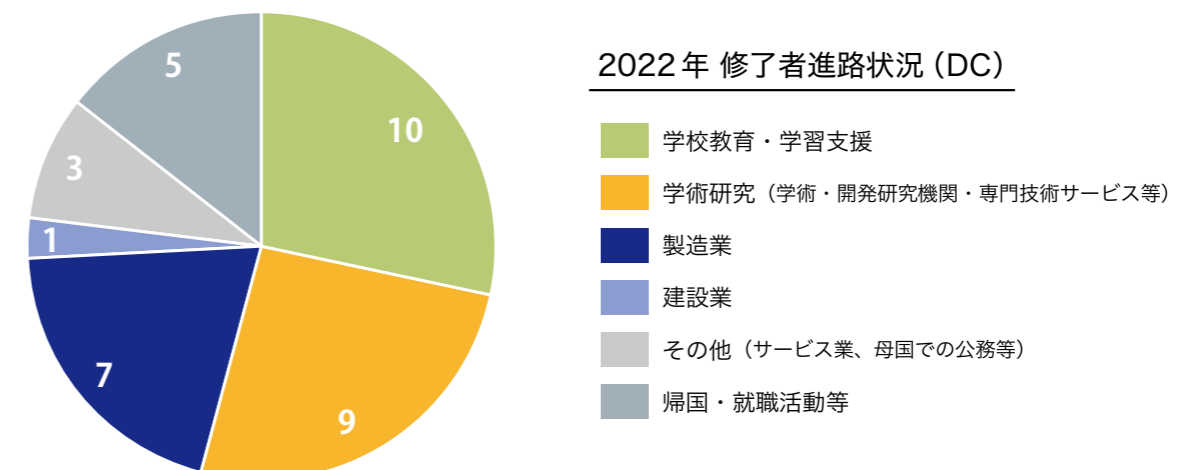
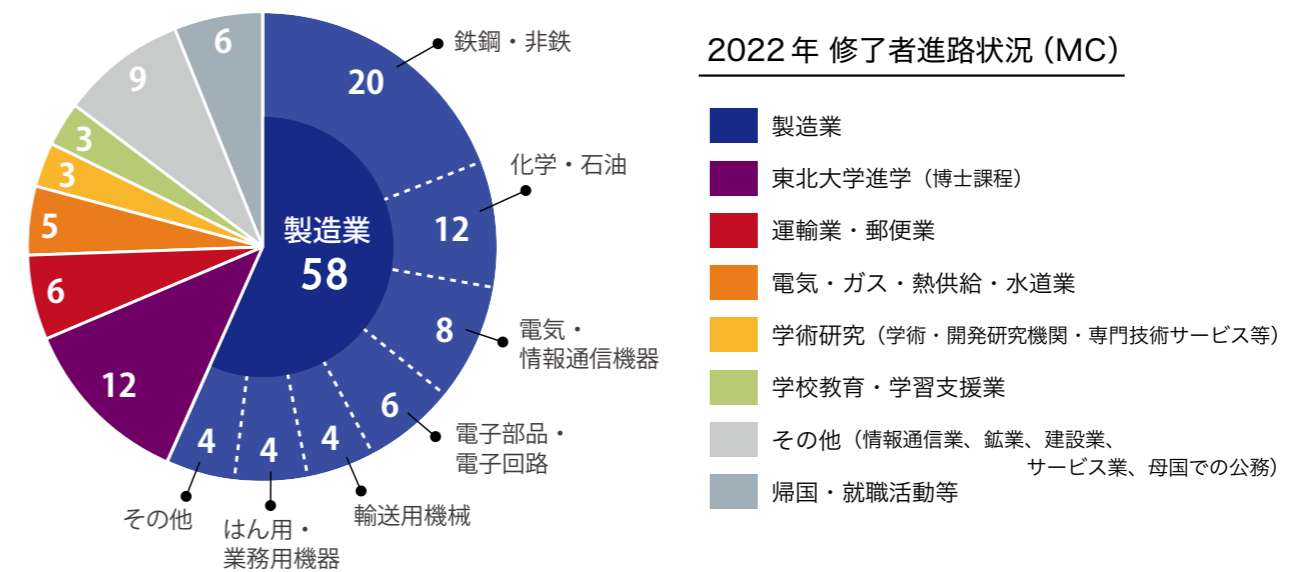
● 樂 珊

“Research on Social Acceptance of Mega Solar in Local Community (メガソーラーに対する地域社会における社会的受容性に関する研究) ”

指導教員：教授 明日香 壽川

進路状況

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構, 株式会社バックキャストテクノロジー総合研究所, 月島機械株式会社, 株式会社共立合金製作所, 株式会社ハートコーポレイション首都圏, 協伸サンテック株式会社, シンクサイト株式会社, DIC 株式会社, 大日本住友製薬株式会社, 三井金属鉱業株式会社, 中部電力株式会社, 東京ガス株式会社, 三菱重工業株式会社, 株式会社シマノ, 日鉄エンジニアリング株式会社, 東日本電信電話株式会社, 株式会社村田製作所, 東京地下鉄(東京メトロ), デュポン株式会社, 株式会社日立ドキュメントソリューションズ, 東日本高速道路株式会社, 株式会社豊田自動織機, 株式会社日立製作所, 住友金属鉱山株式会社, 株式会社デンソー, 東海旅客鉄道株式会社, 東日本旅客鉄道株式会社, JX 金属株式会社, 三菱電機株式会社, 日揮株式会社, 株式会社三菱総合研究所, 日本製鉄株式会社, 東北電力株式会社, 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 日本航空電子工業株式会社, 富士ゼロックス株式会社, 株式会社 明電舎, 石福金属興業株式会社, ウエスタンデジタル合同会社, 太陽誘電株式会社, 古河電気工業株式会社, 株式会社 UACJ, 株式会社神戸製鋼所, 株式会社小松製作所, 三菱マテリアル株式会社, JFE スチール株式会社, 旭化成株式会社, 石福金属興業株式会社, NEC ソリューションイノベータ株式会社, 日産化学株式会社, 株式会社 SHIFT, 大日精化工業株式会社, 本田技研工業株式会社, 味の素株式会社, 太平洋金属株式会社, 信越化学工業株式会社, 日機装株式会社, 東京エレクトロン株式会社, 株式会社クレハ, 花王株式会社, ミネベアミツミ電機株式会社, 三菱化学株式会社, WDB 株式会社エウレカ社, 富士フイルム和光純薬株式会社, 住友ベークライト株式会社, 富士フイルム株式会社, 住友電気工業株式会社, 能美防災株式会社, 日東電工株式会社, 出光興産株式会社, アイリスオーヤマ株式会社, 東邦亜鉛株式会社, JFE エンジニアリング株式会社, 富士通株式会社, 京王電鉄株式会社, 株式会社大塚製薬工場, シャープ株式会社, 凸版印刷株式会社, 国立大学法人信州大学, 国立大学法人東北大学, WuXi AppTec (中国), 上海交通大学 (中国), Brawijaya University (インドネシア), Ember (インドネシア), Universitas Gadjah Mada (インドネシア), Department of Construction Ho Chi Minh City (ベトナム), University of EL Salvador, アクセンチュア株式会社, LAGEO (エルサルバドル), Environment Public Authority (クウェート)



東北大学エネルギーシンポジウム 「地域脱炭素と持続可能なエネルギーシステムの共創が紡ぐ未来」

当研究科は、2013年に発足した全学組織「エネルギー研究連携推進委員会」の代表部局として、東北大学のエネルギー研究の集合体としての価値を高める活動を主導してきた。その成果をもとに2019年4月1日に設立されたのが、学際研究重点拠点「エネルギー価値学創生研究推進拠点」(拠点長：土屋範芳研究科長)である。この拠点は、新しい学問としての「エネルギー価値学」創生に向けて、理想とする持続可能社会からのバックキャストによる目標値を設定し、エネルギー研究を戦略的に推進し、自然科学、人文・社会科学を融合した新たなパラダイムを創出することを目的としている。この活動の一環として、2022年は環境省が進めている脱炭素先行地域づくりをテーマとして「地域脱炭素と持続可能なエネルギーシステムの共創が紡ぐ未来」を開催し、すでに採択された先行地域の概要とその将来像ならびに、大学における最新のエネルギーシステム研究や電力会社の進める脱炭素計画について紹介した。コロナ禍での開催となったが、会場68名、オンライン95名の参加を頂いた。

日時：2022年12月5日 13:30-16:05
会場：環境科学研究科本館 大講義室 (Webで同時配信)
参加者：160名 (対面68名、オンライン95名)



仙台市・宮城県との環境教育に関する連携活動

本研究科は、一般市民を対象とした環境教育の一環として、自治体による小学生向けの環境学習講座開催に協力している。2022年は引き続き COVID-19 の影響を受け、仙台市との連携に基づく「せんだい環境学習館 たまきさんサロン」を中心としたアウトリーチ活動である「サロン講座」も2件の実施に留まった。一方でサロン講座以外を会場として行われる出張形式の「せんだい環境学習講座」がスタートし計4回が開講された。宮城県による「夏休み環境学習教室」は例年と同じく1回の開催であった。各講座名と実施日、担当教員は下記の通りである。

【仙台市実施 たまきさんサロン講座】

- 2022年6月26日
廃土のリサイクル～お花を植える土に変えよう～
/ 高橋弘 教授
参加者：14名
- 2022年8月21日
電化製品に使われているさまざまな資源を探ってみよう！
/ 白鳥寿一 教授
参加者：7名

【仙台市実施 せんだい環境学習講座】

- 2022年6月23日
地球温暖化で何が変わる？ / 村田功 准教授
会場：環境科学研究科本館大会議室
(受講者：仙台市立通町小学校4年生)
- 2022年7月21日、8月9日
岩石の中のをぞいてみる / 平野伸夫 助教
会場：仙台高等学校
(受講者：仙台高等学校地学部)
- 2022年8月21日
水素で動かす車の未来 / 和田山智正 教授、轟直人 准教授
会場：仙台市柏木市民センター
- 2022年9月10日
電化製品に使われているさまざまな資源を探ってみよう！
/ 白鳥寿一 教授、齋藤優子 准教授
会場：仙台市柏木市民センター

【宮城県実施 夏休み環境学習教室】

- 2021年8月22日
製品に使われる資源とそのリサイクル
/ 白鳥寿一 教授、齋藤優子 准教授
会場：宮城県環境情報センター

No.	日時	テーマ・内容	対象	定員
1	2022年7/26 (火) 13:30-15:30	3R (スリーR) ってなに～ 身の回りにある物で、どんな材料が使われているの？	小学校3、4年生	5人
2	7/28 (木) 13:30-15:30	あそんで学ぼう、水のこと 紙などの水への吸着作用を体験したり、水を使った実験や工作を通してその性質や量との関係について学びます。	小学校5、6年生	5人
3	8/2 (火) 13:30-15:30	身のまわりの材料、見えるかな？ 身のまわりの材料がどんな材料でできているのか、身のまわりの材料を調べる体験をします。	小学校4～6年生	5人
4	8/4 (木) 13:30-15:30	水素で走る！ 燃料電池車2台を動かしてみよう！ 可変電圧の燃料電池車について、水素で走る仕組みを体験したり、燃料電池車2台を動かしてみよう！	小学校4～6年生	5人
5	8/9 (火) 13:30-15:30	生き物の設計図 "DNA" を見てみよう！ おどろきの設計図がDNAに入っていることが分かってびっくり！	小学校4～6年生	5人
6	8/17 (水) 13:30-15:30	物の不思議を調べてみよう【親子参加ですが、児童のみでも参加できます】 おもしろい実験を通して、身のまわりの物質について学びます。	小学校5、6年生と保護者	5名10人
7	8/19 (金) 13:30-15:30	空気の汚れと酸性雨のしくみを考えよう 空気が汚れると、身につくものや、家や物にも影響を及ぼす。酸性雨のしくみや、空気をきれいにする方法を学びます。	小学校5、6年生	5人
8	8/22 (月) 13:30-15:30	製品に使われる資源とそのリサイクル 身近な電化製品の材料を調べる体験を通して、資源のリサイクルについて学びます。	小学校4～6年生	5人

リカレント公開講座 「地球環境計測学」

東北大学大学院環境科学研究科が社会人を対象に公開する大学院講座が「リカレント公開講座」である。2022年は、「地球環境計測学」と題し、企業や大学・研究機関においてGPRを持っているがあまり使っていない方、これから使おうとしている方、また、研究対象として電磁界シミュレーションなどに興味をお持ちの方などを対象に、GPRの基礎からやや専門的なデータ解析技術まで幅広く講義を行った。

日時：2022年9月14～16日
会場：環境科学研究科本館 たまきさんサロン
内容：

第1回(9月14日)：地中レーダ技術の基礎 / 佐藤源之 教授

第2回(9月15日)：地中レーダの応用、遺跡探査 / 佐藤源之 教授

第3回(9月16日)：考古学への計測技術利用 / 金田明大 非常勤講師

参加者：11名

東北大学大学院環境科学研究科
Graduate School of Environmental Studies Tohoku University
リカレント公開講座
地球環境計測学

■ リカレント公開講座とは
東北大学大学院環境科学研究科が社会人の皆さんに公開する大学院講座です。本講座の聴講によって、環境科学に関する最新の情報が得られるとともに、修了証が授与されます。東北大学大学院環境科学研究科先進社会環境学専攻及び先端環境創成学専攻地球環境学コースの後期課程に所属する学生諸君には、地球環境計測学特論として開講し、2単位を授与します。

■ 本講座の特徴
地中レーダ(GPR)計測は容易ですが、電波やレーダ装置の正しい理解と適切な信号処理なしに有効な結果は得られません。本講座では GPR の基礎からやや専門的なデータ解析技術まで幅広く説明します。企業や大学・研究機関において GPR を持っているがあまり使っていない方、これから使おうと思っている方、更に電磁界シミュレーションなど研究対象として興味をお持ちの方などを対象と考えています。併せてレーザ測量、GNSS 測位、SfM-MVS などによる遺跡・遺物を対象とした三次元計測技術も紹介します。遺跡調査事例も多く紹介するので遺跡調査を担当される自治体職員の方にもご参考になります。

■ プログラム

日時	講義内容	講師
2022年9月14日(水) 10:30 ~ 17:50	地中レーダ技術の基礎	佐藤 源之 教授
2022年9月15日(木) 8:50 ~ 17:50	地中レーダの応用、遺跡探査	佐藤 源之 教授
2022年9月16日(金) 8:50 ~ 16:10	考古学への計測技術利用	金田 明大 非常勤講師

講義は 環境科学研究科 本館2階 大講義室で行います。
http://www.tohoku.ac.jp/map/ja/7fAY_122

(裏面へ続く)

■ 【重要】受講申込について
期日までに下記 Google フォームより受講をお申込みください。

【申込締切】 2022年9月1日(木)
【申込先】 <https://forms.gle/MuDSFnuHTeETFT7>

■ 【重要】受講料払込について
期日までに下記に受講料 5,000 円をお振込みください。
※ 本学の学生は無料です。
※ 申込時に振込内容が分かる明細をアップロードいただきますのでご注意ください。

【申込締切】 2022年9月1日(木)

【振込先情報】
銀行名 三菱 UFJ 銀行 (金融機関コード 0005)
支店名 わたがけ支店 (支店コード 809)
預金種別 普通
口座番号 2259237
口座名義 国立大学法人東北大学 だいがくがいがい

■ お問い合わせ
■ 参加申込に関するお問い合わせ
〒980-0845 仙台市青葉区青葉字青葉 468-1
TEL: 022-752-2235
Mail: kankyo.kyomu@grp.tohoku.ac.jp
■ 講義内容に関するお問い合わせ
Mail: motoyuki.sato.b3@tohoku.ac.jp
<http://magnet.cneas.tohoku.ac.jp/satolab/index.html>

第4回 環境科学討論会 4th Academic Forum on Environmental Studies

2015年より、環境科学研究科は発足以来続いた1専攻体制を改組し「先進社会環境学専攻」と「先端環境創成学専攻」の2専攻体制となった。この変革にあたり、専攻間やコース間の研究交流を促進し、専門分野間の情報交換を活性化させて研究科内の良好な融合と境界領域の開拓を目指すため、年2回のペースで「研究交流会」を開催してきた。これまでの開催で、すべての研究室から発表頂いたことを受け、2019年からは新しい試みとして学生のポスター発表を中心に「環境科学討論会」として新たにスタートを切ることとした。第4回目となる今回は、前回と同様コロナ禍での開催となったが、59件のポスター演題応募があり、感染対策を慎重に講じた上で、106名が参加し研究交流を行った。開催日時ほか、各賞受賞者を以下に記す。

日時：2022年10月28日 12:30-17:45
会場：環境科学研究科本館 展示スペース2、大会議室
発表数：59 演題
参加者：106名
受賞者：
○ 最優秀賞：伊藤千聖
○ 優秀賞：王彬澤、森田宜典、詫間康平、木村太郎、菊池星南、高橋美咲、池谷駿之介、松野哲士、板本航輝、野田祐作
○ 環境科学研究科長賞(DOWA賞)：伊藤千聖、王彬澤



コロキウム環境

本研究科では2004年より「コロキウム環境」と名付けられた研究集会を実施している。これは、従来研究室ごとあるいは研究グループごとに行われてきた内外の研究者の講演や研究集会等を、研究科のオーソライズされた形式自由な研究集会として研究科内外に広く公開するものである。講演者は海外研究者、学外研究者等多彩で、いずれも活発な議論が行われており、科内の環境科学研究の活性化に寄与している。2022年に開催されたコロキウム環境は下記の通りである。

第132回 文理接続のすすめ

日時：2022年6月20日 15:00-16:30

会場：環境科学研究科本館 大講義室

講演者：井奥 洪二 教授（慶應義塾大学経済学部）

参加者：25名

第133回 材料合成および工学・医学応用

日時：2022年10月24日 10:30-12:00

会場：エコラボ第4講義室

講演者：Dr. Maria del Puerto Morales Herrero, Dr. Álvaro Gallo Cordova (Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid)

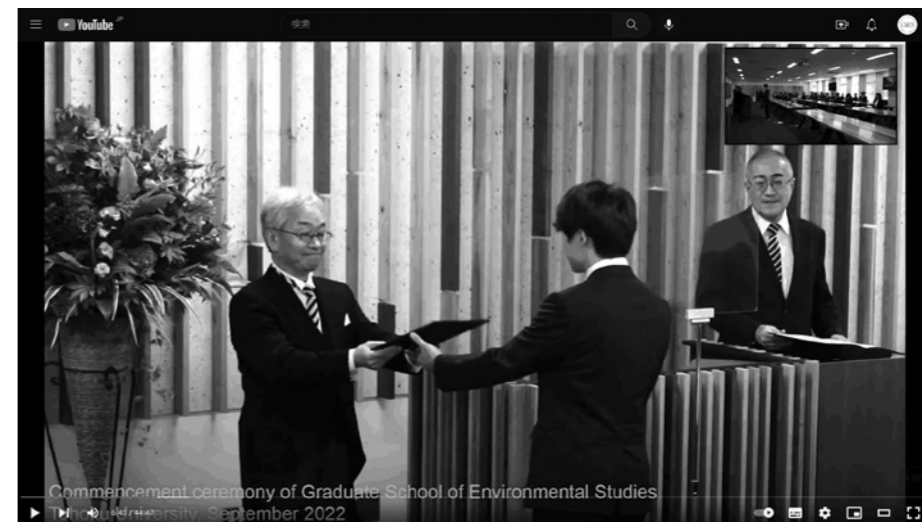
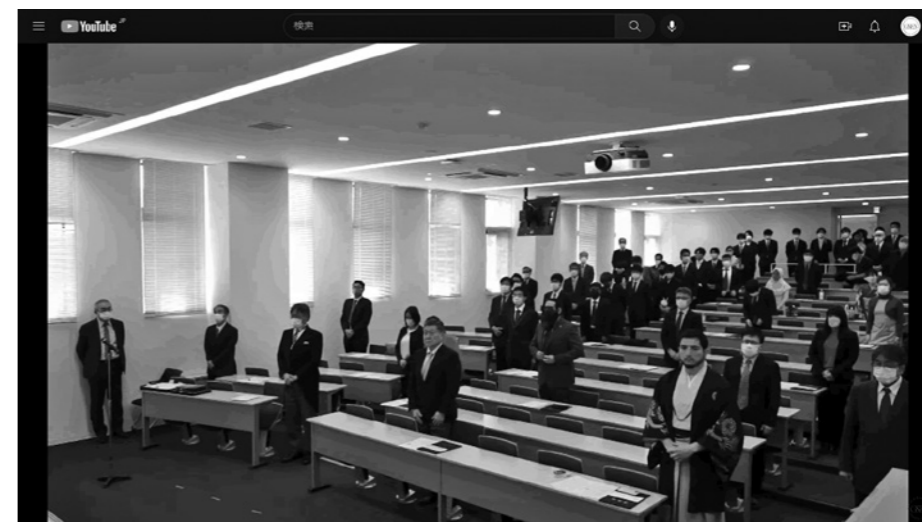
参加者：17名



学位記伝達式・入学式

新型コロナウイルス感染症の世界的な流行は、前年に引き続き2022年の教務関係行事にも大きな影響を及ぼした。3月と9月の学位記伝達式は、会場入場者を減らし、出席者間のソーシャルディスタンスを確保するために、列席者を教職員ならびに修了生に限定して開催された。式典の様子はYouTubeの環境科学研究科公式

チャンネルで配信され、250回前後視聴されている。また、4月と10月の入学式における研究科長祝辞も研究科公式チャンネルを通じて配信された。入学式に続く新入生オリエンテーションはオンデマンドの動画配信で行われた。



環境科学研究科オープンキャンパス

オンラインでの開催となった2022年のオープンキャンパスでは、本研究科を構成する53の研究室のうち、27の研究室が動画と特設サイトを通じて研究内容を紹介したほか、ミンダリョア ディアナ助教が講師となってオープン講義「あつまれ!環境の社ーグローバル化社会における環境問題とエネルギーについてー」を配信した。参加研究室は下記の通りである。

- エネルギー環境群：坂口研、高橋（弘）研、土屋研、岡本研、井上研、高橋（英）研、佐藤（義）研、上高原研、駒井・渡邊研、柴田研、加納研、福山研、小俣研、伊藤研
- 化学・バイオ群：吉岡研、壹岐研、珠玖研、スミス研、大田研
- マテリアル群：葛西研、成田研、コマロフ研、和田山研
- 環境・地理群：李・久保田研、小森研
- 人文・社会科学系群：高倉研、明日香研



入試説明会

2022年は、入試説明会を4月と11月の2回オンラインで開催した。参加者にはまず研究科のウェブサイト上で、入試実行委員長中谷教授による研究科全体の特色と入試制度についての説明動画を視聴頂き、その後、個別に指定された日時にzoom上で担当教員が希望するコースに応じた説明を行った。

- 開催期間：4月15日～23日（日曜除く）
各日とも9:00-20:00
参加者：23名
- 開催期間：11月25日～12月3日（日曜除く）
各日とも9:00-20:00
参加者：10名



第45回 国立大学法人大学院 環境科学関係研究科長等会議

本研究科は、環境関連研究者ネットワークの構築を図るために環境科学関係の研究科長等により組織される「国立大学法人大学院環境科学関係研究科長等会議」に参画している。岡山大学が幹事校を務めた2022年の第45回会議は、COVID-19の状況を鑑みオンライン会議となった。

日時：2022年8月26日 14:00-17:00

- 協議題1：退会等に伴う「国立大学法人大学院環境科学関係研究科長等会議規程」の改正について
- 協議題2：次回本会議の開催について
- 承合事項1：環境科学分野における内部質保証・外部評価の基準について
- 承合事項2：
 - 1) エネルギー価格（特に電気料金）上昇に対する各大学法人または研究科における対応状況について
 - 2) 各大学法人における脱炭素化の取組（創エネ・省エネ）などについて
- 承合事項3：消耗品や備品の価格、光熱水料、旅費・宿泊費（特に海外）の上昇に対する全学または部局での対策について

【国際協力・交流関連】

ソウル大学校知能生態科学研究科との部局間協定締結

9月15日、本研究科はソウル大学校知能生態科学研究科と部局間協定の調印式を行い、協定を締結した。COVID-19感染防止のため、オンラインでの調印式となった今回は、ソウル大学校からKang Junsuk 研究科長が、本学から川田研究科長、成田教授、駒井客員教授、小端准教授が参加し、川田研究科長とKang研究

科長がそれぞれの協定書に署名した。小端准教授とKang研究科長は、韓国の都市における屋根上太陽光発電と電気自動車を使った脱炭素化ポテンシャルの共同研究を既に開始しており、協定締結による研究の加速と、学術交流の促進が期待される。



ソウル大学校 Kang Junsuk 研究科長



川田研究科長

バンドン工科大学との部局間交流協定更新

12月13、14日、インドネシアのバンドン工科大学（ITB）において東北大学環境科学セミナー（Tohoku University Environmental Studies Seminar 2022）及び部局間合意覚書締結式を開催した。12月13日午前には東北大学オフィスを訪れ、日本語教育などに継続的に利用されていることを確認した。同日午後に行われた東北大学環境科学セミナーでは、環境科学研究科長の川田達也教授とITB土木環境工学部長のEdwan Kardena 准教授による開会挨拶に続き、国際交流室長の成田史生教授による研究科の紹介、International Environmental Security Leadership Program (IESLP)-WG 長の上高原理暢教授によるIESLPについての説明が行われ、その後福島康裕教授、飯塚淳准教授、椋平祐輔助教の3名が当研究科で実施している研究内容について紹介した。続いて、バンドン工科大学のAgus Jatnika Effendi 教授、Mohammad Rachmat Sule 博士、Andri Dian Nugraha 教授による研究紹

介が行われた。セミナーでは、活発な質疑応答が行われた。セミナー後には東北大学大学院環境科学研究科とITB土木環境工学部の部局間学術交流・学生交流合意覚書締結式が行われ、今後の具体的な交流計画が話し合われた。

12月14日には、ITBの研究室見学が行われ、その後、ITBの学生に対し、Riyan Achmad Budiman 助教、Vani Novita Alviani 助教がIESLPの紹介を行った。また、福島教授、飯塚准教授が化学工学科、川田教授と成田教授、上高原教授が機械・航空宇宙工学科に出向き意見交換を実施した。化学工学、機械・航空宇宙工学は上記の部局間合意覚書の範囲には含まれないが、ITBとの大学間覚書の枠組みの元で交流を展開することは可能である。また、IESLPへの応募も期待できる。これまでの土木、環境工学を中心とした交流を核として、さらに包括的で多層的な交流へと進化させていく展望が開けた訪問となった。



部局間学術交流・学生交流合意覚書締結



ITBでのセミナー



ITBと当研究科からの出席者



川田研究科長とIESLP修了生たち

学術交流協定

部局間協定

国	大学・部局	国	大学・部局
インドネシア	バンドン工科大学	オランダ	ユトレヒト大学 地球科学科
	ブラウィジャヤ大学 コンピュータサイエンス科 数学・自然科学科 農業工学科	韓国	ソウル大学校 大学院知能生態科学研究科
		タイ	カセサート大学 工学部
エルサルバドル	エルサルバドル大学 工学・建築学部	中国	西安建築科技大学 環境・市政工程学院 上海交通大学 環境科学与工程学院

大学間協定（賛同部局）

国	大学	国	大学
アメリカ	コロラド鉱山大学	フランス	ボルドー大学 セントラルスピレック 国立中央理工科学校 ナント, マルセイユ, リール, リヨン
インドネシア	ブラウィジャヤ大学 ボゴール農科大学	ベトナム	チュイロイ大学 ホーチミン市工科大学
カナダ	ウォータールー大学	マレーシア	マレーシア工科大学
韓国	ソウル大学校	モンゴル	モンゴル科学技術大学
スペイン	バリアドリッド大学	ロシア	ロシア科学アカデミー・極東支部
タイ	アジア工科大学院	国際機関	国連大学 サステイナビリティ高等研究所 国連大学 環境・人間の安全保障研究所
中国	東北大学(瀋陽) 蘭州大学		
台湾	国立成功大学 国立台北科技大学		



索引

氏名	職階	ページ	氏名	職階	ページ
あ 浅沼 宏 (産業技術総合研究所)	客員教授	34	張 政陽	助教	28
アレクサンダー グスマン	特任講師	50	土屋 範芳	教授	24, 66
壹岐 伸彦	教授	46	寺坂 宗太	特任助教	64
井田 大貴	助教	48	轟 直人	准教授	56
(学際科学フロンティア研究所、材料科学高等研究所)			鳥羽 隆一	教授	32
伊野 浩介 (工学研究科)	准教授	48	な 中島 英彰 (国立環境研究所)	客員教授	62
井上 久美 (山梨大学)	准教授	48	中村 謙吾	助教	20
井上 千弘	教授	10	中谷 友樹	教授	36
宇野 正起	助教	12	梨本 裕司	助教	48
梅津 将喜	助教	8	(学際科学フロンティア研究所、工学研究科)		
王 佳婕	助教	24	成木 紳也 (日本製鉄株式会社)	客員教授	60
王 真金	特別研究員	52	成田 史生	教授	52
大田 昌樹	准教授	54	倪 嘉苓	特任助教	50
大野 肇	助教	50	は 埴淵 知哉	准教授	36
大庭 雅寛	特任准教授	64	パニー ノビタ アルピアーニ	助教	24
大村 朋彦 (日本製鉄株式会社)	客員教授	60	バラチャンドラン ジャヤデワン	教授	32
岡本 敦	教授	12	平野 伸夫	助教	4
か 葛西 栄輝	教授	38	福島 康裕	教授	50
金本 圭一朗	准教授	30	ま 町田 敏暢 (国立環境研究所)	客員教授	62
上高原 理暢	教授	8, 32	松八重 一代	教授	28, 66
亀田 知人 (工学研究科)	准教授	44	松原 秀彰	特任教授	64
唐島田 龍之介	助教	46	松村 勝 (日本製鉄株式会社)	客員教授	60
川田 達也	教授	18, 64	丸岡 大佑	助教	31
簡 梅芳	助教	10, 32	三橋 正枝	特任助教	64
久保田 健吾	准教授	42	ミンダリョワ ディアナ	助教	24
窪田 ひろみ	特任准教授	24	村上 太一	准教授	31
熊谷 将吾	助教	44, 58	村田 功	准教授	40
熊谷 明哉	准教授	48	森口 晃治 (日本製鉄株式会社)	客員教授	60
(材料科学高等研究所、物質・材料研究機構)			や 八代 圭司	准教授	18
栗田 大樹	助教	52	山岸 裕幸	助手	24
小端 拓郎	准教授	26	劉 庭秀	教授	66
駒井 武	教授	20, 66	横井 瑚子	助手	64
小森 大輔 (工学研究科)	准教授	42	横山 幸司	助教	22
さ 齋藤 優子	准教授	32, 44	横山 俊	准教授	22
坂口 清敏	准教授	16	吉岡 敏明	教授	44, 58, 66
佐藤 義倫	准教授	6	ら 李 玉友 (工学研究科)	教授	42
里見 知昭	助教	14	劉 曉東	特任助教	14
佐野 大輔 (工学研究科)	教授	42	リヤン アクマド ブディマン	助教	18
珠玖 仁 (工学研究科)	教授	48	わ 渡辺 吉	准教授	58
白鳥 寿一	教授	32	渡邊 則昭	教授	20
末吉 和公	助教	24	和田山 智正	教授	56
関根 良平	助教	36	た 高橋 英志	教授	22, 32
た 高橋 弘	教授	14	高橋 弘	教授	14
ダンダール オトゴンバヤル	助教	12	ダンダール オトゴンバヤル	助教	12

環境科学研究科事務室職員

事務室長 高橋 哲也

総務係

係長 松田 悦子
専門職員 根本 貴徳
二階堂 敦子
加藤 智
鹿野 美里
村岡 響子
佐藤 智香
高橋 弘恵
石田 有美 (3月まで)
林 睦 (3月まで)
舘 智恵 (12月まで)
竹之内 野乃花 (12月まで)

教務係

係長 菅田 宙
阿部 友香
赤坂 葉子
佐々原 裕子
高橋 直美
伊藤 則子 (5月まで)

発行：東北大学大学院環境科学研究科
企画：情報広報室

教授 高橋 英志
准教授 坂口 清敏
准教授 大田 昌樹
助手 物部 朋子

発行日：2023年3月31日

制作：株式会社コミュニナ

デザイン：小林知博デザイン室

お問い合わせは下記に

[環境科学研究科 総務係]

TEL 022-752-2233

FAX 022-752-2236

〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

<https://www.kankyo.tohoku.ac.jp/>