

環境科学研究科 アクティビティレポート 2020

著者	東北大学大学院環境科学研究科
雑誌名	環境科学研究科アクティビティレポート : Coexistence
ページ	1-92
発行年	2021-03-31
URL	http://hdl.handle.net/10097/00131818

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 2020

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University
Activity Report 2020

Coexistence Activity Report 2020

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 2020 | Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University





土屋 範 芳

Professor



Noriyoshi Tsuchiya

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

日頃より、東北大学大学院環境科学研究科の研究・教育活動に深いご理解と温かいご支援を賜り、心から御礼申し上げます。

2020年度は、新型コロナウイルスにほんとうに振り回された年でした。日本ではじめて新型コロナ患者が確認されたのが、2020年1月16日、それから一年がたち、いまこのあいさつを書いているときには、11都府県に対して2度目の緊急事態宣言が発出されています。コロナ禍のまったただ中で、第18号のアクティビティレポートを出すタイミングとなりました。

研究科は、国、県や市の指針、大学の指針などに基づいて感染対策を講じてきました。学生と教職員の健康と安全を守ることを第一に、そして、教育と研究の質を落とさないことに腐心してきたところです。コロナ禍の先はまだ見通せていません。この先も、不自由な生活が続くことを覚悟せざるを得ません。

当研究科は、従来の環境問題に対して鳥瞰的かつ国際的な視座を有し、先端的環境技術による対策を行える人材(国際的T型人材)、また、文理横断型の環境思考を基盤としたソリューションの創出とディレクションの提示を行える人材(国際的凸型人材)の育成をすすめております。まさしく、ポストコロナの世界を考える人材を育てていきたいと考えています。

環境科学研究科では設立時からグローバル化を常に標榜しており、2014年度からは、文部科学省国費留学生優先配置プログラムに採択され、IELP: International Environmental Leadership Programを実施して参りましたが、現在はこの第二期目が進行しております(修士3名、博士5名)。このプログラムによりASEAN諸国を中心として、毎年コンスタントに留学生を受け入れております。さらに2019年度からは、本研究科が世話役となっている災害科学・安全学国際共同大学院が設立され、学生の受け入れも本格化しております。

研究組織として環境研究推進センターの機能強化を進め、地域連携、産学連携を基礎に「資源」、「エネルギー」問題の研究を推進しております。

感染症の広がりや環境問題は、強く連動しています。人類の存亡にも関わる、まさしくヒューマンセキュリティ(人間の安全保障)を強く意識していかねばなりません。グローバル化が、文字どおり世界全体を覆い尽くしているこの現状が、ポストコロナでどう変わるのか、どう変えていかねばならないのか、人類の英知が試されていると感じています。希望はあります。環境科学研究科には、高度な先進的環境研究を進め、新しい未来社会を創造し、また環境問題を生み出す社会自体を変革したいという学生諸君がいます。彼らに期待し、また彼らはその期待にきっと応えてくれると信じています。

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

First, on behalf of the Graduate School of Environmental Studies at Tohoku University, I would like to express our deepest gratitude for your continued understanding and support of our research and education programs.

The fiscal year 2020 was dominated by COVID-19. It was on January 16, 2020, that the first COVID-19 patient was recorded in Japan. A year later, at the time of this writing, a second declaration of emergency has been issued to 11 prefectures. Thus we are publishing this 18th Activity Report amidst the pandemic.

Our graduate school has implemented measures against the spread of infection based on guidelines set by the national government, the prefectural government, and Tohoku University. We have made the health and safety of our students, faculty, and staff members our priority, while making every effort to maintain the quality of our research and education. What will follow after the pandemic is still uncertain. We have no choice but to accept life with restrictions for foreseeable future.

We aim to nurture human resources with a bird's eye, global perspective on existing environmental issues and the ability to implement countermeasures with cutting-edge environmental technologies (global "T-Type" human resources) and human resources capable of creating solutions based on humanity-science interdisciplinary environmental thought and freely assuming directorial roles in a variety of positions and contexts (global "Convex-Type" human resources). In other words, we aim to nurture human resources who can take a leading role in the post-COVID-19 world.

Since its foundation, the Graduate School of Environmental Studies has emphasized globalization and has conducted various international programs. Since fiscal year 2014, the school has consistently been selected as an International Priority Graduate Program and, with support from the Ministry of Education, Culture, Sports, and Technology (MEXT), has implemented the International Environmental Leadership Program (IELP). The program's second term is currently in progress (with three students in the master's program and five in the doctoral program). Participating in the program enables the school to host international students every year, focusing on those from ASEAN countries. In addition, fiscal year 2019 saw the founding of the International Graduate Program in Resilience and Safety Studies, for which the school will assume a facilitator role, and students have already begun enrolling. As a research organization, we are strengthening functions of the Environmental Research Promotion Center to promote research on issues related to resources and energy, with an emphasis on collaboration with the community and industry-academia collaboration.

There is a strong correlation between the spread of infectious disease and environmental problems. We need to be keenly aware of human security, which can be a matter of life or death for human race. How will the global environment—which currently sees globalization literally covering the entire world—change, or how should it change, in post-COVID-19 world? I feel human wisdom itself is being tested. We do have hope. In the Graduate School of Environmental Studies, we are blessed with students who aspire to research advanced environmental studies and create a new society for the future, changing the society that has produced so many environmental issues. I believe we can expect a lot from them, and I am confident they are capable of living up to our expectations. We greatly appreciate your further and continued help and your encouragement of our research and education programs.

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	地圏環境計測・分析学分野 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 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 松原秀彰 教授 / 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 環境思いの修復技術と資源回収技術の開発 井上千弘 教授 / グラウゼギド 准教授	Geoenvironmental Remediation Development of Environmental Friendly Remediation Technologies and Resource Recovery Technologies
12	地球物質・エネルギー学分野 岩石―流体反応が駆動する地圏環境システム 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 サステイ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 / 環境社会動態学分野 (環境政策学講座) 資源・エネルギーの持続的開発と環境の持続の可能性 駒井武 教授 / 渡邊則昭 准教授	Resources and Energy Security / Socio-Environmental Dynamic Analysis (Environmental Policies) Sustainable development of resource and energy as well as sustainable possibility of environment
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 / トレンチャングレゴリー 准教授 / 窪田ひろみ 特任准教授	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・エネルギー経済学分野 サプライチェーンを通じた資源利用と関連するリスクの可視化 松八重一代 教授	Environmental and Energy Economics Resource logistic approach to visualize supply chain risks behind resource use

寄附講座 (DOWA ホールディングス)	Endowed Division (Dowa Holdings Co., Ltd.)	
28	環境物質政策学分野 高橋英志 教授 / 鳥羽隆一 教授 / 佐藤義倫 准教授 地圏環境政策学分野 白鳥寿一 教授 / 齋藤優子 准教授 環境材料政策学分野 井上千弘 教授 / 駒井武 教授 / 藤田哲雄倫 准教授	Control of Environmental Materials Geosphere Environment Study of Functional 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 Establishing Environmentally Materials and New Material Circulation Systems

連携講座	Collaborative Divisions	
30	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 / 張銘 教授 / 坂本靖英 准教授	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	
32	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	
34	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
36	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
38	水資源システム学分野 水資源と水環境に関する研究 佐野大輔 准教授 / 李玉友 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	
40	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)	Recycling Chemistry Aimed on the realization of a resources-material recycling society
42	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 壹岐伸彦 教授	Environmental Analytical Chemistry Development of Chemical Motifs for Environmental and Biomedical Analysis
44	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	
46	環境グリーンプロセス学分野 環境調和型化学プロセスの開発 スミスリチャード 教授	Environmental Green Process Study Green Process Development
48	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
50	複合材料設計学分野 循環型社会を目指した材料製造プロセスの研究 コマロフセルゲイ 教授 / 吉川昇 准教授	Mechanics and Design of Composite Materials Environment-friendly Material Processing

環境創成計画学講座	Ecomaterial Design and Process Engineering	
52	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
54	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.)	
56	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 / 渡辺壱 准教授	Innovative Analytical Pyrolysis Towards Development of Innovative Analytical Pyrolysis Technologies

連携講座	Collaborative Divisions	
58	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	Process Engineering for Environmentally Adapted Materials (Nippon Steel Corporation) Development of manufacturing technology for safe and secure high performance steels contributing to sustainable society

60	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)	
62	環境研究推進センターの取組み 大庭雅寛 特任准教授	Activities of Environmental Research Promotion Center

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、岩石類を 400°C から 500°C 超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ることを報告してきている。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の解明や鉱物脈生成の原因を考える上で重要となる。これまでの室内実験および数値シミュレーション結果から、外部からの熱応力によるき裂発生のためには岩石内部にある程度の石英を含有する必要がある事がほぼ確実であることを確認した。また、現在ではこれまでに使用してきた実験装置を使用して、高温熱水環境下での弾性波速度のその場測定方法についての研究をおこなっている (Fig.1)

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 (Thermoluminescence, 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。したがって、一度加熱された鉱物は発光しなくなるということの意味しているため、同時代に結晶化した鉱物は地熱環境にあった鉱物は地熱環境になかった鉱物よりも観察される発光量が少なくなる。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。これらのデータを得るための専用測定装置の開発を昨年度おこなったが、今年度は現場で使用可能な可搬型の小型測定装置の開発をおこなった (Fig.2)。また、これまででは石英 TL を中心に研究をおこなってきたが、石英よりも多くの地熱地域で TL 測定に応用できる長石 TL についてもデータが集積しつつある。

Fracturing of rocks by fluid phase change

Previous studies have found that when rocks are placed in supercritical water above 400°C to 500°C and then rapidly decompressed, the boiling of the internal fluid and the temperature decrease associated with adiabatic expansion can cause significant cracks in the rock.

This phenomenon is predicted to explain rock cracking in the deep crust and to be applied to new excavation methods for geothermal development. The results of laboratory experiments and numerical simulations confirmed that it is almost certain that a minimum amount of quartz must be contained inside the rock to generate cracks due to external thermal stress.

In addition, we are currently conducting research on in situ measurement methods of elastic wave (P-wave) velocities in high-temperature/pressure hydrothermal environments using the experimental equipment (Fig.1).

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.

This means the minerals do not emit light after being heated.

Therefore, minerals have less luminescence in geothermal areas than do those in non-geothermal areas crystallized during the same era. This phenomenon makes it possible to screen for promising geothermal areas using rock samples obtained by surface exploration before large-scale geophysical exploration. Last year, our laboratory and Toei Scientific Industrial Co., Ltd. developed dedicated measuring equipment to obtain TL data. This year, we developed portable measuring equipment that can be used in fieldwork (Fig.2). In addition, our laboratory has focused on quartz TL, but data on feldspar TL, which can be applied to TL measurement in more geothermal fields, are being accumulated.

玉川温泉酸性排水を用いた水素発生

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 の強酸性溶液や pH13-14 の強アルカリ溶液をと反応させた場合、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。昨年度も秋田県仙北市の玉川温泉において実施してきた発強酸性温水と廃アルミニウム屑を利用した水素生成実験を今年度も引き続きおこなった。今年度は、昨年度までの実験で得られた知見を基に、実用装置の原型となる大型の反応装置を製作し実験をおこなった (Fig.3)。この装置は、昨年度までは実現できていなかった反応容器内への連続的なアルミニウム投入、反応容器内部の溶液圧力制御、発生した水素の貯留容器への移送が手動ではあるが可能である。さらに、これらの動作に問題のないことを確認したため、装置制御の自動化についても目処が立った。また、前年までの実験で問題となっていた有毒ガスであるアルシンの発生についても、触媒を用いる事で除去できることが確認できた。

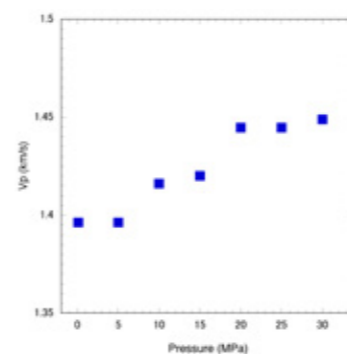


Fig.1 Changes of P-wave velocity of water at various pressure.



Fig.2 Developed small type TL measuring equipment.

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

Hydrogen is generated when a strongly acidic solution at pH 1-2 or a strongly alkaline solution at pH 13-14 and metallic aluminum react at about 50-60°C. This is a much lower temperature than is used in the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. Last year's hydrogen-generation experiment using strongly acidic hot spring water and waste aluminum chips that Tamagawa Onsen in Senboku City, Akita Prefecture, carried out was continued this year. This year, based on the knowledge obtained in the experiments up to last year, we manufactured a large-scale hydrogen reactor that will be the prototype of the practical equipment and conducted the experiment (Fig.3). Although it requires manual operation, this equipment can feed aluminum chips into the reaction vessel, control the solution pressure inside the reaction vessel, and transfer the generated hydrogen to the storage vessel. These basic operations were not possible with last year's equipment. Furthermore, since it was confirmed that there was no problem with these basic manual operations, the prospect of automating the control was also clear. It was also confirmed that the generation of toxic arsine gas, which had been a problem in the experiments up to the last year, could be removed by using a catalyst.



Fig.3 Large type demonstration test equipment for hydrogen generation.

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1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 with clean energy (alternative energy and hydrogen energy). Fabricating, assembling, and compositing organic/inorganic materials with high-performance functions, which are created from a combination of each material's properties, is one of the most fascinating and necessary research areas. In our laboratory, we design, synthesize, and characterize the assembly, composites, and organic/inorganic materials based on surface/interface design to expand nanomaterials' properties to those of bulky materials (Fig. 1). In particular, we have challenged ourselves to create and develop high functional non-metal light element materials (carbon-based materials including boron, nitrogen, oxygen, fluorine, sulfur, and phosphorus) with high-performance surfaces and interfaces, which are necessary for the field of next-generation clean energy to meet the Sustainable Development Goals (SDGs).

フッ素化-脱フッ素化を経由した炭素材料への異種軽元素や欠陥の制御ドーピング

sp² 混成軌道の共有結合を持つ炭素材料のベーサル面 (網面) は化学的に安定であるが、軽元素 (ホウ素、窒素、酸素、フッ素、硫黄、リン) や空孔欠陥がベーサル面にドーピングすると、炭素材料の物性が大きく変化する。本研究室では、フッ素化-脱フッ素化による炭素材料や炭化物材料の表面改質を行っている。例えば、フッ素化炭素材料をアンモニアガス中で熱処理 (300-600°C) することによって、窒素がドーピングした炭素材料を合成できる (Fig.2)。窒素ドーピングは以下のようなメカニズムを考えている: フッ素化炭素材料が熱処理されると同時に、フッ素基が骨格炭素を伴いながら、フッ化炭素として脱離する。アンモニアが反応して窒素原子が空孔欠陥に生じた活性な炭素原子と反応し、窒素が炭素骨格にドーピングされる。本研究は、フッ素化-脱フッ素化を精密制御することで、炭素材料の表面と物性をコントロールすることを目指している。

Control doping of non-metal light elements and defects for carbon nanomaterials via fluorination-defluorination process

The basal plane of carbon materials with sp²-hybridized covalent bonds is chemically stable. However, when vacancy defects and non-metal light elements, such as boron, nitrogen, fluorine, sulfur, and phosphorus, are introduced in the basal plane, their chemical and physical properties change drastically. In our study, by reacting fluorinated carbon nanomaterials with ammonia gas at 300-600 °C, we succeeded in synthesizing nitrogen-doped carbon nanomaterials (Fig.2). The nitrogen-doping mechanism is as follows: when fluorinated carbon nanomaterials are heated, fluorine groups are detached from the carbon structure along with the carbon atoms to produce carbon fluorides. Moreover, vacancy defects are formed by this process. Because the edges of the resulting vacancy defects are energetically active, the active carbon atoms at the edges react with ammonia and nitrogen atoms are introduced into the carbon frame. We attempt to control the surficial, chemical, and physical properties of carbon nanomaterials by controlling the fluorination-defluorination process.

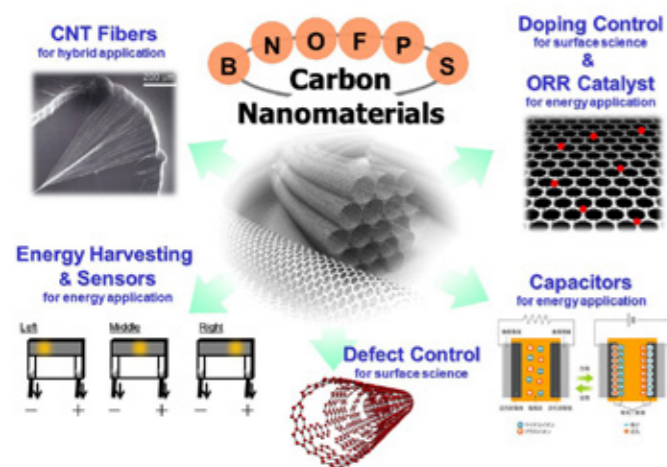


Fig.1 Our research topics.

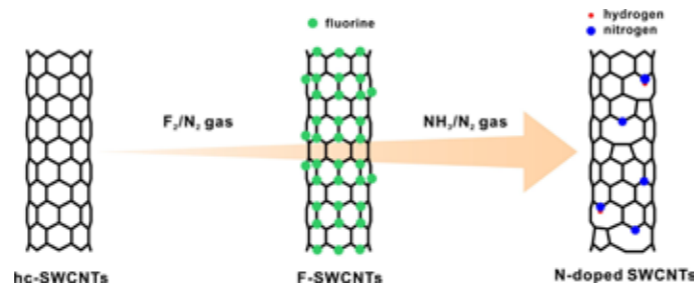


Fig.2 Illustration of nitrogen doping to single-walled carbon nanotubes via fluorination-defluorination process.



Fig.S1 Lab members (2020).



Fig.S2 B4 graduation photo (March 2020).
Yuichi Ito (left) and Yota Sakamoto (right).



Fig.S3 New crews. Ryutaro Nakata (left) and Hiromu Morita (right).

白金族フリー酸素還元反応触媒の設計と創製

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の利用で使用されるデバイスとして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1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。特に窒素ドーピング炭素ナノ材料は高い触媒活性を示す。しかし、そのメカニズムは解明されておらず、高活性な ORR 触媒に求められる条件を満たす触媒を未だに作製できていない。本研究では、窒素ドーピング炭素材料の 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、様々な窒素種を選択的に炭素材料へドーピングすることを行っている (Fig.3)。

Design and fabrication for platinum-free oxygen reduction reaction catalysts

Hydrogen energy is a candidate for a new alternative energy system because hydrogen molecules can be generated from various resources, stored, and transported. Although hydrogen-energy-harnessing polymer electrolyte fuel cells (PEFCs) have been anticipated, 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. Nitrogen-doped carbon nanomaterials have been reported to exhibit especially high ORR catalytic activity. However, the ORR mechanism has not been clarified. To achieve highly efficient ORR activity, doping nitrogen species should be precisely controlled in the carbon framework. In this study, we try to dope nitrogen atoms to carbon nanomaterials selectively via a fluorination-defluorination process to clarify the mechanism of ORR catalytic activity for nitrogen-doped carbon materials (Fig. 3).

学術会議

- ・小久保 美乃里、第 43 回フッ素化学討論会 (ポスター発表 オンライン)

研究費

- ・JSPS 科学研究費補助金 18H04145 (基盤研究 (A) / 代表)
- ・JSPS 科学研究費補助金 19K21911 (挑戦的研究 (萌芽) / 代表)
- ・共同研究費 (ステラケミファ株式会社 / 代表)

共同研究

- ・ステラケミファ株式会社 (研究部)

Academic conference

- ・Minori Kokubo, The 43rd Fluorine Conference of Japan (Poster online)

Grants

- ・JSPS KAKENHI 18H04145 (Scientific Research (A)/PI)
- ・JSPS KAKENHI 19K21911 (Challenging Research (Exploratory)/PI)
- ・Collaboration grant (Stella Chemifa Corporation/PI)

Collaborations

- ・Stella Chemifa Corporation (Research Division)



Fig.3 Tuning factors for efficient ORR catalytic activity of nitrogen-doped carbon materials.



Fig.4 Drinking party.



Fig.5 Pizza party.

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 松原 秀彰
Professor
Hideaki Matsubara



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、省エネルギーのための材料、生体を修復するための材料、環境を浄化するための材料の開発、コンピューターシミュレーションの研究を行っている。

Nowadays, we are using many materials to live our daily life. From the viewpoint of environmental science, materials design is required in order to build a sustainable society. In this laboratory, based on the fundamental science of the relationship between materials and phenomena of nature and life, the design of materials that produce harmony with the environment and life is studied from the viewpoint of environmental science. We are developing materials for energy saving, biomaterials to repair our bodies, and materials to clean the environment and are studying computer simulations.

省エネのための断熱・蓄熱システムの開発

エネルギー消費を抑え、化石燃料に依存しない暮らしへ移行するためには、自然・未利用熱（地中熱、太陽熱、雪氷、工場排熱等）の利用が重要となる。種々の熱源と蓄熱槽を組み合わせることにより、最小限のエネルギー消費で自然・未利用熱を有効利用するためのシステム構築が可能となる。特に夏の温熱を冬に、冬の冷熱を夏に利用したい場合には、これらの熱を長期間に蓄えておく断熱性能がそのまま利用可能熱量に直結する。本研究室では、季節間の熱利用を行うことを想定し、高性能の新規断熱材料を開発し、断熱（熱保存）性能を評価するとともに、熱を蓄えつつ一定温度で放出可能な槽と複数の熱源を組み合わせ回路によって熱利用システムの効率等を評価している。

材料プロセスと組織形成のシミュレーション

モンテカルロ法、有限要素法、分子動力学法などを用いて、セラミックスや複合材料の組織形成のシミュレーションの研究を行っている。複数の固相、液相、気孔を含む材料の組織変化を、温度と時間との関係で追うことのできるシミュレーションを開発した。最近、粉末成形と焼結を連続させたプロセスのシミュレーションを研究している。

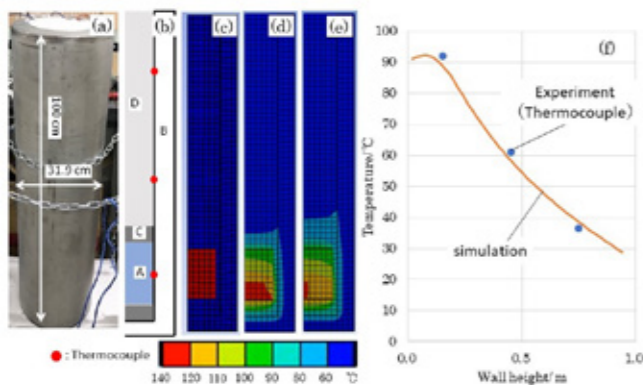


Fig.1 Study on the heat system using porous silica for thermal insulation and erythritol for thermal storage. (a) vessel, (b) model, where heat storage material (A), thermal insulation in the vacuum space (B), thermal insulation board (C), foamed styrene (D), (c) simulation of 0h, (d) 10h, (e) 20h, (f) experiment and simulation for wall temperature while phase changing.

Development of a thermal insulation /storage system for energy conservation

In order to reduce energy consumption and shift to a life independent from fossil fuels, it is important to use natural and unutilized heat. By combining heat sources and storage, it is possible to construct a system to utilize natural and unutilized heat effectively with minimum energy consumption. In this laboratory, assuming that heat is used across seasons (summer and winter), we developed a new high-performance insulation material and evaluated its insulation performance. The heat utilization efficiency of the heat utilization system was evaluated by using a circuit combining heat storage and several heat sources.

Simulation of material processing and microstructure development

We are studying the simulation of material processing and microstructure development of ceramics and composites using the Monte Carlo method, the finite element method, the molecular dynamics method, etc. We have developed a simulation that can calculate the change in a material's structure, including several solid phases, liquid phases, and pores, from the perspective of the relationship between temperature and time. Recently, simulation of process powder compaction followed by sintering has been studied.

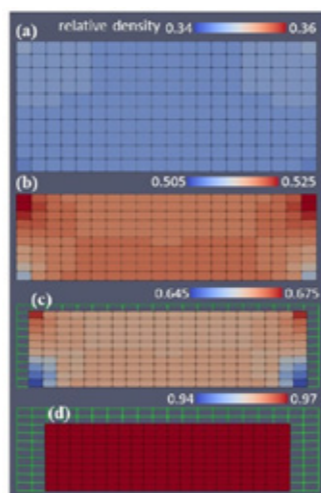


Fig.2 FEM simulation of powder compaction (a, b) and sintering of b (c, d).

セラミックスコーティングや焼結複合材料の特性・性能のシミュレーション

本研究では、セラミックスコーティングの組織形成、組織変化、損傷・剥離のシミュレーションを、モンテカルロ法と有限要素法を用いて行っている。最近では、焼結複合材料の強度や破壊に関するシミュレーション研究を進めている。

生体に調和する材料の創製

代謝に組み込まれて生体機能に働きかける骨修復材料の創製を行っている。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体の作製に成功している。こ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。これらの材料の開発は、患者の治療だけでなく、環境低負荷医療の実現に貢献できると考えている。

受賞や学会等での活動

<受賞>

- 松原秀彰：粉体および粉末冶金論文賞（2020年6月）「分子動力学法によるアルミナ-ガラス系における界面エネルギーと拡散の解析」
- 加藤大夢 (M1)：粉体粉末冶金協会 2020 年度秋季大会 優秀講演発表賞

<学会等での活動>

松原秀彰：粉体粉末冶金協会理事、同協会硬質材料分科会主査、粉体および粉末冶金編集委員、日本セラミックス協会エンジニアリングセラミックス部会委員、無機マテリアル学会北部支部長、賢材研究会幹事等

上高原理暢：Associate Editor of Journal of the Ceramic Society of Japan、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等

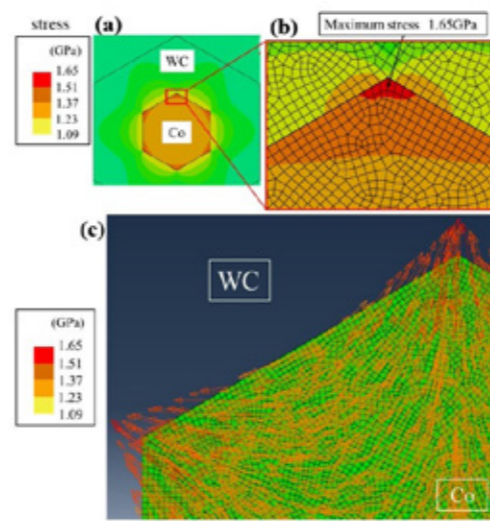


Fig.3 Study on FEM simulation of thermal stress in WC-Co cemented carbide. (a) model, (b) tensile stress, (c) direction of principal stress.

Simulation for property and performance of ceramics coating and sintered composite

This study aims at developing a simulation technique for microstructure formation and change, as well as delamination/fracture in ceramic coatings by using the Monte Carlo and Finite element methods. Recently, we have studied the simulation for strength and fracture of sintered composite (cermet) by using the finite element and discrete element methods.

Preparation of materials that harmonize with life

We have designed bone-repairing materials that can be incorporated into bone metabolism and activate biological functions. We have successfully prepared spherical porous calcium phosphate granules that are resorbed in vivo and are incorporated into bone metabolism. We are preparing the calcium phosphate bone cement with macropores and micropores. Cells and bone tissues enter the macropores, and body fluids and proteins enter the micropores. The development of these materials will contribute not only to the treatment of patients, but also to the realization of medicine with a low environmental impact.

Awards and Activities in academic societies

< Awards >

- Hideaki Matsubara: Japan Society of Powder and Powder Metallurgy Distinguished Paper Award, "Analysis of Interfacial Energy and Diffusion for Alumina-Glass System by Molecular Dynamics", June 2020.
- Hiromu Kato (M1): Best Presentation Award, Autumn meeting of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 2020

<Activities in academic societies>

Hideaki Matsubara: Director of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chairperson of Technical Division of Hard Materials Committee of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chief Editor of the *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, Committee Member of the Engineering Ceramics Division of the Ceramic Society of Japan, etc.

Masanobu Kamitakahara: Associate Editor of the *Journal of the Ceramic Society of Japan*, Committee Member of the Japanese Society for Biomaterials, etc.

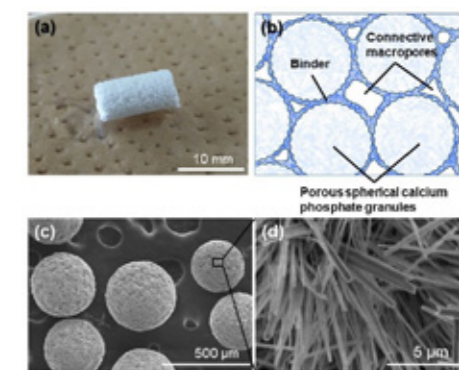


Fig.4 Calcium phosphate cement with macropores and micropores. (a) appearance, (b) model, (c) porous spherical calcium phosphate granules in cement, (d) microstructure of spherical calcium phosphate granules.

環境思いの修復技術と資源回収技術の開発

Development of Environmental Friendly Remediation Technologies and Resource Recovery Technologies



教授 井上 千弘
Professor
Chihiro Inoue



准教授 グラウゼ ギド
Associate Professor
Guido Grause



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
事務補佐員 工藤 悦子



Group Photo

重金属や難分解性有機化合物による土壌・地下水の環境汚染の深刻化や、地下資源への需要増加に対する供給不足が関心を集めてきているが、これらの問題を解決する有効な手法やその適用にはまだ多くの課題が残されている。我々の研究室は上記の問題を低コスト・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 2020 年の主な研究活動を紹介する：

- (1) 植物・微生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) 生物機能を利用した環境技術の開発に関する研究、
- (3) 土壌環境中のマイクロプラスチックの実態およびその分解プロセスに関する研究

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic pollutants, such as petroleum hydrocarbons, has been a serious environmental issue of global concern. Moreover, demand for underground mineral resources is growing. 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 2020: (1) phyto- and bioremediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) development of biotechnologies by utilizing bio-functions, and (3) investigation of the distribution and degrading process of microplastic in the soil.

植物・微生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 : モエジマシダ、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) 宮城県内三つの圃場にて栽培試験を行い、微生物や他の植物との共同栽培効果を検証した (Fig.1)。(2) モエジマシダは根においてリンのトランスポーター PvPht1;3 よりヒ素を吸収、ヒ素還元酵素 PvACR2 より還元したのち、地上部に輸送することを RNA レベルにて確認した (Fig.2) (3) 短寿命放射性同位体を用いた PETIS 測定によりモエジマシダとハクサンハタザオの体内における対象金属輸送過程の追跡を、本学サイクロトロンラジオアイソトープセンター、量子科学技術研究開発機構、高崎量子応用研究所との共同研究として継続している。

生物機能を利用した環境技術の開発に関する研究

石油系炭化水素化合物を分解する集積培養系の構築に成功し、うち *Achromobacter* sp. と *Ochrobactrum* sp. が主とする集積培養は、培養系に分泌される生物界面活性物質により、炭化水素化合物

Phyto- and bioremediation of heavy metals from polluted soil and water

Regarding the phytoremediation of arsenic (As) and cadmium (Cd) from contaminated soil or water, we continued to apply the hyperaccumulators *Pteris vittata* (As) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* (Cd) to demonstrate their hyperaccumulation mechanisms through basic research and to apply them in field trials in Japan and Vietnam using soil and hydroponic cultivations. In 2020, first, we continued the field trails in three fields in Miyagi prefecture (Fig.1). Second, we confirmed the sensitive AsV absorption by a P transporter PvPht1;3, constitutive AsV reduction by PvACR2 and subsequent AsIII transportation in root of *P. vittata* in RNA level (Fig.2). Third, we continued applying the PETIS method using short-living radioisotopes to investigate and visualize the transportation of As in *P. vittata* and Cd in *A. halleri* ssp. *gemmifera*.

Development of biotechnologies by utilizing bio-functions

Petroleum hydrocarbon compound-degrading consortia were established, in which the biosurfactant produced from the consortium contained mainly *Achromobacter* sp. and *Ochrobactrum* sp. supported efficient degradation. We also successfully isolated two novel 1,4-dioxane degrading bacteria,



Fig.1 Photo of a field trial for *Pteris vittata* and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* in Miyagi prefecture.

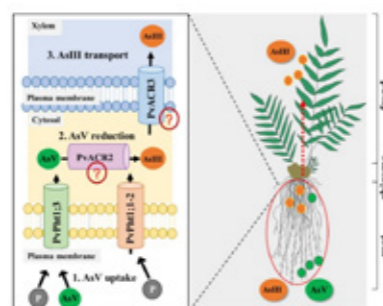


Fig.2 Hypothesis of As absorption, reduction and transportation by *P. vittata*.

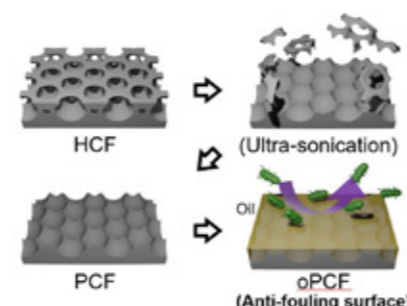


Fig.3 Procedure of fabricating anti-fouling surface.

の分解がより効率的に進行することがわかった。また、1, 4-ジオキサンに分解能を示す集積培養系から新規分解菌の *Dokdonella* sp. と *Bradyrhizobium* sp. の単離に成功した。その他、微生物によるレアメタル回収技術の開発を目指し、固定したモリブデン吸着酵母を用いた効率的なモリブデン回収を技術的に確認できた。また、油層担持高分子多孔質薄膜を平面・曲面基板上に作製し、微生物に対する抗生物質付着特性を確認した (Fig.3)。

土壌環境中のマイクロプラスチックの実態およびその分解プロセスに関する研究

土壌からのマイクロプラスチックの分離について、フェントン反応により生体物質を除去し、エルトリエーションと遠心機を用いた分離、さらに蛍光染色によりプラスチックの分離法を確立し、精度を上げた。また、畑から回収した農業用プラスチック資材に存在する微生物を調べ、土壌中存在割合の低い *Pseudomonas* 属と *Janthinobacterium* 属がプラスチック表面の優占種であり、またこれらの菌はプラスチックに付着性を示したことを確認した (Fig.4)。

国際交流、学会発表、その他活動

グラウゼ准教授がインドネシアのブラウイジャヤ大学の「3 in 1」プログラムに客員教授として勤めた。また、第4回国際グリーン農業・バイオ経済会議 (ICGAB 2020) にて土壌中のマイクロプラスチックについて基調講演を行った。簡助教は「微生物・植物による環境汚染浄化機構の解明とその応用に関する研究」を題目として環境バイオテクノロジー学会奨励賞を受賞した。グラウゼ准教授は The 2nd International Conference on Advances in Civil and Ecological Engineering Research (ACEER2020) に出席・発表を行い、Best Oral Presentation を受賞した (Fig.5)。第二回環境討論会に、M1 佐藤花奈子と M1 志村龍之介が優秀ポスター賞を受賞した (Fig.6)。

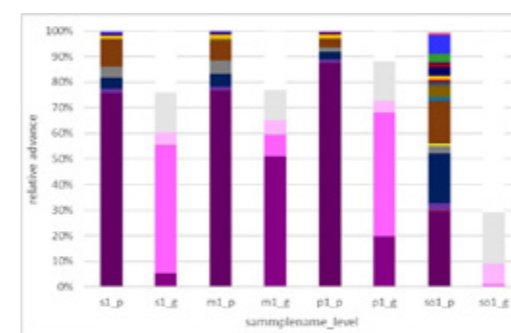


Fig.4 Distribution of bacteria from s1)sheet-rinsing water, m1)mulch-rinsing water, p1)peg-rinsing water, s0)soil at p)phylum and g)genus level.

Dokdonella sp. and *Bradyrhizobium* sp., from a consortium. We applied immobilization technology to molybdenum-adsorbing yeast and confirmed the efficient molybdenum adsorption by the immobilized yeast. We fabricated oil-infused honeycomb film (oPCF) by breath figures and confirmed its antibiofouling properties (Fig.3).

Investigation of the distribution and degrading process of microplastic in the soil

For the assessment of microplastic in soil, we continued developing approaches to separate microplastic from the soil. We separated the microplastic through elutriation and centrifugation, including the removal of biological material by the Fenton reaction, and we identified plastic particles by staining and visualization through fluorescence microscopy at several wavelengths. We investigated the influences of agricultural plastics to soil bacteria and found that *Pseudomonas* and *Janthinobacterium*, which were minority in soil bacterial communities, became majority on the surface of plastic (Fig. 4), suggesting the existence of plastics in soil interferes with soil microflora.

International exchange and other activities

As a visiting professor, Dr. Grause provided several lectures for the “3 in 1” program of Brawijaya University. The lectures focused on the impact of plastics on the environment. This included a webinar on microplastic and a workshop. The whole program was conducted online. As a part of the program, Dr. Grause provided a keynote lecture at the 4th International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy (ICGAB 2020) about microplastic in soil. Dr. Chien and her research, entitled “Clarification and application of the mechanisms of purifying environmental contamination by plants and microbes,” received the Encouragement prize from Japan Society for Environmental Biotechnology. Dr. Grause also received the best oral presentation award at the ACEER2020 (Fig.5), and Mr. Ryonosuke Shimura (M1) and Miss Kanako Sato (M1) received the poster award in the 2nd Environmental Forum (Fig.6).



Fig.5 Best oral presentation by Assoc. Prof. Grause in ACEER 2020.



Fig.6 Photo of Mr. Shimura (M1) and Miss Sato (M1) receiving the award of the Best Poster Presentation in the Environmental Forum 2020.

岩石—流体反応が駆動する地圏環境システム

Geo-environmental systems driven by fluid-rock reactions



教授 岡本 敦
Professor
Atsushi Okamoto



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



Group Photo

固体地球のプロセスは、非常にゆっくりとしたものであるが、少量の流体が関与すると地殻内の化学反応や物質移動は劇的に加速し、私たちの人間社会にも大きな影響を与える。当研究室では、地殻やマントルにおける「流体」を介した岩石の反応やエネルギー・物質移動が駆動する、ナノスケールから地球規模まで様々なスケールの現象を対象とし、超臨界地熱資源や熱水性鉱床の形成過程と開発に向けた基礎研究、水や二酸化炭素の固定・循環プロセスとその有効利用、断層・亀裂での鉱物溶解・析出と地震との関係性などについての研究を進めている。さらに、多次元化学組成で複雑な空間構造（組織）を持つ岩石を対象として、データ駆動型アプローチやパターン形成の数値モデリングを通じて、地圏環境における動的システムの情報抽出を試みている。

The processes of solid earth are usually slow, but a subtle amount of geofluids dramatically accelerates chemical reactions and mass transfer in the crust, which has a great impact on human society. Our laboratory targets the various scale phenomena within the crust and mantle, driven by fluid-mediated reactions and energy/mass transport. We are conducting research on various water-rock interactions involving supercritical geothermal resources, hydrothermal ore deposits, global H₂O and CO₂ cycles, and dissolution/precipitation processes within faults and fractures. Furthermore, we are trying to extract information on dynamic systems in the geo-environment based on data-driven approaches and numerical modeling of pattern formation for rocks with complex spatial patterns and multidimensional chemical compositions.

超臨界地熱資源の地化学および熱水性鉱床の形成

400°Cを超える超臨界地熱資源は有望な再生可能エネルギーとして開発が期待されている。このような地熱資源を開発するためには、スケールや腐食などの問題があり、地熱流体の性質を予測する必要がある。しかし、気相的な低密度領域については、溶存種の熱力学的データが存在しないという問題があった。この研究では、高温低密度条件下での長石の溶解平衡実験を行い、水の密度を用いた平衡定数の拡張が有効であること、また、低密度領域ではpHが上昇することを明らかにした。

高温地殻流体の減圧、または低密度化は、高過飽和状態を作り出し、海底のブラックスモーカーなどの熱水性鉱床を作り出す。黒鉄のチムニー近傍に存在する球状の黄鉄鉱や両錐形の石英粒子の微細組織の形状を解析し、バブル表面での核形成・成長メカニズムを明らかにした（ユトレヒト大学との共同研究；Fig.1）。さらに、超臨界条件下での流通式析出実験により、シリカ粒子が形成し、上昇しながら成長し、石英粒子へと変化する過程を明らかにした。

Geochemistry of supercritical geothermal resources and formation of hydrothermal ore deposits

Supercritical geothermal resources exceeding 400 °C are expected to be promising renewable energies. For sustainable utilization of such high temperature fluids, it is necessary to evaluate the properties of the geothermal fluids for predicting scaling and corrosion problems. However, the thermodynamic data of aqueous species are lacking in vapor-like low-density regions. We conducted the hydrothermal experiments on feldspar solubility at such P-T conditions, clarifying that the extension of the equilibrium constant by using water density is possible and that the pH rises in the low-density regions.

Decompression of high-temperature crustal fluids produces high-supersaturation of minerals, resulting in the formation of hydrothermal ore deposits, such as black smokers at the seafloor. We analyzed the microstructures of spherical pyrite and bipyramidal quartz grains from the Kuroko deposits and revealed nucleation on the bubble and growth within the fluids (collaboration with Utrecht University; Fig.1). Based on the supercritical flow-through experiments, we showed the mechanism of the formation of silica particles and transformation to quartz during upwelling fluid flow.

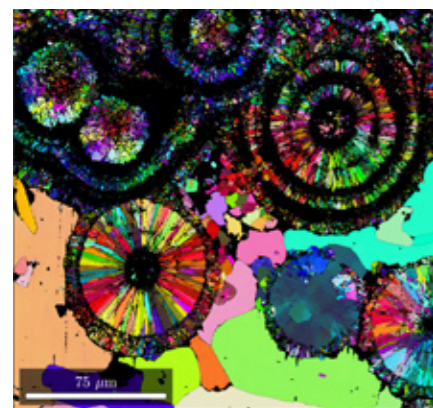


Fig.1 Electron back-scattered diffraction (EBSD) map of spherical pyrite in the Kuroko deposit.



Fig.2 Field excursion of the Oman ophiolite (Jan. 2020; Oman).

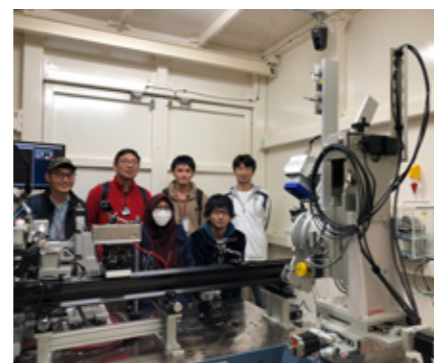


Fig.3 XAFS Analyses of serpentinites at KEK (Tsukuba).

海洋プレートにおける流体浸透プロセスと水素発生

海洋プレートに海水が浸透し、マントルと反応する加水（蛇紋岩化）作用は地球規模の水循環や地下生命圏への水素エネルギー供給を支配する重要なプロセスである。オマーン国に露出するオフィオライト（海洋プレート断面が露出したもの；Fig.2）の掘削コアの解析と、離散要素法を用いたシミュレーションにより、流体流動—化学—岩石破壊に関わるフィードバック機構について研究を進めた。また、実験的にも固体体積の膨張により岩石が破壊し、浸透率が增大する現象を初めて明らかにした。さらに、同様な岩石—流体反応によるき裂形成によって、沈み込み帯のマントルウェッジにおいてCO₂固定化（炭酸塩化作用）が進行していることを明らかにした。

水素発生プロセスは、蛇紋岩化作用に伴うFe(II)の酸化によるものであり、水熱実験による磁鉄鉱形成プロセスや、放射光施設でのFe(III)/Fe(II)マッピングを実施し、局所的な酸化流体の流入を明らかにしつつある（Fig.3）。

[受賞] 吉田一貴（修士課程2年）日本鉱物科学会 研究発表優秀賞
2020年9月18日（Fig.5）

データ駆動型アプローチによる変成岩の物質移動解析

変質岩、変成岩、土壌などの全岩化学組成は、火成岩などの原岩と、流体による元素移動（化学組成の改変）の情報を含んでいる、複雑な多次元データである。本研究では、機械学習のアプローチである決定木と交差検証を用いて、大量の玄武岩化学組成データを学習させることにより、流体によって動きにくい元素（不動元素）の組み合わせによる原岩推定モデルを作り、海洋底変質岩や沈み込み帯変成岩の原岩と物質移動を解析する手法を構築した（Fig.4）。

[受賞] 松野哲士（修士課程1年）日本鉱物科学会 研究発表優秀賞
2020年9月18日（Fig.5）

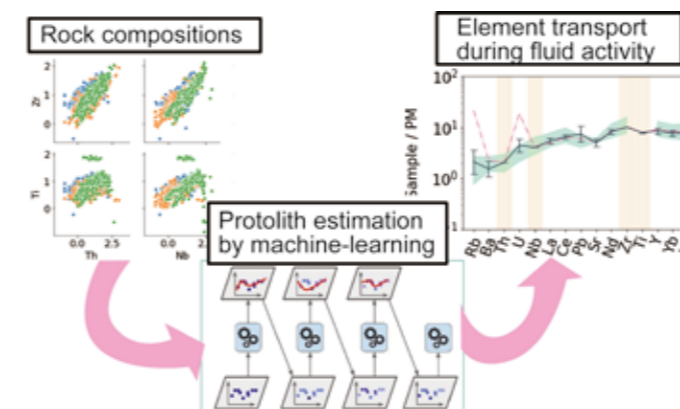


Fig.4 Analytical scheme based on machine-learning approaches for element transport of metamorphic rocks.

Fluid infiltration through the oceanic plate and hydrogen generation

Infiltration of seawater and hydration of the mantle (serpentinization) play crucial roles in the global water cycle and the supply of hydrogen energy to the underground biosphere. Based on the analyses of the drilling core of the Oman ophiolite (Fig.2) and the distinct element method numerical simulations, we revealed the feedback processes of fluid flow-reaction-fracturing within the oceanic crust. In addition, the hydrothermal experiments of the analogue material showed the fracturing and permeability enhancement induced by fluid-rock reactions. Similar reaction-induced fracturing was found in serpentinite body which records the carbonation of the mantle wedge within the subduction zone.

The hydrogen generation occurs through oxidation of iron during serpentinization. We conducted the experiments on magnetite formation and Fe(III)/Fe(II) mapping by the Photon Factory (KEK, Tsukuba), showing the local fluid infiltration of the oxidizing fluids within the Oman ophiolite (Fig.3).

[Award] Kazuki Yoshida (M2), Best presentation award for students, Japan Association of Mineralogical Sciences, September 18th, 2020 (Fig.5)

Mass transport analyses of metamorphic rocks based on the data-driven approaches

Bulk rock chemistry of altered rocks, metamorphic rocks, and soils represent complex, multidimensional data that contain information on protoliths, such as volcanic rocks, and fluid-mediated element transport. By learning huge geochemical data of basaltic samples, we created the predictive model of the protoliths based on the combination of the immobile elements and showed that the method is useful for analyzing the protolith and element transport of altered rocks at the seafloor and metamorphic rocks within the subduction zones (Fig.4).

[Award] Satoshi Matsuno (M1), Best presentation award for students, Japan Association of Mineralogical Sciences, September 18th, 2020 (Fig.5)



Fig.5 Best presentation award for students at Japan Association of Mineralogical Sciences (Sep. 2020, Online; Yoshida, Matsuno).

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



助教 里見 知昭
Assistant Professor
Tomoaki Satomi



Group Photo



本研究室では、環境調和型開発機械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。本年は、繊維質固化処理土工法の高度展開に関して、(1) パーライト副産物を用いた繊維質固化処理土の強度特性、(2) 繊維質固化処理土の強度定数、(3) AIを用いた繊維質固化処理土の最適配合条件の推定などについて検討を行った。建設機械の高度化・知能化に関する研究に関しては、(1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定、(2) 軟弱地盤のバケット掘削と地盤強度推定、(3) 礫混じり地盤の掘削抵抗力などについて検討を行った。さらに UAV を用いた地盤情報取得および土砂サンプリングに関しては、落下コーンの貫入距離と衝撃加速度を用いた地盤強度推定およびオーガー式土砂サンプリング装置開発のための要素研究を行った。

The research activities of this laboratory are as follows. For the advanced study of the fiber-cement-stabilized soil method, (1) an evaluation of the unconfined compressive strength of fiber-cement-stabilized soil with perlite by-products, (2) an evaluation of shear strength parameters of modified soil, and (3) an estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using artificial intelligence (AI)—specifically, a multilayer neural network—were conducted. For the study on advancement and intelligence of construction machinery, (1) an estimation of grain size of crushed rocks using excavating resistive force by excavator bucket, (2) an estimation of soft ground strength by excavator bucket, and (3) an evaluation of excavating resistive force on soil mixed with gravel by excavator bucket were conducted. Furthermore, for the acquisition of ground information and soil sampling using an unmanned aerial vehicle (UAV), an estimation of ground strength using fall cone penetration depth and impact acceleration and fundamental studies for developing an auger-type soil-sampling device were conducted.

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再資源化率向上を目指して、泥土に古紙破砕物とセメント系固化材を混合することにより良質な地盤材料に改良する繊維質固化処理土工法を開発した。本年は本工法の高度展開を目指し、以下の検討を行った。

- (1) パーライト副産物を用いた繊維質固化処理土の強度特性：パーライト副産物 (Fig.1) は粒径が小さく多孔質であるため、高含水比泥土に混合することにより見掛けの含水比を低減できる可能性がある。本年は、パーライト副産物を混合した繊維質固化処理土の強度特性を計測することにより、パーライト副産物混合の有効性を確認した。本研究結果は地球科学技術に関する国際シンポジウム 2020_Jにて発表し、優秀論文賞を受賞した。
- (2) 繊維質固化処理土の強度定数：昨年に引き続き、繊維質固化処理土を用いて一面せん断試験を行い、強度定数 (粘着力および内部摩擦角) を測定した。さらに一軸圧縮試験もを行い、繊維質固化処理土の一軸圧縮強度から強度定数を推定する方法について検討した。

Advanced study of the fiber-cement-stabilized soil method

The following studies were conducted to achieve advanced development of the fiber-cement-stabilized soil method.

- (1) Evaluation of unconfined compressive strength of fiber-cement-stabilized soil with perlite by-products: As perlite by-products (Fig.1) have small particle sizes and porous structures, it is possible to reduce the apparent water content by mixing them with high water content mud. In 2020, the effectiveness of mixing perlite by-products was confirmed through measurement of the unconfined compressive strength of modified soil with perlite by-products. The results were presented at the International Symposium on Earth Science and Technology 2020 held at Kyushu University, and the best paper award was received.
- (2) Evaluation of the shear strength parameters of fiber-cement-stabilized soil: Continuing from 2019, the shear strength parameters (i.e., cohesion and internal friction angle of fiber-cement-stabilized soil) were obtained from box shear test. In addition, unconfined compression tests were conducted, and the estimation of shear strength parameters from the unconfined compressive strength of modified soil was investigated.



Fig.1 Perlite by-products

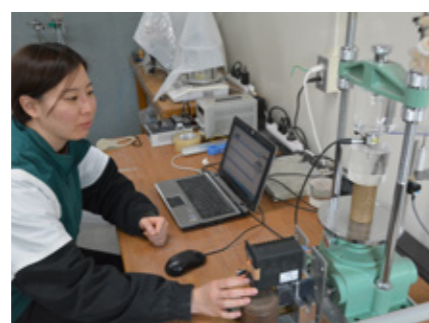


Fig.2 Unconfined compression test of modified soil



Fig.3 Bucket excavation experiment of crushed rocks

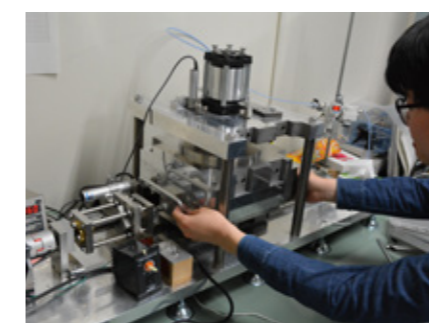


Fig.4 Box shear test of soil mixed with gravel



Fig.5 Cone with impact accelerometer



Fig.6 Auger screw-type soil sampling device

(3) AIを用いた繊維質固化処理土の最適配合条件の推定：繊維質固化処理土の配合条件は、これまで試行錯誤で決定することが多く、非効率であった。そこで昨年はニューラルネットワークを用いて繊維質固化処理土の最適配合条件を推定するための基礎研究を実施した。本年は、教師データを増やすためのデータ収集を行った。2021年は精度の高い推定手法について検討する予定である。

建設機械の高度化・知能化に関する研究

土木建設現場や資源開発現場などでは、重機による地盤掘削が不可欠である。特に災害現場での復旧作業や海底資源開発、宇宙などの極限環境下では、重機の遠隔操作あるいは自律作業など掘削作業の知能化が必要不可欠となっている。本年は、バケット掘削作業の知能化を目指し、以下の検討を行った。

- (1) バケットに作用する掘削抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定：発破成績は一般に破碎堆積物の粒度分布で評価される。発破成績を自動的に評価できるシステムの確立を目指し、本年は破碎堆積物のバケット掘削における抵抗力を測定した (Fig.3)。
- (2) 軟弱地盤のバケット掘削と地盤強度推定：豪雨による災害現場での復旧作業の効率化を目指し、軟弱地盤のバケット掘削時の抵抗力計測実験を行うとともに、地盤強度を推定する方法について検討した。
- (3) 礫混じり地盤の掘削抵抗力：通常の地盤は礫を含んでいるため、本年は礫混じり地盤を作製し、バケット掘削時の抵抗力を計測するとともに、地盤定数の推定を行った (Fig.4)。

UAVを用いた地盤情報取得および土砂サンプリング

本年は衝撃加速度を設置したコーンを空中から地面に落下させ、コーンの貫入距離と衝撃加速度から地盤のコーン指数を推定する方法について検討した (Fig.5)。さらにスクリー式土砂サンプリング装置の開発を目指し、2019年に作製した装置を改良した (Fig.6)。その結果、30cmの深さまでスクリーを貫入させ、土砂をサンプリングできることを確認した。さらに反力を取る方法について検討した。

(3) Estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using artificial intelligence (AI): As the mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil were determined by trial and error, the work efficiency was low. In 2019, the fundamental study on estimation of optimum mixing conditions of modified soil using a multilayer neural network was conducted. In 2020, additional datasets were collected through unconfined compressive tests to increase the amount of teaching data (Fig.2).

Study on advancement and intelligence of construction machinery

The following studies were conducted to achieve intelligence of the bucket excavation work.

- (1) Estimation of grain size of crushed rocks using excavating resistive force by excavator bucket: Blasting performance was evaluated by the grain size distribution of the crushed rocks. The resistance force of crushed rocks during bucket excavation was measured to develop an automatic evaluation system for blasting performance (Fig.3).
- (2) Estimation of soft ground strength by excavator bucket: The excavating resistive force on soft ground was measured through bucket excavation experiments, and the estimation method of ground strength was investigated.
- (3) Evaluation of excavating resistive force on soil mixed with gravel by excavator bucket: The excavating resistive force on soil mixed with gravel was measured through bucket excavation experiments, and the shear strength parameters were evaluated (Fig.4).

Study on acquisition of ground information and soil sampling using unmanned aerial vehicle (UAV)

A cone with an impact accelerometer was dropped from the air to the ground, and the estimation method for the cone index of soil from the cone penetration depth and the impact acceleration were investigated (Fig.5). Furthermore, to develop an auger screw-type soil-sampling device, the device developed in 2019 was modified (Fig.6). The results confirmed that the screw could penetrate to a 30-cm depth and sample the soil. In addition, a method to obtain the reaction force was investigated.

地殻環境・エネルギー技術の新展開

Toward Advanced Environmental Geomechanics and Energy Technology



准教授 坂口 清敏
Associate Professor
Kiyotoshi Sakaguchi

2020年に当研究室で行った主な研究は以下の通りである。なお、詳細説明は3つの研究に絞る。

- 1) 岩石のマクロ破壊靱性とマイクロ破壊靱性の共依存関係 (Fig.1, 2, 3)
- 2) 軟岩体における高精度地圧測定法の開発
- 3) 巨大地震後の鉛直地圧の倍増現象の解明
- 4) 超臨界地熱環境下における水圧破砕き裂生成に及ぼす制御法の影響 (Fig.4, 5, 6)
- 5) Super Critical 環境下における水圧破砕のメカニズム
- 6) 高温環境下における岩石き裂の間隙水圧誘起すべり特性

In 2020, our research activities are as follows.

- 1) Codependency between the macro fracture toughness and the micro fracture toughness of rock (Figs.1, 2, and 3)
- 2) Development of high-precision rock stress measurement method in soft rock mass
- 3) Elucidation of the doubling phenomenon of vertical crustal stress after a huge earthquake
- 4) Effect of loading control system on hydro-fracturing crack formation in the ductile rock (Figs.4, 5, and 6)
- 5) The mechanism of the hydraulic fracturing under the supercritical conditions
- 6) Injection-induced slip characteristics of a rock fracture under high temperatures

岩石のマクロ破壊靱性とマイクロ破壊靱性の共依存関係

本研究は、不均質体である岩石の破壊進展機構を従来のマクロな視点での評価のみならず、ミクロな視点においても詳細に評価し、岩石のマクロ破壊靱性とマイクロ破壊靱性の共依存の観点から解明することを目的とする。本年度は、最高倍率 2,500 倍の CCD カメラを搭載したマイクロ破壊靱性試験装置 (Fig.1, 2) を導入した。使用する供試体は、直方体岩石ブロック (3mm × 5mm × 7mm) の角面上に FIB (Focused Ion Beam) によって加工した 10μm × 10μm × 50μm のサイズのカンチレバータイプである (Fig.3)。本年度は、稲田花崗岩の構成鉱物の黒雲母、石英、斜長石、カリ長石について供試体を作製して破壊靱性試験を行なった。

Codependency between the macro fracture toughness and the micro fracture toughness of rock

The purpose of this study is to elucidate the fracture propagation mechanism of rocks from the viewpoint of codependence between the macro fracture toughness and the micro fracture toughness of rocks. We introduced a micro fracture toughness test system (Fig.1 and Fig.2) equipped with a CCD camera with a maximum magnification of 2,500 times. The specimen used is a cantilever type with a size of 10 μm × 10 μm × 50 μm processed by FIB (Focused Ion Beam) on the square surface of a rectangular parallelepiped rock block with a size of 3 mm × 5 mm × 7 mm (Fig.3). This year, specimens of biotite, quartz, plagioclase, and alkali feldspar, which are constituent minerals of Inada granite, were prepared, and fracture toughness tests were conducted.

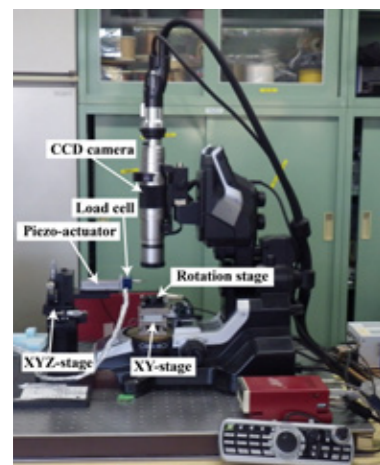


Fig.1 The testing system for the micro fracture toughness using the micro-sized specimen.

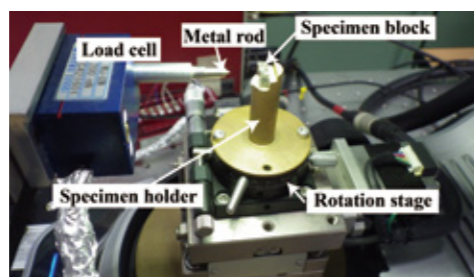


Fig.2 View of the specimen placed at the testing system.

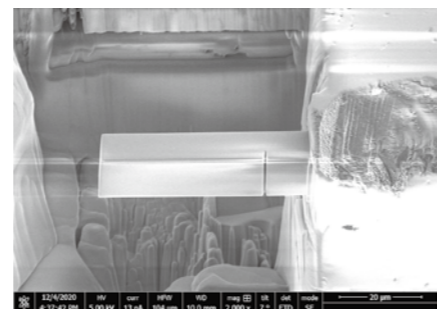


Fig.3 SEM images of the micro-sized specimen of alkali feldspar.

軟岩体における高精度地圧測定法の開発

軟岩体 (泥岩等) に施工される地下構造物の設計・施工のために、鉛直ボーリングでの高精度地圧測定の開発を行った。高精度で信頼性の高い方法とされる応力解放法をベースに開発を行った。具体的には、ボアホールの孔底を円錐状に加工し、その先端にカッティングス溜め用の小口径ボアホールを持つ孔底ひずみ法を提案した。高精度を維持し、かつ測定歩留まりの高い方法とすることを目的に、孔底形状 (円錐の頂角、小口径ボアホールの直径、長さ) を変化させて、回転体境界要素法による数値シミュレーションを行い、最適な孔底形状を提案した。

超臨界地熱環境下における水圧破砕き裂生成に及ぼす制御法の影響

これまで延性地殻を対象とした水圧破砕実験を行ってきた。その中で、供試体への軸載荷を荷重制御で行なったためと思われる過剰な破壊現象が見られた。破壊や透水性の過大評価が否かを明らかにするために、既存の実験装置を変位制御型に改良 (Fig.4) して実験を行なった。実験後の供試体の状態は、明らかに異なり (Fig.5, 6)、変位制御の場合は、一見健全に見えた。しかし、透水性は確実に 2 オーダー上昇しており、延性地殻の水圧破砕の有効性を適切な方法で明らかにした。

受賞

- 1) 坂口清敏：岩の力学連合会論文賞

研究費

- 1) JSPS 科研費 17H03504 (基盤研究 (B)・分担)
- 2) JSPS 科研費 K18K190390 (挑戦的研究 (萌芽)・分担)
- 3) JSPS 国際共同研究事業 (ドイツとの国際共同研究・分担)
- 4) 軟岩対象用地圧測定法の開発 (企業との共同研究・代表)

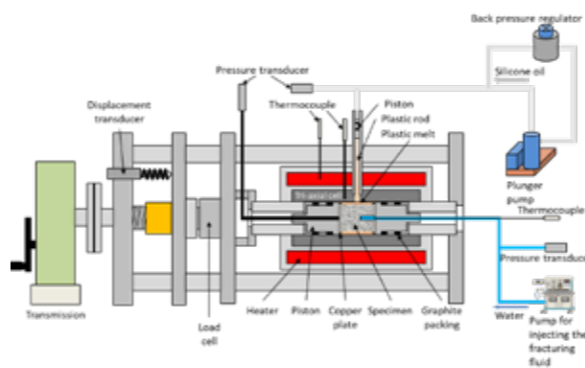


Fig.4 Experimental system of displacement control type.

Development of high-accuracy rock stress measurement method in soft rock

We have proposed a high-accuracy rock-stress measurement method by vertical boreholes in soft rock bodies. This new method was based on the overcoring method, which is considered a highly accurate and reliable method. We proposed an overcoring method in which the bottom of the borehole is processed into a conical shape and a small-diameter borehole for storing cuttings is provided at the tip. Numerical simulation by the boundary element method by changing the borehole bottom shape to maintain high accuracy and high measurement yield was conducted. The optimum borehole bottom shape was proposed.

Effect of loading control method on hydraulic fracture formation in the ductile rock

We conducted hydraulic fracturing experiments on the ductile crust. An excessive fracture phenomenon was observed, which was thought to be due to the load control. To clarify whether or not the fracture or permeability was overestimated, the experimental equipment was improved to a displacement control type (Fig.4), and the experiment was conducted. The state of the specimen after the experiment was clearly different (Fig.5 and Fig.6), and in the case of displacement control, it seemed to be no-fracture. However, the permeability definitely increased by two orders of magnitude. Therefore, the effectiveness of hydraulic fracturing of the ductile crust was clarified.

Awards

- 1) Kiyotoshi Sakaguchi received the Best Paper Award from the Japanese Society for Rock Mechanics.

Grants

- 1) JSPS KAKENHI 17H03504 (Co-investigator)
- 2) JSPS KAKENHI K18K190390 (Co-investigator)
- 3) JSPS-LEAD with DFG (Co-investigator)
- 4) Development of the rock stress measurement technique for soft rock (Collaborative research/Investigator)

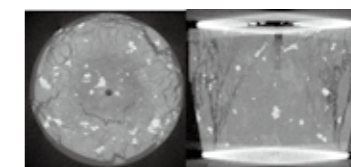


Fig.5 X-ray CT image of the specimen after the experiment by load control system.

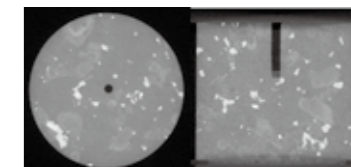


Fig.6 X-ray CT image of the specimen after the experiment by displacement control system. There appear to be no cracks, but the permeability has increased by two orders.

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 Kawata



准教授 八代 圭司
Associate Professor
Keiji Yashiro



Lab member photograph

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、その技術基盤の一つとして、高効率、高耐久性の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 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), 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および 強靱化技術の開発

NEDO 委託事業「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」が 2020 年度より開始し、同プロジェクトに参画している。発電効率の高い固体酸化物形燃料電池 (SOFC) において、65% (LHV) の超高効率化、耐久時間 13 万時間以上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。学内外との連携を含めて共同で研究を進めており、東京大学、京都大学、九州大学、産業技術総合研究所、電力中央研究所で基盤コンソーシアムを形成し、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い、また、SOFC が利用できるアプリケーションを増やすために強靱性セルとして、金属支持型セルの作製・評価も行っている。当分野での具体的な研究成果については以下で述べる。

SOFC 作動条件下での Ni-YSZ 燃料極の機械的特性

SOFC の耐久性と信頼性を保障するためには、燃料極およびセルの支持体として機能するニッケル-イットリア安定化ジルコニア (Ni-YSZ) サーマットの機械的特性は非常に重要である。Ni-YSZ の機械的特性は外的条件だけでなく Ni、YSZ、気孔の割合によっても大きく変化する。我々は、Ni、YSZ、気孔の体積分率を主なパラメータとして変化させながら Ni-YSZ と NiO-YSZ の弾性挙動、および破壊挙動を評価した。800°C では NiO-YSZ コンポジットの弾性率は NiO 分率に

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

NEDO's project involving the development of advanced evaluation and analysis technologies for the durability of solid oxide fuel cell (SOFC) stacks was launched in FY2020. It aimed to develop advanced stack-evaluation techniques to achieve super-high efficiency of 65% LHV and a lifetime longer than 130,000 hours. In this project, a research consortium organized by the University of the Tokyo, Kyoto University, Kyushu University, AIST, CRIEPI, and Tohoku University collaborates with companies that have developed SOFCs. Under high-output conditions, high fuel utilization causes different operating conditions at different places within a cell. The degradation behavior may also differ from the average operating conditions. Therefore, the cell's local degradation should be evaluated. Our lab contributes to the development of the mechanical reliability evaluation method. Additionally, a metal-support cell has been developed to achieve high toughness, which extends the application range of SOFCs. Our research activities are described as follows.

Mechanical properties of Ni-YSZ composites under solid oxide fuel cell operating conditions

To ensure the durability and reliability of solid oxide fuel cells (SOFCs), understanding the mechanical properties of nickel and yttria-stabilized zirconia (Ni-YSZ) cermet is very important. Ni-YSZ cermet not only works as an anode but also as a cell-supporting body. Its mechanical properties undergo changes not only because of extrinsic conditions but also due to Ni, YSZ, and pore proportions. In our study, Ni-YSZ and NiO-YSZ composites' elastic and fracture behaviors are investigated using changing Ni and pore volume fractions as a main parameter. At 800°C,

伴って単調に増加したが、還元体である Ni-YSZ では 30% の Ni 体積分率付近で劇的に弾性率と強度が変化した。これは Ni 体積分率が 30% となるところで、変形と破壊挙動が脆性的挙動から延性的挙動に変わったことに対応している。弾性率と強度の双方とも気孔率の増加に伴い減少したが、800°C での低下の度合いは室温に比べて小さかった。弾性率減少への Ni 量および気孔率の影響は、室温空気中では双方が顕著であったが、800°C では Ni 量の影響の方が気孔率に比べ大きいことが分かった。以上のことは、SOFC 材料について運転条件下での機械特性評価が特に重要である事を示している。

教育活動

2020 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、准教授 1 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 4 名、修士学生 12 名、学部学生 8 名の学生 20 名の延べ 24 名で構成され、3 月には修士課程を 8 名が修了し、企業に就職、学部生 4 名は卒業後修士課程に進学した。

NiO-YSZ composite stiffness monotonically increases with increasing NiO, whereas for Ni-YSZ, the reduced form shows drastic changes in elastic modulus and strength around 30 vol% Ni where the deformation behavior and fracture transition from brittle-like to ductile. Both stiffness and strength show linear decreases with porosity, of which the degree of deterioration at 800°C was duller than it was at room temperature. The influences of Ni content and porosity on elasticity are quantified using multiple-linear regression analysis. Pore volume fraction shows large negative effects on elasticity at room temperature in air. However, at 800°C, Ni volume shows larger negative effects than pore volume does under reduced atmospheres. These results indicate that mechanical properties of SOFC materials must be evaluated under operating conditions.

Educational activities

Lab workers consist of four staff members (a professor, an associate professor, a researcher, and a technical staff member) and 20 students (12 master's students and eight undergraduates). Eight graduate students and four undergraduate students graduated in March.

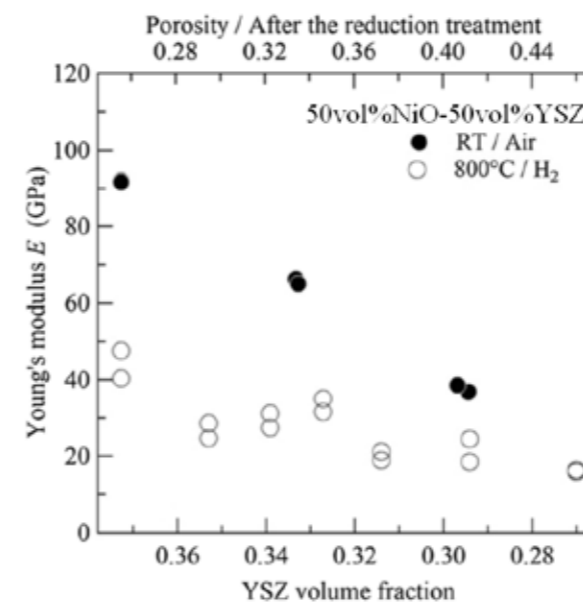


Fig.1 Elastic modulus of NiO-YSZ at room temperature and 800°C.

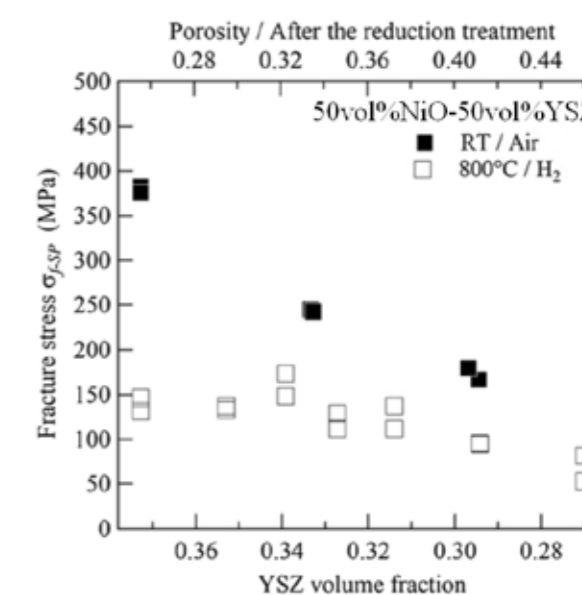


Fig.2 Fracture stress of NiO-YSZ at room temperature and 800°C.

資源・エネルギーの持続的開発と環境の持続の可能性

Sustainable development of resource and energy as well as sustainable possibility of environment



教授 駒井 武
Professor
Takeshi Komai



准教授 渡邊 則昭
Associate Professor
Noriaki Watanabe



助教 中村 謙吾
Assistant Professor
Kengo Nakamura



Group Photo

エネルギー資源リスク評価学分野は、環境と資源・エネルギー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、資源・エネルギー開発に伴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、地球科学と資源・エネルギー開発の学術を基礎として、地球環境および地域環境の保全に関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 and environmental sciences and engineering, such as environmental risk assessments, geosciences/geoengineering in light of energy and resource productions, and geo-informatics, for our sustainable future. We have investigated hydraulic, mechanical, and chemical properties of high-temperature rocks and ways to control/utilize them, particularly for sustainable and profitable productions of petroleum and geothermal resources. Recently, we initiated a research on a new method for CO₂ mineralization, in which an environmentally friendly chelating agent is applied and recycled to dissolve calcium silicate efficiently and produce high-purity calcium carbonate and silica in an alkaline aqueous solution. Furthermore, we initiated new research on risk assessment of new hazardous chemicals, flax method of soil-water boundary conditions, reality of fluid flows in pore systems of soils, and risk assessments of coal and metal mines in developed countries. We have developed new knowledge and several innovative methods for data-driven environmental analyses.

環境情報の高度解析による歴史津波堆積物調査 (AIST, JAMSTEC との共同研究 / 科研費基盤研究 (A))

環境中の情報は、無限であり、その情報の中から有益な情報を抽出する手法が重要となる。本研究では、歴史津波堆積物や土壌の吸着係数に着目し、情報を抽出することで、複雑化するプロセスの解明を行った (駒井 et al., 環境地質学シンポ)。

有害物質の地圏環境移動現象の解明 (AIST との共同研究 / 環境省特別推進費、科研費若手研究)

有害物質の大気・土壌中の流れや分布メカニズムが不透明であり、環境動態などの解析に大きな課題が残されている。本研究では、土壌中流路の可視化や吸着性を考慮した健康リスク評価モデルの開発を行った (近藤 et al., 環境フォーラム、土田 et al., 資源素材学会)。

Survey of paleo-tsunami deposits driven by environmental data

Environmental information is infinite and complex, so it is important to identify which factors are beneficial. In our study, we examined paleo-tsunami deposits and soil adsorption coefficients. Through data-driven analysis, we elucidated a complex and wide variety of environmental processes.

Research on the geo-environmental transfer of topical materials

Recently, air and soil contamination have become serious problems. Elution tests are the best-known method for the evaluation of the behavior of heavy metals and volatile organic compounds from contaminated soil. Such tests are very complex, both in soil and in water. The purpose of this study is to assess human health risks using a self-made model that considers the adsorption coefficient.



Fig.1 Paleo-tsunami deposits core sampling in Sanriku coast, Iwate

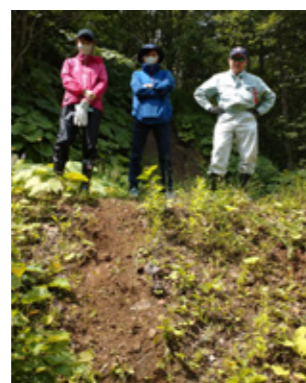


Fig.2 Geochemical survey in Hokkaido

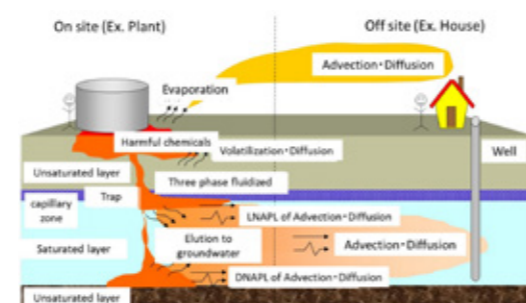


Fig.3 Risk assessment model image of new hazardous chemicals at our living area

地下水や鉱山の元素挙動の解析 (JICA との共同研究)

日本国外の調査 (ボツワナ) を通じて、地域住民の重金属類のリスク評価や飲用・工業に用いられる地下水の再供給のメカニズムを明らかにした (Arie et al., Chemosphere)。

超臨界 / 超高温地熱貯留層の造成および維持 (JSPS 科研費基盤研究 (B), 科研費挑戦的研究 (萌芽), ドイツとの国際共同研究)

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°C 以上の地下環境での貯留層造成法として期待される高密度透水性き裂ネットワークの形成をとまなう水圧破碎のメカニズムに関する国際共著論文 2 編を Rock Mech. Rock Eng. 誌に投稿した (査読中)。また、超高温地熱貯留層からの熱抽出時に生じると予想される、き裂の圧力溶解にとまなう透水性低下の速度を明らかにするとともに、透水性低下を抑制することが可能であることも明らかにした (Watanabe et al., Appl. Energy, 2020)。さらに抽熱時には、水の相変化にとまなうアモルファスシリカ・ナノ粒子の形成によるき裂の透水性低下が生じうることを見出し、透水性低下の速度を明らかにするとともに抑制法を提案した (Watanabe et al., Sci. Rep. under review)。

地熱貯留層等の化学的刺激法 (JAPEX との共同研究)

在来型の地熱貯留層や高温油ガス貯留層の新しい刺激法として、環境調和型キレート剤を用いた選択的鉱物溶解による貯留層の浸透性改善手法を着想し (特願 2020-189791)、その効果とメカニズムを明らかにした (Watanabe et al., Commun. Earth Env., under review)。

二酸化炭素の鉱物固定法 (土屋研究室との共同研究)

キレート剤とケイ酸塩鉱物を用いた新たな二酸化炭素固定法を着想し (特願 2020-217738)、実現可能性を明らかにした (Wang, et al., J. Cleaner Prod., under review)。

Assessment of trace elements in groundwater and mining

We referred to surveys conducted outside of Japan (in Botswana) to clarify the mechanisms behind groundwater recharge and the transfer of trace elements. This increased our understanding regarding the local peoples' real lives.

Creation and control of geothermal reservoirs in supercritical/superhot geothermal environments

We have submitted two international collaborative papers on the mechanism of hydraulic fracturing that can produce dense networks of permeable fractures (i.e., geothermal reservoirs) in supercritical/superhot geothermal environments (above ca. 400°C) to Rock Mech. Rock Eng. Additionally, we have clarified reduction rate of fracture permeability due to the pressure solution that may occur in producing superhot geothermal energy and the possibility and method of reducing the risk of permeability reduction (Watanabe et al., Appl. Energy, 2020). Moreover, we have found another risk of permeability reduction by amorphous silica nanoparticles that may occur due to the phase changes of water but have proposed possible ways to reduce the risk (Watanabe et al., Sci. Rep. under review).

Chemical stimulation for geothermal reservoirs

We have proposed a new chemical stimulation for geothermal and high-temperature hydrocarbon reservoirs, utilizing selective mineral dissolution with an environmentally friendly chelating agent (pending patent), and have clarified the effectiveness and mechanisms (Watanabe et al., Commun. Earth Env., under review).

Mineralization of carbon dioxide (CO₂)

We have proposed a new method to mineralize CO₂, using a chelating agent and silicate minerals (pending patent), and have demonstrated its feasibility (Wang et al., J. Cleaner Prod., under review).

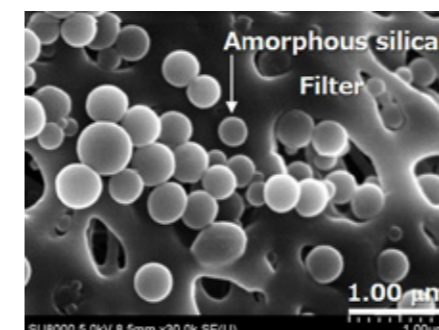


Fig.4 Silica nanoparticles produced under superhot geothermal conditions

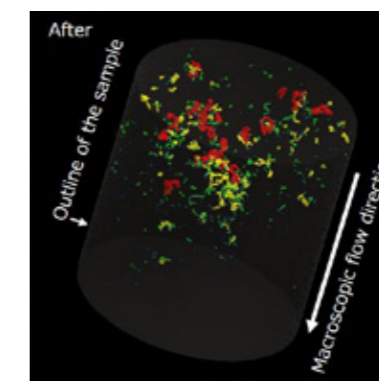


Fig.5 Voids created in granite by the selective mineral dissolution

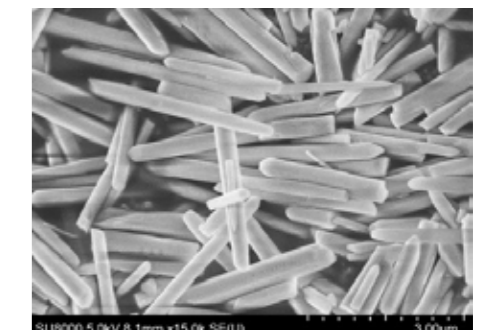


Fig.6 CaCO₃ produced by the new CO₂ mineralization method

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



准教授 横山 俊
Associate Professor
Shun Yokoyama



技官 本宮 憲一
Technical Engineer
Kenichi Motomiya

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。このような観点から、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 nanoparticles, 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。このよう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.

Therefore, we introduced our idea for a particle synthesis system based on the predicted concentration of metal complexes in an aqueous solution as a function of pH.

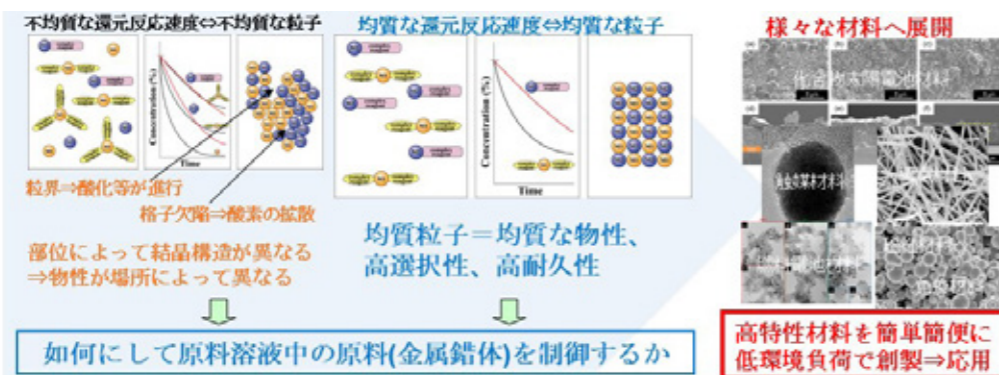


Fig.1 Schematic drawing of researches in H. Takahashi Lab.

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ファイド光触媒材料、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。2020年度は、残念ながら、COVID-19の影響で例年より大幅に少ない4件の学会発表を行った。当該期間では、5月に米国フィラデルフィアで開催されたACS Spring 2020 National Meeting & Expo, COLL 261にてDC3の仲本龍一郎君がオンラインで、10月に米国ハワイで開催された2020 Electrochemical Society ConferenceではMC2の後藤生君が関与する発表がオンラインで行われた。また、MC1の梅本雄太君 (Fig.2) 及び小野薫君 (Fig.3) が10月に仙台で開催された第二回環境科学討論会にて発表を行っている。MC1の小野薫君 (Fig.4) は環境科学討論会優秀賞を受賞している。また、本年度は、学生諸君が関わる5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。

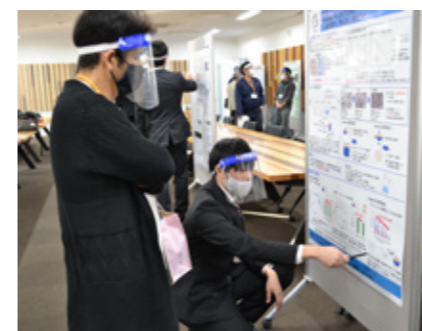


Fig.2 Presentation of Mr. Yuta Umemoto (MC1) at 2nd Meeting of Environmental Studies (Sendai)

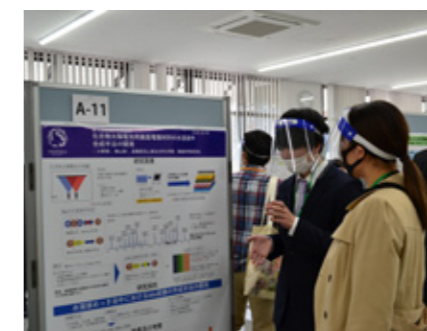


Fig.3 Presentation of Mr. Kaoru Ono (MC1) at 2nd Meeting of Environmental Studies (Sendai)



Fig.4 Mr. Kaoru Ono (MC1) was received the Best presentation award of 2nd Meeting of Environmental Studies (Sendai)

For solar cell application, we developed methods of synthesizing Cu-In alloy nanoparticles, Cu-In-S nanoparticles, Cu-In-Sn alloy nanoparticles, and Cu-Zn-Sn-S nanoparticles, and we applied these synthesized materials to the formation of printable solar cells. Moreover, we tried to synthesize Cu nanoparticles and/or Cu nanowire with high conductivity and oxidative resistivity, Cu materials with specific morphology, and Fe nanoparticles with low melting point to apply as bonding materials. Thermoelectric materials, fuel cell materials, and stratified photo catalysts with specific morphology were also developed to apply these synthesized materials to environmentally friendly energy materials (Fig.1).

Student activity (conference, prizes, etc.)

Students from our laboratory attended 17 international and domestic conferences in every year. To develop members' various abilities, we recommended joining international conferences and studying abroad (DC course students). However, in this year, because of the COVID-19 pandemic, we only attended four meetings.

This year, Mr. Tatsuichiro Nakamoto (DC3) joined the ACS Spring 2020 National Meeting & Expo, COLL 261 (May, online meeting). Mr. Mitsuo Goto (MC2) joined the 2020 Electrochemical Society Conference, held in Honolulu (October, online meeting). Mr. Yuta Umemoto (MC1, Fig.2) and Mr. Kaoru Ono (MC1, Fig.3) joined the 2nd Meeting of Environmental Studies, held in Sendai (October, poster).

Mr. Kaoru Ono (MC1) received the Best Presentation award at the 2nd Meeting of Environmental Studies (MC1, Fig.4).

Five papers related to the students' research were published in this year. After the COVID-19 pandemic, we will join the Electrochemical Society Conference (ECS), Materials Society Meetings (MRS), MMIJ's spring and fall meetings, and Tohoku branch's spring MMIJ meeting, as well as the Japan Society of Applied Physics (JSAP) and others.

Moreover, we will join various social activities, such as events addressing natural energy, public lectures, and so forth.

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

本研究室は、エネルギーと資源に関わる環境問題・国際問題に挑む文理融合の研究室である。再生可能エネルギー、水素エネルギー、燃料資源、金属資源、資源循環などの諸問題と環境、並びに社会との関わりについて多角的、重層的に解析し、持続的社會のための指針を考へるための研究を行っている。

Our lab is carrying out challenging research on environmental and global issues related to energy and natural resources using approaches that extend beyond classical academic fields of natural and social sciences. We conduct studies of renewable energy, hydrogen energy, fuel resources, metal resources, and resource recycling. Carrying out analyses from multiple perspectives between technology and society, we seek to generate knowledge to contribute to a society built on sustainability and sufficiency.

持続可能な社会の実現に向けた水素モビリティ

あらゆるガバナンス手法を活用することによって、如何に燃料電池自動車の生産能力・普及の拡大を促進することができるのかに関して研究を行っており、公共政策や法制度の他、制度設計、ビジネスモデル、業界のルール作りなどという社会システムの舵取りのあり方に着目している。20 年は、日本、カリフォルニア州、ドイツを対象として、データの収集・分析を行ってきた。

20 年 2 月には、幸運にもコロナ感染状況が悪化する前にカリフォルニア州を訪問し、大学（カリフォルニア大学デイビス校）、政府、業界の利害関係者と直接面会し、カリフォルニア州において、燃料電池の自動車およびバスの普及拡大を図る上で如何なるガバナンス手法が活用されており、それによって如何なる効果と課題が生まれているのか、ということ調査した。その結果、燃料電池自動車の市場は、当初期待されていたほど拡大が進んでいないことが明らかになったが、その背景として、アジアの自動車メーカーの生産能力が現在限定的であること、及び水素ステーション整備の遅れが影響していることが見出された。

ドイツにおいても同様な調査を行った。専門家を対象としたアンケート調査とインタビューを通じて、燃料電池の乗用車（FCV）およびバスの普及に影響する諸要因を比較分析した。カリフォルニア州と同様に FCV 市場は多くの問題に直面していることが分かった。

Hydrogen mobility for a sustainable society

We conduct international and domestic research into how different governance approaches (including policies, laws, regulations, business models, industry rules etc.) can help to accelerate the production and diffusion of hydrogen technology. This year we focused especially on transport applications, including passenger vehicles and buses in Japan, California and Germany.

In February 2020, one member was fortunate enough to be able to visit California for field research before the COVID-19 pandemic to meet with stakeholders in academia (University of California, Davis), government and industry. Interviews were conducted to obtain information on the governance strategies used in California to accelerate the production and adoption of fuel cell passenger vehicles, buses and trucks. One interesting finding was that the market is not growing as quickly as hoped. This situation is the result of two situations: First, the limited supply of vehicles (which are currently only made by Asian companies—Toyota, Honda and Hyundai), and second, the limited availability of refueling stations, which is hampering the speed at which automakers can produce and supply vehicles to California.

We also continued this research in Germany. We used a quantitative survey and interviews to elicit the judgment of experts about the most important factors driving or blocking the development of fuel cell mobility in Germany. Like in California, the limited supply of vehicles was again found to be a large problem. There is an urgent need for German automakers to produce fuel cell vehicles to increase the supply in Germany and other countries.



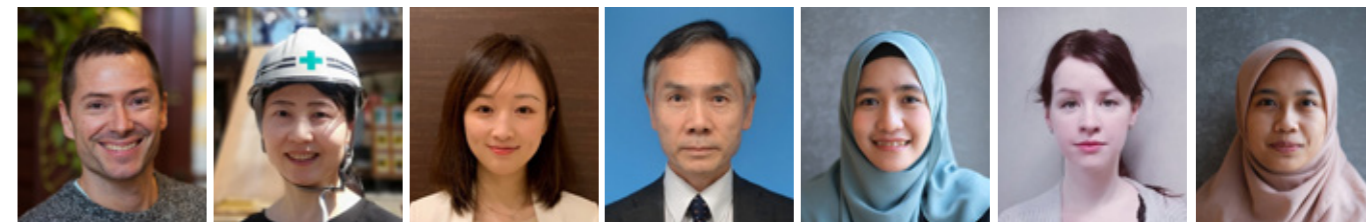
Fig.1 Electric bus in Shenzhen, China



Fig.2 Bird's eye view of Tamagawa hot spring site, Senboku City, Akita



Fig.3 SDGs lecture for primary and middle school students in Tamagawa Onsen



准教授 トレンチャー グレゴリー Associate Professor Gregory Trencher
准教授 窪田 ひろみ Associate Professor Hiromi Kubota
助教 王 佳婕 Assistant Professor Jiajie Wang
助手 山岸 裕幸 Research Associate Hiroyuki Yamagishi
研究員 ファジャール フェビアニ アマンダ Researcher Amanda Fajar Febiani
研究員 ミンダリョワ ディアナ Researcher Mindaleva Diana
研究員 バニー ノビタ アルビアーニ Researcher Alviani Vani Novita

地域とエネルギー： 地熱と水素と CCUS、そして社会

日本の地熱エネルギーの賦存量は世界第 3 位であるにもかかわらず、地熱発電の開発は遅れており、また地熱エネルギーの直接利用としては、浴用の温泉利用以外はほとんど利用が進んでいない。当研究室では、地熱の先進的 direct 利用として、廃アルミニウムと温泉との反応から、水素の製造するプロジェクトを進めており、秋田県仙北市玉川温泉での現場実験も成功している。このほか、地域のエネルギーを地域で利用する持続社会のための新しいエネルギーシステムの構築を目指し、未来社会のためのエネルギー、資源循環と社会との関わりに関する研究を進めている。

一方、地球温暖化の急速な進行にともない、大気中の CO₂ を迅速に削減することがこれまで以上に急務となっている。そこで本研究室では、中低温度条件下で岩石から金属カチオンの抽出と炭酸化プロセスを促進し、CO₂ を利用して価値ある製品を生産することで、より効率的な CO₂ 鉱物化システム開発を進めている。

2020 年研究テーマ

- ・地熱エネルギー利用の社会受容性解析
- ・温泉水と廃アルミニウムによる水素製造
- ・玄武岩と流体の相互作用により CO₂ 固定化と水素製造
- ・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
- ・歴史津波堆積物の識別のための AI 開発（災害科学研究）

野外調査

- ・岩手県野田村の歴史津波堆積物調査（災害研究）
- ・秋田県湯沢市南部地域の地熱資源探査
- ・福島県土湯温泉地域での温泉利用と SLO (Social License to Operate) 調査



Fig.4 Geological survey for geothermal resources



Fig.5 H₂ production (bubbles) using waste Al chips and Tamagawa hot spring water



Fig.6 Historical Tsunami deposit in Noda, Iwate Prefecture (AI techniques development for the discrimination of Tsunami deposit)

Local Energy Initiatives: Geothermal, Hydrogen, CCUS and Society

Although Japan has the third largest geothermal potential in the world, the use of this energy for electric power generation is trailing behind other countries. Meanwhile, direct use of geothermal heat energy is also rare. In fact, the most familiar application for Japanese people is limited to hot springs (onsen). In this lab, we are conducting hydrogen production by using waste aluminum and acidic hot spring water. Field experiments at the Tamagawa Hot Spring in Senboku City, Akita, have been successfully performed. We study future energy systems with utilization of local resources for a sustainable society, and we also carry out cutting-edge research on future energy systems.

In another area of research, it is getting more urgent than ever to efficiently reduce atmospheric CO₂ since global warming is accelerating. Therefore, we are also trying to develop new CO₂ mineralization systems with efficient CO₂ utilization and valuable products formation under moderate and alkaline conditions. The new CO₂ mineralization systems are expected to effectively reduce CO₂ emissions.

Research Topics in 2020

- ・Analysis of social acceptance of geothermal energy
- ・Hydrogen production by using waste aluminum and hot spring
- ・CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) and hydrogen production by ultramafic rocks-fluid interaction
- ・Geothermal energy system in subduction zone and supercritical geothermal energy
- ・AI for historical tsunami deposits identification (disaster science)

Field Survey

- ・Historical tsunami deposits (Noda, Iwate)
- ・Geothermal exploration (Yuzawa, Akita)
- ・Social survey for analysis of SLO of geothermal energy (Tsuchiyu Hot Spa, Fukushima)

サプライチェーンを通じた資源利用と関連するリスクの可視化

Resource logistic approach to visualize supply chain risks behind resource use



教授 松八重 一代
Professor
Kazuyo Matsubae

新興国の人口増大ならびに経済成長に伴う鉱物資源需要、先進国におけるグリーンエコノミーを実現するための革新技術を支える希少資源需要はそれぞれ増大傾向にある。世界有数のレアメタル消費国である我が国は、消費・生産活動を支える多くの一次資源の調達を海外に依存している。資源供給の上流における様々な地政学的リスクは経済活動に対してしばしば大きな影響をもたらすことは知られているものの、サプライチェーンを通じた資源の流れの定量化、関連するリスクの可視化は、リスク情報の抽出方法が未確立であること、マテリアルフロー情報が不足していること等々、課題が多いのが現状である。本研究分野では、これらの課題を解決し、資源利用に関わるサプライチェーンリスク情報を集約的・戦略的に管理する基盤構築を目指す。

With the increased global concerns about resources and environmental constraints in recent years, the role of mining, as a constituent of social responsibility associated with resource extraction and usage, is becoming increasingly important in science, technology, and innovation policy. Under increasing public and shareholders' concerns of social and environmental sustainability, the fabrication industries require careful attention owing to their own risks related to the resources and materials that are used in their products and services. The material flow analysis (MFA) tool and input-output technique provide useful perspectives and valuable evidence for avoiding or minimizing the social and environmental risks related to the demand of resources.

We analyzed the risk-weighted flow by combining the resource logistics database and Input Output model. The estimated results shed light on how resource logistics prepare policy makers and R&D engineers to confront the risks behind resource usage and how the information should be shared among stakeholders.

垂直農法の導入による野菜消費に基づく窒素・リンのフットプリント分析

窒素・リンのフットプリントは、人間活動により環境中に排出される窒素とリンの総量であり、窒素・リン負荷に対する消費者影響の指標等として利用できる。窒素とリンは作物生産に必要な栄養素である。一方、作物生産の増量の為に使用された窒素・リンの余剰分が水質・土壌に大量排出され汚染源となっている。食料の需要量を満たすために、輸入品に頼ることも地球環境負荷をかけている。そのため、垂直農法は、新たに持続可能な作物栽培法として注目されている。垂直農法とは、土を使わず、人口的に作られた栄養液を与え作物を室内で栽培する農法である。本研究では、2011年に東日本大震災で被害を受けた宮城県において、従来の農法と比較し、垂直農法の導入により2018年の輸入率の高い野菜の消費に基づく窒素・リンのフットプリントを評価した (Fig.1-2)。本研究の結果から垂直農法は窒素・リンのフットプリントの削減に有効であることが示された。

Nitrogen and phosphorus footprint analysis based on vegetable consumption by introducing vertical farming

Nitrogen and phosphorus are essential elements in agriculture, whereas environmental release is the reason for water and soil degeneration, along with population growth and urbanization. Nitrogen and phosphorus footprints are quantitative indicators for environmental emissions of nitrogen and phosphorus based on consumption. In Japan with low food self-sufficiency, relying on imported products to meet crop demand also causes global environmental load. Vertical farming is a new idea focused on sustainable agricultural cultivation. Vertical farming is an indoor method of growing plants with controlled nutrimental solution and water resources reused on several layers. This study evaluated the nitrogen and phosphorus footprint that results from consumption of vegetables that were frequently imported in 2018 by comparing vertical farming with conventional farming at Miyagi, which was damaged by the Great East Japan earthquake in 2011 (Fig.1-2). The results showed vertical farming could help reduce the nitrogen and phosphorus footprint.

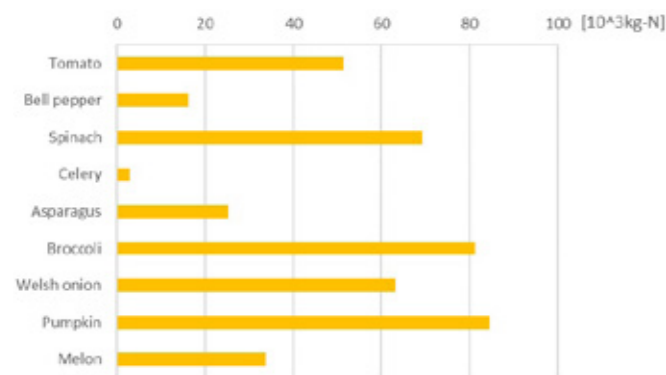


Fig.1 Nitrogen footprint reduction in 2018 with introducing vertical farming

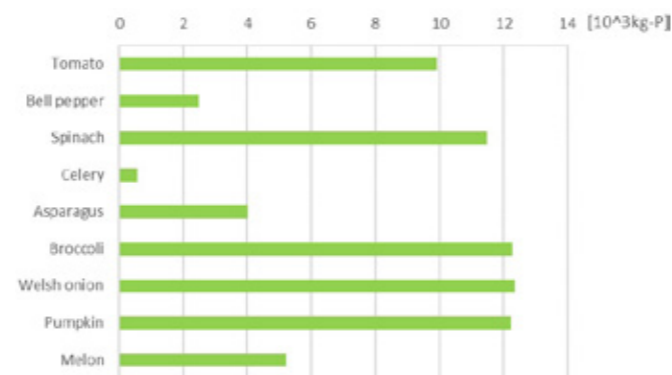


Fig.2 Phosphorus footprint reduction in 2018 with introducing vertical farming



助教 張 政陽
Assistant Professor
Zhengyang Zhang

インド亜大陸の食品窒素フットプリントの評価：宗教的な食文化の視点から

窒素は、すべての生物にとって必須の栄養素である。大気及び水中の過度な窒素損失は、酸性雨やオゾン層の破壊など環境問題、又は呼吸機能障害など健康問題を引き起こす懸念がある。本研究では、インド亜大陸の多様な宗教的な食文化を考慮した食品窒素のフットプリントを評価する。本研究は、ベジタリアンの仏教徒、ラクトベジタリアンのヒンズー教徒、非ベジタリアンのイスラム教徒およびキリスト教徒における宗教的な食べ物の制限がインド亜大陸の食品窒素フットプリントにどのような影響を与えるかに焦点をあてている。本研究は窒素フットプリント計算のための宗教に敏感なボトムアップ・アプローチを開発し、インド亜大陸の事例に適用した。研究に必要な食品消費データは、既存文献およびデータベースから収集した。研究結果は、環境中の窒素損失が少ない食事を促進することにより、食品窒素フットプリントをより大きく制御する可能性を倫理的および精神的な食品タブーを説明するのに役立つ (Fig.4)。

インドネシアにおける石炭資源利用のライフサイクルアセスメント

インドネシアでは、石炭産業におけるライフサイクルアセスメント (LCA) の適用は依然として困難である。LCAの石炭産業に関する既存研究は、エネルギーおよび資源の使用、地球温暖化への影響に焦点を当てたものが多い。特に石炭生産段階では、探査から炭鉱閉鎖、廃炉に至るまで環境に影響を与える可能性のある鉱業プロセス全体を見落とす可能性がある。本研究は、インドネシアで石炭生産のために採掘段階で使用される土地、水、エネルギー、材料などの資源関連のインプットを評価することを目的とする。気候規制、生物生産、浸食規制、資源競争、資源枯渇、水の供給と品質など、生態系サービスと生命維持機能への影響にも焦点を当てている (Fig.5)。

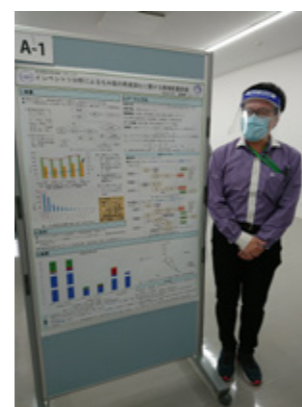


Fig.3 Poster presentation in the 2nd Academic Forum on Environmental Studies, Tohoku University, Japan (Jiarui LIU(D2))

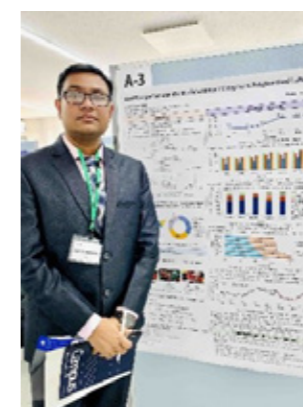


Fig.4 Poster presentation in the 2nd Academic Forum on Environmental Studies, Tohoku University, Japan (Aurup Ratan Dhar (D2))

Food Nitrogen Footprint of the Indian Subcontinent: Perspectives of Religious Food Cultures

Nitrogen (N) is an essential nutrient for all living organisms. Excessive N loss in air and water can cause both environmental problems (e.g., acid rain and ozone-layer depletion) and human health problems (e.g., respiratory issues). This study estimated the food N footprint of the Indian subcontinent considering diversified religious food cultures. This study focused on the ways religious food restrictions of vegetarian Buddhists, lacto-vegetarian Hindus, and non-vegetarian Muslims and Christians affect the food N footprint of the Indian subcontinent. This study developed a religion-sensitive bottom-up approach to calculate the N footprint and applied it to a case study of the Indian subcontinent. The food consumption data were collected from secondary literature and databases. The findings will help explain the ethical and spiritual food taboos that might lead to greater control over the food N footprint by promoting diets with lower N loss to the environment.

Life Cycle Assessment for Coal Resource Utilization in Indonesia

The application of life cycle assessment (LCA) in the mining industry is still challenging in Indonesia. Studies of LCA for mining have paid more attention to energy and resource use and its effects on global warming potential. Studies have focused on the coal production stage, but may have overlooked the entire mining process (i.e., from the exploration stage to the closure and decommissioning stages) that potentially affects the environment. This study aims to evaluate resource-related inputs such as land, water, energy, and materials used in the mining process to produce coal in Indonesia. This study focuses on the effects on the ecosystem's services and life support functions, such as climate regulation, biotic production, erosion regulation, resource competition and depletion, and water availability and quality.

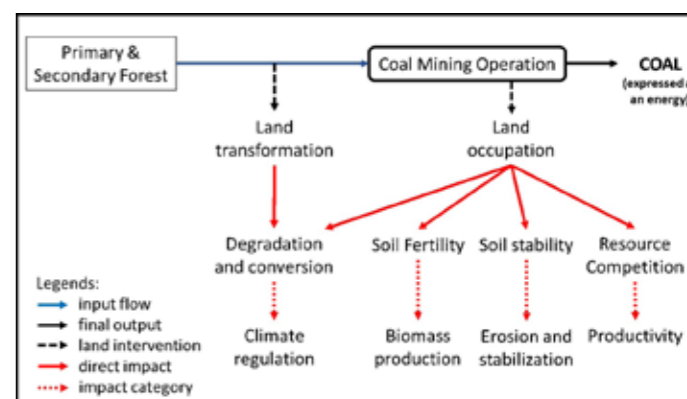


Fig.5 The findings will help explaining the ethical and spiritual food taboos that might have a greater control over the food N footprint, by promoting diets with lower N loss in the environment.

環境物質政策学分野 Control of Environmental Materials
 地圏環境政策学分野 Geosphere Environment
 環境材料政策学分野 Study of Functional 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 Establishing Environmentally Materials and New Material Circulation 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.

[環境物質政策学分野]

環境調和型材料の開発と応用研究

本分野は 2020 年度より新たな体制で研究活動をスタートした、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、図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。また、本年度はコロナウイルスの影響で学会等での発表は出来なかったが、次年度以降は広く発信していく予定である。

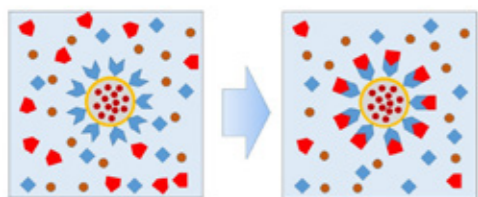


Fig.1 Schematic drawing of the mechanism of magnetic bead.

[Control of Environmental Materials]

Development of the Environmental-friendly Materials and its application

Starting this year (2020), our laboratory is mainly focusing on the development of the environmental friendly materials and their application. Moreover, we try to research and match the academic seeds and company needs. For example, virus and/or heavy metal ions, which are widely splatted to environmental conditions, are seriously affected by our society because they are difficult to collect. To solve these problems, magnetic beads were developed recently. As shown in the Fig. 1 schematic drawing, the specific functional groups, which are attached on the new material's surface, interact with the specific substance. In our laboratory, to develop the highly effective magnetic bead, well-stabilized core materials with the high performance are synthesized under room temperature conditions by 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 these results in international/domestic conferences beginning next year.



Fig.2 Survey research on the actual situation regarding E-waste.



教授 鳥羽 隆一 Professor Ryuichi Toba
 教授 白鳥 寿一 Professor Toshikazu Shiratori
 教授 井上 千弘 Professor Chihiro Inoue
 教授 駒井 武 Professor Takeshi Komai
 准教授 佐藤 義倫 Associate Professor Yoshinori Sato
 准教授 齋藤 優子 Associate Professor Yuko Saito
 准教授 藤田 哲雄 Associate Professor Tetsuo Fujita

[地圏環境政策学分野]

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電子・電気機器廃棄物等からの資源リサイクル技術・社会システムに関する研究のほか、地圏環境における汚染物質の分離・分解・管理に関する研究を推進している。具体的には、経済原則により拡散した後に適正に処理・リサイクルされないことで環境の汚染物質となる E-Scrap や LiB などの製品、金属・プラスチックといった素材について、新規分離・分解手法、管理技術ならびに過去の汚染を含む評価技術に関する研究を実施している。また、廃 PV パネルの収集からリサイクルまでのトータルネットワークの検討も行っている。このような資源循環に関わる事項は国内に限られない事柄であるため、欧米等の最新動向の把握や情報発信、および東南アジア諸国への啓発や共同研究を実施している。例えば電池に関する研究は、EU の Battery Directive (指令) と評価レポートを精査し、改正へ向けた動向を把握した。

[環境材料政策学分野]

環境負荷低減に関わる研究

資源のリサイクルや資源回収の研究分野において、目的とする元素の種類や回収率向上のみならず、共存する不純物の安全かつ経済的な分離濃縮・固定化技術の開発も、大変重要な研究課題である。

当研究分野では、資源開発や製錬事業に係る環境政策の提案を目指して、環境浄化、特に製錬事業に関わる環境修復技術の開発とその展開を進めると共に、環境リスク管理に係る研究および連携研究・調査を進め、さらに環境調和的な資源開発に関わる研究開発を進めることを検討している。具体的には、銅・亜鉛・鉛を始めとする非鉄金属製錬業における副産物としてのヒ素・カドミウム・水銀等について、経済的かつ安定的な管理技術の高度化を目指し、技術と社会の両面から研究・調査を行っている。



Fig.3 Platform for the recycling of secondary plastic resources.

[Geosphere Environment]

Research for the Circular Economy

We are mainly focusing on the development of recycling technology and social systems about waste electrical and electronic equipment (WEEE), as well as controlling contaminants in geosphere environments. Although it is difficult to construct proper regulations, we can put the experience of studying the EU regulation framework. In addition, we have conducted awareness-raising and joint research projects in Southeast Asian countries. In particular, we are investigating new separation and decomposition methods and management and evaluation techniques for products, such as E-Scrap and LiB, and materials, such as metals and plastics, which are pollutants in the environment. We are also investigating a total network from collection to recycling of waste PV panels.

[Study of Functional Materials]

Study of reducing environmental impact for raw material production

For resource recycling, an important research subject is the development of technologies for the separation and immobilization of accompanying undesirable impurities, as well as the development of smelting technologies to improve the recovery rate from the viewpoint of environmental issues. In this research field, with the aim of advocating environmental policies regarding resource exploitation and metallurgical projects, we are studying the development and deployment of environmental remediation technologies related to metallurgical operations, as well as conducting collaborative research and surveys related to environmental risk management and further research and development related to environmentally harmonious resource exploitation. Specifically, we are conducting research and surveys on arsenic, cadmium, and mercury as by-products in the nonferrous metal smelting industry (copper, zinc, and lead) from technical and social perspectives, with the aim of developing advanced technologies for their economical and stable management.

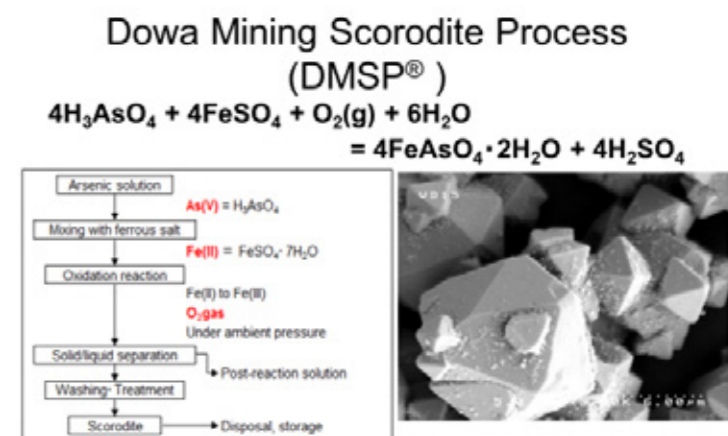


Fig.4 Overview of Dowa's arsenic-fixation process.

「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、および地圏資源環境研究部門 (つくば) 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)、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 等からの委託を受け共同研究を実施している。

The members of the Environmental Risk Assessment (AIST Collaborative Laboratory) team are carrying out studies to enhance safe and secure utilization of geothermal resources, mainly by investigating technologies for ultra-resolution reservoir monitoring and rock-mechanical simulation of hydraulic fracturing/stimulation. Major research activities in 2020 included (a) scientific and engineering studies for large-scale power generation from subduction-origin "Supercritical Geothermal Resources"; (b) simulation, microseismic monitoring, and rock mechanical studies for monitoring and management of engineered geothermal systems (EGS); (c) development of an AI-IoT monitoring system of environmental burden associated with geothermal development; and (d) studies on social acceptance of geothermal development. Furthermore, technology development to simulate industries in areas stricken by the 2011 earthquake have been conducted.

超臨界地熱開発に関する研究

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資源による発電の可能性を探っている。2040年以降に国内総容量数10GW以上の商用発電を実現するために、NEDOからの委託を受け、科学的、技術的、経済的視点からの実現可能性詳細検討・国内数地点を対象とした試掘への詳細事前検討やAIによる資源量評価技術の開発を実施している。

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

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、貯留層への注水の効果をモニタリングしている。また、国内外の地熱フィールドで取得した微小地震に散乱・反射解析技術等の最先端技術を適用し、貯留層内での流体挙動の把握を実現するとともに坑井近傍に存在する高透水性亀裂の超高分解能探査技術の実現を目指している。

Research on supercritical geothermal resources

Members of the laboratory have been investigating the feasibility of power generation using supercritical geothermal resources, which have an origin in the subduction of oceanic plates, in cooperation with scientists and engineers worldwide. With funding from NEDO, detailed feasibility studies have been conducted to establish a total capacity of 10 to 20 GW in/after 2040 from scientific, engineering, and economic perspectives. The application of AI technologies to evaluate structures inside the supercritical geothermal systems is also underway.

Microseismic and magneto-telluric monitoring of geothermal reservoirs

Microseismic/microearthquake (MEQ) monitoring of geothermal reservoirs associated with treatment injection has been carried out at Yanaizu-Nishiyama Geothermal Site in Fukushima since 2015 to reveal the reservoir's response to water injection. Modern techniques in seismic signal processing, including reflection and scattering analyses, have been applied to MEQ data sets from various geothermal sites worldwide, and fluid behavior inside/around the geothermal reservoirs has been successfully imaged.

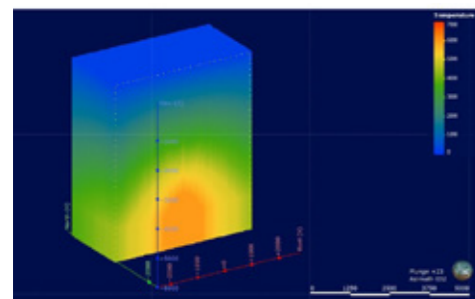


Fig.1 Model of supercritical geothermal system in US

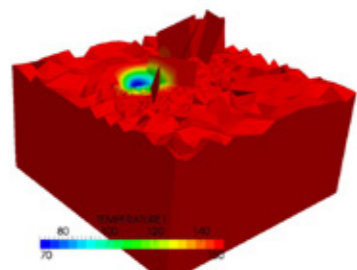


Fig.2 Simulation of production process of EGS



Fig.3 Field test of binary power plant for hot springs



客員教授 浅沼 宏
Professor
Hiroshi Asanuma



客員教授 張 銘
Professor
Ming Zhang



客員准教授 坂本 靖英
Associate Professor
Yasuhide Sakamoto
(2020年3月まで)

適正な地熱開発手法に関する研究

NEDOからの委託を受け、温泉と地熱発電の関連に関する科学的基礎データ取得・評価のためのAI-IoT温泉モニタリングシステムの開発を行っている。また、JOGMECからの委託を受け、地熱資源のポテンシャル評価のための新技術の開発を実施している。

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を行っている。
- 社会貢献・社会連携
浅沼：J-DESC 陸上掘削部会執行部委員、NEDO 技術委員、JOGMEC 委員、福島県における地熱資源開発に関する情報連絡会専門部会委員、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、山形県、郡山市、気仙沼市等
- 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教材作成支援、出前授業 (1回)



Fig.4 Remote monitoring system of hot springs for coexistence of geothermal power generation and hot springs



Fig.5 Data of hot spring transferred through internet



Fig.6 Scanning head of borehole scanner for geothermal well

Research on proper development of geothermal resources

Monitoring systems for hot springs using AI-IoT technologies, which enables us to collect scientific data for proper development, has been conducted in the lab. The development of new technologies for geothermal resource evaluation has been funded by JOGMEC.

Technological support of local industries

Technological support for startups of seeds in local industries in areas damaged by the 2011 earthquake and tsunami has been carried out. Geothermal-related technologies have been cultivated under this scheme.

Contribution to international/society and collaboration with other organizations

- International contribution
International contributions have been made to partners in Germany, the US, Italy, New Zealand, and Iceland, mainly in the area of ultra-high temperature geothermal development.
- Social contribution
Prof. Asanuma has been a board member of international/domestic scientific drilling projects. He has also been an evaluation/advisory committee member for governmental agents and local communities.
- Collaboration with other organizations
The laboratory is collaborating with domestic/foreign laboratories, universities, and industries. Mutual visits, web communication, and joint publication are actively done.
- Collaboration with local communities
Collaboration with local communities, mainly in northeast Japan (Tohoku), in the area of education of children and students has a long history in the lab. Prof. Asanuma made one "delivery lectures" about renewable energy.

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空間的な社会格差 (Fig.1) の視点から、健康の地理学的な分析を実施している。地理的剥奪 (Hanibuchi et al., 2020), walkability 等の近隣の地域資源へのアクセス (Koohsari et al., 2020)、通り景観 (Nagata et al., 2020)、沿岸の自然環境 (Tashiro et al., 2020) 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。Walkability と身体活動についての総説 (中谷・埴淵, 2019) は不動産学会の論文賞を受賞した。また、本年度では COVID-19 の流行状況、緊急事態宣言の影響を含む予防行動や健康行動の変化などを明らかにする研究を継続的に実施した。

地域・社会調査の方法論

調査方法論に関しては、(a) 地域環境の新たな測定方法、(b) 居住者に関する新たな個票データの収集方法、そして (c) 公的統計調査の信頼性に関する基礎研究を進めた。(a) : Google Street View から取得した景観画像の構成要素を機械学習によりデータ化し、それをもとに歩きやすさの評価モデルを構築した (Fig.2: Nagata et al.,

Health Geographies

This research lab has conducted a geographical analysis of health in terms of its relationship to the geographical environment and the spatial aspect of social inequality (Fig.1). Published studies consider associations of health with various environmental aspects of a neighborhood including area-deprivation (Hanibuchi et al., 2020), access to local resources (Koohsari et al., 2020), streetscape (Nagata et al., 2020), and coastal natural environment (Tashiro et al. 2020). A review paper of walkability and physical activity (Nakaya and Hanibuchi, 2019) was awarded a prize by the Japan Association for Real Estate Sciences. Throughout this academic year, we also continued to conduct research to clarify the geographical distributions of COVID-19 and changes in preventive and health behaviors, including the impact of the state of the emergency.

Methodology of regional and social surveys

We conducted basic research on (a) new ways of measuring the local environment, (b) new ways of collecting individual data on residents, and (c) the reliability of official statistical surveys. (a) We constructed a model for evaluating walkability based on machine learning data of the components of landscape images obtained from Google Street View (Fig. 2: Nagata et al., 2020). (b) With a high-density internet survey in central Tokyo, the possibility of multilevel analysis by combining neighborhood-level indicators was proposed (Hanibuchi et al., 2020). (c) We showed that the rate of missing information in the census was substantially higher among middle-aged people in central Tokyo (Hanibuchi and Yamauchi 2020).



Segments	%
Vegetation	43.39
Road	30.91
Building	9.62
Fence	6.63
Sky	4.17
...	...

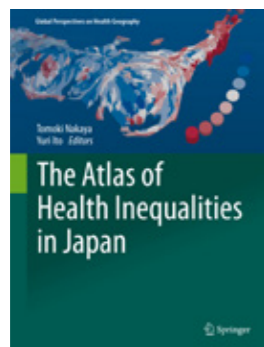


Fig.1 Book cover of "the Atlas of Health Inequalities in Japan" (Nakaya, T. and Ito, Y. eds., Springer, 2019)

Fig.2 Machine-learning based streetscape walkability scoring (Source: Nagata et al., 2020, Health and Place 66:102428)

2020)。(b) : 東京都心部を対象に、インターネット調査によって高密度な標本収集をおこない、近隣レベルの地域指標と結合したマルチレベル分析の可能性を提示した (埴淵ほか 2020)。(c) : 国勢調査の不詳率が、東京都心部では中年層などにおいて顕著に高い傾向を示した (Hanibuchi and Yamauchi 2020)。

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とその各種の事例研究も実施している。時空間的なイベントの発生傾向を3次元的に視覚化する時空間カーネル密度推定を応用して、クラウドGIS上で配信する「新型コロナ時空間3Dマップ」をJX通信社との共同研究で開発した (Fig.3) ほか、NHKに関連する技術提供を実施した。また、カーネルを利用した空間的相互作用の新しい介入機会モデルの開発 (Kotsubo and Nakaya, 2021)、都市圏の人口分布構造にみられる変化の類型化 (神田ほか, 2020)、鉄道路線廃止の地域的影響評価 (佐川・中谷, 2020)、公園へのアクセスの環境的公正 (Yasumoto and Nakaya, 2020) 等、基礎的な地理学的分析研究を蓄積した。

モンゴル国ウランバートルにおけるフードシステム

モンゴルでは、とりわけ首都であるウランバートルに人口が集中し都市化が進んでいる。しかし他の新興国と異なるのは、伝統的に肉が主食であり、フードシステムには経済発展によって肉の消費量が増加している他国とは異なる特徴がみられる。ウランバートルでは小さなスーパーと「ザハ」と呼ばれる市場が市民への食料供給を支えてきた。また、需要の増大に応えるために、ウランバートルでは先進国と同様の巨大なショッピングセンターが数々出現している (Fig.4)。この研究は、ウランバートルにおける、特に伝統色である肉類の食料供給体系を含めたフードシステムの特徴と、住民の食料調達行動について明らかにするものである。

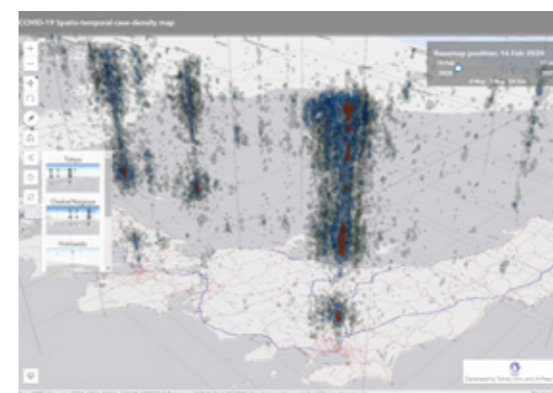


Fig.3 Screenshot of the COVID-19 Space-time 3D Map (<https://nakaya-geolab.com/covid19-stkd/japan/>)

Spatial Analysis

This lab also carries out methodological research, including the development of techniques for spatial data analysis and their empirical applications. Employing spatiotemporal kernel density estimation, which visualizes the tendency of spatiotemporal events in a 3D space, we developed the "COVID-19 Space-time 3D Map," disseminated on a cloud GIS in collaboration with JX Press Corp. (Fig. 3), and provided related technology to NHK. In addition, we have accumulated basic analytical geographic research as application studies, such as the development of a new intervening opportunity model of spatial interaction using kernels (Kotsubo and Nakaya, 2021), a typology of changes in the structure of population distribution in urban areas (Kanda et al., 2020), an assessment of the regional impact of the abolition of railway lines (Sagawa and Nakaya, 2020), and the environmental equity of park access (Yasumoto and Nakaya, 2020).

Food Supply System and Food Procurement Behavior in Ulan Bator, Mongolia

In Mongolia, the population is particularly concentrated in Ulan Bator, the capital, and urbanization is progressing. However, Mongolia has traditionally had meat as a staple food, and the food system has different characteristics from other emerging countries where meat consumption is increasing due to economic development. Many small supermarkets and marketplaces have supported the food supply to citizens in Ulan Bator. Because of current economic development, huge shopping centers similar to developed countries are emerging in Ulan Bator to meet the demands of wealthy people. This research clarifies the food supply system and the residents' food procurement behaviors in Ulan Bator.

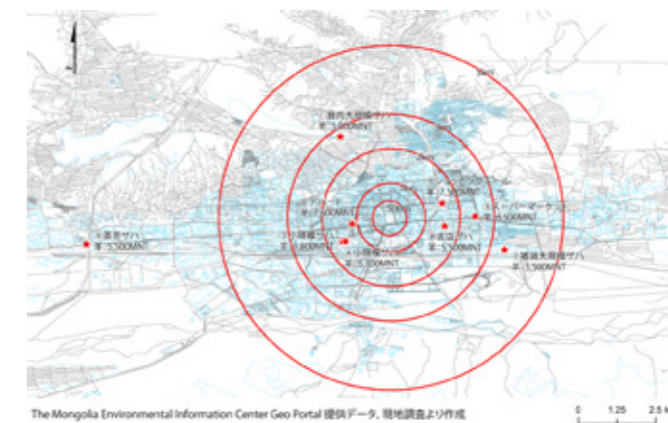


Fig.4 Distributions of supermarkets and marketplaces in Ulan Bator, Mongolia.

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、高炉製鉄に適した原料予備処理法の検討や、製鉄プロセスからの CO₂ 排出削減、バイオマスの有効利用等の研究を行っている。さらに、多孔質鉄粉の酸化還元反応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 give significant impacts on our future society. The laboratory investigates a wide range of research from fundamental to practical levels of the ironmaking process (Fig.1), for example, the preparation of high-quality burdens of the blast furnace, reduction of CO₂ emissions, and utilization of biomass. Further, the research and development of the oxidation/reduction reaction of porous iron powder and self-healing ceramics are performed.

高水素条件に適した鉄鉱石塊成鉱の製造技術開発

製鉄工程では、鉄鉱石から溶鉄 (溶融鉄 - 炭素合金) を製造する際に多量のークスが使用されているため、二酸化炭素排出量の大幅な削減が求められている。それを可能とする技術の一つとして、鉄鉱石還元材としての水素利用が検討されている。水素は石炭乾留時に副次的に生成されるため、製鉄所内のエネルギーフローを調整することにより、還元材としての利用が可能である。一方、水素の総括還元反応は吸熱となるため、還元時の原料低温化が懸念される。したがって、高水素濃度において低温で高い還元性を有する原料が求められる。我が国では主に粉鉄鉱石を塊成化した原料 (焼結鉱) を高炉に装入している。焼結鉱中の主な鉱物相はヘマタイト、マグネタイト、スラグおよび人工鉱物であるカルシウムフェライト (CFs) からなる。CFs は形態や化学組成により針状及び柱状に大別され、さらに共存する組織によっても分類が可能であると考えられる。また水素による還元性も各鉱物相で異なると予想される。そこで本年は、高水素濃度下の焼結鉱の還元挙動と焼結鉱中の鉱物相の関係について検討した。

Fig.2 に焼結鉱の断面組織写真を示す。鉄鉱石の残留した1次ヘマタイト (1H) と共存する針状 CF (1H-ACF) やマグネタイト (M) と共存する M-FCF 相などが観察された。Fig.3 に 1000°C まで還元した焼結鉱中の各 CF の還元性 (金属化率) を示す。金属化率は各鉱物

Development of the Production Technology of Iron Ore Agglomerates Suitable for High Hydrogen Conditions

Significant reduction of carbon dioxide emissions has been required of the iron and steel industry, as a large amount of coke made through the carbonization of coal has been used to produce hot metal (liquid iron-carbon alloy) from iron ore in the ironmaking process. Use of hydrogen as a reducing agent is a promising way to decrease the amount of carbon dioxide emissions. Hydrogen is available in the integrated steelmaking plant because it is a by-product of the coke-making process. On the other hand, it will lead to the decrease in temperature of raw materials because the reduction of iron ores by hydrogen is an endothermic reaction. Therefore, a higher reducibility of the iron ore burden at lower temperature is required in a high hydrogen condition. The main iron burdens of Japanese BF are iron ore agglomerates (iron ore sinter). It is known that the main mineral phases of sinter are hematite, magnetite, slag, and calcium ferrites (CFs) which is an artificial mineral. CFs can be sorted as acicular and columnar by shape and chemical composition, and CFs can be further classified by the coexisting structure. Moreover, the reducibility of CFs by hydrogen is considered different. In this study, the effects of mineral phases on the reduction behaviors of the sinter for high concentration hydrogen reduction are being investigated.

Fig.2 shows cross-sectional images of the sinters. In the right figure, primary hematite (1H), which means original iron ore, and acicular

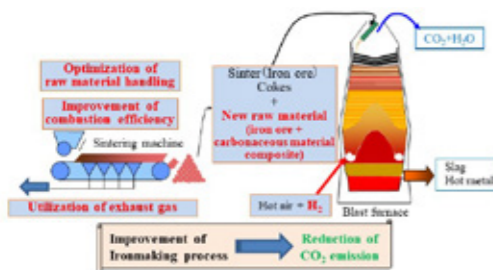


Fig.1 Strategy to reduce CO₂ emissions from the ironmaking processes.

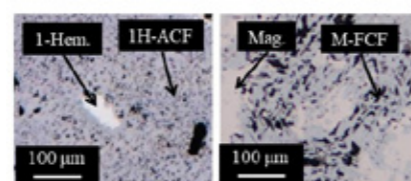


Fig.2 Cross sectional images of the sinter.

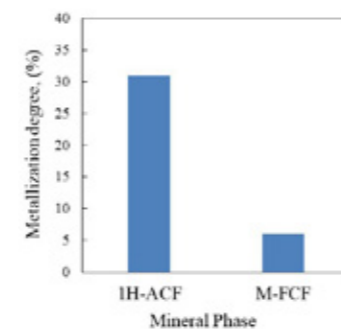


Fig.3 Metallization degree of calcium ferrite phases reduced up to 1000°C.

相が金属鉄まで還元された割合に相当する。同じ針状組織においても、1H-ACF は M-FCF より高い金属化率を示しており、1H-ACF は M-FCF より水素還元に適した鉱物相であるといえる。本研究において、水素利用製鉄に適した鉱物相を明らかにした。

金属鉄粒子の高温酸化反応を利用した自己治癒セラミックスの開発

構造用セラミックスは高い高温強度、耐摩耗性を有する材料であるが、材料表面のき裂の存在により強度信頼性が著しく低い。そこで、セラミックス基複合材料において、分散材の酸化によりき裂を消滅 (治癒) させる自己治癒セラミックスが提案されている。分散材は SiC や Ni が提案されているが、1000°C、1 h 程度の大気中熱処理が必要である。そこで本研究では Fe 粒子に着目した。Fe は Ni より卑な金属であり、比較的容易に酸化される。より低温で自己治癒が発現可能であれば、自動車のディスクブレーキへの応用等が期待される。そこで本年は Fe 粒子を分散させたセラミック複合材料の強度回復挙動について検討した。

Fig.4 および Fig.5 に 900°C、1 h で大気中および Ar-3% H₂ 雰囲気中で熱処理した試料の表面 SEM 像を示す。破線部はき裂導入に用いたピッカース圧痕に相当する。大気中熱処理した試料のき裂は大部分が酸化物で覆われており、その酸化物は X 線回折の結果によりヘマタイト (Fe₂O₃) であると考えられる。一方、還元性雰囲気である Ar-3% H₂ 中で熱処理した試料は酸化物の生成は認められない。Fig.6 に各試料の曲げ強度を示す。平滑材 (As-polished) に対して、き裂を導入した予き裂材 (As-cracked) は曲げ強度が低下している。Ar-3% H₂ 雰囲気中で熱処理した試料の曲げ強度は As-cracked とほとんど同じ値である。一方、大気中熱処理した試料は As-polished の 78% まで強度が回復している。結果として比較的低温の 900°C で強度回復が可能であることを明らかにした。

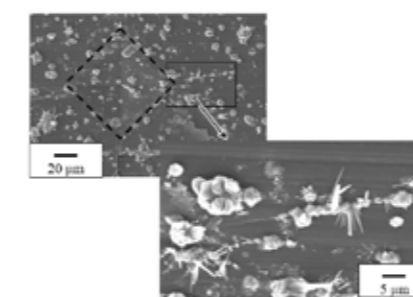


Fig.4 SEM images of sample surface of heat treated at 900°C for 1 h in air

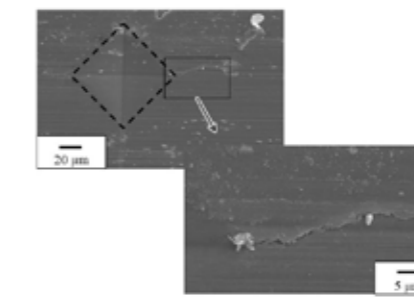


Fig.5 SEM images of sample surface of heat-treated at 900°C for 1 h in Ar-3% H₂

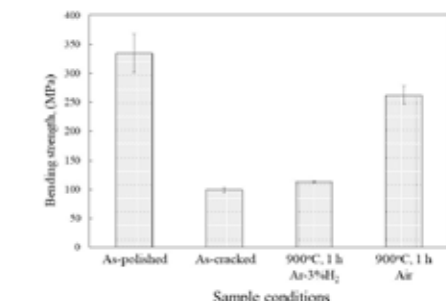


Fig.6 Bending strength of each sample

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



准教授 村田 功
Associate Professor
Isao Murata

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。2020 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 HCl, HF の経年変化の解析や、オゾン高度分布の検証などを行った。

Temporal variations of the total columns of hydrogen chloride (HCl) and hydrogen fluoride (HF) were observed with Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) at Tsukuba. We also retrieved profiles of ozone and validated the results using ozonesonde observation by the aerological observatory, Japan Meteorological Agency (JMA).

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 μ m 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, CH₄ 等についての論文を共同で発表している。今年度は新たに O₃ の高度分布検証を行うとともに HCl, HF の解析も継続している。

HCl は成層圏オゾン破壊の指標となる成分で、フロン規制によって大気中の塩素の放出量が減少したのに伴い 2000 年頃から減少傾向にある。一方、HF は HCl 同様フロンが主な発生源であるが化学的には安定なため力学輸送のトレーサーによく使われる。この 2 つの成分には数年毎に増減を繰り返す経年変化が見られておりこれは成層圏循環の変化の影響であるが、これとフロン規制による効果の関係をここ数年調べている。今年度は、共同研究を行っている名古屋大学宇宙地球環境研究所の北海道陸別における HCl, HF の観測結果とも

In collaboration with the National Institute for Environmental Studies, we have investigated 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, CH₄, and so forth. This year, ozone profile validations were performed, and the investigation of HCl and HF continued.

HCl is a good indicator of the potential for ozone depletion, and its concentration in the atmosphere decreased in the 2000s after chlorofluorocarbon (CFC) regulations were introduced. CFCs are also an HF source, and HF is a good tracer of atmospheric transport because it is chemically stable. These two species have shown increasing and decreasing trends due to short-term dynamical variability in the northern stratosphere. We are investigating the relation between the trends and the effect of CFC regulation. This year, we compared our results with those observed at Rikubetsu, Hokkaido, by the Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University. Here, we show the results of HCl. Fig.1 shows the 4-year trend of HCl for Tsukuba and Rikubetsu. For example, the trend for 2010 means the trend for 4 years from 2008 to 2011. Although the observed periods are different for the two sites, the trends are consistent between the two sites in 2003–2009 and 2016–2018. Fig.2 shows the 4-year trend of HCl at Tsukuba from observation and 3D chemical

比較した。Fig.1 に HCl のつくばと陸別における増加率の経年変化を示す。ここではある年を中心に前後 2 年、計 4 年分のデータにフィッティングした増加率をその年の増加率としている。つくばと陸別では観測期間に違いがあるものの、両者の重なっている 2003–2009 年、2016–2018 年の増減傾向はほぼ一致していることが分かった。次に、つくばについて 3 次元化学輸送モデルの結果と比較したものが Fig.2 であるが、これを見ると観測に見られる 2015–2017 年の増加がモデルでは再現されていないことがわかる。このモデルではフロン規制に従ったフロン類のエミッションを仮定していることから、つくばや陸別で観測された 2015–2017 年の増加は話題となった違法なエミッションの影響と考えられ、引き続き解析を進めている。なお、ここでは図は示さないが、HF についても同様の結果が得られている。

FTIR から導出した高度分布を検証するには気球や人工衛星による観測結果を利用するが、高精度の高度分布観測はオゾン以外ではあまりなく、その点でまずオゾンを用いて高度分布導出手法の妥当性を検討することは重要である。また、つくばの場合はオゾンゾンデ観測を行っている気象庁高層気象台がすぐ隣にあり、観測地の違いをほぼ考慮しなくてよいため高度分布の検証には最適である。Fig.3 に 2019 年 10 月 2 日について FTIR 観測から導出した高度分布とオゾンゾンデの結果とを比較した例を示す。オゾンゾンデ (赤点) は高度分解能が数 m と高く、一方 FTIR (青線) では 10 km 程度と低いため、高度分解能を FTIR に合わせたもの (赤線) と比較することになるが、およそ 18-35 km の高度では 10% 以内で一致している。2019 年に同日観測のあった 15 日 (58 スペクトル) について、0-9.8 km, 9.8-18.3 km, 18.3-27.7 km の 3 層に分けて比較したところ、それぞれオゾンゾンデに対するパーシャルカラムの比が 1.02 \pm 0.05, 1.11 \pm 0.19, 1.03 \pm 0.05 となり、数% から 10% 程度で一致することが確かめられた。昨年報告した HCHO の結果は NDACC/IRWG メンバーによる Sentinel-5 Precursor 衛星搭載 TROPOMI 観測の検証に使用され、論文化された (Vigouroux et al., Atmos. Meas. Tech., 2020)。また、地球環境変動学分野 (国立環境研究所) 博士課程の武田君、中島教授と HFC-23 の解析を進めていたが、この結果を Atmospheric Measurement Techniques 誌に投稿することができた。

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 2 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、今年から新たに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 10 回以上の審査会に出席している。

transport model simulations. The simulation could not reproduce the observed increase in 2015–2017. As this simulation used the emission scenario according to CFCs regulations, the observed increase in 2015–2017 is supposed to occur due to illegal emissions. We will continue to analyze HCl and HF.

Balloon and satellite observations are used to validate the retrieved profile from the FTIR observation. However, there are not many accurate profile observations, except for ozone. Therefore, it is important to investigate the validity of profile retrieval with ozone results. Furthermore, the Tsukuba site has an advantage, in that the ozonesonde site (JMA's aerological observatory) is located close to our site. Fig. 3 shows the comparison example of the observed ozone profiles by FTIR and ozonesonde on October 2, 2019. After the height resolution matching, the profile from FTIR agrees within 10% between 18 and 35 km. Comparison for the 15-day (58 spectra) observations in 2019 shows the FTIR/sonde ratio of 1.02 \pm 0.05, 1.11 \pm 0.19, and 1.03 \pm 0.05 for 0–9.8km, 9.8–18.3km, and 18.3–27.7km partial columns, respectively, indicating good agreement within ~10%.

The HCHO results (reported last year) were used for the validation of the TROPOMI instrument on board the Sentinel-5 Precursor satellite and published in Atmospheric Measurement Techniques (Vigouroux et al., 2020). Analysis of the HFC-23 in cooperation with Mr. Takeda and Prof. Nakajima in the Global Environment Division were submitted to Atmospheric Measurement Techniques.

Assoc. Prof. Murata serves as an evaluation committee member for the Center for Health and Environment, Miyagi Prefectural Government, and he attended two committee meetings. This year, he also became a member of the environmental assessment technology examination committee for the Miyagi Prefectural Government and attended more than 10 committee meetings.

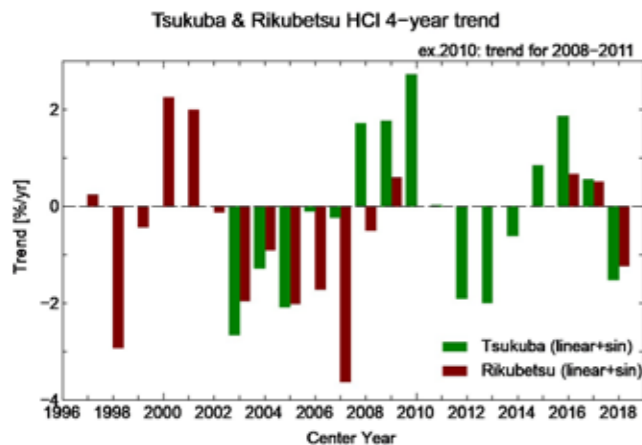


Fig.1 Temporal variation of 4-year trend of HCl for Tsukuba and Rikubetsu.

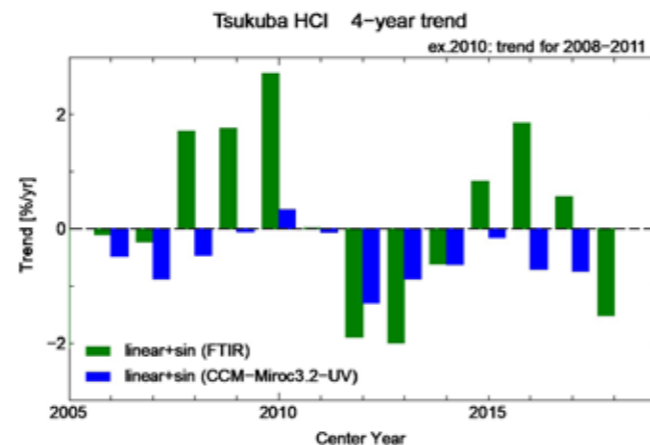


Fig.2 Temporal variation of 4-year trend of HCl at Tsukuba from observation and 3D chemical transport model simulations.

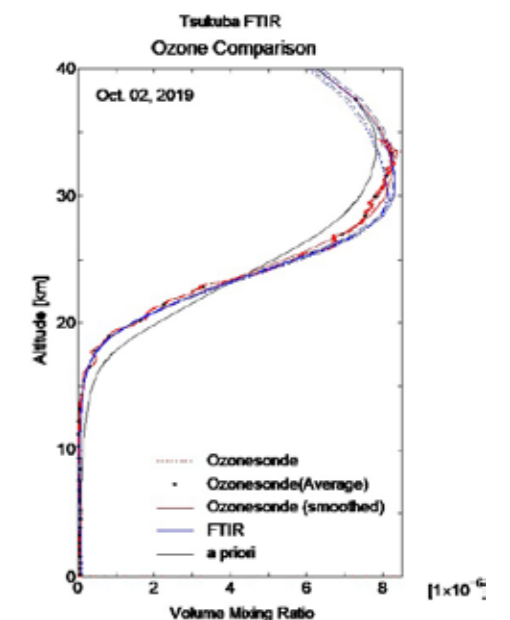


Fig.3 Example of the comparison of the observed ozone profiles by FTIR and ozonesonde on October 2, 2019.

水資源と水環境に関する研究

Researches on Water Resources and Environments



准教授 佐野 大輔
Associate Professor
Daisuke Sano



教授 李 玉友
Professor (協力教員)
Yu-You Li



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) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 下水処理場における温室効果ガス発生と最適な浄化機能の解析
- 5) 嫌気性消化槽にかかる排水処理と微生物群集動態の解明

Our research topics in 2020 were as follows.

- 1) System development of an early warning for COVID-19 centered on wastewater-based epidemiology
- 2) The development of evaluation approaches for the effect of climate change and land utilization change on natural environments
- 3) Mechanisms of flood wood generation caused by global warming and forest industry declination
- 4) The optimization of wastewater treatment and greenhouse gas emission
- 5) Bacterial community structure in wastewater treatment and anaerobic digestion reactors

新型コロナウイルスの下水疫学

COVID-19 の世界的な流行は収束の気配すら見せていない。その中で、COVID-19 罹患者の動向を比較的容易に把握できる方策として「下水疫学」に注目が集まっている。COVID-19 の病原体である新型コロナウイルスが感染者の糞便に排出されるため、下水中新型コロナウイルス濃度を測定することで下水集水域における感染者数の動向を把握し、その地域の居住者に対する行動の制限などの行政判断の材料として用いようとするものである。

水資源システム学分野では、今回の COVID-19 に関する下水疫学調査に先立ち、仙台市建設局、山形大学および株式会社日水コンとの共同研究により、下水中ノロウイルス濃度に基づいて仙台市内の下水処理区域の感染症流行状況を把握することを試みてきた。その結果、下水処理場の入口で測定されたノロウイルス濃度がノロウイルス患者数の増加に伴って上昇することが確認され、現在は下水調査を利用したノロウイルス早期検知システム（水監視システム）を運用している。この水監視システムでは、未処理下水中のノロウイルス遺伝子濃度を継続的に測定し、増加が認められたらその情報をメールにて発信し、衛生的な行動を呼びかけることで感染性胃腸炎の流行を未然に防ぐことを目指している。現在は情報発信用のウェブサイトを開設し（Fig.1）、情報を受け取りたい人がメールアドレスを登録することで（Fig.2）、下水中濃度に関する情報が得られるようになっている。非流行期のウイルス濃度レベルから算出した情報発信濃度を超過すると、登録者に向けて注意喚起と感染予防対策に関するメールが届く仕組みとなっている。

今回、水資源システム学分野では、ノロウイルスに関する成功事例をもとに、早期検知システムを新型コロナウイルスへ拡張することを仙台市建設局との共同研究により試みている。課題は、陽

Wastewater-based epidemiology for COVID-19

The global epidemic of COVID-19 has not shown signs of convergence. Recently, “Wastewater-based epidemiology” (WBE) has attracted attention as a measure to grasp the trends in COVID-19 patients. As the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), which is the pathogen of COVID-19, is excreted in the feces of infected people, the number of infected people in the sewage catchment area can be estimated by measuring the concentration of SARS-CoV-2 in sewage. The information obtained from sewage can be used for administrative decision-making, such as requesting behavioral restrictions to the residences.

Prior to this WBE study on COVID-19, the Laboratory of Urban and Regional Environmental Systems conducted WBE for norovirus through a joint research with Sendai City Construction Bureau, Yamagata University, and Nihon Suido Consultants Co., Ltd. As a result, it was confirmed that the norovirus concentration measured at the entrance of a wastewater treatment plant increased with the increase in the number of norovirus patients, and now the norovirus early detection system (water monitoring system) using the sewage survey is in operation. This water monitoring system continuously measures the norovirus gene concentration in untreated sewage, and if an increase is observed, we send the information by e-mail and call for hygienic behaviors to prevent an epidemic of infectious gastroenteritis. Currently, a website for disseminating information is in operation (Fig.1), and people who want to receive information can receive it and the sewage concentration by registering their e-mail addresses on this website. When the virus concentration level exceeds a non-epidemic period, the system sends an alert email (Fig.2) to the registered people with infection prevention measures.

Based on the successful case related to norovirus, the Laboratory of Urban and Regional Environmental Systems is trying to extend the early detection system to COVID-19 through a joint research with the Sendai City Construction Bureau. The question is whether the concentration of

性者数が欧米諸国と比べると 100 分の 1 程度である日本国内において下水中から新型コロナウイルスの濃度を測定できるのか、測定できたとして、早期検知のために活用できるのか、という点である。1 つ目の課題については、日本水環境学会の会長直属組織として 2020 年 5 月に設立された COVID-19 タスクフォースに参画し、情報交換等により手法の改善を試み、陽性者が少ない地域からの下水からでも感度よく新型コロナウイルスを検出可能な手法の構築に成功した。一方、2 つ目の課題については引き続き検討中である。現段階では、感染者のうち何 % が排出しているのか、感染のどの段階で糞便中に排出され始めるのか、排出期間はどの程度なのか、さらには症状が全く出ない感染者（不顕性感染）はウイルスを排出しているのか、などの情報が得られておらず、早期検知システムの確立には至っていない。COVID-19 の特徴であるクラスター型の感染伝播は、市中における感染者分布を不均一にすることが想像されることから、下水道管路網の上流に目を向け、コミュニティ単位や建物単位で調査して不顕性感染者が発生したコミュニティや建物を見つけて対応する形の方が、新型コロナウイルスに関しては有効かもしれない。その場合、対象となるコミュニティや建物の住民から、調査自体だけでなく、下水から新型コロナウイルスが検出された場合の情報の取り扱い方についても同意を得ておく必要があると考えられ、自治体及び住民との調整が重要と考えている。

the SARS-CoV-2 can be measured from sewage in Japan, where the number of positives is about one-hundredth that of Western countries, and if it can be measured, can it be used for early detection? Regarding the first issue, we participated in the COVID-19 Task Force, which was established in May 2020 as an organization under the direct control of the chairman of the Japan Society for Water Environment, and tried to improve the method. We have succeeded in constructing a method that can detect SARS-CoV-2 with high sensitivity. On the other hand, the second issue is still under consideration. Currently, there are unclear things that do not allow us to establish an early detection system for COVID-19, including what percentage of infected people excrete SARS-CoV-2, at what stage of infection SARS-CoV-2 starts to be excreted in feces, how long is the excretion period, and do infected people who have no symptoms (subclinical) excrete the virus. It seems that the cluster-type infection transmission of SARS-CoV-2 will make the distribution of infected people uneven in the city, which suggests that we should look upstream of the sewage pipeline network and in community units and building units. It may be more effective for SARS-CoV-2 to investigate and find out the communities and buildings where the subclinical infections have occurred. In that case, it is necessary to obtain consent from the residents of the target community and building regarding not only the survey but also how to handle information when SARS-CoV-2 is detected in the sewage.



Fig.1 Top page of the water monitoring system.



Fig.2 Registration page of E-mail address for the water monitoring system

資源・物質循環型社会の実現を目指して

Aimed on the realization of a resources-material recycling society



教授 吉岡 敏明
Professor
Toshiaki Yoshioka



准教授 亀田 知人
Associate Professor
Tomohito Kameda



助教 熊谷 将吾
Assistant Professor
Shogo Kumagai



准教授 齋藤 優子
Associate Professor
Yuko Saito

当研究室は、資源・物質循環型社会の実現を目指し、環境保全技術の研究・開発を行っている。例えば、高分子系廃棄物を付加価値の高い化学原料に転換する化学リサイクルプロセス、塩化揮発法により焼却灰から重金属等の忌避物質を除去して資源化するプロセス、粘土化合物を用いた環境負荷となる排水・排ガス中の無機及び有機物質の除去および排水からの選択的レアメタル回収、錯形成物質およびイオン会合体を用いた放射性 Cs 汚染水および土壌の浄化プロセス等に注目している。

Our laboratory is engaged in the research and development of environmental preservation technologies to realize recycling of materials and resources recycling in society. For example, we are focusing on a chemical recycling process for converting polymer wastes such as plastics into highly value-added chemical feedstocks, a process for recovering heavy metals from incinerated fly ash using chloride volatilization, a process for removal of inorganic and organic substances from wastewater and exhaust gas and for selective recovery of rare metals from wastewater using clay minerals, and a process for radioactive Cs-contaminated water and soil purification using complex-forming substances and ionic association.

研究テーマ

- ・プラスチックと減圧蒸留残渣油の共熱分解による化学原料化 (Fig.1)
- ・プラスチックとバイオマスの共熱分解による化学原料化
- ・プラスチックからの添加剤除去プロセスの検討
- ・使用済みワイヤーハーネスからのポリ塩化ビニル及び銅リサイクル法の開発
- ・ポリ塩化ビニルを用いた焼却飛灰からの重金属塩化揮発
- ・ポリマーの熱分解反応解析に用いる熱分解 - ガスクロマトグラフ / マルチ検出器の開発
- ・エチレン - 酢酸ビニル共重合体の紫外線劣化解析
- ・直鎖および環状スルホン酸修飾層状複水酸化物の合成とその吸着特性 (Fig.3)
- ・層状複水酸化物または酸化物による 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
- ・MnO₂/Mg-Al 系層状複水酸化物の創製と酸性ガス処理への応用
- ・有機修飾 TiO₂ によるビスフェノール A の吸着および分解 (Fig.4)
- ・キレート反応による汚染土壌中鉛の抽出および濃縮
- ・乳酸吸着材を用いた培地再生処理

Research topics

- ・ Method for producing chemical raw materials by co-pyrolysis of plastic and vacuum residue (Fig.1)
- ・ Method for producing chemical raw materials by co-pyrolysis of biomass and plastic
- ・ Investigation of the removal process of polymer additives from plastics
- ・ Development of poly(vinyl chloride) and copper recycling technology from waste wire harnesses
- ・ Heavy metal removal from incineration fly ash by chloride volatilization using poly(vinyl chloride)
- ・ Development of pyrolysis-gas chromatograph/multi-detector for polymer pyrolyzates analysis
- ・ UV degradation analysis of ethylene vinyl acetate copolymers
- ・ Synthesis of linear and cyclic sulfonic acid modified layered double hydroxides and its adsorption properties (Fig.3)
- ・ Selective adsorption of CO₂ using layered double hydroxides/oxides and reaction system development of useful chemical synthesis from adsorbed material
- ・ Synthesis of MnO₂/Mg-Al layered double hydroxides and evaluation of its acid-gas removal performance
- ・ Adsorption and decomposition of Bisphenol A by organic acid-modified TiO₂ (Fig.4)
- ・ Extraction and concentration of lead in contaminated soil by chelate reaction
- ・ Study of lactic acid adsorption for culture medium treatment

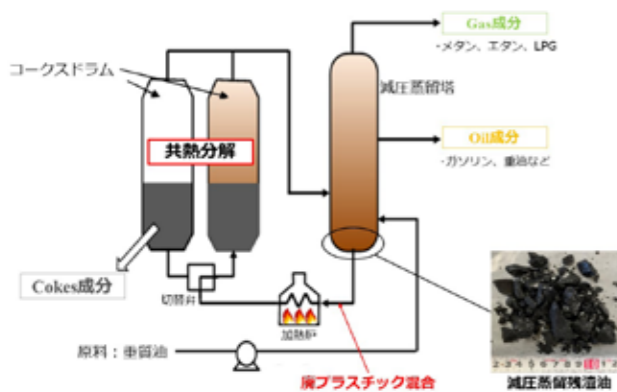


Fig.1 Chemical recycling of waste plastics using delayed coker

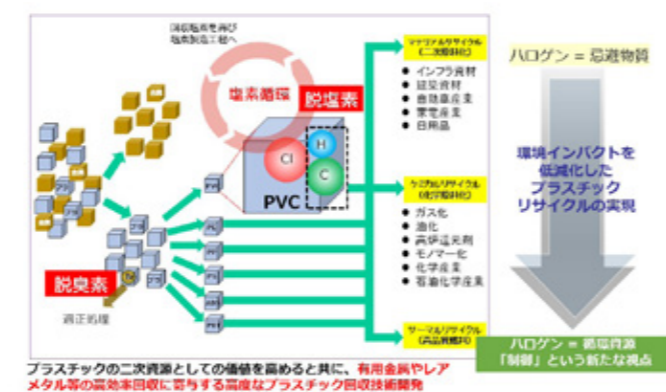


Fig.2 Halogen circulation

◇ 受賞 (計 11 件)

- 熊谷将吾
- ・令和元年度 プラスチックリサイクル化学研究会 研究進歩賞
- 陸嘉麒
- ・ICWMT15 Award of Excellent presentation
 - ・THE 6TH VIRTUAL CONFERENCE OF LOW CARBON ON ASIA & BEYOND BEST PRESENTATION
- 楊心怡
- ・Falling Walls Lab Sendai 2020 1st Place Winner
 - ・第 2 回環境科学討論会 研究科長賞
- 高橋由莉子、須藤れな
- ・第 12 回廃棄物資源循環学会東北支部・第 7 回日本水環境学会東北支部合同研究発表会 優秀発表賞
- 生田大地、丹治聖史
- ・令和 2 年度 化学系学協会東北大会 優秀ポスター賞
- 鈴木佑京、和泉希恵
- ・第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020 優秀ポスター発表賞

◇ 実施中のプロジェクト (計 10 件)

- 科研費 2 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.2) 等
- 受託研究 (NEDO・ERCA) 4 件
- 「大気中 CO₂ を利用可能な統合固定・反応系 (quad-C system) の開発」 ムーンショット型研究開発事業
 - 「プラスチックの化学原料化再生プロセス開発」 NEDO 先導研究 等
- その他共同研究等 計 4 件

◇ 基調・招待講演 (計 20 件)

- 吉岡敏明
- ・令和 2 年度 地域循環共生圏形成における資源循環分野の果たす役割と可能性 第 2 回シンポジウム
 - ・2020 The 4th International Conference on Integrated and Innovative Solutions for Circular Economy 等
- 亀田知人
- ・第 2 回マテリアル・ファブリケーション・デザインセミナー 同時開催第 10 回日本セラミックス協会 MFD 研究会 等
- 熊谷将吾
- ・FSRJ 研究奨励賞受賞講演、第 1 回 FSRJ 講演会 等

◇ 査読付き原著論文 (計 27 報)

◇ 及び 著書・総説・解説 (計 5 報)

- ・プラスチックケミカルリサイクルを進める動脈産業の役割と期待, 吉岡敏明, 熊谷将吾, 齋藤優子, *PETROTECH ~ 石油学会情報誌 ~*, 43 (4), 250-257.
- ・Simultaneous treatment of HCl-SO₂-NO_x gas with Mg-Cl layered double hydroxide intercalated with CO₃²⁻ and its recycling process, T. Kameda, M. Tochinal, S. Kumagai, T. Yoshioka, *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 17, 1179-1184.
- ・Simultaneous recovery of high-purity Cu and poly(vinyl chloride) from waste wire harness via swelling followed by ball milling, H. Kumar, S. Kumagai, T. Kameda, Y. Saito, T. Yoshioka, *Sci. Rep.*, 10 (1).

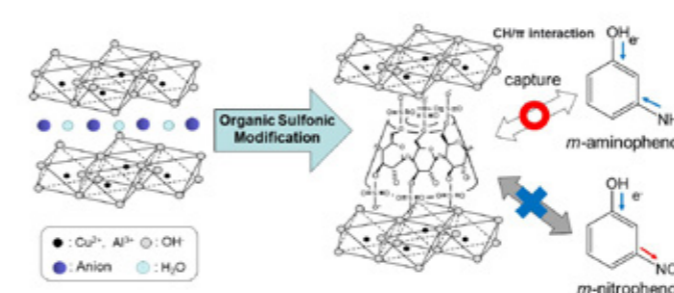


Fig.3 Selective adsorption of the phenolic compound by sulfonic acid modified layered double hydroxides

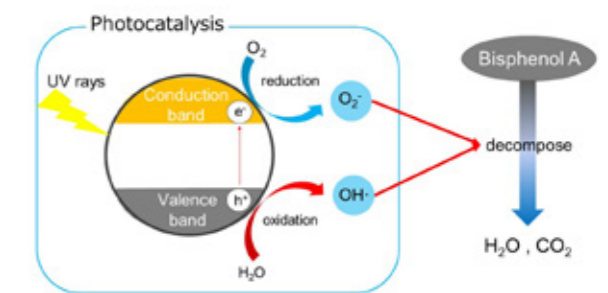


Fig.4 Decomposition of BPA by photocatalytic activity of TiO₂

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 鈴木 敦子
Assistant Professor
Atsuko Masuya-Suzuki



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以下の3点について報告する。1. 白金(II)ジラジカル錯体に基づくがんの光熱療法薬剤の開発、2. Yb(III)-シッフ塩基錯体の近赤外発光特性、3. アルキル鎖長に起因した配位環境の非対称化による三脚型シッフ塩基-ランタニド錯体の発光増強。

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, three examples will be described: 1) Pt(II)-diradical Complex toward Photothermal Therapy of Cancer, 2) Near-Infrared Luminescent Property of Yb(III) Complex with Tripodal Schiff Base, and 3) Low Symmetry of Coordination Environment due to the Alkyl Chain Length Leading to Enhancement of Ln Luminescence in Tripodal Schiff base-Ln Complex.

白金(II)ジラジカル錯体に基づくがんの光熱療法薬剤の開発

がんが日本人の死因の第1位となっており、誰でもアクセスできる持続可能な診断・治療法が求められている。がんの光熱療法は光熱変換プローブを投与し、照射に伴ってプローブから発生する熱によってがん細胞を殺傷する手法である。光源としてパルス光を用いれば超音波が発生し、それから光音響イメージング、ひいては診断が可能となる。診断・治療の一体化を念頭に、当研究室では生体透過性の高い近赤外光を高効率で吸収・光熱変換するプローブを開発してきた。今年度は光熱療法にフォーカスし、細胞レベルでのがんの殺傷能力を確認した(Fig.1)。白金錯体 PtL₂ (L⁻ = 3,5-dibromo-1,2-diiminobenzo-semi-quinone ligand) を水溶化するため、ウシ血清アルブミンと(BSA)の複合体を調製した。この水溶液にレーザー光(730 nm, 0.39 W)を30分照射すると温度が24から42°Cに上昇した。PtL₂-BSA複合体はがん細胞 MCF-7 によく取り込まれ、ミトコンドリアや小胞体に偏在した。そこにレーザー光(730 nm, 0.3 W)を照射したところ、照射領域にて細胞死が生じ(Fig.2)、PtL₂を光熱変換プローブとする光熱治療の可能性を見いだした(*RSC Advances*, 2020, 10, 6460.)

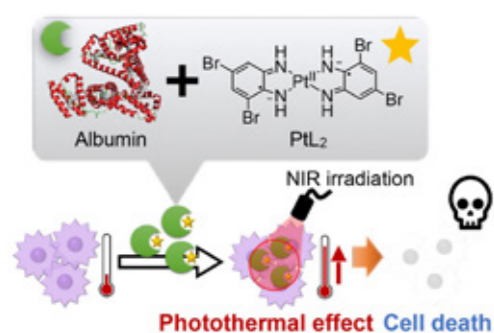


Fig.1 Concept of the photothermal therapy of cancer using PtL₂

Pt(II)-diradical Complex toward Photothermal Therapy of Cancer

Photothermal therapy is an affordable one for cancer. To obtain satisfactory results, a drug to convert the light energy to thermal energy with high efficiency is required. Taking advantages of non-fluorescence and a high ability to absorb near-infrared light, we studied a diradical complex PtL₂ (L⁻ = 3,5-dibromo-1,2-diiminobenzo-semi-quinone ligand) as the drug (Fig.1). PtL₂ is hydrophobic and insoluble in aqueous solutions. Therefore, a fivefold amount of bovine serum albumin (BSA) was used to solubilize it in phosphate buffered saline (PBS). Upon irradiation of laser light (730 nm, 0.39 W) for 30 min, the temperature of the solution ([PtL₂] = 40 μM, [BSA] = 250 μM in PBS) increased from 24 to 42°C. MCF-7 cells were incubated in a culture medium containing PtL₂ solubilized with BSA. Hyperspectral images of the cells showed that PtL₂ distributed in mitochondria and endoplasmic reticulum. Finally, the photothermal effect of PtL₂ on cell viability was studied; laser light (730 nm, 0.3 W) was irradiated to a 1-mm diameter region of cell culture medium containing MCF-7 cells with PtL₂ for 15 min. At the center of the region, cell death was observed (Fig.2). A control experiment using MCF-7 cells without containing PtL₂ showed no cell death upon irradiation of the light. These suggest that PtL₂ can be used as an agent for photothermal therapy.

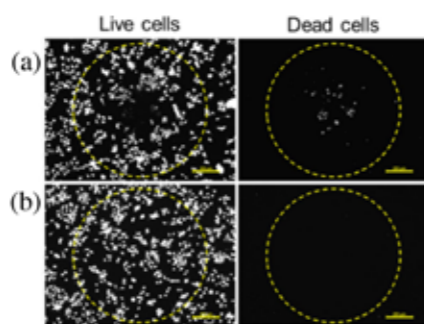


Fig.2 Fluorescence images of MCF-7 cells (a) with and (b) without PtL₂ (20 μM). The circle shows the laser spot. Scale bar: 200 μm.

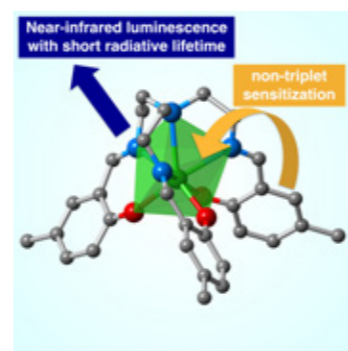


Fig.3 Seven-coordinated Yb(III) complexes with a tripod Schiff base.

Yb(III)-シッフ塩基錯体の近赤外発光特性

近赤外発光を示す3価のイッテルビウム(Yb(III))は、生体イメージング用プローブや発光材料への応用が期待される。特に、光吸収配位子を持つYb(III)錯体が示す発光では、高効率の励起ができると注目される。しかし、その発光特性に関する定量的実験値の報告例は不足しており、発光過程は十分に理解されていない。今回、我々は7配位のYb(III)-シッフ塩基配位子錯体(Fig.3)が非常に短い輻射寿命を示すこと、さらに配位子金属間電荷移動(LMCT)を経由するエネルギー移動が起きる可能性があることを見出した(Fig.4)。これらの知見は、エネルギー移動、無輻射失活、輻射失活の各過程を理解し最適化することにつながる(*ChemistryOpen*, DOI: 10.1002/open.202000224)。

アルキル鎖長に起因した配位環境の非対称化による三脚型シッフ塩基-ランタニド錯体の発光増強

ランタニド(Ln)発光は、中心Lnの配位環境の対称性が低いほど発光強度が強くなる。我々はワンポット合成で得られる三脚型シッフ塩基-Ln錯体について、従来のtrenを三脚型アミンに用いた系を拡張し、アルキル鎖長を長くした三脚型アミン(trpn)を用いたTb錯体(TbL^{tren}, TbL^{trpn})を合成した(Fig.5)。配位環境の違いについて、非対称性が高いほど値が大きくなるshape factor(S)によって評価したところ、TbL^{trpn}(S = 8.82, 8.90)はTbL^{tren}(S = 7.70, 7.77)よりも大きく、非対称性が高かった。さらに、TbL^{trpn}は明瞭なTb発光を示した一方、TbL^{tren}はTb発光と配位子由来のりん光が重なり合った発光特性を示した(Fig.6)。これは、TbL^{tren}ではTbから配位子への逆エネルギー移動によってTb発光の効率が低いことに対し、TbL^{trpn}は配位環境の対称性が低いことに起因して逆エネルギー移動が無視できるほど放射遷移が速いためと考える。

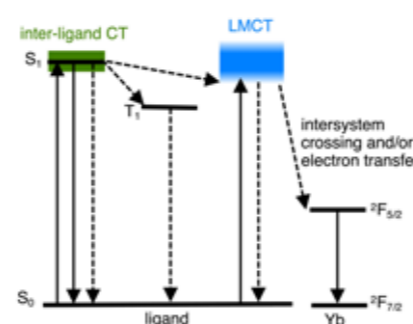


Fig.4 Proposed sensitization mechanism for the Yb(III) complex with a tripod Schiff base.

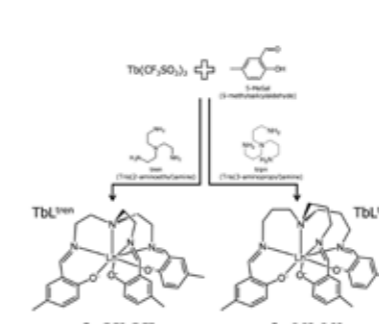


Fig.5 Synthesis, structure, and shape factor of TbL^{tren} and TbL^{trpn}.

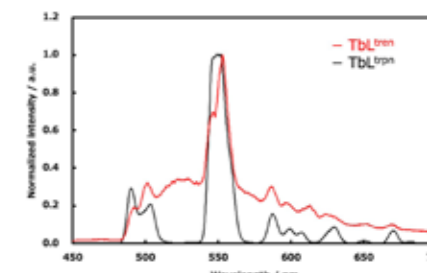


Fig.6 Emission spectra of TbL^{tren} and TbL^{trpn}.

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



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 近藤 朋子

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。

Micro/nano devices have continuing demands on biological science, engineering, and accurate analytical information. We have developed micro/nano-electrochemical systems for environmental/biomedical applications and 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.

バイポーラー電極を用いた細胞活性評価、および新規バイオイメージング技術の開発

電解質中に置いた導電性材料に電場を付与すると両端において酸化・還元反応が誘導され、その導電性材料をバイポーラー電極 (BPE) と呼ぶ。BPE は電気化学発光と組み合わせると、一端で起きる目的の電気化学反応を他端で生じる電気化学発光シグナルとしてモニタリングすることができる。

これを利用して、三次元的に培養された細胞凝集体 (スフェロイド) の酸素代謝活性を評価した。32 本の BPE が集積されたデバイスを作製し、乳がん細胞スフェロイドの酸素代謝活性を識別することに成功した (*ACS Sens.*, 5, 740 (2020))。本成果は、当該雑誌のカバーに選ばれた (図 5)。

さらに、配線が不要という BPE の特徴を最大限に生かし、「バイポーラー電気化学顕微鏡」を開発した。無電解析出を利用し、多孔膜の各孔の内部に金を析出させることで、平均の電極間隔が 41 μm という BPE アレイを得た。これを用いて溶液内のフェリシアン化物イオンのイメージングを行ったところ、100 ms の時間分解能で、フェリシアン化物イオンの拡散を可視化できた。また、呼吸活動に伴うスフェロイド周囲の酸素濃度減少をイメージとして捉えることにも成功した (*Analyst*, 145, 6895 (2020))。

Development of bipolar electrode arrays for cell analysis and bioimaging

When an electric field is applied to conductive materials placed in an electrolyte solution, oxidation/reduction reactions are induced at both ends of the materials. The conductive materials are called "bipolar electrodes" (BPEs). By combining BPEs with electrochemiluminescence, the target electrochemical reaction at one end of a BPE can be monitored by quantifying a luminescence at the opposite end.

By using this BPE-electrochemiluminescence system, the oxygen metabolic activity of three-dimensionally cultured cells (spheroids) was evaluated. The device with 32 BPEs successfully provided the oxygen metabolic activity of breast cancer cell spheroids (*ACS Sens.*, 5, 740 (2020)). The figure in the project was featured on the cover of the journal (Fig. 5).

Because BPE does not need any direct electrical connection, a large number of BPEs can be easily integrated into a single platform and is applicable to bioimaging, namely, "bipolar electrochemical microscopy" (BEM). The average interval between BPEs in our platform was 41 μm . By using BEM for the imaging of ferricyanide ions in a solution, the diffusion of ferricyanide ions was visualized with a time resolution of 100 ms. In addition, the decrease of the oxygen concentration near a tumor spheroid was visualized, which reflects the respiration activity of the tumor spheroid (*Analyst*, 145, 6895 (2020)).

電気化学デバイスを用いた、血管化スフェロイド、がんスフェロイドの酸素代謝計測

これまでに開発してきた電気化学計測ツールのうち、Bio-LSI、走査型電気化学顕微鏡 (SECM) を用いて、血管網を有する繊維芽細胞スフェロイドの酸素代謝機能の評価を行った。Bio-LSI を用いた酸素代謝の計測結果は、これまで研究室が知見を蓄積してきた SECM による結果と傾向がよく一致し、Bio-LSI による計測の妥当性が再確認された。さらに、血管化の有無で抗がん剤の投与時の酸素代謝の低下の程度に相違があることが確認できた。これは、薬剤効果における血管の影響の大きさを示しており、新たな薬剤評価プラットフォームとしての活用が期待される (*Electrochimica Acta*, 340, 135979 (2020))。一方、がんスフェロイドの評価では、スフェロイドが成長した際に内部に形成される壊死コアの形成時の酸素代謝の変化を調査した (*Analyst*, 145, 6342 (2020))。壊死コアの形成は、腫瘍においては、腫瘍微小環境の低酸素の程度を示す指標となる。壊死コア (図 6) が形成されるようなスフェロイドの大きさにすると、体積あたりの細胞の酸素消費量に減少が見られた。これは、スフェロイド中心部の細胞が呼吸できなくなっていることを示し、壊死コアの形成を非侵襲的に予測可能であることを示した。

その他の研究活動

バイオ用の 3D プリンターへの応用を目指し、糖を鋳型として、アルギン酸カルシウムの立体的なゲルを構築する技術を開発した (*J. Biosci. Bioeng.*, 130 539 (2020))。また、電気化学デバイスを用いたバイオ材料の加工技術 (*Adv. Biosyst.*, 4, 1900234 (2020))、電気化学発光を用いた細胞計測に関する総説論文 (*Micromachines*, 11, 530 (2020)) を出版した。さらに、多点液滴デバイスを用いた DNA の検出技術を和文誌へ発表した (*分析化学*, 採択)。

Oxygen consumption rate analysis of a vascularized spheroid and a tumor spheroid

We evaluated the oxygen consumption rates (OCRs) of a vascularized fibroblast spheroid using Bio-LSI and scanning electrochemical microscopy (SECM). The OCRs determined using Bio-LSI fairly corresponded to those using SECM, a conventional OCR measurement tool used for more than 20 years. The result indicates that Bio-LSI can be another analytical tool for OCR, with advantages in rapid detection. Furthermore, we found that vascularization enhanced anti-cancer drug effects in a spheroid culture, suggesting that vascularization should be considered in the drug-screening platform (*Electrochimica Acta*, 340, 135979 (2020)). For the analysis of a tumor spheroid, we investigated whether the formation of a necrotic core (Fig. 6) affected oxygen metabolism. The OCR per spheroid volume decreased with increased spheroid radius, indicating the limitation of the oxygen supply to the core of the tumor spheroid. OCR analysis using SECM noninvasively monitors the change of oxygen metabolism in tumor spheroids. The approach is promising to evaluate various three-dimensional culture models (*Analyst*, 145, 6342 (2020)).

Others

We developed a new method using sacrificial templates of sugar structures to fabricate three-dimensionally (3D) designed Ca-alginate hydrogels (*J. Biosci. Bioeng.*, 130 539 (2020)). In addition, two review papers related to biofabrication (*Adv. Biosyst.*, 4, 1900234 (2020)) and electroluminescence (*Micromachines*, 11, 530 (2020)) using electrochemical devices were also published. Furthermore, a new concept to detect a DNA duplex was proposed using a droplet array device in *Bunsekikagaku*.



Fig.1 Lab members 2020

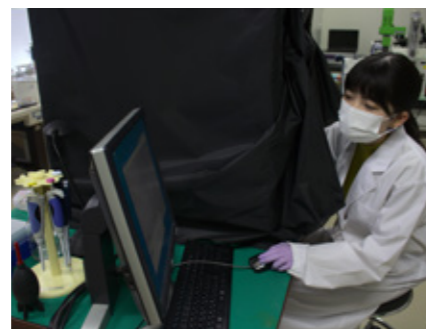


Fig.2 Electrochemiluminescence analysis



Fig.3 Oxygen consumption rate analysis using scanning electrochemical microscopy

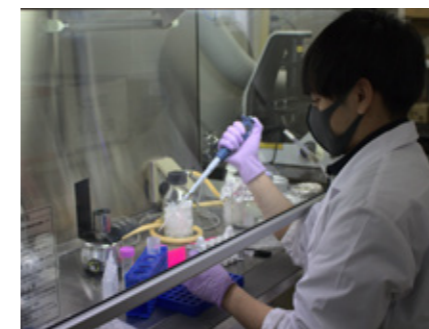


Fig.4 Enzymatic assay in a bio-safety hood



Fig.5 Our research featured on the cover of ACS Sensors

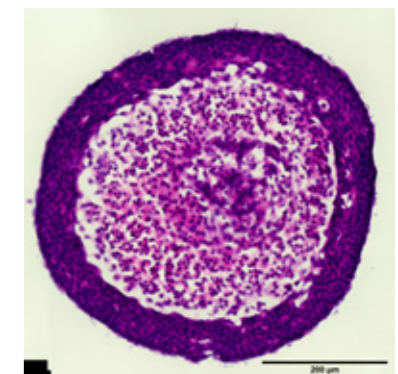


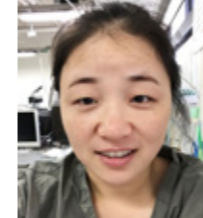
Fig.6 Tumor spheroid with a necrotic core evaluated in our study

環境調和型化学プロセスの開発

Green Process Development



教授 スミス・リチャード
Professor
Smith Richard Lee Jr.



助教 郭海心
Assistant Professor
Haixin Guo



Lab members

我々が持続可能な生活を送るために必要となるエネルギーの全ては、地球に降り注ぐ太陽エネルギーによって賄うことができる。水と二酸化炭素を使って、地球環境に優しくクリーンな化学プロセスを開発することは可能である。圧力と温度を制御することで水と二酸化炭素は有機溶媒に近い性質を発現できるため、プロセスの高効率化や環境負荷の軽減を達成することが可能となる。私たちの研究室では、環境調和型溶媒である水「CO₂」「イオン液体」を研究の中心に据え、バイオマス変換、材料合成、廃棄物のリサイクル、合成化学、高分子加工及び分離プロセスの研究を行っている。また、化学工学的な視点から、プロセスの高効率化に向けた基礎物性の測定やモデル化などにも取り組んでいる。

Solar energy provides all the energy that our society needs for sustainable living. Water and carbon dioxide can be used to develop chemical processes that are clean and friendly to our environment. In the supercritical state, both water and carbon dioxide can be made to mimic the properties of many organic liquids that provide both performance and advantages and environmental benefits. With these solvents, our laboratory studies biomass conversion, material synthesis, waste recycling, synthetic chemistry, polymer processing and separation processes.

太陽エネルギーにより、年間 950 億トンの炭素循環が可能となる。このエネルギーのうちわずか 10% を利用するだけで、人類は自然と調和した持続可能な生活を送ることができる。水と二酸化炭素、特にそれらの超臨界状態を利用することで、低環境かつクリーンな化学プロセスを構築できる (Fig.1)。

水と二酸化炭素 (CO₂) は、超臨界状態において有機溶媒に近い性質を持ち、操作性と環境調和性の双方に優れた溶媒となる。化学プロセスの例としてバイオマス分解、材料合成、廃棄物リサイクル、合成化学、高分子加工がある。例えば当研究室では、イオン液体と超臨界 CO₂ を用いたセルロース系バイオマス(セルロース、ヘミセルロース、リグニン) の反応・分離プロセス (Fig.2) を検討している。イオン液体にバイオマスを溶解・反応させ、温度・圧力を操作することで超臨界 CO₂ の物性を操作し、選択的に反応生成物の反応・分離を行うものである。イオン液体は蒸気圧が極めて低いため大気への飛散の恐れが小さく、環境調和型プロセスとして期待される。

当研究室では、主に環境調和型の溶媒を用いた化学システムおよび化学プロセスの開発に関して研究を進めている。その多くが超臨界流体、特に超臨界 CO₂ と超臨界水の特長を利用するものである。具体的には、高温高圧水中でのバイオマス・プラスチック・炭化水素・重質油の改質反応、水熱合成による無機複合化合物微粒子の合成、ハイドレート形成を利用した効率的な水素貯蔵システムがある。これらの研究は、世界中の大学等との共同研究としても行っている。

The energy from the sun can drive 95 billion tons of carbon a year. Using only 10% of this solar energy, we can live a sustainable life in harmony with nature. Both water and carbon dioxide, especially in the supercritical state, can be used to develop chemical processes that are clean and friendly to our environment (Fig.1).

Supercritical water and carbon dioxide (CO₂) have properties close to those of organic solvents, which are excellent in both operability and environmentally friendly (Fig.2). Such chemical processes include biomass conversion, material synthesis, waste recycling, synthetic chemistry, and polymer processing. For example, our laboratory studies the reaction and separation process of cellulose-based biomass (cellulose, hemicellulose, and lignin) using supercritical CO₂ combined with ionic liquids (Fig.3). The reaction and separation of biomass dissolved in ionic liquids can be controlled by manipulating physical properties of supercritical CO₂ using temperature and pressure. Ionic liquids can be easily separated and recovered after the reaction due to their extremely low vapor pressure, and therefore they are attractive as alternative environmentally friendly solvents.

Our laboratory conducts research and development of chemical systems and chemical processes mainly using environmentally friendly solvents such as supercritical fluids, especially carbon dioxide and water. Our research topics are reforming of biomass, plastics, hydrocarbons, and heavy oil in high-temperature and high-pressure water, synthesis of fine inorganic oxide particles by hydrothermal synthesis, and development of hydrogen storage in clathrate hydrates. We now collaborate with researchers around the world.

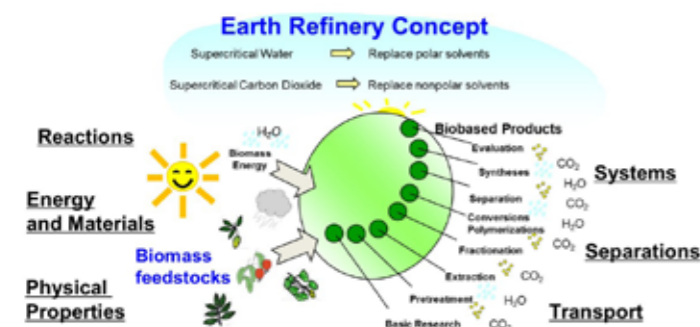


Fig.1 Development of Sustainable Products and Systems.



Fig.2 Green Chemical Process

研究概要

- (1) 新しい CO₂ フリーなエネルギー源 (カーボンニュートラルな電気) の開発
 - (2) バイオマス関連化合物の選択的アミノ化または水素化のための新しい化学物質の開発
 - (3) 製薬業界で使用されている有害な溶媒にとって代わる安全性の高い新しい混合溶媒の提案
 - (4) バイオマスからの新しい機能性バイオカーボン触媒の開発
 - (5) バイオ燃料製造のための新しい環境低負荷な合成経路および分離法の確立
 - (6) 超臨界流体による新しい材料の開発
- グリーンケミカルプロセスを考える上で、使用物質と手法の安全性や 3R (リデュース、リサイクル、リユース) に基づいて、溶媒、触媒、反応条件と操作の選択を行い、再生可能材料をエネルギーや製品に変換するということが重要である。

国際交流、学会発表

- [1] 9月24-26日 阿部 友哉 (M1)、井上 雄斗 (M2)、廣崎 勇太 (M2) 化学工学会 第 51 回秋季大会 (Fig.3-4)
- [2] 10月30日 阿部 友哉 (M1) 第二回環境科学討論会 (Fig.5)
- [3] 11月26日 中村 健太郎 (M1) 第 26 回流動化・粒子プロセスシンポジウム、第 15 回反応装置・プロセスシンポジウム
- [4] 2020年2月-2021年1月 Hebei University of Technology, China, Dr. Zhang Xiao, 海外研究者の来学。
- [5] 2020年2月-2021年1月 Agro-Environmental Protection Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China, Dr. Shen Feng, 海外研究者の来学。
- [6] 廣崎 勇太 (M2) Renewable Energy, 157 (2020) 951-958 にオンライン掲載された。(Fig.6)

Research

A green chemical process is one that sustainably transforms renewable raw materials into products for society using safe, fast (efficient), and clean (non-polluting) operations and methods. A green chemical process uses the fundamental principles of Green Chemistry and Green Engineering and exists in harmony with the environment. Students use their own ingenuity to conduct research on

- (1) creating new CO₂-free energy sources (carbon-neutral electricity),
- (2) developing new chemistries processes for selective amination or hydrogenation of biomass-related compounds,
- (3) proposing new safe solvent mixtures to replace the hazardous solvents used in pharmaceutical industries,
- (4) developing new functional biocarbon catalysts from biomass with hydrothermal methods,
- (4) creating new green synthesis routes and separation methods to produce biofuels,
- (6) developing new materials with supercritical fluids.

Key to many green chemical processes is the conceptual idea for of converting renewable materials into energy or products through the choice of solvents, catalysts, conditions, and operations along with safety of safe materials and methods and attention to the 3Rs (Reduce, Recycle, and Reuse) in each conceptual step.

International exchange and conference

- [1] 2020.2-2021.1, Dr. Zhang Xiao, Hebei University of Technology, China, researcher
- [2] 2020.2-2021.1, Dr. Shen Feng, Agro-Environmental Protection Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, China, Researcher.

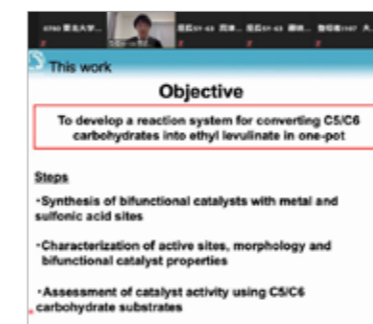


Fig.3 Presentation of Yuya Abe (M1) in 化学工学会 第 51 回秋季大会



Fig.4 Presentation of Yuto Inoue (M2) in 化学工学会 第 51 回秋季大会

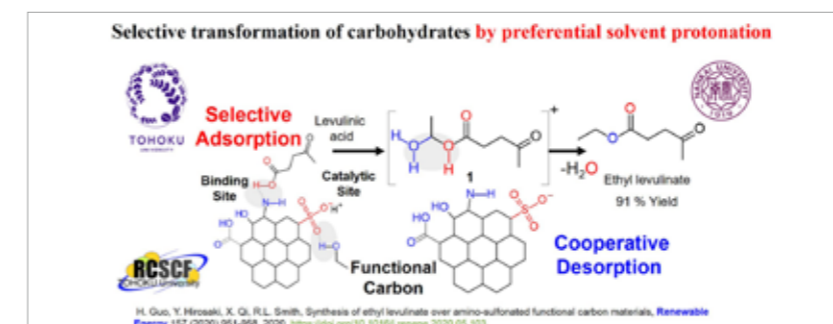


Fig.6 Renewable Energy, 157 (2020) 951-958, Yuta Hirosaki (M2)



Fig.5 Poster of Abe (M1) presentation in 第二回環境科学討論会 Tohoku University

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



日本学術振興会特別
研究員 楊 鎮駿
JSPS Research Fellowship
for Young Scientist
Researcher
Zhenjun Yang



Group photo (昨年度)



Group photo (昼食)

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成を目指し、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 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 the 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樹脂を作製し、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。圧電ナノ粒子分散CFRP複合材料の分極処理は炭素の導電性により困難であったが、上記手法により曲げ振動や衝撃荷重から電圧・電力を回収できる軽量で強靱なCFRP複合材料の実現可能性が示され (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害となっている。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 (Fig.2)。また、Fe-Co ワイヤをアルミニウム合金に埋め込む技術を確認し、衝撃を電気に変換する軽金属複合材料を開発している (Fig.3) 他、2本のFe-Coワイヤを撚って埋め

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 in the upper and lower surfaces. A large electric field was applied by corona discharge, which polarized the composite successfully. The results suggest that the CFRP layer can be used as an electrode to develop CFRP composite materials with energy-harvesting performance (Fig.1). Such novel findings are promising for the fabrication of piezo-resin/CFRP composite generators, opening the door for the design and development of lightweight, robust, and efficient energy-harvesting structures.

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 developed magnetostrictive Fe-Co wire-embedded epoxy matrix composites to increase the flexibility of the material (Fig.2). A class of lightweight Fe-Co wire/Al-Si matrix magnetostrictive composites was also prepared, and the excellent energy-harvesting performance was exhibited (Fig.3). Furthermore, we showed that a design with twisted Fe-Co wire

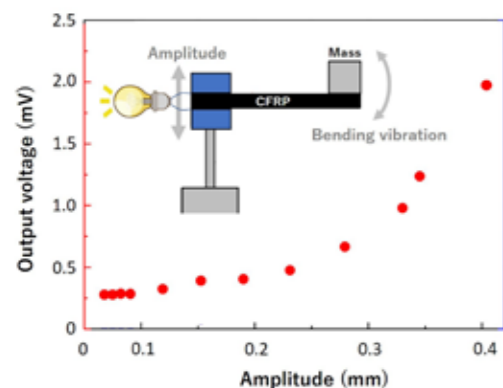


Fig.1 Output voltage versus amplitude (frequency fixed at 60 Hz) for piezo-resin/CFRP composite under bending vibration.

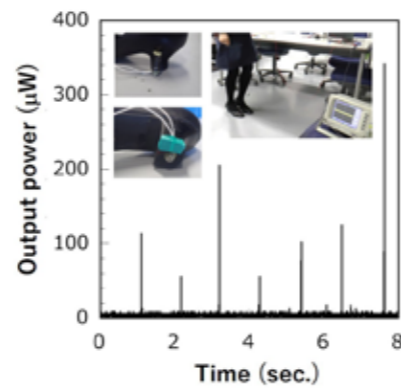


Fig.2 Output power obtained by magnetostriuctive wire integrated shoes during the usual walk.

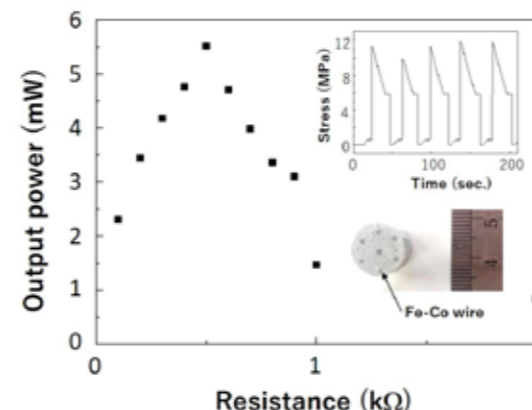


Fig.3 Output power for Fe-Co wire/Al-Si matrix magnetostrictive composite under compression with differing resistive loads.

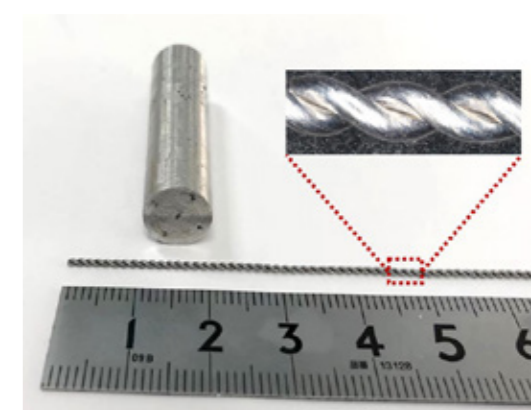


Fig.4 Photography of the twisted Fe-Co wire/Al-Si matrix composite.

込む (Fig.4) ことで高出力化も実現している。金属母材の複合材料によって、強度が必要とされるアルミニウム合金製の自動車部材や高温環境で使用される輸送機器のエンジン駆動部にも振動・衝撃発電機能を付与することが可能となり、期待が寄せられている。

セルロースナノファイバー強化ポリマー複合材料

セルロースナノファイバーは、木質繊維を極限まで破碎して得られるナノ繊維で、超高強度、軽量、低環境負荷であることから、複合材料の次世代強化繊維として大きく注目されている。しかしながら、ポリマーと複合した際の強化機構については明らかになっていない状況にある。本研究室では、セルロースナノファイバーをエポキシ樹脂に分散させ、強化機構解明に成功している。

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>
 - ・2020 年度 第 7 回 IRMAIL サイエンスグラント「ヴァーダー・サイエンティフィック賞」(栗田)
- <報道>
 - ・2020 年 4 月 6 日 日刊自動車「材料界の逸材」植物由来の CNF 金属との複合化で飛躍的に用途拡大
 - ・2020 年 11 月 19 日 日刊工業「衝撃発電高効率に 軽金属複合材料を開発」
 - ・2020 年 11 月 26 日 Advanced Science News “Grabbing viruses out of thin air”
 - ・2020 年 12 月 7 日 日経産業「コロナ社会の安心提供 電源不要のウイルスセンサー」

significantly enhanced the output performance of the magnetostrictive Fe-Co/Al-Si composite (Fig.4). Our work proposes a feasible exploration on fabricating lightweight magnetostrictive composites that are potentially applied in sensors or energy-harvesters, especially at a relatively high temperature.

Cellulose Nanofiber-Reinforced Polymer Composites

Cellulose nanofiber (CNF) is a nanofiber obtained by the extreme crush of wood fibers. CNF attracts attention as a new generation reinforced fiber for composite materials, owing to its outstanding mechanical properties, lightweight, low environmental load, and so forth. However, the strengthening mechanism of CNF in a polymer matrix has not been revealed. Therefore, we evaluated the strengthening mechanism of CNF in epoxy resin.

Other Activities

- <International exchange>
 - ・JSPS Core-to-Core Program “Establishing an International Research Center for Multi-Energy Harvesting Materials and Devices to Realize the IoT Society”
- <Award>
 - ・7th IRMAIL Science Grant “Verder Scientific Award” 2020 (H. Kurita)
- <Media coverage>
 - ・April 6th, 2020 Daily Automotive News “Plant-Derived CNF: Expanding Applications Through Combinations with Metals”
 - ・November 19th, 2020 The Nikkan Kogyo Shimbun “Lightweight Metallic Matrix Composites: Development of High Efficiency Vibration Energy Harvesting Material”
 - ・November 26th, 2020 Advanced Science News “Grabbing Viruses Out of Thin Air”
 - ・December 7th, 2020 Nikkei Business Daily “Peace of Mind During COVID-19: Virus Sensors without Power Supply”

循環型社会を目指した 材料製造プロセスの研究

Environment-friendly Material Processing



教授 コマロフ・セルゲイ
Professor
Sergey Komarov



准教授 吉川 昇
Associate Professor
Noboru Yoshikawa



助教 山本 卓也
Assistant Professor
Takuya Yamamoto

本研究グループの研究目的は、環境調和型の材料プロセスを開発し、持続可能な社会を実現することである。この目的を達成するために、物理作用や波の効果を利用して伝統的な材料プロセスを変革することに挑戦する。物理場は処理される物質に選択的にエネルギーを供給する。エネルギーを供給する手法が極端に限られた高温プロセスに対しては、このような物理場や波は特に有効である。本研究グループの別の研究は物理モデルと数値シミュレーションである。この分野では、溶湯処理や金属 casting、排水処理といったプロセス内での、単相流、混相流に対する流動、熱、物質輸送を解明する基礎研究を行なっている。

The purpose of our group is to develop environmentally friendly material processes in order to contribute to building a sustainable society. To achieve this purpose, we are trying to break the barriers of traditional materials processing with the help of physical fields and waves. Physical fields offer an effective way to selectively supply energy to the materials being processed. Physical fields and waves are especially attractive for high-temperature processes, for which the choice of techniques available for supplying energy are severely limited. Another field of our research activity is physical modeling and numerical simulation. In this area, fundamental studies are performed to clarify the fluid dynamics and the heat and mass transport phenomena in single and multiphase flows in such processes as melt treatment, metal casting, and waste processing.

超音波を利用した材料プロセッシング

超音波は気体や液体、固体のような弾性体中での超音波伝播能力や必要とされる場所へ超音波のエネルギーを伝播させる能力に影響される。本研究での目的は、超音波に関連した現象を調査し、溶融金属、排水、排気ガスに対するより効率的で持続可能な処理プロセスを開発することである。特に、当研究室では溶融アルミニウム中で初めて音響流を計測することに成功した。これらの計測をもとにアルミニウム合金の超音波 DC 鋳造を計算できる数値モデルを開発した (Fig.1)。音響キャビテーション、音響流と電磁プロセスを組み合わせることで、“フローズンエマルジョン”と呼ばれる新しいタイプの複合材料を作成する魅力的な技術を開発した。ここで、フローズンエマルジョンとは、微細金属粒子が他の金属、非金属母相中に均一に分散したものである。このような材料は自動車産業や廃熱回収技術に利用できる。水-ガリウムのモデル実験においてハイスピードカメラを利用することで、エマルジョン形成メカニズムを解明する動画を撮影することに成功した。Fig.2 に示すように、キャビテーション気泡は水-ガリウム界面付近で圧壊し、微細ガリウム液滴を形成する。

Ultrasonic Processing: Fundamentals and Applications

The effects of ultrasound waves are associated with the ability of ultrasound to propagate through such elastic mediums as gases, liquids, and solids and, thus, to transfer energy to where it is needed. The purpose of our research is to investigate the ultrasound-related phenomena and to develop more efficient and sustainable processes for the treatment of liquid metals, wastewater, and exhaust gases. Particularly, we have developed for the first time a method to measure acoustic streaming velocity in molten aluminum. Based on these measurements, we developed a new numerical model to simulate the ultrasonic-assisted DC casting of aluminum alloys (Fig.1). The combination of acoustic cavitation and acoustic streaming with electromagnetic processing provides an attractive technique to fabricate a new type of composite material called “frozen emulsion,” in which fine solidified particles of one metal are uniformly distributed in the matrix of another metal or no-metal. Such materials are useful in the automotive industry and waste heat technologies. Using a model water-gallium system and ultrahigh-speed video camera, we succeeded in taking video images elucidating the emulsion formation mechanism. As shown in Fig.2, cavitation bubbles implode near the water-gallium system, causing formation of extremely fine Ga droplets.

電磁場を利用した環境 / 材料プロセッシング

本研究室では、マイクロ波 (GHz) や電磁力 (kHz) 領域の高周波を利用した材料プロセッシングについて研究を行なっている。一例として NiO の炭素還元におけるマイクロ波加熱の影響に関する研究について紹介する。種々の工業製品のプロセスにおいて発生するスラッジなどには有用な金属が含まれている場合が多く、これをリサイクルすることが望まれている。例えばメッキ液やステンレス鋼の酸洗スラッジに含まれる Ni は、これら廃棄物を焙焼し酸化物にした後、炭素による還元を経て金属 Ni の再生を行うことができる。マイクロ波加熱を用いた NiO の炭素還元プロセスでは、1. 炭素がマイクロ波エネルギーを有効に吸収し発熱しやすいこと、2. 金属粒子が生成すると、電磁波との特殊な相互作用を持ち粗大化しやすいこと、3. マイクロ波磁場は NiO の加熱には作用せず、マイクロ波電場の影響が大きいことを報告している。現在、温度計測の検討と共に、更に詳細な研究を行なっている。Fig.3 には、マイクロ波還元した Ni の XRD プロファイルと SEM 像を示す。

Application of Electromagnetic Field to Environment / Material Processing

In our lab, fundamental studies on the application of high frequency electromagnetic materials processing have been performed. As an example of a microwave heating application, carbothermic reduction of Ni oxide is investigated. It is intended to recycle valuable metals, such as Ni from industrial sludge, from their aqueous solutions; sludges are converted into oxide states after roasting. They are reduced using carbon (graphite). We reported that microwave heating for exciting the reduction reaction has the following characteristics. 1. Graphite has high microwave absorbability and is well heated. 2. Once generated, the metal particles have special interactions with microwaves and are well coagulated. 3. Microwave electric field is more effective to heat NiO than the magnetic field is. Currently, we are performing further detailed investigation on the reduction processes with improving the temperature measurement techniques in microwave heating. Fig.3 demonstrates the XRD profile change by the reduction and SEM image of the reduced metal (Ni).

環境調和を考慮した金属製造・加工プロセス

アルミニウムの溶湯処理プロセスにおいてはハロゲン化物を利用して不純物を除去するが、環境負荷低減のためその使用量を低減させる必要がある。この利用量を低減するため、物理的な効果を用いて反応効率を向上させる。具体的には、アルミニウム溶湯処理中のハロゲンガス気泡の微細化メカニズムを解明し、その処理に伴い発生する酸化皮膜の巻き込みを低減する技術開発を行っている。これらは、水モデル実験、アルミニウム攪拌、スーパーコンピュータを利用した攪拌シミュレーションを用いて総合的に研究を行っている。例えば、Fig.4 のように数値シミュレーションを利用することで機械攪拌操作中での巻き込みメカニズムを解明し、基礎メカニズムから酸化物巻き込み低減のための指針を示している。

Environment Friendly Metallurgical Processing

In the aluminum purification process, halides are used to remove impurities, but it is necessary to reduce the amount of halides and to reduce the environmental impact. To reduce the amount of halides, physical effects are used to improve the reaction efficiency. Specifically, we are clarifying the fragmentation mechanism of halogen gas bubbles during the melt treatment and developing technology to reduce the entrainment of oxide film generated in this process. These studies are being carried out comprehensively using water model experiments, aluminum stirring, and stirring simulations with a supercomputer. For example, as shown in Fig.4, the entrainment mechanism during mechanical stirring is clarified by numerical simulation, and the guideline for reducing the oxide entrainment is created based on the basic mechanism.

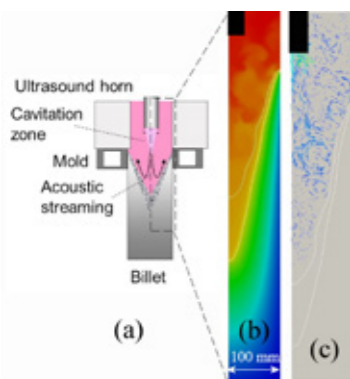


Fig.1 A schematic representation of ultrasonic-assisted casting (a) and numerically predicted temperature (b) and melt velocity (c) distributions

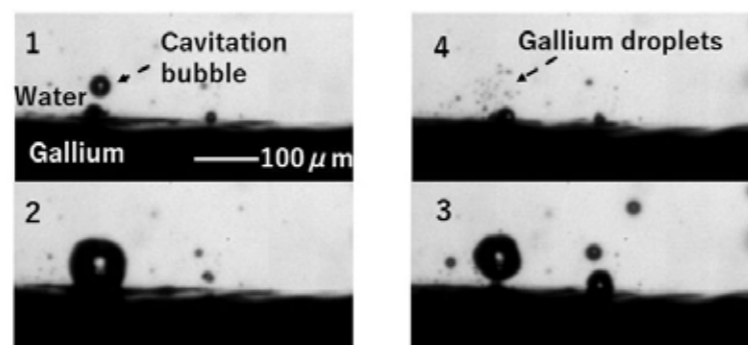


Fig.2 Screenshots of Ga droplet formation in water under the action of cavitation bubbles

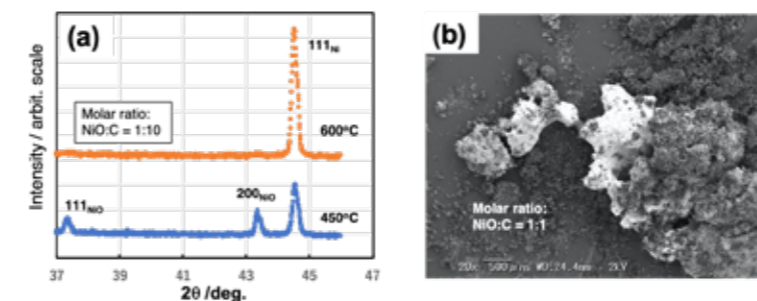


Fig.3 (a) XRD profiles of microwave reduced Ni from NiO+C mixture. (b) SEM image of reduced Ni at 600°C (Switched off after reaching the shown temperature)

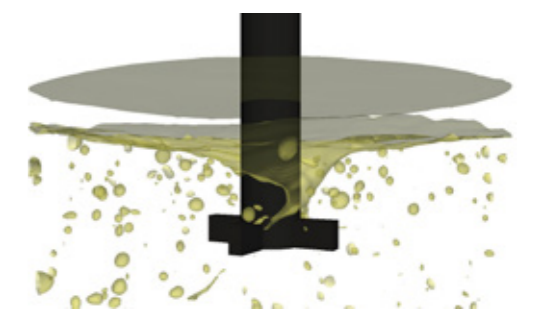


Fig.4 Numerical result of oil layer entrainment on water during mechanical stirring.

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、1960年初頭に 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エントロピー変化を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。

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

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 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).”

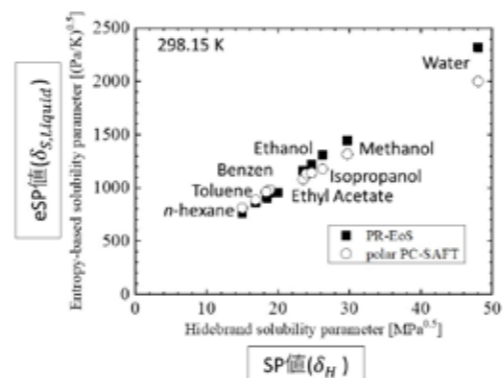


Fig.2 Correlation between SP and eSP

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。2020年は、ホップエキスやシソなどの天然資源を中心に、高圧気液平衡に基づく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。まだ、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。

2020年の研究活動

所属する化学工学会において第51回秋季大会、東北支部第22回先端研究発表会に参加した。このうち前者では、共同研究者の工学研究科修士2年 浦田 宙明氏が優秀学生賞を受賞した。彼が行った摂動論型状態方程式を用いた超臨界クロマトグラフィーの保持因子の予測の1例を Fig.4 に示す。関連して、化学系学協会東北大会では、若手シンポジウムの招待講演として自身の成果を発表することができた。

分担執筆としては、著書「高圧力の科学・技術辞典」にて、超臨界二酸化炭素利用の抽出分離法について紹介することができた。

投稿論文では、フジサンケイビジネスアイ第34回独創性を拓く先端技術大賞の受賞論文がweb上に掲載された。(産経新聞やフジサンケイビジネスアイでも広く報道された。) 秋には、一般財団法人バイオインダストリー協会第4回バイオインダストリー奨励賞も受賞することができた。

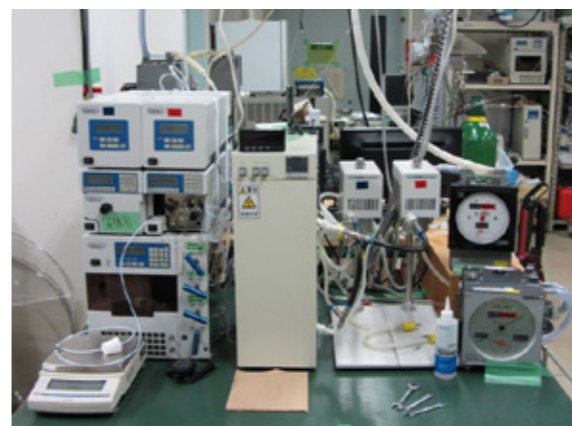


Fig.3 Flow-type subcritical fluid separation apparatus

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 hop extract and perilla components. 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 2020 (Publications)

- [1] Y. Sugimoto, M., Y. Sato, R. L. Smith Jr., H. Inomata, The Journal of Supercritical Fluids, 166, 105013 (1-8) (2020).
- [2] A. Duereh, Y. Sugimoto, M. Ota, Y. Sato, H. Inomata, Industrial & Engineering Chemistry Research, 59, 12319-12330 (2020).
- [3] Hiraga, Y., Sasagawa, T., Yamamoto, S., Komatsu, H., Ota, M., Tsukada, T., Smith, R.L., Jr. S. Sato, M. Ota, Y. Sato, R. L. Smith Jr., H. Inomata, Chemical Engineering Science, 214, 115361(1)-(5) (2020).
- [4] 大田昌樹, バイオサイエンスとインダストリー, 78, 548-549 (2020). (Japanese)
- [5] 大田昌樹, 高圧力の科学・技術辞典, 朝倉出版 印刷中 (2021).

Activities in 2020 (Awards)

- [1] 大田昌樹, 堀川愛見, フジサンケイビジネスアイ・第34回独創性を拓く先端技術大賞 (社会人部門・特別賞) (2020).
- [2] 大田昌樹, 一般財団法人バイオインダストリー協会第4回バイオインダストリー奨励賞 (2020).

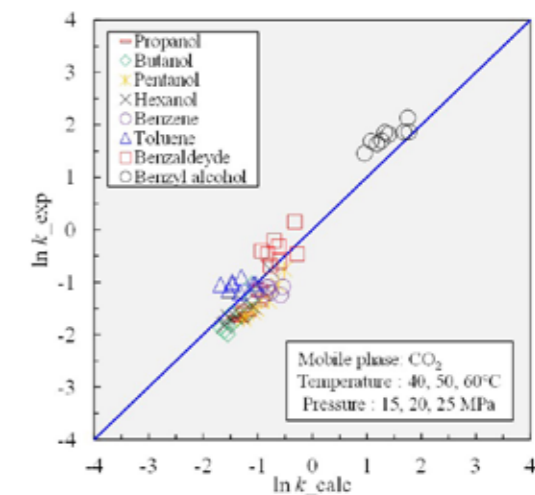


Fig.4 Results of prediction of retention time with separated chemicals on supercritical fluid chromatography.

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

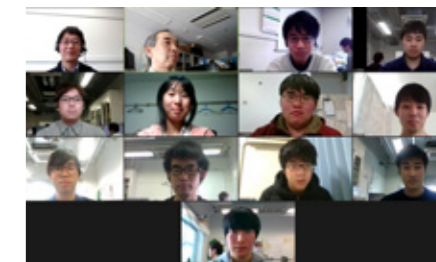
Atomic-level design of novel catalyst materials for eco-friendly society



教授 和田山 智正
Professor
Toshimasa Wadayama



准教授 轟 直人
Associate Professor
Naoto Todoroki



Group Photo

水素社会実現に向けて、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。触媒材料を例にとれば、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が、高効率触媒開発開発へ向けて必須となる。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)の機構解明には、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、そのミクロ構造を走査プローブ顕微鏡(SPM)、走査透過電子顕微鏡(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、ボルタメトリーやオンライン電気化学質量分析(OLEMS)、走査電気化学顕微鏡(SECM)で評価した触媒特性との相関から、次世代電極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 nano-materials with superior catalytic properties. Our approach for the subjects are (i) 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; and APD) in ultra-high vacuum (UHV) and (ii) electrochemical evaluations of catalytic properties for the UHV-prepared nano-structural catalyst models aimed for developments of practical electro-catalysts. We have routinely used UHV-MBE, UHV-APD, scanning probe microscopy (SPM), scanning transmission electron microscope (STEM), X-ray photo-electron 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 nano-material's surface reactions. Our research accomplishments directly relate to a true hydrogen-based society.

PEMFC 用構造制御モデル触媒

固体高分子形燃料電池(PEMFC)のカソードおよびアノードでは、それぞれ酸素還元反応(ORR)および水素酸化反応(HOR)が進行している。その触媒開発に向けて、現在Pt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。触媒メカニズムの解明には、活性・耐久性と触媒ナノ構造との関係を原子レベルで明らかにする必要がある。しかし、最表面近傍のミクロ構造と触媒特性の関係性については未解明の部分が多い。我々は、モデル触媒の気相合成(UHV; $\sim 10^{-8}$ Pa中)とその特性解明を行っている。

○ 気相合成 Pt-Si ナノ粒子のカソード特性

アークプラズマ堆積法(APD)によりSiナノ粒子をUHV中で気相合成後、Ptを電子ビーム蒸着し、シングルナノメートルサイズのPt-Siナノ粒子を作製し、そのORR特性(活性および耐久性)を検討した。得ら

Well-defined model catalyst studies for PEMFCs

Pt-based alloy nanoparticles are effective catalysts for cathodes and anodes for proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs). Under the operating condition of a PEMFC, an oxygen reduction reaction (ORR) and a hydrogen oxidation reaction (HOR) proceed at the cathode and anode, respectively. For comprehensive understandings of ORR and HOR mechanisms, complex nano-structures of the practical catalysts should be modeled and investigated. This year, we fabricate Pt-based and Ir-based model catalysts in an ultra-high vacuum (UHV; $\sim 10^{-8}$ Pa) and discuss correlation between the topmost surface atomic structures and catalytic properties.

○ Single-nanometer-scale Pt-Si particles (Pt-Si NPs) were synthesized via the arc-plasma deposition (APD) of Si and the arc-plasma deposition of Si NPs, followed by e-beam deposition of metal elements (Pt) in UHV. In addition, the ORR properties were investigated (activity and durability).

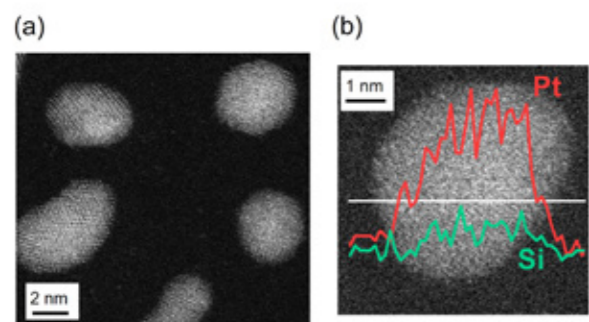


Fig.1 TEM image (a) and EDS line-profile (b) of the UHV-synthesized Pt-Si nanoparticles.

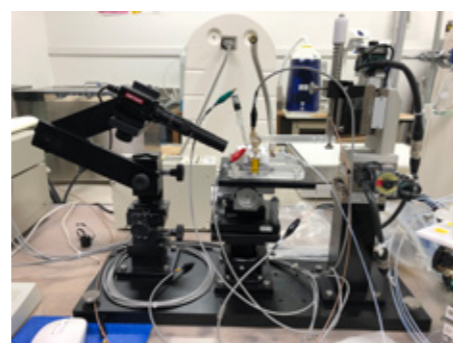


Fig.2 Scanning electrochemical microprobe (SECM).

れたPt-Siナノ粒子の透過電子顕微鏡像(a)とEDSラインプロファイル(b)をFig.1に示した。試料は固溶体を形成しており、市販のPt/C触媒と比較してORR特性に優れることがわかった。

○ Ir系単結晶表面のアノード特性

アノード特性評価に用いた走査型電気化学顕微鏡(SECM)をFig.2に示した。SECMにより評価したHORの標準速度定数(k_0)からIr基本低指数面のHOR活性を比較すると、対Pt(111)比でIr(111)では約半分、Ir(100)の場合1/3程度と評価された。さらに、Ir(111)はPt(111)と比較して測定電位領域に渡って H_2O_2 生成が抑制されており、Pt(111)に対して H_2O_2 生成電流は約2桁低い。したがって、Ir系触媒のアノード特性(HOR活性と H_2O_2 生成特性)は、表面原子配列に敏感であり、Pt系触媒と比較して、特に H_2O_2 生成抑制の点で優れている。

回転ディスクオンライン電気化学質量分析

オンライン電気化学質量分析(OLEMS)は、電極触媒反応時における電極近傍に存在分子の質量数(m/z)をその場分析する手法であり、電極近傍分子挙動をその電位依存性から議論可能である。我々は、OLEMSに対して、電極表面への反応分子の物質供給を制御可能な回転ディスク電極(RDE)と組み合わせたその場分析装置(RDE-OLEMS)を新規開発し、Pt電極表面におけるORRやAuナノ粒子表面における電気化学的 CO_2 還元反応(ECR)適用しその有効性を検討した。Fig.3に O_2 飽和0.1M過塩素酸中で測定したPtおよびAu電極のLSV曲線(黒)およびMSCV曲線(赤)をそれぞれ示す。新規開発したRDE-OLEMSを用いて、電極表面近傍に存在する O_2 の印加電位依存性が評価可能であることがわかる。

研究プロジェクト、受賞

NEDO, JST さきがけ, JSPS 基盤研究(B)などの研究プロジェクトを実施し、学生は成果報告を11件行った。(内2件受賞; Fig.4)

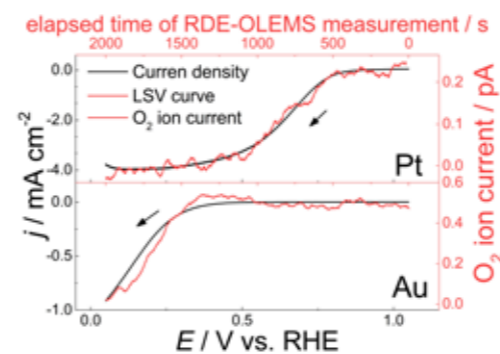


Fig.3 LSV (black) and MS-LSV (red) of Pt (top) and Au (bottom) electrodes in O_2 -saturated 0.1 M $HClO_4$.

The Pt-Si NPs are mainly comprised of solid solution of Pt-Si. Fig.1 shows the TEM image (a) and EDS line-profile (b) for the UHV-synthesized Pt-Si nanoparticles. The ORR properties of the Pt-Si NPs are higher than the commercial Pt NPs-supported carbon (Pt/C) benchmark catalyst.

○ Anode properties of Ir(hkl) single crystal surfaces

Fig.2 shows a scanning electrochemical microscope (SECM) used for evaluations of anode (HOR and hydrogen peroxide (H_2O_2) generation) properties. All the vacuum-prepared, clean Ir, and Ir-based alloy surfaces showed HOR activity, accompanied with less-active H_2O_2 generation properties in comparison to that for clean Pt(111). For example, HOR activities of Ir(111) and Ir(100) were estimated to be 1/2 and 1/3 of Pt(111), respectively, and the corresponding H_2O_2 generation current of Ir(111) is two orders of magnitude lower than clean Pt(111). The results showed the anode properties of Ir are sensitive to surface atomic arrangements and are superior to Pt, particularly for the H_2O_2 generation property.

Rotating disk electrode-online electrochemical mass spectrometry (RDE-OLEMS)

On-line electrochemical mass spectrometry (OLEMS) has been established and widely used for various electrochemical reactions to investigate the potential-dependent behaviors of reacting and product molecules. We developed a new rotating disk electrode-online electrochemical mass spectrometry (RDE-OLEMS) apparatus to investigate potential-dependent molecular behaviors in electrode surface vicinity under mass transport-controlled conditions of reacting molecules (e.g., ORR on the Pt electrode and CO_2 electrochemical reduction reaction on the Au electrode). Fig.3 shows LSV and MSLSV curves of Pt and Au electrodes measured in O_2 -saturated 0.1 M $HClO_4$. The curves clearly indicate that dynamic, potential-dependent behavior of O_2 present near electrodes can be evaluated by using the RDE-OLEMS.

Research project, award

We have performed NEDO, JST SAKIGAKE, JSPS KAKENHI. Our students presented 11 papers in domestic conferences and received two awards. (Fig.4)



Fig.4 Certificates of academic awards.

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利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.

熱分解 - 気相誘導体化 - GC/MS 法を開発 - 高沸点・高極性熱分解生成物の簡便・迅速なオンライン GC/MS 分析を実現 -

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) を用いてポリマーを熱分解し、熱分解によって生じる揮発生成物を GC/MS により直接分析するアプローチを研究している。しかし、ポリマーの種類によっては、熱分解してもなお、高沸点・高極性・高反応性化合物の生成は避けられず、GC/MS によりこれらを直接分析することは困難である。

今年、本講座では、タンデム μ -リアクターと呼ぶ二段の独立熱源を有する小型熱分解装置を用いて、ポリマーの熱分解生成物の直接気相誘導体化およびオンライン GC/MS 分析する新手法を開発した (Fig.1)。本手法により、従来の熱分解 GC では測定が困難であった、高沸点・高極性・高反応性化合物のモニタリングが可能

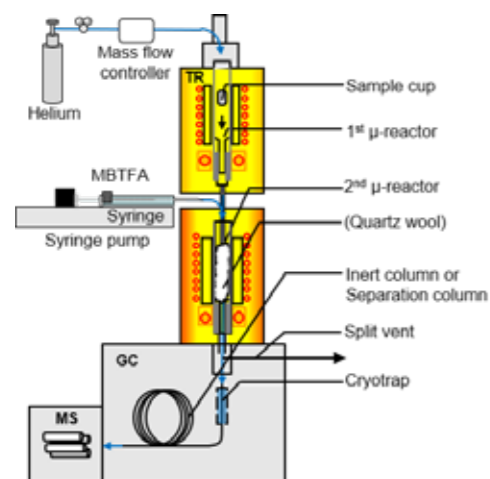


Fig.1 Developed tandem μ -reactor-gas phase derivatization-GC/MS system.

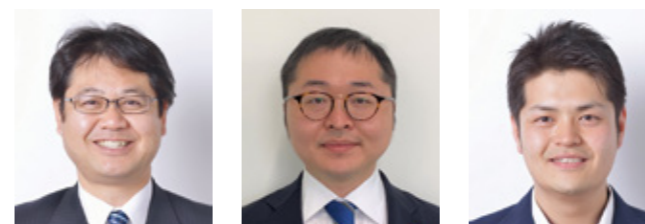
Development of direct gas-phase derivatization method by employing tandem μ -reactor-GC/MS

Pyrolysis is considered a promising method for polymer characterization (in the field of analytical pyrolysis) and for chemical feedstock recovery from polymeric wastes (in the field 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, as it allows for rapid and accurate analysis of pyrolyzates. This is beneficial for elucidating the microstructure and composition of polymers and for a rapid screening of pyrolysis conditions for designing feedstock-recycling processes. However, the Py-GC/MS analysis of polymers with high boiling and high polar compounds is challenging, which limits the efforts to elucidate the pyrolysis mechanism and plastic characterization through online GC analysis.

We developed a novel pyrolysis-gas-phase derivatization-GC/MS (Py-GPD-GC/MS) technique (Fig.1), allowing the pyrolysis of polymers and the subsequent direct gas-phase derivatization of pyrolyzates, employing a modified tandem μ -reactor-GC/MS system. This work was published in



Fig.2 Selected Journal Supplementary Cover by Analytical Chemistry (American Chemical Society)



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

となった。本研究成果は、アメリカ化学会の Analytical Chemistry へ 2020 年 9 月 23 日付けで掲載され、そのカバーイメージが Supplementary Cover として選出された (Fig.2)。

PYRO ASIA 2020 国際会議の企画運営

熱分解法は、環境科学、材料科学、生物学、薬学、法科学、考古学、食品科学、地質学など、非常に幅広い分野に応用される手法である。アジア地域における熱分解コミュニティの充実や熱分解研究分野の発展に向けて、PYRO ASIA FORUM が 2019 年に設立され、渡辺准教授・熊谷助教はそのフォーラム立ち上げにも貢献した。今年は、PYRO ASIA 2020 国際会議が 2020 年 12 月 11 ~ 13 日にオンライン開催され、吉岡教授・熊谷助教は大会組織委員として企画運営を行った。吉岡教授はパネリストとして、渡辺准教授は Invited Talk 講師として、熊谷助教はパネルディスカッションのモデレーターとして、また Elsevier やジャーナルエディターらを招待して論文執筆セミナーを開催した。アジア地域における熱分解研究分野の発展および本大会の成功に大きな貢献を果たした。

査読付原著論文

- [1] S. Kumagai* and T. Yoshioka, "Latest Trends in Pyrolysis Gas Chromatography for Analytical and Applied Pyrolysis of Plastics", *Anal. Sci.*, 37, 145 (2021). **Invited paper**
- [2] Y. Nishiyama, S. Kumagai*, T. Kameda, Y. Saito, A. Watanabe, C. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka, "Direct Gas-Phase Derivatization by Employing Tandem μ -Reactor-Gas Chromatography/Mass Spectrometry: Case Study of Trifluoroacetylation of 4,4'-Methylenedianiline", *Anal. Chem.*, 92, 14924 (2020).
- [3] K. Matsui*, T. Ishimura, M. Mattonai, I. Iwai, A. Watanabe, N. Teramae, H. Ohtani, C. Watanabe, "Identification algorithm for polymer mixtures based on Py-GC/MS and its application for microplastic analysis in environmental samples", *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 149, 104834 (2020).

Analytical Chemistry (American Chemical Society), and the cover image of this work was selected as a Supplementary Cover of this journal (Fig.2).

Planning and Management of PYRO ASIA 2020 Conference

Pyrolysis is widely applied in broad fields, such as environmental, biological, medical, forensic, cultural heritage, food, geochemical, polymer, and materials science. PYRO ASIA FORUM was established to promote pyrolysis-related research and update pyrolysis technologies in the Asia region last year. Dr. Watanabe and Dr. Kumagai contributed to the establishment of this forum.

Prof. Yoshioka and Dr. Kumagai planned and managed the PYRO ASIA 2020 online conference as scientific committee members this year. Furthermore, Prof. Yoshioka participated in this conference as a panelist; Dr. Watanabe provided the invited talk; and Dr. Kumagai managed the panel discussion and held a "Special session with journal editors" by collaborating with Elsevier, giving young researchers an opportunity to learn how to write good scientific papers.

招待講演

1. A. Watanabe, "Recent advancement of Pyrolysis Gas Chromatograph System for Analysis of Microplastics", *PYRO ASIA 2020*, December 11-13, 2020.
2. S. Kumagai, "Pyrolysis-gas chromatography for analytical and applied pyrolysis of polymeric materials", *BIOMASA2020*, October 23, 2020.
3. S. Kumagai, "Pyrolysis gas-chromatography for analytical pyrolysis of polymers", 令和2年度化学系学協会東北大会, 2020 年 9 月 26 日
4. 熊谷将吾, 吉岡敏明, "プラスチックを取り巻く状況および石油・化学産業の役割", 第 126 回触媒討論会, 2020 年 9 月 18 日
5. 熊谷将吾, "プラスチックを取り巻く状況およびリサイクルにおける高分子分析の重要性", 高分子分析研究懇談会第 401 回例会, 2020 年 8 月 21 日

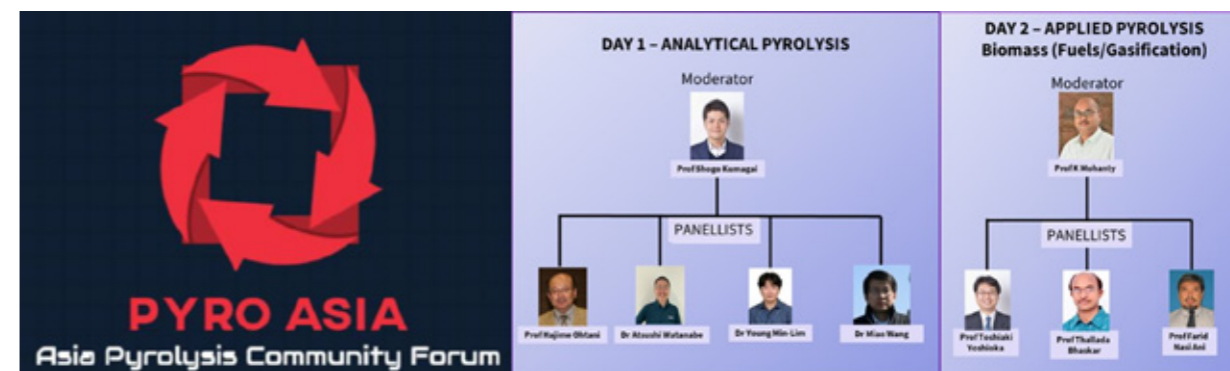


Fig.3 PYRO ASIA 2020

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。最近ではさらに震災や水害などの災害に対抗できる高機能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. High-performance steels, which can effectively resist disasters, including earthquakes and floods, are in particularly high demand. 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、衝突安全性に優れた船体用鋼板などのように、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。建築物の空間利用の効率化の観点から、小断面積で強度を保證できる プレスコラム が大型鉄骨柱に使用されるが、曲げ加工部分ではひずみ時効 (温度と時間の重畳による靱性劣化) が課題である。本研究室では所定の窒素量以上で靱性の低下が起こること (Fig.1) や、ひずみに伴う転位密度と鋼の強度上昇の関係を明らかにするとともに、脆化を抑制する方法を提案している。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。水素拡散や脆化挙動に及ぼす合金元素の影響についても検討を行っている。

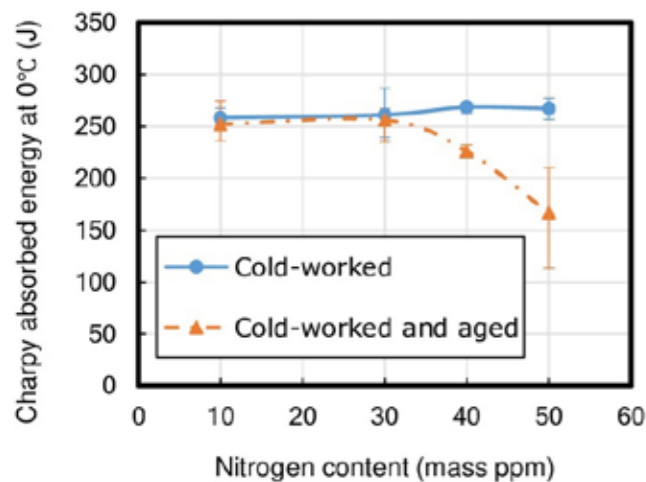


Fig.1 Influence of nitrogen concentration on Charpy absorbed energy at 0°C.

Structural steels for a safe and secure society adapting to the environment

We have conducted research and development of high-performance steels from the blast furnace process, such as highly ductile steels for shipbuilding with excellent crashworthiness, or structural steels with high toughness, which are friendly to the global environment. This complies with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs). Recently, demand for a large-scale press-column type steel framework, which has sufficient tensile strength under the small cross-sectional area, is increasing to save space. However, there is a problem of reduction in toughness at the bended parts of the structural steel due to strain aging, a phenomenon that is a function of temperature and time. In this study, the effect of nitrogen, one of impurity elements in steel, was investigated. It was clarified that reduction in toughness occurred beyond a critical concentration of nitrogen, and the nitrogen effect was explained by an increase in strength



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

金属系ポリタイプの形成機構に関する理論物性研究

Mg合金では、積層多形 (ポリタイプ) をベースとするシンクロ型 LPSO 構造、キンクバンド強化機構の発見といった新しい材料科学的知見が我が国から発信され、構造材料としての実用化のみならず、他の材料での機能創出への横展開につながる事が期待される。ポリタイプの相安定性予測は、物性物理学や材料科学における永年の未解決問題でもある。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という事実に起因する。我々は、原子間相互作用の有効距離に応じてポリタイプ構造エネルギーの変化の振る舞いを理論考察し、原子間相互作用距離が新しいポリタイプベースの材料を作成するための重要な要素であることを提案した (Fig.2)。

鉄鉱石プロセスの低環境負荷のための焼結充填層設計

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。微粉鉄鉱石を従来鉄鉱石 33%、生石灰 3% と共にペレット化 (粒径 5-20mm) し、粉コークスおよびバイオマス炭と共に焼結充填層の下層 2/3 に配置する方法が、焼結プロセスの高生産性に有効である。即ち、粗大なグリーンペレット配置によって通気抵抗は低減し、焼結速度が加速する。一方、燃焼速度の異なる複数素材使用によって、高温保持時間は確保される。その結果、微粉鉄鉱石を 20% 配合しても、焼結歩留および生産性の双方を維持可能となる実験結果を得た。ここで、粉コークスの 33% をバイオマス炭へ置換したので、CO₂ 排出量が低減する。なお、ペレット化された造粒物は、焼結過程において鉄鉱石由来の酸化鉄と生石灰由来の酸化カルシウムが化学反応し、被還元性の良好なカルシウムフェライトを形成した (Fig.3)。

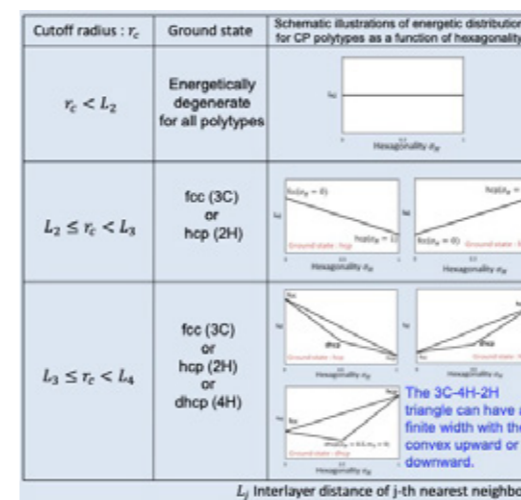


Fig.2 Theoretical descriptiveness on polytype energetics as a function of cutoff radius for interatomic interaction.

level due to strain aging. Additionally, demands for high-strength steels are now increasing for weight reduction of infrastructures or automobiles. An increase in strength may cause embrittlement due to hydrogen absorption. Then, we will investigate the effects of alloying elements in steel on hydrogen diffusion and embrittlement.

Theoretical study on formation mechanisms of metallic polytypes

The synchronized long-period stacking-ordered (LPSO) structures (i.e., polytypes) and their kink-band strengthening mechanism for Mg alloys have been discovered in Japan. The knowledge of recent Mg-based alloys is expected to be not only adapted for practical applications but also used for horizontal development to create new functions in other materials. Predicting polytype phase stability for a material has been a long-standing issue in condensed matter physics and materials science. This situation stems from the fact that the atomistic interactions on polytype energetics, surprisingly, might be quite complex and delicate, despite the simplicity of the geometrical structure. We have studied the polytype structural energetics depending on the effective distance of their interatomic interactions. The distance of interatomic interactions is a significant factor for creating new polytype-based materials (Fig.2).

Designing packed bed for low environmental load at iron ore sintering process

Using high-grade fine iron ore and biomass is effective to reduce environmental load. Fine iron ore is coarsely pelletized (particle size : 5-20 mm), with 33% conventional iron ore and 3% quick lime. Then, the coarse pellets are charged at the lower 2/3 of the sinter packed bed, with coke fine and biomass char. This design is effective for high sinter productivity. That is, the sinter packed bed, including coarse pellets, shows the low ventilation resistance, which results in high sintering rate. On the other hand, the high temperature holding time is secured by using a plurality of materials having different combustion rates. As a result, we obtained experimental results that can maintain the sintering yield and productivity, even when 20% of fine iron ore is blended. Here, 33% of the coke breeze was replaced with biomass char, resulting in reduced CO₂ emissions. In the pellet, iron oxide in the iron ore and calcium oxide in the quick lime chemically reacted in the sintering process to form calcium ferrite with good reducibility (Fig.3).

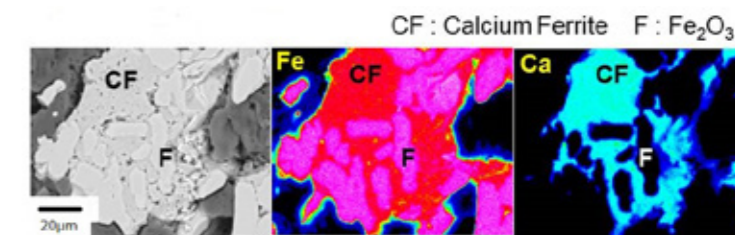


Fig.3 Mineral formation in sintered pellet.

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.

北海道陸別と南極昭和基地における FTIR 観測による HFC-23 の解析手法の開発とトレンド解析

我々は、北海道陸別 (43.5°N, 143.8°E) における 1997 年～2020 年までの FTIR 観測データおよび 2007, 2011, 2016 年の 3 年間の南極昭和基地 (69.0°S, 39.6°E) における 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。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。解析に影響を及ぼす H₂O, HDO, 及び CH₄ の鉛直プロファイルは、解析とは別の波長を用いて事前に決定された値を用いた。FTIR によって導出された HFC-23 のカラム全量の値は、AGAGE の地上サンプリング観測によって得られた値と比較された。陸別において FTIR 観測によって得られたコンタミの少ない 1997～2010 年の 12 月～2 月のデータから得られた HFC-23 の増加トレンドは 0.817 ± 0.087 ppt year⁻¹ と見積もられ、この値は AGAGE による結果 (0.820 ± 0.011 ppt year⁻¹) と良い一致を見た。同様に 2007～2020 年のトレンドは 0.894 ± 0.099 ppt year⁻¹ と見積もられ、この結果は AGAGE の Trinidad Head (41.1°N, 124.2°W) のトレンドである

Development of analysis method of HFC-23 and its trend analysis using FTIR data at Rikubetsu, Japan, and Syowa Station, Antarctica

We have developed a procedure for retrieving atmospheric abundances of HFC-23 (CHF₃) with a ground-based Fourier transform infrared spectrometer (FTIR), and analyzed the spectra observed at Rikubetsu, Japan (43.5°N, 143.8°E), and at Syowa Station, Antarctica (69.0°S, 39.6°E). The FTIR retrievals were carried out with the SFIT4 retrieval program. Vertical profiles of H₂O, HDO, and CH₄ are preliminarily retrieved with other independent spectral windows because these profiles may induce large uncertainties in the HFC-23 retrieval. For comparison between FTIR-retrieved HFC-23 total columns and surface dry-air mole fractions provided by AGAGE (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment), the FTIR-retrieved HFC-23 dry-air column-averaged mole fractions were calculated. The trend derived from the FTIR-retrieved HFC-23 data at Rikubetsu for December to February (DJF) during the 1997–2010 period is 0.817 ± 0.087 ppt (parts per trillion) year⁻¹, which is in good agreement with the trend derived from the annual global mean datasets of the AGAGE 12-box model for the same period (0.820 ± 0.011 ppt year⁻¹). The trend of the FTIR-retrieved HFC-23 data at Rikubetsu for DJF data over the 2007–2020 period is 0.894 ± 0.099 ppt year⁻¹, which is smaller than the trend in

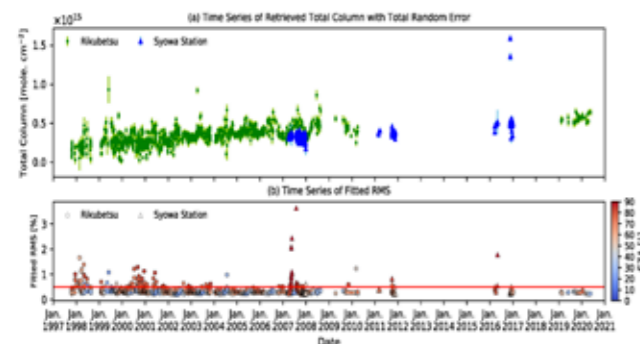


Fig.1 (a) Time-series of the FTIR-retrieved HFC-23 total columns with total random errors at Rikubetsu, Japan and Syowa Station, Antarctica. (b) The fitted RMS errors on individual retrieved total column. The color-coding show the solar zenith angle (SZA) of observations.

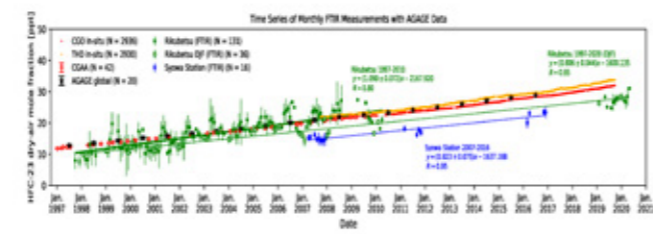
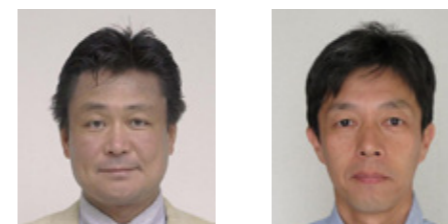


Fig.2 Time-series of the monthly mean FTIR-retrieved HFC-23 mixing ratios at Rikubetsu and Syowa Station, along with the AGAGE in-situ measurements at CGO and THD, and the annual global mean mole fractions and the Cape Grim Air Archive samples, which were reported by Simmonds et al. (2018).



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima

客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

0.984 ± 0.002 ppt year⁻¹ より若干小さな値を示した。昭和基地における 2007～2016 年の FTIR 観測データから得られた HFC-23 の増加トレンドは 0.823 ± 0.075 ppt year⁻¹ を示し、この値は AGAGE の Cape Grim (40.7°S, 144.7°E) における同時期の増加トレンドである 0.874 ± 0.002 ppt year⁻¹ と整合的である。我々の解析により、FTIR 観測データから HFC-23 のトレンド解析が可能となることが世界に先駆けて明らかとなった。なお、本研究成果は欧州地球科学連合発行の Atmospheric Measurement Technique 誌に投稿され、現在査読中である。

タイ・バンコク上空における温室効果ガス鉛直勾配の季節変動

2017 年より東京とタイ・バンコクを結ぶ路線において、日本航空が運航する航空機上で自動大気採取装置 (ASE) を用いて定期的な大気採取を実施している。水平飛行中に 6 本のサンプルを高度 9-13km の上部対流圏で採取し、残りの 6 本はバンコク空港 (BKK) への下降中に採取している (Fig.3)。国立環境研究所において CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, H₂ の各濃度の分析が実施される。

高度 3km における 10km との濃度差として計算される自由対流圏における CO₂ 濃度の鉛直勾配は 6 月に負の値を示す。これはバンコクやその風上地域における夏季の陸上生態系の CO₂ 吸収を反映したものと考えられる。大気中の CH₄ は地上の放出源と大気中の化学反応による吸収源の存在により一般には正の鉛直勾配を持つはずであるが、バンコク上空では 6 月から 11 月にかけて負の勾配が見られる。これは南アジアなどの CH₄ 放出域からの影響を、バンコク上空では高高度ほど強く受けていることを示唆する結果である。大気中の CO は CH₄ と同様に地上に放出源があり大気中の反応で消滅する気体であるが、観測された鉛直勾配がほぼ中立であることから高高度ほど輸送の影響が強いとの仮定が支持される。CO と CH₄ の鉛直勾配は月ごとの変動が極めて良く位置している (Fig.4)。この一致はバンコク域上空における大気微量成分の分布を理解するには大気の長距離輸送を考慮することが極めて重要であることを示唆している。

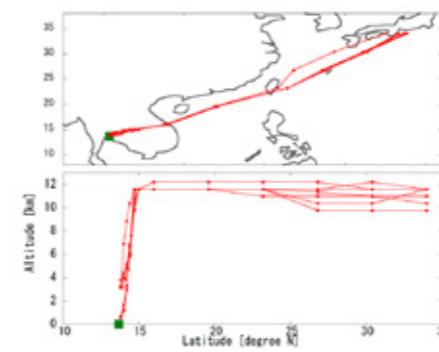


Fig.3 Air sampling points (red circles) on the route between Tokyo and Bangkok. Green square indicates the location of Bangkok airport.

the AGAGE in-situ measurements at Trinidad Head (41.1°N, 124.2°W) for the 2007–2019 period (0.984 ± 0.002 ppt year⁻¹). The trend computed from the HFC-23 datasets at Syowa Station during the 2007–2016 period is 0.823 ± 0.075 ppt year⁻¹, which is consistent with that derived from the AGAGE in-situ measurements at Cape Grim (40.7°S, 144.7°E) for the same period (0.874 ± 0.002 ppt year⁻¹). Although there are systematic biases on the FTIR-retrieved HFC-23 at both sites, these results indicate that ground-based FTIR observations have the capability to monitor the trend of atmospheric HFC-23.

Seasonal variations of vertical gradients in atmospheric greenhouse gases over Bangkok, Thailand

Since 2017, a commercial airliner operated by Japan Airlines on the route from Tokyo to Bangkok, Thailand, using Automatic air Sampling Equipment (ASE), has conducted monthly air sampling. Six samples are collected during the level flight in upper troposphere between 9 and 13 km, and another six are sampled during descent of the aircraft to Bangkok airport (BKK) as shown in Fig. 3. The mixing ratio of CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, and H₂ are analyzed in the National Institute for Environmental Studies.

The vertical gradient in the CO₂ mixing ratio in the free troposphere, calculated by subtracting the mixing ratio at 10 km from that at 3 km, shows negative values in June because of the summer CO₂ uptake from the land vegetation around BKK and the upstream area. In spite of the presence of surface source and atmospheric loss through chemical reactions, CH₄ mixing ratio show a negative gradient from June to November. It is suggested that the air in the upper troposphere over BKK is highly influenced by the air mass from strong-emission areas, such as south Asia. The vertical gradients in the CO mixing ratio are rather neutral. As atmospheric CO is also influenced by surface source and chemical sink in the air, a neutral gradient indicates effective air transport in the upper troposphere from an emission area. The seasonal change in the CO gradient is quite similar to that in CH₄ (Fig.4). This similarity strongly suggests that long-range transport is crucial for understanding the vertical distribution of atmospheric trace gases over the BKK area.

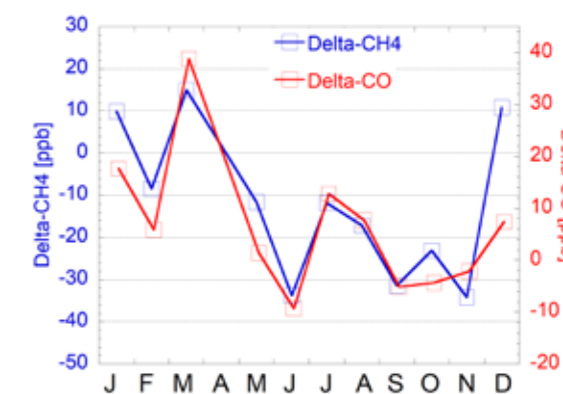


Fig.4 Seasonal variations in vertical gradient of CH₄ and CO over Bangkok.

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。

2020年度は全学的組織となる学際研究重点拠点【「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）」、「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2拠点の活動に協力した。環境研究推進センターはその事務局的作用も担っている。またZEB（Net Zero Energy Building）の普及促進のため、「みやぎZEB研究会」を立ち上げ、シンポジウムを開催した（Fig.1）。さらに科研費や各種研究費の情報収集や分析を行い、応募する研究者への協力を行っている。

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.

In FY2020, ERPC cooperated in the activities of two interdisciplinary research groups set up at Tohoku University (Interdisciplinary Studies of Novel Values on Energy for Sustainable Development Society, Dean: Prof. Tsuchiya; TU-TRIPS: Tohoku University Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart, Dean: Prof. Matsubae). ERPC also has a secretariat role. To promote the spread of ZEB (net-zero energy building), we established the Miyagi ZEB Study Group and held a symposium (Fig.1). In addition, we collect and analyze information on grants in aid of scientific research and various research funds, and we cooperate with researchers.

宮城県との連携

環境科学研究科は、2004年に宮城県と連携協定を締結した。本年度は宮城県環境生活部との意見交換会を10月に行い、今後の展望について意見を交わした。また「みやぎZEB研究会」の発足とシンポジウム開催を連携して行った（Fig.1）。

Cooperation with Miyagi Prefecture

The Graduate School of Environmental Studies has had a cooperation agreement with Miyagi Prefecture since 2004. A roundtable discussion with the Environmental and Community Affairs Department, Miyagi Prefectural Government, was held in October, 2020. In addition, with Miyagi Prefecture's cooperation, the Miyagi ZEB Study Group was established, and the symposium was held in collaboration (Fig.1).



Fig.1 Symposium of Miyagi ZEB Study Group.



Fig.2 Courtesy call to the mayor of Sendai.



特任准教授 大庭 雅寛
Associate Professor
Masahiro Oba



助手 三橋 正枝
Research Associate
Masae Mitsuhashi

仙台市との連携

仙台市とは、2009年連携協定を締結した。2020年8月には、郡和子仙台市長を表敬訪問し、今後の連携について意見を交わした（Fig.2）。また11月には仙台市副市長らとの情報交換会を行い、今後の展望について意見を交わした。

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とは、今年度も、土屋研究室が「玉川強酸性温泉と廃アルミニウムを用いた水素製造の実証実験」の研究を受託し、環境研究推進センターは、その申請書の作成および実験に協力した。

2019年に和泊町との連携協定を締結し、アドバイザーとして第6次総合振興計画の策定に携わり監修を行った。また2020年度は、それらの事業推進アドバイザーとして事業の監修を務めた。また和泊町役場および沖永良部高校で講演を行い、SDGsの普及活動を行った（Fig.3）。

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。本年度は、「エネルギー価値学」の発展・普及を促進することを目的として、エネルギー関連研究に取り組む本拠点構成員によるウェビナーの作成と配信を行った（Fig.4）。

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10月に拠点認定された「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、2020年から始まった仙台市が運営するプラスチックごみ削減に向けたチャレンジ推進サイトの制作にあたり、監修を行った。（URL: <https://pla-reduce.jp/about-plastictrash/>）



Fig.3 Lecture at Okinoerabu High School.

Cooperation with Sendai City

Our graduate school has had a cooperation agreement with Sendai City since 2009. In August, 2020, we made a courtesy call to Kori Kazuko, the mayor of Sendai, and exchanged opinions on future cooperation (Fig.2). In November, an information exchange meeting was held with deputy mayors of the City of Sendai.

Cooperation with other local governments

The Tsuchiya Laboratory was entrusted with the research project titled "Demonstration experiment of hydrogen production from waste aluminum and Tamagawa Hot Spring acid water" by Senboku City, with which our graduate school has concluded its 2017 cooperation agreement. The ERPC also cooperated in preparing the application and the experiment for this research project.

Last year, our graduate school concluded cooperation agreements with Wadamari and China towns. The ERPC was involved in the formulation of the Sixth Comprehensive Promotion Plan as plan advisor and supervisor. In 2020, we supervised the project as a business promotion advisor for the plan. In addition, the ERPC gave a lecture at Wadamari Town Hall and Okinoerabu High School, where it promoted the SDGs.

Interdisciplinary Studies of Novel Values on Energy for Sustainable Development Society

To promote the development and dissemination of a "philosophy of value of energy," we created and distributed webinar videos of the members of this center who are conducting research related to energy.

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

Tohoku University Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart (TU-TRIPS) was launched as a collaborative research group in October 2019. TU-TRIPS supervised the promotion website for reducing plastic waste operated by Sendai City, which started in 2020.



Fig.4 Creation of webinar videos.

業績レポート

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】

● Pt-Pd Nanoalloy for the Unprecedented Activation of Carbon-Fluorine Bond at Low Temperature. [Bulletin of the Chemical Society of Japan, 93(10), (2020), 1180-1185] Raghu Nath Dhital, Keigo Nomura, Yoshinori Sato, Setsiri Haesuwannakij, Masahiro Ehara, Hidehiro Sakurai

【総説・解説】

● 酸性水溶液中でのカーボンナノチューブの酸素還元反応触媒活性. [炭素, 295, (2020), 185-193] 佐藤義倫

環境素材設計学分野

【論文】

● Experimental and computational study on sintering of ceramic coating layers with complex porous structures. [Journal of the American Ceramic Society, 103(3), (2020), 2035-2047] Sota Terasaka, Hideaki Matsubara, Takashi Shirato, Masanobu Kamitakahara, Taishi Yokoi, Norio Yamaguchi, Byung-Nam Kim

● Ti(C,N) と Cr₃C₂ を複合添加した WC-Co 超微粒超硬合金の強度. [粉体および粉末冶金, 67, (1), (2020), 10-17] 高田真之, 松原秀彰, 堤友浩, 森吉弘, 松田哲志

【総説・解説】

● 微粒子 Ti(C,N) のピン止め効果による超微粒超硬合金 (SCPT 合金) の開発. [粉体および粉末冶金, 67, (1), (2020), 24-26] 高田真之, 森吉弘, 堤友浩, 松原秀彰

● セラミックスの成形・焼結プロセスのシミュレーション. [セラミックス, 55, (7), (2020), 518-522] 寺坂宗太, 松原秀彰, 野村浩

環境修復生態学分野

【論文】

● A multifunctional rhizobacterial strain with wide application in different ferns facilitates arsenic phytoremediation. [Science of the Total Environment, 712(10), (2020), 134504] Chongyang Yang; Ying-Ning Ho; Ryota Makita; Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Changes during the weathering of polyolefins. [Polymer Degradation and Stability, 181, (2020), 109364] Guido Grause, Mei Fang Chien, Chihiro Inoue

● *Cupriavidus basilensis* strain r507, a toxic arsenic phytoextraction facilitator, potentiates the arsenic accumulation by *Pteris vittata*. [Ecotoxicology and Environmental Safety, 190(1), (2020), 110075] Chongyang Yang, Ying-Ning Ho, Ryota Makita, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Enrichment and Analysis of Stable 1,4-dioxane-Degrading Microbial Consortia Consisting of Novel Dioxane-Degraders. [Microorganisms, 8(1), (2020), 50] Tanmoy Roy Tusher, Takuya Shimizu, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Hydroponic approach to assess rhizodegradation by sudangrass (*Sorghum x drummondii*) reveals pH- and plant age-dependent variability in bacterial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). [Journal of Hazardous Materials, 387, (2020), 121695] John Jewish A. Dominguez, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Long-term effectiveness of microbe-assisted arsenic phytoremediation by *Pteris vittata* in field trials. [Science of the Total Environment, 740(20), (2020), 140137] Chongyang Yang, Ying-Ning Ho, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

● Molybdate recovery using immobilized bioengineered *Saccharomyces cerevisiae*. [Hydrometallurgy, 198, (2020), 105491] Audrey Stephanie, Mei-Fang Chien, Naoya Ikeda, Chihiro Inoue

● Potential of biosurfactants' production on degrading heavy oil by bacterial consortia obtained from Tsunami-induced oil-spilled beach areas in Miyagi, Japan. [Journal of Marine Science and Engineering, 8(8), (2020), 577] Sandia Primeia, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien

地球物質・エネルギー学分野

【論文】

● Characteristics of hydrogen production with carbon storage by CO₂-rich hydrothermal alteration of olivine in the presence of Mg-Al spinel. [International Journal of Hydrogen Energy, 45(24), (2020), 13163-13175] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Crystallographic preferred orientation of talc determined by an improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab-mantle interface due to Si-metasomatism. [American Mineralogist, 105(6), (2020), 873-893] Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Ryosuke Oyanagi, Yusuke Seto, Akira Miyake, Masaoki Uno, Jun Muto, Simon R. Wallis

● Fluid Infiltration Through Oceanic Lower Crust in Response to Reaction-Induced Fracturing: Insights From Serpentinized Troctolite and Numerical Models. [Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 125, (2020), e(2020)JB020268] Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Hiroyuki Shimizu, Ryosuke Oyanagi, Noriyoshi Tsuchiya

● Impact of fluid pressure on failure mode in shear zones: Numerical simulation of en-echelon tensile fracturing and transition to shear. [Tectonophysics, 774, (2020), 228277-228277] Atsushi Okamoto, Kazumasa Fuse, Hiroyuki Shimizu, Takatoshi Ito

● Inferring fracture forming processes by characterizing fracture network patterns with persistent homology. [Computers and Geosciences, 143, (2020), 104550] A. Suzuki, M. Miyazawa, A. Okamoto, H. Shimizu, I. Obayashi, Y. Hiraoka, T. Tsuji, P. K. Kang, T. Ito

● Rapid fluid infiltration and permeability enhancement during middle-lower crustal fracturing: Evidence from amphibolite-granulite-facies fluid-rock reaction zones, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. [Lithos, 372-373, (2020), 105521-105521] Diana Mindaleva, Masaoki Uno, Fumiko Higashino, Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

● Silica controls on hydration kinetics during serpentinization of olivine: Insights from hydrothermal experiments and a reactive transport model. [Geochimica et Cosmochimica Acta, 270, (2020), 21-42] Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

● Sparse isocon analysis: A data-driven approach for material transfer estimation. [Chemical Geology, 532, (2020), 119345] Tatsu Kuwatani, Kenta Yoshida, Kenta Ueki, Ryosuke Oyanagi, Masaoki Uno, Shotaro Akaho

● Stabilizing and enhancing permeability for sustainable and profitable energy extraction from superhot geothermal environments. [Applied Energy, 260, (2020), 114306] Noriaki Watanabe, Kohei Saito, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takuya Ishibashi, Hanae Saishu, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

● Thermodynamic modeling of hydrous-melt-olivine equilibrium using exhaustive variable selection. [Physics of the Earth and Planetary Interiors, 300, (2020), 106430-106430] Kenta Ueki, Tatsu Kuwatani, Atsushi Okamoto, Shotaro Akaho, Hikaru Iwamori

● Transport and evolution of supercritical fluids during the formation of the erdenet CU-MO deposit, Mongolia. [Geosciences (Switzerland), 10(5), (2020), 201-221] Geri Agroli, Atsushi Okamoto, Masaoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya

● 東ドロンイングモードランド, セール・ロンダーネ山地 地学調査隊報告 2019-2020 (JARE-61). [南極資料, 64, (2020), 351-398] 河上哲生, 足立達朗, 宇野正起, 東野文子, 赤田幸久

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】

● Determination of relevant factors affecting the surface oxygen exchange coefficient of solid oxide fuel cell cathode with ionic conducting oxide coating. [Solid State Ionics, 353, (2020), 115372] R. A. Budiman, H. J. Hong, S. Hashimoto, K. Yashiro, K. D. Bagarinao, H. Kishimoto, K. Yamaji, T. Kawada

● Influences of Ni content and porosity on mechanical properties of Ni-YSZ composites under solid oxide fuel cell operating conditions. [Journal of Materials Science, 55(20), (2020), 8679-8693] Satoshi Watanabe, Shinji Sukino, Taihei Miyasaka, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Toshiyuki Hashida

【総説・解説】

● Modeling current-voltage relationships of mixed conducting cathode materials for solid oxide fuel cells. [Current Opinion in Electrochemistry, 21, (2020), 274-282] Tatsuya Kawada

エネルギー資源リスク評価学分野

【論文】

● A geochemical approach for identifying marine incursions: Implications for tsunami geology on the Pacific coast of northeast Japan. [Applied Geochemistry, 118, (2020), 104644-104644] Takahiro Watanabe, Noriyoshi Tsuchiya, Shin-ichi Yamasaki, Yuki Sawai, Norihiro Hosoda, Fumiko W. Nara, Toshio Nakamura, Takeshi Komai

● Characteristics of hydrogen production with carbon storage by CO₂-rich hydrothermal alteration of olivine in the presence of Mg-Al spinel. [International Journal of Hydrogen Energy, 45(24), (2020), 13163-13175] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Asushi Okamoto, kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Consideration of strength development by three-dimensional visualization of porosity distribution in coal fly ash concrete. [Journal of Building Engineering, 35, (2020), 101948-101948] Kengo Nakamura, Yuusuke Inoue, Takeshi Komai

● Data-driven analysis for source apportionment and geochemical backgrounds establishment of toxic elements and REEs in the Tohoku region, Japan. [Chemosphere, 263, in press, (2020), 128268-128268] Arie Pujiwati, Jiajie Wang, Kengo Nakamura, Yoshishige Kawabe, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai

● Hydromechanical properties of 3D printed fractures with controlled surface roughness: Insights into shear-permeability coupling processes. [International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 128, (2020), 104271] T. Ishibashi, Y. Fang, D. Elsworth, N. Watanabe, H. Asanuma

● Nitrogen recovery via aquaponics in Nepal: current status, prospects, and challenges. [SN Applied Sciences, 2(7), (2020), 1192] Rishav Adhikari, Sriyanka Rauniyar, Nishan Pokhrel, Amrita Wagle, Takeshi Komai, Shukra Raj Paudel

● Numerical Simulation of a Laboratory-scale Experiment for the Hydrate Dissociation Process in Porous Media by Acid Injection. [International Journal of Offshore and Polar Engineering, 30(4), (2020), 501-512] Yasuhide Sakamoto, Yusuke Nakano, Fuyuki Kaneko, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Numerical Study on the Application of In situ Low-temperature Oxidation for Enhanced Recovery from Methane Hydrate Reservoir. [International Journal of Offshore and Polar Engineering, 30(2), (2020), 228-239] Yasuhide Sakamoto, Fuyuki Kaneko, Yusuke Nakano, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Regional landfill planning for improvement of waste management in Maputo, Mozambique. [Advances In Natural And Applied Sciences, 14(3), (2020), 89-95] Chelsea Langa, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai

● Stabilizing and enhancing permeability for sustainable and profitable energy extraction from superhot geothermal environments. [APPLIED ENERGY, 260, (2020), 114306] Noriaki Watanabe, Kohei Saito, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takuya Ishibashi, Hanae Saishu, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

● 高温環境における岩石き裂のすべり特性と透水性 . [日本地熱学会誌 , accepted, (2020),] 武山 詳 , 後藤 遼太 , 渡邊 則昭 , 坂口 清敏 , 土屋 範芳

● 石油系炭化水素を対象とした発光バクテリアを用いた簡易土壌汚染評価手法の開発 2 —メタン系炭化水素 (アルカン類) に関する急性毒性評価—. [地下水学会誌 , 62(1), (2020), 59-73] 杉田 創・駒井 武

● 石油系炭化水素を対象とした発光バクテリアを用いた簡易土壌汚染評価手法の開発 3 —アルカン構造異性体に対する急性毒性評価—. [日本地下水学会誌 , 62(4), (2020), 573-587] 杉田 創 , 駒井 武

【総説・解説】

● SDGs に向けたサステナブル・レメディエーション . [環境工学連合大会講演集 , (2020), 29] 駒井武

【著書】

● 二酸化炭素ハイドレートの実験的研究 . [日本のガスハイドレート研究の歩み—黎明期から最先端まで—, (2020), 日本工業出版] 駒井武 , 内田勉 , 竹谷敏 , 駒井武

環境共生機能学分野

【論文】

● Control of galvanic replacement reaction between Cu nanowires and Ag species under vacuum filtration for transparent conductive films with long-term durability. [Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 611(20), (2020), 125809] Shun Yokoyama, Yuta Umemotoa, Kenichi Motomiya, Takashi Itohd, Hideyuki Takahashia

● Functional Group Distribution of the Carrier Surface Influences Adhesion of Methanothermobacter thermautotrophicus. [Archaea, (2020), (2020), 1-8] Masaki Umetsu, Takaaki Sunouchi, Yasuhiro Fukuda, Hideyuki Takahashi, Chika Tada

● Morphological control of carbon-supported Pt-based nanoparticles via one-step synthesis. [Nano-Structures & Nano-Objects, 22, (2020), 100443-100443] Tatsuichiro Nakamoto, Ryohei Seki, Ken-ichi Motomiya, Shun Yokoyama, Kazuyuki Tohji, Hideyuki Takahashi

● Precursor-templated synthesis of thermodynamically unfavored platinum nanoplates for oxygen reduction reaction. [Dalton Transactions, 49(44), (2020), 15837-15842] Tatsuichiro Nakamoto, Ken-ichi Motomiya, Shun Yokoyama, Hideyuki Takahashi

● Strong adhesion of polyvinylpyrrolidone-coated copper nanoparticles on various substrates fabricated from well-

dispersed copper nanoparticle inks. [COLLOIDS AND SURFACES A-PHYSICOCHEMICAL AND ENGINEERING ASPECTS, 591, (2020), 124567] Shun Yokoyama, Junpei Nozaki, Kenichi Motomiya, Norihito Tsukahara, Hideyuki Takahashi

国際エネルギー資源学分野

【論文】

● A geochemical approach for identifying marine incursions: Implications for tsunami geology on the Pacific coast of northeast Japan. [Applied Geochemistry, 118, (2020), 104644] Takahiro Watanabe, Noriyoshi Tsuchiya, Shin-ichi Yamasaki, Yuki Sawai, Norihiro Hosoda, Fumiko W. Nara, Toshio Nakamura, Takeshi Komai

● Characteristics of hydrogen production with carbon storage by CO₂-rich hydrothermal alteration of olivine in the presence of Mg-Al spinel. [International Journal of Hydrogen Energy, 45(24), (2020), 13163-13175] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Divestment trends in Japan's international coal businesses. [Renewable and Sustainable Energy Reviews, 124, (2020), 109779] Gregory Trencher, Christian Downie, Koichi Hasegawa, Jusen Asuka

● Fluid Infiltration Through Oceanic Lower Crust in Response to Reaction Induced Fracturing: Insights From Serpentinized Troctolite and Numerical Models. [Journal of Geophysical Research, 125(11), (2020), e(2020)JB020268] Kazuki Yoshida, Atsushi Okamoto, Hiroyuki Shimizu, Ryosuke Oyanagi, Noriyoshi Tsuchiya, and Oman Drilling Project Phase Science Party

● Overcoming barriers to developing and diffusing fuel-cell vehicles: Governance strategies and experiences in Japan. [Energy Policy, 142, (2020), 111533] Gregory Trencher, Araz Taeihagh, Masaru Yarime

● Rapid fluid infiltration and permeability enhancement during middle-lower crustal fracturing: Evidence from amphibolite-granulite-facies fluid-rock reaction zones, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. [Lithos, 372-373, (2020), 105521] Diana Mindaleva, Masaaki Uno, Fumiko Higashino, Takayoshi Nagaya, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya

● Revisiting carbon lock-in in energy systems. [Energy Research & Social Science, 69, (2020), 101770] Gregory Trencher

● Silica controls on hydration kinetics during serpentinization of olivine: Insights from hydrothermal experiments and a reactive transport model. [Geochimica Cosmochimica Acta, 270, (2020), 21-42] Ryosuke Oyanagi, Atsushi Okamoto and Noriyoshi Tsuchiya

● Strategies to accelerate the production and diffusion of fuel cell electric vehicles: Experiences from California. [Energy Reports, 6, (2020), 2503-2519] Gregory Trencher

● Transport and Evolution of Supercritical Fluids During the Formation of the Erdenet Cu-Mo Deposit, Mongolia. [Geosciences, 10, (2020), 201-221] Geri Agroli, Atsushi Okamoto, Masaaki Uno, Noriyoshi Tsuchiya

● Understanding the Multi-Faceted Drivers of Increasing Coal Consumption in Indonesia. [Energies, 13(14), (2020), 3660] Robi Kurniawan, Gregory P. Trencher, Achmed S. Edianto, Imam E. Setiawan, Kazuyo Matsubae

環境政策学講座

環境・エネルギー経済学分野

【論文】

● Natural resource use of gasoline, hybrid, electric and fuel cell vehicles considering land disturbances. [Resources, Conservation and Recycling, 166, (2020), 105256] Shoki Kosai, Kenyu Matsui, Kazuyo Matsubae, Eiji Yamasue, Tetsuya Nagasaka

● Trends in the food nitrogen and phosphorus footprints for Asia's giants: China, India, and Japan. [Resources, Conservation and Recycling, 157, (2020), 104752] Oita, A., Wirasenjaya, F., Liu, J., Webeck, E., Matsubae, K.

● Understanding the multi-faceted drivers of increasing coal consumption in Indonesia. [Energies, 13(14), (2020), 3660] Robi Kurniawan, Gregory P. Trencher, Achmed S. Edianto, Imam E. Setiawan, Kazuyo Matsubae

【総説・解説】

● エネルギー転換による鉱物資源リスクとサーキュラー・エコノミー . [東京財団政策研究所 Review, 6, (2020)] 平沼光 , 松八重一代 , 中川恒彦 , 中島賢一

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】

● Adsorption of urea, creatinine, and uric acid from three solution types using spherical activated carbon and its recyclability. [Chinese Journal of Chemical Engineering, 28(12), (2020), 2993-3001] Tomohito Kameda, Kazuya Horikoshi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Adsorption of various metals by carboxymethyl-β-cyclodextrin-modified Zn Al layered double hydroxides. [Applied Clay Science, 187, (2020), 105479] Tomohito Kameda, Mao Takaizumi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Catalytic Pyrolysis of Poly(Ethylene Terephthalate) in the Presence of Metal Oxides for Aromatic Hydrocarbon Recovery Using Tandem-Reactor-GC/MS. [Energy & Fuels, 34, (2020), 2492-2500] Shogo Kumagai, Ryota Yamasaki, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka

● Combined Experiment, Simulation, and Ex-ante LCA Approach for Sustainable Cl Recovery from NaCl/Ethylene Glycol by Electrodialysis. [Industrial & Engineering Chemistry

Research, 59(45), (2020), 20112-20122] Jiaqi Lu, Shogo Kumagai, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Combining pyrolysis-two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry with hierarchical cluster analysis for rapid identification of pyrolytic interactions: Case study of co-pyrolysis of PVC and biomass components. [Process Safety and Environmental Protection, 143, (2020), 91-100] Shogo Kumagai, Asami Matsukami, Fumie Kabashima, Masafumi Sakurai, Michiko Kanai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Direct Gas-Phase Derivatization by Employing Tandem μ-Reactor-Gas Chromatography/Mass Spectrometry: Case Study of Trifluoroacetylation of 4,4'-Methylenedianiline. [Analytical Chemistry, 92(22), (2020), 14924-14929] Yuya Nishiyama, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka

● Enhancement of gasification and liquefaction during fast co-pyrolysis of cedar wood and polyethylene through control of synergistic interactions. [Bioresource Technology Report, 11, (2020), 100431] Koyo Kasataka, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Heavy metal removal from municipal solid waste fly ash through chloride volatilization using poly(vinyl chloride) as chlorinating agent. [Journal of Material Cycles and Waste Management, 22, (2020), 1270-1283] Kenta Kurashima, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Impact of Ni/Mg/Al Catalyst Composition on Simultaneous H₂-Rich Syngas Recovery and Toxic HCN Removal through a Two-Step Polyurethane Pyrolysis and Steam Reforming Process. [Industrial & Engineering Chemistry Research, 59(19), (2020), 9023-9033] Shogo Kumagai, Ryosuke Yabuki, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Influence of CO₂ gas on the rate and kinetics of HCl, SO₂, and NO₂ gas removal by Mg-Al layered double hydroxide intercalated with CO₃²⁻. [Applied Clay Science, 195, (2020), 105725] Tomohito Kameda, Hiroki Uchida, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Keiichi Mizushina, Ichirou Itou, Tianye Han, Toshiaki Yoshioka

● Investigation of Sludge Volume from Abandoned Mine Wastewater Treatment by Layered Double Hydroxides: A Case Study Targeting As and Fe. [Mine Water and the Environment, 39(4), (2020), 881-887] Xinyi Yang, Mir Tamzid Rahman, Tomohito Kameda, Yusei Masaki, Yuko Saito, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Machine learning-based discrete element reaction model for predicting the dechlorination of poly(vinyl chloride) in NaOH/ethylene glycol solvent with ball milling. [Chemical Engineering Journal Advances, 3, (2020), 100025-100025] Jiaqi Lu, Siqingaowa Borjigin, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Practical dehalogenation of automobile shredder residue in NaOH/ethylene glycol with an up-scale ball mill reactor. [Journal

of Material Cycles and Waste Management, 22(5), (2020), 1620-1629] Jiaqi Lu, Siqingaowa Borjigin, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Yasuhiro Fukushima, Toshiaki Yoshioka

● Simultaneous recovery of high-purity Cu and poly(vinyl chloride) from waste wire harness via swelling followed by ball milling. [Scientific Reports, 10(1), (2020), 10754] Harendra Kumar, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Synthesis of layered double hydroxide nanosheets in an aqueous solvent and their Ni²⁺ uptake characteristics. [Applied Clay Science, 200, (2020), 105911] Tomohito Kameda, Daichi Ikeda, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Treatment of NO by a combination of MnO₂ and a CO₃²⁻-intercalated Mg-Al layered double hydroxide. [SN Applied Sciences, 2(6), (2020), 1075] Tomohito Kameda, Hiroki Uchida, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

●ポリオレフィンのケミカルリサイクルの研究開発動向とチャレンジ. [Journal of the Japan Petroleum Institute, 63(6), (2020), 345-364] 熊谷将吾, 中谷隼, 齋藤優子, 福島康裕, 吉岡敏明

【総説・解説】

●難リサイクル性プラスチックのリサイクルに向けた研究開発. [えねるみくす, 99, (2020), 17-21] 熊谷将吾, 齋藤優子, 吉岡敏明

●廃家電由来の臭素系難燃剤を事例とした臭素市中賦存量推計. [廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 31, (2020), 155] 齋藤優子, 中村希, 熊谷将吾, 亀田知人, 白鳥寿一, 吉岡敏明

●プラスチックケミカルリサイクルを進める動脈産業の役割と期待. [PETROTECH-石油学会情報誌-, 43(4), (2020), 250-257] 吉岡敏明, 熊谷将吾, 齋藤優子

【著書】

●太陽光パネルのリサイクル. [バリューチェーンと単位操作から見たリサイクル, (2020), 化学工学会] 白鳥寿一

連携講座

環境リスク評価学分野

【論文】

● A comparison of methods to estimate groundwater recharge from bare soil based on data observed by a large-scale lysimeter. [Hydrological Processes, 34, (2020), 2987-2999] Zaiyong Zhang, Wenke Wang, Chengcheng Gong, Ming Zhang

● Activation and Inactivation of Seismicity: The Terminations of Two Injection Tests in Okuaizu Geothermal Field, Japan. [Seismological Research Letters, 91(5), (2020), 2730-2743] K. Okamoto, L. Yi, H. Asanuma, T. Okabe, Y. Abe, M. Tsuzuki

● Borehole research in New York State can advance utilization of low enthalpy geothermal energy, management of potential risks, and understanding of deep sedimentary and crystalline geologic systems. [Scientific Drilling, 28, (2020), 75-91] T. Jordan, P. Fulton, J. Tester, D. Bruhn, H. Asanuma, U. Harms, C. Wang, D. Schmitt, P. Vardon, H. Hofman, P. Tom, J. Smith, and

the Workshop participants

● Characterization of Pb-bearing minerals in polluted soils from closed mine sites. [Water Air Soil Pollut, 231, (2020) 176] Mihoko Hoshino, Ming Zhang, Masaya Suzuki, Katsuhiko Tsukimura, Masaaki Ohta

● Characterizing the heterogeneous correlations between the landscape patterns and seasonal variations of total nitrogen and total phosphorus in a peri-urban watershed. [Environmental Science and Pollution Research, 27, (2020), 34067-34077] Chongwei Li, Haiyan Zhang, Yonghong Hao, Ming Zhang

● Constraints in anaerobic microbial dechlorination, fermentation, and sulfate-reduction induced by high concentrations of tetrachloroethylene. [Water Air Soil Pollut, 231, (2020), 390] Miho Yoshikawa, Ming Zhang

● Determining the hydraulic properties of coastal aquifer systems using groundwater response to tidal fluctuations: applicability and limitations. [Coastal Engineering Journal, 62, (2020), 647-655] Ling Yang, Ming Zhang, Yonghong Hao, Tongke Wang, Zhixue Zhao

● Estimation of coastal aquifer properties: A review of the tidal method based on theoretical solutions. [WIREs Water, (2020), e1498, 1-15] Ming Zhang, Yonghong Hao, Zhixue Zhao, Tongke Wang, Ling Yang

● Evaluation of flow path at the stimulation in the EGS reservoir using microseismic information. [Geothermics, 87, (2020), 101843] Y. Mukuhira, T. Ito, H. Asanuma, M. Häring

● Geoenvironmental properties of industrially contaminated site soil solidified/stabilized with a sustainable by-product-based binder, Science of the Total Environment. [Science of The Total Environment, In Press, (2020), 142778] Ya-Song Feng, Yan-Jun Du, Annan Zhou, Ming Zhang, Jiang-Shan Li, Shi-Ji Zhou, Wei-Yi Xia

● Hydromechanical properties of 3D printed fractures with controlled surface roughness: Insights into shear-permeability coupling processes. [International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 128, (2020), 104271] T. Ishibashi, Y. Fang, D. Elsworth, N. Watanabe, H. Asanuma

● Numerical Simulation of a Laboratory-scale Experiment for the Hydrate Dissociation Process in Porous Media by Acid Injection. [International Journal of Offshore and Polar Engineering, 30(4), (2020), 501-512] Sakamoto, Y., F. Kaneko, Y. Nakano, K. Nakamura and T. Komai

● Numerical Study on the Application of In situ Low-temperature Oxidation for Enhanced Recovery from Methane Hydrate Reservoir. [International Journal of Offshore and Polar Engineering, 30(2), (2020), 228-239] Sakamoto, Y., F. Kaneko, Y. Nakano, K. Nakamura and T. Komai

● Validation and evaluation of estimation method for deep thermal structure using activity index in major geothermal fields in northeastern Japan. [Energies, 13(18), (2020), 4684] Y. Suzuki, H. Muraoka, H. Asanuma

●減圧法による海洋メタンハイドレート堆積層からのガス生産時の地層変形予測に関する数値解析. [地盤工学会誌, 68(9), (2020), 3-8] 坂本靖英, 米田純, 天満則夫, 瀧口晃

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】

● Adoption of personal protective measures by ordinary citizens during the COVID-19 outbreak in Japan. [International Journal of Infectious Diseases, 94, (2020), 139-144] Masaki Machida, Itaru Nakamura, Reiko Saito, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Tomoko Takamiya, Yuko Odagiri, Noritoshi Fukushima, Hiroyuki Kikuchi, Takako Kojima, Hidehiro Watanabe, Shigeru Inoue

● Associations between the traditional and novel neighbourhood built environment metrics and weight status among Canadian men and women. [Canadian Journal of Public Health, (2020), 10.17269/s41997-020-00365-8] Vikram Nichani, Mohammad Javad Koohsari, Koichiro Oka, Tomoki Nakaya, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Liam Turley, Gavin R McCormack

● Associations of neighborhood socioeconomic conditions with self-rated health, mental distress, and health behaviors: A nationwide cross-sectional study in Japan. [Preventive Medicine Reports, 18, (2020), 101075-101075] Tomoya Hanibuchi, Tomoki Nakaya

● Built environment correlates of objectively-measured sedentary behaviours in densely-populated areas. [Health & Place, 66, (2020), 102447-102447] Mohammad Javad Koohsari, Ai Shibata, Kaori Ishii, Sayaka Kurosawa, Akitomo Yasunaga, Tomoya Hanibuchi, Tomoki Nakaya, Suzanne Mavoa, Gavin R McCormack, Koichiro Oka

● Central Tokyo's Low Response Rate to the 2015 Population Census and Its Related Factors. [SAGE Open, 10(3), (2020), 215824402096308] Tomoya Hanibuchi, Masakazu Yamauchi

● Changes in implementation of personal protective measures by ordinary Japanese citizens: A longitudinal study from the early phase to the community transmission phase of the COVID-19 outbreak. [International Journal of Infectious Diseases, 96, (2020), 371-375] Masaki Machida, Itaru Nakamura, Reiko Saito, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Tomoko Takamiya, Yuko Odagiri, Noritoshi Fukushima, Hiroyuki Kikuchi, Shiho Amagasa, Takako Kojima, Hidehiro Watanabe, Shigeru Inoue

● Dog-walking in dense compact areas: The role of neighbourhood built environment. [Health & Place, 61, (2020), 102242] Mohammad Javad Koohsari, Tomoki Nakaya, Gavin R McCormack, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Yung Liao, Koichiro Oka

● Dog ownership and adults' objectively-assessed sedentary behaviour and physical activity. [Scientific Reports, 10(1), (2020), 17487] Mohammad Javad Koohsari, Ai Shibata, Kaori Ishii, Sayaka Kurosawa, Akitomo Yasunaga, Tomoya Hanibuchi,

Tomoki Nakaya, Gavin R McCormack, Koichiro Oka

● Environmental attributes and sedentary behaviours among Canadian adults. [Environmental Research Communications, 2(5), (2020), 51002] Mohammad Javad Koohsari, Koichiro Oka, Tomoki Nakaya, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Gavin R McCormack

● Factors Influencing the Proportion of Non-examinees in the Fukushima Health Management Survey for Childhood and Adolescent Thyroid Cancer: Results From the Baseline Survey. [Journal of Epidemiology, 30(7), (2020), 301-308] Kunihiko Takahashi, Hideto Takahashi, Tomoki Nakaya, Seiji Yasumura, Tetsuya Ohira, Hitoshi Ohto, Akira Ohtsuru, Sanae Midorikawa, Shinichi Suzuki, Hiroki Shimura, Shunichi Yamashita, Koichi Tanigawa, Kenji Kamiya

● Geographically weighted modeling for spatial epidemiology. [RIMS Kōkyūroku (京都大学数理解析研究所講録), 2166, (2020), in press] Tomoki Nakaya

● Incorrect Use of Face Masks during the Current COVID-19 Pandemic among the General Public in Japan. [International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(18), (2020), 6484] Masaki Machida, Itaru Nakamura, Reiko Saito, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Tomoko Takamiya, Yuko Odagiri, Noritoshi Fukushima, Hiroyuki Kikuchi, Shiho Amagasa, Takako Kojima, Hidehiro Watanabe, Shigeru Inoue

● Local-Area Walkability and Socioeconomic Disparities of Cardiovascular Disease Mortality in Japan. [Journal of the American Heart Association, 9(12), (2020), e016152] Mohammad Javad Koohsari, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Ai Shibata, Kaori Ishii, Takemi Sugiyama, Neville Owen, Koichiro Oka

● Near-repeat victimization of sex crimes and threat incidents against women and girls in Tokyo, Japan [Crime Science, 9, (2020), 1-6] Mamoru Amemiya, Tomoki Nakaya, Takahito Shimada

● Neighbourhood built environment and cardiovascular disease: knowledge and future directions. [Nature Reviews Cardiology, 17(5), (2020), 261-263] Mohammad Javad Koohsari, Gavin R McCormack, Tomoki Nakaya, Koichiro Oka

● Objective scoring of streetscape walkability related to leisure walking: Statistical modeling approach with semantic segmentation of Google Street View images. [Health & Place, 66, (2020), 102428] Shohei Nagata, Tomoki Nakaya, Tomoya Hanibuchi, Shiho Amagasa, Hiroyuki Kikuchi, Shigeru Inoue

● Positive Association of Physical Activity with Both Objective and Perceived Measures of the Neighborhood Environment among Older Adults: The Aichi Workers' Cohort Study. [International journal of environmental research and public health, 17(21), (2020), 7971] Yuanying Li, Hiroshi Yatsuya, Tomoya Hanibuchi, Atsuhiko Ota, Hisao Naito, Rei Otsuka, Chiyoe Murata, Yoshihisa Hirakawa, Chifa Chiang, Mayu Uemura, Koji Tamakoshi, Atsuko Aoyama

● Quantitative Environmental Equity Analysis of Perceived Accessibility to Urban Parks in Osaka Prefecture, Japan. [Applied Spatial Analysis and Policy, (in press)] Shinya Yasumoto, Tomoki Nakaya, Andy Jones

- Adsorption of various metals by carboxymethyl- β -cyclodextrin-modified Zn Al layered double hydroxides. [Applied Clay Science, 187, (2020), 105479] Tomohito Kameda, Mao Takaizumi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Catalytic Pyrolysis of Poly(ethylene terephthalate) in the Presence of Metal Oxides for Aromatic Hydrocarbon Recovery Using Tandem μ -Reactor-GC/MS. [Energy & Fuels, 34(2), (2020), 2492-2500] Shogo Kumagai, Ryota Yamasaki, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka
- Close Packing of Cellulose and Chitosan in Regenerated Cellulose Fibers Improves Carbon Yield and Structural Properties of Respective Carbon Fibers. [Biomacromolecules, 21(10), (2020), 4326-4335] Hilda Zahra, Daisuke Sawada, Chamseddine Guizani, Yibo Ma, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka, Herbert Sixta, Michael Hummel
- Combined Experiment, Simulation, and Ex-ante LCA Approach for Sustainable Cl Recovery from NaCl/Ethylene Glycol by Electrodialysis. [Industrial & Engineering Chemistry Research, 59(45), (2020), 20121-20122] Jiaqi Lu, Shogo Kumagai, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Combining pyrolysis-two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry with hierarchical cluster analysis for rapid identification of pyrolytic interactions: Case study of co-pyrolysis of PVC and biomass components. [Process Safety and Environmental Protection, 143, (2020), 91-100] Shogo Kumagai, Asami Matsukami, Fumie Kabashima, Masafumi Sakurai, Michiko Kanai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Direct Gas-Phase Derivatization by Employing Tandem μ -Reactor-Gas Chromatography/Mass Spectrometry: Case Study of Trifluoroacetylation of 4,4'-Methylenedianiline. [Analytical Chemistry, 92(22), (2020), 14924] Yuya Nishiyama, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka
- Effect of the specific surface area of MgO on the treatment of boron and fluorine. [Applied Water Science, 10(5), (2020), 104] Tomohito Kameda, Yusuke Yamamoto, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka
- Enhancement of gasification and liquefaction during fast co-pyrolysis of cedar wood and polyethylene through control of synergistic interactions. [Bioresource Technology Reports, 11, (2020), 100431] Koyo Kasataka, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Facile method for treating Zn, Cd, and Pb in mining wastewater by the formation of Mg-Al layered double hydroxide. [International Journal of Environmental Science and Technology, 17(5), (2020), 3023] M. T. Rahman, T. Kameda, T. Miura, S. Kumagai, T. Yoshioka
- Heavy metal removal from municipal solid waste fly ash through chloride volatilization using poly(vinyl chloride) as chlorinating agent. [Journal of Material Cycles and Waste

- Management, 22(4), (2020), 1270-1283] Kenta Kurashima, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Highly efficient recovery of high-purity Cu, PVC, and phthalate plasticizer from waste wire harnesses through PVC swelling and rod milling. [Reaction Chemistry & Engineering, 5(9), (2020), 1805-1813] Harendra Kumar, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Impact of Ni/Mg/Al Catalyst Composition on Simultaneous H₂-Rich Syngas Recovery and Toxic HCN Removal through a Two-Step Polyurethane Pyrolysis and Steam Reforming Process. [Industrial & Engineering Chemistry Research, 59(19), (2020), 9023-9033] Shogo Kumagai, Ryosuke Yabuki, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Influence of CO₂ gas on the rate and kinetics of HCl, SO₂, and NO₂ gas removal by Mg-Al layered double hydroxide intercalated with CO₃²⁻. [Applied Clay Science, 195, (2020), 105725] Tomohito Kameda, Hiroki Uchida, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Keiichi Mizushina, Ichirou Itou, Tianye Han, Toshiaki Yoshioka
- Investigation of Sludge Volume from Abandoned Mine Wastewater Treatment by Layered Double Hydroxides: A Case Study Targeting As and Fe. [Mine Water and the Environment, 39(4), (2020), 881-887] Xinyi Yang, Mir Tamzid Rahman, Tomohito Kameda, Yusei Masaki, Yuko Saito, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka
- Low-Temperature Catalytic Upgrading of Waste Polyolefinic Plastics into Liquid Fuels and Waxes. [Applied Catalysis B: Environmental, 285, (2020), 119805] Yosuke Nakaji, Masazumi Tamura, Shuhei Miyaoka, Shogo Kumagai, Mifumi Tanji, Yoshinao Nakagawa, Toshiaki Yoshioka, Keiichi Tomishige
- Machine learning-based discrete element reaction model for predicting the dechlorination of poly (vinyl chloride) in NaOH/ethylene glycol solvent with ball milling. [Chemical Engineering Journal Advances, 3, (2020), 100025] Jiaqi Lu, Siqingaowa Borjigin, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Practical dehalogenation of automobile shredder residue in NaOH/ethylene glycol with an up-scale ball mill reactor. [Journal of Material Cycles and Waste Management, 22(5), (2020), 1620-1629] Jiaqi Lu, Siqingaowa Borjigin, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Yasuhiro Fukushima, Toshiaki Yoshioka
- Simultaneous recovery of high-purity Cu and poly(vinyl chloride) from waste wire harness via swelling followed by ball milling. [Scientific Reports, 10(1), (2020), 10754] Harendra Kumar, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Simultaneous treatment of HCl-SO₂-NO_x gas with Mg-Al layered double hydroxide intercalated with CO₃²⁻ and its recycling process. [International Journal of Environmental Science and Technology, 17, (2020), 1179-1184] Tomohito Kameda, Masahito Tochinal, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka
- Synthesis of layered double hydroxide nanosheets in an aqueous solvent and their Ni²⁺ uptake characteristics. [Applied

- Clay Science, 200, (2020), 105911] Tomohito Kameda, Daichi Ikeda, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Treatment of NO by a combination of MnO₂ and a CO₃²⁻-intercalated Mg-Al layered double hydroxide. [SN Applied Sciences, 2(6), (2020), 1075] Tomohito Kameda, Hiroki Uchida, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- ポリオレフィンのケミカルリサイクルの研究開発動向とチャレンジ. [Journal of the Japan Petroleum Institute, 63(6), (2020), 345-364] 熊谷将吾, 中谷隼, 齋藤優子, 福島康裕, 吉岡敏明
- 難リサイクル性プラスチックのリサイクルに向けた研究開発. [えねるみくす, 99, (2020), 17-21] 熊谷将吾, 齋藤優子, 吉岡敏明
- 【総説・解説】
- プラスチックケミカルリサイクルを進める動脈産業の役割と期待. [PETROTECH-石油学会情報誌-, 43(4), (2020), 250-257] 吉岡敏明, 熊谷将吾, 齋藤優子
- プラスチック問題の解決に果たす化学産業の役割と期待. [化学と工業, 73(7), (2020), 535-537] 吉岡敏明
- ポリ塩化ビニルの脱塩素反応を利用したリサイクル. [高分子, 69, (2020), 570-573] 吉岡敏明, 熊谷将吾, 齋藤優子
- 難リサイクル性プラスチックのリサイクルに向けた研究開発. [えねるみくす, 99, (2020), 17-21] 熊谷将吾, 齋藤優子, 吉岡敏明
- 【著書】
- 第2節 プラスチックの熱分解反応解析. [生分解、バイオマスプラスチックの開発と応用, (2020), 技術情報協会] 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明

環境分析化学分野

- 【論文】
- Photostable near-infrared-absorbing diradical-platinum(ii) complex solubilized by albumin toward a cancer photothermal therapy agent. [RSC Advances, 10(11), (2020), 6460-6463] Ryota Sawamura, Masataka Sato, Atsuko Masuya-Suzuki, Nobuhiko Iki
- 【総説・解説】
- 金属錯体の異核複核化による高機能化. [ぶんせき, 7, (2020), 263-264] 唐島田龍之介

環境生命機能学分野

- 【論文】
- Biofabrication using electrochemical devices and systems. [Advanced Biosystems, 4, (2020), 1900234] Kosuke Ino, Fumisato Ozawa, Ning Dang, Kaoru Hiramoto, Shodai Hino, Rise Akasaka, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- Bioimaging using bipolar electrochemical microscopy improved in spatial resolution. [Analyst, accepted] Tomoki Iwama, Kumi Y. Inoue, Hiroya Abe, Tomokazu Matsue and Hitoshi Shiku
- Closed bipolar electrode array for on-chip analysis of cellular respiration by cell aggregates. [ACS Sensors, 5(3), (2020), 740-745] Kosuke Ino, Ryosuke Yaegaki, Kaoru Hiramoto, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

- Electrochemical detection of kallikrein using a p-methoxyaniline-conjugated tripeptide towards simple diagnosis of primary aldosteronism. [Chemistry Letters, 49(1), (2020), 57-59] Kousuke Ohyama, Sun Sixiang, Kumi Y. Inoue, Tomokazu Matsue and Takayuki Doi.
- Electrochemical measurement of respiratory activity for evaluation of fibroblast spheroids containing endothelial cell networks. [Electrochimica Acta, 340, (2020), 135979] Kaoru Hiramoto, Hao-jen Pai, Kosuke Ino, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- Fabrication of three-dimensional calcium alginate hydrogels using sacrificial templates of sugar. [Journal of Bioscience and Bioengineering, accepted] Kosuke Ino, Mika T. Fukuda, Kaoru Hiramoto, Noriko Taira, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku
- High-Resolution Electrochemical Mapping of the Hydrogen Evolution Reaction on Transition-Metal Dichalcogenide Nanosheets. [Angewandte Chemie International Edition, 59, (2020), 3601-3608] Yasufumi Takahashi, Yu Kobayashi, Ziqian Wang, Yoshikazu Ito, Masato Ota, Hiroki Ida, Akichika Kumatani, Keisuke Miyazawa, Takeshi Fujita, Hitoshi Shiku, Yuri E. Korchev, Yasumitsu Miyata, Takeshi Fukuma, Mingwei Chen, and Tomokazu Matsue
- Nanoscale kinetic imaging of lithium ion secondary battery materials using scanning electrochemical cell microscopy. [Chemical Communications, 56(65), (2020), 9324-9327] Yasufumi Takahashi, Tsubasa Yamashita, Daiko Takamatsu, Akichika Kumatani and Takeshi Fukuma.
- Oxygen consumption rate of tumour spheroids during necrotic-like core formation. [Analyst, in press, (2020)] Rei Mukomoto, Yuji Nashimoto, Takato Terai, Takuto Imaizumi, Kaoru Hiramoto, Kosuke Ino, Ryuji Yokokawa, Takashi Miura, Hitoshi Shiku
- Recent Advances in Electrochemiluminescence-Based Systems for Mammalian Cell Analysis. [Micromachines, 11(5), (2020), 530] Kaoru Hiramoto, Elena Villani, Tomoki Iwama, Keika Komatsu, Shinsuke Inagi, Kumi Y. Inoue, Yuji Nashimoto, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku
- Recent advances in scanning electrochemical microscopic analysis and visualization on lithium-ion battery electrodes. [Current Opinion in Electrochemistry, 22, (2020), 228-233] Akichika Kumatani, Tomokazu Matsue.
- S/N co-doped hollow carbon particles for oxygen reduction electrocatalysts prepared by spontaneous polymerization at oil-water interfaces. [ACS Omega, 5(29), (2020), 18391-18396] Hiroya Abe, Kohei Nozaki, Shu Sokabe, Akichika Kumatani, Tomokazu Matsue, Hiroshi Yabu.
- 触媒活性サイトの電気化学イメージングに資する走査型電気化学セル顕微鏡の開発と応用. [電気化学, 88(3), (2020), 229-234] 高橋康史, 伊藤良一, 熊谷明哉, 井田大貴, 宮田耕充, 末永智一, 福岡剛士
- 多点液滴デバイスを用いたレドックスサイクリングによるメチレンブルーの電気化学計測. [分析化学, 採択] 平本薫, 小松慶佳, 山田祐大, 梨本裕司, 末永智一, 伊野浩介, 珠玖仁
- バイオファブ리케이션による生体様組織構築. [化学と工業, 73(10), (2020), 742-743] 伊野浩介

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 precise deconvolution method to derive methane hydrate cage occupancy ratios using Raman spectroscopy. [Chemical Engineering Science, 214(16), (2020), 115361] Yuya Hiraga, Takuya Sasagawa, Shinichiro Yamamoto, Hiroyuki Komatsu, Masaki Ota, Takao Tsukada, Richard L. Smith
- Bifunctional carbon Ni/NiO nanofiber catalyst based on 5-sulfosalicylic acid for conversion of C5/C6 carbohydrates into ethyl levulinate. [Reaction Chemistry and Engineering, 5(9), (2020), 1759-1767] Haixin Guo, Yuya Abe, Xinhua Qi, Richard Lee Smith
- Catalytic hydrogenation of levulinic acid in ionic liquid mixtures using hydrogen gas in high-pressure CO₂. [Journal of Supercritical Fluids, 164, (2020), 104891] Haixin Guo, Shida Tomoka, Richard Lee Smith
- Complete dechlorination of lindane over N-doped porous carbon supported Pd catalyst at room temperature and atmospheric pressure. [Science of the Total Environment, 719, (2020), 137534] Jirui Yang, Xinhua Qi, Feng Shen, Mo Qiu, Richard Lee Smith
- Controlled conversion of sodium hyaluronate into low-molecular-weight polymers without additives using high-temperature water and fast-heating-rates. [Journal of Supercritical Fluids, 155, (2020), 104638] Taku Michael Aida, Minori Oshima, Tanjina Sharmin, Kenji Mishima, Richard L. Smith
- Cycloamination strategies for renewable N-heterocycles. [Green Chemistry, 22(3), (2020), 582-611] Hu Li, Haixin Guo, Zhen Fang, Taku Michael Aida, Richard Lee Smith
- Distribution coefficients of salicylic acid and methyl salicylate in high-pressure CO₂-water - ethanol systems. [Journal of Supercritical Fluids, 166, (2020), 105013] Yuta Sugimoto, Masaki Ota, Yoshiyuki Sato, Richard Lee Smith, Hiroshi Inomata
- Local composition models for predicting Kamlet-Taft dipolarity/polarizability of nonaqueous binary and ternary mixtures. [Journal of Molecular Liquids, 304, (2020), 112691-112691] Alif Duereh, Haixin Guo, Yoshiyuki Sato, Hiroshi Inomata
- Mechanistic role of protonated polar additives in ethanol for selective transformation of biomass-related compounds. [Applied Catalysis B: Environmental, 264, (2020), 118509] Haixin Guo, Alif Duereh, Yaqiong Su, Emiel J.M. Hensen, Xinhua Qi, Richard Lee Smith
- Role of impurity components and pollutant removal processes in catalytic oxidation of o-xylene from simulated coal-fired flue gas. [Science of the Total Environment, in press(2020), 142805] Yuting Wang, Xiao Zhang, Boxiong Shen, Richard Lee Smith, Haixin Guo
- Supercritical Hydrothermal Synthesis of Polyacrylic Acid-Capped Copper Nanoparticles and Their Feasibility as

Conductive Nanoinks. [Journal of Electronic Materials, 49(10), (2020), 5681-5686] Nanami Numaga, Hiromichi Hayashi, Richard L. Smith

- Synthesis of ethyl levulinate over amino-sulfonated functional carbon materials. [Renewable Energy, 157, (2020), 951-958] Haixin Guo, Yuta Hirosaki, Xinhua Qi, Richard Lee Smith

【総説・解説】

- Special Issue on Hydrothermal and Solvothermal Approaches toward Bio-products.[Journal of Supercritical Fluids, 165, (2020)] Zhen Fang, Richard L. Smith, Hu Li
- 【著書】
- Production of Biofuels and Chemicals with Pyrolysis. [(2020), Springer-Nature] Fang, Zhen, Smith, Richard L, Xu, Lujiang

複合材料設計学分野（成田研）

【論文】

- A Review of Piezoelectric and Magnetostrictive Biosensor Materials for Detection of Covid-19 and Other Viruses. [Advanced Materials, in press, (2020)] Fumio Narita, Zhenjin Wang, Hiroki Kurita, Zhen Li, Yu Shi, Yu Jia, Constantinos Soutis
- Assessing the Flexural Properties of Epoxy Composites with Extremely Low Addition of Cellulose Nanofiber Content. [Applied Sciences, 10, (2020), 1159] Y. Xie, H. Kurita, R. Ishigami and F. Narita
- Electromechanical Response and Residual Thermal Stress of Metal-Core Piezoelectric Fiber /AI Matrix Composites. [Sensors, 20(20), (2020), 5799] Yinli Wang, Tetsuro Yanaseko, Hiroki Kurita, Hiroshi Sato, Hiroshi Asanuma, Fumio Narita
- Experimental Evaluation of Tensile Properties of Epoxy Composites with Added Cellulose Nanofiber Slurry. [Strength of Materials, 52(5), (2020), 798-804] H. Kurita, R. Ishigami, C. Wu, F. Narita
- Fabrication and Mechanical Properties of Carbon-Fiber-Reinforced Polymer Composites with Lead-Free Piezoelectric Nanoparticles. [Sensors and Materials, 32(7), (2020), 2453-2462] Hiroki Kurita, Zhenjin Wang, Hiroaki Nagaoka, Fumio Narita
- Fabrication, Modeling and Characterization of Magnetostrictive Short Fiber Composites. [Materials, 13(7), (2020), 1494] Zhenjin Wang, Kotaro Mori, Kenya Nakajima, Fumio Narita
- High temperature electromechanical response of multilayer piezoelectric laminates under AC electric fields for fuel injector applications. [International Journal of Mechanics and Materials in Design, 16(1), (2020), 207-213] Fumio Narita, Ryohei Hasegawa, Yasuhide Shindo
- Impact energy harvesting by Fe-Co fiber reinforced Al-Si matrix composite. [Materialia, 10, (2020), 100644] Manabu Seino, Lixin Jiang, Zhenjun Yang, Kenichi Katabira, Tadaaki Satake, Fumio Narita, Go Murasawa

- Microstructure-Enhanced Inverse Magnetostrictive Effect in Fe-Co Alloy Wires. [Advanced Engineering Materials, 22(10), (2020), 2000026] Takahiro Yamazaki, Kenichi Katabira, Fumio Narita, Yasubumi Furuya, Wataru Nakao
- Multi-Scale Analysis and Testing of Tensile Behavior in Polymers with Randomly Oriented and Agglomerated Cellulose Nanofibers. [Nanomaterials, 10, (2020), 700] F. Narita, Y. Wang, H. Kurita and M. Suzuki
- Numerical and Experimental Investigation of the Through-Thickness Strength Properties of Woven Glass Fiber Reinforced Polymer Composite Laminates under Combined Tensile and Shear Loading. [Journal of Composites Science, 4, (2020), 112] T. Kanno, H. Kurita, M. Suzuki, H. Tamura and F. Narita
- Potassium sodium niobate lead-free piezoelectric nanocomposite generators based on carbon-fiber-reinforced polymer electrodes for energy-harvesting structures. [Composites Science and Technology, 199, (2020), 108331] Zhenjin Wang, Hiroki Kurita, Hiroaki Nagaoka, Fumio Narita
- Twisting and Reverse Magnetic Field Effects on Energy Conversion of Magnetostrictive Wire Metal Matrix Composites. [Physica Status Solidi - Rapid Research Letters, 14(10), (2020), 2070039] Zhenjun Yang, Zhenjin Wang, Manabu Seino, Daisuke Kumaoka, Go Murasawa, Fumio Narita
- 【総説・解説】
- Fe-Co 系磁歪合金を用いた 複合材料の振動・衝撃発電特性 . [まてりあ , 59(1), (2020), 16-20] 成田史生
- 【著書】
- 楽しく学ぶ破壊力学 . [(2020), 朝倉書店] 成田史生 , 大宮正毅 , 荒木稚子

複合材料設計学分野（コマロフ研）

【論文】

- Combined effect of acoustic cavitation and pulsed discharge plasma on wastewater treatment efficiency in a circulating reactor: A case study of Rhodamine B. [Ultrason. Sonochem., 68, (2020), 105236] Sergey Komarov, Takuya Yamamoto, Yu Fang, Daiki Hariu
- Dynamic behavior of acoustic cavitation bubble originated from heterogeneous nucleation. [J. Appl. Phys., 128, (2020), 044702] Takuya Yamamoto, Sergey Komarov
- Evaluation of aluminum dross generation rate during mechanical stirring of aluminum through model experiment and numerical simulation. [Metall. Mater. Trans. B, 51B, (2020), 1836-1846] Takuya Yamamoto, Kenya Kato, Sergey V. Komarov, Ryosuke Taniguchi, Yasuo Ishiwata
- In_xGa_{1-x}SbSe mixed crystals grown from an In flux by the traveling heater method for THz wave generation. [J. Phys. Commu., 4, (2020), 065007] Y. Sato, C. Tang, K. Watanabe, J. Ohsaki, T. Yamamoto, T. Tanabe, Y. Oyama
- Liquid jet directionality and droplet behavior during emulsification of two liquids due to acoustic cavitation.

[Ultrason. Sonochem., 62, (2020), 104874] Takuya Yamamoto, Sergey Komarov

- Optical and electrical properties of In_xGa_{1-x}Se mixed crystal grown from indium flux by the traveling heater method. [J. Elect. Mater., (in press)] Y. Sato, C. Tang, K. Watanabe, M. Nakajima, T. Yamamoto, N. Tezuka, T. Tanabe, Y. Oyama
- Surface roughness variation and microstructural evolution of Au thin films in rapid annealing by microwave and electric furnace heating. [Thin Solid Film, 7, (2020), 138352] N. Yoshikawa, T. Igarashi, H. Taguchi, A. Nagata, S. Komarov
- Terahertz wave generation via difference frequency generation by using 2D In_xGa_{1-x}Se crystal grown from indium flux. [Opt. Express, 28, (2020), 472-477] Y. Sato, C. Tang, K. Watanabe, J. Ohsaki, T. Yamamoto, N. Tezuka, T. Tanabe, Y. Oyama
- 【総説・解説】
- 液体攪拌操作における翼端渦と多相分散の関係性の解明 . [京都大学学術情報メディアセンター・センター全国共通 [広報], 19(1), (2020), 2-3] 山本卓也
- 金属生産分野における移動現象論 . [化学工学会誌 , 84, (2020), 255] 山本卓也
- 奨励賞受賞者からの解説論文 圧縮性 3 相流シミュレーションによるエマルジョン化時に発生する高速液体ジェット方向依存性 . [ソノケミストリー学会ニュースレター , 14, (2020), 32-35] 山本卓也
- 超音波キャビテーション気泡の分裂・崩壊、合一メカニズムの解明 . [東京大学情報基盤センター Supercomputing News, 22, Special Issue 1, (2020), 25-29] 山本卓也
- 物理的作用を利用した環境調和型アルミニウム生産プロセスの開発 . [軽金属 , 70, (2020), 318-319] コマロフセルゲイ , 山本卓也

環境創成計画学講座

環境分子化学分野

【論文】

- A precise deconvolution method to derive methane hydrate cage occupancy ratios using Raman spectroscopy. [Chemical Engineering Science, 214, (2020), 115361(1)-115361(5)] Hiraga, Y., Sasagawa, T., Yamamoto, S., Komatsu, H., Ota, M., Tsukada, T., Smith, R.L., Jr.
- Distribution coefficients of salicylic acid and methyl salicylate in high-pressure CO₂ water - ethanol systems. [Journal of Supercritical Fluids, 166, (2020), 105013(1)-105013(8)] Yuta Sugimoto, Masaki Ota, Yoshiyuki Sato, Richard Lee Smith, Hiroshi Inomata
- Kamlet-Taft Dipolarity/Polarizability of Binary Mixtures of Supercritical Carbon Dioxide with Cosolvents: Measurement, Prediction, and Applications in Separation Processes. [Industrial & Engineering Chemistry Research, 59(27), (2020), 12319-12330] Alif Duereh, Yuta Sugimoto, Masaki Ota, Yoshiyuki Sato, and Hiroshi Inomata
- 医薬食品素材を安心安全に製造するための連動式自動背圧弁を搭載した亜臨界溶媒分離装置と理論の開発 . [フジサンケイビジネスアイ第 34

回独創性を拓く先端技術大賞 web 公開論文, (2020), 1-6] 大田昌樹, 堀川愛晃

【総説・解説】

●環境調和型バイオインダストリーを志向した新しい抽出分離技術の開発. [バイオサイエンスとインダストリー, 78(6), (2020), 548-549] 大田昌樹

●常温付近の温度帯を用いる新しい香り成分の分離装置の開発. [公益財団法人日本食品化学研究振興財団研究成果報告書, (2020)] 大田昌樹

●食品のグリーン製造に向けた新しい亜臨界流体分離技術の開発. [公益財団法人飯島藤十郎記念食品科学振興財団 2019 年度年報, 35, (2020), 107-112] 大田昌樹

●食品のグリーン製造に向けた新しい亜臨界流体分離技術の開発. [公益財団法人飯島藤十郎記念食品科学振興財団学術研究助成による成果報告, 7, (2020), 127-127] 大田昌樹

●食物アレルギー対応食品製造のための新しい高圧噴霧技術の開発. [公益財団法人ニッポンハム食の未来財団 2019 年度研究助成事業成果報告会要旨集, (2020), 8-8] 大田昌樹

【著書】

●分離・抽出：超臨界 CO₂ 天然物固体からの抽出. [高圧力の科学・技術辞典, (2020), 朝倉出版] 大田昌樹

環境材料表面科学分野

【論文】

● Dry synthesis of single-nanometer-scale Pt Si fine particles for electrocatalysis. [Journal of Electroanalytical Chemistry, 876, (2020), 114492] Naoto Todoroki, Shuntaro Takahashi, Kotaro Kawaguchi, Yusuke Fugane, Toshimasa Wadayama

● Model building analysis - a novel method for statistical evaluation of Pt L₃-edge EXAFS data to unravel the structure of Pt-alloy nanoparticles for the oxygen reduction reaction on highly oriented pyrolytic graphite. [Physical Chemistry Chemical Physics, 22, (2020), 18815-18823] Felix E. Feiten, Shuntaro Takahashi, Oki Sekizawa, Yuki Wakisaka, Tomohiro Sakata, Naoto Todoroki, Tomoya Uruga, Toshimasa Wadayama, Yasuhiro Iwasawa, Kiyotaka Asakura

● Online Electrochemical Mass Spectrometry Combined with the Rotating Disk Electrode Method for Direct Observations of Potential-Dependent Molecular Behaviors in the Electrode Surface Vicinity. [Journal of The Electrochemical Society, 167(10), (2020), 106503] Naoto Todoroki, Hiroto Tsurumaki, Hiroki Tei, Tomohiro Mochizuki, Toshimasa Wadayama

●ドライブプロセス法による表面原子構造制御に立脚した燃料電池触媒の開発. [燃料電池, 20, (2020), 50-56] 轟直人

連携講座

環境適合材料創製学分野

【論文】

● A methodology of steel microstructure recognition using SEM images by machine learning based on textural analysis. [Materials Today Communications, 25, (2020), 101514] Kazumasa Tsutsui, Hidenori Terasaki, Kyohei Uto, Tatsuya Maemura, Shogo Hiramatsu, Kotaro Hayashi, Koji Moriguchi, and Shigekazu Morito

● Interpretability of deep learning classification for low-carbon steel microstructures. [MATERIALS TRANSACTIONS, 61 (8), (2020), 1584-1592] Tatsuya Maemura, Hidenori Terasaki, Kazumasa Tsutsui, Kyohei Uto, Shogo Hiramatsu, Kotaro Hayashi, Koji Moriguchi, and Shigekazu Morito

● Influence of Sn on practical performances of structural steels. [International Journal of Mining, Materials, and Metallurgical Engineering (IJMMME), 6, (2020), 27-34] Kazuki Inujima and Kazutoshi Ichikawa

【総説・解説】

●焼結鉱強度および被還元性の両立を目指した産学連携によるマグネタイト鉱石の酸化促進指針. [ふえらむ, 26(4), (2020), 211-217] 松村勝

地球環境変動学分野

【論文】

● Assessment of spatio-temporal distribution of CO₂ over greater Asia using the WRF-CO₂ model. [J. Earth Syst. Sci., 129, (2020), 80] Ballav, S., M. Naja, P.K. Patra, T. Machida and H. Mukai

● Chlorine partitioning near the polar vortex edge observed with ground-based FTIR and satellites at Syowa Station, Antarctica in 2007 and 2011. [Atmos. Chem. Phys., 20, (2020), 1043-1074] Nakajima, H., I. Murata, Y. Nagahama, H. Akiyoshi, K. Saeki, T. Kinase, M. Takeda, Y. Tomikawa, E. Dupuy, and N. B. Jones

● Detection of fossil-fuel CO₂ plummet in China due to COVID-19 by observation at Hateruma. [Sci Rep, 10, (2020), 18688].Tohjima, Y., Patra, P.K., Niwa, Y., Mukai, H., Sasakawa M., and Machida, T.

● Siberian and temperate ecosystems shape Northern Hemisphere atmospheric CO₂ seasonal amplification. [PNAS September 1, 117 (35), (2020), 21079-21087] Lin, X., B. M. Rogers, C. Sweeney, F. Chevallier, M. Arshinov, E. Dlugokencky, T. Machida, M. Sasakawa, P. Tans, and G. Keppel-Aleksa

● Spatio-temporal variations of the atmospheric greenhouse gases and their sources and sinks in the Arctic region. [Polar Science, In Press, (2020), 100553] Morimoto, S., D. Goto, S. Murayama, R. Fujita, Y. Tohjima, S. Ishidoya, T. Machida, Y. Inai, P. K. Patra, S. Maksyutov, A. Ito, S. Aoki

● Statistical characterization of urban CO₂ emission signals observed by commercial airliner measurements. [Scientific

Reports, 10, (2020), 7963].Umezawa, T., H. Matsueda, T. Oda, K. Higuchi, Y. Sawa, T. Machida, Y. Niwa, and S. Maksyutov

● The Global Methane Budget 2000-2017. [Earth Syst. Sci. Data, 12, (2020), 1561-1623] Saunio, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Patra, P. K., Ciais, P., Arora, V. K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K. M., Carrol, M., Castaldi, S., Chandra, N., Crevoisier, C., Crill, P. M., Covey, K., Curry, C. L., Etiope, G., Frankenberg, C., Gedney, N., Heggin, M. I., Höglund-Isaksson, L., Hugelius, G., Ishizawa, M., Ito, A., Janssens-Maenhout, G., Jensen, K. M., Joos, F., Kleinen, T., Krummel, P. B., Langenfelds, R. L., Laruelle, G. G., Liu, L., Machida, T., Maksyutov, S., McDonald, K. C., McNorton, J., Miller, P. A., Melton, J. R., Morino, I., Müller, J., Murgia-Flores, F., Naik, V., Niwa, Y., Noce, S., O'Doherty, S., Parker, R. J., Peng, C., Peng, S., Peters, G. P., Prigent, C., Prinn, R., Ramonet, M., Regnier, P., Riley, W. J., Rosentretre, J. A., Segers, A., Simpson, I. J., Shi, H., Smith, S. J., Steele, L. P., Thornton, B. F., Tian, H., Tohjima, Y., Tubiello, F. N., Tsuruta, A., Viovy, N., Voulgarakis, A., Weber, T. S., van Weele, M., van der Werf, G. R., Weiss, R. F., Worthy, D., Wunch, D., Yin, Y., Yoshida, Y., Zhang, W., Zhang, Z., Zhao, Y., Zheng, B., Zhu, Q., Zhu, Q., and Zhuang, Q.

【総説・解説】

●日光によるビタミン D の生成. [ビタミン, 94, (2020), 469-491] 中島英彰

環境研究推進センター

【論文】

● Variations in trace elements, isotopes, and organic geochemistry during the Hangenberg Crisis, Devonian-Carboniferous transition, northeastern Vietnam. [Island Arc, 29(1), (2020), e12337] Shizuya, A., Oba, M., Ando, T., Ogata, Y., Takashima, R., Nishi, H., Komatsu, T. and Nguyen, P.

博士・修士論文題目一覧（令和2年3月・9月修了）

博士論文

【令和2年3月修了】10名

- 堀内 香里
「清代モンゴル境界考」
指導教員：岡 洋樹 教授
- ZAKA RUHMA
「Fabrication and Characterization of Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells (金属支持固体酸化物形燃料電池の作製と評価)」
指導教員：川田 達也 教授
- 今井 はるか
「身近な生物の認識に影響を与える生物及び社会属性の分析～15年間の行政統計のアンケート調査を基にした分析から～」
指導教員：松八重 一代 教授
研究指導教員：香坂 玲 客員教授
- 上澤 進
「ウォータージェットを用いた難透水層のバイオレメディエーション技術の開発」
指導教員：駒井 武 教授
- WANG JIAJIE
「Enhanced hydrogen production with CO₂ utilization and storage through hydrothermal alteration of peridotite (カンラン岩の熱水変質を用いた二酸化炭素利用・固定型水素製造)」
指導教員：駒井 武 教授
研究指導教員：渡邊 則昭 准教授
- 公文 翔一
「高結晶性単層カーボンナノチューブを用いた平面型電界電子放出源に関する研究」
指導教員：高橋 英志 教授
研究指導教員：下位 法弘 准教授
- 関 亜美
「石炭フライアッシュの有害元素溶出に関するマネジメント手法の開発および検討」
指導教員：井上 千弘 教授
- 張 政陽
「リソースに着目した使用済自動車由来の金属資源の動的循環解析」
指導教員：松八重 一代 教授
- 楊 重陽
「Exploring the interactions between microbes and plants in rhizosphere of arsenic hyperaccumulators to improve arsenic phytoremediation (ファイトレメディエーション効果改善のためのヒ素高蓄積植物根圏における微生物－植物間相互作用の探究)」
指導教員：井上 千弘 教授
研究指導教員：簡 梅芳 助教
- SITI NUR FATIHAH BINTI MOIDEEN
「Performance Evaluation of Anaerobic Membrane Bioreactor in Treating Dairy Food Industrial Wastewater (乳製品系食品廃棄物を処理する嫌気性 MBR の性能評価)」
指導教員：李 玉友 教授

【令和2年9月修了】12名

- 河村 順平
「食品粉体と変形や破壊をとまなう固形油脂のモデリングとその混合に関する研究」
指導教員：加納 純也 教授
- VANI NOVITA ALVIANI
「Hydrogen production from aluminium waste materials and acidic hot spring water as advanced direct use of geothermal energy (先進的地熱直接利用としての廃アルミニウムと酸性温泉を用いた水素製造)」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：平野 伸夫 助教
- Vu Minh Chien
「Study on Mechanical Properties of Modified Sludge by Geopolymer and Fiber (ジオポリマーと繊維質物質による改良土の機械的特性に関する研究)」
指導教員：高橋 弘 教授
- FAJAR FEBIANI AMANDA
「Granite hosted supercritical geothermal reservoir and its formation in subduction system (沈み込み帯における花崗岩中の超臨界地熱貯留層の形成に関する研究)」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：宇野 正起 助教
- MARSETIO NOORPRAJUDA
「Study on novel fabrication processes of AlN by pulsed DC reactive sputtering and substitution reaction (反応性パルス DC スパッタ法と置換法による AlN 結晶の新規作製プロセスに関する研究)」
指導教員：福山 博之 教授
研究指導教員：大塚 誠 准教授
- MINDALEVA DIANA IGOREVNA
「Fluid infiltration and permeability enhancement by mid-crust fracturing during high grade metamorphism (高度変成作用中の中部地殻の破壊による流体の浸透と透水率の増進)」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：宇野 正起 助教
- 劉 百龍
「Numerical study of supercritical fluid fracturing performance for energy resource development (エネルギー資源開発のための超臨界流体を用いたフラクチャリング効果の数値解析による検討)」
指導教員：伊藤 高敏 教授
研究指導教員：鈴木 杏奈 助教
- 王 蘇芸
「Fundamental Studies on Polarimetric and Interferometric Ground-Based SAR in Bistatic Configuration (バイスタティック地表設置型合成開口レーダにおける偏波・干渉技術に関する基礎的研究)」
指導教員：佐藤 源之 教授

- ANGGA HERMAWAN
「Synthesis of Metal Oxides with Controllable Morphology and Surface Charge and Their Composites for Gas Sensor Application (形態と表面電荷を制御可能な金属酸化物の合成とそれらの複合材料におけるガスセンサーへの応用)」
指導教員：殷 澍 教授
研究指導教員：朝倉 裕介 助教
- 鈴木 涼子
「界面・結晶構造制御した ITO ナノ粒子の液相合成とミスト塗布による透明導電膜作製 (Liquid phase synthesis of ITO nanoparticles controlled in their interface with crystal structure and production of transparent conductive films by the mist-deposition)」
指導教員：村松 淳司 教授
- 西 康孝
「機能性ナノ粒子の液相精密合成に基づく機能性光学薄膜の超音波式ミスト調製 (Ultrasonic Mist Deposition of Optical Thin Films using Liquid Phase-Prepared Functional Nanoparticles)」
指導教員：村松 淳司 教授
- 陸 嘉麒
「Development of a Cl circulation system through dechlorination process of PVC wastes along with simulation and ex-ante LCA (廃 PVC 脱塩素プロセスと演繹的 LCA を組み合わせた塩素循環システムの構築)」
指導教員：吉岡 敏明 教授
研究指導教員：熊谷 将吾 助教

修士論文

【令和2年3月修了】97名

- 青柳 智大
「WO₃ のプロトン・電子混合伝導性に関する研究」
指導教員：小俣 孝久 教授
- 赤星 広大
「超硬合金およびセラミックスの強度、欠陥、熱応力の FEM 解析」
指導教員：松原 秀彰 教授
研究指導教員：上高原 理暢 准教授
- 秋山 祐也
「変位および振動測定のためのマルチスタティックレーダの基本設計」
指導教員：佐藤 源之 教授
- 浅原 叶
「リン酸カルシウム骨セメントの微構造制御と特性・性能評価」
指導教員：松原 秀彰 教授
研究指導教員：上高原 理暢 准教授
- 稲吉 晴子
「赤色発光の実現に向けた Zn(Te,S) 混晶量子ドットの合成に関する研究」
指導教員：小俣 孝久 教授
- 梅村 仁美
「安定化ジルコニアの機械的特性に及ぼす固溶 Ni の影響」
指導教員：八代 圭司 准教授

- 遠藤 拓也
「エステル化反応を用いた金属ドーブ ZnO ナノ粒子の合成と透明導電膜への応用」
指導教員：高橋 英志 教授
研究指導教員：横山 俊 准教授
- 及川 大輝
「アスコルビン酸水溶液中における高アスペクト比 Cu ナノワイヤの高速合成」
指導教員：高橋 英志 教授
研究指導教員：横山 俊 准教授
- 大井 大地
「電子・酸化物イオン混合導電性薄膜の酸素不定比性」
指導教員：川田 達也 教授
- 岡野 広樹
「石英の熱発光を用いた地熱探査法の開発に関する研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：平野 伸夫 助教
- 奥山 弘太郎
「プロトン・酸化物イオン・電子混合導電体における物質輸送及び電極反応の等価回路解析」
指導教員：川田 達也 教授
- 笠原 久夢
「地殻内体積膨張反応によるき裂生成・閉塞メカニズムに関する研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：宇野 正起 助教
- 梶間 周一郎
「GIS データを用いた木質バイオマスの供給ポテンシャルの推定」
指導教員：松八重 一代 教授
- 軽部 友朗
「酸化鉄粉末添加によるスコロダイト合成反応に対する Fe(II) および Fe(III) の影響」
指導教員：柴田 悦郎 教授
研究指導教員：飯塚 淳 准教授
- 神原 新
「Ni-Al フラックスを用いた AlN バルク単結晶作製法の開発」
指導教員：福山 博之 教授
研究指導教員：安達 正芳 助教
- 木下 陽仁
「土壌からの水銀フラックスを考慮した健康リスク評価モデルの開発」
指導教員：駒井 武 教授
- 木村 功男
「打設型繊維質固化処理土工法の施工性と処理土の強度特性に関する研究」
指導教員：高橋 弘 教授
研究指導教員：里見 知昭 助教
- 木村 魁斗
「粒子間圧密を考慮した造粒現象のモデル化とシミュレーション」
指導教員：加納 純也 教授
- 黄 季宇
「油脂高速分解コンソーシアムからの各単離株の機能評価」
指導教員：井上 千弘 教授
- 小林 恵子
「航空機電動化のための軽量中温作動型 SOFC 用新規 Ti 合金インターコネクト材料の評価」
指導教員：川田 達也 教授

●小林 健太
「平刃による水中地盤掘削における掘削抵抗力評価・解析に関する研究」
指導教員：高橋 弘 教授
研究指導教員：里見 知昭 助教
●合戸 信之介
「2 波長反射率比法の電磁浮遊金属液滴への適用に向けた課題抽出」
指導教員：福山 博之 教授
研究指導教員：大塚 誠 准教授
●後藤 宏基
「浮遊法による Cu ₂ S 融体の高精度熱物性測定」
指導教員：福山 博之 教授
研究指導教員：安達 正芳 助教
●後藤 遼太
「Super Critical / Super Hot 環境下における水圧破碎のメカニズムに関する研究」
指導教員：高橋 弘 教授
研究指導教員：坂口 清敏 准教授
●菅 紗世
「高電圧パルス破碎技術を用いた燃料デブリの選択的破碎処理に関する基礎的検討」
指導教員：柴田 悦郎 教授
研究指導教員：飯塚 淳 准教授
●杉沢 直樹
「カルサイトーリン酸反応を用いた鉱物反応帯の形成プロセスに関する基礎的研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：宇野 正起 助教
●強矢 恭輔
「UAV からのコーン落下貫入による地盤強度推定に関する研究」
指導教員：高橋 弘 教授
●須山 裕介
「砂からマイクロプラスチックを分離する方法の開発と海浜の砂中のマイクロプラスチック定量への応用」
指導教員：井上 千弘 教授
研究指導教員：グラウゼ ギド 准教授
●関澤 力
「プロトン伝導性酸化物における機械 - 電気化学相互作用の評価」
指導教員：八代 圭司 准教授
●高須 俊樹
「混合導電性電極における表面酸素ポテンシャルの評価」
指導教員：八代 圭司 准教授
●土倉 嵩
「固体酸化物形燃料電池内の電流分布測定手法の開発」
指導教員：川田 達也 教授
●DELIMA CANNY VALENTINE
「Application of Ground Based Synthetic Aperture Radar to Soil-Loss Estimation (地表設置型合成開口レーダによる土砂浸食推定)」
指導教員：佐藤 源之 教授
●当摩 悠希
「新規浮選剤によるヒ素含有銅鉱物の分離を目的とした鉱物表面への吸着予測モデルの構築」
指導教員：柴田 悦郎 教授
研究指導教員：飯塚 淳 准教授

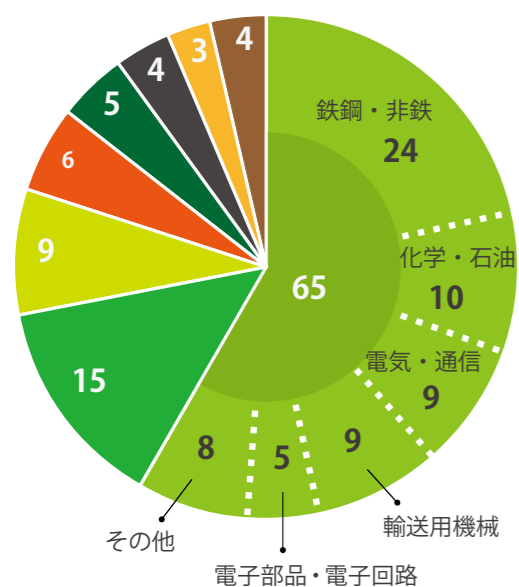
●新部 貴理
「シリカ鉱物の析出・運搬・相変化過程と断層面における地殻流体の移動現象に関する実験的研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：岡本 敦 准教授
●錦織 司
「ZrC 添加 Mo-Si-B 合金の凝固経路と状態図」
指導教員：福山 博之 教授
研究指導教員：大塚 誠 准教授
●根津 勇介
「玄武岩 - 海水系の変質過程における元素の選択的溶脱・固定に関する実験的研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
研究指導教員：岡本 敦 准教授
●服部 晃己
「炭酸塩鉱物を含有する火山岩油ガス貯留層に対する生分解性キレート剤 GLDA を用いた坑井刺激法」
指導教員：駒井 武 教授
研究指導教員：渡邊 則昭 准教授
●MARIA ITA SAUNIVALU
「Study of non-economic phytomass to generate bioethanol (非経済植物バイオマスからのバイオエタノール生産に関する研究)」
指導教員：井上 千弘 教授
研究指導教員：簡 梅芳 助教
●三浦 崇宏
「弾性波計測に基づく超臨界地熱環境における水圧破碎現象の特性評価に関する研究」
指導教員：土屋 範芳 教授
●湊 智晴
「バケットによる地盤掘削における掘削溝形状評価と抵抗力解析に関する研究」
指導教員：高橋 弘 教授
研究指導教員：里見 知昭 助教
●宮澤 美幸
「パーシステントホモロジーによるき裂構造解析と流動特性評価」
指導教員：伊藤 高敏 教授
研究指導教員：鈴木 杏奈 助教
●森下 裕太郎
「多孔質ニッケルの低温酸化における収縮現象の評価」
指導教員：八代 圭司 准教授
●横山 佳祐
「水圧による断層すべり発生機構に関する研究」
指導教員：伊藤 高敏 教授
研究指導教員：椋平 祐輔 助教
●廖 翰卿
「次世代自動車の関与物質総量における地域依存性分析」
指導教員：松八重 一代 教授
●林 舒航
「日本における地域別汚泥発生に関連する稀少資源フロー解析」
指導教員：松八重 一代 教授
●渡邊 亮
「粉体圧縮成形プロセスにおける粒子変形・緻密化挙動の解析」
指導教員：加納 純也 教授

●犬嶋 一貴
「構造用鉄鋼材料の使用性能に及ぼす Sn の影響」
指導教員：市川 和利 客員教授
●井上 隆弘
「高温熔融金属内における超音波ホーンの耐久特性と浸食機構の解明」
指導教員：コマロフ セルゲイ 教授
研究指導教員：吉川 昇 准教授
●楠木 啓介
「Ir を含む単結晶合金表面の構築と電極触媒特性 」
指導教員：和田山 智正 教授
研究指導教員：轟 直人 准教授
●工藤 大輔
「Pt と早期遷移金属との界面原子構造観察と電極触媒特性」
指導教員：和田山 智正 教授
研究指導教員：轟 直人 准教授
●佐藤 滉祐
「劣質炭材内装鉱の還元機構」
指導教員：葛西 栄輝 教授
研究指導教員：村上 太一 准教授
●戸嶋 健人
「高水素配位錯イオンを含む遷移金属錯体水素化物の合成」
指導教員：折茂 慎一 教授
研究指導教員：高木 成幸 准教授
●中村 周矢
「ペレット複合化焼結鉱の焼成後強度および組織設計」
指導教員：葛西 栄輝 教授
研究指導教員：村上 太一 准教授
●長尾 哲郎
「Pt - Co(111) 合金表面の構造および磁気特性と酸素系電極触媒反応 」
指導教員：和田山 智正 教授
研究指導教員：轟 直人 准教授
●針生 大輝
「キャビテーション支援プラズマを用いた排水処理効率に対するガス吹込みの影響の調査」
指導教員：コマロフ セルゲイ 教授
研究指導教員：山本 卓也 助教
●府金 裕亮
「レーザー誘起プラズマ発光分析法によるアルミニウムリサイクル素材の選別と介在粒子の検出」
指導教員：我妻 和明 教授
●宮川 拓
「金属材料の積層多形 (Polytype) エネルギー論に関する第一原理計算解析」
指導教員：森口 晃治 客員教授
●望月 智裕
「マグネシウムを含む金属間化合物の合成及び水素貯蔵機構の解明」
指導教員：折茂 慎一 教授
研究指導教員：佐藤 豊人 助教
●守岡 明良
「焼結プロセスからの CO ₂ 削減を目指したマグネタイト鉱石同化促進に関する研究」
指導教員：松村 勝 客員教授
●山崎 真悟
「焼結鉱の鉱物組織に及ぼすコークス配合率の影響」

指導教員：葛西 栄輝 教授
研究指導教員：丸岡 大佑 助教
●吉田 流雅
「錯体水素化物を用いた全固体電池の高電位反応性と電解質 / 正極界面の中間層導入による電気化学特性改善」
指導教員：折茂 慎一 教授
研究指導教員：金 相侖 助教
●池田 大地
「層状複水酸化物ナノシートの新規合成法の開発と吸着特性」
指導教員：吉岡 敏明 教授
研究指導教員：亀田 知人 准教授
●伊藤 健太郎
「生体物質検出に向けた電気化学センサの高機能化」
指導教員：珠玖 仁 教授研
究指導教員：井上 久美 准教授
●浦田 勇輝
「チアカリックス [4] アレーン -p- テトラスルホン酸上部端の部分置換体の合成と機能創成」
指導教員：壹岐 伸彦 教授
●小川 寛人
「遷移金属ダイカルコゲナイド二次元物質における水素発生反応の電気化学イメージング」
指導教員：珠玖 仁 教授
研究指導教員：熊谷 明哉 准教授
●神戸 貴史
「ランタニド - 三脚型シッフ塩基錯体における配位構造の制御および複核化によるランタニド発光の高機能化」
指導教員：壹岐 伸彦 教授
研究指導教員：唐島田 龍之介 助教
●木内 亮汰
「原発性アルドステロン症診断に向けたヤヌス粒子ベースのイムノセンシング法の開発」
指導教員：珠玖 仁 教授
研究指導教員：井上 久美 准教授
●菊池 晴菜子
「ゼオライト及び層状複水酸化物を用いた再生医療培養液における細胞代謝物の吸着と反応解析」
指導教員：吉岡 敏明 教授
研究指導教員：亀田 知人 准教授
●熊谷 樹
「化学反応や酵素活性の電気化学制御を用いたハイドロゲル形成法の開発」
指導教員：珠玖 仁 教授
研究指導教員：伊野 浩介 准教授
●後藤 慧
「三脚型シッフ塩基を配位子とする Yb(III) 錯体の発光機構調査と発光性能向上」
指導教員：壹岐 伸彦 教授
研究指導教員：鈴木 敦子 助教
●後藤 駿輔
「アルミナナノ粒子への化学気相蒸着によるカーボン堆積機構の検討」
指導教員：京谷 隆 教授
研究指導教員：西原 洋知 准教授
●佐藤 眞純
「エンジニアリングプラスチックの熱分解および熱酸化分解」

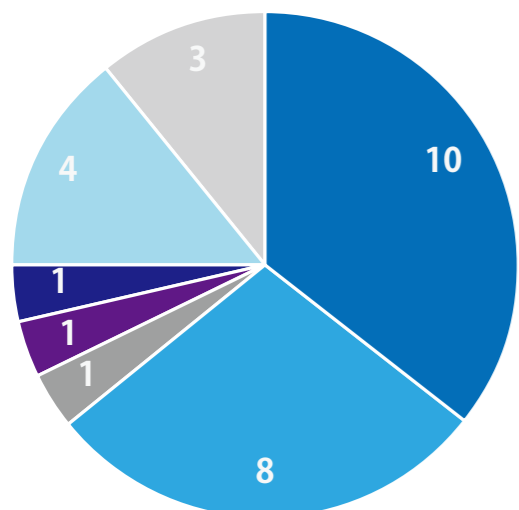
進路状況

国立大学法人東北大学, モンゴル科学技術大学, Nam Hong Company (ベトナム), ホーチミン市技術師範大学 (ベトナム), Chroma International (インドネシア), 西安電子科技大 (中国), エネルギー鉱物資源省 (インドネシア), ジェネラル・スディルマン大学 (インドネシア), 地方公務員 (宮城県), ケミカルグラウト株式会社, DOWA ホールディングス株式会社, 三菱マテリアル株式会社, 国立大学法人東京大学, マレーシア工科大学, 国立アイヌ民族博物館, 株式会社日立製作所, KEHATI (インドネシア), 能美防災株式会社, 三菱日立ツール株式会社, ソフトバンク株式会社, 株式会社 IHI, 住友電気工業株式会社, 株式会社商船三井, 日産自動車株式会社, 東日本電信電話株式会社, 株式会社シマノ, 日本製鉄株式会社, 電源開発株式会社, 株式会社農林中金総合研究所, 石福金属興業株式会社, キヤノン株式会社, JFE エンジニアリング株式会社, 積水化学工業株式会社, 株式会社日立ハイテクノロジーズ, 古河電気工業株式会社, JXTG エネルギー株式会社, 三菱重工業株式会社, 日本特殊陶業株式会社, 東京ガス株式会社, 応用地質株式会社, JFE スチール株式会社, JX 金属株式会社, 関西電力株式会社, 太平洋セメント株式会社, アクセンチュア株式会社, 美的集团有限公司 (中国), 網易娛樂株式会社 (中国), 京セラ株式会社, ヤマハ発動機株式会社, 古河電気工業株式会社, 大同特殊鋼株式会社, 三井金属鉱業株式会社, ダイキン工業株式会社, 東京エレクトロン株式会社, 石福金属興業株式会社, 株式会社東芝, 地方公務員 (秋田県), 株式会社豊田自動織機, 日本ガイシ株式会社, 日本たばこ産業株式会社, 帝人株式会社, 日立金属株式会社, フロンティア・ラボ株式会社, 本田技研工業株式会社, 東洋エンジニアリング株式会社, 花王株式会社, 昭和電工株式会社, 味の素株式会社, 株式会社クレハ, 株式会社トヨタシステムズ, 旭化成株式会社, 住友金属鉱山株式会社, 出光興産株式会社, 千代田化工建設株式会社, パナソニック株式会社, トヨタ自動車株式会社, 北海道電力株式会社, セイコーエプソン株式会社, ハイブリッドテクノロジーズ, 日本製粉株式会社, 東北大学流体科学研究所, Environmental Board Agency of Bantul Local Government (インドネシア), Environmental Agency of Local Government in Tulungagung Regency (インドネシア), 信州大学, Pati Regency Government (インドネシア), 株式会社ニコン



2020年 修了者進路状況 (MC)

- 製造業
- 東北大学進学 (博士課程)
- 電気・ガス・熱供給・水道業
- 学術研究 (学術・開発研究機関・専門技術サービス等)
- 帰国・進学準備・国家試験準備等
- 情報通信業
- 建設業
- その他 (運輸業・郵便業、教育、その他サービス業)



2020年 修了者進路状況 (DC)

- 学校教育
- 製造業
- 建設業
- 情報通信業
- 公務員
- 本学有期雇用
- その他 (就職活動・帰国等)

みやぎZEB研究会 キックオフシンポジウム

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。その成果のもとに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、2020年は宮城県内における

ZEB (Net Zero Energy Building) の普及促進のため、「みやぎZEB研究会」を立ち上げ、キックオフシンポジウムを開催した。コロナ禍の中での開催となったが、産学官それぞれの分野から、会場定員の上限に近い約89名の参加を頂く盛況となった。

日時：2020年11月4日 15:00-17:00
会場：青葉山キャンパス 工学研究科 中央棟 大会議室
参加者：89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。2020年はCOVID-19の影響を受けて講座開催は見送られた。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

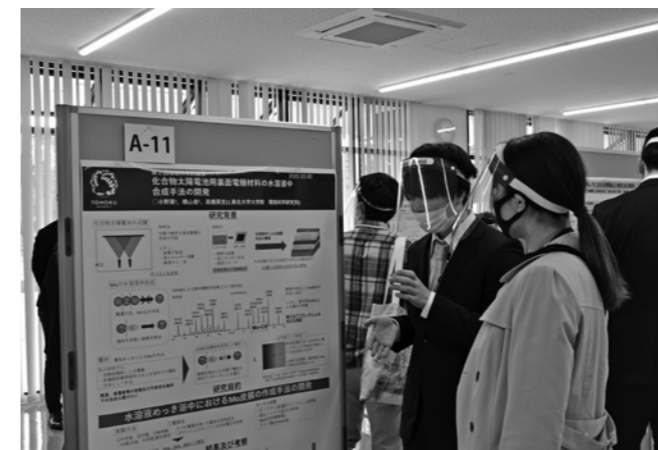
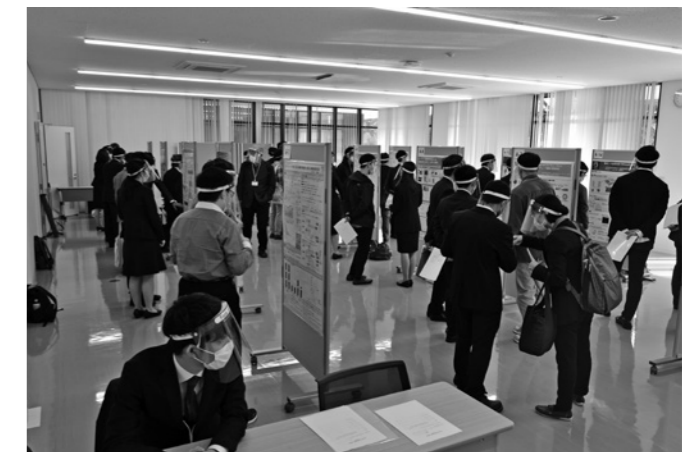
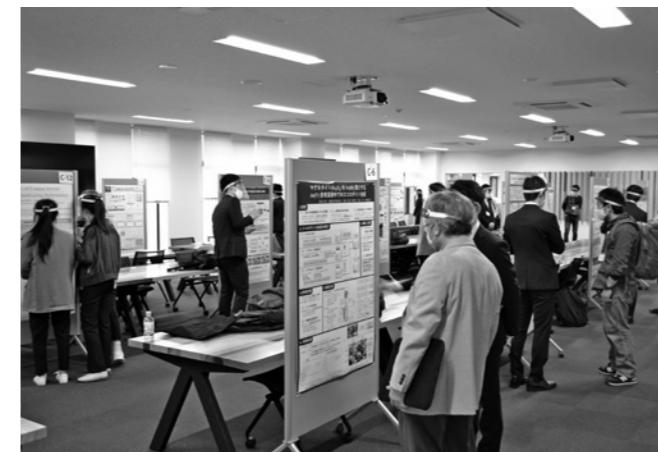
リーチ活動である「サロン講座」も、2020年は1件の実施に留まった。講座名と実施日、担当教員は下記の通りである。

【仙台市実施 たまきさんサロン講座】
2020年8月29日
廃泥土のリサイクル / 高橋弘 教授
参加者：14名

第2回環境科学討論会 2nd 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2回目となる今回は、コロナ禍の中での開催となったが、予想を大きく上回る72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、総勢127名が熱心に研究交流を行った。開催日時ほか、各賞受賞者を以下に記す。

日時：2020年10月30日 13:00-18:30
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：72 演題
参加者：127名
受賞者：
○ 研究科長賞
加藤裕太、楊心怡
○ 優秀ポスター賞
Jingwen Wang、堀合理子、大友真由
志村龍之介、江畑聡一郎、杉山智哉、Yifan Zhu、佐藤花菜子
竹森達也、後藤遼太、青木晃司、土田恭平、小野薫、友山恵



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2020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ます。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、壺岐研、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：李研、小森研

The screenshot shows the website for the Graduate School of Environmental Studies (GSES) at Tohoku University. The main banner features the text 'J 22 環境科学研究科 School of Environmental Studies オンラインオープンキャンパス'. Below the banner, there is a section titled 'エネルギー環境群' (Energy and Environment Group) with several video thumbnails for topics like '地殻システム' (Geosphere System), '地球開発環' (Earth Development Environment), '国際エネルギー' (International Energy), and '地球物質' (Earth Materials).

入試説明会

2020年は、春入試のための説明会を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。

春期大学院入試説明会
開催期間：11月27日～12月5日(日曜除く)
各日とも9:00-20:00
参加者：4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、2020年の教務関係行事にも大きな影響を及ぼした。9月の学位記伝達式は、教職員ならびに修了生が列席する形で行われたが、式典の様子をオンライン配信することで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しての開催となった。10月入学生を対象とした入学式は、

移動制限等により日本へ入国できない入学者も発生し、研究科長祝辞からオリエンテーションまですべてをオンラインによる動画配信で行った。8月に開設した研究科の公式 YouTube チャンネルはこうした非対面式の行事やイベント開催という要請を受けたものだが、これを契機として、研究科の雰囲気や実際に学外にまで広く伝達する新たなツールを得たともいえる。

The screenshot shows the YouTube channel page for the Graduate School of Environmental Studies. The channel name is '東北大学大学院環境科学研究科' (Tohoku University Graduate School of Environmental Studies) with 18 subscribers. The page lists several videos, including 'International Environmental Leadership Program (ILP) 入学式 研究科長祝辞' (4:24), '環境科学研究科令和2年10月入学式 研究科長祝辞' (5:28), '環境科学研究科令和2年9月学位記伝達式' (6:01), and 'Opening message / ILP & GSE25 Summer School' (4:34).

The screenshot shows a YouTube video titled '環境科学研究科令和2年9月学位記伝達式' (Graduation Ceremony, 25 September 2020). The video shows a man in a suit presenting a diploma to a woman in a white hijab. The video has 466 views and was uploaded on 2020/09/25.

The screenshot shows a YouTube video titled '環境科学研究科令和2年9月学位記伝達式' (Graduation Ceremony, 25 September 2020). The video shows a man in a suit presenting a diploma to a woman in a white hijab. The video has 466 views and was uploaded on 2020/09/25.

The screenshot shows a YouTube video titled 'Message from Dean, Entrance ceremony, October 1, 2020'. The video shows Prof. Noriyoshi Tsuchida speaking at a podium. The video has 259 views and was uploaded on 2020/10/01.

第43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。富山大学が幹事校を務めた2020年の第43回会議は、COVID-19の状況を鑑み書面会議となった。

- 協議事項1：組織変更に伴う「国立大学法人大学院環境科学関係研究科長等会議規定」の改正について
- 協議事項2：次回会議の開催について
- 承合事項1：COVID-19感染の拡大・収束時の各大学での対応状況と、教育研究への影響について
- 承合事項2：大学院国際化の対応状況(国際活動・国際共同研究・国際共著論文への組織的な取組と大学の財政的支援、学位審査への海外・学外研究者の加入状況、外国人研究者及びその家族への支援状況)

当研究科が学術交流協定締結に
中心的な役割を果たしている海外機関

国	大学 / 協定の種別	
インドネシア	バンドン工科大学	🏛️👤
	ガジャマダ大学 農学部	🏛️👤
エルサルバドル	エルサルバドル大学 工学・建築学部	🏛️👤
スペイン	バリャドリッド大学	🏛️👤
タイ	カセサート大学 工学部	🏛️👤
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	🏛️👤
台湾	国立成功大学	🏛️👤
マレーシア	マレーシア工科大学 土木工学研究科	🏛️👤
ロシア	ロシア科学アカデミー・極東支部	🏛️👤
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	🏛️👤

- 凡例
- 🏛️ 大学間協定
 - 🏢 部局間協定
 - 👤 リエゾンオフィス

当研究科が学術交流協定締結に
参加している海外機関

国	大学 / 協定の種別	
アメリカ	コロラド鉱山大学	🏛️
イタリア	ミラノ工科大学	🏛️
インドネシア	ブラウィジャヤ大学	🏛️
	ボゴール農科大学	🏛️
カナダ	ウォータールー大学	🏛️
韓国	ソウル大学校	🏛️
スウェーデン	チャルマース工科大学	🏛️
タイ	アジア工科大学院	🏛️
中国	同済大学	🏛️
	東北大学 (瀋陽)	🏛️
	北京航空航天大学	🏛️
	蘭州大学	🏛️
台湾	国立成功大学	🏛️
	国立台北科技大学	🏛️
ニュージーランド	オークランド大学	🏛️
フランス	ボルドー大学	🏛️
	セントラルスピレック	🏛️
	国立中央理工科学学校	🏛️
	ナント, マルセイユ, リール, リヨン	🏛️
ベトナム	チュイロイ大学	🏛️
	ホーチミン市工科大学	🏛️
モンゴル	モンゴル科学技術大学	🏛️



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	30	た	高橋 英志	教授 22, 28	
	壹岐 伸彦	教授 42		高橋 弘	教授 14	
	井田 大貴	助教 44		ダンダール オトゴンバヤル	助教 12	
	(学際科学フロンティア研究所、材料科学高等研究所)			張 政陽	助教 26	
	伊野 浩介 (工学研究科)	准教授 44		張 銘 (産業技術総合研究所) 客員教授	30	
	井上 久美 (山梨大学)	准教授 44		土屋 範芳	教授 24	
	井上 千弘	教授 10, 28		轟 直人	准教授 54	
	宇野 正起	助教 12		鳥羽 隆一	教授 28	
	王 佳婕	助教 24		トレンチャー グレゴリー	准教授 24	
	大田 昌樹	准教授 52		な	中島 英彰 (国立環境研究所) 客員教授	60
	大庭 雅寛	特任准教授 62			中村 謙吾	助教 20
	大村 朋彦 (日本製鉄株式会社) 客員教授	58			中谷 友樹	教授 32
岡本 敦	教授 12	梨本 裕司	助教 44			
か	郭 海心	助教 46	(学際科学フロンティア研究所、工学研究科)			
	葛西 栄輝	教授 34	成田 史生		教授 48	
	上高原 理暢	教授 8	は		埴淵 知哉	准教授 32
	亀田 知人 (工学研究科)	准教授 40			平野 伸夫	助教 4
	唐島田 龍之介	助教 42			藤田 哲雄	准教授 28
	川田 達也	教授 18			ま	町田 敏暢 (国立環境研究所) 客員教授
	簡 梅芳	助教 10	松八重 一代			教授 26
	窪田 ひろみ	特任准教授 24	松原 秀彰			教授 8
	熊谷 将吾	助教 40, 56	松村 勝 (日本製鉄株式会社) 客員教授	58		
	熊谷 明哉	准教授 44	丸岡 大佑	助教 34		
	(材料科学高等研究所、物質・材料研究機構)		三橋 正枝	助手 62		
	グラウゼ ギド	准教授 10	村上 太一	准教授 34		
栗田 大樹	助教 48	村田 功	准教授 36			
駒井 武	教授 20, 28	森口 晃治 (日本製鉄株式会社) 客員教授	58			
コマロフ セルゲイ	教授 50	さ	齋藤 優子	准教授 28, 40		
小森 大輔 (工学研究科)	准教授 38		坂口 清敏	准教授 16		
さ	齋藤 優子		准教授 28, 40	坂本 靖英 (産業技術総合研究所) 客員准教授	30	
	坂口 清敏		准教授 16	佐藤 義倫	准教授 6, 28	
	坂本 靖英 (産業技術総合研究所) 客員准教授		30	里見 知昭	助教 14	
	佐藤 義倫		准教授 6, 28	佐野 大輔	准教授 38	
	里見 知昭	助教 14	珠玖 仁 (工学研究科)	教授 44		
	佐野 大輔	准教授 38	白鳥 寿一	教授 28		
珠玖 仁 (工学研究科)	教授 44	鈴木 敦子	助教 42			
白鳥 寿一	教授 28	スミス リチャード	教授 46			
鈴木 敦子	助教 42	関根 良平	助教 32			
スミス リチャード	教授 46	ら	李 玉友 (工学研究科)	教授 38		
関根 良平	助教 32		わ	渡辺 壱	准教授 56	
ら	李 玉友 (工学研究科)			教授 38	渡邊 則昭	准教授 20
	渡辺 壱			准教授 56	和田山 智正	教授 54
	渡邊 則昭	准教授 20				
	和田山 智正	教授 54				

環境科学研究科事務室職員

事務室長 嶋津 貴宏

総務係 係長 今野 樹里
根本 貴徳
加藤 智
鹿野 美里
館 智恵
二階堂 敦子
林 睦
村岡 響子

教務係 係長 菅田 宙
吉田 千晶 (2020年6月まで)
手塚 拓也 (2020年7月～12月まで)
赤坂 葉子
佐々原 裕子
千葉 綾子

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 壹岐伸彦

准教授 坂口清敏

准教授 大田昌樹

助手 物部朋子

発行日：2021年3月31日

制作：株式会社コミュニナ

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

<http://www.kankyo.tohoku.ac.jp/>