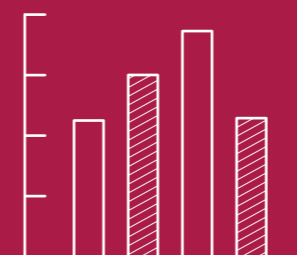
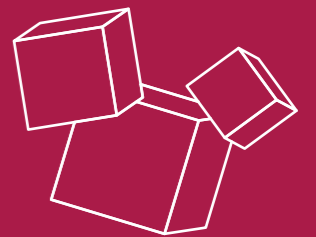
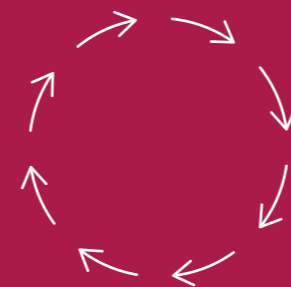
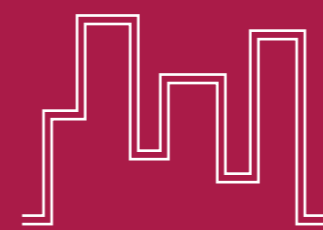


Coexistence



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 2019

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University
Activity Report 2019





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。

2003年(平成15年度)に設立されました本研究科では、毎年度末にアクティビティレポートを公表し、1年の締めくくりとしております。今回で第17号となり、本号が令和最初のアクティビティレポートということになります。

当研究科は2015年4月から、「環境科学専攻」の1専攻体制から、「先進社会環境学専攻」と「先端環境創成学専攻」の2専攻体制へと移行しました。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)の育成に着手しております。

新旧カリキュラムの学年進行がほぼ終了し、昨年度からは、2専攻体制のカリキュラムの本格的運用が行われております。また、教育コースの名称の変更も予定され、2019年度からは、先進社会環境学専攻(1専攻1コース)、先端環境創成学専攻(3コース:材料環境学コース、応用環境化学コース、文化環境学コース)となっております。

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、さまざまな国際プログラムを展開しておりました。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、学生の受け入れも始まっております。

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。

環境問題は、益々深刻化、先鋭化しつつあり、これに連動して国際社会の脆弱化が叫ばれております。環境問題に対応できるリーダー的な人物が、社会からは強く求められています。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の志に精一杯応えていく所存であります。今後とも、ご指導、ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

Prefatory Note

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. Founded in 2003, the school has published an activity report at the end of every fiscal year. This is the seventeenth edition and the first activity report in the Reiwa era.

Since April 2015, the school has made a transition from a one-department system (with only the Department of Environmental Studies) to a two-department system (with the Department of Environmental Studies for Advanced Society and the Department of Frontier Sciences for Advanced Environment). Under the new system, we have started to nurture human resources with a bird's eye, global perspective on environmental issues and the ability to implement countermeasures with leading-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).

The transition period, in which new and old curricula coexist, is nearing its end, and the two-department system has been fully in place since the previous fiscal year. On the education front, the names of the school's courses have changed. Starting this fiscal year, our courses consist of the Department of Environmental Studies for Advanced Society (one course) and the Department of Frontier Sciences for Advanced Environment (three courses—Eco-materials and Processing, Applied Environmental Chemistry, and Cultural Environmental Studies).

Since its foundation, the Graduate School of Environmental Studies has always emphasized globalization and has conducted various international programs. Since fiscal year 2014, the school has consistently been selected as an International Priority Graduate Program with support from the Ministry of Education, Culture, Sports, and Technology (MEXT) and has implemented the IELP (International Environmental Leadership Program). Currently, the program's second term is in progress (with three students in the master's program and five in the doctoral program). It enables the school to host international students every year, focusing on those from ASEAN countries. In addition, fiscal year 2019 saw the foundation of the International Graduate Program in Resilience and Safety Studies, for which the school will assume a facilitator role and the students have already started enrolling.

As a research organization, the school seeks to strengthen the Environmental Research Promotion Center's capabilities by promoting research on issues related to resources and energy, with regional collaboration and industry-academia collaboration as a foundation. As environmental issues become increasingly serious and radical, international society becomes increasingly vulnerable to them. The society is eagerly calling for people who can assume leadership roles in dealing with environmental issues. We are committed to responding to our students' aspirations of researching advanced environmental studies, creating a new society for the future, and changing the society that produces the environmental issues. We greatly appreciate your further and continued help and encouragement of our research and education.

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	<p>地圏環境計測・分析学分野</p> <p>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</p>	<p>Geo-environmental Measurement and Analysis</p> <p>Measurement, observation and equipments development for understanding of various geosphere information</p>
6	<p>環境複合材料創成科学分野</p> <p>次世代型ライフスタイルの創成を担う高機能非金属軽元素材料の開発 佐藤義倫 准教授</p>	<p>Nanocomposite Science and Interfacial Materials Design</p> <p>Development of High-Functional Non-Metallic Light Element Materials for Creating a Next Generation Life Style</p>
8	<p>環境素材設計学分野</p> <p>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 准教授</p>	<p>Design of Environment-Friendly Materials</p> <p>Design of materials harmonizing with environment and life</p>
10	<p>環境修復生態学分野</p> <p>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</p>	<p>Geoenvironmental Remediation</p> <p>Development of Environmental Friendly Remediation Technologies and Resource Recovery Technologies</p>
12	<p>地球物質・エネルギー学分野</p> <p>地圏システムと構成物質の理解とその有効利用 土屋範芳 教授 / 岡本敦 准教授</p>	<p>Geomaterial and Energy</p> <p>Understanding of geosystems and geomaterials and their effective uses</p>
14	<p>地球開発環境学分野</p> <p>環境調和型開発システムに関する研究 高橋弘 教授</p>	<p>Earth Exploitation Environmental Studies</p> <p>Studies on environment-friendly development systems</p>
16	<p>地球開発環境学分野</p> <p>地殻環境・エネルギー技術の新展開 坂口清敏 准教授</p>	<p>Earth Exploitation Environmental Studies</p> <p>Toward Advanced Environmental Geomechanics and Energy Technology</p>

エネルギー資源学講座		Energy Resources
18	<p>分散エネルギーシステム学分野</p> <p>サステナブルなエネルギーシステム実現に向けて 川田達也 教授 / 八代圭司 准教授</p>	<p>Distributed Energy System</p> <p>Toward the development of sustainable energy system</p>
20	<p>エネルギー資源リスク評価学分野</p> <p>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</p>	<p>Resources and Energy Security</p> <p>Sustainable development of resource and energy as well as sustainable possibility of environment</p>
22	<p>環境共生機能学分野</p> <p>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</p>	<p>Designing of Nano-Ecomaterials</p> <p>Development of functional nano-ecomaterials for energy and environment in the environmentally benign systems</p>
24	<p>国際エネルギー資源学分野</p> <p>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</p>	<p>International Energy Resources</p> <p>Governing energy strategies and the diffusion of new low-carbon technologies</p>

環境政策学講座		Environmental Policies
26	<p>環境・エネルギー経済学分野</p> <p>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</p>	<p>Environmental and Energy Economics</p> <p>Resource logistic approach to visualize supply chain risks behind resource use</p>

寄附講座（DOWA ホールディングス）		Endowed Division (Dowa Holdings Co., Ltd.)
28	<p>地圏環境政策学分野 白鳥寿一 教授</p> <p>環境材料政策学分野 鳥羽隆一 教授</p> <p>環境物質政策学分野 下位法弘 准教授</p> <p>環境調和型新素材素子製造と新たな資源循環システムを目指して</p>	<p>Geosphere Environment</p> <p>Study of Functional Materials</p> <p>Control of Environmental Materials</p> <p>Towards Establishing Environmentally Benign Material Synthesis and Devices and New Material Circulation Systems</p>

連携講座		Collaborative Divisions
32	<p>環境リスク評価学分野（産業技術総合研究所）</p> <p>「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</p>	<p>Environmental Risk Assessment</p> <p>(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)</p> <p>Studies for utilization of safe and secure geothermal energy</p>

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
34	<p>環境地理学分野（自然 / 人間環境地理学）</p> <p>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</p>	<p>Physical and Human Environmental Geography</p> <p>Understanding Diverse Human-Environment Relationships from Geographical Perspectives</p>

太陽地球システム・エネルギー学講座		Solar and Terrestrial Systems and Energy Sciences
36	<p>資源利用プロセス学分野 / 資源分離・処理プロセス学分野</p> <p>高度資源利用・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</p>	<p>Process Engineering for Advanced Resources Utilization / Resource Processing and Recovery Engineering</p> <p>Process Engineering Research for Advanced Resource Utilization and Environmental Conservation</p>

38	<p>地球システム計測学分野</p> <p>大気中のオゾン等微量成分の変動の研究 村田功 准教授</p>	<p>Earth System Monitoring and Instrumentation</p> <p>Variations of ozone and related trace species in the atmosphere</p>
----	---	--

40	<p>水資源システム学分野</p> <p>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）</p>	<p>Urban and Regional Environmental Systems</p> <p>Researches on Water Resources and Environments</p>
----	--	--

自然共生システム学講座		Environmentally Benign Systems
42	<p>資源再生プロセス学分野</p> <p>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）</p>	<p>Recycling Chemistry</p> <p>Aimed on the realization of a resources-material recycling society</p>

44	<p>環境分析化学分野</p> <p>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</p>	<p>Environmental Analytical Chemistry</p> <p>Development of Chemical Motifs for Environmental and Biomedical Analysis</p>
----	--	--

46	<p>環境生命機能学分野</p> <p>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 熊谷明哉 准教授（材料科学高等研究所） / 末永 智一 教授</p>	<p>Environmental Bioengineering</p> <p>Development of Environmental/Biomedical Sensors and Visualization Systems for Material Functions with Micro/Nano Electrode</p>
----	--	--

資源循環プロセス学講座		Sustainable Recycle Process
48	<p>環境グリーンプロセス学分野</p> <p>環境調和型化学プロセスの開発 スミスリチャード 教授</p>	<p>Environmental Green Process Study</p> <p>Green Process Development</p>

50	<p>循環材料プロセス学分野</p> <p>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</p>	<p>Material Process for Circulatory Society</p> <p>Environment-friendly Material Processing</p>
----	--	--

環境創成計画学講座		Ecomaterial Design and Process Engineering
52	<p>環境分子化学分野</p> <p>自然環境に順応する Chemical Engineering Technology の創製 大田昌樹 准教授</p>	<p>Environmentally-Benign Molecular Design and Synthesis</p> <p>Innovative chemical engineering technologies for creating sustainable society</p>
54	<p>環境材料表面科学分野</p> <p>低環境負荷社会に資する次世代ナノ材料の表面設計指針 和田山智正 教授 / 轟直人 准教授</p>	<p>Environmental Materials Surface Science</p> <p>Atomic-level design of next-gen, novel nano-materials for eco-friendly society</p>

連携講座		Collaborative Divisions
56	<p>環境適合材料創製学分野（日本製鉄株式会社）</p> <p>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 市川和利 教授 / 森口晃治 教授 / 松村勝 教授</p>	<p>Process Engineering for Environmentally Adapted Materials (Nippon Steel Corporation)</p> <p>Development of manufacturing technology for safe and secure high performance steels contributing to sustainable society</p>

58	<p>地球環境変動学分野（国立環境研究所）</p> <p>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</p>	<p>Global Environment (National Institute for Environmental Studies)</p> <p>Observation of Global Atmospheric Environment and Carbon Cycle Changes</p>
----	--	---

環境研究推進センター		Environmental Research Promotion Center (ERPC)
60	環境研究推進センターの取組み	Activities of Environmental Research Promotion Center

62	業績レポート	76	博士・修士論文題目一覧（平成 31 年 3 月・令和元年 9 月修了）	82	進路状況
83	TOPICS トピックス	91	索引	92	環境科学研究科事務室職員

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。

The objective of the laboratory studies is to focus on measurement and observation for understanding 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.

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、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示唆された。これを確認するため、石英をほとんど含まないはんれい岩を使用し実験をおこなったところ、はんれい岩は石英を含む花こう岩と比較してき裂の発生量が低下する事を確認した。また、加熱・減圧を繰り返した場合にはき裂の発生量が増加していくことも判明した。(Fig.1、Fig.2)

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

Fracturing of rocks by fluid phase change

Previous studies found that when rocks are placed in supercritical water above 400 °C to 500 °C and 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 previous laboratory experiments and numerical simulations suggest that the rocks must include some quartz for crack initiation. In order to confirm these results, an experiment was performed using gabbro containing almost no quartz. The occurrence of cracks in the gabbro was lower than that in granite containing quartz. Additionally, the amount of cracks increased when heating and rapidly decompression were repeated (Figs.1, 2).

Preliminary geothermal exploration using thermoluminescence

A phenomenon called thermoluminescence (TL) is observed minerals constituting rock, especially quartz and feldspar, in which energy originating from natural radiation stored in minerals is released when the minerals are heated and in which energy accumulation is observed as emission light intensity. This means that the mineral does not emit light after being heated. Therefore, minerals have less luminescence in geothermal areas than those in non-geothermal areas crystallized during

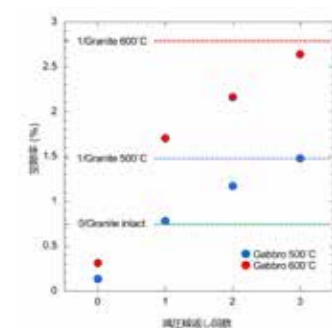


Fig.1 Changes of porosity of gabbro by Number of decompression cycles at 500 and 600 °C.

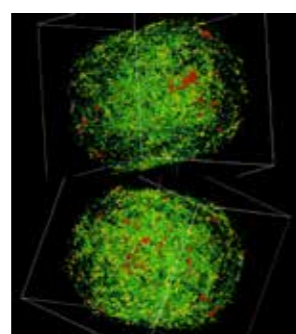


Fig.2 X-ray CT images of decompressed gabbro sample at 500°C. Upper image is before decompression. Lower image is after decompression.



Fig.3 Developed TL measuring equipment for commercial use.



Fig.4 Control and data logging application for TL measuring.



Fig.5 Hydrogen mixed gas production experiment using acidic hot spring water and aluminum scrap waste.



Fig.6 Driving experiment of hydrogen fuel cell using generated hydrogen mixed gas.

る現象である。これは一度加熱された鉱物は発光しなくなるということを示しているため、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東栄科学産業 (株) とともに継続していたが、今年度は市販を目的とした装置の開発が完了した (Fig.3、Fig.4)。この装置は昨年度から環境科学研究科とエルサルバドル大学との間でおこなっている SATREPS 国際科学技術協力プログラムで使用される機器として、エルサルバドル大学に納入される予定である。また、次年度も引き続き測定データの処理方法や長石 TL の適用性などについての研究を継続していく予定である。

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。今年度は秋田県仙北市の玉川温泉において発生している強酸性温泉排水とアルミニウム製品製作過程において排出される廃アルミニウム屑を利用した水素生成実験を本格的におこなった。その結果、廃アルミ屑 150g に対し、60°C・pH1.2 の温泉水を毎分 15L で反応させたところ、1 時間あたり 7.5 L 程度の水素混合ガスを発生させることが可能であった (Fig.5)。また、この発生した混合ガスをそのまま水素燃料電池に導入したところ、水素燃料電池を動作させることが可能であり、電力を得る事ができた (Fig.6)。ただし、混合ガスには玉川温泉水に含まれる元素の影響によって水素化物ガスも含有していることも判明しており、これを効率よく除去する方法の検討が課題である。

the same era. This phenomenon makes it possible to screen for promising geothermal areas from rock samples obtained by surface exploration before large-scale geophysical exploration. This laboratory and Toei Scientific Industrial Co., Ltd. has continued to develop dedicated measuring equipment for obtaining these data, which was completed for commercial use this year (Figs.3, 4). This equipment will be delivered to the University of El Salvador for use in the SATREPS International Science and Technology Cooperation Program. We will continue to study the processing of TL measurement data and the applicability of feldspar TL.

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 the conventional hydrogen production method by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. This year, we conducted a full-scale hydrogen production experiment using the highly acidic hot spring water at Tamagawa Hot Spring in Senboku City, Akita Prefecture, and aluminum scrap waste discharged from the manufacturing process for aluminum products. As a result, when 150 g of aluminum scrap was reacted with hot spring water at 60 °C and pH 1.2, it was possible to produce about 7.5 L of mixed hydrogen gas per hour (Fig.5). In addition, when this mixed gas was directly injected to a hydrogen fuel cell, it was possible to operate the hydrogen fuel cell and generate power (Fig.6). However, the produced gas contains hydride gas due to the effect of elements in Tamagawa Hot Spring water, making it necessary to study how to efficiently remove hydride gas.

次世代型ライフスタイルの創成を担う 高機能非金属軽元素材料の開発

Development of High-Functional Non-Metallic Light Element Materials for Creating a Next Generation Life Style



准教授 佐藤 義倫
Associate Professor
Yoshinori Sato

ナノ物質は小さいながらも、優れた特性を持っている。しかし、ナノ物質の特性を生かした複合材料の設計・合成は、ランダムに配置された個々のナノ物質の特性が打ち消されるため、極めて難しくなる。そこで、ナノ物質の特性を最大限に活かしたナノ複合界面設計に基づいた高次機能性材料および複合材料が必要である。本研究室では、材料科学分野における課題である「ナノ物質の特性をバルクまで引き伸ばすための軽元素複合材料設計と材料開発およびその複合界面に関する研究」を目指している。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。

In the past, a number of composites consisting of nanomaterials that possess excellent features have been produced in basic studies. However, it is extremely hard to design and produce materials and composites in which nanomaterials' properties are reflected, because each nanomaterial in the composite assembles at random, without a view of the overall nanomaterials. In this laboratory, the purpose of the research is to study and develop high-functional non-metallic light materials with high-performance surfaces and interfaces using boron, carbon, nitrogen, oxygen, fluorine, sulfur, and phosphorus in an effort to expand the properties of nanomaterials to those of bulky materials.

ORR 触媒活性メカニズムの解明のための グラファイトへの窒素ドーピング制御

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、ORR 触媒活性の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、ピリジン型窒素をグラファイトへドーピングすることを行っている。

多層カーボンナノチューブ繊維の高強度化：フッ素化-脱フッ素化プロセスにより架橋されたナノチューブ間の界面滑りの抑制

センシング、ウェアラブル装置、電気化学電池で電極材料として注目されているカーボンナノチューブ繊維は軽量だけでなく、優れた柔

Control of nitrogen doping into graphite for clarifying the mechanism of oxygen reduction reaction catalytic activity

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 expected, they have not yet been widely used. Platinum as the 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 hitherto 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 carbon framework. In this study, we try to dope pyridinic-type nitrogen atoms to graphite via a fluorination-defluorination process in an effort to clarify the mechanism of ORR catalytic activity.

Enhanced tensile strength of defluorinated multi-walled carbon nanotube fibers: Suppression of interfacial slip between nanotubes cross-linked via fluorination-defluorination process

Although carbon nanotube fibers (CNTFs), which have attracted attention as electrode materials in the fields of sensing, wearable devices, and electrochemical batteries, are not only lightweight but also possess

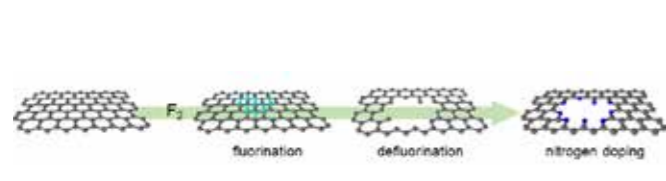


Fig.1 Illustration of nitrogen doping to graphene via fluorination-defluorination process. Gray, cyan, and blue balls indicate carbon, fluorine, and nitrogen atoms, respectively.

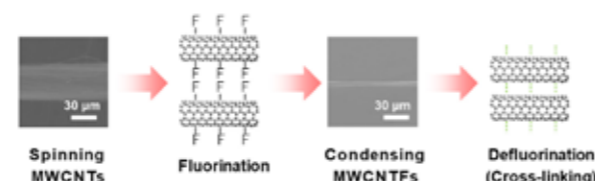


Fig.2 Fluorination-defluorination process to cross-link CNTs.



Fig.S1 New crews. Yuto Sano (left) and Ryudai Tsukidate (right).



Fig.S2 Cherry-blossom viewing.



Fig.S3 Oktoberfest in our laboratory.

軟性を持っているが、それらの引張強度や弾性率はナノチューブ間の弱い相互作用による界面滑りが原因で、炭素繊維の機械強度よりも劣っている。事実、カーボンナノチューブに共有結合を導入することは難しい。本研究では、フッ素化-脱フッ素化プロセスによって架橋させた多層カーボンナノチューブ繊維の機械強度と電気特性について研究している。

学術会議・講演

- ・佐藤 義倫、みやぎ県民大学、大学開放講座、仙台市 (講演発表)
- ・佐藤 義倫、2019 年度化学系学会東北大会、山形市 (依頼講演発表)
- ・小久保 美乃里、第 42 回フッ素化学討論会、神戸市 (ポスター発表)
- ・佐藤 義倫、第 42 回フッ素化学討論会、神戸市 (口頭発表)
- ・Yoshinori Sato, 3rd International Conference on Applied Surface Science (ICASS 2019), Pisa, Italy (ポスター発表)
- ・Yoshinori Sato, 2019 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2019), Taipei, Taiwan (招待講演)

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)

excellent flexibility, their tensile strength and elastic modulus are inferior to that of carbon fibers due to the interfacial slip caused by weak interaction between adjacent nanotubes. In actuality, it is difficult to introduce covalent bonds between nanotubes. Here, we prepare multi-walled CNTFs (MWCNTFs) cross-linked by fluorination-defluorination process and investigate their electronic and mechanical properties.

Academic conference・Lecture

- ・Yoshinori Sato, Miyagi Kenmin Daigaku, Sendai (Lecture)
- ・Yoshinori Sato, 2019 Joint Meeting of the Tohoku Area Chemistry Societies, Yamagata, (Invited talk)
- ・Minori Kokubo, The 42nd Fluorine Conference of Japan, Kobe (Poster)
- ・Yoshinori Sato, The 42nd Fluorine Conference of Japan, Kobe (Oral)
- ・Yoshinori Sato, 3rd International Conference on Applied Surface Science (ICASS 2019), Pisa, Italy (Poster)
- ・Yoshinori Sato, 2019 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2019), Taipei, Taiwan (Invited speaker)

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)

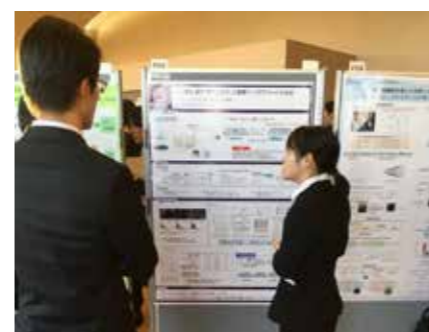


Fig.3 Snapshot at the 42th Fluorine Conference of Japan. (Minori Kokubo)



Fig.4 Open campus 2019.



Fig.5 Snapshot of our drinking 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



准教授 上高原 理暢
Associate Professor
Masanobu Kamitakahara



Group photo



Group photo at lecture by Profs. Riedel and Ikuhara.

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た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。WC-Co 超硬合金や Al₂O₃-glass などの液相焼結によって得られる材料の組織をシミュレーションによって設計する研究を進めている。

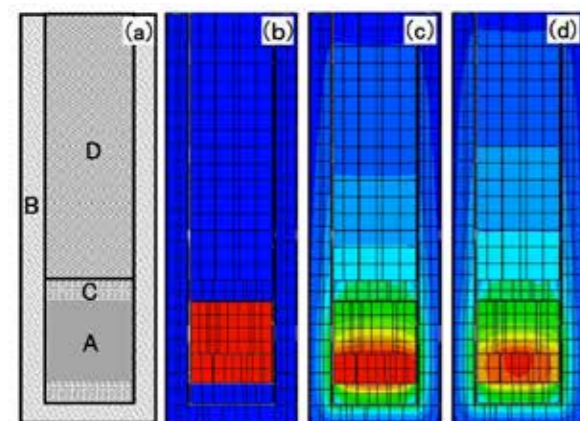


Fig.1 Simulation of heat transfer in the vessel of heat storage (A) and heat insulators (B,C,D). (a) model, (b)→(c)→(d) time passing.

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 formation of material microstructure

We are studying the simulation of the microstructure formation of ceramics and composites using the Monte Carlo method, the finite element method, the molecular dynamics method, etc. We developed a simulation that can calculate the change in a material's structure, including several solid phases, liquid phases and pores from view point of the relationship between temperature and time. The microstructure design by computer simulation is studied in WC-Co cemented carbide and Al₂O₃ glass, which are fabricated by liquid phase sintering.

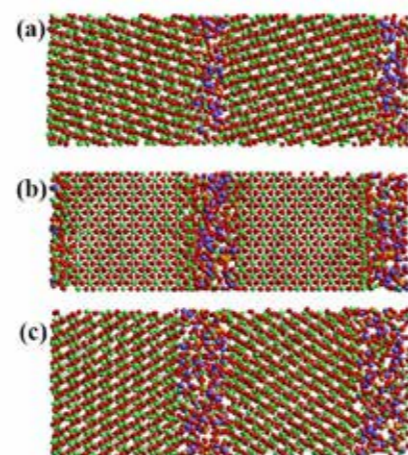


Fig.2 Molecular dynamics simulation of grain boundary structures of alumina with glassy phase. (a) near S11, (b) S3, (c) S7.

航空機エンジン用セラミックスコーティングのシミュレーション

現在、航空機エンジンの高温部品には熱遮蔽コーティングが広く適用されており、今後は新規コーティングである耐環境性コーティングの研究が重要になってくると考えられる。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行っている。モンテカルロ法を用いて、特異（柱状晶、羽毛状）な構造の形成と焼結・粒成長による組織変化を再現できるシミュレーション技術を開発し、有限要素法を用いて、焼結による膜の形状変化を再現できるシミュレーション技術や膜の剥離の解析技術を開発した。

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リン酸カルシウム骨セメントを開発した。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>

- (1) 赤星 広大 (M2) : 粉体粉末冶金協会 2019 年度春季大会 優秀講演発表賞
- (2) 赤星 広大 (M2) : 粉体粉末冶金協会 2019 年度秋季大会 優秀講演発表賞
- (3) 浅原 叶 (M2) : 無機マテリアル学会第 139 回学術講演会 講演奨励賞
- (4) 高田 真之 (社人 D3)、松原 秀彰 : 粉体粉末冶金協会 2019 年度論文賞

<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、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

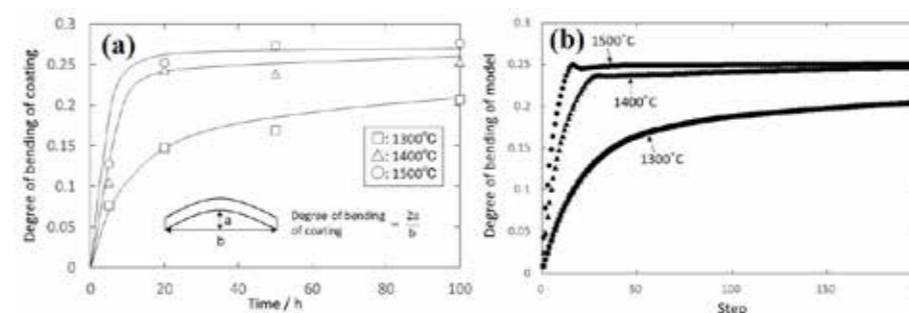


Fig.3 Study on deformation (bending) of thermal barrier coating for jet engine. (a) experiment, (b) computer simulation.

Simulation of ceramics coating for jet engine

Thermal barrier coating of ceramics is widely used in high-temperature and high-pressure parts of jet engines. Environmental barrier coating is a very important technology for new types of jet engine of ceramics. This study is aimed at developing a simulation technique for microstructure formation and change as well as delamination/fracture in ceramic coatings. The Monte Carlo method is used to simulate deposition and sintering. Finite element method is used for the simulation of deformation and delamination of ceramics coating.

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 incorporated into bone metabolism. We designed the calcium phosphate bone cement to include 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 >

- (1) Kodai Akaboshi (M2): Best Presentation Award, Spring meeting of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 2019 (2) Kodai Akaboshi (M2): Best Presentation Award, Autumn meeting of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 2019 (3) Kanau Asahara (M2): Presentation Award, 139th Annual Meeting of The Society of Inorganic Materials, Japan (4) Masayuki Takada (Adult D3), Hideaki Matsubara, Distinguished Paper Award of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 2019

<Activity 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 Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Committee Member of Engineering Ceramics Division of the Ceramic Society of Japan, etc.

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

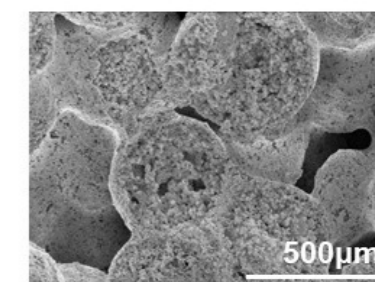


Fig.4 Scanning electron microscopic image of calcium phosphate cement with macropores and micropores.

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



Group photo of Inoue lab 2019



Group photo of Inoue lab year end party 2019

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 2019 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) 難分解性有機化合物の生物分解に関する研究、
- (3) 有害化合物の環境負荷低減技術および有用化合物回収技術の開発に関する研究。

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic pollutants (POPs) such as chlorinated organic compounds and petroleum hydrocarbons has been a serious environmental issue of global concern. Moreover, demand for underground mineral resources is growing. However, effective methods for pollution removal and resource recovery with low environmental burden have not been successfully developed and thus remain as a challenge. Our target is to develop remediation and resource recovery technologies that reduce costs, energy demand, and environmental load. Here we introduce our major scientific activities in 2019 as follows: (1) phyto- and bio-remediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and other POPs, and (3) development of technologies to prevent elution of hazardous compounds and/or to recover valuable materials.

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

ヒ素やカドミウムによる土壌・水環境汚染の修復について、それぞれの高蓄積植物（ヒ素：モエジマシダ、カドミウム & 亜鉛：ハクサンハタザオ）を用いた機序解明の基礎研究及び圃場や現場における実証試験を継続し、今年は（1）シダのヒ素蓄積を強化する微生物の添加が根圏中亜硝酸化酵素遺伝子の増加に繋がり、シダによるヒ素除去の効果を高まったことを確認した（Fig.1）。（2）ヒ素・カドミウムの吸収・輸送過程において、関与する機能遺伝子の発現を定量 PCR 及びトランスクリプトム解析を進めた。（3）本学サイクロトロ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共同研究を行い、短寿命放射性同位体を用いた PETIS 測定によりヒ素高蓄積植物であるモエジマシダ体内におけるヒ素輸送過程を初めて可視化することができた。

難分解性有機化合物の生物分解に関する研究

多環芳香族炭化水素（PAHs）の生物分解につて、スーダングラスを用いた水耕栽培実験系を確立し、植物は年齢により根分泌物が異なり、

Phyto- and bio-remediation of heavy metals from polluted soil and water

Regarding the phytoremediation of arsenic and cadmium/zinc from contaminated soil or water, we continued to apply the hyperaccumulators *Pteris vittata* (arsenic) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* (cadmium/zinc) to demonstrate their hyperaccumulation mechanisms as basic research and to apply them in field trials in Japan and Vietnam using both soil planting and hydroponic cultures. In 2019, first we confirmed that inoculation of arsenic-uptake-promoting bacterium m318 strain increased the ratio of arsenic oxidase genes in the rhizosphere, which facilitated arsenic removal by *P. vittata* (Fig.1). Second, we focused on candidate genes that contribute to arsenic/cadmium uptake and characterized their expression by quantitative RT-PCR and transcriptome analysis. Third, we applied the PETIS method using short-living radioisotopes to investigate and visualize the transportation of arsenic in *P. vittata*.

Microbial degradation of persistent organic pollutants

To investigate plant-bacteria-mediated biodegradation of PAHs, a hydroponic system utilizing sudangrass was established. Results showed that the root exudate composition along with its rhizosphere bacteria varies with plant

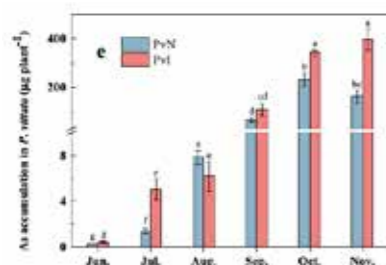


Fig.1 As accumulation of *Pteris vittata* with (PvI) and without (PvN) m318 strain inoculation.

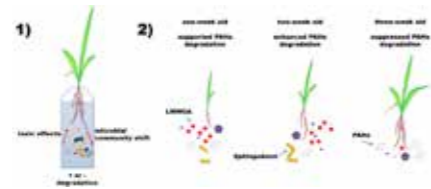


Fig.2 Image of (1) interaction between plant and microbes in PAH degradation (2) plant-age driven PAH biodegradation.

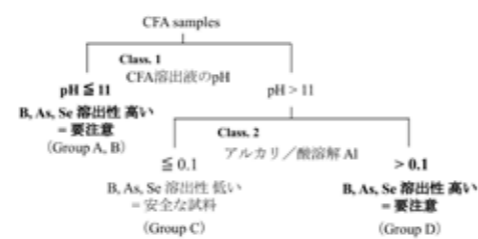


Fig.3 Image of proposed coal fly ash grouping method.

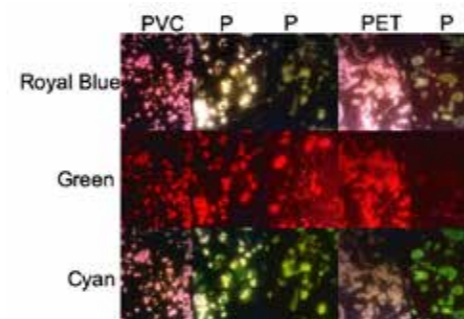


Fig.4 Fluorescence microscope images of various types of microplastic.



Fig.5 Prof. Inoue and Assist. Prof. Chien in Academia Sinica, Taiwan.



Fig.6 Photo of Mr. Qian (D2) receiving the award of the Best Oral Presentation in the 56th Radioisotope Conference, Tokyo.

その成分により根圏菌叢が変化して、PAH の分解に影響を及ぼしていることを証明した（Fig.2）。また、1,4-ジオキサンに分解能を示す集積培養系の構築に成功し、集積培養系から新規分解菌の *Variovorax* sp. TS13 を単離した。その他、四塩化炭素、重油を対象物質として分解する集積培養系の構築と解析も進めている。

有害化合物の環境負荷低減技術および有用化合物回収技術の開発に関する研究

SEM/EDX/MLA などを用いた元素マッピング等により石灰石に含まれる微量有害元素と構成鉱物の特徴付けを行い、有効利用に向けた石灰石のグルーピング手法を開発した（Fig.3）。また、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を確認した（Fig.4）。レアメタル回収技術の開発を目指し、モリブデン吸着酵母の固定化による回収システムの検討を行っている。

国際交流、学会発表、その他活動

井上教授、簡助教が中国上海大学及び科学院南京土壤研究所に招聘されレクチャーを行った。簡助教が台湾中央研究院及び中興大学と共同研究を開始し、9月に打ち合わせを行ってきた（Fig.5）。ギド准教授はドイツ Free 大学の Rillig 教授を招聘し、講演を行なった。簡助教が台湾国立中興大学農業生物技術工学センターに招待講演を行なった。タイのカセサート大学 4 年生の Thiti Jittayasotorn と Tidita Jongchuaywong を半年間研修生として受け入れた。D2 銭が第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会にて若手優秀講演賞を受賞した（Fig.6）。D2 銭と D1 Christine が第 16 回国際植物技術会議に学生賞に選出された。その他国際・国内学会における研究発表を計 16 件行った。

age, which resulted in a change in the PAHs degradation potential of the system (Fig.2). Microbial consortia for the degradation of 1,4-dioxane, tetrachloride, and heavy oil were successfully constructed, and a novel bacterium, *Variovorax* sp. TS13, for the degradation of 1,4-dioxane was found.

Development of technologies preventing the elution of hazardous compounds and/or the recovery of valuable compounds

SEM/EDX/MLA was applied for elemental mapping and the identification of compounds in coal fly ash, and a grouping method towards an effective use was proposed (Fig.3). For the assessment of microplastics in soil, plastic was separated by elutriation and centrifugation, including the removal of biological material by Fenton reaction, and plastic particles were identified by staining and visualizing by fluorescence microscopy at several wavelengths (Fig.4). Molybdenum-adsorbing yeast was constructed as a resource recovery technology, and in a further step, we are trying to improve the adsorption ratio by constructing a biological recovery system through immobilization of yeast.

International exchange and other activities

Prof. Inoue and Assist. Prof. Chien were invited to deliver lectures at Shanghai University and the Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, China. They also visited Academia Sinica, Taiwan (Fig.5). Assoc. Prof. Grause invited Prof. Matthias Rillig from the Free University of Berlin, Germany for a lecture. Assist. Prof. Chien gave an invited speech at the annual meeting of the ENABLE Center, National Chung-Hsing University, Taiwan. We welcomed Ms. Thiti Jittayasotorn and Mr. Tidita Jongchuaywong as visiting students from Kasetsart University, Thailand. Mr. Qian (D2) received the best oral presentation award at the 56th Radioisotope Conference (Fig.6), and Mr. Qian (D2) and Ms. Wiyano (D1) received phytoscholar awards at the 16th International Phytotechnology Conference. In addition, we presented 16 oral/poster presentations at various international or domestic conferences.

地圏システムと構成物質の理解とその有効利用

Understanding of geosystems and geomaterials and their effective uses



教授 土屋 範芳
Professor
Noriyoshi Tsuchiya

国際共同研究プロジェクト (SATREPS) を通じて、エルサルバドルの火山システムの特徴と地熱資源の実態を明らかにするために、詳細な地質調査と岩石試料の化学分析を行い、長石を対象とした新たな熱発光解析法の開発を進めた。また、エルサルバドルからの研修生を受け入れ、機器分析、シミュレーションなどの実践的内容の地熱スクールを実施した。地殻の流体-岩石反応についての研究において、加水膨張反応による岩石破壊のメカニズムを実験と数値シミュレーションにより明らかにするとともに、亀裂パターンと透水性の関係について明らかにした。また、南極やモンゴルのフィールドを対象とした研究では、鉱物脈や反応帯の組織解析と反応輸送モデリングにより、地殻や沈み込み帯における地震発生・鉱床形成との関連した短期間で変動する地殻流体流動の描像を明らかにした。さらに、超臨界地熱資源の開発に向けた基礎研究として、超臨界領域への溶存種の熱力学データの拡張を進めるとともに、海洋地殻の熱水系における開放系の変成作用、水の相変化に伴うシリカナノ粒子の形成・運搬挙動、流体の減圧に伴う破砕プロセスについてなど、超臨界・亜臨界状態における岩石-水相互作用の研究を進めている。

Through the SATREPS international collaborative research project, we carried out a geological survey of the volcanic system and geothermal resources in El Salvador and the chemical analysis of rock samples. We also developed the methodology for thermoluminescence analysis of feldspars. In addition, El Salvadorian students were provided with a geothermal training program that contained practical contents such as instrument analysis and simulations. In the studies on the fluid-rock reaction within crusts, reaction-induced fracturing during hydration of rocks was examined by laboratory experiments and numerical simulations. We also clarified the relationship between fracture pattern and crust permeability. In the field survey of Antarctica and Mongolia, we analyzed mineral veins and reaction zones using textural analyses and reactive-transport modeling, and we revealed the short-term crustal fluid flow related to earthquake generation and ore formation in the crust and subduction zone. Furthermore, to develop supercritical geothermal resources, we conducted various studies on water-rock interaction under sub- to supercritical conditions, including expansion of the thermodynamic data of dissolved species into the supercritical region, metamorphism in hydrothermal systems of the oceanic seafloor, the formation and transport silica nanoparticles, and rock-fracturing induced by fluid decompression.

現在進めている研究テーマ

- 超臨界地熱システムのナチュラルアナログ研究 (仙岩地域、モンゴル、金華山)
- 熱発光による地熱探査法の開発
- 延性地殻における減圧、水圧破砕実験
- 地殻と沈み込み帯の変成作用と流体流動 (モンゴル、南極、オマーン)
- シリカ析出と地震発生プロセス
- 反応に起因する岩石破壊に関する実験とモデリング
- 廃アルミニウムと温泉水を用いた水素発電システムの開発
- 機械学習と統計学的アプローチによる高次元地球化学データ解析

参加国際学会

16th International symposium on Water Dynamics, March 12-14, Sendai (Organized)・European Geosciences Union, General

Research topics

Natural analogue studies on supercritical geothermal systems/Geothermal exploration method by thermoluminescence/Experimental studies on hydrofracturing and decompression fracturing of ductile crust/Metamorphism and fluid flow within crust and subduction zone (Mongolia, Antarctica, Oman)/Silica precipitation and earthquakes/Experiments and modeling of reaction-induced fracturing of rocks/Hydrogen power generation system using waste aluminum and hot spring water/Statistical and machine-learning approaches on high-dimensional geochemical data analyses.

Participating in international conferences

16th International Symposium on Water Dynamics, March 12-14, Sendai (Organized)・European Geosciences Union, General Assembly, April 7-12, Vienna, Austria・International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 28-August 2, Yokohama・Geothermal Volcanology Workshop 2019,

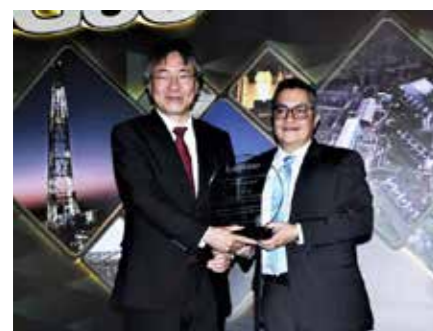


Fig.1 "Victor de Sola" award to Prof. Tsuchiya from LaGeo in El Salvador (October).



Fig.2 Training of solution analyses by ICP-OES in SATREPS geothermal school (Sendai, October).

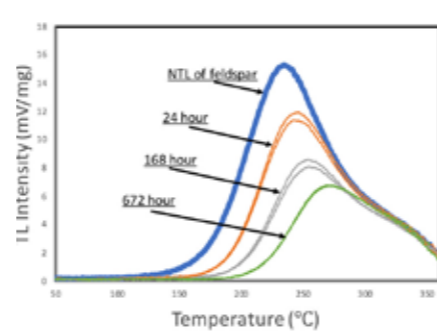


Fig.3 Grow curves of thermoluminescence of feldspar after heating at 125 °C.



准教授 岡本 敦
Associate Professor
Atsushi Okamoto



助教 宇野 正起
Assistant Professor
Masaaki Uno



助手 山岸 裕幸
Research Associate
Hiroyuki Yamagishi



研究員 山崎 慎一
Researcher
Shinichi yamasaki



研究員 山田 亮一
Researcher
Ryoichi Yamada



日本学術振興会特別
研究員 東野 文子
JSPS Research Fellowship
for Young Scientist
Researcher
Fumiko Higashino



日本学術振興会特別
研究員 永治 方敬
JSPS Research Fellowship
for Young Scientist
Researcher
Takayoshi Nagaya

Assembly, April 7-12, Vienna, Austria・International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 28-August 2, Yokohama・Geothermal Volcanology Workshop 2019, September 5-9, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia・International Forum on Earth, Energy and Environment, November 11, Taiwan

研究プロジェクト・主な外部獲得資金

[科研費補助金]

基盤研究 (B) (岡本)、挑戦的研究 (萌芽) (岡本)
若手研究 (宇野)、国際共同研究強化 (A) (岡本)
新学術領域公募研究 (宇野)

[その他]

SATREPS「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」(土屋)、
NEDO「超臨界地熱発電技術研究開発」プロジェクト (土屋、岡本)

教育・メディア報道など

- ・エルサルバドル大学へ地熱研究装置類一式を贈呈, Diario Co Latino(新聞), 2019.8.20
- ・毒水が新エネに変身、ドローンも車も動く!一, 日テレ NEWS24, 2019.9.20
- ・仙北・玉川温泉から水素燃料1日100リットルの確保目指す東北大と市が事業報告会一, 河北新報, 2019.12.4
- ・マグマ由来の流体による微小な割れ目網が地下水の流路に, 科学新聞, 2019.11.29

研究室の在学生

博士課程 10名 (インドネシア人4名、ロシア人1名、エルサルバドル人1名、モンゴル人1名)

修士課程 11名 (エルサルバドル人1名、モンゴル人1名)

学部生 9名 (インドネシア人1名)

研究室ホームページ <http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>

September 5-9, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia・International Forum on Earth, Energy and Environment, November 11, Taiwan

Research projects, major externally acquired funds

[MEXT/JSPS KAKENHI]

Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (Okamoto), Grant-in-Aid for Challenging Research (Okamoto); Grant-in-Aid for Young Scientists (Uno), Fund for the Promotion of Joint International Research (Okamoto), Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative area (B) (Uno)

[Others]

JST-JICA Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) (Tsuchiya), NEDO Research and Development of Supercritical Geothermal Power Generation Technology (Tsuchiya, Okamoto)

Education, media coverage

- ・Newspaper, *Deario Co Latino* (El Salvador), "Donation of a complete set of geothermal research equipment to the University of El Salvador"
- ・Nittere NEWS24 broadcasting, "Poison water turns into new energy, drone and car move," November, 20
- ・Newspaper, *Kahoku Shinpo*, "Hydrogen fuel from Semboku and Tamagawa Hot Springs Semboku City and Tohoku University aiming to secure 100 liters a day," December 4.
- ・Newspaper, *Kagaku Shinbun*, "Microfracture networks activated by magmatic fluids act as flow channels of ground water", November 29.

Lab members

Doctoral course: 10 students (4 Indonesian, 1 Russian, 1 El Salvadorian, 1 Mongolian)

Master's course: 11 students (1 El Salvadorian, 1 Mongolian)

Undergraduate students: 9 students (1 Indonesian)

Lab homepage: <http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>

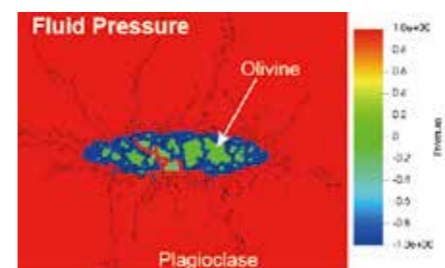


Fig.4 The numerical simulation on reaction-induced fracturing of oceanic crust during hydration.

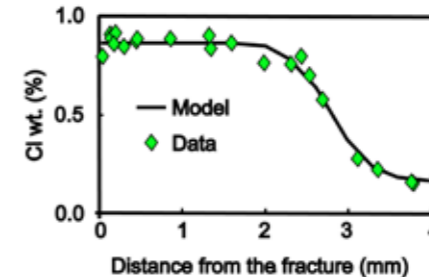


Fig.5 Cl-profiles in apatite around the reaction zone within the middle crust from Sor Rondane Mountains, East Antarctica.



Fig.6 Field survey to acid lake (pH = 0) at Ijen caor, east Java, Indonesia.

環境調和型開発システムに関する研究

Studies on environment-friendly development systems



教授 高橋 弘
Professor
Hiroshi Takahashi

本研究室では、環境調和型開発機械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) 打設型繊維質固化処理土工法の開発、(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) ブレードによる水中地盤掘削、(2) 自動掘削のための地盤情報取得、(3) 軟弱地盤のバケット掘削と地盤強度推定、(4) 礫混じり地盤の掘削抵抗力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、コーン落下試験を行うとともに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. As for the advanced study of fiber-cement-stabilized soil method, (1) development of placing-type fiber-cement-stabilized soil method, (2) evaluation of shear strength parameters of modified soil, and (3) estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using artificial intelligence (AI), specifically, a neural network, were conducted. As for the study of intelligent excavation by the bucket/blade, (1) soil excavation in water by the blade, (2) acquisition of ground information for automatic bucket excavation, (3) estimation of soft ground strength through soil excavation by bucket, and (4) evaluation of excavating resistive force on soil with gravel by bucket were conducted. Furthermore, as for acquisition of ground information and soil sampling using an unmanned aerial vehicle (UAV), cone rod falling test was carried out and fundamental study on the development of soil sampling device was 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) 打設型繊維質固化処理土工法の開発：空洞などの埋戻し材として流動性を有する繊維質固化処理土を使用することを目的として打設型繊維質固化処理土工法の開発を行った。任意の泥土からフロー値、ブリージング率、強度特性、密度の目標値を同時に満足する処理土を生成する処理フローを導出した (Fig.1)。
- (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、強度定数に及ぼす古紙および固化材の添加量の影響について考察した。本成果を九州大学で開催された地球科学技術に関する国際シンポジウム 2019 で発表したところ、優秀論文賞を受賞した (Fig.2)。



Fig.1 Specimens after 20th cycle of drying and wetting cyclic test (Left: without fiber, right: with fiber)

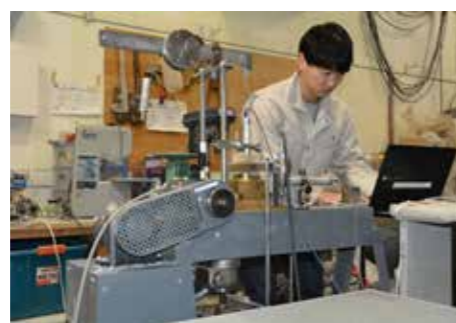


Fig.2 Box shear test machine

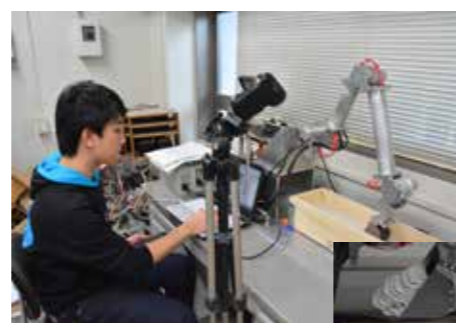


Fig.3 Measuring experiment for ground shape due to bucket excavation



助教 里見 知昭
Assistant Professor
Tomoaki Satomi



Group Photo



(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。そこで本年はAI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。本研究は2020年も継続して実施する予定である。

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) ブレードによる水中地盤掘削：本年は、ブレードの角度を変化させて地盤掘削実験を行い、抵抗力を計測した。さらに地盤の破壊形態を観察し、抵抗力について理論的に考察した。
- (2) 自動掘削のための地盤情報取得：昨年に引き続き、バケット掘削に伴う地盤形状変化の計測実験を行った (Fig.3)。
- (3) 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った (Fig.4)。
- (4) 礫混じり地盤の掘削抵抗力：通常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した。

UAVを用いた地盤情報取得および土砂サンプリング

本研究室では、災害現場における UAV の更なる高度活用を目指し、UAV からコーンを落下させて貫入距離を自動計測し、地盤強度を推定する基礎研究を行っている。本年はコーン落下実験を行い、コーンの貫入距離とコーン指数との関係について実験的に考察した (Fig.5)。さらにスクリュー式土砂サンプリング装置の開発を目指し、ケーシングとスクリューから構成される装置を考案し、土砂サンプリングの基礎実験を行った (Fig.6)。



Fig.4 Bucket excavation experiment of the soil in water



Fig.5 Cone falling experiment to predict ground strength



Fig.6 Screw type soil sampling device

were determined by trial and error, the work efficiency was low. In 2019, the fundamental study on estimation of optimum mixing conditions of fiber-cement-stabilized soil using AI (i.e., a neural network) was conducted.

Study on intelligent excavation by bucket/blade

In construction and resource development sites, ground excavation by heavy machinery is indispensable. In particular, intelligent excavating methods such as remote operation or autonomous heavy machinery are indispensable in an extreme environment (e.g., restoration work at a disaster site, development of seabed resources, space development). The following studies were conducted.

- (1) Soil excavation in water by the blade: Blade excavation experiments with various blade angles were conducted, and the soil failure process and pattern were observed. Moreover, the excavating resistive force was investigated at a theoretical level.
- (2) Acquisition of ground information for automatic bucket excavation: Continuing from 2018, the shape of the ditch after the bucket excavation was measured using a 3D camera throughout the laboratory soil excavation experiments (Fig.3).
- (3) Estimation of soft ground strength through soil excavation by bucket: The excavating resistive force on soft ground was measured through bucket excavation experiments (Fig.4).
- (4) Evaluation of excavating resistive force on soil with gravel by bucket: The excavating resistive force on soil with gravel was measured through bucket excavation experiments.

Study on acquisition of ground information using a UAV

To achieve advanced utilization of UAV, a fundamental study on estimating ground strength from the penetration depth when a cone rod was dropped from the UAV has been conducted. The relationship between the penetration depth and the ground strength (i.e., cone index) was experimentally evaluated (Fig.5). Furthermore, to develop a screw-type soil-sampling device, a device consisting of a casing and a screw was devised, and soil sampling experiments were carried out (Fig.6).

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

2019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2つの研究に絞る。

- 1) 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
- 2) Super Critical / Superhot 環境下における水圧破碎のメカニズム (Fig.1 ~ Fig.4)
- 3) 超臨界地熱環境下における水圧破碎き裂生成に及ぼす岩石の異方性の影響 (Figs.5, 6)
- 4) 軟弱岩盤における鉛直ボアホールを利用した地圧測定法の開発

In 2019, our research activities were as follows:

- 1) Injection-induced slip characteristics of a rock fracture under high temperatures. (Fig.1)
- 2) The hydraulic-fracturing mechanism under supercritical/superhot conditions. (Figs.2-5)
- 3) Effect of rock anisotropy on hydro-fracturing crack formation under supercritical geothermal environment.
- 4) Development of the rock stress measurement method using the vertical borehole in soft rock mass.

Supercritical / Superhot 環境下における水圧破碎のメカニズム

超臨界地熱開発のための人工地熱貯留層の造成を目的に、400°C以上の温度条件の真三軸応力下において水圧破碎実験を行った。水圧破碎実験で形成されたき裂の形状や分布、透水性、X線CT観察、弾性波速度の測定、薄片観察を行い、水圧破碎のメカニズムの解明に取り組んだ。主に以下の成果が得られた。

- 1) 破碎水圧に温度、応力場の型は影響しない。
- 2) 形成されるき裂は3次元的に広がる複雑かつ等方的なネットワーク型き裂であり、その透水性は地熱貯留層として十分な 10^{-5} m^2 程度になり得る。
- 3) Supercritical / Superhot 環境における水圧破碎現象は、既存き裂に低粘度の流体が浸透することで生じるき裂の進展が主メカニズムである。
- 4) 破碎水圧はグリフィスの破壊基準から推定できる。
- 5) 水圧破碎は超臨界地熱開発のための人工地熱貯留層の造成に有用な手法である。

The hydraulic-fracturing mechanism under /supercritical/superhot conditions.

Hydraulic fracturing experiments under true triaxial stress at a temperature of 400°C or higher were carried out to create an artificial geothermal reservoir for supercritical geothermal development. To clarify the hydraulic-fracturing mechanism, the shape and distribution of cracks formed in the hydraulic fracturing experiment, water permeability, X-ray CT observation, elastic wave velocity measurement, and thin section observation were performed. The following results were obtained.

- 1) Temperature and stress type do not affect the breakdown pressure of the hydraulic fracturing.
- 2) Complex, isotropic network-type cracks that distributed three-dimensionally are formed, and their permeability can equal approximately 10^{-5} m^2 , which is sufficient for a geothermal reservoir.
- 3) Hydraulic fracturing in the /supercritical/superhot environment is mainly caused by crack propagation that results from the penetration of low-viscosity fluid into existing cracks.
- 4) The breakdown pressure can be estimated using Griffith's fracture criterion.
- 5) Hydraulic fracturing is a useful technique for creating artificial geothermal reservoirs for supercritical geothermal development.



Fig.1 Optical microphotographs of a thin section using UV light. (Before fracturing)

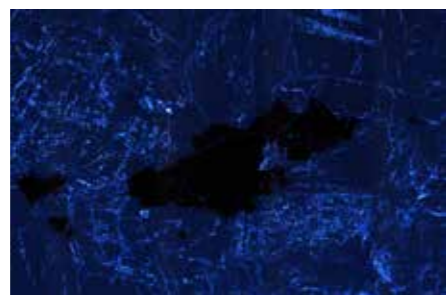


Fig.2 Enlarged image of part of Fig.1

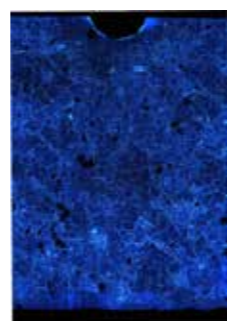


Fig.3 Optical microphotographs of a thin section using UV light. (After fracturing)

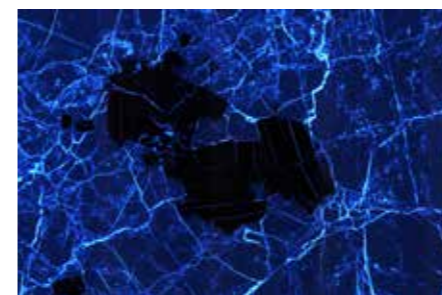


Fig.4 Enlarged image of part of Fig.3

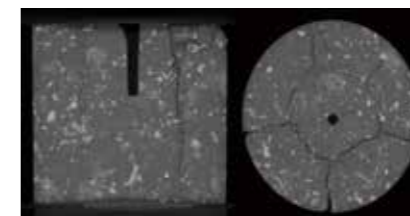


Fig.5 X-ray CT images of after fracturing in case of parallel to the rift plane.

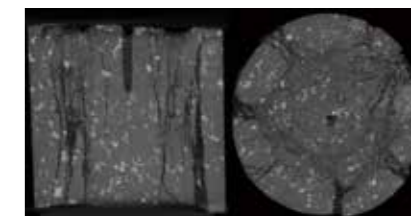


Fig.6 X-ray CT images of after fracturing in case of perpendicular to the rift plane.

超臨界地熱環境下における水圧破碎生成に及ぼす岩石の異方性の影響

超臨界地熱環境下での水圧破碎き裂の形成に対する岩石異方性の影響を明らかにするための最も適切な岩石サンプルとして大島花崗岩(細粒)を選定し、表題に関する実験を行った。以下に主な結果をまとめる。

- 1) リフト面に平行な方向から採取した岩石試料に水圧破碎を生じさせるために必要なボアホール水圧は、リフト面に対して垂直方向に採取した岩石試料よりも低い。
- 2) リフト面に垂直な方向から採取した岩石試料に対して形成された水圧破碎き裂は、リフト面に平行な方向から採取したものに比べて、より広範囲に分布する。
- 3) 水圧破碎き裂の生成は、異方性を支配する因子の一つである先在き裂の配向に影響される。
- 4) 水圧破碎用のボアホールをリフト面に垂直な方向に掘削して流体を注入することにより、熱交換面と成り得るより多くの流路(き裂ネットワーク)を生成できる可能性がある。

受賞

- 1) 坂口清敏：岩の力学連合会論文賞
- 2) 後藤遼太 (M2)：資源・素材学会東北支部春季大会最優秀発表賞

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) NEDO 受託研究 (超臨界地熱発電技術研究開発・分担)

Effects of rock anisotropy on hydro-fracturing crack formation under a supercritical geothermal environment.

Ohshima (fine) granite was chosen as the most suitable rock sample for observing rock anisotropy's effect on hydro-fracturing crack formation under supercritical conditions. The following results were obtained.

- 1) Borehole pressure required for breakdown to occur in rock sample taken from rift plane direction, which possess higher anisotropy, is lower than rock sample drilled out from the perpendicular direction to rift plane.
- 2) The fracture formation in rock sample taken from the perpendicular direction to rift plane, which possess lower anisotropy, was far more distributed and spread out, compared to the sample taken out from the rift plane direction.
- 3) Hydraulic fracture initiation is influenced by the orientation of pre-existing cracks, one of the factors governing anisotropy.
- 4) By drilling the borehole perpendicular to the rift plane and injecting fluid, additional fluid channels (crack network) may be created.

Awards

- 1) Kiyotoshi Sakaguchi received the Best Paper Award from the Japanese Society for Rock Mechanics.
- 2) Ryota Goto (M2) received the Outstanding Presentation Awards at the Spring Meeting of the MMIJ Tohoku branch.

Grants

- 1) JSPS KAKENHI 17H03504 (Scientific Research B//Co-Investigator)
- 2) JSPS KAKENHI K18K190390 (Challenging Research/Co-Investigator)
- 3) JSPS-LEAD with DFG//Co-investigator
- 4) NEDO Research and Development of Supercritical Geothermal Power-Generation Technology//Co-Investigator

Ryota Goto (M2) received the Outstanding Presentation Awards.

サステ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

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の耐久性迅速評価 および高強靱性セルの開発

NEDO 委託事業「固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」において、最終年度である今年度は新たなニーズである高効率化や強靱性化に向けてセルおよびスタック評価する研究を行っている。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。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の開発にも着手し、金属支持型セルの作製・評価も行っている。

同事業では基盤コンソーシアムを形成し、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、東京ガス(株)、および SOFC 開発各社とも密接に連携して事業を推進している。当分野での具体的な研究成果については以下で述べる。

Reliability and Durability Tests of Solid Oxide Fuel Cells and the Development of a High-Toughness Cell

In the NEDO project “Development of Systems and Elemental Technology on Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs),” research and development have been conducted to meet the recent demand for further generation efficiency and the development of high-toughness cells. Under high-output conditions, high fuel utilization causes different operating conditions at different place within a cell. The degradation behavior may also differ from the average operating conditions as well. Therefore, the cell’s local degradation should be evaluated. Additionally, a metal-support cell has been developed to achieve high toughness, to extend the application range of SOFCs.

In this project, a research consortium has been organized by the University of the Tokyo, Kyoto University, Kyushu University, AIST, CRIEPI, Tokyo Gas and Tohoku University. The consortium also collaborates with Japanese companies that have developed SOFCs. Our research activities are listed below.

アノード支持型固体酸化物燃料電池セルにおける 内部応力および変形挙動

SOFC は10年を超える長期間安定して動作することが求められているが、その間のセルの構造健全性を評価する手法は十分に確立されているとは言えない。当分野では、電気化学的、熱機械的特性を考慮して、SOFC セルの弾性・非弾性変形および破壊挙動を評価する手法を確立することを目指している。具体的にはセルのシミュレーションと実験的評価の両面からセルの機械的挙動を理解することを目的として、様々な実環境下でのセル形状および変形の評価手法の開発 (Fig.1)、および有限要素法による熱応力解析からセル変形のシミュレーションを行っている。両者の結果を比較することで実際のセルでの変形挙動について理解が可能となる。アノード支持型セルの空気中での昇温時とアノード還元時の評価の例を示すと、実験においては、昇温時にはアノードの熱膨張の影響が大きいことからセルはカソード側が凹になるように変形し、アノード還元過程では、Ni が還元されてアノードが塑性変形することで、電解質では圧縮応力が減り、結果としてセルはカソード側が凹になるように変形した。実測評価とシミュレーションで、アノードサポートセルの昇温過程でのセル変形プロファイルは実験と計算でよく一致していたが (Fig.2)、アノードの還元過程は一致しなかった (Fig.3)。この理由は実セルでは昇温過程前の初期の残留応力が大きかったためと考えられる。

教育活動

2019 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、博課学生1名、修士学生15名、学部学生8名の学生24名の延べ28名で構成され、うち留学生は1名である。3月には修士課程を5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。

Internal stress and cell deformation of an anode-supported solid oxide fuel cell

To ensure the durability and reliability of solid oxide fuel cells (SOFCs), we aimed to investigate elastic and inelastic deformation as well as fracture probability, considering the electrochemical, thermal and mechanical properties of SOFCs’ constituent materials. Although SOFCs are required to operate for over ten years, an evaluation method for the cell’s structural integrity has not been established. Two approaches—simulation techniques and measurement development—were attempted to solve the problem. In this study, we have developed equipment to measure the cell shape and deformation under various conditions. Thermal stress analyses with a finite element method (FEM) were also used to simulate the cell behaviors. The comparison of both techniques’ results enables to discuss deformation behaviors at an actual cell. For example, in an actual cell, the cell curves as the cathode side becomes concave during the heating process. In the anode-reduction process, the electrolyte releases compressive stress through the anode’s inelastic behavior. The expansion will make the cell shape so that the cathode side is convex. The results of the cell-deformation profile from the simulation and experiment agreed well with each other under a heating process but differed in the anode reduction process. The simulations implied that the reason was initial residual stresses of the actual cell.

Educational activities

The lab members consist of 4 staff members (a professor, an associate professor, a researcher, and a technical staff member) and 24 students (1 Ph.D. student, 15 master students, and 8 undergraduate students), including 1 international student. 5 master students and 4 undergraduate students graduated in March.

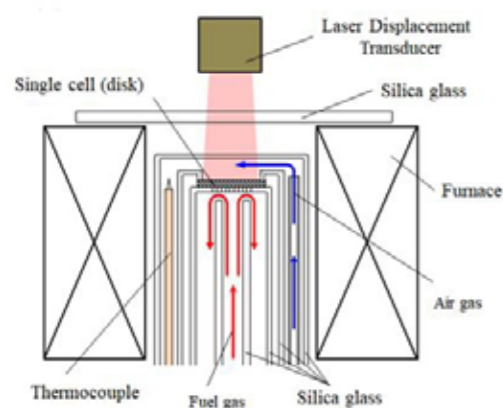


Fig.1 Schematics of cell shape/deformation measurement.

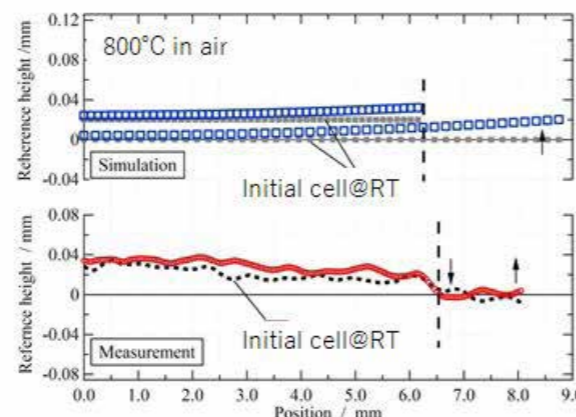


Fig.2 Cell-shape profiles of the experimental and the simulated results at 800°C in air.

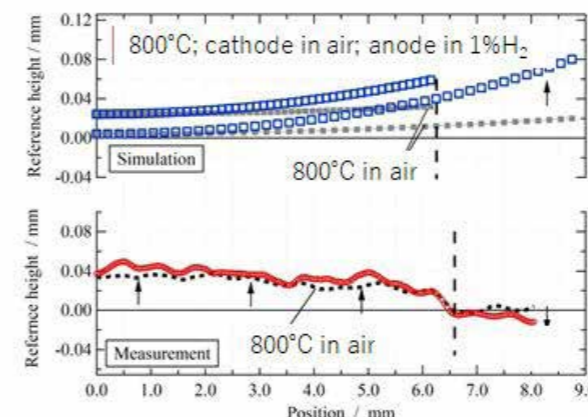


Fig.3 Cell-shape profiles of the experimental and the simulated results at 800°C in 1% H_2 .

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・エネルギー開発の基礎学術を基礎として、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。学術集会の主催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 studies in environmental sciences in the interest of a sustainable future. We have investigated the hydraulic properties of vuggy carbonate rocks as well as the hydraulic and mechanical properties of high-temperature fractured granite, particularly for effective development of petroleum and geothermal resources. Additionally, we have conducted a research on a new hydrogen production method using a reaction between hot spring water and aluminum. Furthermore, we have initiated new research on the risk assessment of new hazardous chemicals, an in situ heating method to produce methane hydrate resources, the reality of fluid flows in pore systems of soils, the risk assessment of coal and metal mining in developed countries, and the origin of groundwater in field scale. 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/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 (山藤 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)

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るため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 (木下 et al., 環境地質学シンポ, 中村 et al., Deammonification 2019)。

Survey of paleotsunami 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 paleotsunami 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.

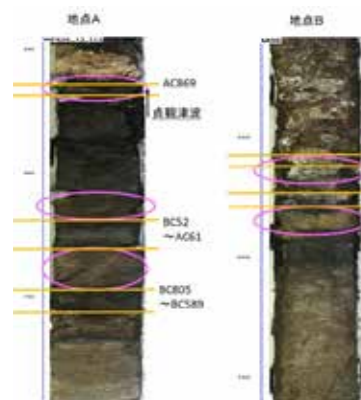


Fig.1 Paleotsunami deposits core by geoslicer



Fig.2 Geochemical survey in Botswana

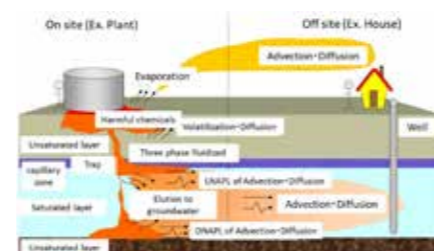


Fig.3 Risk assessment model image of new hazardous chemicals at our living area

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 (モンゴル, インドネシア, 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。

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, NEDO 受託研究)

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 (超臨界/超高温地熱環境) での貯留層造成の可能性を検討するため、花崗岩の水圧破碎実験を実施した。その結果、貯留層としての利用が期待できる高密度透水性き裂ネットワークが形成されうることを見出した (Watanabe et al., Sci. Rep., 2019)。またこの破碎メカニズムを応用することにより、CO₂ などの低粘性破碎流体を用いれば従来型地熱環境でも熱抽出に有利なき裂ネットワークが形成されうることを見出した (Pramudyo et al., SPWLA, 2019)。加えて、国際岩の力学学会 (ISRM) の特別会議においてこれらの成果に関する基調講演を行った。さらに、形成したき裂の透水性制御の可能性を検討するため、花崗岩き裂の透水性に及ぼす応力レベルおよび間隙水圧の影響を透水実験を通じて検討した。その結果、ある特定の条件下において透水性が安定化あるいは増加することが明らかになった (Watanabe et al., Appl. Energy, accepted)。

高温油ガス貯留層/地熱貯留層の新・化学的坑井刺激法 (JAPEX との共同研究)

150°C~200°C 程度の火山岩油ガス貯留層あるいは地熱貯留層の新しい坑井刺激法として、選択的な鉱物溶解により浸透性を改善する手法を着想した。本年、高温で使用可能であるが生分解性も有する特殊な薬剤を用いて特定の鉱物を迅速に溶解して浸透性を改善することを狙った、環境負荷と誘発地震の懸念が小さな本手法の実現可能性を検討するための室内実験を開始した。

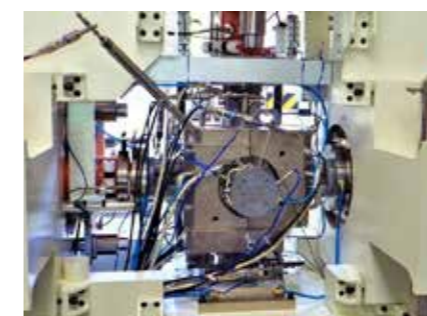


Fig.4 Supercritical/superhot hydraulic fracturing experiment on granite



Fig.5 Keynote lecture at the ISRM specialized conference by Assoc. Prof. Watanabe

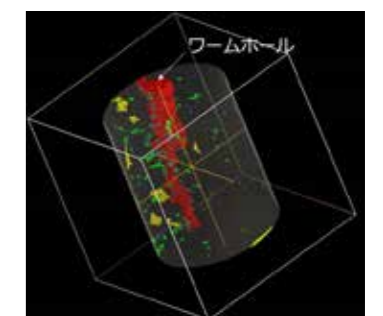


Fig.6 Wormhole formation by the selective dissolution of minerals in a volcanic rock

Assessment of trace elements in groundwater and mining

We referred to surveys conducted outside of Japan (in Mongolia, Indonesia, and 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 conducted hydrofracturing experiments on granite with water at supercritical temperatures. As a result, we have found the possibility to create dense networks of permeable fractures, i.e. geothermal reservoirs, in supercritical/superhot geothermal environments (above ca. 400°C), which is a new geothermal energy frontier (Watanabe et al., Sci. Rep., 2019). Additionally, based on the mechanisms of this fracturing, we have found that an excellent fracture pattern, suitable for geothermal energy extraction, may occur even in conventional geothermal environments if a low-viscosity fluid such as CO₂ is used as a fracturing fluid (Pramudyo et al., SPWLA, 2019). We presented these results in a keynote lecture at a specialized conference of the International Society for Rock Mechanics (ISRM). Furthermore, we have conducted flow-through experiments on fractures in granite to investigate how stress level and pore pressure influence the fracture permeability. As a result, we have found the possibility of controlling fracture permeability, which may be stabilized or enhanced at specific conditions (Watanabe et al., Appl. Energy, accepted).

New chemical well stimulation for high-temperature oil/gas and conventional geothermal reservoirs

We have proposed a method to enhance permeability through selective dissolution of rock-forming minerals, as a new well-stimulation method for oil/gas and geothermal reservoirs at 150–200°C. This year, we have initiated some laboratory experiments to clarify the possibility of a new method that uses a biodegradable chemical agent for rapid and selective dissolution of rock-forming minerals.

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 nanomaterials, well-defined electric integration nanomaterials (Cu nanoparticle, Cu nanowire, etc.), and precise control of nanocatalysts for fuel cells; and (c) development of novel methods for extracting rare metals with precise control under complex conditions.

研究概要

遷移金属等の貴金属ではない金属のナノ材料を実用化することを念頭に、様々な金属/合金ナノ粒子を、環境負荷が少ない手法で合成する研究開発を行っている。特に、材料の特性の均質化や、高特性を発現する相の選択的合成、長寿命化、を達成するためには、均質で結晶性が高い金属/合金ナノ粒子であることが必要である。更に、工業的応用を念頭におくと耐酸化性が高くかつ表面被覆材の使用は限界まで低減する必要である。この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.

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。

学生諸君の国際及び国内会議発表、その他の活動

高橋(英)研究室所属の学生は、2019年4月-12月の期間に計17件の学会研究会発表を行った。本研究室では、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。当該期間では、5月に米国ダラスで開催された225rd Electrochemical society Conference及び9月に札幌で開催されたAsian Pacific Confederation of Chemical Engineering 2019ではDC2の仲本龍一郎君が(Fig.1(ECS))、10月に米国アトランタで開催された226rd Electrochemical society ConferenceではDC2の浅野有希さん(Fig.2)が、MC2の遠藤拓也君(Fig.3)及び及川大輝君(Fig.4)が12月に米国ボストンで開催された2019 MRS Fall Meetingで発表を行っている。9月に開催された資源・素材学会秋季大会では遠藤拓也君(MC2)、及川大輝君(MC2)、木村ほのかさん(MC1, Fig.5)、後藤光生君(MC1, Fig.6)、野崎純平君(MC1)が発表した。DC2の仲本龍一郎君は令和元年度環境科学研究科奨学賞を、MC2の遠藤拓也君は2019年度資源・素材学会若手ポスター発表賞を受賞している。

そのほか、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、国内の学会にも積極的に参加し、成果の発表を行っている。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、様々な活動を行っている。

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.

Student activity (conference, prizes, etc.)

Students from our laboratory attended seventeen international and domestic conferences from April to December 2019. To develop members' various abilities, we recommended joining international conferences and studying abroad (DC course students).

This year, Mr. Tatsuchi Nakamoto (DC2) joined the 225th Electrochemical Society Conference in Dallas (May, Figure 1) and the Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering 2019. Mrs. Yuki Asano (DC2, Figure 2) joined the 226th Electrochemical Society Conference, held in Atlanta (October). Mr. Takuya Endo (Figure 3) and Mr. Hiroki Oikawa (Figure 4) joined the 2019 MRS Fall Meeting, held in Boston (December).

Mr. Takuya Endo (MC2), Mr. Hiroki Oikawa (MC2), Mrs. Honoka Kimura (MC1, Figure 5), Mr. Mitsuo Goto (MC1, Figure 6), and Mr. Jumpei Nozaki (MC1) joined the fall meeting of the MMIJ (The Mining and Materials Processing Institute of Japan) (Kyoto, Japan, September). Mr. Tatsuchi Nakamoto (DC2) was awarded the Incentive Award from the Graduate School of Environmental Studies, and Mr. Takuya Endo (MC2) received MMIJ's Young Poster presentation award.

We joined 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 joined in various social activities, such as events addressing natural energy, public lectures, and so on.

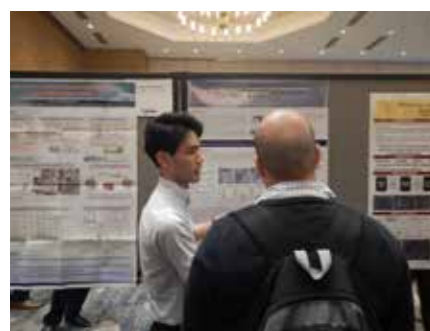


Fig.1 Presentation of Mr. Tatsuchi Nakamoto (DC2) at 225th Electrochemical Society Conference (Dallas, USA)

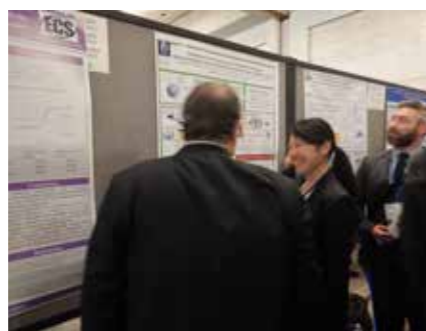


Fig.2 Presentation of Mrs. Yuki Asano (DC2) at 226th Electrochemical Society Conference (Atlanta, USA).

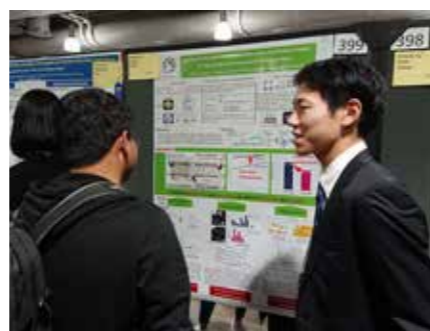


Fig.3 Presentation of Mr. Takuya Endo (MC2) at 2019 MRS Fall Meeting (Boston, USA).

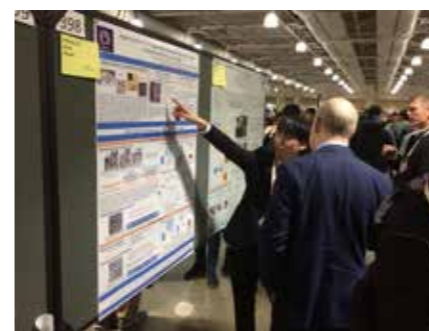


Fig.4 Presentation of Mr. Hiroki Oikawa (MC2) at 2019 MRS Fall Meeting (Boston, USA).

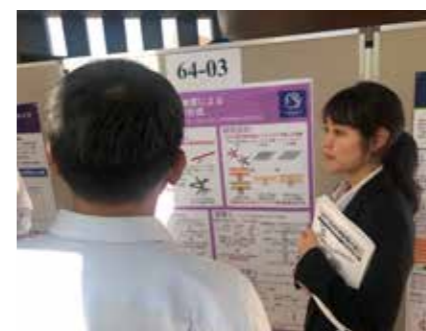


Fig.5 Presentation of Mrs. Honoka Kimura (MC1) at fall meeting of MMIJ (The Mining and Materials Processing Institute of Japan) (Kyoto, Japan).



Fig.6 Presentation of Mr. Mitsuo Goto (MC1) at fall meeting of MMIJ (The Mining and Materials Processing Institute of Japan) (Kyoto, Japan).

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 (兼務)
Noriyoshi Tsuchiya

当研究室では、主に社会科学の観点よりエネルギー政策およびエネルギー・サステナビリティ転換のガバナンス（舵取り）に関する研究を行っており、現在では、水素（燃料電池自動車や再生可能エネルギー由来「以下、再エネ」の水素など）、石炭火力、再エネ、スマートシティ等、日本にとって重要性が高い研究課題に取り組んでいる。当研究室の学生は、あらゆる社会科学分野における定性的・定量的な方法論を駆使して、エネルギー転換や持続可能性の課題に関するガバナンスと政策について研究し、研究活動を通じて、実証研究とサステナビリティ・トランジションやイノベーション論、政治学などの分野からの理論的枠組とを統合することを学んでいる。学生たちが現在取り組んでいるテーマは、石炭火力・再エネの政策、持続可能な消費の推進に向けたガバナンスなどが挙げられる。

Students in the International Energy Resources laboratory are conducting research about the governance and policy dimensions of energy and sustainability challenges using a mixture of qualitative and quantitative techniques from the social sciences. Students learn to integrate empirical research with theoretical frameworks from a variety of fields such as sustainability transitions, economics, innovation studies and political science. Current students are currently working on topics related to the governance of coal power, renewable energy and sustainable consumption. Meanwhile, faculty research mainly focuses on energy policy and the governance of energy and sustainability transitions. These include energy topics with relevance to Japan such as the governance of coal-fired power, hydrogen (including fuel-cell vehicles), renewable energy and smart cities.

燃料電池自動車の普及に向けた日本の戦略

道路輸送の電動化を加速させるに当たって、多くの国は電気自動車（以下 EV）および燃料電池自動車（以下 FCV）の導入拡大を同時に図っている（Fig1 & 2）。何れの技術は一長一短があり、かつ普及に当たった共通の課題に直面している。これらの課題は次の通り4つに分類できる。すなわち、①供給側の課題（自動車の生産に関わる技術的課題）、②インフラ（低炭素の電力・燃料の供給および充電スタンド・水素ステーションおよび関連設備の整備）、③需要側（自動車の購入喚起の創出）、④制度設計（イノベーションシステム全体の舵取り）である。近年、EVと関連インフラを対象とした投資が比較的多く行われているゆえ、FCVの導入拡大に関する先行研究は皆無に近い状況である。そこで本研究では、FCVの導入拡大に向けた日本政府および企業の共同戦略に着目し、それらの課題、効果、求められている対策を明らかにした。この研究課題に取り組む上で、世界の中でも非常に野心的なFCV・水素ステーションの導入目標を掲げている日本は、多くの有意義な示唆を与えた。

具体的な方法論としては、EV・FCVに関する先行研究から何れの普及に当たった課題を抽出し、上述の4種類の課題によって構成される分析的枠組を展開した上で、それらの課題への対策を特定・評価するために日本の戦略を分析した。データは政府機関および関連企業への聞き取り調査を通じて収集・分析した。その結果、供給側およびインフラ側の課題への対策は順調に導入されている。一方、需要創出の戦略は、補助金などといった消費者向けの経済的インセンティブに頼っている。また、制度設計については、多くのメーカーを巻き込んだFCVの量産化およびFCV市場への自動車メーカーの新規参入が鈍化している、という傾向が明らかになった。そこで本研究は、それらの課題に対して打開策を提示した。

Japan's strategy to diffuse fuel-cell vehicles

To accelerate the electrification of road transport, numerous countries are promoting the diffusion of both Electric Vehicles (EVs) and Fuel-Cell Vehicles (FCVs) (Fig. 1 & 2). Both technologies hold unique advantages and disadvantages while also facing common barriers related to diffusion. These challenges may be classified into four categories: 1) supply-side (concerning the production of vehicles), 2) infrastructure (concerning the preparation of low-carbon fuel/electricity and fueling/charging stations), 3) demand-side (concerning the creation of societal demand for vehicles), and 4) institutional design (concerning the management of the entire innovation system). Given the increasing investments and societal interest in this area, literature has mostly focused on EVs. Meanwhile, studies on FCVs are much fewer. Also, while many studies highlight numerous diffusion barriers for FCVs, knowledge on actual governance strategies to overcome these is lacking. Filling this gap, this laboratory examined collaborative governance measures involving government and industry in Japan to accelerate the development and diffusion of FCVs. Japan is an excellent case to consider these challenges as this country has arguably the world's most ambitious diffusion targets for FCV vehicles and related infrastructure.

The study used the above 4-level framework to examine governance strategies in Japan, challenges and potential ways to overcome these. Data were sourced from document analysis and expert interviews. Findings reveal robust measures to tackle supply-side and infrastructure challenges. Conversely, demand-side measures completely rely on public subsidies and lack regulatory measures to stimulate vehicle demand. Also, institutional strategies to increase the pool of FCV makers are lacking visible outcomes. The study thus lays out several policy suggestions to overcome these unresolved challenges.



准教授 トレンチャー グレゴリー
Associate Professor
Gregory Trencher

日本企業の石炭火力関連事業の投資動向

福島原発事故を機に、全国の原子力発電所が全面的に停止して以降、日本で多くの石炭火力発電所の新設計画が進められてきた。同時に総合商社は海外の炭鉱に投資を行い続けつつ、大手の電力事業者と発電所設備メーカーと共に海外で発電所の開発を行っている。これらの石炭関連事業は、気候変動対策に逆行するとして国内外から批判を受けており、その中でも環境省、国連、NGO、学習者などからの発言が目立つ。一方、国内外において再エネ事業の費用が年々劇的に低下している中で、石炭火力関連の事業を持つ日本の企業は、脱炭素化に向けて再エネと石炭火力の投資配分を再検討している。この市場の動向は、上流の炭鉱から下流の発電所の開発まで石炭のバリューチェーン全体に関わる総合商社、電力事業者、設備メーカー、金融機関のビジネス戦略に影響を及ぼしている。しかし、これらの全ての市場プレイヤーの石炭関連事業の投資および脱炭素化の戦略を体系的に分析する先行研究はない。そこで本研究では、上記の企業を対象とし、聞き取り調査および関連文献資料（年次報告書、プレスリリースなど）を通じて、セクター毎に石炭関連事業および脱炭素化戦略を分析した。これで日本における所謂「ダイベストメント」および脱炭素化に向けた企業の戦略に関する最先端の動向が明らかになった。

Coal-fired electricity and investment trends

Following the drastic reduction of nuclear power generation after the Fukushima nuclear disaster in 2011, Japan has upgraded and expanded its fleet of coal-fired power plants, with several large power plants still under construction. At the same time, Japanese companies are investing in coal mining resources overseas while exporting coal-fired power plant technology to developing countries, especially across Asia. These investments in coal-related businesses are subject to increasing pressure and criticism from domestic and international stakeholders such as the Ministry of Environment, the United Nations, NGOs and scholars. Meanwhile, the cost of renewable electricity is falling rapidly across Japan while government policy is promoting its diffusion. This is creating new business opportunities for Japanese companies to invest in renewable projects domestically and overseas and reconsider the role of coal in future business strategies. These opportunities concern the many types of industries involved across the full value chain of coal including utilities, general trading companies, plant equipment manufacturers and banks. However, until now, there has been no systematic academic study that has looked at how these four industries are investing in coal related businesses and what sort of decarbonization strategies they are pursuing. Research in this laboratory over the past year has filled this gap by gathering data from interviews and documents (annual reports, company documents etc.) and compiling a sector-by-sector analysis of the investment and decarbonization trends in Japan's coal related industries.



Fig.1 Commercially operating fuel-cell bus in front of Tokyo Station (by Trencher)



Fig.2 Honda Clarity FCV owned by Migagi Prefecture (by Trencher)

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.

製造産業をふくめた反応性窒素フロー分析 および産業連関分析

窒素は肥料として食料生産量の増加に大きく貢献するだけでなく、身の回りのあらゆるモノに含まれている。窒素を含む物質(窒素化合物)は私たちの生活に大きな恩恵をもたらす半面、大気中の窒素を利用しやすい形態(反応性窒素)に変えるためには大量のエネルギーを消費する。また硝酸やアンモニア、窒素酸化物の形で環境に排出されれば、大気や水質を汚染する。反応性窒素の生産から環境排出までの流れや需要の変化を追うことは、供給量のコントロールによる反応性窒素製造におけるエネルギー消費の削減や、将来的に環境に排出されるであろう反応性窒素のポテンシャルを考えるうえで重要である。本年度は日本における産業を含めた反応性窒素のマテリアルフロー分析および産業連関分析を行った (Fig.1-2)。

[受賞] 片桐究、溝口修史、松八重一代、長坂徹也、
日本 LCA 学会論文賞 (日本 LCA 学会) 2020 年 3 月 10 日

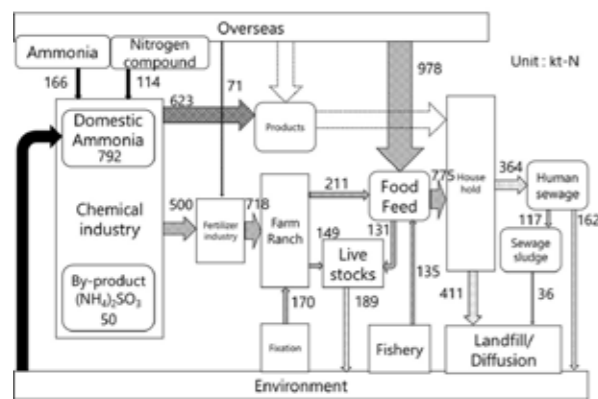


Fig.1 Reactive nitrogen flow map in Japan (2011)

Material flow analysis and IO analysis of reactive nitrogen

Nitrogen is an essential element for food production, and nitrogen compounds significantly benefit our everyday lives. However, the process of fixing nitrogen into reactive nitrogen consumes a significant amount of energy. Furthermore, emissions such as nitric acid, ammonia, and nitrogen oxide pollute the atmosphere and hydrosphere. Given these factors, evaluating the flow of reactive nitrogen from production processes and identifying the reactive nitrogen demand created by industrial activities are essential to improving the management of nitrogen related environmental issues. We conducted a reactive nitrogen flow analysis of the Japanese economy and an input-output analysis of reactive nitrogen in Japanese industries. (Figs.1-2).

[Award]
K. Katagiri, M. Mizoguchi, K. Matsubae, T. Nagasaka, The ILCAJ Best Paper Award, (ILCJA) 10 Mar. 2020

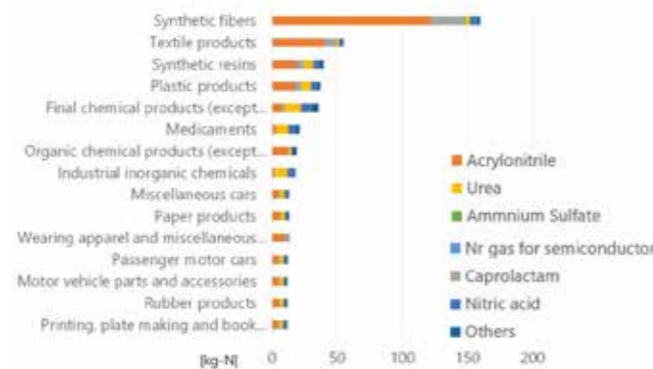


Fig.2 Top 10 industries with NH₃ originated Nr derived by final demand in manufacturing industry



Imoni BBQ party

日本におけるエンジン用鋼材の 動的マテリアルフロー分析

自動車用エンジンには鋼材やアルミ等の金属、シリンダーヘッド・ブロック、クランクシャフト、バルブなどの有用部品が多く含まれており、現代社会において良くリユース・リサイクルされる製品の代表である。一方、従来の素材リサイクルでは、熱力学的な制約で物質や製品機能の損失は不可避である。対して、リユースやリマニュファクチャリング、リペア、リファービッシュなどの促進は、製品寿命を延長することで、物質や機能の保持に有効な手段であると考えられている。本研究では、エンジンに含まれる鋼材に着目し、リサイクルと比較したリユース・リマニュファクチャリングの導入による資源循環経路の経時変化の解析、または物質・機能の損失回避効果の定量化を実施した。分析結果に基づき、現実の産業構造に基づく物質フローと整合を取りつつ、実行可能な選択肢の中からこれら手段の最適な組み合わせと優先順位を求めることが可能となった (Fig.3)。

[受賞] 張政陽 (博士後期課程 3 年) 優秀ポスター発表、
第 1 回環境科学討論会、2019 年 6 月 28 日 (Fig.4)

インドネシアにおける石炭鉱山の 土地修復活動のインベントリ分析

土地修復活動は鉱山採掘を行った後、閉山前の環境回復を目的として行われるものであり、責任ある資源調達を拡大する上でますます重要な活動となってきている。ここでは、インドネシアにおける石炭鉱山を事例としたインベントリ分析を行った。分析の結果、土地修復には費用がかかるが、その後修復される森林が吸収する二酸化炭素を市場価格に換算すると、そのコストに対して 2.5 倍の便益があることも明らかになった。

[学会発表] Imam Eko Setiawan and Kazuyo Matsubae,
ISIE 2019, Tsinghua University, 8-11, July, 2019 (Fig.5)

Dynamic material flow analysis of the steel cycle in engines in Japan

Automobile engines are made of a variety of metals such as steel and aluminum, and they include many useful parts such as cylinder blocks, crank shafts, and valves. When they reach the end of their service lives, these parts are often reused, and the metals are recycled as secondary materials. However, the engine's original materials and functions are still inevitably lost during conventional material recycling processes due largely to the principles of thermodynamic restrictions. In contrast, direct reuse, remanufacturing, repair, and refurbishment approaches that are focused more on extending product lifetimes could help reduce these material and functional losses. In this study, we focused on steel used in engines to identify major changes in the material flow in Japan over time by comparing engine recycling with reuse and remanufacturing and quantifying the impacts of reuse and remanufacturing on material and functional loss reduction. Our outcomes help to create the best combination of individual approaches from feasible options consistent with the materials flow based on the actual industrial structure (Fig.3).

[Award]
Zhengyang Zhang (D3) Best Poster Award, 1st Academic Forum on environmental studies, 28 Jun. 2019 (Fig.4)

Inventory analysis of land rehabilitation at a coal mining site in Indonesia

Mining reclamation and rehabilitation activities, as part of mining operations, commonly progress through an excavation or production stage that lasts throughout the mine's lifetime, even after the mine is closed and decommissioned. Our study examined the process of reclamation and rehabilitation through a case study on primary coal mining in Indonesia. We found that the benefits of rehabilitation activities were roughly 2.5 times the mine's emission costs.

[Poster presentation]
Imam Eko Setiawan and Kazuyo Matsubae, ISIE 2019, Beijing, 8-11 July 2019 (Fig.5)

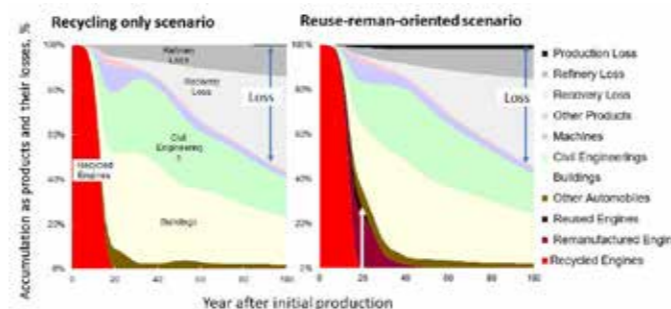


Fig.3 Transition in the composition of the stocks of steel



Fig.4 Best poster award (Zhengyang Zhang (D3))

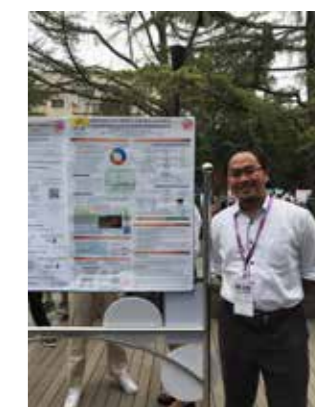


Fig.5 Poster presentation in ISIE2019 at Tsinghua University, China (Imam Eko Setiawan (M2))

地圏環境政策学分野 Geosphere Environment
 環境材料政策学分野 Study of Functional Materials
 環境物質政策学分野 Control of Environmental Materials

環境調和型新素材素子製造と 新たな資源循環システムを目指して

**Towards Establishing Environmentally Benign Material Synthesis
 and Devices 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、

- ・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
- ・環境負荷低減を目指すエネルギー削減に特化した機能性材料およびそれらを用いた機構構造の創製に関する研究

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 both 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, and (b) inventing the preparation of functional materials that can nurture environmentally friendly engineering applications, such as electronic devices with less impact on the environment.

The research activities of the geosphere environmentalogy division were separation, decomposition, and migration control of pollutants such as heavy metals. Technologies related to the development of materials for concentrating and retaining rare metals are also being researched. On the other hand, the study of the functional materials division focuses on mass production of inorganic materials for electronic, photonic, and energy storage devices. These materials are prepared using solution synthesis or a dry process such as arc discharge evaporation. Research on the control of environmental materials focuses on the development of technologies for applying carbon nanotubes for light-emitting devices and modifying a negatively charged material for the purpose of future Li-ion rechargeable batteries.

[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・社会システムなどの研究のほか、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。循環型社会システムの観点からは、宮城県循環型社会システム構築事業を他の研究室と 3 年間推進している。これは、県内の廃棄物由来の資源をより循環させるために、今まで電子廃棄物の研究で培った EU の社会システムなどを踏まえ、社会と技術の両側面から調査研究を行い、県に提言するものである。プロジェクトの最終年となる本年は、これま

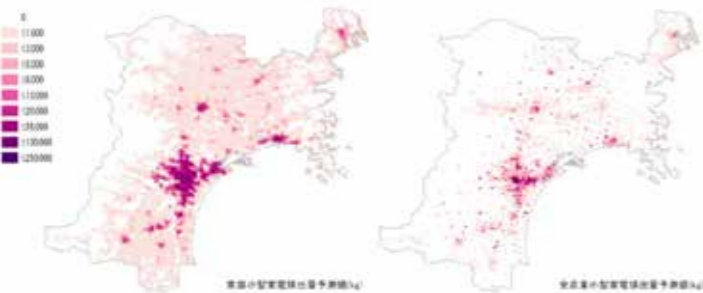


Fig.1 The potential of WEEE generation in Miyagi on GIS.

[Geosphere Environment]

Research for the Circular Economy

We are mainly focusing on the development of recycling technology and a waste electrical and electronic equipment (WEEE) social collecting system, as well as controlling contaminants in geosphere environments. From the circular economy viewpoint, we have promoted the recycling-based social system construction project in Miyagi prefecture with other laboratories since 2017. The aim of this project is to develop a strategic plan for producing secondary raw materials from waste disposed in landfills. Because it relates the both technical and social aspects, we can put the experience of researching EU regulations to use. In 2019, which is the project's last year, based on the results to date, we are conducting



Fig.2 Remediation seminar and site visit in Thailand.



教授 白鳥 寿一
 Professor Toshikazu Shiratori



教授 鳥羽 隆一
 Professor Ryuichi Toba



准教授 下位 法弘
 Associate Professor Norihiro Shimoi



助教 大橋 隆宏
 Assistant Professor Takahiro Ohashi

での結果に基づいて、GIS (地理情報システム) を使用して、二次原料から除去していくべき必要のあるリサイクル可能な材料と有害画分の効果的な収集方法に関する分析を行っている。また、再生可能エネルギーの普及により、太陽光発電所で寿命を終えた PV モジュールの廃棄に関しては問題化することが明らかである。そのため、モジュール内の部品の劣化メカニズムと、廃棄時の社会的収集システムの研究を始めた。さらに、タイ王国では、工場からの汚染物質の地下水モニタリングに焦点を当てた新しい法律に引き続き対応している。今年は「タイと日本の汚染サイトの持続可能な修復のためのセミナー」を開催しました。両国の若い研究者が日本側の経験とタイ側の現状を共有している。

[環境材料政策学分野]

環境負荷低減に関わる研究

当研究室では、紫外領域での受光デバイスを開発を行っている。受光素子に関しては、昨年度までは Schottky 型構造での構造適正化を図ってきたが、本年度は PIN 型構造を主に検討を行った。受光層を Insulating 層とし、p 型層と n 型層で挟んだ構造であるため、PIN 構造と言われる。Fig.3 は本デバイス構造の模式図であり、照射はサファイア基板側からとしている。各 AlGaIn 層の Al 組成は、サファイア基板側から受光層間で順次低減した層構造とし、受光波長よりも短波長側の紫外光はカットしている。

デバイス作製にあたり、p 型ドーパントである Mg の活性化処理として窒素雰囲気中で熱処理を行う。次いで BCl3 系ガスを用いてドライエッチング加工を行い、素子間分離および n 型オーミックコンタクト層を部分的に露出させる。n 層上には Ti/Al 電極を形成し、p 層上には Ni/Au 電極を形成してそれぞれに対してオーミック電極を得た。

Fig.4 は、得られた PIN 構造デバイスの零バイアス時の分光受光感度特性を示すもので、受光感度ピーク波長 λ_p は 270nm、応答度

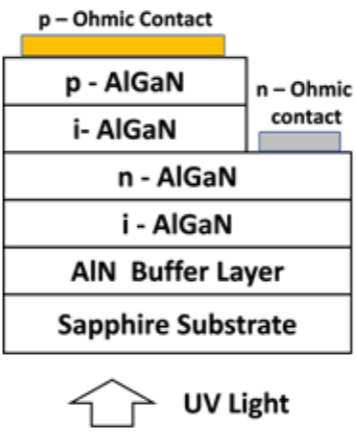


Fig.3 Device structure of the AlGaIn PIN photodetector.

analysis on the effective collection of recyclable materials and hazardous fraction that have to bleed off from secondary materials using the Geographic Information System (GIS).

Due to the spread of renewable energy, disposing of end-of-life PV modules from solar power plants will soon become a problem. We have begun to research a deterioration mechanism of parts in the modules and the social collecting systems for them. In addition, in the Kingdom of Thailand, we continue to respond to a new law focusing on groundwater monitoring for factory pollutants. In 2019, we held a "Seminar for Sustainable Remediation of Contaminated Sites in Thailand and Japan," and the young researchers of both countries shared their experiences on the Japanese side and the current situation on the Thai side.

[Study of Functional Materials]

Research for Reducing the Environmental Load

In our laboratory, we developed deep ultraviolet-light emitters and photodetectors. Schottky-type photodetectors have been developed in recent years. In this year, we developed the capability to add a PIN structure to photodetector devices. The PIN has a structure in which an insulating layer is used as an active layer and is sandwiched between a p-layer and an n-layer. Figure 3 shows a cross-section of the device; the ultraviolet light is irradiated from the side with the sapphire substrate. The AlGaIn layer reduces the short-wavelength light between the sapphire substrate and the active layer. The device fabrication procedure is as follows.

First, heat treatment was performed in nitrogen to activate Mg as a p-type dopant. Next, dry etching (using BCl3) was performed to isolate the devices and to expose an n-type Ohmic contact layer. Finally, Ti/Al and Ni/Au electrodes were deposited on n-type and p-type layers, respectively. Fig.4 shows the spectral responsivity of an AlGaIn PIN photodetector under zero bias. The peak wavelength is 270 nm and the photo responsivity is 95 mA/W (Q.E.: ~45%). Table 1 summarizes the sensitivity comparison of PIN, Schottky, and Si PD. The PIN type achieves three times higher sensitivity than the Schottky type and seven times higher sensitivity than Si PD.

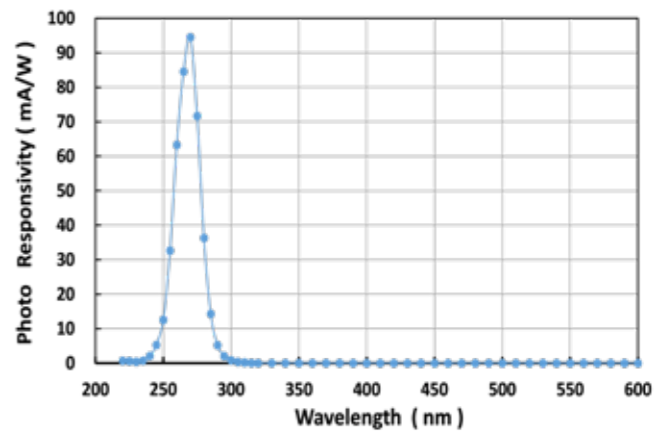


Fig.4 The spectral responsivities of the AlGaIn PIN photodetector.

は 95mA/W (量子効率: 45%) と非常に感度の良い特性を示した。Table 1 に Schottky 型構造で得られた結果、市販の干渉フィルター窓付 Si 受光素子との比較を示すが、Schottky 型に比べ3倍強、Si PD に比べ7倍強の高感度化が実現できている。

[環境物質政策学分野]

低炭素社会構築に関わる研究

高結晶性単層カーボンナノチューブ (SWCNT) による FE 特性

カーボンナノチューブ (CNT) は繊維状の形状を持ち、化学的安定性、熱伝導性、剛性など特徴的な様々な物理化学的特性を持つナノサイズの炭素材料である。その CNT を電子部品として活用する応用例として電界電子放出 (FE) 機構による電子放出源が挙げられ、現在も応用研究開発が進められている。しかし CNT による FE 特性は電子放出のちらつき、電子放出のライフ安定性および CNT 同士の電子放出の不均一性など実用に係る信頼性に劣っているため、実用化が困難であった。そこで我々はアーク放電で合成した単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の高結晶化処理技術を開発し FE 特性の改善を進めている。現時点では湿式プロセスを用いた SWCNT 均一分散に成功しており、世界初で面内均一に電子放出する平面型 FE 電子放出源の基礎構築に成功している。またアーク放電で合成された SWCNT の 7~8 割は半導体型の電気特性を有しており、SWCNT の電子物性およびエネルギーバンド構造から FE 特性について金属型 SWCNT より低駆動電圧で多量の電子放出することが知られている。そこでアーク放電合成 SWCNT から半導体型の導電性を持つ SWCNT を抽出 & 高結晶化処理を施し、上述の電子源構築技術を利用して半導体型高結晶性 SWCNT (hc-SWCNT) のみで平面型 FE 電子源の構築しつつ FE 物理特性の評価を行った。

電界電子放出 (FE) 特性の基礎となる理論的な電子放出のモデルとして、Fowler-Nordheim (F-N) 型電子トンネリングが存在する。FE 電子源の電子放出部に電界が集中し、電子から見て薄くなったエネ

Device	Photo Respons. (mA/W)
AlGaIn PIN	95
AlGaIn Schottky	30
Si PD (Filter)	13

Table 1 The comparison of spectral responsivities between AlGaIn PIN, AlGaIn SB and Si PD.

[Control of Environmental Materials]

Research for the Establishment of a Low-Carbon Society

Carbon nanomaterial is drawing keen interest from researchers and materials scientists. Carbon nanotubes (CNTs) — and their nanoscale needle shape — offering chemical stability, thermal conductivity, and mechanical strength exhibit unique properties as a quasi-one-dimensional material. Among the expected applications, field emission electron sources appear the most promising industrially and are approaching practical utilization. However, efforts to construct a field emission (FE) cathode with single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) have so far only helped average out a non-homogeneous electron emitter plane with large FE current fluctuations and a short emission life-time because they failed to realize a stable emission current owing to crystal defects of the carbon network in CNTs. The utilization of CNTs to obtain an effective cathode, one with a stable emission and low FE current fluctuation, relies on the ability to disperse CNTs uniformly in liquid media. In particular, highly crystalline SWCNTs (hc-SWCNTs) hold promise to obtain good stability and reliability. The author successfully manufactured hc-SWCNTs-based FE lighting elements that exhibit stable electron emission, a long emission lifetime, and low power consumption for electron emitters. This FE device employing hc-SWCNTs has the potential to conserve energy through low power consumption in our habitats.

ルギー障壁から電子が外部に放出されるモデルを表しており Fig.5 にモデルの概要を示す。F-N 型電子トンネリングは電子がエネルギー障壁を通過する前後でエネルギーが損失しないモデルで構築されている (=弾性型電子トンネリング)。しかし通常の SWCNT から FE によって電子が放出される場合、電子が SWCNT 内部を通過する場合と外界に放出される場合で電子エネルギーの損失率が異なることを見出し、電子が SWCNT 内部を通過する時は非弾性型電子伝導、外界に放出する時は弾性型電子放出がなされるという2つの電気伝導性モデルの組み合わせを考案した。その結果、SWCNT 内を通過する電子はバリスティック伝導性を有することを見出した。SWCNT を構成するカーボンネットワークには欠陥が存在し、我々は SWCNT 内部を通過する電子の伝導を阻害する何かしらのエネルギー障壁が存在することを予測し、量子力学的電子トンネリングモデルから電子がエネルギー障壁を通過する際に非弾性的に障壁をトンネルするモデルを推測した。そのモデルをベースに非弾性電子トンネリングモデルを考慮したパワースペクトルの基本式 $|I(\omega)|^2$ を表すことに成功した。下記式の主要パラメータを Table2 に示す。

$$|I(\omega)|^2 \propto \frac{e^3 A}{4\pi^2 \hbar \phi_B} \cdot |E|^2 \left(\frac{\hbar \omega}{e \phi_B} + 1 \right)^{-1} \times \exp \left\{ - \frac{2\sqrt{2m}}{3\hbar e |E|} \left((\hbar \omega)^2 + (e \phi_B)^2 \right) \right\}$$

hc-SWCNT から得られる FE 特性は、高温高真空アニール処理 (=高結晶化処理) の有無で IV 特性が異なることが判明し、これは結晶欠陥がある SWCNT が非弾性電子トンネリングと Fowler-Nordheim トンネリング理論を組み合わせた電子伝導モデルから成り立っていることが解明された (Fig.6)。電子が SWCNT の内部を通過する際、CNT の結晶欠陥がもたらすエネルギー障壁により電子の流れが阻害され、それが IV 特性の劣化の要因になっている。さらに半導体型 SWCNT の FE 電流は様々な周波数成分を持った電流揺らぎの集まりで構成しており、FE 電流の経時的揺らぎによるパワースペクトル解析からも SWCNT の結晶欠陥が電子伝導性を悪化させていることが理論的に解明した。CNT の理論的特性として提唱されていたバリスティック電子伝導性は CNT の結晶性に依存して発現しており、今回は hc-SWCNT を用いた FE 特性評価から検証することに成功した。以上の結果より、hc-SWCNT は電子材料として有効な材料であることを確認した。

We applied hc-SWCNTs as the field emitters of planar lighting devices. The homogeneous dispersion of hc-SWCNTs is one of the essential design requirements in the fabrication of electronic devices. We have succeeded in the homogeneous dispersion of hc-SWCNTs for the first time in the world. The hc-SWCNTs are expected to improve the FE properties significantly compared to those of devices produced with conventional materials. The thin films fabricated from hc-SWCNTs are expected to serve as field emitters that can emit ballistic electrons and realize low power and energy consumption. However, the SWCNTs currently used in various applications have crystal defects that hinder the emission of ballistic electrons. Therefore, we examined the conductivity of electrons passing through SWCNTs by simulating the crystal defects in SWCNTs as energy barriers in the inelastic electron-tunneling model. First, we succeeded in obtaining almost identical homogeneous dispersion states between hc-SWCNTs and SWCNTs with crystal defects to examine their FE properties. We then fabricated field emitters using hc-SWCNTs and SWCNTs with crystal defects under similar conditions, (i.e., almost identical density of SWCNT bundles exposed in the scratched grooves, diameter of dispersed SWCNT bundles, and distance between neighboring SWCNT bundles exposed in the scratched grooves). A significant difference was observed in the FE properties depending on the crystallinity of the SWCNTs. The results indicate that a low-threshold field and driving voltage are obtained for the field emitters using hc-SWCNTs. It is considered that the crystal defects in SWCNTs deteriorate the electrical properties compared with those of hc-SWCNTs. The mechanism behind this can be explained by the energy loss based on inelastic electron tunneling. In this study, we considered that the tunneling of electrons in the vicinity of a crystal defect that acts as a rectangular potential barrier causes the energy loss. We also succeeded in developing a model of the flow of electrons (current) in SWCNTs using the fluctuation of tunnel current. The tunneling matrix based on the rectangular potential barrier is an important parameter in developing the inelastic electron-tunneling model and was used to obtain power spectra. The model for SWCNTs with crystal defects was obtained by combining the F-N tunneling model with the power spectrum obtained using the tunneling matrix. From the above results, hc-SWCNTs were found to achieve almost zero energy loss of electrical conductivity and can be used in energy-saving field emitters. We have given a brief explanation of the effect of the increased crystallinity of SWCNTs synthesized by arc discharge on their electrical conductivity and then described the development of a conduction model for electrons that pass through the crystal defects of SWCNTs. The hc-SWCNTs are expected to be used as field emitters with stable FE.

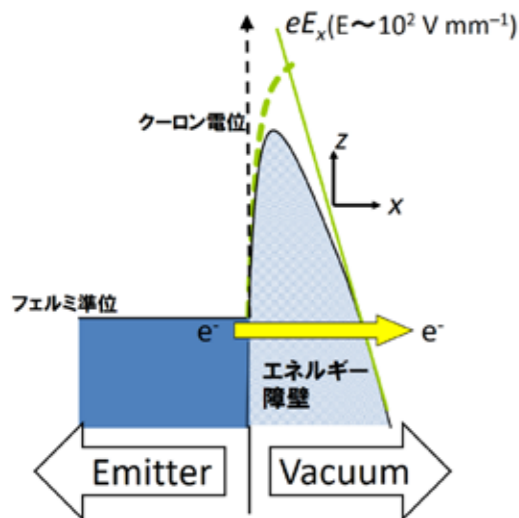


Fig.5 Schematic diagram of Fowler-Nordheim (F-N) tunneling.

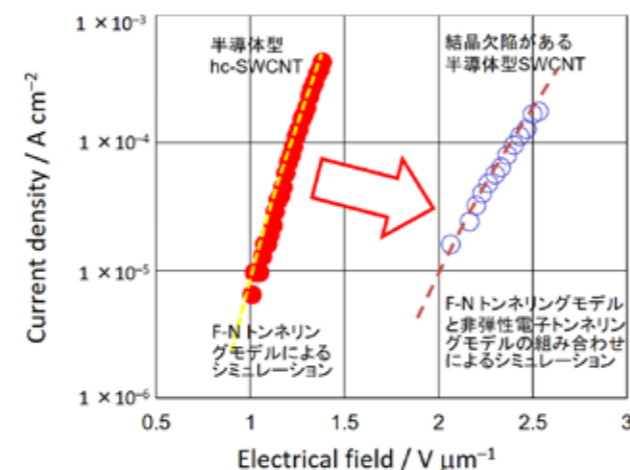


Fig.6 Fitting of simulation results to experimental current density-electrical field characteristics.

e (電荷量)	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
A (電子放出サイト)	$6.48 \times 10^{-24} \text{ m}^2$
ϕ_B (バルクカーボン仕事関数)	4.3 eV
$\hbar (= \frac{h}{2\pi}, h: \text{プランク定数})$	$6.58 \times 10^{-16} \text{ eV s}$
β (電界増幅率)	2.56×10^3
m (自由電子の質量)	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Table 2 Parameters used in the theoretical calculations. A and β were obtained from our simulation results.

「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、本講座では環境科学専攻の教員・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 2019 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 monitoring system of environmental burden associated with geothermal development, and (d) studies on social acceptance of geothermal development. Research and development to simulate industries in areas stricken by the 2011 earthquake have been also 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を実施している。また、経産省からの委託事業として超臨界地熱資源開発時の岩体挙動シミュレータの開発、高温坑井用坑内機器用基礎技術・素材の開発等を実施している。

微小地震や自然電磁波による地熱貯留層の高精度モニタリング

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および自然電磁波計測を実施し、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・反射解析等の最先端の技術を適用し、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の超高分解能探査技術の研究開発を実施している。

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 subduction of oceanic plate, in cooperation with scientists and engineers worldwide. With funding from NEDO, detailed feasibility studies have been conducted to establish several tens of GW of total capacity in/after 2040 from scientific, engineering, and economic perspectives. METI has also funded our team for (a) development of simulators of dynamic and hydraulic behavior of supercritical rock body and (b) development of fundamental technologies and material for supercritical boreholes.

Microseismic and magneto-telluric monitoring of geothermal reservoirs

Microseismic and magneto-telluric (MT) 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 treatment water injection by researchers in the lab. Modern techniques in seismic signal processing, including reflection and scattering analyses, have been developed and applied to microseismic data sets from various geothermal sites worldwide. Moreover, fluid behavior inside/around the geothermal reservoirs has been successfully imaged.

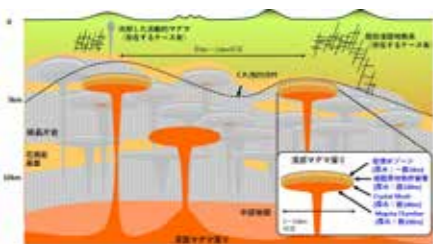


Fig.1 Model of typical supercritical geothermal system

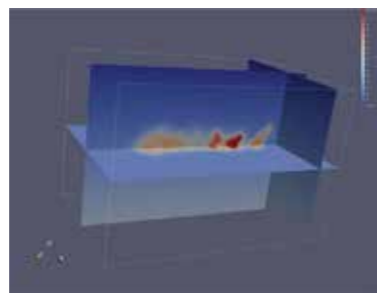


Fig.2 Simulation of creation process of EGS at FORGE site



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

適正な地熱開発手法に関する研究

地下や地域の特性に応じて総合かつ柔軟に地熱システムの設計・開発を行うための方法論 (Overall System Design: OSD) や加圧注水による貯留層の能力改善に関する研究を実施している。また、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。

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技術シーズの実用化支援事業を実施している。

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: ICDP 委員、J-DESC 陸上掘削部会執行部委員、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家部会委員、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: 出前授業 (4回)

Research on proper development of geothermal resources

Studies have been conducted to establish a development methodology under a concept of overall system design (OSD), which has a flexible nature to fit social and subsurface conditions gradually revealed in the development. Gas and hot spring system monitoring, which enables us to collect scientific data for proper development, has also been conducted in the lab.

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 three "delivery lectures" about renewable energy.



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



Fig.5 A prototype of borehole scanner for geothermal wells



Fig.6 Outreach activity at FREA Open-day

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

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

(担当：中谷)

本研究分野では、健康を地理的な視点から解析する。多様な死因等からみた健康の地理的格差を可視化し、その社会経済的な格差の推移を確認した研究成果は、*The Atlas of Health Inequalities in Japan* (Springer)(Fig.1)として出版され、「失われた20年」の間に、健康の地理的格差が拡大していることを明らかにした。また、本研究分野では、健康科学領域の共同研究者とともに、各種の疾患の罹患・死亡、身体活動量、自覚的健康度などの健康アウトカムと環境指標との関連性を、地理情報処理や空間統計分析などを駆使して分析している(中谷 2019、中谷・埴淵, 2019)。居住地域の環境特性とは、大気汚染や熱などの物理的な計測値に基づくものから、近隣住民との社会関係(社会関係資本)や徒歩に基づく地域資源へのアクセス(walkability)など多様である。出版された成果物には、アスベスト曝露と関係する中皮腫死亡(Zha et al., 2019)、地理的剥奪と死亡リスクを媒介する食行動との関係(Kurotani et al., 2019)、walkabilityと身体活動(Koohsari et al., 2019)等の研究がある。環境特性の計測方法も研究課題に含まれ、景観画像を利用したHanibuchi et al. (2019)や道路網のスペースシンタックス指標を利用したMcCormack et al. (2019)などの成果を出版した。

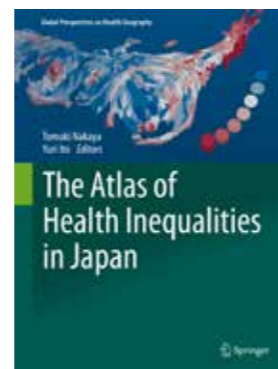


Fig.1 Book cover of *The Atlas of Health Inequalities in Japan*

Health Geographies

by T. Nakaya

This research group investigates population health from the geographic perspective. A series of geo-visualization and socioeconomic inequality measures about Japanese health inequalities using various cause-specific mortality data was compiled in *The Atlas of Health Inequalities in Japan* (Springer). The atlas indicates that geographic health inequalities have widened during “the lost decades.” With collaborators in the field of health sciences, we have also extensively studied the associations of health outcomes such as morbidity and death of various diseases, physical activity, and subjective health with neighborhood environmental indices using geographic information systems and spatial statistical analysis (Nakaya, 2019, Nakaya and Hanibuchi, 2019). Neighborhood environmental characteristics vary from those based on physical measurements such as air pollution (Zha et al., 2019), heat, and scattered asbestos concentrations in the air to those based on social deprivation (Kurotani et al., 2019) and walking-based accessibility to local resources such as park or shopping facilities (Kooshari et al., 2019). Developments of methods to measure these environmental characteristics are also included in our research area. In 2019, we published studies on topics such as auditing of street landscape images (Hanibuchi et al., 2019) and space syntax measures of road networks (McCormack et al., 2019).



助教 関根 良平
Assistant Professor
Ryohei Sekine

犯罪の時空間解析

(担当：中谷)

健康地理学と犯罪地理学とは、環境指標と人間行動の関連性への着目、ならびに集団的な現象の時空間的な傾向を分析する視点(空間疫学的視点)の両面において多くの問題関心を共有している。また、本研究分野では空間データ解析の技術開発を含む方法論的な研究も実施しており、各種のソフトウェアの開発・サポートも行っている。2019年においては、文化財の犯罪被害に関する新聞記事を通じた文化財犯罪の実態分析(谷崎・中谷, 2019)のほか、各種警察機関において犯罪発生との動向とその対策に関する取り組みの議論に貢献した。方法論研究としては、時空間的な犯罪発生傾向を効果的に視覚化する時空間カーネル密度推定をGIS環境上で可能とするアプリケーションを公開した(Fig.2)。また、地理的な変動係数モデルである地理的加重回帰法(GWR)の信頼性に関する包括的なシミュレーション研究(Murakami et al., 2019)などに貢献した。

Eコマースの浸透と都市空間の変容： 中国内モンゴル自治区呼和浩特市を事例に

(担当：関根)

呼和浩特市には大学が集中し、キャンパスの周辺は大学生を顧客とする書籍やファッション関連の小売店、ネットカフェなどが集積する地区が展開している(Fig.3)。しかし、中国では急速にキャッシュレス決済やBtoCのEコマースが浸透しており、その過程で学生街から従来型の学生向け商材を扱う店舗が姿を消し、代わって屋台で営業していたテイクアウト型食料品の店舗やコーヒーを主力とするカフェが多数展開するようになった。2019年度はその景観変容プロセスとともに、店舗オーナーなどへの聞き取り調査を実施し、その背景にあるEコマース化への対応のダイナミクスを明らかにした。

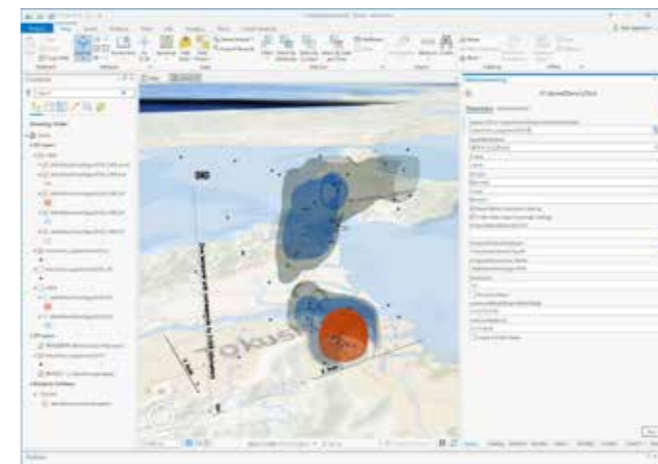


Fig.2 Space-time kernel density tool for ArcGIS pro: visualising space-time crime concentration in one-day as ‘clouds’

Space-Time Analysis of Crimes

by T. Nakaya

Health geography and crime geography share many interests in both targeting the relationships between environmental indicators and human behaviors and analyzing the spatio-temporal trends of collective human behaviors/events (spatial epidemiological perspective). This research group has also conducted methodological studies on spatial data analysis and geographic information processing with software developments and their maintenance. In 2019, we carried out an analysis of the spatio-temporal tendency of heritage crime at temples and shrines using newspaper article databases (Tanizaki and Nakaya, 2019), as well as contributed to various crime analysis activities at various police departments. Regarding the methodological studies, we released an application tool that enables space-time kernel density estimation, which effectively visualizes the space-time trend of crime occurrence in a GIS environment. In addition, a paper on simulation-based reliability testing of geographically weighted regression models was published with an international research group (Murakami et al., 2019).

E-Commerce Development and Transformation of Urban Space: A Case Study of Hohhot City, Inner Mongolia, China

by R. Sekine

Hohhot City has many universities. The area around a university campus is where college-oriented bookshops, fashion-related retail stores, and internet cafes are concentrated. Meanwhile, cashless payments and B-to-C e-commerce are rapidly penetrating China. In the process, stores that sell traditional student merchandise have disappeared, and many take-out grocery stores that used to be stalls as well as cafés have opened. In 2019, the landscape transformation process and dynamics of responding to e-commerce were clarified through interviews with storeowners.



Fig.3 Student town with a large number of take-out grocery stores, Inner Mongolia, China.

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



Group Photo

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、排熱の有効利用等の研究を行っている。さらに、繊維状および多孔質金属の形態制御、固相変態を利用した蓄熱体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, preparation of high-quality burdens of the blast furnace, reduction of CO₂ emissions, and utilization of waste heat. Further, the research and development of the morphology control of fibrous and/or porous metals, heat storage materials using solid phase transformation, and self-healing ceramics are performed.

褐炭を用いた炭材内装鉱の還元機構

高炉では粗鉄 (鉄鉄) を製造するため、石炭を乾留して製造されるコークスを主な還元材および熱源として用いている。原料炭の急激な価格変動と枯渇化は、鉄鋼業にとって深刻な問題である。そのため、低品位 (固定炭素割合が低い) 資源の有効利用が期待されている。中でも褐炭 (Brown Coal, BC) は埋蔵量が極めて多く安価であり、安定供給が期待できる。しかし水分を多く含むため、事前処理を経ない褐炭は還元材としての利用が試みられてこなかった。我々の研究グループでは、褐炭と似た性質を有する未炭化バイオマスと鉄鉱石を用いた炭材内装鉱を調製し、金属鉄への還元成功している。炭材内装鉱とは、Fig.2 に示すように鉱石と炭材の近接配置により低温高速還元を実現する複合原料である。本年は、褐炭を用いて調製した炭材内装鉱の還元実験を通して、その還元メカニズムを明らかにすることを目的とした。

Fig.3 に褐炭 1、2 (BC1、BC2) および原料炭の1つである非微粘結炭 (NC) の 1200°C 到達時還元率に対する Total-C/O (試料中炭素と酸化鉄中酸素のモル比) の影響を示す。還元率とは酸化鉄中の酸素が除去された割合と定義されている。BC1、2とも Total-C/O の増加と共に還元率が上昇している。また同じ Total-C/O では BC の方が NC よりも還元率が高い。別途測定した CO および CO₂ ガス発

Reduction Mechanism of Carbon-Iron Ore Composite Prepared Using Brown Coal

Blast furnace ironmaking mainly utilizes coke, which is made of coal through its carbonization, as a reduction agent and heat source. Drastic price fluctuations and depletion of coking coal are serious issues in the iron and steel industry. Therefore, utilization of a low-grade (fixed carbon ratio is low) source is expected. Brown coal (BC) in particular shows a huge amount of reserves and low price, and thus stable supply can be expected. However, BC contains a large amount of water, and therefore attempts have not been made to utilize it as a reducing agent without pre-treatment. Our research group has succeeded in reduction to metallic iron using carbon-iron ore composite consisting of iron ore and biomass char having similar characteristics with BC. Carbon-iron ore composite is an agglomerated material to achieve rapid reduction at low temperature by proximity arrangement of iron ore and carbonaceous material particles (see Fig.2). In 2019, the carbon-iron ore composite reduction mechanism using BC was investigated through a reduction experiment.

Figure 3 shows changes in reduction degree reached at 1200°C with Total-C/O (Molar ratio of carbon in sample and oxygen in iron oxide) for carbon-iron ore composites using brown coal 1 (BC1), 2 (BC2), and non-coking coal (NC). Reduction degree is defined as the ratio of oxygen removed from iron oxide. Both the BC1 and BC2 samples show that reduction degree increases with increasing Total-C/O. Both samples show a higher reduction degree than the NC sample at the same Total-C/O. The amount

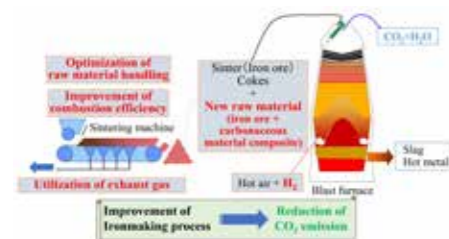


Fig.1 Strategy to reduce CO₂ emissions from the ironmaking processes.

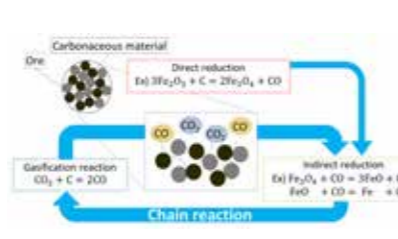


Fig.2 Schematic illustration of concept of carbon-iron ore composites.

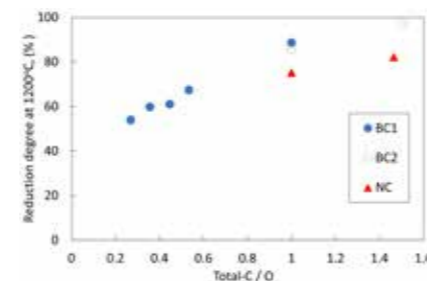


Fig.3 Changes in reduction degree at 1200°C with Total-C/O for carbon-iron ore composites using brown coal 1 (BC1), 2 (BC2) and non-coking coal (NC).

生量は NC と比較して有意な差がみられなかったことから、褐炭を使用した試料では水素還元が起こっていると示唆される。今後は鉄鉱石の還元率に対する揮発成分の影響を定量的に調査する予定である。

充填層内鉄鉱石焼結過程で発生する微小粒子状物質に対する硫黄の影響

PM 2.5 は空気力学的直径 2.5 μm 以下の微小粒子状物質 (PM) として知られている。とりわけ、中国では PM 2.5 の排出が深刻な問題になっており、その主要固定排出源の1つが製鉄所である。中でも鉄鉱石を塊成化させ焼結鉱を製造する焼結プロセスからの発生量は工業由来の排出量全体の 2.6% を占める。日本国内でも年間約 1 億トンの焼結鉱を製造しており、PM 2.5 の発生挙動及び低減に関する検討は重要である。そのためには焼結工程における原料の賦存状態を考慮した基礎的検討が望ましい。主要な凝結材であるコークスには一定量の硫黄が含まれているが、PM 2.5 の発生過程に対する硫黄の影響は検討されていない。そこで本年は焼結プロセスを模擬した装置を用いて PM 2.5 の発生状況を再現し、その発生挙動に対する硫黄の影響について調査した。

PM 2.5 のサンプリングには Fig.4 に示すカスケードインパクトを用いた。カスケードインパクトに導入された排ガス中の粒子は慣性でフィルタに衝突して捕集される。本実験では PM 2.5 を +2.5 μm から -0.25 μm の四段階に分けて捕集した。Fig.5 に -0.25 μm の段階で捕集した粒子の電子顕微鏡画像および元素分析結果を示す。粒子は球状を呈しており、Fe を多く含む粒子と、S、Na および K を含む粒子が認められる。前者は鉄石由来のヘマタイト (Fe₂O₃) を主体とした粒子であると考えられ、後者はアルカリ金属元素と S との硫酸塩が生成されていると考えられる。硫酸塩で形成された粒子のほとんどは -0.25 μm であり、PM 2.5 の中でも小さい粒径となる傾向を示している。今後は鉄鉱石焼結プロセス中の PM 2.5 発生挙動に対する塩素の影響について検討する予定である。

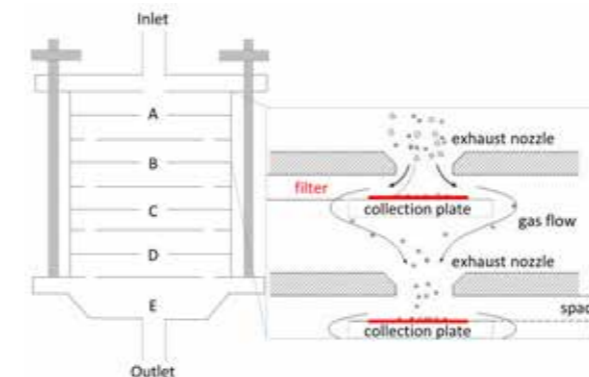


Fig.4 Schematic illustrations of cascade impactor and mechanism of collection of fine particulate matter.

of CO and CO₂ gas from BC samples measured by another method showed no significant difference from the NC sample, therefore hydrogen reduction would occur in the carbon-iron composite including BC. Future work involves a quantitative examination of the influence of volatile matter on the reduction degree of iron ore.

Influence of Sulfur on Fine Particulate Matter Formed During Iron Ore Sintering Packed Bed

PM 2.5 is known as particulate matter (PM) having a mass median aerodynamic diameter less than 2.5 μm and has become a serious issue in China. Chinese steelworks are known as one of the major fixed exhaust sources of PM. In particular, the iron ore sintering process (in which iron ore is agglomerated to fabricate sinter) occupies approximately 2.6% of the total value of the Chinese industrial sector. Japan also produces approximately 100 million t/year, and therefore it is important to investigate PM 2.5 formation and suppression mechanisms. Fundamental research is expected to consider the existing state of raw materials in the sintering process. Although coke is a major agglomeration agent that contains a certain level of sulfur, the influence of sulfur on the PM 2.5 formation process has not been investigated. In 2019, the PM 2.5 formation condition was reproduced using an apparatus to simulate the sintering process, and the influence of sulfur on its formation behavior was investigated.

A cascade impactor was used for the sampling of PM 2.5 as shown in Fig.4. Particles in exhaust gas introduced into cascade impactor collide with the filter by inertial force and are captured. In this experiment, PM 2.5 was collected by dividing four stages ranging from +2.5 to -0.25 μm. Figure 5 shows electron microscope images and elemental analysis of particles collected on the stage of -0.25 μm. The particles show spherical shape and contain Fe and S and Na and K, respectively. It is considered that the former is a hematite (Fe₂O₃) particle originated from iron ore and the latter is sulfuric salt consisting of alkali metallic element and sulfur. Most of the particles containing sulfuric salt are obtained in the stage of -0.25 μm, and these have a tendency to be fine particulate matter in PM 2.5. Influence of chlorine on PM 2.5 forming behavior in the iron ore sintering process will be examined in future.

Element	mol%	Element	mol%
O	76.51	O	73.51
Na	0.12	Na	8.31
Si	0.11	Si	0.64
S	1.13	S	8.39
K	0.62	K	1.97
Ca	1.3	Ca	2.13
Fe	20.21	Fe	5.07

Fig.5 Images of electron microscope and elemental analysis of particles collected on stage of -0.25 μm

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。2019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 HCHO, NH₃ の経年変化の解析や 2016年に実施した光学オゾンゾンデ観測結果の論文化などを行った。また、NDACC/IRWG 会議に参加した。

Temporal variations of the total columns of formaldehyde (HCHO) and ammonia (NH₃) were observed with Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) at Tsukuba. The paper on the profiles of stratospheric ozone and nitrogen dioxide observed by a balloon-borne optical ozone sensor in 2016 was accepted. We participated in the NDACC/IRWG meeting held in Wanaka, New Zealand, and presented the results of our HCl and HF observation.

我々は国立環境研究所との共同研究として、つくばにおける FTIR による観測を 1998 年より行っている。FTIR では太陽光の 2-15 μm の赤外領域のスペクトルから大気中の多くの微量成分の高度分布等を調べることができる。同様の観測を行っている国際的な研究グループ NDACC/IRWG (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group) では、各観測ステーションの結果を総合して地球規模の変動要因を解明する研究を進めており、これまでも HCl, CH₄ 等についての論文を共同で発表している。今年は新たに HCHO, NH₃ の解析を行うとともに HCl, HF の解析も継続している。

HCHO はメタンや揮発性有機化合物の酸化過程で生成する中間物質で、オゾンや二次粒子の生成などの大気汚染に関わる指標となる物質である。近年は人工衛星による観測も行われるようになっており、FTIR の観測結果はその検証にも使われている。Fig.1 につくばで観測された HCHO カラム全量の 2001 - 2019 年の経年変化を示す。夏季極大、冬季極小の季節変化が見られるが、経年的な増減は特に見られない。他の観測地との比較では大きめの値であり、関東地域の都市域の排出源の影響を受けていると考えられる。

NH₃ は生物による窒素固定やエアロゾル生成、酸性雨の中和などに関連する成分であり、農地からの発生やバイオマス燃焼の他、自動

In collaboration with the National Institute for Environmental Studies, we have been investigating the temporal and spatial variations of atmospheric trace species with solar infrared spectroscopy using FTIR at Tsukuba since 1998. We have contributed to the activity of the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group (NDACC/IRWG) and collaborated on HCl, CH₄, etc. This year, temporal variations in the total columns of HCHO and NH₃ were newly analyzed and the investigation of HCl and HF continued.

HCHO is an intermediate product of the oxidation of CH₄ and the volatile organic compounds, and it is one of the indicators of air quality because it is related to the production of ozone and secondary organic aerosols. There are some satellite measurements and the FTIR measurements are useful for the validation of these satellite products. Fig.1 shows temporal variation in the total column of HCHO observed at Tsukuba from 2001 to 2019. We can see the summer maximum and winter minimum but no significant trend. The columns are larger than those in other NDACC/IRWG sites, indicating emissions from the urban area in Kanto.

Ammonia is related to nitrogen fixation by organisms and affects aerosol formation and neutralization of acid rain. Anthropogenic sources such as agricultural emissions are dominant, but emission from three-way catalysts in cars is also important in the urban area. Fig. 2 shows temporal variation in the total column of NH₃ observed at Tsukuba from 2014 to 2019. We can see the summer maximum and winter minimum, and values larger than 1 x 10¹⁶ molec/cm² were sometimes observed in summer. Backward

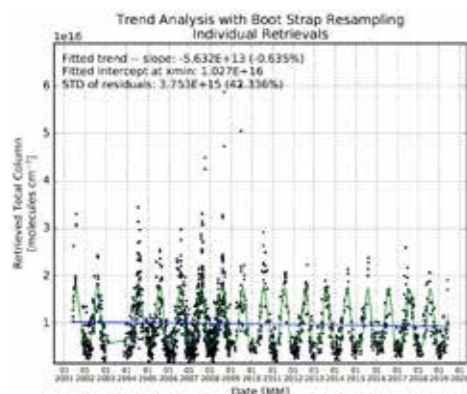


Fig.1 Temporal variation in the total column of HCHO observed at Tsukuba from 2001 to 2019.

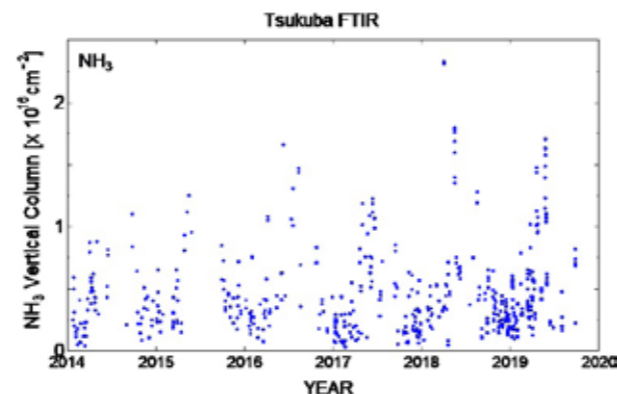


Fig.2 Temporal variation in the total column of NH₃ observed at Tsukuba from 2014 to 2019.

車の三元触媒からも排出されるため都市域からの発生も無視できない。Fig.2 につくばで観測された NH₃ カラム全量の 2014 - 2019 年の経年変化を示す。夏季極大、冬季極小の季節変化のほか、夏季にはしばしば通常の 2 倍前後の大きな値も見られる。これらの高濃度を観測した日について流跡線解析を行ったところ、都市域や農地からのエミッションを示唆する結果が得られている。

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へ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、HCl, HF の 2018 年の解析を追加して 2015 年以降の再増加が継続していることを確かめた。全球気象データから計算した質量流線関数などの解析からこの再増加も力学的要因による可能性が高いことが分かったが、一方で 3 次元化学輸送モデルでは再増加が再現されておらず、観測された再増加にはエミッションの影響がある可能性もあり、解析を進めている。

また、南極昭和基地において 2007、2011 年に行った FTIR 観測から極渦境界付近の塩素化合物の分配について調べた論文を地球環境変動学分野 (国立環境研究所) の中島教授と執筆していたが、これがようやく Atmospheric Chemistry and Physics 誌に受理された。

光学オゾンゾンデによるオゾン・二酸化窒素の高度分布観測については、昨年解析方法の改善により高度分解能 3km でオゾン・二酸化窒素ともみずみずの精度で高度分布を求めることが出来たことを報告しているが、今年はこの結果を論文にまとめ宇宙航空研究開発機構研究開発報告に受理された。

NDACC/IRWG では、毎年世界各国から 20 以上の研究グループが集まって観測手法や最新の結果に関する情報交換を行う会議を行っているが、今年ニュージーランドで 5 月 20 - 24 日に開催され、我々も参加した (Fig.3)。メタン、HCl, HF の解析結果の発表を行ったほか、解析手法の最適化などについて情報交換を行った。

12 月にはインドネシアのグラウィジャヤ大学で本研究科が行った東北大学セミナーに土屋研究科長らとともに参加し、研究紹介を行った (Fig.4)。また、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、今年度もこれまでに 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。



Fig.3 NDACC/IRWG meeting held in Wanaka, New Zealand.

trajectories on these days show that these air masses came from urban surface areas or agricultural fields.

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 extended the analyses of HCl and HF to 2018 and confirmed that the upward trend continues after 2015. Mass stream function showed that this trend is also due to dynamical variability. On the other hand, there is some possibility of emission change because 3D chemical transport model simulations could not reproduce the upward trend. We will continue to analyze HCl and HF.

The paper on the chlorine partitioning near the polar vortex boundary observed with FTIR at Syowa station, Antarctica, in 2007 and 2011 was submitted to *Atmospheric Chemistry and Physics* by Prof. Nakajima in the Global Environment Division, and it was accepted.

The paper on the profiles of stratospheric ozone and nitrogen dioxide observed by a balloon-borne optical ozone sensor in 2016 was accepted by *JAXA Research and Development Report*.

NDACC/IRWG holds an annual meeting where scientists from more than 20 groups discuss observational results, new plans, and measurement techniques. The 2019 meeting was held in Wanaka, New Zealand, from May 20 to 24, 2019 (Fig.3). We participated in the meeting and presented the results of our CH₄, HCl, and HF observation.

Tohoku University Environmental Studies Seminar 2019 was held at Brawijaya University, Indonesia, on Dec. 18. Assoc. Prof. Murata participated and presented the introduction of our research (Fig.4).

Assoc. Prof. Murata serves as an evaluation committee member for the Center for Health and Environment, Miyagi Prefectural Government, and attended two committee meetings.



Fig.4 Tohoku University Environmental Studies Seminar 2019 at Brawijaya University.

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) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 水インフラへの病原ウイルスの遺伝的適応評価

Our research topics in 2019 were

- 1) The development of evaluation approaches for the effect of climate change and land utilization change on natural environments
- 2) Mechanisms of flood wood generation caused by global warming and forest industry declination
- 3) The optimization of wastewater treatment and greenhouse gas emission
- 4) Bacterial community structure in wastewater treatment and anaerobic digestion reactors
- 5) Water infrastructure and enteric virus evolution

SDGs 時代の水の消毒

2030年までに全世界の人々が安全な飲料水とトイレを使用可能とすることを旨とする Sustainable Development Goal 6 (SDG6) を達成するためには、導入・運転コストが低く、維持管理が容易で、且つ使用者の健康を適切に守ることができる水インフラを開発することが求められる。世界保健機構 (World Health Organization: WHO) が推奨する衛生安全計画 (Sanitation Safety Plans: SSP) は、危害分析重要管理点 (HACCP) を基盤として、汚水・排泄物処理に携わる事業者が、地域住民等の便益を最大化し、かつ健康リスクを最小化するための管理ツールである。下水処理水中の病原体による健康リスクを SSP により管理する場合、病原体の消毒モデルをもとに必要な消毒剤濃度と接触時間を算出し、それらを重要管理点としてモニタリングする必要がある。しかしながら、消毒剤による病原体の不活化効果は処理水質に依存して変動するため、水中病原体の十分な不活化に必要な消毒条件を与える水中病原体消毒モデルは一意的に決定することができない。そのため、下水処

Water disinfection in the SDG era

United Nations Sustainable Development Goal 6 (SDG6) is to supply all people globally with improved drinking water and sanitation systems by 2030. The development of sustainable water infrastructure that is easily installable and maneuverable is essential to achieve SDG6; simultaneously, eliminating users' health risks is mandatory. The World Health Organization (WHO) has recommended sanitation safety planning (SSP) for managing human health risks in wastewater reclamation and reuse. SSP is a scheme for the safe use of excreta, wastewater, and graywater. SSP has adopted the hazard analysis and critical control point (HACCP) approach, which was originally developed in the food industry as a tool to prevent food-borne diseases. The HACCP approach is useful for identifying potential hazards in water-treatment processes and determining preventive/corrective actions to reduce the risk to health due to hazardous contaminants.

When SSP is to be applied to wastewater reclamation and reuse, the behavior of pathogens in water is quantitatively predicted by mathematical models, and critical control points (CCPs) are determined. However, the

理水中の病原体により発生する健康リスク管理に SSP を本来あるべき形で適用することができない状況にあった。

そこで本研究では、様々な下水処理水質に対して適用可能な水系感染症ウイルスの塩素消毒モデルを構築することを試みた。水質と水系感染症ウイルスの不活化効率に関するデータを収集し、消毒剤濃度の減衰を考慮した EFH model のパラメータ推定に用いた。処理水質に応じた消毒モデルを構築するため、各ウイルスの遺伝子型毎の塩素感受性差及び論文間における実験誤差を考慮し、R 及び Stan コードを用いた階層ベイズによる k 、 m 、 n のモデリングを行った。

ノロウイルス、ロタウイルス、ポリオウイルス、アデノウイルス、コクサッキーウイルス、及びエコーウイルスに関する不活化モデルの構築を行ったが、ここではノロウイルスのモデリング結果のみを紹介する。ノロウイルスの不活化速度定数 k はガンマ分布、Hom 係数 m 及び希釈係数 n は対数正規分布が最も低い WAIC を与えた。クロラミンについても同様の結果であった。遊離塩素における Hom 係数 m を除き、各 EFH モデルのパラメータの適合度評価指標は階層ベイズモデルの方が一般化線形モデルよりも低い値を示した。不活化速度定数 k の各係数に着目すると、切片 a を除いた各係数は遊離塩素及びクロラミンで共通の正負の傾向を示した (図 1)。不活化速度定数 k は係数が負である pH 及び温度の増加に伴い減少すると言える。一方、定量 PCR よりブランク法、環境水や下水処理水より緩衝液が用いられる場合、不活化速度定数 k は増加することになる。

不活化速度定数 k 、Hom 係数 m 、希釈係数 n の 2.5%、25%、50%、75%、及び 97.5% 値を用いて、初期塩素濃度 1 ppm、pH=7、水温 20°C、ブランク法、下水処理水の条件下におけるノロウイルスの予測不活化曲線を作成した (図 2)。25% 値に着目すると、1 分間の遊離塩素との接触時間によりノロウイルスの不活化効率は 0.8 log となる一方、クロラミンによる不活化効率は遊離塩素消毒の 400 倍低い値 (0.002 log) と予測された。下水処理場におけるウイルスの不活化には遊離塩素濃度の維持が重要と言える。下水処理水中のアンモニア濃度が高い場合、アンモニアと遊離塩素の反応によりクロラミン濃度が増加し、遊離塩素濃度の減少に伴いノロウイルスの不活化効率も減少するため、遊離塩素の注入濃度を十分に高く設定する必要がある。

prediction of virus inactivation efficiency in water has several problems due to the complex composition of wastewater matrix and the different sensitivities of enteric viruses to disinfectants. Wastewater quality, such as dissolved organic carbon (DOC), suspended solids (SS), pH, and temperature, can vary among wastewater treatment plants (WWTPs) and even within a WWTP, depending on the day and season, which results in the varying efficacy of disinfectant decay and inactivation of the efficiency of enteric viruses even in the same disinfectant dose. Furthermore, inactivation efficiency can differ among the genotypes/strains of an enteric virus.

In this study, we focused on disinfection using free chlorine and chloramine, and tried to construct a predictive virus inactivation model using water quality information. We firstly conducted a systematic review to obtain the inactivation efficiency of enteric viruses (norovirus, rotavirus, hepatitis A virus, adenovirus, coxsackievirus, and echovirus) as well as water quality information. We applied a hierarchical Bayesian model using water quality parameters as the model variables to train virus inactivation efficiency datasets, in which the hidden effects of differences among disinfection tests and genotypes of a virus species were taken into account. We then validated our model's applicability to the newly obtained datasets in this study.

We constructed inactivation models for norovirus, rotavirus, poliovirus, adenovirus, coxsackie virus, and echovirus, but here, we only introduce the model for norovirus because of space limitations. The inactivation rate constant k , Hom coefficient m , and dilution coefficient n were used to follow a log normal distribution. Except for the Hom coefficient m for free chlorine, the hierarchical Bayesian model gave a better fit than the generalized linear model. All of the coefficient values had the same sign, except for the intercept a of the inactivation rate constant k (Fig.1). Increases in pH and temperature lead to a clear reduction of the inactivation rate constant k . On the other hand, the inactivation rate constant k increases when plaque assay is used instead of quantitative PCR, and when a buffer solution is used in the inactivation experiment, rather than environmental water and treated wastewater.

The inactivation curve of norovirus in treated wastewater was predicted under the conditions of an initial chlorine concentration of 1 ppm, pH of 7, and 20 °C (Fig.2). It is assumed that plaque assay was used to measure the reduction of infectious titer. In this prediction, the 2.5, 25, 50, 75 and 97.5 percentile values of k , m and n were used. When the 25th percentile values were used, the predicted log reduction value of norovirus is 0.8 log when the contact time with free chlorine is 1 min, while that with chloramine is 400-fold lower. These results indicate the importance of free chlorine for inactivating norovirus in treated wastewater. Thus, higher doses of free chlorine are required when the ammonium concentration in treated wastewater is high.

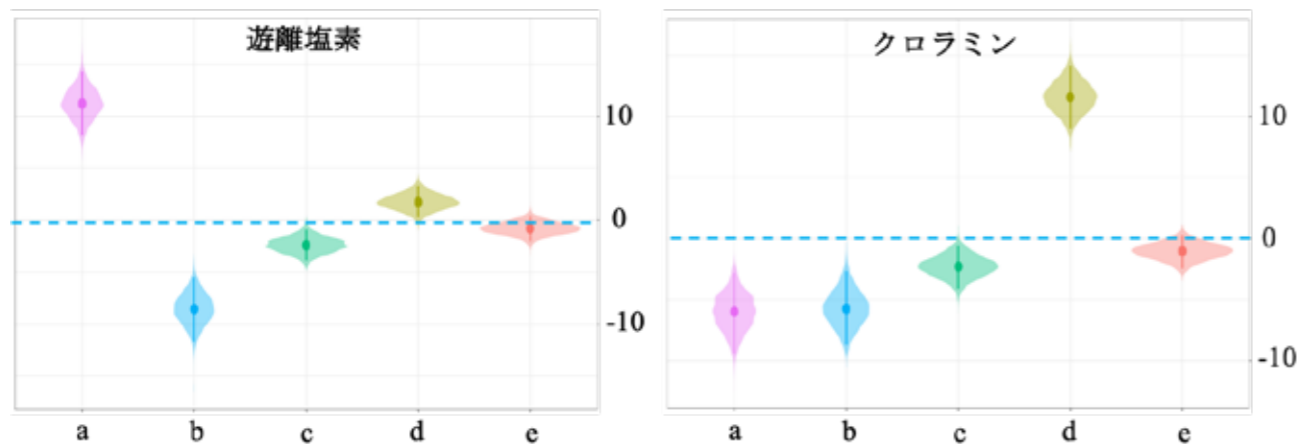


Fig.1 Coefficient values of λ for the inactivation rate coefficient k of norovirus. Alphabet a is an intercept value of a link function of $\lambda (= a + b(\text{pH}) + c(\text{temperature}) + d(\text{virus concentration unit}) + e(\text{water matrix}))$, and b to e are the coefficient values of explanatory variables of pH, temperature, unit of virus concentration, and water matrix (buffer: 0, environmental water: 1), respectively.

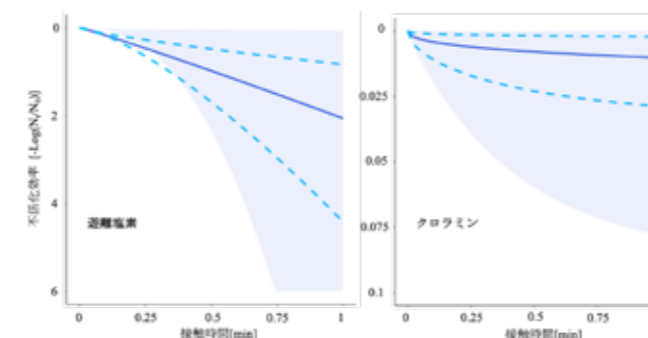


Fig.2 Predicted inactivation curve of norovirus with free chlorine and chloramine. Solid line: 50%tile, dashed line: 25%tile and 75%tile, shade: 95%tile.

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



特任助教 齋藤 優子
Assistant 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.

塩化揮発法による焼却飛灰からの重金属除去

焼却飛灰中に高濃度で含まれる重金属は、焼却灰の有効利用のために除去する必要がある一方、これら重金属の資源価値は高い。塩化揮発法は、金属を比較的低沸点な金属塩化物として揮発させる手法であり、揮発速度や沸点の違いを利用した金属回収を可能とする。今年度は、塩化ビニル (PVC) 廃棄物の有効活用を想定し、PVC を塩素化剤として灰組成の異なる様々な焼却飛灰に対し塩化揮発を行い、PVC の添加効果と含有成分の影響を調査した。(Fig.1)

太陽光パネル用封止材に用いられるエチレン-酢酸ビニル共重合体の紫外線劣化

太陽光発電は大幅に導入が進み、近い将来に太陽光パネルの大量の廃棄が見込まれる。最終的な廃棄の前段階として、使用を可能な限り長くしリユースも適切に行い可能な限り廃棄を抑制する事が重要であり、そのためには個々のパネルの劣化を把握し、その寿命、残存価値等を適切に評価する必要がある。今年度は封止材 (エチレン-酢酸ビニル共重合体: EVA) に着目し、紫外線照射強度および温度制御下において EVA を劣化させ、加速劣化中の発生ガス分析および劣化 EVA の熱分解解析により EVA の劣化挙動を検討した。(Fig.2)

Heavy metal removal from fly ash by chloride volatilization

While highly concentrated heavy metals contained in fly ash have to be removed for efficient use and environmental preservation, those metals usually show a high resource value. Chloride volatilization is an approach that enables volatilization of metals at low boiling point and recovers them efficiently using differences in volatilization rates and boiling points. This year, Polyvinyl chloride was used as the chlorination agent for several kinds of fly ash, which consist of different elemental compositions. The effects of PVC addition and the elemental composition of the fly ash on the heavy metal volatilization were investigated (Fig.1).

Ultraviolet deterioration of ethylene-vinyl acetate used as encapsulant in photovoltaic modules

The introduction of photovoltaics has significantly increased, and large-scale disposal of solar panels is expected in the near future. In the pre-final disposal stage, it is important to use solar panels as long as possible, reuse them appropriately, and suppress disposal as much as possible. Therefore, it is necessary to properly evaluate the value of used panels. This year, we focused on the encapsulant (ethylene-vinyl acetate; EVA). EVA was degraded under intensity- and temperature-controlled UV irradiation.

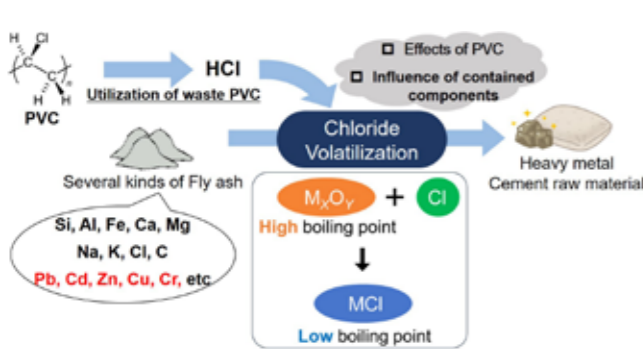


Fig.1 Chloride volatilization using PVC as a chlorination agent.

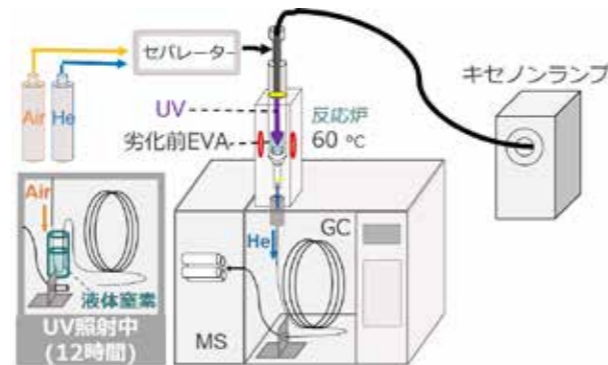


Fig.2 UV/Py-GC/MS system

水相からイオン会体相への Cs および Sr の同時抽出

福島第一原発では、地下水の流入により放射性 Cs および Sr を含む汚染水が発生しているため、浄化処理が続いている。現在行われている吸着剤を用いた処理では、大量の二次廃棄物が発生するという問題がある。本研究では、Cs および Sr を捕捉した後に、有機カチオンおよび有機アニオンを用いて、小体積のイオン会体相へ Cs および Sr を同時に抽出する手法について検討した。(Fig.3)

MnO₂/Mg-Al 系層状複水酸化物を用いた酸性ガス処理

ごみ焼却に伴い発生する酸性排ガス (HCl, SO_x, NO_x) は消石灰および触媒脱硝により処理される。しかし飛灰の埋立処理による埋立地の短命化が問題である。CO₃型 Mg-Al LDH は HCl、SO_x 処理が可能であり、アニオン交換能を有するため酸性ガス処理後の再生、再利用に期待ができる。本研究では NO 処理に向けた MnO₂/Mg-Al LDH の合成と酸性ガスの同時処理、循環処理を検討した。(Fig.4)

プロジェクト採択・受賞

- ・NEDO 先導研究「プラスチックの化学原料化再生プロセス開発 (研究代表者: 吉岡敏明教授)」採択
- ・環境大臣表彰 / 吉岡敏明教授
- ・日本エネルギー学会奨励賞 / 熊谷将吾助教
- ・廃棄物資源循環学会 / Excellent Presentation at International Hybrid Session / 陸嘉麒 (D2)
- ・Korea Society of Waste Management / Award for Excellent Poster Presentation / 西山雄也 (M2)
- ・2019 isCEBT / The Outstanding Oral Presentation Award in Environmental Technology / 池田大地 (M2)

招待・基調講演

- ・吉岡敏明教授: 世界 5 カ国 (独、英、中、米、日) 化学会国際化学サミット Chemical Sciences and Society Summit において、基調講演 "Integration of arterial and venous industries & promotion of chemical recycling"、さらに BBC ライブパネルディスカッションパネラーとしてライブ出演 (2019.11.11)
- ・亀田知人准教授: 2019 Joint Symposium on Advanced Functional Materials, "Uptake of heavy metal ions from an aqueous solution by layered double hydroxides modified with EDTA and organic acid anions" (2019.10.28)
- ・熊谷将吾助教: 1st International Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis in the Asia, "Pyrolysis for Feedstock recycling of plastic wastes" (2019.12.12)

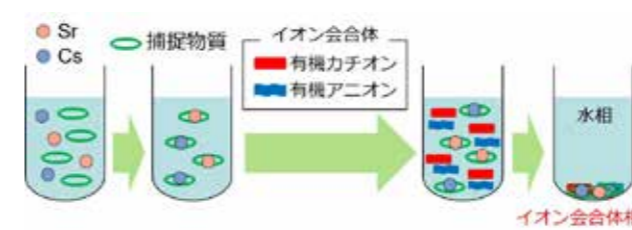


Fig.3 Cesium and strontium extraction flow

Analyses of gases generated during the accelerated degradation and the thermal decomposition of the degraded EVA were performed (Fig.2).

Simultaneous extraction of Cs and Sr from water phase to ion associate phase

At the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, the purification treatment continues because the contaminated water containing radioactive Cs and Sr is generated by the inflow of groundwater. We studied methods to extract Cs and Sr simultaneously into a small volume of ion associate phase using organic cations and organic anions after trapping the Cs and Sr (Fig.3).

Treatment of acid gas by MnO₂/Mg-Al layered double hydroxide

Acid gases (HCl, SO_x, NO_x) produced by waste incineration are treated by Ca(OH)₂ and catalyst denitration, which shortens the lifespans of landfill sites. In this study, MnO₂/Mg-Al LDH (which is CO₃-type Mg-Al LDH combined with MnO₂) was synthesized and used for the simultaneous treatment of NO, HCl, SO_x, and their recycling processes (Fig.4).

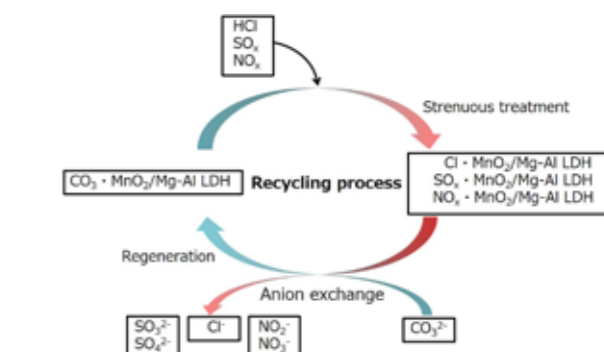


Fig.4 Treatment of acid gas by MnO₂/Mg-Al LDH

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



Group Photo

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。今年度は、1. ランタニド錯体の選択的結晶化、2. 異核複核ランタニド-チアカリックスアレーン錯体の選択的生成、3. 発光材料化に関する成果を得た。

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. Selective Crystallization of Heavy Lanthanide Complexes, 2. Selective Synthesis of Heteronuclear Lanthanide Cluster Complex, and 3. Environmentally Benign Preparation of Luminescent Materials.

構造柔軟性を持つ配位子を用いた重ランタニドの選択的結晶化

ランタニドは発光体、磁性体、触媒、医療用診断剤などの先端的应用において重要な役割を果たしている。近年のランタニドの利用の増加に伴い、リサイクルの必要性が高まっている。ランタニドは溶液及び固体において3価のイオン(Ln(III))として存在することが多く、Ln(III)イオン同士の化学的性質は類似している。そのため、異なるLn(III)イオンを相互に分離しリサイクルすることは容易でない。本研究では、構造柔軟性を持つシッフ塩基配位子(H₃L)とLn(III)から成る錯体の結晶化を調査した。その結果、Ln(III)の種類に応じて生成する結晶の構造が大きく変化することが分かった(Fig.1)。La(III)-Nd(III)では錯体の結晶が生成せず、Sm(III)-Er(III)では多孔性配位高分子(PCP)、Tm(III)-Lu(III)では単核錯体LnLが生成する傾向がある。さらに、Nd(III)が共存する条件下で重ランタニドであるEr(III)、Tm(III)、Lu(III)の結晶化を行うと、Er(III)、Tm(III)、Lu(III)がそれぞれ高選択的に結晶化することを見出した(Fig.2)。今後、この結晶化プロセスを最適化し、種々の組み合わせのLn(III)の相互分離へ展開することを目指す。

Selective crystallization of heavy lanthanide using conformationally flexible ligand

Lanthanides play crucial roles in advanced materials, such as luminescent and magnetic materials, catalysts, and diagnostic agents. A growing interest in the use of lanthanides makes it more important to recycle them. Lanthanides often adopt trivalent states (Ln(III)) in both solution and the solid state. Due to the chemical similarities between the Ln(III) ions, mutual separation and recycling of these ions are difficult. In this work, we studied the crystallization of the Ln(III) complexes with a tripodal Schiff base ligand (H₃L). The obtained structure largely depended on the Ln(III) ions (Fig.1). No crystals were obtained for La(III)-Nd(III). The crystallization for Sm(III)-Er(III) gave porous coordination polymers (PCP). Discrete complexes (LnL) were formed for Tm(III)-Lu(III). Furthermore, we found that the crystallization of heavy lanthanides (Er(III), Tm(III), and Lu(III)) in the presence of Nd(III) selectively gave the crystals discrete of Er(III), Tm(III), and Lu(III) complexes, respectively (Fig. 2). Further studies on the optimization of the crystallization process are now underway to achieve the mutual separation of the various combinations of the Ln(III) ions.

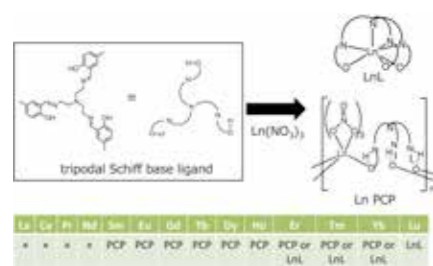


Fig.1 Crystallization of Ln(III) complexes with a tripod Schiff base ligand (H₃L).

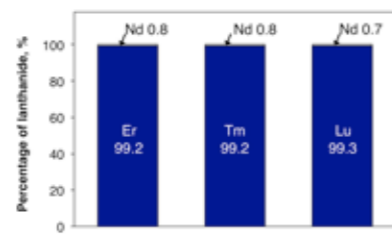


Fig.2 Percentage of Ln(III) in LnL which was crystallized in the presence of Nd(III) and Ln(III) (Ln = Er or Tm or Lu).

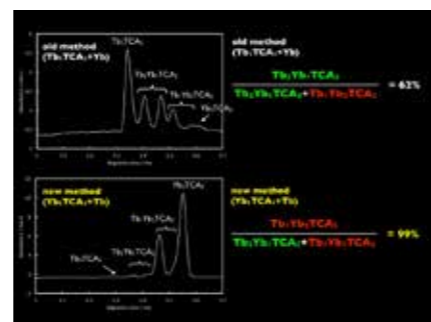


Fig.3 Electropherogram for sample by old and new selective synthesis method

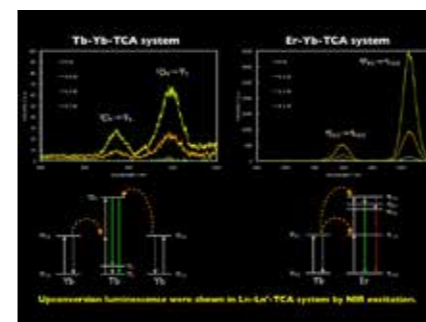


Fig.4 Luminescence spectra by NIR excitation for Tb-Yb-TCA and Er-Yb-TCA systems

異核ランタニド-チアカリックスアレーン錯体の選択的合成法の改良とアップコンバージョン発光

異核ランタニド(Ln, Ln')を中心金属に持つ異核ランタニド錯体において、ランタニド間のエネルギー移動による新たな発光機能(アップコンバージョン、ダウンコンバージョン)が注目されている。我々は昨年、チアカリックスアレーン(TCA)とTbの錯形成において生成する中間体のTb₁TCA₁を分取し、ここにYbを添加することで生成する4種類の異核錯体の中でTb₂Yb₁TCA₂の割合を増やすことができたがその割合は62%であった。今回、Yb₁TCA₁を分取し、Tbを添加することで4種の異核錯体の内、Tb₁Yb₂TCA₂の割合を99%まで向上できた(Fig. 3)。これはLnの種類によって錯体の生成・解離の速度が異なるため、Lnとの錯形成の順序を変えることで割合を向上させることができたと考える。また、Ln_{3-x}Ln'_xTCA₂(x = 0-3)においてTb-YbあるいはEr-Ybの系で972 nmの近赤外励起により、それぞれ可視領域にアップコンバージョン発光を観測した(Fig.4)。TCAを配位子として用いることで異核錯体を選択的に合成することやアップコンバージョンを実現できることを見出した(特許出願中)。

環境負荷の少ないランタニド発光材料の合成法

水溶性の発光性チアカリックスアレーン錯体Tb₃TCA₂をデキストラン系イオン交換体と混合するだけで簡易かつ非可逆的に錯体を固体材料化することに成功した(Fig.5)。発光性能に優れ、寿命は1.2 msと長く量子収率は45%と高効率であった。金属複合酸化物を母材とするランタニド発光材料の弱点(製造に高温が必要、励起効率の低い金属の直接励起に依存)を回避でき、その意味で環境負荷の低い材料である(Bull. Chem. Soc. Jpn. 2019, Vol.92, No.11, 1847-1852. 同誌優秀論文に選定)。

Improvement of Selective Synthesis and Upconversion Luminescence of Heteronuclear Lanthanide-thiacalixarene Complex

Heteronuclear lanthanide complex has a potential for new luminescence property (upconversion, downconversion) by energy transfer between Ln centers. Last year, our laboratory succeeded in obtaining the ratio of Tb₂Yb₁TCA₂ in four kinds of heteronuclear Ln-TCA complexes (Ln_{3-x}Ln'_xTCA₂, x = 0-3) by selective synthesis, which involves preparation of intermediate, Tb₁TCA₁, and addition of another Ln, Yb. However, the ratio is 62%. In 2019, we were able to increase the ratio of Tb₁Yb₂TCA₂ to 99% by preparation of Yb₁TCA₁ and addition of Tb (Fig.1). This result was caused by the rate of the complex formation and dissociation constants in Ln species. On the other hand, Ln_{3-x}Ln'_xTCA₂ (x = 0-3) can exhibit upconversion luminescence by near-infrared excitation (972 nm) for Tb-Yb and Er-Yb systems (Fig.2). TCA is a ligand used to achieve the selective formation of heteronuclear complex and upconversion luminescence.

Environmentally Benign Preparation Method of Lanthanide Luminescent Materials

Water-soluble luminescent complex of thiocalixarene, Tb₃TCA₂, was conveniently and irreversibly immobilized onto a dextran-based ion-exchanger to afford a luminescent material. The material exhibited long-lived luminescence (1.2 ms). In addition, the luminescent quantum yield was 45%, suggesting highly efficient overall luminescence processes. The method circumvent disadvantages (e.g., high temperature required for processing and low efficiency in the excitation) of conventional materials such as Ln-doped metal oxides. In this sense, the method is environmentally benign. (Reported in Bull. Chem. Soc. Jpn. 2019, Vol.92, No.11, 1847-1852 as a Selected Paper.)

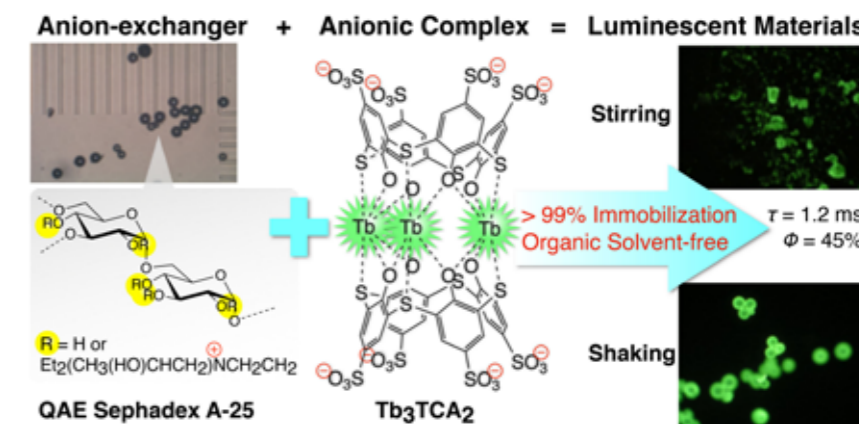


Fig.5 Preparation of luminescent materials by electrostatic immobilization of Tb-TCA onto dextran.

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 Electrode



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

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

Micro/nano devices have highly demanded in the field of biological sciences, engineering and analytical information. We have developed micro/nano-electrochemical systems for environmental/biomedical applications and evaluation of battery materials. Recently, we developed NanoSECCM to characterize electrochemical properties in nanometer domains and applied it to localized evaluation of battery materials. We also developed electrochemical chip devices for bioanalysis. These devices are useful in environmental monitoring as well as medical and engineering applications.

共同研究

令和元年は以下の機関と共同研究を行った。

学内：材料科学高等研究所、学際科学フロンティア研究所、多元物質科学研究所、医工学研究科、マイクロシステム融合研究開発センター、革新的イノベーション研究プロジェクトなど

学外研究機関：東北工業大学、兵庫県立大学、金沢大学、京都大学、熊本大学、九州大学、首都大学東京、筑波大学、大阪大学、山形大学、University College London、清華大学、塩城工学院、西安交通大学、台湾大学、台北科学技術大学、産業技術総合研究所、北海道大学、東京工業大学

学会発表等

令和元年に特別講演 4 件、基調講演 1 件、招待講演 10 件、依頼講演 2 件を行った。これらを含め、50 件以上の学会発表を行った。

主な継続中の研究事業

○ 走査型電気化学顕微鏡による生体医療材料の動的変化追跡システム、科研費 基盤研究 (B) (H30-R2 年度)

Collaboration researches

We promoted collaboration researches with the following organizations in 2019.

Tohoku University: Advanced Institute for Materials Research, Microsystem Integration Center, Center of Innovation, et al.

External research institutes: Tohoku Institute of Technology, Hyogo Prefectural University, Kanazawa University, Kyoto University, Kyushu University, etc.

Conference presentations

In 2019, more than 50 presentations in conferences including 4 special lectures, 1 plenary talk, 10 invited lectures and 2 request lectures.

Research projects

- "Real-time monitoring of biomedical samples using scanning electrochemical microscopy" Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (2018-20FY)
- "Development of an electrochemical array device for cell culture platform", Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (2018-20FY)
- "2D Material Based Josephson Devices and Their Properties" Grant-in-Aid for Scientific Research (A) (2018-21FY)



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
Associate Professor
Kumi Y. Inoue



准教授 熊谷 明哉
(材料科学高等研究所・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・兼任)
Assistant Professor
Yuji Nashimoto



教授 末永 智一
Professor
Tomokazu Matsue
(2019年3月まで。
現イノベーション戦略推進
センター特任教授)

研究員 伊藤 隆広
研究員 佐藤 さつき
(2019.10 まで)
秘書 高野 聡美
秘書 古林 庸子
研究補佐員 近藤 朋子
補佐員 太田 美華子

- 電気化学アレイデバイスの細胞培養プラットフォームへの応用、科研費 基盤研究 (B) (H30-R2 年度)
- 二次元材料で構築された原子層ジョセフソン素子の創成と物性評価、科研費 基盤研究 (A) (H30-R3 年度)
- ナノ電気化学イメージングによる二次元電子系材料の触媒活性の可視化、科研費 若手研究 (A) (H28-R1 年度)
- 高度計測の統合利用による蓄電固体界面の物理化学局所状態の解明、科研費 新学術領域研究 (研究領域提案型) (R1-R4 年度)
- 細胞間コミュニケーション解明のための超高分解能電気化学バイオイメージング法の開発化、科研費 基盤研究 (C) (R1-R3 年度)
- マイクロ流体プローブによるオルガノイドの時空間的な分化制御法の開発、科研費 若手研究 (R1-R2 年度) 他

受賞

- 伊野浩介 (准教授) : Excellence in Reviewing for Biosensors and Bioelectronics 受賞 (Elsevier)
- 伊野浩介 (准教授) : 若手科学者賞 (文部科学省)
- 熊谷明哉 (准教授) : 若手科学者賞 (文部科学省)
- 平本薫 (D1) : 東北分析化学奨励賞 (分析化学会)
- 平典子 (D1) : 平成 30 年度工学研究科長賞 (東北大学)
- 平典子 (D1) : 多元物質科学奨励賞 (東北大学)
- 平典子 (D1) : Oral Presentation Award (isCEBT 2019)
- 岩間智紀 (D1) : Poster Award (RSC-TIC 2019)
- 岩間智紀 (D1) : 環境科学研究科奨学賞 (東北大学)
- 伊藤健太郎 (M2) : Poster Award Gold (第 1 回環境科学討議会)
- 伊藤健太郎 (M2) : Best Poster Award (RSC-TIC 2019)
- 伊藤健太郎 (M2) : Excellent Poster Award (The 65th Annual Meeting of PSJ)
- 日野翔太 (M2) : 優秀発表賞 (CHEMINAS 40th)
- 寺井崇人 (M2) : Oral Presentation Award (isCEBT 2019)
- リアナ・ズルキフリ (M1) : ポスター賞 (2019 年化学系学協会東北大会)

- "Visualization of Electrocatalytic Activities on Two-Dimensional Materials by Nanoscale Electrochemical Imaging" Grant-in-Aid for Young Scientists (A) (2016-19FY)
- "Nanoscale Electrochemistry on Energy Functional Materials" MEXT LEADER program (2017-21FY)
- "Development of ultra-high resolution electrochemical bioimaging method to elucidate intercellular communication", Grant-in-Aid for Scientific Research (C) (2019-21FY)
- "Spatiotemporal regulation of organoid differentiation using a microfluidic probe", Grant-in-Aid for Young Scientists (2019-20FY) and others.

Awards

- Kosuke Ino (Associate Professor) : Excellence in Reviewing for Biosensors and Bioelectronics (Elsevier)
- Kosuke Ino (Associate Professor) : Young Researcher Award (MEXT)
- Akichika Kumatani (Associate Professor) : Young Researcher Award (MEXT)
- Kaoru Hiramoto (D1) : Award of Tohoku Analytical Chemistry (The Japan Society for Analytical Chemistry)
- Noriko Taira (D1) : Award from Dean of Graduate School of Engineering (Tohoku University)
- Noriko Taira (D1) : Student Award of IMRAM (Tohoku University)
- Noriko Taira (D1) : Oral Presentation Award (isCEBT 2019)
- Tomoki Iwama (D1) : RSC Poster Award (RSC-TIC 2019)
- Tomoki Iwama (D1) : Award from Dean of Graduate School of Environmental Studies (Tohoku University)
- Kentaro Ito (M2) : Poster Award Gold (1st Academic Forum on Environmental Studies)
- Kentaro Ito (M2) : Best Poster Award (RSC-TIC 2019)
- Kentaro Ito (M2) : Excellent Poster Award (The 65th Annual Meeting of PSJ)
- Shodai Hino (M2) : Best Presentation Award (CHEMINAS 40th)
- Takato Terai (M2) : Oral Presentation Award (isCEBT 2019)
- Liana Binti Mohd Zulkifly (M1) : Poster Award (Joint Meeting of the Tohoku Area Chemistry Societies)



Fig.1 Lab members 2019

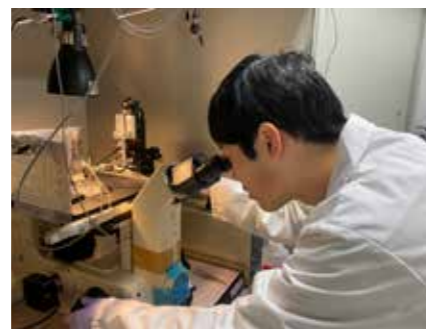


Fig.2 Electrochemical analysis for a biological sample



Fig.3 Microdevice fabrication



Fig.4 Cell culture in a bio-safety hood



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

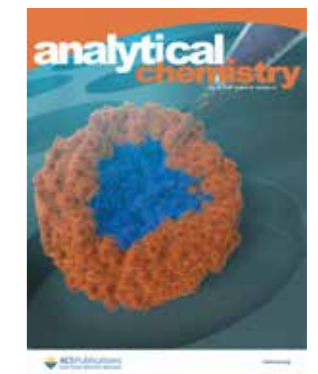


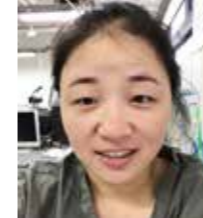
Fig.6 Our research featured on the cover of Analytical Chemistry

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を研究しています。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ます。

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 (Fig.2)。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.3) 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、高温高压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酸化物微粒子の合成、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.

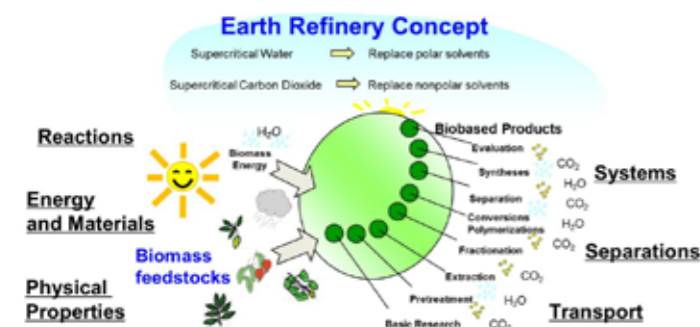


Fig.1 Development of Sustainable Products and Systems.



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] スミス教授、郭助教が中国南開大学、南京農業大学に講義を行った (図 3-4)。
- [2] スミス教授はマレーシア国際イスラム大学、マレーシア プトラ大学に講義を行った。
- [3] 2th International Symposium on Agricultural Environmental Protection and Sustainable Development, Sep 22-24, Tianjin (China).
- [4] 中国科学院、Dr. Chen Lin が当研究室を訪問した。
- [5] Iigan Institute of Technology of the Mindanao State University (フィリピン)、Prof. Roberto Malaluan が当研究室を訪問した。
- [6] Nature Communications と Applied Catalysis B: Environmental にオンライン掲載された (図 5-6)。



Fig.3 Visit of Nankai university

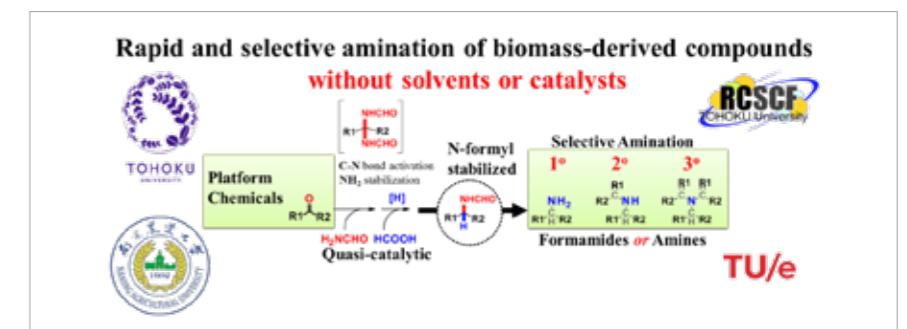


Fig.5 Nature Communications, 10 (2019) 699.



Fig.4 Visit of Nanjing agricultural university

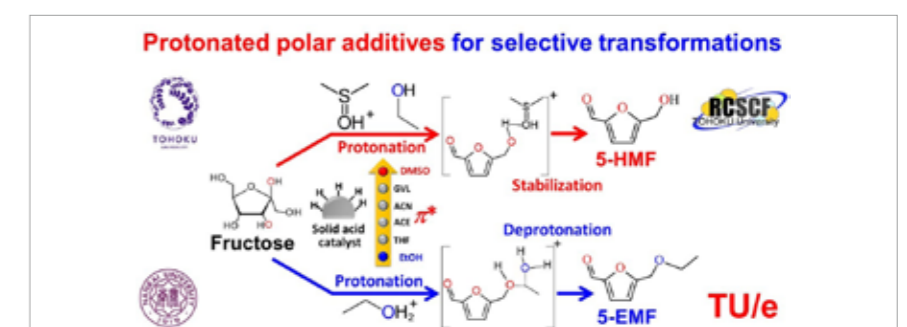


Fig.6 Applied catalysis B environmental 264 (2020) 118509

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j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j鑄造、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j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、当研究室では実験と数値シミュレーションを利用してキャビテーションや音響流という現象を調査している (Fig.1, 2)。液相中へ超音波を照射した時にこれらの現象が発生する。キャビテーション気泡は超音波によって圧壊するが、そのときに莫大なエネルギーを放出するため、溶融金属中での凝固中の結晶や固体粒子の破壊や分散、排水中での不純物分解に利用される。例えば、超音波は「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生成できる。Al-Bi ベースのフローズンエマルジョンの微細組織の一例を Fig.3 に示す。別のプロジェクトでは、超音波キャビテーションと水中プラズマを組み合わせた影響を調査し、新規高効率排水処理の技術開発を目指している。Fig.4 は様々な実験条件における Rhodamine B の分解効率を示している。

Ultrasonic Processing: Fundamentals and Applications

The effects of ultrasound waves are associated with the ability of ultrasound to propagate through elastic mediums such as gas, liquids, and solids and thus to transfer energy to places where it is needed. Our research investigates ultrasound-related phenomena to develop more efficient and sustainable processes for treating liquid metals, wastewater, and exhaust gases. In particular, we investigate phenomena such as cavitation and acoustic streaming through experiments and numerical simulation (Figs.1, 2). These two phenomena arise when ultrasound waves propagate through liquid phases. When cavitation bubbles collapse, they release huge amounts of energy, which is used for fragmenting and dispersing solidifying crystals and solid particles in molten metals as well as for decontaminating waste water. For example, ultrasound makes it possible to fabricate a new type of composite material called frozen emulsions. An example of the microstructure of an Al-Bi-based frozen emulsion material is shown in Fig. 3. In another project, we are investigating the combined effects of acoustic cavitation and underwater plasma, aimed at developing a new, more efficient technology for wastewater treatment. Figure 4 shows the degradation efficiency of rhodamine B under various experimental conditions.

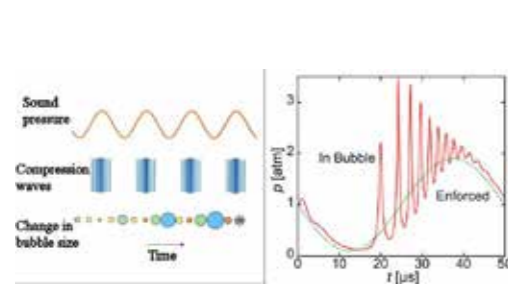


Fig.1 A schematic representation of cavitation (left) and numerically predicted pressure in a cavitation bubble (right)

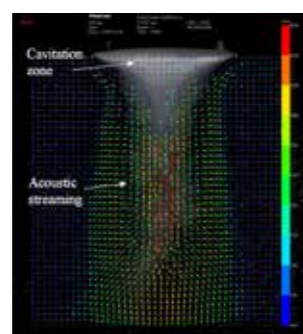


Fig.2 A typical pattern of cavitation zone and acoustic streaming

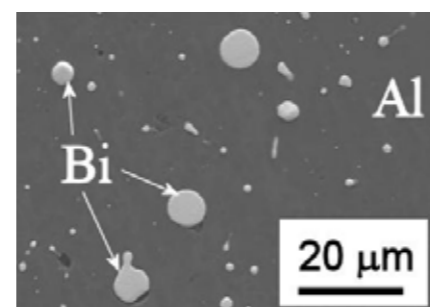


Fig.3 SEM views of Bi particles in aluminum created by ultrasonic frozen emulsification

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。一例として自動車の排気ガス浄化に関するマイクロ波加熱法の特殊利用を紹介する。自動車のスタート時には、触媒担持体の温度が低く、触媒が有効に機能しない。マイクロ波照射によれば、金属微粒子は選択的、および迅速に加熱が生じるため、イグニッションとともに触媒機能を発揮することが期待される。この様な目的で、その基礎研究としてナノサイズを有する金属粒子とセラミックスの複合体を作成し、GHz 領域におけるそれらの誘電率や導電率の測定、およびマイクロ波加熱速度の測定を行なっている。Fig.5 には、現実の触媒金属粒子ではないが、2.45GHz シングルモードキャビティにおいて測定した金属粒子 / セラミックス複合体のマイクロ波加熱速度に及ぼす金属粒子の体積分率依存性を示している。最大速度と体積組成、金属粒子の種類、粒径などとの関係について、詳細に調査を行っている。

Application of Electromagnetic Fields to Environment/Material Processing

In our lab, fundamental studies have been performed on the application of high-frequency electromagnetic fields to applications for material processing. One example is the application of microwave heating's selective and rapid heating characteristics to detoxify exhaust gas from motor vehicles. Upon the ignition of a car, the temperature of a ceramic body for supporting metal particles is not high enough, and the catalytic performance of the particles is expected to be high. Microwave heating is expected to immediately heat the particles and realize their function at the cold-start phase.

For these purposes, as the fundamental study, we measure the effective permittivity and electric conductivity of composites consisting of nano-sized metal particles and ceramics. We obtained the microwave heating rates, as demonstrated in Fig.5, which shows the dependence of volume fraction on the microwave heating rate at 2.45GHz in a single-mode microwave apparatus. A detailed investigation is being performed on the influences of the metal species and grain size.

環境調和を考慮した金属製造・加工プロセス

アルミニウムのリサイクル率を向上させることを目的として、リサイクルによって再生された二次地金を利用する割合を高めるための研究を行っている。具体的には、アルミニウム溶湯を機械攪拌することで不純物を吸着させるフラックスを高速に分散させる技術や機械攪拌に伴って発生する酸化物等の巻き込み低減を達成する技術開発のために、水を用いた流動、物質輸送実験、アルミニウム攪拌・鑄造実験、スーパーコンピュータを利用した大規模アルミニウム溶湯攪拌シミュレーションを行っている。Fig.6 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気液界面変形挙動と乱流渦の関係性を解明し、酸化物巻き込み低減のための指針を示している。

Environmentally Friendly Metallurgical Processing

To improve the recyclability of aluminum, there is a need to use more secondary aluminum, which contains many impurities. We are developing novel methods for mechanical stirring of molten aluminum, aimed at better flux dispersion and more efficient removal of impurities. To achieve these purposes, water model experiments are performed to investigate fluid flow and mass transfer during aluminum melt stirring and casting. Additionally, numerical simulation is conducted to investigate transport phenomena in large-scale melting furnaces using a supercomputer. As shown in Fig. 6, the relationship between gas-liquid interface deformation and turbulent vortices during mechanical stirring was investigated by numerical simulation, and directions for reducing the entrainment of oxide film were developed.

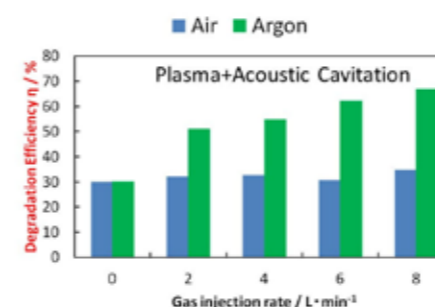


Fig.4 Degradation efficiency of Rhodamine B through acoustic cavitation assisted plasma (ACAP) with gas injection

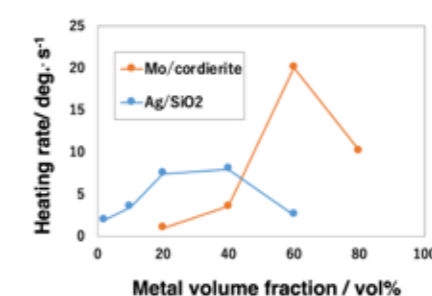


Fig.5 Relationship between volume fraction of metal particles and microwave heating rate of two composite bodies.

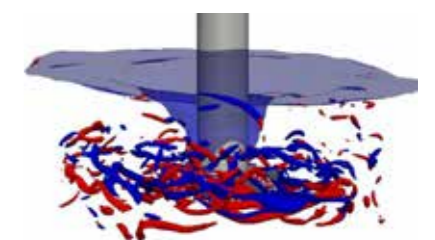


Fig.6 Snapshot of simulated free surface shape and turbulent vortices during mechanical stirring.

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

Innovative chemical engineering technologies 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).”

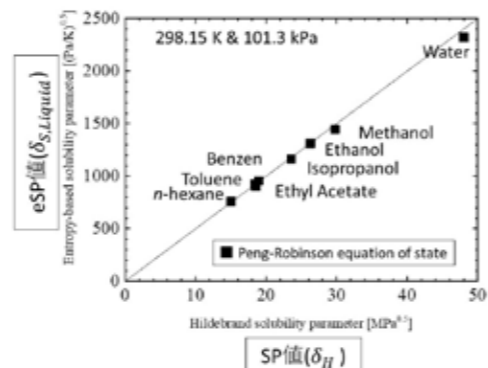


Fig.2 Correlation between SP and eSP

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のものにある。2019 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。

2019 年の研究活動

所属する化学工学会において第 84 年会および The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCHE 2019)、そして食品科学工学会第 66 回大会に参加した。ポスター発表を行った APCCHE 2019 では、共同研究者の工学研究科修士 2 年 上野裕介氏が Excellent Poster Award を受賞した。彼が行ったシソ成分の亜臨界溶媒分離実験の結果の 1 例を Fig. 4 に示す。

このほか、分担執筆ではあるが、著書「分離プロセスの最適化とスケールアップの進め方」にて、超臨界二酸化炭素中の固体溶質の溶解度の推算法についてこれまでの研究内容をまとめることができた。

投稿論文では、招待論文の依頼を受けた Jasco Report に亜臨界溶媒分離技術の開発の経緯について執筆することができた。

所属する化学工学会東北支部では、第 27 回若手の会セミナーにて招待講演を行った。



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 2019 (Publications)

- [1] H. Komatsu, T. Sasagawa, S. Yamamoto, Y. Hiraga, M. Ota, T. Tsukada, R.L. Smith, Fluid Phase Equilibria, 489, 41-47 (2019).
- [2] S. Sato, M. Ota, Y. Sato, R. L. Smith Jr., H. Inomata, Fluid Phase Equilibria, 489, 90-98 (2019).
- [3] M. Ota, Y. Maeta, K. Sugahara, Y. Hoshino, S. Sato, Y. Obonai, Y. Ueno, Jasco Report, 61, 30-35 (2019). (Japanese)
- [4] 大田昌樹, 青山裕紀, 分離工程の操作条件最適化とスケールアップ, 第2章第6節, 株式会社技術情報協会 (2019).
- [5] Y. Obonai, Y. Ueno, Y. Hoshino, M. Ota, Y. Sato, H. Inomata, Kagakukogaku-Ronbunshu, 45, 238-243 (2019). (Japanese)

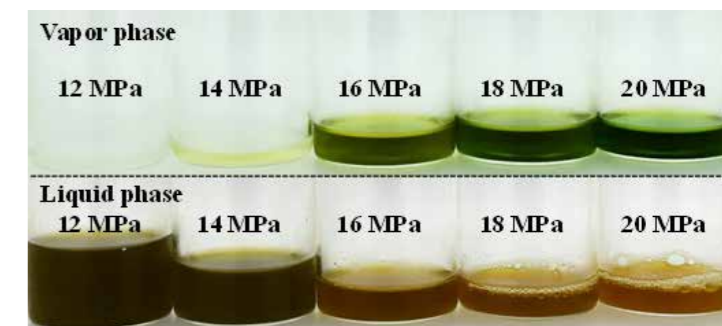


Fig.4 Results of subcritical fluid separation from Perilla at 353 K and different pressures.

低環境負荷社会に資する 次世代ナノ材料の表面設計指針

Atomic-level design of next-gen, novel nano-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

次世代の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ためには、高効率触媒開発の開発が不可欠である。触媒活性とその反応が進行する材料表面の安定性(耐久性)の機構解明には、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て、その構造評価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多角的に行っている。その上で、合成モデル触媒の特性を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)を用いて評価し、次世代電極材料開発に向けたナノ構造設計指針を明確化す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 to this subject has included i) preparations of well-defined single-crystal surfaces and nano-particles of alloys and metal compounds through dry processes (molecular beam epitaxy [MBE] and arc-plasma deposition [APD]) in ultra-high vacuum (UHV) and ii) electrochemical evaluations of the catalytic properties of UHV-prepared nano-structural catalyst models used to develop practical electro-catalysts. We have routinely use 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 microscopy (SECM), etc., to clarify the nano-materials' surface reactions. We believe our research accomplishments will be directly linked to realizing the next-generation hydrogen society.

よく規定されたモデル触媒表面の酸素還元反応

固体高分子形燃料電池(PEMFC)カソードで進行する酸素還元反応(ORR)の触媒開発に向け、Pt基合金ナノ粒子の合成とその特性に関する研究が精力的に行われている。ORR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。現在、カソード側ではPtシェル/X(合金化元素)コアナノ粒子がORR触媒として精力的に研究されている。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も多い。本研究室では超高真空($\sim 10^{-8}$ Pa)中においてモデル触媒を気相合成し、その解明に取り組んでいる。

○ Ptシェル/Pdコア触媒の耐久性向上に向け、超高真空中(UHV; $\sim 10^{-8}$ Pa)で構築したPt/Pd(111)表面系を対象とし、Ir添加

Oxygen-reduction reaction on a well-defined model catalyst's surface

Pt-based alloy nanoparticles are effective for low-noble-metal content oxygen-reduction reaction (ORR) cathode catalysts of proton-exchange membrane fuel cells (PEMFCs). To obtain a comprehensive understanding of ORR mechanisms, complex nano-structures of the practical Pt shell/Pt-M core catalysts should be modeled and investigated. In this year, we have fabricated Pt/X hetero-layered nanostructures on a clean Pt(111) substrate, as a model of Pt-shell/Pt-X-core nano-particle catalysts, through vacuum depositions in UHV ($\sim 10^{-8}$ Pa) and investigated the ORR properties (pristine activity and durability) of the prepared catalysts.

○ We discussed suitable locations for alloying Ir to enhance the ORR properties of the Pt/Pd(111) model core-shell nano-structures. Fig. 1 clearly shows that the ORR activities of Pt/Ir/Pd(111) and Ir/Pt/Pd(111) are

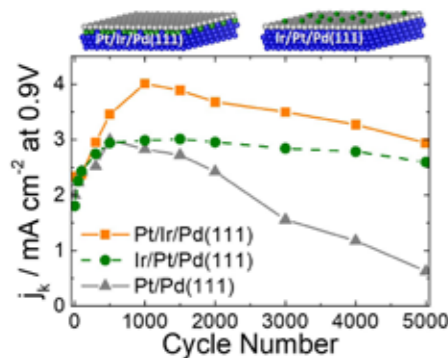


Fig.1 Influence of Ir addition to the Pt/Pd(111) bimetallic system on ORR properties (activity and durability) for the Pt(111)/Pt-Zr(-N)(111) model catalysts.

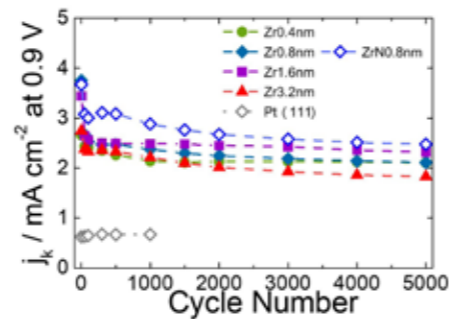


Fig.2 ORR properties (activity and durability) for the Pt(111)/Pt-Zr(-N)(111) model catalysts.

量やその添加位置がORR特性に及ぼす影響を検討した。その結果をFig.1にまとめた。Irを表面に配置したIr/Pt/Pd(111)、および界面に配置したPt/Ir/Pd(111)のいずれも、ORR初期活性が向上するとともに電位サイクル負荷時の活性低下が抑制されており、とくに後者のIr配置が有効であることがわかった。

○ Ptの合金化元素として酸性溶液中で不動態化するZrを取りあげ、その化学結合状態を変化させてPt(111)シェルの下層に配置したPt/Zr-X/Pt(111)をPtとZrの交互堆積により気相合成し、そのORR特性を調査した。断面STEM観察からPt-Zr(-N)合金層がPt(111)基板の上にエピタキシャル成長しており、最表面には1nm厚程度のPt(111)シェル層が形成されていることを確認した。作製したモデル触媒の活性・耐久性をFig.2にまとめた。Zrや窒化ZrはORR活性・耐久性を両立する元素・化合物であることがわかる。

ステンレス鋼電極表面の酸素発生反応

水電解による水素製造時にアノードでは酸素発生反応OERが進行する。OER過電圧低減に向けステンレス鋼電極が検討されているが、電解過程における表面酸化皮膜の構造や組成は未解明である。そこで、アルカリ浴中におけるSUS316ステンレス鋼電極表面のOER特性評価、生成する酸化皮膜の構造解析を行った。Fig.3に示すように、Fe-Ni複合酸化物表面層がOERに対して有効であることがわかる。

研究プロジェクト、受賞

NEDO先進低白金化技術開発、科学研究費補助金基盤研究(B)、トヨタ・モビリティ基金などの助成による研究を実施し、論文および学会発表を行った。轟は第59回原田研究奨励賞、エネエフ基金第8回研究開発奨励賞などを受賞した。また、所属学生は国際および国内会議においてそれぞれ2件および15件の成果報告を行い、計7件の賞を獲得した(Fig.4)。

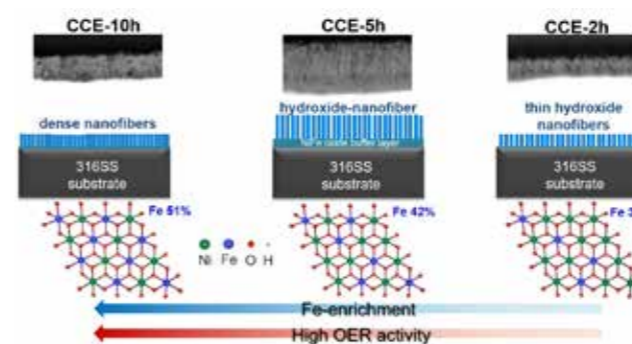


Fig.3 Growing schematics of Ni-Fe hydroxides/oxides hetero-layered nanostructures on the stainless-steel substrate during.

enhanced by ca. $\times 3$ and $\times 4$, respectively, relative to Pt/Pd(111). Furthermore, the Ir-added Pt/Pd(111) is durable against potential-cycle loadings, indicating that adding Ir, particularly for Pt/Ir/Pd(111), is effective for improving the ORR properties (pristine activity and durability) of Pt-shell/Pd-core-type catalysts.

○ We fabricated bimetallic Pt/Zr/Pt(111) and Pt-Zr-N/Pt(111) surfaces through alternate arc-plasma depositions of Zr (in vacuum and 0.1 Pa N_2 atmosphere) and Pt (in UHV) on the clean Pt(111) substrate and investigated the ORR properties. The cross-sectional STEM images for the prepared Pt-Zr and Pt-Zr-N model catalysts showed that the ca. 1-nm-thick Pt(111) shells can be fabricated on the Pt-Zr(-N)(111) alloy layers. As shown in Fig.2, the ORR properties for the Pt/Zr/Pt(111) and Pt/Zr-N/Pt(111) are clearly enhanced versus those of Pt(111), indicating that Zr and its nitride are effective as the alloying elements (compounds) for Pt-based ORR catalysts, with excellent activity and durability.

Oxygen evolution reaction (OER) on stainless-steel electrode surfaces

Water electrolysis is considered indispensable for the mass production of hydrogen. Stainless-steel electrodes are investigated to reduce the overpotential of OER, although the morphological and compositional changes to the electrode surface during electrolysis have yet to be clarified. As shown in Fig.3, the SUS316 electrode surface, comprised of hetero-layered Ni-Fe hydroxide/oxide nanostructures, is effective as the anode of alkaline water electrolysis.

Research project, patent and award

We have performed for the NEDO, JSPS KAKENHI, and the Toyota Mobility Foundation projects, and the results have been published in several papers. N. Todoroki received the NF Foundation and Harada Research Encouragement awards. Furthermore, our students have presented two papers in international conferences and 15 papers in domestic conferences and received seven awards (Fig.4).



Fig.4 Certificates of academic awards.

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、かねてから海洋油濁の防止に貢献する衝突安全性に優れた船体用高延性鋼板などのように、地球環境を最大限配慮した高機能鉄鋼材料を高炉から製造するプロセス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。一方で、最近、温室効果ガスの排出削減を目的として、一部自治体では、建築構造用鉄鋼材料に鉄スクラップをリサイクルして作られる電炉材の使用を推奨している。スクラップから精錬時に除去が困難なスズなどの不純物が混入するので、鉄鋼製品の使用性能にこのような元素が及ぼす影響を明らかにしておくことが鋼構造物の健全性を担保するうえで必要である。スズは厚板のZ方向(板厚方向)の靱性を著しく劣化させる(Fig.1)。さらに溶接熱影響部靱性に及ぼすスズの影響を定式化し、炭素の単位量増加による影響に比べ、スズの影響は1/9程度に相当する。

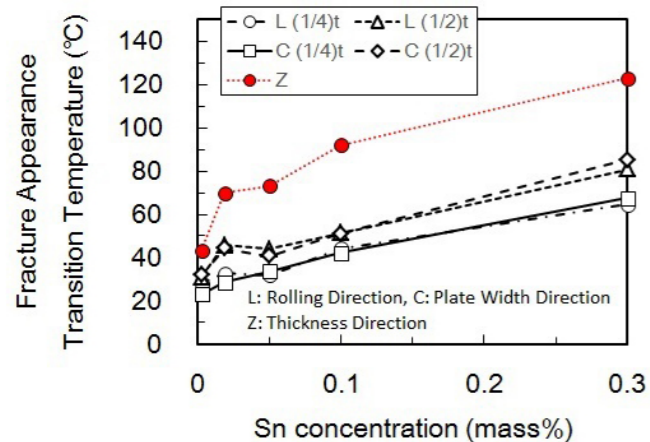


Fig.1 Influence of Sn on toughness of steel.

Structural steels for safe and secure society adapting to the environment

We have been developing high-performance steels, such as highly ductile steels for shipbuilding with excellent crashworthiness, that prevents marine pollution, from the blast furnace process. This complies with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs). Some authorities promote the use of electric furnace steels for building structures, which utilise recycled iron scrap in order to reduce greenhouse gas emissions. Since impurity elements (e.g., Sn), which are difficult to be reduced via refining processes, are introduced to steel products from scrap, their influence on application performance must be carefully identified in order to secure the soundness of steel structures. We showed that Sn apparently deteriorates toughness in the plate thickness direction z (Fig.1). We also quantify the engineering factors how Sn's influence on weld heat affected zone toughness. The magnitude of the influence of the unit increase in Sn on HAZ is in the order of 1/9, compared to that of carbon.

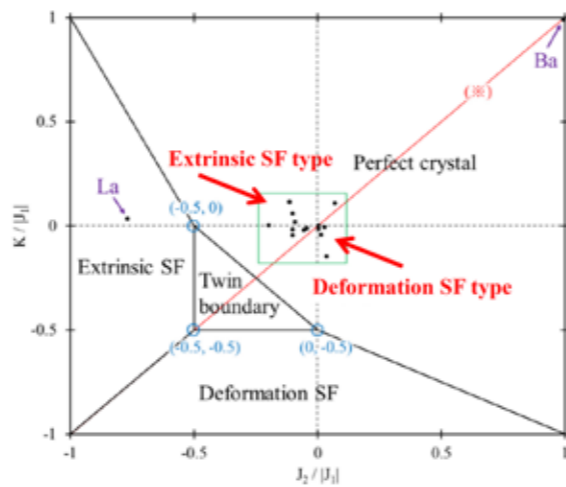


Fig.2 ANNNI phase diagram for SF.



客員教授 市川 和利 Professor Kazutoshi Ichikawa
客員教授 森口 晃治 Professor Koji Moriguchi
客員教授 松村 勝 Professor Masaru Matsumura

金属系ポリタイプの形成機構に関する理論物性研究

環境負荷軽減の軽量材料として注目される Mg や Al 等の非鉄軽金属元素は、鉄鋼材料におけるめっきの耐食性を高める機能付加元素としても知られる元素系である。Mg 合金では、積層多形 (ポリタイプ) をベースとするシンク口型 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ことも期待されている。ポリタイプは、積層欠陥とのアナロジーが見られる材料内部の不均一性と考えることができる。積層欠陥に起因する高機能構造材料のさまざまな現象を理解し、機能性付加元素を使用する新しいルートを探索するために、我々は非鉄金属元素の機能発現機構に関する理論的研究を行っている。第一原理計算と ANNNI (Axial Next-Nearest Neighbor Ising) モデルを利用した計算解析から、ポリタイプ形成における母相の金属元素は、層間相互作用の観点から合理的に分類できることがわかった (Fig.2)。

マグネタイト微粉鉱石を活用した焼結鉱組織制御

実験室検討において、低酸化度鉄源としてマグネタイト鉱石に着目し、石灰石や粉コークスと遠隔配置によって、焼結鉱還元性および冷間強度の双方が改善する可能性を示唆する結果を得た。具体的には、マグネタイト鉱石と高 Al₂O₃ 鉱石および造粒に必要最小限の生石灰を別系統で造粒する分割造粒法の効果を実験室規模の焼結試験で評価し、以下の知見を得た。(1) 上記分割造粒を採用すると、焼結鉱中の二価の鉄イオン減少および三価の鉄イオン増加が確認された。これはマグネタイト鉱石の酸化促進を意味する。(2) 焼結鉱組織は、気孔統合抑制、気孔低円形度、鉱物微細化等の溶融抑制の特徴を示した (Fig.3)。(3) 上記 (1) (2) より、溶融反応抑制がマグネタイト鉱石酸化を促進し、その酸化熱増大により強度向上、および還元性の良好な微細ヘマタイト形成に結び付いた。

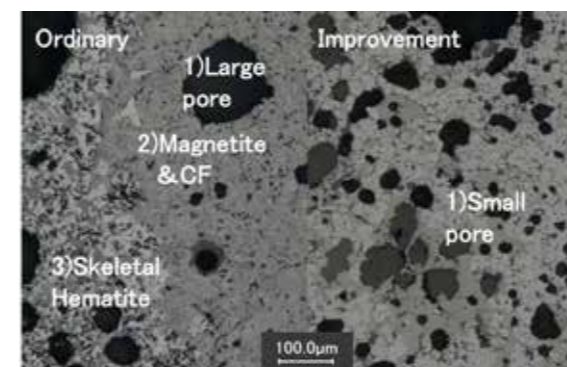


Fig.3 Sinter microstructure.

Theoretical study on the formation mechanisms of metallic polytypes

Nonferrous metallic elements such as Mg and Al, which are attracting attention as lightweight materials for reducing environmental load, are also known as functional chemical elements that enhance the corrosion resistance of Zn plating on steel. Notable material science knowledge, such as about synchronized long-period stacking-ordered (LPSO) structures (i.e., polytypes) and their kink-band strengthening mechanism, has been discovered and accumulated in Japan. The knowledge of recent Mg-based alloys is therefore expected to be not only adapted for practical applications but also used for horizontal development, to create new functions in other materials. The polytypes can be considered as heterogeneity in materials, with the analogy of stacking faults (SFs). In order to understand the various phenomena of high-performance structural materials resulting from stacking faults and to explore new routes for using functional chemical elements, we have theoretically investigated the mechanisms of the functional development of nonferrous metallic elements. Based on first-principles analyses along with the axial next-nearest neighbor Ising (ANNNI) model, metallic elements of the parent phase in the polytype formation can be reasonably classified, from the perspective of interlayer interactions (Fig. 2).

Sinter structure control using magnetite ore fines

A laboratory-scale study suggested the possibility of improving the reducibility and strength of sinter through magnetite fine separated from limestone and coke fine in a sinter-packed bed. Specifically, a separate granulation method was examined, in which magnetite ore fines and high Al₂O₃ iron ore were blended with the minimum amount of quicklime necessary for granulation in the separating granulation route. The following findings were obtained: (1) the separate granulation system shown above decreases ferrous (Fe²⁺) oxide and increases ferric (Fe³⁺) oxide in sinter. These findings indicate promoting the oxidation of magnetite ore. (2) The sinter structure has restricting pore integration, low pore circularity, and fine minerals, which were matched with melt suppression during sintering (Fig.3). (3) From (1) and (2), melt suppression promoted the oxidation of magnetite ore. Then, increasing heat generation by oxidation reaction caused higher sinter strength, and forming oxidized fine hematite mineral caused higher sinter reducibility.



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.

南極昭和基地における FTIR と人工衛星データ、化学気候モデルを用いた塩素化合物の挙動解析

我々は、2007、2011 の 2 年間南極昭和基地において、フーリエ変換赤外分光器 (FTIR) による太陽光を光源にした赤外分光観測を行っている。この観測では、極夜の時期を除き、通年にわたってオゾン (O₃)、塩化水素 (HCl)、硝酸 (HNO₃) 等の量と高度分布を導出することが出来る。我々は今回、FTIR データと人工衛星 Aura/MLS, Envisat/MIPAS データ、及び化学気候モデル MIROC3.2 CCM の結果を併せて解析することにより、南極昭和基地上空でオゾンホールを引き起こすもととなる各種塩素化合物の挙動を解析した (Fig.1)。その結果、冬季極渦内のオゾンを破壊する一酸化塩素 (ClO) と準安定な硝酸塩素 (ClONO₂) との間に反相関係があることが見出された。この反相関係は、昭和基地と極渦境界との距離に依存していることが明らかとなった。また、MIROC3.2 を用いた解析 (Fig.2) では、冬季極渦の中心領域で HCl が継続的に減少していく様子が明らかになった。これまでの諸外国のモデル解析ではそのような継続的な減少を再現することができずに、「HCl の矛盾」と呼ばれていたが、

Analysis of chlorine species over Syowa Station, Antarctica, using FTIR, satellite data, and chemistry-climate model results

We made solar infrared spectroscopic measurements using ground-based Fourier-transform infrared spectrometer (FTIR) at Syowa Station, Antarctica, in 2007 and 2011. Vertical profiles of minor species, such as O₃, HCl, and HNO₃, can be retrieved from FTIR spectra. We analyzed temporal variations of chlorine species related to the Antarctic ozone hole, in combination with satellite measurements from Aura/MLS and Envisat/MIPAS (Fig.1). As a result, a negative correlation was found between ClO and ClONO₂ in the winter polar vortex. This negative correlation was associated with the relative distance between Syowa Station and the edge of the polar vortex. We used MIROC3.2 Chemistry-Climate Model (CCM) results to investigate how whole chlorine and related species behave inside the polar vortex in more detail (Fig.2). Continuous loss of HCl in the winter polar vortex core, which has not been reproduced by foreign models to date, was successfully modelled in MIROC3.2 CCM. This continuous

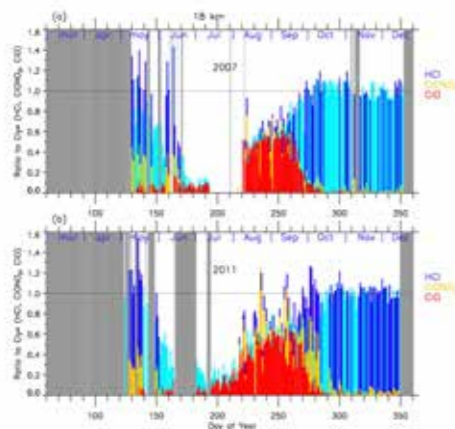


Fig.1 Time series of the ratios of HCl (dark or light blue), ClONO₂ (yellow), and ClO (red) to total chlorine (Cly*) over Syowa Station at 18 km in (a) 2007 and in (b) 2011.

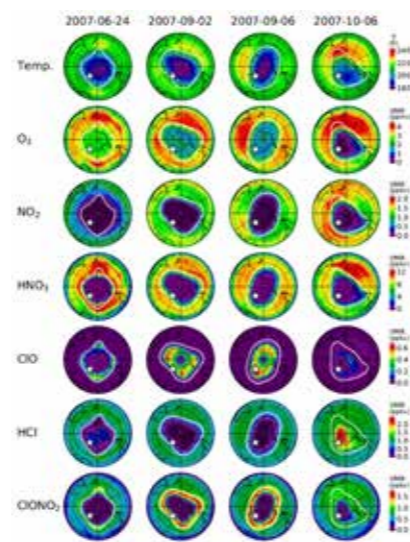
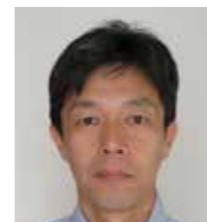


Fig.2 Polar southern hemispheric plots for temperature, O₃, NO₂, HNO₃, ClO, HCl, and ClONO₂ by a MIROC3.2 chemistry-climate model at 50 hPa.



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima



客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

MIROC3.2 と今回の観測データを用いた解析により、HCl の継続的な減少は、極渦周辺域から高緯度への ClONO₂ と水酸化塩素 (HOCl) の継続的な輸送によって引き起こされていることが世界に先駆けて明らかとなった。さらに春先に活性な ClO が準安定な HCl に戻るか ClONO₂ に戻るかのせめぎあいには、周辺の O₃ 量が関連しており、その量に依存してどちらの化学種が生成されるかが明らかとなった。なお本研究成果は、欧州地球科学連合発行の Atmospheric Chemistry and Physics 誌に accept された。

シベリア・ヤクーツク上空における CO₂ 濃度の変動

2017 年に東シベリアのヤクーツク郊外にあるスバスカヤパッド研究林においてロシア科学アカデミー凍土地域生物問題研究所 (IBPC) の協力の下、航空機とタワーを利用した大気採取による温室効果ガスの観測を開始した。航空機は高度 3000m から 100m まで、タワーは高度 30m または 20m で月に 1-2 度の頻度で採取を行った。

Fig.3 に高度 3000m とタワー頂上における CO₂ 濃度の観測値とフィッティングカーブを示す。2018 年以降は高頻度で高品質の観測が続けられてきたことが確認できる。Fig.4 は各高度におけるフィッティングカーブと経年変動である。フィッティングカーブから算出した平均的な季節振幅は高度 3000m において 20.3 ppm、高度 2000m では 23.3 ppm、高度 1000m では 31.4 ppm、高度 100m では 32.6 ppm、タワー頂上では 38.8 ppm であり非常に大きな振幅が内陸地域の特徴を表している。高度 1000 m 以下では春季の他に秋から初冬にかけての極大値が観測されており、この季節の境界層の影響が及ぶ高度を推し量ることができる。経年変動曲線は高度 1000 m 以上で鉛直勾配がほとんど無いことから、Yakutsk 地域全体では CO₂ の放出と吸収がほぼバランスしていると考えられる。同様に CH₄、N₂O、SF₆、CO、H₂ の各濃度についても内陸の森林地帯特有の変動が捉えられている。

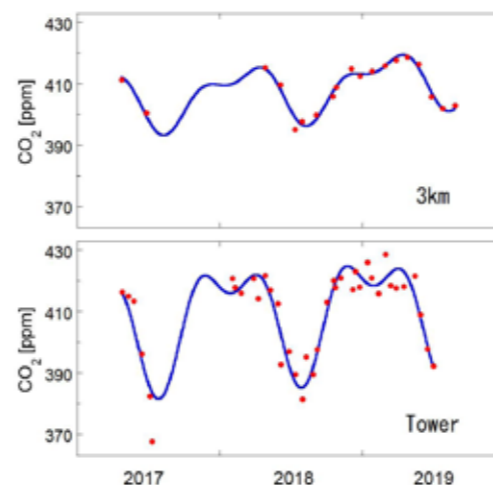


Fig.3 Observed data and the fitting curves of atmospheric CO₂ mixing ratio at 3000 m (top) and at the tower (bottom).

loss occurred due to both the transport of ClONO₂ from the subpolar region to higher latitudes, providing a flux of ClONO₂ from more sunlit latitudes into the polar vortex, and the heterogeneous reaction of HCl with HOCl. The temporal variation of chlorine species over Syowa Station was affected by both heterogeneous chemistry related to polar stratospheric cloud (PSC) occurrence inside the polar vortex as well as the transport of a NO_x-rich air mass from the polar vortex boundary region, which can produce additional ClONO₂ by ClO reacting with NO₂. The deactivation pathways from active chlorine into reservoir species (HCl and/or ClONO₂) were confirmed to be highly dependent on the availability of ambient O₃. This research was accepted in *Atmospheric Chemistry and Physics*, published by the European Geosciences Union (EGU).

Variations in atmospheric CO₂ over Yakutsk, Siberia

Observation of atmospheric greenhouse gases has been conducted since 2017 using air sampling by an aircraft and a tower over the Spasskaya Pad forest research site near Yakutsk, Siberia, in a collaboration with Institute for Biological Problems of Cryolithozone (IBPC), Russian Academy of Science. Air is sampled once or twice a month at altitudes between 100 m and 3,000 m by aircraft and at 20 m or 30 m at the tower.

Fig.3 shows the observed data and the fitting curves of the mixing ratio of atmospheric CO₂ at 3000 m and at the top of the tower. High-frequency and high-quality observations have been available after 2018. Fig.4 shows the fitting curves and trend curves for CO₂. The averaged seasonal amplitudes derived by fitting curves were 20.3 ppm at 3,000 m, 23.3 ppm at 2,000 m, 31.4 ppm at 1000 m, 32.6 ppm at 100 m, and 38.8 ppm at the tower. These extremely large amplitudes represent the typical features for a continental interior with highly active vegetation. Small maximums were found in not only spring but also late autumn or early winter below 1,000 m. The planetary boundary layer in this season is thought to be influenced below this altitude. Since there is no vertical difference in trend curves over 1,000 m, CO₂ emissions and absorption are balanced around Spasskaya Pad. We obtained the characteristics of variations in atmospheric species over the forest area for not only CO₂ but also CH₄, N₂O, SF₆, CO, and H₂.

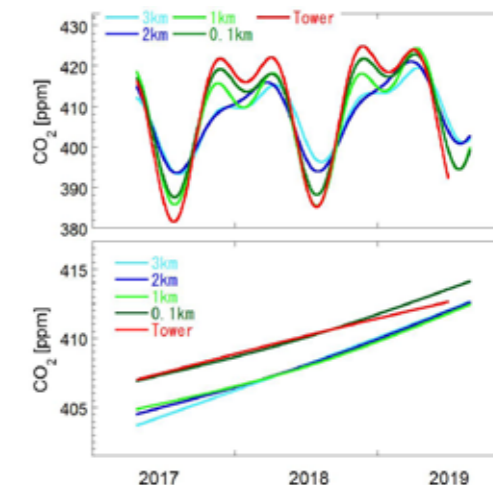


Fig.4 Fitting curves (top) and trend curves (bottom) for CO₂ mixing ratio.

環境研究推進センターの取組み

Activities of Environmental Research Promotion Center

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

2019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生研究推進拠点(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)】が2拠点立ち上がり、環境研究推進センターはその事務局的役割も担っている。本年度は拠点の活動を広く社会に発信するSDGsシンポジウムを実施した。

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 FY2019, two interdisciplinary research groups were 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). The ERPC also has a secretariat role. In FY2019, the Tohoku University SDGs Symposium was held to disseminate information on the groups' societal activities.

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6月に行い、今後の展望について意見を交わした。さらに、2018年度に開始した「希少金属等リサイクルシステム構築業務委託研究」を2019年度も継続して行った。

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 June. In addition, the ERPC continued its 2018 research entitled "Research to construct a recycling system for rare metal and precious metal."

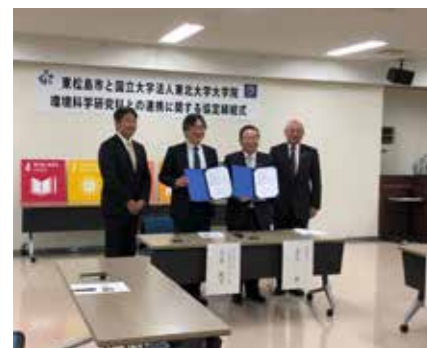


Fig.1 Signing ceremony of GSES - Higashi-Matsushima City partnership agreement



Fig.2 Signing ceremony of GSES - Wadamari Town partnership agreement



Fig.3 Signing ceremony of GSES - China Town partnership agreement



特任助教 齋藤 優子
Assistant Professor
Yuko Saito



特任助教 大庭 雅寛
Assistant 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。2019年6月には、仙台市環境局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。連携に基づく活動の一つとして、9月に開催された「エコフェスタ2019」に参加し、環境科学研究科の研究や活動、たまきさんサロンの紹介を行った。

Cooperation with Sendai City

Our graduate school has had a cooperation agreement with Sendai City since 2009. In June, an information exchange meeting was held with the Environmental Bureau of the City of Sendai. As one of the activities based on the cooperation agreement, ERPC participated in Eco Festa 2019, held in September, and introduced the activities of the Graduate School of Environmental Studies at Tamaki-san salon.

秋田県仙北市 / 宮城県東松島市 / 鹿児島県和泊町・知名町との連携

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。また今年、宮城県東松島市や鹿児島県和泊町ならびに知名町とそれぞれ連携協定を締結した(Figs.1-3)。10月に開催された「東松島市SDGsシンポジウム」では、大庭特任助教がパネルディスカッションのコーディネーターを務めるなど、SDGsの普及活動を行った(Fig.4)。

Cooperation with Senboku City (Akita Pref.), Higashi-Matsushima City (Miyagi Pref.), and Wadamari and China Towns (Kagoshima Pref.)

The Tsuchiya Laboratory was entrusted with the research project "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. This year, our graduate school has concluded cooperation agreements with Higashi-Matsushima City and Wadamari and China Towns (Figs 1-3). At the SDGs Symposium in Higashi-Matsushima in October, Assistant Prof. Oba served as the coordinator of a panel discussion (Fig. 4), and the ERPC has been promoting the SDGs.

学際研究重点拠点シンポジウム

2019年4月に学際研究重点拠点に認定された「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)」のキックオフシンポジウムを同月開催した。

また東北大学SDGsシンポジウムとして、「エネルギー価値学創生研究推進拠点」シンポジウム、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)」のキックオフシンポジウムを2019年11月にJSTとの共催で開催した(Figs.5 and 6)。東北大学全学としての取組を広く社会に発信することができた。

Symposium for Interdisciplinary Research Base

The Interdisciplinary Studies of Novel Values on Energy for Sustainable Development Society was recognized as an interdisciplinary research group in April 2019. The kick-off symposium was held the same month. In addition, TU-TRIPS: Tohoku University Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart was certified as a group in October 2019. The kick-off symposium and the Tohoku University SDGs symposium were held jointly with the Japan Science and Technology Agency (JST) in November 2019 (Figs.5 and 6). Through this symposium, we were able to disseminate Tohoku University's overall efforts to society.



Fig.4 SDGs symposium in Higashi-Matsushima City (October 2019)



Fig.5 Tohoku University SDGs symposium (November 2019)



Fig.6 Tohoku University SDGs symposium (November 2019)

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】

- Highly Crystalline Single-Walled Carbon Nanotube Field Emitters: Energy-Loss-Free High Current Output and Long Durability with High Power. [ACS Applied Electronic Materials, 1, 2019, 163-171] Norihiro Shimoi, Yoshinori Sato, Kazuyuki Tohji
- Work function, carrier type, and conductivity of nitrogen-doped single-walled carbon nanotube catalysts prepared by annealing via defluorination for efficient oxygen reduction reaction. [Carbon, 142, 2019, 518-527] Koji Yokoyama, Yoshinori Sato, Masashi Yamamoto, Tetsuo Nishida, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato

環境素材設計学分野

【論文】

- Adhesion behavior of microorganisms isolated from soil on hydroxyapatite and other materials. [Appl. Biochem. Biotechnol., 187, 2019, 984-993] Masanobu Kamitakahara, Shohei Takahashi, Taishi Yokoi, Chihiro Inoue, Koji Ioku
 - Experimental and computational study on sintering of ceramic coating layers with complex porous structures. [Journal of the American Ceramic Society, 103, 2020, 2035-2047] Sota Terasaka, Hideaki Matsubara, Takashi Shirato, Masanobu Kamitakahara, Taishi Yokoi, Norio Yamaguchi, Byung-Nam Kim
 - Inhibition Effect of Ti (C,N) Particle Dispersion on Grain Growth of WC-Co Cemented Carbide. [Materials Transactions, 60(5), 2019, 785-792] Masayuki Takada, Hideaki Matsubara, Yoshihiro Mori and Tetsushi Matsuda
 - Theoretical analysis of experimental densification kinetics in final sintering stage of nano-sized zirconia. [Journal of the European Ceramic Society, 39, 2019, 1359-1365] B.-N. Kim, T.S. Suzuki, K. Morita, H. Yoshida, J.-G. Ki, H. Matsubara
 - 分子動力学法によるアルミナーガラス系における界面エネルギーと拡散挙動の解析 [粉体および粉末冶金, 66(6), 2019, 266-274] 松本修次, 松原秀彰, 本多淳史
 - モンテカルロ法による液相存在下の焼結の計算機シミュレーション [粉体および粉末冶金, 66(6), 2019, 259-265] 松本修次, 松原秀彰, 清水正義, 野村浩
- #### 【総説・解説】
- 粉末冶金とは [新粉末冶金入門講座テキスト(粉体粉末冶金協会),

2019, 1-10] 松原秀彰

- 熱遮蔽コーティングの最近の研究・技術動向 [マテリアル, 58(7), 2019, 382-386] 松原秀彰

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, 2020, 134504-134514] Chongyang Yang, Ying-Ning Ho, Ryota Makita, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien
- Chlorinated benzenes and benzene degradation in aerobic pyrite suspension. [Archives of Environmental Protection, 45(1), 2019, 115-125] Hoa Thi Pham, Inoue Chihiro
- Classification of coal fly ash based on pH, CaO content, glassy components, and leachability of toxic elements. [Environmental Monitoring and Assessment, 191, 2019, 358-368] Tsugumi Seki, Yasumasa Ogawa, Chihiro Inoue
- Comparative geochemical evaluation of toxic metals pollution and bacterial communities of industrial effluent tributary and a receiving estuary in Nigeria. [Chemosphere, 227, 2019, 638-646] Ganiyu O. Oyetibo, Keisuke Miyauchi, Yi Huang, Wakako Ikeda-Ohtsubo, Mei-Fang Chien, Matthew O. Ilori, Olukayode O. Amund, Ginro Endo
- *Cupriavidus basilensis* strain r507, a toxic arsenic phytoextraction facilitator, potentiates the arsenic accumulation by *Pteris vittata*. [Ecotoxicology and Environmental Safety, 190, 2019] Chongyang Yang, Ying-Ning Ho, Ryota Makita, Chihiro Inoue, Mei-Fang Chien
- Efficient nitrate removal from water using selected cathodes and Ti/PbO₂ anode: Experimental study and mechanism verification. [Separation and Purification Technology, 216, 2019, 158-165] Xufeng Rao, Xiaolin Shao, Jie Xua, Jin Yi, Jinli Qiao, Qingyu Li, Hongqiang Wang, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue, Yuyu Liu, Jiuju Zhang
- Enhanced degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the rhizosphere of sudangrass (*Sorghum × drummondii*). [Chemosphere, 234, 2019, 789-795] John Jewish A. Dominguez, Hernando P. Bacosa, Mei-Fang Chien, and Chihiro Inoue
- Enrichment and analysis of stable 1,4-dioxane-degrading microbial consortia consisting of novel dioxane-degraders. [Microorganisms, 8, 2020, 50-60] Tanmoy Roy Tusher, Takuya Shimizu, Chihiro Inoue and Mei-Fang Chien
- Hydroponic approach to assess rhizodegradation by sudangrass (*Sorghum × drummondii*) reveals pH- and plant age-dependent variability in bacterial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). [Journal of

Hazardous Materials, 387, 2020, 121695-121705] John Jewish A. Dominguez, Chihiro Inoue and Mei-Fang Chien

- Identification of a novel arsenic resistance transposon nested in a mercury resistance transposon of *Bacillus* sp. MB24. [Microorganisms, 7(11), 2019, 566-576] Mei-Fang Chien, Ying-Ning Ho, Hui-Erh Yang, Masaru Narita, Keisuke Miyauchi, Ginro Endo, Chieh-Chen Huang
- MerB3, an organomercurial lyase of *Bacillus* as an antidote against organomercurial poisoning. [Journal of Environmental Biotechnology, 19(1), 2019, 73-80] Mei-Fang Chien, Ying-Ning Ho, Hui-Tzu Lin, Kuo-Hsing Lin, Ginro Endo, Chieh-Chen Huang
- Phosphorus- and iron-deficiency stresses affect arsenic accumulation and root exudates in *Pteris vittata*. [International Journal of Environmental Science and Development, 10(12), 2019, 430-434] Chongyang Yang, Mei-Fang Chien, Ying-Ning Ho, Chihiro Inoue
- Simultaneous removal of lead(II) and nitrate from water at low voltage. [Journal of Water Process Engineering, 32, 2019, 100940-100940] Xufeng Rao, Qingyu Li, Chihiro Inoue, Irshad Ahmad, Jin Yi, Yuyu Liu, Jiuju Zhang
- Simultaneous removal of lead(II) and nitrate from water at low voltage by using aluminum and iron electrodes. [Chemosphere, in press] Xufeng Rao, Xiaolin Shao, Jinli Qiao, Hongqiang Wang, Qingyu Lid, Jiawei Sheng, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue, Jin Yi, Yuyu Liu, Jiuju Zhang

地球物質・エネルギー学分野

【論文】

- Acceleration of hydrogen production along water-olivine-CO₂ reactions via high-temperature Fe(II) release. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(23), 2019, 11514-11524] Wang, Jiajie; Watanabe Noriaki; Okamoto, Atsush; Nakamura, Kengo; Komai, Takeshi;
- Brine infiltration in the middle to lower crust in a collision zone: Mass transfer and microtexture development through wet grain-boundary diffusion. [Journal of Petrology, 60(2), 2019, 329-358] Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakata, S., Hirata, T.
- Cloud-fracture networks as a means of accessing superhot geothermal energy [Scientific Reports, 9 (Article number: 939), 2019] Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Ryota Goto, Takahiro Miura, Kota Yamane, Takuya Ishibashi, Youqing Chen, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya
- Enhanced hydrogen production with carbon storage by olivine alteration in CO₂-rich hydrothermal environments. [Journal of CO₂ Utilization, 30, 2019, 205-213] Wang J. , Watanabe N., Okamoto, A., Nakamura, K., Komai, T.
- Enhancement of permeability activated by supercritical fluid flow through granite. [Geofluids, Article ID 6053815, 2019, 1-16] Tsuyoshi Nohara, Masaoki Uno, Noriyoshi Tsuchiya
- Evaluation of caldera hosted geothermal potential during volcanism and magmatism in subduction system, NE Japan.

[Geofluids, Article ID 3031586, 2019] Fajar F. Amanda, Ryoichi Yamada, Masaoki Uno, Satoshi Okumura, and Noriyoshi Tsuchiya

- Evidence for multiple stages of serpentinization from the mantle through the crust in the Redwood City Serpentinite mélange along the San Andreas Fault in California. [Lithos, 336-337(15), 2019, 276-292] Masaoki Uno, Stephen Kirby
- Fault weakening caused by smectite swelling. [Earth, Planets and Space, 71, 2019, 131-131] Jun Kameda, Masaoki Uno, Marianne Conin, Kohtaro Ujii, Yohei Hamada, Gaku Kimura
- Formation of secondary olivine after orthopyroxene during hydration of mantle wedge: evidence from the Khantaishir Ophiolite, western Mongolia. [Contributions to Mineralogy and Petrology, 174(86), 2019, 1-22] Otgonbayar Dandar, Atsushi Okamoto, Masaoki Uno, Ryosuke Oyanagi, Takayoshi Nagaya, Ulziiburen Burenjargal, Tsuyoshi Miyamoto, Noriyoshi Tsuchiya
- Fractionation of rare earth elements (REEs) and actinides(U and Th) originating from acid thermal water during artificial and natural neutralization processes of surface waters. [Geochimica Cosmochimica Acta, 249, 2019, 247-262] Yasumasa Ogawaa, Daizo Ishiyama, Naotatsu Shikazono, Kenta Iwane, Tomonori Hoshino, Masahiro Kajiwara, Noriyoshi Tsuchiya, Bernhard Saini-Eidukat, Scott A. Wood
- Geological and engineering features of developing ultra-high-temperature geothermal systems in the world. [Geothermics, 82, 2019, 267-281] Okamoto, K, Asanuma, H., Ishibashia, T., Yamaya, Y., Saishua, H., Yanagisawa, N., Mogi, T., Tsuchiya, N., Okamoto, A., Naganawa, S., Ogawa, Y., Ishitsuka, K., Fujimitsu, Y., Kitamura, K., Kajiwara, T., Horimoto, S., Shimadai, K.
- Mechanisms and possible applications of the Al-H₂O reaction under extreme pH and low hydrothermal temperatures. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(57), 2019, 29903-29921] Vani Novita Alviani, Putri Setiani, Masaoki Uno, Masahiro Oba, Nobuo Hirano, Noriaki Watanabe, Noriyoshi Tsuchiya, Hanae Saishu
- Pyroxene control of H₂ production and carbon storage during water-peridotite-CO₂ hydrothermal reactions. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(49), 2019, 26835-26847] Wang J., Watanabe N., Okamoto, A., Nakamura, K., Komai, T.
- Silica nanoparticles produced by explosive flash vaporization during earthquakes. [Scientific Reports, 9, 2019, 9738-9747] Takashi Amaga, Atsushi Okamoto, Takamasa Niibe, Nobuo Hirano, Kenichi Motomiya & Noriyoshi Tsuchiya
- Stabilizing and enhancing permeability for sustainable and profitable energy extraction from superhot geothermal environments. [Applied Energy, 260(15), 2020 114306] Noriaki Watanabe, Kohei Saito, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takuya Ishibashi, Hanae Saishu, Takeshi Komai, and Noriyoshi Tsuchiya
- Trace element compositions of amphiboles in gabbro mylonites from the Godzilla Megamullion, Parece Vela Basin, Philippine Sea. [Lithos, 344, 2019, 217-231] Harigane Y., Okamoto A, Morishita T, Snow JE, Tamura A, Yamashita H, Michibayashi K, Ohara Y, Arai S
- Utilization of Geothermal Hot Spring for Hydrogen Production

by Al-H₂O Hydrothermal Reaction. [日本地熱学会誌, 41(3), 2019, 101-108] Vani Novita Alviani, Takuya Kosaka, Masahiro Uno, Masahiro Oba, Nobuo Hirano, Noriaki Watanabe, Noriyoshi Tsuchiya and Hanae Saishu

●盛岡市繋温泉地期における中新統デイスサイト質火砕岩類中の石英の熱発光挙動と地熱探査. [日本地熱学会誌, 41, 2019, 15-26] 斉藤遼一, 宍倉美里, 赤塚貴史, 梶原竜哉, 平野伸夫, 土屋範芳

●脆性から延性を示す条件下における単一き裂を有する模擬岩石の力学挙動と浸透率. [Journal of MMIJ (Web), 135(3), 2019, 25-30] 武山詳, 坂口清敏, 渡邊則昭, 土屋範芳

【総説・解説】

●エルサルバドルにおける地熱開発促進と人材育成. [資源・素材 (Web), 2019] 山岸裕幸, 土屋範芳

●機械学習を用いた地熱地域の温度構造推定手法の開発. [資源・素材 (Web), 2019] 石塚師也, 小林洋介, 宇郷翼, 鈴木浩一, 茂木透, 渡邊教弘, 山谷祐介, 岡本京祐, 村田泰章, 浅沼宏, 鈴木杏奈, 岡本敦, 土屋範芳, 北村圭吾, 梶原竜哉, 杉本健, 斎藤遼一

●講座：汎用機器を用いた土壌分析の現在 ―電磁波を用いた分析― 2. 蛍光 X 線分析法による土壌中の多元素の同時ないし迅速逐次分析 [日本土壌肥料学雑誌, 90(6), 2019, 461-467] 山崎慎一

地球開発環境学分野

【論文】

● Mechanical Behavior Comparison of Cemented Sludge Reinforced by Waste Material and Several Crop Residues. [Journal of Advanced Experimental Mechanics, 4, 2019, 186-191] Thanh Nga DUONG, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI

● Tensile behaviors of natural fiber and cement reinforced soil subjected to direct tensile test. [Journal of Building Emgineering, 24, 2019, 1-10] Khiem Quang Tran, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi

●繊維質固化処理土の強度定数に関する研究. [テラメカニクス, 39, 2019, 95-98] 高橋弘, 窪田春香, 松島昂汰, 里見知昭

●軟弱泥土のパケット掘削における抵抗力と地盤強度に関する研究. [テラメカニクス, 39, 2019, 117-122] 高橋裕介, 里見知昭, 高橋弘

地球開発環境学分野（坂口研）

【論文】

● Cloud-fracture networks as a means of accessing superhot geothermal energy [Scientific Reports, 9 (Article number: 939), 2019] Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Ryota Goto, Takahiro Miura, Kota Yamane, Takuya Ishibashi, Youqing Chen, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

●脆性から延性を示す条件下における単一き裂を有する模擬岩石の力学挙動と浸透率. [Journal of MMIJ, 135(3), 2019, 25-30] 武山祥, 坂口清敏, 渡邊則昭, 土屋範芳

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】

● Achievements of NEDO Durability Projects on SOFC Stacks in the Light of Physicochemical Mechanisms. [Fuel Cells, 19(4), 2019, 311-339] Yokokawa H, Suzuki M, Yoda M, Suto T, Tomida K, Hiwatashi K, Shimazu M, Kawakami A, Sumi H, Ohmori M, Ryu T, Mori N, Iha M, Yatsuzuka S, Yamaji K, Kishimoto H, Develos-Bagarinao K, Shimonosono T, Sasaki K, Taniguchi S, Kawada T, Muramatsu M, Terada K, Eguchi K, Matsui T, Iwai H, Kishimoto M, Shikazono N, Mugikura Y, Yamamoto T, Yoshikawa M, Yasumoto K, Asano K, Matsuzaki Y, Sato K, Somekawa T.

● Contraction of Porous Nickel during Low Temperature Oxidation. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 1979-1984] Yutaro Morishita, Fei Zhao, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada

● Correlation between Electrode Reaction and Chromium Deposition in SOFC Cathodes. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 1231-1237] Shota Kageyama, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa

● Evaluation Method of Current Distribution in SOFC in Operation. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 579-588] Takashi Tsuchikura, Tadashi Sakamoto, Tenyo Zukawa, Hirofumi Sumi, Kazuhisa Sato, Keiji Yashiro, Toshiyuki Hashida, Tatsuya Kawada

● Evaluation of electrochemical properties of LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O_{3-δ} - Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{1.95} composite as air electrode for SOFC. [Solid State Ionics, 332, 2019, 70-76] Budiman R.A, Hashimoto S, Fujimaki Y, Nakamura T, Yashiro K, Amezawa K, Kawada T.

● Evaluation of Titanium Based Alloys as Interconnects for the Light Weight SOFC System. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 2279-2290] Keiko Kobayashi, Ryuichi Miyata, Keiji Yashiro, Hitoshi Takamura, Kyosuke Yoshimi, Tatsuya Kawada, Shinichi Hashimoto, Keiichi Okai

● Material Development Strategy of Lightweight Solid Oxide Fuel Cells for Airplane System Electrification. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 311-318] Shinichi Hashimoto, Tomohisa Hirota, Kenji Suzuki, Tomoaki Namioka, Hibiki Ito, Ryuichi Miyata, Keiko Kobayashi, Keiji Yashiro, Hitoshi Takamura, Tatsuya Kawada, Kyosuke Yoshimi, Norito Kijima, Takaaki Manabe, Tetsuo Tsuchiya, Takayuki Kojima, Keiichi Okai

● Study of CaTiO₃ Based Ionic Conductors for Lightweight SOFCs. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 1217-1222] Kenji Suzuki, Yuna Kouchi, Tomohisa Hirota, H Kato, Tomoaki Namioka, Hibiki Ito, Hyun-Jin Hong, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Keiichi Okai, Shinichi Hashimoto

● Variation of Mechanical Properties of YSZ upon Cubic to Tetragonal Phase Transformation Promoted by Impurity Ni. [ECS Transactions, 91(1), 2019, 837-845] Hitomi Umemura, Chikara Sekizawa, Satoshi Watanabe, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada

エネルギー資源リスク評価学分野

【論文】

● A Case Study of Natural Attenuation of Chlorinated Solvents Under Unstable Groundwater Conditions in Takahata, Japan. [Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 102(2), 2019, 280-286] Yoshishige Kawabe, Takeshi Komai, Takeshi Komai

● Acceleration of hydrogen production during water-olivine-CO₂ reactions via high-temperature-facilitated Fe(II) release. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(23), 2019, 11514-11524] J. Wang, N. Watanabe, A. Okamoto, K. Nakamura, T. Komai

● Cloud-fracture networks as a means of accessing superhot geothermal energy. [Scientific Reports, 9(939), 2019, 1-11] Noriaki Watanabe, Kiyotoshi Sakaguchi, Ryota Goto, Takahiro Miura, Kota Yamane, Takuya Ishibashi, Youqing Chen, Takeshi Komai, Noriyoshi Tsuchiya

● Construction of a conceptual model for confined groundwater flow in the Gunii Khooloi Basin, Southern Gobi Region, Mongolia. [Hydrogeology Journal, 27(2), 2019, 1-16] Batdemberel Bayanzul, Kengo Nakamura, Isao Machida, Noriaki Watanabe, Komai Takeshi

● Enhanced hydrogen production with carbon storage by olivine alteration in CO₂-rich hydrothermal environments. [Journal of CO₂ Utilization, 30(3), 2019, 205-213] J. Wang, N. Watanabe, A. Okamoto, K. Nakamura, T. Komai

● Geochemical Investigation of Metals and Trace Elements around the Abandoned Cu-Ni Mine Site in Selibe Phikwe, Botswana. [Journal of Geoscience and Environment Protection, 7(5), 2019, 275-293] Fiona S. Motswaiso, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai

● Local non-vuggy modeling and relations among porosity, permeability and preferential flow for vuggy carbonates. [Engineering Geology, 258(8), 2019, 197-206] N. Watanabe, H. Kusanagi, T. Shimazu, M. Yagi

● Mechanisms and possible applications of the Al-H₂O reaction under extreme pH and low hydrothermal temperatures. [International Journal of Hydrogen Energy, accepted] V. N. Alviani, P. Setiani, M. Uno, M. Oba, N. Hirano, N. Watanabe, N. Tsuchiya, H. Saishu

● NaHCO₃-promoted olivine weathering with H₂ generation and CO₂ sequestration in alkaline hydrothermal system. [Earth and Environmental Science, 257(12017), 2019, 1-7] J Wang, K Nakamura, N Watanabe, A Okamoto and T Komai

● Numerical Study on Enhanced Gas Recovery from Methane Hydrate Reservoir During In-situ Heating Process by Acid Injection. [International Journal of Offshore and Polar Engineering, 29(3), 2019, 347-358] Yasuhide Sakamoto, Fuyuki Kaneko, Yusuke Nakano, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Pyroxene control of H₂ production and carbon storage during water-peridotite-CO₂ hydrothermal reactions. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(49), 2019, 26835-26847] Jiajie Wang, Noriaki Watanabe, Atsushi Okamoto, Kengo Nakamura, Takeshi Komai

● Three-dimensional channeling flow within subsurface rock fracture networks suggested via fluid flow analysis in the Yufutsu fractured oil/gas reservoir. [Journal of Petroleum Science and Engineering, 178, 2019, 838-851] T. Ishibashi, N. Watanabe, T. Tamagawa, N. Tsuchiya

●脆性から延性を示す条件下における単一き裂を有する 模擬岩石の力学挙動と浸透率. [Journal of MMIJ, 135(3), 2019, 25-30] 武山詳, 坂口清敏, 渡邊則昭, 土屋範芳

●津波堆積物に含有する重金属等の化学組成と地下水・土壌への影響. [日本地下水学会誌, 61(1), 2019, 47-54] 駒井武

●難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式 に関するウォータージェットを用いた現場実証試験. [地盤工学ジャーナル, 14(2), 2019, 149-159] 上沢進, 張銘, Robert C. Borden, 駒井武

●難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式に関する研究 ―基本性能に関する理論的検討―. [地盤工学ジャーナル, 14(2), 2019, 141-148] 上沢進, 張銘, 駒井武

【総説・解説】

●豊洲市場土壌汚染問題の教訓. [環境管理, 55(6), 2019, 26-33] 駒井武

環境共生機能学分野

【論文】

● Aqueous Chemical Synthesis and Consolidation of Size-Controlled Bi₂Te₃ Nanoparticles for Low-Cost and High-Performance Thermoelectric Materials. [JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS, 48(5), 2019, 2700-2711] Nakamoto Tatsuichiro, Yokoyama Shun, Takamatsu Tomohisa, Harata Koichi, Motomiya Kenichi, Takahashi Hideyuki, Miyazaki Yuzuru, Tohji Kazuyuki

● Bandgap engineering of NiWO₄/CdS solid Z-scheme system via an ion-exchange reaction. [APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL, 241, 2019, 284-291] Li Mingjie, Yokoyama Shun, Takahashi Hideyuki, Tohji Kazuyuki

● Designed synthesis of highly catalytic Ni-Pt nanoparticles for fuel cell applications. [SN Applied Sciences, 1:124, 2019] K. Taniguchi, K. Shinoda, Jhon L. Huaman, S. Yokoyama, M. Uchikoshi, T. Matsumoto, K. Suzuki, H. Miyamura, B. Jeyadevan

● Electricity Generation by a Methanogen Cathode Microbial Fuel Cell. [Journal of Animal Production Environment Science, 19, 2019, in press] Masaki UMETSU, Yasuhiro FUKUDA, Hideyuki TAKAHASHI, Chika TADA

● Functional Group Distribution of the Carrier Surface Influences Adhesion of Methanothermobacter thermautotrophicus. [Archaea, 2019] Masaki Umetsu, Takaaki Sunouchi, Yasuhiro Fukuda, Hideyuki Takahashi and Chika Tada

● Surface treatment of Cu nanowires using hydroxy acids to form oxide-free Cu junctions for high-performance transparent conductive films. [Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 583(20), 2019,

123939] Shun Yokoyama, Honoka Kimura, Hiroki Oikawa, Kenichi Motomiya; Balachandran Jeyadevan, Hideyuki Takahashi,

国際エネルギー資源学分野

【論文】

- Contradictory but also complementary: National and local imaginaries in Japan and Fukushima around transitions to hydrogen and renewables. [Energy Research & Social Science, 49, 2019, 209-218] Trencher, Gregory; van der Heijden, Jeroen
- Discursive resistance to phasing out coal-fired electricity: Narratives in Japan's coal regime. [Energy Policy, 132, 2019, 782-796] Trencher, G., N. Healy, K. Hasegawa & J. Asuka
- Instrument interactions and relationships in policy mixes: Achieving complementarity in building energy efficiency policies in New York, Sydney and Tokyo. [Energy Research & Social Science, 54, 2019, 34-45] Gregory Trencher, Jeroen van der Heijden
- Understanding Nature through Photography: An Empirical Analysis of the Intents of Nature Photographers and the Preparatory Process. [Environmental Communication, 13(8), 2019, 1053-1068] Naoyuki Ohara, Yasuhiro Yamanaka, Gregory Trencher
- Stretching "smart": advancing health and well-being through the smart city agenda. [Local Environment, 24, 2019, 610-627] Trencher, G. & A. Karvonen
- Transformative capacity and local action for urban sustainability. [Ambio, 8, 2019, 449-462] Castán Broto, V., G. Trencher, E. Iwaszuk & L. Westman
- Towards the smart city 2.0: Empirical evidence of using smartness as a tool for tackling social challenges. [Technological Forecasting & Social Change, 142, 2019, 117-128] Trencher, G.

環境政策学講座

環境・エネルギー経済学分野

【論文】

- An estimation of the amount of dissipated alloy elements in special steel from automobile recycling. [MATERIAUX & TECHNIQUES, 107(1), 2019] Zhang Zhengyang, Takeyama Kentaro, Ohno Hajime, Matsubae Kazuyo, Nakajima Kenichi, Nagasaka Tetsuya
- Estimating Tsunami Economic Losses of Okinawa Island with Multi-Regional-Input-Output Modeling. [GEOSCIENCES, 9(8), 2019] Pakoksung Kwanchai, Suppasri Anawat, Matsubae Kazuyo, Imamura Fumihiko
- Global Distribution of Used and Unused Extracted Materials Induced by Consumption of Iron, Copper, and Nickel. [ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, 53(3), 2019,

1555-1563] Nakajima Kenichi, Noda Shoichiro, Nansai Keisuke, Matsubae Kazuyo, Takayanagi Wataru, Tomita Makoto

- Mining, land restoration and sustainable development in isolated islands: An industrial ecology perspective on extractive transitions on Nauru. [AMBIO, 48(4), 2019, 397-408] Clifford Martin J., Ali Saleem H., Matsubae Kazuyo

寄附講座 (DOWA ホールディングス)

環境物質政策学講座

環境物質政策学分野

【論文】

- Conductive Effect of Increased Crystallinity of Single-Walled Carbon Nanotubes as Field Emitter. [Perspective of Carbon Nanotubes, 1(1), 2019, 1-18] SHIMOI Norihiro
 - Field-emission durability employing highly crystalline single-walled carbon nanotubes in a low vacuum with activated gas. [Journal of Physics D: Applied Physics, 52, 2019, 505303-505303] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji
 - Highly Crystalline Single-Walled Carbon Nanotube Field Emitters: Energy Loss-Free High Current Output and Long Durability with High Power. [ACS Applied Electronic Materials, 2019(1), 2019, 163-171] Norihiro Shimoi, Yoshinori Sato, Kazuyuki Tohji
 - Nonthermal crystal bridging of ZnO nanoparticles by nonequilibrium excitation reaction of electrons and plasma without cross-linking agent on plastic substrate. [Journal of Alloys and Compounds, 797(15), 2019, 676-683] Norihiro Shimoi, Shun-Ichiro Tanaka
 - Selection of optimum binder for powder silicon anode in lithium-ion batteries based on the impact of its molecular structure on charge-discharge behaviour. [Coatings, 9(11), 2019, 732-732] SHIMOI, Norihiro
 - Simple planar field-electron emitter using highly crystalline single-walled carbon nanotubes in a triode structure with in-plane under-gate electrode. [Journal of Vacuum Science & Technology B, 37(2), 2019, 021201-1] Shoichi Kumon, Norihiro Shimoi
- 【著書】
- Perspective of Carbon Nanotubes. [InTech-open science, 2019] Norihiro Shimoi, etc
 - カーボンナノチューブの表面処理・分散技術と複合化事例。(『カーボンナノチューブを利用した電子材料の開発』) [技術情報協会, 2019] 下位法弘 ほか
- 【特許】
- ZnO 薄膜の製造方法、透明電極の製造方法、ZnO 薄膜、および透明電極 [特願 2019-228641] 下位法弘, 田中俊一郎

連携講座

環境リスク評価学分野

【論文】

- Geological and engineering features of developing ultra-high-temperature geothermal systems in the world. [Geothermics,82, 2019, 267-281] Kyosuke Okamoto, Hiroshi Asanuma, Takuya Ishibashi, Yusuke Yamaya, Hanae Saishu, Norio Yanagisawa, Toru Mogi, Noriyoshi Tsuchiya, Atsushi Okamoto, Shigemi Naganawa, Yasuo Ogawa, Kazuya Ishitsuka, Yasuhiro Fujimitsu, Keigo Kitamura, Tatsuya Kajiwara, Seiki Horimoto, Kuniaki Shimada
- Groundwater response to tidal fluctuations in a leaky confined coastal aquifer with a finite length [Hydrological Processes, 33, 2019, 2551-2560] Zhixue Zhao, Xiaoguang Wang, Yonghong Hao, Tongke Wang, Abderrahim Jardani, Herve Jourde, Tian-Chyi Jim Yeh, Ming Zhang
- 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 (In press)] Yasuhide Sakamoto, Fuyuki Kaneko, Yusuke Nakano, Kengo Nakamura, Takeshi Komai
- Numerical Study on Enhanced Gas Recovery from Methane Hydrate Reservoir during In Situ Heating Process by Acid Injection [INTERNATIONAL JOURNAL OF OFFSHORE AND POLAR ENGINEERING, 29(3), 2019, 347-358] Yasuhide Sakamoto, Fuyuki Kaneko, Yusuke Nakano, Kengo Nakamura, Takeshi Komai
- 難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式に関するウォータージェットを用いた現場実証試験 [地盤工学ジャーナル, 14(2), 2019, 149-159] 上沢進, 張銘, Robert C. Borden, 駒井武
- 難透水性地盤におけるバイオレメディエーションのための浄化促進剤投入方式に関する研究 [地盤工学ジャーナル, 14(2), 2019, 141-148] 上沢進, 張銘, 駒井武

都市環境・環境地理学講座

自然 / 人間環境地理学分野

【論文】

- Associations of neighborhood walkability with intensity and about-specific physical activity and sedentary behavior of older adults in Japan. [Geriatrics & gerontology international, 2019, 861-867] Amagasa S, Inoue S, Fukushima N, Kikuchi H, Nakaya T, Hanibuchi T, Sallis JF, Owen N
- Cognitive Function of Elderly Persons in Japanese Neighborhoods: The Role of Street Layout. [American journal of Alzheimer's disease and other dementias, 34(6), 2019, 381-389] Koohsari MJ, Nakaya T, McCormack GR, Shibata A, Ishii K, Yasunaga A, Oka K
- Diet Quality Affects the Association between Census-Based Neighborhood Deprivation and All-Cause Mortality in Japanese Men and Women: The Japan Public Health Center-Based Prospective Study. [Nutrients 11(9), 2019, pii: E2194. doi:10.3390/nu11092194] Kurotani K, Honjo K, Nakaya T, Ikeda A, Mizoue T, Sawada N, Tsugane S, Japan, Public Health Center-based Prospective Study Group
- Dog-walking in dense compact areas: The role of neighbourhood built environment. [Health and Place, 2019(Epub ahead of print)] Mohammad Javad Koohsari, Tomoki Nakaya, Gavin R. McCormack, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Yung Liao, Koichiro Oka
- Equality of Treatment for Hip Fracture Irrespective of Regional Differences in Socioeconomic Status: Analysis of Nationwide Hospital Claims Data in Japan. [The Tohoku journal of experimental medicine, 247(3), 2019, 161-171] Tomioka S, Fujino Y, Nakaya T, Ohtani M, Kubo T, Matsuda S
- Evidence for urban design and public health policy and practice: Space Syntax metrics and neighborhood walking. [Health and Place, 2019(Epub ahead of print)] Gavin R. McCormack, Mohammad Javad Koohsari, Liam Turley, Tomoki Nakaya, Ai Shibata, Kaori Ishii, Akitomo Yasunaga, Koichiro Oka
- 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, 2019, Article ID: JE20180247] Takahashi K, Takahashi H, Nakaya T, Yasumura S, Ohira T, Ohto H, Ohtsuru A, Midorikawa S, Suzuki S, Shimura H, Yamashita S, Tanigawa K, Kamiya K
- Population-Based Cohort Study on Health Effects of Asbestos Exposure in Japan. [Cancer science, 110, 2019, 1076-1084] Zha L, Kitamura Y, Kitamura T, Liu R, Shima M, Kurumatani N, Nakaya T, Goji J, Sobue T
- Post-disaster health issues and coastal infrastructure reconstruction after the Great East Japan Earthquake and

Tsunami. [ASM Science Journal Special Issue, 2019 (in press)] Tashiro, A., Nakaya, T.

- The importance of scale in spatially varying coefficient modeling. [Annals of the American Association of Geographers, 109(1), 2019, 50-70] Murakami, D., Lu, B., Harris, P., Brunson, C., Charlton, M., Nakaya, T., & Griffith, D. A.
- Urban design and Japanese older adults' depressive symptoms. [Cities, 87, 2019, 166-173] Koohsari, M. J., McCormack, G. R., Nakaya, T., Shibata, A., Ishii, K., Yasunaga, A., Hanibuchi, T., Oka, K.
- Virtual audits of streetscapes by crowdworkers. [Health and Place, 2019(Epub ahead of print)] Hanibuchi T, Nakaya T, Inoue S.
- Walkable Urban Design Attributes and Japanese Older Adults' Body Mass Index: Mediation Effects of Physical Activity and Sedentary Behavior. [American Journal of Health Promotion, Vol. 33(5), 2019, 764-767] Koohsari, M. J., Kaczynski, A. T., Nakaya, T., Shibata, A., Ishii, K., Yasunaga, A., Stowe, E.W., Hanibuchi, T., and Oka, K.
- Walking-friendly built environments and objectively measured physical function in older adults. [Journal of Sport and Health Science, 2019(Epub ahead of print)] Koohsari, M. J., McCormack, G. R., Nakaya, T., Shibata, A., Ishii, K., Yasunaga, A., Liao, Y. & Oka, K.
- 近年の新聞報道からみた全国の社寺における盗難および放火・不審火被害の時期的・地域的傾向. [歴史都市防災論文集, 13, 2019, 171-178] 谷崎友紀, 中谷友樹
- マングローブ生態系の機能・サービスと Human wellbeing との関連: インドネシアのエコツーリズムビレッジを事例として. [環境情報科学学術研究論文集 33, 2019, 259-264] 田代藍, シティ・ズライハ・ナウアウイ, 中谷友樹
- 【総説・解説】
- ウォーカビリティと健康な街. [日本不動産学会誌, 2019, 160, 73-78] 中谷友樹, 埴淵知哉
- 都市空間における格差と健康. [都市計画, 340, 2019, 48-51] 中谷友樹
- 【著書】
- The Atlas of Health Inequalities in Japan. [Springer, 2019] Nakaya, T. and Ito, Y. eds.
- 都市内集住地 (3) 名古屋市・豊田市・四日市市・京都市. [石川義孝編『地図でみる日本の外国人 改訂版』ナカニシヤ出版, 2019, 58-59] 中谷友樹

太陽地球システム・エネルギー学講座

資源利用プロセス学分野

【論文】

- Effect of Types of Carbonaceous Material and CaO Addition on Reduction Behavior of Pre-reduced Iron Ore-Carbon Composite. [ISIJ International, 59, 2019, 1011-1017] Taichi Murakami, Hiroto Shinomiya, Daisuke Maruoka, Eiki Kasai

- Morphology Change and Carburization Characteristic of Iron Ore-Coal Composite During Reduction under a Simulated Condition of Blast Furnace. [ISIJ International, 59 (11), 2019, 1982-1990] Tsung-Yen Huang, Daisuke Maruoka, Taichi Murakami, Eiki Kasai
- 鉄鉱石の造粒過程における鉱石粒子内部への水分移動挙動. [鉄と鋼, 105(11), 2019, 1033-1041] 樋口隆英, Liming LU, 葛西栄輝

地球システム計測学分野

【論文】

- Chlorine partitioning near the polar vortex boundary observed with ground-based FTIR and satellites at Syowa Station, Antarctica in 2007 and 2011. [Atmos. Chem. Phys. Discuss., acp-2019-443] Hideaki Nakajima, Isao Murata, Yoshihiro Nagahama, Hideharu Akiyoshi, Kosuke Saeki, Takeshi Kinase, Masanori Takeda, Yoshihiro Tomikawa, and Nicholas B. Jones
- Contribution of horizontal and vertical advection to the formation of small-scale vertical structures of ozone in the lower and middle stratosphere at Fairbanks, Alaska. [Atmos. Chem. Phys. Discuss., acp-2019-837] Miho Yamamori, Yasuhiro Murayama, Kazuo Shibasaki, Isao Murata, and Kaoru Sato

水資源システム学分野

【論文】

- Assays for specific growth rate and cell-binding ability of rotavirus. [Journal of Visualized Experiments, 143(e58821), 2019] Syun-suke Kadoya, Daisuke Sano
- Fecal source tracking in a wastewater treatment and reclamation system using membrane bioreactor evidenced by molecular epidemiology of multiple waterborne gastroenteritis viruses. [Pathogens, 8(4), 2019, 170-170] Zheng Ji, Xiaochang C. Wang, Limei Xu, Chongmiao Zhang, Cheng Rong, Andri Taruna Rachmadi, Mohan Amarasiri, Satoshi Okabe, Naoyuki Funamizu, Daisuke Sano
- Predictive water virology: Hierarchical Bayesian modeling for estimating virus inactivation curve. [Water, 11(10), 2019, 2187-2187] Syun-suke Kadoya, Osamu Nishimura, Hiroyuki Kato, Daisuke Sano
- Revisiting the effects of powdered activated carbon on membrane fouling mitigation in an anaerobic membrane bioreactor by evaluating long-term impacts on the surface layer. [Water Research, 167, 2019, 115137-115137] Zhen Lei, Shuming Yang, Xiang Li, Wen Wen, Xingyuan Huang, Yuan Yang, Xiaochang Wang, Yu-You Li, Daisuke Sano, Rong Chen
- Sign-constrained linear regression for prediction of microbe concentration based on water quality datasets. [Journal of Water and Health, 17(3), 2019, 404-415] Tsuyoshi Kato, Ayano Kobayashi, Wakana Oishi, Syun-suke Kadoya,

Satoshi Okabe, Naoya Ohta, Mohan Amarasiri, Daisuke Sano

- Specific interactions between human norovirus and environmental matrices: Effects on the virus ecology. [Viruses, 11(3), 2019, 224-224] Mohan Amarasiri, Daisuke Sano
- Specific interactions of rotavirus HAL1166 with Enterobacter cloacae SENG-6 and their contribution on rotavirus HAL1166 removal. [Water Science and Technology, 79(2), 2019, 342-348] Mohan Amarasiri, Hiroki Kawai, Masaaki Kitajima, Satoshi Okabe, Daisuke Sano
- 各戸導入型小型水供給設備の利用における水安全計画的アプローチによる健康リスク管理. [土木学会論文集, accepted] 門屋俊祐, 牛島健, 伊藤竜生, 長谷川祥樹, 三浦尚之, 秋葉道宏, 西村修, 佐野大輔
- 【著書】
- A QMRA Framework for Sanitation Treatment Decisions. [http://www.waterpathogens.org/book/a-QMRA-framework-for-sanitation-treatment-decisions, 2019] Daisuke Sano, Carles N. Haas, Joan B. Rose

自然共生システム学講座

資源再生プロセス学分野

【論文】

- A combined kinetic and thermodynamic approach for interpreting the complex interactions during chloride volatilization of heavy metals in municipal solid waste fly ash. [Waste Management, 87, 2019, 204-217] 倉島健太, 松田佳歩, 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明
- Adsorption of Cu²⁺ and Ni²⁺ by Oxalic Acid Crosslinked Chitosan-modified Montmorillonite. [Soft Materials, 2019] Tomohito Kameda, Mao Takaizumi, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Adsorption of Cu²⁺ and Ni²⁺ by tripolyphosphate-crosslinked chitosan-modified montmorillonite. [Journal of Solid State Chemistry, 277, 2019, 143-148] Tomohito Kameda, Reina Honda, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Adsorption of urea, creatinine, and uric acid onto spherical activated carbon. [Separation and Purification Technology, 237, 2019, 116367-116367] Tomohito Kameda, Kazuya Horikoshi, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka
- Beech Wood Pyrolysis in Polyethylene Melt as a Means of Enhancing Levoglucosan and Methoxyphenol Production. [SCIENTIFIC REPORTS, 9(1955), 2019] Shogo Kumagai, Kohei Fujita, Yusuke takahashi, Yumi Nakai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka
- Deducing targets of emerging technologies based on ex ante life cycle thinking: Case study on a chlorine recovery process for polyvinyl chloride wastes. [Resources, Conservation and Recycling, 151, 2019, 104500-104500] Jiaqi Lu, Shogo Kumagai, Hajime Ohno, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka, Yasuhiro Fukushima
- Degradation of PVC waste into a flexible polymer by chemical modification using DINP moieties. [RSC Advances,

9(49), 2019, 28870-28875] Lihui Lu, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Ligang Luo, Toshiaki Yoshioka

● Effects of acetic acid pretreatment and pyrolysis temperatures on product recovery from Fijian sugarcane bagasse. [Waste and Biomass Valorization, 2019] Viliame Savou, Shogo Kumagai, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Hydrogen and steam injected tandem μ -reactor GC/FID system: Phenol recovery from bisphenol A and alkylphenols using Ni/Y zeolite. [Reaction Chemistry & Engineering, 4(12), 2019, 2099-2107] Shogo Kumagai, Masaki Asakawa, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Norio Teramae, Chuichi Watanabe, Toshiaki Yoshioka

● Impact of Common Plastics on Cellulose Pyrolysis. [Energy & Fuels, 33(7), 2019, 6837-6841] Shogo Kumagai, Miki Yamamoto, Yusuke Takahashi, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Impacts of pyrolytic interactions during the co-pyrolysis of biomass/plastic: Synergies in lignocellulose-polyethylene system. [Journal of the Japan Institute of Energy, 98, 2019, 202-219] Shogo Kumagai, Kohei Fujita, Yusuke Takahashi, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Mg-Al layered double hydroxide intercalated with CO_3^{2-} and its recyclability for treatment of SO_2 . [Applied Clay Science, 2019] Tomohito Kameda, Masahito Tochinal, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Practical dechlorination of polyvinyl chloride wastes in NaOH/ethylene glycol using an up-scale ball mill reactor and validation by discrete element method simulations. [Waste Management, 99, 2019, 31-41] 陸嘉喜, 欺琴高娃, 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明

● Pyrolysis of sugarcane bagasse pretreated with sulfuric acid. [Journal of the Energy Institute, 92(4), 2019, 1149-1157] V. Savou, S. Kumagai, G. Grause, T. Kameda, Y. Saito, T. Yoshioka

● Removal of Mn and Cd contained in mine wastewater by Mg-Al-layered double hydroxides. [Journal of Material Cycles and Waste Management, 21(5), 2019, 1232-1241] Mir Tamzid Rahman, Tomohito Kameda, Takao Miura, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Separation mechanism of polyvinyl chloride and copper components from swollen electric cables by mechanical agitation. [Waste Management, 93, 2019, 54-62] 陸嘉喜, 徐静, 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明

● Separation of copper and polyvinyl chloraide from thin waste electric cables:A combined PVC-swelling and centrifugal approach. [Waste Management, 89, 2019, 27-36] 徐静, 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 高橋憲史, 林浩志, 吉岡敏明

● Simultaneous recovery of H_2 -rich syngas and removal of HCN during pyrolytic recycling of polyurethane by Ni/Mg/Al catalysts. [Chemical Engineering Journal, 361, 2019, 408-415] 熊谷将吾, 矢吹良介, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明

● Temperature-dependent pyrolysis behavior of polyurethane elastomers with different hard- and soft-segment

compositions. [Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 145, 2019, 104754-104754] Yuya Nishiyama, Shogo Kumagai, Suguru Motokucho, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atushi Watanabe, Hisayuki Nakatani, Toshiaki Yoshioka

● Treatment of NO_x using recyclable CO_3^{2-} -intercalated Mg-Al layered double hydroxide. [Atmospheric Pollution Research, 10(6), 2019, 1866-1872] Tomohito Kameda, Masahito Tochinal, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Uptake of heavy metal cations by chitosan-modified montmorillonite: Kinetics and equilibrium studies. [Materials Chemistry and Physics, 236, 2019, 121784-121784] Tomohito Kameda, Reina Honda, Shogo Kumagai, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka

● Uptake of Ni^{2+} and Cu^{2+} by Zn-Al layered double hydroxide intercalated with carboxymethyl-modified cyclodextrin: Equilibrium and kinetic studies. [Materials Chemistry and Physics, 233, 2019, 288-295] 亀田知人, 高泉真央, 熊谷将吾, 齋藤優子, 吉岡敏明

●動脈産業と静脈産業の協働による持続可能なプラスチックリサイクルシステムの構築. [環境情報科学, 48(3), 2019, 39-44] 吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾

【総説・解説】

●球核体を用いたポリ塩化ビニルの化学修飾. [月刊ファインケミカル, 48(6), 2019, 49-59] 吉岡敏明

環境分析化学分野

【論文】

● Capillary electrophoretic reactor for estimation of spontaneous dissociation rate of Trypsin-Aprotinin complex. [Anal. Biochem., 585, 2019, 113406-113406] Yumiko Sasaki, Yosuke Sato, Toru Takahashi, Mitsuo Umetsu, and Nobuhiko Iki

● Facile Preparation of Highly Luminescent Materials by Electrostatic Immobilization of Anionic Metal Complex onto Anion-Exchanger as Exemplified with Tri-Terbium(III) Cluster Complex of Thiocalix[4]arene-*p*-tetrasulfonate. [Bulletin of the Chemical Society of Japan, 92(11), 2019, 1847-1852] Narumi Shiraiishi ,Ryunosuke Karashimada , and Nobuhiko Iki

【総説・解説】

● Speciation of Chromium. [Analytical Sciences, 35(1), 2019, 1-2] Iki Nobuhiko

● Central Scienceとしての分析化学. [ぶんせき, 15, 2019, 185-185] 壹岐伸彦

●化学の感動を共有する喜び. [化学と工業, 72(9), 791-791] 壹岐伸彦
●がんのセラノスティクスを志向した Pt(II)- グラジカル金属錯体の設計. [電子情報通信学会技術研究報告, 119(15), 2019, 9-12] 澤村瞭太, 鈴木敦子, 壹岐伸彦

環境生命機能学分野

● A highly sensitive endotoxin sensor based on redox cycling in a nanocavity. [Analyst, 144, 2019, 3659-3667, 10.1039/

C9AN00478E] Kentaro Ito, Kumi Y. Inoue, Kosuke Ino, Tomokazu Matsue, Hitoshi Shiku

● Combination of double-mediator system with large-scale integration-based amperometric devices for detecting NAD(P)H:quinone oxidoreductase 1 activity of cancer cell aggregates. [ACS Sensors, 4(6), 2019, 1619-1625, Selected as a supplementary cover, 10.1021/acssensors.9b00344] Kosuke Ino, Takehiro Onodera, Mika T. Fukuda, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

● Differential electrochemicolor imaging using LSI-based device for simultaneous detection of multiple analytes. [Sensors and Materials, 31(1), 2019, 13-22. Selected as a cover, 10.18494/SAM.2019.2035] Kosuke Ino, Takehiro Onodera, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

● Electric and electrochemical microfluidic devices for cell analysis. [Frontiers in Chemistry, 7, (2019), 396, 10.3389/fchem.2019.00396] Kaoru Hiramoto, Kosuke Ino, Yuji Nashimoto, Kentaro Ito, Hitoshi Shiku

● Electrochemical biosensing system for single cells,cellular aggregates and microenvironments. [Analytical Sciences, 35(1), 2019, 29-38, 10.2116/analsci.18SDR01] Hitoshi Shiku

● Electrochemical fabrication of fibrin gels via cascade reaction for cell culture. [Chemical Communications, 55, 2019, 5335-5338. Selected as a back cover, 10.1039/C9CC01576K] Noriko Taira, Kosuke Ino, Tatsuki Kumagai, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

● Electrochemical imaging of cell activity in hydrogels embedded in grid-shaped polycaprolactone scaffolds using a large-scale integration (LSI)-based amperometric device. [Analytical Sciences, 35(1), 2019, 39-43, 10.2116/analsci.18SDP01] Kosuke Ino, Yuki Yokokawa, Noriko Taira, Atsushi Suda, Ryota Kunikata, Yuji Nashimoto, Tomokazu Matsue, Hitoshi Shiku

● Electrodeposition-based rapid bioprinting of 3D-designed hydrogels with a pin art device. [Biofabrication, 11, 2019, 035018, 10.1088/1758-5090/ab166e] Noriko Taira, Kosuke Ino, Hiroki Ida, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

● Genipin crosslinking of electrodeposited chitosan/gelatin hydrogels for cell culture. [Chemistry Letters, 48, 2019, 1178-1180, 10.1021/acs.analchem.9b02062] Ayako Tamura, Kaoru Hiramoto, Kosuke Ino, Noriko Taira, Yuji Nashimoto, Hitoshi Shiku

● Scanning electrochemical cell microscopy for visualization and local electrochemical activities of lithium-ion (de) intercalation process in lithium-ion battery electrodes. [Surface and Interface Analysis, 51, 2019, 27-30, 10.1002/sia.6538] Akichika Kumatani, Yasufumi Takahashi, Chiho Miura, Hiroki Ida, Hirotaka Inomata, Hitoshi Shiku, Hirokazu Munakata, Kiyoshi Kanamura, Tomokazu Matsue

● Site-specific cytosol sampling from a single cell in an intact tumor spheroid using an electrochemical syringe. [Analytical Chemistry, 91(14), 2019, 8772-8776, Selected as a cover, 10.1021/acs.analchem.9b02062] Yuji Nashimoto, Masakuni Echigo, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku

●走査型イオンコンダクタンス顕微鏡による多項目ナノイメージング. [高分子, 68 巻, 12 月号, 2019] 梨本裕司, 平典子, 伊野浩介, 珠玖仁

●電気化学計測デバイスを用いた細胞の消費物・分泌物評価. [Electrochemistry, 87, 323-328, 2019, 10.5796/denkikagaku.19-FE0032] 平本薫, 伊野浩介, 梨本裕司, 珠玖仁

資源循環プロセス学講座

環境グリーンプロセス学分野

【論文】

● Application of the Preferential Solvation Viscosity Model to Binary Liquid Mixtures: Aqueous, Nonaqueous, Ionic Liquid, and Deep Eutectic Solvent Systems. [Industrial and Engineering Chemistry Research, 58, 2019, 14991-15002] Alif Duereh, Yoshiyuki Sato, Richard Lee Smith, Hiroshi Inomata

● Black liquor-derived calcium-activated biochar for recovery of phosphate from aqueous solutions. [Bioresource Technology, 294, 2019] Xiaoning Liu, Feng Shen, Richard L. Smith, Xinhua Qi

● Correction to “Correspondence between Spectral-Derived and Viscosity-Derived Local Composition in Binary Liquid Mixtures Having Specific Interactions with Preferential Solvation Theory” [Journal of Physical Chemistry B, 123(1), 2019, 325-325] Alif Duereh, Yoshiyuki Sato, Richard Lee Smith, Hiroshi Inomata

● Efficient catalytic transfer hydrogenation of biomass-based furfural to furfuryl alcohol with recyclable Hf-phenylphosphonate nanohybrids. [Catalysis Today, 319, 2019, 84-92] Hu Li, Yan Li, Zhen Fang, Richard L. Smith

● Hydrogen gas-free processes for single-step preparation of transition-metal bifunctional catalysts and one-pot γ -valerolactone synthesis in supercritical CO_2 -ionic liquid systems. [Journal of Supercritical Fluids, 147, 2019, 263-270] Haixin Guo, Yuya Hiraga, Xinhua Qi, Richard Lee Smith

● Measurement and correlation of vapor-liquid distribution coefficients of flavonoids in high pressure carbon dioxide-ethanol-water systems. [Fluid Phase Equilibria, 489, 2019, 90-98] Soma Sato, Masaki Ota, Yoshiyuki Sato, Richard Lee Smith, Hiroshi Inomata

● Measurement and modeling of infinite dilution activity coefficients of organic compounds in an equimolar ionic liquid mixture of [Bmim]Cl and [Bmim][Tf₂N]. [Fluid Phase Equilibria, 488, 2019, 72-78] Tomoka Shida, Yuya Hiraga, Takuya Sugiyama, Yoshiyuki Sato, Masaru Watanabe, Richard L. Smith

● Methane clathrate hydrate dissociation analyzed with Raman spectroscopy and a thermodynamic mass transfer model considering cage occupancy. [Fluid Phase Equilibria, 489, 2019, 41-47] Hiroyuki Komatsu, Takuya Sasagawa, Shinichiro Yamamoto, Yuya Hiraga, Masaki Ota, Takao Tsukada, Richard L. Smith

● N-formyl-stabilizing quasi-catalytic species afford rapid and selective solvent-free amination of biomass-derived feedstocks. [Nature Communications, 10, 2019] Hu Li, Haixin Guo, Yaqiong Su, Yuya Hiraga, Zhen Fang, Emiel J.M. Hensen, Masaru Watanabe, Richard Lee Smith

● Supercritical carbon dioxide extraction of α -mangostin from mangosteen pericarp with virgin coconut oil as co-extractant and *in-vitro* bio-accessibility measurement. [Process Biochemistry, 2019] Wan Jun Lee, Chea Chi Ng, Jin Shuen Ng, Richard Lee Smith, Siew Lee Kok, Yen Yi Hee, Sin Yee Lee, Wei Kiat Tan, Nur Hanani Zainal Abidin, Sarina Abdul Halim Lim, Gun Hean Chong

循環材料プロセス学分野

【論文】

● Acoustic cavitation assisted plasma for wastewater treatment: Degradation of Rhodamine B in aqueous solution. [Ultrasonics Sonochemistry, 52, 2019, 318-325] Yu Fang, Daiki Hariu, Takuya Yamamoto, Sergey Komarov

● Complex permittivity and microwave heating behavior of rod-shaped SiC and oxide (SiO₂, Al₂O₃) mixtures. [Materiala Chemistry and Physics, 234, 2019, 281-287] Noboru Yoshikawa, Kohsaku Seki, Naoki Inoue, Sergey Komarov, Kei-ichirou Kashimura, Takashi Fujii, Hideoki Fukushima

● Development of a Numerical Model for Hydrogen Bubble Generation, Dynamics and Trapping during Solidification of Aluminum Alloys through Eulerian-Lagrangian Framework. [International Journal of Cast Metals Research, accepted] T. Yamamoto, S. Komarov

● Evaluation of mass transfer in an aluminum melting furnace stirred mechanically during flux treatment. [Materials Transaction, 60(9), 2019, 2008-2015] Kenya Kato, Takuya Yamamoto, Sergey Komarov, Ryosuke Taniguchi, Yasuo Ishiwata

● Fragmentation of cavitation bubble in ultrasound filed under small pressure amplitude. [Ultrasonics Sonochemistry, 58, 2019, 104684] T. Yamamoto, S. Hatanaka, S. V. Komarov

● Investigation on the surface vortex formation during mechanical stirring with an axial-flow impeller used in an aluminum process. [Metallurgical and Materials Transactions B, 50(6), 2019, 2547-2556] T. Yamamoto, W. Kato, S. V. Komarov, Y. Ishiwata

● Liquid jet directionality and droplet behavior during emulsification of two liquids due to acoustic cavitation. [Ultrasonics Sonochemistry, accepted] T. Yamamoto, S. Komarov

● Mechanism of small bubble breakup in an unbaffled stirred vessel. [Chemical Engineering Science, 197, 2019, 26-36] Takuya Yamamoto, Yu Fang, Sergey V. Komarov

● Numerical investigation of the effect of heating rate on InGaSb crystal growth under zero-gravity. [Microgravity Science and Technology, 31, 2019, 377-380] X. Jin, A. Sekimoto,

Y. Okano, T. Yamamoto, Y. Hayakawa, Y. Inatomi, S. Dost

● Numerical investigation of the nano-scale solute Marangoni convections. [Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 98, 2019, 20-26] Y. Imai, T. Yamamoto, A. Sekimoto, Y. Okano, R. Sato, Y. Shigeta

● Role of acoustic streaming in formation of unsteady flow in billet sump during ultrasonic DC casting of aluminum alloys. [Materials, 12(21), 2019, 3532] S. Komarov, T. Yamamoto

● Single bubble fragmentation in a mechanically stirred liquid bath under trailing vortex conditions. [Chemical Engineering Science, 207, 2019, 1007-1016] T. Yamamoto, S. V. Komarov

● Surface vortex formation and free surface deformation in an unbaffled vessel stirred by on-axis and eccentric impellers. [Chemical Engineering Journal, 367, 2019, 25-36] Takuya Yamamoto, Yu Fang, Sergey V. Komarov

● The effect of crucible rotation and crucible size in top-seeded solution growth of single crystal silicon carbide. [Crystal Research and Technology, 54(5), 2019, 1900014] T. Horiuchi, L. Wang, A. Sekimoto, Y. Okano, T. Yamamoto, T. Ujihara, S. Dost

【著書】

● Development and application of large-sized sonotrode systems for ultrasonic treatment of molten aluminum alloys. [Light Metals 2019, The Minerals, Metals and Materials Series, 1597-1604] S. Komarov, T. Yamamoto

● Investigation on acoustic streaming during ultrasonic irradiation in aluminum melts. [Light Metals 2019, The Minerals, Metals and Materials Series, 1527-1531] T. Yamamoto, S. Komarov

環境創成計画学講座

環境分子化学分野

【論文】

● Methane clathrate hydrate dissociation analyzed with Ramanspectroscopy and a thermodynamic mass transfer model considering cage occupancy. [Fluid Phase Equilibria, 489, 2019, 41-47] H. Komatsu, T. Sasagawa, S. Yamamoto, Y. Hiraga, M. Ota, T. Tsukada, R.L. Smith

● Measurement and correlation of vapor-liquid distribution coefficients of flavonoids in high pressure carbon dioxide-ethanol-water systems. [Fluid Phase Equilibria, 489, 2019, 90-98] Soma Sato, Masaki Ota, Yoshiyuki Sato, Richard L. Smith Jr., Hiroshi Inomata

●二酸化炭素 - エタノール - 精油系の高圧気液平衡に基づく向流接触抽出実験 . [化学工学論文集, 2019] 生内良樹, 上野裕介, 星野友貴, 大田昌樹, 佐藤善之, 猪股宏

●連動式自動背圧弁の開発と亜臨界分離技術への応用 . [Jasco Report, 61(1), 2019, 30-35] 大田昌樹, 前田雄也, 菅原啓, 星野友貴, 佐藤颯真, 生内良樹, 上野裕介

【著書】

●高温高圧状態における基礎物性の相関・推算と抽出プロセスの設

計 (『分離工程の操作条件最適化とスケールアップ』) [(株) 技術情報協会, 2019] 大田昌樹, 青山裕紀

【総説・解説】

●安心かつ安全な食品製造のための新たな抽出技術の開発 . [浦上財団研究報告書, 26, 2019] 大田昌樹

●医薬食品製造に向けた高圧気液平衡に基づく新しい抽出分離技術の開発 . [研究成果報告書, 2019] 大田昌樹

●過去の研究助成金採択者からの近況報告 . [Le Cercle de TOBE MAKI 創刊号, 1, 2019, 1-1] 大田昌樹

●藻類のミルキング培養法による省エネ型バイオ燃料生産プロセスの開発 . [IFO Research Communication (平成 29 年度一般研究助成の研究報告), 33, 2019, 18-19] 大田昌樹

●天然物抽出分離のための高圧二酸化炭素の応用 . [化学工学会東北支部ニューズレター, 2019] 大田昌樹

環境材料表面科学分野

【論文】

● Effective Surface Termination with Au on PtCo@Pt Core-Shell Nanoparticle: Microstructural Investigations and Oxygen Reduction Reaction Properties. [Journal of Electroanalytical Chemistry, 842(1), 2019, 1-7] Shuntaro Takahashi, Naoto Todoroki, Rikiya Myochi, Tetsuro Nagao, Noboru Taguchi, Tsutomu Ioroi, Felix E. Feiten, Yuki Wakisaka, Kiyotaka Asakura, Oki Sekizawa, Tomohiro Sakata, Kotaro Higashi, Tomoya Uruga, Yasuhiro Iwasawa, Toshimasa Wadayama

● Electrochemical CO₂ Reduction on Bimetallic Surface Alloys: Enhanced Selectivity to CO for Co/Au(110) and to H₂ for Sn/Au(110). [ChemElectroChem, 6(12), 2019, 3101-3107] Naoto Todoroki, Hiroki Tei, Taku Miyakawa, Hiroto Tsurumaki, Toshimasa Wadayama

● Heterolayered Ni-Fe Hydroxide/Oxide Nanostructures Generated on a Stainless-Steel Substrate for Efficient Alkaline Water Splitting. [ACS Applied Materials and Interfaces, 11, 2019, 44161-44169] Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama

● Ligand-Effect-Induced Oxygen Reduction Reaction Activity Enhancement for Pt/Zr/Pt(111) Surfaces with Tensile Strain Relieved by Stacking Faults. [ACS Applied Energy Materials, 2(7), 2019, 4597-4601] Daisuke Kudo, Soma Kaneko, Rikiya Myochi, Yoshihiro Chida, Naoto Todoroki, Tadao Tanabe, Toshimasa Wadayama

● Oxygen Reduction Reaction Activity of Nano-Flake Carbon-Deposited Pt75Ni25(111) Surfaces. [Electrocatalysis, 10(3), 2019, 232-242] Naoto Todoroki, Ren Sasakawa, Keisuke Kusunoki, Toshimasa Wadayama

● Surface Atomic Arrangement Dependence of Electrochemical CO₂ Reduction on Gold: Online Electrochemical Mass Spectrometric Study on Low-Index Au(hkl) Surfaces. [ACS catalysis, 9(2), 2019, 1383-1388] Naoto Todoroki, Hiroki Tei, Hiroto Tsurumaki, Taku Miyakawa, Tatsuhiko Inoue, Toshimasa Wadayama

【総説・解説】

●東北大学環境材料表面科学研究室—電極触媒モデルのドライプロセ

ス合成と評価— . [燃料電池, 18, 2019, 82-86] 轟直人, 和田山智正

●表面科学的視点に基づくエネルギー物質変換触媒の開発 . [まてりあ, 58(6), 2019, 328-332] 轟直人

●よく規定された合金系電極触媒表面モデルのドライプロセス合成と特性評価 . [電気化学, Autumn, 2019, 250-257] 轟直人, 和田山智正

連携講座

環境適合材料創製学分野

【論文】

● Influence of Sn on Practical Performances of Structural Steels [Proceedings of the 5th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM'19), Lisbon, Portugal, 15-17 August, 2019, MMME (117-1)-(117-7)] Kazuki Inujima, Kazutoshi Ichikawa

● Microstructural diagram for steel based on crystallography with machine learning [Computational Materials Science 159, 2019, 403-411] K. Tsutsui, H. Terasaki, T. Maemura, K. Hayashi, K. Moriguchi, and S. Morito.

● Risk Analysis of Ship Collision considering Striking Ship Velocity and Plate Ductility, [Developments in the Collision and Grounding of Ships and Offshore Structures, Marine Technology and Ocean Engineering Series, Volume 4, 2019, 364-373] Yasuhira Yamada, Hiroshi Ochi and Kazutoshi Ichikawa.

● Verification of Crashworthiness of Highly Ductile Steel by Large-Scale Model Tests [Developments in the Collision and Grounding of Ships and Offshore Structures, Marine Technology and Ocean Engineering Series, Volume 4, 2019, 34-39] Teppei Okawa, Kazutoshi Ichikawa, Hiroshi Shimanuki, Shingo Nakamura, Naoki Oda and Yasuhira Yamada.

【総説・解説】

●低炭素鋼溶接部ミクロ組織の機械学習に関する研究 [溶接学会誌 88 (7), 2019, 536-539], 寺崎秀紀, 筒井和政, 森口晃治, 林宏太郎, 森戸茂一

地球環境変動学分野

【論文】

● Analysis of the Diurnal, Weekly, and Seasonal Cycles and Annual Trends in Atmospheric CO₂ and CH₄ at Tower Network in Siberia from 2005 to 2016. [Atmosphere, 10(11), 2019, 689] Belikov, D., M. Arshinov, B. Belan, D. Davydov, A. Fofonov, M. Sasakawa and T. Machida

● Assessment of spatio-temporal distribution of CO₂ over greater Asia using the WRF-CO₂ model. [Journal of Earth System Science, JESS-D-19-00295R1, in press] Ballav, S., M. Naja, P.K. Patra, T. Machida and H. Mukai

● Chlorine partitioning near the polar vortex boundary observed with ground-based FTIR and satellites at Syowa Station, Antarctica in 2007 and 2011. [Atmos. Chem. Phys.

Discuss., in review] Nakajima, H., I. Murata, Y. Nagahama, H. Akiyoshi, K. Saeki, T. Kinase, M. Takeda, Y. Tomikawa, and N. B. Jones

● 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., in press] Nakajima, H., I. Murata, Y. Nagahama, H. Akiyoshi, K. Saeki, T. Kinase, M. Takeda, Y. Tomikawa, E. Dupuy, and N. B. Jones

● Development of a balloon-borne instrument for CO₂ vertical profile observations in the troposphere. [Atmos. Meas. Tech., 12, 2019, 5639-5653] Ouchi, M., Matsumi, Y., Nakayama, T., Shimizu, K., Sawada, T., Machida, T., Matsueda, H., Sawa, Y., Morino, I., Uchino, O., Tanaka, T., and Imasu, R.

● Global carbon budgets estimated from atmospheric O₂/N₂ and CO₂ observations in the western Pacific region over a 15-year period. [Atmos. Chem. Phys., 19, 2019, 9269-9285] Tohjima, Y., Mukai, H., Machida, T., Hoshina, Y., and Nakaoka, S.

● Interannual Variation of Upper Tropospheric CO over the Western Pacific Linked with Indonesian Fires. [SOLA, Vol. 15, 2019, 205-210] Matsueda, H., R. Buchholz, K. Ishijima, H. Worden, D. Hammerling, and T. Machida

● Methane Emission Estimates by the Global High-Resolution Inverse Model Using National Inventories. [Remote Sens., 11, 2019, 2489] Wang, F., S. Maksyutov, A. Tsuruta, R. Janardanan, A. Ito, M. Sasakawa, T. Machida, I. Morino, Y. Yoshida, J. Kaiser, G. Janssens-Maenhout, E. Dlugokencky, I. Mammarella, J. Valentin Lavric and T. Matsunaga

● Seasonal characteristics of chemical and dynamical transports into the extratropical upper troposphere/lower stratosphere. [Atmos. Chem. Phys., 19, 2019, 7073-7103] Inai, Y., R. Fujita, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Tsuboi, K. Katsumata, S. Morimoto, S. Aoki, and T. Nakazawa

● The Global Methane Budget 2000–2017. [Earth Syst. Sci. Data Discuss.] Saunois, 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., Hegglin, 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., Rosentreter, 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.

【著書】

●南極オゾンホール. (『南極・北極から学ぶ地球環境変動』) [公益財団法人・日本極地研究振興会, 2019, 9-10] 中島英彰 山内恭ら共著

環境研究推進センター

【論文】

● Mechanisms and possible applications of the Al-H₂O reaction under extreme pH and low hydrothermal temperatures.. [International Journal of Hydrogen Energy, 44(57), 2019, 29903-29921] Alviani, V.N., Setiani, P., Uno, M., Oba, M., Hirano, N., Watanabe, N., Tsuchiya, N. and Saishu, H.

● Utilization of Geothermal Hot Spring Water for Hydrogen Production by Al-H²O Hydrothermal Reaction. [Journal of the Geothermal Research Society of Japan, 41(3), 2019, 101-107] Alviani, V.N., Kosaka, T., Uno, M., Oba, M., Hirano, N., Watanabe, N., Tsuchiya, N. and Saishu, H.

博士・修士論文題目一覧（平成31年3月・令和元年9月修了）

博士論文

【平成 31年 3月修了】 16 名

● Szedlacsek Orsolya

“Bioactivity and diversity of sulfate reducing bacteria in volcanic soils from Miyagi prefecture (宮城県内の火山性土壤中に存在する硫酸還元菌の生物活性と多様性)”

指導教員：井上 千弘 教授

● AMAYA AREVALO, Alvaro Josue

“ Thermal Prospection of Geothermal Reservoirs by Using Thermoluminescence of Quartz (石英の熱発光を用いた地熱貯留層の評価と探査)”

指導教員：土屋 範芳 教授

●久志本 築

「湿式ボールミル内砕料粒子の運動および破壊挙動に関する研究」

指導教員：加納 純也 教授

● DOMINGUEZ JOHN JEWISH ARELLANO

“ Effects of plant on the degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by non-rhizosphere bacterial consortia in hydroponic culture of sudangrass (*Sorghum × drummondii*) (スーダングラス水耕栽培液中における非根圏微生物コンソーシアムによる多環芳香族炭化水素分解に及ぼす植物の影響)”

指導教員：井上 千弘 教授

研究指導教員：簡 梅芳 助教

● BAYANZUL BATDEMBEREL

“ Conceptual Model Development for Groundwater Flow and Origin Based on Geochemical and Isotopic Analysis (地球化学および同位体分析による地下水の流動と起源に関する概念モデル作成)”

指導教員：駒井 武 教授

●松本 修次

「セラミックスの焼結に関する計算機シミュレーション研究」

指導教員：松原 秀彰 教授

●横山 幸司

「フッ素化・脱フッ素化を経由して窒素種・構造欠陥の導入を制御した単層カーボンナノチューブの酸素還元反応触媒活性と電子物性の相関」

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：佐藤 義倫 准教授

●李 明潔

“ Bandgap engineering and charge recombination reducing of NiWO₄/CdS solid Z-scheme system for efficient photocatalytic hydrogen generation (効率的な水素製造を目的とした NiWO₄/CdS 固体 Z スキームシステムのバンド構造制御と電荷再結合抑制)”

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：高橋 英志 准教授

●劉 媚

“ Valorization of Acid Mine Drainage Sludge in Hexaferrite Production (酸性坑廃水中和殿物の六方晶フェライトとしての有効利用)”

指導教員：柴田 悦郎 教授

研究指導教員：飯塚 淳 准教授

●渡邊 学

「規則 - 不規則合金系の熱力学過剰量に基づいた新たな溶液論の展開」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：安達 正芳 助教

●方 毓

“Development of Novel Technology for Waste Water Treatment Using Ultrasonic Cavitation and Underwater Plasma(超音波キャビテーションと水中プラズマを併用した廃水無害化新規技術の開拓)”

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

●水谷 守利

「高水素条件における鉄鉱石塊成鉱の還元粉化挙動の解明」

指導教員：葛西 栄輝 教授

研究指導教員：村上 太一 准教授

●井田 大貴

「ナノスケールの電気化学計測を実現する走査型プローブ顕微鏡技術の創成に関する研究」

指導教員：末永 智一 教授

●徐 静

“ Development of copper and polyvinyl chloride separation processes for electric cables by combining chemical and mechanical methods (被覆電線から銅およびポリ塩化ビニルを分離する化学的・物理的複合プロセスの開発)”

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

●青 山

「禁牧政策下における内モンゴルの農牧複合一ホルチン地域における動物と植物資源利用に着目して」

指導教員：高倉 浩樹 教授

● THAPTHAI CHAITHONG

“ Recruitment and entrainment processes of woody debris caused by disastrous landslides and debris flows (斜面崩壊による流木発生メカニズムの解明)”

指導教員：小森 大輔 准教授

【令和元年 9月修了】 12 名

● ARIE PUJIWATI

“ Environmental assessment of heavy metal contamination and land rehabilitation strategies in mineralized area (鉱化地域における重金属汚染の環境影響評価および修復戦略に関する研究)”

指導教員：駒井 武 教授

● UNDARMAA BATSAIKHAN

“ Petrology, Geochemistry and Geochronology of Paleozoic Granitoids and Metamorphic Rocks in Mandakh Subduction Zones, Southeastern Mongolia (モンゴル国南東部 Mandakh 沈み込み帯における古生代花崗岩類と変成岩類の岩石学, 地球化学ならびに

年代学に関する研究)”

指導教員：土屋 範芳 教授

● DANDAR OTGONBAYAR

“ Mass Transport during Metamorphic Processes of the Khantaishir Ophiolite, Western Mongolia(モンゴル国西部 Khantaishir オフィオライトの変成過程における物質移動に関する研究)”

指導教員：土屋 範芳 教授

研究指導教員：岡本 敦 准教授

● Tran Quang Khiem

“ Study on Mechanical Properties of Weak Soil Reinforced with Natural Fiber and Cement (自然繊維質物質とセメントで固化した軟弱泥土の機械的特性に関する研究)”

指導教員：高橋 弘 教授

● PHAN THANH CHIEN

“Study on Mechanical Properties of Rice by-Products-Cement-Reinforced Sludge as Banking Materials (米副産物とセメントによる固化スラッジの築堤材としての機械的特性に関する研究)”

指導教員：高橋 弘 教授

● HUGO FATHUR RAHMAN ERAWAN

“ Study of simple and low cost solar cell absorber material production process for application in rural areas in developing countries (発展途上国農村部への適用のための簡単に低コストな太陽光セル吸収層の製造方法に関する研究)”

指導教員：高橋 英志 教授

●馮 為可

“ Advanced Methodologies of Active and Passive Ground-Based Imaging Radar for Environmental Monitoring (環境計測のための能動および受動地上設置型イメージングレーダの研究)”

指導教員：佐藤 源之 教授

● ROBI KURNIAWAN

“ Sustainability, inclusive wealth, and energy: Local and global analysis (持続可能性、包括的富とエネルギー：地域と世界大の両視点による解析)”

指導教員：松八重 一代 教授

●張 心月

“ Spectrochemical Characteristics of Pulsed Glow Discharge Plasma and the Application to Emission Spectrometric Analysis (パルスグロー放電プラズマの分光化学特性とその発光分光分析への応用)”

指導教員：我妻 和明 教授

● ANUNG RIAPANITRA

“Hydrothermal Synthesis and Characterization of Anion-Doped Vanadium Dioxide for Thermochromic and Multifunctional Materials (サーモクロミック及びマルチ機能材料用アニオンドープ二酸化バナジウムの水熱合成と評価)”

指導教員：殷 澍 教授

研究指導教員：朝倉 裕介 助教

● VILIAME SAVOU

“ Effect of chemical treatment on the pyrolysis of waste bagasse (熱分解によるバガスの化学原燃料転換に及ぼす化学的処理の効果)”

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

● Chatuphorn Somphong

“ Adaptation to future sandy beach loss due to sea level rise by consideration of tourism benefit (海面上昇に伴う砂浜消失に対する観光便益を考慮した適応策に関する研究)”

指導教員：小森 大輔 准教授

修士論文

【平成 31年 3月修了】 85 名

●網島 誠悟

「水溶液中での Sn の錯体構造の制御を利用した Sn ドープ Bi₂Te₃ 熱電変換合金ナノ粒子合成法の開発」

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：高橋 英志 准教授

●浅野 領仁

「湿潤粉体挙動のモデル化と混合プロセスシミュレーション」

指導教員：加納 純也 教授

●阿部 壮太

「多孔質シリカ真空断熱と相変化蓄熱材を用いた熱利用システム」

指導教員：松原 秀彰 教授

研究指導教員：上高原 理暢 准教授

●天野 友貴

「微細構造を制御した SOFC 用空気極の評価」

指導教員：川田 達也 教授

●岩淵 将也

「2 波長反射率比法による高温金属球の温度測定に及ぼす測定因子の影響」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：大塚 誠 准教授

●大島 悠太

「光散乱特性を応用した多成分流体の臨界点計測とその分子動力学的評価」

指導教員：土屋 範芳 教授

●緒方 和也

「未利用高含水比泥土の再資源化による築堤材の生成に関する研究」

指導教員：高橋 弘 教授

研究指導教員：里見 知昭 助教

●尾崎 成

「UAV 搭載型自動地盤強度計測装置の開発と地盤強度計測に関する研究」

指導教員：高橋 弘 教授

研究指導教員：里見 知昭 助教

●小野 宏輔

「金属粒子の塑性変形挙動のモデリングとシミュレーション」

指導教員：加納 純也 教授

●片岡 久人

「粒子充填層内における粒子充填構造が通気性に及ぼす影響の解析」

指導教員：加納 純也 教授

●神谷 拓図

「ジェットエンジン EBC 用 YbSiO 系の焼結・粒成長挙動と粉末プロセスとの関係」

指導教員：松原 秀彰 教授

研究指導教員：上高原 理暢 准教授

●菅野 直樹

「Ga-Al フラックスを用いた AlN の液相成長および置換反応による AlN 作製」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：安達 正芳 助教

●黒澤 孝太

「高次元データ駆動による土壌のヒ素吸着量予測モデルの開発」

指導教員：駒井 武 教授

●古賀 一樹

「脱フッ素化処理を経由したホウ素ドーブ単層カーボンナノチューブの合成とその酸素還元反応触媒活性の評価」

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：佐藤 義倫 准教授

●齋藤 耕平

“ Pressure solution, free-face dissolution and permeability evolution of granite fractures in supercritical geothermal environments (超臨界地熱環境における花崗岩き裂の圧力溶解と自由表面溶解および透水性変化) ”

指導教員：駒井 武 教授

研究指導教員：渡邊 則昭 准教授

●斉藤 瑞稀

「COSMO-RS 法により抽出されたヒ素含有銅鉱物分離のための新規浮選剤候補物質の評価」

指導教員：柴田 悦郎 教授

研究指導教員：飯塚 淳 准教授

●佐藤 康平

「塗布型太陽電池への応用を目的とした CuInS₂ 粒子の水溶液中合成法の開発」

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：高橋 英志 准教授

●澤田 龍伍

「TiC 添加 Mo-Si-B 合金の高温状態図の検討」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：大塚 誠 教授

●史 梟

「*Thiobacillus denitrificans* を利用した硝酸含有溶液から脱窒するための電気培養条件の検討」

指導教員：井上 千弘 教授

●高木 健太

「流体相変化にともなう岩石の破壊に関する実験的検討ならびに数値シミュレーション」

指導教員：土屋 範芳 教授

●高橋 瑛美

「酸化物粉体表面での酸素交換反応」

指導教員：八代 圭司 准教授

●高橋 侑希

「静磁場印加電磁浮遊法を用いた溶融 Co-Cr-Mo 系合金の熱物性測定」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：大塚 誠 教授

●竹村 沙友理

「ナローギャップ酸化物半導体 β -CuGaO₂ : 薄膜化と伝導性制御」

指導教員：小俣 孝久 教授

●田代 真敬

「プロトン伝導性リン酸塩ガラス電解質のホットプレス法による薄板化」

指導教員：小俣 孝久 教授

●田中 優至

「世界農業遺産取り組み前後における団体間の連携ネットワークの把握と変化についての考察：宮城県大崎地域を事例に」

指導教員：香坂 玲 教授

●田原 遼一

「高温機能的酸化物の熱輸送特性」

指導教員：川田 達也 教授

●中野 裕介

「ガスハイドレート貯留層への酸圧入による生産増進効果の実験的評価および解析」

指導教員：駒井 武 教授

●二村 友佳子

「液相存在下での焼結の実験およびシミュレーションの研究」

指導教員：松原 秀彰 教授

研究指導教員：上高原 理暢 准教授

●菱沼 涼

「熱化学サイクルによる水・二酸化炭素分解のための不定比性酸化物の設計」

指導教員：川田 達也 教授

●藤澤 一樹

「地中海レーダを用いた沿岸地域浅部地質構造推定に関する研究」

指導教員：佐藤 源之 教授

●布施 知正

「地下深部におけるエシェロン状石英脈の形成過程に関する力学的考察」

指導教員：伊藤 高敏 教授

●船田 卓

「静磁場印加電磁浮遊法を用いた溶融 Ti-6Al-4V 合金の熱物性と蒸発速度の評価」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：大塚 誠 准教授

●松島 昂汰

「造粒物を用いた繊維質固化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

●山片 裕司

「Ni-Al 融液の熱物性測定と融液表面での AlN 生成挙動の解析」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：安達 正芳 助教

●吉田 日向

「エネルギー資源開発を目的としたフラクチャリングに伴って発生するスクリーンアウト現象に関する研究」

指導教員：伊藤 高敏 教授

●渡部 康太

「高温電気化学システムにおける酸素ポテンシャル分布シミュレーション」

指導教員：八代 圭司 准教授

●渡辺 雅大

「オイルサンド開発を目的とした間隙圧上昇に伴うシェアダイレーションと浸透性変化挙動に関する研究」

指導教員：伊藤 高敏 教授

●青木 拓磨

「マグネシウム系金属間化合物の合成及び水素吸蔵・放出反応機構の解明」

指導教員：折茂 慎一 教授

●大野 真武

「炭材内装鉱の浸炭溶融現象に及ぼす脈石鉱物の影響」

指導教員：葛西 栄輝 教授

研究指導教員：村上 太一 准教授

●岡田 康平

「焼結用副原料の同化性に関する研究」

指導教員：岡崎 潤 客員教授

●加藤 賢也

「アルミニウム溶湯処理における溶解炉内の流動・物質移動の解析」

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

●川口 浩太郎

「溶液法 SiC 結晶成長の初期過程における貫通転位の伝播挙動」

指導教員：楠 一彦 客員教授

●嶋 翼

「鉄鉱石焼結層内における鉄系凝結材の反応に及ぼす酸素分圧および共存コークスの影響」

指導教員：葛西 栄輝 教授

研究指導教員：村上 太一 准教授

●住川 裕晃

「Fe 基アモルファス合金製高周波コアのヒステリシス特性」

指導教員：佐藤 有一 客員教授

●関 耕作

「超音波振動が高鉄濃度アルミニウム合金の組織に及ぼす効果の解明」

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

●高橋 孝征

「針状還元鉄の形態に及ぼす FeO 中微量元素の影響」

指導教員：葛西 栄輝 教授

研究指導教員：村上 太一 准教授

●常田 大喜

「製鋼スラグ中のフリーライムおよびフリーマグネシアの新規分析法の確立」

指導教員：我妻 和明 教授

研究指導教員：今宿 晋 准教授

●鶴巻 碩人

「回転ディスク-オンライン電気化学質量分析法の開発と電極近傍分子のその場観察」

指導教員：和田山 智正 教授

研究指導教員：轟 直人 助教

●馬 喆

「充填層内炭材燃焼過程で発生する粒子状物質の形態と量に影響する因子」

指導教員：葛西 栄輝 教授

研究指導教員：丸岡 大祐 助教

●原田 健太郎

「クロソ系錯体水素化物を用いた全固体電池の開発」

指導教員：折茂 慎一 教授

●細田 雅嗣

「錯体水素化物マグネシウムイオン伝導体の合成と特性評価」

指導教員：折茂 慎一 教授

●妙智 力也

「白金 / 遷移金属炭化物ナノ粒子のドライプロセス合成と電極触媒特性」

指導教員：和田山 智正 教授

研究指導教員：轟 直人 助教

●渡邊 建史

「非金属融体の誘導加熱と流動に関する基礎研究」

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

●渡邊 将

「Pt / グラフェン / SiC(0001) モデル触媒の合成と酸素還元反応特性」

指導教員：和田山 智正 教授

研究指導教員：轟 直人 助教

●浅川 将輝

「タンデムマイクロリアクターを応用したポリカーボネート熱分解生成物のフェノール転換」

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

●東 大輝

「リチウムイオン電池正極材料の水熱クエン酸浸出における反応メカニズムに関する検討」

指導教員：スミス リチャード リー 教授

研究指導教員：渡邊 賢 教授

●岩間 智紀

「Closed パイポラ電極アレイを用いた高解像度バイオイメーシングシステムの創成」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：井上 久美 特任准教授

●内田 大貴

「炭酸型 Mg-Al 系層状複水酸化物の廃棄物焼却排ガス処理への応用」

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：亀田 知人 准教授

●大泉 航太郎

「有機活物質 / グラフェンの界面構造構築による有機蓄電池の高性能化」

指導教員：本間 格 教授

研究指導教員：小林 弘明 助教

●大平 早希

「テトラフェニルホウ酸及びイオン会合体を用いた水相中の Cs 濃縮」

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

●片平 周介

「水熱電気化学プロセスを用いた水電解用 MoS₂ ナノシート電極の作製」

指導教員：本間 格 教授

研究指導教員：小林 弘明 助教

●倉島 健太

「一般廃棄物焼却飛灰の塩化揮発機構」

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

●笹川 拓也

「メタンハイドレート解離機構の解明に向けたラマン分光法による占有挙動解析」

指導教員：スミス リチャード リー 教授

研究指導教員：渡邊 賢 教授

●佐藤 悠人

「構造規定されたナノスケール領域における電気化学反応の制御とその反応過程の同定」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：熊谷 明哉 准教授

● SITI MASTURAH BINTI FAKHRUDDIN

“ Elimination of the Liquid Junction in a Reference Electrode-integrated Electrochemical Sensor Using Closed Bipolar Electrode System (閉鎖型バイポーラ電極システムを用いる参照電極一体型電気化学センサにおける液絡部の除去) ”

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：井上 久美 特任准教授

●志村 実優

「ナノ構造カーボン材料の作製とナノ電気化学イメージングによる物性評価」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：熊谷 明哉 准教授

●白石 成美

「水溶性ランタニド錯体を利用した溶液プロセスに基づく発光材料の創製」

指導教員：壺岐 伸彦 教授

研究指導教員：唐島田 龍之介 助教

●杉山 琢也

「バイオマス可溶性混合イオン液体の CO₂ 溶解性および CO₂ 溶解による kamlet taft パラメータ変化の評価」

指導教員：スミス リチャード リー 教授

研究指導教員：渡邊 賢 教授

●高橋 佑輔

「木質バイオマス / ポリエチレン及びポリプロピレン混合物の共熱分解における相互作用」

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：熊谷 将吾 助教

●田首 裕一郎

「Cr(III)-ジフェニルカルバゾン錯体の生成挙動の解明と安全性の高い Fe(III)MRI 造影剤の創製」

指導教員：壺岐 伸彦 教授

●土屋 智資

「吸収の長波長化と細胞安定性の向上を目指した白金 (II) ジラジカル錯体の合成と特性評価」

指導教員：壺岐 伸彦 教授

研究指導教員：鈴木 敦子 助教

●名本 洋輝

「異なる配位原子を有する二種類の二座配位子を用いた非対称な新規 Pt(II) ジラジカル錯体の合成」

指導教員：壺岐 伸彦 教授

研究指導教員：鈴木 敦子 助教

●野崎 浩平

「ポリドーバミンコンポジット材料の炭素化による酸素還元触媒電極の作製」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：藪 浩 准教授

●三浦 翼

「プロテアーゼの連続反応を利用する尿中タンパクの電気化学センサ」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：井上 久美 特任准教授

●渡邊 大雅

「高温耐性をもつスルホ炭化物合成に向けた構造制御に関する検討」

指導教員：スミス リチャード リー 教授

研究指導教員：渡邊 賢 教授

●野田 千暁

「炭素ドーブ酸化チタンと二次元物質との複合化およびその光触媒能」

指導教員：殷 澍 教授

●齋藤 睦月

「トナカイ・コリヤークの人ー動物関係：儀礼空間とその変化に着目して」

指導教員：高倉 浩樹 教授

●金 来

「清代モンゴル・アラシャ=ホショート旗における資源の管理に関する研究」

指導教員：岡 洋樹 教授

●菅野 匠

「連続式ー槽型アナモックスプロセスの窒素除去に及ぼす塩分の影響」

指導教員：李 玉友 教授

●杉井 健太郎

「東北地方の霧の頻発地点の抽出と特性解析」

指導教員：小森 大輔 准教授

●薛 意

“ Influence of Phosphorus Concentration on the Performance and Granule Characteristics of Anammox Expanded Bed Reactor (アナモックス膨脹床反応槽の性能とグラニュール特性に及ぼすリン濃度の影響) ”

指導教員：李 玉友 教授

●包 賀年

“ Impact of Land Use Change on Flood Inundation Area - A Case Study in the Ping River Basin, Thailand - (将来の土地利用変化が洪水氾濫域に及ぼす影響の評価ータイ・ピン川流域におけるケーススタディー) ”

指導教員：小森 大輔 准教授

●MRIBET CHAIMAA

“ Assessment of Wastewater Treatment Process for Slaughterhouse Waste Recycling Plant (食肉処理廃棄物リサイクル工場のための排水処理プロセスの評価) ”

指導教員：李 玉友 教授

●MESHAL J.Q.M.H ABDULLAH

“ Historical and Technical Analysis on the Johkasou used in Japan as a Decentralized Wastewater Treatment System (日本の分散型排水処理システムとして用いられる浄化槽に関する歴史的と技術的分析) ”

指導教員：李 玉友 教授

●渡邊 美幸

「日本海沿岸における冬季雷の経年変化とその要因」

指導教員：村田 功 准教授

【令和元年9月修了】17名

●王 元振

“ Fundamental Study on Detection of Linear Objects by Ground Penetrating Radar (地中レーダによる線状埋設物検知に関する基礎研究) ”

指導教員：佐藤 源之 教授

●Geri Agroli

“ Transport and Explosive Event of Supercritical Geofluid

Revealed by Porphyry Copper Deposit(斑岩銅鉱床に認められる超臨界地殻流体の移動と爆発的事象に関する研究) ”

指導教員：土屋 範芳 教授

●ASMA AKTER PARLIN

“ Analysis of Vapor-phase Diffusion of Benzene from Cotaminated Soil (汚染土壌からのベンゼンの気相拡散の解析) ”

指導教員：駒井 武 教授

●井上 旬太郎

「落下貫入式土砂サンプリング装置の速度制御に関する研究」

指導教員：高橋 弘 教授

●IMAM EKO SETIAWAN

“ The performance of mined land reclamation in Indonesia: a case study in the coal mining (インドネシアにおける採掘埋立地の活用：炭鉱における事例研究) ”

指導教員：松八重 一代 教授

●Audrey Stephanie

“ Evaluation of molybdenum adsorption performance by genetically engineered yeast (遺伝子組み換え酵母を用いたモリブデン吸着挙動の評価) ”

指導教員：井上 千弘 教授

研究指導教員：簡 梅芳 助教

●崔 俊哲

“ Experimental study on estimation of fracture structures using nano-/microparticles (ナノ・マイクロ粒子を用いたき裂幅推定法の提案と実験的検証) ”

指導教員：伊藤 高敏 教授

研究指導教員：鈴木 杏奈 助教

●Park Soyeon

「ハクサンハタザオによるカドミウム除去の長期圃場実験」

指導教員：井上 千弘 教授

●横山 凱乙

「高温高圧合成法を用いた Mo 系錯体水素化物の合成とイオン伝導特性評価」

指導教員：折茂 慎一 教授

●王 靖雯

“ Synthesis of Morphology-controlled Oxynitrides as Visible-light-driven Photocatalysts for Environmental Purification Applications (形態制御されたオキシナイトライドの合成と可視光駆動光触媒としての環境浄化応用) ”

指導教員：殷 澍 教授

研究指導教員：朝倉 裕介 助教

●木村 薫子

「下水処理プロセスにおける大腸菌群の挙動」

指導教員：李 玉友 教授

●朱 愛軍

「廃紙と生ごみの混合メタン発酵における滞留時間および温度の影響」

指導教員：李 玉友 教授

●SOPHA SOLIYA

“ Adoption of innovation and its diffusion among grape farmers - a case study: Takahata City, Yamagata Prefecture, Japan (ぶどう農家を対象とした農業イノベーションの拡散過程の理解) ”

指導教員：小森 大輔 准教授

●TAZKIYAH SYAKIRA AL KAFF

“ Assessment of Policy Coherence: A Study of Indonesian

Peatland Protection and Management (政策一貫性の評価：インドネシアの泥炭地保護および管理に関する研究) ”

指導教員：明日香 壽川 教授

●VEMPI SATRIYA ADI HENDRAWAN

“ UNDERSTANDING FLOOD IMPACT CHARACTERISTICS ON AGRICULTURAL CROP YIELD (洪水氾濫が農業生産に及ぼす影響評価) ”

指導教員：小森 大輔 准教授

●RINA FARIANI SARAGIH

“ Blast Fishing Activity and Coping Strategies in Indonesia (South Nias and Pohuwato Regency) (インドネシアにおける爆発漁猟の実態と対応 (南ニース及びポフワト地区)) ”

指導教員：佐野 大輔 准教授

研究指導教員：グレゴリー トレンチャー 准教授

●LONGGAK ARIANTO TAMPUBOLON

“ Translating Policy into Action: Case Study of Social Forestry in North Sumatra, Indonesia (インドネシアにおける林業マネジメント政策の実施：北スマトラでの事例研究) ”

指導教員：佐野 大輔 准教授

研究指導教員：グラウゼ ギド 准教授

進路状況

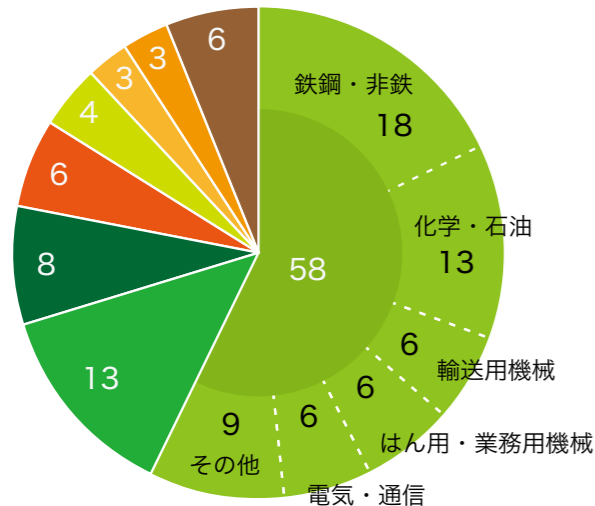
国立大学法人東北大学, 株式会社村田製作所, パナソニック株式会社, Jingdezhen Ceramic Institute (中国), イー・アール・エム日本株式会社, 日本製鉄株式会社, Kasetsart University (タイ), Ministry of Energy and Mineral Resources(インドネシア), Ho Chi Minh City University of Technology and Education(ベトナム), Ministry of Energy and Mineral Resources (インドネシア), 株式会社タマディック, University of Fiji, 日産自動車株式会社, 株式会社半導体エネルギー研究所, 大阪ガス株式会社, JX 金属株式会社, 国際石油開発帝石株式会社, デュポン株式会社, 三菱ケミカルエンジニアリング株式会社, アクセンチュア株式会社, フューチャーアーキテクト株式会社, カイ インダストリーズ株式会社, 三菱マテリアル株式会社, 北海道旅客鉄道株式会社, 株式会社リンクアンドモチベーション, 日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社, 日鉄鉱業株式会社, 株式会社キトー, 株式会社日立製作所, アイシン・エイ・ダブリュ株式会社, JFE スチール株式会社, トビー工業株式会社, 株式会社 UACJ, 東レ株式会社, 富山県, 株式会社 NTT データ NJK, JXTG エネルギー株式会社, JFE エンジニアリング株式会社, 株式会社豊田中央研究所, 北海道電力株式会社, 日本軽金属株式会社, 株式会社小松製作所, 昭和シェル石油株式会社, 豊田通商株式会社, 住友金属鉱山株式会社, 東京エレクトロン株式会社, 日鉄エンジニアリング株式会社, 株式会社デンソー, 旭化成株式会社, 住友電気工業株式会社, TDK 株式会社, 日亜化学工業株式会社, 三井金属鉱業株式会社, トヨタ自動車株式会社, JFE ケミカル, 栗田工業株式会社, 株式会社 SUBARU, 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構, 古河電気工業株式会社, 千代田化工建設株式会社, 東京ガス株式会社, 株式会社 VSN, 三菱瓦斯化学株式会社, 東洋インキ SC ホールディングス株式会社, 日本エア・リキード株式会社, 株式会社シノテスト, 味の素株式会社, 日立化成株式会社, 日本製紙株式会社, 株式会社プロレド・パートナーズ, 東京都, UT テクノロジー株式会社, 株式会社タンゴロイ, サンディスク株式会社, 株式会社村田製作所, Electricity du Laos (ラオス), Permerintah Daerah Kabupaten Simalungun (インドネシア), Ministry of Environment and Forestry (インドネシア)

TOPICS トピックス

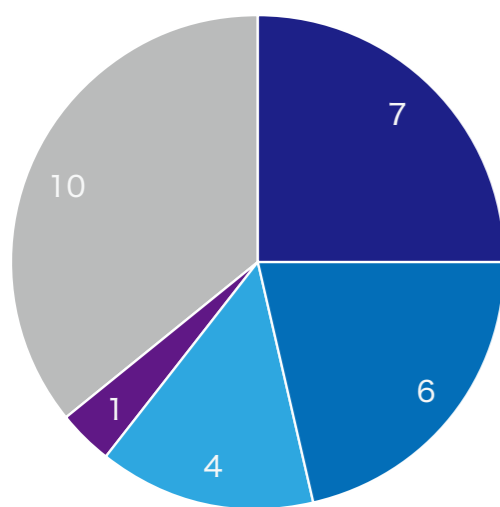
エネルギー価値学創生研究推進拠点 キックオフシンポジウム

日時：2019年4月11日 13:30-16:35
会場：環境科学研究科本館 大講義室
参加者：81名

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」の世話部局として、東北大学のエネルギー研究の集合体としての価値を高める活動を主導してきた。その成果をもとに、2019年4月1日、学際研究重点拠点「エネルギー価値学創生研究推進拠点」を設立した。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。当研究科は事務局としてこれを主導し、2019年4月に拠点のキックオフシンポジウムを開催した。シンポジウムでは、拠点の研究開発事例を紹介するとともに、これからの産学官連携と学際研究、国際展開のあり方について、会場の参加者を交えて意見を交換した。



- 製造業
- 東北大学進学 (博士課程)
- 帰国・進学準備・国家試験準備等
- 学術研究 (学術・開発研究機関・専門技術サービス等)
- 電気・ガス・熱供給・水道業
- 建設業
- 国家・地方公務員
- その他



- ポストドク・JSPS 研究員
- 学校教育
- 製造業
- 技術サービス
- その他 (就職活動・帰国等)

サイエンスアゴラin仙台2019& 東北大学SDGsシンポジウム

エネルギー価値学創生研究推進拠点キックオフシンポジウムを発展させ、11月には広く社会へ向けて本拠点の活動をアピールするべく、JSTとの共催により「サイエンスアゴラin仙台2019 & 東北大学SDGsシンポジウム」を開催した。このシンポジウムは、「東北から『持続可能で心豊かな社会』を創造する」をテーマに据え、「科学と社会の対話」をコンセプトとして3つのセッション構成で2日間にわたり実施された。研究者・行政機関・企業・市民団体・市民・学生など幅広い参加があり、2日間3セッションの参加者合計は378名にのぼり、盛会のうちに終了した。

セッション1「新たなエネルギー価値観が拓く持続可能社会」
日時：2019年11月5日 13:00-17:35
会場：東北大学 片平さくらホール

セッション2「新たなエネルギー価値観創造に向けた科学と社会の対話」
日時：2019年11月6日 9:30-15:00
会場：仙台国際センター 大ホール

セッション3「JST・東北大学共催：JST 地域産学官社会連携分科会 ワークショップ」
日時：2019年11月6日 15:00-18:00
会場：仙台国際センター 桜1



第47回環境フォーラム「紫水会講演会」

紫水会は、東北帝国大学鉱山学科、東北大学鉱山学科、鉱山工学科、資源工学科、地球工学科、機械知能・航空工学科エネルギー・環境コースの卒業生・各大学院修了生、および大学院環境科学研究科の一部の修了生を中心とする同窓会組織である。専攻に関わる最新の知見を共有し、かつ同窓生同士の旧交を温めるため、紫水会では講演会を年に1度開催している。今回の講演会では、静岡大学から齋藤隆之教授、(株)物理計測コンサルタントから手塚和彦社長をお招きし、ご専門の観点からエネルギーと環境についてお話し頂いた。

日 時：2019年4月20日 13:30-15:00
会 場：学士会館(東京都千代田区) 203号室
内 容：
溪流釣り、大型バイク、そして機械工学 / 齋藤隆之 教授(静岡大)
ジオメカニクス—貯留層モデリングの新たな潮流— / 手塚和彦 氏(株式会社物理計測コンサルタント 代表取締役社長)
参加者：約33名

第48回環境フォーラム

田路和幸教授が理事長を務めるNPO法人環境エネルギー技術研究所(SFTEE)との共催により、第48回環境フォーラムを開催した。今回は、企業や家庭での省エネに関心のある方、再生可能エネルギーの活用、BCP(Business Continuity Plan/事業継続計画)対応に関心のある方を主な対象として、田路和幸名誉教授に車載用蓄電池を活用した高効率PV利用システムの開発についてお話し頂いた後、福島を拠点に、復興と再生可能エネルギー普及に向けた取り組みを進めておられる株式会社エナジア 代表取締役 白石 昇央氏にご講演頂いた。

日 時：2019年5月24日 16:00-17:10
会 場：エコラボ 第4講義室
内 容：
車載用蓄電池を活用した高効率PV利用システムの開発(NEDOダイレクトエナジープロジェクトから) / 田路和幸 名誉教授
脱炭素イノベーション戦略連携による新たな収益モデルの【創発】 / 白石昇央 氏(株式会社エナジア 代表取締役)
参加者：48名



第49回環境フォーラム 「再生可能エネルギーの今後の展望～ エネルギーの賢い選択に向けて～」

田路和幸教授が理事長を務めるNPO法人SFTEEとの共催による、2019年2回目の環境フォーラムである。2019年11月からの固定価格買取制度(FIT)における買取保証期間終了を控え、FIT終了後のエネルギーに関する賢い選択をテーマに3件の講演を頂いた。

日 時：2019年11月1日 13:30-16:00
会 場：仙台ガーデンパレス 3F コンベンションルーム
内 容：再生可能エネルギーの主力電源化に向けて / 成田眞 氏(東北経済産業局)
みやぎ生協の再生可能エネルギー事業について / 大原英範 氏(コープ東北サンネット事業連合 みやぎ生活協同組合)
車載用リユース蓄電池を用いた再生可能エネルギーの地産地消 / 田路和幸 名誉教授
参加者：32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。2019年は11名の教員による14の講座を市内小学校に提案した。同時に、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として、「サロン講座」の提案を随時行っている。2019年に実施された講座名と実施日、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】
2019年6月29日
お花を植える土を作ろう!～廃泥土のリサイクル～ / 高橋弘 教授
参加者：29名

2019年11月26日
発酵食とライフスタイル / 三橋正枝 助手
参加者：31名

【宮城県実施 夏休み環境学習】
2019年8月9日
地球にやさしいエネルギー教室 / 坂口清敏 准教授
参加者：10名

みやぎ県民大学 大学開放講座 「材料の機能で環境を守る」

「みやぎ県民大学」は、宮城県が県民の生涯学習の場として運営しているもので、「趣味教養」「自然環境」「製作実験」「健康食育」といった幅広いテーマで講義が行われている。当研究科では、県の依頼を受けて例年「自然環境」のテーマで講座を開講している。今年度は、「材料の機能で環境を守る」と題し、いろいろな材料(物質)のもつ個性的な機能(性質)を用いて、環境、エネルギー、生体等に関する問題を解決する研究内容を分かりやすく解説した。

日 時：2019年8月23日～9月13日 毎金曜日 17:30-19:00
会 場：環境科学研究科本館 たまきさんサロン
内 容：
第1回(8月23日)：断熱材と蓄熱材でエネルギー問題を解決する / 松原秀彰 教授

第2回(8月30日)：炭素ナノ材料で電池を高性能化する / 佐藤義倫 准教授
第3回(9月6日)：水の中で金属 / 合金ナノ材料を作る～省資源と省エネルギー / 高橋英志 教授
第4回(9月13日)：セラミック材料で生体や環境を修復する / 上高原理暢 准教授
参加者：13名



第1回環境科学討論会 1st 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研究の背景や研究思想を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のセッションを設け、講演の部とポスター発表の部とから成る「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。初回であった今回は、ポスター発表に対して科内学生から47件、企業から2件のエントリーがあり、講演の部と合わせた参加者は200名に迫る盛況となった。優秀なポスター発表に対しては、研究科より「環境科学討論会優秀ポスター賞」が授与された。

日 時：2019年6月28日 13:00-19:00
会 場：環境科学研究科本館 大講義室(第1部・講演)、
展示スペース2(第2部・ポスター発表)

第1部 講演
講 演：企業が求める人材 ～今、何を考えておくべきなのか～ / 佐藤王高 氏 DOWAホールディングス株式会社
環境ビジネスのキーワード ～環境科学研究科として考えておきたいと思うこと～ / 白鳥寿一 教授
【研究紹介】原料水溶液中の錯体制御による均質合金ナノ材料の開発と応用 / 高橋英志 教授
参加者：67名

第2部 ポスター発表
発表数：学生47演題、企業2演題
受賞者：伊藤健太郎(珠玖研 M2) Gold prize
横山凱乙(折茂研 M2)
金内貴文(和田山研 M1)
Zhengyang Zhang(松八重研 D3)
参加者：117名



コロキウム環境

本研究科では2004年より「コロキウム環境」と名付けられた研究集会を実施している。これは、従来研究室ごとあるいは研究グループごとに行われてきた内外の研究者の講演や研究会等を、研究科のオーソライズされた形式自由な研究集会として研究科内外に広く公開するものである。講演者は海外研究者、学外研究者等多彩で、いずれも活発な討論が行われており、科内の環境科学研究の活性化に寄与している。2019年に開催されたコロキウム環境は下記の通りである。

第126回 Soil aggregates as a stage for microbial ecology & evolution

日時：2019年2月7日 13:00-15:00

発表：Prof. Matthias Rillig (Free University of Berlin, Germany)

参加者：14名

第127回 Estimating the environment and health cost of coal power plant

日時：2019年7月19日 14:40-16:10

発表：Dr. Alin Halimatussadiyah (University of Indonesia)

参加者：17名

第128回 Rare earth metals and Socio-economic metabolism scenarios: The Technology-resources-sustainability nexus

日時：2019年8月2日 14:40-16:10

発表：Dr. Tomer Fishman (School of Sustainability, IDC Herzliya, Israel)

参加者：14名

第129回 Fluid-induced crustal processes: failure, earthquakes, water-rock interaction

日時：2019年10月3日 14:00-17:00

発表：Injection-driven failure and fault mechanics in high fluid flux regimes / Stephen Cox 教授 (オーストラリア国立大学) Earthquake Activities Induced by the 2011 Tohoku-Oki Earthquake Related to the spatio-temporal variations in Stress and Strength in the Tohoku District / 吉田圭佑 助教 (東北大学大学院理学研究科)

Rock Failure, Liquid Flashing and Fluid Movement -What is happening in the Crust- / 土屋範芳 教授 (東北大学大学院環境科学研究科)

Carbonation and fracturing of serpentinites within subduction zone: an example from the Sanbagawa belt / 岡本敦 准教授 (東北大学大学院環境科学研究科)

参加者：50名

第130回

1. What is multi-regional input-output model: Strengths and Limitations

2. Theory and applications of multi-regional input-output model

日時：2018年4月18日 16:30-18:00

発表：Dr. Keiichiro Kanemoto (Research Institute for Humanity and Nature)

参加者：10名

環境科学研究科オープンキャンパス

2019年7月30日と31日の2日間、東北大学オープンキャンパスが開催された。環境科学研究科では、訪れた1399名の来場者に対し、研究室のパネル展示や公開講座を通じて本研究科の研究教育活動を紹介した。

2019年の研究紹介展示は下記の通りである。

地圏環境の今—エネルギー・資源・リスク評価—【駒井研究室】

大気環境を左右する微量成分の観測的研究【村田研究室】

非鉄製錬技術を基盤とした金属循環システムの構築【柴田研究室】

次世代型ライフスタイル創成に貢献できる機能性軽元素複合材料の開発【佐藤(義)研究室】

環境・生命と調和する材料の開発【松原研究室】

先進社会にふさわしい環境浄化・資源開発技術の創成【井上研究室】

ナノ材料による低環境負荷・高性能なエネルギーデバイス(燃料電池、太陽電池等)の開発【高橋(英)研究室】

高度環境社会を支える高機能材料の開発【福山研究室】

環境・エネルギー問題を考えた大規模地殻工学【伊藤研究室】

人と地球にやさしい社会を実現する新材料の開発【小俣研究室】

地殻環境・エネルギー技術の新展開【高橋・坂口研究室】

国土強靱化と循環型社会の構築を目指して—建設副産物の再資源化・環境調和型開発システム—【高橋(弘)研究室】

粉体プロセス技術と数値計算の融合で目指す新たな水素社会【加納研究室】

環境調和型電子デバイスの創製【鳥羽研究室・下位研究室】

地球システムの探求と有効利用～岩石・流体・エネルギー～【土屋研究室】

また、公開講座として、駒井・渡邊研による「岩石の中をのぞいてみる」が開催された。



入試説明会

2019年は、秋入試のための説明会を仙台で2回・東京で1回、春入試のための説明会を仙台・東京で各1回の、計5回開催した。各回ともに、コマロフ入試実施委員長から環境科学研究科全体の入試群とコースについて紹介し、その後各入試群の説明を行った。

◆秋期入試説明会

第1回

仙台会場：4月20日13:00-15:00, 環境科学研究科本館, 参加者13名

第2回

仙台会場：6月1日13:00-15:00, 環境科学研究科本館, 参加者5名

東京会場：6月7日18:30-20:30, 東北大学東京分室, 参加者9名

◆春季入試説明会

仙台会場：11月23日13:00-15:00,

環境科学研究科本館, 参加者12名

東京会場：11月25日18:30-20:30,

東北大学東京分室, 参加者6名

第42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。2019年は埼玉大学の主管による第42回会議に出席し、研究科の運営等に関する情報を得ると共に、意見を交換した。

日時：2019年7月5日(金)
会場：ラフレ埼玉 4F 櫛の間
出席者：17大学 39名(本研究科からは研究科長、事務室長が参加)
協議題：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、次回本会議の開催について
承合事項：大学院の定員充足状況及び大学院入学・進学者のバックグラウンドについて、研究科の統合再編について、国際化に向けた留学生の受け入れと大学院修了後の支援体制の整備について

国際協力・交流関連

[RESDプログラム2019]

RESDプログラム(Regional Environmental and Sustainable Development)とは、博士課程の優秀な学生を対象とした、環境科学・工学・管理分野におけるリーダー的人材養成のプログラムであり、中国の清華大学、同済大学、韓国 KAIST(韓国科学技術院)、POSTECH(浦項工科大学)、GIST(光州科学技術院)、金沢大学および本学の間で2008年より実施している。2019年は、7月7日～7月27日の期間において、中国清華大学、同済大学、本学、金沢大学、韓国 GIST、POSTECH にて各国1週間合計3週間の交流プログラムが実施された。

各国の1週間プログラムは、学生からのカントリーレポートの報告、アジアの環境問題に関するレクチャー、現地調査、プレゼンテーション、ディスカッションから構成される。

本プログラムでは、毎回テーマを設定しており、本年は「Materials

& Environment」のテーマのもと、本学では都市鉱山廃棄物の現状、鉄鋼産業における環境資源問題の講義のほか、東日本リサイクルシステムズ株式会社の視察を実施した。参加学生は、日本における廃棄物リサイクルの現状や課題を学び、各国における産業や環境問題の比較検討を行うとともに、文化的交流を深めることが出来る良い機会となった。



[国際交流活動]

本研究科では、海外との関係を重視し、海外の大学と研究や教育の交流と協力を行っている。中国、インドネシア、ベトナム、タイ、インド、韓国等アジアを中心に世界中に協力関係がある。環境科学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ならびに、当研究科が学術交流協定締結に参加している海外機関を次々頁に示す。

2019年の国際交流活動としては、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)を通じて関係の深いエルサルバドル大学との部局間協定締結と、インドネシアのブラウイジャヤ大学との部局間協定締結が挙げられる。

11月18日、本研究科はエルサルバドル大学工学建築学部と部局間協定の調印式を行い、協定を締結した。環境科学研究科本館で開催された式典へは、エルサルバドル大学工学建築学部から学部長のEdgar Armando Peña Figueroa教授と、エルサルバドル国営地熱会社 LaGeoのMynor José Gil Arevalo社長が参加され、終始アットホームな雰囲気での調印式となった。調印式終了後は研究棟の視察案内を行い、本研究科での実験機器や研究の状況等を紹介した。



12月18、19日には、インドネシアのブラウイジャヤ大学において東北大学環境科学セミナー(Tohoku University Environmental Studies Seminar 2019)及び部局間覚書締結式を開催した。12月18日に行われた東北大学環境科学セミナーでは、本学副学長の山口昌弘教授による開会挨拶に続き、環境科学研究科長の土屋範芳教授、高橋英志教授、中谷友樹教授、村田功准教授、佐野大輔准教授、及び本学災害科学国際研究所の杉安和助教の6名が、当研究科で行われている研究内容について紹介し、さらに当研究科が提供している奨学金制度及び大学院プログラムについて説明した。セミナーには

ブラウイジャヤ大学の教職員・学生に加え、バンドン工科大学の教員も参加し、活発な質疑応答が行われた。また、セミナー後には東北大学とブラウイジャヤ大学の大学間学術交流・学生交流覚書締結式が行われた。12月19日には、今回新たにブラウイジャヤ大学の農業工学科、コンピューターサイエンス科、及び数学・自然科学科と部局間覚書を締結した。締結式後には、今後の具体的な交流計画が話し合われ、当研究科が提供している奨学金制度を有効に活用することなどについて合意した。



山口副学長による開会挨拶



高橋教授による奨学金制度紹介



土屋研究科長による研究紹介



中谷教授による研究紹介



村田准教授による研究紹介



佐野准教授による研究紹介



杉安助教による大学院プログラム紹介



大学間学術交流・学生交流覚書締結式の様子



ブラウイジャヤ大学農業工学科との部局間学術交流・学生交流覚書締結式の様子



ブラウイジャヤ大学コンピューターサイエンス科との部局間学術交流・学生交流覚書締結式の様子



ブラウイジャヤ大学数学・自然科学科との部局間学術交流・学生交流覚書締結式の様子



部局間学術交流・学生交流覚書締結式での集合写真

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	バリアドリッド大学
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)
	蘭州大学
台湾	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	セントラルスピレック
	国立中央理工科学校 ナント, マルセイユ, リール, リヨン
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	32	た	高橋 英志	教授 22		
	壹岐 伸彦	教授 44		高橋 弘	教授 14		
	市川 和利 (日本製鉄株式会社) 客員教授	56		張 銘 (産業技術総合研究所) 客員教授	32		
	伊野 浩介 (工学研究科) 准教授	46		土屋 範芳	教授 12, 24		
	井上 久美	准教授 46		轟 直人	准教授 54		
	井上 千弘	教授 10		鳥羽 隆一	教授 28		
	宇野 正起	助教 12		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	58	
	大庭 雅寛	特任助教 60			中村 謙吾	助教 20	
	大橋 隆宏	助教 28			中谷 友樹	教授 34	
岡本 敦	准教授 12	梨本 裕司	助教 46				
か	郭 海心	助教 48	は	平野 伸夫	助教 4		
	葛西 栄輝	教授 36		ま	町田 敏暢 (国立環境研究所) 客員教授	58	
	上高原 理暢	准教授 8	末永 智一		教授 46		
	亀田 知人 (工学研究科) 准教授	42	松八重 一代		教授 26		
	唐島田 龍之介	助教 44	松原 秀彰		教授 8		
	川田 達也	教授 18	松村 勝 (日本製鉄株式会社) 客員教授		56		
	簡 梅芳	助教 10	丸岡 大佑		助教 36		
	熊谷 将吾	助教 42	三橋 正枝		助手 60		
	熊谷 明哉 (材料科学高等研究所) 准教授	46	村上 太一		准教授 36		
	グラウゼ ギド	准教授 10	村田 功		准教授 38		
駒井 武	教授 20	森口 晃治 (日本製鉄株式会社) 客員教授	56				
コマロフ セルゲイ	教授 50	や	八代 圭司	准教授 18			
小森 大輔 (工学研究科) 准教授	40		山岸 裕幸	助手 12			
さ	齋藤 優子		特任助教 42, 60	山本 卓也	助教 50		
	坂口 清敏		准教授 16	横山 俊	准教授 22		
	坂本 靖英 (産業技術総合研究所) 客員准教授		32	吉岡 敏明	教授 42		
	佐藤 義倫		准教授 6	吉川 昇	准教授 50		
	里見 知昭		助教 14	ら	李 玉友 (工学研究科) 教授	40	
	佐野 大輔		准教授 40		わ	渡邊 則昭	准教授 20
	珠玖 仁 (工学研究科) 教授		46			和田山 智正	教授 54
	下位 法弘		准教授 28				
	白鳥 寿一	教授 28					
	鈴木 敦子	助教 44					
スミス リチャード	教授 48						
関根 良平	助教 34						

環境科学研究科事務室職員

事務室長 松本 昭夫

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

教務係 係長 菅田 宙
吉田 千晶
赤坂 葉子
佐々原 裕子
佐久間 香奈

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 和田山智正

准教授 坂口清敏

助手 物部朋子

発行日：2020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/>