

## 環境科学研究科 アクティビティレポート 2017

著者	東北大学大学院環境科学研究科
雑誌名	環境科学研究科アクティビティレポート : Coexistence
発行年	2018-03-31
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00123170">http://hdl.handle.net/10097/00123170</a>

# Coexistence

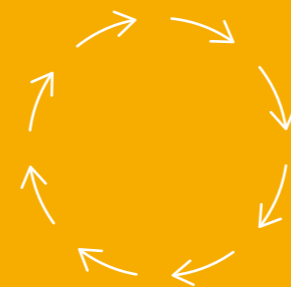


東北大学大学院環境科学研究科  
アクティビティレポート 2017

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University  
Activity Report 2017

Coexistence Activity Report 2017

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 2017 | Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University





吉岡 敏 明

Professor 

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。

今年も一年を振り返りながら教職員それぞれが原稿執筆を行い、アクティビティレポート第15号が完成いたしました。皆さまにご高覧頂きたく、お手元にお届け致します。

環境科学研究科は「文理融合」の理念を掲げ、2003年に設立された東北大学で第4番目の独立研究科です。現在は「先進社会環境学専攻」と「先端環境創成学専攻」の2専攻から成り立っています。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）の育成も教育・研究目標の柱として磐石なものとしつつ、もう一つの柱として、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を行うとともに、自在に立ち位置を変えてディレクションを行える人材（国際的凸型人材）を育成するという教育・研究目標を打ち立てています。

2016年には念願の研究科本館が竣工し、青葉山新キャンパスに誕生したこの新しい本館を拠点に、今後順次研究室を集約することで、学生教職員の利便性を向上させ、交流を促進が少しずつ図られてきていると実感しています。2専攻体制の目指す“豊かな知識と優れた実務能力で組織や社会を導くジェネラリスト”と“先端的環境科学の研究で世界を牽引するスペシャリスト”の育成は、着実に加速していくことでしょう。

世界的には、持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成される持続可能な開発目標（SDGs）への取り組みが求められています。このゴール・ターゲットは、地球上の誰一人として取り残さない（leave no one behind）ことを誓っており、世界の国々が普遍的に取り組むものと位置付けています。我々は教育・研究を通して、こうした課題にも果敢に向かい合いことができるリーダー的な人物を輩出することを念頭にいています。このアクティビティレポートには、単に研究成果を紹介するだけでなく、その成果の根底には、上述の視点も含まれていることをご理解いただきたいと願っております。今後とも、変わらず見守って頂くとともに、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. We are very pleased to deliver to you the 15th edition of our activity report, written by faculty members and covering our accomplishments in the previous year.

With the concept of “humanity-science fusion,” the Graduate School of Environmental Studies was established as the fourth independent graduate school of Tohoku University in 2003. We are currently operating in a two-department system, with the Department of Environmental Studies for Advanced Society and the Department of Frontier Sciences for Advanced Environment. The goal of our research and education can be expressed by two pillars. The first pillar involves nurturing 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). The second pillar involves nurturing 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 year 2016 saw the much-awaited completion of the new main building. To this new base completed on the Aobayama New Campus, we are accumulating our laboratories over time. We feel it is already becoming more convenient for students and faculty members alike and is facilitating more exchange. I am confident that our efforts in reaching the goal of our two-department system—nurturing “a generalist who leads organizations and society with a wealth of knowledge and an exceptional administrative ability” and “a specialist who leads the world in the research of frontier environmental science”—will be further boosted.

Internationally, it is our common duty to strive for Sustainable Development Goals, which comprise 17 goals and 169 targets. As these goals and targets pledge to “leave no one behind,” we see them as universal tasks for all countries. In our research and education, it is integral to produce leaders who can address such challenges. It is our hope that when you read this activity report, it not only introduces research accomplishments but also embodies the aforementioned perspective. We greatly appreciate your further and continued help for and encouragement of our research and education.

# CONTENTS

ページ

1	<p>ごあいさつ</p> 環境科学研究科長	<p>Prefatory Note</p> 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> 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
6	<p>環境複合材料創成科学分野</p> 次世代型ライフスタイルの創成を担う高機能軽元素複合材料の開発 佐藤義倫 准教授
8	<p>環境素材設計学分野</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
10	<p>環境修復生態学分野</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
12	<p>地球物質・エネルギー学分野</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
14	<p>地球開発環境学分野</p> 環境調和型開発システムに関する研究 高橋弘 教授
16	<p>地球開発環境学分野</p> 地殻環境・エネルギー技術の新展開 坂口清敏 准教授

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> サステイナブルなエネルギーシステム実現に向けて 川田達也 教授 / 八代圭司 准教授
20	<p>エネルギー資源リスク評価学分野</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
22	<p>環境共生機能学分野</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 田路和幸 教授 / 高橋英志 准教授
24	<p>国際エネルギー資源学分野</p> 持続可能型社会の実現に向けて政策およびエネルギー・自然資源管理の役割 グラウゼギド 准教授 / トレンチャージェゴリー 准教授

環境政策学講座	Environmental Policies
26	<p>イノベーション戦略学分野</p> バックキャスト思考によるライフスタイル変革のイノベーション 古川柳蔵 准教授
28	<p>環境社会動態学分野</p> 開発と環境 - 持続可能な未来を求めて 藤崎成昭 教授
30	<p>環境・エネルギー経済学分野</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
32	<p>国際環境・自然資源マネジメント学分野</p> 一緒にフィールドに出て、地域と考え、論文を書いて世界と対話しよう 香坂玲 教授

寄附講座 (DOWA ホールディングス)	Endowed Division (Dowa Holdings Co., Ltd.)	
34	<p>地圏環境政策学分野</p> 白鳥寿一 教授	<p>Geosphere Environment</p>
	<p>環境材料政策学分野</p> 鳥羽隆一 教授	<p>Study of Functional Materials</p>
	<p>環境物質政策学分野</p> 下位法弘 准教授	<p>Control of Environmental Materials</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>Towards Establishing Environmentally Benign Material Synthesis and Devices and New Material Circulation Systems</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	
38	<p>環境地理学分野（自然 / 人間環境地理学）</p> 人間 - 環境関係を多面的に解明する 関根良平 助教	<p>Physical and Human Environmental Geography</p> Elucidate the relationship between humans and the environment from a multifaceted perspective

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

42	<p>地球システム計測学分野</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>Earth System Monitoring and Instrumentation</p> Variations of ozone and related trace species in the atmosphere
----	---	--

44	<p>水資源システム学分野</p> 水資源と水環境に関する研究 風間聡 教授（工学研究科） / 李玉友 教授（工学研究科） / 小森大輔 准教授	<p>Urban and Regional Environmental Systems</p> Researches on Water resources and environments
----	--	--

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

48	<p>環境分析化学分野</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 鈴木敦子 助教	<p>Environmental Analytical Chemistry</p> Development of Chemical Motifs for Environmental and Biochemical Analysis
----	--	---

50	<p>環境生命機能学分野</p> マイクロ・ナノ電極システムを利用した環境・医工学バイオセンシングデバイスの開発 末永智一 教授 / 珠玖仁 教授（工学研究科）	<p>Environmental Bioengineering</p> Development of Environmental/Biomedical Sensing Devices with Micro/Nano Electrode Systems
----	--	---

資源循環プロセス学講座	Sustainable Recycle Process	
52	<p>環境グリーンプロセス学分野</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 / 渡邊賢 准教授（工学研究科）	<p>Environmental Green Process Study</p> Green Process Development

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

環境創成計画学講座	Ecomaterial Design and Process Engineering	
56	<p>環境分子化学分野</p> 環境に適合する高次機能物質システムの創成 壺岐伸彦 教授	<p>Environmentally-Benign Molecular Design and Synthesis</p> Design of environmentally benign molecular systems with high functionality

58	<p>環境材料表面科学分野</p> 低環境負荷社会に資するナノ材料を中心とする表面設計指針 和田山智正 教授	<p>Environmental Materials Surface Science</p> Atomic-level surface design for eco-friendly, novel nano-materials
----	--	---

連携講座	Collaborative Divisions	
60	<p>環境適合材料創製学分野（新日鐵住金）</p> 鉄鋼製造技術を通して、資源・エネルギー問題に貢献する 佐藤有一 教授 / 岡崎潤 教授 / 楠一彦 教授	<p>Process Engineering for Environmentally Adapted Materials (Nippon Steel &amp; Sumitomo Metal Corporation)</p> Development of new steelmaking technology contributing to the sustainable society

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

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

66	<p>バイオエコマネジメント学分野（電力中央研究所）</p> バイオテクノロジー・バイオシステムを利用した地球温暖化の緩和・適応対策ならびに環境計測技術 渡部良朋 教授 / 松本伯夫 准教授	<p>Biotechnical Eco-management (Central Research Institute of Electric Power Industry)</p> Utilizing biotechnology and bio-system as global warming mitigation / adaptation measures and environmental measurement.
----	---	---

68	<p>業績レポート</p>	83	<p>博士・修士論文題目一覧（平成 29 年 3 月・9 月修了）</p>	89	<p>進路状況</p>
----	---------------	----	---------------------------------------	----	-------------

90	<p>TOPICS トピックス</p>	99	<p>索引</p>	100	<p>環境科学研究科事務室職員</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

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、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、温泉水からのスケール析出、石英および/または長石の自然および人工熱発光 (NTL、ATL)、酸 / アルカリ溶液と金属アルミニウムを用いた水素の発生技術等である。

主に地熱資源の開発と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 objectives of this laboratory are to focus on measurement and observation for understanding various geospheric information, and we are developing apparatus for that purpose. Our main targets are water-rock interaction, destruction of rocks under hydrothermal conditions in the Earth's interior, scale precipitation from hot spring water, natural and artificial thermoluminescence (NTL, ATL) of quartz and/or feldspar, and hydrogen production from the reaction of strong acid/alkaline solutions with metallic aluminum.

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における岩石き裂発生原因の解明や、地熱開発のための新たな掘削方法への応用が期待できる。これまで、超臨界熱水環境から急減圧する室内実験を主におこなってきたが、さらに低い 200°C から 300°C の熱水環境下でも同様の実験をおこなった。その結果、このような低い温度でも岩石内部に微細なき裂が生じることが確認された。この温度は実際の地熱掘削現場の最高温度とほぼ同じ条件である。

## 超臨界流体の分光観察

純水の臨界点は約 374°C、22MPa である (Fig.1) が、地球内部に存在する水には様々な成分を溶解しているため、その影響を受けて臨界点が移動する。これは、地球内部での水が関連した岩石鉱物の溶解・析出を考える上で非常に重要な問題である。従って、様々な元素を溶解した水の臨界点を決定することは非常に重要となる。この決

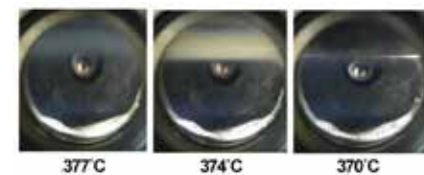


Fig.1 Condition of water near the critical point.

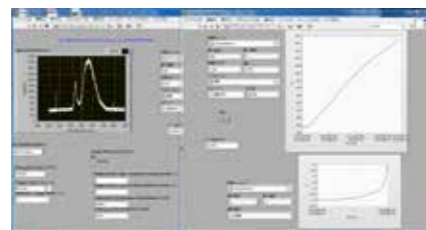


Fig.2 Spectroscopic data measuring system developed by LabView software.

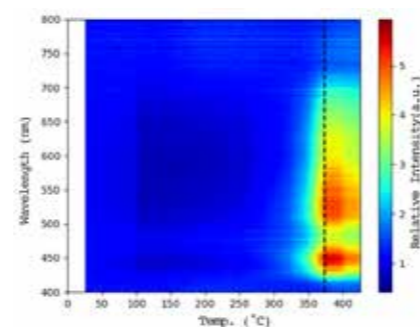


Fig.3 Spectral map of transmit light in water at each temperature.

## Fracturing of rocks by fluid phase change

In previous studies, it was found that when rocks are placed in supercritical water above 400 °C to 500 °C and rapidly decompressed, boiling of the internal fluid and temperature decrease associated with adiabatic expansion can cause significant cracks in the rock. This phenomenon can be used to explain the cause of rock cracking in the deep crust and to apply it to new excavation methods for geothermal development. Up to now, we have mainly conducted laboratory experiments to rapidly decompress the supercritical water environment, but similar experiments were conducted even in hot water environments of 200 °C to 300 °C. As a result, it was confirmed that cracks were generated inside the rocks even at such low temperatures. These temperatures are about the same as the maximum temperature of actual geothermal well development.

## Spectroscopic measurement of supercritical fluid

The critical point of pure water is about 374 °C and 22 MPa (Fig.1), but because various elements are dissolved in the water inside the Earth's crust, the critical point of water changes. This is a very important issue in considering dissolution and precipitation of rock minerals inside the Earth's crust. Therefore, it is very important to determine the critical point

定方法として、超臨界水の分光分析をおこない、分光状態の変化から臨界点を決定する事を目的とした実験装置を開発し、分光データの収集をおこなっている (Fig.2, Fig.3)。

## メカニカルデスケーリングと温泉スケール

現在、小規模な地熱発電として、既存の温泉井あるいは温泉設備を利用した発電が注目されつつあるが、これらの運用では、発電効率低下の主な原因となる熱水スケール発生の問題から逃れられない。既存の温泉を利用する場合には発電後の温泉水を浴用などに利用するため地熱発電のような薬品などを使用した積極的なスケール対策はおこなえない。そのため一定期間ごとに温泉井を止め、配管内スケールの除去をおこなっているが、このためのコストが負担となってくる。そこで、より安価におこなえるメカニカルデスケーリング方法および装置を開発できれば、温泉を利用した発電のためだけではなく通常の温泉でのコスト削減にも貢献が可能である (Fig.4)。このデスケーリングに役立てるため、配管付着スケール等の解析をおこなっている (Fig.5)。

## 強酸・強アルカリ等の廃水や温泉水を用いた水素発生

金属アルミニウムと pH1-2 の強酸性溶液や pH13-14 の強アルカリ溶液を 50°C 程度で反応させた場合、水素が発生す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。そこで、現場で使用できる基本的な反応装置を設計し、実際に強酸性温泉水を湧出する秋田県玉川温泉において水素生成実験をおこなった結果、水素が十分に発生できることがわかった (Fig.6)。今後は、より大規模な装置へとスケールアップしていく予定である。



Fig.4 Field test of mechanical descaling.

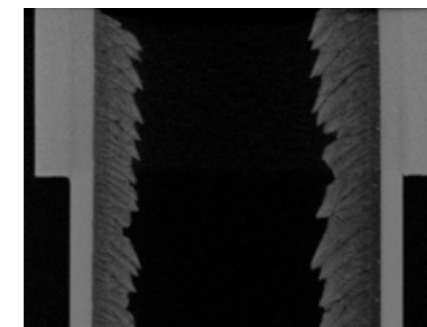


Fig.5 X-ray CT image of scale adhering to hot water piping.



Fig.6 Hydrogen gas generating reaction of Tamagawa hot spring water and metal aluminum.

of water containing various elements. As a method for this determination, we have developed an experimental apparatus with the aim of determining the critical point from the spectroscopic state change of supercritical water (Fig.2, Fig.3).

## Mechanical descaling and hot spring scale

Power generation utilizing existing hot spring wells or hot spring facilities is attracting attention as a small-scale form of geothermal power generation. However, in doing so, it is impossible to avoid the problem of hydrothermal scale generation, which is a major cause of power generation efficiency reduction. When using existing hot springs, it is impossible to perform aggressive scale removal using chemicals because the post-power-generation hot spring water is used for spas. For that reason, the hot spring wells are stopped at regular intervals to remove in-pipe scales, but the cost of this process will become a burden for spas. Therefore, if we can develop a more inexpensive mechanical descaling method and equipment, we can contribute not only to electricity generation using hot springs but also cost reduction in ordinary spas (Fig.4). In order to aid this descaling, it was analyzed the scale structure attached to the piping, for example the density or direction of the cracks. (Fig.5).

## Hydrogen generation using strong acid/strong alkaline wastewater and acid hot spring water

It has been reported that 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 °C. This is a much lower temperature than the conventional method of hydrogen production by hydrothermal reaction, and industrial applications can be expected. Therefore, we designed a basic reactor that can be used on-site. We then conducted a hydrogen production experiment at Tamagawa spa in Akita Prefecture, which has strongly acidic hot spring water. It was found that hydrogen can be generated sufficiently (Fig.6). In the future, we plan to scale up to larger equipment.



# 次世代型ライフスタイルの創成を担う 高機能軽元素複合材料の開発

Development of High-Functional Light-Element Composites 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、窒素を用いた高機能な表界面を持つ軽元素複合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 of their own, have been produced in basic studies. However, it is hard to design and produce composites in which the properties of nanomaterials are reflected because each nanomaterial in the composite assembles at random, not to enhance the features of the nanomaterials. In this laboratory, the purpose of the research is to study and develop high-functional composites with high-performance surfaces and interfaces using boron, carbon, and nitrogen, in an effort to expand the properties of nanomaterials to those of bulky composites.

## 脱フッ素化による窒素ドーピング炭素材料を合成するためのポストドーピング法の開発

固体高分子形燃料電池 (PEFCs) では、白金担持カーボンブラック (Pt-C) が空気極の酸素還元反応 (oxygen reduction reaction: ORR) の触媒として使われている。しかし、白金の高コスト・低耐久性が PEFCs のコスト増大および短寿命を引き起こしている。窒素ドーピング炭素材料は ORR 触媒として作用することが知られており、我々の研究室では、脱フッ素化による窒素ドーピング炭素材料を合成するための新しい簡易なポストドーピング法を提案している。具体的には、フッ素化炭素材料をアンモニアガス中で 25-1000 °C で反応することによって窒素ドーピング炭素材料を合成している。

## 1本の多層カーボンナノチューブの引張強度に関する担持された金属ナノ粒子の影響

丈夫な CNT/金属複合体を作製するために、デザインされた複合体中の CNT と金属間の界面強度は、これらの物質間に作用する荷重伝達に耐えうるくらいに十分強くなければならない。そこで、走査型電子顕微鏡内でのその場観察による1本の多層カーボンナノチューブ

## Development of a post-doping method to synthesize nitrogen-doped carbon materials by defluorination

In polymer electrolyte fuel cells (PEFCs), platinum nanoparticles supported on carbon black (Pt-C) have been used as a standard catalyst for oxygen reduction reactions (ORRs) on the cathode. However, the high price and poor durability of Pt has led to an increase in the cost of PEFCs and shorter cell lifetime. Nitrogen-doped carbon materials are known to act as electrocatalysts for the ORR. In our laboratory, we suggest a new and facile post-doping method for synthesizing nitrogen-doped carbon materials by defluorination. In particular, nitrogen-doped carbon materials have been synthesized by reacting fluorinated carbon materials with ammonia gas at 25-1000 °C.

## Influence of supported metal nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled carbon nanotubes

In an effort to fabricate durable carbon nanotube (CNT)/metal composites, the interfacial strength between the CNTs and the matrix in the designed composites must be strong enough to endure the load transfer between these two components. We have investigated the influence of supported metal nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled

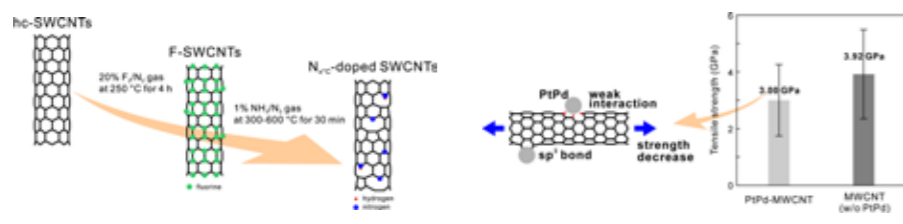


Fig.1 Schematic illustration of the defluorination-assisted nanotube-substitution reaction for the synthesis of nitrogen-doped single-walled carbon nanotubes.

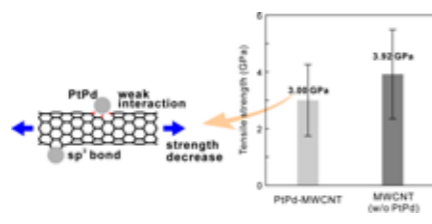


Fig.2 Schematic illustration of the interactions between the MWCNTs and PtPd nanoparticles. Tensile strengths of MWCNTs with and without PtPd nanoparticles.



Fig.3 "Student Travel Award" at the 5th Nano Today Conference. (Koji Yokoyama)



Fig.S1 New crews. Minori Kokubo (left) and Shota Taira (right).

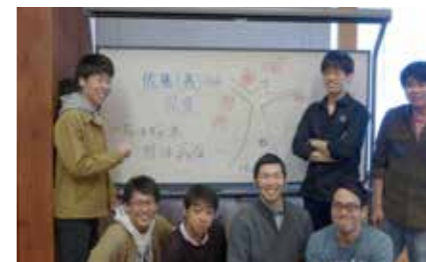


Fig.S2 Cherry-blossom viewing.



Fig.S3 Oktoberfest in our laboratory.

の引張強度に関する担持された金属ナノ粒子の影響を調べた。PtPd ナノ粒子を担持した場合には、担持された MWCNT の 1 本の平均引張強度は未担持の MWCNT のそれよりも僅かに減少した。XPS およびラマン分光分析データは PtPd ナノ粒子と MWCNT 間の結合の関与を示唆したことから、引張強度の僅かな減少は、ナノ粒子と CNT のベーサル面間の共有結合により生じたナノチューブ構造の局所的な歪みの誘導によるものが寄与していると考えている。

## 受賞

- ・横山 幸司、“5th Nano Today Conference Student Travel Award”
- ・黒田 彬央 “第 44 回炭素材料学会年会 ポスター賞”
- ・間宮 一誠 “第 10 回資源・素材学会東北支部 若手の会 ポスター賞”
- ・横山 幸司 “第 55 回炭素材料夏季セミナー ポスター賞”
- ・細見 奨太 “平成 28 年度 東北大学 3 年次エネルギー環境奨学賞”
- ・横山 幸司 “第 8 回環境エネルギー技術研究所 奨学賞”

## 研究費

- ・JSPS 科学研究費補助金 15H04131 ( 基盤研究 (B)/ 代表 )
- ・17H01584 ( 基盤研究 (A)/ 分担 )
- ・16H05518 ( 基盤研究 (B)/ 分担 )
- ・26220104 ( 基盤研究 (S)/ 分担 )
- ・共同研究費 (ステラケミファ株式会社 / 代表)

## 共同研究

- ・信州大学先鋭領域融合研究群 バイオメディカル研究所 (齋藤直人教授)
- ・ステラケミファ株式会社 (研究部)

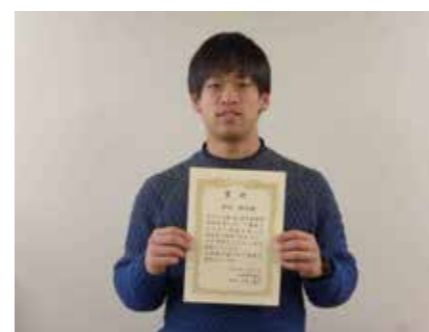


Fig.4 "Poster Award" in the 44th Annual Meeting of the Carbon Society of Japan. (Akihisa Kuroda)



Fig.5 "Poster Award" at the 10th Young Meeting of the MMIJ Tohoku Branch. (Issei Mamiya)

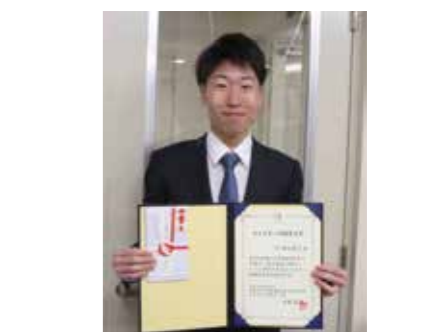


Fig.6 "Scholarship (Third year student)" of the Environment and Energy Engineering, School of Engineering, Tohoku University. (Shota Hosomi)

CNTs (MWCNTs) using in situ scanning electron microscopy. In the case of the deposition of PtPd nanoparticles, the average tensile strength of individual deposited MWCNTs was slightly lower than that of the as-grown MWCNTs. Since X-ray photoelectron and Raman scattering spectroscopic data showed bonds between the PtPd nanoparticles and the MWCNTs, the slight strength decrease can be attributed to the induction of local distortions in the nanotube structure caused by the covalent bonds between the nanoparticles and the CNT basal plane.

## Awards

- ・Koji Yokoyama, "Student Travel Award" at the 5th Nano Today Conference
- ・Akihisa Kuroda, "Poster Award" at the 44th Annual Meeting of the Carbon Society of Japan
- ・Issei Mamiya, "Poster Award" at the 10th Young Meeting of the MMIJ Tohoku Branch
- ・Koji Yokoyama, "Poster Award" at the 55th Annual Carbon Summer Seminar for Young Researchers and Students of the Carbon Society of Japan
- ・Shota Hosomi, "Scholarship (Third year student)" of the Environment and Energy Engineering, School of Engineering, Tohoku University
- ・Koji Yokoyama, "Scholarship Award" of the 8th Scholarship Award of the Shaping the Future Technology for the Environment and Energy

## Grants

- ・JSPS KAKENHI 15H04131 (Scientific Research (B)/PI)
- ・JSPS KAKENHI 17H01584 (Scientific Research (A)/Co-I)
- ・JSPS KAKENHI 16H05518 (Scientific Research (B)/Co-I)
- ・JSPS KAKENHI 26220104 (Scientific Research (S)/Co-I)
- ・Collaboration grant (Stella Chemifa Corporation/PI)

## Collaborations

- ・Institute for Biomedical Sciences, Interdisciplinary Cluster for Cutting Edge Research, Shinshu University (Prof. Naoto Saito)
- ・Stella Chemifa Corporation (Research Division)



# 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

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（熱池と呼称）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。例えば、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。液相焼結として有名な WC-Co 超硬合金の粒成長を抑える新しい手法として、第 2 固相粒子をピン止め粒子として添加する材料設計手法を、MC シミュレーションと比較する形の研究を進めている。

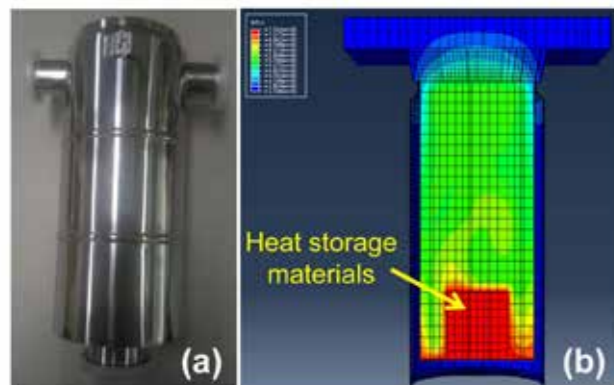


Fig.1 Heat insulation vessel (a) with vacuum wall and porous silica powder and simulation study (b) showing heat transfer from heat storage material in the vessel.

## 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, and the molecular dynamics method. For example, we developed a simulation that can calculate changes in the structure of a material including several solid phases, liquid phases and pores from the viewpoint of the relationship between temperature and time. We also studied the material design of the second particle addition as a new way to inhibit grain growth in WC-Co cemented carbide, which is a well-known material of liquid phase sintering and compared it to the Monte Carlo simulation.

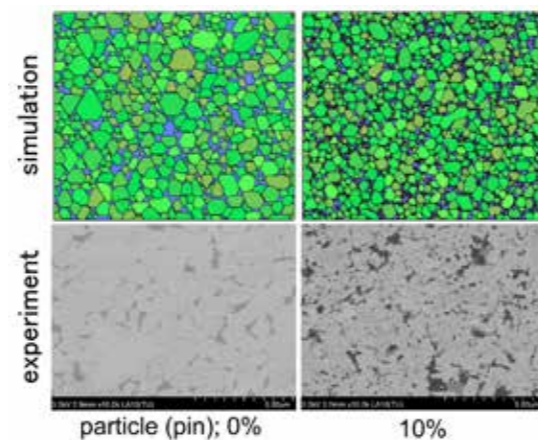


Fig.2 Simulation and experiment of pinning effect by the second phase particle on grain growth at liquid phase sintering.

## 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ならびに薬剤を効果的に放出できる薬剤担体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人工骨の作製に成功している。これらの材料が骨代謝を活性化するメカニズムの解明にも取り組んでいる。適切な部位に適切な量の薬剤を送り込むことにより薬剤の効用を向上させるとともに薬剤の使用量を減らすことのできるドラッグデリバリーシステム (DDS) の担体として、リン酸ハカルシウムと水酸アパタイトの複合相からなる顆粒の作製にも成功している。これらの材料の開発は、患者の生活の質 (QOL) を向上させるだけでなく、環境低負荷医療の実現に貢献できると考えている。

## 学会等での活動

下記のように、学会等でも積極的に活動をしている。  
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長、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、日本セラミックス協会東北・北海道支部委員、賢材研究会幹事  
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第 30 回秋季シンポジウム特定セッションオーガナイザー（代表者）

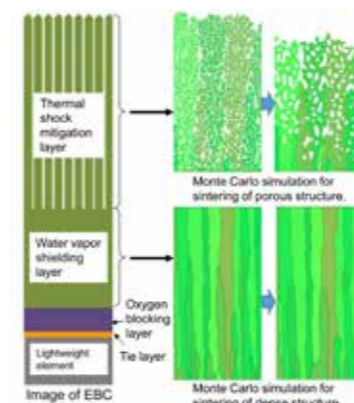


Fig.3 Simulation for microstructure change in the top coat of the environmental barrier coating.

## Simulation of ceramics coating for jet engines

Thermal barrier coating of ceramics is widely used in high-temperature and high-pressure parts of jet engines. Environmental barrier coatings are considered to be a very important ceramic technology for new jet engines. This study aimed to develop a simulation technique for microstructure formation and change and for delamination/fracture in ceramic coatings. The Monte Carlo method was used for the simulation of deposition and sintering, and the finite element method was used for the simulation of deformation and delamination of ceramic coating.

## Preparation of materials harmonizing with life

In this laboratory, we designed bone-repairing materials that can be incorporated into bone metabolism and activate the biological functions and drug carriers to release drugs efficiently. We succeeded in the preparation of artificial bone that can be resorbed in vivo and incorporated into bone metabolism. We are also studying the mechanism by which these materials activate bone metabolism. This involved developing biphasic granules of octacalcium phosphate and hydroxyapatite as carriers of a drug delivery system (DDS) capable of improving the utility of a drug and reducing the amount of drug by releasing an appropriate amount of it to an appropriate site. We believe that the development of these materials not only improves the quality of life (QOL) of patients but also contributes to the realization of medicine with low environmental impact.

## Activities in academic societies

As noted, we are active in academic societies.  
Hideaki Matsubara: Director of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chairperson of the Technical Division of the Hard Materials Committee of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Chief Editor of the Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Committee Member of the Engineering Ceramics Division of the Ceramic Society of Japan, Committee Member of the Tohoku-Hokkaido Branch of the Ceramic Society of Japan, Secretary of the Society for Intelligent Materials.  
Masanobu Kamitakahara: Associate Editor of the Journal of the Ceramic Society of Japan, Committee Member of the Japanese Society for Biomaterials, Session organizer of the 30th Fall Symposium of the Ceramic Society of Japan Organizer (Representative).

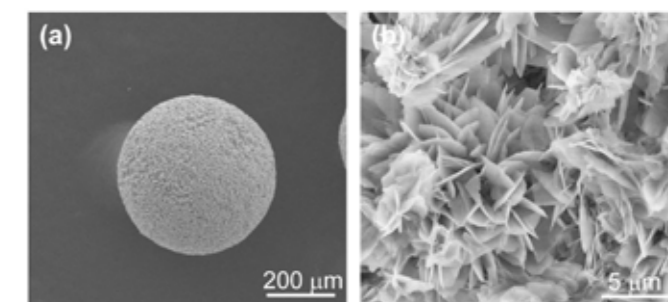


Fig.4 Scanning electron microscopic images of biphasic granule of octacalcium phosphate and hydroxyapatite. (a) Low magnification and (b) High magnification.



## 環境思いの修復技術と資源回収技術の開発

### Development of Environmental Friendly Remediation Technologies and Resource Recovery Technologies



教授 井上 千弘  
Professor  
Chihiro Inoue



准教授 グラウゼ ギド  
Associate Professor  
Guido Grause



助教 簡 梅芳  
Assistant Professor  
Mei-Fang Chien

博士研究員 黄 毅  
研究支援者 趙 成珍  
技術補佐員 山本 麻理  
事務補佐員 工藤 悦子



Group photo of Inoue lab members at hanami party 2017

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増大並びに地下資源への需要に対する供給不足が懸念されてきているが、これらの問題を解決する有効な手法やその適用にはまた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。2017年の主な研究活動は以下である：(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) 有害化合物の放出を低減する技術および有用化合物の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 compounds such as chlorinated organic compounds and petroleum hydrocarbons is a serious environmental issue of concern. In addition, there is growing demand for underground resources. However, no effective methods of removing pollutants and recovering resources with low environmental burden have been developed, and thus this remains a challenge. Our aim is to develop remediation technologies and resource recovery technologies with lower cost, less energy demand, and reduced environmental load. Our major scientific activities in 2017 were as follows: (a) phyto- and bio-remediation of heavy metals from polluted soil/water, (b) microbial degradation of chlorinated organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons, and (c) development of technologies to prevent elution of hazardous compounds and/or to recover valuable compounds.

#### 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

カドミウムやヒ素による土壌・水環境汚染の修復について、高蓄積植物を用いた宮城県内圃場においての実証試験を継続して行い、モエジマシダと機能性微生物の共同栽培 (Fig. 1) によるヒ素蓄積量の向上の再現性を確認した。基礎研究として (a) ヒ素の高蓄積植物の吸収特徴および植物のヒ素吸収・蓄積の部位・時期に関する解析を引き続き行い、イノモトソウは多金属に対して吸収能を示したことを確認した。(b) 短寿命放射性同位体を用いたカドミウム高蓄積植物体内の金属輸送機序の解明について、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、PETIS を用いてハクサンハタザオのカドミウムと亜鉛の吸収輸送経路が異なることを示唆するデータを取得した (Fig. 2)。(c) ヒ素吸収後のモエジマシダバイオマスをセルロース分解能を付与した酵母を用いてエタノールの生産に成功した。

#### 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) の生物分解について、植物と PAH 分

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

Regarding applicable phytoremediation of cadmium- or arsenic-contaminated soil or water, we continuously conducted field trials in Miyagi prefecture for the sixth year by soil planting or hydroponically cultivating cadmium or arsenic hyperaccumulators in the fields. For the third year in a row, we observed increases in arsenic accumulation by *Pteris vittata*, an arsenic hyperaccumulator, when it is co-cultured with a functional bacterium (Fig.1). We kept investigating the behavior(s) and mechanism(s) of arsenic/cadmium absorption and accumulation by hyperaccumulators. As a result of this research, (a) we confirmed the ability of *Pteris multifida* to absorb lead and cadmium in addition to arsenic, (b) our results from PETIS suggested that *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmafera* absorbs and transports cadmium and zinc in different pathways (Fig.2), and (c) we successfully converted the biomass of *P. vittata* after arsenic accumulation into ethanol by using transgenic yeast that can decompose cellulose.

#### Microbial degradation of chlorinated organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons

Regarding polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), the results of

解能の持つ微生物の共同栽培により、植物根圏微生物の活性化および PAH の分解能の向上を確認した。また、1,2-ジクロロベンゼンないし 1,4-ジオキサンを含む地下水を用いて、これら難分解性物質の分解能を示す集積培養系の構築に成功するとともに、これらを構成する微生物の単離と対象物質分解に果たす役割の解明を行っている。また、四塩化炭素に分解能を示す集積培養系の構築とその特徴解析も進んでいる。

#### 有害化合物の放出を低減する技術および有用化合物の回収技術の開発に関する研究

石炭灰中の微量有害元素の溶出とその抑制メカニズムの解明を検討し、SEM/EDX/MLA を用いた石炭灰粒子の元素マッピングおよび化合物の同定を行ってきた (Fig. 3)。資源の回収技術の開発について、希少金属 (レアメタル) の持続可能な利用を目指した生物学的回収・濃縮システムの開発を目指し、レアメタルのモリブデンの吸着・脱着が可能な酵母の作製に成功し、吸着・脱着および条件の検討を深めている。そのほか、廃水中の窒素除去やセレン除去を目的とした微生物燃料電池の作製を検討している。

#### 国際交流、学会発表、その他活動

台湾中央研究院生物多様性研究センターに交流・研修を行った (簡助教・M2 若狭)。台湾中国医薬大学の張瑞仁博士 (Fig. 4) とフランス Pau 大学の Robert Duran 教授が来訪し、それぞれ研究討議とコロキウム環境での講演を行った。中国太原理工大学の馬小麗講師を受け入れた (2017 年 12 月から半年間)。井上教授がパキスタンの Lahore College for Women University (LCWU) にて招待講演を行った (Fig. 5)。その他国際・国内学会における招待講演・研究発表を計 22 件行った (Fig. 6)。

hydroponic culture experiments of two plants suggested that inoculation of PAH-degrading bacteria enhanced the dissipation of PAHs. In addition, the presence of PAHs or the inoculation of PAH-degrading bacteria independently induced a shift in the indigenous microbial community in the plant roots. We successfully constructed consortia from underground water samples which showed the ability to degrade 1,2-dichlorobenzene or 1,4-dioxane, and the isolation and characterization of the microbes that compose these consortia is currently in progress. The construction and characterization of the consortium that shows the ability to degrade carbon tetrachloride is also in progress.

#### Development of technologies to prevent elution of hazardous compounds and/or to recover valuable compounds

SEM, EDX, and MLA were used to map the elements and to identify the compounds in fly ash in order to determine the mechanisms of hazardous compound elution (Fig.3). A molybdenum adsorbing yeast was successfully constructed by engineering a molybdate binding domain to the cell surface of yeast in order to develop an efficient biological molybdenum recovery system. Studies on creating microbial fuel cells with the aim of removing nitrogen or selenic acid from wastewater are in progress.

#### International exchange and other activities

Assistant prof. Chien and Mr. Wakasa (M2) visited and had a short-term training in the biodiversity research center at Academia Sinica, Taiwan. Dr. Chang from China Medical University Hospital, Taiwan (Fig.4), and Prof. Duran from the University of Pau, France, visited our lab and gave us lectures. We received Ms. Ma from Taiyuan University of Technology, China, as a visiting scholar. Prof. Inoue gave an invited lecture in LCWU, Pakistan (Fig.5). We also gave a total of 22 invited speeches or oral/poster presentations at international and domestic conferences (Fig.6).



Fig.1 Photo of a plant-bacterium co-culture experiment in a field trial

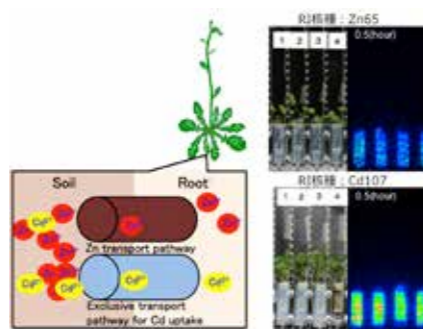


Fig.2 Image of PETIS for investigating Cd/Zn adsorption in *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmafera*.

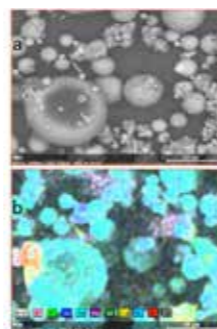


Fig.3 Photos of (a) SEM and (b) element mapping of fly ash particles

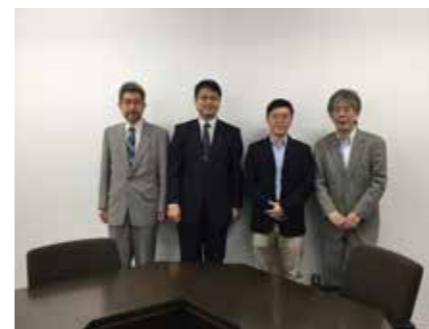


Fig.4 Group photo of receiving Dr. Chang from China Medical University Hospital, Taiwan



Fig.5 Prof. Inoue during an invited lecture in LCWU



Fig.6 Group photo in front of the Montreal Botanical Garden (during the 14th IPC)



# 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

地圏環境を理解して、資源やエネルギーを有効に利用するために様々な研究を進めてきた。鉱物の熱発光実験によりその速度式を導出し、地熱地帯の掘削コアに適用することで、地熱資源量の推定へ結びつけた。また、超臨界地熱の条件に対応する岩石の延性領域での水圧破碎実験に成功し、また超臨界流体のフラッシング実験によってシリカ粒子が形成するプロセスを明らかにした。アルミニウムからの水素製造では、強酸性である玉川温泉水を用いた実地試験に成功している。また、社会における地熱開発の受容性について明らかにするために、温泉街の人々に対するアンケートに基づき、新しい数値モデルを構築し、その統計的逆解析を行った。

We have been conducting various research studies to understand geosystems and to effectively utilize resources and energy. Based on experiments on the thermoluminescence of minerals, we derived the kinetic rate equation of the annealing process and applied it to drilling cores from the geothermal field. This information is useful to the estimation of the potential quantity of geothermal resources. In addition, we have succeeded in hydrofracturing rocks at very high temperatures (ductile conditions), and also clarified the formation mechanism of silica nanoparticles by the flushing of silica-saturated fluids under supercritical conditions. Hydrogen production from aluminum has succeeded in field tests using Tamagawa hot spring water, which is strongly acidic. In order to explore the acceptability of geothermal development in society, a new numerical model was constructed based on a questionnaire administered to people in an Onsen town, and a statistical inverse analysis of it was conducted.

## 主な研究テーマ

- ・超臨界地熱システムのナチュラルアナログ研究 (白沢カルデラ、田沢湖、金華山)
- ・延性条件における岩石破壊に関する実験的研究
- ・地殻の岩石-水相互作用と変成作用 (モンゴル、南極セルロンダ-ネ山地)
- ・熱発光による地熱探査法の開発
- ・マントルの蛇紋岩化作用と物質移動に関する研究 (水熱実験、伊豆-小笠原海溝、モンゴル)
- ・地殻流体についての分光実験と分子動力学シミュレーション
- ・反応に起因する岩石破壊の実験及びモデリング
- ・地熱開発の社会受容性についてのエージェント・ベースド・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
- ・機械学習を用いた鉱脈山排水の重金属についての統計解析

## Research topics

- ・Natural analogue study on supercritical geothermal reservoirs
- ・Experimental studies on fracturing of ductile rocks
- ・Water-rock interaction and metamorphism (Mongolia, Antarctica)
- ・Development of geothermal exploration methods based on thermoluminescence
- ・Serpentinization and mass transfer within the mantle
- ・Spectroscopic experiments on and molecular dynamics simulation of crustal fluids
- ・Experiments on and modeling of reaction-induced fracturing of rocks
- ・Agent-based modeling of social license of geothermal development
- ・Development of a hydrogen power generation system using waste aluminum and hot spring water
- ・Statistical analysis on heavy metals of waste mine drainage using machine learning techniques

## Participation in international conferences

- ・14th International symposium on Water Dynamics, March 17-18, Sendai (Organized)
- ・European Geosciences Union, General Assembly, April 23-28, Vienna, Austria



Fig.1 Sampling from the porphyry copper deposit cores of Erdenet mine, Mongolia.

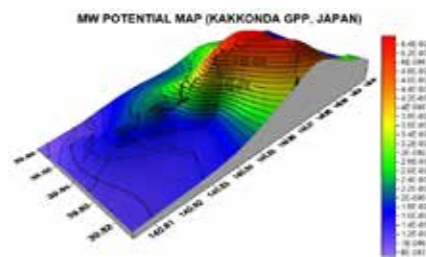


Fig.2 Counter map of geothermal potential based on the TL analyses of the Kakkonda geothermal field, Japan.



Fig.3 SEM photo of silica particles produced by flashing experiment from supercritical fluids.



准教授 岡本 敦 Associate Professor Atsushi Okamoto  
助教 宇野 正起 Assistant Professor Masaaki Uno  
研究員 大庭 雅寛 Researcher Masahiro Oba  
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

## 参加国際学会

- ・14 th International symposium on Water Dynamics, March 17-18, Sendai (Organized).
- ・European Geosciences Union, General Assembly April 23-28, Vienna, Austria
- ・Goldschmidt Conference, Aug 13-18, Paris, France,
- ・Fall meeting of American Geophysics Union, Dec 11-15, New Orleans, USA
- ・Geothermal Resource Congress & GEA GeoExpo, Oct 1-4

- ・Goldschmidt Conference, Aug. 13-18, Paris, France
- ・Fall meeting of the American Geophysics Union, Dec. 11-15, New Orleans, USA
- ・Geothermal Resource Congress & GEA GeoExpo, Oct. 1-4, Salt Lake City, USA

## 研究プロジェクト・主な外部獲得資金

- [ 科研費補助金 ]  
特別推進研究 (土屋)、基盤研究 (B) (岡本)、若手研究 (B) (宇野)、新学術領域公募研究 (宇野)
- [ その他 ] NEDO 環境新技術先導プログラム (土屋)、JST 地球規模課題対応国際科学技術協カプログラム (SATREPS) (土屋)

## Research projects, Major external acquired funds

- [MEXT/JSPS KAKENHI]  
Grant-in-Aid for Specially Promoted Research (Tsuchiya), Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (Okamoto), Grant-in-Aid for Young Scientists (B) (Uno), Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative area (B) (Uno),  
[Others] NEDO Energy/environment new technology leading program (Tsuchiya), JST Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) (Tsuchiya)

## 教育・メディア報道など

- ・第 41 回東北大学サイエンスカフェ「地球の熱を使ってみよう～超臨界地熱発電から温泉水素発電まで～」6月
- ・オープンキャンパス公開講座「岩石の中を覗いてみる」7月
- ・環境学外実習 宮城県栗駒高原、細倉鉱山ほか、9月
- ・河北新報 (2/3 2017、1/3 2018)、秋田魁新報 (8/5 2017)、東日本放送 (4/29 2017)

## Education, Media coverage

- ・41th Tohoku University Science Cafe, July, “Let’s use the heat of the earth – from supercritical geothermal power generation to onsen-hydrogen power generation”
- ・Open campus, open lecture, July, “Let’s look into the rocks”
- ・Environmental practice of undergraduate students, Kurihara Plateau, Hosokura Mine etc., September
- ・Newspaper, Kahoku Shinpo (Feb, 2<sup>nd</sup> 2017, Jan 3<sup>rd</sup> 2018), Akita Sakigake Shinpo (Aug. 5, 2017), Higashinippon Broadcasting (April 29, 2017)

## 研究室の在学生

- 博士課程 D3 2名、D2 3名、D1 4名 (モンゴル人 2名、エルサルバドル人 1名、インドネシア人 2名、ロシア人 1名)
- 修士課程 M2 4名、M1 4名 (インドネシア人 3名)
- 学部生 B4 4名、B3 4名、研究生 (アメリカ人 1名)
- 研究室ホームページ <http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>

## Lab members

- Doctoral course: D3 2 students, D2 3 students, D1 1 student, (2 Mongolian, 1 Salvadoran, 1 Russian)
- Master’s course: M2 4 students, M1 four students (3 Indonesian)
- Undergraduate students: B4 4 students, B3 4 students
- Research student: 1 student (1 American)
- Lab homepage: <http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/gmel/>



Fig.4 Field survey along the Kosakagawa river, Akita.



Fig.5 Environmental practice of undergraduate students at the Uenotai geothermal plant.



Fig.6 14th International symposium on Water Dynamics (March, Sendai)



## 環境調和型開発システムに関する研究

Studies on environment-friendly development systems



教授 高橋 弘  
Professor  
Hiroshi Takahashi



助教 里見 知昭  
Assistant Professor  
Tomoaki Satomi



Group Photo

本研究室では、環境調和型開発機械システムの構築を目指し、建設副産物の再資源化、開発機械の知能化、土砂災害現場における地盤情報取得技術の開発などを行っている。本年は、繊維質固化処理土工法の高度展開に関して、(1) 造粒物を用いた繊維質固化処理土の強度特性、(2) 築堤材としての再資源化、(3) 廃石膏ボード紙の活用、(4) ペーパースラッジ焼却灰を用いた土質改良について検討を行った。バケット・ブレード掘削作業の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) バケット掘削時の抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定、(3) 水中における重機のトラフィカビリティーについて検討を行った。さらに UAV を用いた地盤情報取得に関して無線計測システムの構築を行った。

The research activities of this laboratory are as follows: For the advanced study of Fiber-cement-stabilized soil method, several investigations were carried out to examine its strength characteristics using granular materials, development of banking materials, application of waste gypsum board paper for Fiber-cement-stabilized soil method, and soil improvement using paper sludge ash. As for the study on intelligent excavation by bucket and blade, several investigations were carried out for soil excavation in water by the flat blade, estimation of crushed rock size by using the resistive force acting on the bucket and trafficability of the vehicle in water. Furthermore, wireless measurement system for acquisition of ground information by UAV 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) 造粒物を用いた繊維質固化処理土の強度特性：廃材から生成される造粒物を高含水比泥土に添加すると、造粒物が水分を吸収し、見かけの含水比が減少することから、その後に添加する古紙破砕物の量を削減することが可能であることが分かった (Fig.1)。
- (2) 築堤材としての再資源化：市販のシルト・粘土・珪砂を混合することにより、様々な粒度分布の供試土を作成し、繊維質固化処理土工法で改良を試みた。
- (3) 廃石膏ボード紙の活用：古紙の価格が高騰していることから、廃石膏ボード紙（以下、ボード紙）の使用の可能性について検討した。その結果、ボード紙単体では古紙破砕物の代替品にはなり得ないが、ボード紙と古紙破砕物を混合することにより、従来の古紙添加量を半分まで削減できることを確認した (Fig.2)。
- (4) ペーパースラッジ焼却灰を用いた土質改良：ペーパースラッジを土質改良に用いる場合、フッ素の溶出が問題となっていたが、骨炭を用

### Advanced studies of Fiber-cement-stabilized soil method

In 2017, the following studies were carried out to advance Fiber-cement-stabilized soil method.

- (1) Strength characteristics of Fiber-cement-stabilized soil by using granular materials: The apparent water content of mud decreases with the addition of granular materials made from disaster debris to high-water-content mud because the granular materials absorb water. It was found that the additive amount of paper debris decreases due to the water absorption characteristics (Fig.1).
- (2) Development of banking materials: To utilize mud produced in dredging work of ponds and rivers as a banking material, various soil samples with different mixture ratios of sand, silt, and clay were modified using the fiber-cement-stabilized soil method.
- (3) Application of waste gypsum board paper to the fiber-cement-stabilized soil method: Since the purchase price of waste paper has been increasing in recent years, this study focused on waste gypsum board paper. It was found that waste gypsum board paper alone cannot be substituted for paper debris because waste gypsum board paper has low water absorption compared to paper debris. However, the additive amount of paper debris was decreased by half when waste gypsum board paper was mixed with paper debris (Fig.2).
- (4) Soil improvement using paper sludge ash: To utilize paper sludge ash



Fig.1 Modified soil with granular materials



Fig.2 Board paper (left) and failure plane of modified soil by board paper (right)



Fig.3 Excavation experiment of the soil in water

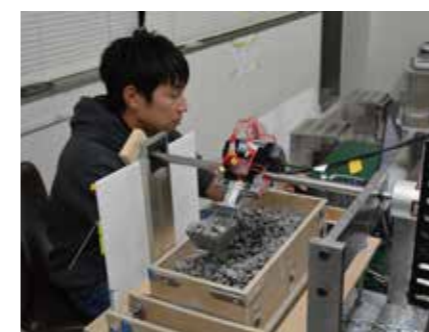


Fig.4 Estimation of crushed rock size by using resistive force acting on the bucket



Fig.5 Tractive force measurement experiment



Fig.6 Measurement result of rectangular column depth penetrated in the ground

いることにより、フッ素の溶出を抑制できることを確認した。

### バケット・ブレード掘削作業の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・ブレード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：ブレードにより地盤を掘削する作業を地盤が空中にある場合と水中にある場合の両方でを行い、掘削の挙動を観察するとともに、掘削抵抗力の比較を行った。その結果、掘削抵抗力は空中に比べてかなり小さくなることを確認された (Fig.3)。
- (2) バケット掘削時の抵抗力を用いた破碎堆積物の粒度推定：近年、岩盤の発破・積み込み作業の効率化を目指し、破碎堆積物の粒度を計測して発破成績を評価し、次の発破に活用する試みが行われている。本年は、バケット掘削時の抵抗力から破碎堆積物の粒度を推定するアルゴリズムを提案し、その有効性を確認した (Fig.4)。
- (3) 水中地盤のトラフィカビリティー：海底資源開発では、海底面における地盤のトラフィカビリティーを評価する必要がある。本年は重機の沈下特性を計測できる装置を作製し、沈下実験を行うとともに、牽引力の計測を行った (Fig.5)。

### UAV を用いた地盤情報取得技術

土砂災害現場での地盤形状計測に UAV が有効であることは既に確かめられている。本研究室では、UAV の更なる高度活用を目指し、UAV から錘および棒状のコーンを落下させて地盤強度を推定する基礎研究を行っている。本年は、無線計測システムの構築を行うとともに地面に突き刺さったコーンの深さから地盤強度を推定するための基礎実験を行った (Fig.6)。

for soil improvement, a method that can decrease the elution of fluorine from the paper sludge ash is required. This study confirmed that using bone char, the elution of fluorine from paper sludge ash can decrease to 0.8 mg/L or lower, which is a soil environmental standard.

### Studies on intelligent excavation by bucket and blade

The following studies were carried out to establish an intelligent system of excavation by bucket and blade.

- (1) Soil excavation in water by flat blade: Testing of soil excavation by blade was carried out on land and in water. This study confirmed that the resistive force in water was lower than that on land because soil shear force decreased as the degree of soil saturation increased (Fig.3).
- (2) Estimation of crushed rock size by using the resistive force acting on the bucket: In 2017, a method was developed for estimating crushed rock size through excavation work. It was found that the developed method was valid (Fig.4).
- (3) Trafficability of the vehicle in water: In seabed resources development, evaluation of the trafficability of a vehicle in water is required. In 2017, an experimental apparatus for measuring soil shrinkage characteristics caused by the crawler vehicle was developed, and soil shrinkage test was carried out. Moreover, the traction force of a small crawler vehicle in water was measured (Fig.5).

### Study on the acquisition of ground information by UAV

This laboratory is studying the development of a system for measuring ground strength using an unmanned aerial vehicle (UAV). Two systems are now under investigation. One estimates the ground strength from the impact acceleration of a weight when it impacts on the ground surface. The other one estimates the ground strength from the penetration depth of a rectangular column. In 2017, a wireless measuring system was investigated. Furthermore, the accuracy of measuring the penetration depth of rectangular column was examined (Fig.6).





准教授 坂口 清敏  
Associate Professor  
Kiyotoshi Sakaguchi

## 地殻環境・エネルギー技術の新展開

### Toward Advanced Environmental Geomechanics and Energy Technology

2017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) 東北地方太平洋沖地震前後での地殻応力の増減と余震の相関の実測説明 (Fig.1)
- 2) 高温延性花崗岩の水圧破砕特性と透水性向上に対する水圧刺激の効果 (Fig.2)
- 3) 樹脂メルト式真三軸実験システムを用いた400°C超の花崗岩の水圧破砕とそれに伴う透水性変化 (Fig.3, Fig.4)
- 4) 亜臨界/超臨界地熱貯留層環境下における岩石き裂の間隙水圧誘起すべり挙動 (Fig.5)

In 2017, our research activities were as follows:

- 1) Stress buildup and drop in the inland shallow crust caused by the 2011 Tohoku-oki earthquake events (Fig.1).
- 2) Effect of hydraulic stimulation on hydraulic fracturing characteristics and gain in permeability of high-temperature ductile granite (Fig.2).
- 3) Hydraulic fracturing of granite under the condition of 400°C or higher and its permeability change (Fig.3 and Fig.4).
- 4) Slip behavior induced by pore pressure of rock cracks under subcritical/supercritical geothermal reservoir conditions (Fig.5).

#### 東北地方太平洋沖地震前後での地殻応力の増減と余震との相関

地殻応力は地下で発生する方向性を持った力(圧力)で、場所毎に大きさと方向の異なる三次元的な圧力が同時に作用しており、地震発生のトリガーとなる。本研究では1991年~2016年にかけて岩手県釜石鉱山の地下約300m地点において測定された地殻応力の大きさの変化に着目した。東北沖地震1年後の地殻応力の3成分である最大、中間、最小主応力の大きさは、地震前に比べて2倍~4倍大きくなっているが、徐々に減少して、3年後以降は地震前のレベルに戻っていることがわかった。図1は東北沖地震における5m以上の地震すべりの分布図に三陸沖低地震活動域(SLSR: Sanriku-oki Low-Seismicity Region)を重ねたものである。SLSRはいわゆる地震の空白域と言える場所である。東北沖地震によるすべりの小さな領域(5m未満のすべり)は釜石沖にコの字型に分布している。また、この領域はSLSRに含まれている。釜石地域は東北沖地震のすべり域の西側外縁に位置しているが、本震によるすべりは釜石沖のコの字型の領域で止まったと推察される。釜石沖で発生した地震の規模と発生頻度を調べると、東北沖地震前(1955年~2010年)は、約5.5年おきにマグニチュード4.7~5.1の地震が発生していた。一方、東北沖

#### Stress buildup and drop in the inland shallow crust caused by the 2011 Tohoku-oki earthquake events

To examine the change in in-situ stress from before to after the 2011 Tohoku-oki earthquake, we performed stress measurements after the earthquake in the Kamaishi mine. The in situ stress measurement period was from 1991 to 2016. The results showed that the magnitudes of three-dimensional principal stress and vertical stress drastically increased during the mainshock and, at one year after the earthquake, were more than double those before the earthquake. The principal stress magnitudes then decreased with time, and they had returned almost to pre-earthquake levels by about five years after the earthquake. The SLSR (Fig.1) lacks historical great earthquake ruptures and showed relatively low levels of moderate-size earthquakes ( $M = 4.7 \sim 5.1$ ) over the past ~50 years before the 2011 Tohoku-oki earthquake at an average interval of 5.5 years. However, earthquakes in the SLSR suddenly became much more frequent after the Tohoku-oki mainshock, and the magnitudes of these earthquakes increased. Furthermore, the interval between earthquakes off Kamaishi gradually increased with time after the Tohoku-oki mainshock and reached approximately 0.3 years at one year. At the same time, the magnitudes of these earthquakes returned to the same levels as those before the mainshock. That is, (a) the stress magnitude in the Kamaishi region drastically increased during the Tohoku-oki mainshock because the region

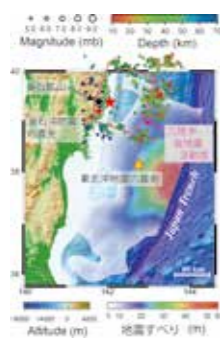


Fig.1 The total slip distribution of larger than 5 m of the 2011 Tohoku-oki earthquake (Yagi & Fukuhata, 2011) and the SLSR (Ye et al., 2012).

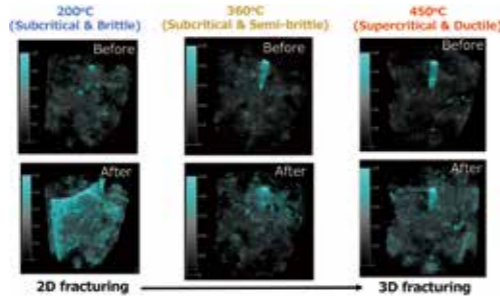


Fig.2 Fracture aperture distributions from CT data.



Fig.3 Large-scale hydraulic fracturing experiment under supercritical condition.



Fig.4 Permeability test after the hydraulic fracturing under over 400°C

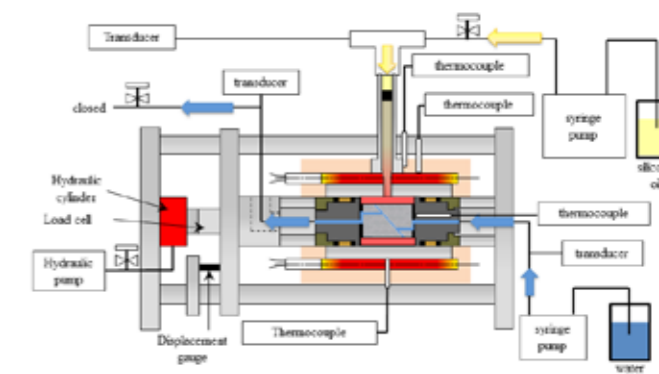


Fig.5 Slip experimental system under subcritical/supercritical geothermal reservoir condition

地震後の1ヶ月間は10日に1回程度の頻度でマグニチュード5.5~5.9の地震が発生している。また、東北沖地震の1年~2年後の期間では、4か月に1回の発生頻度になり、その規模は東北沖地震前とほぼ同じ規模に戻っている。この地殻応力と釜石沖地震の相関から、「東北沖地震発生直後の地殻応力の上昇は、釜石沖でSLSRがバリアとなりすべりが止まったことが原因である。この結果、地殻応力が上昇し釜石沖で地震が増加した。頻発した地震により地殻応力が解放され、釜石鉱山における東北地震後2年目以降の応力値は減少し地震の頻度も減少した。」という地震-地殻応力関係が理解される。本研究は、地震発生のトリガーとなる地殻応力を浅所(地下数百m)であっても定期的に定点で測定すれば、甚大災害と成り得る巨大地震のすべり破砕挙動を理解することに資する情報が得られることも示しており、地震研究の新たな手法の確立への貢献が期待される。

#### 高温延性花崗岩の水圧破砕特性と透水性向上に対する水圧刺激の効果

高温延性岩体中への地熱貯留層の造りが提案されている。しかしながら、延性条件下の岩石に対する水圧刺激による破壊特性は未解明である。本研究では、温度200°C~450°C、封圧40MPaの条件下で、中心にポアホールを有する花崗岩供試体に対して水圧刺激実験を行った。その結果、全ての温度環境においてき裂の生成が確認され、生成されるき裂の形態は温度によって異なることを明らかにした。これは、破砕流体の粘度が温度によって変化するためである。200°Cの条件では、線形に連続したき裂が生成され、このときの破砕水圧は封圧よりも大きかった。なお、この結果は室温環境と同じであった。一方、450°Cの条件においては、多くの離散き裂が供試体全体に亘ってクラウド状に生成され、この時の破砕水圧は封圧と同程度であった。空隙率および透水性は全ての温度環境下において増加した。このことから、脆性-延性遷移温度を超える条件下においても、水圧刺激によって十分な透水性を持った地熱貯留層の造りは可能であるとした。本研究は土屋研および駒井研(渡邊准教授)との共同研究である。

probably acted as a barrier to further rupture propagation; (b) the increased stress made earthquakes occur more actively in offshore Kamaishi both in terms of frequency and magnitude; and therefore, (c) the frequent aftershock occurrence caused the stress in Kamaishi mine to decrease and to return to approximately the same level as before the 2011 Tohoku-oki earthquake as well as increasing the cumulative postseismic slip in this region. In addition, the consistency between the change in measured stress and the change in seismicity in the Kamaishi regions suggests that the results of stress measurements, even those at a much shallower depth than the earthquake source fault, can be useful for understanding rupture propagation behavior.

#### Effect of the hydraulic stimulation on hydraulic fracturing characteristics and gain in permeability of high-temperature ductile granite

The creation of geothermal reservoirs in high-temperature ductile rock has recently been suggested. However, the characteristics of fracturing by hydraulic stimulation under ductile conditions of rock are not yet clear. In this study, hydraulic stimulation experiments on granite at temperatures of 200-450°C were conducted by injecting water into cylindrical granite with a borehole at a confining pressure of 40 MPa. The formation of fractures was observed at all temperatures, but fractures formed in different manners depending on the temperature, perhaps due to different water viscosities. At the lowest temperature, fractures propagated linearly from the borehole, and the borehole pressure required for the fracturing was much larger than the confining pressure, similar to hydraulic stimulation at room temperature. However, these fracturing characteristics disappeared with increases in temperature. As the temperature increased, the fracturing pattern shifted to the formation of a larger number of shorter fractures and less borehole pressure was required. Porosity and permeability increased significantly by hydraulic stimulation at all temperatures, and permeability gain was high even at the highest temperature, which exceeded the brittle-ductile transition temperature.



# 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



助教 村松 真由  
Assistant Professor  
Mayu Muramatsu

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

本年度は 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」の最終年度となり、SOFC コージェネレーションシステムの本格的普及に必要な低コストと 0.125%/1000h 以下の低い劣化率を達成可能な評価手法確立を目指し、主に燃料電池セル構造体の耐久性・信頼性向上にむけた研究を行っている。学内外との連携を含めて共同で研究を進めており、セル構成材料、単セルでの変形挙動評価や強度試験、温度・酸素ポテンシャルによる物性変化を考慮した SOFC シミュレーションコードの開発などを進めている。また、この事業の枠組みの中で、基盤コンソーシアムを形成し、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。

## SOFC 材料の作動環境での機械強度評価

当分野では、これまで酸素ポテンシャル分布の経時変化を評価しうる数理モデルを構築し、熱膨張、還元膨張およびクリープ変形を含む

## Development of Systems and Elemental Technology on SOFCs

FY2017 is the last fiscal year of the NEDO project “Development of Systems and Elemental Technology on SOFCs.” In order to achieve a low cost for widespread dissemination of SOFCs and a low degradation rate of less than 0.125%/1000h, we have mainly developed and established an evaluation method for improving the durability and reliability of the cell structures. In particular, the targets have been evaluated for the deformation and mechanical strength of the cells and materials, and we developed a novel simulation code of SOFCs considering variation in material properties as a function of temperature and oxygen potential. In this project, the research consortium is organized by the University of 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 mentioned below.

## Mechanical strength of SOFC materials under operating conditions

Our group has attempted to construct a multiscale model which can simulate elastic and inelastic deformation and fracture probability

非弾性的な変化を考慮した機械的劣化挙動の解析評価手法を独自に開発してきた。作動環境における材料間の熱機械的および熱化学的物性の違いは内部応力の原因となり、発生した応力はクラック、バックリング、剥離などの機械的損傷のトリガーとなる。セラミクスは脆性材料であり、塑性変形を伴わずに破壊に至るため、破壊評価には Weibull 分布が用いられる。本研究では SOFC 材料としてよく用いられる 8YSZ、10GDC、LSCF6428 について、スモールパンチ法を用いて様々な温度で測定した弾性率と破壊強度の Weibull 分布解析を行うことで、材料により異なる、損傷の可能性が高い温度域を明らかにした。(Fig. 1、2)

## 平板型 SOFC の変形挙動のマルチスケール解析

SOFC の構成部材は熱膨張とクリープ変形および電気化学反応に伴う還元膨張によって機械的な劣化を起こすことが知られている。面内方向にのみ周期構造を有する SOFC の平板型セルのような、非線形の板状デバイスの変形挙動解析にマルチスケール手法を適用するために、平板型セル内の面内に周期的な単一マイクロ構造を数値供試体と見立てて数値平板試験を実施し、そのマクロ非線形力学挙動を特徴づけるとともに、等価なマクロ挙動を再現する均質な板を積み重ねた積層代理モデルを新規に提案した。(Fig. 3、4)

## 教育活動

2017 年度の当研究室のメンバーは、教授 1 名、准教授 1 名、助教 1 名、研究員 1 名、技術補佐員 1 名の教職員 5 名、博課学生 2 名、修士学生 11 名、学部学生 10 名の学生 23 名の延べ 27 名で構成され、うち留学生は 4 名である。博士学生のうち 1 名は 9 月に学位を取得した。また 3 月には修士課程を 8 名が修了し、企業に就職、学部生 5 名は卒業後全員、修士課程に進学した。

considering the electrochemical, thermal, and mechanical properties of the constituent materials. Under SOFC operation, internal stress is generated due to the strain mismatch resulting from differences in the thermo-mechanical and chemo-mechanical properties of materials. This triggers mechanical damage such as cracking, buckling, and delamination on a cell. In particular, ceramics inherently have brittle characteristics, which lead to immediate fracturing without plastic deformation. Weibull distribution is widely used to characterize the fracture properties of ceramics. In this study, Weibull distribution analyses of fracturing were carried out for SOFC materials, 8YSZ electrolytes, 10GDC barrier layers, and LSCF6428 cathodes at various temperatures. The small punch test method was employed to measure the fracture strength as well as elastic modulus of the materials (Fig.1). The temperature dependences of fracture stress and strain were discussed (Fig.2).

## Multiscale analyses of SOFC deformation

Thermal/chemical expansion and creep deformation is critical for mechanical deterioration of SOFCs. We proposed a new method of multi-scale analysis for plate-like devices, such as a planar SOFC. To characterize the macroscopic nonlinear mechanical behavior of the in-plane periodic structure, the numerical plate testing method was employed. We introduced a surrogate model composed of homogeneous layers that are expected to exhibit the same macroscopic responses. Representative numerical examples were presented to demonstrate the capability of the proposed multi-scale analysis method (Fig.3 and Fig.4).

## Educational activities

The lab members include 5 staff members (a professor, an associate professor, an assistant professor, a researcher, a technical staff member) and 23 students (PhD students: 2, master's students: 11, undergraduates: 10) including 4 international students. One PhD student completed the degree in September. Eight master's students and five undergraduate students graduated in March.

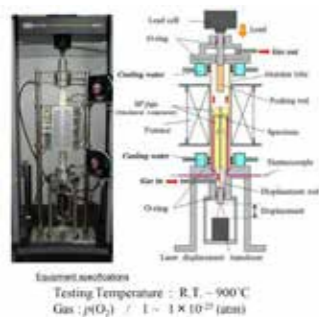


Fig.1 Small punch (SP) test equipment

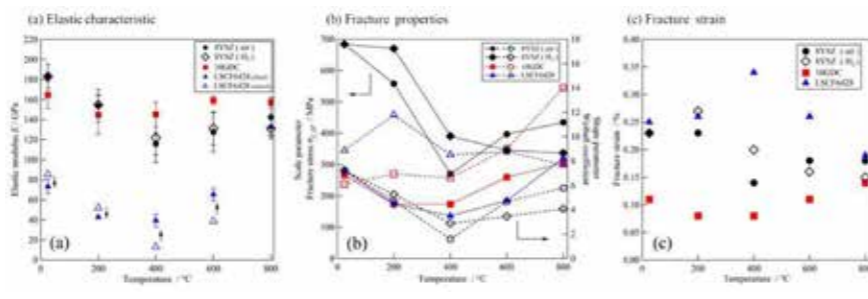


Fig.2 Evaluated results of mechanical properties of 8YSZ, 10GDC, LSCF6428

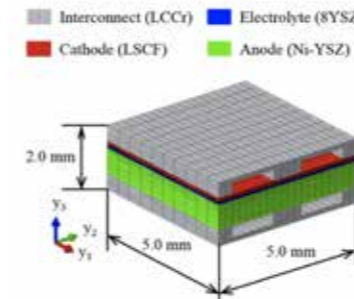


Fig.3 Calculation model of SOFC cell.

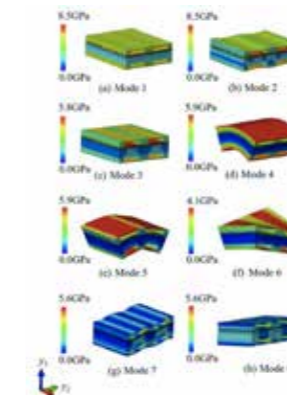


Fig.4 Simulated cell deformation in each mode.



# 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環境調査 (JAMSTEC 共同研究/新学術領域)

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。(Nakamura et al, Chemo., 中村ら, 資源素材学会)

## Data-driven surveying of environmental information

Information from the environment is infinite and complex. Therefore, it is important to extract beneficial factors. Our research forced paleotsunami deposits and adsorption coefficient by soil. Based on a data-driven analysis, we elucidated a complex and wide variety of environmental processes.

## 有害物質の地圏環境移動現象の解明 (国際航業・AIST 共同研究/環境省特別推進費)

有害物質の土壌中の流れや吸着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。(中村ら, 土木学会, 伊東ら, 資源素材学会若手の会受賞)

## Research on geo-environmental transfers of topical materials

Recently, soil contamination has become serious. Many methods of elution testing are known, such as the evaluation of the behavior of heavy metals and VOCs in contaminated soil. This is very complex in soil water. The purpose of this study was to assess human health risks using a self-made 3D model to consider the adsorption coefficient and water flow in soil.

## 地下水や鉱山起源の元素挙動の解析 (JICA 共同研究)

日本国外の調査(モンゴル, インドネシア, ボツワナ等)を通じて、

## Assessment of trace elements of groundwater and mining

We have clarified a method of recharging groundwater and transferring

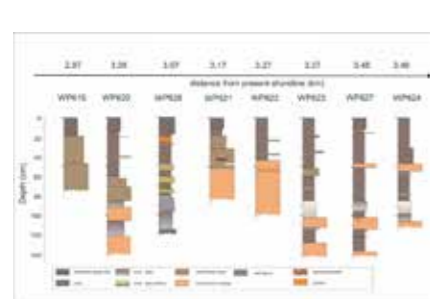


Fig.1 Paleotsunami deposits in Miyagi principal

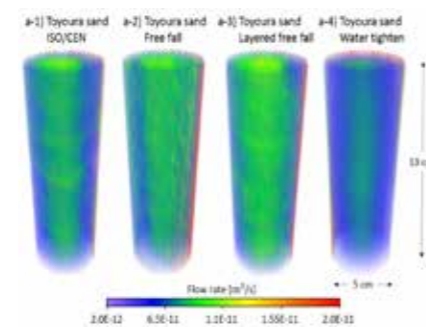


Fig.2 3D images of flow path by soil up-flow percolation test

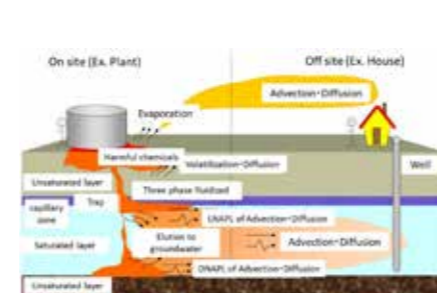


Fig.3 Risk assessment model image of new hazardous chemicals at our living area

地域住民の重金属類のリスク評価や飲用・工業に用いられる地下水の再供給のメカニズムを明らかにした。(Arie et al, ISC)

## 原位置発熱によるメタンハイドレート生産技術の開発 (AIST 共同研究)

新エネルギーとして期待されるメタンハイドレート生産技術開発手法として、酸や有機酸を用いた「原位置発熱法」の開発を行った。本研究より、同手法を用いることで、現行利用可能とされる手法と比較して、数倍の生産効率が可能となると推定される (Keneko al, JFES., 中野ら, 資源素材東北支部受賞)。

## 亜臨界/超臨界地熱貯留層の透水性 (科研費特別推進研究/基盤研究 (B))

従来型(亜臨界)き裂型地熱貯留層における水蒸気-熱水二相流動の相対浸透率曲線(v-X型曲線)を明らかにした(Watanabe et al., Geothermics)。また、高温延性花崗岩の水圧破砕や応力依存型透水性の特徴を明らかにし、延性地殻における超臨界地熱貯留層の形成可能性を明らかにした(Figs. 5 and 6; Watanabe et al., GRL; Watanabe et al., Nat. Geosci.)。加えて、超臨界地熱貯留層の透水性に及ぼす圧力溶解の影響を評価し(Saito et al., Geothermal Resources Council Best Presentation Award)、シリカ鉱物の析出や水圧誘起せん断すべりの影響評価も開始した。

## 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)地中貯留環境下における火山性砂岩の力学・水理特性 (JAPEX との共同研究)

CO<sub>2</sub>地中貯留の貯留岩候補のひとつである火山岩粒子やスコリア粒子などで構成される火山性砂岩のCO<sub>2</sub>-塩水-岩石反応にともなう力学特性や水理特性の変化に関する検討を開始した。

trace elements based on a survey conducted outside Japan (in Mongolia, Indonesia, and Botswana) to understand the real lives of local people.

## Development of methane hydrate production by partial-oxidation process

A large amount of methane hydrate exists under the permafrost and the bottom of the sea all over the world. The purpose of this study was to evaluate the effect on gas production of using heat generation resulting from the dissolution of minerals to acid. It is estimated that several times the production efficiency is possible.

## Permeability of subcritical and supercritical geothermal reservoirs

We have clarified steam-water two-phase relative permeability curves (v-X type curves) for conventional (subcritical) fractured geothermal reservoirs (Watanabe et al., Geothermics). Additionally, we have clarified the characteristics of hydraulic fracturing and stress-dependent permeability for high-temperature ductile granite, revealing the possibility of supercritical geothermal reservoirs in the ductile crust (Fig.5 and Fig.6; Watanabe et al., GRL; Watanabe et al., Nat. Geosci.). Moreover, we have evaluated the impact of pressure solution on reservoir permeability (Saito et al., Geothermal Resources Council Best Presentation Award), and have initiated studies on the impacts of silica precipitation and shear slip on permeability.

## Mechanical and hydraulic properties of volcanic sandstones under CO<sub>2</sub> geological storage conditions

We have initiated a research study on changes in mechanical and hydraulic properties of highly reactive volcanic sandstones, one of the candidates of CO<sub>2</sub> reservoir rocks, as a result of CO<sub>2</sub>-brine-rock reactions.



Fig.4 Geo-chemical analysis by data-driven

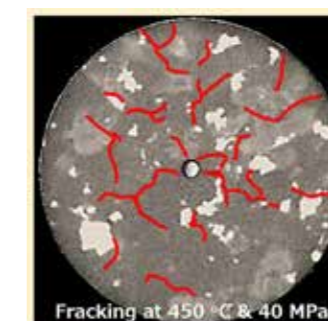


Fig.5 Supercritical hydraulic fracturing in ductile granite

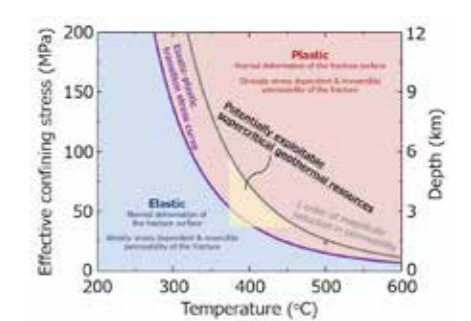


Fig.6 Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust



# 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 田路 和幸  
Professor  
Kazuyuki Tohji



准教授 高橋 英志  
Associate Professor  
Hideyuki Takahashi



助教 横山 俊  
Assistant Professor  
Shun Yokoyama



助教 梅木 千真  
Assistant Professor  
Senshin Umeki



技官 本宮 憲一  
Technical Engineer  
Kenichi Motomiya



事務補佐員 早川 昌子  
Clerical Assistant  
Masako Hayakawa

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 (特異な形態を有するストラティファイド光触媒、熱電変換合金ナノ粒子、太陽電池用 CIGS ナノ粒子、など)、(B) 機能性ナノ-エコ材料 (均質合金ナノ粒子、高機能電子用金属ナノ材料、固体高分子燃料電池用機能性ナノ触媒材料、炭素ナノ材料、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。

The research of Tohji Laboratory focused on how to develop well-defined nanomaterials and utilize them in our lives. In particular, we 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 photocatalysts with specific morphology (stratified photocatalysts), thermoelectric alloy nanoparticles, and CIGS alloy nanoparticles for solar cells; (b) functional nano-eco materials, such as uniform and well-crystallized alloy nano materials, well-defined electric integration nanomaterials, precise control of nano catalysts for fuel cells, and carbon nanomaterials; and (c) development of novel methods for extracting rare metals with precise control under complex condition

## 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; by 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 also 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、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。

For the 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 with high conductivity and oxidative resistivity, Cu materials with specific morphology, and Fe nanoparticles with low melting point to apply bonding materials. Thermoelectric materials, fuel cell materials, and stratified photo catalysts with specific morphology were also developed to apply these synthesized materials to environmental friendly energy materials.

## 学生諸君の国際及び国内会議発表、その他の活動

田路研究室所属の学生は、2017年4月-12月の期間に計16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、6月にシンガポールで開催された9th International Conference on Materials for Advanced TechnologiesではMC2の仲本龍一郎君が、11月にオマーンで開催されたChemistry Conference 2017, Green and Sustainable ChemistryではMC2の岩間守弘君(写真1)および牛田勝也君(写真2)が、12月にハワイ島で開催された5th Nano Today ConferenceではDC2の李明潔君(写真3)およびMC2の仲本龍一郎君(写真4)が、発表を行っている。6月に開催された資源・素材学会東北支部春季大会ではMC2の仲本龍一郎君が金賞(写真5)、MC1の佐藤康平君が銅賞(写真6)、9月に開催された資源・素材学会秋季大会ではMC2の岩間守弘君および牛田勝也君が若手ポスター賞を受賞している。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、X線分析討論会など、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。

## Student activities (conferences, prizes, etc.)

Students from our laboratory attended sixteen international and domestic conferences from April to December 2017. To develop the various abilities of members, we recommended joining international conferences and studying abroad (DC course students).

This year, Mr. Tatsuichiro Nakamoto (MC2) joined the 9th International Conference on Materials for Advanced Technologies at Singapore (June); Mr. Morihiro Iwama (MC2, Fig.1) and Mr. Katsuya Ushita (MC2, Fig.2) joined the Chemistry Conference 2017, Green and Sustainable Chemistry, which was held in Muscat, Oman (November); and Mr. Li (DC2, Fig.3) and Mr. Tatsuichiro Nakamoto (MC2, Fig.4) joined the 5th Nano Today Conference, which held in Hawaii Island (December).

At the Tohoku branch spring meeting of the Mining and Materials Processing Institute of Japan (MMIJ) (Sendai, Japan, June), Mr. Tatsuichiro Nakamoto (MC2, Fig.5) won the gold prize and Mr. Kouhei Sato (MC1, Fig.6) won the bronze prize. Moreover, at the fall meeting of MMIJ (Sapporo, Japan, September), Mr. Morihiro Iwama (MC2) and Mr. Katsuya Ushita (MC2) won the Young scientists poster prize.

We joined the Spring and/or Fall meeting of MMIJ, the Japan Society of Applied Physics (JSAP) and others.

Moreover, we joined various social activities, such as events on natural energy, public lectures, and so on.

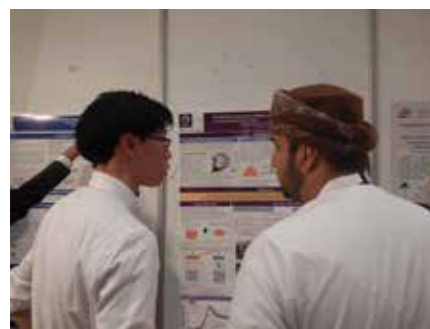


Fig.1 Presentation of Mr. Iwama (MC2) at Chemistry Conference 2017, Green and Sustainable Chemistry (Muscat, Oman)



Fig.2 Presentation of Mr. Ushida (MC2) at Chemistry Conference 2017, Green and Sustainable Chemistry (Muscat, Oman)



Fig.3 Presentation of Mr. Li (DC2) at 5th Nano Today Conference (Hawaii Island, USA)



Fig.4 Presentation of Mr. Nakamoto (MC2) at 5th Nano Today Conference (Hawaii Island, USA)



Fig.5 Mr. Nakamoto (MC2) win the Gold prize at the Tohoku branch spring meeting of MMIJ (Sendai, Japan)

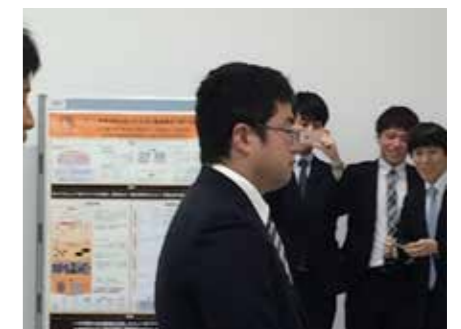


Fig.6 Mr. Sato (MC1) win the Bronz prize at the Tohoku branch spring meeting of MMIJ (Sendai, Japan)



# 持続可能型社会の実現に向けて政策およびエネルギー・自然資源管理の役割

Building a sustainable global society through policy and sustainable energy and resource use



准教授 グラウゼ ギド  
Associate Professor  
Guido Grause



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



助教 バール カエル  
Assistant Professor  
Kyle Bahr

次世代のために地球上の生命を支える生態系条件を維持して、持続可能なグローバル社会を実現する上で、自然資源を適切に管理することは 21 世紀において人類の最大の使命の一つであろう。化石燃料への依存度を減らし、賢明に有限の自然資源を使用する決意が求められている。そのため重要な政策の一つは、経済面で有効に温室効果ガス排出量の削減を目指す排出権取引制度だ。さらに遠い将来、排出権取引制度と代わってエコロジカルな通貨の導入がより有効な手段の一つとなると考えられる。また、ゼロエミッション社会の実現に当って、将来のエネルギー・システムとして水素が果たす役割も大きいだろう。とはいえ、今後環境面でどれほど有効な政策および技術が開発されようとも、国内・国外的に、また個人レベルでの社会的受容性の確保なしには、その導入は進まないだろう。

To realize a sustainable global society and protect our planet's living conditions for future generations, effective resource management is one of the most important tasks in the 21st century. This will require abandonment of fossil fuel related technologies and the wise use of our limited natural resources. Important policy tools for this include cap-and-trade schemes to reduce greenhouse gas emissions in an economically efficient manner. In the future, such a scheme might be replaced by more universal measures such as an ecological currency. As future energy systems, hydrogen technology will play an important role in a zero-carbon-based society. Nevertheless, any kind of new environmental policy or technology will fail without acceptance on international, national, and individual levels.

## 持続可能な社会に向けたイノベーション

エネルギーの選択と使い方に影響を及ぼす上で、政策は非常に重要だ。しかし、万能薬のような政策は存在しないため、諸施策手段間の相互作用を図り、複数の施策で構成される「政策のミックス」を導入する必要がある。特に大量のエネルギーを消費する大型建築物に取り組むに当たり、政策のミックスは多くの可能性を持つ。この分野において東京は世界の中でも先進的な都市だ。大規模施設を対象とする排出権取引制度や中小企業を対象とする温暖化対策報告制度の他、東京ではあらゆる優遇措置を活用している。また、エネルギー政策に関する研究を進める上で、日本は興味深い研究対象だ。福島原発事故後、ゼロエミッションのベースロード電源である原子力を失ったゆえに、全国的に石炭火力の拡大が進んでいる。ステークホルダー分析を通じて利害関係者の立場と異なったニーズを理解し、石炭火力への依存度を減らし、政策・制度上の変革を提示する必要が求められている。

「エコポイント」とは、生態系保護を目的とした通貨として機能する概念である (Fig. 1)。化石燃料や鉱物などの資源には採掘後、土地利用形態や希少性、環境負荷などに応じて賦課が課される。様々な種類の資源がこのシステムに組み込まれているため、賦課を避けるた

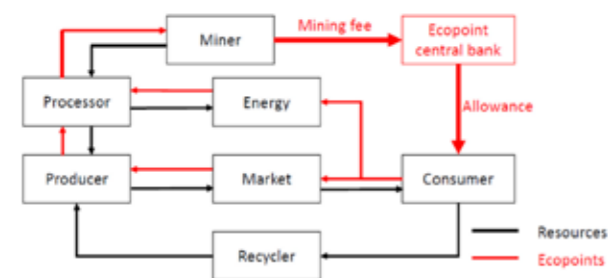


Fig.1 Resource and Ecopoint flow

## Innovation for a sustainable society

Government policies are critical for influencing how energies are used or chosen. Since there is no perfect, single policy approach, “policy mixes” and achieving positive interaction across different types of policy instruments is essential. Using policy mixes to target buildings is an important task as they consume the majority of energy in large cities. Tokyo is a global leader in this area. It targets buildings via a cap-and-trade, a carbon reporting scheme and various financial incentives. Japan is also a fascinating nation to conduct energy policy research. Japan has lost its zero-carbon baseload since the Fukushima nuclear accident and has decided to maintain coal electricity until 2030 as an important baseload. Using stakeholder analysis to understand the various needs of different societal organizations is critical for determining the factors pushing the continued use of coal and potential policy options to reduce coal dependency in the future. Japan is also promoting a transition to a hydrogen economy and is a world leader in this area. Part of our research involves examining the important role that hydrogen can play in stimulating local economies and supporting the development of renewable energy in regional areas.

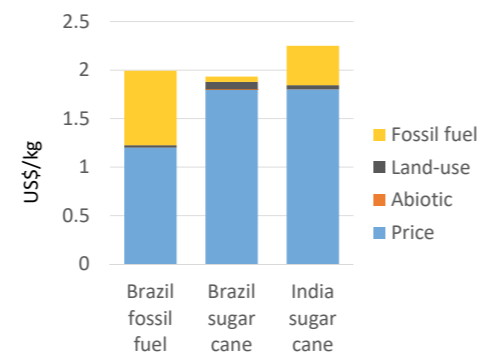


Fig.2 Polyethylene price including Ecopoints

めにある資源から別の資源へと単純にシフトすることを防止できる。このエコポイントによって生まれる収入は無条件に基本所得として世界人口に提供される。ポリエチレン (PE) の製造を例にとると、このシステムの利点が明白になる。ブラジルで化石燃料を利用して生産した 1kg の PE は 13.2 エコポイントが必要とするのに対し、燃料にサトウキビを使った場合は 2.2 だけで済む。しかしインドで燃料にサトウキビを使って同じ量の PE を作った場合、7.4 エコポイントが必要になる。この違いは化石燃料の消費量を反映している。インドでは電力および熱生産を石炭火力に依存することから、エコポイント需要が増加される。仮にエコポイントの価格を US\$0.06 に設定すれば、ブラジルで生産されたサトウキビ由来の PE は、化石燃料を使ってインド製の PE より US\$ 0.31 安く、化石燃料でインド製の PE より US\$ 0.66 安くなる (Fig. 2)。

世界中の持続可能な生活水準をつくる上で私たちが直面する課題は、技術的な面より、社会的かつ経済的問題であることが多い。例えば、化石燃料と比較して、一般的に代替エネルギーシステムに関する知識は少なく、代替エネルギーの開発を阻害しているといえる。この現状を打破するには、先進国が持つ高い生活水準と同様に、発展途上国も先進国と同じ水準に達する機会を得るには、平等なレベルを作るシステムを理解する必要がある。このように社会的に異なるレベルにある事象のダイナミクスを理解するには、個人や集団など様々なスケールで人々の行動要素を収集して研究を行う必要がある。我々は、これらの複雑な現象を理解するために、エージェントベースのモデリング (ABM) などの高度な技術を開発している。これらの手法は、構成要素 (個人) レベルで動く単純なルールに基づいて、システム全体の挙動 (持続可能な技術の普及など) を予想するために使用できる。

上述のように、持続可能な社会の実現に当って求められる社会技術的变化について理解を深めるよう我々は現在上記の 3 つの分野に取り組んでいる。新しい技術開発は、持続可能なグローバル社会の構築を推進するに必要不可欠だ。しかし、同様に重要なのは、新しい技術の導入拡大に影響する社会的条件および政策、または技術および政策に対する社会的受容性である。

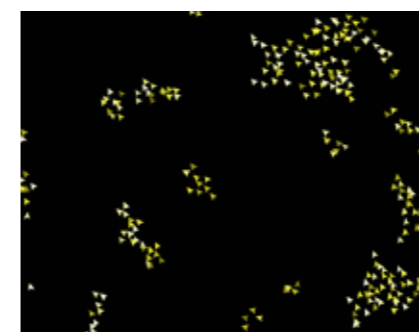


Fig.3 Complex flocking from simple individual preferences.

The Ecopoint concept (Fig. 1) is meant to act as an ecological currency. Resources, such as fossil fuels and minerals, are charged with a fee after extraction and for land use during the time of use in accordance with scarcity and environmental impact. Since different types of resources are included into this system, simply shifting consumption from one resource to another is prevented. The revenues are provided for the world's population as an unconditional basic income. The benefit becomes obvious using the production of polyethylene (PE) as an example. The production of 1 kg of PE from fossil fuel in Brazil requires 13.2 Ecopoints, while the production from sugarcane only requires 2.2. Yet if PE is produced from sugarcane in India, 7.5 Ecopoints are required. These differences reflect the variations in the use of fossil fuels. Dependence on coal power for electricity and heat in India increases Ecopoint demand. At an assumed Ecopoint price of US \$0.06, sugarcane based Brazilian PE is \$0.32 and \$0.66 cheaper than Indian and fossil fuel based PE (Fig 2.).

Many of the challenges that we face in producing a worldwide sustainable standard of living are more social and economic than technical in nature. For example, there is generally very low public knowledge about alternative energy systems compared to fossil fuels. This leads to a lack of public will for development of these alternatives. In pursuing these alternatives, it is important to consider issues of fairness and equity so that developed nations may continue to have a high standard of living, and developing nations may have the opportunity to achieve those same standards. In order to understand the dynamics between these forces in tension, it is necessary to study human individual and collective behavior at many scales. We are working to develop advanced techniques, such as agent-based modeling (ABM), to understand the complex phenomena at play in these areas (Fig. 3). These techniques may be used to simulate system-wide behaviors (such as diffusion of sustainable technologies) based on simple rules implemented on the level of the constituent (individual) scale. As we have summarized above with our work in three key area, we are researching how change towards a sustainable society can be achieved. New technologies are essential for advancing progress towards a sustainable society. But they are only as important as the basic social conditions they are exposed to, the policies that support them, and the public acceptance for both these policies and the technologies concerned.



# バックキャスト思考による ライフスタイル変革のイノベーション

Research on lifestyle innovation using backcast method



准教授 古川 柳蔵  
Associate Professor  
Ryuzo Furukawa



助手 三橋 正枝  
Research Associate  
Masae Mitsuhashi

本分野は8年目を迎え、2015年4月に環境技術イノベーション分野からイノベーション戦略学分野と名称が変更された。環境制約下でイノベーションを促進するためには何をすべきかについて、社会科学を基盤とした統計手法を用いて、事例研究を行い、環境制約下におけるイノベーション・プロセス研究、持続可能なライフスタイル研究、ソリューション創出手法研究、及びこれらの実証研究を行っている。本年は、JST-RISTEXの「未来の暮らし方を育む泉の創造」プロジェクトのモデル地域（兵庫県豊岡市、岩手県北上市、沖永良部島、三重県伊勢志摩地域）を中心にライフスタイル変革の実証研究及び持続可能な暮らし方に重要な要素を学ぶ「木育ワークショップ」などを進めた。

Our department was started in April 2010 and pasted 8 years. Using innovative processes, we study environmental issues such as environmental constraints, methodologies for lifestyle design, the structure of sustainable lifestyles, methodologies for solving environmental problems, and research applications based on statistics and case studies in innovation. The lifestyle design project “Creating a Fountain of Future Lifestyle Ideas,” supported by JST-RISTEX, was started in Toyooka city, Kitakami city, Okinoerabu-jima, and Mie prefecture. In this project, a lifestyle design method and “90-year-old hearing” method were used by the local government and companies. In addition, a “Mokuiku workshop” was implemented for elementary students in 7 local cities to learn important sustainable values to develop a lifestyle evaluation method.

## 環境配慮行動に関する研究

高等学校を対象とした座学と実習を併用したカリキュラムが環境配慮行動に与える影響や自発的にシンプルな暮らしを行うVSF（ボランタリーシンプルファー）に関する研究を行っている。

## Environmental behavior

We researched the influence of a curriculum that combines classroom lectures and practical training on pro-environmental behavior and a VSF lifestyle change process among people who voluntarily live simple lifestyles.

## ライフスタイル変革実証研究 —未来の暮らし方を育む泉の創造—

ライフスタイル変革の実証研究を行っている。2015年10月、「未来の暮らし方を育む泉の創造」プロジェクトがJST-RISTEXのプロジェクトとして採択された。このプロジェクトは、将来の環境制約を踏まえたバックキャスト思考及び90歳ヒアリング手法を用いて、自治体や企業と連携し、地域独自の心豊かなライフスタイルを創出する基盤を構築することを目指すものである。豊岡市、北上市、沖永良部島、伊勢志摩地域がモデル地区。2017年モデル地区では、「地元の食材で集う暮らし」や「楽しみを自給する暮らし」など、地元の人が描いたライフスタイルを実現するための第一歩としての体験会など行った。

## Lifestyle innovation in the local area —“Creating a Fountain of Future Lifestyle Ideas”

We researched lifestyle innovation in the local area. On October 2015, the lifestyle design project “Creating a Fountain of Future Lifestyle Ideas,” supported by JST-RISTEX, started in Toyooka city, Kitakami city, Okinoerabu-jima, and Mie prefecture. In this project, a lifestyle design method and “90-year-old hearing” method were used by the local government and companies to design future lifestyles. This year, we planned an event for the local people about “Gathering with local food lifestyle” and a “Creating enjoyment by myself in nature lifestyle.” These events were planned by local leaders and supported by Tohoku University and the local government in 2017.

## 木育ワークショップ

木育ワークショップを通してオントロジー工学を応用したライフスタイル変化の評価手法開発を行っている。木育ワークショップは、小学生が持続可能で心豊かなライフスタイルに重要な価値観を体感し、木材を使うことの重要性を学ぶために設計されている。第1回目の木育では、まな板をつくる楽しみを体感する。第2回目の木育では、まな板を修理する楽しみを体感する。第3回目の木育では、まな板を切り、別の物に作り変えてでも長く物を使うことの楽しさを学ぶ。これらの合計3回の木育において、詳細なアンケートを実施し、ワークショップ中にビデオ撮影を行い、価値観の変化や行動ごとの笑顔数などのデータを分析し、各ワークショップにおいて、どのような行動と方式の組み合わせが心の豊かさを増大させるのかを明らかにすると共に、オントロジー工学を応用したライフスタイル変化の評価手法の開発を進めている。実施地域は、北上市、仙台市、豊岡市、池田市、豊中市、志摩市、鹿児島市、沖永良部島。

## Mokuiku Workshop –Wood education–

We conducted practical research studies on methods of evaluating lifestyle change based on the ontology engineering using a Mokuiku workshop. A Mokuiku workshop is a social platform filled with various activities with the purpose of introducing important values for sustainable lifestyles, such as gaining affluence from producing, repairing, and remaking goods for children and parents. At the first workshop, elementary school students produced cutting boards to learn about environmental issues and the role of the forest. At the second workshop, they learned how to repair board and the concept of nature technology. At the third workshop, they learned how to remake and the importance of using materials for a long time. Through these workshops, we collected data using a questionnaire and video camera and analyzes what kinds of actions produced affluence and how often the participants smiled during the activities. After analyzing the data, we will find an effective action-way structured lifestyle, to create a better and more enjoyable lifestyle and could develop a new method for evaluating lifestyle change. The model areas are Kitakami, Sendai, Toyooka, Ikeda, Toyonaka, Shima, Kagoshima, and Okinoerabu island.

## スギナミライフ学

杉並区社会教育センターと連携し、スギナミライフ学と呼ぶ区民を対象としたライフスタイルデザインプロジェクトを進めている。バックキャストや90歳ヒアリングを実施し、杉並らしさとは何か、残しておきたい価値とは何かを議論している。2018年3月には、描いたライフスタイルを実現するための第一歩となる区民主導のライフスタイル体験イベントが開催される予定である。都市部の自治体におけるライフスタイルデザインプロジェクトとしては初となる。

## Suginami Lifestyle Project

Suginami-ku and our lab have conducted a “Suginami Lifestyle Project.” They learned a backcasting method and 90-year-old hearing method to create an affluent future lifestyle in Suginami-ku, Tokyo. They discussed what Suginami lifestyle is and what values they should keep for the next 20-30 years. In March 2018, they plan to hold an event to experience these values for themselves. This will be the first step to the lifestyle they have created. This is the first case in an urban area in Japan.

## 普及・啓発

ユネスコスクール支援大学間ネットワーク ASPUnivNet を担当し、また、バックキャストを用いて ESD の実践を行っている。

## Enlightenment

Ryuzo Furukawa has been in charge of ASPUnivNet, supporting the UNESCO school and performing several ESD activities such as delivering lectures about backcasting and lifestyle design.



Fig.1 90-year-old hearing in Toyama



Fig.2 Toyooka LSD project



Fig.3 Kuchinai secret base project in Kitakami



Fig.4 Mokuiku workshop



Fig.5 Shokuiku project in Shima



Fig.6 Speech about UNESCO and ESD at Tohoku University Library



# 開発と環境—持続可能な未来を求めて

## Development and the Environment – Toward a Sustainable Future



教授 藤崎 成昭  
Professor  
Shigeaki Fujisaki

「開発と環境」が当研究室の長年取り組んでいるテーマである。地球環境を巡る南北間の立場の相違を超えて、持続可能な未来を切り開く途を探ることこそが、その具体的な課題である。

“Development and the Environment” are our laboratory’s primary areas of focus. We are exploring the path to a sustainable future through the resolution of north-south conflicts over the global environment.

### 「成長への限界」としての環境

研究科の幾つかの講義で、ポール・クルーグマン教授の『ミクロ経済学』、『マクロ経済学』の教科書を使って来た。『マクロ経済学』の第2版(2009年)では、「長期の経済成長」の章に「世界経済の成長は持続可能か?」と題した新たな、独立した節が付け加えられた。環境問題がマクロ経済学の教科書で議論されること自体、驚くに足るが、経済学者は、天然資源の希少性よりも環境悪化が課す「成長への限界」により関心を寄せている、と結論付けていることがより重要だ。つまり、「成長への限界」は、天然資源ではなく環境の側にある。何よりもこのメッセージを、受講生と共有したいと考えている。

### 中国は世界一の汚染者か?

環境悪化が課す「成長への限界」として指摘されるのは、気候変動のような地球環境問題である。図1を示しつつ、クルーグマン教授は「気候変動問題は明らかに経済成長と関連している」と述べている。そして、この問題に関する先進諸国の歴史的な責任を認めつつも、中国等の新興諸国が成長するにつれ、より多くのエネルギーを消費し、より多くの二酸化炭素を排出するようになったと指摘する。図1が示す通り、中国は既に最大の二酸化炭素排出国だ。では、中国こそ「世界一の汚染者 (the worst offender)」というべきだろうか?

### The environment as “the limits to growth”

For several classes, I have been using the textbooks of *Microeconomics* and *Macroeconomics* by the 2008 Nobel Laureate in Economic Sciences, Paul Krugman (the first edition was published in 2006). In the second edition of *Macroeconomics* (2009), Prof. Krugman inserted a new subsection titled “Is World Growth Sustainable?” in the chapter on long-run economic growth (pp. 247 -252). The fact that environmental issues are discussed in a macroeconomics textbook is, in and of itself, quite surprising. More importantly, however, one of his conclusions in the subsection is that economists are typically more concerned about “the limits to growth” that environmental degradation imposes compared with those that resource scarcity imposes. In other words, “the limits to growth” are on the side of the environment. First and foremost, I would like to share this message with my students by using the textbooks.

### Is China the worst offender?

When it comes to “the limits to growth” that environmental degradation poses, he definitely has global environmental issues, such as climate change, in mind. Highlighting Figure 1 below (p. 271, in *Macroeconomics* [the fourth edition], 2015), he says, “The problem of climate change is clearly linked to economic growth.” Although he asserts that the world’s wealthy nations are historically responsible for the problem, he points out that as China and other emerging economies have grown, they have begun to consume much more energy and to emit much more carbon dioxide (p. 270, in the fourth edition). As Figure 1 indicates, China is already the world’s No. 1 emitter of carbon dioxide. Thus, is China the worst offender?

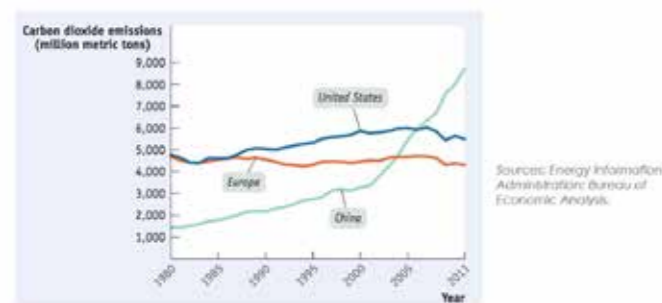


Fig.1 Climate Change and Growth  
(Unit: Carbon dioxide emissions (million metric ton))  
(Source: Krugman/Wells (2015). *Macroeconomics* (Fourth edition). Worth Publishers. P.271)

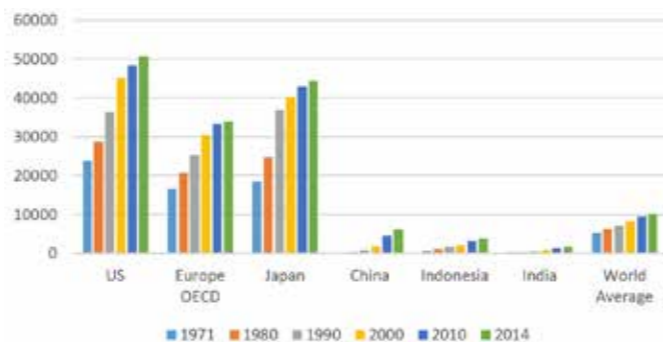


Fig.2 Real GDP per capita  
(Unit: 2010 US\$)  
(出所: 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編 (2017) 『エネルギー・経済統計要覧』省エネルギーセンター、260 ページ)

### 1人当たりで見れば

経済成長を跡付けるのに用いるのは、実質 GDP ではなく 1人当たり実質 GDP だ。これは、単純に人口規模の影響を取り除くためだが、同じ理屈は気候変動問題にも当てはまるだろう。図 2、3 から、

- 1) 中国は 2010 年に日本を追い抜き世界第二の経済規模を持つに至ったが、一般国民の生活水準は、先進諸国に比べ、依然格段に低い、
- 2) 図 1 が示す総排出量とは違い、中国の 1人当たりの二酸化炭素排出量は、2014 年に欧州諸国を凌駕しているとはいえ、日、米に比べ、依然低い水準にある、

1人当たりで見れば、「世界一の汚染者」は中国ではなく、アメリカのような豊かな国である。

### 温室効果ガスと経済発展の水準

豊かな国々の責任を認めつつもクルーグマン教授は、温室効果ガスの水準故にある国を批判することは、経済発展の水準が高いことを難するに等しい、とも指摘する。もし 1人当たりの二酸化炭素排出量が 1人当たり GDP の増加に比例するように増えるものならば、当を得た指摘である。しかし、例えばアメリカの 1人当たり二酸化炭素排出量は、日本や欧州諸国に比べても、1人当たり所得の差以上に大きい (図 2、3)。これは、アメリカの GDP の炭素強度 (CO<sub>2</sub>/GDP=CO<sub>2</sub>/E×E/GDP) が日本や欧州諸国に比べ大きいことを、示唆している (茅の式: CO<sub>2</sub>/P = CO<sub>2</sub>/E×E/GDP×GDP/P を参照) が、この点は、図 4 で確認できる。

要するに、温室効果ガスの水準故にある国を批判することは、経済発展の水準が高いことではなく、例えば、エネルギー利用の非効率さ、あるいは不適切さ、を難するに等しいのである。

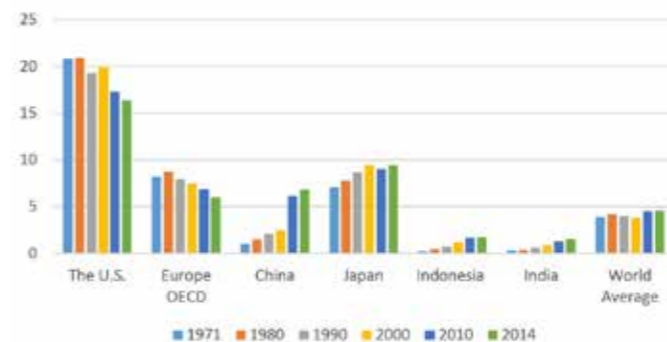


Fig.3 CO<sub>2</sub> Emissions per capita  
(Unit: tons)  
(出所: 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編 (2017) 『エネルギー・経済統計要覧』省エネルギーセンター、262 ページ)

### What per-capita figures tell us

To track economic growth, we focus not on real gross domestic product (GDP) but real GDP *per capita*—the average GDP per person—simply because we would like to eliminate the effect of differences in population size. The same logic should be applied for the problem of climate change. Figures 2 and 3 reveal the following: 1) Even though China has become the second-largest economy, surpassing Japan as of 2010, its standard of living for the average person is still significantly low compared with wealthy nations (Figure 2); 2) unlike the total carbon dioxide emission (displayed in Figure 1), China’s carbon dioxide emission per capita in 2014 was still lower than those of the United States and Japan were, already surpassing the Europe OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) figure (Figure 3). This comparison of the carbon dioxide emissions per capita of various nations implies that the worst offender is not China but rather wealthy nations, such as the United States.

### Greenhouse gases and level of economic development

Based on a similar comparison and admitting that Australia, Canada and the United States are, at first glance, the worst offenders, Prof. Krugman, however, suggests that criticizing a country’s level of greenhouse gases is equivalent to faulting its stage of economic development (p. 441 in *Microeconomics* [the second edition], 2009). This is true if carbon dioxide emission per capita *proportionately* increases as per-capita GDP grows. According to the data of Figures 2 and 3, however, it is obvious that the carbon dioxide emission per capita of the United States is *disproportionately* larger than those of the Europe OECD and Japan are. This implies that the carbon intensity of the GDP (CO<sub>2</sub>/GDP) of the United States is much greater than those of the Europe OECD and Japan are (recall the Kaya identity: CO<sub>2</sub>/P = CO<sub>2</sub>/E×E/GDP×GDP/P). In fact, as Figure 4 indicates, CO<sub>2</sub>/GDP (=CO<sub>2</sub>/E×E/GDP) of the United States is much greater than those of the Europe OECD and Japan are.

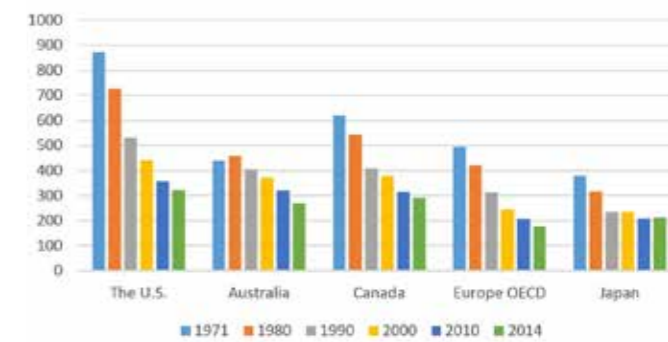


Fig.4 CO<sub>2</sub> Emissions per \$ 1 million of GDP  
(Unit: tons / 2010 US\$ 1 million)  
(出所: 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編 (2017) 『エネルギー・経済統計要覧』省エネルギーセンター、265 ページ)



# 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質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 concern regarding resource and environmental constraints during 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 shareholder concern about social and environmental sustainability, the fabrication industries require careful attention owing to their own risks related to the resources and materials used in their products and services. The material flow analysis 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 global link input-output model. The estimated results shed light on how resource logistics prepares policy makers and research and development engineers to confront the risks behind resource usage, and how the information should be shared among the stakeholders.

## 滋賀県琵琶湖流域経済圏におけるリンのマテリアルフロー解析

リンは窒素やカリウムと並ぶ植物の必須栄養元素のひとつであり、農業分野では土壌の栄養成分を補うため肥料として大量に投入されている。しかし一次リン資源の供給は基本的に鉱山から採掘されるリン鉱石に限られており、またこのリン鉱石は世界的に所在が偏在しているため、戦略資源化のリスクがある資源である。日本は現在リンの一次供給を輸入に全量依存しており、安定供給を確保する為に国内での循環利用の向上が求められている。自然条件に左右されやすい第一次産業分野において、地理的条件や風土、人口の違いなどの細かい地域差を考慮に入れることが難しい。そこで、農業分野をはじめとする第一次産業においてより地域の特徴を反映した解析を行うために、都道府県を対象とした分析を行うこととし、滋賀県に着目したリンマテリアルフロー解析を行った(図1)。

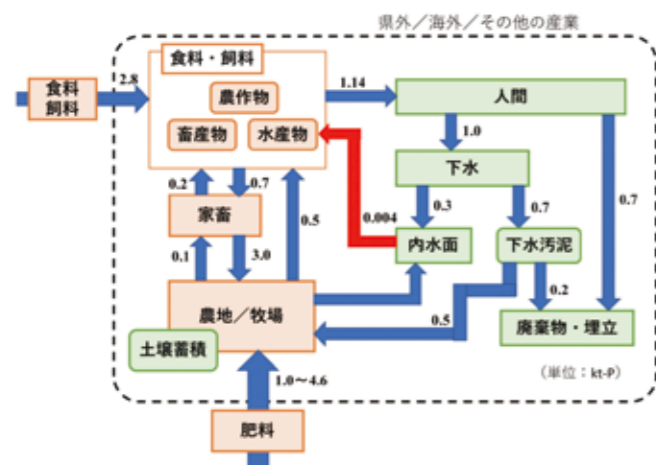


Fig.1 Estimated Phosphorus flows in Shiga Prefecture

## Phosphorus flow analysis in Shiga Prefecture

Agricultural nutrients, including phosphorus, potassium, and nitrogen, are essential elements for food production. The global population is predicted to exceed nine billion by 2050, and furthermore, bioethanol production has increased by about three times over the past 10 years. As a result, the resources used for agricultural production, including water, land, and fertilizer, will be of increasing importance in the next few decades. We evaluated phosphorus flows, focusing on Shiga Prefecture, which has the largest lake in Japan for advancing phosphorus resource efficiency (Fig.1).

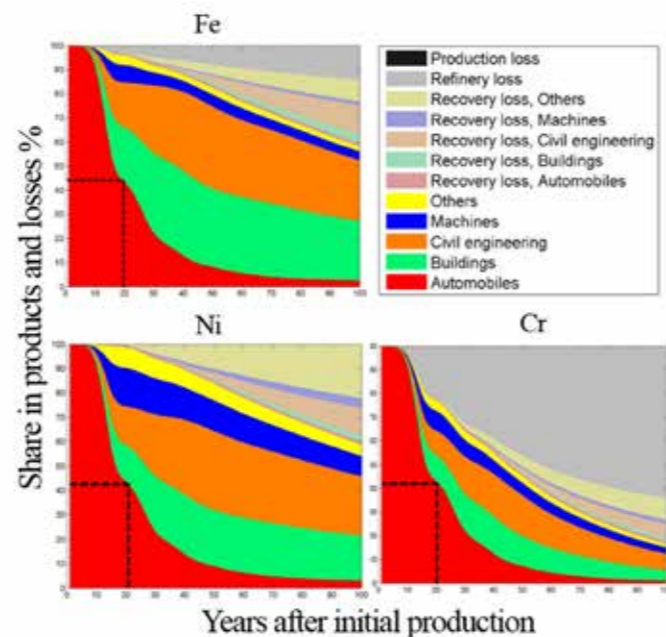


Fig.2 Transitions in the composition of stock of steel, Ni and Cr originally used for automobile engine

## 動的 MFA を用いた鉄鋼資源循環に伴う合金フロー解析

ニッケルやクロムといったレアメタルを含有する特殊鋼はエンジン、駆動系、足回り、懸架などの各ユニットの主要構成部品に使用されている。自動車を構成する部品のうち、エンジン本体及び補機類がボディに次いで二番目の重量を占めており、中古部品として高い需要があるほか、スクラップとしての資源販売価格も高いため、回収率は非常に高い。しかしながら部品として販売できなかったエンジンは、破碎・選別処理、溶解・鋳造といったプロセスを経てアルミニウムと鉄が再資源化されるが、その際に、一部の合金元素は製錬・再溶解の際に散逸し有効活用がされていない。本研究では、部品リユースの影響を考えながら、自動車エンジンに含まれる合金元素のニッケル (Ni) 及びクロム (Cr) に着目し、動的 MFA (Material Flow Analysis) モデルである MaTrace モデルを用いて、時間を通じた散逸量の推計を行った(図2)。

## 自動車の技術変化と素材に着目した関与物質総量の分析

EV(電気自動車)やHV(ハイブリッド車)、FCV(燃料電池自動車)といった各種の次世代型自動車は一般的に走行時のCO<sub>2</sub>排出量がGV(ガソリン車)よりも少ないとされている。しかしながら、次世代型自動車にはCuやLi、Pt等の希少資源が多く必要とされる問題点もある。これらの資源は鉱石中に微量しか含まれていないことに起因する土地改変量の大きさ等の採掘・精錬段階における環境負荷が大きい。製造段階における自動車の環境負荷を環境に対する改変量の観点から検討する為に本研究では各種自動車の製造時におけるTMR (Total Materials Requirement) を評価すると同時に、世界全体及び地域別の自動車販売台数から算出した自動車製造に伴うTMRの総量を推計した(図3)。

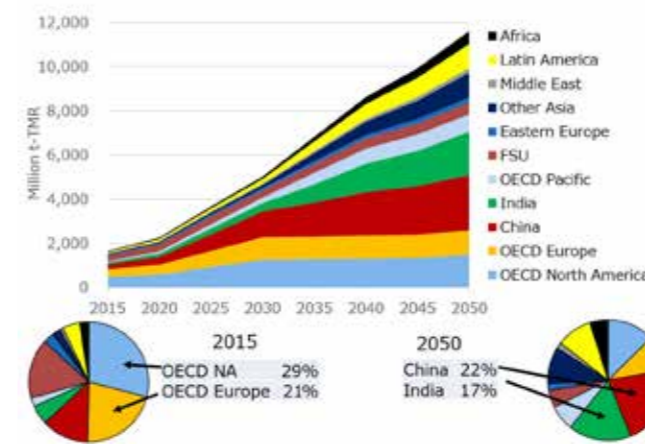


Fig.3 TMR of global automobile production

## IO-based dynamic material flow analysis on steel alloy elements

The MaTrace model is an input-output analysis-based model for dynamic material flow analysis (MFA) that can trace the fate of materials contained in end-of-life products over successive rounds of open-loop recycling, considering the scrap quality and losses incurred during conversion processes (Nakamura et al.2014). The timespan of evolution was calculated at 100 years, and the exported engines were assumed to be completely reused. The data used in the model were retrieved from the waste input-output MFA database, which was developed based on the Japanese Input-Output Table for 2005 (Ohno et al.2014). The individual curves in Fig. 2 provide the share (percentage %) of the locations of steel, Cr, and Ni, and their distribution among various components, as well as their losses over a period of 100 years. If about 40% of the IC engines were reused, after 20 years, the portion of these three elements in cars was found to drop to about 43%. The final distribution indicates that 41.8% of steel, 83.4% of Cr, and 41.2% of Ni were dissipated in total. The reason for this is that Cr is normally lost in the refinery process, whereas Ni is normally lost in the recovery process.

## Analysis of total materials requirement for technological change in automobiles

The total materials requirements (TMRs) of various cars and the total TMR amount by regional automobile production are calculated through scenario analysis. TMR represents the quantity of substances taken out of domestic and foreign environments during economic activities. TMR includes not only the flow of substances directly consumed but also indirectly consumed substances. In considering the TMR of an automobile, attention must be paid to elements such as copper, nickel, lithium, and other critical metals. These elements are not used much in gasoline-powered vehicles, but they are used often in next-generation cars. These elements are present in only very small amounts in an ore, so it is expected that very large values will be obtained when converted into a TMR (Fig.3).



Fig.4 Labo Imoni party



# 一緒にフィールドに出て、地域と考え、論文を書いて世界と対話しよう

Act locally, think globally together with the community



教授 香坂 玲  
Professor  
Ryo Kohsaka



助教 内山 倫太  
Assistant Professor  
Yuta Uchiyama



研究員 田代 藍  
Researcher  
Ai Tashiro

国連生物多様性条約での生物多様性、遺伝資源をめぐる価値、利益配分、REDD+についての国際動向を分析している。また生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム (IPBES) のアジア地域報告などで、生態系の傾向や価値について執筆をしている。現地のケーススタディでは里山を含む森林資源の活用について、地域社会とグローバルな影響について分析をしている。

Having first-hand experience at the United Nations Environmental Programme Secretariat to the Convention on Biological Diversity, Prof. Kohsaka analyzed the international process of biodiversity, genetic resources, and forest resources, including REDD+. He is a coordinating lead author (CLA) of the IPBES Asia Pacific report. He has extensive experience with forest and agricultural resources, including Japanese Satoyama.

## 研究プロジェクト

本研究室で取り組んでいる主な領域としては、国際的な地域認定制度、伝統的知識と地理的表示保護制度、生物多様性指標、生物模倣技術、ブルーカーボンと生計向上の5領域がある。それぞれ科研費や民間財団等の助成を受けてプロジェクトを遂行している。

科研費による地域認定、産品認証の地域戦略、観光振興に関する調査分析では、地域認定として世界農業遺産、産品認証として地理的表示等に着手して東北の鶴岡、大崎、北陸の能登等の自治体の戦略について調査を実施した。特に、能登と鶴岡については、農水省の政策研究所と連携して、制度活用に関係する行政、企業、NPO等の関係主体の連携状況を、社会ネットワーク分析の手法を基に分析している。地域レベルの認定であるジオパークについては、田中優至さん(現M1)の研究が平成29年度糸魚川ジオパーク学術研究奨励事業に採択された。伝統野菜等の遺伝資源としての価値もある地域産品を軸とした教育実践については、トヨタ財団の助成による日中韓の連携プロジェクトを開始した。遺伝資源の公正な利用に関するプロジェクトでは、資源利用に係る伝統的知識や、遺伝子情報を含む知的財産の管理を通して、資源利用によって得られる利益を、資源管理、生物多様性保全の促進へと循環させる方策を構築する研究実践を、総合地球環境学研究所と連携して実施している。

生物多様性指標に関しては、自然地や農地等からなるグリーンインフラの管理促進手法を構想するプロジェクトを、東北地域づくり協会

## Research project

The main themes of the laboratory are as follows; (a) an international regional designation system, (b) geographical indication (GI) and traditional knowledge, (c) biodiversity index and ecosystem services, (d) biomimetics, and (e) blue carbon and livelihood enhancement. They are supported by MEXT KAKENHI and private foundations.

In a project on regional designations, product certifications such as GI, and tourism development, we focused on the Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) by FAO and GI and implemented a survey of local strategies for utilizing those designations and certifications in the Tohoku and Hokuriku regions. In particular, social network analysis was applied to identify the characteristics of the relationships between stakeholders including governments, private companies, and NPOs. Yushi Tanaka (an MSc student) was supported by research grants from Itoigawa City Geopark to conduct this research. Regarding the educational activities of local genetic resources including traditional vegetables, a project based on a collaboration between Japan, China, and Korea was started with support from the Toyota Foundation. A research project on fair and equitable benefit sharing of biological and genetic resources and their utilization was implemented in collaboration with the Research Institute for Humanity and Nature.

In the project on the biodiversity index and ecosystem services, research was implemented on green infrastructure composed of primary and secondary natural areas, including agricultural lands, as a project supported by Tohoku Regional Development Association. Regarding the project on blue carbon and livelihood enhancement, we participated in the SATREPS project supported by JST and JICA.

の技術開発プロジェクトとして実施している。また、ブルーカーボンと生計向上については、SATREPSに参画している。

## 研究成果の発信

自然から学ぶ技術としての生物模倣技術の社会実装に関する企業、一般市民を対象とした調査結果を、フィリピンでの国際シンポジウムにて発表した。また、キノコ、蜂蜜等の非木材林産物の保全や知識継承に関する研究は、International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) 及び香坂が日本のハブを務める森林伝統知に関するアジアの研究ネットワークにおいて発信した。生物多様性指標については造園学会、生態学会等でも講演を行った。また、学生はEcological Modellingに関する学会、知財学会等で成果を発表している。学術論文については国内外の学術誌での発表に加えて、香坂が編集幹事を務めるJournal of Ethnic Foodsにて日本の伝統食、産品をテーマに特集号を発刊した。

## 海外連携、科学・政策インターフェースの実践

香坂は、Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) のアジア太平洋地域の報告書の調整役代表執筆者 (CLA) として、また政府代表団の一員としてドイツでの会合 IPBES 5 に参加した。また、生物模倣技術の ISO の会議にもコンピーナーとして参画している。内山は IPBES 報告書の執筆協力者として、また、UNEP の若年層向けの地球環境概況 (GEO-6) の主執筆者として参画した。生物・遺伝資源の利益配分に関する研究ではタイの Biodiversity-Based Economy Development Office との連携、カリフォルニア大の Madhavi Sunder 教授の招聘等を行った。地域認定、産品認証の研究では、香坂はソウル国立大学の客員教授として研究を遂行し、国内では、地理的表示保護制度推進事業検討委員会で座長を務め、研究成果の社会還元を展開している。

## Presentation and publication of the outputs

The research results on citizens and private companies' awareness of biomimetics were presented at a symposium in the Philippines. The results of our research on knowledge transmission of None Timer Forest Products, including mushrooms and honey, were presented and shared at the International Union of Forest Research Organizations and the international research network of forest traditional knowledge in Asia. In this network, Prof. Kohsaka is the chairman from Japan. The results of our analysis of the biodiversity index were shared at the Institute of Landscape Architecture and Ecological Society conference. The students participated in a conference on Ecological Modelling and Intellectual Property. A special issue about Japanese traditional foods was published in the *Journal of Ethnic Foods*. Prof. Kohsaka is one of the main editors of the journal and the issue.

## International collaboration, science-policy interface

Prof. Kohsaka participated in the plenary of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) as a coordinating lead author (CLA) from the Asia Pacific Region and also a Japanese delegate. Furthermore, He participated in the ISO TC266 (Biomimetics) as a convener. Assis. Prof. Uchiyama contributed to elaborating the IPBES report (as a contributing author) and Global Environment Outlook 6 for Youth (as a lead author). For the project of benefit sharing of biological and genetic resources, we are collaborating with the Biodiversity-Based Economy Development Office in Thailand, and we have invited Prof. Madhavi Sunder from the University of California, Davis for research exchange. For the research project on regional designation and product certification, Prof. Kohsaka conducted research as a visiting professor of the Seoul National University. In Japan, he is the chairperson of the Committee on the Utilization of Geographical Indication, and he shared the research results to improve the managements of the GI system.



Fig.1 At the IPBES plenary (Government Delegate)



Fig.2 Research exchange at the Soul National University



Fig.3 Student presenting at the international conference Ecological Modeling



Fig.4 Group photo



Fig.5 Stakeholders workshop in Noto region



Fig.6 Mangrove survey in Indonesia (Mangrove and Livelihood [Blue Carbon])



## 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.



教授 白鳥 寿一  
 Professor  
 Toshikazu Shiratori

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
- を研究テーマにして研究活動を推進する。

The DOWA Holdings Co., Ltd. Sponsored laboratory was inaugurated in FY 2004 and comes under the endowed division of the Graduate School of Environmental Studies. The main study aim of our laboratory is to solve problems of environmental conservation while taking into consideration the viewpoints of 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、地圏環境における汚染物質の分離・分解・管理、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を推進している。循環型社会システムの観点からは、本年度から、他研究室と共同で宮城県循環型社会システム構築・大学連携事業を開始した。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、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。他地域に向向いての情報収集や、



Fig.1 Site tour with student in Indonesia.

### [ Geosphere Environment ]

#### Research for the Circular Economy

We are mainly focusing on the control of contaminants in the geospheric environment and the development of recycling technologies and social systems of secondary resources. From the viewpoint of the Circular Economy, we are contracting a research project from Miyagi prefecture. The aim of this project is to make a strategic plan for producing secondary raw materials from wastes (e.g., small domestic appliances) that are being disposed of in landfills. Because this project relates both technical aspects and social aspects, we can put our experience of WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) regulations in the EU to use. In the geopolitical

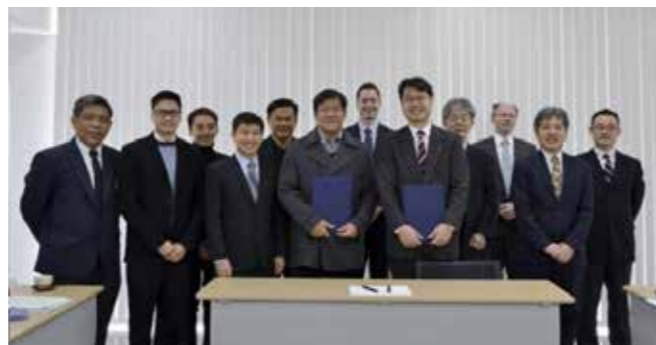


Fig.2 Meeting with Kasetsart University in Sendai.



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



助手 白岩 佳子  
 Assistant  
 Yoshiko Shiraiwa

今までの EU の WEEE 指令 (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) の研究成果を活かし実施している。また、地圏環境における汚染物質に関し、昨年度から始めた、タイ王国で地下水監視を主体とする新法への対応を継続して、タイ王国のカセタート大学 (Kasetsart University) らに協力している。本年度はこれに加え、水俣条約締結後のタイ国における水銀回収/保管のあり方についても、アクションを開始した。(Fig.1&2 参照)

### [ 環境材料政策学分野 ]

#### 環境負荷低減に向けた受発光素子の研究

当研究室では、紫外領域での受発光デバイスの研究開発を行っている。LED および PD (Photo-Diode) ともに、n 層への良好なオーミックコンタクト形成が必要であるが、使用する Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 混晶の Al 組成 x が高くなるほどその形成が困難になる。更には LED の場合、p 層へのオーミックコンタクト形成がより至難になる。本年度は、Al 組成 x が 0.5 近傍でのオーミックコンタクト形成技術の開発を行った。なお、本組成では受発光波長が、265 ~ 285nm に相当し、主に殺菌用途の波長域である。

まず、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>N への n 型オーミックコンタクトでは、①エピ層中のドナー濃度の適正化、②熱処理による最表面への窒素空孔(ドナーとなる)の導入、③メタル積層前の自然酸化膜除去プロセスの好適化、④メタルスタックの選択、⑤オーミックアロイ条件の適正化により、低接触抵抗率・直線性を有する良好なオーミック形成技術を確認した。Fig.3 は従来用いられている Ti 系と今回の研究での V 系の I-V 特性を示すものである。

次に、p-Al<sub>0.55</sub>Ga<sub>0.45</sub>N についてであるが、従来、p 型活性化のためエピ層中の水素を除去する方法として、窒素雰囲気中での熱処理が行われて来た (アクセプタ不純物 Mg が、水素と結合して不活性となるため)。本研究ではより水素を積極的に除去する方法として、触媒金属膜付与熱処理を検討した。Table.1 は従来の p 型活性化処理法と、本研究での結果比較を示すものである (電極間ギャップ 30 μm、印加電圧 5V 時の電流値で示している)。

以上、n・p 型層に対するオーミックコンタクト形成に関して大幅な改善がなされた。

environment, we are continuing our cooperation with Thai universities (e.g., Kasetsart University) for conducting groundwater monitoring and remediation technologies. In addition, we started to discuss Hg recovery and storage issues under the Minamata convention.

### [ Study of Functional Materials ]

#### Functional Materials Research on optical devices for the Reduction of Environmental Load

In our laboratory, we have developed deep UV light emitters and photo detectors.

Both devices require good ohmic contact, but this becomes difficult to realize as the Al composition increases.

Regarding n-AlGa<sub>x</sub>N, we improved various pretreatments conducted before the deposition of the metals and selected the metals and ohmic alloy conditions. We found that a V-based system is superior to the conventional Ti-based system. Next, p-type activation was examined for p-AlGa<sub>x</sub>N. It was found that the catalyst annealing was excellent compared with the conventional heat treatment.

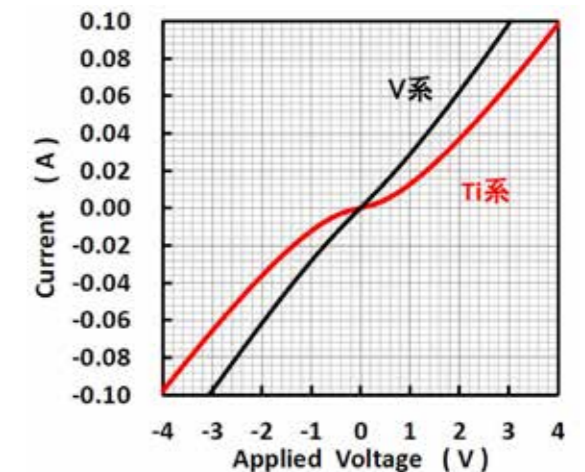


Fig.3 I-V profiles for V-based and traditional Ti-based ohmic contacts.

p-Al <sub>0.55</sub> Ga <sub>0.45</sub> N activation method	Current at 5V (μA)
Conventional heat treatment	1.2
Catalytic heat treatment	3.5

Table.1 Comparison of p-type activation between conventional heat treatment and catalytic heat treatment.



[ 環境物質政策学分野 ]

低炭素社会構築に機能性材料・素子に関わる研究

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を搭載した平面型電子放出源の超省エネ化

カーボンナノチューブを電子材料に応用した電子素子の実用化は未だ達成されていない。特に電界電子放出 (FE) 型電子デバイスにおいてカーボンナノチューブの電子放出寿命の短さが実用化に対する阻害要因になっていた。高信頼性かつ省電力駆動を達成するため、高結晶化した SWCNT を均一に分散した塗膜を電子放出素子として用い FE 電子放出駆動において 800 時間超を達成することに成功した。高結晶化 CNT の湿式均一分散は界面活性剤が CNT 表面に修飾せず、難易度が非常に高い。我々は、界面活性剤が修飾できる程度の結晶性を保った CNT を分散処理した薄膜を形成し、その後高温真空アニール処理で CNT の結晶化を改善する手法を見出した。CNT を用いた電子デバイス開発において本結果は非常に意義のある成果であり、今後高結晶化 CNT の電子デバイスへの応用開発が進展するものと期待する。

応用開発の一環として、カソードゲートアノード電極で構成される電子デバイスのプロトタイプを構築し (Fig.4 参照)、1W 未満の消費電力で蛍光灯と同程度の輝度効率を達成することに成功した。

[ Control of Environmental Materials ]

Research on Functional Materials and Electronical Devices for the establishment of a Low Carbon Society

Cold cathodes with highly crystalline single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) have gained increasing interest as a low-power consumption tool to obtain a great large-field emission current. However, no attempt to control the crystallinity of SWCNTs has been reported elsewhere. Motivated to establish a method for designing a cathode with field-emission characteristics to use a field-emission current efficiently, we tried to optimize a planar field-emission cathode employing SWCNTs with high crystallization by an annealing process. As expected, the electrical properties, field emission characteristics, and assembly of the planar lighting device with SWCNTs as field emitters were markedly improved. This is believed to originate from a planar lighting device employing highly crystalline SWCNTs with low power consumption. In view of the keen interest in advanced devices, our results should be of interest to a wide general readership.

高容量・高速充放電対応リチウムイオン二次電池負極活物質の創製

本研究は、リチウムイオン二次電池の電極材として Si を利用し、コンポジット化によって理論的に導き出されている、容量限界までの高速充放電を何回でも可能にするための電気特性を持った二次電池を創製することを目的としている。

電池を大容量化し、かつ多数回の繰り返し充放電を可能にするためには Si を主材料として活用することは必要不可欠である。我々は Si、酸化銅 (II) CuO、酸化リチウム Li<sub>2</sub>O をメカノケミカルプロセスで粉碎した活物質を合成し、3500mAh/g 超の高容量で 800 サイクル以上安定した高速充放電を行う組成の構築に成功した。当該活物質はナノ〜サブミクロン径 Si-Li&Si 合金-Si 酸化物ナノコンポジット構造を形成しており、それらナノ粒子の集合体が負荷特性の劇的な改善に寄与している。さらに、Li イオンが Si に充填されたときに部分的に充放電の不可逆性を示す Li-Si 合金が形成され、それが繰り返し充放電特性の劣化の合成される Li-Si 化合物 (Li<sub>2-x</sub>SiO<sub>3</sub>) の一部が Li 合金 (Li<sub>4</sub>Si) としての役割を担い、不可逆性 Li-Si 合金の合成により可動性のなくなった Li イオンを補填する機能発現を突き止めた (Fig.5 参照)。負荷特性において、Si-CuO 粉碎型活物質と比較して高速充放電に適した組成の基礎構造構築に成功し、実用化に向けた特性評価を推進していく。

To minimize the large change in Si volume observed during charge-discharge operation and compensate for the irreversible formation of a Si-Li component, which are obstacles to achieving high-performance electrochemical properties, an active anode material was synthesized using a simple mechanochemical grinding process. The composite comprising Si, lithium oxide, and copper oxide contains Si nanoparticles, amorphous silicon monoxide, and Si-Li or Si-Cu alloy compounds, and it exhibits improved electrochemical properties. In particular, this composite achieved better capacity retention, higher coulombic efficiency (over 100%), and longer cycling performance than Si alone, indicating considerable optimization of the electrical and ionic conductivity in the composite. As a result, the developed method allowed control of the Li content to compensate for the lack of Li ions in the composite, with the cycling performance optimized using the Cu alloy, oxide, and Li compounds within the composite.

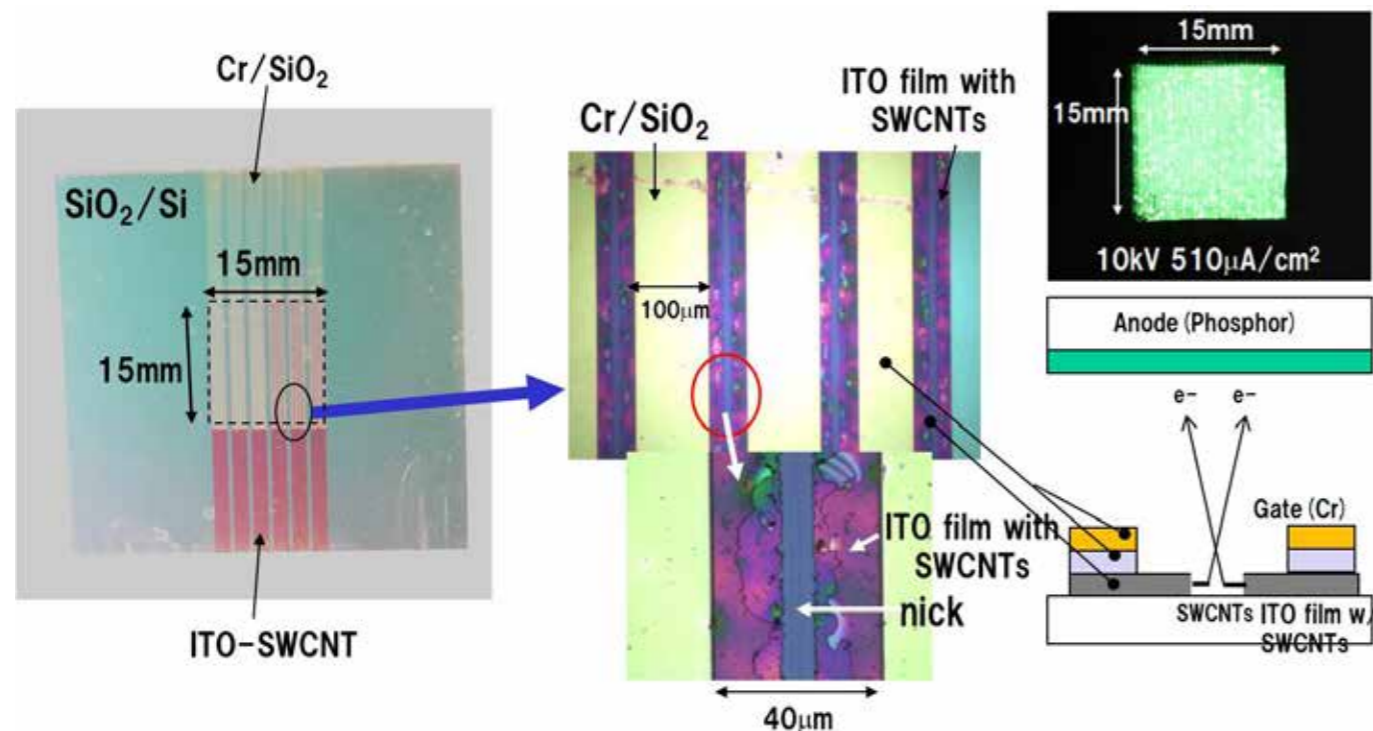


Fig.4 Overview and enlarged view of prototype trial pattern of cathode gate electrode structure. Flat-panel light emission driven by line-sequential scanning (shading process performed by ND filter).

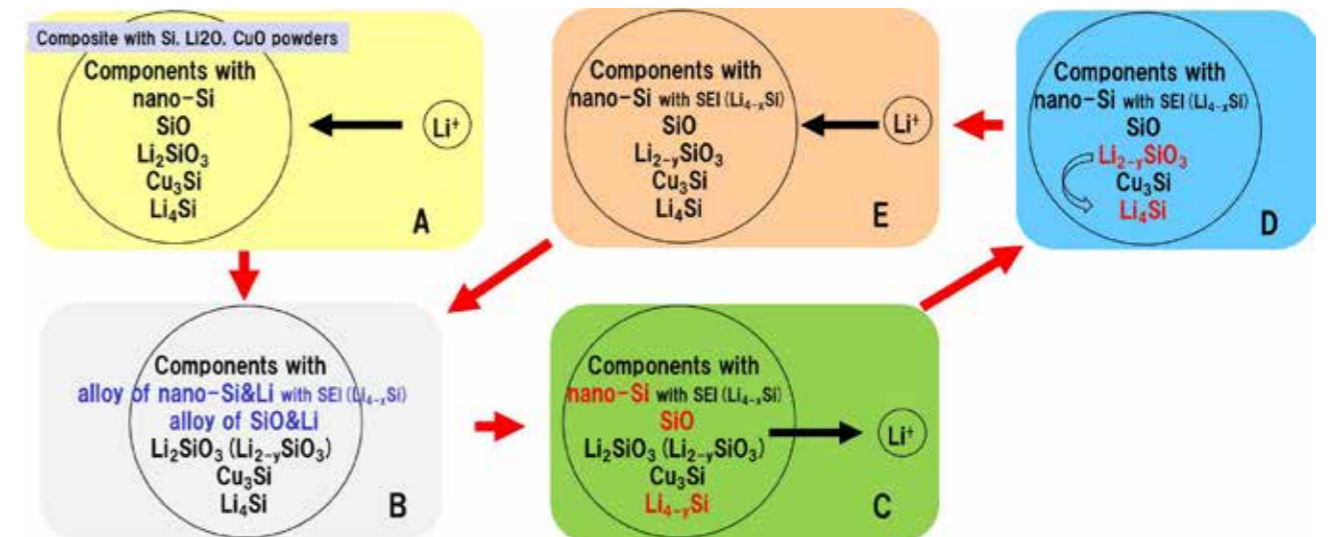


Fig.5 Model of a charge-discharge mechanism employing the composite with Si, Li<sub>2</sub>O, and CuO to satisfy the high capacity and long cycling stability of the active anode material. The charge-discharge model flows as 'A→B→C→D→E→B→...' in the above chart.





助教 関根 良平  
Assistant Professor  
Ryohei Sekine

# 人間-環境関係を多面的に解明する

Elucidate the relationship between humans and the environment from a multifaceted perspective

東日本大震災からの水産経済の回復プロセス、中国内蒙古自治区における住民高齢化と農牧業の変容

The recovery process of the marine products industry and the regional economy from the Great East Japan Earthquake disaster  
The aging population and regional transformation of farming and cattle breeding activities in Inner Mongolia, China

## 東日本大震災からの水産経済の回復プロセス

東日本大震災からの水産経済の回復プロセスを詳細に解明し、復旧さらには復興のあり方について水産業の連関構造をふまえて実証的に明らかにすることを目的として、2016年度より関根を代表として（公財）国土地理協会の研究助成を受け、宮城県塩竈港および福島県いわき市小名浜港を対象に研究を進めた。塩竈港は「ひがしもの」として付加価値の高い首都圏向け生鮮マグロが主力であるが、水揚げと市場の機能が約1ヶ月後には復旧したこと、近隣のマグロの取扱可能な漁港が軒並み被災したため早期に復旧した塩竈港にそれらが集中したこと、陸送による移入に加えマグロ漁船の入港数がそれほど落ち込まなかったことにより、生鮮マグロ流通チェーンが震災以前と同様に機能したことが大きく寄与した。一方、小名浜港では同じく首都圏で流通する「常磐もの」が沿岸漁業における試験操業継続のため回復しない要因の一つであるが、それよりも、放射能汚染とは関係のない近海・遠洋カツオの水揚げが今なお回復しないことが主たる要因であり、被災地の復旧・復興プロセスにみられる顕著な地域差を実証した。2017年はこの内容を報告書として刊行するとともに、書籍を執筆した。

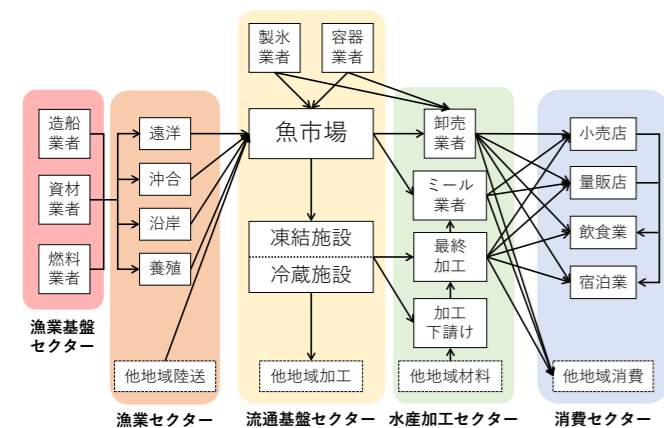


Fig.1 Regional internal structure of the Marine Products industry

## The recovery process of the marine products industry and the regional economy from the Great East Japan Earthquake disaster

Sekine elucidated in detail the recovery process of the marine products industry and the regional economy from the Great East Japan Earthquake disaster in Shiogama Port, Miyagi Prefecture, and Onahama Port, Fukushima Prefecture. In Shiogama Port, the function of the market was restored comparatively soon, and thereby Shiogama port is able to maintain commercial distribution with the Tokyo metropolitan area. The main market of Onahama Port is also Tokyo metropolitan area. However, the commercial distribution route to the Tokyo metropolitan area is disconnected by rumor. In 2017, this content was published as a report and written as a book.

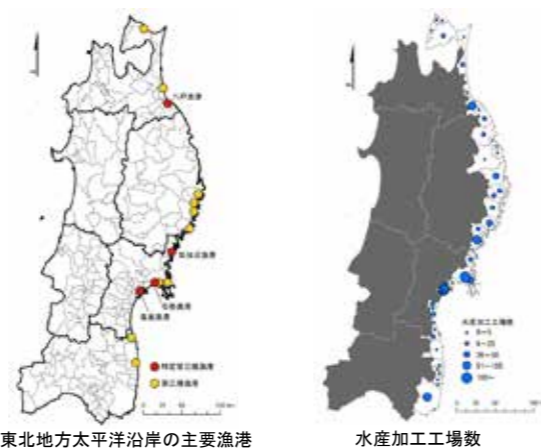


Fig.2 Location of Large-scale fishing ports in the Pacific Side of Tohoku Region, Japan

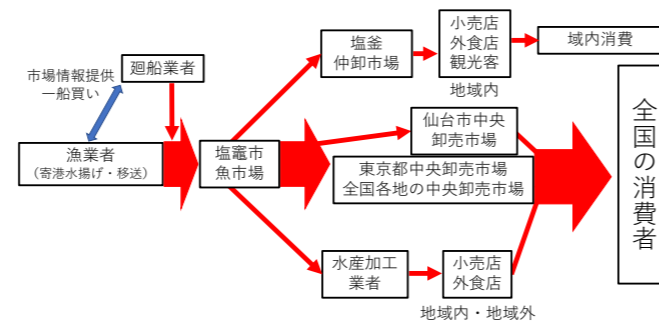


Fig.3 Distribution channels of fresh tuna unloading in Shiogama Port

## 中国内蒙古自治区における住民高齢化と農牧業の変容

中国内蒙古自治区における住民高齢化と農牧業の変容に関する研究では、科学研究費の研究代表者として地域住民を対象としたフィールドワーク調査を実施する予定であったが、日中関係を反映した現地事情の変化により調査を来年度以降に先送りする必要性が生じたため、2017年は国内における統計データ収集と調査計画の練り直しを行った。その一貫として、内蒙古自治区に隣接するモンゴル国側から地域環境の変動にアプローチすることとし、そのための準備を実施した。

また、新たな研究課題を設定した。内蒙古自治区における農牧業の変容をもたらす要因として、地域中心都市への人口流入と都市域の拡大があり、それによる農牧地の改廃が地域経済へ大きく影響している。そこで、内蒙古自治区内の人口10万人程度の都市を対象に、投資資金の流入によって大量に建設されている高層建築物（概ね10階建て程度のマンションが多い）の増加を定量的に把握し、その地域性を検討することとした。その研究の遂行のために、統計資料の収集を行うとともに、リモートセンシングとGISによる都市高層化の可視化に関する技術を習得した。

## The aging population and regional transformation of farming and cattle breeding activities in Inner Mongolia, China

In this study, Sekine was going to carry out fieldwork research for local inhabitants. However, there was a need to put off the fieldwork research until the next fiscal year because of a variety of circumstances. Therefore, he collected social and economic statistical data related to China and reconsidered the research plan. As part of this, he decided to focus on changes in the local environment from the Outer Mongolian side adjacent to Inner Mongolia Autonomous Region.

He also chose new research themes. Inflow of population into the central city of the region and expansion of urban areas has transformed the agriculture/livestock industry in the Inner Mongolia Autonomous Region, and the revision or abolition of agricultural pasture by urbanization has a great influence on the regional economy. Therefore, he explained the increase in high-rise buildings that are being constructed in large quantities, in small and medium cities in the Inner Mongolia Autonomous Region. In order to carry out the research, he acquired skills on visualization of urban stratification by remote sensing and GIS.



Fig.4 High-rise buildings built in medium and small cities of Inner Mongolia Autonomous Region (1)



Fig.5 High-rise buildings built in medium and small cities of Inner Mongolia Autonomous Region (2)



Fig.6 High-rise buildings built in medium and small cities of Inner Mongolia Autonomous Region (3)



# 高度資源利用・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

本研究分野では、資源・エネルギーの有効利用や地球環境の保全において、社会的インパクトが大きい基幹素材の製造やリサイクルプロセスの効率化と低環境負荷を同時達成可能な新しい技術原理を探る研究を行っている。特に高温反応が関与する製鉄プロセス (Fig.1) の原料自由度拡大や環境負荷物質の排出削減、廃熱の有効利用など、波及効果の大きいプロセスを主な対象として、基礎から実機レベルまでの幅広い研究テーマを設定している。加えて、繊維状および多孔質金属の形態制御や極限環境で利用可能な自己治癒セラミックス材料開発などの研究も行っている。

We carried out studies searching for innovative technological principles leading to simultaneous achievements of higher efficiency and lower environmental load in the processes of manufacturing and recycling base materials, which have a significant impact on our society. This included a wide range of studies from fundamental to practical levels on the processes that have large ripple effects, such as increases in raw material flexibility and decreases in the environmental pollutant emissions of the ironmaking process (Fig.1). Further, we also performed research on the morphology control of fibrous and/or porous metals and self-healing ceramics, which can be used in extreme environments.

## 製鉄プロセスからの CO<sub>2</sub> 排出削減のための 2次資源の高度利用技術

高炉製鉄の主要鉄源は焼結鉱と呼ばれる人工鉱石であり、粉状の鉄鉱石と石灰石をコークスの燃焼熱によって塊成化することにより得られる。国内生産量は約1億トンであり、焼結工程からのCO<sub>2</sub>排出量は日本全体の約2%を占める。これを低減するため、ヘマタイト鉱石をミルスケール、製鉄ダストなど鉄の低級酸化物を含む2次原料に代替し、それらの酸化熱を有効利用するための技術原理を検討している。例えばミルスケールは金属鉄やFeOを含有しており、その酸化熱は無視できない。しかし、コークスと異なり鉄の低級酸化物は酸化反応後も残留するため、プロセスの生産性や成品の品質に大きな影響を与える。よって、これらの物質の酸化挙動を定量的に把握し、最適な使用方法を探求している。本年度は、雰囲気ガスの酸素分圧がこれらの酸化挙動に与える影響について検討した。

スラッジ試料をN<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>系ガス中、1200°Cで酸化すると、P<sub>O<sub>2</sub></sub> = 0.21 atmの方がP<sub>O<sub>2</sub></sub> = 10<sup>-3</sup> atmよりも重量増加速度が大きい (Fig. 2)。ただし、いずれも完全酸化状態 (図中点線) には至っていない。断面

## Advanced Technology for Effective Utilization of Secondary Resources toward the Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions from the Ironmaking Process

The main iron source for blast furnace ironmaking is an artificial ore called "sinter". It is produced through the process of sintering fine iron ores and limestone utilizing combustion heat from coke. Domestic annual production of sinter is about 100 million tons, and the CO<sub>2</sub> emissions from the process occupies about 2% of the total emissions in Japan. To reduce this emission, hematite ores as major iron sources is tried to partially replaced by the secondary resources containing lower oxides of iron, such as magnetite ores, mill-scale, and dusts formed in the steel industry, which have potential to give off heat during oxidation. For example, mill-scale contains metallic iron and FeO, and their oxidation heats are not negligible. Unlike coke, however, they remain even after the reaction, and this affects the productivity and properties of the sinter product. Therefore, we searched for a proper way to use secondary resources through a quantitative analysis of their oxidation behavior. This year, the effect of the oxygen potential of atmospheric gas on their oxidation behavior was examined. In the case of the oxidation of sludge sample in N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> gas at 1200°C, the mass increasing rate under P<sub>O<sub>2</sub></sub> = 0.21 atm was larger than that under P<sub>O<sub>2</sub></sub> =

観察 (Fig. 3) より、一部試料の溶融がFeOの活量低下や酸素拡散の抑制を引き起こしたものと考えられる。これらの結果を考慮し、低炭素焼結実現のための原料配合・造粒設計についての研究を継続している。

## 優れた高温耐酸化性を有する鉄基潜熱蓄熱材料の開発

化石燃料由来のCO<sub>2</sub>排出量削減のため、鉄鋼一貫製鉄所などの大規模工場から排出される未利用排熱を利用した新規バイオマス炭化改質プロセスを提案し、要素技術について検討を行っている。

排熱は金属球蓄熱体との熱交換により回収し、バイオマスと共に金属球を回転炉に装入することにより、炭化と粉碎が同時に進行する。蓄熱体としては、蓄熱容量、強度および耐熱性などから、磁気変態点での潜熱利用が期待できるFe-Mn-C系合金が有望であるが、耐酸化性は十分とは言えない。Al添加はこの合金系の耐酸化性向上に有効であるが、合金組成の変化は潜熱量の減少をもたらす可能性がある。そこで、AlCl<sub>3</sub>ガスを使用した合金表面へのAl拡散浸透 (アルミナ化) 処理の適用を検討している。

Fe-Mn-C合金試料を98mass%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1%NH<sub>3</sub>Cl-2%Al混合粉末とともにアルミナるつぼ内に密封し、不活性雰囲気中、900°Cで3hのアルミナ化処理を行った。得られた試料の高温耐酸化性を1000°Cの大気条件で測定したところ、Fig. 4に示すように、処理なしの試料と比較して極めて良好な結果が得られた。試料断面観察 (Fig. 5) では、200 μm程度厚さの緻密なAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層が生成しており、これが酸素の拡散を抑制したものと考えられる。しかし、内部合金にも無視できない濃度のAlの固溶が確認された。アルミナ化処理しない試料と比較すると、本試料の蓄熱量の減少が認められるため (Fig. 6)、Alの固溶を最小限に抑える必要がある。現在、アルミナ化処理条件の最適化を進め、蓄熱性と耐高温酸化性の両立を目指した合金系の開発を継続している。

10<sup>-3</sup> atm (Fig.2). Neither case reached a completely oxidized state, however. A cross-sectional view of the sample (Fig.3) suggests that partial melt formation led to a decrease in the activity of FeO and suppression of oxygen diffusion. Considering the above results, further studies are being carried out on the blending and granule design of raw materials to develop a low-carbon sintering technology.

## Development of Iron-based Heat Storage Materials with Excellent Oxidation Resistance Properties

In order to reduce CO<sub>2</sub> emissions originating from fossil fuels, an innovative process of carbonization/reformation of biomass utilizing waste heat discharged by large-scale factories has been proposed, and its elemental technologies are being examined.

Waste heat is recovered by heat exchange with metallic heat storage material (HSM) balls. They are charged into a rotary furnace with biomass, and then simultaneous carbonization and pulverization of the biomass proceeds. Fe-Mn-C is an alloy system that is promising as for use as an HSM because of its strength and heat storage properties, as utilization of the latent heat of magnetic transformation can be expected. Since its oxidation resistance is not sufficient, the effect of the addition of Al to the surface of the alloy was examined. This year, an aluminizing method using AlCl<sub>3</sub> gas was attempted.

Fe-Mn-C alloy samples were charged with a powder mixture of 98mass%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1%NH<sub>3</sub>Cl-2%Al into a sealed alumina crucible, and an aluminizing treatment was performed in inert atmosphere at 900°C for 3 h. The oxidation resistance of the sample in air at 1000°C had excellent results compared to that of an untreated one, as shown in Fig.4. A cross-sectional view of the sample (Fig.5) shows the formation of a dense Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layer 200 μm thick that suppresses the diffusion of oxygen. However, a non-negligible concentration of Al was also found in the bulk alloy, and it led to a certain decrease in the heat storage amount (Fig.6). At present, we are continuing further optimization of aluminizing condition with the aim of improving both the heat storage and oxidation resistance properties of the HSM alloy.

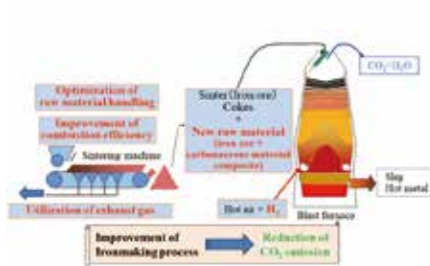


Fig.1 Methods of reducing CO<sub>2</sub> emission from ironmaking process

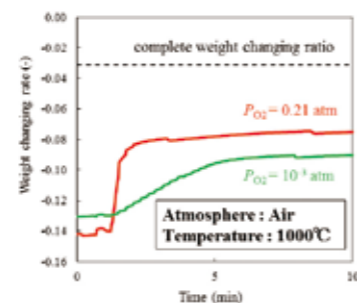


Fig.2 Weight changing rate of sludge holding at 1200°C

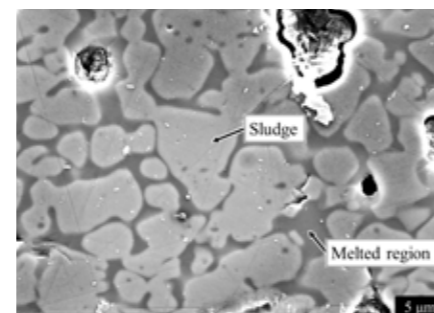


Fig.3 Microstructure of sludge sample heated at 1200°C under P<sub>O<sub>2</sub></sub> = 0.21 atm.

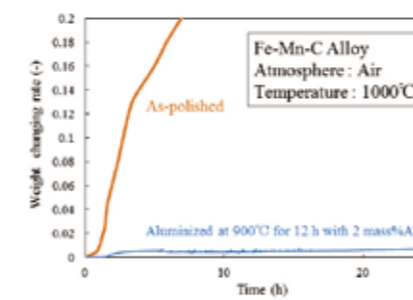


Fig.4 TG profiles of as-received and aluminized samples in air.

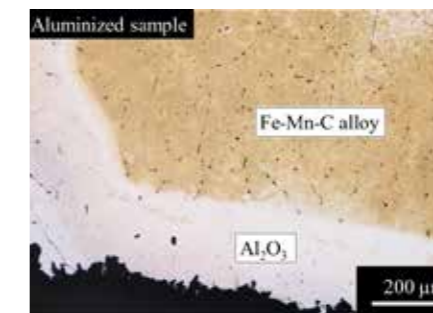


Fig.5 Optical micrograph of aluminized sample after oxidation at 1000°C for 50 h in air

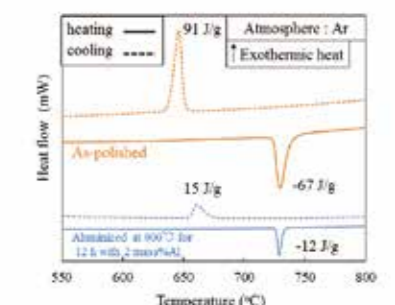


Fig.6 DSC profile of aluminized sample after oxidation at 1000°C for 50 h in air.



# 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。2017年は、つくばにおけるフーリエ変換型分光器 (FTIR) による HCl, OCS 観測結果の解析や NDACC/IRWG 会議参加、昨年度に実施した光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン・二酸化窒素観測のデータ解析などを行った。

Temporal variations of the total columns of Hydrogen chloride (HCl) and Carbonyl sulfide (OCS) were observed with Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) at Tsukuba. We participated in the NDACC/IRWG meeting held at Paris, France, and presented the results of our HCl observation. We also analyzed spectra taken from a balloon observation of stratospheric ozone and nitrogen dioxide with an optical ozone sensor in 2016.

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  $\mu$  m の赤外領域のスペクトルから大気中の多くの微量成分の高度分布等を調べることができる。FTIR を用いた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, CH<sub>4</sub> 等についての論文を共同で発表している。今年は HCl の近年の結果を解析するとともに、新たに OCS の経年変化を解析した。

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ったが、2007-2011 年頃に増加傾向が見られた。ベルギーのグループを中心とした NDACC/IRWG の 8 力所の観測結果と 3 次元化学輸送モデルを用いた解析から、今回の再増加は北半球の短期的な大気循環の変動によることが分かり、2014 年に Nature に発表したことは以前に報告している。HCl 再増加の原因が短期的な大気循環の変動なのであれば、その後また HCl は減少に転じるはずである。Fig.1 が今年解析したつくばでの最近の結果で、予想通り 2012 年以降は若干の減少傾向が見られた。気象データを用いて循環の変化を調べてみると、Fig.2 のようになった。これは質量流線関数の変化をみたもので、(a) が HCl が減少していた 2006 年より前の 4 年分の

We have been investigating the temporal and spatial variations of atmospheric trace species with solar infrared spectroscopy using FTIR at Tsukuba since 1998 in collaboration with the National Institute for Environmental Studies. 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, CH<sub>4</sub>, etc. This year, temporal variations of the total columns of HCl and OCS were analyzed.

HCl is the main chlorine reservoir species in the stratosphere. The amount of HCl is a good indicator of the potential of ozone depletion. HCl decreased in the 2000s after the Chlorofluorocarbons (CFCs) regulation but showed an increase in 2007-2011. A Belgian group investigated this increase and attributed it to short-term dynamical variability in the northern hemisphere from FTIR observations and 3D-chemical transport model simulations (Mahieu et al., 2014). Fig.1 shows temporal variation in the HCl vertical column at Tsukuba extended to 2016. HCl decreased again after 2012. Fig.2 shows differences in mass stream function between (a) the average of 2002-2005 and average of 2007-2010 and (b) the average of 2007-2010 and average of 2012-2015. The values in the northern lower stratosphere change from negative (blue) to positive (red), which means the circulation changes from deceleration to acceleration. This change corresponds to the HCl change from increase to decrease. Thus it is confirmed that the CFCs regulation itself works properly.

OCS is the main source for the stratospheric aerosol layer called the "Junge Layer" and is emitted from the ocean, wetlands, volcanos, etc. Some reports have indicated that the amount of stratospheric aerosol is increasing

平均と再増加した 2007-2010 年の平均との差、(b) が 2007-2010 年の平均と増加が止まった 2012 以降の 4 年分の平均との差である。赤枠で囲った北半球下部成層圏を比較すると負 (青) から正 (赤) に変わっており、これは循環が減速から加速に変わったことを示している。2007 年を境に成層圏の循環が減速したことが HCl の再増加の原因であったが、2012 年以降は加速に転じており、これが観測された HCl の減少傾向に対応することが確認できた。これらから、フロン規制自体は問題なく機能していることが確認された。

OCS は成層圏に定常的に存在するユング層と呼ばれるエアロゾル層の供給源となる物質で、主に海洋、湿地、火山等から放出される。近年成層圏のエアロゾルが増加しているという報告があり、OCS も増加しているという観測結果がある。成層圏エアロゾルは太陽放射を反射するため、その増加は地球温暖化を抑制する働きがあると考えられ、そういった面から OCS の経年変化も注目されている。そのため NDACC/IRWG でも各観測点のデータを集めて解析を進めている。Fig.3 につくばでの観測結果を示す。残念ながら途中にかなりの欠測期間があるものの、2002 年頃に比べて 2010 年以降は高い値を示しており、やはりつくばでも増加傾向が見られている。

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、今年はパリで 5 月 29 日から 6 月 2 日に開催された (Fig.4)。我々もこの会議に参加し、HCl 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。

光学オゾンゾンデは、本研究室が開発した紫外線強度の変化から成層圏オゾンの高度分布を観測する気球観測用の観測装置で、オゾン以外に二酸化窒素等も観測できるように小型分光器を用いて 280-500 nm のスペクトルを測定している。この観測は宇宙科学研究所の大気球実験として以前から行っているが、分光器を用いた初の観測を行った 2013 年には気球上昇中の分光器温度変化により波長シフトが起こるなどいくつか問題点があった。そこで、保冷剤を用いた温度安定機構を構成するなどの改良を行い、昨年度再び観測を行った。今年度はこの観測の解析を行ったが、2013 年よりかなり質のよいデータが取れたことから Fig.5 に示すように二酸化窒素のカラム量についても誤差 10% 程度とまずまずの精度で求めることができています。

また、村田准教授は 2015 年から宮城県保健環境センターの評価委員をしており、今年度もこれまでに 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。

and that OCS is also increasing. The increase of stratospheric aerosol constrains global warming due to its reflection of solar irradiation. Therefore, NDACC/IRWG is analyzing the OCS observed at many stations around the world. Fig.3 shows the temporal variation of the OCS total column observed at Tsukuba. Although there is a data gap between 2003 and 2010, it can be seen that there is an increase from 2001-2002 to 2010-2011.

NDACC/IRWG holds an annual meeting where scientists from more than 20 groups discuss observational results, new plans, and measurement techniques. The 2017 meeting was held on the campus of the Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, from May 29 to June 2, 2017 (Fig.4). We participated in the meeting and presented the results of our HCl observation. Discussions on the optimization of the analysis method were also performed.

We developed a balloon-borne optical ozone sensor in our laboratory to measure the ozone vertical profile in the upper stratosphere from ultraviolet absorption. Recently, a new sensor with a small spectrometer was developed to measure some other species, such as NO<sub>2</sub> as well as ozone from the solar spectra between 280 and 500 nm. Balloon observations have been carried out in collaboration with the scientific balloon group at the Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS/JAXA). The first observation with the new sensor was carried out in 2013 at Taiki, Hokkaido, but there were some problems with the instrument. The second observation with an improved instrument was carried out on September 5, 2016, at Taiki and good-quality spectra were taken successfully. The spectra were analyzed this year, and the stratospheric column of nitrogen dioxide was derived within a standard error of 10% as shown in Fig.5.

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

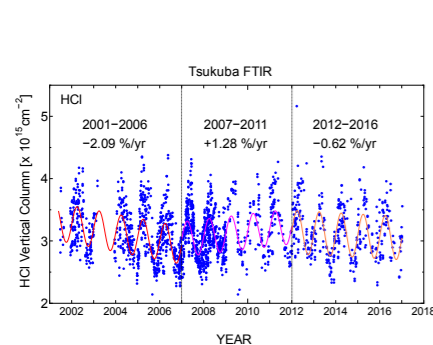


Fig.1 Temporal variation of the total column of HCl observed at Tsukuba from 2001 to 2016.

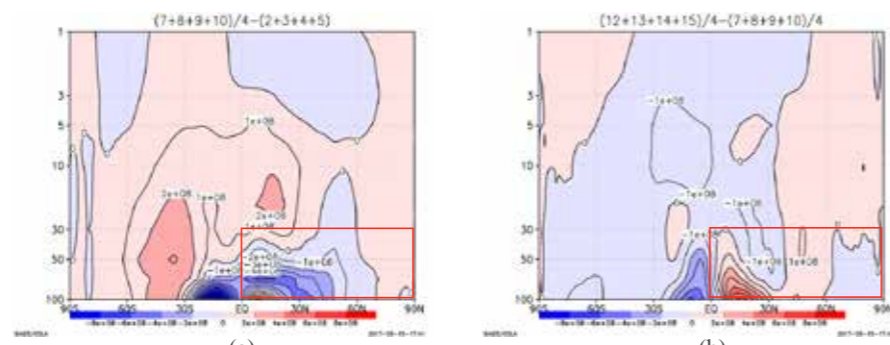


Fig.2 Changes of the mass stream function. (a) Difference between 2002-2005 and 2007-2010, (b) Difference between 2007-2010 and 2012-2015 (Tomikawa, private communication).

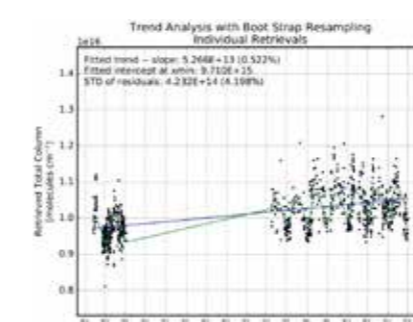


Fig.3 Temporal variation of the total column of OCS observed at Tsukuba from 2001 to 2016.



Fig.4 Group photo of NDACC/IRWG meeting held at Paris.

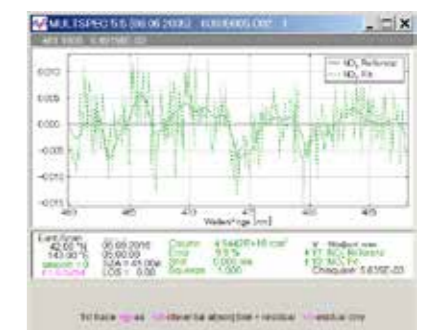


Fig.5 Fitting result of the slant column of nitrogen dioxide between 17.5 km and 44.5 km in altitude.



# 水資源と水環境に関する研究

Researches on Water resources and environments



准教授 小森 大輔  
Associate Professor  
Daisuke Komori

水の循環は、自然現象として時間的・空間的に偏在しており、また人間活動によって変化する。地球・地域・流域スケールの水循環の変化は、水資源賦存量の変化による水需給バランスの不均衡による水不足や水域汚染と水生生態系の悪化、渇水や豪雨など水災害ポテンシャルの増大につながる。水資源システム学分野では、この水の循環を理解して、世界の水問題を解決することを目指している。

当該分野は、主に日本国内や東南アジアを対象に、水循環や水資源を研究する水環境システム学研究室、都市水環境やバイオエネルギーを研究する環境保全工学研究室の二研究室で構成され、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タイ国・チャオプラヤ川流域管理にかかる研究、③メコン河氾濫原におけるヒ素汚染地下水の利用が地表水中のヒ素汚染に及ぼす影響、④地球温暖化と林業の衰退など森林の荒廃による流木発生メカニズムの解明、⑤大都市化に伴う内水氾濫頻発区域の変遷、⑥複合災害（洪水氾濫、土砂災害、高潮、沿岸侵食）の日本全国における気候変動リスクの推定、⑦（インドネシアやラオスを対象として）持続可能社会実現のための物質循環型社会に向けた技術と暮らしの価値観の共創、⑧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、⑨嫌気性消火槽にかかる排水処理と微生物群集動態の解明、などに取り組んでいる。

また、本研究科、医学系研究科、農学研究科、国際文化研究科と連携した、ヒューマンセキュリティ連携国際教育プログラムの representative coordinator を 2014 年より務め、2015 年 3 月には第 3 回国連防災世界会議にて一般公開シンポジウムを開催するなど、従来の専門を越えた学際的な知と複合的な視点を備えた教育研究に取り組んできた。なお、本プログラムはこれまでに日本を含めた世界 27 カ国から 105 名の学生を受け入れ、ヒューマン・インセキュリティの実態の解明と人々を中心に据えた問題解決をめざす新しい国際社会のあり方の実現に、知的側面から貢献してきたことが評価され、2015 年 3 月に総長教育賞を受賞した。それ以外にも、仙台二華中学校・高等学校で取り組まれているスーパーグローバルハイスクールプロジェクトにおける調査・研究活動を通じた教育による国際社会で活躍できる人材育成を指導・支援しており、2016 年 5 月に土木学会東北支部長賞を受賞した。

“Water is the most abundant substance on the earth, the principal constituent of all living things, and a major force constantly shaping the surface of the earth. It is also a key factor in air-conditioning the earth for human existence and in influencing the progress of civilization. Changes in the distribution, circulation, or temperature of the earth’s waters can have far-reaching effects; the ice ages, for instance, were a manifestation of such effects. Changes may be caused by human activities, in particular, since the latter half of 20th century. People cultivate the soil, irrigate crops, fertilize land, clear forests, pump groundwater, build dams, dump wastes into rivers and lakes, and do many other constructive or destructive things that affect the circulation and quality of water in nature (Ven Te Chow et al., 1988).” Besides, an expanding population and a rapidly growing economy, especially in Asia and Africa, are hindering sustainability around the globe.

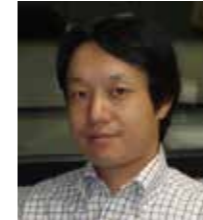
Our studies have been focused on solving world water issues by understanding water circulation, along with the following subjects: (a) observation of long-term heat, vapor, and carbon dioxide fluxes for impact assessment of the interaction between land and atmosphere given the changing climate and land use change; (b) the numerical study of water pollution in the inundation areas of the Mekong River; (c) understanding of the sustainability requirements of community-based programs; (d) mechanisms of slope failure and wood debris by torrential rains; (e) assessment of the impacts of climate change on complex disasters (flood inundation, landslides, high tide, and coastal erosion); and (6) value-based co-creation of technology and lifestyle for a society based on a virtuous materials cycle.



Fig.1 “Depression” and “plain” (white-line shows the district boundary)

	ますの密度 (個/km <sup>2</sup> )	
	窪地	平地
大阪市全体	3338	2541
内水氾濫頻発区域	6700	5402
	マンホールの密度 (個/km <sup>2</sup> )	
	窪地	平地
大阪市全体	977	797
内水氾濫頻発区域	1675	1650

Fig.2 Density of mass and manhole in whole Osaka city and frequent inland inundation areas



教授 風間 聡  
Professor (協力教員)  
So Kazama



教授 李玉友  
Professor (協力教員)  
Yu-You Li

## 大都市における内水氾濫頻発区域の分布とその特性

日本の都市の多くは、大河川の下流部の低平地に位置していることや、他国と比較して河川勾配が急であることから、水災害を受けやすいという特性を有している（平井ら、1996）。特に、雨水を河川の本川・支川等に排水できないことに起因して堤内地に雨水が停滞する現象である内水氾濫は、近年都市部を中心に甚大な被害をもたらしている。水害統計調査より、2006 年から 2013 年における一般資産被害額に占める内水氾濫による被害額の割合が、全国では 42.0% であるのに対し、東京都で 63.0%、愛知県で 85.0%、大阪府で 96.5% と大都市で大きくなっている。また、IPCC の評価報告書（IPCC, 2013）によると、気候変動の多くのリスクは都市域に集中しており、近年の都市化に伴う不浸透域の拡大やゲリラ豪雨の増加によって今後の都市部における内水氾濫リスクはさらに増加すると考えられる。このように、近年の日本の都市で発生する水害は内水氾濫が中心となっており、効率的な治水政策を行うためには内水氾濫が頻発している区域の特性を解明することが必要不可欠である。

そこで本研究では、大阪府大阪市を対象として過去の浸水実績から内水氾濫の特性を解明することを目的とした。過去 20 年間の浸水実績を記録した水害区域図を GIS データベース化し、内水氾濫が過去複数回発生している“内水氾濫頻発区域”を抽出した（Fig.1）。次に、“内水氾濫頻発区域”のもつ特性を解析した。解析の結果、地形的に集水が容易な“窪地”では優先的に下水道の整備が行われており、抽出された内水氾濫頻発区域は“窪地”よりも“平地”に分布する傾向があることが明らかとなった（Fig.1, Fig.2）。さらに、内水氾濫頻発区域の特性として、周囲よりも傾斜、標高が小さい地点に分布する傾向があること、道路や鉄道などの地表面流及び下水道を分断する構造物付近に分布する傾向があること（Fig.3）、付近に小・中学校が位置しているケースが多いことが定量的に示された（Fig.4）。

紙面の都合上、他の研究課題に関しては、過去のアクティビティレポートを参照ください。

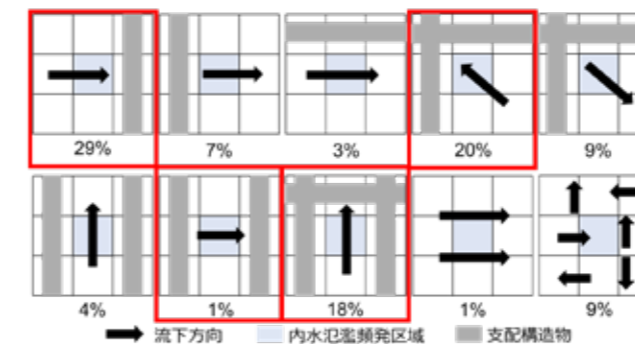


Fig.3 Classification of frequent inland inundation areas by the position of the surrounding



総長教育賞（ヒューマンセキュリティ連携国際教育プログラム）

## The distribution and characteristics of frequent inland inundation areas in the metropolitan areas

In recent years, inland inundation has been the main cause of flood damage in metropolitan areas. Tokyo’s 23 wards, Nagoya city, and Osaka city are the three largest areas of Japan. Inland inundation is estimated to represent 42% of the total flood damage in Japan, 63.0% of that in Tokyo, 85.0% of that in Aichi Prefecture, and 96.5% of that Osaka from 2005 to 2013. Therefore, it is essential to clarify the characteristics of frequent inland inundation areas for flood control. The purpose of this study was to clarify the distribution and analyze the characteristics of frequent inland inundation areas.

In this study, we identified the frequent inland inundation areas in Osaka city using maps of flood damage from 1993 to 2012. The maps were manually drawn for each city as paper-based flood records. Due to the unfixed patterns and methods of drawing the maps, these maps had not been used for vulnerability analyses of flood damage. We translated these paper-based maps into digitized maps in a GIS database and extracted the frequent inland inundation areas. The resulting analysis of the extracted area is as follows: The frequent inland inundation area tends to be distributed in plains rather than depressions, and sewer construction is preferentially carried out in depressions (Fig.1, Fig.2). Plains and depressions are extracted using a flood inundation model. Furthermore, it is also clarified that frequent inland inundation tends to be distributed in areas (a) with small slope or low elevation; (b) around structures that divide the land surface flow and sewers, such as roads and rails (Fig.3); and (c) around schools (Fig.4).

Please refer to previous activity reports for other research activities.

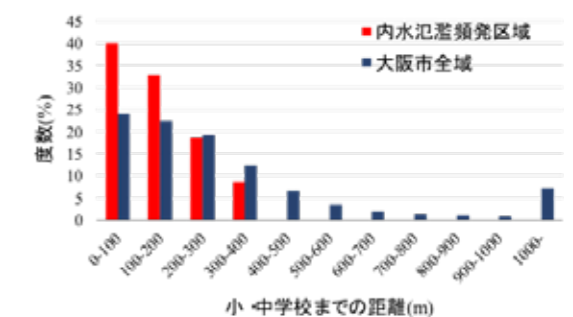


Fig.4 The distribution of distance to school



Fig.5 The situation of around Karita-minami junior high school at 1945-1950 (left), 1961-1964 (center) and 1974-1978 (right) (white-line shows the area of Karita-minami junior high school)



# 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合体を用いた放射性 Cs 汚染水および土壌の浄化プロセス等に注目している。

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

## 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有する重金属は再生利用のために除去する必要があり一方で、資源的価値も高く資源確保の観点から回収することも重要である。本研究で飛灰からの重金属回収手法として着目した塩化揮発法と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、揮発速度や沸点の違いを利用することで高効率な金属の回収が期待できる。今年度は塩化揮発試験及び熱力学平衡計算により各重金属の揮発挙動及び飛灰含有成分の影響を調査した (Fig. 1)。

## イオン会合体を用いた水溶液中の Cs 濃縮

福島第一原発事故由来の放射性 Cs を含む廃水の処理には、吸着法が検討されているが、スラッジが多い問題点がある。この代替法として、イオン会合体を用いた濃縮法がある。本研究では、テトラフェニルボレート (TPB<sup>-</sup>) でまず Cs 錯体を形成させ、有機陽イオンのベンゼトニウムと有機陰イオンのエチルベンゼンスルホン酸を用いて、イオン会合体相への Cs 濃縮を検討した。(Fig. 2)

## アルキルフェノールの選択的フェノール転換

ポリカーボネート廃棄物の熱分解において生成するイソプロピルフェノールやイソプロピルフェノールの工業的需要はほとんどない。本

## Heavy metal removal from fly ash by chloride volatilization

It is important to recover heavy metals from fly ash for environmental preservation and resource securing. Heavy metals can be recovered by chloride volatilization as metal chloride at relatively low boiling points, and recovered efficiently due to the difference in volatilization rate and boiling point. In this study, chloride volatilization behavior of each heavy metal and influence of contained components of fly ash were investigated using a chloride volatilization test and thermodynamic equilibrium calculation (Fig.1).

## Concentration of Cs using ionic association in water solution

We studied an adsorption method for treating wastewater containing radioactive Cs released by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. As an alternative method, there is a concentration method using ionic association. In this study, we at first formed a Cs complex with tetraphenyl borate (TPB<sup>-</sup>), and then converted it to the ionic associate phase using organic cation benzethonium and organic anion ethylbenzene acid (Fig.2).

## Selective conversion of alkylphenol into phenol

Isopropyl phenol (iPr-PhOH) and isopropenyl phenol (IPP) were produced

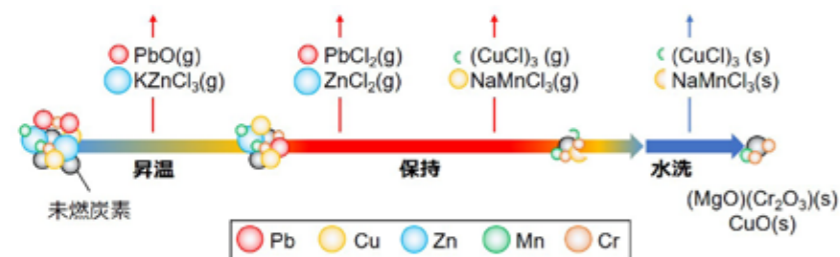


Fig.1 Chloride volatilization behavior of heavy metals in fly ash.

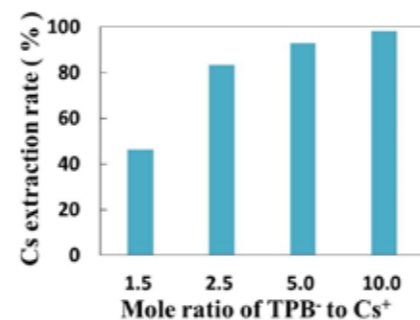


Fig.2 TPB<sup>-</sup> amount dependence of Cs extraction rate.

研究では、これらアルキルフェノールを脱アルキル化し、選択的にフェノールに転換することを目的に、タンデムμリアクター (Fig. 3) を導入し、触媒となる種々ゼオライトのスクリーニングを実施した。

## 炭酸型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<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) 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等が問題になる。CO<sub>3</sub> 型 Mg-Al LDH は酸性ガス処理が可能であり、アニオン交換能を有するため酸性ガス処理への循環利用に期待ができる (Fig. 4)。本研究では CO<sub>3</sub> 型 Mg-Al LDH を用いた酸性ガス除去に及ぼす実排ガスに含まれる二酸化炭素の影響を検討した。

during pyrolysis of polycarbonate waste, which is in low demand for industrial uses. In this study, we investigated the effect of various zeolites as catalysts for selectively converting iPr-PhOH and IPP into phenol using a tandem micro reactor (Fig.3).

## Treatment of acid gas by CO<sub>3</sub>-type layered double hydroxide

The incineration of garbage produces acid gas (HCl,SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub>), which is treated by Ca(OH)<sub>2</sub> combination and catalyst denitration. Following treatment, the disposal of produced CaCl<sub>2</sub> fly ash through landfilling causes the problem of short lifespan for landfill sites. CO<sub>3</sub>-type Mg-Al LDH was chosen for the treatment of acid gas (HCl,SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub>) owing to its anion exchange ability (Fig.4). Meanwhile, the exhaust gas discharged from the refuse incineration plant contains about 10% CO<sub>2</sub>. We investigated the influence of CO<sub>2</sub> coexistence on acid gas removal using CO<sub>3</sub> type Mg-Al LDH.

## 受賞

- ・第 9 回廃棄物資源循環学会東北支部研究発表会 / 最優秀発表者賞 / 堀越 和也 (M2)
- ・International Symposium on Chemical-Environmental-Biomedical Technology / BEST ORAL PRESENTATION AWRD / Viliame Savou (D2)
- ・Falling Walls Lab Sendai 2017 / 2nd PLACE WINNER / 熊谷 将吾 (助教)
- ・第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会 / Excellent Research Award for International Session / Xu Jing (D2)

## 招待・基調講演

- ・Toshiaki Yoshioka, "Waste Material Recycling: Aiming the Future", 4th Asian Conference on Safety and Education in Laboratory, 2017.7.26-28, Singapore
- ・吉岡 敏明, "持続可能な社会に向けて~新たな価値創造と資源循環のあり方~", 容器包装 3R 推進フォーラム, 2017.10.4, 東京
- ・吉岡 敏明, "東日本大震災における震災がれきのリサイクルの問題点", 第 6 回グリーンケミストリー研究会シンポジウム, 2017.8.3, 熊本
- ・Tomohito Kameda, "Application of layered double hydroxide for environmental cleanup", isCEBT2017 (International Symposium on Chemical-Environmental-Biomedical Technology), 2017.4.25, Sendai
- ・Tomohito Kameda, "Removal of Borate and Fluoride in Aqueous Solution using Mg-Al layered double hydroxide: Kinetics and Equilibrium Studies", The 3rd International Conference on Water Resource and Environment, 2017.6.27, Qingdao, China
- ・Shogo Kumagai, "Pyrolysis for chemical feedstock recovery from plastic waste", New Trends in Process Engineering for a Sustainable Future, 2017.11.24, Ecuador

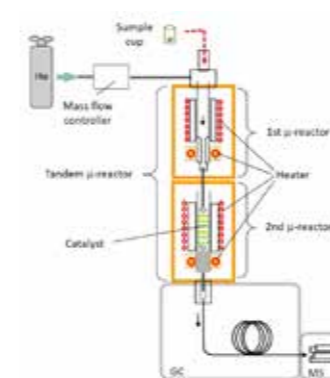


Fig.3 Tandem μ reactor-GC/MS system

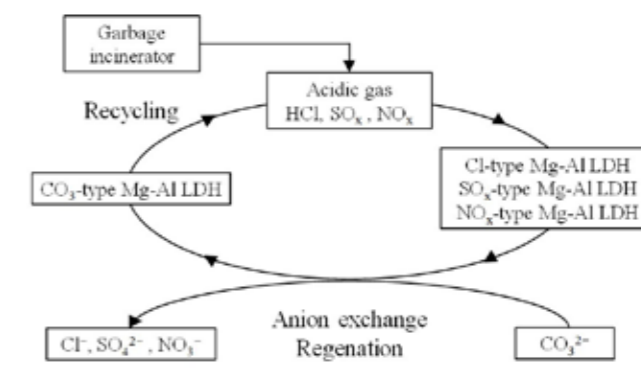


Fig.4 Cyclic treatment of acidic gas by CO<sub>3</sub>-type Mg-Al LDH.



# 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 Biochemical Analysis



助教 鈴木 敦子  
Assistant Professor  
Atsuko Masuya-Suzuki

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. 白金(II)ジラジカル錯体の幾何異性体のキャピラリー電気泳動分離、2. 配位不飽和サイトを有する配位高分子の核酸構成単位に対する吸着能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, two examples will be described.

1. Capillary Electrophoretic Separation of *cis/trans* Isomers of Diradical Platinum(II) Complexes Using  $\beta$ -Cyclodextrins as a Selector
2. Adsorption of Component Units of Nucleic Acids to Porous Coordination Polymer with Coordinatively Unsaturated Sites

## 白金(II)ジラジカル錯体の幾何異性体のキャピラリー電気泳動分離

3,4-ジアミノベンゼンスルホン酸(DBS)はPt<sup>II</sup>とジラジカル錯体(Pt<sup>II</sup>-DBS)を生成する。これはシス/トランスの幾何異性を有する。本研究では $\beta$ -シクロデキストリン( $\beta$ -CD)がジラジカル錯体を包接することに着目し、メチル- $\beta$ -CD(MCD)をセクターとするキャピラリー電気泳動(CE)分離を検討した。MCDを含む電気泳動緩衝剤を用いるとPt<sup>II</sup>-DBSのシス/トランス異性体が分離できた。各異性体の電気泳動移動度依存性から、Pt<sup>II</sup>-DBSのMCDへの包接定数を $K_{cis} = 378 \pm 2$ ,  $K_{trans} = 330 \pm 4 \text{ M}^{-1}$  (at pH 10.0, 298 K)と求めることに成功した。包接能をギブズエネルギーで表すとその差 $\Delta\Delta G = -RT\ln(K_{trans}/K_{cis})$ は $0.34 \text{ kJmol}^{-1}$ に過ぎなかった。CEはこの僅かの包接能の違いを分離に反映できる。包接錯体の電気泳動移動度を比較するとシス体はトランス体より21%大きな移動度を与えた。これらのことからシス-Pt<sup>II</sup>-DBSはトランス体と比べMCDの空孔に強く結合し、コンパクトな包接錯体を形成していることが伺える。このようにCEは単に異性体の分離だけでなく、溶液中での錯体の包接様式を明らかにするツールである。

## Capillary Electrophoretic Separation of *cis/trans* Isomers of Diradical Platinum(II) Complexes Using $\beta$ -Cyclodextrins as a Selector

3,4-Diaminobenzenesulfonate (DBS) and Pt<sup>II</sup> form a diradical complex (Pt<sup>II</sup>-DBS) characterized by *cis/trans* isomerism. In this study, separation of isomers using capillary electrophoresis (CE) using  $\beta$ -cyclodextrin ( $\beta$ -CD) derivatives as a selector was attempted. By employing CE using a methyl- $\beta$ -CD (MCD)-containing electrophoresis buffer, the *cis* and *trans* isomers of Pt<sup>II</sup>-DBS were separated. Single crystals of *trans*-Pt<sup>II</sup>-DBS were obtained to permit the assignment of the resolved peaks. By analyzing the dependence of the electrophoretic mobility of the isomers on the concentration of CDs in the buffer, the thermodynamic inclusion constant was determined. For example, the inclusion complex of Pt<sup>II</sup>-DBS into MCD afforded  $K_{cis} = 378 \pm 2$  and  $K_{trans} = 330 \pm 4 \text{ M}^{-1}$  (at pH 10.0, 298 K). The difference in the Gibbs energy of inclusion,  $\Delta\Delta G = -RT\ln(K_{trans}/K_{cis})$ , was only  $0.34 \text{ kJmol}^{-1}$ , suggesting that CE can discriminate between marginal differences in energy. The comparison in the electrophoretic mobilities of the inclusion complexes indicated that the *cis* isomer affords a value 21% greater than that observed for the *trans* isomer, suggesting that *cis*-Pt<sup>II</sup>-DBS is tightly bound to the MCD cavity and forms a more compact complex than *trans*-Pt<sup>II</sup>-DBS. Thus, CE using CDs as the tool not only resolves the isomers but also demonstrates the manner of inclusion in solution.

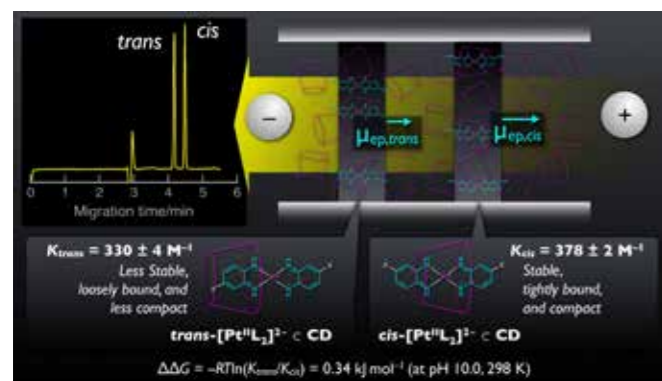


Fig.1 Schematic view of resolution of *cis/trans* isomers by CE using CD.

## 配位不飽和サイトを有する配位高分子の核酸構成単位に対する吸着能

金属イオンが有機配位子で架橋されて形成する多孔性配位高分子(PCP)は、金属イオンと配位子の種類を選択することで細孔サイズや形状を分子レベルで制御できるため、新規多孔性材料として注目されている。その中でも配位不飽和サイト(CUS)を有するPCPでは、CUSがルイス酸となり吸着サイトとして機能する。本研究では、DNAの塩基がルイス塩基性を示し、さらに金属イオンと塩基の種類によって塩基-金属間の相互作用の違いがあることに着目した。CUS-塩基間の相互作用の強さに塩基ごとの違いが存在すれば、CUSを有するPCPはDNA分離媒体になり得る。そこで、CUSを有するM-LI (M = Cu, Zn, Co, Ni, Mg, Fig. 2)及びMg-LII (Fig. 3)への核酸塩基(アデニン, シトシン, チミン)とヌクレオシド(アデノシン, グアノシン, チミジン, シチジン)の吸着能を検討した。M-LIへの塩基吸着量を測定した結果、金属イオンの種類および塩基の種類により吸着量が異なることが分かった。異なる金属間で比較すると各塩基の吸着量は $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Mg}$ であった。この傾向は各金属イオンとアデニンの安定度定数の大きさの序列と一致し、金属イオンと塩基の配位結合が吸着に寄与することを示唆する。次に同一金属での塩基吸着量を比較するとアデニン > シトシン > チミンであった。これは各塩基の配位原子数とその周りの立体障害によると考えられる。次に、M-LIへのヌクレオシド吸着を検討したが、ヌクレオシドは吸着されなかった。これは、ヌクレオシドの分子サイズが大きく、細孔内に拡散できないためであると考えられる。そこで、細孔径を拡張したMg-LIIに対するヌクレオシドの吸着量を測定した結果、ヌクレオシドは吸着された。さらに、Mg-LIIへのヌクレオシド吸着においても、アデノシン吸着量が他のヌクレオシドより大きいことが分かった。以上、M-LIとMg-LIIは、CUSと塩基との相互作用に基づきアデニンを選択的に吸着することを明らかにし、新規DNA分離メディアとしての可能性を示した。

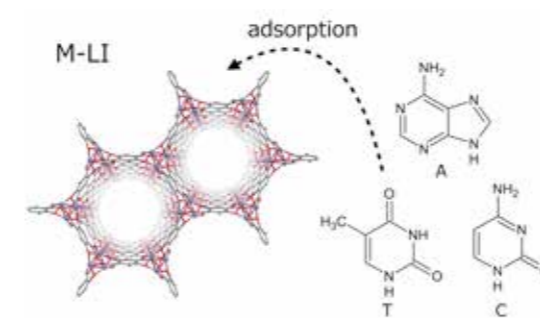


Fig.2 Adsorption of nucleobases to the porous coordination polymer with open metal site M-LI.

## Adsorption of Component Units of Nucleic Acids to Porous Coordination Polymer with Coordinatively Unsaturated Sites

Porous coordination polymers (PCP) consisting of metal centers linked by organic ligands have received much attention as a new class of porous materials because their pore sizes and topology can be controlled at the molecular level by selecting suitable metal ions and organic ligands. Among PCPs, special attention has been paid to ones that have coordinatively unsaturated sites (CUS), because the CUS can act as Lewis acid and specific adsorption sites. Herein, we focused our attention on the fact that nucleobases of DNA show Lewis basicity and a large variety of binding affinity toward metal depending on the metal ion and nucleobases. If the interactions between the CUS and the nucleobases differ depending on the nucleobases, PCP with CUS could be a separation media for DNA. In this work, we studied the adsorption of nucleobases (adenine, cytosine, thymine) and nucleosides (adenosine, guanosine, thymidine, cytidine) to M-LI (M = Cu, Zn, Co, Ni, Mg, Fig.2) and Mg-LII (Fig.3). Adsorption amounts of nucleobases to M-LI were studied, and it was found that the adsorbed amounts were different depending on both the metal ions and the nucleobases. The adsorbed amounts of nucleobases were found to be  $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Mg}$ , which is consistent with the order of stability constant of each metal complex to adenine. This result strongly suggests that coordination of nucleobases to CUS has a significant role in adsorption behavior. When the adsorbed amounts of nucleobases was compared for the same metal ion, the tendency was found to be adenine > cytosine > thymine. This should be related to the number of atoms that can coordinate to metal and the steric hindrance around the coordination atoms of each nucleobase. Finally, we measured the amount of adsorption of the nucleosides to Cu-LI, but no adsorption was found because the nucleosides were too large to diffuse in the Cu-LI pores. The nucleosides were adsorbed to Mg-LII, which has a larger pore diameter than M-LI. The adsorption amount of adenosine, having adenine unit, to Mg-LII is the highest in nucleosides. In this study, we found that PCP with CUS (M-LI, Mg-LII) can interact with nucleobases and is useful as a novel nucleic acid separation media with adenine selectivity.

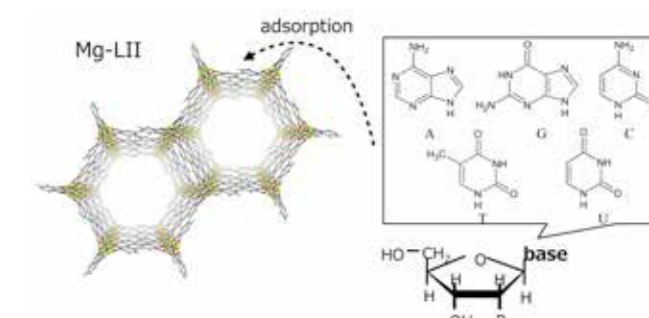


Fig.3 Adsorption of nucleosides to the porous coordination polymer with open metal site Mg-LII.



# マイクロ・ナノ電極システムを利用した 環境・医工学バイオセンシングデバイスの開発

Development of Environmental/Biomedical Sensing Devices  
with Micro/Nano Electrode Systems



教授 末永 智一  
Professor  
Tomokazu Matsue

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

平成 29 年は以下の機関と共同研究を行った。

学内：工学研究科、医学系研究科、材料科学高等研究所、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、首都大学東京、金沢大学、東京理科大学、物質・材料研究機構、Imperial College London (英国)、University of Warwick (英国)、西安交通大学 (中国) など

企業：電力中央研究所、アイティリサーチ、大日本印刷、ナノコントロール、パナソニック、トヨタ自動車、日産化学工業、新日鐵住金、和光純薬工業、ハプロファーマ、Piezo Studio、NEC ソリューションインベータ、カゴメなど

## 学会発表等

平成 29 年に基調講演 1 件、招待講演 3 件以上を行った。これらを含め、47 件以上の学会発表を行った。

## Collaboration researches

We promoted collaborative research with the following organizations in 2017.

Tohoku University: Graduate School of Engineering, Graduate School of Medicine, Advanced Institute for Materials Research, Microsystem Integration Center, Center of Innovation etc.

External research institutes: Tohoku Institute of Technology, Hyogo Prefectural University, Tokyo Metropolitan University, Kanazawa University, Tokyo University of Science, Institute for Materials Science, Imperial College London (UK), University of Warwick (UK), Xi'an Jiao Tong University, et al.

Company: Central Research Institute of Electric Power Industry, I.T Research, Dai Nippon Printing, Nano Control, Panasonic, Toyota Motor, Nissan Chemical Industries, Nippon Steel Sumikin, Wako Pure Chemical Industries, Hapro Pharma, Piezo Studio, NEC Solution Innovator, Kagome, et al.

## Conference presentations

In 2017, more than 47 presentations were made at conferences, including 1 plenary lecture and 3 invited lectures.



講師 井上 久美  
Senior Lecturer  
Kumi Y. Inoue



助教 熊谷 明哉  
(現 AIMR 准教授)  
Assistant Professor  
Akichika Kumatani



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



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

研究アドバイザー 松平 昌昭	博士研究員 伊藤 - 佐々木 隆広
博士研究員 佐藤 さつき	研究補佐員 堀口 佳子
研究補佐員 上田 麻衣子	研究補佐員 古林 庸子
秘書 沖 知子	

## 主な継続中の研究事業

- ナノスケール領域における電気化学・ラマン分光の同時オペランド新奇測定法の開発、挑戦的研究 (萌芽) (H29-30 年度)
- マルチスケール化を実現するハイブリッド電気化学バイオイメージングシステム、科研費 基盤研究 (A) (H28-30 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) (H28-31 年度)
- 抗原修飾ヤマス粒子による簡易計測装置、AMED- 先端計測分析技術・機器開発プログラム (H28-31 年度)
- さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点 東北大学 COI 拠点、JST、(H25-33 年度)
- 界面イオン伝導顕微鏡を用いたリチウムインサージョンの in-situ 観察と高エネルギー密度 LIB の開発、JST- 先端的低炭素化技術開発 (JST-ALCA) (H25-30 年度)
- さきがけ、ケミカルマッピングを実現するナノ電気化学顕微鏡の創成 (H26-29 年度)

## 受賞

- 阿部博弥 (D2) : 東北分析化学奨励賞 (日本分析化学会東北支部)
- 阿部博弥 (D2) : 多元物質科学奨励賞 (科学計測振興基金)
- 野崎浩平 (M1) : 若手優秀発表賞 (高分子学会東北支部研究発表会)
- 岩間智紀 (M1) : ポスター賞 (化学系学協会東北東北大会)
- 三浦千穂 (M2) : 講演奨励賞 (応用物理学会春季学術講演会)
- Siti Masturah (M1) : Outstanding oral presentation award (最優秀賞) (isCEBT2017)
- 岩間智紀 (M1) : Best oral presentation award (isCEBT2017)

## Research projects

- "In-operand nanoscale analysis by simultaneous electrochemical-Raman spectroscopy," Challenging Research (Exploratory) (2017-18 FY)
- "Innovative electrochemical imaging device for bioanalysis," Grant-in-Aid for Scientific Research (A) (2016-18FY)
- "Visualization of electrocatalytic activities on two-dimensional materials by nanoscale electrochemical imaging technique," Grant-in-Aid for Young Scientists (A) (2016-19FY)
- "Simple device using antigen modified Janus particles," Medical Research and Development Programs Focused on Technology Transfers: Development of Advanced Measurement and Analysis Systems (AMED-SENTAN) (2016-19FY)
- "Center of Innovation for creation of health-conscious society to realize healthy and fulfilling life, and strengthen family ties through unobtrusive and daily health screening," Center of Innovation Program (COI-Stream) (2013-21FY)
- "In-situ study of lithium-ion (De)intercalation by using interface ion conduction microscope for creation of high-performance LIBs," Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program (JST-ALCA) (2013-18FY)
- "Development of Nano ElectroChemical Microscopy for Chemical Mapping," Presto (2014-17FY)

## Awards

- Hiroya Abe: Tohoku Analytical Chemistry Encouragement Prize
- Hiroya Abe: Encouragement Prize of Multidisciplinary Material Science
- Kouhei Nozaki: Young Excellence Presentation Award on Conference of Tohoku Society of Polymer Science
- Tomoki Iwama: Poster Award on Joint Meeting of the Tohoku Area Chemistry Societies
- Siti Masturah: Best outstanding oral presentation award at isCEBT2017
- Tomoki Iwama: Outstanding oral presentation award at isCEBT2017



Fig.1 Lab members.



Fig.2 NanoSECCM measurement.

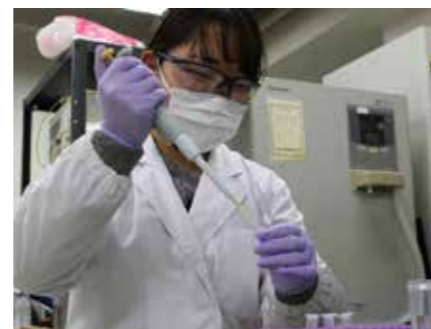


Fig.3 Preparation of biochemical samples.

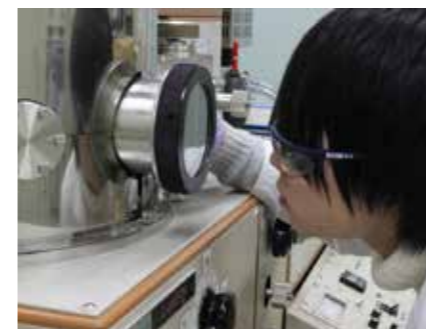


Fig.4 Checking the plasma spattering process.



Fig.5 Cell passaging treatment.

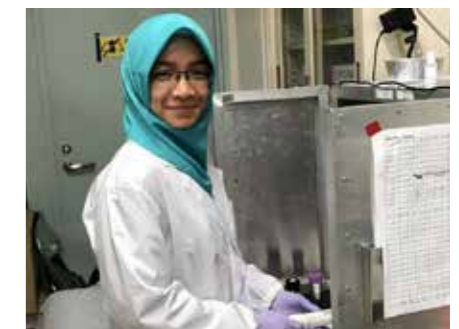


Fig.6 Electrochemical measurement.



# 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.



准教授 渡邊 賢  
Associate Professor  
Masaru Watanabe



助教 相田 卓  
Assistant Professor  
Taku Aida



Group Photo

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、超臨界状態の水と二酸化炭素を用いたバイオマス変換、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。

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)。

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).

水と二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 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

Supercritical water and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) 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

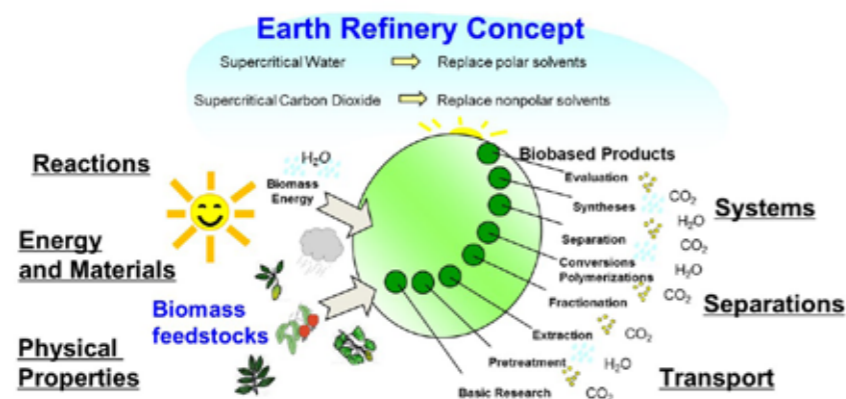


Fig.1 Development of Sustainable Products and Systems.

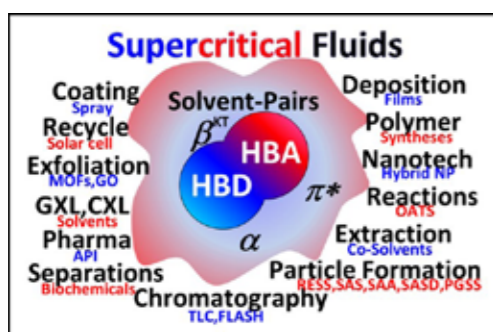


Fig.2 Supercritical fluids with Safe Solvent Mixtures.

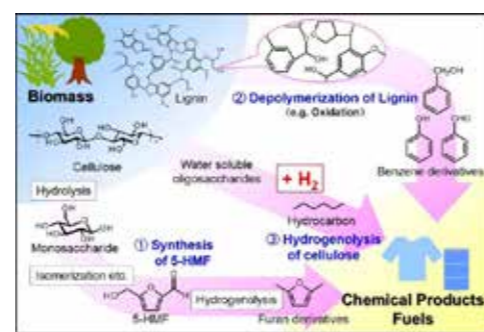


Fig.3 Conversion of Biomass to Chemicals and Fuels.

体と超臨界 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> と超臨界水の特長を利用するものである。具体的には、高温高圧水中でのバイオマス・プラスチック・炭化水素・重質油の改質反応、水熱合成による無機複合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 reaction and separation process of cellulose-based biomass (cellulose, hemicellulose, and lignin) using supercritical CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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.

### 2017年の活動 (国内)

- 3月 化学工学会 第82回年会、東京
- 5月 石油学会第60回年会、東京
- 7月 化学工学会東北支部主催・第57回プロセス設計技術講演会・見学会、仙台
- 8月 化学工学会超臨界流体部会第16回サマースクール、千葉
- 9月 化学工学会 第49回秋季大会、名古屋
- 10月 南京農業大学 Ph.D. Hu Li (客員研究員)
- 11月 第11回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム、名古屋
- 12月 化学工学会金沢大会 2017、金沢  
日本大学 大学院特別講義、千葉

### Activities in 2017 (Overseas)

- April 16th European Meetings on Supercritical Fluids, Portugal
- May 2nd International Conference CBRNE - Research & Innovation, France
- August 5th international symposium & Exhibition on "Aqua Science and Water Resources (ISASWR'17)," Fukuoka
- November Japan-France Workshop on Supercritical Fluid Technology, Japan

### Publications

- [1] Aida, T.M., Oshima, M., Smith, R.L., Controlled Conversion of Proteins into High-Molecular-Weight Peptides without Additives with High-Temperature Water and Fast Heating Rates, ACS Sustain. Chem. Eng., 2017, 5, 7709-7715.
- [2] Aikawa, T., Watanabe, M., Aida, T.M., Smith, R.L., Hydrothermal leaching of LiCoO<sub>2</sub> with sulfuric acid, nitric acid, and citric acid, Kagaku Kogaku Ronbunshu, 2017, 43, 313-318.
- [3] Hiraga, Y., Koyama, K., Sato, Y., Smith, R.L., High pressure densities for mixed ionic liquids having different functionalities: 1-butyl-3-methylimidazolium chloride and 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, J. Chem. Thermodyn., 2017, 108, 7-17.
- [4] Guo, H., Qi, X., Hiraga, Y., Aida, T.M., Smith, R.L., Efficient conversion of fructose into 5-ethoxymethylfurfural with hydrogen sulfate ionic liquids as co-solvent and catalyst, 2017, Chem. Eng. J., 2017, 316, 770-777.



Teach!



Learn!



Goal!



# 循環型社会を目指した 材料製造プロセスの研究

Material Process for Circulatory Society



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製造、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.

## 研究概要

現在、地球規模で人類社会および生態系が直面している問題として、気候変動、資源の枯渇、廃棄物処理などの様々な環境問題が挙げられている。

そこで本研究室では環境維持・負荷低減を目的として材料プロセス学に基づく実験的研究及び数値シミュレーションを行い、持続可能な循環型社会の構築に貢献することを目指している。例えば莫大な資源・エネルギーを消費する材料プロセスに対し、省資源やエネルギー利用の効率性の向上や、廃棄物の再利用と無害化、副産品の製造、またはこのような観点から新規材料プロセスに関する研究開発を行っている。具体的には移動現象や物理的手法を基盤とした環境調和プロセスの開発として、以下に示すテーマの研究を行っている。

## 現行研究課題

### 1. 環境調和を考慮した金属製造・加工プロセス

- ・アルミニウム溶湯処理における溶解炉内の流動・物質移動の解析 (Fig.1)
- ・溶融アルミニウムの脱リン機構の解明
- ・ボールインパクト処理による新規複合コーティング法の開発

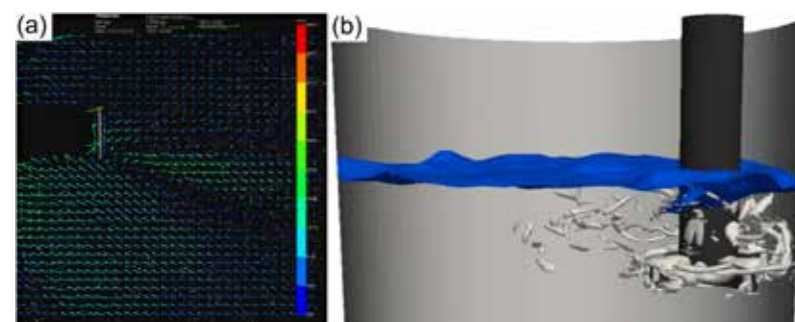


Fig.1 Fluid flow around stirring impeller taken by PIV (a) and predicted numerically (b)

## Research Abstract

The purpose of our research is to develop environmentally friendly material processes and thus 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. For example, ultrasonic processing is applied to molten metals to improve their mechanical properties and recyclability. Microwaves are irradiated to recover valuable metals from metal industrial wastes such as slag and sludge. Electromagnetic force is applied to increase the efficiency of materials fabrication processes. Fundamental studies are performed to clarify the fluid dynamics heat and mass transport phenomena in single and multiphase flows through cold-model experiments and numerical simulation.

## Present Research Tasks

### 1. Environmentally friendly processing of metals

- ・Investigation of flow and mass transfer in processing of molten aluminum
- ・Removal of phosphorus from molten aluminum
- ・Development of technology for fabrication of composite coating through shot impacts

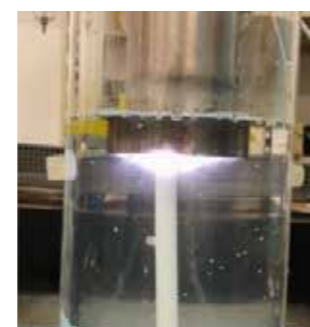


Fig.2 Waste water treatment unit using ultrasonic cavitation assisted plasma

## 2. 超音波プロセッシングの基礎と応用

- ・超音波照射によるアルミニウム合金凝固組織改善
- ・溶融金属用の超音波ホーンの設計・開発
- ・キャビテーション支援プラズマ照射の応用による浄水処理法の開発 (Figs. 2 & 3)

## 3. 電磁場エネルギー利用環境 / 材料プロセッシング

- ・金属ホウ化物のマイクロ波励起反応合成
- ・ディーゼルエンジン由来 PM の迅速燃焼フィルターの開発
- ・セラミック複合材料の誘電率測定に関する研究
- ・非金属融体の高周波誘導加熱と流動に関する基礎研究

## 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、ガラスリサイクルにおける成分の均一化等を目的として、高周波 (kHz) 印加に依る非金属融体の誘導加熱攪拌に関する基礎研究 (低融点の溶融ガラスや溶融塩を対象として実験及びシミュレーション) を行なっている。またマイクロ波 (GHz) を用いた材料プロセッシングも行なっている。図4には、電磁石(右)にマイクロ波キャビティを挿入し、静磁場印加マイクロ波プロセッシングを行なう装置を示す。

## 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・j製造実験、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。(図1)



Fig.3 Photograph of Mr. Fang (D2) who was awarded the best presentation award at ICEPP2017

## 2. Ultrasonic processing: fundamentals and application

- ・Improvement of aluminum alloys structure due to ultrasonic application
- ・Design and development of ultrasonic horns for liquid metal sonoprocessing
- ・Development of technology for cavitation-assisted plasma treatment of wastewater

## 3. Application of electromagnetic field to environment / material processing

- ・Microwave-excited reaction synthesis of metal borides
- ・Development of DPF material for microwave rapid heating
- ・Measurement of dielectric properties of ceramic composites
- ・Fundamental study of high-frequency induction heating and stirring

## Application of Electromagnetic Field to Environment/Material Processing

In our lab, we conduct fundamental studies on high-frequency (kHz) induction heating and stirring of nonmetallic molten fluids. Experimental and simulation studies are being performed for molten glasses and molten salts. In addition, microwave processing of materials is being conducted for other projects. Fig.4 shows an apparatus for microwave processing under imposition of a static magnetic field, where a microwave cavity is inserted between the pole pieces of an electromagnet (right-hand side).

## Environmentally Friendly Metallurgical Processing

To improve the recyclability of aluminum, there is a need to use more secondary aluminum, which contains a lot of impurities. We are developing novel methods for mechanical stirring of molten aluminum, with the aim of better flux dispersion and more efficient removal of impurities. To achieve these purposes, water model experiments are being performed to investigate fluid flow and mass transfer during aluminum melt stirring and casting. In addition, numerical simulation is being conducted to investigate transport phenomena in large-scale melting furnaces using a supercomputer (Fig.1).



Fig.4 Microwave processing apparatus with imposition of static magnetic field



# 環境に適合する 高次機能物質システムの創成

Design of environmentally benign molecular systems  
with high functionality



教授 壹岐 伸彦  
Professor  
Nobuhiko Iki

当研究分野では分離、センシング、イメージング、触媒機能など高い機能と同時に環境適合性を併せ持つ「環境分子」を創製する。具体的には金属イオン、配位子、化学的な「場」の設定が鍵となる。現在主に、(1) 発光・磁気機能を有するチアカリックスアレーン-ランタニド多核錯体の創製、(2) d8 金属-ジラジカル錯体からなるセラノスティクス薬の開発、(3) 超微量金属イオンの速度論的識別モード分離分析法の開拓、(4) タンパク複合体の速度論に取り組んでいる。

The ultimate goal of this division is to establish a scientific discipline in designing environmentally benign molecular systems that exhibit high functionality, such as separation, sensing, imaging, and catalytic conversion of substances. The choice of components such as metal ions, ligands, and “chemical fields” is of key importance in building simple yet functional systems. We are currently studying the following systems: (a) a multi-nuclear lanthanide complex with thiacalixarene (TCA) with luminescence and magnetic functions, (b) a theranostic probe consisting of d8-metal ions and radical ligands, (c) kinetic differentiation (KD) mode separation and detection systems for ultratrace metal ions, and (d) protein-metal ion conjugates.

## 異核ランタニドクラスター錯体の精密分離

原子番号 57-71 (La-Lu) はランタニド (Ln) と呼ばれ、これらを中心金属として持つ Ln 錯体は化学的性質が似ているために分離分析が非常に難しい。本年、我々は Tb-Yb-TCA 混合系で生成する同核・異核 Ln クラスター錯体 ( $Tb_{3-x}Yb_xTCA_2$ ,  $x = 0-3$ ) の混合物の分離分析をキャピラリー電気泳動によって達成した。相互作用試薬としてポリエチレングリコール(PEG) を添加した泳動緩衝溶液で分析すると、6つのピークが観測された (Fig. 1)。これらのピークは  $Tb_{3-x}Yb_xTCA_2$  ( $x = 0-3$ ) の 4 成分に加え、 $x = 1, 2$  の成分では直角二等辺三角形に配置される中心 Ln の配置異性体が存在し、これが分離したものと考えた (Fig. 1)。

この分離は Ln 錯体と PEG が会合体を形成し、この会合体の電気泳動移動度の差や会合定数の違いによって分離されたと考える。 $Tb_{3-x}Yb_xTCA_2$  ( $x = 1, 2$ ) は異核ランタニド間でのエネルギー移動、f-f communication を示し、これを利用した発光機能の高性能化が期待できる。この成果を利用し、発光機能の高性能化に最適な異核 Ln クラスター錯体の単離・探索に取り組む。

## Precise Separation of Hetero Lanthanide Cluster Complexes

A series of atomic number 57-79 (La-Lu) is called lanthanide (Ln). Separation of Ln complexes is difficult because the chemical properties of Ln complexes are very similar. Recently, we succeeded in the separation of a mixture of homo- and heteronuclear Ln cluster complexes ( $Tb_{3-x}Yb_xTCA_2$ ,  $x = 0-3$ ) in a Tb-Yb-TCA ternary system by performing capillary electrophoresis. The mixture was separated into six peaks by the addition of polyethylene glycol (PEG) to the electrophoretic buffer (Fig.1). The complexes consist of four species ( $Tb_{3-x}Yb_xTCA_2$ ,  $x = 0-3$ ). However,  $x = 1$  and 2 species have configurational isomers because the  $Ln_3$  core aligns as an isosceles right triangle to give two different sites, resulting in  $x = 1$  and 2 species further separated as two peaks (Fig.1). The successful separation was likely caused by the association of the complexes and PEG molecules, which led to the difference in electrophoretic mobility of these complexes (Fig.2).  $Ln_{3-x}Ln'_xTCA_2$  ( $x = 1, 2$ ) has potential to enhance luminescence properties through a transfer of energy between hetero Ln-Ln' pairs, which is called f-f communication. We attempt to find good Ln-Ln' pairs to enhance the luminescence properties of heteronuclear Ln complexes.

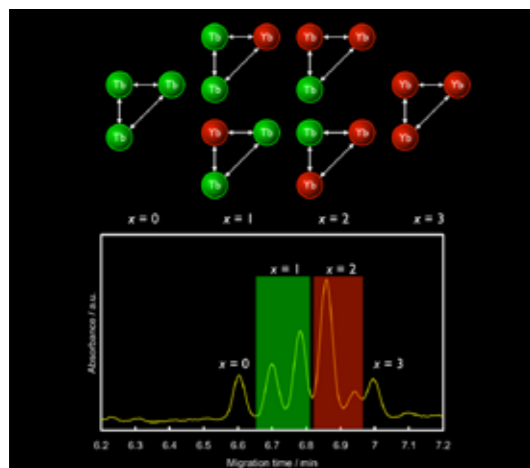


Fig.1 Arrangements of lanthanide ions in the homo- and heteronuclear complexes and the CE separation pattern

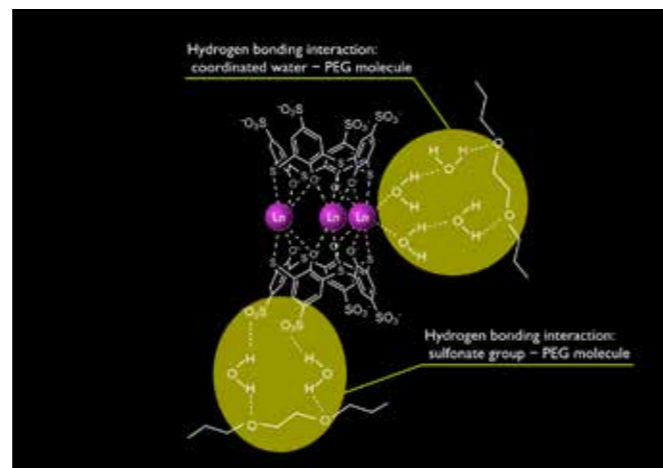


Fig.2 Schematic diagram showing interaction manner between PEG and the complex.



助教 唐島田 龍之介  
Assistant Professor  
Ryunosuke Karashimada

## カリックスアレーン被覆銀ナノ粒子-金属イオン系の示す多発色現象の発見

金属ナノ粒子 (NP) の凝集に誘起される表面プラズモン (SPR) 吸収変化はセンシングに利用されている。しかし色調変化は一様で、銀 NP (AgNP) の場合は黄色から赤色系となる。我々はカリックス [4] アレーン-p-テトラスルホン酸で被覆した AgNP の水溶液 (pH 10.0) に  $10^{-5}$  M の金属イオン ( $Cd^{II}$ ,  $Tb^{III}$ ,  $Cu^{II}$ ,  $Ni^{II}$ ,  $Pb^{II}$ ,  $Zn^{II}$ ,  $Co^{II}$ ) を添加すると、その種類によって黄、橙、紫、緑など多発色を呈することを発見した (Fig. 3)。溶液から得られた試料を TEM 観察し、金属水酸化物結晶表面に AgNP が集積している領域が存在することを見いだした。またその大きさや量が SPR 吸収帯の位置や強度と関連することから、それが多発色の原因であると考察している (*Anal. Sci.* 2017, 33, 1141.)。

## 白金 (II) ジラジカル錯体の幾何異性体のキャピラリー電気泳動分離

環境分析化学分野のページに記した。

## その他の業績

- ・第 37 回キャピラリー電気泳動シンポジウムの主宰
- ・Hot Article Award, Analytical Sciences 受賞
- ・平成 29 年度科学研究費助成事業審査委員表彰受賞



Group Photo

## Multi-coloration of Calixarene-coated Silver Nanoparticles for the Visual Discrimination of Metal Elements

Upon mixing with metal ions such as  $Cd^{II}$ ,  $Tb^{III}$ ,  $Cu^{II}$ ,  $Ni^{II}$ ,  $Pb^{II}$ ,  $Zn^{II}$ , and  $Co^{II}$  at pH 10.0, solutions of silver nanoparticles (AgNPs) coated with calix[4]arene-p-tetrasulfonate (CAS-AgNP) exhibited multi-coloration from yellow to orange, violet, and green, depending on the metal elements present, which allowed for visual discrimination of the ions. This is contrary to the AgNP sensors, which exhibited a uniform color change from yellow to red upon binding of receptor molecules to an analyte at the surface of AgNPs. The TEM images of the samples obtained from the resultant solution showed two regions. First, in one region CAS-AgNPs assembled on the surface of the metal hydroxides. The size of the hydroxide crystals varied from 50 to 200 nm based on the type of metal element present, and roughly correlated with the extinction band of the aggregated AgNPs. Second, there was an amorphous region in which CAS-AgNPs dispersed randomly. The difference in the amount of the crystal region and the area seemed to lead to the multi-coloration (*Anal. Sci.* 2017, 33, 1141.)

## Capillary Electrophoretic Separation of cis/trans Isomers of Diradical Platinum(II) Complexes Using $\beta$ -Cyclodextrins as a Selector

Described in the section for the Division of Environmental Analytical Chemistry.

## Achievements other than research

- ・Organized the 37<sup>th</sup> Symposium for Capillary Electrophoresis
- ・Hot Article Award, Analytical Sciences
- ・Award for JSPS KAKENHI Reviewer

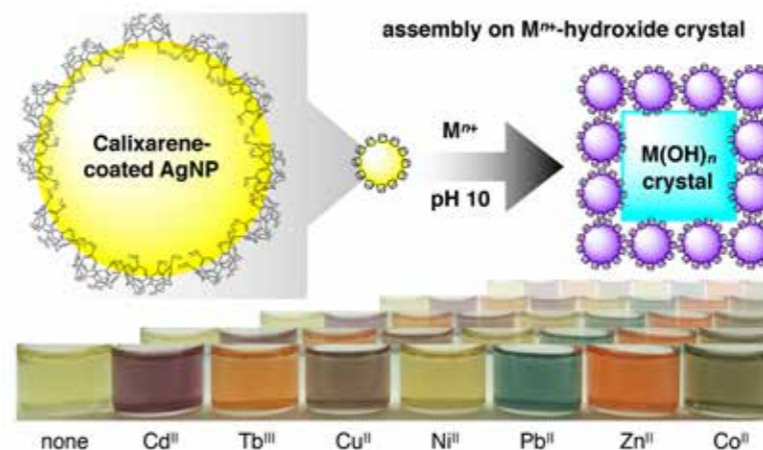


Fig.3 Multicoloration of calixarene-coated Ag nano-particles



# 低環境負荷社会に資するナノ材料を中心とする表面設計指針

Atomic-level surface design for eco-friendly, novel nano-materials



教授 和田山 智正  
Professor  
Toshimasa Wadayama



助教 轟 直人  
Assistant Professor  
Naoto Todoroki



Group Photo

水素社会の実現へ向け、産学官を挙げた様々な取り組みがなされている。その実現には、再生可能エネルギーなどによる水素製造と貯蔵、利用サイトまでの運搬、さらに燃料電池による化学-電気エネルギー変換などの技術課題の克服が不可欠であり、新規材料開発やその機能向上に関する学問的・技術的アプローチが求められる。たとえば、金属や合金触媒表面上における水素や酸素などのエネルギー関係分子が関与する反応(触媒反応)を基礎的に理解することは、高効率触媒開発、ひいては水素社会実現に向けた重要なピースの一つである。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)の包括的理解には、ナノ材料表面を原子レベルで明確化する必要がある。本研究分野では、よく規定された(well-defined)金属や合金単結晶表面に加えて、構造規制したナノ粒子を実触媒モデルとし、超高真空(UHV)下における分子線エビタキシ(MBE)法やアークプラズマ堆積(APD)法を駆使してモデル触媒を合成し、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。さらに、合成したモデル触媒の電極触媒能を評価し、次世代電極触媒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。

A comprehensive understanding of surface reactions on nano-sized metal (alloy) particle surfaces is crucial for developing novel nano-materials with unique catalytic properties. Our approaches to this subject are (a) to prepare well-defined single crystal surfaces and nano-particles of alloys through dry-processes (molecular beam epitaxy; MBE and arc-plasma deposition; APD) in ultra-high vacuum (UHV) and (b) to evaluate electro-catalytic properties for the UHV-prepared nano-structural surface models for practical electro-catalysts. We have routinely used UHV-MBE, UHV-APD, scanning probe microscopy (SPM), scanning transmission electron microscope (STEM), X-ray photo-electron spectroscopy (XPS), low-energy ion-scattering spectroscopy (LE-ISS), electrochemical (EC) voltammetry, gas-chromatography (GC), on-line electrochemical mass spectrometry (OLEMS), etc., to clarify the surface phenomena. We believe our research accomplishments are directly linked to a future eco-friendly society.

## ドライプロセス合成し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) の酸素還元反応 (ORR) を促進する目的で、高活性かつ低貴金属使用量の Pt 合金触媒を合成する試みが数多く報告されている。ORR 機構の解明には、Pt-シェル/Pt-M コアナノ構造を「表面テンプレート」利用しモデル触媒化して、活性・耐久性と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。この研究では、Pt-シェル/Pt-M コアナノ粒子の構造モデルとして、清浄な Pt(111) 基板上に Pt/Co 積層ヘテロナノ構造をアークプラズマ堆積 (APD) 法により構築した。得られた Pt-Co モデル触媒の断面 HAADF-STEM 像および対応する EDS ライン分析結果は、約 0.5nm 厚の Pt(111) シェル層が約 4nm 厚の Pt-Co(111) 表面合金層上にその Pt/Co 組成比を制御して合成可能であることを示した。

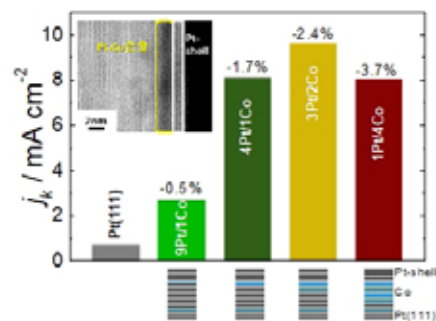


Fig.1 ORR activity for the Pt-Co model catalysts.

## Oxygen reduction reaction on dry-process synthesized model catalyst surfaces

○ Numerous studies have been performed on Pt-based alloys to synthesize highly active catalysts with a low noble-metal content oxygen reduction reaction (ORR) catalysts for cathodes of proton exchange membrane fuel cells (PEMFC). In order to investigate ORR mechanisms, the nano-architecture of Pt shell/Pt-M core catalysts can be modeled as surface templates. In this study, we fabricate Pt/Co hetero-layered nanostructures on a clean Pt(111) substrate as a model of the Pt shell/Pt-M-core nanoparticles using a cathode catalyst through alternate deposition of Pt and Co using the arc-plasma deposition (APD) method. Cross-sectional HAADF-STEM images and the corresponding energy-dispersive X-ray spectrometry line profiles of the APD-synthesized Pt-Co model catalysts clearly showed that the ca. 0.5-nm-thick-Pt(111) shells can be synthesized on ca. 4-nm-thick-Pt-Co(111) alloy layers with various atomic ratios of Pt and Co. Fig.1 presents the ORR activity for the Pt-Co model catalysts. From the figure,

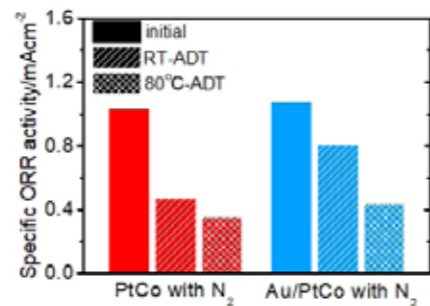


Fig.2 Electrochemical structural stabilization for the Pt-Co NPs by the surface Au modification.

Fig.1 に合成した Pt-Co モデル触媒の酸素還元反応活性をまとめた。図から、Pt-Co 合金層上の Pt(111) シェル層に対して約 2% 程度の面内圧縮が働くと ORR 活性が最大となることが結論される。

○ PEMFC 触媒用 Pt ナノ粒子の劣化は、使用環境における Pt 表面の配位不飽和サイトの電気化学的酸化・還元により進行する。従って、そのような Pt ナノ粒子表面の配位不飽和サイトを Au 原子で終端することは Pt ナノ粒子の電気化学的構造安定化に効果があると期待される。そこで、Au で表面終端した Pt-Co ナノ粒子を APD 法により合成し、その電気化学的構造安定性を議論した。その結果を Fig. 2 にまとめた。図から Pt-Co ナノ粒子表面を Au で終端することは、電解液温度室温、および摂氏 80 度における加速劣化試験時の構造安定化に有効であることがわかる。

## 二酸化炭素電解還元反応生成物のオンライン電気化学質量分析

CO<sub>2</sub> の電解還元 (ECR) に有効な触媒材料の開発に向けて、ECR 機構の総合的理解が不可欠である。そこで Au 単結晶の基本低指数面 ((111), (110), and (100); Au(hkl)) において、CO<sub>2</sub> 還元生成物の印加電圧依存性をオンライン電気化学質量分析法により調査した。Fig. 3 に示すように、Au(hkl) 上の ECR 生成物である CO の生成開始電位は (110) が最も低く高活性である。

## 研究プロジェクト、特許、学生の受賞

NEDO 先進低白金化技術開発、科学研究費補助金基盤研究 (A) および挑戦的萌芽研究を実施し、論文および学会発表と特許申請を行った。とくに研究論文では物理化学分野のトップジャーナルである JPC letters (IF : 9.3) に論文が掲載された。また所属学生は、国際および国内会議において成果報告を計 16 件行い、計 5 件のポスター賞を受賞した。(Fig. 4)

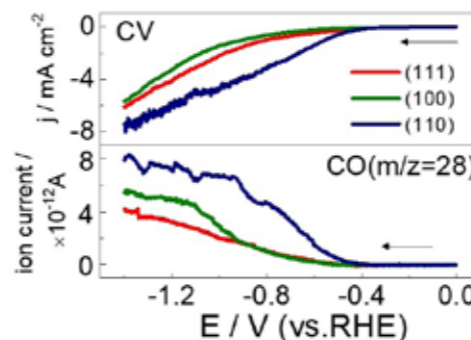


Fig.3 CV and MSCV for CO<sub>2</sub> electrochemical reduction on Au(hkl) surfaces.

we conclude that homogeneous, in-plane surface strain of ca. -2 % of the Pt(111)-shell vs. the intrinsic Pt(111) lattice gives the maximum ORR activity enhancement.

○ Pt atoms located at coordinatively unsaturated sites determine the degradation behavior of the Pt NPs through electrochemical oxidation and reduction under normal PEMFC operating conditions. Site blocking of the Pt NP surface with Au atoms is expected to be effective for the electrochemical stabilization of the unsaturated sites. Therefore, Pt-Co NPs with and without Au modification were prepared by using APD, and the resulting electrochemical structural stabilities are discussed. The results (Fig.2) demonstrate that the surface Au modification is effective for structural stabilization under an accelerated durability test protocol.

## Carbon dioxide reduction products analyzed by on-line electrochemical mass spectroscopy

A comprehensive understanding of electrochemical CO<sub>2</sub> reduction (ECR) mechanisms is required for developing effective electrode-catalyst materials. Therefore, we investigate applied-voltage-dependent CO<sub>2</sub> reduction for Au low-index single crystal surfaces ((111), (110), and (100); Au(hkl)) by using on-line electrochemical mass spectrometry. Fig.3 clearly shows that the onset potential of (110) surface for CO evolution is the highest among the Au(hkl).

## Research project, patent and student's award

We have performed NEDO and JSPS KAKENHI (Scientific research (A) & Challenging Exploratory Research) projects. The results have been published in several journals and, furthermore, we have applied for a patent. One of the papers was published in the JPC letters (IF : 9.3), a top journal in physical chemistry field. Our students presented a total of 16 papers and received 5 poster awards (Fig.4).



Fig.4 Poster awards for the students.



# 鉄鋼製造技術を通して、資源・エネルギー問題に貢献する

Development of new steelmaking technology contributing to the sustainable society

鉄鋼製品は、主原料として鉄鉱石を使用して製造されます。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ます。日常生活の基本材料である鉄は、その形状を変えて何度も再使用することができます。したがって、鉄は環境にやさしくなっています。同時に、鉄鋼製造工程は、大量のエネルギーと資源が必要で、環境に大きな影響を及ぼします。そのため、原料、設備の購入、製造、技術開発、製品輸送から使用、リサイクル、廃棄に至るすべての段階で、環境への影響を低減することが必要です。このような背景に基づき、我々の講座では、さまざまな環境に適応する材料、特に金属材料の合成に関する新技術を開発する教育と研究が行われます。当社の使命は、環境に適応できる材料を使用する場合の持続可能な産業や社会システムを当社が確立することのできる新しい材料合成プロセスを開発することです。

Steel products are made using iron ore as the main raw material. After these products have been used, they are scrapped and once again returned to iron material. In this way, iron, which is a basic material for daily life, can be reused time and time again in varying forms; thus, it is kind to the environment. At the same time, the steelmaking process requires a large amount of energy and resources, and it exerts a large influence on the environment. Therefore, it is necessary to reduce the impact on the environment at all stages, from the purchase of raw materials and equipment, manufacturing, technological development, and transportation of products to their use, recycling, and disposal. Based on such backgrounds, in our course teaching and research will be undertaken to develop new techniques related to the synthesis of various environmentally adaptable materials, especially metallic materials. Our mission is to develop novel material synthesis processes that will allow us to establish sustainable industries and social systems that utilize environmentally adaptable materials.

## 単ロール PFC 法でのロール表面メッキ種の薄帯形成機構に及ぼす影響

本法で得られる薄帯の表面性状改善を目的に、ロール表面メッキ種の薄帯形成に及ぼす影響を調査した。本法で用いるロールの材質は、熱伝導率、コストの両面から Cu-Cr が適しているが、得られる薄帯の表面性状にはまだ改善の余地が残されていた。そして、Ag メッキを施すことで得られる薄帯の表面性状が改善するとの成果を当研究室で得ていた。本研究では更なるメッキ種についても評価した結果、Zn や Sn と言った低融点のメッキ種は熔融合金によってはメッキ種が溶けてしまうという問題から、これらのメッキ種は採用できないとの知見を得た。さらに、薄帯表面に形成する欠陥(エアポケット)は用いるロールの表面形状に強く影響され、 casting 前に行う研磨工程が重要な因子となることも分かった。つまり、先に述べた Ag メッキが有効であったのは、今回採用したエメリー研磨では研磨し易いことから、平坦な表面になっていたためであることが分かった。これまで、単ロール PFC 法で用いるロール材質に関して、メッキ種も含めてその材質の最適化

## Effect on the Ribbon-Forming Mechanism of the Roll Surface Plating Metal in the Single-Roll PFC Method

To improve the surface properties of ribbons obtained from this method, the effect of roll surface plating metal on ribbon formation was investigated. In view of both thermal conductivity and cost, Cu-Cr is an appropriate roll material for this method. The surface properties of the ribbon obtained still had room for improvement, and our laboratory improved the ribbon surface properties after the application of Ag plating. In this study, after further evaluation of plating metals, the use of such plating metal was not possible due to the problem of melting of the plating metal depending on a low melting point alloy such as Zn or Sn. In addition, a defect (air pocket) that formed on the ribbon surface was strongly affected by the surface shape of the roll in use, and the grinding process before casting was an important factor. In other words, the reason for the effectiveness of the Ag plating described above was the flat surface because grinding can be easily performed with the emery grinding newly used. We optimized the roll material used for the single-roll PFC method, including the plating metals, and were able to present the technical guidelines to obtain a good

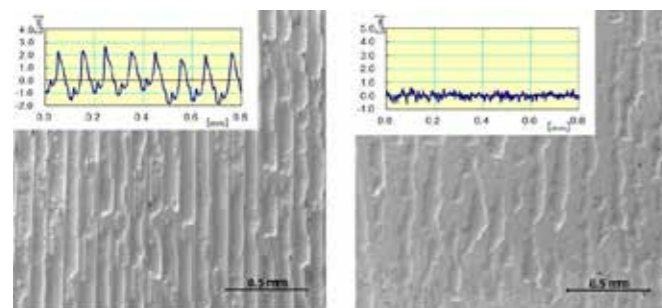


Fig.1 Relationship between roll surface smoothness (surface roughness data) and ribbon surface properties (SEM photo)



Fig.2 Appearance photo of representative amorphous alloy



客員教授 佐藤 有一 Professor Yuichi Sato  
客員教授 岡崎 潤 Professor Jun Okazaki  
客員教授 楠 一彦 Professor Kazuhiko Kusunoki



を進めてきたが、Cu-Cr ロールでも研磨方法を工夫してより平滑な表面とすれば良好な表面を有する薄帯が得られるとの技術的指針を示すことができた。この技術的指針は特に工業的規模での生産におけるオンライン研磨技術確立の重要性を示したことになり、有意義な技術指針であると考えられる。

## Fe 基アモルファス合金の高周波領域での軟磁気特性の解明

アモルファス合金はその原子構造が従来の結晶構造とは異なることから、これまでの金属・合金には見られないユニークな特性を示す。つまり、高強度と高靱性をあわせ持つ機械的性質、高い耐食性、優れた軟磁気特性などを有している。本研究テーマでは特に軟磁気特性に注目し、高周波軟磁性材料としての適用先拡大実現を目標に、アモルファス合金の高周波領域での軟磁気特性を解明する研究を行っている。

## 焼結用 MgO 原料の同化性評価

高炉の高出銑、低還元材比操業には焼結鉱の品質向上が重要であり、冷間強度を維持しつつ焼結中のスラグ成分を低減させることが有効である。そこで本研究では、SiO<sub>2</sub> を含まない MgO ソースとしてドロマイト (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>) に着目し、その同化性に関する基礎的な評価を実施している。

## 溶液法 SiC 結晶成長におけるメルトバックが成長結晶の品質に及ぼす影響

パワーデバイス用の SiC 単結晶の成長法として溶液法がある。溶液法では、結晶成長直前に種結晶の表層を僅かに液相に溶解させるメルトバックと呼ばれる工程がある。本研究では、メルトバックが成長初期の SiC 結晶性に及ぼす影響を明らかにする。これまでにメルトバックを行わず溶液成長を開始すると異種多形混入や溶媒インクルージョンが発生するが、メルトバック後に成長を行うと、これらが発生しないことが分かった。

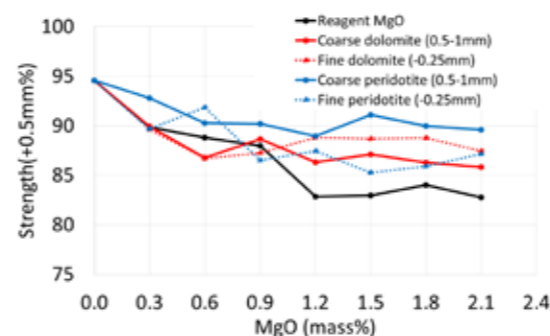


Fig.3 Effect of the MgO content on strength of the sintered ore.

surface if a flat surface was achieved by preparing a good grinding method even in the Cu-Cr roll. This technical guideline indicates the importance of establishing online grinding technology, particularly on an industrial scale. We thus consider this technical guideline to be significant.

## Clarification of soft magnetic properties in the high frequency field of Fe-based amorphous alloy

Since the atomic structure of amorphous alloy is different from the conventional crystal structure, it shows a unique characteristic that is not found in conventional metals/alloys. It has mechanical properties of high strength and high toughness, high corrosion resistance and excellent soft magnetic properties. This study focused on soft magnetic properties. To achieve wide applications as a material with high-frequency soft magnetic properties, we are studying the clarification of soft magnetic properties in the high-frequency field of amorphous alloys.

## Evaluation of sintering MgO material assimilation

To perform high tapping of molten iron in the furnace and a low reducing agent rate of operation, it is important to improve the quality of sintered ores, and it is effective to reduce the slag component in sintered ores while maintaining cold strength. Therefore, this study focuses on dolomite (CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>) as the MgO source not including SiO<sub>2</sub>, and basic evaluation of its assimilation has been performed.

## Effect on the quality of growth crystal by meltback in solution method SiC crystal growth

Attention has been paid to the solution method for growing high-quality SiC single crystals for power devices. The solution method has a process called "meltback" that dissolves the surface layer of the seed crystal into the liquid phase just before the growth of the crystal. This study clarifies the effect of meltback on SiC crystal at the beginning of growth. In the past, if solution growth was started without meltback, mixing of different polymorphic crystals or inclusion of solvent would occur. These effects did not occur if growth was performed after meltback.

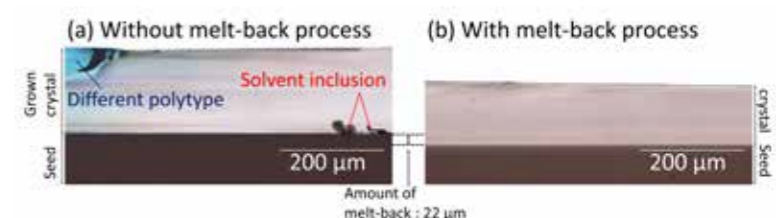


Fig.4 Cross-sectional images of SiC crystal grown on C-face (a) without and (b) with melt-back process.



# 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.

### 南極昭和基地上空における塩素化合物の挙動説明

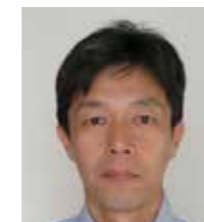
我々は、2007年及び2011年の南極昭和基地(69.0°S, 39.6°E)上空でのオゾン破壊に関連した塩素化合物微量気体成分の変動に着目した解析を行った。人工衛星 Aura/MLS, Envisat/MIPAS、及び地上設置 FTIR 分光器による ClO, ClONO<sub>2</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, 及び O<sub>3</sub> の観測値に注目し、高度 18 km 及び 22 km におけるこれら微量気体成分の変動の状況を解析した。毎年 7 月初めには、成層圏気温の低下に伴い、昭和基地上空で極成層圏雲 (Polar Stratospheric Clouds: PSC) が出現し、塩素化合物のリザボア分子である ClONO<sub>2</sub> や HCl が PSC 表面上の不均一反応によって減少を始める。やがて 7 月初旬に昭和基地上空に太陽光が戻ってくると、活性な ClO が増加し始め、触媒反応によるオゾン破壊が始まる。やがて 9 月初めには成層圏気温の上昇とともに ClO 濃度は減少を始め、代わりに HCl や ClONO<sub>2</sub> 濃度が増加を始めるが、その様相が高度 18 km と 22 km で異なることが判明した。図 1 及び図 2 に、18 km 及び 22 km における 2007 年昭和基地上空の各種塩素化合物の変動の様子を示す。高度 18 km ではオゾンがほとんど破壊されているため HCl への回復が顕著である。一方高度 22 km ではオゾンが一部破壊されずに残ってい

### Temporal evolution of chlorine species over Syowa Station, Antarctica

We analyzed temporal variation of ClO, ClONO<sub>2</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub>, and O<sub>3</sub> measured by satellite sensors Aura/MLS, Envisat/MIPAS, and ground-based Fourier-Transform infrared spectrometer (FTIR) installed at Syowa Station, Antarctica (69.0°S, 39.6°E) from March to December 2007 and September to November 2011. Vertical profiles of O<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, and HCl and a vertical column of ClONO<sub>2</sub> were retrieved from solar spectra taken with a ground-based FTIR. We analyzed temporal variation of these species at 18 and 22 km over Syowa Station. In early July, polar stratospheric clouds (PSCs) started to form over Syowa Station. With the return of sunlight to Syowa Station in early July, ClONO<sub>2</sub> and HCl showed depleted values, while ClO showed enhanced values. Figures 1 and 2 show the temporal variation in chlorine species over Syowa Station in 2007 at 18 and 22 km, respectively. When ClO concentrations started to decline at these altitudes in early September, HCl started to increase rapidly, while the increase in ClONO<sub>2</sub> was gradual. The Cl<sub>y</sub> partitioning between HCl, ClONO<sub>2</sub>, and ClO showed differences at different altitudes. At the altitudes of 18 km, where ozone was almost depleted, ClO and HNO<sub>3</sub> amounts were low, so conversion to HCl was favored rather than ClONO<sub>2</sub>. In contrast, at 22 km, sufficient ozone still remained, at a high enough amount that ClONO<sub>2</sub> formation from ClO and NO<sub>y</sub> species continued to occur at this altitude. In



客員教授 中島 英彰  
Professor  
Hideaki Nakajima



客員教授 町田 敏暢  
Professor  
Toshinobu Machida

ため、HCl より ClONO<sub>2</sub> への回復の方が早く認められた。このように、南極上空における高度によるリザボア種への回復の違いが初めて明らかにされた。また、秋季に ClONO<sub>2</sub> がなくなった後も HCl が徐々に減少を続ける原因がこれまで不明であったが、その原因が極渦境界における ClONO<sub>2</sub> の再生産であることが明らかになった。

### 西シベリア上空におけるメタン濃度鉛直勾配の長期変動

ロシア連邦のシベリア地域には広大な森林や湿地帯が広がっており、地球規模の二酸化炭素濃度やメタン (CH<sub>4</sub>) 濃度の変動に大きな影響を及ぼしている。我々は西シベリア低地に位置するスルグート (1993 年から) とノボシビルスク (1997 年から) 上空において航空機を使って高度 7 km までの大気をサンプリングすることによって温室効果ガスの長期観測を実施した。CH<sub>4</sub> 濃度の経時変動はどちらの観測サイトでも 2000 年から 2006 年における一時的な停滞が見られたものの増加傾向が観測された (Fig. 3)。季節変動は他のバックグラウンド観測地点で見られるのと同様に冬季に極大値を示すが、西シベリアに特徴的な夏季の極大値も観測されている。スルグート上空では高度 5.5 km と 1.0 km における CH<sub>4</sub> の濃度差が 1995 年から 1999 年の平均値である 64 ppb から 2009 年~2013 年には 37 ppb へと明瞭に減少していることが観測でわかった。これに対してノボシビルスク上空では鉛直勾配の明確な変動は観測されなかった。大気化学輸送モデルを用いたシミュレーションを行ったところ、シベリアの風上に位置するヨーロッパからの CH<sub>4</sub> 放出量が経年減少し、東アジアや南アジアからの放出量が増加すれば観測と整合的であることが確認された (Fig. 4)。また、ノボシビルスク上空ではヨーロッパからの放出の影響は小さかった。さらに、西シベリアからの CH<sub>4</sub> 放出量の変化は鉛直勾配の変動に有意には影響していないことも確認できた。西シベリア上空における CH<sub>4</sub> 濃度鉛直分布の長期的な観測はシベリアや周辺域からの CH<sub>4</sub> 放出量の変動を検知する上で重要な役割を果たしていると言える。

early winter, HCl depletion continued even when the counterpart of the heterogeneous reaction (ClONO<sub>2</sub>) disappeared. A possible cause of this depletion could be the mixing of vortex edge air where NO<sub>x</sub> is formed by photochemical reaction, resulting in ClONO<sub>2</sub> production and a gradual heterogeneous reaction with HCl.

### Temporal characteristics of CH<sub>4</sub> vertical profiles observed over West Siberia

Siberia is one of the most important areas for controlling atmospheric levels of greenhouse gases through activities in forests and wetlands. We have carried out monthly flask sampling using aircraft in the altitude range of 0-7 km over the boreal wetlands in Surgut (61°N, 73°E; since 1993) and a pine forest near Novosibirsk (55°N, 83°E; since 1997), both of which are located in the West Siberian Lowland (WSL). The temporal variation of methane (CH<sub>4</sub>) concentrations at all altitudes at both sites exhibited an increasing trend with stagnation during 2000-2006, as observed globally from ground-based networks (Fig.3). In addition to a winter maximum, as seen at other remote sites in northern mid to high latitudes, another seasonal maximum was also observed in summer, particularly in the lower altitudes over the WSL. Our measurements suggest that the vertical gradient at Surgut has been decreasing; the mean CH<sub>4</sub> difference between 5.5 km and 1.0 km changed from 64±5 ppb during 1995-1999 to 37±3 ppb during 2009-2013. No clear decline in the CH<sub>4</sub> vertical gradient appeared at Novosibirsk. Simulations using an atmospheric chemistry-transport model captured the observed decrease in the vertical CH<sub>4</sub> gradient at Surgut when there was a decrease in CH<sub>4</sub> emissions from Europe but an increase in those from the regions south of Siberia, e.g., East and South Asia (Fig.4). At Novosibirsk, the influence of the European emissions was relatively small. Our results also suggest that the regional emissions around the WSL did not change significantly over the period of our observations. Long-term monitoring of the CH<sub>4</sub> vertical profile over West Siberia is the key to detecting changes in CH<sub>4</sub> emissions from the WSL and its surrounding land regions.

Reference: Sasakawa, M., et al. (2017). J. Geophys. Res., 122, 11,261-11,273. doi.org/10.1002/2017JD026836

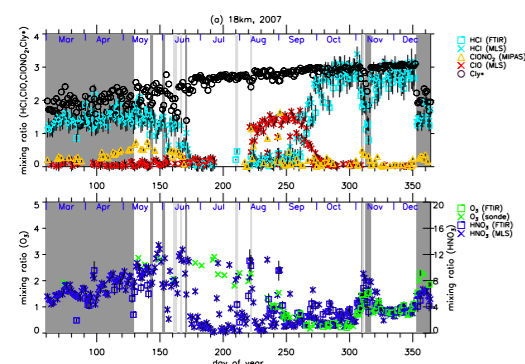


Fig.1 Temporal variation of chlorine and related species at 18 km in 2007 over Syowa Station.

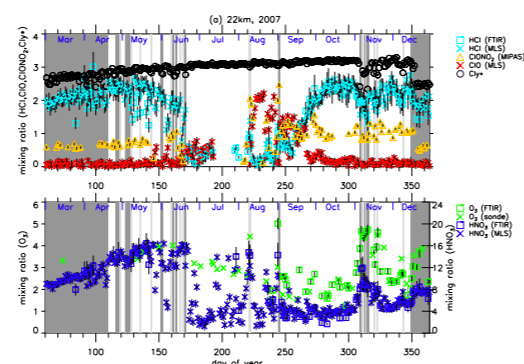


Fig.2 Same as Fig. 1 but for 22 km in 2007.

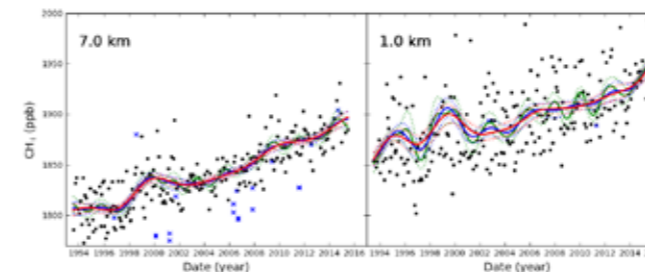


Fig.3 Temporal variation in CH<sub>4</sub> concentrations (black dots) observed over Surgut and their long-term trend lines. Blue crosses denote STE-influenced samples that we did not use for the trend calculation.

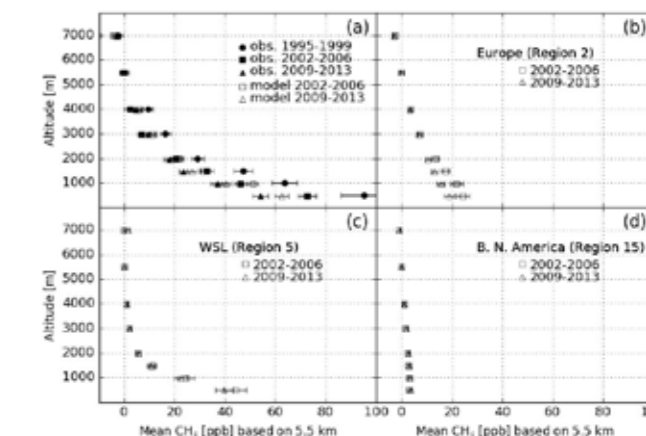


Fig.4 (a) Mean vertical profile of CH<sub>4</sub> over Surgut for the periods of 1995-1999, 2002-2006, and 2009-2013. The data were offset by the mean values of 5.5 km. Error bars indicate standard errors. Closed and open symbols indicate observed and total simulated data, respectively. Contribution from (b) Europe, the (c) WSL, and (d) Boreal North America are shown for the periods of 2002-2006 and 2009-2013.



## 「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博士課程学生1名をリサーチアシスタントとして雇用するとともに、福島再生可能エネルギー研究所産業人材育成事業等の枠組みを利用して共同研究を実施している。

The members of the Environmental Risk Assessment (AIST Collaborative Laboratory) 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 2017 include (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 geothermal reservoirs; (c) development of a system for monitoring the environmental burden associated with geothermal development; and (d) studies for social acceptance of geothermal development. Research and development to simulate industries in tsunami-stricken areas was 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。2050年に国内総容量数10GWの商用発電の実現を目標に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において、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ている。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した。

#### Research on supercritical geothermal resources

Members of the laboratory have been investigating the feasibility of power generation using supercritical geothermal resources that originate in the subduction of oceanic plates in cooperation with scientists and engineers worldwide. Funded by NEDO, detailed feasibility studies are being carried out to establish several tens of GW of total capacity in 2050 from scientific, engineering, and economical points of view. METI has also funded our team for (a) development of simulators of dynamic and hydraulic behavior of supercritical rock bodies and (b) development of fundamental technologies and materials 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 the Yanaizu-Nishiyama geothermal site in Fukushima since 2015 to reveal the response of the reservoir to 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, and the behavior of fluid inside and around geothermal reservoirs has been successfully imaged.

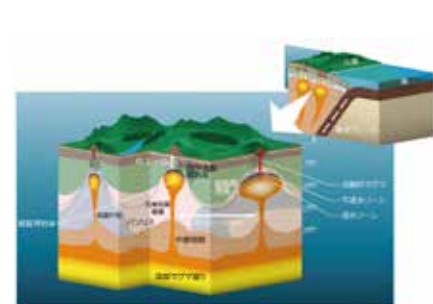


Fig.1 Typical supercritical geothermal system in Tohoku (Northeast Japan)

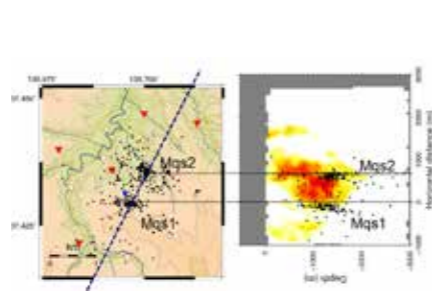


Fig.2 Microseismic imaging of geothermal reservoirs



Fig.3 Field experiment of monitoring system of 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的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、温泉と地熱発電の関連に関する科学的基礎データ取得を目的として温泉モニタリングシステムの開発や温泉・地熱地域用硫化水素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, JFES Board Member, JOGMEC 地熱貯留層探査技術推進委員会委員, 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, 同企画委員, 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, 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

##### ●小中学校等との連携

浅沼: 出前授業 (3 回), 公開講座 (1 回)

#### Research on proper development of geothermal resources

A development methodology based on the concept of overall system design (OSD), which has a flexible nature to fit to social and subsurface conditions gradually revealed in the development, has been studied. We have also developed systems for monitoring gas and hot springs, which has enabled us to collect scientific data for environmentally/socially appropriate development.

#### Technological support of local industries

Technological support has been provided to seeds in local industries in the area damaged by the great 2011 earthquake and tsunami. Geothermal-related technologies have been developed under this scheme.

#### Contribution to international/society and collaboration with other organizations

##### ●International contribution

International contribution to partners in Germany, the US, Italy, and Iceland have been made mainly in the area of ultra-high-temperature geothermal development.

##### ●Social contribution

Prof. Asanuma has been a board member of international and domestic scientific drilling projects. He has also been a member of evaluation and advisory committees of governmental and local community agencies as well as a board member of academic societies.

##### ●Collaboration with other organizations

The laboratory is collaborating with domestic and foreign national laboratories, universities, and industries. It is actively engaging in mutual visits, web communication, and joint publications.

##### ●Collaboration with local communities

The lab has a long history of collaboration with local communities, mainly in northeast Japan (Tohoku) in the area of education of children and students. Prof. Asanuma has made three "delivery lectures" about renewable energy.



Fig.4 Development of optical fiber distributed sensor for supercritical geothermal wells

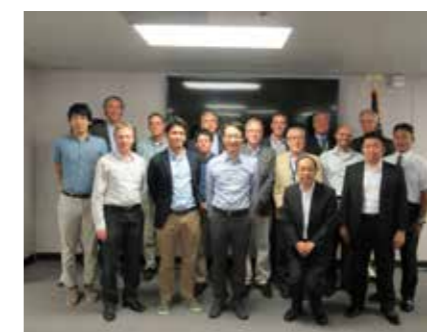


Fig.5 WS with researchers in US-DOE laboratories



Fig.6 Experiment at FREA, AIST by graduate student of GSES



# バイオテクノロジー・バイオシステムを利用した地球温暖化の緩和・適応対策ならびに環境計測技術

Utilizing biotechnology and bio-system as global warming mitigation / adaptation measures and environmental measurement.

2017年1月に就任したトランプ米大統領が、6月に「パリ協定」離脱を表明した。2018年1月になってトランプ氏は、パリ協定の内容がアメリカを考慮するならば復帰もありえると表明した。2020年以降の地球温暖化対策である「パリ協定」は、実施へ着実に進んでいる/ゆく。バイオエコマネジメント学分野では、再生可能エネルギー・省エネルギーや資源リサイクル等についてバイオテクノロジーやバイオシステムの適用を図っている。これらの技術・システムは、地球温暖化の「緩和」と「適応」の技術的ベースとなる。再生可能エネルギーの一つであるバイオマスエネルギーの利用では、効率的な使い方・技術が肝要となってくる。2017年度では、CO<sub>2</sub>を効率的に有用物質へ変換する技術として微生物の電気培養法の開発を進めた。また、CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization & Storage) 要素技術開発の一環として触媒によるCO<sub>2</sub>の有用化学物質への変換技術について取り組んだ。さらに、低炭素化に寄与するインフラの劣化抑制に関して、金属の微生物腐食に関する研究を行った。

U.S. President Donald Trump expressed secession from the Paris agreement in January 2017. He also announced that a return would be possible if the contents of the Paris agreement were to consider the United States, it was January 2018. We are engaged in biotechnical eco-management research for mitigation of greenhouse gases (GHGs) and environmental analysis/monitoring. These techniques and systems have become the technical basis for the mitigation of and adaptation to global warming. Effective and efficient techniques for the use of biomass energy, a renewable energy, are vital. In 2017, we pushed forward the development of an electric method of culturing microbes as a technique for effectively converting CO<sub>2</sub> into a useful material. We are also engaged in the technology development for converting CO<sub>2</sub> to a useful chemical substance using a catalyst as part of CCUS elemental technology development. Furthermore, we performed a study on metal microbial corrosion to restrain infrastructural deterioration.

## 電気を還元力として独立栄養細菌により二酸化炭素から有用物質を生産

産業由来排出CO<sub>2</sub>の削減する技術の一環として、CO<sub>2</sub>を有用物に変換する技術の開発が進められている (Fig.1)。我々は電気化学的に電子を還元力として供給しながら微生物の培養を行う電気培養法の開発を進めており、これまでに電極から鉄を介して電子を供給することで鉄酸化細菌 *Acidithiobacillus ferrooxidans* の増殖促進・高密度化が可能であることを明らかにしている。更に、遺伝子組換えにより *A. ferrooxidans* に有用物生産能を付与することで、電気を還元力とした鉄酸化細菌によるCO<sub>2</sub>変換を可能とする基盤技術を構築した (Fig.2)。乳酸菌由来の乳酸生産に関わる遺伝子を *A. ferrooxidans* に導入した組換え株を作製した。組換え株においては乳酸の蓄積が認められ、電気を還元力としてCO<sub>2</sub>から乳酸を生産可能であることが示された。

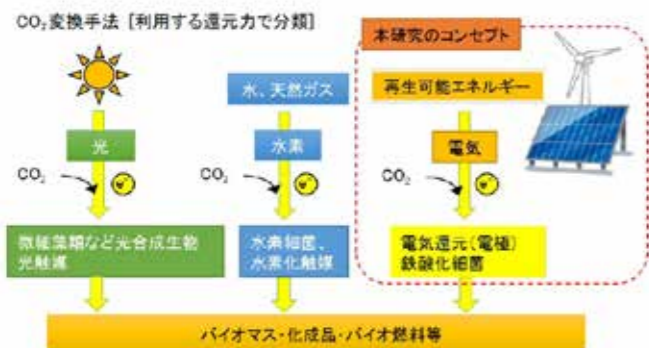


Fig.1 Image of the useful material production from carbon dioxide(CO<sub>2</sub>)

## Useful material production from CO<sub>2</sub> by autotrophic bacteria using electricity

The development of a technique to convert CO<sub>2</sub> into useful substance was pushed forward (Fig.1). We developed a method of culturing microbes using a supply of electrons from electricity, and we clarified that it is possible to increase the promotion and densification of iron oxidation bacteria *Acidithiobacillus ferrooxidans* by supplying electrons through iron from an electrode. Furthermore, we built a generic technology for converting CO<sub>2</sub> due to iron oxidation bacteria by giving a useful substance production ability to *A. ferrooxidans* through genetic modification (Fig.2). We made a recombination strain which introduced a gene for lactic acid production into *A. ferrooxidans* and cultured it while applying electricity. An increase in cell density was observed in the recombination strain with the electronic supply from an electrode. Lactate accumulation was accepted in the recombination strain.

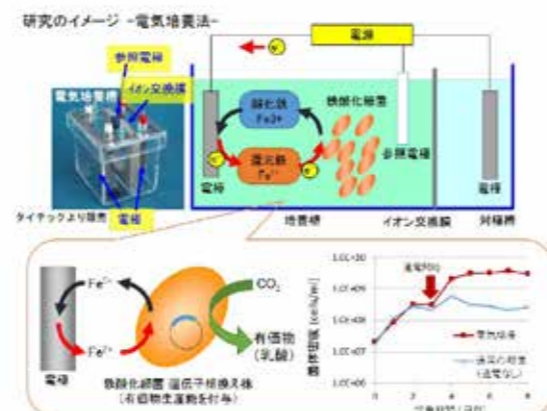
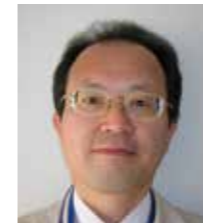


Fig.2 Useful material production from carbon dioxide due to the iron oxidation bacteria which assumed electricity a reduction power



客員教授 渡部 良朋  
Professor  
Yoshitomo Watanabe



客員准教授 松本 伯夫  
Associate Professor  
Norio Matsumoto

## 酢酸菌による金属腐食能の評価とその腐食に関わる遺伝子の探索

インフラの機能劣化を引き起こす原因の一つとして金属腐食がある。金属腐食はこれまで化学・材料の側面から研究されてきたが、化学的な腐食を受けづらい環境 (中性・常温・常圧、嫌気) で生じる急速な腐食や局所腐食などでは、「微生物腐食」が関わっていることが理解されるようになった。微生物腐食は、固体金属を電子供与体とする微生物による作用により生じ、腐食による経済的損失を回避するため、微生物の側面から適切な対策手法の確立が急務となっている。金属腐食を誘引する微生物種やその腐食メカニズムなどの情報は限定的であり知見が不足している。近年、微生物腐食を促進する新しい微生物として酢酸菌が単離された。一方で、これまでに酢酸菌と報告されている微生物の中にも腐食能をもつ種が潜在的に存在する可能性がある。そこで、本年度の研究では既報の酢酸菌の腐食能を評価するとともに、腐食活性の高い酢酸菌において腐食に関与する因子 (遺伝子) を推定した (Fig.3)。

## CCUS オプションとしての化学的二酸化炭素再資源化に関わる触媒開発

CO<sub>2</sub>を削減する方法として、CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) と CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) が注目されている。後者のCCUSは、工場等から排出されたCO<sub>2</sub>を他の気体から分離して集め (分離・貯留)、そのCO<sub>2</sub>を利用しようとするものである。CCUSの技術開発の一環として、CO<sub>2</sub>の化学的変換技術の基礎研究に取り組み、アルデヒド/ケトン水素化のための新規銅触媒を開発した (Fig.4)。開発した新規銅触媒は多様なアルデヒド/ケトンの水素化に適用可能であると同時に、安定性が高くハンドリングに優れた特徴を有する。

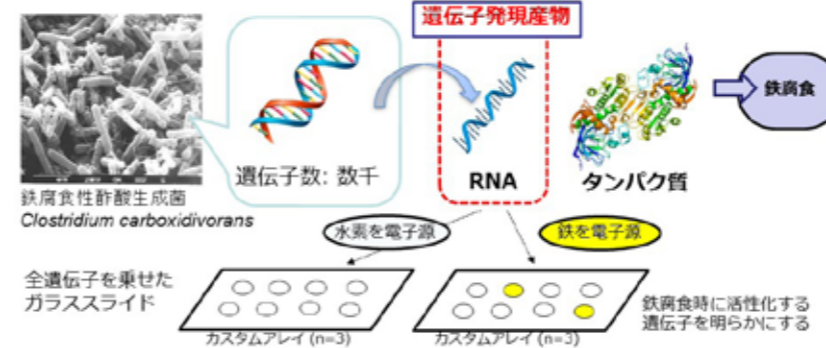


Fig.3 Onset of cyclopedic gene analysis to estimate a gene participating in a corrosion reaction

## An evaluation of the metallic corrosion ability of acetic acid bacteria and a genetic search for corrosion

Metallic corrosion had been studied until from the perspectives of chemistry and materials. However, rapid corrosion and local corrosion that occur in an environment where it is difficult to receive chemical corrosion have come to be understood to be caused by microbial corrosion. It is necessary to establish appropriate techniques for measuring such microbial corrosion. There is limited information about microbial species and the mechanisms they use to induce metallic corrosion. In recent years an acetic acid bacterium was isolated as a new microbe that promotes microbial corrosion. On the other hand, other microbes with corrosion ability may exist. Therefore, we evaluate the corrosion ability of the acetic acid bacteria discovered earlier this year, and we estimate factor (gene) that participates in corrosion in the acetic acid bacterium.

## Catalytic development of chemical carbon dioxide recycling as a CCUS option

As countermeasures for reducing CO<sub>2</sub>, CCS and CCUS are attracting attention. As part of the technology development of CCUS, we worked on fundamental studies of the chemical conversion technology of CO<sub>2</sub> and developed a new copper catalyst for aldehyde/ketone hydrogenation (Fig.4). The new copper catalyst has high stability and superior handling and is applicable for hydrogenation of a variety of aldehydes and ketones.

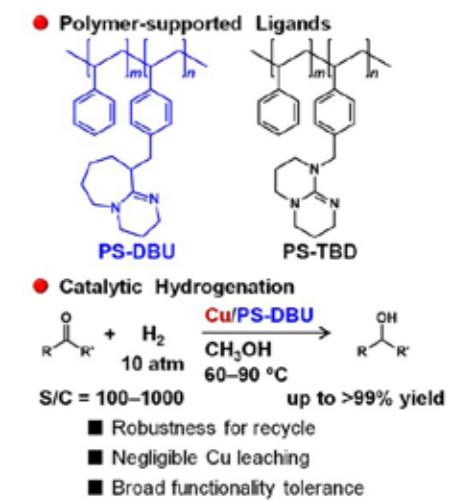


Fig.4 Immobilized DBU-Copper catalyst; concept and summary



# 業績レポート

## 基幹講座

### 先進社会環境学専攻

## 資源戦略学講座

### 環境複合材料創成科学分野

【論文】

- A Three-Dimensional Block Structure Consisting Exclusively of Carbon Nanotubes Serving as Bone Regeneration Scaffold and as Bone Defect Filler. [ PLoS ONE, (12), (2017), e0172601 ] Manabu Tanaka, Yoshinori Sato, Hisao Haniu, Hiroki Nomura, Shinsuke Kobayashi, Seiji Takanashi, Masanori Okamoto, Takashi Takizawa, Kaoru Aoki, Yuki Usui, Ayumu Oishi, Hiroyuki Kato, Naoto Saito
- In Vitro and In Vivo Evaluation of A Three-Dimensional Porous Multi-Walled Carbon Nanotube Scaffold for Bone Regeneration. [ Nanomaterials, 7, (2017), 46-46 ] Manabu Tanaka, Yoshinori Sato, Mei Zhang, Hisao Haniu, Masanori Okamoto, Kaoru Aoki, Takashi Takizawa, Kazushige Yoshida, Atsushi Sobajima, Takayuki Kamanaka, Hiroyuki Kato, Naoto Saito
- Influence of supported PtPd nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled carbon nanotubes: Strength decrease by the interaction of metal and nanotube. [ RSC Advances, 7, (2017), 49917-49922 ] Hideaki Suzuki, Tatsuhito Kimura, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato
- Is the tensile strength of carbon nanotubes enhanced by supported materials? : Effect of supported amorphous alumina nanoparticles on the tensile strength of carbon nanotubes. [ Carbon, 118, (2017), 339-342 ] Tatsuhito Kimura, Hideaki Suzuki, Mei Zhang, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato
- Low-power-consumption flat-panel light-emitting device driven by field-emission electron source using high-crystallinity single-walled carbon nanotubes. [ Japanese Journal of Applied Physics, 56, (2017), 605101 ] Norihiro Shimoi, Daisuke Abe, Kazuyuki Matsumoto, Yoshinori Sato, Kazuyuki Tohji

### 環境素材設計学分野

【論文】

- Effect of Silicate Incorporation in Alpha-Tricalcium Phosphate on Behaviors of Osteoblast-Like Cells. [ Key Engineering Materials, 720, (2017), 90-94 ] Masanobu Kamitakahara, Takashi Shirato, Taishi Yokoi, Hideaki Matsubara, Yasuaki Shibata, Tohru Ikeda

- TaNbC または Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> を含む WC-Co 超合金ダイスのスチールコード伸線寿命. [ 粉体および粉末冶金, 64, (1), (2017), 17-22 ] 高田真之, 松原秀彰, 川岸美裕
- 繰り返しレーザー照射によるサーメットの熱衝撃試験. [ 粉体および粉末冶金, 64, (11), (2017), 621-630 ] 松田哲志, 松原秀彰

### 環境修復生態学分野

【論文】

- Adsorption of Cd and Zn to the root of *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera*. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies Conference, (2017), 68-68 ] Z.-J. Qian<sup>1</sup>, Y. Huang, M.-F. Chien, C. Inoue
- Analysis of stable 1,2-dichlorobenzene-degrading consortia and two newly isolated degrading strains, *Acidovorax* sp. sk40 and *Ralstonia* sp. sk41. [ Applied Microbiology and Biotechnology, 101, (17), (2017), 6821-6828 ] Ge Cui, Mei-Fang Chien, Koichi Suto, Chihiro Inoue
- Arsenic, Lead and Cadmium Removal Potential of *Pteris multifida* from Contaminated Water and Soil. [ International Journal of Phytoremediation, in press(2017) ] Farzana Rahman, Kazuki Sugawara, Yi Huang, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue
- Biodegradation of crude oil and phenanthrene by heavy metal resistant *Bacillus subtilis* isolated from a multi-polluted industrial wastewater creek. [ International Biodeterioration & Biodegradation, 120, (2017), 143-151 ] Ganiyu Oladunjoye Oyetibo, Mei-Fang Chien, Wakako Ikeda-Ohtsubo, Hitoshi Suzuki, Oluwafemi Sunday Obayori, Sunday Adekunle Adebuseye, Matthew Olusoji Ilori, Olukayode Oladipo Amund, Ginro Endo
- Biotechnological remedies for the estuarine environment polluted with heavy metals and persistent organic pollutants. [ International Biodeterioration & Biodegradation, 119, (2017), 614-625 ] Ganiyu Oladunjoye Oyetibo, Keisuke Miyauchi, Yi Huang, Mei-Fang Chien, Matthew Olusoji Ilori, Olukayode Oladipo Amund, Ginro Endo
- Comparative analysis of arsenate reductase gene expression in two arsenic hyperaccumulator *Pteris* ferns. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies Conference, (2017), 31-31 ] Shujun Wei, Mei-Fang Chien, Chihiro Inoue
- Construction of a cell surface engineered yeast aims to selectively recover molybdenum, a rare metal. [ Solid State Phenomena, 262, (2017), 421-424 ] Mei-Fang Chien, Naoya Ikeda, Kengo Kubota and Chihiro Inoue
- Contribution of roots exudates of *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* for Cd and Zn elution in contaminated soil. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies

- Conference, (2017) ] K. Sugawara, H. Kudo, S. Suzuki<sup>1</sup>, C. Inoue
- Higher accumulation capacity of cadmium than zinc by *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* in the field using different sowing strategies. [ Plant and Soil, 418, (1), (2017), 165-176 ] Zhenyi Zhang, Xia Wen, Yi Huang, Chihiro Inoue, Yuting Liang
- Influence of Temperature on Arsenic Uptake by *Pteris cretica* from Hydroponic Solution. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies Conference, (2017), 76-76 ] F. Rahman, K. Sugawara, Y. Huang, M.-F. Chien, C. Inoue
- Visualization of Zinc translocation dynamic in hyperaccumulator *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* and non-accumulator *Arabidopsis thaliana*. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies Conference, (2017), 43-43 ] Y. Huang, Z.J. Qian, M.F. Chien, K. Sugawara, N. Suzui, YG. Yin, N. Kawachi, H. Watabe, N. Kitajima, C. Inoue
- WBC11 as a Potential Gene for Cadmium Accumulation/Transportation in *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera*. [ Proceedings of 14th International Phytotechnologies Conference, (2017), 31-31 ] C. D. A. Wiyono, M.-F. Chien, C. Inoue
- ヒ素高蓄積植物による建設発生土処理地からのヒ素含有アルカリ性浸出水浄化方法の開発. [ 土木学会論文集 G, in press, (2017) ] 黄毅, 宮内啓介, 水戸光昭, 中村真理子, 成瀬美樹, 遠藤司, 井上千弘, 遠藤銀朗
- 牧草類のセシウム・ストロンチウム吸収能の評価 - 非放射性 Cs・Sr 添加圃場および寒天培地における比較. [ 化学工学論文集, 43, (4), (2017) ] 菅原一輝, 小川人士, 鈴木誠一, 井上千弘

### 地球物質・エネルギー学分野

【論文】

- Adaptation of Social Licence Measurement and Analysis Techniques for Geothermal Usage and Development. [ Geothermal Resources Council Transactions, 41, (2017), 613-622 ] Kyle Bahr, Shuntaro Masuda, Hanae Saishu, Hiromi Kubota and Noriyoshi Tsuchiya
- Excess water generation during reaction-inducing intrusion of granitic melts into ultramafic rocks at crustal P-T conditions in the Sør Rondane Mountains of East Antarctica. [ Lithos, 284-285, (2017), 625-641 ] Masaaki Uno, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya
- Fluid Pocket Generation in Response to Heterogeneous Reactivity of a Rock Fracture Under Hydrothermal Conditions. [ Geophysical Research Letters, 44, (2017), 10306-10315 ] A. Okamoto, H. Tanaka, N. Watanabe, H. Saishu, and N. Tsuchiya
- Fundamental Study of Flash Fracturing in High Temperatures Controlled by Depressure Rate. [ Geothermal Resources Council Transactions, 41, (2017), 956-961 ] Kenta Takagi, Nobuo Hirano and Noriyoshi Tsuchiya
- Hydraulic fracturing and permeability enhancement in granite from subcritical/brittle to supercritical/ductile conditions. [ Geophysical Research Letters, 44, (2017), 5468-

- 5475 ] Noriaki Watanabe, Motoki Egawa, Kiyotoshi Sakaguchi, Takuya Ishibashi, Noriyoshi Tsuchiya
- Infiltration of prograde Cl-rich fluid into the granulitic continental crust from a collision zone in East Antarctica (Perlebandet, Sør Rondane Mountains). [ Lithos, 274-275, (2017), 73-92 ] Kawakami, T., Higashino, F., Skrzypek, E., Satish-Kumar, M., Grantham, G., Tsuchiya, N., Ishikawa, M., Sakata, S., Hirata, T.
- Linking microearthquakes to fracture permeability evolution. [ Crustal Permeability, Wiley, (2017), 49-64 ] Takuya Ishibashi, Noriaki Watanabe, Hiroshi Asanuma and Noriyoshi Tsuchiya
- Opal-CT in chert beneath the toe of the Tohoku margin and its influence on the seismic aseismic transition in subduction zones. [ Geophysical Research Letters, (2017) ] Kameda, J., Okamoto, A., Sato, K., Fujimoto, K., Yamaguchi, A., Kimura, G.
- Potential Candidates of Supercritical Geothermal Reservoir. [ Geothermal Resources Council Transactions, 41, (2017), 1587-1598 ] Noriyoshi Tsuchiya
- Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust. [ Nature Geoscience, 10, (2), (2017), 140-144 ] Noriaki Watanabe, Tatsuya Numakura, Kiyotoshi Sakaguchi, Hanae Saishu, Atsushi Okamoto, Steven E. Ingebritsen and Noriyoshi Tsuchiya
- Pressure Solution and Permeability Evolution in Fractured Granite at Elastic and Plastic Deformation Regimes. [ Geothermal Resources Council Transactions, 41, (2017), 945-955 ] Kohei Saito, Noriaki Watanabe, Atsushi Okamoto, Noriyoshi Tsuchiya, Takuya Ishibashi and Noriyoshi Tsuchiya
- Reaction-induced grain boundary cracking and anisotropic fluid flow during prograde devolatilization reactions within subduction zones. [ Contributions to Mineralogy and Petrology, 182, (2017), 75-75 ] Okamoto, A., Shimizu, H., Fukuda, J., Muto, J., Okudaira, T.
- Silica precipitation potentially controls earthquake recurrence in seismogenic zones. [ Scientific Reports, 7, (2017) ] Sash, H., Okamoto, A., Otsabo, M.
- Tentative identification of diagenetic products of cyclic biphytanes in sedimentary rocks from the uppermost Permian and Lower Triassic. [ Organic Geochemistry, 111, (2017), 144-153 ] Ryosuke Saito, Kunio Kaiho, Masahiro Oba, Jinnan Tong, Zhong-Qiang Chen, Li Tian, Satoshi Takahashi, Megumu Fujibayashi
- 温泉水と廃アルミニウムを用いた地産地消型水素生成システム実現の実験的検討. [ 日本地熱学会誌, 39, (1), (2017), 15-24 ] 最首花恵, 小坂拓也, 土屋範芳, 渡邊則昭
- 仙台市西部白沢カルデラ堆積物中の石英の熱発光挙動と地熱探査. [ 日本地熱学会誌, 39, (2), (2017), 101-110 ] 齋藤亮一, 平野伸夫, 山田亮一, 土屋範芳
- 中新世後期白沢カルデラの噴出マグマの分化と現世の地熱流体貯留層. [ 日本地熱学会誌, 39, (1), (2017), 25-37 ] 鈴木拓, 宇野正起, 奥村聡, 山田亮一, 土屋範芳
- 超臨界地熱貯留層の可能性について. [ 地熱技術, 42, (1&2), (2017), 43-52 ] 土屋範芳



- 東北地方太平洋沖地震による津波堆積物中のヒ素 . [ 地球環境 , 22, (1), (2017), 45-52 ] 土屋範芳
- 変成岩組織と鉱物組成累帯構造からの情報抽出 . [ 日本地質学雑誌 , (2017) ] 岡本敦, 桑谷立
- 【著書】
- Crustal Permeability (執筆担当部分) Chapter 7. [ Wiley, (2017) ] Takuya Ishibashi, Noriaki Watanabe, Hiroshi Asanuma and Noriyoshi Tsuchiya

## 地球開発環境学分野

【論文】

- A Study on Development of Planting Soil by Recycling High-Water Content Mud. [ Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, (2017) ] Shimpei OSHIMA, Tomoaki SATOMI, Hiroshi TAKAHASHI
- A Study on Development of Planting Soil by Recycling High-Water Content Mud. [ Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 1, (2017), USB ] Shimpei OSHIMA, Tomoaki SATOMI, and Hiroshi TAKAHASHI
- Development on Constant Low Pressure Direct Box Shear Test Apparatus and Measurement of Shear Strength of Soil. [ Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 1, (2017), USB ] Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Improvement of mechanical properties of recycled aggregate concrete basing on a new combination method between recycled aggregate and natural aggregate. [ Construction and Building Materials, 148, (1), (2017), 376-385 ] Ngoc Kien Bui, Tomoaki Satomi and Hiroshi Takahashi
- Properties of Recycled Aggregate Concrete after Treated with Pozzolanic Material under Uniaxial and Triaxial Stress. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10349-10359 ] Bui Ngoc Kien, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Development of New Fiber-Geopolymer-Stabilized Soil Method to Improve the Sludge Generated in the Disaster Sites. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10228-10237 ] Vu Minh Chien, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi and Le Anh Tuan
- Study on Effect of Chemical Composition of Geopolymer to Improve Sludge by Using Fiber Materials. [ Advanced Experimental Mechanics, 2, (2017), 168-173 ] Vu Minh Chien, Tomoaki SATOMI, Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Effect of Corn Silk Fiber in Soil Stabilization. [ Proceedings of the 4th Congrès International de Géotechnique - Ouvrages -Structures, 1, (2017), 571-579 ] TRAN QUANG KHIEM, TOMOAKI SATOMI, HIROSHI TAKAHASHI
- Study on Fluorine Insolubilization of Paper Sludge

- Ash by Using Bone Char for Soil Improvement. [ Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 1, (2017), USB ] Tatsuru SAKURAI, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Improvement of High Water Content Sludge by using Paper Sludge Ash. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10259-10264 ] Tatsuru SAKURAI, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Recycling Method of Waste Gypsum Board Paper: Application of Waste Gypsum Board Paper for Soil Improvement. [ Proc. of 11th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, 1, (2017), USB ] Yusuke IMAMURA , Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Recycling of High Water Content Sludge as Banking Materials. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10288-10296 ] Kazuya OGATA, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on recycling of waste asphalt blocks containing roadbed materials using new screenless separation equipment with a vibration device. [ International Journal of Pavement Research and Technology, 10, (3), (2017), 228-244 ] Milkos Borges Cabrera, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi
- Study on Reducing the Soil Content in Grizzly-under-Materials Discharged from Recycling Plant. [ Proc. of the 1st Joint Seminar on Landslide, Flood Disasters and the Environmental Issues, 1, (2017), 10259-10270 ] Milkos Borges CABRERA, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Reducing the Soil Content in Grizzly-under-Materials Discharged from Recycling Plant of Waste Asphalt Blocks. [ Proc. of the 8th International Conference on Materials for Resources, 1, (2017), 301-306 ] Milkos Borges CABRERA Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Sludge Recycling with Compaction Type and Placing Type by Rice Husk-Cement-Stabilized Soil Method. [ Advanced Experimental Mechanics, 2, (2017), 159-167 ] Phan Thanh Chien, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- STUDY ON STRENGTH AND DURABILITY CHARACTERISTICS OF SLUDGE REINFORCED BY RICE STRAW FIBER AND CEMENT. [ Proc. of the 1st Joint Seminar on Landslide, Flood Disasters and the Environmental Issues, (2017), 10228-10238 ] Phan Thanh Chien, Tomoaki Satomi and Hiroshi Takahashi
- Study on strength behavior of cement stabilized sludge reinforced with waste cornsilk fiber. [ International Journal of GEOMATE, 13, (39), (2017), 140-147 ] Khiem Quang Tran, Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi
- Study on Strength Characteristics of Fiber-Cement-Srabilized Soils Containing Granulated Materials Made of Rubbles. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10319-10329 ] Kota MATSUSHIMA, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI

- Study on strength characteristics of sludge reinforced by rice straw fiber and cement. [ Proc. of the 8th International Conference on Materials for Resources, 1, (2017), 290-294 ] Phan Thanh CHIEN, Tomoaki SATOMI, and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Strength Characteristics of Sludge Reinforced by Rice Straw Fiber and Cement in Mekong Delta. [ Proc. of the 7th Vietnam/Japan Joint Seminar on Geohazards and Environmental Issues, 1, (2017), 10380-10386 ] Phan Thanh CHIEN, Tomoaki SATOMI and Hiroshi TAKAHASHI
- Study on Strength of Modified Sludge Produced By Fiber-Cement Stabilized Soil Method Using Several Kinds of Fiber Materials. [ Proceedings of the 4th Congrès International de Géotechnique - Ouvrages -Structures, 1, (2017), 580-587 ] DUONG THANH NGA, TOMOAKI SATOMI, HIROSHI TAKAHASHI
- Study on Weak Soil Improvement by Using Geopolymer and Paper Fragments. [ Proc. of the 8th International Conference on Materials for Resources, 1, (2017), 295-300 ] Vu Minh CHIEN, Tomoaki SATOMI, Hiroshi TAKAHASHI and Le Anh Tuan
- The Application of Fly Ash from Thermal Power Plant on Geopolymer Materials. [ Proc. of the 8th International Conference on Materials for Resources, 1, (2017), 50-53 ] Anh Tuan LE, Tan Khoa NGUYEN and Hiroshi TAKAHASHI
- スラリー輸送研究の歩みと固液混相流研究の将来展望 . [ 混相流 , 31, (2), (2017), 130-134 ] 高橋弘
- バケット掘削における破砕堆積物の粒度の影響に関する研究 . [ テラメカニクス , 37, (2017), 89-94 ] 大澤拓也, 里見知昭, 高橋弘
- バケット掘削による地盤強度推定のための定圧一面せん断試験装置の作製 . [ テラメカニクス , 37, (2017), 95-100 ] 里見知昭, 高橋弘
- 海底面掘削機械開発に関する基礎的研究—水中車両の沈下特性について—. [ テラメカニクス , 37, (2017), 43-48 ] 島貫寛生, 里見知昭, 高橋弘
- 固化材による泥土改良と改良土の強度・耐久性測定 . [ 日本実験力学会誌 , 17, (1), (2017), 57-60 ] 高橋弘
- 災害現場における自動土砂サンプリングに関する基礎的研究 . [ テラメカニクス , 37, (2017), 33-36 ] 上戸宙, 里見知昭, 高橋弘
- 連続式繊維質固化処理土工法施工機械の開発に関する基礎的研究 . [ テラメカニクス , 37, (2017), 37-42 ] 大島慎平, 里見知昭, 高橋弘

## 地球開発環境学分野（坂口研）

【論文】

- Changes in In-situ Rock Stress Before and After the Major 2011 Tohoku-Oki Earthquake. [ Procedia Engineering, 191, (2017), 768-775 ] Kiyotoshi Sakaguchi, Tatsuya Yokoyama
- Hydraulic fracturing and permeability enhancement in granite from subcritical/brittle to supercritical/ductile conditions. [ Geophysical Research Letters, 44, (2017), 5468-5475 ] N. Watanabe, M. Egawa, K. Sakaguchi, T. Ishibashi, N. Tsuchiya
- Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust. [ Nature Geoscience, 10, (2), (2017), 140-144 ] Noriaki Watanabe, Tatsuya Numakura, Kiyotoshi Sakaguchi,

- Hanae Saishu, Atsushi Okamoto, Steven E. Ingebritsen, Noriyoshi Tsuchiya
- Re-Opening and Shut-in Behaviours under a Large Ratio of Principal Stresses in a Hydraulic Fracturing Test. [ Procedia Engineering, 191, (2017), 862-868 ] Tatsuya Yokoyama, Kiyotoshi Sakaguchi, Takatoshi Ito
- Stress buildup and drop in inland shallow crust caused by the 2011 Tohoku-oki earthquake events. [ Scientific Reports, (2017) ] Kiyotoshi Sakaguchi, Tatsuya Yokoyama, Weiren Lin, Noriaki Watanabe

## エネルギー資源学講座

### 分散エネルギーシステム学分野

【論文】

- Application of in-situ Raman scattering spectroscopy for stress condition measurement in solid oxide fuel cells. [ JOURNAL OF THE CERAMIC SOCIETY OF JAPAN, 125, (4), (2017), 213-217 ] Fumitada Iguchi, Shoma Onuki, Makoto Shimizu, Tatsuya Kawada, Hiroo Yugami
- Bulk- and Powder Surface Exchange Coefficients of (La,Sr)CoO<sub>3-δ</sub>. [ ECS Transactions, 75, (42), (2017), 69-74 ] Hiroshi Chiba, Keiji Yashiro, Shin-ichi Hashimoto, Tatsuya Kawada
- Contribution of Triple-Phase Boundary Reaction in Cathodic Reaction of Solid Oxide Fuel Cell. [ ECS Transactions, 78, (1), (2017), 847-853 ] Yoshinobu Fujimaki, Keita Mizuno, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Katherine Develos- Bagarinao, Katsuhiko Yamaji, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Fumitada Iguchi, Hiroo Yugami, and Koji Amezawa
- Effect of a (La,Sr)<sub>2</sub>CoO<sub>4</sub> phase on the oxygen exchange reaction of dense and porous (La,Sr)CoO<sub>3</sub> electrodes. [ ECS Transactions, 77, (10), (2017), 9-14 ] T. Kawada, K. Yashiro, S. I. Hashimoto, K. Amezawa
- Electronic conduction mechanism and defect chemical model of LaNi<sub>0.4</sub>Fe<sub>0.6</sub>O<sub>3-δ</sub>. [ SOLID STATE IONICS, 310, (2017), 148-153 ] R. A. Budiman, H. J. Hong, S. Hashimoto, T. Nakamura, K. Yamaji, K. Yashiro, K. Amezawa, T. Kawada
- Evaluation of electrical conductivity and oxygen diffusivity of the typical Ruddlesden-Popper oxide Sr<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>7-δ</sub>. [ CERAMICS INTERNATIONAL, 43, (18), (2017), 16264-16269 ] Yihan Ling, Tianmin Guo, Xiaozhen Zhang, Riyan Achmad Budiman, Yoshinobu Fujimaki, Takashi Nakamura, Bin Lin, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa,
- Materials Properties for the Simulation of Electro-Chemo-Mechanical Coupling Behavior of SOFC. [ ECS Transactions, 78, (1), (2017), 2309-2316 ] Koji Amezawa, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, and Tatsuya Kawada
- Mechanical Strength Evaluation of YSZ, GDC and LSCF under SOFC Operating Conditions. [ ECS Transactions, 78, (1), (2017), 2181-2190 ] Satoshi Watanabe, Kazuhisa Sato, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Toshiyuki Hashida, Tatsuya Kawada



- Mechanism of Chromium Poisoning in SOFC Cathode Investigated by Using Pattern Thin Film Model Electrode. [ ECS Transactions, 78, (1), (2017), 965-970 ] Koji Amezawa, Yusuke Shindo, Yoshinobu Fujimaki, Yuta Kimura, Takashi Nakamura, Fumitada Iguchi, Keiji Yashiro, Hiroo Yugami, and Tatsuya Kawada
- Numerical simulations of non-stationary distributions of electrochemical potentials in SOFC. [ ENGINEERING COMPUTATIONS, 34, (6), (2017), 1956-1988 ] Mayu Muramatsu, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada, Kenjiro Tarada
- Operando Soft X-ray Absorption Spectroscopic Study on a Solid Oxide Fuel Cell Cathode during Electrochemical Oxygen Reduction. [ CHEMSUSCHEM, 10, (9), (2017), 2008-2014 ] Takashi Nakamura, Ryo Oike, Yuta Kimura, Yusuke Tamenori, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa
- Oxygen reduction reaction process of  $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$  film - porous  $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{1.95}$  heterostructure electrode. [ SOLID STATE IONICS, 312, (2017), 80-87 ] R. A. Budiman, S. Hashimoto, T. Nakamura, K. Yashiro, K. D. Bagarinao, H. Kishimoto, K. Yamaji, T. Horita, K. Amezawa, T. Kawada
- Recent Achievements of NEDO Durability Project with an Emphasis on Correlation Between Cathode Overpotential and Ohmic Loss. [ FUEL CELLS, 17, (4 SI), (2017), 473-497 ] H. Yokokawa, Y. Hori, T. Shigehisa, M. Suzuki, S. Inoue, T. Suto, K. Tomida, M. Shimazu, A. Kawakami, H. Sumi, M. Ohmori, N. Mori, T. Iha, K. Yamaji, H. Kishimoto, K. Develos-Bagarinao, K. Sasaki, S. Taniguchi, T. Kawada, M. Muramatsu, K. Terada, K. Eguchi, T. Matsui, H. Iwai, M. Kishimoto, N. Shikazono, Y. Mugikura, T. Yamamoto, M. Yoshikawa, K. Yasumoto, K. Asano, Y. Matsuzaki, S. Amaha, T. Somekawa
- Self-modification of Ni Metal Surfaces with  $\text{CeO}_2$  to Suppress Carbon Deposition at Solid Oxide Fuel Cell Anodes. [ FUEL CELLS, 17, (3), (2017), 402-406 ] J. Kubota, S. Hashimoto, T. Shindo, K. Yashiro, T. Matsui, K. Yamaji, H. Kishimoto, T. Kawada
- Simulation Technology on SOFC Durability With an Emphasis on Conductivity Degradation of  $\text{ZrO}_2$ -Base Electrolyte. [ JOURNAL OF ELECTROCHEMICAL ENERGY CONVERSION AND STORAGE, 14, (1 SI), (2017), 11004- ] Harumi Yokokawa, Haruo Kishimoto, Taro Shimonosono, Katsuhiko Yamaji, Mayu Muramatsu, Kenjiro Terada, Keiji Yashiro, Tatsuya Kawada
- The influence of crystal orientation on the change in Li chemical potential of  $\text{LiCoO}_2$  under mechanical stress. [ SOLID STATE IONICS, 299, (SI), (2017), 8-12 ] Mahunnop Fakkao, Yuta Kimura, Keita Funayama, Takashi Nakamura, Naold Kuwata, Junichi Kawamura, Tatsuya Kawada, Koji Amezawa
- The Origin of Instability of Lanthanum Strontium Cobalt Ferrite ( $\text{La-Sr-Co-Fe-O}$ ; LSCF) under Oxygen Potential Gradient. [ ECS Transactions, 75, (28), (2017), 1-9 ] Xingwei Wang, Takamichi Miyazaki, Keiji Yashiro, Shinichi Hashimoto, Tatsuya Kawada
- Triple Phase Boundary Reaction in a Mixed-Conducting

SOFC Cathode. [ ECS Transactions, 77, (10), (2017), 41-47 ] K. Amezawa, Y. Fujimaki, K. Mizuno, Y. Kimura, T. Nakamura, K. Nitta, Y. Terada, F. Iguchi, K. Yashiro, H. Yugami, T. Kawada

## エネルギー資源リスク評価学分野

【論文】

- Development of a predictive model for lead, cadmium and fluorine soil water partition coefficients using sparse multiple linear regression analysis. [ Chemosphere, 186, (2017), 501-509 ] Kengo Nakamura, Tetsuo Yasutaka, Tatsu Kuwatani, Takeshi Komai
- Effect of Acid Injection during Partial-oxidation and Heating Process as an Enhanced Gas Recovery from Methane Hydrate Reservoir. [ The 23rd Formation Evaluation Symposium of Japan, (2017) ] Fuyuki Kaneko, Kengo Nakamura, Yasuhide Sakamoto, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Fluid pocket generation in response to heterogeneous reactivity of a rock fracture under hydrothermal conditions. [ Geophysical Research Letters, 44, (2017) ] A. Okamoto, H. Tanaka, N. Watanabe, H. Saishu, N. Tsuchiya
- Fracture network created by 3D printer and its validation using CT images. [ Water Resources Research, (2017), WRCR22779 ] A. Suzukui, N. Watanabe, K. Li, R. Horne
- Health Risk Assessment Model of 1,4-Dioxane Based on Physical and Chemical Properties of Soils. [ Oroceedings of the 14th International Symposium on Persistent Toxic Substances, 14, (2017), 241-248 ] Takeshi Komai, Haruki Ito, Kengo Nakamura
- Hydraulic fracturing and permeability enhancement in granite from subcritical/brittle to supercritical/ductile conditions. [ Geophysical Research Letters, 44, (2017), 5468-5475 ] N. Watanabe, M. Egawa, K. Sakaguchi, T. Ishibashi, N. Tsuchiya
- Hydraulic fracturing in granite at subcritical/brittle to supercritical/ductile conditions. [ GRC Transactions, 41, (2017), 910-919 ] T. Ishibashi, N. Watanabe, K. Sakaguchi, N. Tsuchiya
- Potentially exploitable supercritical geothermal resources in the ductile crust. [ Nature Geoscience, 10, (2), (2017), 140-144 ] N. Watanabe, T. Numakura, K. Sakaguchi, H. Saishu, A. Okamoto, S. E. Ingebritsen, N. Tsuchiya
- Pressure solution and permeability evolution in fractured granite at elastic and plastic deformation regimes. [ GRC Transactions, 41, (2017), 945-955 ] K. Saito, N. Watanabe, A. Okamoto, N. Tsuchiya, T. Ishibashi, H. Saishu
- Stress buildup and drop in inland shallow crust caused by the 2011 Tohoku-oki earthquake events. [ Scientific Reports, (2017), 10242- 10242] K. Sakaguchi, T. Yokoyama, W. Lin, N. Watanabe
- Total and Leachable Concentration of Trace Elements in Soil towards Human Health Risk, Related with Coal Mine in Jorong, South Kalimantan, Indonesia. [ World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal

- of Environmental and Ecological Engineering, 4, (10), (2017) ] Arie Pujiwati, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- Total and Leachable Concentration of Trace Elements in Soil towards Human Health Risk, Related with Coal Mine in Jorong, South Kalimantan, Indonesia. [ International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 11, (10), (2017), 820-828 ] Arie Pujiwati, Kengo Nakamura, Noriaki Watanabe, Takeshi Komai
- $v$ -X-type relative permeability curves for steam-water two-phase flows in fractured geothermal reservoirs. [ Geothermics, 65, (2017), 269-279 ] N. Watanabe, T. Kickuchi, T. Ishibashi, N. Tsuchiya
- 温泉水と廃アルミニウムを用いた水素生成システムの実験的検討. [ 日本地熱学会誌, 39, (1), (2017), 15-24 ] 最首花恵, 小坂拓也, 土屋範芳, 渡邊則昭
- 気化する物質による土壌・地下水汚染の考え方. [ 環境管理, 2017, (3), (2017), 22-28 ] 駒井武
- 若手研究者&技術者. [ 季刊資源と素材, 2, (4), (2017), 72-72 ] 中村謙吾
- 土壌汚染の原位置浄化技術の現状と研究開発の動向. [ 環境と測定技術, 44, (7), (2017), 10-16 ] 駒井武

## 環境共生機能学分野

【論文】

- Current-fluctuation mechanism of field emitters using metallic single-walled carbon nanotubes with high crystallinity. [ Applied Sciences, 7 (12), (2017), 1322 ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji
- Fate of bisphenol A pyrolysates at low pyrolytic temperatures. [ Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 125, (2017), 193-200 ] Shogo Kumagai, Shunsuke Ono, Shun Yokoyama, Tomohito, Kameda, Toshiaki Yoshioka
- Low-power-consumption flat-panel light-emitting device driven by field-emission electron source using high-crystallinity single-walled carbon nanotubes. [ Japanese Journal of Applied Physics, 56 (6), (2017), 065101 ] Norihiro Shimoi, Daisuke Abe, Kazuyuki Matsumoto, Yoshinori Sato, and Kazuyuki Tohji
- Influence of supported PtPd nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled carbon nanotubes: Strength decrease by the interaction of metal and nanotube. [ RSC Advances, 7, (2017), 49917-49922 ] Hideaki Suzuki, Tatsuhito Kimura, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato
- Is the tensile strength of carbon nanotubes enhanced by supported materials? : Effect of supported amorphous alumina nanoparticles on the tensile strength of carbon nanotubes. [ Carbon, 118, (2017), 339-342 ] Tatsuhito Kimura, Hideaki Suzuki, Mei Zhang, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato

## 国際エネルギー資源学分野

【論文】

- Achieving instrument interaction in policy mixes: Types of complementarities in building energy efficiency policies in New York, Tokyo, Seoul and Sydney. [ Research Policy, in press ] Trencher, G., Van der Heijden, J.
- Adaptation of Social License Measurement and Analysis Techniques for Geothermal Usage and Development. [ GRC Transactions, 41, (2017), 613-622 ] Bahr, K., Masuda, S., Saishu, H., Kubota, H., & Tsuchiya, N.
- Agent-based Model coupled with Bayesian Estimation for Evaluation of Social Acceptance of Geothermal Development. [ GRC Transactions, 41, (2017), 2056-2067 ] Masuda, S., Bahr, K., Tsuchiya, N.
- Alkaline hydrolysis of PVC-coated PET fibers for simultaneous recycling of PET and PVC. [ J. Mater. Cycles Waste Manage., 20, (2017), 439-449 ] Kumagai, S. and Hirahashi, S. and Grause, G. and Kameda, T. and Toyoda, H. and Yoshioka, T.
- Implementing Sustainability Co-Creation between Universities and Society: A Typology-Based Understanding. [ Sustainability, 9, (4), (2017), 594-594 ] Gregory Trencher, Masafumi Nagao, Chiahsin Chen, Kentaro Ichiki, Tobai Sadayoshi, Mariko Kinai, Mio Kamitani, Shojiro Nakamura, Aiko Yamauchi, Masaru Yarime
- Solubility parameters for determining optimal solvents for separating PVC from PVC-coated PET fibers. [ Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, (2017), 612-622 ] Grause, G., Hirahashi, S., Toyoda, H., Kameda, T., Yoshioka, T.
- Stretching "smart": advancing health and well-being through the smart city agenda. [ Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability, (2017), 1-18 ] A. Karvonen
- Thermal decomposition of tetrabromobisphenol-A containing printed circuit boards in the presence of calcium hydroxide. [ Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, (2017), 282-293 ] Kumagai, S., Grause, G., Kameda, T., Yoshioka, T.

## 環境政策学講座

### イノベーション戦略学分野

【論文】

- 座学と実習を併用したカリキュラムが環境配慮行動に与える影響—宮城県黒川高等学校の事例から. [ エネルギー環境教育研究, (2017) ] 富村芽久美, 古川柳蔵

### 環境・エネルギー経済学分野

【論文】

- A Graph Theory-based Methodology for Vulnerability



Assessment of Supply Chains using the Life Cycle Inventory Database. [ Omega, (2017) ] Jun NAKATANI, Kiyotaka TAHARA, Kenichi NAKAJIMA, Ichiro DAIGO, Hideaki KURISHIMA, Yuki KUDO, Kazuyo MATSUBAE, Yasuhiro FUKUSHIMA, Tomohiko IHARA, Yasunori KIKUCHI, Asako NISHIJIMA, Yuichi MORIGUCHI

● Bottlenecks in material cycle of nickel. [ Matériaux & Techniques, 104, (610), (2017), 604-604 ] Kenichi Nakajima, Ichiro Daigo, Kenichi Okada, Shimpei Koike, Keisuke Nansai, Kazuyo Matsubae, Osamu Takeda and Takahiro Miki

● Dynamic material flow analysis of nickel and chromium associated with steel materials by using matrace. [ Matériaux & Techniques, 104, (610), (2017), 610-610 ] Kentaro Takeyama, Hajime Ohno, Kazuyo Matsubae, Kenichi Nakajima, Yasushi Kondo and Tetsuya Nagasaka

● Global distribution of material consumption: Nickel, Copper, and Iron. [ Resources, Conservation & Recycling, (2017) ] Kenichi Nakajima, Ichiro Daigo, Keisuke Nansai, Kazuyo Matsubae, Wataru Takayanagi, Makoto Tomita, Yasunari Matsuno

● Global land-use change hidden behind nickel consumption. [ Science of The Total Environment, 586, (15), (2017), 730-737 ] Kenichi Nakajima, Keisuke Nansai, Kazuyo Matsubae, Makoto Tomita, Wataru Takayanagi, Tetsuya Nagasaka

●責任あるサプライチェーンの実現に向けたニッケル資源利用に関わるリスク要因の整理と解析. [ 日本 LCA 学会誌, 13, (1), (2017), 1-10 ] 佐々木翔, 松八重一代, 中島謙一, 村上進亮, 長坂徹也

【著書】

●リンの事典(執筆担当部分) 第2章 2-3, 第9章 9-1. [ 朝倉書店, (2017) ] 大竹久夫 他 編著

【総説・解説】

●責任ある資源利用を目指した社会における未利用資源の活用. [ 化学と教育, (2017) ] 松八重一代, 長坂徹也

●リンの資源と持続可能性. [ エネルギー 資源, 38 (3), (2017), 162-164 ] 松八重一代, 長坂徹也

## 国際環境・自然資源マネジメント学分野

【論文】

● Apiculture knowledge transmission in a changing world: Can family-owned knowledge be opened?. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (4), (2017), 262-267 ] Uchiyama,U., Matsuoka,H., Kohsaka,R.

● Beekeeping and honey production in Japan and South Korea: past and present.[ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 72-79 ] Kohsaka, R., Park, M. S., Uchiyama, Y.

● Do historical production practices and culinary heritages really matter? Food with protected geographical indications in Japan and Austria. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 118-125 ] Gugerell, K., Uchiyama, Y., Kieninger, P. R., Penker, M., Kajima, S., Kohsaka, R.

● Expectations of residents and tourists of agriculture-related certification systems: analysis of public perceptions.

[ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 110-117 ] Uchiyama, Y., Tanaka, Y., Matsuoka, H., Kohsaka, R.

● Fostering cooperation between farmers and public and private actors to expand environmentally friendly rice cultivation: intermediary functions and farmers' perspectives. [ International Journal of Agricultural Sustainability, 15, (5), (2017), 593-612 ] Kishioka, T., Hashimoto, S., Nishi, M., Saito,O., Kohsaka, R.

● Japanese sake and evolution of technology: A comparative view with wine and its implications for regional branding and tourism. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 88-93 ] Sato, J., Kohsaka, R.

● Motivation, strategy and challenges of conserving urban biodiversity in local contexts: Cases of 12 municipalities in Ishikawa, Japan. Urban Transitions Global Summit 2016.

[ Procedia Engineering, 198, (2017), 212-218 ] Kohsaka,R., Uchiyama,Y.

● Public recognition of traditional vegetables at the municipal level: Implications for transgenerational knowledge transmission. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 94-102 ] Uchiyama, Y., Matsuoka, H., Kohsaka, R.

● Spatio-temporal analysis of biodiversity, land-use mix and human population in a socio-ecological production landscape: A case study in the Hokuriku region, Japan. Urban Transitions Global Summit 2016. [ Procedia Engineering, 198, (2017), 219-226 ] Uchiyama, Y., Kohsaka, R.

● The governance of geographical indications: experiences of practical implementation of selected case studies in Austria, Italy, Greece and Japan. [ British Food Journal, 119, (12), (2017), 2863-2879 ] Kizos,T., Kohsaka,R., Penker,M., Piatti,C., Vogl,R., Uchiyama,Y.

● The myth of washoku: a twisted discourse on the "uniqueness" of national food heritages. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (2), (2017), 66-71 ] Kohsaka, R.

● Tradition and Japanese vegetables: history, locality, geography, and discursive ambiguity. [ Journal of Ethnic Foods, 4, (3), (2017), 198-203 ] Uchiyama,Y., Fujihira,Y., Matsuoka,H., Kohsaka,R.

●温浴施設での薪ボイラー導入における運用実態—木質バイオマスの小規模熱利用が地域に与える影響とは—. [ 日本森林学会誌, 99, (1), (2017), 18-23 ] 風聡一郎, 梶間周一郎, 内山榆太, 香坂玲

●都市の生物多様性指標をめぐる国内外の最新事情. [ 都市緑化技術, (103), (2017), 2-5 ] 香坂玲, 内山榆太

●能登半島の事例にみる農具の再利用とストック—静的な「遺物」から動的な「生きた遺産」へ—. [ エコミュージアム研究, (21), (2017), 40-48 ] 川邊咲子, 香坂玲, 松岡光, 内山榆太

## 寄付講座

### (DOWA ホールディングス)

## 環境物資政策学分野

【論文】

● A planar field emission electron source using highly-crystalline single-walled carbon nanotubes in a triode structure with under-gate electrodes. [ IDW'17 Proceedings, 1, (2017), 168-170 ] Shoichi Kumon, Norihiro Shimoi

● Current-fluctuation mechanism of field emitters using metallic single-walled carbon nanotubes with high crystallinity. [ Applied Sciences, 7, (12), (2017), 1322-1322 ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji

● Low-power-consumption flat-panel light-emitting device driven by field-emission electron source using high-crystallinity single-walled carbon nanotubes. [ Japanese Journal of Applied Physics, 56, (6), (2017), 65101-65101 ] Norihiro Shimoi, Daisuke Abe, Kazuyuki Matsumoto, Yoshinori Sato, and Kazuyuki Tohji

● Structure and electrochemical properties of a mechanochemically processed silicon and oxide-based nanoscale composite as an active material for lithium-ion batteries. [ Journal of Nanotechnology, 2017, (9289273), (2017) ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji

● Synthesis of anode active material particles for lithium-ion batteries by surface modification via chemical vapor deposition and their electrochemical characteristics.

[ Advanced Powder Technology, 28, (9), (2017), 2366-2372 ] Norihiro Shimoi

● Synthesis of highly-crystalline single-walled carbon nanotubes dispersed ink for construction of a planar field electron emitter. [ The abstract of International conference on Diamond and Carbon materials 2017, 1, (1), (2017), 259-261 ] Shoichi Kumon, Norihiro Shimoi

●低炭素社会を構築するカーボン素材応用新技術. [ エレクトロニクス実装学会誌, 147, (1), (2017), 38-42 ] 下位法弘

●二次電池シリコン負極用バインダーの最適選択による充放電特性改善. [ MES2017 マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 1, (1), (2017), 283-286 ] 下位法弘

【総説・解説】

●低炭素社会を構築するカーボン素材応用新技術. [ エレクトロニクス実装学会誌, 20 (1), (2017), 38-42 ] 下位法弘

【特許】

● NEGATIVE ELECTRODE ACTIVE MATERIAL FOR LITHIUM ION SECONDARY BATTERY, METHOD FOR PRODUCING THE SAME, NEGATIVE ELECTRODE, AND BATTERY [ 2017年3月15日出願(15/459,088) 2017年6月29日公開(US2017/0187037 A1) ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji, Yasumitsu Tanaka, Qiwu Zhang, Hiroyuki Kai

● FIELD ELECTRON EMISSION FILM, FIELD ELECTRON EMISSION ELEMENT, LIGHT EMITTING ELEMENT, AND METHOD FOR PRODUCING SAME [ 2016年10月出願(201380045316.6), 2017年2月28日登録(ZL201380045316.6) ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji, Kensaku Fukuda

● NEGATIVE ELECTRODE ACTIVE MATERIAL FOR LITHIUM ION SECONDARY BATTERY, METHOD FOR PRODUCING THE SAME, NEGATIVE ELECTRODE, AND BATTERY [ 2015年7月8日出願(14/793,975), 2015年11月12日公開(20150325853), 2017年4月25日登録(US9,634,327 B2) ] Norihiro SHIMOI, Kazuyuki TOHJI, Yasumitsu TANAKA, Qiwu ZHANG, Hiroyuki KAI

● FIELD ELECTRON EMISSION FILM, FIELD ELECTRON EMISSION ELEMENT, LIGHT EMITTING ELEMENT, AND METHOD FOR PRODUCING SAME [ 2015年2月28日出願(PCT/JP2013/071772), 2017年5月3日登録(CN 104584178) ] Norihiro Shimoi, Kazuyuki Tohji, Yasumitsu Tanaka, Hiroyuki Kai

## 基幹講座

### 先端環境創成学専攻

## 都市環境・環境地理学講座

## 自然環境地理学分野

【論文】

●海上から巡る港湾・いわき市小名浜の震災復興. [ E-journal GEO, 11, (2), (2017), 573-576 ] 関根良平, 小田隆史, 庄子元

●津波被災地における水産経済の再建に関する地理学的研究—水産業の連関構造に注目して—. [ 公益財団法人国土地理協会平成27年度学術研究助成報告書, (2017) ] 関根良平, 庄子元, 小田隆史, 磯田弦

●南富良野町における台風10号の被害状況速報. [ 東北地理学会台風10号災害被害情報, (2017) ] 庄子元, 関根良平

## 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】

● Acceleration of Carburization and Melting of Reduced Iron in Iron Ore—Carbon Composite Using Different Types of Carbonaceous Materials. [ ISIJ International, 57, (11), (2017), 1929-1937 ] Taichi Murakami, Masamu Ohno, Kaori Suzuki, Kanae Owaki, and Eiki Kasai

● Development of Iron-Based Heat Storage Materials Utilizing Solid Phase Transformation for Rapid Carbonization Process of Biomass. [ 1st International Conference on Energy and Material Efficiency and CO<sub>2</sub> Reduction in the Steel Industry (EMECR2017), (2017), 120-123 ] Daisuke Maruoka, Hiroki Tsuneda, Taichi Murakami, and Eiki Kasai

● Development of Manufacturing Principle of Porous Iron by Carbothermic Reduction of Composite of Hematite and Biomass Char. [ Materials Transactions, 58, (12), (2017), 1742-1748 ] Taichi Murakami, Takayuki Takahashi, Shoko Fujii, and Eiki Kasai

● Effect of Sulfur on Carburization and Melting Behavior of Iron by CO Gas. [ ISIJ International, 57, (11), (2017), 1922-1928 ] Taichi Murakami, and Kazuhiro Nagata



● Effective Utilization of Dust and Sludge Formed in Ironmaking to Iron Ore Sintering Process. [ 1st International Conference on Energy and Material Efficiency and CO<sub>2</sub> Reduction in the Steel Industry (EMECR2017), (2017), 174-177 ] Tsubasa Shima, Sanghan Son, Daisuke Maruoka, Taichi Murakami, and Eiki Kasai

● Reaction Behaviors of Metallic Iron and Lower Oxides of Iron in the Sintering Bed. [ Proceeding of 2nd ISIJ-VDEh-Jernkontoret Joint Symposium, 2, (2017), 253-260 ] Kazuya Fujino, Taichi Murakami and Eiki Kasai

● Reduction Mechanism of Carbon Cored Iron Ore Pellet with CO-CO<sub>2</sub> Gas. [ 1st International Conference on Energy and Material Efficiency and CO<sub>2</sub> Reduction in the Steel Industry (EMECR2017), (2017), 190-193 ] Tsuyoshi Saito, Daisuke Maruoka, Taichi Murakami, and Eiki Kasai

● 4元系カルシウムフェライトの被還元性に及ぼす鉱物組成および雰囲気の影響. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 268-268 ] 丸岡大佑, 俣岡昌嗣郎, 村上太一, 葛西栄輝

● 固相反応により調製した4元系カルシウムフェライトの被還元性に及ぼす雰囲気ガスの影響. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 650-650 ] 大沼優斗, 丸岡大佑, 村上太一, 葛西栄輝

● 固相変態を利用したバイオマス迅速炭化プロセス用蓄熱材. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 276-276 ] 丸岡大佑, 常田大喜, 村上太一, 葛西栄輝

● 高水素雰囲気で高被還元性を有する焼結鉱の製造と評価. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 649-649 ] 本村優貴, 丸岡大佑, 村上太一, 葛西栄輝

● 高水素雰囲気に適した焼結鉱組織造り込みのための原料設計. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 265-265 ] 本村優貴, 丸岡大佑, 村上太一, 葛西栄輝

● 高炉装入物の還元様式および低温還元粉化挙動に与えるガス組成の影響. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 654-654 ] 水谷守利, 西村恒久, 折本隆, 樋口謙一, 野村誠治, 葛西栄輝

● 焼結充填層におけるコークス共存下の金属鉄およびマグネタイト精鉱の酸化挙動. [ 鉄と鋼, 103, (6), (2017), 365-371 ] 藤野和也, 村上太一, 葛西栄輝

● 焼結層内におけるWüstite粒子の酸化反応に対するCaO成分添加の影響. [ 鉄と鋼, 103, (6), (2017), 341-347 ] 藤野和也, 村上太一, 葛西栄輝

● 炭材内装鉱の浸炭・溶融現象に及ぼす硫黄形態と塩基度の影響. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 370-270 ] 村上太一, 松田和歩, 丸岡大佑, 葛西栄輝

● 炭材内装酸化鉄コンポジットを用いた多孔質鉄生成機構. [ 第68回塑性加工連合講演会講演概要集, (2017), 361-362 ] 村上太一, 丸岡大佑, 町田智, 葛西栄輝

● 炭材内装酸化鉄コンポジットを用いた多孔質鉄組織に及ぼす添加元素の影響. [ 第68回塑性加工連合講演会講演概要集, (2017), 363-364 ] 高橋孝征, 丸岡大佑, 村上太一, 葛西栄輝

● 鉄の浸炭・溶融に及ぼす炭材中Ashの影響. [ 材料とプロセス, 30, (2017), 738-738 ] 大野真武, 丸岡大佑, 村上太一, 葛西栄輝

● 鉄鉱石焼結工程におけるKRスラグの有効利用法. [ 鉄と鋼, 103, (6), (2017), 357-364 ] 藤野和也, 小野晃一郎, 村上太一, 葛西栄輝

● 分割造粒法を活用したマグネタイト鉱石の酸化促進による焼結鉱強度および被還元性向上. [ 鉄と鋼, 103, (6), (2017), 388-396 ] 松村勝,

高山透, 原恭輔, 山口泰英, 石山理, 樋口謙一, 野村誠治, 村上太一, 林幸, 大野光一郎

● 融液生成による鉄系凝結材の酸化反応促進効果. [ 鉄と鋼, 103, (6), (2017), 348-356 ] 藤野和也, 村上太一, 葛西栄輝

## 地球システム計測学分野

【論文】

● Ground-based measurement of column-averaged mixing ratios of methane and carbon dioxide in the Sichuan Basin of China by a desktop optical spectrum analyzer. [ J. Appl. Remote Sens., 12, (1), (2017) ] Xiu-Chun Qin, Tomoki Nakayama, Yutaka Matsumi, Masahiro Kawasaki, Akiko Ono, Sachiko Hayashida, Ryoichi Imasu, Li-Ping Lei, Isao Murata, Takahiro Kuroki and Masafumi Ohashi

● The recent increase of atmospheric methane from 10 years of ground-based NDACC FTIR observations since 2005. [ Atmos. Chem. Phys., 17, (2017), 2255-2277 ] W. Bader, B. Bovy, S. Conway, K. Strong, D. Smale, A. J. Turner, T. Blumenstock, C. Boone, M. C. Coen, A. Coulon, O. Garcia, D. W. T. Griffith, F. Hase, P. Hausmann, N. Jones, P. Krummel, I. Murata, I. Morino, H. Nakajima, S. O'Doherty, C. Paton-Walsh, J. Robinson, R. Sandrin, M. Schneider, C. Servais, R. Sussmann and E. Mahieu

【総説・解説】

● スペクトル取得型光学オゾンゾンデによる成層圏オゾン、二酸化窒素の観測. [ 第23回大気化学討論会講演要旨集, (2017), 38-38 ] 村田功, 野口克行, Andreas Richter, Alexei Rozanov, John P. Burrows

● スペクトル取得型光学オゾンゾンデ観測からの成層圏オゾン、二酸化窒素高度分布導出. [ 平成29年度大気球シンポジウム集録, (2017), isas17-sbs-005 ] 村田功, 野口克行, Andreas Richter, Alexei Rozanov, John P. Burrows

## 水資源システム学分野

【論文】

● Assessing the effect of predicted climate change on slope stability in Northern Thailand: A case of Doi Pui. [ International Journal of GEOMATE, 13, (38), (2017), 38-48 ] Thapthai Chaithong, Suttisak Soralump, Damrong Pungsuean, Daisuke Komori

● Dual phase role of composite adsorbents made from cockleshell and natural zeolite in treating river water. [ Journal of King Saud University - Science, (2017) ] Siti Nur Fatimah Moideen, Mohd Fadhil Md Din, Shahabaldin Rezanian, Mohanadoss Ponraj, Azlan Abd Rahman, Low Wen Pei, Zulhilmi Ismail, Shazwin Mat Taib, Yu-You Li, Daisuke Komori

● Feasibility study for a virtuous material cycle in Indonesia. [ Shigen Sozai Koenshu, 4, (2017), No.2 ] Ryuzo Furukawa, Daisuke Komori, Yasuhiro Fukushima, Guido Grause, Toshiaki Yoshioka, Mochammad Chaerul, Emenda Sembiring, Enri

Damanhuri, Hadi Kardhana, Mohammada Farid, Herto Dwi Ariesyady, Yuichiro Fujioka

● Flood impacts on residential property process in frequently flooded areas: Evidences from Kanda river basin. [ 15th International conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, (2017), WedA63 ] Ryo Inoue, Daisuke Komori

● Hydrological-Geotechnical model to assess the extreme rainfall-induced shallow landslides. [ 土木学会論文集G(環境), 73, (5), (2017), I\_223-I\_228 ] Thapthai Chaithong, Daisuke Komori

● Investigation on the response of anaerobic membrane bioreactor to temperature decrease from 25°C to 10°C in sewage treatment. [ Bioresourcde Technology, 243, (2017), 747-754 ] Ryoya Watanabe, Yulun Nie, Shinichiro Wakahara, Daisuke Komori, Yu-You Li

● Landslides and precipitation characteristics during the typhoon Lionrock in Iwater prefecture, Japan. [ 7th International conference on GEOMATE, (2017) ] Thapthai Chaithong, Daisuke Komori, Yoshiya Touge, Yuta Mitobe, Yuto Sukegawa, Satoshi Anzai

● Optimum Abstraction of Groundwater for Sustaining Groundwater Level and Reducing Irrigation Cost. [ Water Resiour Management, 31, (2017), 1947-1959 ] Golam Saleh Ahmed Salem, So Kazama, Daisuke Komori, Shamsuddin Shahid, Nepal C. Dey

● Submerged anaerobic membrane bioreactor (SAnMBR) performance on sewage treatment: removal efficiencies, biogas production and membrane fouling. [ Water Science & Technology, 76, (7), (2017), wast2017240 ] Rong Chen, Yulun Nie, Jiayuan Ji, Tetsuya Utashiro, Qian Li, Daisuke Komor, Yu-You Li

● インドネシア・パンカラン県における地域住民参加型バイオエネルギー開発プログラムの持続可能性. [ 土木学会論文集G(環境), 73, (5), (2017), I\_99-I\_106 ] 小森大輔, Diah Pamulasari Suyanto, 峠嘉哉

● メコン河下流域における洪水氾濫と純一次生産力の関係. [ 土木学会論文集B1(水工学), 73, (4), (2017), I\_307-I-312 ] 平賀優介, 風間聡, 小森大輔

● メコン河氾濫原における地表水中ヒ素濃度推定モデルの構築. [ 土木学会論文集B1(水工学), 73, (4), (2017), I\_289-I\_294 ] 佐藤郁, 小森大輔

● 河川遡上津波の数値計算の精度検証と特性把握. [ 水文・水資源学会誌, 30, (1), (2017), 32-42 ] 青山恭尚, Mohammad Bagus Adityawan, 三戸部佑太, 小森大輔, 田中仁

● 海岸堤防裏法尻の洗掘孔の発達過程と津波減勢効果に関する水理実験. [ 土木学会論文集B2(海岸工学), 73, (2), (2017), I\_871-I\_876 ] 金子祐人, 三戸部佑太, 田中仁, 会田俊介, 小森大輔

● 日本全国のダム貯水池における流木流出量の統計解析. [ 土木学会論文集G(環境), 73, (5), (2017), I\_55-I\_62 ] 助川友斗, 小森大輔

● 年最小気圧を用いた複合災害潜在被害額の将来推定. [ 土木学会論文集B1(水工学), 73, (4), (2017), I\_139-I\_144 ] 秋間将宏, 風間聡, 峠嘉哉, 小森大輔, 川越清樹, 多田毅

● 平成28年台風10号による仙台海岸の地形変化. [ 東北地域災害科

学研究, 53, (2017), 211-216 ] 三戸部佑太, 田中仁, 鈴木彰容, 梅田信, 小森大輔, 峠嘉哉

## 自然共生システム学講座

### 資源再生プロセス学分野

【論文】

● Adsorption isotherms and kinetics of arsenic removal from aqueous solution by Mg-Al layered double hydroxide intercalated with nitrate ions. [ Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, 120, (2017), 703-714 ] Mir Tamzid Rahman, Tomohito Kameda, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Alkaline hydrolysis of PVC-coated PET fibers for simultaneous recycling of PET and PVC. [ Journal of Material Cycles and Waste Management, 20, (2017), 439-449 ] Shogo Kumagai, Suguru Hirahashi, Guido Grause, Tomohito Kameda, Hiroshi Toyoda, Toshiaki Yoshioka

● Aromatic hydrocarbon selectivity as a function of CaO basicity and aging during CaO-catalyzed PET pyrolysis using tandem μ-reactor-GC/MS. [ Chemical Engineering Journal, 332, (2017), 169-173 ] Shogo Kumagai, Ryota Yamasaki, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Atsushi Watanabe, Chuichi Watanabe, Norio Teramae, Toshiaki Yoshioka

● Diagnosing chlorine industrial metabolism by evaluating the potential of chlorine recovery from polyvinyl chloride wastes—A case study in Japan. [ Resources, Conservation and Recycling, (2017) ] Shogo Kumagai, Jiaqi Lu, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka

● Effectiveness of Mg-Al-layered double hydroxide for heavy metal removal from mine wastewater and sludge volume reduction. [ International Journal of Environmental Science and Technology, (2017) ] Mir Tamzid Rahman, Tomohito Kameda, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Effects of hard- and soft-segment composition on pyrolysis characteristics of MDI, BD, and PTMG-based polyurethane elastomers. [ Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 126, (2017), 337-345 ] Shogo Kumagai, Suguru Motokucho, Ryosuke Yabuki, Airi Anzai, Tomohito Kameda, Atsushi Watanabe, Hisayuki Nakatani, Toshiaki Yoshioka

● Equilibrium studies of the adsorption of aromatic disulfonates by Mg-Al oxide. [ Journal of Physics and Chemistry of Solids, 114, (2017), 129-132 ] Tomohito Kameda, Mami Umetsu, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Fate of bisphenol A pyrolysates at low pyrolytic temperatures. [ Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 125, (2017), 193-200 ] Shogo Kumagai, Shunsuke Ono, Shun Yokoyama, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka

● Kinetics and Equilibrium Studies of Urea Adsorption Onto Activated Carbon: Adsorption Mechanism. [ Journal of Dispersion Science and Technology, 38, (7), (2017), 1063-1066 ] Tomohito Kameda, Saya Ito, Toshiaki Yoshioka



● Kinetics and equilibrium studies on the uptake of Nd<sup>3+</sup> by Zn-Al layered double hydroxide intercalated with triethylenetetramine-hexaacetic acid. [ Materials Chemistry and Physics, 191, (2017), 96-98 ] Tomohito Kameda, Tetsu Shinmyou, Toshiaki Yoshioka

● New principals on the adsorption of alkyl compound by Mg-Al oxied:Adsorption kinetics and equilibrium studies. [ Colloids and Surfaces A:Physicochemical and Engineering Aspects, 513, (5), (2017), 348-354 ] Tomohito Kameda, Mami Umetsu, Shogo Kumagai, Toshiaki Yoshioka

● Removal of boron and fluoride in wastewater using Mg-Al layered double hydroxide and Mg-Al oxide. [ Journal of Environmental Management, 188, (2017), 58-63 ] Tomohito Kameda, Jumpei Oba, Toshiaki Yoshioka

● Removal of toxic HCN and recovery of H<sub>2</sub>-rich syngas via catalytic reforming of product gas from gasification of polyimide over Ni/Mg/Al catalysts. [ Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 123, (2017), 330-339 ] Shogo Kumagai, Tomoyuki Hosaka, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka

● Simultaneous removal of Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> from seawater using Mg-Al oxide: kinetics and equilibrium studies. [ Applies Water Science, 7, (1), (2017), 129-136 ] Tomohito Kameda, Jumpei Oba, Toshiaki Yoshioka

● Solubility parameters for determining optimal solvents for separating PVC from PVC-coated PET fibers. [ Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, (2), (2017), 612-622 ] Guido Grause, Suguru Hirahashi, Hiroshi Toyoda, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka

● Tandem  $\mu$ -reactor-GC/MS for online monitoring of aromatic hydrocarbon production via CaO-catalysed PET pyrolysis. [ Reaction Chemistry & Engineering, 2, (5), (2017), 776-784 ] Kumagai, R. Yamasaki, T. Kameda, Y. Saito, A. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka

● Thermal decomposition of tetrabromobisphenol-A containing printed circuit boards in the presence of calcium hydroxide. [ Journal of Material Cycles and Waste Management, 19, (1), (2017), 282-293 ] Shogo Kumagai, Guido Grause, Tomohito Kameda, Toshiaki Yoshioka

●プラスチックリサイクルの研究開発動向と課題：フィードストックリサイクルを中心として. [ 化学工学論文集, 43, (4), (2017), 178-184 ] 齋藤優子, 熊谷将吾, 吉岡敏明

【著書】

●最新 材料の再資源化技術事典(執筆担当部分) 第3編 製品別リサイクル, 第2章 個別プラスチック製品, 第5節 ポリ塩化ビニルのケミカルリサイクル. [ 株式会社産業技術サービスセンター, (2017), 334-341 ] 吉岡敏明, 熊谷将吾

●リンの事典(執筆担当部分) 第8章 リン回収技術 8-3 その他の二次資源からの回収技術 8-3-8 めっき廃液からの回収 3-6 めっき廃液からの回収. [ 朝倉出版, (2017), 300-301 ] 大竹久夫, 小野寺真一, 黒田章夫, 佐竹研一 他

【総説・解説】

● 9th International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Materials (9th ISFR 2017) 報告. [ プラスチックリサイクル化学研究会ニュースレター, 31, (2017), 12-15] 熊谷将吾

●高分子の熱分解研究の最前線を目指して. [ 環境科学研究科ニュースレター, 18, (2017) ] 熊谷将吾

●材料と原料としてみた無機マテリアルの環境対策. [Journal of the Society of INORGANIC MATERIALS, JAPAN, 24, (2017), 55-56 ] 吉岡敏明

●プラスチックリサイクルの研究開発動向と課題—フィードストックリサイクルを中心として—. [(2017)] 齋藤優子, 熊谷将吾, 吉岡敏明

●プラスチックリサイクルの現状と展望. [ プラスチックス, 11, (2017), 32-38 ] 齋藤優子, 熊谷将吾, 亀田知人, 吉岡敏明

●木質バイオマス / 廃プラスチック混合物の共熱分解による化学原燃料化. [ 廃棄物資源循環学会誌, 28 (1), (2017), 4-12 ] 熊谷将吾, 吉岡敏明

## 環境分析化学分野

【論文】

● Capillary Electrophoretic Separation of cis/trans Isomers of Bis(o-diiminobenzoquinonato) platinum(II) Complexes Using  $\beta$ -Cyclodextrins as the Selector. [ New J. Chem., 41, (14), (2017), 7605-7612 ] Atsuko Masuya-Suzuki, Takumi Hayashi, Kousaku Tamura and Nobuhiko Iki

## 環境生命機能学分野

【論文】

● Amperometric detection of apoptosis using p-methoxyaniline conjugated substrate for caspase-3.. [ ChemElectroChem, 4, (2017), 941-946 ] Sun Sixiang, Kumi Y. Inoue, Shusaku Shiimoto, Shinichiro Takano, Kosuke Ino, Hitoshi Shiku, and Tomokazu Matsue.

● Continuous collection and simultaneous detection of picolitter volume of nucleic acid samples using mille-feuille probe. [ Anal. Bioanal. Chem., 409, (2017), 961-969 ] Hidenori Ito, Motoki Tanaka, Yuanshu Zhou, Yuji Nashimoto, Yasufumi Takahashi, Kosuke Ino, Tomokazu Matsue, Hitoshi Shiku

● Electrochemical Motion Tracking of Microorganisms Using a Large-Scale-Integration-Based Amperometric Device. [ Angew. Chem. Int. Ed., 56, (2017), 1-6 ] Kosuke Ino, Yusuke Kanno, Kumi Y. Inoue, Atsushi Suda, Ryota Kunikata, Masahki Matsudaira, Hitoshi Shiku, and Tomokazu Matsue.

## 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】

● Adsorption equilibria of rhodium acetylacetonate with MCM-41, MSU-H, and HMS silica substrates in supercritical carbon dioxide for preparing catalytic mesoporous materials. [ Journal of Supercritical Fluids, 120, (2017), 240-248 ] Ushiki, I., Takahashi, N., Shimizu, T., Sato, Y., Ota, M., Smith, R.L., Inomata, H.

● Aspects of solvent polarity and solvent properties in developing efficient systems for processing biomass with ionic liquid mixtures and supercritical CO<sub>2</sub>. [ Journal of Supercritical Fluids, (2017) ] Hiraga, Y., Duereh, A., Smith, R.L.

● Black liquor-derived porous carbons from rice straw for high-performance supercapacitors. [ Chemical Engineering Journal, 316, (2017), 770-777 ] Zhu, L., Shen, F., Smith, R.L., Yan, L., Li, L., Qi, X.

● Continuous process for HMF production from cellulose with ionic liquid ([Bmlm]Cl)-water mixtures. [ Nihon Enerugi Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Energy, (2017) ] Watanabe, M., Matsuda, S., Kitajima, H., Smith, R.L.

● Controlled Conversion of Proteins into High-Molecular-Weight Peptides without Additives with High-Temperature Water and Fast Heating Rates. [ ACS Sustainable Chemistry & Engineering, , (2017), 7709-7715 ] T.M. Aida, M. Oshima, R.L. Smith Jr

● Corrigendum to 'Nutrient recycle from defatted microalgae (*Aurantiochytrium*) with hydrothermal treatment for microalgae cultivation. [ Bioresource and Technology, (2017), 186-192 ] T.M. Aida, R. Maruta, Y. Tanabe, M. Oshima, T. Nonaka, H. Kujiraoka, Y. Kumagai, M. Ota, I. Suzuki, M.M. Watanabe, H. Inomata, R.L. Smith Jr.

● Does Synergism in Microscopic Polarity Correlate with Extrema in Macroscopic Properties for Aqueous Mixtures of Dipolar Aprotic Solvents?. [ Journal of Physical Chemistry B, 121, (24), (2017), 6033-6041 ] Duereh, A., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H., Pichierrri, F.

● Eco-friendly Method for Efficient Conversion of Cellulose into Levulinic Acid in Pure Water with Cellulase-Mimetic Solid Acid Catalyst. [ ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 5, (3), (2017), 2421-2427 ] Shen, F., Smith, R.L., Li, L., Yan, L., Qi, X.

● Efficient conversion of fructose into 5-ethoxymethylfurfural with hydrogen sulfate ionic liquids as co-solvent and catalyst. [ Chemical Engineering Journal, 314, (2017), 508-514 ] Guo, H., Qi, X., Hiraga, Y., Aida, T.M., Smith, R.L.

● Extraction of Oil from Microalgae using Supercritical Carbon Dioxide and Ionic Liquids. [ The 5th International Symposium & Exhibition of Aqua Science and Water Resources (ISASWR'17), (2017) ] Taku Michael Aida, Taiga Watanabe, Kenta Ozawa, Richard L. Smith, Jr.

● High pressure densities for mixed ionic liquids having different functionalities: 1-butyl-3-methylimidazolium chloride and 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl) imide. [ Journal of Chemical Thermodynamics, 108, (2017), 7-17 ] Hiraga, Y., Koyama, K., Sato, Y., Smith, R.L.

● High-Performance Supercapacitor Electrode Materials from Chitosan via Hydrothermal Carbonization and Potassium Hydroxide Activation. [ Energy Technology, 5, (3), (2017), 452-460 ] Zhu, L., Shen, F., Smith, R.L., Qi, X.

● Hydrothermal Leaching of LiCoO<sub>2</sub> with Sulfuric Acid, Nitric Acid, and Citric Acid. [ Kagaku kougaku ronbunshu, (2017) ] T. Aikawa, M. Watanabe, T.M. Aida, R.L. Smith Jr.

● Hydrothermal separation of lignin from bark of Japanese cedar. [ Journal of Supercritical Fluids, (2017) ] Watanabe, M., Kanaguri, Y., Smith, R.L.

● Measurement and correlation of flavanone, tangeritin, nobiletin, 6-hydroxyflavanone and 7-hydroxyflavone solubilities in supercritical CO<sub>2</sub>. [ Journal of Supercritical Fluids, 128, (2017), 166-172 ] Ota, M., Sato, M., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H.

● Measurement and modeling of adsorption equilibria of imidazolium-based ionic liquids on activated carbon from aqueous solutions. [ Fluid Phase Equilibria, 441, (2017), 17-23 ] Ushiki, I., Tashiro, M., Smith, R.L.

● Measurement of high pressure densities and atmospheric pressure viscosities of alkyl phosphate anion ionic liquids and correlation with the  $\epsilon^*$ -modified Sanchez-Lacombe equation of state. [ Journal of Chemical Thermodynamics, 104, (2017), 73-81 ] Hiraga, Y., Goto, M., Sato, Y., Smith, R.L.

● Methodology for replacing dipolar aprotic solvents used in API processing with safe hydrogen-bond donor and acceptor solvent-pair mixtures. [ Organic Process Research and Development, 21, (1), (2017), 114-124 ] Duereh, A., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H.

● Nutrient recycle from defatted microalgae (*Aurantiochytrium*) with hydrothermal treatment for microalgae cultivation. [ Bioresource Technology, 228, (2017), 186-192 ] Aida, T.M., Maruta, R., Tanabe, Y., Oshima, M., Nonaka, T., Kujiraoka, H., Kumagai, Y., Ota, M., Suzuki, I., Watanabe, M.M., Inomata, H., Smith, R.L.

● Perfect recycle and mechanistic role of hydrogen sulfate ionic liquids as additive in ethanol for efficient conversion of carbohydrates into 5-ethoxymethylfurfural. [ Chemical Engineering Journal, 323, (2017), 287-294 ] Ota, M., Sato, M., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H.

● Porous carbonaceous materials from hydrothermal carbonization and KOH activation of corn stover for highly efficient CO<sub>2</sub> capture. [ Chemical Engineering Communications, (2017) ] F. Shen, Y. Wang, L. Li, K. Zhang, R.L. Smith Jr, X. Qi

● Production of virgin coconut oil microcapsules from oil-in-water emulsion with supercritical carbon dioxide spray drying. [ The Journal of Supercritical Fluids, , (2017), 118-124 ] Y.Y. Hee, C.P. Tan, R.A. Rahman, M. Noranizan, R.L. Smith Jr, G.H. Chong

● Quantitative chemocatalytic production of lactic acid from glucose under anaerobic conditions at room temperature. [ Green Chemistry, 19, (1), (2017), 76-81 ] Li, L., Shen, F., Smith, R.L., Qi, X.

● Stability of 5-hydroxymethylfurfural in the mixture of hydrogen sulfate ionic liquid and ethanol. [ ISASWR'17 5th International Symposium & Exhibition on Aqua Science and Water Resources, (2017) ] Haixin Guo, Alif Duereh, Taku M. Aida, Richard L. Smith, Jr.

● Synthesis of ferroelectric K1-xNaxNb1-yTayO<sub>3</sub> nanoparticles using a supercritical water flow system. [ Journal of Supercritical Fluids, 123, (2017), 101-108 ] Okada, K., Hayashi, H., Takesue, M., Watanabe, M., Smith, R.L.

● Vapor-liquid distribution coefficients of hops extract in high pressure CO<sub>2</sub> and ethanol mixtures and data correlation with entropy-based solubility parameters. [ Fluid Phase Equilibria,



434, (2017), 44-48 ] Ota, M., Sugahara, S., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H.

【著書】

● Production of Platform Chemicals from Sustainable Resources. [ Springer Nature, (2017) ] Fang, Zhen, Smith, Jr., Richard L., Qi, Xinhua

● Production of Biofuels and Chemicals with Bifunctional Catalysts. [ Springer Nature, (2017) ] Fang, Zhen, Smith, Jr., Richard L., HuLi

●超臨界流体を用いる合成と加工技術, 編集:超臨界流体部会,(執筆担当部分) III編 1 章 5 節 1 項, 生物資源の高温高压水処理. [ 株式会社 CMC 出版, (2017) ] 相田卓, 渡邊賢, スミス リチャード

## 循環材料プロセス学分野

【論文】

● A numerical study on the dissolution process of InGaSb under zero gravity. [ International Journal of Microgravity Science and Applications, 34, (2017), 340206 ] X. Jin, T. Yamamoto, Y. Takagi, Y. Okano, Y. Inatomi, Y. Hayakawa, S. Dost

● Global simulation of the induction heating TSSG process of SiC for the effects of Marangoni convection, free surface deformation and seed rotation. [ Journal of Crystal Growth, 470, (2017), 75-88 ] T. Yamamoto, Y. Okano, T. Ujihara, S. Dost

● Investigation of Phosphorus-Containing Compounds in Aluminum Alloys with Emphasis on the Formation Mechanism. [ Materials Science Forum, 877, (2017), 132-138 ] Sergey Komarov and Kazuki Miyamoto

● Mechanical plating of Al/CNT composite coatings on aluminum substrates. [ Journal of Alloys and Compounds, 707, (2017), 238-244 ] R.S. Khasenova, S.V. Komarov, V.Yu. Zadorozhnyy

● Model experimental study on Cs removal from clay minerals by ion exchange under microwave irradiation.

[ Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 115, (1), (2017), 56-62 ] N. Yoshikawa, S. Mikoshiba, T. Sumi, S. Taniguchi

● Molecular dynamics simulation of atomic-scale solutal Marangoni convection. [ AJChE, 17, (2017), 73-81 ] Y. Imai, T. Yamamoto, Y. Okano, R. Sato, Y. Shigeta

● Nanosized zero-valent iron as Fenton-like reagent for ultrasonic-assisted leaching of zinc from blast furnace sludge. [ Journal of Hazardous Materials, 321, (2017), 557-565 ] Ivan Mikhailov, Sergey Komarov, Vera Levina, Alexander Guseva, Jean-Paul Issia, Denis Kuznetsov

● Numerical investigation for the movement of cell colonies in bioreactors: stirring and orbital shaking tanks. [ Journal of Chemical Engineering of Japan, (2017) ] T. Yamamoto, M. Yano, Y. Okano, M. Kino-oka

● Numerical investigation of the transport phenomena occurring in the growth of SiC by the induction heating TSSG method. [ Journal of Crystal Growth, 474, (15), (2017), 50-54 ] T. Yamamoto, N. Adkar, Y. Okano, T. Ujihara, S. Dost

● Numerical simulation of the transport phenomena occurring during the growth of SiC crystals by the RF-heating TSSG method. [ Proceedings of Asian Conference on Thermal Sciences 2017, (2017), ACTS-00078 ] T. Yamamoto, J. Sakamoto, Y. Okano, T. Ujihara, S. Dost

● Numerical study of fluid dynamics and particle behavior in an iPS cell culture tank. [ AJChE, 17, (2017), 29-36 ] M. Yano, T. Yamamoto, Y. Okano, T. Kanamori, M. Kino-oka

● Synthesis of the Ni-Al coatings on different metallic substrates by mechanical alloying and subsequent laser treatment. [ Journal of Alloys and Compounds, 707, (2017), 351-357 ] V.Yu. Zadorozhnyy, A. Shahzad, M.D. Pavlov, D.S. Kozak, A.M. Chirkov, D.S. Zagrebin, R.S. Khasenova, S.V. Komarov, S.D. Kaloshkin

● Ultrasonic Assisted Reduction of Hot-Tearing During High-Speed DC Casting of 6000 Series Aluminum Alloys. [ Light Metals, (2017), 989-994 ] Sergey Komarov, Yasuo Ishiwata and Yoshihiro Takeda

● Validation of the S-CLSVOF method with the density-scaled balanced continuum surface force model in multiphase systems coupled with thermocapillary flows. [ International Journal for Numerical Method in Fluids, 83, (2017), 223-244 ] T. Yamamoto, Y. Okano, S. Dost

●大型セラミックス超音波ホーン的设计・開発. [ 超音波 TECHNO, 29 (5), (2017), 6-12 ] コマロフ・セルゲイ

【著書】

●マイクロ波加熱の基礎と産業応用(執筆担当部分) 第1章 材料プロセスの基礎. [ R&D 支援センター, (2017), 3-27 ] 福島英沖, 吉川昇 共同編集(監修)

【総説・解説】

● Green-Tech Microwave Studies at Tohoku University.

[ AMPERE (Association for Microwave Power in Europe for Research and Education), AMPERE Newsletter, 92, (2017), 14-17 ] N.Yoshikawa, C.C. Lee, M.Sunako, K.Kawahira and S.Taniguchi

## 環境創成計画学講座

### 環境分子化学分野

【論文】

● Capillary Electrophoretic Separation of cis/trans Isomers of Bis(o-diiminobenzoquinonato) platinum(II) Complexes Using  $\beta$ -Cyclodextrins as the Selector. [ New J. Chem., 41, (2017), 7605-7612 ] Atsuko Masuya-Suzuki, Takumi Hayashi, Kousaku Tamura and Nobuhiko Iki

● Multi-coloration of Calixarene-coated Silver Nanoparticles for the Visual Discrimination of Metal Elements. [ Anal. Sci., 33, (10), (2017), 1141-1145 ] Norioki Abe and Nobuhiko Iki

● Synthesis, metal binding and spectral properties of novel bis-1,3-diketone calix[4]arenes. [ New J. Chem, 41, (2017), 1526-1537 ] Sergey N. Podyachev, Svetlana N. Sudakova, Gulnaz Sh. Gimazetdinova, Nataliya A. Shamsutdinova, Victor V. Syakaev, Tatjana A. Barsukova, Nobuhiko Iki, Asiya R. Mustafina

【総説・解説】

● CE の解き明かす溶液内分子複合体の熱力学的 速度論的描像. [ 電子情報通信学会技術研究報告, 116 (437), (2017), 27-28 ] 壹岐伸彦

●常磁性化学シフト試薬による化学交換飽和移動を利用したMRI. [ ぶんせき, (6), (2017), 244-244 ] 唐島田龍之介

### 環境材料表面科学分野

● Electrochemical Stability of Pt/Pd(111) Model Core-Shell Structure in 80 °C Perchloric Acid. [ Journal of The Electrochemical Society, 164, (9), (2017), F908-F910 ] N. Todoroki, Y. Bando, Y. Tani, S. Kaneko, H. Watanabe, S. Takahashi, T. Wadayama

● Ultrahigh Vacuum Synthesis of Strain-Controlled Model Pt(111)-Shell Layers: Surface Strain and Oxygen Reduction Reaction Activity. [ The Journal of Physical Chemistry Letters, 8, (2017), 5360-5365 ] Soma Kaneko, Rikiya Myochi, Shuntaro Takahashi, Naoto Todoroki, Toshimasa Wadayama, and Tadao Tanabe

## 連携講座

### 地球環境変動学分野

【論文】

● A 4D-Var inversion system based on the icosahedral grid model (NICAM-TM 4D-Var v1.0)-Part 1: Offline forward and adjoint transport models. [ Geosci. Model Dev., 10, (2017), 1157-1174 ] Niwa, Y., Tomita, H., Satoh, M., Imasu, R., Sawa, Y., Tsuboi, K., Matsueda, H., Machida, T., Sasakawa, M., Belan, B., and Saigusa, N.

● Bias assessment of lower and middle tropospheric CO<sub>2</sub> concentrations of GOSAT/TANSO-FTS TIR Version 1 product. [ Atmos. Meas. Tech., 10, (2017), 3877-3892 ] Saitoh, N., S. Kimoto, R. Sugimura, R. Imasu, K. Shiomi, A. Kuze, Y. Niwa, T. Machida, Y. Sawa, and H. Matsueda

● Impact of Siberian observations on the optimization of surface CO<sub>2</sub> flux. [ Atmos. Chem. Phys., 17, (2017), 2881-2899 ] Kim, J., Kim, H. M., Cho, C.-H., Boo, K.-O., Jacobson, A. R., Sasakawa, M., Machida, T., Arshinov, M., and Fedoseev, N.

● Methane fluxes in the high northern latitudes for 2005-2013 estimated using a Bayesian atmospheric inversion. [ Atmos. Chem. Phys., 17, (2017), 3553-3572 ] Thompson R.L., Sasakawa M., Machida T., Aalto T., Worthy D., Lavric J.V. , Myhre C.L., Stohl A.

● Reconciliation of top-down and bottom-up CO<sub>2</sub> fluxes in Siberian larch forest. Environ. [ Res. Lett., 12, 125012, (2017) ] Takata K., Patra P.K., Kotani A., Mori J., Belikov D., Ichii K., Saeki T., Ohta T., Saito K., Ueyama M., Ito A., Maksyutov S., Miyazaki S., Burke E.J., Ganshin A., Iijima Y., Ise T., Machiya H., Maximof T.C., Niwa Y., O, Park H., Sasai T., Tei S., Zhuravlev R., Machida T., Sugimoto A., Aoki S.

● Six years of atmospheric CO<sub>2</sub> observations at Mt. Fuji

recorded with a battery-powered measurement system. [ Atmos. Meas. Tech., 10, (2017), 667-680 ] Nomura, S., H. Mukai, Y. Terao, T. Machida and Y. Nojiri

● Temporal characteristics of CH<sub>4</sub> vertical profiles observed in the West Siberian Lowland over Surgut from 1993 to 2015 and Novosibirsk from 1997 to 2015.. [ J. Geophys. Res., 122, (11), (2017), 261-11-273 ] Sasakawa M., Machida T., Ishijima K., Arshinov M., Patra P. K., Ito A., Aoki S., Petrov V.

● The recent increase of atmospheric methane from 10 years of ground-based NDACC FTIR observations since 2005. [ Atmos. Chem. Phys., 17, (2017), 2255-2277 ] Bader, W., B. Bovy, S. Conway, K. Strong, D. Smale, A. J. Turner, T. Blumenstock, C. Boone, M. C. Coen, A. Coulon, O. Garcia, D. W. T. Griffith, F. Hase, P. Hausmann, N. Jones, P. Krummel, I. Murata, I. Morino, H. Nakajima, S. O'Doherty, C. Paton-Walsh, J. Robinson, R. Sandrin, M. Schneider, C. Servais, R. Sussmann, and E. Mahieu

【著書】

●気候変動の事典(執筆担当部分) V-1 オゾン破壊とその諸影響. [ 朝倉書店, (2017), 250-255 ] 中島英彰, 山川修治(代表) 編

### 環境リスク評価学分野

【論文】

● Bacterial Degradation of Coexisting Dichloromethane, Benzene, and Toluene, Identified by Stable-Isotope Probing. [ Water Air Soil Pollut., (2017) ] M. Yoshikawa, M. Zhang, F. Kurisu, K. Toyota

● Biodegradation of Volatile Organic Compounds and Their Effects on Biodegradability under Co-Existing Conditions. [ Microbes Environ, 32, (3), (2017), 188-200 ] M. Yoshikawa, M. Zhang, K. Toyota

● Pore pressure migration during hydraulic stimulation due to permeability enhancement by low-pressure subcritical fracture slip: Control Factor of Pressure Migration. [ GRL, 44, (2017) ] Y. Mukuhira, H. Moriya, T. Ito, H. Asanuma, M. Haring

● Supercritical Geothermal Systems -A Review of Past Studies and Ongoing Research Activities. [ Proc Stanford Geothermal Workshop, (2017) ] P. Dobson, H. Asanuma, E. Huenges, F. Poletto, T. Reinsch, B.Sanjuan

● Temporal Variations in Perched Water and Groundwater Qualities at an Open Solid Waste Dumpsite in Sri Lanka. [ International Journal of GEOMATE, 13, (38), (2017), 1-8 ] U. Kumarasinghe, Y. Inoue, T. Saito, M. Nagamori, Y. Sakamoto, M.I.M. Mowjood, K. Kawamoto

● Utilizing supercritical geothermal systems: a review of past ventures and ongoing research activities. [ Geothermal Energy, (2017) ] T. Reinsch, P. Dobson, H. Asanuma, E. Huenges, F. Poletto, B.Sanjuan

● Mg 系使用済ヒ素吸着材の環境安定性に及ぼすケイ酸の影響. [ 土木学会論文集 G, 73, (7), (2017), III\_407-III\_408 ] 杉田創, 小熊輝美, 張銘, 原淳子, 川辺能成

●シロアリ防除剤としてのクロチアニジンの土壌処理におけるリスク評価-土壌・地下水環境下での多相・多成分流動モデルに基づく処理薬剤の土壌吸着特性評価-. [ 土木学会論文集 G (環境) , 73, (2), (2017),



20-38 ] 坂本靖英, 中垣匡司, 藤原和弘, 小谷忠明, 井上英明, 谷口彩華

●六価クロムに起因した土壌・地下水汚染の長期挙動予測に関する研究—地下水濃度のモニタリング結果および揚水による回収量のヒストリーマッチングによる汚染状況の再現とリスク評価—. [ 土木学会論文集 G (環境) , 73, (2), (2017), 81-100 ] 坂本靖英, 保高徹生, 白川俊明, 山村正樹

## バイオエコマネジメント学分野

【論文】

●Distinct Promotive Effects of 1,8-Diazabicyclo[5.4.0]undec-7-ene (DBU) on Polymer Supports in Copper-Catalyzed Hydrogenation of C=O Bonds. [ ChemCatChem, 24 (9), (2017), 4501-4507 ] Ryo Watari, Norio Matsumoto, Shigeki Kuwata and Yoshihito Kayaki.

●Electrochemically applied potentials induce growth and metabolic shift changes in the hyperthermophilic bacterium *Thermotoga maritima* MSB8. [ Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 81 (8), (2017), 1619-1626 ]Shin-ichi Hirano and Norio Matsumoto.

【特許】

●水素細菌の代謝制御方法 [特許公開番号 2017-93465] 平野伸一, 松本伯夫

# 博士・修士論文題目一覧 (平成29年3月・9月修了)

## 博士論文

【平成 29 年 3 月修了】 11 名

●富村 芽久美

「高校生の環境配慮行動を促すカリキュラムの研究」

指導教員：古川 柳蔵 准教授

●鎌 瑞恵

「欧州製品規制による法制度と電気・電子機器産業の環境調達管理の変化— RoHS/WEEE 指令を事例に—」

指導教員：古川 柳蔵 准教授

●海 蘭

「17 世紀前半におけるモンゴル語檔案文書の言語学的研究」

指導教員：栗林 均 教授

●WUYANGA

「18 世紀前半の蒙文木版仏典におけるモンゴル語の言語学的研究—蒙文『賢愚経』を事例として」

指導教員：栗林 均 教授

●申 有哲

“Thermal properties of perovskite type oxides  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 1.0$ ) (ペロブスカイト型酸化物  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$  ( $0 \leq x \leq 1.0$ ) の熱的性質)”

指導教員：川田 達也 教授

●鹿 晴晴

“Assessment of Heavy Metal Behaviors in River Water and Sediment in the Hokuroku Mining Area, Northeast Japan (東北日本, 北鹿鉱山地域における河川水と河川底質土壌の重金属挙動評価に関する研究)”

指導教員：土屋 範芳 教授

●易 利

“Advanced signal processing techniques for sparse array radar systems (スパースアレイ・レーダにおける信号処理技術)”

指導教員：佐藤 源之 教授

●菅野 佑介

「電気化学バイオ・材料計測に向けた電極アレイシステムの高機能化に関する研究」

指導教員：末永 智一 教授

研究指導教員：伊野 浩介 助教

●馬淵 隆

「 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  硫化物半導体ナノ粒子水溶液中合成法の開発とその塗布型太陽電池への応用」

指導教員：田路 和幸 教授

研究指導教員：高橋 英志 准教授

●佐藤 こずえ

「発光分光分析に基づく放電プラズマを用いた表面改質法の開発」

指導教員：我妻 和明 教授

●高橋 俊太郎

「ドライプロセス合成した白金基合金ナノ構造の酸素還元反応特性」

指導教員：和田山 智正 教授

【平成 29 年 9 月修了】 8 名

●福山 裕幸

「トップランナー制度が省エネ技術開発に果たす役割～冷蔵庫、エアコン、テレビを事例として～」

指導教員：古川 柳蔵 准教授

●Golam Saleh Ahmed Salem

“Evaluation of sustainable groundwater use for irrigation under climate change using hydro-economic integrating model (水文経済モデルによる気候変動下の持続的地下水灌漑の評価)”

指導教員：風間 聡 教授

●王 興偉

“Kinetic and surface chemical instability of (La, Sr)(Co, Fe)  $\text{O}_3$  ((La, Sr)(Co, Fe)  $\text{O}_3$  の速度論的および表面化学的不安定性)”

指導教員：川田 達也 教授

●Amila Thilanka KARUNATHILAKE

“An Implementation and Configuration of Ground Based Synthetic Aperture Radar for Environmental Monitoring (環境モニタリングのための地表設置型合成開口レーダの構成と設置)”

指導教員：佐藤 源之 教授

●崔 舸

“Characterization of dichlorobenzenes degrading consortia obtained from a contaminated site (汚染現場から得たジクロロベンゼン分解コンソーシアムの解析)”

指導教員：井上 千弘 教授

●高田 真之

「炭化タングステン基超硬合金の組成、組織、機械的性質の関係」

指導教員：松原 秀彰 教授

●MIR TAMZID RAHMAN

“Treatment of heavy metals from mine waste water by Mg-Al layered double hydroxide aiming to reduction of sludge volume (Mg-Al 系層状複水酸化物による鉱山廃水からの重金属除去と殿物減容化)”

指導教員：吉岡 敏明 教授

研究指導教員：亀田 知人 准教授

●小林 宙

「ニッケルコバルト混合硫化物の浸出反応に関する研究」

指導教員：福山 博之 教授

研究指導教員：大塚 誠 准教授



## 修士論文

### 【平成 29 年 3 月修了】 83 名

- 中木戸 涼  
“Factors of Willingness to Pay for Green Electricity in Japan(日本における再生可能エネルギー普及に対する支払許容額の要因分析)”  
指導教員：高橋 弘 教授
- 上戸 宙  
「災害現場におけるドローンを用いた土砂サンプリングに関する基礎的研究」  
指導教員：高橋 弘 教授
- 木村 達人  
「脱フッ素化した多層カーボンナノチューブ単体の引張強度」  
指導教員：田路 和幸 教授  
研究指導教員：佐藤 義倫 准教授
- 尾本 洋次  
「脱フッ素化を経由した欠陥再配列による単層カーボンナノチューブの電気特性」  
指導教員：田路 和幸 教授  
研究指導教員：佐藤 義倫 准教授
- 野々村 怜  
「化学修飾垂直配向多層カーボンナノチューブ電極を用いた電気二重層キャパシタに関する研究」  
指導教員：田路 和幸 教授  
研究指導教員：佐藤 義倫 准教授
- 白土 貴士  
「遮熱コーティング用多孔質ジルコニア膜の加熱処理による組織変化と焼結挙動の解析」  
指導教員：松原 秀彰 教授  
研究指導教員：上高原 理暢 准教授
- 塚田 慧  
「真空断熱材に用いるカーボン添加多孔質シリカの作製と特性評価」  
指導教員：松原 秀彰 教授
- 荒井 雄貴  
「窒素除去を目的とした微生物燃料電池の作製と評価」  
指導教員：井上 千弘 教授
- 魏 書君  
“Analysis of arsenate reductase gene expression in *Pteris vittata* (モエジマシダ)におけるヒ酸還元酵素遺伝子の発現解析)”  
指導教員：井上 千弘 教授  
研究指導教員：簡 梅芳 助教
- 工藤 宏史  
「ハクサンハタザオによるファイトレメディエーションー夏型作物との混作条件における土壤浄化の影響評価及び根分泌物による土壤重金属の可溶化の検討ー」  
指導教員：井上 千弘 教授

- 関 亜美  
「石炭フライアッシュ中微量有害元素の溶出とその抑制」  
指導教員：井上 千弘 教授
- 牧田 涼太  
「ヒ素超蓄積植物根圏の微生物とそのヒ素吸収への寄与」  
指導教員：井上 千弘 教授  
研究指導教員：簡 梅芳 助教
- 澤山 兼吾  
「河川環境の地質依存性と休廃止鉱山の影響評価」  
指導教員：土屋 範芳 教授
- 清水 正太  
「超臨界地熱貯留層のナチュラルアナログ研究」  
指導教員：土屋 範芳 教授
- 田中 寛人  
「シリカ溶解・析出による花崗岩き裂の構造と透水率変化に関する実験的研究」  
指導教員：土屋 範芳 教授  
研究指導教員：岡本 敦 准教授
- 一瀬 裕司  
「砕石脱水ケーキの球形骨材としての再資源化に関する研究」  
指導教員：高橋 弘 教授  
研究指導教員：里見 知昭 助教
- 増田 幸平  
「土砂非付着性バケットの開発に関する基礎的研究」  
指導教員：高橋 弘 教授  
研究指導教員：里見 知昭 助教
- 市村 力  
「油圧ショベルのバケットに作用する掘削抵抗力を用いた地盤強度評価に関する研究」  
指導教員：高橋 弘 教授  
研究指導教員：里見 知昭 助教
- 立花 すばる  
「打設型繊維質固化処理土工法の開発と処理土の強度特性に関する研究」  
指導教員：高橋 弘 教授  
研究指導教員：里見 知昭 助教
- 芦田 賢一  
「日本の都道府県における新国富指標に関する研究」  
指導教員：高橋 弘 教授
- 周 瑩  
“Estimation of Human Capital at the Province Level in China based on Inclusive Wealth Index (中国の各省における人的資本の評価)”  
指導教員：高橋 弘 教授
- 江川 基樹  
「高温・高圧環境下における水圧刺激による地熱貯留層の創成に関する研究」  
指導教員：高橋 弘 教授  
研究指導教員：坂口 清敏 准教授

- 桑折 智大  
「ジルコニア系電解質材料の高温機械特性評価」  
指導教員：川田 達也 教授
- 穴戸 康平  
「(La, Sr) (Co, Fe) O<sub>3</sub> における強弾性挙動の微視的評価」  
指導教員：川田 達也 教授
- 野田 俊介  
「プロトン導電性酸化物上での (La, Sr) CoO<sub>3</sub> 空気極の反応機構」  
指導教員：川田 達也 教授
- 羽賀 光紀  
「SOFC 用ニッケルサーメットの炭素析出耐性向上」  
指導教員：川田 達也 教授
- 野並 暖  
「(La, Sr) CoO<sub>3</sub> 電極の表面酸素ポテンシャル制御」  
指導教員：八代 圭司 准教授
- 赤羽根 宏樹  
「高温水蒸気電解セルの電極劣化機構の解明」  
指導教員：八代 圭司 准教授
- 千葉 洋  
「パルス同位体交換法による SOFC カソード材料の表面交換係数評価」  
指導教員：八代 圭司 准教授
- 趙 飛  
“Microstructural changes of porous nickel during low temperature oxidation (ニッケル多孔体の低温酸化時の微構造変化)”  
指導教員：八代 圭司 准教授
- 越前 壮一  
「CO<sub>2</sub> 地中貯留のためのドライアウト現象が岩石の孔隙と浸透特性に及ぼす影響に関する研究」  
指導教員：橋田 俊之 教授
- 玉木 格  
「多層カーボンナノチューブの熱処理による構造制御とその材料特性評価に関する研究」  
指導教員：橋田 俊之 教授  
研究指導教員：山本 剛 准教授
- 村岡 諒  
「中温作動型固体酸化物燃料電池用 Ni-Fe アノード材料の機械的信頼性評価に関する研究」  
指導教員：橋田 俊之 教授  
研究指導教員：佐藤 一永 准教授
- 草薙 輝  
“Relationships between porosity, single- and two-phase flow characteristics in vuggy carbonate rocks (バグを有する炭酸塩岩における孔隙特性と単相および二相流体流動特性との関係)”  
指導教員：駒井 武 教授  
研究指導教員：渡邊 則昭 准教授
- 佐藤 海里  
「多変量解析による堆積物ー河川水ー土壌における地球化学的特徴の抽出」

- 指導教員：駒井 武 教授
- 高城 雅樹  
「塗布型太陽電池形成を目的とした CIGS (Cu (In,Ga) Se<sub>2</sub>) 太陽電池材料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
- 鈴木 一平  
「微配線形成を目指した水分散 Cu ナノ粒子の新規積層技術の開発」  
指導教員：田路 和幸 教授  
研究指導教員：高橋 英志 准教授
- 照井 洋輔  
「錯体構造制御法を利用した Cu コア Pt シェルナノ触媒合成法の開発」  
指導教員：田路 和幸 教授  
研究指導教員：高橋 英志 准教授
- 川瀬 徳泰  
「環境制約の悪化に伴う新たな価値から創出する事業立案手法の研究」  
指導教員：古川 柳蔵 准教授
- 井上 彰  
「水圧負荷による断層すべりと地震発生機構に関する研究」  
指導教員：伊藤 高敏 教授
- 吉川 悠利  
「水圧による未固結地層フラクチャーの形成機構に関する研究」  
指導教員：伊藤 高敏 教授  
研究指導教員：清水 浩之 助教
- 楊 博  
“Fundamental Study on Passive Bistatic Radar Imaging using Digital Terrestrial Television Broadcasting Wave (地上デジタルテレビ放送波を利用したパッシブ・バイスタティック・レーダイメージングに関する基礎的研究)”  
指導教員：佐藤 源之 教授
- 山添 晃司  
「MPS 法による不定形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
- 佐藤 明香輪  
「静磁場印加電磁浮遊法による熔融 Ni-Al 合金の密度および放射率測定」  
指導教員：福山 博之 教授
- 四ノ宮 裕士  
「予備還元鉱石を用いた炭材内装鉱の還元反応促進」  
指導教員：葛西 栄輝 教授  
研究指導教員：村上 太一 准教授
- 星野 弘明  
「焼結鉱の還元反応に及ぼす水素分圧および雰囲気圧力の影響」  
指導教員：葛西 栄輝 教授  
研究指導教員：村上 太一 准教授
- 山下 晃司  
「炭材内装鉱の還元および熔融過程におけるリンの挙動」  
指導教員：葛西 栄輝 教授  
研究指導教員：村上 太一 准教授







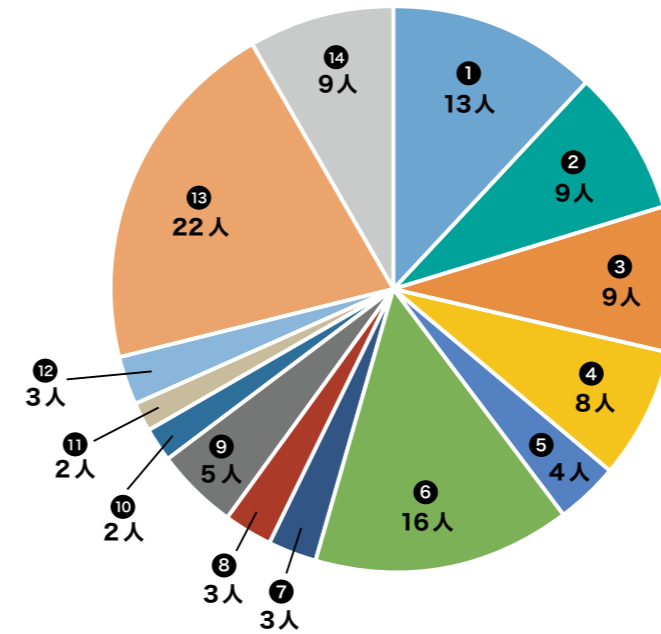
● CHRIST BANGUN DWI SAMEKTO

“Understanding requirements for satisfaction of Community-Based Settlement Reconstruction Program (防災集団移転促進事業における持続可能性の検討)”

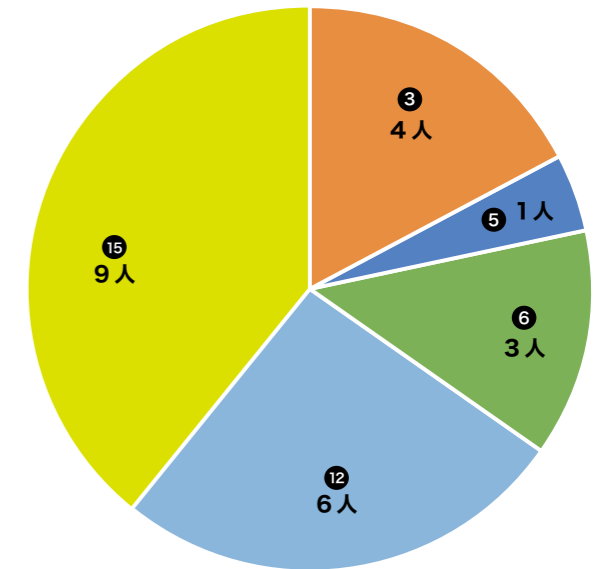
指導教員：小森 大輔 准教授

## 進路状況

KITECH, 国立大学法人東北大学, 原子力・新エネルギー庁カダラッシュ分所(フランス), 学校法人東北文化学園大学東北文化学園専門学校, 株式会社サステナブルデザイン研究所, 地方公務員(宮城県), 国立研究開発法人産業技術総合研究所茨城本部, 株式会社リコー, 三菱マテリアル株式会社, TANAKA ホールディングス株式会社, ソーラーフロンティア株式会社, ボッシュ株式会社, Ministry of Forestry (インドネシア), 東京ガス株式会社, 株式会社良品計画, 株式会社ジェイテクト, 東京電力エナジーパートナー株式会社, ダイハツ工業株式会社, 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構, 地方公務員(福島県), 東燃ゼネラル石油株式会社, 江崎グリコ株式会社, ジョンソン・エンド・ジョンソン株式会社, 日本電子株式会社, 石油資源開発株式会社, 日立造船株式会社, 株式会社村田製作所, JFE スチール株式会社, 日本国土開発株式会社, 東京電力株式会社, 日鉄鉱業株式会社, 王子コンテナ株式会社, ニチアス株式会社, 株式会社デンソー, 清水建設株式会社, 東レエンジニアリング株式会社, 東日本旅客鉄道株式会社, 電源開発株式会社, NOK 株式会社, 大阪ガス株式会社, ローランド株式会社, 岩谷産業株式会社, 株式会社豊田自動織機, JFE エンジニアリング株式会社, JX エネルギー株式会社, 新日鐵住金株式会社, 東北電力株式会社, 三菱電機株式会社, 日本精工株式会社, 三菱マテリアル株式会社, いすゞ自動車株式会社, トヨタ自動車株式会社, 住友金属鉱山株式会社, 本田技研工業株式会社, JX 金属株式会社, 信越化学工業株式会社, 住友電気工業株式会社, オルガノ株式会社, JX ホールディングス株式会社, 地方公務員(山形県), 株式会社日立製作所, 株式会社ニコン, 株式会社堀場テクノサービス, 東燃ゼネラル石油株式会社, 株式会社カネカ, 栗田工業株式会社, 株式会社クラレ, 日本製紙株式会社, 株式会社住化分析センター, 株式会社 IHI, AGC 旭硝子, 松田産業株式会社, パナソニック株式会社, 旭化成株式会社, 東海旅客鉄道株式会社, 日本工営株式会社, 東日本電信電話株式会社, 地熱エンジニアリング株式会社, Housing and Settlement Area Agency of Sleman Regency Government (インドネシア), 福山裕幸技術士事務所, フジクリーン工業, 日本特殊合金株式会社, Jahangirnagar University (バンラデシュ)



【2017年 修了者就職先 (MC)】



【2017年 修了者就職先 (DC)】

- |                          |                                  |                                |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| ① 製造業 化学工業、石油・石炭製品製造業    | ⑥ 製造業 その他の製造業 (電子部品・情報通信器具・食料品等) | ⑪ その他業種1 (情報通信・鉱業等)            |
| ② 製造業 輸送用機械器具製造業         | ⑦ 運輸業・郵便業                        | ⑫ その他業種2 (学術研究・専門技術サービス・学校教育等) |
| ③ 製造業 鉄鋼業、非鉄金属・金属製品製造業   | ⑧ 建設業                            | ⑬ 東北大学進学(博士)                   |
| ④ 電気・ガス・熱供給・水道業          | ⑨ 公務 国家・地方公務                     | ⑭ その他(就職活動、帰国、治療等)             |
| ⑤ 製造業 はん用・生産用・業務用機械器具製造業 | ⑩ 卸売業・小売業 卸売業・小売業                | ⑮ その他(ポストドク、学振研究員、海外等)         |



## 秋田県仙北市との協定締結

2017年8月1日、本研究科は秋田県仙北市と、地域社会におけるエネルギー、希少資源による産業振興及び教育の充実を図ることを目的とした連携協定を締結した。この協定に基づき、今後本研究科と仙北市は、それぞれの資源や機能等を活用しながら、連携協力して事業を展開する。仙北市田沢湖総合開発センターで14時から開催された締結式では、門脇光浩仙北市長と吉岡敏明研究科長、立会人として青柳宗五郎仙北市議会議員が協定書に署名し、固い握手を交わした。協定式に引き続いて開催されたシンポジウムでは、議会議員、電力関係者、仙北市内温泉事業者、教育関係者らが来場し、会場である田

沢湖総合開発センター大集会室(150名収容)はほぼ満員となった。登壇した土屋範芳教授、川田達也教授、香坂玲教授は、仙北市の持続可能な地域社会としての将来像について、それぞれの専門分野から講演を行った。参加した市民は、ユニークな温泉資源や希少資源、豊かな自然に恵まれた仙北市のエネルギー的な可能性について理解を深めた。本締結式と記念シンポジウムについては、7月11日に東北大本部よりプレスリリースを行った。当日は秋田魁新報社が取材に訪れ、8月5日(土)付紙上にて報道されている。

締結日：2017年8月1日

会場：秋田県仙北市田沢湖総合開発センター



## 「たまきさんサロン」を中心とした環境科学研究科と仙台市との連携活動

2016年4月の開所式以降、「たまきさんサロン」を中心として行われる公開講座や環境学習という形で、本研究科は仙台市との連携によるアウトリーチ活動を行っている。2017年は計6回の講座で環境科学研究科教員が講師を務めた。実施日と講座名、担当教員は下記の通りである。

2017年1月26日  
仙台市環境学習・水素で自動車模型を動かしてみよう  
和田山智正 教授  
参加者：25名



2017年5月13日  
携帯電話をとことん分解～電気電子機器に眠る金属資源～  
白鳥寿一 教授  
参加者：27名

2017年6月4日  
仙台商人、紙づくりの再生に挑む～天保飢饉後の生業作りと協働～  
佐藤大介 准教授  
参加者：12名

2017年7月27日、10月1日、12月26日  
木育ワークショップ(全3回)  
古川柳蔵 准教授  
参加者：30名、28名、26名



## 第43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43回環境フォーラムを開催した。今回は、3月に決定したSFTEE第8回奨学賞受賞者1名と研究奨励賞受賞者1名の記念プレゼンテーションと、高橋准教授によるナノ材料を工業材料に応用する技術等についての講演が行われた。

日時：2017年5月19日 16:00-17:15

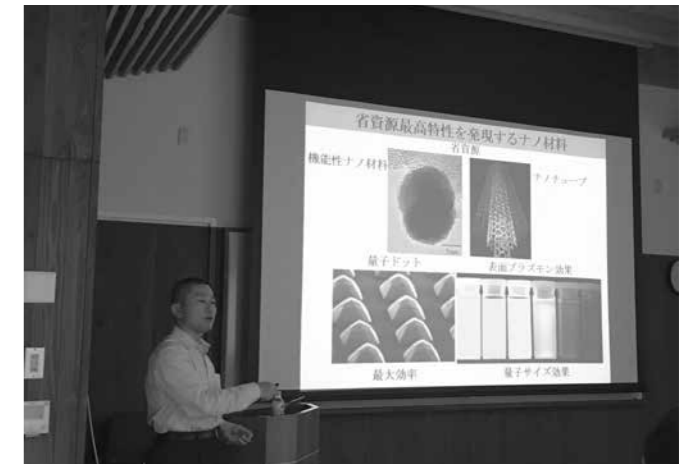
会場：環境科学研究科エコロラボ第4講義室

内容：

窒素含有炭素ナノ触媒材料の最適構造設計に向けたアプローチ  
横山幸司(D2)

低環境負荷な手法によるナノ構造化熱電材料の作製 / 横山俊 助教  
機能性合金ナノ材料の省エネルギー・省資源・低コスト合成法の開発  
高橋英志 准教授

参加者：20名



## みやぎ県民大学 大学開放講座「科学の目で見える環境とリサイクル」

「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、「科学の目で見える環境とリサイクル」と題し、現代における地球環境問題の概要を取り上げながら、環境保全と循環型社会の構築に必要な技術について講義した。

日時：2017年6月30日～7月28日 毎金曜日 17:30-19:00

会場：環境科学研究科本館

内容：

第1回(6月30日)：金属リサイクルの現状と課題

コマロフ セルゲイ 教授

第2回(7月7日)：ダイオキシン汚染、環境ホルモンの今

葛西栄輝 教授

第3回(7月14日)：水素エネルギー最前線

折茂慎一 教授

第4回(7月21日)：極微量分析と環境評価

我妻和明 教授

第5回(7月28日)：水素社会の実現に向けた要素技術としての触媒開発—燃料電池自動車を例として

和田山智正 教授

参加者：12名





## 環境科学研究科「研究交流会」

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」を開催している。研究交流会で行われる発表は、単なる研究発表ではなく、

研究の背景や研究思想を中心とするところに特徴がある。また、参加者が紙に記入したコメントを後日発表者に渡してフィードバックを図ることで、双方向性が担保されている。2017年に実施された2回は前年と同じく発表者6名(発表20分、質疑10分)で行われた。今後、さらに研究交流会を有益なものとするため、学生の積極的な参加をいかに図るかが課題といえよう。

### ◆研究交流会 2017 夏

日時: 2017年8月4日

会場: 環境科学研究科本館大講義室

発表:

国際エネルギー資源学

/ Gregory Trencher 准教授

国際エネルギー資源学 / Kyle Bahr 助教

地殻エネルギー抽出学 / 伊藤高敏 教授

金属資源循環システム学 / 柴田悦郎 教授

歴史環境学 / 佐藤大介 准教授

内陸アジア地域論 / 岡洋樹 教授

参加者: 58名



### ◆研究交流会 2017 冬

日時: 2017年12月22日

会場: 環境科学研究科本館大講義室

発表:

機能性粉体プロセス学 / 加納純也 教授

環境物質政策学 / 下位法弘 准教授

環境材料分析学 / 我妻和明 教授

環境材料政策学 / 鳥羽隆一 教授

水素機能システム材料学 / 折茂慎一 教授

新日鐵住金連携講座(環境適合材料創製学)

/ 佐藤有一 教授

参加者: 44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集会等を、研究科のオーソライズされた形式自由な研究集会として研究科内外に広く公開するものである。講演者は海外研究者、学外研究者等多彩で、いずれも活発な議論が行われており、科内の環境科学研究の活性化に寄与している。開催100回を迎えた本年1月30日の回では、本学法学部OBでもある環境省 総合政策局の奥主善美局長をお招きし、温暖化問題について行政の現場ではどのようなアプローチがなされているかをお話し頂いた。2017年に開催されたコロキウム環境は下記の通りである。

第99回 World Disaster and Human Security –世界の災害と人間の安全保障–

日時: 2017年1月17日 16:30-19:30

発表: 竹谷公男 氏 国際協力機構 上席国際協力専門員(東北大学特任教授)

山田正 教授 中央大学理工学部(水文水資源学会 前会長)

参加者: 44名

第100回 地球温暖化対策の現状と課題について

日時: 2017年1月30日 13:30-15:00

発表: 奥主善美 氏 環境省 総合環境政策局 局長

参加者: 51名



第101回 The 7th IELP Meeting and Special Seminar "Recycling Materials and Resources"

日時: 2017年3月13日 9:00-15:20

発表: Recovery of Metal Values from Photovoltaic Ribbon of Spent Solar Module / Prof. Jei-Pil Wang, Department of Metallurgical Engineering, South Korea

Performance and analyses of thick soft clay deposit improved by PVD with surcharge preloading and vacuum consolidation / Prof. Nguyen Minh Tam, Vietnam National University

Improvement of recycled aggregate concrete properties by coating pozzolanic materials / Prof. Shun Myung Shin, KIGAM, South Korea

参加者: 参加者 36名

第102回 国連大学 東北大学 研究交流会

日時: 2017年3月21日 9:30-15:45

発表: 本学の取り組み紹介 / 香坂玲 教授, 小森大輔 准教授

国連大学 IAS の活動・研究ご紹介 / 真砂佳史 氏 国連大学リサーチフェロー

国連大学 IAS OUIK 活動紹介 / 永井三岐子 氏 国連大学 事務局長, 飯田義彦 氏 国連大学 研究員

国連大学グローバルヘルス研究所の活動, 研究内容 / 堤敦朗 准教授 国連大学

本学 医学研究科について 発表・コメント / 押谷仁 教授 東北大学・医, 江川新一 教授 東北大学・医

参加者: 20名



第103回 Monitoring and Reinforcement of Ground Subsidence in Abandoned Mine Area

日時: 2017年4月4日 10:00-11:30

発表: Prof. Chung-In LEE, Seoul National University

参加者: 23名

第104回

日時: 2017年5月9日 15:00-17:10

発表: 内生微生物との相互作用を介した植物の重金属耐性: リョウブススキを例として / 山路恵子 准教授 筑波大学

ファイトレメディエーション適用技術の新展開 –電気化学・数理統計の応用– / 菅原一輝 助教 成蹊大学

PETISによる亜鉛高蓄積植物ハクサンハタザオのZn吸収挙動の解析 / 黄毅 研究員

参加者: 26名

第105回 気候変動枠組条約で何が交渉されているのか –REDD+の最前線を現役官僚が分かりやすく解説–

日時: 2017年6月7日 13:30-14:30

発表: 大仲幸作 氏 林野庁 海外林業協力室

参加者: 20名

第106回 地域内の木質エネルギーを活用した、しいたけ生産による林業の6次産業化

日時: 2017年6月14日 13:30-14:30

発表: 日富和孝 氏 久慈バイオマスエネルギー(株) 代表取締役

参加者: 18名

第107回 グリーンインフラの潮流

日時: 2017年6月26日 11:00-11:45

発表: 西田貴明 氏 三菱UFJリサーチ & コンサルティング(株)

参加者: 16名

第108回 良き生のための知財・地理的表示の活用

日時: 2017年8月3日 11:15-12:30

発表: Prof. Madhavi Sunder, University of California, Davis, School of Law

参加者: 18名

第109回 環境問題解決に向けた超学際科学の方法論とエビデンス提示

日時: 2017年9月19日 13:30-14:45

発表: 超不確実性(hyper uncertainty) 社会における問題解決のための科学: 超学際科学とその実践例 / 石井敦 准教授

関与物質総量を通じた「食」に関する資源強度の可視化 / 山末英嗣 准教授(立命館大学)

参加者: 15名

第110回 Synthetic Biology: a new approach to bioenergy technology

日時: 2017年10月5日 15:00-16:30

発表: Dr. 張瑞仁 台湾中国医薬大学 医学研究所

参加者: 32名



第 111 回 Ecology of hydrocarbon degrading microbial communities in coastal environments  
日 時：2017 年 10 月 12 日 15:00-16:30  
発 表：Prof. Robert Duran, Université de Pau et des Pays de l'Adour Equipe Environnement et Microbiologie  
参加者：27 名

第 112 回 Healthy People, Sustainable Planet  
日 時：2017 年 11 月 13 日 16:20-18:20  
発 表：Mr. Hiroyuki Tsutsumi, President & CEO, Philips Japan  
参加者：118 名



## 関西創価高校ワークショップ

文部科学省スーパーグローバルハイスクールの指定を受け「TRY 人（じん）の郷・交野から平和の創造に挑戦するグローバルリーダー育成プログラム」を実施する関西創価高等学校の 1～2 年生 20 名を対象に、ディベート形式のワークショップを行った。ワークショップの進行は和田山教授が行い、小講義「なぜ地球環境問題についてディベートを通して学ぶか？」を通じてワークショップの意義を共有した後、4 グループに分かれて 2 試合のディベートが行われた。テーマは事前の選定により「既存の原子力発電所は積極的に再稼働すべきである」と「CO<sub>2</sub>の地下貯留を推進すべきである」の 2 題であった。



日 時：2017 年 3 月 21 日 9:00-11:30  
会 場：エコラボ第 4 講義室

## 環境科学研究科オープンキャンパス

2017 年 7 月 25 日と 26 日の 2 日間、東北大学オープンキャンパスが開催された。環境科学研究科を訪れた計 1950 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に理解を求めた。  
2017 年の研究紹介展示は下記の通りである。

大気環境を左右する微量成分の観測的研究 / 村田研究室  
環境ナノ材料 ー太陽光で水素を作るナノ光触媒 / 廃熱から電気を作る熱電変換ナノ材料 / 省資源高機能ナノ材料ー / 田路研究室  
地殻環境・エネルギー技術の新展開 / 高橋・坂口研究室  
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  
地圏環境の今 ーエネルギー・資源・リスク評価ー / 駒井研究室  
電波科学による地球計測 / 佐藤（源）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  
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  
次世代型ライフスタイル創成に貢献できる機能性複合材料の開発 / 佐藤（義）研究室  
環境負荷低減のための電子デバイス創製 / 鳥羽研究室・下位研究室  
新たな水素社会を実現する粉体プロセス技術 / 加納研究室

国土強靱化と循環型社会の構築を目指してー建設副産物の再資源化・環境調和型開発システムー / 高橋（弘）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・生命と調和する材料の開発 / 松原研究室  
地球に優しい環境保全技術 / 井上研究室  
生き物と私たちの暮らし・社会 微生物から特許が生まれる？ / 香坂研究室  
サプライチェーンを通じた資源の流れと環境影響 ーリンはどこから来て、どこへ行くのか？ー / 松八重研究室  
地殻エネルギー・資源のフロンティアへの挑戦 / 土屋研究室  
ライフスタイル変革のイノベーション / 古川研究室  
大都市における既存建築物の省エネ化を目指した施策分析：ポリシー・ミックスの役割 / トレンチャー研究室  
持続可能環境の実現「社会にインパクトある研究」

また、公開講座として、土屋研が実施する小中学生を対象とした実験講座「岩石の中をのぞいてみる」、駒井・渡邊研による「土と水 ー地盤の不思議とピカピカな世界ー」、古川研による一般対象の「落語で学ぶ未来の暮らし方」「ネイチャーテクノロジー&木育ワークショップ」が開催された。特に実験系の講座では事前に定員に達する盛況となった。



## 入試説明会

2017 年は、秋入試のための説明会を 2 回、春入試のための説明会を 2 回開催した。各回ともに、明日香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。

### ◆春期入試説明会

東京会場：6 月 7 日 18:30-20:30  
東北大学東京分室  
参加者 11 名  
仙台会場：5 月 27 日 13:00-15:00  
環境科学研究科本館  
参加者 10 名

### ◆秋季入試説明会

東京会場：11 月 29 日 18:30-20:30  
東北大学東京分室  
参加者 4 名  
仙台会場：12 月 2 日 13:00-15:00  
環境科学研究科本館  
参加者 15 名

## 第40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。2017 年は新潟大学の主幹による第 40 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：2017 年 7 月 7 日（金）  
会 場：新潟大学駅南キャンパス「ときめいと」講義室 A  
出席者：環境省 1 名、24 大学 45 名  
（本研究科からは研究科長、事務室長が参加）

講 演：  
トキの保護に関する取組  
/ 植田明浩 氏 環境省自然環境局野生生物課長  
森からの警告ー野生生物の生態と被害の現状ー  
/ 箕口秀夫 教授 熊本大学  
北極海氷減少と、その気候学的影響  
/ 浮田基郎 教授 熊本大学

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  
競争的資金で実施したプロジェクトの継続性維持の方策に関する検討結果について  
外国人留学生への支援内容・体制の整備や、留学生を受け入れやすい環境づくり、英語による授業科目の開講状況などについて  
環境科学人材の輩出について  
次回本会議の開催について



## 国際協力・交流関連

### [ RESDプログラム2017 ]

RESDプログラム (Regional Environmental and Sustainable Development) とは、本学、京都大学、東京大学、中国の清華大学、同済大学、韓国のKAIST (韓国化学技術院)、POSTECH (浦項工科大学)、GIST (光州科学技術院) の間で2008年に開始された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る。2017年は、2017年7月5日～7月26日の期間において、韓国POSTECH、KAIST、中国清華大学、同済大学、東北大学で各国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。

また、本年はRESDプログラムの10周年という節目を迎え、7月21日に記念シンポジウムを東北大学にて開催し、10年を振り返りさらなる継続のための調印セレモニーを行った。



### [ 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り、現在6ヶ所にリエゾンオフィスを設置している (西安建築科技大学、上海交通大学、ホーチミン市工科大学、マレーシア工科大学、バンドン工科大学、ガジャマダ大学)。

2017年は、2月24日にタイ・カセサート大学工学部長および工学部関係教員らが来訪し、環境科学研究科との部局間協定を締結した。このことにより、アジア地域の研究交流、共同研究、教員・学生の受け入れの活発化に一層期待が高まった。

同2月27日にはバンドン工科大学 (ITB) において「TOHOKU UNIVERSITY Environmental Studies Seminar 2017 in ITB」を開催した。このセミナーには東北大学から植木理事、吉岡環境科学研究科長の他10名の研究者と、ITBやガジャマダ大学、ブラウイ

ジャヤ大学、パジャジャラン大学、インドネシア大学、ボゴール農科大から約50名の研究者が出席した。インドネシアにおける環境科学研究、東北大学におけるインドネシア研究、東北大学とインドネシアとの国際交流に関するプレゼンテーションの他、国際共同大学院設立に向けた教育プログラムに関するパネルディスカッションを行い、活発な議論が展開された。また、ITBにおける環境科学研究科リエゾンオフィス設置に関するMOU (部局間協定期間延長の覚書) をITB土木環境工学科と締結した。同日夕方には東北大学を卒業したインドネシア人同窓生を招き交流会を実施した。

3月21日には新たにドイツの国連大学 環境・人間の安全保障研究所と学術交流協定を締結した。これは、本研究科が参画する「国際共同大学院」の構想に寄与するもので、本協定の締結により、人間の安全保障に関わる幅広い分野において、国際的視野と高度な専門性を有する人材を育成する基盤が築かれた。





環境科学研究科が協定締結に中心的な役割を果たしている海外機関

国	相手先大学等	協定	交流内容
アメリカ	コロラド鉱山大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
	アメリカ合衆国国際教育協会	大学間協定	学生交流
イタリア	ミラノ工科大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
インドネシア	ガジャマダ大学	部局間協定	研究交流
	バンドン工科大学	部局間協定	研究交流
	バンドン工科大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
	ブラウィジャヤ大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
	ボゴール農科大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
オーストラリア	オーストラリア国立大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
カナダ	ウォータールー大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
韓国	韓国科学技術院	大学間協定	リエゾンオフィス設置
スウェーデン	チャルマース大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
スペイン	バリアドリッド大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
タイ	アジア工科大学院	大学間協定	研究交流, 学生交流
	カセサート大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
中国	西安建築科技大学	部局間協定	研究交流, 学生交流
	上海交通大学	部局間協定	研究交流, 学生交流
	東北大学 (瀋陽)	大学間協定	研究交流, 学生交流
	同済大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
	同済大学環境科学工程院	部局間協定	学生交流覚書
清華大学環境科学工程院	部局間協定	学生交流覚書	
台湾	国立成功大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
ニュージーランド	オークランド大学	大学間協定	研究交流
ベトナム	ホーチミン市工科大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
マレーシア	マレーシア工科大学	部局間協定	研究交流
モンゴル	モンゴル科学技術大学	大学間協定	研究交流, 学生交流
ロシア	ロシア科学アカデミー極東支部	大学間協定	研究交流, 学生交流
ドイツ	国連大学 人間・環境の安全保障研究所	大学間協定	研究交流



# 索引

氏名	役職	ページ	氏名	役職	ページ			
あ	相田 卓	助教	52	た	高橋 英志	准教授	22	
	浅沼 宏 (産業技術総合研究所)	客員教授	64		高橋 弘	教授	14	
	壹岐 伸彦	教授	56		張 銘 (産業技術総合研究所)	客員教授	64	
	伊野 浩介 (工学研究科)	助教	50		土屋 範芳	教授	12	
	井上 久美	講師	50		田路 和幸	教授	22	
	井上 千弘	教授	10		轟 直人	助教	58	
	内山 愉太	助教	32		鳥羽 隆一	教授	34	
	宇野 正起	助教	12		トレンチャー グレゴリー	准教授	24	
	梅木 千真	助教	22		な	中島 英彰 (国立環境研究所)	客員教授	62
	大橋 隆宏	助教	34			中村 謙吾	助教	20
	岡崎 潤 (新日鐵住金株式会社)	客員教授	60			は	パール カエル	助教
	岡本 敦	准教授	12		平野 伸夫		助教	4
か	葛西 栄輝	教授	40	藤崎 成昭	教授		28	
	風間 聡 (工学研究科)	教授	44	古川 柳蔵	准教授		26	
	上高原 理暢	准教授	8	ま	町田 敏暢 (国立環境研究所)		客員教授	62
	亀田 知人 (工学研究科)	准教授	46		末永 智一	教授	50	
	唐島田 龍之介	助教	56		松八重 一代	教授	30	
	川田 達也	教授	18		松原 秀彰	教授	8	
	簡 梅芳	助教	10		松本 伯夫 (電力中央研究所)	客員准教授	66	
	楠 一彦 (新日鐵住金株式会社)	客員教授	60	丸岡 大佑	助教	40		
	熊谷 将吾	助教	46	三橋 正枝	助手	26		
	熊谷 明哉 (材料科学高等研究所)	助教	50	村上 太一	准教授	40		
	グラウゼ ギド	准教授	10, 24	村田 功	准教授	42		
	香坂 玲	教授	32	村松 眞由	助教	18		
駒井 武	教授	20	や	八代 圭司	准教授	18		
コマロフ セルゲイ	教授	54		山本 卓也	助教	54		
小森 大輔	准教授	44		横山 俊	助教	22		
さ	齋藤 優子	特任助教		46	吉岡 敏明	教授	46	
	坂口 清敏	准教授		16	吉川 昇	准教授	54	
	坂本 靖英 (産業技術総合研究所)	客員准教授	64	ら	李 玉友 (工学研究科)	教授	44	
	佐藤 有一 (新日鐵住金株式会社)	客員教授	60		わ	渡邊 則昭	准教授	20
	佐藤 義倫	准教授	6			渡邊 賢 (工学研究科)	准教授	52
	里見 知昭	助教	14			渡部 良朋 (電力中央研究所)	客員教授	66
	珠玖 仁 (工学研究科)	教授	50			和田山 智正	教授	58
	下位 法弘	准教授	34	わ		渡邊 則昭	准教授	20
	白岩 佳子	助手	34		渡邊 賢 (工学研究科)	准教授	52	
	白鳥 寿一	教授	34		渡部 良朋 (電力中央研究所)	客員教授	66	
	鈴木 敦子	助教	48		和田山 智正	教授	58	
	スミス リチャード	教授	52		渡邊 則昭	准教授	20	
関根 良平	助教	38	渡邊 賢 (工学研究科)	准教授	52			



# 環境科学研究科事務室職員

---

事務室長 齋藤 建一

---

総務係 係長 阿部 武浩  
中村 緑  
玉手 理絵  
鹿野 美里  
二階堂 敦子  
館 智恵  
高橋 弘恵  
林 睦

---

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：広報室

発行日：2018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/>