



秋田大学

地方創生センター

平成29年度年報

Akita University

Center for Regional Revitalization in Research and Education

Annual Report 2017.4 - 2018.3

平成29年度 秋田大学地方創生センター 目 次

1. センター長挨拶（巻頭言）	3
2. 地方創生センター運営会議及び専門委員会等の構成	4
3. 地域協働・防災部門	6
(1) 地域連携事業・地域防災事業	
(2) 社会貢献事業	
(3) 地域課題の解決を目指した学生自主プロジェクト	
(4) 専任教員業務	
4. 地域産業研究部門	30
(1) 資源開発・環境リサイクル研究開発事業	
(2) 新素材・機能性材料開発研究事業	
(3) 機械システム・電気デバイス系研究開発事業	
(4) 新エネルギー開発研究事業	
(5) 航空宇宙産業研究事業	
(6) 医理工連携産業研究開発事業	
(7) 専任教員業務	
5. 地方創生センター研究員の構成と研究テーマ	105
(1) 教員等研究員	
(2) 大学院学生研究員	
(3) 博士研究員	
6. 地方創生センター研究員の研究成果および活動実績	108
(1) 研究成果集	
(2) 研究実績	
① 学術論文	
② 学会発表	
(3) 活動実績	
① 地域貢献・社会貢献	
② 特許登録	
③ 受賞等	
7. 地方創生センターの研究設備等一覧	248
(1) 設備管理専門委員会報告	
(2) 地方創生センター1号館	
① 研究設備一覧	
② 研究設備利用実績	
(3) 地方創生センター2号館	
① 機器設備等一覧	
② 機器設備等利用実績	

1. センター長挨拶（巻頭言）

平成30年度 地方創生センター長 志 立 正 知

平成28年4月に発足した地方創生センターも、活動を始めてから2年が経過しました。前身となったのは、地域協働部門と地域防災部門からなる「地域創生センター」、研究成果による地域産業の振興を企図した「ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー」「ベンチャーインキュベーションセンター」などの諸機関でした。これらを再編統合した本センターは、地域貢献活動を担う「地域協働・防災部門」と、産学連携を担う「地域産業研究部門」を2本の柱として活動を続けて参りました。

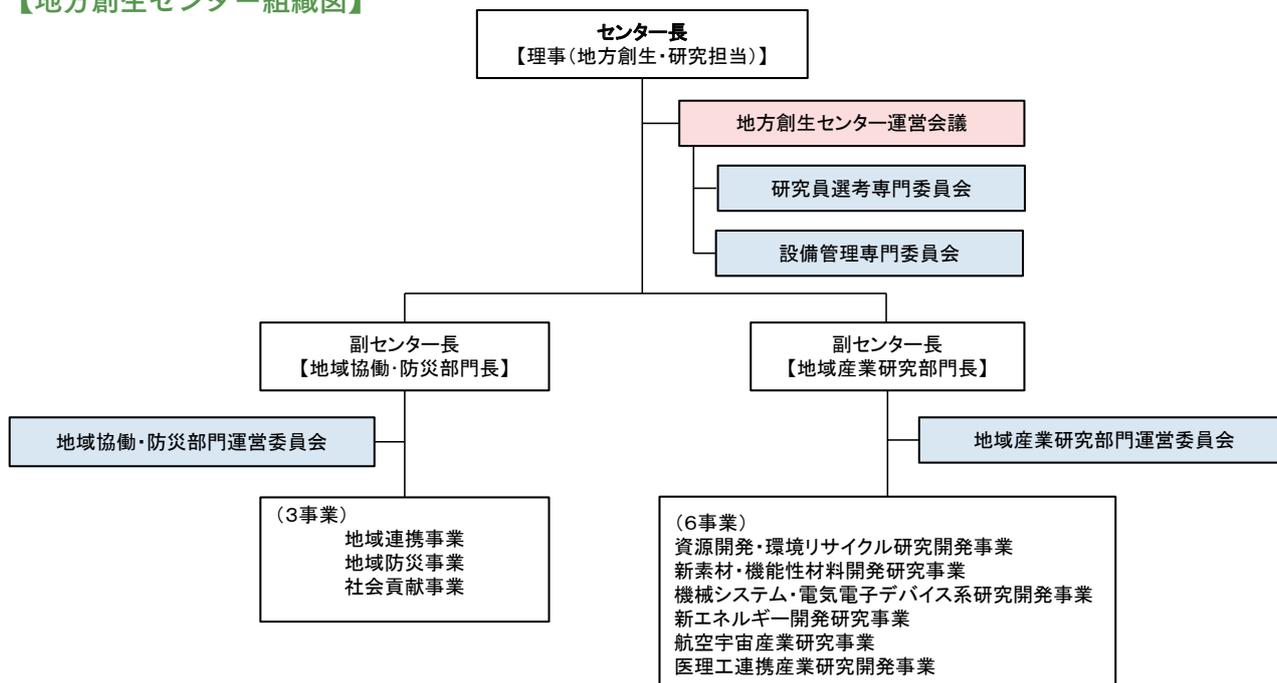
ご存知のように、秋田県は全国で最も急速に人口が減少し、少子高齢化が進んでいる地域です。県内の各地で地域の高齢化が進行し、コミュニティの維持が危ぶまれる状況となっております。「地域協働・防災部門」は、大学のもつさまざまなシーズを活用しながら、こうした地域の抱える課題解決を支援していこうという部門です。大学の知を地域社会に還元する公開講座や、大学を地域に開かれたものとするための大学見学会、地域交流市、小中学生を対象とした防災教育、高齢者の健康管理支援、交流人口の拡大への支援などの事業を、県内各地に設置された3つの分校（横手分校・北秋田分校・男鹿なまはげ分校）と協力しながら実施して参りました。また平成29年度からは、新たに学生団体が自主的に地域に出て活動する「学生自主プロジェクト」を実施、これによって学生による地域貢献活動を支援していこうとの試みを始めています。

一方、人口減少、少子高齢化によって縮小傾向にある秋田県の産業振興のために、大学の研究力を使って協力しようとの試みているのが、「地域産業研究部門」です。秋田県が施策として掲げるさまざまな産業振興策に呼応する形で、「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」「新素材・機能性材料開発研究事業」「機械システム・電気電子デバイス系研究開発事業」「新エネルギー開発研究事業」「航空宇宙産業研究事業」「医理工連携産業研究開発事業」の6分野の研究開発・地域産業化事業を展開してきております。まだまだ萌芽的な段階から、あと一歩で産業化が見えてくるという段階まで、研究の進捗状況はさまざまではありますが、これによって何とか秋田県に新たな産業分野を生み出すことができないかと取り組んでいるところです。

本報告書は、平成29年度に本センターが行なったさまざまな活動内容をまとめたものです。まだまだ不十分なところも多々あるかと思いますが、大学も精一杯地域のために活動して参りたいと考えておりますので、今後ともご支援の程、よろしくお願い申し上げます。

2. 地方創生センター組織及び運営会議・専門委員会等の構成

【地方創生センター組織図】



【運営会議】

氏名	職名等
◎小川 信明	地方創生センター長
志立 正和	地方創生センター副センター長（地域協働・防災部門長）
田島 克文	地方創生センター副センター長（地域産業研究部門長）
藍澤 淑雄	国際資源学研究科 准教授
林 良雄	教育文化学部 教授
中村 順子	医学系研究科 教授
神谷 修	理工学研究科 教授
有明 順	秋田産学官ネットワーク産学官連携シニアコーディネータ
柴山 敦	国際資源学研究科 教授

◎は議長

【地域協働・防災部門運営委員会】

氏名	職名等
◎志立 正知	地域協働・防災部門長
水田 敏彦	地方創生センター教授
鎌滝 孝信	地方創生センター准教授
根岸 均	横手分校長
濱田 純	北秋田分校長
茂木 優	男鹿なまはげ分校長
保坂 正智	地方創生センター兼務教員（教育文化学部特任准教授）

◎は委員長

【地域産業研究部門運営委員会】

氏 名	職 名 等
◎田 島 克 文	地域産業研究部門長
丹 野 剛 紀	地方創生センター 准教授
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
寺 境 光 俊	理工学研究科 教授
洪 谷 嗣	理工学研究科 教授
三 島 望	理工学研究科 教授
神 谷 修	理工学研究科 教授
巖 見 武 裕	理工学研究科 教授

◎は委員長

【研究員選考専門委員会】

氏 名	職 名 等
◎小 川 信 明	地方創生センター長
志 立 正 知	地方創生センター副センター長（地域協働・防災部門長）
田 島 克 文	地方創生センター副センター長（地域産業研究部門長）
水 田 敏 彦	地方創生センター 教授
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
林 良 雄	教育文化学部 教授

◎は委員長

【設備管理専門委員会】

氏 名	職 名 等
◎田 島 克 文	地域産業研究部門長
丹 野 剛 紀	地方創生センター 准教授
神 谷 修	理工学研究科 教授
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
吉 村 哲	理工学研究科 准教授

◎は委員長

3. 地域協働・防災部門

(1) 地域連携事業・地域防災事業 大学・自治体間交流

秋田大学地域交流朝市（地域交流ひろば）

- 主 催 地方創生センター
共 催 ①北秋田市、男鹿市、美郷町、仙北市、東成瀬村、湯沢市
②北秋田市、男鹿市、潟上市、横手市、仙北市、湯沢市
実 施 日 ①平成29年5月20日（土）
会 場 秋田大学インフォメーションセンター前広場
実 施 日 ②平成29年10月28日（土）
※地域交流ひろばとして実施
会 場 秋田大学インフォメーションセンター前広場

秋田大学が連携協定を締結している自治体の協力を得て実施。各自治体の名産品や特産品を販売することで、大学と自治体との連携を深めるとともに、近隣住民が秋田大学へ気軽に足を運ぶ機会を設けることを目的とした事業である。本学学生が「地域協力サポーター」として、事前に自治体へ伺って学習してきた商品知識を活かしながら販売を手伝いました。

10/28開催の「地域交流ひろば」は、これまで計6回開催した交流朝市をリニューアルして開催。学生が県内各地で活躍している姿を情報発信する事業として実施した。



秋田県との連携事業

「学校安全外部指導者派遣事業」における出前講義

- 主 催 秋田県教育庁保健体育課
共 催 地方創生センター
講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦、准教授 鎌滝孝信
受 講 者 数 全15会場 計1,472名

横手市大森保育園	6月22日	大仙市立太田中学校	9月12日
秋田市川添保育園	6月27日	秋田県立雄勝高等学校	9月27日
男鹿市立潟西中学校	7月 6日	秋田県立湯沢翔北高等学校	10月 4日
能代市立第四小学校	7月12日	潟上市昭和東保育園	10月11日
鹿角市立十和田小学校	7月13日	秋田市ウェルビューいずみこども園	10月19日
能代市立浅内小学校	7月20日	鹿角市立大湯小学校	11月 8日
にかほ市立象潟小学校	8月 1日	秋田県立横手高等学校定時制	11月15日
秋田県立仁賀保高等学校	8月 2日		



県内の幼・保・小・中・高等学校において今後災害が発生した場合においても正しい知識を持って避難ができる児童・生徒を育てることを目的として、出前授業や防災訓練指導等を実施している。

「自主防災組織育成指導者研修会」における出前講義

主催 秋田県総務部総合防災課
共催 地方創生センター
講師 地方創生センター 教授 水田敏彦、准教授 鎌滝孝信
実施日 平成29年10月17日（火）、25日（水）、11月9日（木）、16日（木）、20日（月）、21日（火）
会場 男鹿市、五城目町、鹿角市、美郷町、北秋田市、井川町
参加者数 全6会場 計255名

県内各市町村の町内会長、自主防災組織の長らを対象に、地域の特性や課題を踏まえた防災に関する講話と実践型研修を行った。水田教授・鎌滝准教授は県内で過去に発生した地震災害に関する解説、地震・津波の発生メカニズムやそれらから命を守るための心構えについて講話を行った。

大館市との連携事業

【秋田大学北秋田分校事業】※詳細はHPをご覧ください。 <http://www.akita-u.ac.jp/honbu/k-bunko/wakwakukidomoshikagakujiyuu>

共催 北秋田分校、大館・北秋田理科教育研究会
実施日 平成29年10月1日（日）
会場 大館市立有浦小学校体育館

身の回りにある材料を用いて実験することで、子どもたちに科学を身近に感じ興味を深めてもらい、ひいては、科学好き児童を増やし理系に強い生徒育成につなげようと平成23年度から開催している。



能代市との連携事業

能代市総合計画市民協働会議の運営支援事業

事業形態 能代市から秋田大学への業務委託
委託期間 平成29年7月4日（火）～平成30年1月31日（水）
担当教員 教育文化学部地域社会・心理実践学講座 講師 荒井壮一、教授 和泉浩
参加学生数 5名

能代市の最上位計画「第2次能代市総合計画」の策定と推進を図るため、能代市からの要請を受け、同市が立ち上げた市民協働会議の運営に関する支援を行ったもの。具体的には、本学教育文化学部地域社会・心理実践学講座の教員が、市民協働会議が行う現行計画の評価及び第2次計画案の将来像・基本理念等の策定に関する指導・助言を行うとともに、最終報告書を取り纏めて能代市に提出した。また、同講座の学生5名が、教員の指導の下、計7回にわたり協議会に参加し、会議運営に参画した。

介護福祉職のためのフィジカルアセスメント

「医療的マインドをもった介護職講座」 ～医療につなぐ新しい介護の視点～

主 催 医学系研究科
附属地域包括ケア・介護予防研修センター
共 催 地方創生センター
協 力 能代市市民福祉部地域包括支援センター
実 施 日 平成29年11月8日（水）
会 場 能代山本広域交流センター
担 当 講 師 日本赤十字秋田短期大学 教授 高橋美岐子
医学系研究科附属地域包括ケア・介護予防研修センタースタッフ

参加者数 14名

介護福祉に関わる方を対象に「医療につなぐための新しい介護の視点」をテーマに講座を開催した。講座ではどのような視点を持って介護すればよいのかをフィジカルアセスメント（※問診・打診・視診・触診などを通して、実際に患者の身体に触れながら、症状の把握や異常の早期発見を行うこと）の観点から解説した。



横手市との連携事業

メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト

主 催 地方創生センター
共 催 横手市
実 施 日 平成29年11月21日（火）
会 場 増田地区多目的研修センター
カフェマスター 医学系研究科 教授 尾野恭一
講師医学部附属病院胸部外科 講師 今井一博
教育文化学部教育実践講座 教授 高崎裕治

参加者数 約40名

横手市及び近隣市町村の住民を対象に「高齢社会を明るく元気に生きる」をテーマに講演会を横手市との共催で開催した。飲み物や軽食を楽しみながらカフェのようなくつろいだ雰囲気の中、医学や健康について医学部附属病院、教育文化学部の2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行った。



【秋田大学横手分校事業】※詳細はHPをご覧ください。<http://www.akita-u.ac.jp/honbu/y-bunko/>

秋田大学オフィシャルいぶりがっこ「いぶりばでい」づくり

主 催 秋田大学横手分校
協 力 農家民宿三又長右衛門 高橋暁氏、高橋篤子氏
実 施 日 平成29年8月～平成30年2月
参 加 者 数 秋田大学生11名

平成21年度より3年間実施した「秋田大学オフィシャルいぶりがっこ製造プロジェクト」から誕生した本学オリジナルのいぶりがっこ「いぶりばでい」づくりを継続して活動をしている。



大学生・高校生教職体験プログラム「教育ミニミニ実習」

主 催 秋田大学横手分校
後 援 秋田県教育委員会、横手市教育委員会
実 施 日 平成29年12月27日（水）、28日（木）、平成30年
1月4日（木）、5日（金）
会 場 横手市立横手北中学校
参 加 者 数 県南地区高校生10名、秋田大学生2名

将来教職を目指す大学生・高校生が、中学生への学習指導補助等のプログラムを通して自己の適性を知り、学びのモチベーションを高めるとともに、本県における優れた教員養成・育成サイクルの一助となることを目的としている。



イングリッシュ・アドベンチャー

主 催 横手市まちづくり推進部生涯学習課
共 催 秋田大学地方創生センター、秋田大学横手分校
実 施 日 平成29年9月23日（土）～24日（日）
会 場 釣りキチ三平の里体験学習館
参 加 者 数 横手市内小学生29名、秋田大学生6名、留学生6名

横手市内の小学5・6年生を対象に、留学生との英語学習や野外活動を通じて協調性や国際感覚を高めてもらうことを目的に開催。

英語学習のカリキュラムは教員志望の学生が考案・実践を行った。



あきたわくわく未来ゼミ

主 催 秋田県教育委員会
協 力 秋田大学横手分校
実 施 日 平成29年5月～平成30年3月

会 場 横手市交流センター Y2ぶらざ
学習支援員 秋田県南地区教員OB3名、秋田大学生1名、大学
院生1名

参加者数 横手市内高校生延べ268名

教員OBや大学生等の地域人材を活用した高校生への学びの場の提供、学習習慣の定着を図ることを目的とした事業で、県北・中央・県南地区で実施されている。横手分校では講師の紹介や実施についての協力を行った。



秋田大学「地（知）の拠点整備事業（COC事業）『聞き書きボランティア』

主 催 秋田大学 地（知）の拠点推進本部 COC事務局、
秋田大学横手分校

共 催 横手市、横手市社会福祉協議会

実 施 日 平成29年7月～10月

会 場 横手市平鹿地域（豊前）、横手地域（朝倉）、横手
地域（安本）

参加者数 高校生30名

秋田大学「地（知）の拠点整備事業（COC事業）」の一環として、横手市において一般市民、高校生を対象とした「聞き書きボランティア」を実施している。「聞き書き」とは、高齢者の話を聞いて記録し、後世に残すことを言い、聞き手は庶民の歴史など様々な事柄を学び、また、語り手となる高齢者にとっては話すことで生きがいを持ってもらうことを目的としている。



よこて発酵文化研究所「よこて味噌（仮称）開発プロジェクト」

主 催 よこて発酵文化研究所

協 力 秋田大学地方創生センター、秋田大学横手分校

よこて発酵文化研究所では、新たな地域ブランド商品「よこて味噌（仮称）」の開発を行っている。横手分校では同研究所から開発にあたっての相談を受け、専門機関である産学連携推進機構との仲介を行った。



秋田大学教育文化学部学校教育課程教育実践コース 「初年次ゼミ」における不登校経験者との懇談会

主 催 秋田大学教育文化学部、秋田大学横手分校

協 力 横手市健康福祉部健康推進課

実 施 日 平成29年7月20日（木）

会 場 秋田大学教育文化学部

参加者数 秋田大学生6名



将来教職を目指す学生が、横手市若者支援事業「つながリング」の不登校経験者本人からその体験や思いを聞くことで、現在の学校及び社会が抱える課題を認識する事を目的に実施している。

北秋田市との連携事業

「投球障害予防教室」 in 北秋田市

主 催 地方創生センター
共 催 北秋田市
後 援 北秋田市スポーツ少年団、北秋田分校
実 施 日 平成29年12月17日（日）
会 場 北秋田市鷹巣体育館
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座
教授 岡田恭司、助教 齊藤明

参加者数 約60名

野球関係のスポーツ少年団員やその保護者、指導者を対象に、小学生にも分かりやすい投球障害予防教室を開催した。超音波によるメディカル・チェック及びストレッチ・投球指導などを通して、参加者が故障の原因となり得る要素について知るとともに、自身の身体のケアについて意識するきっかけとなることを期待して開催した。



【秋田大学北秋田分校事業】※詳細はHPをご覧ください。 <http://www.akita-u.ac.jp/honbu/k-bunko/>

秋田大学オリジナル米「ほたるひめ」プロジェクト

共 同 事 業 北秋田分校、農業生産法人（有）森のテラス
実 施 日 平成29年4月～10月
会 場 秋田森のテラス

平成26年度より行っている、学生が自然の土壌に生きる微生物の力を最大限活用した環境保全型農業を体験するとともに、地域住民との交流を通してキャリア形成を図る事業である。



首都圏大学教育実習誘致

共 同 事 業 北秋田分校長、共栄大学
実 施 日 平成29年8月28日（月）～9月22日（金）

首都圏大学の学生の教育実習の受入れ先として誘致することにより、北秋田市の交流人口増大を進め、地域経済活性化につなげるとともに、学力が全国トップの本県のノウハウを広める。



おもしろ理科実験教室

共 催 北秋田分校、北秋田市教育委員会

実 施 日 平成29年10月21日（土）

会 場 北秋田市立鷹巣中学校体育館

身の回りにある材料を用いて実験することで、子どもたちに科学を身近に感じ興味を深めてもらい、ひいては、科学好き児童を増やし理系に強い生徒育成につなげようと平成23年度から開催している。



大仙市との連携事業

荒川鉱山跡地歴史保存活用事業：『荒川鉱山誌』発掘プロジェクト

事業形態 大仙市と秋田大学との連携協定に基づく協働事業

担 当 国際資源学研究科 教授 今井忠男（同研究科附属鉱業博物館長）

技術専門員 千田恵吾（学芸員）

【経緯とこれまでの実績】

平成26年3月に締結した「大仙市と秋田大学との荒川鉱山跡地の活用に関する覚書」に基づき、大仙市協和荒川地区にある荒川鉱山跡地を産業遺産として保存活用することを目的とした「『荒川鉱山誌』発掘プロジェクト」を同市との協働で実施している。

このプロジェクトは、選鉱場の基礎・建屋及びシクナー（沈殿池）の設計図・建築図を再現するとともに、同鉱山で採用されていた選鉱システムや使用機器を解明することで、往時の選鉱場の様子を模型またはCGを用いて再現しようとするもの。最終的には学術資料としてだけでなく、当地の産業遺産の学習資料として同市の資料館において公開する計画である。

これまでに、文化財として保存すべき選鉱場の基礎部分とシクナー、そしてその周辺をドローンを用いた空撮・写真測量等を実施（H27年度）し、詳細な画像や3次元位置データを取得すると共に、測量データを3次元デジタルアーカイブ化した。さらに、製錬所跡に現存する煙突部分の周辺環境を整備したうえで現地調査を実施（H28年度）。これらの調査から得られた成果等については、定期的に地域住民等に対して広く公開してきた。

【平成29年度の活動】

平成29年度は次の2つの事業を行なった。

(1) 旧鉱山長邸周辺の伐採工事による石垣（からみレンガ）の保存事業

写真1に旧鉱山長邸周辺の伐採工事後の様子を示す。写真上部の杉林の位置に鉱山長邸と鉱山クラブが立ち並んでいたと考えられる。その丘に登るため、つづら折の坂道が作られており、からみレンガの石垣によってその法面の保護がなされていることが明らかとなった。多少の坂道の補修を行うことで、上部の鉱山長邸跡まで難なく登れる様になると思われる。

(写真1)

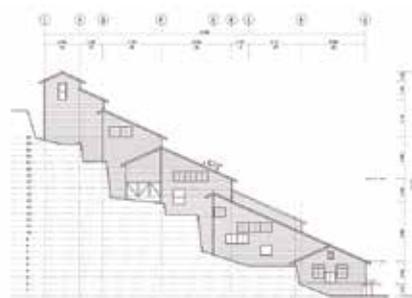


(2) 旧中央選鉱場建屋の復元図の作成とCG復元に向けた取組

旧鉱山長邸周辺の伐採工事による石垣の保存

旧中央選鉱場を復元するため、残された少ない写真や資料および基礎遺構を元に、選鉱場建屋の建築図面を復元した。その一部（西側の立面図）を図1に示す。図のように、選鉱場建屋の建築図面は凡そ復元され、現在は、この図面を元にしたCGによる選鉱場の3次元復元を目指している。次年度にはこのCGを完成させ公開する計画である。

※ なお、平成29年7月22日～23日の大仙市豪雨災害によって、荒川鉱山地区へのアクセス道が遮断されてしまったことから、29年度の現地見学会および講演会等のイベントは取りやめとした。



旧中央選鉱場建屋の復元図（西側の立面図）

介護福祉職のためのフィジカルアセスメント

「医療的マインドをもった介護職講座」～医療につなぐ新しい介護の視点～

主 催 医学系研究科 附属地域包括ケア・介護予防研修センター
共 催 地方創生センター
協 力 大仙市健康福祉部地域包括支援センター
実 施 日 平成29年12月7日（木）
会 場 大仙市大曲交流センター
担 当 講 師 日本赤十字秋田短期大学 教授 高橋美岐子
医学系研究科附属地域包括ケア・介護予防研修センタースタッフ

参加者数 23名

介護福祉に関わる方を対象に「医療につなぐための新しい介護の視点」をテーマに講座を開催した。講座ではどのような視点を持って介護すればよいのかをフィジカルアセスメント（※問診・打診・視診・触診などを通して、実際に患者の身体に触れながら、症状の把握や異常の早期発見を行うこと）の観点から解説した。



「投球障害予防教室」 in 大仙市神岡

主 催 地方創生センター
共 催 大仙市教育委員会
後 援 大仙市スポーツ少年団
実 施 日 平成30年2月11日（日）
会 場 神岡農村環境改善センター
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座
教授 岡田恭司、助教 齊藤明
大曲整形外科クリニック院長 梅原寿太郎 他



クリニックスタッフ

参加者数 約35名

野球関係のスポーツ少年団員やその保護者、指導者を対象に、小学生にも分かりやすい投球障害予防教室を開催した。超音波によるメディカル・チェック及びストレッチ・投球指導などを通して、参加者が故障の原因となり得る要素について知るとともに、自身の身体のケアについて意識するきっかけとなることを期待して開催した。



八峰町との連携事業

秋田大学ぼうさい教室 in 八峰町

主 催 地方創生センター
共 催 八峰町、八峰白神ジオパーク推進協議会
実 施 日 平成29年8月6日（日）
会 場 八峰町文化交流センター・ファガス
担 当 講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦、
准教授 鎌滝孝信

参加者数 24名（県内在住小学生・保護者）

秋田県内で過去に発生した地震等の災害に関する講義と県内に残る地震痕跡等の野外観察を通じて身近な地域で発生した過去の災害について学び防災意識の高揚につなげることを目的として開催した。

今年度は1回目として八峰町を舞台に日本海中部地震等の災害の歴史を辿る野外観察を行い、今後の地震・津波災害へ備えるという気持ちを新たにす機会とした。



ジオパーク防災講演会 in 八峰「八峰町の津波防災について考える」

主 催 地方創生センター、理工学研究科附属地域防災力
研究センター、八峰白神ジオパーク推進協議会
後 援 八峰町
実 施 日 平成30年3月11日（日）
会 場 八峰町文化交流センター・ファガス
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
大学院理工学研究科 教授 松富英夫、
講師 渡邊一也

参加者数 一般町民 約40名

1983年5月26日に発生した日本海中部地震から約35年、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震から約7年が経過したことを踏まえ、津波防災に関する講演を行い、津波防災・減災対策を改めて考え直す機会とした。



男鹿市との連携事業

「投球障害予防教室」 in 男鹿

主 催 地方創生センター
共 催 男鹿市
後 援 男鹿市スポーツ少年団、男鹿なまはげ分校
実 施 日 平成30年3月3日（土）
会 場 男鹿市総合体育館
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座
教授 岡田恭司、助教 齊藤 明

参加者数 約85名

野球関係のスポーツ少年団員やその保護者、指導者を対象に、小学生にも分かりやすい投球障害予防教室を開催した。超音波によるメディカル・チェック及びストレッチ・投球指導などを通して、参加者が故障の原因となり得る要素について知るとともに、自身の身体のケアについて意識するきっかけとなることを期待して開催した。



男鹿市立北陽小学校避難訓練における防災出前講義

主 催 男鹿市立北陽小学校
協 力 地方創生センター
実 施 日 平成29年11月21日（火）
会 場 男鹿市立北陽小学校
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
参 加 者 数 全校児童、教職員、保護者 約70名

男鹿市立北陽小学校にて実施された避難訓練において、全校児童に対し、鎌滝准教授より地震や津波避難に関する講演を行った。



男鹿市防災リーダー認定講習会における防災出前講義

主 催 男鹿市総務企画部
共 催 地方創生センター
実 施 日 平成30年1月21日（日）
会 場 男鹿市民文化会館
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
参 加 者 自主防災組織代表者、消防団員、一般市民

標記事業において、鎌滝准教授より地震・津波防災に関する出前講義を行った。

安全寺地区里山保全事業

主 催 男鹿なまはげ分校
協 力 男鹿市
実 施 日 平成29年6月4日（日）、10月8日（日）
会 場 男鹿市安全寺地区

平成26年度から実施している事業であり、男鹿市安全寺地区の住民で組織する「安全寺里山保全会」の活動に学生が参加している。農作業体験や交流会を通じ、里山の田んぼを保全していくサポーターとして参加している。



【秋田大学男鹿なまはげ分校事業】※詳細はHPをご覧ください。 <http://www.akita-u.ac.jp/honbu/o-bunko/>
首都圏大学合宿誘致事業

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市
実 施 日 平成29年8月23日（木）～8月30日（月）
会 場 男鹿市総合体育館

首都圏大学の体育系クラブの合宿誘致により、男鹿市の交流人口の増加を進め、男鹿市民の意識高揚、男鹿市の知名度アップ、地域経済活性化につなげることを目的に実施している。



男鹿市児童生徒の秋田大学医学部訪問

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会
実 施 日 平成29年7月24日（月）
会 場 秋田大学医学部附属病院シミュレーション教育センター

将来の職業として医師を目指す子どもや医療機関での仕事に興味のある子どもが、より具体的な形で夢の実現に努力できるよう、男鹿市教育委員会との共催事業として実施している。



わくわくドキドキ理科実験教室

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会
実 施 日 平成29年7月30日（日）

会 場 船川第一小学校体育館

本学の出張実験室として、身の回りにある物を使用した実験や実験観察を通じ、子どもたちの理科への興味を高め、探究心を育ていこうと、平成26年度から開催している。



学習講演会

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

実 施 日 平成29年9月20日（水）・21日（木）

会 場 男鹿東中学校、男鹿北中学校、潟西中学校

中学3年生の学習意欲を喚起するとともに、将来の自分の姿を見据えた学校生活を送ることができるように、男鹿市内の全中学校において学習講演会を開催した。



中学準備教室

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

実 施 日 平成30年3月16日（金）・19日（月）

会 場 男鹿東中学校、男鹿南中学校、男鹿北中学校、潟西中学校

この春中学校へ進学する男鹿市内の小学校卒業生を対象に、中学校生活への関心や意欲を高め、中学校生活や授業へスムーズに移行できるようにすることを目的に開催。先輩の話をお聴くことで学習意欲の喚起と、生徒自身の将来像育成のきっかけを提供するために開催している。



ニコニコ体操塾

共 催 男鹿市ニコニコ元気アップ体操クラブ

実 施 日 毎週水、木、金曜日

会 場 若美公民館、船川北公民館、船川港公民館

生活に身近なテーマを取り上げた講座や健康寿命の延伸を目指した運動講座を新たに組み入れ、総合的体操へとバージョンアップし実施している。市民の福祉向上と健康増進の促進、地域の社会的交流の促進及び孤立の防止、市民の健康寿命の延伸への取り組みを行った。



元気いっぱい教室

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市
実 施 日 平成29年6月22日（木）～平成30年3月15日（木）
【計10回】

会 場 男鹿中公民館、北浦市民センター

高齢期の心身の健康について考え、住み慣れた地域でその人らしい生活を維持することや、地域社会的交流の促進、孤立防止を図ることを目的として開催した。「心の健康づくり」と「運動機能の維持・向上」の両面からアプローチを図り、認知症予防への取り組みを行った。



セルフケア講座

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市
実 施 日 平成29年6月27日（火）～平成30年2月22日（木）
【計18回】

会 場 男鹿市保健福祉センター

一般介護予防事業としての基盤となるような高齢期の総合的な健康づくりを目的とし、生活習慣病予防・筋力向上・認知症予防・閉じこもり予防など機能向上のメニューを学習し、自らの健康を自己管理できる機会をつくるために開催した。



美郷町との連携事業

美郷フェスタにおける音楽教育研究室学生によるコンサート

主 催 美郷町
協 賛 地方創生センター
実 施 日 平成29年11月3日（金・祝）
会 場 美郷町公民館
担 当 講 師 教育文化学部教育実践講座 講師 石原慎司
参加学生数 12名

秋田大学は美郷町と「水」をテーマに連携協定を結んでいる。このコンサートは連携事業の一環として、同町のイベント「美郷フェスタ」の中で実施したもので6年目となる。

学生は、来場した大勢の町民を前に、ピアノや声楽、トランペットなどの美しい演奏と、「水」を意識した楽曲の演奏などを披露し、イベントを大いに盛り上げた。



秋田大学ぼうさい教室 in 美郷町

主 催 地方創生センター

共 催 美郷町
実 施 日 平成29年10月29日（日）
会 場 美郷町北ふれあい館
担 当 講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦、
准教授 鎌滝孝信

参加者数 31名（県内在住小学生・保護者）

秋田県内で過去に発生した地震等の災害に関する講義と県内に残る地震痕跡等の野外観察を通じて身近な地域で発生した過去の災害について学び防災意識の高揚につなげることを目的として開催した。

今年度の2回目は美郷町で開催し、講義や断層の模型作成、千屋断層や陸羽地震で5人の子どもが犠牲になったとされる場所等の野外観察を行った。



美郷町立千畑小学校防災出前講義

主 催 地方創生センター
実 施 日 平成29年11月14日（火）
会 場 美郷町立千畑小学校
担 当 講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦
参加者数 101名（5・6年生児童・教職員）

本学と美郷町との連携協定事業として、例年1回、町内の小中学校での防災出前講義を行っている。

今年度は美郷町立千畑小学校にて、「美郷町で発生した1896年陸羽（六郷）地震を学び防災を考える」と題して5・6年生に対し講義を行った。

湯沢市との連携事業

メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト

主 催 地方創生センター
共 催 湯沢市
実 施 日 平成29年9月29日（金）
会 場 湯沢雄勝広域交流センター
カフェマスター 医学系研究科 教授 尾野恭一
講 師 医学部保健学科 教授 安藤秀明
理工学研究科 教授 巖見武裕

参加者数 約100名

湯沢市及び近隣市町村の住民を対象に「高齢社会を明るく元気に生きる」をテーマに講演会を湯沢市との共催で開催した。飲み物や軽食を楽しみながらカフェのようなくつろいだ雰囲気の中、医学や健康について医学部保健学科、理工学研究科の2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行った。



にかほ市との連携事業

秋田大学ぼうさい教室「防災マップづくり」 at 象潟小学校

- 主 催 にかほ市教育委員会
共 催 地方創生センター
実 施 日 平成29年10月6日（金）、10日（火）、13日（金）、
16日（月）
会 場 にかほ市立象潟小学校
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
参 加 者 数 6年生60名、全校児童320名



小学生を対象に地震災害や防災知識についての講義を行った上で防災ウォーキングを行い、通学路や遊び場などの危険箇所・避難箇所等を記載する「防災マップ」を児童自らが作成し、これらを通じて児童の地域への関心・愛着を育むと共に、地震等の自然災害が発生した場合に最も安全なルートを児童自らが選択して避難できるようになることを目的とするもの。

今年度は、にかほ市立象潟小学校が独自に実施する「防災マップづくり」企画に共催し、全4回に渡って鎌滝准教授が指導・助言等を行った。

羽後町との連携事業

羽後町住民避難訓練における防災出前講義

- 主 催 羽後町生活環境課
協 力 地方創生センター
実 施 日 平成29年10月15日（日）
会 場 元西生活改善センター
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
参 加 者 数 一般町民 約50名



地方創生センター協力事業。羽後町にて実施された本訓練において、一般町民に対し、鎌滝准教授より「自然災害から家族や地域を守るため、身近な災害危険度を探る」と題して講演を行った。

その他の連携事業

日本堆積学会2018年秋田大会

- 主 催 日本堆積学会
共 催 地方創生センター、理工学研究科附属地域防災力研究センター
実 施 日 平成30年3月25日（日）
会 場 秋田大学百周年記念館会議室・206室
担 当 講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信
参 加 者 数 9名

日本堆積学会からの依頼により、標記大会のワークショップのコースBとして「津波堆積物ワークショップ」を鎌滝准教授が実施した。

(2) 社会貢献事業 公開講座

開 講 数：8講座
総受講者数：315名

●事業内容

地域に開かれた大学づくりの一環として、秋田大学の持つ教育資源を広く市井に向けて提供することを目的に実施している。



No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
1	北イングランドの文化Ⅲ ー映画『リトル・ダンサー』詳解ー (全5回)	平成29年 8月30日(水) 9月 6日(水) 9月13日(水) 9月20日(水) 9月27日(水)	教育文化学部 准教授 大西洋一	23名(30)	2000年に公開され世界的に大ヒットした英国映画『リトル・ダンサー(原題Billy Elliot)』(脚本リー・ホール)を詳しく解説。ダラムの炭鉱町でバレエ・ダンサーを目指す少年の姿を描いたこの映画は、イングランド北東部の地域的特色、炭鉱の文化、社会階級、ジェンダー規範、そしてサッチャー首相の1980年代という時代背景を捉えることで、より深く味わうことができると解説した。
2	地層・岩石・火山を観察し、秋田の大地の成り立ちと資源について考える (全2回)	平成29年 9月30日(土) 10月 1日(日)	国際資源学部 教授 大場司 助教 星出隆志	35名(30)	男鹿半島に産する火山岩や火山を観察し、秋田の大地の成り立ち、火山とは何か、秋田の鉱物資源との関連について解説した。火山と火山岩、秋田全体や男鹿の地質、大地の成り立ちに関する講義や、男鹿半島に出かけて岩石、地層、火山の観察を行った。
3	肩こり解消！ ー原因と体操・筋膜リリースー (全3回)	平成29年 10月12日(木) 10月19日(木) 10月26日(木)	医学部 教授 金城正治 教授 岡田恭司 助教 齊藤朗	14名(30)	平成28年度公開講座「どうして肩がこるのだろうか？原因別の対策」に引き続き、肩こりについて解説し、日常生活・家事や仕事での工夫・対策、誰でも無理なく手軽にできる体操や筋膜リリースの体験を交えて学びを深めた。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
4	情報通信技術 (ICT) と私たちの生活 (全5回)	平成29年 10月16日(月) 10月23日(月) 10月30日(月) 11月 6日(月) 11月13日(月)	理工学部 教授 水戸部一孝 教授 景山陽一 准教授 橋本仁 講師 藤原克哉 講師 石沢千佳子	13名(30)	情報通信技術 (ICT) の急速な進展により、仕事に娯楽、さらには医療サービス等、人々の生活のあり方までもが大きく変わり始めている。本講座では、高校生からシニア層まで幅広い年齢層を対象として、ICTの現状を多様な視点から解説し、近い将来、私たちの暮らしがどのように変わっていくのか考察を行った。
5	サイコロジカル・カフェ (全6回)	平成29年 11月15日(水) 11月17日(金) 11月30日(木) 12月 1日(金) 12月14日(木) 12月15日(金)	教育文化学部 教授 森和彦 教授 中野良樹 教授 柴田健 准教授 宮野素子 准教授 北島正人 准教授 清水貴裕	① 9名(10) ②11名(30) ③20名(30) ④17名(30) ⑤22名(30) ⑥13名(10)	秋田大学大学院教育学研究科心理教育実践専攻を担当する専任教員全員による専門領域別のアラカルトメニューカフェ。最新の心理学の知見を交えながら、こころの不思議や健康について、カフェでおしゃべりする感覚で解説を行った。
6	秋田と日本の未来を創る 資源学・理工学研究の最前線 (全3回)	平成29年 11月19日(日)	国際資源学部 教授 柴山敦 教授 川村洋平 理工学部 教授 村岡幹夫 教授 三島望 教授 水戸部一孝 教授 景山陽一 准教授 川村茂	97名(200)	秋田大学地方創生センター地域産業研究部門において、秋田県の掲げる重要政策である「航空機・自動車・情報関連・新エネルギー関連の各産業振興」とリンクして進めている研究事業について、本学教員7名が秋田と日本の未来を創る最新の研究成果を紹介した。
7	秋田県で想定される自然災害と防災に関する公開講座 (全5回)	平成29年 11月22日(水) 11月29日(水) 12月 6日(水) 12月13日(水) 12月20日(水)	地方創生センター 教授 水田敏彦 准教授 鎌滝孝信 国際資源学部 教授 大場司 教育文化学部 准教授 本谷研 理工学部 教授 松富英雄	29名(30)	東日本大震災から6年が経過したが、その後も日本各地では数多くの自然災害が猛威をふるっている。今後秋田県で起こり得る発生率の高い自然災害とその対策について、本学教員5名による解説を行った。
8	超高齢化社会への対応 (全6回)	平成29年 12月 2日(土) 12月17日(日) 12月24日(日)	医学部 教授 島田洋一 理工学部 教授 伊藤英晃 教授 巖見武裕 産学連携推進機構 機構長 長縄明大 秋田県あきた未来創造部 次長 高橋修 秋田県医師会 会長 小玉弘之	12名(30)	全国一の高齢県である秋田県では、医療・介護において様々な取り組みがなされている。秋田大学は、地 (知) の拠点としてこれらの問題を解決すべく医理工連携事業に取り組んでおり、さらに、秋田県や秋田県医師会とも連携しオール秋田で総合的な対策を立て、将来へ向けた活動を行っている。本講座では具体的な取り組みを紹介し、少子高齢化への対応の最前線について解説した。

※受講者数の括弧の数字は募集定員数を示す。

※サイコロジカル・カフェは実施回毎の応募・受付のため、受講者数は実施回毎に記載。

大学見学受入

受入団体数：28団体

総見学者数：802名

●事業内容

大学という機関を知り、興味を深めてもらうことを目的に、小・中学校の「総合的な学習の時間」におけるキャリア教育や、一般団体の大学見学など、各種ニーズに応じて秋田大学への訪問を受け入れている。



	団 体 名	実 施 日	人 数
1	八峰町立八峰中学校 2年生	5月 9日 (火)	47
2	三種町立山本中学校 2年生		32
3	能代市立能代南中学校 2年生	5月10日 (水)	37
4	三種町立琴丘中学校 2年生		4
5	北秋田市立鷹巣中学校 2年生		4
6	にかほ市立仁賀保中学校 2年生	5月12日 (金)	40
7	三種町立八竜中学校 2年生	5月15日 (月)	3
8	秋田県立大館鳳鳴高等学校SSH	5月16日 (火)	61
9	上小阿仁村立上小阿仁中学校 1年生	5月17日 (水)	11
10	能代市立能代第一中学校 2年生	5月24日 (水)	25
11	北秋田市立森吉中学校 2年生		30
12	北秋田市立阿仁中学校 2年生	5月25日 (木)	9
13	大仙市立大曲中学校 3年生	5月31日 (水)	53
14	仙北市立角館中学校 3年生	6月28日 (水)	30
15	秋田市立城南中学校 2年生	6月29日 (木)	10
16	秋田市立御所野学院中学校 3年生	7月12日 (水)	40
17	秋田大学教育文化学部附属中学校	7月24日 (月)	5
18	手形住吉町三区子供会	7月27日 (木)	18
19	かんば学童教室 小学1~4年生	8月 1日 (火)	28
20	秋田大学教育文化学部附属中学校	8月 4日 (金)	5
21	秋田県立秋田北高等学校	9月27日 (水)	36
22	横手市立平鹿中学校 2年生	10月12日 (木)	30
23	湯沢市立湯沢南中学校 2年生	10月26日 (木)	30
24	にかほ市立金浦中学校 2年生	10月31日 (火)	38
25	秋田市立外旭川中学校 2年生	11月 2日 (木)	15
26	秋田県立北鷹高等学校SSH	11月14日 (火)	95
27	秋田県立横手清陵学院中学校 2年生	11月17日 (金)	45
28	秋田大学教育文化学部附属中学校	12月 5日 (火) ~ 12月 7日 (木)	21

子ども見学デー

タイトル 秋田大学子ども見学デー ～君の好奇心が走り出す！～

実施日 平成29年8月8日（火）

会場 秋田大学

参加者数 244名

小学生とその保護者を対象として、夏休みの間に大学内の見学や様々な体験学習を通して、大学に対する関心を深めてもらうことを目的として開催している。平成16年度から継続実施しており、今年度は111家族244名が参加した。参加者は60周年記念ホールにて行われた開会セレモニーの後、11の見学コースに分かれて体験学習を行った。



(3) 地域課題の解決を目指した学生自主プロジェクト

【趣旨・目的】

学生が、他者と協力しながらグループで活動することを通して、地域課題解決のために主体的に地域に目を向け、地域に触れ、そして地域の特性（特徴）を再認識するための活動を支援することで、地域に関わる学生の増加と、地域志向型人材の育成を通じた課題解決型人材の育成に寄与することを目的とし今年度から立ち上げた新規事業。今年度採択されたプロジェクトは以下のとおり。

「藤里町再生プロジェクト」

プロジェクト代表者名：畠山夏実（教育文化学部地域文化学科2年）

指導教員：篠原秀一教授（教育文化学部地域社会講座）

プロジェクト概要：県内でも特に高齢化が進む藤里町を活動拠点とし、地域を盛り上げていくことを目的に地域の行事に参加するなどして発見した魅力を地域外へ発信している。



「檜山地域再生プロジェクト」

プロジェクト代表者名：菅原聖美（教育文化学部地域文化学科2年）

指導教員：荒井壮一講師（教育文化学部地域社会講座）

プロジェクト概要：「炭やき」を観光資源として再興することで地域内での交流を促すだけでなく、地域内外の交流人口を増加させることなどを目的に活動している。



「地域防災から広げる『輪（コミュニティ）』プロジェクト」

プロジェクト代表者名：和田臨渡（国際資源学部資源地球科学コース1年）

指導教員：鎌滝孝信准教授（地方創生センター地域協働・防災部門）

プロジェクト概要：実際に災害が起きたことを想定し、より避難しやすい防災マップを作成し、それを用いた実際の避難訓練を通して地域の人々のつながりを深めることを目的に活動している。



年間スケジュール

3月上旬～公募開始（～4月20日応募〆切）

4月26日 1次選考会（書類審査）

5月 9日 2次選考会（プレゼン）

6月 7日 プロジェクト開始

12月22日 中間報告会（プレゼン）

3月 7日 最終報告会（プレゼン）

3月31日 報告書の提出（A1版パネル1枚）

(3) 専任教員業務

地域防災専任教員

教授 水田 敏彦（みずた としひこ） 専門：地震工学・地震防災
准教授 鎌滝 孝信（かまたき たかのぶ） 専門：地質学・古地震学

調査・研究

教授 水田 敏彦

(1) 秋田県の歴史地震に関する研究 [対象地域：秋田県]

秋田県で発生した歴史地震について、当時の被害調査報告書や地方新聞記事等から、秋田県内の被害分布や人的被害の発生状況、震災対応といった被害の実態を明らかにする研究を進めた。

○水田敏彦・鏡味洋史「秋田県仙北郡旧大沢郷村所蔵の行政簿冊による1914年秋田仙北（強首）地震の文献調査」日本建築学会技術報告集、23巻、第54号、pp.735～738、2017.6

○鏡味洋史・水田敏彦「1896年陸羽地震の畑屋村震災惨状記に記された被害について」第34回歴史地震研究会（つくば大会）講演要旨集、pp.44、2017.9

○水田敏彦・鏡味洋史「1968年十勝沖地震の秋田県における被害に関する文献調査」東北地域災害科学研究、第54巻、pp.177～180、2018.3

○鏡味洋史・水田敏彦「1939年男鹿地震の踏査報告の足跡をたどって」東北地域災害科学研究、第54巻、pp.181～186、2018.3

(2) 秋田市の地震動特性に関する研究 [対象地域：秋田市]

特に秋田市における地震災害の防災・被害軽減化に貢献する、秋田大学手形キャンパスにおける地震観測を実施し、地震動特性について検討を行った。

(3) 積雪寒冷地の地震災害危険度に関する研究 [対象地域：秋田県]

豪雪地帯の積雪期（12月～3月）に発生した地震災害の調査・分析、マルチエージェントシステムを用いた積雪期地震災害シミュレーションモデルの構築、また、横手市を中心に屋根雪による住宅振動特性の常時微動観測を実施した。

○水田敏彦、鏡味洋史「1914.3.15秋田仙北（強首）地震の被害に関する文献調査—その6 秋田大学鉱業博物館所蔵の写真帳—」日本建築学会大会学術講演梗概集B構造Ⅱ、(CD-ROM)、2017.9

准教授 鎌滝 孝信

(1) 日本海北部沿岸地域における古地震・古津波に関する研究 [対象地域：秋田県八峰町・男鹿市・潟上市・にかほ市、青森県五所川原市・西津軽郡鰺ヶ沢町など]

秋田県八峰町、にかほ市、青森県五所川原市および西津軽郡鰺ヶ沢町にて津波堆積物調査を実施し、過去の津波浸水履歴やその範囲に関する検討を行った。この研究に関連して、6月に秋田県三種町で開催された第130回東北水工学会、8月に福岡で開催された日本第四紀学会2017年大会、10月に札

幌市で開催された土木学会海岸工学講演会、11月に札幌市で開催された日本海地震・津波調査プロジェクト「歴史地震・古津波調査に関する研究集会、12月に潟上市で開催されたCOCミニフォーラム、1月に八戸市で開催された東北地域災害科学研究集会、3月に郡山市で開催された土木学会東北支部技術研究発表会、3月に弘前市で開催された日本地質学会東北支部総会、3月に八峰町で開催された市民向け講演会および3月に秋田市で開催された日本堆積学会2018年秋田大会で成果を発表した。

○鎌滝孝信・安部訓史・金澤 慎・松富英夫「秋田県南部の沿岸低地における過去の津波浸水域および履歴の検討」土木学会論文集B2（海岸工学）、73、2、I_445-I_450、2017.

○松富英夫・今野史子・後村晃基・今藤晃太・鎌滝孝信・渡邊一也「津波氾濫水密度とその遡上距離や土砂堆積への影響に関する定量実験」土木学会論文集B2（海岸工学）、73、2、I_373-I_378、2017.

○鎌滝孝信・安部訓史・金澤 慎・松富英夫「秋田県南部沿岸の沖積低地にみられるイベント堆積物」東北地域災害科学研究、53、1-6、2017.

○熊谷秀平・梅田浩司・鎌滝孝信・小岩直人・藤田奈津子「青森県鱒ヶ沢町にみられるイベント堆積物」東北地域災害科学研究、53、7-13、2017.

○松富英夫・今野史子・鎌滝孝信「2016年台風10号による岩泉町乙茂における洪水・氾濫痕跡から見えること」東北地域災害科学研究、53、205-210、2017.

(2) 秋田県内の中学生およびその保護者の防災意識に関する研究 [対象地域：秋田県沿岸部・内陸部]

主に1983年日本海中部地震の際に津波被害を受けた自治体の中学生を対象として実施したアンケート調査の結果を解析し、今後の防災教育内容に必要な項目を検討した論文を公表した。

○安田慎吾・鎌滝孝信・渡邊一也「秋田県沿岸市町における中学生の防災意識に関する研究」東北地域災害科学研究、53、217-222、2017.

(3) 低平地における津波防災に関する調査・研究 [対象地域：秋田県潟上市・にかほ市など]

秋田県潟上市天王地区および潟上市象潟地区にて津波防災に関する現地調査を実施し、避難ルート等の検討を行った。この調査・研究に関連して、12月に潟上市で開催されたCOCミニフォーラムで成果を発表した。

出前講義・講師派遣・講演会等

センター事業（主催・共催・協力・後援）

	日付	内 容	備 考	水田	鎌滝
1	8月6日	秋田大学ぼうさい教室 in 八峰町	主催	○	○
2	8月8日	秋田大学子ども見学デー コース提供	協力（学内）	○	○
3	10月29日	秋田大学ぼうさい教室 in 美郷町	主催	○	○
4	10月6日	秋田大学ぼうさい教室 at 象潟小学校①マップづくり研修会	共催		○
5	10月10日	秋田大学ぼうさい教室 at 象潟小学校②防災ウォーキングⅠ	共催		○
6	10月13日	秋田大学ぼうさい教室 at 象潟小学校③防災マップづくり	共催		○
7	10月16日	秋田大学ぼうさい教室 at 象潟小学校④防災ウォーキングⅡ	共催		○
8	10月15日	羽後町住民避難訓練（協力事業）	協力		○
9	11月14日	千畑小学校出前講義（連携事業）	主催（連携）	○	
10	11月21日	男鹿市立北陽小学校避難訓練（協力事業）	協力		○
11	11月22日 ～12月20日	公開講座「秋田県で想定される自然災害と防災」（全5回）	主催	○	○
12	1月21日	男鹿市防災リーダー認定講習会（共催事業）	共催		○
13	3月11日	ジオパーク防災講演会 in 八峰「八峰町の津波防災について考える」（理工学研究科附属地域防災力研究センター共催）	主催（共催）		○
14	3月25日	日本堆積学会2018年秋田大会ワークショップB（理工学研究科附属地域防災力研究センター共催）	主催（共催）		○

学校安全外部指導者派遣事業（講義）

秋田県との連携事業（6頁参照）

	日付	内 容	備 考	水田	鎌滝
1	6月22日	横手市大森保育園		○	
2	6月27日	秋田市川添保育園			○
3	7月6日	男鹿市立潟西中学校		○	
4	7月12日	能代市立第四小学校			○
5	7月13日	鹿角市立十和田小学校		○	
6	7月20日	能代市立浅内小学校		○	
7	8月1日	にかほ市立象潟小学校			○
8	8月2日	秋田県立仁賀保高等学校			○
9	9月12日	大仙市立太田中学校			○
10	9月27日	秋田県立雄勝高等学校			○
11	10月4日	秋田県立湯沢翔北高等学校		○	
12	10月11日	潟上市昭和東保育園		○	
13	10月19日	秋田市ウェルビューいずみこども園			○
14	11月8日	鹿角市立大湯小学校		○	
15	11月15日	秋田県立横手高等学校定時制		○	

自主防災組織育成指導者研修会（講演）

秋田県との連携事業（7頁参照）

	日付	内 容	備 考	水田	鎌滝
1	10月17日	男鹿市		○	
2	10月25日	五城目町		○	
3	11月9日	鹿角市			○
4	11月16日	美郷町			○
5	11月20日	北秋田市			○
6	11月21日	井川町		○	

出前講義、講師派遣

	日付	内容	備考	水田	鎌滝
1	2月7日	潟上市立天王幼稚園PTA文化部企画			○

委員会参加・指導・助言等

教授 水田 敏彦

秋田県学校安全推進委員会
秋田県地域連携安全・安心推進委員会
秋田県国土強靱化地域計画策定検討会議
秋田県災害廃棄物処理計画策定に係る有識者会議
道の駅個性創出推進事業企画提案選定委員会
秋田県国民保護協議会

准教授 鎌滝 孝信

秋田県ジオパーク連絡協議会研究統括会

4. 地域産業研究部門

(1) 資源開発・環境リサイクル研究開発事業の報告(平成29年度)

事業名：資源開発・環境リサイクル研究開発事業

代表者氏名：柴山 敦

予 算 額	部門研究活動活性化経費（間接経費） 790,000円 年度計画推進経費 0円 事業費 300,000円 合 計 1,090,000円
協力教員氏名	国際資源学研究科 柴山敦、藤井光、石山大三、井上亮、今井忠男、渡辺寧、安達毅、川村洋平、高崎康志、別所昌彦、木崎彰久、小川泰正 理工学研究科 芳賀一寿、川村 茂（DOWA寄附講座教員）
目 的	<p>秋田県が強みを持つ、資源開発からリサイクル、環境技術、地熱エネルギー等の先進的研究を遂行することにより、地域への貢献が期待される技術開発や先進研究を進める。特に、電子基板（E-Waste）等のリサイクルや金属回収技術を中心に、協力教員の協力を受けながら地域に展開・活用できる個別研究を推進する。さらに人材育成事業の可能性について検討し、既存事業などを参考にした方向性を探る。</p>
実施内容・成果	<p>1. 研究活動について</p> <p>秋田大学が強みを持つ「資源・リサイクル・環境」研究を中心に、協力教員の個別研究を推進した。その中では、地元企業あるいは秋田県の特徴を生かした研究に着眼し、課題解決の糸口となるような研究を行った。具体的には、秋田県小坂地区で進められるリサイクル製錬事業について、使用済み電子基板に含まれるスズの回収技術を調査研究したほか、製錬工程内に存在するアンチモンの分離・回収についての研究を行った。これらの研究活動は、地元関連企業であるDOWA寄附講座と連携し、スズの回収に関しては高純度化を含めた条件の最適化を果たすなど、社会性・実装化を考慮して研究を進めた。さらに秋田県には、国内最大の亜鉛製錬所が所在している。この事業所において最大の課題の一つになっている「亜鉛電解工程の省電力化」に関する基礎調査を進め、課題解決に向けた予備研究や予察的な試験を行った。</p> <p>その他、仙北市・田沢湖の湖底堆積物調査や秋田県内の地質学的特性に関する研究、次世代の資源開発を見越した鉱山における採掘技術開発、秋田県内の再生可能エネルギーに関する調査研究、地中熱利用システムの効率化などについて研究を進めた。</p> <p>2. 人材育成に関する基礎検討について</p> <p>本事業については、現在も検討を進めている。特に、「あきたアーバンマイン開発マイスター養成コース（理工学研究科）」を継続するための方向性について関係者（関連研究事業の代表者等）と協議を行った。人材育成事業に関しては、既存事業の課題や改善が必要な箇所等を認識し、事業移管の可能性を含め、引き続き検討を進めることにしている。</p> <p>3. 広報企画活動について</p> <p>広報活動の一環として、秋田大学博士課程教育リーディングプログラムおよび秋田大学SATREPS事業、秋田大学国際資源学教育研究センターと合同のシンポジウムを開催（合同開催）し、資源・環境に関するポスター発表を行った。その他、新素材・機能性材料開発研究事業が主催する「新素材・機能性材料開発セミナー」に協力し、2件のポスター発表を提供するなど事業間連携を行った。また、平成29年11月29日（水）、秋田市民交流プラザ“アルヴェ”で開催された「あきた産学官連携フォーラム2017」に参画し、事業紹介を兼ねたポスターを2点展示するなど、多くの参加者と意見交換、研究交流を行った。</p>



平成30年5月30日

地方創生センター
地域産業研究部門

**資源開発・環境リサイクル
研究開発事業**

平成29年度事業報告
(研究成果・活動報告と平成30年度事業計画)

事業代表 柴山 敦 (国際資源学研究科)
発表者 安達 毅、芳賀一寿 (国際資源学研究科)

1

資源開発・環境リサイクル研究開発事業

活動目的

資源・リサイクル・環境分野を中心に、地元産業（企業等）や秋田県の特徴を生かした研究、あるいは課題解決に資する研究を行い、先端性を視野に入れた研究を推進する。

基幹・連携組織

地方創生センター、国際資源学研究科（鉱業博物館含）、
理工学研究科（理工学研究センター含）、国際資源学教育研究センター

協力教員(平成29年度研究推進メンバー)

国際資源学研究科（12名）

柴山敦、藤井光、石山大三、井上亮、今井忠男、渡辺寧、安達毅、
川村洋平、高崎康志、別所昌彦、木崎彰久、小川泰正

理工学研究科（2名）

芳賀一寿、川村 茂（DOWA 寄附講座教員）

県内の特徴を活かした資源・リサイクル等産業に結びつく「地方創生・産業支援型研究」を推進し、共同研究や外部資金の獲得を目指す。

2

主な個別研究テーマ

協力教員を中心とした主な個別研究活動

秋田県内の産業支援・展開が期待される研究

- 都市型資源(都市鉱山)のリサイクルプロセス研究開発
- 人工的な地下水流れを用いた省エネ型地中熱利用システムの開発
- 秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業
- ハイパースペクトルと人工知能を活用したコメの自動判定システムの開発

秋田県内の環境調査型研究

- 秋田県大覚野峠トンネル予定地域の地質及び岩石評価
- 田沢湖の過去と今、そして未来の環境修復へ
- 秋田県における再生可能エネルギー導入の経済性評価

3

秋田県の産業支援・ 展開が期待される研究

4

秋田県内における資源開発・環境リサイクル研究の現状と位置付け

秋田県内の資源・リサイクル・環境の現状と課題

- ◆ 国内最大級の亜鉛製錬所・リサイクル施設が集積
- ◆ 資源リサイクル・エネルギー資源の潜在性など秋田特有の環境・課題への取組

これまでの秋田県としての取組

- ◆ 秋田県環境調和型産業集積推進計画(秋田エコタウンプラン)
- ◆ レアメタル等リサイクル資源特区
- ◆ 仙北市田沢湖湖底調査事業 など

資源開発・環境リサイクルに必要な技術、ノウハウの活用

秋田県でのリサイクルに係る課題

一部金属のリサイクル率が極めて低い
未回収のためほとんど廃棄(例:スズ、アンチモンなど)
精製における大量のエネルギーを消費
省電力化が必要(例:亜鉛電解採取など)

【秋田県でリサイクルできる金属】

金、銀、白金、パラジウム、ロジウム、銅、鉛、スズ、カドミウム、ヒスス、セレン、テルル、アンチモン、ルテチウム、ニッケル、ガリウム、ゲルマニウム、インジウム、硫黄(硫酸、石膏)など
(約20種類)
【赤: 貴金属、青: レアメタル、黒: その他】



- 金属精製・リサイクル拠点
- 環境浄化研究エリア
- 地熱エネルギー開発エリア

地熱エネルギーの有効利用

地中熱の有効利用システムの開発やシリカスケール除去技術の開発

酸性湧水処理と環境修復

玉川温泉水の中和処理と田沢湖の酸性化や湖底堆積状況の把握

農業分野への最新IoT技術の導入や再生可能エネルギーの活用、トンネル開発地の地質安定性調査等

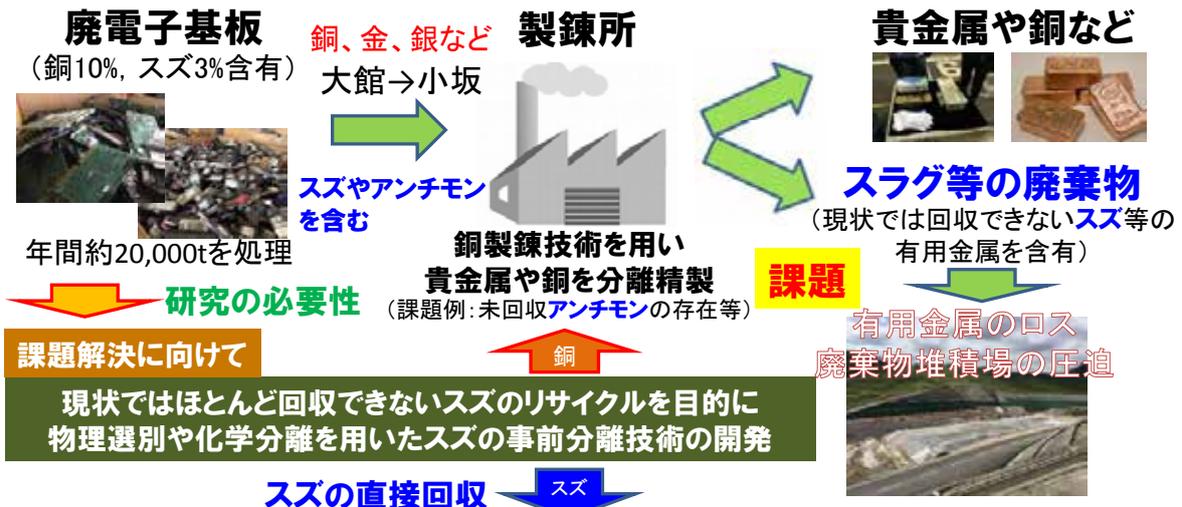
秋田県が掲げる施策との連携や地元事業所等を通じた共同研究および世界的につながる新技術・プロセス開発へ展開

5

廃電子基板からの有価金属の分離回収と廃棄物の減容化

国際資源学研究所資源処理工学研究室(柴山教授グループ)

国内有数のリサイクル拠点:小坂製錬所(DOWAホールディングス)



期待される効果①

基板中に含まれるスズを70%回収できれば、約8億円の売上増の見込
※スズ価格:約200万円/t



期待される効果②

埋立残渣物の発生量が削減され 最終処分場の延命化につながる



有用金属の効率的なリサイクルプロセスを構築することで秋田県の活性化に貢献

6

物理選別と化学分離を用いたリサイクルプロセス構築

廃電子基板 → 破碎 → **物理選別** → スズ濃縮物 → **化学処理** → **スズ製品** (市場へ)

物理選別: カラーソーティング

基板中金属分濃縮物(比重差により濃縮) RGBモデル

	Cu	Sn
含有率 (%)	71.52	11.73

光の三原色である赤、緑、青の値により色彩を表現

カラーソーティング 色彩認識カメラにより選別物を認識

エアーノズルで銅を吹き飛ばし、残り側へスズを濃縮

	Cu	Sn
含有率 (%)	70	3
分布率 (%)	73	23

銅濃縮物 → 銅製錬工程へ

	Cu	Sn
含有率 (%)	53	36
回収率 (%)	27	77

スズ濃縮物

化学分離: 浸出と電解採取

アルカリ浸出

スズを選択的に溶解

Sn、Pb濃度の経時変化

Metal concentration [g/L]	Sn	Pb
Duration time [min]	0, 120, 240, 360	0, 120, 240, 360
Final concentration	35 g/L	0.3 g/L

電解採取 電析したスズ

Components	Sn	Cu	Zn
Grade [%]	99.67	1200	1486

※Cu,とZnの含有濃度はg/t

高純度スズの精製が可能

カラーソーティングとアルカリ浸出+電解採取の一連のプロセスを組み合わせることで Sn回収率70%以上を達成したほか、市販製品と同等スペックのスズを生産可能



ハイパースペクトルと人工知能を活用したコメの水分量・等級・食味自動判定システムの開発

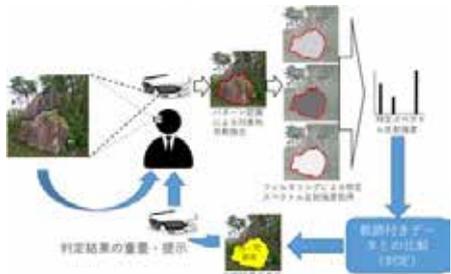


国際資源学研究所 川村洋平

スマートマイニング技術を活用した地方貢献

(株)あきたこまち生産者協会との連携研究
スタートはスマートマイニング

エキスパートナレッジとハイパースペクトルによる岩種自動判定
with 安藤ハザマ



特許申請(秋田大学承継)

エキスパートナレッジを搭載したARグラスによる各種判定システム
特願2017-83872

(株)あきたこまち生産者協会
とともにコメの判定技術に拡張



JST 2018年度A-STEPに共同申請済み

人工的な地下水流れを用いた省エネ型地中熱利用システムの開発

国際資源学研究科エネルギー資源工学研究室(藤井教授グループ)

秋田県内にも設置例があり、今後の導入・産業化は可能



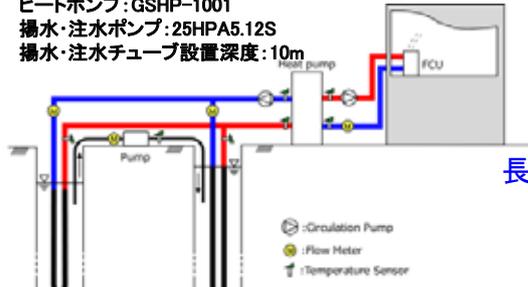
秋田県大仙市峰山荘
(国内最大の施設)
4,200m²(井戸108本)



秋田市立山王中学
50m基礎杭 x 75本で
体育館などを冷暖房

半開放式地中熱利用システムの設置

- 空調試験室:国際資源学部1号館内研究室(面積:100m²)
- ヒートポンプ:GSHP-1001
- 揚水・注水ポンプ:25HPA5.12S
- 揚水・注水チューブ設置深度:10m



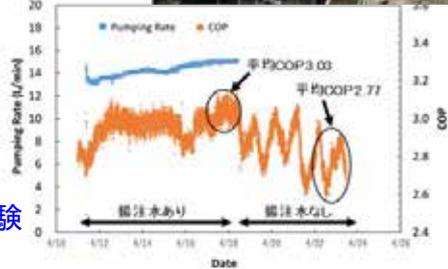
長期冷暖房試験



揚水・注水ポンプ
本研究はNEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発」により実施中



ファンコイルユニット



揚水・注水の有無による長期暖房試験結果

【結果】揚水・注水により、1日平均のCOP(成績係数)が最大約8.5%向上した。
↓
費電力1kWあたりの冷却・加熱能力を表した値

人工的な地下水流れを発生させることにより、地中熱交換井の能力向上が期待できる。

(平成30年度の予定) 10
フィールド試験を継続するとともに数値シミュレーションによる最適設計と経済性検討を行う。

秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業

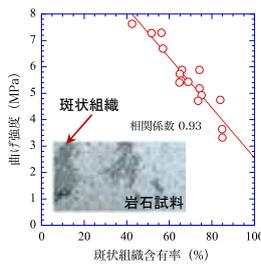
国際資源学研究科 今井忠男・木崎彰久

a.秋田の鉱山管理



図a1 県内の坑内掘り採石場

県内採石場の安全・環境管理に貢献
(採掘・生産管理等への技術支援)



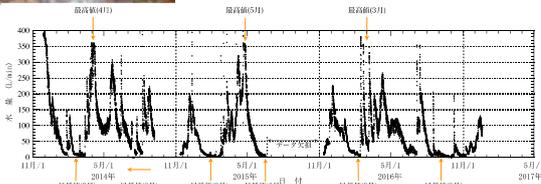
図a2 緑色凝灰岩の強度特性

採石場岩盤の不均質性と強度との関係を明らかにし、**落盤防止策**を講じつつある。



図a3 採石場からの排水量計測

採石場からの排水および湧水量を長期的に計測し、周囲への環境影響をモニターし続けている。



図a4 排水量の周期的な長期変化

b.秋田の鉱業史研究

県内自治体と協力して地域の活性化に貢献



建設時の写真 写真から復元したCG
図b1 荒川鉱山の選鉱場の復元画像

荒川鉱山の史跡を保存し、往時の状況を後世に伝えるため、大仙市と共同して調査研究を進め、その成果を市民の皆様へ公開している。



図b2 阿仁伝承館における第6回特別展の開催

COC事業として阿仁鉱山史の研究を、北秋田市と進めてきており、今回で6回目の特別展・講演会を開催した。 11

秋田県内での環境調査研究

12

秋田県大覚野峠トンネル予定地域の地質及び岩石評価

国際資源学研究科 渡辺 寧 教授グループ

背景: 国道105号線大覚野峠にトンネルを建設し秋田県の南北の物流向上を図る。

目的: 大覚野峠トンネル建設に関わる基礎情報取得のため地質調査を実施。平成29年度は岩石の基礎データを収集する目的で、1)地層の年代測定と2)有害元素化学分析試験を実施した。

結果

1. 予定地域を構成する地層は中新統大又層、鳥坂川層、打当層、北ノ又沢層の火山岩類、堆積岩類。
2. 大又沢のデイサイト質溶結凝灰岩および北ノ又沢を覆うデイサイト溶岩中のジルコンから、それぞれ22.3Ma, <5Maのウラン-鉛年代が得られた。
3. これらの地層を構成する岩石40試料のCr, Mo, Cd, Pbの含有量をICP-MSで測定し、それぞれ<240 ppm, 0 ppm, <9.4 ppm, <83 ppmの結果を得た。



本地域を構成する地層は2200万年以降に形成、岩石中の有害元素は日本列島の一般的な岩石のものと同等である。

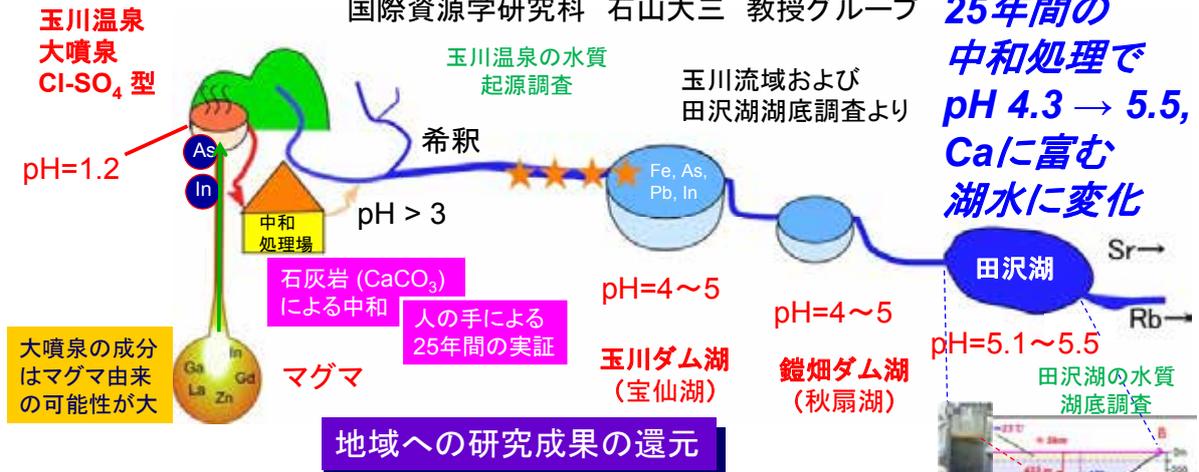
平成30年度は岩石中のAsの定量、有害元素の溶出試験を実施し、平成28年度の膨張性粘土の分布地域と酸性化促進試験結果を合わせ、トンネル建設に際し注意すべき課題をとりまとめる。

13

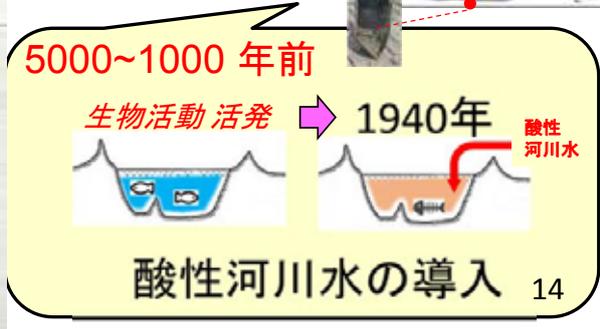
田沢湖の過去と今、そして未来の環境修復へ

国際資源学研究科 石山大三 教授グループ

25年間の
中和処理で
pH 4.3 → 5.5,
Caに富む
湖水に変化



地域への研究成果の還元

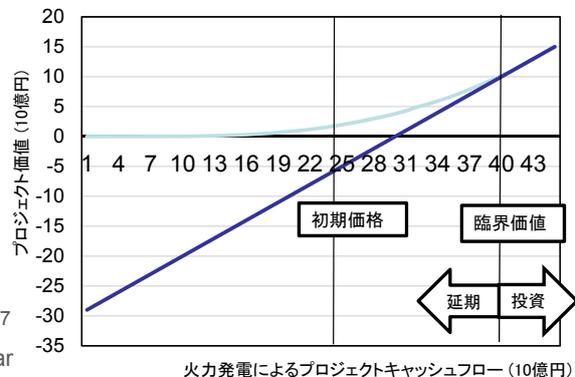


秋田県における再生可能エネルギー導入の経済性評価

国際資源学研究科 安達 毅(資源経済学研究室)

背景と目的:

- ・ 秋田県内の風力発電を始めとした再生可能エネルギーのポテンシャルは大きい。
- ・ しかしながら、固定価格買取制度による電力買取価格が低下するため、今後は火力発電との経済性の比較で投資が決定されることになる。
- ・ 本研究は、化石燃料価格の不確実性を考慮したリアルオプション分析によって、再生可能エネルギーへの投資基準を算出した。



秋田県における再生可能エネルギーの導入計画

出典: 秋田県 (2016) 第二期秋田新エネルギー産業戦略

- ・ 火力発電の代替として再生可能エネルギーをとらえ、化石燃料価格がどれほど高くなれば再生可能エネルギーへの投資を始めるべきか提示。

協力教員等による研究成果・活動実績

○論文、著書、特許、学会発表会等 ※()内は地方創生センターに関連した研究業績

- ・論文 査読つき論文 30件 (17件) ・学会等の発表 一般講演 国際会議 21件 (18件)
- ・論文 査読なし論文 7件 (4件) ・学会等の発表 一般講演 国内会議 39件 (23件)

○外部資金獲得件数

- ・科研費関係 8件 (3件) ・共同研究・受託研究等 18件 (6件)

地方創生センターに関連した研究に限ったものではないが、地域性あるいは地方型研究に展開できる可能性がある成果をピックアップ

【査読付き論文】

- Pham, Q. M., Ishiyama, D., Sato, H. and Ogawa, Y. (2018): Vertical variation of lead content in sediment collected from man-made Tamagawa Dam lake in Akita Prefecture, Japan. Resource Geology (in press).
- Kosukegawa, H., Fujii, H. (2017) Experimental study on pressure loss calculation for Slinky-coil heat exchangers, Geothermal Resources Council Transactions, Vol.41, 145-154. Exergetic Sensitivity Analysis of ORC Geothermal Power Plant Considering Ambient Temperature, Geothermal Resources Council Transactions, Vol.40, 279-286.
- Farabi Asl, H., Fujii, H., Kosukegawa, H. (2018) Semi-open Loop Ground Source Heat Pump System: Heating Tests, Numerical Modeling and Sensitivity Analysis, Geothermics, Vol.71, 34-45.

【査読なし論文】

- Pham, Q. M., Ishiyama, D. and Sera, K. (2017): Geochemistry of chemical species in river water of Shibukuro-Tama-Omono River System containing acidic thermal water and mine drainage water in Akita Prefecture, Japan. NMCC Annual Report, v. 23 (in press)

16

広報面での活動と事業間連携など

資源・環境に関する研究活動紹介

秋田大学SATREPS事業および博士課程教育リーディングプログラムおよび国際資源学教育研究センターとシンポジウムを合同開催（平成30年3月5日）



「あきた産学官連携フォーラム2017」平成29年11月29日（水）へのポスター展示（秋田市民交流プラザ“アルヴェ”）。多くの参加者との研究交流や意見交換

人材育成事業の可能性検討

関連研究開発事業とともに「あきたアーバンマイン開発マイスター養成コース（理工学研究科）」を中心とした人材育成事業の継続および方向性を検討

事業間連携活動

新素材・機能性材料開発研究事業（寺境光俊教授）主催
「新素材・機能性材料開発セミナー（平成30年3月2日）」
ポスター出展協力（2展展示）とセミナー参加

その他、寺境教授等とは白金族リサイクル・分離技術のための研究を事業間連携で実施中

17

平成30年度の事業計画について

資源開発からリサイクル、環境技術、地熱エネルギー・地中熱等の先進研究を遂行し、地域産業等に貢献するための研究開発を進める。

リサイクル・環境系研究に関しては、秋田県「あきた科学技術振興ビジョン(新ビジョン2.0)」や「環境・リサイクル産業集積推進計画(第2期秋田エコタウンプラン)」など、秋田県が掲げる施策との連携や地元事業所あるいは地域特性等を考慮した共同研究を積極的に展開する。

個別テーマとして(研究計画)

- 地元企業あるいは寄附講座等と連携した電子基板(E-Waste)等のリサイクルや金属回収技術の改善・高度化
- ハイパースペクトルと人工知能を活用したコメの自動判定システムの開発
- 地中熱利用技術・システムの開発(再生可能エネルギー熱利用技術)
- 秋田県内の鉱山管理および地質環境調査型の研究
- 田沢湖の環境調査や鉱山地域での地球化学図作成への応用

18

(2) 新素材・機能性材料開発研究事業の報告（平成29年度）

事業名：新素材・機能性材料開発研究事業

代表者氏名：寺境光俊

<p>予 算 額</p>	<table> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,000,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>4,000,000円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>5,300,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,000,000円	年度計画推進経費	4,000,000円	事業費	300,000円	合 計	5,300,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,000,000円								
年度計画推進経費	4,000,000円								
事業費	300,000円								
合 計	5,300,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>（理工学研究科物質科学専攻） 寺境光俊、進藤隆世志、原基、斎藤嘉一、加藤純雄、大川浩一、小笠原正剛、松本和也、長谷川崇、福本倫久、高橋弘樹 （理工学研究センター） 齊藤準、林滋生、吉村哲 （地方創生センター） 丹野剛紀</p>								
<p>目 的</p>	<p>素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の低炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子・分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化・高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では秋田大学における基礎研究成果を基盤とした新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進する。さらに、素材・材料関連の高機能化や高度解析などに関連したニーズに対応し、地域の高等研究機関としての機能を果たす。これら研究をとおして秋田県内企業、大学、公設試の連携による新産業や雇用の創出を目指す。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>事業独自の活動として、研究助成事業とセミナー開催を行った。 研究助成事業では年度計画推進経費と間接経費を活用して「新素材・機能性材料開発促進経費助成」と「機器使用料補助助成」をおこなった。</p> <p>「新素材・機能性材料開発促進経費」について、協力教員から5件の申請があり、3件の助成を実施した（長谷川崇200万円、齊藤準100万円、寺境光俊100万円）。採択者のうち長谷川崇講師がNEDO未踏チャレンジ（3年間で約6千万円）の予算獲得に成功した。</p> <p>「機器使用料補助助成」は地方創生センター1号館、2号館設置の共通分析機器の使用量に対する助成であり、研究の活性化と装置の稼働率上昇を目的としたものである。</p> <p>平成30年3月2日（水）に事業主催の新素材・機能性素材開発セミナーを開催した。当初はJST ERATOプロジェクト代表の山元公寿教授（東京工業大学）、東北大学林大和准教授、協力教員である齊藤準教授（秋田大学）の3件の講演を予定していたが、当日の荒天のため外部講師による講演を断念し、齊藤準教授の講演とポスターセッションのみの縮小開催とした。</p> <p>また、上記2事業実施後の余剰金については地方創生センター1号館設置の機器の修理費、消耗品費代金として予算執行を行った。</p> <p>構成員による査読付き原著論文は45報であった（目標値20報以上）。</p> <p>各種学協会から協力教員が以下の3件の受賞を受けた。 第6第64回 日本金属学会論文賞、福本倫久、原 基 平成29年度日本素材物性学会山崎賞、松本和也、寺境光俊 平成29年9月19日 日本電気学会 優秀論文発表賞（A部門表彰）長谷川崇</p> <p>協力教員による科研費を含めた外部資金は28件獲得した。</p>								

新素材・機能性材料開発研究事業

理工学研究科物質科学専攻
寺境光俊

1

実施内容(29年度)

地域創生センターと事業の理念を学内教員に説明し、構成員として参加する教員を募集する(15名程度)。基本的には各構成員が自身の所属する研究室において各自の研究課題を実施し、研究成果をもとにシーズ提案型の地域貢献を行う。

想定される主要な研究テーマについて以下に示す。

- 1)有機材料, 複合材料関連
生分解性高分子, 熱電材料, 繊維強化プラスチックなど
- 2)無機材料, 金属材料関連
多孔質材料, 触媒材料, 磁性材料, 高強度合金など
- 3)ナノテクノロジー, 境界領域関連
ナノ分散複合体, ナノスケール分析, 生体親和性材料など

構成員による原著論文は45報(目標年間20報以上)

受賞

第64回 日本金属学会論文賞 福本倫久, 原基
平成29年度日本素材物性学会山崎賞 松本和也, 寺境光俊
平成29年 日本電気学会優秀論文発表賞 長谷川崇

外部資金

NEDO未踏チャレンジ2050(長谷川崇)など合計28件

2

新素材・機能性材料開発セミナー

1. 日 時：平成30年3月2日（金）

13:30～13:40 地方創生センター長挨拶

13:40～17:05 講演会
(13:40～14:40)

「金属ナノ材料の実用化の現状と問題点
—新産業創出に向けた革新的プロセッシングの創生とその応用—」
東北大学大学院工学研究科・工学部応用化学専攻
准教授 林 大和氏

(14:40～15:40)

「交番磁気力顕微鏡の開発と磁性材料・磁気デバイスへの応用」
秋田大学大学院理工学研究科附属理工学研究センター
教授 齊藤 準氏

(15:50～17:05)

「新元素戦略：サブナノ粒子の精密合成と応用」
東京工業大学化学生命科学研究所
ERATO 山元アトムハイブリットプロジェクト 研究総括
教授 山元 公寿氏

17:05～18:00 ポスターセッション

18:00～19:30 交流会

3

セミナーにおけるポスター発表

No.	氏 名	タ イ ト ル
1	長谷川 崇	人工的な結晶構造の制御とナノテクによる高機能な磁性材料の創製 発表者：○長谷川 崇（理工学研究科）
2	松本 和也	アルキルアニリンを沈殿剤として用いたロジウムを選択分離回収 発表者：○松本 和也, 山川 澄人 (M2), 瀬崎 勇斗 (B4), 寺境 光俊 (理工学研究科)
3	大川 浩一	金属ナノ粒子を担持したリチウムイオン二次電池用正極材料の合成とその電池特性 発表者：○大川 浩一（理工学研究科）
4	加藤 純雄	二元細孔を有するメソポーラスシリカを担体とした排ガス浄化用触媒の開発 発表者：○加藤 純雄, 井上 晃汰 (M1), 小笠原 正剛 (理工学研究科)
5	柴山 敦	秋田大学地方創生センター「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」の研究活動 発表者：○柴山 敦, 石山 大三, 井上 亮, 今井 忠男, 渡辺 寧, 安達 毅, 川村 洋平, 高崎 康志, 別所 昌彦, 木崎 彰久, 小川 泰正 (国際資源学研究科), 川村 茂 (DOWA寄付講座 リサイクルプロセッシング講座), 芳賀 一寿 (理工学研究科)
6	柴山 敦	「世界のトップを目指すリサイクル製錬技術に関する産学官連携研究」～ 秋田大学地方創生センター資源開発・環境リサイクル研究開発事業と連携した最新の研究活動 ～ 発表者：○川村 茂 (DOWA寄付講座リサイクルプロセッシング講座), 芳賀 一寿 (理工学研究科), 高崎 康志, 柴山 敦 (国際資源学研究科)
7	村岡 幹夫	メタルナノコイルによる広帯域透明電磁波吸収体 発表者：○佐藤 樹 (M2) (理工学研究科)

4

地域産業連携助成

年度計画推進経費により協力教員と外部研究者との連名による研究プロポーザルに対し研究助成を行った(申請5件, 採択3件)。

教員名	課題名
長谷川 崇	超高効率・高出力モータに資する世界最強磁石の開発
齊藤 準	ナノスケール磁気イメージングセンサーの開発と先端磁性材料・磁気デバイスへの適用
寺境光俊	第一級アミンを用いた白金族金属の選択回収

機器使用料補助助成

部門研究活動活性化経費を活用し, 協力教員による研究の活性化と地方創生センター1号館, 2号館設置の研究装置の稼働率向上を目指し, 機器利用料の補助を行った。

長谷川崇講師が平成29年度NEDO未踏チャレンジ2050に採択される!
(全国で8件のみ, 次世代パワーエレクトロニクスでは2件)

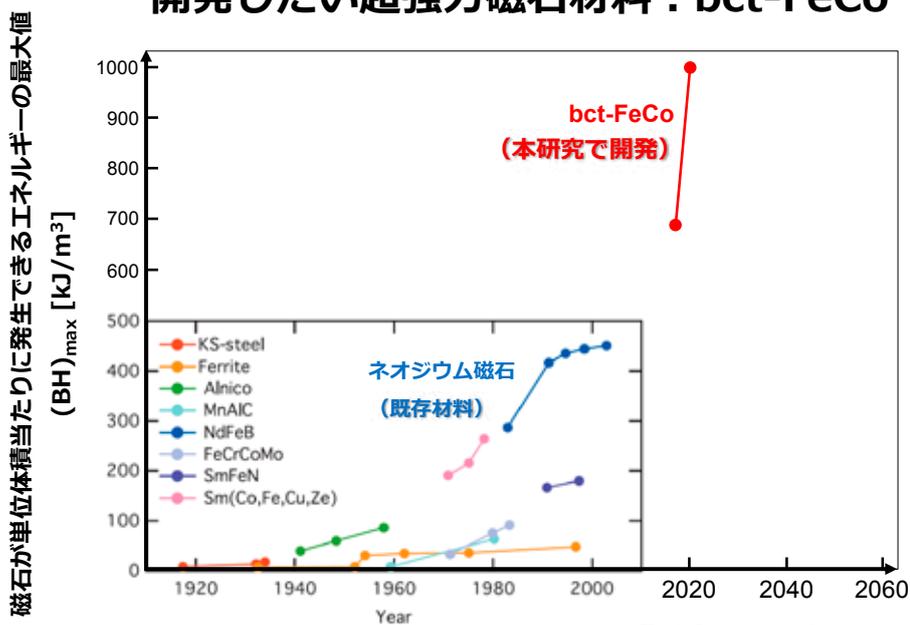
5

研究テーマ： 強力磁石材料の開発

教員名： 長谷川崇（材料理工学コース 講師）

1. 目標

開発したい超強力磁石材料： bct-FeCo



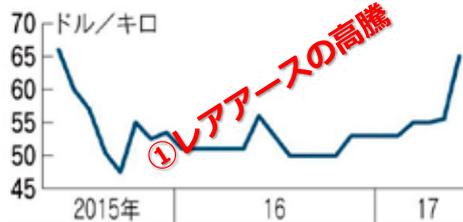
出典：赤井久純, 日本物理学会誌, Vol.71, No.6, pp.377-381 (2016).

既存の最強磁石に対して、性能が2倍の新材料 (bct-FeCo) を開発する。 6

2. 背景

新規な強力磁石の開発が急務な理由

ネオジウム2年ぶり高値 中国で環境規制強化

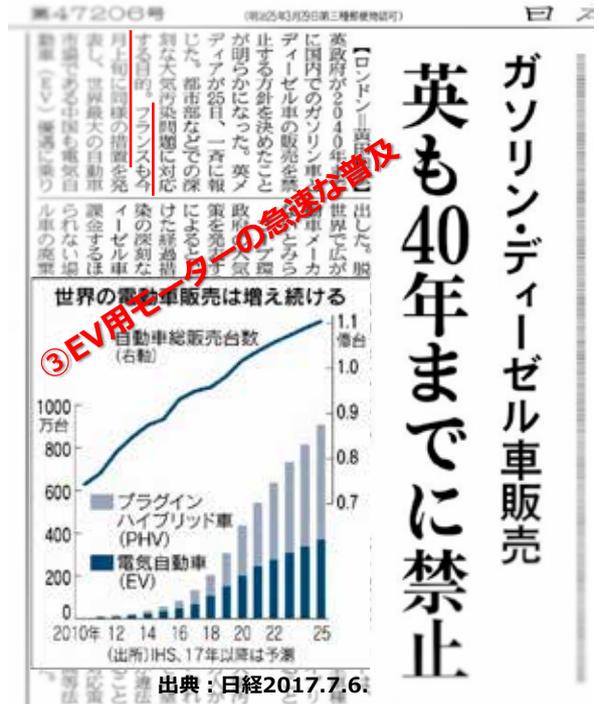


出典：日本経済新聞2017.7.28朝刊.

国内のモーターによる消費電力量



出典：平成21年度 経済産業省 三相誘導電動機判断基準小委員会資料.



出典：日経2017.7.6.

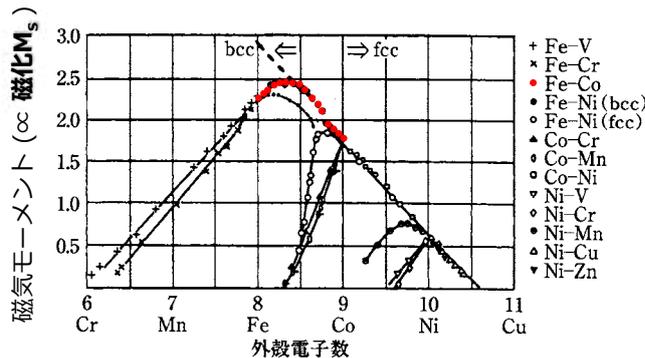
出典：日本経済新聞2017.7.26夕刊.

世界中でレアアース・フリー強力磁石の奪い合いになる。

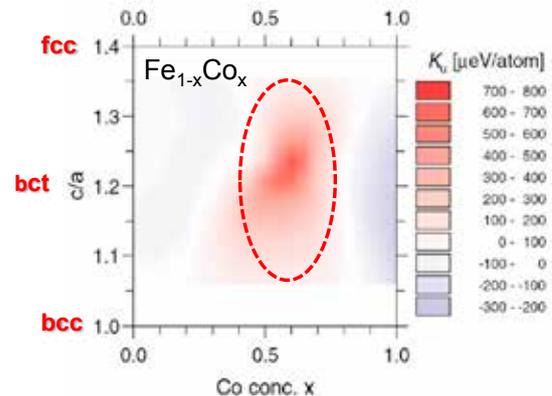
7

2. 背景

bct-FeCoは究極の磁石材料になり得るという理論予測



出典：志賀正幸, 磁性入門, 内田老鶴圃(2007).



T. Burkert et al., *Phys. Rev. Lett.*, **93**, 027203 (2004).

bcc-FeCoは、全遷移金属中で磁化が最大！
しかし磁気異方性 K_u が小さいため、長い間永久磁石には向かないとされてきた。

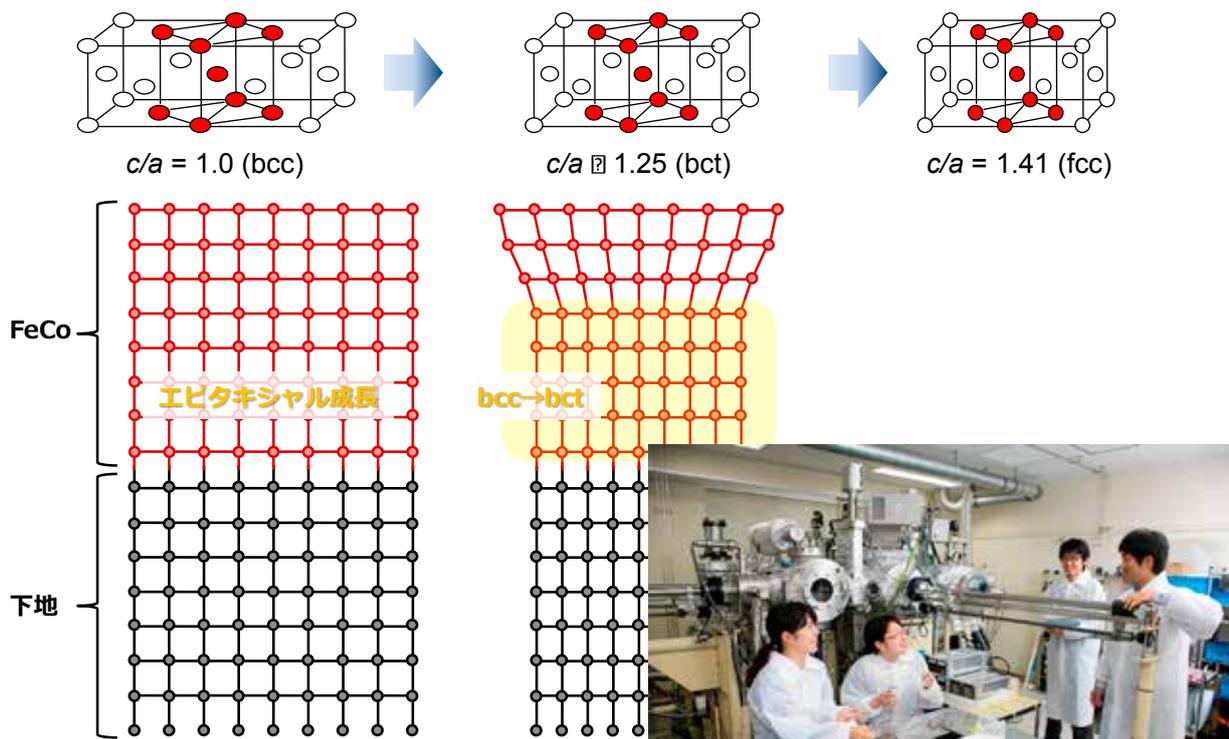
bct-FeCoでは、巨大な磁気異方性 K_u が理論予測された！

しかし、自然界には存在しない「bccとfccの中間構造(bct)のFeCo」を作る必要がある。

8

3. 研究方法

bct構造の作り方（真空工学とナノテクを利用）

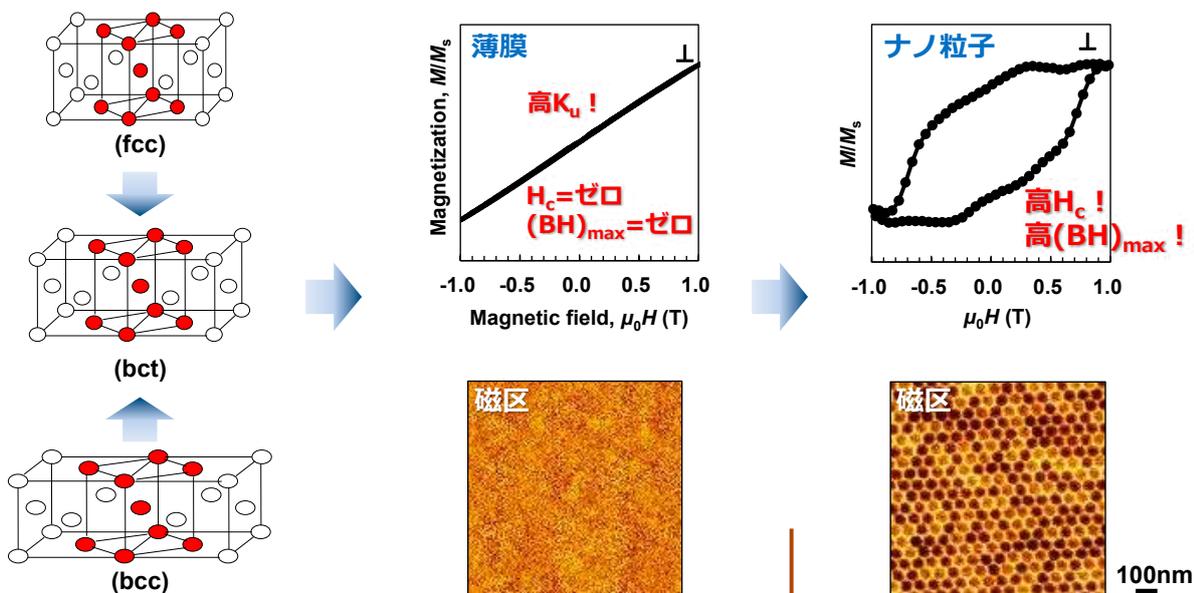


エピタキシャル現象を利用して、原子配列（結晶構造）を人工的に組み換える。

9

4. 研究成果

bct-FeCoの合成に成功



ここまでは、世界に3~4の報告例がある。
(ドイツ L.Reichel, J.Appl.Phys. 116, 213901 (2014) 他)

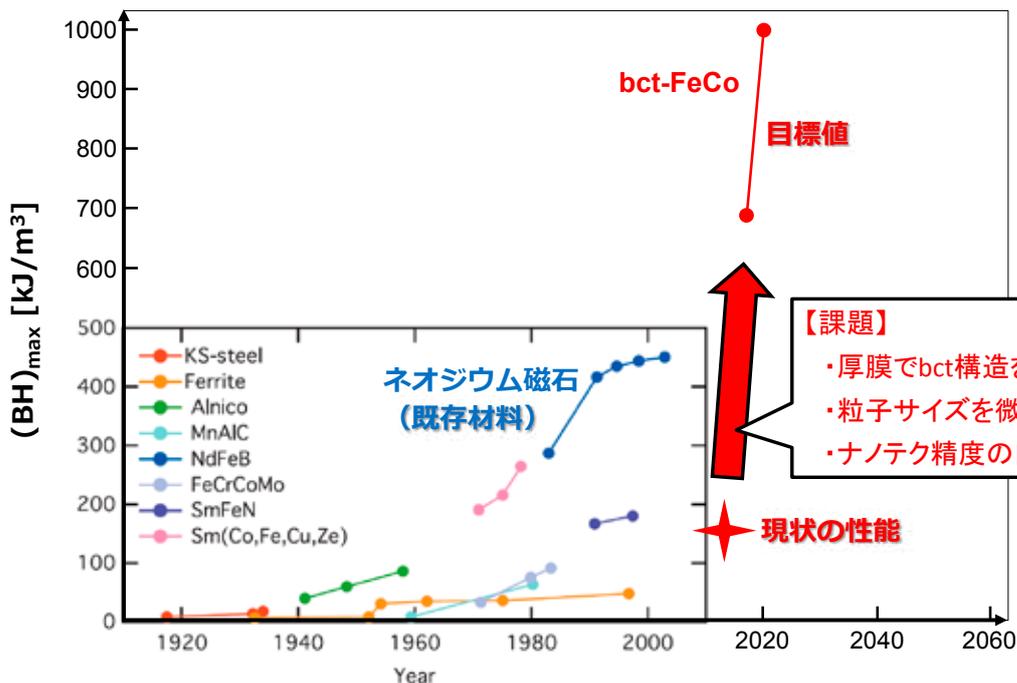
本研究の成果（ここまでは、
我々以外は未到達）

実験的にbct FeCoを合成し、理論予測の実証に成功した。

10

5. 今後の課題

磁石が単位体積当たりに発生できるエネルギーの最大値



【課題】

- ・厚膜でbct構造を合成
- ・粒子サイズを微細化
- ・ナノテク精度の向上

現状の性能

磁石性能（現状は理論値の20%未満）を目標値まで向上したい。

11

6. 期待される社会への貢献

2017~2022年	2022~2030年	2030~2040年	2040~2050年
基礎研究	磁石メーカーとの共同研究	モーター製造メーカーとの共同研究	
既存磁石の2倍の性能を実証		bct-FeCo搭載のモーター試作	
磁石の量産技術の指針を確立	磁石メーカー共同での研究成果再現	量産技術の要素開発	モーターの量産開始
	量産技術の要素開発	磁石の量産開始	



省エネ効果： 強力磁石搭載のモーターは高出力で高効率なため、小型・軽量・高パワー・高燃費の電気自動車や、飛躍的に省エネなエアコンが実現される。仮に日本の全てのモーターがbct-FeCoに置き換わったとすると、削減される消費電力量は、年間で約2,475億 kWh（日本全体の消費電力量の約3割，原発約40基分）と試算される。

（換算係数の出典：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルVer.2.4，平成21年3月環境省・経済産業省）

秋田県内産業への貢献： C. 昨年度まではTDKと共同研究契約を締結していた。TDKより、研究の進展によって今後も連携できる部分が生じれば、再度契約を締結したい意思が示されている。将来的に本研究が材料探索からプロセス開発の段階に進めば、再度連携可能な部分が出てくると思われる。

12

平成29年度研究課題一覧			
教員名	課題名	分類	ポスター
丹野剛紀	テラヘルツ技術の応用開拓	a	
加藤純雄・小笠原正剛	BDFの分析とその製造・消費に伴う課題解決の検討	a	
齊藤準	磁気記録ヘッド検査装置用・磁場センサーの高性能化	a	
大川浩一	液中プラズマ装置の開発とその応用	a	
長谷川崇	強力磁石材料の開発	c	
松本和也	第一級アミンを用いたロジウムの選択回収	c	○
寺境光俊	セルロースナノファイバーを用いた複合材料の創製	c	
吉村哲	高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	c	
原基・福本倫久	熔融塩電析法によるLaNi5表面層の形成と水素チャージ後のアノード特性	c	○
高橋弘樹	自然エネルギーの利用を志向したCO2電解還元カソードの開発	c	
林滋生	機能性天然微粉末を原料に用いた環境材料の創製	c	
齋藤嘉一	希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御	c	
進藤隆世志	備蓄原油中に形成するW/Oエマルジョンからの水分離	c	

分類a: 現時点ですでに秋田県内産業へ貢献している
 分類b: 近い将来, 秋田県内産業へ貢献できる見通しがある
 分類c: 将来, 秋田県内産業へ貢献できる可能性がある

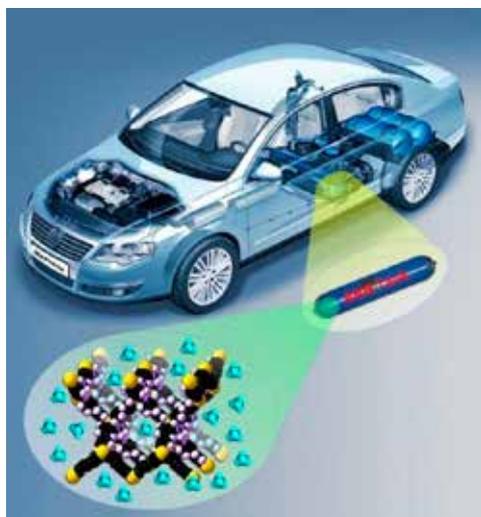
13

MOFのガス吸蔵のセンシング

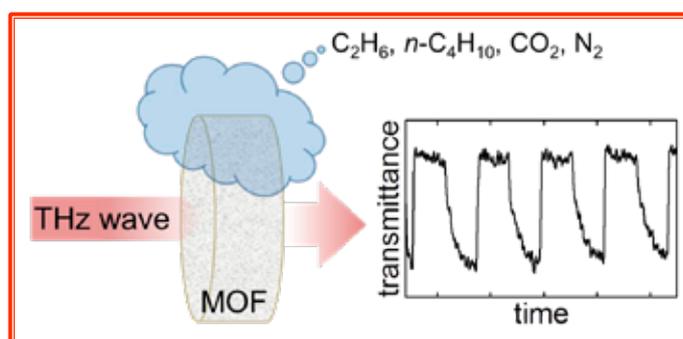
地方創生センター 丹野剛紀

- MOF(金属有機構造体)は**ジャングルジムのような構造**の結晶
- **多量のガスをコンパクトに吸蔵**できる機能性材料
- ガス吸蔵を**テラヘルツ波によって検出**することに成功

⇒残量メーター等として応用



© Phys.org, Science X network



Tanno, Watanabe, Umeno, Matsuoka, Matsumura, Odaka, *J. Phys. Chem. C*, 121, **2017**, 17921.

Matsuoka, Matsumura, Odaka, Ogawa, Tanno, *e-J. Surf. Sci. Nanotech.*, 16, **2018**, 142.

14

液中プラズマ装置の開発とその応用

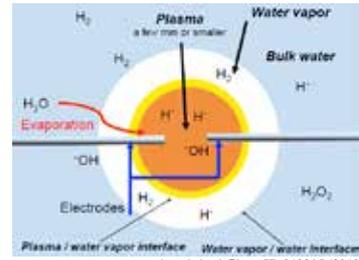
研究背景・目的

ラジカルを用いた酸化・還元反応場は様々な分野で需要を有する。そこで、高効率でラジカルを発生し、かつ省電力、ポータブルな液中プラズマ装置の開発を目標に共同研究を進めている。

秋田大学大学院 理工学研究科 大川浩一



開発中の液中プラズマ装置による実験の様子



プラズマによる高温場にて水蒸気等が熱分解によりラジカル化
 $H_2O \rightarrow H\cdot + OH\cdot$
 $2OH\cdot \rightarrow H_2O_2$

共同研究(秋田県内企業)

- ・由利本荘市の企業
- ・秋田市の企業

応用例 (亜ヒ酸(As(III))の酸化)



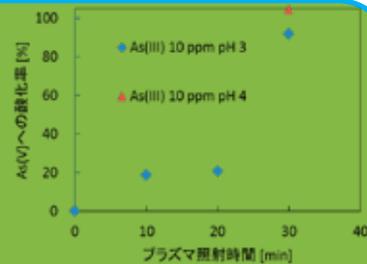
原水(酸性坑廃水)

共沈法を用いた除去効率
 $As(V) > As(III)$
 よって酸性坑廃水中の亜ヒ酸(As(III))をヒ酸(As(V))に酸化する必要がある。

実験: 10 ppmのAs(III)溶液100 ml (pH 3および4)を、液中プラズマで30分処理



処理の様子



→100%近い酸化率を示した。

15

実施内容(H30計画)

- 1)有機材料, 複合材料関連(寺境, 松本)
生分解性高分子, 熱電材料, 繊維強化プラスチックなど
- 2)無機材料, 金属材料関連
(齊藤(準), 吉村, 長谷川, 原, 福本, 林, 高橋, 加藤, 小笠原, 進藤, 大川)
多孔質材料, 触媒材料, 磁性材料, 高強度合金など
- 3)ナノテクノロジー, 境界領域関連(斎藤(嘉), 丹野)
ナノ分散複合体, ナノスケール分析, 生体親和性材料など

本事業が主催するセミナーを開催し, 外部講師による講演会と協力教員によるポスターセッションを実施する。また, 年度末に協力教員から研究報告書を提出してもらい, 事業としての成果をとりまとめる。

- 年度計画推進経費, 部門研究活動経費を活用した下記2点の助成事業を実施する。
- 1)新素材・機能性材料開発促進経費(大型予算獲得に向けた試験研究に対し助成)
 - 2)分析機器使用料補助(分析機器の稼働率向上)

磁性材料研究(JSTさきがけ, NEDO未踏チャレンジ)

c分類研究課題をa分類, b分類課題へ...

JST新技術説明会,
 県内企業との連携促進
 他事業との連携

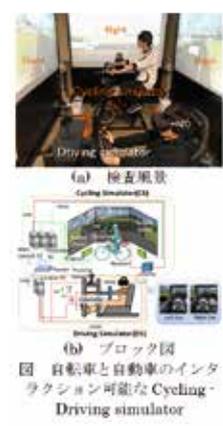
16

(3) 機械システム・電気電子デバイス系研究開発事業の報告(平成29年度)

事業名：機械システム・電気電子デバイス系研究開発事業

代表者氏名：渋谷 嗣

<p>予算額</p>	<p>部門研究活動活性化経費（間接経費） 2,240,000円 年度計画推進経費 円 事業費 300,000円 合計 2,540,000円</p>
<p>協力教員氏名</p>	<p>村岡幹夫、田島克文、吉田征弘、景山陽一、水戸部一孝、濱岡秀勝</p>
<p>目的</p>	<p>次世代の航空機、自動車のために、秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。具体的には、複合材構造製造を中間素材から一新し、航空機向けを最終目標として、達成度に従い、医療、高齢者向け補助器具、パワーシストスーツから車両向けの作り産業に寄与する。また、高効率動力システムの開発を推進するため、次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な、高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転・歩行支援やインフラに関して、最高速度標識の認識法の開発、運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示や自動車と自転車インタラクション可能なVRシミュレータの開発と高齢者の行動評価を行う。上記研究開発事業の推進により輸送機に関連した地域の広範なモノづくり産業の活性化に寄与する。</p>
<p>実施内容・成果</p>	<p>新世代航空機部品製造拠点創生事業として、秋田県からの委託事業「平成29年度新世代航空機部品製造拠点創生事業」を推進するため、秋田複合材新成形法（ANC）技術研究組合（経済産業大臣認可、組合員：秋田大学、秋田県立大学、日本精機、三栄機械）を立ち上げた。平成29年度は、主に三栄機械ならびに三菱重工業との協体制のもとで、1 mサイズの板状成形技術と複雑形状（L字形状、T字形状）の成形技術を確立した。本事業の最終的目標は航空機機体主要構造物をターゲットとした複合材の革新的な低コスト製造技術を開発し、秋田県での複合材製造、製造装置の事業化と機体主要構造物の製造拠点の創生を図ることにあるものの、その事業化マップにおける中期的行程として、これまでの実証結果を踏まえ、メタルナノコイルの特性を活かし、自動車分野や建築インフラ補修関連での応用についても検討を重ねており、三菱重工業や秋田県の協力のもとで、ニーズ先との新たな展開についても鋭意協議を重ねている。本分野については、次年度以降における新たなテーマとする方向である。以上の技術関連の進捗状況は、平成30年度予算案審議に関する秋田県議会で、特に、自動車分野への展開として、大手自動車メーカーとの共同研究に繋がっている点が、高い評価を得ている。その結果、平成30年度の事業予算は、平成29年度を350万円ほど上回る予算87,958千円が認められた。また、複合材とは直接関連はないが、航空機システム電動化の研究開発拠点形成を目指し、株式会社IHIの指導のもと秋田県産官学連携の研究会（ARI）が発足した。複合材料製造の領域で特許出願件数を3件行った。</p> <p>高効率動力システムの開発においては、三相誘導モータの解析モデルを磁気回路法の考え方に基づいて構築し、電流、損失、出力及びトルク特性の計算結果を実験値と比較してその妥当性を検証した。回転角速度ωを直接与え解析を行った結果、電流、出力及びトルク特性の計算結果は実験結果と概ね一致し、構築した三相誘導モータのRNAモデルの妥当性が示された。また、誘導モータの出力密度向上を目指したアキシアルギャップ構造のモータの設計も行った。同体積の従来型のラジアルギャップ誘導モータと比べ、約2倍のトルクを出力可能であることを解析により明らかにした。</p> <p>運転・歩行支援やインフラに関して、夜間における最高速度標識の認識法を開発するため、新規に購入したカメラを自動車の助手席に設置して撮影を行い、動画像データを取得した。次に、前年度までに開発した認識法における処理の改善を行った。具体的には、認識処理法では、最高速度標識内部における数字の形状特徴に着目した処理を開発し、標識の傾きや照度の変化に起因する色情報の変化を軽減させた。312枚の最高速度標識を対象として検討を行ったところ、抽出率は98.4%、認識率は96.3%の結果を得ることができ、目標（認識率90%）を達成することができた。</p> <p>仮想交通環境で生じる自転車と自動車との交通事故を調べるために、前年度開発した自転車乗用中のヒトの身体動作を計測できるサイクリングシミュレータにネットワークを介してドライビングシミュレータを接続することで自転車と自動車とのインタラクション可能なVRシミュレータを開発した。図に自転車と自動車とのインタラクション可能なVRシミュレータを示す。図(a)は検査風景、同図(b)はブロック図を示す。自転車乗用車には歩行環境シミュレータと同様に3面のスクリーンを介して正面、右側および後方の視覚情報を提示している。自動車を運転するドライバーにはHMDを介して視覚情報を提示しており、両者の視界には同一の仮想交通環境で両者が操作する自転車または自動車を視認することができる。なお、自転車乗用車の検査には、再現性のある車両走行パターンを実現するため、人間のドライバーに代わりコンピュータで車両の動きを制御することも可能であり、以下の検査では時速60km/hで走行する複数台の車両が任意の車間距離（60 m、100 m、140 m）で出現するようにプログラムした。サイクリストには片側1車線の直線道路の左側路側帯を後方から接近し追い越していく車両と並進した状態で自転車を進め、車道を横断できると思ったタイミングでハンドルを切って右折し、右側路側帯まで一気に車道を横断するように教示した。検査参加者が自転車運転し、右側路側帯に到達すると1試行の検査が終了する。なお、検査参加者は若年者8名、高齢者8名であり、1人あたりの横断回数を10試行とした。片側一車線の車道を自転車で横断する条件での交通事故発生率調べた結果、本検査では若年者は事故に遭わず、高齢者は18.8%（Near: 16.3%, Far: 2.5%）事故に遭っていることを確認した。さらに、自転車乗用時のMoCapデータを解析した結果、事故に遭いやすい高齢者には、車道侵入直前の後方確認時間が有意に短く、後方を確認し終えてから車道に侵入するまでの所要時間が有意に長い傾向があることを明らかにした。</p>



地方創生センター地域産業研究部門

機械システム・電気電子デバイス系研究開発事業

代表者 渋谷 嗣

(自動車・航空機産業研究開発事業)

事業の背景

- ・自動車・航空機などの輸送機産業は裾野の広い産業構造を有しており地域の産業への寄与も大きい。
- ・現在，自動車や航空機などの輸送機器は，環境問題やエネルギー効率の向上のために，素材や動力システムの転換が進められている(電動化，複合材料化)。
- ・ICT企業も参入した自動運転車の実現。
- ・産学官が連携した新たな地域産業の創生に寄与するために，次世代の自動車や航空機に関する研究を推進する機械システム・電気電子デバイス系開発事業を行う。

事業の目的

- 次世代の航空機，自動車のために，秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。
- 高効率動力システムの開発を推進するため，次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な，高速高精度な動特性解析手法を開発する。
- 運転・歩行支援やインフラに関して，最高速度標識の認識法の開発，運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示可能なVRシミュレータの開発と道路インフラと運転行動の評価を行う。

協力教員と実施項目

1. 構造設計に関する研究開発
村岡幹夫（理工学研究科・教授）
2. 動力システムに関する研究開発
田島克文（理工学研究科・教授）
吉田征弘（理工学研究科・助教）
3. 運転・歩行支援とインフラに関する研究開発
景山陽一（理工学研究科・教授）
水戸部一孝（理工学研究科・教授）
濱岡秀勝（理工学研究科・教授）

平成29年度成果報告

事業名：機械システム・電気電子デバイス系研究開発事業
 代表者氏名：渋谷 嗣

予算額	部門研究活動活性化経費(間接経費)	2,240,000円
	年度計画推進経費	円
	事業費	300,000円
	合計	2,540,000円
協力教員氏名	村岡幹夫, 田島克文, 吉田征弘, 景山陽一, 水戸部一孝, 濱岡秀勝	
目的	次世代の航空機、自動車のために、秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。具体的には、複合材構造製造を中間素材から一新し、航空機向けを最終目標として、達成度に従い、医療、高齢者向け補助器具、パワーアシストスーツから車両向けの作り産業に寄与する。また、高効率動力システムの開発を推進するため、次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な、高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転・歩行支援やインフラに関して、最高速度標識の認識法の開発、運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示や自動車と自転車がインタラクション可能なVRシミュレータの開発と高齢者の行動評価を行う。上記研究開発事業の推進により輸送機に関連した地域の広範なモノづくり産業の活性化に寄与する。	

複合材成形技術(構造設計に関する研究開発)

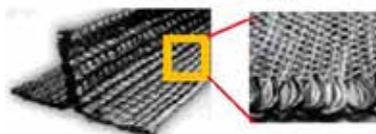
村岡幹夫

秋田県からの委託事業「平成29年度新世代航空機部品製造拠点創生事業」

秋田複合材新成形法(ANC)技術研究組合(経済産業大臣認可、

組合員: 秋田大学, 秋田県立大学, 日本精機, 三栄機械)

複合材成形



熱可塑プリフォーム



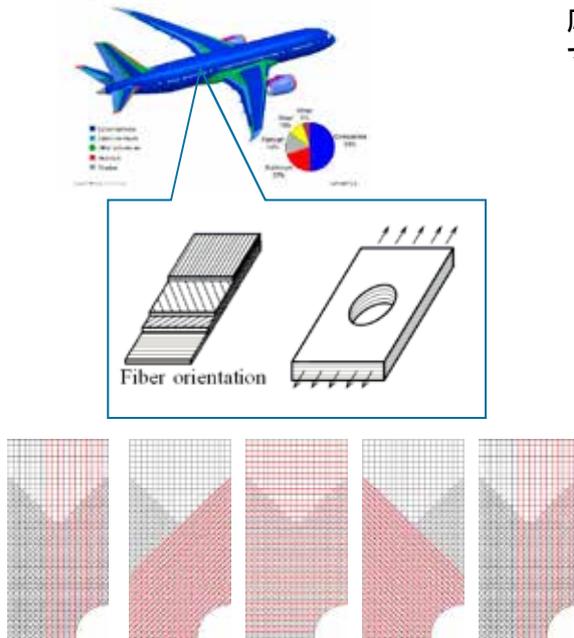
L字形状, T字形状の成形技術を確立



複合材シミュレーション技術(構造設計に関する研究開発)

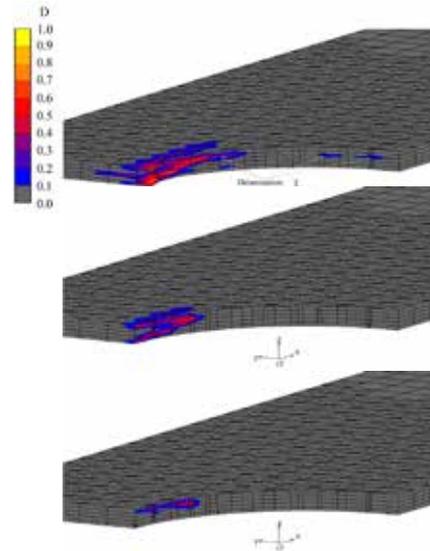
渋谷 嗣

Boeing の787_composite_arff_data より
Composite Structure Content of the 787



マトリックスき裂に対応するき裂要素(赤)の配置

応力基準とエネルギー基準を併用したマトリックスき裂と界面はく離の評価



動力システムに関する研究開発 -EV, FCVのための高効率電動機に関する研究- (田島, 吉田)

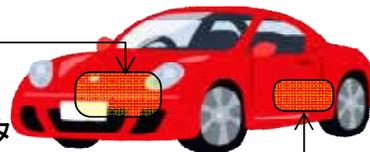
研究背景

誘導モータの特徴

- 構造が単純で堅牢なため高速運転が可能
- 高温に強い
- 無通電時に逆起電力や損失が発生しない

主駆動用モータ

補助駆動用モータ



誘導モータはEV/HEV駆動用モータとして注目されている

誘導モータの高効率・小型化(高トルク化)

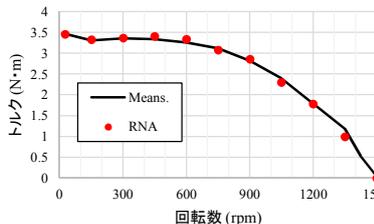
高速・簡便な誘導モータの解析・設計手法の開発

磁気回路法の考え方に基づく三相誘導モータの解析モデル

H28年度: 回転子静止時の解析モデル構築

H29年度: **回転子駆動時の解析モデル構築**

回転角速度 ω を直接与え、三相正弦波交流電圧印加時のトルク特性を計算したところ、実験結果と概ね一致し、本モデルの妥当性が示された。



計算速度

回転子静止時: 有限要素解析 (FEA)と比較して**17倍程度**

回転子駆動時: FEAで過渡解析を行った場合と比較して**40倍以上**

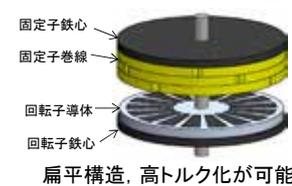
H30年度: 電気-磁気-運動連成解析モデルを構築 負荷の短時間変動時, PWMインバータ駆動時の特性計算を目指す

出力密度向上を目指したアキシアルギャップ構造モータ設計

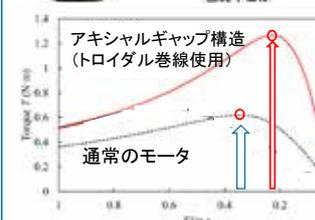
通常の構造: 円筒型の固定子に円柱型の回転子が挿入される構造



アキシアルギャップ構造



扁平構造, 高トルク化が可能



H29年度: FEM解析 巻線も含めて同体格で比較した場合, トルクが2倍に増加

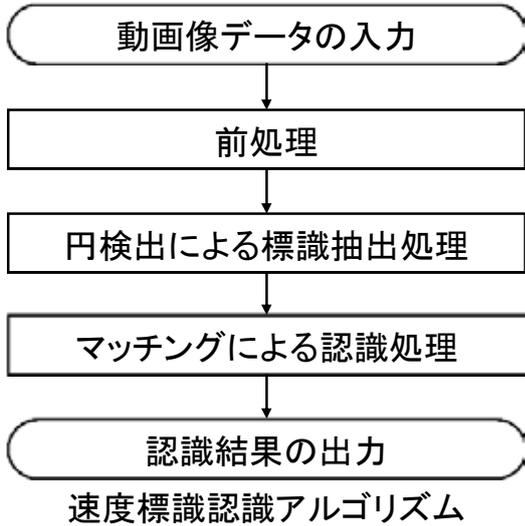
H30年度: 実機設計製作

トロイダル巻線構造に関し、県内企業と共同研究を行う予定

情景動画像を用いた夜間における最高速度標識の認識 景山陽一

最高速度違反による死亡事故率が著しく高い
夜間ではさらに危険になる

夜間における速度標識の認識率の向上を目的とする



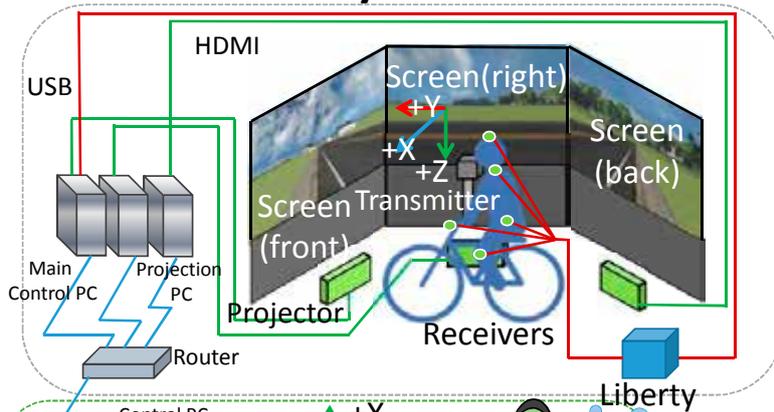
認識結果例

- ✓ 対象標識312枚に対し、抽出率98.4%、認識率96.3%の結果を得た
- ✓ 目標(認識率90%)を達成することができた

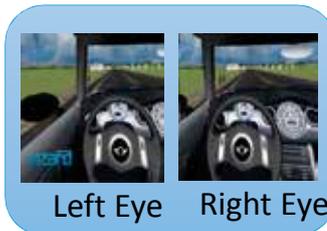
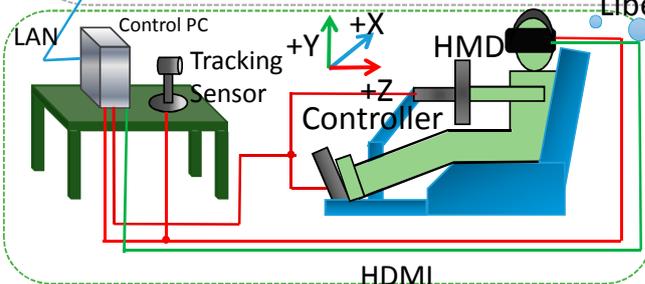
Bicycle-car driving simulator

水戸部一孝

Bicycle Simulator



Experiment scene



Car Simulator

Experiment scene & External fund



自転車の運転者の行動



ドライバーの行動

獲得した外部資金

- ・トヨタ自動車より研究委託費 1,996万円
→地元企業(横手精工)に再委託費1,597万円(地元企業の活性化に貢献)
- ・交通科学学会より研究助成金 30万円

11

平成30年度の計画

事業名 : 自動車・航空機産業研究開発事業

代表者氏名 : 渋谷 嗣

※ 目的	秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。また、高効率動力システムの開発を推進するため、次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転・歩行支援やインフラに関して、最高速度標識の認識法の開発、運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示やVRシミュレータの開発とヒューマンファクターの評価、自動運転技術の向上。地元企業と連携して地域産業に寄与する。
※ 実施内容	複合材構造製造に関して、連続生産のコンセプト確認と成形技術のスピードアップ化を目指すほか、立体形状の精度向上に向けて検討を進める。 高効率動力システムの開発においては、誘導モータの電気・磁気・運動連成解析が可能なRNAモデルの構築を行う。また、従来のラジアルギャップ誘導モータに対して2倍のトルク密度を達成できるラジアルギャップ誘導モータの設計および実機の試作を行う。 運転・歩行支援やインフラに関して、「情景動画を用いた夜間における最高速度標識法」についてデータ取得条件を考慮した処理法(パラメータ設定法)の開発を行う。自転車と自動車のインタラクション可能なCycling-Driving simulatorを活用し、歩行者あるいは自転車の急な飛び出しに対するドライバーの行動をモーションキャプチャすることで、高齢者のペダル操作に焦点を絞り解析する。
※ 実施体制	村岡幹夫、田島克文、吉田征弘、景山陽一、水戸部一孝、濱岡秀勝

その他

- ・秋田複合材新成形法技術研究組合との連携(秋田県からの委託費約9千万円H30)
- ・トヨタ自動車との複合材成形に関する共同研究(検討中)
- ・航空機の電動化に関する研究会(ARI, IHI)
- ・秋田県科学技術振興ビジョン推進事業「再生可能エネルギーに資するトロイダル巻高効率ジェネレータに係る研究」(申請中)

(4) 新エネルギー開発研究事業の報告（平成29年度）

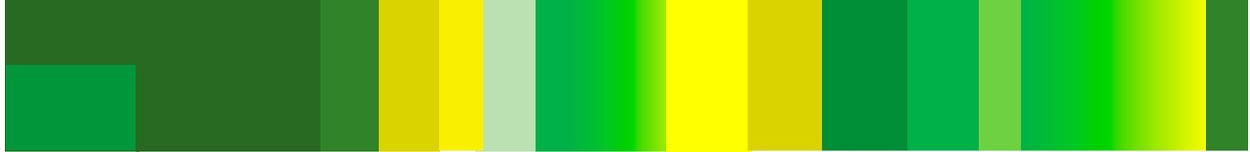
事業名：新エネルギー開発研究事業

代表者氏名：三島 望

予 算 額	<table border="0"> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>500,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>462,000円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>400,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>1,362,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	500,000円	年度計画推進経費	462,000円	事業費	400,000円	合 計	1,362,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	500,000円								
年度計画推進経費	462,000円								
事業費	400,000円								
合 計	1,362,000円								
協力教員氏名	<p>田島 克文 中村 雅英</p>								
目 的	<p>本研究事業の目的は、秋田県において高いポテンシャルを持つとされる新エネルギー（主として風力、地熱）を活用して、地域産業の活性化、雇用創出等を行うことである。その際、秋田県による各種事業と連携して、地域の技術開発力の中核としての役割を果たして行く。</p>								
実施内容・成果	<p>(1) 秋田県からの委託事業 秋田県の事業「風力発電高度メンテナンス人材育成事業」における委員委嘱を受け、東大先端研飯田准教授、県、風力エネルギー財団と協議しつつ、以下のプレ講座を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成29年10月28日 第1回プレ講座（風力発電メンテナンスの概要など） 秋田大学内にて5～10限の時間帯に実施、参加者約70人 ・平成30年2月15日 第2回プレ講座（安全講習など） 日立パワーソリューションズ能代事業所にて終日実施、参加者4名 <p>(2) 研究事業 (2) 研究事業</p> <p>(A) 市民風車をモデルケースとした新エネルギー設備に対するNIMBY解消の研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・青森県大間町において風車近隣住民に対して安全性、静粛性、発電効率（収益性）の3要素に対する感性評価を行った。また大間町役場においてヒアリング調査を行った。 ・上記の結果と50編以上の学術論文の文献調査からコミュニティ隣接型の小型風車の形式としてはサボニウス型が適しているとの結果を得た。 ・本研究項目の成果を、2017年11月に国際学会（Ecodesign2017）において発表した。（題目：Residents' Reactions against Renewable Energy Facilities and Influence of Willingness of Investment） <p>(B) 風車のメンテナンス計画策定とライフサイクルシミュレーションの研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・風力発電の停止要因を部品と故障モード別に抽出し、NEDOの風力発電運転実績データをもとに発生頻度をモデル化した。 ・秋田県における冬季雷の増加傾向を時間の関数としてモデル化した。 ・上記両データと秋田県における今後10年間の風力発電の導入計画をもとに、秋田県における風力発電の故障頻度シミュレーションを行った。 ・異なるメンテナンスシナリオに基づく発電量の増減を計算した。 ・本研究項目の成果を2018年6月開催の国際会議（Grand Renewable Energy2018）に投稿し採択された。（題目：Modeling of Failure Factors of Wind Turbines in Tohoku for Maintenance Planning） <p>(C) 風車のメンテナンス性設計の研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・(B)に基づき、風車の部品別の故障重要度の算出方法を検討し、頻度、メンテナンス性、逸失利益の3要素を考慮すべきとの結論に達した。 ・風車のオペレーション&メンテナンスの高度化のためのIoTモジュールに必要な仕様を検討した。 								



新エネルギー 開発研究事業



平成29年度成果発表会

平成30年5月30日 事業代表:三島望

◆ 共同ライフサイクルデザイン工学専攻

◆ 創造生産工学コース



1

平成29年度事業の構成

- 人材育成事業
 - ✓ 高度メンテナンス人材育成事業
- 研究開発事業
 - (A) 市民風車をモデルケースとした新エネルギー設備に対するNIMBY解消の研究
 - (B) 風車のメンテナンス計画策定とライフサイクルシミュレーションの研究
 - (C) 風車のメンテナンス性設計の研究

共同ライフサイクルデザイン工学専攻 創造生産工学コース 2

人材育成事業の概要と成果

目的:秋田県の産業振興策として,風力発電の高度メンテナンス人材を育成することがあげられている.本事業では秋田県の事業に協力し,人材育成の機会と場を提供する.

平成29年度の成果:

- 平成29年10月30日 第1回プレ講座(風力発電の概要と仕事,風力発電システムとメーカーの仕事,スマートメンテナンス及び研究動向)
秋田大学内にて5~10限の時間帯に実施,参加者63名
- 平成30年2月15日 第2回プレ講座(風車と安全,安全訓練体験)
日立パワーソリューションズ能代トレーニングセンターにて終日実施,参加者4名
- 10月27,28日にウィンドファーム見学会を実施

共同ライフサイクルデザイン工学専攻 創造生産工学コース 3

開発研究事業の概要と成果

研究項目(A):市民風車をモデルケースとした新エネルギー設備に対するNIMBY解消の研究

目的:風力発電の導入促進を目的として,発電用風車に対するNIMBY(Not in my backyard)という典型的住民感情の原因と対策を探る.

平成29年度の実施内容:

- 青森県大間町において風車近隣住民に対して安全性,静粛性,発電効率(収益性)の3要素に対する感性評価を行った.また大間町役場においてヒアリング調査を行った.
- 上記の結果と50編以上の学術論文の文献調査からコミュニティ隣接型の小型風車の形式としてはサボニウス型が適しているとの結果を得た.

共同ライフサイクルデザイン工学専攻 創造生産工学コース 4

投資意欲と住民感情

投資意欲と5つの問題の相対重要度の関係を調査した。

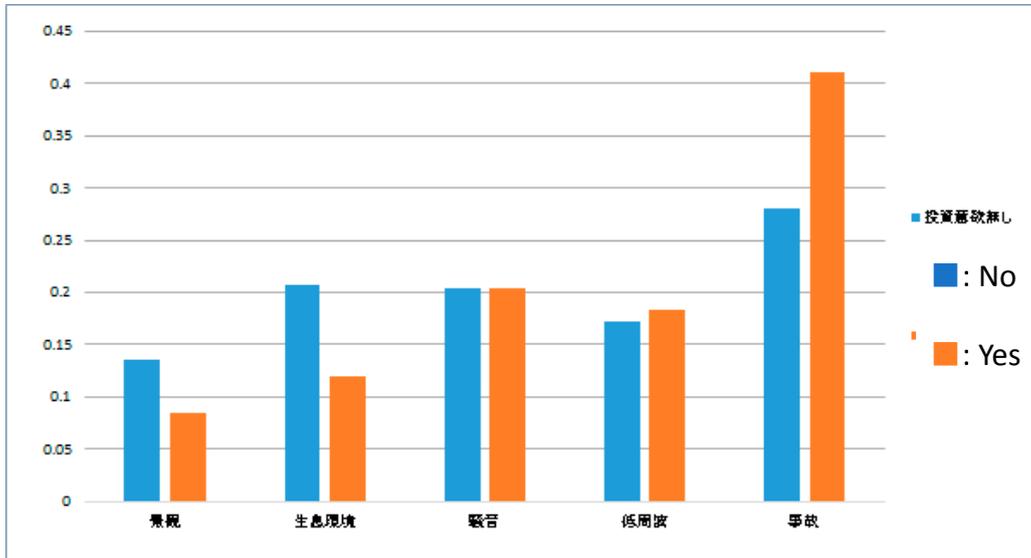


図4: 投資意欲と問題意識の関係(居住者の場合)

投資意欲と住民感情の関係

同様の調査を非居住者に対しても実施した。

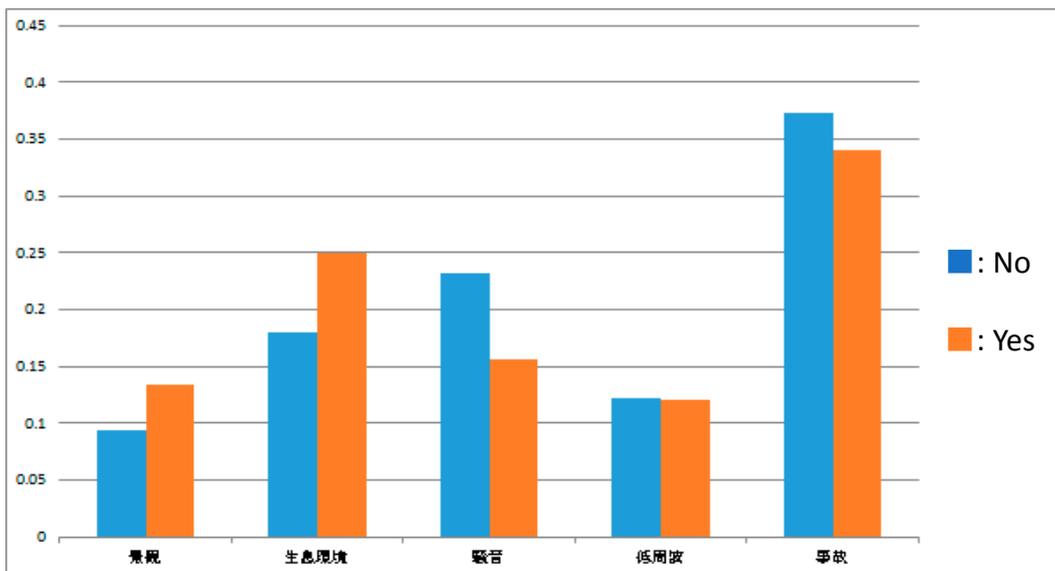


図5: 投資意欲と問題意識の関係(非居住者の場合)

投資額と住民感情

風車の“所有”≒“投資”が住民感情に影響するという先行論文がある.本研究でも調査を行った.

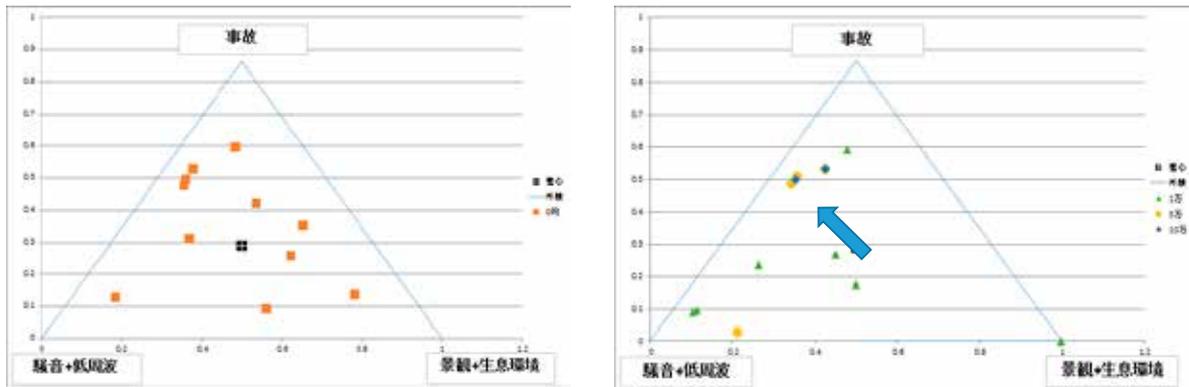


図6: クラスター分析における投資意欲増大に伴う重心移動(居住者の場合)

投資額と住民感情

同様の調査を非居住者に対しても実施した.

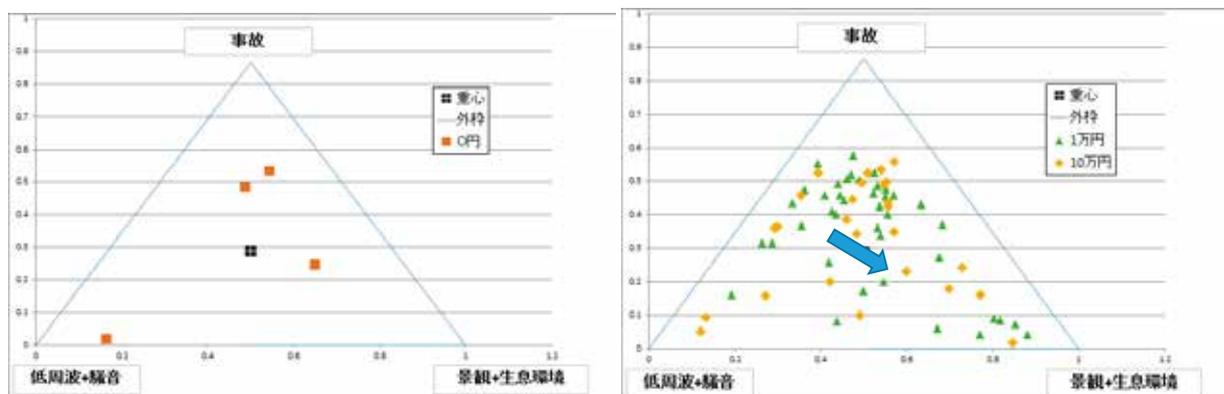


図7: クラスター分析における投資意欲増大に伴う重心移動(非居住者の場合)

風車の形式と性能

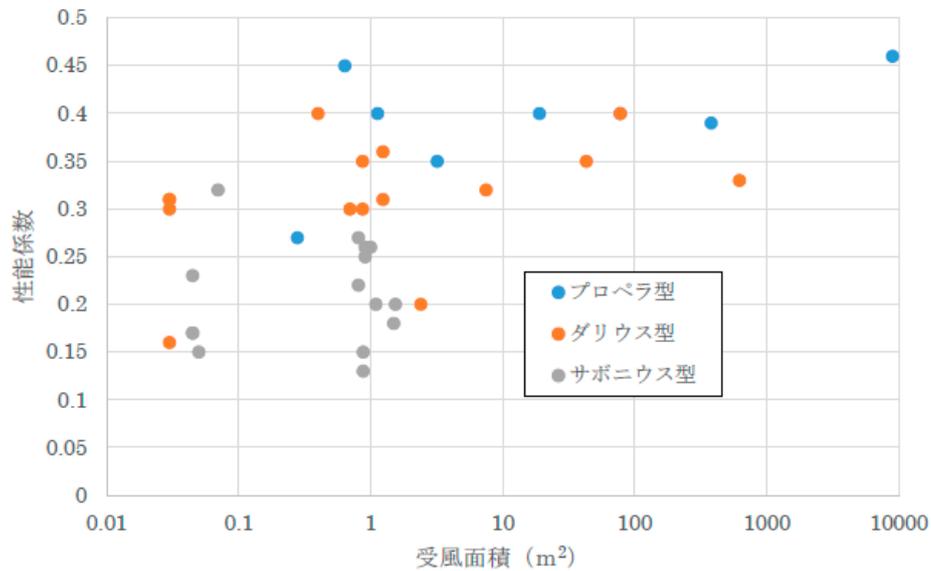


図8: 文献調査に基づく風車の形式, 受風面積, 性能係数の関係

風車の形式と性能

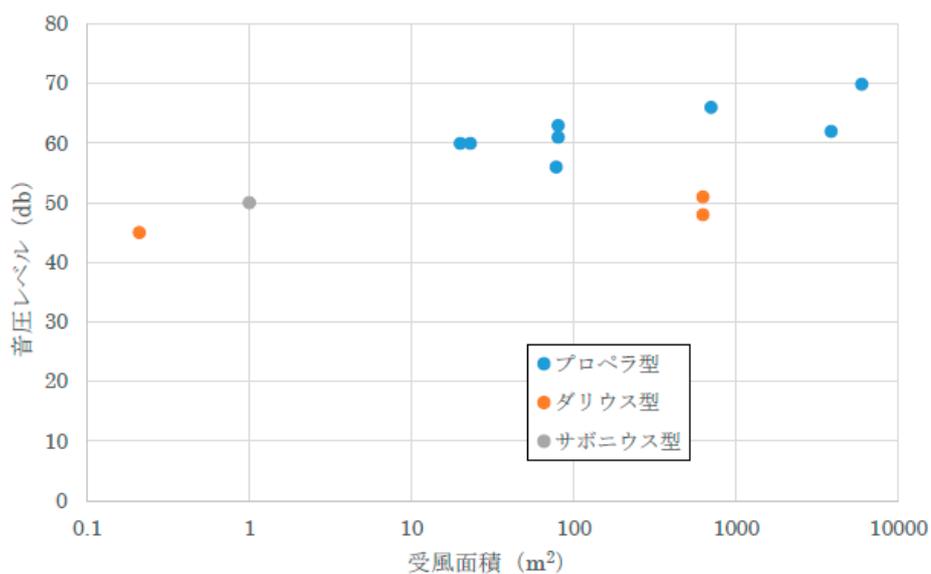


図9: 文献調査に基づく風車の形式, 受風面積, 総合音圧の関係

風車の形式と住民受容性

大間町内でフィールド調査を実施した。

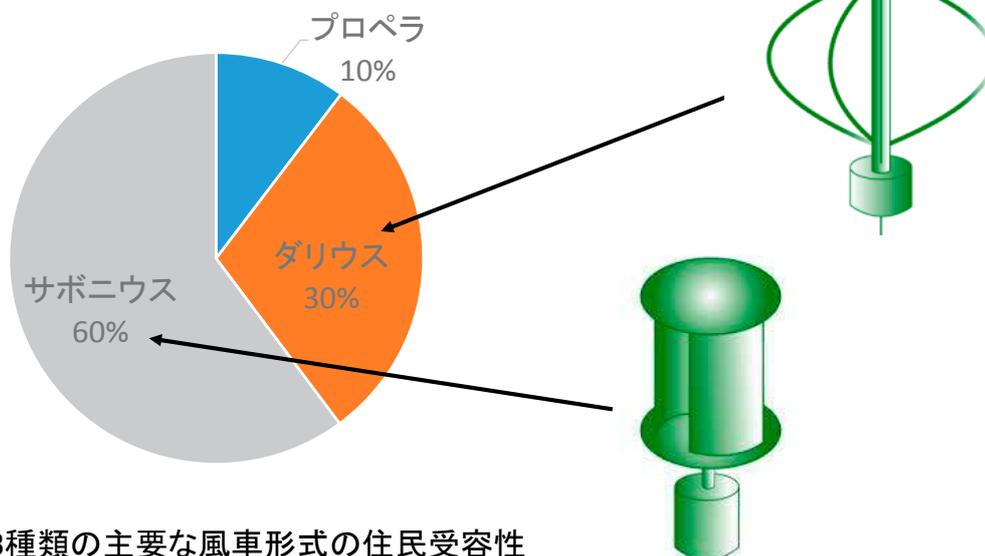


図11:3種類の主要な風車形式の住民受容性
(相対重要度として表示)

分析と課題

- 投資意欲の増加に伴い、居住者では個人的な影響に対する懸念が若干増大する。非居住者では自然環境などの公的な影響に対する懸念が増大する。
- コミュニティ隣接型の小型風車は大型風車と同じ形式では不適當。
- ステークホルダーが居住者であるか、非居住者であるかによって導入戦略が異なる。
- グリーンエネルギー証書、市民風車出資の町民枠及び全国枠、クラウドファンディングなど、様々な導入モデルを経営工学的視点で検討する必要あり。

開発研究事業の概要と成果

研究項目(B): 風車のメンテナンス計画策定とライフサイクルシミュレーションの研究

目的: 風力発電システムのLCC(ライフサイクルコストリング)とLCA(ライフサイクルアセスメント)を基に最適なメンテナンス計画を策定する方法を示す。

平成29年度の実施内容:

- 風力発電システムの簡易的LCC, LCAを実施した。
- 風力発電の導入に関わるシステム挙動を分析した。
- 風力発電の停止要因を部品と故障モード別に抽出し, 風力発電運転実績データをもとに発生頻度をモデル化した。
- 秋田県の今後10年間の風力発電の導入計画をもとに, 秋田県における風力発電の故障頻度シミュレーションを行った。

風車のライフサイクルシミュレーション

● 参考データ

e.g. 施設寿命とEROI(Energy Return on Investment)

表1: 各種の発電プラントの施設寿命とEROI(エネルギー収支率)

発電方法	EROI	耐用年数
火力(石油, 石炭)	5~25	—
火力(LNG)	2~4	—
原子力	5~70	40年?
水力	10~50	60~80年
太陽光	10~20	10年
風力	10~50	20~25年

ライフサイクルコスト

● 発電用風車のLCC

表2: 青森県鱒ヶ沢町設置の1.5MW級風車における計算例

定格出力(kW)	1,500
ハブ高(m)	80
平均風速(2013年実績, m/s)	5.3
年間発電量(2013年実績, GWh)	3.8
設備利用率(2013年実績, %)	28.9
売電収入(21円/kWhとして計算, 万円)	7,980

*: 2003年2月運転開始

** : 初期費用のみを考えれば, 約5.5年で償還可能となる. 実際には維持管理費用も必要となる.

***: 実績データでは当初予定10年のところ7年で償還済み.

***: 建設費用約3億8千万円. (補助率50%)

ライフサイクルアセスメント

発電用風車のLCA

表3: 2MW級風車のLCA計算例

定格出力(kW)	2,000
ハブ高(m)	80
運用期間(year)	20
ライフサイクルを通じたCO ₂ 排出量(t-CO ₂)	1033.4
総発電量(GWh)	101.3
発電量当たりのCO ₂ 排出量(g-CO ₂ /kWh)	10.2

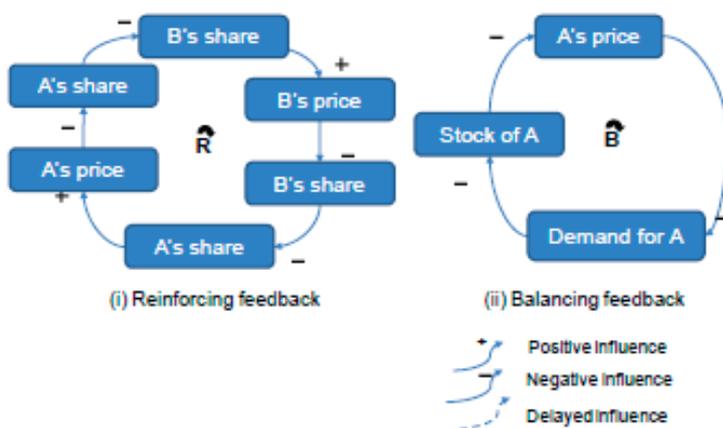
*メンテナンスのためのCO₂排出量を製造・輸送の排出量に対して2.0%/年としている.

**日本の発電によるCO₂排出係数は0.56kg-CO₂/kWh程度としている

***概ねEROI(Energy Return on Investment)は50を超える.

風力発電のシステムデザイン

- 因果関係ループによるシステムダイナミクス的アプローチ



正のフィードバックが実現されることにより効果は劇的に増大する

図13: 2種類の主要な因果関係ループ

システムダイナミクス手法による分析

- エコビジネスのシステムダイナミクス
 - ・ 風力発電は典型的なエコビジネス⇒因果関係ループによるエコビジネスの分析手法が適用できる!?

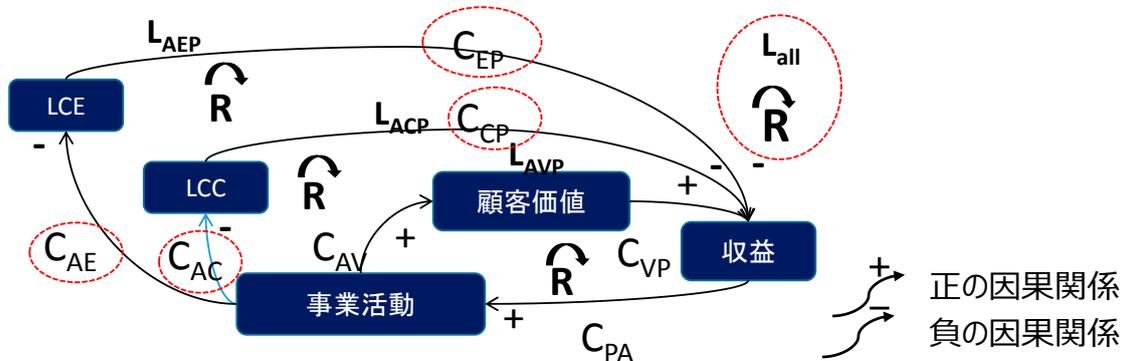


図14: 理想的エコビジネスの因果関係ループ

風力発電のCLD

環境負荷削減効果を分割して、グリーン電力証書を作成、これを一般市民に販売する。

(i)-(xi) No. of causal link

Positive influence
Negative influence
Delayed influence

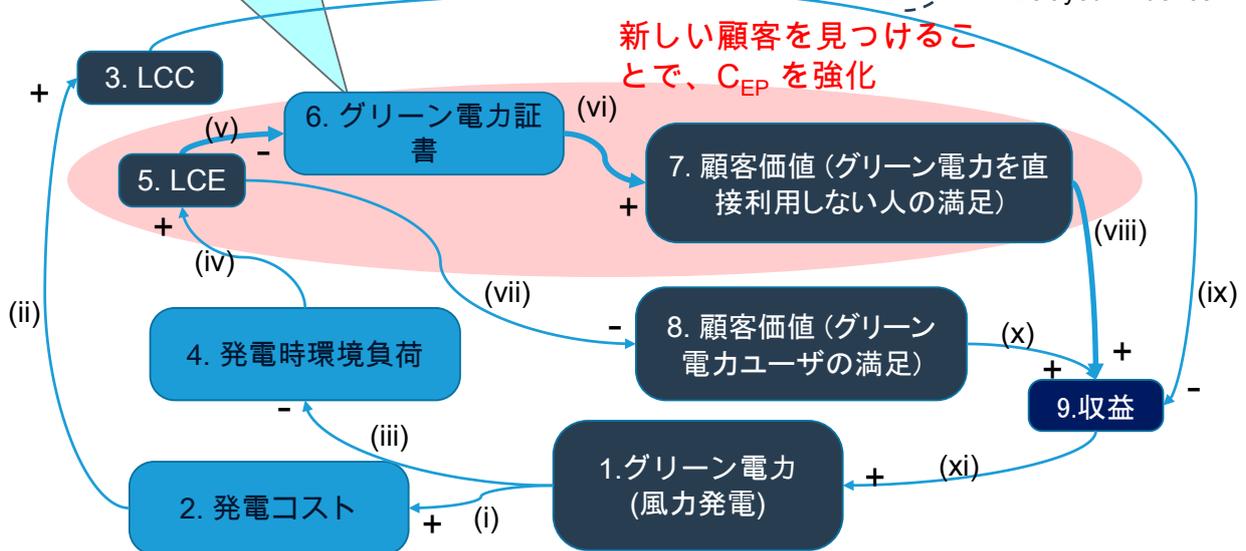


図15: 因果関係ループに基づく導入促進策の検討

分析と課題

- 風力発電のエネルギー収支率は他の発電方法に比べても高いことが示されているが、メンテナンス効果の見積もりには詳細なLCAの実施が必要である。
- システムダイナミクス手法により、県内企業等が(風力発電による)グリーン電力認証を得るビジネスモデルのボトルネックを明らかにした。
- 上記ボトルネックを解消する方法(グリーン電力認証の分割)を示唆した。
- システムダイナミクス手法を用いて定量的なシステム挙動を明らかにする。

開発研究事業の概要と成果

研究項目(C): 風車のメンテナンス性設計の研究

目的: 風量発電システムのFMEA(故障モード影響解析)を行い、どのようなメンテナンス計画(補修部品の準備計画を含む)が故障モードの全体的影響の最小化に資するかを検討する。

平成29年度の成果:

- 故障頻度モデルに基づき、異なるメンテナンスシナリオに基づく発電量の増減を計算した。
- 風車の部品別の故障重要度の算出方法を検討し、頻度、メンテナンス性、逸失利益の3要素を考慮すべきとの結論に達した。
- 風車のオペレーション&メンテナンスの高度化のためのIoTモジュールに必要な仕様を検討した。

故障事例頻度

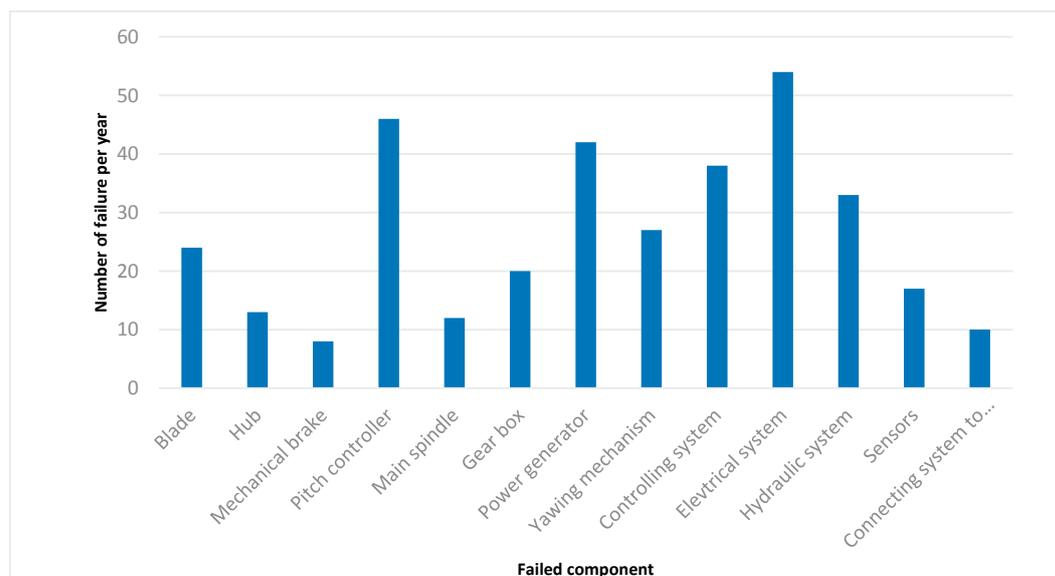


図17: 全国の風力発電システムにおける故障発生件数

故障事例頻度

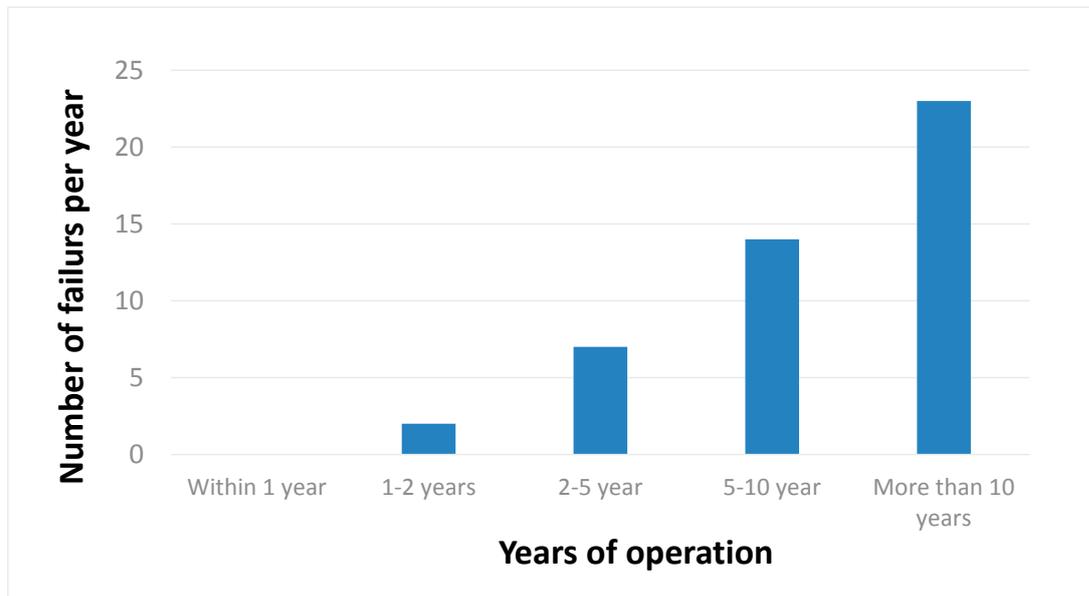


図18: 秋田県内の風車における年間故障発生件数と運転開始からの経過年数の関係

故障事例頻度

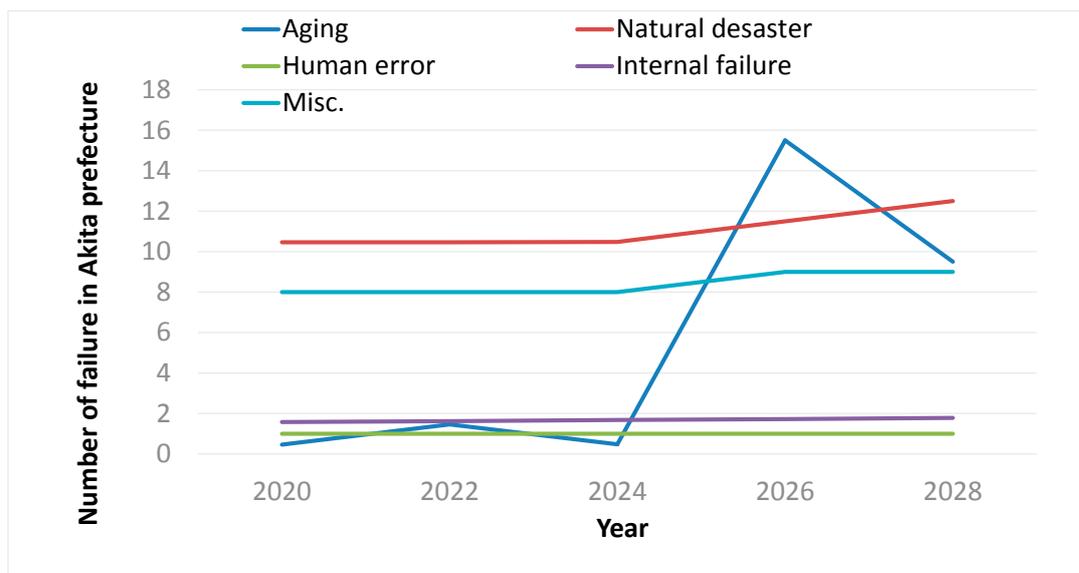


図19: 秋田県内における今後10年間の要因別年間故障発生件数の予測

現行メンテナンス方法のモデル化

表4: 部位別の現行メンテナンス体制のモデル化

現行の部品製造拠点・メンテナンス拠点(代表地点)				
部位	海外製造拠点	国内製造拠点	県外メンテナンス拠点	県内メンテナンス拠点
ブレード	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
ハブ	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
機械式ブレーキ	—	神奈川(1日)	東京(1日)	秋田(1hr)
ピッチ制御装置	—	神奈川(1日)	東京(1日)	秋田(1hr)
主軸ノベアリング	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
ギアボックス	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
発電機	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
ヨー装置	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
制御装置	—	茨城(1日)	東京(1日)	秋田(1hr)
電気装置	ドイツ・デンマーク(37日)	—	東京(1日)	秋田(1hr)
油圧装置	—	愛知(2日)	東京(1日)	秋田(1hr)
センサ類	—	東京(1日)	東京(1日)	秋田(1hr)
系統連系装置	—	茨城(1日)	東京(1日)	秋田(1hr)

基本メンテナンス計画

表5: 新たなメンテナンス計画の策定

	メンテナンス計画①	メンテナンス計画②	メンテナンス計画③	(メンテナンス前)
保全方法	TBM、BM、CBM	TBM、BM	TBM、BM、CBM	TBM、BM
雇用創出への考慮	県内メンテナンス拠点	県内メンテナンス拠点	県外メンテナンス拠点	県外メンテナンス拠点
産業振興への考慮	県内部品製造拠点	県内部品製造拠点	県外部品製造拠点	県外部品製造拠点

- *: BM (Breakdown Maintenance)
- ** : TBM (Time Based Maintenance)
- ***: CBM (Condition Based Maintenance)

メンテナンスシナリオの策定

表6: 部位・故障要因別のメンテナンスシナリオ策定

考えられるメンテナンスシナリオ(13通り)					
故障要因または故障部位	保全方法	部品交換	在庫	部品製造拠点	メンテナンス拠点
経年劣化 (故障要因)	TBM	部品交換有	在庫有	県外の部品製造拠点	県外のメンテナンス拠点
				県内の部品製造拠点	県内のメンテナンス拠点
		部品交換無	在庫無	—	県外のメンテナンス拠点
				—	県内のメンテナンス拠点
自然現象 系統故障 人的要因 風車内故障 原因不明 (故障要因)	BM	部品交換有	在庫有	県外の部品製造拠点	県外のメンテナンス拠点
				県内の部品製造拠点	県内のメンテナンス拠点
		部品交換無	在庫無	県外の部品製造拠点	県外のメンテナンス拠点
				—	県内のメンテナンス拠点
ピッチ制御装置 主軸/ベアリング ギアボックス 発電機 ヨー装置 (故障部位)	CBM	部品交換有	在庫有	—	県外のメンテナンス拠点
				県外の部品製造拠点	県外のメンテナンス拠点
		部品交換無	在庫無	県内の部品製造拠点	県内のメンテナンス拠点
				—	県内のメンテナンス拠点

メンテナンス計画変更のモデル化

表7: メンテナンスシナリオの組み合わせ

メンテナンス計画①のメンテナンスシナリオ					
故障要因または故障部位	保全方法	部品交換	在庫	部品製造拠点	メンテナンス拠点
経年劣化 (故障要因)	TBM	部品交換有	在庫有	—	県内のメンテナンス拠点
		部品交換無	—	—	県内のメンテナンス拠点
自然現象 系統故障 人的要因 風車内故障 原因不明 (故障要因)	BM	部品交換有	在庫無	県内の部品製造拠点	県内のメンテナンス拠点
		部品交換無	—	—	県内のメンテナンス拠点
ピッチ制御装置 主軸/ベアリング ギアボックス 発電機 ヨー装置 (故障部位)	CBM	部品交換有	在庫有	—	県内のメンテナンス拠点
			在庫無	県内の部品製造拠点	県内のメンテナンス拠点

発電量の増加効果

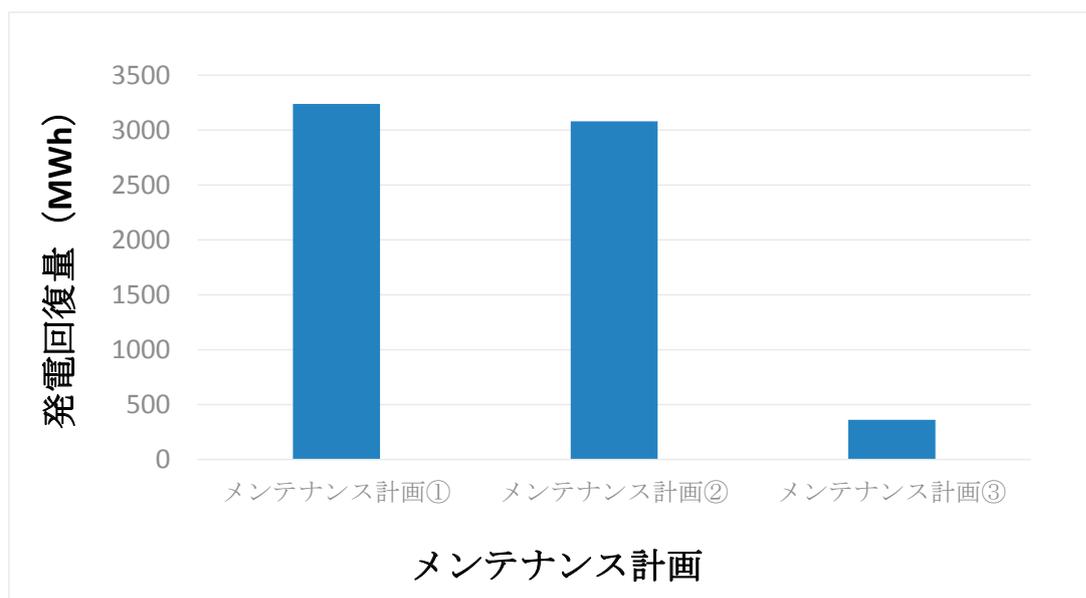


図20: 新たなメンテナンス計画導入による発電量の回復予測(今後10年間)

分析と課題

- メンテナンス計画の良否により風力発電システムのダウンタイム(発電量)は影響を受ける.
- 秋田県における風力発電の部位別・要因別の故障発生頻度をモデル化することは可能.
- メンテナンス方式の変更(e.g. BM→CBMなど)による故障発生確率の変化の詳細なモデル化.
- メンテナンスによる環境負荷の定量化.
- CBMを行う際のモニタリング項目とIOT組み込み仕様の検討
- CBMからCBO(Condition Based Operation)へ

平成30年度の事業展開

(1) 人材育成事業

- ・学内の他の外部向け講座(アーバンインマイスター養成講座, AARC)との連携の可能性を検討する

(2) 研究事業

- (A)風車のメンテナンス計画策定とライフサイクルシミュレーションの研究
- (B)CBM(コンディションベースメンテナンス)実施のためのIOTモジュールの開発
- (C)システムダイナミクス手法に基づく風力発電導入促進シナリオの策定

(5) 航空宇宙産業研究事業の報告（平成29年度）

事業名：航空宇宙産業研究事業

代表者氏名：神谷 修

<p>予 算 額</p>	<table> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,200,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>2,000,000円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>3,500,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,200,000円	年度計画推進経費	2,000,000円	事業費	300,000円	合 計	3,500,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,200,000円								
年度計画推進経費	2,000,000円								
事業費	300,000円								
合 計	3,500,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>平山寛、理工学研究科・講師 堤明正、元理工学研究科・助教 宮野泰征、理工学研究科・准教授 神谷修、理工学研究科・教授</p>								
<p>目 的</p>	<p>小型ロケットの研究活動を通じた産業の振興と高度技術者育成を行う。県内企業と連携して資源・防災・環境観測をするための秋田県産小型ハイブリッドロケットの開発をする。この事業活動を通じて、県内産業の振興と人材育成をすることと、開発された技術は航空宇宙輸送機、自動車産業にスピンアウトすることを目的とする。さらに本事業を通じて得られた成果は企業と連名で研究論文にして公開する。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>1. ハイブリッドロケットの開発：</p> <p>①秋田大学の神谷、イルファン、武田および秋田県産業技術センターの野辺、藤嶋らが共同で、炭素繊維強化複合材を使用したロケット機体開発を行った。回転磁石による渦電流によるCFRPチューブの成型法を開発して、その成果をイルファンが国際会議で発表した。Proceedings of International Conference and Materials Engineering, August 5-6, 2017 (Tokyo) また、平成30年6月26日の日本素材物性学会で講演発表として登録した。</p> <p>②秋田大学の平山、関、神谷と五十鈴製作所の久野、菅原らが共同し、高圧酸化剤タンクの製造を行った。この製作を通じて、同社では、これまで出来なかった高強度アルミニウム合金のTIG溶接による高圧容器の製造が出来るようになるとともに2名の技術者が、JISZ3811に規定されるTIGの資格を得るに至った。また、本研究を通じて、平成29年度に機械工学科より1名（北川）の卒業生が同社の秋田工場に入社した。</p> <p>③秋田大学の平山、関と五洋電子の田口、進藤らが協力して、高速小型宇宙機に搭載する計測器および制御機器を開発し、予備実験に成功した。</p> <p>④秋田大学の平山、神谷と日本工機の村田、鹿住らは、蒸気圧発生薬剤を用いた機体の分離装置等を開発して、分離実験に成功した。この内容は、平成30年6月の日本素材物性学会の講演発表として登録した。</p> <p>2. 燃焼実験装置の改良：</p> <p>燃焼実験は、平成28年度に学内に始めて小型の装置を製作し運用を開始した。しかし、小推力のエンジンにのみ対応できるものであったため、平成29年度にはより大推力の燃焼実験装置へと改良を行った。そのため、秋田県産業技術センターの協力を得て、2基のコンテナを結合して実験場を設置して、高い推力まで実験できるようにした。平成29年8月15日には野外で、9月11日にはコンテナ中での燃焼試験に成功した。</p> <p>3. ロケット発射台の開発：</p> <p>秋田大学の神谷、榎本と佐々木製作所の石郷岡、伊藤らは全長6mの可搬式発射台の設計開発を実施する。神谷、榎本が3D-CADを用いて設計を行うと共に強度に関する有限要素法による解析を行い、各部の補強と軽量化を行った。次に佐々木製作所側から、製作、組立に関する専門的な観点から改良を加えて発射台を製作し、仮組立を実施し発射可能なことを確認した。</p> <p>4. 県内各地における打上拠点の整備：秋田県産業技術センター（秋田市内）における燃焼試験場所の整備、能代市落合浜の打上手続きのマニュアル化をした。それを踏まえ秋田県と連携して「ロケット開発特区」を推進して、秋田地域を全国的なロケット開発拠点とすることを検討した。</p>								

秋田大学地方創生センター

地域産業部門

平成29年度成果発表会

日時: 2018年5月30日(水)

場所: 地方創生センター2号館
2階大セミナー室

航空宇宙産業研究事業

代表 神谷 修

平成29年度「航空宇宙産業研究事業」の目的と成果

小型ロケットの教育研究活動を通じた産業の振興と高度技術者育成

- ・ 目的
- ・ 県内企業と連携して資源・防災・環境・プラズマの観測をするための秋田県産小型ハイブリッドロケットの開発をする。この事業活動を通じて、**県内産業の振興と人材育成**をすることと、開発された技術は航空宇宙輸送機、自動車産業に**スピンアウト**することを目的とする。さらに本事業を通じて得られた成果は企業と連名で**研究論文**にして公開する。

平成29年度の成果

成果: ①教育・研究環境整備事業

- ②県内機関との連携による小型ロケットの開発に伴う、技術力と研究開発力の向上(ポスタ5件を掲示した。)そのうち4件は、県内企業へ貢献したもの、1件は貢献できる見通しのあるもの。

安全で教育研究に相応しいハイブリッドロケットとする ハイブリッドロケットとは何か



酸化剤: N_2O (亜酸化窒素)

別名: 笑気ガス

用途例: 手術用麻酔

燃料: 熱可塑性ポリマー

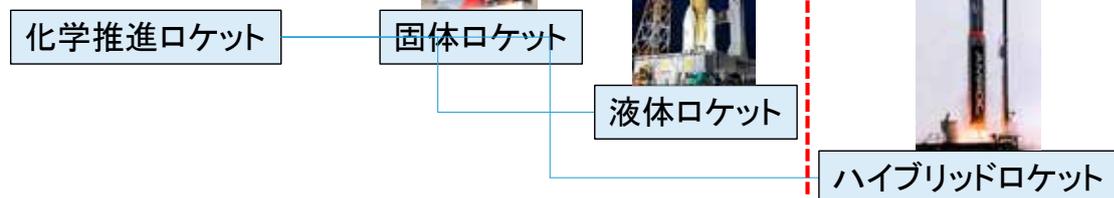
各種炭素化合物

秋田県産観測ロケットのマイルストーン

エンジン・機体構造・分離装置・計測器の開発と共に大型化を目指す

Mission	実機サイズ	到達高度
Stage 1	 全長: 2m 直径: $\Phi 120\text{mm}$ 推力1000Nクラス	2~3km 対流圏内
Stage 2	 全長: 3m 直径: $\Phi 150\text{mm}$ 推力5000Nクラス	~11km 対流圏限界 航空機到達限界
Stage 3	 全長: 5m 直径: $\Phi 200\text{mm}$ 推力10,000Nクラス (1tf)	~30km 成層圏中間部 (オゾン層内) ゾンデ到達限界
Stage 4	 全長: 7m 直径: $\Phi 400\text{mm}$ 推力50,000Nクラス (5tf)	~60km 中間圏、電離圏 (オゾン層以上) ロケットのみ到達可能域

①教育研究用に 相応しいシステム



秋田県産ロケットとして
開発できないか

	固体ロケット	液体ロケット	ハイブリッドロケット
価格	高価	高価	安価
性能	△	◎	○
安全性	火薬燃料 危険	水素燃料 危険	プラスチック燃料 安全
構造(複雑さ)	単純	複雑	中間
環境性 (排出ガスの汚染等)	塩酸ガス	良好	良好
開発技術で必要な法的技術事項	・火薬製造 ・火薬消費	・高圧ガス製造設備 ・極低温ガス設備 ・ターボポンプ設備	・高圧ガス製造設備

①学生向けの教育環境整備事業

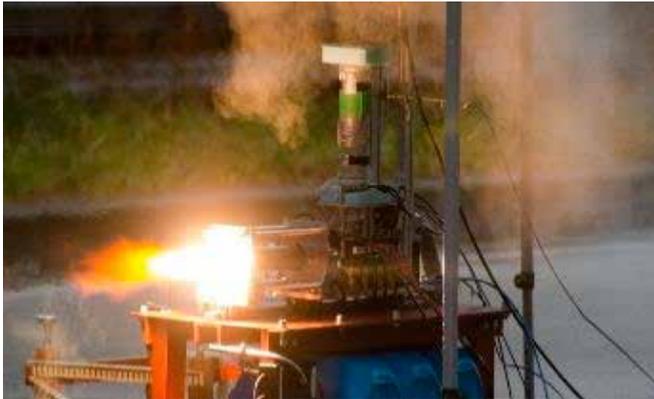
1. 創造生産工学実験設備の整備—学生実験、高校生見学、オープンキャンパス
2. プロジェクト実践研究(PBL)における開発の支援
酸化剤タンク圧力試験、燃焼試験装置整備、燃焼試験の実施、モデルロケットの製作打上



平成29年度航空宇宙産業研究事業成果

① 2. 燃焼実験装置の改良

- 平成29年度はより大推力(5kNクラス)の燃焼実験装置へと改良を行う。バルブ切替など燃焼タイミングの自動化を計る。屋内での実験場の整備。
- 秋田県産業技術センター、五洋電子、佐々木製作所、五十鈴製作所、日本工機と連携して、整備した。



② 県内機関との共同開発による地方創生

(1)~(5)はポスター番号

(3)ロケットエンジンの国産化
五十鈴製作所、日本精機
ポリテクセンター

(5)ロケット分離装置の開発
日本工機、五十鈴製作所。
産業技術センター



(1)ロケット構造体の開発
秋田県産業技術センター



(2)地上への計測データ
無線伝送システムの構築
五洋電子

発射設備側

(4)発射台の製作—佐々木製作所

・地上設備遠隔制御システムの開発



回収設備(回収船)側
能代市の協力

・洋上捜索システムの開発
・浮力展開システムの開発



②県内企業との連携によるハイブリッドロケットの製作

県産業技術センターと炭素繊維強化複合材を使用したロケット機体開発を行う。五十鈴製作所とは酸化剤タンクの製造を行い、五洋電子とはロケットに搭載する計測器および制御機器を開発し、佐々木製作所は可搬性に優れた発射台を設計製作し、県外企業である日本工機とは、蒸気圧破碎材を用いた特色ある分離装置を開発した。下記の記号a.は、県内産業へ貢献したもので、記号b.は貢献できる見通しのあるものである。

(1)a. CFRPによる機体の製作：秋田県産業技術センター

(2)a. アビオニクス、無線機：五洋電子

(3)a. ロケットエンジン(推進剤タンク開発)：五十鈴製作所

(4)a. 移動組立式の発射台：佐々木製作所

(5)b. 分離装置(駆動ガス発生システム)：日本工機, 五十鈴製作所

(1)a. 回転磁石渦電流加熱によるCFRPチューブの成形

ムハマッドイルファンビンロスマン*、武田宗大*、野辺理恵**、藤嶋基**、神谷修*

*秋田大学、 **秋田県産業技術センター

- ・ 回転磁石渦電流加熱法(PMECH)の提案

特徴 ・ 炉が不要なためサイズに制限がない

- ・ CFRPパッチ修理等の部分的にも対応可能

成果 ・ 厚さ5mmのAlパイプを用いて渦電流加熱を行うと110℃まで達する。

- ・ 渦電流加熱法を2時間保持した

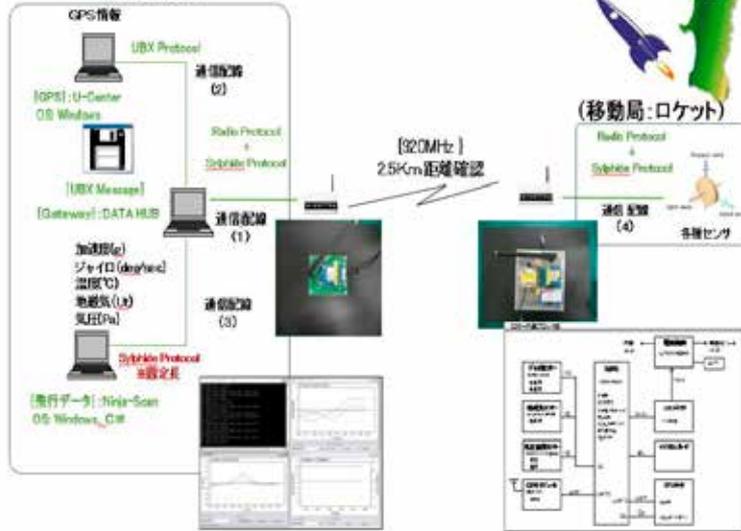
CFRPは理想曲げ強度の80%程度になる。



論文発表：Muhammad Irfan Bin Rosman, Takeda Kazuhiro, Kamiya Osamu, Tsutsumi Akimasa, : Curing Process of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Tube by Using Permanent Magnet Eddy Current Heating(PMECH) Method, Proceedings of International Conference and Materials Engineering, August 5-6, 2017 (Tokyo), Paper ID MME-50.

(2)a. アビオニクス無線観測装置の開発と実証実験
 進藤 正弘**, 田口 雅則**, 平山 寛*, 神谷修*
 *秋田大学、** (株)五洋電子

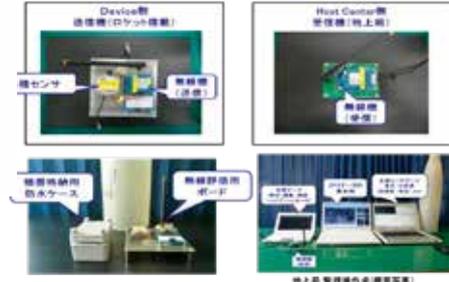
【1】アビオニクス無線観測装置 システム概要
 (地上局)



成果として実現できたこと

- 高速移動の航空宇宙機搭載可能な実証用無線システム開発できた。次の特徴を有することを確認することができた。
 - ①無線送信距離2.5kmを有し、防水ケース込で軽量化確認。(質量210g)
 - ②陸海空で使用可能な特定小電力帯域での無線伝送システム確認。
 - ③加速度、地磁気、気圧、温度および位置情報の
- 「無線伝送1Hz」「内部メモリ100Hz」頻度計測可能性確認。

開発機材の紹介



(3)a. ハイブリッドロケット用酸化剤タンクの開発

平山寛*, 関啓亮*, 久野正保**, 北川翔太**, 本間智**, 菅原正樹**, 神谷修*

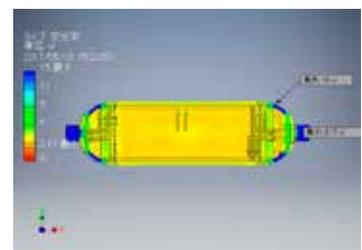
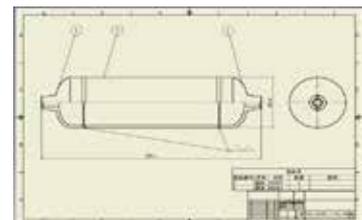
*秋田大学, **株式会社五十鈴製作所

ハイブリッドロケットの酸化剤タンクを、アルミニウム合金で製作する。タンク開発のため、当社では以下の事項を目標として研究開発を行った。

- ①タンクの設計
- ②タンクの強度解析
- ③アルミ合金の溶接(TIG溶接)技術習得
- ④製作したタンクの性能確認試験

成果

- 酸化剤タンクの設計・製作・試験技術を習得した。
- 製作したタンクは設計要求を満たした。
- 五十鈴製作所は本事業を通して、それまで社で保有していなかったTIG溶接技術資格を習得し、産学連携効果が達成された。



本テーマは、PBLとしての「プロジェクト実践研究」テーマでもあり学生の育成が行われている。左の一番手前の北川君はこのテーマを通じて同社に平成29年度入社した。



(4)a. 軽量可搬型ロケット発射装置の設計開発

榎本雅久*、平山寛*、石郷岡誠**、伊藤一**、神谷修* : *秋田大学、 **佐々木製作所

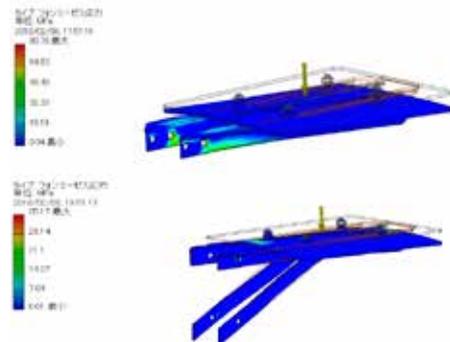
目的

- 高さ6mに及ぶロケット発射台を開発する。
 → 県内企業との連携、地政学的情勢を考慮
 ・組立て搬送作業を伴う構造物の安全設計と軽量化の検討
 → 手作業での分解、組立て、車両による搬送を頻繁に行う必要あり

まとめ

1. SS400により発射台の設計開発を行った。
2. 軽量化で鋼(SS400)からアルミ合金(A6061)に変更する際、反射板はトラス構造に設計変更が必要であった。
3. 土台以外の部分をAl合金に変更した場合、総重量は256kgから145.1kgになり、約43%軽量化することができた

論文：榎本雅久，神谷修，石郷岡誠(佐々木製作所)： 軽量可搬型ロケット発射装置の設計開，平成29年度理工学部創造生産工学コース卒業課題研究、(2017)



(5)b. 高圧蒸気発生薬剤を用いた宇宙機分離装置の開発

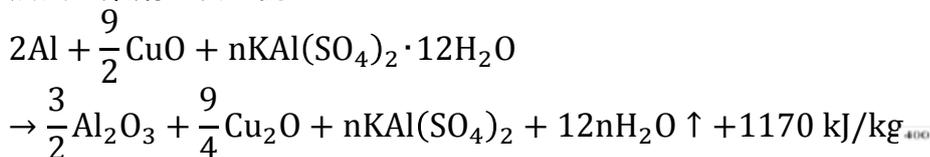
奥山悦至，平山寛，神谷修（秋田大学）

村田健司，伊藤啓太，鹿住孝（日本工機株式会社）

研究目的

分離装置に求められるものは、安全性、確実性、軽量化に対応、シンプルなシステムとすること。そこで、高圧蒸気発生薬剤を含んだガス発生器を用いて宇宙機分離装置を開発し、その性能評価を行う。

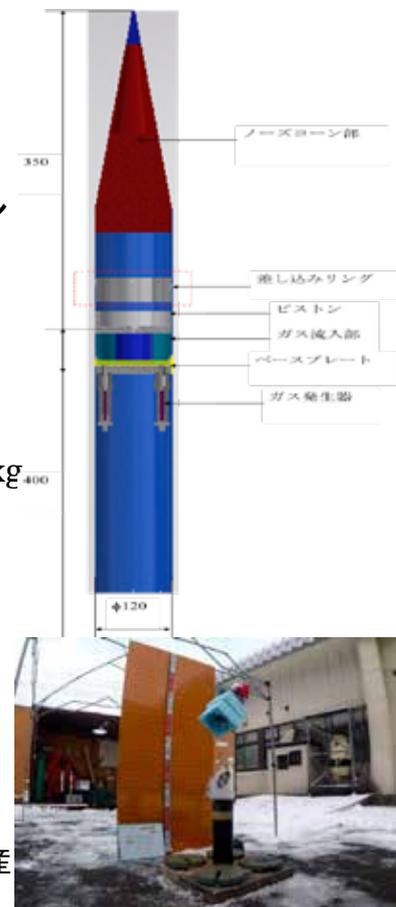
蒸気圧薬剤の反応例



成果

- ① シンプルな回路で確実な点火が可能であった
- ② ペイロード重量やガス発生量を変更しても分離可能であった
- ③ ペイロードは1.0~2.0kgまで搭載可能である
- ④ 机上計算との誤差は最大で40%でありその原因は、ガスの冷却、分離部の摩擦ロス、分離後もガスが保有するエネルギーによる。

論文：奥山悦志，神谷修，村田健司（日本工機）： 高圧蒸気発生薬剤を用いたロケット分離装置の開発，平成29年度理工学部創造生産工学コース卒業課題研究(2017)



(6) 医理工連携産業研究開発事業の報告（平成29年度）

事業名：医理工連携産業研究開発事業

代表者氏名：巖見武裕

<p>予 算 額</p>	<table border="0"> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>270,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>0円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>570,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	270,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合計	570,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	270,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合計	570,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>医学部整形外科 島田教授、松永准教授 医学部保健学科看護学専攻 佐々木教授、 理工学部数理・電気電子情報学科人間情報工学コース 水戸部教授、 理工学部物質科学科応用科学コース 寺境教授、 理工学部システムデザイン工学科機械工学コース 長縄教授、山本准教授、関講師、巖見</p>								
<p>目 的</p>	<p>本事業では、高齢者の多い秋田県において、県内を中心とした企業と共に医療・福祉関連分野における少子高齢化に伴う新しい機器の開発と事業化を提案する。開発機器は医療機器だけではなく、健康増進、長寿に関する一般ユーザーを対象としたものに広げる。また、秋田産学官ネットワークなどの取り組みを通して、産学官連携による医療機器産業の育成に努める。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>実施項目1：運動器症候群の予防機器開発について</p> <p>(1) 座位バランス装置 高齢者の転倒予防を目的として、座位におけるバランス能力を計測する装置を開発し、男鹿市民病院にて年齢別のバランスデータを取得。製品化へ向けた改良と市販デザインを検討。29年度は商品化に向けたWGに公立美大が参加。</p> <p>(2) FESサイクル 高齢者および障がい者の下肢筋トレーニングを目的とした運動機器を開発し、倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。29年度は商品化に向けたWGに公立美大が参加。</p> <p>実施項目2：医療機器の開発について</p> <p>(1) 瞬きエピーテーゼ 顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク（エピーテーゼ）に、夢を語る会でリクエストのあった目の瞬き機能を持たせたものを試作。</p> <p>(2) 脳外科手術器具の開発 顕微鏡外科手術において、ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。特許申請</p> <p>(3) 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット 脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットを開発。倫理委員会の承認を経た後に、29年度は片麻痺患者による臨床試験を実施。</p> <p>(4) 上肢訓練ロボット 脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発と、倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。29年度は商品化に向けたWGに公立美大が参加。</p> <p>実施項目3：運動計測と医療教育システムの開発について</p> <p>(1) 看護教育システム 夢を語る会でリクエストのあった看護動作教育システムについて、家庭用ゲーム機のカメラkinectを使った動作評価システムを提案し、カラーマーカーを用いた動作計測プログラムを開発。シーツ交換の動作計測を実施。</p> <p>(2) VR手術支援システム これまで模型を使っていた脊椎外科手術のスクリー孔の穿孔作業のための訓練手法に対して、VR技術を使った新しい訓練システムを開発。</p> <p>(3) 術前カンファレンスのための視認映像共有システムの開発 光学透過型Head Mounted Displayを介して、現実空間にMRIデータから再構築した脳の立体映像を重ね合わせて見ることのできる画像共有システムを開発。</p>								

⑥医理工連携産業研究開発事業

代表 巖見 武裕

(理工学研究科システムデザイン工学専攻)

協力教員

- 医学部整形外科 島田教授, リハビリテーション科 松永准教授
- 医学部保健学科看護学専攻 佐々木教授,
- 理工学部数理・電気電子情報学科人間情報工学コース 水戸部教授,
- 理工学部数理・電気電子情報学科電気電子工学コース 田中准教授,
- 理工学部物質科学科応用科学コース 寺境教授,
- 理工学部システムデザイン工学科機械工学コース 長縄教授, 山本准教授,
関講師, 巖見

部門研究活動活性化経費(間接経費)	270,000円
年度計画推進経費	300,000円

目的

本事業では、高齢者の多い秋田県において、県内を中心とした企業と共に医療・福祉関連分野における少子高齢化に伴う新しい機器の開発と事業化を提案する。開発機器は医療機器だけではなく、健康増進、長寿に関する一般ユーザーを対象としたものに広げる。また、秋田産学官ネットワーク、‘夢を語る会’などの取り組みと連携して、産学官連携による医療機器産業の育成に努める

事業内容

実施項目1: 高齢者の運動器症候群(ロコモティブ
シンドローム)の予防機器開発

実施項目2: 医療機器の開発

実施項目3: 身体運動計測技術を生かした機器評価の支援と
医療教育システムの開発

事業内容

実施項目1：高齢者の運動器症候群（ロコモティブ シンドローム）の予防機器開発

① FESサイクル

高齢者および障がい者の下肢筋力向上を目的としたトレーニング機器を開発。倫理委員会の承認を経て臨床試験。2020年の製品化に向けたWGへ

② 座位バランス装置

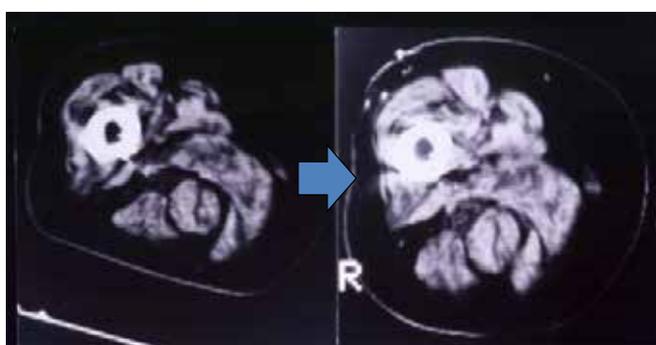
高齢者の転倒予防を目的として、座位におけるバランス能力の計測と訓練を行う装置を開発。2020年の製品化に向けたWGへ

機能的電気刺激（FES）を用いた 下肢トレーニング機器の開発

FESローイングによる筋肥大



FESローイング運動



刺激前

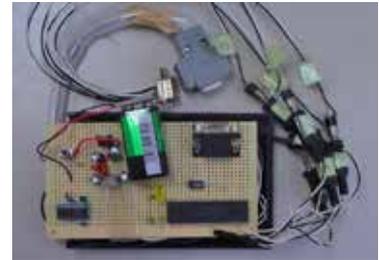
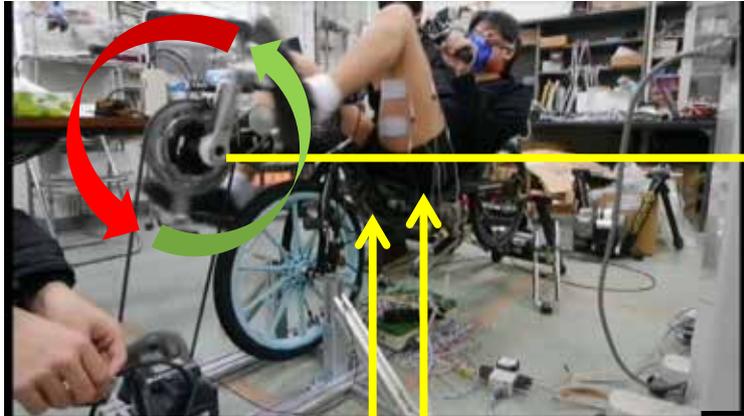
トレーニング後15週

FESサイクル

障害者が楽しみながらトレーニングできる
リハビリ機器の開発

ペダルを押す動作 ペダルを引く動作

コントローラ



クランク角度



伸展筋 刺激

屈曲筋 刺激

FES刺激装置

FESサイクル

障害者が楽しみながらトレーニングできる
リハビリ機器の開発



車いす取り付けタイプの製作



2020年の製品化に向けたWG

秋田大学医学部 理工学部

秋田公立美術大学ものづくりデザイン専攻 山路康文、山本崇弘

秋田工業高等専門学校機械工学科 小林義和

秋田未来(株)

(有)K-エンジニアリング

事業内容

実施項目1：高齢者の運動器症候群(ロコモティブ シンドローム)の予防機器開発

① FESサイクル

高齢者および障がい者の下肢筋力向上を目的としたトレーニング機器を開発。倫理委員会の承認を経て臨床試験。2020年の製品化に向けたWGへ

② 座位バランス装置

高齢者の転倒予防を目的として、座位におけるバランス能力の計測と訓練を行う装置を開発。2020年の製品化に向けたWGへ

研究背景

転倒の予防

- ・下肢筋力の向上
筋力トレーニングを含む複合運動
- ・総合的なバランス能力の向上
視覚・前庭器・体性感覚

バランス能力評価

- ・重心動揺検査
- ・静的直立時の身体動揺を測定

- ・下肢筋力の影響も大きい
- ・計測中に転倒の危険



重心動揺検査



座位バランス計測装置
の開発

第28回リハ工学カンファレンス優秀賞

第15回骨粗鬆症学会学術奨励賞



⇒ 製品化を前提とした開発へ

事業内容

実施項目2：医療機器の開発

① 瞬きエピテーゼ

顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク(エピテーゼ)に、夢を語る会でリクエストのあった目の瞬き機能を持たせたものを試作。

② 脳外科手術器具の開発

顕微鏡外科手術において、ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。

③ 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

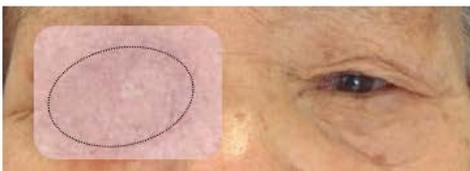
脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットを開発。28年度は倫理委員会の承認を経た後に、健側の動作フィードバックによる臨床試験を実施。

④ 上肢訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発と、倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。2020年の製品化に向けたWGへ

瞬きエピテーゼの開発

眼窩を含むエピテーゼ



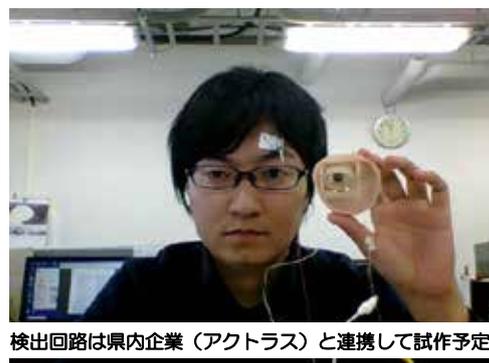
現状のロボット



筋電義眼



県内企業（レジーナ）と連携して試作



検出回路は県内企業（アクトラス）と連携して試作予定

事業内容

実施項目2：医療機器の開発

① 瞬きエピテーゼ

顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク(エピテーゼ)に、夢を語る会でリクエストのあった目の瞬き機能を持たせたものを試作。

② 脳外科手術器具の開発

顕微鏡外科手術において、ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。

③ 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットを開発。28年度は倫理委員会の承認を経た後に、健側の動作フィードバックによる臨床試験を実施。

④ 上肢訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発と、倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。2020年の製品化に向けたWGへ

脳外科手術器具の開発

脳べら



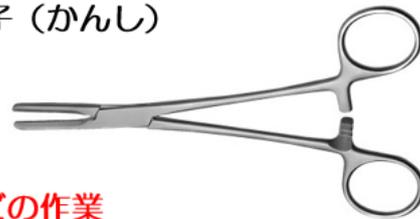
剥離子



鑷子 (せっし)



鉗子 (かんし)



1本または2本コピの作業

3本以上のコピで手術作業ができる“マジックハンド”の開発



5

脳外科手術器具の開発

問題：手を見て思うことは？



1本指

- ・押し引き、ひっかけることができる



2本指

- ・掴む・広げる等の把持ができる



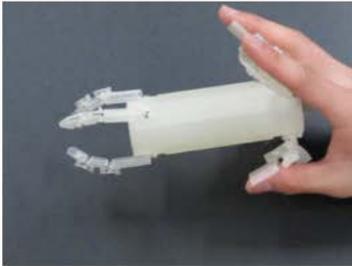
3本指

- ・掴んだものを回転させることができる。
- ・2本では掴みにくい形状のもの（球など）も安定して持つことができる

4

コンセプト

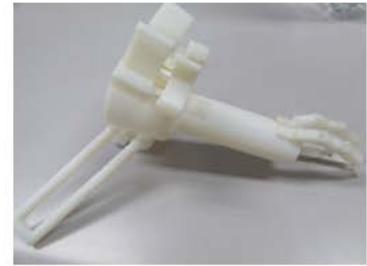
- 親指，人差し指，中指の3本で作業ができるようにする。
- 触覚を得るため，モータなどを用いない。



試作器 I



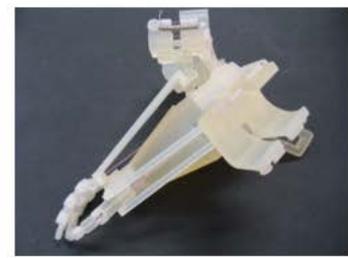
試作器 II



試作器 III



試作器 IV



試作器 V

7

事業内容

実施項目2：医療機器の開発

① 瞬きエピテーゼ

顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク(エピテーゼ)に，夢を語る会でリクエストのあった目の瞬き機能を持たせたものを試作。

② 脳外科手術器具の開発

顕微鏡外科手術において，ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。

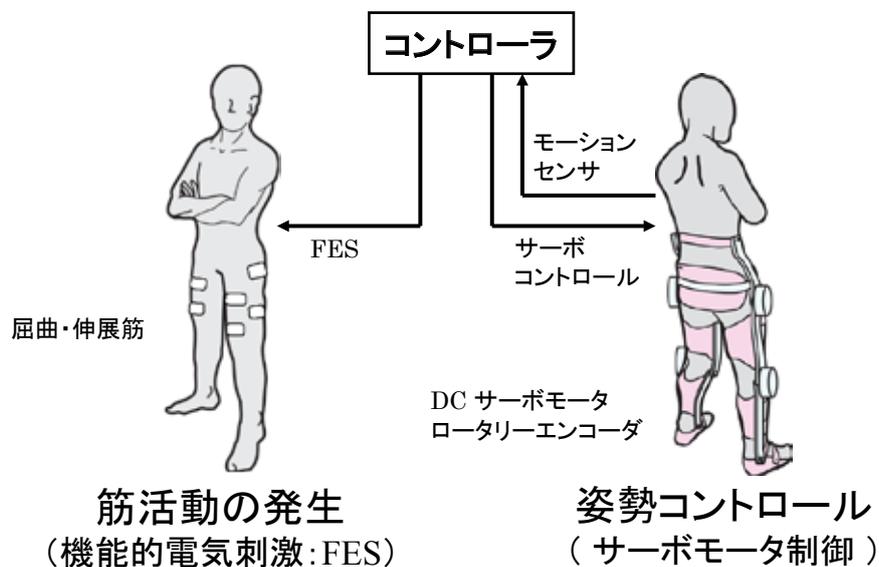
③ 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットを開発。28年度は倫理委員会の承認を経た後に，健側の動作フィードバックによる臨床試験を実施。

④ 上肢訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発と，倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。2020年の製品化に向けたWGへ

ハイブリッドFES(FES +モータアシスト)



FESによる下肢の筋活動を主体として運動を行い、
サーボモータにより姿勢をコントロールできる装具の開発

ハイブリッドFESによる 歩行補助ロボット



設置型歩行訓練機



バイオレッグ



クララ1号



クララ2号



ミナト1号



立ち上がり補助



歩行補助

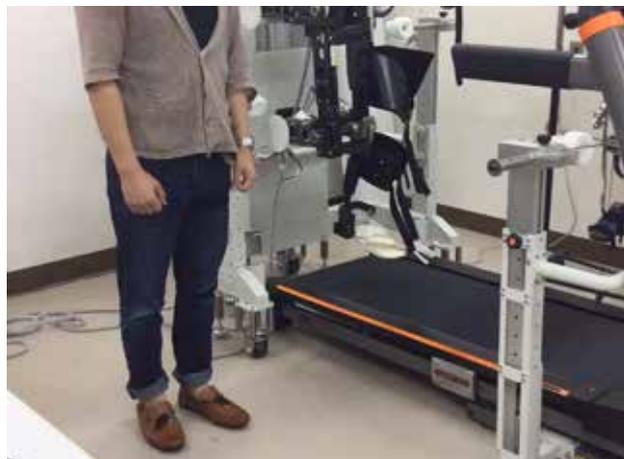


装着型歩行補助

慣性センサ(IMU)を用いた健側の運動計測とそれを用いたロボットの運動制御



マスタースレーブ動作



関節軌道の生成

- マスタースレーブ動作を実現(動画1)
- 関節軌道を生成(動画2)

慣性センサ(IMU)を用いた健側の運動計測とそれを用いたロボットの運動制御



- 健足側のさまざまな歩行に対応して、麻痺側の自然な歩行動作を実現(動画1)
- 医師の指導のもと、片麻痺患者に対して臨床試験を実施(動画2)



2017年 東京ビッグサイトにおいて機器展示



2018年10月より、
秋田労災病院に設置予定

対麻痺用両側ロボットの開発へ

事業内容

実施項目2：医療機器の開発

① 瞬きエピテーゼ

顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク(エピテーゼ)に、夢を語る会でリクエストのあった目の瞬き機能を持たせたものを試作。

② 脳外科手術器具の開発

顕微鏡外科手術において、ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。

③ 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

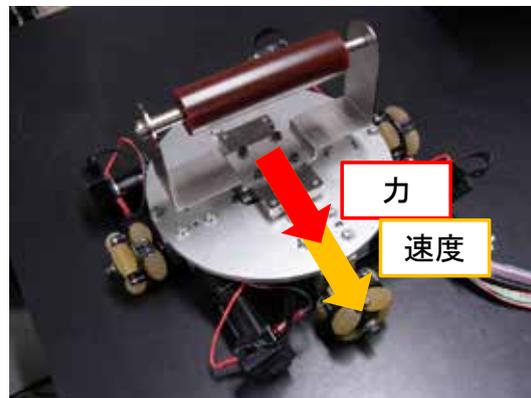
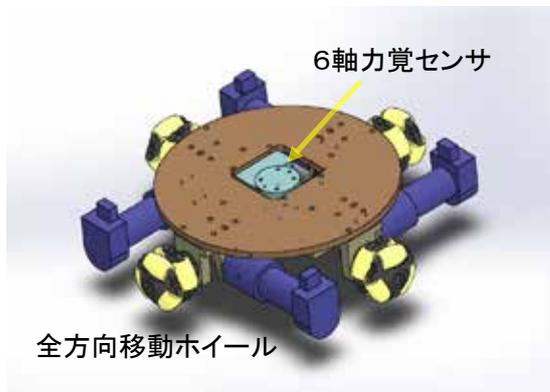
脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットを開発。28年度は倫理委員会の承認を経た後に、健側の動作フィードバックによる臨床試験を実施。

④ 上肢訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発と、倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施。2020年の製品化に向けたWGへ

上肢リハビリロボット

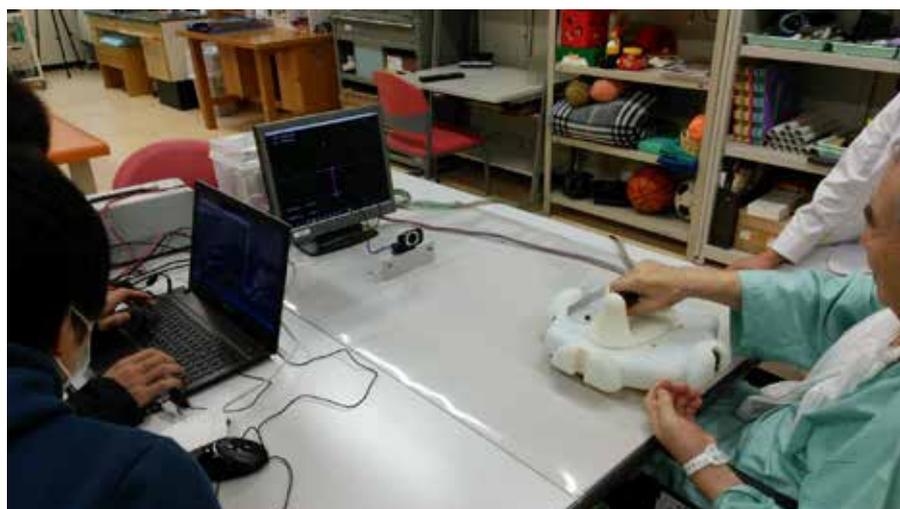
平面運動に限定して小型化



- サーボモータとオムニホイール4輪による全方向移動機構
- 本体中心の6軸力覚センサに接続した操作部(ハンドル)に使用者が進行方向へ力を加える →リハビリマウス本体が駆動

上肢リハビリロボット

平面運動に限定して小型化



倫理委員会の承認を経た臨床試験を実施.
28年度はゲーム機能の付加と評価試験

事業内容

実施項目3: 身体運動計測技術を生かした機器評価の支援と医療教育システムの開発

① 看護教育システム

夢を語る会でリクエストのあった看護動作教育システムについて、家庭用ゲーム機のカメラkinectやARアプリを使った動作評価システムを開発。

② VR手術支援システム

これまで模型を使っていた脊椎外科手術のスクリー孔の穿孔作業のための訓練手法に対して、VR技術を使った新しい訓練システムを開発。

③ 術前カンファレンスのための視認映像共有システムの開発

光学透過型Head Mounted Displayを介して、現実空間にMRIデータから再構築した脳の立体映像を重ね合わせて視ることのできる画像共有システムを開発。

★看護技術でバーチャリアリティ・シミュレータ教材が可能な技術、他には…

<重心の移動を学ぶ>

- ベッドメイキング
- 体位変換
- ベッド上の患者の水平移動

<手先の細やかな動きを学ぶ>

- 採血
- 静脈注射
など



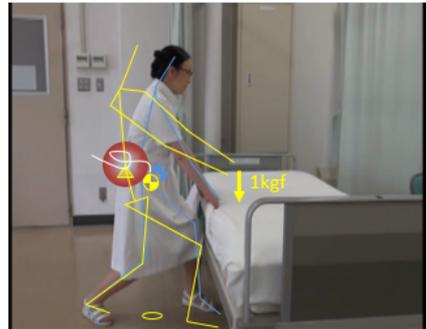
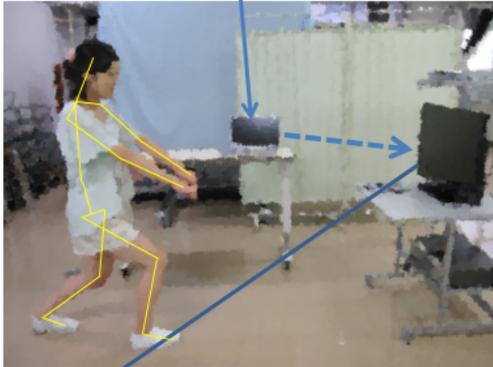
ここに学生の手が重なり、注射器の持ち方や刺入のしかたなどを体験できる…

看護技術教育以外にも

…腰痛予防の健康教育などにも活用できる

バーチャルリアリティ・シミュレータ教材 こんなイメージです！！

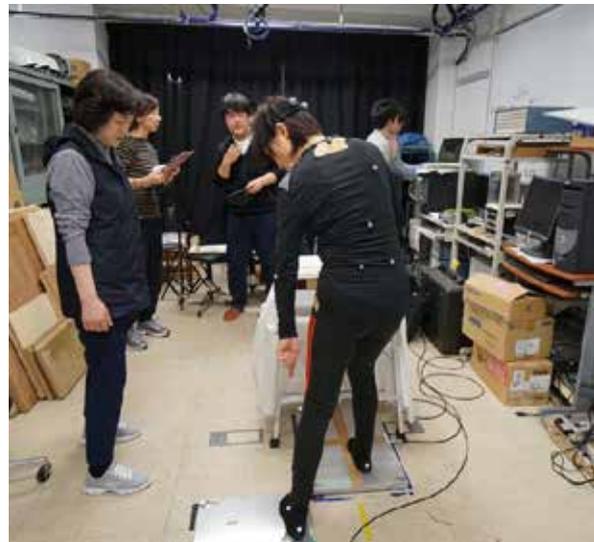
②学生が教員の動作にあわせて実施するのを、Kinect 付きのパソコンなどで撮影する



①このモニター画面に上の教員の実施が映し出される

③学生の画像がモニター上の教員の画像と重なって映し出され、リアルタイムで自分の動作を確認できる

学生のSkeleton、身体重心(COG)、
身体重心の軌跡(COG軌跡)、
床に投影した重心位置、
腰椎圧縮力
教員のSkeleton、身体重心(COG)



Xbox One Kinect センサー (DANCE CENTRAL)

型番: 2096201
対応 OS: Xbox One
対応プラットフォーム: (Xbox One)
型番: 2096201
価格: ¥ 14,437 送料別
OFF: ¥ 1,741 (11%)
2019年6月21日に入荷予定です。在庫切れの際はご了承ください。
© 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved. Microsoft and the Microsoft logo are registered trademarks of Microsoft Corporation in the United States and other countries.

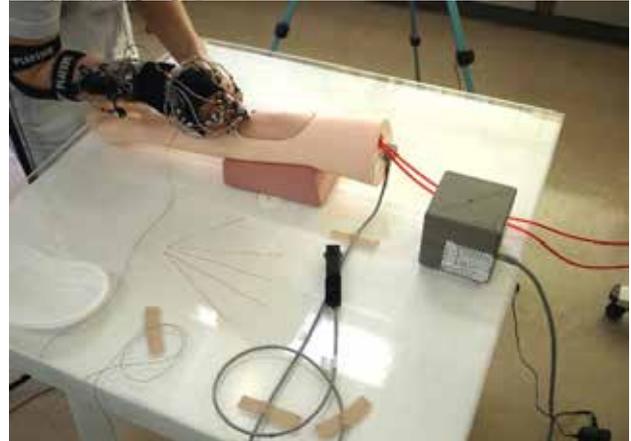
家庭用ゲーム機のカメラkinectを使った動作評価システムを提案し、複数のkinectとカラーマーカを用いた動作計測プログラムを開発中。

熟練者の技能を計測

磁気式Hand-MoCap(Pohemus Liberty)によって、
11個のレシーバを用いて計測したデータ。

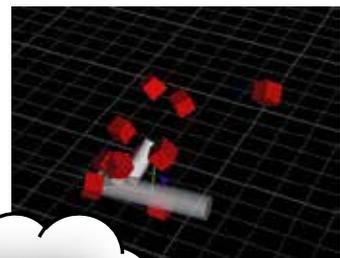
対象者：保健学科の教員(熟練者)

取得したデータ：
採血時右手の手指動作
注射器の位置・姿勢



ARアプリの開発

CGを実空間に重畳して提示できる。
使用者はCGを参考に手指動作を
模倣できる。



事業内容

実施項目3: 身体運動計測技術を生かした機器評価の支援と医療教育システムの開発

① 看護教育システム

夢を語る会でリクエストのあった看護動作教育システムについて、家庭用ゲーム機のカメラkinectやARアプリを使った動作評価システムを開発。

② VR手術支援システム

これまで模型を使っていた脊椎外科手術のスクリー孔の穿孔作業のための訓練手法に対して、VR技術を使った新しい訓練システムを開発。

③ 術前カンファレンスのための視認映像共有システムの開発

光学透過型Head Mounted Displayを介して、現実空間にMRIデータから再構築した脳の立体映像を重ね合わせて視ることのできる画像共有システムを開発。

医学系研究科医学専攻 機能展開医学系整形外科学講座
島田洋一教授, 石川慶紀先生

頸椎後方除圧固定術のVR訓練システムの開発

模型を使った訓練手法

- ❌ 訓練毎にコストがかかる
- ❌ 繰り返し訓練しづらい



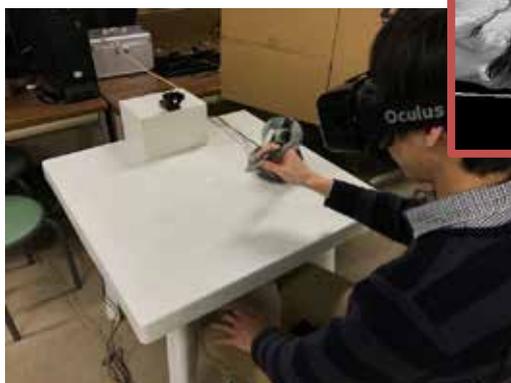
VR訓練システム

- 設備投資だけで済む
- 何度も手軽に訓練できる



頌椎後方除圧固定術のVR訓練システムの開発

VR空間内で
ペディクルプローブを
操作し、
頌椎の3Dモデルに
穿孔する



DICOMデータからモデルを作成

事業内容

実施項目3: 身体運動計測技術を生かした機器評価の支援と 医療教育システムの開発

① 看護教育システム

夢を語る会でリクエストのあった看護動作教育システムについて、家庭用ゲーム機のカメラkinectやARアプリを使った動作評価システムを開発。

② VR手術支援システム

これまで模型を使っていた脊椎外科手術のスクリー孔の穿孔作業のための訓練手法に対して、VR技術を使った新しい訓練システムを開発。

③ 術前カンファレンスのための視認映像共有システムの開発

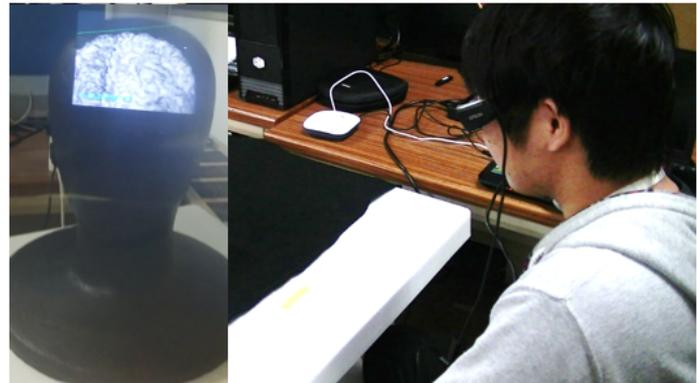
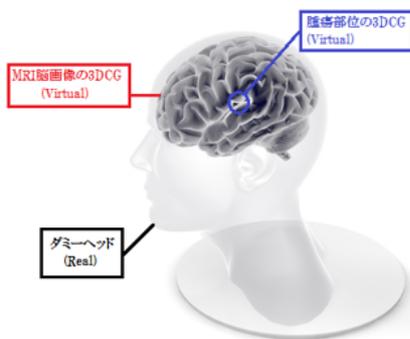
光学透過型Head Mounted Displayを介して、現実空間にMRIデータから再構築した脳立体映像を重ね合わせて視ることのできる画像共有システムを開発。

③

術前カンファレンスのための 視認映像共有システムの開発

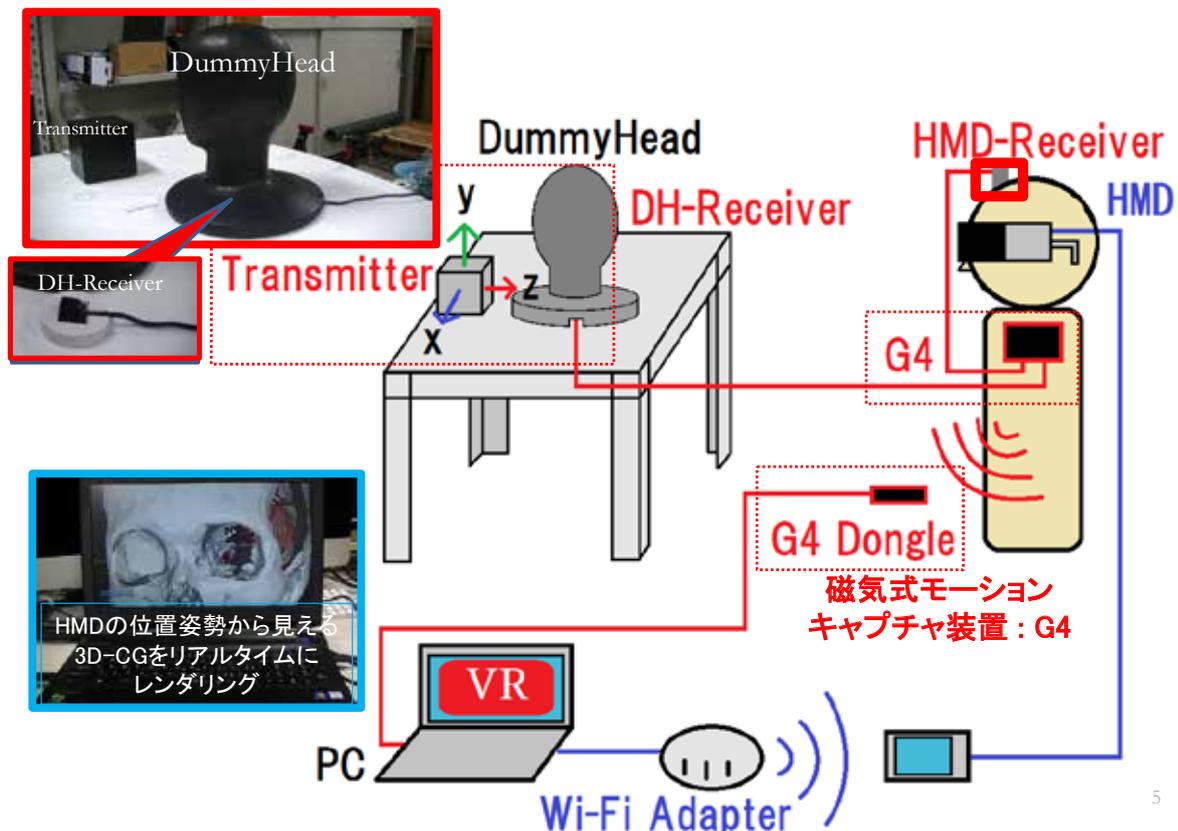
光学透過型Head Mounted Display (OST-HMD)を介して、現実空間にMRIデータから再構築した脳の立体映像を重ね合わせて視ることを可能とし、MoCapセンサをダミーヘッドに内蔵することで、自由な視点で脳画像を視認できる。

現実空間のダミーヘッドに
3DCGオブジェクトを表示



ダミーヘッドに重畳表示され
たMRI脳画像の3D-CG

3D-CG提示システムの構成



5

3D-CG提示システムの構成

HMDを装着して実空間に存在するダミーヘッドを見ることで、実空間で3D-CGを操作できる。



研究成果ごとの件数表 29年度

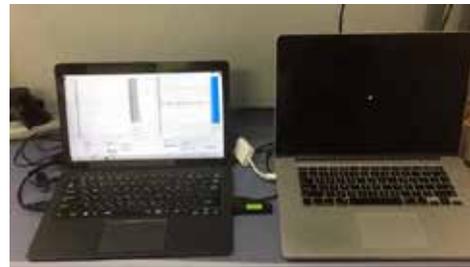
○論文、著書、特許、学会発表等

研究成果区分			総数 (件)	地方創生センターに関連する、またはセンターの活動に関して得られたもの (件)
			医理工連携分野として	
論文	査読つき論文		15	11
	査読なし論文		0	0
著書等			0	0
特許	出願		5	3
	取得		0	0
実用化実績			0	0
学会等の発表	招待講演	国際会議	0	0
		国内会議	2	2
	一般講演	国際会議	12	10
		国内会議	34	20
芸術作品・競技記録・技術製品・その他			0	0
地域貢献・社会貢献等			4	1
科研費	基盤研究 (B)		1	1
	基盤研究 (C)		5	5

秋田大学、東京工業大学、秋田県医師会の連携協定
に基づく医療機器開発

Brain machine interface(BMI)を用いたFES機器の制御

平成29年度あきた創生シーズ展開事業

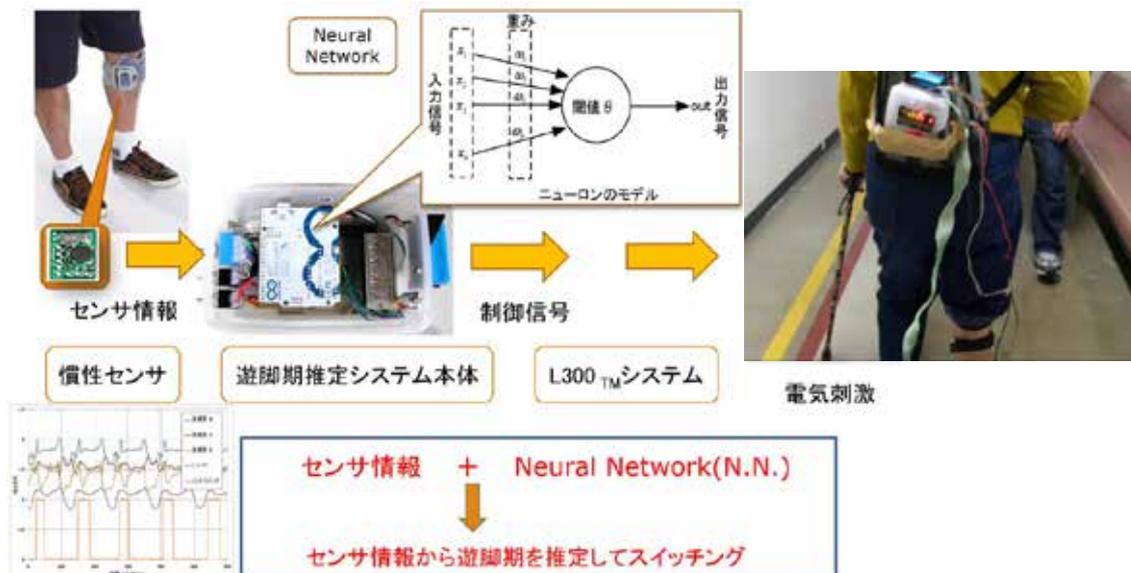


脳波取得時の様子とBMIによるコンソールの操作

秋田大学、東京工業大学、秋田県医師会の連携協定
に基づく医療機器開発

Neural Network(N.N.)を用いたFES機器の制御

平成29年度あきた創生シーズ展開事業



大学院医理工連携コース

医学部と理工学部の橋渡しをする大学院教育プログラムであり、新しい製品の研究開発のみならず、今後、秋田県の発展に貢献できる人材を輩出することを目指しています。

養成する人材像 『医学と理工学、双方の言葉を理解でき、医療現場のニーズを把握してその解決に取り組み、地域医療の発展と産業創出、ひいては日本国民のQOL向上に貢献する研究者、技術者、コーディネータとして活躍できる人材を育成する。』



	入学者(理工)	入学希望者(理工)
平成27年	6名(4名)	
平成28年	7名(5名)	
平成29年	7名(6名)	(8名)
平成30年	7名(7名)	(12名)

秋田大学地方創生センター地域産業研究部門事業工程表

事業名：医理工連携産業創出事業
 代表者名：巖見武裕
 (平成30年 5月16日作成)

	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度	平成33年度	
○第3期中期目標中期計画	平成33年度までに秋田大学医理工連携ブランドロゴマーク添付商品を累計10品以上商品化する						
○年度計画	申請準備・調整	共同申請	共同申請	共同申請	共同申請	共同申請	
○概算要求	申請準備・調整	共同申請	共同申請	共同申請	共同申請	共同申請	
研究事業	1. 運動器症候群の予防機器開発 ①座位バランス装置	臨床試験と製品化へ向けた改良			実証機製作・製品化		
	②FESサイクル	臨床試験開始	臨床試験と製品化へ向けた改良			実証機製作・製品化	
	2. 医療機器の開発 ①顕きエピテーゼ	試作品開発	倫理委員会申請・臨床試験開始		臨床試験と製品化へ向けた改良		
	③片麻痺・対麻痺用リハビリロボット	倫理委員会申請・臨床試験開始	臨床試験と製品化へ向けた改良		実証機製作・製品化		
	3. 運動計測と医療教育システムの開発 ①看護教育システム	システム開発		実施試験と改良		教育現場への導入と評価	
	②VR手術支援システム	システム開発		実施試験と改良		導入と評価	
	4. 秋田大と東工大による共同研究	医療介護分野での新技術開発と人材育成					
	推進体制	1. 医理工連携コースによる人材育成	博士前期課程の教育プログラム			医理工連携専攻の設置	
		2. “夢を語る会”との連携	医学部側ニーズと理工学部側シーズのマッチング・共同研究開始の支援				
		3. “秋田産学官ネットワーク”との連携	産学官ネットワークによる教育機関と企業のマッチング・事業化の支援				

(7) 専任教員業務

准教授 丹野 剛紀 (たんの たけのり)

◇学会発表

	日 付	タ イ ト ル	備 考
1	8月27-31日	International union of materials research society- International conference of advanced materials (IUMRS- ICAM) 2017 (IUMRS-先進材料に関する国際会議2017) 『Gas adsorption properties of ZIF-8 investigated using terahertz waves』(丹野、小川センター長、ほか)	
2	10月22-26日	The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS- 8) (第8回表面科学に関する国際会議) 『Transitional response in the terahertz transmittance of ZIF-8 upon gas adsorption』(丹野、小川センター長、ほか)	
3	11月3-5日	第26回有機結晶シンポジウム 『テラヘルツ分光によるカルバゾクロムスルホン酸ナトリウ ム三水和物の脱水転移の観測』(丹野、ほか)	

◇論文発表

	日 付	タ イ ト ル	備 考
1		In Situ Observation of Gas Adsorption onto ZIF-8 using Terahertz Waves (丹野、小川センター長、ほか) Journal Physical Chemistry C, 121号, 33巻, pp. 17921-17924, 2017年	
2		Ligand Exchange Reactions of a Monomeric Zirconium Carbonate Complex with Carboxylic Acids Studied by Extended X-ray Absorption Fine Structure, UV Absorption and Raman Spectrophotometry (丹野、小川センター長、ほか) Analytical Sciences 33号, 9巻, pp. 1007-1012, 2017年	

◇実施事業

	日 付	タ イ ト ル	備 考
1	8月1,2,4日	秋田県委託事業「あきたサイエンスクラブ科学講座 秋大コー ス」取りまとめ	
2	11月29日	あきた産学官連携フォーラム2017 成果展示 『テラヘルツ分光装置とその工業的応用』(丹野)	

5. 地方創生センター研究員の構成と研究テーマ

(1) 教員等研究員

グループ	氏名	所属部局等名	研究開発プロジェクト名	プロジェクト課題等
1	柴山 敦	国際資源学研究科	未利用鉱物資源の処理技術と都市型資源のリサイクルプロセス開発	①
	川村 茂	理工学研究科		
	芳賀一寿	理工学研究科		
	山田 学	理工学研究科		
	佐藤史織	国際資源学研究科		
2	林 滋生	理工学研究科	機能性天然鉱物微粉末を原料に用いた高効率イオン吸着材料の開発	②
	加賀谷 史	理工学研究科		
3	寺境光俊	理工学研究科	ロジウム選択回収を可能にするアミン系沈殿剤の開発	①
	松本和也	理工学研究科		
4	秋葉宇一	理工学研究科	大環状化合物などを用いた機能性素材に関する研究開発	②
	近藤良彦	理工学研究科		
5	井上 亮	国際資源学研究科	素材製造プロセスを利用した希土類金属元素の回収に関する研究開発	①
	高崎康志	国際資源学研究科		
6	長谷川崇	理工学研究科	FeCo基合金薄膜への格子歪みの導入による一軸磁気異方性の発現	②
7	原 基	理工学研究科	熔融塩電析法によるLaNi ₅ 表面層の形成と水素チャージ後のアノード特性	②
	福本倫久	理工学研究科		
8	齋藤嘉一	理工学研究科	希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御	②
	佐藤勝彦	理工学研究科		
9	齊藤 準	理工学研究科	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②③
10	吉村 哲	理工学研究科	高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	②
11	進藤隆世志	理工学研究科	省資源型希少金属含有自動車排ガス浄化触媒の開発	②
	加藤純雄	理工学研究科		
	小笠原正剛	理工学研究科		
12	高橋弘樹	理工学研究科	Pt酸化物によるCO ₂ 電解還元とメタノール合成	②
13	高橋 護	理工学研究科	タングステンカーバイド表面への省エネルギー型燃焼炎によるはく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜合成	③
14	宮野泰征	理工学研究科	摩擦攪拌接合による継手特性の改善、および摩擦攪拌接合を適用した複合構造体の接合技術に関する研究	②⑤
15	菅原勝康	理工学研究科	超音波を用いたモノエタノールアミンからの二酸化炭素の低温脱離	①②
	大川浩一	理工学研究科		
16	三島 望	理工学研究科	資源効率の良い製品設計手法の研究	①
17	石山大三	国際資源学研究科	希少元素の天然での存在状態および分布の把握と濃集条件の解明	①
	増田信行	国際資源学研究科		
18	藤原憲秀	理工学研究科	生物活性パラターフェニル系天然物の全合成と構造活性相関に関する研究	⑥
19	山口 誠	理工学研究科	材料表面層評価のための光散乱分光法の高度化に関する研究	③
20	田島克文	理工学研究科	EV、FCVのための高効率電動機に関する研究（高性能モータ設計手法の開発）	③
	吉田 征弘	理工学研究科		
21	渡辺 寧	国際資源学研究科	秋田県大覚野峠トンネル予定地の地質安定性と掘削ずり処分に 関する研究	①
	越後拓也	国際資源学研究科		
	西川 治	国際資源学研究科		
22	丹野剛紀	地方創生センター	機能性材料のテラヘルツ振動に関する研究	②

プロジェクト課題等

- ①資源開発・環境リサイクル研究開発に関する研究
- ②新素材・機能性材料開発に関する研究
- ③機械システム・電気電子デバイス系に関する研究
- ④新エネルギー開発に関する研究
- ⑤航空宇宙産業に関する研究
- ⑥医理工連携産業に関する研究

(2) 大学院学生研究員

氏名	所属部局等名	研究指導員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題等
韓 百歳	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	低品位銅鉱石の処理プロセス開発	①
リフィルウェ サンドラ マグワネン	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	浮選と加圧酸浸出を組み合わせた選鉱尾鉱からの銅とニッケルの回収	
原田茂一	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	廃電子基板からのSnのリサイクルプロセス開発	
ホアン ティー スーン	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	Pb-Agアノードを用いた亜鉛電解採取	
蔡 威寅	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	複雑硫化鉱の処理プロセス開発	
シアメ チャールズ モーゼス	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	磁力選別を用いた鉄鉱石からの不純物除去	
山舘浩嗣	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	磁力選別と浮選による鉄鉱石からの不純物除去技術の検討	
天野紘希	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	加圧酸浸出における白金族金属の浸出挙動	
石橋克幸	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	芳香族アミン化合物を用いた白金族金属の相互分離	
岡部 悠	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	ピンサー型抽出剤の合成とパラジウムの選択抽出	
乙黒将史	理工学研究科 物質科学専攻	柴山 敦	高温高圧浸出による高ヒ素含有銅鉱石の処理プロセス開発	
バトセングル アリウントゥヤ	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	アパタイト型レアアース鉱石の資源化	
蛭田邦彦	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	天然ゼオライトを用いたジオポリマー硬化体のイオン交換特性	
加賀谷 信	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	天然ゼオライト/ガラス多孔体のイオン交換特性	
熊谷洸平	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのX添加による格子歪の導入	②
中村靖子	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo-Xナノドットパターンの作製	
中根大斗	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo-Xナノドットパターンの作製	
新堀拓哉	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのX添加による格子歪の導入	
坂本真人	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのX添加による格子歪の導入	
小林功卓	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤嘉一	希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御	②
柘植雄斗	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤嘉一	希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御	
内山佳彦	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤嘉一	希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御	
赤石悠輔	理工学研究科 物質科学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡用高耐食性・非晶質ソフト磁性探針の作製と高密度磁気記録媒体観察	②
工藤開世	理工学研究科 物質科学専攻	齊藤 準	パルス磁場印加型・磁気力顕微鏡を用いた局所磁化曲線計測	
鈴木雄大	理工学研究科 物質科学専攻	齊藤 準	永久磁石の高温磁区観察に向けた超常磁性探針の高磁化率・高耐熱化	

氏名	所属部局等名	研究指導員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題等
Wang Juntao	国際資源学研究科	三島 望	資源効率の良い製品設計手法の研究	①
内藤 翼	理工学研究科 共同ライフサイクル デザイン工学専攻	三島 望	資源効率の良い製品設計手法の研究	
澤藤凌太	国際資源学研究科	渡辺 寧	秋田県大覚野峠トンネル予定地の岩石に含まれる重金属の種類・分布の解明と酸性水発生防止のための技術開発	①
藤岡 悠	国際資源学研究科	渡辺 寧	秋田県大覚野峠トンネル予定地の地質安定性に関する研究	③
大久保敬祐	理工学研究科 総合理工学専攻	高橋弘樹	Pt酸化物によるCO ₂ 電解還元とメタノール合成	②

プロジェクト課題等 ①資源開発・環境リサイクル研究開発に関する研究
 ②新素材・機能性材料開発に関する研究
 ③機械システム・電気電子デバイス系に関する研究
 ④新エネルギー開発に関する研究
 ⑤航空宇宙産業に関する研究
 ⑥医理工連携産業に関する研究

(3) 博士研究員

氏名	研究開発プロジェクト名	プロジェクト課題等
Cao Yongze	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②
Kannan Senthil	超耐熱性ハイパーブランチポリマーの合成	②
Zhao Yue	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②
Munusamy Kuppan	高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	②
Pawan Kumar	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②

プロジェクト課題等 ①資源開発・環境リサイクル研究開発に関する研究
 ②新素材・機能性材料開発に関する研究
 ③機械システム・電気電子デバイス系に関する研究
 ④新エネルギー開発に関する研究
 ⑤航空宇宙産業に関する研究
 ⑥医理工連携産業に関する研究

6. 地方創生センター研究員の研究成果および活動実績

(1) 研究成果集

1. 未利用鉱物資源の処理技術と都市型資源のリサイクルプロセス開発
柴山 敦（大学院国際資源学研究科）
川村 茂・芳賀 一寿・山田 学（大学院理工学研究科）
佐藤 史織（大学院国際資源学研究科） 110
2. 天然ゼオライト原料を用いた高機能材料の創製
林 滋生・加賀谷 史（大学院理工学研究科） 116
3. ロジウム選択回収を可能にするアミン系沈殿剤の開発
寺境光俊・松本和也（大学院理工学研究科） 118
4. 超耐熱性ハイパーブランチポリマーの合成
Kannan Senthil（地方創生センター） 122
5. 修飾シクロデキストリンポリマーの水銀吸着挙動
秋葉宇一・近藤良彦（大学院理工学研究科） 128
6. 素材製造プロセスを利用した希土類金属元素の回収に関する研究開発
井上亮・高崎康志（大学院国際資源学研究科） 132
7. FeCo基合金への格子歪の導入による超高性能磁石の開発
長谷川 崇（大学院理工学研究科） 135
8. 熔融塩電析法によるLaNi₅表面層の形成と水素チャージ後のアノード特性
原 基・福本倫久（大学院理工学研究科） 140
9. 希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御
齋藤嘉一・佐藤勝彦（大学院理工学研究科） 145
10. ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用
齊藤 準（大学院理工学研究科） 147
11. Simultaneous magnetic field imaging of reversible and irreversible magnetization for permanent magnet by alternating magnetic force microscopy
Cao Yongze（地方創生センター） 150
12. Magnetic domain imaging at a highly rough c plane surface of sintered NdFeB magnet and c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height by alternating magnetic force microscopy
Zhao Yue（地方創生センター） 156

13. High resolution magnetic imaging of magnetic recording head by A-MFM with sensitive superparamagnetic tip
Pawan Kumar (地方創生センター) 162
14. 高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用
吉村 哲 (大学院理工学研究科) 167
15. Fabrication of $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25})\text{O}_3$ multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering method
Munusamy Kuppan (地方創生センター) 172
16. 省資源型希少金属含有自動車排ガス浄化触媒の開発
進藤隆世志・加藤純雄・小笠原正剛 (大学院理工学研究科) 175
17. Pt酸化物による CO_2 電解還元とメタノール合成
高橋 弘樹 (大学院理工学研究科) 178
18. タングステンカーバイド表面への省エネルギー型燃焼炎によるはく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜合成
高橋 護 (大学院理工学研究科) 183
19. 高窒素鋼摩擦攪拌接合継手の機械的特性に関する検討
宮野 泰征 (大学院理工学研究科) 189
20. 超音波を用いたモノエタノールアミンからの二酸化炭素の低温脱離
菅原 勝康・大川 浩一 (大学院理工学研究科) 191
21. 価値工学視点に基づく高環境効率製品の設計指針導出
三島 望 (大学院理工学研究科) 195
22. セルビア国ボール銅鉱山地域の河川水中の金属元素の分布
石山 大三・増田 信行 (大学院国際資源学研究科) 200
23. 希少金属化合物を用いる生物活性パラターフェニル系天然物の全合成研究
藤原 憲秀 (大学院理工学研究科) 205
24. 材料表面層評価のための光散乱分光法の高度化に関する研究
山口 誠 (大学院理工学研究科) 207
25. EV, FCVのための高効率電動機に関する研究
田島 克文・吉田 征弘 (大学院理工学研究科) 212
26. 秋田県大覚野峠トンネル予定地域の地質及び岩石評価
渡辺 寧・越後 拓也・西川 治 (大学院国際資源学研究科) 216
27. テラヘルツ分光技術の応用開拓
丹野 剛紀 (地方創生センター) 221

未利用鉱物資源の処理技術と 都市型資源のリサイクルプロセス開発

国際資源学研究科 柴山 敦, 佐藤 史織
理工学研究科 川村 茂, 山田 学, 芳賀 一寿
(第1研究グループ)
e-mail: sibayama@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本研究グループでは、貴金属やレアメタルなどの各種金属を含む都市型資源と不純物を多く含む鉱石や低品位鉱石を対象とした処理技術の開発を試みた。また、貴金属に特化した新規選択抽出剤の合成を試み、貴金属リサイクルプロセスの高効率化に関する研究も実施した。各研究では、各種分離技術における処理条件を調査したほか、各金属の分離挙動をモデル化し、技術的に高度利用するための物理・化学的な分離機構を考察した。

キーワード：未利用資源、資源処理、リサイクル、貴金属、抽出剤開発

独自性・実用性：

不純物（ヒ素やアンチモン）を含む銅鉱石の処理技術に関する研究では、高温高压浸出を用いた銅の浸出回収とヒ素の固定化に着目し、銅を選択的に浸出できる条件を見出したほか、ヒ素は酸化鉄を主体とする残渣に残留することを明らかにした。また、ヒ素を含む残渣物は、金属の溶出がほとんどないことを確認した。

電子基板に含まれるスズのリサイクルに関する研究では、カラーソーター等物理選別技術によるスズの濃縮および電解精製による金属スズの回収に成功した。また、貴金属に特化した新規選択抽出剤の合成に関する研究では、ピンサー型抽出剤の開発を試み、貴金属を含む溶液からのパラジウムの回収を検討した。今回開発した抽出剤は、既存の抽出剤に比べ広い pH 範囲で使用できるほか、複雑な組成を有する溶液からもパラジウムを選択的に抽出できることを明らかにした。

各研究の概要

(1) 未利用鉱物資源への資源分離技術の応用とプロセス開発

ヒ素含有銅鉱物として代表的な硫砒銅鉱(Enargite, Cu_3AsS_4)を含む各種ヒ素含有銅鉱石を対象に、高温高压浸出法を用いた Cu と As の浸出分離性を調査したほか、得られた残渣の安定性評価を行った。本研究の結果、条件によっては鉱石中の Cu を 90%以上浸出する一方、As の浸出率を 10%以下に抑えるなど、両者の分離性が見出された。また、浸出より得られる残渣の安定性を評価するため溶出試験を行った結果、わずかな溶出は確認されたものの、比較的安定な鉄-ヒ素残渣を得ることができるなど、高ヒ素含有銅鉱石からの銅浸出液の回収ならびにヒ素の分離の可能性が明らかとなった。そのほか、レアアースを含むアパタイトからのレアアース回収を目的に、硫酸浸出法およびシュウ酸沈殿法を用いたレアアース回収プロセスの検討を行った。硫酸浸出により、条件によってはアパタイトに含まれるレアアースを 88%浸出できたほか、得られた浸出液に対しシュウ酸を添加することで、96%のレアアースを沈殿物として回収できることを明らかにした。

(2) 物理選別および化学分離を用いたリサイクル原料からのスズ回収

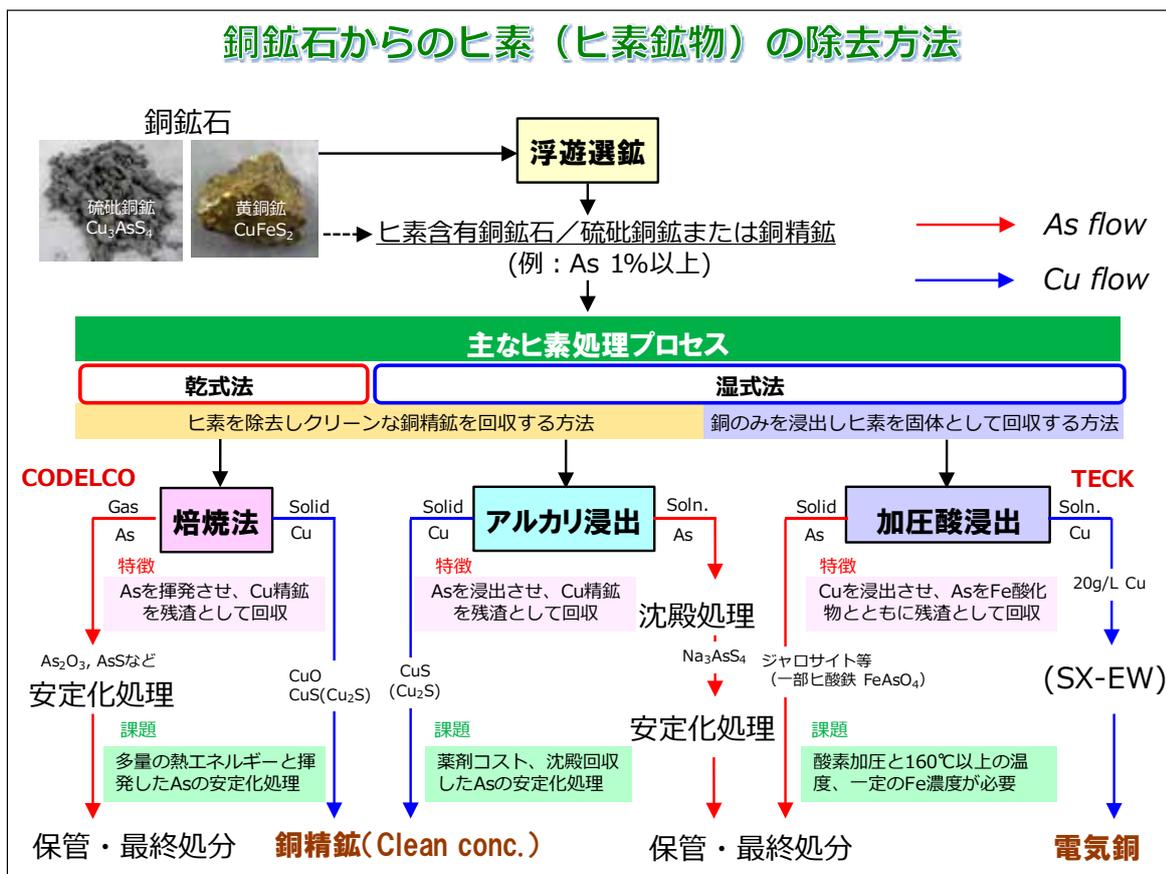
廃電子基板（スズ品位 3%程度）からのスズの回収を目的に、物理選別を用いたスズの濃縮およびアルカリ浸出と電解採取を用いたスズの高純度化の可能性を検討した。物理選別では、比重選別とカラーソーターを組み合わせることで、電子基板中に含まれるスズの 70%以上を回収できたほか、スズ品位を 36%まで濃縮することができた。また、アルカリ浸出では、水酸化ナトリウムを用い、酸素ガスを吹き込みながら浸出を行うことで、基板中に含まれるスズを選択的に浸出できた。さらに、電解前に浄液操作が必要ではあるものの、電解採取により 99.67%の純度を有する電気スズを回収できた。

(3) 貴金属に特化した選択抽出剤の合成とリサイクルプロセスの開発

貴金属の一つであるパラジウムに特化した選択抽出剤として、ピンサー型抽出剤の開発を試み、貴金属を含む溶液からのパラジウムの回収できるか検討した。今回開発したピンサー型抽出剤は、溶液中に含まれるパラジウムをほぼ 100%抽出できるほか、既存の抽出剤に比べ高塩酸濃度下でも高いパラジウム抽出率を維持することを確認した。また、自動車排ガス浄化触媒を浸出して作製した浸出液からもパラジウムを選択的に抽出できることを明らかにした。

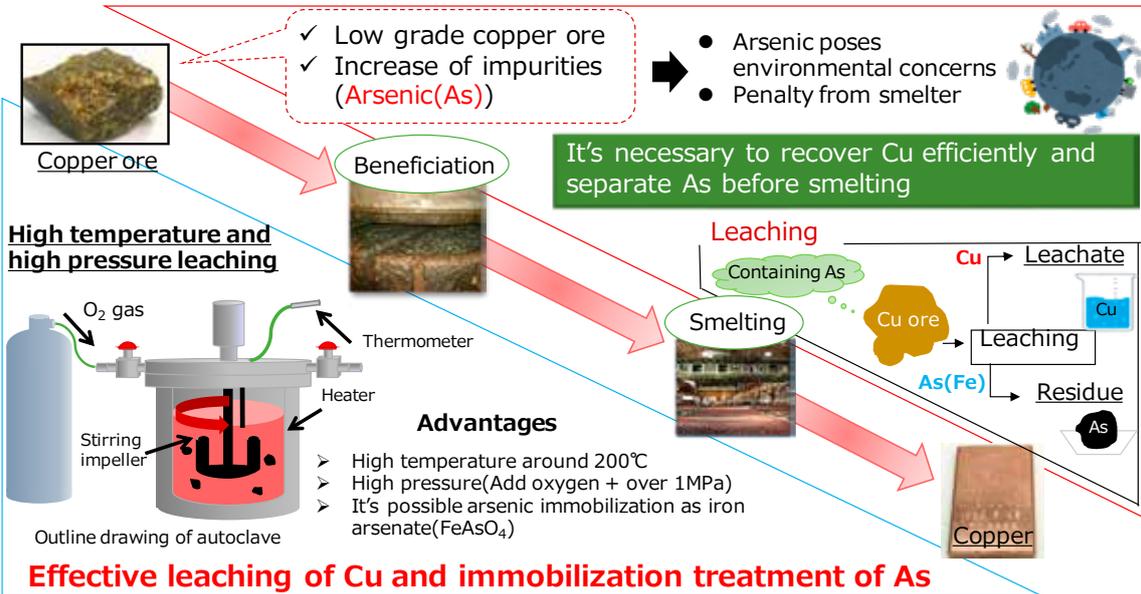
研究成果概要説明 補足資料

(1) 未利用鉱物資源への資源分離技術の応用とプロセス開発



高温高圧浸出法を用いたヒ素含有銅鉱石からの銅回収とヒ素除去

Overall image of this research



Searching for suitable leaching conditions, copper recovery from copper ore and investigate of the stability about residue

浸出法と沈殿法によるアパタイト鉱石からのレアース回収

◆ 現状

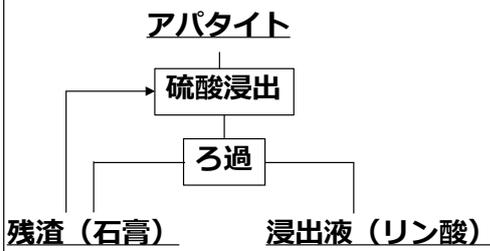
- ・ 産業の発展に伴い需要が増加
 - ・ 生産国の偏在
- **供給、価格ともに不安定**

新たな供給源を確保しレアースを安定調達することが重要

新たなレアース供給源: アパタイト (リン酸鉱物)

◆ アパタイトからのリン回収フロー

アパタイト: 主にリン酸の原料として利用



↑

残渣中に含まれるレアースは回収されずに廃棄

既存プロセスにおけるレアースの流れ

アパタイトには数千ppmのレアースを含むものも存在する

現在のリン酸製造プロセスではレアースは石膏中に残留し回収が困難

研究目的

硫酸浸出 (レアース含有硫酸溶液) を対象にレアースとリン酸の分離回収を検討

浸出試験および沈殿試験の結果



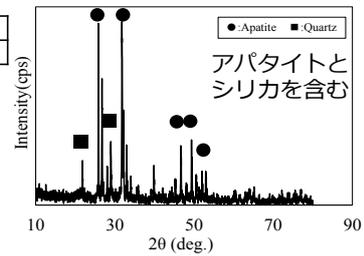
モンゴル産アパタイト

モンゴル産鉱石の化学組成(mass%)

Ca	K	Mg	Na	Al	F	Fe	Sr
20.5	0.33	0.91	0.35	2.14	3.32	1.84	1.62
La	Ce	Pr	Nd	Gd	Sm	P	
2.84	5.43	0.55	1.77	0.12	0.15	8.47	

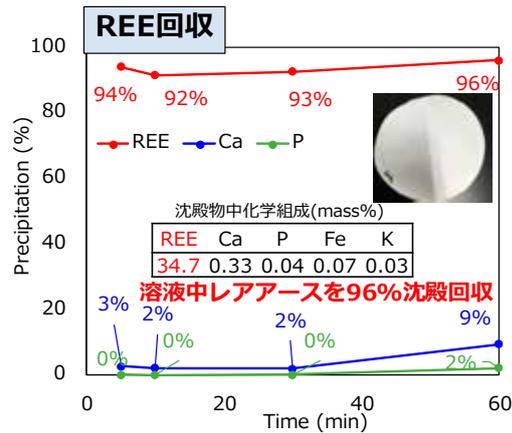
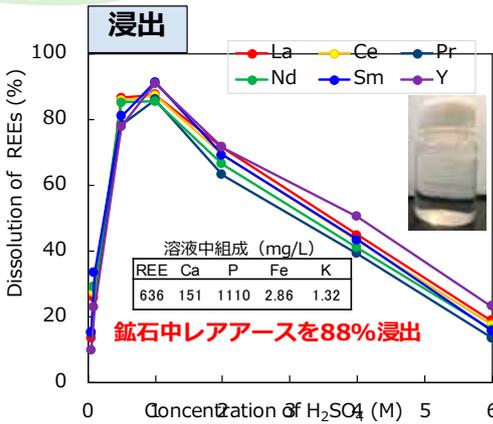
総レアアース品位は10%以上

モンゴル産鉱石のXRDパターン



研究目的 硫酸浸出およびシュウ酸沈殿法を用いアパタイトからのレアアース回収の検討

実験結果

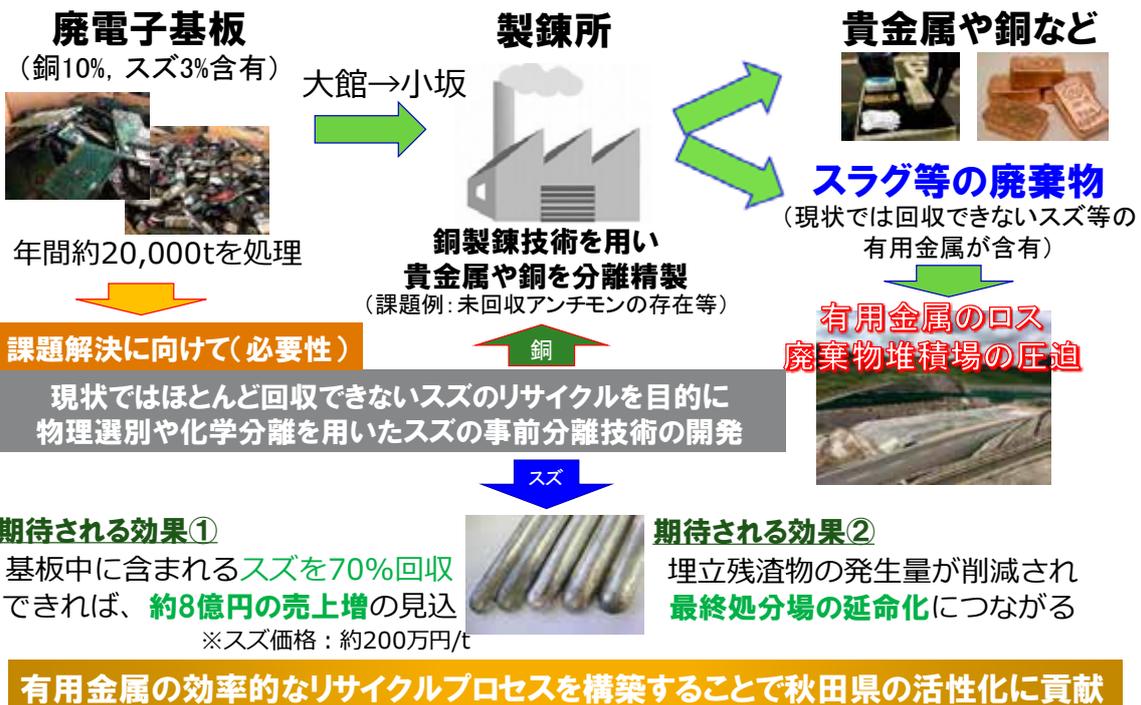


レアアースを含むアパタイト鉱石から80%以上のレアアースを回収可能

(2) 物理選別および化学分離を用いたリサイクル原料からのスズ回収

廃電子基板からの有価金属の分離回収と廃棄物減容化

国内有数のリサイクル拠点:小坂製錬所(DOWAホールディングス)



物理選別と化学分離を用いたリサイクルプロセス構築

廃電子基板 → 破碎 → **物理選別** → スズ濃縮物 → **化学処理** → スズ製品 (市場へ)

物理選別: カラーソーティング

基板中金属分濃縮物

	Cu	Sn
含有率 (%)	71.52	11.73

RGBモデル

光の三原色である赤、緑、青の値により色彩を表現

カラーソーティング

色彩認識カメラにより選別物を認識

エアノズルで銅を吹き飛ばし、残り側へスズを濃縮

	Cu	Sn
含有率 (%)	70	3
分布率 (%)	73	23

銅濃縮物 → 銅製錬工程へ

	Cu	Sn
含有率 (%)	53	36
回収率 (%)	27	77

スズ濃縮物

化学分離: 浸出と電解採取

アルカリ浸出

Sn、Pb濃度の経時変化

Duration time [min]	Sn [g/L]	Pb [g/L]
0	0	0
120	~15	~0.1
240	~25	~0.1
360	35	0.3

スズを選択的に溶解

電解採取

電着したスズ

Components	Sn	Cu	Zn
Grade	99.67	1200	1486

※Cu、とZnの含有濃度はg/t

高純度スズの精製が可能

カラーソーティングとアルカリ浸出+電解採取の一連のプロセスを組み合わせることで Sn回収率70%以上を達成したほか、市販製品と同等スペックのスズを生産可能

(3) 貴金属に特化した選択抽出剤の合成とリサイクルプロセスの開発

貴金属に特化した選択抽出剤の開発

パラジウム回収剤：ピンサー型抽出剤の開発とパラジウム分離性評価

Pincers = Crab

ピンサー(カニばさみ)型金属錯体
触媒や蛍光材料、電極材料として応用
→抽出剤として利用する研究はほとんどない

ピンサー型抽出剤

パラジウムを選択的に捕捉

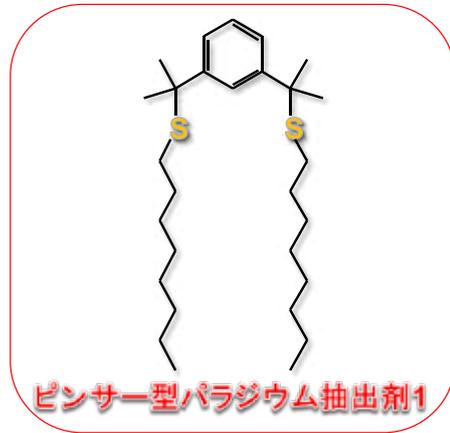
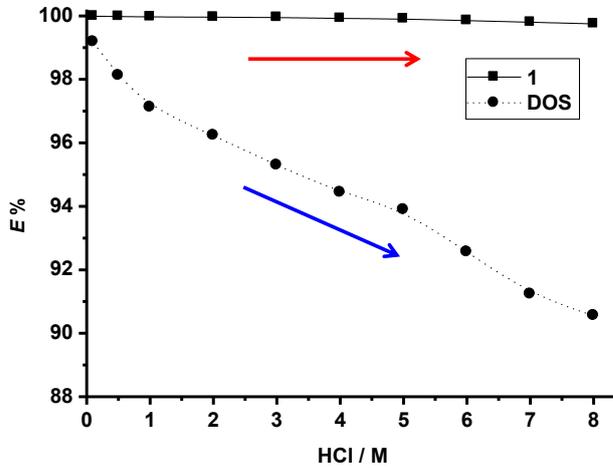
ピンサー型配位子と金属が錯体を形成するときの特徴

Pincers = Crab

カニばさみにより金属を捕捉する際
→金属は還元、ピンサー配位子は酸化される

ピンサー型パラジウム抽出剤を用いたパラジウムの抽出能力

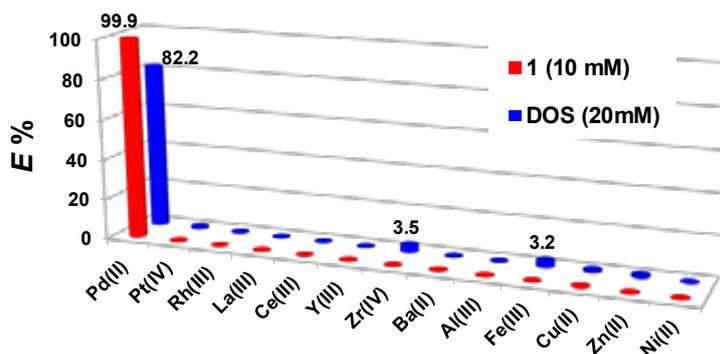
- 塩酸浴系 (塩酸濃度0.1~8.0 M) -



抽出剤の濃度: [1] = 10 mM, [DOS] = 20 mM; 希釈剤: ケロシン;
Pd(II)の濃度: 0.1 M ~ 8.0 M 塩酸 100 ppm (= 1 mM); 振とう時間: 1h, O/A比: 1 (=O:10 mL/A:10 mL)

- DOS (●) を用いた場合は、パラジウムの抽出率が約90%まで減少した
- 1 (■) を用いた場合では、どの塩酸濃度であっても、抽出率に影響がない

様々な金属が混在するモデル溶液からのパラジウム選択性



白金族金属、レアアース、レアメタル、ベースメタルを含むモデル溶液からのパラジウム抽出に関する検討

抽出剤濃度: [1] = 10 mM, [DOS] = 20 mM; 希釈剤: ケロシン; 各金属濃度: 100 ppm
塩酸濃度: 3.0 M; 振とう時間: 1h; O/A比: 1 (=O:10 mL/A:10 mL)

- DOSはPd(II)全量を抽出できておらず、抽出率82.2%であり、Zr(IV)=3.5%やFe(III)=3.2%もわずかではあるが抽出されている。
- 1はPd(II)のみを**99.9%とほぼ全量を抽出でき、パラジウムを選択的に分離できる**ことを示した。

天然ゼオライト原料を用いた高機能材料の創製

林 滋生，加賀谷 史

(第2研究グループ)

shigeo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：天然に産出する鉱物の中にはイオン吸着能や脱臭能の様な様々な機能を有するものがあり、環境浄化やリサイクル等の局面で有効に利用される可能性を有している。秋田県では天然ゼオライトが著名だが、実用に際しては多孔質基材表面に堆積・固定化する、あるいは表面積の広い形状に成形する等して、吸着性能やハンドリング（取り扱い）性の向上を図ることが有効と考えられる。平成 29 年度の研究では、天然ゼオライトを対象として、セラミックス作製技術である電気泳動堆積（EPD）法、ジオポリマー法を用いた形態・組織制御に関する検討を行った。

キーワード：天然ゼオライト，粉末プロセス，形態・組織制御，環境浄化材料

独自性・実用性：

天然ゼオライトなどの機能性を有する鉱物の有効利用は、一見「やり尽くされた」様に見えますが、材料を成形加工する技術は日進月歩で進化していますので、新たなアプローチの可能性が次々と出てきているのが現状です。

私どものグループではこうした状況を踏まえ、「天然鉱物の機能」＋「新たな材料作製技術」＝「新たな用途，機能」の発想でアプローチしています。できるだけ省エネルギーの材料作製技術を利用して、環境浄化材料，環境調整材料，意匠材料など、様々な分野への応用展開が可能と考えています。

概要で示した様に平成 29 年度の研究では、秋田県産天然ゼオライト（クリノプチロライト）微粉末を対象として、電気泳動堆積（EPD）法による金属基材への粉末微粒子コーティングと固定化、ならびにジオポリマー法による硬化体の作製について、いくつかの知見を得るための検討を試みた。天然ゼオライトは陽イオン吸着（交換）機能を有するため、これらを使って高効率の吸着モジュールを作製することで、環境浄化やリサイクル等に役立つ材料を創製しようというのが最終的な目的である。

電気泳動堆積（EPD）法は、液体中に分散させた微粉末に直流電界を与えることで、電極表面に電気泳動・堆積させる手法である。本研究ではステンレス鋼（SUS304）製メッシュ電極を用い、EPDによる堆積と、アルカリシリケート溶液を利用した固定化を試みた。主に固定化温度が堆積物の耐はく離性、イオン吸着特性などに及ぼす影響を検討し、現在の実験条件においては、40～70℃の範囲では、耐はく離性に大きな差が見られないことを明らかにした。

また、粉末状にした原料を用いて、ジオポリマー法による硬化体の作製を試みた。ジオポリマー法は、ケイ酸イオンの重合体によって様々な粉末の硬化体を比較的低温（<100℃）で作製する手法である。原料粉末の粉碎条件（ボールミル粉碎の乾式・湿式の違い、ならびに粉碎時間）を変え、粒度を変えることで実験を行った所、全体として粗い粒子の方が高強度の硬化体を作製することができた。更に水中での Pb^{2+} イオンの吸着特性については、硬化体中の気孔量が多いもの、また、細かい原料を使ったものについて優れた結果を得ることができた。

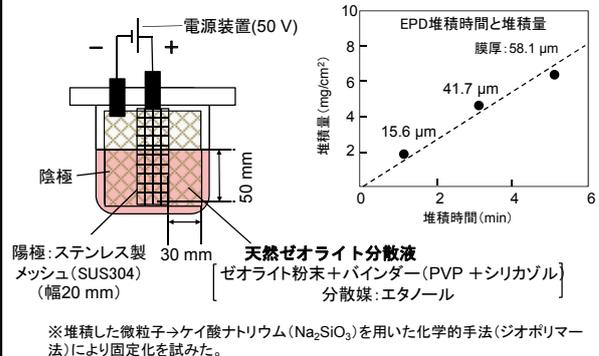
両研究とも、現時点では明確な理由付けができていない部分がまだ残っており、今後とも検討を続け、より吸着性能に優れ、耐久性を有する吸着材料の実現に向けて検討を続けていく所存である。

研究課題と内容

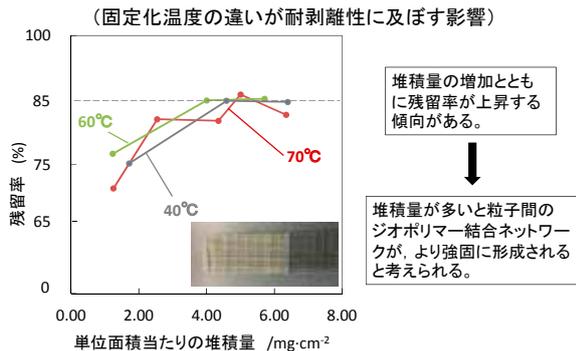
秋田県産天然ゼオライト原料の有効利用を目指して、金属基材表面への粉末微粒子コーティングと固定化、および化学的手法による粉末硬化体の作製プロセスについて検討し、高効率イオン吸着モジュール作製のための基礎技術を確認する。

- 【テーマ1】金属メッシュ表面上への天然ゼオライト微粒子の電気泳動堆積と固定化 - 固定化条件の影響 -
- 【テーマ2】天然ゼオライトを用いたジオポリマー硬化体の作製とイオン吸着特性 - 粉末粒度の影響 -

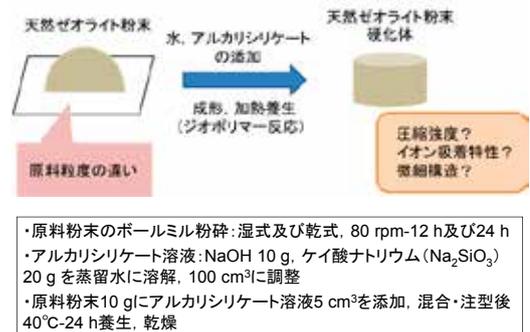
【テーマ1】電気泳動堆積 (EPD) 法による金属メッシュ表面への天然ゼオライト微粒子の堆積



メッシュ表面に堆積した天然ゼオライト微粒子のジオポリマー法による固定化



【テーマ2】粒度の異なる天然ゼオライト粉末を原料としたジオポリマー硬化体の作製



作製したジオポリマー硬化体の諸特性



まとめ

- 電気泳動堆積 (EPD) 法による金属基材表面への天然ゼオライト微粒子コーティングと固定化に関する研究では、堆積量が固定化膜の耐久性に影響を及ぼすことを明らかにした。一方、固定化処理の温度は、耐久性に対してほとんど影響を及ぼさないことが分かった。
- 化学的手法(ジオポリマー法)による天然ゼオライト粉末硬化体の作製に関する研究では、原料粉末の粒度が硬化体の諸性質(圧縮強度, 微細構造, イオン吸着特性)に様々な影響を及ぼすことを明らかにした。

ロジウム選択回収を可能にするアミン系沈殿剤の開発

松本和也・寺境光俊

(第3研究グループ)

kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp

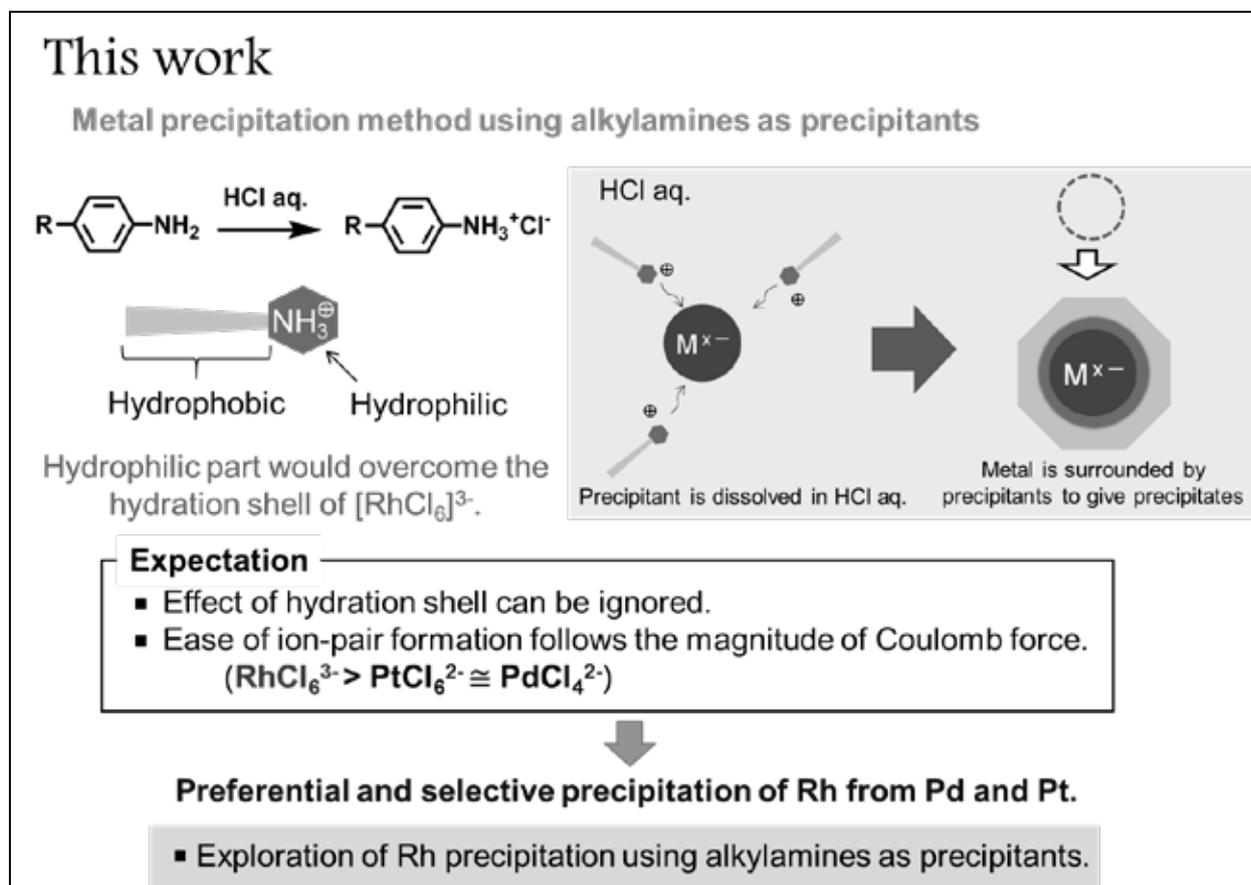
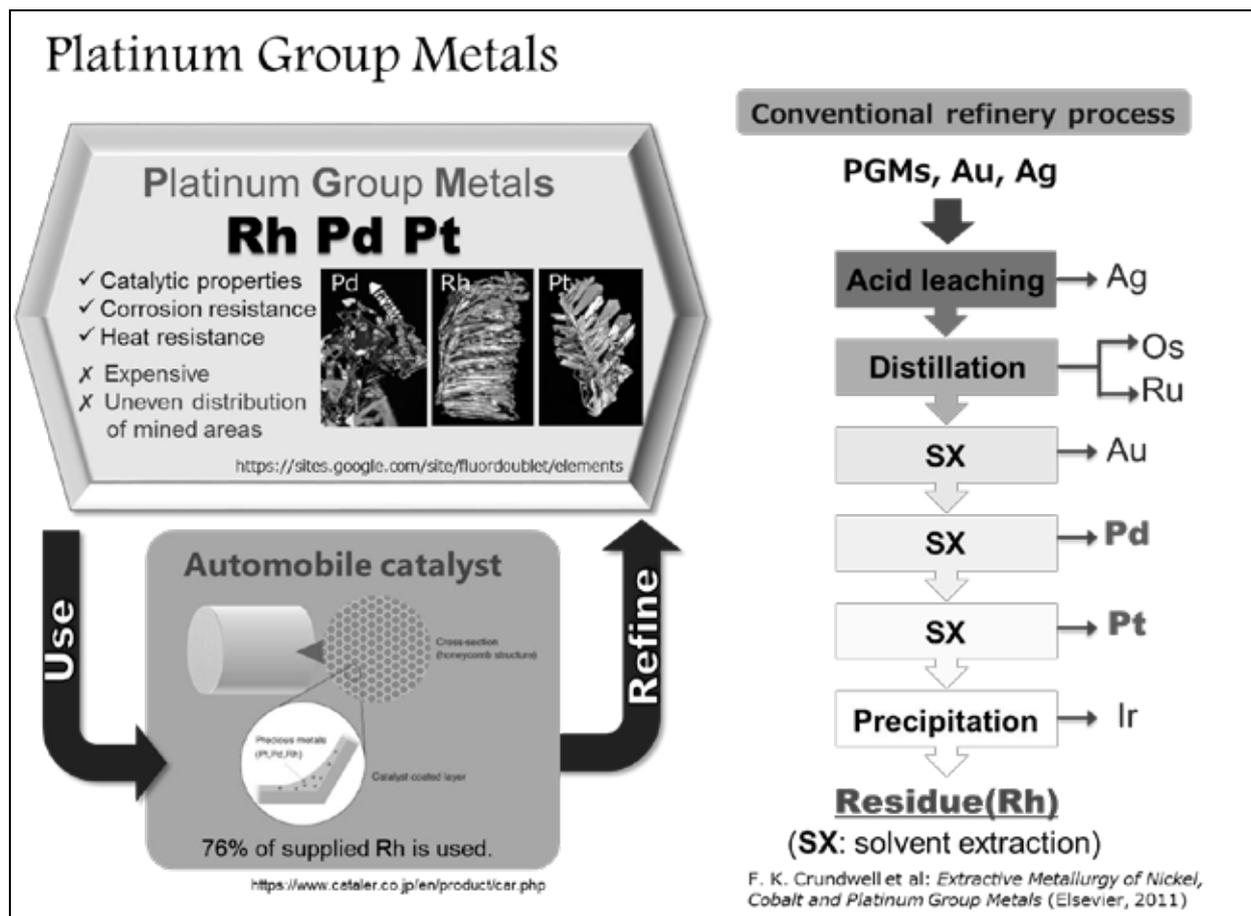
概要：ロジウムは主に自動車排ガス浄化触媒に用いられる産業上重要な金属であるが、現在までにロジウムを選択的かつ優先的に回収する方法は確立されておらず、他の貴金属を回収した残渣から回収する方法が採られている。そこで本研究では、芳香族アミン化合物を沈殿剤として用いたロジウム選択回収法の確立を目指し、詳細に検討を行った。その結果、4-アルキルアニリンを用いることで、パラジウム、白金、ロジウムを含む塩酸溶液からロジウムのみを選択的に沈殿として回収することに成功した。

キーワード：ロジウム、沈殿、リサイクル

独自性・実用性：

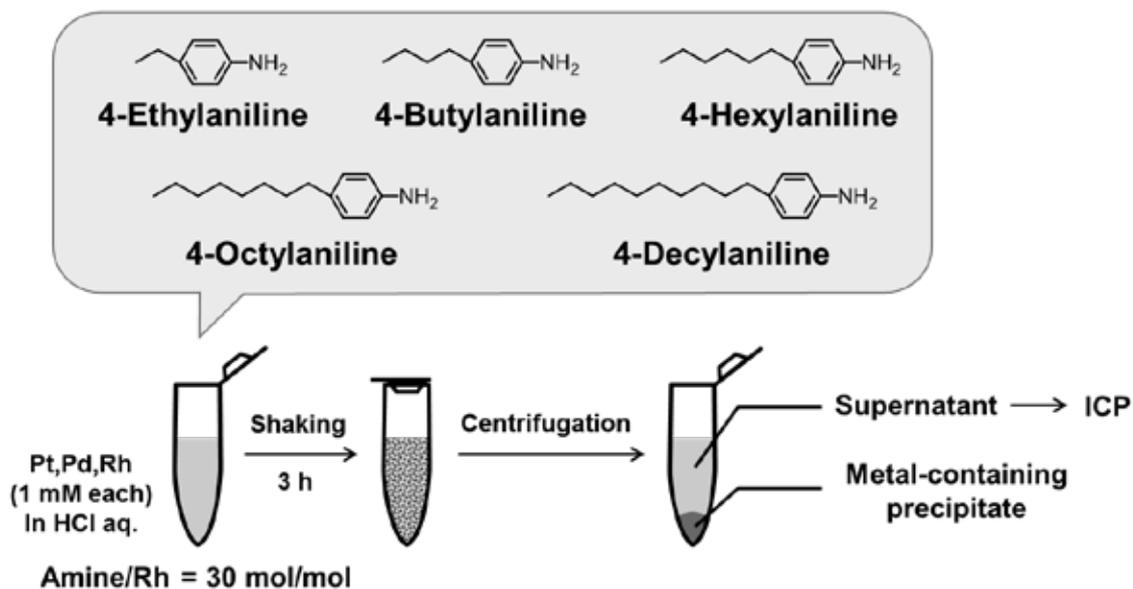
- ・従来、ロジウムは選択的な回収ができないとされてきた
- ・芳香族第一級アミン化合物を用いることで、ロジウムを沈殿回収可能
- ・パラジウムや白金を含む場合においてもロジウムのみを選択的に沈殿回収可能
- ・比較的安価に入手可能な4-ブチルアニリンを用いることができ、実用性が高い特許
- ・特願 2018-051635 「ロジウム回収方法」
- ・PCT/JP2017/012468 「貴金属回収方法及び貴金属回収剤」

ロジウムは主に自動車排ガス浄化触媒に用いられており、白金族金属の中でも希少で価値が高いため、積極的なリサイクルが必須である。しかし、現在までにロジウムを選択的かつ優先的に回収する方法は確立されておらず、他の貴金属を回収した残渣から回収する方法が採られている。その理由は、貴金属の回収に用いられる溶媒抽出法においてロジウムは抽出不活性であるためである。そのため、回収プロセスの初期段階で選択的かつ優先的にロジウムを回収する方法の確立が強く望まれている。我々は、平成 28 年度研究開発プロジェクトにおいて、芳香族アミン化合物が白金族金属の沈殿剤としてはたらき、条件によってはロジウムを沈殿回収できるという知見を得ている。そこで本研究では、芳香族アミン化合物の分子構造や金属回収条件を詳細に検討することで、ロジウムを高効率かつ高選択的に沈殿させて回収する技術の開発を目指した。研究の結果、4-アルキルアニリンを用いることにより、高濃度塩酸条件下においてロジウムを高収率で沈殿回収することができることを見出した。さらに、パラジウム、白金を含む場合においてもロジウムのみを選択的に沈殿回収することに成功したのでこれを報告する。



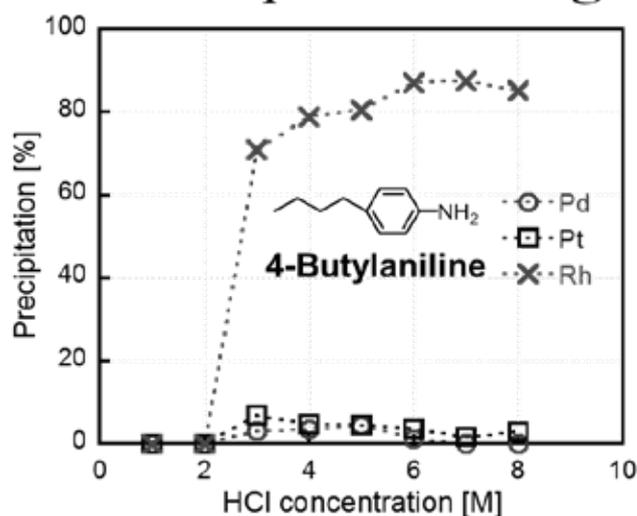
Experimental

Metal precipitation experiments



Precipitation percentages of the metals were evaluated by ICP of the supernatant.

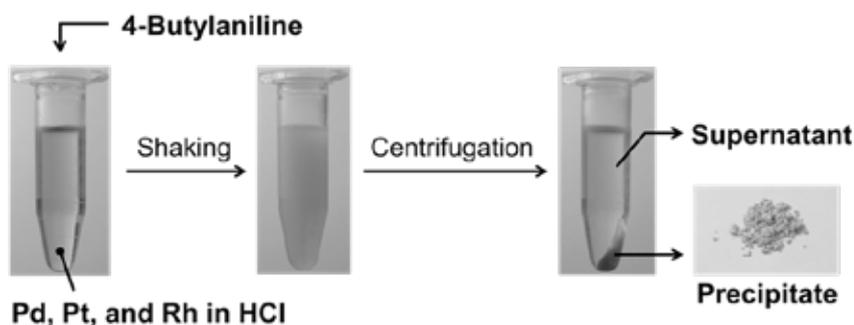
Metal Precipitation Using 4-Butylaniline



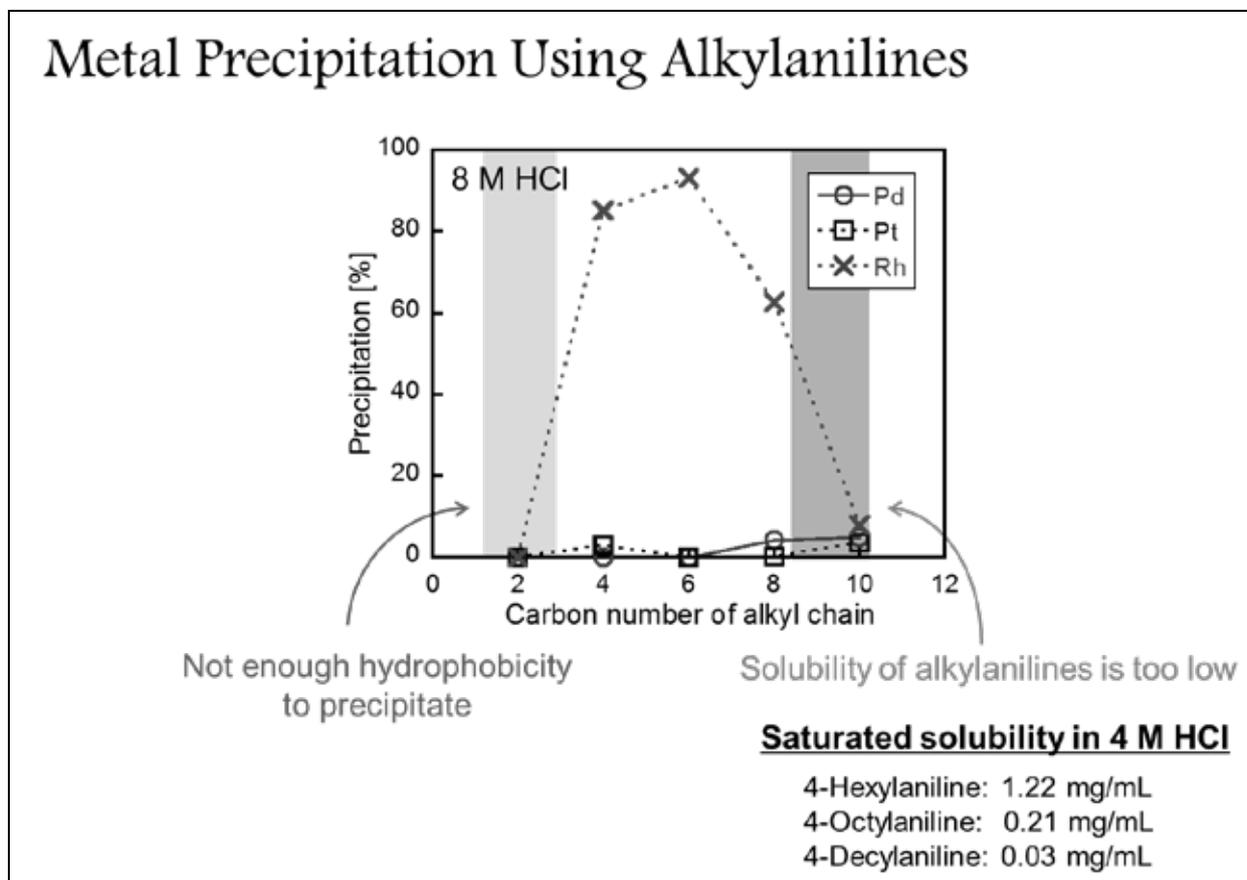
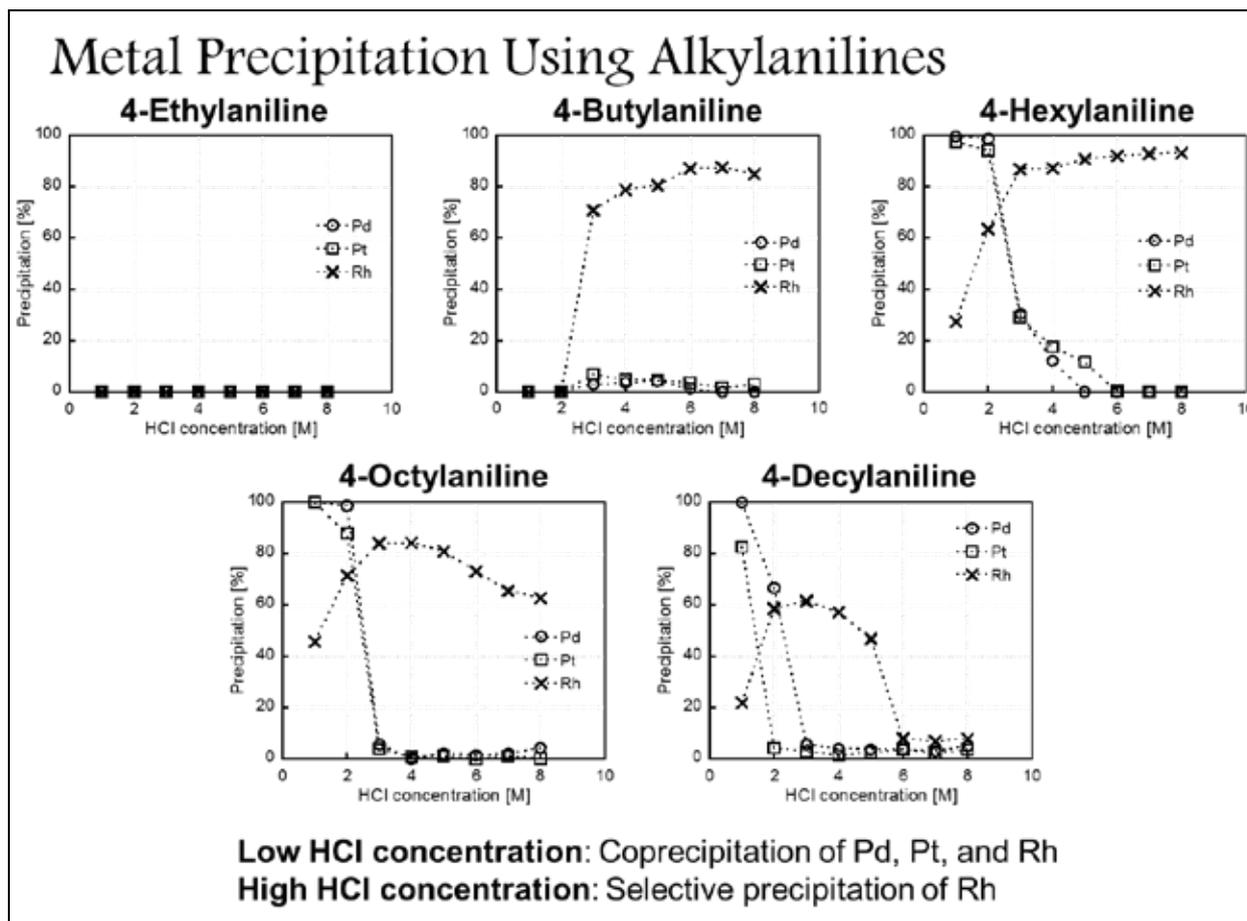
Pt, Pd, Rh: 1mM each
4-Butylaniline/Rh=30 [mol/mol]
Shaking time 3 h

Metal precipitation at 7 M HCl
Pd: 0%; Pt: 2%; Rh: 88%

↓
Preferential and selective precipitation of Rh



PCT/JP2017/012468, 特願2018-051635



超耐熱性ハイパーブランチポリマーの合成

K a n n a n S e n t h i l, 寺 境 光 俊

(秋田大学地方創生センター地域産業部門)

mjikei@gipc.akita-u.ac.jp

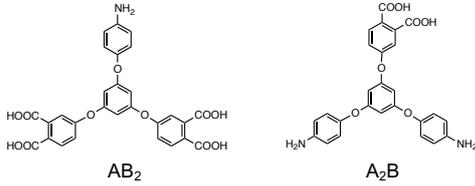
概要：ハイパーブランチポリマーとは多分岐骨格を持つ合成高分子であり、分岐骨格由来のユニークな性質から注目を集めている新材料である。本研究課題では新規な超耐熱性ハイパーブランチポリマーを合成し、エレクトロニクス分野におけるコーティング膜として応用可能な材料の創製を目指す。二種類の AB₂ 型モノマーを合成し、これを加熱することで高分子量化し、ハイパーブランチポリイミドを合成した。生成重合体は 5% 重量減少温度が 400°C 以上と高い熱安定性を示し、有機溶媒に高い溶解性を示した。薄膜を 250°C まで加熱すると不溶化するため、コーティング膜としての活用が期待できる。

独自性・実用性：

本研究課題は JST 平成 29 年度地域産学バリュープログラムの研究課題「極めて高い耐熱性と接着性をあわせもつ可溶性高分子の合成」と密接に関連する。著者らが見いだした加熱イミド化を合成反応に使うことで高分子合成にかかるコストを低減できる。今回合成したハイパーブランチポリイミドは室温で高い溶解性を示し、かつ、加熱すると分子間相互作用により不溶化する特性を示すため、耐熱性コーティング材料としての活用が期待できる。

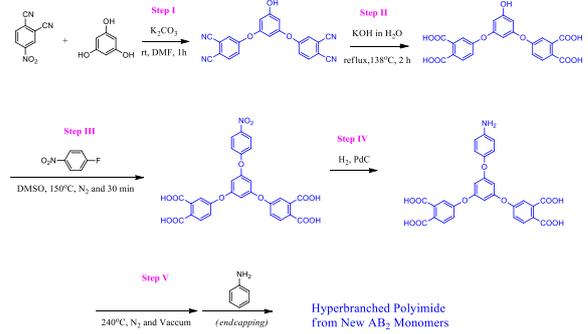
Today's report

Synthesis and properties of hyperbranched polyimides from AB₂ and A₂B monomers.

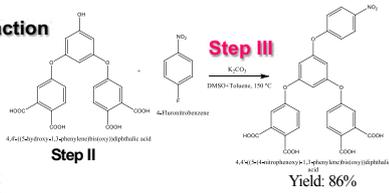


AB₂ Monomer

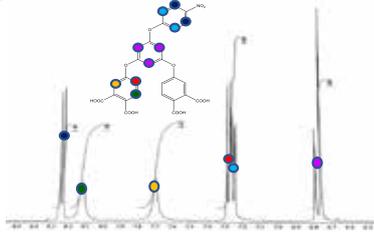
Synthesis of Hyperbranched Aromatic Polyimides



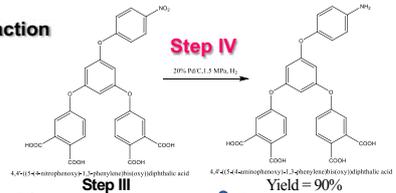
NO₂- Coupling reaction



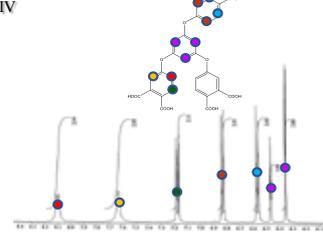
¹H NMR spectra of Step III



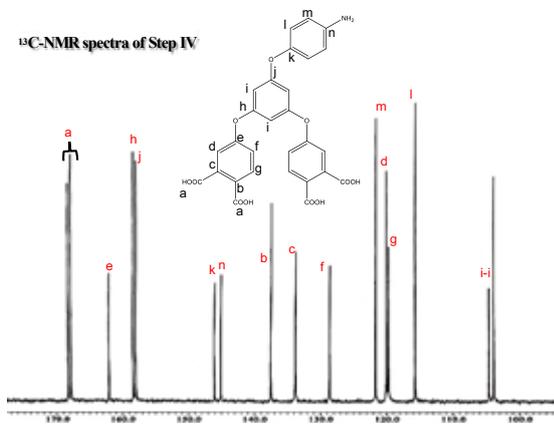
NO₂- Reduction reaction



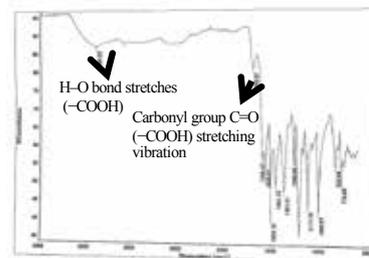
¹H NMR spectra of Step IV



¹³C-NMR spectra of Step IV



FTIR Spectral analysis of Step IV



➤ The observed peak at 3380 cm⁻¹ is due to the existence of -OH group (-COOH).

➤ The peak at 1692 cm⁻¹ appears due to the carbonyl group C=O (-COOH) stretching vibration.

Thermal Polymerization of AB₂ monomer under Various Conditions

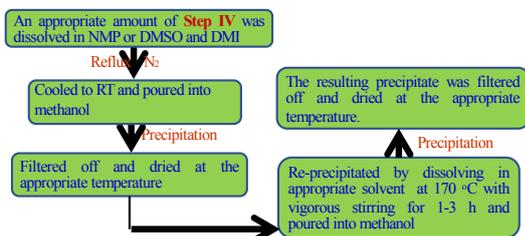


Table 1. The thermal polymerization under various conditions

Run	Solvent	Conc. (g/ml)	Rxn. time (h)	Rxn. temp and crude dried temp (°C)	Recryst. solvent and temp (°C)	Yield (%) ^a	¹ H-NMR/ ¹³ C-NMR Analysis	M _w (M _w /M _n) ^b	TGA Results (°C)
1	DMSO	0.2/5	3	150/80	-	85	Mixture of imide, polyamic acid and Step IV	20,293 (2.2)	305
2	NMP	0.2/6	3	115/80	-	75	-	12,932 (1.5)	-
3	NMP	0.2/6	1	100	-	-	-	-	-
			1	100	-	85	-	22,390 (2.9)	-
			1	140	-	-	-	-	-
			3	180/80	-	-	-	-	-
4	NMP	0.2/0.5	20	180/80	NMP/170	74	-	35,693 (6.6)	310
5	NMP	0.5/1	20	180/80	NMP/170	92	-	26,143 (2.3)	-

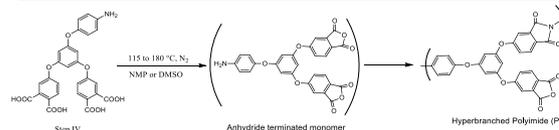
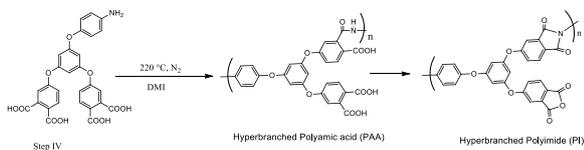


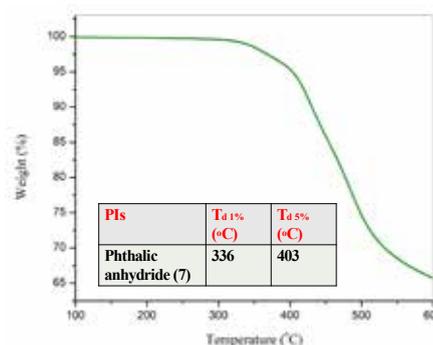
Table 1. The thermal polymerization under various conditions

Run	Solvent	Conc. (g/ml)	Rxn. time (h)	Rxn. temp and crude dried temp (°C)	Recryst. solvent and temp (°C)	Yield (%) ^a	¹ H-NMR/ ¹³ C-NMR Analysis	M _w (M _w /M _n) ^b	TGA Results (°C)
6	DMI	0.2/0.5	1.5	220/80	DMI/170	59	-	8730 (6.8)	330
7	DMI	0.2/0.5	3	220/80	DMI/170	69	-	20700 (9.8)	336

^a After precipitation in methanol, ^b Determined by GPC measurements in DMF containing lithium bromide (0.01 mol/L) as an eluent using PS standards.



The TG analysis spectra of Run 7

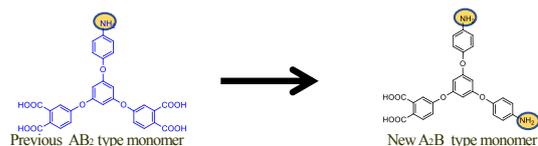


Solubility characteristics

- ❖ The solubility of prepared polyimides (PI) was determined in polar aprotic solvents such as NMP, DMF, DMI, and DMSO at room temperature.
- ❖ It was found that they were soluble in room temperature.
- ❖ However, after heating at 300°C for 1 h, they were insoluble in both room temperature and hot solvent.

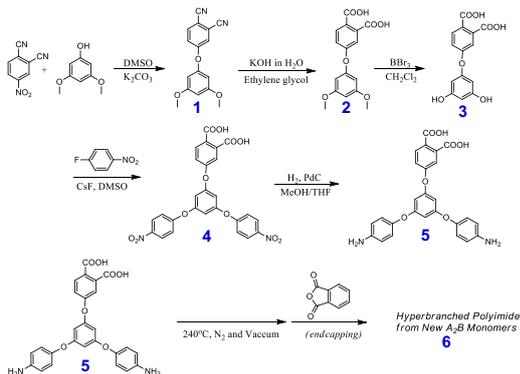
Design and synthesis of new A₂B type monomer

- ❖ The data obtained from FTIR measurements permitted to point out that the thermal stability and solubility were affected by the carboxyl terminal groups present in the prepared polyimides.
- ❖ After heat treatments, the carboxyl terminal groups continue to be converted into anhydride terminated polyimide. This might have restricted the polyimide-solvent intermolecular interactions and hence, resulted in less thermal stability and insolubility.

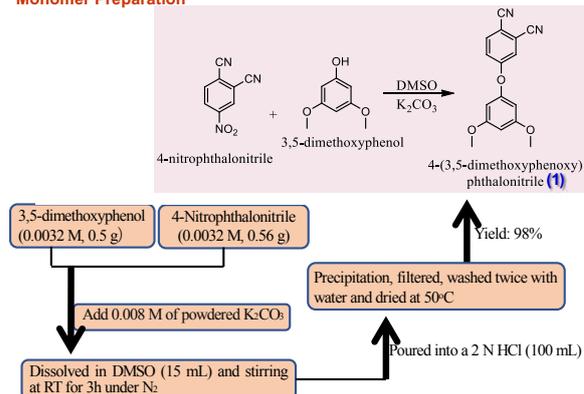


- ❖ Melting point: **high**
- ❖ Polymerization: **organic solvents**
- ❖ Polyimide terminal: **-COOH**
- ❖ Solubility after heat treatment: **Insoluble**
- ❖ Melting point: **comparatively less**
- ❖ Polymerization: **without solvents**
- ❖ Polyimide terminal: **-NH2**
- ❖ Solubility after heat treatment: **?**

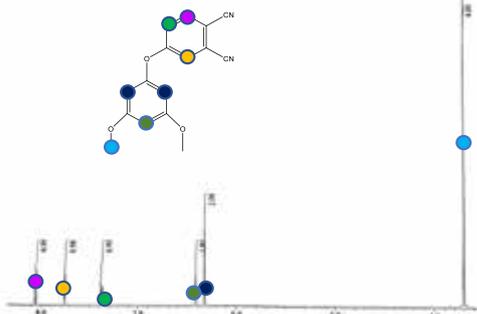
Synthesis of hyperbranched aromatic polyimide from A₂B monomer



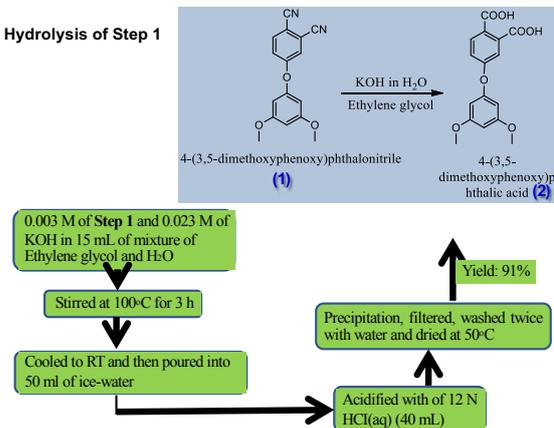
Monomer Preparation



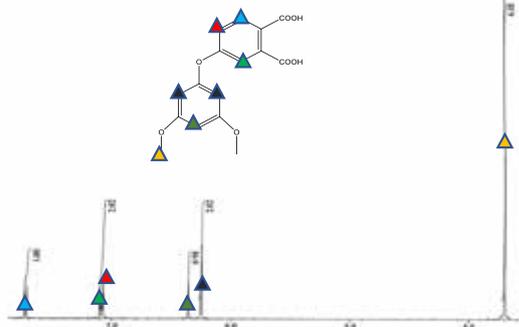
¹H-NMR spectra of Step 1



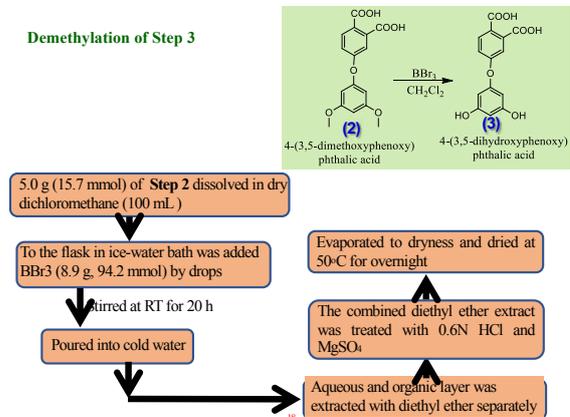
Hydrolysis of Step 1

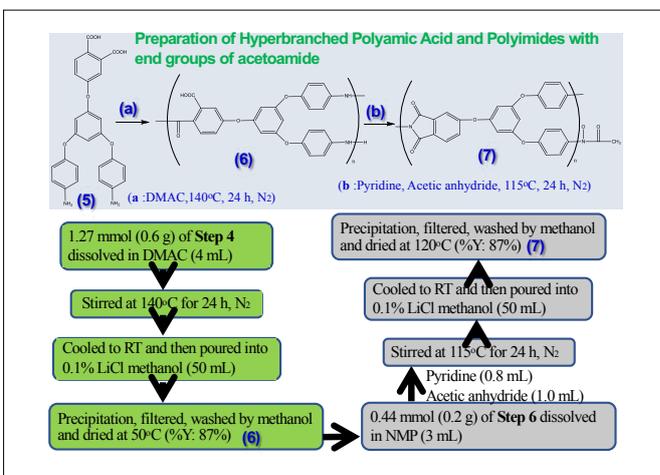
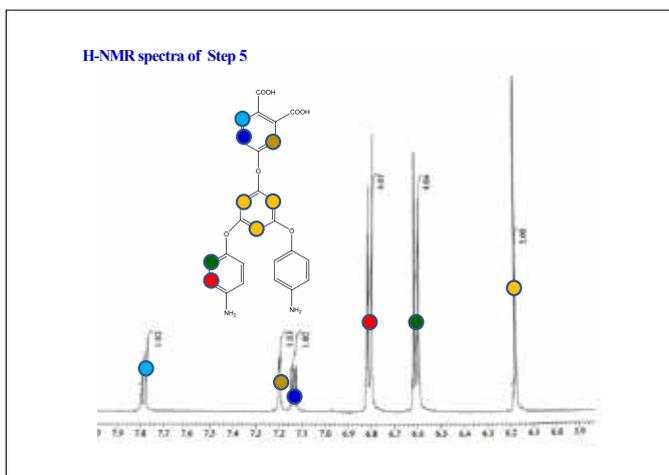
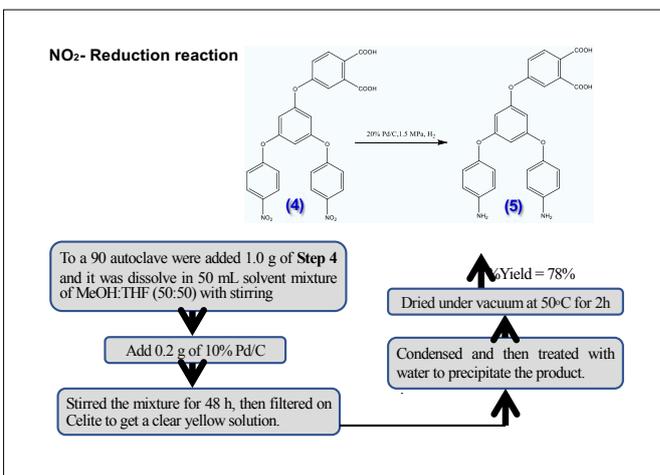
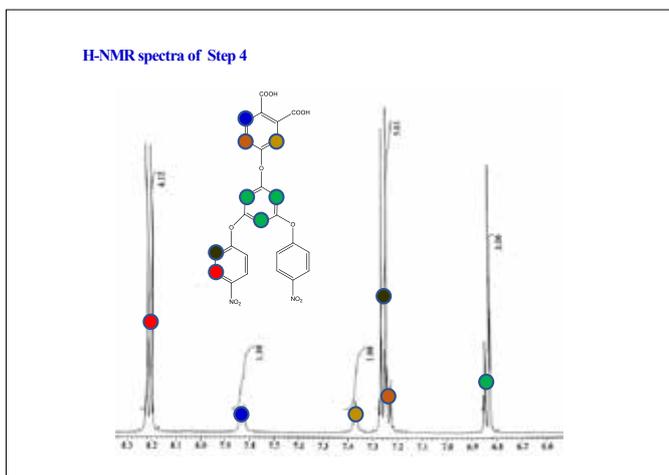
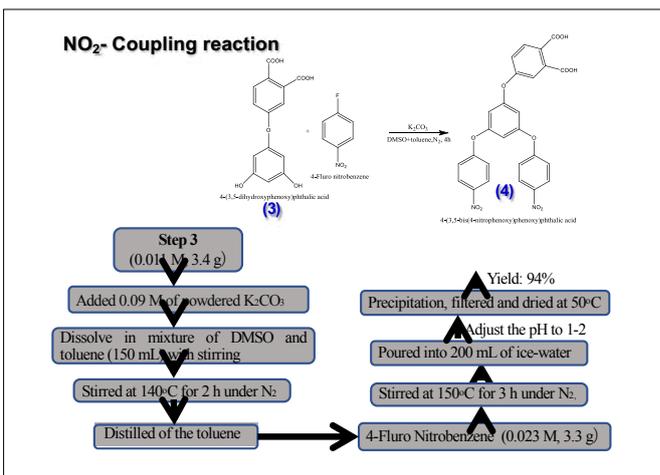
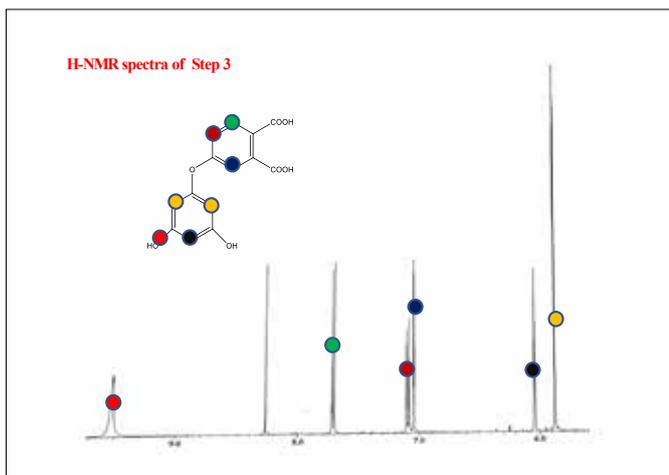


¹H-NMR spectra of Step 2

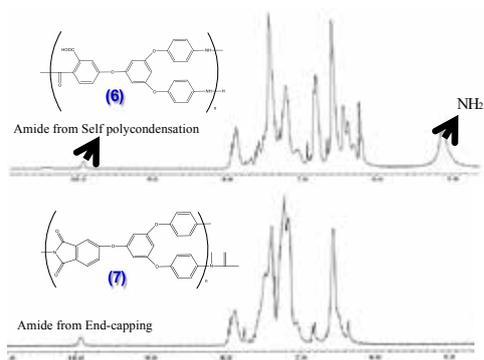


Demethylation of Step 3

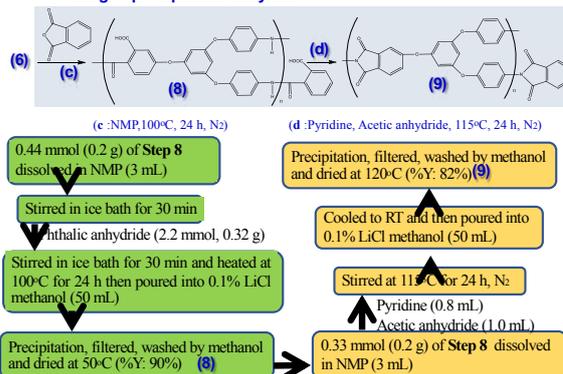




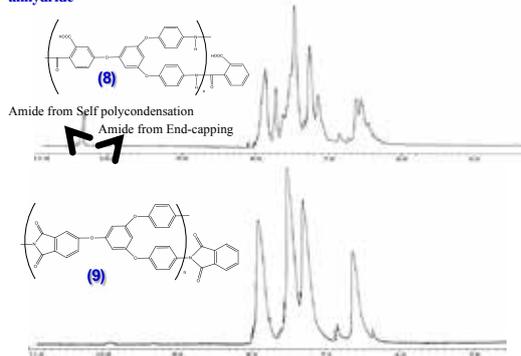
H-NMR spectra of Polyamic Acid and Polyimides with end groups of acetoamide



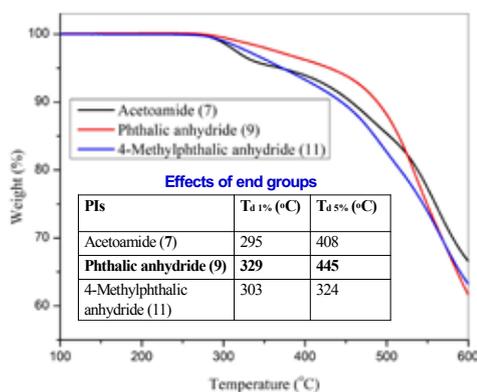
Preparation of Hyperbranched Polyamic Acid and Polyimides with end groups of phthalic anhydride



H-NMR spectra of Polyamic Acid and Polyimides with end groups of Phthalic anhydride



TG/DTA curves for prepared polyimides



Solubility of Hyperbranched Polyimides

Polyimides	Solvent ^a				
	NMP	DMAc	DMF	DMSO	DMF ^b
Acetoamide (7) (A ₂ B type)	+	+	+	+	
Phthalic anhydride (9) (A ₂ B type)	+	+	+	+	
4-Methylphthalic anhydride (11) (A ₂ B type)	+	+	+	+	-
Phthalic anhydride (AB: type)	+	+	+	+	-

^aSolubility: 1 mg/mL. (+) soluble; (-) insoluble; ^bAfter heating at 250°C for 10 min.

Summary

- Hyperbranched polyimide was prepared by reacting A₂B₂ and A₂B type monomer separately using thermal polymerization under various conditions.
- It was found that the thermal stability of polyimide was greatly affected by their terminal groups.
- Although hyperbranched polyimides were soluble at room temperature, the sample became insoluble after heating at 250 °C.

修飾シクロデキストリンポリマーの水銀吸着挙動

秋葉 宇一、近藤 良彦

(第2研究グループ)

y_kondo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：シクロデキストリンは環状オリゴ糖と呼ばれている、天然由来の環状化合物であり、その空孔内に他の有機分子を包接する特徴があることから食品や医薬品など様々な分野で利用されている。本研究ではエチレンジアミン鎖シクロデキストリンを用いてポリマー化した修飾シクロデキストリンポリマーを合成し、その構造と金属抽出能について検討した。

キーワード：修飾シクロデキストリン、水銀、ビーズ状ポリマー

独自性・実用性：

本研究で用いられるシクロデキストリンは疎水相互作用により有機分子をその空孔内に包接し、可溶化や安定化などの特徴を有する天然由来の環状化合物である。現在は食料品、医薬品、化粧品などの分野に多く利用されている。以前の研究より、籾殻灰とシクロデキストリンを複合ポリマー化し、その環境ホルモン吸着能やガス急増能について特許出願している。本研究では修飾シクロデキストリンポリマーを合成し水銀を吸着することを明らかにした。

<大環状化合物>

クラウンエーテル、シクロデキストリン、そしてカリックスアレーン（チアカリックスアレーン）などの大環状化合物は分子認識化学や超分子化学分野において重要な化合物である。また、それら大環状化合物の分子骨格を高度に化学修飾することにより、分子の動的挙動の制御や刺激応答性、錯形成そしてイオン認識など様々な機能性の付加により分子認識化学は発展してきた。代表的な大環状化合物としてシクロデキストリンがある。シクロデキストリンは (CyD) D-グルコースが α -1,4 グリコシド結合した環状オリゴ糖であり、グルコース単位が 6 個のものを α -CyD、7 個のものを β -CyD、8 個のものを γ -CyD と呼び、空孔サイズや水溶性がそれぞれ異なる。(図 1、表)

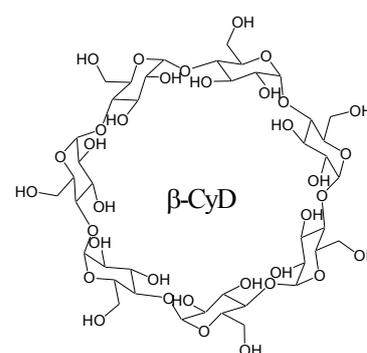


図 1 β -CyD の構造

表 各種 CyD の性質

Cyclodextrins	D-glucose number	Cavity depth (nm)	Inside diameter (nm)	Water solubility (g / 100 mL at 25°C)	Digestibility
α -CyD	6	0.78	0.45	14.5	nondigestibility
β -CyD	7	0.78	0.70	1.85	nondigestibility
γ -CyD	8	0.78	0.85	23.2	digestibility

<修飾 β -シクロデキストリンポリマー (修飾 β -CDP) の合成>

本実験に用いる修飾β-CyD として、硫黄を含みベンゼン環を有するベンジルチオ修飾 β-CyD（ベンジルチオβ-CyD）と窒素を含んでいるエチレンジアミン修飾 β-CyD（EDA β-CyD）を準備した（図 2）。

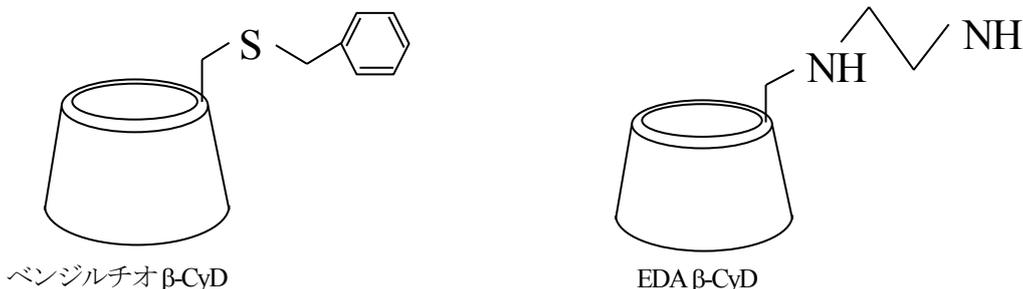
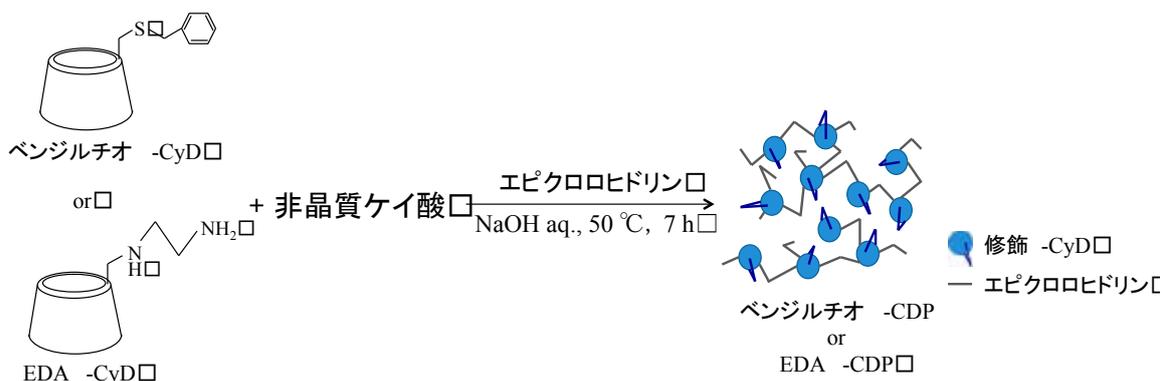


図 2 各修飾β-CyDの構造

修飾β-CDP の合成スキームを下記に示す。水酸化ナトリウム水溶液に各修飾β-CyD（図 2）を溶解させ、そこに非晶質ケイ酸を添加、エピクロロヒドリンを加え、50℃、7 時間反応させた。反応終了後、十分に水で洗浄し、非晶質ケイ酸を含まない各修飾β-CDP を得た。



スキーム 各修飾β-CDP の合成

<金属（水銀）抽出実験>

50 mL 遠沈管にベンジルチオ β-CDP または EDA β-CDP（各 0.1 g）と Hg(II)硝酸溶液（20 mL）を入れ、300 strokes/min にて振盪させた。その後、溶液中に残存する Hg(II)濃度をエスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社の CCD 多元素同時型 ICP 発光分光分析装置 SPS5510 を用いて測定し、ベンジルチオ β-CDP または EDA β-CDP の Hg(II)吸着率を式（1）により算出した。

$$\text{Hg(II)吸着率\%} = (\text{初期 Hg(II)濃度} - \text{残存 Hg(II)濃度}) / \text{初期 Hg(II)濃度} \times 100$$

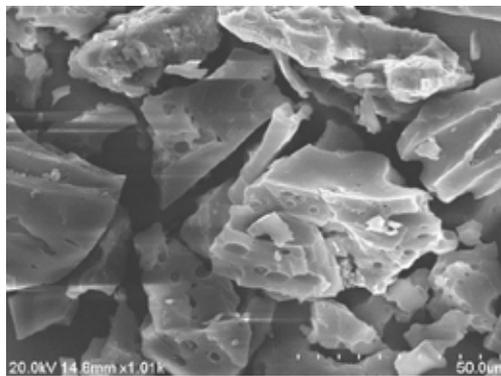
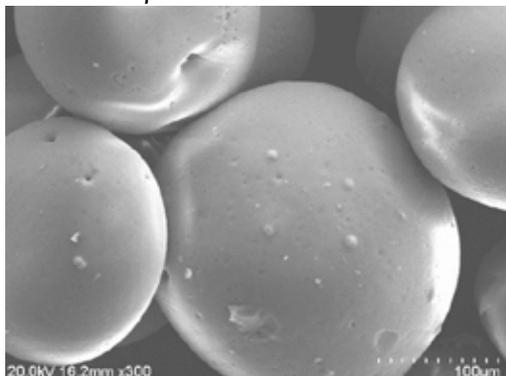
吸着条件の検討として、以下に示す 3 種類の条件について検討を行った。

- 1：振とう時間変化（水銀濃度：0.05 mM、硝酸濃度：1.0 mM）
- 2：硝酸濃度変化（水銀濃度：0.05 mM、振とう時間：1h）
- 3：Hg(II)濃度変化（硝酸濃度：ベンジルチオ β-CDP 4.0 M、EDA β-CDP 1.0 mM、振とう時間：1h）
- 4：金属選択性（Hg、Cu 混合金属溶液各 10 ppm、20 mL）

<各修飾β-CDP の物性>

合成した各修飾β-CDP の熱重量測定・示差熱分析 (TG-DTA) を行い、加熱による重量変化を観察した。その結果、どちらも最初に 100℃付近でポリマー内の水分蒸発による重量減少が確認され、その後、300℃付近からポリマーの燃焼による急激な重量減少がみられた。最終的にどちらのポリマーにおいても 100% の重量減少が確認されたため、ポリマー中の成分はほぼ全てが有機化合物により生成されていることが示唆された。また、それぞれの SEM 画像を図 3 に示す。

ベンジルチオ β-CDP



EDA β-CDP

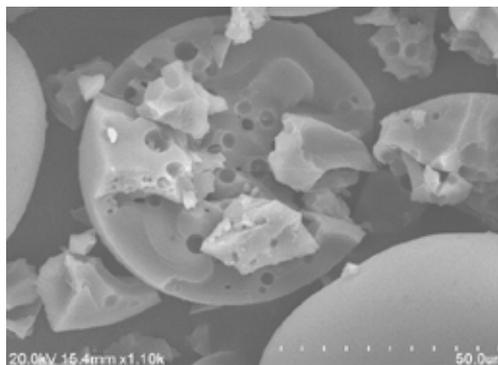
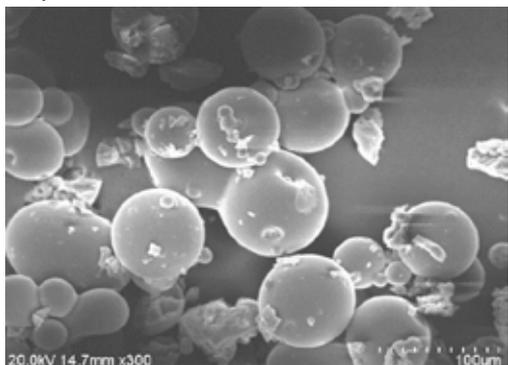


図 3 ベンジルチオ β-CDP、EDA β-CDP の SEM 画像

SEM 画像より、ともに球状をしており、球体のポリマーとそれが割れている部分が混在していることが明らかとなった。粒径はベンジルチオ β-CDP が約 262 μm、EDA β-CDP が約 81.0 μm であり、ベンジルチオ β-CDP の方が大きいことが示された。どちらのポリマーも表面は比較的滑らかで、ポリマー内には多くの細孔が存在していることが明らかとなった。

さらに、酸に対する安定性を確認するために、硝酸、塩酸、硫酸中に加えて 24 時間攪拌したところ、目視で濃塩酸、濃硫酸に対して溶解が確認されたが、濃硝酸に対しては溶解が確認されなかった。

<水銀吸着実験結果>

振とう時間を変化させた場合の Hg(II)吸着実験の結果について縦軸に Hg(II)吸着率、横軸に振盪時間を取りプロットした (図 4)。どちらにおいても振とう開始後すぐに吸着は平衡に達することが明らかとなった。この結果より、ベンジルチオ β-CDP、EDA β-CDP への Hg(II)吸着

は容易に起こり、短時間でそれぞれが有する最大限の吸着能が観測されることが示唆された。

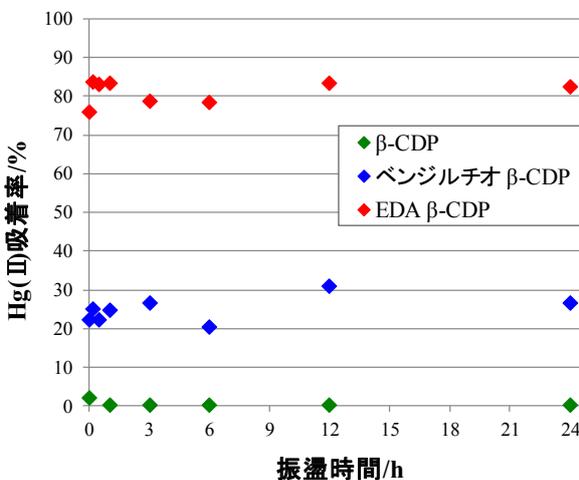


図 4 振盪時間変化による Hg(II)吸着挙動

また、修飾基を有さないβ-CDP では Hg(II)吸着能を示さなかったため、吸着にはベンジルチオ基およびエチレンジアミン鎖などの官能基の導入が必要であることが示唆された。

次に硝酸濃度変化による Hg(II)吸着実験の結果について図 5 に示す。ベンジルチオ β-CDP では硝酸濃度増加とともに Hg(II)吸着率も増加することが明らかとなり、EDA β-CDP は硝酸高濃度条件下では急激に吸着量の減少が確認された。更なる検討によりベンジルチオ β-CDP の修飾残基の中で硫黄部位が水銀吸着に大きな寄与を示していることが判明した。一方、EDA β-CDP では硝酸高濃度条件下では Hg(II)を吸着するよりもアミン部位のプロトン化の方が速やかに起こってしまうため、Hg(II)を吸着することができなくなるものと推測される。

Hg(II)硝酸溶液中の Hg(II)濃度を変化させて吸着実験を行った (図 6)。各ポリマー 1 g あたりの最大 Hg(II)吸着量は、ベンジルチオ β-CDP では約 14.6 mg/g (0.073 mmol/g)、EDA β-CDP では約 52.8 mg/g (0.26 mmol/g)であることが明らかとなった。この吸着量の差は金属配位する元素の数の違い (EDA β-CDP では窒素が 2 個、ベンジルチオ β-CDP では硫黄が 1 個) さらに、ベンジルチオ β-CDP では水銀吸着サイトである硫黄がベンゼン環とシクロデキストリンの間に存在するために金属と配位することが困難であると推測される。

EDA β-CDP の硝酸高濃度条件下による水銀脱着能について検討を行ったところ、1.0 M 硝酸で振盪時間の増加に対して飽和曲線を描くように脱着がみられたことから、高濃度硝酸による水銀の脱着が可能であることが確認された。

選択的水銀吸着能の検討のために、銅と水銀を混合した金属溶液 (それぞれ 10 ppm、20 mL) からの金属吸着率の結果を図 7 に示す。その結果、どちらも水銀に対する選択性を示し、ベンジルチオ β-CDP では水銀のみで約 35%、EDA β-CDP では水銀が約 80%、銅が 25%の吸着率を示した。

以上の結果より、導入する官能基により金属吸着能は依存されることが示唆され、適切な官能基を導入数することで、より高効率・高選択性の金属吸着材の設計が可能である。

<参考文献>

- ・「シクロデキストリンと多孔質シリカ粒子との複合材料、及びその製造方法、金属抽出、セシウム抽出剤、並びにガス吸着剤」濱田文男、近藤良彦、山田学、特許第 5892837 号
- ・「金属吸着剤」近藤良彦、三戸千明、藤原憲秀、濱田文男、特願 2016-169731

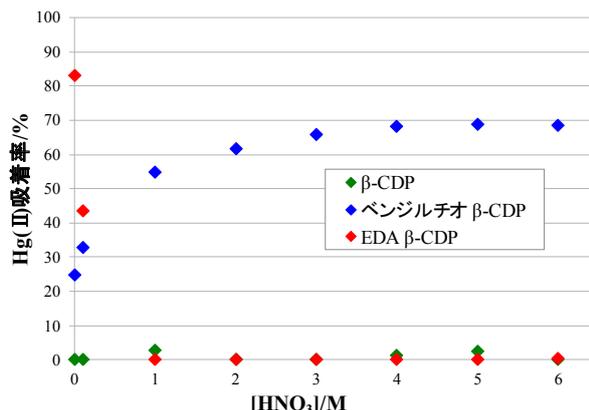


図 5 硝酸濃度変化による Hg(II)吸着挙動

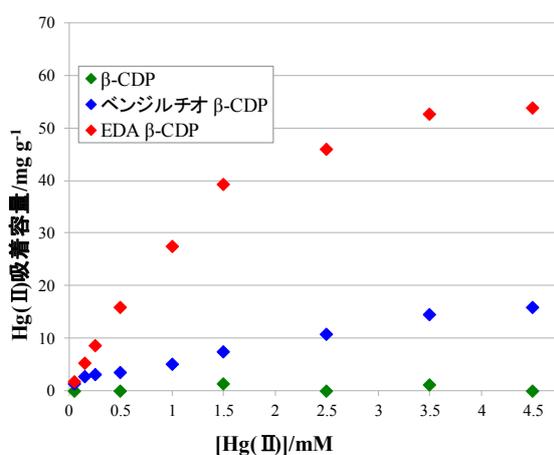


図 6 Hg(II)濃度変化による Hg(II)吸着挙動

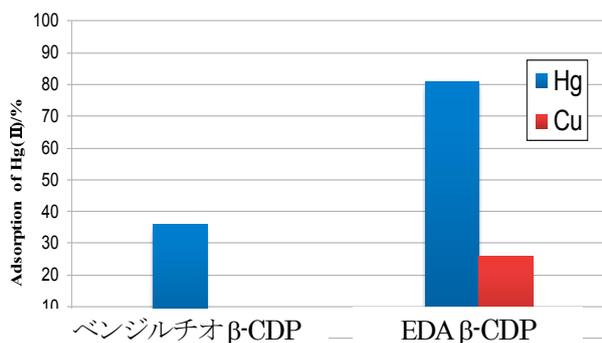


図 7 水銀、銅共存下での金属吸着挙動

素材製造プロセスを利用した希土類金属元素の回収に 関する研究開発

井上 亮 ・ 高崎 康 志

(秋田大学国際資源学研究所)

yas-tksk@gipc.akita-u.ac.jp

概要：レアメタルは様々な産業において重要な元素である。例えばレアメタルの中の希土類元素は、モーター関連製品のエネルギー効率を飛躍的に上昇させる強力磁石の必須原料である。しかしそれらのリサイクル率は低く、新たなレアメタル資源入手ルートの確立が望まれている。一般的にレアメタルは自動車用鋼材や電子部品等に含まれているが、その濃度は低い。したがって、従来のリサイクル技術では分離回収ができていてもコスト的に採算が合わないことが多い。本研究では、希土類金属元素をはじめとするレアメタルを酸化物融体中に濃化し、さらに冷却過程において特定鉱物相へ濃縮させ、分離回収することでレアメタルの回収技術確立を目的としている。

キーワード：レアメタル、スラグ、高温プロセス、都市鉱山

独自性・実用性：

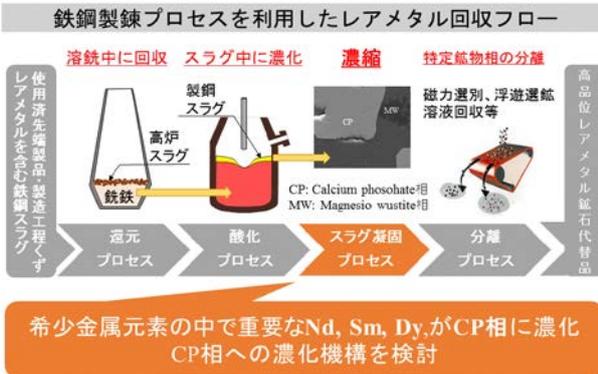
本研究は、鉄鋼製錬プロセスを利用したレアメタルの回収である。鉄鋼製錬では、スラグ（酸化物融体）が多量に発生するが、このスラグ中にレアメタルを濃化して回収することを目的としている。従来スラグ中のレアメタルを回収する研究は行われているが、実験室レベルの研究が多くコスト面などの問題から実用化には至っていない。本研究はスラグの冷却過程において晶析出する特定の鉱物相にレアメタルを濃化し、これを回収するという独自の視点から研究を行っている。本研究結果を基に、大量に発生するスラグから有用元素を回収する技術を確立することにより、我が国の資源戦略に貢献できると考えられる。

研究内容

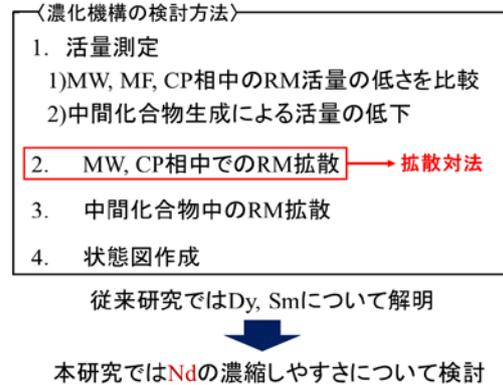
鉄鋼製錬では多量のスラグ（酸化物融体）が発生し、年間数千万トンにも達する。スラグ中にはレアメタルが含有されており、その発生量を勘案するとスラグ中からレアメタルを回収することは非常に有用である。本研究では、スラグ中のレアメタル（特に希土類）元素によって存在する鉱物相が異なることに着目し、都市鉱山中のレアメタルをいったんスラグに取り込み、スラグの冷却過程において特定の鉱物相に濃縮させた後に、その鉱物相を分離することでレアメタルを回収する技術の確立を研究目的としている。これまでの研究において、レアメタルやりんを含有する酸化物の組成を制御し高温で熔融後に冷却処理することにより、希少元素を特定の相に濃縮できることを見出した。本年度はNdの拡散実験から濃化の反応機構を推察した。

その結果、NdはCalcium phosphate相(C₃P相)に濃縮し、Magnesio wustite相(MW相)には拡散しにくいことを見出した。具体的には、1200°Cにおける20at%Ndの拡散係数は、C₃P相へは $11.8 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ 、MW相へは $2.99 \times 10^{-11} \text{cm}^2/\text{s}$ であった。つまり、C₃P中の拡散速度とMW中のNdの拡散速度との差は約4倍もあり、NdはMW相よりもC₃P相中に拡散しやすいことを見出した。さらに、1300°Cおよび1400°Cにおける拡散係数とNd濃度の関係から、Ndが高濃度および低濃度域において拡散係数が大きくなる傾向を見出した。また、20at%NdにおけるNdの活性化エネルギーを算出したところ、133 kJ/molとなった。拡散の活性化エネルギーはNd濃度が低い場合に小さい傾向が見られた。

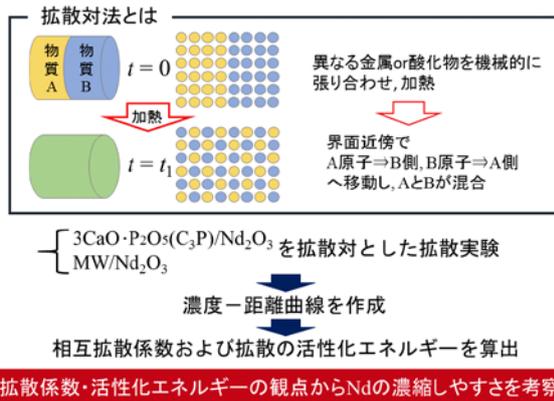
従来研究



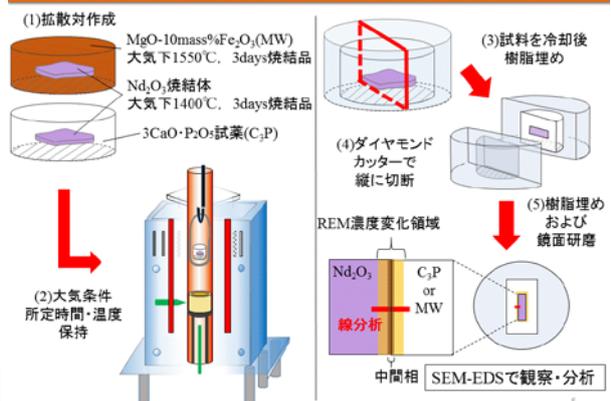
従来研究



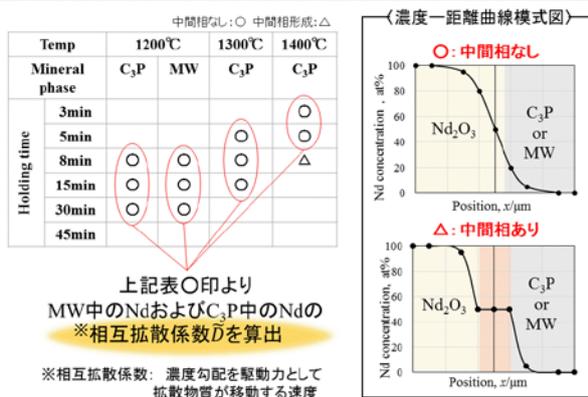
実験原理 拡散対法



実験操作 拡散対法



結果 Nd拡散実験



研究背景

レアメタル(RM)の資源確保は最重要課題である。経産省ではリサイクルシステムの整備を掲げているが...



考察 Boltzmann-Matanoの解析

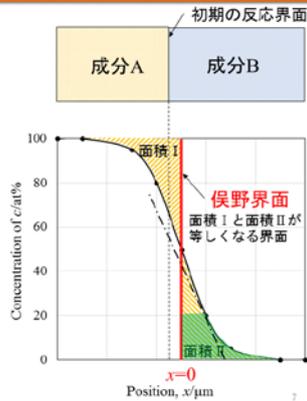
相互拡散係数の求め方

拡散係数が濃度c(位置x)に依存する
場合において、実験より得られるc(x)の
プロットからD(c)を計算する方法

例) c=20at%のときの
相互拡散係数

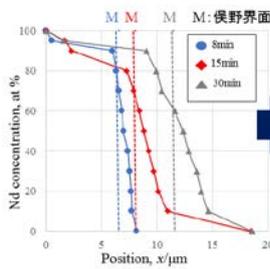
$$\bar{D}(c) = -\frac{1}{2t} \frac{dx}{dc} \int_0^c xdc$$

接線の傾きの
逆数
緑色の
面積

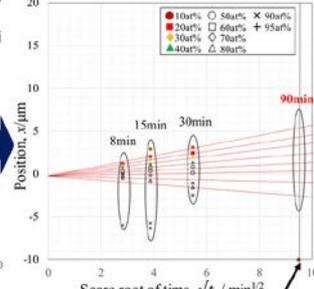


考察 1200°C MW中の濃度プロファイル

各保持時間に対するNd濃度プロファイル



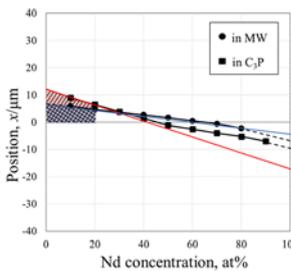
拡散距離の熱処理時間依存



t=90をひき、90min後のプロファイルの形状を推定

考察 1200°C, 20at%Ndにおける相互拡散係数比較

90min後の推定濃度プロファイル



Boltzmann-Matanoの解析法より
相互拡散係数算出

$$\bar{D}(c) = -\frac{1}{2t} \frac{dx}{dc} \int_0^c xdc$$

接線の傾き 斜線部面積

Nd=20at% のとき

$$C_3P中 \bar{D} = -\frac{(-0.187) \times 115.015 \times 10^{-8}}{2 \times 90 \times 60s}$$

$$= 11.8 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/s$$

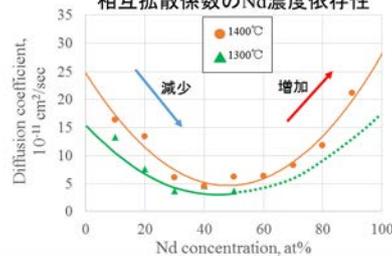
約4倍

$$MW中 \bar{D} = 2.99 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/s$$

NdはMWよりもC₃Pに拡散しやすい

考察 C₃P中における相互拡散係数のNd濃度依存性

相互拡散係数のNd濃度依存性



Nd高濃度域およびNd低濃度域 > Nd中濃度域

Nd濃度が高い場合と低い場合にC₃Pへ移動しやすい

1400°C > 1300°Cより、高温であるほど拡散が起こりやすい

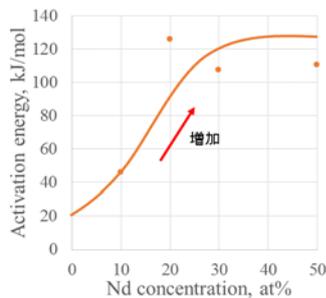
考察 C₃P中におけるNdの拡散の活性化エネルギー

アレニウスの式

$$D(c) = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

D₀: 拡散定数(振動因子)(m²/s)
Q: 拡散の活性化エネルギー(kJ/mol)
原子間距離分だけ移動するのに必要なエネルギー

活性化エネルギーのNd濃度依存性



1300°Cと1400°Cの拡散係数
拡散の活性化エネルギー算出

活性化エネルギーの値
低濃度域 < 中濃度域

Nd濃度が低い場合
拡散が起こりやすい

結論

- (1) 保持時間が長いほどNdの拡散距離が長い
- (2) 保持温度が高いほどNdの拡散距離が長い
- (3) 1200°Cにおける20at%Ndの拡散係数は、
C₃Pへは $11.8 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/s$
MWへは $2.99 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/s$
MWに比べてC₃Pに拡散しやすい
- (4) Nd濃度が低い場合および高い場合で相互拡散係数が大きい
- (5) 高温ほど相互拡散係数が大きい
- (6) 拡散の活性化エネルギーはNd濃度が低い場合に小さい

FeCo 基合金への格子歪の導入による超高性能磁石の開発

長谷川 崇

(理工学研究科 材料理工学コース)

takashi@gipc.akita-u.ac.jp

概要: 近年、モーターや磁気ストレージに関連したエネルギー消費量の増大が課題になっている。これらの省エネのカギは永久磁石の高性能化である。FeCo 基合金は、原子レベルで格子歪みを導入することで、現在世界最強のネオジウム磁石を超える磁石材料となり得ることが、2004 年にスウェーデンの理論計算グループにより予測された。そこで本研究では、実験的に FeCo への格子歪の導入を試み、磁石特性を評価する。具体的には、FeCo 基合金薄膜を成膜し、電子線リソグラフィ技術でナノスケールに微細化し、磁気特性のサイズ依存性や保磁力機構の解明などを行う。

キーワード: ハード磁性材料, 真空成膜, ナノテク, 結晶格子エンジニアリング

実用性:

薄膜材料の結晶構造制御（結晶格子エンジニアリング）やナノスケール微細加工（ナノテク）は、新素材・機能性材料を開発しようとする産業界にとってのキーテクノロジーである。以下に具体的な応用例と実用性を示す。

(1) 永久磁石（モーター等）

FeCo 基合金は、現在最強のネオジウム磁石の 2 倍の磁石特性を有することが理論予測されているため、もし実用化すれば、今の 2 倍の性能のモーターが実現し、今の 2 倍のパワーや発電効率を有する電気自動車やジェネレーターが実現すると期待される。

(2) 電子デバイス（磁気ストレージ等）

各データセンターでは数万台の HDD が連続稼働しており、消費電力が非常に大きい。もし HDD 一台当りの記録密度を向上できれば、その余剰容量相当分の HDD 台数を減じることができる。記録密度は永久磁石特性に依存する。そのため FeCo 基合金は、次世代の高密度 HDD、ひいてはデータセンターの省エネに資することができると期待される。

■今年度の研究成果

主要な研究テーマを以下に示す。

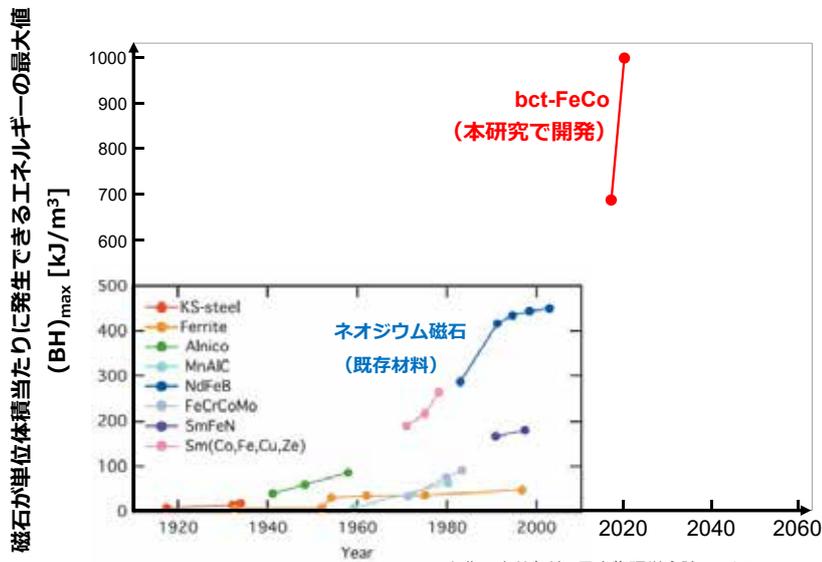
- (1) 高効率・高出力モーターに資する世界最強磁石の開発（NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム 未踏チャレンジ 2050）
 - ・ FeCo 基合金薄膜への第三元素添加による格子歪みの導入と一軸磁気異方性の評価
- (2) イオン注入で 3nm 未満の反強磁性ナノ構造を誘起する新規な超高密度記録媒体の開発（H27 科学研究費補助金 若手研究 A）
 - ・ 電子線リソグラフィ及びイオン照射を用いたナノスケール微細加工と保磁力評価

以降は、主に上記(1)の成果についてスライド形式で示す。

1. 目標

1

開発したい超強力磁石材料：bct-FeCo



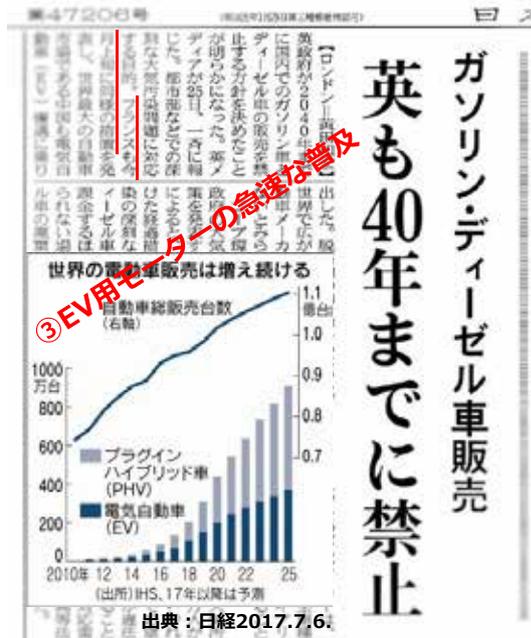
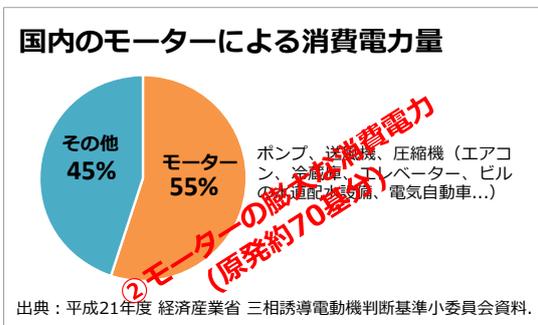
出典：赤井久純, 日本物理学会誌, Vol.71, No.6, pp.377-381 (2016).

既存の最強磁石に対して、性能が2倍の新材料 (bct-FeCo) を開発する。

2. 背景

2

新規な強力磁石の開発が急務な理由

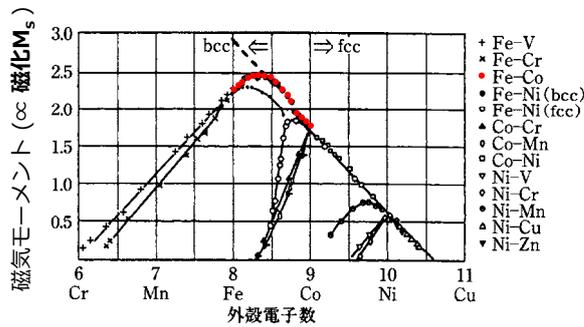


世界中でレアアース・フリー強力磁石の奪い合いになる。

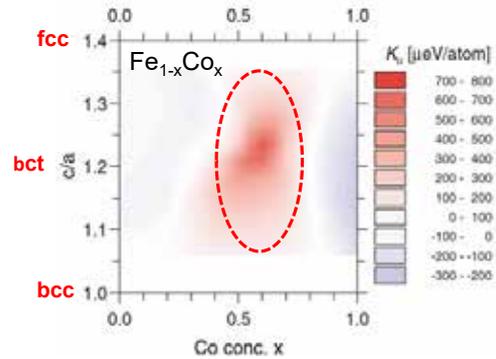
2. 背景

3

bct-FeCoは究極の磁石材料になり得るとい理論予測



出典：志賀正幸，磁性入門，内田老鶴園(2007)。



T. Burkert et al., *Phys. Rev. Lett.*, 93. 027203 (2004).

bcc-FeCoは、全遷移金属中で磁化が最大！
しかし磁気異方性 K_u が小さいため、長い間
永久磁石には向かないとされてきた。

bct-FeCoでは、巨大な磁気異方性 K_u が
理論予測された！

しかし、自然界には存在しない「bccとfccの中間構造(bct)のFeCo」を作る必要がある。

3. 研究方法

4

bct構造の作り方（真空工学とナノテクを利用）

$c/a = 1.0$ (bcc)

$c/a \approx 1.25$ (bct)

$c/a = 1.41$ (fcc)

FeCo

エピタキシャル成長

bcc→bct

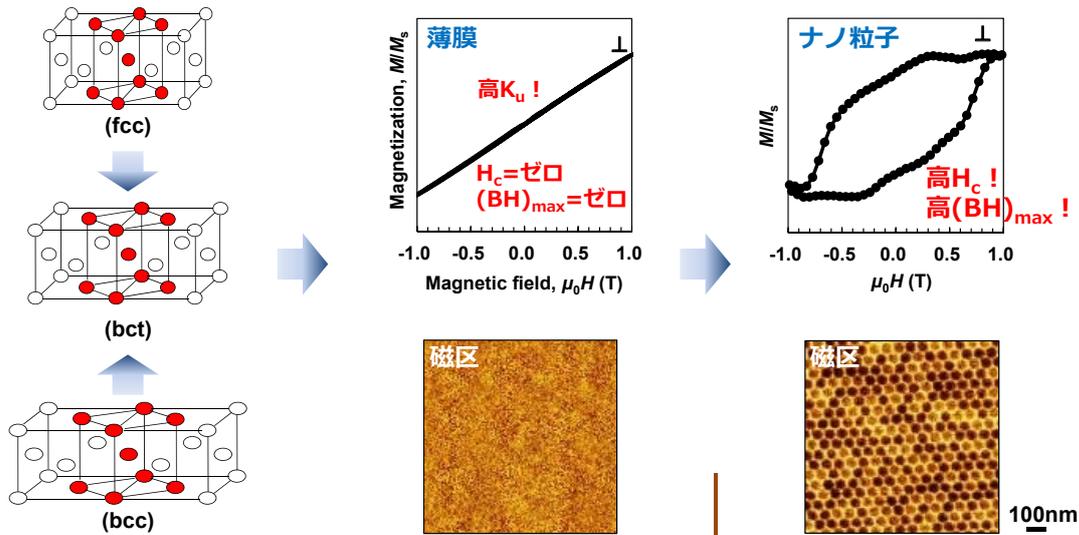
下地

エピタキシャル現象を利用して、原子配列（結晶構造）を人工的に組み換える。

4. 研究成果

5

bct-FeCoの合成に成功



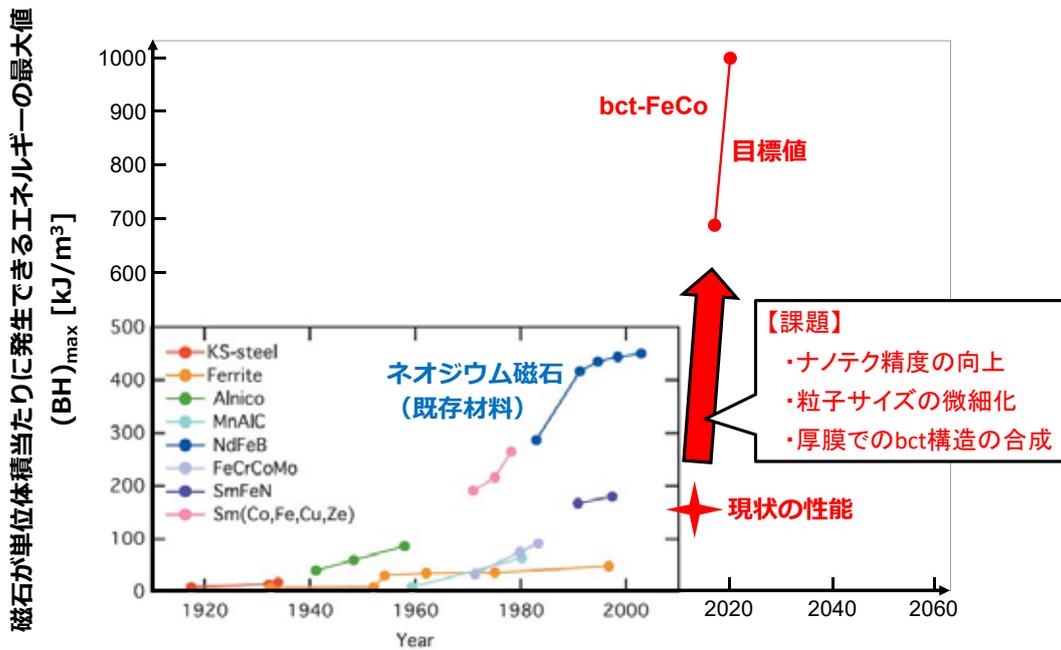
ここまでは、世界に3~4の報告例がある。
(ドイツ L.Reichel, J.Appl.Phys. 116, 213901 (2014) 他)

本研究の成果（ここまでは、
我々以外は未到達）

実験的にbct FeCoを合成し、理論予測の実証に成功した。

5. 今後の課題

6

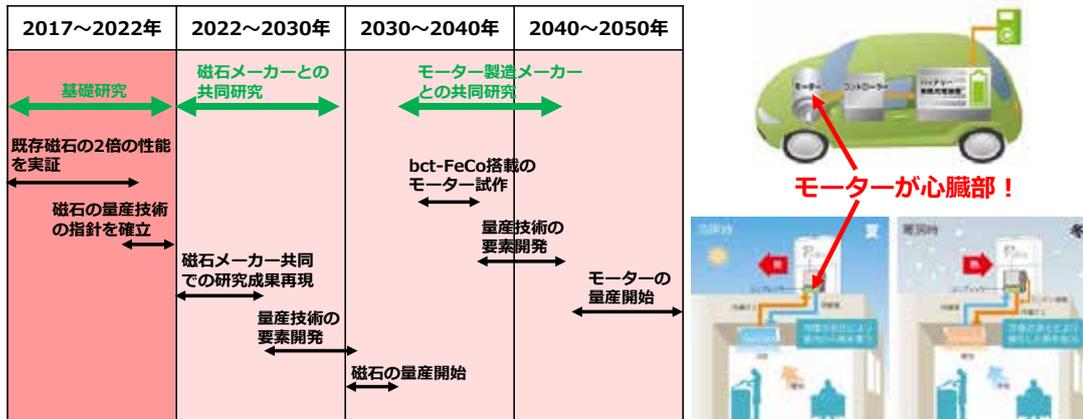


出典：赤井久純, 日本物理学会誌, Vol.71, No.6, pp.377-381 (2016).

磁石性能（現状は理論値の20%未満）を目標値まで向上したい。

6. 期待される社会への貢献

7



省エネ効果： 強力磁石搭載のモーターは高出力で高効率なため、**小型・軽量・高パワー・高燃費の電気自動車**や、**飛躍的に省エネなエアコン**が実現される。仮に日本の全てのモーターがbct-FeCoに置き換わったとすると、**削減される消費電力量は、年間で約2,475億kWh**（日本全体の消費電力量の約3割、原発約40基分）と試算される。

（換算係数の出典：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルVer2.4, 平成21年3月環境省・経済産業省）

溶融塩電析法による LaNi_5 表面層の形成と

水素チャージ後のアノード特性

須藤 裕 弥， 佐藤 菜 花， 福本 倫 久， 原 基

(第2研究グループ)

haramoto@gipc.akita-u.ac.jp

概要：Ni-水素電池の負極材である LaNi_5 を，Ni 基材上への溶融塩を媒体とした La の電析により作製を試みた。NaCl-KCl-5mol% LaF_3 溶融塩中，分極電位 $-2.2 \sim -2.25$ V，浴温度 1073~1123 K の条件で LaNi_5 から成る表面層が形成されることがわかった。これらの表面層は KOH 水溶液中において水素チャージ後，アノード分極により水素の酸化に伴う高いアノード電流を示した。

キーワード：Ni-水素電池負極材， LaNi_5 ，溶融塩電析，水素吸蔵

独自性・実用性：

現在，Ni-水素電池の負極材には LaNi_5 を主成分とする水素吸蔵合金が使われているが，作製までの工程が多く，製造コストが高いという問題がある。本研究では，溶融塩を媒体とした電析法により簡便な 1 工程で LaNi_5 層を作製することに成功した。この層は KOH 水溶液中における水素チャージ後のアノード電流がアーク溶解法で作製した LaNi_5 よりも高いため，活性な Ni-水素電池用負極材になり得ることが期待される。

【緒言】ニッケル水素二次電池は，ハイブリッドカーの電源，乾電池型二次電池として広く普及している。この電池の負極には水素吸蔵合金が使用されているが，その作製方法はミッシュメタルを溶解・鋳造して水素吸蔵合金のインゴットを作製し，それを粉砕し，さらに塗着するもので，作製プロセスが多く，高コストであることが問題として挙げられる。そこで，本研究では 1 プロセスで水素吸蔵合金電極の作製を試みた。すなわち溶融塩電析法を用いて Ni 基板の上にランタン(La)を析出・拡散させることで，表面に LaNi_5 から成る合金層を形成させ，これを水素吸蔵合金電極とした。電析法では形成される合金層が微細な結晶粒で構成されることが期待され，これより電極反応の活性化が期待される。

【実験方法】La 電析は，等モル組成の NaCl-KCl に 5.0mol% LaF_3 を添加した溶融塩を電解浴とし，定電位分極により行った。試料極には純 Ni，対極には黒鉛棒を使用した。電析条件としては，電析時間を 3.6 ks とし，浴温度を 1023 ~1198 K，分極電位を $-2.1 \sim -2.4$ V の範囲で変化させた。試料のアノード特性は，10 mass% KOH 水溶液（空気解放，303K）中で 18 ks 水素チャージ(10 mA/cm²)を行った後，アノード分極曲線により評価した。

【結果】

1. カソード分極曲線

Fig. 1 に，5.0 mol%の LaF_3 を添加した NaCl-KCl 溶融塩(1073 K)中における Ni のカソード分極曲線を示す。 LaF_3 無添加塩に対し LaF_3 を添加した塩では -2.0 V 以下の電位域においてカソード電流が大きくなった。この結果は， LaF_3 を添加した塩では -2.0 V 以下の電位域において La^{3+} イオンの還元反応が起こっていることを示している。

2. 電析層の断面形態と化学組成

Fig. 2に、La電析を行った試料の断面写真(SEM)とEPMAによるライン分析結果を示す。(a)は1023 K, -2.2 Vで電析を行った試料, (b)は1073 K, -2.2 Vで電析を行った試料, (c)は1173 Kで電析を行った試料である。これらを比較すると、電析層の厚さは変わらないが、化学組成は(a)に比べ(b)では表面部においてLa濃度が低くなっており、(c)では表面層全体においてLa濃度が低くなっていった。XRDより、(a)の電析層はLaリッチな相で構成され、(b)、(c)の電析層は LaNi_5 で構成されていることが確認された。

Fig. 3に、XRDにより同定された電析層を構成する相を浴温度、分極電位を関数にして示す。また、図中には電析層の厚さを数字で示した。これより、 LaNi_5 相のみから成る電析層が形成されるのは、 $-2.2 \sim -2.25$ Vの電位域、1073~1123 Kの温度域であることがわかる。また、どの温度域においても、電位を下げてLa電着量を増やすと、電析層の一部に液相が含まれる液体化が生じることがわかった。

3. アノード分極曲線

Fig.4に、各条件で形成された電析層のKOH水溶液中における水素チャージ後のアノード分極曲線を示す。1073 K, -2.2 Vと1123 K, -2.25 Vで形成された試料のアノード電流のピーク値が大きく、これらより高温および低温の条件で形成された試料のアノード電流のピーク値が小さいことがわかった。

4. アノード電流のピーク値と電析層を構成する相の関係

Fig. 5に、電析層を構成する相とアノード電流のピーク値の関係を示す。電析層が LaNi_5 相のみで構成される場合に、アノード電流のピーク値が高くなることがわかる。

5. 電析層試料とアーク溶解試料の比較

Fig. 6に、 LaNi_5 相のみで構成される電析層試料(-2.2 V, 1073 K)とアーク溶解法で作製した LaNi_5 試料のKOH水溶液中、水素チャージ後のアノード分極曲線を示す。アーク溶解試料に比べ電析試料の方がアノード電流のピーク値が高いことがわかる。これは、電析試料における電析層が細かい LaNi_5 粒子に構成されることに起因すると考えられる。

【結言】

LaF_3 を添加したNaCl-KCl熔融塩を用いてNi基材上にLa電析を行い LaNi_5 表面層の形成を試みた。形成された表面層についてはKOH水溶液中において水素チャージ後アノード分極特性を調べた。得られた結果は次のとおりである。

- (1) 分極電位 $-2.2 \sim -2.25$ V, 浴温度1073~1123 Kの条件で LaNi_5 のみから成る電析層が形成された。
- (2) LaNi_5 のみから成る電析層は、KOH水溶液中、水素チャージ後、水素の酸化反応による高いアノード電流を示した。
- (3) LaNi_5 のみから成る電析層試料とアーク溶解より作製した LaNi_5 試料の水素チャージ後のアノード分極曲線を比較した結果、アーク溶解試料に比べ電析層試料の方がアノード電流が高くなった。

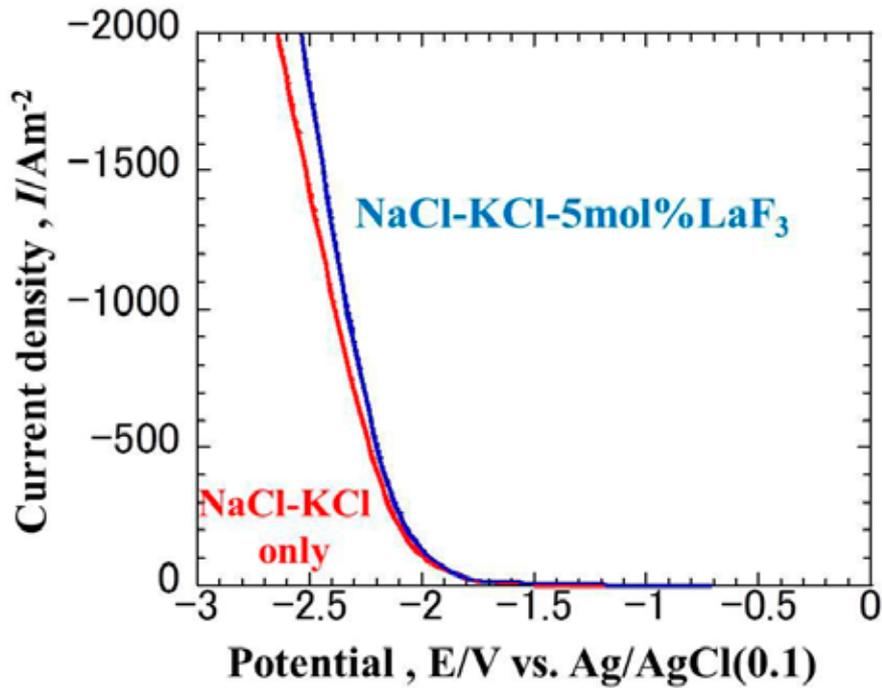


Fig. 1 Cathodic polarization curves of Ni measured at 1073 K in the NaCl-KCl melts with and without 5 mol%LaF₃.

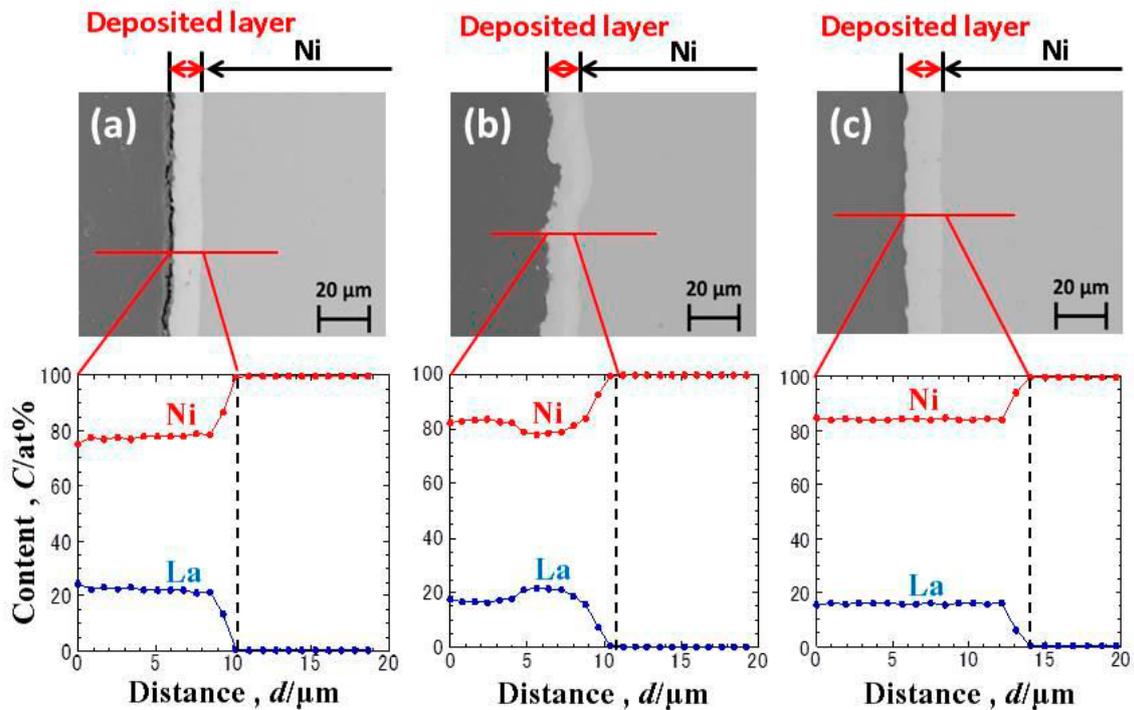


Fig. 2 Cross-sectional micrographs and concentration profiles of Ni and La across Ni specimens after polarization (a) at -2.2 V and 1023 K, (b) at -2.2 V and 1073 K and (c) at -2.32 V and 1173 K in the NaCl-KCl melt with 5 mol% LaF₃.

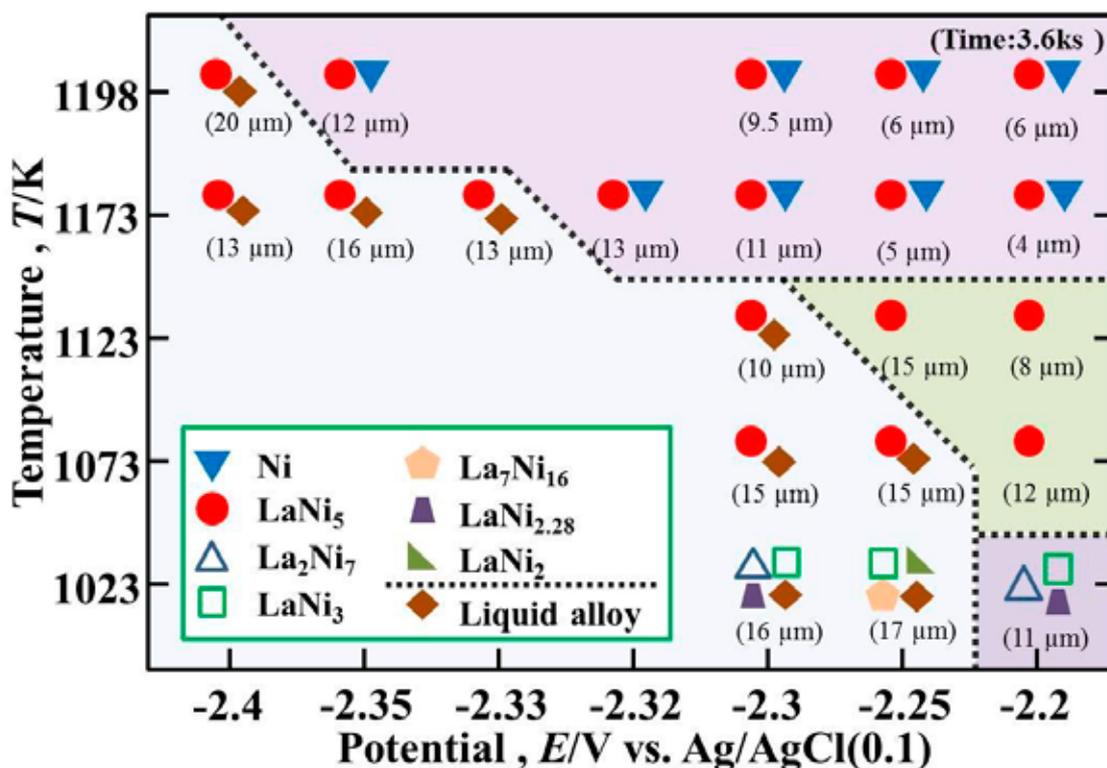


Fig. 3 phases constituting deposited layer formed by potentiostatic polarization in the NaCl-KCl melt with 5 mol% LaF₃, as functions of polarization potential and temperature during the polarization.

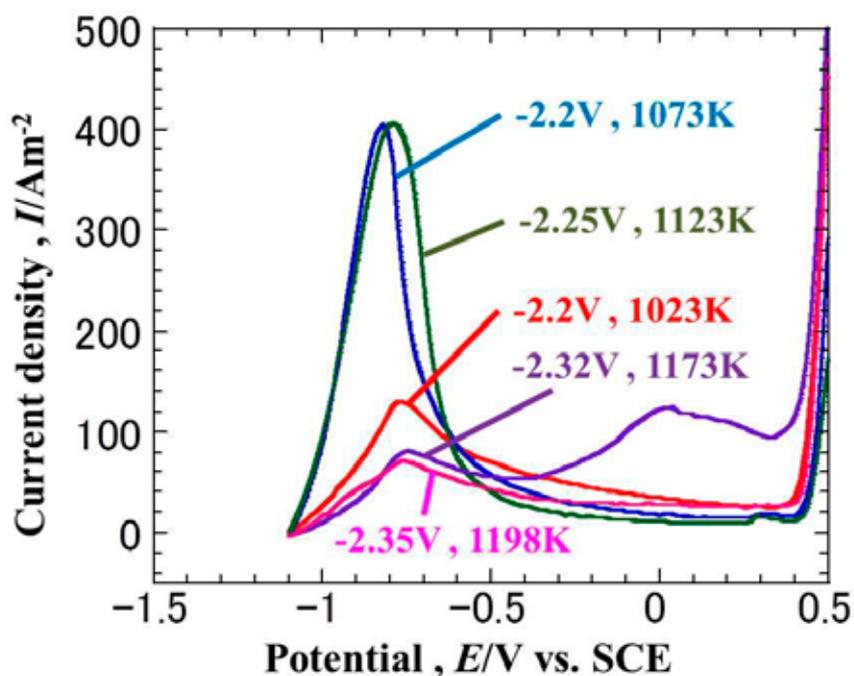


Fig. 4 Anodic polarization curves after a hydrogen charge in 10 mass% KOH solution at 303 K for Ni specimens with the deposited layer formed at various polarization potentials in the melts at various temperatures.

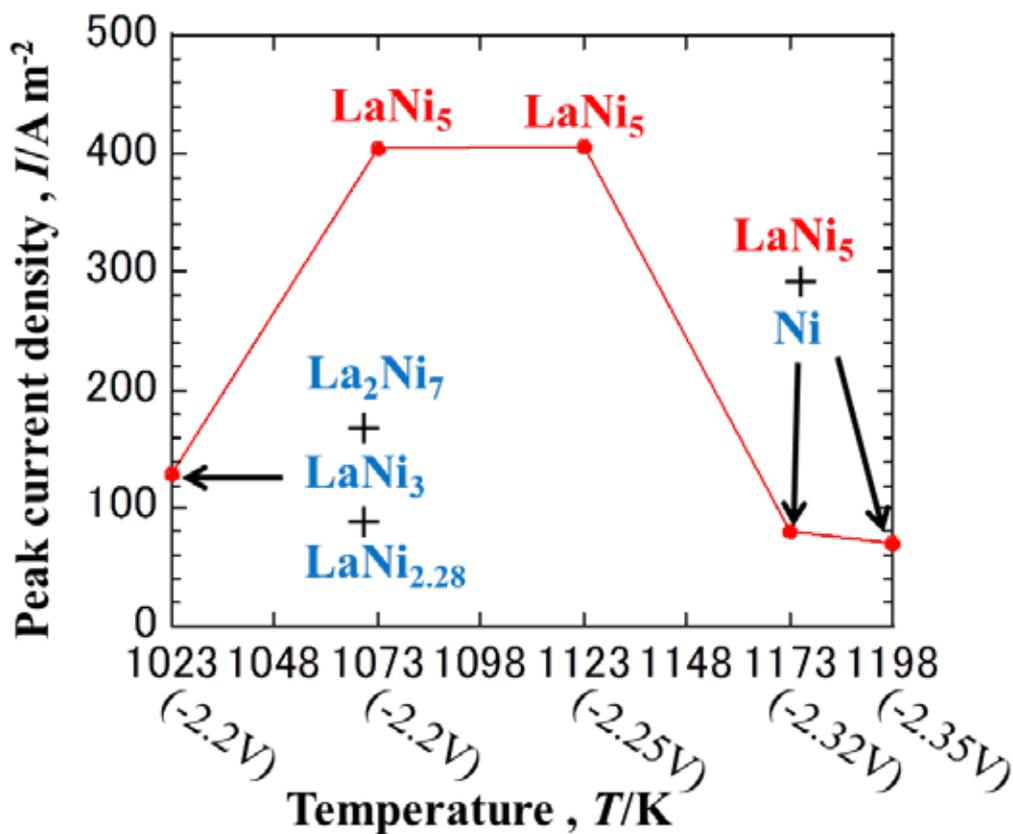


Fig. 5 Current density values of the anodic current peaks observed in fig. 5 as a function of the temperature at which the deposited layer was formed.

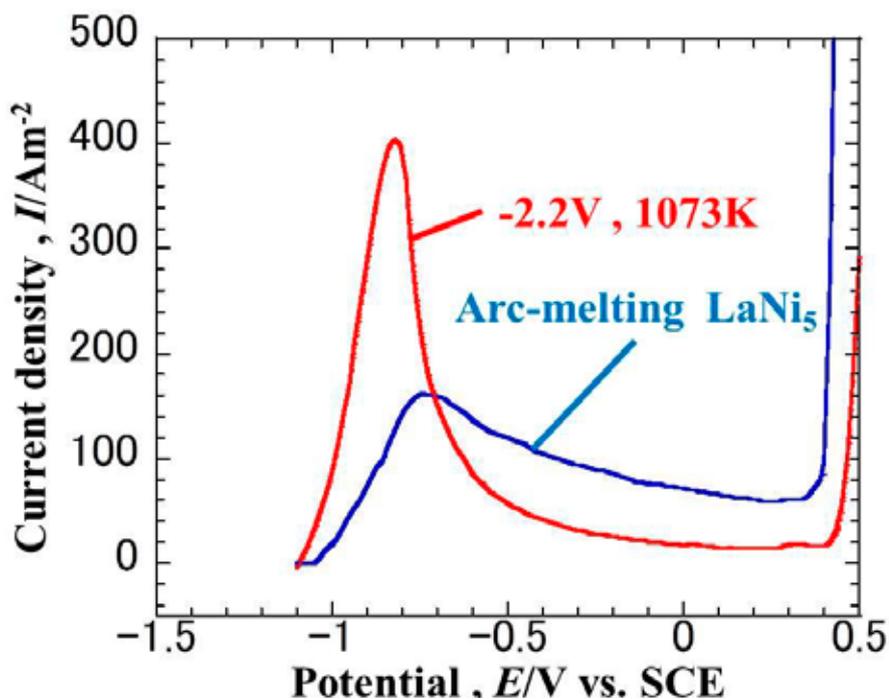


Fig. 6 Anodic polarization curves in 10 mass% KOH solution at 303 K For Ni specimen with deposited layer formed at -2.2 V and 1073 K and LaNi₅ specimen prepared by arc-melting.

希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御

齋藤 嘉一， 佐藤 勝彦

(物質科学専攻 材料理工学コース)

ksaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本研究では、マグネシウム(Mg)製構造部材の積年の課題である低延性・低靱性、難加工性の抜本的解決に向け、相当量のリチウム(Li)を固溶させた Mg 母相を基に、電子顕微鏡法を駆使して機能強化のための組織・構造制御を追究した。低 Li 組成の $x = 3\text{at}\% \text{Li}$ の合金では、 $\text{Mg}_{97}\text{Y}_2\text{Zn}_1$ 合金と同じ 14H 型の LPS 構造が現れ、偏析した Zn, Y 原子の不規則配列が見られた。Li 組成が $x = 10\text{at}\% \text{Li}$ 以上になると 24R 型の LPS 構造に変わり、Zn と Y の規則配列が形成された。このように、Li 固容量の増加とともに、14H から 24R 型の LPS 構造変化と Zn, Y の不規則配列から規則配列への変化が連続的に起こる様子が明らかとなった。

キーワード：マグネシウム合金，組織・構造制御，走査透過型電子顕微鏡

独自性・実用性：

次世代の構造用 Mg 合金として今最も注目されているのが $\text{Mg}_{97}\text{Zn}_1\text{Y}_2$ 系を筆頭とする合金で、その組織が新奇な周期的積層構造(LPSO 構造)を強化相とすることから、LPSO 型 Mg 合金と呼ばれている。現在、熊本大学の河村等のグループを中心に、LPSO 型 Mg 合金の社会実装化を目指した大型素材製造技術と応用製品の開発が進展中である。これまで軽量構造材としてはアルミニウムやチタンの次とみられてきたマグネシウムにおいて、一層の用途・需要の拡大を図るためには、未だ積年の課題とされている展伸合金の性能向上、特に常温加工成形が可能でかつ強度も優れた Mg 製展伸材の開発が急務である。今回の研究成果は、Li 添加が LPSO 構造の安定化と規則化に対して促進効果があることを実証した点で意義があり、従来 LPSO 型 Mg 合金の軽量化の一層の推進と加工性(延性)の改善に期待がもてる新知見となった。

希少元素含有マグネシウム合金の析出組織とその制御

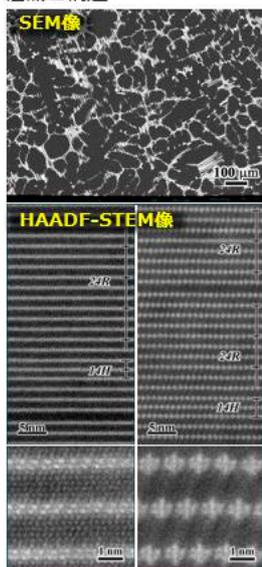
理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース 葛谷慎吾(大学院生), 齋藤嘉一, 佐藤勝彦

【背景と目的】 マグネシウム (Mg) は実用金属中最も軽量で、自動車や鉄道航空車両をはじめ、携帯用機器の筐体の軽量化に有効であり、低炭素社会や環境保護の推進に通う構造用材料として注目されている。しかし、さらなる用途拡大と社会的普及を進めるためには、従来のMg材がもつ種々の欠点の克服、特に強度と加工性(延性)の一層の改善・両立化が必須である。本研究では、Mg合金の中で今最もホットなLPSO型Mg-Y-Zn系合金を元に、更なる機能強化(軽量化と延性向上)を追求した組織・構造制御のアプローチとしてリチウム(Li)の添加効果に注目(Mg_{97-x}Li_xY₂Zn₁ (x = 3~17) 合金)し、その組織・構造影響を電子顕微鏡法を駆使して調査した。

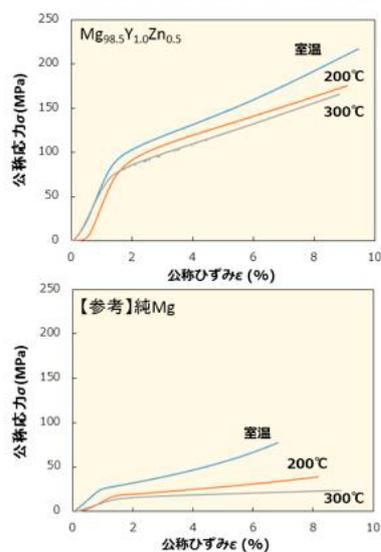
◆ マグネシウム材の用途例



◆ 一般的なLPSO型Mg合金の組織と構造



◆ LPSO型Mg合金の高温強度特性



◆ 新材料開発を支えるナノ計測技術 ~透過型電子顕微鏡(TEM)~



【結果】 LPSO型Mg合金の機能強化を追求したLi添加の組織・構造影響

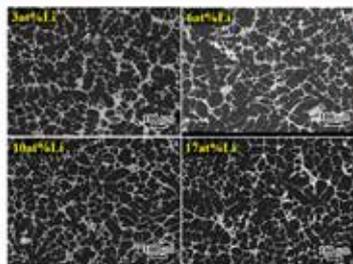


図1 Mg_{97-x}Li_xY₂Zn₁合金(x=3at%Li, 6at%Li, 10at%Li, 17at%Li)の500°C熱処理材から得られたSEM像。いずれもhcp-Mg相(暗い領域)とそれを取り囲む第2相(明るい領域)から成り、後者はYとZnの濃化相で、特にラメラ状組織はLPSO相に相当する。

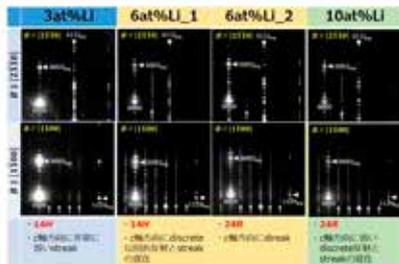


図2 各合金に生成したLPSO相を含む微小領域を対象に、異なる3つの入射方向から撮影した電子回折図形である。3Liと6Li合金は14H型、10Liと17Li合金は24R型のLPSO相の形成が示された。さらに、6at%Li以上の合金のLPSO相においては、YとZn原子による規則配列、つまりLi型原子クラスターの規則配列の発達を意味する規則格子反射がみられた。

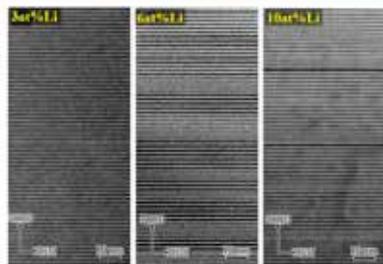


図3 3Li, 6Li, 10Li 各合金の500°C熱処理材から得られたHAADF-STEM像。画像はhcp-Mg母相の2つの晶軸軸、つまり[1010]方位から撮影した。

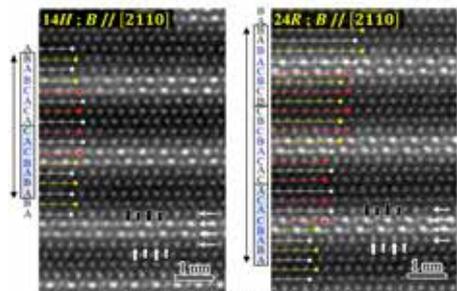


図4 6Li合金熱処理材に形成された14H型LPSO相と24R型LPSO相を対象に撮影された原子顕微鏡HAADF-STEM像(電子透入方向はhcp-Mg母相に對する[2110]である)。図中のアルファベットA,B,Cは最密度の隣接の層を識別する記号である。

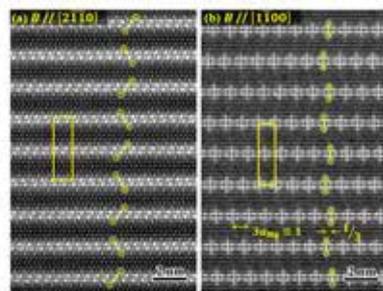


図5 6Li合金熱処理材に形成された14H型LPSO相に対して、2つの方位から得られた原子顕微鏡HAADF-STEM像である。YとZn原子の位置規則化が変化した結果、Li型原子クラスターがc軸に垂直と平行の2つの方向に対して規則配列する様子を示す。

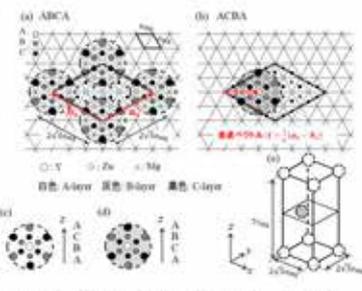


図6 Mg-Li-Y-Zn合金に形成される14H型LPSO相の構造モデル。

【成果と意義】 低Li組成のx = 3at%Liの合金では、Mg₉₇Y₂Zn₁合金と同じ14H型のLPSO構造で、偏析したZn, Y原子の不規則配列が見られた。Li組成がx = 10at%Li以上になると24R型のLPSO構造に変わり、ZnとYの規則配列、すなわちLi₁型原子クラスターの二次元規則配列が形成された。その両者の中間組成x = 6at%Li合金では、14Hと24R型LPSOが微細に共存する特徴が見られた。すなわち、Li固溶量の増加とともに、14Hから24R型のLPSO構造変化とZn, Yの不規則配列から規則配列への変化が連続的に起こる様子が明らかとなった。以上の結果は、Li添加がLPSO構造の安定化と規則化に対して促進効果があることを実証した点で意義があり、同材の軽量化の一層の推進と加工性(延性)の改善に期待がもてる新知見となった。

ナノスケール磁気イメージングシステムの開発と その先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用

齊藤 準

hsaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：交番磁気力顕微鏡技術（本学が日米欧で基本特許を保有）を用いて、先端磁性材料・磁気デバイスの微細な磁区構造の観察・解析に係わる研究開発の現場からのニーズを背景として、高空間分解能磁気イメージングシステムの開発を行っている。平成 29 年度は、昨年度に見いだした高磁化率・超常磁性 Co-Gd₂O₃ 系グラニューラー合金薄膜を利用した磁気力顕微鏡探針を用いて、1) 磁気記録ヘッドから発生する交流磁場エネルギーの計測手法を新たに提案して高分解能イメージングに成功し、2) 希土類磁石の粒界破断面において交流磁場応答性の能動的な磁気イメージングに成功した。

キーワード：磁気イメージング、磁気力顕微鏡、磁性探針、磁性材料、磁気デバイス

独自性・実用性：

独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、専用磁性探針等を含め、群特許化を進めている。実用性：大気雰囲気においても高い空間分解能が得られる。発展性：直流磁場から交流磁場まで磁性探針を選択することで計測可能である。観察試料の受動的な計測から磁場応答性を含めた能動的な計測を行うことができる。（交番磁気力顕微鏡の開発は、JST「先端計測分析技術・機器開発事業（機器開発タイプ）＜平成 23-26 年度＞【事後評価 A】」の支援による）当該技術は、次世代高性能磁性材料及び磁気デバイスの研究開発のスピードアップに有用となる。

本年度の主要な成果について、

2 ページ目に、「超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による磁気記録ヘッドの高分解能磁場エネルギーイメージング」に関するポスターを示す。本項目に関しては、博士研究員の Pawan Kumar 氏の記載箇所を詳細を示す。

3 ページ目に、「高磁化率 Co-Gd_{0x} 超常磁性薄膜の開発とその磁気力顕微鏡への応用」に関するポスターを示す。

「希土類磁石の粒界破断面での磁区構造観察および交流磁場応答性の磁気イメージング」の詳細は、博士研究員の Cao Yongze 氏及び Zhao Yue 氏の記載箇所を示す。

なお、磁性探針の開発に係わる研究成果には、吉村哲・准教授が貢献している。

High resolution magnetic field energy imaging of the magnetic recording head by A-MFM with superparamagnetic tip

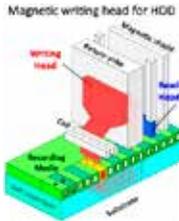
Pawan Kumar¹, Yudai Suzuki¹, Yongze Cao², Satoru Yoshimura¹, Hitoshi Saito¹

¹ Graduate School of Engineering Science, Akita University, Akita, Japan

² Center for Regional revitalization in research and education, Akita University, Akita, Japan



【Background】



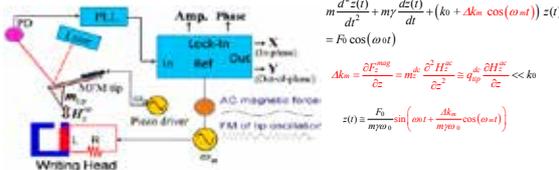
Key requirements of magnetic recording heads for high recording density are to provide large magnetic field and magnetic field gradient. To improve the performance, the feedback to head design from magnetic field measurement is quiet important.

- Head design by theoretical modeling
⇒ Simulation of the exact conditions of writing heads is difficult.
- Spin-stand measurements
⇒ The results of this method include the effect of not only the real magnetic field of the writing heads but also magnetic properties of the media.
- Magnetic force microscopy
⇒ Conventional MFM is only sensitive to the DC magnetic fields.
(AC magnetic field that have a frequency component near the mechanical resonant frequency of a MFM tip is also sensitive.)

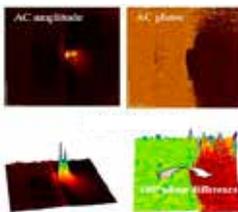
【Our previously developed A-MFM for AC magnetic field】

Alternating Magnetic Force Microscopy (A-MFM) uses a frequency modulation (FM) of cantilever oscillation induced by alternating magnetic force with off-resonance.

Schematic diagram of A-MFM



A-MFM images of AC magnetic field by using hard magnetic tip

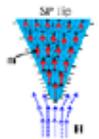


Characteristics of A-MFM

- Hard magnetic tip of which magnetization does not change by AC magnetic field is needed.
- AC magnetic field near sample surface can be detected with high spatial resolution less than 10 nm and high sensitivity.
- The polarity of perpendicular magnetic field can be detected.

[1] H. Saito et al., J. Appl. Phys., 105, 07D524(2009)
[2] W. Lu et al., Appl. Phys. Lett., 96, 143104(2010).

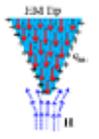
【Present study: Magnetic field energy imaging by A-MFM with superparamagnetic (SP) tip】



Magnetic Energy Imaging by superparamagnetic tip (SP tip)

- Merit
- No tip memory effect without hysteresis.
 - Wide operating field range and linearity.
- Demerit
- Need high-sensitivity SP tip.

Comparison with previous magnetic field imaging by A-MFM

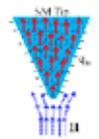


Magnetic Field Imaging by hard magnetic tip (HM tip)

$$Ak_m = \frac{\partial F_{mag}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \int_{tip \text{ surface}} q_m H_z(z) dS = \int_{tip \text{ surface}} q_m \frac{\partial H_z^2 \cos(\omega t)}{\partial z} dS$$

$$= \left(\int_{tip \text{ surface}} q_m \frac{\partial H_z^2}{\partial z} dS \right) \cos(\omega t)$$

- Artifacts by hysteresis of the tip magnetic moment for high AC magnetic field.



Magnetic Field Imaging by soft magnetic tip (SM tip)

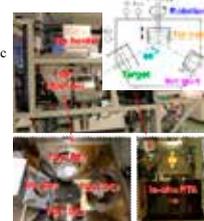
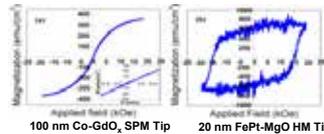
- Tip magnetic moment direction also varies.
- Difficult to measure low magnetic field source.

In the present study, we demonstrate the possibility of magnetic field energy imaging by A-MFM and compare with the previous magnetic field imaging technique.

【Experimental procedures】

Fabrication of A-MFM tips (home-made)

Co-GdO_x coated Si tips (superparamagnetic tip)
Co-sputtering by using a Co target and a Gd₂O₃ target
Co: DC 85 W, Gd₂O₃: RF 100 W, deposition rate of 1.8 Å/sec
FePt-MgO coated surface oxidized Si tip (hard magnetic tip)
Co-sputtering by using a FePt target and a MgO target
FePt: DC 60 W, MgO: RF 5 W, deposition rate of 0.7 Å/sec



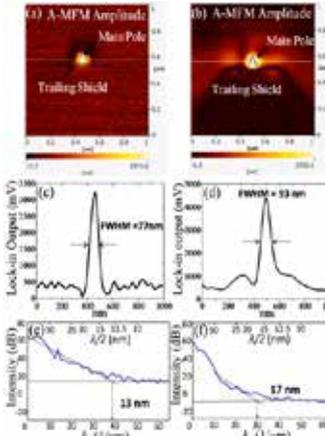
Magnetic imaging

A-MFM system:
AFM (L-trace II (Hitachi High tech)) based prototype
+ PLL + Lock-in amplifier
Measuring atmosphere: in air
Sample: perpendicular magnetic recording head
Head current: 10 mA (89 Hz)
Tip-sample distance: ~ 5 nm



【Results】

100 nm Co-GdO_x SP Tip



The A-MFM amplitude images shows the broadening of the signal with HM around the main pole area due to tip memory effect as compare to SPM tip

The full width half maximum (FWHM) of the A-MFM amplitude peak (Fig. (c)) measured for the Co-GdO_x SP tip is 77 nm which is relatively lower than that of the FePt-MgO HM tip i.e. 93 nm (Fig. (d)), clearly indicate the higher resolution for the Co-GdO_x SPM tip.

The spatial resolution measured for Co-GdO_x SP tip by Fourier analysis (Fig. (e)) of the A-MFM amplitude image is 13 nm which is much better than the FePt-MgO HM tip case in this study i.e. 17 nm (Fig. (f)) with acceptable noise level and signal intensity.

A-MFM Tip Transfer function Analysis

(signal from a point magnetic charge at (x,y,z)=(0,0,0))

100 nm Co-GdO_x SP Tip

$$\int_{tip \text{ volume}} \chi \frac{\partial^2 (H_z^2(x,y,z))}{\partial z^2} dV = \int_{tip \text{ volume}} \chi \frac{-(x^2+y^2-5z^2)}{8(\pi k)^3 (x^2+y^2+z^2)^3} dV$$

$$\int_{tip \text{ end volume}} \chi \frac{\partial^2 (H_z^2(x=0,y=0,z))}{\partial z^2} dV \equiv \int_{tip \text{ end volume}} \frac{5\chi}{4(\pi k)^3} \frac{1}{z^3} dV \propto z^{-4}$$

20 nm FePt HM Tip

$$\int_{tip \text{ surface}} q_m(x,y,z) \frac{\partial H_z^2(x,y,z)}{\partial z} dS = \int_{tip \text{ surface}} \frac{1}{4\pi k} \frac{x^2+y^2-2z^2}{(x^2+y^2+z^2)^{3/2}} dS$$

$$\int_{tip \text{ end surface}} q_m(x=0,y=0,z) \frac{\partial H_z^2(x=0,y=0,z)}{\partial z} dS \equiv \int_{tip \text{ end surface}} \frac{q_m}{4\pi k} \frac{-2}{z^3} dS \propto z^{-3}$$

【Conclusion】

- Corresponding physical quantity measurement from the signal: SP tip measure magnetic energy which is more physical quantity.
- Spatial Resolution of the AC magnetic field for small magnetic field source: The HM tip shows signal broadening artifact due to the exchange coupling from tip moment with field results in unsymmetrical signal. While, in case of the SP tip, there is no coupling with the magnetic field as zero coercivity.
- The SP tip show Signal Linearity in Small Magnetic field and high resolution.
- The magnetic dipolar nature and short range force character of magnetic energy imaging by Co-GdO_x superparamagnetic tip showed high performance, confirmed by the tip transfer function analysis as compared to the monopole type FePt-MgO hard magnetic tip.

Acknowledgment:

The authors thank 1) Hitachi High-Tech Fine Systems Corporation for useful discussion about the magnetic field energy imaging of magnetic recording heads, 2) Nitto Optical Corporation for useful discussion about the fabrication of sensitive Co-GdO_x superparamagnetic tips. The A-MFM measurement system was developed by the support of JST/SENTAN.

E-mail: hsaito@gipc.akita-u.ac.jp

高磁化率 Co-GdO_x 超常磁性薄膜の開発とその磁気力顕微鏡への応用

Development of high susceptibility Co-GdO_x superparamagnetic films and its application to magnetic force microscopy

Y. Z. Cao², Y. Suzuki¹, P. Kumar¹, Y. Zhao², S. Yoshimura¹ and H. Saito¹

¹ Graduate School of Engineering Science, Akita University, Akita, Japan

² Center for Regional revitalization in research and education, Akita University, Akita, Japan



【Background & Purpose of this study】

Superparamagnetic (SP) materials: characteristics as a magnetic field sensor

• Merits:

High accuracy by reversible magnetization without hysteresis

• Problems:

Low sensitivity by lower susceptibility χ and lower magnetization M , comparing with ferromagnetic soft magnetic materials

? Enhancement of χ and M is important for the practical application.

One of the applications of superparamagnetic materials is Magnetic Force Microscopy (MFM) tip for measuring strong magnetic field. We have developed Alternating Magnetic Force Microscopy (A-MFM) equipped with a superparamagnetic tip, which enables us to measure strong DC magnetic field of permanent magnets near sample surface [1]. To improve the spatial resolution, highly sensitive superparamagnetic tip is necessary.

[1] BO-03, Digest of INTERMAG Europe, 2017.

Present study

To develop SP materials with high susceptibility and high magnetization, we focused on granular films of Co nano-particles separated by Gd oxide matrix (GdO_x) and fabricated Co-GdO_x films with various volume fraction of Co.

【Experimental procedure】

Fabrication of superparamagnetic films

Co-GdO_x granular films and Co-GdO_x coated Si tips

Co-sputtering by using a Co target and a Gd₂O₃ target

Sputtering conditions:

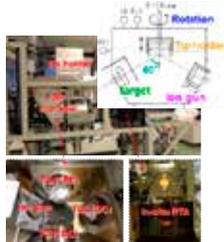
Co target: DC magnetron sputtering (power 85-140 W)

Gd₂O₃ target: RF magnetron sputtering (power 100 W)

Ar gas flow: 10 sccm

Substrate of Co-GdO_x films: thermally oxidized Si wafer

Film thickness: 100 nm



Magnetic measurement

M-H curve was measured in-plane direction of the film by vibrating sample magnetometer (VSM) in R. T..

> We compared these magnetic properties with other home-made superparamagnetic (Fe₇₀Co₃₀)-AlO_x and Co-Ag granular films.

Structural analysis

Transmission electron microscope (TEM)

Magnetic imaging

DC magnetic field of fractured surface of c-plane of anisotropic Sr ferrite sintered magnet was imaged by Alternating magnetic force microscopy (A-MFM) equipped with fabricated Co-GdO_x SP tip.

【Magnetic properties】

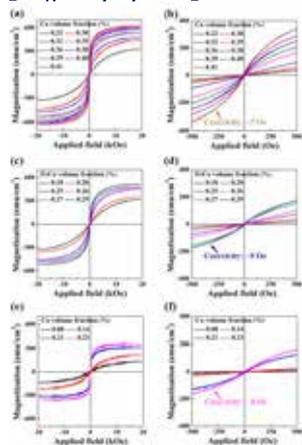


Fig. 1 (left side) M-H curves of Co_y(GdO_x)_{1-y} films [(a), (b)], (Fe₇₀Co₃₀)(AlO_x)_{1-y} films [(c), (d)] and Co-Ag_{1-y} films [(e), (f)] for various volume fraction of ferromagnetic element, y. The y value is calculated by $100 \times M_{20kOe} / M_s$ (ferromagnetic element).

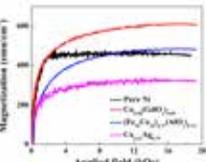


Fig. 2 (upside) M-H curves of various SP films, which have maximum volume ratio of ferromagnetic element.

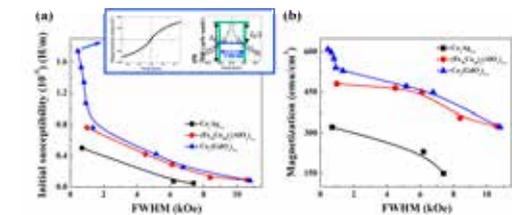


Fig. 3 Relationship between FWHM, which is the evaluation factor of M-H loop linearity (defined as $2 \times H$ at $\chi_i / 2$), and initial susceptibility χ_i [(a)] and M_{20kOe} (magnetization at 20 kOe) [(b)] for Co_y(GdO_x)_{1-y}, (Fe₇₀Co₃₀)(AlO_x)_{1-y} and Co-Ag_{1-y} SP films with various volume fraction of ferromagnetic element.

【Structural analysis】

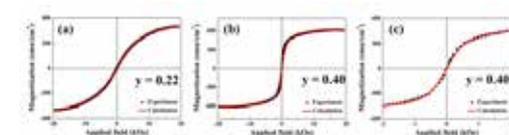


Fig. 4 Measured superparamagnetic M-H curves of Co_y(GdO_x)_{1-y} films and calculated ones by Langevin function to evaluate the diameter of SP particles.

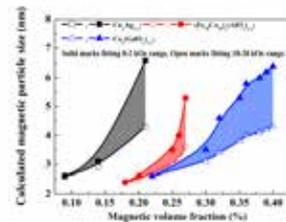


Fig. 5 Dependences of calculated diameter of SP particles by Langevin function on magnetic volume fraction of various SP films.

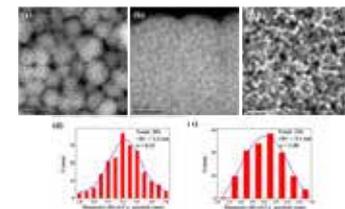


Fig. 6 (a) Plan-view and (b) cross-sectional HRTEM images of the SP Co_y(GdO_x)_{1-y} films of y = 0.22 [(a)]. (c) Plan-view TEM images of the SP Co_y(GdO_x)_{1-y} films of y = 0.40. (d) and (e) are the histogram of Co particle diameter for y = 0.22 and 0.40, respectively.

> The observed diameter of Co nano-particles agrees well with the calculated value by using the Langevin function.

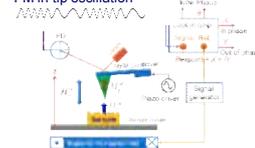
【A-MFM performance of present SP tip】

Co_{0.4}(GdO_x)_{0.6} SP tip (100 nm thick) was used for A-MFM measurements.

A-MFM system:
AFM (L-trace II (Hitachi High tech)) with an AC magnetic field source (electro magnet) in an ambient atmosphere
Piezo movable range in the z direction: ~2 μm

AC magnetic field to SP tip

FM in tip oscillation



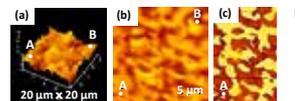
Observed images:

- A-MFM in-phase image (lock-in X signal)
- A-MFM amplitude image (lock-in R signal)
- A-MFM phase image (lock-in θ signal)
- Conventional MFM image

$$R \exp(i \theta) = X + i Y$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \theta = \tan^{-1}(Y / X)$$

Measuring conditions:
AC magnetic field: 200 Oe, 89 Hz
Tip-sample distance: 50 nm
Sample: Fractured surface of c-plane of anisotropic Sr ferrite sintered magnet



【Conclusion】

We developed superparamagnetic (SP) Co-GdO_x granular films with high susceptibility and high magnetization.

- With increasing Co volume fraction, magnetization and initial susceptibility χ_i increase and the linearity of M-H loop decreases. Highest χ_i (1.7×10^{-5} H/m) and highest magnetization (608 emu/cm² at 20 kOe) were obtained for Co_{0.40}(GdO_x)_{0.60} film.
- Co-GdO_x SP films were composed of well separated Co nano-particles of which diameter is 2-5 nm by nonmagnetic GdO_x matrix.
- A-MFM SP tip coated with Co-GdO_x granular films had good performance to measure strong DC magnetic field from permanent magnets.

Acknowledgment: This work was supported by JST/SENTAN. We thank Hitachi Metals, Ltd. for providing the sample of anisotropic Sr ferrite sintered magnet.

E-mail: hsaito@gipc.akita-u.ac.jp

Simultaneous magnetic field imaging of reversible and irreversible magnetization for permanent magnet by alternating magnetic force microscopy

Cao Yongze (平成 30 年 3 月末に転出)

齊藤 準 (記載者)

概要：高性能永久磁石の研究開発においては更なる保磁力向上の指針を探るため磁化反転機構の解明が重要である。これには微細な磁区構造の観察・解析が有用である。本研究では、実用的に重要となる粒界破断面試料に対して、研究グループの独自技術である交番磁気力顕微鏡ならびに高磁化率・Co-GdO_x系超常磁性グラニューラ合金探針をベースに、磁場応答性の磁気イメージング技術を開発し、局所的な磁氣的不均一性の評価技術を提案した。本手法を用いることで、交流磁場に対して可逆的及び不可逆的に磁化が変化している箇所の特定が可能になる。

キーワード：永久磁石、磁氣的不均一性、交番磁気力顕微鏡、磁場応答性イメージング

独自性・実用性：

独自性：磁気力顕微鏡分野で交流磁場応答性のイメージングに関する報告はない。実用性：局所的な磁氣的不均一性のイメージングが可能になる。（交番磁気力顕微鏡の開発は、JST「先端計測分析技術・機器開発事業（機器開発タイプ）＜平成 23-26 年度＞【事後評価 A】」の支援による）当該技術は、永久磁石の評価に有用と考えられる。

2 ページ目以降では、当該技術の詳細を示す。

参考文献：Yongze Cao, Pawan Kumar, Yue Zhao, Satoru Yoshimura and Hitoshi Saito, "Active magnetic force microscopy by stimulating magnetization under an AC magnetic field: direct observation of reversible and irreversible magnetization processes in Sr-ferrite magnet", Applied Physics Letters, 112, 223103 (2018)

Simultaneous magnetic field imaging of reversible and irreversible magnetization for Sr ferrite magnet by alternating magnetic force microscopy

Yongze Cao¹, Yue Zhao¹, Pawan Kumar², Satoru Yoshimura²,
and Hitoshi Saito²

¹Regional Innovation Center, Akita University;

²Graduate School of Engineering Science, Akita University

Background and purpose

[Background]

Problems of in-situ observation of magnetized process of hard ferrite.

Conventional MFM only can observe the DC magnetized process of hard ferrite. So, the development of A-MFM with superparamagnetic tip can observe in-situ AC magnetized process of hard ferrite.

[Purpose]

In-situ observation of AC magnetized process of hard ferrite to understand the AC magnetized process of hard ferrite mechanism (Including the application prospects and base physics study).

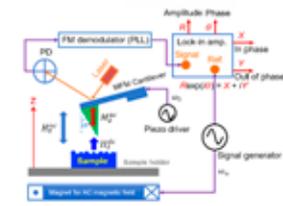
[This research]

Characteristics of A-MFM with superparamagnetic tips

1. One-direction static magnetic field detection. (direction of static magnetic field of sample detection = external AC magnetic field direction)
2. Detect zero value positions and identify the polarity of static magnetic field of sample.
3. Simultaneous observe the static and dynamic magnetic field of sample (Realize in-situ observation of AC magnetized process of hard magnetic materials).

Theory of A-MFM with superparamagnetic tip

Tip oscillation



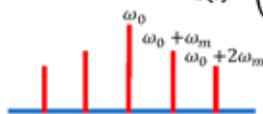
Schematic diagram of A-MFM

$$m \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + m\gamma \frac{dz(t)}{dt} + (k_0 + \Delta k_0 \cos(\omega_m t) + \Delta k_1 \cos(2\omega_m t))z(t) = F_0 \cos(\omega_0 t) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta k_{eff} &\cong M_z^{ac} \frac{\partial^2 H_{zs}^{dc}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) \\ &+ M_z^{ac} \frac{\partial^2 H_{zs}^{ac}}{\partial z^2} \cos(2\omega_m t) = \Delta k_0 \cos(\omega_m t) + \Delta k_1 \cos(2\omega_m t) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\Delta k_0, \Delta k_1 \ll k_0$$

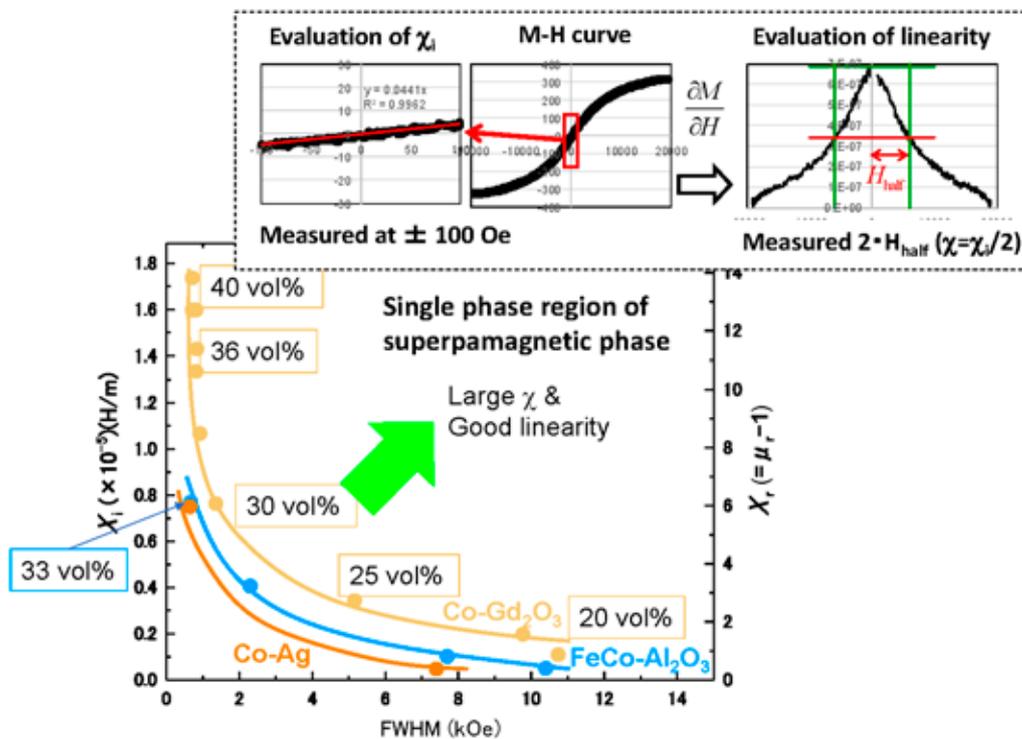
$$z(t) = \left(\frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \right) \sin[\omega_0 t + \left(\frac{\Delta k_0}{m\gamma\omega_0} \right) \cos(\omega_m t) + \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta k_1}{m\gamma\omega_0} \right) \cos(2\omega_m t)] \quad (3)$$



PLL plus Lock in amplifier can detect these signals.

Static H_{zs}^{dc} (DC) and dynamic H_{zs}^{ac} (AC) magnetic fields can had been detected by A-MFM with superparamagnetic tip at the same time.

Development of high-susceptibility superparamagnetic film for sensitive A-MFM tip



Experimental method (Alternating magnetic force microscopy)

Introduction of machines

- L-trace II (Hitachi)
 - Scan model : lift mode (in air)
- Observation of perpendicular magnetic field amplitude R , Phase θ , and perpendicular magnetic field X (ω_m and $2\omega_m$ signals)

$$R \exp(i \theta) = X + i Y$$

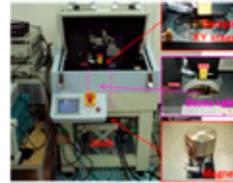
$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(Y / X)$$

- AC magnetic field : electro magnet
- Usually Parameters:
 Resonance frequency (ω_m) : about 300 kHz
 AC magnetic field intensity (H_m^2) : 200 ~ 1000 Oe_{pp}
 AC magnetic field frequency (ω_m) : 89 Hz
 sample-tip distance: 50 nm.

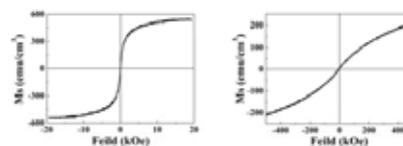
Tip information: Co-GdOx

- Thickness: 100 nm (Coating Si probe)
- Susceptibility of films on Si substrate (χ): 1.2×10^{-6} H/m



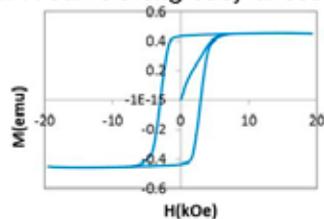
Assembly equipment diagram

In plane M-H curve of Co-GdO_x

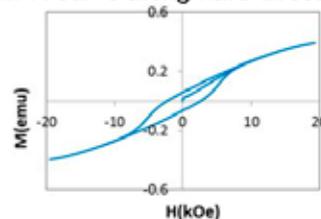


Experimental method (Observation sample)

M-H curve along easy direction

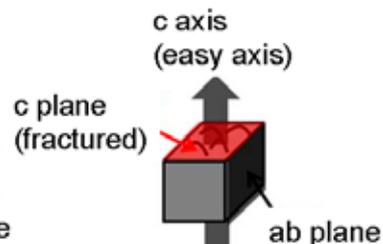
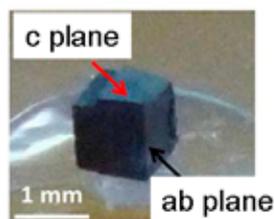


M-H curve along hard direction

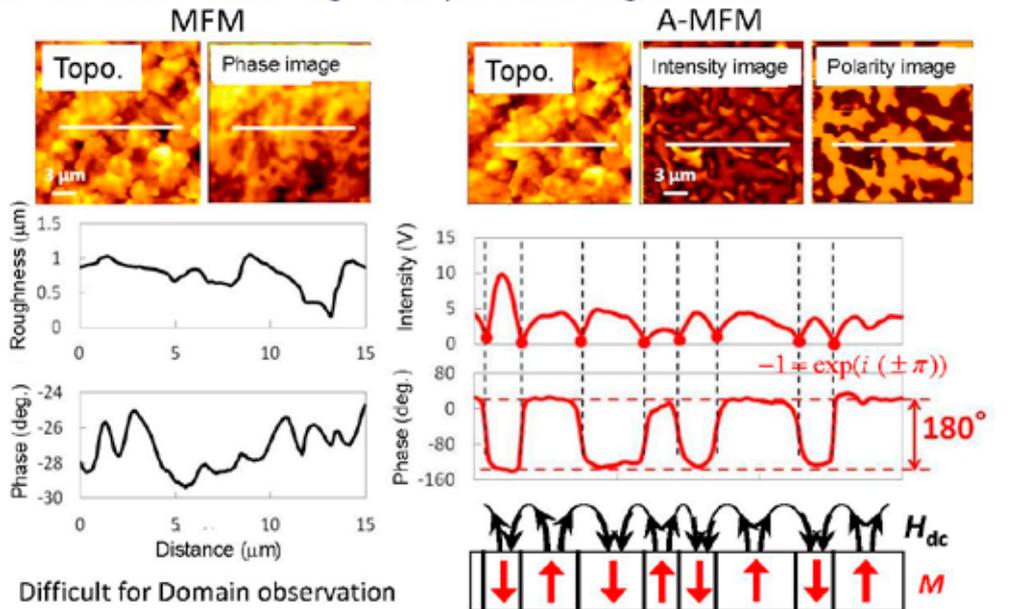


M-H curve of polished Sr ferrite anisotropic sintered magnet

- $B_r = 0.44$ T, $H_c = 2.9$ kOe
- Grain diameter: $\sim 1 \mu\text{m}$
- Sample size: 1 mm cubic



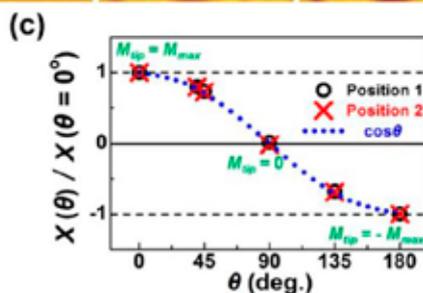
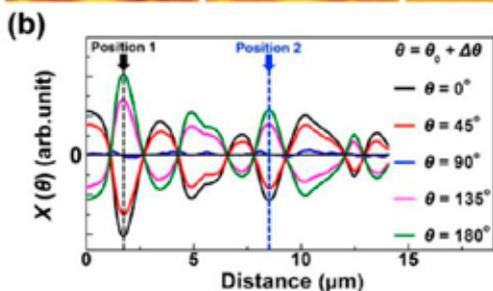
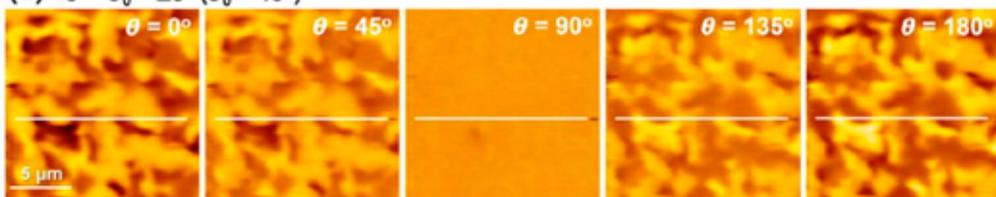
Magnetic domain observation of fractured surface of anisotropic Sr ferrite sintered magnet (c plane: demagnetized)



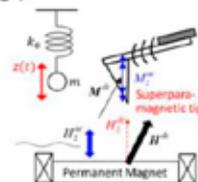
A-MFM enable to distinguish the polarity of surface magnetic charges.

Accuracy of measuring direction for superparamagnetic tip

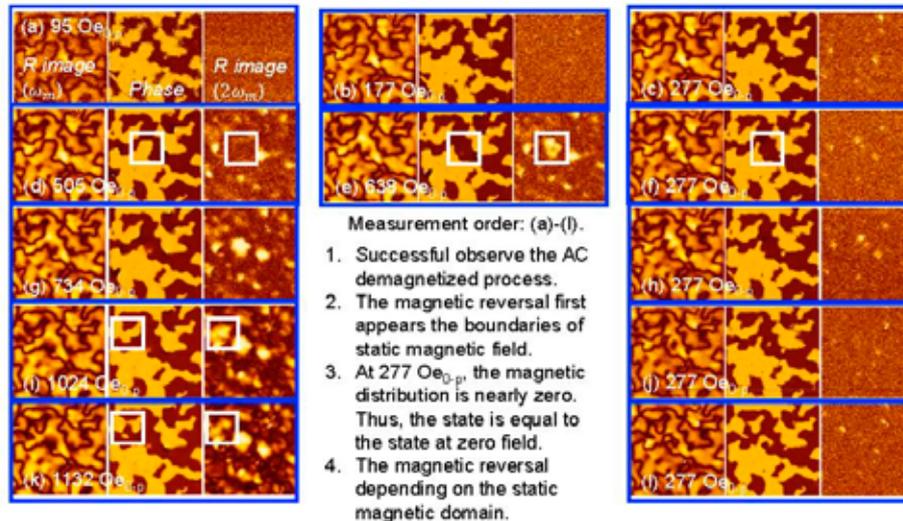
(a) $\theta = \theta_0 + \Delta\theta$ ($\theta_0 = 40^\circ$)



- **A-MFM** only detects the component of H_{dc} , which is the same direction of AC magnetic field to the tip.
- The moment of superparamagnetic tip does not change its direction but only change its length.



Simultaneous imaging static and dynamic magnetic fields of AC magnetization



Summary

1. One-direction static magnetic field detection. (direction of static magnetic field of sample detection = external AC magnetic field direction)
2. Detect zero value positions and identify the polarity of static magnetic field of sample.
3. Simultaneous observe the static and dynamic magnetic field of sample (Realize in-situ observation of AC magnetized process of hard magnetic materials).

Magnetic domain imaging at a highly rough c plane surface of sintered NdFeB magnet and c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height by alternating magnetic force microscopy

Yue Zhao¹, Yongze Cao¹, Marina Makarova², Satoru Yoshimura², and Hitoshi Saito²

(¹Regional Innovation Center, Akita University; ²Graduate School of Engineering Science, Akita University)

zhao_vue@gipc.akita-u.ac.jp

概要 : The magnetic domain at rough c plane surface of NdFeB sintered magnets is imaged by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) using a sensitive FeCo-GdOx superparamagnetic supersharp tip developed by ourselves. The magnetic moment of the FeCo-GdOx superparamagnetic supersharp tip is driven by an external AC magnetic field applied out of the plane direction to the magnetic sample. The static magnetic field is from the rough fractured NdFeB sample parallel to the direction of the external AC magnetic field and is imaged by modulating the magnetic moment of the superparamagnetic supersharp tip. The intensity and the polarity of the static magnetic field originates from rough c plane of sintered NdFeB magnet sample are successfully detected and identified. This technique with as-fabricated FeCo-GdOx superparamagnetic supersharp tips gives information about the intensity as well as polarity of magnetic fields from magnetic domain structure of highly rough fractured magnetic materials. Furthermore, the magnetic domain at c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height is probed by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) using a sensitive FeCo-GdOx superparamagnetic tip developed by ourselves.

キーワード : superparamagnetic tip, sintered NdFeB magnets, hot deformed NdFeB magnets, static magnetic field polarity, alternating magnetic force microscopy (A-MFM).

実用性 :

1. The magnetic domain at rough c plane surface of NdFeB sintered magnets is imaged by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) using a sensitive FeCo-GdOx superparamagnetic supersharp tip developed by ourselves.
2. The magnetic domain at c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height is probed by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) using a sensitive FeCo-GdOx superparamagnetic tip developed by ourselves.
3. The intensity and the polarity of the static magnetic field originates from magnet sample are successfully detected and identified.

I. INTRODUCTION

Magnetic domains are an important elementary micro-structural unit of magnetic materials. It links the basic magnetic properties of a material to its macroscopic properties and applications.¹⁻³ Recently, magnetic domain observations of NdFeB-sintered magnets by X-ray magnetic circular dichroism microscopy revealed that the coercivity of magnetic grains on a grain boundary of a fractured surface is higher than the magnetic grains on a polished surface and is equal to that of the real bulk magnet.^{4,5} Therefore, magnetic domain observations of highly rough fractured surface samples with the magnetic field amplitude and polarity information are critical to understand the relation between magnetic properties and microstructure. Magnetic force microscopy (MFM) is a widely used technique that can simultaneously observe the topography and magnetic domain structure with high spatial resolution (~10 nm) without any special sample preparation.⁶⁻¹³ However, it is very difficult to observe the magnetic domain structure of a rough surface (e.g., fractured surface) sample via conventional MFM in an ambient environment.

We used frequency modulation of the FeCo-GdO_x superparamagnetic (SP) tip oscillation, which is caused by applying an external AC magnetic field to the tip along the out-of-plane direction to the sample surface. Magnetic domain imaging at a rough of c plane of sintered NdFeB magnet has already been demonstrated by alternating magnetic force microscopy (A-MFM)^{14,15} using a FeCo-GdO_x superparamagnetic (SP) supersharp tip. This method can directly measure the intensity and polarity of the out-of-plane stray field originating from the fractured surface of sintered NdFeB magnet. Moreover, the magnetic domain at c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height is probed by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) using a sensitive FeCo-GdO_x superparamagnetic tip developed by ourselves.

II. EXPERIMENTS

Figure 1 shows the block diagram of alternating magnetic force microscopy for DC magnetic field measurement based on a conventional L-trace (HITACHI HITEC SCIENCE Ltd.) scanning probe microscopy. In the A-MFM system, the oscillation of the SP tip is driven by a piezoelectric element near a resonance frequency ω_0 and is frequency modulated by an external AC magnetic field with frequency ω_m applied along the out-of-plane direction of the sample holder. The SP tip is magnetized by both the stray field from the sample and the external AC magnetic field. Thus, the magnetic field on the SP tip can be expressed as follows:

$$\vec{H}_{tip} = (H_x^{dc}, H_y^{dc}, H_z^{dc} + H_z^{ac} \cos(\omega_m t)) \quad (1)$$

and the SP tip moment (magnetized by both the stray field of the sample and the external AC magnetic field) is given by Eq. (2).

$$\vec{m}_{tip} = (m_x^{dc}, m_y^{dc}, m_z^{dc} + m_z^{ac} \cos(\omega_m t)) \quad (2)$$

Here, the z direction is the out-of-plane direction of the sample holder.

The SP tip can be assumed to be a dipole magnetic tip.¹⁶ Therefore, the change in the effective spring constant of the cantilever (Δk_{eff}) can be expressed by Eq. (3).

$$\Delta k_{eff} = \frac{\partial F_z}{\partial z} = m_x^{dc} \frac{\partial^2 H_x^{dc}}{\partial z^2} + m_y^{dc} \frac{\partial^2 H_y^{dc}}{\partial z^2} + m_z^{dc} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} + \frac{m_z^{ac}}{2} \frac{\partial^2 H_z^{ac}}{\partial z^2} + m_z^{ac} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) + m_z^{dc} \frac{\partial^2 H_z^{ac}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) + \frac{m_z^{ac}}{2} \frac{\partial^2 H_z^{ac}}{\partial z^2} \cos(2\omega_m t) \quad (3)$$

Here, the external AC magnetic field on the tip is assumed to be homogeneous relative to the stray magnetic field from sample

$\left(\left| \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \right| \gg \left| \frac{\partial^2 H_z^{ac}}{\partial z^2} \right| \right)$. Therefore, Eq. (3) can be simplified as follows:

$$\Delta k_{eff} = \frac{\partial F_z}{\partial z} = m_x^{dc} \frac{\partial^2 H_x^{dc}}{\partial z^2} + m_y^{dc} \frac{\partial^2 H_y^{dc}}{\partial z^2} + m_z^{dc} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} + m_z^{ac} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) \quad (4)$$

Here, Eq. (4) shows that the change in the effective spring constant of the cantilever Δk_{eff} includes DC (Δk_{eff}^{dc}) and AC ($\Delta k_{eff}^{ac} \cos(\omega_m t)$) components, and can be defined as follows:

$$\Delta k_{eff}^{dc} = m_x^{dc} \frac{\partial^2 H_x^{dc}}{\partial z^2} + m_y^{dc} \frac{\partial^2 H_y^{dc}}{\partial z^2} + m_z^{dc} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \quad (5)$$

$$\Delta k_{eff}^{ac} \cos(\omega_m t) = m_z^{ac} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) \quad (6)$$

Eq. (6) shows that the interactive force between the periodically changed magnetic moment ($m_z^{ac} \cos(\omega_m t)$) of the SP tip and the second derivative ($\frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2}$) of the out-of-plane stray field from the sample causes a periodic change in the effective spring constant of the cantilever with frequency ω_m . The second derivative of the out-of-plane component of the stray magnetic field from the sample can be detected by the first harmonics of the external AC magnetic field frequency (the term $m_z^{ac} \frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2} \cos(\omega_m t)$ in Eq. (4)).

The equation of motion for the SP tip can be expressed by Eq. (7).

$$m \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + m\gamma \frac{dz(t)}{dt} + (k_0 + \Delta k_{eff}^{dc} + \Delta k_{eff}^{ac} \cos(\omega_m t))z(t) = F_0 \cos(\omega_0 t) \quad (7)$$

where m is the effective mass of the tip, γ is the damping factor of the oscillation, k_0 is the intrinsic spring constant of the cantilever, $\Delta k_{eff}^{ac} \cos(\omega_m t)$ is the periodical change of the effective spring constant of the cantilever, z is the tip displacement in the out-of-plane direction, and $F_0 \cos(\omega_0 t)$ is the oscillating force of the cantilever driven by a piezoelectric element.

When $k_0 + \Delta k_{eff}^{dc} = k'_0 \gg \Delta k_{eff}^{ac}$ (in Eq. (7)), the cantilever displacement can be obtained by solving Eq. (7) as follows:

$$z(t) = \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin(\omega_0 t) + \left(\frac{\Delta k_{eff}^{ac}}{m\gamma\omega_0} \right) \cos(\omega_m t) \cong \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin(\omega_0 t) + \frac{F_0 \Delta k_{eff}^{ac}}{2(m\gamma\omega_0)^2} (\cos(\omega_0 + \omega_m)t + \cos(\omega_0 - \omega_m)t). \quad (8)$$

Eq. (8) shows that the alternating magnetic force only modulates the frequency, and there is no change of oscillation amplitude. Therefore, during the tapping time, the external AC magnetic field does not affect the topography measurement. In addition, the amplitude of tip oscillation can be adjusted to control the tip-sample distance during lift scanning and independent measurement of the magnetic force. Eq. (8) shows that a pair of the side-band spectra with frequency of $\omega_0 \pm \omega_m$ appeared around the baseband spectrum of the cantilever oscillation with a frequency of ω_0 .¹⁴ The A-MFM images are measured by detecting the amplitude and phase of the side-band $\omega_0 \pm \omega_m$ component.¹⁷ Therefore, the second derivative ($\frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2}$) of the stray field of the sample along the out-of-plane direction can be detected by extracting ω_m signal.

We observed the fractured surface of c plane of sintered NdFeB magnet in air atmosphere by using the Co-GdOx superparamagnetic supersharp tip developed by ourselves. For comparison, we observed the same sample by conventional MFM using a 20 nm thickness FePt-MgO (L1₀-FePt) film (SI-MF-40-Hc: Nitto Optical). We observed the c plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height using FeCo-GdOx superparamagnetic tip. In this experiment, the frequency and amplitude of applied AC magnetic field from the coil are 89 Hz and 800 Oe (zero-to-peak amplitude), respectively.

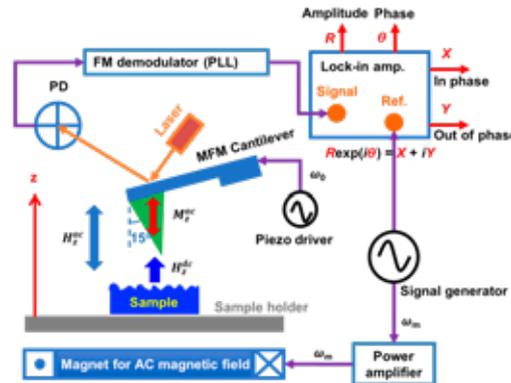


Fig.1 Block diagram of alternating force microscopy for DC magnetic field measurement

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

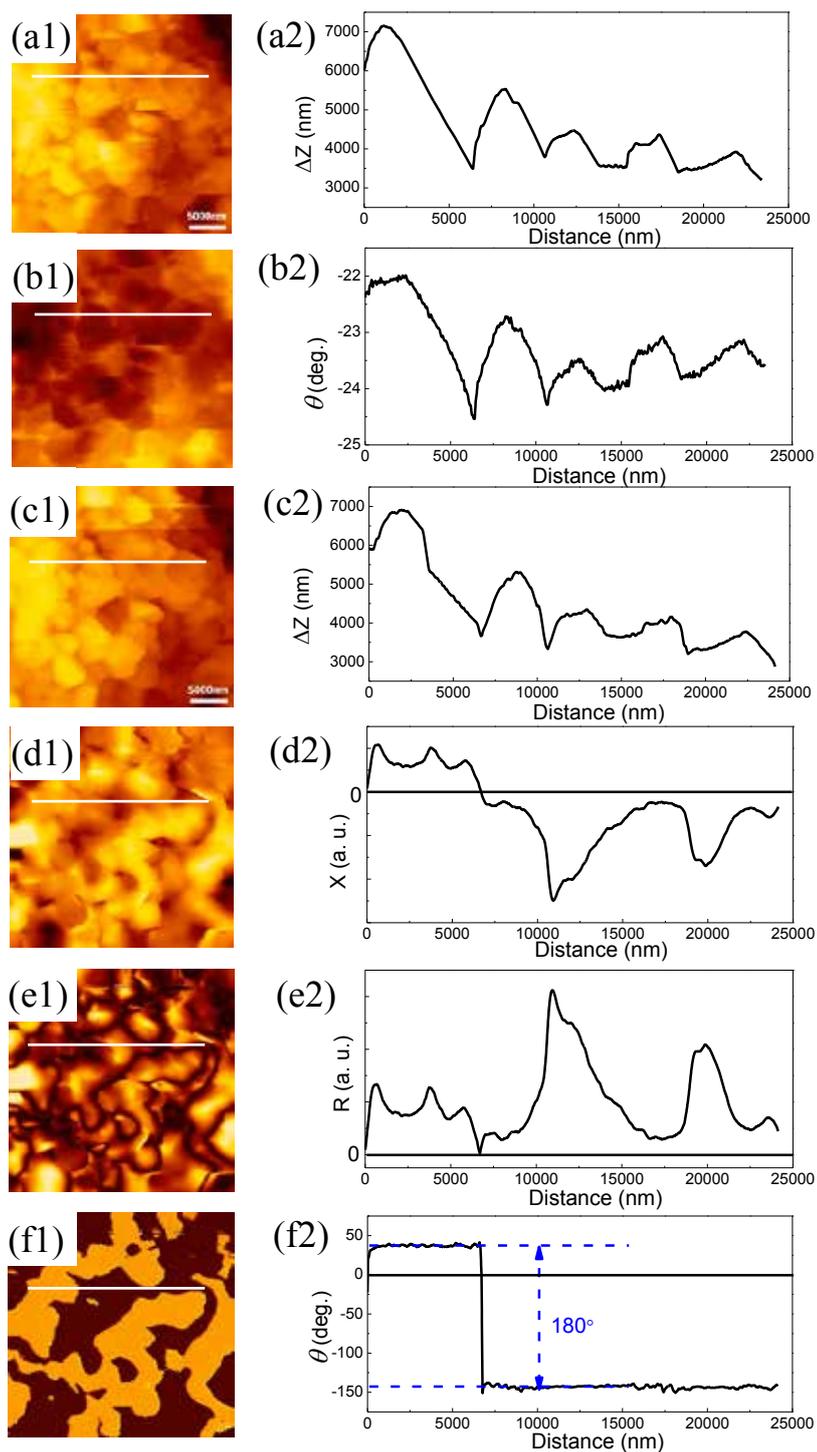
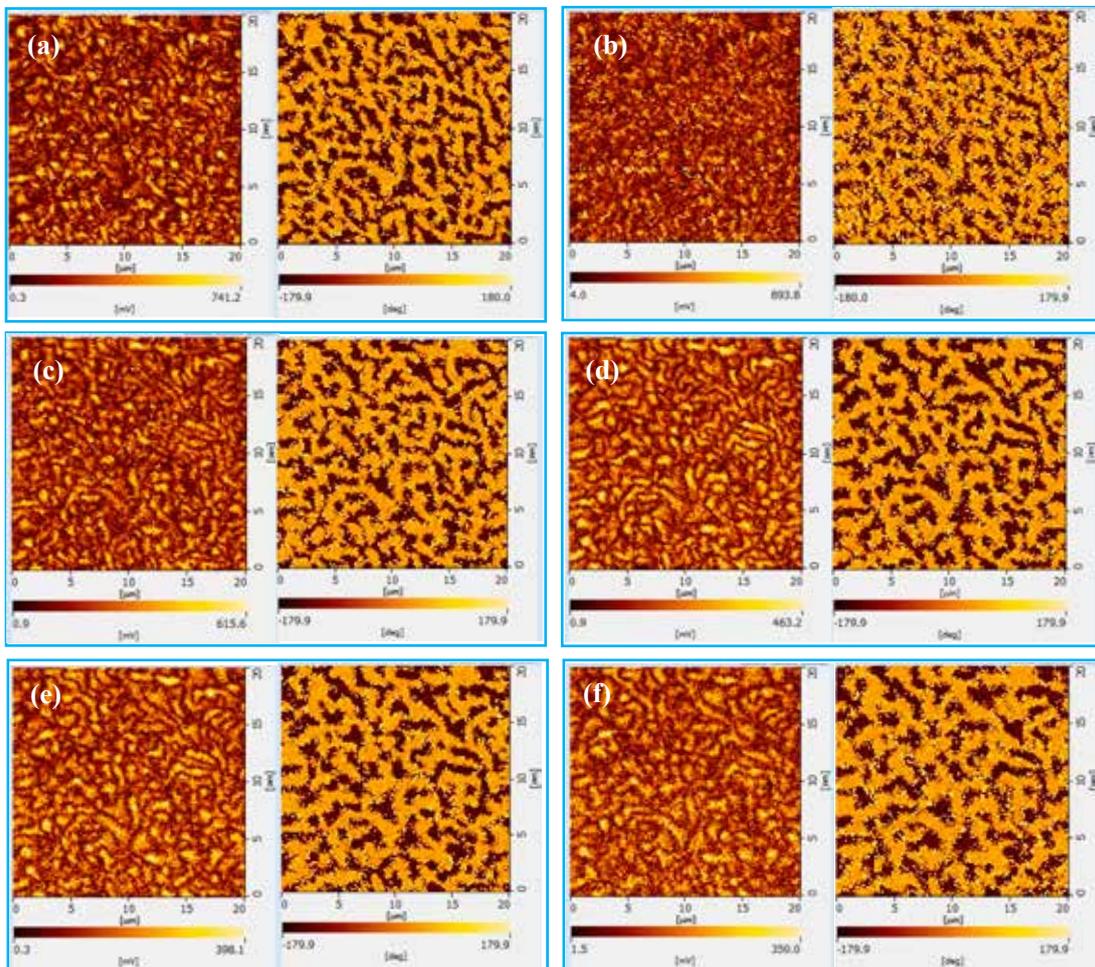


Fig.2 (a1) topographic image, and (b1) phase image of the conventional MFM of sintered NdFeB magnet measured by a FePt HM tip, (c1) A-MFM topographic image, (d1) A-MFM in-phase X image, (e1) A-MFM amplitude R image, (f1) A-MFM phase image of sintered NdFeB magnet measured by a FeCo-GdO_x SP supersharp tip, and their corresponding line profiles [(a2), (b2), (c2), (d2), (e2), and (f2)].

Figures. 2(a1) and (b1) are topographic, and phase θ images of conventional MFM, respectively. Figures 2(c1)-(f1) depict the topographic, in-phase X, amplitude R, phase θ images of A-MFM measurement, respectively. Their corresponding line profiles are shown in Figs. 2(a2)-(f2), respectively. Here, the same region of the sintered NdFeB magnets is measured by both conventional MFM and the A-MFM (Figs. 2(a1) and (c1)). We note that the magnetic domain structure detected by the conventional MFM with a

FePt HM tip was influenced by the topography. However, our A-MFM technique with a SP supersharp tip can effectively and directly measure the sign of H_z^{dc} from the NdFeB magnet surface at the same tip-sample distance. The magnetic domain structure can be clearly observed in the A-MFM in-phase X image in Fig. 2(d1). Here, the sign of the second derivative of the out-of-plane stray magnetic field is equal to the sign of H_z^{dc} because the stray magnetic field mainly generates from surface magnetic charges not inside magnetic charges by considering the large signal decay along tip-sample distance and there is no external DC magnetic field. Here, the sign of the second derivative of the stray magnetic field is determined by that of surface magnetic charges on magnetic grains. Thus, the in-phase X image shown in Fig. 2(d1) reveals not only the out-of-plane stray field (H_z^{dc}) intensity of the NdFeB but also the stray field direction (upward and downward) from the NdFeB. The corresponding line profile is shown in Fig. 2(d2) and indicated that the zero value positions of H_z^{dc} do not have any noise. The dark lines in Fig. 2(e1) with zero H_z^{dc} represent the domain boundary, and the corresponding line profile in Fig. 2(e2) gives the relative intensity value of the out-of-plane stray magnetic field (H_z^{dc}) from the sample. The sign information (upward and downward polarities) of H_z^{dc} reflects the polarity (N and S poles) of the surface magnetic pole of the sample and can be observed as the bright and dark contrast in the phase θ image (Fig. 3(f1)). The phase difference between the bright and dark regions is 180° and indicates that the direction of the out-of-plane stray field reverses from H_z^{dc} to $-H_z^{dc}$. This can be confirmed by the line profile shown in Fig. 3(f2).

Figure 3 demonstrates the imaging of magnetic domains for the hot deformed NdFeB magnet. The experiment was conducted at different lift height ranging from 0 nm to 800 nm. We have developed three-dimensional MFM measuring system that can change the tip-sample distance continuously at each measuring point for the analysis of magnetic field from a sample. In figure 3(a)-(h), left image is amplitude image and right image is phase image, respectively. From figure 3, it can be observed that both the amplitude and phase changes with different lift height. The intensity of amplitude decreases with the lift height increases. This is because the out-of-plane stray field (H_z^{dc}) intensity of the NdFeB decay along the direction perpendicular to the sample surface. Moreover, the domain wall becomes larger with the lift height increases. It because that the distribution of the out-of-plane stray field (H_z^{dc}) of the NdFeB changes at different lift height.



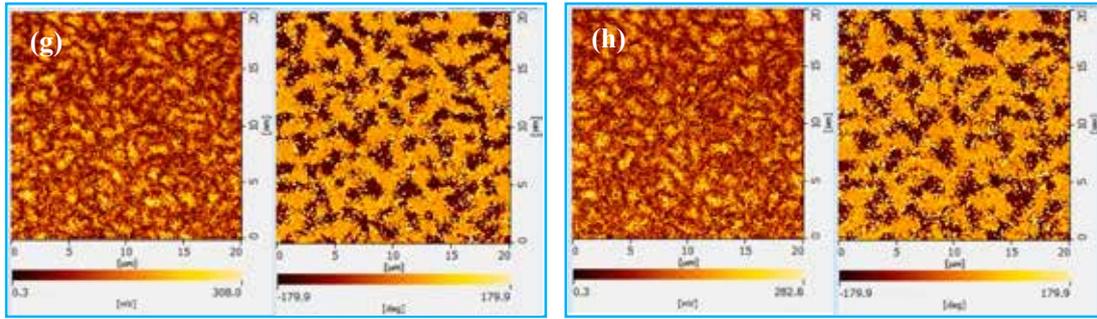


Fig.3 The A-MFM amplitude and phase images for hot deformed NdFeB magnet with different lift height: (a) 0 nm, (b) 114.3 nm, (c) 228.6 nm, (d) 342.9 nm, (e) 457.2 nm, (f) 571.5 nm, (g) 685.8 nm, (h) 800 nm. (Left image is amplitude image and right image is phase image)

IV. CONCLUSIONS

Novel magnetic imaging method, which enables to detect the intensity and identify the polarity of the out-of-plane stray magnetic field originating from the roughly fractured surface even at rough *c* plane surface of sintered NdFeB magnets, has developed by alternating magnetic force microscopy (A-MFM) by using our developed sensitive superparamagnetic supersharp Co-Gd₂O₃ tip. This is crucial for the development of high performance magnets and magnetic devices. Furthermore, the magnetic domain at *c* plane surface of hot deformed NdFeB magnet with different lift height is probed by alternating magnetic force microscopy (A-MFM).

ACKNOWLEDGMENT – The A-MFM measurement system was developed by the support JST/SENTAN.

References

- [1] A. Hubert, and R. Schafer, *Magnetic domains: the analysis of magnetic microstructures* (Apress, 2008).
- [2] T. Shinjo, T. Okuno, R. Hassdorf, K. Shigeto, and T. Ono, *Science* **289**, 930 (2000).
- [3] A. Schwarz, M. Bode, and R. Wiesendanger, *Scanning Probe Techniques: MFM and SP-MFM* (Apress, 2007).
- [4] M. Suzuki, A. Yasui, Y. Kotani, N. Tsuji, T. Nakamura, and S. Hirosawa, *Acta Materialia* **106**, 155 (2016).
- [5] T. Nakamura, A. Yasui, Y. Kotani, T. Fukagawa, T. Nishiuchi, H. Iwai, T. Akiya, T. Ohkubo, Y. Gohda, K. Hono, and S. Hirosawa, *Appl. Phys. Lett.* **105**, 202404 (2014).
- [6] S. Porthun, L. Abelmann, and C. Lodder, *J. Magn. Magn. Mater.* **182**, 238 (1998).
- [7] A. Schwarz, and R. Wiesendanger, *Nanotoday* **3**, 28 (2008).
- [8] G. N. Philips, M. Siekman, L. Abelmann, and J. C. Lodder, *Appl. Phys. Lett.* **81**, 865 (2002).
- [9] M. R. Koblischka, and U. Hartmann, *Ultramicroscopy* **97**, 103 (2003).
- [10] P. Ghising, Z. Hossain, and R. C. Budhani, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 012406 (2017).
- [11] L. Collins, A. Belianinov, R. Proksch, T. Zuo, Y. Zhang, P. K. Liaw, S. V. Kalinin, and S. Jesse, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 193103 (2016).
- [12] J. Schwenk, X. Zhao, M. Bacani, M. A. Marioni, S. Romer, and H. J. Hug, *Appl. Phys. Lett.* **107**, 132407 (2015).
- [13] M. Serri, M. Mannini, L. Poggini, E. Velez-Fort, B. Cortigiani, P. Sainctavit, D. Rovai, A. Caneschi, and R. Sessoli, *Nano Lett.* **17**, 1899 (2017)
- [14] H. Saito, H. Ikeya, G. Egawa, S. Ishio, and S. Yoshimura, *J. Appl. Phys.* **105**, 07D524 (2009).
- [15] H. Saito, R. Ito, G. Egawa, Z. H. Li, and S. Yoshimura, *J. Appl. Phys.* **109**, 07E330 (2011).
- [16] U. Hartmann, *Annu. Rev. Mater. Sci.* **29**, 53 (1999).
- [17] H. Saito, W. Lu, K. Hatakeyama, G. Egawa, and S. Yoshimura, *J. Appl. Phys.* **107**, 09D309 (2010).

High resolution magnetic imaging of magnetic recording head by A-MFM with sensitive superparamagnetic tip

Pawan Kumar (平成 30 年 3 月末に転出)

齊藤 準 (記載者)

概要：高密度磁気記録技術の進展に伴い、その主要部品である磁気記録ヘッドにおいては、磁気力顕微鏡を用いた交流磁場計測に関して、従来技術では計測感度や空間分解能に対するニーズに応えることが困難になってきている。このため、研究グループの独自技術である交番磁気力顕微鏡ならびに高磁化率・Co-GdO_x系超常磁性グラニューラ合金探針をベースに、新たに磁場エネルギーのイメージング手法を提案して磁気記録ヘッドの交流磁場計測に適用し、空間分解能に優れ、磁性探針の先端形状のバラツキの影響が小さいことを実証した。

キーワード：磁気記録ヘッド、交番磁気力顕微鏡、磁場エネルギー、高分解能計測

独自性・実用性：

独自性：磁気力顕微鏡分野で磁場エネルギー計測に関する報告はない。実用性：大気雰囲気においても高い空間分解能が得られる。探針の性能バラツキが小さい。(交番磁気力顕微鏡の開発は、JST「先端計測分析技術・機器開発事業(機器開発タイプ)＜平成 23-26 年度＞【事後評価 A】」の支援による)当該技術は、次世代磁気記録ヘッドの研究開発のスピードアップに有用となる。

以下には、磁場エネルギー計測に係わる新技术と従来技術との比較表を示す。

	新技术 【交番磁気力顕微鏡 +高感度・超常磁性探針】	従来技術 【従来の磁気力顕微鏡 +強磁性探針】
計測対象	磁場エネルギー (点源の場合、距離の 4 乗に逆比例)	磁場 (点源の場合、距離の 2 乗に逆比例)
空間分解能	○ (短距離相互作用を利用)	△ (遠距離相互作用を利用)
計測感度	○ (超常磁性探針では、弱磁場から強磁場まで広い計測が可能)	△ (ソフト磁性探針では、弱磁場の計測が困難)
計測精度・再現性	○ (ダイポール型探針) 探針形状の影響小	× (モノポール型探針) 探針形状の影響大、形状が非対称だと像が歪む)

参考文献：Pawan Kumar, Yudai Suzuki, Yongze Cao, Satoru Yoshimura, and Hitoshi Saito, “High resolution magnetic field energy imaging of the magnetic recording head by A-MFM with Co-GdO_x superparamagnetic tip”, Applied Physics Letters, 111, 183105(2017)

Magnetic field energy imaging of the high resolution magnetic recording head by A-MFM

By

Pawan Kumar, Yudai Suzuki, Yongze Cao, Satoru Yoshimura, Hitoshi Saito

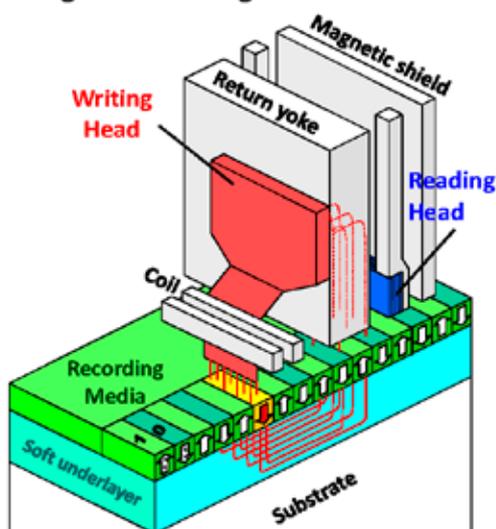
*Graduate School of Engineering Science, Akita University,
Akita, 010-8502, Japan*

1

Introduction

2/8

Magnetic writing head for HDD



To achieve **high recording density**, key requirements for the head design are to provide **large field**, **focused field**.

Studies of the magnetic field characteristics

- **Theoretical modeling**
⇒ Simulation of the **exact conditions** of writing heads is difficult.
- **Spin-stand measurements**
⇒ The results of this method include the effect of not only the real magnetic field of the writing heads but also **magnetic properties of the media**.
- **Magnetic force microscopy**
⇒ Conventional MFM is only sensitive to the **DC magnetic fields**.
(AC magnetic field that have a frequency component near the mechanical resonant frequency of a MFM tip is also sensitive.)

Introduction of Alternating MFM for AC magnetic field imaging 3/8

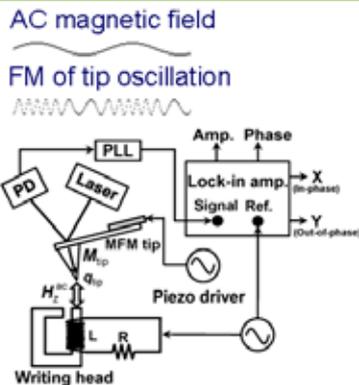
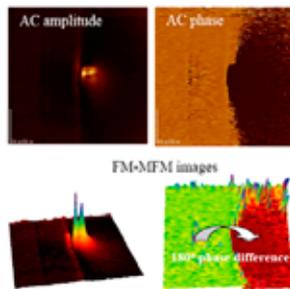


Fig. Schematic figure of A-MFM.



- Alternating Magnetic Force Microscopy (A-MFM) is our developed MFM which uses a frequency modulation (FM) of cantilever oscillation induced by alternating magnetic force with off-resonance.

$$m \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + m\gamma \frac{dz(t)}{dt} + (k_0 + \Delta k_m \cos(\omega_m t)) z(t) = F_0 \cos(\omega_0 t)$$

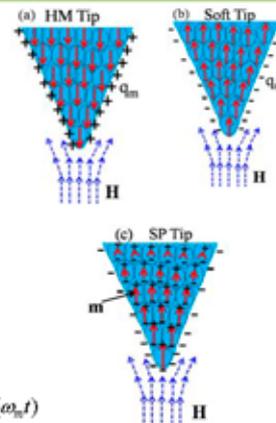
$$\Delta k_m = \frac{\partial F_z}{\partial z} = q_{tip}^{dc} \frac{\partial H_z^{AC}}{\partial z} \ll k_0 \quad z(t) \approx \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin\left(\omega_0 t + \frac{\Delta k_m}{m\gamma\omega_0} \cos(\omega_m t)\right)$$

- For AC magnetic field measurement, A-MFM uses a **hard magnetic** tip of which magnetization does not change by sample magnetic field.
- A-MFM can **detect magnetic field near sample surface** with high spatial resolution less than 5 nm and high sensitivity.
- A-MFM can **detect the polarity of perpendicular magnetic field**.

[1] H. Saito et al., J. Appl. Phys., 105, 07D524(2009).
 [2] W. Lu et al., Appl. Phys. Lett., 96, 143104(2010).

Motivation (Magnetic Force Microscopy Tip) 4/8

- **Hard Magnetic (HM) Tip:**
Artifacts by the asymmetry of tip-end shape.
- **Soft Magnetic Tip:**
Artifacts by hysteresis of the tip magnetic moment.
Difficult to measure low magnetic field source.
Tip magnetic moment direction varies.
- **Superparamagnetic (SP) Tip:**
No hysteresis or Tip memory effect.
wide operating field range or linearity.



Magnetic Field Imaging by HM tip

$$F_z^{mag}(t) \equiv \int_{tip\ surface} q_{tip}^{dc} H_z(t) dS = \int_{tip\ surface} q_{tip}^{dc} H_z^{AC} \cos(\omega_m t) dS = \left(\int_{tip\ surface} q_{tip}^{dc} H_z^{AC} dS \right) \cos(\omega_m t)$$

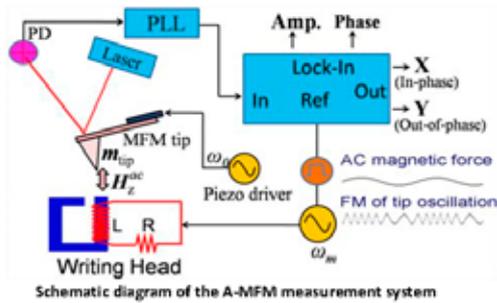
Magnetic Field Imaging by Soft tip

$$F_z^{mag}(t) = \int_{tip\ volume} \mathbf{m}_{tip}(t) \cdot \frac{\partial \mathbf{H}(t)}{\partial \mathbf{z}} dV = \int_{tip\ volume} m_{tip}(t) \frac{\partial H(t)}{\partial z} dV = \left(\frac{1}{2} \int_{tip\ volume} m_{tip} \frac{\partial H_0^{AC}}{\partial z} dV \right) \cos(2\omega_m t) \equiv \left(\frac{1}{2} \int_{tip\ surface} q_{tip}^{dc} H_z^{AC} dS \right) \cos(2\omega_m t)$$

Magnetic Energy Imaging by SP tip

$$F_z^{mag}(t) = \int_{tip\ volume} \mathbf{m}_{tip}(t) \cdot \frac{\partial \mathbf{H}(t)}{\partial \mathbf{z}} dV = \int_{tip\ volume} \chi H(t) \frac{\partial H(t)}{\partial z} dV = \chi \int_{tip\ volume} \frac{\partial (H(t))^2}{\partial z} dV = \left(\frac{\chi}{2} \int_{tip\ volume} \frac{\partial (H_0^{AC})^2}{\partial z} dV \right) \cos(2\omega_m t)$$

A-MFM measurement system and the Tip Magnetic properties 5/8

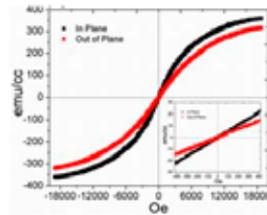
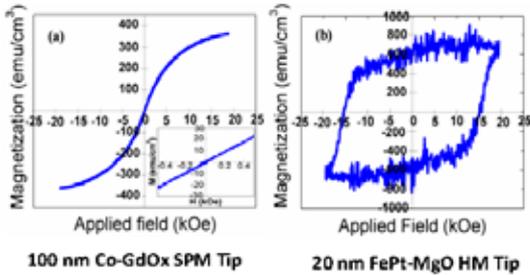


AC current of amplitude= 20 mA
 Frequency (ω_m)=89 Hz
 Lift Height ~5nm
 Trace Vibration=20%

Co & Gd₂O₃, DC 85 W and RF 100 W
 deposition rate of 1.8 Å/sec

FePt & MgO, of DC 60 W and RF 5 W
 deposition rate of 0.7 Å/sec

Co_x(Gd₂O₃)_{100-x} SP films with x = 0.20

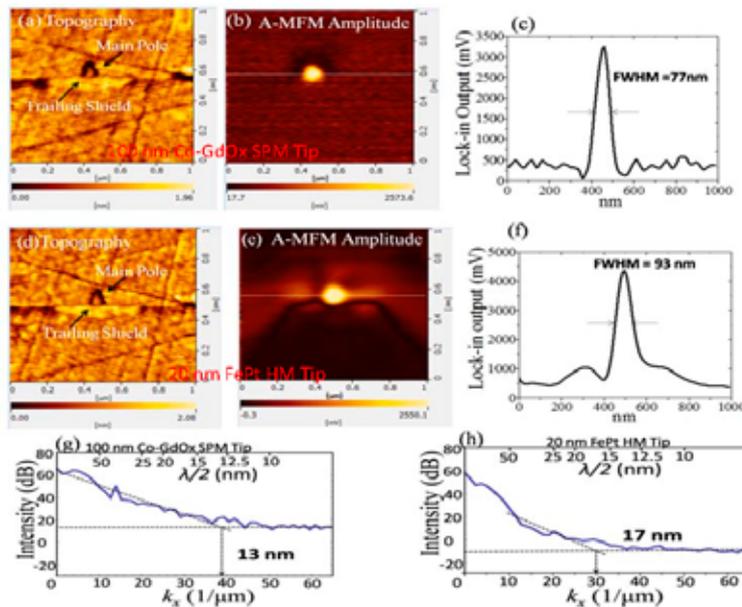


Co vol %= 20%

100 nm Co-GdOx SPM Tip

(H_c) ~15 kOe and magnetization (M_s) ≅ 680 emu/cm³

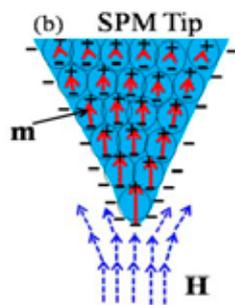
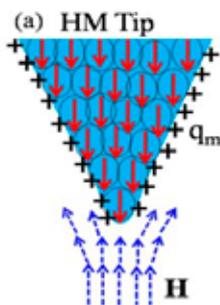
A-MFM results for the SP CoGd₂O₃ tip and FePt HM tip 6/8



The spatial resolution measured for SP tip by Fourier analysis again confirms the higher performance of SP tip.

A-MFM Tip behavior and Tip Transfer function Analysis

7/8



HM- Magnetic monopole

SPM -Magnetic Dipole

20 nm FePt HM Tip

$$\int_{\text{tip surface}} q_m(x,y,z) \frac{\partial H_0^{AC}(x,y,z)}{\partial z} dS = \int_{\text{tip surface}} q_m \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{x^2+y^2-2z^2}{(x^2+y^2+z^2)^{3/2}} dS$$

$$\int_{\text{tip-end surface}} q_m(\approx 0, \approx 0, z) \frac{\partial H_0^{AC}(\approx 0, \approx 0, z)}{\partial z} dS \equiv \int_{\text{tip-end surface}} \frac{q_m}{4\pi\mu_0} \frac{-2}{z^2} dS$$

100 nm Co-GdOx SPM Tip

$$\int_{\text{tip volume}} \chi \frac{\partial^2 (H_0^{AC}(x,y,z))^2}{\partial z^2} dV = \int_{\text{tip volume}} \chi \frac{-(x^2+y^2-5z^2)}{8(\pi\mu_0)^2 (x^2+y^2+z^2)^{5/2}} dV$$

$$\int_{\text{tip-end volume}} \chi \frac{\partial^2 (H_0^{AC}(\approx 0, \approx 0, z))^2}{\partial z^2} dV \equiv \int_{\text{tip-end volume}} \frac{5\chi}{4(\pi\mu_0)^2} \frac{1}{z^5} dV$$

Magnetic field energy imaging by SP tip is more dependent on the tip sample separation distance ($1/z^5$) as compared to the magnetic field imaging by the HM tip ($1/z^3$)

Pawan Kumar, Yudai Suzuki, Yongze Cao, Satoru Yoshimura, and Hitoshi Saito, High resolution magnetic field energy imaging of the magnetic recording head by AMFM with Co-GdOx super-paramagnetic tip, Appl. Phys. Lett. 111, 183105 (2017).

Summary

8/8

- ✓ Corresponding physical quantity measurement from the signal: the HM tip measure the magnetic force whiles SP tip measure magnetic energy.
- ✓ Spatial resolution of the AC magnetic field: The HM tip shows signal broadening artifact due to the exchange coupling from tip moment with field results in unsymmetrical signal. While, in case of the SP tip, there is no coupling with the magnetic field as zero coercivity.
- ✓ The SP tip show Signal Linearity and high resolution.
- ✓ The magnetic dipolar nature and short range force character of magnetic energy imaging by Co-GdO_x superparamagnetic tip showed high performance, confirmed by the tip transfer function analysis as compared to the monopole type FePt-MgO hard magnetic tip.

Acknowledgement

The authors thank Hitachi High-Tech Fine Systems Corporation for useful discussion about the magnetic field energy imaging of magnetic recording heads.
The A-MFM measurement system was developed by the support of JST/SENTAN.

高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製と その高機能な磁気素子およびデバイスへの応用

吉村 哲

(第 2 研究グループ)

syoshi@gipc.akita-u.ac.jp

概要：様々な磁気デバイス業界から、次々世代技術として強い要望のある磁化の電界駆動技術に関して、申請者は近年、自身で作製に成功した強磁性・強誘電薄膜を用いて、局所電界印加による磁化方向制御のデモンストレーションに成功した。本材料を用いて開発を進めている磁気メモリおよび光磁気素子は、現行のものに比較して、桁違いの低消費電力・超大容量・高精細、を実現できる可能性がある。平成 29 年度は、強磁性・強誘電薄膜の新たな作製方法の検討、新たな強磁性・強誘電薄膜の探索および作製、本薄膜の特長的な機能性を初めて評価できる新規な測定装置の構築、などを行った。

キーワード：強磁性・強誘電薄膜、磁化の電界駆動、磁気デバイス

独自性

電界印加で駆動する低消費電力かつ超大容量の磁気メモリについては、独自性の高い研究を推進している、JST 戦略創造研究推進事業さきがけ（H27-30 年度）に採択されている。本事業にて、強磁性・強誘電薄膜における、新たな作製方法の検討、高機能な材料の探索、を行っている。

実用性

電界印加書込み型の新規な磁気記録媒体（特許 第 5771788 号および US8,891,190 を基本特許として保有、改良特許を 3 件保有。）、電界印加書込み型の新規な磁気メモリ（特願 2015-126013）、および電界駆動型の空間光変調器（特願 2016-69189 および特願 2016-69190）の実現に向け、これまでの検討で作製に成功していた強磁性・強誘電特性を有する $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ 薄膜において、反応性パルス DC スパッタリング成膜法を用いて作製することにより、磁気特性について、これまで得られていた値に比較して 1.5 倍の飽和磁化や保磁力が得られ、絶縁性について、同様に 7 倍の抵抗値が得られた。マイクロメートルオーダーの局所電界を印加することにより、明瞭な強磁性ドメインの誘起が可能であることを確認し、電界書込み磁気記録の実用性を示した。

新技術の特徴

強磁性・強誘電材料を用いた磁気メモリでは、現行のハードディスクドライブと比較して、超低消費電力駆動および書込み（1/100）、超大容量（100 倍）、簡略素子構造、貴金属フリー、などの特長を有している。

反応性パルスDCスパッタリング法による
(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃強磁性・強誘電薄膜の高品位作製と
その磁気および誘電特性

吉村 哲^{1,2}、M. Kuppan³

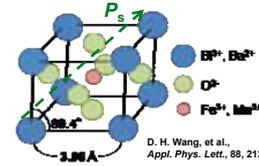
¹ 秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター

² 科学技術振興機構(JST) さきがけ

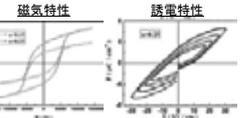
³ 秋田大学 地方創生センター

背景

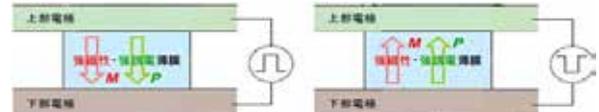
強磁性・強誘電材料 および それを用いた磁気デバイスの駆動方式と利点
(Bi,Ba)(Fe,Mn)O₃ 菱面晶へロズカハ構造



- ・室温で強誘電性を示す ($T_c = 850 \text{ }^\circ\text{C}$)
- ・[111]に自発分極を持つ ($P_s = 100 \text{ } \mu\text{C}/\text{cm}^2$)
- ・BiをBa、FeをMnで置換すると強磁性を示す



単相型の強磁性・強誘電薄膜を用いた電圧印加のみで完全磁化反転の模式図



- ・書き込み時の電流は小 << 低消費電力 >> ・強電界の印加が可能 << 容易な書き込み >>
- ・素子構造が単純 << 低製造コスト >> ・貴金属を使わない << 低製造コスト >>

強磁性・強誘電薄膜の磁気デバイス応用例(明確な利点があるもの) 3/15
レーズトラックメモリ 空間光変調器

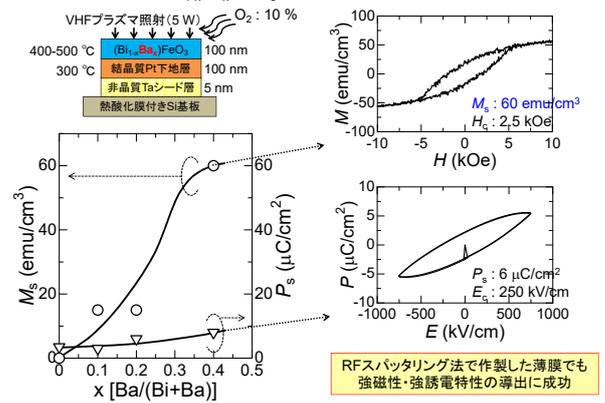
特長

- 記録媒体: 磁性ナノワイヤー(耐衝撃性)
- ⇒ 情報不揮発性
- ⇒ 3次元記録 (総容量: 100 Tbit以上)
- 記録ビット(磁区)の移動: スピン注入方式
- ⇒ モーターフリー(低消費電力機構)

特許2016-69189, 69190

特許2015-126013 (電界書き込み方式)

これまでに作製した(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃薄膜の磁気および誘電特性 4/15



Bi_{0.6}Ba_{0.4}FeO₃薄膜への電圧印加(+,-)に伴う磁区構造(N,S)変化 5/15

探針: 金属磁性(セサード、ローモント)薄膜 付き、アースに短絡(サンプル側に給電)、先端N極

- ①のエリア(2 μm × 2 μm)に -7 V でコンタクト電圧印加
- ②のエリア(1 μm × 1 μm)に +7 V でコンタクト電圧印加
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を 0 V でタッピングTop測定(左上)
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を 0 V でMFM測定(中上)
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を -2 V でEFM測定(右上)
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を 0 V でMFM測定(右下)
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を +2 V でEFM測定(中下)
- ③のエリア(4 μm × 4 μm)を 0 V でMFM測定(左下)

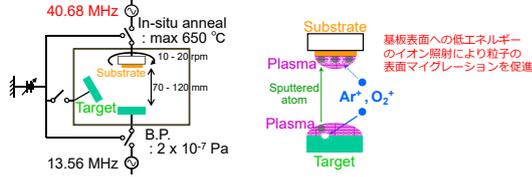
これまでに作製してきた(Bi,Ba)FeO₃薄膜の問題点 6/15

- 電圧駆動型の磁気デバイスに応用するにあたり
- 磁化が小さい (これまでの薄膜の飽和磁化: 60 emu/cm³程度)
 - 薄膜の品質(絶縁性)が良くなく、良好な強誘電特性が得られていない (これまでの薄膜の強誘電ヒステリシスの角型: 0.3程度)

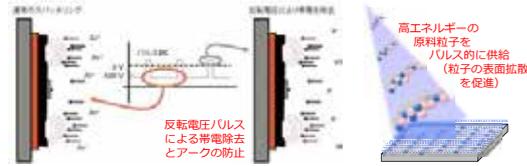
目的

- 飽和磁化の増大を図るため
 - ・ Biに対するBa置換量の増大 (これまで: 最大40 at% ⇒ 今回: 最大75 at%程度)
- 薄膜の高品位化<絶縁性の向上>を図るため
 - ・ 反応性パルスDCスパッタリング法による薄膜の作製 (これまで: RFマグネトロンスパッタリング法(VHFプラズマ照射有))

これまで用いてきたプラズマ照射RFスパッタリング成膜 7/15



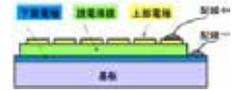
本研究で用いる反応性パルスDCスパッタリング成膜



実験方法 8/15

試料作製

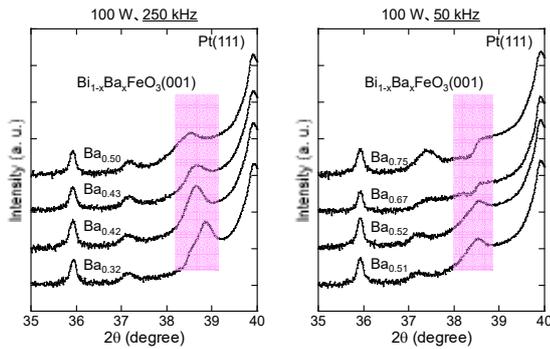
- ・使用基板: 熱酸化膜付きSi基板
- ・積層構造: Ta (5 nm) / Pt (100 nm) / $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ (300 nm) ($x = 0.2 - 0.75$)
- ・使用装置: 超高真空対応スパッタリング装置
- ・使用電源: パルスDC (電力: 80 - 200 W, 周波数: 40 - 250 kHz, デューティ(ON:OFF)比: 2:1)
- ・使用ターゲット: Ta, Pt, Ba-Fe-O導電性ターゲット+Biシート
- ・ターゲット - 基板間距離: 120 mm
- ・全ガス圧: 10 mTorr
- ・基板回転速度: 10 rpm
- ・下地層, $(\text{Bi,Ba})\text{FeO}_3$ 成膜温度: 300, 570 °C
- ・VHFプラズマ照射: 5 W
- ・Arに混合する O_2 分圧: 30 %



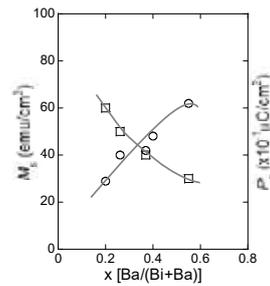
- 構造評価 X線回折装置 (XRD, BRUKER製) 測定方法: $[\text{Cu-K}\alpha]$ θ-2θ法
- 組成分析 エネルギー分散型X線分光器 (EDS, JEOL製)
- 磁化測定 試料振動型磁力計 (VSM-5S型, 東英工業製)
- 誘電測定 強誘電体特性評価システム (FCE-1, 東陽テクニカ製)

実験結果 9/15

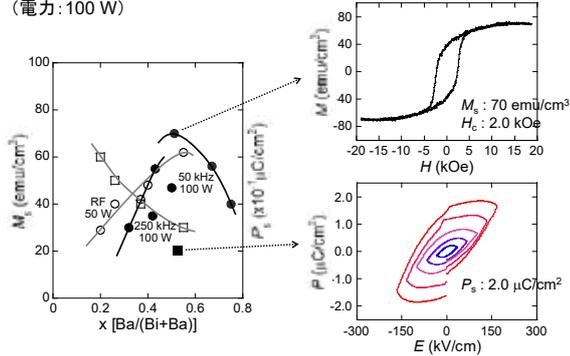
反応性パルスDCスパッタリング法で作製した $\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x\text{FeO}_3$ 薄膜の結晶構造



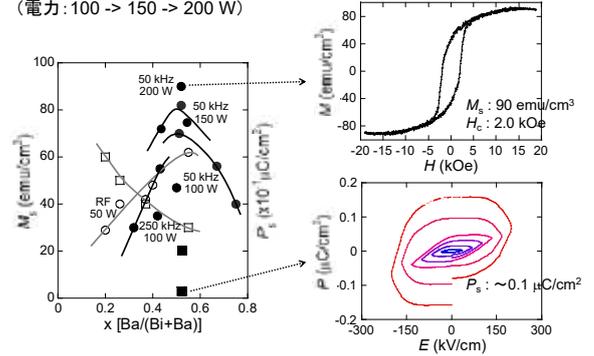
RFマグネトロンスパッタリング法で作製した $\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x\text{FeO}_3$ 薄膜の特性 (再作製) 10/15



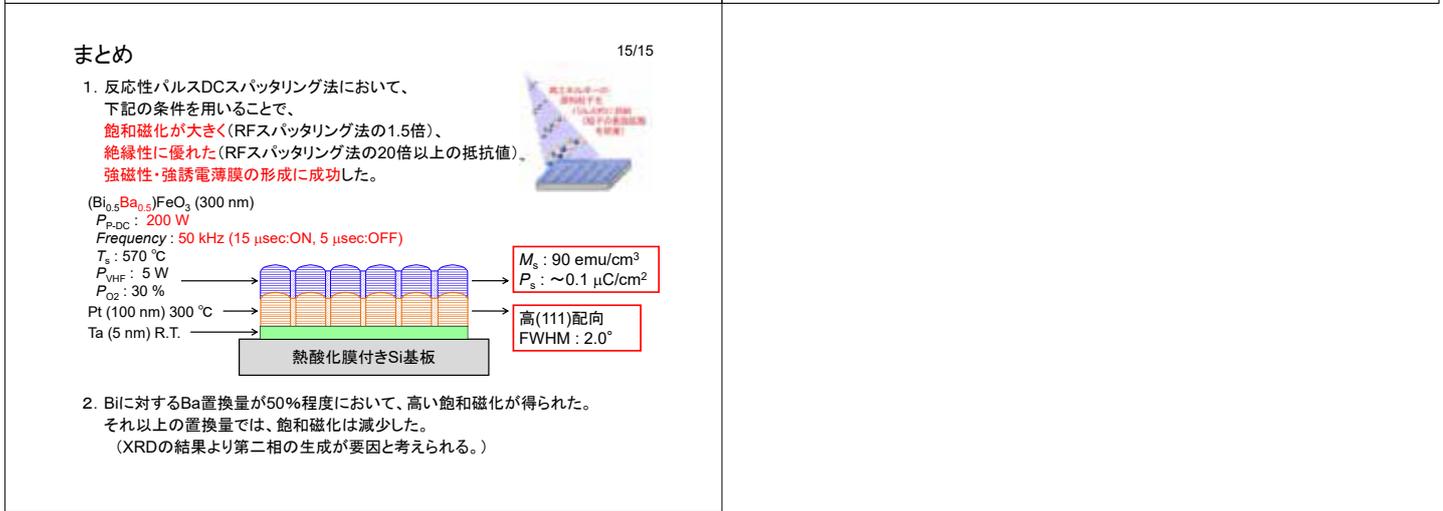
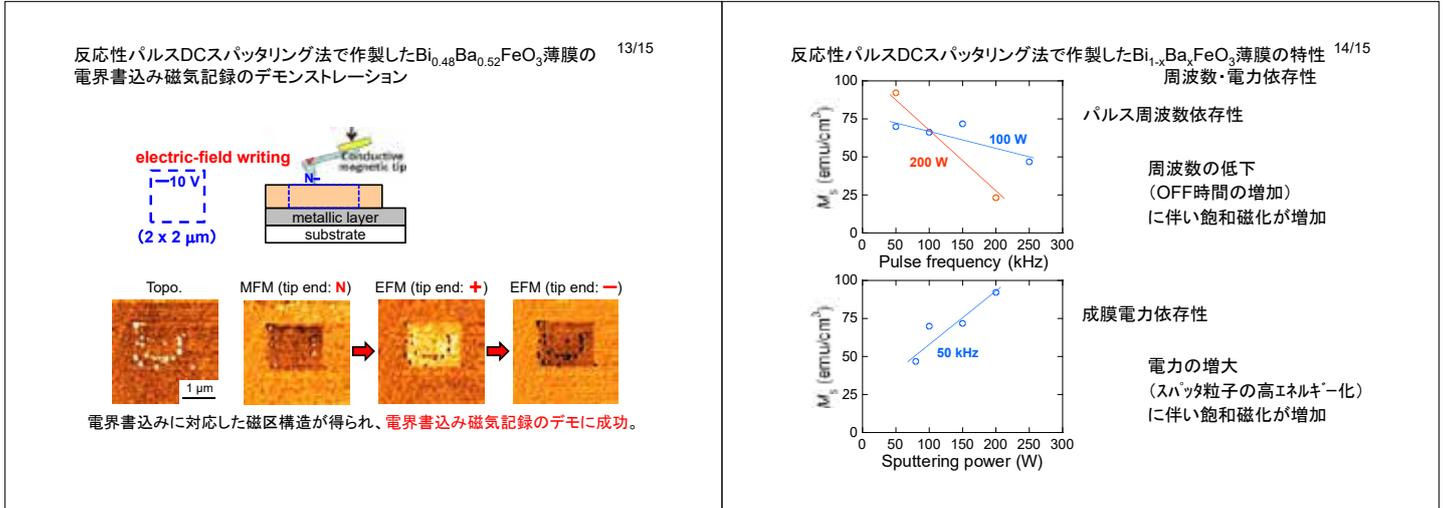
反応性パルスDCスパッタリング法で作製した $\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x\text{FeO}_3$ 薄膜の特性 (電力: 100 W) 11/15



反応性パルスDCスパッタリング法で作製した $\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x\text{FeO}_3$ 薄膜の特性 (電力: 100 -> 150 -> 200 W) 12/15



RFスパッタリング法での最大値: 62 emu/cm² に対して 90 emu/cm² が得られた。
角型が良くループが閉じた強誘電ヒステリシスが得られた。



Voltage Control of Magnetization Direction of Multiferroic Thin Films for Application to Novel Magnetic Recording Devices with Electric-Field Writing Method

Satoru Yoshimura

Research Center for Engineering Science, Graduate School of Engineering Science, Akita University, Japan
PRESTO (Sakigake), Strategic Basic Research Programs, JST, Japan

【Introduction】
Multiferroic materials (ferromagnetism and ferroelectricity)

Magnetic field, H Electric field, E

Magnetoelectric effect

Magnetization, M Electric polarization, P

$(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{O}_3$

An example of application to film devices

Electric-field writing magnetic recording

New HDD with new writing system (magnetic recording by applying electric field)

The merits of HDD with Electric-field writing

- Power consumption for writing : Low
- Structure of writing head : Simple such as needle-shaped conductor
- Writing ability (intensity of electric-field) : No limit

【Results】
Magnetic and electric properties of $(\text{Bi},\text{Ba})\text{FeO}_3$ films

We succeeded to fabricate the $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ thin film with multiferroic (= ferromagnetic and ferroelectric) property.

The Curie temperature, T_c is 400°C. (available for HDD media)

【Previous study】
We fabricated (001) orientated BiFeO_3 (ferroelectric) thin films of which electric polarization direction is perpendicular to the film plane, which is suitable for device application, onto a Si substrate at lower substrate temperature of less than 500°C by RF magnetron sputtering method.

【In the present study】
We fabricated (001) orientated $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ (multiferroic = ferromagnetic and ferroelectric) thin films, and carried out the control of magnetization direction with micro-meter size by local electric-field application in scanning probe microscopy with a metal coated conductive tip.

Domain structures of $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ film before and after applying local DC electric field (voltage)

We succeeded to demonstrate the magnetic recording by applying electric field in $(\text{Bi},\text{Ba})\text{FeO}_3$ multiferroic thin film.

【Experimental procedure】

< Film preparation >

- Magnetron sputtering method (DC for underlayers, RF for BBFO)
- Temperature during deposition for Pt and BBFO : RT - 500 °C
- Film configuration : Si-sub. / Ta / Pt / BBFO
- Composition of $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ film : $x = 0 - 0.4$
- VHF plasma irradiation during BBFO deposition : 5 W

< Measurement >

- X-ray diffraction (XRD) • Energy dispersion spectroscopy (EDS)
- Vibrating sample magnetometer (VSM) • Ferroelectric testing system
- Scanning probe microscope (SPM)

【Conclusions】
We successfully fabricated (001) orientated $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ thin films with ferromagnetism (T_c : 400°C) and ferroelectricity, and the multiferroic films are thought to be useful for novel magnetic recording media driven by electric-field.

This work was partially supported by JST/PRESTO (No. JPMJPR152C, ID: 15655293), Iketani Science and Technology Foundation, and Yazaki Memorial Foundation for Science and Technology.

Fabrication of $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25})\text{O}_3$ multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering method

M . K u p p a n , a n d S . Y o s h i m u r a

(第2研究グループ)

kuppanphysics@gmail.com

概要 : Magnetic reversal using an electric field is a promising and future technology for multifunctional devices due to its lower power consumption. Multiferroic materials with magneto-electric effect, which simultaneously exhibit spontaneous polarization and magnetization, have been receiving greater attention. In these days, we succeeded to fabricate the highly qualified $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ (BBFO) films with ferromagnetism and ferroelectricity by using a pulsed DC reactive sputtering technique, and also we succeeded to demonstrate the magnetization reversal by electric field. However, the perpendicular magnetic anisotropy and the coercivity of the films were not sufficient for high performance magnetic device application. In this study, we aimed to produce highly qualified La-doped BiFeO_3 films with perpendicular magnetic anisotropy by using reactive pulsed DC sputtering method.

キーワード : Multiferroic materials, magneto-electric effect, pulsed DC sputtering method, magnetic devices

独自性

電界印加で駆動する低消費電力かつ超大容量の磁気メモリについては、独自性の高い研究を推進している、JST 戦略創造研究推進事業さきがけ (H27-30 年度) に採択されている。本事業にて、強磁性・強誘電薄膜における、新たな作製方法の検討、高機能な材料の探索、を行っている。

実用性

電界印加書き込み型の新規な磁気記録媒体 (特許 第 5771788 号および US8,891,190 を基本特許として保有、改良特許を 3 件保有。)、電界印加書き込み型の新規な磁気メモリ (特願 2015-126013) の実現に向け、これまでの検討で作製に成功していた強磁性・強誘電特性を有する $(\text{Bi}_{0.6}\text{Ba}_{0.4})\text{FeO}_3$ 薄膜に対して、Ba 置換ではなく La 置換を施した。反応性パルス DC スパッタリング成膜法を用いて作製することにより、デバイス応用に適した垂直磁化膜が得られた。

新技術の特徴

強磁性・強誘電材料を用いた磁気メモリでは、現行のハードディスクドライブと比較して、超低消費電力駆動および書き込み (1/100)、超大容量 (100 倍)、簡略素子構造、貴金属フリー、などの特長を有している。

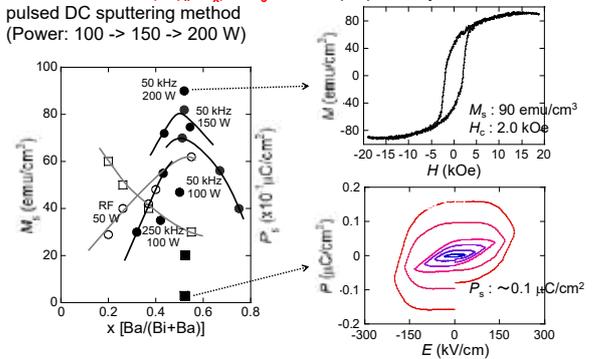
平成29年度スピニクス特別研究会(17-5-9) 秋田大学 2017年11月27日

Fabrication of $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25})\text{O}_3$ multiferroic thin films by using pulsed DC reactive sputtering method and its magnetic and electric properties

M. Kuppan¹, S. Yoshimura^{2,3}, and S. Kalainathan⁴

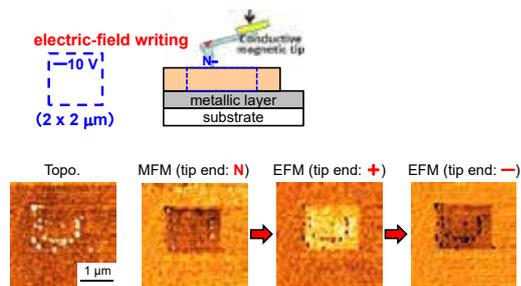
¹ Center for regional revitalization in research and education, Akita University
² Research Center for Engineering Science, Akita University,
³ JST Strategic Basic Research Programs, PRESTO
⁴ Centre for Crystal Growth VIT University, India

Characteristics of $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ thin film prepared by reactive pulsed DC sputtering method (Power: 100 → 150 → 200 W)



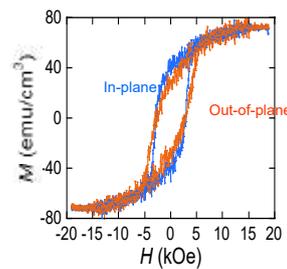
Maximum value by Reactive Pulsed DC Sputtering Method: 90 emu/cm³ was obtained. Ferroelectric hysteresis with good square shape and closed loop was obtained.

$(\text{Bi}_{0.48}\text{Ba}_{0.52})\text{FeO}_3$ thin film prepared by reactive pulsed DC sputtering method
 Demonstration of electric field writing magnetic recording



A magnetic domain structure corresponding to electric field writing is obtained. Successful demonstration of electric field writing magnetic recording.

$(\text{Bi}_{0.56}\text{Ba}_{0.44})\text{FeO}_3$ thin film prepared by reactive pulsed DC sputtering method



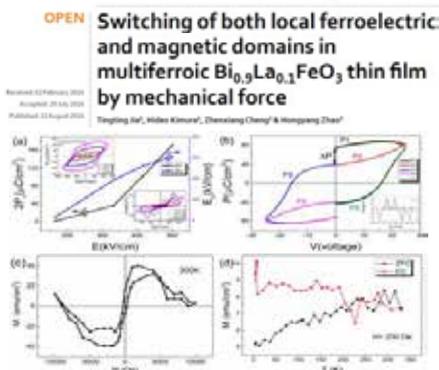
Easy magnetization direction: in-plane

Square shape in the direction perpendicular to the film surface: 0.40

Coercive force: about 2-3 kOe

These properties were not sufficient for high performance magnetic device application.

SCIENTIFIC REPORTS

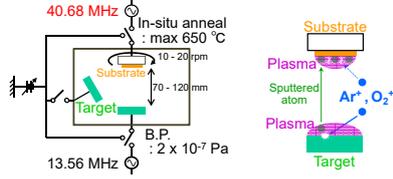


Purpose of this study

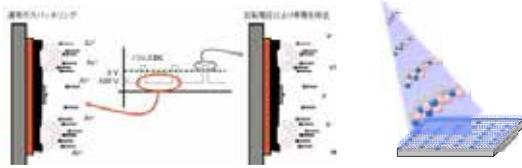
- To improve the coercivity (H_c) at perpendicular direction and saturation magnetization (M_s) of the multiferroic thin films,
- To obtain the perpendicular magnetic anisotropy,

Fabrication of $(\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ thin films at various frequency and power will be investigated.

Plasma-irradiated RF sputtering film formation



Reactive pulsed DC sputtering film formation



Experimental conditions (reactive pulsed DC sputtering)

Sample preparation

- Substrate used: Si substrate with thermally oxidized layer
- Laminated structure : Ta (5 nm) / Pt (100 nm) / (Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃ (300 nm) (x=0.2-0.75) / (Bi_{1-x}La_x)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ (300 nm) (x=0.4-0.6)
- Equipment used: Ultra high vacuum compatible sputtering equipment
- Power source used: pulse DC (Power: 150 W, Frequency: 50-250 kHz, Duty (ON: OFF) ratio: 2:1)
- Target used: Ta, Pt, Ba-Fe-O conductive target (Fe powder + Ba₂Fe₂O₇ powder) + Bi sheet, La-Fe-Co-O conductive Target (Fe powder + Co powder + LaFeO₃ powder) + Bi Sheet
- Target to substrate distance: 120 mm
- Total gas pressure: 10 mTorr (O₂ partial pressure mixed with Ar: 30%)
- Substrate rotation speed: 10 rpm
- Film formation temperature: 300 °C (for Pt), 570 °C (for BBFO, BLFCO)
- VHF plasma irradiation: 5 W

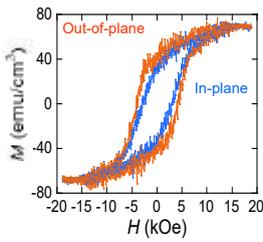
Construction Evaluation X-ray folding device (XRD)

Composition analysis Eneqy's dispersive X-ray spectrometer (EDS)

Magnetic properties vibrating sample magnetometer (VSM)

Electric properties Ferroelectric tester system

(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ thin film prepared by reactive pulsed DC sputtering method

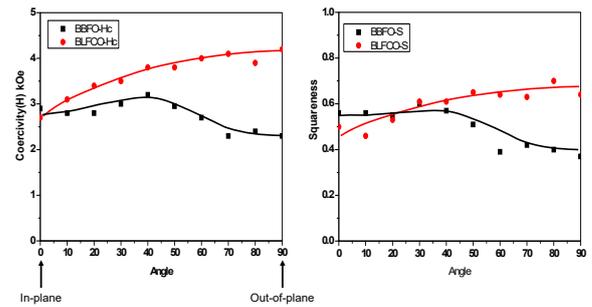


Easy magnetization direction: out-of-plane

Square shape in the direction perpendicular to the film surface: 0.65

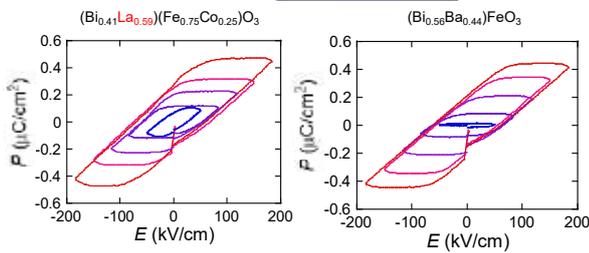
Coercive force: about 3-4 kOe

Coercivity and squareness of (Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ and (Bi_{0.56}Ba_{0.44})FeO₃ thin films



Large coercivity, squareness at perpendicular direction

Characteristics of (Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O₃ thin film prepared by reactive pulsed DC sputtering method



Large coercivity, squareness

Summary and Future plan

- The magnetic and electric properties (coercivity and squareness) of BLFCO thin film are larger compare with the case of the BBFO thin films.
- We will optimize the composition of BLFCO and also to optimize the conditions of pulsed DC sputtering in near future.

省資源型希少金属含有自動車排ガス浄化触媒の開発

進藤隆世志・加藤純雄・小笠原正剛

(第 11 研究グループ)

katos@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本プロジェクトでは貴金属 (Pt, Pd, Rh) の使用量を削減した高い排ガス浄化活性を示す触媒の開発を行う。その実現のため、アパタイト型構造のチャンネルサイトに金属イオンを挿入した化合物を利用し、活性の向上および凝集抑制を目指した触媒の開発を行う。平成 29 年度は Cu を導入した $A_{10}(PO_4)_6Cu_xO_y$ (A=Ca, Sr, Ba) に Pd を担持した触媒が NO 還元反応に対して触媒活性を示すこと、A イオンとして Ca^{2+} を用いたときに高活性となることを明らかにした。また、アパタイト型リン酸塩 $A_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (A=Ca, Sr, Ba) に Fe 水溶液を担持・焼成することでチャンネルサイトに Fe を導入した化合物の合成に成功した。

キーワード：排ガス浄化・触媒・希少金属

独自性・実用性：

本グループでは、これまで継続的に自動車排ガス浄化用触媒に関する研究を行っており、本研究に関するものとして下記の特許を出願している。

加藤純雄, 小笠原正剛, 岩倉大典, 山口道隆, 若林誉, 中原祐之輔, 「排気ガスの浄化用触媒」, 特願 2015-141916 (平成 27 年 7 月 16 日出願)

加藤純雄, 小笠原正剛, 岩倉大典, 山口道隆, 若林誉, 中原祐之輔, 「排気ガス浄化用触媒」, 特願 2016-129226 (平成 28 年 6 月 29 日出願)

1. 緒言

現在、自動車から排出される NO_x , CO, 炭化水素等の有害物質を浄化するため、三元触媒が用いられているが、活性種である貴金属 (Pt, Pd, Rh) は、省資源の観点から使用量の削減が求められている。本プロジェクトでは、省貴金属化を実現するための機能を有する触媒材料として、Fig. 1 に示すようなチャンネル内の OH を遷移金属イオン M に置き換えたアパタイト型化合物 $A_{10}(PO_4)_6M_xO_y$ (A=Ca, Sr, Ba) に注目した¹⁾。このチャンネル内にある M イオンによる触媒活性の向上、活性金属種の凝集防止機能を利用して、貴金属使用量の削減を目指す。特に Cu などの遷移金属イオンを含む化合物は NO_x 還元反応に対し高い活性を示すことが知られており、炭化水素による NO 選択還元触媒としての性能が向上することが期待できる。本年度の研究では、昨年度までに合成法を確立した、チャンネル内に Cu を含むアパタイト型リン酸塩を担体とした Pd 触媒 $Pd/A_{10}(PO_4)_6Cu_xO_y$ を用いた NO 還元および炭化水素酸化触媒特性の検討を行った。また、新規触媒担体材料として、チャンネル内に Fe を含むアパタイト型リン酸塩 $A_{10}(PO_4)_6Fe_xO_yH_z$ の合成を試みた。

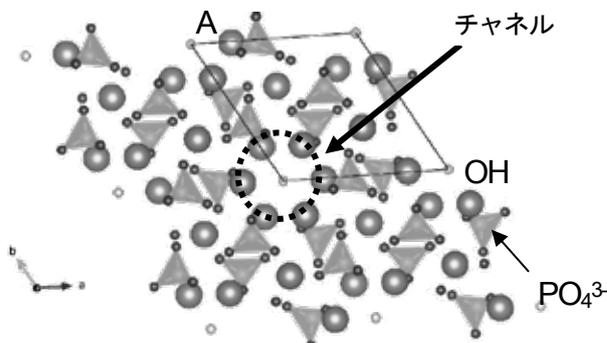


Fig. 1 アパタイト型リン酸塩 $A_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ (A=Ca, Sr, Ba) の結晶構造

2. 実験方法

2.1 $Pd/A_{10}(PO_4)_6Cu_xO_yH_z$ の調製と触媒活性評価

沈殿法で合成した $A_{10}(PO_4)_6Cu_xO_yH_z$ を Pd 担持量が 1.0 mass% となるよう $[Pd(NH_3)_4]^{2+}$ 水溶液に含浸し、

乾燥後、空气中 600°C で 3 h 焼成を行い、担持 Pd 触媒を調製した。触媒活性評価は固定床流通反応装置を用いて行った。粒径 355~600 μm に整粒した触媒 0.1 g を反応管に充填し前処理後、反応ガス組成を C₃H₆(1500 ppm)-NO(1000 ppm)-O₂(9000 ppm)-He(Balance), C₃H₆(1500 ppm)-O₂(9000 ppm)-He(Balance)または NO(1000 ppm)-O₂(9000 ppm)-He(Balance)とし、総流量 500 cm³/min で流通させ、200~600°C の範囲で測定を行った。反応後のガスはガスクロマトグラフおよび化学発光型 NO_x 計を用いて分析した。

2.2 A₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の合成

アパタイト型リン酸塩 A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ は沈殿法により合成した。出発原料として Ca(CH₃COO)₂·H₂O, Sr(CH₃COO)₂·0.5H₂O, KH₂PO₄, Ba(CH₃COO)₂ および NaH₂PO₄·2H₂O を用い、HNO₃ 水溶液に溶解した後 KOH または NaOH 水溶液を用いて pH 調整を行い、沈殿物を熟成、ろ過、水洗浄し、試料を得た。A = Ba ではさらに空气中 1000°C で 3 h 焼成を行った。得られた試料をモル比で A : Cu = 10 : x (x = 0.034 ~ 0.067) となるよう Cu(NO₃)₂ 水溶液または [Cu(NH₃)₄]²⁺ 水溶液に含浸し、乾燥後、試料をペレット状に成型し、空气中 1100°C で 3 h 焼成した。冷却の際に試料を炉外に取り出し空气中で急冷を行うことで A₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z を合成した。

3. 結果と考察

3.1 Pd/A₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z の触媒活性

調製した Pd/A₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z の XRD パターンにおいてはアパタイト相の他に、PdO のピークが確認できた。Pd/A₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z を用いた C₃H₆-NO-O₂ 反応における NO 転化率の温度依存性を Fig. 2 に示す。Cu を含まない (x=0) 組成における最大 NO 転化率の序列は A = Ba (31%) > A = Sr (30%) > A = Ca (23%) であった。触媒担体の組成によって触媒活性が異なった要因として、アルカリ土類金属の電気陰性度の違いにより触媒担体の塩基特性が変化したことが考えられる。

次に、各担体に Cu を 0.26 mass% 導入した触媒において、A = Sr および Ba 組成では最大 NO 転化率は x=0 組成よりも低下した。一方、A = Ca 組成では Cu を導入した試料の方が x=0 組成と比較して低温から NO 還元反応が進行した。この Cu 導入効果を検討するため、C₃H₆ および NO の O₂ との反応性に着目した。

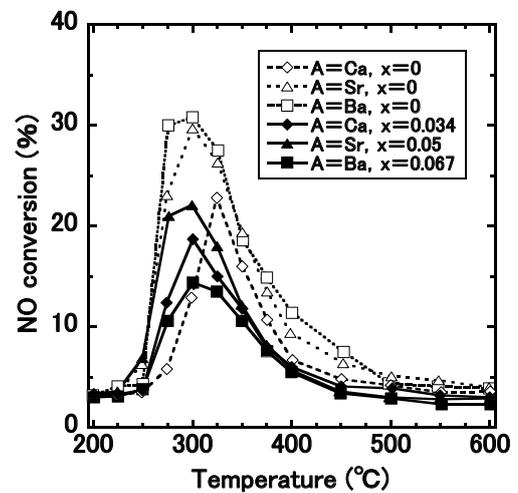


Fig. 2 Pd/A₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z を用いた C₃H₆-NO-O₂ 反応における NO 転化率の温度依存性

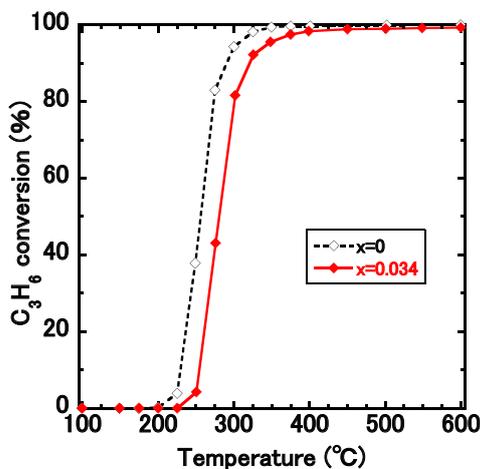


Fig. 3 Pd/Ca₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z を用いた C₃H₆-O₂ 反応における C₃H₆ 転化率の温度依存性

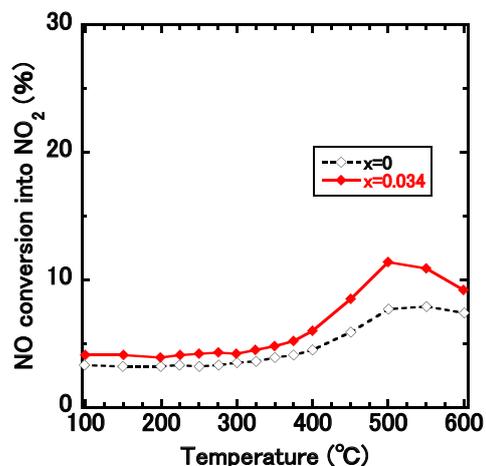


Fig. 4 Pd/Ca₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z を用いた NO-O₂ 反応における NO 転化率の温度依存性

Pd/Ca₁₀(PO₄)₆Cu_xO_yH_z (x=0, 0.034)を用いた C₃H₆-O₂反応における C₃H₆転化率の温度依存性を Fig. 3 に示す。C₃H₆転化率が 50%に達する温度 T₅₀を比較すると 258 °C (x=0) < 282 °C (x=0.034)であり、x=0 組成の方が x=0.034 組成より低温で活性を発現したことがわかった。この結果から、Cu 導入により C₃H₆ と O₂ の反応性が低下したことが示唆された。次に、NO-O₂反応における NO₂への NO 転化率の温度依存性を Fig. 4 に示す。すべての温度域において、x=0.034 組成の方が x=0 組成と比較して NO₂ の生成量が多いことがわかった。この結果から、Cu 導入により NO と O₂ の反応性が向上し、C₃H₆ との反応性の高い NO₂ が生成したことが NO 還元特性の向上に寄与したと考えられた。

3.2 A₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の合成

A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ に Fe 水溶液を担持、乾燥後焼成することで、アパタイト構造のチャンネル内への Fe 導入を試みた。A=Ca 組成の XRD パターンより、x=0~0.5 ではアパタイト相の単一相、x=0.6~1.0 ではアパタイト相と Fe₃O₄ 相の混相となることがわかった。Fe 担持量と得られた Ca₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の格子体積の関係性を Fig. 5 に示す。x=0.1~0.9 の範囲で格子体積は Fe 担持量とともに増加した。同様に A=Sr 組成では、x=0~0.5、A=Ba 組成では x=0~0.1 でアパタイト相の単一相が得られた。格子体積は A=Sr では x=0~0.5、A=Ba では x=0~0.3 の範囲で Fe 担持量とともに増加した。さらに Fe²⁺ イオンのイオン半径はいずれの A²⁺ のイオン半径より小さいことから、アパタイト中の A²⁺ と Fe²⁺ または Fe³⁺ との置換は起こっていないと考えられる。これまでに A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ へのチャンネル内へ Cu イオンを導入することで、格子体積が増加することが報告されていることから^{2,3)}、Fe イオンがチャンネル内サイトを占有したと考えられた。また、Fig. 6 に Ca₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の赤外吸収スペクトルを示す。630cm⁻¹に見られる吸収ピークの強度は Fe 担持量の増加とともに減少した。このピークはチャンネル内の OH⁻ による吸収に起因するものであることから、Fe を導入した試料ではチャンネル内の OH⁻ が減少したことを示している。これは、チャンネル内の Fe イオン導入による正電荷の増加を OH⁻ が O²⁻ となることで補償したと考えられる。以上の結果から、本研究により、チャンネル内に Fe イオンが導入されたアパタイト型リン酸塩が合成できたと考えられる。

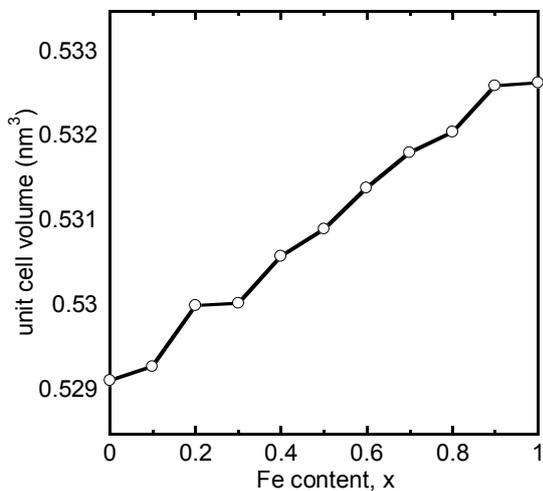


Fig. 5 Ca₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の Fe 量と格子体積の関係

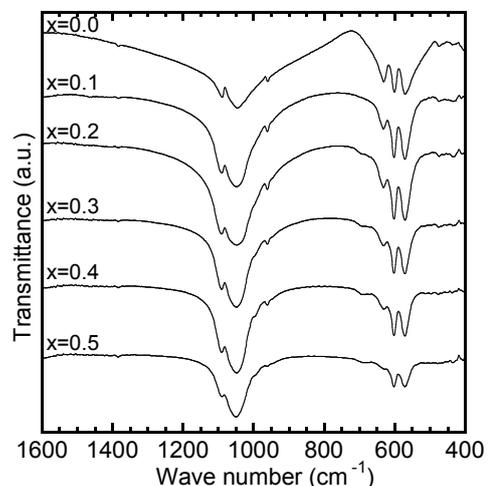


Fig. 6 Ca₁₀(PO₄)₆Fe_xO_yH_z の赤外吸収スペクトル

【参考文献】

- 1) T. Baikie *et al.*, *Dalton Trans.*, **2009**, 6722-6726.
- 2) P. E. Kazin *et al.*, *Solid State Sci.*, **9**, 82-87 (2007).
- 3) S. Kato. *et al.*, *Chem. Lett.*, **44**, 1518-1520 (2015).

Pt 酸化物による CO₂ 電解還元とメタノール合成

高橋 弘樹

(第 12 研究グループ)

tkhshrk@gipc.akita-u.ac.jp

概要：CO₂ 電解還元は、増加の一途をたどっている CO₂ を削減する方法として期待されており、高活性な電極触媒の開発が求められている。本研究では、Pt 酸化物を電極触媒とし、CO₂ 電解還元特性を調査した。また、GC-MS によって電解液中の CO₂ 電解還元生成物の同定を試みた。その結果、Pt 酸化物の方が Pt よりも還元生成物を多量に生成することが分かった。また、電解還元後の電解液を GC-MS で分析することで、CO₂ 電解還元反応の生成物がメタノールであることを確認した。

キーワード：CO₂、電解還元、Pt 酸化物

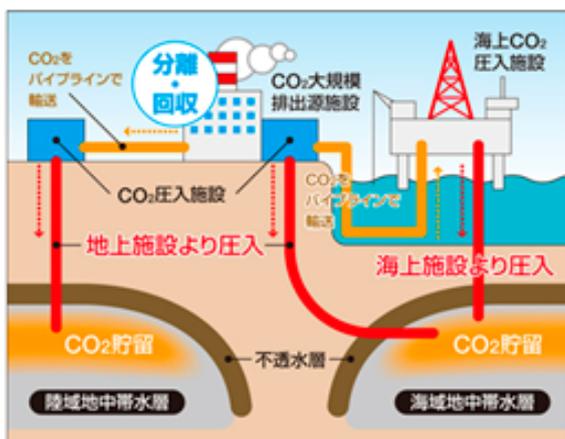
独自性・実用性：

CO₂ を低電力で有用な化学物質に変換することができれば、大気中の CO₂ 濃度を低減しつつ、不要な CO₂ を産業利用に活用できる。Pt 酸化物は、従来用いられてきた Cu 系電極よりも極めて低過電圧で CO₂ を還元でき、しかも工業的に有用なメタノールを生産できる。特許：田口正美、高橋弘樹：大規模な二酸化炭素排出減（火力発電所等）で貯留した二酸化炭素の電解還元・メタノール同時合成のために二酸化炭素処理システム、特願 2016-115452

1. 背景～CCS

3

CCS: Carbon dioxide Capture and Storage)



CO₂を地下1,000mより深いエリアに圧入

長い年月を経過したCO₂は、塩水に溶解したり、岩石のすき間で凝固し鉱物になる

適した土地が少ない
高コストである

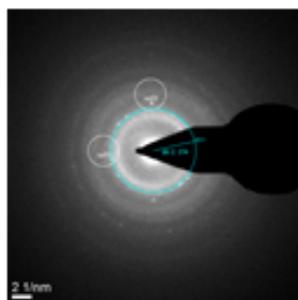
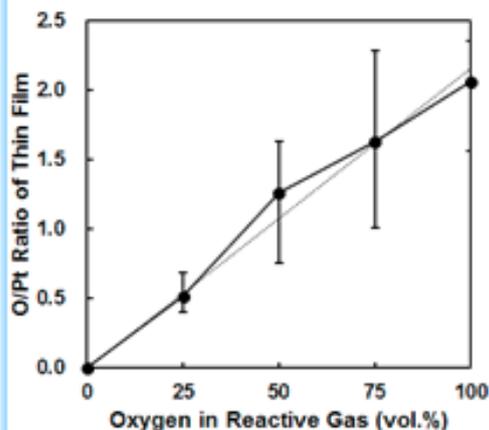
出典：東洋エンジニアリング株式会社ウェブサイト
(<http://www.toyo-eng.com/jp/ja/products/environment/ccs/>)より

CCS は長期的には有効であるが、地層中にCO₂を貯蔵しているため、CO₂濃度を低減したとは言えない。

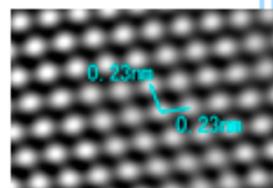
電気化学的手法でCO₂を他の化学物質に変換

3. 結果～化学組成と化合物相～

10



Hexagonal-PtO₂ was identified.

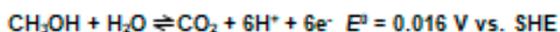


- 反応性スパッタによって、組成が異なるPt酸化物を作製できた。
- 反応性ガスの酸素の割合を変化させることで、Pt酸化物の化学組成を調整できた。
- Pt酸化物の結晶構造は六方晶系PtO₂であった。

1. 背景～DMFCアノードとしてのPt酸化物～

7

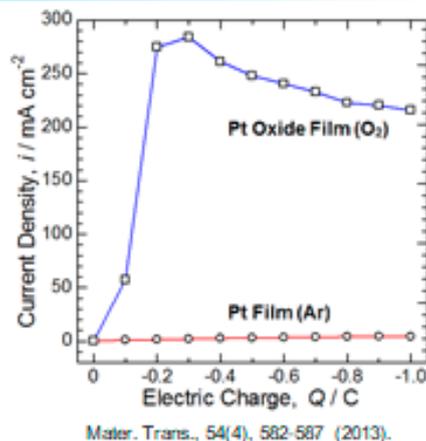
直接メタノール型燃料電池, DMFC



電気化学的に還元したPt酸化物は、Ptを凌駕するメタノール酸化活性を示す。

[メタノール酸化反応(DMFCのアノード反応)はCO₂電解還元反応の逆反応]

Pt酸化物は優れたCO₂電解還元活性を示すと期待される。

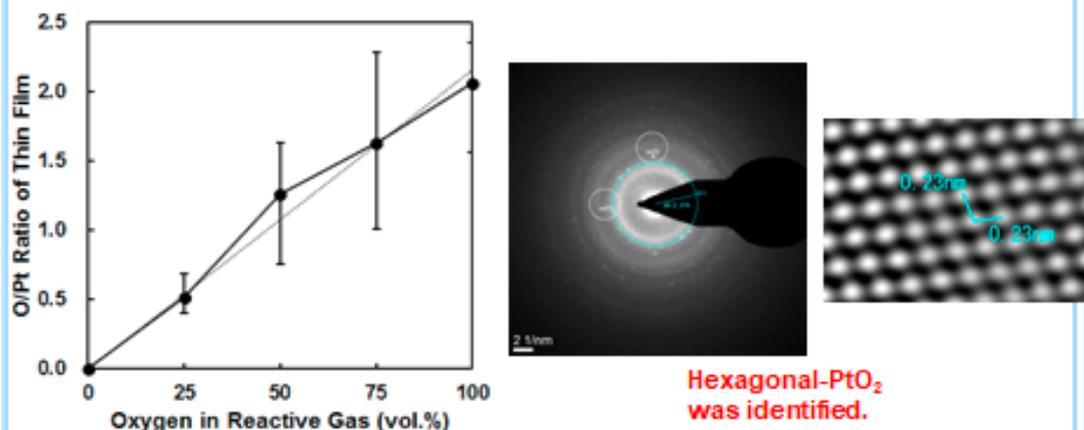


目的

- 反応性スパッタで作製したPt酸化物CO₂電解還元活性の調査。
- CO₂電解還元生成物の分析。

3. 結果～化学組成と化合物相～

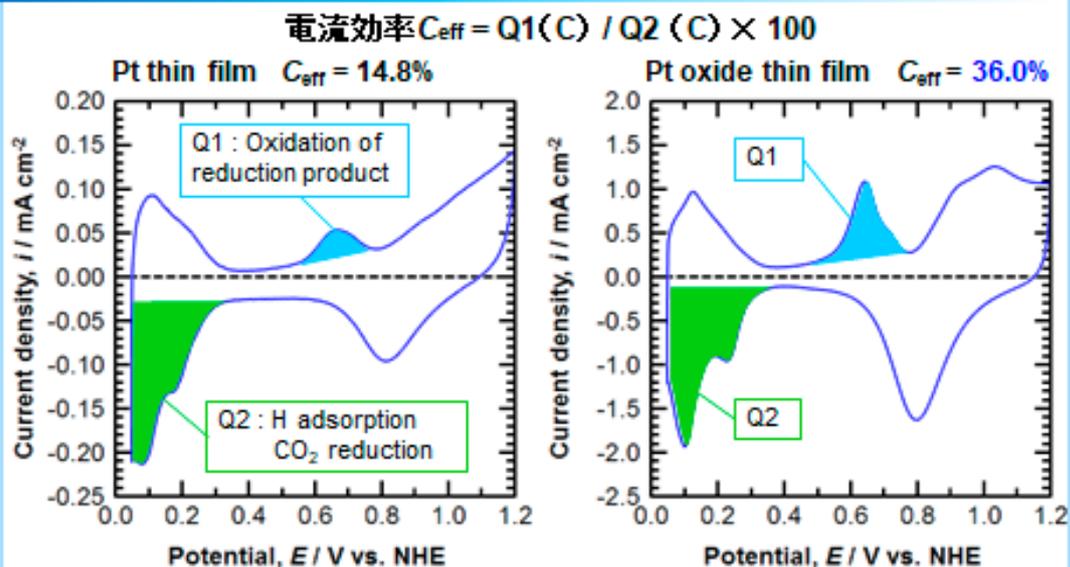
10



- 反応性スパッタによって、組成が異なるPt酸化物を作製できた。
- 反応性ガスの酸素の割合を変化させることで、Pt酸化物の化学組成を調整できた。
- Pt酸化物の結晶構造は六方晶系PtO₂であった。

3. 結果～PtとPt酸化物の比較～

15



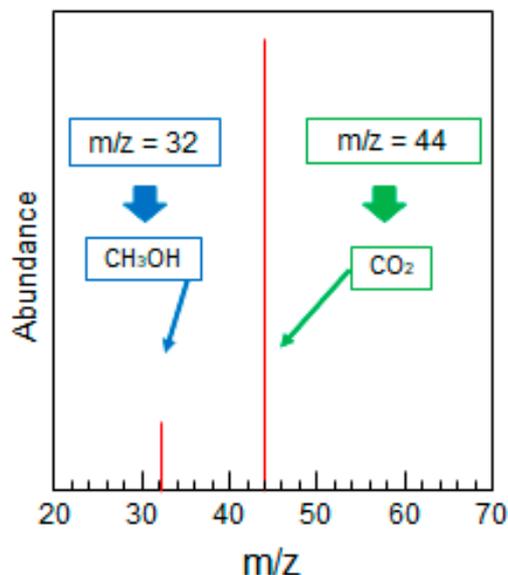
- Pt酸化物上での酸化電流は、Ptよりも10倍程度大きい。
- Pt酸化物のCO₂電解還元電流効率は、Ptよりも2倍程度大きい。

3. 結果～還元生成物(GC-MS)～

16

CO₂電解還元後の電解液のGC-MS分析

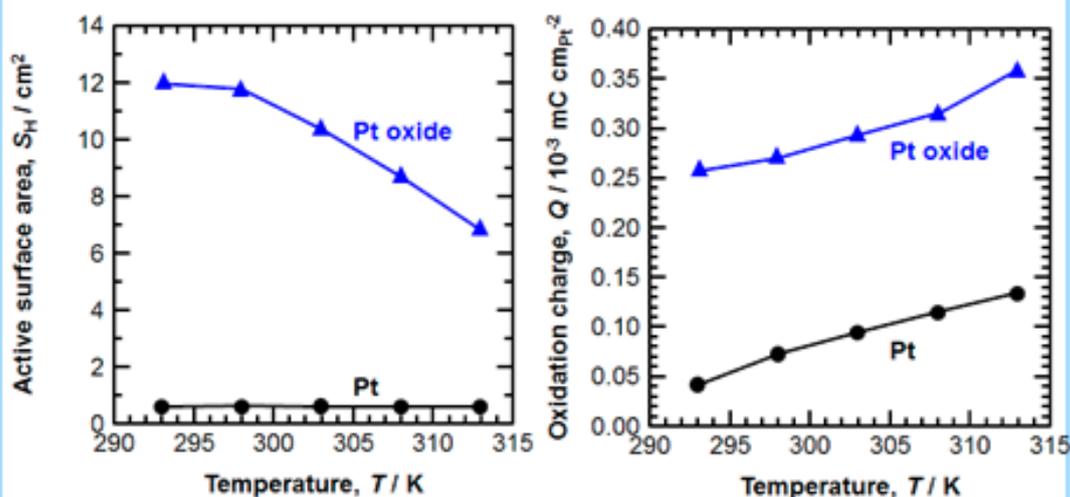
条件
電解液 : CO ₂ saturated 0.5 M H ₂ SO ₄
作用極 : Pt oxide
面積 : 3 cm × 3 cm
温度 : 室温
電位 : 0.05 V vs. NHE
時間 : 6 h



GC-MS分析によって, CH₃OHが還元生成物であることがわかった。

3. 結果～Specific activity(比活性)～

21

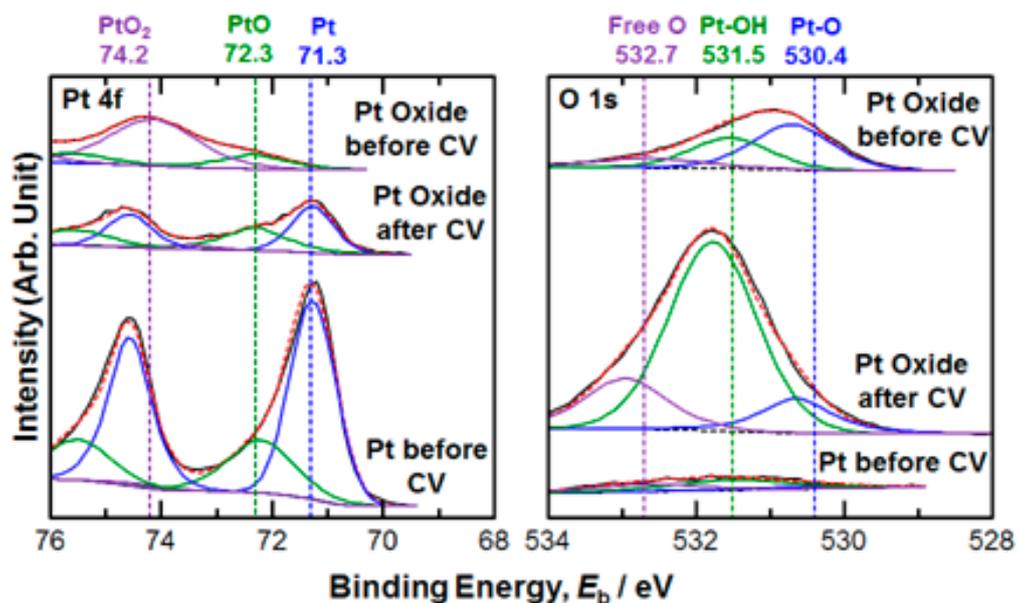


活性表面積あたりの酸化電気量(比活性)は, PtよりもPt酸化物の方が大きい。

➡ 「広い活性表面積」以外にも, Pt酸化物が高いCO₂電解還元活性を示した要因が存在する。

3. 結果～化学結合状態～

23



Pt酸化物は，CVによって金属Ptに還元されるが，Pt-O結合が残存している。

4. 結論

26

- Pt酸化物において，CO₂電解還元反応は0.2 V vs. NHEよりも低い電位領域で起こり，主な生成物はメタノールであった。
- Pt酸化物はPtよりも高いCO₂電解還元活性を示した。その要因の一つとして，Pt酸化物の活性表面積がPtよりも大きいことが挙げられる。
- 活性表面積あたりのCO₂電解還元活性を比較すると，Pt酸化物の方がPtよりも4倍ほど大きかった。
- Pt酸化物中の残存酸素が反応経路またはCO耐性に影響し，優れたCO₂電解還元活性を示したと考えられる。

タングステンカーバイド表面への省エネルギー型燃焼炎 によるはく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜合成

高橋 護

(第3研究グループ)

mtaka@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本研究は、アセチレン-酸素燃焼炎によりタングステンカーバイド（WC）表面へダイヤモンド皮膜の合成を行い、WC表面の硬質処理を行うことを目的とする。しかしながら、WC表面上へのダイヤモンド皮膜合成には、ダイヤモンドの合成が難しく、また、接着強度が低いため界面はく離が発生しやすい等の問題がある。したがって、これらの問題を解決するために、WC表面上にダイヤモンド皮膜を合成することが可能な諸条件を提案して実験を行い、はく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜の合成法の検討を行う。

キーワード：ダイヤモンド皮膜，燃焼炎，界面はく離，タングステンカーバイド

実用性：

本研究により得られた結果から、燃焼炎法によりダイヤモンドを直接タングステンカーバイド表面上に成膜し、その接着強度が高ければ、省エネルギー型燃焼炎による硬質コーティング処理として耐摩耗性のある寿命の長い部材を形成することが可能となる。このことにより、研削・切削工具等への応用が可能となり、様々な分野での利用の拡大が推測される。

結 言

ダイヤモンドは高硬度、耐摩耗性、低い摩擦係数、高い熱伝導率等の優れた性質を有するため、研摩や切削工具等の工業用に幅広く利用されてきている。また、近年、超硬合金であるタングステンカーバイド（WC）を用いた切削工具が使用されている。この WC 切削工具上に、切削性能や工具寿命の向上、高速切削かつ切削時間の短縮を目的に、化学気相堆積（Chemical Vapor Deposition : CVD）法によりダイヤモンド皮膜を施す技術が開発されている。しかしながら、一般に WC 基材上にダイヤモンド皮膜を施した場合、ダイヤモンドの核密度がとても低く皮膜と基材の接着強度が低い等の理由から皮膜が容易に基材からはく離しやすいという問題がある。さらに、CVD 法等においては装置が大掛かりなものとなり、ダイヤモンドを成長させる時間が非常に長時間にわたるという問題もある。

著者らは、CVD 法の一種であり、大気中でアセチレン-酸素の省エネルギー型燃焼炎によるダイヤモンド合成に着目してきた。燃焼炎法は、様々な工業的に有利な特長を有しており、この燃焼炎によるダイヤモンド合成法を用いて、モリブデン（Mo）基板表面上にダイヤモンド皮膜の合成を試みてきた^{1)~4)}。しかしながら、ダイヤモンド合成後において、合成皮膜が熱応力により界面はく離してしまう問題がある。そこで、界面はく離の抑制を考慮した新たな合成方法として、ダイヤモンドの合成途中で皮膜の表面温度を3段階に変化させる3段階合成法を提案してきた。この方法を応用して、WC 基板表面上に燃焼炎法により界面はく離を抑制しながら接着強度の高いダイヤモンド皮膜の合成を行ってきた。しかしながら、ダイヤモンド合成中に、基板表面の温度コントロールが難しくなりダイヤモンド合成を十分に行えず、さらに、熱応力による界面はく離を抑制することが難しいといった問題が発生した。そこで、燃焼炎によって WC 基板表面上へのダイヤモンド皮膜を合成することが可能な諸条件を提案して実験を行うことで、基板表面の温度コントロールが容易となり、安定した品質のダイヤモンド皮膜を得られることが可能な2段階

合成法を提案した。この 2 段階合成法は、皮膜合成途中に基板表面温度を 2 段階に変化させダイヤモンドの合成を行う方法である。この方法により、ダイヤモンド皮膜を合成することが可能となったが、界面はく離については十分な検討を行っておらず、さらなる界面はく離に関する調査が必要である。

そこで、本研究では、WC 基板表面上に燃焼炎法により界面はく離を抑制しながら、接着強度の高いダイヤモンド皮膜を合成することを目的とし、2 段階合成法を用いダイヤモンド合成を行い、その際に発生する界面はく離について検討を行った。ここで、先行研究において WC 基板表面の前処理による基板表面形態の変化が、合成された皮膜のはく離に影響を及ぼすと考え、前処理として化学処理を行い基板表面の形態を変化させた基板上にダイヤモンド合成を行ってきた。さらに、2 段階合成法における燃焼炎中の白心から WC 基板表面までの距離（白心距離）を各段階において変化させ合成を行ってきた。ここで、新たな条件として、ダイヤモンド合成の前処理として行っているダイヤモンド粒子の基板表面への種付け処理におけるダイヤモンド粒子の粒径に着目した。よって、本研究では、ダイヤモンド粒子の粒径を過去の研究で用いてきた粒径よりもさらに小さい粒子を用いて種付け処理を行い、燃焼炎法によりダイヤモンドの合成を行った。ここで、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくして合成を行った際、合成ダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さにどのような影響を及ぼすか調査を行った。

実験装置

実験装置を図 1 に示す。皮膜の表面温度を一定に保つため、銅製のボックスに通水し冷却する。皮膜の表面温度は、非接触型の赤外線放射型温度計により測定することができる。冷却用装置は $100 \times 100 \times 55 \text{ mm}^3$ の銅製ボックスを使用し、このボックスの中に冷却水を流し込み、反対方向から小型ポンプで吸い出した。ここで、直径 10 mm のタングステン (W) 円柱棒を冷却用の支柱としてボックスの中央に通し、テーブルにフランジで固定した。この支柱の上に WC 基板を接着させ合成を行った。この際、冷却を効率良く行うため基板と支柱の間に熱伝導性の良い Ag ペーストを塗布し、473 K で炉内において熱し接着した。

冷却用のボックスは上下移動可能なステージ上にあり、冷却水面と皮膜表面の距離を変えることで皮膜表面温度を変化させることができる。ステージにはステッピングモータが取り付けられおり、ドライバを介してステージコントローラによって上下移動を制御することができる。

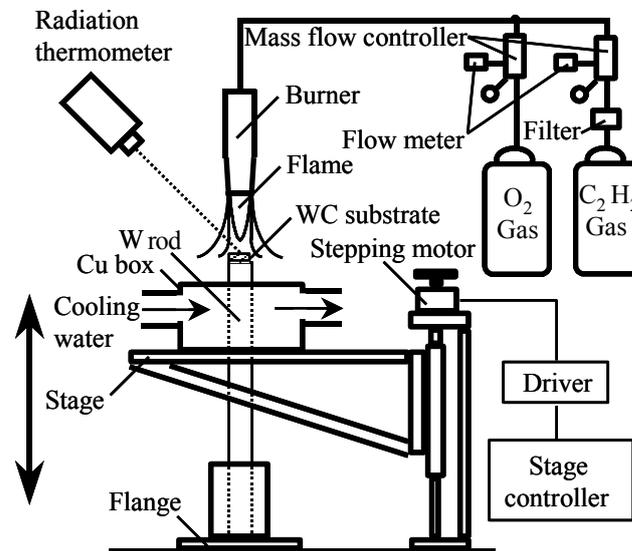


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

基板

本実験において、基板として直径 10 mm、厚さ 3 mm の円盤状のタングステンカーバイド (WC) を使用した。

2 段階合成法

燃焼炎法による WC 基板表面上へのダイヤモンド皮膜合成において、基板表面の温度コントロールが容易となり、安定した品質のダイヤモンド皮膜を得られることが可能な 2 段階合成法を提案してきた。この 2 段階合成法は、皮膜合成途中に基板表面温度を 2 段階に変化させダイヤモンドの合成を行う方法である。この方法により、基板表面の温度コントロールが可能となり、基板の急激な温度上昇を抑制することができ、かつ安定した品質のダイヤモンド皮膜を合成することが可能となる。この際、WC の材料特性より第 1 段階を 1273 K、第 2 段階を 1223 K と変化させダイヤモンド合成を行った。この際、第 1 段階である初期段階に中間層を合成して接着強度を高め、はく離を抑制することが可能になると考えた。

実験条件

本実験で用いるダイヤモンドの合成条件を表 1 に示す。ここで、酸素ガス、アセチレンガスの流量比をはく離抑制のための最適流量比である 0.90 とした。

Table 1 Conditions for diamond syntheses on the WC substrate.

Reaction gas	C ₂ H ₂ + O ₂
Film surface temperature	1223 ~ 1273 [K]
Pressure	10 ⁵ [Pa]
C ₂ H ₂ Flow rate, F_a	70.9 [cm ³ /s]
O ₂ Flow rate, F_o	63.8 [cm ³ /s]
Flow ratio, $R_f = F_o / F_a$	0.90

ここで、WC 基板表面の前処理による基板表面形態の変化が、合成された皮膜のはく離に影響を及ぼすと考え、前処理として化学処理^{5)・6)}を行い基板表面の形態を変化させ合成を行った。化学処理は、WC 表面をエッチングすることが可能な Murakami 溶液（ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム K₃[Fe(CN)₆] : 10 g、水酸化カリウム KOH : 10 g、水 : 100 ml）に WC 基板を浸しエッチングを行った。ここでは、Murakami 溶液に WC 基板を浸透させ、基板表面上を意図的に粗くした。このことにより、WC 基板と合成皮膜の接触面積を増加させ、はく離を抑制することが可能になると考えられる。また、Murakami 溶液による基板表面処理後、酸溶液（硫酸 H₂SO₄ : 3 ml、過酸化水素 H₂O₂ : 88 ml）を用いて化学処理を行った。これは、コバルト(Co)の除去を行うためである。Co は、ダイヤモンド合成時に基板表面と皮膜の間の表面領域に拡散し、皮膜の接着強度の低下の原因となるグラファイトを生じさせるということがわかっており⁷⁾、酸溶液による化学処理によって Co を除去することで、グラファイト層の生成を抑制することが可能になると考えられる。この際、表 2 に示すように Murakami 溶液による処理を 10 min、酸溶液による処理を 10 sec とし前処理を行った基板上に合成を行った。

次に、前処理として化学処理を行った後、ダイヤモンド合成の生成核となるようダイヤモンド粒子の種付け処理を基板表面に行った。ここで、種付け処理を行うことで、粒子を基板に付着させることが可能である。その基板に付着した粒子が合成ダイヤモンド皮膜の生成核となり、ダイヤモンドの核生成を促進し、さらには核成長につながると考えられる。したがって、ダイヤモンド粒子の大きさが変化することで、合成ダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を与えると考えた。ここで、過去の研究において、種付け処理に用いてきたダイヤモンド粒子の粒径を 0.250 μm としてきたが、本研究では、粒径をさらに小さい 0.125 μm の粒子に変更し、20 cm³ のアセトンに 0.10 g のダイヤモンド粒子を含んだペーストを溶かした懸濁液 0.005 g/cm³ 中に基板を挿入し、30 分間超音波洗浄器で種付け処理を施した。この際、表 2 に示すように、ダイヤモンド粒子の粒径を 0.250 μm としたものを Case A、0.125 μm としたものを Case B とした。

Table 2 Conditions of pretreatments for the WC substrate.

	Treatment periods by Murakami's reagent	Treatment periods by acid solution	Diamond seed particles size
Case A	10 [min]	10 [sec]	0.250 [μm]
Case B	10 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]

ここで、2段階合成法を用いて合成を行う際、図2に示すようなアセチレン-酸素の燃焼炎中の白心から WC 基板表面までの距離（白心距離） d を変化させてダイヤモンド合成を行った。この際、表3に示すように白心距離を各段階において変化させて合成を行った。この白心距離が変化すると、ダイヤモンド皮膜を合成することが可能な領域である内炎の部分に変化し、合成された皮膜および界面はく離に影響を及ぼすことがわかっている²⁾。

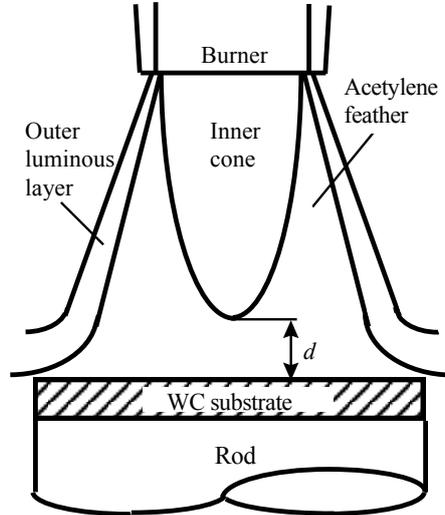


Fig. 2 Distances of the flame inner cone from WC substrate.

Table 3 Conditions of the two-step synthesis method for the WC substrate surface.

	Film surface temperature	Inner cone-to-substrate distances : d		
		Case 1	Case 2	Case 3
1st. step: 1200 [sec]	1273 [K]	7.0 [mm]	7.0 [mm]	7.5 [mm]
2nd. step: 1200 [sec]	1223 [K]	7.0 [mm]	7.5 [mm]	7.0 [mm]

実験

本実験で用いる2段階合成法の合成時間は、第1段階を 1200 sec、第2段階を 1200 sec とし合成を行った。この際、表2の条件により種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを変化させて前処理を行った WC 基板表面へ燃焼炎法によるダイヤモンド皮膜の合成を行い、ダイヤモンド粒子の大きさが変化することで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さにどのような影響を与えるか調査し検討を行った。

ここで、前処理を Case A, B の条件で行った際の合成皮膜のはく離性についての結果をそれぞれ表4に示す。表中において、はく離無しとは、はく離が発生せず基板上に皮膜が残っている状態である。半はく離とは、皮膜が基板上に半分以上残っている状態である。はく離とは、はく離が発生し基板上に皮膜がほとんど残ってない状態である。また、異常成長とは皮膜の結晶が成長し過ぎた状態である。表4から、Case B においては、完全にはく離を抑制することができた。先行研究の結果において Case A では、若干のはく離の発生を確認している。本実験条件においては、完全にはく離を抑制することができた。

次に、合成した皮膜の物質の特定を行うため X 線回折装置 (XRD) システムを用いて特定を行い、合成された皮膜がどのような影響を受けているか考察を行った。Case B で合成された皮膜の XRD 結果を図3に示す。図より、合成された皮膜は、ダイヤモンドの存在を示すダイヤモンド(111), (220)面のピークを確認することができ、ダイヤモンドが合成されていることがわかる。

また、前処理を Case A, B の条件で行った際の合成皮膜の表面の算術平均粗さ (R_a) の測定を、走査型白色干渉計 (SWLI) を用いて行った。この際、Case A で合成された皮膜表面の R_a は 1.97 μm 、Case B で合成された皮膜表面の R_a は 1.24 μm となり、種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の粒径を小さくして合成を行った際、合成皮膜の表面の算術平均粗さは小さくなることがわかった。

Table 4 Results of delamination of the synthesized films in Case A and B.

	Case A	Case B
Non delamination	92.3 %	100.0 %
Half delamination	0.0 %	0.0 %
Delamination	7.7 %	0.0 %
Abnormal growth	0.0 %	0.0 %

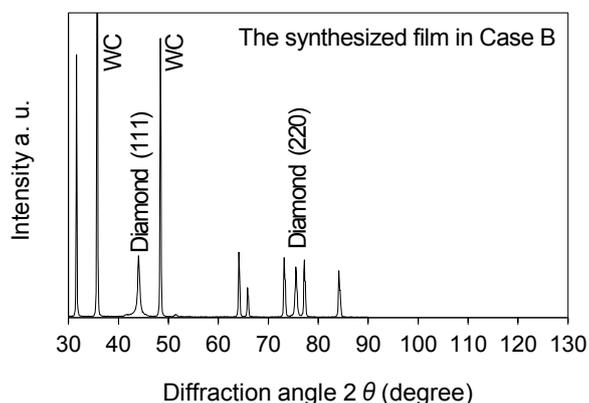


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case B.

以上のことから、ダイヤモンド皮膜合成の前処理である種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを変化させて前処理を行った WC 基板表面へ燃焼法によるダイヤモンド皮膜の合成を行った結果、ダイヤモンド粒子の大きさが変化することで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

結言

WC 基板表面上に燃焼法により界面はく離を抑制しながら、接着強度の高いダイヤモンド皮膜を合成することを目的とし、2段階合成法を用いダイヤモンド合成を行い、その際に合成された皮膜と界面はく離について検討を行った。ここで、ダイヤモンド皮膜合成の前処理である種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを変化させて前処理を行った WC 基板表面へ燃焼法によるダイヤモンド皮膜の合成を行った結果、ダイヤモンド粒子の大きさが変化することで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

1. 高橋 護, 伊藤俊一, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **71-703**, (2005), 578-583.
2. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 高温学会誌, **31-3**, (2005), 154-159.
3. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **73-725**, (2007), 125-130.
4. Takahashi, M., Harada, Y., Kamiya, O. and Ohyoshi, T., *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, Vol. 3, No. 6, (2009), pp. 853-864.
5. Polini, R., Allegri, A., Guarino, S., Quadrini, F., Sein, H. and Ahmed, W., *Thin Solid Films*, Vols. 469-470, (2004), pp. 161-166.
6. Geng, C. L., Tang, W. Z., Hei, L. F., Liu, S. T. and Lu, F. X., *International Journal of Refractory Materials and Hard Materials*, Vol. 25, No. 2, (2007), pp. 159-165.
7. Neto, M. A. and Pereira, E., *Diamond and Related Materials*, Vol. 15, Nos. 4-8, (2006), pp. 465-471.

Table 4 Results of delamination of the synthesized films in Case A and B.

	Case A	Case B
Non delamination	92.3 %	100.0 %
Half delamination	0.0 %	0.0 %
Delamination	7.7 %	0.0 %
Abnormal growth	0.0 %	0.0 %

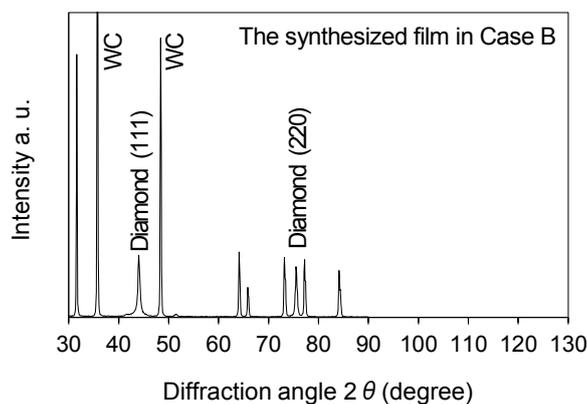


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case B.

以上のことから、ダイヤモンド皮膜合成の前処理である種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを变化させて前処理を行った WC 基板表面へ燃焼炎法によるダイヤモンド皮膜の合成を行った結果、ダイヤモンド粒子の大きさが变化することで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

結言

WC 基板表面上に燃焼炎法により界面はく離を抑制しながら、接着強度の高いダイヤモンド皮膜を合成することを目的とし、2段階合成法を用いダイヤモンド合成を行い、その際に合成された皮膜と界面はく離について検討を行った。ここで、ダイヤモンド皮膜合成の前処理である種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを变化させて前処理を行った WC 基板表面へ燃焼炎法によるダイヤモンド皮膜の合成を行った結果、ダイヤモンド粒子の大きさが变化することで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

1. 高橋 護, 伊藤俊一, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **71-703**, (2005), 578-583.
2. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 高温学会誌, **31-3**, (2005), 154-159.
3. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **73-725**, (2007), 125-130.
4. Takahashi, M., Harada, Y., Kamiya, O. and Ohyoshi, T., *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, Vol. 3, No. 6, (2009), pp. 853-864.
5. Polini, R., Allegri, A., Guarino, S., Quadrini, F., Sein, H. and Ahmed, W., *Thin Solid Films*, Vols. 469-470, (2004), pp. 161-166.
6. Geng, C. L., Tang, W. Z., Hei, L. F., Liu, S. T. and Lu, F. X., *International Journal of Refractory Materials and Hard Materials*, Vol. 25, No. 2, (2007), pp. 159-165.
7. Neto, M. A. and Pereira, E., *Diamond and Related Materials*, Vol. 15, Nos. 4-8, (2006), pp. 465-471.

高窒素鋼摩擦攪拌接合継手の機械的特性に関する検討

宮野 泰征

(第 14 研究グループ)

y.miyano@gipc.akita-u.ac.jp

概要：高窒素含有オーステナイトステンレス鋼は、オーステナイト安定化元素である Ni の代替に N を利用した材料で、高強度、高耐食性などの優れた材料特性を有する。しかし、熔融溶接等を実施した場合ブローホールや窒化物を容易に生成し、強度および靱性の低下を招く難溶接材料としての一面もある。書者等はこのような材料に対し摩擦攪拌接合の適用し機械的特性に優れた継手作製の可能性を検討している。接合時の冷却効果を検討する目的で、CO₂ を使用し継手の機械的特性におよぼすの影響を評価した。

キーワード：摩擦攪拌接合, 高窒素鋼, 冷却効果

独自性・実用性：

高窒素含有オーステナイトステンレス鋼に熔融溶接法を適用した場合、ブローホールの発生や窒化物の析出により健全な継手の作製は困難とされている。本研究では固相接合プロセス中の機械的特性・組織の制御という視点から摩擦攪拌接合の様々な難溶接材料に対し摩擦攪拌接合の適用を検討している。

1. 諸言

高窒素含有オーステナイトステンレス鋼（以下、高窒素鋼）は、オーステナイト安定化元素である Ni の代替として N を利用した材料で、高強度、高靱性、高耐食性などの優れた材料特性を有し次世代の構造用材料として魅力的な可能性を有する。しかしながら、この材料は過飽和固溶体である N が、溶接時の入熱により、ブローホールや窒化物を容易に生成してしまうため、強度・靱性の低下を誘引してしまう。これまで高窒素鋼を対象とした有効な接合技術の開発が望まれ、特に固相接合などの非熔融接合法の適用が検討されている。著者らは高窒素鋼を対象に摩擦攪拌接合パラメータに依存する入熱量の影響と継手特性の評価に関する検討を行っている。その結果、接合時の温度を、高窒素鋼状態図の FCC 単相領域に制御することにより、機械的特性に優れた継手を得ることに成功したり。本報告では、冷却効果による継手への影響を検討するために液体 CO₂ を用いた FSW 試験を行い、冷却効果が継手の機械的特性に及ぼす影響を検討した。

2. 研究方法

2.1 供試材料

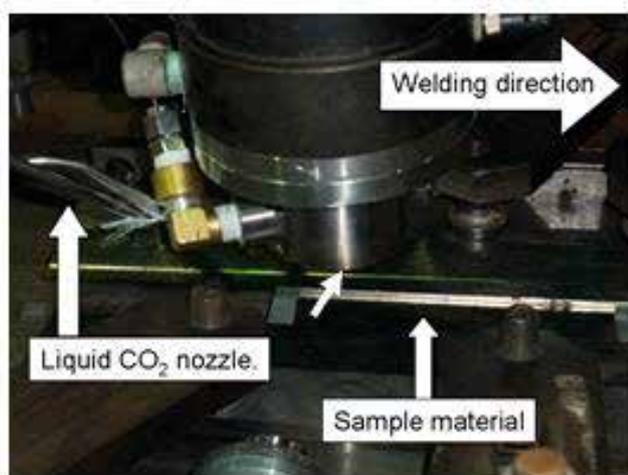


図 1. 摩擦攪拌接合試験セットアップの外観

供試材料は加圧 ESR (Pressurized Electro-Slag Remelting) 法で作製された Ni フリーの高窒素鋼を使用した。化学組成は Fe-23Cr-0Ni-1Mo-1N (mass %) である。供試材寸法は $150^L \times 30^W \times 2^T$ とした。

2.2 摩擦攪拌接合

摩擦攪拌接合条件は、ツール回転速度 400 rpm 一定とし、接合速度は 50、100、および 200 mm/min とした。接合ツールにはプローブを有する Si_3N_4 製ツールを使用し、ショルダ径は $\phi 15$ mm プローブ径は $\phi 6$ mm とした。接合は突合せで行った。また、本報告では冷却を目的に接合開始と同時にツール後方より液体 CO_2 を噴出させた。図 1 は摩擦攪拌接合試験セットアップの外観で、液体 CO_2 ノズル、接合ツール、および試料の位置関係の配置を示している。接合ツールは写真中央の矢印が示す場所に装着されており、ノズルとの距離は約 70 mm とした。

2.3 継手断面組織観察

継手断面観察は、接合方向に垂直な断面を、耐水研磨紙 (#1500 まで) で研磨した後、バフ研磨 (ダイヤモンドペースト $1\mu m$ まで) を実施し、王水で腐食後、観察をした。

2.4 硬さ試験

継手部のビッカース硬さ分布は、接合方向に垂直な断面で行い、攪拌部、熱影響部、および母材にまたがる範囲に 50 mm の測定区間を設定し、4.9N の荷重を 15 秒保持する方法で行った。圧子を印加する間隔は 500 μm とした。

3. 実験結果および考察

図 2 に接合部の断面マクロ観察結果を示す。断面観察より攪拌部が裏面にまで到達している健全な継手が作製できている様子を確認した。また、入熱量が大きい 50 mm/min の攪拌部底部の幅と、入熱量が小さい 200 mm/min の攪拌部底部の幅は同程度であり、接合パラメータに依存した攪拌部領域の大きさの違いは確認されなかった。

図 3 に液体 CO_2 を用いた場合の FSW 継手断面ビッカース硬度分布を示す。全ての接合条件で攪拌部の硬度上昇を確認することができた。しかしながら、高窒素鋼に対する摩擦攪拌接合を特別な冷却方法を用いずに行った研究例¹⁾²⁾で報告されるような攪拌部での急激な硬度分布の上昇は確認されなかった。これについては液体 CO_2 の冷却効果によりクロム窒化物の析出が抑制された可能性を考察している。

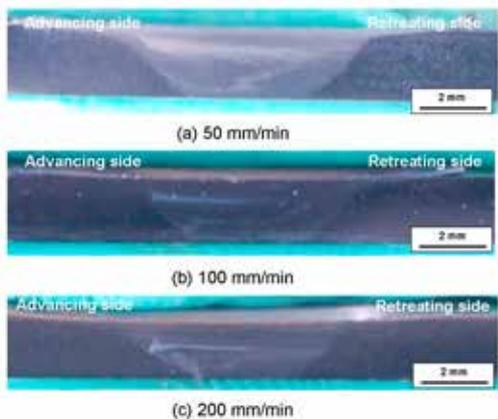


図 2. 接合条件ごとの拌接合部断面マクロ組織

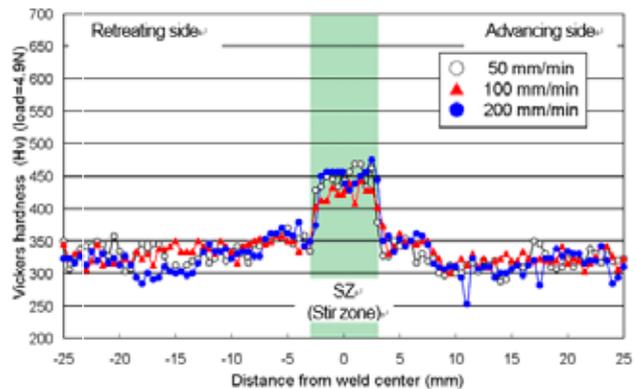


図 3. 接合継手断面のビッカース硬度分布

結言

- (1) 高窒素鋼を対象に冷却源に液体 CO_2 を用いた摩擦攪拌接合試験を行った。
- (2) ツール回転速度 400 rpm 一定、接合速度 50、100、200 mm/min の条件で突合せ条件で、接合プロセス中の冷却効果の影響について、断面観察、ビッカース硬度の結果を基に評価した。
- (3) ビッカース硬度測定で評価した結果、他の研究例と比較して攪拌部の硬度上昇が緩やかになったことを確認した。

参考文献

- 1) Yasuyuki Miyano, Hidetoshi Fujii, Yufeng Sun, Yasuyuki Katada, Shuji Kuroda, Osamu Kamiya: “Mechanical properties of friction stir butt welds of high nitrogen containing austenitic stainless steel”, Material Science and Engineering A, 528, 6, 15, 2011, pp.2917-2921.
- 2) 佐藤裕, 中村圭, 粉川博之, 成田修二, 清水哲也, “1.3%超高窒素鋼の摩擦攪拌接合”, CAMP-ISIJ Vol. 22 (2009) 1145-1146

超音波を用いたモノエタノールアミンからの二酸化炭素 の低温脱離

大川 浩一，菅原 勝康

(第 15 研究グループ)

okawa@mine.akita-u.ac.jp

概要：二酸化炭素の地中貯留(CCS)が、温暖化対策の技術として実用化が期待されている。火力発電所などから排出されるガスから二酸化炭素を回収する必要があるが、その際にモノエタノールアミンが使用されている。モノエタノールアミンは単位重量当たりの二酸化炭素吸着量が多いのが特徴であるが、二酸化炭素を脱離する際に 120℃といった高い温度が必要となる。そこで、本研究では、超音波の脱気作用を応用して低温でモノエタノールアミンから二酸化炭素を脱離することを検討した。また、その二酸化炭素を利用して、機能性材料の合成についても検討した。

キーワード： CCS，二酸化炭素，モノエタノールアミン，超音波，脱気

独自性・実用性：

本研究グループでは、ピチューメンやオイルサンドから効率的に脱硫を行う研究を行っています。また、電池材料をはじめ、機能性材料等を超音波による物理作用および化学作用を選択的に利用することで合成する材料の粒径制御する研究を行っています。

本研究では、超音波による脱気作用に注目して、モノエタノールアミンで吸収した二酸化炭素を室温で迅速に脱離することを検討した。

本研究に関する論文

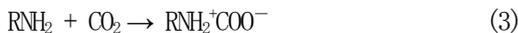
1. 藤原達央，大川浩一，加藤貴宏，菅原勝康：超音波と塩化カルシウムを用いたモノエタノールアミン溶液からの二酸化炭素の脱離，石油技術協会誌，81(5)，pp.418-419 (2016)
2. 大川浩一，藤原達央，加藤貴宏，菅原勝康：低濃度モノエタノールアミン溶液からのCO₂脱離を目的とした超音波照射と塩化カルシウムの利用，超音波 TECHNO 28(4)，61-65 (2016)
3. Kosuke Tanaka, Hirokazu Okawa, Tatsuo Fujiwara, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara : Desorption of CO₂ from low concentration monoethanolamine solutions using calcium chloride and ultrasound irradiation, Japanese Journal of Applied Physics, 54, 07HE08 (2015)
4. Kosuke Tanaka, Tatsuo Fujiwara, Hirokazu Okawa, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara: Ultrasound Irradiation for Desorption of Carbon Dioxide Gas from Aqueous Solutions of Monoethanolamine, Japanese Journal of Applied Physics, 53(7S), pp.07KE14-1-5 (2014)

1. はじめに

火力発電所などから排出される二酸化炭素(CO₂)は温室効果ガスの一つとして考えられており、大気中への排出を抑制することが望まれている。現在、注目されている技術の一つに二酸化炭素の分離・回収および地下貯留(carbon dioxide capture and storage)がある。これは、モノエタノールアミン(MEA)などの化学吸着剤を用いて、排出ガス中から CO₂を分離・回収した後、その溶液を加熱することで CO₂を脱離し、純度の高い CO₂にした後、それを地下の貯留層へ超臨界状態で圧入する技術である。化学吸着剤としては、MEA が主に使用されているが、これは他のアミン系の吸着剤と比較して、単位重量当たりの CO₂ 吸収量が多く、反応性、価格面で優れているためである。MEA の課題は、吸収した CO₂ を脱離するために液温を 120℃ と高温まで高める必要があることである。そこで、我々は超音波の脱気作用に注目して、低温における MEA 溶液から CO₂ の脱離を検討してきた⁽¹⁾⁻⁽³⁾。超音波は溶液中のガスの脱気利用されているが、MEA 溶液からの CO₂ 脱離に利用した例はない。そこで、本研究では、0.2M の MEA を用いて、二酸化炭素の脱離における超音波の利用を検討した。さらに、二酸化炭素回収量の増進と二酸化炭素を利用した機能性材料の合成を行うことを目的に塩化カルシウム(CaCl₂)溶液の利用を検討した⁽²⁾⁽³⁾。

2. 実験方法

CO₂を吸着した MEA 溶液(CO₂-MEA)を準備するために、0.2 mol/L の MEA 溶液 30 mL に排気ガスを模擬した混合ガス(CO₂ 10%+ N₂ 90%)を 200 mL/min で 30 分間、攪拌(750 rpm)を行いながら吹き込んだ。吹き込み開始から 15 分で CO₂ 吸収量および pH 変化に大きな変化が見られなくなった。MEA 溶液は式(1)のように、MEA の一部が解離するため塩基性を示すが、CO₂ を吹き込むと(2)-(5)式からわかるように、OH⁻が消費され、pH は低下する⁽⁴⁾⁻⁽⁷⁾。また、(6)-(7)式の反応によっても pH は低下する。この pH 低下は 60 分以降では確認できないため、以後の CO₂ 脱離実験には 60 分間、混合ガスを吹き込んだものを使用した。



(R は C₂H₅O、RNH₂ は MEA、RNHCOO⁻ はカルバメートイオンを表わす。)

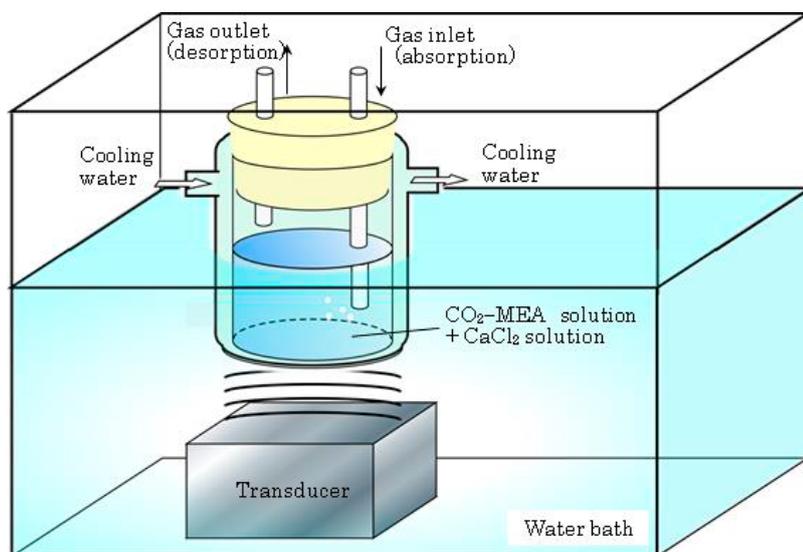
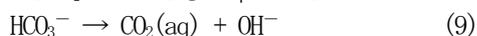
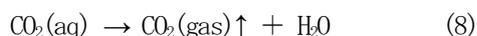


図1 CO₂脱離実験の装置図

3. 結果と考察

CO₂ 脱離実験は、図 1 に示すように、周波数 281Hz 装置出力 200W の超音波を用い、平底ビーカーの底から CO₂ を 60 分吹き込んだ後の (0.16M の CO₂ を吸着した) MEA 溶液 (60 mL) に対して、5 分間照射して脱離処理を行った。振動子から発振される超音波は、水槽の水を介してビーカー内の溶液に届くため、その強度は減衰する。そこで、溶液内の超音波強度をカロリメトリ法から求めたところ 11.6 W であった。照射時の溶液の温度は、循環水を利用して 25 ± 4°C に保った。CO₂ の脱離量は全有機炭素計を用いて定量した。比較実験は、超音波の代わりに攪拌 (1500 rpm) を用いて実施した。溶液温度を変化させて、脱離実験を行った結果を図 2 に示す。攪拌、超音波ともに、液温が高くなるに従い CO₂ の脱離率 (脱離した CO₂ 量/MEA 溶液が吸収した CO₂ 量×100) が高くなることがわかる。攪拌と超音波を比較すると、定温では超音波の方が高い CO₂ 脱離率を示すことがわかる。これは、超音波による脱気作用によるもので、溶存 CO₂ が気体として液外へ放出されると考えられる (式(8))。また、溶存 CO₂ が脱気されることで溶液中の CO₂ と関係するそれぞれの平衡が式(9)および(10)のように移動し、(8)式により濃度が低下した溶存 CO₂ を他の形態から補充することで、結果として MEA から CO₂ が脱離したと考えられる。



CO₂ の脱離は 25°C において超音波の方が有利であったが、その脱離率は 16%と低い値であった。近年、小嶋らによって、CO₂ を吸収させた MEA 溶液にカルシウム化合物を加えると、容易に CO₂ が脱離し、炭酸カルシウム (CaCO₃) が合成できることが報告されている⁽⁸⁾。そこで次に、脱離率を向上させるために CaCl₂ を添加して実験を行った。MEA 溶液 (0.2 M) に CO₂ を 0.16 M 吸着させた 30 mL の溶液に塩化カルシウム溶液 (0.1 M) 30 mL を添加しながら、超音波照射もしくは攪拌を 25°C で 5 分間行った。その結果、CO₂ ガスとしての脱離率 (DCO₂) 40.4%、固体である CaCO₃ としての脱離率 (DCaCO₃) 38.4%を示した。すなわち、合計の二酸化炭素脱離率は 78.8%であり大幅に改善された。現在、その理由について考察を行い、論文投稿中である。今回の脱離過程で生成した CaCO₃ はカルサイトの単一相であった。また、超音波の代わりに攪拌にて得られた CaCO₃ はバテライトとカルサイトの二相であった。粒形も異なり、超音波では比較的均一な粒径を有する菱面体の粒子が生成し、攪拌では粒径が不均一な球状のものが得られた。この理由についても、現在検討中である。

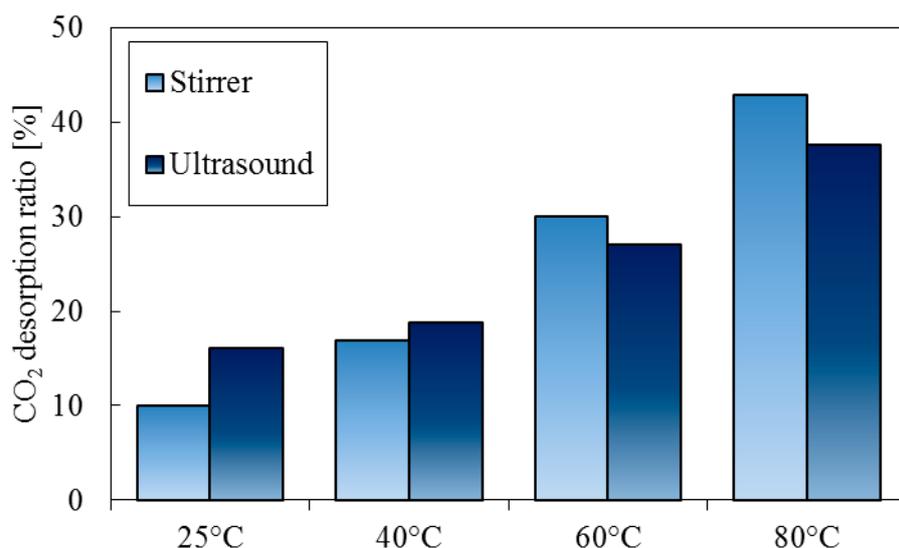


図 2 各溶液温度における超音波および攪拌処理による MEA からの CO₂ の脱離率

4. おわりに

モノエタノールアミン (0.2 M) から CO₂ を低温で脱離するために、超音波の利用を検討した。低温 (25°C) において超音波を照射 (5 分間) することは MEA 溶液からの CO₂ 脱離に効果があった。しかしながら、その脱離率は 16% 程度であった。そこで、超音波照射と CaCl₂ の添加を組み合わせることで、CO₂ の脱離率の改善を検討したところ、その値は大幅に向上した。本研究では、CO₂ をガスとして回収し、炭酸カルシウムの生成量をなるべく抑制することが目的であるため、今後は、超音波照射と組み合わせる塩化カルシウムの濃度を低下させることを検討している。また、今回は、0.2 M という低濃度の MEA に対して超音波と塩化カルシウムによる CO₂ 脱離を検討したが、今後はより高い濃度に応用したいと考えている。最後に、今回、超音波で生成した炭酸カルシウムは、粒径・粒形が均一であることから、石炭火力発電所などで化石燃料を燃焼した際に排出される硫黄酸化物の除去への利用が期待できる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 15K06638 の助成を受けたものです。

文 献

参考文献

- (1) K. Tanaka, T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara: "Ultrasound irradiation for desorption of carbon dioxide gas from aqueous solutions of Monoethanolamine", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 53, 07KE14 (2014)
- (2) K. Tanaka, T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara: "Desorption of CO₂ from low concentration monoethanolamine solutions using calcium chloride and ultrasound irradiation", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 54, 07HE08 (2015)
- (3) Tatsuo Fujiwara, Hirokazu Okawa, Takahiro Kato and Katsuyasu Sugawara: "Synthesis of calcite-type calcium carbonate using monoethanolamine and calcium chloride under ultrasound irradiation", Proceedings of Symposium on Ultrasonic Electronics, Vol. 36, 1P4-10, (2015)
- (4) M. Vučak, J. Perić, A. Žmikić, and M. N. Pons : "A study of carbon dioxide absorption into aqueous monoethanolamine solution containing calcium nitrate in the gas-liquid reactive precipitation of calcium carbonate", Chem. Eng. J. Vol. 87, 171-179 (2002).
- (5) A. Aboudheir, P. Tontiwachwuthikul, A. Chakma, and R. Idem : "Kinetics of the reactive absorption of carbon dioxide in high CO₂-loaded, concentrated aqueous monoethanolamine solutions", Chem. Eng. Sci. 58, 5195-5210 (2003).
- (6) Sadjad Fakouri Baygi, Hassan Pahlavanzadeh : "Application of the perturbed chain-SAFT equation of state for modeling CO₂ solubility in aqueous monoethanolamine solutions", chemical engineering research and design, Vol. 93, 789-799 (2015)
- (7) Young Eun Kim, Jin Ah Lim, Soon Kwan Jeong, Yeo Il Yoon, Shin Tae Bae, and Sung Chan Nam : "Comparison of Carbon Dioxide Absorption in Aqueous MEA, DEA, TEA, and AMP Solutions", Bull. Korean Chem. Soc. Vol. 34, No. 3, 783-787 (2013)
- (8) 小嶋芳行、吉武究、梅垣哲士、西宮伸幸 : "モノエタノールアミンと塩化カルシウムを用いた炭酸カルシウムとしての二酸化炭素の固定", J. Soc. Inorg. Mater. Japan, 3, 293-302 (2012)

価値工学視点に基づく高環境効率製品の設計指針導出

三島望

(第 16 研究グループ)

nmishima@gipc.akita-u.ac.jp

概要：近年あらゆる工業製品において環境適合性が求められるが、その際に重要となる考え方が環境効率である。環境効率の高い製品はユーザに高く評価されると同時に環境負荷が低いことを示しており、低環境負荷製品の普及の鍵となるからである。本研究においては、価値工学視点に基づき、製品の機能だけでなく外観上の項目も含めて評価を行い、それらの製品属性を作りこむために要する環境負荷の増大分との対比を考える。

キーワード：環境効率，価値工学，コンジョイント分析

独自性・実用性：

設計評価の手法は多くの方法が提案されており、そういった方法を製品設計において用いてゆくことが重要である。本研究項目は製品設計においては考慮しないことの多い、色、手触りなどの外観設計項目を機能設計項目と統一的に評価している点が独自性のある点である。

また、ユーザにとっての各設計項目の重要度を明らかにするためにコンジョイント分析という方法を採用している。コンジョイント分析は実際に市場調査に用いられている方法であり、実用性の高い方法である。

1 INTRODUCTION

Many studies regarding design methodologies have been carried out in order to enhance product functions. On the other hand, some case studies [1, 2] regarding quantitative evaluation of visual design features such as shape, color, texture and so on have been studied, but are still insufficient. However, since visual design features are also important for customers in determining which product to buy. Enhancing product functions usually causes larger environmental impact. But, some visual design features can be modified without increasing environmental impact. Thus, focusing on visual design features might be a solution to design sustainable products. At least, favorite visual designs can be enough reasons for customers to use the product for long.

In our previous study, we have proposed a method to quantify weights of functional and visual design features. The study focused on smart phone as a case study and extracted color, texture, thickness and “customizability” as visual design features.

“Customizability” can be a little strange visual design feature. Which means that the accessory parts like Fig.1 to 4, and does not directly means that the product has an optional accessory, pens, etc.

It does not directly mean with or without optional parts. The product feature “customizability” means whether there are many possible choices in choosing the optional parts. And also battery capacity was focused on to compare to the visual design features, applying pair comparison method. Then, the calculated weights of the features were integrated with the weights of functional design features including battery capacity, found in other study. The previous study clarified that there is not a big difference between the weights of memory size and customizability. This result suggested that important visual design features are comparably important to functional design features. It is well-known that ICs contain metals with large environmental impact such as gold, silver, etc. And ICs are fabricated through complicated processes using large amounts of water and electricity. So, if “memory size” is not very important for customers, it is not eco-efficient to focus on such function. Instead, it might be possible to design attractive and sustainable products by focusing on “customizability” which seems almost equally important for customers as “memory size.” This study extends the previous study and compares the environmental impact of increasing memory size versus that of increasing customizability quantitatively. Through the effort, the

paper tries to discuss a way to design attractive products without increasing the environmental impact. For environmental impact assessment, LCA will be used. By dividing the weights of the design features by corresponding environmental impacts, it will be possible to calculate eco-efficiency of each design feature. Examining the result, the study tries to extract a strategic guideline to design eco-efficient product.



Fig.1: Rubber case for protection



Fig.2: Hard plastic case



Fig.3: Leather case



Fig.4: Neon screen protection film

2 APPROACH OF THE STUDY TOWARDS ECO-EFFICIENT DESIGN

As it was mentioned above, the previous survey told us that some of the visual design features are almost equally important for customers as some of the functional design features. For example, in order to increase memory size of a smartphone, NAND type [3] flash memory chip includes some amount of gold or silver that have large impact on environment. Plus, since IC chips are produced through complicated fabrication process using water, electricity, reactive gas, and so on, it has been shown [4] that production stage of IC has a large environmental burden. One of the books [5] says 70-90% of the total environmental burden of electronics production is from ICs production. Therefore, if memory size is not really important for customers, focusing on such function is not an eco-efficient way to produce the electronics. Instead, it can be possible to design a more attractive and sustainable product by focusing on “customizability” which seems equally important as “memory size.”

This paper is based on our previous paper [6], but at the same time, as an extent, the paper quantifies the actual environmental burden of increasing memory size versus enhancing customizability. Throughout this effort, the paper tries to propose an approach to design attractive but environmentally benign product. In order to assess environmental burden LCA will be used. Plus, AHP (Analytical Hierarchy Process, [7]) will be used to know the attractive product. Then, by calculating the eco-efficiency of alternative design plans, it is possible to obtain a guideline to design eco-efficient product.

3 ANALYTICAL METHOD

3.1 Survey method for customers' wants

This study uses a pair comparison method used in AHP in order to know the weights of different design features. In the precious paper, weights of 8 different design features of smartphones have

been investigated. Fig.5 shows the result of the survey which was carried out to 70 smartphone users. In this paper, we focus on “Memory size” which is the least important functional design feature and “customizability” which is the most important visual design feature.

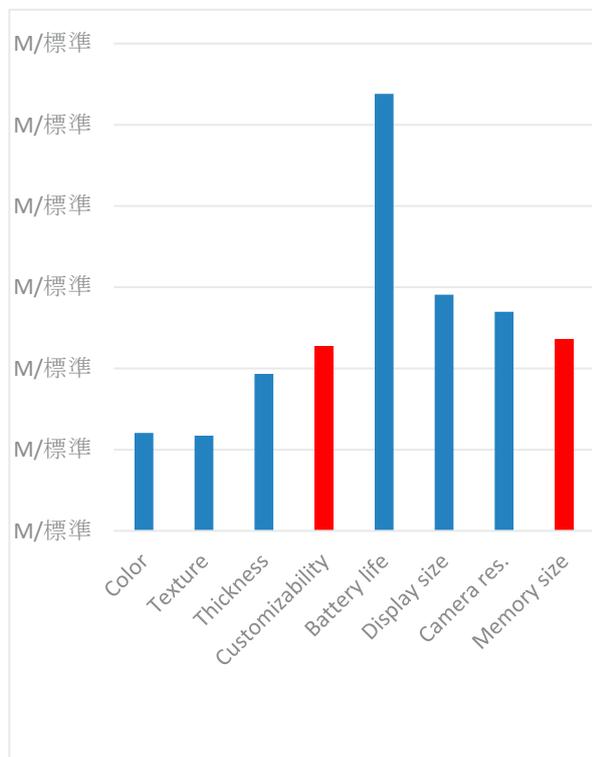


Fig.5: Weights of 8 design features including functional features and visual features

The next step of AHP analysis is to compare perception alternative design plans and calculate weights of the plans. For the purpose, we made two different alternatives for two design features that we focused on. As for “memory size,” two different plans 32GB type and 128GB type were provided. As for “customizability,” two different plans that are “number of available option parts is 1 to 10” and “number of available option parts” is more than 10, were provided also. Fig.6 is the schematic view of the procedure to evaluate alternative proposals using AHP. Four alternative proposals were decided as following.

- A: Memory capacity 32Gb / Customizability 1~10 type
- B: Memory capacity 32Gb / Customizability more than 10 types
- C: Memory capacity 128Gb / Customizability 1~10 type
- D: Memory capacity 128Gb / Customizability more than 10 types

It was set that alternative proposals with 128GB memory are about 10 thousand JPY expensive than 32GB type. Again, four

alternative proposals were compared by pair comparison. The questionnaire was almost same as that used when the weights of 4 visual design features were decided.

Each respondent has to answer 6 questions like Fig.7. When the respondent compares plan A and B, and he/she thinks plan A is absolutely better than B, he/she should mark 9. By answering to 6 questions, relational matrix like Table 1 will be obtained. By applying statistical analysis of Eq. (1) and (2), weights of 4 alternative proposals evaluated by the respondent can be calculated.

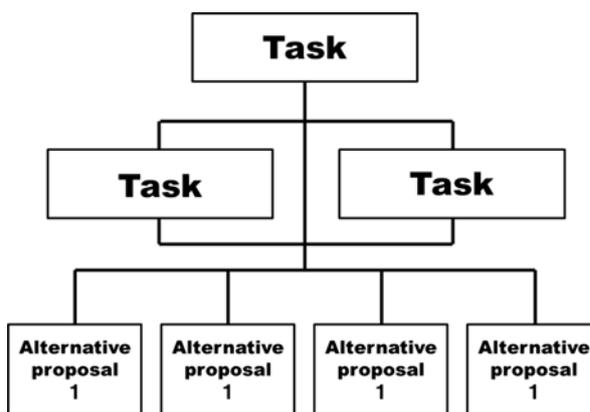


Fig.6: Procedure of AHP

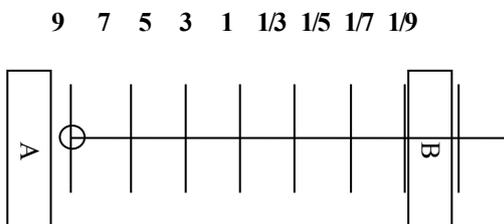


Fig.7: Example of a question for pair comparison

- If A is absolutely important than B, 9 is marked.
- If A is rather important than B, 7 is marked.
- If A is important than B, 5 is marked.
- If A is somewhat important than B, 3 is marked.
- If A and B is equally important, 1 is marked.
- If B is somewhat important than A, 1/3 is marked.
- If B is important than A, 1/5 is marked.
- If B is rather important than A, 1/7 is marked.
- If B is absolutely important than A, 1/9 is marked.

Table 1 Sample matrix to calculate relative importance of 4 alternative proposal

	A	B	C	D
A	1	w_1/w_2	w_1/w_3	w_1/w_4
B	w_2/w_1	1	w_2/w_3	w_2/w_4
C	w_3/w_1	w_3/w_2	1	w_3/w_4
D	w_4/w_1	w_4/w_2	w_4/w_3	1

w_1-w_5 : relative importance of 4 alternative proposals

$$W_i' = \frac{w_i^4}{w_1 w_2 w_3 w_4} \quad (1)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sqrt[4]{w_1 w_2 w_3 w_4}} \quad (2)$$

W_i : relative importance of spec i

w_i : absolute weight of spec i

3.2 Environmental burden of alternative proposals

The paper also evaluated environmental burden of each alternative proposals by using LCA (Life cycle assessment). Based on an previous case study regarding LCA of semiconductors [8], global warming potentials of life cycle of 96GB flash memory was calculated as 0.534 kg-CO_{2eq}. A process data says 128GB memory chip consists of 4 layers, while 32GB memory chip is single layer. Although complexity of memory chip has increased a lot since the time of above-mentioned case study till now. efficiency of semi-conductor fabrication process can be improved also. So, in this study, it was assumed that CO2 emission of 128GB memory chip is larger than that of 32GB chip for 3 ICs production.

As for customizability, it is unsure how much amount of environmental burden increases per one mobile phone. But, since most of the plastic cases for mobile phone is fabricated by injection molding or die-casting. And such method produces as least 10,000 products per a mold. So, increase of environmental impact by increasing an optional part can be rather small. In addition, increase of number of optional parts does not directly result in increase of number of molds, when the number of shots of each mold is larger than 10,000. Table 2 shows the calculation result of environmental burden of each alternative proposal.

Table 2 Environmental burden of enhancing design features

Design change	Increase of environmental burden [kg-CO ₂ /unit]
Memory size; 32GB to 128GB	1.6
Customizability: increasing of variations of	0

optional parts	
----------------	--

4 RESULT OF THE ANALYSIS

4.1 Weight of the plans

The calculated weights of 4 alternative proposals based on the survey is shown in Table 3. And Fig.8 is the view graph for the same result. As it is shown in the figure, higher specification is favored by users basically. However, by comparing proposal B and C, it is evident that “customizability” is more preferred than “memory size.”

Table 3 Relative importance of alternative proposal

Alternative proposal	Relative importance
A	0.1500
B	0.2620
C	0.2031
D	0.3849

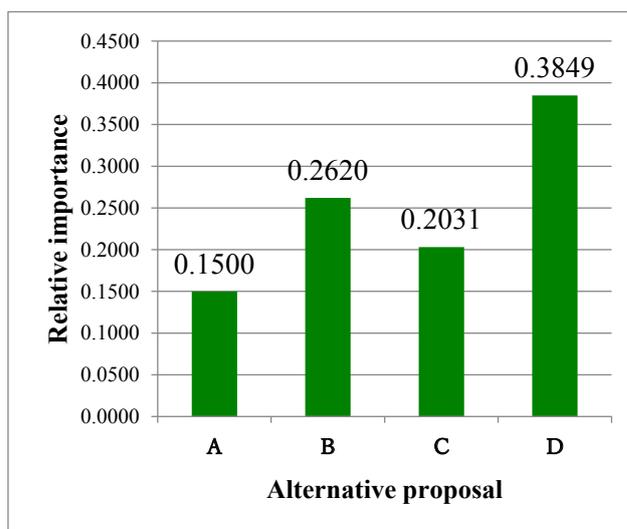


Fig.8: Relative importance of alternative proposals

4.2 Value aspects of alternative proposals

In order to calculate eco efficiency of alternative proposals, it is necessary to know not only environmental burden but also “value” of each proposal. In the previous paper, weighs of 8 design features were calculated as Fig.3. Among the design features, sum of “customizability” and “memory size” was 0.232. This weight is corresponding to the weight of alternative proposal A, since weight of basic specifications were surveyed through a questionnaire. In this study, it was assumed that the sum of values of two design features will linearly increase accordingly to the weight of the corresponding alternative plan. Thus, values of 4

alternative plans are values of 2 design features plus values of other 6 features. Total value of 4 alternative proposals can be assumed like Table 4 with the basic plan being A. Alternative plans and corresponding values and environmental burden of production stages of a mobile phone [9] are shown in the table.

Table 4 Total value and environmental burden of 4 alternative proposals normalized by value of original plan A

Alternative proposal	Value	Environmental burden of production (kg-CO2)
A	1	14.2
B	1.17	14.2
C	1.08	15.8
D	1.36	15.8

4.3 Discussion

From the assumptions shown in Table 4, eco-efficiency of each alternative proposal can be calculated, since product eco-efficiency is defined by product value divided by environmental burden. The calculation can be visualized as Fig.9.

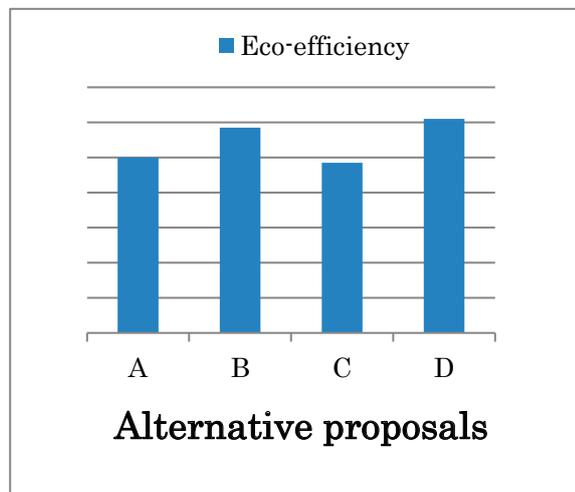


Fig.9 Eco-efficiency of alternative proposal

5 SUMMARY

In our previous paper, importance of each design feature was clarified. The result of the survey showed that basically functional design features are more important for customers than visual design features. However, by comparing proposal B and C, it is evident that “customizability” is more preferred than “memory size.” Of course, the price difference and existence of cloud service may affect the result. But, this can be a hint for designing eco-efficient products. Sometimes, designers should focus on surrounding system of the product such as

REFERENCES

- [1] Ujiie, Y., Matsuoka, Y.: Macro-informatics of cognition and its application for design, *Advanced Engineering Informatics* 23 (2009) 184–190.
- [2] Yanagisawa, H., Takatsuji, K.: Effects of Visual Expectation on Perceived Tactile Perception: An Evaluation Method of Surface Texture with Expectation Effect, *International Journal of Design*, Vol. 9, No. 1 (2015) 39-51.
- [3] NAND
- [4] Nakajima, K., Yamamoto, K., Nakano, K., Kuro-da K., Halada, K., Nagasaka, T., *Recycle-Flow Analysis of Used Cellular Phone Based on Total Materials Requirement*, *Journal of Life Cycle Assessment Japan*, Vol.2. No.4, 341-346 (2006) (In Japanese)
- [5] Hu, W.C., Kaabouch, N.: *Sustainable ICTs and Management Systems for Green Computing*, Information Science Reference, Chapter 11.
- [6] Naito, T., Mishima, N., *Integrated Evaluation of Functional and Visual Design towards Sustainability*, *Proceedings of Electronics Goes Green 2016*, September 2016, Berlin, Germany.
- [7] Ishizaka, A., Labib, A., *Review of the main developments in the Analytic Hierarchy Process*, *Expert Systems with Applications* 2011, 38(11), 14336-14345.
- [8] Boyd, S.B., *Life Cycle Assessment of Semiconductors*, Ph.D. thesis in UC Berkeley, can be obtained from http://digitalassets.lib.berkeley.edu/etd/ucb/text/Boyd_berkeley_0028E_10192.pdf.
- [9] Takeshima, A., et.al, *A Life Cycle Assessment of Mobile Phones*, Master thesis of Musashi Institute of Technology, can be obtained from <http://www.yc.tcu.ac.jp/~itsubolab/research/pdf/casestudy/cs2005-c.pdf>. (In Japanese)

セルビア国ボール銅鉱山地域の河川水中の 金属元素の分布

石山大三

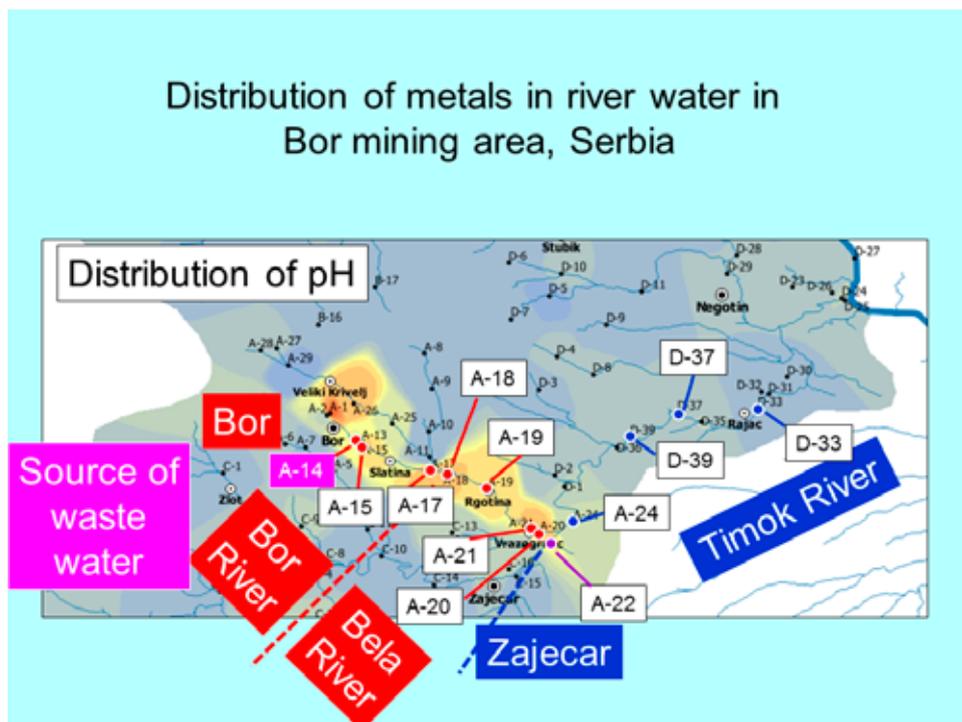
(第4研究グループ)

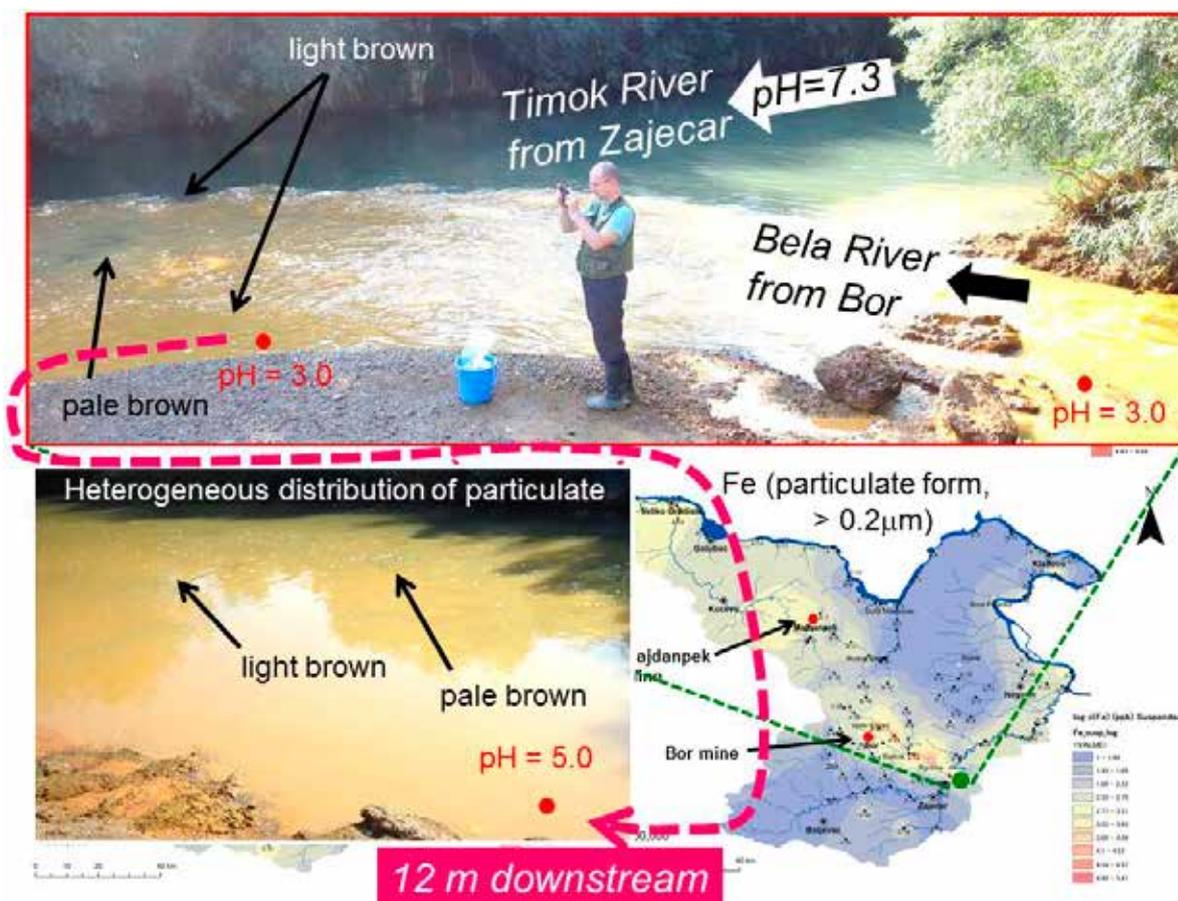
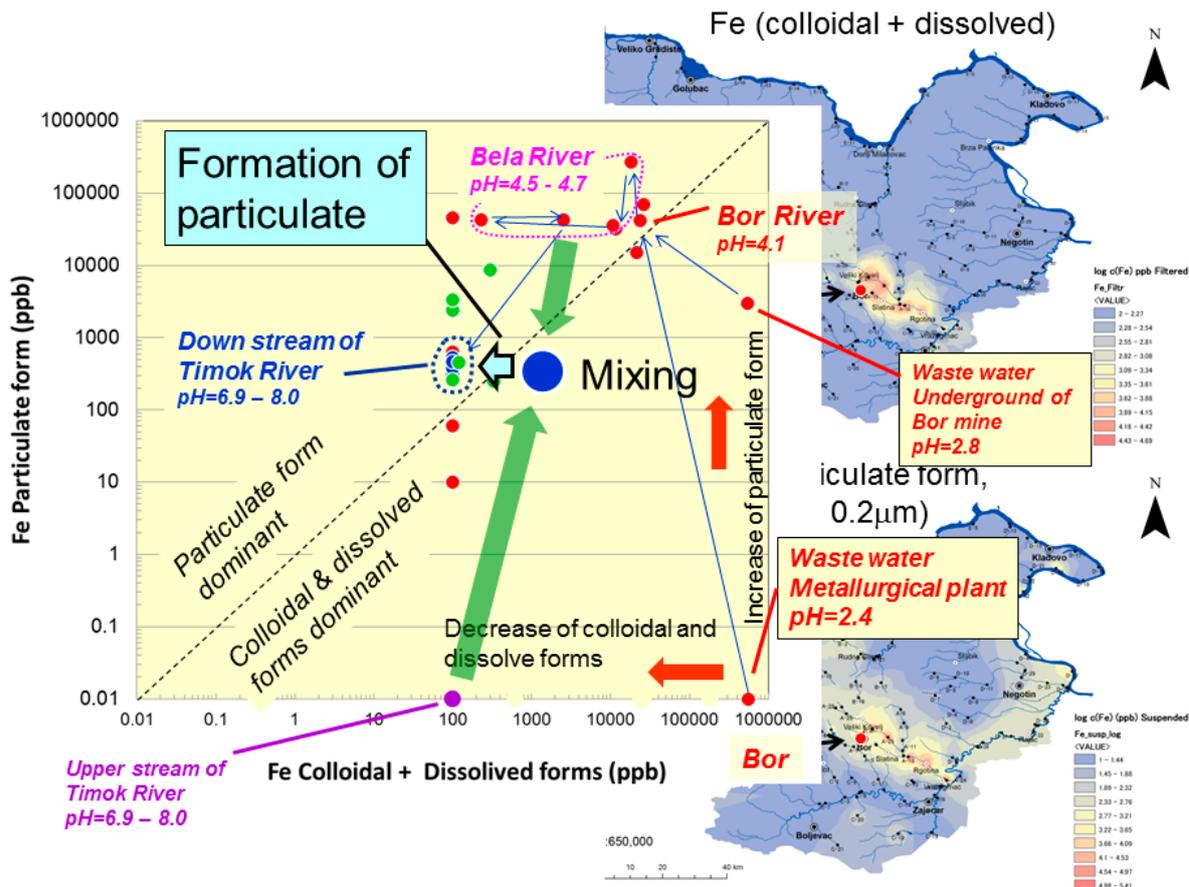
ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp

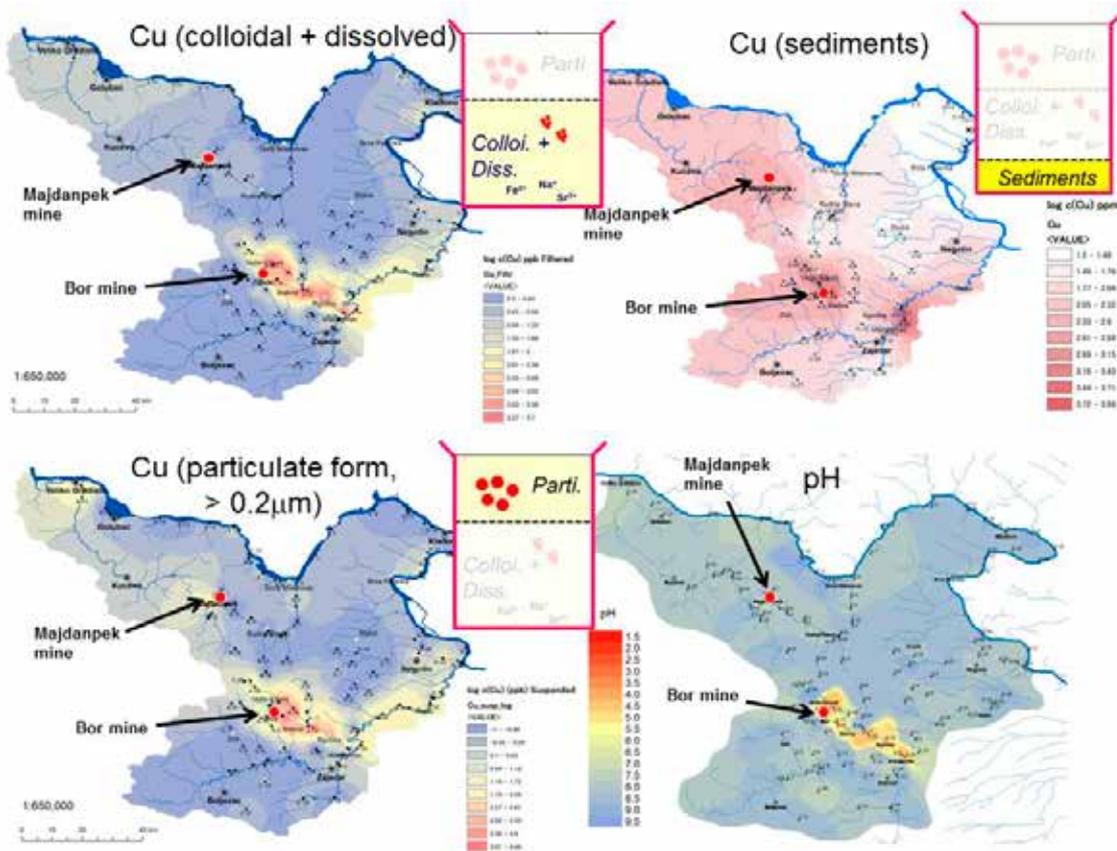
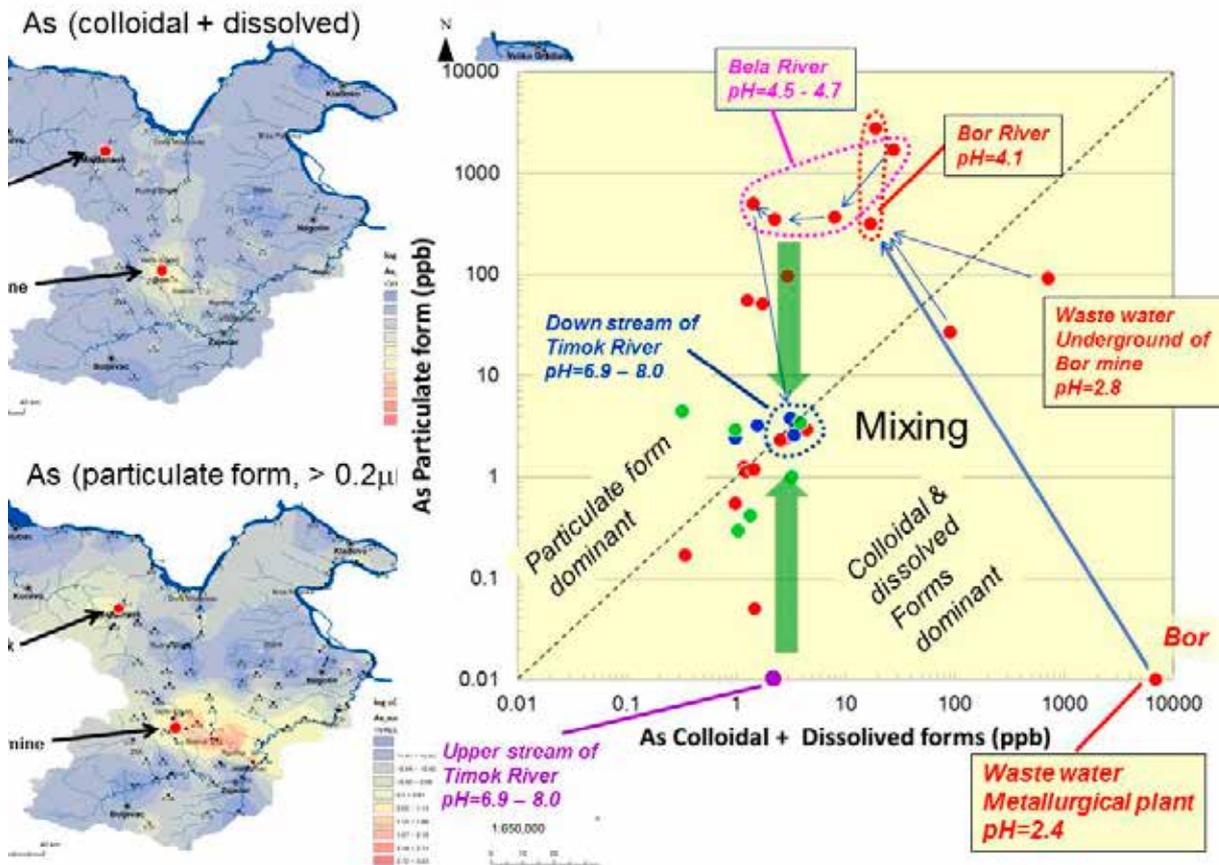
概要：セルビア国ボール斑岩銅鉱床地域の河川における重金属の分布と移動機構について地球化学的データに基づき検討を行った。製錬所を伴うボール鉱山からの廃水が流れるボール川、ベラ川の河川水は鉱山廃水により汚染を受けている。鉄とヒ素は、鉱山廃水排出地点では溶存形態で存在するが、河川水と混合し、pHが4以上で、懸濁物態で存在するものが卓越する。銅については河川水と混合後は懸濁物態の割合が増加するが、溶存形態と懸濁物態で運搬される銅が等量程度であることが明らかになった。

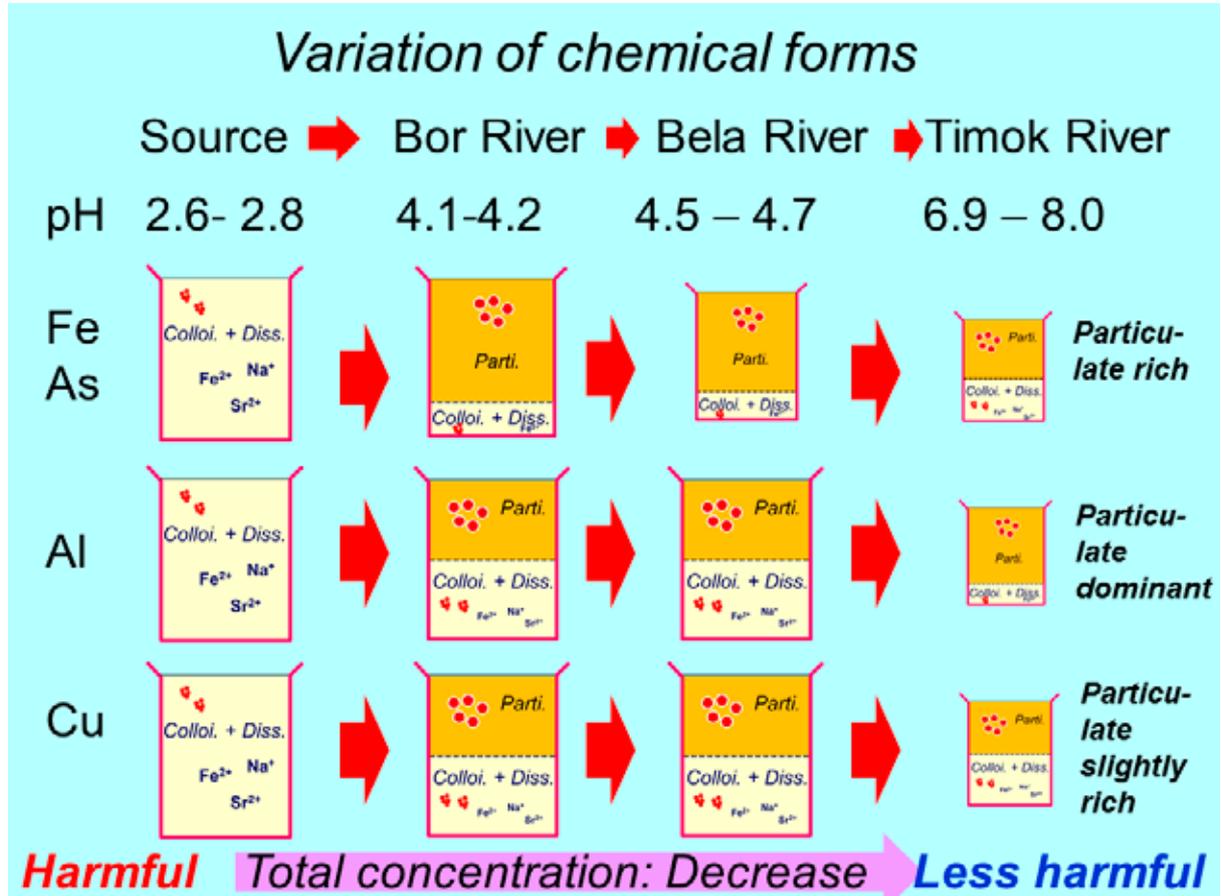
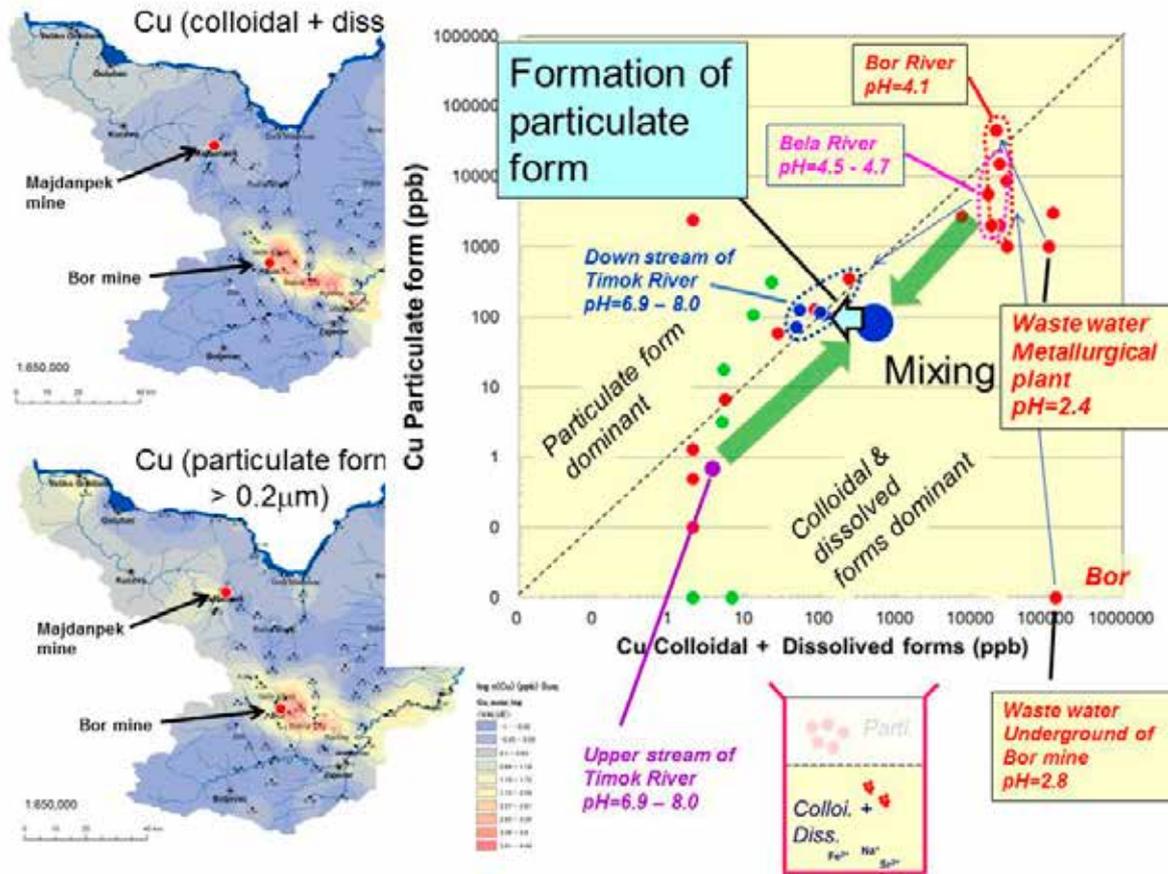
独自性・実用性：

これまで鉱山廃水に関わる汚染の研究では、化学形態別の元素の運搬機構が検討されることはほとんどなかった。今回の研究結果は、汚染された河川水においても元素により下流への元素運搬の際の化学形態に違いがあることが明らかにされた。同じ元素でも溶存態の形態よりも、懸濁物態の化学形態のほうが、生物等には影響が少ないと考えられており、生物等への影響が緩和される方向で金属元素の移動が起こっていることが推定される。このように河川を通じて有害元素が運搬され汚染が拡大されるときに、元素の化学形態を知ることによって人間や生物への影響を評価する基礎データを取得することを示している。









Summary

1. Quantities of particulate form of Fe, As, Al and Cu are increased in river waters of Bor and Bela Rivers.
2. Fe, As and Al in river water of Timok River are transported as particulate form.
3. Cu in river water of Timok River is thought to be transported as particulate rather than colloidal and dissolved forms.

希少金属化合物を用いる生物活性パラターフェニル系 天然物の全合成研究

藤原 憲 秀

(研究グループ②, 理工学研究科生命科学専攻)

fwkn@gipc.akita-u.ac.jp

概要：希少金属のパラジウムとロジウムを有機化学反応の触媒として活用し、新たに医薬品のリードとなる可能性のある生物活性天然物の全合成を検討した。具体的には、変形菌由来の癌細胞増殖抑制阻害物質である、ジベンゾフランを含むパラターフェニル系天然物のケホコリン A と B を標的に、パラジウム触媒鈴木カップリング反応によるパラターフェニル部の構築を検討した。また、ケホコリン D と E について Wilkinson 触媒[2+2+2]環化付加反応を基盤として、短段階合成経路の実現を検討した。それぞれ、全合成の直前まで進捗した。

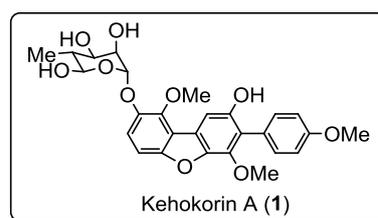
キーワード：金属触媒反応, クロスカップリング反応, [2+2+2]環化付加反応

独自性・実用性：

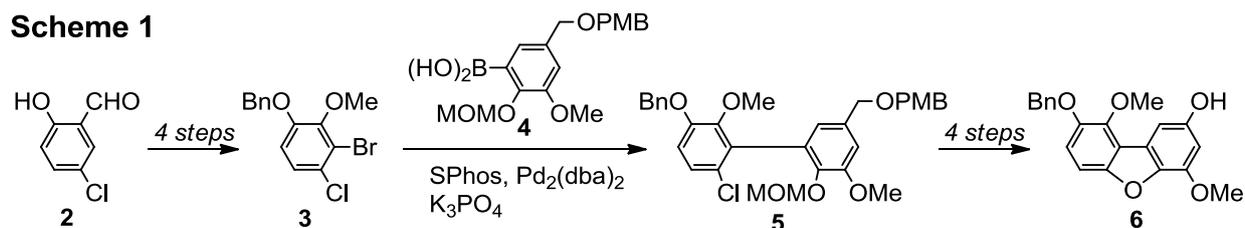
イボタケ属のキノコや変形菌などの天然の生物由来のパラターフェニル骨格を効率的に合成構築する方法を開発検討しており、パラジウム触媒を用いる鈴木カップリングによるパラターフェニル骨格の構築に実績を持つ。現在、銅触媒を用いるウルマン反応によるベンゾフラン部の構築を組み合わせたジベンゾフランの合成法と、ロジウム仲介[2+2+2]型アセチレン-イソプレネン環化異性化反応によるジベンゾフランを含むパラターフェニル骨格の挙構築法について、それぞれのプロトタイプを開発できた。これらの方法は変形菌由来殺癌細胞活性天然物ケホコリン類の合成などに応用可能と期待される。

テーマ 1：パラジウム触媒鈴木カップリングを利用したケホコリン A と B の合成研究

ケホコリン類は、石橋らによって変形菌 *Trichina favoginea* から単離されたパラターフェニル天然物であり、癌細胞増殖抑制活性を有する¹⁾。我々はこれらの構造と活性に興味を持ち、ケホコリン類の中で唯一の配糖体であるケホコリン A (1) を対象に合成を検討した。まず、5-クロロサリチルアルデヒド (2) を原料として、4 段階で良好な収率で 3 を得た (Scheme 1)。別途合成したホウ素誘導体 4 との鈴木-宮浦クロスカップリングを検討した結果、SPhos を配位子に用いると高収率でビフェニル体 5 を得ることができた。続いて、保護基と官能基の変換および Ullmann エーテル化反応を行い、ジベンゾフラン 6 を得ることができた。



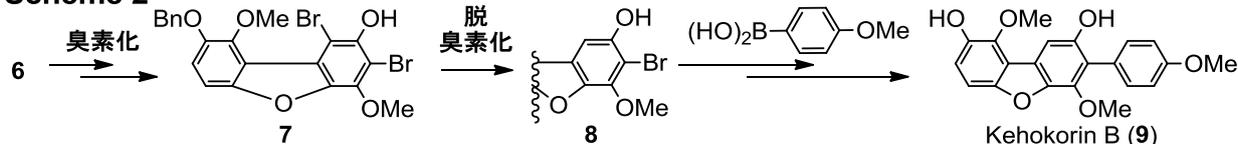
Scheme 1



次に、6 の位置選択臭素化を試みたが、位置異性体が優先した。そのため 2 臭素化体 7 に変換し、位置選択的脱臭素化を経て 8 に誘導した (Scheme 2)。鈴木宮浦クロスカップリングによるパラターフェニル骨格

の構築と脱保護を経て、ケホコリン A のアグリコンに相当する類縁体のケホコリン B (9) の全合成に成功した。現在、合成経路の最適化とケホコリン A の全合成を検討中である。

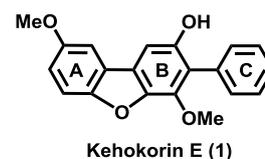
Scheme 2



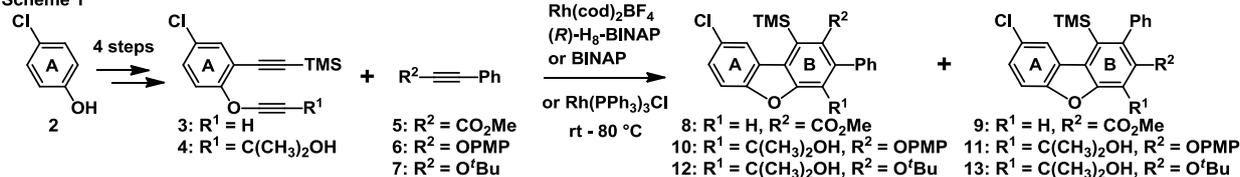
なお、本成果は日本化学会第 98 回春季年会 (船橋) (講演要旨集 1D1-10, 2018. 3. 20.) にて発表している。
参考文献: (1) Ishibashi, M. et al. *Tetrahedron Lett.* **2006**, *47*, 1505; *Heterocycles* **2007**, *71*, 1807.

テーマ 2 : Wilkinson 触媒[2+2+2]環化付加反応を基盤としたケホコリン E の合成研究

ジベンゾフランを含む天然物には、変形菌 *Trichia favoginea* 由来のケホコリン類¹のようにパラターフェニル骨格を併せ持つ特異な構造が存在し、合成化学的に興味深い。つい最近、ケホコリン類は、鈴木カップリングを基盤とする方法で、高橋らにより全合成された²。当研究室では、ケホコリン E (1) を標的として、二成分型 [2+2+2] アルキン環化反応を用いる別経路により、そのジベンゾフランを含むパラターフェニル骨格を一挙に構築しようと計画した。*p*-クロロフェノール (2) から 1,6-ジイン 3 を構築し、フェニルプロピン酸メチル (5) との [2+2+2] アルキン環化を検討したところ、Rh 触媒と (*R*)-H₈-BINAP を用いる田中の条件³が良好であった (Scheme 1)。一方、中央のベンゼン環上に水酸基とメトキシ基を導入するため、ジメチルカルビノールを持つジイン 4 とアルキニルエーテル 6 及び 7 との反応を検討したところ、Wilkinson 触媒を用いる条件が良好な選択性で *p*-ターフェニル 10 と 12 を与えた。

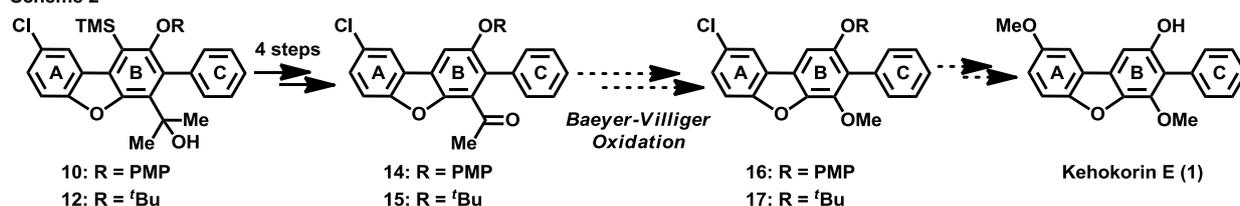


Scheme 1



10 と 12 のジメチルカルビノール部分をメチルケトンに変換し、TMS 基を除去して 14 と 15 を得た。現在、メチルケトンを変換するため Baeyer-Villiger 酸化を検討している (Scheme 2)。

Scheme 2



なお、本成果は日本化学会第 98 回春季年会 (船橋) (講演要旨集 1D1-09, 2018. 3. 20.) にて発表している。
参考文献: (1) M. Ishibashi et al., *Tetrahedron Lett.* **2006**, *47*, 1505; *Heterocycles* **2007**, *71*, 1807.

(2) S. Takahashi et al., *J. Org. Chem.* **2017**, *82*, 3159. (3) K. Tanaka et al. *Org. Lett.* **2009**, *11*, 2361.

材料表面層評価のための光散乱分光法の高度化に関する 研究

山口 誠

yamaguci@phys.akita-u.ac.jp

概要：本研究では、ラマン散乱分光法による固体試料の極表面層の評価のため、真空蒸着法によって銀ナノ粒子を固体表面に形成することによる表面増強ラマン散乱 (SERS) に着目し、評価を行った。Si に DLC を製膜した試料に銀薄膜を蒸着し、膜厚の変化によって表面層での SERS 効果について検討した。膜厚 5~7 nm にて高い SERS 増強効果が観察された。SERS 増強が大きい場合のラマンスペクトルにおいては、SERS 増強が小さいときと比べて、 1200 cm^{-1} ~ 1400 cm^{-1} のスペクトル形状にて変化が生じることが観察された。

キーワード：ラマン散乱, 表面増強ラマン散乱, 表面評価

独自性・実用性：

ラマン分光法は、非破壊・非接触・大気中での測定が可能な評価法である。本研究は、試料表面に島状金属を形成した金属オーバーレイヤー法による表面増強効果を用いることで、通常のラマン分光法システムをそのまま用いながら、極表面数 nm の評価が可能となる。表面増強ラマン分光法は、微弱なラマン分光シグナルを増強することができる有用な手法であり、単一分子のラマン分光測定も報告されているが、多くの研究は分子材料を対象としたもので、固体材料表面への適用することによって、材料表面の構造解析に有効であると考えられる。

緒言

近年、精密加工技術の発展に伴って様々なデバイスの小型化・高性能化が進んでいる。小型化がすすむに伴って、体積に対する表面積の割合が増加することから、表面層の結晶性や残留応力・歪みの影響が相対的に大きくなる。このことから、精密加工における寸法精度といった幾何学的品質とあわせて、表面性状についても、その把握が重要になってきている。そのため、様々な手法を用いての材料の表面層評価は求められている。

例えば、残留応力測定において、これまでの表面層の評価方法として、X線回折法、電子線回折法、ラマン分光法があげられる。X線回折法は、空間分解能が $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度と大きい。また、電子線回折法は空間分解能が 0.1 nm 程度と非常に小さいが、試料厚さを 100 nm 程度に加工する必要があるため、試料の前処理が煩雑といった問題点がある。一方、ラマン分光法は $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の空間分解能、試料の前処理が不要、非破壊、非接触、大気中で測定可能などの利点を有することから、材料の表面層の評価方法として期待されている。しかし、ラマン分光法の問題点として、ラマン散乱光の強度が弱く測定に時間を要すること、および励起光が試料内部まで侵入することから、表面層のみの評価が難しいことがあげられる。

ラマン散乱分光法による表面層評価としては、表面増強ラマン散乱 (Surface Enhanced Raman Spectroscopy, SERS) によるに着目した。SERS は、銀電極に吸着したピリジン分子のラマン散乱強度の異常増強として 1977 年に Fleischmann らによって発見された⁽¹⁾。金、銀などの金属表面に吸着した試料から散乱されるラマン散乱強度が通常よりも、 10^{10} ~ 10^{14} 程度増強される現象であり、近年大変注目されており、多くの研究が行われている。SERS の取り組みにおいて、液体中の分子測定など分子材料を対象とした研究が多く報告されている。一方で、固体表面への評価に対しても、金属ナノ粒子を蒸着することで、表面層の評価が可能であることの報告がされている⁽²⁾⁻⁽⁷⁾。金属ナノ粒子に SERS は、比較的簡単に増強効果が得られることから広い分野に適用可能であると考えられるが、金属ナノ粒子の最適サイズや、表層 10 nm 程度と考えられ

ている深さ方向の分解能などの課題があり，表面層の定量的な評価に向けて進展が期待されている．本研究では，増強に及ぼす金属膜厚について検討を行った．

試料および実験方法

Si 基板上に炭素薄膜 (Diamond Like Carbon, DLC) を約 100 nm 蒸着した基板表面上に銀薄膜を蒸着させたものを試料とした．銀薄膜の蒸着は小型真空蒸着装置(SNC-06D SHOWA)を用いて， 10^{-6} ~ 10^{-7} Torr の条件下にて行った．蒸着速度を 1.0 \AA/s とする．水晶振動式膜厚計により，蒸着量を求め，1~12 nm 蒸着した膜を作製した．本論文では，この蒸着量を以下各試料の膜厚と呼ぶ．

今回使用する試料の模式図を図 1 に示す．試料は，Si に DLC を製膜した部分，Si に DLC を製膜した箇所に銀薄膜を蒸着した部分の 2 つに分けられ，それぞれの箇所を測定することが可能である．蒸着面の電子顕微鏡画像を図 2 に示す．蒸着された銀が島状に成長していく様子がわかる．

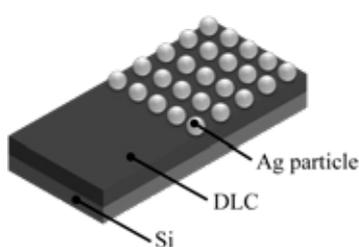


Fig. 1 Schematic of sample.

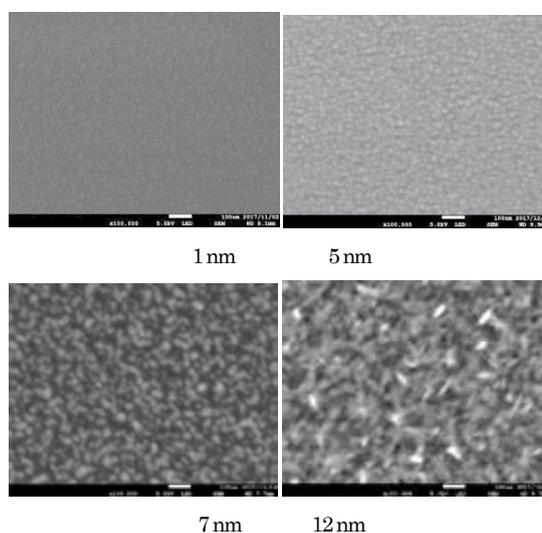


Fig. 2 SEM images.

ラマン分光測定には，共焦点顕微鏡ラマン分光装置(InVia レニショー(株)製)，励起光源は，波長 488 nm の固体レーザー(Sapphire, コヒレント(株)製)を用いた．対物レンズ (CF Plan Apo 50×NIKON, N. A. = 0.95) を通して，試料面上に約 $1 \mu\text{m}$ のスポットで垂直に照射した．試料からの 180 度後方ラマン散乱光を対物レンズにて集光し，エッジフィルターによりレイリー散乱を除去した後に，シングル分光器に導入し，電子冷却 CCD カメラで検出した．

試料の Si に DLC を製膜した部分および Si に DLC を製膜した箇所に銀薄膜を蒸着した部分の 2 箇所のラマンスペクトルの測定を行う．

結果および考察

膜厚 1~12 nm の試料のラマンスペクトルの測定結果から SERS 効果の影響が小さいと考えられる場合および SERS 効果の影響が大きいと考えられる場合のそれぞれを図 3, 図 4 に示す. 図 3 が銀薄膜を 1 nm 蒸着した試料のラマンスペクトル, 図 4 が銀薄膜を 4 nm 蒸着した試料のラマンスペクトルであり, Si に DLC を製膜した部分に銀薄膜を蒸着した領域 (w/o Ag thin film) および蒸着していない領域 (w Ag thin film) のラマンスペクトルをそれぞれ示す. なお, 縦軸がラマン強度, 横軸がラマンシフト(cm^{-1})を示しており, 520 cm^{-1} 付近および 1500 cm^{-1} 付近に表れるピークはそれぞれ Si, DLC によるものである.

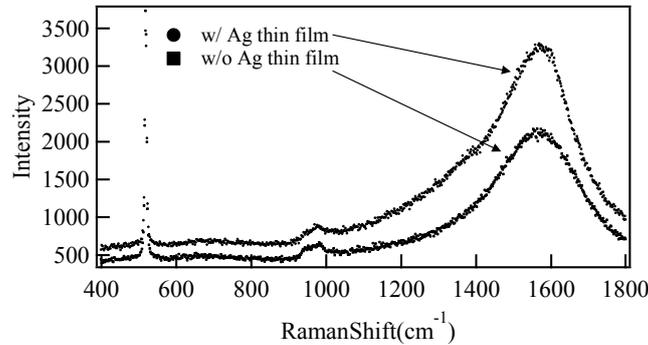


Fig. 3 Raman spectra at Ag film thickness of 1 nm

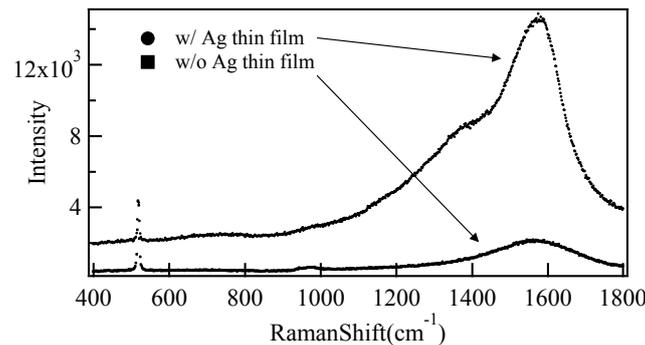


Fig. 4 Raman spectra at Ag film thickness of 4 nm

各膜厚でのラマンスペクトルのピーク強度を比較するため, ピーク分離を試みた. 520 cm^{-1} 付近の Si のピークをローレンツ関数, 1500 cm^{-1} 付近の DLC の G ピーク, D ピークを 2 つのガウス関数, およびベースラインを 1 次関数によりフィッティングを行った. フィッティング結果の例として, 図 5 に銀薄膜を 5 nm 蒸着した試料の実験データ, およびフィッティング曲線, および各成分の曲線を示す. 全体として, 実験データをよく再現できている.

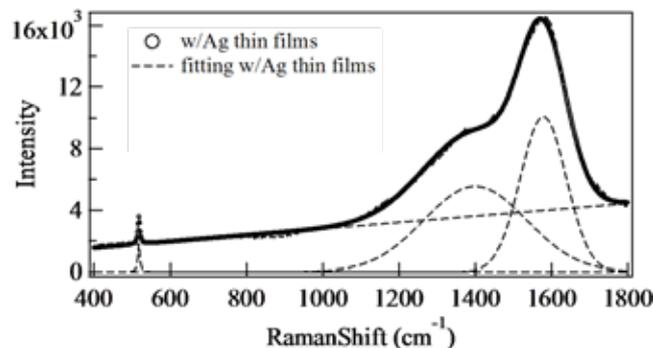


Fig. 5 Fitting results at Ag film thickness of 8 nm

この解析から, 各膜厚における SERS 増強率 η を式(1)によって定義する. ここでは, まず, もっとも強度

の強い G ピークに着目して解析を行う。

$$\eta = \frac{I_{G+Ag}/I_{Si+Ag}}{I_G/I_{Si}} \quad (1)$$

ここで、 I_{G+Ag} は、銀薄膜が蒸着した箇所の DLC の G ピーク強度、 I_{Si+Ag} は、銀薄膜が蒸着した箇所の Si のピーク強度、 I_G は DLC のみの G ピーク強度、 I_{Si} は Si のみのピーク強度となる。増強効果とは別に、試料表面に Ag が存在することによって、スペクトル強度の減少があるはずであるが、 I_{Si} と I_{Si+Ag} を考慮することによってその影響を取り除いている。式(1)を用いて各膜厚の SERS 増強率を算出した、各膜厚の SERS 増強率を図 6 に示す。また、測定は複数回行っており、その標準偏差をエラーバーに示す。図 6 より、ばらつきはあるが、膜厚 4 nm～6 nm では他の膜厚に対し、SERS 増強が高いことがわかる。

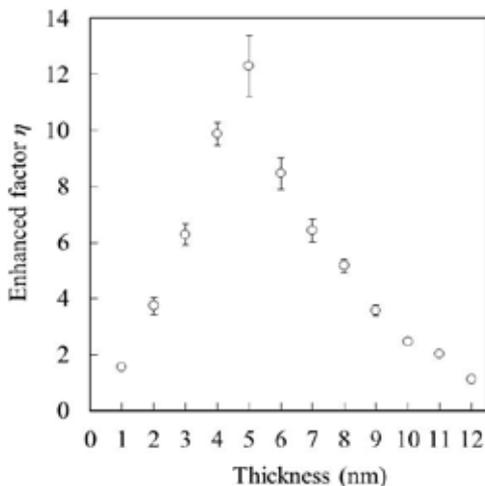


Fig. 6 Ag film thickness dependence of enhancement factor.

次に、増強ラマンスペクトルの形状に違いがあるかを検討するために、ラマンスペクトルの形状に着目した。図 7 に各膜厚における DLC ピークのラマンスペクトルを示す。すべてのスペクトル強度が同程度になるよう 1580 cm^{-1} 付近のピーク強度で規格化した。1 nm 毎に順番に下から並べた。増強が大きい膜厚においては、ラマンスペクトルに 1200~1400 cm^{-1} の D ピーク付近のスペクトル形状に少し変化があることを確認できる。これは SERS 増強が大きい膜厚では、試料内部よりも、極表面層のラマンスペクトルが選択的に増強されていることによるものではないかと推察している。

ここで観測されている増強効果の励起レーザーの励起強度依存性の確認を行った。高い増強率が示された膜厚 5 nm の試料における励起レーザーの励起強度が 1, 5, 10 mW の場合の増強率の振る舞いを図 8 に示す。試料表面に照射するフォトンの量を一定となるように、励起強度 1, 5, 10 mW の測定において、露光時間をそれぞれ 100 sec, 20 sec, 10 sec とした。もし増強効果がなく、DLC のピーク強度が、励起強度に比例するのであれば、式(1)の増強率の定義においては、励起強度の依存性はあらわれない。図 8 では、測定点が少なく定性的な議論はできないが、励起強度が増加するにつれて、増強率が比例していることから、DLC のピーク強度が励起強度の 2 乗の依存性を持つことが示唆され、これは、銀ナノ粒子による電場増強効果が生じていることを支持する結果であると考えている。

まとめ

本研究では、固体試料の極表面層の評価方法の 1 つとして表面増強ラマン散乱に着目し、Si に DLC を製膜した試料表面に異なる膜厚の銀薄膜を蒸着し、膜厚の変化によって極表面層での SERS 効果について検討した。膜厚 5 nm～8 nm にて高い SERS 増強効果が表れることがわかった。SERS 増強効果が大きい膜厚では、相対的に D ピークの強度が変化が変化することがわかった。

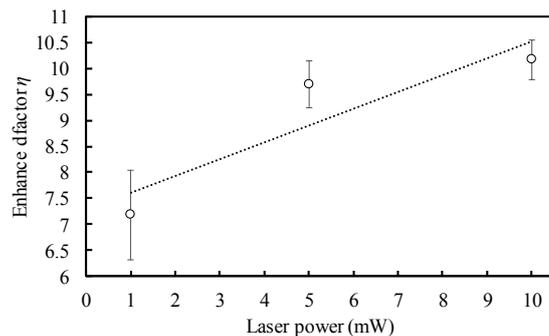


Fig. 8 Excitation laser power dependence of enhancement factor at 5 nm Ag film.

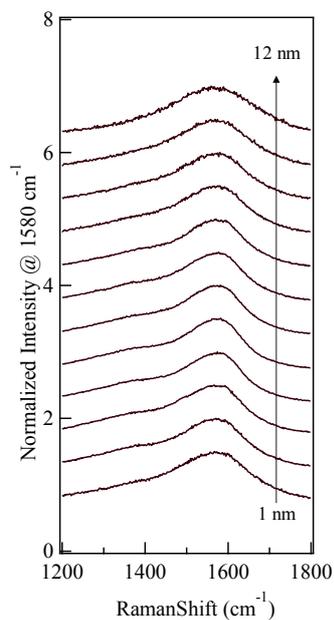


Fig. 7 Raman spectra around DLC band.

参考文献

- (1) M. Fleischmann et al, Chem. Phys. Lett. 26, 163 (1974).
- (2) Y. Gao et al ; Solid State Communications, vol. 60, No. 1, pp. 55-57 (1986)
- (3) H. Ishida et al, Society for Applied Spectroscopy vol. 60 No. 3 pp. 322-330 (1986)
- (4) M. B. Tzolov et al, Appl. Phys. Lett. vol. 62, no. 19, (1993)
- (5) T. Lopez-Rios et al ; Diamond and Related Materials vol. 5 pp. 608-612 (1996)
- (6) N. Hayazawa et al, Appl. Phys. Lett. 86,263114 (2005)
- (7) D. Kosemura et al, Journal of Raman Spectroscopy vol. 45 pp. 414-417 (2013)

EV, FCV のための高効率電動機に関する研究

発表者氏名 田島克文,

吉田征弘

(理工学研究科)

tajima@gipc.akita-u.ac.jp

概要：三相誘導モータの解析モデルを磁気回路法の考え方に基づいて構築し、電流、損失、出力及びトルク特性の計算結果を実験値と比較してその妥当性を検証した。回転角速度 ω を直接与え、解析を行った結果、電流、出力及びトルク特性の計算結果は実験結果と概ね一致し、構築した三相誘導モータの RNA モデルの妥当性が示された。また、誘導モータの出力密度向上を目指したアキシヤルギャップ構造のモータの設計も行った。同体積の従来型のラジアルギャップ誘導モータと比べ、約 2 倍のトルクを出力可能であることを解析により明らかにした。

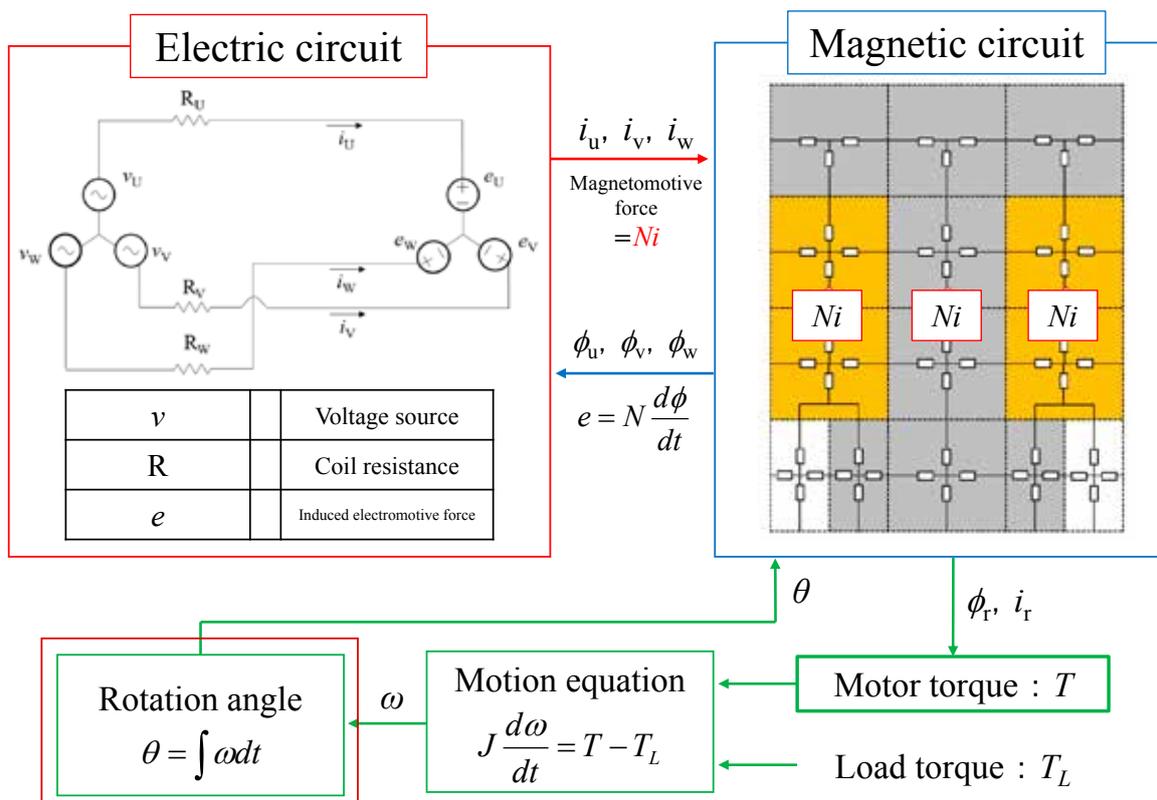
キーワード：三相誘導モータ, アキシヤルギャップ誘導モータ, リラクタン
スネットワーク解析 (RNA)

独自性・実用性：

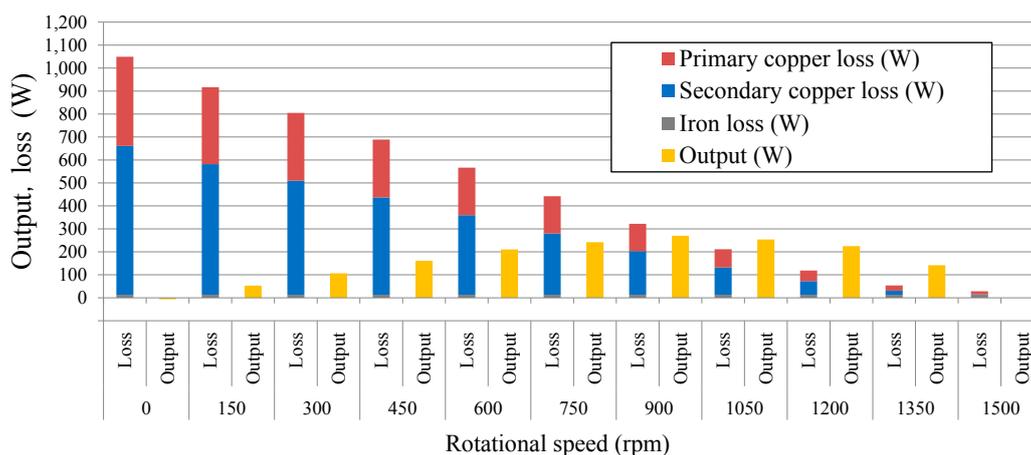
提案する三相誘導モータのリラクタンسネットワーク解析 (RNA) モデルは、一般的にモータの磁界解析に用いられる有限要素解析 (FEA) と比べ、10 倍以上の高速計算が可能である。これまでの手法では現実的ではなかった、電圧入力時のモータ損失を計算できるため、高効率モータの設計に有用な手法である。また、アキシヤルギャップ構造誘導モータの実用化はほとんど例がない。本研究の成果により従来の三相誘導モータと比べ同じ体格で 2 倍のトルクを出力できることから、高効率が期待でき、高効率アキシヤルギャップ誘導モータの実用化がきたいできる。

なお、本研究の成果を基に、株式会社鹿角エナジーと「再生可能エネルギーに資するトロイダル巻高効率ジェネレータに係る研究」について共同研究を行うことが決定した。

三相誘導モータの電気-磁気-運動連成解析



出力, 損失の計算結果

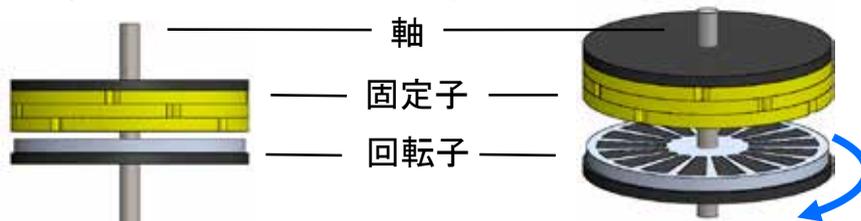


P_{c1} (W)	一次銅損: 巻線に発生するジュール損
P_{c2} (W)	二次銅損: 回転子導体に発生するジュール損
P_i (W)	鉄損
P_1 (W)	入力電力
P (W)	出力 $P = P_1 - (P_{c1} + P_{c2} + P_i)$

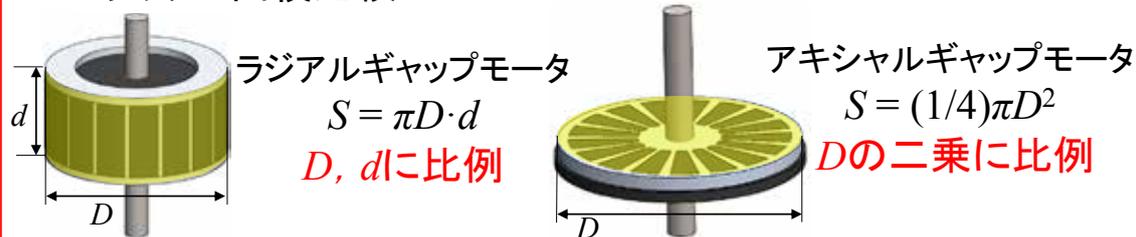
高トルク化に有用な技術：アキシアルギャップ構造

アキシアルギャップモータ

- 固定子と回転子が平面部分で対向するモータ
- モータの高トルク化手法として研究されている



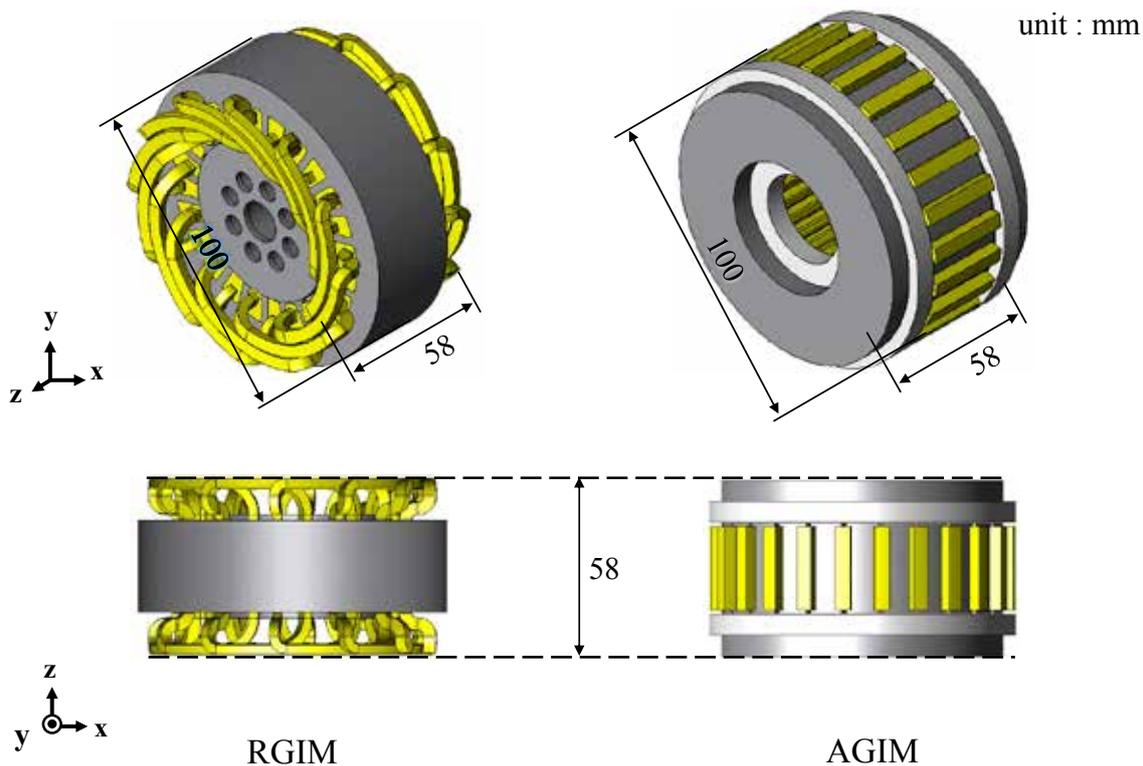
ギャップ面積比較



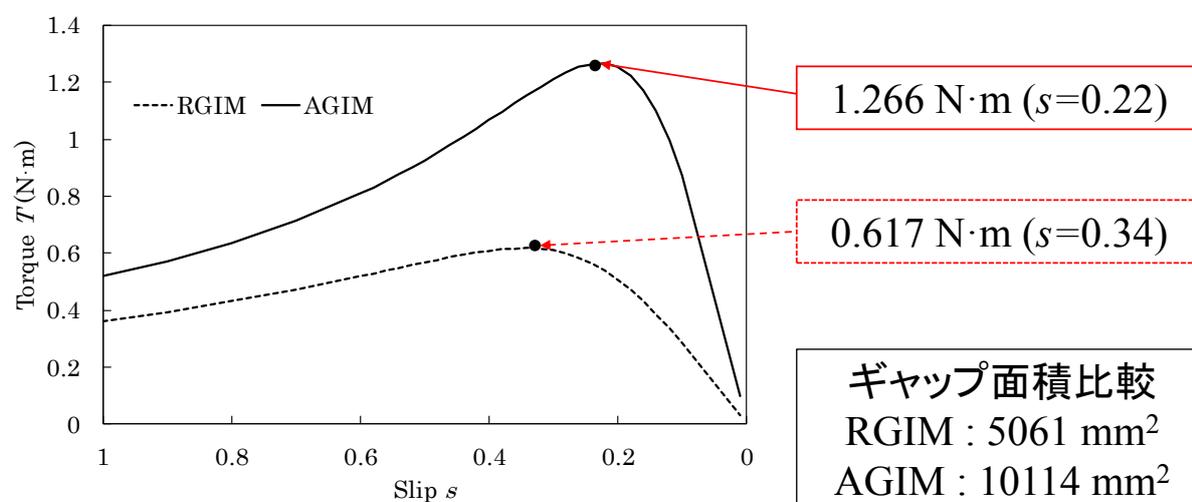
大径・扁平形状で高いトルクを得られるモータである*1

*1 一般社団法人 電気学会 2013年技術レポート

設計したアキシアルギャップ誘導モータ (AGIM)



解析結果



提案AGIMはRGIMの約2倍の最大トルクが得られた

秋田県大覚野峠トンネル予定地域の地質及び岩石評価

渡辺 寧・藤岡 悠・澤藤 凌太

(鉱物資源・テクトニクス研究グループ)

y.watanabe@gipc.akita-u.ac.jp

1. 概要：国道 105 号線大覚野峠に予定されているトンネル建設に関わる基礎的情報取得のため地質調査を実施。平成 29 年度は岩石の基礎データを収集する目的で、1)地層の年代測定と 2)有害元素化学分析試験を実施した。その結果、トンネル予定地西部に分布する大又沢層のデイサイト質溶結凝灰岩が 22.3Ma の年代を示すこと、これらの地層を構成する岩石の Cr, Mo, Cd, Pb の含有量は、それぞれ<240 ppm, 0 ppm, <9.4 ppm, <83 ppm の結果を得た。

キーワード：大覚野峠，トンネル，地質，粘土鉱物，有害元素

独自性・実用性：

秋田県の南北の物流向上を図る目的で国道 105 号線大覚野峠にトンネルの建設が計画されている。この予定地にはかつて探鉱された金属鉱徴地が分布し、トンネル工事に際し、地盤評価や有害金属元素の有無を確認する必要がある。本研究ではトンネル予定地の地質調査を実施し、熱水変質鉱物の分布や有害元素の含有量を明らかにすることにより、トンネル建設に際し基礎データを提供するとともに、建設工事の際に環境汚染等の問題が生じないかの安全性の評価を行う。

秋田県大覚野峠地域の地質及び岩石評価

渡辺 寧*, 藤岡 悠*, 澤藤凌太*, 早坂康隆**

Geological, mineralogical and geochemical evaluation of the rocks along the Daikakuno Pass in Akita Prefecture

Yasushi Watanabe*, Yu Fujioka*, Ryota Sawafuji* and Yasutaka Hayasama**

Abstract

Geological, mineralogical and geochemical investigation for the rocks along the Daikakuno Pass was conducted to evaluate stability and safety of the rocks during renovation of the road. The results show parts of the rocks contain smectite, and parts of the rock show low pH by the promote acidification test.

1. はじめに

秋田県の南北の物流の向上を図るため秋田県仙北市から北秋田市に走る国道 105 号大曲鷹巣道路大覚野峠区間の高規格化が検討されている⁽¹⁾。トンネル等の建設のためには予定区間の地質に関する基礎情報が必要である。特に本区間にはかつて探鉱が行われた金属鉱徴地が数か所分布し⁽²⁾、熱水変質による粘土化やずりの酸性化、有害元素の含有量評価を事前に行う必要がある⁽³⁾。しかしながら、この地域の地質に関する情報は 5 万分の 1 地質図幅調査を除くとほとんどないのが現状である。そこで本研究では大覚野峠周辺の地質調査を 2016 年度に行い、採取した岩石試料についての変質鉱物の同定と酸性化促進試験を実施した。さらに 2017 年度にはジルコンを用いた年代測定および金属元素含有量の測定を実施した。ここではこれらの結果を報告し、道路の高規格化工事に資する地質・地化学情報を提供する。

2. 大覚野峠地域の地質

大覚野峠地域には下位から中新統大又層, 阿仁合層, 宮田層が分布し, 最上部は田沢酸性火山岩類の最下部を構成する玉川デイサイトに覆われている⁽²⁾。このうち本地域に分布する大又層の上部は鳥坂川層, 阿仁合層は西部の打当層に対比される⁽⁴⁾。

2.1 繁沢—兵治沢の地質

調査地域西部の繁沢上流には主として大又層のデイサイト質火砕岩が分布する。同質の溶結凝灰岩および安山岩溶岩を含む。大又層は不整合で玄武岩質火砕岩, 凝灰質砂岩からなる鳥坂川層に覆われ, 兵治沢では一部炭質層や植物化石を狭在する阿仁合層のシルト岩及び頁岩, 凝灰質砂岩に覆われている。大又層はドレライト岩脈の貫入を受けている。これらの地層は不整合で宮田層の凝灰質砂岩に覆われ, さらに玉川デイサイトが宮田層を被覆している(Fig. 1)。

大又層や鳥坂川層を構成する火山岩類は変質しており, 斜長石は残存するものの有色鉱物のほとんどは緑泥石に変質している。

2.2 年代測定

地層の形成時代を明らかにする目的で大又層のデイサイト質溶結凝灰岩の年代測定を実施した。試料の採取位置を Fig. 1 に示す。試料は暗緑灰色を呈し, セリサイトおよび緑泥石変質を蒙っている。鏡下観察では, 主に斜長石によって構成される斑晶周辺の脱ハリしたガラス部分にユータキシティック構造が認められる。本岩石 200g を粉砕し約 50 粒のジルコンを分離した。ジルコンは紡錘形で 0.1-0.3mm 大の自形決勝で淡い黄褐色, 一部弱桃色を呈する。ジルコンは薄片にマウントし研磨, カソードルミネセンスにより内部組織を確認したのち広島大学理学研究科の LA-ICPMS により U-Pb 年代測定を行った。測定結果を Table 1 に示す。

*秋田大学大学院国際資源学研究所, Graduate School of International Resource Sciences, Akita University

**広島大学大学院理学研究科, Graduate School of Science, Hiroshima University

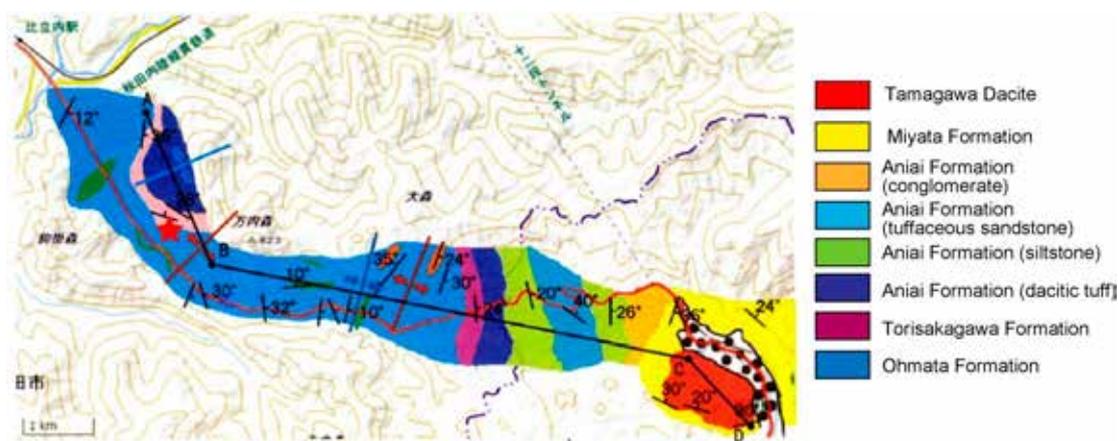


Fig. 1 Geological map of the Daikakuno Pass. The red star represent the sample location for age dating.

Table 1. LA-ICP-MS zircon U-Pb data.

Spot Label	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^* \pm 2\sigma$		$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^* \pm 2\sigma$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$ age $\pm 2\sigma$ (Ma)		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$ age $\pm 2\sigma$ (Ma)		Th/U	Disc. ⁽¹⁾ (%)	
1	052sp1-	304.9	24.4	0.073	0.023	21.1	1.7	32.8	10.6	0.46	55.5%
2	053sp1-2	288.2	25.9	0.078	0.034	22.3	2.0	37.3	16.6	0.48	67.3%
3	054sp1-3	280.9	20.8	0.100	0.035	22.9	1.7	48.6	17.4	0.69	112.2%
4	055sp1-4	291.5	19.2	0.067	0.015	22.1	1.5	31.6	7.1	0.73	43.0%
5	056sp1-5	292.4	20.8	0.054	0.013	22.0	1.6	25.4	6.2	0.73	15.5%
6	057sp1-6	281.7	16.1	0.051	0.009	22.9	1.3	25.2	4.8	0.53	10.0%
7	058sp1-7	288.2	27.1	0.090	0.041	22.3	2.1	42.9	19.8	0.54	92.4%
8	064sp1-8	274.7	26.1	0.069	0.019	23.4	2.2	34.3	9.9	0.65	46.6%
9	065sp1-9	292.4	27.2	0.103	0.030	22.0	2.0	48.2	14.5	0.63	119.1%
10	066sp1-10	296.7	14.5	0.050	0.006	21.7	1.1	23.5	3.2	0.88	8.3%
11	067sp1-11	284.1	16.8	0.047	0.010	22.7	1.3	23.1	5.2	0.92	1.8%
12	070sp1-14	304.0	22.2	0.049	0.012	21.2	1.5	22.1	5.4	0.49	4.2%
13	074sp1-15	288.2	22.2	0.071	0.017	22.3	1.7	34.0	8.3	0.53	52.5%
14	077sp1-18	278.6	25.3	0.075	0.019	23.1	2.1	37.1	9.8	0.69	60.6%
15	078sp1-19	276.2	16.3	0.053	0.008	23.3	1.4	26.3	4.2	0.91	12.9%
16	079sp1-20	295.9	22.8	0.077	0.027	21.7	1.7	35.8	12.5	0.65	65.0%
17	081sp1-21	280.9	18.0	0.063	0.012	22.9	1.5	30.7	6.3	0.57	34.1%
18	085sp1-22	266.0	22.9	0.060	0.021	24.2	2.1	31.2	10.9	0.61	28.9%
19	086sp1-23	303.0	20.6	0.069	0.013	21.3	1.4	31.6	6.2	1.00	48.4%
20	087sp1-24	282.5	19.8	0.058	0.011	22.8	1.6	28.5	5.7	0.81	25.0%
21	088sp1-25	304.9	24.7	0.082	0.019	21.1	1.7	36.7	8.8	0.76	73.9%
22	090sp1-27	307.7	25.5	0.062	0.016	20.9	1.7	27.9	7.7	0.79	33.5%

⁽¹⁾ Discordance defined as $[(^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U} \text{ age}) / (^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U} \text{ age}) - 1] \times 100$ (%)

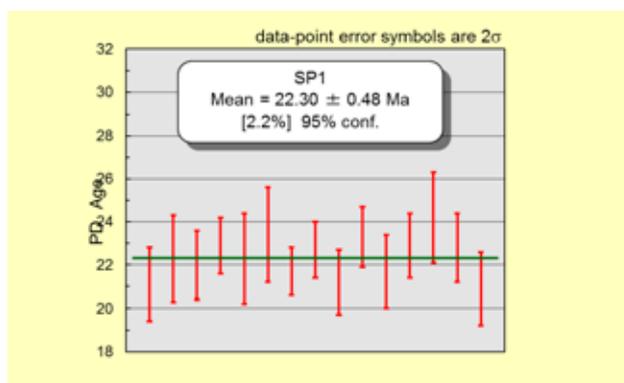


Fig. 2 Zircon mean age obtained from selected age data.

これらのジルコン年代の内誤差が Concordia にかかっているデータの平均は $22.30 \pm 0.48 \text{Ma}$ の年代値を示した。

2.3 変質鉱物分析

本調査地域 59 地点から採取した岩石を粉砕、粉末化し、全岩試料、水籤試料、エチレングリコール処理を行った試料を作成し X 線回折分析を行った。

分析は秋田大学国際資源学部の X 線回折装置を用いた。測定条件は管電圧 20 kV、管電流 20mA で、前岩試料は 2° - 60° 、水籤試料は 2 - 40° の 2θ 範囲で測定を行った。

X 線回折分析の結果、本庁地域の岩石からは、石英、斜長石、方解石、セリサイト、緑泥石、スメクタイト、沸石が同定された。これらの鉱物同定結果から、この地域の岩石は 6 種の変質帯に分類された(I: 斜長石、石英、セリサイト、緑泥石、スメクタイト、II: 斜長石、石英、スメクタイト、緑泥石、III: 斜長石、石英、緑泥石、セリサイト、IV: 斜長石、石英、緑泥石、V: 沸石、VI: 斜長石、石英)。VI には変質鉱物がなく、いずれの岩石も初生の斜長石が残存している。これらの変質帯分帯を Fig. 3 に示す。

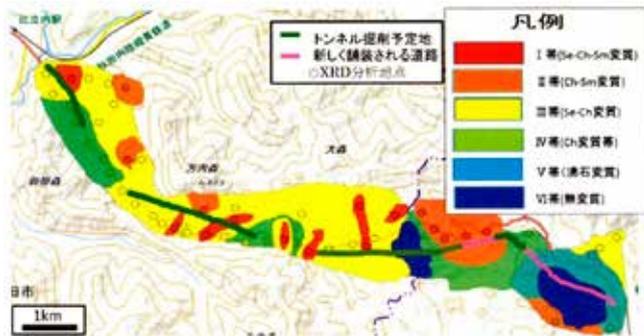


Fig. 3 Alteration zones along the Daikakuno Pass.

2.4 促進酸化試験

大覚野峠地域 79 地点から採取された岩石 81 試料を過酸化水素水に固液比 1:3 で反応させた。同じ地点で採取された岩石でも明らかに色調が異なる場合は、試料を分割し、各色調部分を実験試料とした。3 時間の放置の後水温、pH、電気伝導度の測定を行った。促進酸化試験で得られた結果を Fig. 4 に示す。

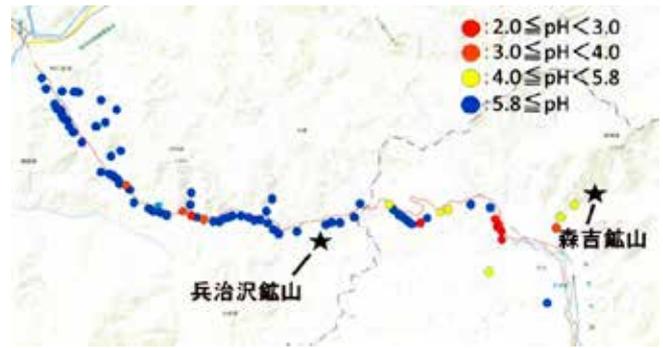


Fig. 4 Results of the Promote acidification test. Low pH (<3.0) is recorded in the eastern part of the surveyed area.

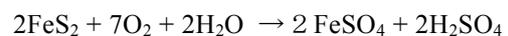
3. 考察

大覚野地域の地質調査および年代測定の結果、この地域に分布する大又層はデイサイト質火砕岩類を主とし、一部は溶結凝灰岩を含むことが明らかになった。さらにその年代は $22.30 \pm 0.48 \text{Ma}$ であることが明らかになった。大又層の流紋岩質凝灰岩には阿仁合植物群化石が含まれており⁽⁴⁾、 $21.7 \pm 1.1 \text{Ma}$ のジルコンフィッシュトラック年代が報告されている⁽⁵⁾。今回得られた年代地は既報の年代値と測定誤差の範囲内で一致し、大又層が中新世前期の時代であることを裏付けた。

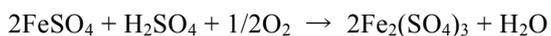
この大又層は広範囲にわたりセリサイト-緑泥石または緑泥石の組み合わせで特徴づけられる熱水変質を蒙っており、部分的にスメクタイトが含まれている。また阿仁合層の凝灰岩層にも緑泥石-スメクタイトの鉱物組み合わせが認められる。膨潤性粘土であるスメクタイトの存在は道路の高規格化工事の際に注意を要する。

促進酸化試験の結果、調査地域の阿仁合層および宮田層を構成する岩石は低い pH を示した。促進酸化試験による環境汚染リスクがあると評価される岩石試料は 17 地点で採取された 19 試料である。

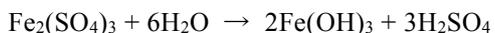
酸性水の発生に寄与する硫化鉱物の例として黄鉄鉱が挙げられる。黄鉄鉱は酸化されると硫酸第一鉄と硫酸を生成する。



生成された硫酸第一鉄と硫酸は再び酸素と反応して硫酸第二鉄を生成する。



また硫酸第二鉄は水溶液の pH が上昇するに従い、硫酸を生成する。



従って黄鉄鉱の酸化は酸性水発生の原因となる。これらの試料は全て評価基準である pH が 5.8 以下の値を示した。肉眼観察および実態顕微鏡観察において、環境汚染のリスクがあると評価される試料には黄鉄鉱を含有するものが多く、pH が 5.8 以上の値を示した試料の多くには黄鉄鉱と方解石が共存していた。従って pH は試料中の黄鉄鉱含有量のみでなく、黄鉄鉱の酸化により発生する硫酸を中和する方解石含有量にも依存し、方解石と黄鉄鉱との含有量比によって溶液の pH が決まると考えられる。

参考文献

- (1) 秋田県北秋田地域振興局(2017): 平成 29 年度業務概要. 83p.
- (2) 大沢 穰・角 清愛(1957): 5 万分の 1 地質図幅説明書 森吉山. 地質調査所, 41p.
- (3) 環境省(2012): 土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン改訂第 2 版. 516p.
- (4) 鹿野和彦・大口健志・石川洋平・矢内桂三・藤本幸雄・植松和彦・小笠原憲四郎・駒沢雅夫(2012): 阿仁合地域の地質(第 2 版). 地域地質研究報告, 産業技術総合研究所地質調査センター, 59p.
- (5) 土谷信之(1995): 地質学論集, no. 44, 473-505.

テラヘルツ分光技術の応用開拓

丹野 剛 紀

(第 22 研究グループ)

tanno@gipc.akita-u.ac.jp

概要：秋田県内にあるテラヘルツ分光装置メーカーやその裾野企業の振興に資するため、テラヘルツ分光技術の普及を促進するような応用分野の開拓を目指して研究を展開している。29 年度は、金属有機構造体 (metal-organic framework) と呼ばれる一群の多孔性材料の一種である ZIF-8 を用いたガス分析技術の高度化に関する研究を行った。

キーワード：テラヘルツ分光，多孔性材料，センサー，ガス吸蔵

独自性・実用性：

現在、MOF の研究は世界的ない精力的に行われており、すでに 2 万種以上の MOF が報告されている。また、実用化に向けた開発も活発である。MOF は原子レベルで規定された均一な細孔をもち、極めて大きな比表面積を有する。その物性を活かせば、分留などのように大きなエネルギーを費やさなくても高純度ガスを製造できたり、従来のような高圧ポンペよりも格段に小さい容積で多量のガスを蓄えられるようになる。そこで、テラヘルツ波を用いて MOF のガス吸蔵・放出を観測しようというのが本研究の目的である。

テラヘルツ振動と分光装置

テラヘルツ帯：0.1~10 THz (10^{11} ~ 10^{13} Hz; 約3~333 cm^{-1})

気体分子の回転，有機分子の骨格振動，配位結合振動，分子間振動，結晶のフォノン（集団的振動）に対応する周波数帯域

⇒分子の識別だけでなく、分子の状態や他の分子との関係を調べるのに好適

テラヘルツ分光装置：TSS-I

開発・製造：(株)テラヘルツ研究所
(秋田県湯沢市)

GaP結晶内での差周波発生を利用した光源

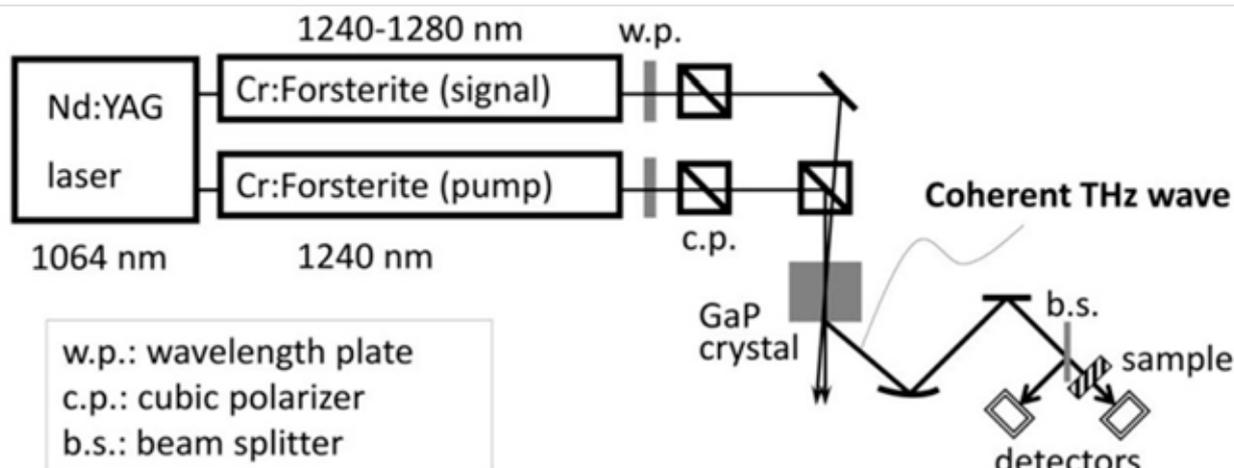
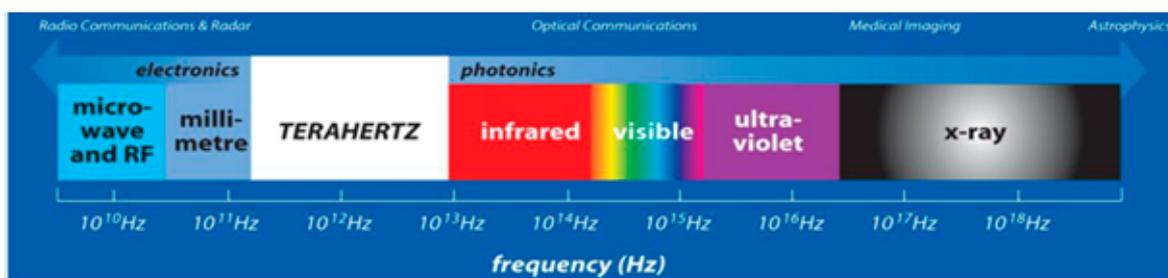
測定範囲：0.6~6 THz (20~200 cm^{-1})

分解能：約30 GHz (1 cm^{-1})

ビーム径：0.85 mm @ 2 THz



- J. Nishizawa, K. Suto, T. Sasaki, T. Tanno, *Proc. Japan Acad. Ser. B* **81**, 20 (2005)
- K. Suto, T. Sasaki, T. Tanabe, K. Saito, J. Nishizawa, M. Ito, *Rev. Sci. Instrum.* **76**, 123109 (2005)
- テラヘルツ研究所HP: <http://www.terahertz.jp>



ガス吸着のテラヘルツ分光

ガス吸着：ガス分子と母材とのあいだの分子間相互作用

⇒ガス吸着現象は、ガス分子や母材の振動の変化から観測できる

テラヘルツ帯：0.1～10 THz (10^{11} ～ 10^{13} Hz; 約3～333 cm^{-1}) の電磁波
 気体分子の回転，有機分子の骨格振動，配位結合振動，分子間振動，結晶のフォノン（集団的振動）に対応する周波数帯域

⇒テラヘルツ分光はガス吸着現象の評価・分析に好適

テラヘルツ分光装置：TSS-I

(株)テラヘルツ研究所(湯沢市)が開発・製造

GaP結晶内での差周波発生を利用した高分解能で広帯域のテラヘルツ光源

測定範囲：0.6～6 THz (20～200 cm^{-1})

分解能：約30 GHz (1 cm^{-1})

ビーム径：0.85 mm @ 2 THz

- J. Nishizawa, K. Suto, T. Sasaki, T. Tanno, *Proc. Japan Acad. Ser. B* **81**, 20 (2005)
- K. Suto, T. Sasaki, T. Tanabe, K. Saito, J. Nishizawa, M. Ito, *Rev. Sci. Instrum.* **76**, 123109 (2005)
- テラヘルツ研究所HP: <http://www.terahertz.jp>

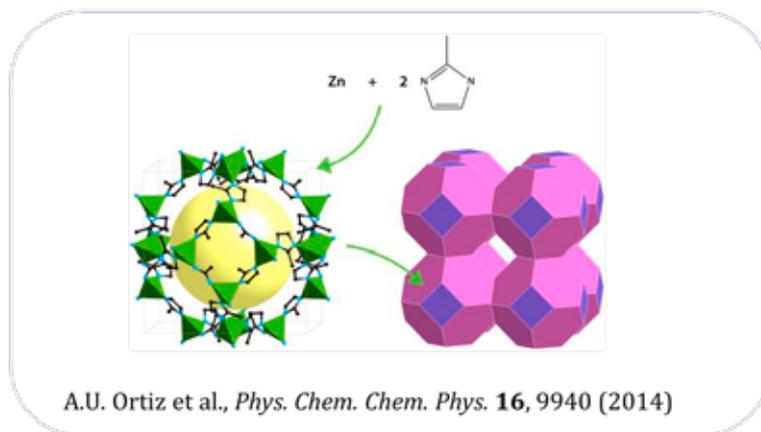
金属－有機構造体（Metal-Organic Framework: MOF）

MOFの構造と性質

- ✓ 金属原子と有機リンカーからなる周期構造
- ✓ 多孔質
- ✓ 孔の形状・サイズは原子レベルで均一 ⇒ ガスの分離や選択的吸蔵への応用

ZIF-8の特徴

- ✓ 亜鉛イオンと2-メチルイミダゾールからなる
- ✓ 室温・大気圧下で種々のガスを吸着



ZIF-8のテラヘルツ吸収スペクトルとガス吸着特性

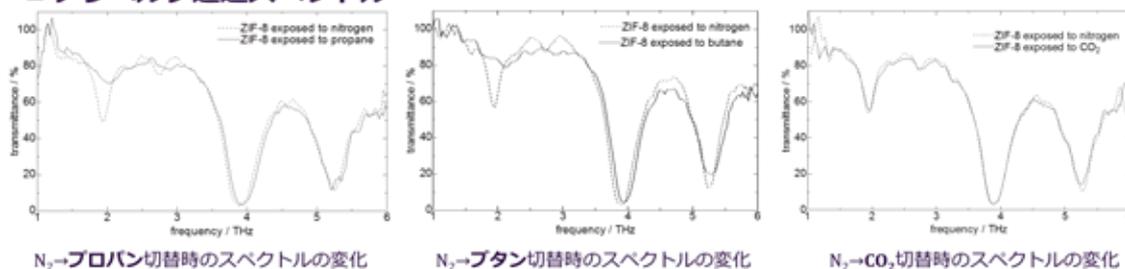
実験方法

1. メタノール中に懸濁させたZIF-8をPTFEメンブレンフィルタで濾過
2. 堆積したZIF-8をフィルタと一緒に110℃で真空乾燥
3. テラヘルツ波を透過する窓を備えたガス流路にセット
4. プロパン（吸着する*）、*n*-ブタン（吸着する*）、二酸化炭素（吸着しない*）、窒素（吸着しない*）を流しながらテラヘルツ透過スペクトルを測定

*D. Fairen-Jimenez, et al., *Dalton Trans.* **41**, 10752 (2012)

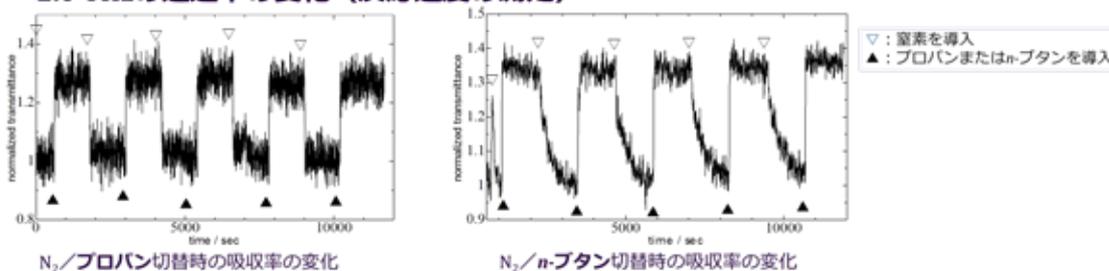
結果

■ テラヘルツ透過スペクトル



- ✓ 2.0, 2.8, 3.9, 5.3 THzに吸収
- ✓ CO₂はほとんど変化しない・・・既報のガス吸着特性と一致
- ✓ 2.0, 2.8 THzはガス吸着で消失
- ✓ 3.9 THzはブルーシフト

■ 2.0 THzの透過率の変化（反応速度の測定）



ガス	吸着の時定数 (秒)	脱離の時定数 (秒)
プロパン	17	19
n-ブタン	17	174

- ✓ 各種ガスのZIF-8への吸着・脱離は反復可能
- ✓ 反応の時定数はガス種によって異なる ⇒ ZIF-8の各ガスに対する親和性を反映.
- ✓ ガス種の識別が可能

結論

- MOFへのガス吸着をテラヘルツ分光で *in-situ* 観測することが可能であることを実証
- ガス吸蔵量モニターやガス分析器への応用が可能

《本研究に関する成果発表》

【論文】

1. Takenori Tanno, Yutaro Watanabe, Kyoko Umeno, Atsushi Matsuoka, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa “*In Situ* Observation of Gas Adsorption onto ZIF- 8 using Terahertz Waves” *Journal of Physical Chemistry C* **121** 2017, pp.17921-17924
2. Atsushi Matsuoka, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, Takenori Tanno “The transitional transmittance response of ZIF-8 gas adsorption observed using terahertz waves” *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology* **16** 2018, pp.142-144

【学会】

1. Takenori Tanno, Yutaro Watanabe, Kyoko Umeno, Atsushi Matsuoka, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, “Gas adsorption properties of ZIF-8 investigated using terahertz waves” (A8-P28-026) *International union of materials research society-International conference of advanced materials (IUMRS-ICAM) 2017* (2017. 8, Kyoto, Japan)
2. Atsushi Matsuoka, Takenori Tanno, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, “Transitional response in the terahertz transmittance of ZIF-8 upon gas adsorption” (4PA-41) *The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8)* (2017. 10, Tsukuba, Japan)
3. (予定) Takenori Tanno, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, “Gas Adsorption Properties of Metal-Organic Frameworks Investigated Using Terahertz Waves” *21st International Conference on Advances in Materials & Processing Technologies (AMPT2018)* (2018. 9, Dublin, Ireland)
4. (予定) Nobuaki Ogawa, Takenori Tanno, Atsushi Matsuoka, Hirotooshi Matsumura, Masafumi Odaka “Structural and Kinetic Analysis for Gas Adsorption onto ZIF-8 using Terahertz Spectroscopy” *The 8th Shanghai International Conference on Analytical Chemistry* (2018. 10, Shanghai, China)

【そのほか】

1. 丹野剛紀「テラヘルツ分光装置とその工業的応用」, あきた産学官連携フォーラム 2017 (2017 年 11 月, 秋田市)

(2) 研究実績

①学術論文

- 1) Yamada, M.; Rajiv Gandhi, M.; Kaneta, U.; Kimura, N.; Katagiri, H. "Thiodiphenol-Based n-Dialkylamino Extractants for Selective Platinum Group Metal Separation from Automotive Catalysts", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 57, No.5, pp. 1361–1369 (2018).
- 2) Rajiv Gandhi, M.; Yamada, M.; Haga, K.; Shibayama, A. "Synthesis of pincer-type extractants for selective extraction of palladium from PGMs: An improved liquid-liquid extraction approach to current refining processes", *Scientific Reports*, Vol. 7, pp. 8709 (2017).
- 3) Kunda, U. M. R.; Yamada, M. "Sorption of palladium(II) using organophosphorus derivatives based on thiacalix[4]arene impregnated resins from hydrochloric media", *Separation Science and Technology*, Vol. 52 (No. 7), pp 1153–1159 (2017). Published Date: 24 April 2017
- 4) Kimuro, T.; Rajiv Gandhi, M.; Kunda, U. M. R.; Hamada, F.; Yamada, M. "Palladium(II) sorption of a diethylphosphate-modified thiacalix[6]arene immobilized on amberlite resin", *Hydrometallurgy*, Vol. 171, pp. 254–261 (2017).
- 5) Magwaneng, R. S., Altansukh, B., Haga, K., Shibayama, A.; Development of a Combined Flotation and High Pressure Leaching Process for Copper and Nickel Recovery from Mine Tailing, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, in press (2017).
- 6) Han, B., Altansukh, B., Haga, K., Takasaki, Y., Shibayama, A.; Copper Recovery from Silicate-Containing Low-Grade Copper Ore Using Flotation Followed by High-Pressure Oxidative Leaching, *Resources Processing*, Vol. 64, pp. 3–14 (2017).
- 7) Han, B., Altansukh, B., Haga, K., Takasaki, Y., Shibayama, A.; Leaching and kinetic study on pressure oxidation of chalcopyrite in H₂SO₄ solution and the effect of pyrite on the chalcopyrite leaching, *Journal of Sustainable Metallurgy*, Vol. 3, pp. 528–542 (2017).
- 8) 柴山 敦, 山田 学「白金族リサイクルのための抽出剤の開発」, 月刊誌「金属」, Vol. 87(8), pp 698–703 (2017).
- 9) Shigeo Hayashi, Takahiro Onuma and Fumito Kagaya, "Fixing of electrophoretically deposited natural zeolite particles by geopolymer reaction for heavy metal ion adsorbents", *Journal of the Ceramic Society Japan*, Vol. 125, pp. 894-898 (2017)

- 10) Matsumoto K, Yamakawa S, Aoyagi T, Haga K, Jikei M, Shibayama A. Mutual separation of Palladium (II) and Platinum (IV) from hydrochloric acid solutions using m-phenylene diamine-containing agents. *Int J Soc Mater Eng Resour.* 2017;22(1/2):15-9.
- 11) Kannan Senthil, Uichi Akiba, Kenshu Fujiwara, Fumio Hamada, and Yoshihiko Kondo, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 56, 1036-1047 (2017).
- 12) Kannan Senthil, Uichi Akiba, Kenshu Fujiwara, Fumio Hamada, and Yoshihiko Kondo, *Hydrometallurgy*, 169, 478-487 (2017).
- 13) Kannan Senthil, Uichi Akiba, Kenshu Fujiwara, and Yoshihiko Kondo, *Separation Science and Technology*, 52(8), 1365-1376 (2017).
- 14) T. Sato, K. Fujiwara, K. Nogoshi, A. Goto, D. Domon, N. Kawamura, Y. Nomura, D. Sato, H. Tanaka, A. Murai, Y. Kondo, U. Akiba, R. Katoono, H. Kawai, T. Suzuki, *Tetrahedron*, 73, 703-726 (2017).
- 15) Baisui Han, Batnasan Altansukh, Kazutoshi Haga, Yasushi Takasaki, Atsushi Shibayama : Leaching and Kinetic Study on Pressure Oxidation of Chalcopyrite in H₂SO₄ Solution and the Effect of Pyrite on Chalcopyrite Leaching, *Journal of Sustainable Metallurgy*, (2017), <https://doi.org/10.1007/s40831-017-0135-3>, pp 1–15
- 16) K. Takahashi, M. Sakamoto, K. Kumagai, T. Hasegawa, and S. Ishio, Uniaxial magnetic anisotropy of tetragonal FeCoV and FeCoVC films, *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol. 51, No. 6, p.p. 065005-1~065005-9 (2018).
- 17) T. Hasegawa, S. Kanatani, M. Kazaana, K. Takahashi, K. Kumagai, M. Hirao, and S. Ishio, Conversion of FeCo from soft to hard magnetic material by lattice engineering and nanopatterning, *Scientific Reports*, Vol. 7, p.p. 1~7 (Article number: 13215) (2017).
- 18) Y. Nakamura and T. Hasegawa, Magnetic phase change in Co/Pd multilayers caused by ion irradiation, *Proceedings of the 8th International Conference on Materials Engineering for Resources*, p.p. 486~489 (BP-32) (2017).
- 19) H. Nakane and T. Hasegawa, Effects of lattice distortion on magnetic anisotropy in Fe films, *Proceedings of the 8th International Conference on Materials Engineering for Resources*, p.p. 483~485 (BP-31) (2017).
- 20) T. Hasegawa and K. Sasaki, Lateral distribution of irradiated ions in L10 FeMnPt films, *Proceedings of the 8th International Conference on Materials Engineering for Resources*, p.p. 479~482 (BP-30) (2017).
- 21) T. Hasegawa, K. Sasaki, C. W. Barton, and T. Thomson, Fabrication and magnetization reversal of L10 FeMnPt dots surrounded by paramagnetic Al

- phase formed by ion irradiation, *Scripta Materialia*, Vol. 142, p.p. 6~9 (2018).
- 22) T. Hasegawa and K. Ito, Structural dependent ferromagnetic-nonmagnetic phase change in FePtRu films, *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2017, p.p. 8949458-1~8949458-7 (2017).
 - 23) S. Wodarz, T. Hasegawa, S. Ishio, and T. Homma, Structural control of ultra-fine CoPt nanodot arrays via electrodeposition process, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 430, p.p. 52~58 (2017).
 - 24) 長谷川崇, 熊谷洗平, 石尾俊二, FeCoAl薄膜のbct格子歪みと一軸磁気異方性, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会) (The papers of technical meeting on magnetism, IEEE Japan), MAG-17-086~103, p.p. 75-78 (MAG-17-100) (2017).
 - 25) 石尾俊二, 長谷川崇, 吉田真司, 金谷峻介, 高橋海里, 熊谷洗平, 平尾舞子, 正方晶FeCo基合金薄膜の一軸磁気異方性, Uniaxial magnetic anisotropy of tetragonal FeCo based alloy films, 日本磁気学会誌まぐね (Magnetism Japan, The magnetism society of Japan), Vol. 12, No. 1, p.p. 21~25 (2017).
 - 26) M. Fukumoto, H. Sonobe, M. Hara and H. Kaneko: Analysis of Water Vapor Oxidation of Fe and Fe-Cr Alloys by Measuring the Partial Pressures of Hydrogen and Oxygen, *Oxidation of Metals*, Vol. 87, pp. 405-416, (2017).
 - 27) 福本倫久, 赤堀昂太, 園部 博, 原 基: 水素センサーおよび酸素ポンプ・センサーを用いたFe-Cr合金の水蒸気酸化挙動の検討, 日本金属学会誌, 第81巻, 第9号, pp. 408-416, (2017).
 - 28) 佐藤芳幸, 川邊健太, 菅原功司, 原 基: 微量NaCl蒸気を含む空気中におけるNi-5, -8, -10 at%Al合金の高温腐食, 日本金属学会誌, 第81巻, 第9号, pp. 441-446, (2017).
 - 29) M. Fukumoto, Y. Kawamori, H. Sonobe M. Hara and H. Kaneko: Investigation of High-Temperature Oxidation in Steam for Ni-Al Alloys Using the Combination of a Hydrogen Sensor and an Oxygen Pump-Sensor, Vol. 89, pp. 357-373, (2017).
 - 30) Y. Suto, N. Sato, M. Fukumoto and M. Hara: Preparation of LaNi₅ Layers by Electrodeposition Using Molten Salt and Anodic Characteristics after Hydrogen Charge, *Int. J. Soc. Mater. Eng. Resor.*, Vol. 23, (2018), (to be published)
 - 31) HAADF-STEM Study of Long-Period Stacking-Ordered Phases Formed in the quaternary Mg-Li-Y-Zn Alloys, Kaichi SAITO, Shingo KUZUYA, Masahiko Nishijima, Katsuhiko Sato and Kenji HIRAGA, *Acta Materialia*
 - 32) "Fabrication of highly qualified (Bi_{1-x}Bax)FeO₃ multiferroic thin films by

- using a pulsed DC reactive sputtering method and demonstration of magnetization reversal by electric field”, S. Yoshimura, and M. Kuppen, Japanese Journal of Applied Physics, Selected Topics in Applied Physics, (2018). (accepted)
- 33) “Basic Study of Electric Field Induced Magnetization Reversal of Multiferroic (Bi_{1-x}Bax)FeO₃ Thin Films at Room Temperature for Magnetic Recording Technology”, S. Yoshimura, Y. Sugawara, G. Egawa, and H. Saito, Journal of the Magnetics Society of Japan, Vol. 42-2, pp. 11-14 (2018).
- 34) “AC Magnetic Field Imaging of Perpendicular Magnetic Write Head without Image Distortion on Alternating Magnetic Force Microscopy with using a Cone-Shape FePt-coated Tip”, S. Yoshimura, F. Zheng, S. Yasui, G. Egawa, and H. Saito, Journal of the Magnetics Society of Japan, Vol. 42-1, pp. 5-10 (2018).
- 35) “High resolution magnetic field energy imaging of the magnetic recording head by A-MFM with Co-GdO_x super-paramagnetic tip”, Pawan Kumar, Yudai Suzuki, Yongze Cao, Satoru Yoshimura, and Hitoshi Saito, Applied Physics Letters, Vol. 111, p. 183105 (2017).
- 36) “Fabrication of □-Fe₂O₃ multiferroic thin films with high coercivity and magnetization for electric-field writing magnetic recording”, Satoru Yoshimura, Proceedings of International Conference of Materials for Resources (ICMR, Akita, Japan, 2017), (2017).
- 37) “Magnetic resonance force microscopy using ferromagnetic resonance of a magnetic tip excited by microwave transmission via a coaxial resonator”, Yukinori Kinoshita, Yan Jun Li, Satoru Yoshimura, Hitoshi Saito, and Yasuhiro Sugawara, Nanotechnology, Vol. 28, p. 485709 (2017).
- 38) 「薄膜磁気記録媒体の微細構造制御技術」, 齊藤 伸, 吉村 哲, まぐね, Vol.12, No.4, 169-176, (2017). (依頼原稿)
- 39) 「磁気力顕微鏡 Magnetic Force Microscopy」, 齊藤 準, 顕微鏡, 第52巻, 第3号, 124-128頁 (2017) (依頼原稿)
- 40) “Synthesis and reversible oxidation/reduction behavior of delafossite-type CuCr_{1-x}Al_xO₂”, Kato, S., Suzuki, S., Ogasawara, M., J. Mater. Sci., 52, pp.10718-10725 (2017)
- 41) Keisuke Ohkubo, Hiroki Takahashi, and Masami Taguchi: Electrochemical reduction of carbon dioxide and synthesis of methanol on Pt oxide film, Proceedings of ICMR 2017 AKITA, 473-478 (2017).
- 42) Takahashi, M., Kamiya, O., and Pasang, T. (2017): Effect of Pretreatment of

- Substrate on Synthesized Diamond Films on Tungsten Carbide Substrate by Flame Combustion, *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, p. 21-8.
- 43) Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, K. Sugawara: Utilization of Carbon Dioxide to Synthesize Large Scorodite Particles under Ultrasound Irradiation, *Japanese Journal of Applied Physics*, In press (2018)
 - 44) Chiba A., Oikawa A., Kadowaki Y., and Mishima N. (2017): Design and Control of Remote Operation Devices for Remote Recycling, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A3-3.
 - 45) Mishima, N., Abe K., and Saito, T. (2017): Residents' Reactions against Renewable Energy Facilities and Influence of Willingness of Investment, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, B4-3.
 - 46) Wang J., Li W., and Mishima N. (2017): The Effects of Collection Promotions on Resources Efficient Utilization and Resources Sustainability of Mobile Phone Market: A System Dynamics Approach, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, C4-4.
 - 47) Haziq M.A. and Mishima, N. (2017): Modeling and Analysis of Material Flow towards Establishment of E-waste Recycling System in Mlaysia, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A6-2.
 - 48) Hirose K., Oikawa A., Oki J., Torihara K., and Mishima, N. (2017): Examination of Effectiveness of Remote Recycling through Material Composition Measurement of Used Small Electronics, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A6-3.
 - 49) Naito, T. and Mishima, N. (2017): Environmental Impact Assessment of Functional and Visual Design Features of Smartphones, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A7-1.
 - 50) Adomako-Ansah, K., Mizuta, T., Ishiyama, D. and Hammond, N. Q. (2017): Nature of ore-forming fluid and formation conditions of BIF-hosted gold mineralization in the Archean Amalia Greenstone Belt, South Africa: Constraints from fluid inclusion and stable isotope studies. *Ore Geology Reviews*, v. 89, 609–626.

- 51) Tangwattananukul, T. and Ishiyama, D. (2018): Characteristics of Cu-Mo mineralization in the Chatree mining area, Central Thailand. *Resource Geology*, v. 68, 83–92.
- 52) Li, H., Ishiyama, D., Zhang, Y. and Shao, Y. (2018): Geology and geochemical characteristics of the Xiajinbao gold deposit in the Hebei Province, China. *JMPS (Journal of Mineralogical and Petrological Sciences)*, v 113, 24–40.
- 53) Ogawa, Y., Ishiyama, D., Shikazono, N., Suto, K., Inoue, C., Tsuchiya, N., Saini-Eidukat, B. and Wood, S. A. (2018): Factors controlling the fractionation and seasonal mobility variations of Ga and In in systems impacted by acidic thermal waters: Effects of thermodynamics and bacterial activity. *Aquatic Geochemistry*, v. 24, 5–25.
- 54) Adomako-Ansah, K., Ishiyama, D. and Allen, R. (2017): Origin of Zn-Pb-Sb-Au mineralization adjacent to the Paleoproterozoic Boliden Au-rich VMS deposit, Sweden: Evidence from Petrographic and Oxygen Isotope Characteristics. *Mineralium Deposita* (in press).
- 55) Pham, Q. M., Ishiyama, D., Sato, H. and Ogawa, Y. (2018?): Vertical variation of lead content in sediment collected from man-made Tamagawa Dam lake in Akita Prefecture, Japan. *Resource Geology* (in press).
- 56) Pham, Q. M., Ishiyama, D. and Sera, K. (2017): Geochemistry of chemical species in river water of Shibukuro-Tama-Omono River System containing acidic thermal water and mine drainage water in Akita Prefecture, Japan. *NMCC Annual Report*, v. 23 (in press)
- 57) "An improved synthesis of the C42-C52 segment of ciguatoxin 3C." T. Saito, K. Fujiwara, Y. Sano, T. Sato, Y. Kondo, U. Akiba, Y. Ishigaki, R. Katoono, T. Suzuki *Tetrahedron Lett.* 2018, 59, in press.
- 58) T. Hiwatashi, Y. Yoshida, and K. Tajima, "Estimation of eddy current loss for transformer windings based on RNA", *Transaction of the Magnetism Society of Japan(Special Issues)*, Vol. 1, No. 1, pp. 31-65, 2017.
- 59) R. Sakai, Y. Yoshida, and K. Tajima, "A Study on Analysis of Basic Property of Axial Gap Induction Motor", *Transaction of the Magnetism Society of Japan(Special Issues)*
- 60) Watanabe, Y., Sato, R. and Sulaksono, A. (2018) Role of potassic alteration for porphyry Cu mineralization: Implication for the absence of porphyry Cu deposits in Japan. *Resource Geology*, Online publication DOI: 10.1111/rge.12165.
- 61) Satori, S., Ogata, T. and Watanabe, Y. (2017) Bismuth and tellurium minerals

of the Arakawa deposit in the Northeast Japan arc. Proceedings of the ICME2017 Akita, October 25 Wed.-27 Fri., 2017, Akita City, Japan, The Society of Materials Engineering for Resources of Japan, p. 253-257.

- 62) Takenori Tanno, Yutaro Watanabe, Kyoko Umeno, Atsushi Matsuoka, Hirotohi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa “In Situ Observation of Gas Adsorption onto ZIF-8 using Terahertz Waves” Journal of Physical Chemistry C 121 2017, pp.17921-17924
- 63) Atsushi Matsuoka, Hirotohi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, Takenori Tanno “The transitional transmittance response of ZIF-8 gas adsorption observed using terahertz waves” e-Journal of Surface Science and Nanotechnology

②学会発表・国際会議報告等

【国際会議 招待】

- 1) S. Yoshimura, “High Functional Multiferroic Thin Films for Application to Novel Magnetic Recording Devices with Electric-Field Writing Method”, 2nd International Conference on Advances in Materials Science and Technology, Vellore, Tamil Nadu, India, October 9-11, 2017 (招待講演・国際)
- 2) Mishima N. and Naito T. (2017): Concurrent Evaluation of Functions and Visual Features for Resource Efficient Design, The 25th International Conference on Transdisciplinary Engineering (TE2018), Singapore.
- 3) Chiba A., Oikawa A., Kadowaki Y., and Mishima N. (2017): Design and Control of Remote Operation Devices for Remote Recycling, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A3-3.
- 4) Mishima, N., Abe K., and Saito, T. (2017): Residents’ Reactions against Renewable Energy Facilities and Influence of Willingness of Investment, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, B4-3.
- 5) Wang J., Li W., and Mishima N. (2017): The Effects of Collection Promotions on Resources Efficient Utilization and Resources Sustainability of Mobile Phone Market: A System Dynamics Approach, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, C4-4.
- 6) Haziq M.A. and Mishima, N. (2017): Modeling and Analysis of Material Flow towards Establishment of E-waste Recycling System in Mlaysia, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A6-2.
- 7) Hirose K., Oikawa A., Oki J., Torihara K., and Mishima, N. (2017): Examination of Effectiveness of Remote Recycling through Material Composition Measurement of Used Small Electronics, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A6-3.
- 8) Naito, T. and Mishima, N. (2017): Environmental Impact Assessment of Functional and Visual Design Features of Smartphones, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A7-1.
- 9) Oikawa A., Chiba A., and Mishima N. (2017): Remote Operating Experiment towards Realization of Remote Recycling, 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Tainan, Taiwan, A6-1.

【国内会議 招待】

- 1) 長谷川崇, 正方晶 FeCo 基合金薄膜の一軸磁気異方性, 科学研究費・基盤研究(S)成果報告会「規則合金スピントロニクス材料の新展開」(主催: 東北大学金属材料研究所 磁性材料学研究室), プログラム No. 10 (東北大学金属材料研究所 2018 年 1 月 30 日, 発表日 2018 年 1

月 30 日)【招待講演】

- 2) H. Saito, Y. Cao, Y. Zhao, Y. Suzuki, S. Yoshimura, "Development of alternating magnetic force microscopy: Local magnetic domain analysis by advanced magnetic field imaging with high functionalities for high performance magnets", 第 41 回日本磁気学会 学術講演会, 九州大学, 2017 年 9 月 19 日~22 日 (招待講演・国内 (シンポジウム))
- 3) 齊藤準:「交番磁気力顕微鏡の開発と磁性材料・磁気デバイスへの展開」, 平成 29 年度スピニクス特別研究会, 秋田大学, 2017 年 11 月 27 日~28 日 (招待講演・国内)
- 4) 国内招待講演 "エーテル結合を有するグリセロ糖脂質天然物ニグリカノシド A の全合成研究" 藤原憲秀 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 16D2, 2017.9.16.
- 5) 「ラマン散乱分光法による固体材料の表面像構造評価」, 山口誠, 日本機械学会 IIP 部門若手研究者招待講演, 東洋大学 (2018.3.15)
- 6) 田島 克文, 大坂 勇太, 吉田 征弘, "三相誘導モータの磁気抵抗回路網解析モデル", スピニクス研究会, 17-5-12, 2017.

【国際会議 一般】

- 1) Yamada, M.; Kaneta, Y.; Rajiv Gandhi, M.; Kondo, Y.; Akiba, U.; Fujiwara, K.; Shibayama A.; Hamada, F. "PGM Extraction Properties of Calix[4]arene-Based n-Dialkylamino Extractants from Leach liquors of Automotive Catalysts", The 21st International Solvent Extraction Conference (ISEC 2017), 平成 29 年 11 月 5 日~9 日, 宮崎県・宮崎市
- 2) Yamada, M.; Kaneta, Y.; Rajiv Gandhi, M.; Hu, Y.; Shibayama A.; Hamada, F. "Calix[4]arene-Based n-Dialkylamino Extractants for Platinum Group Metal Separation from Leach Liquors of Automotive Catalysts", The Eighth International Conference on Materials Engineering and Resources (ICMR 2017 AKITA), 平成 29 年 10 月 25 日~27 日, 秋田
- 3) Rajiv Gandhi, M.; Yamada, M.; Haga, K.; Shibayama, A. "Synthesis of SCS type Pincer Extractants for Selective Extraction of Pd(II) from Platinum Group Metals: An Improved Approach to Current Refining Process", The Eighth International Conference on Materials Engineering and Resources (ICMR 2017 AKITA), 平成 29 年 10 月 25 日~27 日, 秋田
- 4) Haga K., Sato S., Rajivgandhi M., Yamada M., Shibayama, A., Selective Recovery of Palladium from PGM Containing Hydrochloric Acid Solution Using Thiocarbamoyl Substituted Adsorbents, International Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017), p.196-200 (2017) 平成 29 年 10 月 25 日~27 日, 秋田
- 5) Magwaneng R. S., Haga K., Batnasan A., Shibayama A., Kosugi M., Kawarabuki R., Mitsuhashi K., Kawata M., Investigation of Copper and Iron Recovery from Copper Ore by High Pressure Leaching, International Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017), p.213-216 (2017) 平成 29 年 10 月 25 日~27 日, 秋田
- 6) Battsengel A., Batnasan A., Haga K., Watanabe Y., Shibayama A., Magnetic Separation and Leaching Study of Rare Earth Elements from Apatite-Iron Ore, International Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017), p.217-221 (2017) 平成 29 年 10 月 25 日~27 日, 秋田

- 7) Batnasan A., Haga K., Shibayama A., Formation of Nano- and Micro- Gold Particles from Gold-Iodide Solution at pH 8-13, International Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017), p.236-239 (2017) 平成 29 年 10 月 25 日～27 日, 秋田
- 8) Rajiv Gandhi, M.; Yamada, M.; Shibayama, A. "Synthesis and characterization of thioamide-modified calix[4]arene for selective Pd(II) extraction from automotive catalyst residue", 2nd International Conference on Advances in Materials Science and Technology (ICAMST2017), 平成 29 年 10 月 9 日～11 日, インド (タミルナドゥ)
- 9) Batnasan A., Haga K., Shibayama A., Pressure Oxidative Leaching of Spent Automobile Catalysts: Leaching Behavior of Platinum Group Metals, 資源・素材 & EARTH2017 (札幌) (The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology), Sapporo, Japan, Electronic reports (2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 10) Battsengel A., Batnasan A., Haga K., Watanabe Y., Shibayama A., Recovery of Rare Earth Elements from Leach Liquor using Organophosphorus Acids, 資源・素材 & EARTH2017 (札幌) (The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology), Sapporo, Japan, Electronic reports (2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 11) Takeuchi M., Haga K., Kawamura S., Takasaki Y., Shibayama A., Investigation for concentration and recovery of Tin from waste printed circuit boards by table separation, 資源・素材 & EARTH2017 (札幌) (The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology), Sapporo, Japan, Electronic reports (2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 12) Harada S., Takeuchi M., Haga K., Kawamura S., Takasaki Y., Shibayama A., Recovery of tin from waste printed circuit board using physical and chemical separation, 資源・素材 & EARTH2017 (札幌) (The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology), Sapporo, Japan, Electronic reports (2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 13) Rajiv Gandhi, M.; Yamada, M.; Kaneta, Y.; Hu, Y.; Shibayama, A. "Selective separation of platinum group metal from automotive catalysts using p-dialkylaminomethylcalix[4]arenes", The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology (EARTH 2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 14) Yamada, M.; Rajiv Gandhi, M.; Kaneta, Y.; Kimura, N.; Shibayama, A. "Platinum group metal separation by thiodiphenol-based n-dialkylamino extractants", The 14th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology (EARTH 2017), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日, 北海道・札幌
- 15) Harada S., Takeuchi M., Haga K., Kawamura S., Takasaki Y., Shibayama A., Recovery of tin-concentrated products and distribution behavior of major elements from waste printed circuit board by combining physical separation, Proceedings of European Metallurgical Conference (EMC2017), Vol.4, p.1834-1835 (2017) 平成 29 年 6 月 26 日～28 日, ドイツ・ライプチヒ

- 16) Shigeo Hayashi and Fumito Kagaya, "Electrophoretic Deposition and Fixing of Natural Zeolite Particles on Metal Electrodes with Different Shapes", IUMRS-ICAM2017, B6-P30-001 (2017.8.30, Kyoto University, Japan)
- 17) T. Hasegawa, S. Kanatani, M. Kazaana, K. Takahashi, K. Kumagai, S. Yoshida, M. Hirao, S. Ishio, Magnetic properties of bct FeCo dot pattern, IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG Europe 2017) (主催 IEEE; Institute of Electronics and Electrical Engineers), Intermag 2017 Digest book, p. 211 (AR-09) (2017). (Dublin, UK, 2017年4月24日~4月28日, 発表日 2017年4月25日)
- 18) T. Hasegawa, K. Sasaki, Lateral distribution of irradiated ions in L10 FeMnPt films, The 8th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR 2017) (主催 The Society of Materials Engineering for Resources of JAPAN), ICMR 2017 Abstracts, p. 55 (BP-30) (2017). (Akita, Japan, 2017年10月25日~10月27日, 発表日 2017年10月27日)
- 19) H. Nakane, T. Hasegawa, Effects of lattice distortion on magnetic anisotropy in Fe films, The 8th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR 2017) (主催 The Society of Materials Engineering for Resources of JAPAN), ICMR 2017 Abstracts, p. 56 (BP-31) (2017). (Akita, Japan, 2017年10月25日~10月27日, 発表日 2017年10月27日)
- 20) Y. Nakamura, T. Hasegawa, Magnetic phase change in Co/Pd multilayers caused by ion irradiation, The 8th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR 2017) (主催 The Society of Materials Engineering for Resources of JAPAN), ICMR 2017 Abstracts, p. 56 (BP-32) (2017). (Akita, Japan, 2017年10月25日~10月27日, 発表日 2017年10月27日)
- 21) M. Fukumoto, Y. Kawamori, H. Sonobe, M. Hara and H. Kaneko: Investigation of High Temperature Oxidation in Steam for Ni-Al alloys Using the Combination of a Hydrogen Sensor and an Oxygen Pump-Sensor, Gordon Research Conference, New Hampshire, U. S. A., 2017. 7. (一般講演)
- 22) Y. Suto, N. Sato, M. Fukumoto and M. Hara: Preparation of LaNi₅ Layers by Electrodeposition Using Molten Salt and Anodic Characteristics after Hydrogen Charge, Proceedings of the 8th International Conference on Materials Engineering for Resource, Akita, pp.460-463, (2017). (一般講演)
- 23) S. Yoshimura, "Voltage control of magnetization direction of multiferroic thin films for application to novel magnetic recording devices with electric-field writing method", The 28th Magnetic Recording Conference (TMRC2017), Tsukuba, Japan, August 2-4, 2017 (一般講演・国際)
- 24) M. Makarova, Y. Akaishi, T. Ikarashi, S. Yoshimura, H. Saito, "Ultra high-resolution imaging of magnetic recording media by alternating magnetic force microscopy with Fe-Co based amorphous tips", International Conference of Materials for Resources (ICMR, Akita, Japan, 2017), Akita, Japan, October 27, 2017 (一般講演・国際)
- 25) S. Yoshimura, "Fabrication of □-Fe₂O₃ multiferroic thin films with high coercivity and magnetization for electric-field writing magnetic recording", International Conference of

Materials for Resources (ICMR, Akita, Japan, 2017), Akita, Japan, October 27, 2017 (一般講演・国際)

- 26) S. Yoshimura and M. Kuppam, “Fabrication of highly qualified $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)\text{FeO}_3$ multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering technique and its magnetic and dielectric properties”, The 4th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA2017), Phu-Quoc, Vietnam, December 10-13, 2017 (一般講演・国際)
- 27) Y. Cao, Y. Suzuki, P. Kumar, Y. Zhao, S. Yoshimura, H. Saito, “Development of high susceptibility Co-GdO_x superparamagnetic films and its application to magnetic force microscopy”, The 4th International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA2017), Phu-Quoc, Vietnam, December 10-13, 2017 (一般講演・国際)
- 28) Keisuke Ohkubo, Hiroki Takahashi, and Masami Taguchi: Electrochemical reduction of carbon dioxide and synthesis of methanol on Pt oxide film, ICMR 2017 AKITA (2017. 10. 25-27, Akita, Japan).
- 29) Takahashi, M., Kamiya, O., and Pasang, T. (2017): Effect of Pretreatment of Substrate on Synthesized Diamond Films on Tungsten Carbide Substrate by Flame Combustion, 7th Manufacturing Engineering Society International Conference (MESIC2017), (USB), (2017 June, Vigo, Spain).
- 30) Takahashi, M., Serizawa, N. and Kamiya, O. (2017): Effect of Nitrogen Addition on Synthesized Diamond Films on Molybdenum Substrate Surface by Flame Combustion Method, The Eighth International Conference on Materials Engineering for Resources, (USB), (2017 October, Akita, Japan).
- 31) Preparation of thickness-gradient Ag islands film on diamond like carbon for surface layer characterization by SERS, Y. Umemoto, K. Saito, R. Furuya, M. Yamaguchi, and Y. Yamamoto, The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) 2017
- 32) Satori, S., Ogata, T. and Watanabe, Y. (2017) Bismuth and tellurium minerals of the Arakawa deposit in the Northeast Japan arc. ICMR2017 Poster Session (Akita View Hotel, Akita) (20171027) (一般講演, 国際学会)
- 33) Takenori Tanno, Yutaro Watanabe, Kyoko Umeno, Atsushi Matsuoka, Hirotohi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, “Gas adsorption properties of ZIF-8 investigated using terahertz waves” (A8-P28-026) International union of materials research society-International conference of advanced materials (IUMRS-ICAM) 2017 (2017. 8, Kyoto, Japan)
- 34) Atsushi Matsuoka, Takenori Tanno, Hirotohi Matsumura, Masafumi Odaka, Nobuaki Ogawa, “Transitional response in the terahertz transmittance of ZIF-8 upon gas adsorption” (4PA-41) The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) (2017. 10, Tsukuba, Japan)

【国内会議 一般】

- 1) 山田 学, 「ピンサー型 Pd(II)抽出剤とシクロヘキサンを認識する有機結晶の開発」, 平成 29 年度日本素材物性学会研究会, 秋田, 平成 29 年 12 月 8 日
- 2) 岡部 悠, 山田 学, Muniyappan Rajiv Gandhi, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 「チオアミド部位を有する新規

- 抽出剤の合成と Pd(II)に対する抽出特性」, 資源・素材 2017 (札幌), 平成 29 年 9 月 26 日～28 日
- 3) 石橋克幸, 山川澄人, 芳賀一寿, 松本和也, 寺境光俊, 柴山敦, POA-m を用いたロジウム分離における各種不純物の影響, 資源・素材 & EARTH 2017 (札幌), Electronic reports, 札幌, 平成 29 年 9 月 26 日～28 日
 - 4) ホアン ティー スーン, 高崎康志, 川村茂, 芳賀一寿, 井上亮, 柴山敦, 亜鉛電解採取用高 Ag 含有 Pb-Ag 合金アノードの Mn²⁺含有硫酸浴における電解特性, 資源・素材 & EARTH 2017 (札幌), Electronic reports, 札幌, 平成 29 年 9 月 26 日～28 日
 - 5) 岡部悠, Muniyappan Gandhi, 山田学, 芳賀一寿, 柴山敦, チオアミド部位を有する新規抽出剤の合成と Pd(II)に対する抽出特性, 資源・素材 & EARTH 2017 (札幌), Electronic reports, 札幌, 平成 29 年 9 月 26 日～28 日
 - 6) 乙黒将史, 芳賀一寿, 柴山敦, 高ヒ素含有銅精鉱への高温高压浸出法の適用と浸出剤による影響, 資源・素材 & EARTH 2017 (札幌), Electronic reports (2017), 札幌, 平成 29 年 9 月 26 日～28 日
 - 7) Yamada, M.; Kaneta, Y.; Rajiv Gandhi, M.; Kondo, Y.; Akiba, U.; Fujiwara, K. "Development of Calix[4]arene-Based PGM Extractants Possessing Excellent Solubility for Aliphatic Hydrocarbons", 平成 29 年度化学系学協会東北大会, 盛岡, 平成 29 年 9 月 16 日～17 日
 - 8) Rajiv Gandhi, M.; Yamada, M.; Shibayama, A. "1,3-Bis(diethoxythiophosphinoyloxy)benzene for Pd(II) extraction from leach liquors of automotive catalysts", 平成 29 年度化学系学協会東北大会, 盛岡, 平成 29 年 9 月 16 日～17 日
 - 9) 石橋克幸, 山川澄人, 芳賀一寿, 松本和也, 寺境光俊, 柴山敦, 芳香族アミン化合物を用いたロジウム分離における各種不純物の影響, 平成 29 年度 日本素材物性学会年会, 講演要旨集 p.19, 秋田, 平成 29 年 6 月 27 日
 - 10) 岡部 悠, 山田 学, 芳賀一寿, 柴山 敦, 「かにばさみ型抽出剤を用いた貴金属回収」, 環境資源工学会 第 136 回学術講演会, 東京, 平成 29 年 6 月 8 日
 - 11) 原田茂一, 竹内愛, 芳賀一寿, 川村茂, 高崎康志, 柴山敦, 物理選別技術を用いた液晶テレビ電源基板からのスズ濃縮, 環境資源工学会 第 136 回学術講演会, 東京, 平成 29 年 6 月 8 日
 - 12) Highly selective precipitation of platinum(IV) using 2-ethylhexylamine, 瀬崎勇斗, 山川澄人, 松本和也, 寺境光俊, 平成 29 年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 1P024, 盛岡, 2017 年 9 月 16～17 日. (一般講演・国内会議)
 - 13) Mutual separation of Pt (IV), Pd(II) and Rh(III) using aliphatic primary amines as precipitants, 山川澄人, 松本和也, 寺境光俊, 平成 29 年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 2P021, 盛岡, 2017 年 9 月 16～17 日. (一般講演・国内会議)
 - 14) アルキルアニリンを沈殿剤として用いたロジウムの選択分離回収, 山川澄人, 瀬崎勇斗, 松本和也, 寺境光俊, 第 5 回貴金属シンポ, 東京大学生産技術研究所, 平成 30 年 1 月 12 日 (一般講演・国内会議)
 - 15) 2-エチルヘキシルアミンを用いた白金族金属を含む塩酸溶液からの白金選択回収, 瀬崎勇斗, 山川澄人, 松本和也, 寺境光俊, 第 5 回貴金属シンポ, 東京大学生産技術研究所, 平成 30 年 1 月 12 日 (一般講演・国内会議)
 - 16) アルキルアニリンを沈殿剤としたロジウム選択回収, 松本和也, 山川澄人, 瀬崎勇斗, 寺境光俊,

日本化学会第98春季大会, 千葉, 2018/3/20 (一般講演・国内会議)

- 17) 「シガトキシン 3C の IJKL 環の改良合成」齋藤崇史, 藤原憲秀, 佐野勇介, 佐藤たくと, 近藤良彦, 秋葉宇一, 上遠野亮, 鈴木孝紀, 第 29 回 万有札幌シンポジウム (札幌)
- 18) 「セラギネリン A の全合成研究」板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀, 化学系協会北海道支部 2017 年夏季研究発表会 (旭川) .
- 19) 「分子プローブへの展開を目指したヒドロキシクロロキンの誘導体化の検討」成瀬貴啓, 布村渉, 涌井秀樹, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀, 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡)
- 20) 「変形菌由来ケホコリン類の合成研究」元臼亮佑, 佐藤大介, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀, 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡)
- 21) 「Development of Calix[4]arene-Based PGM Extractants possessing Excellent Solubility for Aliphatic Hydrocarbons」山田学, 金田祐, ムニヤパン ラジブ ガンジー, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡)
- 22) 「ジベンゾフラン系天然物の合成研究」佐藤大介, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀, 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡)
- 23) 「セラギネリン A の全合成研究」板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀, 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡)
- 24) 「イワヒバ由来セラジネリン A の合成研究」藤原憲秀・板垣貴也・近藤良彦・秋葉宇一、日本化学会第 98 回春季年会 (船橋)
- 25) 「ジベンゾフラン配糖体ケホコリン A の合成研究」藤原憲秀・元臼亮佑・佐藤大介・近藤良彦・秋葉宇一、日本化学会第 98 回春季年会 (船橋)
- 26) 「ジベンゾフラン天然物ケホコリン E の合成研究」佐藤大介・近藤良彦・秋葉宇一・藤原憲秀、日本化学会第 98 回春季年会 (船橋)
- 27) 高崎康志, 鈴木誉也, 川村茂, 芳賀一寿, 柴山敦: 高 Ag 含有高不純物粗銅を用いた電解精製技術の開発, [1508-13-05], (2018)
- 28) 小野竜大, 芳賀一寿, 高崎康志, 川村茂, 柴山 敦: 再磨鉍と浮遊選鉍による高 SiO₂ 含有亜鉛精鉍からの SiO₂ の分離除去, [1308-17-06], (2018)
- 29) 原田茂一, 芳賀一寿, 高崎康志, 川村茂, 柴山敦: 廃電子基板を由来とするスズ濃縮物のアルカリ浸出および電解採取によるスズの精製, [3401-11-06], (2018)
- 30) 長谷川崇, 熊谷洗平, 石尾俊二, FeCoAl 薄膜の bct 格子歪みと一軸磁気異方性, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会) (The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-17-086~103, p.p. 75-78 (MAG-17-100) (2017). (長崎大学 2017 年 8 月 7 日~8 月 8 日, 発表日 2017 年 8 月 8 日)
- 31) 長谷川崇, 熊谷洗平, 坂本真人, 中村靖子, 石尾俊二, 一軸結晶磁気異方性を有する bct FeCo 薄膜のナノドット化による磁気特性の変化, 第 41 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 141(21pB-14) (2017). (九州大学 2017 年 9 月 19 日~9 月 22 日, 発表日 2017 年 9 月 21 日)
- 32) 長谷川崇, 熊谷洗平, 石尾俊二, FeCo への正方晶歪みの導入による一軸磁気異方性の発現とナノパターン化による高保磁力化, 第 4 回ナノスケール磁性体研究会 (主催: 電気学会 ナノスケール磁性体の構造・組織解析と創製調査専門委員会), プログラム No. 1 (明専会東京センター九州工大鳳龍

クラブ 2017 年 11 月 20 日, 発表日 2017 年 11 月 20 日)

- 33) 坂本真人, 熊谷洸平, 高橋海里, 石尾俊二, 長谷川崇, FeCo 膜への V, C 添加による bct 構造安定化と一軸結晶磁気異方性, 第 41 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 140 (21pB-13) (九州大学 2017 年 9 月 19 日~9 月 22 日, 発表日 2017 年 9 月 21 日)
- 34) 新堀拓哉, 長谷川崇, FeCo 薄膜への VN 添加による bct 構造安定化と一軸磁気異方性の発現, 第 72 回応用物理学会東北支部学術講演会予稿集, 30aA11 (秋田大学 2017 年 11 月 30 日~12 月 1 日, 発表日 2017 年 11 月 30 日)
- 35) 武政友佑, 熊谷洸平, 長谷川崇, FeCo 薄膜への C 添加による格子歪の発現と C 侵入サイト, 第 72 回応用物理学会東北支部学術講演会予稿集, 30aA12 (秋田大学 2017 年 11 月 30 日~12 月 1 日, 発表日 2017 年 11 月 30 日)
- 36) Takashi Hasegawa, Uniaxial magnetocrystalline anisotropy of tetragonally distorted FeCoAl films, ASRC 2017 Summer Review Meeting (HAMR system working group) (東京 飯田橋レインボービル, 発表日 2017 年 6 月 15 日)
- 37) 長谷川崇, 超高効率・高出力モーターに資する世界最強の bct FeCo 磁石の開発, あきた産学官連携フォーラム 2017 (主催: 秋田産学官共同研究拠点センター) (秋田拠点センターアルヴェ, 発表日 2017 年 11 月 29 日)
- 38) Takashi Hasegawa, Stabilization of tetragonally distorted FeCo by VC addition, ASRC 2017 Winter Review Meeting (HAMR system working group) (東京 飯田橋レインボービル, 発表日 2017 年 12 月 5 日)
- 39) 長谷川崇, 人工的な結晶構造の制御とナノテクによる高機能な磁性材料の創製, 平成 29 年度 新素材・機能性材料開発セミナー (主催: 秋田大学地方創生センター) (秋田大学地方創生センター2 号館 2 階大セミナー室, 発表日 2018 年 3 月 2 日)
- 40) 川森康雅, 福本倫久, 原 基, 金児紘征: 水素センサーおよび酸素ポンプ・センサーを用いた Ni 基合金の水蒸気酸化挙動の検討, 日本素材物性学会・平成 29 年度年会, p.21, 秋田, 2017 年 6 月 27 日. (一般講演)
- 41) 須藤裕弥, 佐藤菜花, 福本倫久, 原 基: 熔融塩電析法による LaNi₅ 表面層の形成と水素チャージ後のアノード特性, 日本金属学会 2017 年秋期講演大会, 札幌, 2017 年 9 月 8 日. (一般講演)
- 42) 内田祥太, 佐藤菜花, 福本倫久, 原 基: Ni 基合金への Ni アルミナイド/Ni-Hf 合金 2 層コーティングの作製と耐サイクル酸化性, 日本金属学会 2017 年秋期講演大会, 札幌, 2017 年 9 月 8 日. (一般講演)
- 43) 福本倫久, 川森康雅, 原 基: 水素センサーおよび酸素ポンプ・センサーを用いた β -NiAl のサイクル酸化挙動の検討, 日本金属学会 2017 年秋期講演大会, 札幌, 2017 年 9 月 8 日.
- 44) 山田貴之, 福本倫久, 原 基: 熔融塩を媒体とした電析と溶解法による多孔質 Fe 表面の創製, 日本金属学会東北支部講演会, p.22, 仙台, 2017 年 11 月 22 日. (一般講演)
- 45) 石戸隆介, 内田祥太, 菅原和久, 福本倫久, 原 基: Fe 上への Ni アルミナイド/Ni₂ 層コーティングの作製と耐サイクル酸化性, 腐食防食学会東北支部講演会, pp.11-12, 仙台, 2018 年 3 月 16 日. (一般講演)
- 46) 山田貴之, 福本倫久, 原 基, 土井教史: 熔融塩を媒体とした電析と溶解法による多孔質ステンレ

- ス鋼表面の創製，日本金属学会 2018 年春期講演大会，千葉，2018 年 3 月 20 日．（一般講演）
- 47) 福本倫久，赤堀昂太，原 基：ガスセンサーを用いた Fe および Fe-Cr 合金の昇温過程における水蒸気酸化挙動，日本金属学会 2018 年春期講演大会，千葉，2018 年 3 月 21 日．（一般講演）
 - 48) 日本金属学会 2018 年（第 162 回）春期講演大会 口頭発表「Mg_{97-x}Li_xY₂Zn₁ 合金の長周期積層相の構造」齋藤嘉一，葛谷慎吾，西嶋雅彦，平賀賢二
 - 49) 吉村哲：「反応性パルス DC スパッタリング法による高品位(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃ 強磁性・強誘電薄膜の作製とその磁気および誘電特性」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 50) 吉村哲：「イオンビームアシストスパッタリング法による高保磁力かつ高飽和磁化・ε-Fe₂O₃ 強磁性・強誘電薄膜の作製」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 51) 曹永澤，趙越，吉村哲，楨智仁，西内武司，齊藤準：「交番磁気力顕微鏡を用いた NdFeB 焼結磁石の可逆的な磁壁移動の検出」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 52) 鈴木雄大，Y. Cao，吉村哲，齊藤準：「交番磁気力顕微鏡を用いた強磁場イメージングに向けた高磁化率・超常磁性 Co-Gd₂O₃ グラニューラー合金薄膜の作製」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 53) 赤石悠輔，M. Makarova，K. S. Rao，吉村哲，齊藤準：「交番磁気力顕微鏡用高分解能ソフト磁性探針の開発 — 高磁歪・Fe 系非晶質磁性薄膜の極薄化 —」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 54) 工藤開世，K. S. Rao，吉村哲，齊藤準：「パルス磁場印加・磁気力顕微鏡を用いた磁気力顕微鏡探針の磁化曲線計測」，第 41 回日本磁気学会学術講演会，九州大学，2017 年 9 月 19 日～22 日（一般講演・国内）
 - 55) 吉村哲，M. Kuppan：「反応性パルス DC スパッタリング法による(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃ 強磁性・強誘電薄膜の高品位作製とその磁気および誘電特性」，平成 29 年度スピニクス特別研究会，秋田大学，2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
 - 56) M. Kuppan, S. Yoshimura, S. Kalainathan, “Fabrication of (Bi_{1-x}La_x)(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ multiferroic thin films by using a pulsed DC reactive sputtering method and its magnetic properties”，平成 29 年度スピニクス特別研究会，秋田大学，2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
 - 57) 鈴木雄大，Y. Cao，吉村哲，齊藤準：「交番磁気力顕微鏡を用いた強磁場イメージングに向けた高磁化率・超常磁性 Co-Gd₂O₃ グラニューラー合金薄膜の作製」，平成 29 年度スピニクス特別研究会，秋田大学，2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
 - 58) K. Pawan, Y. Suzuki, Y. Cao, S. Yoshimura, H. Saito, “Magnetic field energy imaging of the high resolution magnetic recording head by A-MFM”，平成 29 年度スピニクス特別研究会，秋田大学，2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
 - 59) C. Yongze, Z. Yue, P. Kumar, Y. Suzuki, S. Yoshimura, H. Saito, “Simultaneous magnetic field imaging of reversible and irreversible magnetization for Sr ferrite magnet by alternating magnetic force microscopy”，平成 29 年度スピニクス特別研究会，秋田大学，2017 年 11 月 27 日～

28日（一般講演・国内）

- 60) 工藤開世, K. Srinivasa Rao, 吉村哲, 齊藤準:「パルス磁場印加・磁気力顕微鏡を用いた磁気力顕微鏡探針の磁化曲線計測」, 平成 29 年度スピニクス特別研究会, 秋田大学, 2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
- 61) M. Makarova, Y. Akaishi, S. Yoshimura, H. Saito, “Demonstration of MFM tip magnetostriction using lock-in detection technique”, 平成 29 年度スピニクス特別研究会, 秋田大学, 2017 年 11 月 27 日～28 日（一般講演・国内）
- 62) 吉村哲, M. Kuppan:「反応性パルス DC スパッタリング法による(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃強磁性・強誘電薄膜の高品位作製」, 応用物理学会 強的秩序とその操作に関する第 6 回研究会, 東京大学, 2018 年 1 月 4 日（一般講演・国内）
- 63) C. Yongze, P. Kumar, Z. Yue, 鈴木雄大, 吉村哲, 齊藤準:「高磁化 Co-GdO_x超常磁性グラニューラ一合金薄膜の開発と磁気力顕微鏡探針への応用」, 日本金属学会 2018 年春季(第 162 回)講演大会, 千葉工業大学, 2018 年 3 月 19 日～21 日（一般講演・国内）
- 64) “含浸法による Fe 含有アパタイト型リン酸塩の合成”, 加藤純雄, 池田奨, 小笠原正剛, 平成 29 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 1 P43, p.43, 仙台, 2017 年 11 月 1 日～11 月 2 日.
- 65) 高橋弘樹, 田口正美: CO₂ 電解還元システム用高活性カソード触媒の開発, 環境・資源 新技術説明会 (2017. 11. 14, 東京).
- 66) 大久保敬祐, 高橋弘樹, 田口正美: Pt 酸化物による CO₂ 電解還元と赤外分光法を用いた中間体その場解析, 日本金属学会 2017 年秋期講演大会 (2017. 9. 6-8, 札幌).
- 67) Ohkubo Keisuke, Hiroki Takahashi, and Masami Taguchi: Analysis of CO₂ Electroreduction on Pt oxide catalyst, The 15th GREEN Symposium (2017. 6. 29, つくば).
- 68) 大久保敬祐, 高橋弘樹, 田口正美: Pt 酸化物の CO₂ 電解還元と赤外光を用いたその場解析, 平成 29 年度日本素材物性学会年会 (2017. 6. 27, 秋田).
- 69) 大澤隆裕, 大川浩一, 篠田弘造, 加藤貴宏, 菅原勝康, 鈴木茂: 結晶性の異なるリン酸鉄を出発原料とした多孔質酸化鉄の生成およびヒ素吸着特性, 資源・素材学会&EARTH 秋季大会(2017.9.26-28 北海道)
- 70) 大澤隆裕, 大川浩一, 篠田弘造, 加藤貴宏, 菅原勝康, 鈴木茂: 超音波照射下で合成したリン酸鉄を原料とした球状多孔質酸化鉄の合成とヒ素の吸着特性, 資源・素材学会&EARTH 秋季大会 (2017.9.26-28 北海道)
- 71) 大澤隆裕, 大川浩一, 篠田弘造, 加藤貴宏, 菅原勝康, 鈴木茂: 超音波照射下による球状リン酸鉄の合成およびそれを原料とした多孔質酸化鉄の合成とそのヒ素吸着特性, 第 26 回ソノケミストリー討論会(2017.10.20-21 鹿児島)
- 72) 北村 優弥, 大川 浩一, 加藤 貴宏, 菅原 勝康: 粗大なスコロダイト粒子の合成を目的とした超音波照射過程における二酸化炭素の利用, The 38th Symposium on UltraSonic Electronics(2017. 10. 25-27 宮城)
- 73) 大澤隆裕, 大川浩一, 篠田弘造, 加藤貴宏, 菅原勝康, 鈴木茂: 結晶性の異なるリン酸鉄を出発原料とした多孔質酸化鉄の生成およびヒ素吸着特性, 秋田化学技術協会 第 52 回 研究技術発表会ならび

に特別講演会(2018.3.3 秋田)

- 74) 奥田航, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: リチウムイオン電池用正極材料としてのマグヘマイトナノ粒子の合成とその電池特性評価, 秋田化学技術協会 第 52 回 研究技術発表会ならびに特別講演会 (2018.3.3 秋田)
- 75) 国内一般講演 "ジベンゾフラン天然物ケホコリン E の合成研究" 佐藤大介・近藤良彦・秋葉宇一・藤原憲秀 日本化学会第 98 回春季年会 (船橋) 講演要旨集 1D1-09, 2018.3.20.
- 76) 国内一般講演 "ジベンゾフラン配糖体ケホコリン A の合成研究" 藤原憲秀・元白亮佑・佐藤大介・近藤良彦・秋葉宇一 日本化学会第 98 回春季年会 (船橋) 講演要旨集 1D1-10, 2018.3.20.
- 77) 国内一般講演 "イワヒバ由来セラジネリン A の合成研究" 藤原憲秀・板垣貴也・近藤良彦・秋葉宇一 日本化学会第 98 回春季年会 (船橋) 講演要旨集 1D1-11, 2018.3.20.
- 78) 国内一般講演 "セラジネリン A の全合成研究" 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 2P050, 2017.9.17.
- 79) 国内一般講演 "ジベンゾフラン系天然物の合成研究" 佐藤大介, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 2P082, 2017.9.17.
- 80) 国内一般講演 "変形菌由来ケホコリン類の合成研究" 元白亮佑, 佐藤大介, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 1P062, 2017.9.16.
- 81) 国内一般講演 "分子プローブへの展開を目指したヒドロキシクロロキンの誘導体化の検討" 成瀬貴啓, 布村渉, 涌井秀樹, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 平成 29 年度化学系協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 1P094, 2017.9.16.
- 82) 国内一般講演 "セラジネリン A の全合成研究" 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 化学系協会北海道支部 2017 年夏季研究発表会 (旭川) 講演要旨集 B07, 2017.7.22.
- 83) 国内一般講演 "セラジネリン A の全合成研究" 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 第 8 回分子生命研究会 (秋田) 13:05 講演, 2017.7.8.
- 84) 国内一般講演 "シガトキシン 3C の IJKL 環の改良合成" 齋藤崇史, 藤原憲秀, 佐野勇介, 佐藤たくと, 近藤良彦, 秋葉宇一, 上遠野亮, 鈴木孝紀 第 29 回 万有札幌シンポジウム (札幌) 講演要旨集 P-4, 2017.7.1.
- 85) 「表面増強ラマン散乱による固体試料表面評価のための膜厚傾斜銀薄膜の作製」梅本好日古, 齋藤圭祐, 古谷龍嗣, 山野太久, 山口誠, 山本 良之, B07, 2017 年度精密工学会東北支部学術講演会, 日本大学工学部 郡山キャンパス (2017.10.14)
- 86) 「島状 In 薄膜を用いた深紫外表面増強ラマン散乱分光法による Si 酸化膜の評価表面層評価のための島状の銀薄膜による固体表面における表面増強ラマン散乱」山野太久, 梅本好日古, 古谷龍嗣, 山口誠, 山本良之, B08, 2017 年度精密工学会東北支部学術講演会, 日本大学工学部 郡山キャンパス (2017.10.14)
- 87) 「ta-C 薄膜における深紫外ラマンスペクトル変化の照射温度依存性」17p-P1-3, 神津 知己, 堀 諒子, 山口 誠, 川口 雅弘, 吉村 雅満, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 早稲田大学西早稲田キャンパス, (2018.3.17-2018.3.20)
- 88) 佐々木貴裕, 荒木雅斗, 田島克文, 吉田征弘, 坂本禎智, "固定子磁心形状の非対称化が単相励磁三相パラメトリックモータに与える影響", マグネティックス研究会資料, MAG-17-134, 2017.

- 89) 成田聡平, 田島克文, 吉田征弘, "DC-DC コンバータ用変圧器巻線の RNA による渦電流損推定法の検討", マグネティックス研究会資料, MAG-17-127, 2017.
- 90) 酒井諒典, 吉田征弘, 田島克文, "アキシシャルギャップ誘導モータの特性解析", 電気関係学会東北支部連合大会, 1A-01, 2017.
- 91) 酒井諒典, 吉田征弘, 田島克文, "アキシシャルギャップ誘導モータの基礎特性解析に関する研究", 日本磁気学会学術講演会, 22aB-1, 2017.
- 92) 佐々木貴裕, 荒木雅斗, 田島克文, 吉田征弘, 坂本禎智, "固定子磁心形状の非対称化が単相励磁三相パラメトリックモータの特性に与える影響", スピニクス研究会, 17-5-19, 2017.
- 93) 成田聡平, 田島克文, 吉田征弘, "DC-DC コンバータ用変圧器巻線の RNA による渦電流損推定の基礎的検討", スピニクス特別研究会, 17-5-24, 2017.
- 94) 酒井諒典, 吉田征弘, 田島克文, "アキシシャルギャップ誘導モータの基礎設計に関する検討", マグネティックス/モータドライブ/リニアドライブ合同研究会資料, MAG-17-169, MD-17-111, LD-17-090, 2017.
- 95) 佐々木貴裕, 荒木雅斗, 田島克文, 吉田征弘, 坂本禎智, "回転子駆動状態における非対称固定子磁心形状単相励磁三相パラメトリックモータの動作特性", マグネティックス研究会資料, MAG-18-028, 2018.
- 96) 左部翔太・緒方武幸・渡辺 寧(2017)秋田県荒川鉦床の鉦脈型銅鉦化作用. 資源地質学会第 67 回年会学術講演会(東京大学, 東京) (20170623) (一般講演, 国内学会)
- 97) 早瀬仁丈暢, 大内圭祐, 淀川信一, 倉林徹, 丹野剛紀「テラヘルツ分光によるカルバゾクロムスルホン酸ナトリウム三水和物の脱水転移の観測」(P-53), 第 26 回有機結晶シンポジウム (2017. 11, 米沢)

(3) 活動実績

①地域貢献・社会貢献

- 1) 柴山敦, 川村茂: 秋田大学地方創生センター市民講座 秋田と日本の未来を創る資源学・理工学研究の最前線「資源・リサイクル関係の取組」, カレッジプラザ, 平成 29 年 11 月 19 日
- 2) 松本和也, 芳賀一寿, 寺境光俊, 柴山敦: あきた産学官連携フォーラム「芳香族アミン化合物を用いたロジウムの選択回収」, 平成 29 年 11 月 29 日
- 3) 秋葉宇一, 近藤良彦, 山田学: 秋田土壌浄化コンソーシアムへの参加
- 4) . H. Saito, S. Yoshimura: “Study of Multiferroic recording”, ASRC 2017 Winter Review Meeting, Iidabashi Rainbow Building, Tokyo, December 4-5, 2017
- 5) 齊藤準: 新素材・機能性材料開発セミナー「交番磁気力顕微鏡による高密度磁気記録媒体の高分解能磁気イメージング - 高感度 Fe 系非晶質ソフト磁性探針の開発 - 」, 秋田大学, 2018 年 3 月 2 日
- 6) 齊藤準: JST「新技術説明会」『産学共創基礎基盤研究プログラム 磁石 新技術説明会 ～解析・分析技術～』「交番磁気力顕微鏡: 磁石評価に資する新たな機能性の開発」, JST 東京本部別館 1F ホール, 2018 年 02 月 22 日
- 7) 渡辺 寧: 第 4 回国道 105 号大曲鷹巣道路「大覚野峠区間」道路計画技術委員会, 東京 農林会館, 2017 年 8 月 31 日
- 8) 丹野剛紀: あきた産学官連携フォーラムにおける成果発表「テラヘルツ分光装置とその工業的応用」, 秋田拠点センターアルヴェ, 2017 年 11 月 29 日

②特許登録

No.	本学発明（考案）者	発明・考案の名称	登録番号
1	吉村 哲、齊藤 準	垂直磁気記録媒体、垂直磁気記録媒体の製造方法、垂直記録再生装置	特許第6149244号
2	齊藤 準、吉村 哲、木下幸則	磁性微粒子の磁気特性評価装置および磁気特性評価方法	特許第6167265号
3	菅原勝康、加藤貴宏	塩化揮発法による金の回収方法及び回収システム	特許第6164640号
4	松本和也、大滝萌恵、高橋拓朗、寺境光俊	カーボンナノチューブ複合体、カーボンナノチューブ分散液及びそれらの製造方法、カーボンナノチューブの分散方法、並びに、透明電極及びその製造方法	特許第6179923号
5	田口正美、高橋弘樹	アルカリ直接型エタノール燃料電池用アノード触媒及び該触媒を備えたアルカリ直接型エタノール燃料電池、該触媒の製造方法、並びに、アルカリ直接型エタノール燃料電池の出力向上方法	特許第6187962号
6	菅原勝康、加藤貴宏、板倉尚道	Ag被覆Al-Si合金粒子及びその製造方法、並びに、導電性ペースト	特許第6230022号
7	大川浩一、齊藤知直	溶液中の重質油回収方法及び回収システム	特許第6248253号
8	吉村 哲、齊藤 準	磁気力顕微鏡用探針およびその製造方法	特許第6261075号
9	大川浩一	食肉の製造方法及び製造装置	特許第6278501号
10	吉村 哲、齊藤 準	垂直磁気記録媒体、垂直磁気記録媒体の製造方法、垂直記録再生装置	特許第6284125号
11	吉村 哲、齊藤 準	垂直記録媒体、垂直記録再生装置	特許第6284126号
12	長谷川 崇、石尾俊二	FePt系合金における強磁性－常磁性相変化を利用した磁気記録媒体	特許第6296243号
13	吉村 哲、齊藤 準	電界書込み型磁気記録装置	ZL 201280056604.7
14	齊藤 準、吉村 哲、木下幸則	磁場値測定装置および磁場値測定方法	ZL 201480016966.2

* 取得済み特許のみ掲載

③受賞等

- 1) International Conference on Materials Engineering for Resources 2017 (ICMR2017) (2017) Excellent Paper Award, Haga K., Sato S., Rajivgandhi M., Yamada M., Shibayama, A. 「Selective Recovery of Palladium from PGM Containing Hydrochloric Acid Solution Using Thiocarbamoyl Substituted Adsorbents」
- 2) 平成 29 年度 日本素材物性学会年会 (2017) 優秀論文発表賞, 石橋克幸, 山川澄人, 芳賀一寿, 松本和也, 寺境光俊, 柴山敦 「芳香族アミン化合物を用いたロジウム分離における各種不純物の影響」
- 3) 環境資源工学会 第 136 回学術講演会・ポスター発表 (2017) 優秀ポスター賞, 原田茂一, 竹内愛, 芳賀一寿, 川村茂, 高崎康志, 柴山敦 「物理選別技術を用いた液晶テレビ電源基板からのスズ濃縮」
- 4) 平成 29 年度日本素材物性学会山崎賞, Kazuya Matsumoto, Sumito Yamakawa, Tatsuya Aoyagi, Kazutoshi Haga, Mitsutosi Jikei, and Atsushi Shibayama 「Mutual Separation of Palladium(II)and Platinum(VI)from Hydrochloric Acid Solutions Using m-Phenylene Diamine -Containing Agents」
- 5) 平成 29 年度日本電気学会 優秀論文発表賞 (A 部門表彰), 長谷川崇, 「正方晶 FeCo ドットパターンの作製と磁気特性」
- 6) 第 65 回日本金属学会論文賞 (材料化学部門), 福本倫久, 佐藤勇氣, 原 基, 「Recovery of Dy from a Mixture of Nb, Fe, B and Dy by Electrolysis in Molten LiCl」, 2017 年 9 月 6 日
- 7) 日本磁気学会 論文奨励賞, 樋渡拓也, 「Estimation of eddy current loss for transformer windings based on RNA」, 2017 年 5 月 1 日.
- 8) 日本磁気学会 平成 29 年度学術奨励賞 (内山賞), 樋渡拓也, 「Estimation of eddy current loss for transformer windings based on RNA」, 2017 年 09 月 20 日.
- 9) 日本磁気学会 平成 30 年度学生講演賞 (櫻井講演賞), 酒井諒典, 「アキシシャルギャップ誘導モータの基礎特性解析に関する研究」, 平成 29 年 11 月 17 日

7. 地方創生センターの研究設備等一覧

(1) 設備管理専門委員会報告

設備管理専門委員会委員長 田島 克文

平成28年4月、それまで「地域協働、地域防災」事業を担っていた「地域創生センター」と「新産業創出、人材育成」事業の役割を担っていた「ベンチャーインキュベーションセンター」（以降VICと略す）、及び「ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー」（以降VBLと略す）等の既存の施設を再編統合し、「地域協働・防災部門」及び「地域産業研究部門」の2部門からなる「秋田大学地方創生センター」が誕生しました。

地方創生センター1号館（旧VIC）と地方創生センター2号館（旧VBL）の施設・設備の運用管理と設置計画の審議は、新設の「地方創生センター設備管理専門委員会」がその任を引き継いでいます。

地方創生センター1号館（旧VIC）には「秋田産学官共同研究拠点センター」が設置されており、その施設・設備は県内産学官の研究者・技術者の積極的な活用を可能にすべく、保守と修理が欠かせません。これに対し、地方創生センター2号館（旧VBL）の施設・設備は主として学内の教員と学生による研究員を利用対象者とし、保守・修理はもちろん連携する学内各部局の施設・設備との効率的な運用が心掛けられています。

次頁以降に1号館及び2号館の運用管理の詳細（【装置の種類および使用状況】、【機器の管理責任者】、【機器取り扱い規程】）を記します。

設備の老朽化など深刻な事例もあり今後は機器の更新という重要な問題がある一方、保守・修理・消耗品の購入等、管理業務も抜かりなく行う必要があります。当委員会の活動が「地方創生センター地域産業研究部門」の事業に貢献することを願っています。

地方創生センター1号館

【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（年間使用時間が100時間超）として、超分解能電界放射型走査型電子顕微鏡、X線電光子分光分析装置、水銀ポロシメータ、比表面積・細孔径分布測定装置、触媒分析装置、マイクロフォーカスX線透視装置、X線光電子分光装置がある。一方、研究の進展や教員の異動に伴い、一部の装置は使用時間が皆無かそれに近い状況の装置が複数ある。なかでも、高分解能核磁気共鳴スペクトル装置はランニングコストが使用状況に関わりなく一定で高いため、採算性が極めて悪くなっており、大きな懸案事項である。

今年度はXPSのイオンガンの消耗による交換、X線透視装置の制御用PCのハードディスクの破損による交換修理などがあったが、誤操作や不注意、整備不良等による重大な故障はなかった。利用者と装置管理責任者のご協力の賜物である。

【機器の管理責任者】

管理責任者は下記の教員の方々に依頼し、機器のコンディションの維持管理と新規利用者へのインストラクションをご担当いただいた。

高崎康志（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

近藤良彦（大学院理工学研究科 生命科学専攻）

加藤純雄（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

丹野剛紀（地方創生センター）

阿部一徳（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

寺境光俊（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

水戸部一孝（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

カビール・ムハムドゥル（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

大川浩一（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

小笠原正剛（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

池本 敦（教育文化学部 地域社会講座）

熊谷誠治（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

（敬称略）

【機器取り扱い規程】

1号館に設置している研究機器は、「秋田大学地方創生センター1号館研究設備利用細則」により、産学官共同研究開発を行い、その成果を普及し、その活用を促進することにより、科学技術を駆動力とした地域経済の活性化を図ることを目的に学内外に利用させることを規定している。使用に際しては、消耗品費、修繕費等のランニングコストを勘案して設定した利用単価に利用時間数を乗じた額を請求している。また、機器管理責任者は、前年度管理した研究設備年間利用時間の15%分の時間を無料で利用できることとしている。

利用の方法は、毎年度利用依頼書および利用理由書を提出していただき、センター長の決裁・承認のうえ利用させることとしている。利用料金の支払い方法は、原則として、四半期毎に利用料金をま

とめ、翌月に請求することとし、本年度も例年どおりの方法で利用者に支払っていただいた。なお、利用時間、料金の集計は、利用台帳に記載されたものを、センターの技術専門職員が毎月とりまとめを行っている。

地方創生センター2号館

【はじめに】

秋田大学地方創生センター2号館に設置されている各研究機器は、本年度も年間を通じてさまざまな研究テーマの下で有効利に活用された。しかしながら、大半の機器が設置後16年程度経過したことを受けて、稼働率の高い装置を中心に、経年劣化や消耗部品の寿命による機能低下が発生した。また、空調機などの施設についても、経年劣化が見られるようになり、故障が度々発生した。当委員会では、機器や施設のコンディションを常に最良の状態に維持管理することを第一の責務とし、それらの更新・オーバーホール・部品交換のサポートや修繕等に係る業務を中心に活動を行ってきた。具体的には、多目的X線回折装置の高圧ケーブルおよび管球の交換、粉末X線回折装置の管球の交換、走査電子顕微鏡の劣化部品交換および点検、波長分散小型蛍光X線分析の劣化部品交換および点検、高真空熱処理装置のオーバーホールおよびターボ分子ポンプの更新、液体窒素製造装置のオーバーホール、1年中冷房設定で稼働させなければならないほど負荷が極めて大きいクリーンエリア1用のGHPエアコンの基板交換、働時間が寿命をはるかに上回っていた、電気計測エリア1と2および精密計測エリアの広い範囲をカバーしていたGHPエアコンの室外機の交換（施設課が主導する形で実施）、などを行った。近年導入した微小空間組織構造評価装置については、その極めて高い使用頻度から度々不具合が生じ、その都度、調整等を行った。また、保守用備品の整理や機器の再配置により確保した実験スペースについて、スペースの貸出を積極的に行った。

【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（ ≥ 100 時間/年を目安）として、各種粉碎機、高圧高温用リアクター、ICP発光分光分析装置、多層構造膜作製装置、多元合金膜作製装置、高真空熱処理装置、高真空型走査型プローブ顕微鏡、均温熱処理装置、磁気記憶装置材料分析評価システム、表面粗さ形状測定装置、多目的X線回折装置、液体窒素製造装置、レーザー顕微鏡、振動試料型磁力計、走査電子顕微鏡、イオンコーティング装置、粉末X線回折装置、薄膜X線回折装置、大気型走査プローブ顕微鏡、示差熱天秤、プラスチック種類判別計、PCRサーマルサイクラー、電界放射型走査電子顕微鏡、蛍光X線分析装置、微小空間組織構造評価装置、などがある。

【機器の管理責任者】

管理責任者は下記の教員の方々に依頼し、機器のコンディションの維持管理をご担当いただいた。

柴山 敦（国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

芳賀一寿（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）

高崎康志（国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

長谷川崇（理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース）

齊藤 準（理工学研究科 附属理工学研究センター）
吉村 哲（理工学研究科 附属理工学研究センター）
大川浩一（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
齋藤嘉一（理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース）
寺境光俊（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
松村洋寿（理工学研究科 生命科学専攻 生命科学コース）
小笠原正剛（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
高橋 護（理工学研究科 共同ライフサイクルデザイン工学専攻）
神谷 修（理工学研究科 システムデザイン工学専攻 創造生産工学コース）
林 正彦（教育文化学部 英語・理数教育講座）
林 滋生（理工学研究科 附属理工学研究センター）
久場敬司（医学系研究科 医学専攻 分子機能学・代謝機能学）
小泉幸央（医学系研究科 医学専攻 分子機能学・代謝機能学）
進藤隆世志（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）

【機器取り扱い規定】

地方創生センター研究員、学内教員、および外部の研究者が装置を使用することができる規定は、昨年度と同様とし、使用に際しては消耗品費相当の機器使用料（別紙「機器使用料」参照）を請求させていただくことにしている。また、学内教員の研究推進を目的として、何度も募集をかけるなど積極的な実験スペース貸出を行っており、その使用料を請求させていただくことにしている。地方創生センター機器の使用料、および実験スペース使用料の徴収に関して、4月から9月までに使用した分の使用料を12月に、および10月から12月までに使用した分の使用料を2月に、1月から3月までに使用した分の使用料を3月末に、それぞれ使用者に支払って頂く方式を、迅速に行うことで、使用者の便宜を図っている。尚、使用者が保有する種々の経費での支払いを可能にしていることで、使用者にとっての利便性を更に高めている。

【おわりに】

秋田大学地方創生センター2号館では、新規および移管を含め、特徴ある機器の導入、特徴的な研究を更に推進するための施設の充実、老朽化した施設の更新を、設備マスタープランや概算要求への申請などにより積極的に進めており、今後の研究活動のますますの発展が期待される。

(2) 地方創生センター1号館

①研究設備一覧

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカ	型 式
1	超純水製造装置	オルガノ(株)	
2	ドラフトチャンバー	オリエンタル技研工業(株)	AFG-STZ-1500E
3	マイクロウェーブ試料前処理システム	PerkinElmer	Multiwave3000 高圧TFM分解容器セット
4	超高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡	日立ハイテク	SU-70
5	炭素・水素・窒素・硫黄・酸素全自動分析装置	PerkinElmer	2400 II 全自動元素分析システム
6	フレーム/ファーンズ高分解能連続光源原子吸光分析装置	株式会社 アナリティクイエナ ジャパン	AAS contrAA700
7	元素分析装置	(株)システムズエンジニアリング	CE-440
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	日本電子(株)	JNM-ECA600 FT-NMR
9	X線光電子分光分析装置	島津製作所	AXIS-ULTRA
10	マイクロフォーカスX線CT透視装置	島津製作所	SMX-100CT-SV3 TypeIII
11	水銀ポロシメータ	ThermoFinnigan	pascal 140型240型
12	超高速液体クロマトグラフシステム	日本分光(株)	JASCO XLCシステム
13	光散乱GPC分子量測定装置	昭光	DOWN HELEOS II 8 ほか
14	テラヘルツ分光測定装置	(株)テラヘルツ研究所	TSS- II GM
15	バイポーラ電源	NF回路設計ブロック	BP4620
16	活性汚泥処理装置	朝日理化工業	C8R型
17	スプレードライヤ装置	ヤマト科学	DL-410
18	比表面積・細孔径分布測定装置	日本ベル(株)	BELSORP-miniII
19	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	日本ベル(株)	BELCAT-B AGAS (ガス導入口7ライン)
20	リアルタイムPCRシステム	タカラバイオ(株)	MRQ TP960AB
21	マルチラベルカウンター	TECAN	M200PRO_FAL-TBT
22	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	東機産業(株)	TVB-10M (Lアダプタ付き)
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	WATERS	AcquityUPLC
24	ガス吸着量測定装置	カンタクロム社(米国)日本代理店シスメックス(株)	Autosorb-IQ-C-AC
25	モジュール式電気化学測定システム	ソーラートロン(英国)日本代理店(株)東陽テクニカ	M-CHAS4 MODULAB
26	共焦点レーザー顕微鏡	オリンパス	FV1000/1X81-S (分光)仕様
27	マトリックス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析装置	ブルカー・ダルトニクス株式会社	autoflex III
28	バイオクリーンベンチ	三洋	バイオクリーンベンチMCV-B91F

②研究設備利用実績

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)	
		所 属	氏 名			
1	超純水製造装置	秋田大学	地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	0	0
2	ドラフトチャンバー	秋田大学	地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	0	0
3	マイクロウェーブ試料前処理システム	秋田大学	大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	637	2
4	超高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡	秋田大学	大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,587	486
5	炭素・水素・窒素・硫黄・酸素全自動分析装置	秋田大学	大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	2,170	7
6	フレーム/ファーンズ高分解能連続光源原子吸光分析装置	秋田大学	大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,058	20
7	元素分析装置	秋田大学	大学院理工学研究科 生命科学専攻	近藤 良彦	637	61
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	秋田大学	大学院理工学研究科 生命科学専攻	近藤 良彦	3,931	10
9	X線光電子分光分析装置	秋田大学	大学院理工学研究科 物質科学専攻	加藤 純雄	1,695	436
10	マイクロフォーカスX線CT透視	秋田大学	地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	2,278	124
11	水銀ポロシメータ	秋田大学	大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	阿部 一徳	475	116
12	超高速液体クロマトグラフシステム	秋田大学	地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	691	0
13	光散乱GPC分子量測定装置	秋田大学	大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境 光俊	313	20
14	テラヘルツ分光測定装置	秋田大学	大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	水戸部 一孝	842	8
15	バイポーラ電源	秋田大学	大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	12
16	活性汚泥処理装置	秋田大学	大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	36
17	スプレードライヤ装置	秋田大学	大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	367	11
18	比表面積・細孔径分布測定装置	秋田大学	大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川 浩一	216	167
19	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	秋田大学	大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	162	264

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
20	リアルタイムPCRシステム	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本 敦	162	0
21	マルチラベルカウンター	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本 敦	313	0
22	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	54	0
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	1,857	19
24	ガス吸着量測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷 誠治	421	0
25	モジュール式電気化学測定システム	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷 誠治	54	30
26	共焦点レーザー顕微鏡	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	475	0
27	マトリックス支援レーザー脱離イオン 化法飛行時間型質量分析装置	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	1,404	40
28	バイオクリーンベンチ	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	54	0

(3) 地方創生センター2号館

①研究設備一覧

No.	設備名	仕様	
		メーカー	型式
1	ディスク型手動粉碎機	ハルツォク・ジャパン(株)	HSM-100A
2	堅型粉碎機	(株)オリエント	VM-20
3	ロール型磁選機	日本エリーズマグネチック(株)	RE-05
4	空気テーブル	ジュイテック(株)	V-135E
5	卓上型0.2Lオートクレーブ	日東高圧	HC-276 20MPa
6	レーザーゼータ電位計	大塚電子(株)	ELS-8000
7	非鉄金属選別機	日本エリーズマグネチックス(株)	ECS1222
8	紫外可視近赤外分光光度計	(株)島津製作所	UV-3600
9	波長分散小型蛍光X線分析装置	(株)リガク	Primini
10	付属消耗品:成形リング		
11	イオンクロマトグラフ	米国ダイオネクス社	ICS-3000型
12	蒸留水製造装置	(株)アドバンテック	RFD240NA
13	超純水製造装置	(株)アドバンテック	RFU464CA
14	湿式高磁力磁選機	日本エリーズマグネチックス(株)	HIW L-4 ラボモデル
15	湿式粉碎機(アトライタ)	三井鉱山(株)	MA01SC型
16	粒度分布測定装置	日機装(株)	MT3300EX-SDU
17	拡散反射測定ユニット60φ積分球付属装置	(株)島津製作所	ISR-3100 (UV3600用)
18	卓上型高周波ビードサンプラー	(株)リガク	AK
19	EXAFS装置	(株)リガク	EXAFS-Labo
20	ICP発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS5510
21	直流安定化電源	日本電計(株)	GP0500-30R
22	高周波誘導加熱装置	(株)美和製作所	MU-1700-B
23	A0カラージェットプロッタ	日本ヒューレット・パッカート(株)	1055CN
24	超小型真空アーク溶解装置	日新技研(株)	NEV-AD03
25	紫外可視分光光度計		
26	金属用ラボカッター	マルトー	MC-122
27	施盤		
28	電磁ふるい振とう機	レッチェ	AS200
29	多層構造膜作製装置	トッキ(株)	SPM-506
30	多元合金膜作製装置	トッキ(株)	SPM-406
31	8.5桁スーパーデジタルマルチメータ	(株)東陽テクニカ	SuperDMM2002
32	純水製造装置	(株)東洋製作所	RFD210PA
33	超高性能3次元空気バネ式防振台		
34	精密天秤		
35	超音波洗浄機		
36	高真空熱処理装置	(株)真空理工	VHC-P45C-S

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカ	型 式
37	カー効果磁化・磁区観察装置	ネオアーク(株)	BH-786P-AP
38	パルス磁場印加装置	OP電子工業(株)	M10-103S2
39	垂直磁場印加型走査型プローブ顕微鏡	SIIナノテクノロジー (現日立ハイテクサイエンス)	SPI4000TA
40	温度可変型走査型プローブ顕微鏡	SIIナノテクノロジー (現日立ハイテクサイエンス)	STP-251S
41	高真空型走査型プローブ顕微鏡	セイコーインスツルメンツ(株)	SPI3800N
42	高感度磁化測定装置	(株)オプティマ	2900-04
43	二位相型ロックインアンプ	(株)NF設計回路ブロック	5610B
44	スペクトラム・アナライザ	(株)アドバンテスト	R3132
45	液体窒素製造装置	岩谷産業(株)	NL300
46	表面粗さ形状測定器	(株)東京精密	SURFCOM1400D
47	多目的X線回折装置	ブルカーエイエックスエス(株)	D8ADVANCE
48	偏光顕微鏡	(株)ニコン	E600WPOL
49	均温熱処理装置		GFA430VN
50	デジタル・ストレージ・オシロスコープ		TDS2004B
51	磁気記憶装置材料分析・評価システム	(株)エイコーエンジニアリング	R3132
52	粉末XRD測定装置	リガク(株)	RINT2200V
53	形状測定レーザマイクロスコープ	(株)キーエンス	VK-X200/210SP
54	振動試料型磁力計	東栄工業(株)	VSM
55	走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-5900LV
56	カーボンコーティング装置	日本電子(株)	JEC-520
57	イオンコーティング装置	日本電子(株)	JFC1600
58	薄膜X線回折装置	リガク(株)	RINT2100P
59	実体顕微鏡	(株)ニコン	SMZ1500
60	微小空間組織構造評価装置	日本電子(株)	JSM-7800F
61	GCマス装置	日本電子(株)	JSM-GCMATEII
62	GCマス装置	日本電子(株)	JSM-GCMATEII
63	大気型走査型プローブ顕微鏡	SIIナノテクノロジー (現日立ハイテクサイエンス)	NanoNaviII/S-image
64	小型精密切断機	平和テクニカ(株)	HS-25
65	フライス盤	東洋アソシエイツ	FV-10M
66	フライス盤	東洋アソシエイツ	FV-10M
67	高温熱処理装置	トキコナガノ(株)	NEWTONIAN® Pascal-40
68	プラスチック種類判別計	オプト技研(株)	PLASHCAN-SH
69	PCRサーマルサイクラー	タカラバイオ(株)	TP600
70	電界放射型走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-6701F
71	シングルナノサイズ対応粒子径・表面電位解析装置	堀場製作所	Nano Partica SZ-100Z-100
72	Agilent 630 FT-IR システム	アジレント・テクノロジー(株)	630 FT-IR
73	金属分散度測定装置	日本ベル(株)	BEL-METAL-1SPAI

②研究設備利用実績

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
1	ディスク型手動粉碎機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	27
2	堅型粉碎機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
3	ロール型磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	0
4	空気テーブル	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	0
5	卓上型0.2Lオートクレーブ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
6	レーザーゼータ電位計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	70	0
7	非鉄金属選別機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	30	0
8	紫外可視近赤外分光光度計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	350	15.3
9	波長分散小型蛍光X線分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	200	261 (個)
10	付属消耗品：成形リング	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	60	0
11	イオンクロマトグラフ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦 芳賀 一寿	100	371.5
12	蒸留水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	236.6 (L)
13	超純水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	10	32.1 (L)
14	湿式高磁力磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
15	湿式粉碎機(アトライタ)	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
16	粒度分布測定装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦 芳賀 一寿	100	35.3
17	拡散反射測定ユニット60φ積分球付属 装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	100	0
18	卓上型高周波ビードサンプラー	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦 芳賀 一寿	100	0
19	EXAFS装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,100	0
20	ICP発光分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	700	915.67

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
21	直流安定化電源	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	0	0
22	高周波誘導加熱装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	39 (回)
23	A0カラージェットプロッタ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	250~ 900	50 (枚)
24	小型真空アーク溶解装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	146 (個)
25	紫外可視分光光度計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	0
26	金属用ラボカッター	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	0
27	施盤	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	0
28	電磁ふるい振とう機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	100	0
29	多層構造膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	500	0
30	多元合金膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	500	0
31	8.5桁スーパーデジタルマルチメータ	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	0
32	純水製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	0
33	超高性能3次元空気バネ式防振台	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	0
34	精密天秤	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	0
35	超音波洗浄機	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	0
36	高真空熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	5
37	カー効果磁化・磁区観察装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	35.15
38	パルス磁場印加装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	0
39	垂直磁場印加型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	0
40	温度可変型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	112.62
41	高真空型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	齊藤 準	50	98.5

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
42	高感度磁化測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	70	1
43	二位相型ロックインアンプ	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	0	0
44	スペクトラム・アナライザ	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	0	0
45	液体窒素製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	100	5,842.5 (L)
46	表面粗さ形状測定器	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	60	162.42
47	多目的X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	70	115.5
48	偏光顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	0	0
49	均温熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	50	109
50	デジタル・ストレージ・オシロスコープ	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	0	0
51	磁気記憶装置材料分析・評価システム	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	1,000	153 (日)
52	粉末XRD測定装置RINT2000	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川 浩一 吉村 哲	100	733.05
	粉末XRD測定装置RINT2000印刷代	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	大川 浩一 吉村 哲	10	191 (枚)
53	形状測定レーザマイクロスコープ	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	60	261.48
54	振動試料型磁力計	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	吉村 哲	70	849.5
55	走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	185.5
56	カーボンコーティング装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	50	0
57	イオンコーティング装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	50	59 (回)
58	薄膜X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	270.91
59	実体顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	0	0
60	微小空間組織構造評価装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	500	1,026.01
61	GCマス装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境 光俊	300	0

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	平成29年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
62	大気型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境 光俊	50	130.24
63	示差熱天秤	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	50	246.5
64	試料精密切断機	秋田大学 大学院理工学研究科 システムデザイン工学専攻	神谷 修	0	0
65	フライス盤	秋田大学 大学院理工学研究科 システムデザイン工学専攻	神谷 修	0	0
66	フライス盤	秋田大学 大学院理工学研究科 システムデザイン工学専攻	神谷 修	0	0
67	高温熱処理装置	秋田大学 教育文化学部 英語・理数教育講座	林 正彦	50	0
68	プラスチック種類判別計	秋田大学 大学院理工学研究科 生命科学専攻	松村 洋寿	50	0
69	PCRサーマルサイクラー	秋田大学 大学院医学系研究科 分子機能学・代謝機能学講座	久場 敬司	10	0
70	電界放射型走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 附属理工学研究センター	林 滋生	70	226.41
71	シングルナノサイズ対応粒子径・表面 電位解析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	60	106.25
72	Agilent 630 FT-IR システム	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	120	11.91
73	金属分散度測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	進藤 隆世志	50	242.5

秋田大学地方創生センター

〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号

<http://www.akita-u.ac.jp/honbu/>