



秋田大学

秋田大学

地方創生センター

令和4年度年報

Akita University

Center for Regional Revitalization in Research and Education

Annual Report 2022.4 - 2023.3

令和4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. 地域協働部門	6
(1) 地域連携事業	
(2) 社会貢献事業	
4. 地域産業研究部門	19
(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) 小型軽量電動化システム研究開発事業	
(4) 新エネルギー開発研究事業	
(5) 医理工連携産業研究開発事業	
(6) 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	81
(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	85
(1) 研究成果集	
(2) 研究実績	
① 学術論文	
② 学会発表・国際会議報告等	
(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	210
(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 機器設備一覧	
② 機器設備利用実績	

1. センター長挨拶（巻頭言）

令和5年度 地方創生センター長 尾野 恭 一

秋田大学地方創生センターは、地域との協働による地域振興策の取組み並びに地域産業の成長に資する研究を推進し、地域を担う人材育成の推進と地域の産業振興、活性化に貢献することを使命としています。

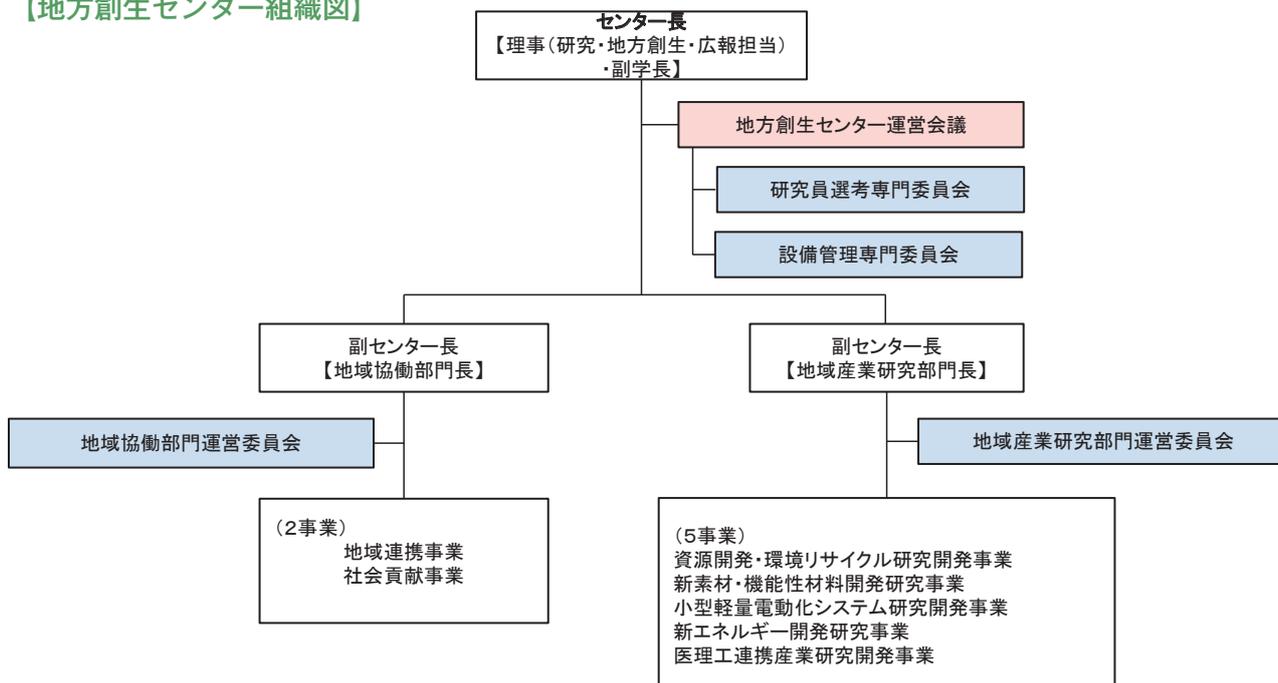
本センターには、「地域協働部門」と「地域産業研究部門」の2部門があり、「地域産業研究部門」では、大学の最先端の研究成果を活かして地域に新たな産業を創出することを目標として研究を行っています。平成28年度にセンターが発足して以来、「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」「新素材・機能性材料開発研究事業」「小型軽量電動化システム研究開発事業」「新エネルギー開発研究事業」、および「医理工連携産業研究開発事業」の5つの事業に学内のリソースを投資し、研究開発・地域産業化事業を進めています。このうち、小型軽量電動化システム研究開発事業は、内閣府の「地方大学・地域産業創生交付金」の交付事業に採択され、新たに「電動化システム共同研究センター」を設立し、さらには廃校となった小学校を活用して「新世代モーター特性評価ラボ」を開所するに至っています。また、複合材料形成技術は、航空機産業のみならず自動車用軽量部材や土木補修技術の開発へと発展してきており、社会実装へ向けての取り組みが進んでいます。このように「地域産業研究部門」は、地域イノベーション創生のベース基地として発展することが期待されます。

もう一つの「地域協働部門」は、大学の教育機能を活用して、地域の抱える課題解決を支援することを目的としています。本部門では、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取り組みとしての大学見学会、高齢者の健康管理支援、リカレントあるいはリスキリング教育、交流人口の拡大支援、学生による地域貢献を目指した「学生自主プロジェクト」などの事業を、県内に設置された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います。

本報告書は、令和4年度に地方創生センターが行なった活動内容をまとめたものです。依然としてコロナ禍の影響を受け、一部の事業は活動を中止したり規模を縮小したりしての開催となっておりますことを御承知おきください。引き続き、「地方創生」の活動拠点として努力してまいりますので、ご理解とご支援の程よろしくお願い申し上げます。

2. 地方創生センター運営会議及び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
◎尾野 恭一	地方創生センター長
白木 智昭	地方創生センター副センター長（地域協働部門長）
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）
三宅 良美	国際資源学研究科 教授
中澤 俊輔	教育文化学部 准教授
長岡 真希子	医学系研究科 准教授
福本 倫久	理工学研究科 准教授
有明 順	あきた企業活性化センター経営支援部 設備・研究推進課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

【地域協働部門運営委員会】

氏名	職名等
◎白木 智昭	地域協働部門長
三浦 栄一	北秋田分校長
越後谷 真悦	男鹿なまはげ分校長
佐々木 均	横手分校長
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
吉 村 哲	理工学研究科 教授
(田 島 克 文)	理工学研究科 教授
熊 谷 誠 治	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
◎尾 野 恭 一	地方創生センター長
白 木 智 昭	地方創生センター副センター長（地域協働部門長）
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）
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
福 本 倫 久	理工学研究科 准教授

◎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
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
吉 村 哲	理工学研究科 教授

◎は委員長

3. 地域協働部門

(1) 地域連携事業

How To 海外留学リモート座談会

主 催 秋田大学
協 力 秋田県教育委員会
実 施 日 令和4年12月14日（水）
対 象 校 大館鳳鳴高校、大館国際情報学院高等学校、
能代松陽高等学校、秋田南高等学校、
横手清陵学院高等学校、湯沢高等学校



秋田大学から海外に留学中または留学経験者の学生を講師とし、将来海外留学に行きたいと考えている秋田県内の高校生に対して、リモート接続で留学先と学校現場をつなぎ、海外留学について直接話を聞いて交流するオンライン行事。留学の実態・制度を具体的に知ることで、高校生の国際的指向性と学習意欲を高め、進路を考えるきっかけを与えることを目的としている。

メディカル・サイエンスカフェ in 北秋田

主 催 地方創生センター
共 催 北秋田市
実 施 日 令和4年7月27日（水）
会 場 北秋田市ふれあいプラザ・コムコム
カフェマスター 医学系研究科長 羽瀨友則
講 師 医学部医学科
教授 三島和夫
教育文化学部
准教授 伊藤恵造

参 加 者 30名

「健康長寿 元気で100年」をテーマとし、北秋田市民を対象に講演会及び意見交換会を北秋田市と共催で実施した。カフェ形式のくつろいだ雰囲気の中、羽瀨カフェマスターの進行のもと、医学や健康、世代間交流について2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行い、その後、参加者と精力的に意見交換を行った。



メディカル・サイエンスカフェ in 南高中等部

主 催 地方創生センター
実 施 日 令和4年9月28日（水）
会 場 秋田南高等学校中等部
カフェマスター 医学系研究科長 羽瀨友則
講 師 医学部医学科
教授 柴田浩行
医学部医学科
准教授 成田伸太郎



参 加 者 226名

秋田南高等学校中等部の全校生徒を対象に、初めて中学校で開催した。「健康長寿 元気で100年：がんの治療最前線～最新薬物治療と開発から最新手術まで～」と題し、ロボット手術やがんの仕組みについて動画を交えて講師から説明があり、生徒達の知的好奇心を刺激する機会となった。

メディカル・サイエンスカフェ in 大仙

主 催 地方創生センター
共 催 大仙市
実 施 日 令和4年11月22日（火）
会 場 花火伝統文化継承資料館はなび・アム
カフェマスター 医学系研究科長 羽瀨友則
講 師 医学部医学科
教授 飯島克則
医学部医学科
助教 ヨン・キム・フォン・ロザリン



参 加 者 25名

大仙市と共催で「人生100年時代の心も身体も生涯健幸のコツ～安心のメンタルヘルスから消化器がんの克服まで～」というテーマの下、講演及び意見交換を行い、25名が参加した。身体面とメンタルからそれぞれの講師が講演し、受講者は「検診の大切さを知った」など今後の人生を考えるきっかけとなったようだった。



大館市との連携事業

ふるさとキャリア教育「学習講演会」in 大館

- 主 催 北秋田分校
共 催 大館市立比内中学校、同 第一中学校
後 援 大館市教育委員会
実 施 日 令和4年9月7日（水）、9月14日（水）
会 場 大館市立比内中学校体育館、同 第一中学校体育館
参 加 者 東中学校生徒 172名、北陽中学校生徒 487名

夢の実現に向けて努力している母校中学校出身の秋田大学生を講師に、中学生の学習意欲を喚起するとともに、学習方法や進路選択、進路としての大学及び大学教育について理解を深め、将来の自分の姿を見据えた学校生活を送れるようにすることを目的として開催している。



ワクワク子ども科学教室

- 共 催 北秋田分校、大館・北秋田理科教育研究会
実 施 日 令和4年9月25日（日）
会 場 大館市立有浦小学校体育館
参 加 者 児童生徒約44名、保護者

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。



「投球障害予防教室」 in 大館

主催 地方創生センター、大館市文教振興事業団
後援 大館市スポーツ少年団本部、北秋田分校
実施日 令和4年10月29日（土）
会場 大館市樹海体育館（タクミアリーナ）
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、講師 齊藤 明、
助教 照井 佳乃
看護学講座
准教授 大高 麻衣子、助教 江畑 萌
作業療法学講座
助教 菊地 翼

指導補助 理学療法学講座 大学院生、医学部生

参加者 スポーツ少年団員 18名、保護者・指導者 16名

大館市の野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、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の開催を計画。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ている。



北秋田市との連携事業

おもしろ理科実験教室

主催 北秋田分校、北秋田市教育委員会
実施日 令和4年10月15日（土）
会場 北秋田市立鷹巣中学校体育館
参加者 児童生徒約30名、保護者

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。



「投球障害予防教室」 in 北秋田

- 主催 地方創生センター、北秋田市教育委員会
後援 北秋田市スポーツ少年団、北秋田分校
実施日 令和4年10月10日（月・祝）
会場 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、講師 齊藤 明、助教 照井 佳乃
看護学講座
准教授 大高 麻衣子、助教 江畑 萌
作業療法学講座
助教 菊地 翼
指導補助 理学療法学講座 大学院生、医学部生
参加者 スポーツ少年団員 24名、保護者・指導者 26名

北秋田市の野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、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の開催を計画。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ている。

男鹿市との連携事業

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
開催時期 令和4年7月16日（土）
会場 男鹿市B&G海洋センター体育館

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、探究心を育てていこうと、平成26年度から開催している。



男鹿・にかほ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、
にかほ市教育委員会
実施日 令和4年8月10日（水）
開催方式 オンライン（Zoom）

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・にかほ市教育委員会との共催



事業として実施している。

令和4年度においては、感染症拡大予防のため、大学から講師が指導するリモート方式により行った。

セルフケア講座

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市

実 施 日 令和4年6月21日（火）～令和4年10月18日（火）
【計3回】

会 場 旧野石小学校

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。

令和4年度においては、感染症拡大予防のため、一部の講座を大学から講師が指導するリモート方式により行った。



男鹿市中学校での学習講演会

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

実 施 日 令和4年9月13日（火）、15日（木）

会 場 男鹿東中学校、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、男鹿市内の中学校において学習講演会を開催した。男鹿市出身の本学学生が講師となり、「夢に向かう皆さんに伝えたいこと」をテーマに講演を行った。



わくわく算数教室

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

開催時期 令和5年3月18日（土）

会 場 男鹿市B&G海洋センター体育館

体全体を使った体験活動を通して、算数・数学を学ぶ楽しさを実感することで、算数・数学への興味・関心を一層深め、ひいては算数・数学好きの児童を増やし、理系に強い児童の育成につなげるべく、算数・数学ワークショップを実施した。

「投球障害予防教室」 in 男鹿

主催 地方創生センター、男鹿市
後援 男鹿なまはげ分校
実施日 令和5年2月26日（日）
会場 男鹿市総合体育館 サブアリーナ
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、
講師 齊藤 明、助教 照井 佳乃
看護学講座
准教授 大高 麻衣子、助教 江畑 萌
作業療法学講座
助教 菊地 翼
指導補助 理学療法学講座 大学院生、医学部生
参加者 スポーツ少年団員等 33名、
保護者・指導者 25名

野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、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ている。



由利本荘市との連携事業

「投球障害予防教室」 in 由利本荘

主催 地方創生センター、由利本荘市教育委員会
後援 由利本荘市スポーツ少年団
実施日 令和4年11月19日（土）
会場 由利本荘総合防災公園ナイスアリーナ屋根付きグラウンド
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、講師 齊藤 明、
助教 照井 佳乃
作業療法学講座
助教 菊地 翼
指導補助 理学療法学講座 大学院生、医学部生
参加者 スポーツ少年団員等 31名、
保護者・指導者 30名



野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、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ている。

にかほ市との連携事業

にかほ市中学校での学習講演会

主 催 男鹿なまはげ分校、にかほ市教育委員会
実 施 日 令和4年9月9日（金）、16日（金）、21日（水）
会 場 仁賀保中学校、金浦中学校、象潟中学校

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、にかほ市内の中学校において学習講演会を開催した。にかほ市出身の本学学生が講師となり、「夢に向かって努力することの大切さ」をテーマに講演を行った。



大仙市との連携事業

「投球障害予防教室」 in 大仙

主 催 地方創生センター、大仙市教育委員会
後 援 大仙市スポーツ少年団、大曲整形外科クリニック
実 施 日 第1回 令和4年11月13日（日）
第2回 令和4年12月18日（日）
会 場 大仙市神岡中央公園 嶽ドーム
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、講師 齊藤明
大曲整形外科クリニック
院長 梅原寿太郎 ほか クリニックスタッフ
指 導 補 助 理学療法学講座 大学院生、医学部生
参 加 者 スポーツ少年団員 延べ89名、
保護者・指導者 延べ70名

大曲整形外科クリニックの協力のもと、野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、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ている。



横手市との連携事業

市民向け公開講座「生活の中の算数・数学」

主 催 地方創生センター、横手分校
実 施 日 令和4年9月23日（金・祝）
会 場 横手市交流センター Y2ぷらざ 研修室1
講 師 教育文化学部
講師 加藤 慎一

参 加 者 15名

数学をもっと身近に感じてもらうことを目的に、“数や式”、“関数”、“統計”が日常生活でどのように活用されているか具体的な場面を紹介しながら、受講者全員で考えたり、分析などを行った。



市民向け公開講座「糖尿病をもっと知ろう！」

主 催 地方創生センター、横手分校
実 施 日 令和4年10月15日（土）
会 場 横手市役所条里南庁舎 講堂
講 師 医学系研究科医学専攻 教授 脇 裕典
医学系研究科保健学専攻 講師 利 緑
医学部附属病院
看護部 看護師 富永幸恵、佐藤萌、
藤島ミコジェイムス
栄養管理部 管理栄養士 齊藤 美保子

参 加 者 25名

日本でも年々増加している糖尿病について、初期は自覚症状が少なく気がついた時には合併症が進行している場合があることから、早期から正しい知識を身につけることを目的に、今日からできる予防法についてや糖尿病の方でも健康な生活を過ごすための生活習慣について学んだ。



(2) 社会貢献事業 公開講座

開 講 数：10講座
総受講者数：311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	生命科学への扉 ー生命分子を探る、調べる、創るー	令和4年 7月9日(土) 7月16日(土)	理工学部 教授 尾高雅文 教授 藤原憲秀 准教授 松村洋寿 講師 藤田香里 助教 本田晴香 助教 桐明綯	46	生命科学は、複雑な生命現象を分子から細胞、個体レベルで総合的に理解して、人々の生活や健康、産業に幅広く役立てていく学問分野です。本講座では、「生命に関わる分子を探る、調べる、創る」をキーワードにして、一般的な話から、最先端の科学の話題、特に疾患や創業に関係する話を中心に生命科学の世界を学びます。
2	資源開発の最先端 ー新たな生産技術から地球環境の保全までー	令和4年 7月19日(火) 7月20日(水) 7月21日(木)	国際資源学部 教授 長縄成実 准教授 高崎康志 准教授 木崎彰久 准教授 小川泰正 准教授 芳賀一寿 助教 阿部一徳 助教 鳥屋剛毅	35	金属資源およびエネルギー資源の開発は、最新の技術と世界状況によって、大きく変化しています。二酸化炭素の排出削減の目標やドローン技術の開発は、資源開発の現場にどんな影響を及ぼしているのでしょうか？ 地球環境への対策は十分でしょうか？ この講座では、資源開発を取り巻く今日的な諸問題について、詳しく解説します。
3	終活・人生会議について考えてみましょう	令和4年 8月27日(土)	医学部保健学科 教授 安藤秀明	11	日本は、高齢社会・多死時代に直面しており、厚生労働省では、「人生会議」と題して人生の最終段階における看取りや医療介護の関わりを話し合うように平成30年から提案されています。医療介護福祉専門職に対する啓発活動は徐々に進んできており、一般市民への啓発も少なからず行われていますが、厚生労働省の調査では、未だ「人生会議」の実施は10%に満たない状況です。これは、人生会議でなにをどのように対処すれば良いのかの啓発が難しいからです。本講座では、一般市民にわかりやすく、実際の生活の中でどういったことを行えば良いのかとすることを、前編で解説講義を行い、後編で実践編として、「もしばなゲーム」を用いてグループワークを行います。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
4	コロナ時代の新・健康常識 ～コグニサイズで認知症予防&生活を支えるリハビリテーション～	令和4年 9月2日(金) 9月9日(金) 9月13日(火) 9月30日(金) 10月7日(金) 10月14日(金)	医学部保健学科 教授 久米裕 教授 石川隆志 准教授 浅野朝秋 准教授 上村佐知子 講師 高橋恵一 助教 津軽谷恵 助教 藤田智恵 助教 小玉鮎人 地域包括ケア・介護予防研修センター 助教 佐藤亜希子	10	Withコロナ時代を迎えて私たちの生活様式は大きく変わりました。この講座では「好きな活動に取り組む・孤立を防ぐ・生活リズムを保つ」という健康原則と、科学的エビデンスに基づいた講演と実演をおこないます。 本講座の前半では、認知症とその予防について正しく理解するための知識と、日常生活で実践できるコグニサイズ（認知症予防運動プログラム）を実技形式でおこない、本学の「チームオレンジ☆」の活動紹介やチームが取り組んだ研究成果についてもお伝えします。 本講座の後半では、心身機能と生活習慣の関係、認知症、および食べることに関する障害をテーマに、安心して生活するための生活の工夫や地域で利用できる医療介護サービス（認知症ケアパス）についてお伝えします。
5	ストップザ腰痛！ ～腰痛の原因と予防・対処法～	令和4年 9月15日(木)	医学部保健学科 教授 岡田恭司 講師 齊藤明 助教 照井佳乃	29	最新の国民生活基礎調査によると、自覚症状がある人の中で腰痛は男性で1位、女性で2位の症状であり、多くの人が腰痛に悩まされていることが分かります。さらに、COVID-19感染対策で外出自粛することにより、身体を動かす機会が減少して腰痛を発症する、または、元々の腰痛が増悪する人が増えています。腰痛が発生すると痛みで身体を動かしにくくなり、よりいっそう運動をしなくなるという悪循環が生まれてしまいます。そこで、本講座では腰痛の原因や治療の解説、予防するための日常生活の工夫や効果的な運動について講義・実習を行います。
6	生活の中の算数・数学	令和4年 9月23日(金)	教育文化学部 講師 加藤慎一	15	気温上昇がこの先も続いていくかを予測するために“数や式”、“関数”が活用されたり、スーパーやコンビニなどでよりよいサービスを提供するために“統計”が活用されていたりするなど、私たちの日常生活のあらゆる場面で算数や数学が活用されています。本講座では、日常生活で活用されている算数・数学について知り、それを活用して、ものごとを理解したり判断したりすることについて考えてみます。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
7	糖尿病をもっと知ろう！	令和4年 10月15日(土)	医学部医学科 教授 脇裕典 医学部保健学科 講師 利 緑 医学部附属病院 看護師 富永幸恵 看護師 佐藤萌 看護師 藤島ミコジェイムス 管理栄養士 齊藤美保子	25	糖尿病患者は年々増加し、世界では成人の10人に1人が糖尿病に罹患しており、2021年の調査では、日本は世界で第9位の糖尿病大国です。糖尿病は初期には自覚症状が少ないため、気付かなければ神経や眼、腎臓などの合併症が進行しますが、早期から正しい知識を身につけ、良い生活習慣や進んだ治療を実践することで、糖尿病でない人と変わらない健康な生活を過ごせます。これからもどんどん増え続ける糖尿病のことを知り、今日からできる予防法をお伝えします。
8	ペストの古今東西 ー芸術と歴史ー	令和4年 10月20日(木) 10月27日(木) 11月10日(木) 11月17日(木) 11月24日(木) 12月1日(木)	教育文化学部 名誉教授 佐々木和貴 准教授 佐藤猛 准教授 佐々木千佳 准教授 内田昌功 准教授 羽田朝子	103	2020年に新型のコロナウイルスが世界中で流行して以来、これまで人類が経験してきた感染症への関心が高まっています。このうち最もよく知られているペスト禍について、西欧と中国を中心に古今東西の人々が抱いた恐怖やその終息への願いについて、歴史・文学・美術の視点から皆さんと一緒に考えたいと思います。
9	地域防災減災総合研究センター公開講座 ー秋田県における地震・火山災害と防災・減災についてー	令和4年 11月2日(水) 11月9日(水) 11月16日(水) 11月30日(水) 12月7日(水)	地域防災減災総合研究センター 教授 水田敏彦 国際資源学部 教授 大場司 教育文化学部 教授 和泉浩	25	秋田大学地域防災減災総合研究センターは、近年増加傾向にある自然災害と複合災害に対し、感染症蔓延下での対応を含めた対策の検討のために、令和4年4月に設置されました。これを記念し、自然災害とその防災・減災に関する公開講座を実施します。 本学の教員が取り組んでいる研究成果を地域に還元し、普及啓発を図ることにより、県民の防災意識高揚に寄与します。
10	健診(検診)受けた だけで安心していませんか？ ～結果を読み解き健康づくりに活かすためのヒント～	令和4年 11月11日(金) 11月18日(金)	医学部保健学科 准教授 長岡真希子 助教 佐藤亜希子 助教 藤田智恵 助教 横江美那子	12	生活習慣病予防の一環として、健康診断を毎年受けていても検査データの見方が良く分からない方も多いと思います。この先も健康に生活するためには検査データをご自身で良く把握し、年代に合わせて生活習慣を見直していく必要があります。健診の意義やご自身の健診の結果を見ながら、データの読みとき方を解説し、食事や排せつ、運動など生活習慣の見直し方を解説します。本講座は、特定健診を受診する40代から60代を中心に対象としますが、もっと若い世代の方にもぜひ受講していただき、ご自身の健康管理に役立てていただければと思います。

大学見学受入

受入団体数：3団体
総見学者数：19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。

※令和4年度は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から少人数の受入で実施。



No.	団 体 名	見 学 日	見学者数
1	秋田市立明德小学校 2年生	10月19日(水)	5名
2	秋田大学教育文化学部附属中学校 1年生	12月6日(火)	11名
3	大館市立釈迦内小学校 6年生	2月27日(月)	3名

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 (令和4年度)

事業名：資源開発・環境リサイクル研究事業

代表者氏名：柴山 敦

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>850,000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>1,150,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	850,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,150,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	850,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合 計	1,150,000円								
協力教員氏名	<p>国際資源学研究科 柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、小川泰正、 木崎彰久、高崎康志、芳賀一寿 川村茂（秋田大学客員教授－DOWAホールディングス寄附講座）</p>								
目 的	<p>秋田大学が有する資源・リサイクル・環境分野の研究力を活用し、鉱業技術や資源リサイクル、環境対策、地中熱等の資源利用に関する研究を推進する。特に、秋田県および県内機関・事業所等への技術支援や研究交流、産業活性等につながる研究開発に加え、秋田県の特徴を活かした研究・調査活動を実施する。具体的には、都市鉱山を対象とするリサイクル製錬技術の開発や資源循環、地中熱利用、県内鉱業技術の支援およびレアメタルを含む地質学的資源ポテンシャル評価、田沢湖の環境調査など、協力教員の協力を得て個別研究を行う。さらに関連性の強い他の研究グループや関係機関と連携を進め、研究活動の展開を図る。</p>								
実施内容・成果	<p>主な研究内容と成果等について リサイクル製錬技術の開発や県内資源等の有効利用に加え、環境調査や鉱業技術支援に関する調査研究を実施した。一部は秋田県内企業等との連携や共同研究として行ったが、具体的な研究成果等を要約すると以下の通りである。</p> <p>(1) 使用済み電子基板等のリサイクルと製錬技術開発 使用済み電子基板を対象に、銅製錬工程に投入する前段階でスズを効果的に回収するプロセスについて開発研究を進めている。電子基板の過熱水蒸気処理では、破碎エネルギーの算出・比較を行い、未処理基板に比べ剪断エネルギーが80%以上低減することを確認した。Pb-Sn合金溶湯を用いた浸漬試験では、ハンダの直接回収に着目し、速やかなスズ回収が可能であることを明らかにした。</p> <p>(2) 地中熱の高効率利用と既存揚水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成 秋田平野の地下水・熱移動を再現する数値モデルに、秋田市の揚水データを追加入力し、広域モデルの構築を行った。また、秋田市中心部における地中熱ポテンシャルマップ等の作成を進めた。同マップをもとにした考察より、熱交換井の長さを短くするための可能性や揚水井からの距離が与える影響等を検証した。</p> <p>(3) 秋田県内の資源ポテンシャル評価と地質学的研究 秋田県の黒鉱鉱床に関連した火成岩中のジルコンのU-Pb年代測定を行い、日本海側と脊梁側で黒鉱形成タイミングに1-2百万年程度の有意な差があることを確認した。また、仁別一西木鉱化帯の地質調査では、西側の仁別貫入岩体から宮田金鉱床へ東側に向けて変質・鉱化作用の年代が新しくなることが判明した。</p> <p>(4) 秋田県内田沢湖等の環境調査 秋田県内の酸性河川水の調査と有害元素の挙動解明を目的に、玉川水系や田沢湖水質、川原毛温泉由来の流域調査などを行った。玉川水系に関しては、玉川ダム上流部の河床底質には一定のヒ素含有が見られるが、ダム下流部ではヒ素根拠があるとは考えにくい河床底質と同程度までヒ素含有量が低下することを確認し、玉川ダムがヒ素の下流拡散防止に大きく寄与していることを推察した。</p> <p>(5) 秋田県内における鉱山管理および鉱業史研究とスマートマイニング研究 県内採石場における安全・環境管理に関する共同研究を行い、切羽での亀裂発生および湧水管理に関する計測を行った。鉱山史の研究成果をもとにした市民講演会の開催や、温泉配管等で生じる配管スケールのウォータージェット除去法に関する研究開発を進めている。スマートマイニング研究では、秋田県内の休廃止鉱山を活用し、クラウドソーシングと三次元復元を用いた地下坑内環境観測システム構築に向けた計測実験を行った。さらに、地下鉱山や廃トンネルなど危険エリア内のドローン監視を目的に、全方位型360度カメラによる3次元CG復元技術の研究開発に取り組むなど、地下空間の可視化等に関する研究を実施した。</p>								



秋田大学
Akita University

令和5年7月5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

令和4年度事業報告 (研究成果・活動報告と令和5年度事業計画)

事業代表 柴山 敦 (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、地元産業や秋田県の特徴を生かした研究、あるいは県内事業所等の支援や技術交流に関する研究を行い、外部資金の獲得を含めた地域貢献型研究を推進する。

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(革新材料研究センター含)、国際資源学教育研究センター

協力教員(令和4年度研究推進メンバー)

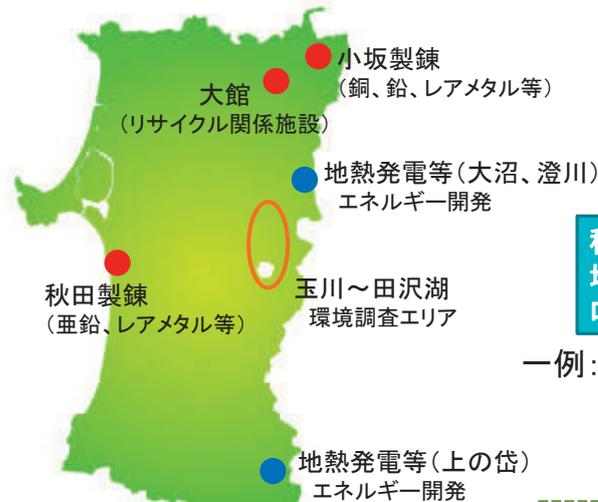
国際資源学研究科 (11名)

柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、高崎康志、
芳賀一寿、木崎彰久、小川泰正、川村 茂 (客員教授)

県内の特徴を活かしつつ、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

秋田県内における資源開発・環境リサイクル研究の位置付け



これまでの秋田県の取組と関係活動

- ◆ 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

秋田県が掲げる施策・取組等との連携や地元企業等を通じた共同研究、新技術・プロセス開発に向けた技術協力など

一例:「資源循環とリサイクル」

秋田～大館・小坂地区 国内有数のリサイクル製錬拠点

【秋田県内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、ビスマス、セレン、テルル、アンチモン、ルテニウム、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
【赤:貴金属、青:レアメタル、黒:その他】(約20種類)

未回収金属等の高効率な回収と低炭素&低エネルギー消費型リサイクル製錬技術の開発

3

秋田県内における関連研究活動

- 地中熱の高効率利用システム開発 (秋田版モデル作成など)
- 県内旧鉱山等を対象とするレアメタル等資源ポテンシャル評価 (地質・鉱物学調査)
- 採石業等への技術支援やスマートマイニング活用型研究

AI技術や低炭素社会を考慮したリサイクル製錬技術、再生可能エネルギーの利活用、資源・地質環境の分析・評価

資源開発・環境リサイクル研究開発事業

主な研究テーマ

研究員・協力教員等を中心とした主な個別研究活動

秋田県内の産業支援・技術展開を目指した研究

- 使用済み電子基板等(都市鉱山)を対象とするリサイクル製錬技術の開発
- 地中熱利用システムの高効率化と利用促進に関する研究
- 秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業
- 資源情報工学(スマートマイニング)を用いた通信・モニタリング技術等の研究

秋田県内の環境・資源調査型研究

- 秋田県内のレアメタル等資源評価に関する研究
- 田沢湖の環境修復に資する玉川温泉水(玉川水系)の影響考察
～玉川水系の特徴・影響と酸性化要因等に関する調査

本日の発表内容(概要報告含む)

4

秋田県の産業支援・ 技術展開を目指した研究

- 使用済み電子基板等(都市鉱山)を対象とするリサイクル製錬技術の開発
 - 【継続調査】スズを中心に電子基板等への前処理プロセスの開発
- 地中熱利用システムの高効率化に関する研究
 - ～既存揚水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成～
- 秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業
- 資源情報工学(スマートマイニング)を用いた通信・モニタリング技術等の研究

5

都市鉱山を対象とするリサイクル製錬技術の開発

国際資源学研究科 柴山敦・川村茂・芳賀一寿・高崎康志



都市鉱山の積極的な
開発・利用
～持続的な資源循環～



E-Wasteをはじめとするリサイクル原料の処理量増加が期待されているが、製錬施設等での増処理には課題が多い



リサイクル用前処理技術の開発
(プロセス開発)

- 製錬忌避元素(不純物)の除去
- 回収困難な有用金属の事前回収(主にスズSn)

秋田県内(小坂地区)で廃電子基板を年間約20,000t 処理

6

基板からのスズ回収研究の背景

◆Snの用途

はんだ(50%以上を占める)
ブリキ
IOT
化成品
など

鉛フリーはんだの
Sn品位は約99%



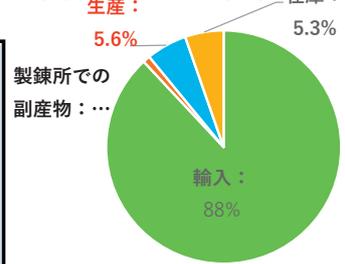
◆Snの供給状況

輸入 88%
国内 5.6%

国内でのリサイクル率は約8%

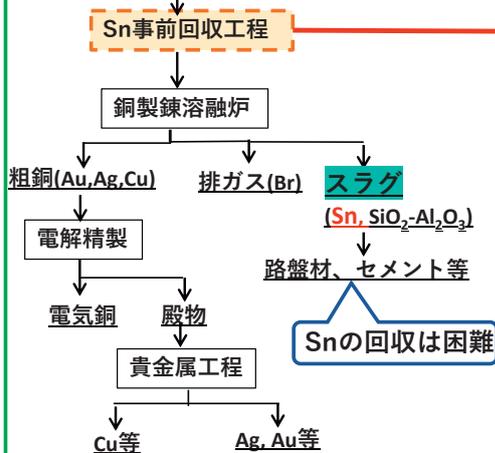
* JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー-2019

国内のスズの供給



銅製錬の一般的なフロー

基板等(Au, Ag, Cu, Sn, SiO₂-Al₂O₃, Br)



廃電子基板

貴金属の含有率が高く、
非鉄金属製錬において重要な原料



◆基板のリサイクル技術

○銅製錬工程を使ったリサイクルが主体で、
貴金属、レアメタル、銅などの回収が主目的

○酸化製錬では、大部分のSnがスラグへ移行
するため、回収が困難

本研究では、

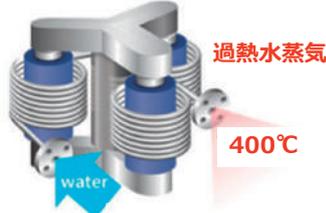
銅製錬炉へ投入する前に基板から直接
スズを回収するためのプロセス開発

7

これまでの研究で「過熱水蒸気処理」と「鉛-スズ溶体浸漬法」に注目

過熱水蒸気処理

過熱蒸気の発生・吹付



熱分解前



500°C, 15分



エネルギー面ではどうなのか？

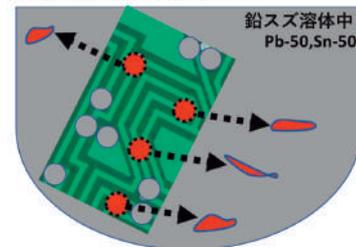


- 臭素分の除去や部品剥離性の向上、
- 金属部品の先行回収(過去研究より)



鉛-スズ溶体浸漬法

基板中金属の溶解イメージ



- 処理時間速く、スズ回収率、基板の安定性などメリット多い

基板が入ったカゴの様子



共同研究企業とスケールアップ試験を実施

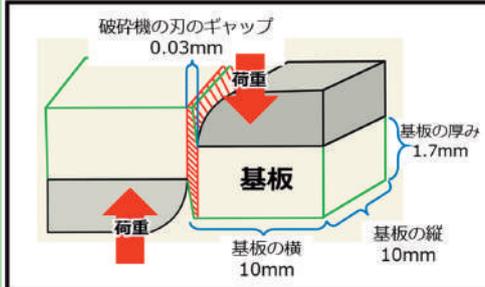
8

基板の熱分解（過熱水蒸気処理）理論破碎エネルギーの基礎算定

単位体積当たりの破碎エネルギー（せん断破壊エネルギー J/mm^3 ）を用いて、実際のデスクトップPC基板1kgの破碎時に消費される、理論破碎エネルギーを基礎的に算出



破碎中基板イメージ



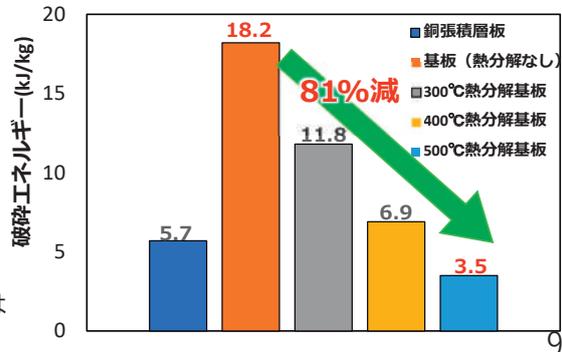
赤斜線部分がせん断力が加わっている部分

10mm角で基板が破碎されると仮定したときの理論破碎エネルギーを算出

デスクトップPC基板1kgの破碎に必要なエネルギー

デスクトップPC基板1kgの破碎に必要なエネルギー

- 銅張積層板 : 5.7 (単位: kJ/kg)
 - 基板 (熱分解なし) : 18.2
 - 300°C熱分解基板 : 11.8
 - 400°C熱分解基板 : 6.9
 - 500°C熱分解基板 : 3.5
- 減少: 80%減



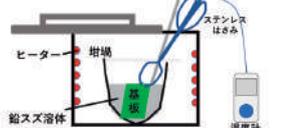
500°Cで熱分解することで破碎時消費エネルギーは基板1kgあたり14.7kJ削減できる

鉛-スズ溶体への基板浸漬試験結果（はんだ-スズ回収率）

試験1 基礎試験

はんだ種	Pb系はんだ基板	Sn系はんだ基板
溶体温度	220°C(±10°C)	250°C(±10°C)
浸漬時間	1s, 2s, 3s, 5s, 7s, 10s, 15s, 30s, 1min, 3min, 5min	
基板枚数	1枚	

試験イメージ図



・1秒から5分の間、各水準で基板を一枚づつ浸漬

試験2 スケールアップ試験

Pb系はんだ基板	Sn系はんだ基板
250°C	
十分に確保 (複数回カゴを装入)	
数枚(1200g程度)	



・基板の入ったカゴを、鉛スズ溶体へ浸漬
・設定時間後、カゴを引き揚げる

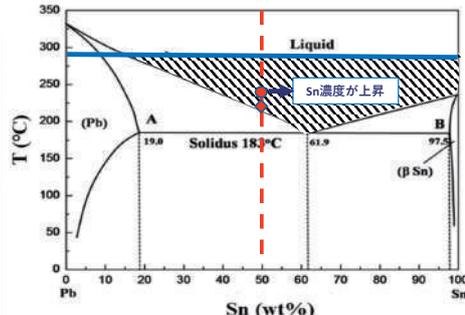


図 鉛スズ二元系状態図

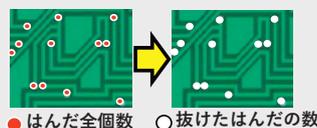
- ① 基板の熱分解開始温度280°C以下の領域
- ② 二元系状態図上で液相領域
- ①×②のエリアで試験を実施 (図内網掛)

浸漬試験 結果

試験1 基礎試験

評価方法：基板側から算出

$$\text{はんだ回収率(\%)} = \frac{\text{抜けたはんだの数(基板に空いた穴の数)} \times 10}{\text{はんだの全個数}}$$



Pb系はんだ基板 (浸漬時間10秒)

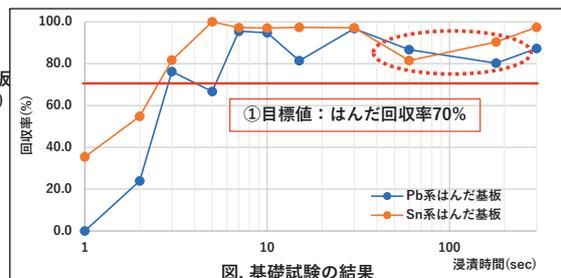


図. 基礎試験の結果

- ・浸漬時間7秒~30秒で、はんだ回収率80%以上を確認
- ・浸漬時間がさらに長くなることで、はんだ回収率の低下 (グラフ内赤点線エリア)

10

誘導炉を用いたスケールアップ試験結果（予察）

スケールアップ試験
Sn含有率上昇の確認
250℃
十分に確保(複数回カゴを装入)
数枚(1200g程度)
Sn含有率3%up
試験後の鉛スズ合金の分析(XRF)

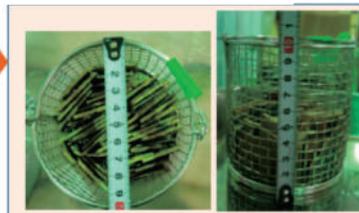
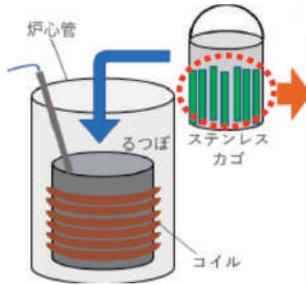
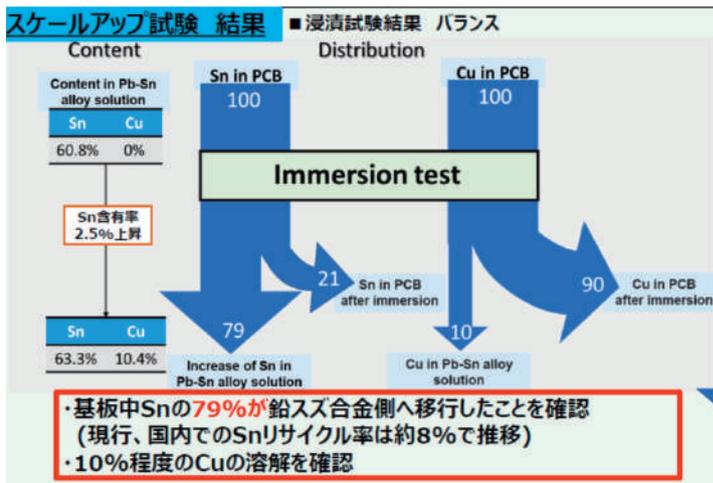
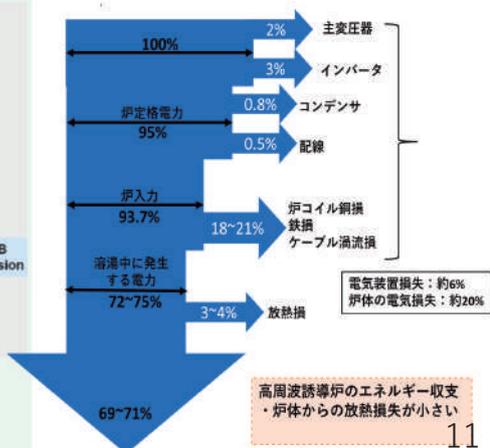


図. 基板を詰めたカゴ画像



エネルギーバランス検討

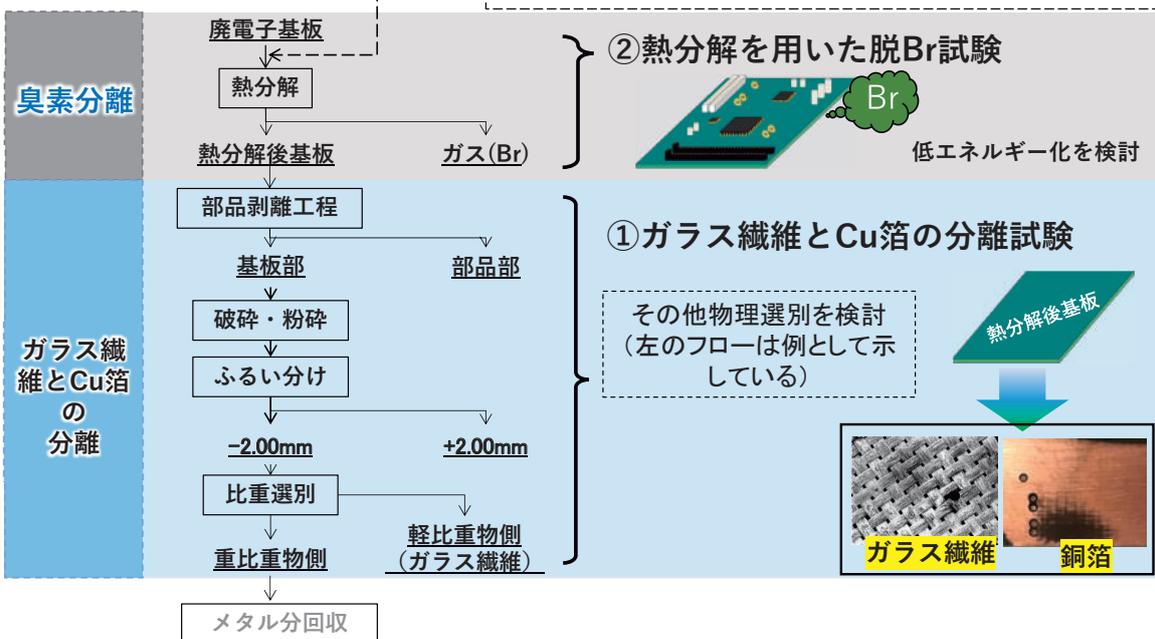


2023年度研究計画 ~E-Waste等リサイクル前処理プロセス開発~

◆ 試験フローとイメージ

③ はんた回収研究

(Pb-Sn合金溶湯への浸漬によるSnの事前回収試験を実施)

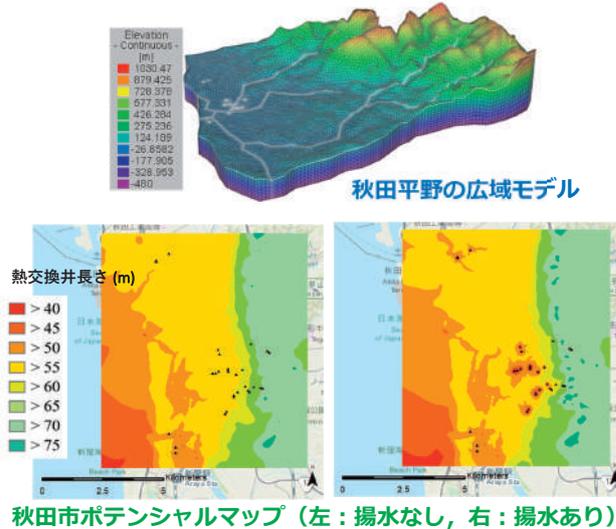


秋田市における既存用水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成

国際資源学研究科エネルギー資源工学研究室（藤井光教授グループ）

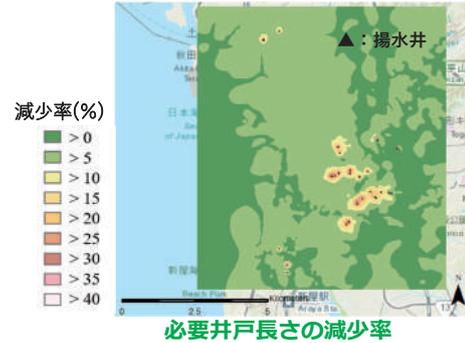
研究目的

既設揚水井の近傍に設置する地中熱ヒートポンプシステムを用いた暖房試験では揚水稼働に伴いシステム効率が改善されることがわかった（過年度成果）。本研究では、過去に秋田市の広域モデルを構築し、地下水位、地中温度および用水井を考慮した**地中熱ポテンシャルマップ**を作成した。本研究では、**計算時間の短縮のためニューラルネットワークを用いて**、広域モデルから計算された計算に基づいて任意の地点の**必要熱交換井の長さを直接推測するモデル**を構築する。



研究内容

ArcGISと機械学習を用いて任意の点の地盤情報から必要井戸長さを計算し、揚水の影響を考慮した**秋田平野のポテンシャルマップ**を構築した。結果から、揚水の効果により**必要熱交換井長さを短縮できるエリアが拡大し**、特に揚水井周辺ではそのほかの地点と比較して**必要地中熱交換井長さを最大36%減少できる可能性**が得られた。



今年度（2023年度）の研究計画

既存の水井戸、特に大口径の水井戸に適用可能な**簡易型熱応答試験装置の開発**を行う。本装置は、通常試験に必要な地中熱交換器が不要であるため、熱応答試験にかかる**コストが削減**できるほか、銅管が設置されている一般的な水井戸が利用できるため、**地中熱利用に有用な土壌熱伝導率データの拡充**が期待できる。

(NEDO受託事業)

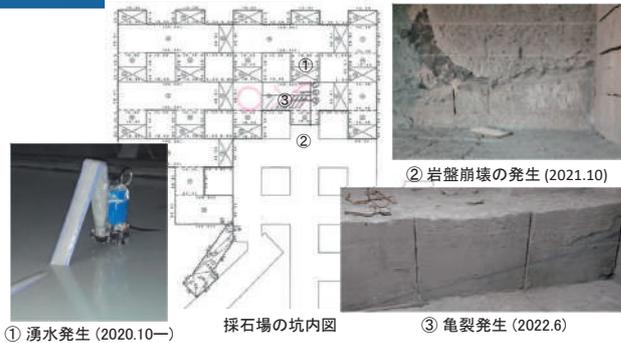
13

秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業

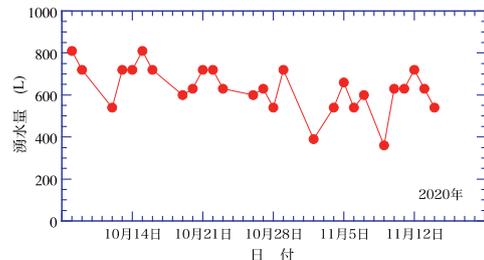
2023年度も継続予定 国際資源学研究科 今井忠男・木崎彰久

a. 秋田の鉱山安全管理

県内企業の採石場の安全対策及び環境管理に貢献



図a1坑内採石場Aにおける湧水および亀裂発生等の観測と対策
本研究室では、数年前より、坑内掘り採石場Aにおいて、切羽での亀裂の発生や湧水量の観測を行っている。近年、特に湧水や亀裂の発生が目立つようになっており、採掘区画の変更などの対策を行っている



図a2 採石場Aにおける湧水量変化 (2020.10-2020.11)

c. 秋田の鉱業史研究

放送大学と協力して地域の活性化に貢献

放送大学秋田学習センター
秋田をまなぶ講座 シリーズ2022
秋田を知る 連携セミナー
第4回 **10月15日(土) 13:30~15:00**
会場 秋田県立博物館 ●定員 60名
「阿仁鉱山と 院内観山の結びつき」
秋田大学大学院国際資源学研究科 教授 今井 忠男
●申込先: 放送大学秋田学習センター ☎018-831-1997

秋田県立博物館において、秋田藩時代の鉱山開発について市民対象(50名)の講演を行った。

14

b. 配管スケール除去技術

県内企業と協力して技術向上に貢献

県内企業との共同で、温泉配管や無散水型消雪管等の直接熱利用におけるメンテナンス技術向上を目的とし、自吸式気層被覆水中ウォータージェットを用いた効果的な配管スケール除去法に関する研究開発を進めている。



図b1 気層被覆水中ウォータージェット

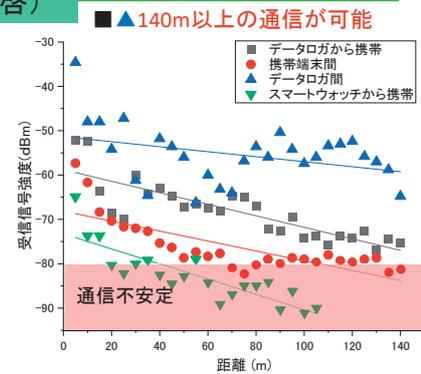
旧廃止鉱山(尾去沢鉱山)を対象としたスマートマイニングの活用

国際資源学研究所 安達 毅 教授グループ(鳥屋剛毅、池田啓)

①地下坑内モニタリングシステムの実証実験

- ✓ 無線通信
- ✓ Wi-Fi Directを採用
- ✓ 直線と曲がり角での実験

**十分な通信性能を得られたため、
実稼働鉱山での導入を目指す。**



②学習コンテンツ及び形状(変位)把握のための坑道内3次元モデル作成

- ✓ 360度カメラ
- ✓ 多視点画像
- ✓ 測定誤差5%の精度
- ✓ VRやARのコンテンツに活用
- ✓ 将来は、岩盤変位、起伏の計測にも

3DモデルをVRゴーグルで視聴可能にし、オープンキャンパスや初年次ゼミなどで活用



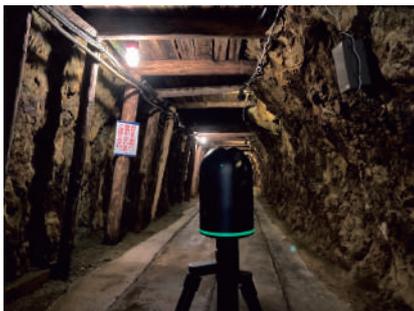
資源経済・情報工学研究室 (安達毅教授グループ)

15

旧廃止鉱山を対象としたスマートマイニングの活用

③点群とGISを用いた地下坑内三次元空間マップの作成

**点群にGISによる位置データを付加し、
公開されている地質データにも適合可能な3次元モデルの構築を目指す**



地下坑内におけるBLK360での撮影



尾去沢鉱山の坑道を三次元空間マップ化

**いずれの研究内容も
2023年度継続調査予定**

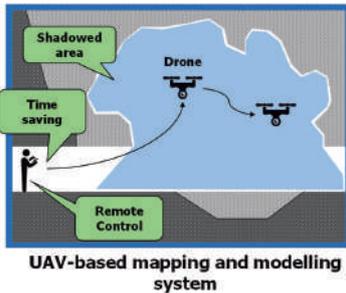
資源経済・情報工学研究室 (安達毅教授グループ)

16

360度カメラ搭載ドローンを用いた危険エリア内の 3次元CGモニタリングによる監視技術の研究開発

研究背景:

人が立ち入ることの危険なエリア内をくまなく監視するためには、ドローンと360度カメラの組み合わせが有効である。



令和4年度:暗渠を実験サイトとした、360度カメラによる精度検証



令和5年度研究計画:

- ・手持ちの360度カメラによる3次元CG復元技術開発の継続
- ・坑内自律飛行ドローンの選定と撮影システムの開発
- ・カメラ以外のセンサの併用の検討

秋田県内での環境・資源 調査型研究

- 秋田県内のレアメタル等資源評価に関する研究
- 田沢湖の環境修復に資する玉川温泉の影響考察
～玉川水系の特徴・影響と酸性化要因等の調査～

秋田県内のレアメタル等資源評価の研究

背景と目的

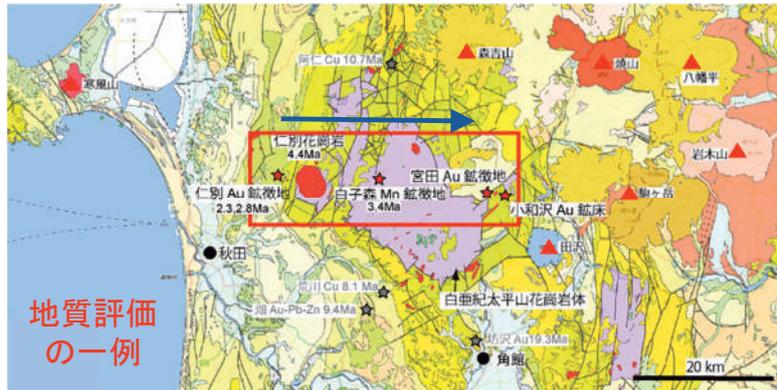
国際資源学研究科 渡辺 寧 教授グループ

前年度までに存在が明らかになった仁別—西木鉱化帯に対して電気探査を行い、地下のマグマ—熱水の存在と流動方向を確認する。電気探査の結果をもとに、地表に見られる鉱徴地の資源的ポテンシャル評価を行う。

令和4年度調査結果

継続調査中

仁別—西木鉱化帯に分布する鉱徴地の地質調査および試料分析の結果、1)この鉱化帯は中新世末期から更新世の新しい時期に形成されており、東部に向かうほど形成年代が新しくなる、2)いずれも熱水系の末端に位置し、深部に資源的なポテンシャルが期待できること、が判明した



地質評価
の一例

令和5年度研究計画

令和5年度には仁別—西木鉱化帯(図)の物理探査(電気探査)を実施し、鉱化作用をもたらしたマグマ—熱水系の実態解明を行う

19

田沢湖の水質改善に関する研究

国際資源学研究科 小川泰正・石山大三

R4年度の成果

酸性河川が流入する河川にあるダム役割

- 1.玉川ダム(秋田県玉川):
玉川温泉由来のヒ素がダム湖に沈殿, 下流への拡散防止
- 2.八ッ場ダム(群馬県吾妻川)
草津温泉由来のヒ素が河川中の懸濁物から溶出, 下流へ拡散
(大量の湖水による希釈のためヒ素濃度は低下)

R5年度の研究計画



Active Treatment
人工的な中和処理



Passive Treatment
自然の力で水質浄化
(支流との混合, 河床への沈殿)

秋田県玉川温泉(玉川):
Active Treatment
+ Passive Treatment



高松川から学び,
Passive Treatmentを
より効果的に

秋田県川原毛温泉(高松川):
Passive Treatmentのみ

20

資源分野における「研究員」及び「協力教員」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及び県内事業所に直接関連した研究業績

- ・論文 査読つき論文 33件 (13件) ・学会等の発表 一般講演 国際会議 15件 (7件)
- ・論文 査読なし論文 5件 (2件) ・学会等の発表 一般講演 国内会議 45件 (22件)

○外部資金獲得件数(一部継続分を含む)

- ・科研費関係 4件 (2件) ・共同研究・受託研究等 19件 (13件)

地方創生センターに関連した成果等(研究員等の活動成果)

【査読付き論文; 主要7編抜粋】

- Yamada, M.; Ohira, T.; Watanabe, N.; Shibayama, A.; Hamada, F. "Recovery of Pd(II) by solvent extraction with a dithiophenol-based extractant from the undiluted leachate of spent automotive catalysts followed by water scrubbing and thiourea stripping", Hydrometallurgy, Vol. 215, Article number 105986 (2023).
- L. Godirilwe, Takasaki, Y., Haga, K., Shibayama, A., Sato, R. and Takai, Y., The Role of Lead in Suppressing Passivation of High Silver-Containing Copper Anodes During Electrorefining. Int. J. Soc. Mater. Eng. Resour, 25(1) p. 137-144 (2022).
- Daniyar Malgazhdar, Hajime Ikeda, Hisatoshi Toriya, Takaya Shionoiri, Fidelis Suorineni, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura, Wi-Fi Direct based WSN Node Deployment in Underground Mine Tunnels, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.25, No.1, pp.63-69, 2022
- Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Hisatoshi Toriya, Hajime Ikeda, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura, Research on vibration-based early diagnostic system for excavator motor bearing using 1-D CNN, Journal of Sustainable Mining, Vol.22, Iss. 1, 2023
- Tanaka, S., Fujii, H. Kosukegawa, H., Tsuya, S. (2022) Field tests and numerical simulation of a novel thermal response test equipment for water wells, Proc., IGSHPA Research Track 2022, 104-111.
- 鹿野 和彦, 石山 大三, 大場 司, 藤本 幸雄, 大口 健志 (2022) : 秋田県湯沢市蓮台寺のカオリン鉱物に富む礫質堆積物の産状と起源. 地質学雑誌, 128 巻 1 号 p. 199-214. DOI <https://doi.org/10.5575/geosoc.2022.0017>
- Agangi, A., Manalo, P., Takahashi, R., Veeravinanatanakul, A. and Elburg, M. (2022) Magmatic evolution and metal systematics of back-arc volcanic rocks of North-East Japan and implications for deposition of massive sulfide Kuroko ores. Contributions to Mineralogy and Petrology, 177, 115.

21

令和5年度の研究計画 ～主要テーマを中心に(一部再掲)～

○リサイクル製錬技術開発：使用済み基板等からの製錬忌避元素の分離回収と有用金属回収

過熱水蒸気を用いた電子基板の熱分解処理と物理選別等を利用した成分分離と鉛-スズ溶体浸漬法によるスズ等金属の回収効率アップを継続調査する。

期待される成果：小坂地区でのリサイクル基板受入量の大幅増と技術支援

○地中熱の高効率利用(フィールド調査、データ解析等)

秋田版「地中熱高効率利用モデル」の構築に向け、ポテンシャルマップの作成や熱交換井の効果、簡易型熱応答試験装置の開発等を進める[普及・利用促進]。

○田沢湖あるいは玉川水系等の湖水－河川水環境調査

玉川河川水等の主要元素の挙動や水質改善モデルを考察し、秋田県内の酸性河川水との比較調査を継続的に実施する。

○秋田県内の資源ポテンシャル評価／スマートマイニング研究

秋田県内の地質調査(金および一部レアメタル等)および鉱物の鉱物化学的調査と鉱化作用に関係する年代測定、化学組成の解析および電気探査等を行い、鉱物資源形成の変遷と地質学的特徴を明らかにする。また、鉱山管理技術の共同調査や地下通信、モニタリング、坑内モデル等のスマートマイニングに関する技術研究を進める。

22

終わりに 令和5年度の事業計画について

資源利用からリサイクル・資源循環、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、秋田大学の第4期中期目標・中期計画と密接に関わり、秋田県「あきた科学技術振興ビジョン(新ビジョン2.0)」や「第3期エコタウンプラン」など、秋田県が掲げる施策との連携や地域特性等を考慮した研究を推進し、共同研究や受託研究を含む外部資金の獲得を目指した研究に展開する。

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リサイクル製錬技術—金属回収技術に関する研究開発
- 地中熱利用技術・システムの開発(ポテンシャルマップ/秋田版モデル作成)
- 秋田県内での鉱山管理およびスマートマイニング技術開発
- 玉川水系等の環境調査や県内鉱物資源のポテンシャル評価

(2) 新素材・機能性材料開発研究事業の報告（令和4年度）

事業名：新素材・機能性材料開発事業

代表者氏名：吉村 哲

<p>予 算 額</p>	<p>部門研究活動活性化経費（間接経費） 900,000円 年度計画推進経費 円 事業費 300,000円</p> <p>合 計 1,200,000円</p>
<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、加藤純雄、齋藤嘉一、吉村哲、 小笠原正剛、松本和也、長谷川崇 (理工学研究科電気電子工学専攻) 齊藤準 (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。これらにより秋田県内企業、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>秋田県・秋田複合材新成形法技術研究組合と連携し、炭素繊維複合材料において、「熱可塑性樹脂」を用いた新規炭素繊維シート接着工法を開発・改良しており、試験施工を継続している。秋田魁新報の連載「あきたくらし講座」において、令和5年3月7日に「新素材開発で秋田発イノベーションを巻き起こす」と題したインタビュー記事が掲載された。</p> <p>新素材・機能性材料,革新材料,新エネルギー 研究開発セミナー『再生可能エネルギーに関わる素材・材料・システムの開発』を開催し、将来の学外との連携に向け、まずは学内連携の構築を図った。また、新たに太陽電池薄膜の研究を始めるためのきっかけを作った。</p> <p>令和4年度 DOWA 若手研究者奨励費支援事業に採択され、水素発生(水の電気分解)を促進させる触媒に関する共同研究を開始した。</p> <p>磁性材料に関し、県内民間企業と連携し、磁気力顕微鏡探針の開発や超強力磁性材料の開発に関する研究を推進した。</p> <p>R3年度から取り組みを始め、R4年度も継続で、本事業の教員が積極的に関わる形で、秋田県高エネルギー加速器技術研究会が主催する、仙台に建設中で2023年度より運用が始まる次世代放射光施設【NanoTerasu】に関連する研究会に、運営および発表者として3名が参加している。</p> <p>研究助成事業として、間接経費を活用した9名の協力教員に対する研究助成「機器使用料補助助成」(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料に対する助成)を行った。本事業は、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>秋田県内企業との支援・共同研究等の実績として、秋田県複合材新成形法技術研究組合、D社、N社、T社、秋田県産業技術センター、秋田県高エネルギー加速器技術研究会、との連携を実施した。</p> <p>協力教員による査読付き原著論文は20報が掲載され、そのうち、IFが4以上の国際誌が7報であった。(目標は15報)</p> <p>協力教員および協力教員が指導した学生の発表は83件(国際学会が17件でそのうち招待講演が2件、国内学会が66件でそのうち招待講演が8件)であった。(令和3年度は70件で、国際学会が17件でそのうち招待講演が3件、国内学会が53件でそのうち招待講演が4件)</p> <p>協力教員が指導した学生の学会での受賞は13件であった。(令和3年度は7件、令和2年度は5件)</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

吉村 哲

実施内容(令和4年度)

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。＜新たな進捗:水素発生(水の電気分解)を促進させる触媒の研究が「DOWA 若手研究者奨励費支援事業」に採択され、今後の共同研究への発展が期待できる。＞

協力教員

(理工学研究科物質科学専攻)

寺境光俊, 加藤純雄, 齋藤嘉一, 吉村哲, 松本和也, 小笠原正剛, 長谷川崇

(理工学研究科数理・電気電子情報学専攻)

齊藤準

(地方創生センター)

丹野剛紀

新しい取り組み

：「新素材・機能性材料, 革新材料, 新エネルギー 研究開発セミナー」の開催による、将来の学外との連携に向けた、学内連携の構築と強化どのように地域に貢献できるか
：互いの連携企業(県内)の紹介により、新たな関係構築や共同研究の新規推進ができる機会が増加

県外企業を加えた共同研究・受託研究の状況

研究分野	教員名	課題名	連携先等
有機材料	寺境光俊	炭素繊維複合材料用樹脂の粘性制御	秋田複合材新成形法技術研究組合
	丹野剛紀	新エネルギー関連材料の評価法開発	T研究所, T社, 秋田県高エネルギー加速器技術研究会
	松本和也	有機イオン結晶の作成と応用	M社, A社, M社, 秋田県高エネルギー加速器技術研究会, D社, B社(NDA)
無機材料	加藤純雄	環境浄化及び水素製造用のTiO2系複合触媒開発	I財団
	小笠原正剛	地方創生に資する森林資源をセルロースナノファイバーに転換する乾式粉碎	秋田県立大学
磁性材料	齊藤準	高分解能・磁気イメージング技術の開発	N社, A社
	吉村哲	新規高性能磁気デバイスの開発	J機構, 秋田県産業技術センター, N社(覚書), 秋田県高エネルギー加速器技術研究会, S社
	齋藤嘉一	超軽量金属合金の高温圧縮挙動と元素添加の影響検証	M社, 秋田県産業技術センター
	長谷川崇	世界最強磁石の開発	D社, J機構, 秋田県産業技術センター, D社

現在進行している上記連携で獲得したこれまでの金額:約2500万円
(連携が終わった過去の獲得金額、公的機関からの獲得金額、は含まず)

各研究について、A 現時点で既に秋田県内産業へ貢献している。
B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。
C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。
D 秋田県内産業への貢献は現時点では難しい。 を記載
(Society 5.0や洋上風力発電の関連性も含めて記載)

太字下線は地域の企業や機関
赤文字は令和3年度新規連携
緑文字は令和4年度新規連携
青文字は令和5年度新規連携
<いずれも現在継続しているもの>

4

アミン化合物と金属錯イオンからなる有機イオン結晶の作製と応用

理工学研究科物質科学専攻 松本和也, 寺境光俊

研究背景

持続可能社会実現のため、脱炭素技術を用いたエネルギーの安定確保が必要不可欠

水素エネルギー

- ・環境負荷が小さい
- ・脱炭素社会の実現に必須



水素製造

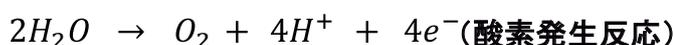
- ・製鉄やソーダ工業における副産物
- ・水蒸気改質

・水の電気分解

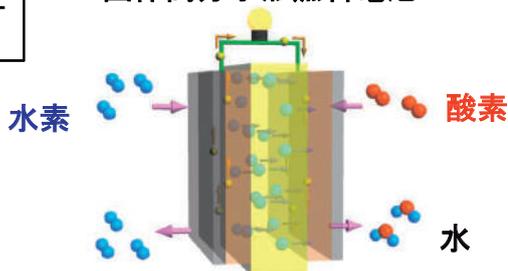


太陽光発電や風力発電の余剰電力の有効利用

水の電気分解(水電解)



固体高分子形燃料電池



燃料電池自動車等への利用

酸化還元電位

+0 V

+1.23 V

酸性条件下での水電解

酸素発生反応は高電位が必要



高活性かつ高耐久性の酸素発生触媒が必須

研究背景

酸素発生触媒活性



耐久性

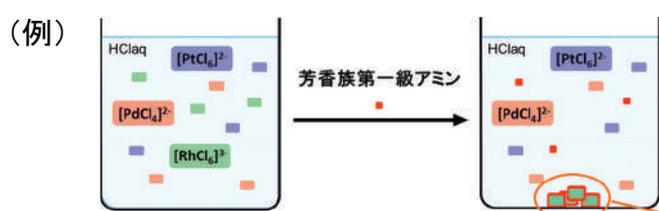


触媒活性と耐久性のバランスから、 IrO_2 が酸素発生触媒として有望視されている

アミン化合物と白金族金属からなるイオン結晶の作製

我々のこれまでの研究で判明していること

- ・アミン化合物と白金族金属が特異なイオン結晶を形成する
- ・選択的なイオン結晶形成を利用することで、金属の選択回収ができる



特願2022-014362
特願2021-184328
WO2017/170444
ACS Omega, 2019, 4, 14613-14620.
ACS Omega, 2019, 4, 1868-1873.

ロジウム含有イオン結晶
が選択的に回収される

7

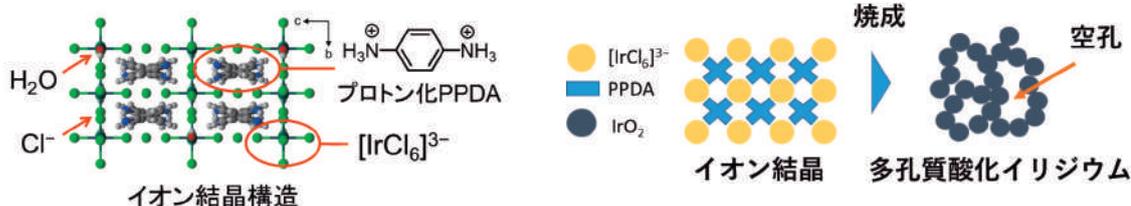
本研究の目的

アミン化合物とイリジウムからなるイオン結晶を焼成することで、
多孔質酸化イリジウム触媒を作製し、酸素発生触媒能を評価する

- ➡ 複雑な手順を必要とする従来法と異なり、極めて簡便
- ・構造明確なイオン結晶を前駆体とするため、緻密な多孔質構造の形成が期待できる
- ・金属の選択回収技術を基にしているため、リサイクル原料からの触媒作製も可能となると期待できる

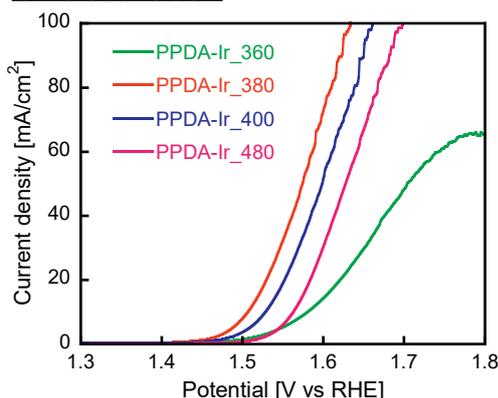
多孔質触媒作製

- ・*p*-フェニレンジアミン(PPDA)をイリジウム塩酸溶液に添加して攪拌することでイオン結晶が得られる
- ・イオン結晶を空気雰囲気下で焼成することで多孔質酸化イリジウムが得られる



特願2021-213884

触媒特性評価



サンプル名	焼成温度 (°C)	酸素発生過電圧 (V) @ 10 mA/cm ²
PPDA-Ir_360	360	0.344
PPDA-Ir_380	380	0.270
PPDA-Ir_400	400	0.285
PPDA-Ir_480	480	0.326

測定条件 0.5 M硫酸水溶液, 作用電極: グラッシーカーボン, 参照電極: Ag/AgCl, 対極: 白金, 走査速度: 0.01 V/s, 回転速度: 1600 rpm, 触媒量: 128 μg/cm²

PPDA-Ir_380は優れた酸素発生触媒能(低い過電圧)を示した

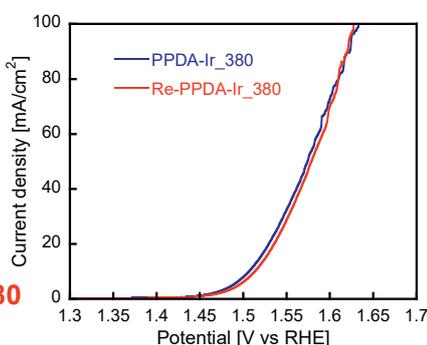
イリジウムの選択回収と触媒化

金属混合塩酸溶液 (5 M HCl)

Ir, Pd, Pt, Al, Fe, Ti, Co, Ni,
Cu, Zn (各600 ppm, Ir純度: 10%)

↓ PPDAによるIr選択回収
(同じ操作を2回繰り返す)

PPDA-Irイオン結晶 (Ir純度: 99.2%) $\xrightarrow{380^{\circ}\text{C}}$ Re-PPDA-Ir_380

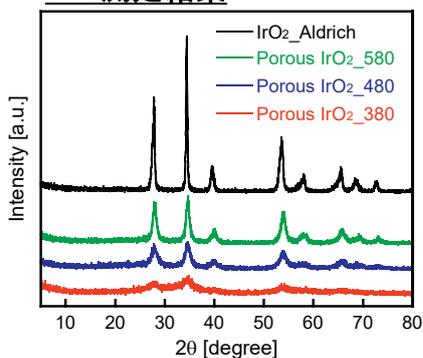


リサイクルを想定した低純度のIr原料からも高活性な触媒が作製可能であった

9

触媒の高性能化

XRD測定結果



触媒特性評価およびXRD測定結果より判明した事柄

- ・低温で焼成し, 結晶性が低い方が触媒能が高い
- ・焼成温度が低すぎると残存する有機成分の影響により, 触媒能が低下する



低温でも有機成分の完全除去が可能なイオン結晶とし, さらに, 有機成分が除去されやすい雰囲気下にて焼成を行うことで, 触媒のさらなる高性能化が可能

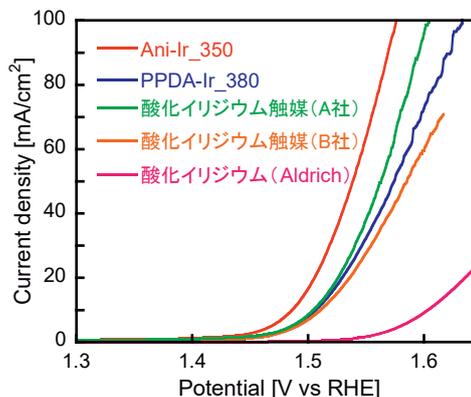
多孔質触媒作製と評価

- ・アニリン(Ani)とイリジウムからなるイオン結晶を使用
- ・酸素気流下にて焼成(350°C)

➡ Ani-Ir_350

比較サンプル

- ・国内最大手貴金属メーカー(A社)の高活性グレード品
- ・国内老舗貴金属メーカー(B社)の高活性グレード品
- ・Aldrich社から購入した酸化イリジウム



Ani-Ir_350は極めて優れた酸素発生触媒能を示した

触媒の性能比較

サンプル名	酸素発生過電圧 (V) @ 10 mA/cm ²	文献
Ani-Ir_350	0.258	This work
酸化イリジウム(A社)	0.272	高活性グレード品
酸化イリジウム(B社)	0.280	高活性グレード品
酸化イリジウム(Aldrich)	0.356	標準品
IrO ₂ /CNT	0.293	ACS Catal., 2017, 7, 5983-5986.
PPY-Ir-450	0.291	Int. J. Hydro. Ener., 2020, 45, 33491-33499.
IrO ₂ @MTO-S	0.280	ChemCatChem, 2018, 10, 1-11.
IrO ₂ /GCN	0.276	Angew. Chem. Int. Ed., 2019, 58, 12540-12544.
Nanoporous IrO ₂	0.282	Nanoscale, 2017, 9, 9291-9298.

本研究の多孔質酸化イリジウム触媒(Ani-Ir_350)は酸化イリジウム触媒としては世界最高クラスの酸素発生触媒能を示した

産学連携活動

- ・白金族金属の選択回収についてアサヒブリテック株式会社と共同研究を実施
- ・レア金属の選択回収と触媒化について三菱瓦斯化学株式会社と共同研究を実施 (2023年7月中に触媒に関する特許出願予定)
- ・本研究の触媒について、高性能化・量産・販売を目指し、国内老舗貴金属メーカー(B社)と共同研究を実施する方向で交渉中(NDA締結済み)

11

B 近い将来, 秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

分子量が異なる熱可塑性エポキシ樹脂の合成と特性 寺境光俊

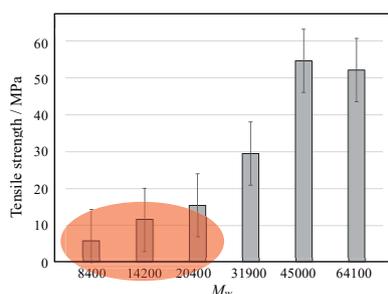
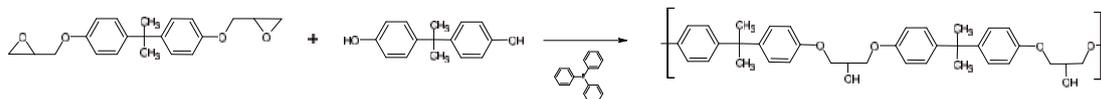


Figure 5 Relationship between tensile strength and average molecular weight. (n = 6)

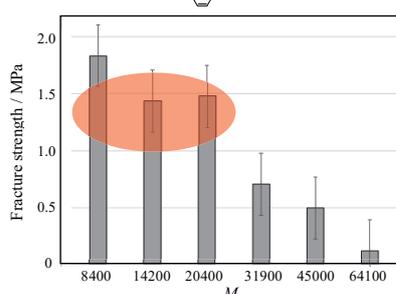


Figure 6 Relationship between fracture strength and average molecular weight. (n = 3)

分子量(粘性)を制御した樹脂の破断強度が低下するものの、接着強度を大きく上回る

材料, 72(4), 347-351 (2023)



現場施工における加熱方法をIH加熱から近赤外線加熱に変更。
接着強度2.1 MPa, 2.8 MPaと基準強度1.5 MPa(NEXCO総研)を上回る強度を一部達成。

高い接着強度を再現よく得ること、高速で施工するための工法の改良が課題。

図 11 前杉橋ボックスカルバートの試験施工の様子(左図)および接着強度試験結果(箇所と破断面)の例(右図)

B 近い将来, 秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。秋田複合材新成形法技術研究組合との次展開を計画

新エネルギー関連材料の評価法開発

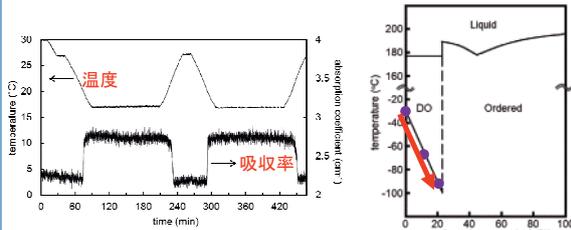
丹野剛紀 (地方創生センター)・淀川信一 (理工 数理・電気電子情報学)

① 柔粘性結晶の特性制御とテラヘルツ分光

・柔粘性結晶は、新たな省エネ冷却システムの冷媒として開発競争が始まっている (*Nature NEWS AND VIEWS*, 2019)。

・本グループでは2013年頃から研究を開始

- ◎ 世界初のテラヘルツ波による相転移の観測
- ◎ 20%の添加物で動作温度が70度も広がることを発見
- ◎ 原著論文3報、国際会議招待講演1件、科研費採択1件



温度を上げ下げすると結晶内の分子配置が変わり、それに対応してテラヘルツ吸収率も変化する。

20%の添加剤で柔粘性結晶の動作温度が-100℃くらいまで広がる。

② 水素燃料セル(FC)の製造におけるテラヘルツ分光の利用

・トヨタ自動車との共同研究【内容非公開】



水素と酸素を反応させる部分

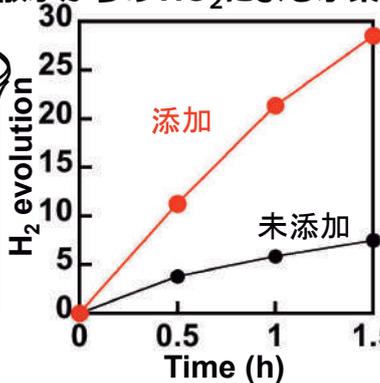
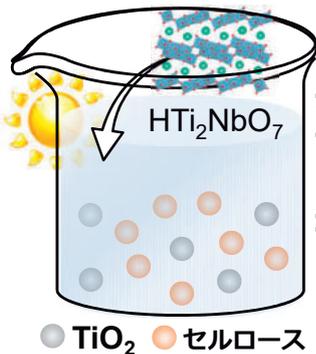
B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

13

TiO₂光触媒によるセルロース分散水からの水素生成を促進させる固体酸

加藤・齊藤

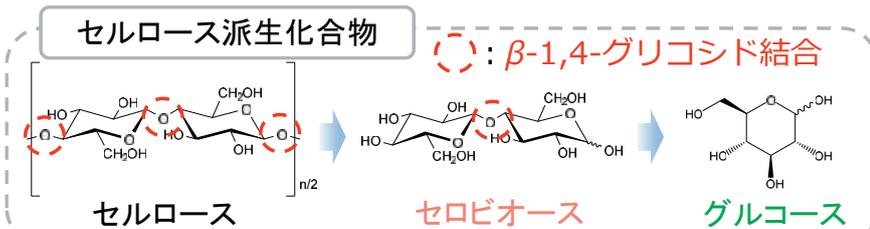
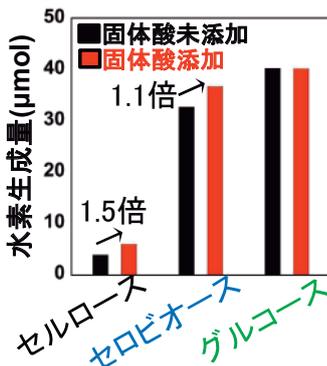
背景-セルロース分散水からのTiO₂による水素生成への固体酸添加効果-



光触媒	H ₂ 生成速度*	反応温度	引用
Co/CdS/CdO	5.86	25°C	<i>Nature Energy</i> (2017)
C/TiO ₂ /NiO _x	4.15	80°C	<i>Green Chem.</i> (2018)
Pt0.2wt%/TiO ₂	1.67	25°C	This study

従来の最高値(*Nature Energy*)には及ばないものの有害な元素や厳しい反応条件を用いずに高水準の水素生成効率を実現した

機構説明-固体酸添加効果のバイオマス依存性の検討-



構造内のβ-1,4-グリコシド結合の少ないバイオマスほど固体酸の添加効果が顕著 ➡ 固体酸はβ-1,4-グリコシド結合の開裂に寄与

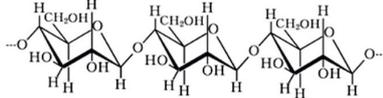
B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

リング媒体粉砕機によるスギ粉末処理におけるセルロースの構造変化

理工学研究科 小笠原正剛

研究背景:セルロースについて

- ・木質系バイオマスの主成分で豊富に存在。
- ・糖化後、エタノールに転換することでバイオ液体燃料となり得る。
- ・水素結合により分解し難い構造を持ち、糖化工程前に物理的あるいは化学的な処理が必要。



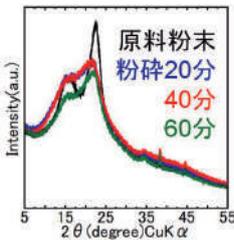
引用
岩波理化学辞典第5版、
長倉 三郎ら編集

研究目的

粉砕と同時に木材の細胞壁に高衝撃力を加えることが出来る「リング媒体粉砕機」を用いると、糖化効率が高いことが明らかになっている。このときの、セルロースの構造変化について評価。

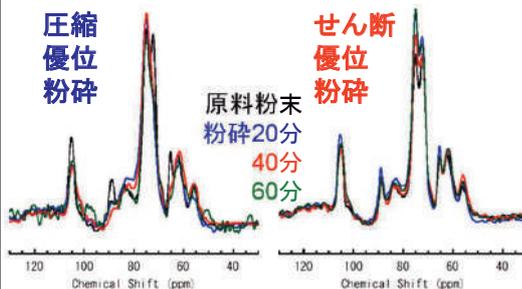
XRD, NMR測定結果から**圧縮**、**せん断**の粉砕力がセルロースに与える影響について検討。

XRDパターン 圧縮優位粉砕

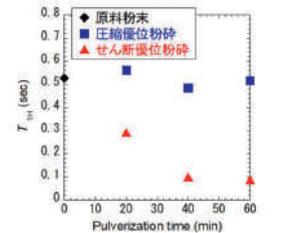


XRD, NMR
いずれにおいても、**圧縮優位粉砕**では結晶性の低下が確認された。

¹³C-CP/MASスペクトル



緩和時間 (105ppm付近 T_{1H})



せん断優位粉砕では、 T_{1H} が短くセルロースドメインの微細化が示唆。

2種類の機構(結晶性低下、セルロースドメインサイズの微細化)による糖化促進効果が示唆され、粉砕条件によって影響の受け方が異なることが分かった。(県立大学高橋武彦先生との共同研究、
J. Jpn. Inst. Energy, 56-65 (2022) に報告)

C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

超高性能モーターに資する世界最強磁石の開発

(秋田大学 理工学研究科 材料工学コース 准教授 長谷川 崇)

モーター:世界の消費電力量の約40%を占める(右図参照)
⇒モーターのエネルギー消費削減は省エネ効果大!

高効率・高出力モーターには強力な磁石が不可欠!



ネオジム磁石 フェライト磁石
出展:国立研究開発法人理化学研究所HP

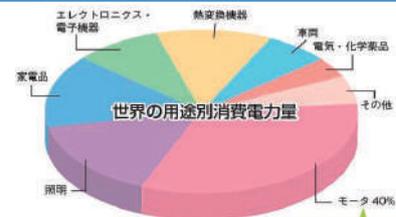
現在の主流:**ネオジム磁石**
(ネオジム、ジスプロシウムなどの
レアアースを使用)

ネオジム・ジスプロシウム: 高価である、供給リスクがある

鉱石生産国:①中国(97%)、②インド(2%)

輸入元:①中国(82%)、②ベトナム(3%)、③韓国(2%)

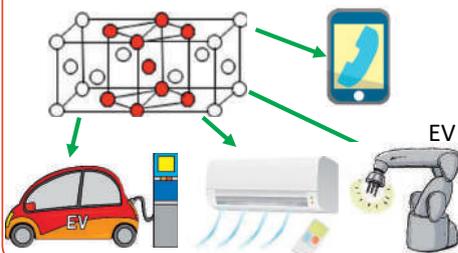
引用:一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センターHP



出展:トッランナーモータ(日本電機工業会, 2015)

モーターのエネルギー消費削減は、省エネ効果大!

正方晶FeCo



希土類不使用の新規な世界最強磁石を開発する!

鉄・コバルト(FeCo)系磁石:

理論上の磁石性能限界値はネオジム磁石の約2倍

EV・HV, 携帯端末, エアコン等が全てFeCo系磁石になると...

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30基分が削減)

B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

秋田県への貢献として、**洋上風力発電用モーター**の発電効率の飛躍的向上が期待できる。

超高性能メモリの実現に向けた新機能磁性薄膜の開発

(秋田大学 理工学研究科 材料工学コース 教授 吉村 哲)

データセンター: 超大規模な施設での電力消費≒発電所1基分の発電量
(「クラウド」にあるデータはここに保存)

データの記録・再生には現在はハードディスクドライブ(HDD)が使用されているが、その電力消費と発熱量が問題!



**超低消費電力
超高密度記録**

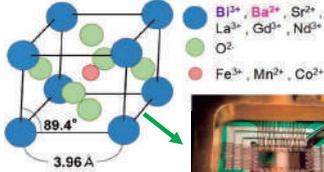
が可能な新しい磁気記録デバイスが不可欠!

HDDのメーカー: アメリカ, HDDの生産: 東南アジア
日本で作られているのは、今や部品のみ!



**ペロブスカイト構造のBiFeO₃系
強磁性(N,S)・強誘電(+,-)材料薄膜**

**電圧でN,Sの方向を制御できる機能を有する
新規で磁気特性に優れた薄膜を開発する!**

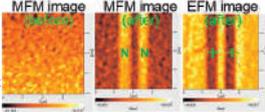


- ・絶縁体であるため電流(DC)はほとんど流れず、電力消費は極めて小さい。
- ・電圧印加には電極板で良いので(コイル不要)素子構造は極めて簡略。

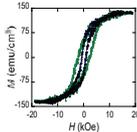
次世代磁気記録デバイス「磁性細線メモリ」に本材料を使用すると...

現行HDDに対して、消費電力は1/100以下、記憶容量は10倍以上、製造コストは1/10以下、が期待できる。

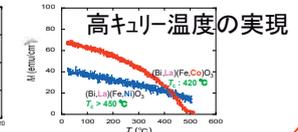
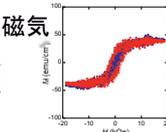
電界印加磁化反転の検証結果



高飽和磁化の実現



高垂直磁気異方性の実現



C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

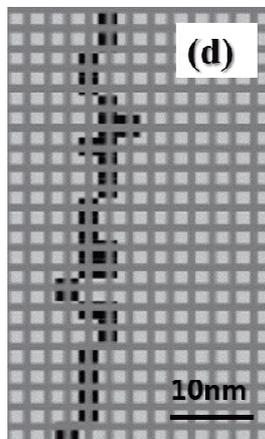
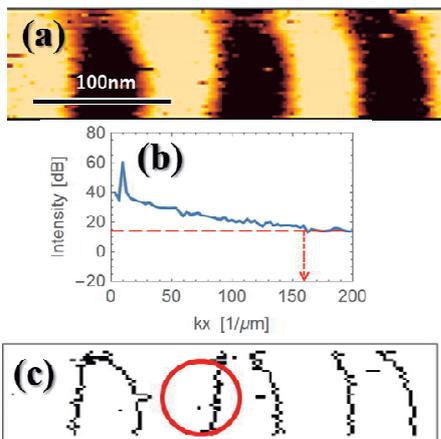
秋田県への貢献として、実用化すれば、県内の電子産業系企業が本デバイスの製造・研究開発に参加できる。

* 本薄膜は、立体映像表示、高出力磁界センサー、などへの応用も期待 => IoT・Society 5.0にも貢献

高空間分解能・磁気イメージング技術の開発

電気電子 齊藤 準

	開発技術 【 交番磁気力顕微鏡 + 高感度・ソフト磁性探針 】	従来技術 【 従来の磁気力顕微鏡 + 強磁性探針 】
空間分解能	○ (3 nm) (試料表面近傍での計測が可能)	△ (20~30 nm) (試料表面近傍での計測が不可)
磁場極性の検出 (試料面に上向き/下向き)	○	×



図(a) 高密度磁気記録媒体の垂直磁場勾配像。
図(b) そのラインプロファイルの空間スペクトル。
(最小検出ビット長が3 nm程度であることがわかる。)

図(c) 高密度磁気記録媒体の磁気遷移線。
(磁性結晶粒界に対応。

磁性結晶粒径5nm程度)

図(d) その拡大図(画素サイズ2.5nm角)
(波数空間での空間分解能~3 nmが、
実空間でも確認できる。)

磁気力顕微鏡分野において、世界指向水準の空間分解能を実現。

(磁気工学の国際会議で発表済。

Joint MMM-Intermag 2022, IOF-03)

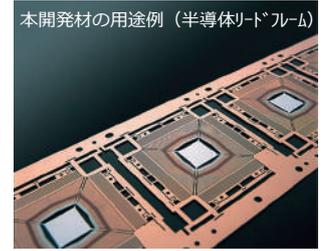
本技術で用いた高感度・ソフト磁性探針
(逆磁歪効果を利用したFeCoB非晶質ソフト磁性探針; M. V. Makarova, H. Saito et al., J. Magn. Mater., 546(2022) 168755)は、日東光器(株)(秋田県に事業所有)との共同研究の成果である。

A 現時点で既に秋田県内産業へ貢献している。

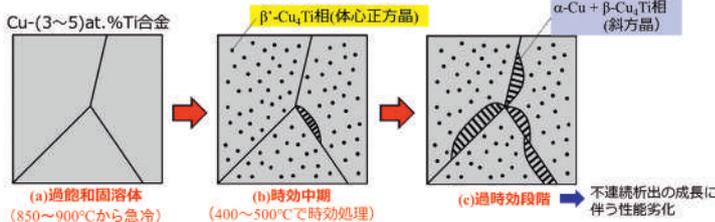
導電性ベリリウム銅の代替を目指した環境調和型チタン銅の創製

秋田大学大学院理工学研究科 物質科学専攻 教授 齋藤嘉一

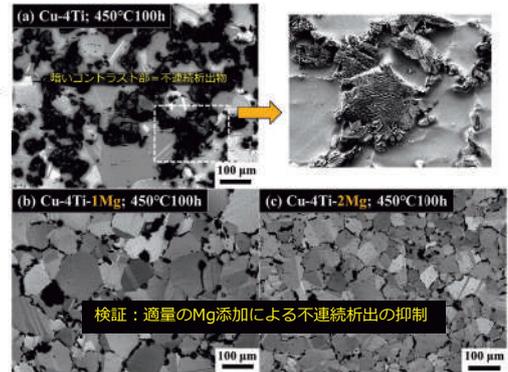
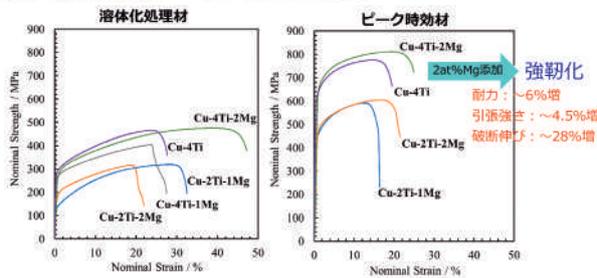
【研究概要】 本研究では、ベリリウム銅を代替する新しい環境調和型の導電性銅合金の創製を念頭に、チタン銅を基に新しい組織・特性制御法を追究した。特に、同系合金に**微量マグネシウム**を添加することで、特性劣化の影響因子と考えられている**不連続析出の抑制が可能になり、ひいてはチタン銅 (Cu-Ti) のさらなる強硬化が可能になる**ことを、先端電子顕微鏡法を駆使して明らかにした。(連携先：東北大学 金属材料研究所 新素材共同研究開発センター)



【技術的課題】 合金性能の劣化をもたらす**不連続析出を抑制**したい



出典：三菱マテリアル株式会社HP
https://www.Mitsubishi-copper.com/jp/products/processing/press/



【実験データ2：組織観察データ】

【実験データ1：応力-ひずみ測定】

C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

IoT・Society 5.0にも貢献

地方創生に、地域産業研究部門 新素材・機能性材料開発研究事業 大学院理工学研究科 附属新素材研究センター。

事業代表 / センター長 吉村 賢

新素材・機能性材料、新材料、新エネルギー 研究開発セミナー。

【再生可能エネルギーに関する新素材・材料システムの開発】の開催について (ご案内)。

時下ますますご多岐のこととお喜び申し上げます。

地方創生センター地域産業研究部門は、地方創生に取り組む地(知)の長官大学として、地域産業の成長に資する研究を推進し、地域を担う人材育成の推進と地域の産業振興、活性化に貢献することをひとつの目的としています。センターには、様々な新素材や機能性材料の創製やその製造プロセスおよび計測技術に関連した研究を行うための「新素材・機能性材料開発研究事業」や、化石燃料に頼らない新たなエネルギーの生成や貯蔵に関連した研究を行うための「新エネルギー開発研究事業」が盛り込まれており、研究成果を通じて地域に貢献することを最終的な目標としております。

また、大学院理工学研究科附属「新素材研究センター」は、競争力・特色のある材料・素材に係る研究拠点として、国内外との共同研究や競争的研究プロジェクトを通じて、次世代の革新技術の創製に資する、高機能材料・素材の探索および合成、評価および検査、デバイス応用および産業化、に至るブレークスルーを生み出し得る包括的な研究を展開することを目的としています。

この度、「新素材・機能性材料開発研究事業」と「新エネルギー開発研究事業」と「新材料研究センター」の活動の一環として招きセミナーを下記のとおり開催することとしました。

つきましては、ご多忙のところ恐縮ですが、ご参加いただけますようお願いいたします。

記。

1. 日 時：令和4年12月19日(月)。

13:30~13:35 事業代表 / センター長 挨拶。

13:35~17:30 講演会。

(13:35~14:05)。

【脱炭素社会に向けた地域エネルギーシステムの設計および分析。
Design and analysis of regional energy systems for zero carbon society】。

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機械工学コース。

准教授 古村 敬 興 氏。

(14:05~14:35)。

【白金族金属含有イオン結晶の焼成による多孔質触媒の作製と酸発生触媒への応用。
Fabrication of Porous Catalysts by Calcination of PGM-Containing Ionic Crystals and
Their Application to Oxygen Evolution Catalysts】。

秋田大学大学院理工学研究科物質科学専攻応用化学コース。

准教授 松本 和也 氏。

(14:45~15:45)。

【有機無機ハイブリッド太陽電池用の電子輸送層材料の展望と課題。
Electron Transport Materials for Organic-Inorganic Hybrid Solar Cells: Prospects and Challenges】。

秋田大学大学院理工学研究科附属新素材研究センター。

外国人研究員 Uzozan, Md Akhtar 氏 (71~77国民大学 太陽電池研究センター 教授)。

(15:45~16:15)。

【グリーン水素の製造、貯蔵および利用に関する一連の研究について。
Research on the Production, Storage, and Application of the Green Hydrogen】。

秋田大学大学院理工学研究科附属新素材研究センター。

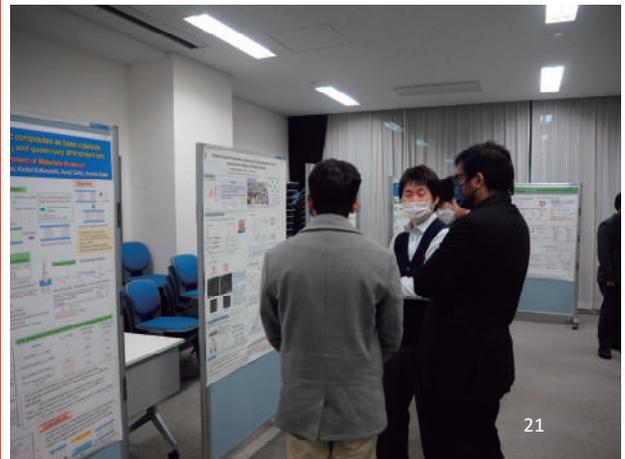
准教授 福本 倫久 氏。

16:30~17:30 ポスターセッション (予定) 小笠原先生 桑本川先生 丹野先生 三島先生 高橋先生 斎藤先生 富岡先生 吉村 氏。

2. 場 所：地方創生センター2号館2階大会室(講演会、ポスターセッション)。

3. 申込先：令和4年12月7日(水)まで下記にメールによりお申し込みください。

地方創生・研究推進課 担当：加藤、永井 (kyoedu@jinu.ac.jp)。



新素材・機能性材料,革新材料,新エネルギー 研究開発セミナー

『再生可能エネルギーに関わる素材・材料・システムの開発』

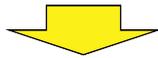
「新素材・機能性材料開発研究事業」

「新エネルギー開発研究事業」

:研究成果を通して地域に貢献する

「革新材料研究センター」

:ブレークスルーを生み出し得る包括的な研究を展開する



- ・各教員が得意分野を補い合うことができる『研究クラスター』を構築しながら、学外(地域企業・国内外研究機関)とも連携し、研究開発プロジェクトの推進、大型外部予算の申請などを行う。
(川上から川下、レイヤー間連携、分野融合)
- ・研究クラスター内でお互いの共同研究企業を紹介し合うことで教員と企業との新たな連携が生まれる。
- ・新たに太陽電池薄膜の研究を始めるきっかけとなった。

22

実施計画(令和5年度)

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、将来の脱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し、産学連携体制の構築や大型外部資金の獲得を目指す。＜DOWAとの連携強化、秋田複合材新成形法技術研究組合との次展開、秋田県高エネルギー加速器技術研究会等を活用、JST(A-STEP 産学共同・CREST)・NEDOなどに申請＞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地元のニーズ、および「新秋田元気創造プラン」への対応を念頭に、研究をととして秋田県内企業、大学、公設試の連携による新産業や雇用の創出に貢献し、地域の高等研究機関としての機能を果たす。

協力教員

(理工学研究科物質科学専攻)

寺境光俊, 加藤純雄, 齋藤嘉一, 吉村哲, 松本和也, 小笠原正剛, 長谷川崇

(理工学研究科数理・電気電子情報学専攻)

齊藤準

(地方創生センター)

丹野剛紀

○原著論文を年間 2 報/人 以上

○インパクトファクターの高い雑誌への投稿

○受託研究及び共同研究等の外部資金獲得について、

・継続分を含めて年間5件以上

・令和4～5年度の新規連携(覚書やNDAを含む)を4件以上を目標とする。

これらの実現のために研究費が必要であると判断した場合は、

部門研究活動活性化経費を活用して補助を行う。

24

(3) 小型軽量電動化システム研究開発事業の報告 (令和4年度)

事業名：小型軽量電動化システム研究開発事業

代表者氏名：田島 克文

<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>910,000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>1,210,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	910,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,210,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	910,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合 計	1,210,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>田島克文教授、吉田征弘講師、足立高弘教授、秋永剛准教授、平山寛講師 電動化システム共同研究センター 安部特任助教、半田特任助教</p>								
<p>目 的</p>	<p>内閣府交付金事業「小型軽量電動化システムによる産業創生」における「新世代モータの研究開発」、「新世代モータの応用機器開発」、「新世代モータのシステム設計・周辺技術の研究開発」は、令和3年4月設置の電動化システム共同研究センターが研究開発活動を担う。「小型軽量電動化システム研究開発事業」は電動化システム共同研究センターと連携し、その研究開発活動を推進することを目的とする。特に地域企業と共同研究を行っているテーマ、今後地域企業との連携が期待されるテーマを選択的に推進し、地域の電動化に関する産業創生に繋げる。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>【超高速モータの開発に関する研究】 超高速モータを応用した電動プロアの評価ベンチにて、プロワ特性曲線を取得した。超高速モータのコアに使用した材料を2種類準備して測定したところ大きな効率の変化は見られなかった。また、プロワの耐久性能の評価方法を確立し、駆動と停止を繰り返した耐久特性の評価を行った。</p> <p>【グリッドシステムに関する研究】 航空機内の高圧直流DCグリッドにおいて故障発生時に動作する高速大電流遮断システムの構築を目指し、県内外の企業や大学と情報交換を行い、得られた情報を基に研究計画を策定中である。DCグリッドを含む電力グリッドシステムの構成要素の1つである蓄電池に関する研究を進めた。</p> <p>【翼まわりのハイブリッド層流制御（HLFC）】 小型軽量電動機を活用した吸い込みによるハイブリッド層流制御（HLFC）システムを開発することを目的としている。国内の研究機関（JAXA、東京大学）および回転機械メーカ（IHI）と連携した研究体制（HLFC勉強会）を通して、関連する技術および研究動向について情報交換を行っている。NASAの提供する機体Common Research Modelの主翼を研究対象とし、主翼境界層（2次元→準3次元）の解析および遷移抑制に必要な吸い込み量を検討した。スポット溶接技術を導入し、検証実験に必要な要素技術である熱線風速計の改良（効率改善が課題）を行った。</p> <p>【電力冗長化・平準化システムに関する研究】 速度サンギング式冗長アクチュエータ（EMA）とフライホイールバッテリー（FWB）について、MATLAB/Simulinkモデルでのシミュレーションと、小型試験機を用いた実験を進めている。本年度はACTについてdSPACEシステムを通した位置フィードバック実験と、ボールねじ固着故障時のシミュレーションを行った。FWBについては伝達エネルギー計測のためトルク検出器の導入を行い、準備中である。</p> <p>【航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究】 ブスバーからの熱回収を可能にするプレート式ブスバーの開発研究を実施している。ブスバーには、電流が流れることでジュール発熱が生じる。その熱を対流熱伝達で除去する連成計算を、COMSOL multiphysics を用いて実施している。</p>								

地方創生センター地域産業研究部門 小型軽量電動化システム研究開発事業

事業代表 田島克文

成果報告会 2023年7月5日(水)

1

小型軽量電動化システム研究開発事業

事業の背景と目的・概要

内閣府交付金事業「小型軽量電動化システムにおける「新世代モータの研究開発」, 「新世代モータの応用機器開発」, 「新世代モータのシステム設計・周辺技術の研究開発」は, 令和3年4月設置の電動化システム共同研究センターが研究開発活動を担う。

「小型軽量電動化システム研究開発事業」は電動化システム共同研究センターと連携し, その研究開発活動を推進することを目的とする。

特に地域企業と共同研究を行っているテーマ, 今後地域企業との連携が期待されるテーマを選択的に推進し, 地域の電動化に関する産業創生に繋げる。

2

2022年度成果報告

事業名：小型軽量電動化システム研究開発事業

代表者氏名：田島 克文

予算額

部門研究活動活性化経費(間接経費)	910,000 円
年度計画推進経費	0 円
事業費	300,000 円
合計	1,210,000 円

3

協力教員と実施項目

1. 超高速モータの開発に関する研究
田島克文(理工学研究科・教授), 吉田征弘(理工学研究科・講師)
半田修士(電動化システム共同研究センター・特任助教)
2. グリッドシステムに関する研究
田島克文(理工学研究科・教授), 秋永 剛(理工学研究科・准教授)
安部勇輔(電動化システム共同研究センター・特任助教)
3. 翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)
秋永 剛(理工学研究科・准教授)
4. 電力冗長化・平準化システムに関する研究
足立高弘(理工学研究科・教授), 平山 寛(理工学研究科・講師)
5. 航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究
足立高弘(理工学研究科・教授)

各自が交付金事業において担当する事業に関連するテーマを設定している。

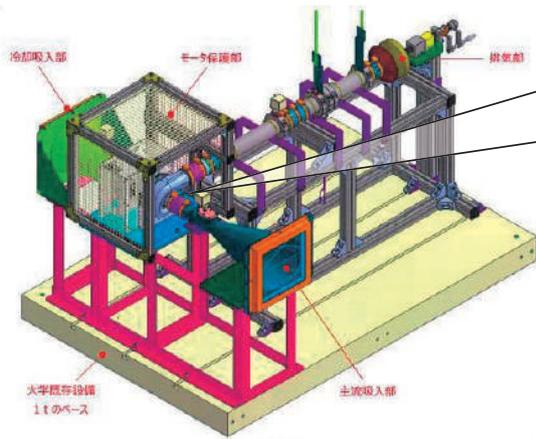
4

超高速モータの開発に関する研究

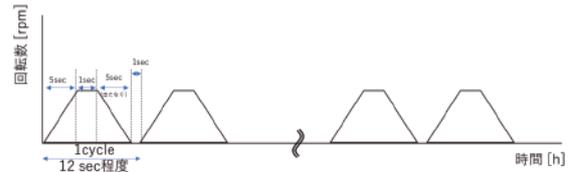
(田島, 吉田, 半田)

超高速モータ(最高回転数10万rpm)を用いたブロワ特性評価システムを構築し、ブロワ特性曲線を取得した。また、ブロワの耐久性能の評価方法を確立し、駆動と停止を繰り返した耐久特性の評価を行った。

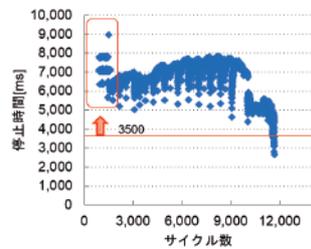
ブロワ特性評価システム



耐久試験の運転条件



停止時間の経時変化



停止時間が急激に減少
⇔フリクション増加

11671サイクル目で
異常停止し、耐久試験を中断

翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)

担当：秋永剛准教授

吸い込み制御の効果検証/最適化

システム検討 (東大)

ブロワスペック (IHI)

空力パラメータ検討 (秋田大)

HLFC勉強会 (研究体制)
(東大・JAXA・IHI・秋田大)
(前年度と同じ研究体制)

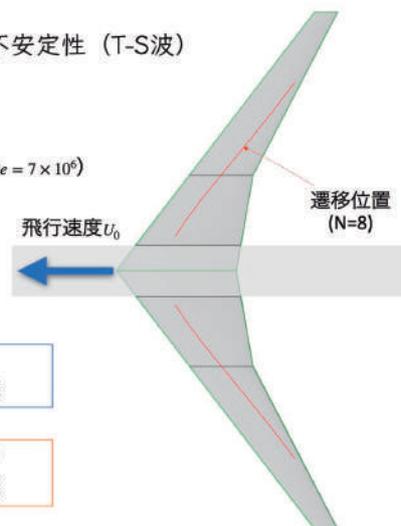
【成果】

- 具体的な翼形状 (NASA, CRM, DPW4)
- 境界層 (2次元→準3次元解析)
- 2次元攪乱に対する安定性判定
- 層流制御に必要な吸い込み流量の調査
- スポット溶接による熱線流速計の改良

層流制御 主翼境界層遷移例

下流への不安定性 (T-S波)

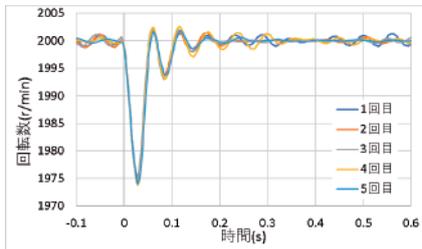
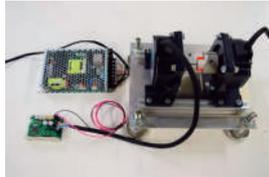
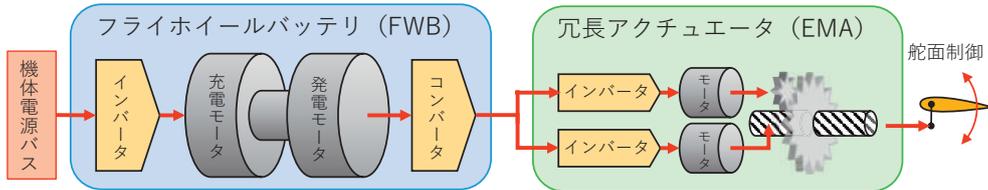
主翼上面 (NASA, CRM, DPW4, 迎角0, $Re = 7 \times 10^6$)



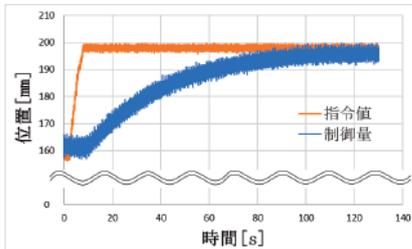
吸い込みによる遷移抑制：
一様吸い込み (U_0 の0.025%) で可能

前縁近傍のみ (20%までの位置) の
吸い込み (U_0 の0.1%程度) でも可能

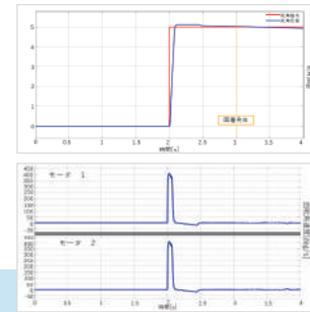
電力冗長化・平準化システムに関する研究 (足立, 平山)



↑ 負荷変動時のFWBの回転数応答実験
(第60飛行機シンポジウムで発表)



EMAの位置フィードバック制御実験↑
EMAのボールねじ固着故障時の応答→
(日本航空宇宙学会北部支部2023年講演会で発表)

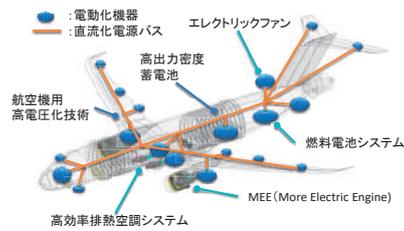


グリッドシステムに関する研究 (田島, 秋永, 安部)

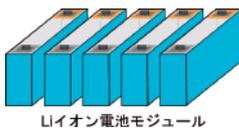
新世代モーター特性評価ラボ
銅フェザ (航空機寸大配線網: イメージ)



【 2030年代の電動化システム構想の例 】

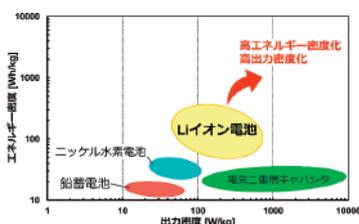


出典: (株)IHI ホームページ

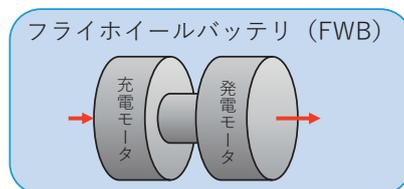


蓄電要素に関する研究

- 新材料の応用
- 単セルの設計と評価
- セルレベルでの高性能化



CFS (Cascaded Flywheel System for energy accumulation and recovery)



勉強会

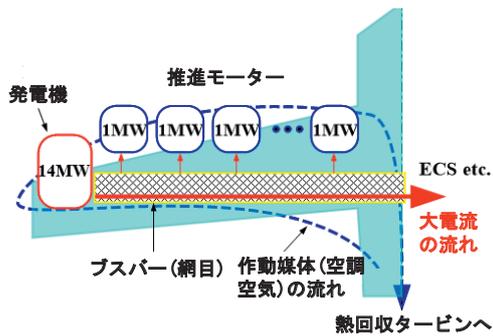
銅フェザの活用 (秋田大学)

直流遮断機回路構成 (立命館大学)

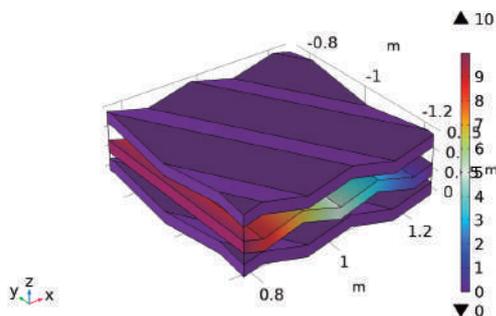
電動化のための航空機内グリッド (IHI)

航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究

足立高弘(理工学研究科・教授)



シリーズハイブリッド方式のモデル図。発電機からブスバーを通して各推進モーターおよびECS等へ電力(赤矢印)を供給する。青鎖線は、客室空調を用いてブスバーを冷却した際の流れを表しており、ブスバーから熱を回収する。



三角形の乱れ促進体を有するのプレートを3枚重ねたブスバーモデル。真ん中のプレートだけに電圧を印加している。COMSOL Multiphysics を用いて電圧分布の時間発展計算を実施した結果である。

令和4年度の成果(共同研究, 学会発表等)

共同研究(当事業に関係するもの)

地域企業との共同研究 3件, 秘密保持契約2件

地元企業以外の企業との共同研究 4件

査読付き論文(当事業に関係するもの) 3件

学会発表 35件

受賞(発表賞) 2件

令和5年度の事業計画

「超高速モータの開発に関する研究」

ブローに用いた超高速モータの電磁界解析および熱解析を行い、損失分布、熱分布を分析することでより高度なブロー特性取得技術を修得する。また、超高速モータの対向試験機を作成し、ブロー駆動に用いているセンサレス制御の制度確認およびモータ損の取得を行う。

「グリッドシステムに関する研究」

電動航空機等における高圧大電流DCグリッドの構成および直流大電流遮断システムの構築等に関して研究開発を行う。今年度は、グリッドの構成要素である大容量蓄電池の基礎研究を行うとともに、直流大電流遮断システム（CFSなど）のカッパフェザを活用した研究計画について各大学および企業の有識者との情報交換を通して計画策定を行う。

「翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)」

主翼まわりに形成される境界層の安定性を判定する。3次元性を考慮し、様々な不安定モードに対する遷移位置推定を行う。主翼境界層の乱流遷移を遅らせる吸い込み層流制御の効果を定量的に評価する。また、昨年度までに開発した流速測定装置を援用し、吸い込み性能（層流制御の前段階）を実証する実験を行う。

「電力冗長化・平準化システムに関する研究」

速度サンギング式冗長アクチュエータ（EMA）と、フライホイールバッテリー（FWB）について、引き続き小型実験モデルを用いた制御実験を進める。EMAは出力変位量に対するフィードバック、FWBはトルクと回転数のフィードバック制御を行い、負荷の変動や故障時の応答について、モデルベースのシミュレーション結果と実機の特性の比較評価を行う。

「航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究」

矩形/波形/台形等の乱れ促進体を有するプレートに2枚重ねたブスバーモデルについて、流体、熱および電気を連成させた数値計算を実施する。軽量コンパクトなブスバーの最適計算には、COMSOLを用いる。必要なソフトおよび実証試験に必要な材料を追加購入する。

(4) 新エネルギー開発研究事業の報告（令和4年度）

事業名：新エネルギー開発研究事業

代表者氏名：熊谷 誠治

<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>900,000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>1,200,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	900,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,200,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	900,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合 計	1,200,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>大川浩一、福本倫久、古林敬顕、高橋弘樹、富岡雅弘（理工学研究科）</p>								
<p>目 的</p>	<p>人材育成：洋上風力発電を含む秋田県の自然エネルギーの現況およびそれを活用する技術に関する教育を実施する。 研究開発事業：秋田県内自治体および企業との連携を持ちながら、豊富な自然エネルギーを十分に有効活用できる社会システムの構築と地域における持続的な産業振興に寄与できる以下の4つの研究テーマを実施する。 (1) 秋田県沖風況データと沿岸部のエネルギーフロー解析、地域経済解析 (2) 豊富な再生可能エネルギーを導入した電力系統の挙動解析 (3) 再生可能エネルギー貯蔵用大容量蓄電デバイスの開発と運用技術開発 (4) 豊富な再生可能エネルギーの効率の活用技術の開発</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>人材育成：あきたサステイナビリティスクール、高大連携授業、秋田大学・秋田県立大学共同大学院などにおいて、社会人、高校生、大学院生向けに再生可能エネルギーと発電技術、蓄電技術、水素関連技術についての啓発・教育活動を行った。 研究開発事業： (1) 秋田県の脱炭素化に向けた100%再生可能エネルギーシステムを設計・分析した。小規模なバイオマス発電をベースロード電源として運用することで、蓄電池の必要容量を大きく削減し、電力供給コストが安価となることを明らかとした。一方、水素供給コストは大きく変化しないことも示された。 (2) 再生可能エネルギーや電気自動車を導入したマイクログリッドモデルを構築し、災害等でインフラが停止した場合の系統運用についてシミュレーションした。その結果、インフラ停止などの緊急時においてその約8割が復旧する3日間を、快晴および準快晴等の天気であれば再生可能エネルギーと電気自動車で賄えるが、曇天等の悪天候では電力供給が困難であることがわかった。 (3) A. 蓄電デバイスの新規電極材料の開発 マグヘマイト ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) を簡易にナノ粒子として合成することに成功した。得られたマグヘマイトとカーボンを複合化し、正極材料として測定したところ、放電容量は被覆前の1.6倍の高い値 (291mAh/g) が確認できた。バイオマス由来の導電助剤の開発にも着手した。使用済みリチウムイオン電池からの優れた蓄電性能を有する再生正極材料を製造する技術を発展させ、再生正極材ながら新品とほぼ同等の性能を実現することができた。そして、地域企業と共同で特許出願を行った。また、もみ殻を原料としたリチウムイオン電池負極材および電気二重層キャパシタ正負極材の開発を行った。 B. 蓄電デバイスのシミュレーション技術の開発 リチウムイオン電池の劣化進行を考慮した充放電特性の再現手法を検討した。劣化進行に伴い、内部抵抗が増加することが判明しているものの、電氣的等価回路のパラメータ算出ではそれを考慮できていないため、再現精度が低下した。内部抵抗の実測値から充放電特性を再現するためのアルゴリズムを考案し、再現精度を向上させることができた。 (4) A. 高効率水素製造用材料と大容量水素吸蔵材料の開発 アルカリ水電解における水素発生電極の性能を、合金を多孔質化することにより飛躍的に高めた。水素の貯蔵・運搬に必要とされる水素吸蔵合金を新規手法により作製することができた。さらに、水素を燃料としたガスタービンの開発を行い、その成果を報告した。 B. 燃料電池技術と二酸化炭素の有用化合物への変換技術の開発 PtとMo窒化物を複合すると、NH_3酸化活性が向上することを見出した。また、PtにCuを合金化すると、CO_2電解還元活性が向上することを確認した。さらに、水電解のためのRu窒化物アノードの合成条件を明らかにした。</p>								

2023年7月5日(水)

新エネルギー開発研究事業

令和4年度事業報告
(活動報告と令和5年度事業計画)

事業代表者 熊谷誠治
(理工学研究科)



No. 1

新エネルギー開発研究事業の当初計画

	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度
○第3期中期目標中期計画	→						
○年度計画							→
○概算要求						→	→
人材育成	1. 風力発電高度メンテナンス人材育成事業(秋田県)	県事業委員会	→	プレ講座	→	本講座実施(学部1科目、大学院1科目)	
	2. あきたサステナビリティスクール	アーバンマインマイスター養成コース(継続)	→	新講座の検討	→		秋田サステナビリティスクール
研究開発事業	1. 新エネルギー設備に対するNIMBY解消の研究	フィールド調査	→	クラスター分析によるデータ解析	→		
	2. 風車のメンテナンス計画策定の研究	簡易型LCC, LGAの実施	→	メンテナンスパターンの違いに基づくLCC	→	メンテナンス計画策定技術の確立	
	(1) 県内風力発電システムのリスク分析と動的挙動の解明	技術動向調査	→	IoTモジュールの仕様検討	→	県内のO&M産業育成への展開	
	(2) 地熱発電所におけるシリカスケールの成因分析及対策	基礎技術開発	→	風力発電システムのSDIによる解析	→	シリカスケールの成因分析及防止対策の開発	
	(3) 新エネルギーシステムの経済/環境効率評価						評価指標の提案と実例分析

計画変更

導入促進/阻害要因の同定, システム挙動のシミュレーション

No. 2

事業の計画変更



豊富な県内再生可能エネルギーの有効活用と、地域産業の活性化を目指した
新技術開発(秋田県での洋上風力発電事業の成長を想定した事業に転換)

		令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度
研究 開 発 事 業	(1)地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価	県内エネルギーフローの分析と導入影響評価、 導入戦略の策定			
	(2)豊富な再生可能エネルギーを導入した電力系統の挙動解析	洋上風力発電を導入した電力系統に おける電力需要と供給の安定度に関 するシミュレーション			
	(3)再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術	蓄電デバイスの新規電極材料の開 発 蓄電デバイスの充放電特性予測 シミュレーション			
	(4)豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術	高効率水素製造電極材料と大容量 水素吸蔵材料の開発 アンモニアを用いる燃料電池と二酸 化炭素の有用化合物への変換			

No. 3

事業実施体制(令和4年度)



協力教員(6名)

理工学研究科 物質科学専攻
大川浩一 教授, 高橋弘樹 講師
同 数理・電気電子情報学専攻
熊谷誠治 教授, 富岡雅弘 助教
同 システムデザイン工学専攻
古林敬顕 准教授
同 革新材料研究センター
福本倫久 准教授

事業予算

部門研究活動活性化経費(間接経費)	900,000円
年度計画推進経費	0円
事業費	300,000円
合計	1,200,000円

No. 4

事業目的

事業背景

二酸化炭素排出量の低減が喫緊の課題である本国において、再生可能エネルギーの積極的な導入が進んでいる。洋上風力発電は、陸地での風力発電では実現できない多くのメリットを与え、本国の再生可能エネルギーの中心になっていく可能性がある。

電気自動車の普及は運輸部門からの二酸化炭素排出量を大きく削減できる。洋上風力発電で発生した電力で、高性能電池を搭載した電気自動車を利用することで、「風」という資源を地元住民の交通利便性と地域環境性の向上に活用できる。

豊富な再生可能エネルギーを利用して、水素やアンモニアを効率的に発生する技術、発生させた水素とアンモニアを貯蔵・利用する技術、さらには、二酸化炭素を電解還元することで有用物質に変換する先進的な技術が、洋上風力発電の沿岸地域の重要な産業として発展する可能性がある。

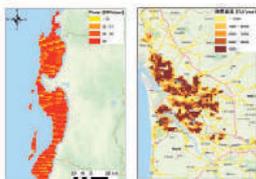
事業目的

本研究事業では、秋田県で豊富に発生する再生可能エネルギーを地域で効果的に活用し、地域の発展に寄与できる新しい産業技術の開発および新エネルギー導入に関する啓発(教育)活動を行う。

No. 5

開発研究事業概要

地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価(古林)

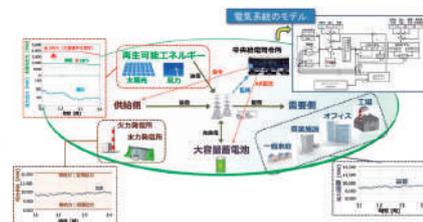


- ・地理情報システムに基づく分析
- ・時空間情報に基づく分析
- ・地域エネルギーシステムの設計

地域エネルギーシステムのモデル化と最適設計

豊富な再生可能エネルギーを導入した電力システムの挙動解析(熊谷, 富岡)

- ・海洋再生可能エネルギーを導入した電力システムにおける電力需要と供給の安定度に関するシミュレーション
- ・蓄電池を用いた最適な電力供給制御方式の模索



再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術(熊谷, 大川, 富岡)

- ・リチウムイオン電池用の新規正極材料
- ・リチウムイオン電池用の新規負極材料
- ・瞬時応答に優れた大容量キャパシタ用電極材料
- ・リチウムイオン電池の充放電特性および寿命予測シミュレーション

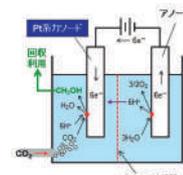


地方創生センター
地域産業研究部門
「新エネルギー開発事業」
代表・研究総括

産業基盤を強固にできる革新的なエネルギー技術の地域企業への移転

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術(福本, 高橋)

- ・新たな高効率水素製造用多孔質ニッケル
- ・新たな高容量LaNi系水素吸蔵合金の製造技術
- ・アンモニアを燃料とする燃料電池技術
- ・二酸化炭素の有用化合物への変換



No. 6

地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価

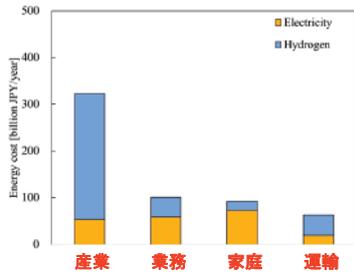
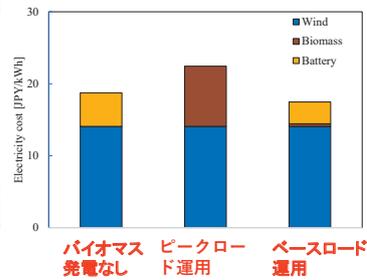
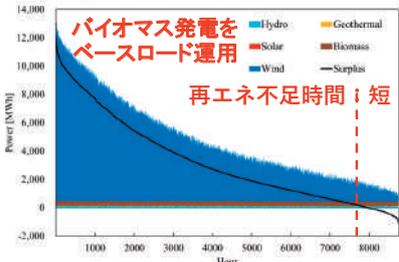
新エネルギー開発研究事業



秋田県を対象とした脱炭素エネルギーシステムのデザイン

共同サステナブル工学専攻 古林敬顕
近い将来、秋田県内産業への貢献できる見通し

陸上風力発電を最大限導入して、蓄電池及び水素製造によるエネルギー貯蔵を考慮することで、秋田県の電力だけでなく熱及び輸送用燃料を脱炭素化する地域エネルギーシステムをデザイン。秋田の脱炭素化に求められる各要素技術の導入量を定量的に明らかにした。



1時間ごとの再生可能エネルギーによる発電量及び電力需要量の推計に基づく余剰電力の負荷曲線
発電容量は風力発電に比べてわずか0.05%のバイオマス発電を導入することで、必要となる蓄電池の容量は16%削減された。

バイオマス発電のベースロード運用時における電力供給コスト
バイオマス発電をベースロード運用したケースでは、バイオマス発電を導入しない場合やピークロード運用する場合に比べて発電単価が安価となった。

需要部門別のエネルギーコスト
部門別のエネルギーコストの内訳では、業務・家庭部門は電力、産業・運輸部門では水素の割合が多い。水素コストの低減は産業・運輸に、電力コストの低減は業務・家庭に、大きく影響する。

令和3年度までの成果から、陸上風力発電、蓄電池、水素製造の大規模導入によって秋田県の脱炭素化は可能であることが示された。また、比較的小規模なバイオマス発電を導入してベースロード運用することで、エネルギー供給コストが低減されることが明らかとなった。令和4年度では洋上風力発電の導入影響評価に向けて、風力発電の発電量と風速の相関関係について分析した。

No. 7

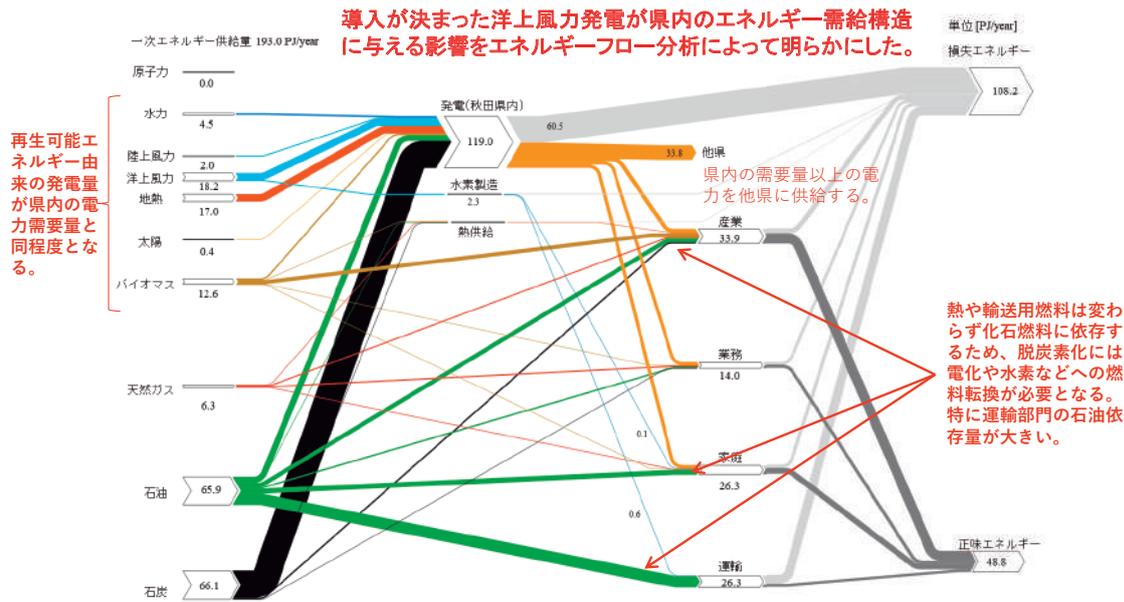
地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価

新エネルギー開発研究事業



共同サステナブル工学専攻 古林敬顕

導入が決まった洋上風力発電が県内のエネルギー需給構造に与える影響をエネルギーフロー分析によって明らかにした。



参考文献：都道府県別エネルギー消費統計, 2020
電気事業使用量 2020
K. Kondo, 2009
I. Dincer and M. Rosen, 2007

共同研究

県内企業(1社)と風力発電の発電量の将来予測について実施

T. Furubayashi@Akita Univ., 30 May 2019

No. 8

再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術

新エネルギー開発研究事業

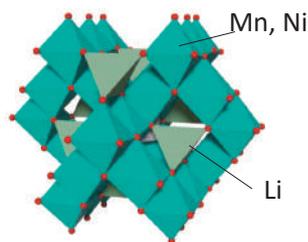


リチウムイオン電池用の新規正極材料



<http://www.mitsubishi-motors.com>

車両の電動化に伴い、駆動用電源となるリチウムイオン電池の高エネルギー密度化が望まれる。そのため、高起電力(5V級)を示す正極材料(LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄)を高電流密度で使用できるように表面状態をデザインする。



LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄の結晶構造



合成したLiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄の外観

論文

Effects of ultrasound irradiation on Au nanoparticles deposition on carbon-coated LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O₄ and its performance as a cathode material for Li ion batteries. Ultrasonics Sonochemistry (IF: 7.491), 82, 105879 (2022)

共同研究

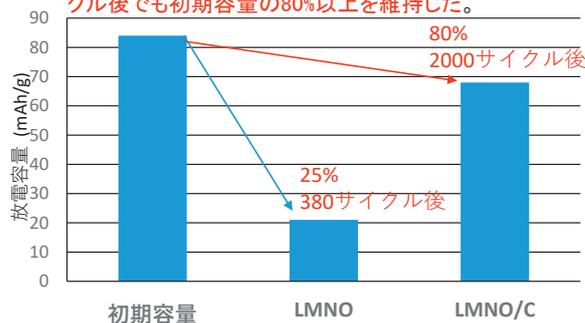
県外企業(1社)とリチウム電池正極・負極材料の新規開発について実施(特許出願準備中)

物質科学専攻 大川浩一

将来、秋田県内産業への貢献できる可能性

本研究:正極活物質表面にバイオマス由来の導電材を被覆。被覆方法を検討することで、大きな電流で充放電することが可能になった。

高電流レート, 10C (6分で満充電・放電できる電流値)でも高い放電容量(理論容量147mAh/gの約60%)を示した。バイオマス由来の導電材の被覆により2000サイクル後も初期容量の80%以上を維持した。



No. 9

再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術

新エネルギー開発研究事業

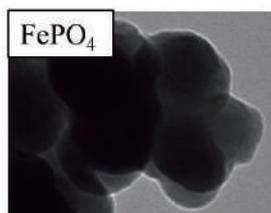


リチウムイオン電池用の鉄系正極材料



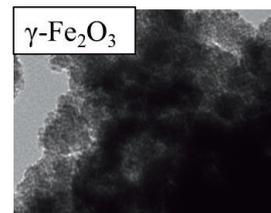
再生可能エネルギーを効率よく利用するには、高性能な大型蓄電池の開発が必要不可欠。(写真: NEDOホームページより)

本研究:資源的に豊富な鉄を主原料としたマグヘマイト(γ -Fe₂O₃)をナノ粒子として簡易合成する方法を見出した。また、大きな電流が流せるように、カーボンとの複合化を検討し成功。

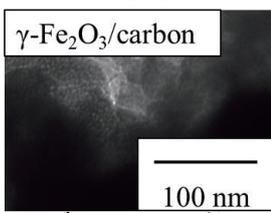


出発原料

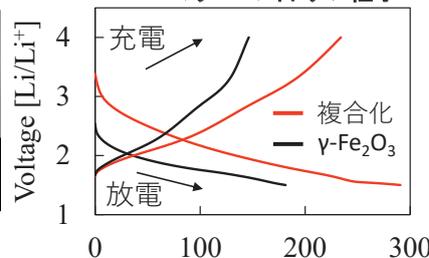
簡易処理



マグヘマイトナノ粒子



マグヘマイトナノ粒子とカーボンの複合化



複合化により放電容量が181→291 mAh/gに増加

No. 10

論文

Synthesis of porous γ -Fe₂O₃ from scorodite synthesized using ultrasound irradiation and evaluation of its battery performance. Jpn. J. Appl. Phys. 61, 061056 (2022)

共同研究

秘密保持契約にて実施(県外企業)

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術1



グリーン水素の製造，貯蔵と利用

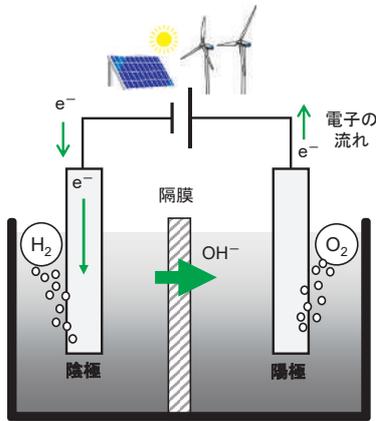
革新材料研究センター 福本倫久

将来、秋田県内産業への貢献できる可能性

高効率グリーン水素発生電極の創製【製造】

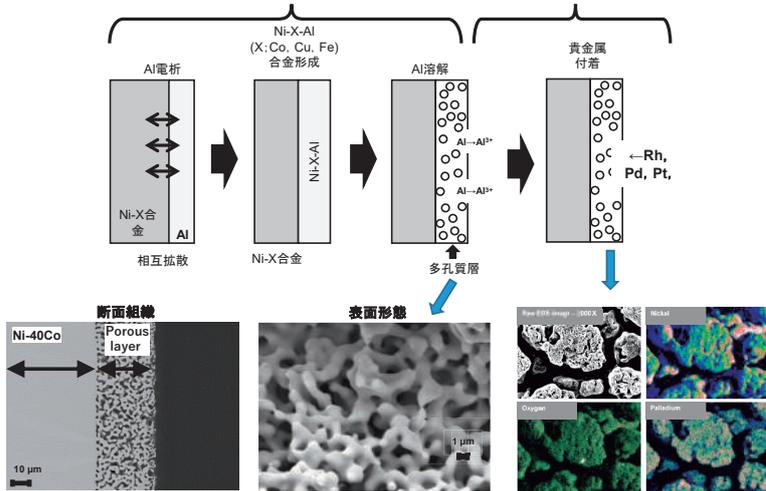
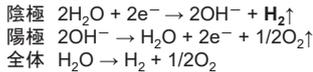
国際共同研究による電極開発法

秋田大学 AGH科学技術大学(ポーランド)



アルカリ水溶液

電極反応



No. 11

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術2



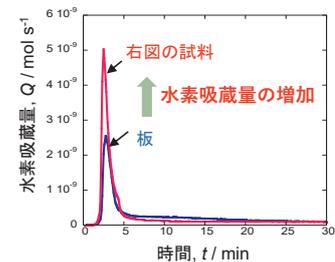
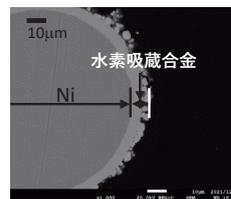
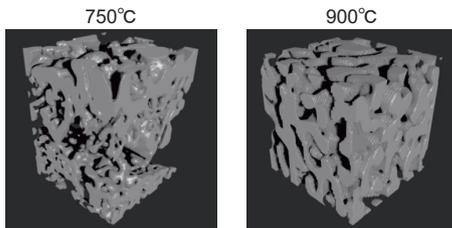
グリーン水素の製造，貯蔵と利用

革新材料研究センター 福本倫久

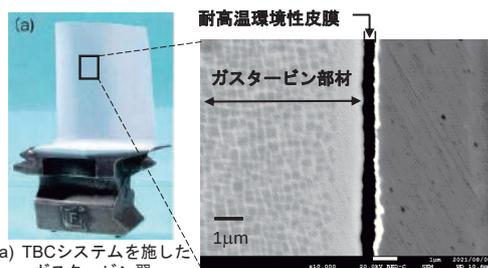
将来、秋田県内産業への貢献できる可能性

高効率水素発生電極の創製【製造】

新規水素吸蔵合金の開発【貯蔵】



水素燃料ガスタービン部材の開発【利用】



(a) TBCシステムを施したガスタービン翼

論文

D. Kutyla, K. Nakajima, M. Fukumoto, M. Wojnicki, K. Kolczyk-Siedlecka, Electrochemical performance of ethanol oxidation on Ni and Ni/Pd surface-decorated porous structures obtained by molten salts deposition/dissolution of Al-Ni alloys International Journal of Molecular Sciences (IF:6.208), 2023, Vol. 24, pp3836. DOI : 10.3390/ijms24043836.

外部資金

池谷科学技術振興研究助成
JFE21世紀財団

共同研究

国際共同研究 UST AGH University of Science (ポーランド)

No. 12

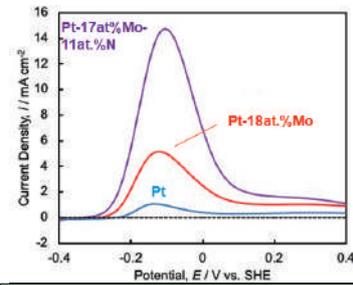
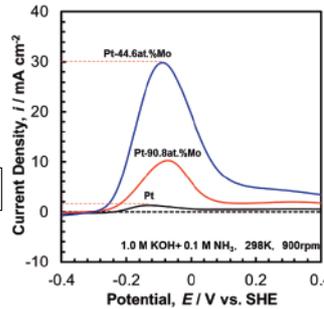
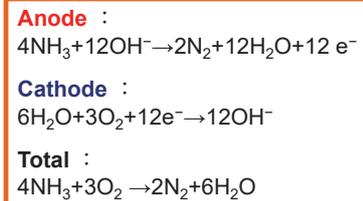
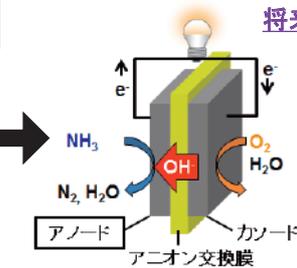
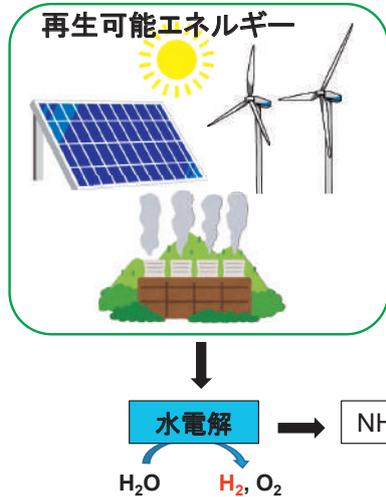
豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術3



アンモニアを用いる燃料電池の アノード触媒の開発

物質科学専攻 高橋弘樹

将来、秋田県内産業への貢献できる可能性



PtにMoならびにNを添加することでNH₃酸化活性が大幅に向上することを発見

論文

Effect of Mo on Ammonia Oxidation Activity of Pt Electrocatalyst, J. Japan Inst.Met.Mater..., 2023, Vol. 87, 176-181.

No. 13

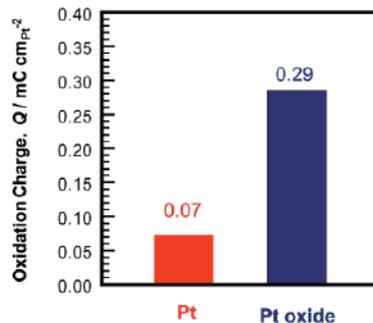
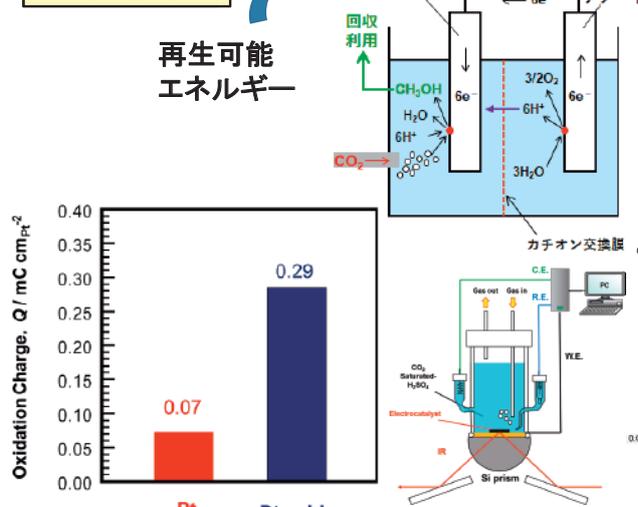
豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術4



CO₂電解還元 触媒の開発

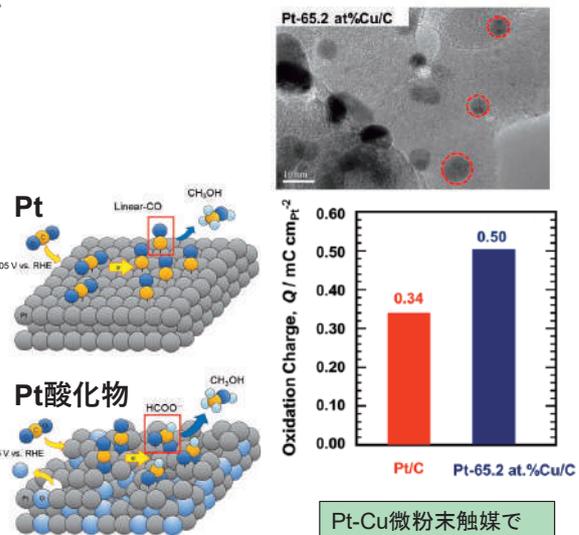
物質科学専攻 高橋弘樹

将来、秋田県内産業への貢献できる可能性



Pt酸化物が、Ptよりも優れたCO₂電解還元活性を発揮

その場赤外分光測定技術で、CO₂電解還元活性向上のメカニズムを解明



Pt-Cu微粉末触媒でCO₂電解還元活性の向上を達成

No. 14

令和4年度事業成果



研究成果発表

招待講演:4件, 国内会議発表:35件, 国際会議発表:なし, その他発表:2件, 新聞等報道:7件
査読付論文:15件, 特許出願:2件, 特許登録:1件, 受賞:なし

県内企業と連携

- 秋田中央海域洋上風力発電合同会社との「気象・運転データに基づく発電量および故障率の将来予測」に関する共同研究契約

啓発・教育活動

- 令和4年度 あきたサステナビリティスクール 講師 「大容量二次電池」(熊谷), 「バイオマス利用技術」(古林)
- 令和4年度 高大連携授業「再生可能エネルギー入門」(熊谷)
- 令和4年度 高大連携授業「化学の目で最新のニュース解説 第2講 リチウムイオン電池の仕組みと魅力を理解しよう」(大川)
- 秋田大学 環境と安全のための講演会 「もみ殻のリサイクル技術」(熊谷), 「秋田県のエネルギー需給構造と脱炭素化に向けた再エネの利活用」(古林)
- 秋田大学・秋田県立大学共同大学院 「環境・エネルギー工学」(熊谷)

No. 15

令和5年度事業計画



開発研究事業

秋田県内企業との連携を持ちながら、豊富な自然エネルギーを十分に有効活用できる社会システムの構築と地域における持続的な産業振興に寄与。

- (1) 秋田県沖風況データと沿岸部のエネルギーフロー解析, 地域経済解析
風況と発電量, 故障率など風力発電の実データの提供を受け, 風力発電のポテンシャル分析の精度を向上させる(古林)
- (2) 豊富な再生可能エネルギーを導入した電力系統の挙動解析
電気自動車の蓄電池を用いた災害停電時の家庭用電力バックアップシミュレーション(熊谷)
- (3) 再生可能エネルギー貯蔵用大容量蓄電デバイスの開発と運用技術開発
高電位を示すリチウムイオン電池用正極材料の放電容量の改善。バイオマス由来の導電材料の開発と, 電池特性の改善(大川)
県内企業とのリチウムイオン電池リサイクル正極材料, キャパシタ電極材, 電池特性のシミュレーションについての共同研究(熊谷)
- (4) 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術の開発
海外の大学との水素発生電極についての共同研究, 水素吸蔵合金の開発および水素吸蔵性能評価について革新的技術の開発(福本)
Mo酸化物添加Ptアノードのアンモニア酸化活性の調査。また, Ru窒化物の酸素発生特性に及ぼす窒素含有量の影響を調査(高橋)

啓発・教育活動

洋上風力発電を含む秋田県の自然エネルギーの現況およびそれを活用する技術に関する教育
あきたサステナビリティスクール
「大容量二次電池」(熊谷), 「バイオマス利用技術」(古林)
秋田大学・秋田県立大学共同大学院 「環境・エネルギー工学」(熊谷)

No. 16

(5) 医理工連携産業研究開発事業の報告（令和4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> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,440,000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>1,740,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,440,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,740,000円				
部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,440,000円												
年度計画推進経費	0円												
事業費	300,000円												
合 計	1,740,000円												
<p>協力教員氏名</p>	<table> <tr> <td>医学系研究科</td> <td>宮腰 尚久 教授</td> <td>粕川 雄司 准教授</td> </tr> <tr> <td>理工学研究科</td> <td>水戸部一孝 教授</td> <td>長縄 明大 教授</td> </tr> <tr> <td></td> <td>寺境 光俊 教授</td> <td>山本 良之 准教授</td> </tr> <tr> <td></td> <td>田中 元志 准教授</td> <td>関 健史 講師</td> </tr> </table>	医学系研究科	宮腰 尚久 教授	粕川 雄司 准教授	理工学研究科	水戸部一孝 教授	長縄 明大 教授		寺境 光俊 教授	山本 良之 准教授		田中 元志 准教授	関 健史 講師
医学系研究科	宮腰 尚久 教授	粕川 雄司 准教授											
理工学研究科	水戸部一孝 教授	長縄 明大 教授											
	寺境 光俊 教授	山本 良之 准教授											
	田中 元志 准教授	関 健史 講師											
<p>目 的</p>	<p>本事業では、高齢者の多い秋田県において、“フレイル予防”、“AI/IoTを用いた 予防医療”などをコンセプトに、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>「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」 本研究プロジェクトでは、高齢ドライバーの交通事故の誘発要因を明らかにし、免許返納時期をより正確に見極めることが可能な検査技術の構築を最終的な目的として、視線計測可能なVRドライビングシミュレータを開発した。これまでに、高齢ドライバーが苦手とする「歩行者が車道に突然飛び出すシナリオ」を実装すると共に、VR酔いを低減する視覚刺激を実装した。現在、若年者を対象に運転行動を計測・収集し、高齢ドライバーの評価基準の構築に必要なデータ解析を進めている。 担当 水戸部教授 予算 間接経費 480,000円 事業費 100,000円</p> <p>「高齢者のフレイル予防と再生医療を目的とした機器開発」 スズキ財団による研究補助事業により、脊髄損傷者を対象とした下肢および上肢リハビリテーション用の新しいロボット訓練機の開発を進めた。 秋田大学医理工連携ブランドロゴマークを取得した3点（リハビリマウス、Akita Trainer、座位バランス計測装置）について、特定臨床研究への申請を行ったうえで、順次患者を対象とした試験を進めるとともに、事業化へ向けた企業との連携を模索している。 高齢者に多い変形性膝関節症の早期診断については、IMUを用いた新しい解析方法を導入して、遠隔診断システムの開発へ向けた研究を進めた。また、ウェアラブルデバイスを用いた転倒予測（Loss of Balance Prediction:LOBs）の研究は、トレイク渦上の通所利用者を対象に、ウェアラブルデバイスで収集した1週間分の加速度データから特異スペクトル解析を用いてLOBsを抽出し、自己申告のLOBsとの一致性や従来の転倒尺度との関連性を調べている。 担当 巖見・宮腰教授 予算 間接経費 480,000円 事業費 100,000円</p> <p>瞬き・眼球運動機能を持たせたエピテーゼについては、3次元CADを用いた設計や瞬き検出回路の試作等を行い、健側と同調した眼球運動装置を開発した。また、多指多関節ハンド型器具は、脳外医師の評価結果を設計に反映させて試作を行い、リンパ浮腫を効果的に治療するための圧迫測定装置は、セラピストに指リングデバイスを装着し試験した結果の評価を行った。さらに、内視鏡画像から患部の大きさを求める方法について検討し論文投稿の準備を進めるとともに、消化器官の運動計測に関するデータ解析等を行い、本研究も論文投稿の準備を進めている。 担当 長縄教授・関准教授 予算 間接経費 480,000円 事業費 100,000円</p>												

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)

目的

本事業では、高齢者の多い秋田県において、"フレイル予防"、"AI/IoTを用いた予防医療"などをコンセプトに、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。

事業内容

- 実施項目1: フレイル予防を目的とした機器開発
- 実施項目2: 医療機器の開発
- 実施項目3: AI/IoTによる予防医療とVR/ARを用いた医療教育システムの開発

協力教員

- 医学部整形外科宮腰教授, リハビリテーション科粕川准教授
- 医学部保健学科看護学専攻 工藤教授,
- 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)	1,440千円
部門研究活動活性化経費(研究経費)	0円
年度計画推進経費	0円
事業費	300千円

合 計 1,740千円

「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」
 担当 水戸部教授 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円

「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

(1)眼窩を含む欠損部を補綴するエピテーゼ
 (2)脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発
 (3)口腔機能低下症等に関する咬合力の測定
 担当 長縄教授・関講師 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円

(1)座位バランス装置・AkitaTrainer・リハビリマウス
 (2)FESサイクルの開発
 (3) AI/IoTによる予防医療
 担当 巖見・宮腰教授 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円

「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」

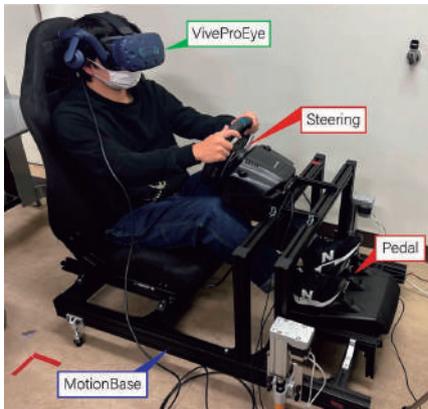
担当 水戸部教授 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円

- 本研究プロジェクトでは、高齢ドライバーの交通事故の誘発要因を明らかにし、免許返納時期をより正確に見極めることが可能な検査技術の構築を最終的な目的として、視線計測可能なVRドライビングシミュレータを開発した。これまでに、高齢ドライバーが苦手とする「歩行者が車道に突然飛び出すシナリオ」を実装すると共に、VR酔いを低減する視覚刺激を実装した。現在、若年者を対象に運転行動を計測・収集し、高齢ドライバーの評価基準の構築に必要なデータ解析を進めている。



視線計測可能なVR Driving Simulatorの開発

～左右からの歩行者飛出し条件～



計測可能項目

- ・時刻
- ・コントローラ入力量
(ステアリング, アクセル, ブレーキ)
- ・全走行車両の位置姿勢
- ・両眼の視線ベクトル
- ・眼球位置
- ・頭部の位置・姿勢
- ・瞳孔間距離
- ・瞬きの有無
- ・運転車両の位置
- ・飛び出す歩行者の位置
- ・接触事故の有無

70Hzで記録

シミュレータ酔いの軽減手法の考案

シミュレータ酔いが発生すると検査は中断。

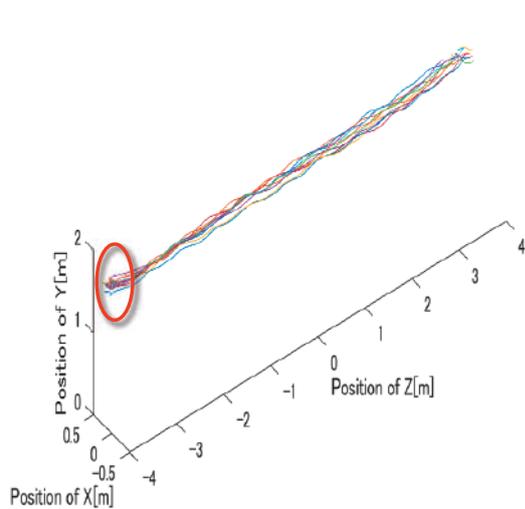
→酔いを誘発しやすい右左折を避けて直進条件のみで検査すると共に、急ブレーキ時にはオプティカルフローを低減する仕組を実装。



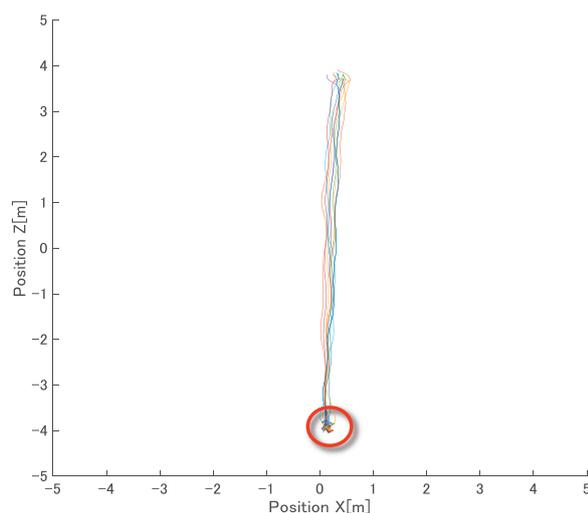
New歩行環境シミュレータ



車道横断時の頭部の軌跡



(a)鳥瞰図

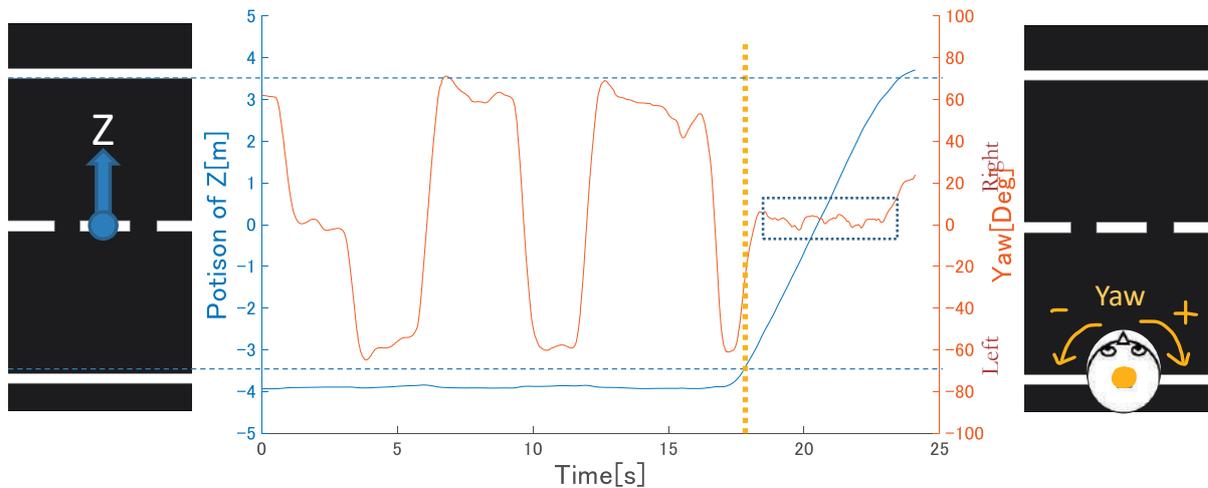


(b)平面図

検査参加者Aの横断検査時の頭部の軌跡(10試行分)

- 計測開始地点で左右の安全を確認後、直進して横断.
- 各試行で頭部の動きに大きな差は無い.

安全確認行動の一例



検査参加者頭部のyaw成分およびz成分の経時変化の一例

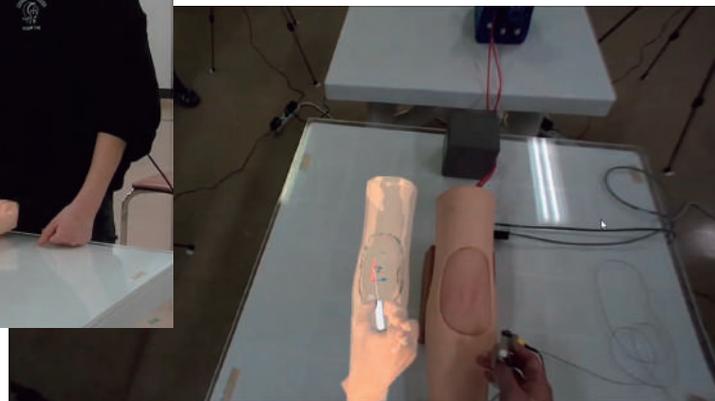
- 車道侵入前の約18秒間に**頭部を左右に約60度回転**させて左右の安全を確認.
- 横断中は**正面を向いた状態**で、一定速度で直進.

演習室用XR採血手技訓練システム

～立体映像を活かした技能の教育と訓練～



- 熟練者の手技のCGをHMDを介して立体的に観察できる.
- 任意の位置にCGを移動・設置できる.
- 訓練用腕モデルを併用することで触覚フィードバックが得られる.
- 映像がクリアで、視野角が約90degと広い.

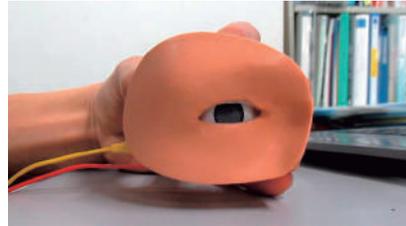


目標: 医療教育システムとして実用化

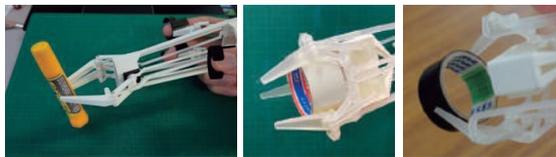
「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

- (1)眼窩を含む欠損部を補綴するエピテーゼ
- (2)脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発
- (3)口腔機能低下症等に関する咬合力の測定

担当 長縄教授・関講師 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円



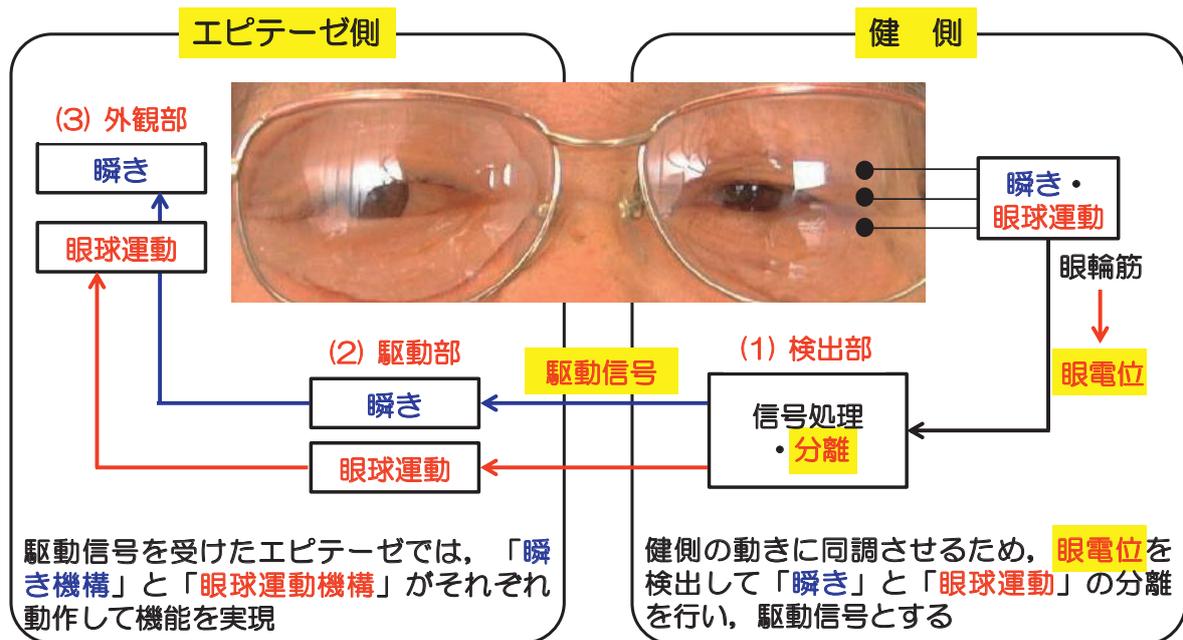
- (1)眼窩を含む欠損部を補綴するエピテーゼについて、健側の瞬きと同調してエピテーゼを瞬きさせる装置を試作.



- (2) 脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発について、ハンドの指先で物体を把持・回転させることができる機能を実現.

システム構成について

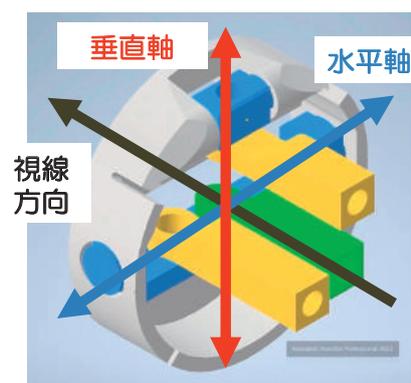
＜開発目標＞ 健側の目と同調した瞬きに加え、眼球運動を実現する。



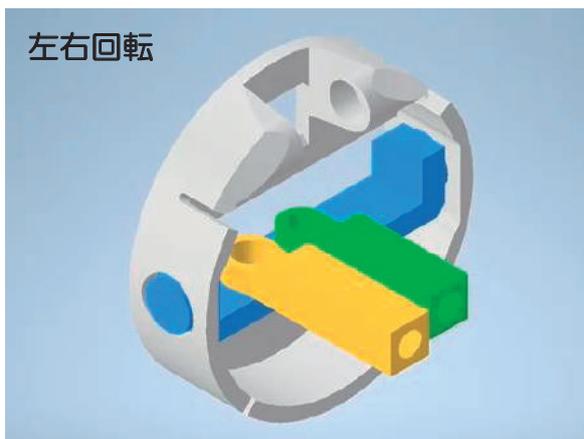
眼球運動の実現機構について

- アクチュエータに小型サーボモータSG90を2つ用いる。
- マイコンにArduinoを使用

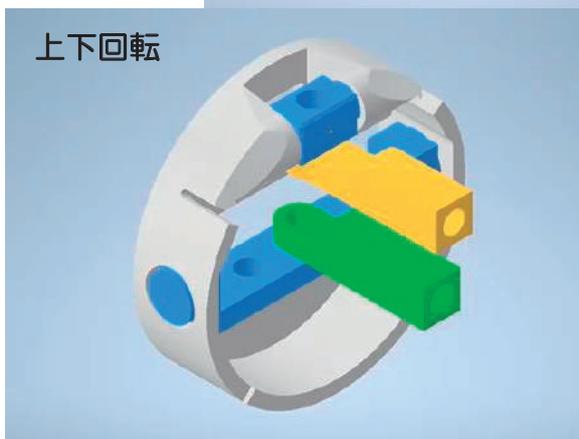
人間の目と同じ可動域と2自由度を持ち
左右回転と上下回転の機構が干渉しない機構。
黄色土台サイズ 直径21mm



左右回転



上下回転



健側と同調した眼球運動の様子



脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発

変位縮小機構

新たな動作機構

- IP関節の駆動リンクを2組の平行リンクに分割
- 2本のリンクで2関節の屈伸展および内外転動作の伝達が可能

駆動リンクと従動リンクの長さを変えることができる

他関節の屈曲の影響を受けず、変位縮小が可能

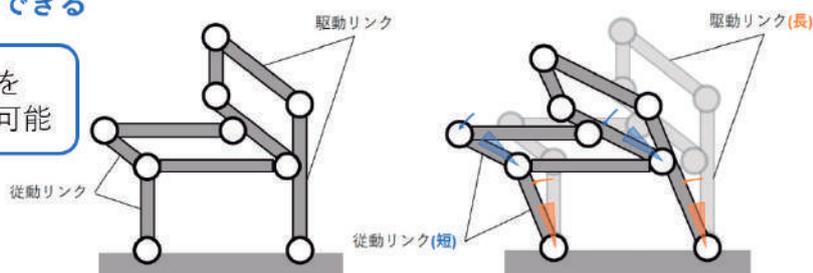
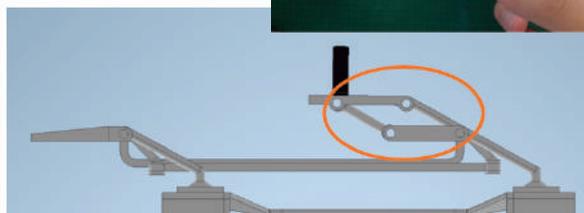


図26. 変位縮小機構概略



脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発

表1. 把持試験結果

	変位伝達	精密把持		力把持	
		平行把持	求心把持	平行把持	求心把持
試作器VII	等倍	○	△	×	×
試作器VIII-A	等倍	○	○	△	△
試作器VIII-B	縮小	○	○	△	△



図31. 把持の様子

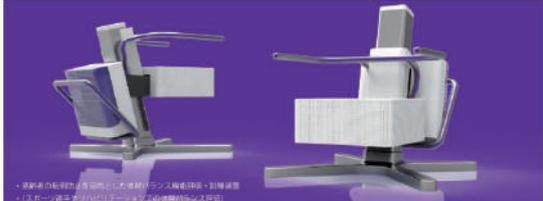
目標: 特許取得と製品化

「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

- (1) 座位バランス装置・Akita Trainer・リハビリマウス
- (2) FESサイクルの開発
- (3) AI/IoTによる予防医療

担当 巖見・宮腰教授 予算 間接経費 480千円 事業費 100千円

座位バランス計測装置



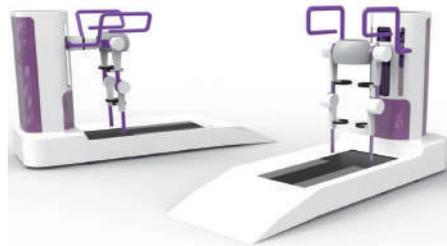
AMAG
Aging Motion Analysis Group

・高齢者の転倒予防を目的とした座位バランス機能評価・計測装置
・スマートフォン連携リハビリテーションでの姿勢バランス計測

Akita Trainer

AMAG
Aging Motion Analysis Group

下肢用ロボット支援リハビリテーション機器



リハビリマウス

AMAG
Aging Motion Analysis Group

下肢用ロボット支援リハビリテーション機器



テーブル上で使用できる。小指親指で持ち取り可能な、下肢用ロボット支援リハビリテーション機器



秋田大学医理工連携ブランドロゴマーク

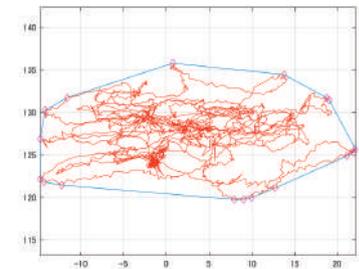
座位バランス計測装置



AMAG
Aging Motion Analysis Group

・高齢者の転倒予防を目的とした座位バランス機能評価・計測装置
・スマートフォン連携リハビリテーションでの姿勢バランス計測

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



重心点の軌跡



Coefficients Value

係数が年齢への寄与率

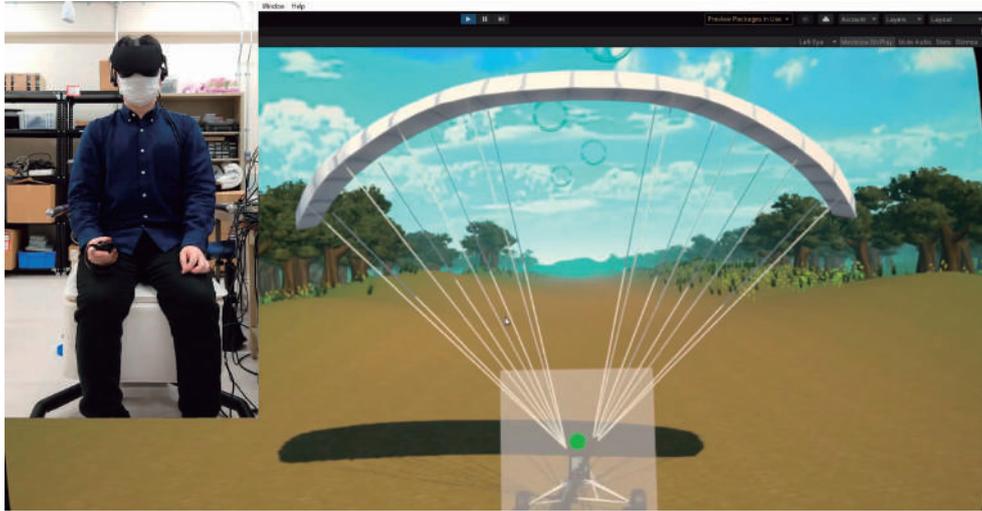
変数	係数
年齢	0.327097
性別	0.702110
BMI	0.547175
体重	0.01421
歩行速度	0.580095
歩行速度	0.347999
歩行速度	0.227754
歩行速度	0.174263

$$\hat{y} = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_n x_n$$

\hat{y} : 目的変数
 n : 特徴量の数
 x_i : i 番目の説明変数の値
 θ_j : j 番目のモデルパラメータ

機械学習によるバランス年齢の推定

VRバランス訓練ゲーム



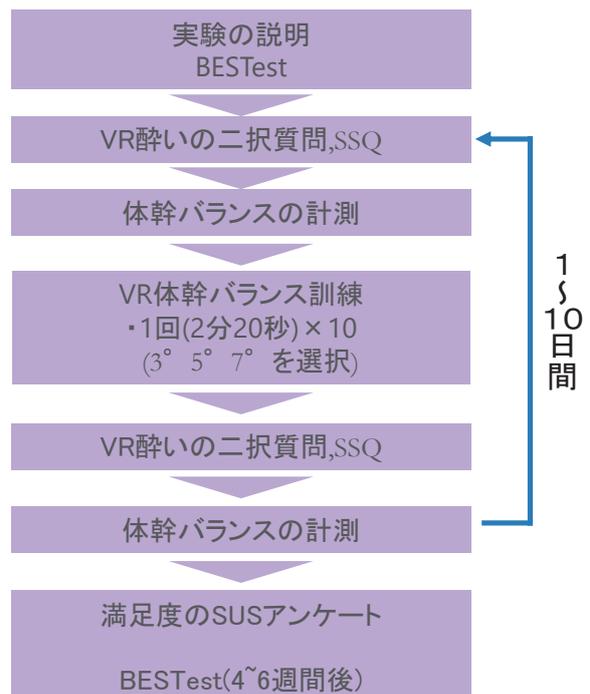
グライダー (座面) の傾きに対し姿勢を維持するゲーム

2.座面揺動を利用したVR体幹バランス訓練システムの評価

評価実験: 手法

実験手順

- ・BESTestによる身体能力の評価
: 初日 終わりの日
- ・体幹バランス能力の評価
: 訓練前
3回(共90秒) 揺動角度:3°
: 訓練後
3回(共90秒) 揺動角度:3°
- ・VR酔いの評価: 訓練前後
- ・満足度の評価: 訓練後

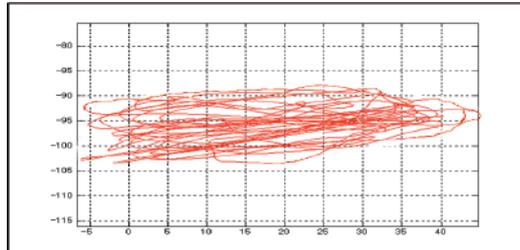


2.座面揺動を利用したVR体幹バランス訓練システムの評価

評価実験: 手法- COP軌跡

総軌跡長:

圧力中心点の総移動距離



COPの軌跡

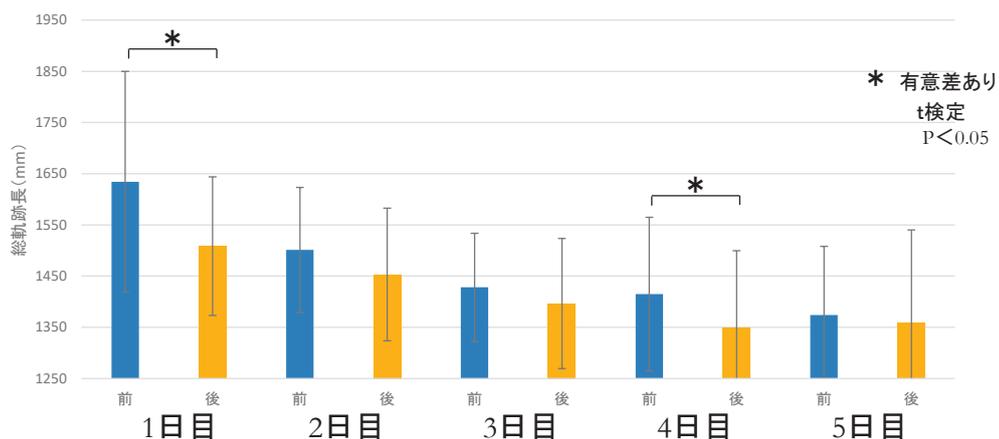
指標 ^①	説明 ^②	特徴 ^③
総軌跡長 ^④	圧力中心点の総移動距離 ^④	身体同様の安定性を示す代表的な値. 増加は安定性の低下を示す ^④
単位軌跡長 ^④	1秒間に移動した距離の平均値 ^④	動作速度の異常把握に有効 ^④
矩形面積 ^④	各軸の最大幅で囲まれる長方形の面積, 面積の大小は身体動揺範囲の大小を示す ^④	一過性動揺の影響が大きい ^④
外周面積 ^④	軌跡の外形面積 ^④	動揺の外周を囲む面積, 平衡障害の把握などに有効 ^④
実効値面積 ^④	実効値を半径とした円の面積 ^④	はずれ値を除外した面積 ^④

21

2.座面揺動を利用したVR体幹バランス訓練システムの評価

評価実験: 結果- COP軌跡

五日間連続の実験結果(14名)

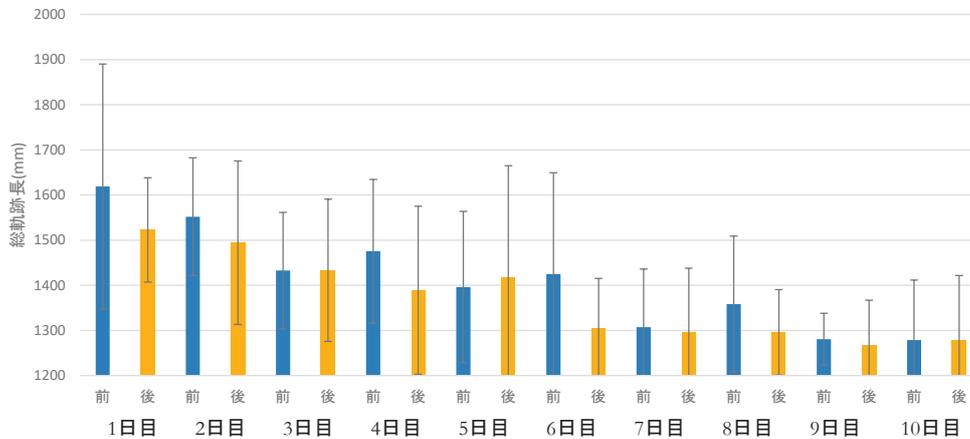


総軌跡長: COPの圧力中心点の総移動距離, 身体同様の安定性を示す代表的な値. 増加は安定性の低下を示す

22

2.座面揺動を利用したVR体幹バランス訓練システムの評価 評価実験: 結果- COP軌跡

十日間連続の実験結果(5名)



総軌跡長: COPの圧力中心点の総移動距離, 身体同様の安定性を示す代表的な値. 増加は安定性の低下を示す

目標: リハビリ機器としての製品化

23

対麻痺対応歩行訓練ロボット Akita Trainer

ロボットによる歩行リハビリテーション

- 正確な動作の歩行練習が可能
- 重度の下肢麻痺症例にも適応



Akita Trainerによる歩行リハビリテーション

- 歩行筋に対するFES刺激
- **機械学習による自動運動負荷調整**



R Kimura, et al, Prog. rehabil. med. 2018:3
齊藤ら, MB Med Reha. 2020: 256; 47-52

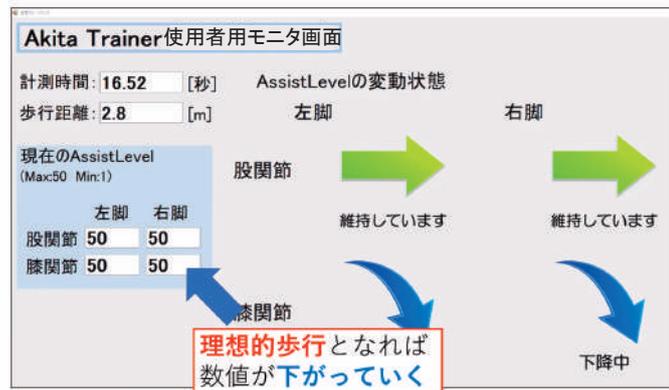
対麻痺対応歩行訓練ロボット



訓練対象者

症例	原因	AIS
男性	頸髄損傷	B
男性	胸髄損傷	C
男性	胸髄損傷	C→D
男性	胸髄損傷（慢性期）	C

訓練状態の視覚フィードバック



対麻痺対応歩行訓練ロボット



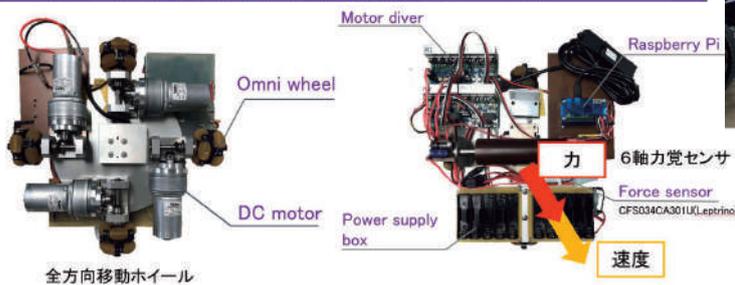
工学側の課題

- ・ロボット制御パラメータの変化から訓練効果进行评估
 - アシストレベル → 回復度
 - 関節角度データ → 全関節トルク
 - 制御電流 → モータートルク
 - 全関節トルク - モータートルク = 筋力
- ・メディカルでも操作しやすいGUI
- ・楽しめる訓練プログラム
 - VRや大型モニタの設置
 - 患者への視覚フィードバック
- ・ロボット機構の改良
- ・電装系の整理

目標: 医療機器としての製品化

上肢訓練ロボット

脳卒中片麻痺患者を対象とした上肢訓練を行うリハビリロボットの開発



テーブル上で使用できる、小型軽量で持ち運び可能な上肢用ロボット支援リハビリテーション機器

上肢訓練ロボット

製品化へ向けた 最終試作と評価へ

PCを使わず、本体のみで運用
部品点数を減らしてコストダウン

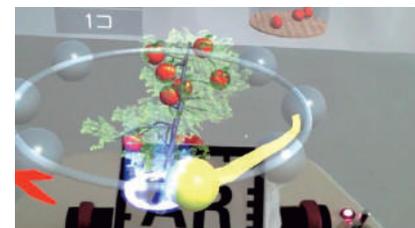
秋田大学大学院理工学研究科 巖見研究室
秋田工業高等専門学校 機械系 智能機械コース

GUIと訓練メニューの改良

秋田県立大学 システム科学技術学部 情報工学科

最終試作機を使ったリハビリ効果の評価

秋田大学医学部 整形外科学講座
秋田大学医学部附属病院 リハビリテーション科



目標:リハビリ機器としての製品化

FESサイクル 開発の目標

どこでどの様に使うか？

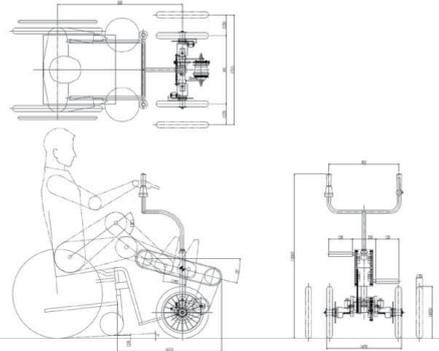
	脊髄損傷	筋力低下患者
対象者	C5以下の対象患者で、介助者が居る前提	1 筋力低下で歩行が危険な高齢者 2 社会復帰を目指す患者のリハビリ
FES効果	B 1次目的=全身の筋力維持・増強 2次目的=全身の血流促進	A 目的=脚部の筋力維持・増強・血流促進 B 目的=生きるモチベーションの提供 C 目的=機能回復リハビリ
どの様に使うか？ 利点と問題点	<p>A 完全に安定していて平坦の完全隔離された環境（屋内・屋外）</p> <ul style="list-style-type: none"> ■屋内外の運動施設。 ■安全性が担保された環境なので、ある程度のスピードと十分な運動時間確保。（どのくらいの運動強度・頻度が必要なのか？=週1まとめ運動） ■広いスペースが取れ、着脱の難易度が下がる。 ■主に「運動」を目的とした活用。 ▲短時間・定期運動習慣になり難い <p>B 比較的安定していて平坦な比較的隔離された環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ■近隣の公園や、運動目的で整備された公園（例：防災含め多目的活用前提とした地域公園や、運動特化型の駒沢公園など）。 ■広いスペースが取れ、着脱の難易度が下がる。 ■経運動と気分転換（外気に触れる・草花木を眺める・人に合う）の両立。 ▲公園までの移動問題（車で運ぶ・自力で移動する）=道路での操縦性&走行性・車や自転車歩行者等との共生性・起伏地形での走破性など <p>C 生活圏（施設や自宅）近隣の、狭くある程度の起伏のある環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ■生活圏での走行。 ■なじみの環境での行動維持=精神的安定・出かけるモチベーション想起。 ■短定期的運動習慣付け ▲街区構成要素（車道・歩道・段差・路上設置物・危険回避）を考慮した機能性能が必要。 ▲広いスペースが取り難い（環境の多様性）ので、着脱の難易度が上がる。 	

FESサイクル 製品の構造

1：2輪構造の踏み込み式模型製作

（製作：美大 山路・山本）

- 寸法 = 秋田未来「001」図面より
- 重量 = 約10kg （現状概算18kg）
- 重心 = 「上部」踏み込み構造体内部に10kg。
実際は変速ギアやタイヤ軸周辺に集中するので重心は「下部」
- ▲ その他相違点 : タイヤ径 (330mm)
: 踏み込み構造の地上高さ (実際よりも高)
: 踏み込み構造の角度 (実際よりも水平に近い)



2：脊損患者自身の積み下ろし検証



▲持ち難い▲仕舞い難い出し難い（方向）
: 各所にグリップ：ハンドル折り畳み



▲持ち難い ▲まっすぐ引き抜けない ●2輪安定性
: 各所にグリップ：前輪ロック



▲重い ▲身体に落ちる危険性
: 各所にグリップ：軽量化：膝上に位置させ板状物必要



▲持ち難い▲重い▲腰筋や身体各所への負荷増
: 各所にグリップ：軽量化



●2輪の安定性 ▲まっすぐ引けない
: 各所にグリップ：前輪ロック



●2輪の安定性 ▲着脱可能距離までの手順不明確
: 各所にグリップ：前輪ロック

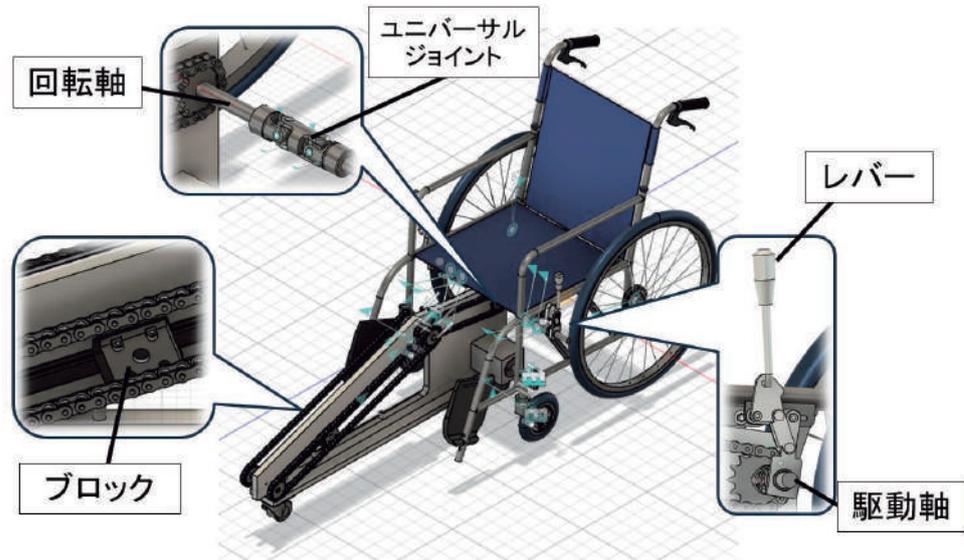
FESサイクル

高齢者・障がい者を対象とした踏込み式
車いす取付け型自転車の開発研究

試作費用5,000千円

CYCLE JKA Social Action
競輪とオートレースの補助事業

設計の一例

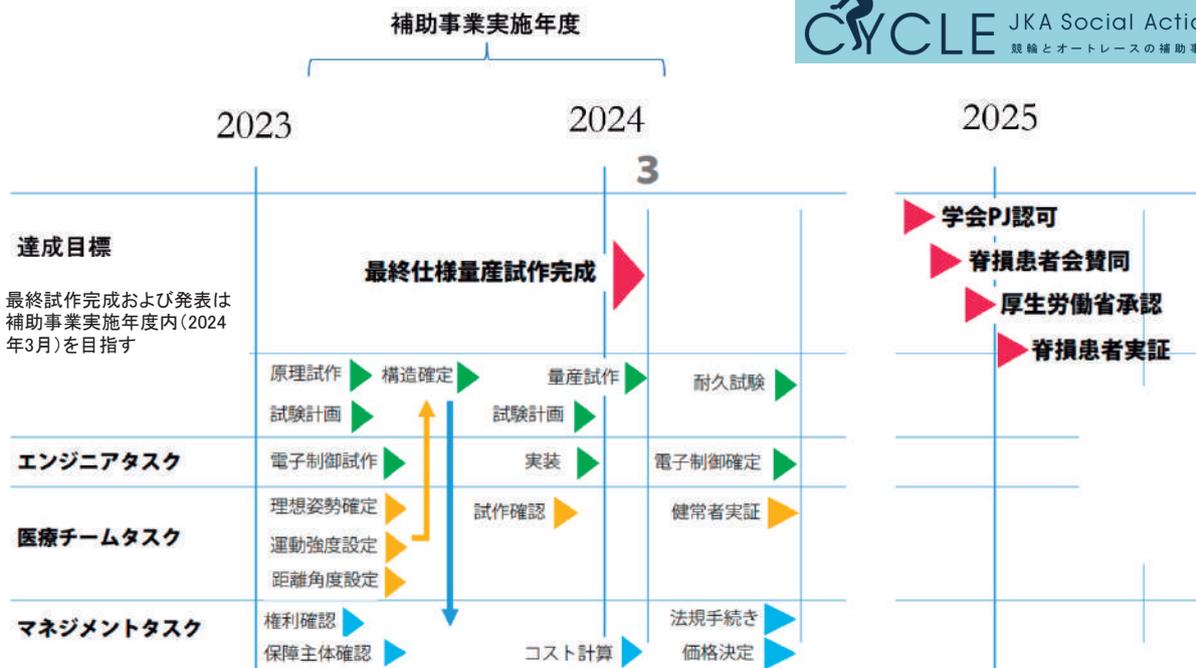


FESサイクル

高齢者・障がい者を対象とした踏込み式
車いす取付け型自転車の開発研究

試作費用5,000千円

CYCLE JKA Social Action
競輪とオートレースの補助事業



目標:リハビリ機器としての製品化

AI/IoTによる予防医療

ウェアラブル端末による躓きの検出と転倒予測



カメラを設置しなくてはならない
ウェアラブルだけで解決したい

□現状のデータの解析の方向性



- ①LOBs検出としての妥当性：自己申告との一致性×
- ②転倒との関連：従来の尺度との関連性
- ③ロバスト歩行とフレイル歩行の分析

AI/IoTによる予防医療

ウェアラブル端末による躓きの検出と転倒予測

明らかになった検討課題

対象

- 装着し忘れ、不注意による故障
- 地域在住者：比較的ロバスト

デバイス

- 加速度の情報量を処理しきれない
- 個人が研究目的に扱えるものが少ない

測定法

- 短期間でLOBsを捉えきれない
- 基準データ作成の手続き(2分間歩行)

アウトカム

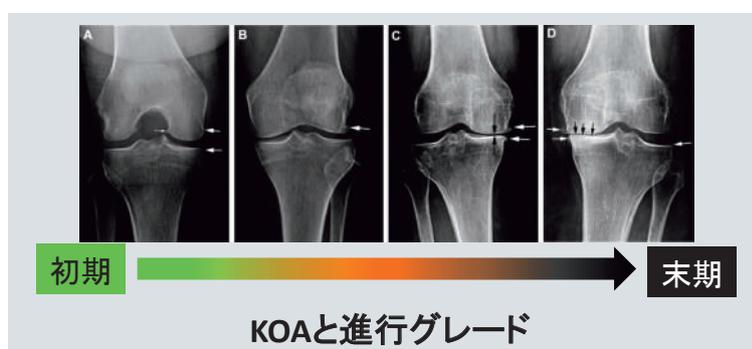
- LOBs：自己申告漏れの可能性
- 加速度：長期の蓄積に向かない

AI/IoTによる予防医療

IMUによる変形性膝関節症の早期診断

変形性膝関節症(Knee Osteoarthritis; KOA)

- 膝関節が変形・変性し、疼痛や膝の不安定性を引き起こす疾患
- KOA患者は世界で2億6000万人以上
- KOAの進行により患者の生活の質が低下
- 早期発見・治療が重要である



AI/IoTによる予防医療

IMUによる変形性膝関節症の早期診断

KOAの進行により引き起こされる歩容特徴

- ① 関節可動域の減少
- ② Varus Thrustと呼ばれる立脚期における膝関節の急激な側方への揺動
- ③ 重心移動の変化
- ④ 歩行速度・歩幅の減少



研究目的

臨床応用に適したIMUを用いた歩行解析により複数の歩容特徴を検出し、KOAの進行度を判別する

AI/IoTによる予防医療

IMUによる変形性膝関節症の早期診断



- 健常者30名, KOA患者70名, 計100名を計測
- 杖・歩行器を使用した際, 計測に問題が生じた際のKOA患者6名のデータを除外した
- KOA患者のうち, KL2が33名, KL4が31名

	健常群 (n=30)	KL 2 (n=33)	KL 4 (n=31)
	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)	平均 (標準偏差)
年齢 [yr]	38.5 (14.8)	59.1 (16.7)	69.2 (8.05)
身長 [cm]	170 (6.22)	162 (9.52)	156 (8.07)
体重 [kg]	66.0 (10.8)	66.1 (11.4)	66.9 (12.6)
BMI [kg/m ²]	22.9 (3.16)	25.3 (3.81)	27.5 (4.81)

37

AI/IoTによる予防医療

IMUによる変形性膝関節症の早期診断

ロジスティック回帰分析による進行度の判別

ロジスティック回帰分析とは

複数の要因から2値の結果が起こる

確率を説明・予測することができる手法

説明変数

①～④までの歩容特徴に関する特徴量

目的変数

- I. 健常群 / KL4群
- II. 健常群 / KL2群
- III. KL2群 / KL4群

AI/IoTによる予防医療

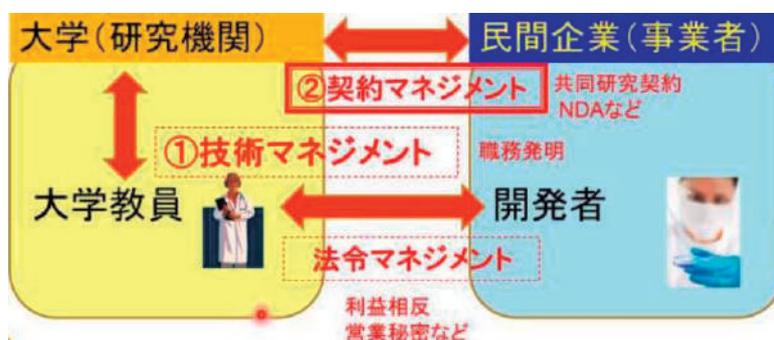
IMUによる変形性膝関節症の早期診断

ロジスティック回帰分析による進行度の判別

- I. 健常群 / KL4群 ⇒ 妥当性の確認
正解率 96.7%
- II. 健常群 / KL2群 ⇒ 早期発見
正解率 87.3%
- III. KL2群 / KL4群 ⇒ 経過観察
正解率 81.3%

目標: 診断機器としての製品化

研究シーズを製品として世に出すため、
地元企業との連携を求めています



検討して頂ける企業がありましたら、産学連携推進機構までご連絡下さい

(6) 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
1	8月1日	The 15th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO Pacific Rim, CLEO-PR 2022) 『Design, Fabrication, and Properties of a Terahertz Linear Polarizer made of an Organic Single Crystal』 (丹野ほか)
2	11月5日	第30回有機結晶シンポジウム 『テラヘルツ分光を用いたカンファー結晶のダイナミクスの研究』 (丹野ほか)

◇実施事業

	日 付	タ イ ト ル
1	11月12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」

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 No.	氏名	所属名	職名	研究開発プロジェクト名	プロジェクト課題番号
1	柴山 敦	国際資源学研究科	教授	資源の有効利用を目的とした鉱物処理・製錬・リサイクル技術の開発	①
	川村 茂	国際資源学研究科	客員教授		
	高崎 康志	国際資源学研究科	准教授		
	芳賀 一寿	国際資源学研究科	准教授		
	山田 学	理工学研究科	准教授		
2	林 滋生	理工学研究科	教授	天然ゼオライトを用いた高効率吸着材の作製に及ぼす粘土鉱物添加の影響	②
	加賀谷 史	理工学研究科	技術職員		
3	寺境 光俊	理工学研究科	教授	脂肪族第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金族金属の選択回収	①
	松本 和也	理工学研究科	准教授		
4	長谷川 崇	理工学研究科	准教授	FeCo基合金薄膜への格子歪みの導入による超高性能磁石材料の開発	②
5	福本 倫久	理工学研究科	准教授	溶融塩を媒体にした表面処理法による水素発生電極の創製	④
6	齋藤 嘉一	理工学研究科	教授	希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御	②
7	齊藤 準	理工学研究科	教授	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
8	吉村 哲	理工学研究科	教授	高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索作製とその高機能磁気素子およびデバイスへの応用	②
9	進藤 隆世志	理工学研究科	教授	新規ハイドロキシアパタイト系触媒材料の創製	②
	加藤 純雄	理工学研究科	教授		
	小笠原 正剛	理工学研究科	准教授		
	齊藤 寛治	理工学研究科	助教		
10	高橋 護	理工学研究科	准教授	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
11	大川 浩一	理工学研究科	准教授	リチウムイオン電池用正極活物質と導電性カーボンの複合化	②
	加藤 貴宏	理工学研究科	講師		
12	藤原 憲秀	理工学研究科	教授	生物活性機序解明を目指した特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成研究	⑤
13	横田 早希	理工学研究科	助教	天然ゴム合成遺伝子導入酵母の作製	①
14	尾高 雅文	理工学研究科	教授	抗体医薬のドラッグデリバリーシステムの開発を目指したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化	②
	松村 洋寿	理工学研究科	准教授		
15	カビールムハムドゥル	理工学研究科	准教授	アオコを用いた微生物燃料電池（MFC）の開発に関する研究	①
16	石山 大三	国際資源学研究科	特任教授	金属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
17	肖 英紀	理工学研究科	准教授	超省エネ・高密度磁気メモリ開発に向けたスキルミオン物質の設計と評価	②
18	安達 毅	国際資源学研究科	教授	リアルオプション分析による深海底鉱物資源開発の経済性評価	①

グループ No.	氏名	所属名	職名	研究開発プロジェクト名	プロジェクト課題番号
19	藤井 光	国際資源学研究科	教授	地中熱利用システムにおける地中熱交換器の性能改善に関する研究	①
	津谷 駿介	地方創生センター	博士研究員		
20	佐藤 祐一	理工学研究科	准教授	多結晶基板を用いた無機半導体結晶の成長と光電変換デバイスへの応用	②
21	宮野 泰征	理工学研究科	准教授	摩擦攪拌接合を利用した高張力鋼の接合プロセス開発, およびレーザークラッドプロセスによる材料表面の高機能化に関する研究	①②③
22	辻内 裕	理工学研究科	講師	分子エレクトロニクス機能発現の物質構造と機能の相関	②

プロジェクト課題番号 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 小型軽量電動化システム研究開発事業
 ④ 新エネルギー開発研究事業
 ⑤ 医理工連携産業研究開発事業

(2) 大学院学生研究員

氏名	所属名	研究指導教員名	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題番号
伊藤 隼一郎	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	リサイクル製錬における硫酸浸出残渣中 SnO ₂ の還元	①
上田 早紀	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃電子基板からのスズ回収方法の検討	①
小野寺 和輝	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	貴金属の効率的な回収を目指した新規抽出剤の開発	①
亀山 広美	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃棄物溶融スラグ中の有用金属回収研究	①
北岡 駿一	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃プラスチック処理に関する研究	①
久保 雛乃	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	銅電解製錬に関する研究	①
茅根 瑛人	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	浮選用新規捕収剤の開発に関する研究	①
出崎 陸	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	不純物含有鉍石の選鉍法に関する研究	①
樋江井 純平	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	鉄鉍石からの脱リン技術に関する研究	①
樋口 佳冴	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃棄物溶融スラグ中の有用金属回収研究	①
松葉 由莉	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	貴金属の効率的な回収を目指した新規抽出剤の開発	①
木村 匠	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	亜鉛原料からのシリカ分離プロセスの開発	①
滝田 怜奈	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	浮遊選鉍剤の開発	①

氏名	所属名	研究指導 教員名	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト 課題番号
長谷川 慈生	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	レアメタル含有鉱石処理プロセスの開発	①
竹内 皓哉	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	鉄鉱石からの脱リン技術の開発	①
フデルジャブフラン バザルサド	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	レアメタル含有鉱石処理プロセスの開発	①
ヤヤブ ブラッキー	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	金鉱石の選鉱プロセス開発	①
趙 佳	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃棄物熔融スラグ中の有用金属回収研究	①
ラボーネ ゴディリルウェ	国際資源学研究科 資源学専攻	柴山 敦	製錬スラグからの有価金属の回収および銅電解プロセスの高度化に関する研究	①
五十嵐 優樹	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法による高効率吸着材の作製に及ぼす粘土鉱物添加の影響	②
尾関 航弥	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電気泳動堆積法による高効率吸着材の作製に及ぼす粘土鉱物添加の影響	②
榎本 健太	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜の微細加工による高保磁力化	②
榎田 健人	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜の急速加熱処理によるグラニューラー化	②
西川 大登	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのVN,VC添加による格子歪の導入と規則化	②
高橋 颯太	理工学研究科 物質科学専攻	福本 倫久	熔融塩を媒体にした表面処理法による水素発生電極の創製	④
八木澤 啓介	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御	②
小原 兆喜	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御	②
梅田 尚優希	理工学研究科 数理・電気電子情報 学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いた強磁性共鳴イメージング	②
江原 廉	理工学研究科 数理・電気電子情報 学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の直流磁場のイメージング	②
鈴木 魁智	理工学研究科 数理・電気電子情報 学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の高周波磁気イメージング	②
村上 幸汰	理工学研究科 数理・電気電子情報 学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いた磁石微粒子の磁化方向の推定	②
三浦 健太	理工学研究科 数理・電気電子情報 学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の直流磁場のイメージング	②
鈴木 悠太	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	強磁性・強誘電(Bi,La)(Fe _{1-y} My)O ₃ (M=Ni,Co)薄膜における磁気特性に及ぼす元素置換効果	②

氏名	所属名	研究指導 教員名	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト 課題番号
鈴木 陸	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	(Bi,A) FeO ₃ 薄膜 (A = Ca,Sr,Ba (アルカリ土類金属)) の結晶構造と磁気特性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果	②
村松 亮弥	理工学研究科 生命科学専攻	尾高 雅文	抗体医薬のドラッグデリバリーシステムの開発を目指したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化	②
山城屋 陽大	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	アオコおよび活性汚泥を用いた微生物燃料電池 (MFC) の開発	①
秋山 洸佑	理工学研究科 物質科学専攻	辻内 裕	プロジェクト「分子エレクトロニクス機能発現の物質構造と機能の相関」に関する課題「有機半導体型光電変換物質の探索」	②
高田 一範	理工学研究科 物質科学専攻	辻内 裕	プロジェクト「分子エレクトロニクス機能発現の物質構造と機能の相関」に関する課題「有機半導体型光電変換物質の機能評価」	②

- プロジェクト課題番号
- 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 小型軽量電動化システム研究開発事業
 - ④ 新エネルギー開発研究事業
 - ⑤ 医理工連携産業研究開発事業

(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 課題番号
Dorjsuren Yandagsuren	AIによるエクスカベーターモータ部の早期異常診断システムの開発	①
Paolo Martizzi	秋田県の炭化水素資源と二酸化炭素地中貯留に関する調査・研究事業	①
津谷 駿介	地中熱利用ヒートポンプシステムにおける非開削工法の導入促進と新方式水平型地中熱交換器の開発	①
Apivot Veeravintanakul	熱水鉱床の資源ポテンシャルと地質セッティングの解明	①
SINAICE Brian Bino	AIを用いた岩石や鉱物の種類・構造・含有率の判別のためのイメージングプロセッシングシステムの開発	①
NOPEIA Manuel Augusto Manuel	熱水鉱床の資源ポテンシャルと地質セッティングの解明	①

- プロジェクト課題番号
- 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 小型軽量電動化システム研究開発事業
 - ④ 新エネルギー開発研究事業
 - ⑤ 医理工連携産業研究開発事業

6. 地方創生センター研究員等の研究成果および活動実績

(1) 研究成果集（専任教員及び研究員）

1. 柔粘性結晶の熱物性とテラヘルツ帯振動
丹野 剛紀（地方創生センター）
淀川 信一（大学院理工学研究科） 87
2. 資源の有効利用を目的とした鉱物処理・製錬・リサイクル技術の開発
柴山 敦・高崎 康志・川村 茂・芳賀 一寿（大学院国際資源学研究科）
山田 学（大学院理工学研究科） 91
3. 天然ゼオライト堆積・固定化膜の耐剥離性に及ぼす粘土鉱物添加の影響
林 滋生・加賀谷 史（大学院理工学研究科） 95
4. 脂肪族第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金族金属の選択回収
寺境 光俊・松本 和也（大学院理工学研究科） 98
5. FeCo 基合金への格子歪の導入による超高性能磁石材料の開発
長谷川 崇（大学院理工学研究科） 101
6. 熔融塩を媒体にした表面処理法による水素発生電極の創製
福本 倫久（大学院理工学研究科） 105
7. 希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御
齋藤 嘉一（大学院理工学研究科） 109
8. 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） 113
9. 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） 115
10. 新規ハイドロキシアパタイト系触媒材料の創製
進藤 隆世志・加藤 純雄・小笠原 正剛
齊藤 寛治（大学院理工学研究科） 121
11. 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） 124
12. リチウムイオン電池用正極活物質と導電性カーボンの複合化
大川 浩一・加藤 貴宏（大学院理工学研究科） 129

13. **生物活性機序解明を目指した特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成研究**
藤原 憲秀（大学院理工学研究科） …………… 131
14. **抗体医薬のドラッグデリバリーシステムの開発を目指したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化**
尾高 雅文・松村 洋寿（大学院理工学研究科） …………… 134
15. **アオコを用いた微生物燃料電池（MFC）の開発**
カビール ムハムドゥル（大学院理工学研究科） …………… 140
16. **玉川大噴泉の酸性温泉水中の元素の特徴**
石山 大三（大学院国際資源学研究科） …………… 146
17. **磁気スキルミオン発現合金の開発**
肖 英紀（大学院理工学研究科） …………… 150
18. **Research on vibration-based early diagnostic system for excavator motor bearing using 1-D CNN**
安達 毅（大学院国際資源学研究科）
Dorjsuren Yandagsuren（地方創生センター） …………… 153
19. **Identification of Placer Deposit Magnetite Using Multispectral Camera Mounted on UAV and Spectral Reflectance Indexing**
安達 毅（大学院国際資源学研究科）
SINAICE Brian Bino（地方創生センター） …………… 160
20. **簡易型熱応答試験装置の開発**
藤井 光（大学院国際資源学研究科） …………… 167
21. **銅-鋼複合オーバーパック製造にむけた摩擦攪拌接合技術の開発**
宮野 泰征（大学院理工学研究科） …………… 171
22. **分子エレクトロニクス機能発現の物質構造と機能の相関**
辻内 裕（大学院理工学研究科） …………… 174
23. **Fluid-inclusion microthermometry of barite in the black and yellow ores at the Ezuri deposit, Akita, Japan**
高橋 亮平（大学院国際資源学研究科）
Apivut Veeravintanakul（地方創生センター） …………… 176
24. **Mineralogical and geochemical characteristics of ores of the Furutobe deposit, Akita, Japan**
高橋 亮平（大学院国際資源学研究科）
NOPEIA Manuel Augusto Manuel（地方創生センター） …………… 182

柔粘性結晶の熱物性とテラヘルツ帯振動

丹野 剛 紀 ・ 淀川 信 一

(地方創生センター・理工学研究科)

tanno@gipc.akita-u.ac.jp

概要：柔粘性結晶は、融点直下で配向性無秩序相を呈し、さらに低い温度では通常の結晶状態をとる。配向性無秩序相では、分子は格子点にとどまりながらその配向はランダムになっている。近年、柔粘性結晶の熱力学的特徴を活かし、わずかな応力の印加・除去で冷却ができる装置への応用が提案されている。本研究では柔粘性結晶であるカンファーとカンファーキノンの混晶のテラヘルツ吸収スペクトルを計測し、相転移との相関を調べ、結晶内の分子のダイナミクスの詳細を明らかにするとともに、熱学的物性の評価を行った。

キーワード：テラヘルツ分光，柔粘性結晶，相転移

独自性・実用性：

高性能のテラヘルツ分光装置を用いて、有機結晶をはじめとする多様な材料の評価を行っている。また、固体表面の分析やあらたなセンサーの開発にも取り組んでいる。

【背景】柔粘性結晶中の分子はふつうの結晶と同様に3次的に規則的に格子点に位置しているが、その配向は融点直下の高温において無秩序となっている。これを配向性無秩序相という。低温の配向性秩序相では、分子配向は規則性を示し、ふつうの結晶と変わらない。両相の境となる温度が相転移温度である。

近年、柔粘性結晶の圧力熱量効果 (barocaloric effect) を活かし、わずかな応力の印加・除去で冷却を行う装置が提案されている (B. Li, et al., Nature 567, 2019, 506)。冷却 (空調や食品貯蔵) のために消費される電力は、世界の電力消費の25から30%を占める。普及しているガス圧縮機を使ったタイプの冷却装置は環境負荷が大きく、これに代わるシステムの開発が求められている。柔粘性結晶はその候補として急速に関心が高まっている。

本研究では柔粘性結晶の一種であるカンファーとカンファーキノンの混晶を調製し、そのテラヘルツ吸収スペクトルと相転移との相関を調べ、結晶内の分子のダイナミクスの詳細を明らかにするとともに、熱学的測定による物性評価を行った。

【実験と結果】立体構造の類似性から(-)-カンファーと(+)-カンファーキノンの混晶の調製を試みたところ、エタノールからの蒸発法によって黄色の結晶性固体が得られた (全率固溶)。295 Kと158 Kにおけるテラヘルツ吸収スペクトルをテラヘルツ分光装置 (TSS-I, テラヘルツ研究所) により測定し、カンファー分率の高いサンプルにおいて相転移に伴うスペクトル変化を2 THzに認めた。このことから、カンファー分子を束縛し配向の規則化にかかわる分子間相互作用の振動数が2 THzであると考えられる。次に、混晶の組成を10 : 0から0 : 10まで

10%刻みで変えて試料を調製し、2 THzのテラヘルツ波の透過を昇温しながら計測した結果、カンファーキノン分率が30%以下の範囲で相転移による透過光強度の変化が見られ、相転移温度を分光的に求めることができた。各組成（カンファー：カンファーキノン）での相転移温度は241 K（10：0）、200 K（9：1）、177 K（8：2）であった。

さらに示差走査熱量測定（DSC）（DSC7000X, 日立ハイテック）を行い、得られた相転移に伴うエンタルピー変化とエントロピー変化を求めた。カンファーキノン分率が30%以下の4つの試料について、DSC測定の結果を**Table 1**にまとめて示した。カンファーおよび混晶の相転移温度は、テラヘルツ分光測定によって得られた結果とほぼ一致している。

【考察と結論】カンファーの配向性秩序-無秩序相転移に伴うエントロピー変化は非常に大きい。これは分子配向の自由度の増大だけでは説明できず、無秩序相への転移に伴う高濃度の空格子点の導入が示唆される。また、混晶において相転移に伴うエントロピー変化が著しく小さくなるのは、分子の配向が、その分子に隣接する分子の種（カンファーかカンファーキノンか）によって一定の規制を受け、実質的に分子配向の自由度が低下しているためであると考えられる。

カンファーにカンファーキノンという不純物を添加したことにより相転移温度が約80 Kも低下した。圧力熱量効果を利用した冷却システムは、原理上、相転移温度以下に冷却することはできないので、相転移温度の大幅な低下の意義は大きい。一方でシステムの効率を左右するエントロピー変化は、不純物添加により顕著に減少した。したがって不純物添加による柔粘性結晶の熱物性制御は、冷却システムの実用温度や性能の要求値に応じて最適化する必要がある。また同時に本研究の結果は、柔粘性結晶の熱物性は不純物によって大きく変化するゆえ、純度のコントロールがはなはだ重要であることを示している。

Table 1. Thermophysical properties (melting point, transition temperature, enthalpy, and entropy change) of camphor and camphor-camphorquinone mixed crystals obtained with DSC measurements.

Composition	10:0 (camphor)	9:1	8:2	7:3
T_{melt} (K)	445-449	445	445	449
T_{ts} (K)	241	204	178	162
ΔH_{ts} (J·g ⁻¹)	81	49	30	9.9
ΔS_{ts} (J·K ⁻¹ ·mol ⁻¹)	51	37	26	9.6

Cooling system using plastic crystals

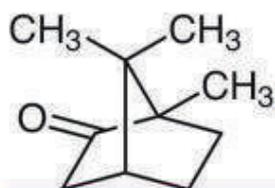
- 25 to 30% of the world's electricity is consumed for refrigeration – for example, for food storage and air conditioning.
- Vapor-compression-cycle refrigeration are of growing environment concern.
- Barocaloric effects (cooling effects of pressure-induced phase transition) are of interest.
- Colossal barocaloric effects can be obtained in a class of disordered solids called *plastic crystals*.

B. Li, et al., *Nature* 567, 2019, 506

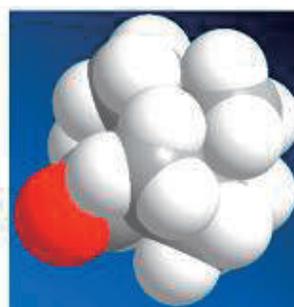
Camphor and Camphorquinone

- (+)-camphor

CA

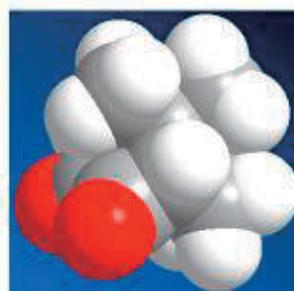
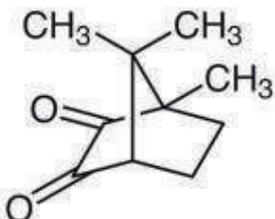


$T_{\text{trs}} = 235 \text{ K } (-38^\circ\text{C})$

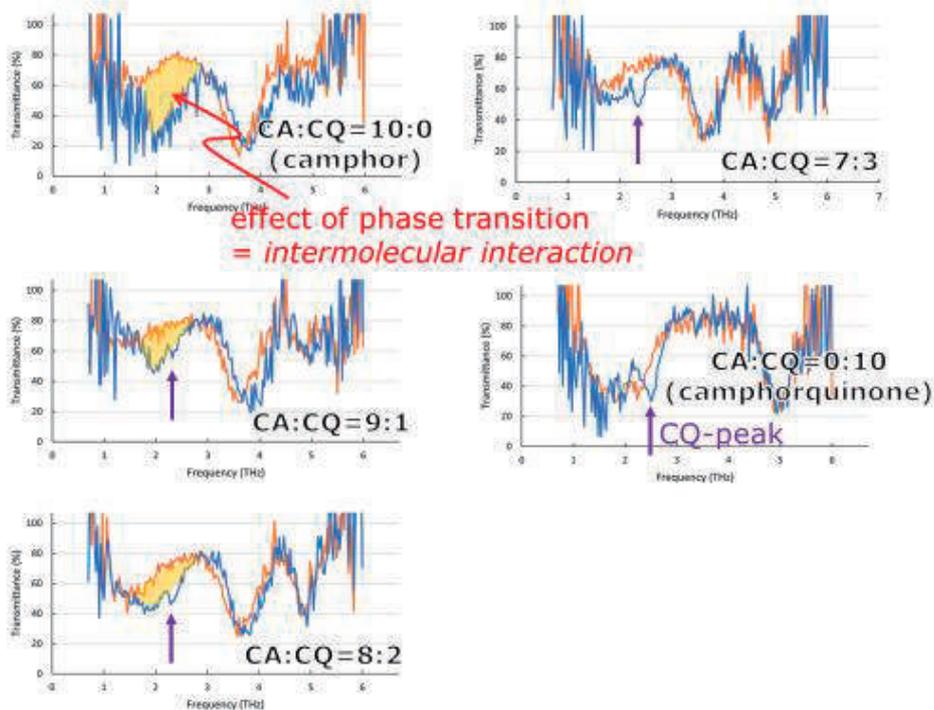


- (-)-camphorquinone

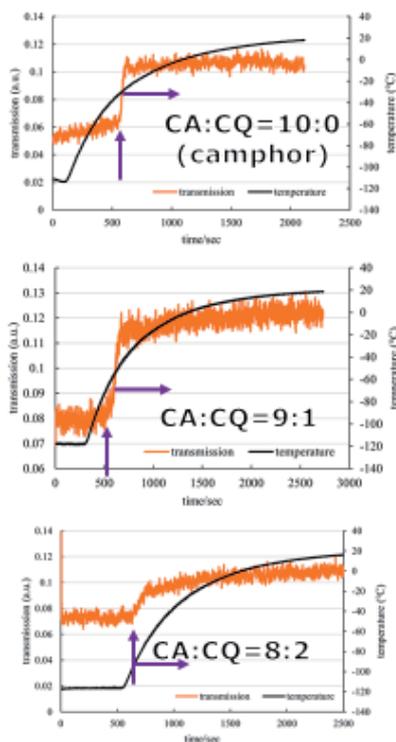
CQ



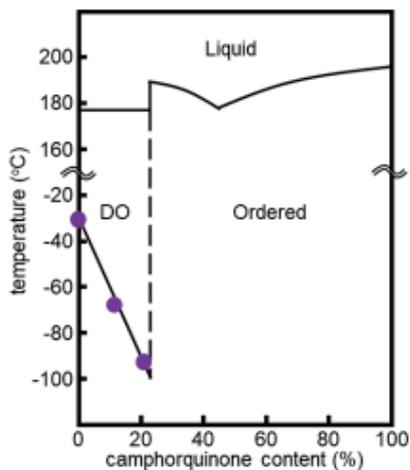
THz spectra at R.T. and -160 K



Phase diagram of CA-CQ co-crystal



- Temp. dependence of 2.0-THz absorption



melting points were measured with OptiMelt MPA100 (Stanford Research System, Inc.)

資源の有効利用を目的とした 鉱物処理・製錬・リサイクル技術の開発

柴山 敦、高崎 康志、川村 茂、芳賀 一寿

(国際資源学研究科)

山田 学

(理工学研究科)

代表者のメールアドレス：sibayama@gipc.akita-u.ac.jp

概要：金属品位が低い、不純物が多い、組成が複雑など、既存の技術では処理が困難な鉱石やリサイクル原料に対する、資源処理、リサイクル、製錬技術を開発する。各研究では、選鉱技術や湿式製錬技術を基本とした金属回収技術の開発を試みるほか、その分離メカニズムの解明を試みる。また、貴金属に特化した新規選択抽出剤の創成により、貴金属リサイクルプロセスの高効率化を図る。さらに、本研究で開発した技術の応用の可能性を明らかにするため、実際の鉱山や現場から入手した鉱石あるいはリサイクル原料への適用性を検討するほか、廃棄物処理および製錬技術の革新に関する研究も実施する。

独自性・実用性：

鉱物資源の有効利用および分離技術に関する研究では、主に浮選を中心とした条件の最適化あるいは新規浮選試薬の開発に試み、鉱石中に含まれる有用成分の分離・濃縮が可能であることを明らかにした。廃電子基板の高効率リサイクルに関する研究では、過熱蒸気処理による臭素の除去ならびに基板からの部品剥離性の評価を行った。過熱蒸気による熱処理を施した後、トロンメルスクリーンを用いた部品選別、カラーソーティングによるスズの分離を行うことで、廃基板中に含まれる銅およびスズを分離回収できた。また、亜鉛電解における省電力化実験では、エチレングリコールを添加した予備電解を行うことで、アノード電位を低下できることを確認した。貴金属の抽出剤の開発に関する研究では、貴金属回収率・回収速度向上のため、貴金属に対する高選択性と迅速な抽出速度を兼ね備えた新規抽出剤の開発を試みることで、金を含む浸出液から金を選択的に回収できる抽出剤を創成できた。

本年度実施した主な研究テーマは、以下の3件である。本報告にて公表する代表的な研究成果は、次ページにまとめる。

- (1) 過熱蒸気および浸漬法を組み合わせた廃電子基板リサイクルに関する研究
- (2) 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした電解採取条件の検討
- (3) 貴金属を対象とした新規溶媒抽出剤の創成

(1) 過熱蒸気および浸漬法を組み合わせた廃電子基板リサイクルに関する研究

都市鉱山を対象とするリサイクル製錬技術の開発

基板からのスズ回収

都市鉱山の積極的な開発・利用
～持続的な資源循環～

↓

E-Wasteをはじめリサイクル原料の処理量増加に対する期待

↓

リサイクル用前処理技術の開発 (プロセス開発)

過熱水蒸気処理

過熱蒸気の発生・吹付

400℃

熱分解前 268.5g

500℃, 15分

熱分解後 132.2g

部品類

- 臭素分の除去や部品剥離性の向上、
- 金属部品の先行回収 (過去研究より)

鉛-スズ溶体浸漬法

基板中金属の溶解イメージ

鉛スズ溶体中 Pb-Sn, Sn-Sn

- 処理時間速く、スズ回収率、基板の安定性などメリット多い

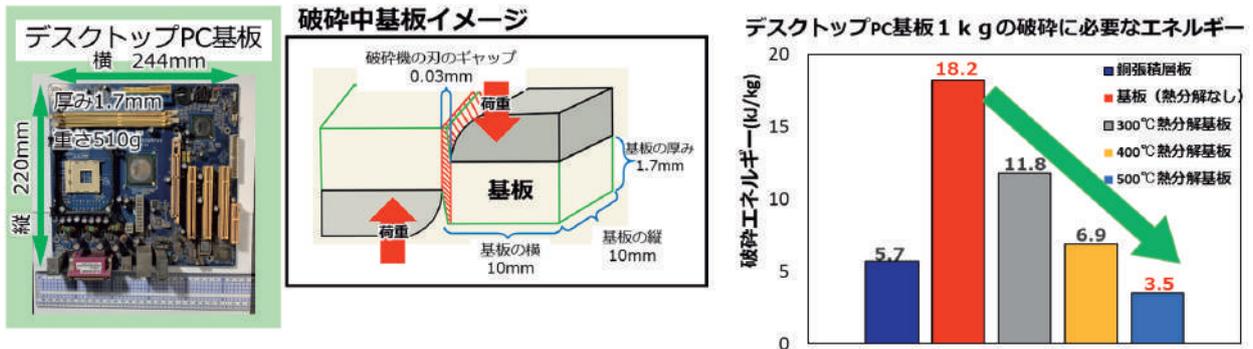
基板が入ったカゴの様子

共同研究企業とスケールアップ試験を実施

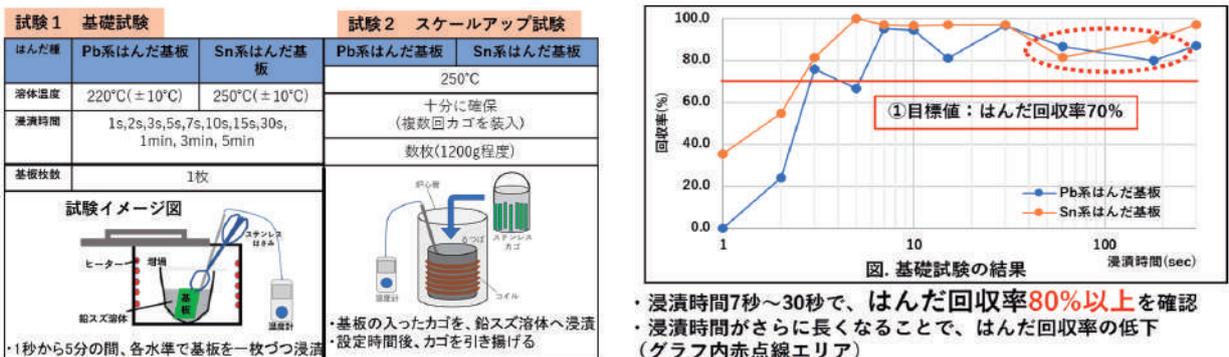
- 製錬忌避元素(不純物)の除去
- 回収困難な有用金属の事前回収(主にスズSn)

基板の熱分解 (過熱水蒸気処理) 理論破碎エネルギーの基礎算定

単位体積当たりの破碎エネルギー(せん断破壊エネルギー J/mm³)を用いて、実際のデスクトップPC基板1kgの破碎時に消費される、理論破碎エネルギーを基礎的に算出

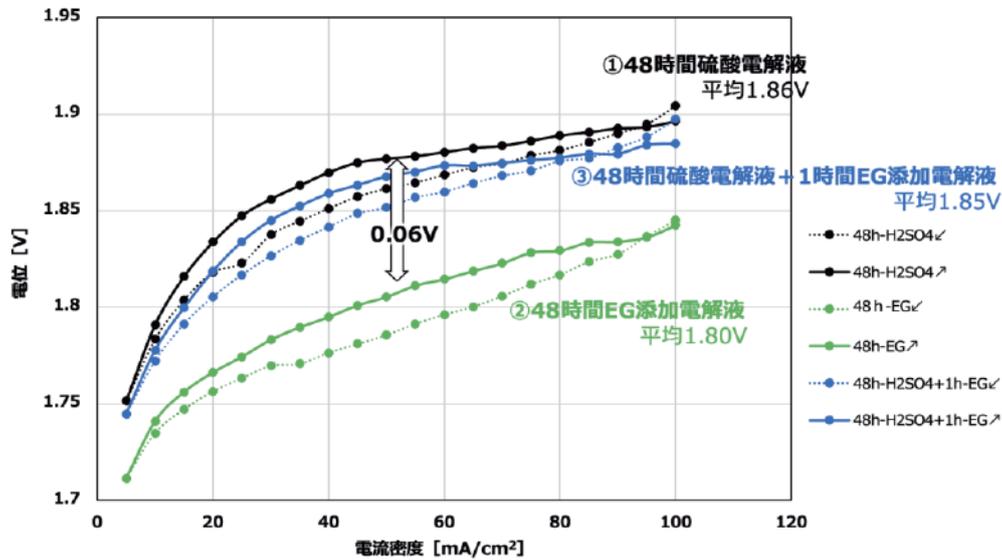


鉛-スズ溶体への基板浸漬試験結果 (はんだ-スズ回収率)



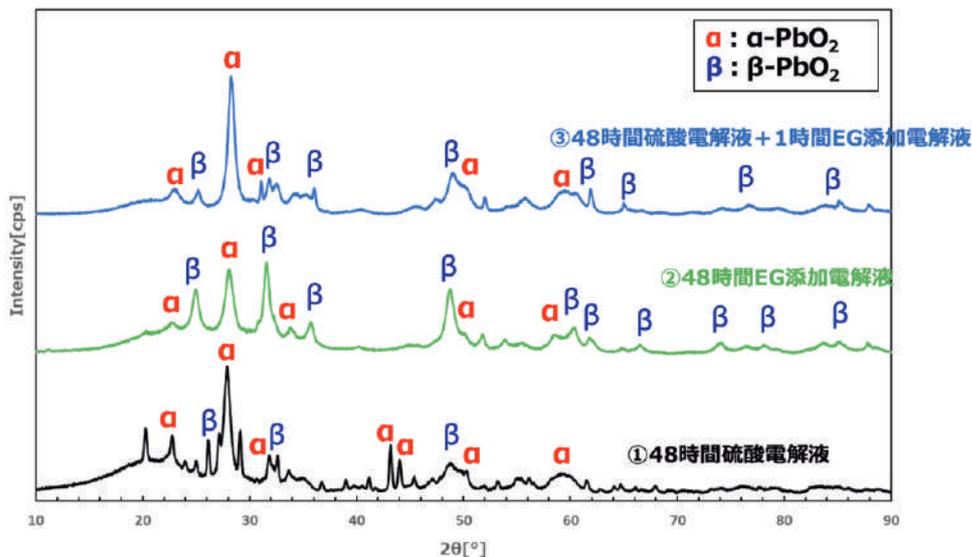
(2) 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした電解採取条件の検討

エチレングリコール添加によるアノード電位の変化



- ②のアノード
EG無添加の①に比べ、約0.06Vの電位の低減が見られた
- ③のアノード
若干の低減は見られたものの、明確な差は得られなかった
- 電流密度変化に対する電位差が大きい→酸化物層が不安定である可能性

電解試験後アノード表面のXRDパターン



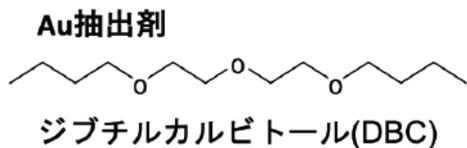
EGを添加した電解液を用いた(②と③)アノードではβ-PbO₂が主要酸化物として同定された

- ・②のアノードでは③のアノードに比べ、やや明瞭にβ-PbO₂が確認できた。

(3) 貴金属を対象とした新規溶媒抽出剤の創成

ピンサー抽出剤によるAu抽出特性の評価

研究背景

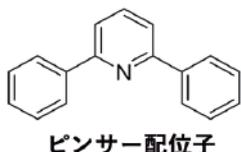


課題

- ・ 水に溶ける
- ・ 金属に対して過剰量必要
=粘度が高く、処理が困難

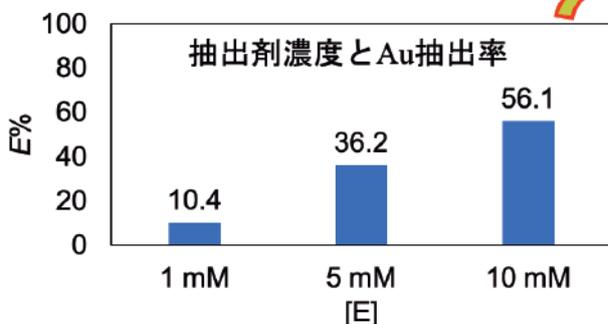
▶ 新たな抽出剤の開発が必要

研究目的 新たなAu抽出剤の探索



本配位子の特徴

- ・ 2価のアニオン種
- ・ 特定の金属に選択性のある構造



([Au]=1 mM、[HCl]=1 M、[E]=1-10 mM、振とう時間1 h、振とう速度300 rpm)

抽出剤であるピンサー配位子の濃度を上げることで抽出率の上昇が確認された。

今後の展望

新たなAu抽出剤として、本ピンサー配位子を利用できるかさらに評価し、その可能性の追求を行う。

天然ゼオライト堆積・固定化膜の耐剥離性に及ぼす 粘土鉱物添加の影響

林 滋生， 加賀谷 史

(理工学研究科)

shigeo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：天然に産出する鉱物の中には、イオン交換能や吸着能のよう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できる可能性がある。秋田県産の天然ゼオライトもその一つとして知られているが、実用際には吸着効率やハンドリング（取り扱い）性の向上のため、粉末にしたゼオライトを多孔質状の支持体に堆積・固定化することが有効と考えられる。令和4年度の研究では、粘土鉱物を利用した天然ゼオライト微粒子堆積膜の固定化プロセスを検討することで、耐剥離性の向上を試みた。

キーワード：天然ゼオライト，堆積膜，固定化，吸着材料，環境浄化

独自性・実用性：

私どもの研究グループでは、「天然鉱物の有する機能」＋「新たな材料作製技術」＝「新たな用途，機能」の発想で、秋田県産天然ゼオライトなどの機能性を有する鉱物の有効利用に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、従来のものよりはるかに大量・広い領域で用いることができる環境浄化・調整あるいはリサイクル用材料といった、新たな分野への応用展開を試みています。

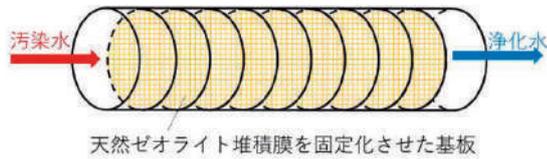
概要で示した様に令和4年度の研究では、秋田県産天然ゼオライト（クリノプチロライト）粉末を原料とした、電気泳動堆積（EPD）法ならびにジオポリマー法による堆積・固定化膜の作製において、膜の耐剥離性を向上させるための検討を試みた。天然ゼオライトは陽イオン交換機能を有するため、これを用いることで環境浄化やリサイクル等に役立つ材料を創製しようというのが最終的な目的である。具体的には、メッシュ状の金属製基材にゼオライト粉末微粒子を堆積・固定化することで、透過する液体等から高効率で有害物質を除去でき、形状としては一体型となっていて運搬・吸着・再生処理が容易な吸着材料を目指す。堆積した微粒子の固定化の際には、ケイ酸イオンの重合生成物を用いて粒子を結合させるジオポリマー法を用いるが、今回の研究では耐剥離性向上のために各種の粘土（カオリン）鉱物を、従来用いていたメタカオリンの代わりに添加し、その影響について検討した。

4種類のカオリン原料を用いて作製した試料について、堆積量、耐剥離性、イオン吸着特性等を検討したところ、堆積量、固定化時や固定化後の膜の耐剥離性については、総じてカオリン原料を用いた方がメタカオリンより優れた結果が得られた。これは、カオリン原料の方がゼータ電位（電気泳動速度）が高く多くの堆積量が得られること、付着性が強く耐剥離性に対して有利に働くことなどが原因として考えられた。また、新たに作製した試料も Pb^{2+} イオン吸着特性を示し、カオリン鉱物を添加した天然ゼオライト堆積膜も、環境中の重金属等の有害イオンの吸着・除去材として利用可能であることが示された。

堆積・固定化膜の耐剥離性にはまだ改善の余地があるが、今後とも検討を続けることで、より耐久性に優れ、吸着特性にも優れた天然ゼオライト堆積・固定化膜を用いた吸着材料の実現に向けて検討を続けていく予定である。

研究目的 天然ゼオライト粉末のモジュール化

陽イオン交換機能を有する秋田産天然ゼオライト粉末を、金属メッシュ基板に**堆積・固定化**して組み合わせ、高効率で取り扱いの容易な環境浄化材料（モジュール）を作製する

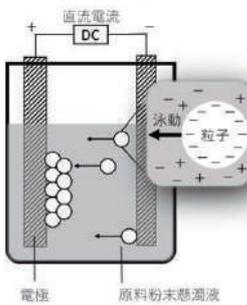


1

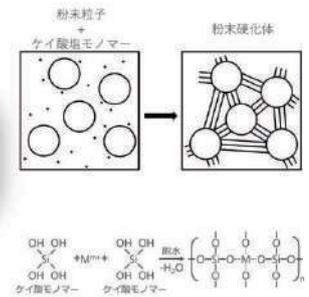
堆積と固定化の手法

[電気泳動堆積法]

[Electrophoretic Deposition : EPD]



[ジオポリマー法]



2

研究目的

これまでの研究

環境浄化材料を目的として、EPDによる天然ゼオライト堆積・固定化膜を作製
固定化の促進に**メタカオリン粉末**を添加

→付着性の強いカオリン鉱物が含まれることによる剥離防止効果が見出された

本研究では

メタカオリンの代わりに**カオリン粉末**を使用
→カオリンを添加することでその膜の剥離を防止するための効果を明らかにする

3

使用した原料

- 天然ゼオライト
秋田県能代市二ツ井産クリノプチロライト
 - カオリン原料 または メタカオリン（カオリン原料を焼成、非晶質化したもの）
4つの異なる産地の原料
 - ベトナム産 (Vt)
 - ニュージーランド産 (Nz)
 - ブラジル産 (Bz)
 - 韓国産 (K)
- ※以後、()内の表記を用いる

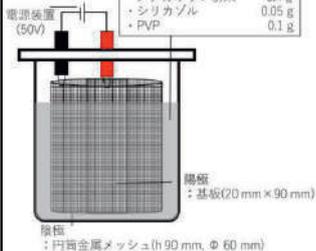
4

堆積膜の作製と固定化の条件

[電気泳動堆積 (EPD) 法]

・堆積時間：1 min, 3 min, 5 min

- 天然ゼオライト懸濁液 270 ml
- エタノール 1.6 g
- 天然ゼオライト粉末 1.6 g
- カオリンまたはメタカオリン粉末 0.4 g
- シリカゾル 0.05 g
- PVP 0.1 g



[ジオポリマー法]

- アルカリシリケート溶液
0.375 M NaOH : 30 cm³
0.163 M 水ガラスaq : 15 cm³
- 40°Cで24時間養生



5

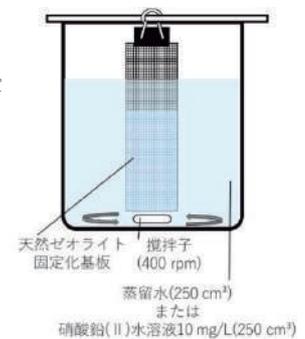
堆積・固定化膜の評価

[流水中耐剥離性試験]

- ・右図のようにして24時間攪拌
- ・試験後、一晚乾燥したのち質量測定

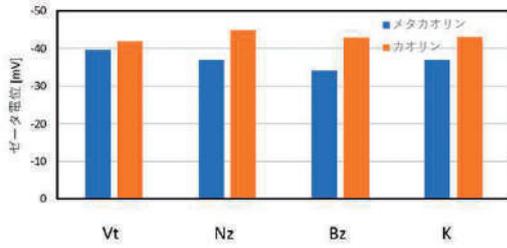
[Pb²⁺イオン吸着特性試験]

- ・経過間隔：5, 10, 20, 30 min
1, 3, 24 hour
- ・ICPにより経過間隔毎のイオン濃度を測定



6

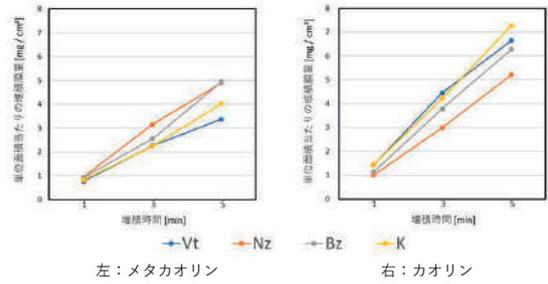
EPD法に用いた懸濁液中粒子のゼータ電位



→カオリンを添加した懸濁液の方が高い値を示した

7

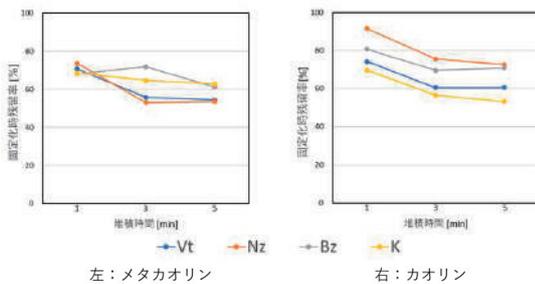
EPD法による堆積膜の作製



→カオリンを添加した方が堆積量が多かった

8

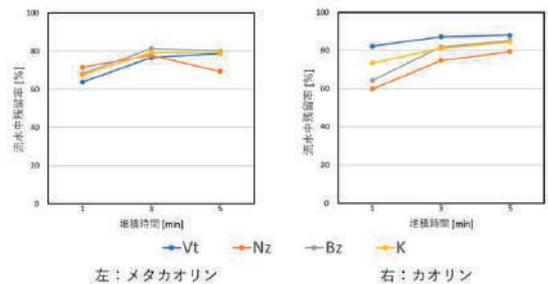
固定化時の堆積膜の耐剥離性



→カオリンを添加した方が耐剥離性が高かった

9

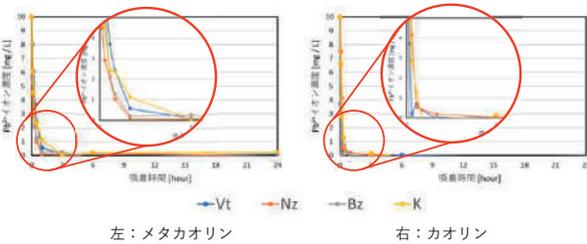
固定化膜の流水中耐剥離性



→カオリンの方がわずかに平均的な残留率が高くなる傾向が見られた

10

固定化膜によるPb²⁺イオン吸着特性



→吸着特性に大きな差は見られなかった

11

まとめ

添加物の違いと堆積膜量との関係

カオリンの方が高い電気泳動度を示した
→ゼータ電位値の高いカオリンの方が堆積速度が大きくなり、堆積膜量が多くなった

固定化時と流水中（固定化後）の膜の耐剥離性

それぞれカオリンの方が優れた値を示した
→付着性が高いカオリンの方が堆積量が多く、固定化処理による耐剥離性が高くなった

Pb²⁺イオン吸着特性

どちらの条件でもイオン吸着特性の効果が見られた
→いずれの添加物でもイオン吸着特性に対する影響に差は見られなかった

12

脂肪族第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金族金属 の選択回収

松本和也・寺境光俊

(理工学研究科)

kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp

概要：白金族金属は化学的性質が似ているため、個別に分離して回収するのが困難である。白金、パラジウム、ロジウムは自動車排ガス触媒に用いられており、個別に分離回収することが求められている。本研究では、脂肪族第一級ジアミン化合物であるビスアミノメチルシクロヘキサンを沈殿剤とすることで、塩酸溶液中の白金を沈殿として回収することに成功した。様々な金属を含む自動車排ガス浄化触媒浸出液からも高純度の白金を分離回収することに成功した。

キーワード：白金族金属，脂肪族第一級ジアミン，沈殿剤，自動車触媒

独自性・実用性：

- ・ビスアミノメチルシクロヘキサンにより、白金を沈殿として回収可能
- ・パラジウムやロジウム、ベースメタル等が共存する場合でも白金の選択回収が可能
- ・自動車触媒浸出液からの白金選択回収が可能であり、実用性が高い

緒言

白金族金属 (PGM)
Pd, Pt, Ir, Ru, Rh, Os

供給量や価格が不安定
希少価値が高い

Pd, Pt, Rhは自動車排ガス浄化触媒に用いられている
産業上重要な金属

リサイクル技術が極めて重要!

PGMの一般的な分離回収

抽出メカニズム: $Pd \geq Pt > Rh$

抽出液: $Pd(II) > Pt(II) > Rh(III)$ (配位型抽出) → $PdCl_2 \cdot 2HCl > RhCl_3 \cdot 3H_2O$ (イオン対型抽出)

抽出剤: SX (溶媒抽出), DOS (Dioctylsulfide), TBP (Tri-n-butyl phosphate)

優先して回収すべき金属が変化する(価格変動・金属組成)

Pt, RhをPdより優先して回収する技術が必要

緒言

従来研究

Butyl aniline (第一級アミン) を優先して沈殿回収することに成功

特異なイオン対を形成
 $[RhCl_4]^- / [HexAn]_4^+$ = 1/6/3

Ptを優先して沈殿回収することができていない

当研究室の知見

- PGMは第一級アミンと特異なイオン対を形成し選択回収される
- モノアミンよりジアミンの方が金属選択性が優れる
- アミンの塩基性度によって金属選択性が変化する

アミンの塩基性度: 低 ← → 高

回収されるPGM: 4-Hexylaniline (Rh) < n-Decylamine (Pt, Pd, Rh)

沈殿剤の構造やアミンの塩基度を変化させることで、金属選択性を変えることができる

本研究

新たな金属選択性発現を期待

シクロヘキサン環を有する脂肪族第一級ジアミンである1,4-ビスアミノメチルシクロヘキサンを沈殿剤として用いる。

1,4-bisaminomethylcyclohexane (1,4-BAC)

トランス: シス

本研究で使用するアミンの構造

シス: トランス = 56 : 44
1,4-bisaminomethylcyclohexane (1,4-BAC)

シス: トランス = 2 : 98
Trans-1,4-bisaminomethylcyclohexane (1,4-BACT)

上記2つのアミンそれぞれを比較して、PGMの沈殿回収実験を行う。

塩酸の規定数の変化による金属回収率への影響

1,4-bisaminomethylcyclohexane (Amine/Pt = 15 mol/mol)

30 min

Pd, Pt, Rh (5 mM each) in 1-8 M HCl

1,4-BAC: Precipitation (%) vs HCl concentration [M]

1,4-BACT: Precipitation (%) vs HCl concentration [M]

Ptが選択的に沈殿回収される

アミンの添加量による金属回収率への影響

1,4-bisaminomethylcyclohexane (Amine/Pt = 1-100 mol/mol)

30 min

Pd, Pt, Rh (5 mM each) in 8 M HCl

1,4-BAC: Precipitation (%) vs 1,4-BAC/Pt [mol/mol]

1,4-BACT: Precipitation (%) vs 1,4-BACT/Pt [mol/mol]

添加量が増えるとPt回収率が上がる
どの添加量においてもPd, Rhはほとんど回収されない
添加量に対するPt沈殿効率率は1,4-BACTの方が高い

振とう時間による金属選択性への影響

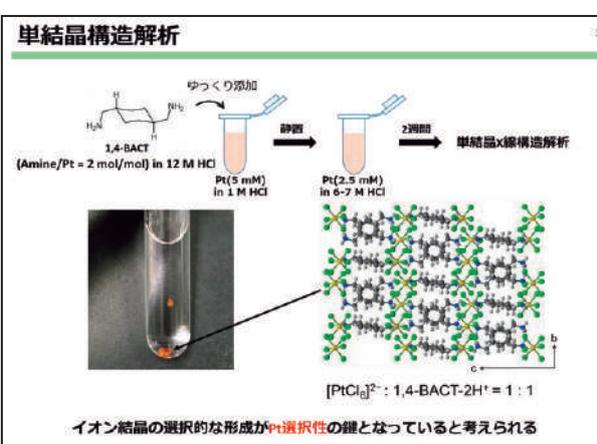
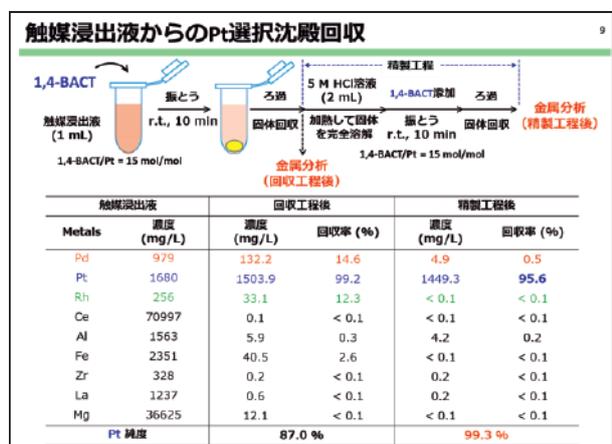
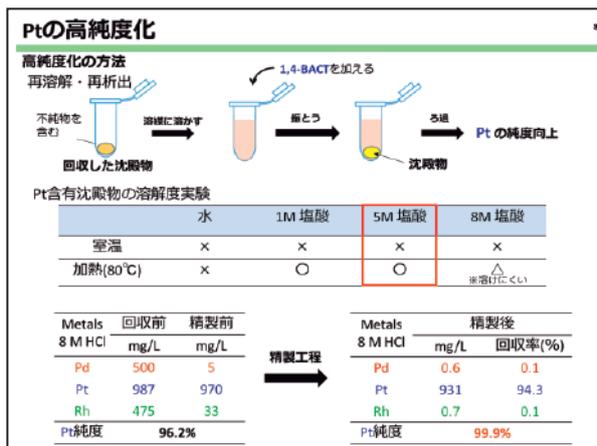
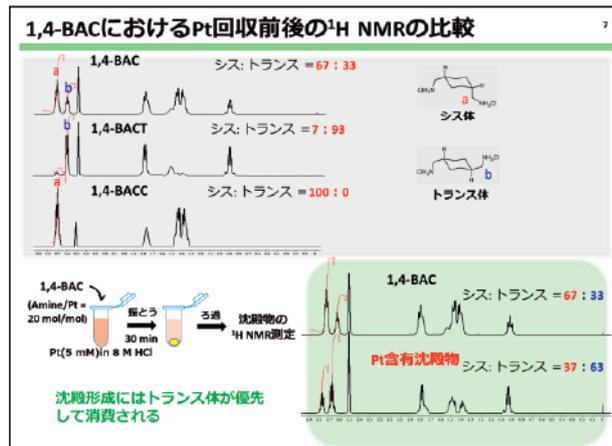
Trans rich-1,4-bisaminomethylcyclohexane (Amine/Pt = 15 mol/mol)

Shaking 1-60 min

Pd, Pt, Rh (5 mM each) in 8 M HCl

極めて短時間(1分)で96%以上のPtが回収可能
振とう時間を変えてもPtの選択性は変化しない

Precipitation (%) vs Shaking time [min]



結言

- 1,4-BACTを沈殿剤として用いることで塩酸溶液に含まれるPtを選択的に沈殿回収することに成功した
- 1,4-BACTを沈殿剤として用いることで触媒浸出液中のPtを選択的に沈殿回収し、高回収率、高純度化に成功した

Pt回収率 95.6% Pt純度 99.3%

- Pt含有沈殿物からの単結晶構造解析からPtと1,4-BACTは1:1のイオン結晶を形成していることが判明し、この構造がPt選択性の鍵となっている

[PtCl₆]²⁻ : 1,4-BACT-2H⁺ = 1 : 1

FeCo 基合金への格子歪の導入による超高性能磁石材料の開発

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、電動機（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、格子歪みを導入することで、現在世界最強のネオジム磁石を凌駕する磁石材料となり得ることが理論計算で予測されている。そこで本研究では、実験的に FeCo への格子歪みの導入を試み、磁石特性を評価する。具体的には、FeCo 基合金薄膜を成膜し、元素添加により FeCo への格子歪の導入を試みる。また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

独自性・実用性:

薄膜材料の結晶構造制御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（車載モーター、発電ジェネレーターなど）

FeCo 基合金は、現在最強のネオジム磁石の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、ハードディスクドライブ HDD など）

各データセンターでは数万台の HDD や磁気テープ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ので、FeCo 基合金は次世代の高密度 HDD、磁気テープに資することが期待される。

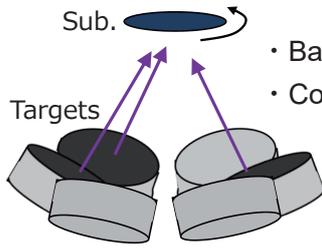
■今年度の研究成果

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) 電子線リソグラフィ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。

Experimental



- Base pressure of $\sim 10^{-7}$ Pa
- Co-sputtering method using Ar and N_2 at total pressure of 0.3 Pa.

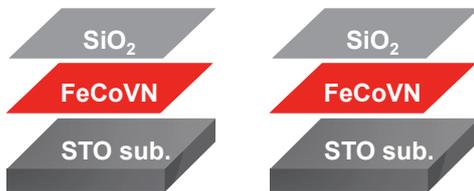
The N content (x) in the FeCoVN was controlled by the mixing ratio of Ar and N_2 during sputtering.

Samples

STO(100) sub. / $((Fe_{0.5}Co_{0.5})_{1-y}V_y)_{100-x}N_x$ (20 nm @473 K) / SiO_2 (5 nm @RT).

$y=0.1$ (10 at.%V)

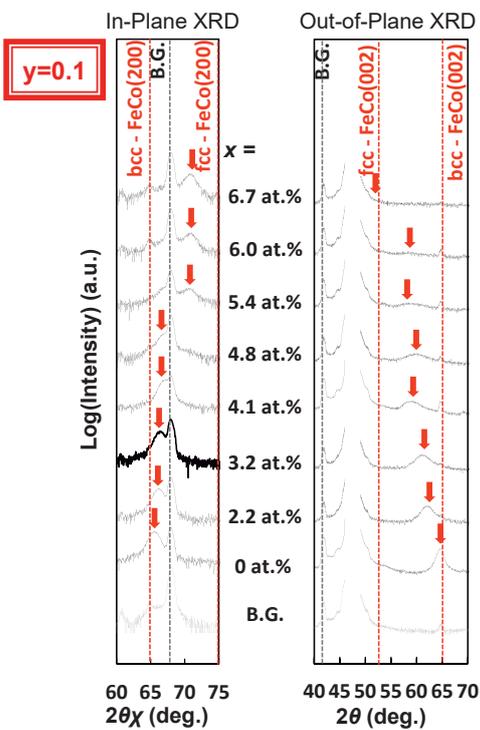
$y=0.2$ (20 at.%V)



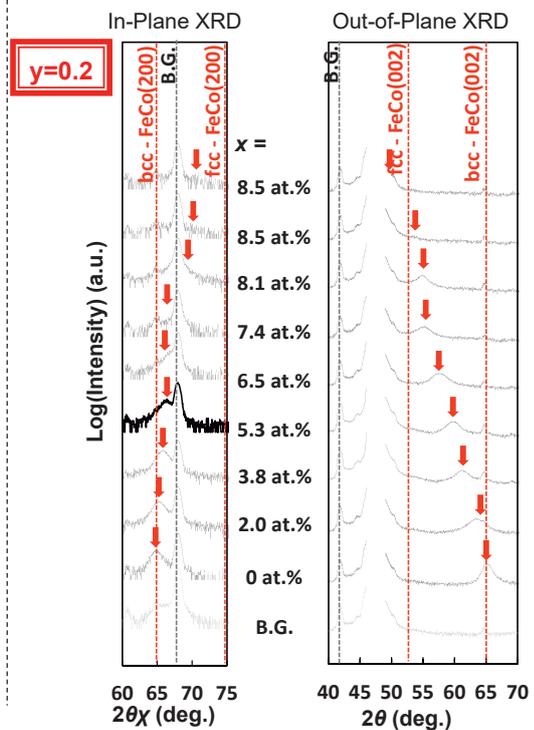
Buffer	Structure	a (nm)	$a/\sqrt{2}$ (nm)	c/a
FeCo	bcc	0.285	—	—
Rh	fcc	0.381	0.269	1.19
SrTiO ₃	Perovskite	0.391	0.276	1.10
MgO	fcc	0.421	0.298	0.86

STO was chosen as a substrate because it does not seem to introduce strain into FeCo due to its low lattice mismatch ($(a_{FeCo} - a_{STO}/\sqrt{2})/a_{FeCo} \approx 3\%$).

STO/ $((Fe_{0.5}Co_{0.5})_{0.9}V_{0.1})_{100-x}N_x$ (20 nm)

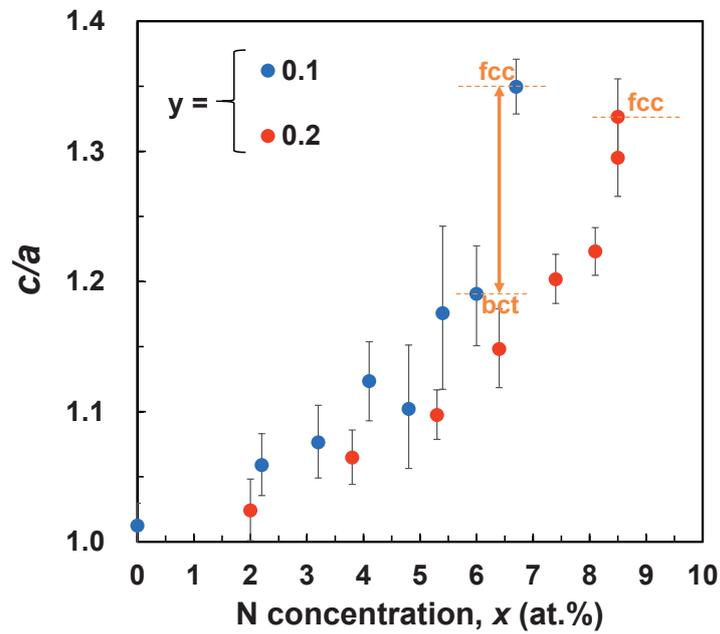


STO/ $((Fe_{0.5}Co_{0.5})_{0.8}V_{0.2})_{100-x}N_x$ (20 nm)

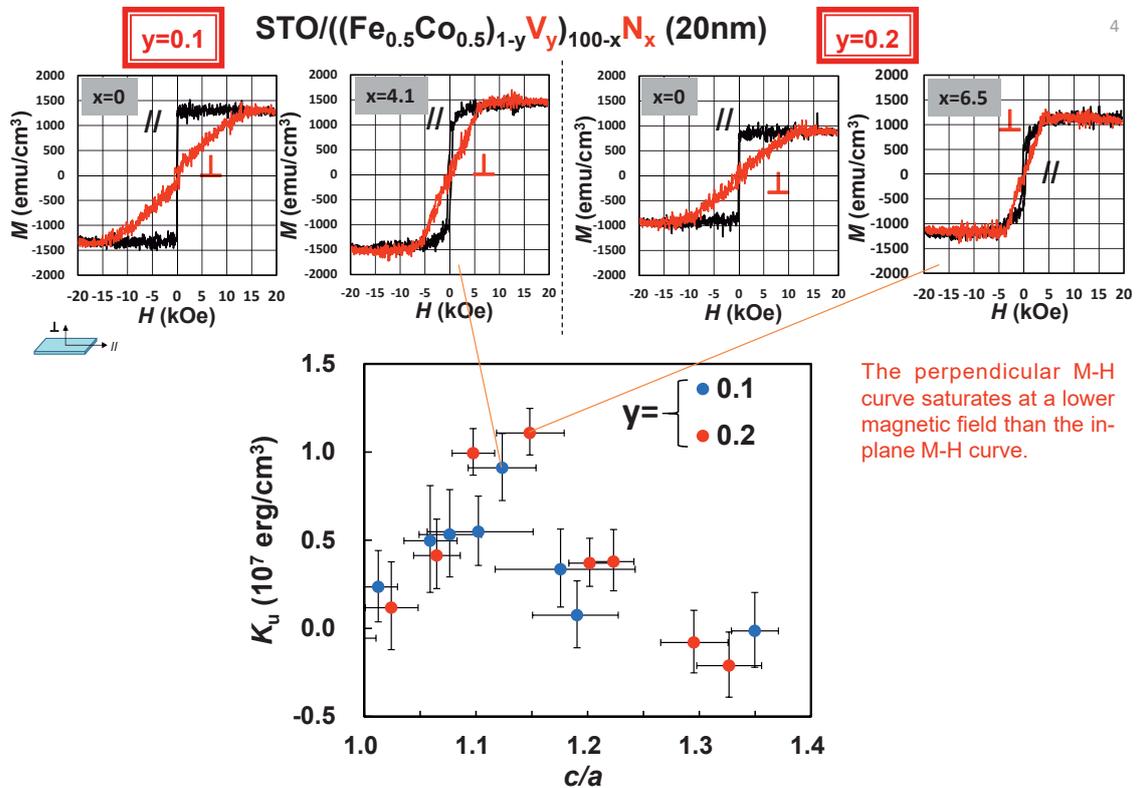


At $y=0.2$, the c-axis changes continuously.

STO/ $((\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5})_{1-y}\text{V}_y)_{100-x}\text{N}_x$ (20nm)



At $y = 0.2$, the axial ratio c/a changes continuously.
(The bct structure does not change drastically to fcc.)



The perpendicular M-H curve saturates at a lower magnetic field than the in-plane M-H curve.

At $y=0.2$, maximum K_u of $1.1 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ is obtained. (This value is larger than that of $y=0.1$.)

Summary

- (1) In this study, the effect of adding V-N to Fe-Co on the bct structure was investigated.
- (2) In the sample with **20 at.% of V** (thickness of 20 nm), **the c/a -value changed continuously** with increasing N content.
- (3) In the sample with 20 at.% of V, a maximum K_u of 1.1×10^7 erg/cm³ was obtained at $c/a = 1.14$, and **the maximum K_u -value was larger than that of the sample with 10 at.% of V.**
(The 20 at.% of V addition is more effective than that of 10 at.% of V.)

溶融塩を媒体にした表面処理法による水素発生電極の創製

福本 倫久

(革新材料研究センター)

fukumoto@gipc.akita-u.ac.jp

概要：2050年のカーボンニュートラルに向けて化石燃料からの脱却が求められている。化石燃料に代わるエネルギーとして水素が注目されている。水素の製造方法としてはアルカリ水溶液を電解質とした電気分解が主に用いられているが、この電気分解に用いられている電極性能を飛躍的に改善し、高効率で水素を発生させる試みが多くなされている。本プロジェクトでは溶融塩を媒体としてAIの電析と溶解を電気化学的制御により施すことで高性能の多孔質電極を作製することを試みた。

キーワード：電極，多孔質，溶融塩電析および溶解

独自性・実用性：

多孔質表面を作製する方法として、新規な方法なので下記の特許を取得している。

特願 2016-021245(2016年) 特許査定令和元年10月10日

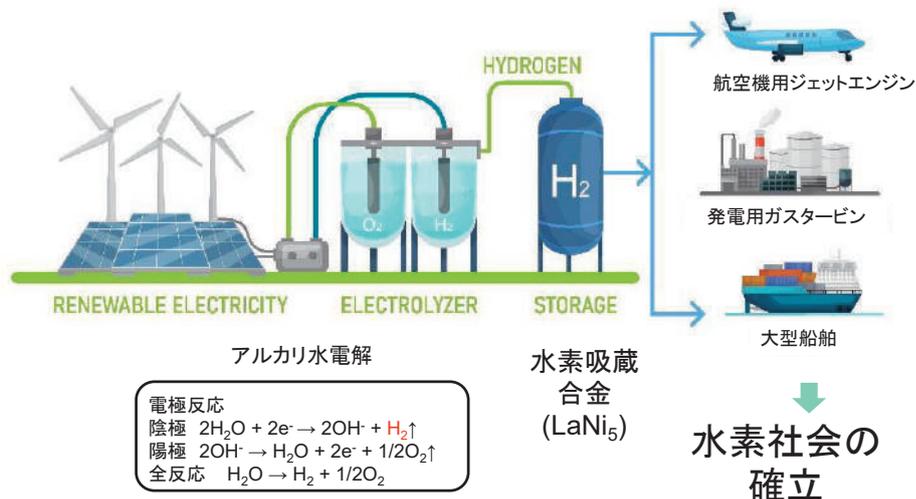
発明の名称「多孔質ニッケルの製造方法」

出願人 秋田大学

発明者 福本倫久，原 基，佐藤菜花

1. 背景

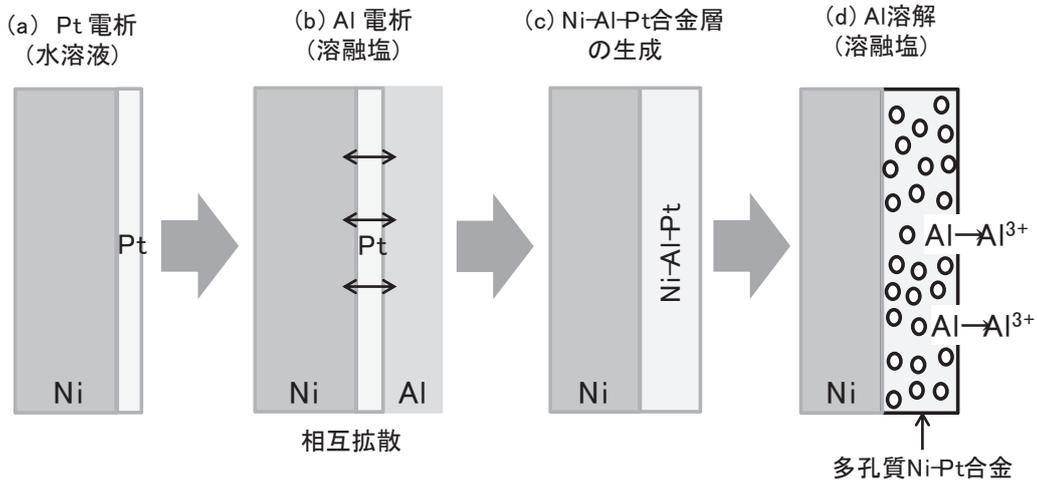
カーボンニュートラル 2050 化石燃料からの脱却 GREEN HYDROGEN PRODUCTION AND USE



Ni-Pt多孔質電極の作製方法

陰極および陽極の性能を改善

Pt-Al処理



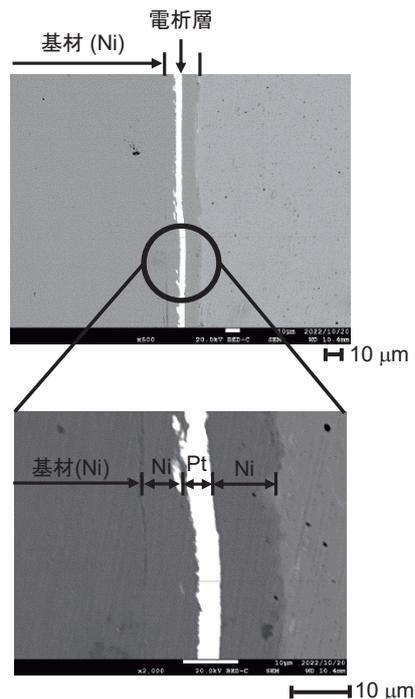
- ・ Pt使用量を低減することが可能
- ・ すべて電析法であるため複雑形状にも対応

Ni, Pt電析

Ni (30 min)-Pt (30 min)-Ni (30 min)

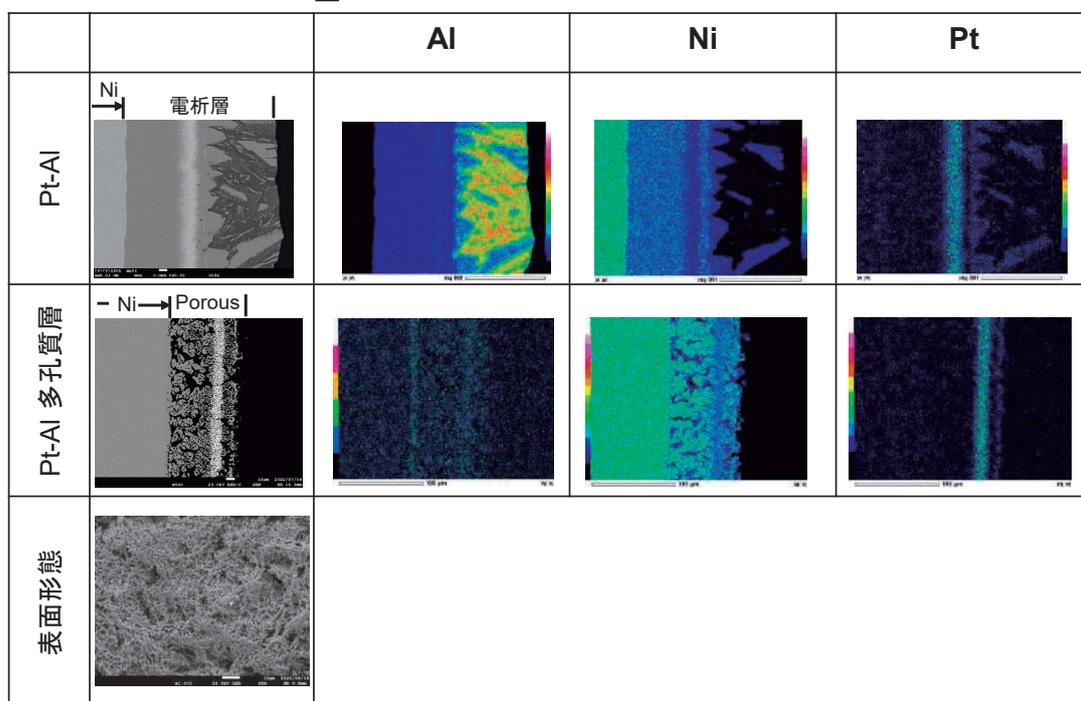
Ni電析
ワット浴
20 mA cm ⁻²
50°C
30 min

Pt 電析
BRAIT-Pt 溶液(日本高純度化学)
20 mA cm ⁻²
50°C
30 min

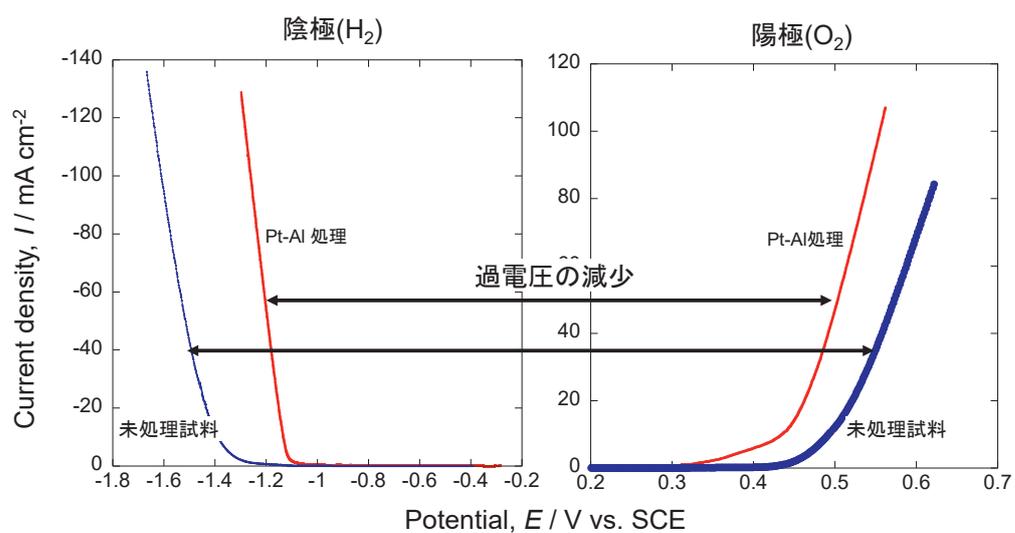


Ni-Pt 多孔質層の断面および表面形態

-1.8 V_60 min -0.5 V 750°C 60 min

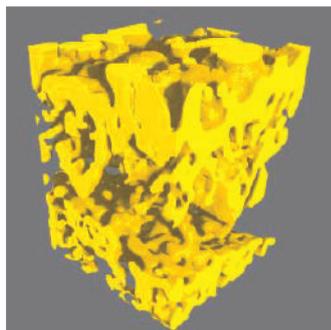


水素および酸素発生挙動の評価

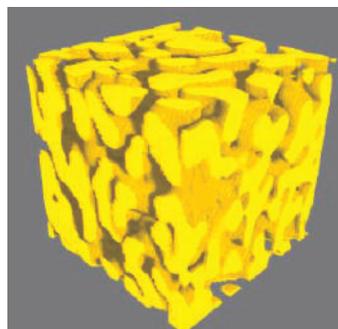


Al Electrodeposition -1.8V → Al Dissolution -0.5V

750°C



900°C



結論(水素発生電極)

1. 溶融塩中におけるAl電析およびAl溶解によって多孔質表面層を生成することができた。
 2. 浴温度750°Cの時に生成した多孔質層の表面形態が最も微細であることが確認できた。
 3. アルカリ水溶液中で測定したカソード分極曲線より多孔質処理した試料が最も良好な電極性能を示した。
-

希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御

齋藤 嘉一，小原 兆喜

(物質科学専攻 材料理工学コース)

ksaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本研究は自動車をはじめとする輸送機器筐体の軽量化に資する新しい Mg 合金の開発を目的とし、特に Mg の耐熱強度の向上を追求した合金構成として、微量の RE (RE=Y or Gd) と Ag を複合添加した三元系の析出強化型合金に注目し、特性向上に資する組織制御法の技術開発を目指すものである。同系合金の低温時効挙動、特に時効初期から過時効に至る組織変化の様子をはじめ、合金組成を変えた場合の析出挙動など、不明な点が数多く疑問点が残されている。そこで原子識別分解能を有する走査透過型電子顕微鏡法を駆使して、これら未解決の課題を明らかにすることを目的とした。

キーワード：Mg-RE 合金，析出強化，組織・構造，STEM/EDS

独自性・実用性：

CO₂ 排出量規制の厳格化に伴って、車両構造体の軽量化ニーズが年々強まる中、その構成部品としてアルミニウム合金から Mg 合金や樹脂への材料置換に対する機運が高まっている。特に自動車のエンジン周辺部品に対して Mg 合金の適用を促進するためには、Mg の課題の一つである耐熱性不足、つまり中高温域(100~300°C)での機械的性質の改善が必須である。次世代の耐熱 Mg 合金として注目される時効析出型 Mg-RE-Ag 系合金に関して多くの先行研究が存在するものの、その強化組織である板状析出物 γ' 相の結晶構造や安定性、さらにその塑性影響については、依然、研究者間で解釈・見解の分かれるところである。こうした現状を鑑み、本研究では最先端の走査透過型電子顕微鏡法 (STEM)、つまり球面収差補正機能付き STEM を駆使して従来の構造学的解釈を再評価・検証するとともに、析出強化の微視的成因についての理解を深めることを目的とした。超高分解能を備えた STEM にエネルギー分散 X 線分光法 (EDS) を併用することで、従来技術では叶わなかった当該析出部内の構造緩和の発生とそれに伴う構造収縮または膨張の有無を評価した。以上の研究を通じて得られる知見は、析出強化能をさらに向上させるための組織・構造制御のプロセス指針の最適化に資することが期待される。

Mg-RE-Ag系合金の時効析出挙動と析出強化の微視的成因

材料理工学コース 第一研究グループ
8021201 小原兆喜, 齋藤嘉一

1

研究背景

γ'析出物の結晶構造に関する先行研究データ

組成(at%)	原子比率 (Gd:Zn)	構造情報	参考文献
Mg-1.5Gd-1Zn	1.5:1	G.P zone, $a = 0.56\text{nm}$, $c = 0.54\text{nm}$	(a)Salto2011
Mg-1Gd-0.4Zn-0.2Zr	2.5:1	γ' ($\text{Mg}_{10}\text{Y}_{12}\text{Zr}_{13}$), $a = 0.56\text{nm}$, $c = 0.444\text{nm}$	(b)Nie2008
Mg-2.5Gd-1Zn	2.5:1	γ' phase, $a = 0.44\text{nm}$, $c = 0.40\text{nm}$	(c)Li2016
Mg-1.2Gd-1.8Zn	2:3	γ' ($\text{Mg}_{10}\text{Y}_{12}\text{Zr}_{13}$), $a = 0.556\text{nm}$, $c = 0.39\text{nm}$	(d)Gu2018

● Zn ($z=1/2$)
● Mg ($z=1/2$)
● RE ($z=0$)

(a) Salto's model

(b) Nie's model

(c) Li's model

(d) Gu's model

2

研究背景

従来のγ'析出物の結晶構造モデル

$B = [1100]$

Model 1

$B = [1100]$

Model 2

基底ベクトル $\vec{b} = 1/6\vec{a}_1 + 1/3\vec{a}_2$

3

研究目的

時効析出型Mg-RE-Ag系合金(Y or Gd)に現れるγ'析出物の従来の構造モデルについて、最先端の走査型透過電子顕微鏡法を駆使して再評価すること

4

実験方法

試料溶製と熱処理

等温時効硬化測定

組織観察用試料の作製

SEM・TEM/STEM評価

① $\text{Mg}_{97}\text{RE}_x\text{Ag}_{3-x}$ (RE=Y or Gd, X=2,1,5)
 ② 溶体化処理
 ③ 時効熱処理 (200°C × 1~800h)

・ピッカース硬さ測定 (室温, 負荷時間: 10s, 試験荷重: 100gf)

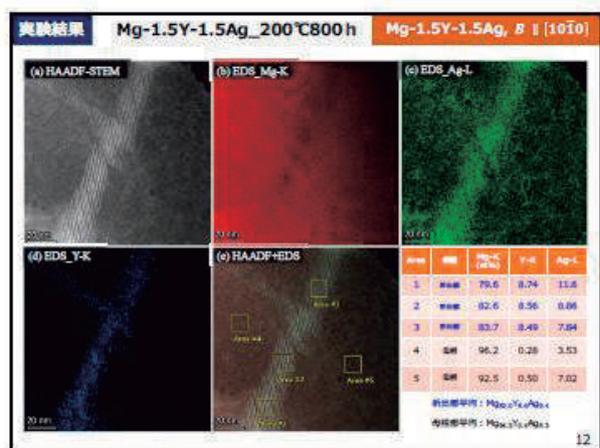
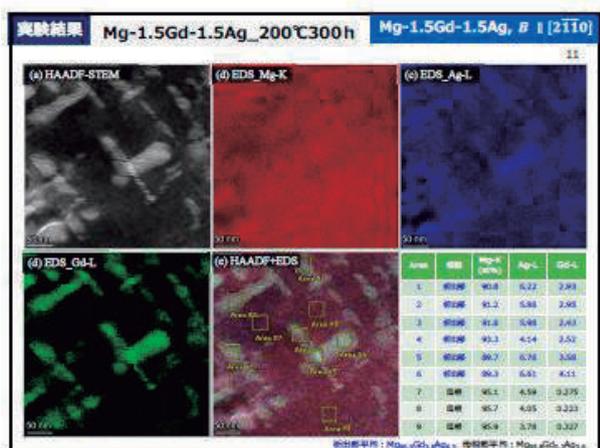
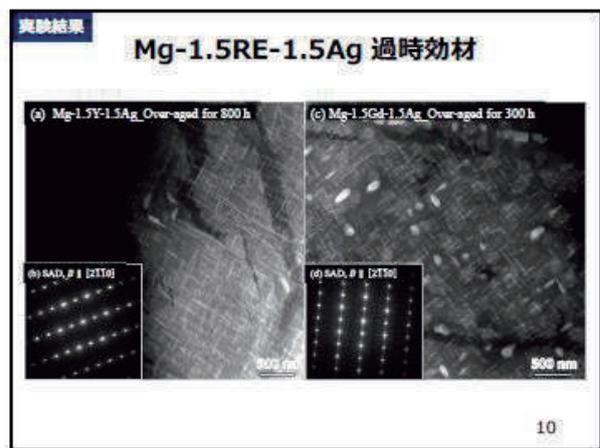
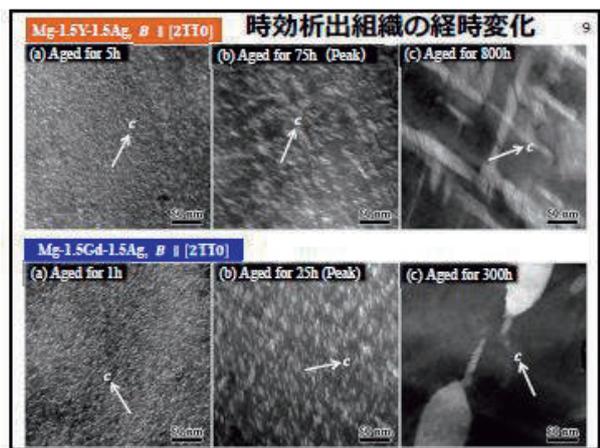
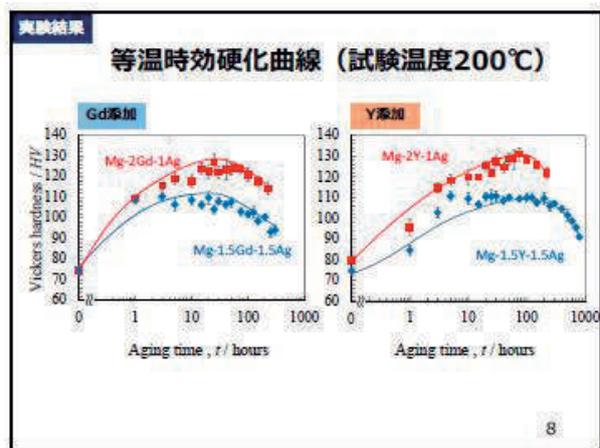
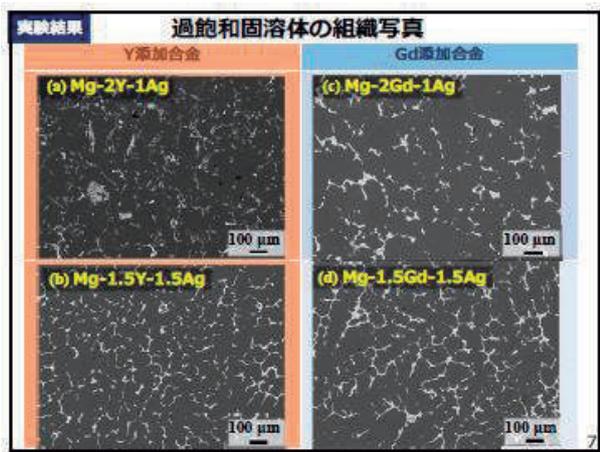
・SEM: 加速電圧15kV; 作動距離10mm; 反射電子像
 ・TEM: 加速電圧200kV; 電子面析図形; HAADF-STEM法

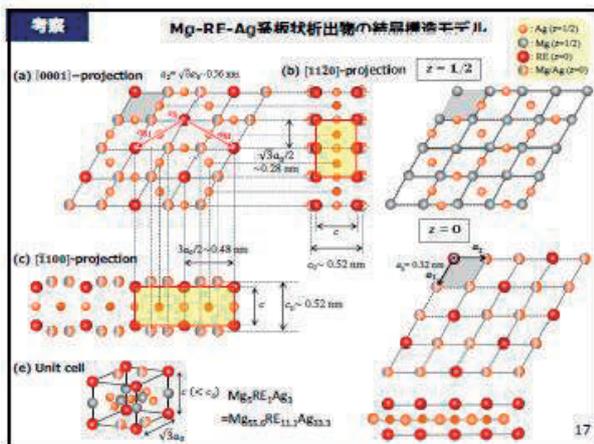
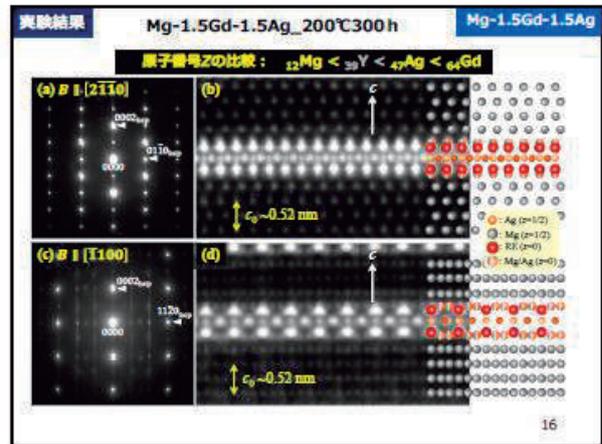
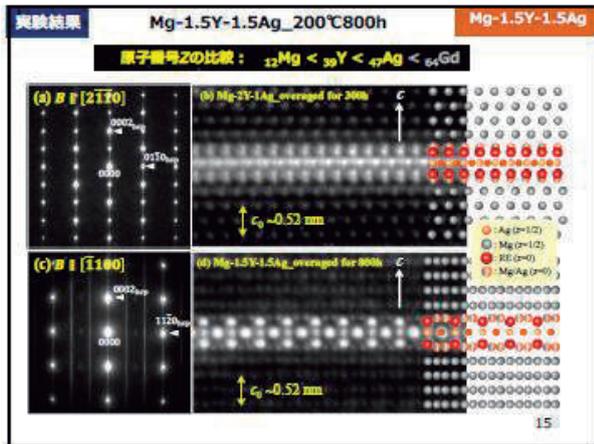
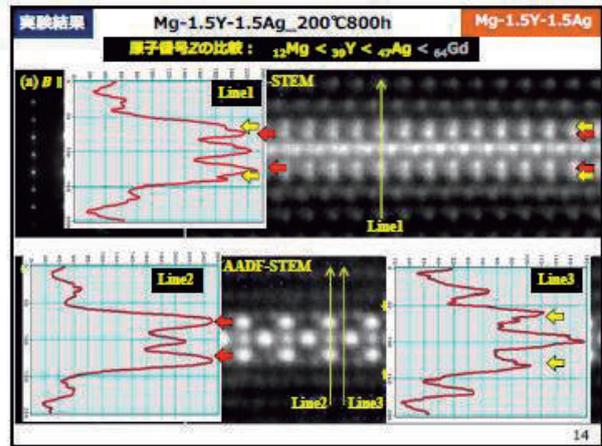
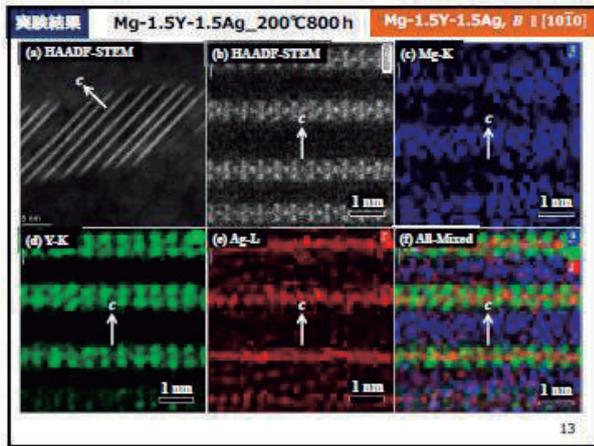
5

試験対象合金の組成

組成(at%) RE=Y or Gd	Mg	RE (希土類元素)		Ag	溶解の原子分率比 RE/Ag	識別記号 RE=Y or Gd
		Y	Gd			
$\text{Mg}_{97}\text{RE}_2\text{Ag}_1$	Bal.	2	0	1	2	Mg-2Y-1Ag or Mg-2Gd-1Ag
		0	2	1		
$\text{Mg}_{97}\text{RE}_{1.5}\text{Ag}_{1.5}$	Bal.	1	0	2	1	Mg-1.5Y-1.5Ag or Mg-1.5Gd-1.5Ag
		0	1	2		

6





結言

- 200°Cの低温時効によって顕著な時効硬化が生じ、ピッカース硬さの最大値で、2Y-1Agでは130HV(75h)、2Gd-1Agは126HV(25h)を記録した
- 初期時効では1本ずつの線状のコントラストが多数見られ、時効ピークになると分散していた析出物が7~8層の間隔でグループ化していき、過時効になると析出物が粗大化していく様子がみられた
- γ'相はα-Mg母相に対する不完全整合（部分整合）な析出物で、Ag原子が溶化した原子層を中央に、その上下にRE原子がMg格子に対して規則配列した原子面とMg/Agが混合配置した原子面からなる
- 実際のγ'析出物の結晶構造は、原子配列の規則化に伴う構造緩和の影響を受けて、(0002)面のうち、両端に位置するRE占有面間隔が0.52 nm (= c₀)から0.42 nmに収縮し、Mg/Ag混合サイト層の間隔は若干広がって0.54 nmとなり、擬5層の積層構造をとって安定化し、結晶構造は六方晶系規則構造（空間群P6/mmm；a = 0.56 nm, c = 0.54 nm）となる

以上

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

(理工学研究科)

hsaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：独自開発した交番磁気力顕微鏡をベースとして、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に、高空間分解能・磁気イメージングシステムを開発し、先端磁性材料・磁気デバイスの評価を行っている。本年度は、大容量ハードディスクドライブの主要部品である磁気記録ヘッドの交流磁場を計測対象として、その動作周波数である1 GHzまでの周波数範囲で、超常磁性探針を用いることで磁場エネルギーの高分解能・広帯域イメージングを実現した。合わせて磁場エネルギーの流れの可視化に成功した。

キーワード：磁気力顕微鏡、磁気記録ヘッド、高周波磁場イメージング

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、観察対象に合わせて特化した専用の磁性探針も独自開発したものである。実用性：本顕微鏡は真空雰囲気を要せずに大気雰囲気においても高い空間分解能（5 nm 以下）や高い機能性（試料面に垂直方向の磁場のみの検出、他）を有するので実用磁性材料・磁気デバイスの評価に適する。発展性：本顕微鏡は直流磁場から高い周波数の交流磁場まで磁性探針を選択することで計測できる。また、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）

次ページに「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周波磁場エネルギーイメージング」と題してまとめたものを示す。本結果は、独自開発した高磁化・超常磁性探針を用いて、磁気記録ヘッドから発生する交流磁場に対して、世界で初めて、交流磁場エネルギーを高感度検出することで、100 Hz程度の低周波数から1 GHzの高周波数に至るまでの広い周波数範囲でシームレスな交流磁場イメージングに成功したものであり、磁気記録ヘッドの研究開発に有用と考えられる。

High-Frequency Magnetic Field Energy Imaging of Magnetic Recording Head by Alternating Magnetic Force Microscopy with Superparamagnetic Tip



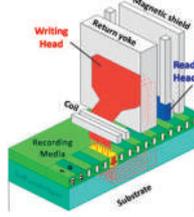
Marina V. Makarova^{1,2}, Kaichi Suzuki¹, Hiroshi Sonobe¹, Toru Matsumura¹ and Hitoshi Saito¹

¹Graduate School of Engineering Science, Akita University, Akita, 010-8502, Japan, makarova@gipc.akita-u.ac.jp; ²Institute of Physics CAS, Prague 18200, Czech Republic

[Background]

Perpendicular magnetic recording heads are designed to emanate high and precisely localized magnetic fields for high density recording. To enable fast data processing and narrow writing tracks, they should operate at high frequencies up to GHz range.

Magnetic writing head for HDD

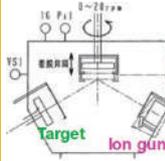


Magnetic imaging methods

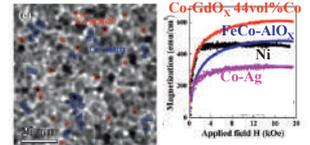
- X-ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) → Complex instrumentation, Resolution 100 nm and larger
- Electron holography → Insufficient resolution
- Magneto-optic Kerr effect (MOKE) → Indirect method
- Analysis of head offprint → Indirect method

Conventional Magnetic Force Microscopy (MFM) → sensitive only to DC field or to AC fields with the frequency component near cantilever resonance frequency → affected by beat vibrations

[Experimental: Superparamagnetic tip coating]



Method: Magnetron co-sputtering of Co and Gd₂O₃
 Granular structure of Co-GdO_x composite
 Co target: DC 130 W,
 Gd₂O₃ target: RF 100 W
 Film thickness: 100 nm
 Composition: Co_{0.44}(Gd_{0.56}O_x)
 Tip: Si, 40 N/m

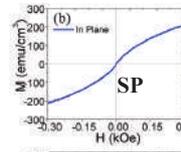
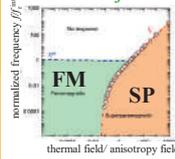


Superparamagnetic (SP) vs Ferromagnetic (FM) tip coating

Broad ferromagnetic resonance for SP

Reversibility, zero coercivity, no saturation

Tip transfer function:



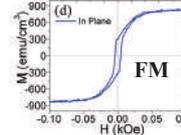
SP, Magnetic energy:

$$\int_{tip-end\ volume} \chi^2 (H_0^{AC}(\approx 0, \approx 0, z))^2 dV \propto z^{-4}$$

$$\equiv \int_{tip-end\ volume} \frac{5\chi}{4(\pi\mu_0)^2} \frac{1}{z^6} dV \propto z^{-4}$$

more short-range interaction

In SP nanoparticles high blocking frequency provides magnetic response above anisotropy-related ferromagnetic resonance frequency [D. Hasegawa et al. J. Magn. Magn. Mater. 2009, 321, 746]



FM, Magnetic field:

$$\int_{tip-end\ surface} q_m(\approx 0, \approx 0, z) \frac{\partial H_z^{AC}(\approx 0, \approx 0, z)}{\partial z} dS \propto z^{-3}$$

[P. Kumar et al. J. Appl. Phys. 2018, 123, 214503]

[Experimental: A-MFM system for HF studies]

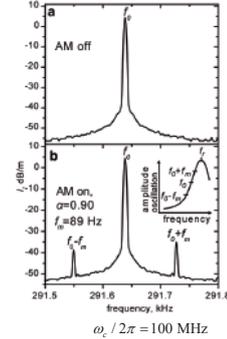
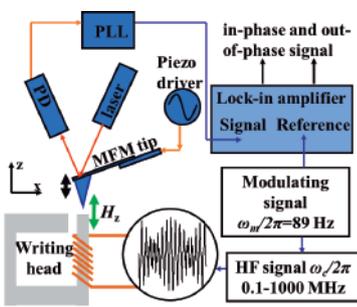
Basic A-MFM: Tip spring constant k is frequency modulated by external off-resonance field from head:

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

$$\Delta k_m = \frac{\partial F_z^{mag}}{\partial z} = m \frac{dc}{dz} \frac{\partial^2 H_z^{AC}}{\partial z^2} \equiv q_{tip} \frac{dc}{dz} \frac{\partial^2 H_z^{AC}}{\partial z^2} \ll k_0, \quad z(t) \approx \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin\left(\omega t + \frac{\Delta k_m}{m\gamma\omega_0} \cos(\omega_m t)\right)$$

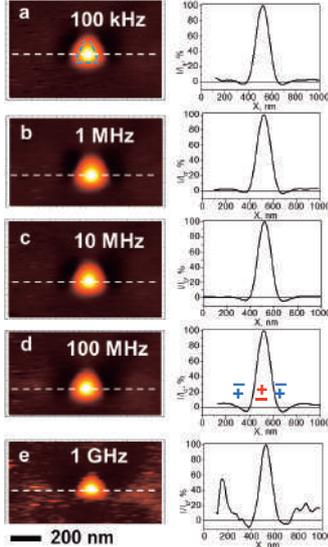
For HF, additional amplitude modulation (AM) with the depth $\alpha=0.9$ is used:

$$H = H_0(1 + \alpha \cos(\omega_m t)) \cos(\omega t)$$

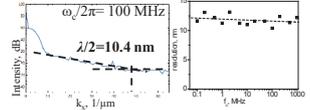


[Results]

Normalized out-of-plane $F_z^*(\omega_m t)$ A-MFM images

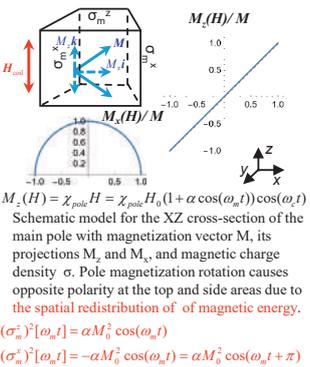


Power spectrum and spatial resolution



No difference in both spatial resolution (≈ 10 - 15 nm) and image quality is seen for all frequency range. The magnetic pole size is very close to its geometric dimension, because the lift mode imaging takes place near the surface.

Magnetic energy flow



[Theory: Magnetic detection for superparamagnetic tip]

Amplitude modulated cantilever angular oscillation frequency $F(\omega_m t)$ causes low frequency periodical force $F(\omega_m t)$. This force causes frequency modulation of cantilever oscillations near ω_m . The sidebands near oscillation frequency are further detected by lock-in.

$$H = H^x + H_0(1 + \alpha \cos(\omega_m t)) \cos(\omega t) = H^x + H_0 \left(\cos(\omega t) + \frac{\alpha}{2} \cos(\omega + \omega_m) + \frac{\alpha}{2} \cos(\omega - \omega_m) \right)$$

$$m = \chi H \Rightarrow F_z' = \frac{\partial F_z}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial U}{\partial z} \right) = \frac{\partial^2}{\partial z^2} (m \cdot H) = \chi \frac{\partial^2}{\partial z^2} (H \cdot H) = \chi \frac{\partial^2 H^2}{\partial z^2}$$

Magnetic energy 2nd derivative is imaged with SP tip

$$F_z'(dc) = \chi \frac{\partial^2 (H^x)^2}{\partial z^2} + \frac{1}{2} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} + \frac{\alpha^2}{4} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \rightarrow \text{conventional MFM detection}$$

$$F_z'(\omega_m t) = \alpha \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(\omega_m t) \rightarrow \text{A-MFM lock-in detection}$$

$$F_z'(2\omega_m t) = \frac{\alpha^2}{4} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(2\omega_m t) \rightarrow \text{A-MFM lock-in detection}$$

$\alpha < 1 \Rightarrow F_z'(\omega_m t) > F_z'(2\omega_m t) \Rightarrow F_z'(\omega_m t)$ is the most detectable signal

Possible perspectives of high frequency A-MFM:

- Studies of magnetic resonance phenomena using magnetic head as a source of high frequency.
- Spintronics, studies of spin-hall and spin torque nanooscillators.

[Conclusions]

- Magnetic energy of perpendicular magnetic recording (PMR) head has been imaged in the 0.1-1000 MHz frequency range using A-MFM with superparamagnetic tip and 89 Hz amplitude modulation.
- Both image quality and spatial resolution remained at the same level for all frequency range without deterioration.
- Magnetic pole size was close to the geometrical one, which indicated that the lift mode scan has been performed close to the surface.
- The sign of detected signal reflects the flow of magnetic energy.
- This method could be used for evaluation of modern magnetic heads with high sensitivity and resolution.

[M. Makarova, K. Suzuki, H. Kon, P. Dubey, H. Sonobe, T. Matsumura, H. Saito, Appl. Sci. 2023, 13, 4843]

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

(理工学研究科)

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、報告者は近年、自身で高品位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は、現行のものに比較して、桁違いの低消費電力・超大容量、を実現できる可能性がある。令和4度は、これまで注目してきた飽和磁化ではなく、垂直磁気異方性と磁気 Kerr 効果に着目し、それらが大きい材料の探索を行った。本結果は、立体映像表示を可能にする空間光変調素子において、本材料の新規適用により、電界駆動化による超低消費電力稼働化を実現させる可能性を示すものである。

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

強磁性・強誘電薄膜を用いた電界印加で駆動する超低消費電力かつ超高集積の磁気デバイスについては、JST 戦略創造研究推進事業さきがけ（H27-30年度）の採択を経て、科研費-基盤研究 B（R2-4年度）さらには JST-A-STEP-トライアウト（R2-3年度）の採択にも至っており、住友化学との連携（R5-7年度）も始まり、独自性のみならず有効性についても理解されている。

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、その改良特許として 3 件を別途、保有。）、電界印加書込み型の新規な磁気メモリ（特許第 6573374 号）、電界駆動型の空間光変調器（特許第 6741452,6741453 号）の実現に向け、反応性パルス DC スパッタリング成膜法を用いて高品位作製に成功してきた、比較的高い飽和磁化 (70 emu/cm^3)・これまで実現されていなかった垂直磁気異方性・大きな磁気 Kerr 回転角 (0.67°)、を有する強磁性・強誘電 $(\text{Bi,L a})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ 薄膜に対して、垂直磁気異方性および磁気 Kerr 回転角の増大をもたらす構成元素は Co であること、そして La も同時に含まれる必要があること、を見出した。

新技術の特徴

磁気特性も誘電特性も中途半端と思われていた強磁性・強誘電薄膜において、それぞれの磁気特性において優れた値を導出し得る置換元素を見出すことに成功した。本成果は、各磁気デバイスにおいて求められる機能性が異なる状況下において、それぞれに適する特性を有する強磁性・強誘電薄膜を供給できることを示唆する。

映像情報メディア学会 年次大会2022 企画2-1 8月25日 郡山オンライン 1/27




強磁性・強誘電薄膜を用いた 新規な電圧駆動型の 空間光変調器の基礎検討

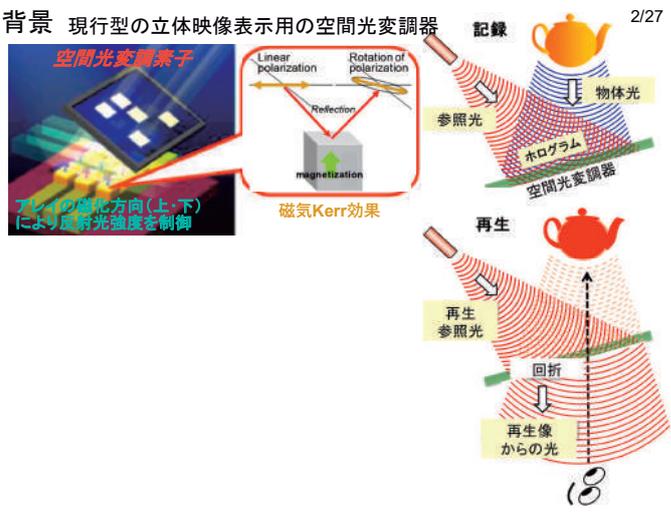
秋田大学 大学院理工学研究科
物質科学専攻 材料理工学コース

吉村 哲

(尾関拓海、鈴木陸、武田航太郎、山本大地、大下直哉、江川元太)



背景 現行型の立体映像表示用の空間光変調器 記録 2/27



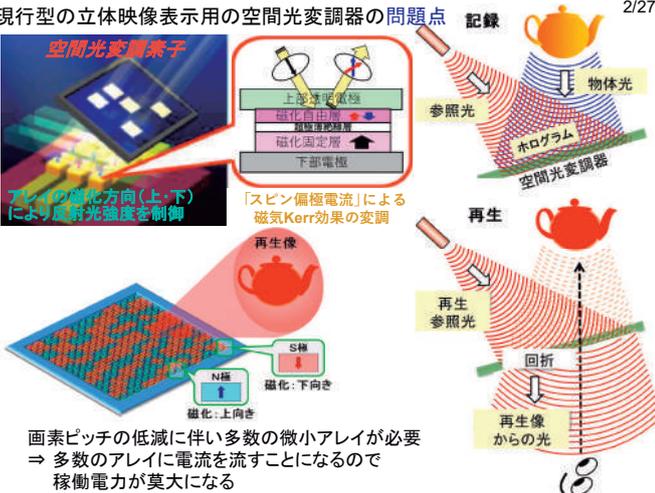
空間光変調素子
アレイの偏光方向(上・下)により反射光強度を制御

磁気Kerr効果

記録
物体光
参照光
ホログラム
空間光変調器

再生
再生参照光
回折
再生像からの光

現行型の立体映像表示用の空間光変調器の問題点 記録 2/27



空間光変調素子
アレイの偏光方向(上・下)により反射光強度を制御

再生像
再生参照光
回折
再生像からの光

画素ピッチの低減に伴い多数の微小アレイが必要
⇒ 多数のアレイに電流を流すことになるので
稼働電力が莫大になる

新材料・新機能 強磁性・強誘電材料とその電圧印加磁化反転 3/27

$(\text{Bi,A})(\text{Fe,B})\text{O}_3$ 菱面晶 A^{B} 構造

- 室温で強誘電性を示す ($T_c = 850^\circ\text{C}$)
- $[111]$ に自発分極を持つ ($P_s = 100 \mu\text{C}/\text{cm}^2$)
- BiやFeの特定元素置換で室温強磁性を示す

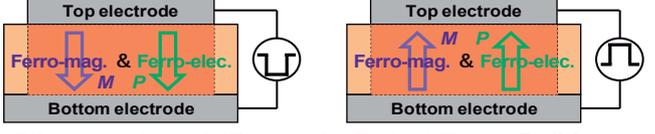
反強磁性 ↑ ↓
強磁性(フェリ) ↑ ↓

電荷 +
Bi³⁺, Ba²⁺, La³⁺
O²⁻
Fe³⁺, Mn²⁺, Co²⁺

磁気特性
誘電特性

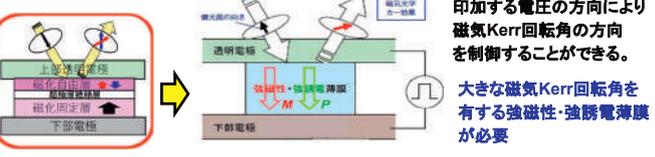
D. H. Wang, et al., Appl. Phys. Lett., 88, 212907 (2006)

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
- 記録素子構造が単純 ≪ 低製造コスト
- 貴金属を使わない ≪ 低製造コスト

適用例 電圧駆動型の新しい空間光変調素子の提案 4/27



印加する電圧の方向により磁気Kerr回転角の方向を制御することができる。

大きな磁気Kerr回転角を有する強磁性・強誘電薄膜が必要

強磁性・強誘電薄膜を用いた電圧駆動型光変調素子
特許第6741452号 (R2.7.29)



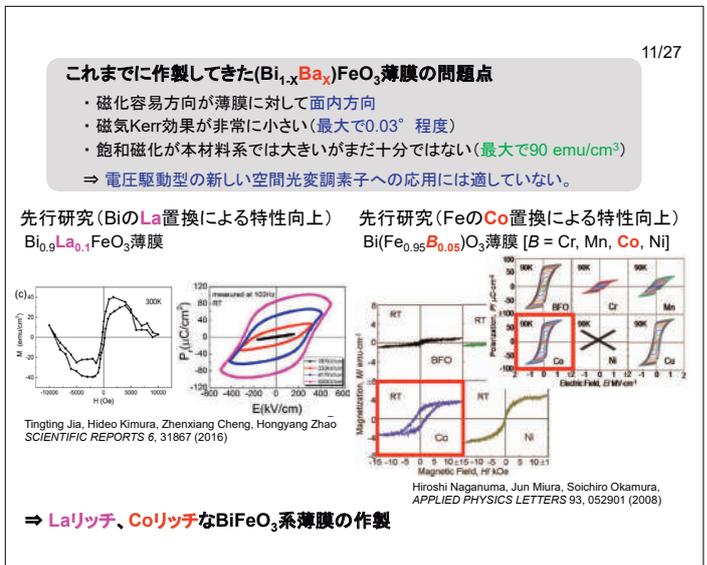
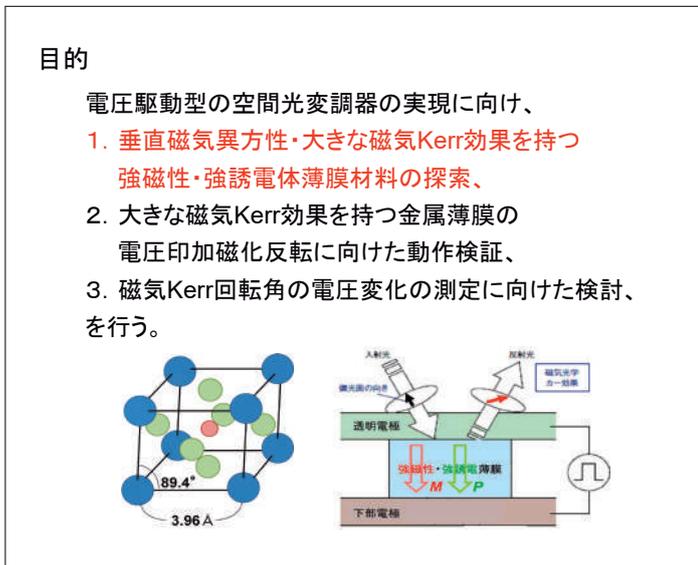
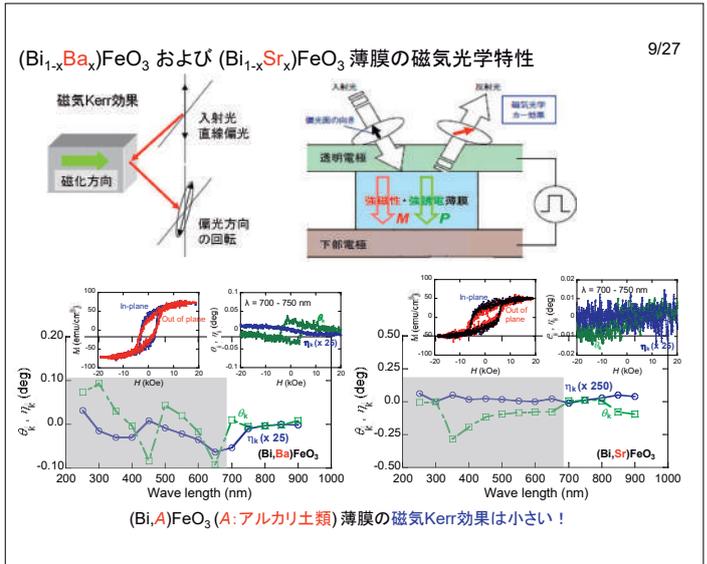
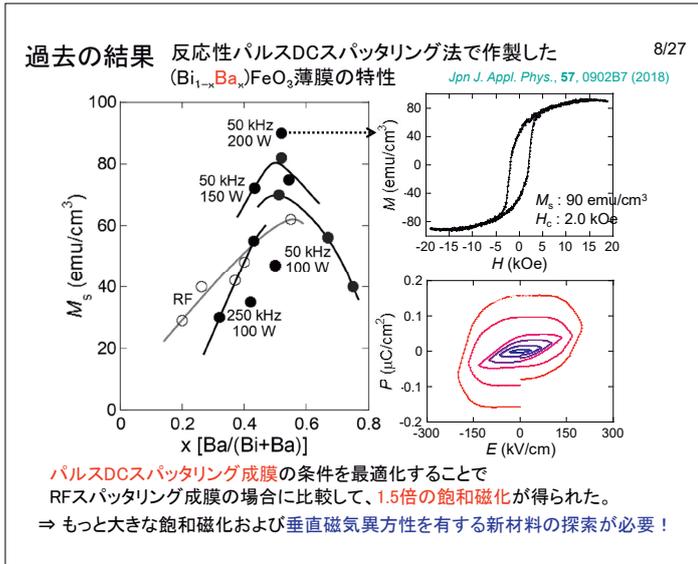
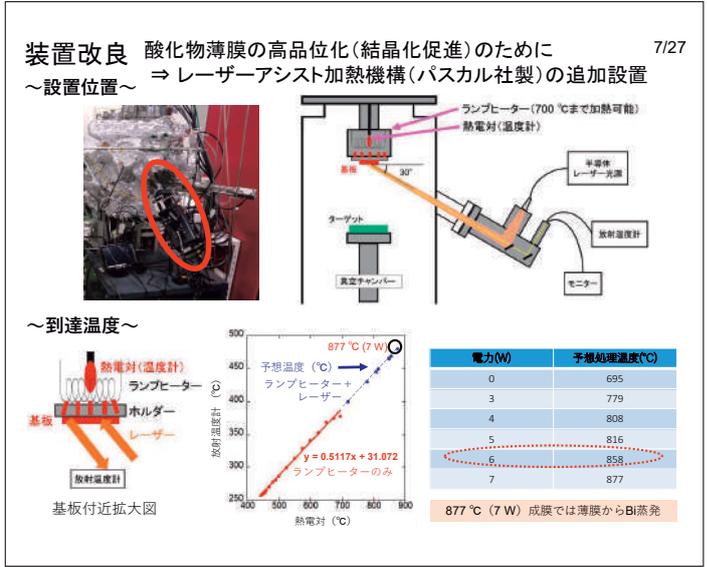
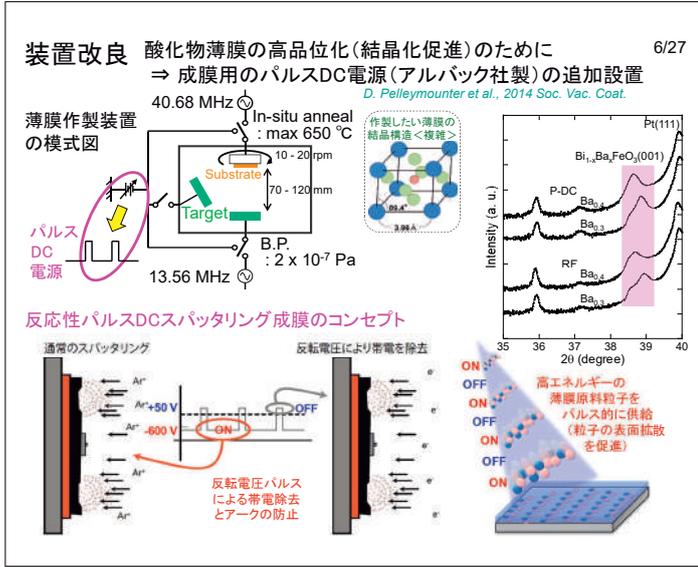
実験装置 超高真空対応スパッタリングシステム (秋田大学 地方創生センター2号館(共通機器登録)) 5/27

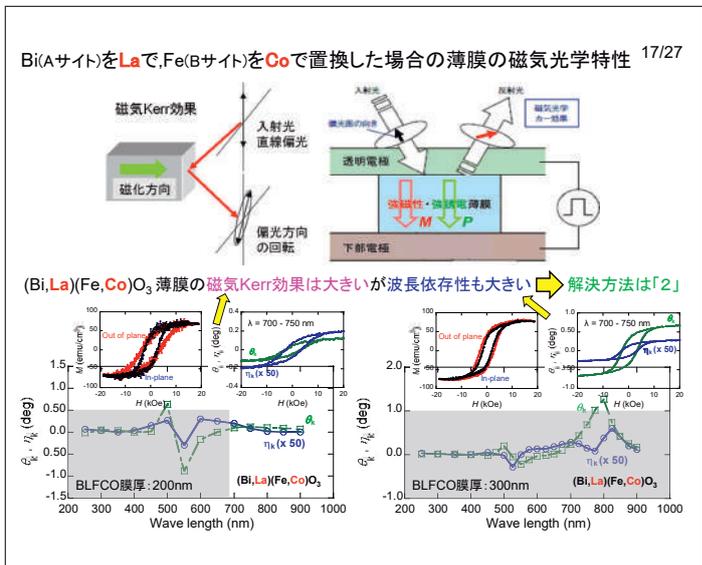
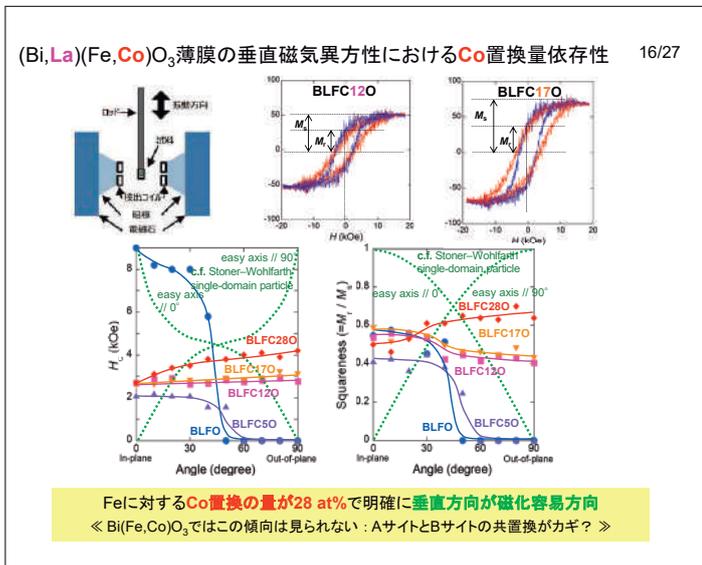
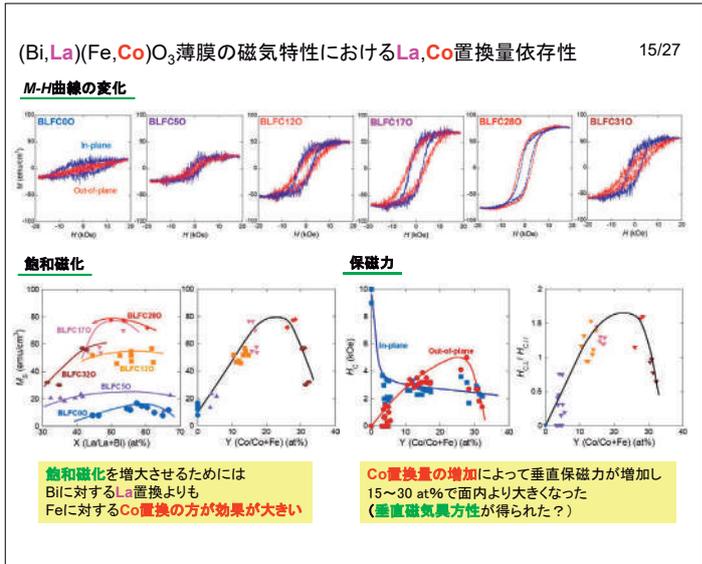
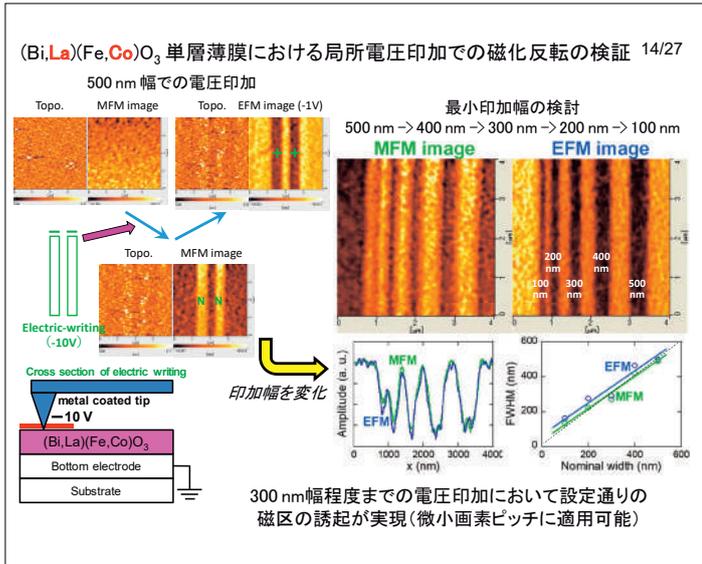
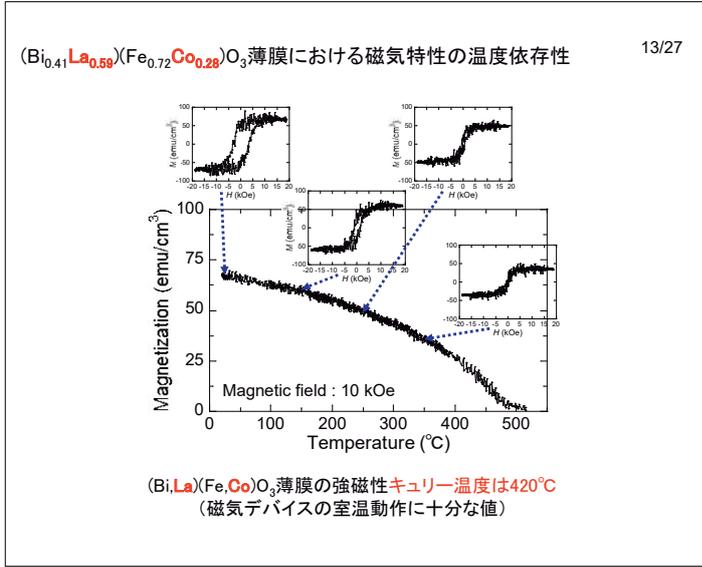
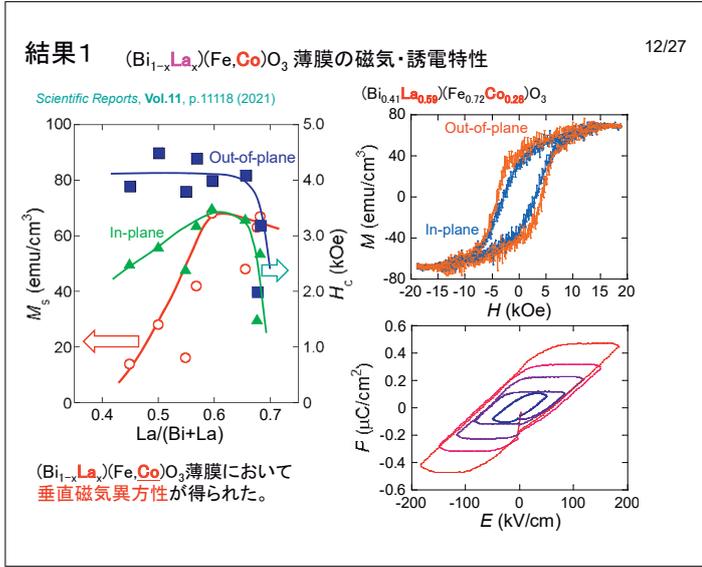


40.68 MHz
Max 700°C
120 mm
40.68 MHz
Substrate
Plasma
Sputtered atom
Ar⁺, O⁺, N⁺
13.56 MHz
Target
13.56 MHz

スパッタリングターゲット
ターゲットホジジョング回転機構
スパッタリングカソード

- 到達真空度: 2×10^{-7} Pa 以下
- 最高基板温度: 700 °C (ランプ加熱)
- VHF電源: 1基, RF電源1基, DC電源: 1基
- スパッタリングターゲット: 11枚収納
- 2元同時スパッタリングが可能
- Ar, N₂, O₂ガス中の不純物レベル: 10 ppb 以下
- Ti getter-ホップ内蔵

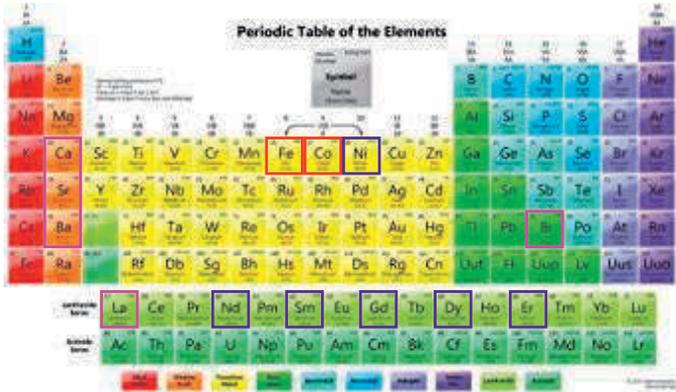




結果1C これまで検討してきた置換元素

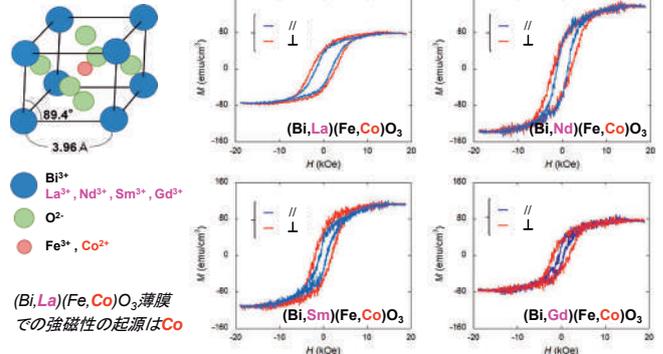
18/27

これまでの、(Bi,Ba)FeO₃, (Bi,Ba)(Fe,Co)O₃, (Bi,La)FeO₃, (Bi,La)(Fe,Co)O₃の薄膜の結果から、良好な磁気特性(垂直磁気異方性・大きな磁気Kerr効果・大きな飽和磁化)が得られる傾向として、AサイトとBサイトの共置換を行いながら、かつAサイトの置換元素としてLaがより有効である。



Bi(Aサイト)をランタノイドで置換した場合の薄膜の磁気特性(飽和磁化) 19/27

(Bi_{0.5}L_{0.5})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ films (L=La, Nd, Sm, Gd) <L=40~60at%>

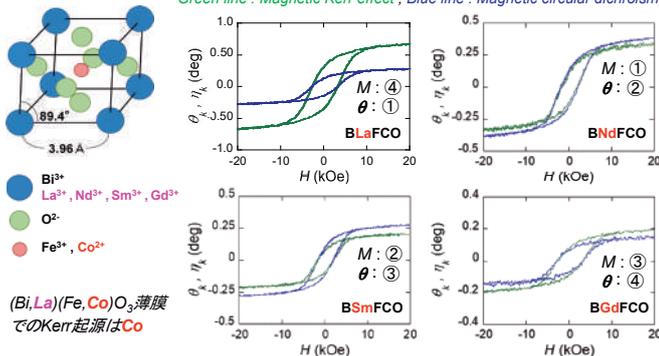


強磁性の発現起源のCoの磁性にランタノイド元素が影響を及ぼしている？
 <放射光でCoの磁性の解析を予定(磁気特性改善のための指針を得る)>

Bi(Aサイト)をランタノイドで置換した場合の薄膜の磁気特性(Kerr効果) 20/27

(Bi_{0.5}L_{0.5})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O₃ films (L=La, Nd, Sm, Gd) <L=40~60at%>

Green line : Magnetic Kerr effect, Blue line : Magnetic circular dichroism

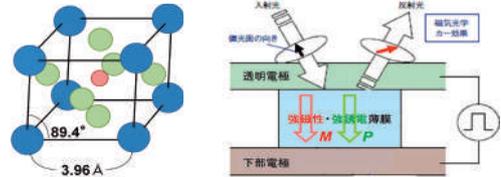


磁気Kerr効果の大きさと飽和磁化の大きさは比例しない(それぞれの起源は別?)
 (Bi,L)(Fe,Co)O₃薄膜の磁気Kerr効果は大きいけど波長依存性も大きい → 解決方法は「2」

目的

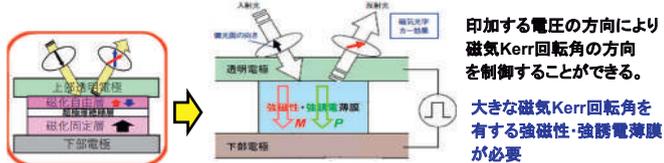
電圧駆動型の空間光変調器の実現に向け、

1. 垂直磁気異方性・大きな磁気Kerr効果を持つ強磁性・強誘電体薄膜材料の探索、
2. 大きな磁気Kerr効果を持つ金属薄膜の電圧印加磁化反転に向けた動作検証、
3. 磁気Kerr回転角の電圧変化の測定に向けた検証、を行う。



適用例2 電圧駆動型の新しい空間光変調素子の提案

21/27



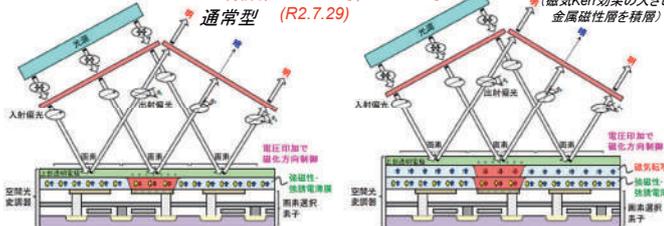
強磁性・強誘電体薄膜を用いた電圧駆動型光変調素子

特許第6741452号,6741453号

(R2.7.29)

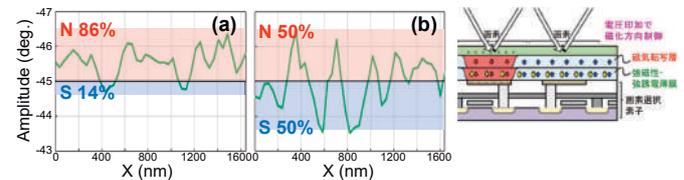
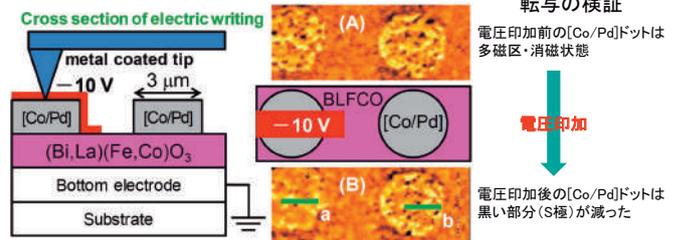
磁気転写型

(磁気Kerr効果の大きい金属磁性層を積層)



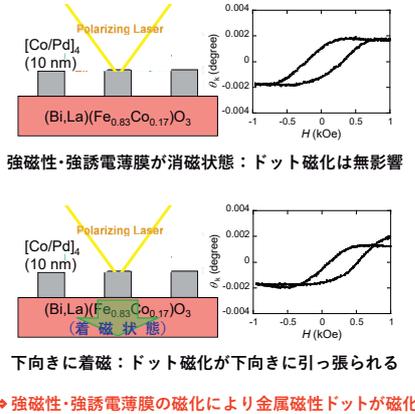
結果2 (Bi,La)(Fe,Co)O₃ / [Co/Pd]₄ 積層膜における電圧印加磁気転写の検証

22/27



下向きに磁化していた部分の75%程度が上向きに反転(電圧印加磁気転写)

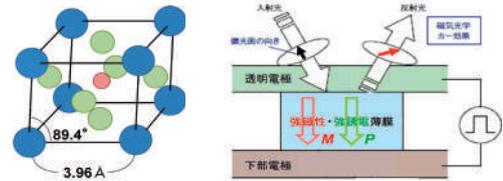
(Bi,La)(Fe,Co)O₃ / [Co/Pd]₄ 積層膜における
磁気Kerr効果測定による磁気転写の実証実験 23/27



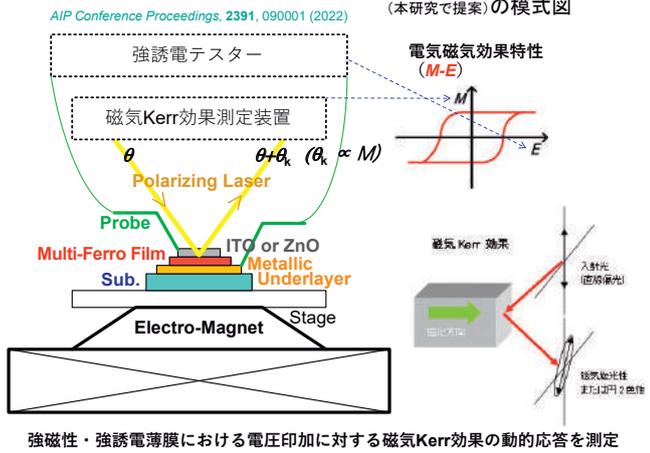
目的

電圧駆動型の空間光変調器の実現に向け、

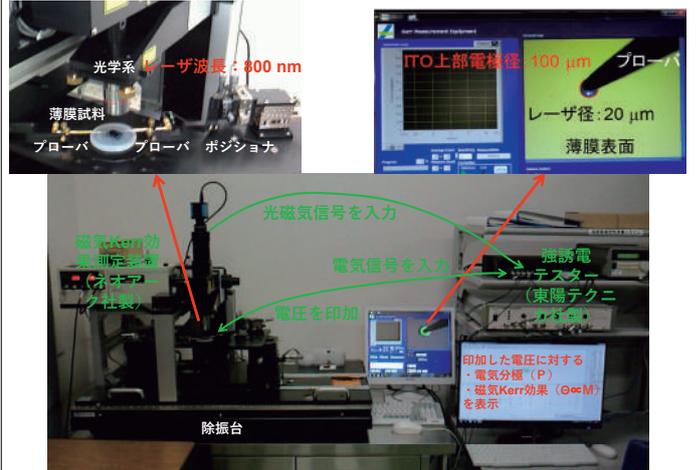
1. 垂直磁気異方性・大きな磁気Kerr効果を持つ強磁性・強誘電体薄膜材料の探索、
2. 大きな磁気Kerr効果を持つ金属薄膜の電圧印加磁化反転に向けた動作検証、
3. 磁気Kerr回転角の電圧変化の測定に向けた検討、を行う。



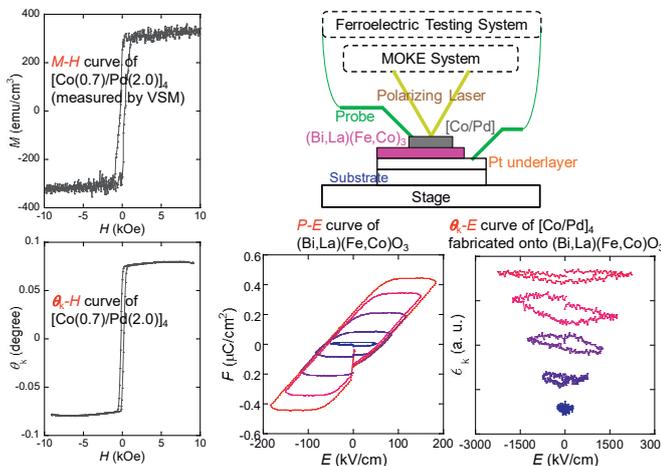
検討3 「磁気Kerr回転角の電圧変化」を測定する装置 24/27



現在開発・構築中の『「磁気Kerr回転角の電圧変化」を測定する装置』 25/27



現在開発・構築中の『「磁気Kerr回転角の電圧変化」を測定する装置』 26/27



まとめ 27/27

- 電圧駆動(超低消費電力)型の立体映像表示用の空間光変調素子新規に提案した。
- 本素子の実現に向け、BiFeO₃系強磁性・強誘電薄膜に着目し、
 - ・ 新しい反応性パルスDCスパッタリングでの高品位な薄膜の作製した。
 - ・ Biに対してLaで、Feに対してCoで、置換した(Bi,La)(Fe,Co)O₃薄膜において、30 at%までのCo置換で垂直磁気異方性・磁気Kerr効果・飽和磁化が増大した。(磁気Kerr効果については、大きな波長依存性が確認された。)
 - ・ Biに対する置換元素について、各種ランタノイドを用いた場合、垂直磁気異方性・磁気Kerr効果・飽和磁化が変化した。
- 垂直磁気異方性・磁気Kerr効果・飽和磁化の更なる増大のための材料指針を得るため、放射光で共置換された各種ランタノイドに対するCoの磁性(大きさ・方向など)を解析する。
- 大きな磁気Kerr効果を持つ金属薄膜の電圧印加磁化反転に向け、強磁性・強誘電/強磁性-積層膜にて電圧印加磁気転写に成功した。
- 磁気Kerr回転角の電圧変化を測定する装置の開発・構築を行っている。

謝辞 磁気Kerr効果の測定は、秋田県産業技術センターの山根治起様へ、多大なご協力を頂きました。本研究は、さきがけ、A-STEP、科研費、マツダ財団、放送文化基金、などの支援で行われました。

新規ハイドロキシアパタイト系触媒材料の創製

齊藤寛治・小笠原正剛・加藤純雄・進藤隆世志

(理工学研究科)

saitok@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本プロジェクトでは、TiO₂ 光触媒の活性を向上させる担体として有用なハイドロキシアパタイト (Hap) の形態が、TiO₂ 光触媒の水中での6価Cr還元能におよぼす影響を検討した。より微細なHapの利用はTiO₂の光触媒活性向上に有効であることが明らかとなった。これは粒子サイズの小さなHapほど表面PO₄³⁻が多くプロトン吸着により表面電位が正となりやすいため、負に帯電したTiO₂表面とより強く静電的に相互作用したことに起因すると考えられた。

キーワード：6価Cr、低毒化、光触媒、ハイドロキシアパタイト

独自性・実用性：

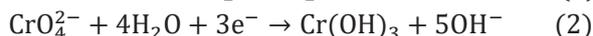
本グループでは環境浄化へ応用可能な不均一系光触媒の開発をこれまで継続的に行っており、関連する成果としては以下のものがある。

【論文】

“Multiple incorporation of copper and iron ions into the channel of hydroxyapatite”, Saito, K., Kagawa, S., Ogasawara M. and Kato, S. *Journal of Solid State Chemistry*, **317**, 123673 (2023).

【緒言】

工業排水に含まれる金属イオンの中でもCr(VI)は発がん性や変異原性が指摘されていることからとりわけ問題視されている¹⁾。水中のCr(VI)を低毒化、あるいは回収するアプローチの中でも半導体光触媒による光還元はコストの低さや太陽光エネルギーを利用できる点で有用である²⁾。式(1)および(2)に示すように、半導体光触媒のバンドギャップよりも大きなエネルギーを有する光が照射されると励起した正孔により水が酸化されO₂が生成する一方、電子によりCr(VI)が還元される³⁾。



この際Cr(VI)の還元により生成するCr(III)はCr(OH)₃として半導体光触媒の表面に析出する場合があります(図1)、金属酸化物上に析出したCr種は触媒としても利用できることから、半導体光触媒表面上でのCr(VI)の光還元は水中からのCr(VI)の回収だけではなく複合触媒の設計にも有用である。

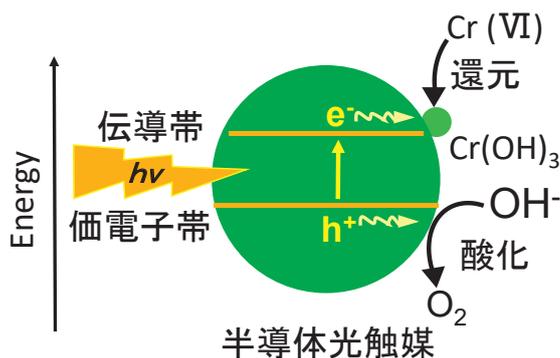


図1. 半導体光触媒による Cr(VI)還元反応の機構のスキーム

半導体光触媒の中でも TiO_2 ナノ粒子はコストや活性の観点から最も汎用的に用いられている光触媒材料であるが、水中での高い分散性による反応後の分離回収の困難さが課題として挙げられる。我々はこれまで、骨や歯の主成分として知られるハイドロキシアパタイト (Hap) 粒子が TiO_2 ナノ粒子と水中で凝集し TiO_2 ナノ粒子の沈降を促進させるだけでなく、 TiO_2 ナノ粒子の光触媒活性を向上させる添加剤として有用であることを見出している。この機構として TiO_2 および Hap の間の静電的相互作用による界面形成と TiO_2 からハイドロキシアパタイトへの電子移動による励起電子と正孔の電荷再結合の抑制が考えられた。本プロジェクトでは、粒子間電子移動促進による電荷再結合の抑制と Cr(VI)還元反応の効率化を企図し、 Na_2CrO_4 水溶液中で負に帯電した TiO_2 表面と静電的に相互作用するハイドロキシアパタイトの結晶面を増大させる観点から、表面 PO_4^{3-} が多くプロトン吸着により表面電位が正となりやすい粒子径の小さなハイドロキシアパタイト⁴⁾の使用を検討した。

【実験】

サイズの異なる Hap は沈殿法により合成した。これまでに我々が添加効果を認めている Hap の合成法⁵⁾に従って調製した試料を Hap-a、より粒子サイズの小さなものが得られると期待される手法⁴⁾で調製した試料を Hap-b と称する。25 ppm Na_2CrO_4 水溶液に TiO_2 (P25) および異なる Hap を加えマグネチックスターラーで攪拌しながら高圧 Hg ランプで光を照射した。分散液を経時的に分取し遠心分離により固体を水溶液から取り除いた後上澄み液の波長 370nm の吸光度を測定し、初期 Cr(VI)水溶液濃度 C_0 および光照射後の Cr(VI)水溶液濃度 C を見積もった。Cr(VI)残存度を C/C_0 と定義した。Hap の平均粒子径は透過型電子顕微鏡 (TEM) 像を元に見積もった。各試料のゼータ電位は動的光散乱法で決定した。

【結果と考察】

図2に Hap-a および Hap-b の TEM 像を示す。TEM 像を元に算出した各試料の平均粒子サイズはそれぞれ 37.2 および 21.7 nm であり、既報の通り粒子サイズの異なる Hap の生成が確認できた。図3に P25 および Hap を含む Na_2CrO_4 水溶液の様子の経時変化を示す。いずれの場合も静置後 30 min 以内に粒子のほとんどが沈降した様子が確認された。また上澄み液のチンダル現象は Hap-b よりも Hap-a の場合に顕著に見られたことから、Hap-a の場合の方が静置 30 min 後の上澄み液に多くの粒子が含まれることが示唆された。これは粒子 Hap-b と P25 との間のより大きな静電的相互作用に基づく効率的な凝集を示唆する。P25 および異なる Hap を含む Na_2CrO_4 水溶液の pH は 7 であった。この pH における Hap-a および Hap-b のゼータ電位はそれぞれ -25.1 および -0.20 mV であったことから、Hap-b は正に帯電した結晶面を Hap-a よりも多く有することが示唆された。pH7 における P25 のゼータ電位が -10.0 mV であったことを踏まえると、Hap-b の場合に見られた効率的な粒子の沈降は正に帯電した結晶面を多く有する Hap-b と P25 の静電的相互作用によるものと考えられる。

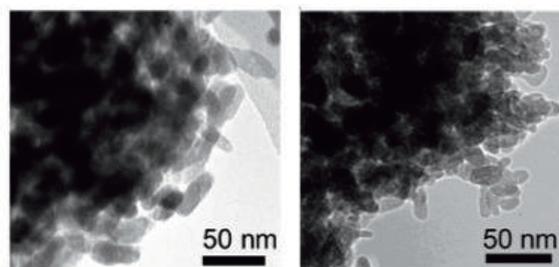


図2. Hap-a(左)および Hap-b(右)の TEM 像

P25 および異なる Hap を含む Na_2CrO_4 水溶液の Cr(VI) 残存度の経時変化を図4に示す。光照射3h後のCr(VI)残存度はHap-aおよびHap-bを用いた場合でそれぞれ0.10 および0.02 と、Hap-bを用いた場合の方が効率的にCr(VI)が還元されたことが示唆された。上述のようにHap-aよりもHap-bの方がP25と静電的に相互作用する結晶面を多く有するために、Hap-bとP25の間でより効率的に粒子間電子移動が起きたことが、P25における電荷再結合の抑制と光触媒活性向上に有効であったと考えられる。本研究で達成されたCr(VI)還元反応に対する TiO_2 の光触媒活性は、これまでに貴金属担持や酸によるpH調整を利用して TiO_2 の光触媒活性を制御した先行研究に匹敵する。本研究において、低コストかつ環境負荷の小さな hidroキシアパタイトを添加するだけでCr(VI)の還元反応に対する TiO_2 の光触媒が著しく向上した点は特筆に値する。

【参考文献】

- 1) R. Djellabi, F. M. Ghorab, S. Nouacer, A. Smara, O. Khireddine, *Mater. Lett.*, **176**, 106 (2016).
- 2) J. B. Islam, M. Furukawa, I. Tateishi, H. Katsumata, S. Kaneco, *Chem. Eng.*, **3**, 33 (2019).
- 3) W.-Y. Lin, C. Wei, K. Rajeshwar, *J. Electrochem. Soc.*, **140**, 2477 (1993).
- 4) Y. Cai, Y. Liu, W. Yan, Q. Hu, J. Tao, M. Zhang, Z. Shi, R. Tang, *J. Mater. Chem.*, **17**, 3780 (2007).
- 5) S. Kato, S. Ikeda, K. Saito, M. Ogasawara, *J Solid State Chem.*, **265**, 411 (2018).

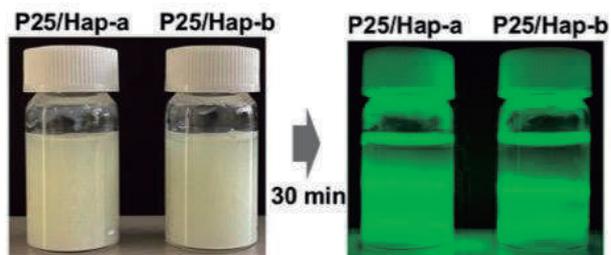


図3. P25 および異なる Hap を含む Na_2CrO_4 水溶液の様子;超音波照射により試料を分散した直後(左)および静置30min後(右)

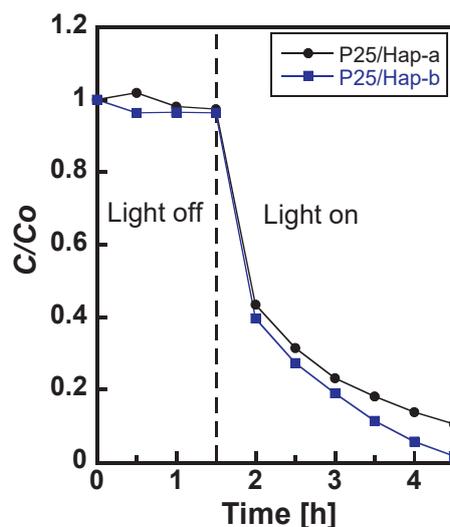


図4. P25 および異なる Hap を含む Na_2CrO_4 水溶液中での Cr(VI) 残存度の経時変化

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

(理工学研究科)

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、接着強度が低い場合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。

緒言

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った問題もある。

著者らは、CVD法の一つであり、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、ダイヤモンド皮膜を合成した後、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に皮膜の表面温度を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ってきた。その結果、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。また、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注目した。この際、ダイヤモンド粒子の粒径を先行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てきた。ここで、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を含んだペーストの量に新たに着目した。よって、本研究では、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくして基板表面への種付け処理を行う際、ダイヤモンドペーストの量を先行研究で用いてきた量より多くし、さらに、前処理として化学処理の時間を変えて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た。この際、これらの条件が、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 100×100×55 mm³ 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ー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。

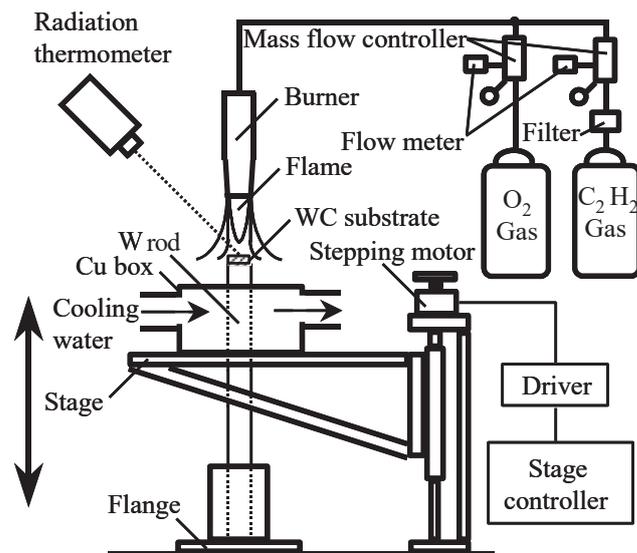


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

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。ここで、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	$C_2H_2 + O_2$
Film surface temperature	1223~1273 [K]
Pressure	10^5 [Pa]
C_2H_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

また、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 $K_3[Fe(CN)_6]$: 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、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 H_2SO_4 : 3 ml, 過酸化水素 H_2O_2 : 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 1, 3, 5 min, 酸溶液による処理を 10 sec として前処理を行った基板上に合成を行った。この際、Murakami 溶液による処理を 1 min としたものを Case A, Murakami 溶液による処理を 3 min としたものを Case B, Murakami 溶液による処理を 5 min としたものを Case C 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	1 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]
Case B	3 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]
Case C	5 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]

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、先行研究において、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、ダイヤモンド粒子を含んだペーストの量を過去の研究で用いてきた 0.10 g より多い 0.15g としたペーストを、 20 cm^3 のアセトンにペーストを溶かした懸濁液 0.0075 g/cm^3 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。

合成において、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⁾。

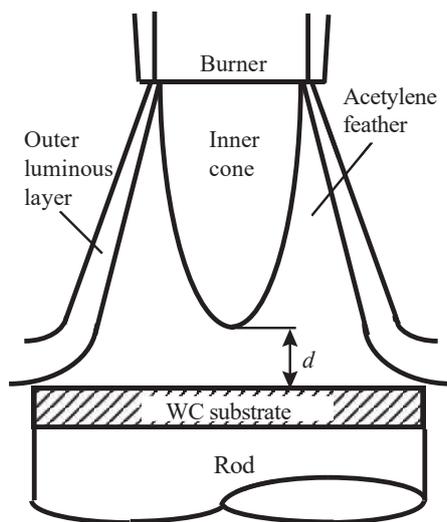


Fig. 2 Distances of the flame inner cone from WC substrate.

Table 3 Conditions of the two-step synthesis method for the WC substrate surface.

	Film surface temperature	Inner cone-to-substrate distances : d
1st. step:1200 [sec]	1273 [K]	7.5 [mm]
2nd. step:1200 [sec]	1223 [K]	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。ここで、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくし、また、ダイヤモンドペーストの量を先行研究で用いてきた量より多くし、表2の条件により前処理として化学処理の時間を変え基板表面の状態を変化させた 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。この際、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくし、また、ダイヤモンドペーストの量を多くし、化学処理時間を変化させることで、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, C 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いない状態である。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 A において、合成した試料の全体の 67% ではく離が発生しておらず、全体の 33% で半はく離が発生している状態であった。また、Case B, C においては、はく離が発生していない状態であった。このことから、本実験条件においては、Case B, C において、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った。ここで、Case C 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、前処理を各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 $1.88 \mu\text{m}$ 、Case B で合成された皮膜表面の R_a は $2.10 \mu\text{m}$ 、Case C で合成された皮膜表面の R_a は $2.23 \mu\text{m}$ となり、Case A の合成皮膜の表面の R_a が Case B, C の合成皮膜の R_a より小さくなることがわかった。また、 20 cm^3 のアセトンにダイヤモンド粒子を含んだペーストの量を先行研究で用いてきた 0.10 g としたペーストを溶かした懸濁液 0.0050 g/cm^3 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際の本研究と同じ条件での Case A' で合成された皮膜表面の R_a は $1.25 \mu\text{m}$ 、Case B' で合成された皮膜表面の R_a は $1.71 \mu\text{m}$ 、Case C' で合成された皮膜表面の R_a は $2.14 \mu\text{m}$ であり、ダイヤモンドペースト量を多くした方が合成皮膜の表面の R_a が大きくなることがわかった。

Table 4 Results of delamination of the synthesized films in Case A, B and C.

	Case A	Case B	Case C
Non delamination	66.7 %	100.0 %	100.0 %
Half delamination	33.3 %	0.0 %	0.0 %
Delamination	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Abnormal growth	0.0 %	0.0 %	0.0 %

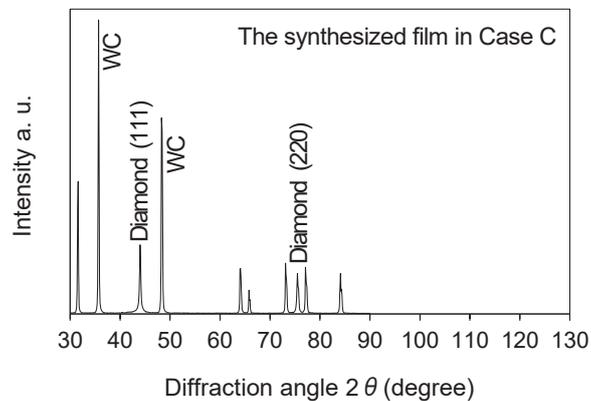


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case C.

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小さくし、ダイヤモンドペーストの量を先行研究で用いてきた量より多くし、前処理として化学処理の時間を変え基板表面の形態を変化させた基板の上にダイヤモンド合成を行った結果、合成ダイヤモンド皮膜の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.

リチウムイオン電池用正極活物質と 導電性カーボンの複合化

大川 浩一

加藤 貴宏

(理工学研究科)

okawa@mine.akita-u.ac.jp

概要：リチウムイオン電池用正極材料 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (マグヘマイト)は、鉄が主構成元素であるため、資源面、コスト面で優れており、定置型蓄電池への利用が期待できる。しかしながら、マグヘマイトの一次粒子径がマイクロメートルオーダー以上では、放電の過程でスピネル構造から、不可逆的な相転移を引き起こすため、繰り返し充放電を行うことが出来ない。本研究では、アルカリ溶液を用いる方法で簡易に多孔質酸化鉄が得られること、また、その電池特性が優れていること、さらには、超音波により二次粒子径が小さくなることを明らかにした。また、二次粒子径が小さくなることでその充放電容量は改善することがわかった。導電助剤との複合化も検討しているが、本稿ではそれら結果については割愛する。

キーワード：マグヘマイト、超音波、ナノ粒子、リチウムイオン電池

独自性・実用性：

新規合成反応場を利用して、リチウムイオン活物質の合成および表面改質の研究をおこなっています。合成反応場の一つとして、超音波に注目をしています。超音波による微小気泡由来の反応場は、化学作用と物理作用を提供しますが、それを選択的に利用できれば、材料合成時の酸化還元反応の促進や得られる物質の粒径制御などが可能になります。このような反応場を制御した材料合成を検討しています。

鉄系活物質は、定置型蓄電池用の材料として、資源面とコスト面で魅力的であり、高性能な電池特性を示す形状での合成が期待されています。このような新規反応場および表面改質技術で鉄系正極材料の高性能化に貢献したいと思っています。

本研究に関する論文

1. Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, and K. Sugawara, Synthesis of porous $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ from scorodite synthesized using ultrasound irradiation and evaluation of its battery performance, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 61, (2022) SG1056-1-8.
2. Y. Tanaka, H. Okawa, T. Kato and K. Sugawara: Effects of ultrasound irradiation on Au nanoparticles deposition on carbon-coated $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ and its performance as a cathode material for Li ion batteries, *Ultrasonics Sonochemistry*, **82**, 105879-1-9 (2022)

<緒言>

リチウムイオン電池用正極活物質の1つであるマグヘマイト($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)は、その組成から資源面、コスト面で有利であることに加え、336mAh/gと比較的高い理論容量を有していることから、魅力的である。しかしながら、粒子が μm 以上のサイズでは、放電時にスピネル構造から岩塩構造へと不可逆的な相転移を引き起こすため、二次電池として利用することが出来ない¹。一方、ナノ粒子とすることで、放電時の結晶構造の相転移が抑制されることが報告されている。従って、電池材料としてマグヘマイトを利用するためには粒子を数〜数十nmのサイズで得る必要がある²。近年、ストレンジャイト($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)をアルカリ処理することで、溶解・析出反応を利用してマグヘマイトをナノ粒子として簡易に得る方法が報告された³。この合成方法では、元の粒子の外形を維持した、微粒子からなる多孔質マグヘマイトが得られる。本研究ではこの方法によってマグヘマイトナノ粒子の合成を行った。マグヘマイトを電池材料として利用する課題として、電子伝導性が低いことが挙げられる。この解決策として、一次粒子が凝集した二次粒子を小さくすることが挙げられる。これは電子伝導性の低いマグヘマイトバルク内の電子移動距離を短くするアプローチである。二次粒子径を小さくするための方法として、超音波の利用を考えた。本研究ではマグヘマイトナノ粒子を合成し、リチウムイオン電池用正極材料として評価するとともに、その電池特性を改善するために、合成したマグヘマイト試料を水溶液中で超音波照射することで、二次粒子を小さくすることが出来るか検討を行った。

<実験>

マグヘマイトナノ粒子は、リン酸鉄を水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液に添加後、10分静置することで得た。また、得られたマグヘマイトをイオン交換水に添加し、スターラーで攪拌(1000rpm, 5分)後、超音波を2時間照射した後に5日間静置し、さらに6.5時間照射した。超音波照射は超音波バス(38kHz, 180W, KAIJICA-34800)を用いて行った。

<結果と考察>

リン酸鉄をアルカリ溶液に添加し、10分静置した試料は、粉末X線回折測定からマグヘマイトと同定した。Fig. 1にイオン交換水にマグヘマイト粉末を添加し、2時間超音波を照射した試料と、比較として超音波の代わりにスターラー(1000rpm)にて2時間攪拌した試料、および、静置5日後の様子を示す。超音波を照射した試料の方が、分散した状態が保たれている様子が観察された。このことから超音波により、マグヘマイト二次粒子が細かくなったことが示唆された。次に、電池特性を評価するために、各処理により得られた試料を導電助剤、結着剤と混合してスラリーとし、アルミ箔に塗工後、乾燥させ正極を作製した。対極にリチウム金属を用いて電池セルを組み立て、電圧範囲1.5~4.0Vで、0.5Cの定電流で充放電試験を実施した。各試料の2サイクル目の充放電曲線をFig. 2に示す。静置条件で合成した試料の放電容量は135mAh/g、イオン交換水にマグヘマイト粉末を添加し、超音波照射を計8.5時間行った試料の放電容量は146mAh/gであり、超音波を照射した試料の方が高い放電容量を示した。これらの結果から、超音波を照射したことで、マグヘマイトの二次粒子が微細化し、マグヘマイトバルク内の電子移動距離が短くなり、電池特性が改善したと考えられる。

References

- (1) Pemet M. et al., Solid State Ion, **66**, 259–265 (1993)
- (2) S. Kanzaki et al., J. Power Sources **146**, 323–326 (2005)
- (3) K. Shinoda et al., Materials Transactions, **64**, 307–317 (2023)

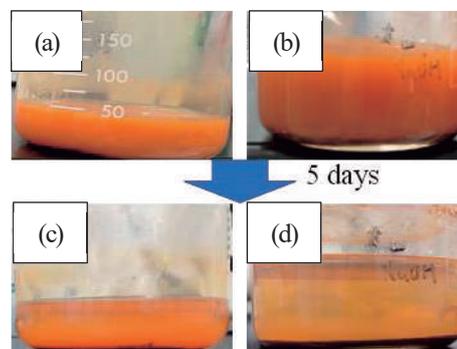


Fig. 1 Appearance of $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dispersed solution using ultrasound irradiation for 2 h (a) followed by standing for 5 days (c), and the solution using stirring for 2 h (b) followed by standing for 5 days (d)

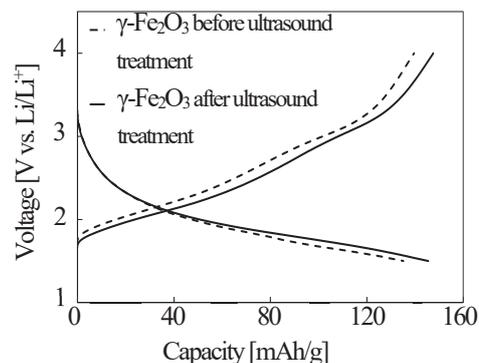


Fig. 2 2nd charge-discharge curves of $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ sample before and after ultrasound irradiation

この原稿は第31回ソノケミストリー討論会予稿原稿
太田光希, 大川浩一, 加藤貴宏, 「超音波を用いたマグヘマイトの微細化の検討および電池特性評価」を編集したものです。

生物活性機序解明を目指した特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成研究

藤原 憲 秀

(理工学研究科)

fjwkn@gipc.akita-u.ac.jp

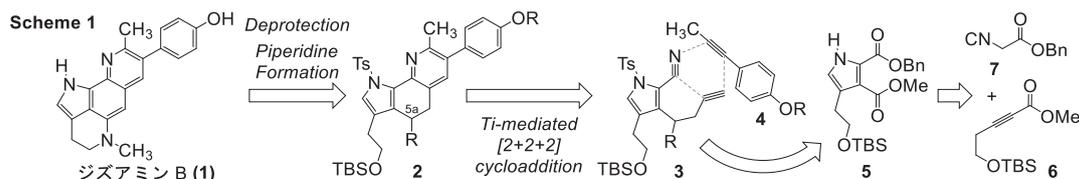
概要：疾患の治療に効果が期待される特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成を検討し、研究途上で生じる様々な合成中間体を利用して構造活性相関を調査する目的で研究を展開した。令和4年度はトロポロン天然物ルブロロン A とインドール天然物ジズアミン B およびポリフェノール天然物プルノリド C の全合成を検討した。

独自性・実用性：

ルブロロン A では、トロポロンを含む中央骨格の構築法として、インデニルアニオンを利用したカップリングと閉環オレフィンメタセシスをタンデムに配した新たな合成経路を開発した。ジズアミン B では、[2+2+2]型環化反応を駆使したピリジン環を含む多環系の簡便合成を特徴とする。プルノリド C では、込み合いの大きい中央のジスピロアセタール構造の構築を特徴とする。

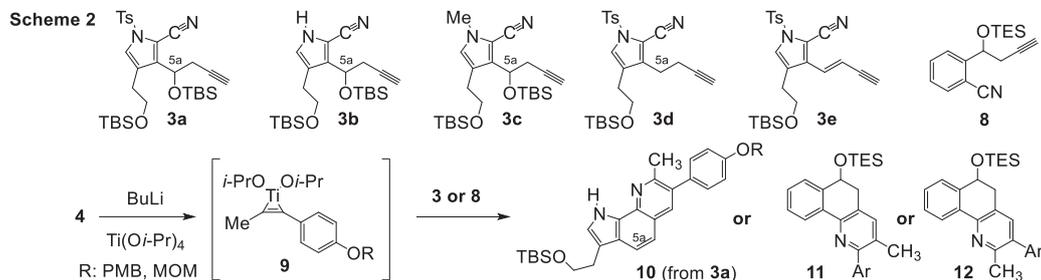
ジズアミン B の全合成研究

ジズアミン B (1) (Scheme 1) は、海綿 *Zyzzya fuliginosa* 由来の緑色のアルカロイドであり、1,3,4,5-テトラヒドロピロロ[2,3-g]ピロロ[4,3,2-de]キノリン骨格に 4-ヒドロキシフェニル基が置換した長い共役構造を特徴とする¹。当研究室では、1 の特異な構造と緑色の発色に興味を持ち、生物毒性の低い生物プローブ色素としての利用開発を目的に合成研究を開始した。1 の全合成においては、中央のピリジン環を[2+2+2]型環化付加反応で収束的に形成する方針で合成経路を設計した (Scheme 1)。即ち、6 と 7 を環化させて 5 を得た後²、アセチレンとシアノ基を持つピロール誘導体 3 に誘導し、低原子価チタンを用いて 3 とアリールアセチレン 4 を [2+2+2]型で環化付加させて³、ピロロキノリン 2 を構築する。最後にピペリジン環を導入して 1 の合成を完了する。



これまでに、Six の方法³で 4 と 3a の環化付加を検討し、5a 位の置換基と Ts 基が脱離した環化付加体 10 が生じる知見を得ているが、低収率と低再現性が課題となった⁴。今回、基質 3b-3e およびモデル化合物 8 を用いて環化付加を検討し、環化のための基質の要件を探索した (Scheme 2)。その結果、Ts 基が存在

するとニトリルと Ti 錯体 **9** が反応した段階で反応が停止する傾向があること、無置換やアルキル置換ピロールでは分解が優先することが判った。一方、ピロールをベンゼンに変更した **8** は環化付加が進行し **11** と **12** の混合物を与えた。この結果より、低原子価チタンによる [2+2] 型で環化付加では、ピロールのような 5 員環が縮環すると適切な配向を取れない懸念が生じた。このため、今後はピロールを [2+2] 型環化付加の後の段階で構築するよう経路を変更する予定である。



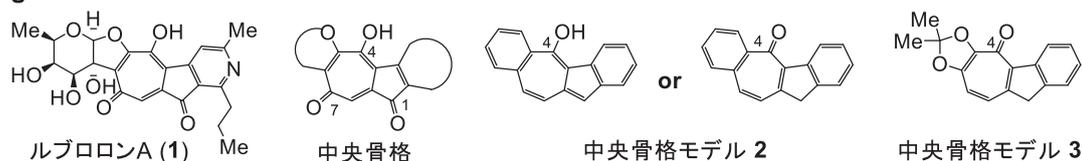
本成果は日本化学会北海道支部 2022 年夏季研究発表会（オンライン）（講演要旨集 B10, 2022. 7. 23.）、令和4年度化学系学協会東北大会（盛岡）（講演要旨集 1P053, 2022. 9. 17.）、および日本化学会第 103 春季年会（野田）（講演要旨集 D1443-4am-03, 2023. 3. 25.）にて発表した。

(1) P. Crews, et. al. *J. Nat. Prod.* **2020**, *83*, 174. (2) Y. Yamamoto et al. *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, *127*, 9260. (3) Y. Six, et al. *Chem. Commun.* **2014**, *50*, 7666. (4) 高木絵梨, 藤原憲秀 日本化学会第 101 春季年会 A21-1vn-08, オンライン (2021).

ルブロロン A の中央骨格の構築法の検討

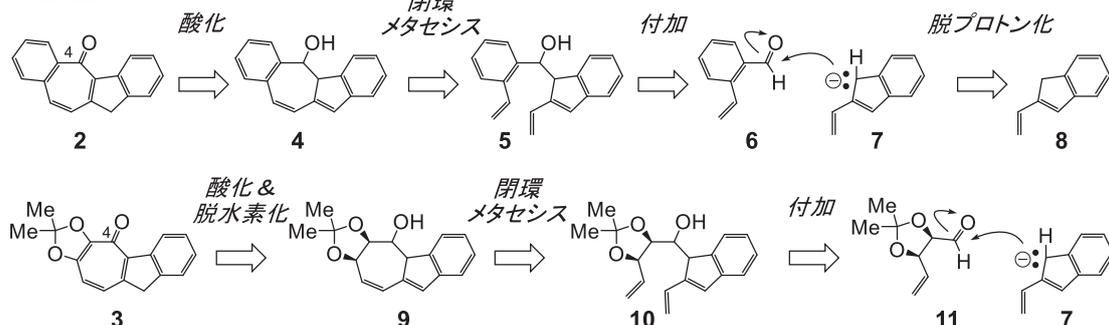
ルブロロン A (**1**) (Fig. 1) は、放線菌 *Streptomyces enchinoruber* から単離された芳香族アルカロイド配糖体である¹。**1** は、デオキシ糖、テトラヒドロフラン、トロポロン、シクロペンタノン、四置換ピリジンが梯子状に縮合した構造を特徴とする。本研究では、この特異な構造の全合成を目的として、モデル化合物 **2** と **3** を標的として中央骨格の収束合成と酸素官能基の導入を検討した。なお、モデル化合物では **1** の左右末端の環をベンゼン環またはオキソラン環で置き換えて、中央骨格の構築に合成課題を集約させた。

Fig. 1



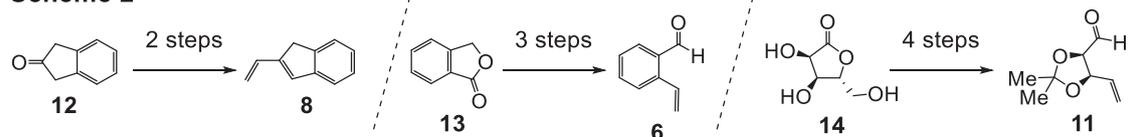
2 と **3** の共通の合成計画を Scheme 1 に示す。**2** のケトン部は前駆体 **4** の水酸基の酸化で得、**4** の 7 員環部は閉環メタセシスで **5** から構築する。**5** は、インデン **8** を脱プロトン化して生じたアニオン **7** をアルデヒド **6** に付加させて得る。多酸素官能性の **3** のトロポロン骨格は、前駆体 **9** の 4 位の酸化と 7 員環からの脱水素化で構築する。**9** の 7 員環部は同様に閉環メタセシスで **10** から構築し、**10** はアルデヒド **11** に **7** を付加させて得る。この方法が実現すると、**1** の梯子状骨格内の酸素原子の導入法が確立することになる。

Scheme 1



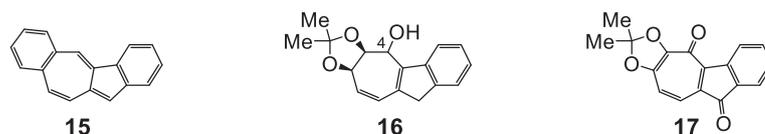
8 は 2-インダノン (**12**) から 2 段階で、**6** はフタリド (**13**) から 3 段階で合成した (Scheme 2)。**11** は、D-(+)-リボノ-1,4-ラクトン (**14**) から 4 段階で合成した。

Scheme 2



中央骨格モデル 2 の構築のため、当初の計画通り 6 と 7 から付加体を得た後、閉環メタセシスしたところ、目的の 4 から水分子が脱離した 15 (Fig 2) が得られた。これにより、脱水が進行したものの、当初の合成経路で中央部の基本骨格を構築できることが判った。一方、モデル 3 の合成のため、計画に従い 11 と 7 から付加体を得た後、閉環メタセシスすると、二重結合が移動した 16 が得られたが、脱水反応は抑制できた。16 にキノン系脱酸化剤の DDQ を作用させたところ、5 員環上にも酸化が起きたジケトン 17 が得られた。この段階で、中央骨格の 1 位に酸化が進行することは、重要な知見である。

Fig. 2



本成果は未公表であり、合成条件の最適化の後、学会や学術誌にて公表する予定である。

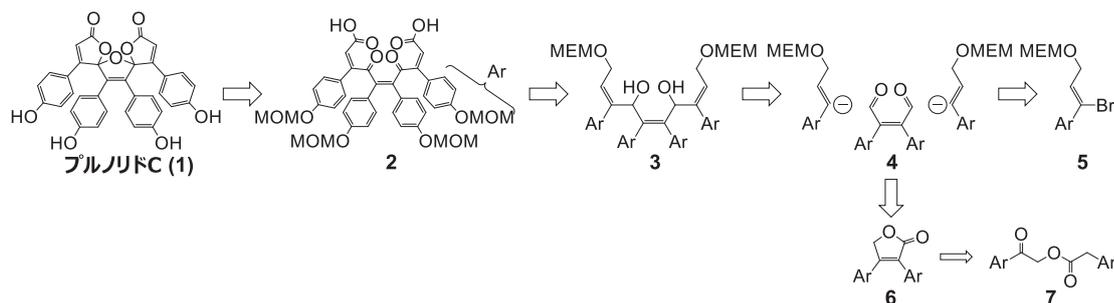
(1) J. Berger et al. *J. Antibiot.* **1978**, *31*, 1218.

プルノリド C の合成研究

プルノリド C (1) (Scheme 1) は 1999 年にオーストラリア産の群体ホヤからポリフェノールとして単離されたプルノリド類の一種であり、がん細胞の増殖抑制 (EC_{50} : 15 μ M)¹ および α -Synuclein の凝集抑制² を示す。1 は C2 対称性をもち、さらにジスピロアセタールの中央部が混みあった珍しい構造をもつ。1 は他グループにより既に中心骨格のモデル合成がなされているが、全合成は達成されていない。本研究では 1 の構造への興味と α -Synuclein の凝集抑制によるパーキンソン病の潜在的治療への期待から、1 の全合成を達成し α -Synuclein との相互作用の調査につなげようと計画した。

本研究における 1 の合成計画を Scheme 1 に示す。1 のジスピロアセタールは最後に環化を予定し、前駆体は 2 を想定した。これは臭化物 5 から発生したアニオンをジアルデヒド 4 に付加して 3 を得た後、酸化度を調整して得る。また 4 はエステル 7 の環化で得られたブテノリド 6 から合成する。

Scheme 1



現在、上記の計画に従い、各セグメントを合成している。研究の焦点である中央部のジスピロアセタールの構築には至っていないため、本研究内容は学会や学術誌には未公表である。

(1) A. R. Carroll et al. *J. Org. Chem.* **1999**, *64*, 2680. (2) A. R. Carroll et al. *J. Nat. Prod.* **2022**, *85*, 441.

抗体医薬のドラッグデリバリーシステムの開発を目指したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化

尾高雅文、松村洋寿

(理工学研究科)

modaka@gipc.akita-u.ac.jp

概要：エンカプセリンは粒径約 24 nm のカプセル状ナノケージ構造を形成するタンパク質である。本研究は、短鎖抗体(scFv)をエンカプセリンに内包またはディスプレイさせた新規免疫検出系やドラッグデリバリーシステムの開発を目的としている。本年度は、scFvを内包させたエンカプセリンを作製するために、PCR法によりscFv遺伝子の3'末端にエンカプセリン内包化タグ遺伝子を付加し、大腸菌を用いてタンパク質発現させた。電子顕微鏡観察の結果、単一精製したscFvを内包させたエンカプセリンは、カプセル状ナノケージ構造を維持していることが示された。

キーワード：ドラッグデリバリーシステム、タンパク質ナノ粒子、短鎖抗体

独自性・実用性：

タンパク質は、分子認識や相互作用などの特異性が高く、多彩な機能を有する特徴がある。また、遺伝子工学技術によるアミノ酸の変異や化学修飾等による機能付加も容易に可能である。我々の研究グループは、粒子構造やシート構造をとるタンパク質超分子集合体を対象とし、これらの集合体の表面や内部空間に、酵素や抗体などの機能性物質を付加または内包させることで、新規機能を付加したナノバイオマテリアル素材の開発を目指している。本研究では、エンカプセリンナノケージの実用的な応用を目的として、短鎖抗体(scFv)を内包させたエンカプセリンのタンパク質発現系の構築を行った。モデル抗体に、抗 Bisphenol A 抗体の scFv (pRox)を用いた。本研究結果により、エンカプセリンナノケージ構造に、scFvを内包させることが可能であることが示された。今後、内包させる scFvの種類を目的により選択し、細胞選択性を示すペプチドをエンカプセリンへ付加する方法を検討していくことで、新規ドラッグデリバリーシステムの構築が期待できる。

エンカプセリン (Enc)

構造：

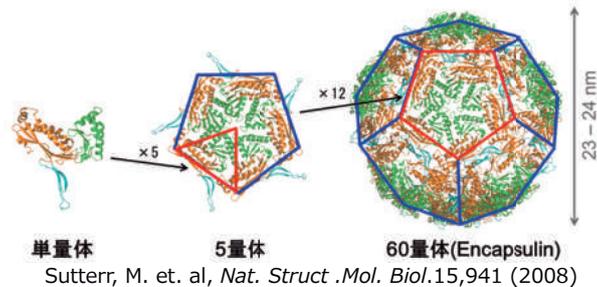
粒径約24 nm、60量体の正二十面体のカプセル型タンパク質

機能：

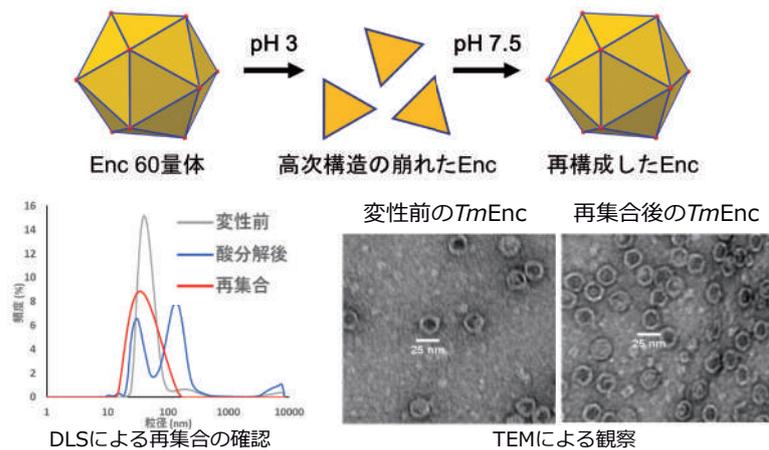
酵素を内包し、保護・反応場として働くと考えられている。



ドラッグデリバリーシステムやナノリアクターとしての応用

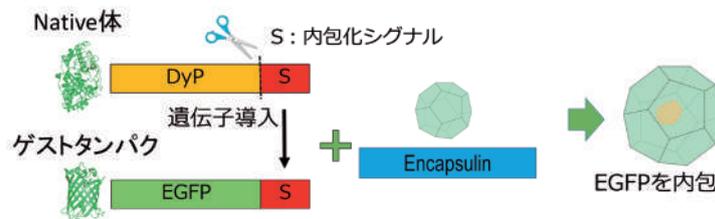


pH変化によるエンカプセリン構造の制御



酸性条件下で高次構造が崩れ、中性条件で再構成する

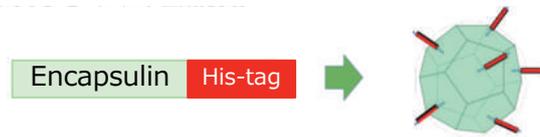
内包化シグナルによるゲストタンパク質の導入



天然でEncに内包されるDyPのC末端37残基をゲストタンパク質に融合させることで、Encへの内包化が可能

C末端へのゲストタンパク質の導入

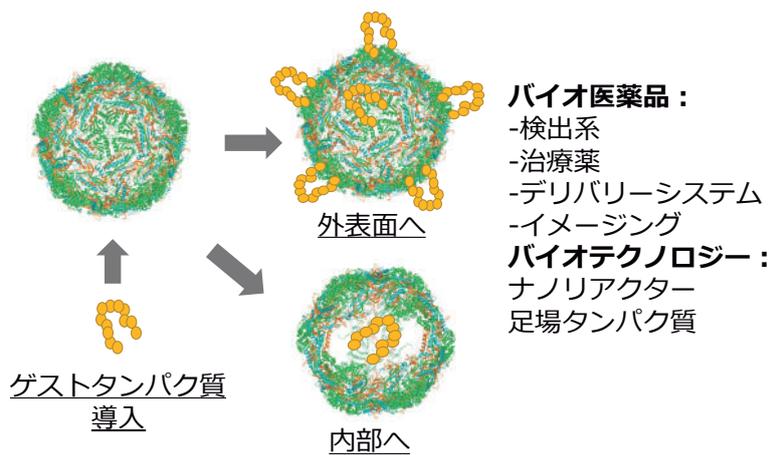
EncのC末端にHis-tagを導入させることで
Niカラムによる精製に成功した



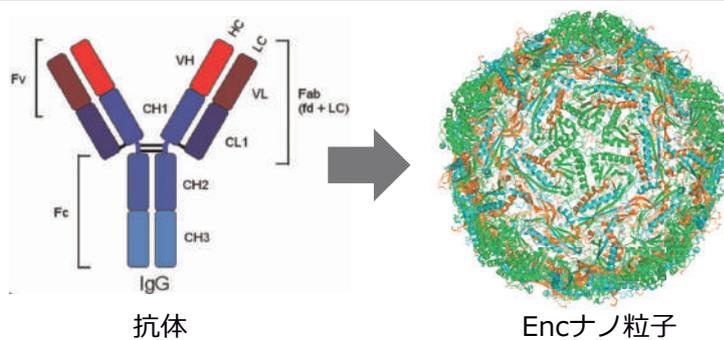
C末端が表面に露出した構造をとる

ゲストタンパク質のディスプレイが可能

新規バイオナノマテリアルとして応用が可能



目的：新規ドラッグデリバリーシステムの開発を
目指し、Enc粒子に短鎖抗体を導入する

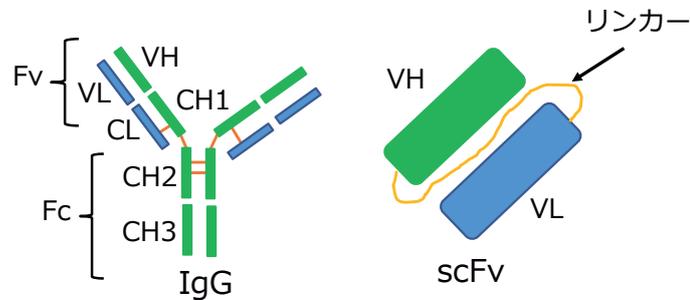


短鎖抗体内包型Encのベクター構築および
生化学的性質の解析

短鎖抗体(scFv)

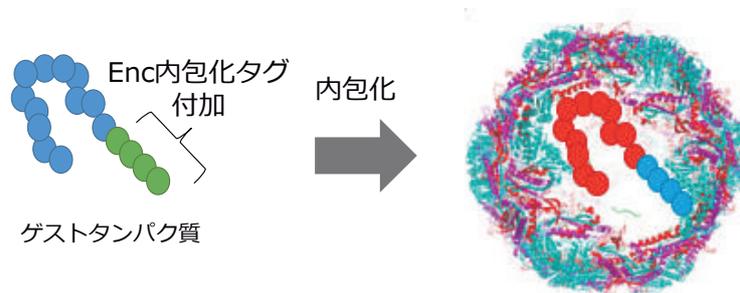
scFv: VHとVLをリンカー配列で繋げたもの

※今回はモデル抗体として、抗BPA-scFv (pRox) を使用

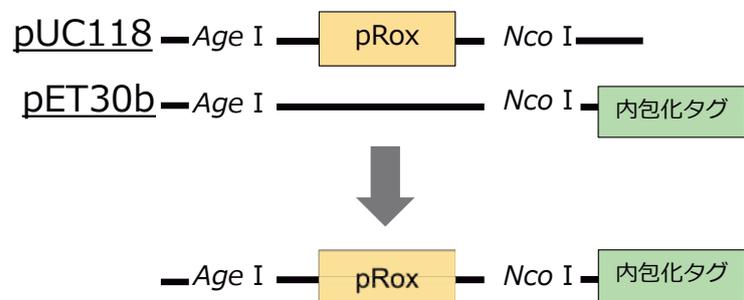


scFVの内包化

天然Encの内在タンパク質DypのC末端37残基シグナル配列(Enc内包化タグ)をゲストタンパク質に付加させることでEncの内部に取り込む

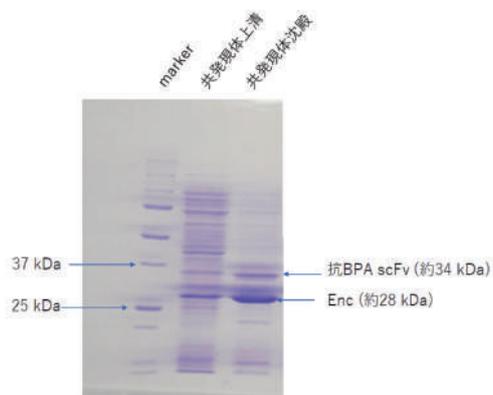


Enc内包化タグを付加したpRox発現ベクターの構築



遺伝子工学手法で、内包化タグを付加したpRox発現ベクターを作製

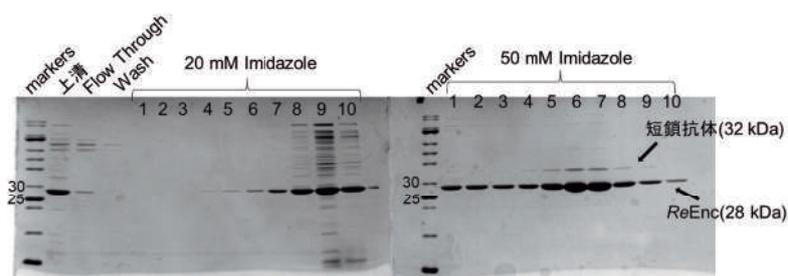
scFvとEncの大腸菌による共発現



SDS-PAGEにより、可溶性画分にEncとシグナル配列を付加したscFvのタンパク質発現確認できた

scFvを内包させたEncの精製

Niカラムを用いて、scFvを内包させたEncの精製を行った。



50 mM Imidazoleによる溶出で、ほぼ単一な共発現体のタンパク質バンドを確認した

scFvを内包させたEncの電子顕微鏡(TEM)観察

共発現体のTEM画像

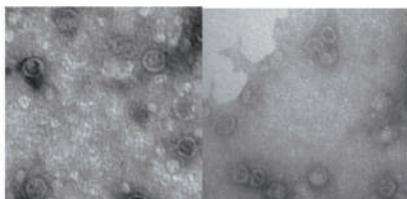


Fig : 抗BPA-scFv内包型ReEnc

先行論文のTEM画像

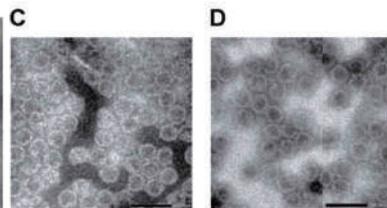


Fig. C : EGFP内包型ReEnc
Fig. D : luciferase内包型ReEnc

Tamura et al.: Packaging Guest Proteins into the Encapsulin
Nanocompartment. Biotechnology and Bioengineering

- Encのナノケージ構造が維持されていることが示された。
- scFvがEncに内包されていることが示唆された。

まとめ

- scFv遺伝子の3'末端にEnc内包化タグを付加することに成功した。
- 大腸菌によるscFv内包をさせたEncのタンパク質発現ならびに単一精製に成功した。
- scFvを内包させたEncのナノケージ構造が維持されていることが示唆された。
- 今後は、抗原抗体反応により、Enc構造内のscFvの活性測定を行う予定である。

アオコを用いた微生物燃料電池（MFC）の開発

発表者氏名 カビール ムハムドゥル

(理工学研究科)

kabir@gipc.akita-u.ac.jp

概要：環境問題の一つとして富栄養化した湖沼でのアオコの大量発生が挙げられる。アオコは世界中の湖沼で発生し、日本でも霞ヶ関や秋田県の八郎湖などで発生し、悪臭や景観を損ねるとして問題となってきた。また、アオコは使い道の無い廃棄微生物とされており、経済的な付加価値を持っていないという側面がある。また、エネルギー需要の高まりや SDGs の観点からクリーンエネルギーに注目が集まっている。そこで、微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell; MFC)に着目し、アオコのような廃棄微生物を利用した発電が期待できる。本研究では微生物燃料電池の性能向上のため様々なパラメータを変化させた場合の電力変化を検討した。

キーワード：アオコ，微生物燃料電池（MFC），八郎湖

独自性・実用性：

本研究で提案するアオコなどの廃棄微生物の電力資源化は、発電の多様性へ貢献できるとともにゴミと思われた植物を資源化できることで、持続型社会へつながると思われる。アオコ問題は秋田県八郎潟残存湖の問題だけではなく、湖沼富栄養化に伴い多くの国がかかえている環境の問題の一つだと思われる。その自然界のアオコより MFC 作製が可能になることで、秋田だけではなく、多くの国でもこの技術の利用が期待できる。

研究背景

アオコ：浮遊性の微細な藻類である藍藻類の集合体

アオコによる影響の例

- ・水中酸素濃度の低下
- ・悪臭問題
- ・景観を損ねる



2022年9月 秋田県八郎湖

➡ アオコを有効活用し、地域の活性化に繋げたい。

研究背景

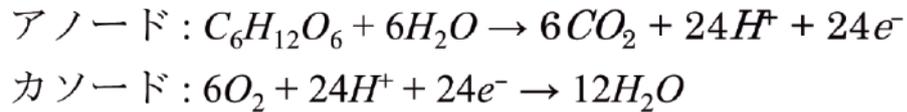
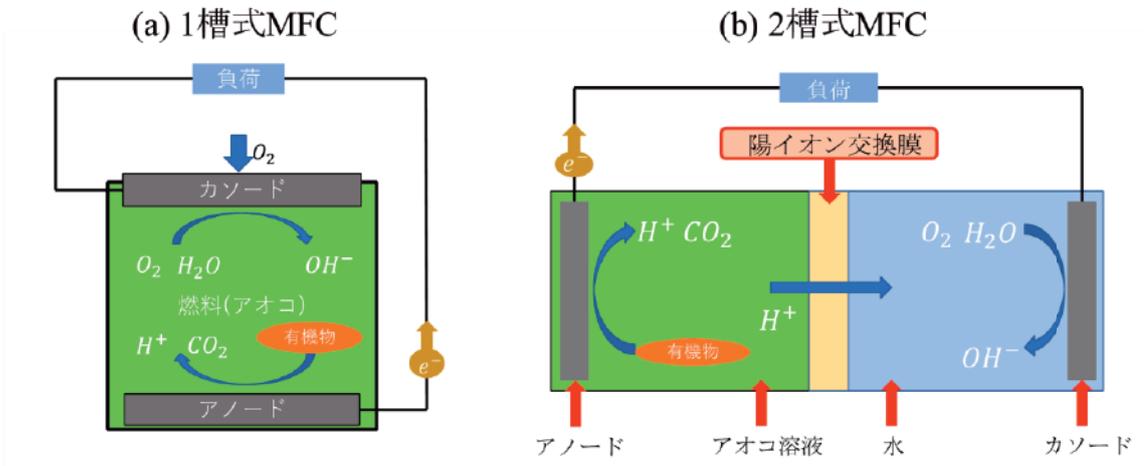
2020年、カーボンニュートラルの実現を宣言

- ・急速な電動化シフトによる電力逼迫
- ・日本の発電の約7割が火力発電に依存している

環境問題の解決やエネルギーの多様化に需要がある

➡ 微生物燃料電池(Microbial Fuel Cells; MFC)に着目

微生物燃料電池 (MFC) について



MFCに用いた アオコ

秋田県八郎湖 (八郎瀉)

八郎湖は秋田県中央西部、男鹿半島の付け根に位置し、昭和32年から始まった八郎瀉干拓事業によって残された淡水湖であり、開拓事業前は琵琶湖に次ぐ日本第2位の面積を有していた。

八郎湖の水質は、干拓事業が完了してから徐々に富栄養化が進行し、近年アオコが大量発生するなど、水質汚濁の問題が顕在化している



大瀧村干拓博物館のHPより
<http://museum.ogata.or.jp/>



MFCに用いた アオコ

学名：*Microcystis aeruginosa* (Kützing) Lemmermann

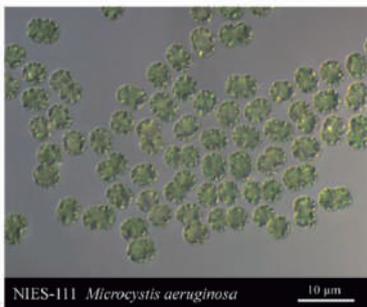
株番号：NIES-2627

地名（培養年月）：秋田県 八郎潟
(2008-08-22)

株の状態：単藻；クローン；非無菌

特性：水の華形成；
おそらく無毒(毒素遺伝子ー)

- 細胞が比較的しっかりと集合する
- 群体は壊れにくく、大きい塊となる
- 水温、光強度、栄養濃度などの条件により著しく増殖する
- 光合成を行う



引用 独立行政法人国立環境研究所微生物系統保護施設 (NIES コレクション) <http://mcc.nies.go.jp/>



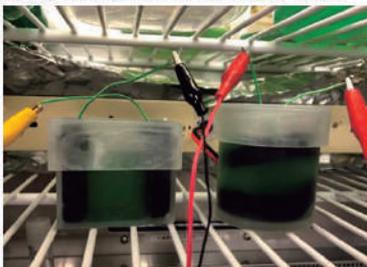
培養環境

- ◆生態域の温度
- ◆pH
- ◆光
- ◆栄養塩濃度
- ◆ミネラルなど

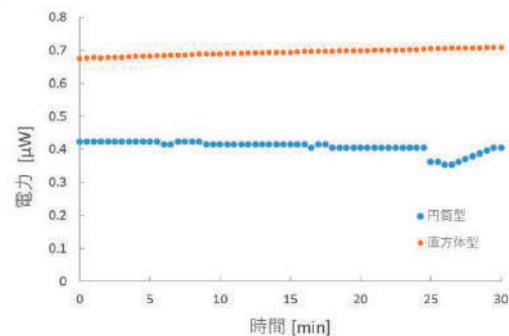
アオコを用いた燃料電池 (MFC) の例

1槽型 MFC: アオコ

- ✓3Dプリンタで円筒型と直方体型の2種類の容器を作製した。
- ✓電極はグラファイトフェルトとした。
- ✓円筒型は上下に、直方体型は左右に電極を配置した。
- ✓容器の容積、電極の面積は等しくなるように設計した。
- ✓それぞれアオコを80 ml 注入し、数日置いてから10 kΩの抵抗を挿入し発生電力を測定した。

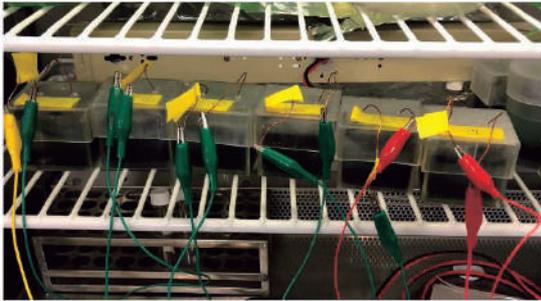


直方体型MFC(左側)と円筒型MFC(右側)

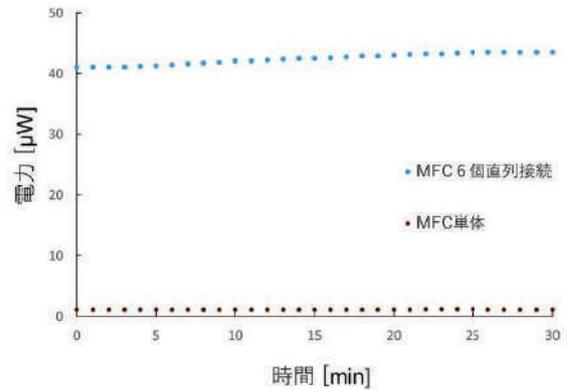


1槽型 MFC: アオコ (直列接続)

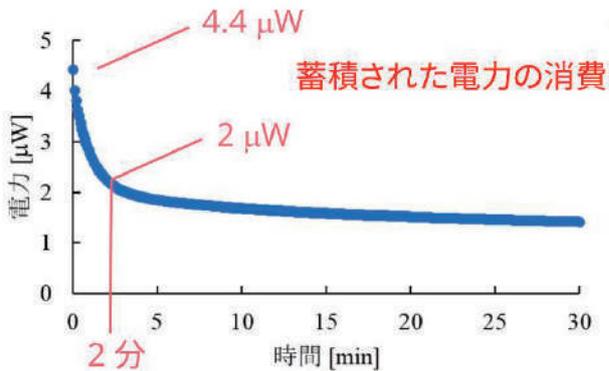
- ✓立方体型で上下に電極を配置したMFCを6個直列に接続する。
- ✓電極はグラファイトフェルトとした。
- ✓それぞれアオコを80 ml 注入し, 数日置いてから10 k Ω の抵抗を挿入し発生電力を測定した。



測定中のMFCの様子 (MFC 6 直列接続)



アオコを用いたMFC (課題)



数週間経過後MFCが青くなり
電力が大きく低下する現象が発生

↓
クロロフィルa測定やICPなどで原因を探る



作製したMFC



青く変色したMFC

アオコを用いたMFC(課題)

クロロフィル a (Chl.a) 測定

1. ガラス濾紙を用いて試料 V_f を吸引濾過する
2. ガラス濾紙を丸めて試験管に入れ, 90%メタノールを30分間, 70°C で加熱し抽出する(試験管はアルミホイルなどで遮光)
3. 3000 rpmで10分間遠心分離する
4. 上澄み液の全量 V をメスシリンダで測り, NanoDrop 2000を用いて750, 665, 645, 630 nmの吸光度を測定する
5. 式(1)を用いてChl.a濃度を求める

$$\text{Chl.a}(\mu\text{g/l}) = (11.6D_{665} - 1.31D_{645} - 0.14D_{630}) \times \frac{V}{V_f \times L} \quad (1)$$

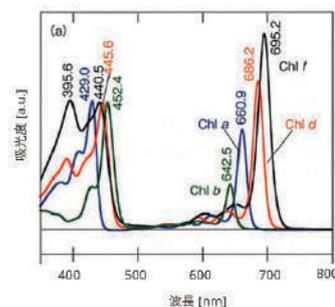
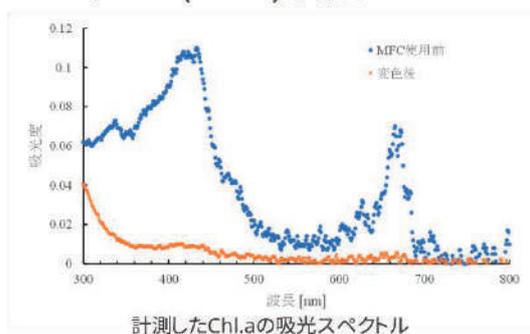
V : 抽出液総量(ml), V_f : サンプルの濾過量(L), L : セルの光路長
 D_N : (N nmの吸光度)-(750 nmの吸光度)



Chl.a 抽出液

アオコを用いたMFC(課題)

クロロフィル a (Chl.a) 測定



Chlの吸光スペクトル
 (渡邊信: "藻類ハンドブック", pp.11.225-230, 株式会社エヌ・ティー・エス(2012))

MFC使用前
 Chl.a = 563 $\mu\text{g/l}$



MFC使用後
 Chl.a = 57 $\mu\text{g/l}$

Chl.a が約1/10にアオコが減少

今後...規模拡大やシステムの安定化を目指す。

玉川大噴泉の酸性温泉水中の元素の特徴

石山大三, 内谷繁央, 佐藤比奈子

(国際資源学研究科)

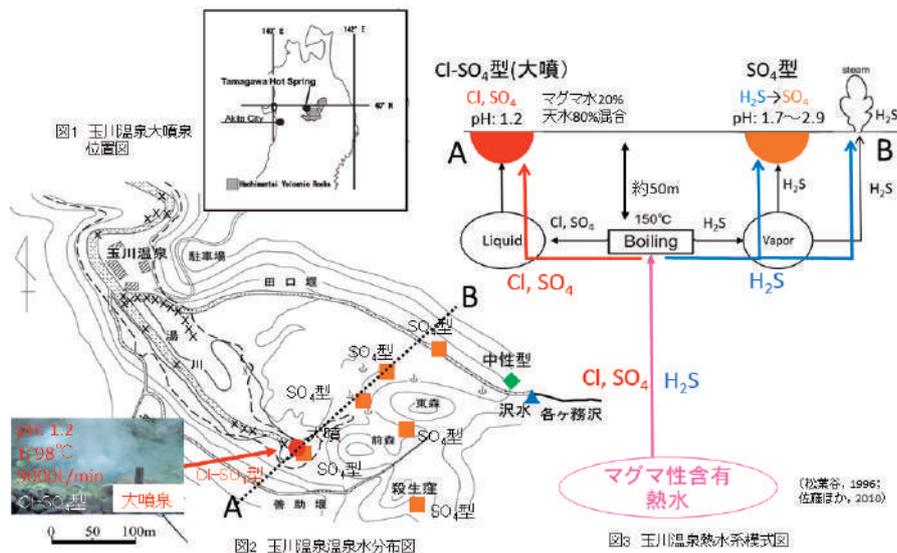
ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp

玉川温泉大噴泉の温泉水中には高濃度の Pb、Ba、REEs 等が含まれている。この温泉水は、地表に噴出している鉱液と考えることができる。この温泉水の地球化学的特徴を解明することで地下からのこれら元素の供給システムを解明することができる。本研究では、大噴泉の化学組成を分析するとともにこれまでのデータと比較して、大噴泉の化学組成の経年変化を6つの時期に分類することが可能であることがわかった。過去には大噴泉の化学組成が大きく変化した時期も存在したが、2007年以降は組成変動が安定していることがわかった。

独自性・実用性：

玉川温泉大噴泉の酸性温泉水は、田沢湖を含む玉川水系、雄物川水系、県南部の農業用水に影響を与えている温泉水である。この温泉水の化学組成の情報は、田沢湖でのクニマスの復活も含め、秋田県中部から南部の水環境への影響緩和対策を考える際に不可欠な情報である。本研究の結果は、秋田県の水資源に関わる環境影響評価に利用できるデータである。

玉川大噴泉の酸性温泉水中の元素の特徴



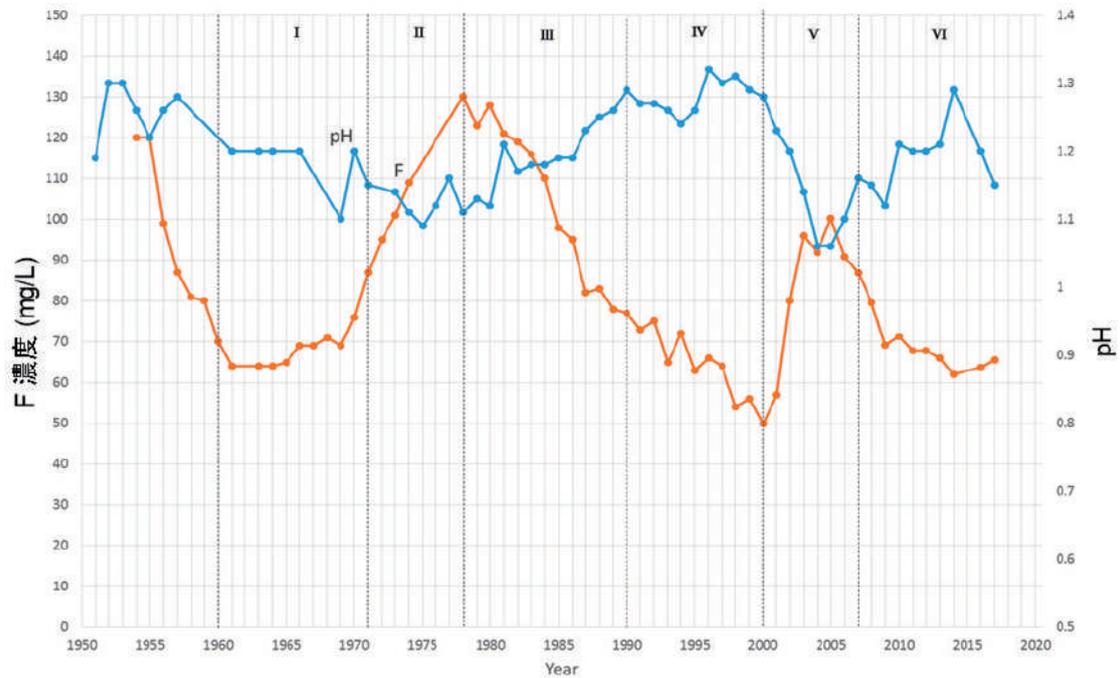


図4 1951年から2017年の大噴泉温泉水のpHとF濃度の経年変化

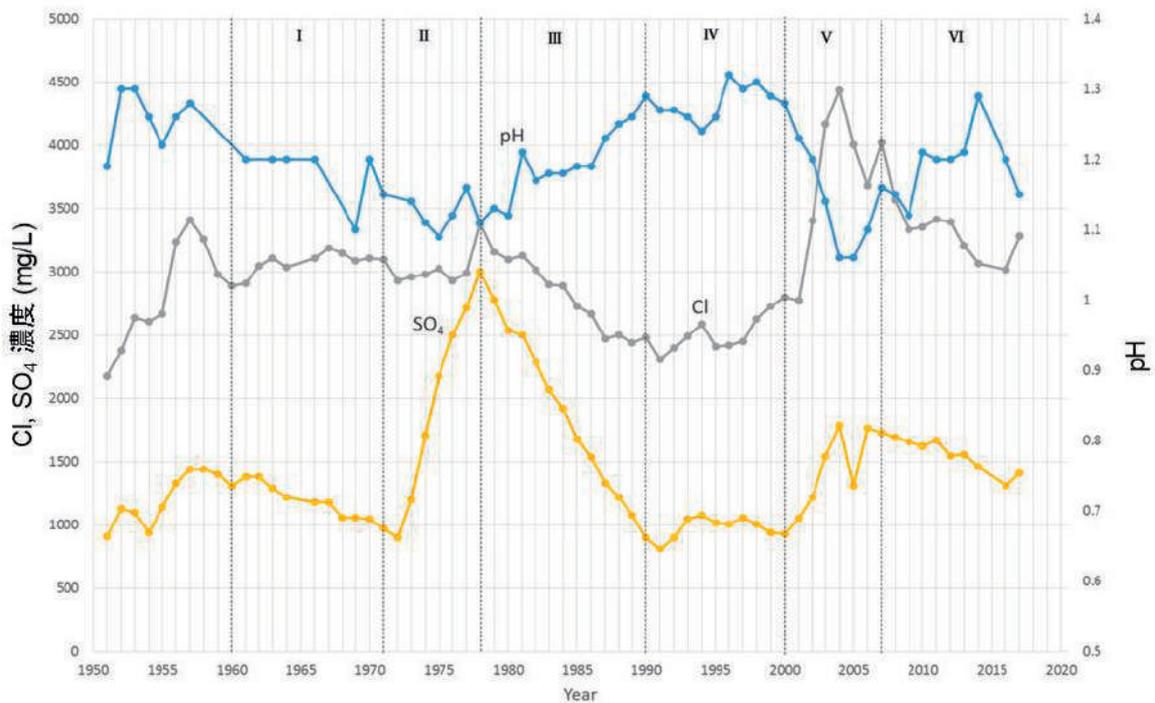


図5 1951年から2017年の大噴泉温泉水のpH, 塩化物イオン濃度, 硫酸濃度の経年変化

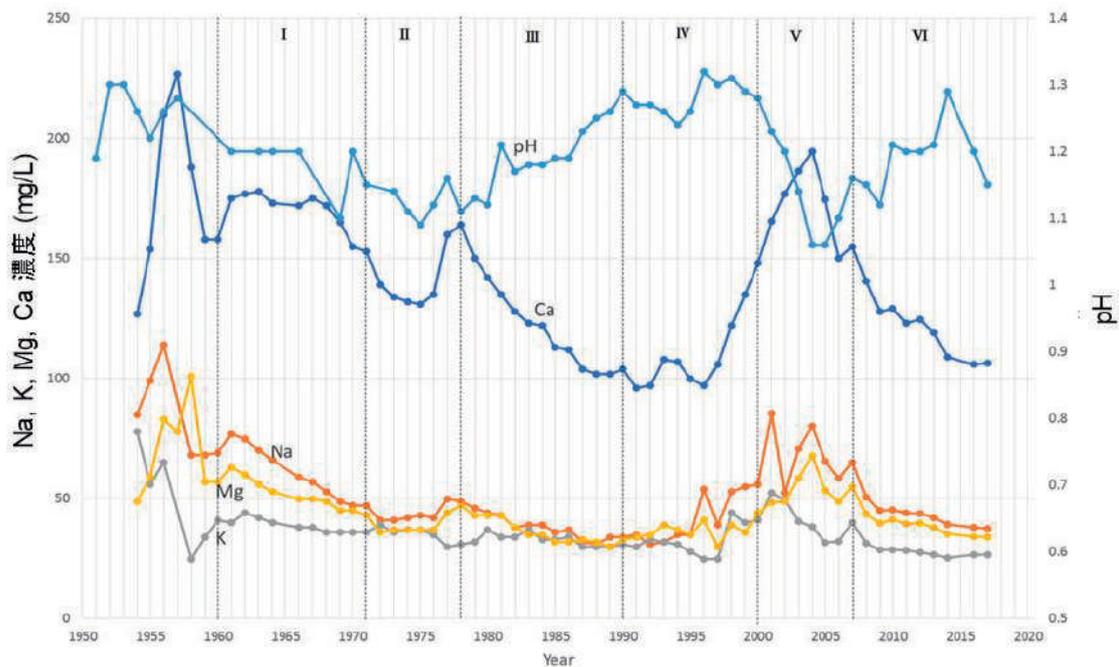


図6 1951年から2017年の大噴泉温泉水のpH, Na, K, Mg, Caイオン濃度の経年変化

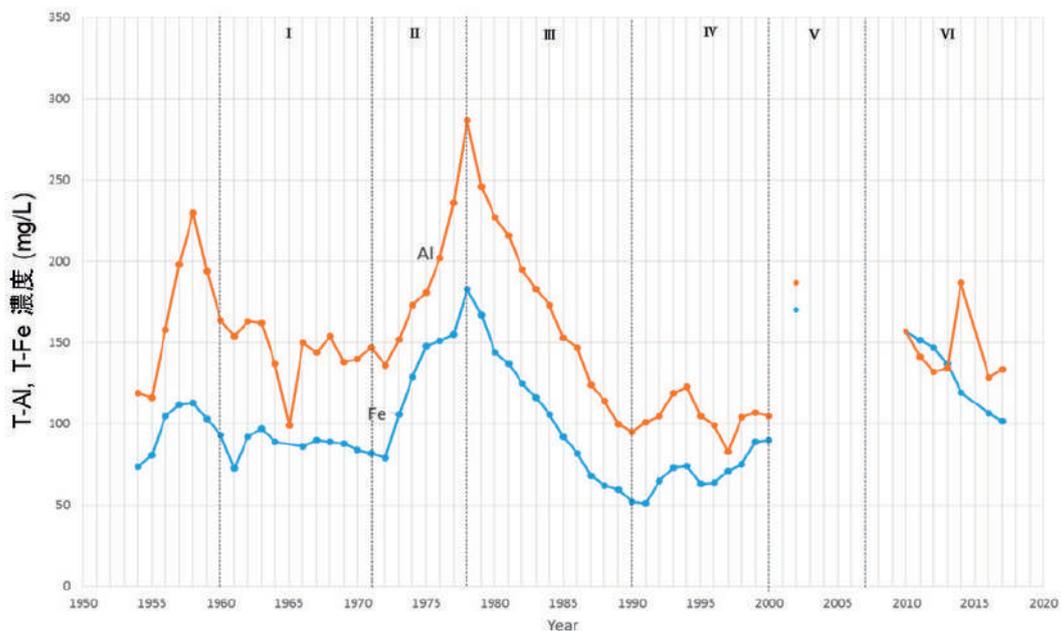


図7 1951年から2017年の大噴泉温泉水の全Alと全Fe濃度の経年変化

まとめ

1. 玉川温泉大噴の1951年から2017年までのpHの経年変化、陰イオン濃度と主要な陽イオン濃度から、同温泉水活動は、以下の6期に区分される：Ⅰ期：1960年～1971年、Ⅱ期：1971年～1978年、Ⅲ期：1978年～1990年、Ⅳ期：1990年～2000年、Ⅴ期：2000年～2007年、Ⅵ期：2007年～2017年。
2. pHの変化は、Ⅰ期とⅡ期には増減の変化が認められた。Ⅲ期からⅣ期にかけて中性側への移動、Ⅴ期での酸性側への移動が認められた(図4)。
3. Cl濃度は、Ⅰ期では3100 mg/L程度、Ⅱ期では3000 mg/L程度だが、1977年から翌年にかけて3000から3400 mg/Lに増加した(図5)。Ⅲ期のCl濃度は、3380から2480 mg/Lに減少した。Ⅴ期の2000年から2004年にかけて、Cl濃度は2800から4437 mg/Lに増加し、2004年から2007年まで増減があったものの2007年以降、Cl濃度は3020 mg/Lに減少した(図5)。
SO₄濃度は、Ⅰ期では1300から930 mg/Lに減少したが、Ⅱ期に900から3160 mg/Lまで増加した(図5)。Ⅲ期では、3160から900 mg/Lへ減少したが、Ⅳ期での同濃度は、900から1080 mg/Lであった。Ⅴ期(2000年から2004年)のSO₄濃度は、930から1780mg/Lに増加し、2004年から2007年まで増減があったが2007年以降、同濃度は1310 mg/Lに減少した(図5)。Cl濃度とSO₄濃度は、Ⅱ期での増加、Ⅲ期での減少、Ⅴ期で増加、Ⅵ期で減少と似た変化をした。
4. Na, K, Mg, Ca濃度はⅠ期とⅢ期、Ⅵ期での濃度の減少、Ⅳ期後半からの濃度増加と、類似する濃度変化を示した(図6)。
5. FeとAl濃度には、Ⅱ期での増加とⅢ期での減少が認められた(図7)。これらの濃度変化は、Cl, SO₄濃度の変化に類似する。

磁気スキルミオン発現合金の開発

肖英紀、池田虎ノ介

(理工学研究科)

so@gipc.akita-u.ac.jp

概要：磁気スキルミオンと呼ばれるナノスケールの磁気渦構造をビットとして用いることによって、磁気メモリの大容量化・高速化・省エネが達成できることが見込まれている。一方、磁気スキルミオンを発現する物質は限られている。代表的なスキルミオン物質である B20 型構造をもつ FeGe 合金の合成には、これまで高温高压合成が必要であった。本研究ではメカニカルアロイングと放電プラズマ焼結によって B20 型 FeGe 合金を作製し、特性を評価した。

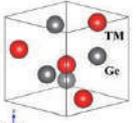
キーワード：磁気スキルミオン、合金、磁性

独自性・実用性：

スキルミオンを磁気メモリに応用する際、本研究の成果から物質選択のバラエティが広がるが見込まれる。

遷移金属ゲルマニウム(TMGe)系B20型合金

1



• 空間群: $P2_13$ (Lebech et al., *Journal of Physics Condensed Matter* (1989))
 • 格子定数: 0.4689 nm (B20-FeGe)
 • 空間反転対称性の破れた立方晶
 → 半導体や金属磁性体など幅広い物性を示す
磁気スキルミオンの形成で近年注目 (Yu et al., *Nature Materials* (2011))
もっぱら高压合成が必要

B20構造TMGeの結晶構造



磁気スキルミオンの模式図

磁気スキルミオン結晶

- ・ ナノスケールの磁気渦構造
- ・ 一つの粒子の様に振る舞う
- ・ 低電流密度で駆動できる

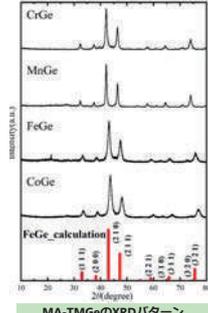
Nagaosa & Tokura, *Nature Nanotechnology* (2013)

次世代磁気メモリ情報担体として期待

メカニカルアロイング(MA)によるB20型TMGeの合成

2

前回: メカニカルアロイング(MA)によるB20型TMGe合金の合成 (市瀬智也 他: 日本金属学会 2022 年秋期(第171 回) 講演大会)



MA-TMGeのXRDパターン



遊星型ボールミル容器内部の様子
<http://www.fritsch.co.jp/planet.html>

ボールミルで作製した試料はナノ結晶子が凝集した粉体
 → 物性研究には適していない
 → **バルク化が重要**

B20型TMGeは準安定相または低温相であることが多く、バルク体の作製には工夫が必要

研究目的

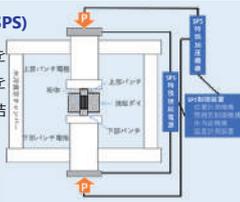
3

目的: MA法で作製したB20型合金のバルク化

放電プラズマ焼結(Spark Plasma Sintering: SPS)

上下から加圧しながらパルス状の電気エネルギーを流し、瞬時に発生する放電プラズマ高エネルギーを用いて、低温から超高温領域において短時間で焼結

→ MAで作製した試料の焼結に最適



先行研究: SPSによるB20-FeGeおよびCoGeのバルク化 (T. Hiroto et al., *Materials Transactions* (2018))
 超硬パンチ・ダイを用いた~600 MPaの加圧条件でバルク化を達成
 今回: カーボンパンチ・ダイを用いて、汎用的な実験条件を再検討

作製試料について

4

今回: FeGeおよびCr添加したFeGeについてSPSを実施

試料名	組成	焼結温度 (°C)	圧力 (MPa)	結果の目安
SPS1	FeGe	500	50	×
SPS2	FeGe	600	50	×
SPS3	FeGe	650	60	△
SPS4	Cr _{0.1} Fe _{0.9} Ge	700	60	◎
SPS5	Cr _{0.05} Fe _{0.95} Ge	700	60	○
SPS6	Cr _{0.05} Fe _{0.95} Ge	650	60	×

実験方法

5

試料作製

秤量 原料: Cr, Fe, Ge粉末 (99.9%以上)
 仕込み組成: (Fe, Cr): Ge = 1:1

MA 装置: 遊星型ボールミル (Fritsch PL-7)
 容器: シルコニア製 45cc
 ボール: シルコニア製 5mmφ
 原料/ボール重量: 3g / 51g, 10g / 70g
 回転数: 1000rpm

SPS 装置: 放電プラズマ焼結装置 (住友炭炭工業 SPS-2080)
 ダイ・パンチ: グラファイト製
 雰囲気: 真空

熱処理 合金粉末をタンタル箔で包み、石英管に真空封入後100h熱処理

試料評価

X線回折測定 (XRD) CuKα, 40 kV, 15 mA

振動試料型磁力計 (VSM) 200 Oe DC

走査電子顕微鏡 (SEM) 5, 15 kV



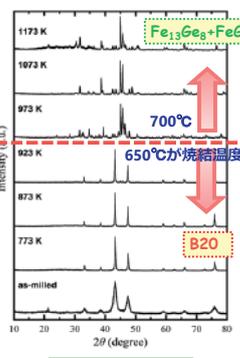
SPS装置内観



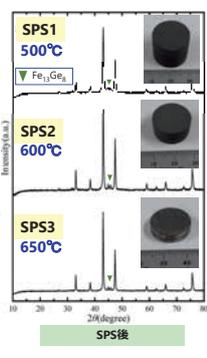
SPS後表面のシートを除去したバルク試料

B20型FeGeの焼結結果①XRD

6

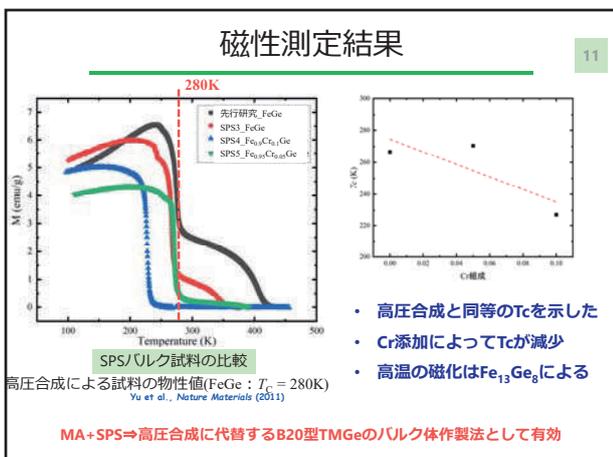
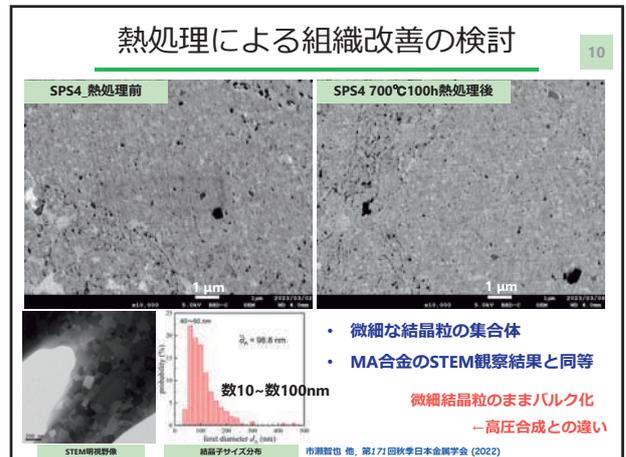
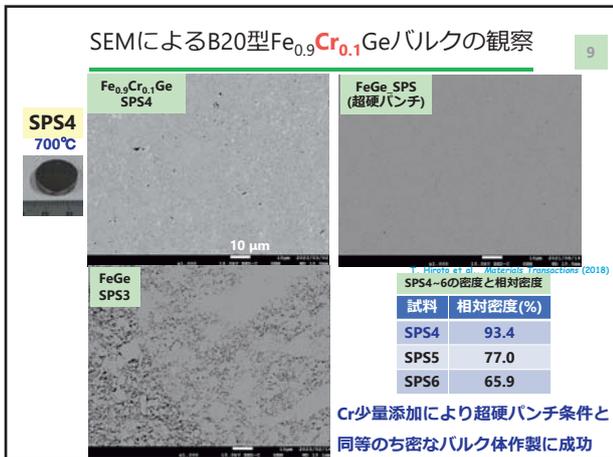
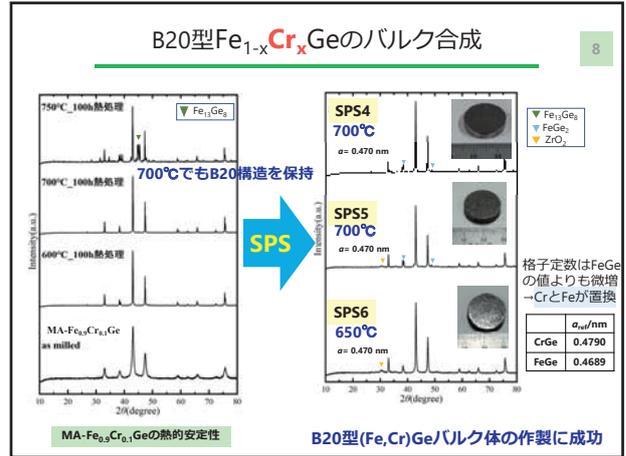
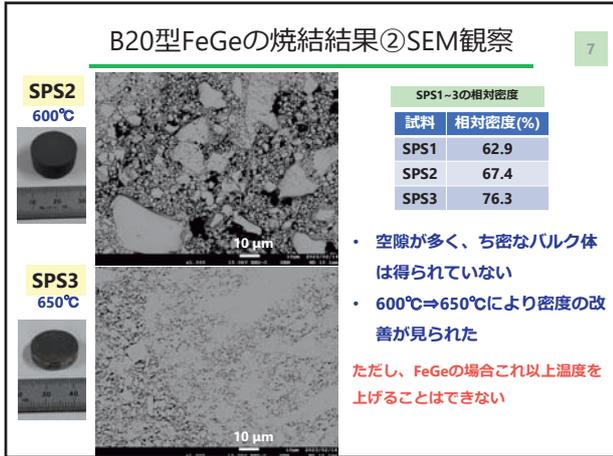


MA-FeGeの熱的安定性



SPS後

B20型FeGeバルク体の作製に成功



まとめ

MAおよびSPSによりB20型FeGeのバルク体作製を検討した。

- 汎用のカーボンパンチ・ダイを用いた~60MPaの加圧条件でもB20型FeGeの焼結は可能であった。
- 相対密度はやや低く、焼結温度が不十分だと考えられる
- Crを少量添加することで焼結温度を上げてち密なバルク体が作製できた。
- バルク体は微細結晶粒で構成されており、このことは高圧合成試料とは異なる点である

今後の予定:

- 単相化・ち密化のための試料作製条件の検討を進める
- 物性評価を進める

Research on vibration-based early diagnostic system for excavator motor bearing using 1-D CNN

Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Hisatoshi Toriya, Hajime Ikeda,

Tsuyoshi Adachi, Youhei Kawamura

Center for regional revitalization in research
and education, Akita University

dorjoo_must@yahoo.com

Abstract: In mining, super-large machines such as rope excavators are used to perform the main mining operations. A rope excavator is equipped with motors that drive mechanisms. Motors are easily damaged as a result of harsh mining conditions. Bearings are important parts in a motor; bearing failure accounts for approximately half of all motor failures. Failure reduces work efficiency and increases maintenance costs. In practice, reactive, preventive, and predictive maintenance are used to minimize failures. Predictive maintenance can prevent failures and is more effective than other maintenance. For effective predictive maintenance, a good diagnosis is required to accurately determine motor-bearing health. In this study, vibration-based diagnosis and a one-dimensional convolutional neural network (1-D CNN) were used to evaluate bearing deterioration levels. The system allows for early diagnosis of bearing failures. Normal and failure-bearing vibrations were measured. Spectral and wavelet analyses were performed to determine the normal and failure vibration features. The measured signals were used to generate new data to represent bearing deterioration in increments of 10%. A reliable diagnosis system was proposed. The proposed system could determine bearing health deterioration at eleven levels with considerable accuracy. Moreover, a new data mixing method was applied.

Key words: Bearing diagnostic, Excavator electric motor, Vibration analysis, Signal processing, 1-D CNN

Practical issue:

Machine reliability is of utmost importance in the mining sector as it ensures productivity and uninterrupted operations. Achieving high reliability relies on various factors, including effective diagnostics that enable efficient maintenance planning. Therefore, the implementation of an advanced diagnostic system holds immense value in monitoring machine health and presents a significant opportunity for predictive maintenance in the mining industry. Consequently, the occurrence of unplanned motor shutdowns can be eliminated. Looking ahead, early diagnostic approaches utilizing deep learning techniques, such as Convolutional Neural Networks (CNNs), hold promise in ensuring machine reliability. This CNN-based early diagnostic system has the potential to introduce cost-effective maintenance practices and facilitate continuous operation of machines in the mining sector in the future.

1. Introduction

The Baganuur mine, located in Mongolia, holds the distinction of being the largest brown coal mine in the country and serves as a primary supplier of power plants. Initially established in 1978, it operates as an open pit mine covering an expansive area of 31.6 square kilometers, employing the stripping mining method [1]. In the mining industry, the choice of excavators varies based on economic and technological considerations. Diesel excavators are commonly employed in mines lacking adequate infrastructure or power sources due to their self-sufficiency and ability to access remote locations. However, the utilization cost of diesel excavators tends to be high. In contrast, the majority of excavators utilized in the Baganuur mine are electrically powered. This preference is attributed to the well-developed infrastructure in the area and the cost-effectiveness of electrical energy compared to fuel. Furthermore, electric motors offer enhanced energy efficiency and environmental benefits when compared to combustion engines. Numerous motors are employed to drive various mechanisms in electrical excavators, including hoist, swing, crowd, and propel systems. Consequently, the reliable operation of these electric motors plays a vital role in determining excavator productivity. According to a survey [2], bearing failures account for 51% of all motor failures. Real-life scenarios involve several types of bearing failures, such as ring faults, ball faults, and degradation. The primary cause of motor bearing failure is contamination of the lubrication material, leading to rapid bearing degradation and reduced operational lifespan.

The presence of bearing failures in machines can lead to a decrease in productivity and subsequent breakdowns in other machine components. Therefore, it is crucial to quickly identify such failures. Vibration measurement has emerged as the most widely used method for detecting bearing failures, and numerous studies [3]–[8] have been conducted based on vibration analysis. In recent years, machine learning has made significant advancements across various fields, with deep learning emerging as a prominent subset of machine learning. Several research endeavors [3]–[8] have leveraged deep learning techniques to address this issue. It is important to note that the vibration measurements in these studies were conducted in laboratory settings.

This study focuses on investigating the degradation of electrical motor bearings in the EKG-5a, an electric shovel extensively used for coal excavation in the Baganuur mine. The primary objective of this research is to enable early detection of bearing failures, thereby minimizing the downtime of mining excavators. To achieve this objective, bearing vibration data was collected directly from the field, and a deep learning model was trained using this dataset. As a result, a novel system for detecting bearing failures based on vibration analysis and deep learning was developed and proposed.

2. Analytical method

The research encompasses various activities, including vibration measurement, data collection, signal analysis, exploring failure frequency, deep learning, and bearing health estimation. The analytical process flow is illustrated in Figure 1. Vibration measurement involves the use of an accelerometer to capture the vibration signals, while data collection is carried out using a data logger. The subsequent research activities are elucidated in greater detail below.

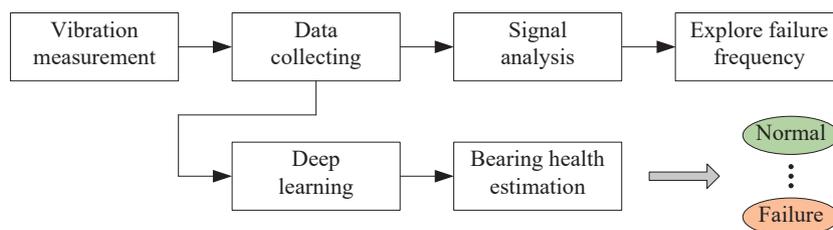


Fig 1. Analytical process flow

2.1. Signal analysis

In this study, two signal analysis methods, namely the Fast Fourier Transformation (FFT) and the Inverse Fast Fourier Transformation (IFFT), were employed. The FFT is a commonly utilized technique for analyzing vibration data as it enables the identification of dominant frequencies of vibration. By analyzing the FFT results, the frequencies associated with bearing failures can be identified. On the other hand, the IFFT serves as the inverse counterpart of the FFT. While the FFT converts time-domain data into the frequency-domain, the IFFT performs the reverse process, transforming frequency-domain data back into the time-domain.

2.2. Deep learning

Deep learning, a subset of machine learning, has gained widespread application across various sectors. Over the past decade, Convolutional Neural Networks (CNNs) have been extensively employed for image and signal classification [5]–[11], representing a prominent form of deep learning. CNNs comprise multiple layers of neural networks that perform sequential mathematical calculations. The key layers commonly utilized in CNNs include input, convolution, batch normalization, max pooling, dropout, fully connected, and softmax layers. Each layer within the CNN serves a specific purpose, collectively enabling feature extraction and classification of data. Activation functions play a crucial role in artificial neural networks, with the Rectified Linear Unit (ReLU) [12] being one of the most commonly used. In the context of this study, CNNs were applied to develop a bearing failure classification model, facilitating quick and reliable estimation of bearing health.

3. Experiment

Vibration measurements were conducted on the electrical motor 4GPEM 55-2/1U2, specifically used as a crowd mechanism generator for the EKG-5a shovel in the Baganuur mine. The process of data collection is illustrated in Figure 2. For this purpose, piezoelectric-type TEAC's acceleration sensors were utilized, along with the Keyence NR-500 data logger. Figure 2 provides a visual representation of the placement of the accelerometer on the bearing house, and the degraded bearing. Vibration signals from two distinct categories, namely normal and failed bearings, were captured during the measurement process. The waveform representations of these measured signals can be observed in Figure 3.

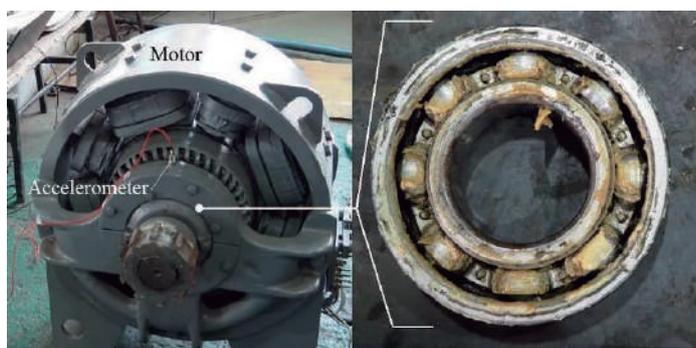


Fig 2. Vibration data collecting

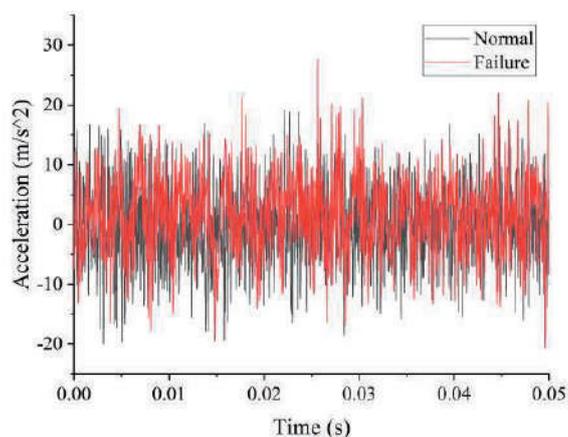


Fig 3. Time-domain waveform of measured vibration

4. Results

This section presents the results obtained from the signal analysis and training of the Convolutional Neural Network (CNN). Both analyses were conducted using the previously mentioned analytical methods.

4.1. Result of FFT

As depicted in Figure 3, the waveform patterns of the two types of vibration signals (normal and failure) exhibit a significant similarity, making it challenging to distinguish between them visually.

Therefore, Fourier Transform analysis was performed to further investigate the signals, and the outcomes of this analysis are illustrated in Figure 4.

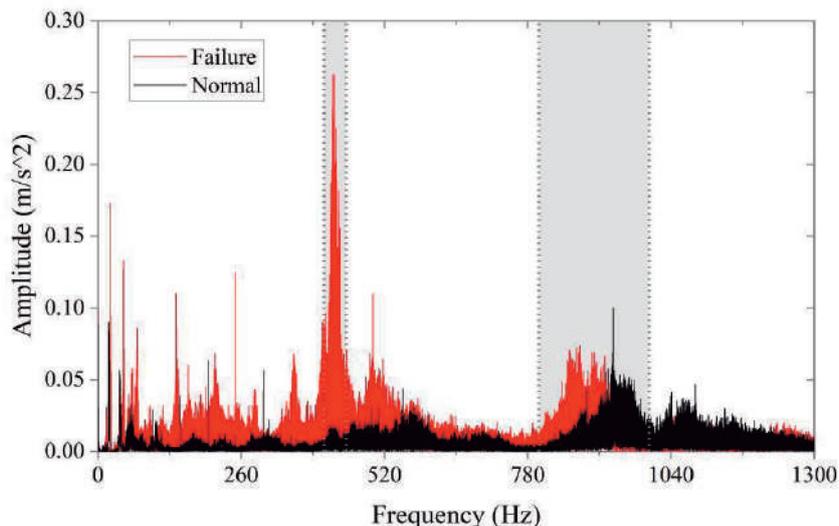


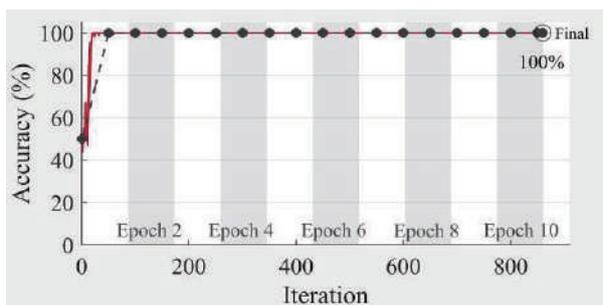
Fig 4. Frequency-domain waveform of measured vibration

Figure 4 presents the results of the Fourier Transform analysis. It can be observed that the failure frequency range is identified within the 410–450 Hz range, as indicated by the grey band. Additionally, another frequency band was shifted towards the lower frequencies, specifically around 800–1000 Hz.

4.2. Result of CNN

The CNN model utilized in this study consists of multiple layers, including an input layer, two sets of convolutional layers, two max pooling layers, three fully connected layers, a dropout layer, softmax layer, and a classification output layer. Each convolutional set layer comprises a convolutional layer, batch normalization, and ReLU activation. The measured time-domain vibration signals were employed as input data for training the CNN model, with the aim of classifying them into normal and failure classes. The dataset was divided into training (70%), validation (20%), and test (10%) sets for the training and evaluation of the CNN model.

Figure 5a displays the learning curve of the CNN model, illustrating the training progress and its impact on the validation accuracy. Notably, the validation accuracy has been measured and determined to be 100%, indicating a high level of accuracy in classifying the data. Furthermore, Figure 5b presents the test accuracy of the CNN model, visualized as a confusion matrix. The confusion matrix provides a comprehensive representation of the model’s performance in accurately classifying the test data.



a.

	Normal	Failure
Normal	100%	0%
Failure	0%	100%
Accuracy	100%	100%
Accuracy (overall)	100%	

b.

Fig 5. The learning curve and confusion matrix of CNN

For this particular case, the test data were categorized into two distinct classes: normal and failure. The confusion matrix, depicted in Figure 5b, showcases the classification results of the trained CNN model. The diagonal elements of the matrix, represented in blue, correspond to the accurate classifications made by the model. Notably, the test accuracy, demonstrated by the 100% value in Figure 5b, indicates that all the test data were correctly classified. Therefore, it can be concluded that the CNN model exhibits excellent performance in accurately distinguishing between different bearing health conditions.

5. Proposed bearing degradation detection system

In practical applications, accurately detecting bearing degradation is crucial to minimize excavator downtime, as previously mentioned. However, relying solely on two types of data (normal and failure) may not provide a precise determination of bearing degradation levels. Therefore, it becomes necessary to generate new data that can effectively represent the various levels of bearing health degradation. This additional data can contribute to a more comprehensive understanding of the degradation process and enable more accurate assessment of bearing health conditions.

To augment the dataset and capture a broader range of bearing degradation levels, new data was generated by employing signal processing techniques such as Fast Fourier Transform (FFT) and Inverse Fast Fourier Transform (IFFT). Through these methods, a combination of data was created to represent bearing degradation levels ranging from 10% failure to 90% failure, with increments of ten percent.

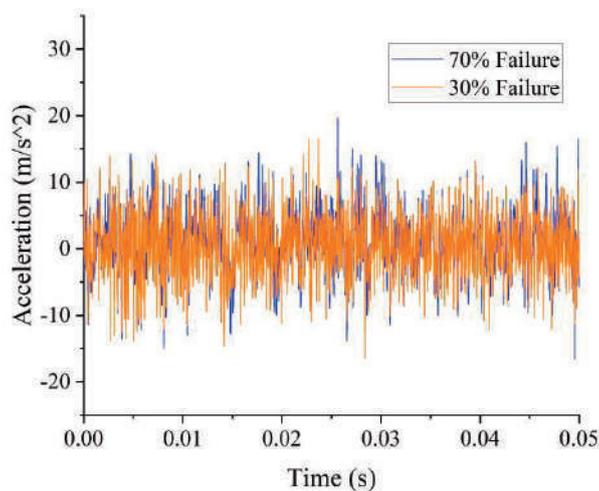


Fig 6. Time-domain waveform of created data

Figure 6 displays the waveforms of the "30% failure" and "70% failure" data, which are representative samples of the entire dataset generated. It is notable that the time-domain waveforms of the generated data exhibit a high degree of similarity, making it challenging to discern the differences between them visually. Furthermore, the waveforms of the generated data, as depicted in Figure 6, bear a striking resemblance to the measured data presented in Figure 3. In order to effectively differentiate between the data, FFT analysis was conducted on both the measured and generated datasets, and the corresponding graphical representations are illustrated in Figure 7. This analysis enables a more efficient identification of the distinctions between the various datasets.

Figure 7 depicts the entire dataset, with the data gradually progressing from the normal state to various levels of failure. To facilitate easy observation, color coding has been applied to represent the different stages of degradation. Following the generation of the new data, all data were subjected to testing using a bearing degradation detection system, which is a CNN model trained for this purpose. The outcome of the testing is presented in Figure 8.

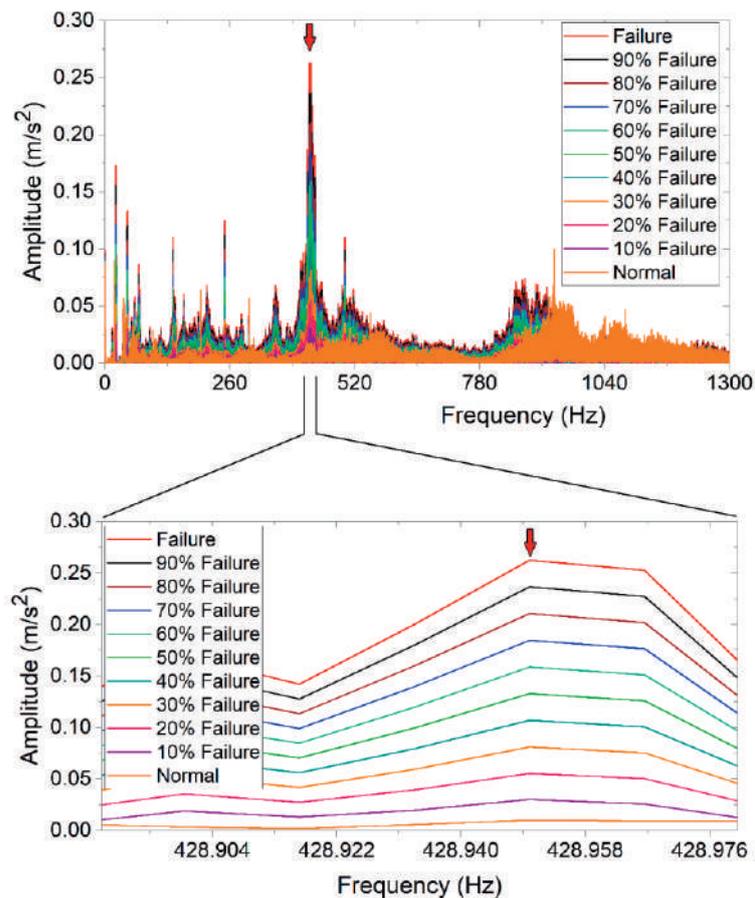


Fig 7. FFT results of all data

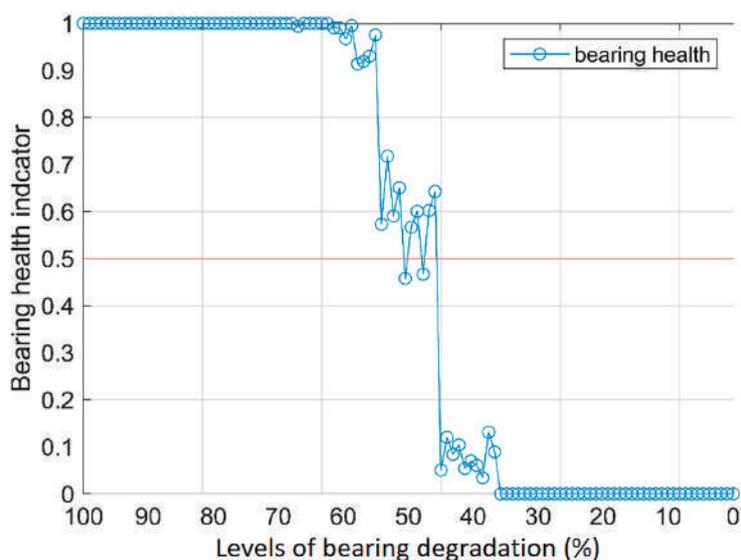


Fig 8. The curve of bearing degradation detection

The developed bearing degradation detection system provides a means to diagnose bearing failure at an early stage. The vertical axis of the system represents the bearing health indicator, which serves as a measure of the current state of the bearing. The horizontal axes, on the other hand, represent the different levels of bearing degradation. By analyzing the input data using the detection system, it becomes possible to identify the presence of bearing failure and accurately diagnose its occurrence. Furthermore, the system also enables the estimation of the remaining useful life of the bearing, providing valuable insights for maintenance planning and proactive decision-making.

6. Conclusion

This research proposes a deep learning-based bearing degradation detection system for mining shovel motors. By utilizing CNN, the system has a high potential to significantly reduce downtime in mining shovels. The CNN achieved an impressive test result accuracy of 100%, enabling the classification of two categories: normal and failure.

Signal processing techniques, including FFT and IFFT, were employed to generate data representing bearing degradation levels in increments of 10%. FFT analysis unveiled the failure frequency range of the bearing to be between 410–450 Hz. The CNN model, tested with the entire dataset, exhibited practical applicability for diagnosing bearing degradation.

7. Reference

- [1] “Introduction of the Baganuur mine,” Nov. 02, 2021. <http://baganuurmine.mn/%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D1%86%D1%83%D1%83%D0%BB%D0%B3%D0%B0/> (accessed Nov. 02, 2021).
- [2] “A guide to preventing failure, ABB, 2015.pdf.” https://new.abb.com/docs/librariesprovider53/about-downloads/motors_ebook.pdf?sfvrsn=4
- [3] X. Zhang, G. Chen, T. Hao, and Z. He, “Rolling bearing fault convolutional neural network diagnosis method based on casing signal,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 6, Art. no. 6, Jun. 2020, doi: 10.1007/s12206-020-0506-8.
- [4] H. Shao, H. Jiang, H. Zhang, W. Duan, T. Liang, and S. Wu, “Rolling bearing fault feature learning using improved convolutional deep belief network with compressed sensing,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 100, pp. 743–765, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ymsp.2017.08.002.
- [5] L. Eren, T. Ince, and S. Kiranyaz, “A Generic Intelligent Bearing Fault Diagnosis System Using Compact Adaptive 1D CNN Classifier,” *J. Signal Process. Syst.*, vol. 91, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2019, doi: 10.1007/s11265-018-1378-3.
- [6] C.-C. Chen, Z. Liu, G. Yang, C.-C. Wu, and Q. Ye, “An Improved Fault Diagnosis Using 1D-Convolutional Neural Network Model,” *Electronics*, vol. 10, no. 1, Art. no. 1, Dec. 2020, doi: 10.3390/electronics10010059.
- [7] D. Wang, Q. Guo, Y. Song, S. Gao, and Y. Li, “Application of Multiscale Learning Neural Network Based on CNN in Bearing Fault Diagnosis,” *J. Signal Process. Syst.*, vol. 91, no. 10, Art. no. 10, Oct. 2019, doi: 10.1007/s11265-019-01461-w.
- [8] X. Chen, B. Zhang, and D. Gao, “Bearing fault diagnosis base on multi-scale CNN and LSTM model,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 32, no. 4, Art. no. 4, Apr. 2021, doi: 10.1007/s10845-020-01600-2.
- [9] G. Li, C. Deng, J. Wu, X. Xu, X. Shao, and Y. Wang, “Sensor Data-Driven Bearing Fault Diagnosis Based on Deep Convolutional Neural Networks and S-Transform,” *Sensors*, vol. 19, no. 12, Art. no. 12, Jun. 2019, doi: 10.3390/s19122750.
- [10] B. B. Sinaice, Y. Kawamura, J. Kim, N. Okada, I. Kitahara, and H. Jang, “Application of Deep Learning Approaches in Igneous Rock Hyperspectral Imaging,” in *Proceedings of the 28th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection – MPES 2019*, E. Topal, Ed. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 228–235. doi: 10.1007/978-3-030-33954-8_29.
- [11] N. Okada, Y. Maekawa, N. Owada, K. Haga, A. Shibayama, and Y. Kawamura, “Automated Identification of Mineral Types and Grain Size Using Hyperspectral Imaging and Deep Learning for Mineral Processing,” *Minerals*, vol. 10, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2020, doi: 10.3390/min10090809.
- [12] S. Sharma, S. Sharma, U. Scholar, and A. Athaiya, “Activation functions in neural networks,” *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 2020 Vol. 4, Issue 12, ISSN No. 2455-2143, Pages 310–316.

Identification of Placer Deposit Magnetite Using Multispectral Camera Mounted on UAV and Spectral Reflectance Indexing

Brian Bino Sinaice^{1,2,*}, Jun Abe², Narihiro Owada³, Hajime Ikeda², Hisatoshi Toriya²,
Tsuyoshi Adachi², Youhei Kawamura⁴

¹Center for regional revitalization in research and education, Akita University

²Graduate School of International Resource Sciences, Akita University

³Faculty of International Resource Sciences, Akita University

⁴Faculty of Engineering, Division of Sustainable Resources Engineering, Hokkaido
University

[*bsinaice@rocketmail.com](mailto:bsinaice@rocketmail.com)

Abstract : Spectral indices are combinations of spectral reflectance from two or more wavelengths that indicate the relative abundance of features of interest. They are often used in remote sensing applications to monitor vegetation dynamics. The mining and exploration industries have however been slow to adapt this technique to aid in overall system optimizations. By combining five multispectral bands sensors mounted on a UAV drone, and a specialized spectral index, this paper aims to perform the identification of magnetite iron sands from beach sands. This paper considers five multispectral bands namely blue, green, red, red-edge, and NIR. By assessing the three best performing spectral indices from a total of 3^{10} permutations, it was found that the best spectral index for the identification of magnetite iron sands from beach sands was $((-Blue-Green+RedEdge+NIR)) \div ((-Blue-Red-RedEdge+NIR))$.

Keywords : UAV drone, multispectral imaging, spectral indexing

Originality and Practicality :

This study presents the application of spectral indices, which are typically used in remote sensing for monitoring vegetation dynamics, to the mining and exploration industries. This adaptation of the technique for identifying magnetite iron sands from beach sands represents a novel approach. The practicality of the research is evident in the use of a UAV drone equipped with five multispectral band sensors. This setup allows for efficient data collection and analysis. Furthermore, the assessment of 3^{10} permutations to determine the three best-performing spectral indices demonstrates a systematic approach to identifying the most effective index for the specific task at hand. Lastly, it offers a practical methodology for identifying magnetite iron sands from beach sands using multispectral data captured by a UAV drone.

1. Introduction

Modern-day industries invest heavily in output maximization with goals aimed at improving safety, cost efficiency, and overall system optimization. To improve safety and mineral exploration abilities, the mining industry has been no stranger to this trend as the introduction of machines such as automated haul trucks, conveyor belts, and unmanned automated vehicle (UAV) drones has been seen. Studies aimed at employing UAVs to identify certain rocks or minerals in mines are important as they offer a plethora of these advantages (Martelet et al., 2021 and Saha & Annamalia 2021). Despite this, it is difficult to perform a thorough mine site, rock, or mineral assessment via a visible light camera-mounted drone. This is because such cameras do not collect the intrinsic characteristics of rocks and minerals beyond the visible light spectrum (Sinaice et al., 2020).

Mohajane et al. (2017) applied a method that incorporated remote collection of vegetation data to identify certain vegetation species via a multispectral camera-mounted UAV drone. Moreover, numerous authors such as Joanna et al. (2018) have employed a Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to quantify vegetation greenness as it is useful in understanding vegetation density and assessing changes in plant health. This study modifies and improves on this methodology, hence, a novel method by which rocks and/or minerals can be identified in rapid, large-scale areas with detailed field assessments was born. This proposed method combines multispectral UAV drone technology with our proposed mineral separation reflectance index to automatically identify magnetite iron sands. This is an improvement from NDVI which considers the red and near-infrared (NIR) bands, whilst our method considers blue, green, red, red-edge, and NIR bands. The main potential advantage of this proposed system is that the UAV drone and the proposed mineral separation reflectance index take advantage of the pre-existing spectral bands by assessing the difference between a reference subject's (magnetite) spectral characteristics with those similar or different to it in an image scene (Girouard et al., 2014 and Shafri et al., 2007).

Kamaiso, the research location (Figure 1), is situated on the western coast of Yamagata prefecture, bordered by the Japan Sea to the west. This site contains a deposit of magnetite iron sand, formed approximately 600,000 years ago because of volcanic activity from Mt. Chokai (Kobayashi et al., 2019). Given the global decline in ore quality, it is logical to consider exploring easily accessible placer deposits like those found in Kamaiso (Nyuyen et al., 2018).

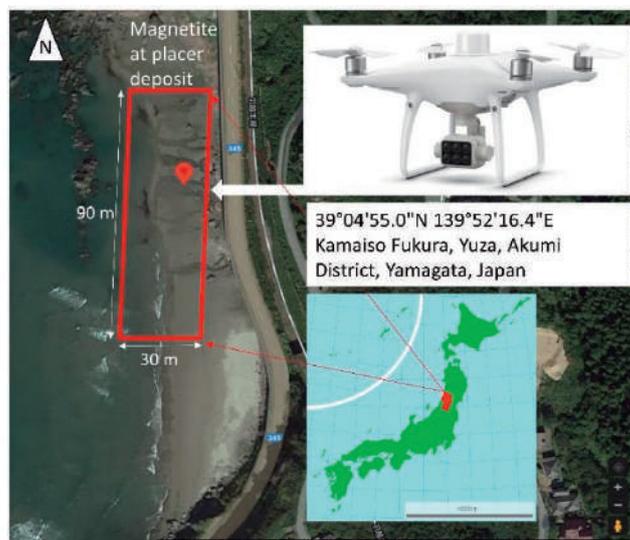


Figure 1: The map depicts the magnetite iron sand placer deposits in the research area of Kamaiso. The red polygon indicates the specific study area measuring 30 m by 90 m, within which the UAV drone was utilized. The map was obtained from Google Maps (2021).

These deposits hold potential resources that could yield significant profit margins, depending on their quantities. However, assessing deposits located near coastal areas presents challenges due to their proximity to the sea. To address this, unconventional methods such as utilizing UAV drones can be employed to effectively explore and quantify the targeted resources in this region (Beretta et al., 2019). Figure 1 illustrates a map displaying a 30 m × 90 m area where experiments were conducted to apply UAV drone technology for identifying magnetite iron sands.

2. Methodological Strategies

2.1. Combination of UAV Drone Technology with Multispectral Imaging

Over the years, aerial drone technology has undergone significant advancements, particularly in catering to specialized industrial applications. One major advantage of UAV drones is the ability to assess sites from remote locations, thus ensuring the safety of human lives (Beretta et al., 2019). Furthermore, drones equipped with cameras enable real-time site assessments through visual feeds. These feeds can be displayed in various forms, such as real, false, or pre-processed colors like NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and other specialized indices that convey specific occurrences understood by the operator (Mohajane et al., 2017).

Hyperspectral imaging is considered one of the most effective methods for inferring the characteristics of rocks and minerals based on their spectral properties (Sinaice et al., 2020). However, van de Meer et al. (2012) have achieved high accuracy in classifying similar rock identification problems using multispectral imaging. Inspired by these demonstrated capabilities, this study employs a DJI P4 Multispectral camera mounted on a UAV drone (Figure 2). To ensure centimeter-level positioning accuracy, the drone is equipped with a real-time kinematics (RTK) module. The camera system consists of six 2-megapixel 1/2.9-inch (complementary metal oxide semiconductor) CMOS sensors with a global shutter, mounted on a 3-axis stabilized gimbal. This setup ensures precise capture of multispectral images at spatial resolutions as fine as 0.1 cm/pixel. The spectral sensor specifications include Blue: 450 nm ± 16 nm, Green: 560 nm ± 16 nm, Red: 650 nm ± 16 nm, Red Edge: 730 nm ± 16 nm, and Near Infrared: 840 nm ± 26 nm. These spectral bands are captured as TIFF image files. Additionally, the drone has a field of view of 62.7°, weighs 468 g, and features an RGB camera that enables the extraction of magnetite iron sand spectral information within the visible light spectral range of 400–700 nm as a JPG image. With a total of six multispectral bands, the system proves effective in a wide range of electromagnetic spectra within the visible-near-infrared range (VNIR). The drone is programmed to automatically conduct aerial multispectral imaging at intervals that ensure complete coverage of the designated area (30 m × 90 m) by the end of the flight mission.



Figure 2: Flight spatial resolution from 2 meters flight elevation. The 6-bands multispectral sensor with a 62.7° field of view; (1) Blue: 450 nm ± 16 nm, (2) Green: 560 nm ± 16 nm, (3) Red: 650 nm ± 16 nm, (4) Red Edge: 730 nm ± 16 nm, (5) Near Infrared: 840 nm ± 26 nm and (6) RGB camera: 400–700 nm represent the multispectral sensor capabilities. The red point is the reference area from which magnetite iron sands are known to exist.

2.2. Spectral Indexing

Satellite-based reflectance-derived vegetation indices and related parameters have proven useful in monitoring vegetation health and assessing drought conditions, particularly in savannas and semiarid ecosystems. The NDVI, for instance, has been employed to evaluate the performance of modern land-surface models in quantitatively predicting vegetation health (Crow et al., 2012). However, challenges persist when utilizing satellite data for the classification of rocks and minerals (WMO, 2006). One such challenge is that traditional indices like NDVI only consider two spectral bands (Eq. 1) and are primarily designed for vegetation analysis. To address this limitation, this study proposes two mineral separation reflectance index techniques (Eq. 2 and 3) that utilize five multispectral bands, namely: (1) Blue: 450 nm ± 16 nm, (2) Green: 560 nm ± 16 nm, (3) Red: 650 nm ± 16 nm, (4) Red-Edge: 730 nm ± 16 nm, and (5) Near Infrared: 840 nm ± 26 nm, to accurately classify magnetite iron sands from beach sands.

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{NIR+Red} \quad (1)$$

$$Index\ 1 = \frac{(-Blue-Green-RedEdge+NIR)}{(-Blue-Green-Red-RedEdge+NIR)} \quad (2)$$

$$Index\ 2 = \frac{(-Blue-Green+RedEdge+NIR)}{(-Blue-Red-RedEdge+NIR)} \quad (3)$$

3. Experimental and Analytical Results

3.1. Binarized image map

With the UAV employed in this study, each image is captured at a resolution of 1600 × 1300 pixels then reduced to 1500 × 1250 to account for parallax correction due to the placement of the spectral sensors (Figure 2). Figure 3A and 3B show a true colour image from the study area and a binarized version respectively. In binarized imagery, each pixel can only have one of two possible values: black or white. This process involves applying a threshold to the original image, where pixels with intensity values above the threshold are set to white, and those below the threshold are set to black.

Binarization is often used to simplify image analysis tasks by reducing complex grayscale images to a binary representation (Figure 3B). It can enhance the contrast between foreground and background, isolate objects of interest, and facilitate further processing such as object recognition or segmentation. Binarization techniques vary and can include methods like global thresholding, adaptive thresholding, or Otsu's thresholding algorithm, among others.

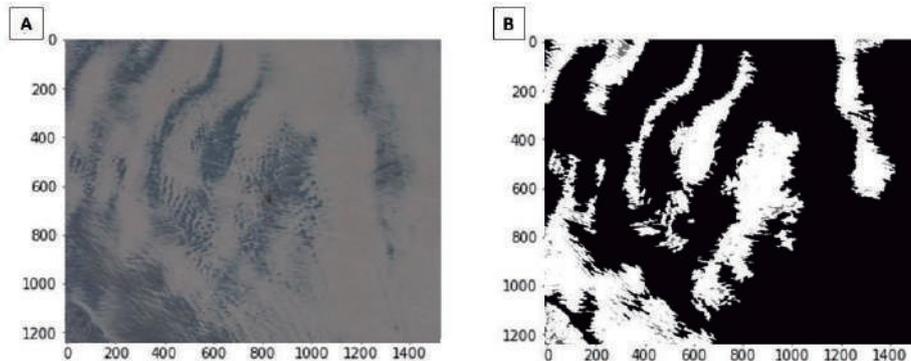


Figure 3: True colour image [A] of magnetite iron sand (dark colour) and beach sand (light colour) vs. a binarized images of the same scene [B].

3.2 Spectral Index Maps

As opposed to image binarization, the reflectance spectral index considers multiple spectral bands and the variations in pixel variation as non-binary quantitative data. Using the same technique as NDVI where a ratio is used to discriminate phenomena, our approach is a more advanced system that considers the reflectance values of five spectral bands from each pixel within the image scene, thereby giving a ratio of sought-after subjects vs. non-sought-after subjects. This was done by using an algorithm that runs arrangements where each one of the band’s reflectance intensities is multiplied by a positive one (+1), negative one (-1), or excluded (0) within the index. This results in a total of 59049(3¹⁰) combinations as demonstrated by Equation 4, from which spectral index maps were deduced (Figure 4).

$$Indices = \frac{((+1)/0/(-1)Blue (+1)/0/(-1)Green (+1)/0/(-1)Red (+1)/0/(-1)RedEdge (+1)/0/(-1)NIR)}{((+1)/0/(-1)Blue (+1)/0/(-1)Green (+1)/0/(-1)Red (+1)/0/(-1)RedEdge (+1)/0/(-1)NIR} \quad (4)$$

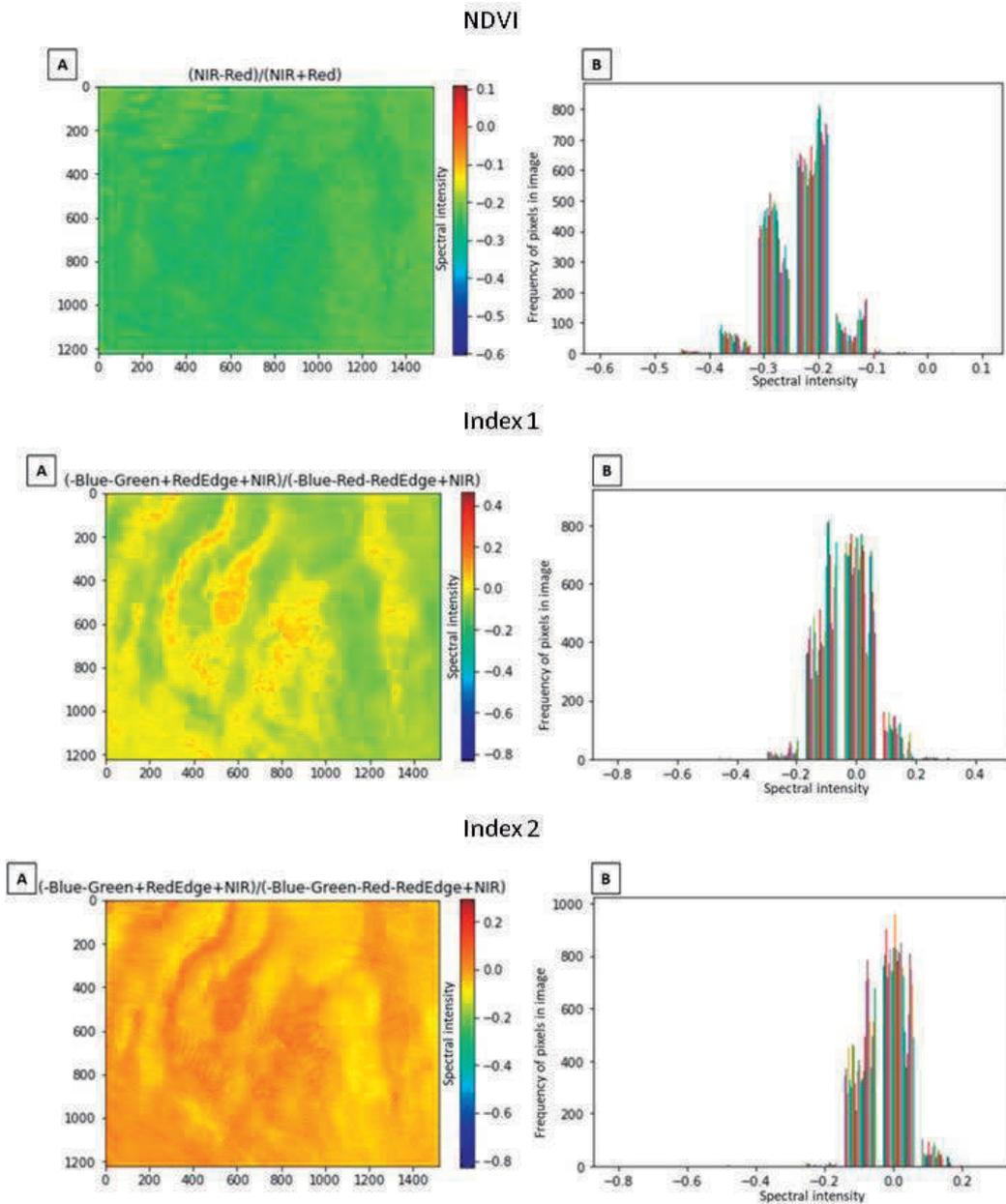


Figure 4: Spectral index separation maps based on NDVI, and two high performance spectral separation indices used to map magnetite iron sands and beach sand [A], and mapped pixel density histograms [B].

Having assessed the two highest-performing indices for these procedures in comparison with NDVI, it was found that indices 1 (Eq. 2) and 2 (Eq. 3) performed the best for this task. With reference to Figure 4 spectral separation maps, NDVI had the least separation performance, index 1 being the mid-performer, whilst index 2 showed the best separation performance. This is moreover supported by the histograms in Figure 4B which quantify the number of pixels belonging to each class. All three indices were able to separate the magnetite from the beach sand, however, index 2 is better suited as it recognizes two main endmember classes, which agrees with what the original scene shows (Figure 3A).

4. Discussion

Global binary thresholding from multispectral data, while a simple and commonly used method for image binarization, has several disadvantages such as sensitivity to image variations, limited adaptability, lack of flexibility, difficulty in handling noise, and inability to handle shadows or gradations (Joiner et al., 2018). To overcome these limitations, more advanced techniques such as spectral indexing are vital. These methods consider local image characteristics and adaptively determine the threshold values, resulting in improved segmentation results for a wider range of image types and conditions. Though all three indices have exceptional separations based on the maps (Figure 4A), the histograms (Figure 4B) suggest the best-performing index for magnetite iron sands and beach sand is the proposed index 2 (Eq. 3).

5. Conclusions

The best performing proposed spectral indexing technique (index 2) has several advantages over conventional image binarization techniques and NDVI. In the identification of magnetite iron deposits from beach sand, index 2 was found to be; non-destructive and cost-effective; demonstrates enhanced discrimination by combining information from multiple bands to create an index that highlights specific features or characteristics in the data; sensitive to target parameters as it is designed to capture specific characteristics or properties of the target of interest (Magnetite iron sand); and lastly; this spectral index provides a standardized framework for comparing different datasets.

References

- Beretta, F.; Rodrigues, A.L.; Peroni, R.L.; Costa, J.F.C.L. Automated Lithological Classification Using UAV and Machine Learning on an Open Cast Mine. *Appl. Earth Sci.* 2019, 128, 79-88.
- Crow, W.T., Kumar, S.V., Bolten, J.D., 2012. On the utility of land surface models for agricultural drought monitoring. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16 (9), 3451-3460.
- Girouard, G.; Bannari, A.; Harti, A.E.; Desrochers, A. Validated Spectral Angle Mapper Algorithm for Geological Mapping: Comparative Study between Quickbird and Landsat-TM. 6. 2014. Available online: https://www.researchgate.net/publication/228799788_Validated_spectral_angle_mapper_algorithm_for_geological_mapping_comparative_study_between_QuickBird_and_Landsat-TM (accessed on 4 July 2021).
- Joiner J.; Yoshida Y.; Anderson M.; Holmes T.; Hain C.; Reichle R.; Koster R.; Middleton E.; Zeng F. Global relationships among traditional reflectance vegetation indices (NDVI and NDII), evapotranspiration (ET), and soil moisture variability on weekly timescales. *Remote Sensing of Environment.* 2018, 219, 339-352.
- Kobayashi, S.; Ikuta, K.; Sugimoto, R.; Honda, H.; Yamada, M.; Tominaga, O.; Shoji, J.; Taniguchi, M. Estimation of submarine groundwater discharge and its impact on the nutrient environment at Kamaiso beach, Yamagata, Japan. *Nippon. Suisan Gakkaishi* 2019, 85, 30-39
- Martelet, G.; Gloaguen, E.; Døssing, A.; Lima Simoes da Silva, E.; Linde, J.; Rasmussen, T.M. Airborne/UAV Multisensor Surveys Enhance the Geological Mapping and 3D Model of a Pseudo-Skarn Deposit in Ploumanac'h, French Brittany. *Minerals* 2021, 11, 1259.

- Mohajane, M.; Essahlaoui, A.; Oudija, F.; El Hafyani, M.; Cláudia Teodoro, A. Mapping Forest Species in the Central Middle Atlas of Morocco (Azrou Forest) through Remote Sensing Techniques. *IJGI* 2017, 6, 275.
- Nguyen, H.H.; Carter, A.; Hoang, L.V.; Vu, S.T. Provenance, Routing and Weathering History of Heavy Minerals from Coastal Placer Deposits of Southern Vietnam. *Sediment. Geol.* 2018, 373, 228-238.
- Saha, D.; Annamalai, M. Machine Learning Techniques for Analysis of Hyperspectral Images to Determine Quality of Food Products: A Review. *Curr. Res. Food Sci.* 2021, 4, 28-44.
- Shafri, H.Z.M.; Suhaili, A.; Mansor, S. The Performance of Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Neural Network and Decision Tree Classifiers in Hyperspectral Image Analysis. *J. Comput. Sci.* 2007, 3, 419-423.
- Sinaice, B.B.; Kawamura, Y.; Kim, J.; Okada, N.; Kitahara, I.; Jang, H. Application of Deep Learning Approaches in Igneous Rock Hyperspectral Imaging. In *Proceedings of the 28th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection-MPES 2019*; Springer Series in Geomechanics and Geoengineering; Topal, E., Ed.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2020;
- van der Meer, F.D.; van der Werff, H.M.A.; van Ruitenbeek, F.J.A.; Hecker, C.A.; Bakker, W.H.; Noomen, M.F.; van der Meijde, M.; Carranza, E.J.M.; de Smeth, J.B.; Woldai, T. Multi- and Hyperspectral Geologic Remote Sensing: A Review. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2012, 14, 112-128
- WMO, 2006. Drought Monitoring and Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges.

簡易型熱応答試験装置の開発

藤井 光

(国際資源学研究科)

fujii@mine.akita-u.ac.jp

概要：本研究では、地中熱利用において課題となっている初期コストの削減を目的とした、簡易型の熱応答試験装置の開発を目指す。本装置は、ケーブルヒーターと多点温度計を組み合わせた計測ケーブルを円筒型電磁石で井戸内壁（ケーシング）に密着させて試験を行うものである。秋田大学構内の試験井におけるフィールド試験では、47W/m以上の熱負荷において、土壌熱伝導率が約1.7W/m/Kに収束する傾向が見られた。

キーワード：地中熱利用，熱交換器，熱応答試験

独自性・実用性：

地中熱利用ヒートポンプシステムは、省エネルギー効果が高く環境負荷が小さい空調・融雪システムであるが、熱応答試験にかかる費用を含む高額な初期コストが普及を妨げる要因となっている。通常熱応答試験は地中熱交換井を用いて行われるが、本研究で開発する簡易型熱応答試験装置は、鋼管が設置されている水井戸であれば適用可能であるため、熱応答試験にかかるコスト削減および土壌熱伝導率データの拡充が期待できる。

背景および目的

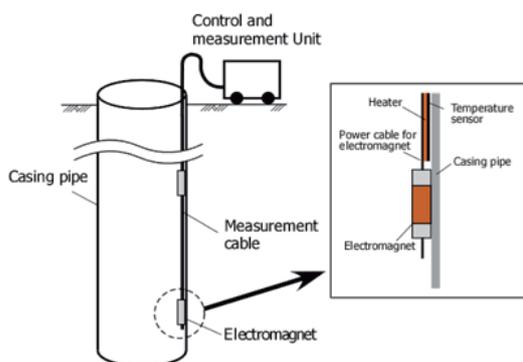
研究背景

地中熱利用において、土壌の見かけ熱伝導率を推定するため熱応答試験が実施されるが、従来型の試験では地中熱交換井として仕上げられた井戸でしか実施できないため、高額なコストが必要となる。

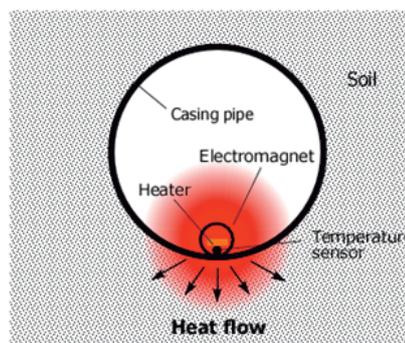
目的

地中熱交換井を用いず、あらゆる口径の既存水井戸に適用可能な、簡易熱応答試験装置の開発を目指す。

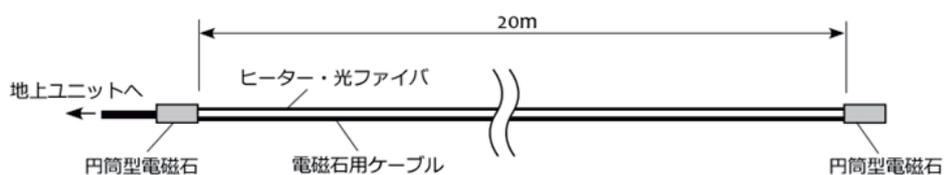
装置概要



簡易型熱応答試験装置設置イメージ



土壌加温の模式図



計測ケーブル

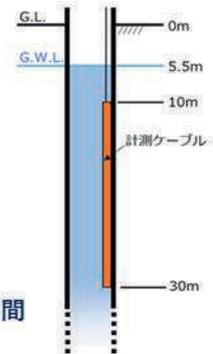
フィールド試験

秋田大学構内の試験井において、製作した簡易型熱応答試験を用いてフィールド試験を行った。

試験条件

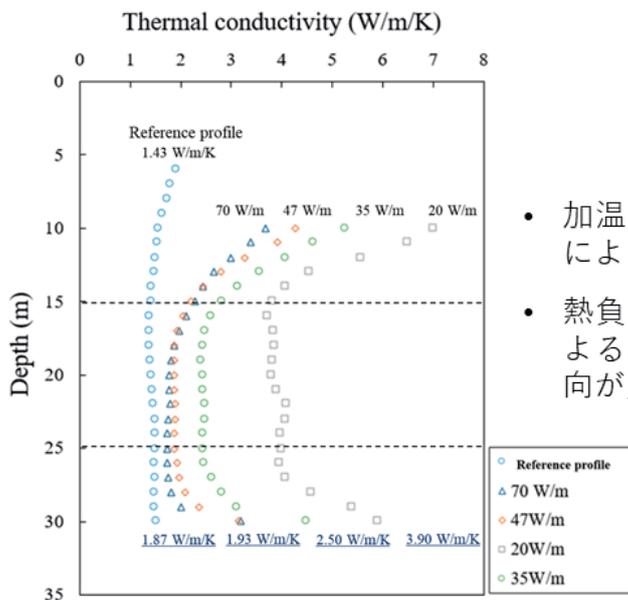
- 試験時間：48時間
- 測定区間：深度10m～30m
- ヒーターの設定熱負荷：20, 35, 47, 70 W/m

計測ケーブル設置区間
(深度10～30m)



簡易型熱応答試験装置の設置状況

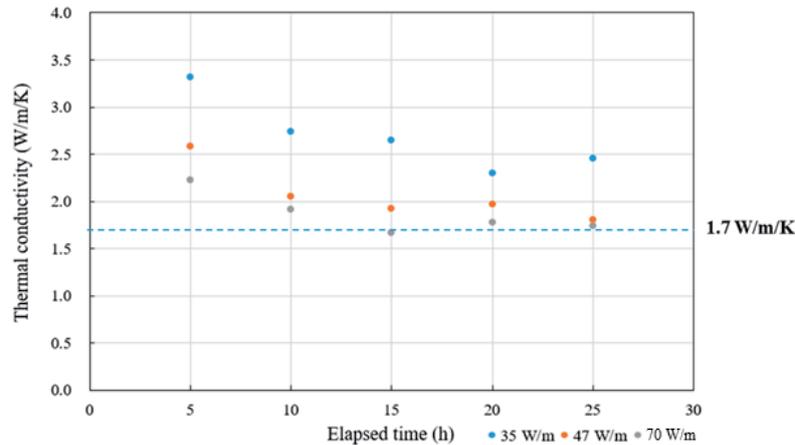
試験結果



- 加温区間の両端部は周囲の温度影響により加温が不安定となった。
- 熱負荷の増大とともに、従来方式による試験結果(1.43W/m/K)に近づく傾向が見られた。

熱負荷の違いによる各深度の熱伝導率プロファイルの比較

試験結果



各試験における熱伝導率の経時変化

- 47W/m以上で行った試験において推測された土壤熱伝導率は、時間経過によって約1.70W/m/Kに収束する傾向が見られた。
- 従来方式による土壤熱伝導率(1.43W/m/K)と一致しない理由として、土壤熱伝導率の季節変動が考えられる。

まとめ

- 既存の水井戸、特に大口径の水井戸に適用可能な簡易型熱応答試験を製作した。
- フィールド試験では、土壤熱伝導率は熱負荷の増加に伴って従来方式による試験結果に近づく傾向が見られた。
- 高い熱負荷における試験では、時間の経過とともに土壤熱伝導率の平均値が1.7W/m/Kに収束することがわかった。

本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業(JPNP19006)により得られたものです。

銅-鋼複合オーバーパック製造にむけた摩擦攪拌接合技術の開発

宮野 泰 征、浅井 元 希、高橋 舞 桜

(理工学研究科)

y.miyano@gipc.akita-u.ac.jp

概要：高レベル放射性廃棄物の地層処分に用いる金属容器の銅コーティング層の継目部を摩擦攪拌接合により接合する技術の開発を目指す。炭素鋼に銅をコーティングした試料に対して摩擦攪拌接合試験を行い、接合部の断面観察、強度評価試験等を踏まえて、適切な接合条件の検討を行うとともに、接合部の耐食性を電気化学試験等により評価を行った。

キーワード：摩擦攪拌接合、高レベル放射性廃棄物、銅、炭素鋼

独自性・実用性：

摩擦攪拌接合は、接合ツールと呼ばれる回転工具を高速回転させ、ツール/材料間に発生する摩擦熱により材料を軟化・塑性流動させ、接合を実現する固相接合プロセスである。電力の使用、金属蒸気、炭酸ガスなどの環境影響の低減を期待できるほか、接合プロセス中の温度の制御性も極めて大きいという特性を有する。また、ロボット化（無人施工プロセス）への拡張性を大きく推進できる可能性も大きい。

高レベル放射性廃棄物を地層処分に供する容器（オーバーパック）の候補材の一つと考えられている銅は、摩擦攪拌接合の適用に対し障壁の低い材料として理解されている。摩擦攪拌接合は被接合体に対する入熱影響の制御性に優れるため、オーバーパックの長期寿命に関係する材料学的因子を大きく貢献できる可能性が期待される。

1. 緒言

高レベル放射性廃棄物を地層処分に供する容器（オーバーパック）について、日本では炭素鋼を基本に検討が進められてきた。一方、耐食性に優れる銅をオーバーパック材に活用しようという戦略が北欧、カナダを中心に展開されている。このような背景から、日本の NUMO（Nuclear Waste Management Organization of Japan）原子力発電環境整備機構でも、カナダの NWMO（Nuclear Waste Management Organization）と共同で、炭素鋼容器の表層に銅の電気メッキ層を形成させた複合オーバーパックの製造技術について検討が進められている。複合オーバーパックの接合施工には、銅層への熱ひずみの低減、作業員への放射線被曝の軽減が求められる。そこで我々は、継手自由度が大きい、大気中での信頼性の高い固相接合技術、遠隔/無人化への拡張性にも優れるなどの、摩擦攪拌接合の利点に着目し、オーバーパックへの適用を想定した検討を展開している。

本研究では、NWMO 製銅メッキ層を疑似した無酸素銅に対し、様々な条件で突合せ継手を作製し、断面マクロ観察、硬さ試験、接合部組織の耐食性評価を実施した。本報告では、650 rpm-450 mm/min、650 rpm-600 mm/min および 1250 rpm-900 mm/min の3条件の結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材

無酸素銅 (C1020P) を使用した。化学組成は Cu : 99.96%以上、O : 0.001%以下である。

2.2 摩擦攪拌接合試験

350L×50W×3^tmmの板材に対し突合せ接合を行った。ショルダー径 15 mm、プローブ径 6 mm、プローブ長 2.9 mm の超硬合金製ツールを使用した。3°の前進角を設定し、接合中は、板材/ツールの酸化防止のため流量 18 L/min の Ar ガスでシールドした。回転速度：200～1250 rpm、接合速度：100～950 mm/min の範囲で接合条件を選定し、接合中の入熱/熱履歴が異なる継手を取得した。

2.3 接合部断面マクロ観察およびビッカース硬さ試験

継手の終端側から 110 mm の位置を接合線に 10 mm 幅で垂直に切断したものを試料とした。評価面をエメリー紙 (#1200 まで) で湿式研磨した後、塩酸、塩化鉄、及びエタノール(HCl : FeCl₂ : C₂H₅OH=5 : 1 : 12)の混合溶液でエッチングし、デジタル顕微鏡で観察した。同試験片を再研磨後、マイクロビッカース硬度計 AMT-X7FS-B (マツザワ製) を使用し、印加荷重 2.94 N、保持時間 20 sec にて硬さ試験を実施した。測定は接合界面から両端に 15 mm 区間、計測間隔は 0.5 mm×61 点とし、表面から裏面方向に 1.5 mm の位置を測定した。

2.4 腐食試験

試料極は溶接線を表面中央に含むφ24×3^tmmの構成とし、表面を鏡面仕上げ (ダイヤモンドペースト : 3μm) 後、開口部 (1 cm²) を有する試料ホルダーに設置した。電気化学セルは、三電極方式とした。地下水組成を疑似した4種類の供試液 ((a) NaHCO₃(0.001M), (b) NaHCO₃(0.001M)+NaCl(0.1M), (c) NaHCO₃(0.001M)+NaCl(0.5M), (d) Na₂SO₄(0.6M)) を使用し、放射性崩壊に伴うオーバーパック周囲への熱影響を考慮した温度 : 80°C、地層中の酸素濃度を考慮するため窒素パージによる嫌気環境を再現した。-1200 mVvs. Ag-AgCl でカソード処理を 2 min 実施後、自然電位測定を 1 hr 行い、その後 10 mV/min の速度で 500 mVvs. Ag-AgCl までアノード分極を実施した。

3. 実験結果

3.1 断面マクロ観察

図1に観察結果を示す。いずれの条件でも攪拌部は裏面にまで到達し、欠陥のない健全な接合組織が形成されている。また、大きなバリの発生もないことから入熱も過剰とならない範囲で制御されていたことが示唆される。

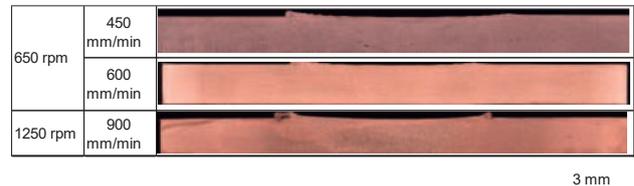


図1. 断面マクロ観察結果

3.2 硬さ試験

図2に、各接合材の継手断面のビッカース硬さ分布を示す。1250 rpm の条件で作製した継手は、650 rpm で作製した継手よりも攪拌領域で母材よりも硬さが大きく軟化する傾向が確認された。一般に、回転速度の大きな条件ほど、入熱が大きくなることが知られているため、軟化は、相対的に接合温度が高くなった条件で結晶粒の粗大化が促進された影響と考察される。650 rpm の2条件では、接合速度の違いが硬さに及ぼす影響はほとんど確認できなかった。

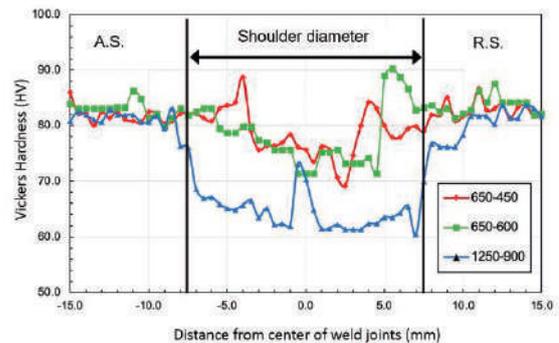


図2. 継手断面のビッカース硬さ分布

3.3 腐食試験

図3に4種類の供試液中で実施したアノード分極試験の結果を示す。Cl⁻, SO₄²⁻を含まない条件では、いずれの試料にも明瞭な不動態域が確認された。しかし、Cl⁻, SO₄²⁻を含む条件では遷移型の挙動となる傾向が確認された。また、Cl⁻, SO₄²⁻を含まない条件では、0 mV以上の電位域で、母材に対し接合組織を有する試料は電流値がやや大きくなる傾向が確認された。しかし、その他の条件では、接合組織を有する試料が母材に対し耐食性を大きく劣化させるような挙動は確認されなかった。今回検討した条件では、接合条件や機械的特性の違いが、耐食性を大きく

変動させるような特徴は確認されなかった。

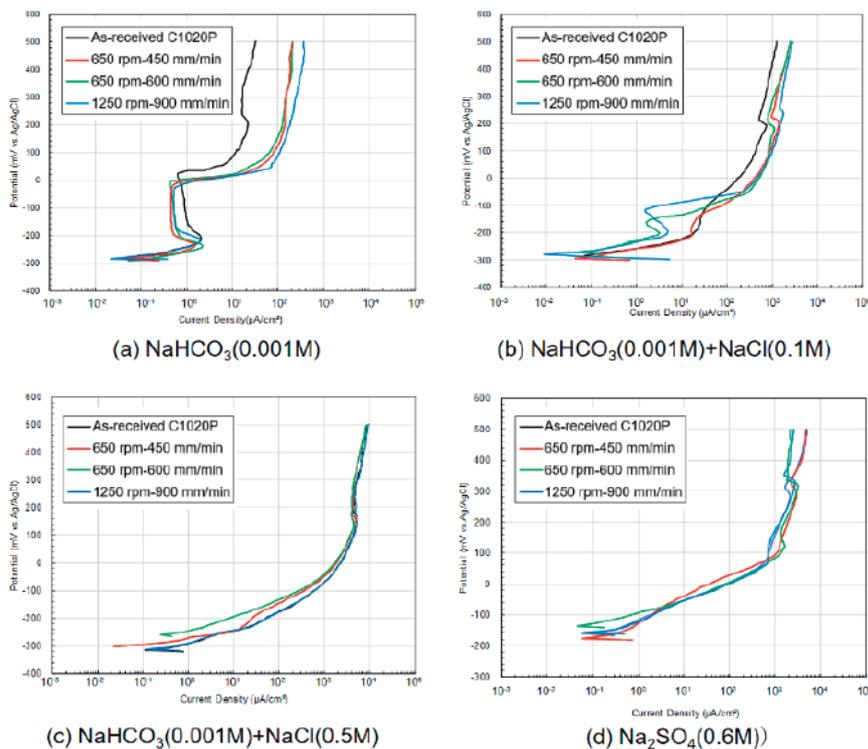


図3. 各種供試液中でのアノード分極挙動

4. 結言

NWMO製銅メッキ層を疑似した板厚3mmの無酸素銅に対し摩擦攪拌接合を突合せ条件で実施した。650rpm-450mm/min、650rpm-600mm/minおよび1250rpm-900mm/minの3条件で作製した継手に対し、断面マクロ組織観察、硬さ試験、耐食性評価を実施し以下の結論を得た。

- (1) 全ての接合条件で、欠陥のない健全な接合組織の取得に成功した。
- (2) 継手攪拌部は、いずれの条件においても母材に対し軟化傾向を示す様子が確認された。
- (3) 接合による耐食性の劣化、接合条件の違いが材料の耐食性に及ぼす影響は確認されなかった。

謝辞

本研究は、国立大学法人大阪大学、原子力発電環境整備機構との共同研究によって実施された成果であることを付記する。

分子エレクトロニクス機能発現の物質構造と機能の相関

辻内 裕 (理工学研究科)

tsuji71@gipc.akita-u.ac.jp

概要：半導体水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) を水素リッチなサブサーフェイスが形成されるように膜厚と水素濃度条件の制御を行い、色素有機分子薄膜を積層すると色素の光応答作用に変化が起きる効果、ならびに a-Si:H と生体高分子、有機分子の相互作用について実験データを集積し、有機分子センサへの応用の可能性を検討してきている。令和4年度、本課題では、Plunus Lanessiana のフラボノイド分子を含む有機薄膜を a-Si:H 薄膜の上に積層し、揮発性分子の検出に向けた基礎的検討を行った。

キーワード：有機半導体、センサ、固体分子膜

独自性・実用性：

特許 Yutaka Tsujiuchi, MULTILAYER MOLECULAR THIN FILM OF FATTY ACID AND LIPID TO BE SUPPORT FOR BIOMOLECULAR ELEMENT OR BIOSENSOR MOLECULE AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME, 欧州特許第 EP 2006684 号

特許 辻内 裕, バイオ分子素子, バイオセンサー分子の支持体となる脂肪酸と脂質と積層分子薄膜およびその製造方法, 日本国特許第 5162748 号

特許 Yutaka Tsujiuchi, SOLID ELECTROLYTE AND ELECTROCHEMICAL ELEMENT, 米国特許登録：第 8/470/478 号

特許 辻内 裕, 固体電解質及び電気化学素子, 日本国特許第 5697100 号

特許 Yutaka Tsujiuchi, Method of shielding ultraviolet light and increasing visible light, and ultraviolet-light-shielding and visible-light-increasing material which enables implementation of the method, 米国特許第 9140836 号

1. 研究目的

Plunus Lanessiana の花卉に含有するフラボノイド分子には pH 依存性の特有の光吸収特性、可視発光特性がある。この現象についてフラボノイド分子の文献には詳細が記述されていないため、筆者は自ら試料を採取して実験的に確認した。一方、半導体水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) を水素リッチなサブサーフェイスが形成されるように膜厚と水素濃度条件の制御を行い、色素有機分子薄膜を積層すると色素の光応答作用に変化が起きること[1-5]、ならびに a-Si:H と生体高分子、有機分子の相互作用[6-8]について研究を行ってきた。近年、有機分子センサへの応用の可能性を検討してきている。本課題では、Plunus Lanessiana のフラボノイド分子を含む有機薄膜を a-Si:H 薄膜の上に積層し、揮発性分子の検出に向けた基礎的検討を行った。

2. 材料と方法

2-1. Plunus Lanessiana のフラボノイド分子試料の調製

Plunus Lanessiana (八重桜) の花卉を採取後、水洗し、エタノールに浸しながら乳鉢ですり潰し、色素溶液を得

た。次に、溶液を試験管へ移し 2 本 1 組で重量を揃えた後 3000rpm、20min で遠心分離機にかけ遠心分離後上澄みのみを収集し、減圧ろ過した。ろ過した溶液はビーカーに移し、50%:50%のエタノール:蒸留水溶液で 50 倍に希釈した。得られた色素溶液に 0.01、0.05M の塩酸水溶液、また 0.01M、0.1M の水酸化ナトリウム水溶液を加え pH をパラメーターとして条件を変えて、波長 375nm で励起して蛍光スペクトルを測定した。その結果を解析して、高 pH 条件において色素溶液に 375nm 波長の LED ランプを照射し、紫外線励起で可視発光する物質であることを確認した。

2-2. 水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)薄膜の作製条件

a-Si:H 薄膜は、多段制御化学気相析出装置を用い、[1]に報告した条件にて、Ar ガスと Ar-H₂ の混合ガスをプロセスガスとし、ターゲットに Si 結晶板を用い 3.0×10⁶Torr 程度に排気後、磁場とマイクロ波を印加しプラズマを発生させて作製した。プロセスガス中の水素濃度、膜厚条件を変え(第 1 層 水素 X% スパッタ時間 300s / 第 2 層 水素 0% スパッタ時間 60s)の連続積層薄膜を得た。

2-3. 試料素子の作製とアンモニア雰囲気下での光照射とスペクトル測定

a-Si:H 薄膜の上に *Plunus Lanessiana* からエタノールで抽出したフラボノイド色素の薄膜を LB 法を応用して作製した。アンモニア雰囲気での測定系は 1 辺が 12cm のアクリル製立方体容器による閉鎖系に、10mL アンモニア溶液を入れた 30mL ビーカーを設置し平衡化させ、試料素子を入れ、30 分、60 分、90 分 375nm の長波長紫外線を照射した後に各々、吸収スペクトルの測定を行った。

3. 結果と考察

Fig.1 は *Plunus Lanessiana* からエタノールで抽出したフラボノイド色素溶液の pH5.00~9.48 までの、励起波長 375nm における発光スペクトルの変化である。pH7 以上の高 pH 領域になると 470nm 近傍の発光強度が増大し、水色可視発光することがわかった。Fig.2 は、前述 2-2.で作製した a-Si:H 薄膜の上に pH8.5 近傍の *Plunus Lanessiana* フラボノイド色素溶液の薄膜を 10 層積層した試料の、アンモニア雰囲気中で 375nm 紫外線照射を行った場合の光吸収スペクトルである。

紫外線照射時間が長くなるとともに、375nm の吸光度の減少が起きたことから、資料の状態が酸性側にシフトしたことが明らかになった。

4. まとめ

本課題では、*Plunus Lanessiana* フラボノイド色素の pH によって発光スペクトルが変化する現象を解析し、a-Si:H 薄膜の上に *Plunus Lanessiana* フラボノイド色素の薄膜を作製し、揮発性分子の検出法の基礎検討として、アンモニア雰囲気下で紫外線照射を行った場合の光吸収スペクトルを測定した。その結果、薄膜のスペクトル特性の変化から pH 変化を推定でき、間接的にアンモニア検出に有効であることを確認できた。

引用文献

- [1] *Thin Solid Films* Vol. 438-439 (2003) 90-96.
- [2] *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 47 (2008) 1211-1214.
- [3] *Thin Solid Films*, Vol. 518 (2009) 600-605.
- [4] *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 49 (2010) 01AE15.
- [5] *CONVERTECH & ePrint*, Vol. 2 No. 2, (2012) 112-115.
- [6] *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, Vol.16 (2016) 3431-3435.
- [7] *Journal of Physics*, Vol. 924, (2017) 012016.
- [8] *Japanese Journal of Applied Physics*. 57, 03EK06, (2018).

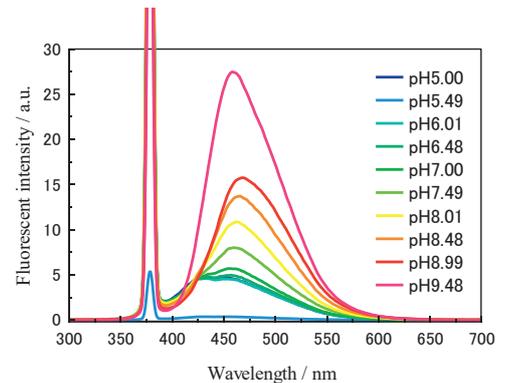


Fig.1 Fluorescent spectrum measurement of ethanol extraction pigment of *Plunus Lanessiana*.

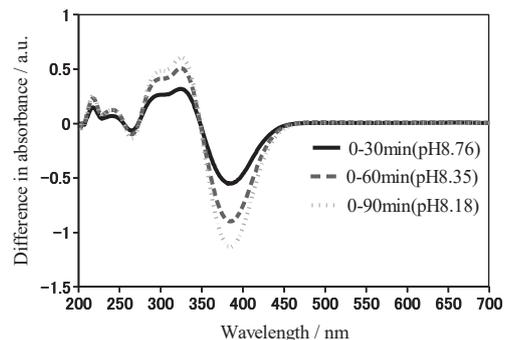


Fig.2 pH dependency of absorption spectrums of ethanol extraction pigment of *Plunus Lanessiana* under ammonia atmosphere, and irradiation of ultraviolet rays.

Fluid-inclusion microthermometry of barite in the black and yellow ores at the Ezuri deposit, Akita, Japan

Apivut Veeravinantanakul^{1,2}, 高橋 亮平²

(¹ 秋田大学地方創生センター, ² 国際資源学研究所)

apivut.v@gipc.akita-u.ac.jp

概要 : This research aims to reveal the characteristics of fluid inclusions and ore-forming conditions of barites in the black and yellow ores at the Ezuri deposit, based on petrography and microthermometry. Barites are defined as gangue minerals in these ores. The barites are colorless and typically have a subhedral to euhedral blade or tabular shape, with sizes of approximately 300 μm . The fluid inclusions in the barite of both the black and yellow ores are predominantly primary, liquid-rich two-phase (L+V) fluids. The size of the fluid inclusions in the barites in the black and yellow ores is similar, ranging from 3 to 5 μm . The modes of homogenization temperatures of the fluid inclusions in barite for the black and yellow ores are 140-150 $^{\circ}\text{C}$ and 160-170 $^{\circ}\text{C}$, respectively. The average salinities of the fluid inclusions in barite are 5.2 wt. % NaCl eq. and 6.1 wt. % NaCl eq. for the black and yellow ores, respectively. These homogenization temperatures are lower than those of other Kuroko deposits in the Hokuroku basin and the salinities are slightly higher than that of seawater, indicating a possible result of the mixing of magmatic fluids and seawater.

キーワード : Ezuri, Kuroko, barite, fluid-inclusion microthermometry

独自性・実用性 :

This study presents the characteristics of barite in the black and yellow ores at the Ezuri deposit in the Hokuroku basin, Akita, Japan. Since the Ezuri mine was closed in 1991, it has not continued studying almost 20 years ago. This research aims to reveal the ore-forming conditions of barite which accumulated in the black and yellow ores using recent analytical techniques. We compared and discussed the data with those of previous studies for the Ezuri deposit as well as other Kuroko deposits in the Hokuroku basin and current knowledge of the Kuroko deposit study. This study contributes to understanding of characteristic and formation mechanism of deposits, mineral exploration and development for worldwide Kuroko deposits including the ones in Akita.

Introduction

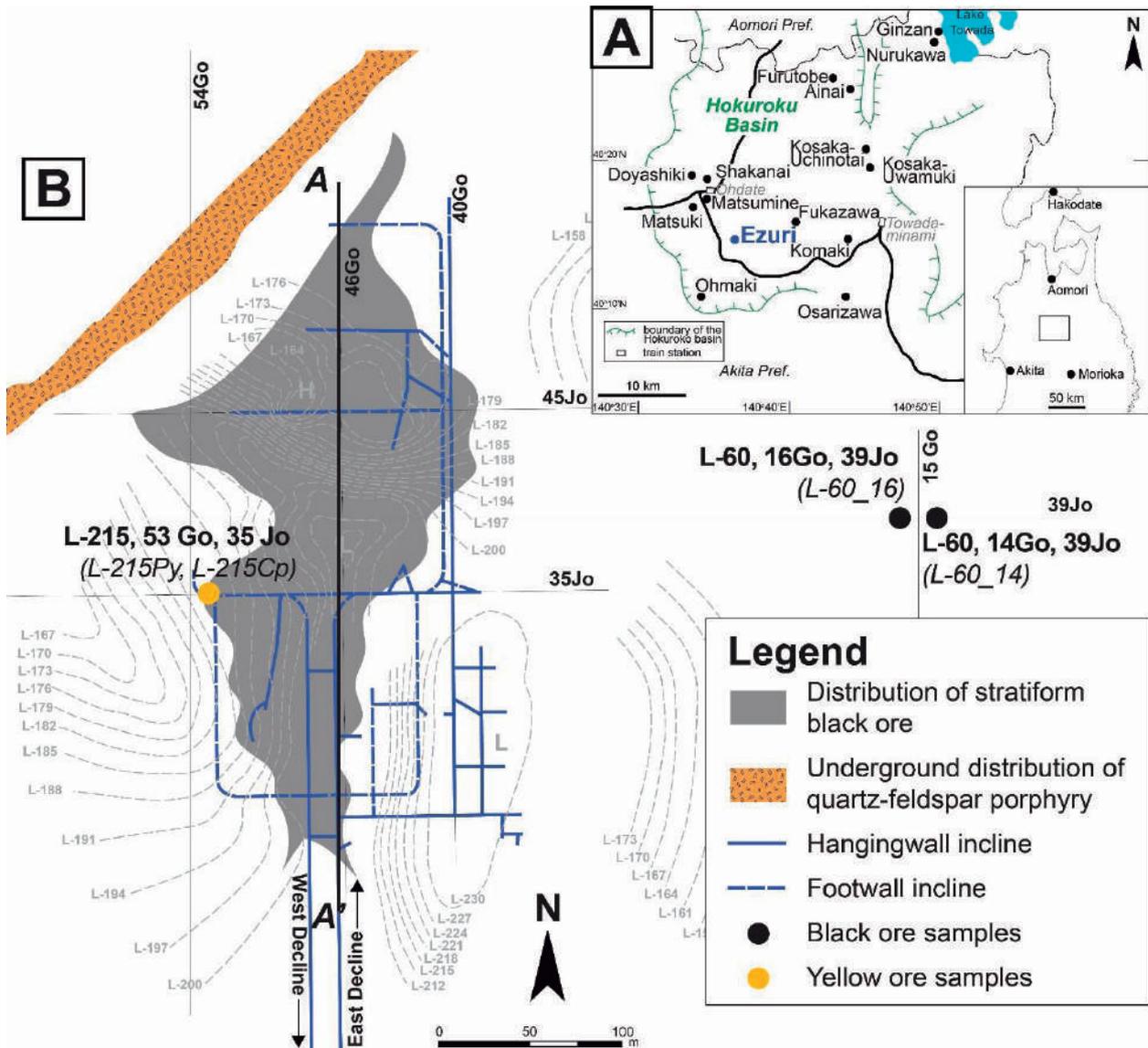


Fig. 1. (A) A location map of the Ezuri mine (modified from Kitazono and Ueno, 2003; Komuro and Kajiwara, 2004). (B) A schematic map illustrating the distribution and shape of the ore body at the Ezuri deposit (modified from Sato and Sasaki, 1980; Ono and Sato, 1995). The contours on the map represent the divisions of the upper surface of the stratiform black ore in the mine (Komuro and Kajiwara, 2004; Sato and Sasaki, 1980). Black and yellow dots are the sampling locations of black and yellow ores, respectively.

History

- *First exploration*: 1977 after the discovery of Fukazawa deposits (Ishikawa et al., 1980; Sato and Sasaki, 1980; Nakajima, 2006).
- *Evaluated ore grade*: 9.0-9.3 wt% for zinc, 3.0-3.2 wt% for lead, 1.3-1.7 wt% for copper, 140-200 g/t for silver, and 1.4-1.7 g/t for gold (Nakajima, 1989).
- *Mine closed*: September 1991 (Nakajima, 2006).

Objectives

1. To elucidate the characteristics of barites and their fluid inclusions in the Kuroko ores at the Ezuri deposit
2. To investigate the ore formation conditions of barites in the Kuroko ores at the Ezuri deposit

Petrography

Macro- and microscopic observation

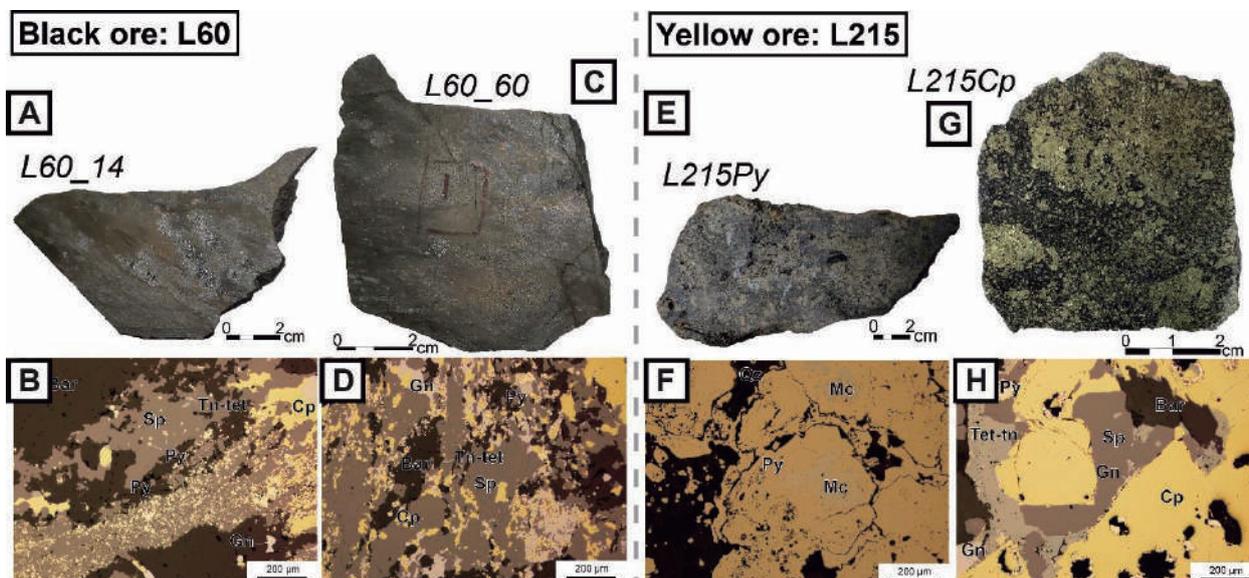


Fig. 2. (A, C, E and G) Hand specimens of black and yellow ores. (B and D) Photomicrographs showing massive anhedral sulfides in samples (B) L60_14 and (D) L60_16, and (F and H) massive euhedral to subhedral sphalerite, chalcocopyrite and pyrite and anhedral pyrite, galena and tennantite-tetrahedrite in samples (F) L215Py and (K) L215Cp. (Bar = barite, Cp = chalcocopyrite, Gn = galena, Py = pyrite, Qz = quartz, Sp = sphalerite and Tn-tet = tennantite-tetrahedrite)

Mineral assemblage of the black and yellow ores

Minerals	Black ore		Yellow ore	
	L60_14	L60_16	L215Py	L215Cp
Pyrite	—————	—————	—————	
Marcasite			-----	
Chalcocopyrite	—————	—————	—————	—————
Galena	—————	—————	-----	—————
Sphalerite	—————	—————	—————	—————
Tennantite-Tetrahedrite	—————	—————	-----	—————
Quartz			—————	
Barite	—————	—————		—————
<p>■ :abundant ——— :minor ----- :rare</p>				

Mineral grain size:

- Black ores (Figs. 4A – 4D): 5 to 300 μm, with an average of 150 μm
- Yellow ores (Figs. 4E – 4K): 5 to 600 μm, with an average of 400 μm

Sample preparation and analytical methods

- Doubly polished thin section: 10 mm square and 200-400 μm thickness
- Fluid inclusions observations: a Nikon ECLIPSE LV100N POL polarizing microscope at Akita University
 - About 20 fluid inclusions containing in barite were observed and measured per sample.
- Microthermometry measurement: a LINKAM THMS600 heating and freezing microscope stage attached to a Nikon ECLIPSE LV100N POL polarizing microscope at Akita University
 - Calibration compounds for the measurement: CO₂ liquid (-56.6°C), n-decan (-29.68°C), n-dodecane (-9.6°C), n-tridecane (-5.5°C), pure water (0°C), n-tetradecane (5.5°C), benzanilide (163°C), sodium nitrate (308°C), and potassium dichromate (398°C)
 - Salinity of fluid inclusions: $0.00 + 1.78\theta - 0.0442\theta^2 + 0.000557\theta^3$, where θ is the depression of the freezing point in degrees Celsius (Bodnar, 1993)

Fluid inclusion microthermometry

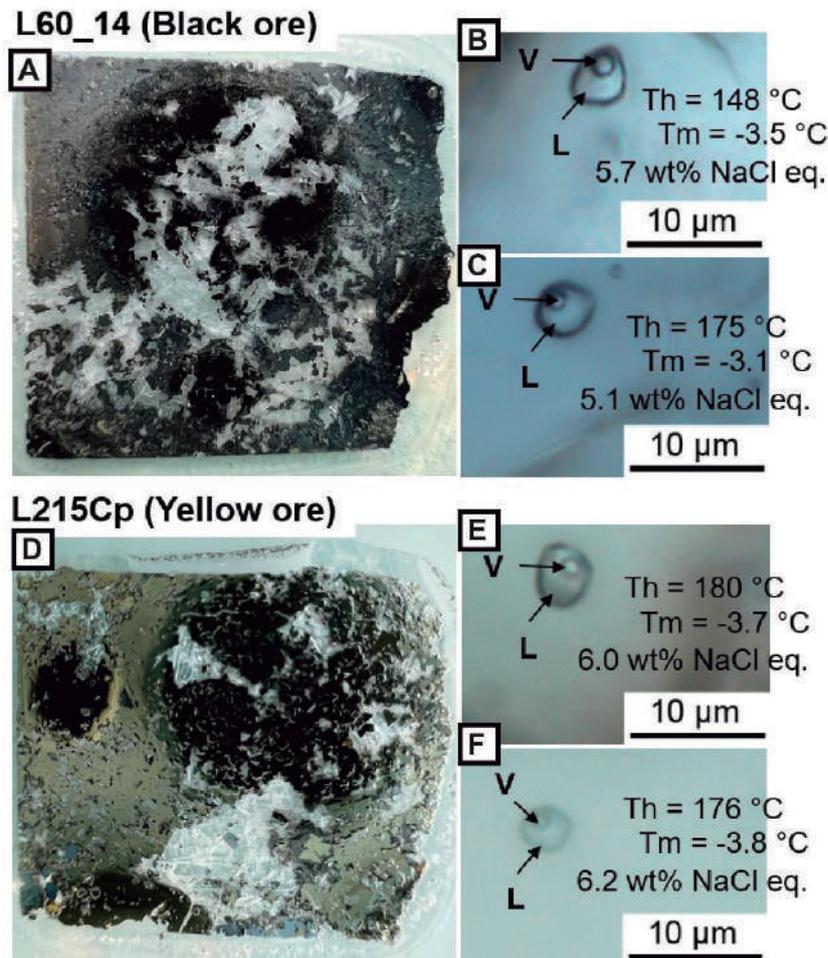


Fig. 3. (A and D) Representative doubly polished thin sections of (A) black ore sample L60_14 and (D) yellow ore sample L215Cp show the tabular or blade shape of barite, filling the space between the sulfide minerals. (B, C, E and F) Photomicrographs showing primary liquid-rich and vapor phase fluid inclusions from barites in representative (B and C) black ore samples L60_14 and (E and F) yellow ore sample L215Cp.

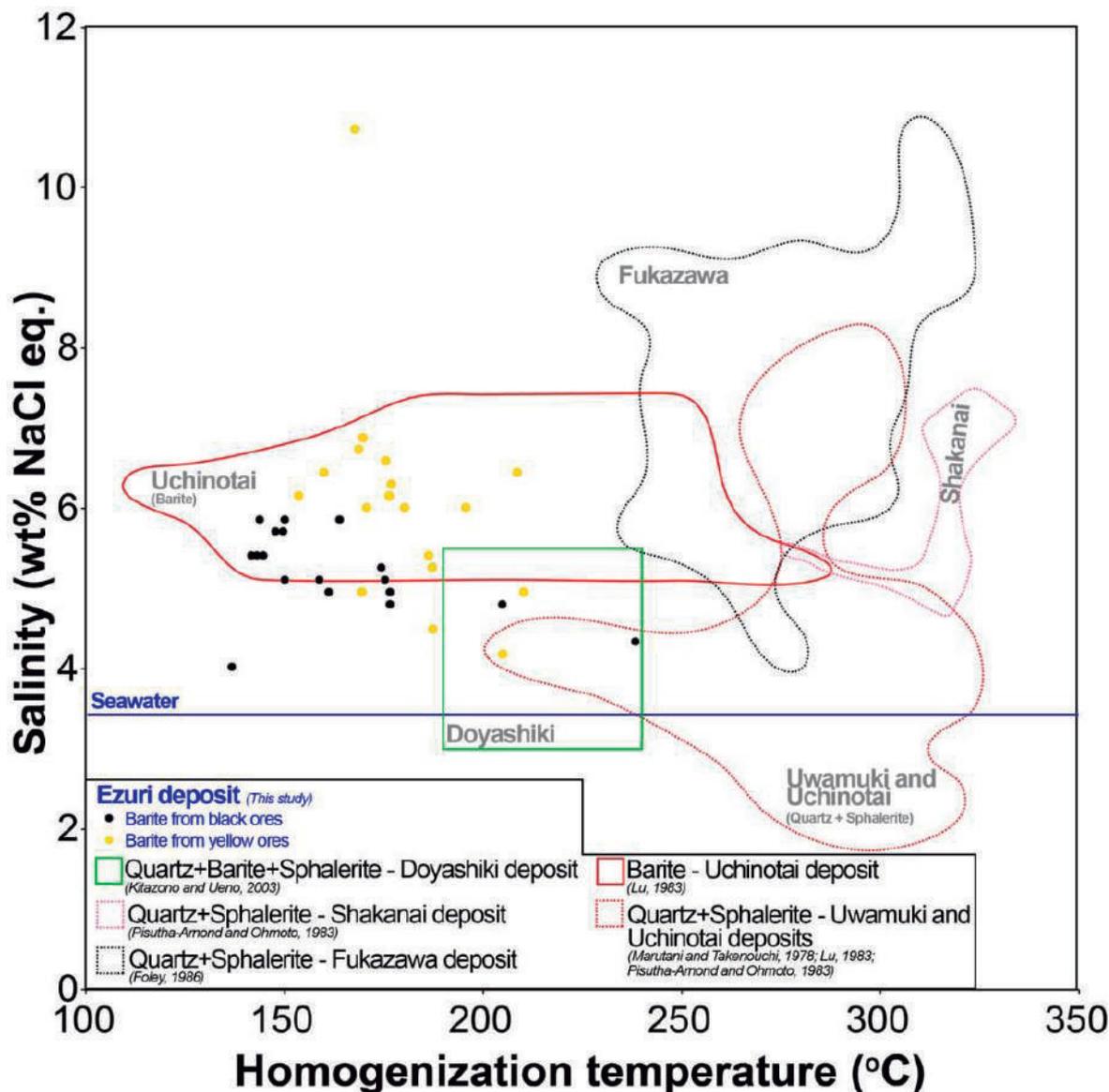


Fig. 4. (A and B) Representative doubly polished thin sections of (A) black ore sample L60_14 and (B) yellow ore sample L215Cp show the tabular or blade shape of barite, filling the space between the sulfide minerals. (C) The correlation diagram, based on the homogenization temperature and salinity values of fluid inclusions, displays the data for barites in the black ore sample L60_14 and L60_16 (represented by black dots) and the yellow ore sample L215Cp (represented by yellow dots). The area enclosed by a thick dashed line represents the results of the homogenization temperature and salinity data from fluid inclusions in barite, quartz, and sphalerite from other Kuroko deposits in the Hokuroku Basin (Foley, 1986; Kitazono and Ueno, 2003; Lu, 1983; Marutani and Takenouchi, 1978; Pisutha-Arnond and Ohmoto, 1983).

Conclusions

1. The fluid inclusions in barite in the black and yellow ores have similar homogenization temperatures and salinities, ranging from 140 to 190 °C and 2.6 to 7.2 wt % NaCl equivalent, respectively.
2. The lower homogenization temperatures of the fluid inclusions in barite compared to those in quartz and sphalerite indicate a predominant mixing of seawater in the hydrothermal fluid system.
3. The salinity values of the fluid inclusions in barite in the black and yellow ores are slightly higher than the salinity value of seawater, suggesting a mixed source of magmatic and seawater components.

References

- Bodnar, R. J. (1993) Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. *Geochimica et Cosmochimica acta*, 57(3), 683-684.
- Foley, N. K. (1986) Fluid Inclusion Study of Ores from the Fukazawa Mine, Hokuroku District, Akita Prefecture. *Mining Geology*, 36(195), 11-20.
- Ishikawa, Y., Shimoda, T., Sawaguchi, T. and Sato, Y. (1980) Exploration for the Ezuri kuroko deposits in the Hokuroku district - Summary of a step-by-step prospecting to the discovery of ores. *Mining Geology*, 30(3), 137-152 (in Japanese with English abstract).
- Kitazono, S. and Ueno, H. (2003) Mineralogical and Genetical Aspects of the Doyashiki Kuroko Deposits, Hokuroku Basin, Japan. *Resource Geology*, 53(2), 143-153.
- Komuro, K. and Kajiwara, Y. (2004) Germanium-bearing Colusite in Siliceous Black Ore from the Ezuri Kuroko Deposit, Hokuroku District, Japan. *Resource Geology*, 54(4), 447-452.
- Lu, K. I. (1983) Geology and geochemistry of the Uchinotai-east ore deposit, Kosaka mine, Akita Prefecture, Japan. *Mining Geology*, 33(182), 367-384.
- Marutani, M. and Takenouchi, S. (1978) Fluid inclusion study of stockwork siliceous orebodies of Kuroko deposits at the Kosaka mine, Akita, Japan. *Mining Geology*, 28(151), 349-360.
- Nakajima, N. (2006) History - Zinc (2) - Changes in Zinc Mines and Smelters in Japan and Efforts to Secure Overseas Zinc Resources. *Metal Resources Report*, 117-127 (in Japanese).
- Nakajima, T. (1989) Explanatory text of the geological map for mineral resources assessment of the Hokuroku district, scale 1:50,000. *Miscellaneous Map Series (27)*, Geological Survey of Japan, 107p. (In Japanese with English abstract 10p.)
- Ono, S. and Sato, J. (1995) Gold and silver ores from the Ezuri Kuroko ore deposits, Akita Prefecture, Japan. *Japan. Journal of mineralogy, petrology and economic geology*, 90, 268-279 (in Japanese with English abstract).
- Pisutha-Arnond V. and Ohmoto, H. (1983) Thermal History, and Chemical and Isotopic Compositions of the Ore-Forming Fluids Responsible for the Kuroko Massive Sulfide Deposits in the Hokuroku District of Japan. *Economic Geology (Monograph)*, 5, 523-558.
- Sato, Y. and Sasaki, K. (1980) On the Ezuri kuroko deposits with special reference to the present status of exploration and development. *Mining Geology*, 30(2), 88-89 (in Japanese with English abstract).

Mineralogical and geochemical characteristics of ores of the Furutobe deposit, Akita, Japan

Manuel Nopeia¹, 高橋 亮平²

(¹ 秋田大学地方創生センター, ² 国際資源学研究科)

manuelnopeia@yahoo.com

概要 : The Kuroko deposits generally consist of Zn-Pb-rich black orebodies and Cu-Fe-rich yellow orebodies, and many of those are distributed in the Hokuroku district, Akita, Japan. We investigated the mineralogical and geochemical characteristics of the black and yellow ores of the Furutobe Kuroko deposit in the northern part of the Hokuroku district. Our results revealed textural changes of sphalerite in the black ores, i.e., from massive sphalerite to sphalerite with chalcopyrite disease towards the contact with the yellow ores. Sphalerite near the contact has higher Fe, Mn, Cd and Sn contents, when compared with that found far from the contact with the yellow ores. The bulk chemistry of ores indicates that Au and other metals in the black and yellow ores deposited from different fluids. Gold is positively correlated with Cd, Mn, and Sn in the yellow ores, but not in the black ores, suggesting that Au in the yellow ores could be sourced from higher temperature magmatic fluids. The black ores were formed earlier and then converted to yellow ores by interaction with hotter, Cu-rich fluids.

キーワード : Kuroko, volcanogenic massive sulfides, Furutobe deposit, geochemistry

独自性・実用性 :

This study provides new data of petrography and bulk rock geochemistry of black and yellow ores, and trace element compositions of ore minerals of the Furutobe deposit, the Hokuroku district, Akita, Japan, in addition to those of previous studies, and deals with the process of mineralization. Economically important points we investigated are the formation processes of the yellow ores which have replaced the black ores, and the mode of occurrence of Au, Ag and other trace elements in the ores. The understanding of the formation processes of the black and yellow ores in this case study can be a guideline of exploration of volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits in the world including Kuroko deposits in the Hokuroku district, Akita, as well as seafloor massive sulfide deposits. The description of the mode of occurrence of impure metals including Au and Ag of both the ore types is applicable to the studies of mining, mineral processing, and smelting to improve recovery rates of byproduct metals for Kuroko deposits.

GEOLOGICAL BACKGROUND

In this study, we discuss the implications of mineralogy and geochemistry of ores of the Furutobe Kuroko deposit. The Kuroko deposits are distributed in Hokuroku district, within the northeast (NE) Japan arc, which was related to subduction of the Pacific plate in the Miocene (Fig. 1; Yamada and Yoshida, 2004). The Furutobe deposit is located in the northern part of Hokuroku district (Fig. 1). The ores in the deposit consist mainly of the typical Kuroko ores, with minor vein-network type ores (Takasawa, 1969; Tanaka et al., 1974).

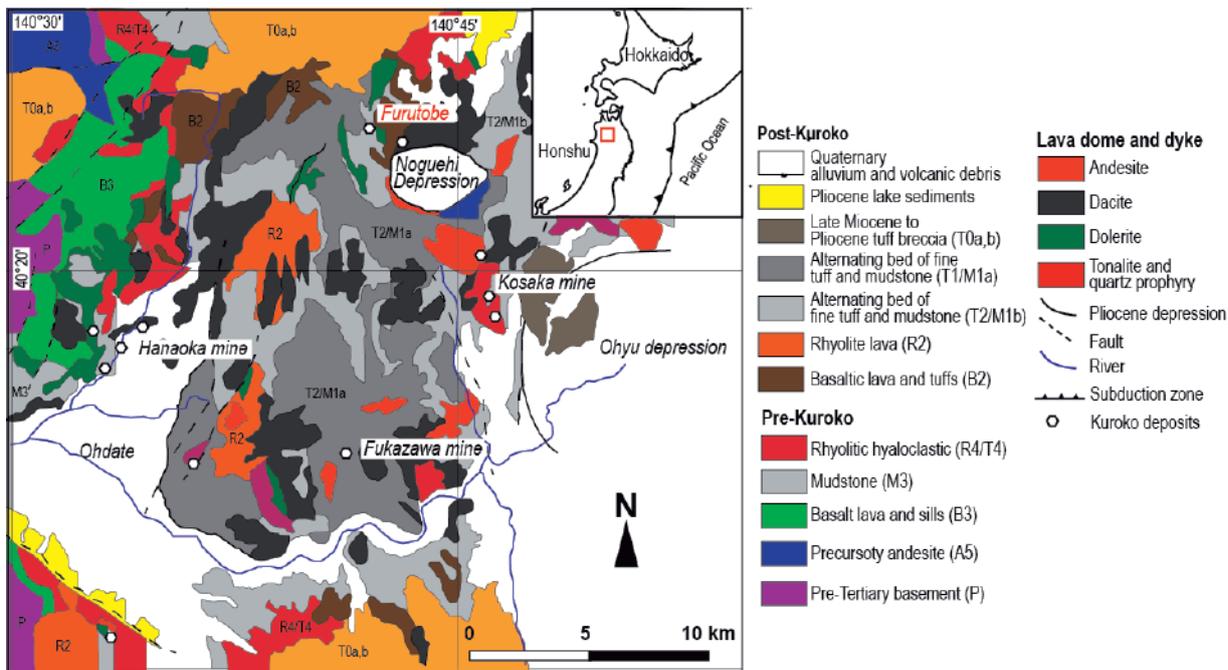


Figure 1: Geological map of the Hokuroku district; the Furutobe deposit is located at the northeastern part (modified from Tanimura et al., 1983; Yamada and Yoshida, 2004, 2013).

SAMPLES AND METHODS

About 20 samples of black and yellow ores were prepared as polished sections for petrographic observation using optical microscope and scanning electron microscopy, and for mineral chemistry using electron probe micro analyzer at Akita University. Pulverized fractions of the samples were acid-digested and analyzed for bulk compositions using atomic absorption spectrometry (for Zn, Pb, Cu, Fe) and inductively coupled plasma mass spectroscopy (for minor and trace elements, such as Au, Ag, Cd, Mn, REEs, and so on).

PETROGRAPHY

Black ores occur as massive layers and clasts within the yellow ores and are composed of mainly sphalerite, galena, tetrahedrite-tennantite solid solution and inclusions of electrum in galena and sphalerite (Fig. 2a-g). Sphalerite occurs in three textural types: sphalerite I is massive and appears to have replaced the host rocks; sphalerite II is also massive but, in some cases, contains inclusions of framboidal pyrite; and sphalerite III shows chalcopyrite disease which evolved into layers of chalcopyrite near the contact with the yellow ores (Fig. 2a-f). Yellow ores are composed mainly of chalcopyrite and pyrite, with minor galena and sphalerite (Fig. 2g). Electrum occurs as inclusions in chalcopyrite in the yellow ores.

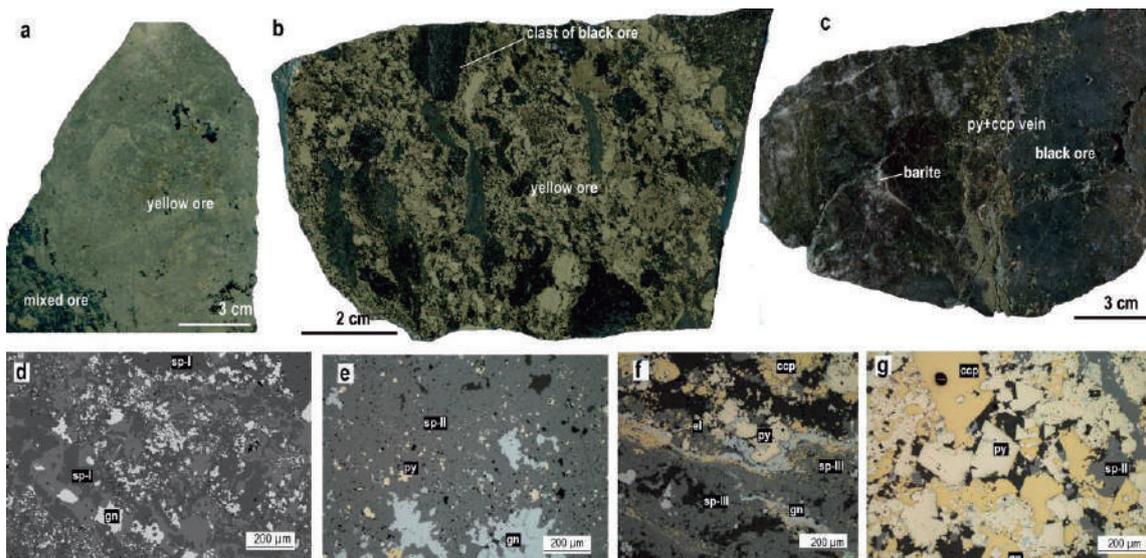


Figure 2: Hand specimens of (a) a yellow ore with a portion of mixed ore, (b) yellow ore with fragments of black ore, and (c) black ore with pyrite+chalcopyrite vein. (d) A backscattered electron image of sphalerite I replacing the host rock, and (e-g) photomicrographs showing (e) sphalerite II with inclusions of pyrite, (f) gradational contact between the yellow and black ores, and (g) euhedral-subhedral pyrite and chalcopyrite from the yellow ore. ccp: chalcopyrite, el: electrum, gn: galena, py: pyrite, sp-I: sphalerite I, sp-II: sphalerite II, sp-III: sphalerite III.

MINERAL CHEMISTRY

Sphalerites I, II and III have different compositions (Fig. 3a-d). Sphalerite III found near the contact has higher Fe, Mn, Cd, Ag, and Sn contents, when compared with sphalerite I and II that occur far from the contact with the yellow ores. Trace element compositions of chalcopyrite and pyrite are uniform and most of the data are below the limit of detection. Electrum has Ag/(Ag+Au) ratios of 24-34 % and 26-60% in yellow and black ores, respectively.

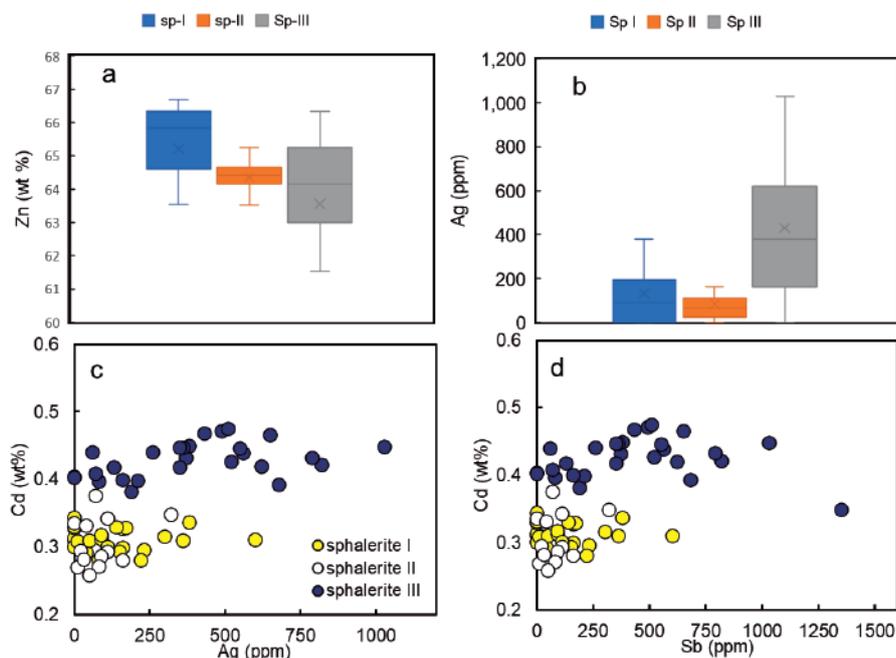


Figure 3: Composition of sphalerite I (sp-I), sphalerite II (sp-II) and sphalerite III (sp-III). (a) Zn and (b) Ag contents. (c-d) Binary plots of (c) Cd vs Ag and (d) Cd vs Sb.

BULK GEOCHEMISTRY

- ✓ The Au grade of the black and yellow ores ranges from 0.80 to 10.5 g/t and 3.37 to 8.75 g/t, respectively, with one black ore sample having an outlier grade of 94 g/t.
- ✓ The Ag grade of the black and yellow ores varies from 203 to 507 g/t and 224 to 348 g/t, respectively.
- ✓ Silver shows no correlation with Au. Gold in the yellow ores, but not in the black ores, positively correlates with elements such as Cu, Sn, Cd, and Mn.

CONCLUSIONS

The textural changes of sphalerite, from massive to chalcopyrite disease-bearing sphalerite towards the contact with yellow ores, resulted from interaction of black ores with Cu-rich, likely hotter fluids responsible for the formation of yellow ores in the Furutobe deposit. The bulk chemistry of ores indicates that Au and other metals in the black and yellow ores had different sources. These findings are consistent with the conversion model for the formation of Kuroko deposits, which postulates that black ores were formed at an earlier stage and converted to yellow ores by reaction with hotter fluids.

References

- Agangi, A., Manalo, P.C., Takahashi, R., Veeravinantanakul, A., and Elburg, M.A. (2022). Magmatic evolution and metal systematics of back-arc volcanic rocks of north-east Japan and implications for deposition of massive sulphide Kuroko ores, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **177**,115.
- Takasawa, S. (1969). Studies on the alteration of hanging wall basalt of the Furutobe deposit, Akita prefecture, *Mining Geology*, **61**, 1-32.
- Tanaka, T., Kuroda, H., Kusaka, H. And Odashima, Y. (1974). Geology of the Furutobe mine, Akita prefecture, In: Ishihara (Ed.) Geology of Kuroko Deposits, *Society of Mining Geology of Japan*, **6**, 67-78.
- Tanimura, S., Date, J., Takahashi, T., Ohmoto, H. (1983). Geologic setting of the Kuroko deposits, Japan. Part II: Stratigraphy and structure of the Hokuroku district, In: Ohmoto, H. and Skinner, B.J. (Eds.) The Kuroko and Related Volcanogenic Massive Sulfide Deposits, *Economic Geology Publishing Company*, **Monograph 5**, 24-38.
- Yamada, R., and Yoshida, T. (2004). Volcanic sequences related to Kuroko mineralization in the Hokuroku district, Northeast Japan, *Resource Geology*, **54**, 399-412.
- Yamada, R., and Yoshida, T. (2013). Kuroko deposits and related back/arc volcanism in the Hokuroku district, *Journal of Geological Society of Japan*, **119**,168-179.

(2) 研究実績

①学術論文

- 1) Aikawa, K., Ito, M., Orii, N., Jeon, S., Park, I., Haga, K. Kamiya, T., Takahashi, T., Sunada, K., Sakakibara, T. and Ono, T., Flotation of Copper Ores with High Cu/Zn Ratio: Effects of Pyrite on Cu/Zn Separation and an Efficient Method to Enhance Sphalerite Depression. 2022. Minerals, 12(9), p.1103.
- 2) Win T. N., Godirilwe L., Batnasan A., Haga K., Shibayama A., Process Development for Gold Concentrate Recovery by Multi-stage Flotation using Optimized Conditions, Int. J. Soc. Mater. Eng. Resour, 25(2) p. 235-242 (2022)
- 3) Yamada, M.; Ohira, T.; Watanabe, N.; Shibayama, A.; Hamada, F. "Recovery of Pd(II) by solvent extraction with a dithiophenol-based extractant from the undiluted leachate of spent automotive catalysts followed by water scrubbing and thiourea stripping", Hydrometallurgy, Vol. 215, Article number 105986 (2023).
- 4) 第一級アミンを用いた Pt, Al, V, Co, Ni を含む塩酸溶液からの Re 沈殿回収, 松本和也, 藤井里緒, 畠勇氣, 寺境光俊, 環境資源工学 70 (1), 5-10 (2023)
- 5) T. Hasegawa, Y. Seki, TEM-based crystal structure analysis of body-centered tetragonal structure in non-epitaxial FeCo film with added V and N, Materials Letters, Vol. 313, p.p. 131734-1~131734-3 (2022).
- 6) H. Yamane, S. Yanase, T. Hasegawa, M. Kobayashi, Y. Yasukawa, Polarization transformation and destructive interference on subwavelength magnetic domains in magneto-plasmonic systems, Scientific Reports, Vol. 12, p.p. 1~10 (Article number: 13871) (2022).
- 7) 山根治起, 長谷川崇, 安川雪子, 小林政信, 酸化物シード層による hcp-Co80Pt20 薄膜の垂直磁気特性の向上, 日本金属学会誌, Vol. 87, No. 4, p.p. 139~147 (2023).
- 8) 村上知優, 長谷川崇, Fe-Co 薄膜の bct 構造と一軸磁気異方性の V-N 添加量依存性, 日本磁気学会論文特集号, Vol. 7, No. 1, p.p. 16~21 (2023).
- 9) 長谷川崇, 庄延/アンモニア窒化法で作製された FeCoVN 箔の bct 構造の TEM 観察, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-22-079~088, p.p. 51~54 (MAG-22-088) (2022).
- 10) Kano Nakajima, Hiroki Takahashi, Michihisa Fukumoto, Effect of Pt addition on the formation of Ni-Pt alloys porous layer Coatings, 2022, Vol.12(11), pp.1645(2022). DOI : 10.3390/coatings12111645
- 11) Dawid Kutyla, Kano Nakajima, Michihisa Fukumoto, Marek Wojnicki, Karolina Kolczyk-Siedlecka, Electrocatalytic performance of ethanol oxidation on Ni and Ni/Pd surface-decorated porous structures obtained by molten salts deposition/dissolution of Al-Ni alloys International Journal of Molecular Sciences,, Vol.24, No.4, pp.3836(2023). DOI : 10.3390/ijms24043836.
- 12) K. Saito, M. Suzuki, Y. Hayasaka, K. Takenaka, S. Semboshi, "Effect of magnesium doping on discontinuous precipitation in age-hardenable copper titanium alloys", Materials Characterization

189 (2022) 111911.

- 13) 齋藤嘉一, 鈴木牧生, 佐藤勝彦, 早坂祐一郎, 竹中佳生, 千星聡, 「マグネシウムをドーピングしたチタン銅合金の不連続析出挙動」銅と銅合金, 第 61 巻 1 号 (2022) pp.81-85.
- 14) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲: 「強磁性・強誘電(Bi,La)(Fe_{1-y}My)O₃(M=Ni,Co)薄膜の磁気特性に及ぼす B サイトの置換元素および置換量の効果」, 日本素材物性学会誌 第 33 巻 (2023)
- 15) Satoru Yoshimura, Genta Egawa, “Observation of clear magnetization and polarization reversal by local electric field in BiFeO₃-based multiferroic thin film with using metallic MFM tip with optimized magnetization”, Proceedings of 2022 IET International Conference on Engineering Technologies and Applications (IEEE), 22363628 (2022)
- 16) P. Ramesh Babu, S. Kalainathan, and S. Yoshimura, “Investigations on Spintronic RFeO₃Crystals Grown by Optical Floating Zone Technique”, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.25, No.2, pp.179-182 (2022)
- 17) S. Ratha, D. Yamamoto, K. Takeda, M. Kuppan, G. Egawa, and S. Yoshimura, “Development of (Bi_{0.5}L_{0.5})(Fe_{0.7}Co_{0.3})O₃(L=La, Nd, Sm, Gd, Dy) thin films with excellent magnetic properties for magnetic device application”, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.25, No.2, pp.174-178 (2022)
- 18) T. Ozeki, D. Yamamoto, G. Egawa, and S. Yoshimura, “Development of BiFeO₃-based multiferroic thin films with large saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy - The effect of the Co substitution against Fe on magnetic properties -”, Journal of the Magnetic Society of Japan, Vol.46, No.3, pp.64-69 (2022)
- 19) 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲: 「(Bi_{1-x}Bax)(Fe_{1-y}Coy)O₃強磁性・強誘電薄膜における飽和磁化・垂直磁気異方性・磁気 Kerr 効果に及ぼす Co 置換量の影響とその起源に関する検討」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.46, No.16, pp.45-51 (2022)
- 20) 鈴木陸, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲: 「(BiFeO₃薄膜における強磁性誘導のための A サイトのアルカリ土類元素置換およびレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.46, No.16, pp.37-44 (2022)
- 21) Saito, K., Inaguma, K., Ogawa, M., Ha, P. T., Akiyama, H., Yamaguchi, S., Minokoshi, H., Ogasawara M. and Kato, S., “Lepidocrocite-type layered titanate nanoparticles as photocatalysts for H₂ production”, ACS Applied Nano Materials, 5, 9053 (2022).
- 22) Saito, K., Kagawa, S., Ogasawara M. and Kato, S., “Multiple incorporation of copper and iron ions into the channel of hydroxyapatite”, Journal of Solid State Chemistry, 317, 123673 (2023).
- 23) Nakamura, K., Ogasawara, M., Matsumoto, K., Andoh, H. and Jikei, M., “Functional Expression of Low Puncture Resistance and Physical Property Evaluation of a Suture Training Model Made of Polyurethanes”, Journal of Fiber Science and Technology, 79, 1 (2023).
- 24) Hatakeyama, Y., Takahashi, T. and Ogasawara, M., “Investigation of Factors Contributing Structural Changes in Woody Biomass by Focusing on Contact Stress and Shear Angular Velocity of Ring Media”, Journal of the Japan Institute of Energy, 102, 33 (2023). (in Japanese)

- 25) Kato, S., Kagawa, S., Saito, K. and Ogasawara, M., “Incorporation and deposition behaviors of Cu and Ni ions into hydroxyapatite channels by heat treatment”, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 177, 111287 (2023).
- 26) Yamada, M., Yoshizaki, R., Uemura, F., Katagiri, H., Kato, S., Akimoto, K. and Hamda, F., “Facile separation of cyclic aliphatic and aromatic vapors using crystalline thiacalixarene assemblies with preorganized channel”, *Chemical Communications*, 59, 2604 (2023).
- 27) Hatakeyama, Y., Takahashi, T. and Ogasawara, M., “Effects of Pulverization Forces on Structural Features and Enzymatic Digestibility of Lignocellulosic Biomass”, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 101, 56 (2022).
- 28) Wakamiya, S., Kurimoto, Y., Sugimoto, H., Aoki, Y., Kato, S., Ogasawara, M., Kanazawa, N., Hosokawa, N., Hayakawa, A., Takahashi, T., Ishikawa, Y., “Physicochemical properties of biochar derived from wood of *Gliricidia sepium* based on the pyrolysis temperature and its applications”, *Journal of Soil and Water Conservation*, 77, 322 (2022).
- 29) Takahashi, M., Kamiya, O., et al. (2023): Influence of Diamond Seed Attachment Processing on Diamond Films Synthesized on Tungsten Carbide Substrate by Flame Combustion, *Journal of Materials and Applications*, in press.
- 30) Yoshitaka Wakisaka, Hirokazu Okawa, Takahiro Kato: Ultrasound-assisted oxidative desulfurization of bitumen and analysis of sulfur forms in a treated bitumen, *Jpn. J. Appl. Phys.* 62 SJ8005 (2023)
- 31) Yoshitaka Wakisaka, Hirokazu Okawa, Kumi Saigo, Takahiro Kato and Katsuyasu Sugawara: Extraction and oxidative desulfurization of bitumen from oil sand using n-pentane and ultrasound, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 61 SG8002-1-4 (2022)
- 32) Yuya Kitamura, Hirokazu Okawa, Kozo Shinoda, Takahiro Kato and Katsuyasu Sugawara: Synthesis of porous γ -Fe₂O₃ from scorodite synthesized using ultrasound irradiation and evaluation of its battery performance, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 61 SG1056-1-8 (2022)
- 33) 大川浩一, 超音波を利用した第三級アミン水溶液からの二酸化炭素の低温脱離, *超音波テクノ* 34 巻 No.6, 24-29 (2022)
- 34) Kyosuke Fukushima, Mahmudul Kabir, Kensuke Kanda, Naoko Obara, Mayuko Fukuyama, Akira Otsuki: Equivalent Circuit Models: An Effective Tool to Simulate Electric/Dielectric Properties of Ores—An Example Using Granite, *Materials*, Vol. 15, No. 13, 4549, <https://doi.org/10.3390/ma15134549> (2022)
- 35) Ayaka Kumagai, Mahmudul Kabir, Shogo Okuda, Hitori Komachi, Naoko Obara, Yusuke Sato, Takahiro Saito, Michio Sato, Masahiro Tomioka, Seiji Kumagai, Noboru Yoshimura: Flexible Ion Adsorption Electrodes Using Natural Zeolite and Rice Husk Charcoal for FEM-EK Treatment, *Metals*, Vol. 13, No. 2, 320, <https://doi.org/10.3390/met13020320> (2023)
- 36) カビール ムハムドゥル, ゴミの電力資源化:MFC の試み, *電気学会誌* 142 巻 12 号, p.782 (2022)
- 37) 石山大三, 小川泰正, 広瀬和世, 武田知己, 中村晋作, 若狭 幸, オラオツェ オセニェング, ステバノビッチ ゴラン: 野外調査による地表検証データと衛星画像解析に基づく鉱山地域の環

- 境影響評価 - セルビア共和国ボール鉱山地域での取り組み -, Journal of MMIJ
- 38) Y.-G. So, K. Takagi and T. J. Sato, "Effects of Pt substitution on the formation and magnetic behavior of a Ga-Pd-Tb 2/1 approximant", *Journal of Physics: Conference Series*, 2461, 012009 (2023).
 - 39) Y.-G. So and A. Katagiri, "Formation of 2/1 and 1/1 approximants in a quaternary Al-Pd-Au-Yb system", *Journal of Physics: Conference Series*, 2461, 012004 (2023).
 - 40) D. Shimizu, T. Nagase, Y.-G. So, M. Kuwahara, N. Ikarashi, and M. Nagao, "Stochastic Transformation and Interaction of Deformed Skyrmions and Antiskyrmions in Room-Temperature Coexisting Phase of a Heusler Material", *ACS Applied Nano Materials*, 5, 13519-13528 (2022).
 - 41) Brian Bino Sinaice, Narihiro Owada, Hajime Ikeda, Hisatoshi Toriya, Elisha Shemang, Zibisani Biza Bagai, Shinji Utsuki, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura, Dimensional Reduction of Rock Hyperspectral Signatures and Classification Based on a NCA Method used in developing a UAV Multispectral Imaging System, *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources*, Vol.25, No.1, pp.102-108, 2022
 - 42) Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Hisatoshi Toriya, Hajime Ikeda, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura, Research on vibration-based early diagnostic system for excavator motor bearing using 1-D CNN, *Journal of Sustainable Mining*, Vol.22, Iss. 1, 2023
 - 43) Tsuya, S., Fujii, H., Kosukegawa, H., Yamashita, K., Mohammadzadeh Bina, S. (2022) Effect of pumping well operation on borehole heat exchangers, *Geothermics*, Vol.105, 1-12.
 - 44) Tanaka, S., Fujii, H. Kosukegawa, H., Tsuya, S. (2022) Field tests and numerical simulation of a novel thermal response test equipment for water wells, *Proc., IGSHPA Research Track 2022*, 104-111.
 - 45) Fujii, H., Yamashita, K., Tsuya, S., Kosukegawa, H. (2022) Potential Mapping of Ground Source Heat Pump Systems Considering Groundwater Pumping, *Proc., IGSHPA Research Track 2022*, 37-43.
 - 46) 「引張強度 1.4 GPa 級焼戻しマルテンサイト鋼の摩擦攪拌接合」宮野泰征, 鷲谷洋希, 佐藤 啓陸, 青木祥宏, 木村光彦, 潮田浩作, 藤井英俊, *Tetsu-to-Hagané*, Vol.108, No. 12, pp. 945-957 (2022)
 - 47) Agangi, A., Manalo, P., Takahashi, R., Veeravinanatanakul, A. and Elburg, M. (2022) Magmatic evolution and metal systematics of back-arc volcanic rocks of North-East Japan and implications for deposition of massive sulfide Kuroko ores. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 177, 115.
 - 48) Reza Al Furqan, Yasushi Watanabe, Antonio Arribas, Clyde Leys, Takuya Echigo, Rici Anggun Putri, Renanda Sevirajati (2022) Chemical and short-wave infrared characteristics of white mica associated with the Gajah Tidur porphyry copper system at the deep Grasberg Cu-Au-(Mo) deposit, Indonesia. *Resource Geology*, 2022;72:e12296. doi.org/10.1111/rge.12296
 - 49) Leeyson Hulijeli, Yasushi Watanabe, Osamu Nishikawa, Carmela Alen J. Tupaz (2022) Raman

- spectroscopy of natural titanomagnetites. International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources Vol.25, No. 2, p. 243-248.
- 50) 渡辺寧, 資源として利用される鉱物. ミルシル (国立科学博物館) 15 (4) 26 - 29(2022)
 - 51) 今井忠男, 谷藤凌, 木崎彰久, 近藤洋司 (2022): バイオマス灰を原料とする再生利用砂の特性について, 秋田県採石研究会会報, No.6, p. 3.
 - 52) Eguchi, T., Sugawara, R., Abe, Y., Tomioka, M., Kumagai, S. (2022): Impact of Full Prelithiation of Si-based Anodes on the Rate and Cycle Performance of Li-ion Capacitors, Batteries, Vol. 8, 49 (14 pages).
 - 53) Abe, Y., Sawa, K., Tomioka, M., Watanabe, R., Yodose, T., Kumagai, S. (2022): Electrochemical Performance of $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ Cathode Recovered from Pyrolysis Residue of Waste Li-ion Batteries, Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol. 922, 116761 (11 pages).
 - 54) Abe, Y., Saito, I., Tomioka, M., Kabir, M., Kumagai, S. (2022): Effects of Excessive Prelithiation on Full-Cell Performance of Li-Ion Batteries with a Hard-Carbon/Nanosized-Si Composite Anode, Batteries, Vol. 8, 210 (17 pages).
 - 55) 安部勇輔, 熊谷誠治 (2022): もみ殻由来 C/SiO_x 負極を用いるリチウムイオン電池, アグリバイオ, 6 巻 4 号, 73-77 頁
 - 56) Takaaki Furubayashi, The role of biomass energy in a 100% renewable energy system for Akita prefecture, Japan, Energy Storage and Saving, Vol. 1, pp. 148-152 (2022)
 - 57) 福本倫久, 原聖也, 高橋弘樹: 酸素を添加した水素雰囲気中における Ni 基合金の高温酸化挙動, 日本ガスタービン学会誌, Vol. 51, No.2, pp. 176-181 (2023).
 - 58) 佐藤ひかる, 佐々木一心, 福本倫久, 高橋弘樹: Pt 電極触媒のアンモニア酸化活性に及ぼす Mo の添加効果, 日本金属学会誌, Vol. 87, No. 4, pp. 125-131 (2023).
 - 59) Michihisa Fukumoto, Kano Nakajima, Hiroki Takahashi: Formation of LaNi_5 hydrogen storage alloy by electrodeposition of La using molten salt, Coatings, No.12, 1268 (2022).
 - 60) Hikaru Sato, Yuya Naito, Michihisa Fukumoto, Hiroki Takahashi: Ammonia Oxidation Activity of Pt Alloy Thin Film Electrode in Alkaline Solution, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.25, No.2, pp. 168-173 (2022).
 - 61) Hiroki Takahashi, Daiki Watanabe, Masami Taguchi: Oxygen Reduction Activity of Molybdenum Nitride for Cathode Catalyst of Polymer Electrolyte Fuel Cells, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.25, No.1, pp.46-50 (2022).
 - 62) 小松瞭, 鶴宮聖士, 巖見武裕, 塚本泰朗, 須田智寛, 島田洋一: IMU とセンサ・フュージョンを用いた変形性膝関節症患者の歩行時膝関節屈曲角度の評価, 産業応用工学会論文誌 10(2) 64-72 2022 年 9 月
 - 63) Akira Komatsu, Takehiro Iwami : Effectiveness of gait cycle detection using unsupervised time series analysis, Proceedings of the International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS) 2022 2022 年
 - 64) Shinji Hosokawa, Akihiro Naganawa, Takeshi Seki, Kiyoshi Oka, Noriaki Manabe, Ken Haruma, Junji Yoshino : Development and Clinical Verification of a Small Intestine Motility Measurement

- System Using an Ileus Tube, *Advanced Biomedical Engineering* , 2022 年 11 卷 p. 228-236
- 65) Miura Takanori, Michio Hongo, Yuji Kasukawa, Hiroaki Kijima, Daisuke Kudo, Kimio Saito, Ryota Kimura, Takehiro Iwami, Naohisa Miyakoshi : Relationship between Intervertebral Disc Compression Force and Sagittal Spinopelvic Lower Limb Alignment in Elderly Women in Standing Position with Patient-Specific Whole Body Musculoskeletal Model, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(24) 16452. doi: 10.3390/ijerph192416452. 2022 年 12 月 (IF : 3.36)
- 66) Motoharu Komatsu, Takehiro Iwami, Hiroaki Kijima, Tetsuya Kawano, Naohisa Miyakoshi, Junji Yoshino : What is the most fixable intramedullary implant for basicervical fracture and transcervical shear fracture? – A finite element study, *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* VOLUME 34, 102015, 2022 年 11 月
- 67) Hiroaki Tsukamoto, Kimio Saito, Hidetomo Saito, Hiroaki Kijima, Manabu Akagawa, Akira Komatsu, Takehiro Iwami, Naohisa Miyakoshi : A Novel Classification of Coronal Plane Knee Joint Instability Using Nine-Axis Inertial Measurement Units in Patients with Medial Knee Osteoarthritis ,*Sensors* 23(5) 2797-2797,2023 年 3 月 3 日
- 68) 寺師芽衣, 横田晃輝, 巖見武裕, 畠山和利, 小松瞭, 木島泰明, 宮腰尚久 : 靭帯が寛骨臼形成不全症の骨盤傾斜に及ぼす影響, *臨床バイオメカニクス / 日本臨床バイオメカニクス学会 編* 43 卷

②学会発表・国際会議報告等

【国際会議 招待】

- 1) Manabu Yamada, "Development of a thiodithiophenol-based extractant for palladium(II) separation from a leachate of automotive catalysts", Akita-Freiberg university partnership - Progress in Environmental Science, 2022年6月8日,
- 2) Satoru Yoshimura, "Development of High-Functional Multiferroic Thin Films for Application to Low Power Consumption Magnetic Devices", 9th Malaysia-Japan Photovoltaics Workshop (MJPVW 2022)
- 3) Martizzi, P., Carvajal-Ortiz, H., Gentzis, T., Chiyonobu, S., Mansour, A., Ostadhassan, M., Takeuchi, T., 2022. Organic petrography and geochemical characterization of the middle-upper Miocene Onnagawa Formation (Akita Basin, Japan): new insights into the relationship between paleo-environment and preservation of sulfur-rich kerogen, 21st International Sedimentological Congress 2022.
- 4) Nopeia, M. (2022) An integrated geoscience approach to effective formalization of artisanal mining in Mozambique: A case study of Namuno District, northeastern Mozambique. International Symposium. The Evaluation of the Environmental Impacts on Surrounding Area by Using Mercury to Extract Gold. Maputo, November 22.
- 5) Hajime Ikeda, Tsuyoshi Adachi, Hisatoshi Toriya, Brian Bino Sinaice, Daniyar Malgazhdar, Fidelis Suorineni, Youhei Kawamura (2022), Overview of smart mining from Japan perspective; X Anniversary International Conference "Topical problems of the uranium industry", November 2022, Almaty, Republic of Kazakhstan

【国内会議 招待】

- 1) 過熱水蒸気と物理選別を用いた廃電子基板リサイクルの前処理, 柴山敦, 川村茂, 芳賀一寿, 高崎康志, 資源・素材 2022 (福岡) (2022)
- 2) 長谷川崇, FeCo 基合金の正方晶化と一軸磁気異方性, 令和4年電気学会 A 部門 (基礎・材料・共通部門) 大会概要集, p. 1 (13-A-p1-9) (2022). 西之表市民会館 2022年9月13
- 3) 長谷川崇, 圧延/アンモニア窒化法で作製された FeCoVN 箔の bct 構造の TEM 観察, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-22-079~088, p.p. 51~54 (MAG-22-088) (2022). web 開催 2022年8月4日
- 4) 吉村哲, 「強磁性・強誘電薄膜を用いた新規な電圧駆動型の空間光変調器の基礎検討」, 2022年映像情報メディア学会年次大会
- 5) Preparation of inorganic-organic composites as acid-base catalysts using layered perovskite type $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ and quaternary ammonium salt”, 小笠原正剛, 令和4年度化学系学協会東

北大会, 18H3, 2022年9月18日

- 6) “アパタイト型化合物のチャネルへの遷移金属導入による材料合成”, 加藤純雄, 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム, 2022年9月14日
- 7) “アパタイト型化合物への遷移金属導入による機能材料の合成”, 加藤純雄, 石油学会令和4年度東北支部講演会, 2022年12月1日
- 8) 大川浩一、電池材料および二酸化炭素回収貯蔵(CCS)技術に対する超音波の利用, 第31回ソノケミストリー討論会(久留米シティプラザ, 福岡) (2022)
- 9) 大川浩一、音波を用いたスコロダイトの合成とその応用, 第23回反好会講演会(主催: 化学工学会反応工学部会)(信州大学, 長野) (2022)
- 10) 江澤理徳、刈屋佑美、平野優、日下勝弘、玉田太郎、涌井秀樹、尾高雅文、松村洋寿、メトトレキサートの阻害機序解明に向けた標的タンパク質マクロフェージ遊走阻止因子の中性子結晶構造解析、日本生物工学会 2022年北日本支部シンポジウム、北見工大、2022年12月
- 11) Toshinori Ezawa, Yumi Kariya, Yu Hirano, Katsuhiko Kusaka, Taro Tamada, Hideki Wakui, Masafumi Odaka, Hirotohi Matsumura、Neutron diffraction studies of human macrophage migration inhibitory factor、化学系協会東北大会、岩手大学、2022年9月
- 12) 渡辺寧(2022) 秋田大学国際資源学研究科附属鉱業博物館のご紹介. 秋田ロータリークラブ 3352回例会, 秋田キャッスルホテル 2022年4月20日
- 13) 渡辺寧(2022)ポストコロナの資源供給. 第101回レアメタル研究会, 東京大学生産技術研究所 2022年7月29日
- 14) 渡辺寧(2022)地下なる鉱脈,無限の宝庫. 秋田鉱山サミット 2022, 鹿角市尾去沢鉱山 2022年11月14日
- 15) 天野裕登 (秋田大学), 足立高弘, 石井将太郎 (IHI), 大野孝太, 関直喜, 航空機地上駐機状態における除湿を考慮した電動 ECS のサイクル解析, 日本機械学会東北支部第58期秋季講演会
- 16) 熊谷誠治「もみ殻炭の蓄電デバイス電極材料への応用」第20回日本炭化学会研究発表会, 北九州国際会議場/オンライン, 2022年9月16日
- 17) 巖見武裕, 小松瞭, 三浦隆徳: 三次元筋骨格モデルの製作と Hip-Spine Syndrome の解析, 第49回 日本臨床バイオメカニクス学会 2022年11月
- 18) 工藤大輔、本郷道生、粕川雄司、木村竜太、井上純一、若林玲奈、巖見武裕、島田洋一、宮腰尚久: 脊髄再生医療における機能的電気刺激の活用, 第49回 日本臨床バイオメカニクス学会 2022年11月

【国際会議 一般】

- 1) Fundamental study of tin recovery from waste printed circuit boards by immersion method using lead-tin molten metal, Ueda S., Kawamura S., Haga K., Takasaki Y., and Shibayama A., Proceedings of EARTH2022, Electric report 4 pages (2022)
- 2) Conversion of Automobile Shredder Residue (ASR) to alternative fuel to coal, Kitaoka S., Kawamura S., Haga K., Takasaki Y., Shibayama A. Proceedings of EARTH2022, Electric report 4

pages (2022)

- 3) "Separation and enrichment of copper, nickel and cobalt from acidic leach solution of smelter slag using solvent extraction and selective precipitation, Godirilwe L., Haga K., Danha G., Shibayama A., Proceedings of IMPC2022, p. 524-534 (2022))
- 4) Takashi Hasegawa, V content dependence of the stability of bct FeCoN structure with high Ku, ASRC 2022 Winter Review Meeting (HAMR system working group), web 開催 2022 年 12 月 20 日
- 5) Soumyaranjan Ratha, Riku Suzuki, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, Satoru Yoshimura, "Investigation of Etching Resistance in BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films with Excellent Magnetic Properties for Magnetic Nano Device Applications", 7th International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN-2023)
- 6) Soumyaranjan Ratha, Riku Suzuki, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, "Fabrication of BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films with Suitable Magnetic Properties for Various Magnetic Devices with Low Power Consumption", 2nd International Conference on Advanced Materials and Nanotechnology (ICAMN-2022)
- 7) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, "Improvement of Magnetic Properties in BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films for Devices Applications with Low Energy Consumptions", Advanced Materials for Strategic Application and Sustainable Future (AMSAS-2022)
- 8) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, Satoru Yoshimura, "Fabrication of (Bi,Eu)(Fe,Co)O₃ Multiferroic Thin Films with high Saturation Magnetization and Curie Temperature for Magnetic Device Applications", The International Conclave on Materials, Energy & Climate (ICMEC)
- 9) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, "The Effect of the Eu Substitution against Bi on Important Magnetic Properties for Device Applications in Multiferroic (Bi,Eu)(Fe,Co)O₃ Thin Films", National Conference on Advances in Condensed Matter Physics (ACMP-2022)
- 10) Soumyaranjan Ratha, Takumi Ozeki, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, "Development of Multiferroic BiFeO₃ based Thin Films with Excellent Magnetic Properties for Reduction of Energy Consumption in Magnetic Devices", 13th Indian scientist association in Japan (ISAJ) Symposium
- 11) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, "Improvement in the saturation magnetization and Curie temperature of Bismuth Ferrite multiferroic thin films by substituting Europium and Cobalt", 3rd National Conference on Materials and Devices (3rd NCMD-2022)
- 12) Satoru Yoshimura and Genta Egawa, "Observation of clear magnetization and polarization reversal by local electric field in BiFeO₃-based multiferroic thin film with using metallic MFM tip with optimized magnetization", 2022 IET International Conference on Engineering Technologies

and Applications

- 13) Soumyaranjan Ratha, Takumi Ozeki, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Influence of Lanthanides and Cobalt substituent in the magnetic properties of Bismuth Ferrite multiferroic thin films”, The 12th Annual Symposium on Magnetism 2022
- 14) Soumyaranjan Ratha, Kotaro Takeda, Daichi Yamamoto, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Enhancement of Magnetic Properties by Lanthanides substitution in $(\text{Bi,L})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ (L = La, Nd, Sm, Gd, Dy, Er) Multiferroic Thin films”, The IEEE Around-The-Clock Around-The-Globe Magnetism Conference 2022 (AtC-AtG 2022)
- 15) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Magnetic properties of multiferroic Bismuth Ferrite based thin films with Lanthanides and Cobalt doping fabricated by pulsed DC reactive sputtering method”, International Online Conference on Nano Materials (ICN 2022)
- 16) Soumyaranjan Ratha, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Yuuta Suzuki, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Enhancement of Magnetic Properties by Lanthanides substitution in $(\text{Bi,L})(\text{Fe,Co})\text{O}_3$ (L = La, Nd, Sm, Gd, Dy, Er) Multiferroic Thin films”, National Conference on Functional Materials and its Application Aspects (NCFMAA-2022)
- 17) K. Saito, K. Kazuchika, R. Guégan, M. Ogasawara, S. Kato “Effect of nonionic surfactant adsorption behavior of benzyl acetate on montmorillonite in water”, International Clay Conference 2021, VRT-1127, Istanbul/Online, 28-July, 2022.
- 18) P. Pattanasupawanich, K. Saito, M. Ogasawara, S. Kato “Effect of hydrous zirconium oxide addition to improve the photocatalytic activity of TiO_2 for H_2 production reaction”, International Conference on Nanospace Materials 2022 in Thailand, P19, Pattaya, 12th-December, 2022.
- 19) K. Saito, S. Kagawa, M. Ogasawara, S. Kato “Synthesis of hydroxyapatite containing copper and iron ions in the channel”, International Conference on Nanospace Materials 2022 in Thailand, O20, Pattaya, 13th-December, 2022.
- 20) Y.-G. So, N. Hatakeyama, M. Terashita, R. Seki, T. Hiroto and T. J. Sato, “New hexagonal phase containing icosahedral Tb clusters in Ga–Pd–Tb alloy” The 10th International Conference on Aperiodic Crystals (Aperiodic 2022), Sapporo, Japan, June 2022.
- 21) Y.-G. So, K. Takagi and T. J. Sato, “Effect of Pt substitution on formation and magnetism of Ga–Pd–Tb 2/1 approximant” The 10th International Conference on Aperiodic Crystals (Aperiodic 2022), Sapporo, Japan, June 2022.
- 22) Y.-G. So and A. Katagiri, “Formation of 2/1 and 1/1 approximants in quaternary Al–Pd–Au–Yb system”, The 10th International Conference on Aperiodic Crystals (Aperiodic 2022), Sapporo, Japan, June 2022.
- 23) Tanaka, S., Fujii, H. Kosukegawa, H., Tsuya, S. (2022.12) Field tests and numerical simulation of a novel thermal response test equipment for water wells, IGSHPA Research Track 2022.
- 24) Fujii, H., Yamashita, K., Tsuya, S., Kosukegawa, H. (2022.12) Potential Mapping of Ground

Source Heat Pump Systems Considering Groundwater Pumping, IGSHPA Research Track 2022.

1

- 25) Takenori Tanno “Observation and simulation of the phase transition of a plastic crystal of nonadecane” (P47) Understanding Crystallisation: Faraday Discussion (Mar. 2022, U.K./on-line)
- 26) Takenori Tanno, Wataru Sasaki, Manabu Yamada, Emi Adachi, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi “Design, Fabrication, and Properties of a Terahertz Linear Polarizer made of an Organic Single Crystal” (P-CM3-06) The 15th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO Pacific Rim, CLEO-PR 2022) (Aug. 2022, Sapporo, Japan/on-line)
- 27) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Arato, H., 2022. Hardness and compositional variation in the siliceous mudstones of Akita and Tsugaru Basins, JPGU meeting 2022.
- 28) Martizzi, P., Carvajal-Ortiz, H., Gentzis, T., Chiyonobu, S., Mansour, A., Ostadhassan, M., Takeuchi, T., 2022. Sulfur differentiation in siliceous shales by means of advanced open system programmed pyrolysis methods: new insights into the hydrocarbon potential and sulfur risk assessment of the Onnagawa Formation from Akita Prefecture, Japan, Goldschmidt Conference Hawai`I 2022.
- 29) Hajime Ikeda, Daniyar Malgazhdar, Brian Bino Sinaice, Femi Kolade, Narihiro Owada, Hisatoshi Toriya, Ling Cheng, Tsuyoshi Adachi; Verification of the radio wave attenuation coefficient based on comparison of communication experiments and simulations of Wi-Fi Direct in an underground mine
- 30) Yutaka Terao, Hiroshi Hirayama, Hirotaka Sugawara, Hitoshi Oyori, Electromagnetic Design of Dual Winding Permanent Magnet Synchronous Motor for Electromechanical Actuators of Flight Control Systems, International Power Electronics Conference, 19A2-2, Himeji, May 19, 2022.

【国内会議 一般】

- 1) 小野寺和輝, 山田学, 芳賀一寿, 柴山敦, 「ビス(オクチルチオ)ベンゼン構造を用いた貴金属の抽出と抽出能力評価」, 一般社団法人資源・素材学会 資源・素材 2022 (福岡), 2022年9月6日～8日
- 2) 松葉由莉, 山田学, 山本一毅, 芳賀一寿, 柴山敦, 「チオエーテル部位を有する抽出剤の開発と貴金属の分離特性」, 一般社団法人資源・素材学会 資源・素材 2022 (福岡), 2022年9月6日～8日
- 3) 橋本美璃, 芳賀一寿, 齊藤寛治, 柴山敦, 硫化鉄鉱物の浮遊・抑制を制御する浮選条件の検討, 秋田化学技術協会第57回研究技術発表会および特別講演会 (2023)
- 4) 上田早紀, 川村茂, 高崎康志, 芳賀一寿, 柴山敦, 鉛スズ溶体を用いた浸漬法による廃電子基板からのスズ回収基礎試験と実証化へ向けたプロセスの検討, 資源・素材 2022 (福岡) (2022)
- 5) 北岡駿一, 川村茂, 高崎康志, 芳賀一寿, 柴山敦, 自動車シュレッダーダスト(ASR)の石炭代替燃料化, 資源・素材 2022 (福岡) (2022)
- 6) メラミンを沈殿剤とした自動車触媒浸出模擬溶液からのロジウム高選択回収, 青木瞭太, 松本和

- 也, 寺境光俊, 片桐洋史, 資源・素材学会東北支部 2022 年度春季大会 (オンライン), 2022 年 6 月 16 日
- 7) メラミン含有架橋体の合成と白金族金属回収剤への応用, 小林佳菜, 松本和也, 寺境光俊, 資源・素材学会東北支部 2022 年度春季大会 (オンライン), 2022 年 6 月 16 日
 - 8) イオン結晶の焼成による多孔質酸化イリジウムの作製と酸素発生触媒への応用, 舟木麟太郎, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材 2022, (福岡), 2022 年 9 月 6 日
 - 9) メラミンを用いた塩酸溶液からの白金族金属の高選択沈殿回収, 青木瞭太, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材 2022, (福岡), 2022 年 9 月 6 日
 - 10) ビスアミノメチルシクロヘキサンを用いた塩酸溶液からの白金高選択沈殿回収, 松本和也, 坂本隆, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材 2022, (福岡), 2022 年 9 月 6 日
 - 11) メラミン含有架橋体を用いた低濃度ロジウム塩酸溶液からのロジウム回収, 小林佳菜, 青木瞭太, 松本和也, 寺境光俊, 資源・素材 2023 年度春季大会 (千葉), 2022 年 3 月 13 日
 - 12) メラミンを回収剤としたイオン結晶形成に基づく白金族金属選択回収, 松本和也, 青木瞭太, 寺境光俊, 資源・素材 2023 年度春季大会 (千葉), 2022 年 3 月 15 日
 - 13) 長谷川崇, 白井千尋, 西川大登, Fe-Co-V-N 薄膜の室温での相図と一軸磁気異方性, 第 46 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 181 (08aC-8) (2022). (信州大学 2022 年 9 月 6 日~9 月 8 日, 発表日 2022 年 9 月 8 日)
 - 14) 村上知優, 長谷川崇, Fe-Co 薄膜の bct 構造と一軸磁気異方性の V-N 添加量依存性, 第 46 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 182 (08aC-9) (2022). (信州大学 2022 年 9 月 6 日~9 月 8 日, 発表日 2022 年 9 月 8 日)
 - 15) 山根治起, 長谷川崇, 澤畑有輝, 小林政信, 酸化物シード層による hcp-Co80Pt20 薄膜の垂直磁気特性の向上, 日本金属学会 2022 年秋期(第 171 回)講演大会学術講演概要集, 197 (2022). (福岡工業大学 2022 年 9 月 20 日~9 月 23 日, 発表日 2022 年 9 月 23 日)
 - 16) 山根治起, 長谷川崇, 安川雪子, 小林政信, Cr-O シード層による Hcp(001)-Co80Pt20 薄膜の垂直磁気特性の向上, 第 70 回日本応用物理学会春季学術講演概要集, 15p-PA01-4 (2023). (上智大学 2023 年 3 月 15 日~3 月 18 日, 発表日 2023 年 3 月 15 日)
 - 17) 日本銅学会第 62 回講演大会, 口頭発表「マグネシウム含有チタン銅の水素中時効挙動」, 廣田航大, 齋藤嘉一, 千星 聡 (2022 年 10 月 24 日, 仙台国際センター)
 - 18) 超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による垂直磁気記録ヘッドの広帯域・高周波磁場イメージング, 鈴木魁智, マカロバ マリナ, 園部博, 松村透, 齊藤準, 第 46 回日本磁気学会学術講演会, (信州大学), 2022 年 9 月 6 日
 - 19) 交番磁気力顕微鏡を用いた高周波磁場イメージングに向けたマイクロ波磁場照射機構の開発, 梅田尚優希, マカロバ マリナ, 園部博, 松村透, 齊藤準, 第 46 回日本磁気学会学術講演会, (信州大学), 2022 年 9 月 6 日
 - 20) 超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による永久磁石の直流磁場の定量イメージング, 江原廉, 三浦健太, 松村透, 齊藤準, 第 46 回日本磁気学会学術講演会, (信州大学), 2022 年 9 月 6 日
 - 21) 交番磁気力顕微鏡における超常磁性探針の高機能磁気イメージングへの応用, 齊藤準, 第 46 回日本磁気学会学術講演会, (信州大学), 2022 年 9 月 6 日

- 22) 磁気光学イメージングプレートを用いた絶縁被覆された方向性電磁鋼板の磁区観察, 坂口穂貴, 目黒栄, 齊藤準, 石橋隆幸, 第 46 回日本磁気学会学術講演会, (信州大学), 2022 年 9 月 6 日
- 23) 交番磁気力顕微鏡を用いた磁場の定量イメージング法の提案, 江原廉, 三浦健太, 松村透, 齊藤準, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会, (東北大学), 2022 年 9 月 21 日
- 24) 超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による広帯域・高周波磁場エネルギーイメージング, 齊藤準, 鈴木魁智, マカロバ マリナ, 園部博, 松村透, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会, (上智大学), 2023 年 3 月 16 日
- 25) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「(Bi,La)(Fe_{1-y}My)O₃ (M = Co,Ni)強磁性・強誘電性薄膜における B サイト置換元素種および置換量が磁気特性に及ぼす影響」, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会
- 26) S. Ratha, R. Suzuki, K. Takeda, D. Yamamoto, M. Kuppan, G. Egawa, and Satoru Yoshimura, 「Development of BiFeO₃-Based Multiferroic Thin Films with Excellent Magnetic Properties and Investigation of Their Etching Resistance for Magnetic Nano Device Applications」, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会
- 27) 鈴木陸, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「BiFeO₃系強磁性・強誘電薄膜の結晶性と磁気・誘電特性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果」, 強的秩序とその操作に関わる第 16 回研究会
- 28) 勝山郁子, 江川元太, 吉村哲, 「反応性パルス DC スパッタリング法を用いた高飽和磁化・高保磁力窒化鉄薄膜作製の試み」, 映像情報メディア学会 2022 年冬季大会
- 29) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「(Bi,La)(Fe,M)O₃強磁性・強誘電薄膜における B サイト置換元素種が磁気異方性に及ぼす影響」, 2022 年強的秩序とその操作に関する第 15 回夏の学校
- 30) Soumyaranjan Ratha, 鈴木陸, 鈴木悠太, 武田航太郎, 山本大地, 江川元太, 吉村哲, 「(Bi,L)(Fe,Co)O₃ (L:ランタノイド) 強磁性・強誘電性薄膜における Bi に対するランタノイド置換が飽和磁化・垂直磁気異方性・磁気 Kerr 回転角に及ぼす効果」, 第 46 回日本磁気学会学術講演会
- 31) 鈴木陸, 江川元太, 吉村哲, 「BiFeO₃系強磁性・強誘電薄膜におけるレーザーアシスト加熱成膜・後アニールが飽和磁化・磁気 Kerr 回転角に及ぼす効果」, 第 46 回日本磁気学会学術講演会
- 32) Soumyaranjan Ratha, 武田航太郎, 山本大地, 江川元太, 吉村哲, 「(Bi_{1-x}Lx)(Fe,Co)O₃ (L=La, Nd, Sm, Gd, Dy, Er) 強磁性・強誘電性薄膜の磁気特性に及ぼす Bi に対する置換元素の影響」, 映像情報メディア学会年次大会 2022
- 33) 尾関拓海, 鈴木悠太, 山本大地, 江川元太, 吉村哲, 「(Bi,La)(Fe_{1-y}Co_y)O₃強磁性・強誘電薄膜の磁気特性に及ぼす Fe に対する Co 置換量の影響とその起源に関する検討」, 映像情報メディア学会年次大会 2022
- 34) 鈴木陸, 江川元太, 吉村哲, 「BiFe₃系強磁性・強誘電薄膜の磁気特性に及ぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの影響」, 映像情報メディア学会年次大会 2022
- 35) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「強磁性・強誘電(Bi,La)(Fe_{1-y}My)O₃(M=Ni,Co)薄膜の磁気特性に及ぼす B サイトの置換元素および置換量の効果」, 日本素材物性学会令和 4 年度年会

- 36) 江川元太, 遠藤健矢, 細谷亮太, 吉村哲, 「強磁性・強誘電薄膜の高感度ドメイン観察のための種々の磁化を有する探針の作製とその保磁力評価」, 日本素材物性学会令和4年度年会
- 37) 鈴木陸, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「 BiFeO_3 薄膜における強磁性誘導のためのAサイトのアルカリ土類元素置換およびレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果」, マルチメディアストレージ研究会
- 38) 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「 $(\text{Bi}_{1-x}\text{Bax})(\text{Fe}_{1-y}\text{Coy})\text{O}_3$ 強磁性・強誘電薄膜における飽和磁化・垂直磁気異方性・磁気 Kerr 効果に及ぼす Co 置換量の影響とその起源に関する検討」, マルチメディアストレージ研究会
- 39) “調製温度がレピドクロサイト型層状チタン酸塩の光触媒活性に与える影響”, 齊藤寛治, 早稲田大学各務記念材料技術研究所環境整合材料基盤技術共同研究拠点共同研究成果報告会, 10, オンライン, 2022年3月3日
- 40) リン酸エステル化合物を用いたリン修飾ベータ型ゼオライトの調製と熱安定性”, 小笠原正剛, 松本出海, 三浦康太, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第38回ゼオライト研究発表会(徳島), C3, 2022年12月1日
- 41) “チャンネル内に遷移金属イオンを導入したアパタイト型バナジン酸塩の合成”, 下田陽南, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 2A10, 米沢, 2022年11月11日
- 42) “リン酸トリフェニルを用いたリン修飾ベータ型ゼオライトの調製”, 松本出海, 小笠原正剛, 三浦康太, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 2A05, 米沢, 2022年11月11日
- 43) “構造内に Mn を導入したアパタイト型ケイ酸塩の合成”, 小松航泰, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 1P26, 米沢, 2022年11月10日
- 44) “ $\text{HLaNaNb}_3\text{O}_{10}$ と第四級アンモニウムイオンからなる有機無機複合体の調製と塩基触媒活性”, 小林航大, 小笠原正剛, 内田琉斗, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 1P22, 米沢, 2022年11月10日
- 45) “層状チタン酸塩の層間イオンの減少が水和特性に及ぼす影響の検討”, 永山智基, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 小川誠, 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 1P16, 米沢, 2022年11月10日
- 46) “Synthesis of apatite-type vanadates containing copper or nickel ion in the channel”, 下田陽南, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和4年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 2P022, p. 238, 岩手, 2022年9月18日
- 47) “調製温度がレピドクロサイト型層状チタン酸塩の光触媒活性に与える影響”, 齊藤寛治, 稲熊航大, 小川誠, 秋山隼人, 山口修平, 小笠原正剛, 加藤純雄, 日本化学会「低次元系光機能材料研究会」第11回サマーセミナー, O-04, 松江, 2022年9月9日
- 48) “水和特性の向上に向けた層状チタン酸塩の組成制御”, 齊藤寛治, 永山智基, 小川誠, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第65回粘土科学討論会, B19, 松江, 2022年9月8日
- 49) “モンモリロナイト層間への香料化合物の導入”, 橋本和周, 齊藤寛治, レジスゲガン 小笠原正

- 剛, 加藤純雄, 第 65 回粘土科学討論会, A16, 松江, 2022 年 9 月 8 日
- 50) “モンモリロナイト層間への香料化合物の導入”, 橋本和周, 齊藤寛治, レジスゲガン, 小笠原正剛, 加藤純雄, 粘土学会若手の会第 13 回若手研究者研究発表会, P13, 松江, 2022 年 9 月 6 日
- 51) “層状ペロブスカイト型 HLaNaNb₃O₁₀ を無機種とした有機無機複合体の調製”, 小林航大, 内田琉斗, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 日本素材物性学会令和 4 年度年会, A-1, 秋田, 2022 年 6 月 22 日
- 52) “HCa₂Nb₃O₁₀ 層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の塩基触媒活性”, 小笠原正剛, 赤沼玲奈, 齊藤寛治, 加藤純雄, 日本素材物性学会令和 4 年度年会, A-2, 秋田, 2022 年 6 月 22 日
- 53) 太田光希, 大川浩一, 加藤貴宏: 超音波を用いた γ -Fe₂O₃ の微細化の検討および電池特性評価, 第 31 回ソノケミストリー討論会(久留米シティプラザ, 福岡)P05(2022)
- 54) 脇坂佳孝, 大川浩一, 加藤貴宏: Ultrasound-assisted oxidative desulfurization of bitumen and analysis of sulfur forms in the treated bitumen, 第 43 回 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム (USE2022) (同志社大学, 京都)(2022)
- 55) 大川浩一, 藤田知花, 高頭周作, 加藤貴宏: 二酸化炭素を加圧吸収させたアミン溶液からの二酸化炭素の超音波を用いた低温脱離, 資源・素材 2022(福岡工業大学, 福岡) 2307-15-01 (2022)
- 56) 脇坂佳孝, 大川浩一, 加藤貴宏: 超音波とコンデンセートを用いたオイルサンドからのビチューメンの分離および酸化脱硫法による硫黄の低温脱離, 資源・素材 2022(福岡工業大学, 福岡) 2301-06-06 (2022)
- 57) "[2+2+2]環化付加を基盤とするジズアミン B の合成研究" 広橋達也, 高木絵梨, 藤原憲秀 日本化学会第 103 春季年会 (野田) 講演要旨集 D1443-4am-03, 2023.3.25.
- 58) "[2+2+2]環化付加を基盤とするジズアミン B の合成研究" 広橋達也, 藤原憲秀 令和 4 年度化学系学協会東北大会 (盛岡) 講演予稿集 1P053, 2022.9.17.
- 59) "[2+2+2]環化付加を基盤とするジズアミン B の合成研究" 広橋達也, 藤原憲秀" 日本化学会北海道支部 2022 年夏季研究発表会 (オンライン) 講演要旨集 B10, 2022.7.23.
- 60) 大久保詠一郎, 杉山由花, 大畠昌也, 中村隆太郎, 松村洋寿, 野口恵一, 養王田正文, 尾高雅文, 新規ナノ材料開発を志向したタンパク質超分子カルボキシソームの外殻タンパク質 CcmO の生化学的解析, 第 16 回バイオ関連化学シンポジウム, オンライン発表, 2022 年 9 月, ポスター発表
- 61) Eiichiro Okubo, Yuka Sugiyama, Masaya Ohata, Ryutaro Nakamura, Hirotohi Matsumura, Keiichi Noguchi, Masafumi Yohda, Masafumi Odaka, Characterization of self-assembled β -carboxysome shell protein CcmO toward the development of novel biomaterials, 化学系協会東北大会, 岩手大学, 2022 年 9 月, ポスター発表
- 62) 大久保詠一郎, 杉山由花, 大畠昌也, 中村隆太郎, 松村洋寿, 野口恵一, 養王田正文, 尾高雅文, 新規ナノ材料開発を志向したタンパク質超分子カルボキシソーム外殻形成の鍵タンパク質 CcmO の生化学的特性解析, 第 74 回日本生物工学会大会, オンライン発表, 2022 年 10 月, ポスター発表
- 63) 浅倉日向, 竹原直輝, 江澤理徳, 松村洋寿, 尾高雅文, カプセル状タンパク質エンカフプセリンに内包される フェリチン様タンパク質のキャラクタリゼーション, 第 35 回秋田応用生命科学

- 研究会、秋田県総合食品研究センター、2022年12月、口頭発表
- 64) 大久保詠一郎、杉山由花、大嶋昌也、中村隆太郎、松村洋寿、野口恵一、養王田正文、尾高雅文、新規ナノ材料開発を志向したタンパク質超分子カルボキシソームの外殻タンパク質 CcmO の集合体形成能解析、第35回秋田応用生命科学研究会、秋田県総合食品研究センター、2022年12月、口頭発表
 - 65) 杉山由花、大久保詠一郎、大嶋昌也、松村洋寿、野口恵一、養王田正文、尾高雅文、カルボキシソーム外殻タンパク質 CcmO の三量体界面に位置するアミノ酸への変異導入が CcmO 集合体形成に与える影響、第35回秋田応用生命科学研究会、秋田県総合食品研究センター、2022年12月、口頭発表
 - 66) 小町仁理、熊谷彩香、于昊洋、小原直子、カビール ムハムドゥル：水平電極式動電(FEM-EK)法による土壌 pH の変化に関する研究、第6回秋田ヒューマン・エネルギー研究会 (2022.8月)
 - 67) 山城屋陽大、石川日都、吉野悟生、小原直子、カビール ムハムドゥル：アオコおよび活性汚泥を用いた微生物燃料電池の開発、令和4年度DOWA大学院生研究交流発表会 (2022.10月)
 - 68) 小町仁理、熊谷彩香、于昊洋、小原直子、カビール ムハムドゥル：水平電極式動電(FEM-EK)法による土壌 pH 変化の要因について、令和4年度DOWA大学院生研究交流発表会 (2022.10月)
 - 69) 山城屋陽大、石川日都、吉野悟生、小原直子、カビール ムハムドゥル：アオコを用いた微生物燃料電池の検討、NPO 法人光環境 DX 研究会 第1回年次学術研究発表会 (2022.12.9)
 - 70) Osenyeng, O., Ogawa, Y., Ishiyama, D., Đordjević, S. and Adamović, D. (2022): Environmental evaluation of the contamination of river waters and riverbed sediments in the Bor mining area, Serbia, The 71th Annual Meeting of the Society of Resource Geology, O-26, June 29-July 1, Tokyo.
 - 71) 武石亜里奈、石山大三、Đordjević, S., 小川泰正(2022): セルビア Bor 鉱山地域の鉱山開発に伴う土壌汚染の特徴. 第71回日本資源地質学会年会, P-18, 2022年6月29日~7月1日, 東京.
 - 72) Mutesa, W., Ishiyama, D. and Ogawa, Y. (2022): Fate of toxic elements originating from the Tamagawa acidic thermal water during river transport and sedimentation at reservoir. The 71th Annual Meeting of the Society of Resource Geology, P-19, June 29-July 1, Tokyo.
 - 73) Chand, J. J., Ishiyama, D. and Ogawa, Y. (2022): Geochemical mobility of heavy metals and metalloids originating from the Kusatsu thermal waters: The effect of Yamba Dam on water quality of the Agatsuma River. The 71th Annual Meeting of the Society of Resource Geology, P-25, June 29-July 1, Tokyo.
 - 74) 市瀬智也、船津和哉、廣戸孝信、肖英紀、「メカニカルアロイングおよび放電プラズマ焼結による B20 型 FeGe バルク体の作製」、日本金属学会 2023 年春期(第 172 回)講演大会、東京大学駒場 I キャンパス、2023 年 3 月
 - 75) 市瀬智也、船津和哉、肖英紀、「メカニカルアロイング法による B20 型 TMGe (TM= Cr, Mn, Fe, Co)合金の作製」、日本金属学会 2022 年秋季(第 171 回)講演大会、福岡工業大学、2022 年 9 月.
 - 76) 市瀬智也、船津和哉、肖英紀、「メカニカルアロイング法による B20 型 TMGe (TM= Cr, Mn, Fe,

- Co)合金の作製」, 映像情報メディア学会マルチメディアストレージ研究会, オンライン, 2022年6月.
- 77) 田中智士, 藤井光, 小助川洋幸, 津谷駿介(2022) 水井戸に適用可能な簡易型 TRT 装置のフィールド試験およびケーススタディ, 日本地熱学会学術講演会.
- 78) 山下香菜子, 藤井光, 小助川洋幸(2022) 揚水井近傍に発生する地下水流れを考慮したポテンシャルマップの高度化, 日本地熱学会学術講演会.
- 79) ビナサイド, 藤井光, 小助川洋幸, 桂木聖彦 (2022) Evaluation of groundwater pumping impact on the neighboring ground source heat exchangers, 日本地熱学会学術講演会
- 80) 薛後耀, 折館尚之, 李金洋, 齋藤翼, 佐藤祐一, 多結晶 Si 基板上に形成した GaN 系ナノ柱状結晶 LED における不均一および多色発光の検討, 2022 年度電気関係学会東北支部連合大会
- 81) 李金洋, 辻大成, 薛后耀, 齋藤翼, 佐藤祐一, 多結晶 Si 基板上 GaN 系ナノ柱状 LED 群の発光特性の パルス駆動測定による評価, 第 77 回応用物理学会東北支部学術講演会
- 82) 佐々木航, 丹野剛紀, 安達恵美, 淀川信一, 倉林徹「テラヘルツ分光を用いたカンファー結晶のダイナミクスの研究」(P-38) 第 30 回有機結晶シンポジウム (2022 年 11 月, 名古屋)
- 83) Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Hisatoshi Toriya, Tsuyoshi Adachi, Hajime Ikeda and Youhei Kawamura; Intelligent remaining useful life estimation system for excavator motor bearing based on deep learning; 5th united academic forum of Mongolian researchers in Japan; 23rd of November 2022, Tokyo Japan.
- 84) Veeravinantanakul, A., Takahashi, R., Agangi, A., Manalo, P., and Sato, H. (2022) Mineral chemistry and sulfur isotopes of sphalerite from the Ezuri Kuroko deposit, Akita, Japan. 資源地質学会第 71 回年会講演会, O-05.
- 85) Veeravinantanakul, A., Takahashi, R., Agangi, A., Manalo, P. and Sato, H. (2022) Geochemical characteristics of the black and yellow ores in the Ezuri Kuroko deposit, Akita, Japan. 地球惑星連合大会 2022.
- 86) Takahashi, R., Bunazawa, I., Shimoda, H., Shiga, Y., Hara, A., Agangi, A., Manalo, P., Veeravinantanakul, A. and Sato H. (2022) Characteristics of tin mineralization in the Suzuyama deposit, Kagoshima, Japan. 資源地質学会第 71 回年会講演会, O-34.
- 87) 山田照万、渡辺寧(2022) 秋田県白子森鉱床における銀・鉛・亜鉛・マンガン鉱化作用. 日本鉱物科学会 2022 年年会 (新潟大学) (20220917)
- 88) 五十嵐直樹、渡辺寧、瀬野洗太郎、越後拓也、青木翔吾(2022) 岩手県和賀仙人スカルン鉱床における鉄鉱化作用. 日本鉱物科学会 2022 年年会 (新潟大学) (20220917)
- 89) 平田和希, 青木翔吾, 鈴木照洋, 仁木創太, 平田岳史, 青木一勝, 渡辺 寧(2022)ジルコン U-Pb 年代測定に基づく東北日本弧 黒鉄鉱床形成場の時空間変化復元. 資源地質学会第 71 回年会学術講演会(東京大学)(20220630)
- 90) 渡辺寧, 山田照万, 平田和希(2022)東北日本弧において新たに発見された潜頭性巨大マグマ熱水系. 資源地質学会第 71 回年会学術講演会(東京大学)(20220630)
- 91) 山田照万, 渡辺 寧(2022)秋田県白子森鉱床における銀・鉛・亜鉛・マンガン鉱化作用. 資源地質学会第 71 回年会学術講演会(東京大学)(20220630)

- 92) 五十嵐直樹, 渡辺寧, 瀬野洸太郎, 越後拓也, 青木翔吾(2022)岩手県和賀仙人鉱床における鉄鉱化作用について.資源地質学会第 71 回年会学術講演会(東京大学)(20220701)
- 93) 左部翔大, 昆慶明, 渡辺寧, 越後拓也 (2022) 東北日本弧における鉱脈型銅鉱化作用に関連したマグマプロセス. 資源地質学会第 71 回年会学術講演会(東京大学)(20220701)
- 94) 平田和希, 渡辺寧, 越後拓也, 青木翔吾(2022)秋田県仙北市坊沢鉱床の地質及び浅熱水性低硫化型金銀鉱化作用. 日本地球惑星連合 2022 年大会(幕張メッセ, ポスター発表)(20220522-0603)
- 95) 今井忠男, 谷藤凌, 木崎彰久, 近藤洋司, バイオマス灰を原料とする再生利用砂の特性について, 資源・素材学会 2022 年度秋季大会講演集, 2022."
- 96) 安部勇輔, 熊谷悠希, 富岡雅弘, 熊谷誠治, 短時間放電法による三元系 Li イオン電池正極の出力性能評価, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 97) 熊谷悠希, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, Ni 高含有遷移金属酸化物における電極製造時のプレス圧力が電気化学特性に及ぼす影響, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 98) 高橋瑛斗, 澤賢佑, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也, 廃リチウムイオン電池から再生した三元系正極材のリチウム含有率とその電気化学特性に及ぼす影響, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 99) 澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也, 廃 Li イオン電池から再生した $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ の電気化学特性, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 100) 藤本一輝, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, イオン液体を電解液に用いることによる電気二重層キャパシタの高エネルギー密度化, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 101) 山川裕大, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, ナノ Si 電極の組成がその Li イオン吸蔵放出特性に及ぼす影響, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 102) 遠藤幸太郎, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, 異なる種類の活性炭を電極に用いる電気二重層キャパシタの充放電特性, 日本素材物性学会 令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン(2022 年 6 月 22 日)
- 103) 遠藤幸太郎, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, 異種活性炭を添加した電気二重層キャパシタ電極の特性評価, 2022 年電気関係学会東北支部連合大会, オンライン(2022 年 8 月 23 日)
- 104) 澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也, 再生正極材における Li 含有率が Li イオン電池の充放電特性に及ぼす影響, 2022 年電気関係学会東北支部連合大会, オンライン(2022 年 8 月 23 日)
- 105) 藤本一輝, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, 高電圧充放電試験後の電気二重層キャパシタのインピーダンス特性, 2022 年電気関係学会東北支部連合大会, オンライン(2022 年 8 月 23 日)
- 106) 高橋瑛斗, 澤賢佑, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, リサイクル正極材料を用いたリチウムイオン電池の充放電特性, 第 6 回 秋田ヒューマン・エネルギー研究会, オンライン(2022 年 8 月 26 日)
- 107) 澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也, 熱分解したリチウムイオン電

池から再生した不純物含有 NCM111 の電気化学特性, 第 63 回電池討論会, 福岡国際会議場, 福岡市(2022 年 11 月 9 日)

- 108) 熊谷悠希, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, ハイニッケル系リチウムイオン電池における正極活物質塗工層の高密度化, 令和 5 年電気学会全国大会, 名古屋大学, 名古屋市(2023 年 3 月 15 日)
- 109) 遠藤幸太郎, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治, 異種活性炭添加による電気二重層キャパシタ電極の劣化抑制, 令和 5 年電気学会全国大会, 名古屋大学, 名古屋市(2023 年 3 月 15 日)
- 110) 渡部恵, 平山寛, 航空機電動化におけるフライホイールバッテリーモデルの開発と評価, 第 60 回飛行機シンポジウム, 1C14, JSASS-2022-5046, 新潟市, 2022 年 10 月 11 日
- 111) 鈴木稜典, 沢田理帆, 平山寛, 航空機電動化における冗長アクチュエータモデルを用いた故障時応答解析, 日本航空宇宙学会北部支部 2023 年講演会ならびに第 4 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2023-H012, 角田市, 2023 年 3 月 21 日
- 112) 沢田理帆, 平山寛, 渡部恵, 航空機電動化における冗長アクチュエータ試験機の制御モデルの評価, 日本航空宇宙学会北部支部 2023 年講演会ならびに第 4 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2023-H013, 角田市, 2023 年 3 月 21 日
- 113) 澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也「廃 Li イオン電池から再生した三元系正極材を用いる Li イオン電池の充放電特性」日本素材物性学会令和 4 年度(第 32 回)年会, オンライン開催, 2022 年 6 月 22 日
- 114) 伊藤凌平, 安彦雄敬, 石村颯汰, 富岡雅弘, 熊谷誠治「2 つの制御方式の蓄電池を導入した電力系統における系統安定度」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 115) 富岡雅弘, 池田啓人, 島谷圭一, 佐藤和輝, 熊谷誠治「低温環境下におけるリチウムイオン電池の充放電特性シミュレーション」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 116) 島谷圭一, 佐藤和輝, 池田啓人, 富岡雅弘, 熊谷誠治「リチウムイオン電池の劣化現象を考慮した電氣的等価回路による充放電特性再現手法に関する研究」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 117) 佐藤和輝, 島谷圭一, 池田啓人, 富岡雅弘, 熊谷誠治「等価回路を用いたリチウムリチウムイオン電池の充放電特性再現手法の検討」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 118) 石村颯汰, 伊藤凌平, 安彦雄敬, 富岡雅弘, 熊谷誠治「秋田市内の規模で構築したマイクログリッドに EV を導入したときの蓄電池運用に関する研究」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 119) 安彦雄敬, 伊藤凌平, 石村颯汰, 富岡雅弘, 熊谷誠治「再生可能エネルギーを大量導入した場合の秋田県の電力系統安定度の解析」2022 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2022 年 8 月 23 日
- 120) 江口卓弥, 熊谷誠治「フルプレリチウム処理した Si 負極の Li イオンキャパシタの電気化学特性に与える影響」第 63 回電池討論会, 福岡国際会議場/オンライン, 2022 年 11 月 8 日

- 121) 古林敬頭, 小澤暁人, 立川雄也, 吉岡剛, 辻本将晴, 古川智裕, 中島良, 洋上風力発電の大規模導入を考慮した地域水素供給システムの設計, 2022 HESS 特別講演会, 東京, 2022 年 11 月 30 日
- 122) 渡辺樹, 古林敬頭, O-30 秋田県の森林簿を用いた持続可能な木質バイオマスのポテンシャル推計及びサプライチェーン構築, 第 18 回バイオマス科学会議, 前橋, 2022 年 11 月 30 日-12 月 1 日
- 123) 古林敬頭, 洋上風力発電を用いる水素製造システムの導入影響評価, 第 39 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2023 年 1 月 26-27 日
- 124) 佐々木陽, 藤原克哉, 水戸部一孝, “自転車運転シミュレータによる車道右折横断時の交通事故誘発要因の検討”, 第 58 回日本交通科学学会学術講演会(日時:2022 年 6月28日(火)~29日(水))
- 125) 高秀千冬, 水戸部一孝, “歩行者飛び出しシナリオにおける高齢ドライバーの認知機能と事故発生時の行動の調査” 第 58 回日本交通科学学会学術講演会 (日時:2022 年 6月28日(火)~29日(水))
- 126) 畠山凌, 水戸部一孝, “曇み込みニューラルネットワークを用いた航空写真からの事故危険交差点の推定” 第 58 回日本交通科学学会学術講演会 (日時:2022 年 6月28日(火)~29日(水))
- 127) 櫻井隆弘, 巖見武裕, 木澤悟, 斉藤公男, 島田洋一, 宮腰尚久, “AR・VR 技術を用いた上肢リハビリテーションロボットの開発と評価” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022 in Sapporo (札幌/Web) 2A2-E09 2022 年 6 月 3 日
- 128) 木島泰明, 河野哲也, 小松幹治, 五十嵐駿, 三浦隆徳, 岩本陽輔, 長幡樹, 藤井昌, 佐々木研, 宮腰尚久, 島田洋一, “大腿骨頸部基部剪断骨折に対する最適な骨接合インプラントとは - 有限要素法による解析 -” 日本整形外科学会雑誌 (日本整形外科学会 骨・軟部腫瘍学術集会抄録集, 3-14-33) ,96(3), S699
- 129) 成田凌, 長縄明大, 眞部紀明, 春間賢: 内視鏡を用いた食道病変部の面積計測法の検討, 計測自動制御学会東北支部第 338 回研究集会, 資料番号 338-5 (7 ページ原稿), 2022 年 9 月.
- 130) 寺師芽衣, 巖見武裕, 畠山和利, 小松瞭, 宮腰尚久, 島田洋一: 靭帯が寛骨臼形成不全症の骨盤傾斜に及ぼす影響, 第 49 回 日本臨床バイオメカニクス学会 2022 年 11 月
- 131) 小松瞭, 巖見武裕, 塚本泰朗, 須田智寛, 島田洋一, 宮腰尚久: IMU データに基づいた変形性膝関節症患者歩行の進行度判別手法の開発, 第 49 回 日本臨床バイオメカニクス学会 2022 年 11 月
- 132) 細川慎二, 長縄明大, 松田和也, 正木勉, 杵川文彦: 胃瘻患者の胃内圧計測システムの評価, 第 56 回日本生体医工学会東北支部大会講演論文集, ME-3-5, 2022 年 11 月
- 133) 伊藤涼介, 大田秀隆, 長縄明大: 日常生活における口腔機能の評価に関する研究, 第 56 回日本生体医工学会東北支部大会講演論文集, ME-3-6, 2022 年 11 月

(3) 活動実績

①地域貢献・社会貢献（地域コンソーシアムへの参加等）

- 1) 渡辺寧：文化庁令和4年度 Innovate MUSEUM 事業 秋田県鉱山サミット 2022「地下なる鉱脈 無限の宝庫」 2022年11月14日 鹿角市尾去沢鉱山
- 2) 渡辺寧：秋田大学鉱業博物館「ジュニアサイエンススクール」 2022年7月28～29日 秋田県大仙市荒川鉱山跡及び秋田大学鉱業博物館
- 3) 今井忠男：放送大学秋田学習センター「秋田をまなぶ講座シリーズ 2022」 2022年10月15日 秋田県立博物館
- 4) 今井忠男ほか：文化庁令和4年度 Innovate MUSEUM 事業 秋田鉱山史に関する研修ビデオ制作及び公開 オンライン
- 5) 石山大三：秋田県資源系博物館協会用オンデマンド講演会ビデオ公開「田沢湖の湖水の性質は変えられるのか - 中和処理以前から現在までの湖水の変化から見えること - 」 2023年2月28日公開開始
- 6) 芳賀一寿ほか：秋田県高エネルギー加速器技術研究会「硫化鉱物の浮選における研究紹介と表面分析の必要性について」 2022年9月1日 秋田県産業総合技術センター
- 7) 吉村哲：大学コンソーシアムあきた主催 高大連携授業「高校生のための材料理工学への誘い」 2022年6月25日 秋田大学
- 8) 福本倫久ほか：新素材・機能性材料，革新材料，新エネルギー研究開発セミナー「再生可能エネルギーに関わる素材・材料・システムの開発」 2022年12月19日 秋田大学
- 9) 加藤純雄ほか：男鹿市教育委員会、秋田大学男鹿分校主催「わくわくドキドキ理科実験教室～秋田大学の一日出張実験室～」 2022年7月16日 男鹿市 B&G 海洋センター体育館
- 10) 加藤純雄ほか：大館北秋田理科教育研究会、秋田大学北秋田分校主催「ワクワク子ども科学教室」 2022年9月5日 大館市立有浦小学校
- 11) 加藤純雄ほか：北秋田市教育委員会、秋田大学北秋田分校主催「おもしろ理科実験教室サイエンススクール」 2022年10月15日 北秋田市立鷹巣中学校体育館
- 12) 加藤純雄ほか：日本素材物性学会主催子ども科学教室「身近な材料で楽しく遊ぼう」 2022年12月24日 秋田大学
- 13) 田島克文ほか：令和4年度あきたサステナビリティスクール講師 オンライン
- 14) 安部勇輔：第20回東北地域研究交流会「電動化システム共同研究センターの取り組みと航空機システムの電動化に係る要素技術研究」 2022年11月29日 東北大学
- 15) 熊谷誠治：大学コンソーシアムあきた主催 高大連携授業「再生可能エネルギー入門」 2022年8月6日 秋田大学
- 16) 熊谷誠治：JST 新技術説明会 環境・エネルギー～秋田県合同～「もみ殻由来活性炭による電気二重層キャパシタの長寿命化」 2022年11月29日 オンライン
- 17) 熊谷誠治ほか：環境と安全のための講演会 2022「もみ殻のリサイクル技術」ほか 2022年12月23日 オンライン

②特許登録

No.	発明（考案）者	発明・考案の名称	登録番号
1	山田学、 ムニヤパン ラジブガンジー、 芳賀一寿、柴山敦	パラジウム抽出剤、パラジウムの抽出方法、 パラジウムの回収方法、パラジウム抽出剤の 再生方法、および、パラジウムの反復回収方 法	特許第7079978号
2	松本和也、寺境光俊、山川澄人	組成物および成形品	DE 602017058605.6
3	松本和也、寺境光俊、山川澄人	組成物および成形品	EP 3486283
4	松本和也、寺境光俊、山川澄人	組成物および成形品	FR 3486283
5	松本和也、寺境光俊、山川澄人	組成物および成形品	GB 3486283
6	松本和也、寺境光俊、山川澄人	組成物および成形品	IT 502022000057579
7	川村茂、村岡幹夫、宮野泰征、 高崎康志、柴山敦、 ホアン ティー スーン	非鉄金属の電解採取方法およびそれに用いる アノードの製造方法	特許第7108483号
8	松本和也、寺境光俊、山田修史	組成物および成形品	TW I773953
9	山口誠、寺境光俊、松本和也、 村岡幹夫	結晶化度測定装置、樹脂含有材料製造装置、 結晶化度測定方法及び樹脂含有材料製造方法	特許第7164110号
10	松本和也、寺境光俊、山田修史	組成物および成形品	特許第7165338号
11	熊谷誠治	再生正極材前駆体、再生正極材およびそれら の製造方法、並びに再生リチウムイオン二次 電池	特許第7176707号
12	大川浩一	プラズマ発生装置	特許第7200450号
13	大川浩一	液中プラズマ発生装置	特許第7200451号
14	村岡幹夫、吉田征弘	複合材料成形方法	特許第7217457号
15	田中元志	コード認識方法、コード認識プログラム、及 びコード認識システム	特許第7224013号

* 取得済み特許のみ掲載

③受賞等

- 1) 一般社団法人環境資源工学会 2022 年度<第 140 回学術講演会> 優秀ポスター賞 「鉛スズ溶体を用いた浸漬法による廃電子基板からのスズ回収方法の検討」 上田早紀、高崎康志、川村茂、柴山敦
- 2) THE 16TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EAST ASIAN RESOURCES RECYCLING TECHNOLOGY (EARTH 2022) IN TAINAN, TAIWAN ON 31st OCTOBER TO 1st NOVEMBER,- 2022 BEST POSTER AWARD Saki UEDA, Shigeru KAWAMURA, Kazutoshi HAGA, Yasushi TAKASAKI and Atsushi SHIBAYAMA
- 3) 資源・素材学会東北支部春季大会優秀発表賞 青木瞭太 (寺境光俊・松本和也)
- 4) 資源・素材 2022 (福岡) 若手ポスター発表賞 舟木麟太郎 (寺境光俊・松本和也)
- 5) DOWA 大学院生研究交流発表会最優秀賞 小林佳菜 (寺境光俊・松本和也)
- 6) 資源・素材 2023 年度春季大会学生賞 小林佳菜 (寺境光俊・松本和也)
- 7) 第 71 回秋田県発明展 秋田県発明協会会長賞「正方晶の鉄コバルトを主成分とする革新的な永久磁石」 長谷川崇
- 8) Advanced Materials for Strategic Application and Sustainable Future (AMSAS-2022) ,Best Paper Award, “Improvement of Magnetic Properties in BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films for Devices Applications with Low Energy Consumptions”, Soumyaranjan Ratha, (吉村哲)
- 9) The IEEE Around-The-Clock Around-The-Globe Magnetics Conference 2022 (AtC-AtG 2022) Best Oral Presentation Award, “Enhancement of Magnetic Properties by Lanthanides substitution in (Bi,L)(Fe,Co)O₃ (L = La, Nd, Sm, Gd, Dy, Er) Multiferroic Thin films”, Soumyaranjan Ratha, (吉村哲)
- 10) 2022 IET International Conference on Engineering Technologies and Applications (IET ICETA 2022),The Third Place of Best Paper Competition, “Observation of clear magnetization and polarization reversal by local electric field in BiFeO₃-based multiferroic thin film with using metallic MFM tip with optimized magnetization”, Satoru Yoshimura and Genta Egawa
- 11) The 12th Annual Symposium on Magnetics 2022, Best Oral Presentation Award (Overseas), “Influence of Lanthanides and Cobalt substituent in the magnetic properties of Bismuth Ferrite multiferroic thin films”, Soumyaranjan Ratha (吉村哲)
- 12) 令和 4 年度日本磁気学会学術奨励賞 (内山賞), 「Development of BiFeO₃ based multiferroic thin films with large saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy - Effect of substitution of Co against Fe on magnetic properties -」, 尾関拓海 (吉村哲)
- 13) National Conference on Functional Materials and its Application Aspects (NCFMAA-2022), Best Oral Presentation Award, “Effect of Lanthanoids substitution against Bi on various magnetic properties of multiferroic (Bi,L)(Fe,Co)O₃ (L: Lanthanoids) thin films”, Soumyaranjan Ratha, (吉村哲)
- 14) MSJ 論文奨励賞, 「Development of BiFeO₃ based multiferroic thin films with large saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy - Effect of substitution of Co against Fe on magnetic properties -」, 尾関拓海 (吉村哲)

- 15) 日本素材物性学会令和4年度年会若手論文賞,「(Bi,A)FeO₃薄膜(A=Ca,Sr,Ba(アルカリ土類金属)の結晶構造と磁気特性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果」, 鈴木陸 (吉村哲)
- 16) 令和4年度化学系学協会東北大会ポスター発表賞 下田陽南 (加藤純雄・小笠原正剛・齊藤寛治)
- 17) 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会優秀発表賞 下田陽南 (加藤純雄・小笠原正剛・齊藤寛治)
- 18) 第74回日本生物工学会大会ポスター発表 飛翔賞受賞「中性子結晶構造に基づく小分子阻害剤によるマクロフェージ遊走阻止因子の阻害機構の解明」江澤 理徳、刈屋 佑美、平野 優 (尾高雅文・松村洋寿)
- 19) 映像情報メディア学会マルチメディアストレージ研究会学生奨励賞 「メカニカルアロイング法による B20 型 TMGe (TM= Cr, Mn, Fe, Co)合金の作製」 市瀬智也, 船津和哉, 肖英紀,
- 20) 日本地熱学会賞 論文賞「地中熱利用による地下微生物への影響評価」谷口聡子, 藤井光
- 21) 日本素材物性学会令和4年度年会優秀論文発表賞「廃 Li イオン電池から再生した LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂ の電気化学特性」澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也
- 22) 2022 年度電気関係学会東北支部連合大会 電気学会優秀論文発表賞 (澤 賢佑, 大学院博士前期課程2年)「再生正極材における Li 含有率が Li イオン電池の充放電特性に及ぼす影響」澤賢佑, 高橋瑛斗, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也
- 23) 2022 年度日本エネルギー学会進歩賞 (学術部門)「バイオマスエネルギーシステムの設計および評価に関する先進的研究」古林敬顕
- 24) 第58回日本交通科学学会・学術講演会最優秀講演賞 「自転車運転シミュレータによる車道右折横断時の交通事故誘発要因の検討」 佐々木陽, 藤原克哉, 水戸部一孝,

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

令和5年度設備管理専門委員会委員長 田島 克文

第2期中期目標期間（H22～H27年度）に、「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）と「ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー」（以降VBLと略す）は、第3期中期目標期間が始まる平成28年度、「秋田大学地方創生センター」に再編統合されました。

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、「地方創生センター設備管理専門委員会」が担当しています。

地方創生センター1号館（旧VIC）にはJST地域産学官共同研究拠点整備事業による研究機器が設置されており、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。当委員会の活動が本学および本学「地方創生センター」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】

ここ数年、研究の進展や教員の異動に伴い、使用時間が皆無かそれに近い状況の装置が複数ある。また、いずれの装置も導入から十数年が過ぎ、経時劣化のため部品の交換や大掛かりな修理が必要なケースが増えてきた。設備全体の再整理が必要な時期にさしかかっている。一方で、いまだに状態が良好で利用頻度の高い装置も多い。今年度、特に稼働率が高かった機器（年間使用時間が100時間超）は、テラヘルツ分光分析装置、触媒分析装置、X線電光子分光分析装置（XPS）、超分解能電界放射型走査型電子顕微鏡（SEM）、GPC光散乱分子量測定装置、元素分析装置および比表面積・細孔径分布測定装置である。

今年度の大きな作業としては、SEMのチップ交換とX線検出器（EDS）ユニットの修理、比表面積・細孔径分布測定装置のオーバーホール、触媒分析装置の検出器（TCD）の交換があった。また、修理が完了せず共焦点レーザー顕微鏡が長らく使えなかったり、ヘリウムガスの入手が困難になり全元素自動分析装置が稼働できなかったりして、利用者にたいへんなご不便をおかけしたことをお詫びしたい。加えて、装置管理責任者の献身的なご協力にお礼を申し上げる。

【機器の管理責任者】

管理責任者を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。

阿部 一徳（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）
池本 敦（教育文化学部 地域文化学科）
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）
加藤 純雄（大学院理工学研究科 物質科学専攻）
熊谷 誠治（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）
近藤 良彦（大学院理工学研究科 生命科学専攻）
寺境 光俊（大学院理工学研究科 物質科学専攻）
高崎 康志（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）
丹野 剛紀（地方創生センター）
松本 和也（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）

（五十音順、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、利用時間および料金は、利用台帳に記載されたものを月毎にセンター技術専門職員がとりまとめている。

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20年以上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、真空ポンプ・空気圧縮機（コンプレッサー）・冷却水循環装置・モーター・位置検出器などの付属品の故障、などが発生した。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、極めて使用頻度が高い液体窒素製造装置について、2台あるコンプレッサーのうち1台が完全に故障して修理不能になり、もう1台も部品を交換しながら稼働させているものの頻繁に停止することから、液体窒素を安定供給することが極めて困難になって来ていた。そこで令和4年度に、本装置が近いうちに完全故障することを見越して、新しい液体窒素製造装置を更新した。必要以上に生産能力のある高価な装置を選定せず、現在の使用量にあわせて仕様を決めた。また、使用頻度の極めて高い機器のうち、微小空間組織構造評価装置・振動試料型磁力計・磁気記憶装置材料分析・評価システムについては、試料交換室の修理・温度特性評価用保護管の修理・排気コントローラーの修理、などを行った。その他の使用頻度が極めて高い機器：ICP発光分光分析装置・粉末X線回折装置・イオンクロマトグラフ・小型真空アーク溶解装置、などにおいては、近年の修理やオーバーホールにより、比較的順調に稼働させることができた。また、建物全体の循環冷却水用の送水ポンプやチャラー、などの施設については、昨年度のメンテナンス等により、安定して稼働させることができた。その他、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、微小空間組織構造評価装置、磁気記憶装置材料分析・評価システム、振動試料型磁力計、粉末X線回折装置、表面粗さ形状測定装置、薄膜X線回折装置、イオンクロマトグラフ、ICP発光分光分析装置、ナノ粒子粒径解析/ゼータ電位計、高真空型走査型プローブ顕微鏡、紫外可視近赤外分光光度計、液体窒素製造装置、真空アーク溶解装置などがある。

【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きました。

大川 浩一（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
小笠原正剛（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
小泉 幸央（医学系研究科 分子機能学・代謝機能学講座）
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）
柴山 敦（国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）
進藤隆世志（理工学研究科 物質科学専攻 応用化学コース）
肖 英紀（理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース）
高崎 康志（国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）
高橋 護（理工学研究科 システムデザイン工学専攻）
芳賀 一寿（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）
林 滋生（理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース）
林 正彦（教育文化学部 英語・理数教育講座）
松村 洋寿（理工学研究科 生命科学専攻 生命科学コース）
吉村 哲（理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース）

（五十音順、敬称略）

【機器取り扱い規程】

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程は、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、何年も前から、募集をかけるなど積極的な実験スペース貸出（年度更新）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。尚、令和4年度は、1度の募集を行い、本委員会で審議されて貸出が決定した。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11月に、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採用しており、細かく分割することで、年度で切り替わらない研究費や予算での支払いが可能になるよう、そしてその集計や請求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や年度計画推進経費への申請などにより積極的に進めており、利用者の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	
		メーカー	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)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	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	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	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)	autoflex III Site Preparation Specification
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)	令和4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	0
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	343
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	28
6	フレーム/ファーンエス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	27
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	137
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	松本 和也	3,931	7
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	373
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	14
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	0
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	199
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	465
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	0
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	0
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	0
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	102
19	触媒分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	162	492

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和4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	46
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	5
22	回転式粘度計	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	0
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	0
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	0
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	形状測定レーザマイクロスコープ	(株)キーエンス	VK-X200/210SP
2	EXAFS装置	(株)リガク	EXAFS-Labo
3	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
4	大気型走査型プローブ顕微鏡		NanoNaviIII/S-image
5	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
6	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
7	表面粗さ形状測定器	(株)東京精密	SURFCOM1400D
8	実体顕微鏡	(株)ニコン	SMZ1500
9	偏光顕微鏡	(株)ニコン	E600WPOL
10	プラスチック種類判別計	オプト技研(株)	PLASHCAN-SH
11	超小型真空アーク溶解装置	日新技研(株)	NEV-AD03
12	高周波誘導加熱装置	(株)美和製作所	MU-1700-B
13	ディスク型手動粉碎機	ハルツォク・ジャパン(株)	HSM-100A
14	非鉄金属選別機	日本エリーズマグネチックス(株)	ECS1222
15	小型精密切断機	平和テクニカ(株)	HS-25
16	堅型粉碎機	(株)オリエント	VM-20
17	ロール型磁選機	日本エリーズマグネチックス(株)	RE-05
18	空気テーブル	ジュイテック(株)	V-135E
19	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
20	湿式粉碎機(アトライタ)	三井鉱山(株)	MA01SC型
21	卓上型高周波ビードサンプラー	(株)リガク	AK
22	ICP発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS5510
23	卓上型プラズマ発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS7700
24	紫外可視近赤外分光光度計	(株)島津製作所	UV-3600
25	蛍光X線分光分析装置	(株)リガク	Primini
26	イオンクロマトグラフ	米国ダイオネクス社	ICS-3000型
27	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)
28	金属分散度測定装置	日本ベル(株)	BEL-METAL-1SPA1
29	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
30	Agilent 630 FT-IR システム	アジレント・テクノロジー(株)	630 FT-IR
31	直流安定化電源	日本電計(株)	GP0500-30R
32	卓上型0.2Lオートクレーブ	日東高圧	HC-276 20MPa
33	レーザーゼータ電位計	大塚電子(株)	ELS-8000

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカー	型 式
34	粒度分布測定装置	日機装(株)	MT3300EX-SDU
35	示差熱天秤	(株)リガク	THERMO PLUS2
36	GCマス装置	日本電子(株)	JSM-GCMATEII
37	多層構造膜作製装置	トッキ(株)	SPM-506
38	多元合金膜作製装置	トッキ(株)	SPM-406
39	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	
40	液体窒素製造装置	岩谷産業(株)	
41	純水製造装置	(株)東洋製作所	RFD210PA
42	蒸留水製造装置	(株)アドバンテック	RFD240NA
43	超純水製造装置	(株)アドバンテック	RFU464CA
44	微小空間組織構造評価装置	日本電子(株)	JSM-7800F
45	走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-5900LV
46	カーボンコーティング装置	日本電子(株)	JEC-520
47	イオンコーティング装置	日本電子(株)	JFC1600
48	電界放射型走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-6701F
49	薄膜X線回折装置	リガク(株)	RINT IN-PLANE
50	粉末XRD測定装置	リガク(株)	RINT2000
51	多目的X線回折装置	ブルカーエイエックスエス(株)	D8ADVANCE
52	高感度磁化測定装置	(株)オプティマ	2900-04
53	振動試料型磁力計	東栄工業(株)	VSM
54	磁気カー効果測定装置	ネオアーク(株)	BH-786P-AP
55	高真空熱処理装置	(株)真空理工	VHC-P45C-S
56	高温熱処理装置	トキコナガノ(株)	NEWTONIAN® Pascal-40
57	均温熱処理装置		
58	PCRサーマルサイクラー	タカラバイオ(株)	TP600
59	A0カラージェットプロッタ	キヤノン	TM-300

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)	令和4年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
1	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 物質科学専攻	吉村 哲	60	83
2	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
3	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 物質科学専攻	吉村 哲	50	151
4	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	67
5	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
6	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	12
7	表面粗さ形状測定器	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	60	139
8	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
9	偏光顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	0	0
10	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	7
11	小型真空アーク溶解装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	肖 英紀	100	264 (個)
12	高周波誘導加熱装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	0 (回)
13	ディスク型手動粉砕機	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
14	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
15	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	高橋 護	0	0
16	堅型粉砕機	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
17	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
18	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
19	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
20	湿式粉砕機(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
21	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	100	0
22	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	芳賀 一寿	700	232

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和4年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
23	卓上型プラズマ発光分光分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	600	42
24	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	112
25	蛍光X線分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	200	0 (個)
26	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	100	425
27	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
28	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	91
29	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	218
30	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	5
31	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
32	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
33	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
34	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	100	0
35	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	0
36	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
37	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	1 (日)
38	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	38 (日)
39	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 物質科学専攻	吉村 哲	1,000	152 (日)
40	液体窒素製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	100	2898 (L)
41	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	36 (L)
42	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	0
43	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	0
44	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	778

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和4年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
45	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	18
46	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
47	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	45 (回)
48	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 物質科学専攻	林 滋生	70	17
49	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	239
50	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	100	621
	粉末XRD測定装置RINT2000印刷代		吉村 哲	10	49 (枚)
51	多目的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	吉村 哲	70	54
52	高感度磁化測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	70	0
53	振動試料型磁力計	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	50	771
54	磁気力一効果測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	40
55	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	41
56	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
57	均温熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	50	41
58	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	小泉 幸央	10	0
59	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	6 (枚)

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
<https://www.akita-u.ac.jp/honbu/>