



秋田大学

秋田大学

地方創生センター

令和5年度年報

Akita University

Center for Regional Revitalization in Research and Education

Annual Report 2023.4 - 2024.3

令和5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）	2
2. 地方創生センター運営会議及び専門委員会等の構成	3
3. 地域協働部門	5
(1) 地域連携事業	
(2) 社会貢献事業	
4. 地域産業研究部門	18
(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	82
(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	87
(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	220
(1) 設備管理専門委員会報告	
(2) 地方創生センター1号館	
① 研究設備一覧	
② 研究設備利用実績	
(3) 地方創生センター2号館	
① 機器設備等一覧	
② 機器設備等利用実績	

1. センター長挨拶（巻頭言）

令和6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目的とし、「地域協働部門」と「地域産業研究部門」の2つの部門から成るセンターとして平成28年度に発足致しました。

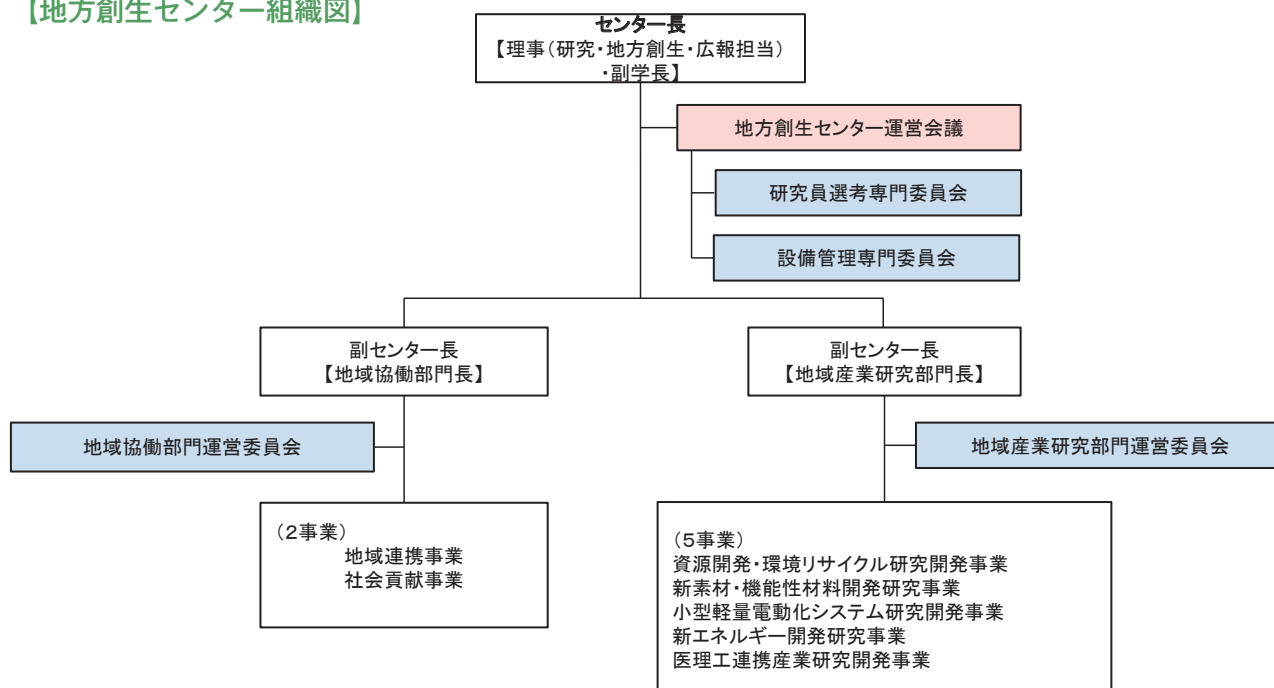
「地域産業研究部門」は、秋田県が産業・エネルギー戦略として掲げる資源開発・環境リサイクル、新素材・機能性材料、小型軽量電動化システム、新エネルギー開発、医理工連携の5分野を重点的領域としています。このうち小型軽量電動化システム研究開発は、令和2年に内閣府の「令和元年度地方大学・地域産業創生交付金」の交付事業に採択され、秋田県立大学と共同で「電動化システム共同研究センター」を設立し、令和4年4月に廃校となった小学校を活用して「新世代モーター特性評価ラボ」を開所しました。電動化関連機器を試験するためのシステム試験設備（通称、カッパーフェザ）、国内最大級のモーター特性試験装置が整備されており、航空機システムとしての評価が可能な国内唯一の評価機関として、運用を開始しています。新素材・機能性材料開発研究事業は、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。資源開発・環境リサイクル研究開発では、秋田大学が強みを持つ資源・リサイクル・環境分野の研究力を結集し、資源・素材技術やリサイクル、環境対策、地熱エネルギー等の資源利用に関する研究を推進しています。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研究拠点として発展してきており、さらなる飛躍が期待されます。

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クリテラシー教育、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5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。コロナ禍が明け、それまで中止したり規模を縮小したりしてきた事業がコロナ禍前の規模で再開できてきており、再び活気を取り戻しつつあります。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
臼 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

メディカル・サイエンスカフェ in 能代高校

主 催 地方創生センター
実 施 日 令和5年5月25日（木）
会 場 秋田県立能代高等学校
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
助教 高木祐介/助教 渡部 健
理工学研究科
教授 景山陽一



参 加 者 86名

2年生理数科及び理系の生徒を対象に、幅広い進路選択の一助となるよう、医療の最先端やデータサイエンスについて、動画等を交えながら分かりやすく講演を行った。質疑応答も活発に行われ、今後の学習のモチベーションアップにもつながった。

メディカル・サイエンスカフェ in 仙北

主 催 地方創生センター
共 催 仙北市
実 施 日 令和5年10月13日（金）
会 場 仙北市西木総合開発センター
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 宮腰尚久
医学部医学科
脇 裕典



参 加 者 33名

仙北市と共催で「仙北・秋田の医療を明るく変える～遠隔診療・ロボットから生活習慣病改善まで～」をテーマに、仙北市で研究をしている2名の講師が講演を行い、意見交換も実施した。受講者からは「医理工という単語を初めて聞いたが、医療の進歩が期待できる未来が楽しみ」という感想が聞かれ、最新の医療に触れる機会となった。

メディカル・サイエンスカフェ in 大館

主 催 地方創生センター
共 催 大館市、大館市教育委員会
実 施 日 令和6年1月31日（水）
会 場 大館市駅なか交流センター
カフェマスター 医学系研究科長 羽瀧友則
講 師 医学部医学科
助教 佐藤雄大
医学部保健学科
教授 本郷道生



参 加 者 40名

「人生100年時代を元気に生きる」をテーマとし、大館学び大学の一環として大館市民に講演と意見交換会を行った。カフェ形式のアットホームな雰囲気の中、栄養やフレイル予防について自宅で実践できる例を紹介し体験しながら自身の健康を考えるきっかけとした。

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 大館市立田代中学校
後 援 大館市教育委員会
実 施 日 令和5年9月13日（水）
会 場 大館市立田代中学校体育館
参 加 者 田代中学校生徒1～3年生

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が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5年9月9日（土）

会 場 大館市立有浦小学校体育館

参 加 者 児童生徒約60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5年12月23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 本郷道生、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 42名、保護者・指導者 40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

ふるさとキャリア教育「学習講演会」in 北秋田

主 催 北秋田分校
共 催 北秋田市立合川中学校
後 援 北秋田市教育委員会
実 施 日 令和5年9月4日（月）
会 場 北秋田市立合川中学校体育館
参 加 者 合川中学校生徒1～3年生

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。



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5年10月24日（土）
会 場 北秋田市立鷹巣中学校体育館
参 加 者 児童生徒保護者約134名

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5年11月23日（木・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 本郷道生、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 39名、保護者・指導者 20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 7月頃

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、探究心を育てようとして、平成26年度から開催している。

※令和5年度は大雨の影響により開催中止。

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5年8月9日(水)
会 場 医学部附属病院シミュレーション教育センター
講 師 医学系研究科
教授 長谷川仁志、教授 安藤秀明
指 導 補 助 医学部学生9名
参 加 者 男鹿市・にかほ市内の小中学生26名



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。

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5年6月28日(水)～令和5年10月3日(火)
【計5回】

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



「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6年2月4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 本郷道生、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 36名、
保護者・指導者 25名

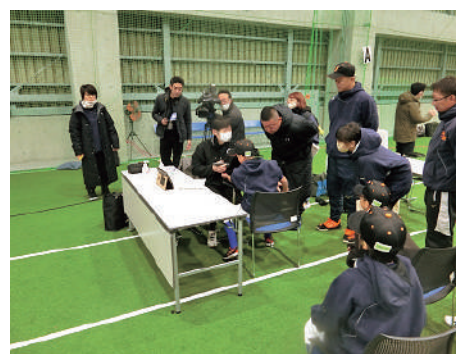
野球関係のスポーツ少年団員及びその保護者、指導者を対象に、小学生にも分かりやすい投球障害予防教室を開催した。超音波によるメディカル・チェック及びストレッチ・投球指導などを通して、参加者が故障の原因となり得る要素について知るとともに、自身の身体のケアについて意識するきっかけとなることを期待して開催している。



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5年11月25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 本郷道生、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 55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。

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5年9月15日（金）、21日（木）、27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5年11月19日（日）
第2回 令和5年12月17日（日）
会 場 大仙市西仙北スポーツセンター
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座
教授 本郷道生、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
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103名、保護者・指導者 延べ80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「健康管理講座～自分や家族の体調を正しく観察する技術を身につけよう（体温と呼吸の観察）～」

主 催 地方創生センター、横手分校
実 施 日 令和5年5月20日（土）
会 場 横手市役所条里南庁舎 講堂
講 師 医学系研究科保健学専攻 看護学講座
教授 工藤由紀子、准教授 長谷部真木子、
講師 菊地由紀子
助教 杉山令子、助教 武藤諒介、
助教 須藤 栞
参 加 者 30名

本講座では体温と呼吸について基礎的な知識を概説した後、正しい体温測定と呼吸の観察方法を学んだ。



市民向け公開講座「子どもから高齢者まで～各世代に応じた睡眠力向上作戦～」

主 催 地方創生センター、横手分校
実 施 日 令和5年9月8日（金）、14日（木）、21日（木）、
28日（木）
会 場 横手市交流センター Y2ぷらざ 3階
講 師 医学系研究科保健学科作業療法学専攻
教授 太田英伸、教授 久米 裕、
助教 津軽谷 恵
理学療法学専攻
准教授 上村佐知子



参 加 者 20名

本講座では、睡眠の医学的な面や生活リズムの面について正しく理解し、良眠を得るための方法や生活習慣について、最新の知見を基に、その知見と応用をわかりやすく伝え、県民の病気の予防や健康福祉に貢献した。

(2) 社会貢献事業 公開講座

開 講 数：9講座
総受講者数：316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	健康管理講座 ～自分や家族の体調 を正しく観察する技 術を身につけよう (体温と呼吸の観察) ～	令和5年 5月20日(土)	医学部保健学科 教授 工藤由紀子 准教授 長谷部真木子 講師 菊地由紀子 助教 杉山令子 助教 須藤 栞	30	新型コロナウイルスの流行により体温と呼吸の観察は日常生活の一部となっています。測定された値は正確な値でしょうか。また、得られた情報はどのような意味を持っているのでしょうか。 本講座では体温と呼吸について基礎的な知識を概説した後、正しい体温測定と呼吸の観察方法を学びます。講義と演習を通して、根拠を持って体調を観察できるようにします。
2	物質科学への誘い	令和5年 7月1日(土) 7月8日(土)	理工学部 教授 吉村 哲 教授 大川浩一 准教授 棗 千修 准教授 高橋弘樹 准教授 松本和也 助教 齊藤寛治	16	物質科学 (Materials Science) は、物質の構造や性質、反応、法則などの知識を融合し、豊かな持続可能社会を支える有機材料、無機材料、金属材料の創製、さらには次世代の環境技術、エネルギー技術を追究する学問です。本講座では、化学プロセスを生かしたものづくり、マテリアルを創る」をキーワードにして、最先端のマテリアルサイエンスの実践例を学びます。
3	資源フィールドを歩こう 話そう 感じよう！ アフリカ/東南アジア/中央アジアの可能性と将来	令和5年 7月22日(土) 8月5日(土)	国際資源学部 教授 宮本律子 教授 三宅良美 教授 稲垣文昭 准教授 小田潤一郎	24	国際資源学部 資源政策コースでは1年生から生の英語を学びます。3年生になると約3週間にわたって海外の資源フィールドへ行き学んできました。「海外資源フィールドワーク」と呼ぶこの活動の面白さ・やりがいについて、将来世代を担う中高生にも分かりやすくお話します。さらに国際支援、地球温暖化問題についてもご紹介します。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
4	看護師のいろいろな働き方とは？	令和5年 8月19日(土) 9月30日(土)	医学部保健学科 教授 眞壁幸子 助教 宗村暢子 助教 赤川祐子 助教 須田智美 教授 吉岡政人 教授 安藤秀明 講師 利 緑 診療看護師 高敷倫子 診療看護師 佐藤大祐 診療看護師 村上光太郎	24	看護とは、日々の健康と生活がその人らしく営まれることを支えることを支援することです。本講座では、様々な場面での看護の役割を理解します。そして、特に病気になったときに、看護師はどのようにかかわってくれるのかわかることで、病いと共に歩む時、困難な状況に遭遇した時など、医療や介護が必要となった際に役立つ、備えや対処の知恵を多角的に得る機会にもなります。また、看護に関心をもつ中学生・高校生にとっては、将来の進路選択や職業イメージの明確化にも役立つ可能性があります。さらに、看護師の経験を5年積んだ後には、高度実践看護師として、診療看護師になる道もあります。秋田で実際に働いている診療看護師から、診療看護師になるまでの道のりや具体的な働き方をご紹介します。
5	子どもから高齢者まで ～各世代に応じた睡眠力向上作戦～	令和5年 9月8日(金) 9月14日(木) 9月21日(木) 9月28日(木)	医学部保健学科 教授 太田英伸 教授 久米 裕 准教授 上村佐知子 助教 津軽谷 恵	20	睡眠は日常生活において欠かせないもので誰もが毎日行っているものではありますが、現代のストレス社会では、「寝つきが悪い」「夜中に目が覚める」「朝早く目覚める」「日中眠くなる」などの問題を老若男女問わず抱えている方が増えてきています。その問題が、実は、睡眠障害であることも。 本講座では、こどもの睡眠から高齢者まで医学的な面や生活リズムの面について正しく理解し、良眠を得るための方法や生活習慣について、最新の知見を基に、その知見と応用をわかりやすく伝えて、県民の病気の予防や健康福祉に貢献したいと考えています。
6	ジャンヌ・ダルク ～預言者から背教者 そして聖女へ～	令和5年 9月12日(火) 10月10日(火) 10月24日(火) 11月21日(火) 12月5日(火)	教育文化学部 准教授 佐藤 猛	145	皆さんがお住みの「地域」にも語り継がれる偉人がいると思います。ジャンヌ＝ダルクの名は日本でも広く知られていますが、羊飼、預言者、軍司令官、背教者、救国の乙女、聖女…、英仏百年戦争の最中、彼女は何者として現われたのか？ジャンヌが死後、どのように語り継がれたのかも含めて一緒に考えたいと思います。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
7	骨寿命を延ばすコツ！ ～骨粗鬆症を正しく知り、健康な骨を作ろう～	令和5年 9月13日（水）	医学部保健学科 教授 本郷道生 講師 齊藤 明 助教 照井佳乃	7	わが国では高齢化に伴い骨粗鬆症を有する人は年々増加しています。また近年では若い世代にも「骨粗鬆症予備軍」が急増しています。骨粗鬆症は単なる「骨の老化現象」と捉えられがちですが、実際は痛みなどの症状を伴わずに進行する明らかな「病気」です。骨粗鬆症を正しく知り、予防や適切な治療により回避することや改善することが可能です。また骨寿命の延伸は、転倒による骨折リスクの軽減も期待でき、秋田県が掲げる「健康寿命の延伸」にもつながります。本講座では骨粗鬆症について、その原因を理解し、効果的な生活や体操を指導します。
8	秋田県の自然災害を取り巻く環境と防災科学の果たす多様な役割	令和5年 9月13日（水） 9月19日（火） 9月28日（木） 10月5日（木） 10月10日（火） 10月17日（火） 10月24日（火）	地域防災減災総合研究センター 教授 水田敏彦 教育文化学部 教授 林 武司 准教授 本谷 研 医学部医学科 教授 中永士師明 助教 佐藤佳澄 理工学部 准教授 渡邊一也 准教授 荻野俊寛	29	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、災害に強い地域づくりのための調査・研究・分析および支援を推進しています。近年、自然災害を取り巻く環境が変化しています。また、発展が著しい新技術によって、新たな災害対策のあり方を検討することも重要となっています。こうした状況を踏まえて、自然災害を取り巻く環境と防災科学の果たす役割に焦点をあてて、多様な視点から最新の研究や活動を紹介します。
9	知って得する糖尿病のいい話 ～腎臓と糖尿病の深い関係～	令和5年 10月14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 渋谷 桂 管理栄養士 齊藤美保子 理学療法士 高橋裕介 理学療法士 菊池 耀	21	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。今回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。

大学見学受入

受入団体数：10団体
総見学者数：292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での大学見学など、各種ニーズに応じて秋田大学への訪問を受け入れた。



No.	団 体 名	見 学 日	見学者数
1	大仙市立大曲中学校 3年生	5月23日（火）	93名
2	上小阿仁村立上小阿仁中学校 1年生	5月24日（水）	9名
3	大仙市立中仙中学校 3年生	7月12日（水）	24名
4	秋田市立御野場中学校 3年生	10月13日（金）	33名
5	大仙市立大曲西中学校 2年生	10月17日（火）	27名
6	秋田市立明德小学校 2年生	10月19日（木）	5名
7	秋田市立外旭川中学校 2年生	10月27日（金）	23名
8	秋田市立桜中学校 2年生	11月7日（火）	12名
9	秋田県立大館国際情報学院中学校 2年生	11月8日（水）	25名
10	大仙市立西仙北中学校 2年生	11月17日（金）	41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5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	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	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、鳥屋剛毅、 木崎彰久、高崎康志、芳賀一寿 川村 茂（秋田大学客員教授-DOWA寄附講座の研究推進）
目 的	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。
実施内容・成果	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の開発・支援に関する調査研究を行った。一部は秋田県内企業等との連携や共同研究として実施し、得られた成果等を要約すると以下の通りである。 (1) 使用済み電子基板等のリサイクルと製錬技術開発 基板に含まれるはんだからのスズの事前回収方法として、過熱水蒸気と物理選別を利用した前処理を行い、主に金属片が中心の回収物を鉛-スズ溶体に投入した。この手法により2液相の分離状態が得られ、スズは鉛相に溶解し、結果的に銅を鉛と分離させることに成功した。現状のスズ回収プロセスと比較し、スズ回収率を向上させる可能性があることから特許出願（出願済み）を含め研究開発を継続する計画である。その他、亜鉛電解工程の省エネルギー化のため、断続通電法によるPb合金アノード表面の改質（β-PbO₂の形成）に取り組み、電解液中のマンガンイオンの影響を精査する必要があることが確認された。 (2) 地中熱の高効率利用と簡易型熱応答試験によるプロファイル化 NEDO受託事業で開発中である簡易型熱応答試験装置において、内径200mmの水井戸を用いて加熱時間を変化させた熱応答試験を実施した結果、加熱時間を48時間以上とすることにより、基準となる土壤熱伝導率プロファイルと概ね一致することが明らかになった。また、フィールド試験をもとに構築した数値モデルによるケーススタディでは、水井戸内径が500mm程度までは井戸径と必要加熱期間が正の相関関係を示した。以上の結果より、簡易型熱応答試験装置は井戸径に応じた適切な加熱期間が設けることで精度の高い土壤熱伝導率プロファイルが推定可能であることが予測された。 (3) 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 秋田県内の休廃止鉱山（尾去沢鉱山）を活用し、地下通信技術や坑内モデリングなどのスマートマイニング研究を推進した。また、秋田県内の廃坑や廃トンネルなどの危険なエリア内の自動監視をドローンにより実現する技術開発をDOWAホールディングスと協力体制のもとで進めた（共同研究活動）。一方、複数の県内採石場に対しても共同研究を実施し、採石場における安全および環境管理に関して切羽設計の技術的アドバイスをを行うとともに、新規鉱区の開発に伴う帯水層の把握と地下水位の調査を共同で行った。その他、鉱山史の研究成果を活かし、秋田大学環境安全センター主催の市民講演会を行った。また、県内企業と共同で、温泉配管などのメンテナンス技術向上を目的に、気層被覆ウォータージェットを用いた配管スケール除去法に関する研究開発を進めている。 (4) 秋田県内の資源ポテンシャル評価と地質学的研究 令和5年度には昨年度明らかにされた中新世後期から更新世にかけて形成された仁別—西木鉱化帯において、電気探査を実施し、地下のマグマ—熱水系の存在の確認と熱水の流動状態を明らかにした。併せて地質調査、年代測定、鉱物の安定同位体組成の測定により、本地域の鉱化帯と特徴が明らかとなり、鉱床の剝離が進んでいない東部地域に鉱化ポテンシャルがあることが推定された。 (5) 秋田県内酸性河川等の環境調査 酸性河川水中の有害元素や酸を生成する元素の挙動を解明することは田沢湖水質改善には不可欠である。令和5年度は、秋田県川原毛酸性泉が流入する高松川での調査を行った。同河川では、①鉄酸化細菌がヒ素の動的挙動に大きな影響を与え得ること、②河床が自然減衰（酸性度軽減や有害元素濃度低下）に重要な役割を果たしていることを見出した。また、田沢湖の湖水循環に関する研究成果は水文・水資源学会誌に受理された。 一方、秋田県上の岱地熱発電所の継続的な地下地熱循環に関する同位体調査を行い、東北自然エネルギー株式会社、地熱エンジニアリング株式会社に対し持続可能な発電のための助言を行った。



2024年 7月 8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5年度事業報告 (研究成果・活動報告と令和6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

【主に学内組織】

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、グローバルリソース研究機構

協力教員(令和5年度研究推進メンバー)

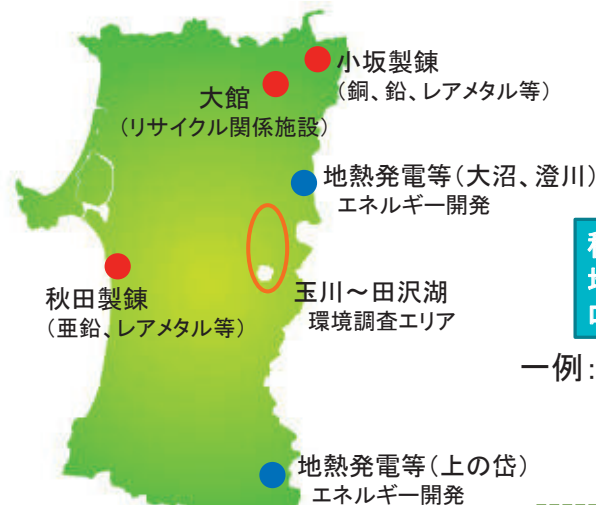
国際資源学研究科 (12名)

柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、高崎康志、
鳥屋剛毅、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実施と関係活動

- ◆ 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）

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

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

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研究に関する調査・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県内酸性河川水等の調査～酸性化要因等の調査と浄化に向けた基礎考察～

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
 - ～簡易型熱応答試験装置の開発(NEDO事業の一環として)～
- 秋田の鉱山管理と鉱業史研究に関する調査・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



廃電子基板には製錬忌避元素が多量に含まれている

Br, SiO₂, Sn, Sb, Cr, Bi, Pb, Ni, Al₂O₃

アルミニウム、難燃性樹脂、ステンレス成分、ハンダ成分、ガラス繊維

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

研究背景

基板にはたくさんのはんだが使用されている



◆Snの用途

・はんだ(50%以上を占める) ・ブリキ ・ITO(Indium Tin Oxide)
・青銅 ・化成品

→近年は、鉛フリーはんだ(Sn品位99%以上)へ移行

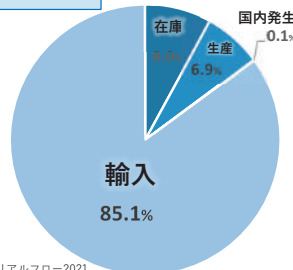
◆廃電子基板



◆廃電子基板

E-scrapから回収された廃電子基板は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(秋田県内で約20千tの基板を処理)

Snの現状について



* JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー2021

図1. 国内におけるスズの供給状況

需要量 > 国内生産量 & 低いリサイクル率



銅製錬前処理工程でのスズ回収が狙い

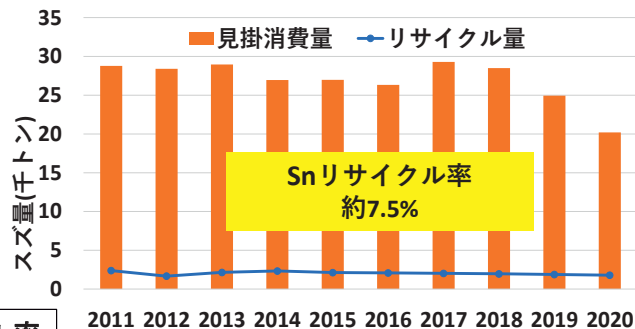


図2. 国内のスズリサイクル率推移

◆Snのリサイクル率推移

リサイクル率 = (使用済み製品からのリサイクル量) / (見掛消費量)
見掛消費量 = (国内発生量) + (原料・素材の輸入量) - (原料・素材の輸出量)

7

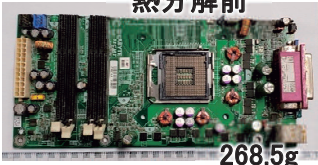
これまでの研究で「過熱水蒸気処理」と「鉛-スズ溶体浸漬法」に注目

過熱水蒸気処理

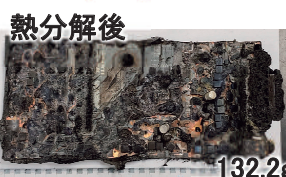
過熱蒸気の発生・吹付



熱分解前



500°C, 15分



熱分解後

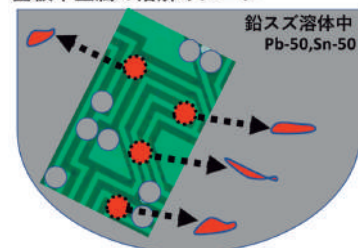
- 臭素分の除去や部品剥離性の向上、
- 金属部品の先行回収(過去研究より)



部品類

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等を実施

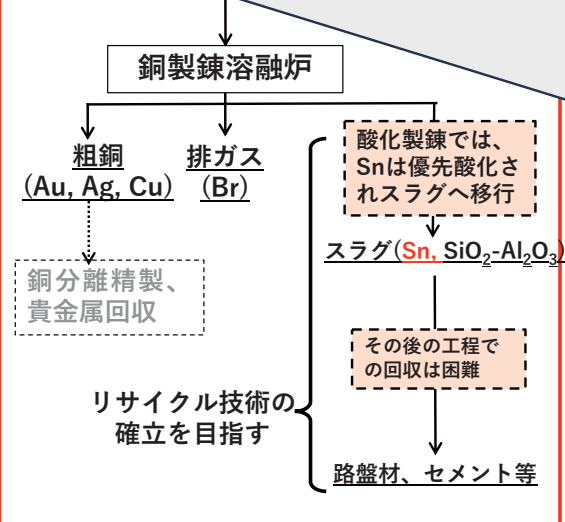
8

研究背景と目的

なぜ、リサイクル率が低いのか？

◆現在の銅製錬フロー

廃電子基板等 (Au, Ag, Cu, Sn, SiO₂-Al₂O₃, Br)



◆銅製錬フローと本研究の位置づけ

廃電子基板等

(Au, Ag, Cu, Sn, SiO₂-Al₂O₃, Br)

銅製錬炉へ投入する前に回収できないか？

Sn事前回収工程

銅製錬溶融炉

プロセス①
鉛スズ溶体への
基板浸漬法

プロセス②
鉛スズ溶体を用いた
メタル溶融分離法

- 国内のスズリサイクル率の低さ
- 銅製錬処理におけるスズ回収のロス

技術の確立

9

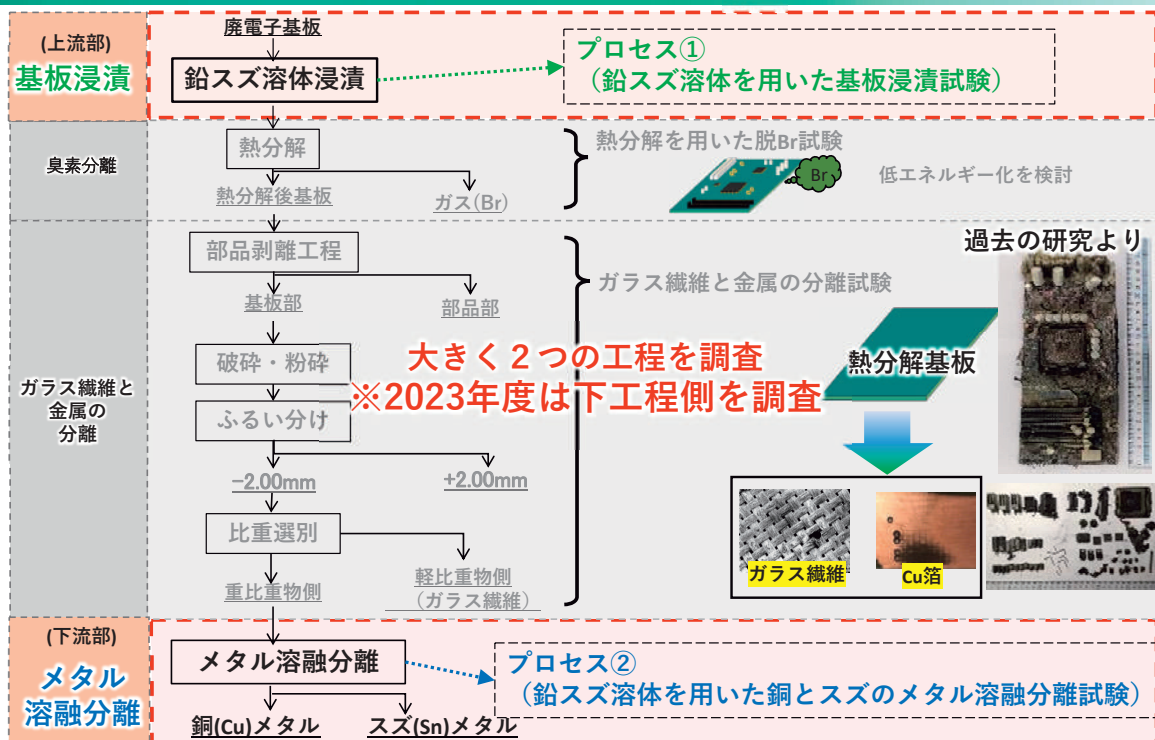
本試験全体の目的

基板リサイクルの前処理として **基板を銅製錬炉へ投入する前段階においてスズを直接回収する。**

Snリサイクル率の向上

基板リサイクルフローの全体感

◆試験フローとイメージ



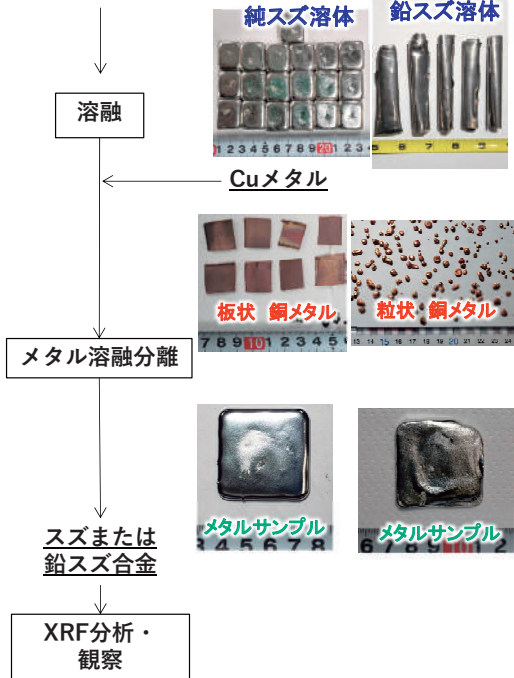
2022年度はプロセス①を中心に研究、2023年度はプロセス②を実施し、比較検討

10

プロセス②試験方法

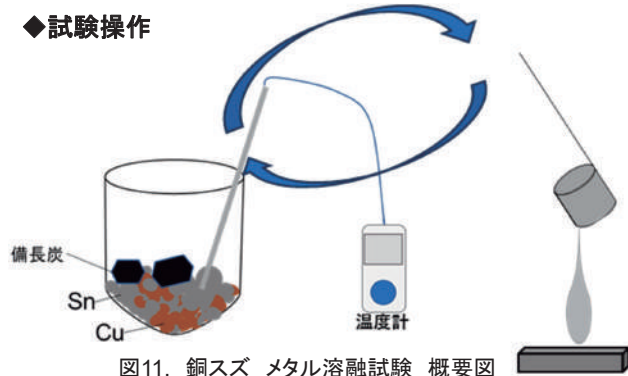
◆試験フロー

Snメタル/Pb-Snメタル



メタル溶融分離試験

◆試験操作



◆検討項目

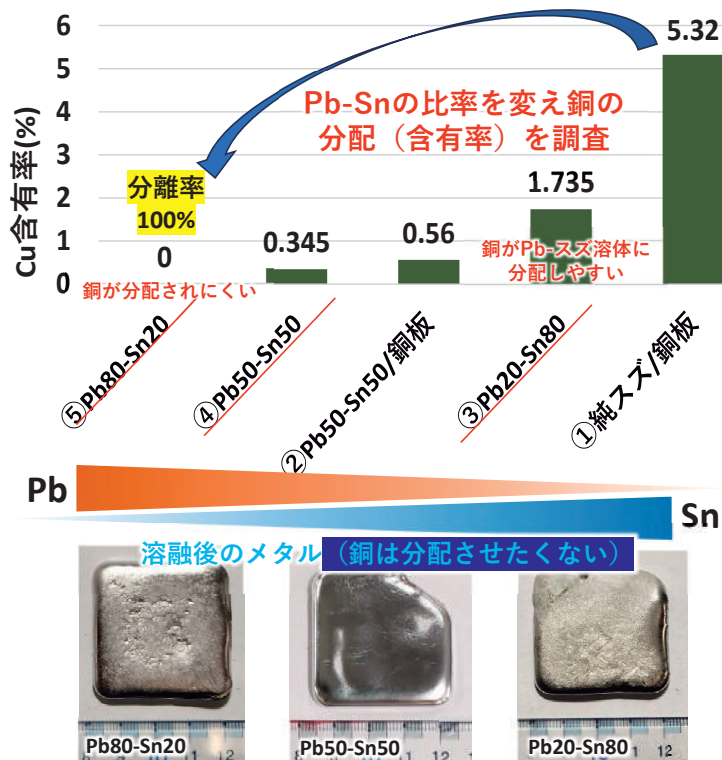
目標：銅の分離率80%以上

鉛スズ溶体の組成	純スズ, Pb20-Sn80~Pb80-Sn20
銅メタルの形状	板状、粒状
銅の品位	10%±5%で固定
溶融時間	2h
溶融温度	250℃, 400℃, 500℃
評価方法	XRF分析

・各溶融時間において、メタルサンプルの採取を行う 11

プロセス②試験結果・考察

メタル溶融分離試験



結果

・Pb80-Sn20の溶体では、銅の溶解を確認することはできなかった。

・鉛スズ溶体中のスズ比率が大きいほど、銅の溶解率は増加する。
(スズ比率が高い → 銅が分配されやすい)

・銅の含有率が上がるほど、サンプル採取の際、溶体の粘性に変化有。

考察

・Cu-Pb系は2液分離型で、互いに混じりにくい。

・Cuは低濃度で活量は1に近い傾きを示す。

鉛の比率が高い鉛-スズ溶体に比重重物を投入することで、スズを分離回収することが可能。

図14. 各溶融合金中におけるCu含有率の推移とサンプル画像(400℃/2h溶融のとき)

プロセス②試験結果-2

メタル溶融分離試験

◆①純スズ溶体/銅板 ②鉛スズ溶体/銅板におけるCuの分布率と含有率（2時間溶融 抜粋）

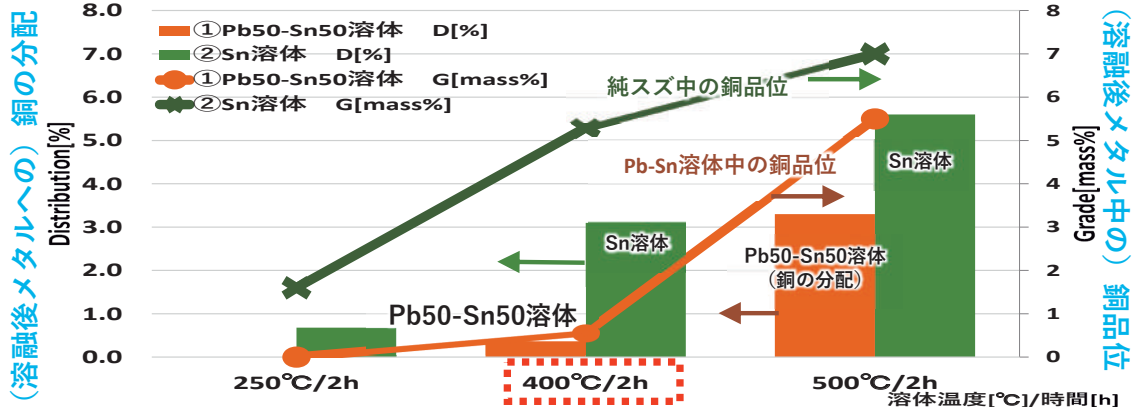


図. 溶体別試験結果比較 分布率/含有率の推移

→鉛スズ溶体における400°C溶融試験が優位性が高い。(Snの融点(232°C)以上、かつCuの溶融が微量)

2024年度研究計画

- 本技術は特許出願中、実際のはんだを想定した試験を実施する
- 2液相分離状態の観察と、分離回収方法の検討、研究、

特許、論文等・プロセス①②とも特許出願中（企業との共同出願）

・国際会議EMC2023で発表、査読付き論文化（プロセス①を中心として発表、論文作成）

Fundamental study of tin recovery from waste printed circuit boards by immersion method using lead-tin molten metal

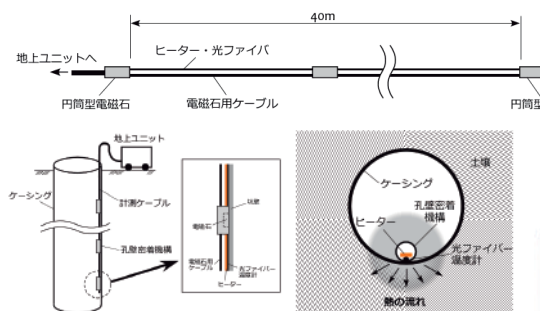
13

簡易型熱応答試験装置の開発（NEDO再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト削減技術開発）

国際資源学研究所エネルギー資源工学研究室（藤井光教授グループ）

目的

ケーシング（鋼管）が設置された既設の水井戸に適用可能な簡易型熱応答試験装置の開発を目的とする。本装置により、熱応答試験(TRT)に要するコストと時間の削減および土壌熱伝導率データの拡充が期待できる。

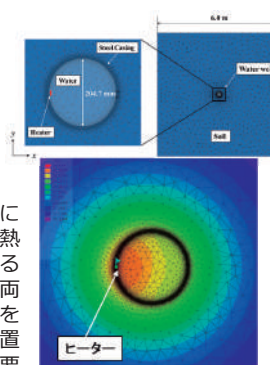


簡易型熱応答試験装置

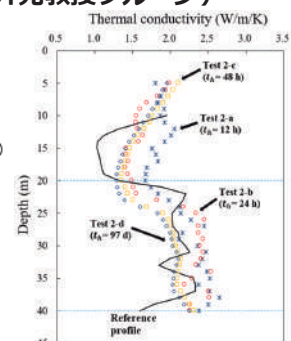
研究内容

佐賀市に掘削した大口徑（内径200mm）の水井戸にてフィールド試験を実施した。隣接する一般的な地中熱交換器の土壌熱伝導率データを基準として本装置による計測値を比較したところ、加熱期間を長くすることで両者が近似する傾向が見られた。また、フィールド試験をもとに構築した数値モデルに内径の異なる水井戸を設置してケーススタディを実施した結果、水井戸内径と必要加熱期間には正の相関関係が見られた。

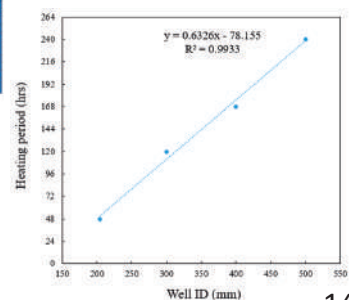
試験井の概要



数値モデルの概要



加熱期間を変更した試験結果と基準プロフィールとの比較



水井戸内径と必要加熱期間の関係

14

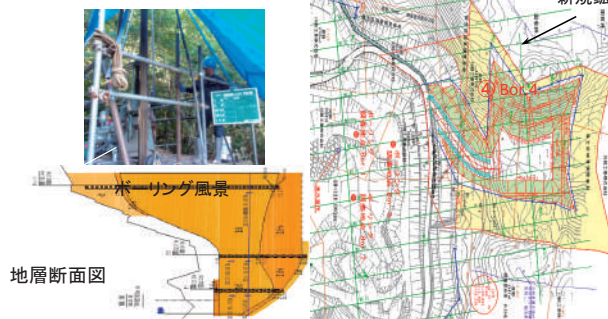
秋田の鉱山管理と鉱業史研究に関する調査・研究事業

2024年度も継続予定

国際資源学研究科 今井忠男・木崎彰久

a.秋田の鉱山の安全管理

県内企業の採石場の湧水環境の管理に貢献

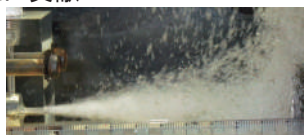


図a1 採石場Aにおける新規鉱区開発のための帯水層調査
本研究室では、露天掘り採石場Aにおいて、湧水が採掘作業に影響を及ぼさないよう、湧水量および地下水位の観測を行っている。このたび、鉱区を拡張するにあたり、新たなボーリング調査を行い地下水位を測定した。

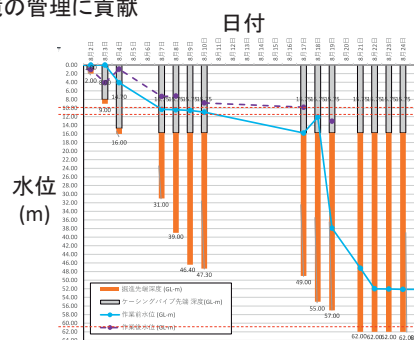
b.配管スケール除去技術

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の衝突力測定実験



図a2 採石場Aにおける新規鉱区(Bor.4孔)の地下水位の変化
(2023.8.2～8.25)

c.秋田の鉱業史研究

本学主催の市民講演会で鉱業史を解説

環境と安全のための講演会2023

- 日 時 令和5年12月20日(水) 14:00～16:15
- 開催形式 ZOOM®によるWEB開催
各自自宅・事務所等から参加下さい
(※無料オンライン会議ツール)
- 対 象 どなたでもご参加いただけます。
(市民・学生・教職員)

15

秋田大学環境安全センター主催の市民講演会において、鉱山における風力・水力利用の歴史について講演した。

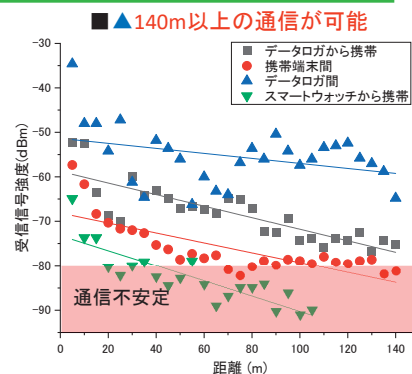
旧廃止鉱山(尾去沢鉱山)を対象としたスマートマイニングの活用

国際資源学研究科 安達毅 教授・鳥屋剛毅 准教授

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、OCや初年次ゼミなどで疑似体験してもらっている。



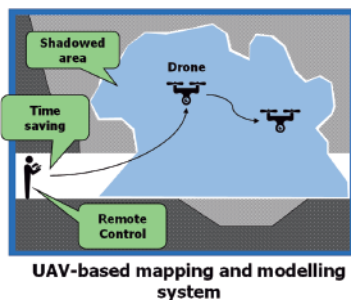
資源経済・情報工学研究室 (安達毅教授グループ)

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5年度：暗渠や廃坑道を実験サイトとした、360度カメラによる精度検証



令和6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の継続
- ・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県内酸性河川水等の調査
～酸性化要因等の調査と浄化に向けた基礎考察～

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地質学的探査を行い、地下のマグマ—熱水の存在と流動方向を確認する。物理探査の結果をもとに、地表に見られる鉱微地の資源的ポテンシャル評価を行う。

令和5年度調査結果

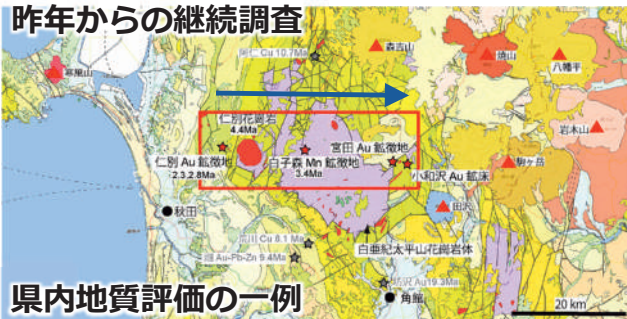
仁別—西木鉱化帯では、西部から東部にかけて以下の項目が示唆され、

- 1) 斑岩型、ベースメタル、浅熱水銀・金鉱床と鉱化様式の変化、
- 2) マグマ性熱水の寄与の減衰、
- 3) 鉱化温度の低下、
- 4) 鉱化年代の若年化

物理探査の結果として、東部での現在のマグマ活動と鉱化作用との関連が確認された。

→ 東部では地下に金属鉱化作用のポテンシャルが指摘される。

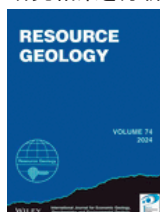
昨年からの継続調査



県内地質評価の一例

令和6年度研究計画

仁別—西木鉱化帯の鉱化作用の実態が明らかになったことから、令和6年度はこれまでの研究結果を分析し、研究成果の公表を行う。



The Late Miocene-Pleistocene Nibetsu-Nishiki metallogenic belt, central Akita, Japan (Watanabe et al.) など

19

田沢湖の水質改善効率についての研究

国際資源学研究科 小川泰正・石山大三

持続可能な地熱発電のために

上の岱発電所



R5年度の成果

地熱水のモニタリング
(酸素、水素同位体測定)

→ 地熱循環に関する助言

R6年度の研究計画

モニタリングの継続
(データの蓄積)

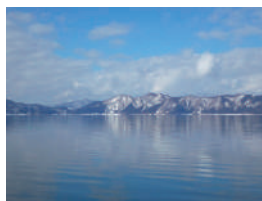
→ 地熱循環
システム解明へ

応用

汚染された地域での
環境リスク評価
(タジキスタンにおける
SATREPS研究)

地熱水(酸性泉)による環境問題の解決のため

酸性泉の導水、
酸性化



田沢湖



玉川温泉

自然作用による水質浄化システム

重金属の除去、pH改善における微生物や
河床の役割を解明

熱力学計算や模擬実験による裏付け
酸性泉により汚染した河床堆積物からの
有害元素溶出リスク評価法の確立

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

※()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

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)

○外部資金獲得件数(協力教員などの一部継続分を含む)

・科研費関係 5件 (3件) ・共同研究・受託研究等 18件 (15件)

【査読付き論文;資源リサイクル分野の主要3編抜粋】

- Establishment of a Hydrometallurgical Scheme for the Recovery of Copper, Nickel, and Cobalt from Smelter Slag and Its Economic Evaluation, L. L. Godirilwe, K. Haga, B. Altansukh, S. Jeon, G. Danha and A. Shibayama, Sustainability, Vol.15 (10496), 2023
DOI:10.3390/su151310496
- Flotation behavior and surface analytical study of synthesized (octylthio)aniline and bis(octylthio)benzene as novel collectors on sulfide minerals, Zhao, J., Godirilwe, L.L., Haga, K., Yamada, M., Shibayama, A., Minerals Engineering 204,108422, 2023
DOI: 10.1016/j.mineng.2023.108422
- Tin Recovery from WPCBs by Immersion Using Lead-Tin Molten Metal, S. Ueda, S. Kawamura, K. Haga, Y. Takasaki, L. Godirilwe, A. Shibayama, World of Metallurgy – ERZMETALL 76, No. 4, 2023

21

令和6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)および鉱石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6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、とともに、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作成等を含む)
- 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-水質・浄化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5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

予 算 額	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
協力教員氏名	（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
目 的	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。
実施内容・成果	令和4年度 DOWA 若手研究者奨励費支援事業に採択された「水素発生(水の電気分解)を促進させる触媒」に関する研究について、共同研究を促進させるべく、『イノベーション・ジャパン』（8月）や『あきたイノベーションフォーラム』（12月）に参加して発表した。 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。 R3年度から取り組みを始め、R4年度に引き続きR5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2024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参加した。特に、地方創生センターが関与したR5年度の2回の研究会のうち、2回目においては、地方創生センターも共同主催となり、8機関からの共催、秋田銀行からも後援を受けて、「放射光の原理と産業界での応用」や「東北の中小企業が放射光を用いて自社製品の分析を行った例」に関する講演を実施してもらい、その研究会の中で、地方創生センターが仲介となって地元企業の放射光利用を推進できることを説明した。 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。 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、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、との連携を継続実施した。またR5年度は、県内企業のD社、県外企業のB社、S社、D社、と新たな関係構築を行った。 協力教員（9名）による査読付き原著論文は18報が掲載された。（目標は20報、R4年度は20報、R3年度は13報。） 協力教員および協力教員が指導した学生の発表は65件（国際学会が15件でそのうち招待講演が5件、国内学会が50件でそのうち招待講演が2件）であった。（令和4年度は83で、国際学会が17（うち招待が2）、国内学会が66（うち招待が8）、令和3年度は70で、国際学会が17（うち招待が3）、国内学会が53（うち招待が4）。） 協力教員が指導した学生の学会での受賞は3件であった。（令和4年度は13件、令和3年度は7件、令和2年度は5件）

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

1

実施計画(令和5年度) <昨年度の報告会資料>

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、**産学官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。

2

実施内容(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、**産学官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

複数の構成員と秋田県産業技術センターと連名で、それぞれの強みを活かした連携研究体制をもって、JST-ASTEP-産学共同-育成型に申請した(R4.5, R5.5))

実績:年間18報(9名)で2報/人を達成

○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

実績:5件を達成

・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。

3

アミン化合物と金属錯イオンからなる複合体の作製と触媒への応用

理工学研究科物質科学専攻 松本和也、寺境光俊

アミン化合物を用いたレア金属の選択回収

第一級アミン化合物を用いることで、レア金属(Pd, Pt, Rh, Ni, Mo, Reなど)を沈殿(複合体)として選択回収できる技術を開発

(特願2021-184328, 特願2021-213884など)

レア金属含有複合体を触媒前駆体として活用し、高活性触媒の創製を目指す

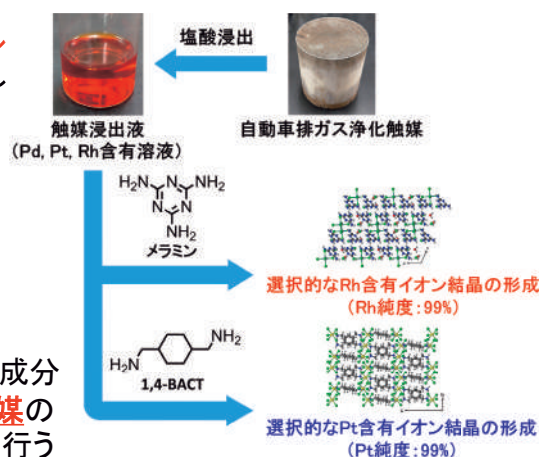
本研究の目的

レア金属含有複合体を焼成することで、①有機成分を完全除去することによる多孔質金属酸化物触媒の作製、②炭素-金属結合を有する触媒の作製を行う

・多孔質酸化イリジウム触媒の作製と水電解用酸素発生触媒への応用

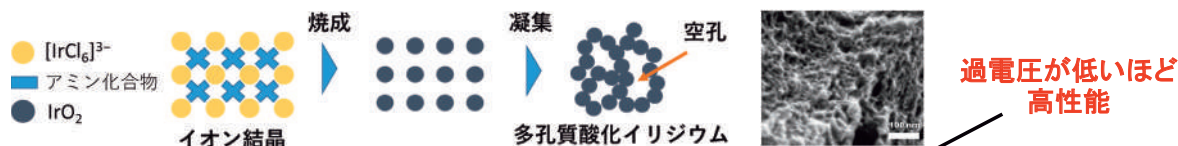
・ニッケルカーボン触媒の作製と水素化反応触媒への応用

水素の効率的な製造と利用を実現する高活性触媒の創製を目指す



5

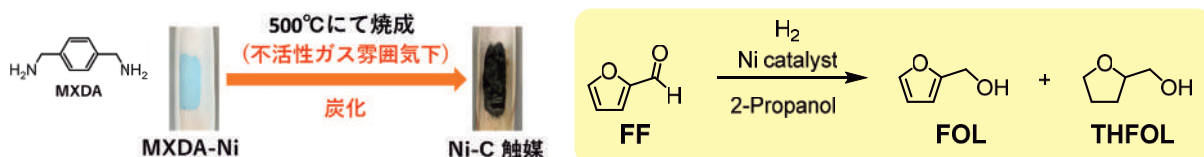
多孔質酸化イリジウム触媒の作製と水電解用酸素発生触媒への応用



サンプル名	アミン化合物	焼成温度	酸素発生過電圧 (V) @ 10 mA/cm ²	備考
Ani-Ir_350	アニリン	350℃	0.255	本研究
酸化イリジウム (田中貴金属社製)	—	—	0.272	高活性グレード品

極めて優れた性能を示す酸素発生触媒の開発に成功(特願2021-213884)

ニッケルカーボン触媒の作製と水素化反応触媒への応用



触媒	水素圧 [MPa]	反応温度 [℃]	反応時間 [h]	反応率 [%]	選択率[%]	
					FOL	THFOL
Ni-C触媒	3	180	1.25	100	0	100
Raney Ni触媒	3	180	1.25	99	48	51

Raney Ni触媒よりも高活性かつ安全性の高い水素化反応触媒の開発に成功(特願2024-089955)

B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

6

機能材料・エネルギー関連材料の開発と評価

丹野剛紀(地方創生センター)

対象材料

- ◆ 結晶性物質(主に有機結晶)
- ◆ 分子の運動を反映したテラヘルツ振動に着目し
 - ・分子の並び方と向き
 - ・分子の吸着と脱離
 - ・結晶欠陥の量と種類
 - ・結晶粒の大きさ
 などを調べる。

評価手法

- ◆ テラヘルツ分光
 - 《あるか、ないか?》《何%入っているか?》よりも
 - 《分子運動は活発か?》《おとなしく並んでいるか?》が得意
 - ・(株)テラヘルツ研究所(湯沢)が製造したテラヘルツ分光装置
 - ・テラヘルツ分光の用途の開拓
 - ・テラヘルツ研究所との共同研究
 - ・テラヘルツ研究所を介した技術相談
- ◆ ほかに熱分析、x線回折などの諸分析法
- ◆ 量子化学計算



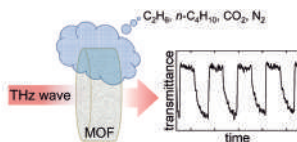
7

機能材料・エネルギー関連材料の開発と評価 丹野剛紀(地方創生センター)

①多孔性材料へのガス吸着の計測

・金属有機構造体(MOF)は多孔性材料で、細孔のサイズ・形状は分子レベルで均質なので、
ガスの吸着や精製に有効。エネルギー関連での期待も大きい。

- テラヘルツ波による吸着・脱離のリアルタイム計測(世界初)
- 吸着・脱離の定数数の違いからガス種の識別も可能
- 原著論文2報、科研費採択2件

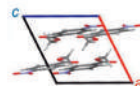


ガスの出入りに追従して
テラヘルツ透過率が上がり
下がりにしている。

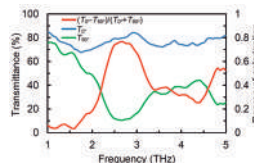
②テラヘルツ帯用偏光素子の開発

・偏光素子は基本的な光学部品。光学システム内に多用されるが高価。

- テラヘルツ帯で高い偏光素子が期待できる有機分子を探索
- 作製容易で扱いやすい偏光素子を実現
- 原著論文1報、科研費採択1件



テラヘルツ帯用偏光素子の材料。平べったい分子が結晶内で平行に並んでいるmethyl 4-nitrobenzoateを選んだ。

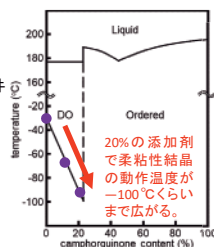


③冷却システムに向けた柔軟性結晶の特性制御

・柔軟性結晶は新たな省エネ冷却システムの冷媒として注目され、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



20%の添加剤
で柔軟性結晶
の動作温度が
-100℃くらい
まで広がる。

④自動車用燃料電池(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】



MIRAI (トヨタ自動車)

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。

8

固体NMR(核磁気共鳴)による材料解析

理工学研究科
小笠原正剛

各種材料の局所構造解析について

・従来より無機材料の分析にX線回折法(XRD)が幅広く用いられており、現在でも第一選択肢。
一方で、機能性向上因子の解明のために、化学的視点に基づく局所構造解析法が材料開発の強力なツールとして用いられている。

・固体NMR法は、無機材料、有機材料いずれでも、溶液に出来ない(溶けない)難溶性試料や、溶かすと失われる情報を持つ試料の測定に有効。

研究(分析)対象

・NMRといえば、最も活用されているのは溶液とした有機化合物の¹H-NMR測定であるが、本研究では、固体試料を測定対象。粉末の測定を得意とするが、ゴム状、フィルム状も可能。

・近年の秋田大学での測定実績
²⁷Al, ²⁹Si, ³¹P, ¹³C, ⁷Li, ¹⁹F, ¹H



3.2 mm
試料管

ポリウレタン

T₂測定による運動性の検討

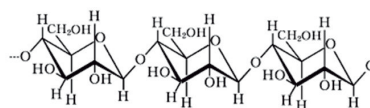
Table 2 T₂ value of samples determined in around 12 ppm

Sample	T ₂ (ms)
MODEL A	31.7
MODEL B	29.0
MODEL C	0.66

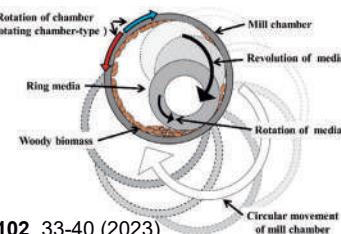
引用 J. Fiber Sci. Technol., 79, 1-9 (2023).

セルロース

粉碎法によるドメインサイズへの影響



引用
岩波理化学辞典第5版、
長倉 三郎ら編集



引用 J. Jpn. Inst. Energy, 102, 33-40 (2023).

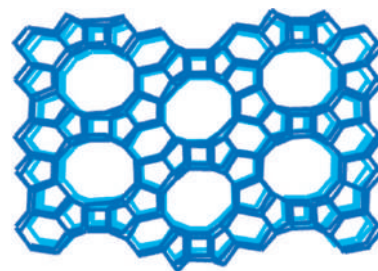
報告例 ・ポリウレタン「秋田大学寺境先生らとの共同研究。J. Fiber Sci. Technol., 79, 1-9 (2023).」

・セルロース「秋田県立大学高橋武彦先生との共同研究。J. Jpn. Inst. Energy, 102, 33-40 (2023).」

・ゼオライト「三井金属鉱業(株)殿との共同研究。ゼオライト, 40, 117-129 (2023).」

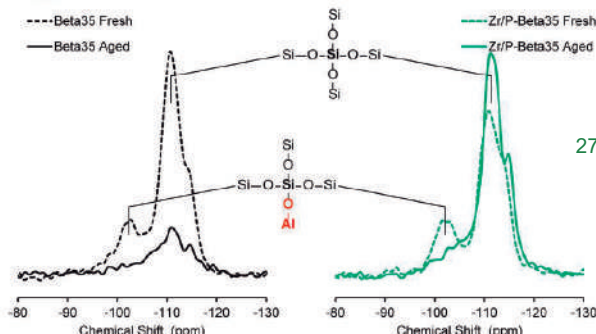
ゼオライト

排ガス浄化材料として開発が進められているベータ型ゼオライトは、**Zr,P修飾**によって耐熱性向上するがその要因を検討。



²⁹Si-MASNMRスペクトル

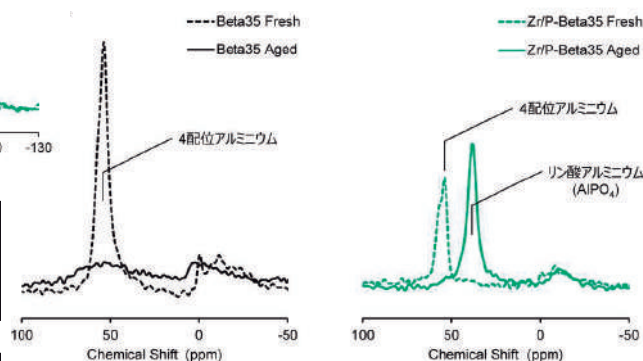
引用 ゼオライト, 40, 117-129 (2023).



Si及びAl局所構造解析より、熱処理によってゼオライト骨格内から**Alが抜けていることが明らかになった。**

急激な脱Alはゼオライト骨格の崩壊を引き起こすが、緩やかな脱Alが起きたことにより、より安定なシリカリッチなゼオライト骨格に変化した。

²⁷Al-MASNMRスペクトル



XRDではAlPO₄の生成が確認出来なかったが、これはか微細粒子なためと推測される。NMRでは明瞭なピークが見られた。

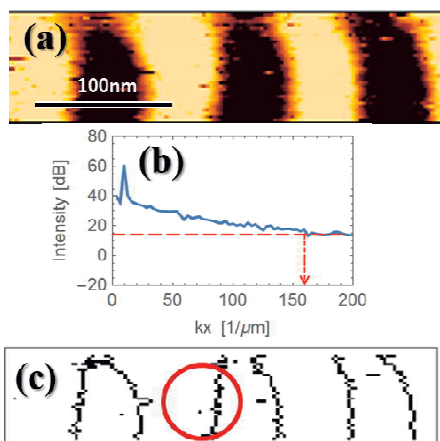
C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

10

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)

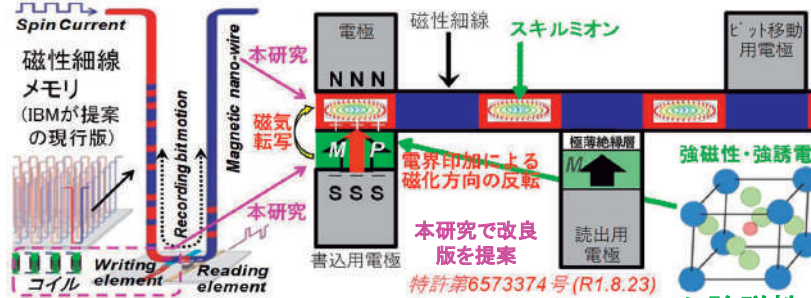
本技術で用いた高感度・ソフト磁性探針
(逆磁歪効果を利用したFeCoB非晶質ソフト磁性探針; M. V. Makarova, H. Saito et al., J. Magn. Mater., 546(2022)168755)は、日東光器(株)(秋田県に事業所有)との共同研究の成果である。

A 現時点で既に秋田県内産業へ貢献している。

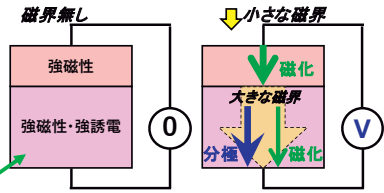
11

磁気デバイスの超高集積化および超低消費電力稼働化に向けた 磁気特性に優れた強磁性・強誘電薄膜の開発(吉村 哲)

① 超大容量メモリの簡略素子構造化・超低消費電力稼働化

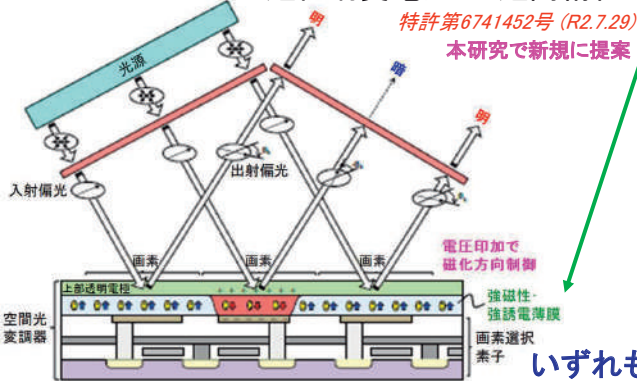


② 高出力磁界センサーの高感度化



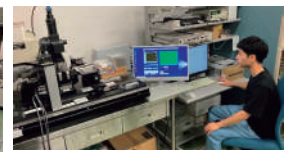
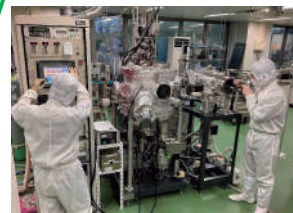
本研究で新規に提案
特願2024-021362 (R6.2.15)

③ 立体(3D)映像表示ディスプレイ用空間光変調器の超低消費電力化・超高精細化



強磁性・強誘電薄膜の効果的な使用

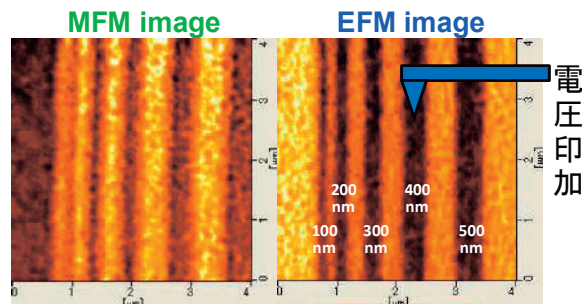
実験室・実験装置・研究風景



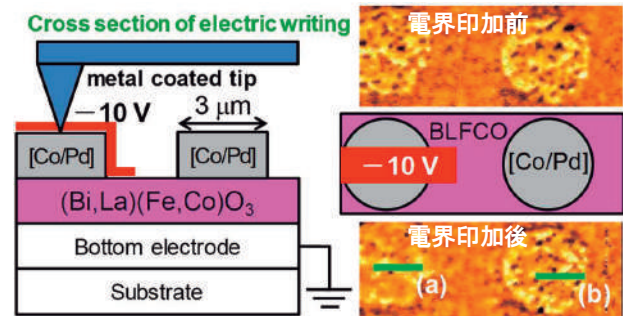
強磁性・強誘電薄膜試料の
作製および作製した薄膜の
独自開発装置等での評価

いずれもSociety 5.0への貢献に効果的なデバイス 12

高品位作製した強磁性・強誘電薄膜を用いたデバイス駆動検証 電界印加磁化反転の実証データ

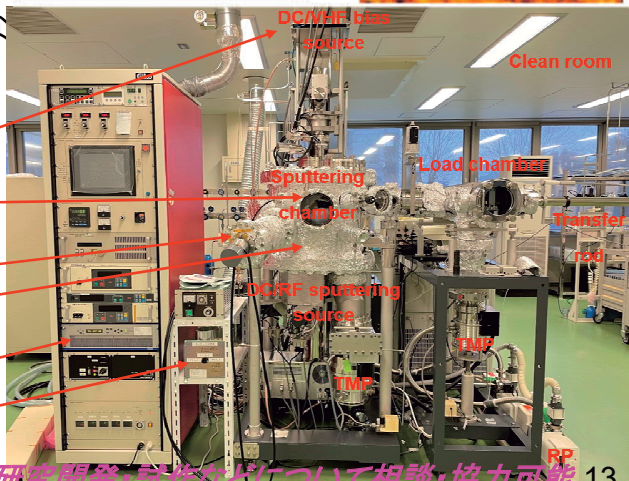


電界印加磁気転写の実証データ



金属、酸化物、窒化物、薄膜作製が可能な
超高真空対応をスパッタリング装置

- ・ 10種類の薄膜作製が可能
- ・ 基板へのプラズマ照射機構を追加
- ・ 2種類同時作製機構を追加
(装置の裏側に取り付け)
- ・ 超高真空化の外付けポンプを追加
- ・ レーザーアシスト加熱機構の追加
(最大加熱温度は1000℃に上昇)
- ・ 酸化物薄膜の作製に効果的な
パルスDC電源の追加
- ・ 電源切り替え機の追加



薄膜に関連する研究開発・試作などについて相談・協力可能 13

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 材料理工学コース 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!



出展: 国立研究開発法人理化学研究所HP

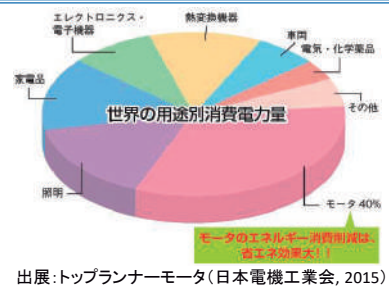
現在の主流: **ネオジム磁石**
(ネオジム、ジスプロシウムなどの
レアアースを使用)

ネオジム・ジスプロシウム: 高価である, 供給リスクがある

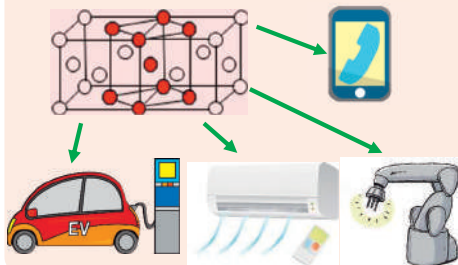
鉱石生産国: ①中国(97%)、②インド(2%)

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



正方晶FeCoの創出



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)

令和6年度は大同特殊鋼, ダイセルと共同研究を実施中。

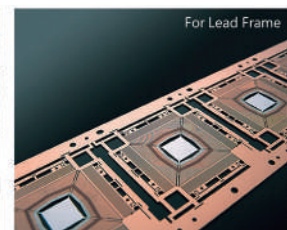
実用化すればSociety5.0洋上風力発電用モーターの発電効率は飛躍的に向上する。

14

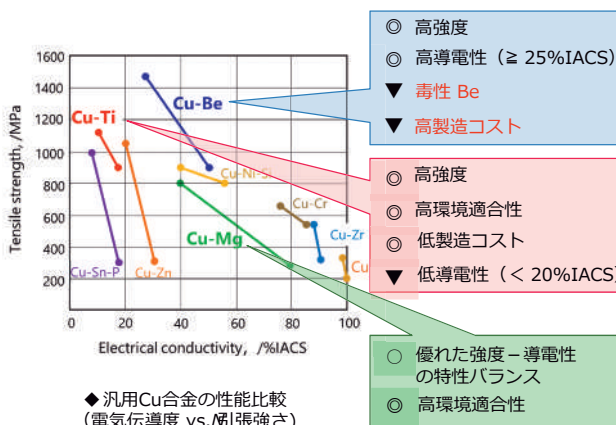
導電性ベリリウム銅の代替を目指した環境調和型チタン銅の創製

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

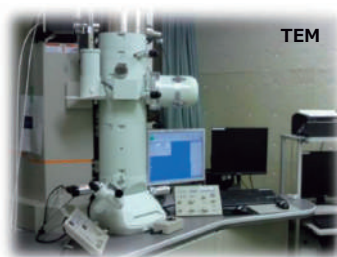
【研究概要】本研究では、ベリリウム銅を代替する**新しい環境調和型の導電性銅合金の創製**を念頭に、**チタン銅**を基に新しい組織・特性制御法を追究した。特に、同系合金に**微量マグネシウム**を添加することで、特性劣化の影響因子と考えられている不連続析出の抑制が可能になり、ひいては**チタン銅(Ci-Ti)のさらなる強靱化が可能になる**ことを、先端電子顕微鏡法を駆使して明らかにした。



本開発材の用途例(半導体リードフレーム)



◆ 新材料開発を支えるナノ計測技術 ~透過型電子顕微鏡(TEM)~



組織・構造評価の中核技術としてのTEM



15

【近年の成果】Cu-Tiに微量Mg（～2at.%）を添加して得た固溶体合金に**時効処理**を施すと、導電率はMg無添加材に匹敵する水準を維持しながら、不連続析出物の生成は大幅に抑制され、**最大応力と破断伸びの同時向上（それぞれ4%増、28%増）が達成できることが分かった¹⁾**。特に、破断伸びの顕著な向上については、Mg固溶の影響下で不連続析出量が低減したに加え、当該析出の構成相として知られる**脆性β-Cu₄Ti化合物の生成が抑制**されたためと解釈された。

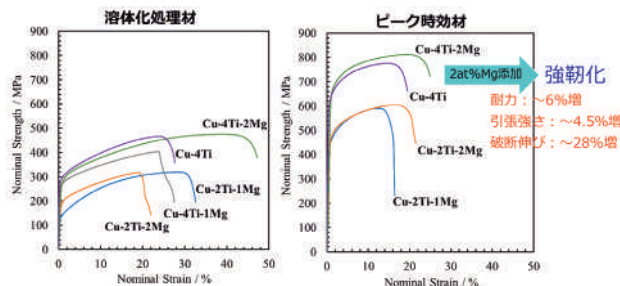


Fig.11 組成の異なる Cu-Ti 2 元系ならびに Mg 含有系合金の応力-ひずみ曲線。Cu-4Ti-2Mg 合金において強靱化が達成された。

引用：

- 1) K. Saito, M. Suzuki, S. Semboshi, K. Sato and Y. Hayasaka, Mater. Trans., 61 (2020) 1912-1921.

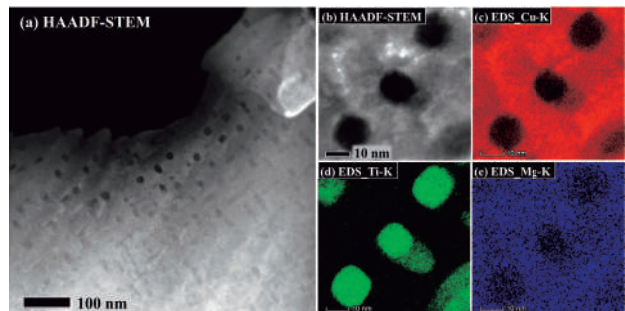


Fig.12 Cu₉₆Ti₂Mg₂ 固溶体合金に形成された**時効析出組織**（450℃10時間）の STEM/EDS マッピング像¹⁾：(a),(b) HAADF-STEM 像；(c) EDS/Cu-K 線像；(d) Ti-K 線像；(e) Mg-K 線像

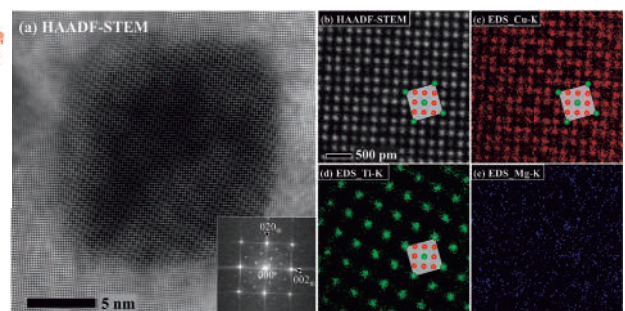


Fig.13 Cu₉₆Ti₂Mg₂ 固溶体合金における**析出強化相（β'-Cu₄Ti 正方晶）**の STEM/EDS マッピング像¹⁾：(a),(b) HAADF-STEM 像；(c) EDS/Cu-K 線像；(d) Ti-K 線像；(e) Mg-K 線像

C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

16

実施内容(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、**産学官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、研究をとおりて秋田県内企業、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

新しい取り組み

：仙台の放射光施設に関する「アカデミーフレンドリーバンク」の積極的紹介による、地域企業との連携構築の強化

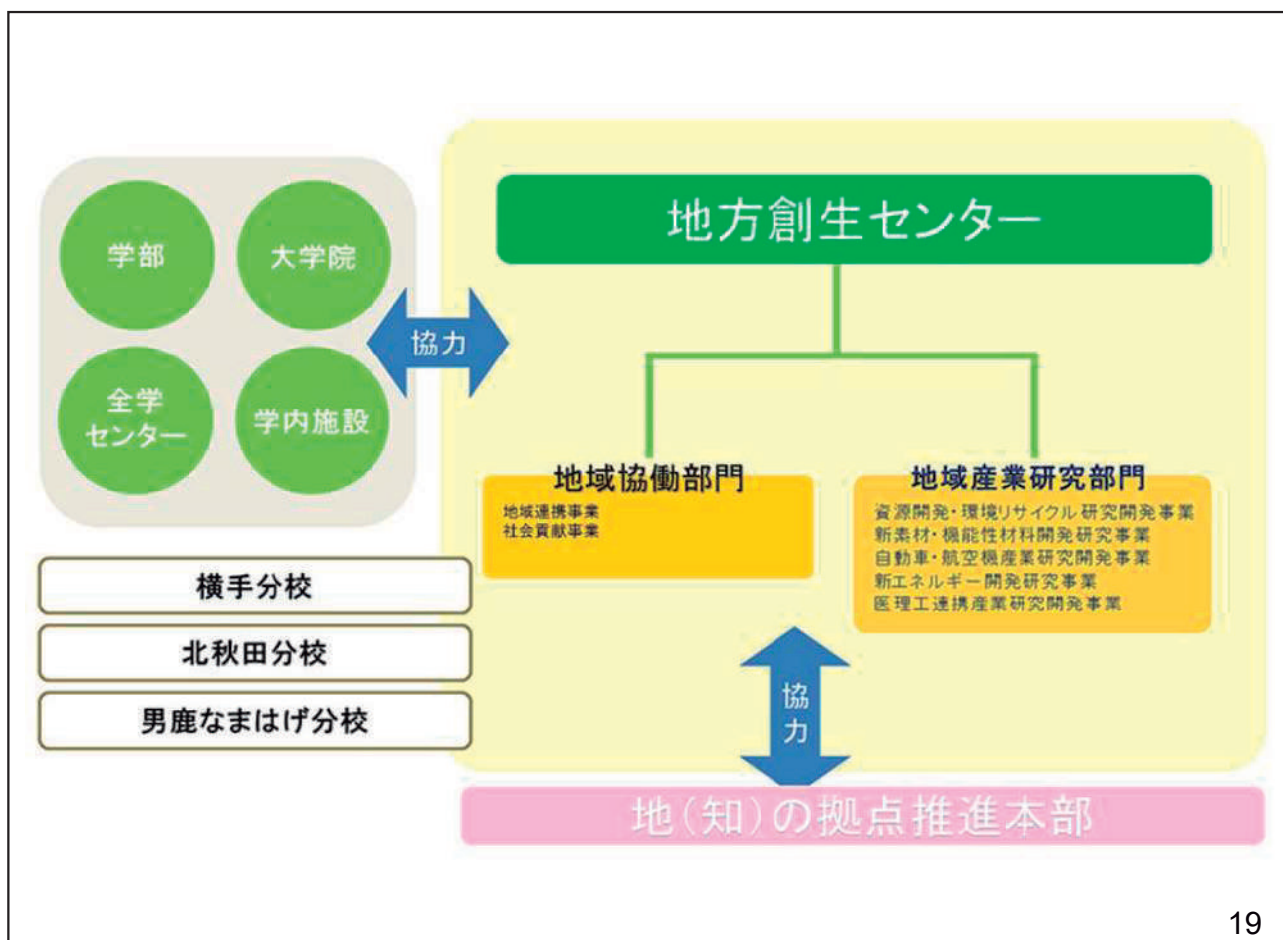
どのように地域に貢献できるか

：放射光を用いた強力な素材の解析・分析による、地域企業のお困りごとの解決（本学の教員が共同研究の形で仲介）

17

各位 令和6年2月16日 秋田県高エネルギー加速器技術研究会 会長 丹野 恭行 国立大学法人秋田大学 地方創生センター センター長 尾野 恭一 秋田県高エネルギー加速器技術研究会 令和5年度第3回研究会 開催のご案内 時下、ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。 さて、当研究会では、2024年度より運用が開始される次世代放射光施設「NanoTerasu」の利用促進を目的として、令和5年度第3回研究会を企画いたしました。今回の研究会では、放射光の基礎から産業応用の事例、利活用スキームに関する講演を用意しており、全講演を通して聴講していただくと、放射光利活用に対する理解がより深まるものとなっています。是非、最初から最後までご参加いただきますようお願い申し上げます。 講演Ⅰでは、「放射光の原理と産業界での応用」と題して、東北大学特任教授の八木直人先生にお話しいただきます。この講演では、放射光の基本原理と産業界でどのように役立つのかを、広範囲に学んでいただきます。 講演Ⅱ～Ⅳでは、放射光施設の利用経験を持つ企業の担当者から、利用した際の苦労や得られた成果、そして将来に向けた展望について深く掘り下げて発表していただきます。このセッションを通じて、参加者の皆様には放射光利活用によるメリットをより具体的に、かつ身近に感じていただければ幸いです。 最終セッションでは、各機関で用意している「NanoTerasu」の利用スキームについて紹介していただきます。これらのスキームは中小企業にも使いやすいものとなっていますので、活用していただくことを期待しています。 ＜秋田県高エネルギー加速器技術研究会 令和5年度第3回研究会＞ 日時：2024年3月19日(火) 13:30～16:55 現地会場：秋田大学 手形キャンパス 地方創生センター2号館2F大セミナー室 (秋田県秋田市手形学園町1番1号) オンライン配信URL https://aitc.webex.com/jaite/j.php?MTID=0f6a014f417f1e5355b0bbaef581c3ea729 参加費：無料 ＜懇親会＞ 懇親会日時：2024年3月19日(火) 17:00～19:00 懇親会場：秋田大学 手形キャンパス内 懇親会費：5000円 ※中止になる場合もあります。 主催：秋田県高エネルギー加速器技術研究会、秋田大学地方創生センター 共催：日本素材物性学会、秋田県産業技術センター、秋田大学理工学研究科、東経連ビジネスセンター、ものづくりフレンドリーバンク、いわて加速器関連産業研究会、NanoTerasu 利用推進協議会、仙台市 後援：秋田銀行	プログラム 13:30 開会のあいさつ 13:35 講演Ⅰ 「放射光の原理と産業界での応用」 一般財団法人 光科学イノベーションセンター 理事長特別補佐 東北大学 特任教授 八木 直人 氏 14:35 休憩 14:40 講演Ⅱ 「放射光を用いた複合酸化物質薄膜における 光学特性の変動要因の特定」 河野光学レンズ株式会社 第二製造部 製造3課 渡邊 充彦 氏 15:10 講演Ⅲ 「レーザー洗浄における金属材料表面の残留応力変化 ～中小企業が放射光施設を利用する価値～」 東成ニエレクトロニクス株式会社 技術部 兼 メカトロニクス事業部 西原 啓三 氏 15:40 講演Ⅳ 「放射光を活用した乾燥わかめの内部構造観察と、 新たな価値創造の取組み」 理研食品(株) 品質保証部 品質管理グループ 大場 隆 氏 16:10 休憩 16:20 情報提供 1. ものづくりフレンドリーバンク(MFB)の紹介 東経連ビジネスセンター 2. NanoTerasu シェアリング2000の紹介 仙台市 3. 秋田大学アカデミーフレンドリーバンクの紹介 秋田大学 16:50 開会のあいさつ 17:00 懇親会
---	---

18



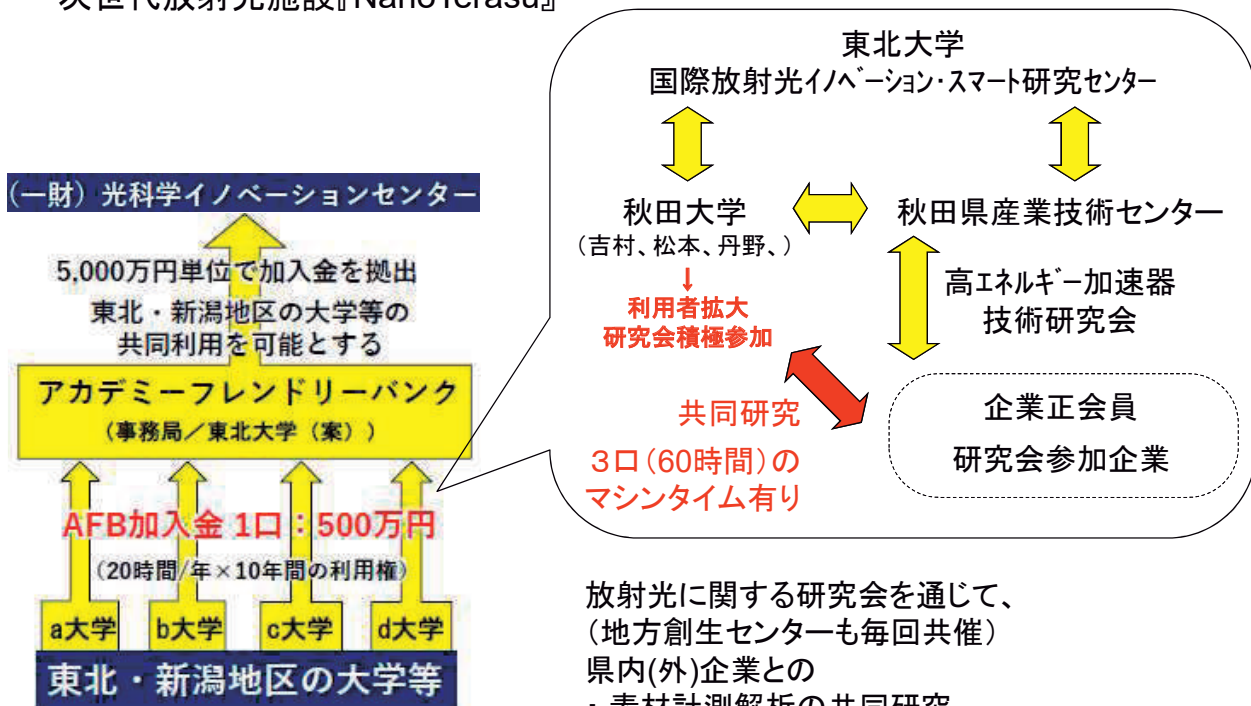
19

新素材・機能性素材の革新計測解析に関する地域連携 次世代放射光施設『NanoTerasu』



20

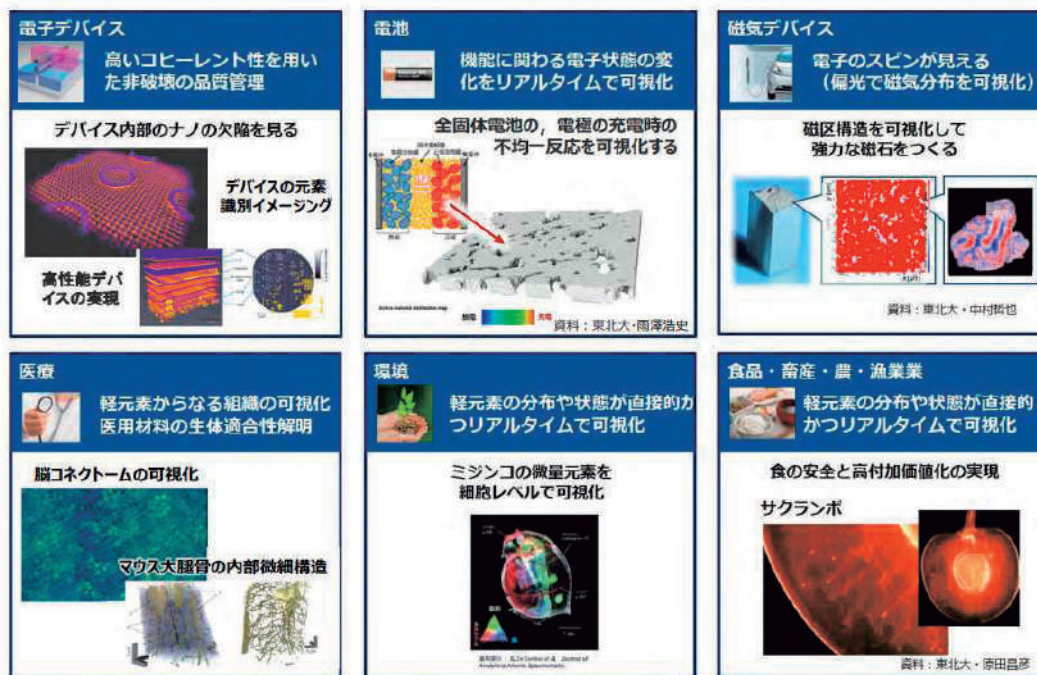
新素材・機能性素材の革新計測解析に関する地域連携 次世代放射光施設『NanoTerasu』



放射光に関する研究会を通じて、
(地方創生センターも毎回共催)
県内(外)企業との
・ 素材計測解析の共同研究
・ 新素材開発の共同研究
の新規実施を模索しております。

21

分野を問わない利活用（一部）



23

実施計画(令和6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、**産学官連携体制の構築や大型外部資金の獲得を目指す。**＜秋田県高エネルギー加速器技術研究会との連携とNanoTerasuの活用, 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, 菊池伸明

(地方創生センター)

丹野剛紀

○原著論文を年間 2 報／人以上（3 年連続を目標）

○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6年度の新規連携(覚書やNDAを含む)を3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5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

予 算 額	部門研究活動活性化経費（間接経費） 967,000円 年度計画推進経費 0円 事業費 300,000円 合 計 1,267,000円
協力教員氏名	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
目 的	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。
実施内容・成果	【超高速モータの開発に関する研究】 電動プロアに用いた超高速モータを評価するため、対向試験装置を試作した。試験対象モータと同仕様のモータを、シャフトを共有して対向させることで超高速モータの負荷試験が可能となった。試作した試験装置により軸受の限界回転数である23,000rpmまでのモータ効率マップを取得した。 【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。さらに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。 【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、主翼境界層の安定性を準3次元的に評価するプログラムを開発した。これにより、吸い込みの効果に後縁側へ移動する遷移点を予測することが可能となった。また、境界層吸い込み試験の前準備として、流れのない場合の吸い込み孔まわりの流動特性を調べ、吸い込み孔で生じる圧力損失を評価した。 【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EMAについて回生制動を模擬したシミュレーションモデルを開発し、小型試験機の応答と比較妥当性を確認した。FWBについてはシステムのサイジング計算を行った。また、FWBの伝達エネルギー計測のためトルク計測システムを導入した。 【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】 波型のプレス加工を施したブスバーを積層させ、プレート間に空気を流すことで、プレートの熱除去を行ってプレート温度を低下させることで電気抵抗の増大を抑制する構造となっている。

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 2024年7月8日(月)

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

2023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)	967,000 円
年度計画推進経費	0 円
事業費	300,000 円
合計	1,267,000 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。

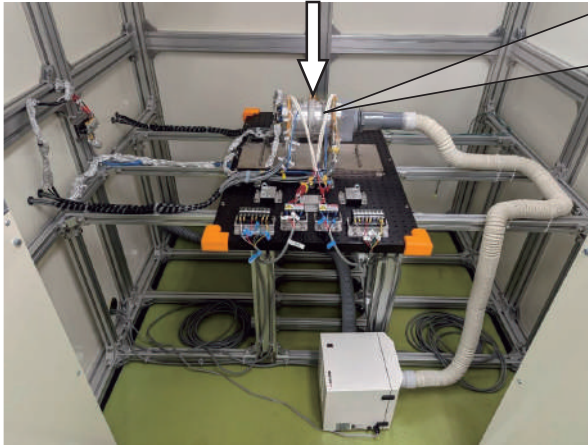
4

超高速モータの開発に関する研究 (田島, 吉田, 櫻井)

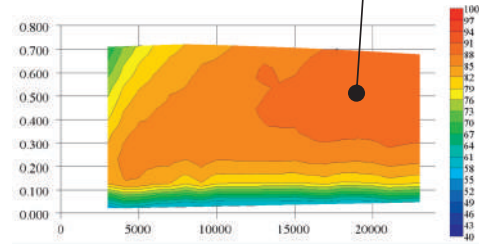
電動ブローに用いた超高速モータを評価するため、対向試験装置を試作した。試験対象モータと同仕様のモータを、シャフトを共有して対向させることで超高速モータの負荷試験が可能となった。試作した試験装置により軸受の限界回転数である23,000 rpmまでのモータ効率マップを取得した。

ブロー用超高速モータ特性評価システム

直結された同型の2つのモータ
右: 力行側, 左: 回生側



最大効率: 90.8%



- 0rpm~23krpmまでの対向負荷試験の安定した制御を確認した
- 最高効率動作点は, 19 krpm, 0.51 N·mで, 効率は90.8%

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

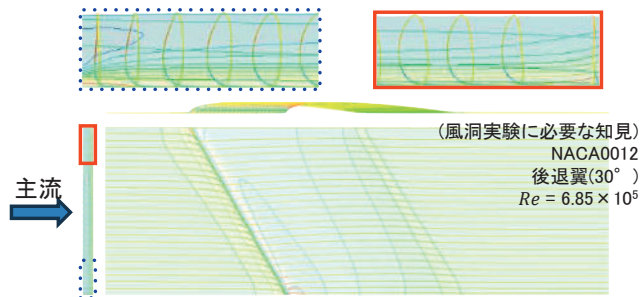
システム検討 (東大)

プロワスペック (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)

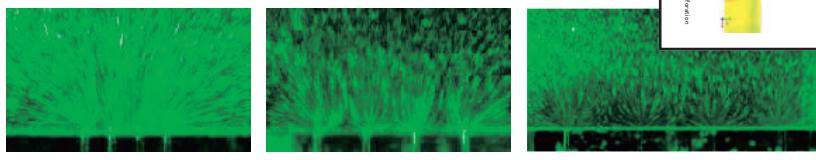
前縁付近の流動特性(流線と等圧線)



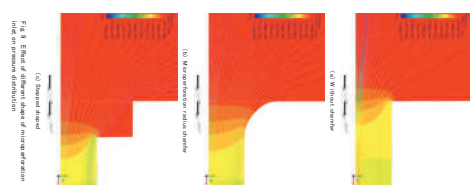
【成果】

- ・ NASA CRM主翼境界層流れの安定性解析 (準3次元解析)
- ・ 吸い込み穴で生じる圧損評価
- ・ 単孔→複数孔吸い込み流れ可視化実験による吸い込み境界層厚さの評価

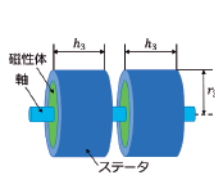
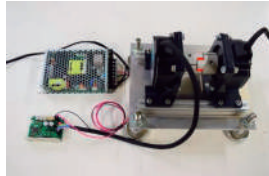
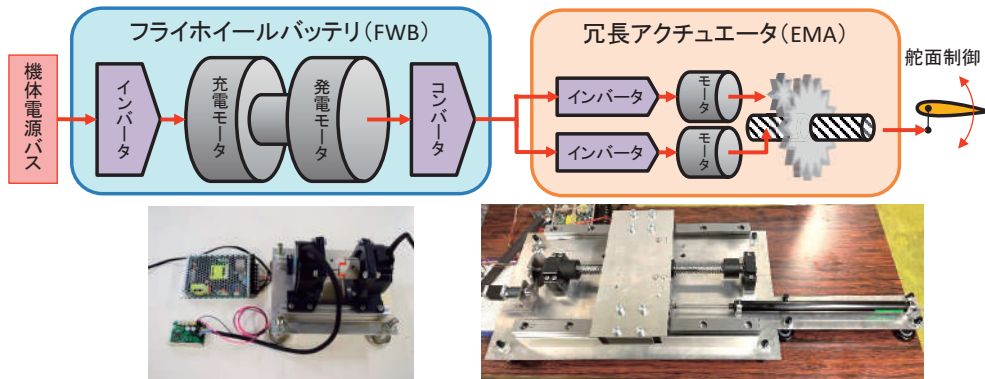
吸い込み流れの可視化



吸い込み圧力損失評価



電力冗長化・平準化システムに関する研究 (足立, 平山)



項目 [単位]	記号	数値
磁気体の質量 (モータとの比)	F	8.00
軸の長さ [mm]	A_1	100
軸の半径 [mm]	r_1	5
磁気体の長さ [mm]	A_2	30
磁気体の半径 [mm]	r_2	18
ステータの長さ [mm]	r_3	36
ステータの幅 [mm]	A_3	50
磁極	A_4	4
スロット数	S	6
磁束 [Wb]	F	30
磁束密度 [Wb/m²]	B	1.11
ディスタンス [mm]	S	6
ステータの厚み [mm]	S	7

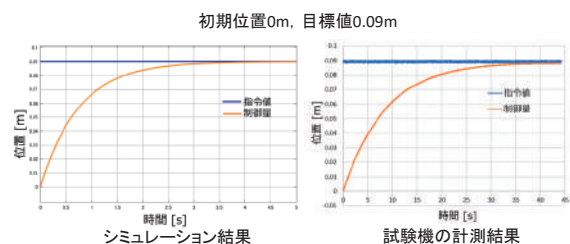
モータの巻き線には銅線を用い、銅の密度を8960kg/m³、銅線の直径を1mm、巻数50と仮定する。

FWB全体での各構成要素のおおよその質量は、

銅線: 0.60kg
軸: 0.10kg
磁気体: 0.72kg
ステータ: 1.55kg

となり、FWBの質量は2.96kgとなる。

FWBのサイジング検討
(第61飛行機シンポジウムで発表)



シミュレーション結果

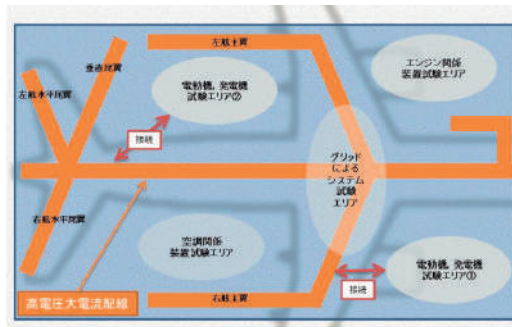
試験機の計測結果

EMAの位置フィードバック制御実験
(第61飛行機シンポジウムで発表)

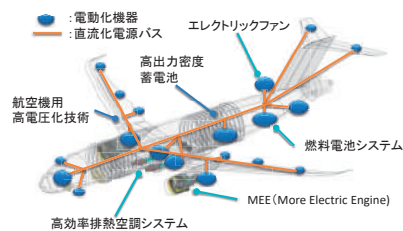
7

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
銅パフェザ (航空機実寸大配線網: イメージ)



【 2030年代の電動化システム構想の例 】



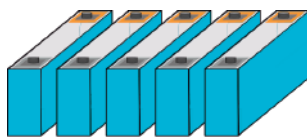
出典: (株)IHI ホームページ

勉強会

銅パフェザの活用(秋田大学)

直流遮断機回路構成(立命館大学)

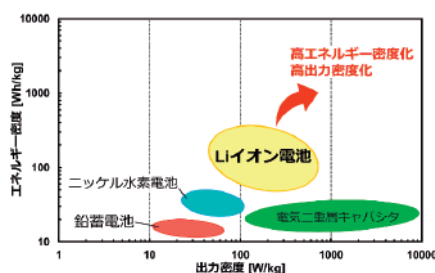
電動化のための航空機内グリッド(IHI)



Liイオン電池モジュール

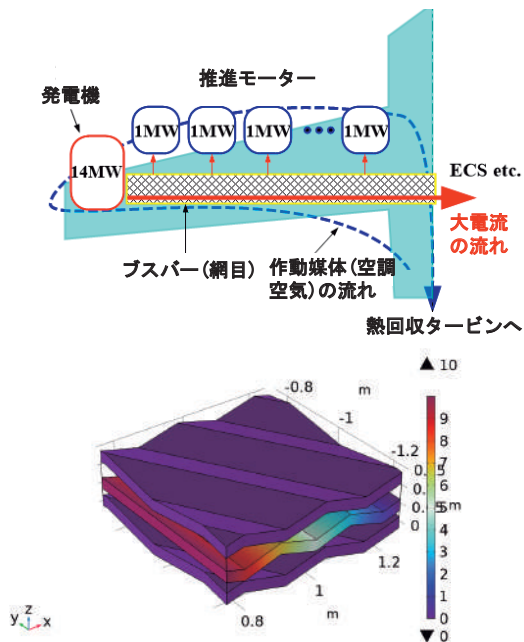
蓄電要素に関する研究

- 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



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。真ん中のプレートの上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。

下図は、ブスバー内の温度分布を示す。下流(右)に行くにつれ、作動媒体が熱を奪うため温度が低下している。



令和5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 1件,
地元企業以外の企業との共同研究 4件
秘密保持契約8件

査読付き論文(当事業に関係するもの) 8件

学会発表 32件

受賞(発表賞) 2件

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・准教授）
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）
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），高牟禮光太郎（理工学研究科・講師）

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。

11

小型軽量電動化システム研究開発事業

令和6年度以降の事業の背景と目的・概要

内閣府交付金事業「小型軽量電動化システムによる産業創生」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を中心に「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」を実施してきた。本事業は令和6年度以降は一部のみ展開枠に採択されて継続されるが，ほとんどの事業は予算が付かず，共同研究や校費での継続となる。

「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，上述の予算が付かない事業に対し，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。

12

令和6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用いて効率特性および熱特性を取得し、解析の精度を検証する。

「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。今年度は直流大電流遮断システム(CFSなど)のカッパーフェーズ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ものとする。

「翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)」

対称な後退翼(例えばNACA0012)に対して3次元性を考慮した遷移点予測手法を用いて、HLFC立証風洞実験を計画する上で必要な知見を導出する。また、昨年度までに開発した可視化実験手法を援用し、横流れのある場合について吸込み性能(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、引き続き制御系の開発を進める。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、負荷の変動や回生制動の影響、および故障時の応答について、シミュレーションと実験装置の両方で比較評価を行う。

「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と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。今年度は、昨年度までに検討した初期モデルの解析結果を通じて、最適化の方向性を見出す。

「航空機エンジン燃料システムの電動化に関する研究」

エンジン内気流制御用電気機械式アクチュエータ実用化のための新提案「ジャミング許容新機構」を簡易モデル機にて実証し、論文化および知財化(株式会社IHIと共願)する。また、燃料計量電動ポンプの制御用数理モデルの検証を行い、論文化を目指す。

(4) 新エネルギー開発研究事業の報告（令和5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

予 算 額	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
協力教員氏名	大川浩一、福本倫久、古林敬顕、高橋弘樹（理工学研究科）
目 的	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的活用技術の開発
実施内容・成果	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) A. 気象庁の風況予測データを元に将来の発電量を推計する数理モデルの構築に取り組んだ。これまでの成果で、発電量の予測値と実測値の傾向は概ね一致するが、ピークの値の誤差が大きいことが示された。 B. 電力に比べて再生可能エネルギーの導入が遅れている熱需要の脱炭素化に向けて、ごみ焼却排熱および雪氷冷熱を利用した地域冷暖房システムを設計し、雪氷を屋外貯蔵することで比較的安価な熱供給コストを実現できることを示した。 (2) 秋田県を脱炭素化する地域エネルギーシステムではバイオマス発電をベースロード電源として運用するが重要であることが示されたため、森林簿に基づく持続可能な木質バイオマスのサプライチェーンを構築し、コスト最小化を目的関数として最適化した場合には小規模なバイオマス発電所が分散して配置されることを示した。 (3) A. マグヘマイト（γ-Fe₂O₃）を簡易にナノ粒子として合成することに成功したが、凝集して二次粒子が大きくなり電池特性に影響することが課題であった。リン酸鉄からγ-Fe₂O₃を合成する過程でカーボンが存在させることで二次粒子が大きくなることを抑制できた。また、γ-Fe₂O₃はカーボンと複合化し、それにより高い電池特性が得られた。バイオマス由来の導電助剤の開発は実用化を検討している。 B. 使用済みリチウムイオン電池からの金属不純物の含有率が極めて低い再生正極材を製造する方法を開発した。そして、新品とほぼ同等の性能を実現できることを確認し、地域企業と共同で特許出願を行った。また、地域企業と共同で、太陽光パネルのシリコンをリチウムイオン電池負極材にリサイクルする技術を開発した。そして、その負極性能と処理コストをもとに事業化の可能性を検討した。 (4) A. 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し、アンモニアからの水素回収小型デバイスを開発することができた。さらに、水素およびアンモニアを燃料とした材料開発を行った。 B. PtとMo酸化物を複合すると、NH₃酸化活性が向上することを見出した。CO₂有効利用については実験機器の不具合のため進展しなかったが、令和6年度の共同研究に向けて県外企業と話し合いを進めた。さらに、水電解のためのRu窒化物アノードを種々の条件で作製し、安定性の向上を達成した。

2024年7月8日(月)

新エネルギー開発研究事業

令和5年度事業報告
(活動報告と令和6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事業計画

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を重視)

	令和元年度	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5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. 2

事業実施体制(令和5年度)



協力教員(5名)

理工学研究科 物質科学専攻
大川浩一 教授, 高橋弘樹 准教授
同 数理・電気電子情報学専攻
熊谷誠治 教授
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. 3

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で利用することで、「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。

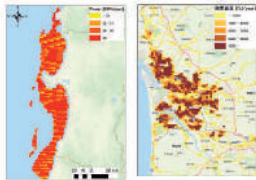
事業目的

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. 4

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)

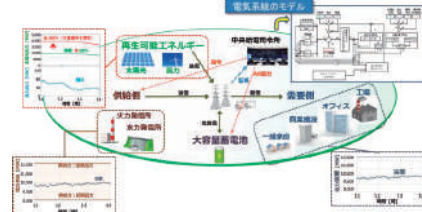


- ・地理情報システムに基づく分析
- ・時空間情報に基づく分析
- ・地域エネルギーシステムの設計

地域エネルギーシステムのモデル化と最適設計

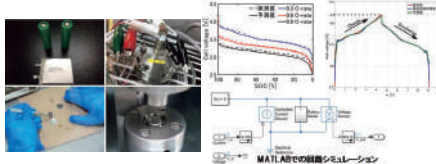
豊富な再生可能エネルギーを導入した電力系統の挙動解析(熊谷)

- ・海洋再生可能エネルギー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
- ・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)

- ・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

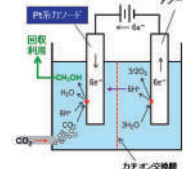


地方創生センター 地域産業研究部門 「新エネルギー開発事業」 代表・研究総括

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



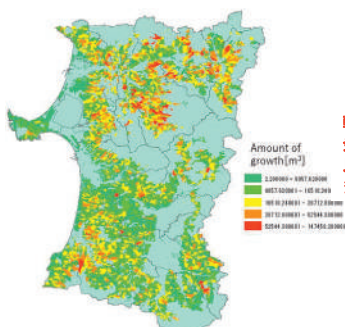
No. 5

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

森林簿に基づく持続可能な木質バイオマスのサプライチェーン構築

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

令和4年度までの研究にて、大規模な風力発電が導入される際、小規模でも木質バイオマスをベースロード運転することが重要であることが示されたため、秋田県の森林簿に基いて、物理的・経済的に持続可能な木質バイオマスのサプライチェーンを構築した。



輸送距離が短い製材所で小規模ガス化発電に利用される。

輸送距離が長い石炭火力発電所には輸送されず、比較的近い専焼発電所に多く輸送された。



コスト最小化

CO₂排出量最小化

林小班別の木質バイオマスポテンシャル(年間成長量)
年間成長量は106万m³となり、エネルギー利用が可能な未利用材は約35%となった。

発電所の施設配置および発電量

コスト最小化、CO₂排出量最小化などを目的関数とする木質バイオマス発電の施設配置を混合整数計画問題として最適化した。目的関数によって施設配置、輸送経路、発電技術が異なり、コスト最小化では小規模なガス化発電が分散配置される結果となった。

上記以外にも木質バイオマスの伐採・収集から輸送、前処理、発電に至るキャッシュフローを分析し、事業性がある林小班を持続可能とした結果、コスト最小化では22.0万m³、CO₂最小化では22.3万m³と、それぞれ未利用材の60%程度が発電に利用された。また、発電コストは20~29 JPY/kWhとなり、固定価格買取制度を利用すれば経済性が成り立つことが示された。

No. 6

共同サステナブル工学専攻 古林敬顕



秋田大学
Akita University

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



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

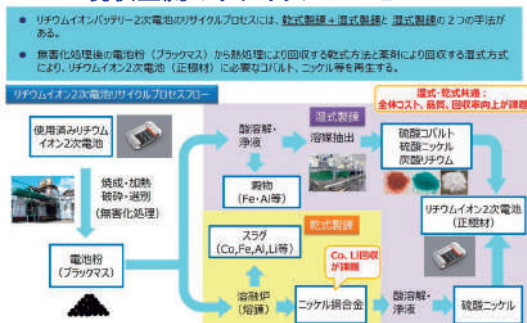
No. 7

新エネルギー開発研究事業



数理・電気電子情報学専攻 熊谷誠治
現時点で既に秋田県内産業に貢献

現状主流のリサイクルプロセス



DOWAのリサイクルプロセス



経済産業省「次世代蓄電池・次世代モータの開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装の方向性
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/003_02_00.pdf

DOWAエコシステム株式会社
<https://www.dowa-eco.co.jp/business/waste/lib.html>

一般的なLIBのリサイクルでは、セルを完全に放電させた状態で、セルを分解。DOWAと秋田大学の研究グループでは、セルを外装ごと熱分解することで無害化し、分解工程を簡略化。しかし、セル丸ごとの熱分解のため、再生正極材には不純物の含有が多い。

共同研究

DOWAエコシステム(大館市) 特許出願1件

No. 8

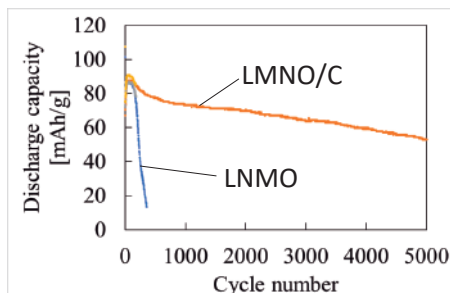
再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術

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

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($\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$)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。また、資源的に有利な正極材料 LiFePO_4 に対しても**表面改質を行い高電流密度で利用**できるようにする。

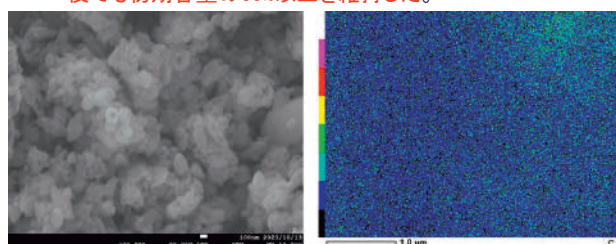


炭素を被覆したLNMOのサイクル特性

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。

バイオマス由来の導電材を被覆することにより、高電流レート10C (6分で満充電・放電できる電流値)においても高い放電容量(理論容量147mAh/gの約60%)を示し、**5000サイクル後も初期容量の60%以上を維持した**。



炭素を被覆したLFPのSEM観察(左)と炭素マッピング(右)

論文

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 (IF: 7.491), 82, 105879 (2022) (R5年度 日本ソノケミストリー学会論文賞受賞)

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 令和6年6月)

No. 11

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

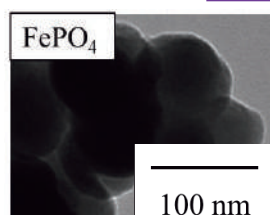


再生可能エネルギーを効率よく利用するには、高性能な大型蓄電池の開発が必要不可欠。

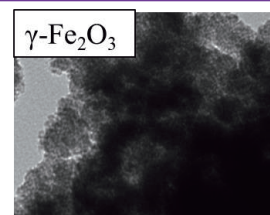
(写真: Ampaceホームページより)

本研究：資源的に豊富な鉄を主原料としたマグヘマイト($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)を**ナノ粒子として簡易合成**する方法を見出した。また、**カーボンと複合化**させることで二次粒子のサイズを制御でき、大きな電流に対応が可能となった。

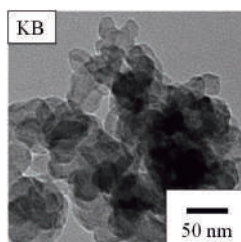
物質科学専攻 大川浩一
将来、秋田県内産業への貢献できる可能性



出発原料

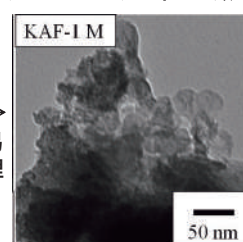


マグヘマイトナノ粒子(凝集)



ケッチェンブラック(KB)と FePO_4 を混合してアルカリ処理

+ FePO_4 → 簡易処理



マグヘマイトナノ粒子が単分散してケッチェンブラックと複合化(ナノ粒子の凝集を抑制)

共同研究

R5年度新規に本研究の正極材料について使用の検討(県外企業)

No. 12

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術1

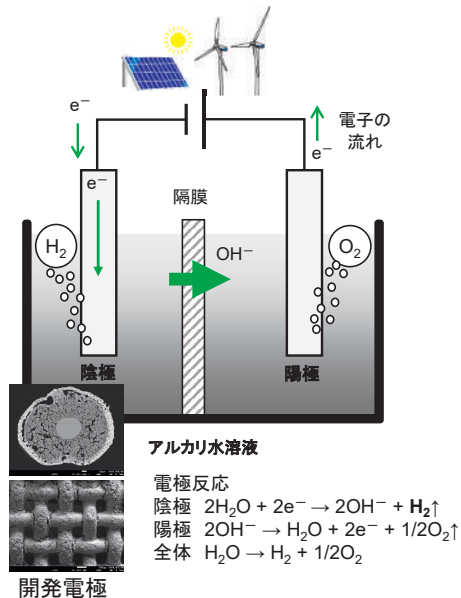
グリーン水素の製造，貯蔵と利用

高効率グリーン水素発生電極の創製【製造】

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

政府目標4.3kWh/Nm³(2030年)



企業名	水電解種別	H ₂ 純度(%)	投入電力(kWh/Nm ³)
HYDROGENICS (Belgium, Canada)	Alkaline PEM	99.998	5.2-5.4
NEL (Norway)	Alkaline	99.9 ± 0.1	4.4
McPhy (Germany)	Alkaline	99..999	5.3
PROTON (USA)	PEM	99.99999	5.7
AREVA H2Gen (France)	Alkaline	99.9995	4.4
日立造船 (Japan)	PEM	99.99	4.5

本方法で電極サイズ 200cm²にした場合【計算】

Ni-Pt多孔質 3.0kWh/Nm³

多孔質ステンレス鋼 (Fe-18%Cr-8%Ni) 4.2kWh/Nm³

目標達成，貴金属およびコバルトフリー

日本製鉄と共同開発開始2024年度

No. 13

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術2

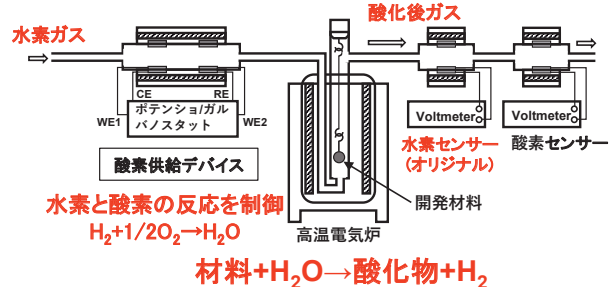
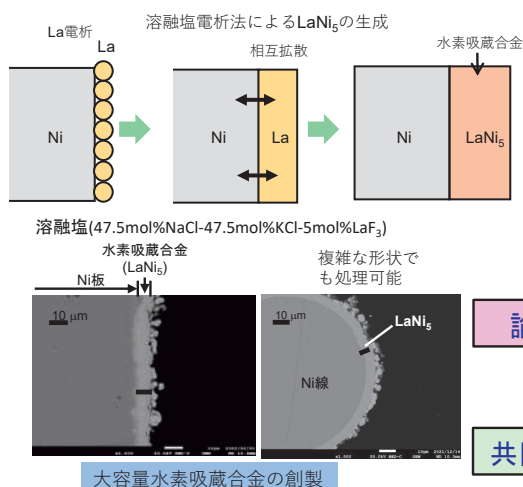
グリーン水素の製造，貯蔵と利用

新規水素吸蔵合金の開発【貯蔵】

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

水素燃料環境での材料開発【利用】



論文

M. Fukumoto, H. Takahashi, D. Kutyla, M. Wojnicki, P. Żabiński, Morphological Investigation and Electrochemical Performance Evaluation of Novel Porous Ni-Pt Produced by Al-Deposition/Dissolution in Molten Salts for Hydrogen and Oxygen Evolution Reaction International Journal of Hydrogen Energy, 2024, Vol.49, pp.754-765. (IF 7.2) DOI:10.1016/j.ijhydene.2023.09.077

共同研究

日本製鉄(水素製造)

神戸製鋼所(アンモニア)

北日本コンピューターサービス(アンモニア)

AGH科学技術大学(ポーランド, クラクフ)(水素製造)

サクレ原子力センター(フランス, パリ)(水素燃焼)

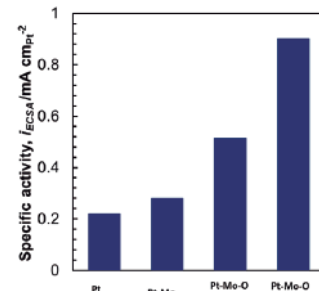
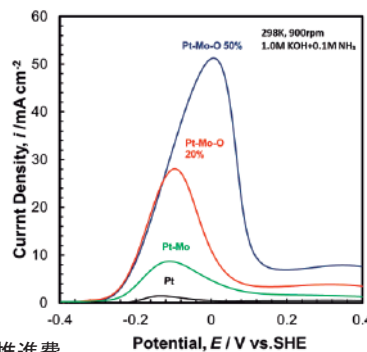
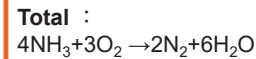
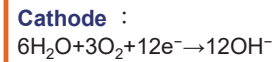
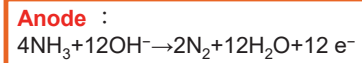
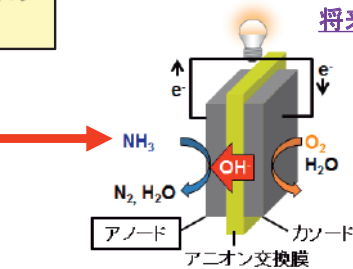
No. 14

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O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

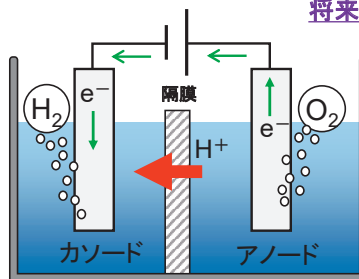
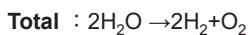
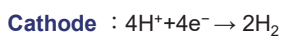
外部資金 令和6年度環境研究総合推進費

No. 15

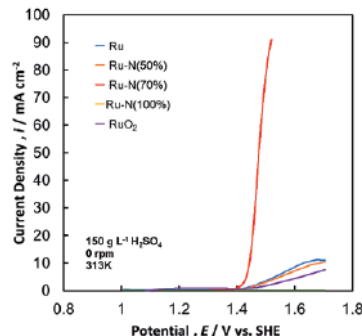
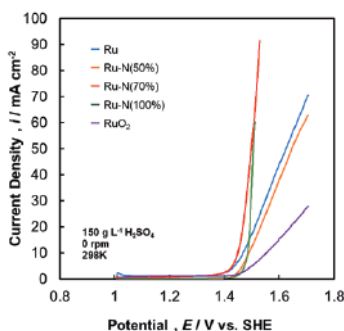
豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術4

酸素発生電極触媒の 開発(水素製造)

将来、秋田県内産業への貢献できる可能性



N ₂ 含有量	Atomic ratio (%)			N/Ru
	Ru	Ti	N	
0(Ru)	99.5	0.89	0.00	0.00
50(Ru-N 50%)	94.2	3.61	2.24	0.02
70(Ru-N 70%)	74.4	1.00	24.60	0.33
100(Ru-N 100%)	19.2	55.3	25.50	1.33



適した条件で作製したRu窒化物は、RuO₂よりも高活性であり、安定性に優れることを発見

CO₂電解還元 触媒の開発

- 実験機器の不具合のため令和5年度は中断
- 令和6年度の共同研究に向けて県外企業と技術相談

No. 16

令和5年度事業成果



研究成果発表

招待講演: 4件, 国内会議発表: 44件, 国際会議発表: 4件, その他発表: 4件, 新聞等報道: 7件
査読付論文: 8件, 総説・解説: 4件, 特許出願: 4件, 受賞: 1件

県内企業と連携

- DOWAホールディングス, DOWAエコシステム株式会社との「リチウムイオン電池のリサイクル正極材料」に関する共同研究
- DOWAエコシステム株式会社との「使用済み太陽光パネル由来シリコンの蓄電池電極材料へのリサイクル」に関する共同研究契約
- TDK株式会社との「電極活物質」に関する受託研究契約
- 秋田中央海海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
- 株式会社北日本コンピューターサービスとの「アンモニアの合成および分解」に関する共同研究契約

啓発・教育活動

- 令和5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5年度 秋田大学公開講座 物質科学への誘い「エネルギーを貯蔵するリチウムイオン電池の材料合成」(大川)
「電子が関わる化学技術とカーボンニュートラル」(高橋)
- サイエンスラボ(高校生対象実験教室)「リチウムイオン電池をつくってみませんか(2回)」(熊谷)
- 秋田大学 環境と安全のための講演会「水電解と燃料電池の電極触媒」(高橋)
- 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)
- 技術セミナー(株式会社R&D支援センター)「リチウムイオン電池の基礎とそのリサイクル技術の動向」(熊谷)

No. 17

令和6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
風況の予測データを用いた将来の発電量を予測する数理モデルの構築(古林)
- (2) 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
太陽光発電および風力発電の分散型電源と電気自動車に搭載される蓄電池を活用するマイクログリッドの自立条件の解析(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高性能化。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, 安部)
- (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. 18

(5) 医理工連携産業研究開発事業の報告（令和5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

予 算 額	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
協力教員氏名	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 田中 元志 准教授 関 健史 講師
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。
実施内容・成果	「高齢者の安全な移動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。また、歩行者、サイクリスト、ドライバーの行動を計測可能な各種VRシミュレータを開発し、「交通事故に遭いやすい高齢者」に共通する行動の特徴および事故誘発要因を一部明らかにした。 担当 水戸部 教授 予算 間接経費 461,000円 事業費 100,000円 「フレイル予防を目的とした機器開発」 JKAによる研究補助事業により、車いす取付型とベッドサイド設置型の新しい下肢リハビリ機構の開発を進めた。また、高齢者に多い変形性膝関節症（膝OA）の新しい診断システムについて、過去の研究で計測された膝OA患者の運動データを用いて早期診断と経過観察の判定プログラムを作成し、診断装置としての精度検証を行った。上記の開発については、附属病院および関連施設で患者を対象とした評価を行うため、特定臨床研究の申請に必要な書類作成について担当医師との打ち合わせを行った。 再生医療と下肢リハビリテーションロボットによる対麻痺患者を対象とした臨床研究は本年度で終了した。その効果については医学部側からの論文発表を待って公開し、医療機器として開発する協業企業を模索する。 担当 巖見・宮腰 教授 予算 間接経費 461,000円 事業費 100,000円 「医療機器の開発」 瞬き・眼球運動機能を持たせたエピーテーゼについては、健側の目と同調した瞬き・眼球運動を実現することができ、また、多指多関節ハンド型器具についても、実際に試作等を行い、ハンド先端部で物体の把持・回転を可能とした。さらに、循環器領域における医師の偏在化等を補う遠隔診療に、ロボット技術を導入することについて、ロボットが患者に対してプローブ操作を行うことを想定した機械式の安全装置について設計・試作等を行った。これらの研究について、学会発表を行うとともに論文投稿の準備を進めている。 担当 長縄 教授・関 講師 予算 間接経費 461,000円 事業費 100,000円

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
- 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, 関講師, 巖見

部門研究活動活性化経費(間接経費)	1,383千円
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 1,683千円

「高齢者の安全な移動のための医理工連携研究」

担当 水戸部教授 予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

「医療機器の開発」

- (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
- (3)遠隔超音波診断を補助するロボット

担当 長縄教授・関講師 予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

「フレイル予防を目的とした機器開発」

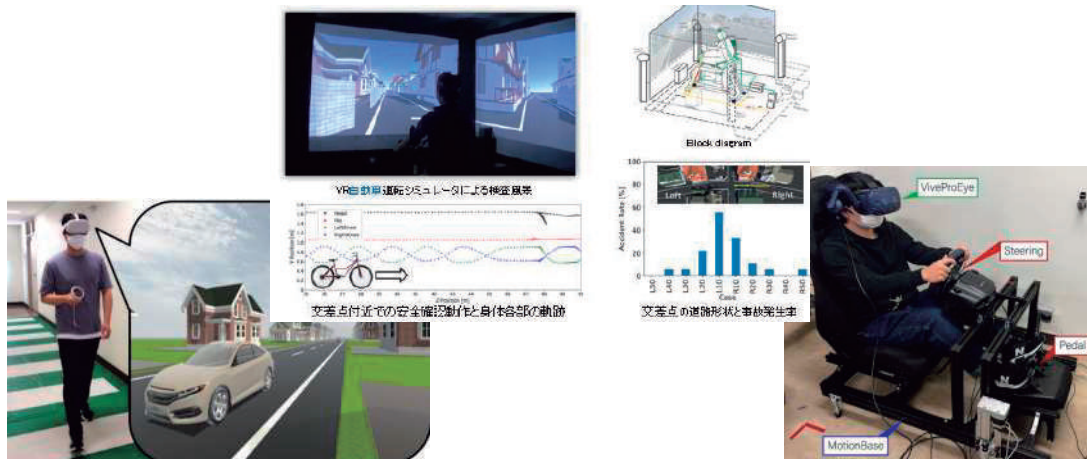
- (1) 上肢・下肢リハビリロボット
- (2) 車いす取付型とベッドサイド設置型の下肢リハビリ機構
- (3) IMUを用いた変形性膝関節症の早期診断システム

担当 巖見・宮腰教授 粕川准教授
予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

「高齢者の安全な移動のための医理工連携研究」

担当 水戸部教授 予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

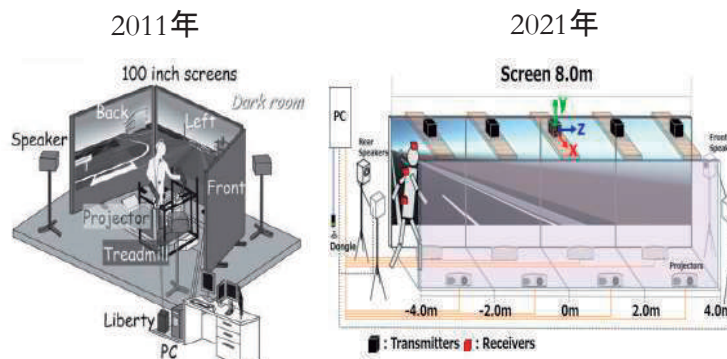
本研究プロジェクトでは、高齢ドライバーの交通事故の誘発要因を明らかにし、免許返納時期をより正確に見極めることが可能な検査技術の構築を最終的な目的として、視線計測可能なVRドライビングシミュレータを開発した。また、歩行者、サイクリスト、ドライバーの行動を計測可能な各種VRシミュレータを開発し、「交通事故に遭いやすい高齢者」に共通する行動の特徴および事故誘発要因を一部明らかにした。



先行研究との比較

5

CAVE型(先行研究)



HMD型



	2011	2021	2024
移動	トレッドミル	実歩行	実歩行
映像	プロジェクター &スクリーン	プロジェクター &スクリーン	HMD
視野角	制限なし	制限なし	110°
描画レート	6.5Hz	60Hz	72Hz
計測方法	磁気式MoCap & トレッドミル	磁気式MoCap	VSLAM(HMD)

HMD型歩行環境シミュレータ

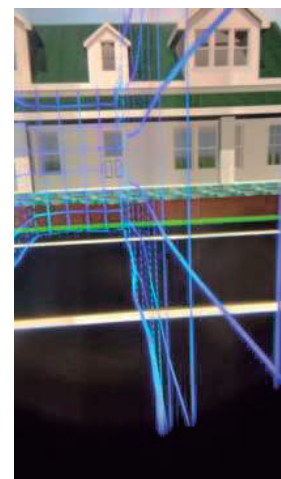
6



使用時の様子

特徴

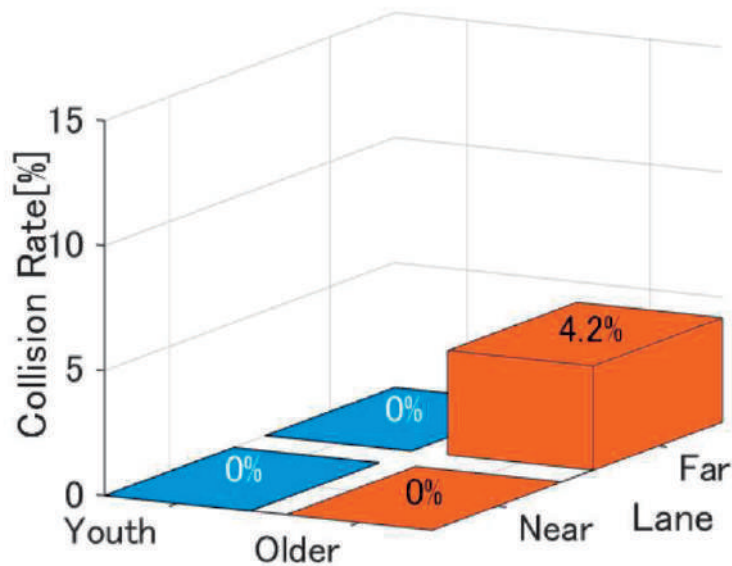
- VisualSLAMにより位置推定
⇒ **HMD単体**で頭部の位置・姿勢を**72Hz**で計測
- 準備や持ち運びが容易
- 視野の全てが仮想空間であり, **没入感が高い**



ガーディアン 安全面

- エリア範囲外接近時に
ガーディアンを表示
⇒ 壁との衝突を回避

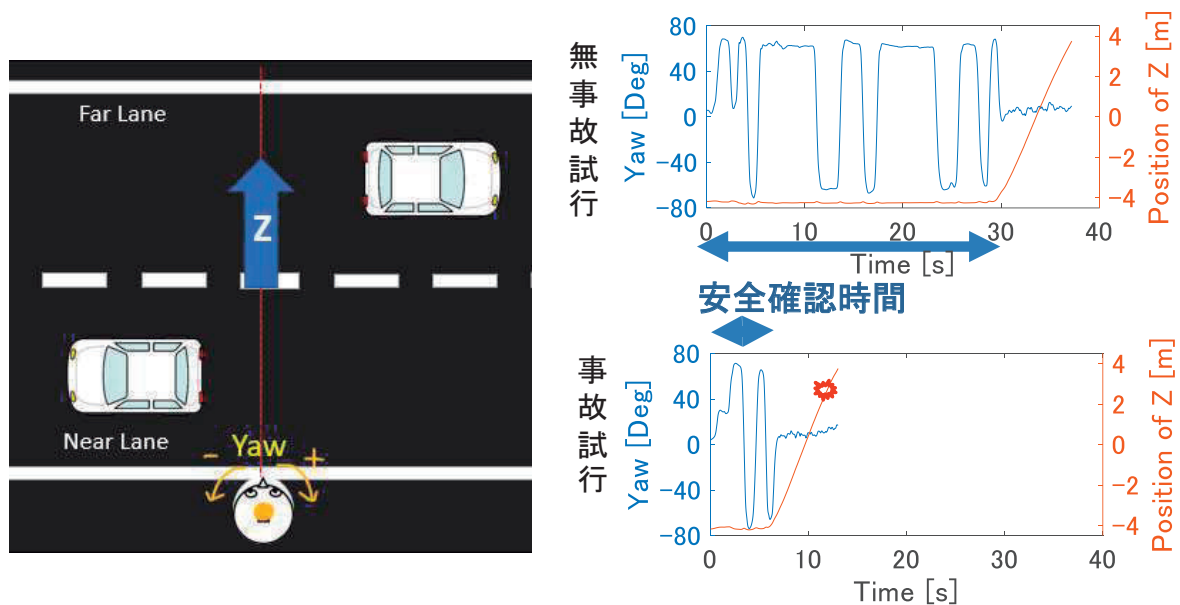
①交通事故発生率



- 手前車線では事故率が0%
- 高齢者は奥車線で事故発生(4.2%)

②頭部のyaw成分およびz成分の経時変化の一例

8



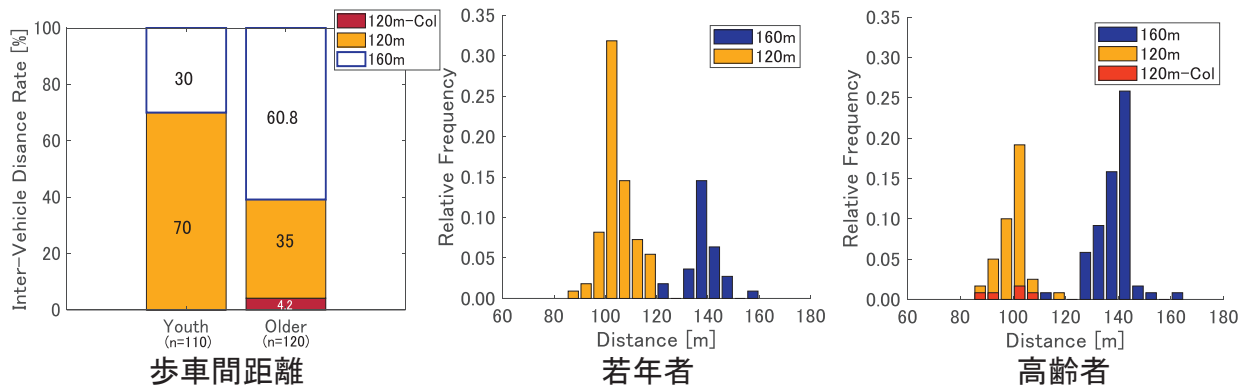
- **頭部を左右に約70度回転**させて左右の安全を確認.
- 奥車線侵入後は正面を向いて横断している.
- 無事故試行は安全確認時間が長い.

③ 選択車間距離・歩車間距離

選択車間距離: 横断した車間距離の種類 (40m, 80m, 120m, 160m)

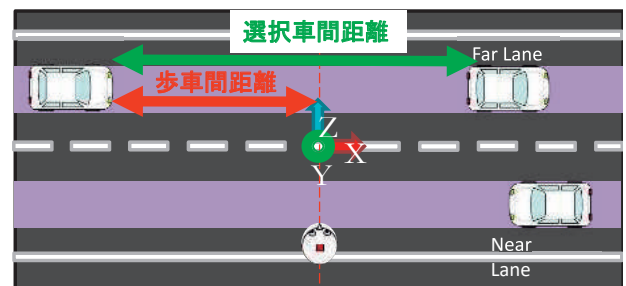
最接近車両: 横断した車間の後方車両

歩車間距離: 車道侵入時における歩行者から最接近車両までの距離



高齢者

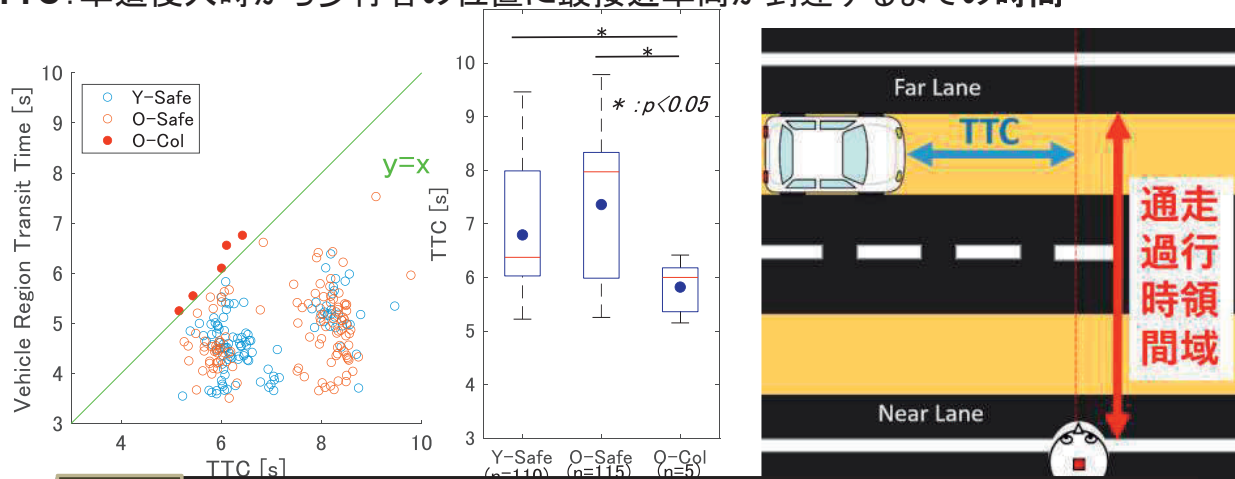
- 160mでの横断が多い
- 120mで横断した際に事故 (120m-Col) が発生



④ Time To Collision (TTC)

走行領域通過時間: 車道侵入時から奥車線の車両走行領域の外に出るまでの時間

TTC: 車道侵入時から歩行者の位置に最接近車両が到達するまでの時間

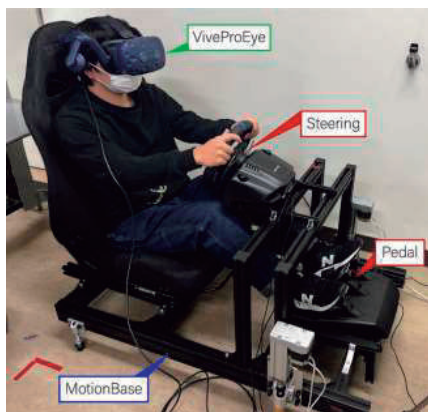


考察

- 事故試行のTTCは有意に短い。
- 横断開始行動の遅れが事故要因の一つ

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

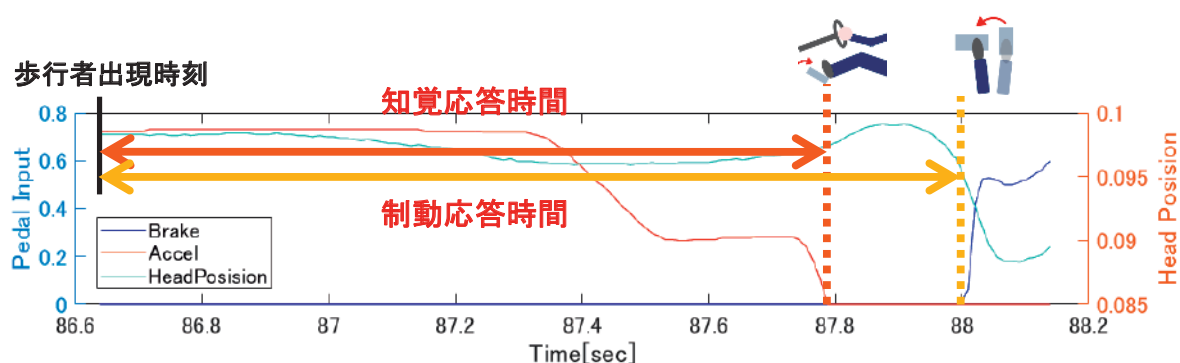
70Hzで記録



左側から出現（街路樹）

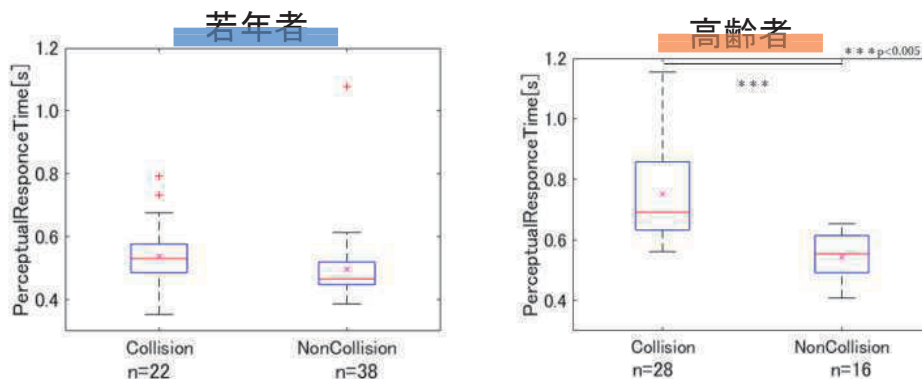


右側から出現（対向車両）



知覚応答時間

事故試行と無事故試行



- ・高齢者群でのみ事故試行群と無事故試行群間に有意差が生じた
- ・高齢者の無事故試行と若年者の事故・無事故試行とに有意差は無かった

考察

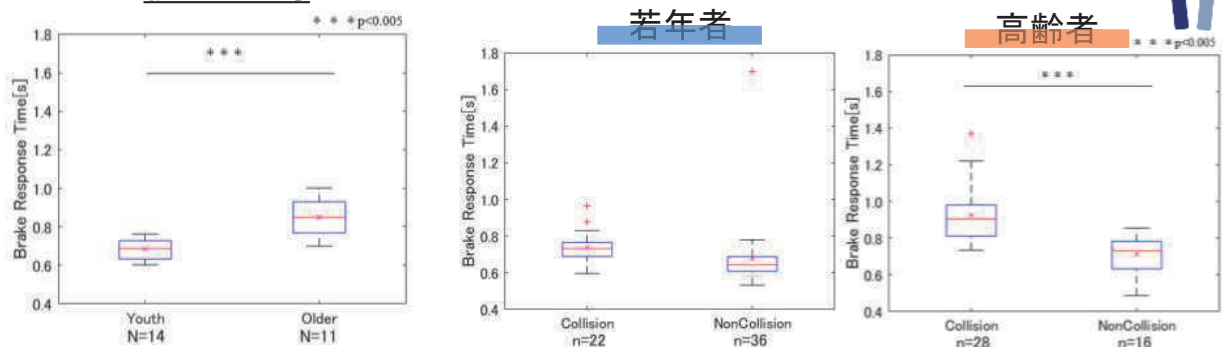
- ・高齢者の主な事故原因は知覚応答時間の増大である。
- ・知覚応答時間は、高齢者の事故発生に直接関与する評価項目として有用

13

制動応答時間

個人平均

事故試行・無事故試行



- ・高齢者群の制動応答時間が若年者群と比べて有意に大きい
- ・高齢者群 事故試行群と無事故試行群間に有意差

考察

- ・制動応答時間は、知覚応答時間より増大する。
- ・知覚応答時間を減算することで、ブレーキに踏み替える時間を算出可能。
- ・知覚応答時間と同様、制動応答時間は高齢者の事故リスクの評価項目として有効。

14

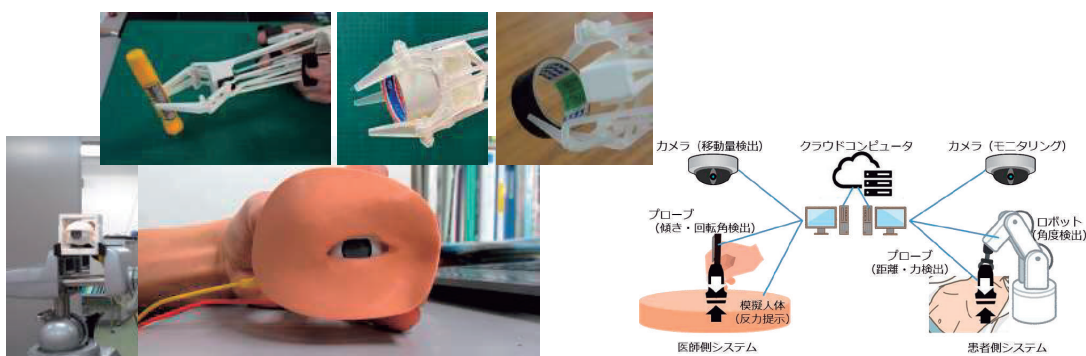
「医療機器の開発」

- (1)瞬きする眼窩エپیテーゼの開発
- (2)顕微鏡手術中に使用できるSmall magic handの開発
- (3)遠隔超音波診断を補助するロボットの開発

担当 長縄教授・関講師 予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

瞬き・眼球運動機能を持たせたエپیテーゼについては、健側の目と同調した瞬き・眼球運動を実現することができ、また、多指多関節ハンド型器具についても、実際に試作等を行い、ハンド先端部で物体の把持・回転を可能とした。

さらに、循環器領域における医師の偏在化等を補う遠隔診療に、ロボット技術を導入することについて、ロボットが患者に対してプローブ操作を行うことを想定した機械式の安全装置について設計・試作等を行った。



「瞬きする眼窩エپیテーゼの開発」

悪性腫瘍や外傷等の要因による身体の欠損を補うため、体の表面に取り付ける人工物であり、装着することで健常者と変わらない外見を手に入れることができるため、患者の早期社会復帰に役立っている。特に、瞼や眼窩組織が欠損している場合には、眼窩エپیテーゼを用いた処置が行われるが、**これまで瞬きするエپیテーゼは開発されていない。**

歯科口腔外科



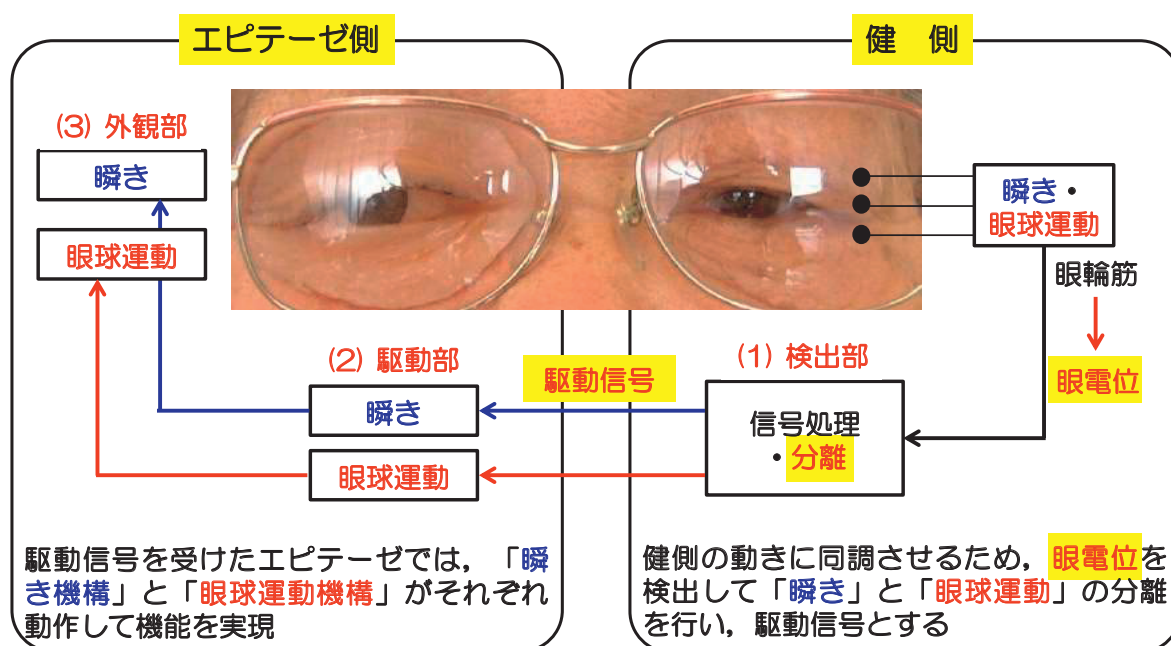
眼窩エپیテーゼ



エپیテーゼ装着前後

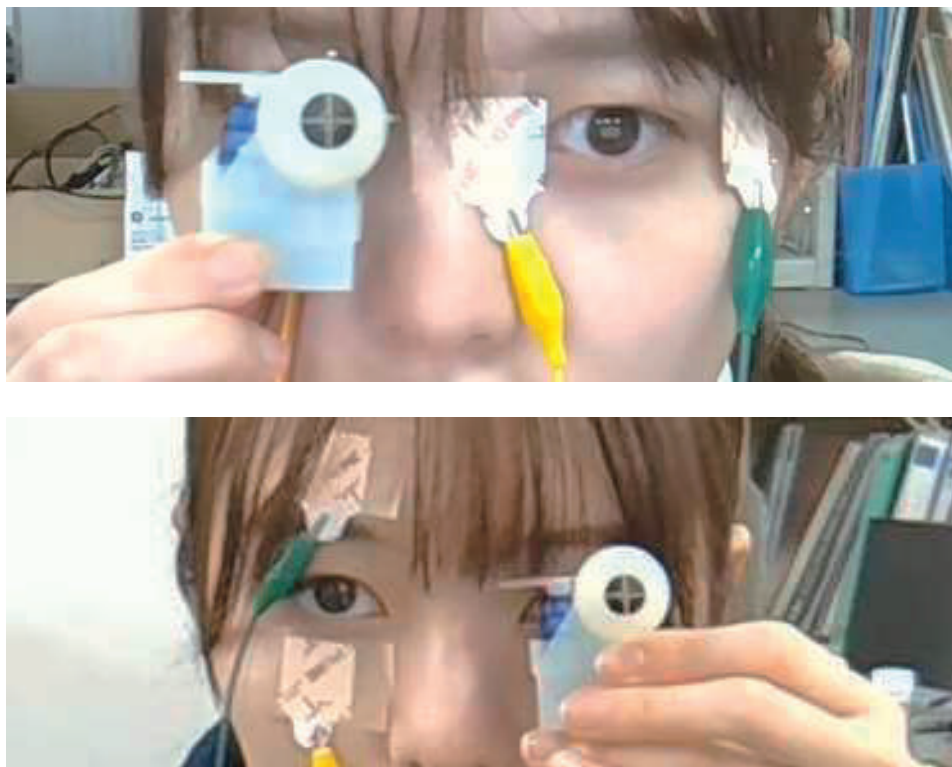
システム構成について

＜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。



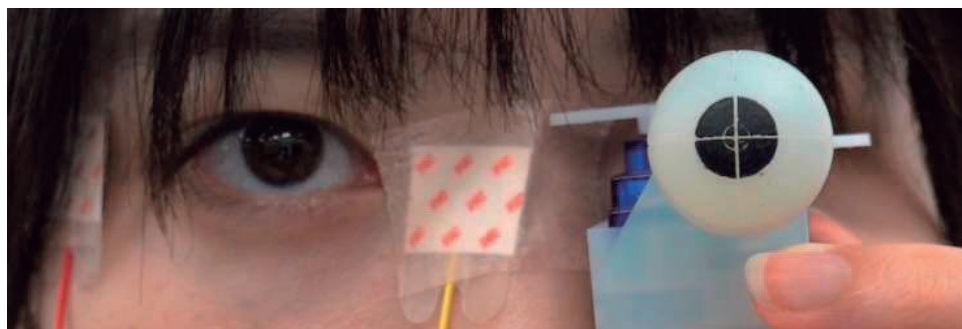
17

健側と同調した眼球運動の様子



18

健側と同調した眼球運動の様子



位相進み補償を行うことにより，動作遅れの改善

19

「Small magic handの開発」

～顕微鏡手術中に使用できる『小さな手』～

手術では，剥離子は耳かきのような1本指，撮子や鉗子などは箸のような2本指に相当。人間の手ができる動作（握む，把持する，擦る，取る，練る，押す，引く）可能とする**5本指のハンドがあれば，手術でさらに繊細で安全な操作が可能になるのでは？**

脳神経外科

脳べら



剥離子



撮子

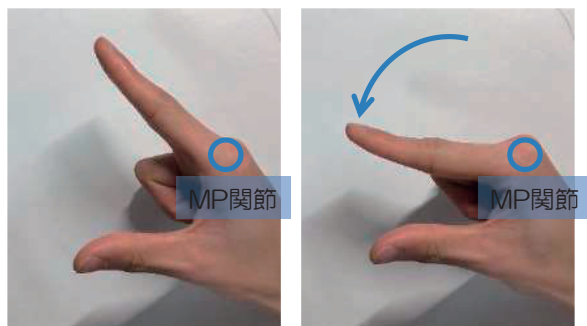


鉗子

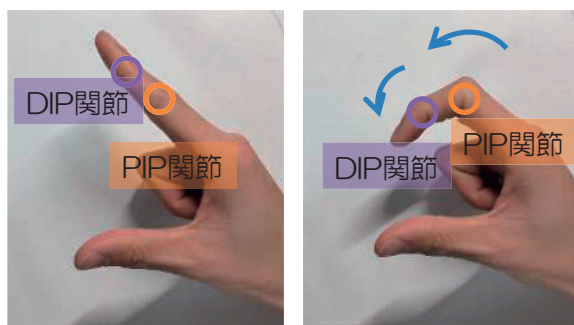


20

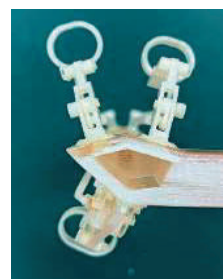
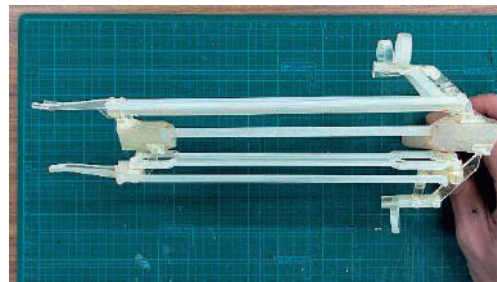
コンセプトについて



ヒトの手のMP関節の屈曲の様子

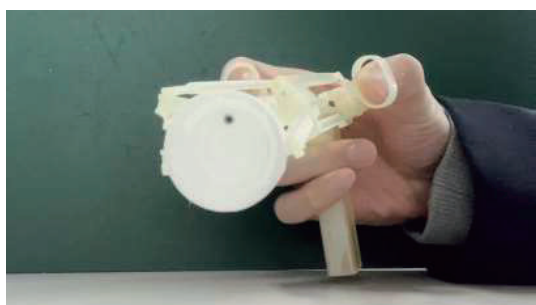
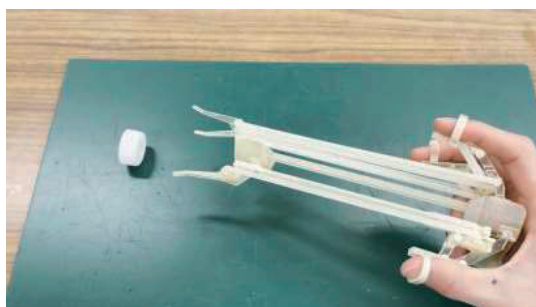


ヒトの手のPIP関節, DIP関節の屈曲の様子



21

動作の様子（物体の把持）



ペットボトルキャップの把持：○
ペットボトルキャップの回転：○

10mm径球状物体の把持：○
10mm径球状物体の回転：×

22

「遠隔超音波診断を補助するロボットの開発」

遠隔超音波診断装置を用いた医療支援

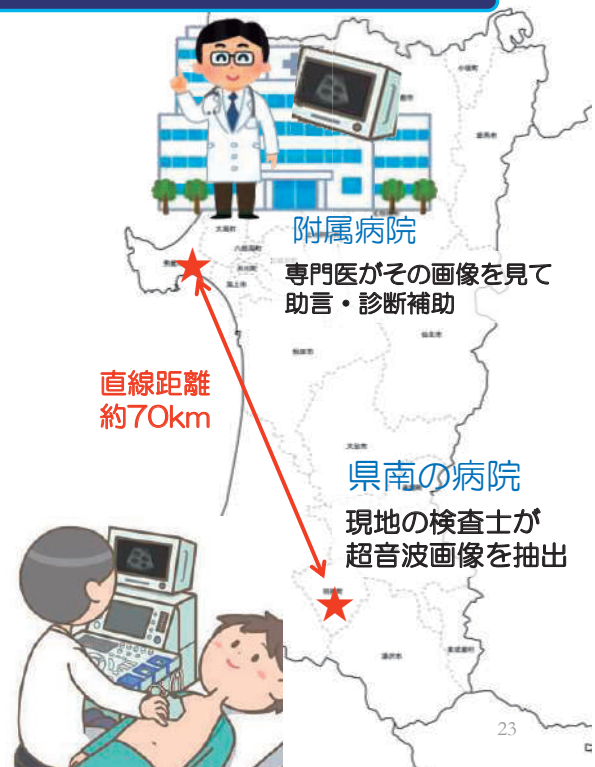
循環器疾患における“超音波検査”

診断・病態把握のために有用であるが、
超音波専門医が不在の地域も多い

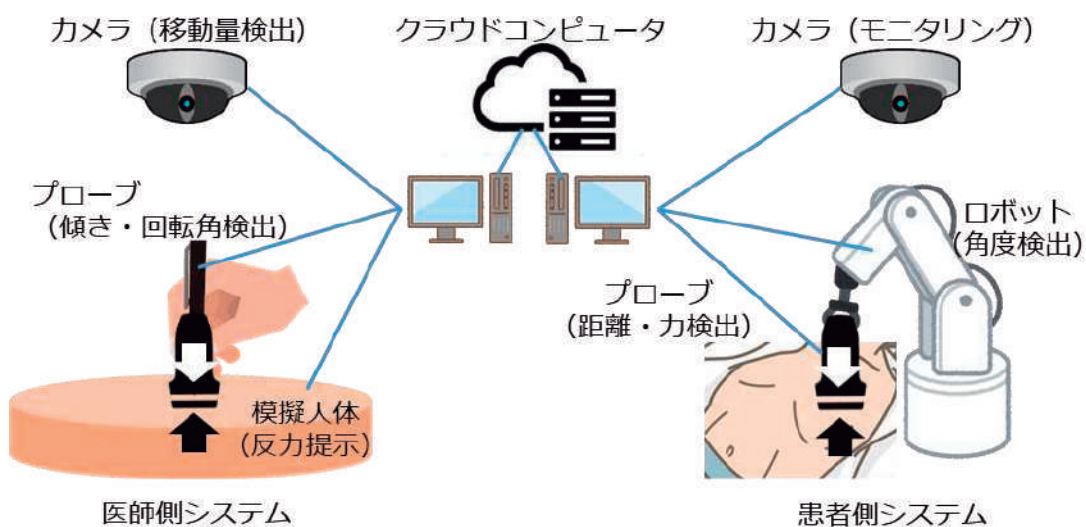


離れた場所でもリアルタイムで超音波
画像の共有を行える最新技術を活用

- 弁膜症手術適応
- 心臓腫瘍の疑い
- 二次性心筋症の疑い
- 局所壁運動異常 等

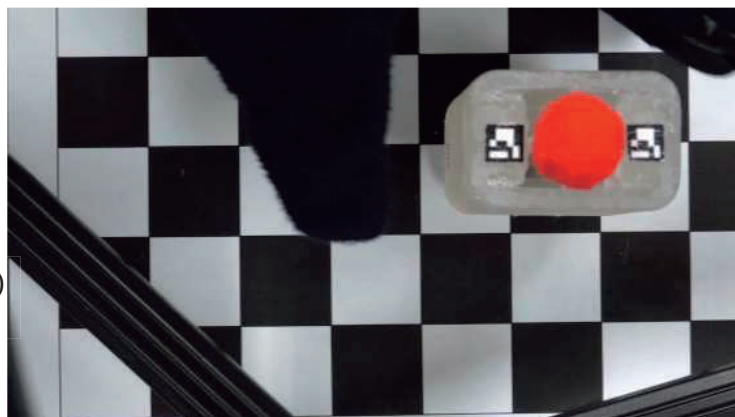
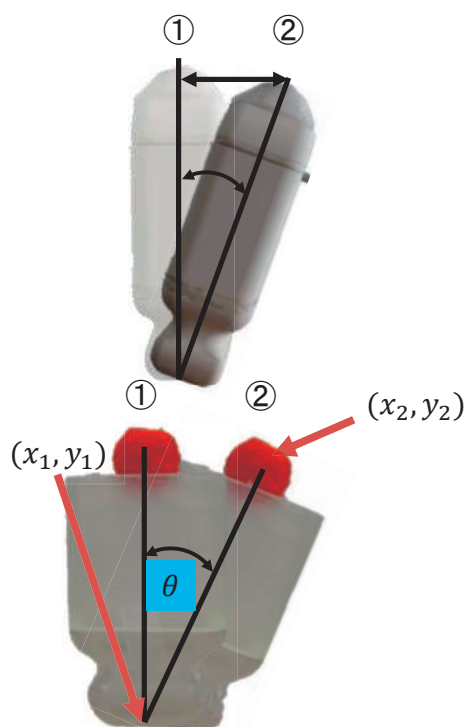


ロボットを活用した遠隔診療について



カメラを用いた移動量の検出について

ARマーカを貼り付け、画像処理により傾き角度を検出



25

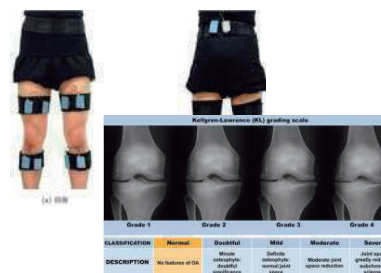
「フレイル予防を目的とした機器開発」

- (1) 上肢・下肢リハビリロボット
- (2) 車いす取付型とベッドサイド設置型の下肢リハビリ機構
- (3) IMUを用いた変形性膝関節症の早期診断システム

担当 巖見・宮腰教授 予算 間接経費 461千円 事業費 100千円

再生医療と下肢リハビリテーションロボットによる対麻痺患者を対象とした臨床研究は本年度で終了した。今後、片麻痺患者の歩行訓練にも用いるため、健側フィードバックとアシスト量自動調整システムを連携した新しいシステムの開発を行った。

JKAによる研究補助事業により、車いす取付型とベッドサイド設置型の新しい下肢リハビリ機構の開発を進めた。また、高齢者に多い変形性膝関節症（膝OA）の新しい診断システムについて、早期診断と経過観察の判定プログラムを作成し、診断装置としての精度検証を行った。この2つの開発については、医療施設で患者を対象とした評価を行うために必要な特定臨床研究の申請準備を進める。



対麻痺対応歩行訓練ロボット



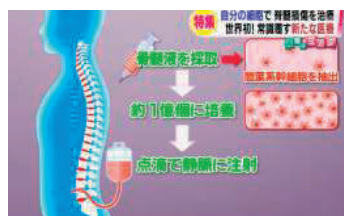
ロボットによる歩行リハビリテーション

- ・ 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

- ・ ハイブリッドFES(FES + モータアシスト)
- ・ 機械学習によるアシスト量自動調整
- ・ 再生医療との組み合わせ



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



対麻痺対応歩行訓練ロボット



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

- ・ ハイブリッドFES(FES + モータアシスト)
- ・ 機械学習によるアシスト量自動調整
- ・ 再生医療との組み合わせ

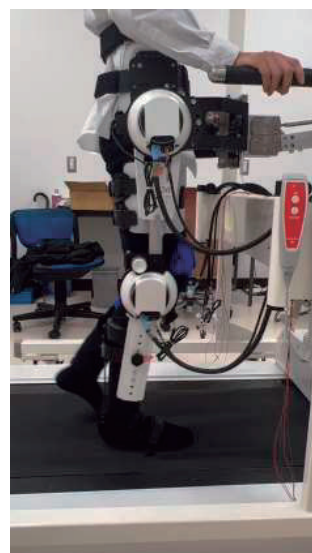
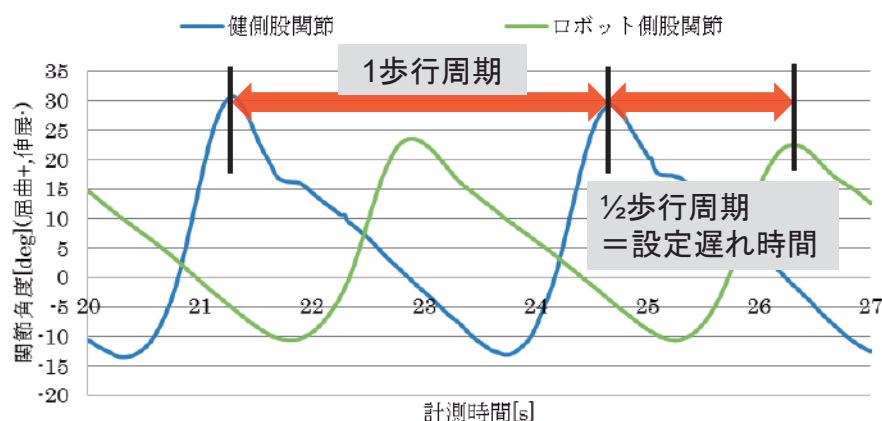


再生医療と下肢リハビリテーションロボットによる対麻痺患者を対象とした臨床研究は本年度で終了した。その効果については医学部側からの論文発表を待って公開し、医療機器としての開発と協力企業を模索する

片麻痺歩行訓練への対応

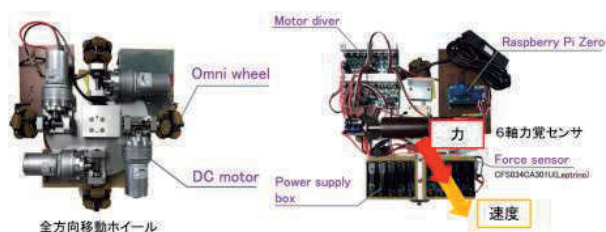


AkitaTrainerを片麻痺患者の歩行訓練にも用いるため、健常下肢の動きをロボットにフィードバックして麻痺下肢の動きを指定する健側フィードバックと、ロボットのアシスト量を患者の能力に合わせて自動調整するシステムを連携した新しいシステムの開発を行った。

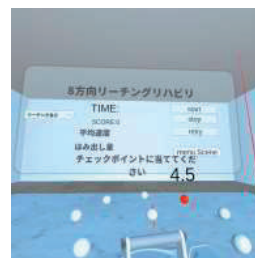
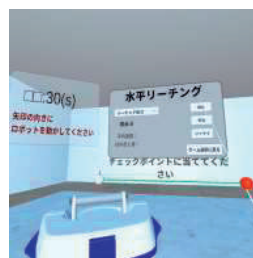
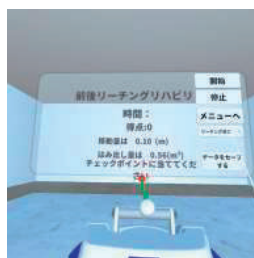


上肢訓練ロボット

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



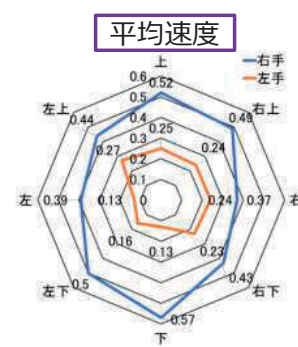
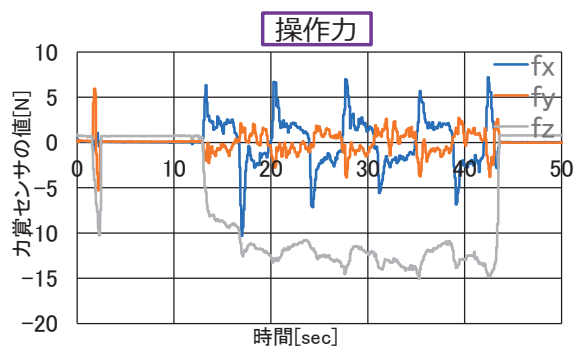
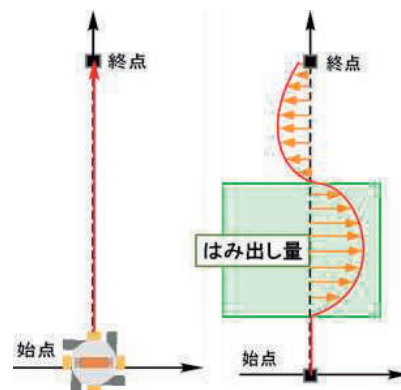
リハビリメニュー（4種類）



上肢訓練ロボット

巧緻性の評価項目

- 1, はみ出し量
- 2, 操作力
- 3, 平均速度
- 4, 得点数



上肢訓練ロボット

Meta Quest 3 を用いた開発へ



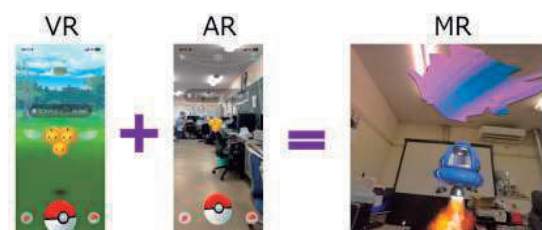
リハビリマウス



Meta Quest 3 (MR)

MR (Mixed Reality : 複合現実) にすることのメリット

- ・使用者の手やリハビリマウス本体を見ることが出来る
- ・普段過ごしている環境に近い空間でリハビリ運動が出来る
- ・MRとVRの2パターンのリハビリメニューが選べる

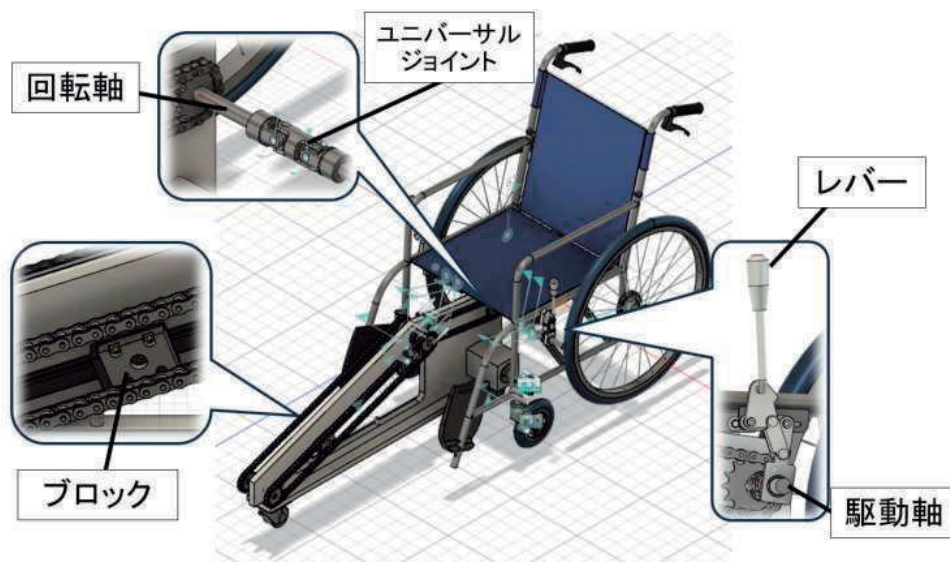


FESサイクル

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



設計の一例



目標:リハビリ機器としての製品化

人間工学に基づく設計

運動シミュレーションからの解析

仮想的な運動を設定し
運動シミュレーション
から計算

3次元筋骨格モデル

逆動力学解析

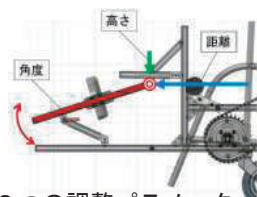
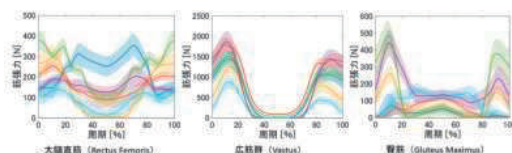
- ・身体運動
- ・ペダル反力

- ・関節モーメント
- ・筋張力
- ・関節間力

生体内力

モーションセンサと
フォースセンサにより
実際の運動を計測

3次元筋骨格モデルを用いた運動解析とシミュレーション



3つの調整パラメータ

距離 [m]	高さ [m]	角度 [deg]
0.35	-0.2	0
0.45	-0.1	10
0.55	0	20
0.65	0.1	30
	0.2	40
		50



理学療法士による評価の様子



移動タイプ2次試作機

人間工学に基づく評価

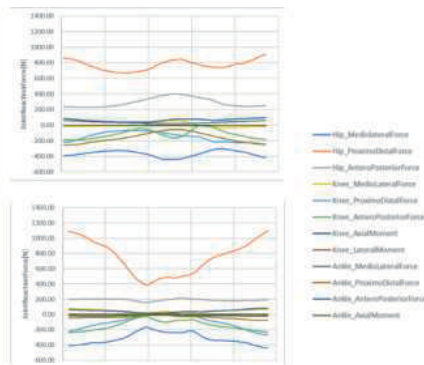
運動計測からの解析



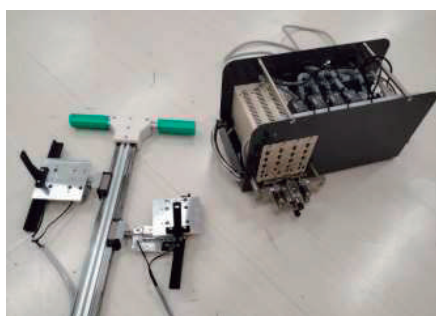
運動計測の様子



運動計測に基づくモデル解析



股関節、膝関節、足関節の関節間力



ペダル型フォースセンサ



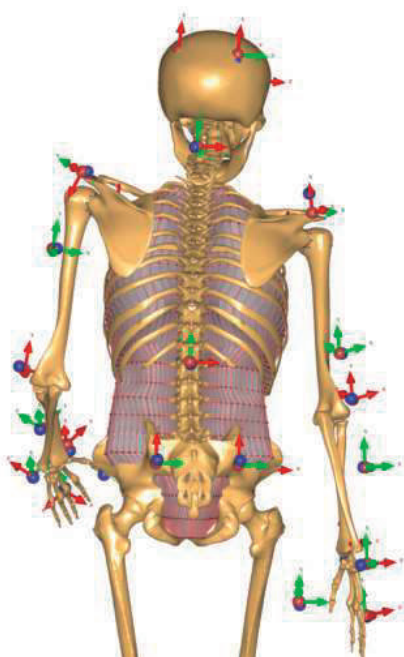
医療従事者による評価の様子



設置タイプ2次試作機

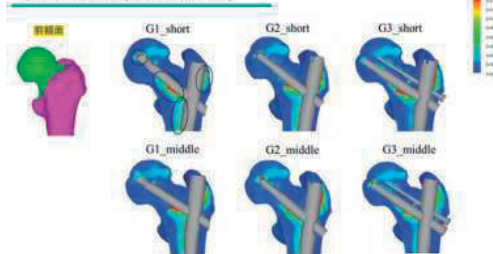
3次元筋骨格モデルによる医療分野の研究

髄内釘固定術に用いる固定方法



脊椎後湾変形や脊椎固定手術の
力学的評価

③ 圧縮ひずみ(大腿骨近位部)



4力所の集中

1. ブレード・ラグスクリュー先端
2. 骨折部付近におけるブレード・ラグスクリューの下
3. ブレード・ラグスクリューとネールの接合部付近
4. ネールの右上

インプラントが骨に及ぼす影響を
有限要素解析により評価

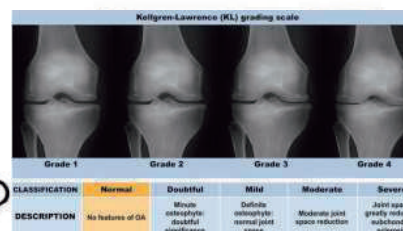
36

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



健常群 / KL2群 ⇒ 早期発見

正解率 87.3%

KL2群 / KL4群 ⇒ 経過観察

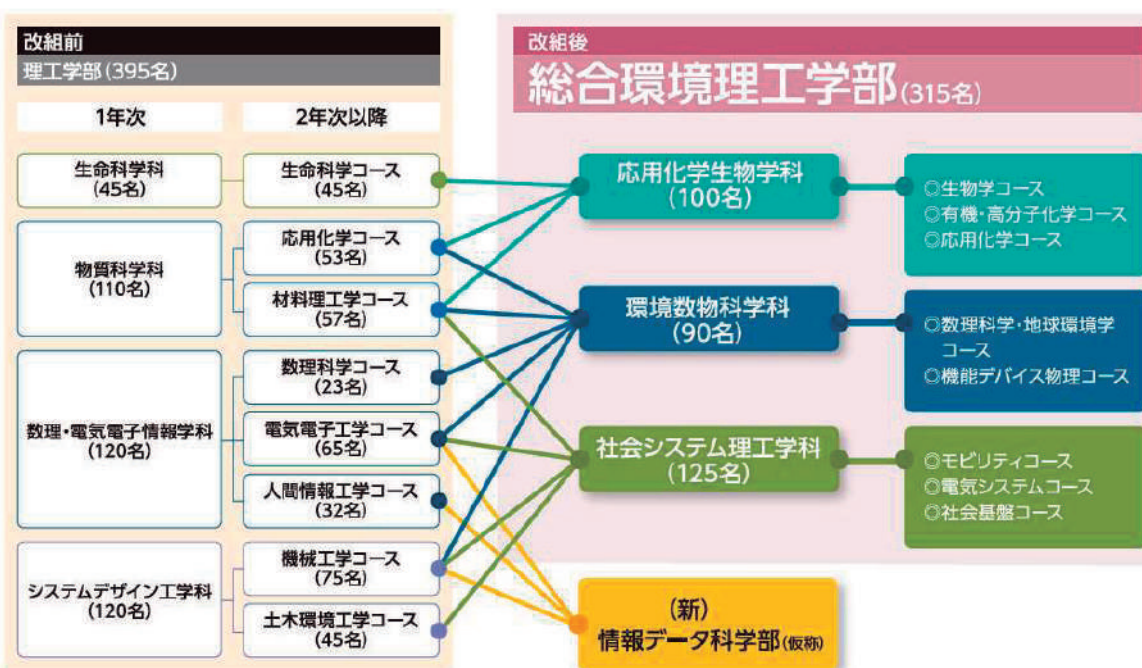
正解率 81.3%

⇒ 医療機器開発助成への申請と臨床研究に向けた審査申請

学部改組の概要

グリーン社会の実現とデジタル技術に関連した教育と研究を強化

既存の「4学科8コース体制」から「3学科体制」に再編



情報学・データサイエンスを応用する「研究分野」について

人間情報系

情報技術を活用した身体情報のセンシングや、人とコンピュータのインタラクションに関する情報収集・生成・解析し、より付加価値の高い情報機器とするためのアプリケーションや、システム開発等を通じて、人と人のつながりの質を高める情報技術に関する教育研究を行う分野。

研究テーマ(例)

- 自動車、自転車、歩行用VRシミュレータの開発と老化に伴う機能低下の評価
- 高齢者を対象とするeスポーツ実用時の感情測定に関する研究
- リモートセンシングデータとAIによる八郎湖の水質推定手法に関する研究 など



画像の写しと機械学習による動画内容の識別



高齢者等の運動能力を測定する装置の開発

主な施設

- 情報系大学院
- ITエンジニア など
- 情報サービス系、情報活用推進課、総合システム設計課、企業等のIT関連研究者、教員等

知能ロボティクス系

使用者のニーズや使用環境等に関するデータを、情報技術を活用して収集し、解析した結果に基づき、CADによる設計や、制御のためのAIを活用したプログラミング等により、人間支援を行うロボットを開発する教育研究分野。

研究テーマ(例)

- 遠隔診療で活用するマスター・スレーブロボットシステムの制御
- 高齢者・障がい者を対象としたリハビリテーションロボットの開発
- 空気圧人工筋を用いた身体動作支援機構の開発 など



高齢者等の歩行能力を訓練する装置

主な施設

- 情報系大学院
- システムエンジニア など
- ロボット・製造用機械・各種機械系の製造業、医療・介護機器のシステム開発者、教員等

データサイエンス系

人間の行動履歴や観光における人流、企業等における経営情報、ソーシャルデータ、オープンデータや各種統計データ等、社会におけるビッグデータを収集・解析し、新たな観光振興や地域振興等に関する教育研究を行う分野。

研究テーマ(例)

- 匿名化コンテキストを考慮したパーソナライズ生成AIガイドツアーサービス
- 画像認識とAIを用いた消費者行動解析手法に関する研究
- 観光体験ログの記録と共有によるデジタル地域観光エコシステムの構築と実証 など

主な施設

- 情報系大学院
- データサイエンティスト など
- 官公庁・金融・保険分野等のデータサイエンティスト、システム開発者、教員等



生成AIを活用したツアーガイドナビゲーション

地震・気象やエネルギーの流れ等に関する情報を収集し、蓄積したビッグデータ解析等により、様々な災害発生や地域のエネルギー問題を把握し、これらを活用した新たな防災対策やエネルギー管理等に関する教育研究を行う分野。

研究テーマ(例)

- IoT機械学習を用いた秋田県全域のリアルタイム地震災害危険度予測手法の開発
- 時空間情報分析に基づく洋上風力発電の導入影響評価
- 気象観測データを活用した豪雨発生予測の心理的影響に関する研究 など

主な施設

- 情報系大学院
- データサイエンティスト など
- 防災・エネルギーシステム等のデータサイエンティスト、分析員、教員 など



秋田大学地方創生センター地域産業研究部門事業工程表

事業名： 医理工連携産業創出事業
代表者名： 巖見武裕
(令和5年 9月05日作成)

		令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度	令和10年度
○第4期中期目標中期計画		関連する中期計画【4】新学部、【11】ヘルスケア工学院、【25】医理工連携研究の推進					
○年度計画							
○概算要求	令和5～9年度の計画として申請	組織整備(情報データ科学部の設置)・関連プロジェクト(医理工連携研究の推進を含む)					
	令和5年度の計画として申請	基盤的研究設備	基盤的研究設備を活用した研究の推進				
人材育成	1 学部生						
	① 理工学部	理工学部の学生指導(令和9年度まで卒業研究指導)					
	② 情報データ科学部			情報データ科学部の学生指導(令和10年度から卒業研究指導)			
	2 大学院生						
	① 理工学研究科・ヘルスケア工学院	医理工連携に関する研究指導					
	② 情報系新大学院				令和11年度から新大学院における医理工連携研究体制の構築・設置準備		
研究開発	1 高齢者等の機能診断法に関する研究	認知機能検査法の検討	認知機能検査法の試験		認知機能検査法の社会実装		
	2 高齢者等の運動支援法に関する研究	運動支援機器の検討	運動支援機器の試験		運動支援機器の社会実装		

(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	4月21日	International Conference on Functional Materials for Future Technology (IC-FMFT2023) 『Preparation and characterization of plastic co-crystals for cooling-system application』 (丹野剛紀)
2	6月17日	第20回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 『カンファー-カンファーキノン混晶のテラヘルツ振動と相転移』 (丹野剛紀 他)
3	9月8日	International Symposium for the 80th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan 『Phase transition of camphor-camphorquinone plastic co-crystals investigated by using terahertz spectroscopy』 (丹野剛紀 他)
4	1月18日	CEMSupra 2024 『Orientationally disordered phase of camphorquinone』 (丹野剛紀 他)

◇実施事業

	日 付	タ イ ト ル
1	8月17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		
	ジヨン サンヒ	国際資源学研究科	准教授		
	ゴデイリルウエ ラポーネ	国際資源学研究科	助教		
	山田 学	理工学研究科	准教授		
2	林 滋生	理工学研究科	教授	天然ゼオライト微粉末の堆積膜固定化ならびに化学的硬化に及ぼす添加物の影響	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	アミノ基を有する複素環化合物を用いた白金族金属の選択沈殿回収	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基金属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	高強度・高導電性Cu-Ti合金の組織制御	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	加藤 純雄	理工学研究科	教授	層状金属酸素酸塩の低温合成によるイオン交換特性制御	②
	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	②
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への導電性カーボン等の被覆	
	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ゴム様物質生産	①
	佐藤 幸保	理工学研究科	総括技術長		
14	尾高 雅文	理工学研究科	教授	短鎖抗体を内包したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能解析	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	活性汚泥および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

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
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	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
19	宮野 泰征	理工学研究科	准教授	レーザー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	②
20	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
21	高橋 亮平	国際資源学研究科	准教授	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
	ノバイア マニユエル アウグスト マニユエル	地方創生センター	博士研究員		
22	阿部 一徳	国際資源学研究科	助教	CO2フォームを用いた石油貯留層の生産プロファイルコントロール	①
	セーデキ カワジャ ナウード	地方創生センター	博士研究員		
23	近藤 良彦	理工学研究科	准教授	シクロデキストリン含有不溶性素材創成に関する研究	②
24	福山 繭子	理工学研究科	准教授	ウラン-鉛の放射壊変を利用した高精度岩石年代測定法の開発	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

(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
山本 泰幹	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	廃プラスチックのリサイクル	①
山内 悠愛	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	スズ回収プロセスの検討	①
橋本 美璃	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	浮選メカニズムの解明	①
小島 駿吾	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	バイオマス資源の有効利用研究	①
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	リチウム鉱石処理プロセスの開発	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

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
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	不純物含有鉱石の選鉱法に関する研究	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	鉄鉱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
雪田 涼太	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	ジオポリマー法による天然ゼオライト硬化体作製における繊維状添加物の効果	①
クマール プレム	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	ジオポリマー法による天然ゼオライト硬化体作製における原料ペーストの特性に及ぼすカオリン系添加物の影響	①
熊谷 香菜	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	電気泳動堆積法による天然ゼオライト堆積膜作製に及ぼすカオリン系添加物の添加量の影響	①
尾関 航弥	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	電気泳動堆積法による天然ゼオライト堆積膜作製におけるカオリン系添加物の諸特性の影響	①
五十嵐 優樹	理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	ジオポリマー法による天然ゼオライト硬化体作製におけるカオリン系添加物の諸特性の影響	②
佐山 康輔	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのVおよびAl添加による格子歪の導入と規則化	②
小野寺 瞭	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と熱処理による規則化	②
村上 知優	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添加による格子歪の導入とそのメカニズム	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
榊田 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化	②
原 聖也	理工学研究科 物質科学専攻	福本 倫久	溶融塩を媒体と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
廣田 航大	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	Mg含有Cu-Ti合金の時効析出挙動	②
林 慧太	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ソフト磁性薄膜の高周波磁気イメージング	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
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マイクロ波磁場イ 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 場の定量イメージング	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磁気記録ヘッドの 高周波磁気イメージング	②
勝山 郁子	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	高密度磁気記録媒体の実現に向けた■ -Fe16N2薄膜作製における反応性パルスDC スパッタリング条件の検討	②
小野 龍太郎	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	高磁化Co基超常磁性薄膜の実現に向けた Al-Oマトリックス作製における反応性パル スDCスパッタリング条件の検討	②
畠山 佳琳	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	様々な磁気特性を有する導電性磁性探針の作 製・評価とBiFeO3系薄膜の高感度な磁気・ 静電気力顕微鏡観察の検討	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) (Fe1-yMy) O3 (M=Ni,Co) 薄膜における磁気・誘電特性に 及ぼす置換元素種および置換量の効果	②
柳沢 真璃菜	理工学研究科 物質科学専攻	横田 早希	天然ゴム合成遺伝子導入酵母のゴム様物質生 産	①
山口 菜央	理工学研究科 物質科学専攻	横田 早希	天然ゴム合成遺伝子導入酵母のゴム様物質生 産	①
村松 亮弥	理工学研究科 生命科学専攻	尾高 雅文	短鎖抗体を内包したカプセル状タンパク質エン カプセリンの機能解析	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
中嶋 章仁	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
齋藤 康平	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
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
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
Kantamani Rama Swami	貴金属を対象とした新規分離剤の開発と貴金属分離プロセスの構築	①
SEDDIQI Khwaja Naweed	CO ₂ フォームを用いた石油貯留層の生産プロファイルコントロール	①
MACUROY Jonathan Tandang	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：特に浅熱水鉱床について	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：特に黒鉱型鉱床と造山型鉱床について	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

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. 二元系柔粘性結晶のテラヘルツ分光と熱分析
丹野 剛紀（地方創生センター） 89
2. 資源の有効利用を目的とした資源分離・リサイクル技術開発
柴山 敦・川村 茂・高崎 康志・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） 93
3. 天然ゼオライト微粉末の化学的硬化ならびに堆積膜固定化に及ぼす添加物の影響
林 滋生・加賀谷 史（大学院理工学研究科） 97
4. アミノ基を有する複素環化合物を用いた白金族金属の選択沈殿回収
寺境 光俊・松本 和也（大学院理工学研究科） 100
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） 103
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. 高強度・高導電性Cu-Ti合金の組織制御
齋藤 嘉一・廣田 航大（大学院理工学研究科） 110
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） 114
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） 118
10. 層状金属酸素酸塩の合成温度の検討
齊藤 寛治・小笠原 正剛・加藤 純雄（大学院理工学研究科） 124
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） 127
12. 超音波を用いたCO₂吸収したアミン水溶液からのCO₂低温脱離
大川 浩一・加藤 貴宏・任 傑（大学院理工学研究科） 132
13. 生物活性機能展開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） 137
14. 短鎖抗体を内包したカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能解析
尾高 雅文・松村 洋寿（大学院理工学研究科） 140

15. 廃棄植物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）	145
16. 玉川大噴泉の酸性温泉水中の元素の特徴	
石山 大三・佐藤 比奈子（大学院国際資源学研究科）	151
17. 磁気スキルミオン発現合金の開発	
肖 英紀・市瀬 智也・船津 和哉（大学院理工学研究科）	155
18. 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	
佐藤 祐一（大学院理工学研究科）	157
19. 銅クラッド鋼板を対象とした摩擦攪拌接合	
宮野 泰征・中道 萌希・野崎 海斗（大学院理工学研究科）	160
20. 連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜の上に積層した酸化物薄膜に関する研究	
辻内 裕（大学院理工学研究科）	163
21. Geochemistry of black ores of the Furutobe and Nurukawa deposits, 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）	167
22. CO₂フォームを用いた石油貯留層の生産プロファイルコントロール	
阿部 一徳（大学院国際資源学研究科）	
SEDDIQI Khwaja Naweed（地方創生センター）	173
23. シクロデキストリン含有不溶性素材創成に関する研究	
近藤 良彦（大学院理工学研究科）	176
24. ウランー鉛の放射壊変を利用した高精度岩石年代測定法の開発	
福山 繭子（大学院理工学研究科）	179
25. Recovery of Pt (IV) by Additive-Induced Co-Precipitation of Glycoluril-Based Macrocyclic Compound	
山田 学（大学院理工学研究科）	
KANTAMANI Rama Swami（地方創生センター）	182
26. Geology and geochemistry of the Utori vein group of the Osarizawa epithermal deposit, Akita, Japan	
高橋 亮平（大学院国際資源学研究科）	
MACUROY Jonathan Tandang（地方創生センター）	187
27. Optimized Lithology Classification Using Deep Learning and Hyperspectral Imaging in Tunnel Boring Machines	
安達 毅（大学院国際資源学研究科）	
SINAICE Braian Bino（地方創生センター）	192

二元系柔粘性結晶のテラヘルツ分光と熱分析

丹 野 剛 紀

(地方創生センター)

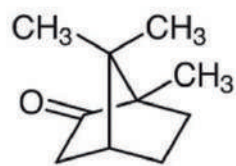
tanno@gipc.akita-u.ac.jp

概要：柔粘性結晶の配向性秩序－無秩序相転移の際のエントロピー変化を応用して新たな冷却システムを開発する機運が高まっている。本研究では古くから知られている柔粘性結晶であるカンファーと、構造が類似している分子カンファーキノンの混晶を任意の組成で調製し、そのテラヘルツ振動特性および熱物性を計測した。その結果、カンファーやカンファーキノンが示す特に大きなエントロピー変化には、高濃度の格子欠陥の存在が関与していることが示唆された。

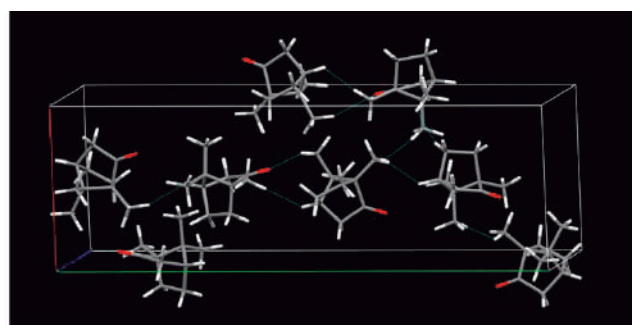
独自性・実用性：

柔粘性結晶は近年になっていくつかの産業応用が提案されている。特に冷却・冷蔵は全世界の電力需要の3割を占めると言われていて、柔粘性結晶を用いた省エネ冷却システムへの期待は大きい。

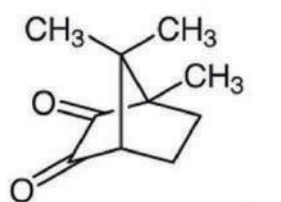
テラヘルツ分光は結晶中の分子の配向や動き、あるいはその乱れなどを計測できるので、材料の結晶としての性質を調べるのに好適なツールである。



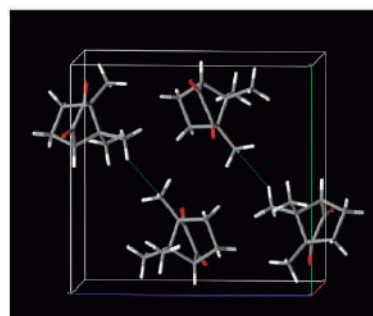
Camphor



Camphor
結晶構造

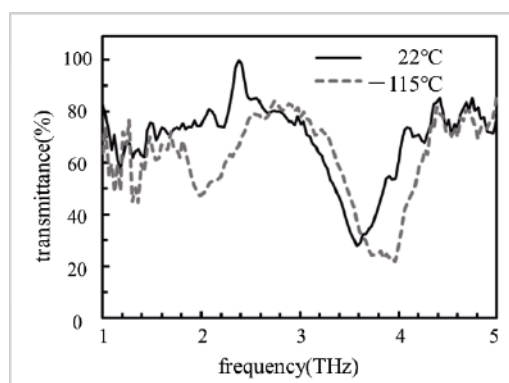


Camphorquinone



Camphorquinone
結晶構造

カンファー (camphor, CA) とカンファーキノン (Camphorquinone, CQ)



22°Cと-115°C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2THzに観察した(Figure 1).

Figure 1. Terahertz transmission spectra of camphor at room temperature (solid line) and low temperature (dashed gray line).

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.

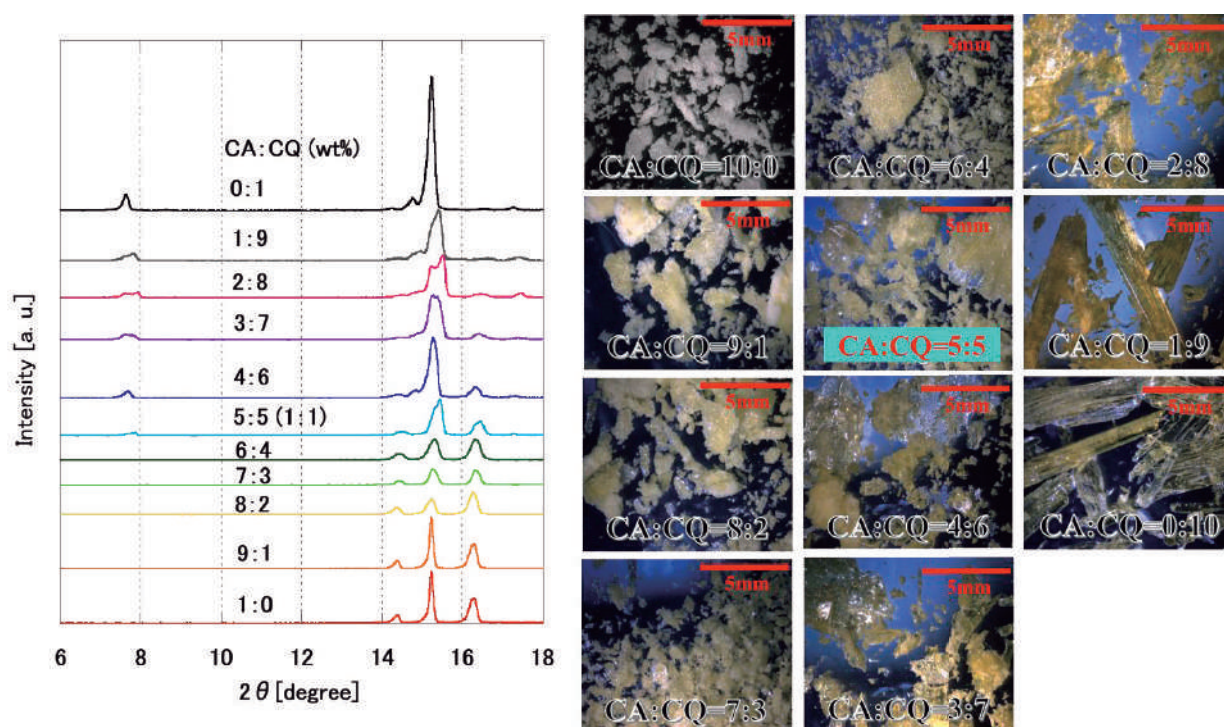
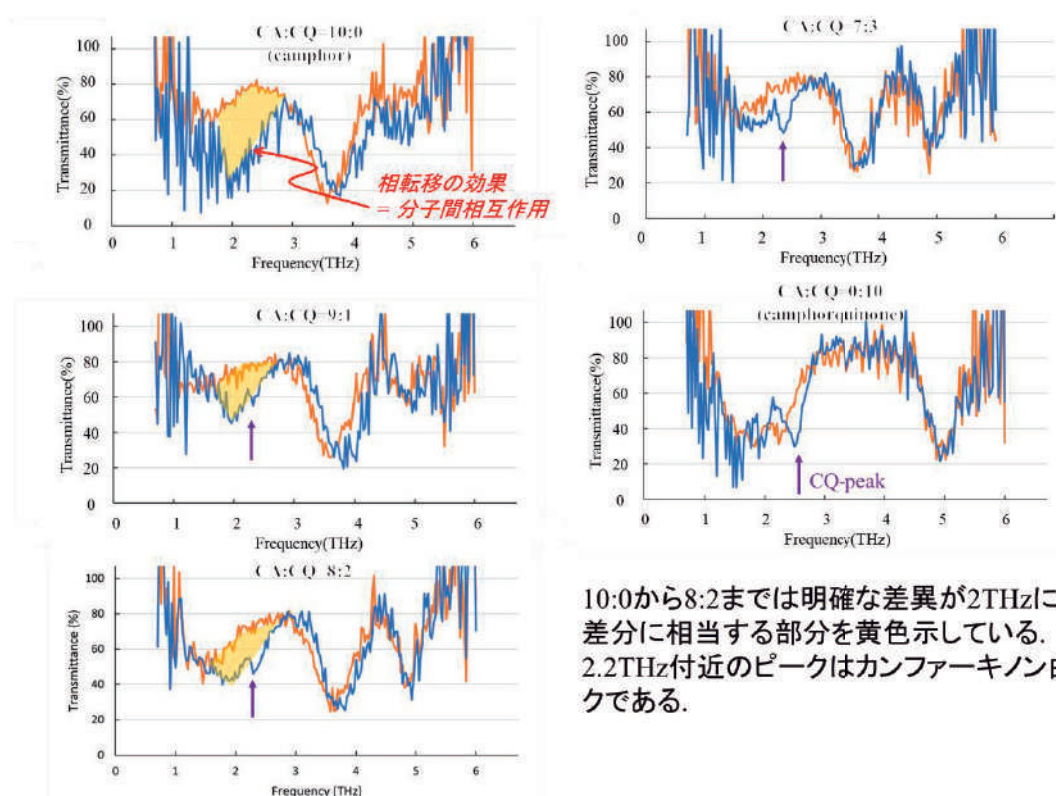


Figure 2. Powder X-ray diffraction patterns and polarized light microscope images of camphor, camphorquinone, and their crystals

CA:CQ=5:5(1:1)の辺りで、結晶構造が変化していることが分かる。さらに、CQ結晶構造内でCAが結晶化成分のCQと置換され、結晶格子が縮小していることが分かり、固溶されている可能性が示唆された。CA結晶の水素結合は三次元的なネットワークで、CQ結晶の水素結合は二次元的な方向性があり、その違いが、固溶特性に影響をおよぼしているものと思われる。



10:0から8:2までは明確な差異が2THzに見られる。差分に相当する部分を黄色示している。2.2THz付近のピークはカンファーキノン由来のピークである。

Figure 3. Comparison of terahertz spectra taken at room temperature and at low temperature (160 K).

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

	10:0 camphor	9:1	8:2	7:3	0:10 camphor quinone
T_{melt}/K	445-449	445	445	449	465
T_{trs}/K	241	204	178	162	330
$\Delta H_{\text{trs}}/\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$	81	49	30	9.9	103
$\Delta S_{\text{trs}}/\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$	51	37	26	9.6	52

DSC 測定 (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。

カンファーおよび混晶の相転移温度はテラヘルツ分光測定の結果ともほぼ一致している。カンファーのエントロピー変化は非常に大きい。これは配向の自由度の増大だけでは説明できず, 不規則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, 混晶においてエントロピー変化が著しく小さくなるのは, 分子配向が隣接する分子種(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, 結果として分子配向の自由度が低下するからであると考えられる。

カンファー結晶のエントロピーの増大は、カンファーの空孔濃度に起因する可能性。

- $E_{\text{vac}}^F \sim z \cdot E_{\text{subl}}$ (金属類の場合, $2 < z < 4$)

E_{vac}^F : 空孔形成エネルギー

E_{subl} : 昇華エネルギー

- $\Delta S_{\text{vac}} = \Delta S_{\text{mix}} + n \cdot \Delta S_{\text{vib}}$

ΔS_{vac} : 空孔形成のエントロピー

ΔS_{mix} : 混合エントロピー; 格子点(N)上の分子と空孔(n)

$$\Delta S_{\text{mix}} = R \cdot \ln \frac{N!}{(N-n)! \cdot n!}$$

ΔS_{vib} : 空孔周辺の振動変化に関わるエントロピー

- 空孔濃度 = $A \cdot \exp\left(\frac{-E_{\text{vac}}^F}{R \cdot T}\right)$

Table 2. Comparison of Camphor Vapor Pressure with Other Substances

Compound	Vapor pressure
Adamantane	10 Pa at R.T.
1-cyanoadamantane	< 1 Pa
Camphor	120 Pa at 20° C

カンファー結晶では, 空孔が多く存在する

資源の有効利用を目的とした

資源分離・リサイクル技術開発

柴山 敦、高崎 康志、川村 茂、芳賀 一寿

Jeon Sanghee, Labone Godrilwe

(国際資源学研究科)

山 田 学

(理工学研究科)

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：

都市鉱山を活用するためのリサイクル・資源循環に関する研究では、使用済み電子基板に含まれる「はんだ」からのスズの事前回収を目的に、過熱水蒸気と物理選別を利用した前処理に注目し、主に金属片が中心の回収物を鉛-スズ溶体に投入した。「メタル溶融分離」となる本手法により、2液の相分離状態が得られ、スズは鉛相に溶解することで、銅とスズが効果的に分離することを確認した。もみ殻からの炭素回収およびシリカ分離では、炭化処理および浮選を組み合わせることで、炭素をフロスとして選択的に分離濃縮できた。また、亜鉛電解における陽極電位低減実験では、溶液中に存在するマンガンイオンが電力の低減を阻害している可能性が見出された。貴金属の抽出剤の開発に関する研究では、特に金とパラジウムの分離に着目し、抽出剤の立体構造を制御することで、金を選択的に抽出できる条件を見出した。

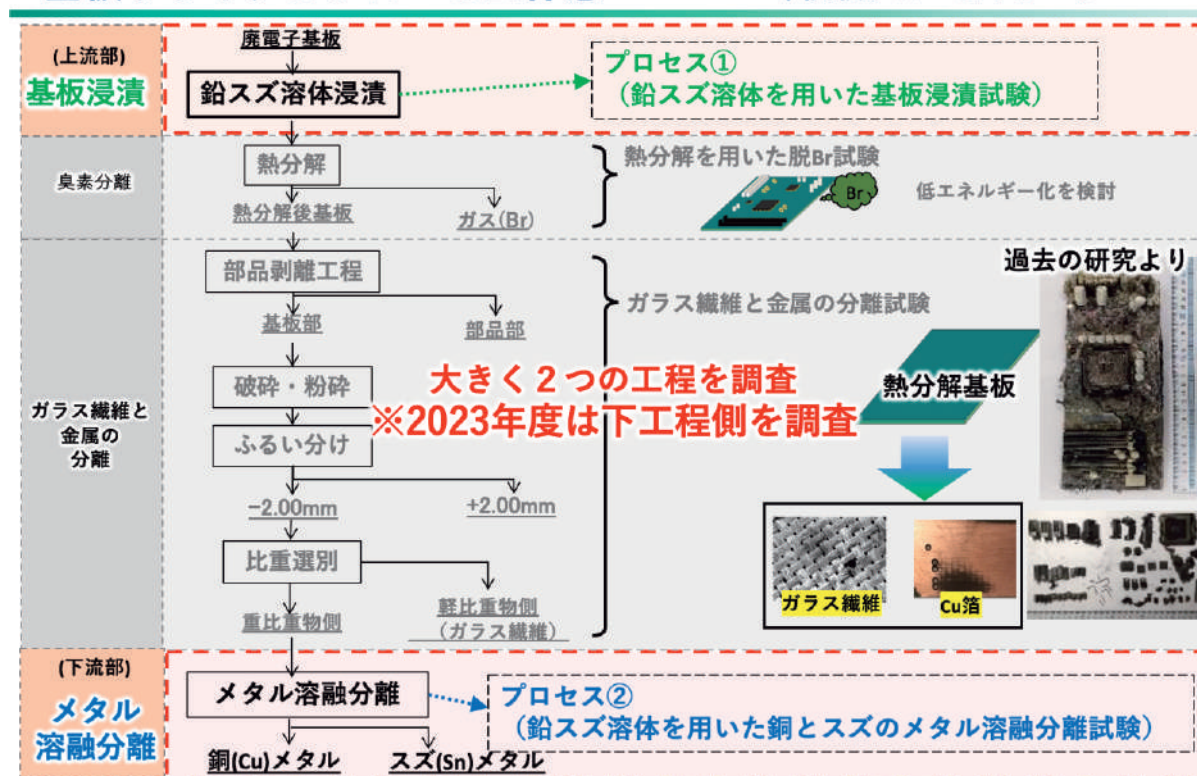
本年度実施した主な研究テーマは、以下の4件である。本報告にて公表する代表的な研究成果は、次ページにまとめる。

- (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) 穀殻からの炭素回収およびシリカ分離に関する研究
- (3) 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした陽極電位低減条件の検討
- (4) 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

基板リサイクルフローの全体感

◆試験フローとイメージ



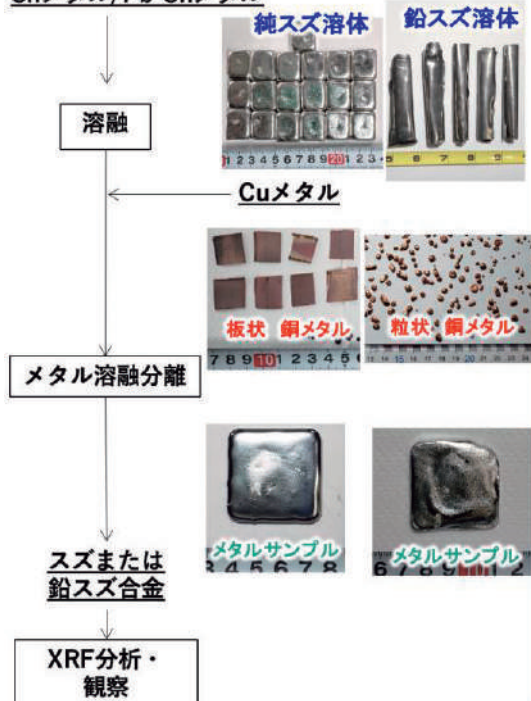
2022年度はプロセス①を中心に研究、2023年度はプロセス②を実施し、比較検討

プロセス②試験方法

メタル溶融分離試験

◆試験フロー

Snメタル/Pb-Snメタル



◆試験操作



◆検討項目

目標：銅の分離率80%以上

鉛スズ溶体の組成	純スズ, Pb20-Sn80~Pb80-Sn20
銅メタルの形状	板状、粒状
銅の品位	10%±5%で固定
溶融時間	2h
溶融温度	250℃, 400℃, 500℃
評価方法	XRF分析

・各溶融時間において、メタルサンプルの採取を行う

プロセス②試験結果・考察

メタル溶融分離試験

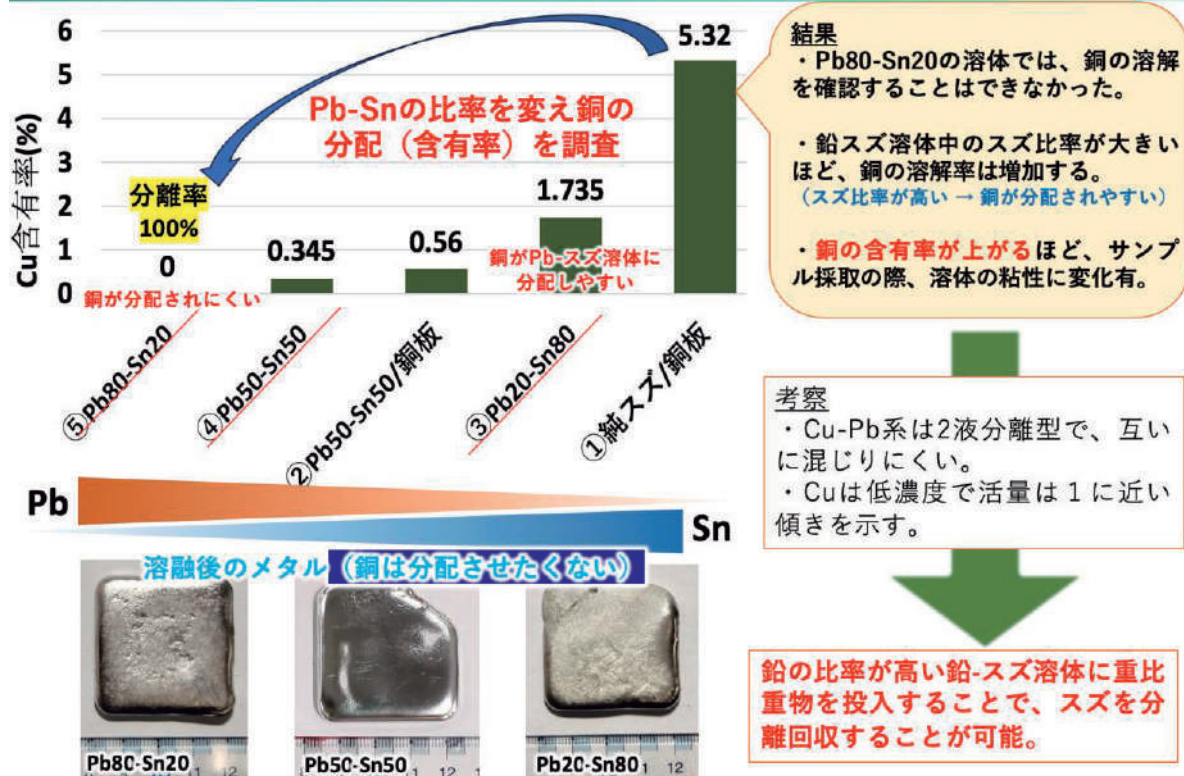
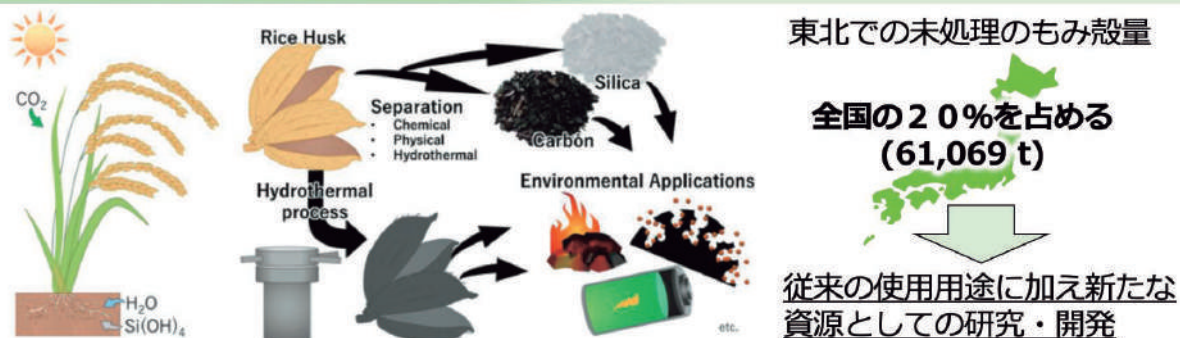


図14. 各溶融合金中におけるCu含有率の推移とサンプル画像(400°C/2h溶融のとき)

(2) 初殻からの炭素回収およびシリカ分離に関する研究

もみ殻の有効利用

もみ殻産出過程ともみ殻燐炭の利用



環境負荷を軽減した炭素とシリカの分離・回収方法の検討

浮遊選鉱法

試料表面の濡れ性を利用する方法

- : 泡
- : 疎水性粒子
- : 親水性粒子

フロス
炭素の回収 (石炭代替燃料へ)

テール
シリカの回収 (肥料などへ)

実験結果

もみ殻燐炭

炭素品位(%)
57.7
灰分(%)
31.0

フロス

炭素品位(%)
57.7
灰分(%)
31.0

テール

炭素品位(%)
10.3
灰分(%)
63.4

(3) 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした陽極電位低減条件の検討

亜鉛電解採取における陽極電位低減に関する研究

目的

国際資源学研究科 素材プロセス・資源循環工学研究室 高崎康志 准教授グループ

亜鉛製錬において、亜鉛電解採取に要する電力は工場全体で消費する電力量の半分以上を占める。省エネおよび省コスト化のために電解電力の低減が切望されているが、本研究では**既存のシステムを変更することなく**、電解方法を工夫することで電解電圧(根本的には陽極電位)の低減を試みる。

研究内容と研究方法

亜鉛の電解採取とは

陽極(Pb合金): $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$
(反応は陽極表面の PbO_2 上)

陰極(Al): $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$

○通常: 連続電解 → $\alpha\text{-PbO}_2$ が主要酸化物

課題 陽極(酸素)過電圧が高い

本研究の特徴と狙い

断続通電 → $\beta\text{-PbO}_2$ が主要酸化物として形成される

- α-PbO₂よりも過電圧が低下し、消費電力低減が可能。
- 操作溶液を用いた長期電解試験により、β-PbO₂形成アノードは電解初期は槽電圧が低下。電解時間経過と共に槽電圧が上昇。緻密な二酸化マンガ層が生成し、抵抗が大きくなったと推察。未処理のアノードは、酸化物や二酸化マンガンの形成と脱落を繰り返しているため電圧が低く推移した可能性がある。今後の課題はマンガニオンを含有した電解液におけるアノード酸化物の形成について詳細に調査し、最適な条件を見出す必要がある。

例) 亜鉛1トンの製造

消費電力(低く見積もって) 3000kWh

年間21万トン製造する
工場(秋田製錬: 国内最大)では

年間の消費電力量
6億kWh/年

電解電力を1%低下させるだけでも
相当量の省エネ効果あり
(CO₂抑制など地球温暖化対策にも貢献)

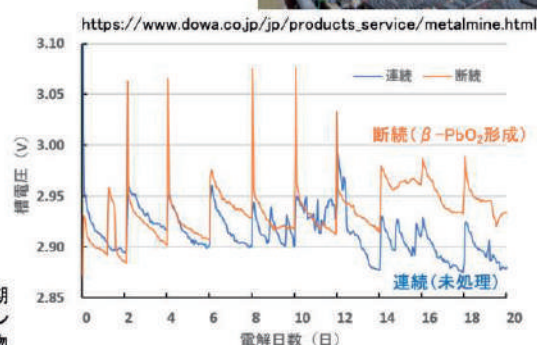
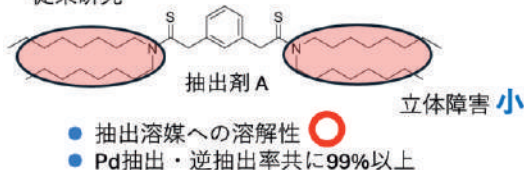


Fig.1 断続通電処理したPb-1%Ag系合金アノードの電圧変化
(予備電解含めA製錬所電解液, 40°C)

(4) 貴金属を対象とした新規溶媒抽出剤の創成

チオアミド系抽出剤を用いたAu/Pdの相互分離性能の検討

従来研究

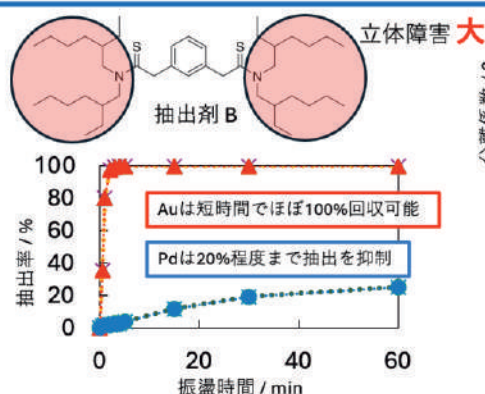


課題 Auに対する高選択性の維持

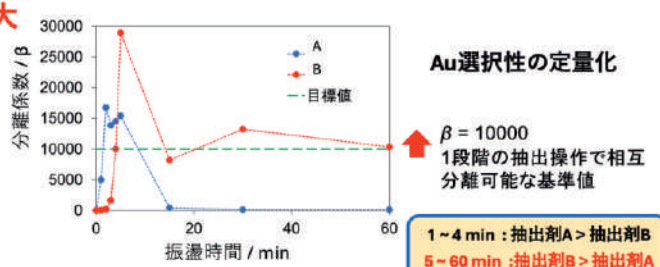
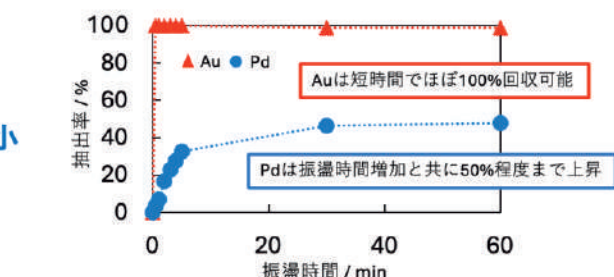
提案

ピンサー型抽出剤の側鎖を直鎖→分岐鎖に変更
分岐鎖の立体障害によりPdの抽出を抑制

△ 振盪時間を延ばすとAuに対する選択性が低下する



○ 抽出剤Aと比較してAu選択性が向上



結果

立体障害の大きい分岐鎖を導入することでAuの選択性向上が確認できた

天然ゼオライト微粉末の化学的硬化ならびに 堆積膜固定化に及ぼす添加物の影響

林 滋生，加賀谷 史

(第2研究グループ)

shigeo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：天然に産出する鉱物の中には、イオン交換・吸着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、実用に際しては吸着効率やハンドリング（取り扱い）性の向上のため、ゼオライト微粉末を多孔体などの様々な形状に成形・加工することが有効と考えられる。令和5年度の研究では、ジオポリマー法によるゼオライト硬化体作製，ならびに電気泳動堆積法による堆積・固定化膜作製における添加物の影響について検討を行った。

キーワード：天然ゼオライト，堆積膜，硬化体，イオン吸着，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5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、ジオポリマー法による硬化体ならびに電気泳動堆積（EPD）法による堆積・固定化膜の作製において、硬化体の圧縮強度や膜の耐剥離性を向上させるための、添加物の影響について検討を試みた。研究の最終目的としては、液体や気体の透過性に優れ高効率で有害物質を除去できるとともに、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、多孔質の高性能吸着材料を安価かつ環境に優しいプロセスにより作製することを目指すものである。

ジオポリマー法による硬化体の作製においては、硬化促進のための添加物として使用するメタカオリンの焼成温度の影響について検討した。2種類の異なるカオリン原料について600～800℃で比較したところ、原料の違いによらず焼成温度の高い方が硬化体の亀裂発生を抑えることができることを見出した。この原因としては、ジオポリマー反応を促進するための Al^{3+} イオンの溶出量が多いためと推察された。

またEPD法による堆積・固定化膜の作製では、硬化体作製にも用いるジオポリマー法の利用を試みてきたものの、固定化膜の耐久性は十分なものが得られていなかった。そこで、堆積膜を乾燥させる段階での亀裂発生を防止すべく、乾燥を行わないままジオポリマー固定化処理を行うプロセス（未乾燥法）を実施したところ、剥離を抑制し、水ガラスの増量によって耐久性を大きく向上させることができた。

天然ゼオライトを出発原料とした硬化体や堆積・固定化膜の特性向上にはまだ未解明の部分が多々あるが、今後とも検討を続けることで、より耐久性や吸着特性に優れ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。

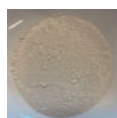
研究背景

【ジオポリマー法による硬化体の作製に関して】

有害な陽イオンを除去可能な安価かつ高性能な材料の作製

陽イオン交換特性を有する天然ゼオライトに着目

吸着効率と回収の容易さを兼ね備えた
「天然ゼオライト硬化体」を作製



硬化, 成形



天然ゼオライト粉末
秋田県能代市ニツ井産
クリノプチロライト

天然ゼオライト硬化体

1

実験方法

メタカオリンの焼成前後で質量が減少

種類, 温度によって減少量が異なる

以前の硬化体作製方法

メタカオリンの種類に関わらず一定の添加量

本実験の硬化体作製方法

メタカオリンの種類に応じて添加量を変化

2

結果 — 硬化体の外観 —

【 Nz 】

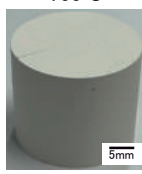


600°C

700°C

800°C

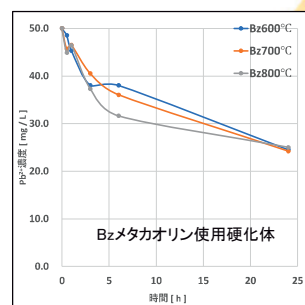
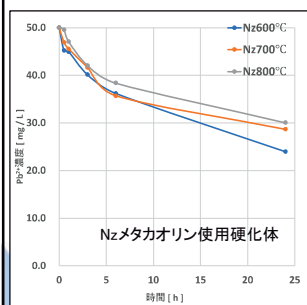
【 Bz 】



600°C焼成の硬化体に亀裂が大きく発生

3

結果 — Pb²⁺イオン吸着試験 —



Nz: 焼成温度低いほど吸着量は増加した

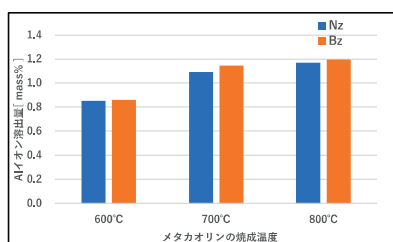
Bz: 温度によって吸着量はほとんど変化しない

4

考察

・硬化体外観に発生した亀裂について

メタカオリンのAl³⁺イオン溶出量が影響→600°Cが最も少ない
硬化に不十分な量であったため亀裂が発生したと考えられる



5

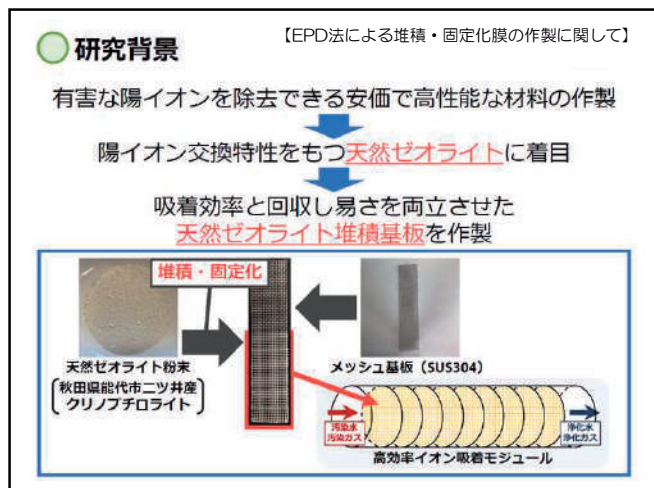
まとめ

焼成温度を600°C, 700°C, 800°Cと変化したメタカオリンを用いて天然ゼオライト硬化体を作製した

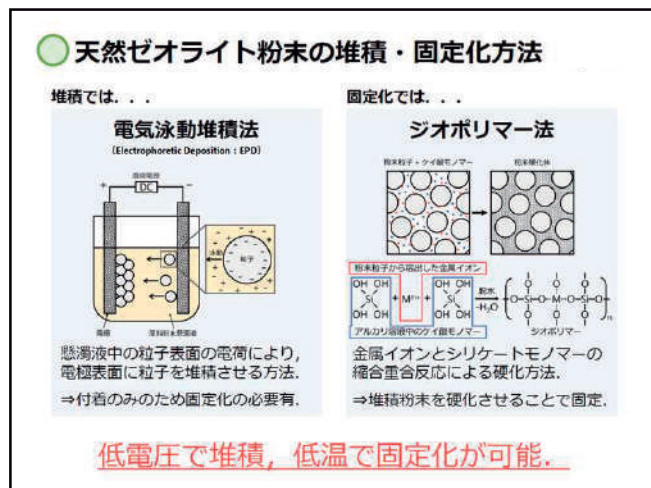
高温で焼成したメタカオリンを使用することで亀裂の防止効果がみられ, 圧縮強度が大きい天然ゼオライト硬化体を作製できた

Pb²⁺イオン吸着量は低温焼成メタカオリン使用硬化体の吸着量が多くなったが, 高温焼成メタカオリンでも吸着性能は確認できた

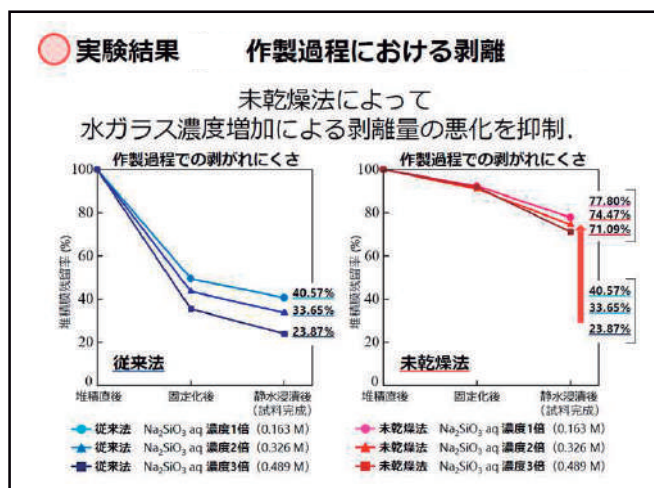
6



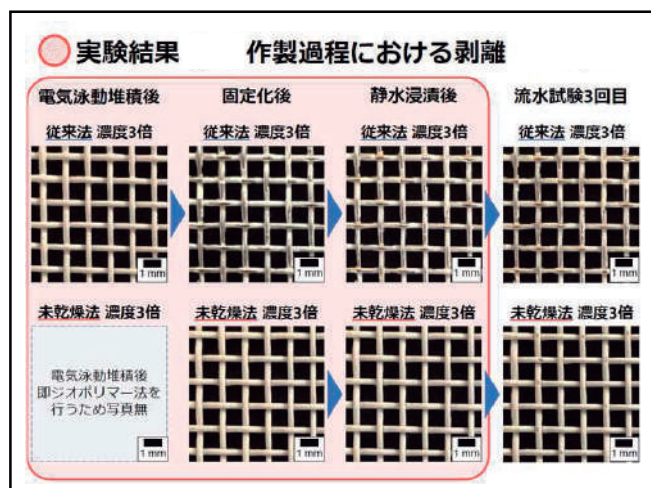
1



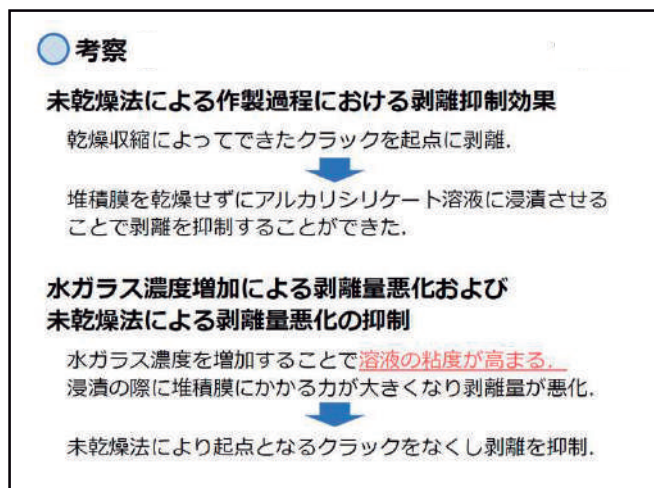
2



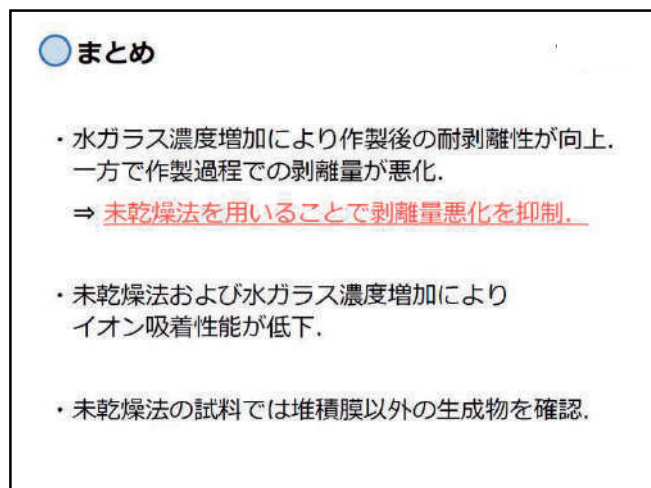
3



4



5



6

アミノ基を有する複素環化合物を用いた白金族金属の 選択沈殿回収

松本和也・寺境光俊

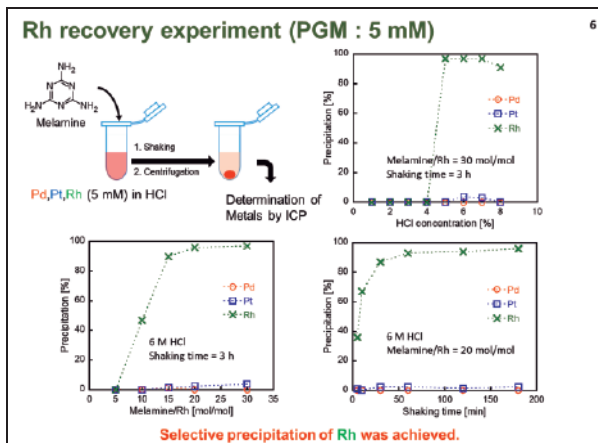
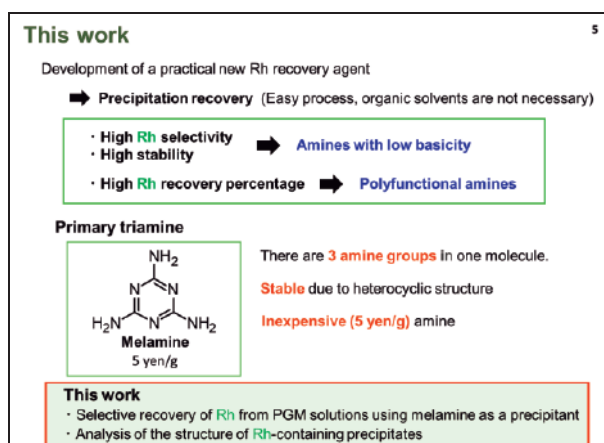
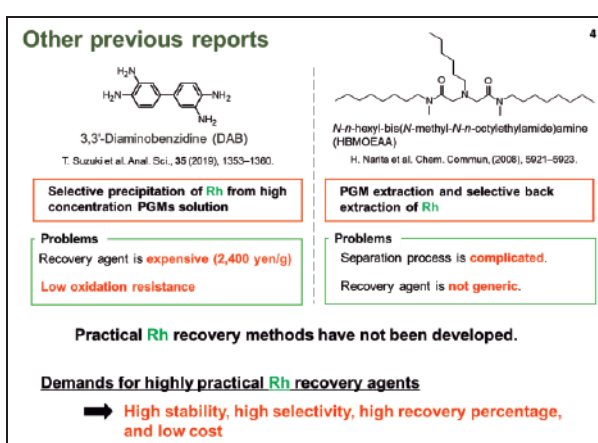
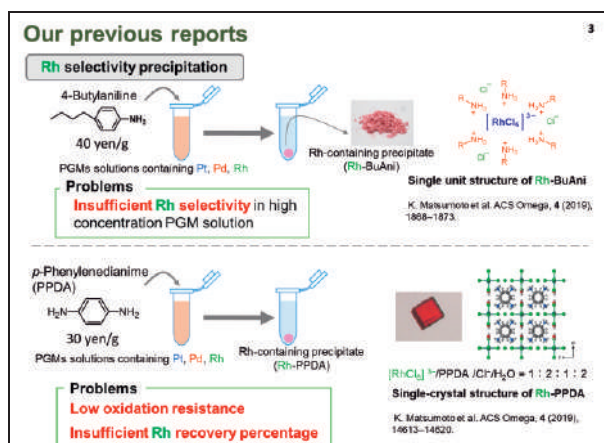
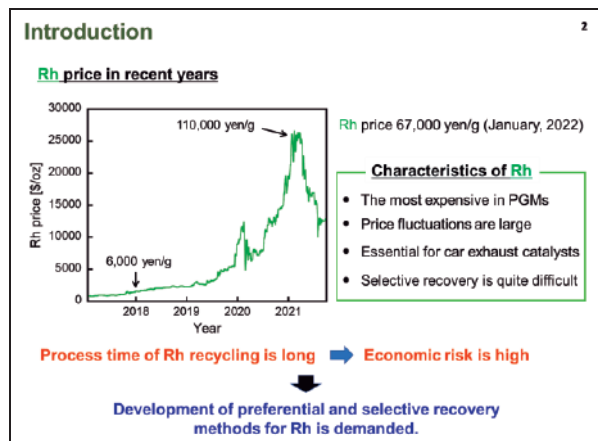
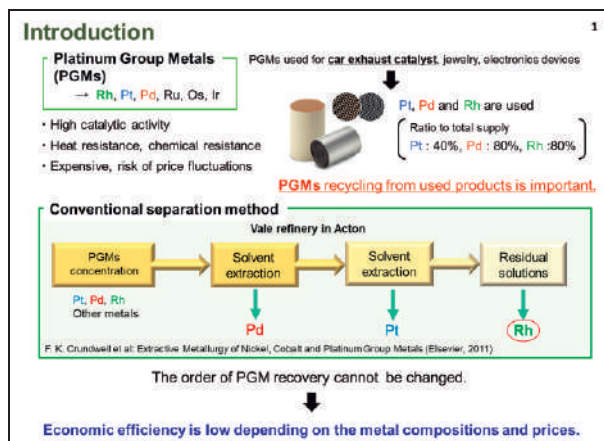
(理工学研究科)

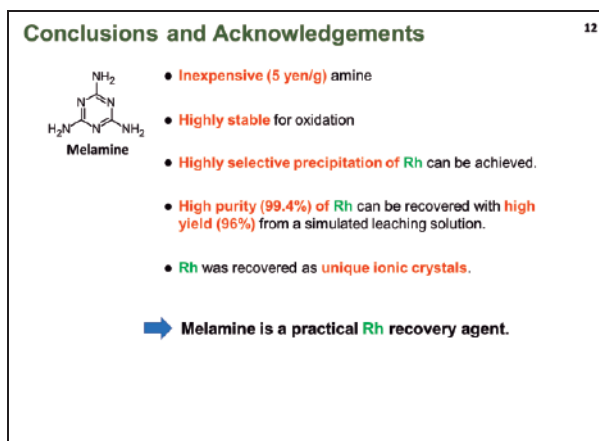
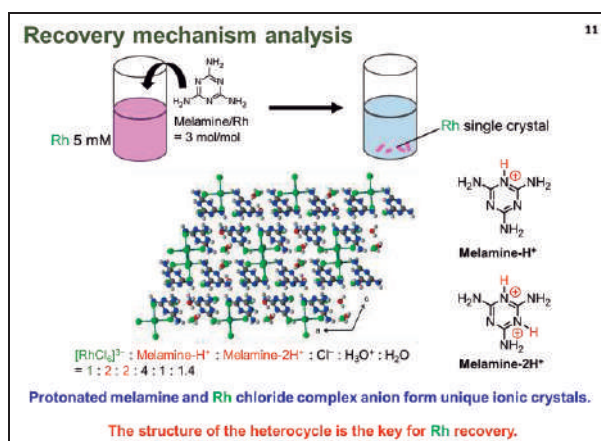
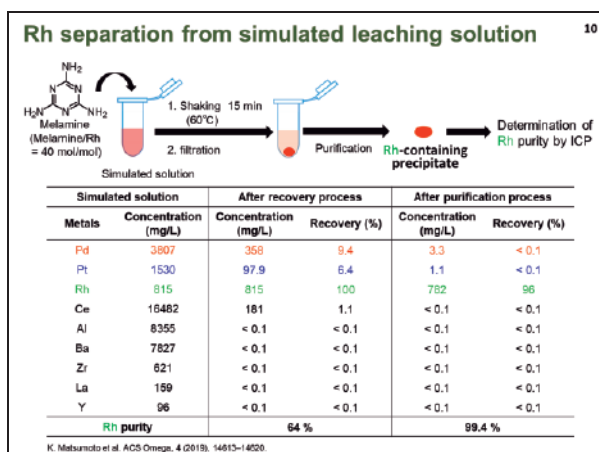
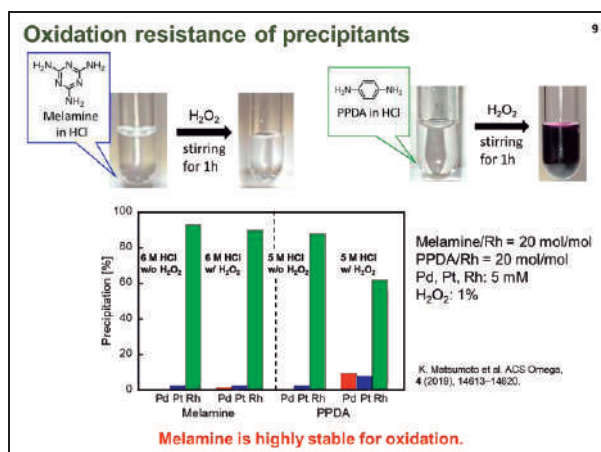
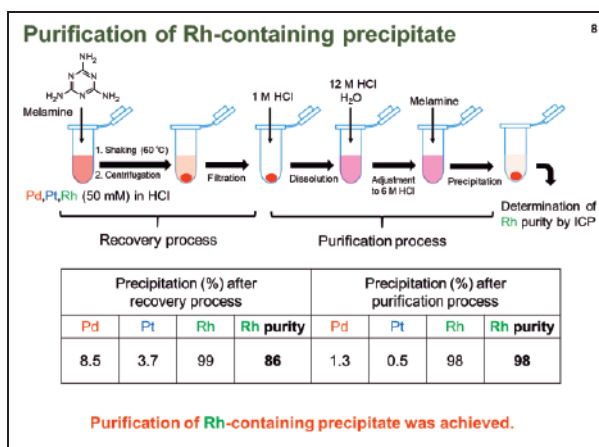
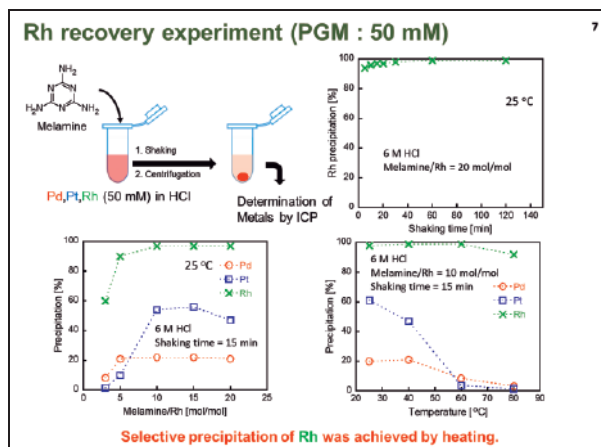
kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp

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、アミノ基を有する複素環化合物であるメラミンを沈殿剤とすることで、塩酸溶液中のロジウムを選択的に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ロジウムを分離回収することに成功した。

独自性・実用性：

- ・メラミンを沈殿剤として用いることにより、ロジウムを沈殿として回収可能
- ・パラジウムや白金、ベースメタルが共存する場合でもロジウムの選択回収が可能
- ・自動車触媒浸出液からのロジウム選択回収が可能であり、実用性が高い





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: 電動機（モーター）や磁気ストレージに関するエネルギー消費量の増大が近年課題になっている。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ウム磁石を超え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 への格子歪みの導入を試みる。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、現在最強のネオジウム磁石の2倍の磁石特性を有することが理論予測されているため、もし実用化すれば、今の2倍の性能のモーターが実現し、今の2倍のパワーや発電効率を有する電気自動車やジェネレーターが実現すると期待される。

(2) 電子デバイス（磁気ストレージ、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) 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

次に、主に上記(1),(2)の成果についてポスター形式で示す。



Formation of bct structure and high magnetic anisotropy in Fe-Co films with added V and C elements

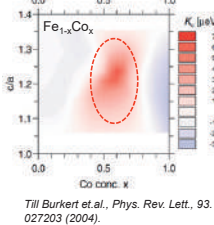
Takashi Hasegawa*, T. Nishikawa, C. Shirai

Department of Materials Science, Akita University, Japan

*E-mail: takashi@gipc.akita-u.ac.jp

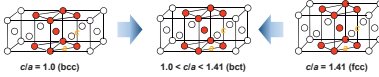
1. Introduction

First-principles calculation



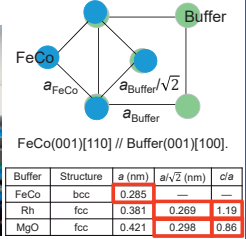
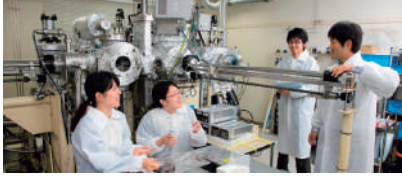
Objectives

- ✓ Investigate the bcc-bct-fcc transformation of FeCo caused by the addition of V and C elements using XRD.
- ✓ Evaluate magnetic properties of the FeCoVC films and nanodots.



2. Experiment

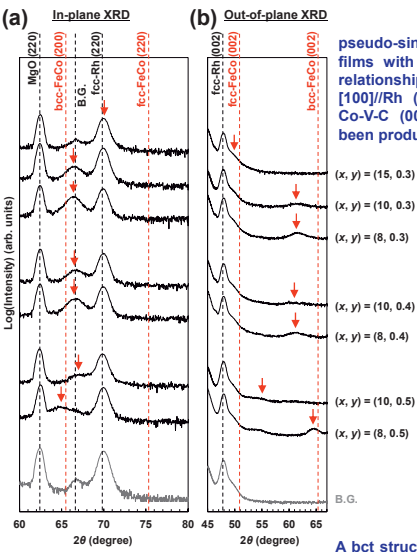
Magnetron co-sputtering equipment



- MgO(100) sub. /Rh(20 nm @573 K) /FeCoVC(t nm @473 K) /SiO₂(5 nm @RT).
- Base pressure of 10⁻⁷ Pa and Ar+N₂ pressure of 0.3 Pa.

3. Characterization for films

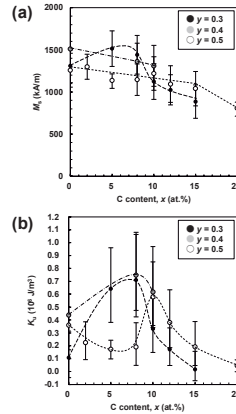
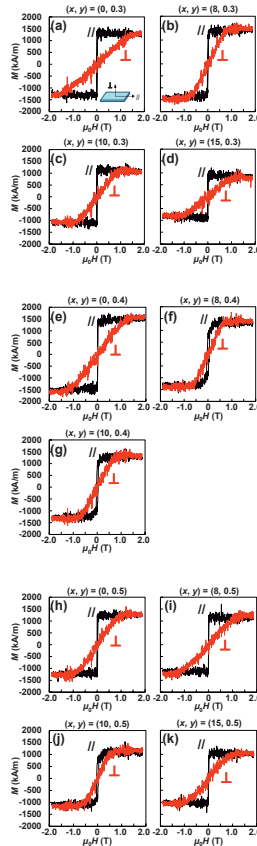
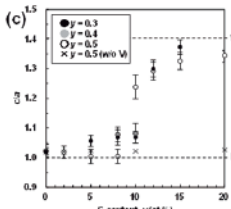
MgO(100) sub. /Rh(20 nm) /((Fe_{1-y}Co_y)_{0.9}V_{0.1})_{100-x}C_x (20 nm) /SiO₂ (5 nm).



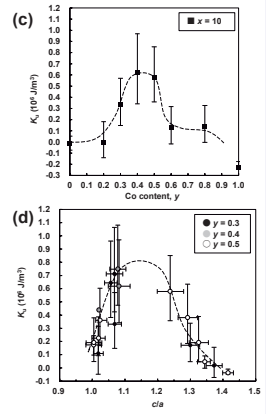
pseudo-single-crystal films with the structural relationship of MgO (001) [100]/Rh (001) [100]/Fe-Co-V-C (001) [110] have been produced.

(x, y) = (15, 0.3)
(x, y) = (10, 0.3)
(x, y) = (8, 0.3)
(x, y) = (10, 0.4)
(x, y) = (8, 0.4)
(x, y) = (10, 0.5)
(x, y) = (8, 0.5)

A bct structure with 1.06 ≤ c/a ≤ 1.30 is formed in the range of 5 ≤ x ≤ 12 at.%. For the V-containing sample with (x, y) = (10, 0.5), the bct structure with the ideal c/a of ~1.25 is obtained. Meanwhile, for the sample without V (y = 0.5), the crystal structure retains the bcc or bct lattice with c/a ≈ 1.03 even at high C contents close to x = 20 at.%.



The M_s value tends to decrease with increasing x, whereas the K_u reaches a maximum value in the range of 5 ≤ x ≤ 12 at.%.

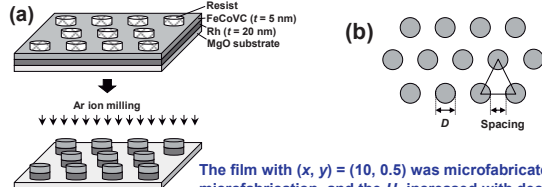


High K_u are obtained for the samples with y = 0.3, 0.4, and 0.5.

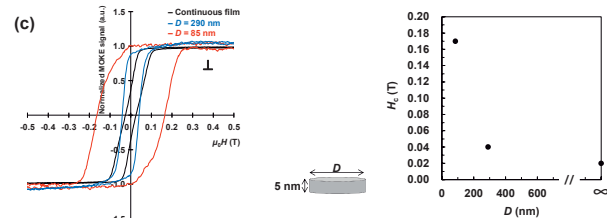
K_u strongly depends on c/a and exhibits a mountain-shaped curve with a maximum value near c/a ≈ 1.2, which is consistent with the results of theoretical calculations.

4. Characterization for nanodots

MgO(100) sub. /Rh(20 nm) /((Fe_{1-y}Co_y)_{0.9}V_{0.1})_{100-x}C_x (5 nm) /SiO₂ (5 nm).



The film with (x, y) = (10, 0.5) was microfabricated into the nanodot array. The squareness ratio (M_r/M_s) of the MH curves increased from ~0.4 to ~1.0 after microfabrication, and the H_c increased with decreasing D. Moreover, the H_c of D = 85 nm was 8.5 times higher than that of the continuous film.



5. Summary

- (1) In the ((Fe_{1-y}Co_y)_{0.9}V_{0.1})_{100-x}C_x (t = 20 nm) continuous film with (x, y) = (10, 0.5), a single bct phase with an ideal c/a of ~1.25 and K_u of 6.0 × 10⁵ J/m³ was formed.
- (2) The film with (x, y) = (10, 0.5) was microfabricated into the nanodot array. The squareness ratio (M_r/M_s) of the MH curves increased from ~0.4 to ~1.0 after microfabrication, and the H_c increased with decreasing D. (The H_c of D = 85 nm was 8.5 times higher than that of the continuous film.)
- (3) Fe-Co bulk alloys, which are typically soft magnetic materials, may be transformed into hard magnetic materials through the addition of V and C elements combined with microparticulation to achieve particle sizes less than 100 nm.

Related paper: T. Hasegawa et al., Scientific Reports 7, 13215 (2017).

This work was supported by NEDO and JSPS KAKENHI (Grant Number JP20H02832).

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

(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おり、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。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熔融塩を媒体としてAlの電析と溶解を電気化学的に制御することにより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，熔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」

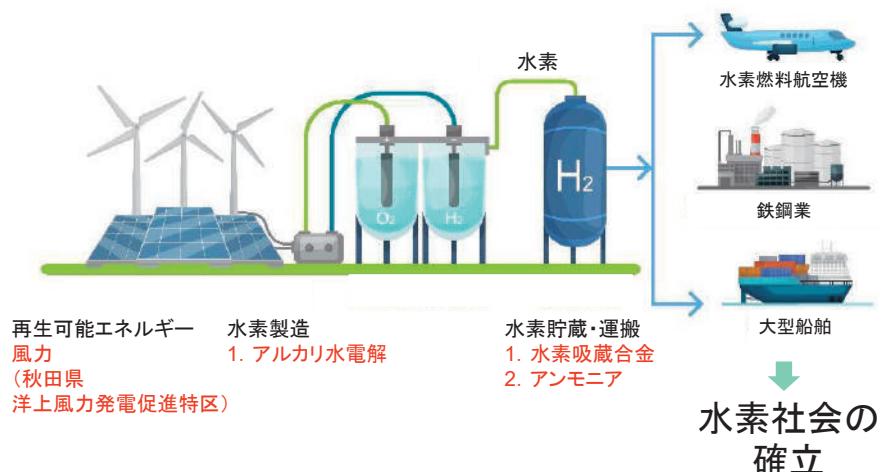
出願人 秋田大学

発明者 福本倫久，原 基，佐藤菜花

背景

カーボンニュートラル2050 化石燃料からの脱却

再生可能エネルギーからのグリーン水素の製造・貯蔵および運搬・利用



水素製造

水素製造方法 アルカリ水電解

電極反応

陰極 $2\text{H}_2\text{O}(\text{水}) + 2\text{e}^- (\text{電子}) \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2(\text{水素})\uparrow$

陽極 $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2(\text{酸素})\uparrow$

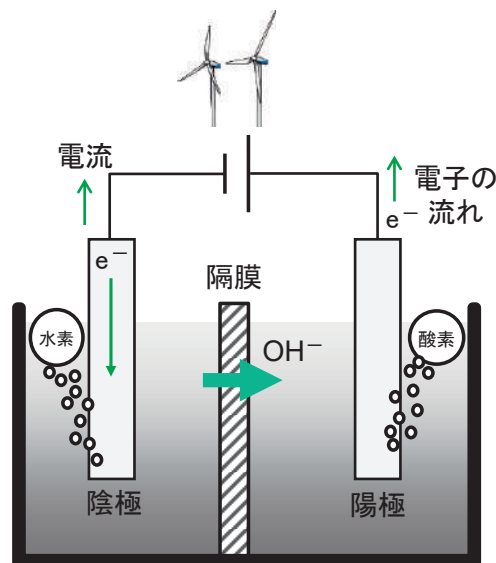
全反応 水 $\rightarrow$ 水素 + 酸素

化石燃料に依らない
安価な水素が必要
グリーン水素 100円/Nm³

30円/Nm³

※石炭 7円/Nm³

安価な水素を国内で製造できなければ水素社会の
実現不可能

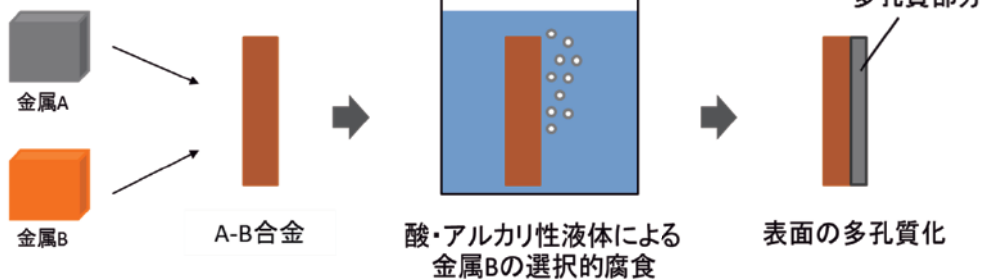


アルカリ水溶液

高効率で水素を発生させるための電極(多孔質)を開発

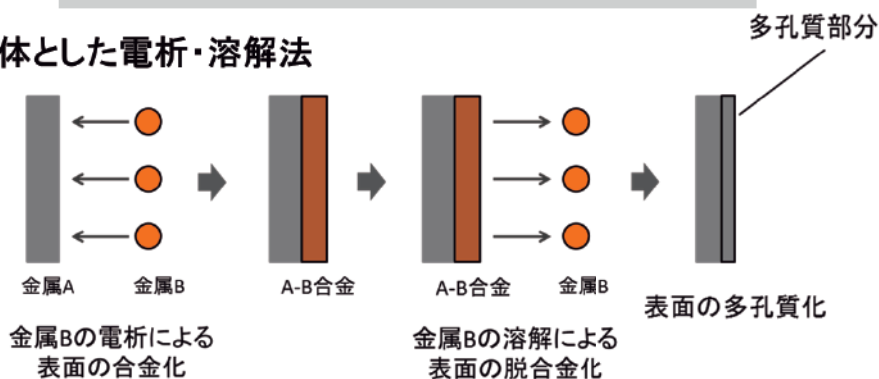
多孔質電極_作製方法

従来の方法



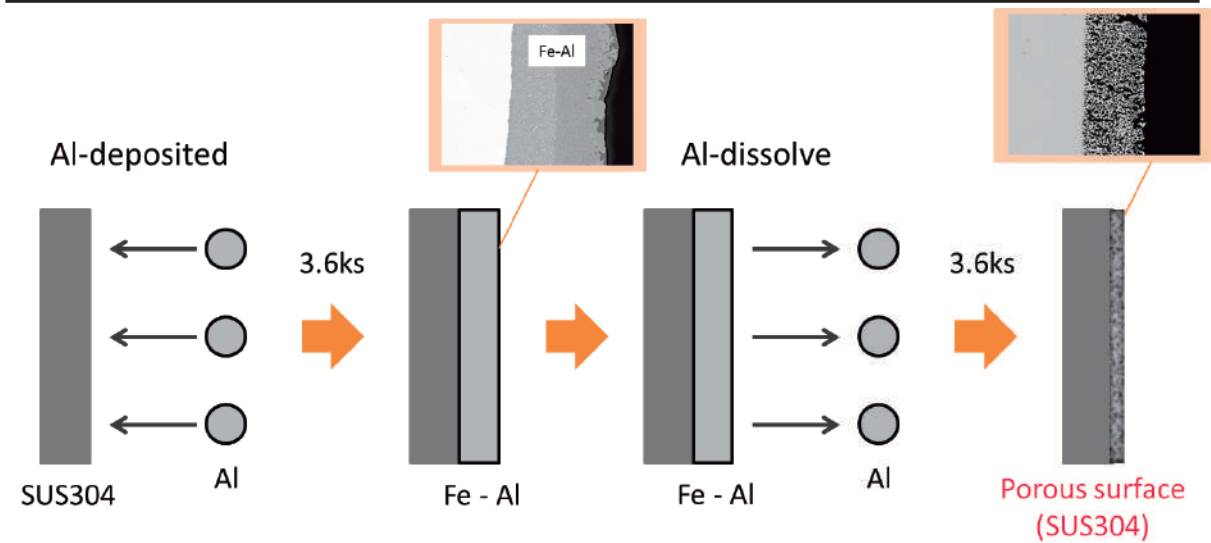
使う装置が多く、時間とコストがかかる。

熔融塩を媒体とした電析・溶解法



一つの装置で創製が可能のため、時間とコスト削減につながる。

ステンレス多孔質電極作製方法



基材(SUS304鋼)にAlを1時間電析し, 表面にFe-Al系合金を形成

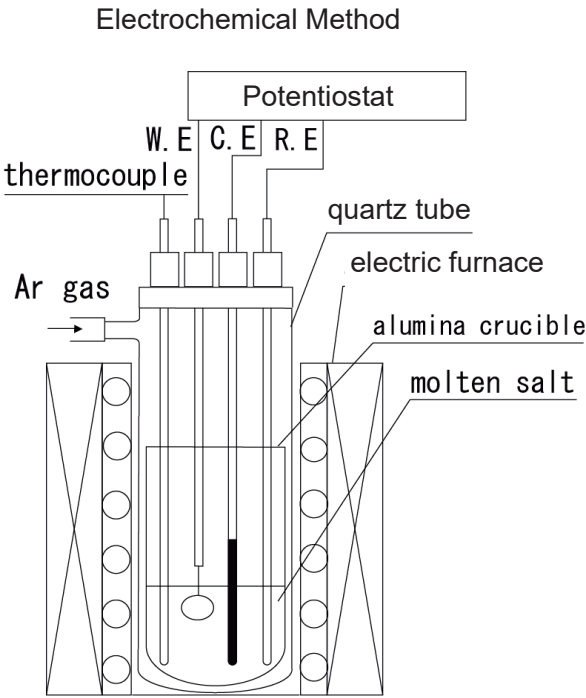
Fe-Al系合金のAlを1時間溶解し, 表面を脱合金化

ステンレス鋼表面の多孔質化

実験方法

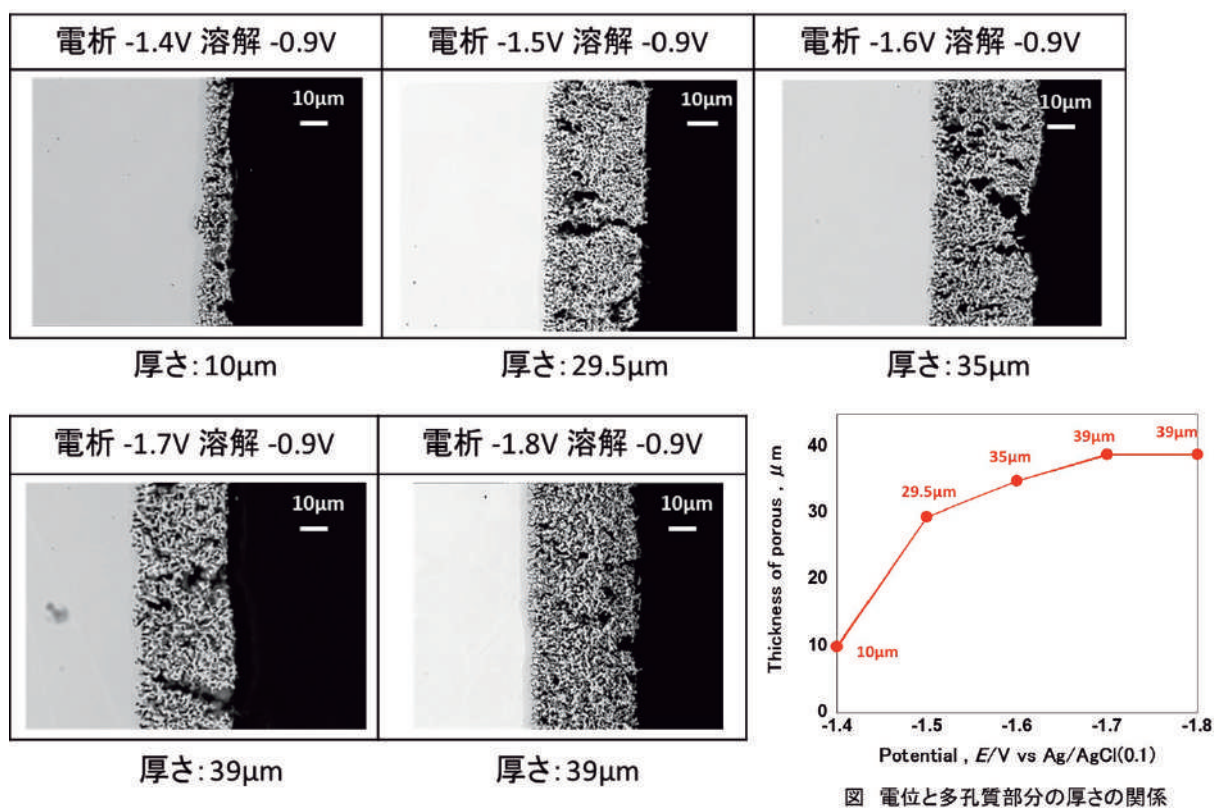
Al電析条件	
試料	SUS304
参照電極	Ag/AgCl (0.1)
対極	Graphite rod
溶融塩	NaCl-KCl-3.5mol% AlF_3
温度	750℃
雰囲気	Ar
電析電位	-1.4 — -1.8V
時間	1 h

溶解条件	
電位	-0.9 V
時間	電流密度がゼロになるまで

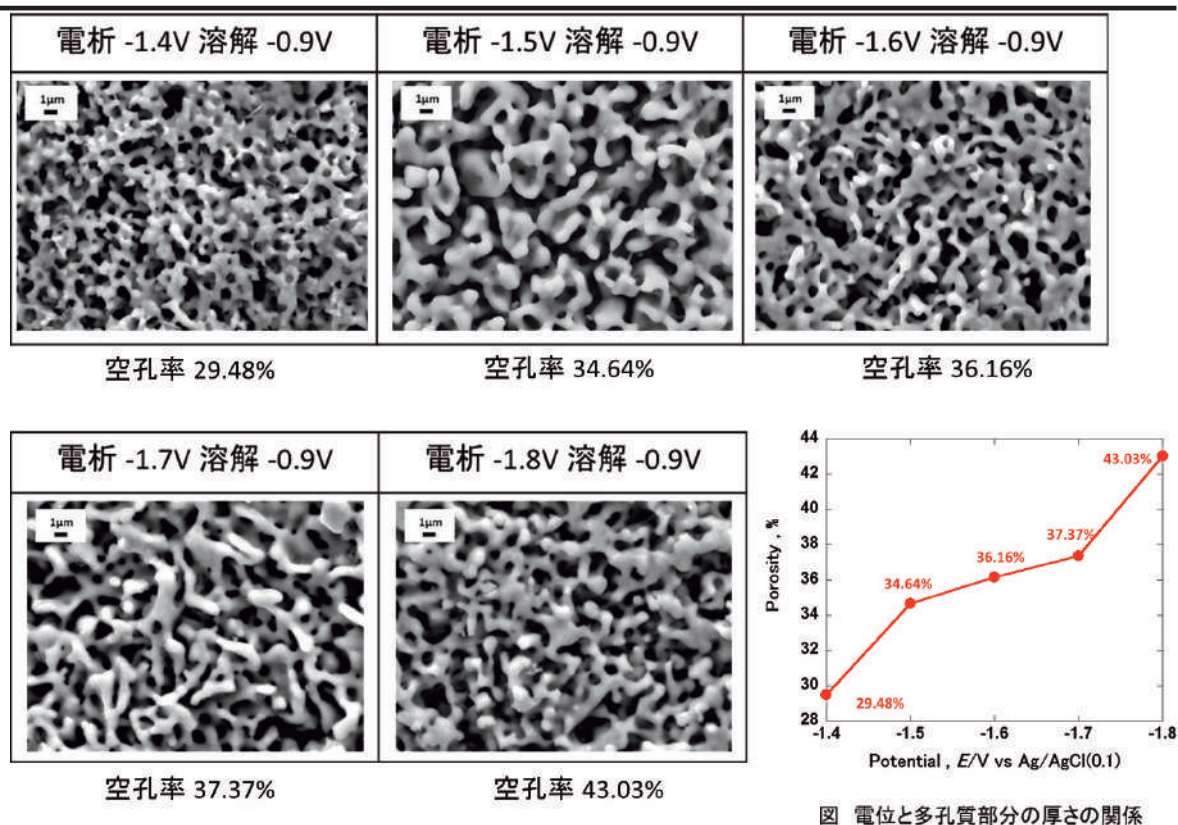


Schematic diagram of the equipment.

断面組織_多孔質



多孔質表面観察



カソード分極曲線の測定

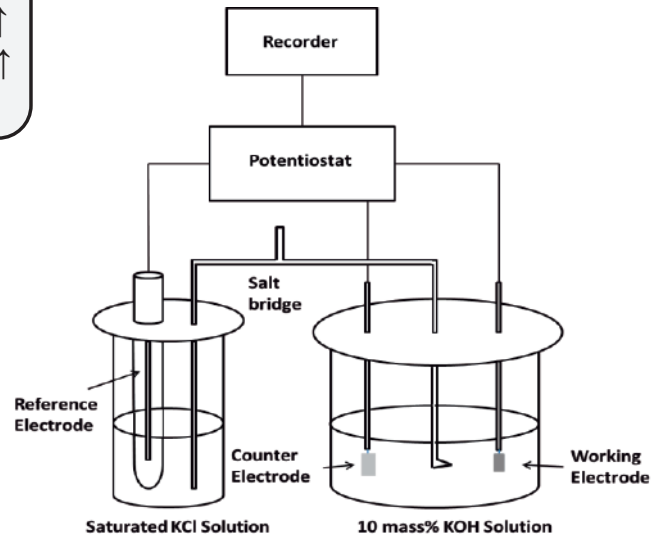
Electrode reaction

Cathode $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2\uparrow$

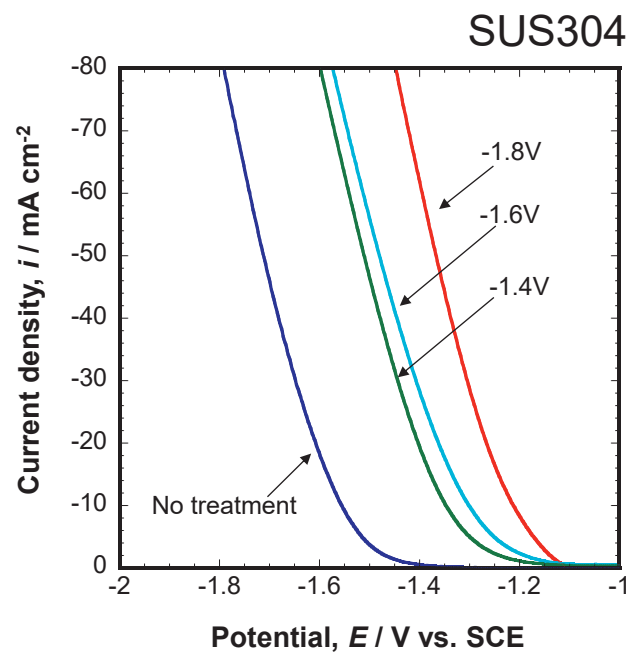
Anode $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 1/2\text{O}_2\uparrow$

Total $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$

試料	Untreated Sample Porous Sample
参照電極	飽和カルメル電極 (SCE)
対極	Pt
温度	25°C
溶液	10 mass% KOH
掃引速度	100 mV/min



カソード分極曲線_水素発生挙動調査



高強度・高導電性 Cu-Ti 合金の組織制御

齋藤 嘉一， 廣田 航大

(物質科学専攻 材料理工学コース)

ksaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：析出強化型チタン銅(Cu-Ti)は数ある銅合金の中で屈指の高強度を有し、環境適合性にも優れ、既存の導電材料の中で最良の導電性－強度バランスを誇るベリリウム銅(Cu-Be)の代替材として期待されている。ところが Cu-Ti 合金には、導電率が Cu-Be の半分以下であることや、不連続析出の成長に伴う性能劣化などの欠点が存在する。最近申請者等が得た成果によれば、真空溶解鑄造によって Cu-Ti に微量 Mg を添加した母合金を得、これに時効析出を促すと不連続析出は大幅に抑制され、延靱性が顕著に向上する事実を得た。本研究では、Cu-Ti 系合金の特性改善を目指した組織制御に係る技術開発を追究した。

キーワード：Cu-Ti 合金，析出強化，時効，組織・構造，STEM/EDS

独自性・実用性：

近年、IT・エレクトロニクス技術が高度化して電子部品やデバイスへの技術要求が厳しさを増す中、電線配策部材の軽量化指向が年々強まっている。軽量化の方策のひとつに‘電線材料の細線化’が挙げられるが、その際の技術的課題は、導体断面積が減少して線材自体の耐荷重が低くなるため破断しやすくなることである。この課題を克服するために、高強度・高延性・高導電性を兼備した銅材料の創製が望まれる。本研究で注目する Cu-Ti 合金は、Cu-Be に匹敵する優れた機械的強度を有するほか、比較的安価で環境適合性にも優れ、環境影響や健康被害が懸念される Be 含有 Cu 合金の代替材として近年需要が急増している。ところが Cu-Ti 合金には、その導電率が Cu-Be の半分以下であることや、後述する不連続析出の生成・成長に伴う性能劣化などの欠点が存在する。

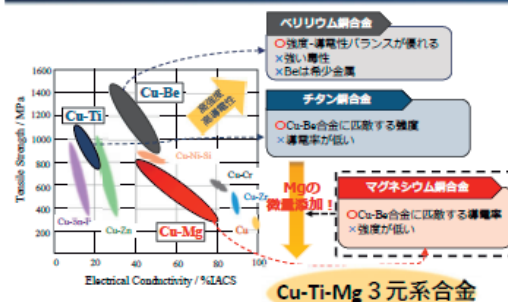
本研究の目的は、IT・エレクトロニクス分野で加速する電線配策部材の軽量化技術の進化に応えるため、最先端の電子顕微鏡技術を駆使して Cu-Ti 系合金の高性能化に向けた組織・特性制御の技術開発を行うことである。具体的には、 α -Cu 母相や結晶粒界、不連続析出を変化させる新しい手法として、微量 Mg をドーピングした Cu-Ti 合金を水素雰囲気中での等温時効に供することを提案する。

マグネシウム含有チタン銅の水素中時効挙動

秋田大学大学院理工学研究科 物質科学専攻 廣田航大
同上 齋藤嘉一
東北大金研 千星聯

1/17

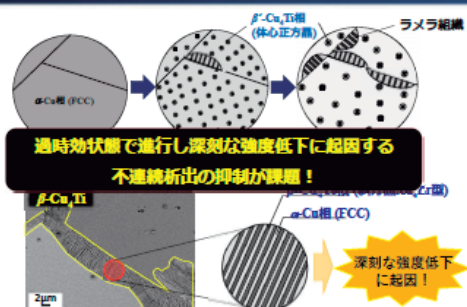
研究背景1 従来の鋼合金の性能比較と新規材料



三豐神藥坊，不賣 <http://kinglist.go.jp/post.php?cid=690004&date=2007-07-28&id=14230&T=27>

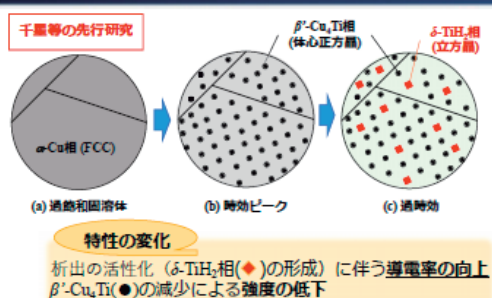
2/17

研究背景2 大気中時効におけるチタン鋼合金の析出過程



3/17

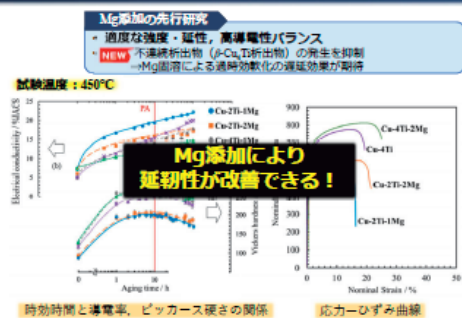
研究背景3 水素中時効における特性制御



千景園誌分, *J. of Jpn. Inst. of Geogr.*, Vol.57, No.1 (2008) 249-254. <http://www.jigc.co.jp/hwde/category08/18.html>

4/17

研究背景4 Mg添加による物性影響 (K.Saito, 2020)



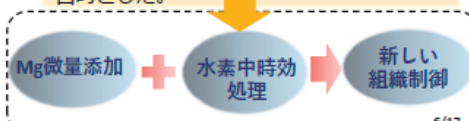
E. Salas, M. Bouda, et al., *Math. Trans.*, Vol. 45 No. 10 (2020) pp. 1913–1923

5/17

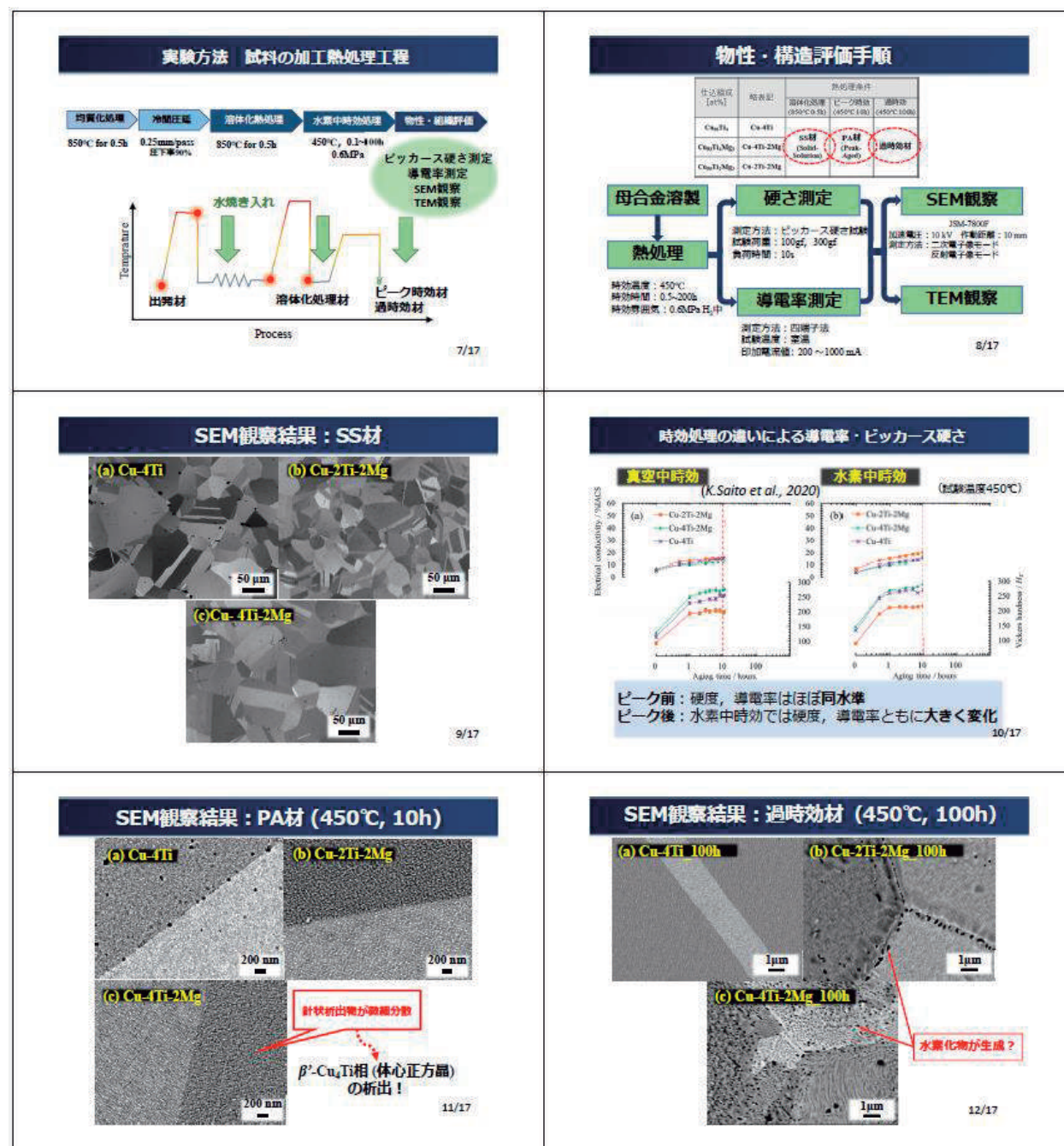
研究目的

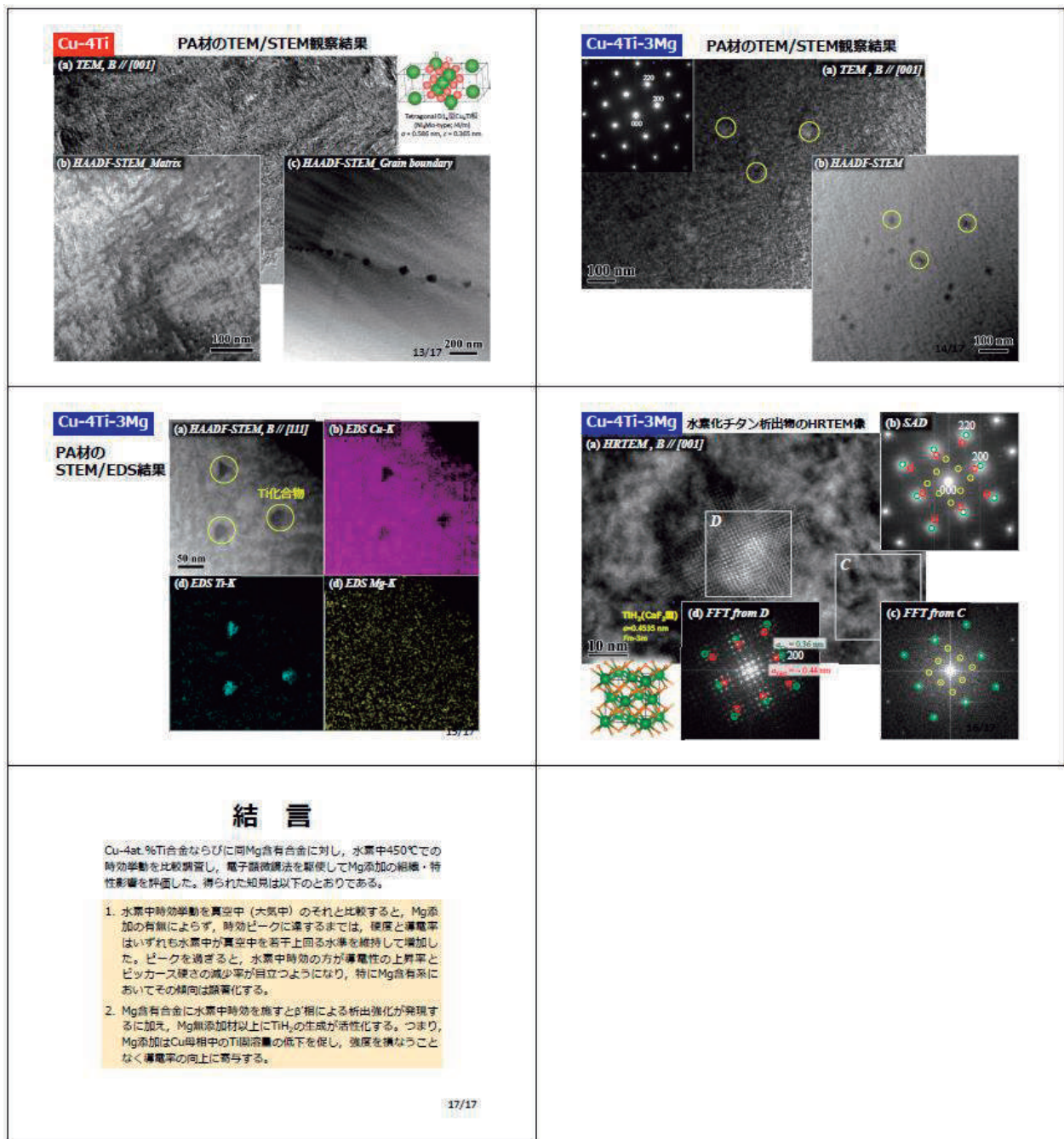
本研究では、Cu-Ti合金の特性改善を念頭に、第2合金元素として微量Mgのドーピングと水素中時効を組み合わせた新しい組織制御法を提案する。

また、この試料の機械的特性について、組織・構造学的特徴を調査することによって挙動のメカニズムを明らかにすることを目的とした。



6/17





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、永久磁石の直流磁場を計測対象として、超常磁性探針を用いることで磁場の定量的イメージング手法を提案した。従来の磁気力顕微鏡では磁場勾配を検出することで高い空間分解能を得ていたが定量性に乏しい問題があった。本手法では高い空間分解能を維持したまま、定量性に優れた磁場値の定量イメージングを実現した。

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直流磁場検出法と定量的磁場イメージングへの応用」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、永久磁石から発生する直流磁場に対して、世界で初めて、磁気力顕微鏡分野で直流磁場の定量的イメージングを提案したものであり、高い空間分解能で観察試料の微視的な磁場分布を把握できることから、永久磁石材料等の研究開発に有用と考えられる。

交番磁気力顕微鏡による直流磁場検出法と 定量的磁場イメージングへの応用

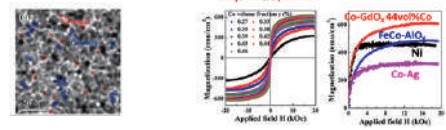
Dc magnetic field detection method by alternating magnetic force microscopy
and its application to quantitative magnetic field imaging

秋田大理工 齊藤 卓

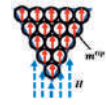
Akita Univ. Hitoshi Saito

【超常磁性探針】

超常磁性を示す磁性ナノ粒子の集合体からなるグラニューラ合金薄膜を成膜した探針。
(超常磁性：磁性ナノ粒子内の原子磁気モーメントが揃ったままで、粒子の磁化方向が
熱揺らぎによりランダムに変化)



Y. Cao, H. Saito *et al.*
J. Magn. Magn. Mater., 462(2018)
119-126



$$\Delta k = \frac{\partial F_z}{\partial z} = F_z' = \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{\partial U}{\partial z} \right) = \frac{\partial}{\partial z} \left(-\sum_i (-\mathbf{m}_i \cdot \mathbf{H}_i) \right)$$

$$\approx \frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{\partial}{\partial z} \int_V -\mathbf{m} \cdot \mathbf{H} dz \right) = \frac{\partial}{\partial z} (\mathbf{m} \cdot \mathbf{H})$$

・磁気力勾配 F_z' は、超常磁性粒子の積分効果により
磁場エネルギーの1階微分に対応すると考えられる。

【背景】

従来の力勾配検出による磁気力顕微鏡

- ・磁場勾配を検出することで空間分解能が向上。
- ・磁場を計測する顕微鏡(走査型ホール素子顕微鏡等)と比較して定量性に劣る。

【本研究の目的】

直流磁場について、力勾配検出による高い空間分解能を活かした
磁場計測法を提案する。

【方策】

探針磁化が印加磁場に比例する超常磁性探針を、
交番磁気力顕微鏡の探針に用いる。

(試料から発生する直流磁場と探針励磁用の交流磁場との積
で表される磁場エネルギーを利用する。)

【超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡】

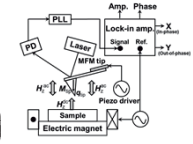
- ・直流磁場計測において、試料面に垂直な交流磁場 $H_z^m \cos(\omega t)$ を重畳することで、
試料面に垂直な磁場成分 H_z^d の検出が可能になる。

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}^d + H_z^m \cos(\omega t) \mathbf{e}_z, \quad \mathbf{m} = \chi^0 \mathbf{H}$$

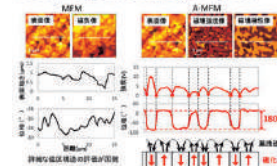
$$\Delta k = F_z' = \frac{\partial}{\partial z} (\mathbf{m} \cdot \mathbf{H})$$

$$\mathbf{m} \cdot \mathbf{H} = \chi^0 \left((H_z^d)^2 + \frac{1}{2} (H_z^m)^2 + 2 H_z^d H_z^m \cos(\omega t) + \frac{1}{2} (H_z^m)^2 \cos(2\omega t) \right)$$

$$F_z'(\omega t) = 2 \chi^0 \cos(\omega t) \frac{\partial}{\partial z} (H_z^d H_z^m) = 2 \chi^0 \cos(\omega t) \left(H_z^m \frac{\partial H_z^d}{\partial z} + \frac{\partial H_z^m}{\partial z} H_z^d \right)$$



フェライト焼結磁石の磁気観察 (c/c面：消磁状態)



第63回 応用物理学会 春季学術講演会
(22a-H113-7) 2016

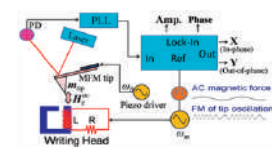
Y. Cao, H. Saito *et al.*, J. Appl. Phys., 123, 224503(2018)

【交番磁気力顕微鏡】

- ・探針に非共振の磁気力を印加することで生じる探針振動の周波数変調現象を利用。
- ・試料表面近傍の磁気力を単独検出することで、大気中においても高い空間分解能を
実現できる。

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

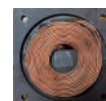
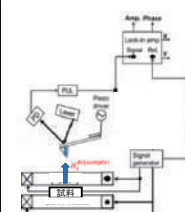
$$\Delta k \ll k_0 \Rightarrow z(t) \approx \frac{F_0}{m \gamma \omega_0} \sin \left(\omega_0 t + \frac{\Delta k}{m \gamma \omega_0} \sin(\omega_m t) \right)$$



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

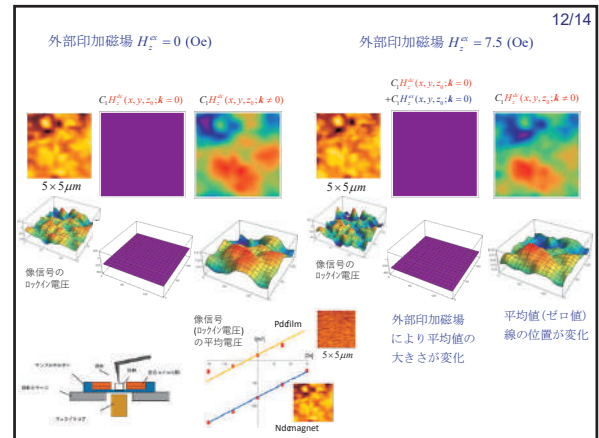
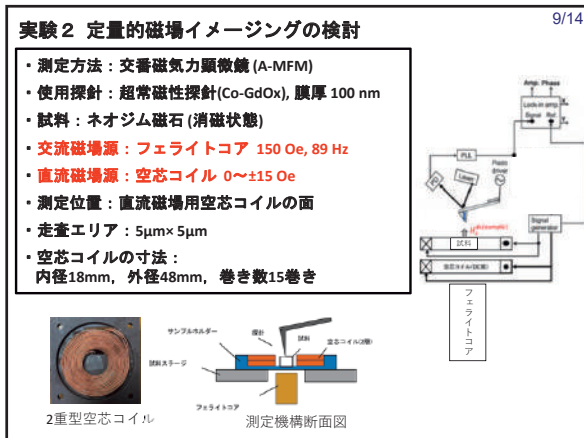
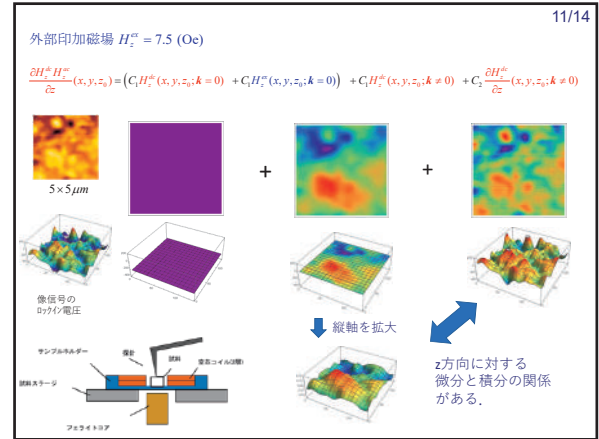
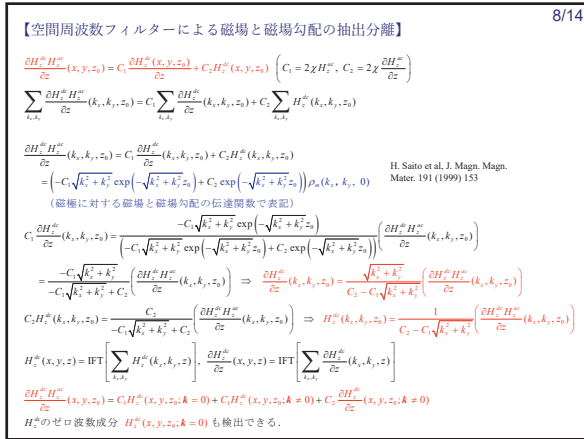
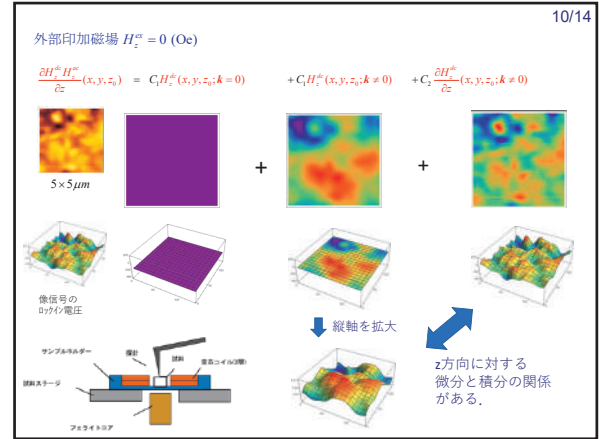
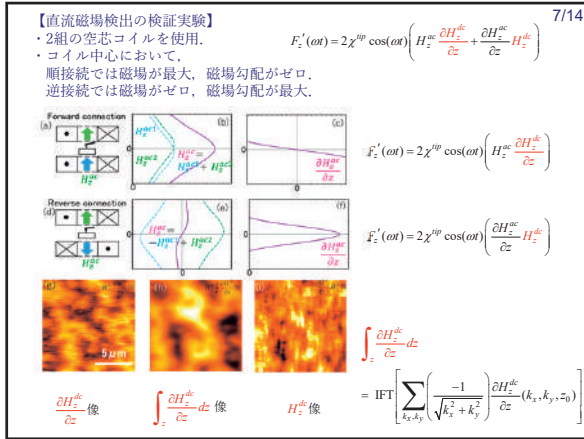
実験 1 直流磁場検出の検証

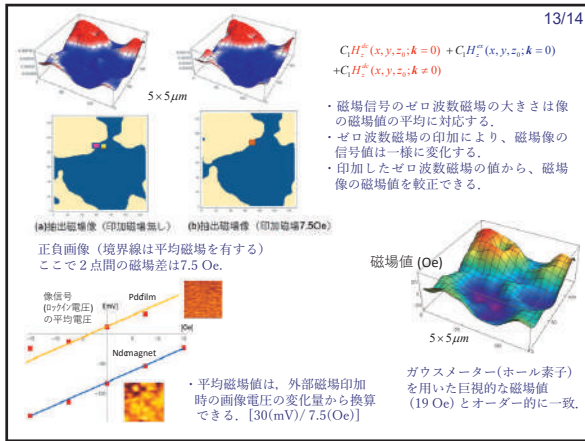
- ・測定方法：交番磁気力顕微鏡 (A-MFM)
- ・使用探針：超常磁性探針(Co-GdOx), 膜厚 100 nm
- ・試料：ネオジム磁石 (消磁状態)
- ・ $H_z^m \cos(\omega t)$: $H_z^m = 50$ (Oe), $f = \omega / 2\pi = 89$ (Hz)
- ・測定位置：交流用の空芯コイル中心
- ・走査エリア：12μm×12μm
- ・空芯コイルの寸法：
内径18mm, 外径48mm, 巻き数15巻き



2重型空芯コイル

$$F_z'(\omega t) = 2 \chi^0 \cos(\omega t) \frac{\partial}{\partial z} (H_z^m H_z^d) = 2 \chi^0 \cos(\omega t) \left(H_z^m \frac{\partial H_z^d}{\partial z} + \frac{\partial H_z^m}{\partial z} H_z^d \right)$$





14/14

まとめ

交番磁気力顕微鏡に超常磁性探針を用いることで、直流磁場に対して、磁場勾配ではなく、磁場を定量的に計測する方法を検討した。

1. c消磁状態のFeNdB磁石を試料として、試料面に垂直方向の磁場 H_z を空間分解能を劣化させることなく、ゼロ波数成分を含めて検出することができた。
2. c外部から一樣な磁場を印加して磁場値を校正することにより、 H_z の定量イメージングができた。

今後、着磁状態のFeNdB磁石等、様々な試料に対して定量磁場イメージングを試みる。

・本研究では、科学技術振興機構・先端計測分析技術・機器開発事業（機器開発タイプ、H23-26年度）の助成により開発したプロトタイプ機を使用しました。

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5年度は、これまで薄膜作製に用いてきたパルス DC スパッタリング法において、それにフィットするスパッタリングターゲットとして求められる伝導性の程度や、薄膜中の酸素欠損の抑制に効果的なスパッタリングターゲットの原料選定、などの検討を行った。本結果は、高品位な強磁性・強誘電薄膜のみならず、酸化物薄膜を作製する際の、スパッタリングターゲットの指針となる。

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

電界印加書き込み型の新規な磁気記録媒体（特許第5771788号およびUS8,891,190を、その改良特許として3件を別途、保有。）、電界印加書き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）、磁気転写電荷誘起型の新規な磁気センサー（特願2024-021362）、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)・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 $(\text{Bi,L})\text{(Fe,Co)}\text{O}_3$ 薄膜等を用いて、デバイス動作のデモンストレーションに成功してきた。

新技術の特徴

反応性パルス DC スパッタリング法、およびそれに適した新開発のスパッタリングターゲットを用いることで、スパッタリング法では難しいと思われていた強磁性・強誘電薄膜の高品位作製を実現した。本成果は、本薄膜を用いた低消費電力デバイスの実装の加速を期待させるものである。

3月15日 日本表面真空学会 スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会 (SP部会) 第177回定例研究会での招待講演図面

日本表面真空学会 スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会 (2024/3/15) 1/35

Akita University

磁気デバイスの低消費電力駆動化に向けた 新機能磁性薄膜の作製 ー反応性パルスDCスパッタリングによる高品位化ー

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
(大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター長)

背景 磁性細線メモリ <2008年にIBMにより提案> の特長と問題点 10/35

特長

- 記録媒体: 貴金属フリー(安価な材料)の磁性ナノワイヤー(耐衝撃性)
- ⇒ 情報不揮発性
- ⇒ 3次元記録 (超大容量: 100 Tbit以上)
- 記録ビット(磁区)の移動: スピン注入方式
- ⇒ モーターフリー(低消費電力稼働)

問題点

- 記録方式: HDDと同じ電流磁界 (高い消費電力記録) (記録磁界に限界値)
- 記録素子: HDDと同様の磁気記録ヘッド (複雑構造な記録素子) (素子の多数配置)

現状、HDD用磁気記録ヘッドを用いた情報記録の検証、磁区移動の機能検証およびそのメカニズムの議論、が活発に行われているが、**デバイス実装には至っていない。**

情報記録方法に関する新規な問題解決が必要

新材料: 強磁性・強誘電薄膜を用いた新記録方式での問題解決の提案 11/35
(高消費電力・記録磁界に限界値・複雑素子の多数配置)

$(\text{Bi}, \text{A})(\text{Fe}, \text{B})\text{O}_3$ 菱面晶ペロブスカイト構造

- 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 電荷+ 強磁性(フェリ) 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の磁化反転の模式図

Top electrode, Ferro-mag. & Ferro-elec., Bottom electrode

- 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>

「電界印加磁化反転」の磁気記録への応用 12/35

リターンヨーク, 記録素子, 再生素子, Needle electrode, Multiferroic film, Substrate

励磁コイル, 記録媒体, 約20 nm, 裏打ち層, 約100 nm, 基板

特許第5771788号 (H27.7.10)

HDDに使用する場合は、単純にCo磁性層の代わりに強磁性・強誘電薄膜を用いればよい

磁性細線に、単純に強磁性・強誘電薄膜を用いればよいのか??

磁性細線に電流を流して記録ビットを移動させる必要があることから、磁性細線の材料には導電性が必要(強磁性・強誘電材料は絶縁体)

電界記録(電界印加磁気転写)型の新しい細線メモリの提案 13/35
【大容量、低電力稼働・記録、容易な書き込み、低コスト(材料・製造)、耐衝撃、を全て満たす】

Spin Current, Magnetic nano-wire, Electrode (for bit motion), Electrode (for writing), Reading element, Writing element, Tunnel Junction, Multiferroic film

磁気転写, 電界印加磁化反転

特許第6573374号 (R1.8.23)

磁気記録ヘッドのような複雑な構造を有する数百ナノメートルスケールのコイルと鉄心からなる磁界印加機構(ロスの大きい電流磁界の印加)は不要

書き込み: 1. 書き込み電極間に電界を印加して強磁性・強誘電薄膜を磁化させる。
2. 強磁性・強誘電薄膜の磁化がワイヤー状磁性薄膜に磁気転写されることで、記録ビットを形成する。

強磁性・強誘電薄膜を適切に配置・使用することで、書き込み電力を飛躍的に低減
記録素子構造を劇的に簡略

目的 14/35

次世代高性能磁気デバイスの超低消費電力駆動化に向け、

- 高品位な強磁性・強誘電薄膜を作製するプロセスの確立
 - (①導電性ターゲットとパルスDC電源を用いた反応性スパッタリング成膜)
 - (②導電性・酸素含有量が多いターゲットを用いた酸素欠損が少ない薄膜の作製)
- 大きな飽和磁化および垂直磁気異方性を持つ材料の探索
 - (③置換元素の種類および置換量の検討)
- 「電界印加磁化反転」および「電界印加磁気転写」のデモンストレーション(④)を行う。

NNN, M, P, SSS

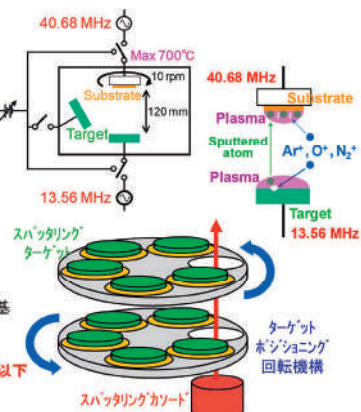
実験装置 超高真空対応スパッタリングシステム(エイコー社製)

15/35



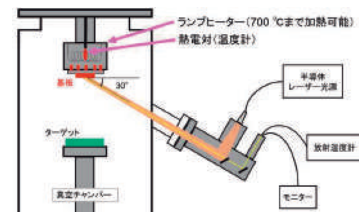
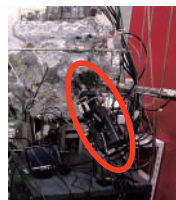
- 到達真空度: 2×10^{-7} Pa 以下
- 最高基板温度: 700 °C (ランプ加熱)
- VHF電源: 1基, RF電源: 1基, DC電源: 1基
- スパッタリングターゲット: 11枚収納
- 2元同時スパッタリングが可能
- Ar、N₂、O₂ガス中の不純物レベル: 10 ppb 以下
- Ti getterポンプ内蔵

成膜中の薄膜へのVHFプラズマ照射機構と2元同時成膜用カソードの増設ポートを特別に追加

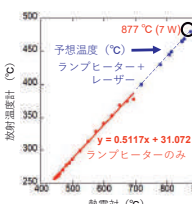
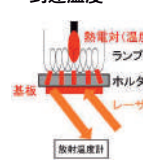


装置改良 酸化物薄膜の高品位化(結晶化促進)のために
 ~設置位置~ ⇒ レーザーアシスト加熱機構(パスカ社製)の追加設置

16/35



～到達溫度～

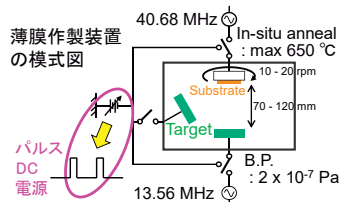


電力(W)	予想処理温度(℃)
0	695
3	779
4	808
5	816
6	858
7	877

877 °C (7 W) 成膜では薄膜からBi蒸発

装置改良 酸化物薄膜の高品位化(結晶化促進)のために
⇒ 成膜用のパルスDC電源(アルバック社製)の追加設置

17/35

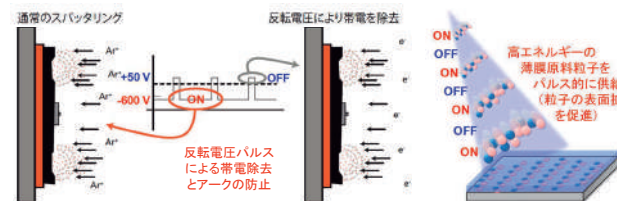


作製したい薄膜の結晶構造<複雑>



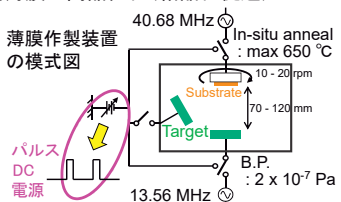
$(\text{Bi},\text{A})(\text{Fe},\text{B})\text{O}_3$

反応性パルスDCスパッタリング成膜のコンセプト



① 酸化物薄膜の高品位化(結晶化促進)のために

19/35



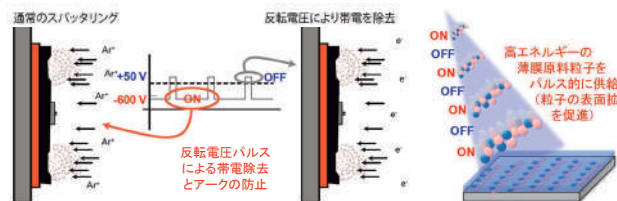
結晶構造<複雑>



(Bi,A)(Fe,B)O₃

*RFスパッタリング:
電子がターゲットに帯電して
マイナスにバイアスされ
Arイオンは連続的に
ターゲットに照射される

反応性パルスDCスパッタリング成膜のコンセプト



(Bi,Ba)FeO₃ 薄膜を反応性パルスDCスパッタリングで作製するためのターゲットはどうする？

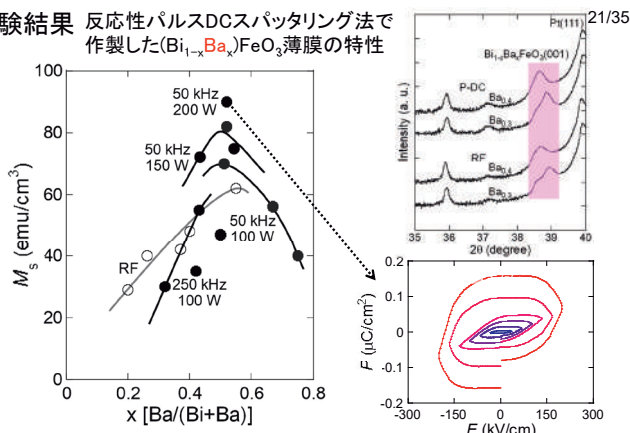
ターゲット試作① P-DC電源で問題なく高品位作製するために

20/35

P-DC電源を使い始める前から『導電性』が重要と思い、事前に特注品を準備した。



実験結果 反応性パルスDCスパッタリング法で作製した(Bi_{1-x}Ba_x)FeO₃薄膜の特性



パルスDCスパッタリング成膜条件を最適化することで、RFスパッタリング成膜の場合に比較して、**1.5倍の飽和磁化および1桁以上高い抵抗(良好な絶縁性)**が得られた。
Japanese Journal of Applied Physics, Vol.57, p.0902B7 (2018)

P-DCでの成膜には本当に導電性ターゲットが必要なのか？

22/35

到達真空度: 1.0×10^{-6} Pa, プロセスガス: Ar, Ar + O₂ (7:3)

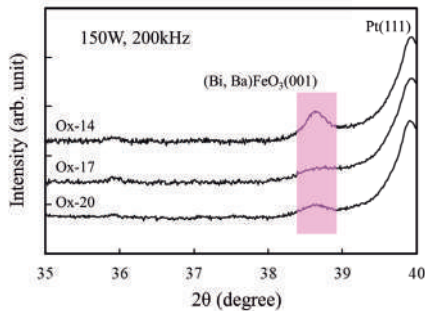
電力: 150 W, 周波数: 200 kHz

使用ターゲット: Ba₂Fe₂O₅粉末(1/7)+Fe粉末(6/7)を焼結+Biシート (Ox-14)
Ba₂Fe₂O₅粉末(1/6)+Fe粉末(5/6)を焼結+Biシート (Ox-17)
Ba₂Fe₂O₅粉末(1/5)+Fe粉末(4/5)を焼結+Biシート (Ox-20)
Bi_{0.5}Ba_{0.5}Fe_{1.5}O_x (RFスパッタに使用した過去のもの) (RF)

	Ox-14	Ox-17	Ox-20	RF
ターゲットの抵抗 (φ75×4mm)	数Ω	数十Ω	非常に大きい (OL)	非常に大きい (OL)
プラズマ着火時のアーク放電回数 (放電開始2~3秒)	0	5	20	非常に多い
プラズマ着火後のアーク放電回数 (放電開始2~3秒)	0	数百	0	非常に多い
薄膜組成 (Bi:Ba)	53:47	46:54	53:47	0:100

結晶性のターゲット導電性依存

23/35

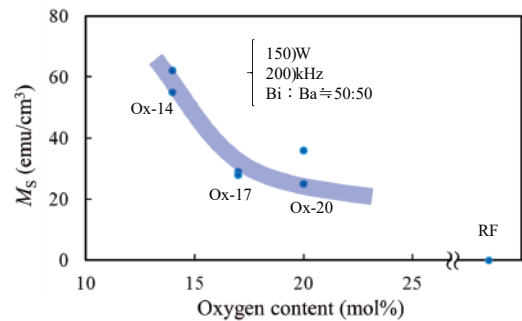


→ ターゲットの導電性が良いほど良好な結晶性

導電性が良いターゲットを用いた場合、アーク放電が少なくプラズマが安定化することから、高品位な薄膜が形成された。

飽和磁化のターゲット導電性依存

24/35



→ ターゲットの導電性が良いほどより大きな飽和磁化

導電性が良いターゲットを用いた場合、アーク放電が少なくプラズマが安定化することから、高品位な薄膜が形成され、その結果高い飽和磁化が得られた。

目的

14/35

次世代高性能磁気デバイスの超低消費電力駆動化に向け、

・高品位な強磁性・強誘電薄膜を作製するプロセスの確立

(①導電性ターゲットとパルスDC電源を用いた反応性スパッタリング成膜)

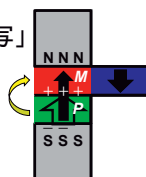
(②導電性・酸素含有量が多いターゲットを用いた酸素欠損が少ない薄膜の作製)

・大きな飽和磁化および垂直磁気異方性を持つ材料の探索

(③置換元素の種類および置換量の検討)

・「電界印加磁化反転」および「電界印加磁気転写」のデモンストレーション(④)

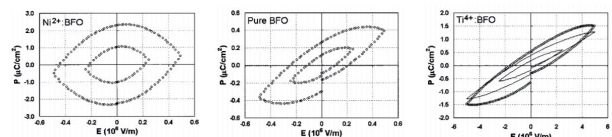
を行う。



② 酸化物薄膜の高品位化(酸素欠損の抑制)のために

25/35

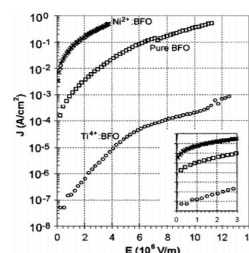
誘電特性(絶縁性)の向上に酸素欠損の防止が有効とされている



酸素欠損

多

少



Xiaodong Qi, Joonghoe Dho, Rumun Tomov, Mark G. Blamire, and Judith L. MacManus-Driscoll. Appl. Phys. Lett. 86, 062903 (2005)

スパッタリング成膜での試料への酸素導入方法

A. スパッタガス中酸素濃度の増加

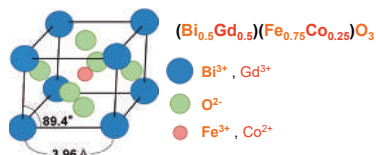
電力(W)	Ar:O ₂ 比	スパッタレート (nm/s)	Bi組成(at%)
100	5:5	0.0380	0
100	7:3	0.0733	31.97
100	8:2	0.0950	53.97

ターゲット試作② 酸素欠損の少ない薄膜の作製のために

26/35

スパッタリング成膜での試料への酸素導入方法

B. スパッタリングターゲット内の酸素含有量の増加(ただし、ターゲットは良好な導電性)



(1) GdFeO_3 , Fe, Co粉末を使用して特注ターゲットを作製してきた

粉末配合比 $\text{GdFeO}_3 : \text{Fe} : \text{Co} = 2 : 7 : 3$

$\text{Gd} : \text{Fe} : \text{Co} : \text{O} = 2 : 9 : 3 : 6$

(3 : 13.5 : 4.5 : 9) **G1O3**

(2) $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, Fe, Co粉末を使用して超特注ターゲットを作製してもらった

粉末配合比 $\text{Gd}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12} : \text{Fe} : \text{Co} = 1 : 8 : 4$

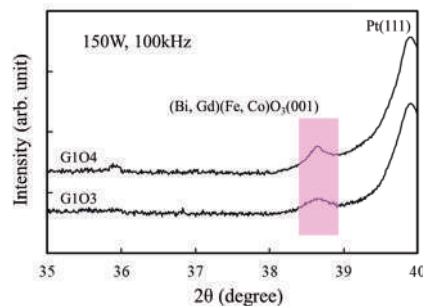
$\text{Gd} : \text{Fe} : \text{Co} : \text{O} = 3 : 13 : 4 : 12$

G1O4

2種のターゲットでGd : Fe : Coの比はほぼ変わらないが、Gd : Oの比率が異なる

実験結果 結晶性のターゲット中酸素濃度依存

27/35

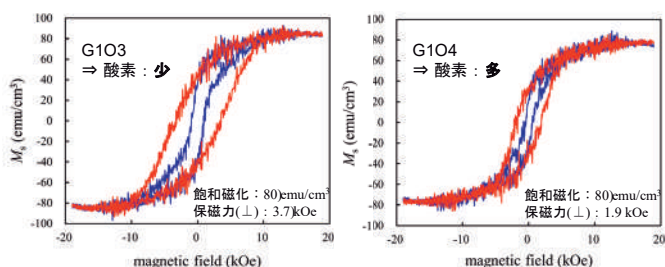


→ ターゲット中酸素濃度が高いほど良好な結晶性

酸素濃度の高いターゲットを用いて作製した薄膜は酸素欠損が少ないと考えられる。

磁気特性のターゲット中酸素濃度依存

28/35

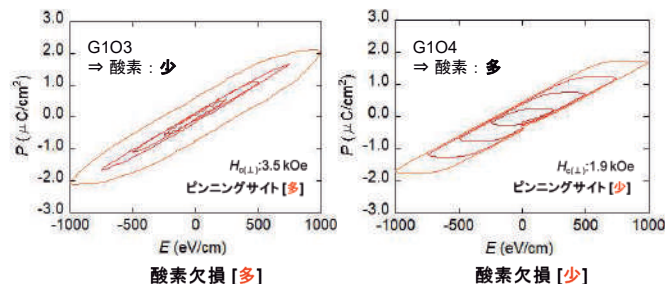


→ ターゲット中酸素濃度が高いほどより小さな保磁力

酸素濃度の高いターゲットを用いて作製した薄膜は酸素欠損が少なく、磁壁ピンニングサイトが少ないため、保磁力が小さくなったと考えられる。

誘電特性のターゲット中酸素濃度依存

29/35



→ ターゲット中酸素濃度が高いほどより良好な誘電特性

酸素濃度の高いターゲットを用いて作製した薄膜は酸素欠損が少なく、酸素欠損の発生が抑えられたため、誘電特性が向上したと考えられる。

目的

14/35

次世代高性能磁気デバイスの超低消費電力駆動化に向け、

・高品位な強磁性・強誘電薄膜を作製するプロセスの確立

(①導電性ターゲットとパルスDC電源を用いた反応性スパッタリング成膜)

(②導電性・酸素含有量が多いターゲットを用いた酸素欠損が少ない薄膜の作製)

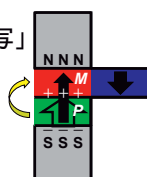
・大きな飽和磁化および垂直磁気異方性を持つ材料の探索

(③置換元素の種類および置換量の検討)

・「電界印加磁化反転」および「電界印加磁気転写」

のデモンストレーション(④)

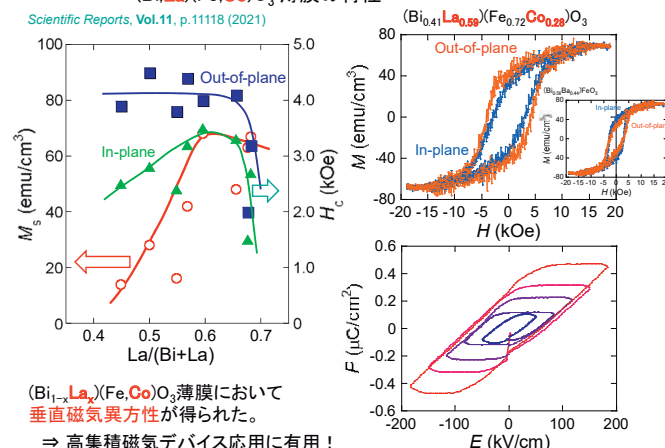
を行う。



実験結果 反応性パルスDCスパッタリング法で作製した

30/35

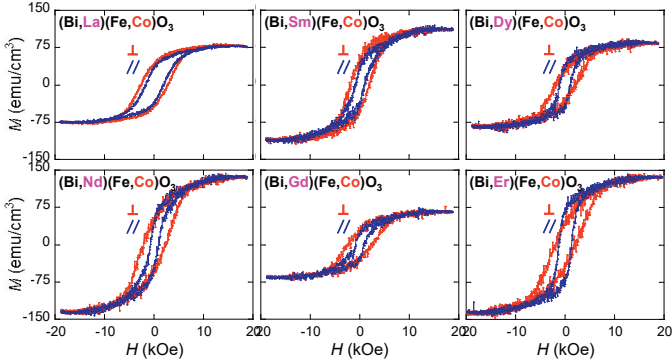
$(\text{Bi}, \text{La})(\text{Fe}, \text{Co})\text{O}_3$ 薄膜の特性



Biを種々のランタノイドで置換した場合の薄膜の磁化曲線

31/35

$(\text{Bi}_{0.5}\text{L}_{0.5})(\text{Fe}_{0.75}\text{Co}_{0.25})\text{O}_3$ films ($\text{L} = \text{La, Nd, Sm, Gd, Dy, Er}$) $<\text{L} = 40 \sim 60 \text{ at\%}>$



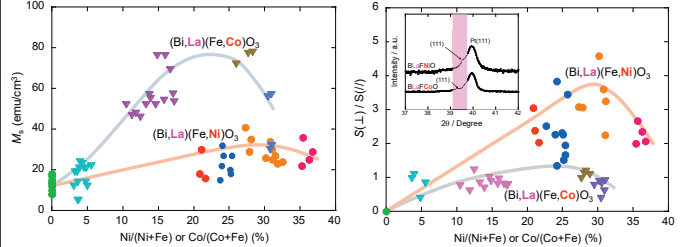
強磁性(フェリ)の発現起源のCoの磁性にランタノイド元素が影響を及ぼしている?

<現在のところ何に依存しているか不明：放射光で各Lに対するCoの磁性の解析を予定>

Feを他の遷移元素(Co,Ni)で置換した場合の薄膜の磁気特性

32/35

$(\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5})(\text{Fe}_{1-y}\text{M}_y)\text{O}_3$ films ($\text{M} = \text{Co, Ni}$) $<y = 0 \sim 40 \text{ at\%}>$



大きな飽和磁化を得たいなら、Feに対してCoで置換することが効果的

垂直磁気異方性を得たいなら、Feに対してNiで置換することが効果的

Feに対してCo・Ni共置換により、高飽和磁化・垂直磁気異方性が得られるか検討中

<現在のところ垂直磁気異方性の起源は不明：放射光でCoやNiの磁性の解析を予定>

目的

14/35

次世代高性能磁気デバイスの超低消費電力駆動化に向け、

・高品位な強磁性・強誘電薄膜を作製するプロセスの確立

(①導電性ターゲットとパルスDC電源を用いた反応性スパッタリング成膜)

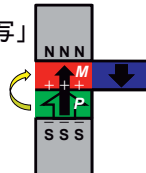
(②導電性・酸素含有量が多いターゲットを用いた酸素欠損が少ない薄膜の作製)

・大きな飽和磁化および垂直磁気異方性を持つ材料の探索

(③置換元素の種類および置換量の検討)

・「電界印加磁化反転」および「電界印加磁気転写」のデモンストレーション(④)

を行う。

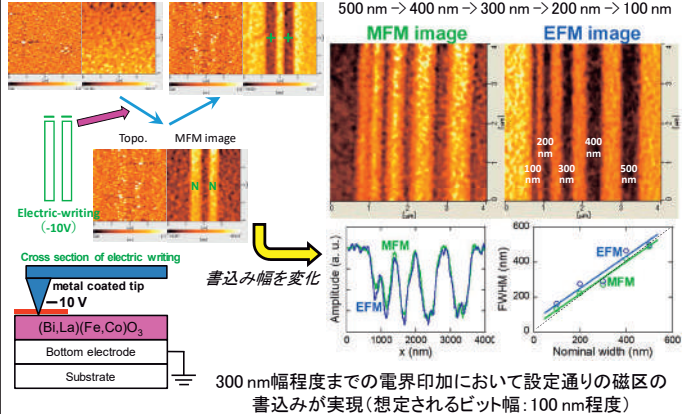


(Bi,La)(Fe,Co)O3薄膜における局所(数百nm)電界印加磁化反転の検証

33/35

500 nm 幅での電界書き込み

Scientific Reports, Vol.11, p.11118 (2021)

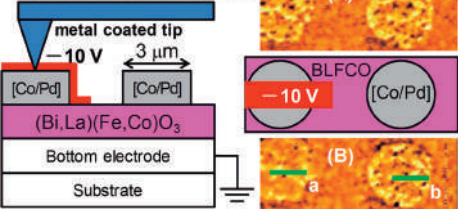


(Bi,La)(Fe,Co)O3 / [Co/Pd]4 積層膜における電界印加磁気転写の検証

34/35

Nanotechnology, Vol.34, p.465703 (2023)

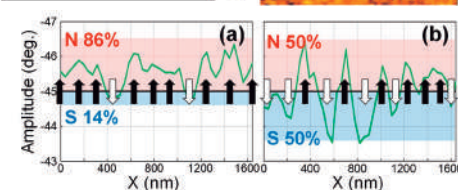
Cross section of electric writing



電界書き込み前の[Co/Pd]ドットは多磁区・消磁状態

電界書き込み

電界書き込み後の[Co/Pd]ドットは黒い部分(S極)が減った



下向きに磁化していた部分の75%程度が上向きに反転(電界印加磁気転写)

まとめ

35/35

○電界により駆動する(超低消費電力)の

「電界印加磁気転写」型の超大容量の磁性細線メモリを提案した。

○上記の次世代磁気デバイスの実現に向け強磁性・強誘電薄膜に着目し、

・新しい反応性パルスDCスパッタリング法と特注の導電性ターゲットで

高品位な薄膜作製に成功して磁気特性を改善した。

・超特注の導電性かつ酸素含有量の多いターゲットで

酸素欠損の少ない薄膜作製に成功して誘電特性を改善した。

○磁気特性向上のために種々の元素および置換量について検討した所、

・特定のランタノイド(Nd等)を置換元素に用いると飽和磁化が増大した。

・Coを置換元素に用いると飽和磁化が増大し、

Niを置換元素に用いると垂直磁気異方性が増大した。

○BiFeO3系薄膜(単膜)で、局所的な電界印加磁化反転の実証に成功した。

BiFeO3系薄膜と金属磁性薄膜の積層膜で、電界印加磁気転写を実証し、

超低消費電力型の超大容量の磁性細線メモリの実現可能性を示した。

謝辞 本研究は、さががけ、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。

層状金属酸素酸塩の合成温度の検討

齊藤寛治・小笠原正剛・加藤純雄

(第9研究グループ)

saitok@gipc.akita-u.ac.jp

概要：固相反応法により得られる層状チタン酸塩や層状ニオブ酸塩といった層状遷移金属酸素酸塩は高いイオン交換容量と有用な電子・光学物性から無機イオン交換体、あるいは複合機能材料の出発物質として用いられてきた。層状遷移金属酸素酸塩の微粒子設計は効率的なイオン交換反応や触媒反応の観点で重要であるが、一般的に高温での固相反応によって得られる層状遷移金属酸素酸塩は合成過程で粒子の成長が進み粗大粒子として得られる。本研究では、層状リチウムチタン酸カリウムの従来よりも低温での合成を検討した。

独自性・実用性：

【解説・総説】

“酸処理層状チタン酸の光触媒特性と合成温度の相関”，齊藤寛治，小川誠，井出裕介，菅原義之，小笠原正剛，加藤純雄，セラミックス, 2023, 58 (7), 474-477.

【招待講演】

“合成温度に依存した層状チタン酸塩の材料特性”，齊藤寛治，ナノ学会第21回大会, 3I04, 函館, 2023年5月13日

【緒言】

遷移金属酸化物薄層と交換性陽イオンが交互に積層した構造をとる層状遷移金属酸素酸塩は、高い陽イオン交換容量に遷移金属酸化物層の有用な光・電子物性がいまって、水中から有害/希少元素を濃集するためのイオン交換体として、あるいは層間への機能ユニットの導入による複合光機能材料（色素増感太陽電池や光触媒）の設計に用いられてきた¹⁻³⁾。

イオン交換特性を有する層状遷移金属酸素酸塩の粒子サイズは、ゲストイオン/反応物が層間で移動する距離と関連づけられる。微粒子の設計はイオン交換反応や触媒反応が平衡に到達するまでの時間の短縮に有効であると期待されるが、一般的に固相反応法（セラミックス法）により高温で合成される層状遷移金属酸素酸塩は粗大粒子として得られる場合が多い。

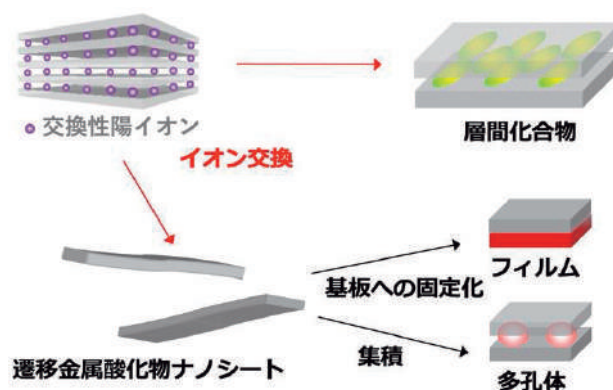


図1. 層状遷移金属酸素酸塩のイオン交換反応を利用した機能材料設計のスキーム

固相反応法で得られた粗大粒子の粉碎は微細な層状遷移金属酸素酸塩を獲得する有効な手法である一方⁴⁾、低温での固相合成により微粒子を直接得る手法はエネルギー削減の観点で望ましい。本研究では、レピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウム $K_xTi_{2-x/3}Li_{x/3}O_4$ ($x \approx 0.80$) の従来 (600℃) より低温での合成を企図した。

【実験】

K_2CO_3 , Li_2CO_3 および TiO_2 をモル比で $K_2CO_3 : Li_2CO_3 : TiO_2 = 3x : x : 12 - 2x$ ($x = 0.80, 0.81, 0.82, 0.83$ または 0.84) となるよう秤量し、遊星ボールミルを用いて湿式混合した。 $x = 0.80$ について、室温でアセトン揮発させた後、混合物の高温粉末 X 線回折 (XRD) 分析を行った。また、すべての x の場合について室温でアセトン揮発させた後空气中 550℃ で 20h 焼成した。生成物は再び混合した後 20h 焼成した。 $x = 0.84$ について、生成物を蒸留水に加え超音波照射することで分散した。分散液は 6 h 攪拌した後遠心分離により固液分離し上澄み液は除去した。沈殿物は常温常圧下で乾燥した。生成物を $K_{0.84}TLO$ (550) – 洗浄とする。生成物は XRD、ラマン分光法並びに紫外-可視分光法により評価した。

【結果と考察】

図 2 に $x=0.80$ の場合の K_2CO_3 , Li_2CO_3 および TiO_2 の混合物の高温 XRD パターンを示す。500 および 550℃ の場合原料である K_2CO_3 および TiO_2 に加えレピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウムに帰属可能な回折線⁵⁾が認められ、従来 600℃⁶⁾以上で単一相での合成が報告されてきたレピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウムが 500℃ で生成することがわかった。

図 3 に様々な x の場合の K_2CO_3 , Li_2CO_3 および TiO_2 の混合物を 20 あるいは 40h 焼成した際の生成物の XRD パターンを示す。焼成時間 20h の場合、いずれの x の場合にもレピドクロサイト型リチウムチタン酸カリウムに加え、未同定の回折線が $2\theta = 30.2^\circ$ に見られた。また、 $x = 0.80 \sim 0.83$ の場合 $2\theta = 25.2^\circ$ に TiO_2 に帰属可能な回折線が、 $x = 0.82 \sim 0.84$ の場合に $2\theta = 32.5^\circ$ に K_2CO_3 に帰属可能な回折線が見られた。一方、焼成時間を 40h に延長した場合 20h の場合に見られた $2\theta = 25.2^\circ$ の TiO_2 に帰属可能な回折線が全ての x の場合で消失し、焼成時間の延長に伴う固相反応の進行が示唆された。 $x = 0.80 \sim 0.83$ の場合 $2\theta = 30.2^\circ$ に未同定の回折線が、 $x = 0.81 \sim 0.83$ の場合に $2\theta = 32.5^\circ$ に K_2CO_3 に帰属可能な回折線が見られた一方で、 $x = 0.84$ の場合全ての回折線がレピドクロサイト型リチウムチタン酸カリウムに帰属された。 $x = 0.84$ の場合の生成物を $K_{0.84}TLO$ と称する。

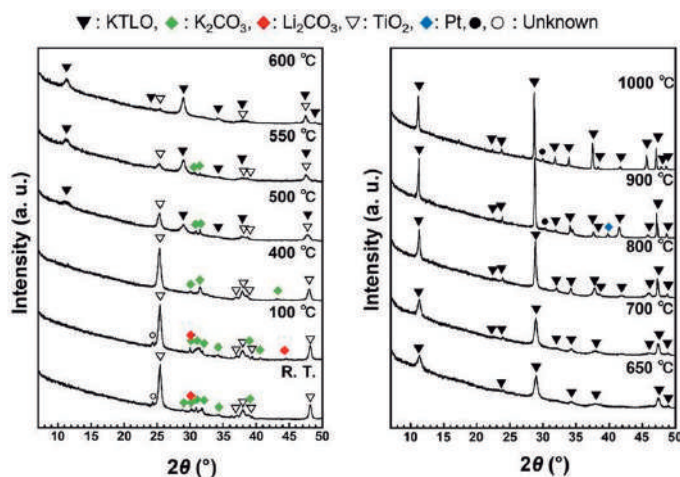


図 2. K_2CO_3 , Li_2CO_3 および TiO_2 の混合物の高温 XRD パターン ($x=0.8$ の場合)

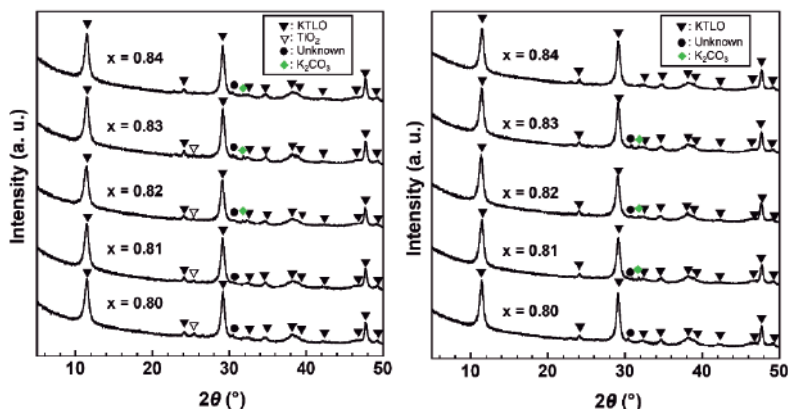


図 3. K_2CO_3 , Li_2CO_3 および TiO_2 の混合物空气中 550℃ で 20h (左) あるいは 40h (右) 焼成することで得た試料の XRD パターン

図4に $K_{0.84}TLO$ のラマンスペクトルを示す。145 および 1064 cm^{-1} に TiO_2 および K_2CO_3 に帰属可能な吸収帯がそれぞれ見られた。XRD パターンにはこれらの化合物に起因する回折線は認められなかったことを考慮すると、微量の原料の残存、あるいは残存した原料の表面での偏在が示唆された。

K_2CO_3 を除去するために $K_{0.84}TLO$ を水に分散後回収した $K_{0.84}TLO$ (550) – 洗浄の XRD パターンを図5左に示す。積層構造に起因する低角度領域の回折線は d 値 0.79 nm に相当し、この値は洗浄前の $K_{0.84}TLO$ の値 (0.77 nm) と比較し僅かに大きい。これは水中での層間 K^+ と H_3O^+ のイオン交換を示唆する。図5中央並びに図5右に洗浄前後の $K_{0.84}TLO$ の紫外-可視拡散反射 (UV-vis DR) スペクトル並びに UV-vis DR スペクトルから得た Tauc プロットをそれぞれ示す。Tauc プロットから見積もったバンドギャップエネルギーは洗浄前後でそれぞれ 3.75 および 3.79 eV と、洗浄に伴いバンドギャップエネルギーが増大した。この傾向は層間のプロトン化に伴うレピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウムの電子構造変化に関する先行研究⁷⁾の結果と一致し、XRD の結果から示唆された層間のプロトン化を支持する。

まとめとして、従来 600°C 以上での合成が報告されてきたレピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウム $K_xTi_{2/3}Li_{x/3}O_4$ ($x \approx 0.80$) の 550°C での合成を試みた結果、いずれの組成の場合も目的化合物が単一相では得られなかった。 $x = 0.84$ の場合に残存する原料の量が最も小さいことが示唆された。

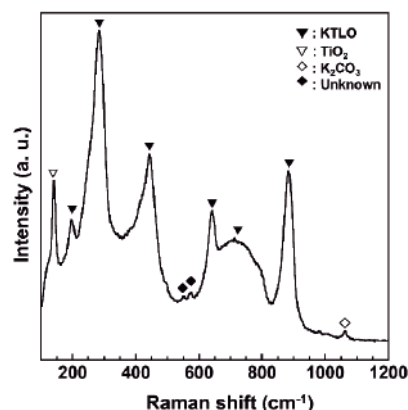


図4. $K_{0.84}TLO$ (550) のラマンスペクトル

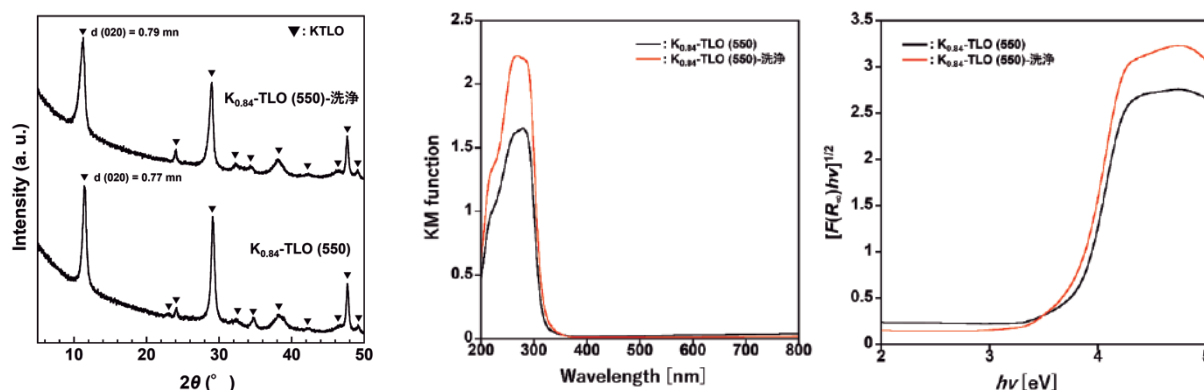


図5. 水洗前後の $K_{0.84}TLO$ (550) の (左) XRD パターン、(中央) UV-vis DR スペクトルおよび (右) Tauc プロット

【引用文献】

- (1) Ide, Y.; Sadakane, M.; Sano, T.; Ogawa, M., *J. Nanosci. Nanotechnol.* **2014**, *14*, 2135-2147.
- (2) Jin, X.; Gu, T.-H.; Lee, K.-G.; Kim, M. J.; Islam, M. S.; Hwang, S.-J., *Coord. Chem. Rev.* **2020**, *415*, 213280.
- (3) Uppuluri, R.; Sen Gupta, A.; Rosas, A. S.; Mallouk, T. E., *Chem. Soc. Rev.* **2018**, *47*, 2401-2430.
- (4) Sirinakorn, T.; Saothayanun, T.; Sruamsiri, D.; Ogawa, M., *J. Phys. Chem. Solids* **2022**, *163*, 110541.
- (5) Sasaki, T.; Kooli, F.; Iida, M.; Michiue, Y.; Takenouchi, S.; Yajima, Y.; Izumi, F.; Chakoumakos, B. C.; Watanabe, M., *Chem. Mater.* **1998**, *10*, 4123-4128.
- (6) Ogawa, M.; Morita, M.; Igarashi, S.; Sato, S., *J. Solid State Chem.* **2013**, *206*, 9-13.
- (7) Saito, K.; Inaguma, K.; Ogawa, M.; Ha, P. T.; Akiyama, H.; Yamaguchi, S.; Minokoshi, H.; Ogasawara, M.; Kato, S., *ACS Appl. Nano Mater.* **2022**, *5*, 9053-9062.

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、接着強度が低いため界面はく離が発生しやすい等の問題がある。したがって、これらの問題を解決するために、WC表面上にダイヤモンド皮膜を合成することが可能な諸条件を提案して実験を行い、はく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜の合成法の検討を行う。

キーワード：ダイヤモンド皮膜、燃焼炎、界面はく離、タングステンカーバイド

実用性：

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

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う問題もある。

著者らは、CVD法の一種であり、大気中でアセチレン-酸素の省エネルギー型燃焼炎によるダイヤモンド合成に着目してきた。燃焼炎法は、様々な工業的に有利な特長を有しており、この燃焼炎によるダイヤモンド合成法を用いて、モリブデン（Mo）基板表面上にダイヤモンド皮膜の合成を試みてきた^{1)～4)}。しかしながら、ダイヤモンド皮膜を合成した後、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変化させダイヤモンド合成を行った。この際、前処理として化学処理の時間を一定として前処理を行った基板上にダイヤモンド合成を行った。ここで、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 $100 \times 100 \times 55 \text{ mm}^3$ の銅製ボックスを使用し、このボックスの中に冷却水を流し込み、反対方向から小型ポンプで吸い出した。ここで、直径 10 mm のタングステン (W) 円柱棒を冷却用の支柱としてボックスの中央に通し、テーブルにフランジで固定した。この支柱の上に WC 基板を接着させ合成を行った。この際、冷却を効率良く行うため基板と支柱の間に熱伝導性の良い Ag ペーストを塗布し、473 K で炉内において熱し接着した。

冷却用のボックスは上下移動可能なステージ上にあり、冷却水面と皮膜表面の距離を変えることで皮膜表面温度を変化させることができる。ステージにはステッピングモータ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。

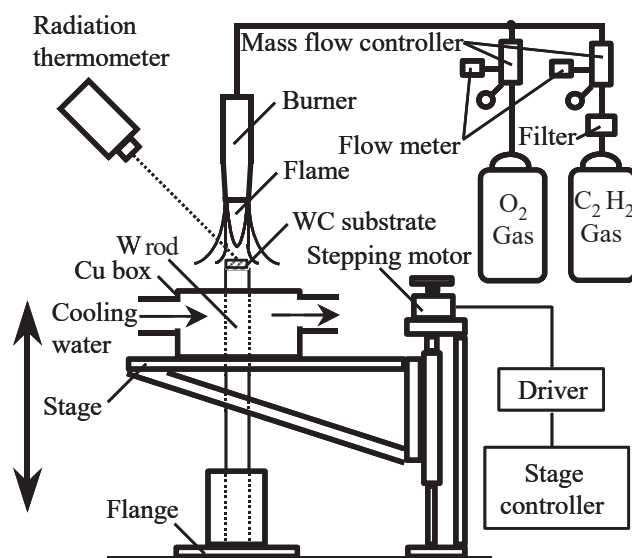


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

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

また、WC 基板表面の前処理として化学処理^{5)・6)}を行い変化させ合成を行った。化学処理は、WC 表面をエッチングすることが可能な Murakami 溶液（ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム K₃[Fe(CN)₆] : 10 g, 水酸化カリウム KOH : 10 g, 水 : 100 ml）に WC 基板を浸しエッチングを行った。ここで、Murakami 溶液に WC 基板を浸透させ、基板表面上を意図的に粗くした。このことにより、WC 基板と合成皮膜の接触面積を増加させ、はく離を抑制することが可能になると考えられる。また、Murakami 溶液による基板表面処理後、酸溶液（硫酸 H₂SO₄ : 3 ml, 過酸化水素 H₂O₂ : 88 ml）を用いて化学処理を行った。これは、コバルト (Co) の除去を行うためである。Co は、ダイヤモンド合成時に基板表面と皮膜の間の表面領域に拡散し、皮膜の接着強度の低下の原因となるグラファイトを生じさせるということがわかっており⁷⁾、酸溶液による化学処理によって Co を除去することで、グラファイト層の生成を抑制することが可能になると考えられる。この際、Murakami 溶液による処理を 300 s、酸溶液による処理を 10 s とし、化学処理の時間を一定として処理を行った基板上に合成を行った。

Table 2 Conditions of pretreatments for the WC substrate.

	Treatment periods by Murakami's reagent [s]	Treatment periods by acid solution [s]	Diamond paste [g] /Acetone [cm ³]
Case A	300	10	0.0025
Case B	300	10	0.0050
Case C	300	10	0.0075

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変化させ、20 cm³ のアセトンにペーストを溶かした懸濁液中に基板を挿入し、30 分間超音波洗浄器で種付け処理を施した。ここで、表2に示すよう

に、ペーストの量を 0.05 g とし、20 cm³ のアセトンにペーストを溶かした懸濁液 0.0025 g/cm³ としたものを Case A、ペーストの量を 0.10 g とし、懸濁液 0.0050 g/cm³ としたものを Case B、ペーストの量を 0.15 g とし、懸濁液 0.0075 g/cm³ としたものを Case C とした。

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が変わり、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⁾。

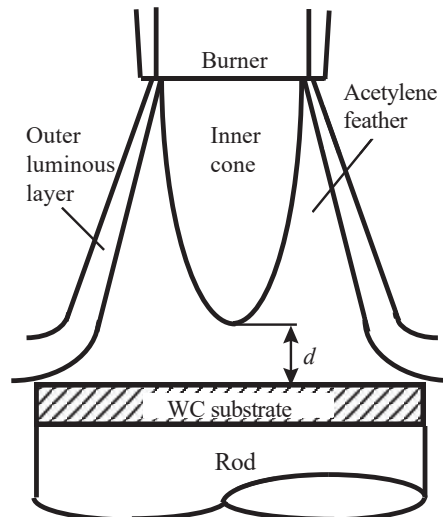


Fig. 2 Distances of the flame inner cone from WC substrate.

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 s、第2段階を 1200 s とし合成を行った。ここで、前処理として化学処理の時間を一定として前処理を行った基板上にダイヤモンド合成を行った。また、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくし、表2の条件でダイヤモンドペーストの量を変化させダイヤモンド合成を行った。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, 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 A, 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 A 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 1.26 μm 、Case B で合成された皮

膜表面の R_a は $2.14\ \mu\text{m}$, 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 が最も小さく, 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, Case B, C とダイヤモンドペースト量が多くなるにつれて合成皮膜の表面の 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	100.0 %	100.0 %	100.0 %
Half delamination	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Delamination	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Abnormal growth	0.0 %	0.0 %	0.0 %

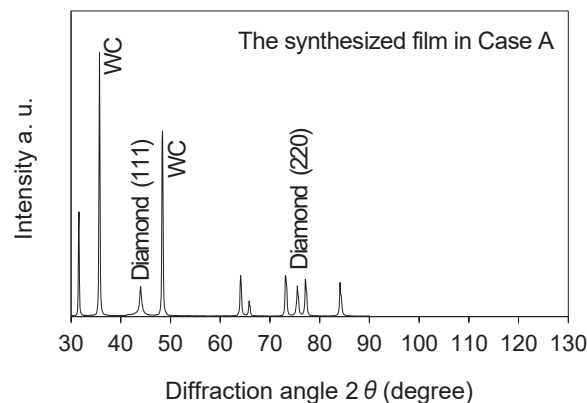


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case A.

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変化させ, 前処理として化学処理の時間を一定として前処理を行った基板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はく離を抑制でき, また, 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.

超音波を用いたCO₂吸収したアミン水溶液からの CO₂低温脱離

大川 浩一、加藤 貴宏、任 傑

(理工学研究科)

okawa@mine.akita-u.ac.jp

概要：二酸化炭素（CO₂）排出抑制技術として、二酸化炭素の分離・回収および地下貯留技術（CCS）が注目されている。アミン水溶液は排気ガスからCO₂を分離する化学吸収液として使用されている。しかし、アミン水溶液が吸収したCO₂を脱離する際には、高い温度が必要となる。そこで、本研究では、吸収した際のCO₂形態が第1級、第2級と第3級アミンで異なることに注目して、第3級アミン水溶液に0.1-0.5MPaの加圧条件下にてCO₂を吸収した後、物理作用が強い低周波数（28 kHz）の超音波を照射し、低温でのCO₂の脱離挙動を調べた。

独自性・実用性：

本研究では、加圧条件下にてアミン水溶液にCO₂を吸収させた後、室温にて超音波照射することでCO₂が脱離することを調べた。アミンの立体障害構造とpKa値が超音波脱離作用へ影響することを明らかにした。超音波は大型化が容易な低周波数超音波を使用することから実用化が期待できる。

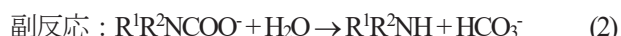
本研究に関する論文等

1. Ren, J., Fujita, T., Okawa, H., Kato, T. (2024). CO₂ desorption using ultrasound at low temperature from CO₂-loaded amine solution under pressure conditions. *Japanese Journal of Applied Physics*, 63(3), 03SP47.
2. 藤原達央, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: 超音波と塩化カルシウムを用いたモノエタノールアミン溶液からの二酸化炭素の脱離, *Journal of MMIJ*, 135(1), 1-7 (2019)
3. Kitamura, Y., Okawa, H., Kato, T., & Sugawara, K. (2020). Enhancement of desorption amount of carbon dioxide gas from monoethanolamine solution using ultrasound and calcium chloride. *Japanese Journal of Applied Physics*, 59(SK), SKKD08.
4. Tanaka, K., Okawa, H., Fujiwara, T., Kato, T., & Sugawara, K. (2015). Desorption of CO₂ from low concentration monoethanolamine solutions using calcium chloride and ultrasound irradiation. *Japanese Journal of Applied Physics*, 54(7S1), 07HE08.
5. Tanaka, K., Fujiwara, T., Okawa, H., Kato, T., & Sugawara, K. (2014). Ultrasound irradiation for desorption of carbon dioxide gas from aqueous solutions of monoethanolamine. *Japanese Journal of Applied Physics*, 53(7S), 07KE14.

1. はじめに

地球温暖化を抑制する技術として、石炭火力発電所、製鉄所など CO_2 が高濃度で放出される固定排出源から CO_2 を分離・回収し、地下へ貯留する方法 (Carbon dioxide capture and storage, CCS) が注目されている[1-2]。排気ガスから CO_2 を選択的に回収するには、化学吸収法、物理吸収法、膜分離法などの方法が挙げられるが、アミンを使用した循環利用が可能な化学吸収法は現在成熟した技術として利用されている [3-4]。アミンはアミノ基を有する有機物であり、置換された水素の数により、第1級、第2級、第3級アミンにわけられ、それら各級数のアミンは CO_2 を下記 (1)、(2)、(3) 式のように吸収する。

第1級、第2級アミン：



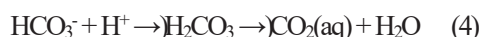
(第1級アミン: $\text{R}^2 = \text{H}$)

第3級アミン：



CO_2 をアミン水溶液から脱離する際は、(1)-(3)式の逆反応を進行させることで、地中への貯留に適した高純度な CO_2 が回収できる。しかしながら、 CO_2 の脱離の際に高温を必要とするため、操業コストが高くなるという問題が抱えている。我々は、アミン水溶液から CO_2 を低温で脱離するために超音波の脱気作用に着目してきた [5]。超音波照射によって、溶液中に定在波が生じて、腹の位置において音圧が周期的に変化し、負圧となった際に溶存した CO_2 [$\text{CO}_2(\text{aq})$] が微細気泡として生成する。これら微細な気泡同士が凝集することによって大きな浮力を得て溶液中から脱離する。 CO_2 は水溶液中で、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 $\text{CO}_2(\text{aq})$ などの形態をとる。また、その形態は溶液中の pH に依存する (図 1)。それらの形態の中で、 $\text{CO}_2(\text{aq})$ に対して超音波は脱離効果を示すことを我々は明らかにしている [5]。

本研究では、 CO_2 の加圧吸収と超音波による CO_2 脱離を組み合わせることで異なる級数のアミン水溶液からの CO_2 脱離量を調べた。図 1 に示すように、溶液 pH が 8.6 以上になると、水溶液中の CO_2 の形態はほとんどがイオンとなり、 $\text{CO}_2(\text{aq})$ として存在する割合が少なくなるため超音波による CO_2 脱離が進行しない。アミン水溶液への CO_2 吸収時の圧力を高めることで、 CO_2 の吸収量が増加し、溶液の pH は低下する。その結果、 $\text{CO}_2(\text{aq})$ の形態の割合が増加するため、超音波による脱離量が増加すると考えられる。また、アミンは級数によって CO_2 との反応が異なる。(1)-(3)式に示すように、第1級アミンと第2級アミンでは主にカルバメートイオンが、第3級アミンでは主に HCO_3^- が生成する。 HCO_3^- は、超音波により直接は脱離できないと考えており、超音波照射で溶液中の $\text{CO}_2(\text{aq})$ を脱離することで、それを補うように $\text{CO}_2(\text{aq})$ を生成する方向へ平衡移動が進行することで、 HCO_3^- が消費され则认为られる((4)式)。このような HCO_3^- からの $\text{CO}_2(\text{aq})$ の生成が速やかに進む場合は、 CO_2 脱離量が大きくなると考えられる。



従って、本研究は級数が異なるアミンに対して、加圧条件下にて CO_2 を吸収させた後、室温で超音波を照射し、 CO_2 脱離を行った。

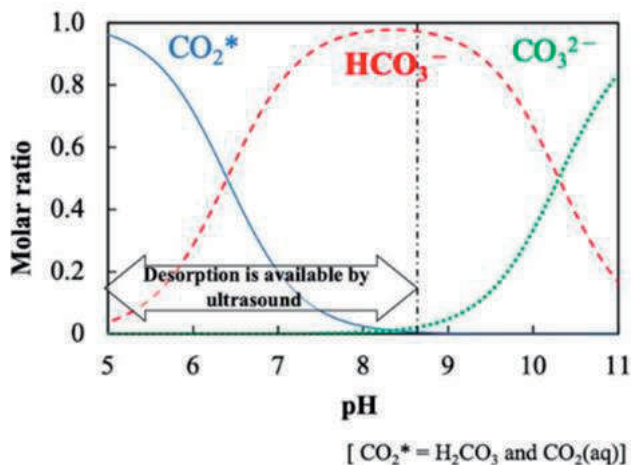


図1 25℃の水溶液中におけるCO₂の化学形態とpHの関係

2. 実験方法

実験には第1級アミンであるモノエタノールアミン (MEA)、第2級アミンである2-(エチルアミノ) エタノール (EAE)、第3級アミンであるトリエタノールアミン (TEA) を使用した。pKa の値はそれぞれ10.00、9.45、7.85である。CO₂の吸収について、各アミン水溶液(5.0 M, 200 mL)を耐圧容器に入れ、攪拌(750 rpm)をしながら吸収平衡に達するまでCO₂を0.1-0.5 MPaで18時間圧入した。CO₂吸収による溶液の重量増加をCO₂吸収量とした。CO₂の脱離方法は、CO₂を吸収した各アミン水溶液(100 mL)をガラス製の容器に入れ、1時間静置した後に超音波(28 kHz)を1時間照射した。カロリメトリー法により、容器内の水溶液に伝わった超音波のパワーを測定したところ17 Wであった。CO₂の脱離量は溶液の質量変化及び出口で回収したCO₂量で決定した。実験中のアミン水溶液の温度は20-25℃の範囲で保持した。また、超音波を使用した場合と比較を行うため、スターラーを用いて同様の実験を行った。同じ容器を用いてCO₂を吸収したアミン水溶液に対して室温下にて攪拌速度1500 rpmで1時間CO₂を脱離した。CO₂脱離率は(5)式を用いて計算した。

$$\text{CO}_2\text{脱離率 (\%)} = \text{CO}_2\text{脱離量} / \text{CO}_2\text{吸収量} \times 100 \quad (5)$$

3. 結果と考察

図2に各アミン水溶液のCO₂吸収率(1molのアミンに対するCO₂吸収量(mol))を示す。

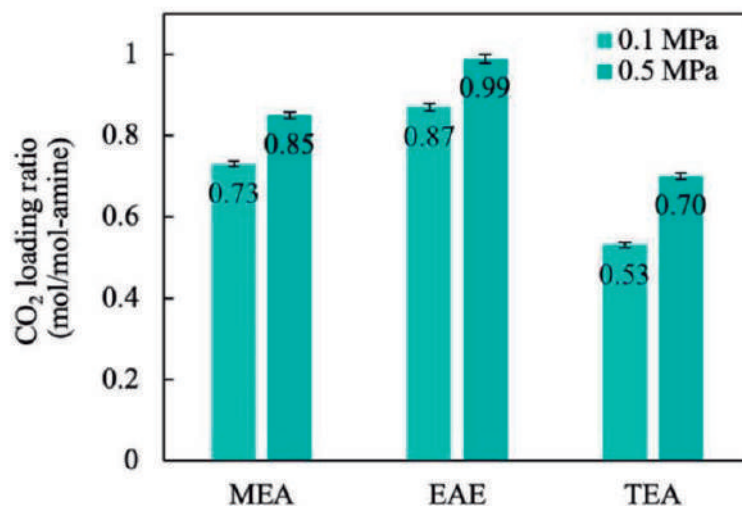


図2 加圧条件下における各アミン水溶液のCO₂吸収比

0.5 MPa の加圧条件は 0.1 MPa より全てのアミン種に対して高い CO_2 吸収比を得られた。また、第1級、第2級である MEA と EAE における CO_2 吸収比が 0.5 mol/mol-amine を超えたため、加圧により一部 CO_2 は (2) 式のように超音波脱離で消費が期待できる HCO_3^- の形態として吸収されたと考えられる。また、立体構造を有する EAE は pK_a が高い MEA よりも多くの CO_2 が吸収できた。図3に各吸収条件における超音波と撹拌による CO_2 の脱離量を示す。各条件において、超音波による CO_2 の脱離量は撹拌より高い値を示すことがわかった。スターラーは物理吸収された CO_2 (g) を撹拌により脱離していくが、超音波は定在波における腹の位置での音圧変化を利用するため CO_2 (g) と CO_2 (aq) 両方に対して効果的に脱離ができると考えられる。従来法では MEA を 120°C にて 60 分加熱した後の CO_2 脱離量が 37.2 g/L、脱離率が 31.7% と報告されている [6]。本実験の超音波照射 ($20\text{--}25^\circ\text{C}$, 20 分) による CO_2 脱離と比較すると、0.1 MPa と 0.5 MPa で CO_2 を吸収した TEA の CO_2 脱離量はそれぞれ従来法の 1.35、2.56 倍の値を示し、 CO_2 脱離率もそれぞれ 43.2% と 63.8% と各アミン中最も高い値を示した。第三級アミンである TEA が脱離量及び脱離率で高い値を示した理由は、 pK_a が今回使用したアミンの中で最も低いことと立体構造障害を有するためと考えられる。これら特徴のため、プロトン化アミン (TEAH^+) は H^+ を溶液中の HCO_3^- への供給を容易にすると考えられる。従って、 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ の平衡移動が促進され、 CO_2 (aq) が生成するため、超音波による CO_2 の脱離効果が高いと考えられる。一方、立体構造障害が小さく、 pK_a の高い第1級、第2級アミンは、 HCO_3^- への H^+ の供給が遅いため、 CO_2 (aq) の生成も遅く、その結果超音波による CO_2 脱離量と脱離率が TEA より低くなったと考えられる。

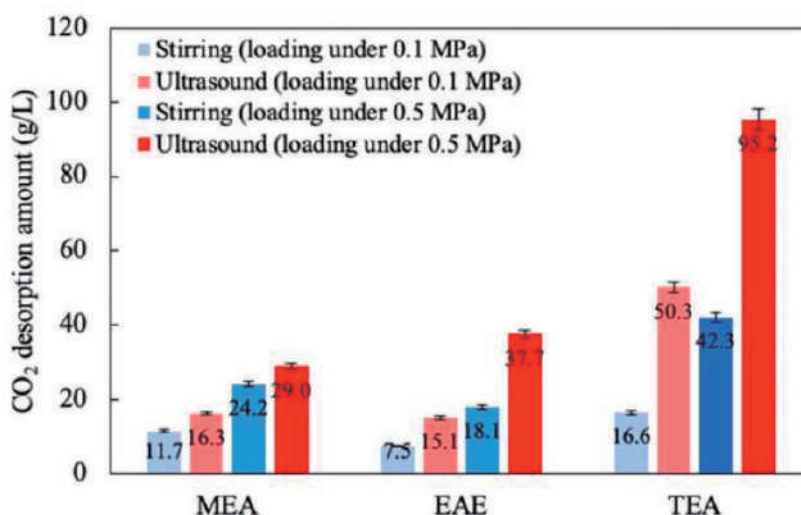


図3 撹拌と超音波を用いた加圧条件下で CO_2 吸収したアミン水溶液からの CO_2 脱離量

4. まとめ

本研究は、 CO_2 加圧吸収と超音波を組み合わせた異なる級数のアミン水溶液からの CO_2 の低温脱離を検討した。加圧により CO_2 吸収量を増加させるとともに、水溶液の pH を低下させることによって CO_2 (aq) の割合の高いアミン水溶液を得ることで、 CO_2 脱離時において超音波を用いることで高い脱離率を得られた。異なる級数のアミン水溶液に対して CO_2 脱離を行ったところ、 pK_a が低く、立体構造障害を有する第三級アミンである TEA が、超音波による脱離量が最も高かった。 CO_2 の加圧吸収と超音波による CO_2 脱離を組み合わせることで、従来法よりも低温かつ効率的に CO_2 を脱離できることが明らかになった。

<謝辞>

本研究は科学研究費補助金 22k04997 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] I. Osman, M. Hefny, M. I. A. AbdelMaksoud, A. M. Elgarahy, and D. W. Rooney, *Environ. Chem. Lett.* 19, 797 (2021).
- [2] P. Riemer, H. Audus, and A. Smith, IEA Greenhouse Gas R&D Programme (International Energy Agency, Cheltenham, England, 1993).
- [3] Z. Tu, F. Han, C. Liu, Y. Wang, J. Wei, and X. Zhou, *Sep. Purif. Technol.* 307, 122722 (2023).
- [4] T. Kosugi, A. Hayashi, T. Matsumoto, K. Akimoto, K. Tokimatsu, H. Yoshida, T. Tomoda, and Y. Kaya, *Energy* 29, 1297 (2004).
- [5] T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, K. Sugawara, *Journal of MMLJ*, 135(1), 1-7 (2019)
- [6] B. Lv, B. Guo, Z. Zhou, and G. Jing, *Environ. Sci. Technol.* 49, 10728 (2015).

生物活性機能展開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

(第23研究グループ)

fjwkn@gipc.akita-u.ac.jp

概要：特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成方法を確立すると同時に、様々な合成類縁体を作製してより強力な生物活性機能への展開を目指す。令和5年度はトロポロン天然物ルブロロンAと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。

キーワード：有機合成化学、生物活性機能開発、天然物の全合成

独自性・実用性：

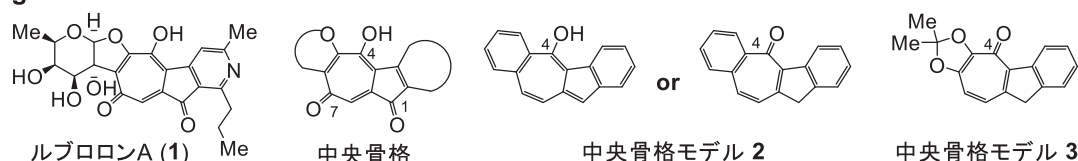
ルブロロンAでは、トロポロンを含む中央骨格の構築法として、インデニルアニオンを利用したカップリングと閉環オレフィンメタセシスをタンデムに配した新たな合成経路を開発し、4置換ピリジン部分の構築法として、ルテニウム触媒[2+2+2]型環化を用いる合成経路を開発した。プルノリドCでは、込み合いの大きい中央のジスピロアセタール構造の構築を特徴とする。

ルブロロンAの中央骨格の収束合成法と四置換ピリジン部の構築法の検討

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。令和5年度の本研究では、1の特異な構造の全合成を目的として、中央骨格の収束合成法と四置換ピリジン部の構築法を課題とした。

前者の課題では、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。

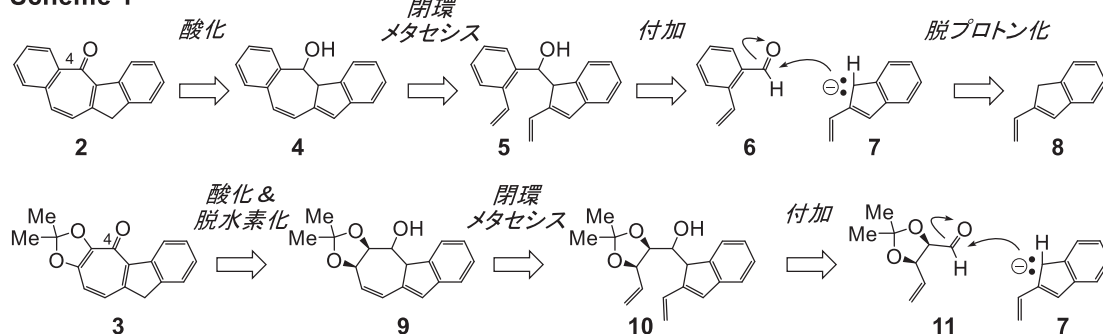
Fig. 1



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

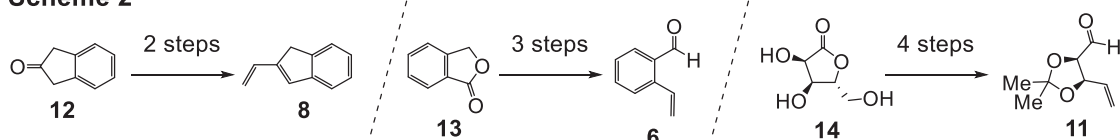
素化で構築する。9の7員環部は同様に閉環メタセシスで10から構築し、10はアルデヒド11に7を付加させて得る。この方法が実現すると、1の梯子状骨格内の酸素原子の導入法が確立することになる。

Scheme 1



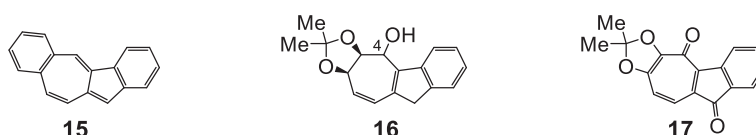
8は2-インダノン (12) から2段階で、6はフタリド (13) から3段階で合成した (Scheme 2)。11は、D-(+)-リボノ-1,4-ラクトン (14) から4段階で合成した。

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、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員環上にも酸素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位に酸素化が進行することは、重要な知見である。

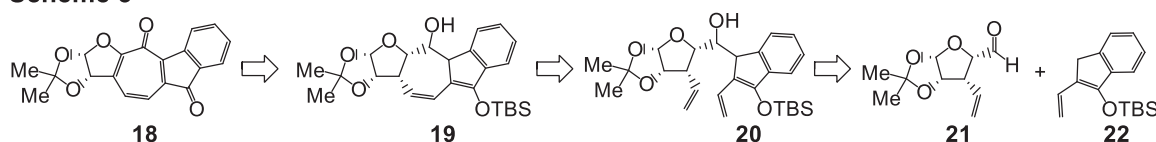
Fig. 2



上記の成果は日本化学会北海道支部 2023 年夏季研究発表会 (旭川) (講演要旨集 C9, C19, 2023. 9. 4.)にて発表した。

さらに、1のジヒドロフラン環も含む中央骨格モデルとして18を設定し、アルデヒド21と、酸素官能基化したビニルインデン20から、上記の収束的な方法論で構築を検討した (Scheme 3)。21と22の合成は完了したが、それらの連結は困難であった。その原因は、21のアルデヒドが立体的に混み合い、22のアニオンとの反応性に乏しいことが推定された。このため、ジヒドロフラン環を持つアルデヒドセグメントの構造を見直し、令和6年度に検討することになった。

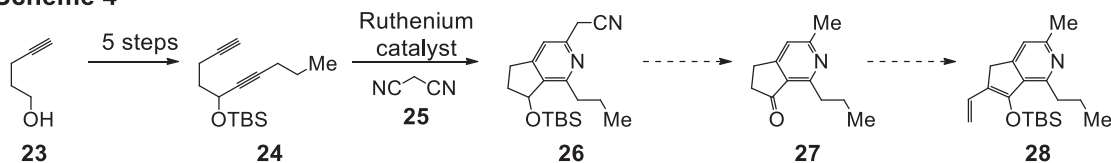
Scheme 3



上記の内容の一部は日本化学会第104春季年会 (船橋) (講演要旨集 H933-2am-03, 2024. 3. 19.)にて発表した。

四置換ピリジン部の構築法については、Scheme 4に示す方法を検討した。4-ペンチン-1-オール(23)から5段階でジイン24に導いた後、Pérez-Castellsの方法²に従い、マロノニトリル(25)とルテニウム触媒を作用させると、[2+2+2]環化付加型反応が進行し、ピリジン26を得ることができた。今後、脱シアノ化した27を経由して、四置換ピリジンセグメント28を構築する。

Scheme 4



四置換ピリジン部の構築検討については未公表であり、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。

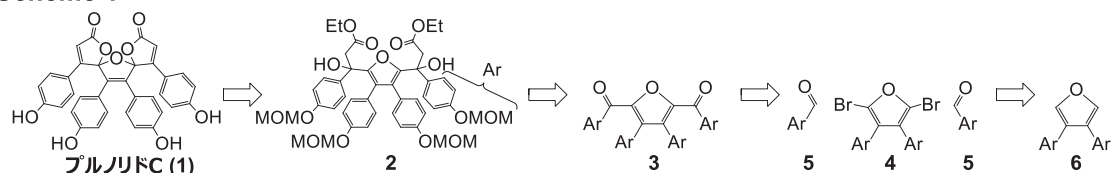
(1) J. Berger et al. *J. Antibiot.* **1978**, *31*, 1218. (2) J. Pérez-Castells et al. *Org. Lett.* **2012**, *14*, 4982.

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。令和4年度からの継続検討課題であるが、令和5年度は合成計画を見直した。

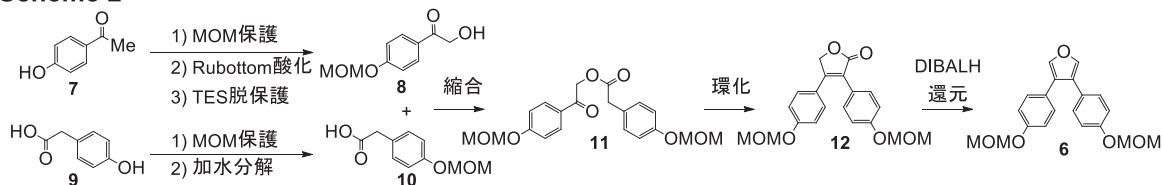
本研究で見直した 1 の合成計画を Scheme 1 に示す。1 のジスピロアセタールは最後に環化を予定し、前駆体は 2 を想定した。これは臭化物 4 から発生したジアニオンをアルデヒド 5 に付加して、酸化度を調整して 3 を得た後、酢酸エチルのエノラートを付加して得る。また 4 はフラン 6 の臭素化で得る。

Scheme 1



現在までに、4'-ヒドロキシアセトフェノン(7)からアルコール 8 を調製し、4'-ヒドロキシフェニル酢酸(9)から保護体 10 を合成した (Scheme 2)。さらに 8 と 10 を縮合して 11 を得た後、分子内アルドール縮合でラクトン 12 に変換した。これを DIBALH 還元すると 6 を得ることができた。これを臭素化すると 4 が得られることも確認できた。令和6年度はジスピロアセタール構築に向けて検討を続ける。

Scheme 2



これまでの研究内容は、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、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.

短鎖抗体を内包したカプセル状 タンパク質エンカプセリンの機能解析

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させた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し、その生化学的および構造化学的性質について、動的光散乱測定および電子顕微鏡観察によって評価した。また、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ことで、能動的ドラッグデリバリーシステムの構築を行った。

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。私達の研究グループは、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、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。本研究成果により、エンカプセリンのナノケージ構造を維持したまま、scFv を内包させることが可能であることが示された。また、がん細胞に対して特異的な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ことで、エンカプセリンの能動的な輸送が可能であることが示唆された。今後、内包させる scFv の種類を目的により選択していくことで、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：

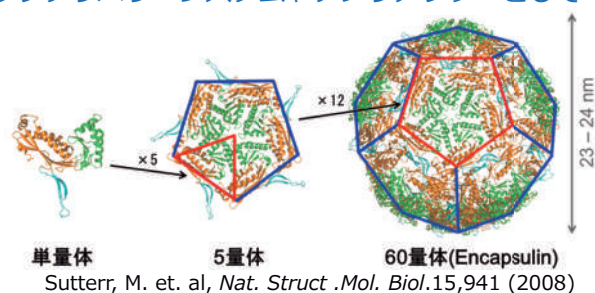
粒径約24 nm、60量体の正二十面体のカプセル型タンパク質

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。



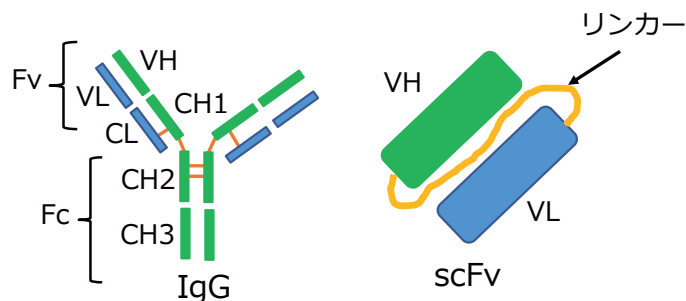
ドラッグデリバリーシステムやナノリアクターとしての応用



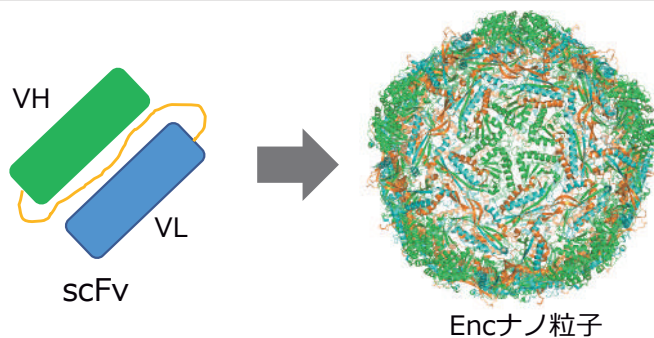
短鎖抗体(scFv)

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



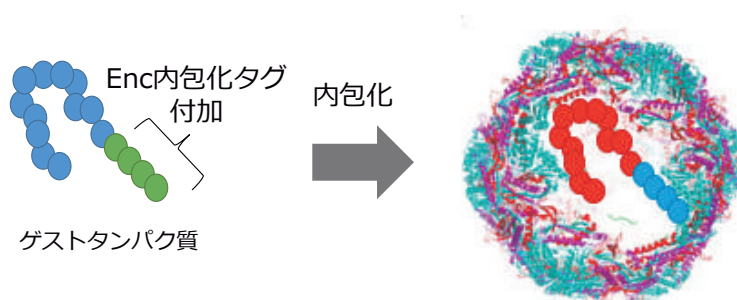
目的：新規ドラッグデリバリーシステムの開発を目指し、Enc粒子に短鎖抗体を導入する



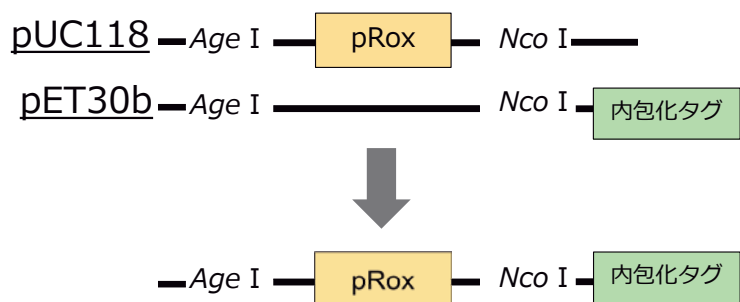
短鎖抗体内包型Encのベクター構築および生化学的性質の解析

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

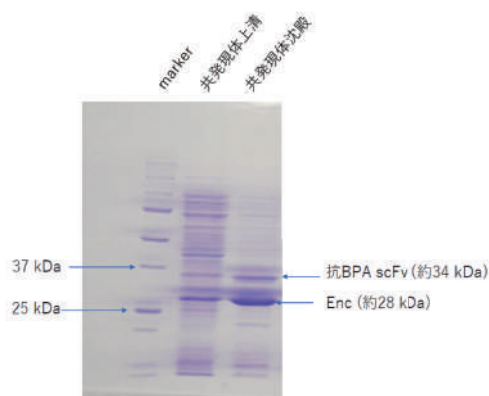


Enc内包化タグを付加したpRox発現ベクターの構築



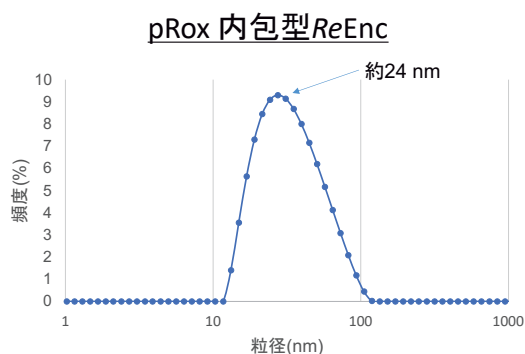
遺伝子工学手法で、内包化タグを付加したpRox発現ベクターを作製

scFvとEncの大腸菌による共発現



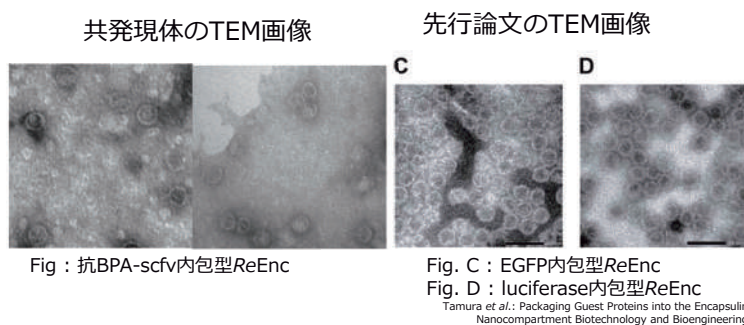
SDS-PAGEにより、可溶性画分にEncとシグナル配列を付加したscFvのタンパク質発現確認できた

動的光散乱(DLS)



Encがカプセル構造を保持していることが示唆された。

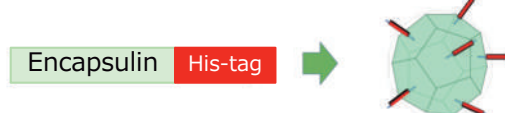
scFvを内包させたEncの電子顕微鏡(TEM)観察



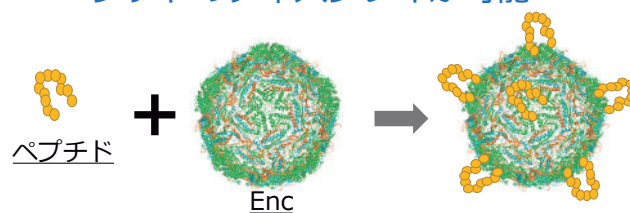
- ・ Encのナノケージ構造が維持されていることが示された。
- ・ scFvがEncに内包されていることが示唆された。

C末端へのペプチドの導入

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

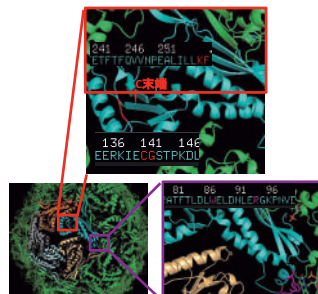


C末端が表面に露出した構造をとる
ペプチドのディスプレイが可能



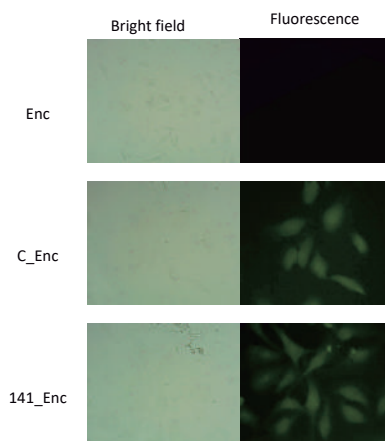
細胞認識ペプチドの挿入

・挿入ペプチド：[AEYLR]
・作用標的：EGFR (A549, HeLa細胞など *Negative control K562, HEK293)
・挿入部位：I) TmEnc C末端, II) TmEnc C141-G142の間
(いずれも外表面に露出しており構造をとっていないと考えられる。)
・リファレンス：[RSC Med. Chem., 2021, 12, 288-292](#), [Int. J. Nanomed., 2013, 8, 1541-1549](#)



TmEnc
PDB:6WKV

蛍光顕微鏡観察による細胞選択的輸送の評価



・ Encの細胞選択的輸送が示唆された。

まとめ

- ・ 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。
- ・ 細胞認識ペプチドをEncに導入することで、がん細胞選択的な輸送に成功した。

廃棄植物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

（所属） 理工学研究科

kabir@gipc.akita-u.ac.jp

概要：活性汚泥やアオコのような廃棄植物の有効活用方法として、微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell; MFC)の開発を試みた。家庭排水/下水処理場では毎年大量の余剰汚泥が発生し、経済的に・環境面でも大きな負担となっている。また、富栄養化が進んでいる湖沼でのアオコが大量に発生し、環境悪化につながる可能性がある。活性汚泥とアオコを用いて、本研究では微生物燃料電池（MFC）を作製し、そ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、活性汚泥、八郎湖

独自性・実用性：

本研究で提案する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。また、産業廃棄物の一種である、余剰活性汚泥の有効利用による環境負荷の軽減につながり、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

浮遊性の藻類が著しく増加することで湖水の変色する現象

水の華の影響で日光が水中に射し込まなくなり、日光を必要とする他の生態系に影響が生じる。

(1) 湖沼で藻類が大発生する現象
(2) シアノバクテリア(藍藻)の *Microcystis aeruginosa* のみの大繁殖



H24.7.30 馬踏川河口
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1337584019631/index.html>



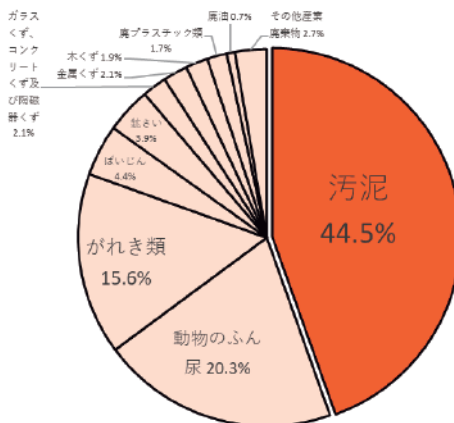
H24.8.20 糸流川(三種町)
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1337584019631/index.html>

[問題点]

- 臭気発生
- 浄水処理障害
- 生態系の破壊

秋田県八郎湖に1978年から比較的広範囲で発生が確認され、現在でも見過ごすことのできない

研究背景：国内産業廃棄物(余剰活性汚泥(排水浄化に伴い発生するゴミ))



各産業廃棄物が占める廃棄コストの割合

日本における全産業廃棄物の約4割が汚泥廃棄物

再利用率も7%と産業廃棄物中で低い

また、余剰活性汚泥は世界各地でも毎年大量に発生

➤ ヨーロッパ: 約20億トン

➤ 中国: 約40億トン

➤ アメリカ: 約80億トン



処理にかかるコストが大きい

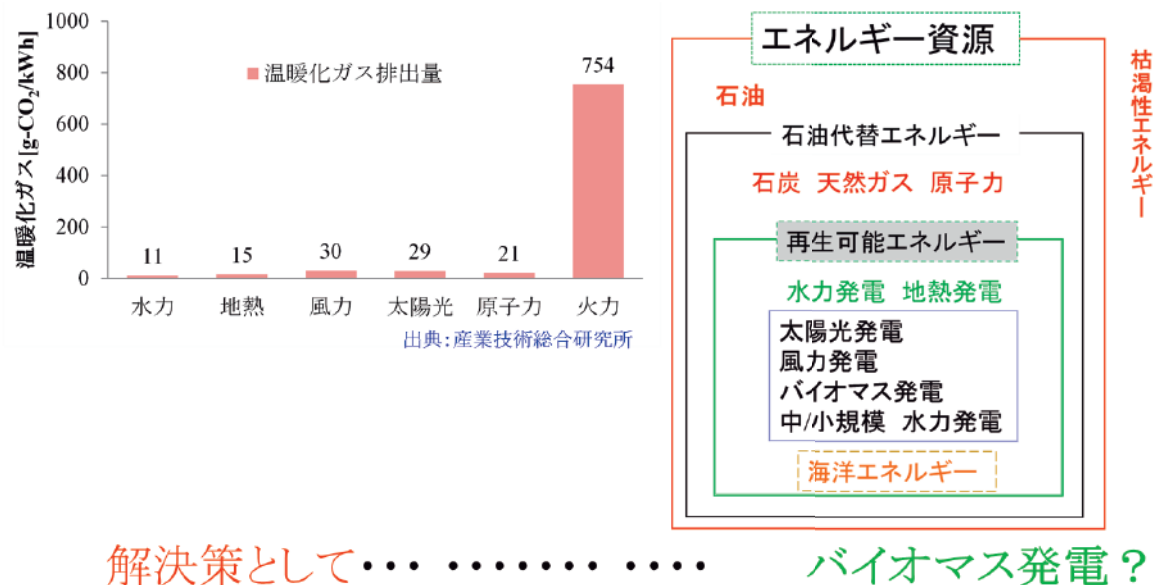
減量化が求められている

参考文献: Yulin Xiangら: 「Kinetics of activated sludge protein extraction by thermal alkaline treatment」, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Vol.5, pp.5352-5357(2017)
環境省_産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成29年度実績)について
<http://www.env.go.jp/press/107628.html>

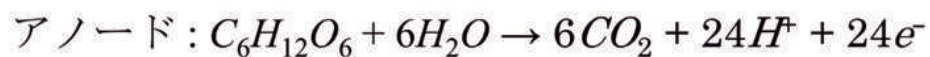
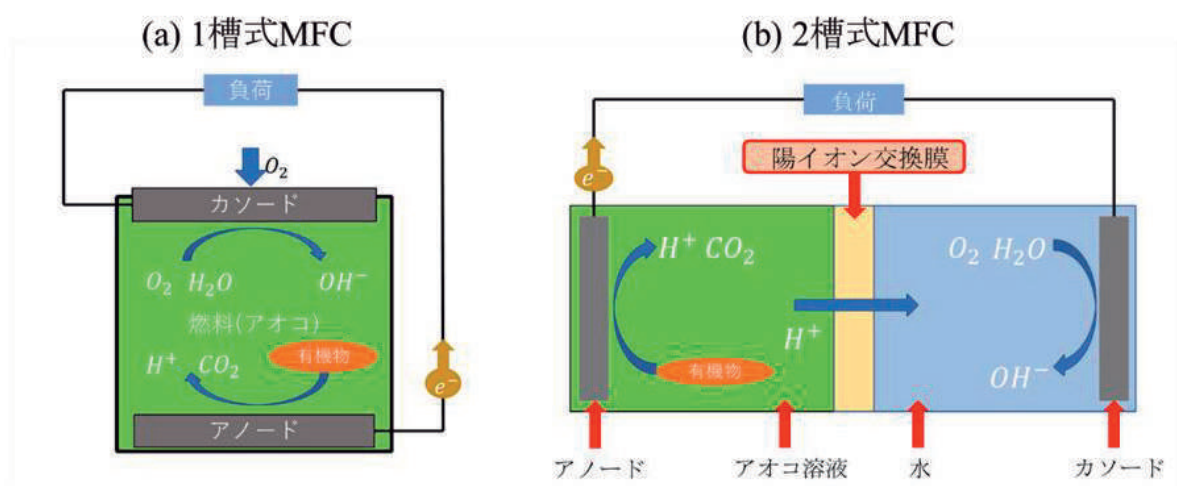
研究背景: 環境への影響

温暖化問題

電力生成のため, 化石燃料の燃焼 CO_2 発生

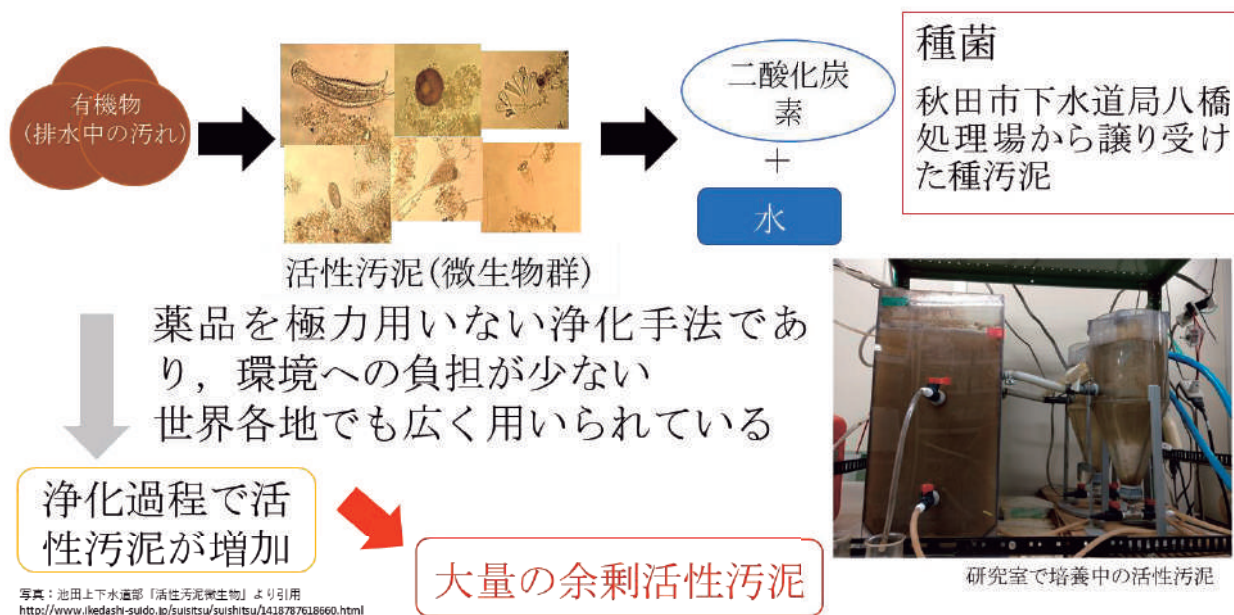


微生物燃料電池 (MFC) について



MFCに用いた 活性汚泥

現在、家庭排水は下水処理場において**活性汚泥**を用いて浄化し、河川へ放流



MFCに用いた アオコ

学名：*Microcystis aeruginosa* (Kützinger)
Lemmermann

株番号：NIES-2627

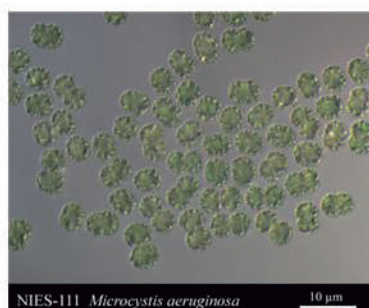
地名（培養年月）：秋田県 八郎潟
(2008-08-22)

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(毒素遺伝子一)

- 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



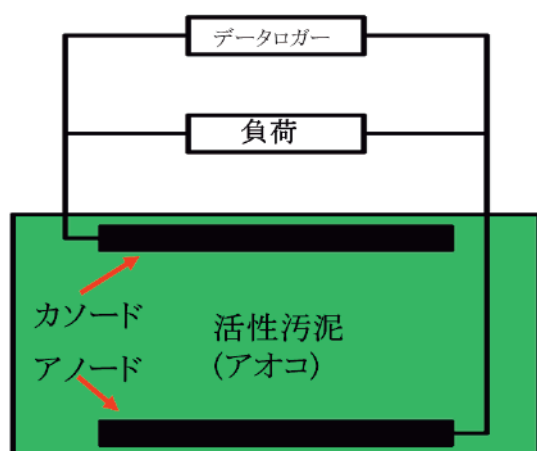
NIES-111 *Microcystis aeruginosa*
引用 独立行政法人国立環境研究所微生物系統保護施設 (NIES
コレクション) <http://mcc.nies.go.jp/>



培養環境

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

MFCの例(1槽式)

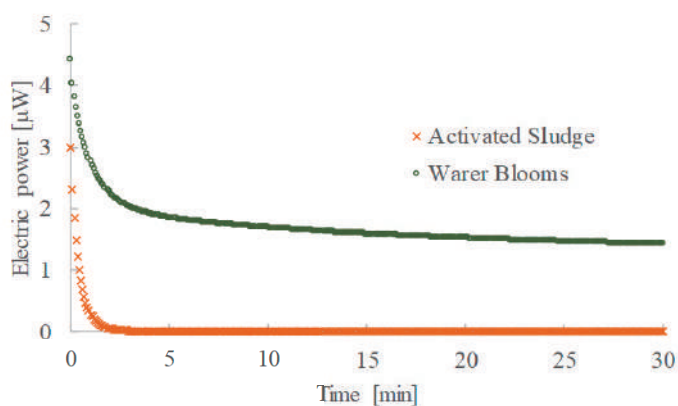
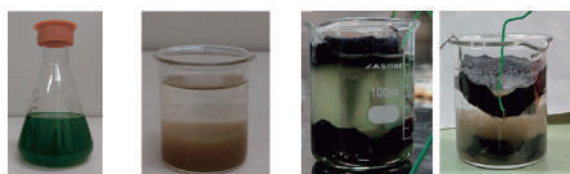


1槽式MFC作製概略図

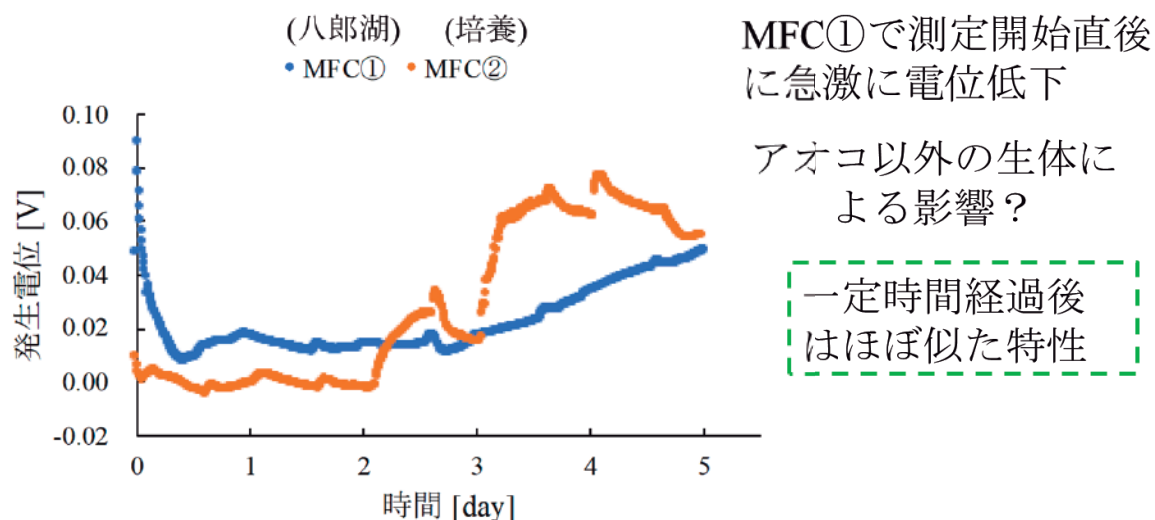
- 反応容器を用意し触媒としてアオコや活性汚泥を投入
- アノードとカソードにそれぞれに電極を設置
- 負荷10 k Ω を挿入し電力を記録 (midi LOGGER GL200A 使用)

1槽式 MFC: アオコ・活性汚泥の場合 (負荷あり)

条件	
温度	室温25℃
時間	30 分
活性汚泥・アオコの量	80 mL
電極	グラファイトフェルト
負荷	10 k Ω



1槽式 MFC:八郎湖のアオコの場合(無負荷)

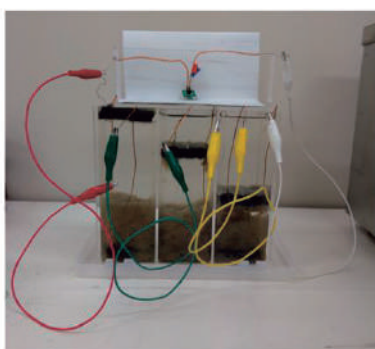


電位発生を確認

自然界のアオコでMFCが実現可能！

1槽式 MFC:活性汚泥 LED点灯

- ◆MudWatt付属回路を用いてMFCのLED点灯を試みた
- ◆直列接続したMFCに回路を接続した



- MudWatt付属回路を用いて5 分以上のLED点滅に成功した
- MFCの規模や接続個数を増やすことで点滅時間が増加する可能性

玉川大噴泉の酸性温泉水中の元素の特徴

石山大三，佐藤比奈子

(国際資源学研究科)

ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp

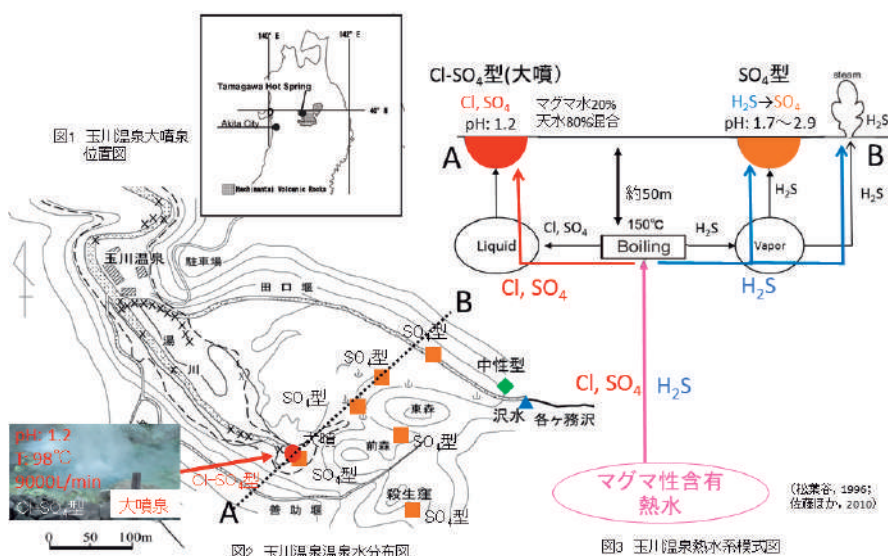
玉川温泉大噴泉の温泉水には高濃度の Pb、Ba、REEs 等が含まれ、地表で観察できる鉱液である。マグマからの元素の供給システムを解明することを目的に研究を行った。本研究では、同温泉水と周辺の岩石 Sr 同位体比から、大噴泉の温泉水はマグマ由来の可能性があること、マグマが焼山火山の 20km 程度の深部に存在すると仮定すると、同温泉水の流速は、11.5 m/min と推定され、30 時間程度でマグマから地表に達していることが考えられる。

キーワード：玉川、大噴泉、重金属、酸性、鉱液、鉱化作用

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、資源の形成メカニズムの解明とともに、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



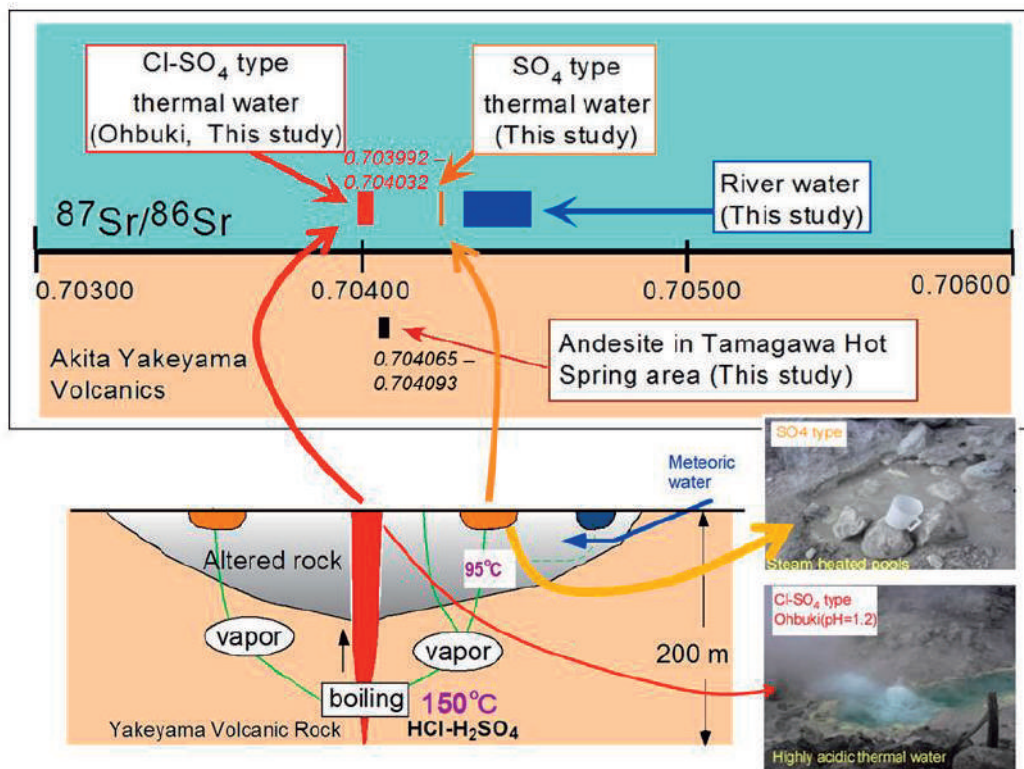


図4 大噴泉温泉水のSr同位体比の違い

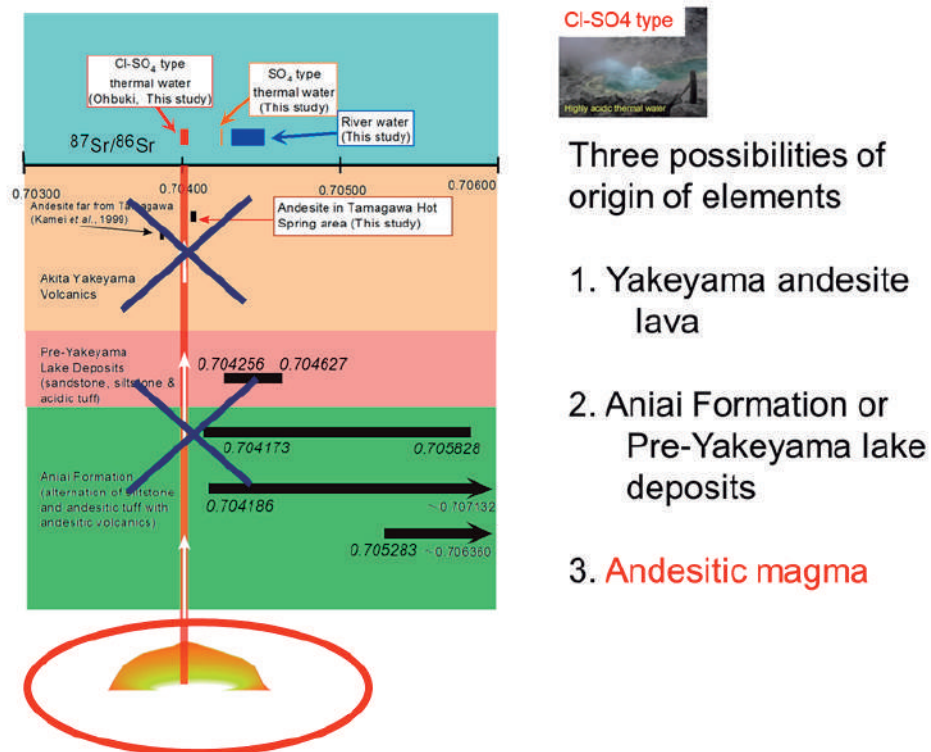


図5 1951年から2017年の大噴泉温泉水のSrの起源

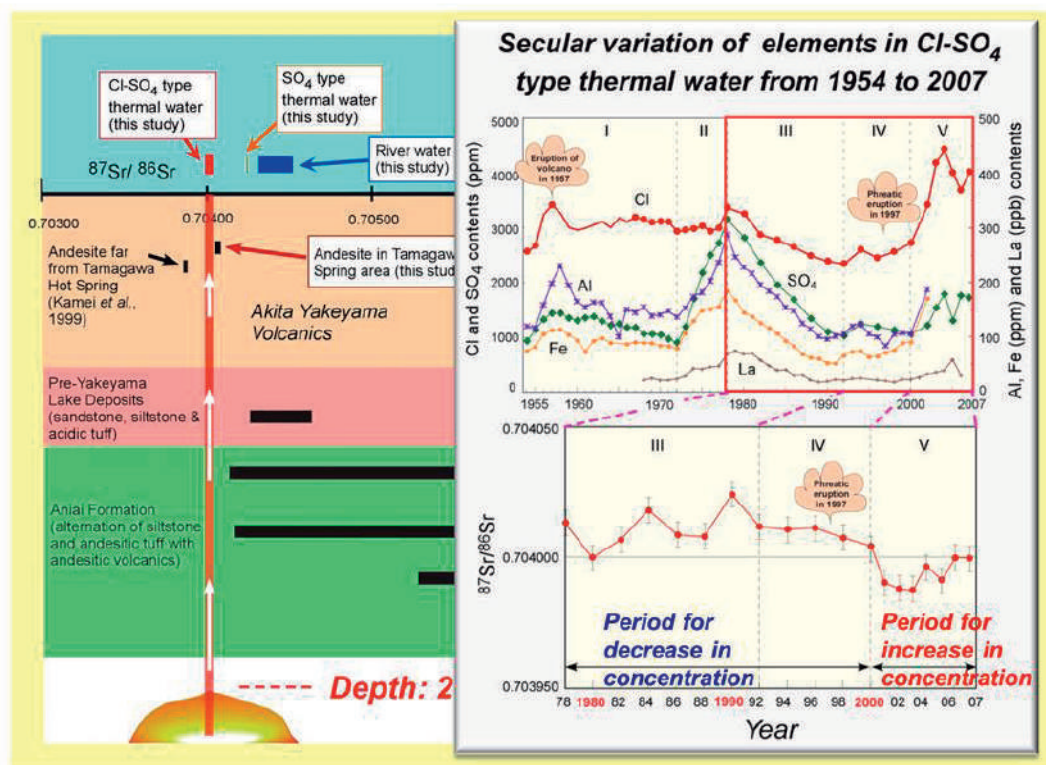


図6 1978年から2007年の大噴泉温泉水のSr同位体比の経年変化

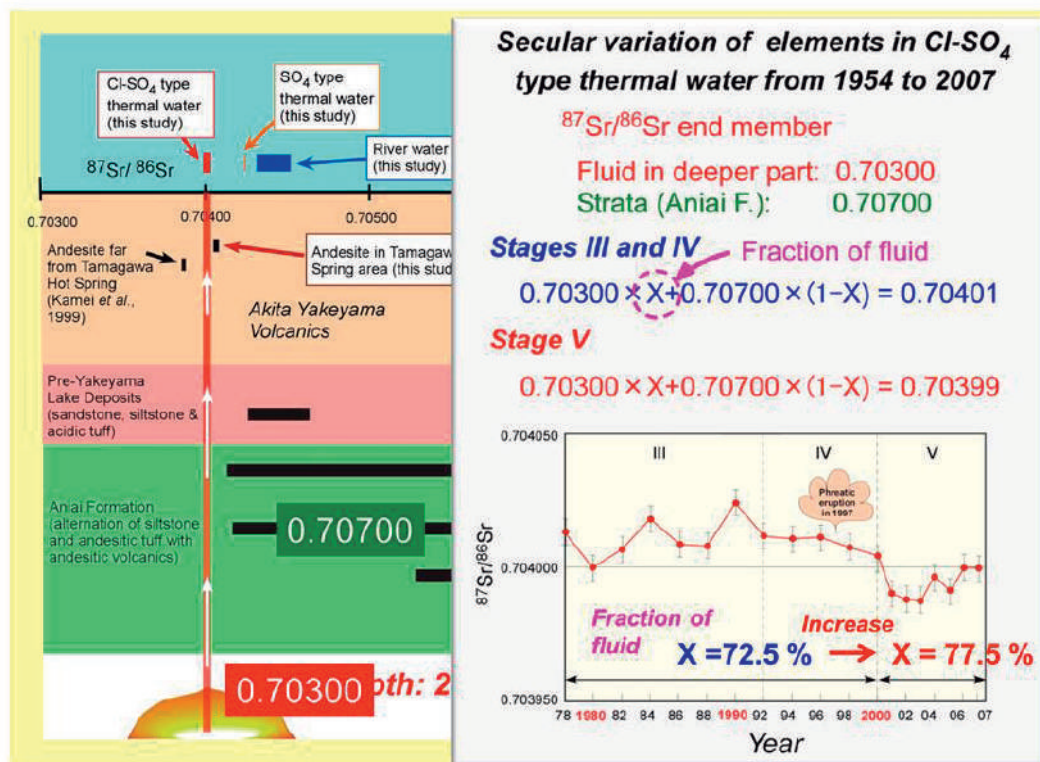


図7 2001年から2007年の大噴泉温泉水のSr同位体比の特徴

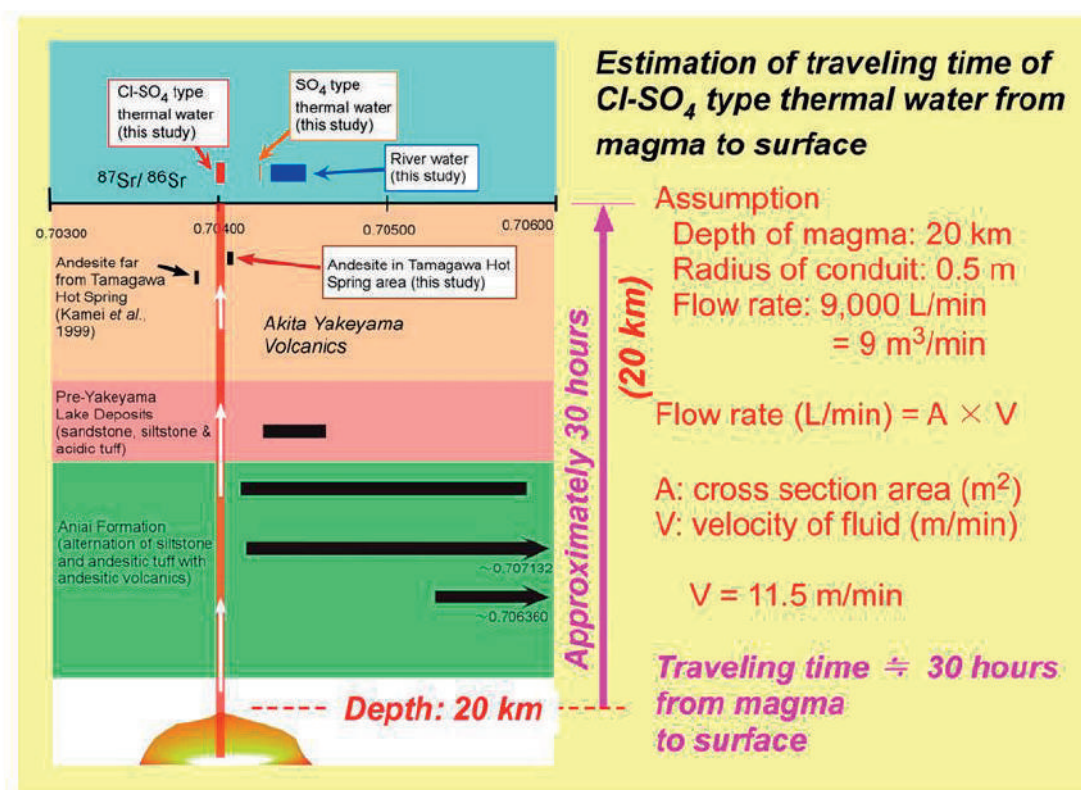


図8 大噴泉温泉水の移動速度

まとめ

1. 玉川温泉大噴泉と周辺の硫酸型温泉水のSr同位体比は異なり，硫酸型温泉水のSr同位体比は，周辺の河川水のSr同位体比と大噴泉温泉水のSr同位体比と硫酸型温泉水のSr同位体比の間にある(図4)。
2. 玉川温泉大噴泉のSr同位体比は，玉川温泉周辺に分布する安山岩のSr同位体比に類似するが，下位に存在する阿仁合層や先焼山湖沼堆積物のSr同位体比とは異なる(図5)。
3. 玉川温泉大噴泉のSr同位体比は，2001年から2007年の塩化物イオンの濃度が上昇した期間に低下した。このことは，マグマ性成分の寄与が大きくなった可能性を示唆する(図6, 7)。
4. 玉川温泉大噴泉の移動速度は，11.5m/min (30時間/20km)と推定される。この速度では，玉川温泉周辺の安山岩と大噴泉の温泉水が十分には反応することはできず，大噴泉の温泉水中のSrは焼山深部に存在する固結しつつあるマグマのSr同位体比に類似することを考慮すると，玉川温泉大噴泉の溶存成分は，マグマ由来の可能性が示唆される(図8)。

磁気スキルミオン発現合金の開発

肖英紀，市瀬智也，船津和哉

(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。

メカニカルアロイングによる磁気スキルミオンホストB20合金の合成

市瀬智也, 船津和哉, 肖英紀

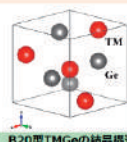
秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻材料理工学コース

概要

らせん磁性体B20型TMGeは磁気スキルミオンを形成することから注目を集めている。一般にB20型TMGeの合成には4~5 GPaおよび1000 Kの高圧高温条件を必要とする。そこで本研究では、より簡便な合成法として、非平衡プロセスの一種である**メカニカルアロイング(MA)法をB20型TMGeの合成**に応用することを目的とした。

また、MA法により作製した合金はナノ結晶子が凝集した粉体であるため、物性研究へ展開するためにノリレク化が重要である。しかし、B20型TMGeは準安定相または低温相であることが多く、一般的な焼結法の適用が困難である。本研究では、比較的低温で焼結が可能である放電プラズマ焼結(SPS)に着目し、**MA後SPSによるB20型TMGe合金バルク体作製を検討した。**

MA+SPSによるB20合金の合成法を確立し、物質探査・物性研究の基盤を構築する

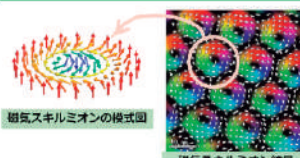


- 空間群: $P2_13$
- 空間反転対称性の破れた立方晶
- 半導体や金属磁性体など幅広い物性を示す

磁気スキルミオンの形成で近年注目

B20型TMGeの結晶構造 Yu et al., Nature Materials (2011)

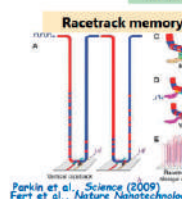
磁気スキルミオン



- 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

Hogasa et al., Nature Nanotechnology (2012)

次世代磁気メモリ担体として期待



従来のHDD 大電流で磁気生成・磁気記録 ⇒ 消費電力大

電流 磁気ヘッド 磁気記録 ⇒ 消費電力大
必要な磁区まで移動して記録 ⇒ 書き込み速度遅い
磁区1つ = 1ビット
磁区幅 ~ 50 nm ⇒ 集積密度

スキルミオンメモリ 磁気渦で駆動 ⇒ 省エネ (消費電流の1/100)
電流 磁気ヘッド 磁気記録 ⇒ 消費電力大
あるなし = 0/1
スキルミオン1つ = 1ビット
最小 ~ 2 nm ⇒ 高密度化
駆動部がない ⇒ 高速記録

MAによるB20型TMGe合金の合成

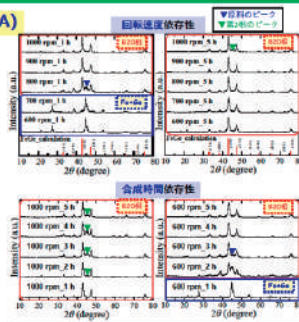
メカニカルアロイング(Mechanical alloying: MA)



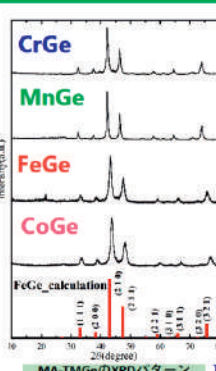
Planetary ball-mill (Fritsch PL-7)

実験条件:
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: 3 g / 51 g
回転数: 600~1000 rpm
評価: XRD・SEM・STEM・MPMS

原料粉末がボールとともに容器内で回転・衝突・反応を高速で繰り返すことにより合金化
非平衡プロセスを経るため準安定相も合成可能



様々な合成条件によるFeGe合金のXRDパターン



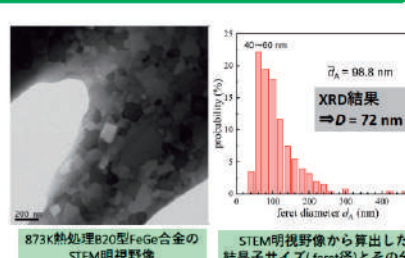
MA-TMGeのXRDパターン B20単相!

B20相の格子定数

	a_{B20}/nm	$a_{\text{FeGe}}/\text{nm}$
CrGe	0.479	0.4790
MnGe	0.479	0.4795
FeGe	0.469	0.4689
CoGe	0.463	0.4631

高圧合成試料と良い一致

Takamasa et al., J. Solid State Chem. (1988)
Sato et al., J. Phys. Soc. Jpn. (1983)
B. Lohsch et al., J. Phys.: Condens. Matter (1989)



873K熱処理B20型FeGe合金のSTEM明視野像

STEM明視野像から算出した結晶子サイズ (feret径) とその分布

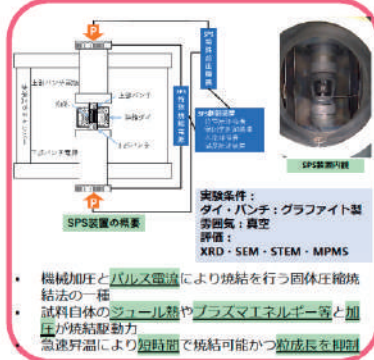
- ~100 nmサイズの結晶子の集合体
- 熱処理により結晶子サイズは改善

MAによるB20型TMGe (TM = Cr, Mn, Fe, Co) の合成に成功した。

B20相の形成はボールミル回転速度・合成時間に依存

SPSによるB20型Fe_{1-x}Cr_xGe合金のバルク化の検討

放電プラズマ焼結(Spark Plasma Sintering: SPS)



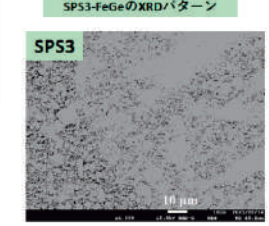
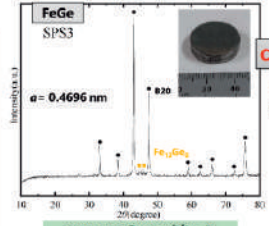
SPS装置の概要

実験条件:
ダイ・パンチ: グラファイト製
雰囲気: 真空
評価: XRD・SEM・STEM・MPMS

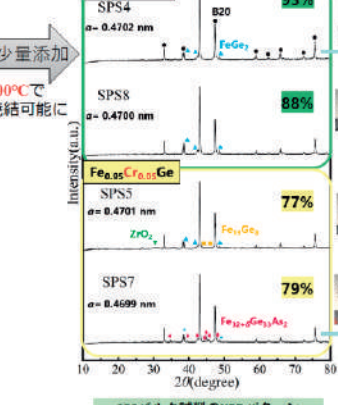
機械加圧とパルス電流により焼結を行う固体圧縮焼結法の一つ
試料自体のジュール熱とプラズマエネルギー密加圧が焼結駆動力
急速昇温により短時間で焼結が可能かつ粒成長を抑制

作製した試料のSPS条件

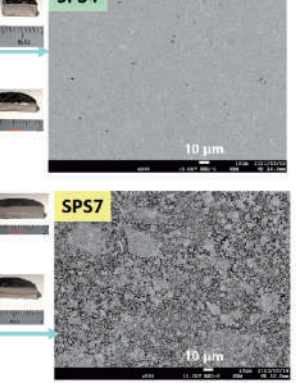
試料名	組成	焼結温度 (°C)	圧力 (MPa)	相対密度 (%)
SPS3	FeGe	650	60	76
SPS5	Fe _{0.95} Cr _{0.05} Ge	700	60	77
SPS7	Fe _{0.95} Cr _{0.05} Ge	700	60	79
SPS4	Fe _{0.95} Cr _{0.05} Ge	700	60	93
SPS6	Fe _{0.95} Cr _{0.05} Ge	700	60	88



SPS3-FeGeのXRDパターン



SPSバルク試料のXRDパターン



SPS4, SPS7のSEM像

- Cr添加により700°CでもB20構造を保持 ⇒ 相対密度が改善
- Cr0.1at%添加では相対密度93%の高密度なバルク体

B20相を保持したままバルク化に成功した。

まとめ

- MA法によりB20型TMGe (TM = Cr, Mn, Fe, Co) の合成に成功した。
- 高圧合成法に倣わない簡便なB20型合金の合成法として有効
- B20型FeGeにCrを少量添加したFe_{1-x}Cr_xGe合金についてMA+SPSを行い、高密度のバルク体作製に成功した。

謝辞

- SPS実験は秋田県産業技術センター関根崇氏にご協力いただきました。
- 本研究は、科研費(基盤研究(C) 21K04626)および山口育英奨学会学術研究助成によって実施されました。

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

佐藤 祐一

(理工学研究科 電気電子工学コース)

yusato@gipc.akita-u.ac.jp

概要：これまで非単結晶材料を基板とする無機半導体による光電変換デバイスの実現に向けいくつかのアプローチを行ってきたが、その中で低コスト太陽電池に多用されている多結晶シリコン（Si）を基板とする窒化物半導体による発光デバイスの形成に成功している。ここではそのデバイスの一部を構成する方向付け結晶の電気的特性の改善を試みた。

キーワード：光電変換デバイス、窒化物半導体、多結晶基板

独自性・実用性：

一般的に高効率の半導体光電変換デバイスを形成する際には、結晶性の高い半導体単結晶が必要であるため、その成長は単結晶基板を用いるエピタキシャル成長によることが主である。その一方、非単結晶基板は単結晶基板に比べ多くの自由度があり、これを用いた光電変換デバイスを得ることは新たな応用の展開につながる。筆者らはこれまでに窒化物半導体を用いた多結晶基板上の発光デバイスの形成に成功しており、それらの性能のさらなる多様化や改善に関する研究を実施している。

無機半導体材料による発光デバイスを形成する際には、一般的に発光効率が高いものを得るため直接遷移型のエネルギーバンド構造を有する半導体材料を用いる。また、それと同時に結晶性の高い単結晶を用いることでより性能が高いものが得られるため、通常は単結晶基板を用いたエピタキシャル成長技術により単結晶半導体を成長し、デバイス形成に用いる。一方、非単結晶材料からなる各種基板は単結晶基板に比べてあらゆる点で制約が少なく、その上に形成したデバイスはより多様な形態で応用することが可能となる。このような背景から筆者らはこれまでいくつかの非単結晶基板を用いて窒化物半導体結晶の成長を行い、代表的な光電変換デバイスである発光ダイオード（LED）を得ることに成功している。このような中で、得られた LED において流すことのできる電流（密度）が十分な値とはいえず、より大きな電流を流すことが可能になることでより高い発光強度を得ることが可能になると考えられる。その改善の糸口を探るため、ここでは当該 LED の一部を構成する方向付け結晶（ステアリング結晶）の電気的特性の評価を行った。

図 1 はこれまで主に検討しているダブルヘテロ（DH）型の柱状 LED の構造の概略を示す。ここでは多結晶シリコン（Si）の基板を用いているが、デバイス形成に有利な柱状結晶の垂直配向が成長条件によっては得にくい場合があるため、多結晶基板上に予め垂直に配向したステアリング結晶を成長し、その上に DH 型 LED を得るために必要な各結晶を順次積層している。このステアリング結晶はインジウムをわずかに含む窒化インジウムガリウム（InGaN）からなるが、これまで不純物ドーピングを行っておらず、不純物ドーピングによりその導電性がより高まることが期待できる。

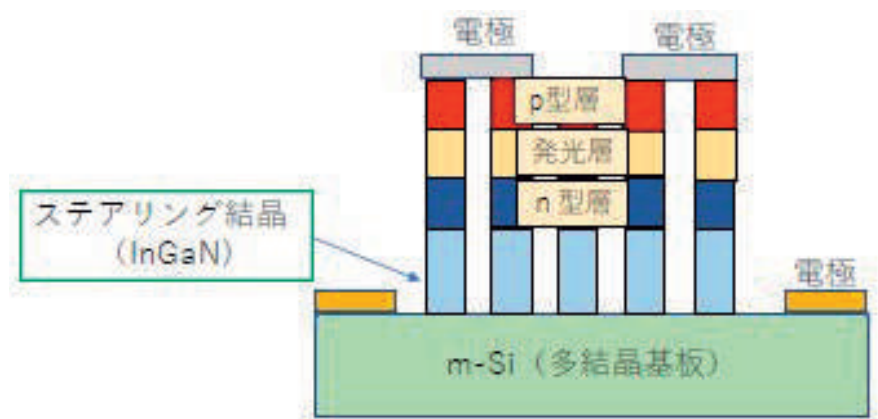


図 1 多結晶 Si 基板上に形成した DH 型 LED の構造の概略図

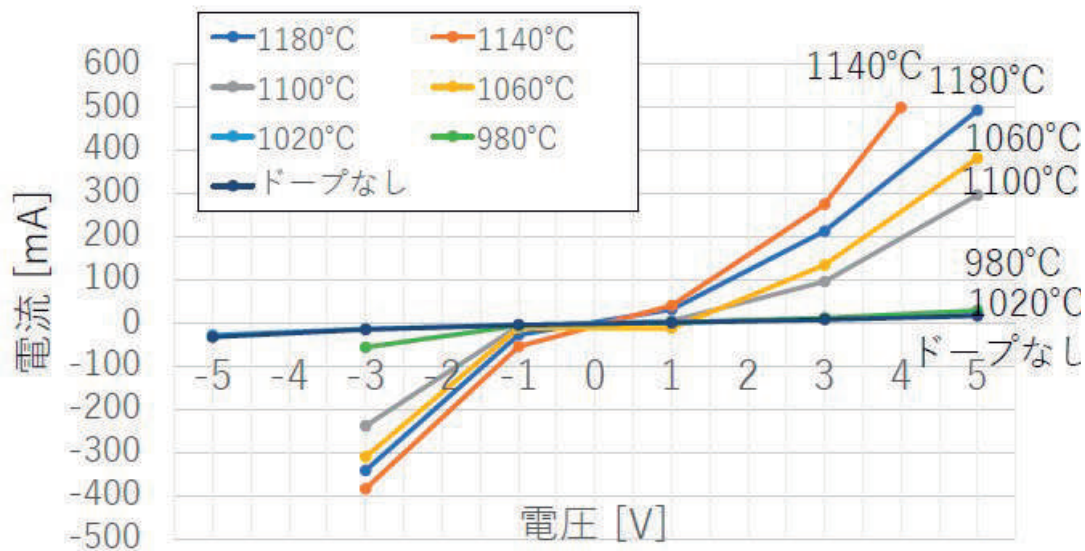


図 2 多結晶 Si 基板上 InGaN ステアリング結晶の電流-電圧特性の Ge ドーピング依存性

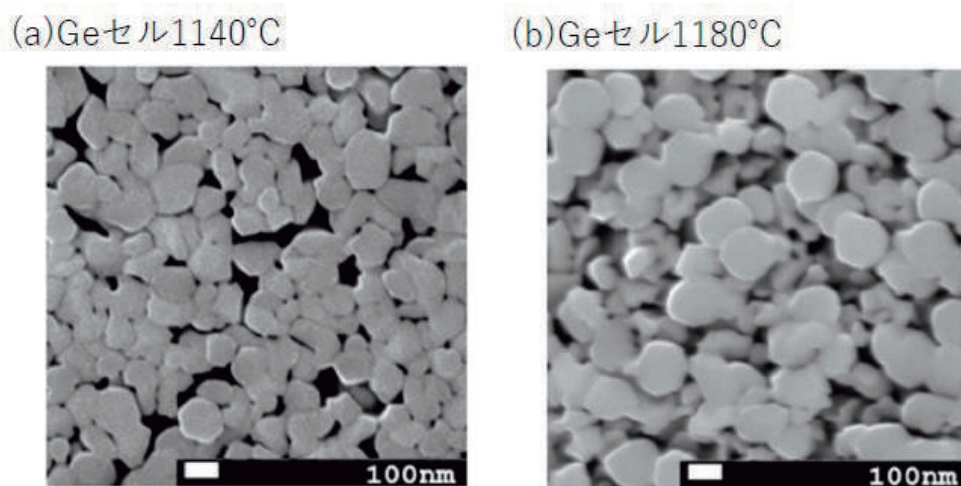


図3 Geを過多にドーピングした多結晶Si基板上InGaNステアリング結晶の形態の変化

当該のステアリング結晶はネイティブでは窒素空孔の存在により n 型伝導を示すが、実験では窒化物半導体に対する一般的な n 型不純物である Si に比べ、よりドーピング濃度が高まりやすいとされるゲルマニウム (Ge) を不純物としてドーピングした。図2は多結晶 Si 基板上に形成した InGaN ステアリング結晶のみの構造に対して電流-電圧特性の測定を行った結果を示す。なお、図中に示されている温度は Ge を供給するために Ge の入ったセルを加熱するための設定温度を意味する。同図よりドーピングを行わない場合に比べ、Ge をドーピングしかつその供給温度を上昇、すなわち Ge の供給量を多くしていくことで、より電流が流れやすくなっていることが分かる。このことから、ステアリング結晶への適切なドーピングを行うことで当該 LED においてより高い電流 (密度) が得られることが予想できる。なお、同図において Ge の供給温度が 1180°C の場合には意図に反して電流値が小さくなっているが、Ge のドーピング量が過多となった場合には図3に示すようにステアリング結晶の形態が劣化してくる傾向がありその影響が現れていることが考えられるため、Ge のドーピング量はそれ以下に抑える必要があるといえる。

謝 辞 本研究の実施に協力していただいた辻 大成氏に感謝します。

銅クラッド鋼板を対象とした摩擦攪拌接合

宮野 泰 征、中道 萌、野崎 海斗

(理工学研究科)

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

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クラッド層の継目部を摩擦攪拌接合で接合する技術の開発を目指す。炭素鋼に銅を爆発圧着した試料を用いて摩擦攪拌接合試験を行い、接合部の断面観察や強度評価を通じて、適切な接合条件を検討した。また、電気化学試験により接合部の耐食性を評価した。

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、回転工具を高速回転させ、ツールと材料の間に発生する摩擦熱によって材料を軟化させ、塑性流動を起こして接合を実現する固相接合プロセスである。この方法は電力の使用や金属蒸気、炭酸ガスなどの環境負荷を低減できることに加え、接合プロセス中の温度制御性が極めて高い。また、ロボット化や無人施工プロセスへの拡張性も大きな可能性を秘めている。

高レベル放射性廃棄物を地層処分する際に使用される容器（オーバーパック）の候補材である銅は、摩擦攪拌接合の適用が比較的容易な材料とされている。この接合法は、被接合体への入熱影響を制御しやすいという特性を持ち、オーバーパックの長期寿命に関連する材料学的因子に対して大きく貢献する可能性が期待される。

1. 緒言

高レベル放射性廃棄物の地層処分に使用される容器（オーバーパック）について、日本では炭素鋼を基材とした検討が進められている。一方、北欧やカナダでは、耐食性に優れる銅をオーバーパック材として活用する戦略が展開されている。この背景から、日本の原子力発電環境整備機構（NUMO: Nuclear Waste Management Organization of Japan）も、カナダの NWMO: Nuclear Waste Management Organization と共同で、炭素鋼容器の表面に銅メッキ層を形成した複合オーバーパックの製造技術の検討を進めている。銅複合オーバーパックの接合には、銅層への熱ひずみや作業者の放射線被ばくの軽減が求められる。我々は、入熱制御性、プロセス自由度、遠隔操作や無人化の可能性が高い摩擦攪拌接合技術に着目し、オーバーパックの施工への適用を検討している。

本研究では、NWMO 製銅メッキ層の厚さを模擬した銅クラッド鋼板を用いて突合せ継手を作製し、断面マクロ観察、硬さ試験、接合部の耐食性評価を行った。本報告では、800 rpm - 600 mm/min、950 rpm - 600 mm/min、および 1100 rpm - 600 mm/min の 3 つの条件での結果を報告する。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、NUMO（Nuclear Waste Management Organization of Japan）原子力発電環境整備機構においても、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化技術について検討が進められている。銅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、作業への放射線被曝の軽減などが求められる。我々は、接合時の入熱制御性、プロセス雰囲気や継手の自由度、遠隔/無人化への拡張性などの点で優位性が基地できる摩擦攪拌接合技術に着目し、オーバーパック施工への適用を想定した検討をおこなっている。

本研究では、NWMO 製銅メッキ層の厚さを疑似した銅クラッド鋼板を対象に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、800rpm-600mm/min、950rpm-600mm/min および 1100rpm-600mm/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

合せ板には無酸素銅 JIS-H3100（C1020P）、母材には溶接構造用圧延鋼板 JIS-G3106（SM490A）を使用し、爆発圧着法で製造された銅クラッド鋼板を用いた。

2.2 摩擦攪拌接合試験

350mm 長 × 50mm 幅 × 10.5mm 厚（銅クラッド層の厚さは 3.5mm）の銅クラッド鋼板を突合せ接合した。使用したツールはショルダー径 15mm、プローブ径 6mm、プローブ長 2.9mm の超硬合金製で、前進角は 3° に設定した。接合中は板材と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。接合条件は回転速度 200~1250rpm、接合速度 100~950mm/min の範囲で選定し、異なる入熱条件で継手を作製した。

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 110mm の位置で接合線に垂直に 10mm 幅で切断した試料を用いた。評価面をエメリー紙（#1200 まで）で湿式研磨し、塩酸、塩化鉄、エタノール（HCl : FeCl₂ : C₂H₅OH=5 : 1 : 12）の混合溶液でエッチングした後、デジタル顕微鏡で観察した。再研磨後、マイクロビッカース硬度計（AMT-X7FS-B、マツザワ製）を用い、印加荷重 2.94N、保持時間 20 秒で硬さ試験を行った。測定は接合界面から両端に 15mm 区間、間隔 0.5mm で 61 点を測定し、表面から裏面方向に 1.5mm 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 × 3mm の構成とし、表面をダイヤモンドペースト（3μm）で鏡面仕上げした後、開口部（1cm²）の試料ホルダーに設置した。電気化学セルは三電極方式を採用し、参照極に Ag-AgCl 電極、対極に白金電極を使用した。地下水の組成を模擬した 4 種類の供試液を用いた：（a）NaHCO₃（0.001M）、（b）NaHCO₃（0.001M）+ NaCl（0.1M）、（c）NaHCO₃（0.001M）+ NaCl（0.5M）、（d）Na₂SO₄（0.6M）。放射性崩壊に伴うオーバーパック周囲の熱影響を考慮し、温度は 80℃ に設定し、地層中の低酸素濃度を再現するために窒素パージで嫌気環境を再現した。カソード処理は -1200mV vs. Ag-AgCl で 2 分間行い、その後、自然電位を 1 時間測定した。さらに、10mV/min の速度で 500mV vs. 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、攪拌部は裏面まで到達し、欠陥のない健全な接合組織が形成されていた。また、大きなバリの発生も確認されなかったことから、入熱が適切に制御されていたことが示唆される。

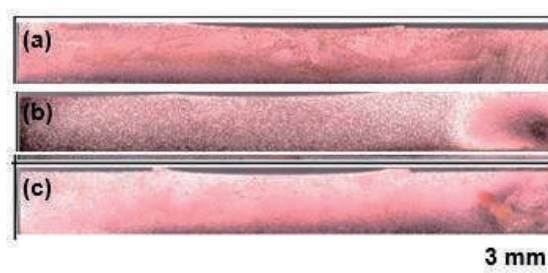


図 1. 断面マクロ観察結果

3.2 硬さ試験

図2に各接合継手断面のビッカース硬さ分布を示す。全

ての条件で、攪拌部は母材よりやや硬い傾向が確認された。ただし、攪拌部の硬化度合いは回転速度が高いほど小さくなる傾向があった。一般的に、回転速度が高い条件では入熱が大きくなるため、硬化の抑制は、接合温度の上昇によって結晶粒の粗大化が促進された結果と考えられる。

3.3 腐食試験

図3に、 $\text{NaHCO}_3(0.001\text{M}) + \text{NaCl}(0.1\text{M})$ の供試液中で実施したアノード分極試験の結果を示す。三条件の中で、回転速度が最小の800rpmでは、受入材と同様に明瞭な不働態域が確認された。しかし、950rpmおよび1100rpmの回転条件では、遷移的な挙動が見られた。接合組織を有する試料では、母材に比べて電流値がやや大きくなる傾向があったが、その差は数十 μA 程度であり、有意な違いとは言えなかった。接合条件による腐食挙動の違いは、攪拌部の組織が影響している可能性が示唆されるが、詳細については現在調査中である。

4. 結言

NWMO 製銅メッキ層の厚さを模擬した板厚 3.5 mm の銅クラッド鋼板に対し、突合せ摩擦攪拌接合を実施した。800 rpm - 600 mm/min、950 rpm - 600 mm/min、1100 rpm - 600 mm/min の3つの条件で作製した継手に対して、断面マクロ観察、硬さ試験、耐食性評価を行い、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を得た。
- (2) 継手の攪拌部は、いずれの条件でも母材よりやや硬い傾向が確認された。
- (3) 接合条件の違いにより、不働態型から遷移型へ腐食挙動が変化することが確認された。

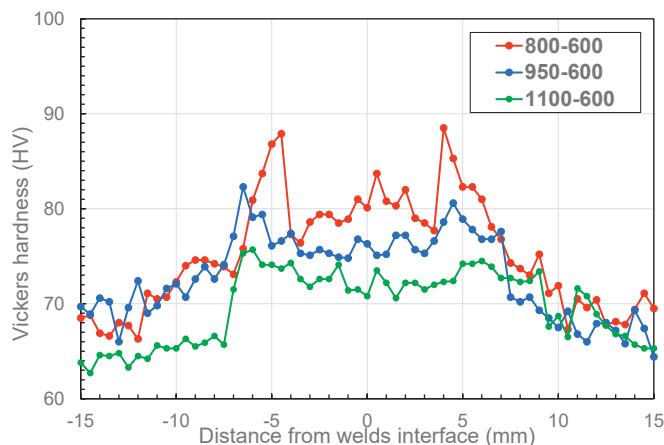


図2 継手断面のビッカース硬さ分布

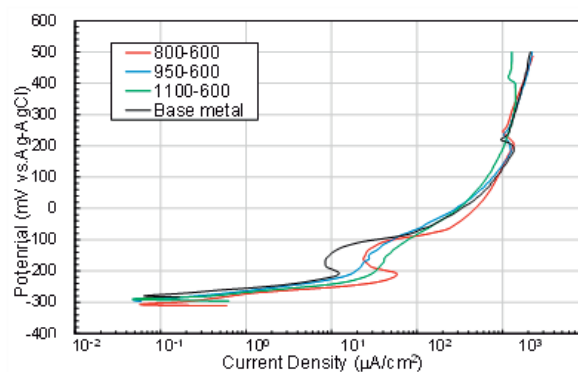


図3 各種供試液中でのアノード分極挙動

題目 連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜の上に 積層した酸化物薄膜に関する研究

発表者氏名 辻内 裕

(理工学研究科 物質科学専攻 材料)

代表者のメールアドレス tsuji71@gipc.akita-u.ac.jp

概要：連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜の上に酸化物薄膜を積層した薄膜素子を作製し、その基礎的特性、応用について体系的に研究を行っている。特に水分解触媒特性を pH 依存 2 状態間遷移現象を利用したスペクトル測定によって検討した。

キーワード：水素化アモルファスシリコン、酸化物、薄膜

独自性・実用性：

太陽光の紫外線、可視光線、近赤外線の広い波長域の光エネルギーを利用した水分解水素生成触媒特性を実現できる可能性があり、水素生産方法と計測方法の開発につながる。

1. 緒言

筆者は連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜の上に酸化物薄膜を積層した薄膜素子を作製し、その基礎的特性、応用について体系的に研究を行っている。とくに、有機分子との相互作用に関する基礎検討や、酸化物薄膜の組成と極性変化の基礎的研究を行って、独自の手法を創出するための準備を進めてきた。

ところで、*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。半導体水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) は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を制御すると、その上に色素有機

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¹⁻³⁾、ほか a-Si:H と生体高分子、有機分子の相互作用⁴⁾が起きることが分かっている。

ここでは、水分解触媒の非侵襲解析を目的として、ECR プラズマスパッタ法で作製した連続積層水素化アモルファスシリコン薄膜の

上に酸化物薄膜をマグネトロンスパッタ法で積層した薄膜素子を作製した素子を *Plunus Lanessiana* 色素溶液の中におき、pH 依存 2 状態間遷移現象を利用したスペクトル測定によって光照射下において、水素生成について微量濃度から検討することを目的とした。

2. 実験方法

Plunus Lanessiana (八重桜) の花卉を採取後、水洗し、エタノール浸漬色素溶液を 3000rpm、20min で遠心分離後、上澄を減圧ろ過した溶液を、50%:50%のエタノール:蒸留水溶液で 50 倍に希釈し試料溶液を得た。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 をパラメータとして条件を変えて、吸収スペクトルを測定した。また、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。a-Si:H 薄膜は、多段制御化学気相析出装置を用い、Ar ガスと Ar- H₂ の混

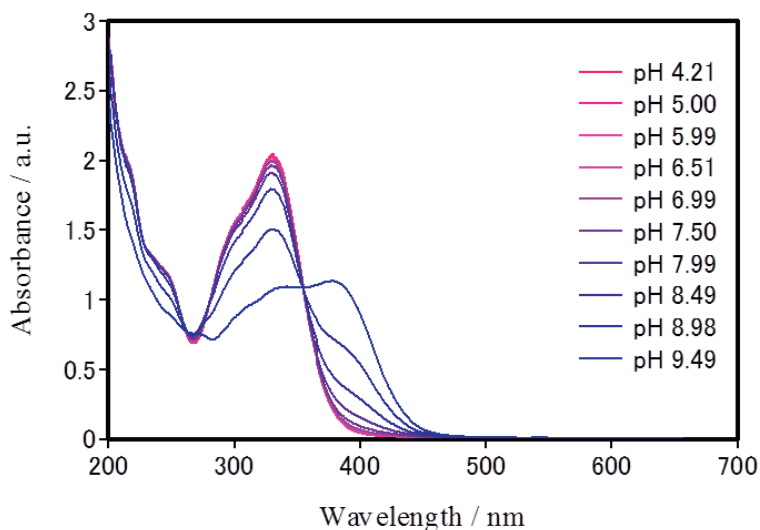


Fig.1 pH dependency of absorption spectra of ethanol extraction pigment of *Plunus Lanessiana*

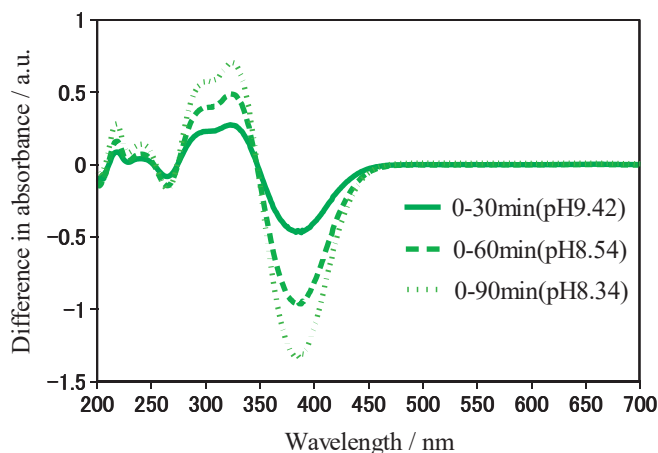


Fig.2 Difference absorption spectra of *Plunus Lanessiana* solution and TiO₂/a-Si:H/film on glass irradiated @ UV 375

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 3.0×10^{-6} Torr 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。そして、TiO₂ ペーストを塗布したアルミニウム円板を 500°C、2 時間で焼成して作製したターゲットを使用しマグネトロンスパッタ法で TiO₂ 薄膜を a-Si:H 薄膜の上に作製した。

Plunus Lanessiana からエタノールで抽出したフラボノイド色素を含む水 50%エタノール 50%(vol/vol)溶液に試料素子を入れ、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. 結果および考察

Fig.1 は、Plunus Lanessiana フラボノイド色素溶液の pH をパラメータとして測定した光吸収スペクトルである。2 状態間遷移が確認できた。Fig.2 は、(50nm)TiO₂/(80nm)a-Si:H 薄膜を Plunus Lanessiana フラボノイド色素溶液中で 375nm 紫外線照射を行った場合の光吸収スペクトルの光照射前との差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イオン状態が酸性側にシフトした。また実際に pH も低下した。このことから水素生成をモニタリングできる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) Yutaka Tsujiuchi, Junya Suto, Kenji Goto, Shigeki Shibata, Tadashi, Ishimaru, Manabu Ihara, Hiroshi

Masumoto, Takashi Goto, Thin Solid Films **438-439** (2003) 90-96.

2) Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, J. J. Appl. Phys. **47** (2008) 1211-1214.

3) Yutaka Tsujiuchi, Keigo Furuya, Jun Matsumoto, Yukinobu Makino, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, J. J. Appl. Phys. **49** (2010) 01AE15.

4) Yutaka Tsujiuchi, Makoto Horigane, Takahiko Sano, Takaaki Ichikawa, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, J. J. Appl. Phys. **57** (2018) 03EK06.

Geochemistry of black ores of the Furutobe and Nurukawa deposits, 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 Furutobe and Nurukawa base metal (+Au-Ag) deposits are hosted by the Miocene felsic volcanic rocks in Hokuroku district, Akita, Japan. The Nurukawa deposit was discovered in 1984, after the peak of exploration in the district, and was relatively less studied compared to the Furutobe deposit, discovered in 1959. In this study, we compared the chemical compositions and sulfur isotope signatures of black ores, i.e., sphalerite-rich ores, of the two deposits and their implications for conditions of ore-formation. The black ore samples of Furutobe have higher base (Zn, Cu) and precious (Au, Ag) metal contents than those of Nurukawa. Sphalerite of Furutobe has higher FeS content than that of Nurukawa. Calculated ranges of sulfur fugacity ($\log f_{S_2}$ in atm) and formation temperatures of the black ores from the Nurukawa and Furutobe deposits are -9.0 to -6.2 and 255 to 340 °C, and -13.0 to -9.8 and 250 to 270 °C, respectively, which suggest higher formation temperature and sulfur fugacity for Furutobe. $\delta^{34}S_{CDT}$ values of sphalerite, which is the main mineral in black ores, from Nurukawa and Furutobe are +5.3 to +7.3 ‰ and +1.9 to +4.6 ‰, respectively, and indicate more magmatic component for Furutobe.

キーワード : Kuroko ores, Furutobe and Nurukawa deposits, geochemistry

独自性・実用性 :

This study aimed to describe and compare the geochemistry of Kuroko ores from different deposits hosted in the Hokuroku district, northeastern Japan, based on bulk and mineral chemistry and isotope compositions of ore minerals. Based on these data, we investigated the physicochemical properties of hydrothermal fluids responsible for the ore formation in the deposits. A detailed assessment of characteristics and origin of ore-forming fluids, gives a better understanding of criteria that control abundance and distribution of base metals (Zn, Cu, Pb) and precious metals (Au, Ag) in volcanogenic massive sulfide (VMS) deposits, which can lead to the discovery of large-scale deposits in exploration. Investigation of concentration and distribution of minor and trace elements in ores and minerals of Kuroko deposits in Akita can contribute to the development of technology in mineral processing and smelting to improve recovery rates of byproducts including Au, Ag, Sb, Mo, Cd, and Ga for ores of VMS deposits, which are imported to Akita from the world.

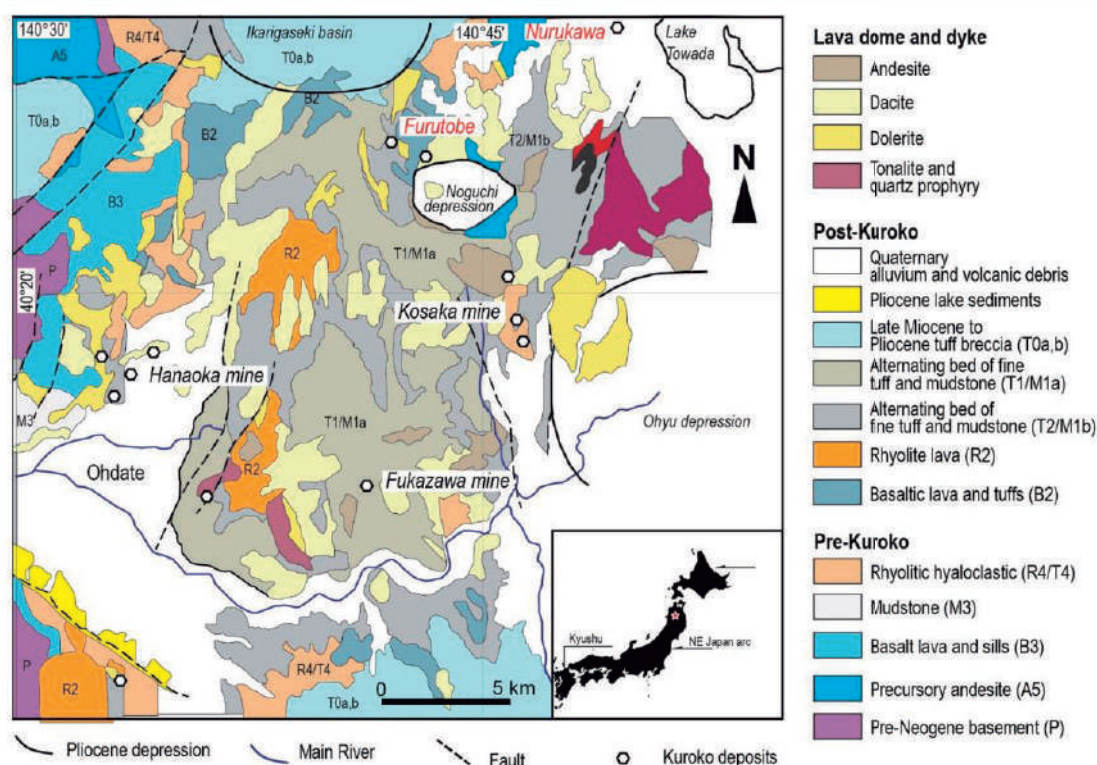
RESEARCH BACKGROUND

- ✓ The Furutobe and Nurukawa base metal (+Au-Ag) deposits are located in the northern part of the Hokuroku district, Akita, Japan (Yamada & Yoshida, 2004, 2013). These deposits consist mainly of sphalerite-rich black ores, chalcopyrite-pyrite-rich yellow ores, and quartz-pyrite-rich siliceous ores (Tanaka et al., 1974; Hirose & Ishiyama, 2015).
- ✓ The Nurukawa deposit was discovered in 1984, after the peak of exploration in Hokuroku district, and was relatively less studied compared to the Furutobe deposit, discovered in 1959 (Tanaka et al., 1974; Yamada et al., 1988; Geological Survey of Japan, 1989).
- ✓ The black ores in the Nurukawa deposit was reported to contain higher Au and Ag, and lower base metal (Cu-Zn-Pb) concentrations compared to other Kuroko deposits, including Furutobe (GSJ, 1989). The physiochemical properties responsible for differences in mineralogy and composition of Kuroko ores are yet to be well understood.

Objective of the study

- ✓ To compare the mode of occurrence, chemical compositions and sulfur isotope signatures of sphalerite-rich black ores of the Furutobe and Nurukawa deposits and their implications for conditions of ore formation.

GEOLOGICAL BACKGROUND



SAMPLES AND METHODS

- ✓ The black ores samples for this study were taken from Akita University archive; some samples from Nurukawa were provided by Dr. Teruhiro Suzuki and previously described by Mr. Kakerō Ito.
- ✓ The ore samples were prepared as polished sections, and doubly polished thin sections for petrography and mineral chemistry using electron probe microanalyzer, as well as scanning electron microscope of the Department of Earth Resource Science, Akita University.
- ✓ Pulverized black ore samples were acid digested for bulk analysis using inductively coupled plasma mass spectrometer.
- ✓ Sphalerite, which is the main sulfide mineral in the black ores, was separated and decomposed for sulfur isotope analysis; the analysis conducted at Akita University followed the protocol described in Manalo et al. (2018).

ORE OCCURRENCE AND MINERALOGY

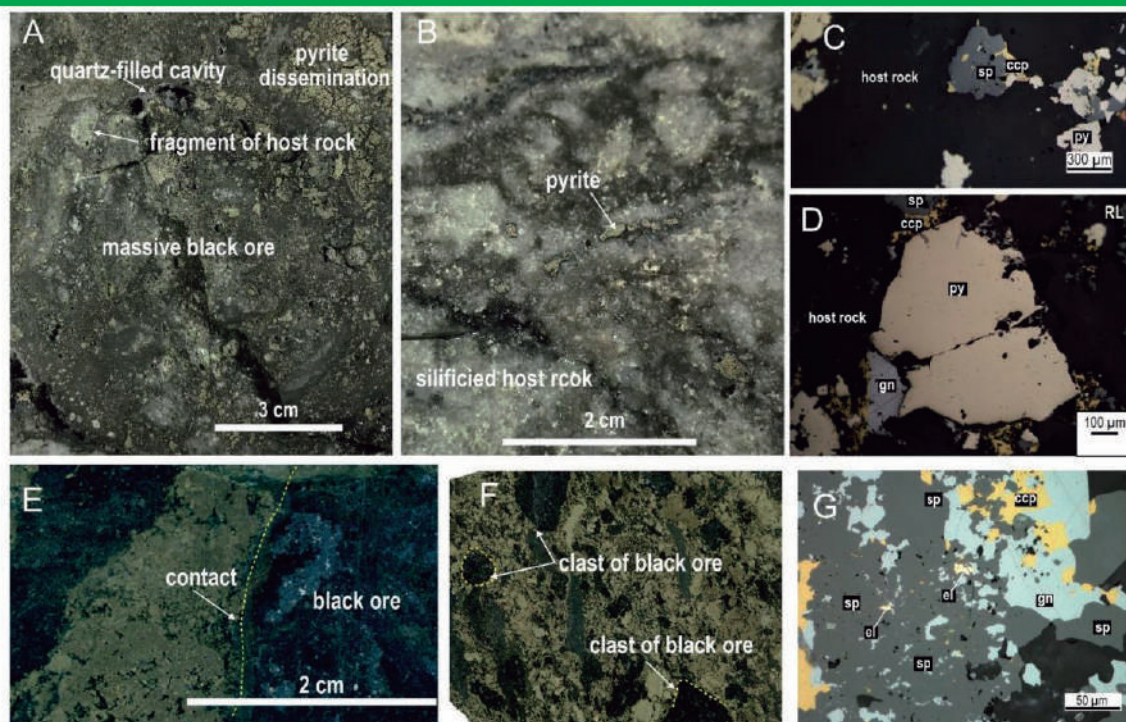


Fig. 2. Photographs and photomicrographs of black ores from the (A -D) Nurukawa and (E-G) Furutobe deposits. (A-B) Disseminated sulfide minerals in host rock. (C -D) Photomicrographs of black ores showing disseminated sphalerite and pyrite in host rock. (E -F) Photographs showing the occurrence of black ore as layers and clasts within the yellow ore. (G) A photomicrograph of massive black ore. Abbreviations: brt-barite, ccp-chalcopyrite, el-electrum, gn-galena, py-pyrite, sp-sphalerite.

CHEMISTRY OF ORES

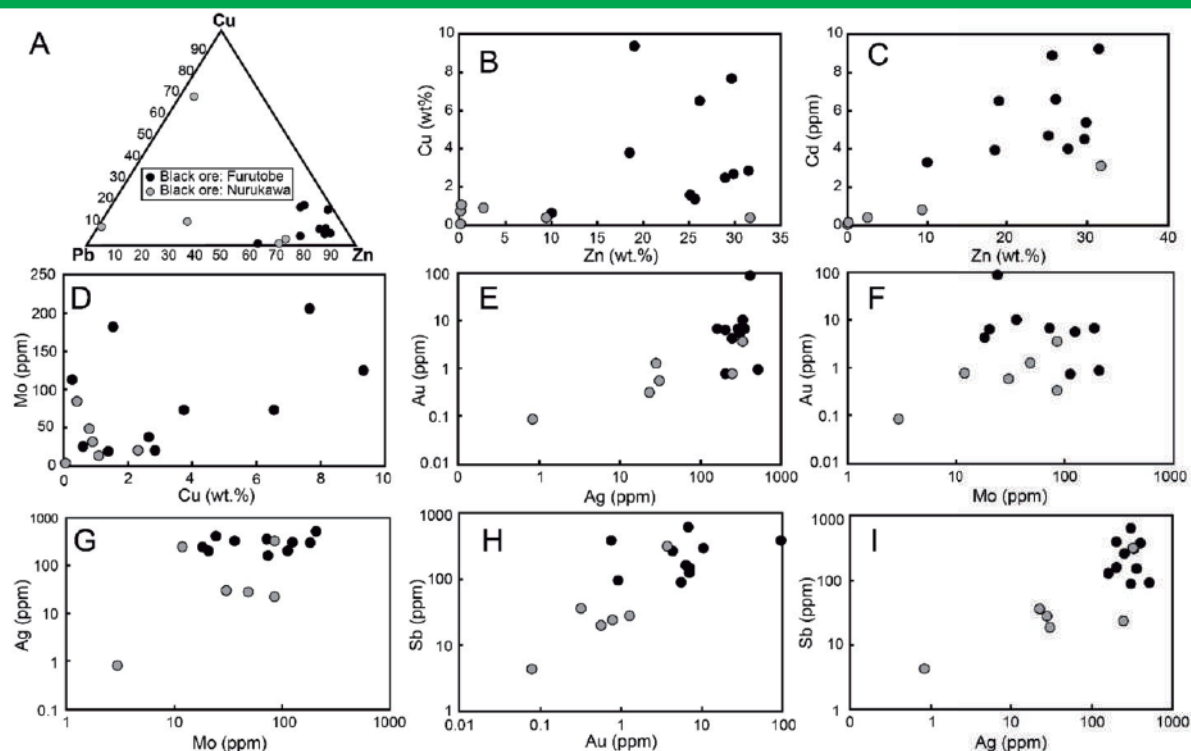


Fig. 3. (A) Ternary diagram (Zn-Cu-Pb). (B-I) and bivariate plots of major and minor element compositions of black ores. (B) Cu vs Zn, (C) Cd vs Zn, (D) Mo vs Cu, (E) Au vs Ag, (F) Au vs Mo, (G) Ag vs Mo, (H) Sb vs Au and (I) Sb vs Ag.

SULFUR ISOTOPES AND CONDITIONS OF ORE FORMATION

- ✓ Sphalerite is the main ore minerals in the black ores for both deposits and has higher Fe contents in ores from Nurukawa compared to those from Furutobe.
- ✓ The $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ values of sphalerite separated from the black ores of Nurukawa and Furutobe deposits vary from +5.3 to +7.3 ‰, and +1.9 to +4.7 ‰, respectively.

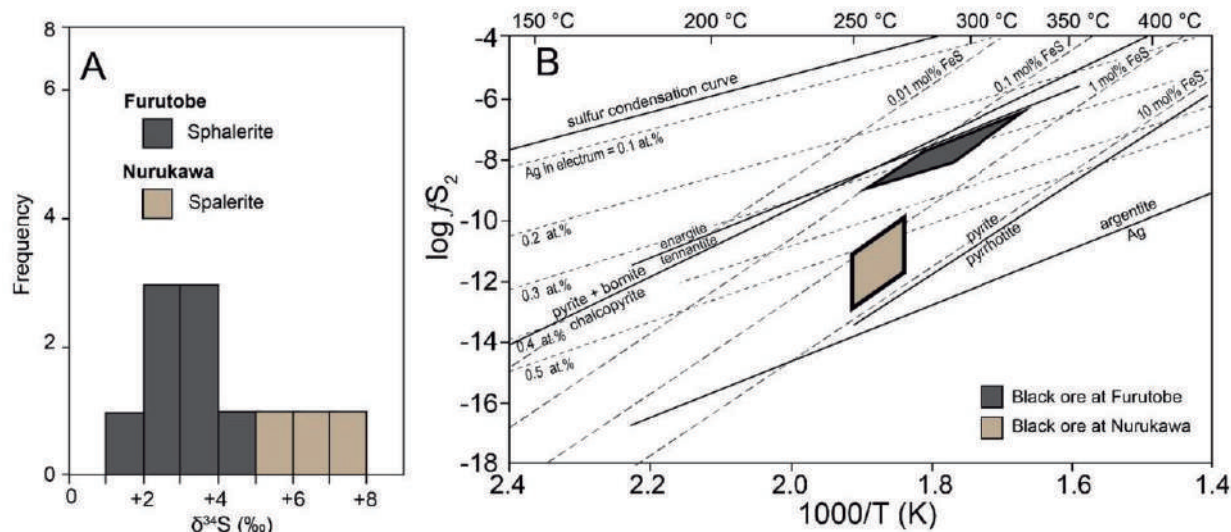


Fig. 4. (A) Histogram of $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ of sulfide minerals from the black ore samples from the Furutobe and Nurukawa deposits. (B) Log $f\text{S}_2$ and temperature ranges of black ores estimated from FeS (mol%) of sphalerite and at.% Ag of electrum for Furutobe, and FeS of sphalerite and fluid inclusion data for Nurukawa (Ito, 2023MS). The FeS and at.% Ag lines are from Barton & Toulmin (1996, 964).

CONCLUSIONS

- ✓ The studied black ore samples of the Furutobe deposit have higher base and precious metal contents than those of the Nurukawa deposit.
- ✓ The Kuroko ores of the Furutobe deposit were formed by relatively higher sulfur fugacity and temperature hydrothermal fluids compared to those of the Nurukawa deposit.
- ✓ The sulfur isotope compositions suggest a more magmatic component for the black ores of the Furutobe deposit, compared to those of Nurukawa.
- ✓ The differences in the contents of base and precious metals in these deposits could be related to differences in the physicochemical properties and compositions of the hydrothermal fluids responsible for the mineralization.

References

- Barton, P.B. and Toulmin, P. (1964). The electrom-tarnish method for the determination of the fugacity of sulfur in laboratory sulfide systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **28**, 619-640.
- Barton, P.B. and Toulmin, P. (1966). Phase relations involving sphalerite in the Fe-Zn-S system. *Economic Geology*, **61**, 815-849.
- Geological Survey of Japan (1989). Hokushika Area Mineral Resources Evaluation Geological Map: Instruction. *Geological Survey of Japan*, Tsukuba, Japan.
- Hirose, K., and Ishiyama, D. (2015). Geological and geochemical characteristics of the gold-bearing Nurukawa Kuroko deposit, Aomori Prefecture, Japan, *Resource Geology*, **65**, 117-132.
- Ito, K. (2023). Gold-bearing Kuroko mineralization in the Nurukawa deposit, Hokuroku district, Akita, Japan. *Master thesis, Akita University*, Akita, pg. 147.
- Manalo, P.C., Imai, A., Subang, L.L., de los Santos, M.C., Yanagi, K., Takahashi, R., & Blamey, N.J. (2018). Mineralization of the northwest quartz-pyrite-gold veins: implications for multiple mineralization events at Lepanto, Mankayan mineral district, northern Luzon, Philippines. *Economic Geology*, **113**, 1609-1626.
- Paytan, A., Kastner, M., Campbell, D., and Thiemens, M.H. (1998). Sulfur isotopic composition of Cenozoic seawater sulfate. *Science*, **282**, 1459-1462.
- 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.
- Yamada, R., Nishitani, Y., Tanimura, S., and Konishi, N. (1988). Recent development and geologic characteristics of the Nurukawa kuroko deposit. *Mining Geology*, **38**, 309-322.

CO₂ フォームを用いた石油貯留層の生産プロファイル コントロール

阿部 一徳 , セーデキカワ ジャナウィード

(大学院国際資源学研究科, 地方創生センター)

abe@mine.akita-u.ac.jp

概要：既存油田の水生産量の適切な管理は、生産流体処理施設等の負荷を抑え油ガス生産の効率化に繋がる。特に成熟油田では水過剰生産が問題となるため、水生産量制御を目的として昨今も地下条件下で有効な遮水剤の開発が行われている。本研究では、地下条件で安定かつ遮水性能を有する二酸化炭素（CO₂）ガスフォームの作製を検討した。今回、界面活性剤フォームにポリマー等（安定化剤）を添加し、高温条件でのフォーム安定性向上を図った。また、岩石コアを用いた掃攻試験や数値計算等を実施し、フォームを用いた水卓越流路閉塞による水生産量抑制、および新規水流路の形成による残留油回収への有効性が示唆された。

キーワード：資源開発，石油貯留層，遮水剤，ガスフォーム，ポリマーゲル

独自性・実用性：地下条件（温度、圧力、塩、pH等）を想定して、流体エネルギー資源（水、油、ガス等）を制御する技術は、効率的に資源開発を進めるうえで重要となります。本研究では、主に地下での水の流動制御に焦点をあて、CO₂等のガスフォームを用いて、多孔質媒体（砂岩や炭酸塩岩等の貯留岩）中での水、油、ガス挙動への影響を流動試験や数値シミュレーションから評価しております。そのほかにも、ガスフォームの代わりにポリマーゲル等を使用し、油層中の任意の位置の孔隙を閉塞することで、各流体を制御する技術も検討しています。現在は、より過酷な地下条件（高温、高塩分濃度等）でも制御可能な新規材料の開発にも取り組んでおり、超臨界CO₂や蒸気・熱水等が存在する環境下への適用も想定し検討を進めております。

1. 研究背景

油田の長期生産開発においては水生産のマネジメントが重要な課題となる。特に油層内で水の卓越流路が形成されている場合、掃攻効率改善にはケミカルを用いた流路閉塞等によるプロファイルコントロールが有効となる。また昨今、石油増進回収技術（Enhanced Oil Recovery）/ 改良型採収法（Improved Oil Recovery）や二酸化炭素回収・貯留（Carbon Capture and Storage）での効率的なガス利用のためにフォーム化技術も注目されており、貯留層条件下において油水の相対浸透率や流路に影響を与えるような強化フォームの生成・圧入技術の検討が行われている。本研究では、界面活性剤にポリマーを添加しフォームの安定化を図り、コア流動試験等からフォームによる流路閉塞の有効性評価を目的とする。

2. 実験方法

本研究では窒素ガスフォームを生成し、フォームの耐熱性や耐塩性、原油存在下での安定性について評価した。溶媒に NaCl 塩水（1,572～50,000mg/L）を用いて、安定剤として 0.1～0.4wt%加水分解ポリアクリ

ルアミド (HPAM : Hydrolyzed Polyacrylamide) を添加した。陰イオン性界面活性剤である 0.1~0.4wt% のドデシル硫酸ナトリウム (SDS: Sodium Dodecyl Sulfate) を加えた後、窒素ガスを圧入し密閉容器内が 200~300kPa 程度となるように調整した。調整した溶液を約 8,000rpm で攪拌することで窒素フォームを生成し、恒温槽内 (60℃~120℃) において Half-life test からフォームの安定性を評価した。また、添加する軽質原油量を変化させながらフォームの安定性評価を実施した。コア流動試験では砂岩コア (ヘテロ構造: 高浸透層 500mD/低浸透層 50mD) に、HPAM ポリマーを添加した SDS と窒素ガスを交互圧入することで、砂岩コア内にフォームを生成した。その後水圧入を行い、コアの排水位置からフォームによる閉塞効果を評価した。

3. 実験結果および考察

Half-life test による窒素フォームの安定性評価を実施した。NaCl 塩水に HPAM ポリマー (0.3wt%) を添加し、SDS (0.3wt%) を用いてフォームを生成した場合、ラメラ (フォーム内の液膜) の粘弾性等が向上したことで、原油存在下 (油飽和率約 50%) においても、約 100℃ までは比較的安定した結果が得られた。次に Half-life test の結果に基づき、砂岩コアを用いて流動試験を実施し、窒素フォームによる水の卓越流路のブロッキング効果を確認した。フォーム生成前 (0~1PV : Pore Volume (孔隙体積)) は、ほぼ全量が高浸透層 (500mD) から排水されていたが、フォーム生成後 (1PV~) はコア内で水流路が変更され低浸透層 (50mD) からの排水も確認されたことから、フォームによるブロッキング効果が示された。

フォームを用いた流路閉塞によるプロファイルコントロールの実験的評価 Experimental study of performance evaluations of a foam plugging profile control

○阿部 一徳*, セーデキ カワジャ ナウィード
秋田大学大学院 国際資源学研究所
*E-mail: abe@mine.akita-u.ac.jp

序論

●長期開発油田の生産効率化に向けた水生産マネジメント

油水生産量の制御には、ポリマーゲル等による**プロファイルコントロール**や**シャットオフ技術**が多数報告

近年のIOR / EORでのガス有効利用に向けた**フォーム(泡沸)**化技術や貯留層内安定性の向上

↓
界面活性剤由来のN₂フォームを用いたブロッキング効果
K. N. Sedighi, K. Abe et al., ACS Omega 8(11) 10342-10354 (2023)

[現状の課題] 貯留層内でのフォームの安定性・輸送性

↓
HAPMポリマー添加し、フォームの粘弾性増加や
プラトー境界からの排水抑制による安定性向上

●複雑化した坑井配置における井戸選択手法

大規模油田では、坑井配置が複雑化しているケースも多く、
圧入(ターン)に応じた**有効な井戸選択手法の確立**

↓
Fuzzyモデルによる圧入井選択法の評価ファクター
の重みづけに機械学習(ランダムフォレスト)を
活用し、ケーススタディ実施

●目的

1. HPAMポリマー添加N₂フォームの安定性及び水卓越流路のブロッキング効果の検討
2. Fuzzyモデル及びランダムフォレストを用いた水卓越流路のブロッキングに有効な
フォーム圧入井の選択手法検討*

*日刊石油(開発・生産部人読者) (2) <P23> 11:00~11:20にて講演
[フォームによる水卓越流路の圧入井選択によるプロファイルコントロールの効果検証]

実験方法

●実験手順



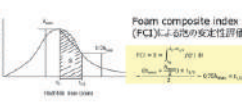
●フォーム生成用試薬及びガス

試薬 / ガス	濃度
塩化ナトリウム (NaCl)	1,573 mg/L
界面活性剤 (SDS: Sodium Dodecyl Sulfate)	0.1~0.4wt%
安定化剤 (HPAM: Hydrolyzed Polyacrylamide)	0.1~0.4wt%
ガス	窒素

*NaCl濃度1,573(mg/L)は30%濃度のNaCl水溶液を10%希釈した濃度。
NaCl水溶液濃度(%)は1,573~50,000(mg/L)と範囲で評価。

●Half-life test (① 安定性評価)

Half-life testを用いて、生成したN₂フォームの
安定性評価 (泡の量が半分になるまでの時間)

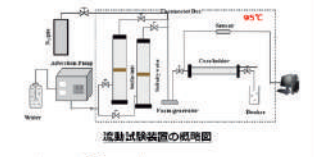


Half-life testによるフォーム安定性の評価事項

安定化剤添加量 (HPAMの濃度)	0.1~0.4 wt%
温度	60~120 °C
濃度	1,573~50,000 mg/L
泡の生成率	0~65 %
(*圧入時存在)	

*試験速度: 1.5cm/min (65°C) + 変換

●コア流動試験 (② ブロッキング効果検討)



① 圧入0.5mL/minで圧入し、Shunt rateを計算
② 界面活性剤と水とを交互に圧入 (0.5mL/min) (圧入1~1.5: 1.5、0.05PVにて切り替え)
③ フォーム生成時のShunt rateを計算

Half-life test (① 安定性評価)

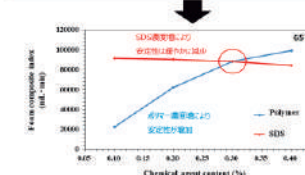
●SDS濃度、安定化剤ポリマー濃度の検討

SDS (wt%)	Polymer (wt%)	Foaming volume (mL)	Half-life (min)
0.1	0.1	1550	59
0.2	0.1	1580	57
0.3	0.1	1560	55
0.4	0.1	1050	51

SDS濃度増加により、発泡性は向上するが、安定性は低下

SDS (wt%)	Polymer (wt%)	Foaming volume (mL)	Half-life (min)
0.3	0.1	1560	15
0.3	0.2	1550	40
0.3	0.3	1540	55
0.3	0.4	1650	60

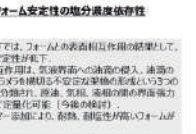
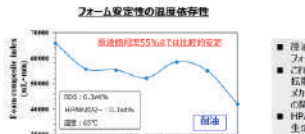
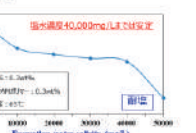
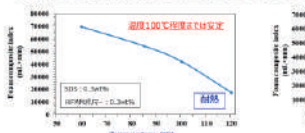
ポリマー濃度増加により、発泡性は向上し、安定性も向上



SDS濃度 (0.3wt%)、HPAMポリマー濃度 (0.3wt%) でN₂フォームが比較的に安定化

↓
以下の安定化試験 (耐熱、耐塩、原油存在下) では上記条件に固定

●耐熱、耐塩、原油存在下のフォーム安定性評価



フォーム安定性の原油濃度依存性

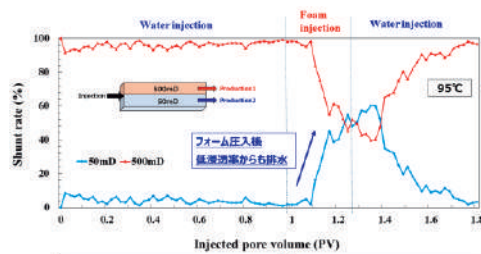
フォーム安定性の原油濃度依存性

- 原油存在下では、フォームの表面相互作用の結果として、フォームの安定性が低下
- これらの相互作用は、気泡表面への原油の侵入、油滴の凝集、及びフォームを構成する不安定な要素の形成(いわゆる「コア」)に起因する。原油、気泡、油滴の間の界面張力の関係が安定性を決定する(今後検討)
- HPAMの添加により、耐熱、耐塩性が向上し、原油存在下でも安定なフォームが生成

↓
砂質コアを用いたフォーム流動試験を実施

コア流動試験 (② ブロッキング効果検討)

●N₂フォームによる流動試験 (油なし)



フォーム圧入時 (塩水圧入時) は高透過率のみロー
高透過率をフォームでブロック
→ 低透過率もロー

フォーム生成前 (0~1PV) は、ほぼ全量が高透過率 (500mD) から排水されていたが、
フォーム生成後 (1PV~) はコア内で水流通路が変更され低透過率 (50mD) からの排水
も確認されたことから、フォームによるブロッキング効果が示された。

- 現在、油飽和岩石コアを用いた流動試験を実施検討中
- フォーム圧入時の貯留層シミュレーション (コア及びフィールドスケール) 検討中

結論

1. 界面活性剤 (SDS: 0.3wt%) に安定化剤としてHPAMポリマー (0.3wt%) を添加し、N₂フォームを作製することで、油飽和条件下でも比較的に安定した特性が得られた。また、砂質コアを用いた流動試験において、生成されたフォームによるブロッキング効果の有効性を検討し、高透過率層がフォームによりブロッキングされ、低透過率層への水流通路形成を確認した。
2. フィールドスケールでのFuzzyモデルを用いた井戸選択法に関して、ランダムフォレストによる評価ファクターの重みづけを行うことで、必要な井戸本数を抑えることができた。今回、N₂フォームによる水卓越流路ブロッキングを行うために有効な圧入井を検討し、短期間 (5年間程度) における水生産量抑制、及び油生産量の増加傾向が得られた。
[開発・生産部人読者] (2) <P23> <貯留層シミュレーション結果より引用>

シクロデキストリン含有不溶性素材創成に関する研究

近 藤 良 彦

(理工学研究科)

y_kondo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：中心に空孔を有しているシクロデキストリンは、水中で空孔内に疎水性化合物を取り込む性質を持ってる。シクロデキストリンをポリマー化などによって不溶化し、浄化材への応用研究が古くからなされているが、コストの面から実用化には至っていない。本研究では、シクロデキストリンの簡便な粒状ポリマー合成法を確立し、得られたポリマーの水質汚染物質除去能について検討をした。

キーワード：シクロデキストリンポリマー、簡便合成法

独自性・実用性：

シクロデキストリンポリマーは古くから様々な合成法が報告されているが、コストなどの面から実用化には至っていない。本研究では高反応性シクロデキストリン誘導体を用いた新規シクロデキストリンポリマーの合成法を確立し、得られたポリマーの疎水性物質吸着能について検討した。

シクロデキストリンは (CD) D-グルコースが α -1,4 グリコシド結合した環状オリゴ糖であり、グルコース単位が 6 個のものを α -CD、7 個のものを β -CD、8 個のものを γ -CD と呼び、空孔サイズや水溶性がそれぞれ異なる (図 1、下表)。中心に空孔を有している CD は、水中で空孔内に疎水性化合物を取り込む性質を持っており、ポリマー化などによって不溶化し、浄化材への応用研究が古くからなされている。本研究では高反応性 CD 誘導体を用いた簡便な CD ポリマーの合成法について検討を行った。

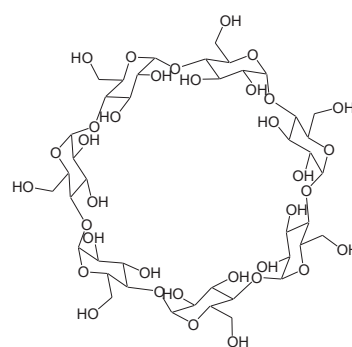
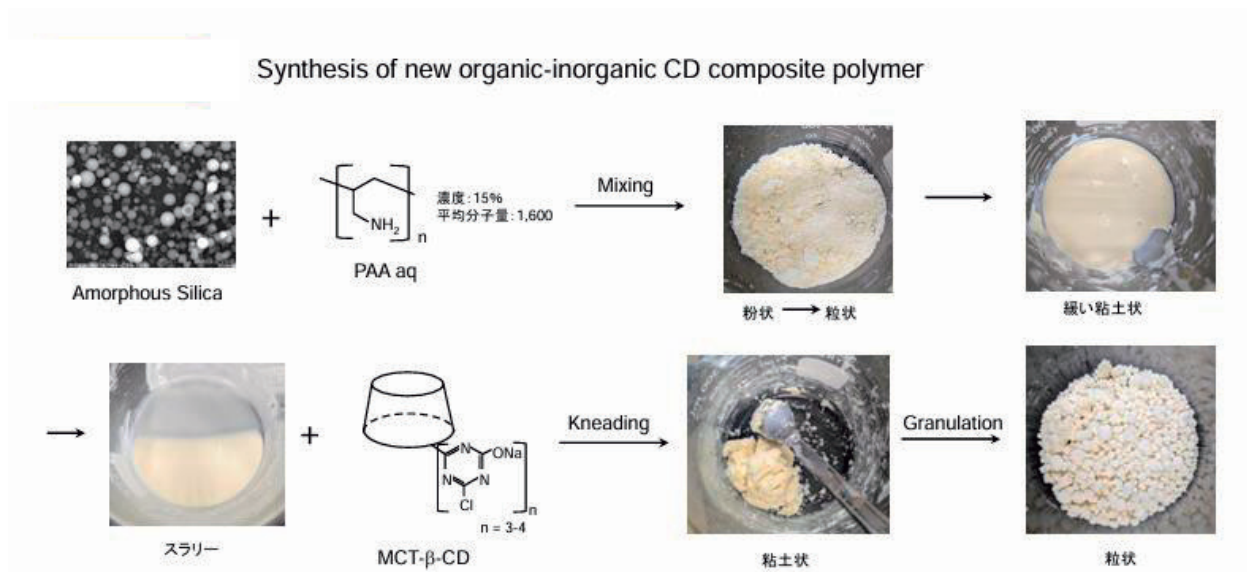


図 1 β -CyD の構造

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

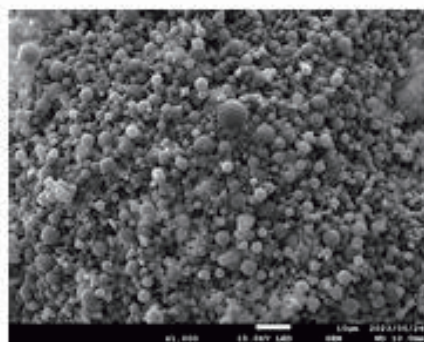
モノクロトリアジノ化 β -シクロデキストリン (MCT-CD) はその反応性の高さから、ポリアリルアミン (PAA) 水溶液と室温で容易に架橋反応が進行することが知られているが、水への親和性が高いため水不溶性の粒状とすることは困難である。本研究では、非晶質シリカを添加することで、簡便に CD ポリマーが得られることを明らかにした。



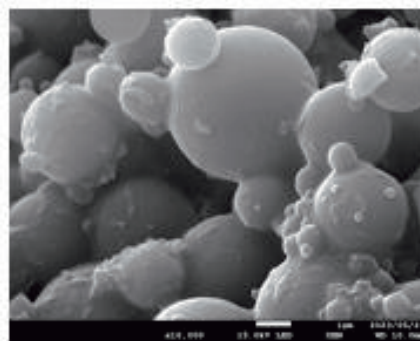
<SEM images>

Composite Polymer-1 :

Amorphous Silica :10 g PAA aq : 8 mL MCT- β -CD : 3 g



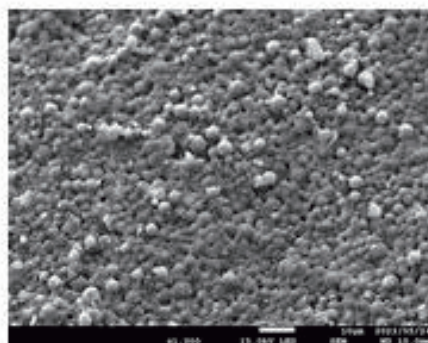
(x10,00)



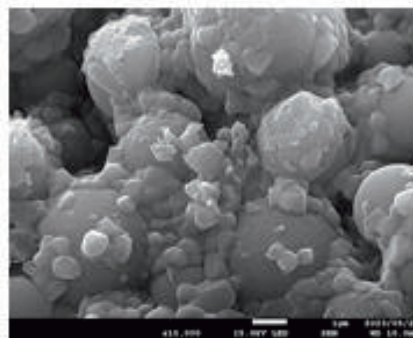
(x10,000)

Composite Polymer-2 :

Amorphous Silica :5 g PAA aq : 8 mL MCT- β -CD : 3 g

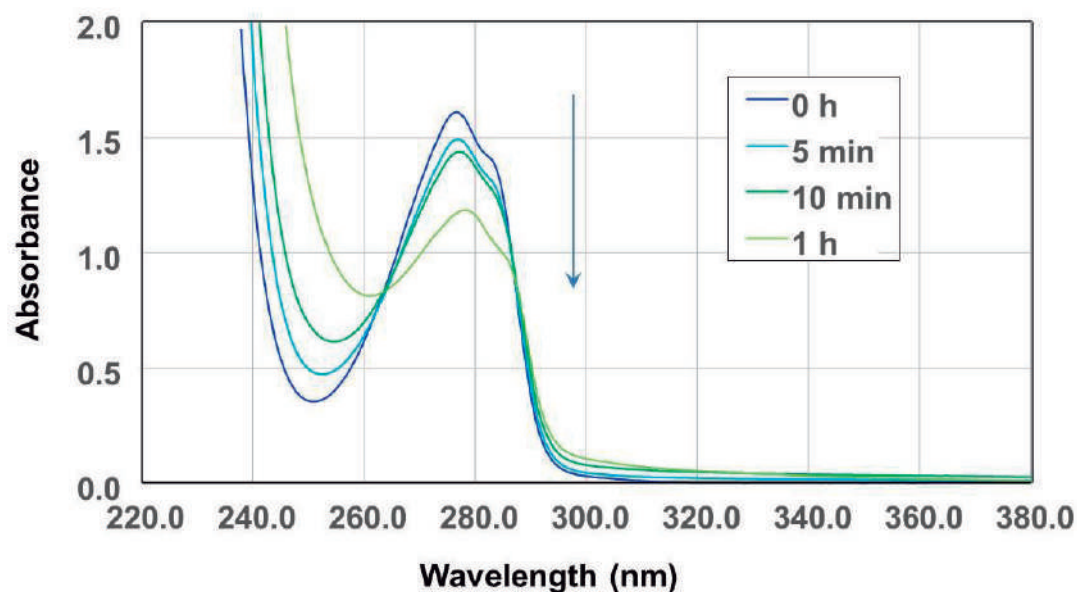


(x10,00)



(x10,000)

<ビスフェノール A 吸着挙動>



Polymer-1 のビスフェノール A 吸着挙動について、UV-vis スペクトル測定を行った。測定条件はビスフェノール A 10%メタノール水溶液 (5.0×10^{-4} mol/L) 10mL 中に 1.0 g の Polymer-1 を入れ攪拌を行った。その結果を上記グラフに示す。

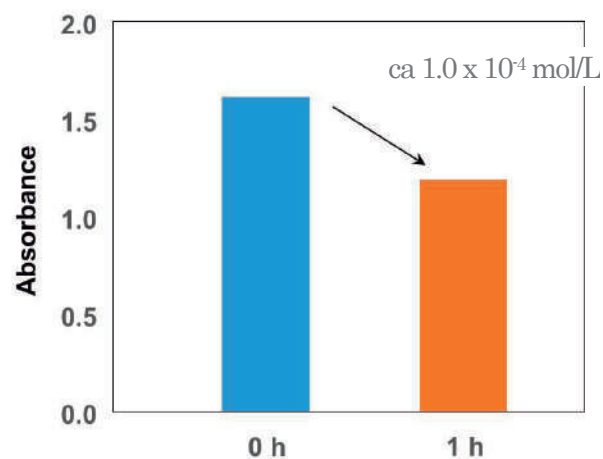
時間と共に、ビスフェノール A 特有のスペクトルの減少が観察され、ほぼ 1 時間で平衡に達することが明らかとなった。

1 時間後の吸着量はおよそ、およそ 1.0×10^{-6} mol/g の吸着能力があることが明らかとなった。

<まとめ>

MCT-CD と PAA との反応中に非晶質シリカを加え、混合するだけで粒状のポリマーが得られることが明らかとなった。

疎水性化合物吸着能は、ビスフェノール A だけの検討ではあるが、吸着能は低いものの吸着できることが明らかとなった。この研究を進めることで、シクロデキストリンの包接能を利用した新規吸着材開発の可能性を示唆できた。



ウランー鉛の放射壊変を利用した 高精度岩石年代測定法の開発

福 山 繭 子

(理工学研究科)

mayuko@gipc.akita-u.ac.jp

概要：岩石のできた年代を決定することは日本列島そして地球の歴史を知る上で重要な情報となる。そのため古くから化石を利用した年代推定や岩石や鉱物中の同位体の放射壊変を利用した年代測定が行われてきた。現在、一般的な年代測定法は、ウランを多く含むジルコンという鉱物を用い、ウランが放射壊変をして鉛になることを利用した年代測定法（ウランー鉛年代測定法）である。本研究開発プロジェクトでは、年代測定に適さないとされるジルコン以外の鉱物を対象に、分析技術的課題を克服し、高精度ウランー鉛年代測定法の開発を試みた。

キーワード：LA-ICP-MS, 年代測定, 鉱物, 放射壊変

独自性・実用性：

本研究プロジェクトは、従来、年代測定の困難とされる鉱物（炭酸塩鉱物と柎榴石、赤鉄鉱）に着目し、技術的課題を克服することで、ウランー鉛年代測定法を可能とすることで、ジルコンを含まない岩石（断層岩、炭酸塩岩、多くの金属資源鉱床の岩石）の年代測定を可能とする。断層の生じた時期の特定、リチウム資源や鉄・銅資源を胚胎する鉱床の生成年代の決定等が可能であり、新たな地球科学的情報を提供するツールとなり得る。

はじめに

岩石の形成年代は、地殻の進化とその動的過程を解明する為に欠かすことができない情報である。このため、古くから、質量分析計を用いた岩石の年代測定が行われている。現在、一般に広く用いられている年代測定法としてウランが放射改変をして鉛になることを利用した年代測定法（ウランー鉛年代測定法）があり、ウランを多く含むジルコンという鉱物に適用されている。そのため、ジルコンを含まない岩石（断層岩や炭酸塩岩、多くの金属資源鉱床の岩石）には適用できない。一方、近年、質量分析法の技術革新に伴い、局所分析が可能なレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計を用いて、本来、このウランー鉛年代測定法には適さない鉱物（炭酸塩鉱物や柎榴石）の年代測定が試みられるようになっていく。しかしながら、年代測定に適さない鉱物を測定するために、必ず年代値が得られるとは限らず、得られる年代は精度が低いといった課題や分析技術上の課題があり、これらの課題解決が必要とされている。本研究開発プロジェクトでは、年代測定には適さないと言われてきた鉱物を対象に、分析技術的課題を克服し、高精度年代測定法の開発を試みる。鉱物によって化学的・物理的特徴が異なるため、鉱物の特徴に応じた課題が存在する。本研究では、ジルコンを含まない岩石に普遍的に含まれる鉱物（炭酸塩鉱物、柎榴石、赤鉄鉱等）を研究対象とし、令和5年度は、主に炭酸塩鉱物に着目した。尚、本研究開発プロジェ

クトの一部である「柘榴石の年代測定法の開発」は科研費基盤C, 「赤鉄鉱の年代測定法の開発」は日本鉱業振興会による試験研究助成に採択されている。

ウラン-鉛年代測定法

ウラン-鉛(U-Pb)年代測定法は、ウランの原子核壊変を利用した手法である。天然におけるウラン同位体は、主に ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{238}U があり、それぞれの同位体存在度は0.0055%、0.7200%、99.2745%である。 ^{238}U は半減期 4.468×10^9 年で ^{206}Pb へ崩壊し、 ^{235}U は半減期 7.038×10^8 年で ^{207}Pb へ崩壊する。U-Pb年代測定法は、簡単に言うと、この2つの放射壊変を利用して、鉱物の年代を測定する方法である。ウランを含む鉱物が結晶化して、 t 時間後に放射壊変で生成した $^{206}\text{Pb}^*$ と $^{207}\text{Pb}^*$ の量はそれぞれ次式で表される。

$$^{206}\text{Pb}^* = ^{238}\text{U}(e^{\lambda_{238}t} - 1) \quad (1)$$

$$^{207}\text{Pb}^* = ^{235}\text{U}(e^{\lambda_{235}t} - 1) \quad (2)$$

ここで λ は壊変定数であり、 $\lambda_{238} = 1.55125 \times 10^{-9}$ 、 $\lambda_{235} = 9.8485 \times 10^{-10}$ である。

図1は、Terra-Wasserberg図と呼ばれる図であり、横軸に $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ 、縦軸に $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ で表される。上記の二式を共に満たすとき、経過した時間に応じた点の軌跡を曲線で描くことができ、これをコンコーディア曲線と呼ぶ(図1中の青色曲線)。鉱物中のウラン-鉛系が完全に閉鎖系であれば、(1)式及び(2)式から、時間 t を求めることができ、当然、その時間は等しくなる。しかしながら、鉱物中には、放射性起源の鉛だけでなく、common Pbと呼ばれる初生鉛を含むことがある。図1は地球形成時の初生鉛を鉱物が含む場合を示した。この場合、得られるデータ(図1の赤で示される各点)は、経過時間を示すコンコーディア上の点と地球形成時の初生鉛同位体比の縦軸を結ぶ点線上に並ぶことになる。この場合、各データを元に図1で示される点線を求め、これとコンコーディア曲線の交点が鉱物(つまり岩石)の形成した年代として得ることができる。実際には、U-Pb系の二次的な要因による改変、極少量の放射性鉛の高精度分析に係る技術的要因といった、その他の要因により、常に年代が得られるとは限らない。

研究成果

本研究では、主に理工学研究科に設置されたマイクロ蛍光X線分析装置で測定対象試料の観察をした後、同研究科に設置されたレーザーアブレーション装置と誘導結合プラズマ質量分析計を用いて、炭酸塩鉱物、赤鉄鉱、柘榴石そ

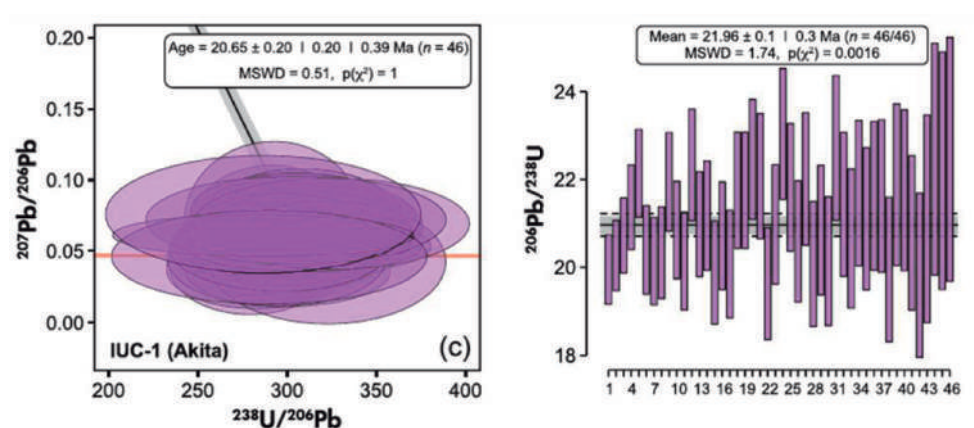


図2. 本研究で得られた柘榴石の年代の例 (Aysal et al., 2023).

れぞれについてU-Pb年代測定法を検討した。その結果、各鉱物について年代測定が可能となっている。これら鉱物のU-Pb年代測定を実施可能な大学・研究機関は世界的にも少ない。そのため、台湾大学をはじめ国際共同研究の提案があり、令和5年度は、そのうち、いくつかを実施し、国際共著論文が投稿または受理されている。図2には、例として、トルコ、スイス、ロシア、オーストラリアとの国際共同研究で実施した柎榴石のU-Pb年代測定結果を示した。一般に、新たな分析法を行う際には標準物質の欠如が課題となることが多い。本研究で扱う分析手法も同様であり、各鉱物について、十分に分析プロセスを検証できる標準物質が望まれている状況にある。図2の元となった国際共同研究では、柎榴石に着目し、柎榴石のU-Pb年代測定法に使用するための標準物質を作成するため、各機関で候補となる柎榴石の検証を行い、そのうち1試料について新たな標準物質として利用できることを提唱している。各鉱物の年代測定には標準物質を含め、検討されるべき分析技術的な課題があることから、今後、これらについて検討を行なう。

引用文献

- Aysal, N., Guillon, M., Bayanova, T., Fukuyama, M., Leonard, N., Yılmaz, İ., Varol, E., Tükel, F. Ş., Kadioğlu, Y. K., Hanilçi, N., Uzun, F., Kaygısız, E. (2023) A new natural secondary reference material for garnet U-Pb dating by TIMS and LA-ICP-MS. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 47, 297-310.
- Roberts, N. M. W., Rasbury, E. T., Parrish, R. R., Smith, C. J., Horstwood, M. S. A., Condon, D. J. (2017) A calcite reference material for LA-ICP-MS U-Pb geochronology. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, 2807-2814.

Recovery of Pt(IV) by Additive-Induced Co-Precipitation of Glycoluril-Based Macrocyclic Compound

K . R a m a S w a m i a n d M a n a b u Y a m a d a

(Regional Revitalization Centre for Research, Akita University, Akita, Japan)

kantamaniramaswamy@gmail.com

We explored different additives for instantaneous co-precipitation and selective Pt(IV) recovery from the other platinum group metals. The precipitation studies were performed at different experimental parameters. Additionally, we showed that Pt(IV) dianions may be separated from a mixture of Pt(II), Pd(II), and Rh(III) using additive-induced glycoluril-based macrocyclic compound, cucurbit[6]uril.

キーワード : PGM separation, precipitation, macrocyclic compound

独自性・実用性 :

When benzene is used as an additive with cucurbit[6]uril, Pt(IV) recovery efficiency rises to 89% from the mixed metal solution. The approach has the potential to be utilized for the extraction of platinum from spent catalytic converters and other waste materials.

Introduction

Platinum group metals (PGMs) are more technologically significant than the remaining precious metals due to their extraordinary properties, which include high catalytic activity, outstanding mechanical strength, and remarkable resistance to oxidation and corrosion. These are extremely important due to their uses, such as water electrolysis, fuel cells, jewelry, automotive catalysts, and electrical gadgets. Particularly, automotive catalysts consume more than 50–60% of the world's supply of Pd, Pt, and Rh to transform incomplete combustion products such as CO, NO_x, and hydrocarbons into innocuous compounds, namely CO₂, N₂, and H₂O. It is anticipated that when gas emissions from cars are subject to stricter laws, the use of these platinum-group metals will rise. There are just 66,000 tons of PGM natural resource reserves worldwide, i.e., around 0.001% of the earth's crust. Moreover, demand affects their worldwide market pricing and results in a scarcity of resources because of their restricted availability and reserves. Thus, the development of a technique for the recovery of PGMs from

secondary resources such as spent automotive catalysts, industrial catalysts, and electronic waste is crucial for their efficient recycling and long-term applications. Among all, spent automobile catalysts are the richest PGM secondary resource, and they are frequently exploited for recovery. In a catalyst monolith or honeycomb, PGMs are mixed with base metals, wash coat materials, and cordierite materials, making the purification of valuable metallic forms hard. It is anticipated that once the auto-exhaust catalysts complete their service life, the produced wasted catalysts will be 20,000–30,000 tons per year, including 25–40 tons of PGMs.

Recently, Wu *et al.* used cucurbit[6]uril for the selective recovery of Pt(IV) from mixed metal solutions through the instantaneous precipitation method. Pt(IV) may be selectively recognized on the outer surface of cucurbit[6]uril by noncovalent bonding interactions such as hydrogen bonds and dipole-dipole interactions. However, it was observed that the recovery ability of CB[6] alone is a maximum of ~75% and quite less with mixed metal solutions. On the other hand, Wu *et al.* employed different additives to enhance the precipitation ability of gold in the presence of β -cyclodextrin. The research shows that employing additives with high boiling temperatures as a way are boosted the stability of precipitation.

We explored the Pt(IV) recovery studies through instantaneous precipitation using CB[6] with the inclusion of various additives and the results were compared with those of other platinum group metal solutions. We have demonstrated that the CB[6] + additive can act as a precipitant to separate the Pt(IV) from mixed metal solutions.

Results and discussions

Solubility and precipitation studies

Prior to the precipitation studies of CB[6] with metal solutions, we performed the solubility of the different concentrations of CB[6] in various HCl concentrations. This is due to the peculiar combination of CB[6] and metal solutions reported by Wu *et al.*[31] in their work. The results showed that 2 mM of CB[6] was completely dissolved in HCl above 1 M, 10 mM was entirely dissolved in HCl above 3 M, and 20 mM was soluble in 4 M HCl. Table 1 shows the precipitation ability of different concentrations of CB [6] in HCl concentrations with the addition of metal solutions in water. It was discovered that CB[6] in 3–4 M HCl in all concentrations precipitated with metal solutions in water, particularly with Pt(IV), and that if the metal ion was present in any HCl concentration, precipitation did not occur with all concentrations of CB[6], even for Pt(IV). Further, we also noticed a similar trend in solubility as well as precipitation ability upon inclusion of different additives in the CB[6], and the details of the precipitation studies are explained in further sections.

Table 1. The precipitation ability of CB[6] alone as well with different concentrations additives.

Pt(IV) : CB[6]	1 M HCl	3M HCl	5 M HCl	8 M HCl
1:1	Not soluble	Yes	No	No
1:5	Not soluble	Yes	Yes	No
1:10	Not soluble	Not soluble	No	No
Rh(III) : CB[6]				
1:1	Not soluble	No	No	No
1:5	Not soluble	No	No	No
1:10	Not soluble	Not soluble	No	No
Pd(II) : CB[6]				
1:1	Not soluble	No	No	No
1:5	Not soluble	No	No	No
1:10	Not soluble	Not soluble	No	No
Pt(II) : CB[6]				
1:1	Not soluble	No	No	No
1:5	Not soluble	No	No	No
1:10	Not soluble	Not soluble	No	No

Kinetic studies of CB[6] upon addition of various additives

Figure 1 shows the precipitation ability of the various metal ions in water with addition of 5 mM CB[6] containing 0.1 v/v% benzene as an adductive in 4 M HCl at different intervals of time. It can be seen from the Figure 1 that Pt(IV) obtain immediate precipitation and observed maximum precipitation ability within 1 min. As the time goes further, the amount of precipitation does not increase and is observed to approach saturation. We have also performed comparable investigations using CB[6] alone as well as with other additives at

varying concentrations. Within one to 2 min, the findings follow a similar trend and reached the saturation limit.

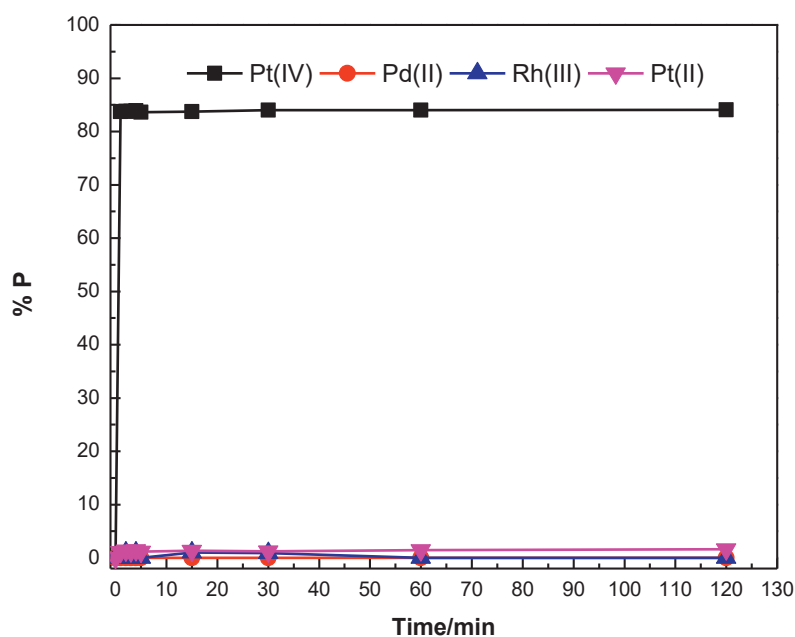


Figure 1. The kinetic study of precipitation ability of various metal ions. Experimental conditions: 5 mM CB[6]+0.1 v/v % benzene in 4 M HCl and 5 mM in H₂O; Shaking time at 15000 rpm and centrifugation time: 5 min

Precipitation studies at different metal to precipitant ratio

Figure 2 shows the precipitation ability of Pt(IV) upon addition of different concentrations (1–10 mM) of CB[6] + 0.1 v/v % benzene with 2 mM of metal solutions. It can be seen that the precipitation of Pt(IV) ability increases with an increase in the concentration of CB[6] and reaches maximum precipitation at a 1:5 ratio, *i.e.*, 90%. Further increases in the concentration found no change in the precipitation percentage. In contrast, other metals lack the potential to precipitate at any CB[6] concentration. This could be mainly due to an increase in the bonding nature as well as the influence of benzene through π bonding.

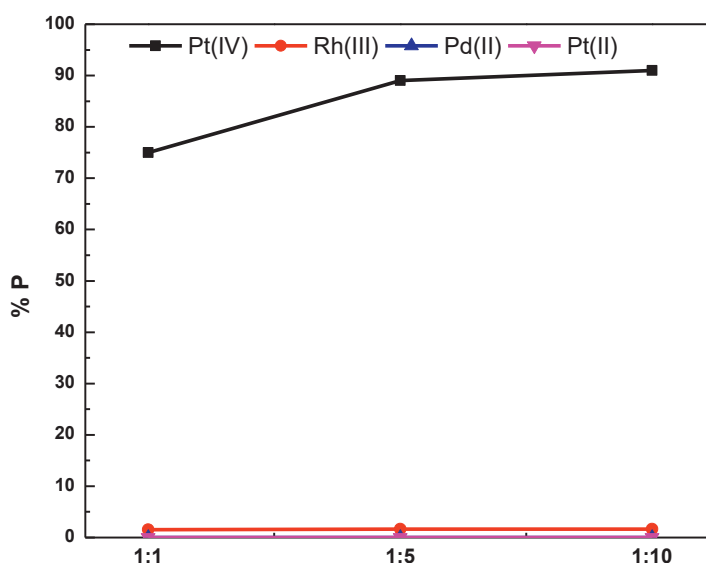


Figure 2. The precipitation studies of CB[6] + 0.1 v/v % benzene with different metals ions at different metal to CB[6] ratio. Experimental conditions: 1-10 mM CB[6] in HCl+0.1 v/v% benzene in 4 M HCl and 1 mM [M] in H₂O; Shaking time = 2 h at 15000 rpm and centrifugation time = 5 min

Precipitation studies with mixed metal solutions

Based on the metal precipitation findings for various additives to CB[6], we performed a selective recovery of Pt(IV) from a metal-mixed solution including Pt(IV), Pd(II), Rh(III), and Pt(II) in water.

Figure 3 shows the precipitation ability studies of 5 mM CB[6] + 0.1 v/v % benzene in 4 M HCl and 1 mM each concentration of Pt (IV), Pd (II), Rh (III), and Pt (II) in water. The result shows that the Pt(IV) is selectively precipitated from the mixed solution without interference and % P was found to be 89% when

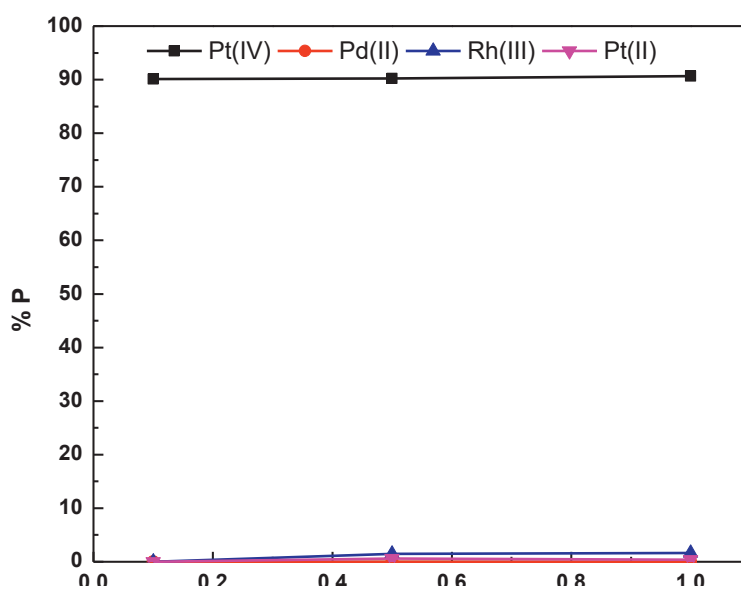


Figure 3. The precipitation studies of CB[6] + 0.1 V/V% benzene with mixed metal solutions ions. Experimental conditions: 5 mM CB[6] in HCl+ V/V% benzene in 4 M HCl. [Pt(IV)] = [Pd(II)] = [Rh(III)] = [Pt(II)] = 1 mM in H₂O; Shaking time = 2 h at 15000 rpm; centrifugation time: 5 min

benzene is employed as an additive. The regeneration and stripping investigations were carried out as shown

below. By filtering, washing, and air drying, the yellow substance that contained Pt(IV)- CB[6] + 0.1 V/V% of benzene (alone as well as from a mixed solution) was separated. The yellow material was then reduced by 1 mL of $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and 4 mL of water. A black suspension was observed during two hours of heating at 60 °C while stirring. The stripping percentage of Pt was found to be almost 90% in all cases. By centrifuging and repeatedly washing with an aqueous solution containing 4 M HCl to dissolve any leftover CB[6], black platinum metal was obtained. What remains of the CB[6] dissolved in the aqueous solution can be recycled by precipitating with acetone. Using centrifugation and three times washing with water and acetone, the regenerated CB[6] was separated into a white powder. The regenerating CB[6] can be used in subsequent recovery studies.

Conclusions

In conclusion, a novel approach of selective and preferential co-precipitation of Pt(IV) from metal solutions including Pd(II), Pt(IV), Pt(II), and Rh(III) using cucurbit[6]uril+ additives has been developed. A small amount of additives improved Pt(IV) precipitation capacity, while benzene had a higher precipitation propensity than other additives, reaching a maximum of 84%. The precipitation tendency reached maximum within one to two minutes in all the systems resulted that instantaneous co-precipitation of Pt(IV) using additive induced CB[6]. The metal-containing precipitates are very selective for Pt(IV) compared to other metal ions, based on precipitation experiments carried out by changing the loadings of the precipitating agent and additives. The characterization techniques revealed information on the stability of precipitation produced by additive induced Cucurbit[6]uril. The selective recognition of Pt(IV) utilizing CB[6]+additives through pi bonding and outer-surface interactions and the regeneration studies were performed with hydrazine hydrate. The approach of precipitating platinum by addition-induced co-precipitation by cucurbit[6]uril is a potentially useful application in PGM recycling. The outcomes of these studies may be used to the extraction of platinum spent catalyst leach solutions.

Geology and geochemistry of the Utori vein group of the Osarizawa epithermal deposit, Akita, Japan

Jonathan Macuroy¹, 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)

jonmacuroy@gmail.com

概要 : The Osarizawa deposit located in the northeastern part of Akita is one of the largest vein-type copper deposits in Japan. This study aims to obtain the mineralogy, mineral textures, and bulk chemical and mineral compositions of vein samples from the Utori vein group at 300 meters above sea level of the Osarizawa deposit. Results show that the gangue minerals in the Utori vein group is quartz and chlorite whereas the ore minerals are pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, and hematite, with secondary goethite, and covellite. Pyrite contains trace amounts of As, Ag, Sb, Au, Ni, Co, and Zn, as well as minor Pb and Cu. Atoll pyrite contains the most amounts of Co, Cu, and Ag compared to other pyrite textures, possibly due to its framboidal origin. Bulk chemical compositions of samples show 0.06-28.8 wt% Cu and 0.07-0.48 ppb Au.

キーワード : Osarizawa, epithermal, pyrite textures, pyrite chemistry, bulk geochemistry

独自性・実用性 :

This research adds to the currently relatively limited scientific literature on the Osarizawa deposit. The study reported the mineralogy, mineral textures, bulk geochemistry, and pyrite mineral chemistry of the mineralized veins of the Utori vein group in the Osarizawa deposit, Japan. We detailed the modes of occurrences of ore minerals and their various textures, as well as their chemical compositions to investigate their possible formation conditions. Understanding these formation processes contributes to the comprehension of base-metal vein-type intermediate sulfidation epithermal deposits which are relatively less studied than their other shallow epithermal counterparts. The textural variations in pyrite that is accompanied by heterogeneity in chemical compositions, i.e., their economic metal contents, may provide implications for the improvement of exploration, mineral processing, and extraction recovery rates in vein-type intermediate sulfidation deposits in general.

Introduction

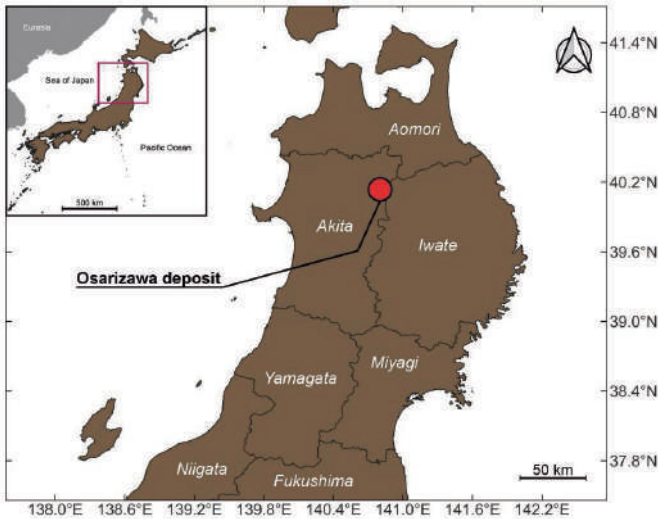


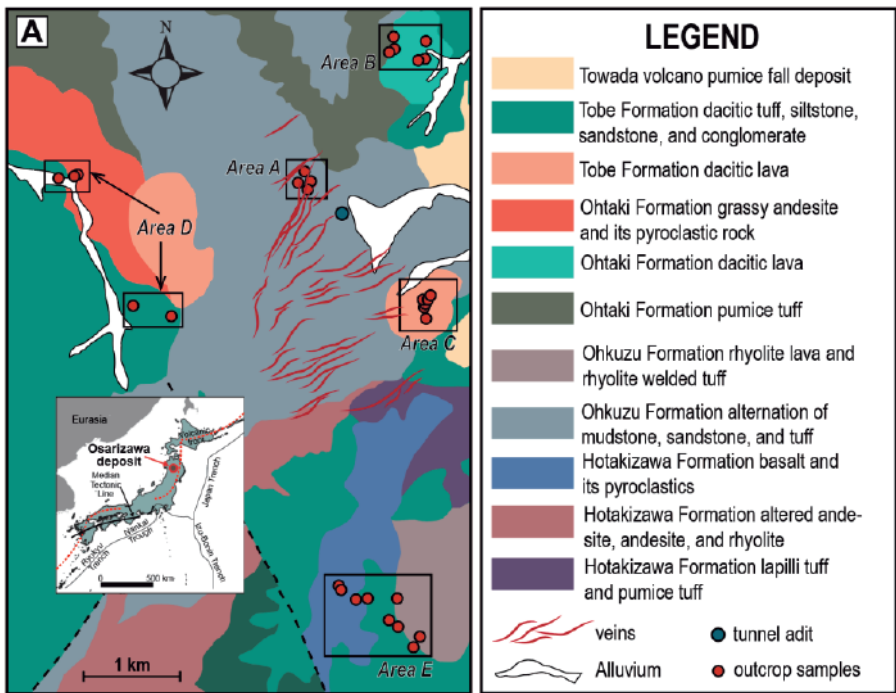
Fig. 1 Location map of the Osarizawa deposit.



Fig. 2 Entrance of the tourist tunnel.

The Osarizawa deposit is located in the northern part of the Honshu Island, Japan (Fig. 1). Mining activities ceased in 1978 but a tourist tunnel is still open for the public (Fig. 2).

Geological background



The Osarizawa deposit is predominantly hosted by late Miocene Ohkuzu Formation. Mineralization occurs as massive, symmetrically banded, and brecciated quartz veins (Arribas and Mizuto, 2017)

Fig. 3 Geological map of the Osarizawa deposit and surrounding areas (modified from the GSI, Japan, 2019; Takahashi and Yasuda, 1967).

Vein mineralogy

The main gangue mineral in the Utori vein group is quartz with local chlorite whereas the main ore minerals are pyrite and chalcopyrite (Fig. 4). Pyrite occurs as a variety of textures such as euhedral, atoll, and graphic textures. Minor amounts of sphalerite, galena, hematite, goethite, and covellite also occurs (Fig. 4).

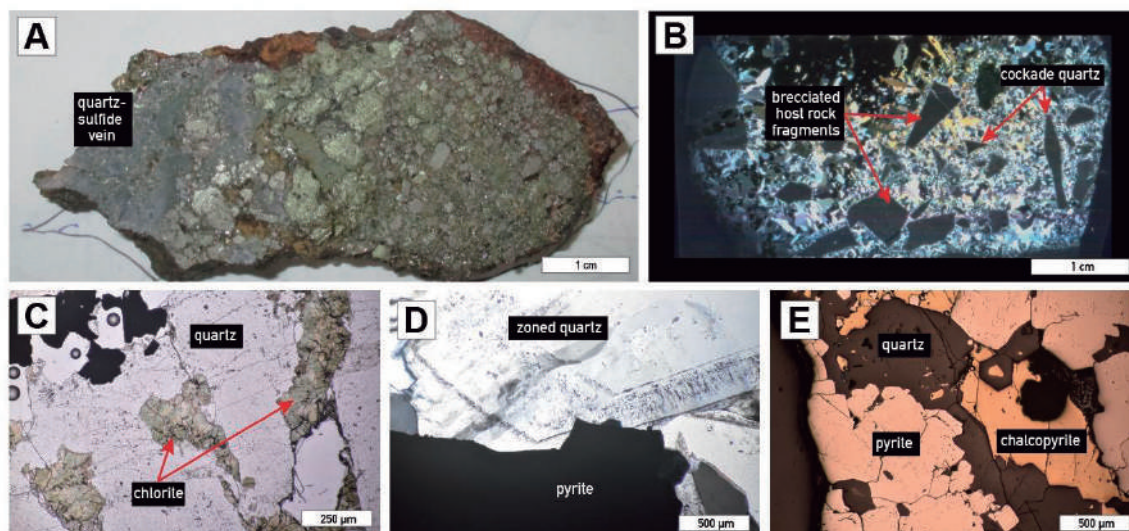


Fig. 4 Gangue and ore minerals of the Utori vein group in the Osarizawa deposit. Figures C and L were taken under plane-polarized light whereas Figures B and D were taken under crossed-polarized light. Figures E, F, G, H, I, J, K, M, and N were taken under reflected light.

Vein mineralogy (continued)

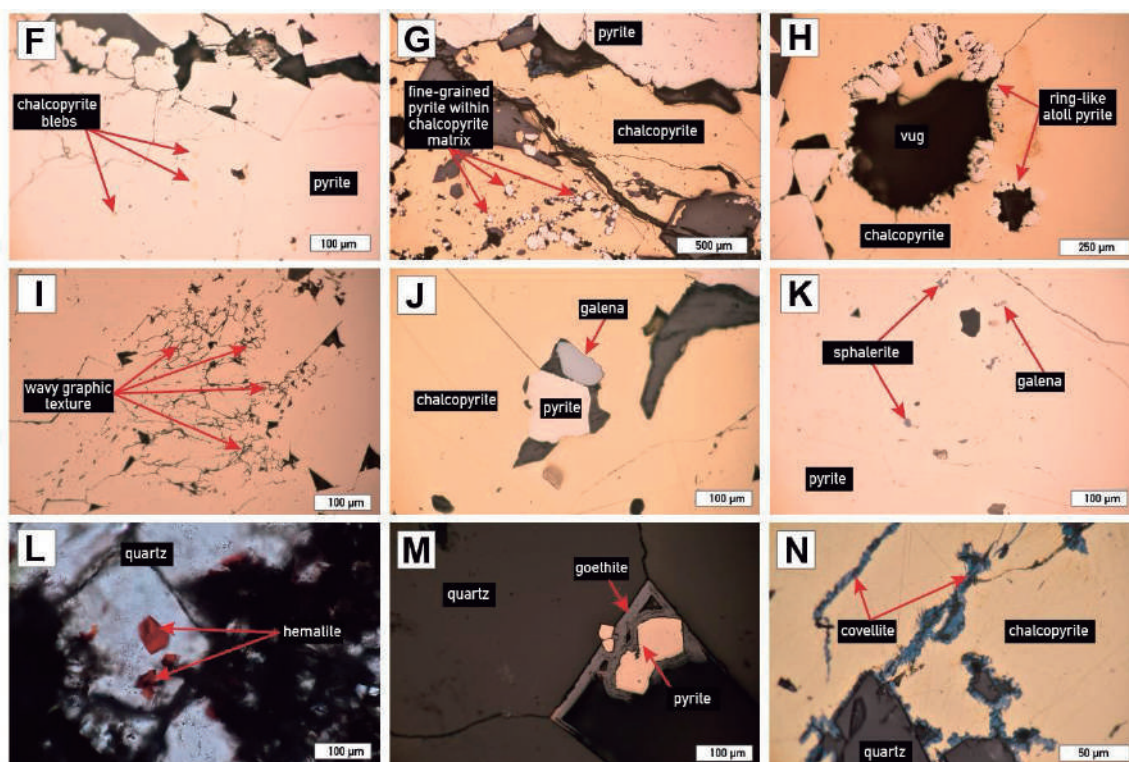


Fig. 4 (continued).

Bulk geochemistry

- The bulk chemical compositions of vein samples were analyzed by ICP-MS.
- Au grades range from 0.07 to 483 ppb with an average of 61.0 ppb.
- Cu grades range from 0.06 to 28.8 wt%, with an average of 8.39 wt%.
- Au is not correlated with any trace elements.
- Cu is moderately correlated with Li, Be, Ag, and Cd.

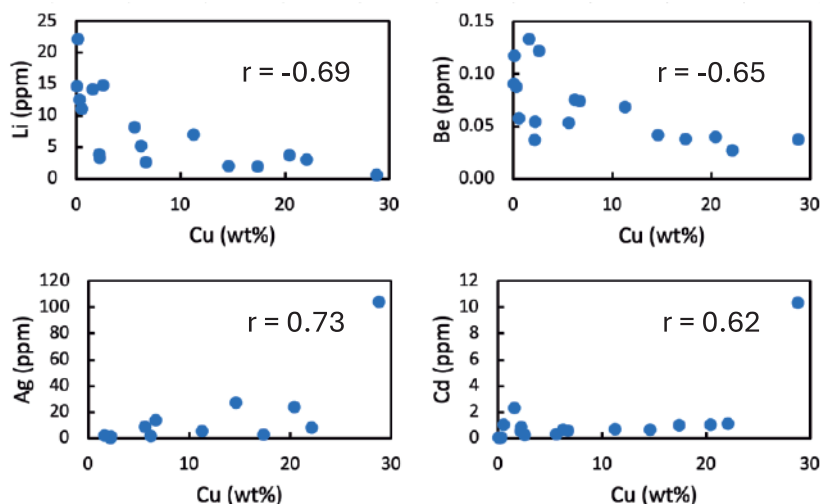


Fig. 5 Scatter plots of trace elements with moderate correlation with Cu content (Li, Be, Ag, and Cd).

Pyrite mineral chemistry

The chemical composition of pyrite indicates trace amounts of As (av. 105 ppm), Ag (av. 426 ppm), Sb (av. 61 ppm), Au (av. 76 ppm), Ni (av. 37 ppm), and Co (av. 285 ppm). On the other hand, minor amounts of Cu (av. 3583 ppm) and Pb (av. 2770 ppm) were also detected (Fig. 6).

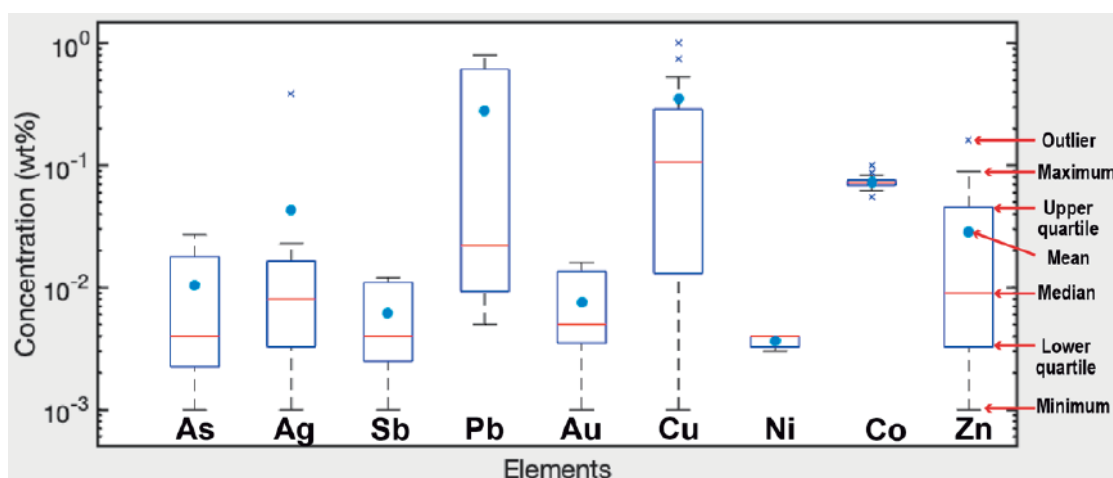


Fig. 6 Boxplots of minor and trace elements of pyrite measured using EPMA. Only the values above their respective limits of detection were plotted.

Metal contents of different pyrite textures

The chemical compositions of pyrite with different textures revealed that atoll pyrite has relatively more elevated Co, Cu, and Ag contents than euhedral and graphic pyrite (Fig. 7).

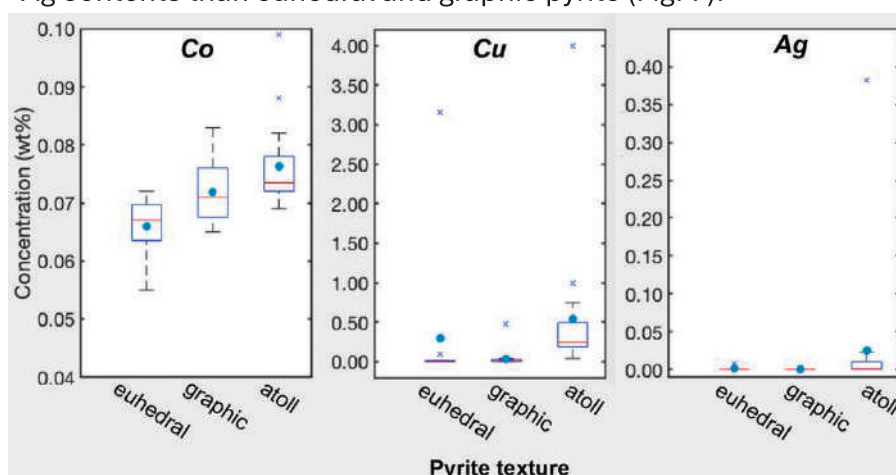


Fig. 7 Boxplots of Co, Cu, and Ag contents of different pyrite textures. Only the values above their respective limits of detection were plotted. The symbology is the same as in Figure 5.

Conclusions

- The main gangue minerals in the Utori vein group of the Osarizawa deposit is quartz with local abundant chlorite.
- The main hypogene ore minerals are pyrite and chalcopyrite, with minor galena, sphalerite, and hematite.
- Secondary minerals include goethite and covellite.
- The Cu content of bulk vein samples have a moderate correlation with Li, Be, Ag, and Cd.
- The chemical composition analysis of pyrite revealed trace amounts of As, Ag, Sb, Au, Ni, Co, and Zn, as well as minor amounts of Pb and Cu. These findings are consistent with those of base metal epithermal deposits, particularly an intermediate-sulfidation type deposit.
- The relatively elevated Co, Cu, and Ag contents of atoll pyrite compared to other pyrite textures may be attributed to its framboidal origin.

Optimized Lithology Classification Using Deep Learning and Hyperspectral Imaging in Tunnel Boring Machines

Brian Bino Sinaice^{1,2,*}, Kursat Kilic², Narihiro Owada³, Hajime Ikeda⁴, Natsuo Okada⁵
Hisatoshi Toriya², Tsuyoshi Adachi², Youhei Kawamura⁵

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

⁴National Institute of Technology, Asahikawa College

⁵Faculty of Engineering, Division of Sustainable Resources Engineering, Hokkaido
University

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

Abstract: This paper presents a novel approach to enhancing tunnel boring machine (TBM) performance by classifying lithology using hyperspectral imaging and deep learning. TBMs automate tunnel excavation, making real-time lithology identification challenging due to reduced human presence. To address this, the study employs a 204-band hyperspectral camera to capture data from excavated material, which is then processed through a convolutional neural network (CNN). The method was tested on a 118-meter highway bypass project in Japan, where the CNN accurately classified different geological formations with over 90% precision. This integration of hyperspectral imaging and deep learning offers a robust solution for real-time lithology classification, improving tunnelling efficiency and managing geological variations encountered during excavation.

Keywords : Convolutional Neural Networks, Deep Learning, Hyperspectral Imaging, Lithology Classification, Tunnel Boring Machine

Originality and Practicality :

The originality of this paper lies in its novel use of hyperspectral signature data combined with artificial intelligence for real-time classification of rock cuttings during Tunnel Boring Machine (TBM) excavation. Unlike previous approaches, this method leverages deep learning models, specifically a 1-D convolutional neural network (CNN), to automatically and accurately determine lithology without human intervention. The practicality of this study is demonstrated through its application in a highway tunnelling project, where the system achieved over 90% accuracy in classifying geological formations. This approach has the potential to enhance TBM operations by optimizing energy consumption and improving tunnelling efficiency, making it a valuable tool for real-time geological analysis in the construction and mining industries.

1. Introduction

This paper explores a novel approach to classifying and evaluating rock cuttings during Tunnel Boring Machine (TBM) operations by leveraging hyperspectral signature data. Unlike previous studies, this research introduces a data-driven method that involves extracting and analyzing rock cuttings' hyperspectral images using advanced machine learning and deep learning techniques. The primary goal is to automatically, accurately, and quantitatively determine the lithology encountered by the TBM, offering a potential feedback loop that can improve both self-driven and operator-driven TBM operations. This, in turn, could lead to the optimization of TBM energy consumption and overall safety.

1.1. The Tunnel Boring Machine (TBM)

The TBM is an advanced piece of machinery designed to automate the process of tunnel excavation. It operates using a rotating cutter head equipped with tools capable of cutting through various geological materials, ranging from soft soils and clays to hard rocks and abrasive formations. With modern technology, self-driven TBMs can efficiently tunnel through difficult terrains with precision. Unlike traditional tunnelling methods such as drilling and blasting, TBMs reduce the need for human intervention at the tunnel face, which enhances safety standards (Feng et al., 2021). However, the closed environment of a TBM presents challenges for real-time rock classification, which is essential for operator decisions that impact energy usage, as well as geotechnical logging (Kilic et al., 2024). This paper proposes a solution to this challenge by extracting pipe geology rock cuttings in real-time during excavation, capturing their hyperspectral signatures, and determining the lithology without requiring human presence at the rock face.

1.2. Hyperspectral Imaging

Hyperspectral imaging is a technology that captures images across hundreds of spectral bands, offering high spectral resolution compared to conventional multispectral imaging (Sinaice et al., 2022). It has become a critical tool in mineral and lithological mapping due to its ability to accurately identify and map earth surface constituents (Kruse, 2012). This study utilizes a Specim IQ hyperspectral camera with 204 bands in the visible-near-infrared (VNIR) range, translating to the 400–1000 nm electromagnetic spectrum. The high resolution of this camera allows for detailed extraction of spectral signatures from the TBM rock cuttings, which is crucial for real-time lithology determination. When a hyperspectral image is captured, it records the interaction of the subject with light (Martelet et al., 2021), with each of the 204 bands receiving specific signals. This process generates large amounts of data, requiring the use of artificial intelligence (AI) techniques, including machine learning and deep learning, to process and analyze the data effectively.

1.3. Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning

AI algorithms, particularly machine learning and deep learning, are well-suited for tasks involving large datasets, such as the pipe geology classification problem addressed in this paper. Machine learning algorithms work by identifying mathematical relationships within the data to classify it into specific patterns (Hartog et al., 2021). These algorithms are relatively straightforward to implement, as such, several will be tested in this study. Deep learning, however, offers a more sophisticated approach, with its complex, multi-layered architecture allowing data to pass through various processing layers in highly interconnected ways (Ganesh and Kannan, 2017). This results in non-linear data transformations that mathematical functions cannot easily describe. Deep learning algorithms typically require larger datasets than machine learning models to achieve high accuracy. For this study, a one-dimensional (1-D) convolutional neural network (CNN) will be employed, as it is highly effective at classifying imagery and waveform data, which aligns with the hyperspectral data structure used in this research. Deep learning has proven to be more effective than traditional hand-crafted techniques in applications such as remote sensing and geotechnical engineering (Jang et al., 2015), making it a suitable choice for the classification problem presented in this paper.

2. Methodology

The study is set in a highway bypass tunnelling project in Japan, where the tunnel entrance consists of soft ground. To increase the tunnel roof's stability, an umbrella pipe support system was used, installed via micro tunnelling. Excavated material was collected on a screw conveyor, with samples taken at each advance. The geological compositions of the pipe were classified as sandy clay (0–40 m) (four samples), sand (40–58 m) (two samples), brown clay (58–66 m) (three samples), blue clay (66–84 m) (three samples), and sandy clay (84–118 m) (three samples), resulting in a total of fifteen samples (Figure 1). These samples were captured using a 204-band hyperspectral camera and analyzed using a CNN.

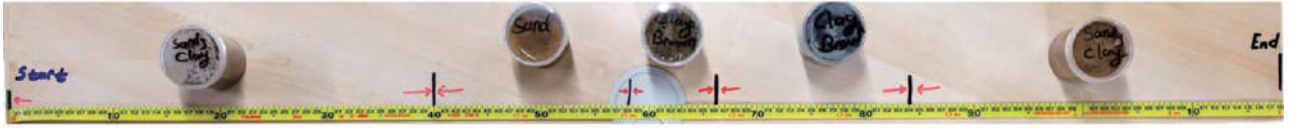


Figure 1: Pipe geology compositions: sandy clay (0 – 40 m); sand (40 – 58 m); brown clay (58 – 66 m); blue clay (66 – 84 m); sandy clay (84 – 118 m) (Note: Figure not to scale).

2.1. Extracting Hyperspectral Signatures

The experimental work involved collecting and labelling pipe geology samples from the TBMs screw conveyor. A Specim IQ hyperspectral camera with VNIR capabilities was used to capture the pixel-by-pixel signatures of the geology in the laboratory (Figure 2). The spectral signature recording process was standardized using a white reference board provided by the camera manufacturer to filter out noise and ensure consistent data recording conditions (Kim et al., 2022).

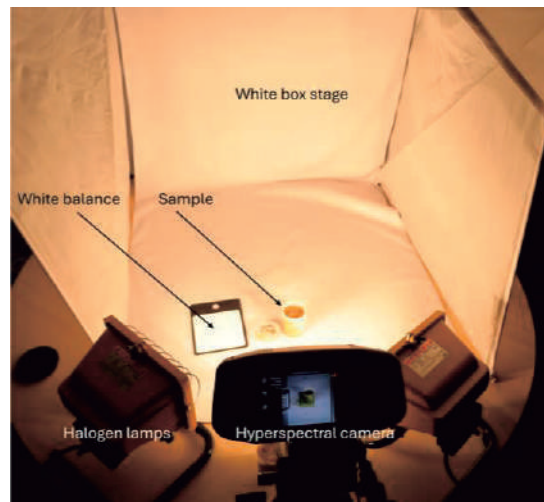


Figure 2: Hyperspectral imaging experimental setup.

2.2. Data Preprocessing

Given the classification problem at hand, this study employed and compared several supervised machine learning algorithms using labelled data. Supervised learning, which uses labelled data to guide algorithms in identifying patterns, was crucial in this case, as the goal was to classify pipe geology samples accurately. The labelled data was compiled into a hyperspectral signature database, which underwent further preprocessing before being used to train AI algorithms. A 5-fold cross-validation technique was employed for training, ensuring that every observation set contributed to both the training and testing phases. This method helps create a less biased model, particularly when dealing with limited input data (Jain et al., 2018).

3. Results and Discussion

Figure 3 presents the hyperspectral signatures of various pipe geology types, including sandy clay, sand, brown clay, and blue clay, showing distinct spectral patterns. Sand exhibited the highest reflectance, while sandy and brown clay displayed similar spectral shapes. These differences highlight the potential of hyperspectral imaging to accurately differentiate between geological formations. The machine learning models (Table 1), particularly the Ensemble: Subspace discriminant model, performed well in classifying the pipe geology, achieving a global accuracy of 86.7% and an average per-class precision of 86.6% (Figure 4).

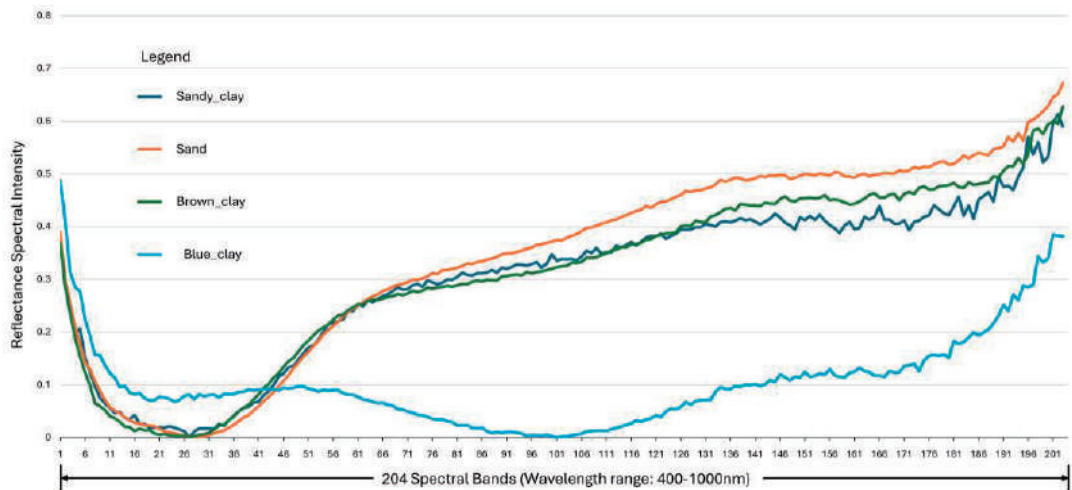


Figure 3: Sandy clay, sand, brown sand and blue clay average hyperspectral intensities from the pipe geology.

Table 1: Top 5 performance machine learning classification models.

Machine Learning Model	Global Accuracy (%)	Average Per-Class Precision (%)	Training Time (Seconds)
Ensemble: Subspace discriminant	86.7	86.6	30.7
Linear Discriminant	81.0	76.8	4.9
SVM: Quadratic SVM	79.7	79.2	18.8
SVM: Cubic SVM	78.2	77.7	19.3
KNN: Fine KNN	71.1	70.6	20.1

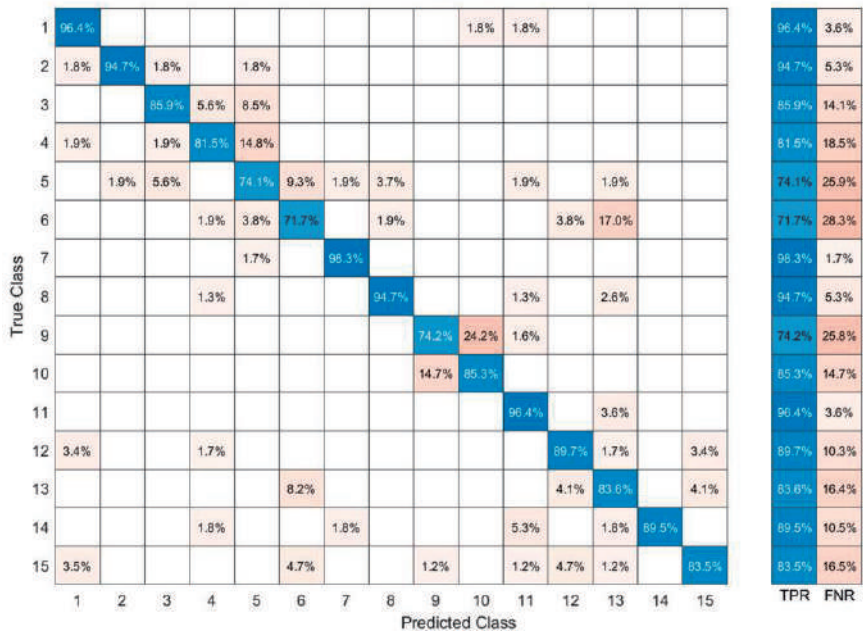


Figure 4: Confusion matrix of the Ensemble: Subspace discriminant model. Pipe geology/lithology 1, 2, 3 & 4 → sandy clay from 0-40m; 5 & 6 → sand from 40-58m; 7, 8 & 9 → brown clay from 58-66m; 10, 11 & 12 → blue clay from 66-84m; 13, 14 & 15 → sandy clay from 84-118m.

However, the 1-D CNN outperformed these models, achieving a global accuracy of 90.43% (Figure 5) and a per-class precision of 90.4% (Figure 6), demonstrating its robustness and efficiency in handling complex datasets. These findings suggest that hyperspectral imaging combined with deep learning could significantly enhance real-time lithological classification during TBM operations, providing a valuable tool for optimizing tunnelling processes and energy consumption.

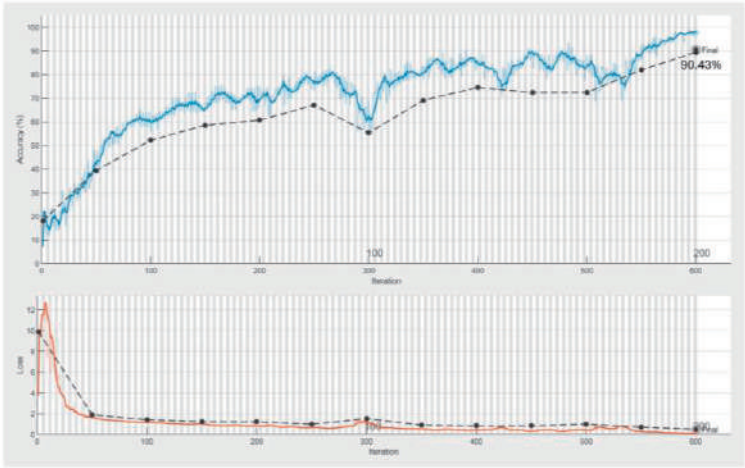


Figure 5: 1-D CNN training progress.

Confusion Matrix															
Output Class	10 _{B_luc_lay}	85.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	85.7%
	11 _{B_luc_lay}	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	12 _{B_luc_lay}	0.0%	0.0%	85.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	85.7%
	13 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	77.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.2%	0.0%	0.0%	77.8%
	14 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	15 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	1 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	2 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	3 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
	4 _{S_andy_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	83.3%	0.0%	0.0%	0.0%	83.3%
	5 _{S_and}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	0.0%	83.3%	0.0%	0.0%	83.3%
	6 _{S_and}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	66.7%
	7 _{B_row_n_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	85.7%	0.0%	85.7%
Target Class	8 _{B_row_n_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%	100%
	9 _{B_row_n_lay}	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	83.3%	83.3%
	10 _{B_luc_lay}	85.7%	100%	100%	100%	83.3%	87.5%	100%	100%	71.4%	100%	100%	40.0%	100%	90.4%
	11 _{B_luc_lay}	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	16.7%	12.5%	0.0%	0.0%	28.6%	0.0%	0.0%	60.0%	0.0%	9.6%
	12 _{B_luc_lay}	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Figure 6: 1-D CNN confusion matrix.

In summary, the hyperspectral signatures of various pipe geology types reveal significant differences (Satadru et al., 2011), especially in spectral reflectance. While the Ensemble: Subspace discriminant model performed well, the 1-D CNN outperformed all others, demonstrating its effectiveness in real-time lithological classification during TBM operations. Combining hyperspectral imaging with deep learning presents a promising approach to optimize tunnelling processes and energy consumption.

4. Conclusions

Integrating hyperspectral imaging and AI into TBM operations could revolutionize tunnelling and mining by enabling more precise, efficient, and safer tunnelling processes, especially in challenging geological environments. The study demonstrated the superiority of deep learning models, particularly the 1-D CNN, in processing complex hyperspectral data for lithology classification. With a global accuracy of 90.43%, the CNN model outperformed traditional machine learning algorithms, suggesting that deep learning could play a critical role in future geotechnical engineering applications. Future research should focus on expanding the dataset, exploring other spectral ranges, and investigating unsupervised learning methods to enhance the proposed system's robustness and applicability. Additionally, refining AI models to adapt to a broader range of geological conditions will be essential in maximizing the benefits of this technology.

5. References

- Feng S, Chen Z, Luo H et al (2021) Tunnel boring machines (TBM) performance prediction: a case study using big data and deep learning. *Tunn Undergr Space Technol* 110:103636.
- Ganesh, U.K.; Kannan, S.T. Creation of Hyper Spectral Library and Lithological Discrimination of Granite Rocks Using SVCHR -1024: Lab Based Approach. *J. Hyperspectral Remote. Sens.* 2017, 7, 168–177.
- Hartog, D. den; Harlaar, J.; Smit, G. The Stumblemeter: Design and Validation of a System That Detects and Classifies Stumbles during Gait. *Sensors* 2021, 21 (19), 6636.
- Jain, U.; Nathani, K.; Ruban, N.; Joseph Raj, A.N.; Zhuang, Z.; Mahesh, V.G.V. Cubic SVM Classifier Based Feature Extraction and Emotion Detection from Speech Signals. In *Processing of the 2018 International Conference on Sensor Networks and Signal (SNSP)*, Xi'an, China, 28–31 October 2018.
- Jang H., Topal E., and Kawamura Y. Unplanned dilution and ore loss prediction in longhole stoping mines via multiple regression and artificial neural network analyses. *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy* 115 (2015) 449–456.
- Kilic, K., Ikeda, H., Narihiro, O. Adachi, T., Kawamura, Y. A soft ground micro TBM's specific energy prediction using an eXplainable neural network through Shapley additive explanation and Optuna. *Bull Eng Geol Environ* 83, 175 (2024).
- Kim, J., Kawamura, Y., Nishikawa, O., Sinaice, B. B., Okada, N., & Utsuki, S. (2022). A system of the granite weathering degree assessment using hyperspectral image and CNN. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 36(5), 368–380.
- Kruse F. A. Mapping surface mineralogy using imaging spectrometry. *Geomorphology* 137 (2012) 41–56.
- Landgrebe, D.A. (1999). Some fundamentals and methods for hyperspectral image data analysis. *Biomedical optics*.
- 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 (11), 1259.
- Satadru Bhattacharya, Prakash Chauhan, A.S. Rajawat, Ajai, A.S. Kiran Kumar. Lithological mapping of central part of Mare Moscovienne using Chandrayaan-1 Hyperspectral Imager (HySI) data. *Icarus* 212 (2011) 470–479.
- Sinaice, B. B.; Owada, N.; Ikeda, H.; Toriya.; Shemang E.; Bagai Z. B.; Utsuki S.; Adachi T.; Kawamura Y. (2022). Dimensional Reduction of Rock Hyperspectral Signatures and Classification Based on a NCA Method used in developing a UAV Multispectral Imaging System. In *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources* (Vol. 25, Issue 1, p. 102) The Society of Materials Engineering for Resources of Japan.

(2) 研究実績

①学術論文

- 1) Establishment of a Hydrometallurgical Scheme for the Recovery of Copper, Nickel, and Cobalt from Smelter Slag and Its Economic Evaluation. Godirilwe, L. L., Haga, K., Altansukh, B., Jeon, S., Danha, G., & Shibayama, A. Sustainability 2023, 15(13), 10496 <https://doi.org/10.3390/su151310496>
- 2) Progress on Separation and Hydrothermal Carbonization of Rice Husk Toward Environmental Applications. Abe, H., Nakayasu, Y., Haga, K., & Watanabe, M. 2023. Global Challenges, 7(8), 2300112.
- 3) 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, Yamada, M.; Ohira, T.; Watanabe, N.; Shibayama, A.; Hamada, F., Hydrometallurgy 215 105986 – 105986 (2023)
- 4) 松本和也, 藤井里緒, 畠勇氣, 寺境光俊 ” 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”, 環境資源工学, 2023, 70(1), 5-10.
- 5) T. Hasegawa, Body-centered tetragonal structure in Fe-Co-V-N bulk foils fabricated by rolling and ammonia-gas-nitriding method, Scientific Reports, Vol. 13, p.p. 1~8 (Article number: 5666) (2023).
- 6) T. Hasegawa, T. Nishikawa, C. Shirai, Formation of a body-centered tetragonal structure with high magnetic anisotropy and coercivity in Fe-Co-V films with high C contents, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 59, No.11, p.p. 2100905-1~2100905-5 (Article number: 2100905) (2023).
- 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) T. Hasegawa, T. Nishikawa, Formation of bct structure and high magnetic anisotropy in Fe-Co films with added V and C elements, 2023 IEEE International Magnetic Conference – Short Papers (INTERMAG Short Papers), p. 1~2 (Paper ID: 518436) (2023).
- 10) 長谷川崇, 村上知優, FeCo への V 添加による正方晶化と垂直磁化膜化, 電気学会研究会資料(マグネティックス研究会), MAG-23-066~082, p.p. 31~36 (MAG-23-071) (2023).
- 11) Michihisa Fukumoto, Hiroki Takahashi, Dawid Kutyla, Marek Wojnicki2, Piotr Żabiński2, Morphological Investigation and Electrochemical Performance Evaluation of Novel Porous Ni-Pt Produced by Al-Deposition/Dissolution in Molten Salts for Hydrogen and Oxygen Evolution Reaction International Journal of Hydrogen Energy, 2024, Vol.49, pp.754-765. DOI:10.1016/j.ijhydene.2023.09.077
- 12) Kodai Hirota, Kaichi Saito, Satoshi Semboshi, Isothermal Aging Behaviors in Hydrogen Atmosphere of Magnesium-Doped Copper-Titanium Alloys, Materials Transactions 65 (2) 2024, pp.119-124.
- 13) S. Ratha, G. Egawa, S. Yoshimura, “Optimizing the reactive ion etching conditions with minimal damage for high functional magnetic nano device application in BiFeO3-based thin film by Eu/Co substitution”, Applied Surface Science, Vol.643, p.158704 (2024)

- 14) 勝山郁子, 江川元太, 吉村哲, “ $\cdot$ ”- Fe_{16}N_2 薄膜の高密度磁気記録媒体への応用に向けた反応性パルス DC スパッタリング成膜条件の検討および結晶化促進”, 日本素材物性学会誌, 34 巻, 1/2 号, 6-14 頁 (2024)
- 15) S. Yoshimura, N. Oshita, G. Egawa, M. Kuppan, “Magnetization reversal of $[\text{Co}/\text{Pd}]$ perpendicular magnetic thin film dot on $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe},\text{Co})\text{O}_3$ multiferroic thin film by applying electric field”, Nanotechnology, Vol.34, No.46, p.465703 (2023)
- 16) S. Ratha, D. Yamamoto, K. Takeda, M. Kuppan, G. Egawa, and S. Yoshimura, “Excellent magnetic properties in multiferroic BiFeO_3 based thin films for magnetic devices application”, Nano-Structures & Nano-Objects, Vol.35, p.101007 (2023)
- 17) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲:「強磁性・強誘電 $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe}_{1-y}\text{My})\text{O}_3$ ($\text{M}=\text{Ni},\text{Co}$)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, 33 巻, 1/2 号, 12-17 頁 (2023)
- 18) 小林拓海, 小野龍太郎, 江川元太, 吉村哲:「高磁化 Co 基超常磁性グラニューラー薄膜の実現に向けた反応性パルス DC スパッタリング成膜法による非磁性酸・窒化物マトリックス用薄膜の作製」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.47, No.17, pp.1-8 (2023)
- 19) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲:「強磁性・強誘電 $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe}_{1-y}\text{M})\text{O}_3$ ($\text{M}=\text{Ni}$ or Co or (Ni,Co))薄膜の磁気・誘電特性に及ぼす B サイトの置換元素および置換量の効果」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.47, No.17, pp.22-28 (2023)
- 20) S. Ratha, R. Suzuki, D. Yamamoto, K. Takeda, M. Kuppan, G. Egawa, S. Yoshimura, “Development of BiFeO_3 -Based Multiferroic Thin Films with Excellent Magnetic Properties and Investigation of Their Etching Resistance for Magnetic Nano Device Applications”, 2023 INTERMAG Short Papers 2023 - Proceedings
- 21) Y. Suzuki, T. Ozeki, G. Egawa, and S. Yoshimura, “Effect of B-site Substitution Element and Substitution Amount on Magnetic Properties in $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe}_{1-y}\text{My})\text{O}_3$ ($\text{M} = \text{Co}, \text{Ni}$) Ferromagnetic and Ferroelectric Thin Films”, 2023 INTERMAG Short Papers 2023 - Proceedings
- 22) S. Kato, S. Kagawa, K. Saito and M. Ogasawara, “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).
- 23) “酸処理層状チタン酸の光触媒特性と合成温度の相関” 齊藤寛治, 小川誠, 井出裕介, 菅原義之, 小笠原正剛, 加藤純雄, セラミックス, 2023, 58 (7), 474-477.
- 24) Mamoru Takahashi, Osamu Kamiya, Influence of Diamond Seed Attachment Processing on Diamond Films Synthesized on Tungsten Carbide Substrate by Flame Combustion, Journal of Materials and Applications, Vol.12(1), pp.11-20, (2023).
- 25) 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 オセニエング・ステバノビッチ ゴラン(2023): 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, v. 139, No. 3, 10-20.(総説)
- 26) Osenyeng, O., Ishiyama, D., Đordjević, D., Adamović, D. and Ogawa, Y. (2023): Environmental risk assessment of the contamination of river water and sediments from the Bor mining area, East

- Serbia—Secondary Cu enrichment at the reservoir site. *Resource Geology*, v. 73, Issue 1, <https://doi.org/10.1111/rge.12314>
- 27) Houyao Xue, Shingo Taniguchi, Naoyuki Oridate, Tsubasa Saito, and Yuichi Sato, Growth and characterization of Mg-doped GaN and InGaN nanopillar-crystals based on steering-crystal-formed multi-crystalline Si substrates, *Japanese Journal of Applied Physics*, 63, 01SP04 (2024).
 - 28) Yuichi Sato, Houyao Xue, Shingo Taniguchi, Sora Saito, Atomu Fujiwara, and Tsubasa Saito, Optical-Emission Properties of GaN-Based Nanopillar Light-Emitting Diodes Prepared on Non-Polished and Non-Single-Crystalline Substrates, *Key Engineering Materials*, 967, 57-61 (2023).
 - 29) N. Tsuchida, I. Goto, Y.-G. So, R Ohyama, K. Kurosawa, K. Kobayashi and H. Osanai, “Property Changes of Pure Aluminum Castings with Inserted Aluminum Nitride Substrates Caused by Thermal Cycling”, *Journal of Materials Engineering and Performance*, <https://doi.org/10.1007/s11665-023-08578-x> (2023).
 - 30) OnameditseLulu Seaba, Akira Imai, Kotaro Yonezu, Manuel Nopeia, and Kemmonye Baliki (2023) Natureand formation conditions of gold mineralization in the Tau deposit, Mupanemine, Tati Greenstone Belt, Botswana: Evidence from fluid inclusion andarsenopyrite geothermometer, *Resource Geology*, 73, pp. 1-20 (with peer review).
 - 31) Manuel Nopeia, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Kotaro Yonezu, Daud Jamal, Andrea Agangi, PearlynManalo, Thomas Tindell, and Hinako Sato (2023) Geologyand geochemistry of gold mineralization at the Namicupo prospect, MozambiqueBelt, northeastern Mozambique, *Journal of Geochemical Exploration*, 249, pp. 1-15 (with peer review).
 - 32) Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Hinako Sato, and Pearlyn Manalo (2023) Petrographyand Geochemistry Constraints on the Mode of Occurrence of Au in the FurutobeKuroko Deposit, Akita, Japan, *Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology*, pp. 337-340 (without peer review).
 - 33) Kazunori Abe, Khwaja Naweed Seddiqi, Jirui Hou, Hikari Fujii, Experimental Performance Evaluation and Optimization of a Weak Gel Deep-Profile Control System for Sandstone Reservoirs, *ACS Omega* 9(7) 7597-7608 (2024).
 - 34) Ragheed Alali, Kazunori Abe, Khawaja Naweed Seddiqi, Hikari Fujii, Effect of Carbon Dioxide Injection on Limestone Permeability Damage Induced by Alumina Nanoparticles for Enhanced Oil Recovery Applications, *Applied Sciences* 13(13) 7446-7446 (2023).
 - 35) Kazunori Abe, Keisuke Negishi, Hikari Fujii, Experimental Investigation of the Effects of the Sizes and Concentrations of SiO₂ Nanoparticles on Wettability Alteration and Oil Recovery, *Energy & Fuels* 37(10) 7122-7129 (2023).
 - 36) Wakisaka Yoshitaka, Okawa Hirokazu, Kato Takahiro: Ultrasound-assisted oxidative desulfurization of bitumen and analysis of sulfur forms in a treated bitumen, *Japanese Journal of Applied Physics*, 62, SJ8005-1-5 (2023)
 - 37) Dorcas Linda Ernesto Uaciquete, Takahiro Kato, Hirokazu Okawa, Katsuyasu Sugawara, Risehiro Nonaka, Elution behavior of mercury in desulfurization gypsum produced in a coal-fired power plant,

Fuel,334, 126761-1-6 (2023)

- 38) 大川浩一, クローズ UP コバルト酸リチウム/リン酸鉄リチウム, 環境技術会誌, No.193 (2 pages) (2023)
- 39) Yoshida, K., Oyanagi, R., Kimura, M., Plümper, O., Fukuyama, M., Okamoto, A. (2023) Geological records of transient fluid drainage in to the shallow mantle wedge. *Science Advances*, 9, 14.
- 40) 青柳 里果, 川崎 ナナ, 絹見 朋也, 佐藤 貴弥, 菅井 俊樹, 角野 浩史, 竹内 孝江, 内藤 康秀, 平田 岳史, 福山 繭子, 丸岡 照幸, 南 雅代, 本山 晃, 吉野 健一. (2024)質量分析関係用語集 2023 追補版. 質量分析, 71, 15-18.
- 41) Osaka, M., Aoki, S., Uchino, T., Fukuyama, M. (2023) Constraint on the spatial distribution of the Early and Middle Jurassic units within the Nakatsugawa Complex of the North Kitakami Belt by detrital zircon U-Pb dating. *地質調査研究報告*, 74, 155-66.
- 42) Macuroy, J. T., Takahashi, R., Hara, A., Okaue, Y., Imai, A., Manalo, P., Sato, H., Agangi, A. (2023) Lateral variations in the Hosen 8-2 vein in the Hishikari deposit, Japan: Implications for high Au-grade zone, *Resource Geology*, 73, e12318.
- 43) Okada, N., Bino Sinaice, B., Kim, J., Nozaki, H., Takizawa, K., Owada, N., ... Kawamura, Y. (2024). Advanced mineralogical classification and concentration estimation in mining with MATLAB-powered hyper-spectral imaging and machine learning. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 1-21.
- 44) Kiliç, K.; Kiliç, K.; Sinaice, B. B.; & Özcan, U. (2023). Wood Species Image Classification Using Two-Dimensional Convolutional Neural Network. *Wood Industry*, 74(4), 407-417.
- 45) Hajime Ikeda, Masato Takeuchi, Elsa Pansilvania, Brian Bino Sinaice, Hisatoshi Toriya, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura (2023) Urban Quarry Ground Vibration Forecasting: A Matrix Factorization Approach, *Applied Sciences*, 13, 12674
- 46) Hajime Ikeda, Nur Ellisha Binti Mokhtar, Brian Bino Sinaice, Muhammad Ahsan Mahboob, Hisatoshi Toriya, Tsuyoshi Adachi and Youhei Kawamura (2023) Digital Twin Technology in Data Center Simulations: Evaluating the Feasibility of the Former Mine Site, *Sustainability*, 15(2) 16176
- 47) “Friction Stir Welding of 1.4 GPa-grade Tempered Martensitic” Yasuyuki Miyano, Hiroki Washiya, Hiromu Sato, Yoshihiro Aoki, Mitsuhiko Kimura, Kohsaku Ushioda, Hidetoshi Fujii ISIJ international, Manuscript ID ISIJINT-2024-175
- 48) Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Sensor properties of film element constituted of flavan from *Plunus Lanessiana* on continuous laminated hydrogenated amorphous silicon film for detection of volatile organic compounds. Annual report of Cooperative Research and Development Center for Advanced Materials Institute for Materials research, Tohoku University, Vol.2022year (刊行年 2023)
- 49) “High-Frequency Magnetic Field Energy Imaging of Magnetic Recording Head by Alternating Magnetic Force Microscopy (A-MFM) with Superparamagnetic Tip”, M. V. Makarova, K. Suzuki, H. Kon, P. Dubey, H. Sonobe, T. Matsumura, H. Saito, *Appl. Sci.* 2023, 13, 4843 (9 pages)
- 50) “Friction Stir Welding of 1.4 GPa-grade Tempered Martensitic” Yasuyuki Miyano, Hiroki Washiya, Hiromu Sato, Yoshihiro Aoki, Mitsuhiko Kimura, Kohsaku Ushioda, Hidetoshi Fujii ISIJ international,

- 51) Nopeia, M., Imai A., Takahashi, R., Yonezu K., Manalo, P., Tindell, T., Sato H., Jamal D., Agangi A. (2023) Geology and geochemistry of gold mineralization at the Namicupo prospect, Mozambique Belt, northeastern Mozambique. *Journal of Geochemical Exploration*, 249, 107220.
- 52) Dana, C.D.P., Agangi, A., Idrus, A., Chelle-Michou, C., Lai, C.-K., Ishida, M., Guillong, M., González-Álvarez, I., Takahashi, R., Yano, M., Mimura, K., Ohta, J., Kato, Y., Simbolon, D.R., Xia, X.-P. (2023) The age and origin of the Ruwai polymetallic skarn deposit, Indonesia: Evidence of Cretaceous mineralization in the Central Borneo Metallogenic Belt. *Economic Geology*, 118 (6), 1341–1370.
- 53) Suhendra, R., Takahashi, R., Agangi, A., Imai, A., Sato, H., Imam Setiawan, N. (2024) Textural-compositional evolution of pyrite and metal remobilization during low-grade metamorphism of metapelite: Contribution to gold mineralization in the Luk Ulo Complex, Central Java, Indonesia. *Ore Geology Reviews*, 166, 105966.

②学会発表・国際会議報告等

【国際会議 招待】

- 1) Takenori Tanno “Preparation and characterization of plastic co-crystals for cooling-system application” International Conference on Functional Materials for Future Technology (IC-FMFT2023) (2023. 4. 21, Vellore, Tamil Nadu, India/on-line)
- 2) Michihisa Fukumoto, Maya Satou, Ryu Takahashi, Hiroki Takahashi Formation of Porous Ni-Pt Using the Molten Salt Treatment PRICM11, International Convention Center Jeju, Jeju, Korea, 2023. 11.19-23.
- 3) K. Saito, K. Hirota, S. Semboshi, Abstract in International Conference on Functional Materials for Future Technology, April 19th – 21st 2023, Invited speaker
- 4) Satoru Yoshimura, “Magnetization reversal of highly functional magnetic film dot on BiFeO₃ based multiferroic thin film by applying electric field for development of high-performance magnetic devices with low power consumption”, International Conference on Functional Materials for Future Technology (IC-FMFT 2023)
- 5) Satoru Yoshimura, “Development of BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films with Large Magneto-Optical Kerr Effect for Spatial Light Modulator Driven by Electric Field” , The 10th Annual Congress of Nano Science and Technology-2023 (Nano S&T 2023)
- 6) Masafumi Odaka, Hirotohi Matsumura, Aya Kiriake, Nobuaki Ogawa, Introduction of Bio-analytical and Bio-Structural chemistry laboratory in Akita University., International Symposium for the 80th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, pp. 127, 2023 年 9 月 (招待講演)
- 7) Ishiyama, D., Kawaraya, H., Sato, H., Najmiddinova, F., Karimov B. and Kodirov, A. (2023): Characteristics of Chemical Composition of Groundwater around Dushanbe, Tajikistan - in Relation to GSHP Installation and Environments. Symposium “Modern Science: Topical Issue, Achievements and Innovations”, Dushanbe Tajikistan, July 19.
- 8) Yuichi Sato, Shingo Taniguchi, Houyao Xue, Jinyang Li, Taisei Tsuji, and Tsubasa Saito, Study on preparations of GaN-based nanopillar light-emitting diodes directly on non-singlecrystalline and non-polished substrates, International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials 2023 (THERMEC2023) (2023).
- 9) Manuel Nopeia, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Kotaro Yonezu and Daúd Jamal, “Evolution of ore fluids for gold mineralization in the Neoproterozoic Xixano Complex, Mozambique Belt, Mozambique”, 72nd Annual Meeting and Symposium of the Society of Resource Geology, Tokyo, Japan, 2023. Invited speaker.
- 10) Manuel Nopeia, ” Application of Scanning Electron Microscopy and X-ray Diffractometry in Economic Geology” , Invited Talk, March 3, 2004.

【国内会議 招待】

- 1) 資源処理技術を利用した未利用資源の有効利用技術の紹介, 芳賀一寿, 第 169 回 GREEN シーズセミナー (招待講演) (2023)
- 2) 第一級アミン化合物を用いた塩酸溶液からのレアメタル選択沈殿回収, 松本和也, 一般社団法人環境資源工学会第 141 回学術講演会, (関西大学), 2023 年 8 月 3 日, 招待講演
- 3) 長谷川崇, 高出力モーター向け次世代強磁性材料, 第 3 回融合超越シンポジウムー次世代パワーデバイス・具現化とはー, プログラム No. 12【招待講演】(九州工業大学 2023 年 12 月 1 日～12 月 2 日, 発表日 2023 年 12 月 2 日)
- 4) 吉村哲, 「強磁性・強誘電特性を有する酸化物薄膜の反応性パルス DC スパッタリング法による高品位作製」, 日本表面真空学会 SP 部会研究会
- 5) “合成温度に依存した層状チタン酸塩の材料特性”, 齊藤寛治, ナノ学会第 21 回大会, 3I04, 函館, 2023 年 5 月 13 日
- 6) Abner Nghoongoloka, Ryohei Takahashi, Pearlyn Manalo, Andrea Agangi, Hinako Sato, Manuel Nopeia, Nigel Blamey, Rob Bowell, Tavis Enno, “Petrographic and geochemical characteristics of the Okohongo copper-silver deposit, Kaoko Belt, Kunene region, Namibia”, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting, Chiba, Japan, 2024.
- 7) Kelebogile Phili, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Pearlyn Manalo, Hinako Sato, Nigel Blamey, Lebogang Mokane, Zibisani Biza Bagai, Thierry Bineli-Betsi, Tebogo Kelepile, Manuel Nopeia, “Mineralogical, geochemical, and fluid inclusion characteristics of the Neoproterozoic gold deposits in the Tati and Vumba Greenstone Belts of NE Botswana”, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting, Chiba, Japan, 2024.
- 8) Lebogang Mokane, Andrea Agangi, Ryohei Takahashi, Pearlyn Manalo, Thierry Bineli Betsi, Zibisani Biza Bagai, Tebogo Kelepile, Kelebogile Phili, Manuel Nopeia, “The characterization and paragenesis of the gold mineralization in gold deposits of the Vumba Greenstone Belt of northeastern Botswana”, Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting, Chiba, Japan, 2024.

【国際会議 一般】

- 1) Reo Saito, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi, Runa Shimizu, Norihito Doki, Takenori Tanno “Phase transition of camphor-camphorquinone plastic co-crystals investigated by using terahertz spectroscopy” International Symposium for the 80th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan (2023.9, Sendai, Japan/on-line)
- 2) Reo Saito, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi, Takenori Tanno “Orientationally disordered phase of camphorquinone” (P-79) CEMSUptra 2024 (2024.1, Tokyo, Japan)
- 3) Recovery of copper from slag by gravity separation, Haga K., Kitaoka, S., Kawamura, S., Godirilwe L., Takasaki, Y., Shibayama, A., Proceedings of The 9th Joint Seminar on Geo-environmental

Engineering and Recycling, p. 250-263 (2023)

- 4) Selective Recovery and Functionalization of Ni Using Primary Amines, Kohei Ishida, Kazuya Matsumoto, Mitsutoshi Jikei, 令和5年度化学系学協会東北大会, (東北大学), 2023年9月8日
- 5) T. Hasegawa, T. Nishikawa, Formation of bct structure and high magnetic anisotropy in Fe-Co films with added V and C elements, IEEE International Magnetism Conference (INTERMAG 2023), Intermag 2023 Digest book, p. 201 (WPC-12) (2023). (Sendai, Japan, 2023年5月15日～5月19日, 発表日2023年5月19日)
- 6) T. Hasegawa, T. Nishikawa, C. Shirai, Formation of bct structure and high magnetic anisotropy in Fe-Co-V-C films, The 6th International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (IcAUMS 2023), IcAUMS 2023 Abstracts, p. 115～116 (HMM3-1006) (2023). (Bali, Indonesia, 2023年8月14日～8月16日, 発表日2023年8月15日)
- 7) Yuta Suzuki, Takumi Ozeki, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Effect of B-site Substitution Element and Substitution Amount on Magnetic Properties in (Bi,La)(Fe_{1-y}My)O₃ (M = Co, Ni) Ferromagnetic and Ferroelectric Thin Films”, INTERMAG 2023
- 8) Soumyaranjan Ratha, Riku Suzuki, Daichi Yamamoto, Kotaro Takeda, Munusamy Kuppan, Genta Egawa, Satoru Yoshimura, “Development of BiFeO₃-Based Multiferroic Thin Films with Excellent Magnetic Properties and Investigation of Their Etching Resistance for Magnetic Nano Device Applications”, INTERMAG 2023
- 9) Soumyaranjan Ratha, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Investigation of Etching Resistance and Suitable Etching Conditions for Microfabrication in BFO-based Multiferroic Thin Films toward Magnetic Nano Device Applications”, 20th International Conference on Global Research and Education (Inter-Academia 2023)
- 10) Soumyaranjan Ratha, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Minimizing Magnetic Damage During Microfabrication through Optimal Etching Conditions in BiFeO₃-based Thin Films”, The IEEE Around-The-Clock Around-The-Globe Magnetism Conference 2023 (AtC-AtG 2023)
- 11) Soumyaranjan Ratha, Genta Egawa, and Satoru Yoshimura, “Optimizing the Etching Conditions with Minimal Damage and High Rate for High Functional Magnetic Nano Device Application in BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films”, The 14th APCTP Workshop on Multiferroics
- 12) “Deposition of ZnO nanoparticles from the channel of hydroxyapatite”, Chen Xiao, Kanji Saito, Masataka Ogasawara and Sumio Kato 陳曉, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和5年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部80周年記念国際会議, 1P197, 仙台, 2023年9月8日
- 13) “Acid-base properties of organic-inorganic composite synthesized from HLaNaNb₃O₁₀ and quaternary ammonium salt”, Yuichiro Hirai, Kanji Saito, Masataka Ogasawara and Sumio Kato 平井佑市朗, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和5年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部80周年記念国際会議, 1P193, 仙台, 2023年9月8日
- 14) 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,

- タンパク質超分子カルボキシソームの外殻成分 CcmO の集合体形成能の解析, 第 49 回生体分子科学討論会, pp. 92, 2023 年 6 月.
- 15) 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, 堂前直, 尾高雅文, 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 の生化学的特性解析, 第 75 回生物工学会大会, pp.239, 2023 年 9 月.
 - 16) 村松亮弥, 松村洋寿, 尾高雅文, 新規免疫検出系への開発に向けたカプセル状タンパク質 Encapsulin への短鎖抗体の導入, 第 36 回秋田応用生命科学研究会, pp.17, 2023 年 12 月.
 - 17) Osenyeng, O., Ogawa, Y., Ishiyama, D. and Đordjević, S. (2023): Mineralogy and environmental implications of efflorescent salts along the banks of Bor River, Eastern Serbia, The 72th Annual Meeting of the Society of Resource Geology, P-18, June 28-30, Tokyo.
 - 18) Misheelt, T., Ishiyama, D., Hayashi, T. and Ogawa, Y. (2023): The geochemical characteristics of groundwater in the Hondo-Shiromawari area, Misato Town, Akita, Japan. JpGU-AGU Joint Meeting 2023 (日本地球惑星科学連合), 2022/05/24, 千葉県 幕張メッセ.
 - 19) Houyao Xue, Jinyang Li, Shuhang Gou, Shingo Taniguchi, Tsubasa Saito, and Yuichi Sato, Emitting-color distribution characteristics of GaN-based nanopillar LEDs on multi-crystalline Si substrate, The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14) (2023).
 - 20) Houyao Xue, Shingo Taniguchi, Naoyuki Oridate, Jinyang Li, Taisei Tsuji, Tsubasa Saito, and Yuichi Sato, Growth and characterization of various InGaN nanopillar crystals on the multi-crystalline silicon substrate, The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (2023).
 - 21) Hajime Ikeda, Daniyar Malgazhdar, Brian Bino Sinaice, 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, 26th World Mining Congress, pp.356-366, June 26-29, Brisbane, Australia, 2023
 - 22) Brian Bino Sinaice, Jun Abe, Narihiro Owada, Hajime Ikeda, Hisatoshi Toriya, Zibisani Bagai, Elisha Shemang, Tsuyoshi Adachi, Youhei Kawamura, "Application of Multispectral -Camera - Mounted -UAV and Spectral Reflectance Indexing in Identification of Placer Deposit Magnetite, International Symposium on Earth Science and Technology 2023, Fukuoka, Japan, November 2023.
 - 23) Macuroy, J. T., Takahashi, R., Hara, A., Okaue, Y., Imai, A., Manalo, P., Sato, H., Agangi, A. (2023) Variation of oxygen and hydrogen isotope values of the ore forming fluids in relation to Au mineralization at the Hosen 8-2 vein of the Hishikari deposit, Kagoshima, Japan. 17th Water Rock Interaction and 14th Applied Isotope Geochemistry, Sendai, Japan.
 - 24) Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Hinako Sato, Pearlyn Manalo, "Petrography and Geochemistry Constraints on the Mode of Occurrence of Au in the Furutobe Kuroko Deposit, Akita, Japan", International Symposium on Earth Science and Technology 2023, November 2023.
 - 25) Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Pearlyn Manalo, "Texture and chemistry of ore minerals at the Furutobe deposit, Akita, Japan, and their implications", Water-Rock Interaction

and Applied Isotope Geochemistry, Sendai, August, 2023.

- 26) Yoshinori OHTAKE, Masaki TAMBO, Mahmudul KABIR, Arisa INADA, Hiroyuki FUKAYA, Takashi KIDA: Basic study on the separation of radioactive cesium from the incinerator ash by using Electrokinetic (EK) method, Proceedings of the 59th Annual Meeting: Hot Laboratories and Remote Handling Working Group (2023 年 10 月)
- 27) “High-Frequency Magnetic Field Energy Imaging of Magnetic Recording Head by Alternating Magnetic Force Microscopy with Superparamagnetic Tip”, M. V. Makarova, K. Suzuki, H. Sonobe, T. Matsumura, H. Saito, Intermag 2023 Sendai May 15-19, YPA-02
- 28) Khwaja Naweed Seddiqi, Kazunori Abe, Jirui Hou, Decision-Making Technique for Water Shutoff Using Random Forests and its Application in High Water Cut Reservoirs, 2nd Edition of International Conference on Oil, Gas, and Petroleum Engineering (October, 2023).
- 29) Kazunori Abe, Khwaja Naweed Seddiqi, Katsuaki Fujii, Hikari Fujii, Improvement of the performance of low-salinity water flooding on oil recovery for sandstone reservoirs in Northern Afghanistan Kashkari oil field, 2nd Edition of International Conference on Oil, Gas, and Petroleum Engineering (October, 2023).
- 30) Koki Hiromoto, Kazunori Abe, Khawaja Naweed Seddiqi, Experimental and Numerical Study of Profile Control by Polymer Gel in High Water cut Reservoirs, 6th International Symposium on Engineering and Applied Science (July, 2023).
- 31) Khwaja Naweed Seddiqi, Kazunori Abe, Optimization and Performance Evaluation of a Polymer Gel Plugging Profile Control System on High Water-Cut Reservoirs, 42nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (June, 2023).
- 32) Takahiro Kato, Kosuke Sakusabe, Hirokazu Okawa, Katsuyasu Sugawara : Regeneration and Recycling of Denitration Catalyst, 20th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE) Congress (APCChE2023) (Manila, 4-9 Sep.) (2023)
- 33) Yoshitaka Wakisaka, Hirokazu Okawa, Takahiro Kato: Separation of bitumen from oil sand and oxidative desulfurization of bitumen using condensate and ultrasound at room temperature, 20th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE) Congress (APCChE2023) (Manila, 4-9 Sep.) (2023)
- 34) Fukuyama, M., Ogasawara, M. (2023) Timing of the Oritate travertine formation by comparison between its carbonate U-Pb age and zircon U-Pb age of the overlain tuffaceous sandstone, Toyama Prefecture, Japan. Goldschmidt 2023.
- 35) Pearlyn Manalo, Ryota Mine, Ryohei Takahashi, Akira Imai, Andrea Agangi, Glenn Alburo, Leo Subang, Rhyza Ruth Parcon-Calamohoy, Mervin de los Santos (2023) Trace element variations and sulphur isotopic ratios of enargite and alunite from the quartz-pyrite-gold orebodies, Mankayan District, Philippines. 17th SGA Biennial Meeting.
- 36) Enrico Gilrandy Wahyu Suharjo, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Syafrizal, Pearlyn Manalo (2023) Geochemistry of Apatite and Biotite in Tin-mineralized Late Triassic Granites in Bangka Island, Indonesia. The Society of Economic Geologists 2023 London.

- 37) Geological and Geochemical Characterization of the Mugomo Gold Prospect, Tete province, Northern Mozambique 2023
- 38) Euclesia Paulina F. Cossa, Andrea Agangi, Ryohei Takahashi, Pearlyn Manalo, Hinako Sato, Akira Imai, Vicente Manjate. The Society of Economic Geologists 2023 London.

【国内会議 一般】

- 1) 清水瑠夏, 土岐規仁, 丹野剛紀「カンファー-カンファーキノン混晶のテラヘルツ振動と相転移」第 20 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (2023. 6, 東京都八王子)
- 2) ブラスト処理した亜鉛電解採取用 Pb 合金アノードの操業液中断続通電法による β -PbO₂ 層形成とその電解試験, 渡部 泰平, 岩月 優奈, 高崎 康志, 川村 茂, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 資源・素材 2023 (松山) (2023)
- 3) チオアミド系抽出剤のパラジウム抽出特性, 松葉由莉, 山田学, 芳賀一寿, 柴山敦, 環境資源工学会第 141 回学術講演会, P-1 (2023)
- 4) 物理選別等の技術を用いた自動車シュレッダーダストの製錬炉石炭代替燃料化, 北岡駿一, 川村茂, 芳賀一寿, 高崎康志, 柴山敦, 環境資源工学会第 141 回学術講演会, P-4 (2023)
- 5) 硫化鉄鉱物の浮遊・抑制を制御する浮選条件の検討, 橋本美璃, 芳賀一寿, 齊藤寛治, 柴山敦, 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)
- 6) 五十嵐優樹, 加賀谷史, 林滋生, 「天然ゼオライトを用いたジオポリマー硬化体の作製に及ぼすメタカオリンの粉末特性の影響」, 令和 5 年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部 研究発表会, 2P10 (ポスター発表), ホテルニューオータニ長岡, 長岡市
- 7) 尾関航弥, 加賀谷史, 林滋生, 「電気泳動堆積法により作製した天然ゼオライト堆積膜の剥離抑制手法の検討」, 令和 5 年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部 研究発表会, 2P11 (ポスター発表), ホテルニューオータニ長岡, 長岡市
- 8) イリジウムと第一級アミンから成る複合体の焼成による高活性酸素発生触媒の開発, 磯野快, 松本和也, 寺境光俊, 資源・素材 2023 (松山), (愛媛大学), 2023 年 9 月 13 日
- 9) 4-アセチルアニリンを用いた金属含有塩酸溶液からの白金選択沈殿回収, 作田善哉, 松本和也, 寺境光俊, 資源・素材学会 2024 年度春季大会, (千葉工業大学 津田沼キャンパス), 2024 年 3 月 17 日
- 10) 長谷川崇, 村上知優, FeCo への V 添加による正方晶化と垂直磁化膜化, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-23-066~082, p.p. 31~36 (MAG-23-071) (2023). (北海道科学大学 2023 年 8 月 8 日~8 月 9 日, 発表日 2023 年 8 月 8 日)
- 11) 長谷川崇, 圧延/アンモニア窒化法で作製された Fe-Co-V-N バルクの bct 構造, 第 47 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 236 (29pC-8) (2023). (大阪大学 2023 年 9 月 27 日~9 月 29 日, 発表日 2023 年 9 月 29 日)
- 12) 長谷川崇, 村上知優, Fe-Co-V-N の正方晶化における V 元素の役割, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-23-167~182, p.p. 33~38 (MAG-23-173) (2023). (東北大学 2023 年 12 月 22 日~12 月 22 日, 発表日 2023 年 12 月 22 日)

- 13) 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)
- 14) 村上知優, 長谷川崇, V の特異な格子歪と Fe-Co-V 薄膜の正方晶化, 第 47 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 237 (29pC-9) (2023). (大阪大学 2023 年 9 月 27 日~9 月 29 日, 発表日 2023 年 9 月 29 日)
- 15) 榎本健太, 長谷川崇, 正方晶 Fe-Co-V 薄膜のナノスケール微細加工と磁気特性, 第 47 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 238 (29pC-10) (2023). (大阪大学 2023 年 9 月 27 日~9 月 29 日, 発表日 2023 年 9 月 29 日)
- 16) 榎田健人, 長谷川崇, FeCo 基合金薄膜への Ag 添加による微粒子化と磁気特性, 第 47 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 239 (29pC-11) (2023). (大阪大学 2023 年 9 月 27 日~9 月 29 日, 発表日 2023 年 9 月 29 日)
- 17) Takashi Hasegawa, Formation of bct structure with high magnetic anisotropy and coercivity in Fe-Co-V-C Films, ASRC 2023 Summer Review Meeting (HAMR system working group) (web 開催, 発表日 2023 年 6 月 30 日)
- 18) 長谷川崇, 正方晶の鉄コバルトを主成分とする永久磁石の創成, 令和 4 年度 新技術説明会 (主催: 科学技術振興機構 JST) (web 開催, 発表日 2023 年 3 月 14 日)
- 19) 佐藤茉弥, 高橋弘樹, 福本倫久: 溶融塩処理を用いた多孔質 Ni-Pt 合金の生成とその水素発生挙動 日本素材物性学会令和 5 年度年会, 秋田大学地方創生センター2 号館 2 階大セミナー室, 2023 年 6 月(B-2)
- 20) 佐藤茉弥, 高橋弘樹, 福本倫久: 溶融塩処理した多孔質 Ni-Pt 合金の水素および酸素発生挙動 日本金属学会秋季講演大会, 富山大学, 2023 年 9 月 19-22 日(11)
- 21) 福本倫久, 高橋 琉, 高橋弘樹: 溶融塩を用いた表面処理による多孔質 Ni-Pt 合金電極の創製 秋田県化学技術協会, 秋田市, 2024 年 2 月 22 日
- 22) 高橋 琉, 高橋弘樹, 福本倫久: 水電解用多孔質 Ni-Pt 合金電極の作製と水素発生挙動 腐食防食学会東北支部講演会, 秋田市, 2024 年 3 月 5 日
- 23) 高橋弘樹, 高橋 琉, 福本倫久: 水電解用多孔質 Ni-Pt 合金電極の作製と水素発生挙動 日本金属学会春季講演大会, 東京理科大学, 2024 年 3 月 15 日
- 24) Soumyaranjan Ratha, 江川 元太, 吉村 哲, 「BiFeO₃ 系強磁性・強誘電薄膜の低ダメージな微細素子加工に向けたリアクティブイオンエッチング条件の検討」, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会
- 25) Swati Sucharita Das, Soumyaranjan Ratha, Genta Egawa, Satoru Yoshimura, 「Enhancing Perpendicular Magnetic Anisotropy in BiFeO₃-based Multiferroic Thin Films via Dual B-Site Substitution Ni and Co」, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会
- 26) Soumyaranjan Ratha, Genta Egawa, Satoru Yoshimura, 「Effect of Lanthanide Materials for A-site Substitution in BiFeO₃-based Thin Films on Magnetic Properties and Ferroelectric Properties」, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会
- 27) Soumyaranjan Ratha, 江川元太, 吉村哲, 「BiFeO₃ 系強磁性・強誘電薄膜の磁気デバイス応用

- に向けた低ダメージなリアクティブイオンエッチング条件の検討」, 第 47 回日本磁気学会学術講演会
- 28) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「高飽和磁化・垂直磁化 BiFeO₃ 系強磁性・強誘電薄膜材料の探索 — 磁気特性に及ぼす Fe サイトの Co, Ni 置換効果 —」, 第 47 回日本磁気学会学術講演会
- 29) 勝山郁子, 江川元太, 吉村哲, 「次世代薄膜磁気記録媒体への適用に向けた反応性パルス DC スパッタリングによる□"-Fe₁₆N₂ 薄膜の高品位作製」, 映像情報メディア学会年次大会 2023
- 30) 畠山佳琳, 遠藤健矢, 細谷亮太, 江川元太, 吉村哲, 「様々な磁気特性を有する導電性磁性探針の作製・評価と BiFeO₃ 系薄膜の高感度な磁気・静電気力顕微鏡観察」, 映像情報メディア学会年次大会 2023
- 31) 勝山郁子, 江川元太, 吉村哲, 「高密度磁気記録媒体の実現に向けた□"-Fe₁₆N₂ 薄膜の反応性パルス DC スパッタリング条件の検討および結晶化促進」, 日本素材物性学会令和 5 年度年会
- 32) 小林拓海, 小野龍太郎, 江川元太, 吉村哲, 「高磁化 Co 基超常磁性グラニューラー薄膜の実現に向けた反応性パルス DC スパッタリング成膜法による非磁性酸・窒化物マトリックス用薄膜の作製」, マルチメディアストレージ研究会
- 33) 鈴木悠太, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, 「強磁性・強誘電(Bi,La)(FeyM_{1-y})O₃(M=Ni or Co or (Ni,Co))薄膜の磁気・誘電特性に及ぼす B サイトの置換元素および置換量の効果」, マルチメディアストレージ研究会
- 34) “スメクタイト族粘土鉱物層間のイオン性芳香族化合物が酢酸ベンジルの取込に及ぼす影響”, 橋本和周, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 62 回セラミックス基礎科学討論会, 1A13, 東京四ツ谷, 2024 年 1 月 7 日
- 35) “層表面電荷密度を制御した層状チタン酸塩のイオン交換特性”, 永山智基, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 小川誠, 第 39 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, C19, p91, 東京船堀, 2023 年 12 月 1 日
- 36) “層状チタン酸塩の組成と光触媒活性の相関”, 齊藤寛治, 里見和紀, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 39 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, C18, p90, 東京船堀, 2023 年 12 月 1 日
- 37) “リン修飾ベータ型ゼオライトの炭化水素浄化材としての評価”, 松本出海, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 39 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, B3, p50, 東京船堀, 2023 年 11 月 30 日
- 38) “Si-Nb-Mo-K 系メソ多孔体の合成と酸塩基触媒活性評価”, 若山優介, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和 5 年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部 研究発表会, 2p09, 長岡, 2023 年 11 月 2 日
- 39) “二元細孔を有するメソポーラスシリカの耐熱性への金属イオン添加による影響”, 尾上太一, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 5 年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部 研究発表会, 2p08, 長岡, 2023 年 11 月 2 日
- 40) “ハイドロキシアパタイトのチャネル内からの ZnO ナノ粒子の析出”, 陳暁, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 2023 年度 第 10 回 ZAIKEN Festa, J8, 早稲田, 2023 年 10 月 5 日
- 41) “熱安定性向上のためのベータ型ゼオライト(Si/Al = のリン修飾の検討”, 小笠原正剛, 松本出海,

- 三浦康太, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 132 回触媒討論会 (札幌), 2I16, 2023 年 9 月 14 日
- 42) “K_{0.8}Ti_{1.73}La_{0.27}O₄ の合成温度と陽イオン交換能の相関”, 齊藤寛治, 山口修平, 小川誠, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 66 回粘土科学討論会, A17, 仙台, 2023 年 9 月 13 日
- 43) “水中でのモンモリロナイト層間へのバニリンの吸脱着にカチオン性界面活性剤が及ぼす影響”, 竹山麗, 齊藤寛治, ゲガンレジス, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 66 回粘土科学討論会, A16, 仙台, 2023 年 9 月 13 日
- 44) “水中でのモンモリロナイト層間へのバニリンの吸脱着にカチオン性界面活性剤が及ぼす影響”, 竹山麗, 齊藤寛治, ゲガンレジス, 小笠原正剛, 加藤純雄, 粘土学会若手の会第 14 回若手研究者研究発表会, P5, 仙台, 2023 年 9 月 11 日
- 45) “アパタイト型リン酸塩のチャンネル内への複数金属イオンの導入と析出挙動”, 加藤純雄, 鹿川聡太, 宇佐見優真, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 日本セラミックス協会第 36 回秋季シンポジウム, 2B24, 京都, 2023 年 9 月 7 日
- 46) “有機無機複合体 HLaNaNb₃O₁₀-(C₈)₂DMA の調製と塩基触媒活性”, 平井佑市朗, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 日本素材物性学会令和 5 年度年会, B-7, 秋田, 2022 年 6 月 13 日
- 47) “低温合成による層状リチウムチタン酸カリウムのイオン交換特性の向上”, 山口修平, 齊藤寛治, 小川誠, 小笠原正剛, 加藤純雄, ナノ学会第 21 回大会, P30, 函館, 2023 年 5 月 13 日
- 48) 大木 佳斗, 円子 竣介, 高橋 護, 神谷 修, タングステンカーバイド基板表面への燃焼炎ダイヤモンド皮膜合成に及ぼす基板前処理の影響, 日本素材物性学会令和 5 年度年会, (2023, 6 月 秋田)
- 49) ルブロロン類の中央骨格の構築のモデル検討 大山敦武, 川村あかり, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部 2023 年夏季研究発表会 (旭川) 講演要旨集 C09, 2023.9.4.
- 50) ルブロロン類の酸素を含む中央骨格の構築の検討 川村あかり, 大山敦武, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部 2023 年夏季研究発表会 (旭川) 講演要旨集 C10, 2023.9.4.
- 51) ルブロロン A の中央骨格の合成研究 大山敦武, 川村あかり, 石垣七海, 竹下愛理咲, 藤原憲秀 日本化学会第 104 春季年会 (船橋) 講演要旨集 H933-2am-03, 2024.3.19.
- 52) 薛 后耀, 辻 大成, 李 金洋, 齋藤 翼, 佐藤 祐一, 多結晶 Si 基板上 GaN 系ナノ柱状 DH 構造内の InGaN ステアリング結晶の抵抗率低減, 2023 年度電気関係学会東北支部連合大会 (2023).
- 53) 李 金洋, 薛 后耀, 苟 書航, 谷口 真悟, 齋藤 翼, 佐藤 祐一, 多結晶 Si 基板上 GaN 系ナノ柱状 LED 群の発光色の分布および電流依存性, 2023 年度電気関係学会東北支部連合大会 (2023).
- 54) 五十嵐友基, 森元太, 有薗雄太, 肖英紀, 「正方晶ホイスラーMn-Pt-Pd-Sn 合金の合成と評価」, 日本金属学会 2024 年春期(第 174 回)講演大会, 東京理科大学葛飾キャンパス, 2024 年 3 月
- 55) 関遼太, ユヘリン, 肖英紀, 「希土類正 20 面体クラスター構造をもつ Ga-Pd-Tb 系近似結晶の合成」, 第 22 回日本金属学会東北支部研究発表大会, 岩手大学銀河ホール, 2023 年 10 月.
- 56) 市瀬智也, 船津和哉, 肖英紀, 「メカニカルアロイングによる B20 型遷移金属モノゲルマニドの合成」, 第 22 回日本金属学会東北支部研究発表大会, 岩手大学銀河ホール, 2023 年 10 月.
- 57) 肖英紀, 「Ga-Pt-Yb 系 2/1 および 1/1 近似結晶の形成 II」, 日本金属学会 2024 年春期(第 174 回)講演大会, 東京理科大学葛飾キャンパス, 2024 年 3 月.

- 58) 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り作製した B20 型 $\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Ge}$ 合金の特性評価」, 日本金属学会 2023 年秋期(第 173 回)講演大会, 富山大学五福キャンパス, 2023 年 9 月.
- 59) 肖英紀 「Ga-Pt-Yb 系 2/1 および 1/1 近似結晶の形成」, 日本金属学会 2023 年春期(第 173 回)講演大会, 富山大学五福キャンパス, 2023 年 9 月.
- 60) Macuroy, J. T., Takahashi, R., Hara, A., Okaue, Y., Imai, A., Manalo, P., Sato, H., Agangi, A. (2023) Lateral variation of mineral textures and geochemical signatures in relation to Au mineralization at the Kinsen 1-1 vein of the Hishikari epithermal deposit, Kagoshima, Japan. Society of Resource Geology Annual Meeting, Tokyo, Japan.
- 61) Macuroy, J. T., Takahashi, R., Hara, A., Okaue, Y., Imai, A., Manalo, P., Sato, H., Agangi, A. (2023) Spatial variation of the $\delta^{18}\text{O}$ and δD isotopic signatures of ore-forming fluids within a Au-bearing vein in the Hishikari deposits, Kagoshima, Japan. Japan Geoscience Union Meeting, Chiba, Japan.
- 62) 第 61 回日本生物物理学会 2023.11.14-11.16 名古屋国際会議場 (カテゴリー 計測にて発表 a-Si:H 薄膜上での分子薄膜のセンサへの応用に関する研究成果) Koyu Akiyama, Kazunori Takada, Kohei Saito, Hiroshi Masumoto, Yutaka Tsujiuchi, Composite molecular thin films of fatty acids and coumarins enhanced with hydrogenated amorphous silicon for sensor system research.
- 63) 第 61 回日本生物物理学会 2023.11.14-11.16 名古屋国際会議場 (カテゴリー 計測にて発表 a-Si:H 薄膜上での Plunus Lanessiana 分子の蛍光特性に関する研究成果) Kazunori Takada, Koyu Akiyama, Akihito Nakajima, Hiroshi Masumoto, Yutaka Tsujiuchi, Analysis of fluorescent pigments extracted from Plunus Lanessiana and their properties on hydrogenated amorphous silicon thin films.
- 64) 直流磁場計測・交番磁気力顕微鏡の開発: 2 重空芯コイルを用いた磁場と磁場勾配の単独検出、江原 廉, 松村 透, 園部 博, 齊藤 準、日本磁気学会学術講演会 27aD-2、大阪大学豊中キャンパス、2023.9.27-29
- 65) 交番磁気力顕微鏡によるソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージング: 磁場方向を制御可能な複合型空芯コイルの試作、鈴木魁智, マカロワ マリナ, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準、日本磁気学会学術講演会 27aD-3、大阪大学豊中キャンパス、2023.9.27-29
- 66) 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導波管・進行波アンテナを用いた強磁性共鳴検出方法の検討、梅田尚優希, 林 慧太, マリナ マカロバ, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準、日本磁気学会学術講演会 27aD-4、大阪大学豊中キャンパス、2023.9.27-29
- 67) 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 12 – 40GHz 帯導波管・進行波アンテナの開発、林 慧太, 梅田尚優希, マカロバ マリナ, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準、日本磁気学会学術講演会 27aD-5、大阪大学豊中キャンパス、2023.9.27-29
- 68) 交番磁気力顕微鏡による直流磁場検出法と定量的磁場イメージングへの応用、江原 廉, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準、第 71 回応用物理学会春季学術講演会 23p-12F-6、東京都市大学世田谷キャンパス、2024.3.22-25

- 69) アルアリラギード, 阿部一徳, 根岸慶輔, 藤井光, シリカナノ粒子径と濃度が濡れ性改質及び油回収へ与える影響, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 70) 阿部一徳, セーデキカワジャナウィード, フォームを用いた流路閉塞によるプロファイルコントロールの実験的評価, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 71) 三浦康平, 阿部一徳, 藤井光, 疎水性マイクロ流路モデルを用いた濡れ性改質効果の可視化, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 72) 藤井克旭, 阿部一徳, セーデキカワジャナウィード, 藤井光, アフガニスタン北部 Kashkari 油田における低塩分濃度水攻法の適用性評価, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 73) セーデキカワジャナウィード, 阿部一徳, フォームを用いた流路閉塞および圧入井選択によるプロファイルコントロールへの影響評価, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 74) 廣本康己, 阿部一徳, セーデキカワジャナウィード, 藤井光, High water-cut 貯留層を対象としたポリマーゲルによるプロファイルコントロールの検討, 令和 5 年度石油技術協会春季講演会 (2023 年 6 月)
- 75) 加藤貴宏, 大川浩一, 菅原勝康: バイオマスや石炭から調製したフミン酸の植物生育活性、第 60 回石炭科学会議(京都リサーチパーク, 京都)(2023)
- 76) 任 傑、蘆田 隆一、河瀬 元明、堺 康爾、奥山 憲幸: ギ酸を用いた温和な条件での石炭の低分子化法の開発, 資源・素材 2023(愛媛大学, 松山)(2023)
- 77) 太田光希, 大川浩一, 加藤貴宏, 篠田弘造: アルカリ処理により得られたマグヘマイトナノ粒子のリチウムイオン電池用正極材料としての特性評価, 2023 電気化学秋季大会, (九州大学, 福岡)(2023)
- 78) 石井旭, 加藤貴宏, 大川浩一, 菅原勝康, 二階堂満, 進藤学: 塩化揮発法によるフライアッシュからの有価塩化物の回収, 資源・素材 2023(愛媛大学, 松山)(2023)
- 79) 脇坂佳孝, 山口菜央, 大川浩一, 横田早希, 加藤貴宏: 第三級アミンを利用した微細藻類の培養, 資源・素材 2023(愛媛大学, 松山)(2023)
- 80) 脇坂佳孝, 大川浩一, 加藤貴宏: 超音波を用いたビチューメンからのアスファルテンの除去およびマルテンの酸化脱硫, 資源・素材 2023(愛媛大学, 松山)(2023)
- 81) 石井旭, 加藤貴宏, 大川浩一, 菅原勝康, 進藤学: 石炭由来フライアッシュからの有価塩化物の調製, 第 60 回石炭科学会議(京都リサーチパーク, 京都)(2023)
- 82) 脇坂佳孝, 大川浩一, 加藤貴宏: 超音波を用いたビチューメン中のマルテンの分離および酸化脱硫, 第 25 回先端研究発表会(東北大学, 仙台)(2023)
- 83) 石井旭, 加藤貴宏, 大川浩一, 菅原勝康, 二階堂満: フライアッシュからの四塩化ケイ素および塩化アルミニウムの調製, 第 25 回先端研究発表会(東北大学, 仙台)(2023)
- 84) 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, タンパク質超分子カルボキシソームの外殻成分 CcmO の集合体形成能の解析, 第 49 回生体分子科学討論会, pp. 92, 2023 年 6 月.
- 85) 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, 堂前直, 尾高雅文, 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 の生化学的特性解析, 第 75 回生物工学会大会, pp.239, 2023 年 9 月.

- 86) 村松亮弥, 松村洋寿, 尾高雅文, 新規免疫検出系への開発に向けたカプセル状タンパク質 Encapsulin への短鎖抗体の導入, 第 36 回秋田応用生命科学研究会, pp.17, 2023 年 12 月.
- 87) Osenyeng, O., Ogawa, Y., Ishiyama, D. and Dordievski, S. (2023): Mineralogy and environmental implications of efflorescent salts along the banks of Bor River, Eastern Serbia, The 72th Annual Meeting of the Society of Resource Geology, P-18, June 28-30, Tokyo.
- 88) Misheelt, T., Ishiyama, D., Hayashi, T. and Ogawa, Y. (2023): The geochemical characteristics of groundwater in the Hondo-Shiromawari area, Misato Town, Akita, Japan. JpGU-AGU Joint Meeting 2023 (日本地球惑星科学連合), 2022/05/24, 千葉県 幕張メッセ.
- 89) 「フェノール基含有アミノ酸を修飾した β -シクロデキストリン誘導体の合成とその機能性」福島愛彩、坂昌樹、高橋大、佐藤豪、伊藤愛悠、近藤良彦、第 39 回シクロデキストリンシンポジウム (名古屋) 講演要旨集 P1-15、2023 年 9 月 20-21 日
- 90) 「モノクロロトリアジノ化 β -シクロデキストリンとポリアリルアミンの反応を利用した水不溶性有機-無機複合ポリマーの環境低負荷合成とその吸着特性」近藤良彦、南田悠、秋田知己、寺尾啓二、第 39 回シクロデキストリンシンポジウム (名古屋) 講演要旨集 P2-11、2023 年 9 月 20-21 日
- 91) 福山繭子, 小笠原正継 (2023) 能登半島北西部大福寺の変成溶結凝灰岩のジルコン U-Pb 年代: 飛騨帯新期花崗岩類および下部ジュラ系来馬層群との関係. 日本地質学会第 130 年学術大会
- 92) Abner Nghoongoloka, Ryohei Takahashi, Pearlyn Manalo, Andrea Agangi, Hinako Sato, Helke Mocke, Rob Howell (2023) Petrography and whole rock geochemistry of ore minerals from the Omatapati Cu-Ag prospect, Kaokoveld, Kunene region, Namibia. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.
- 93) K. Phili, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, P. C. Manalo, L. Mokane, T.B. Betsi, T. Kelepile and Z. B. Bagai (2023) Mineralogical and Geochemical Characterization of Gold Deposits of the Neoproterozoic Tati and Vumba Greenstone Belts of NE Botswana. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.
- 94) L. Mokane, A. Agangi, R. Takahashi, K. Phili (2023) Petrography and Mineralogical Characteristics of the White Pidgeon and Somerset Gold Deposits in the Vumba Greenstone Belt of Northeastern Botswana. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.
- 95) M. Intachai, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, P. Manalo, P. Charusiri and L. Tangwattananukul (2023) Mineralogy and geochemistry of the Pilok Sn-W deposit, Kanchanaburi, Thailand. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.
- 96) O.B. Soberano, R. Takahashi, S.M. Frias, A.V. Cirineo, P.C. Manalo and A. Agangi (2023) A textural, geochemical, and fluid inclusion study of quartz veins of the Hokuryu Au-Ag deposit, Hokkaido, Japan. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.
- 97) Ryota Mine, Pearlyn Manalo, Ryohei Takahashi, Nigel Blamey, Andrea Agangi, Hinako Sato, Akira Imai, Leo Subang, Mervin de los Santos, Rhyza Ruth Parcon-Calamohoy, Glenn Alburo (2023) Ore Mineral and fluid composition of the Florence Orebody, Lepanto Mine, Mankayan District, Northern Luzon, Philippines. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会.

- 98) Takahashi, K. Ito, N. Blamey, A. Agangi, P. Manalo, H. Sato and T. Suzuki (2023) Geochemical characteristics of the Nurukawa Kuroko deposit in the Hokuroku district, Akita, Japan. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 99) P. Manalo, R. Takahashi, A. Agangi, N. Blamey and A. Imai (2023) Mineral chemistry and fluid inclusion characteristics of enargite in the Northwest orebody, Lepanto, Mankayan, Philippines. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 100) P. Manalo, N. Noda, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, A. Perez, J. A. Gabo-Ratio and A. Imai (2023) Mineralogy and geochemistry of the Barlo volcanogenic massive sulfide deposit, Zambales, Philippines 2023. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 101) O. B. Soberano, R. Takahashi, S. M. Frias, P. Manalo, A. Agangi and H. Sato (2023) Textural, mineralogical and geochemical variation in the crustiform veins of the Hokuryu Au-Ag deposit, Hokkaido, Japan: Insights to ore forming conditions. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 102) K. Phili, R. Takahashi, A. Agangi, P. Manalo, H. Sato, N. Blamey, T. Bineli Betsi, Z. B. Bagai, L. Mokane and T. Kelepile (2023) Mineralogy, geochemistry, and fluid inclusion characteristics of the Neoarchean gold deposits in the Tati and Vumba Greenstone Belts of NE Botswana. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 103) L. Mokane, A. Agangi, R. Takahashi, P. Manalo, K. Phili, T. Bineli Betsi, T. Kelepile and Z. Bagai (2023) Mineralogical characteristics and paragenesis of gold mineralization in the White Pidgeon and Somerset gold deposits in the Vumba Greenstone Belt of northeastern Botswana. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 104) A. Nghoongoloka, R. Takahashi, P. Manalo, A. Agangi, H. Sato, H. Mocke, N. Blamey and R. Howell (2023) Characteristics of mineralization in the Omatapati copper-silver prospect, Kunene region, Namibia. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 105) S. Hilal, R. Takahashi, A. Agangi, P. Manalo, M. F. Rosana, H. Sato, A. Bari, S. Besari, B. Sutopo and E. Elbur (2023) Geological and geochemical properties of the Citugu prospect in Pongkor mine, West Java, Indonesia. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 106) H. Balmater, R. Takahashi, H. Sato, P. Manalo, A. Agangi, J. A. Gabo-Ratio and G.P. Yumul (2023) Nature of alkalic epithermal vein mineralization in Cordon, northern Luzon, Philippines. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 107) E. G. W. Suharjo, R. Takahashi, A. Agangi, Syafrizal, P. Manalo, M. S. Sugiharto and A. Murtono (2023) Mineralogical and geochemical signatures of the Batubesi Fe-Sn skarn deposit in Belitung Island, Indonesia. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 108) K. Phountong, R. Takahashi, A. Agangi, P. Manalo, P. Charusiri, L. Tangwattananukul and H. Sato (2023) Petrographic and geochemical characteristics of tungsten mineralization in breccias at the Doi Ngom deposit, northern Thailand. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 109) M. Intachai, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, P. Manalo, P. Charusiri and L. Tangwattananukul (2023) Characteristics of tin-tungsten mineralization of the Pilok deposit

in Kanchanaburi, Thailand. 資源地質学会第 72 回年会講演会.

- 110) R. Mine, P. Manalo, R. Takahashi, A. Agangi, H. Sato, A. Imai, N. Blamey, L. Subang, M. de los Santos, R. R. Parcon- Calamohoy and G. Alburo (2023) Ore mineralogy, geochemistry, and fluid inclusion characteristics of two vein types in the Florence orebody, Mankayan District, Philippines. 資源地質学会第 72 回年会講演会.
- 111) A. Didari, A. Agangi, R. Takahashi and P. Manalo (2023) Mineral texture and geochemical signature of massive sulfide at Matsumine mine, Akita, Japan. 資源地質学会第 72 回年会講演会.

(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) 福本倫久ほか：「あきた次世代エネルギーコンソーシアム」2023年10月10日 秋印（株）秋田港営業所
- 2) 吉村哲：「秋田県高エネルギー加速器技術研究会令和5年度第3回研究会」2024年3月19日 秋田大学
- 3) 吉村哲：日本素材物性学会令和5年度第1回研究会 2023年12月6日 秋田大学
- 4) 吉村哲：令和5年度秋田大学高大接続フォーラム「STEAM分野における高大接続教育」2023年10月27日 秋田大学
- 5) 吉村哲：令和5年度高大連携授業「物理現象を積極活用した高機能デバイス」2023年7月15日 秋田大学
- 6) 吉村哲：令和5年度秋田大学公開講座「物質科学への誘い」2023年7月8日 秋田大学
- 7) 加藤純雄ほか：理工学研究科、日本素材物性学会共催 子ども科学教室「ふしぎで楽しい化学実験」2023年12月26日 秋田大学
- 8) 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」2023年10月14日 北秋田市立鷹巣中学校体育館
- 9) 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 「大館・北秋田理科研究発表会 ワクワク子ども科学教室」2023年9月9日 大館市立有浦小学校
- 10) Manuel Nopeia：Society of Economic Geologists、Podcast about Artisanal Mining – Building Geoscience Capacity with Collaboration、October 12, 2023 Online

②特許登録

No.	発明（考案）者	発明・考案の名称	登録番号
1	松本和也、寺境光俊	組成物および成形品	ZL201980082929.4
2	松本和也、寺境光俊	組成物および成形品	US 11,873,389
3	佐藤祐一、齋藤嘉一	窒化物半導体の結晶基板の製造方法及び窒化物半導体の結晶基板	特許第7406790号
4	福本倫久、原基	合金材およびその製造方法	特許第7362067号
5	福本倫久	合金材およびその製造方法	特許第7423002号

* 取得済み特許のみ掲載

③受賞等

- 1) 優秀ポスター賞：物理選別等の技術を用いた自動車シュレッダーダストの製錬炉石炭代替燃料化，北岡駿一，川村茂，芳賀一寿，高崎康志，柴山敦，環境資源工学会第 141 回学術講演会
- 2) 優秀ポスター賞（銅賞）：もみ殻からの炭素とシリカの浮選条件の検討，小島駿吾，芳賀一寿，柴山敦，中安祐太，阿部博弥，資源・素材学会 東北支部 2023（令和 5）年度 春季大会
- 3) 令和 5 年度化学系学協会東北大会 Green Chemistry Award for Best Poster 石田紘平（寺境光俊・松本和也）
- 4) WILEY Top Cited Article 2021-2022 (in ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN) (Challenges toward development of rear-earth free FeCo based permanent magnet) 長谷川崇
- 5) WILEY Top Downloaded Article 2021 (in ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN) (Challenges toward development of rear-earth free FeCo based permanent magnet) 長谷川崇
- 6) 日本磁気学会 MSJ 論文奨励賞（日本磁気学会論文特集号 Vol. 7, No. 1, p.p. 16～21 (2023)「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（村上知優，長谷川崇）」）
- 7) 腐食防食学会東北支部奨励賞 福本 倫久ほか
- 8) 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 2023 年度学生奨励賞，「強磁性・強誘電 (Bi,La)(Fe_yM_{1-y})O₃(M=Ni or Co or (Ni,Co))薄膜の磁気・誘電特性に及ぼす B サイトの置換元素および置換量の効果」 鈴木悠太（吉村哲）
- 9) 第 22 回日本金属学会東北支部研究発表大会 優秀ポスター賞「希土類正 20 面体クラスター構造をもつ Ga-Pd-Tb 系近似結晶の合成」，関遼太，ユヘリン，肖英紀
- 10) 第 22 回日本金属学会東北支部研究発表大会 優秀ポスター賞「メカニカルアロイングによる B20 型遷移金属モノゲルマニドの合成」，市瀬智也，船津和哉，肖英紀
- 11) Best Paper Award (Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Hinako Sato, and Pearlyn Manalo), Cooperative International-Network for Earth Science and Technology, December 1st 2023.
- 12) 2023 年度日本ソノケミストリー学会論文賞，日本ソノケミストリー学会（2023）田中康之，大川浩一，加藤貴宏，菅原勝康

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6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。さらにヘリウムガスをはじめとする消耗品や修理費の価格高騰や交換部品の供給終了等もあり、ついに今年度、NMR、MALDI-TOF、ガス吸着分析装置、HPLC等の維持を断念した。一方で、いまだに健全に稼働し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（年間使用時間が200時間を超えた）のは、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 EDSの制御用PCの修理、XPS電源部の修理、原子吸光分析装置の焼損光源の交換があった。故障個所の特定や修理の手配に時間がかかったケースがあり、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。そして、各機器の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、そして極めて高い稼働率の高機能性な機器も導入から5年以上経過し、経年劣化や消耗部品の寿命による機能低下、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。特に大きな更新として、導入から20年間以上ずっと使用頻度が極めて高かった液体窒素製造装置である。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た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いた。そこで令和4年度の末に、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。この新装置の導入および稼働により、そして旧装置の引き続きのメンテナンスしながらの稼働により、令和5年度には2650リットルの使用があり、滞りなく利用希望者に供給することができた。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・振動試料型磁力計については、オーバーホールや対物レンズの調整・付属の高額消耗品の購入、などを行った。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、一昨年度のメンテナンス以降の頻繁な見回りチェック等により、安定して稼働させることができた。一方、これまで使用頻度が極めて高かったICP発光分光分析装置については、毎年の修理でもって稼働させてきたが、交換すべき部品の生産中止などもあり、修理および稼働が厳しい状況になっている。本装置の更新に向けて学内外への働きかけを行っている。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、ナノ粒子粒径解析/ゼータ電位計、多目的X線回折装置、金属分散度測定装置、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いた。

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。また何年も前から、学内教員の研究推進を目的として実験スペース貸出（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。令和5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	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
2	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
3	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
4	フレイム/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
5	元素分析装置	(株)システムズエンジニアリング	CE-440
6	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置 (600MHz)	日本電子(株)	JNM-ECA600 FT-NMR
7	X線光電子分光分析装置	島津製作所	AXIS-ULTRA
8	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
9	水銀ポロシメータ	ThermoFinnigan	pascal 140型240型
10	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
11	光散乱GPC分子量測定装置	昭光	DOWN HELEOS II 8 ほか
12	テラヘルツ分光測定装置	(株)テラヘルツ研究所	TSS- II GM
13	比表面積・細孔径分布測定装置	日本ベル(株)	BELSORP-miniII
14	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	日本ベル(株)	BELCAT-B AGAS (ガス導入口7ライン)
15	リアルタイムPCRシステム	タカラバイオ(株)	MRQ TP960AB
16	マルチラベルカウンター	TECAN	M200PRO_FAL-TBT
17	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	東機産業(株)	TVB-10M (Lアダプタ付き)
18	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
19	共焦点レーザー顕微鏡	オリンパス	FV1000/1X81-S (分光)仕様
20	バイオクリーンベンチ	三洋	バイオクリーンベンチMCVー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5年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
1	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
2	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	568
3	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	0
4	フレーム/ファーンズ高分解能連続光源原子吸光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,058	173
5	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	91
6	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	松本 和也	3,931	0
7	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	251
8	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	40
9	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	11
10	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
11	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	306
12	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	234
13	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	700
14	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	162	537
15	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	51
16	マルチラベルカウンタ	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本 敦	313	1
17	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	54	0
18	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
19	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
20	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스코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		NanoNaviII/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	ディスク型手動粉砕機	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	堅型粉砕機	(株)オリエント	VM-20
16	ロール型磁選機	日本エリーズマグネチックス(株)	RE-05
17	空気テーブル	ジュイテック(株)	V-135E
18	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
19	湿式粉砕機(アトライタ)	三井鉱山(株)	MA01SC型
20	卓上型高周波ビードサンプラー	(株)リガク	AK
21	ICP発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS5510
22	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
23	紫外可視近赤外分光光度計	(株)島津製作所	UV-3600
24	蛍光X線分光分析装置	(株)リガク	Primini
25	イオンクロマトグラフ	米国ダイオネクス社	ICS-3000型
26	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）
27	金属分散度測定装置	日本ベル(株)	BEL-METAL-1SPAI

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカー	型 式
28	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
29	Agilent 630 FT-IR システム	アジレント・テクノロジー(株)	630 FT-IR
30	直流安定化電源	日本電計(株)	GP0500-30R
31	卓上型0.2Lオートクレーブ	日東高圧	HC-276 20MPa
32	粒度分布測定装置	日機装(株)	MT3300EX-SDU
33	示差熱天秤	(株)リガク	THERMO PLUS2
34	多層構造膜作製装置	トッキ(株)	SPM-506
35	多元合金膜作製装置	トッキ(株)	SPM-406
36	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	
37	液体窒素製造装置	アルバック社 アルバック社	NL-300 EMP-14/GN-10i
38	純水製造装置	(株)東洋製作所	RFD210PA
39	蒸留水製造装置	(株)アドバンテック	RFD240NA
40	超純水製造装置	(株)アドバンテック	RFU464CA
41	微小空間組織構造評価装置	日本電子(株)	JSM-7800F
42	走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-5900LV
43	カーボンコーティング装置	日本電子(株)	JEC-520
44	イオンコーティング装置	日本電子(株)	JFC1600
45	電界放射型走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-6701F
46	薄膜X線回折装置	リガク(株)	RINT IN-PLANE
47	粉末XRD測定装置	リガク(株)	RINT2000
48	多目的X線回折装置	ブルカーエイエックスエス(株)	D8ADVANCE
49	高感度磁化測定装置	(株)オプティマ	2900-04
50	振動試料型磁力計	東英工業(株)	VSM-5型
51	磁気カー効果測定装置	ネオアーク(株)	BH-786P-AP
52	高真空熱処理装置	(株)真空理工	VHC-P45C-S
53	高温熱処理装置	トキコナガノ(株)	NEWTONIAN® Pascal-40
54	均温熱処理装置	サーモ理工	GFA430VN
55	PCRサーマルサイクラー	タカラバイオ(株)	TP600
56	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5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	27
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	115
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	22
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	71
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	173
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	0
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	167 (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	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
16	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
17	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
18	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
19	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
20	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

No.	設 備 名 一 覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和5年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
21	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	0
22	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	19
23	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	92
24	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	101 (個)
25	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	817
26	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
27	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	99
28	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	115
29	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	1
30	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
31	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
32	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	16
33	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
34	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	10 (日)
35	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)
36	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	144 (日)
37	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	2646 (L)
38	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	34 (L)
39	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
40	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

No.	設 備 名 一 覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和5年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
41	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	897
42	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	42
43	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
44	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	66 (回)
45	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	14
46	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	393
47	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	725
	粉末XRD測定装置RINT2000印刷代		吉村 哲	10	2 (枚)
48	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	136
49	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
50	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	826
51	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	80
52	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	11
53	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
54	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	0
55	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
56	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	23 (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/>