



秋田大学

秋田大学

地方創生センター

令和3年度年報

*Akita University*

*Center for Regional Revitalization in Research and Education*

*Annual Report 2021.4 - 2022.3*



# 令和3年度 秋田大学地方創生センター 目 次

1. センター長挨拶（巻頭言）	3
2. 地方創生センター運営会議及び専門委員会等の構成	4
3. 地域協働・防災部門	6
(1) 地域連携事業・地域防災事業	
(2) 社会貢献事業	
(3) 地域課題の解決を目指した学生自主プロジェクト	
(4) 専任教員業務	
4. 地域産業研究部門	23
(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	89
(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	93
(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	246
(1) 設備管理専門委員会報告	
(2) 地方創生センター1号館	
① 研究設備一覧	
② 研究設備利用実績	
(3) 地方創生センター2号館	
① 機器設備一覧	
② 機器設備利用実績	





# 1. センター長挨拶（巻頭言）

令和4年度 地方創生センター長 尾野 恭 一

「地方創生センター」は、地域協働と地域防災を主たる役割として平成23年度に発足し、平成28年度に「ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー」「ベンチャーインキュベーションセンター」などの部署を統合する形で、「地域協働・防災部門」と「地域産業研究部門」の2部門からなるセンターとして改編されました。地方創生に取り組む地（知）の拠点大学として、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ています。

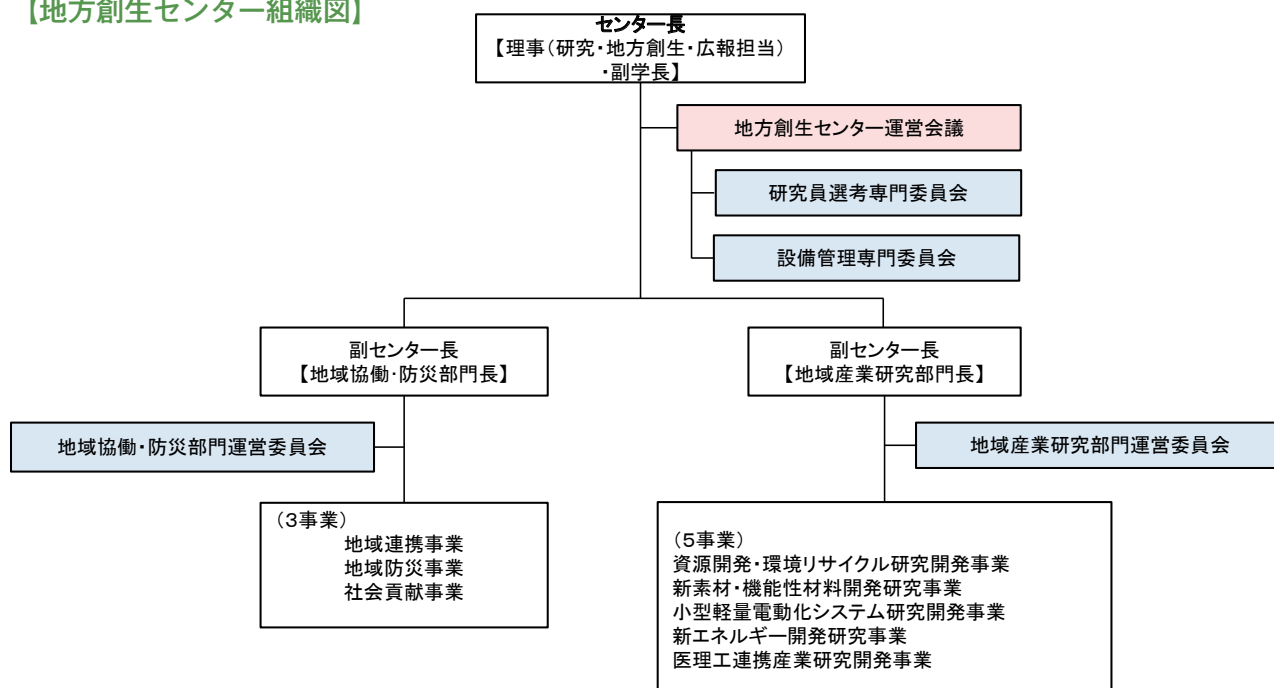
秋田県は全国で最も急速に人口が減少し、少子高齢化が進んでいる地域です。人口減少や少子高齢化によって縮小傾向にある秋田県の産業振興のため、「地域産業研究部門」では、大学の最先端の研究成果を活かして地域に新たな産業を創出することが目標となります。本部門では秋田県が掲げる将来構想と連携した地域産業の振興、活性化に貢献できるよう、「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」「新素材・機能性材料開発研究事業」「小型軽量電動化システム研究開発事業」「新エネルギー開発研究事業」、および「医理工連携産業研究開発事業」の5つの分野で研究開発・地域産業化事業を進めています。

一方、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るのが「地域協働・防災部門」です。大学の教育機能が果たす最大の役割は、地域で活躍できる人材を養成して送り出すことです。そのためには、地域の現場に学生を送り出し、地域の方々との協働を体験するということが重要な要素となります。若い学生の力を求める地域のニーズと、学生教育の必要性との橋渡しですが、この部門の大きな役割となっております。また、教育機能に関しては、地域の人々に対する啓発という側面も重要です。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、小中学生を対象とした防災教育、高齢者の健康管理支援、交流人口の拡大支援、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おります。

本報告書は、令和3年度に地方創生センターが行なったさまざまな活動内容をまとめたものとなっております。昨今の新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け、一部の事業は活動の中止や規模の縮小を余儀なくされ、webによる講演会や会議を併用したことによりご不便をおかけした点多々あったかと思いますが、開かれた大学として地域のための活動に尽力してまいりますので、今後ともご支援の程よろしくお願い申し上げます。

## 2. 地方創生センター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
◎倉 林 徹	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・防災部門長）
田 島 克 文	地方創生センター副センター長（地域産業研究部門長）
三 宅 良 美	国際資源学研究所 教授
林 良 雄	教育文化学部 教授
岡 田 恭 司	医学系研究科 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
柴 山 敦	産学官連携シニアコーディネータ 国際資源学研究所 教授

◎は議長

### 【地域協働・防災部門運営委員会】

氏名	職名等
◎白 木 智 昭	地域協働・防災部門長
水 田 敏 彦	地方創生センター 教授
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
寺 境 光 俊	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
◎倉 林 徹	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・防災部門長）
田 島 克 文	地方創生センター副センター長（地域産業研究部門長）
水 田 敏 彦	地方創生センター 教授
柴 山 敦	国際資源学研究科 教授
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・防災部門

#### (1) 地域連携事業・地域防災事業 秋田県との連携事業

##### 「学校安全外部指導者派遣事業」における出前講義

主 催 秋田県教育委員会  
共 催 地方創生センター  
講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦

実施日・場所・参加者 全6校園 計370名

9月29日	西仙北高等学校	10月 6日	ウェルビューいずみこども園
10月27日	横手清陵学院高等学校	10月27日	横手清陵学院中学校
12月 9日	秋田聖徳会第二ルンビニ園	12月16日	秋田大学教育文化学部附属特別支援学校

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

##### 「自主防災組織育成指導者研修会」における出前講義

主 催 秋田県  
共 催 地方創生センター  
講 師 地方創生センター 教授 水田敏彦

実施日・場所・参加者 全5市 計190名

11月19日	由利本荘市	11月20日	横手市（西成瀬地区）
11月24日	湯沢市	12月11日	横手市（増田地区）
12月14日	大仙市		

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

## How To 海外留学リモート座談会

主 催 秋田大学  
協 力 秋田県教育委員会  
実 施 日 令和3年12月15日（水）  
対 象 校 大館国際情報学院高等学校、能代松陽高等学校、  
秋田南高等学校、由利高等学校、  
横手清陵学院高等学校



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

## 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 大館市立東中学校、同 北陽中学校  
後 援 大館市教育委員会  
実 施 日 令和3年9月1日（水）、9月9日（木）  
会 場 大館市立東中学校体育館、同 北陽中学校体育館  
参 加 者 東中学校生徒 347名、北陽中学校生徒 156名

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





## ワクワク子ども科学教室

共 催 北秋田分校、大館北秋田理科教育研究会

実 施 日 令和3年10月23日（土）

会 場 大館市立有浦小学校体育館

参 加 者 児童生徒約30名、保護者約40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。

令和3年度は新型コロナウイルス感染症防止の観点から、体育館のステージを利用した実験ショー形式で実施した。



## 北秋田市との連携事業

### おもしろ理科実験教室

主 催 北秋田分校、北秋田市教育委員会

実 施 日 令和3年10月16日（土）

会 場 北秋田市立鷹巣中学校体育館

参 加 者 児童生徒約50名、保護者約40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。

令和3年度は新型コロナウイルス感染症防止の観点から、体育館のステージを利用した実験ショー形式で実施した。



## 「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3年12月25日（土）  
会場 鷹巣体育館  
講師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
教授 岡田恭司、講師 齊藤 明、  
助教 江畑 萌  
看護学講座  
准教授 大高 麻衣子  
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 28名、  
保護者・指導者 25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。



## 三種町との連携事業

### 秋大医学部 三種とつながり隊カフェ

主催 医学系研究科附属地域包括ケア・介護予防研修センター  
地方創生センター  
協力 三種町  
実施日 令和3年12月11日（土）  
会場 砂丘温泉 ゆめろん  
参加者 医学部学生16名（医学科3名、保健学科13名）  
三種町医療・保健・福祉関係者 3名

本学医学部学生（医学科・保健学科3専攻各5名程度を基本とする）が県内各市町村に出向き、地域の保健医療関係者や地域住民と交流し、地域及び集まったメンバーとのつながりを強化することにより、地域の課題・ニーズ・医療職に期待されていることを知る機会をつくることを目的に開催。令和3年度も前年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症の影響もあり、日帰りでの開催となったが、トークカフェを行い、関係者との交流を深めた。

また、地域を知るためのミニツアーでは「絵巻寿司作り」を体験するなど、三種町を知る貴重な体験をすることが出来た。



## 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、探究心を育ていこうと、平成26年度から開催している。

※令和3年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から開催中止とした。

### 男鹿市児童生徒の秋田大学医学部訪問

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

実施日 7月頃

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

※令和3年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から開催中止とした。

### セルフケア講座

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市

実施日 令和3年8月4日（水）～令和3年10月13日（水）  
【計5回】

会 場 入道崎公民館、台島公民館

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

令和3年度においては、感染症拡大予防のため、大学から講師が指導するリモート方式により行った。



### 男鹿市中学校での学習講演会

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会

実施日 令和3年9月13日（月）、16日（木）

会 場 男鹿東中学校、男鹿南中学校、男鹿北中学校、  
潟西中学校

中学3年生の学習意欲を喚起するとともに、将来の自分の姿を見据えた学校生活を送ることができるように、男鹿市内の中学校において学習講演会を開催した。男鹿市出身の本学学生が講師となり、「夢に向かって努力することの大切さ」をテーマに講演を行った。





## 秋田大学防災教室「防災マップづくり」 at 払戸小学校

主 催 地方創生センター  
共 催 男鹿なまはげ分校  
実 施 日 令和3年9月15日（火）  
会 場 男鹿市立払戸小学校  
講 師 岡山理科大学理学部 教授 鎌滝孝信  
参 加 者 15名



通学路や遊び場などの危険箇所・避難箇所等を記載する「防災マップ」を児童・生徒自らが作成し、地震等の自然災害が発生した場合に最も安全なルートを自らが選択して避難できるようになることを目的として実施している。

男鹿市立払戸小学校では、4年生を対象に実施し、鎌滝教授がオンラインにて防災ウォーキングやマップづくり等の指導・助言を行った。

## ニコニコ体操塾

主 催 男鹿なまはげ分校、  
男鹿市ニコニコ元気アップ体操クラブ  
実 施 日 毎週水、木、金曜日  
会 場 若美公民館、船川北公民館、船川港公民館

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



令和3年度は、11～12月において、地域防災部門と連携して、身近な地域で発生した過去の災害について学び、防災意識の高揚につなげることを目的として、Zoomを利用したリモート防災教室も行った。

## 中学準備教室

主 催 男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会  
開催時期 3月

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

※令和3年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から開催中止とした。

## 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3年11月21日（日）  
会場 由利本荘総合防災公園  
          ナイスアリーナ屋根付きグラウンド  
講師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
          教授 岡田恭司、講師 齊藤明  
          看護学講座  
          准教授 大高麻衣子  
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 38名、  
          保護者・指導者 30名

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



## にかほ市との連携事業

### にかほ市中学校での学習講演会

主催 男鹿なまはげ分校、にかほ市教育委員会  
実施日 令和3年9月17日（金）、22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3年11月27日（土）  
第2回は新型コロナウイルス感染拡大予防のため中止  
会場 大仙市神岡中央公園 嶽ドーム  
講師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
教授 岡田恭司、講師 齊藤明、  
助教 照井佳乃  
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 65名、  
保護者・指導者 40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。



## 美郷町との連携事業

### 秋田大学防災教室 in 美郷町

- 主催 地方創生センター  
共催 美郷町  
実施日 令和3年11月6日（土）  
会場 オンライン  
講師 地方創生センター 教授 水田敏彦  
岡山理科大学理学部 教授 鎌滝孝信  
参加者 20名

秋田県内で過去に発生した地震等の災害に関する講義を通じて、美郷町における防災を考えることとし、身近な地域で発生した過去の災害について学び防災意識の高揚につなげることを目的として開催した。

前年度に引き続き、令和3年度も新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から、オンラインにて講義を行った。





## 横手市との連携事業

### 市民向け公開講座「あたまスッキリ☆コグニサイズ」

主 催 地方創生センター、横手分校  
実 施 日 令和3年9月25日（土）～11月6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  
教授 中村順子、准教授 上村佐知子、  
講師 久米裕、助教 津軽谷恵、藤田智恵

参加者 21名

「コグニサイズ」とは、軽い運動と計算やしりとりなどの認知課題を組み合わせたエクササイズのことで、認知症予防の解説や、日常生活で実践できるストレッチ・筋トレを実践形式で行った。



### 市民向け公開講座「症状のない病気『骨粗鬆症』」

主 催 地方創生センター、横手分校  
実 施 日 令和3年10月15日（金）  
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  
教授 岡田恭司、講師 齊藤明、  
助教 照井佳乃

参加者 25名

高齢者の骨折を引き起こす骨粗鬆症を取り上げ、年齢を重ねても骨を丈夫に保つための予防法を解説する講座を実施した。症状や薬による治療、食生活についての講義と、無理なく出来る運動の実技を併せて行った。



### 秋田大学オフィシャルいぶりがっこ「いぶりばでい」づくり

主 催 横手分校  
協 力 農家民宿三又長右衛門 高橋暁氏、高橋篤子氏  
実 施 日 令和3年11月～令和4年2月  
参加者 秋田大学生8名

平成21年度～23年度「秋田大学オフィシャルいぶりがっこ製造プロジェクト」から誕生した本学オリジナルのいぶりがっこ「いぶりばでい」づくりを継続して活動をしている。令和3年度は大根の漬込みと製品化作業の活動を行った。



## メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト in 横手

主 催 地方創生センター  
共 催 横手市  
実 施 日 令和3年12月22日（水）  
会 場 横手セントラルホテル  
カフェマスター 医学系研究科長 尾野恭一  
講 師 医学部保健学科  
講師 利緑  
高齢者医療先端研究センター  
特任助教 小玉鮎人

参 加 者 33名

横手市民を対象に「高齢社会を明るく元気に生きる」をテーマに講演会を横手市と共催で開催した。カフェ形式のくつろいだ雰囲気の中、尾野カフェマスターの進行のもと、医学や健康について医学部保健学科と高齢者医療先端研究センターの2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行い、その後、参加者と精力的に意見交換を行った。



## (2) 社会貢献事業 公開講座

開 講 数：6講座  
総受講者数：301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	防災・減災に資する 土木環境工学 (オンライン)	7月15日(木) 7月16日(金)	理工学部 教授 後藤文彦 教授 徳重英信 准教授 荻野俊寛 准教授 日野智 准教授 渡辺一也 助教 網田和宏	36	構造力学、水理学、土質工学、土木計画学、コンクリート工学、環境保全工学といった土木の基礎を土台に、これまで明らかにされたこと、および最新状況を学び、災害に強い街づくりやインフラ整備、防災、復興など、社会に必要とされる技術について分かりやすく解説しました。
2	地球46億年の 歴史を探る (オンライン)	8月21日(土) 8月28日(土) 9月4日(土)	国際資源学部 教授 アンドレア アガンジ 教授 渡辺寧 准教授 越後拓也 准教授 山崎誠 助教 青木翔吾 助教 星出隆志	34	地球46億年の歴史の中で、生命や鉱物、岩石はどのような進化を遂げてきたのか？そんな地球科学のダイナミズムと面白さを、分かりやすくお伝えしました。
3	治験・臨床試験って ナニ？ 薬が手元に届くまで！ (オンライン)	9月11日(土) 10月2日(土)	医学部医学科 教授 三島和夫 准教授 成田伸太郎 医学部臨床研究支援センター 臨床試験コーディネーター 三浦操 臨床試験コーディネーター 高橋さおり	53	治験・臨床試験の必要性を伝え、さらに精神科、泌尿器科を専門とする教員から各分野の新しい薬や治験評価プロセスに関する説明と、現在本学で行われている治験を紹介し、知識を深める機会としました。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内 容
4	百年戦争における戦場の攻防 ～英仏両王からペスト そしてジャンヌ・ダルク～ (オンライン)	10月14日(木) 10月28日(木) 11月11日(木) 11月25日(木) 12月9日(木)	教育部科学部 准教授 佐藤猛	133	百年戦争には、英仏両国の力関係だけではなく、兵法や武器の発達、信仰や経済の変動という長期的な変化とともに、ペスト大流行などの偶発的な事件が絡んでいました。戦場の攻防というテーマから、時代を画した百年戦争について共に考える機会を提供しました。
5	これからの秋田を考える ～秋田大学の新たな取り組み～ (オンライン)	12月12日(日) 12月19日(日)	電動化システム共同研究センター センター長 榑純一 自殺予防総合研究センター 副センター長 佐々木久長 先進ヘルスケア工学院 工学院院长 水戸部一孝 医学部附属病院高度救命救急センター センター長 中永士師明 医学部附属病院がんゲノム診察センター センター長 柴田浩行	23	秋田大学では新型コロナウイルス収束後の世界の将来を展望し、高齢社会における健康寿命延命やAIの活用といった新しい社会に順応できる人材を育成するため、教育・研究環境の機能強化を行い、令和3年度にセンター等を新規設置しました。これらにおける研究・診療活動を紹介し、その取り組みを通じて、これからの社会について共に考える機会を提供しました。
6	コロナ時代を乗り越える (オンライン)	12月19日(日) 12月25日(土)	自殺予防総合研究センター 副センター長 佐々木久長 教育文化学部 教授 柴田健 医学部医学科 教授 野村恭子 医学部附属病院 准教授 嵯峨知生	22	新型コロナウイルス感染症により私たちの社会は医療・教育・地域経済をはじめ、様々な分野において大きな影響を受けることとなりました。コロナ禍を乗り越えるヒントを、医療や心のケアを専門とする講師と共に考える機会を提供しました。

## 大学見学受入

### ●事業内容

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

※令和3年度は新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から受入中止

## 子ども見学デー

### 秋田大学オンライン子ども見学デー ～おうちで学ぼう！じっくり学ぼう！～

小学生とその保護者を対象として、夏休みの間に大学内の見学や様々な体験学習を通して大学に対する関心を深めてもらうことを目的とし、平成16年度から継続実施している。令和3年度はコロナウイルス感染拡大防止のためオンラインにて実施し、103家族が参加した。

## 防災パネル展

### 秋田大学地方創生センター企画展「防災パネル展」

主 催 地方創生センター

実施日・場所・参加者 全7会場 計120名程度

10月15日	横手市役所	10月16日	北秋田市立鷹巣中学校
10月23日	大館市立有浦小学校	10月23日	横手市役所
11月 6日	横手市役所	11月21日	由利本荘アリーナ
11月27日	大仙市神岡中央公園獄ドーム		

地方創生センターでの防災事業の取り組みを紹介するとともに、今後の災害に対する備えができるよう、来場者の防災意識の向上を目的として、地方創生センターで実施している理科実験教室や市民向け講座等のイベントに合わせて防災パネル展を開催した。





### (3) 地域課題の解決を目指した学生自主プロジェクト

#### 【趣旨・目的】

学生が、他者と協力しながらグループで活動することを通して、地域課題解決のために主体的に地域に目を向け、地域に触れ、そして地域の特性（特徴）を再認識するための活動を支援することで、地域に関わる学生の増加と、地域志向型人材の育成を通じた課題解決型人材の育成に寄与することを目的としている。令和3年度に採択されたプロジェクトは以下のとおり。

#### 「ほたるひめ・いぶりばでいプロジェクト」

プロジェクト代表者名：杉浦 紫花（教育文化学部4年）

指 導 教 員：カビール ムハムドゥル准教授（理工学研究科）

プロジェクト概要：秋田の特産物である米作り、いぶりがっこ作りの製品化までの一連の作業を行い、地域の人々や自然と触れ合うことを通じて、地域内外の交流人口を増加させ、実践の中で秋田の食文化や6次産業について学ぶことを目的とする。また、活動で得た成果物を大学内で販売し、秋田の魅力や自分たちの活動をより多くの人に知ってもらうことを目標にしている。

#### 「地域活性化プロジェクト」

プロジェクト代表者名：杉浦 紫花（教育文化学部4年）

指 導 教 員：篠原 秀一教授（教育文化学部）

プロジェクト概要：県内でも高齢化が進む藤里町、大仙市、北秋田市、男鹿市、能代市を活動拠点とし、地域を盛り上げていくことを目的に地域の行事に参加するなどして発見した魅力を地域外へ発信し、交流人口の増加や秋田県の魅力の認知向上を促すことを目標にしている。

## (4) 専任教員業務

### 地域防災専任教員

教授 水田 敏彦（みずた としひこ） 専門：地震工学・地震防災

## 調査・研究

教授 水田 敏彦

---

### (1) 秋田県の歴史地震に関する研究 [対象地域：秋田県]

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

○水田敏彦・鏡味洋史：1970.10.16秋田県南東部地震の被害に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第27巻、第67号、pp.1584-1589、2021.10

○水田敏彦：1964年新潟地震による新潟県以外の被害に関する広域的考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、CD-ROM、2021.9

○水田敏彦・鏡味洋史：弘戸小学校編『男鹿地震記』に記された1939年男鹿地震の震災の状況と対応、歴史地震研究会講演要旨集、pp.6、2021.9

○鏡味洋史・水田敏彦：1901年青森県東方沖地震の岩手・秋田の被害、東北地域災害科学研究、第58巻、pp.7-12、2022.3

### (2) 秋田市の地震動特性に関する研究 [対象地域：秋田市]

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

### (3) 積雪寒冷地の地震災害危険度・防災に関する研究 [対象地域：秋田県など]

積雪寒冷地における地震災害・防災の調査・分析を行った。

○水田敏彦・鏡味洋史：豪雪下で発生した2011年長野県北部地震の長野側地元紙信濃毎日新聞記事による雪に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第27巻、第66号、pp.1110-1115、2021.6

○水田敏彦・鏡味洋史：1918年大町地震の被害に関する文献調査—流行性感冒下での被害地震—、歴史地震、第36号、pp.43-55、2021.7

○水田敏彦・鏡味洋史：1925年北但馬地震直後の踏査報告の足跡をたどって、歴史地震、第36号、pp.75-88、2021.7

○鏡味洋史・水田敏彦：1927年北丹後地震直後の踏査報告の足跡をたどって、歴史地震研究会講演要旨集、pp.24、2021.9

○水田敏彦・鏡味洋史：1927年北丹後地震の大阪平野における被害に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第28巻、第68号、pp.539-544、2022.2

○水田敏彦・鏡味洋史：1931年岩手県小国地震の被害に関する文献調査、東北地域災害科学研究、第58巻、pp.1-6、2022.3

## 出前講義・講師派遣・講演会等

### センター事業（主催・共催・協力・後援）

	日付	内容	備考
1	9月15日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at（払戸小学校）	主催
2	11月6日	秋田大学防災教室 in 美郷町（防災巡検）	主催
3	10月15日 ～11月27日	防災パネル展	主催
4	11月4日 ～12月3日	ニコニコ体操塾 リモート防災教室	主催

### 教員免許更新講習

	日付	内容	備考
1	7月3日	教員免許更新講習（e-learning）	
2	7月31日	教員免許更新講習（e-learning）	
3	10月2日	教員免許更新講習（e-learning）	

### 学校安全外部指導者派遣事業

	日付	場所	備考
1	9月29日	西仙北高等学校	
2	10月6日	ウェルビューいずみ こども園	
3	10月27日	横手清陵学院高等学校	
4	10月27日	横手清陵学院中学校	
5	12月9日	秋田聖徳会第二ルンビニ園	
6	12月16日	秋田大学教育文化学部附属特別支援学校	

### 自主防災組織育成指導者研修会（講演）

	日付	場所	備考
1	11月19日	由利本荘市	
2	11月20日	横手市（西成瀬地区）	
3	11月24日	湯沢市	
4	12月11日	横手市（増田地区）	
5	12月14日	大仙市	

### 出前講義、講師派遣

	日付	内容	備考
1	7月1日	東北地区国立大学法人等施設担当部課長会議	
2	9月6日	令和3年度災害安全指導者研修会	
3	2月12日	防災シンポジウム	

## 委員会参加・指導・助言等

教授 水田 敏彦

---

秋田県学校安全推進委員会

秋田県地域連携安全・安心推進委員会

秋田県ジオパーク専門研究促進統括会

秋田県国民保護協議会

秋田県国土強靱化地域計画策定検討会議

秋田市防災会議

秋田市外旭川地区まちづくり事業パートナー選定プロポーザルアドバイザー

## 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3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

<p>予 算 額</p>	<table border="0"> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>850,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>0円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>1,150,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	850,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,150,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	850,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合 計	1,150,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>国際資源学研究科 柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、小川泰正、 木崎彰久、高崎康志、芳賀一寿 川村茂（秋田大学客員教授－DOWA寄附推進）</p>								
<p>目 的</p>	<p>秋田大学における資源・リサイクル・環境分野の研究力を活用し、鉱業関連技術や資源リサイクル、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する。特に、金属リサイクルや素材精製に関する新技術の開発を目指すほか、地中熱利用、田沢湖環境調査など、協力教員の協力を得て個別研究や地元関係機関等との共同研究・技術支援を推進する。さらに関連性の強い他研究グループや関係機関と連携を進め、研究活動の展開・拡充を進める。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>主な研究内容と成果等について リサイクル製錬技術の開発や県内資源等の有効利用に加え、環境調査や鉱業支援に関する調査研究を実施した。これら研究・調査活動に関しては、秋田県内企業等との連携や共同研究を実施したほか、県内フィールド等を利用することで成果の普及を視野に入れた研究を進めている。具体的な研究成果等を要約すると以下の通りである。</p> <p>(1) 使用済み電子基板のリサイクルと製錬技術開発 使用済み電子基板のリサイクルに関する研究では、過熱水蒸気を用いた基板からの部品剥離と臭素－ガラス繊維の分離、銅とスズの高効率回収の可能性を明らかにした。また、鉛-スズ溶湯を用い、電子基板を浸漬する新たなスズ回収技術の可能性を調査した。この鉛-スズ溶体浸漬法については、スズ回収率等において既存プロセスに比べ優位性があることを確認したことから特許出願を行っている。その他、亜鉛電解の省エネルギー化研究では、電極表面の処理と組織構造により電解電圧等の低減効果を確認した。</p> <p>(2) 地中熱の高効率利用と既存揚水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成 秋田市における地下水流動・熱輸送の広域モデルに秋田市内の各揚水井の揚水稼働データを入力し、揚水の稼働に伴う地下水流動を考慮したシミュレーションを行った。また、秋田市30地点で単一熱交換井モデルを用いて必要熱交換井の長さを推定後、必要長さの分布図を作成した。その結果、揚水井が集中する地域において必要熱交換井の長さが大幅に削減されることが推測された。</p> <p>(3) 秋田県内の鉱業および地質調査関係（レアメタル等資源評価） 休廃止鉱山でのレアメタル賦存状況を明らかにするために、秋田県全域での黒鉱鉱床、鉄脈鉱床の地質、形成年代、鉄化作用に関する調査研究を実施した。その結果、主要鉱床が形成された年代の違いや鉄化作用に与えた熱水の影響など複数の地質学的要因の可能性を確認した。</p> <p>(4) 秋田県内田沢湖等の環境調査 田沢湖湖水の循環機構の解明と過去7000年から現在までの気候変動の高精度化を行った。その結果、玉川温泉近傍の中和処理施設から玉川ダムの区間における玉川河川水のpH変化を実験室で再現することが可能となり、玉川由来の酸性化についてモデル的な検討を行った。</p> <p>(5) 秋田県内におけるスマートマイニング研究と鉱山管理および鉱業史研究 秋田県内の休廃止鉱山を活用し、スマートマイニング研究として地下坑内のモデリングおよび通信技術等に関する実証試験を行った。また、県内採石場における安全および環境管理に関する研究を行い、湧水管理を必要とする露天掘り採石場において、地下水位の年間変動を広域計測した。その他、鉱山史の研究成果を活かし、地元報道番組の制作協力や荒川鉱山の解説等を行った。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、温泉スケールのX-CT分析を行い、配管スケールのウォータージェット除去法に関する研究開発を進めている。</p>								



秋田大学  
Akita University

令和4年7月11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3年度事業報告 (研究成果・活動報告と令和4年度事業計画)

事業代表 柴山 敦 (国際資源学研究科)

1

## 資源開発・環境リサイクル研究開発事業

### 活動目的

資源・リサイクル・環境分野を中心に、地元産業や秋田県の特徴を生かした研究、あるいは県内事業所等の支援や技術交流に関する研究を行い、外部資金の獲得を含めた地域貢献型研究を推進する。

### 基幹・連携組織

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

### 協力教員(令和3年度研究推進メンバー)

国際資源学研究科 (11名)

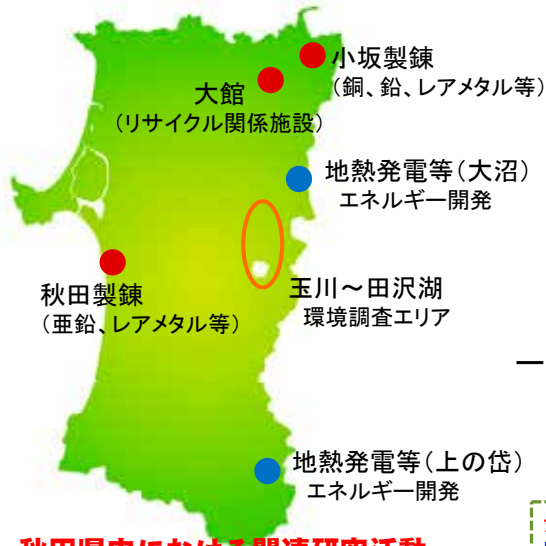
柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、高崎康志、  
芳賀一寿、木崎彰久、小川泰正、川村 茂 (客員教授)

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

2



## 秋田県内における資源開発・環境リサイクル研究の位置付け



### これまでの秋田県の実績と関係活動

- ◆ 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

【秋田県でリサイクルできる金属】

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

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

3

### 秋田県内における関連研究活動

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

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

## 資源開発・環境リサイクル研究開発事業

# 主な研究テーマ

### 研究員・協力教員等を中心とした主な個別研究活動

### 秋田県内の産業支援・技術展開を目指した研究

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

### 秋田県内の環境・資源調査型研究

- 秋田県内のレアメタル等資源評価に関する研究
- 田沢湖の環境修復と玉川温泉水の影響考察  
～玉川水系の特徴と酸性化要因に関する調査

本日の発表内容(概要報告含む)

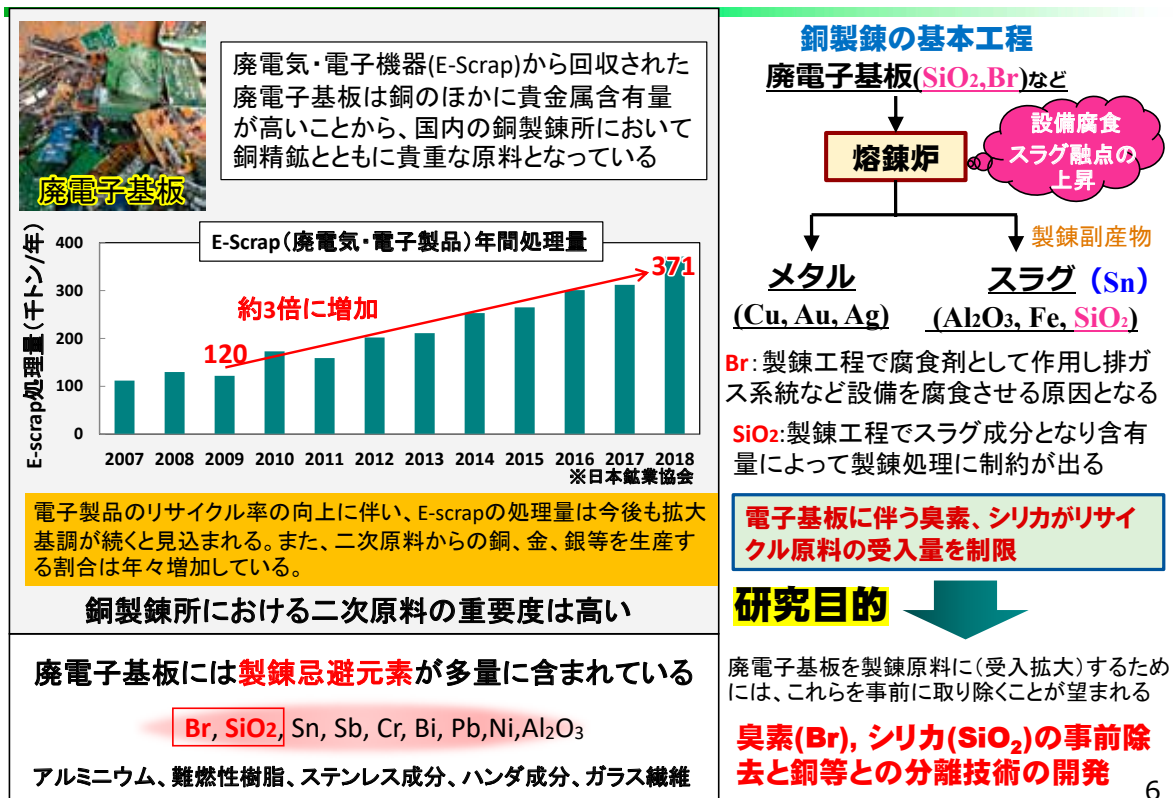
4

# 秋田県の産業支援・ 技術展開を目指した研究

- 使用済み電子基板等(都市鉱山)を対象とするリサイクル製錬技術の開発
- 地中熱利用システムの高効率化に関する研究  
～既存揚水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成～
- 秋田の鉱山管理と鉱業史研究に関する調査・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

## 基板リサイクルの現状と課題 ～製錬忌避元素と受入量制限など～



6



# 都市鉱山を対象とするリサイクル製錬技術の開発

国際資源学研究所 柴山敦・川村茂・高崎康志・芳賀一寿

年間約20,000tを処理

廃電子基板(リサイクル原料)  
(銅10%やスズ3%など多くの有用金属を含む)



県内で約20種類の元素を回収可能

秋田県は国内有数のリサイクル拠点



課題③: 製錬忌避元素等に伴う受入量の制限  
(銅の事前回収、シリカ除去等)

課題②: 不純物による設備腐食など(臭素等の除去)

課題①: 回収できない金属はスラグ等(副産物)に分配  
(スズ等の回収)

## リサイクル製錬技術の課題解決に向けて

平成29年度～令和2年度の主な研究

令和1(2019)～3(2021)年度  
廃電子基板中臭素の除去  
銅・シリカ除去条件の最適化  
⇒ 比較的低温での臭素分離  
銅・シリカの分離が可能

平成30(2018)年度  
廃電子基板中臭素の除去  
銅・シリカの前処理分離の検討  
⇒ 臭素を90%以上除去可能

平成29(2017)年度  
未回収スズの分離回収  
プロセス開発(物理選別+一部条件限定)  
⇒ スズ回収率70%を達成



関連研究における外部資金獲得状況(令和3年度): 科研費および共同研究など計4件

7

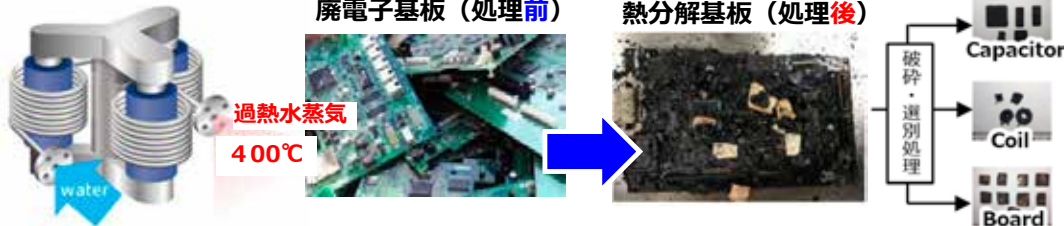
# 新たな基板リサイクルに向けて 令和3年度までの研究実績(一部既報)

目標 低温熱処理による基板からの脱臭素、部品の剥離性向上(エネルギー削減)

## 低エネルギー消費型「リサイクル製錬技術」の開発

過熱水蒸気を用いて短時間で基板を炭化し脆化させることで部品剥離性を評価

過熱蒸気の発生・吹付

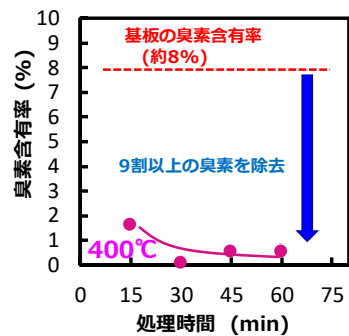


### 過熱水蒸気の特徴、熱分解の結果

- ① 過熱蒸気とは、100℃以上に加熱した水蒸気で蒸発潜熱に起因した非常に高いエネルギーを持った気体。(顕熱は加熱空気の約10倍)
- ② 熱伝導性に優れ、ほぼ無酸素の不活性雰囲気での処理が可能。
- ③ 過熱蒸気による直接加熱が可能なので均熱域が広い。

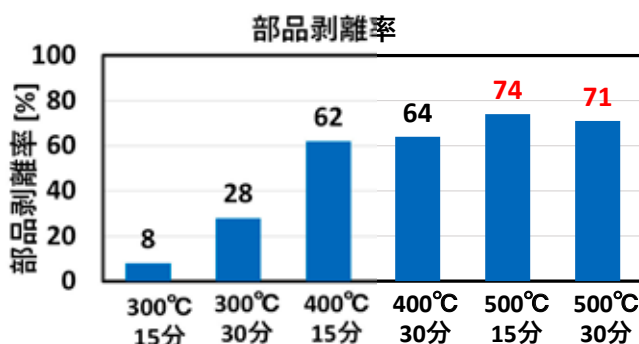
脱臭素の目標: 基板中残留量1%以下(低温での試験を継続)

主な調査内容 熱処理温度の影響、電子基板中の臭素除去、部品剥離性とガラス繊維等の分離・除去



8

# 熱分解後基板の部品剥離性試験結果



$$\text{部品剥離率(\%)} = \frac{(\text{試験前後の部品の変化数(個)})}{(\text{試験前の部品数(個)})} \times 100$$

- ✓ 高い温度で熱分解試験を行った基板ほど部品剥離率が上昇した。
- ✓ 500°Cで熱分解試験を行った基板で、70%以上の高い剥離率を達成することができた。

今後の計画等：過熱水蒸気（熱分解）＋低エネルギー型前処理技術の開発

9

## 新プロセス開発 鉛スズ溶体を用いた浸漬法による廃電子基板からのスズ回収

### 背景・目的

#### ◆Snの用途

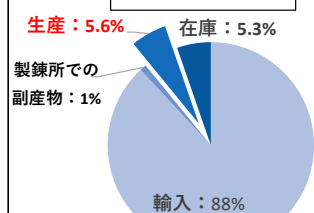
はんだ(50%以上を占める)

→近年は、鉛フリーはんだへ移行  
ブリキ、ITO、化成品 など

廃電子基板  
貴金属の含有率が高く、  
非鉄金属製錬において  
重要な原料



#### 国内のSnの供給状況

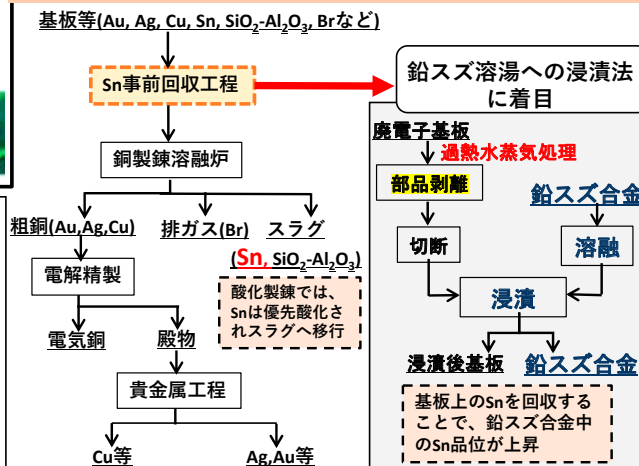


◆Snの供給状況  
輸入 88%  
国内 5.6%

国内でのリサイクル率は約8%  
\*JOGMEC 鉱物資源マテリアルフロー-2019

\*資源エネルギー庁鉱物資源課非鉄金属等需給動態統計(2019)

### 銅製錬の一般的な回収工程と本研究が目的とする新たな回収フロー



- 国内のSnリサイクル率は極めて低い。
- 基板は銅製錬処理が主体であり銅、貴金属、レアメタルなどを回収するのが目的。
- 銅溶錬は酸化が主体。大部分のSnがスラグへ移行する。

Sn回収率の向上

銅製錬炉へ投入する前に基板から直接Snを回収したい

### 目的

鉛スズ合金を用いた浸漬試験により、廃電子基板からSnを直接回収する

### 目標

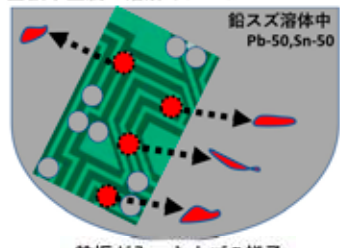
1. 浸漬法の最適化の検討
2. ①基板からのSn事前回収率70%以上  
②鉛スズ合金中のSn含有率3%上昇

**試験1 基礎試験**

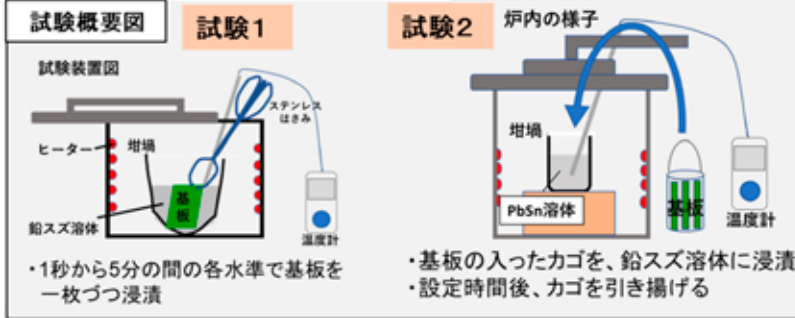
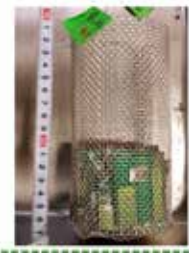
**試験2 スケールアップ試験**

はんだ種	Pb系はんだ基板	Sn系はんだ基板	Pb系はんだ基板	Sn系はんだ基板
溶体温度	220℃(±10℃)	250℃(±10℃)	220~250℃	
浸漬時間	1s, 2s, 3s, 5s, 7s, 10s, 15s, 30s, 1min, 3min, 5min		20min/回 (1回20分とし、計3回浸漬)	
基板枚数	1枚		350~400g程度	

**基板中金属の溶解イメージ**



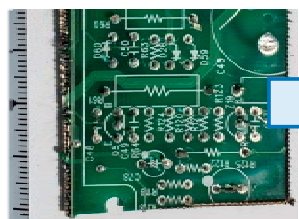
**基板が入ったカゴの様子**



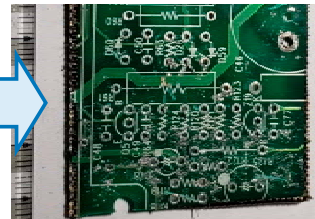
**Sn回収試験の比較検討**



**試験前基板**

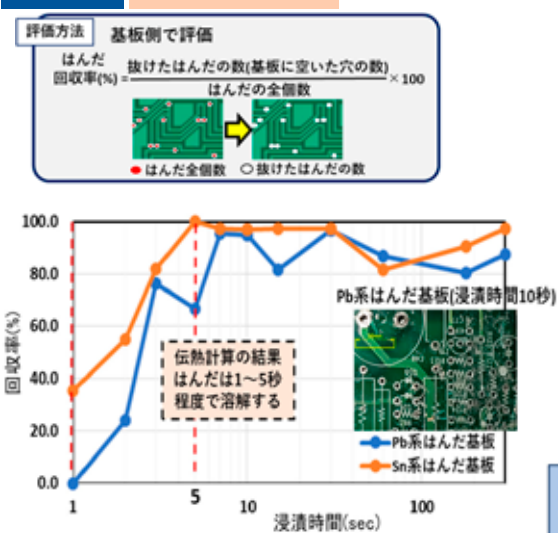


**試験後基板**

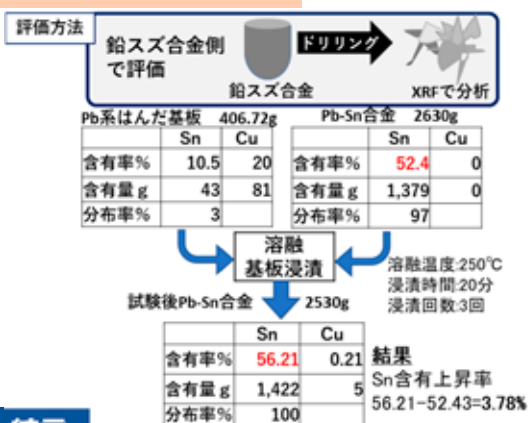


**はんだ材の効率的な回収が可能**

**主な結果 試験1 基礎試験**



**試験2 スケールアップ試験**



**結言**

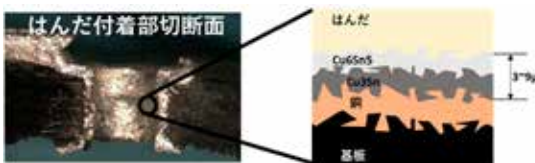
- 目標値 ⇒ 結果・達成状況**
- ①基板からのSn事前回収率70%以上 ⇒ 80%以上を達成
  - ②鉛スズ合金中のSn含有率3%上昇 ⇒ 3~5%上昇を確認

- ・短時間(7秒)でのスズ回収 ⇒ はんだ溶解速度が1~5秒程度 ※金属溶体の熱伝導度が気体比約1000倍 (非焙焼処理)
- ・スケールアップ試験での評価可能

**■本浸漬法による回収技術 令和4年3月特許出願 (共願)**

**令和4年度計画**

実証化に向けたスケールアップ試験等  
加熱方法・溶湯攪拌等の効果  
エネルギー評価とプロセス開発



- ・基板の観察より、接合面に薄い金属層の残存を確認
- スルーホール部分には、金属層が存在する
- 基板とはんだの接合部分は銅スズ合金



# 秋田市における既存揚水井を考慮した地中熱ポテンシャルマップの作成

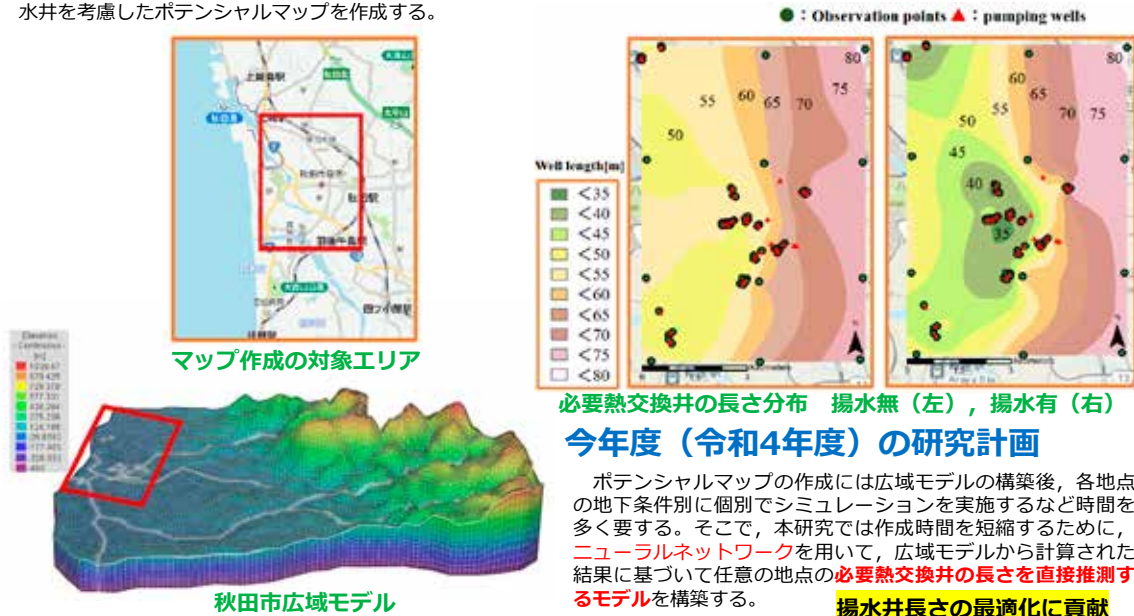
国際資源学研究所 エネルギー資源工学研究室・藤井光教授グループ

## 研究目的

既設揚水井の近傍に設置する地中熱ヒートポンプシステムを用いた暖房試験では揚水稼働に伴いシステム効率が改善されることがわかった(昨年度成果)。本研究では、過去に秋田市の広域モデルを構築し、地下水位、地中温度に基づく**地中熱ポテンシャルマップ**を作成した。本研究では、さらに揚水井を考慮したポテンシャルマップを作成する。

## 研究内容

秋田市にある既設揚水井の稼働を考慮した数値モデルを用いて地下水流動・熱輸送のシミュレーションを実施した。結果より、**秋田市における30地点の必要熱交換井長さを推測**し、分布図を作成した結果、揚水井近傍では大幅な**熱交換井の削減**が推測された。



# 秋田の鉱山管理と鉱業史研究に関する調査・研究事業

2022年度も継続予定 国際資源学研究所 今井忠男・木崎彰久

## a. 秋田の鉱山安全管理

県内企業の採石場の安全対策及び環境管理に貢献

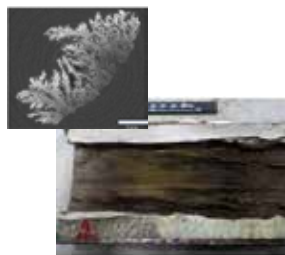


本研究では、露天掘り採石場Aにおける湧水量の変化を予測するため、3箇所に観測孔を設置し(図a1)、地下水位の年間変動を計測した(図a2)。その結果、水位変動の幅はあまり大きくなく、湧水量は安定していることがわかった。

## 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、温泉スケールのX-CT分析を行い、効果的な配管スケールのウォータージェット除去法に関する研究開発を進めている。



## c. 秋田の鉱業史研究

秋田放送と協力して地域の活性化に貢献



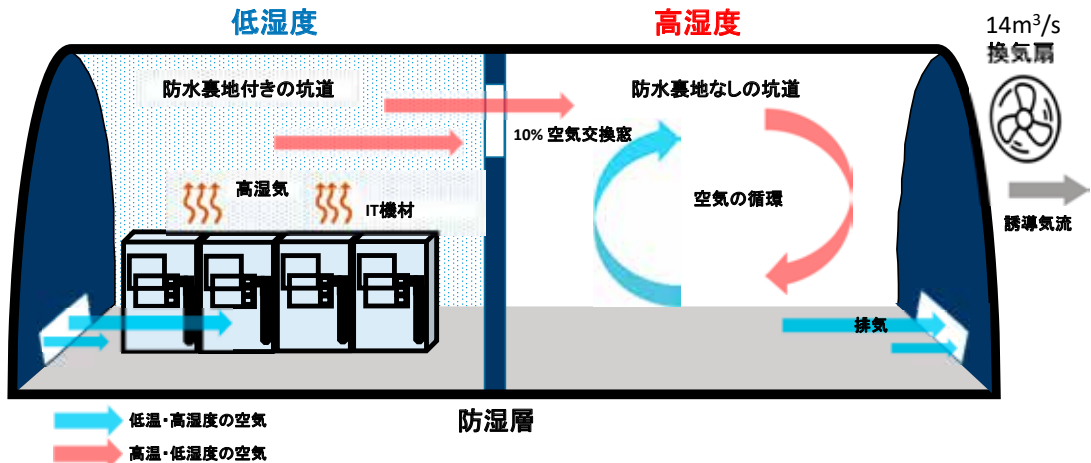
秋田放送の番組「松田解子」に協力し、解子の小説の舞台で自身の出身地である荒川鉱山について、番組に出演し、荒川鉱山史跡内において紹介した。

# 休廃止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 資源経済・情報工学研究室・安達毅 教授グループ

秋田県北にある尾去沢鉱山を対象・実験場所として3つの研究を進めている。

## ① データセンターとして活用するための坑道内通気シミュレーション



成果: データセンターと湿度管理室の配置が異なる場合、4:1の割合(データセンター400m、湿度管理室100m)がコストとエネルギー効率に優れている。

次年度計画: 実際に機材を導入するため、追加の環境計測及び換気シミュレーション

資源経済・情報工学研究室 (安達毅教授グループ)

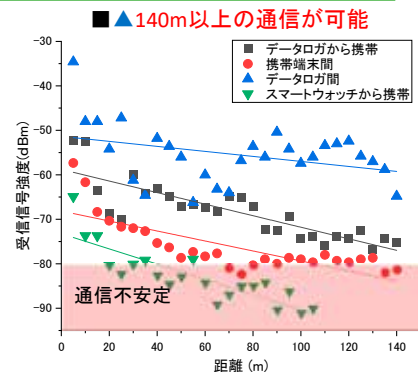
15

# 休廃止鉱山を対象としたスマートマイニングの活用

## ② 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。



## ③ 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



学部の取り組みの紹介のため、3DモデルをVRゴーグルで視聴可能にする。

いずれの調査内容も2022年度継続研究

資源経済・情報工学研究室 (安達毅教授グループ)

16

# 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資源評価に関する研究
- 田沢湖の環境修復と玉川温泉の影響考察  
～玉川水系の特徴と酸性化要因の調査～

17

## 秋田県内のレアメタル資源評価の研究

### 背景と目的

国際資源学研究科 渡辺 寧 教授グループ

現在国内資源の再評価・探鉱プロジェクトが北海道を中心に行われている。秋田県内にも多数の稼働実績を持つ金属鉱山があり、これら**鉱山の再調査**、鉱石試料の分析（特に**金・レアメタル**）を行い、**資源ポテンシャルを評価**することを目的とする

### 令和3年度調査結果

秋田県の黒鉱、鉱脈鉱床の地質、年代、鉱化作用に関する調査研究の結果、1) 秋田県の黒鉱の形成年代は西部ほど古く東部ほど新しい、2) 阿仁、白子森鉱床の年代がそれぞれ、10.7Ma, 3.4Maを示す。3) 黒鉱鉱床は高硫化系と低硫化系に区分される。4) 秋田県中央部に鮮新世の鉱化帯が存在する(仁別-西木鉱化帯)、5) 秋田県の金鉱化作用には、黒鉱の風化、浅熱水鉱液の沸騰、浅熱水鉱液の酸化等の要因があることが明らかになった。

### 継続調査中



### 令和4年度研究計画

令和4年度には仁別-西木鉱化帯(図)の地質調査と地化学的研究を実施し、鉱化作用をもたらしたマグマ-熱水系の実態解明を行う。



# 田沢湖の水質改善効率についての研究

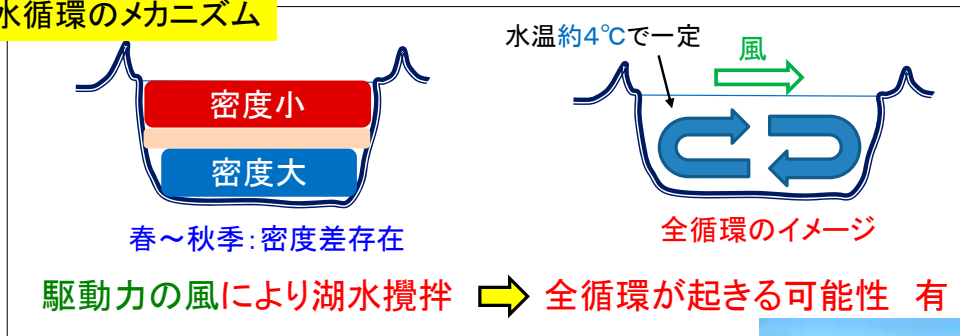
令和3年度の成果

国際資源学研究所 小川泰正・石山大三, 教育学研究所 林 武司

## 田沢湖 湖水 水質改善方策: 玉川からの酸性河川水の導入停止

- × 湖水の循環 無 → 改善に長期間必要
- 湖水の循環 存在 → 高改善効率 → 早期に改善

### 湖水循環のメカニズム



### 令和4年度の研究計画

### 玉川水系の特徴を考察

玉川温泉水の田沢湖導入が行われている現在,

玉川温泉由来の酸性化を引き起こす元素(アルミニウムなど)の挙動の解明が不可欠



玉川温泉由来のヒ素とともに鉄が河床に沈殿。アルミニウムの沈殿できないか?

## 資源分野における「研究員」及び「協力教員」による研究成果・活動実績

### ○論文, 著書, 特許, 学会発表会等

※( )内は地方創生センターに直接関連した研究業績

- ・論文 査読つき論文 30件 (10件) ・学会等の発表 一般講演 国際会議 24件 (8件)
- ・論文 査読なし論文 8件 (6件) ・学会等の発表 一般講演 国内会議 44件 (20件)

[博士研究員等の業績は除く]

### ○外部資金獲得件数(一部継続分を含む)

- ・科研費関係 7件 (5件) ・共同研究・受託研究等 18件 (9件)

## 地方創生センターに関連した成果等(研究員等の活動成果)

### 【査読付き論文; 主要6編抜粋】

- Extraction of copper from complex carbonaceous sulfide ore by direct high-pressure leaching, L. L. Godirilwe, R. S. Magwaneng, R. Sagami, K. Haga, A. Batnasan, S. Aoki, et al. Minerals Engineering, 173, 107181, 12 pages (2021) DOI: 10.1016/j.mineng.2021.107181
- Hajime Ikeda, Oluwafemi Kolade, Muhammad Ahsan Mahboob, Frederick Thomas Cawood, Youhei Kawamura, "Communication of sensor data in underground mining environments: An evaluation of wireless signal quality over distance", Mining, September, 2021
- Adamovic D., Ishiyama D., Kawaraya H., Ogawa Y., Stevanovic Z. (2022) Geochemical characteristics and estimation of groundwater pollution in catchment areas of Timok and Pek Rivers, Eastern Serbia: Determination of early-stage groundwater pollution in mining areas. Groundwater for Sustainable Development, vol. 16, 100719.
- 今井忠男, 小玉聡, 木崎彰久, 山本茂樹(2022): 十和田凝灰岩のアルカリ環境下における強度劣化メカニズムの解明, 建設用原材料, Vo.28, No.1 .
- Shota Satori, Yasushi Watanabe, Takeyuki Ogata, Yasutaka Hayasaka (2022) Late Miocene magmatic-hydrothermal system and related Cu mineralization of the Arakawa area, Akita, Japan. Resource Geology, vol. 72:e12284, doi.org/10.1111/rge.12284
- Comparative study of hybrid ground source heat pump in cooling and heating dominant climates, Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Kosukegawa, H., Energy Conversion and Management, 25, 2022.

20

## 令和4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低温熱分解と物理選別等を利用した部品の剥離性向上とスズおよび付随金属の回収効率アップ

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、地中熱利用ヒートポンプシステムにおけるポテンシャルマップの作成等を進める〔普及・利用促進〕

### ○田沢湖あるいは玉川等の湖水－河川水環境調査

湖水調査の継続と玉川河川水等の主要元素の賦存・挙動調査。田沢湖の酸性化に与える関連因子や影響を継続的に調査・検証。

### ○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、化学組成の解析を行い、鉱物資源形成の変遷と火成活動等との関連を明らかにする。また、地下通信やモニタリング、坑内モデル等のスマートマイニング技術研究を進める。

21

## 終わりに 令和4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るとともに、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／秋田版モデル作成)
- 秋田県内での鉱山管理およびスマートマイニング技術開発
- 田沢湖の環境調査や県内鉱物資源のポテンシャル評価

22



## (2) 新素材・機能性材料開発研究事業の報告（令和3年度）

事業名：新素材・機能性材料開発事業

代表者氏名：吉村 哲

<p>予 算 額</p>	<table> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,000,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>1,300,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,000,000円	年度計画推進経費	円	事業費	300,000円	合 計	1,300,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,000,000円								
年度計画推進経費	円								
事業費	300,000円								
合 計	1,300,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>(理工学研究科物質科学専攻) 寺境光俊、加藤純雄、齋藤嘉一、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 (革新材料研究センター) 吉村哲 (地方創生センター) 丹野剛紀</p>								
<p>目 的</p>	<p>素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の低炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子・分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化・高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では秋田大学における基礎研究成果を基盤とした新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進する。さらに、素材・材料関連の高機能化や高度解析などに関連したニーズに対応し、地域の高等研究機関としての機能を果たす。これら研究をとらして秋田県内企業、大学、公設試の連携による新産業や雇用の創出を目指す。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p>秋田県、秋田複合材新成形法技術研究組合と連携し、炭素繊維複合材料において、「熱可塑性樹脂」を用いた新規炭素繊維シート接着工法を開発した。令和4年3月に現場施工試験と評価を行い、コンクリートと樹脂の接着は良好であったことを確認した。令和4年3月にマスメディア(テレビ)で秋田県内に報道された。</p> <p>磁性材料に関する研究について、複数の県内民間企業との連携を行った。磁気力顕微鏡探針に関する研究、超強力磁性材料に関する研究を推進した。</p> <p>新しい取り組みとして、本事業の教員が積極的に関わる形で、秋田県高エネルギー加速器技術研究会が主催する、仙台に建設中で2023年度より運用が始まる次世代放射光施設【NanoTerasu】に関連する研究会に、運営および発表者として3名が参加している。</p> <p>研究助成事業として、間接経費を活用した9名の協力教員に対する研究助成「機器使用料補助助成」(地方創生センター1号館、2号館設置の共通分析機器の使用料に対する助成)を行った。本事業は、研究の活性化と装置の稼働率上昇を目的としたものである。</p> <p>秋田県内企業との支援・共同研究等の実績として、秋田県複合材新成形法技術研究組合、D社、N社、T社、秋田県産業技術センター、秋田県高エネルギー加速器技術研究会、との連携を実施した。</p> <p>協力教員による査読付き原著論文は20報であり、2報がIF 4以上の国際誌に、1報が解説論文に、掲載された。(令和2年度は13報)</p> <p>協力教員および協力教員が指導した学生の発表は70件(国際学会が17件でそのうち招待講演が3件、国内学会が53件でそのうち招待講演が4件)であった。(令和2年度は33件で、国際学会が3件でそのうち招待講演が2件、国内学会が30件でそのうち招待講演が4件)</p> <p>協力教員が指導した学生の学会での受賞は7件であった。(令和2年度は5件)(更に、令和4年6月に、2件の学生受賞も有り。)</p>								

# 新素材・機能性材料開発研究事業

理工学研究科 物質科学専攻

吉村 哲

## 実施内容(令和3年度)

素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の低炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子・分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化・高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では秋田大学における基礎研究成果を基盤とした**新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進する**。さらに、**素材・材料関連の高機能化や高度解析などに関連したニーズに対応し、地域の高等研究機関としての機能を果たす**。＜進捗成果⇒炭素繊維複合材料の**現場試験施工**、レアアースフリー強力磁石の**新規合成**＞ これら研究をとおして秋田県内企業、大学、公設試の連携による新産業や雇用の創出を目指す。

### 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, 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

(理工学研究科附属革新材料研究センター)

吉村哲

(地方創生センター)

丹野剛紀

### 新しい取り組み

：秋田県高エネルギー加速器技術研究会との新規連携  
どのように地域に貢献できるか

：県内企業との、素材計測解析・新素材開発に関する  
共同研究を新規構築できる機会が増加

県外企業を加えた共同研究・受託研究の状況

研究分野	教員名	課題名	連携先等
有機材料	寺境光俊	炭素繊維複合材料用樹脂の粘性制御	秋田複合材新成形法技術研究組合
	丹野剛紀	テラヘルツ帯用光学／電子素子の開発	<u>I研究所</u> , <u>T社</u> , <u>秋田県高エネルギー加速器技術研究会</u>
	松本和也	有機イオン結晶の作成と応用	M社, A社, M社, <u>秋田県高エネルギー加速器技術研究会</u>
無機材料	加藤純雄	環境浄化及び水素製造用のTiO <sub>2</sub> 系複合触媒開発	<u>I財団</u>
	小笠原正剛	地方創生に資する森林資源をセルロースナノファイバーに転換する乾式粉碎	秋田県立大学
磁性材料	齊藤準	高分解能・磁気イメージング技術の開発	<u>N社</u> , A社
	吉村哲	新規高性能磁気デバイスの開発	J機構, <u>秋田県産業技術センター</u> , N社(覚書), <u>秋田県高エネルギー加速器技術研究会</u> , K社
	齋藤嘉一	超軽量金属合金の高温圧縮挙動と元素添加の影響検証	M社, <u>秋田県産業技術センター</u>
	長谷川崇	世界最強磁石の開発	<u>D社</u> , D社, H社, <u>秋田県産業技術センター</u>

太字下線は地域の企業や機関  
赤文字は令和3年度新規連携  
緑文字は令和4年度新規連携

各研究について、  
A 現時点で既に秋田県内産業へ貢献している。  
B 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。  
C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。  
D 秋田県内産業への貢献は現時点では難しい。

を記載 3  
(Society 5.0や洋上風力発電の関連性も含めて)

## 有機材料

### 炭素繊維複合材料への応用に向けた 熱可塑性樹脂の粘性制御

秋田大院理工 寺境光俊

# 熱可塑性樹脂を用いたコンクリートや木質材料への新規CFRP接着工法の研究開発



## ■従来型「熱硬化性樹脂」を用いたCFRP接着工法

- 1995年の阪神淡路大震災以降、橋梁やトンネル等の耐震補強や剥落防止等に広く採用されてきている。
- 鋼板接着やコンクリート巻立・増厚工法に比較して、補強材料（CFシート）が軽い→施工省力化
- 熱硬化性エポキシ樹脂を塗布・接着するため、**低温・多湿環境の施工は困難（積雪寒冷地では冬期不可）**
- エポキシ樹脂塗布時の溶剤等による労働環境の課題



## ■「熱可塑性樹脂」を用いた新規CFシート接着工法の開発

- 既存技術（特許）に抵触しない熱可塑性樹脂の粘性・接着性能の改良
- バギング法（負圧）による**施工省力化**
- IH加熱により樹脂を熱可塑性化（**低温・多湿環境でも施工可能**）冬期OK
- 実験室レベルの試験→**実橋梁での現場試験施工（2020年度中）**  
※秋田県庁産業労働部，建設部の協力，民間施工業者（2社）選定済
- 特許申請済み（10月）

新規熱可塑性樹脂の開発・改良  
応用化学：寺境教授，山下助教

バギング工法とIH接着技術導入  
機械工学：村岡教授

- 県・市町村への展開
- 国直轄・NEXCO
- 県外への波及効果

※木質材料への利用は  
秋田県立大学建築系で  
検討中

CFシートとコンクリートの付着性能照査  
土木：徳重教授

IH接着技術：首都高  
試験施工協力：管与組，伊藤工業  
秋田県秋田地域振興局

※ANCより再委託の予定

## 分子量が異なる熱可塑性エポキシ樹脂の合成と特性

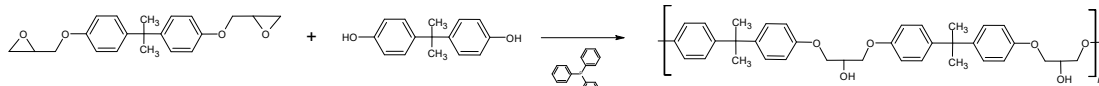


Table 1 Synthesis conditions and average molecular weight of epoxy resin

Sample name	main XNR6850A [g]	Additive bisphenoIA [g]	Catlysis Ph3P [g]	Reaction Temp. 1 [°C]	Reaction Temp. 2 [°C]	Reaction Temp. 3 [°C]	Reaction Time [min]	M <sub>w</sub>
Epoxy-b isA0	20	0	0.369	130	90	160	240	64000
Epoxy-b isA1	20	0.288	0.369	130	90	160	240	45000
Epoxy-b isA2	20	0.548	0.369	130	90	160	240	31900
Epoxy-b isA3	20	0.822	0.369	130	90	160	240	20400
Epoxy-b isA4	20	1.096	0.369	130	90	160	240	14200
Epoxy-b isA5	20	1.644	0.369	130	90	160	240	8400

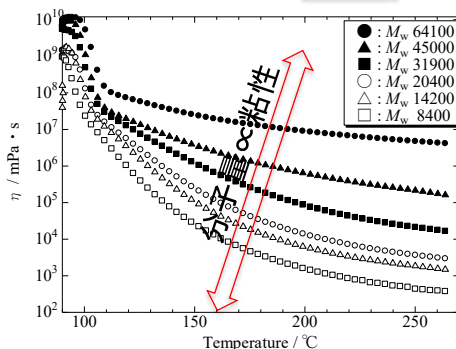


Figure 1 Relationship between complex viscosity and average molecular weight

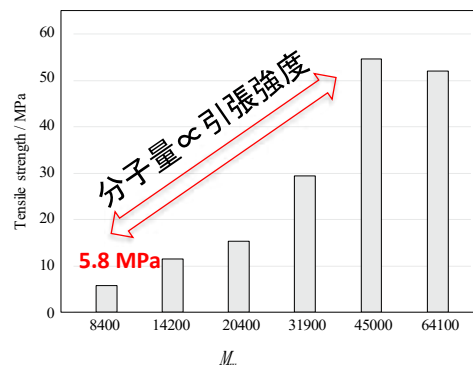


Figure 2 Relationship between tensile strength and average molecular weight

# 分子量が異なる熱可塑性エポキシ樹脂とモルタルの接着試験

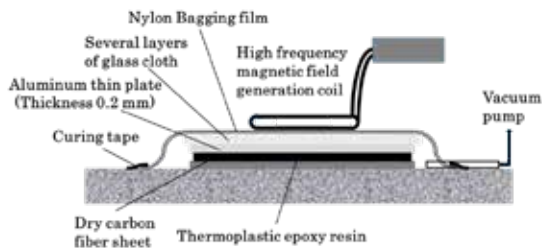


Figure 3 Adhesion of carbon fiber sheet and mortar by heat fusion of thermoplastic epoxy.

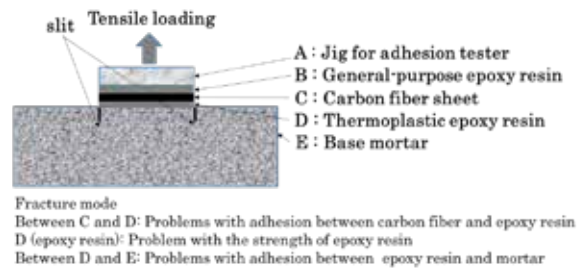


Figure 4 Adhesion strength test method for surface covering material (JSCE Standard JSCE K 531-1999).

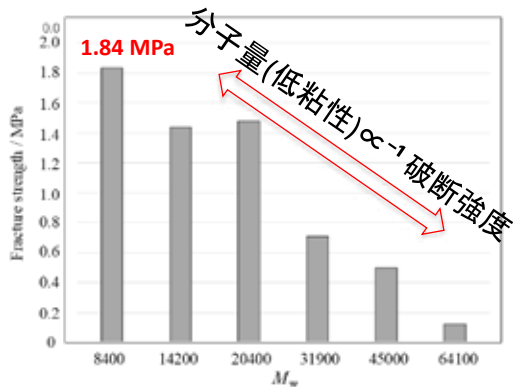


Figure 5 Relationship between fracture strength and average molecular weight



Figure 6 Destruction mode of resin at  $M_w : 8400$   
(モルタル表面が熱可塑性樹脂に接着したままはがれる母材破壊)

高い接着強度を得るためには樹脂の**低粘性**が最も重要。  
破断強度の低さは接着強度に影響していない。

7

## 樹脂メーカーの変更 → 強度の向上

2020年度施工樹脂

ナガセケムテックス社製  
(エポキシ, ビスフェノールAの混合物に触媒を添加)

2021年度施工樹脂

DIC社製エポキシ(EPICLON 840) <無償提供>  
ビスフェノールA(試薬)を配合してから触媒を添加

Table 2 Effect of low epoxy materials on tensile properties.

epoxy	M <sub>w</sub>	M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub>	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)	Tensile Modulus (MPa)	Breaking Energy (J)
epoxy 840	19,000	5.15	19.3	7.1	1146	0.127
epoxy 840 (large)	17,500	4.72	19.6	5.8	1009	0.077
epoxy 850	16,300	3.64	10.4	5.4	848	0.046
epoxy 850 (large)	16,000	3.97	11.0	6.2	1085	0.054
Nagase	17,900	-	9.8	5.1	875	0.047

8



# 試験施工 (2022.3.1~2)



コンクリート表面に樹脂を溶射



- ※IH・バギングは使用せず
- ※アイロン加熱
- ※バーナー加熱+樹脂溶射

樹脂溶射装置  
(代替機使用)

エアコンプレッサ:  
レンタル



炭素繊維シートを仮止めて上から改めて加熱してコンクリートと炭素繊維シートとの間の樹脂を溶融接着

9

# 試験施工 (2022.3.1~2) 付着試験結果

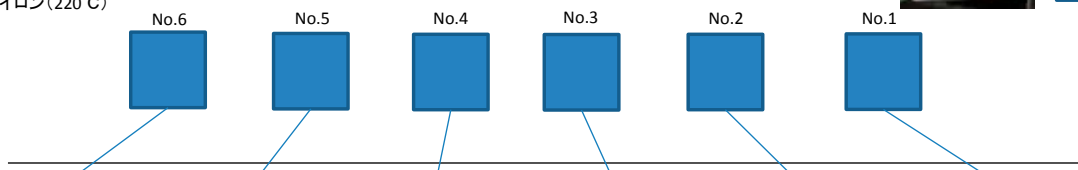


Grade C  
樹脂溶射+未重合樹脂含浸  
CFシート  
アイロン (220°C)

県道324号希鷹橋東側BOX東側側壁



南



No.6: Mw19200+19200溶射  
Concrete:4.2°C, 60%RH, 予熱4min,  
溶射近接2'30, 溶射遠隔15sec, バー  
ナー30sec

80°C→シート上からバーナー1'10,  
7800溶射45sec, バーナー+ローラ  
(1min)

No.5: Mw7800のみ溶射  
Concrete:5°C, 59%RH, 予熱4min, 溶  
射近接2'30, 溶射遠隔30sec, バー  
ナー20sec, 表面70°C

75°C→シート上からバーナー50sec,  
7800溶射1min+ローラ(30sec)  
→64°C

No.4: Mw7800のみ溶射  
Concrete:6.3°C, 61%RH, 予熱3min,  
溶射近接1'15, 溶射遠隔3'45, バー  
ナー20sec

75°C→シート上からバーナー1min,  
7800溶射1min+ローラ(15sec)  
→67°C

No.3: Mw19200溶射+7800溶射  
Concrete:2.3°C, 65%RH, 予熱2min  
19200; 溶射1'45, バーナー21sec,  
26°C6%RH→7800:1'45溶射後に  
バーナー20sec(安定)

16°C→シート上から7800溶射  
(1min)+バーナー(15sec)+ローラ  
→16°C

No.2: Mw19200溶射+7800溶射  
Concrete:3.8°C, 66%RH, 予熱2min  
28°C, 63%RH→7800溶射2minでバー  
ナー15sec:不安定(孔あきなど),

シート上から7800溶射(1.5min)+  
バーナー(1min)+ローラ

No.1: Mw19200溶射  
Concrete:7°C, 55%RH, 予熱1'30,  
溶射3min

アイロン約20min(100°C), シート上から通  
加溶射1min, バーナー2min, バーナー+  
ローラ4min

全供試体において, 付着不良(建研式付着試験で0~0.5kN)

※治具を手で剥がすことができる.

←コンクリートと樹脂の接着は良好(特にMw7800)だが, CFシートへの含浸が不良.

10

## 1. 現場施工試験で確認できたこと

- (1) 空気流量を確保すれば、(現場での)樹脂溶射は適切であり、コンクリートと樹脂の接着は良好
- (2) 溶射樹脂のプライマー的利用は適切だが、CFシート含浸用樹脂量確保に課題。
- (4) アイロン加熱2分(0.25m<sup>2</sup>)では、コンクリート表面の溶射皮膜樹脂が溶融困難。

## 2. 今後の課題

- (1) CFシートの加熱に課題があり、樹脂がCFシートに十分しみこんでいない(接着強度に影響)
- (2) CFシート含浸やコンクリート昇温に要する加熱方法の効率化(短時間化)

## 3. 現段階で考えられる課題の解決方法

- (1) 以前行っていたバギング工法はCFシートに樹脂をしみこませることに有効?
- (2) 電磁波等を用いてCFシートを積極的に加熱すれば樹脂のシートへのしみ込みが改善?

→ 実験室レベルでの再現性確認と基本的性能向上を並行しながら再現場試験実施

□ 近い将来、秋田県内産業へ貢献できる見通しがある。

11

### アミン化合物と金属錯イオンからなる有機イオン結晶の作製と応用 D

松本和也, 寺境光俊

**イオン結晶形成を利用した金属回収技術の開発**

メラミンを沈殿剤とすることで、金属含有塩酸溶液からロジウムを極めて選択的に回収する技術を開発 (特願2021-184328, 特願2022-027406)

1,4-BACTを沈殿剤とすることで、金属含有塩酸溶液から白金を極めて選択的に回収する技術を開発 (特願2022-014362)

非常に簡便な手順で高純度の金属を回収可能であり、実用化が期待される

**イオン結晶の焼成によるナノ多孔質触媒の開発**

p-フェニレンジアミン (PPDA) とイリジウムからなるイオン結晶の焼成により、極めて優れた酸素発生触媒能を示す多孔質酸化イリジウムが開発に成功 (特願2021-213884)

酸素発生過電圧: 0.28V (IrO<sub>2</sub>触媒としてほぼ最高性能)

水電解による水素製造用触媒として期待される

### 有機単結晶からなるテラヘルツ帯用光学/電子素子 B

担当: 丹野准教授, 淀川講師

**偏光子...基本的で用途の多い光学部品**

偏光テラヘルツ波と偏光子の組み合わせで高感度の表面分析等が可能になる

新出した有機単結晶でテラヘルツ帯偏光子を作製することに成功

論文: Terahertz linear polarizer made of an organic single crystal  
Tanno T., Shimada R., Takaya T., Sasaki W., Yamada M., Adachi E., Yodokawa, S., Kurabayashi, T. Optics and Laser Technology, 2022, 147, 107669 (インパクトファクター = 3.867)

**産学連携**

- 県内企業との連携
  - 各種検査へのテラヘルツ技術応用の相談対応...テラヘルツ研究所, 小林工業
- 県外企業との連携
  - テラヘルツ波による表面分析の共同研究...トヨタ自動車(テラヘルツ研究所から幹渉)

### 環境浄化および水素製造用TiO<sub>2</sub>系複合材料の開発 B

加藤・齊藤

**セルロース分散水からの光触媒的水素生成**

半導体光触媒 (TiO<sub>2</sub>, etc.)

- ✓ 太陽光を利用可能
- ✓ 常温常圧で反応が進行
- ✓ 安心
- ✓ セルロース
- ✓ 資源としての豊富さ
- ✓ カーボンニュートラル

⇒ サステナブルな水素製造プロセス

**本研究**

光触媒活性のない無膜粉末を添加するだけ

光触媒	H <sub>2</sub> 生成速度	反応温度	引用
Ca/CdS/CdO	5.86	25℃	Nature Energy (2017)
Cg/TiO <sub>2</sub> /NiO <sub>x</sub>	4.15	80℃	Green Chem. (2018)
PI0.2wt%/TiO <sub>2</sub>	1.67	25℃	This study

有毒な元素/添加剤を用いず、常温常圧下で従来の最高値に匹敵する水素生成速度を実現

### 層間架橋体を用いた有機無機複合体の調製と酸塩基触媒としての評価 C

理工学研究所 小笠原正剛

**有機無機複合体の酸-塩基点**

有機無機複合体の層間に酸塩基点が共存することを明らかにしている。  
M. Ogasawara, et al., J. Ceram. Soc. Jpn. 128, 51 (2020)

**研究課題**

有機物は塩基点形成因子であるが、層間の構造支持体でもあるため、有機種含有量を減らすことで性能を制御すると、規則構造の維持が難しい。

構造支持体を別に設計

層間に無機酸化物 (SiO<sub>2</sub>) を有する層間架橋体 (SiO<sub>2</sub>-pillared HfCa<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>10</sub>) に注目し、無機種として利用。

**層間架橋体を用いた酸-塩基両特性触媒の開発**

ベンズアルデヒドジメチルアセタール (BDMA) の分解及び Knoevenagel 反応の連続反応により酸塩基両機能を評価した結果 (右図)、有機種量により、生成物選択性が変化することが分かった。

酸塩基両機能触媒の生成物比による活性比較

SiO<sub>2</sub>-pillared HfCa<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>10</sub> の TEM 像

500 nm

強い塩基性を示していることを活かして、強塩基触媒には適用できない有機合成触媒としての応用を検討している。

・科研費基盤(C)としても実施中で、酸塩基両機能触媒の最適化を行っている。

# 磁性材料

## 超高性能モーターに資する 世界最強磁石の開発

秋田大院理工 長谷川崇

モーター: 世界の消費電力量の約40%を占める  
(右図円グラフ参照)

⇒ 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: **ネオジウム磁石**  
(ネオジウム、ジスプロシウムなどの  
レアアースを使用)

ネオジウム・ジスプロシウム  
: 高価である, 供給リスクがある

鉱石生産国: ①中国(97%)、②インド(2%)

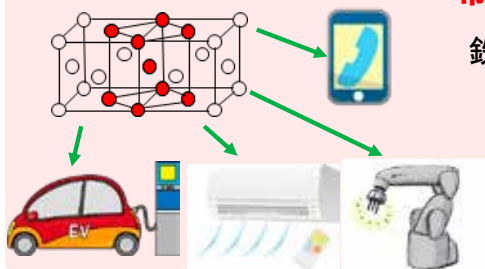
輸入元: ①中国(82%)、②ベトナム(3%)、③韓国(2%)

引用: 一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センターHP



出展: トップランナーモータ(日本電機工業会, 2015)

### 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ウム磁石の約2倍

EV・HV, 携帯端末, エアコン等が全てFeCo系磁石になると...

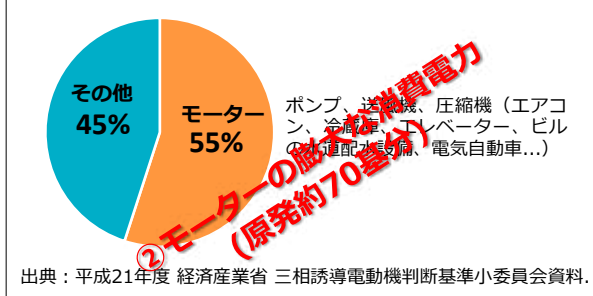
削減される消費電力量は、年間で約2,475億kWh  
(日本全体の消費電力量の約3割, 原発30基分が削減)

現在は大同特殊鋼, DOWAホールディングスと共同研究を実施中。  
実用化すれば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。

### 強力磁石の開発が急務な理由

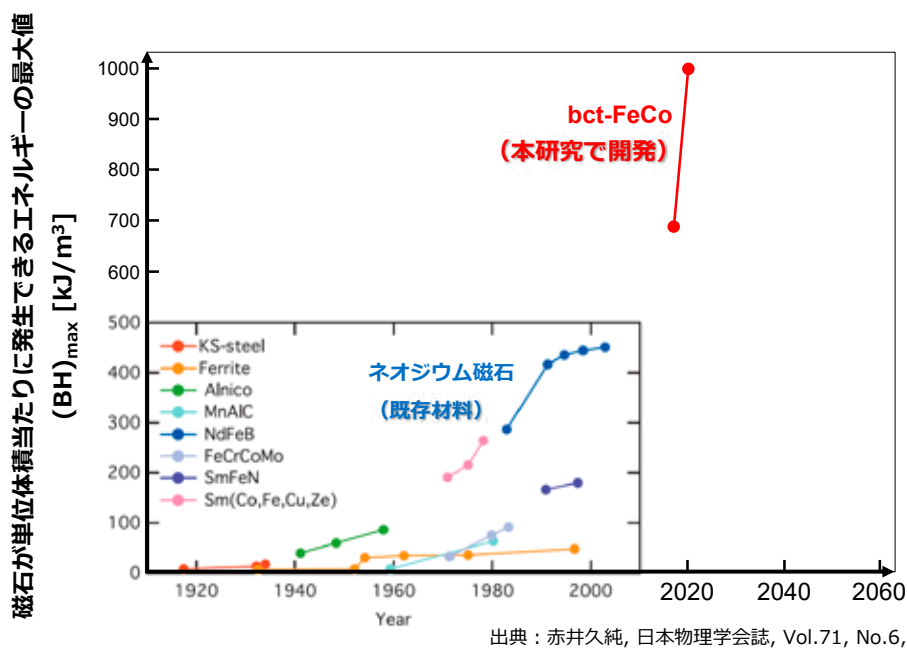


### 国内のモーターによる消費電力量



世界中でレアアース・フリー強力磁石の需要が高まる。

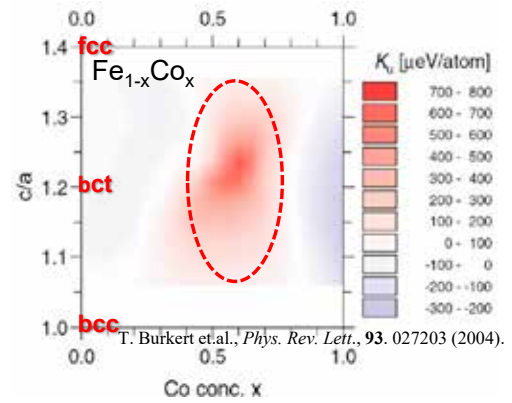
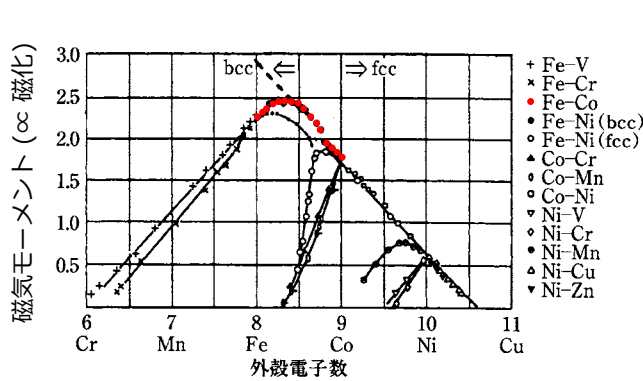
### 本研究で狙っている磁石の強さ



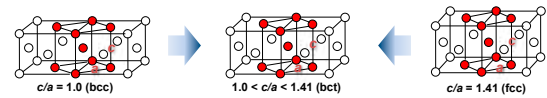
既存の最強磁石に対して、本材料の理論限界の磁石性能 $BH_{max}$ は約2倍。



## bct-FeCoは強力磁石になり得るという理論予測



出典：志賀正幸，磁性入門，内田老鶴園(2007).



**bcc-FeCoは、全遷移金属中で磁化が最大！**

しかし磁気異方性 $K_u$ が小さいため、長い間永久磁石にはむかないとされてきた。

**bct-FeCoでは、巨大な磁気異方性 $K_u$ が理論予測された！**

**まだ知られていない「bccとfccの中間構造であるbctのFeCo」を作る必要がある。**

## bct構造の作り方（真空成膜技術を使用）

Diagram illustrating the epitaxial growth of bct FeCo on a substrate (下地). The top part shows the crystal structures of bcc ( $c/a = 1.0$ ), bct ( $1.0 < c/a < 1.41$ ), and fcc ( $c/a = 1.41$ ). The bottom part shows the growth of FeCo on a substrate, with the bcc structure transitioning to the bct structure. The text "エピタキシャル成長" (epitaxial growth) and "bcc → bct" is shown. An inset photograph shows researchers in a laboratory setting.

**エピタキシャル現象を利用して、原子配列（結晶構造）を人工的に作りこむ。**

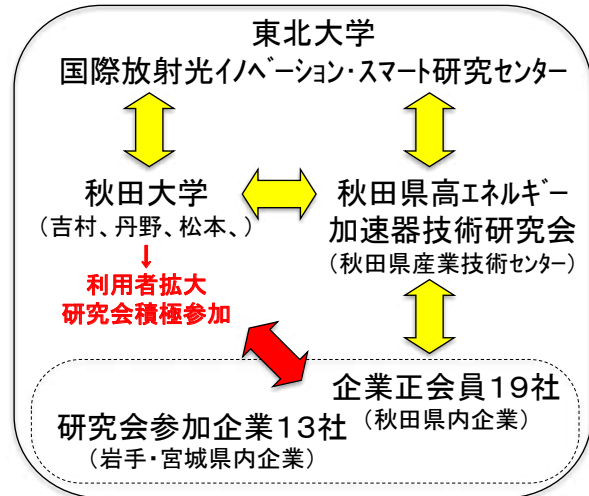
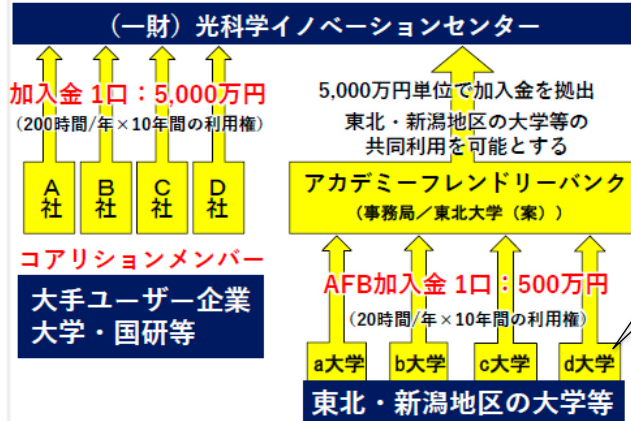




# 新素材・機能性素材の革新計測解析に関する地域連携 22

## (将来構想)

次世代放射光施設『NanoTerasu』



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

C 将来、秋田県内産業へ貢献できる可能性がある。

## 実施計画(令和4年度) 23

素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の脱炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子・分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化・高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では、秋田大学における基礎研究成果を基盤とした新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進し、**産学連携体制の構築や大型外部資金の獲得を目指す**。<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

○原著論文を年間15報(1.5/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。

### (3) 小型軽量電動化システム研究開発事業の報告 (令和3年度)

事業名：小型軽量電動化システム研究開発事業

代表者氏名：田島 克文

<p>予 算 額</p>	<table> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,238,000円</td> </tr> <tr> <td>年度計画推進経費</td> <td>0円</td> </tr> <tr> <td>事業費</td> <td>300,000円</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>1,538,000円</td> </tr> </table>	部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,238,000円	年度計画推進経費	0円	事業費	300,000円	合 計	1,538,000円
部門研究活動活性化経費（間接経費）	1,238,000円								
年度計画推進経費	0円								
事業費	300,000円								
合 計	1,538,000円								
<p>協力教員氏名</p>	<p>田島克文教授、吉田征弘講師、足立高弘教授、秋永剛准教授、平山寛講師 電動化システム共同研究センター 安部特任助教、半田特任助教</p>								
<p>目 的</p>	<p>内閣府交付金事業「小型軽量電動化システムによる産業創生」における「新世代モータの研究開発」、「新世代モータの応用機器開発」、「新世代モータのシステム設計・周辺技術の研究開発」は、令和3年4月設置の電動化システム共同研究センターが研究開発活動を担う。「小型軽量電動化システム研究開発事業」は電動化システム共同研究センターと連携し、その研究開発活動を推進することを目的とする。特に地域企業と共同研究を行っているテーマ、今後地域企業との連携が期待されるテーマを選択的に推進し、地域の電動化に関する産業創生に繋げる。</p>								
<p>実施内容・成果</p>	<p><b>【超高速モータの開発に関する研究】</b> 超高速モータを応用した電動プロアの評価ベンチを導入し、試作した電動プロアの特性を取得する。電動プロアにおいて、プラスチックマグネットを射出成形で成形した新構造ロータと従来の焼結磁石を用いたロータの2種類の特性を比較することで新構造ロータの特性向上効果を明らかにする。</p> <p><b>【グリッドに関する研究】</b> 航空機内の高圧直流DCグリッドにおいて故障発生時に動作する高速大電流遮断システムの構築を目指し、県内外の企業や大学と情報交換を行い、得られた情報を基に研究計画を策定中である。DCグリッドを含む電力グリッドシステムの構成要素の1つである蓄電池に関する研究を進めた。</p> <p><b>【翼まわりのハイブリッド層流制御（HLFC）】</b> 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ー（IHI）と連携し、関連する技術および研究動向について情報交換を行い、研究体制を整備した。NASAの提供する機体Common Research Modelの主翼を研究対象とし、翼近傍の境界層流れ（2次元）の遷移抑制に必要な吸い込み量を検討した。また、検証実験に必要な要素技術である熱線風速計の試作を行った。</p> <p><b>【電力冗長化・平準化システムに関する研究】</b> 速度サンギング式冗長アクチュエータとフライホイールバッテリー（FWB）について、小型試験機を製作した。それぞれPCから速度指令電圧を与えたオープンループ制御まで実施できた。FWBは負荷変動に対する応答について、MATLAB/Simulinkモデルでのシミュレーションと、試験機を用いた実測値の比較を行った。</p> <p><b>【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】</b> ブスバーからの熱回収を可能にするプレート式ブスバーを開発すべく試作を行い、数値計算も実施している。</p>								

# 地方創生センター地域産業研究部門 小型軽量電動化システム研究開発事業

事業代表 田島克文

成果報告会 2022年7月11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



# 2021年度成果報告

事業名：小型軽量電動化システム研究開発事業

代表者氏名：田島 克文

## 予算額

部門研究活動活性化経費(間接経費)	1,238,000 円
年度計画推進経費	0 円
事業費	300,000 円
合計	1,538,000 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. グリッドに関する研究  
田島克文(理工学研究科・教授), 秋永 剛(理工学研究科・准教授)  
安部勇輔(電動化システム共同研究センター・特任助教)
3. 翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)  
秋永 剛(理工学研究科・准教授)
4. 電力冗長化・平準化システムに関する研究  
足立高弘(理工学研究科・教授), 平山 寛(理工学研究科・講師)
5. 航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究  
足立高弘(理工学研究科・教授)

各自が交付金事業において担当する事業に関連するテーマを設定している。

4



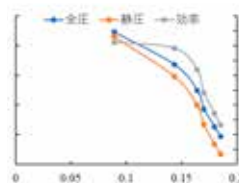
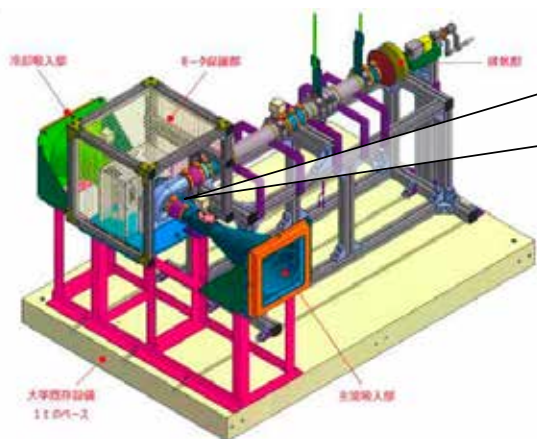
## 超高速モータの開発に関する研究

(田島, 吉田, 半田)

小型・軽量化を実現するための要素技術である超高速モータ(最高回転数10万rpm)を用いた電動ブローの試作およびブロー特性評価システムを構築した。超高速回転を実現するため、ロータにはプラスチックマグネットと呼ばれる磁石を射出成形して作成した。

※県内企業(横手精工, 宮腰精機, フルヤモールド, 小林工業)の保有技術の集結により実現

### ブロー特性評価システム



### ブロー特性曲線

ブローの出力流量をパラメータに、電動ブローの効率特性を取得。

### 射出成形プラマグロータ

損失を極限まで低減するため、ロータにはプラスチックマグネット(プラマグ)を使用。従来の焼結磁石ロータを上回る特性を実現した。

CFRPリング 射出成形されたプラマグ



### スピンテスト結果:

120,000 rpm, 10分間異常なし  
130,000 rpm, 10分間異常なし

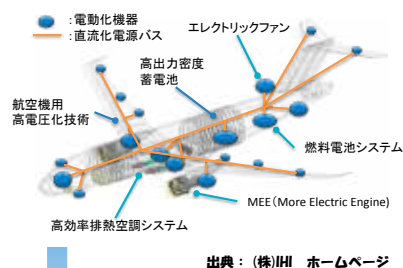
## グリッドに関する研究

(田島, 秋永, 安部)

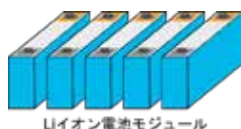
新世代モーター特性評価ラボ  
銅フェザ (航空機寸大配線網: イメージ)



【 2030年代の電動化システム構想の例 】



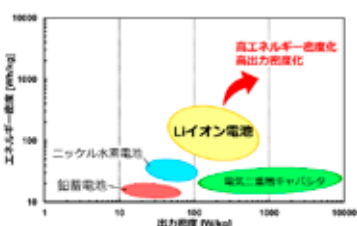
出典: (株)IHI ホームページ



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



### 勉強会

銅フェザの活用(秋田大学)

直流遮断機回路構成(立命館大学)

電動化のための航空機内グリッド  
(大阪産業大学, IHI)

# 翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)

担当：秋永剛准教授

## 吸い込み制御の効果検証／最適化

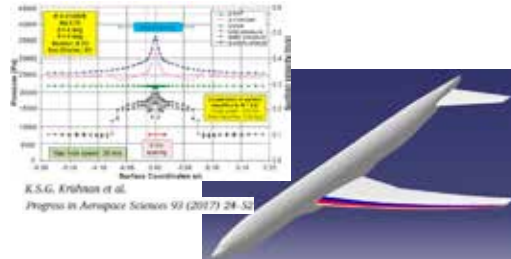
システム検討 (東大)

ブロウスペック (IHI)

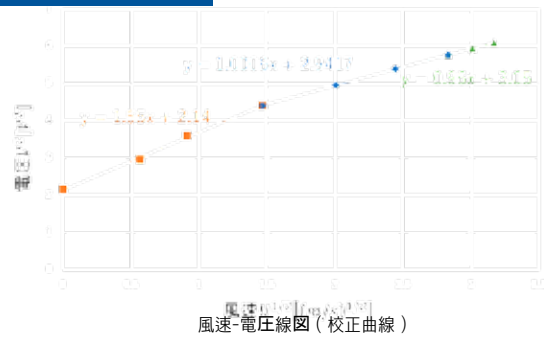
空力パラメータ検討 (秋田大)

HLFC勉強会 (研究体制)  
(東大・JAXA・IHI・秋田大)

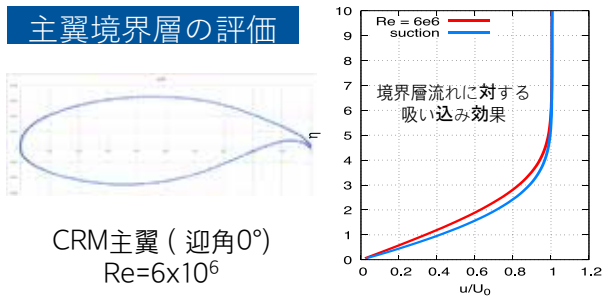
## 主翼吸い込みパターン設定(文献ベース)



## 熱線流速計試作



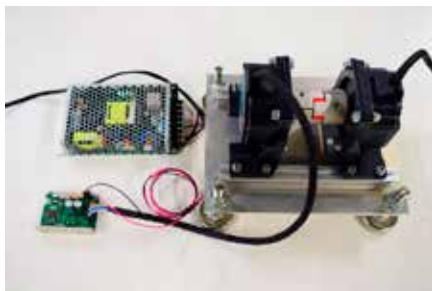
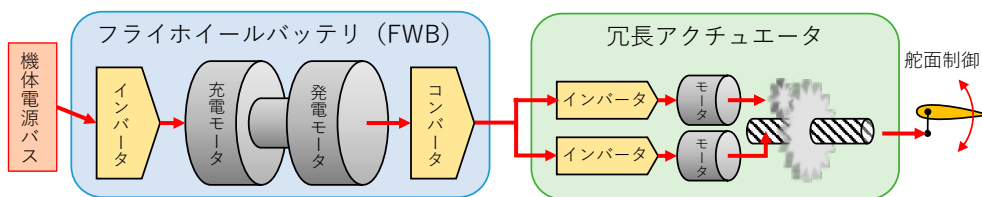
## 主翼境界層の評価



7

# 電力冗長化・平準化システムに関する研究

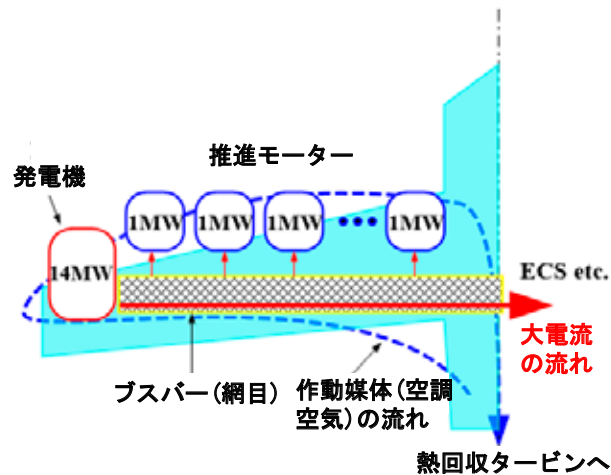
(足立, 平山)



8

## 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。熱交換器の原理を利用して熱回収が容易にできるブスバーの開発を行っている。



## 令和3年度の成果(共同研究, 学会発表等)

### 共同研究(当事業に関するもの)

- 地域企業との共同研究 2件, 秘密保持契約3件
- 地元企業以外の企業との共同研究 1件
- 他大学との共同研究 1件

査読付き論文(当事業に関するもの) 7件

学会発表 16件

受賞(発表賞) 4件

## 令和4年度の事業計画

### 「超高速モータの開発に関する研究」

昨年度導入した電動プロアの評価ベンチを用いて、試作した電動プロアの特性を取得する。また、プロア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プロア特性取得技術を修得する。

### 「グリッドに関する研究」

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高速大電流遮断システムの構築等に関して研究開発を行う。今年度は、グリッドの構成要素である大容量蓄電池の基礎研究を行うとともに、高速大電流遮断システムの銅フェザを活用した研究計画について各大学および企業の有識者との情報交換を通して計画策定を行う。

### 「翼まわりのハイブリッド層流制御(HLFC)」

翼まわりの乱流遷移を遅らせる吸い込み効果を定量的に評価するために、翼まわりに形成される境界層の遷移予測を行う。昨年度からの取り組みを発展させ、3次元性の影響を考慮する。吸い込み効果を実証する実験の準備として、オシロスコープなどを用いて風速測定の時間分解能と測定精度（桁数）を改善する。また、熱線風速計の作成と修理を精度よく行うためにスポット溶接の過程を見直す。

### 「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（ACT）と、フライホイールバッテリー（FWB）について、前年度までに開発した小型実験モデルを用いた制御実験を進める。ACTは出力変位量に対するフィードバック、FWBは負荷変動を吸収した回転数のフィードバック制御を行い、モデルベースのシミュレーション結果と実機の特性の比較評価を行う。

### 「航空機内グリッドのブスバーからの熱回収に関する研究」

波形のプレートを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。また、必要なソフトを追加で購入予定である。

## (4) 新エネルギー開発研究事業の報告（令和3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） 1,000,000円 年度計画推進経費 0円 事業費 300,000円  合 計 1,300,000円
協力教員氏名	福本倫久、大川浩一、古林敬顕、高橋弘樹、富岡雅弘（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、大学講座、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： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)秋田県の脱炭素化に向けた100%再生可能エネルギーシステムを設計・分析した。陸上風力発電を最大限導入して、大規模な蓄電池および水素製造装置と組み合わせることで、秋田県の脱炭素化は可能であることを示した。また、小規模なバイオマス発電をベースロード電源として導入することで、蓄電池の必要容量を削減し、エネルギー供給コストが安価となることを明らかとした。</li> <li>(2)秋田県における電力系統をモデル化した。さらに、洋上風力発電の開発が大きく進んだ場合を想定し、風力発電の出力の違いが、電力系統の安定度に与える影響について調査した。その結果、現状の1.5倍程度の風力発電出力でも電力系統の安定度が低下することが明らかとなった。</li> <li>(3)A. 蓄電デバイスの新規電極材料の開発                      リチウムイオン電池正極材料にカーボンコーティングした後、金イオンに超音波照射することで金ナノ粒子を分散・担持することに成功し、その機構を明らかにした。カーボン被覆した5V級正極活物（<math>\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4/\text{C}</math>）表面へ金ナノ粒子を合成したところ、高電流レート（10C）で放電容量の改善（1.5倍）が確認された。                      使用済みリチウムイオン電池からの優れた蓄電性能を有する再生正極材料を製造する技術を確認し、地域企業と共同で特許出願を行った。また、もみ殻を原料とした電極材料をリチウムイオン電池、リチウムイオンキャパシタおよび電気二重層キャパシタに適用した場合の蓄電性能を評価し、優れた性能が得られたため特許出願を行った。                      B. 蓄電デバイスのシミュレーション技術の開発                      動作環境温度が変化した場合におけるリチウムイオン電池の充放電特性の予測技術において低温域での予測精度低下の原因を調査した。充放電における電池の発熱を十分に考慮できていないことが精度低下の要因で、発熱を考慮することで予測精度の誤差を5%程度におさえることができた。</li> <li>(4)A. 高効率水素製造用材料と大容量水素吸蔵材料の開発                      アルカリ水電解における水素発生電極の性能を、合金を多孔質化することにより飛躍的に高めた。水素の貯蔵・運搬に必要とされる水素吸蔵合金を新規手法により作製することができた。さらに、水素を燃料としたガスタービンの開発に着手した。                      B. 燃料電池技術と二酸化炭素の有用化合物への変換技術の開発                      Pt系カソードの<math>\text{CO}_2</math>電解還元活性に及ぼす導入ガス中の<math>\text{N}_2</math>ならびに<math>\text{O}_2</math>の影響を明らかにした。また、PtにMoを添加すると<math>\text{NH}_3</math>酸化活性が大幅に向上することを見出した。</li> </ol>





## 事業の計画変更



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

		令和元年度	令和2年度	令和3年度
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 需要と供給の安定化に 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 特性および寿命予測 シミュレーション	
	(4)豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術		高効率水素製造電極 材料と大容量水素吸蔵 材料の開発  アンモニアを用いる燃 料電池と二酸化炭素の 有用化合物への変換	

No. 3

## 事業実施体制(令和3年度)



### 協力教員(6名)

理工学研究科 物質科学専攻  
福本倫久 准教授, 大川浩一 准教授, 高橋弘樹 講師

同 数理・電気電子情報学専攻  
熊谷誠治 教授, 富岡雅弘 助教

同 システムデザイン工学専攻  
古林敬顕 准教授

### 事業予算

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

No. 4



## 事業目的

### 事業背景

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

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

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

### 事業目的

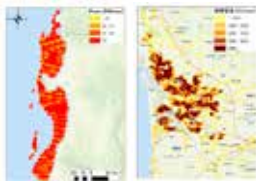
本研究事業では、秋田県で豊富に発生する再生可能エネルギーを地域で効果的に活用し、地域の発展に寄与できる新しい産業技術の開発および新エネルギー導入に関する啓発(教育)活動を行う。

No. 5



## 開発研究事業概要

地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価(古林)



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

地域エネルギーシステムのモデル化と最適設計

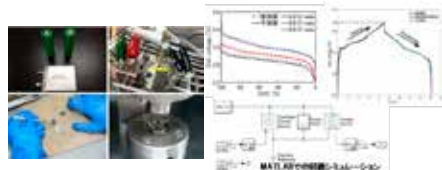
豊富な再生可能エネルギーを導入した電力システムの挙動解析(熊谷, 富岡)

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



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

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

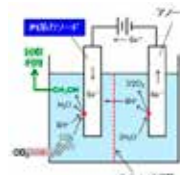


地方創生センター  
地域産業研究部門  
「新エネルギー開発事業」  
代表・研究総括

産業基盤を強固にできる革新的なエネルギー技術の地域企業への移転

豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術(福本, 高橋)

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



No. 6

# 地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価

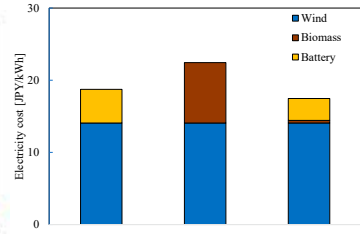
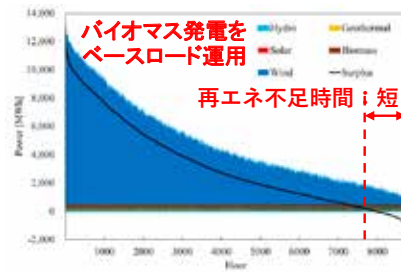
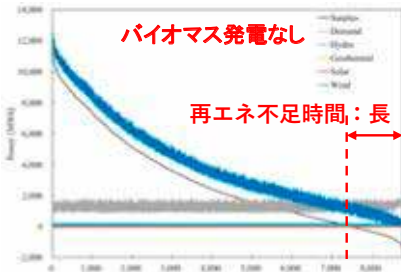
新エネルギー開発研究事業



## 秋田県を対象とした脱炭素エネルギーシステムのデザイン

陸上風力発電に比べて県内のポテンシャルが小さいバイオマス発電の導入を検討し、運用方法を変化させることで蓄電池などの導入量やエネルギー供給コストに与える影響を分析

システムデザイン工学専攻 古林敬顕  
近い将来、秋田県内産業への貢献できる見通し



1時間ごとの再生可能エネルギーによる発電量及び電力需要量の推計に基づく余剰電力の負荷曲線

風力発電を最大限導入した上でバイオマス発電をベースロード運用することで、風力発電のみの場合(左図)と比べて再生可能エネルギーが不足する時間が年間1100時間から800時間に減少した。導入したバイオマス発電の容量は、風力発電に比べてわずか0.05%だったが、必要となる蓄電池の容量は16%削減された。

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

**論文** Design and analysis of a 100% renewable energy system for Akita prefecture, Japan, Smart Energy, 2021, Vol. 2, 100012.

**外部資金** トヨタ・モビリティ基金 令和3年度～令和4年度「再生可能エネルギーの地域間融通を考慮した水素供給システムの設計」  
科研費 基盤(C) 令和3年度～令和5年度「洋上風力発電の大規模導入による地域エネルギーシステムの脱炭素化と新たな価値の創出」

No. 7

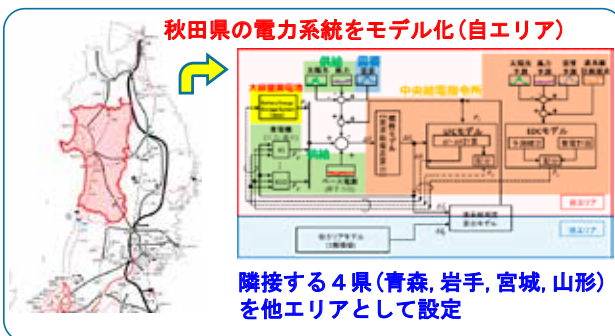
# 再生可能エネルギーを大量導入した場合の秋田県の電力系統安定度の解析

新エネルギー開発研究事業



秋田県では風力発電の増加が予想される  
→電力系統をモデル化し、系統安定度を解析する

数理・電気電子情報学専攻 富岡雅弘  
将来、秋田県内産業への貢献できる可能性



- 秋田県において洋上風力発電の開発が大きく進んだ場合を想定
- 風力発電の出力の違いが、秋田県単独の電力系統の安定度に与える影響を調査(大容量蓄電池は使用しない)
- 秋田県の需要電力はおよそ80万kWに想定し、県内にある発電設備のみを使用

単純に風力発電の出力平均が大きい小さいで、秋田県の電力系統の安定性は決まらない。現状①の1.5倍程度の風力発電出力でも、その変動の性状で系統の安定度が変わる。



秋田県の電力系統の安定度 (大容量蓄電池使用せず)

1. 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



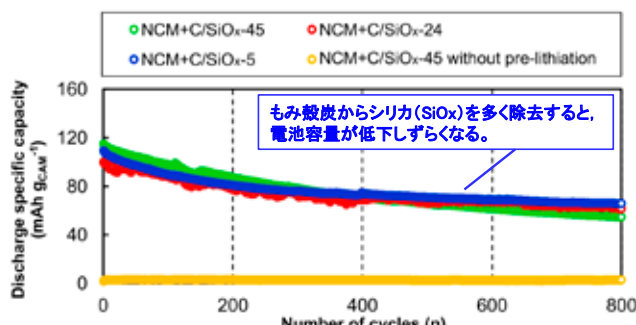
## リチウムイオン電池用の新規負極材料, 大容量キャパシタ用電極材料, 電池シミュレーション

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

バイオマス(もみ殻, 焼酎かすなど)の蓄電デバイス電極材料への応用研究



県内のもみ殻リサイクル企業, もみ殻を電極原料としたキャパシタ製品の実用化を目指し, 共同研究



もみ殻炭を負極に用いたリチウムイオン電池のサイクル寿命特性

### 論文

Role of SiO<sub>x</sub> in rice-husk-derived anodes for Li-ion batteries, Scientific Reports (IF: 4.379), 2022, Vol. 12, 975.  
Energy density maximization of Li-ion capacitor using highly porous activated carbon cathode and micrometer-sized Si anode, Electrochimica Acta (IF: 6.901), 2021, Vol. 394.

### 外部資金

科研費基盤研究(B) 令和元~3年度  
「もみ殻由来C/SiO<sub>x</sub>混合系のLiイオン蓄電デバイス負極活物質としての機能解明」

No. 9

# 再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術

新エネルギー開発研究事業



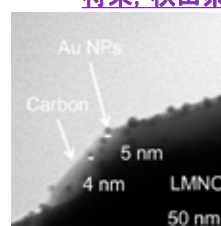
## リチウムイオン電池用の新規正極材料

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

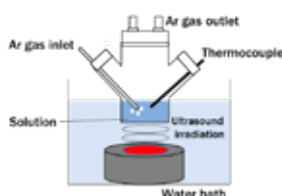


<http://www.mitsubishi-motors.com>

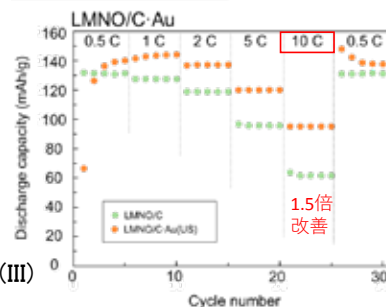
車両の電動化に伴い, 駆動用電源となるリチウムイオン電池の高エネルギー密度化が望まれる。そのため, **高起電力(5V級)を示す正極材料(LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub>)を高電流密度で使用できるように表面状態をデザインする。**



本研究: 正極活物質表面にカーボン被覆した後, 超音波による化学反応で金属ナノ粒子を合成することで分散して担持する機構を解明した。この表面デザインで, 大きな電流が流せるようになった。



超音波を反応溶液中に照射して, 生成した還元ラジカルを利用して, 金イオンから**金ナノ粒子**をカーボン被覆した正極材料表面に分散して担持する独自技術を使用。



高電流レート, 10C (6分で満充電・放電できる電流値)でも高い放電容量(理論容量) 147mAh/gの約70%を示した。

### 論文

Effects of ultrasound irradiation on Au nanoparticles deposition on carbon-coated LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub> and its performance as a cathode material for Li ion batteries, Ultrasonics Sonochemistry (IF: 7.491), 82, 105879 (2022)

### 共同研究

県外企業(1社)とリチウム電池正極・負極材料の新規開発について実施

No. 10



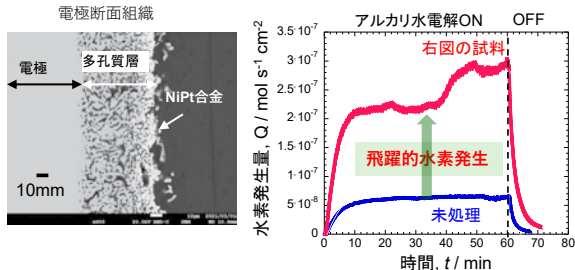
# 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術1

## グリーン水素の製造，貯蔵と利用

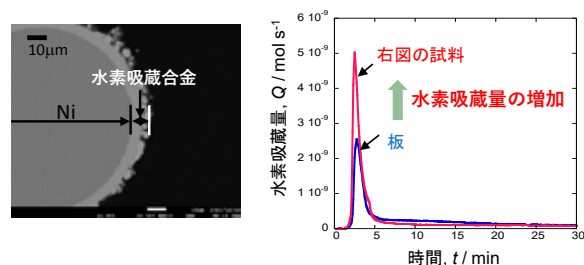
物質科学専攻 福本倫久

将来，秋田県内産業への貢献できる可能性

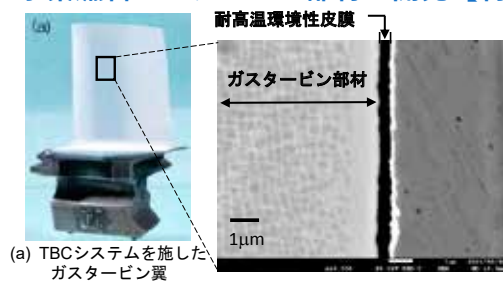
### 高効率水素発生電極の創製【製造】



### 新規水素吸蔵合金の開発【貯蔵】



### 水素燃料ガスタービン部材の開発【利用】



(a) TBCシステムを施したガスタービン翼

論文

Porous Ni-Co surface formation and analysis of hydrogen generation by gas sensor, International Journal of Hydrogen Energy (IF:5.816), 2021, Vol. 46, pp.26263-26271

外部資金

池谷科学技術振興研究助成

共同研究

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

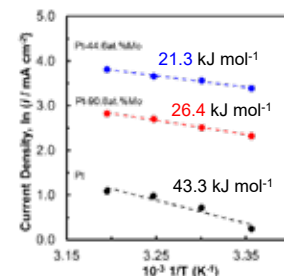
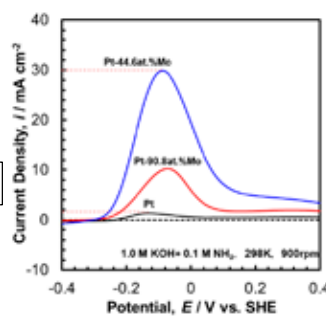
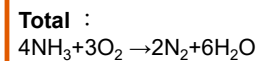
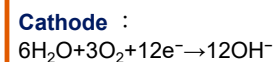
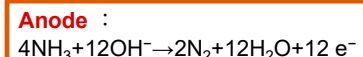
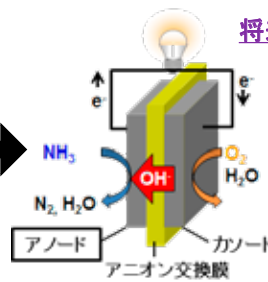
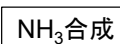
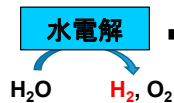
No. 11

# 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術2

## 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を添加することで $\text{NH}_3$ 酸化活性が大幅に向上することを発見

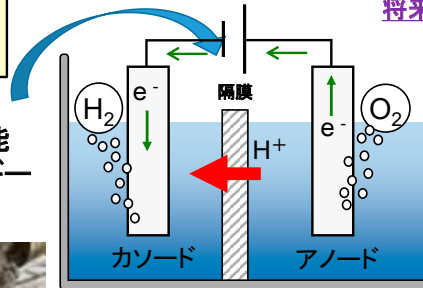
No. 12

## 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術3

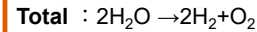
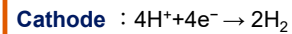
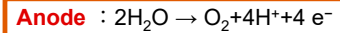


酸素発生電極触媒の開発(水素製造)

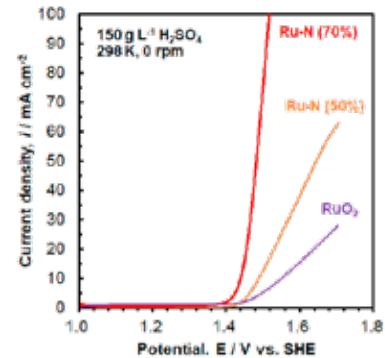
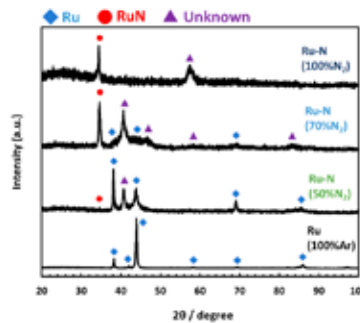
再生可能エネルギー



将来, 秋田県内産業への貢献できる可能性



反応性スパッタリングにより, Ru窒化物を合成



Ru窒化物は, 高活性で知られるRuO<sub>2</sub>よりも優れた酸素発生電極触媒であることを発見

外部資金

科学技術振興機構 A-STEP「トライアウトタイプ」 299万円

「再生可能エネルギー活用に資する低コスト・低過電圧酸素発生電極触媒の開発」(R3.5.1~R4.3.31)

No. 13

## 令和3年度事業成果



### 研究成果発表

招待講演: 2件, 国内会議発表: 33件, 国際会議発表: 10件, その他発表: 2件, 新聞報道: 2件  
査読付論文: 11件, 特許出願: 1件, 特許登録: 1件, 受賞: 1件

### 啓発・教育活動

- ・令和3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3年度 高大連携授業「再生可能エネルギー入門」(熊谷)
- ・令和3年度 高大連携授業「化学の目で最新のニュース解説 第2講 リチウムイオン電池の仕組みと魅力を理解しよう」(大川)
- ・令和3年度 大学講座 講師「with/postコロナ社会における再生可能エネルギー活用の展望」(高橋)
- ・サイエンスラボ 高校生対象の実験教室「リチウムイオン電池をつくってみませんか」(熊谷)
- ・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. 14

# 令和4年度事業計画



## 開発研究事業

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

- (1) 秋田県沖風況データと沿岸部のエネルギーフロー解析，地域経済解析  
風況と発電量，故障率など風力発電の実データの提供による，風力発電のポテンシャル分析の精度向上(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  
電気自動車の蓄電池を用いた災害停電時の家庭用電力バックアップシミュレーション(富岡)
- (3) 再生可能エネルギー貯蔵用大容量蓄電デバイスの開発と運用技術開発  
高電位を示すリチウムイオン電池用正極材料の放電容量の改善。高容量を示す電極の新規合成方法について企業と共同開発(大川)  
県内企業とのリチウムイオン電池リサイクル正極材料，キャパシタ電極材，電池特性のシミュレーションについての共同研究(熊谷)
- (4) 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術の開発  
海外の大学との水素発生電極についての共同研究，水素吸蔵合金の開発および水素吸蔵性能評価について革新的技術の開発(福本)  
Pt系合金によるCO<sub>2</sub>電解還元と還元生成物を分析，Pt系合金のアンモニア酸化活性の調査，Ru窒化物の酸素発生特性の調査(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. 15

## (5) 医理工連携産業研究開発事業の報告（令和3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） 912,000円 部門研究活動活性化経費（研究経費） 888,000円 年度計画推進経費 0円 事業費 300,000円  合 計 2,100,000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 寺境 光俊 教授 山本 良之 准教授 田中 元志 准教授 関 健史 講師
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	<p>「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」                  本研究プロジェクトでは、異常行動と判断せざるを得ない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HMDを組み合わせたドライビングシミュレータを開発した。さらに、高齢ドライバーが苦手とする交差点および歩行者の飛び出しシナリオをVR環境で実装すると共に、若年者および高齢者を対象に歩行時・運転時の行動を計測した。その結果、歩行者の交通事故発生率は加齢に従い上昇する一方で、運転時の事故率は必ずしも年齢に依らないこと、ブレーキを踏むまでの単純反応時間と相関が高いこと等が明らかになった。今後、運転時の事故を誘発するシナリオの種類を増やすことで、高齢ドライバーが苦手とする条件の顕在化を目指す。                  担当 水戸部教授 予算 研究活動活性化経費 685,000円 事業費 100,000円</p> <p>「高齢者のフレイル予防と再生医療を目的とした機器開発」                  (1) 眼窩を含む欠損部を補綴するエピテーゼについて、健側の瞬きと同調してエピテーゼを瞬きさせる装置を試作した                  (2) 脳外科手術等で活用する多指ハンド型器具の開発について、ハンドの指先で物体を把持・回転させることができる機能を実現した                  (3) 口腔機能低下症等に関する咬合力の測定法について、口腔内にセンサを入れることなく測定できるデバイスを試作・評価した。                  担当 長縄教授 予算 研究活動活性化経費 430,000円 事業費 100,000円</p> <p>秋田大学医理工連携ブランドロゴマークを取得した3点（リハビリマウス、Akita Trainer、座位バランス計測装置）について必要な改良を進め、特定臨床研究への申請を行ったうえで、順次患者を対象とした試験を進めた。秋田大学と札幌医大が提携して脊髄損傷患者の再生医療の治験を進めるにあたり、開発したリハビリロボットを、移植・再生療法を行った後の促進療法および高頻度・反復訓練に利用した。ロボットの設置場所として医学部基礎研究棟内のバイオサイエンス教育・研究サポートセンター実験室を使用した。                  担当 巖見・宮腰教授 予算 研究活動活性化経費 685,000円 事業費 100,000円</p>

# 医理工連携産業研究開発事業

代表 巖見 武裕

(理工学研究科システムデザイン工学専攻)

## 目的

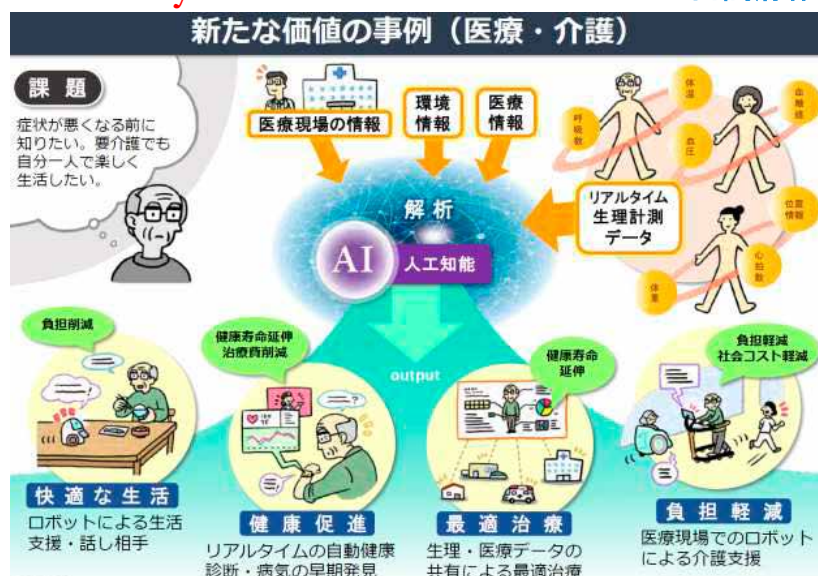
本事業では、高齢者の多い秋田県において、"フレイル予防"、"AI/IoTを用いた予防医療"などをコンセプトに、県内を中心とした企業と共に医療・福祉関連分野における少子高齢化に伴う新しい機器の開発と事業化を提案する。開発機器は医療機器だけではなく、健康増進、長寿に関する一般ユーザーを対象としたものに広げる。また、秋田産学官ネットワークなどの取り組みを通して、産学官連携による医療機器産業の育成に努める。

# 医理工連携産業研究開発事業

## AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

Society 5.0

内閣府作成





## 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: IoTによる予防医療と  
VR/ARを用いた医療教育システムの開発

## 協力教員

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

部門研究活動活性化経費(間接経費)	912千円
部門研究活動活性化経費(研究経費)	888千円
年度計画推進経費	0円
事業費	300千円
合 計	2,100千円

「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」

担当 **水戸部教授** 予算 **活性化経費 685千円** **事業費 100千円**

「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

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

担当 **長縄教授・関講師** 予算 **活性化経費 430千円** **事業費 100千円**

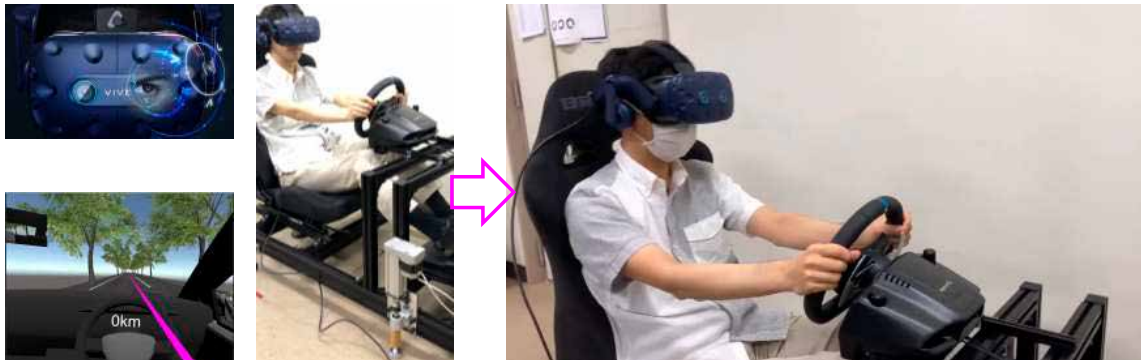
- (1)座位バランス装置
- (2)片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット
- (3)上肢訓練ロボット

担当 **巖見・宮腰教授** 予算 **活性化経費 685千円** **事業費 100千円**

# 「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」

担当 水戸部教授 予算 活性化経費 685 千円 事業費 100千円

- 本研究プロジェクトでは、異常行動と判断せざるを得ない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目的として、視線計測可能なHMDを組み合わせたドライビングシミュレータを開発した。さらに、高齢ドライバーが苦手とする交差点および歩行者の飛び出しシナリオをVR環境で実装すると共に、若年者および高齢者を対象に歩行時・運転時の行動を計測した。



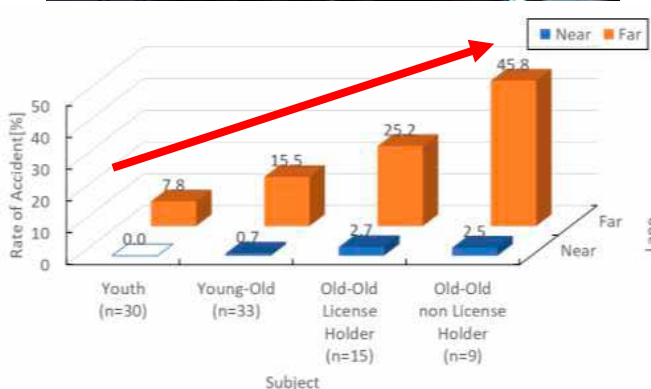
→歩行者の交通事故発生率は加齢に従い上昇する一方で、運転時の事故率は必ずしも年齢に依らないこと、ブレーキを踏むまでの単純反応時間と相関が高いこと等が明らかになった。

## 車道横断時の高齢歩行者交通事故

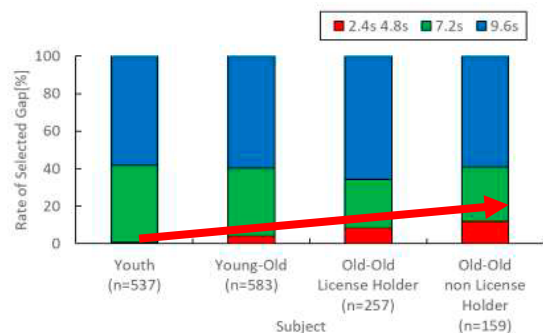


### 検査参加者

- ▶ 若年者: 30名  
(男性15名,女性15名)
- ▶ 前期高齢者: 33名  
(男性17名, 女性16名)
- ▶ 後期高齢者: 24名  
(男性10名, 女性14名)  
うち免許証有15名, 無9名

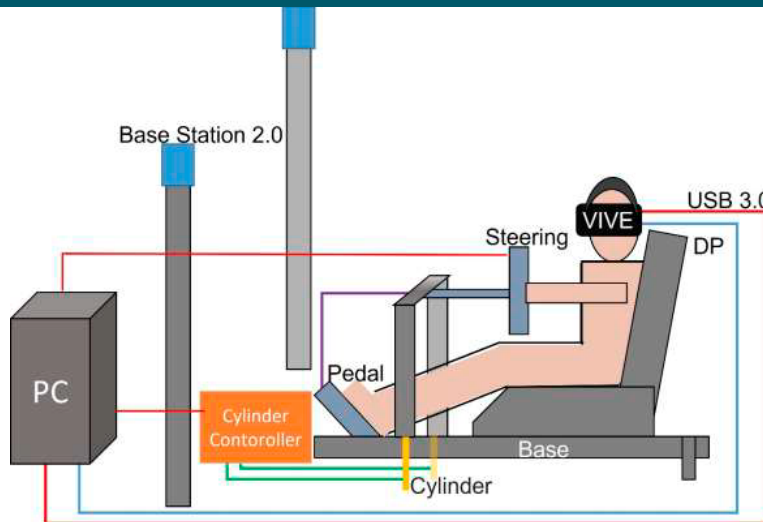


加齢に伴い交通事故発生率が上昇



加齢に伴い危険な車間を横断

# ドライビングシミュレータの構成



## HMD Vive Pro Eye

- Display
- ・リフレッシュレート 90Hz
  - ・解像度 両眼2880×1600pi
  - ・視野角 最大110°
- Eye Tracking
- ・リフレッシュレート 120Hz
  - ・追跡視野角 120°

## Handle Controller Logicool G29

- ・回転角 片側最大450°
- ・ハンドル直径 270mm

## Motion Base ACSIM-LITE

- ・二軸のシリンダ
- ・ストローク50mm

## モーションベース

- 車両の加減速, 路面状況に合わせて**傾斜, 振動**  
→実際に運転している様な体性感覚情報を提示

# 交差点のシナリオ

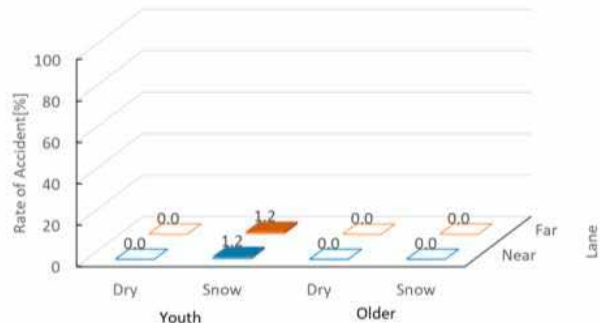


## 検査参加者

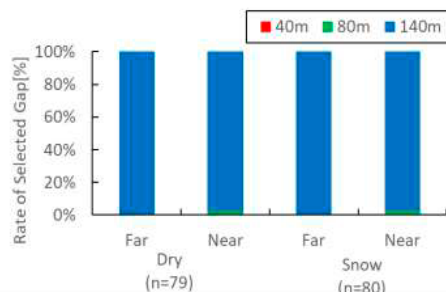
- ・ 若年者:10名, **高齢者:9名**



運転中の映像

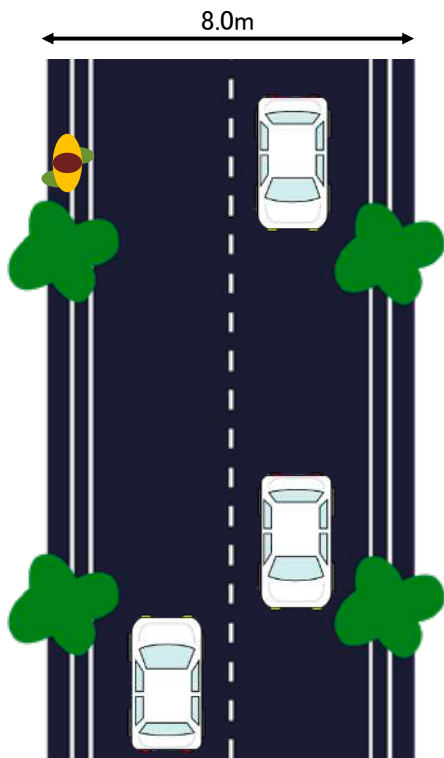


若年者と**高齢者**の交通事故発生率



**高齢者**の車間選択割合

本検査条件では交通事故は発生せず,  
**安全な車間を選択して運転した**



### 教示条件

- ・走行速度 57-63km/hの条件で任意の距離から歩行者が出現する.
- ・ドライバーには街路樹の陰から歩行者が飛び出した様に見える.
- ・歩行者は出現後1m/sで横断.

### 検査参加者

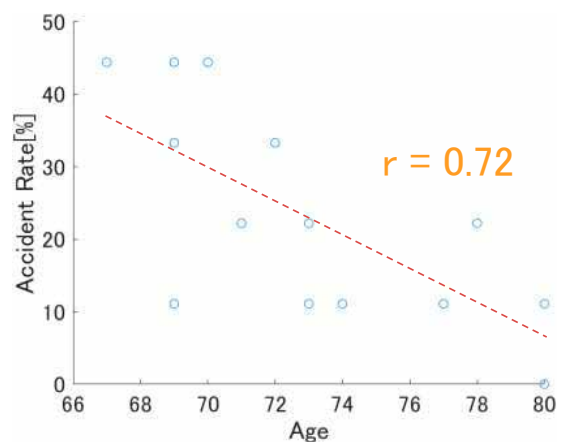
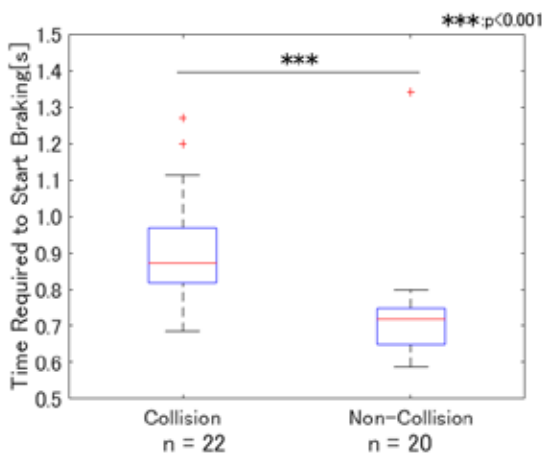
67~80歳の高齢者14名 (男性7名, 女性7名)

### 外観・実験の様子



事故群ではブレーキに要した時間が有意に長い

必ずしも加齢に伴い事故率が增加するわけではない



30m先に歩行者が出現してからブレーキを踏むまでに要した時間

年齢と事故率の関係

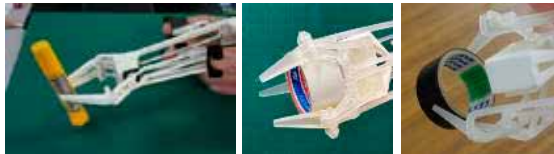
## 「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

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

担当 長縄教授・関講師 予算 活性化経費 430千円 事業費 100千円



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



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

## 眼窩を含む欠損部を補綴するエピテーゼ

### <エピテーゼ>

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のことを示す。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、眼窩エピテーゼを用いて処置が行われる。

しかし、これまで瞬きエピテーゼに関する開発がなされてきたが、駆動装置、検出回路などの大きさにより実用化には至っていない。



眼窩エピテーゼ



エピテーゼ装着前後



# 瞬き駆動装置の製作

<先行研究>

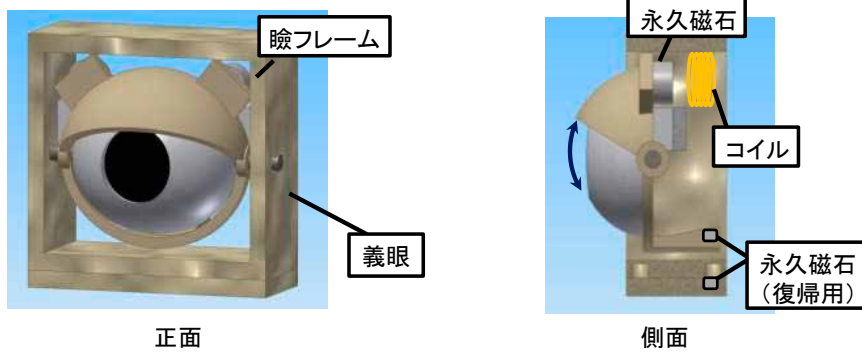


図4. 装置の駆動原理

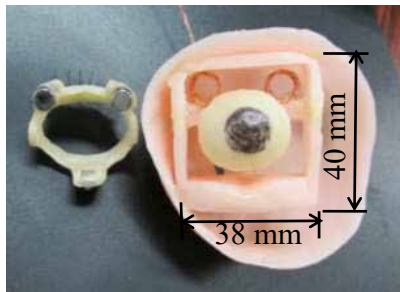


図5. 瞬き装置

特徴

- ・電磁石による駆動
- ・人間の瞼の原理を再現
- ・小型で欠損部内に収納が可能

# 瞬き駆動装置の製作

<人工皮膚の製作>

タフシロン(株式会社タナック製)を用いた人工皮膚  
TSG-E30, TSG-E50の二種類

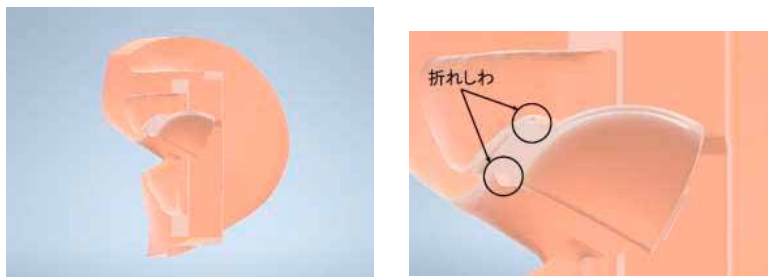


図9. 人工皮膚外観

瞼部と瞼部以外の人工皮膚  
全体に分けて製作



裏側で接合



全体

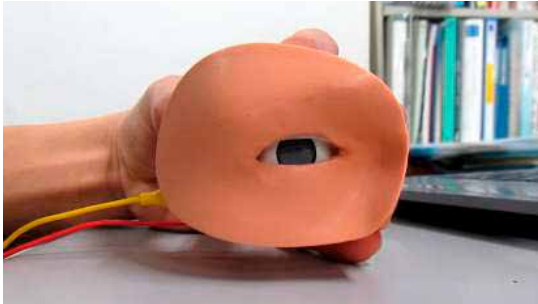
瞼部

図10. 断面図

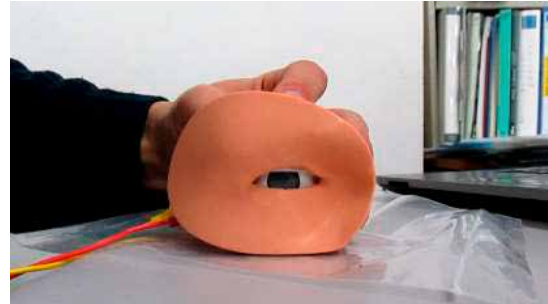
## 瞬き駆動装置の製作

### <駆動試験>

駆動装置に取り付けて、動作するか検証



TSG-E30



TSG-E50

図11. 人工皮膚の駆動試験

### 結果

TSG-E30, TSG-E50ともに瞼部分が2mm程度しか動かなかった

## 瞬き駆動装置の製作

### <考察>

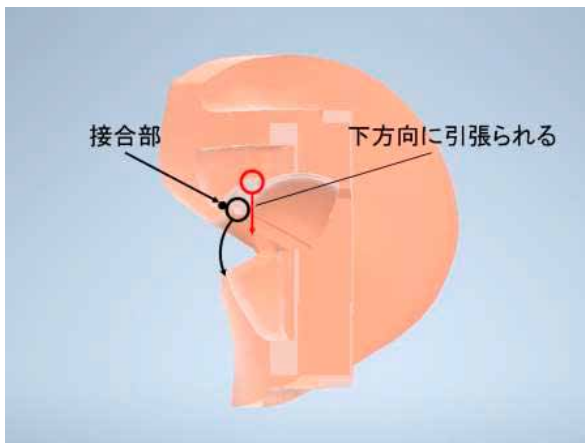


図12. 駆動時イメージ図

折れしわの位置関係により、上部の折れしわが接合部を基点に下方方向に引張られる



瞼フレームに力がかかり、回転できず、閉眼に至らなかった

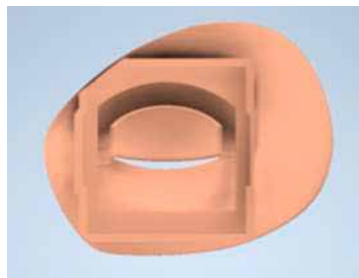
折れしわは1つだけとし、瞼部は人工皮膚表面と一体化した構造が望ましい

# 瞬き駆動装置の製作

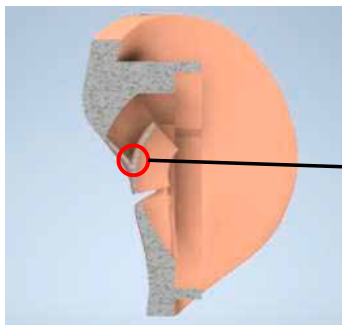
## <人工皮膚の改善>



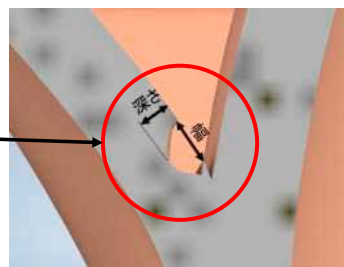
正面



背面



断面



脛部

- ・脛フレームに取り付ける1枚の人工皮膚と裏側で接合したY字構造

- ・変形が大きい脛部は厚さ1mm

- ・開眼の際, スムーズに折り込まれるように凹みを設ける

幅: 約0.5mm 深さ: 0.4mm



自然な二重脛が再現可能

図13. 改良した人工皮膚の設計

# 瞬き検出装置の小型化

## <システム構成>

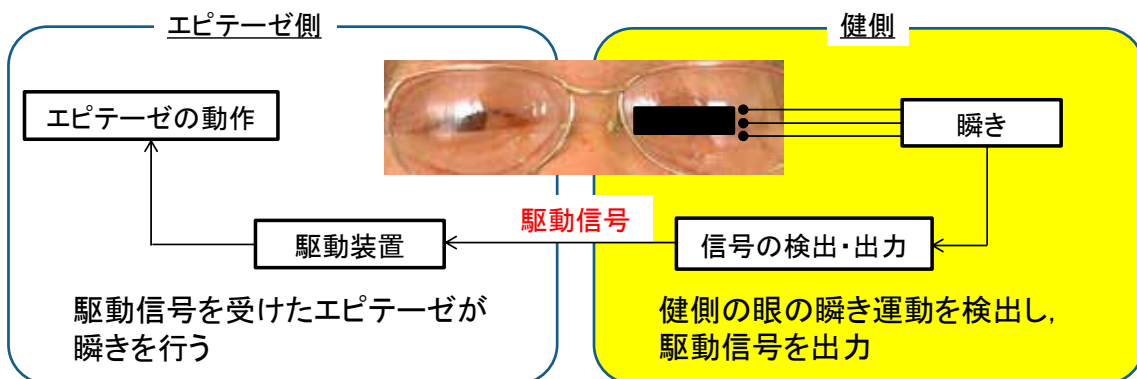


図3. システム構成図

瞬き検出装置をエピテーゼに収容するために小型化を図る

## 瞬き検出装置の小型化

<検出手順>

顔面に3つの電極を貼りつけて電位差を測定  
フィルタ処理を行った後、駆動信号を駆動装置に出力

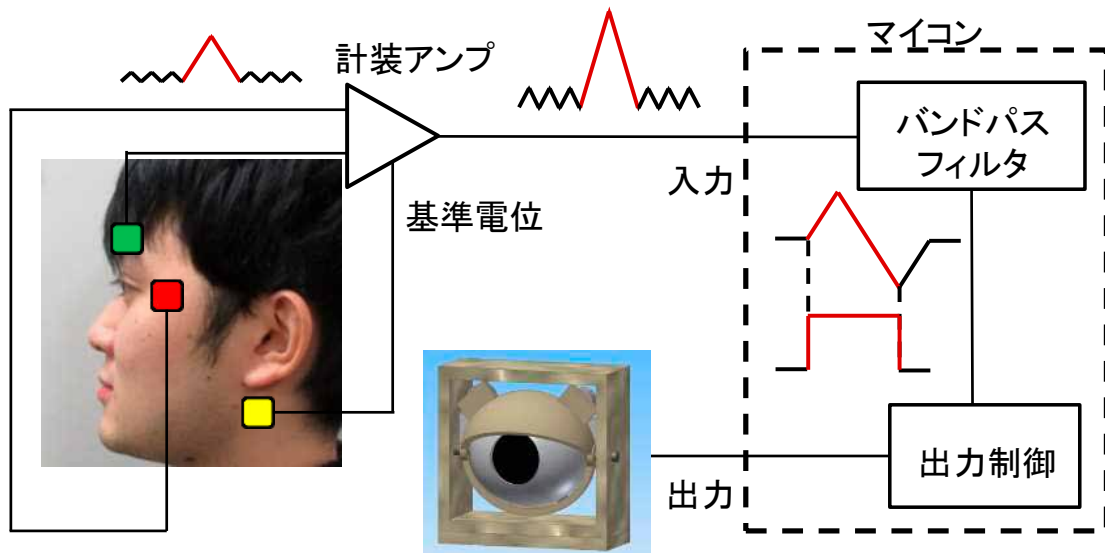


図14. 瞬き検出手順

## 瞬き検出装置の小型化

<検出装置>

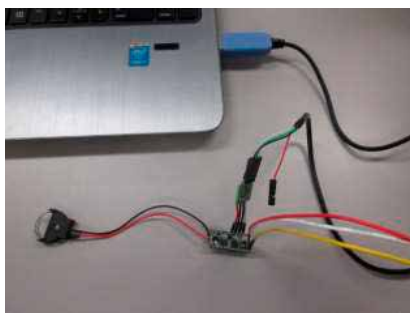


図15. 検出装置

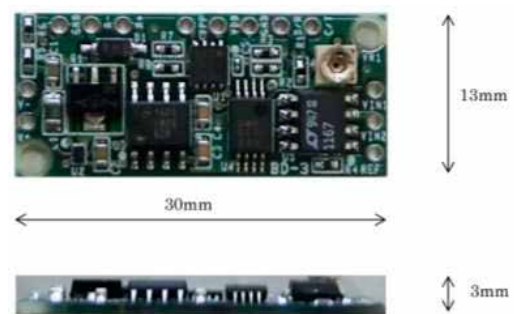


図16. 回路寸法

- ・ブレッドボードを用いた装置を小型化(株式会社アクトラス)
- ・ボタン電池3V(CR2032)で駆動
- ・生体電位の測定, フィルタ処理, 駆動信号を出力

## 瞬き駆動システムの評価

<瞬き・眼球運動の測定>

被験者 : 健常者2名

使用電極: 脳波用皿電極 NE-512G(日本光電工業製)

測定位置: 左眼の目尻部(角膜から30mm), 左眉の上部(角膜から30mm),  
耳の付け根(基準)

測定内容: ①2回瞬きを行った後, 左・右・上・下の順に視線移動し, 最後に1回  
瞬きを行った際の眼電位を測定. 2回行う.

②1分間安静状態での瞬きの眼電位を測定.



図18. 試験①の様子

## 瞬き駆動システムの評価

不随意性瞬きの検出率は99.2%まで向上

動作	瞬き	誤検出	取りこぼし	検出率[%]
瞬き・眼球運動	6	0	0	100
読書	23	0	0	100
ビデオ鑑賞	42	0	1	97.6
間違い探し	17	0	0	100
スマートフォンの チェック	41	0	0	100
10秒間瞬き	9	0	0	100



図25. ビデオ鑑賞時の様子



# 「高齢者のフレイル予防と医療を目的とした機器開発」

- (1) 座位バランス装置
- (2) 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット
- (3) 上肢訓練ロボット

担当 巖見・宮腰教授 予算 活性化経費 685千円 事業費 100千円

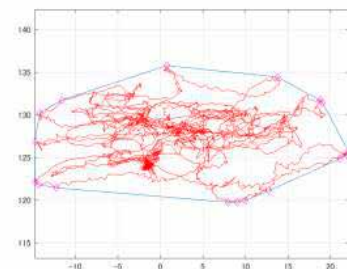


## 座位バランス装置

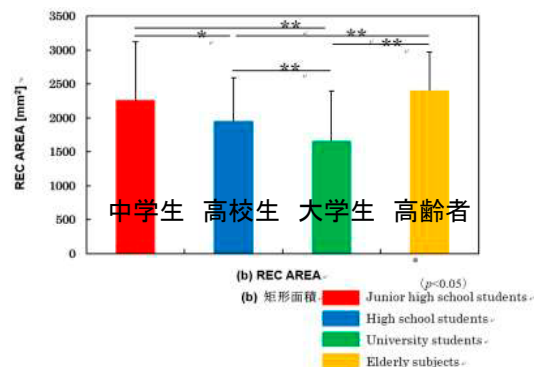
第28回リハ工学カンファレンス優秀賞  
第15回骨粗鬆症学会学術奨励賞



機械学習（回帰）を用いてバランス年齢を推定



重心点の軌跡



重心点の軌跡より求めたバランス能力

## VRを用いたバランス訓練プログラムを付加

### 開発背景

- ・座位バランス計測装置の訓練への応用は未検討
  - ・座面揺動に対する姿勢制御運動は, 体幹バランス能力の強化に有効
  - ・参加者のやる気の維持が困難
- ⇒座面揺動とVRを併用



**姿勢制御運動を用いたVR訓練ゲームで楽しく強化**

## VRを用いたバランス訓練プログラムを付加

座位における体幹運動を利用したVR体幹バランス訓練システムの評価



Fig.5 訓練システム1

座面揺動を利用したVR体幹バランス訓練システムの開発



Fig.6 訓練システム2

[5] Vogt, et al., International Journal of Medical Informatics, (2019).

[6] Omon, et al. Progress in Rehabilitation Medicine, Vol. 4, (2019).

## 訓練システム: 構成

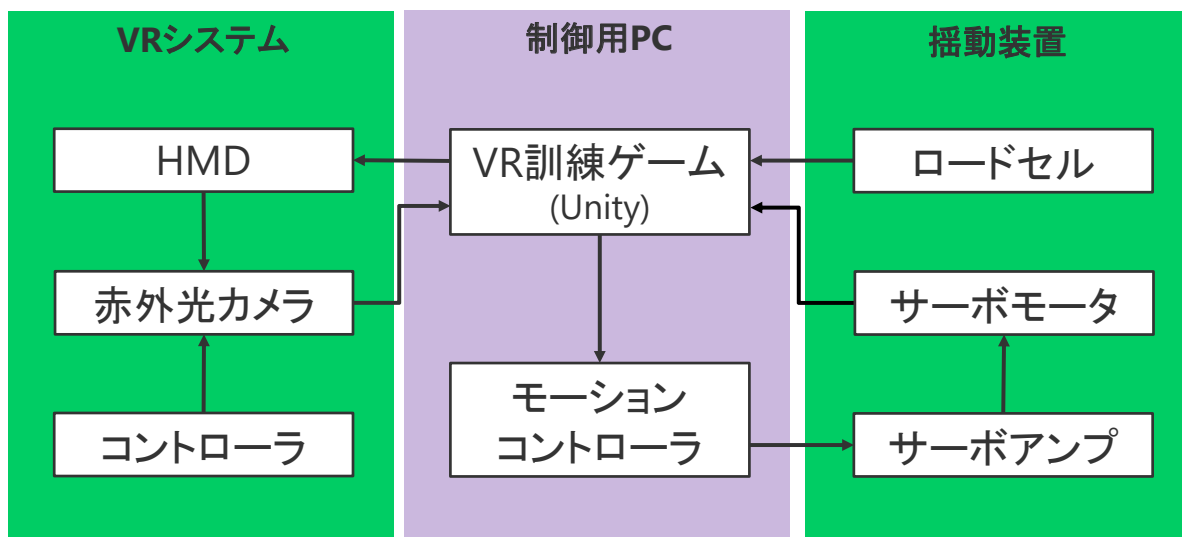


Fig.19 訓練システムの構成

**座面CoP, 座面角度を実時間でVR環境に反映**

## 訓練システム: 訓練内容



Fig.23 VR訓練ゲーム

**姿勢制御運動を用いてグライダーを制御するゲーム**

## 訓練システム: 訓練内容

### 特徴

- ・リングの大きさに応じて  
獲得できるスコアを変更
  - ・リングの配置, 大きさをCoP軌  
跡長から決定
- ⇒ユーザの能力に適した難易  
度で訓練できる

### 安全対策

- ・3人称視点
- ・頭部運動抑制システム



今後, 開発した訓練システムを実験により評価

## 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット





## 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

特定臨床研究 → 有効性の検証



 Akita Trainer

## 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

昨年度改良内容

- スロープの完成
- 外骨格を内転位へ調整
- 体幹装具の素材変更
- 低身長用下腿装具



 Akita Trainer

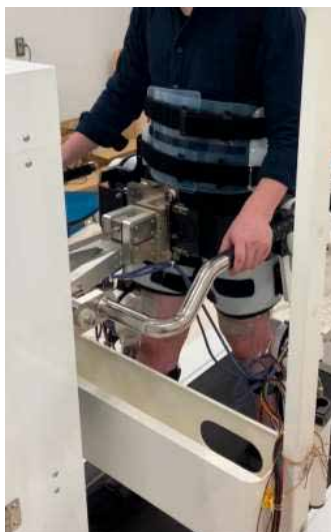


## 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット



立脚期の片脚支持が内転位となり，片脚支持時の違和感が軽減

## 片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

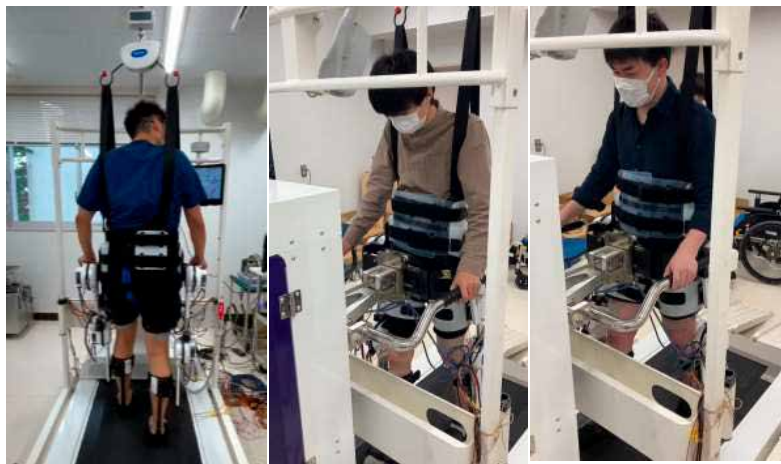


体幹装具の素材を変更

マジックテープで体幹部分を細かく調整

→あらゆる体格の方でもロボットの中心へ体幹をセット可能

## 改良後健常者試験



健常人で7回実験  
安全に終了

## 改良後健常者試験



190cm, 155cm  
でも健常者試験実施



装具を一部調整

## 進捗状況

### ➤ 特定臨床研究

脊髄障害による下肢麻痺者に対する機能的電気刺激併用歩行訓練リハビリテーションロボット「Akita Trainer」の有効性の検証

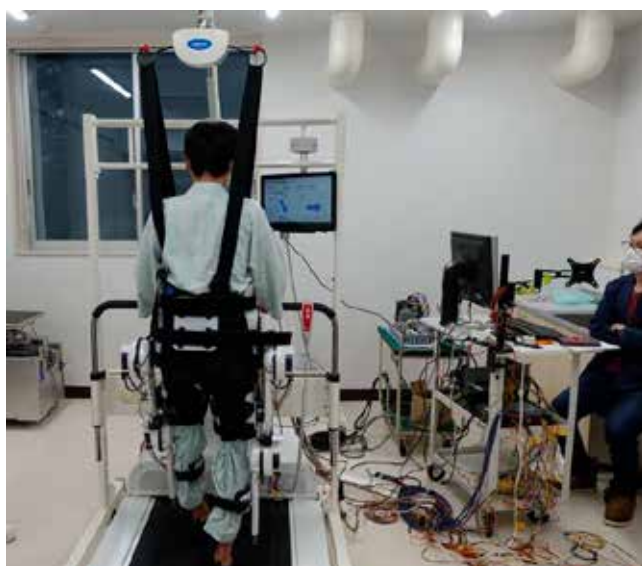
→ 4月の審査で「継続審査」6月に再審査し結果待ち

### ➤ 観察研究

急性期脊髄損傷患者に対する骨格筋および呼吸筋の超音波検査による筋厚測定の有効性

→ 6月の倫理委員会にて承認

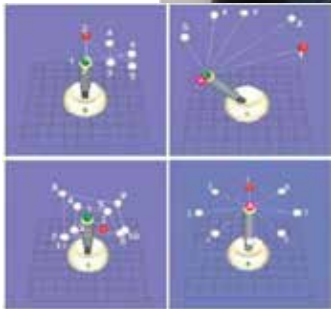
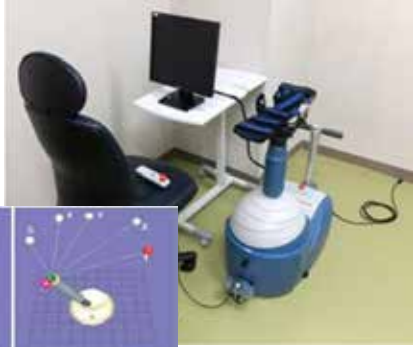
## 今年度の改良課題



→ 電装系の整理

# 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



ReoGo®-J  
帝人ファーマ株式会社

モニターに示されるアームの動き



コンパクトな桌上ロボットへ



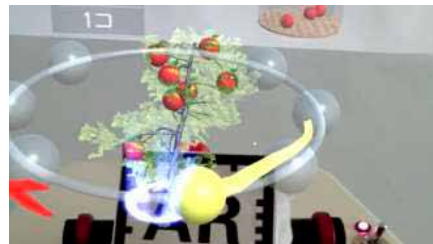
倫理委員会の承認を経た臨床試験

## モニタとVRとARの比較実験

VR(VIVE Pro)



AR(HoloLens2)



## モニタとVRとARの比較実験

### VR(VIVE Pro)

モグラ叩き



カード拾い



### AR(HoloLens2)

モグラ叩き



カード拾い



## モニタとVRとARの比較実験

### 【対象と方法】

実験には20歳代から60歳代の健常者18名(男性11名, 女性7名)が参加した. 各参加者はVIVE Proを装着しての訓練, HoloLens2を装着しての訓練, モニタ画面を見ながらの訓練の計3回行った. 約10分間の訓練後に映像酔いとモチベーションに関するアンケートに回答した.

### 【結果】

VIVE Proを装着しての訓練後のみに酔いの症状がみられた. また, 乗物酔いしやすい人はVR酔いの症状を引き起こしやすいという結果を得た.モチベーションの維持に関する結果はHoloLens2を装着しての訓練の満足度が他の2つのシステムの満足度に比べてやや低いことが示された. 一方でARの使用経験がある人の方がHoloLens2を装着しての訓練に対する満足度が高くなることも示された.

### 【考察】

HoloLens2を装着しての訓練に対する満足度は, ARに対する慣れが影響していることが示唆された. これらの結果はVRやARを通して見える映像内容や対象者によっても変わると考えられ, 今後は映像プログラムや被験者数を増やして継続的に調査していく予定である.



# AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

## 秋田版スマートホームと見守りシステム



開発系(設置型システム)

ウェアラブルデバイス

## 躓きの検出



ウェアラブル端末 (Silmee™ W20)

- バイタル情報・加速度を連続測定

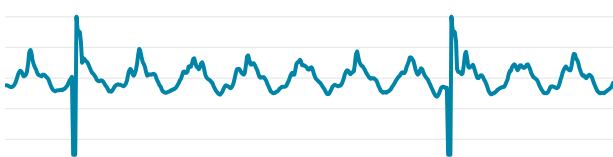


- 被験者：PT高橋
- 加速度センサ(見守りゲイト君)を装着
- 2分間の快適歩行
- 途中、故意につまづく

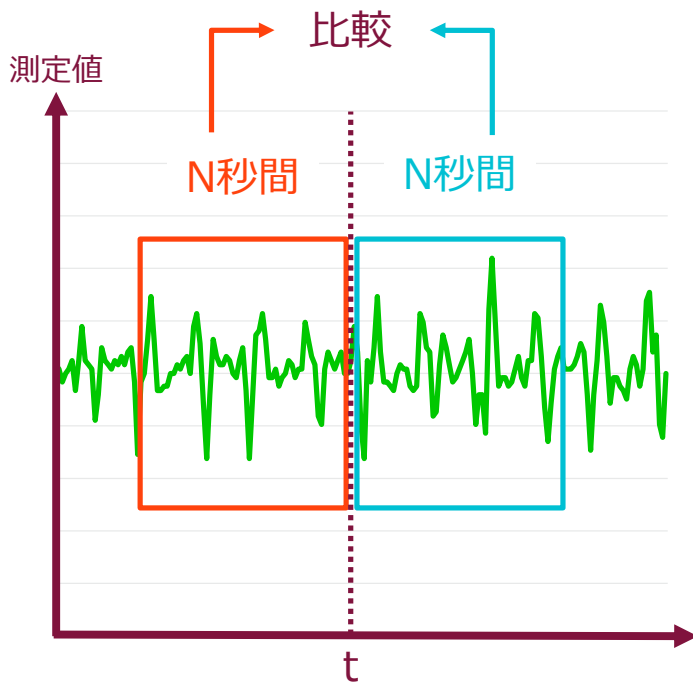


カメラを設置しなくてはならない

ウェアラブルだけで解決したい



# 特異スペクトル変換



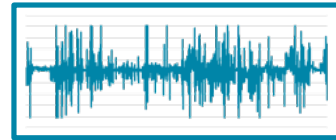
①測定1(基準データ)の波形パターンをAIに学習させる



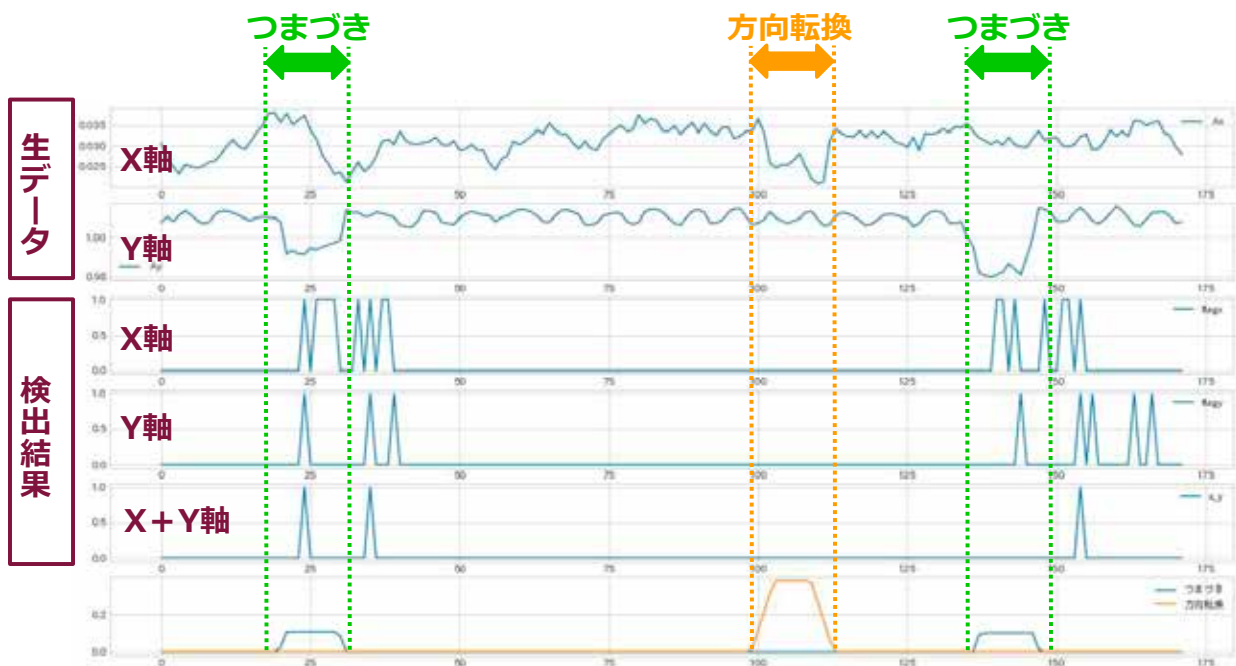
②測定1を過去データ, 測定2を未来データとして特異スペクトル解析



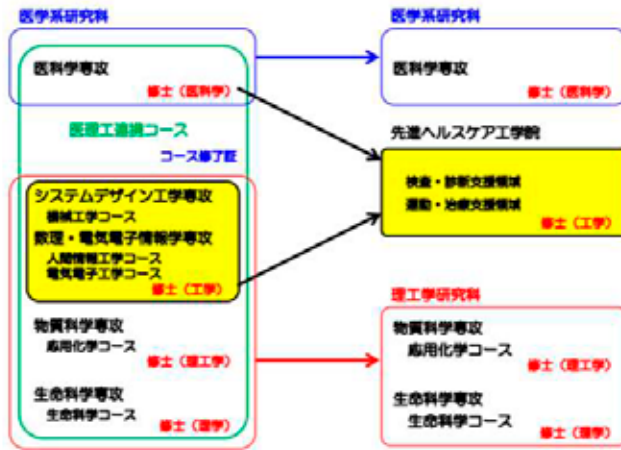
③測定3を未来データとして同様に特異スペクトル解析



# 結果：測定2での検証



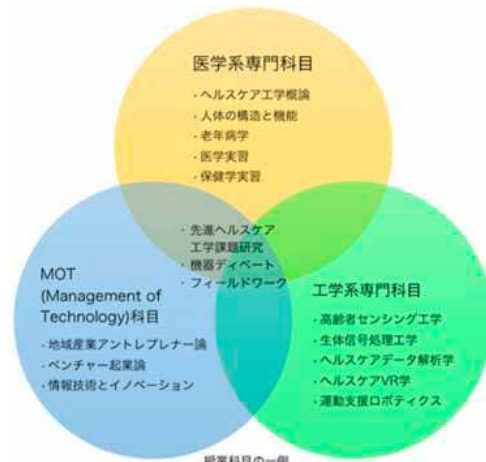
# 大学院医理工連携コース ⇒ 先進ヘルスケア工学院へ



理工学系研究科

2020年度までの体制

2021年度からの体制



授業科目の一例



## (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	10月3日	令和3年度化学系学協会東北大会 『Gas adsorption/desorption behaviors of ZIF-8 investigated with terahertz waves』(丹野ほか)
2	12月6日	Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2021 (RSC-TIC2021): Spectroscopic imaging and sensing 『Investigation of ZIF-8 gas adsorption/desorption characteristics using terahertz waves』(丹野ほか)
3	3月28日	Understanding Crystallisation: Faraday Discussion 『Observation and simulation of the phase transition of a plastic crystal of nonadecane』(丹野)

### ◇論文発表

	日 付	タ イ ト ル
1	11月17日	『Terahertz linear polarizer made of an organic single crystal』 Optics & Laser Technology, 147号, 107669, 2021年 (丹野ほか)

### ◇解説記事

	日 付	タ イ ト ル
1	7月5日	『テラヘルツ分光』 ぶんせき, 559号, pp.300-304, 2021年 (丹野)

### ◇実施事業

	日 付	タ イ ト ル
1	1月8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	氏名	所属部局等名	研究開発プロジェクト名	プロジェクト外課題番号
1	柴山 敦	国際資源学研究科	選鉱・製錬プロセスを利用した資源有効利用技術の開発	①
	川村 茂	国際資源学研究科		
	高崎 康志	国際資源学研究科		
	芳賀 一寿	国際資源学研究科		
	山田 学	理工学研究科		
2	林 滋生	理工学研究科	機能性天然鉱物を原料に用いた高効率イオン吸着材料の多孔体化に関する研究	②
	加賀谷 史	理工学研究科		
3	寺境 光俊	理工学研究科	第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金金属の選択回収	①
	松本 和也	理工学研究科		
4	長谷川 崇	理工学研究科	FeCo基合金薄膜への格子歪みの導入による超高性能磁石材料の開発	②
5	福本 倫久	理工学研究科	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	走査型透過電子顕微鏡法を駆使した希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御	②
7	齊藤 準	理工学研究科	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	高品位な強磁性・強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	②
9	進藤隆世志	理工学研究科	新規アパタイト型化合物系触媒材料の創製	②
	加藤 純雄	理工学研究科		
	小笠原正剛	理工学研究科		
	齊藤 寛治	理工学研究科		
10	高橋 護	理工学研究科	タングステンカーバイド表面への省エネルギー型燃焼炎によるはく離抑制を考慮したダイヤモンド皮膜合成	③
11	大川 浩一	理工学研究科	微細なりチウムイオン電池用正極活物質の新規合成方法の検討	②
	加藤 貴宏	理工学研究科		
12	藤原 憲秀	理工学研究科	特異な構造の非ベンゼン系芳香族系天然物の全合成と構造活性相関に関する研究	⑤
13	横田 早希	理工学研究科	バイオシリカを用いた新たな分子インプリント法の開発	②
14	尾高 雅文	理工学研究科	カプセル状タンパク質エンカプセリンを用いたドラッグデリバリーシステムの開発	②
	松村 洋寿	理工学研究科		
15	高橋 弘樹	理工学研究科	O <sub>2</sub> 共存雰囲気でのPt電極条のCO <sub>2</sub> 電解還元反応	②
16	カビールムハムドゥル	理工学研究科	活性汚泥の資源化及び電力化に関する研究	①
17	石山 大三	国際資源学研究科	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
18	肖 英紀	理工学研究科	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
19	川村 洋平	国際資源学研究科	エクスカバーターのモーターベアリング早期異常検知システムの構築	①
	ドルジョスレン・ヤングスレン	地方創生センター		



20	荒戸 裕之	国際資源学研究科	堆積相解析と化学組成分析に基づく秋田堆積盆地中期中新統シェール貯留層の評価技術に関する研究	①
	千代延 俊	国際資源学研究科		
	パオロ・マルティッツィ	地方創生センター		
21	藤井 光	国際資源学研究科	地中熱利用システムにおける地中熱交換器の性能改善に関する研究	①
	津谷 駿介	地方創生センター		
22	渡辺 寧	国際資源学研究科	秋田県内のレアメタル資源評価の研究	①
	ボウリヨン・パッタナ	地方創生センター		
23	佐藤 祐一	理工学研究科	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
24	宮野 泰征	理工学研究科	摩擦攪拌接合を利用した高張力鋼の接合プロセス開発、および摩擦攪拌プロセスによる材料表面の高機能化に関する研究	①②③
25	高橋 亮平	国際資源学研究科	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
	アビブット・ウイラ ビナンタナクル	地方創生センター		

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	所属部局等名	研究指導員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題番号
飯田 健斗	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	リサイクル原料からのスズ回収	①
木村 匠	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	亜鉛原料からのシリカ除去	
滝田 怜奈	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	浮遊選鉱剤の開発	
長谷川慈生	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	レアメタル含有鉱石処理プロセスの開発	
竹内 皓哉	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	鉄鉱石からの脱リン技術の開発	
フデルジャブフラン バザルサド	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	レアメタル含有鉱石処理プロセスの開発	
佐藤玲生南	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	亜鉛含有銅鉱石の浮選技術の開発	
佐藤 玄汰	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	難処理銅鉱石の選鉱プロセスの開発	
菅原 和	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	過熱蒸気処理と物理選別を組み合わせた廃電子基板リサイクルプロセスの開発	
ネイ ウィン トン	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	金鉱石の選鉱プロセス開発	
ラボーネ ゴディルルウェ	国際資源学研究科 資源学専攻	柴山 敦	製錬スラグからの有価金属の回収および銅電解プロセスの高度化に関する研究	

氏名	所属部局等名	研究指導員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題番号
西川 大登	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	FeCo基合金薄膜へのVN,VC添加による格子歪の導入と規則化	②
中島 可能	理工学研究科 物質科学専攻	福本 倫久	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
小原 兆喜	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	走査型透過電子顕微鏡法を駆使した希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御	②
浦方 政典	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一		
佐藤 駿介	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共鳴イメージング法の開発	②
今 裕史	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分解能・交流磁場エネルギー・イメージング	
田中 花道	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高密度磁気記録媒体の高分解能・直流磁場イメージング	
成田 裕	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交流磁場下での磁壁移動イメージング法の開発	
三浦 健太	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	齊藤 準	交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の直流磁場イメージング	
鈴木 陸	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	(Bi,A) FeO <sub>3</sub> 薄膜における磁気および誘電特性のAサイト元素 (Ba,Sr,Ca) 置換効果	
尾関 拓海	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	(Bi,A) FeO <sub>3</sub> 薄膜 (A:アルカリ土類、ランタノイド) における磁気および誘電特性のCo置換効果	
小林 拓海	理工学研究科 物質科学専攻	吉村 哲	高い磁化値・磁化率を有するCo-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 超常磁性グラニューラー薄膜の作製	
中村 文彦	理工学研究科 生命科学専攻	尾高 雅文	カプセル状タンパク質エンカプセリンを用いたドラッグデリバリーシステムの開発	②
蛭谷 創	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カピールムハムドゥル	活性汚泥よりタンパク質を抽出に関する研究	①
花井 惇也	理工学研究科 システムデザイン工学専攻	宮野 泰征	摩擦攪拌接合を利用した高張力銅の接合プロセス開発、および摩擦攪拌プロセスによる材料表面の高機能化に関する研究	①②③

- 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
Laurel Simon Lobo	ハイパーブランチポリマーを用いた新規リチウムイオン電池電極材料の開発	②
北村 優弥	・砒素の安定貯蔵を目的とした難溶解性材料の合成 ・マグヘマイトナノ粒子の簡易合成とリチウムイオン電池用正極材料としての評価 ・塩化カルシウムとCO <sub>2</sub> 吸収したモノエタノールアミン溶液への超音波照射による形状制御した炭酸カルシウムの合成	②
Dorjsuren Yandagsuren	AIによるエクスカベーターモータ部の早期異常診断システムの開発	①
Paolo Martizzi	秋田県の炭化水素資源と二酸化炭素地中貯留に関する調査・研究事業	①
津谷 駿介	地中熱利用ヒートポンプシステムにおける非開削工法の導入促進と新方式水平型地中熱交換器の開発	④
Bounliyong Patthana	秋田県内のレアメタル資源評価の研究	①
Apivut Veeravintanakul	熱水鉱床の資源ポテンシャルと地質セッティングの解明	①

- 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. 量子化学計算を用いたテラヘルツ帯偏光子の解析  
丹野 剛紀（地方創生センター） ..... 95
2. 選鉱・製錬プロセスを利用した資源有効利用技術の開発  
柴山 敦・高崎 康志・川村 茂・芳賀 一寿（大学院国際資源学研究科）  
山田 学（大学院理工学研究科） ..... 99
3. 天然ゼオライト用いた多孔質イオン吸着材料の創製  
林 滋生・加賀谷 史（大学院理工学研究科） ..... 104
4. 第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金族金属の選択回収  
寺境 光俊・松本 和也（大学院理工学研究科） ..... 107
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） ..... 110
6. 溶融塩を媒体にした表面処理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） ..... 114
7. 走査型透過電子顕微鏡法を駆使した希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御  
齋藤 嘉一（大学院理工学研究科） ..... 120
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  
齋藤 準（大学院理工学研究科） ..... 125
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） ..... 128
10. 新規アパタイト型化合物系触媒材料の創製  
進藤 隆世志・加藤 純雄・小笠原 正剛  
齋藤 寛治（大学院理工学研究科） ..... 134
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） ..... 137
12. 微細なリチウムイオン電池用正極活物質の新規合成方法の検討  
大川 浩一・加藤 貴宏（大学院理工学研究科）  
北村 優弥（地方創生センター） ..... 142
13. 超音波照射を用いて合成したスコロダイトを原料とした多孔質 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の電池特性評価  
北村 優弥（地方創生センター） ..... 147
14. 特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成と構造活性相関に関する研究  
藤原 憲秀（大学院理工学研究科） ..... 153

<b>15. バイオシリカを用いた新たな分子インプリント法の開発</b>	
	横田 早希 (大学院理工学研究科) ..... 157
<b>16. カプセル状タンパク質エンカプセリンを用いたドラッグデリバリーシステムの開発</b>	
	尾高 雅文・松村 洋寿 (大学院理工学研究科) ..... 160
<b>17. O<sub>2</sub>共存雰囲気でのPt電極条のCO<sub>2</sub>電解還元反応</b>	
	高橋 弘樹 (大学院理工学研究科) ..... 166
<b>18. 活性汚泥の電力資源化に関する研究</b>	
	カビール ムハムドゥル (大学院理工学研究科) ..... 170
<b>19. ベトナム北部Na Bop鉱床のインジウムの起源</b>	
	石山 大三 (大学院国際資源学研究科) ..... 176
<b>20. 磁気スキルミオン発現合金の開発</b>	
	肖 英紀 (大学院理工学研究科) ..... 182
<b>21. Bearing health diagnosis system of excavator motor using deep learning</b>	
	川村 洋平 (大学院国際資源学研究科) Dorjsuren Yandagsuren (地方創生センター) ..... 185
<b>22. Sulfur differentiation in the siliceous shales of the Onnagawa Formation by means of new Rock-Eval pyrolysis method: new insights into the hydrocarbon potential and sulfur risk assessment</b>	
	荒戸 裕之・千代延 俊 (大学院国際資源学研究科) Martizzi Paolo (地方創生センター) ..... 192
<b>23. 地中熱利用システムにおける地中熱交換器の性能改善に関する研究</b>	
	藤井 光 (大学院国際資源学研究科) 津谷 駿介 (地方創生センター) ..... 198
<b>24. Various styles of Neogene gold mineralization in northern Northeast Japan arc</b>	
	渡辺 寧 (大学院国際資源学研究科) Bounliyong Patthana (地方創生センター) ..... 204
<b>25. 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</b>	
	佐藤 祐一 (大学院理工学研究科) ..... 206
<b>26. 1.4GPa級焼戻し鋼のFSW継手の機械的特性</b>	
	宮野 泰征 (大学院理工学研究科) ..... 211
<b>27. Geochemical characteristics of the black and yellow ores at the Ezuri deposit, Akita, Japan</b>	
	高橋 亮平 (大学院国際資源学研究科) Apivut Veeravintanakul (地方創生センター) ..... 214



## 量子化学計算を用いたテラヘルツ帯偏光子の解析

丹野 剛 紀 ・ 淀川 信 一

(地方創生センター)

[tanno@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:tanno@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：有機化合物の単結晶をテラヘルツ帯偏光子に用いる研究を行っている。これまでの研究でメチル 4-ニトロ安息香酸が優れた偏光特性を示すことを突き止めたが、その特性の由来は未解明である。そこで本年は量子化学計算を援用して、結晶内のテラヘルツ振動のシミュレーションを試みた。また、結晶内の分子振動の異方性を精密に計算するのに最適な計算条件を検討した。

キーワード：テラヘルツ技術，光学素子，量子化学計算

### 独自性・実用性：

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

【背景】有機結晶（分子性結晶）内のテラヘルツ帯振動が二回対称性を備えていれば、その振動による吸収により特定の向きのテラヘルツ波のみが吸収され、結果として偏光特性が得られる。吸収の原因となるテラヘルツ帯振動が分子内振動や分子間振動であるならば、分子の配置が二回回転軸あるいは二回らせん軸をもつときに、その軸方向から入射するテラヘルツ波に対して偏光特性を示す。ただし、同じ周波数帯に振動がありそれらの遷移モーメントの向きが大きく異なっていると、偏光性を相殺することになり、結晶全体としての偏光特性は損なわれる。このような状況を避けるためには、もとより基本振動モードの数が少ないことが好ましい。分子を構成する原子の数を  $N$  とすると基本振動モードの数は  $3N$  であるから、モードの数を減らすためには原子数の少ない低分子量分子が好適であるということになる。このほか、テラヘルツ帯偏光子として用いる有機結晶に求められる特性としては、単結晶が容易に得られること；大気中・常温で安定であり、無害であること；平板上の結晶を容易に得られること；安価で入手しやすいことなどが要求される。

以上のような条件を念頭に、Cambridge Crystal Data Centre (CCDC) のデータベースを用いて好適な有機分子を検索したところメチル 4-ニトロ安息香酸がヒットした。メチル 4-ニトロ安息香酸は  $b$  軸を二回回転軸とし、メタノール水溶液からの再結晶により広い  $b$  面をもつ平板状結晶が得られる。この結晶に、 $b$  軸方向からテラヘルツ波を入射し偏光特性を調べた結果、2.2 THz から 3.2 THz のあいだで良好な偏光特性が得られた (2.74 THz において最大偏光度 76%) 。

【目的】この偏光特性の原因となる分子内振動について、過年度にすでに周期条件を規定できる量子化学計算ソフト CRYSTAL17 により、基底関数 pob-TZVP と汎関数 M062X を用いて振動計算を行ったが、十分満足できる程度の精度の高い結果は得られなかった。そこで今回、計算の諸条件を変え、さらに CRYSTAL17 のオプション機能 FIXCELL を用いて振動数と遷移モーメントの向きの再検討を試みた。

#### 【結果】

pob-TZVP/M062X の取り合わせによる計算結果では、メチル 4-ニトロ安息香酸の低周波数振動のうち赤外強度がある程度大きく、入射方向である *b* 軸とは平行でないモードが 2.9 THz (強度 8.04) と 3.2 THz (同 1.49) に現れたが、互いになす角が 64°であり、高い偏光特性と矛盾する。

そこで計算の最初のステップである構造最適化の過程で、原子配座が変わるにつれて格子パラメータも初期値 (CCDC データベース上の X 線回折データ) から変わるのを禁止する FIXCELL というオプションを用いて、格子パラメータが実測値のまま保たれるようにしたところ、強力なモードが 2.4 THz (強度 14.39) と 3.4 THz (同 45.26) に現れ、これらがなす角が 6°にまで減少した。ただし、周波数はやや高い。

次に、pob-TZVP/B3LYP の取り合わせでは強力なモードが 3.6 THz (強度 29.82) と 4.0 THz (同 14.76) に現れ、なす角は 21°に増大した。周波数がかかなり高い。pob-TZVP/B3LYP/FIXCELL では 2.8 THz (同 23.20) と 3.2 THz (同 30.00) に強力なモードが現れる。これらのなす角は 21°のままであるが、周波数は実験値に近づき改善している。

pob-TZVP/PBE の取り合わせでは強力なモードが 3.2 THz (強度 27.75) と 3.5 THz (同 16.76) とに現れ、なす角は 11°であった。pob-TZVP/PBE/FIXCELL では 2.8 THz (同 17.07) と 2.9 THz (同 30.25) に強力なモードが現れる。これらのなす角は 14°で比較的大きなままであるが、周波数はかなり妥当な値に近づいた。またこのケースでは 5 THz 付近の振動モードの異方性についてもよく再現できている。

#### 【結論】

メチル 4-ニトロ安息香酸の低周波数の基本振動モードを CRYSTAL17 を用いて計算した。汎関数に B3LYP あるいは PBE を用いるのが適当であることが分かった。とくに振動の遷移モーメントの向きの精確性の向上に効果が大きい。また、オプション・コードの FIXCELL を適用し格子定数を実測値に固定することが周波数の改善に寄与した。ただし M062X を汎関数に用いた場合においては逆効果である。

pob-TZVP/PBE/FIXCELL の結果によれば、単結晶中のメチル 4-ニトロ安息香酸分子の 2.8 THz および 2.9 THz の分子内振動が、それぞれ *a* 軸から 20.6°および 34.6°の向きに遷移モーメントをもつことが、高い偏光特性の要因であると結論される。

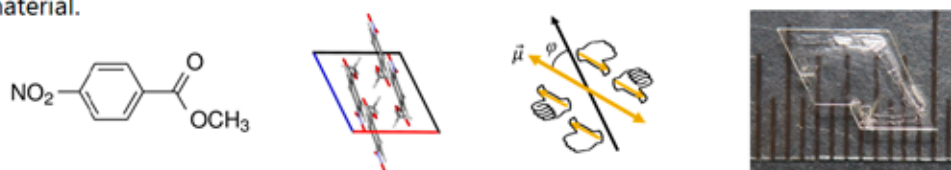
本研究で示した手法は将来、有機結晶を用いたテラヘルツ帯光学素子の開発にも活用できる。とくに材料の入手や結晶析出が容易でない場合などにおいて、計算によりあらかじめ光学特性の有無や優劣が予測できるのであるから、開発工程の省力化に大いに有効である。

本研究の成果の一部は学術誌 *Optics & Laser Technology* (147, 107669) に「Terahertz linear polarizer made of an organic single crystal (T. Tanno, R. Shimada, T. Takaya, W. Sasaki, M. Yamada, E. Adachi, S. Yodokawa, T. Kurabayashi)」のタイトルで掲載されている。

**PURPOSE** Seeking materials suitable for terahertz polarizer using CCDC database

- Appropriate crystal structure (2-fold rotational or screw symmetry)
- Appropriate crystal habit (plate with enough area)
- Stability and safety under ambient conditions
- Good availability and low cost

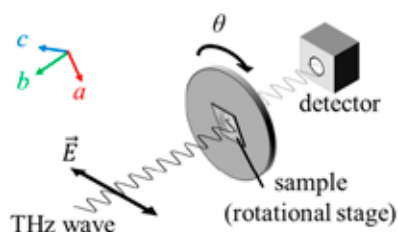
**MATERIALS** Methyl 4-nitrobenzoate (MNB; monoclinic, P21/c, Z=4) was chosen as a candidate material.



- Viewing the MNB crystal along the *b*-axis, the moment of transition of four molecules within a cell are parallel or antiparallel. Thus, the IR intensity  $I_i$  of *i*-th fundamental mode is  $I_i = \sum_z^4 |\vec{\mu}_{z,i} \cdot \vec{E}|^2 = 4 \times |\vec{\mu}_{z,i} \cdot \vec{E}|^2$ , where  $\vec{\mu}_{z,i}$  is the moment of transition of *z*-th molecule in a cell.
- Recrystallized MNB single crystals from methanol/water solution have well-developed *b*-faces.

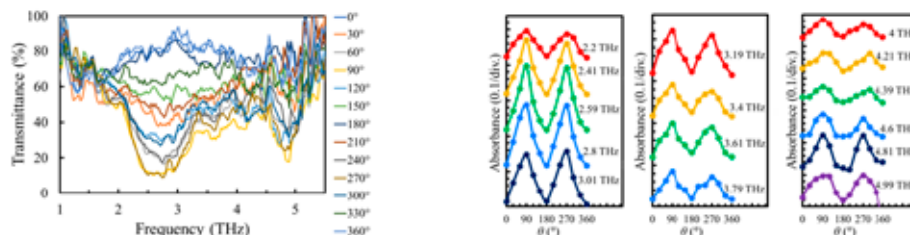
**INSTRUMENT** A model TSS-I terahertz spectrometer (Terahertz Laboratory, Akita, Japan) was used.

- Polarized terahertz wave with frequency of 1—6 THz (ca. 33—200  $\text{cm}^{-1}$ ) incidents onto the *b*-face of the MNB crystal.
- A single crystal of MNB was mounted on a rotational stage.
- Terahertz transmission was recorded at each  $\theta$  (30°-step).



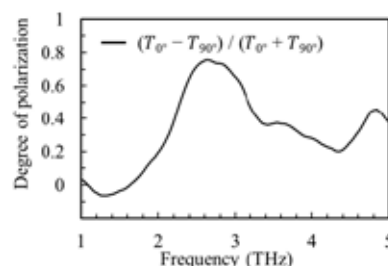
### RESULTS Anisotropic transmittance spectra of a single MNB crystal.

- A broad absorption band at 2.2—3.2 THz with strong angle dependence.



- The absorption maxima at  $\theta = 90^\circ$  &  $270^\circ$  and minima at  $\theta = 0^\circ$  &  $180^\circ$  (freq. > 1.8 THz).
- The maximum degree of polarization  $(T_{0^\circ} - T_{90^\circ}) / (T_{0^\circ} + T_{90^\circ})$  was 76% at 2.74 THz.
- Fortunately, the MNB crystal is a colorless transparent plate, which is advantageous for practical application such as building and alignment of optical system.

T. Tanno, R. Shimada, T. Takaya, W. Sasaki, et al., *Optics & Laser Technol.*, **147** (2022) 107669



### DISCUSSION Theoretical simulation was applied to estimate the vibrational modes.

- Solid-state DFT calculation software CRYSTAL17 was used to determine the origin of the anisotropy by calculating the frequencies of fundamental modes of MNB in a crystal.
- Basis set pob-TZVP was used with the M062X functional.
- An optional code FIXCELL was used to maintain the lattice parameters as experimental value.
- The calculation predicts two major modes at 2.36 and 3.40 THz, the moments of transition of which are nearly parallel to each other ( $\varphi = 87^\circ$  &  $80^\circ$ ).

### CONCLUSION A terahertz polarizer made of an organic crystal was developed.

- The polarizer was fabricated by recrystallizing an inexpensive organic compound.
- The degree of polarization was competitive to commercially available polarizers.
- Further studies to find more suitable materials are currently underway in our laboratory.

**ACKNOWLEDGEMENT** This study is partly supported by JSPS KAKENHI-JP20K05443.

## 選鉱・製錬プロセスを利用した資源有効利用技術の開発

柴山 敦、高崎 康志、川村 茂、芳賀 一寿

( 国際資源学研究科 )

山田 学

( 理工学研究科 )

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

概要：本研究グループは、難処理鉱石およびリサイクル原料の処理技術に関する研究開発を行った。各研究では、浮選を主とする物理選別技術や過熱蒸気を用いた乾式処理などを用いて資源回収の可能性を検討したほか、分離メカニズムの解明を試みた。また、貴金属に特化した新規選択抽出剤の合成や浮選剤への転用を試みることで、貴金属リサイクルあるいは鉱物処理技術の革新を試みるなど、新たな資源回収プロセスの構築に向けた研究開発を実施した。

### 独自性・実用性：

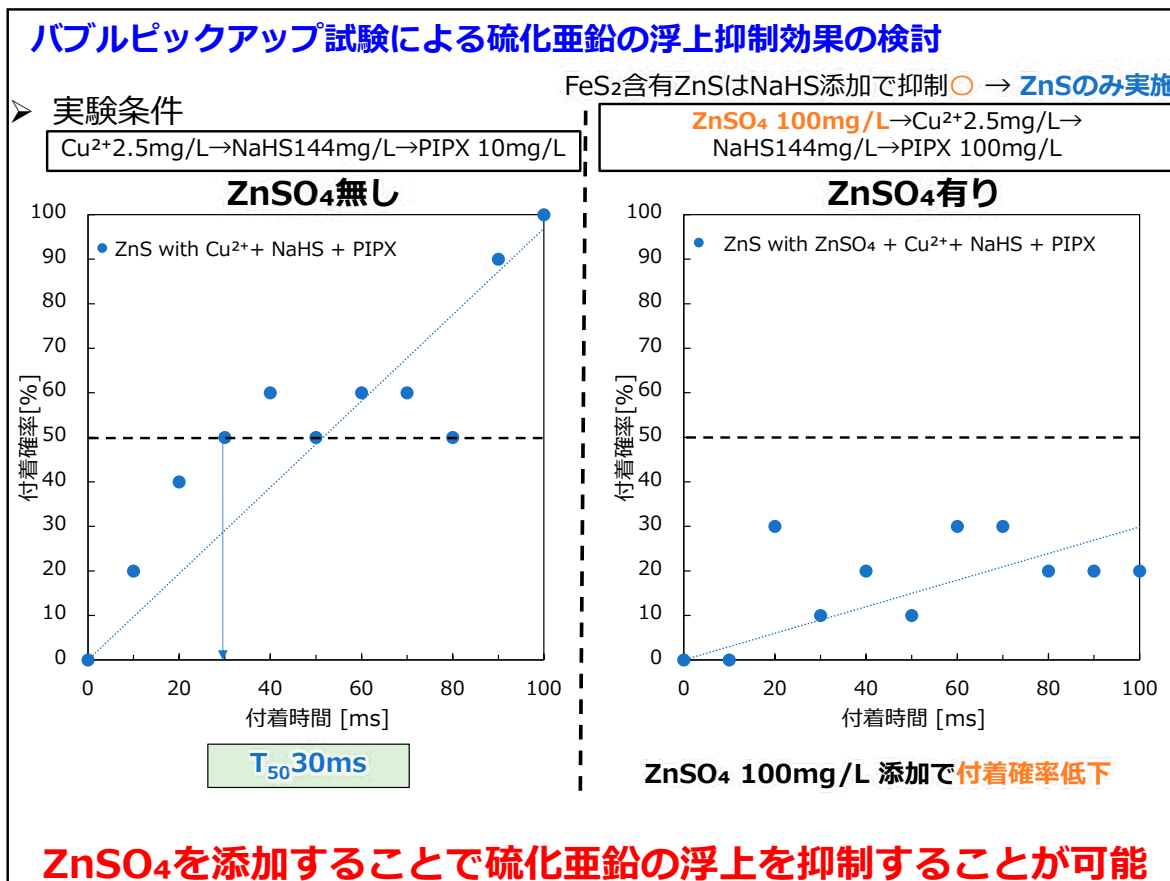
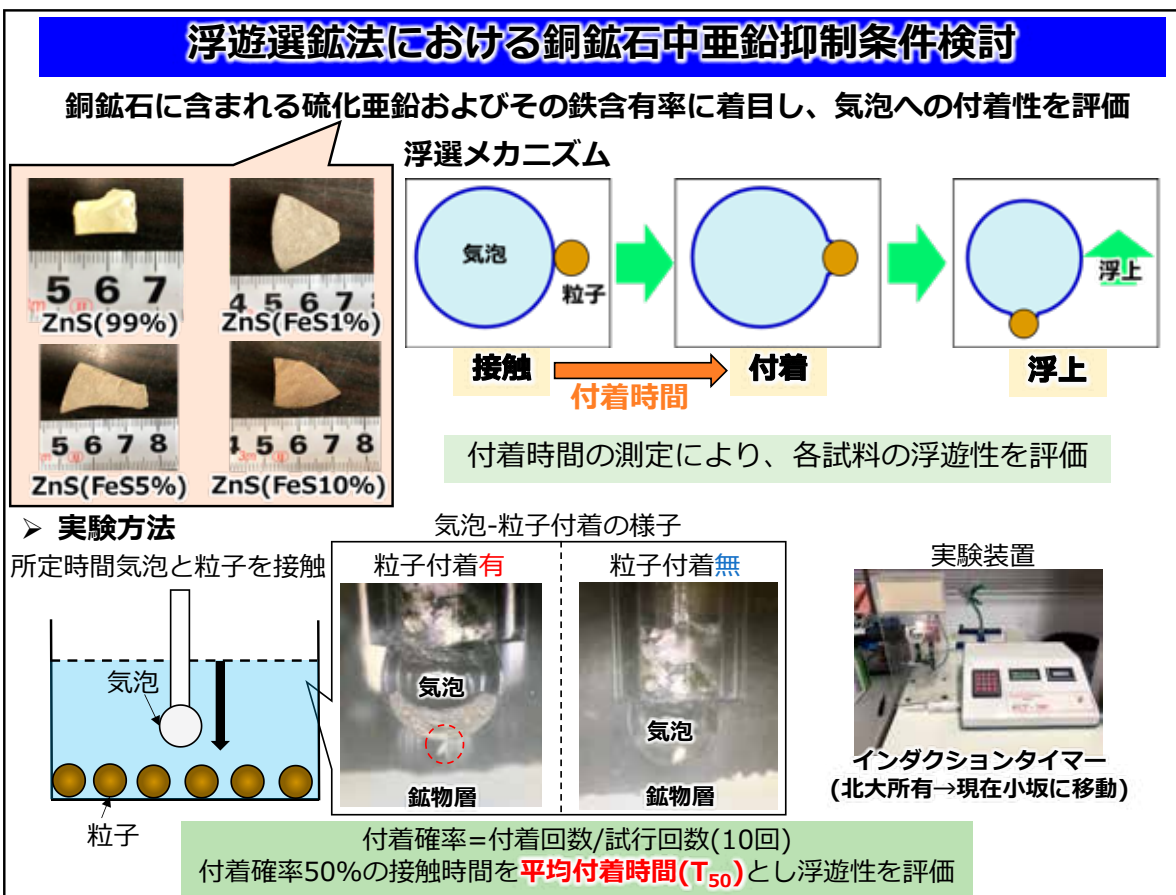
銅鉱石中に含まれる不純物（ヒ素や亜鉛など）の分離技術に関する研究では、主に浮選を中心とした不純物の除去を試み、各種溶液条件の調整および多段階浮選を行うことで、不純物低減できることを明らかにした。また、銅鉱石中に亜鉛を含む鉱石に対する亜鉛の抑制条件検討においては、気泡に付着しやすい銅活性硫化亜鉛を硫酸亜鉛水溶液で浮上抑制できることを見出した。その他、貴金属の新規抽出剤の開発に関する研究では、貴金属回収率・回収速向上のため、貴金属に対する高選択性と迅速な抽出速度を兼ね備えた新規抽出剤の開発を試みることで、自動車触媒浸出液から高いパラジウム回収率を有する抽出剤を創成できた。

廃電子基板の高効率リサイクルに関する研究では、過熱蒸気処理による臭素の除去ならび基板からの部品剥離性の評価を行った。過熱蒸気による熱処理を施した後、トロンメルスクーンを用いた部品選別、カラーソーティングによるスズの分離を行うことで、廃基板中に含まれる銅およびスズを分離回収できた。また、亜鉛電解における省電力化実験では、エチレンリコールを添加した予備電解を行うことで、アノード電位を低下できることを確認した。

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

- (1) 選鉱学的手法を用いた不純物を含む銅鉱石からの不純物除去プロセスの開発
- (2) 貴金属を対象とした新規溶媒抽出剤の創成
- (3) 過熱蒸気および物理選別を組み合わせた廃電子基板リサイクルに関する研究
- (3) 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした電解採取条件の検討

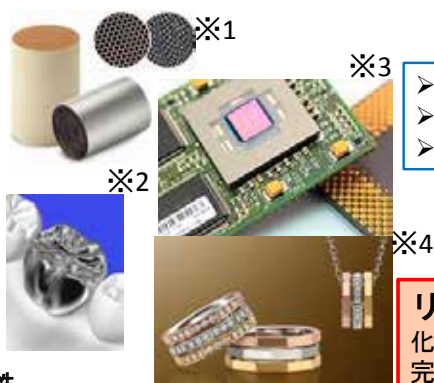




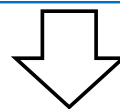
## チオエーテル部位を有する抽出剤の貴金属抽出特性評価

### 研究背景

44	45	46	47
Ru	Rh	Pd	Ag
76	77	78	79
Os	Ir	Pt	Au
白金族金属 Platinum Group Metal: PGM			貴金属 Precious Metals



- 埋蔵量が少ない
- 生産国が限られている
- 二次資源が豊富



**リサイクルが必須**  
化学的性質が似ており、  
完全な分離が困難

化学的安定性、展延性、熱・電気伝導性、  
触媒機能等の特性に優れている

※1 株式会社キャタラー ※2 三好歯科  
※3 相田化学工業株式会社 ※4 GINZA TANAKA

### 新規抽出剤



- Pd(II)に対する高選択性※1
- + 迅速な抽出速度
- + 再利用性（逆抽出能力と耐久性）※1
- + Au(III)との親和性※2
- + 位置異性体による抽出特性の違いを比較する

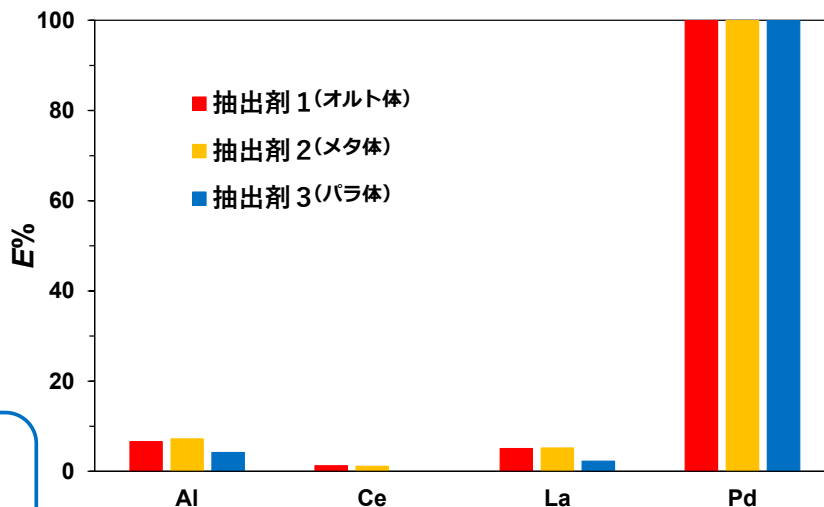
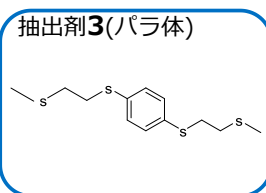
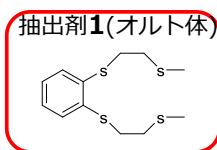
※1 J. Traeger, et. al. *Hydrometallurgy* (2012)

※2 森川良忠, 林智広, 劉子敬, 野副尚一, *表面科学*, (2002)

### 新規抽出剤を用いた自動車触媒浸出液からの金属抽出実験

#### 抽出前の自動車触媒浸出液の濃度（80倍希釈）

	Al	Ba	Ca	Ce	Cr	Cu	Fe	La	Mg	Ni	Pd	Pt	Rh	Zn	Zr
ppm	67.1	ND	ND	92.3	ND	ND	ND	9.76	ND	ND	9.17	ND	ND	ND	ND



#### 自動車触媒浸出液からの抽出

([抽出剤1] = 10 mM, [抽出剤2] = 0.1 mM, [抽出剤3] = 10 mM, [HCl] = 0.09 M, 振とう時間5 h)

**抽出剤1~3のすべてにおいてPd(II)に対する抽出性を確認**



## 亜鉛電解採取の省電力化を目的とした鉛合金電極の表面被膜処理と電解特性

**目的：電解工程におけるアノード電位の低減**

Pb電極を硫酸溶液中でアノード分極すると、電位によってアノード表面に形成される酸化物層が変化・通常の電解条件でアノード表面に形成される主要酸化物は $\alpha\text{-PbO}_2$  →  $\alpha\text{-PbO}_2$ ではなく $\beta\text{-PbO}_2$ が形成されることで、酸素過電圧が低下し電位が低減（既往研究より）

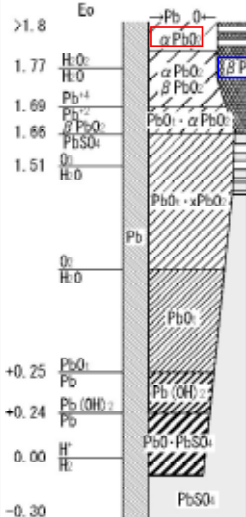


Fig.1 硫酸浴におけるPb上のアノード酸化物層の概念図(J. Burbank)

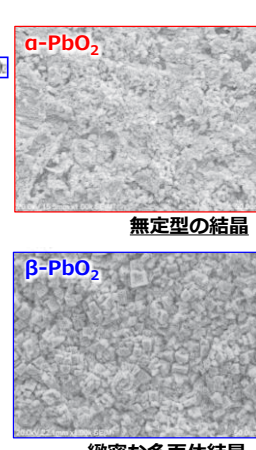


Fig.2 各PbO<sub>2</sub>の結晶構造 (SEM像)

$\beta\text{-PbO}_2$ は硫酸鉛 ( $\text{PbSO}_4$ ) から形成される

- 通電と遮断を繰り返す断続通電により、微細で緻密な $\beta\text{-PbO}_2$ を形成

〈断続通電の流れ〉

通電  $\text{Pb} \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \alpha\text{-PbO}_2$

遮断  $\alpha\text{-PbO}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4$

再通電  $\text{PbSO}_4 \rightarrow \beta\text{-PbO}_2$

➤ 設備的な問題のため実操業への適用が困難

**目標：実操業で適用可能な $\beta\text{-PbO}_2$ 被膜形成方法の確立**

電解前処理としての2つの方法

①加熱（酸化）と硫酸浸漬（硫酸化）による電解前処理

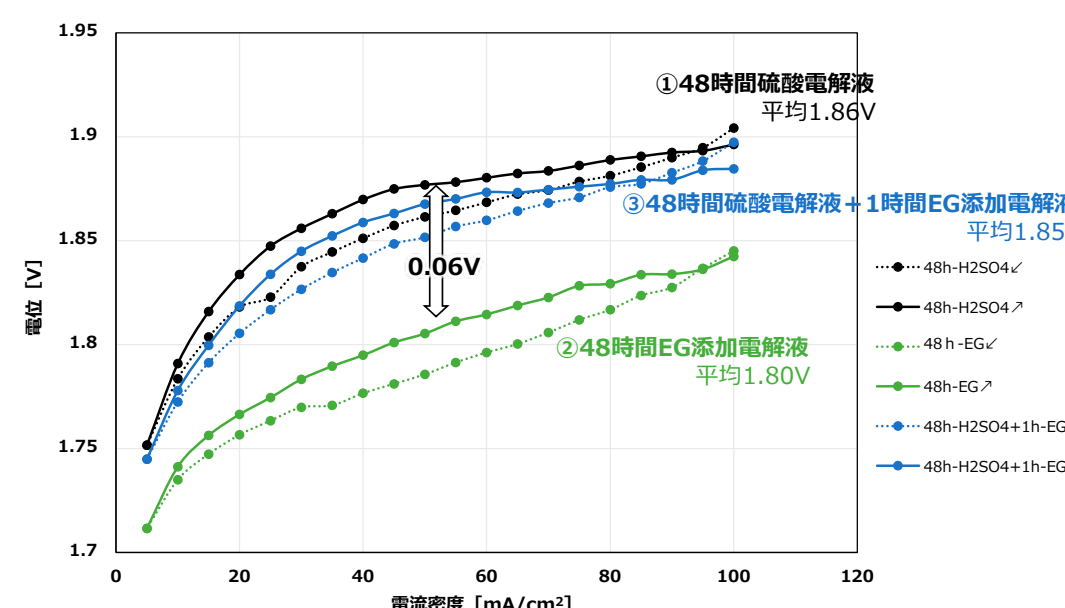
〈プロセス〉 電解前処理

大気加熱  $\text{Pb} \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{PbSO}_4$  硫酸浸漬 通電  $\beta\text{-PbO}_2$

②電解液中へのエチレングリコール添加による電解前処理

過去の研究より、電解液中にアルコール類を添加することで電位が低下し $\beta\text{-PbO}_2$ が形成されることを報告している。→入手しやすいエチレングリコールを電解液中に添加して $\beta\text{-PbO}_2$ の形成を試みた。

## エチレングリコール添加による電解試験結果



➤ ②のアノード  
EG無添加の①に比べ、約0.06Vの電位の低減が見られた

➤ ③のアノード  
若干の低減は見られたものの、明確な差は得られなかった

**エチレングリコールを添加し48時間予備電解することで、アノード電位は低減する**

## 天然ゼオライト用いた多孔質イオン吸着材料の創製

林 滋生・加賀谷 史

(理工学研究科)

[shigeo@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:shigeo@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：天然に産出する鉱物の中には、イオン交換能や吸着能の様な様々な機能を有するものがあり、環境浄化やリサイクル等の局面で有効利用できる可能性がある。秋田県産のものとしては天然ゼオライトが著名であるが、実用に際しては、ゼオライトを多孔質状の形状に成形加工するといった形態上の工夫を施すことにより、吸着性能やハンドリング（取り扱い）特性の向上を図ることが、高効率イオン吸着の観点から有効と考えられる。令和3年度の研究では、天然ゼオライトのジオポリマー硬化体の多孔質化プロセスを検討することで、イオン吸着特性の向上を試みた。

### 独自性・実用性：

天然ゼオライトなどの機能性鉱物の有効利用は、一見「やり尽くされた」様に見えますが、材料を成形加工する技術は日々進化していますので、安価な天然原料を用いた新たなアプローチの可能性があります。私どものグループでは、「天然鉱物の機能」＋「新たな材料作製技術」＝「新たな用途、機能」の発想でアプローチしています。従来のものより安価に、大量・広域に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が望まれます。

概要で示した様に令和3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多孔質硬化体の作製について検討し、特に気孔のテンプレートとなるポリスチレンの形状の影響を明らかにすることを試みた。手法としては、ケイ酸モノマーの重合を利用したジオポリマー法によるゼオライト粉末硬化体作製の際に、形状の異なるポリスチレンを混合し、硬化後にこれらを溶解・除去することで、多孔質試料を作製することにした。天然ゼオライト粉末を4種のポリスチレン（棒状、粒状、繊維状、粉末状）とともに水ガラス（ケイ酸ナトリウム）溶液を用いて40°C-24 hの条件で硬化させた後、リモネンを用いてポリスチレン粒子を溶出し、多孔質硬化体とした。作製した多孔質硬化体について、気孔率、イオン吸着特性等を測定し、吸着材料としての特性を明らかにした。

検討の結果、4種のポリスチレン粒子を用いることで、多孔質化していないゼオライト硬化体を基準にして、気孔率～60%までの硬化体を得ることができた。また、粒径の比較的大きな棒状、粒状ポリスチレンを用いると、硬化体に亀裂が入りやすいことがわかった。さらに水中からのPb<sup>2+</sup>イオン吸着速度は、いずれの試料でも多孔体化することで向上したが、ポリスチレン添加量が多すぎると硬化体が部分的に崩壊し、見かけ上吸着速度が大きくなることがわかった。

以上の様に、得られた多孔質硬化体は、イオン吸着速度は大きくなったものの作製時に亀裂が入りやすい場合もあり、十分な強度を有しているとは言えない結果となった。今後はこの点の改善を念頭に入れ、プロセスを改善しマトリックス部分の強度をより向上させることで、より取扱いがしやすくイオン吸着特性に優れた天然ゼオライト多孔質吸着材料を目指して検討を続けていく予定である。



<b>1</b>	<b>研究背景・研究目的</b>
	<p>天然ゼオライトは<math>Pb^{2+}</math>や<math>Cd^{2+}</math>などを吸着・除去できる環境浄化材料として期待されており、安価かつ豊富に自然界に存在している物質である。</p> <p>先行研究により天然ゼオライト粉末を用いた陽イオン吸着材料を、ジオポリマー反応を利用して作製できることがわかっている。</p> <p>本研究ではこの材料のイオン吸着効率を向上させるため、先行研究により作製されてきた硬化体にポリスチレンを添加し、有機溶剤であるリモネンによりポリスチレンのみを試料から溶出させることで、多孔質硬化体を作製した。</p> <p>また添加するポリスチレンの形状を変え、それによる諸特性への影響について検討することを目的とした。</p>

1

<b>2</b>	<b>ゼオライトについて</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>結晶性のアルミノケイ酸塩。</li> <li>陽イオン交換特性を有しており、重金属イオンの吸着が可能で環境浄化材料として注目されている。</li> </ul>

2

<b>3</b>	<b>ジオポリマー反応について</b>
	<p>ジオポリマー反応とは、アルカリ環境下での無機高分子の重合反応を利用して原料粉末粒子を結合し、硬化体を作製する方法である。</p>

3

<b>4</b>	<b>実験（材料について①）</b>
	<p>天然ゼオライト粉末（秋田県産クリノプチロライト） 湿式24 hボールミル粉碎により作製し、150 μm以下に調整。</p> <p>メタカオリン粉末 カオリン鉱物（ベトナム産）を400℃で4時間焼成。</p> <p>アルカリシリケート溶液 水ガラス(<math>Na_2SiO_3</math>)27.5 gを2.5M NaOH水溶液を用いて50 cm<sup>3</sup>に調整したもの（アルカリシリケート溶液には5.0 cm<sup>3</sup>中に<math>SiO_2</math>を1.0 g含有している。）</p> <p>リモネン溶液 有機溶剤の一つでスチレンモノマーと似た構造をしているため、ポリスチレンを溶出することができる。本研究ではd-リモネンを用いる。</p>

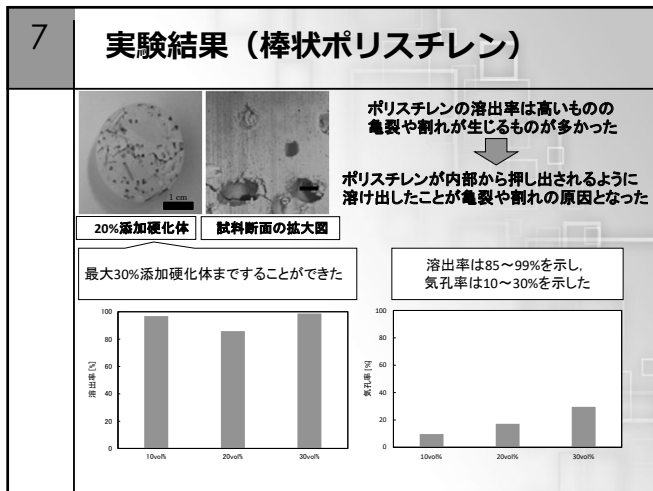
4

<b>5</b>	<b>実験（材料について②）</b>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>粒状ポリスチレン</b> ペレットを鉄乳鉢により粉碎し、篩により粒径1 mm以下に調整</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>繊維状ポリスチレン</b> ペレット3.7 gをリモネン100 cm<sup>3</sup>に溶かし、その後エタノール300 cm<sup>3</sup>に滴下し作製</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>棒状ポリスチレン</b> 直径1 mm,長さ5 mmに棒状ポリスチレンを調整</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>粉末状ポリスチレン</b> 繊維状ポリスチレンを磁製乳鉢により粉碎し粒径150 μm以下に調整</p> </div> </div>

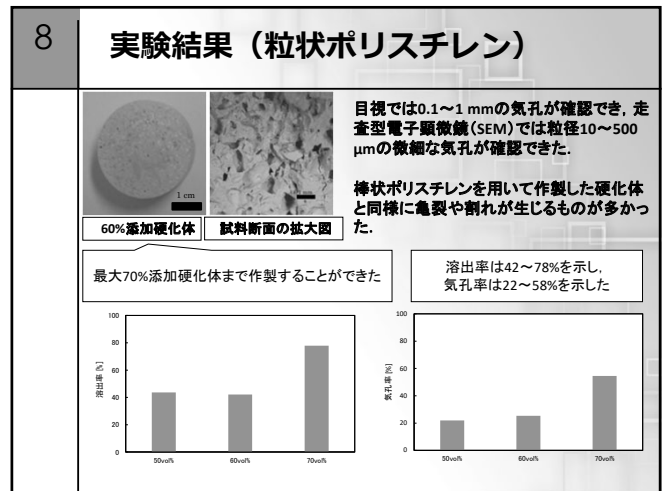
5

<b>6</b>	<b>実験（試料作製の手順）</b>

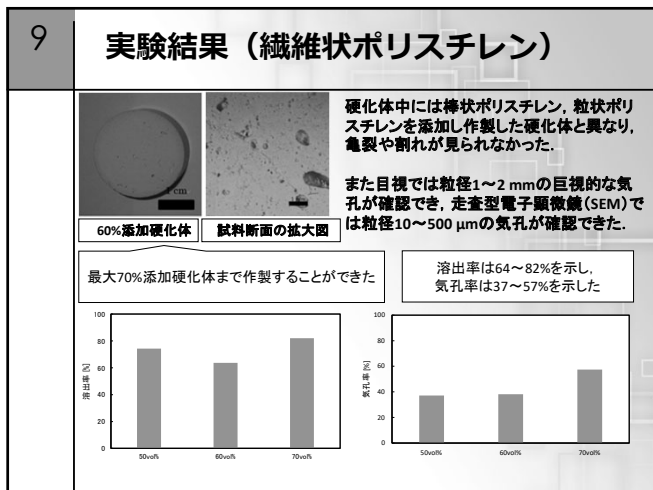
6



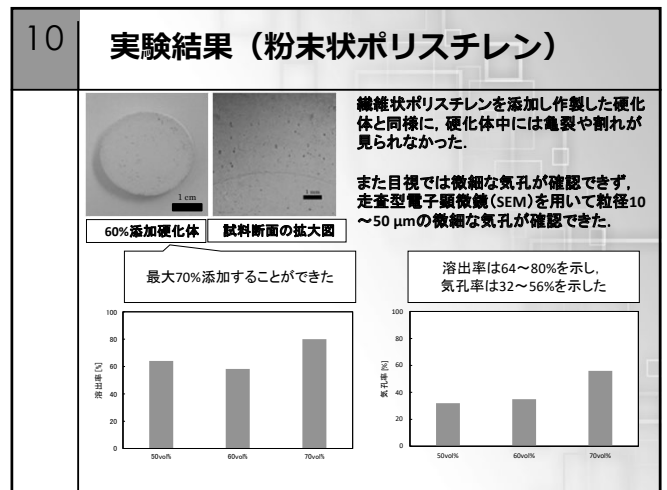
7



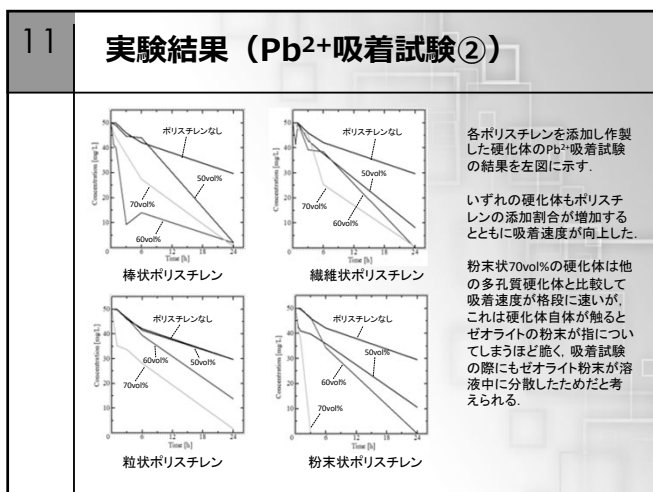
8



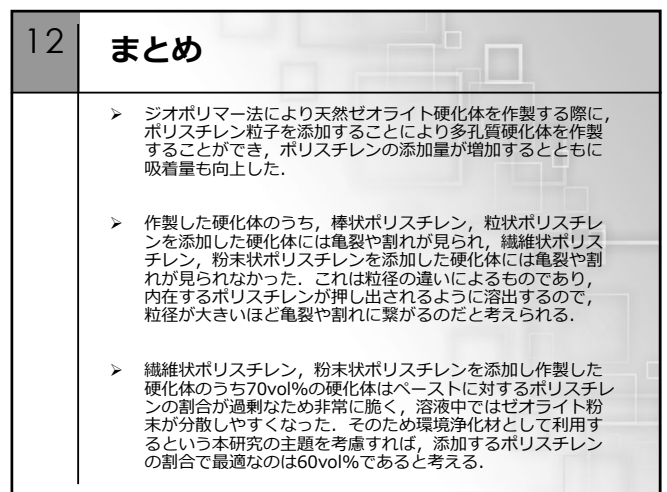
9



10



11



12

## 第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした白金族金属の選択回収

松本和也・寺境光俊

(理工学研究科)

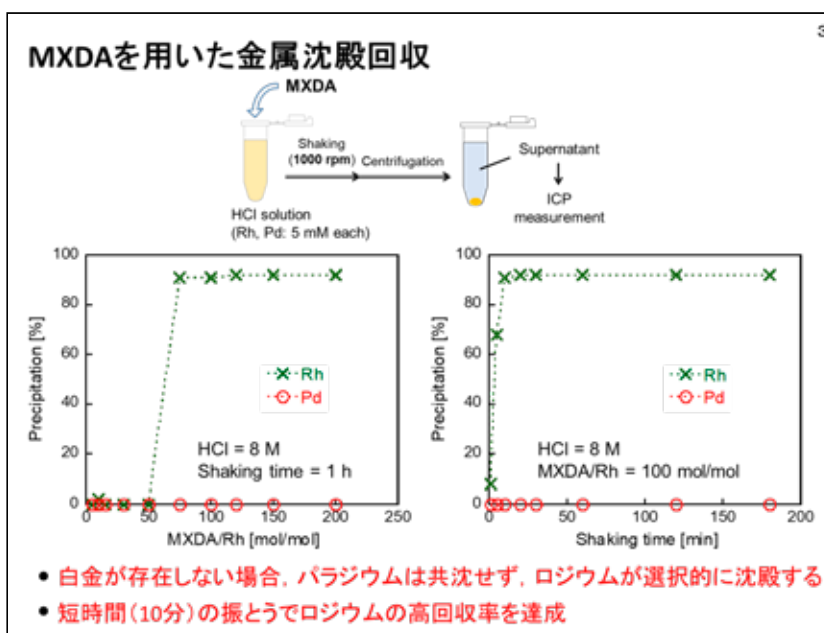
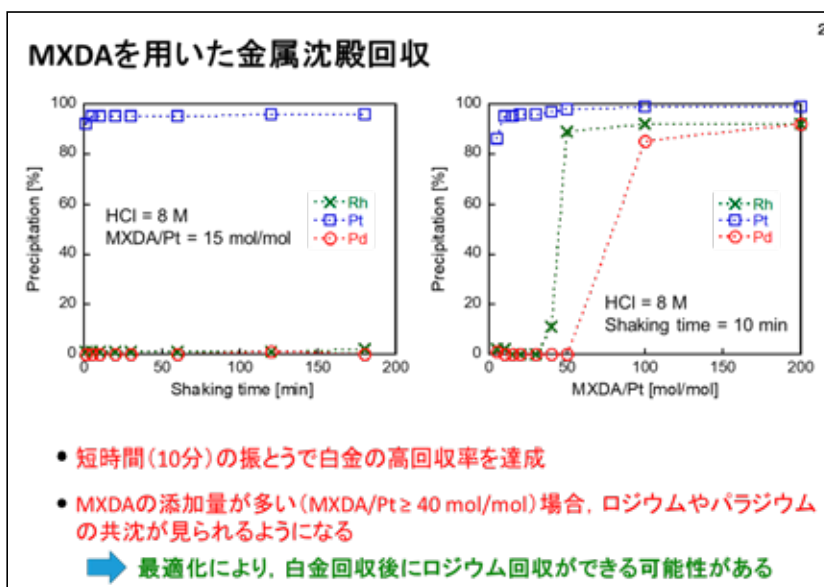
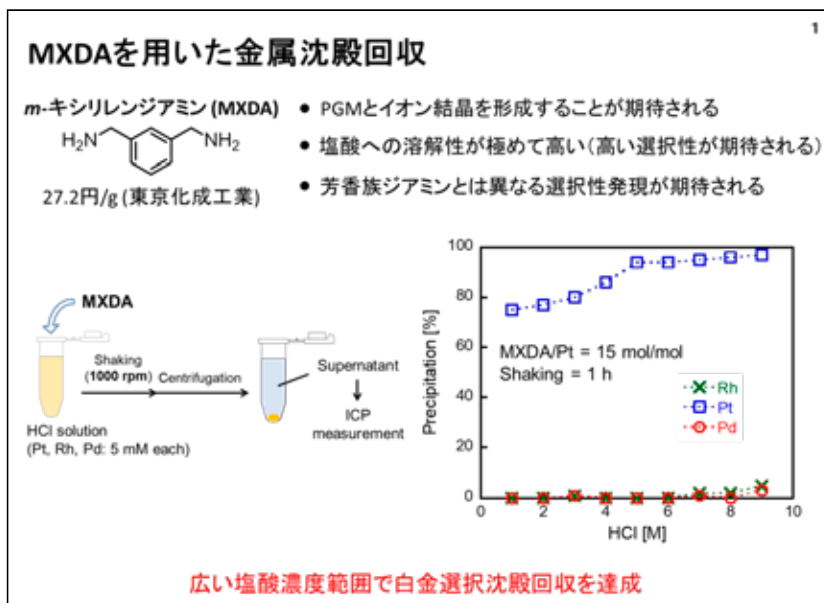
[kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp)

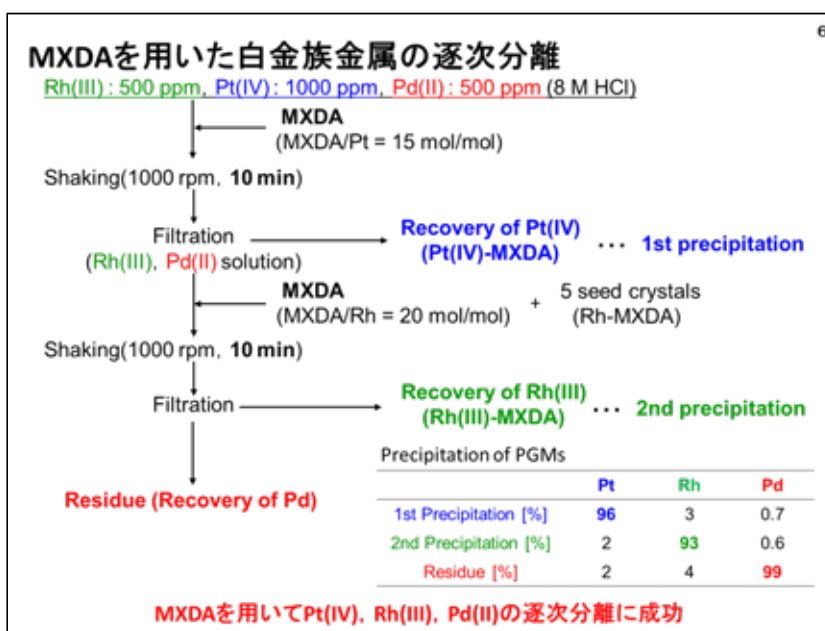
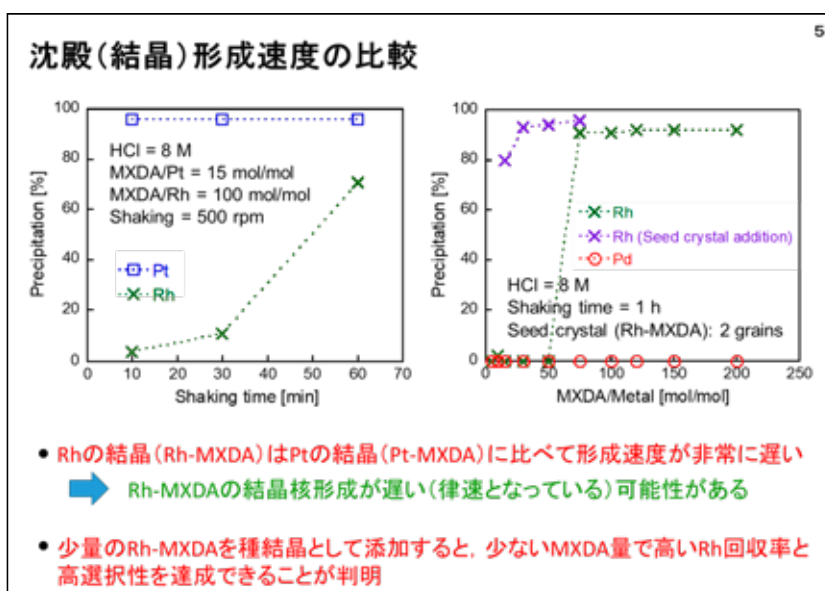
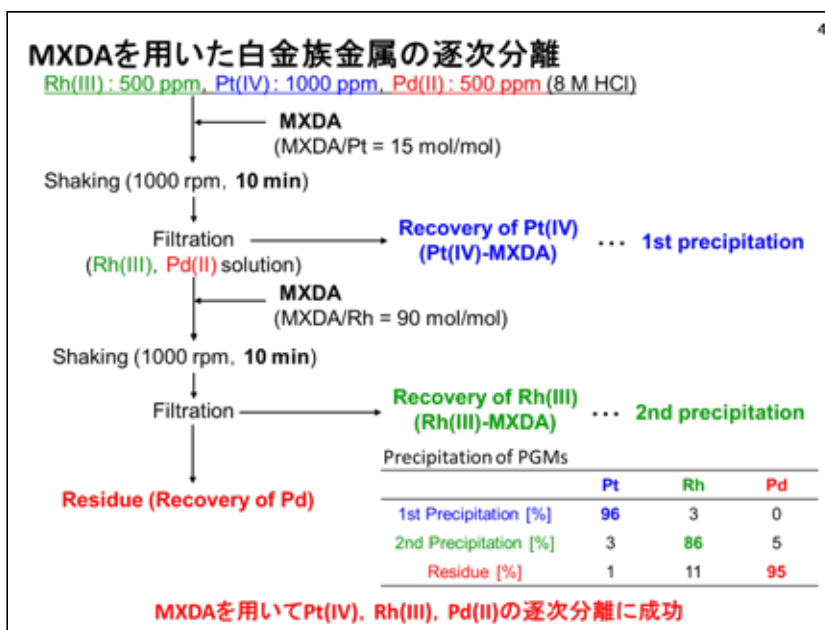
概要：白金族金属は化学的性質が似ているため、個別に分離して回収するのが困難である。白金、パラジウム、ロジウムは自動車排ガス触媒に用いられており、個別に分離回収することが求められている。本研究では、第一級ジアミン化合物であるメタキシリレンジアミン（MXDA）を沈殿剤とすることで、塩酸溶液中の白金を沈殿として回収することに成功した。また、白金回収後にMXDAをさらに添加するとロジウムが選択的に沈殿回収できることも明らかとなった。自動車排ガス浄化触媒浸出液からも白金とロジウムを逐次分離することに成功した。

キーワード：白金族金属，第一級ジアミン，沈殿剤，自動車排ガス触媒

### 独自性・実用性：

- ・安価な化合物であるメタキシリレンジアミンを用いることで、最初に白金、次にロジウムを逐次的に沈殿回収することが可能
- ・自動車排ガス触媒浸出液からの白金とロジウムの逐次分離が可能であり、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:**近年、電動機（モーター）や磁気ストレージに関連したエネルギー消費量の増大が課題になっている。これらの省エネのカギは永久磁石の高性能化である。FeCo 基合金は、格子歪みを導入することで、現在世界最強のネオジウム磁石を凌駕する磁石材料となり得ることが理論計算で予測されている。そこで本研究では、実験的に FeCo への格子歪みの導入を試み、磁石特性を評価する。具体的には、FeCo 基合金薄膜を成膜し、元素添加により FeCo への格子歪の導入を試みる。また電子線リソグラフィ技術でナノスケールに微細化し、磁気特性のサイズ依存性や保磁力機構の解明などを行う。

**キーワード:**ハード磁性材料, 真空成膜, ナノテク

### 独自性・実用性:

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

(1) 永久磁石（車載モーター、発電ジェネレーターなど）

FeCo 基合金は、現在最強のネオジウム磁石の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 一台当たりの記録密度を向上できれば、その余剰容量相当分の HDD 台数を減じることができる。記録密度は永久磁石特性に依存するので、FeCo 基合金は次世代の高密度 HDD、磁気テープに資することが期待される。

### ■今年度の研究成果

主要な研究テーマを以下に示す。

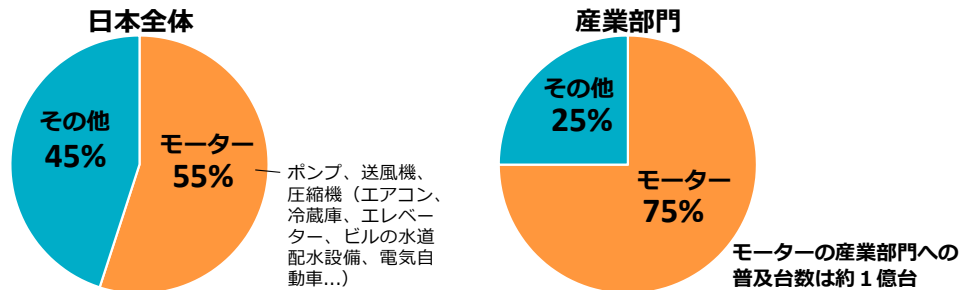
- (1) 高効率・高出力モーターに資する世界最強磁石の開発（NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム 未踏チャレンジ2050）
  - ・ FeCo 基合金薄膜への第三元素添加による格子歪みの導入と一軸磁気異方性の評価
- (2) 電子線リソグラフィを用いたナノスケール微細加工と保磁力評価

以降は、主に上記(1)の成果についてスライド形式で示す。

## 1. 解決すべき課題

1

### 国内のモーターによる消費電力量



出典：平成21年度 経済産業省 三相誘導電動機判断基準小委員会資料。

モーターは、日本の消費電力量の約55%を占める。

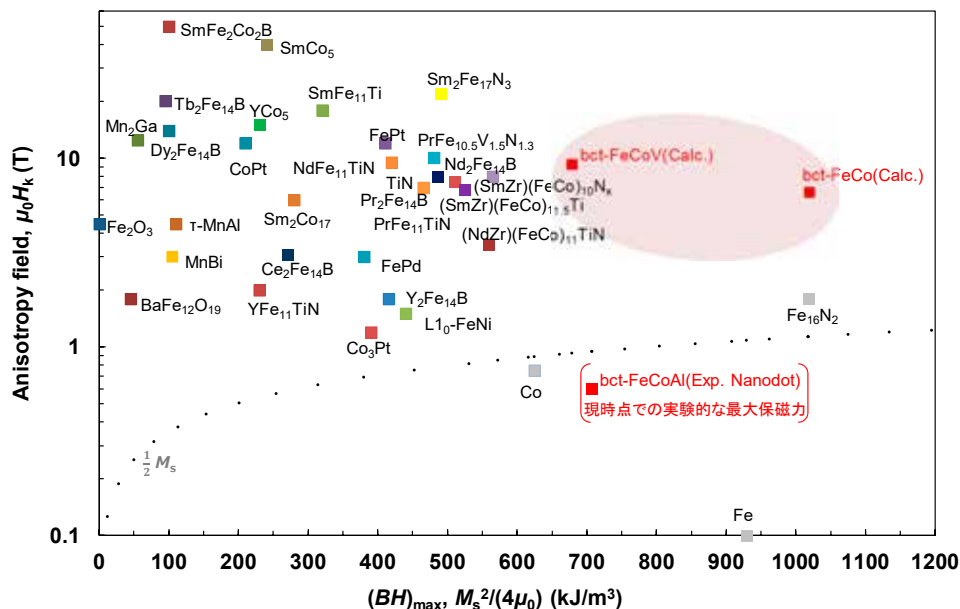
⇒ 省エネには**モーターの高性能化**が有効。

⇒ 高性能モーターには**強力磁石の開発**が不可欠。

**省エネ効果：** 仮に、現時点で世界最強のネオジム磁石の2倍の性能が実現され、かつ日本の全モーターがそれに置き換わったとしたら、削減される消費電力量は年間で約2,475億kWh(日本の消費電力量の約3割)。CO<sub>2</sub>削減効果は約9,600万トン/年(日本)。

## 2. 磁性材料の比較

2

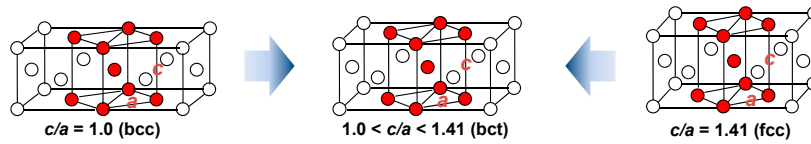


出典:Y. Hirayama, T. Miyake, K. Hono, Rare-earth lean hard magnet compound NdFe<sub>12</sub>N, JOM 67, 1344-1349 (2015).に筆者が加筆修正。

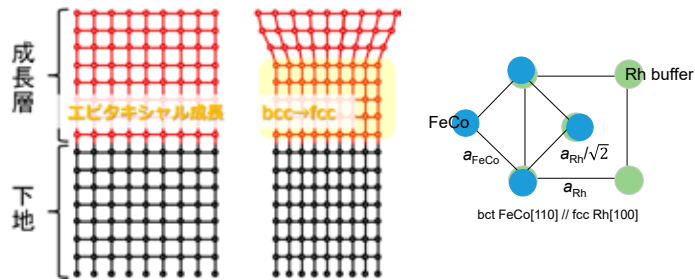
**bct構造のFeCo基合金はレアアースフリーで強力な磁石になり得る**

### 3. bct-FeCoを実験的に得るためのアプローチ方法

3



#### ① エピタキシャルを利用した格子制御（外力による制御）

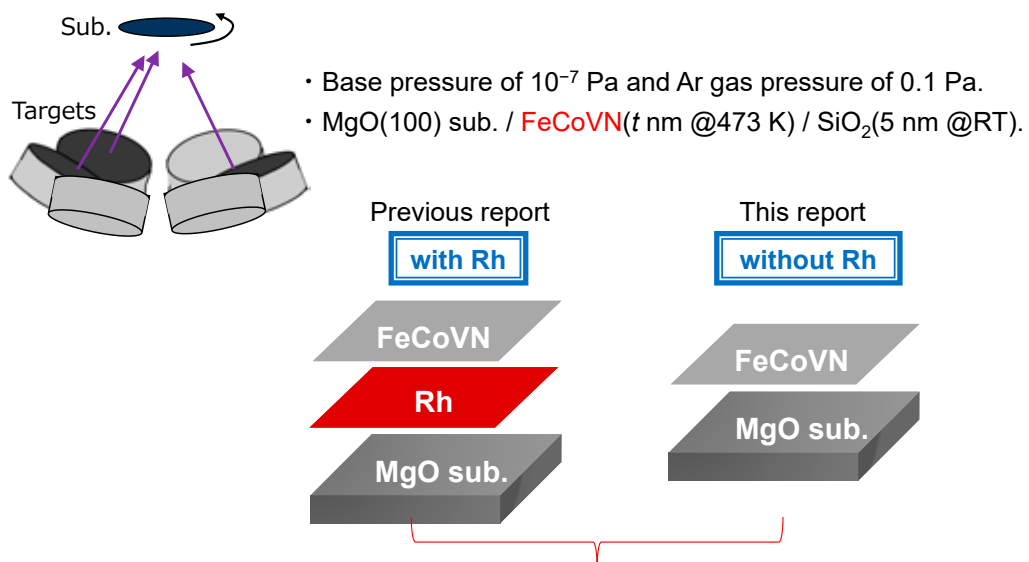


#### ② 第3元素X添加による格子制御（内力による制御）



### 4. bct-FeCoの実験的な合成

4

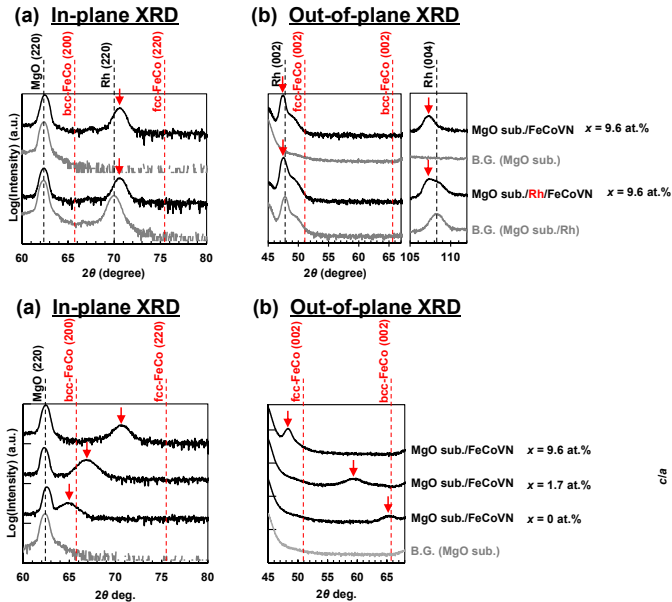


TEM observation was carried out to investigate **whether the Rh buffer layer was needed to obtain the bct structure**, and to clarify the effects of the VN addition on the formation of the bct FeCo structure.

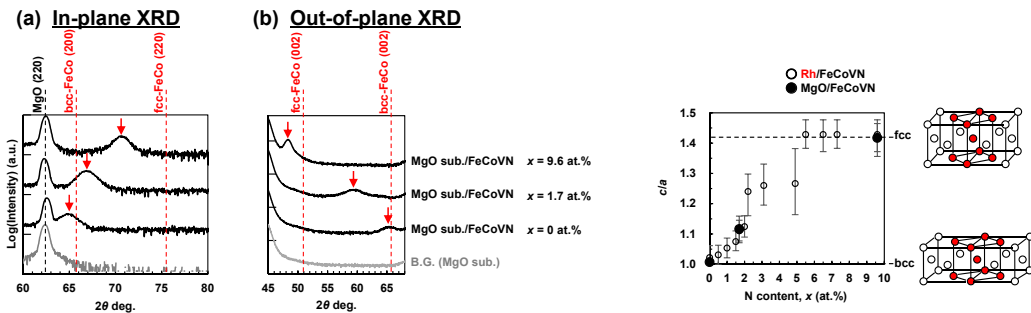
## 4. bct-FeCoの実験的な合成

5

**With or Without Rh /  $(\text{Fe}_{0.45}\text{Co}_{0.45}\text{V}_{0.10})_{100-x}\text{N}_x$  (20nm)**



In the below figure, it's **not easy** to distinguish the FeCo peaks from the Rh ones. But, in the case of the sample directly deposited on the MgO sub., the FeCo peaks are **easily** distinguished from the BG.



The x-dependence-trends of the  $c/a$  are consistent with each other for both samples, with or without the Rh buffer layer. So, it can be concluded that the **bcc-bct-fcc transformation is affected by N addition, and not affected by the lattice mismatch between the Rh buffer layer and the FeCo layer.**

## 5. まとめ

6

TEM observation revealed that **the bcc-bct-fcc transformation is affected by N addition**, and not affected by the lattice mismatch between the Rh buffer layer and the FeCo layer.

Our published papers:

- T. Hasegawa *et al.*, *Thin Solid Films*, 739, 138990 (2021).
- T. Hasegawa *et al.*, *AIP Advances*, 10, 015110-1 (2020).
- T. Hasegawa *et al.*, *Sci. Rep.* 9, 5248 (2019).
- T. Hasegawa *et al.*, *Sci. Rep.* 7, 13215 (2017).

本研究はNEDO先導研究プログラム未踏チャレンジ2050 (P14004) と科研費基盤研究B (JP20H02832) の助成を受けた。本研究の一部は東北大学金属材料研究所共同利用研究課題 (202112-RDKGE-0018) として実施された。

## 溶融塩を媒体にした表面処理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](mailto:fukumoto@gipc.akita-u.ac.jp)

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

キーワード：電極，多孔質，溶融塩電析および溶解

### 独自性・実用性：

多孔質表面を作製する方法として、新規な方法なので下記の特許を取得している。

特願 2016-021245(2016年) 特許査定令和元年10月10日

発明の名称「多孔質ニッケルの製造方法」

出願人 秋田大学

発明者 福本倫久, 原 基, 佐藤菜花

## 背景

### 温室効果ガスを排出しない水素エネルギーが注目

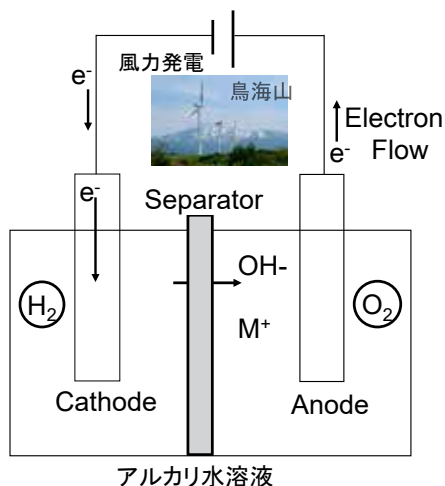
#### アルカリ水溶液電解

電極反応

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

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

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

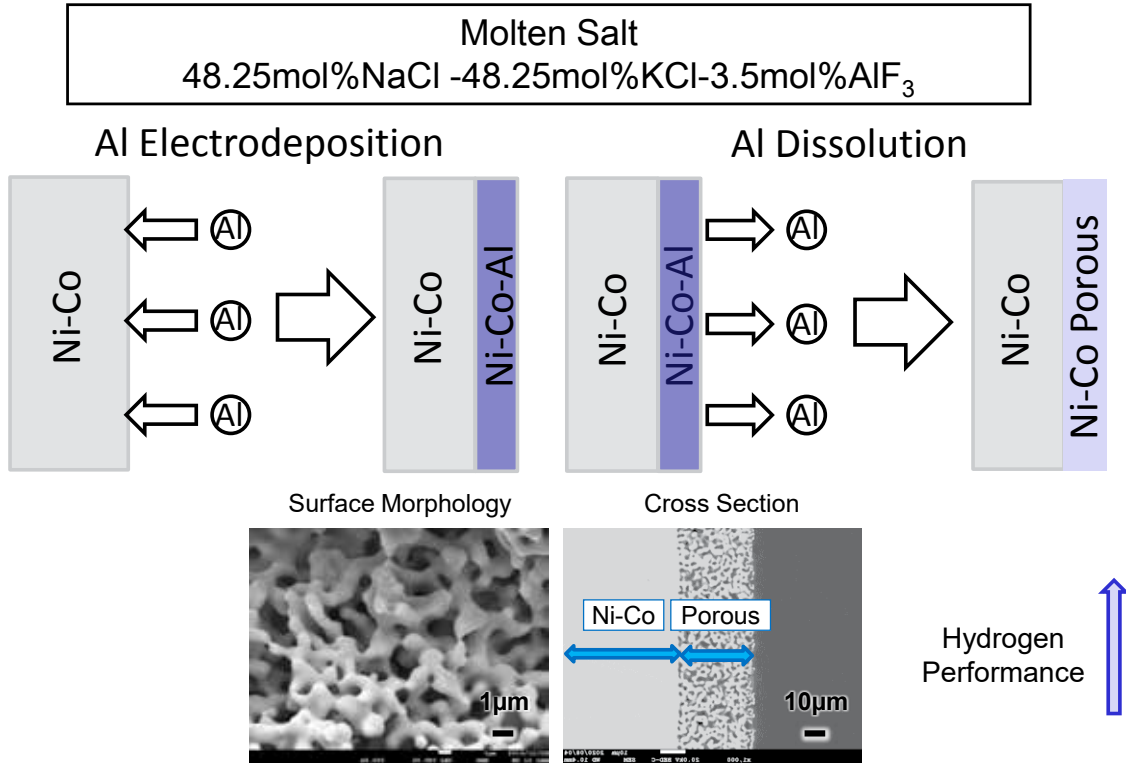


高効率水素発生電極の開発が必要

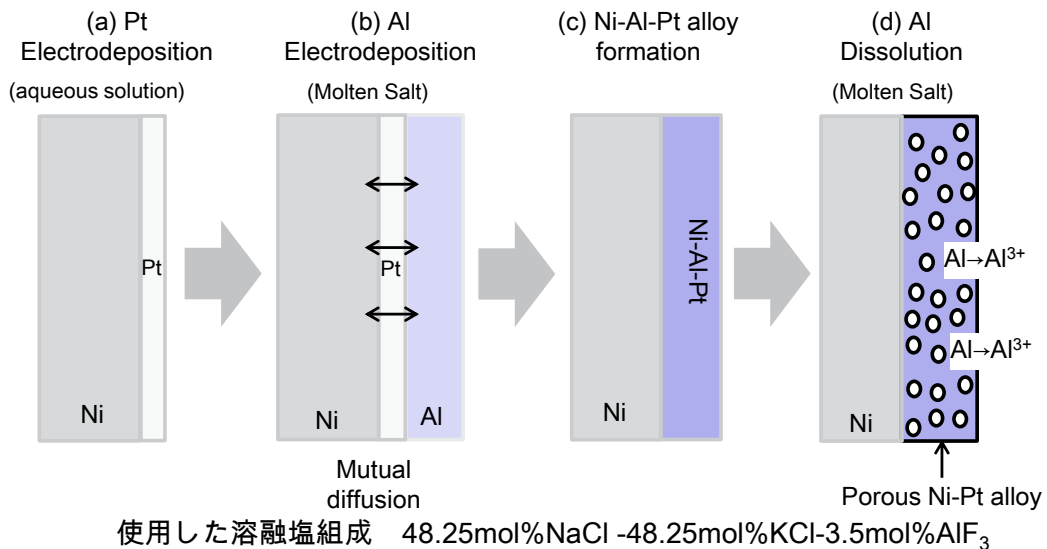


## 水素発生電極の作製方法

### 熔融塩電析・溶解法による多孔質 Ni 合金(Ni-Co) の作製



### Pt-Al treatment

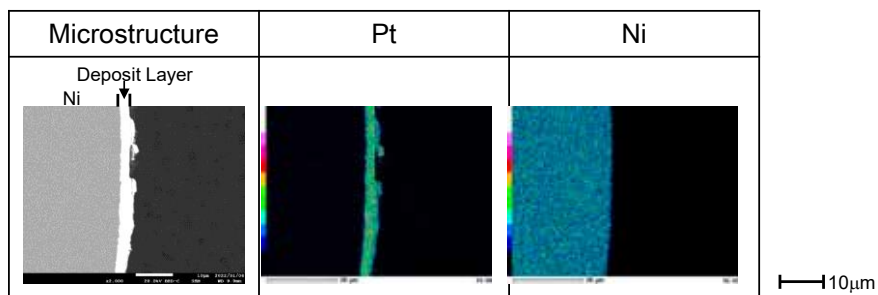


- ・白金量の低減
- ・複雑形状にも対応

## Pt電析した試料の断面組織

溶液: BRAIT-Pt(市販)  
 電流密度:  $20\text{mA cm}^{-2}$   
 温度:  $50^\circ\text{C}$   
 時間: 30min

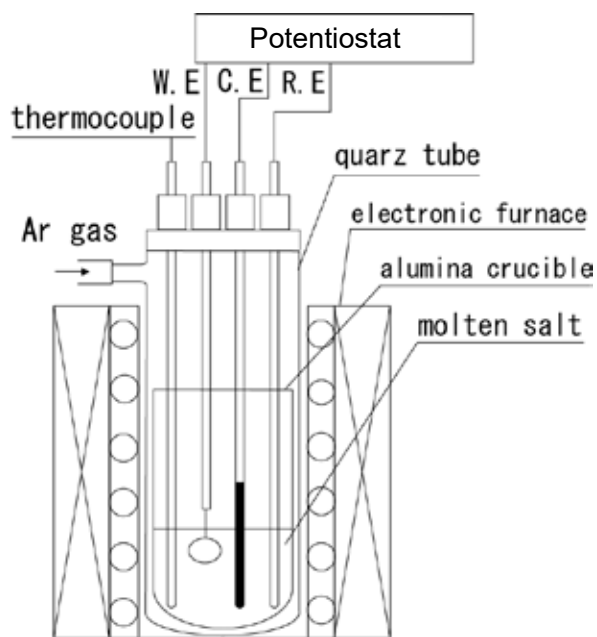
Pt Electrodeposition



## 実験方法

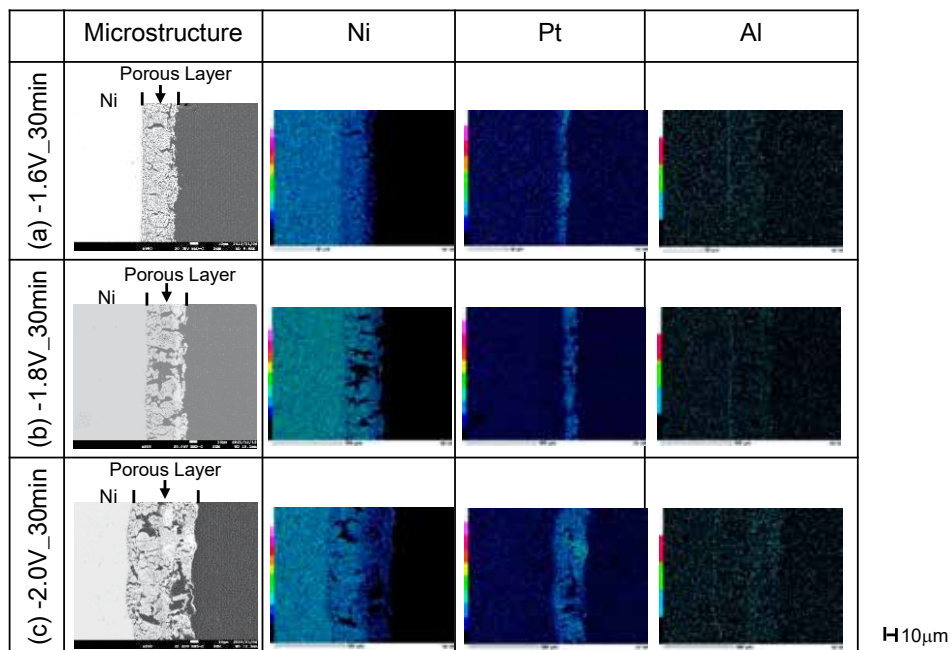
電析条件	
試料極	Ni板(0.5mm)
参照電極	Ag/AgCl(0.1)
対極	黒鉛棒
電析温度	$750^\circ\text{C}$
雰囲気	Ar
電解浴	NaCl-KCl-3.5mol%AlF <sub>3</sub>
電析電位	-1.6V, -1.8V, -2.0V
電析時間	30min, 60min

溶解条件	
電位	-0.5V
時間	電流密度がゼロになるまで



電解セル概略図

## Pt-Al処理後の断面組織(750°C)



## 実験方法

### 水素発生量測定

試験片 : 未処理合金  
多孔質合金

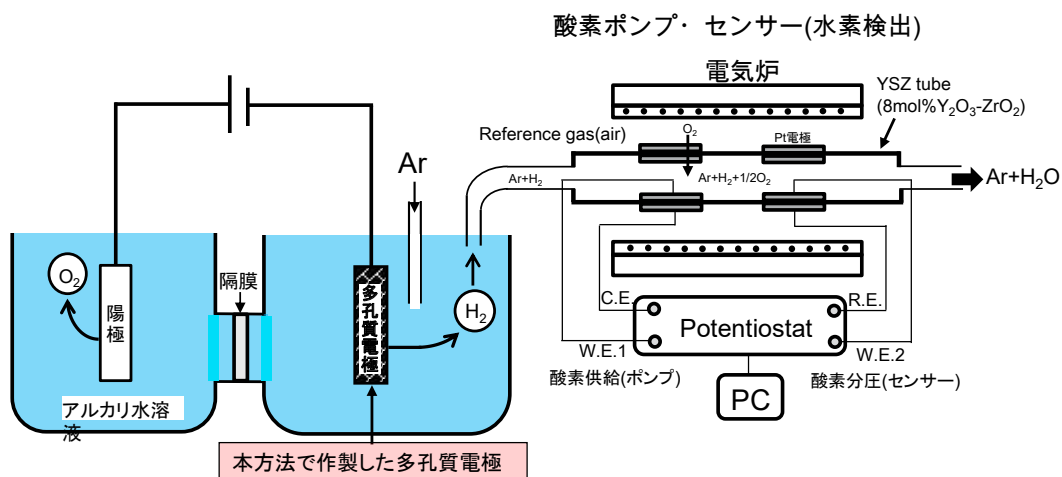
対極 : 白金

キャリアガス : Ar(40cc / min)

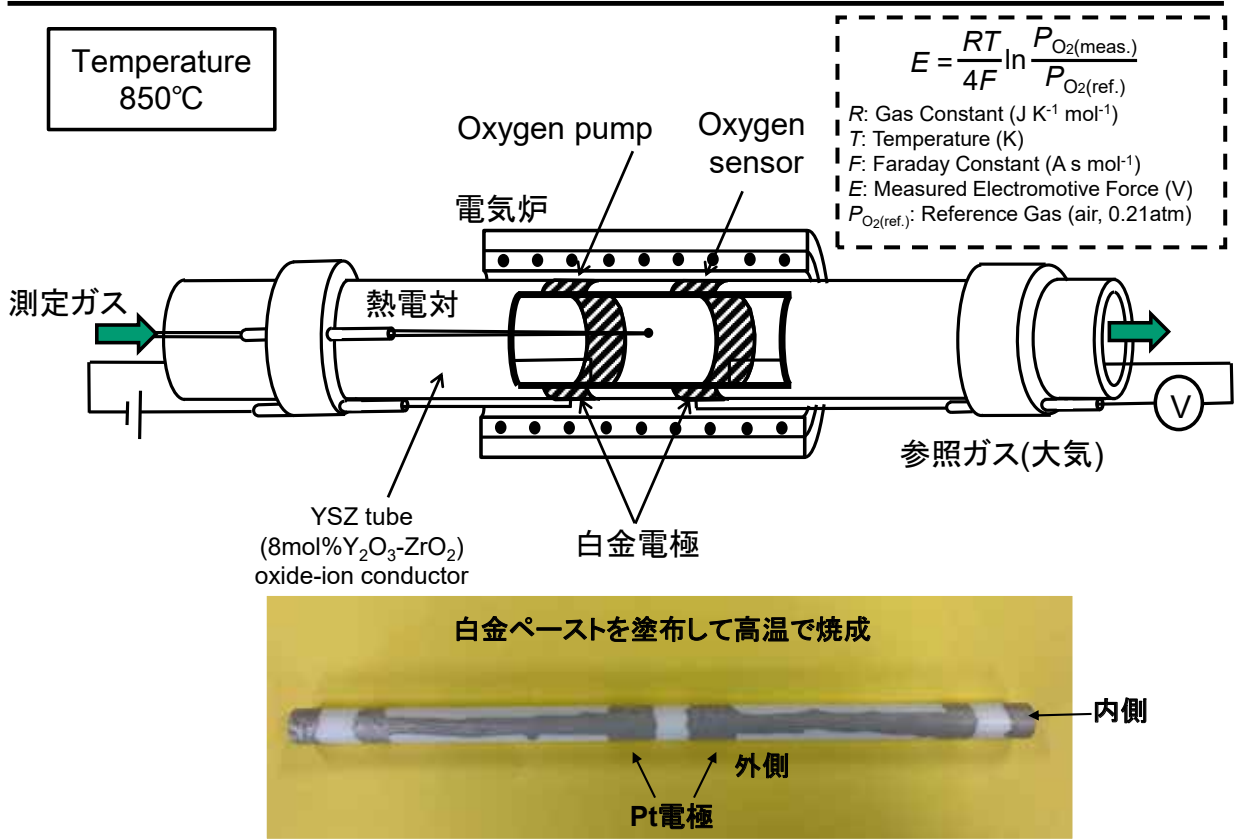
浴液 : 10mass%KOH溶液

印加電圧 : 3V

測定時間 : 60min

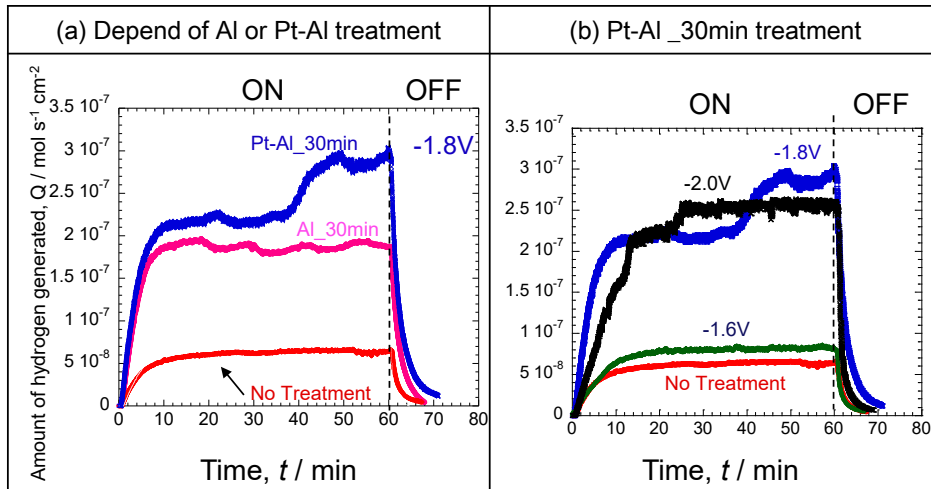


## 酸素ポンプ・センサーの模式図

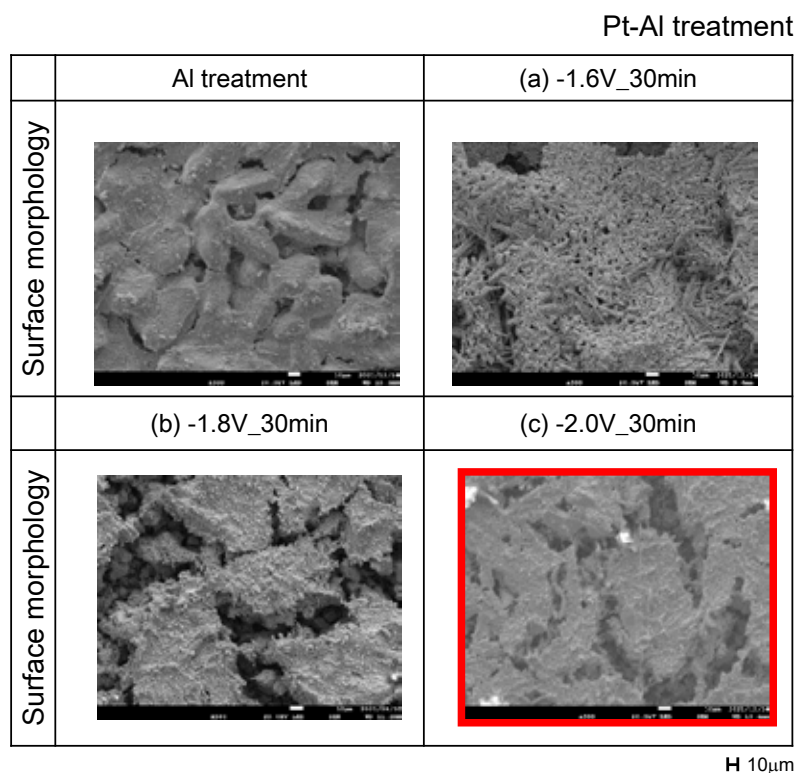


## 発生水素量の時間変化

3.0 V\_10 mass%KOH



## 表面形態\_Pt-Al処理



## 結 言

1. Niを基板としてPtをめっきした後にAl電析及び溶解することでNi-Pt合金の多孔質層を作製することができた.
2. 表面にNi-Pt合金を生成した試料では水素発生性能が飛躍的に改善した.
3. 表面形態を観察した結果, Ni-Pt合金の多孔質層は細かい粒子が生成していた.



## 走査型透過電子顕微鏡法を駆使した希土類含有マグネシウム合金の組織・特性制御

齋藤 嘉一， 八木 澤啓介

(物質科学専攻 材料理工学コース)

[ksaito@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:ksaito@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：Mg を構造部材として用いる際の欠点である低延性，低靱性，難加工性の抜本的解決に向け，本研究では新しい合金構成と組織・構造制御を利用して課題解決を目指す。具体的には，今最もホットな高強度 Mg 合金として注目されている Mg-Y-Zn 系の長周期積層(LPSO)構造型合金のプロセス指針を基に，新たに Li を複合添加した新しい合金構成に基づいて，強靱性と加工性を両立した組織制御を目指す。これを実践するにあたり，特に高温下での塑性変形挙動に注目し，走査型透過電子顕微鏡法を駆使し，底面<a>すべりで生じる拡張転位に対する溶質偏析現象，つまり Suzuki 効果の発現を原子識別分解能の HAADF-STEM 法を駆使して検証したい。

### 独自性・実用性：

CO<sub>2</sub> 排出量の規制強化に伴って車両構造体の軽量化が強く要望される中，これに貢献する材料としてマグネシウム(Mg)に対する期待が年々高まっている。Mg 製構造部材の，特に自動車のエンジン周辺部品への採用を促進するためには，Mg の課題の一つである耐熱性不足，つまり中高温域(100～300°C)での機械的性質の改善が必須である。本研究の目的は，リチウム(Li)を含む Mg 合金の高温塑性，特に原子拡散を伴うすべり変形に関する情報を集め，HCP 構造の底面および非底面上で活動する a-転位と溶質偏析との相互作用とその機械的性質への影響を明らかにすることである。そこで，Mg の結晶塑性の改善に有効な Li に加え，高温強度の改善作用をもつ元素として Y と Zn を複合添加した Mg 基希薄固溶体を試験対象に中高温域での圧縮変形挙動を評価する。このとき，新しい顕微鏡技術である HAADF-STEM 法を駆使し，高温変形で発現する拡張転位上の溶質偏析の実態を直接的に検証し，その知見を Mg の耐熱強化に向けた新合金設計に応用することを目指す。

2021年度 卒業課題研究発表

**LPSO型Mg-Y-Zn系合金の組織・特性に対するZrとLiの添加効果**

G1研究室 7018261 八木澤啓介

1/17

研究背景 添加原子の役割

Mg - Y-Zn - Zr - Li

母相

LPSO相の導入による強化

結晶粒微細化による強化

軽量化  
加工性向上

4/17

研究背景 LPSO型マグネシウム

長周期積層型構造  
(Long Period Stacking Ordered Structure)  
の相を持つマグネシウム合金

軽量 高強度  
耐熱性 難燃性

2/17

研究目的

LPSO相が析出することで知られるMg-Y-Zn系合金を取り上げ、これにZrとLiを添加させた合金構成に注目して合金の組織を微視的に調査し、ZrとLiが及ぼす機械的性質、組織への影響を明らかにすることを目的とした。

5/17

研究背景 LPSO相




$Mg_{97.9}Y_{1.4}Zn_{0.7}$  (at%) 鋳造材のLPSO相の電子顕微鏡図  
(河村龍入：まてりあ Vol.54(2), p.44, ミニ特集, 2015より引用)

3/17

合金試料の組成 (at%)

①  $Mg_{97.9}Y_{1.4}Zn_{0.7}$

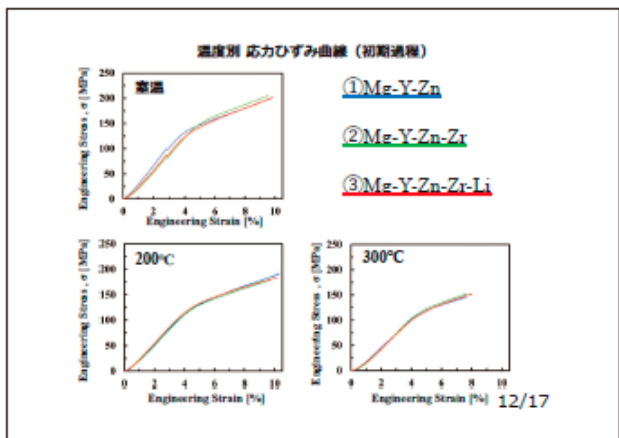
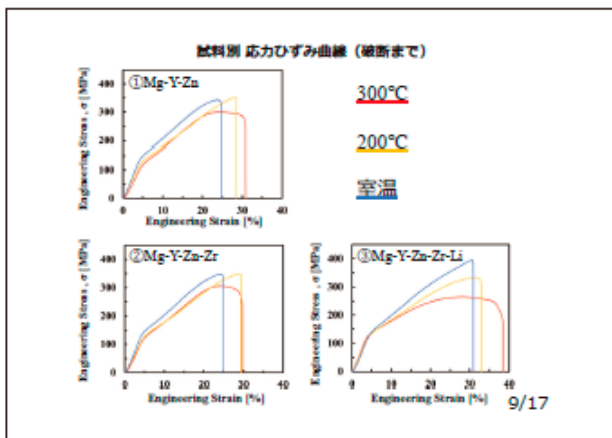
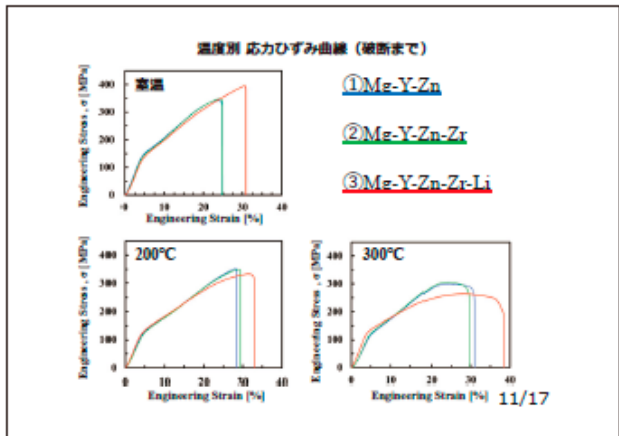
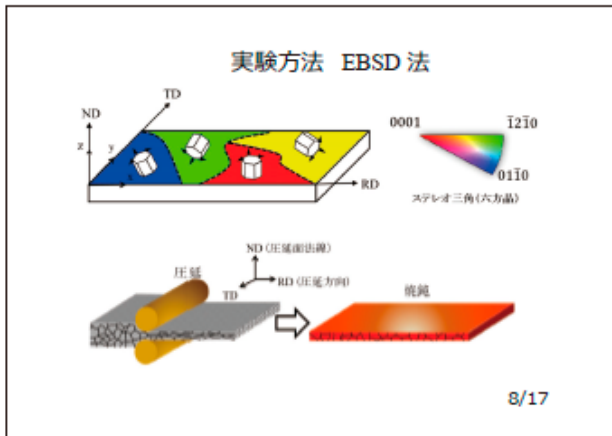
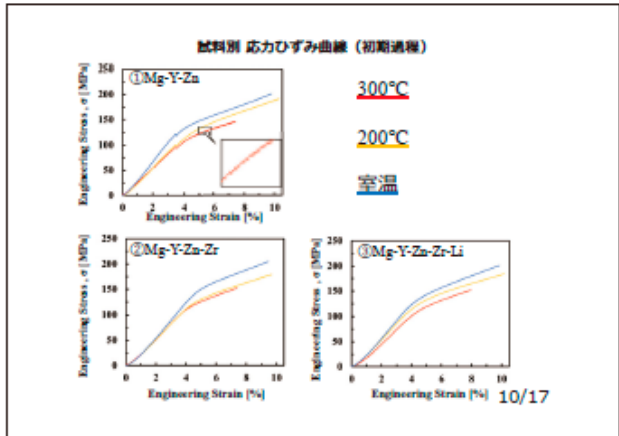
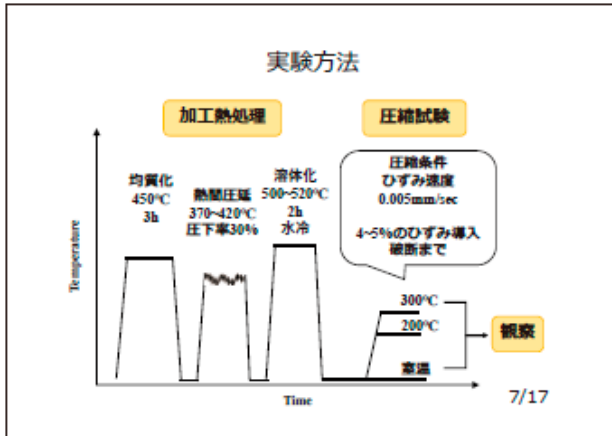
↓  $Zr_{0.2}$ 追加

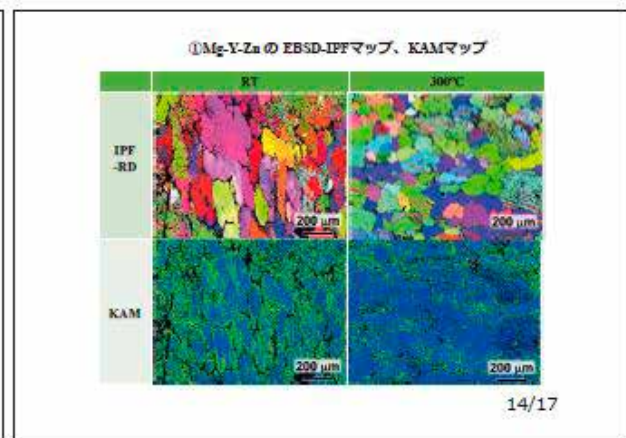
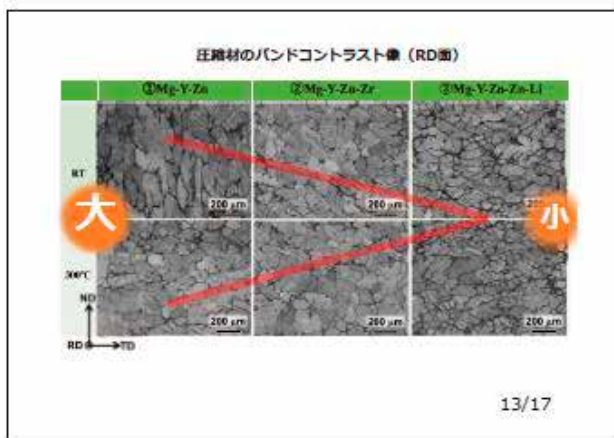
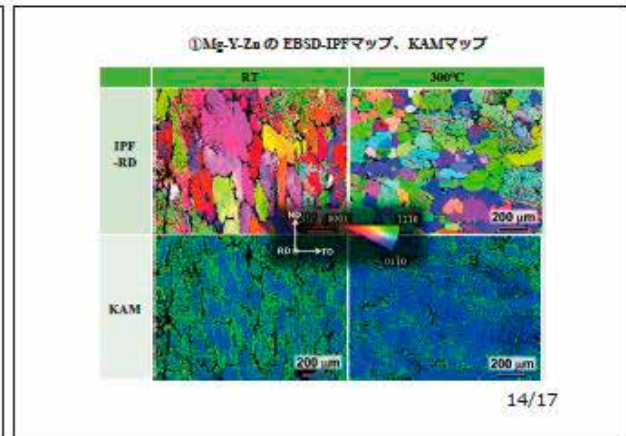
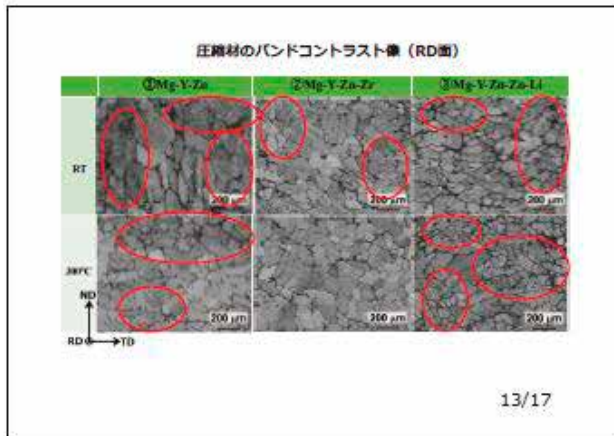
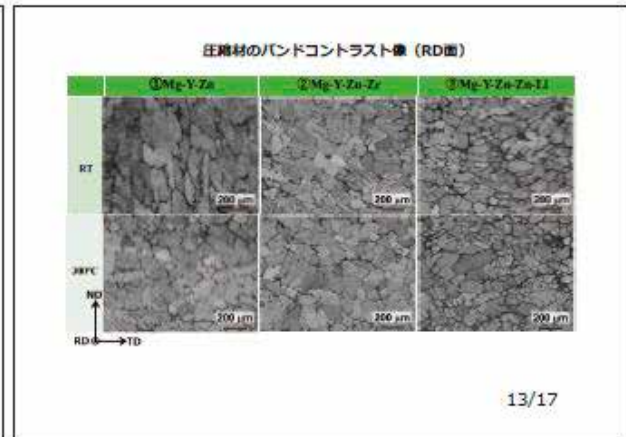
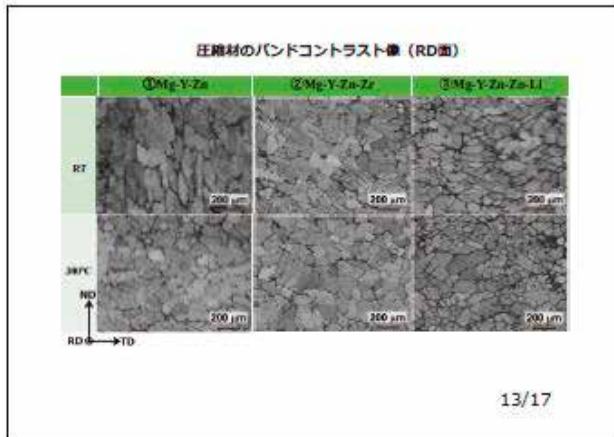
②  $Mg_{97.7}Y_{1.4}Zn_{0.7}Zr_{0.2}$

↓  $Li_{1.0}$ 追加

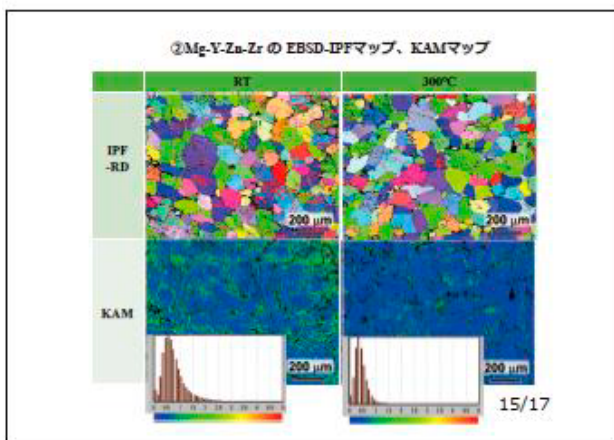
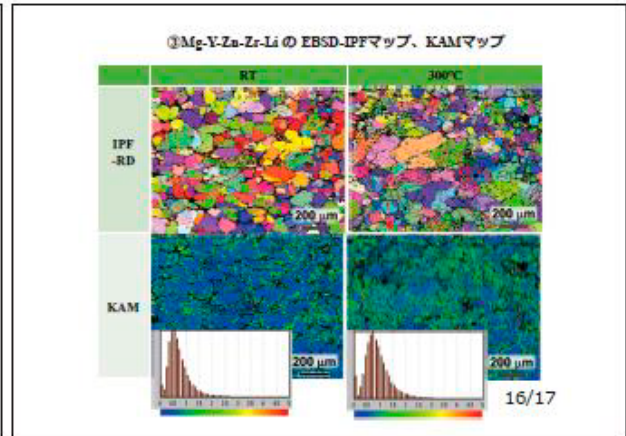
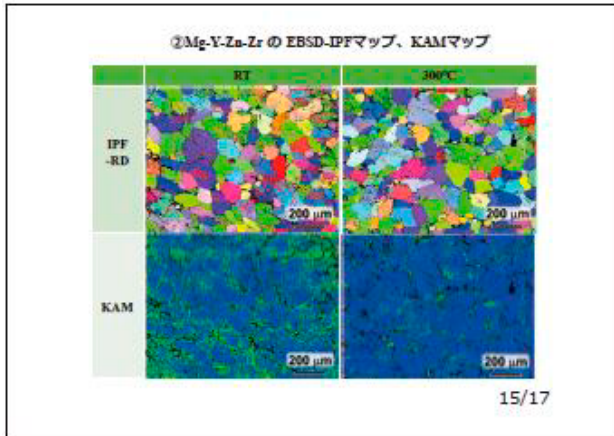
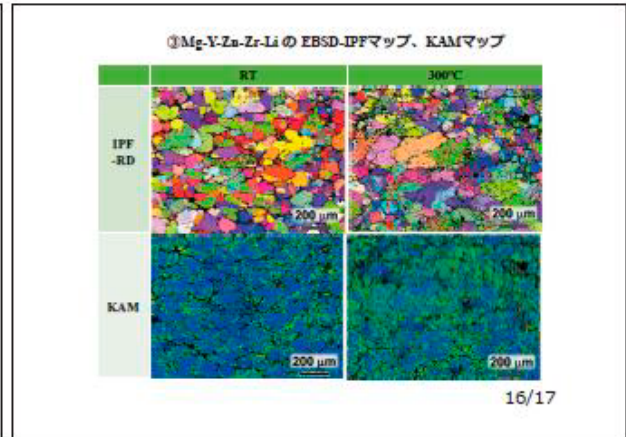
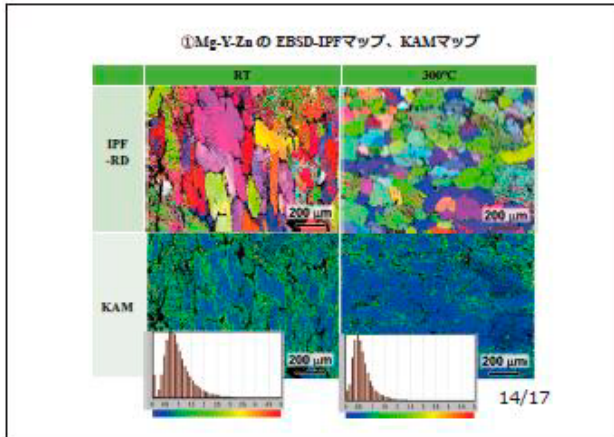
③  $Mg_{87.7}Y_{1.4}Zn_{0.7}Zr_{0.2}Li_{1.0}$

6/17









結言

- ①Mg-Y-Znについて
  - ・室温圧縮材で大量の双晶変形
- ②Mg-Y-Zn-Liについて
  - ・双晶変形の減少
  - 300℃圧縮で顕著
  - すべり変形の活性化
- ③Mg-Y-Zn-Zr-Liについて
  - ・室温で強度、伸び共に特に良い結果
  - ・KAMマップで室温のほうが青が多い
  - ①、②とは異なる結果
  - Li、析出物の影響
  - 今後、TEMを用いて調査

17/17

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](mailto:hsaito@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：独自開発した交番磁気力顕微鏡技術（日米欧で基本特許が成立）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の更なる性能向上を図り、先端磁性材料・磁気デバイスの評価を行っている。令和3年度は、さらなる時間分解能の向上を目的として、大容量ハードディスクドライブの主要部品である磁気記録ヘッドから発生する交流磁場を計測対象として、その動作周波数である1 GHzにおける高周波イメージングを実現した。

キーワード：磁気力顕微鏡、磁気記録ヘッド、高周波磁場イメージング

### 独自性・実用性：

独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、観察対象に合わせて特化した専用の磁性探針も独自開発したものである。実用性：本顕微鏡は真空雰囲気を要せずに大気雰囲気においても高い空間分解能（5 nm 以下）や高い機能性（試料面に垂直方向の磁場のみの検出、他）を有するので実用磁性材料・磁気デバイスの評価に適する。発展性：本顕微鏡は直流磁場から高い周波数の交流磁場まで磁性探針を選択することで計測できる。また、観察試料の受動的な計測から磁場応答性を含めた能動的な計測を行うことができる。（交番磁気力顕微鏡の開発は、JST「先端計測分析技術・機器開発事業（機器開発タイプ）」＜平成23・26年度＞【事後評価A】の支援による）

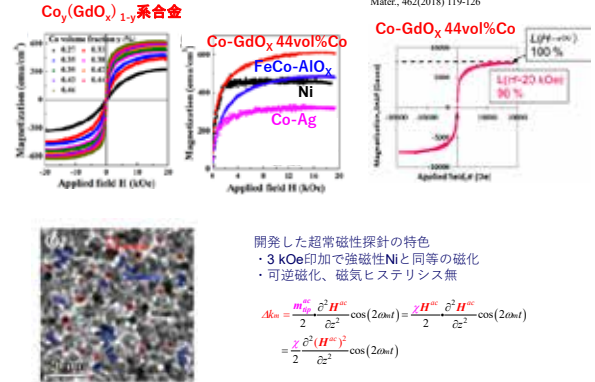
本年度の主要な成果は、1) 交番磁気力顕微鏡を用いた交流磁場の高時間分解能イメージングに関わる技術開発である。

次の2～3ページに「超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による磁気記録ヘッドの広帯域・高周波磁場イメージング」と題してまとめたものを示す。本結果は、独自開発した高磁化・超常磁性探針を用いて、磁気記録ヘッドから発生する交流磁場に対して、世界で初めて、交流磁場エネルギーを高感度検出することで、100 Hz程度の低周波数から1 GHzの高周波数に至るまでの広い周波数範囲でシームレスな交流磁場イメージングに成功したものであり、磁気記録ヘッドの研究開発に有用と考えられる。

超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡による  
磁気記録ヘッドの広帯域・高周波磁場イメージング

(M2)今 裕史, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準  
秋田大理工

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

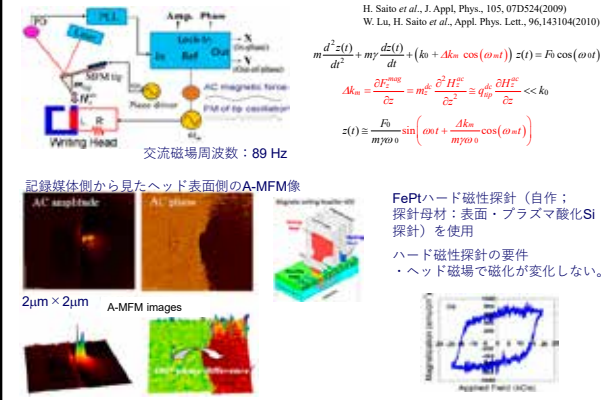


開発した超常磁性探針の特色  
・3 kOe印加で強磁性Niと同等の磁化  
・可逆磁化、磁気ヒステリシス無

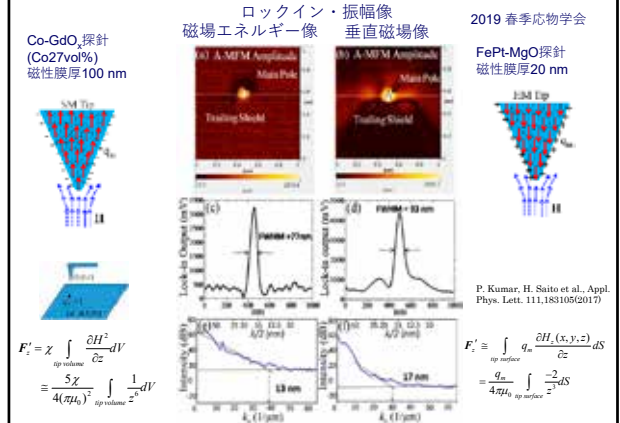
$$\Delta k_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}^2}{2} \frac{\partial^2 H^{\alpha}}{\partial z^2} \cos(2\omega t) = \frac{\chi H^{\alpha}}{2} \frac{\partial^2 H^{\alpha}}{\partial z^2} \cos(2\omega t)$$

$$= \frac{\chi}{2} \frac{\partial^2 (H^{\alpha})^2}{\partial z^2} \cos(2\omega t)$$

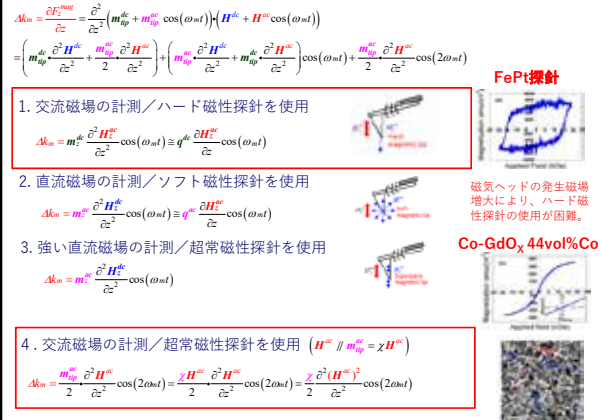
交番磁気力顕微鏡 (Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM) 2/11  
による磁気記録ヘッドのハード磁性探針を用いた交流磁場計測



超常磁性探針とハード磁性探針の比較

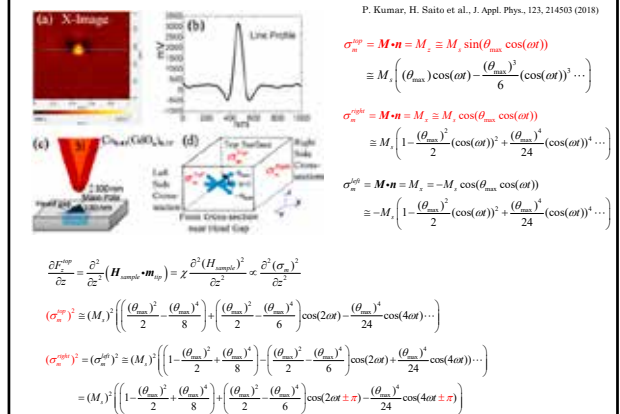


交番磁気力顕微鏡における磁性探針の選択による計測対象の拡大



超常磁性探針を用いた磁気記録ヘッドの交流磁場エネルギー像の特徴

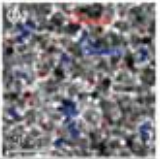
P. Kumar, H. Saito et al., J. Appl. Phys., 123, 214503 (2018)



高周波磁場イメージングに向けた本研究の観点 7/11

**Co<sub>0.44</sub>(GdO<sub>x</sub>)<sub>0.56</sub>系合金**

超常磁性探針の優れた高周波磁場応答性に着目  
 ・20 GHz程度までの磁場応答性を確認。  
 ・異なる周波数の磁場応答の重量が可能。



**【超常磁性探針を用いた振幅変調磁場の計測】**

$$H = H^a + H_0(1 + \alpha \cos(\omega_a t)) \cos(\omega_c t)$$

$$= H^a + H_0 \left( \cos(\omega_c t) + \frac{\alpha}{2} \cos(\omega_c + \omega_a)t + \frac{\alpha}{2} \cos((\omega_c - \omega_a)t) \right)$$

$$m = \chi H$$

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


$$F'_z(\omega_c t) = \alpha \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(\omega_c t), F'_z(2\omega_c t) = \frac{\alpha^2}{4} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(2\omega_c t)$$

$$F'_z(dc) = \chi \frac{\partial^2 (H^a)^2}{\partial z^2} + \frac{1}{2} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} + \frac{\alpha^2}{4} \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2}$$


高周波磁場像のキャリア周波数依存性 10/11

高周波磁場像 (位相調整後)


100 kHz




10 MHz



1 GHz



電場像 (Pd探針を使用)



実験方法 8/11

交番磁気力顕微鏡 (A-MFM)  
 L-trace II (日立ハイテック) をベースに構築  
 走査モード: リフトモード (大気中)  
 探針試料間距離: ~5 nm

垂直磁気記録ヘッド (振幅変調磁場を利用)

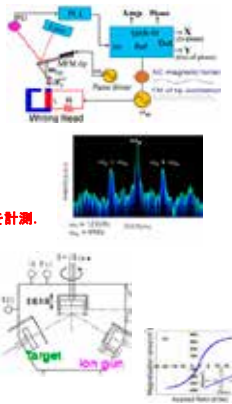
$$H = H_0(1 + \alpha \cos(\omega_a t)) \cos(\omega_c t)$$

$$\omega_c / 2\pi = 100 \text{ kHz} \sim 1 \text{ GHz}, \omega_a / 2\pi = 89 \text{ Hz}, \alpha = 0.9$$

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

$$F'_z(\omega_c t) = \alpha \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(\omega_c t) \text{ 成分による周波数変調を計測.}$$

Co-GdO<sub>x</sub>超常磁性探針 (自作)  
 Co<sub>0.44</sub>(GdO<sub>x</sub>)<sub>0.56</sub>グラニューラー合金薄膜を、  
 CoとGdO<sub>x</sub>の同時スパッタリングでSi探針に成膜。  
 (斜め方向スパッタリング: 基板ホルダーを回転)  
 Co: DCマグネトロンスパッタリング (130 W)  
 GdO<sub>x</sub>: RFマグネトロンスパッタリング (100 W)  
 探針母材: Si探針 (バネ定数: ~20 N/m)  
 磁性膜厚: 100 nm



まとめ 11/11

磁気記録ヘッドの交流磁場イメージングを、Co-GdO<sub>x</sub>系超常磁性探針を使用した交番磁気力顕微鏡を用いて検討した結果、

1. 振幅変調磁場を利用することで、キャリア周波数1 GHzまでの広い周波数範囲で、交流磁場エネルギーのイメージングに成功した。
2. この結果は超常磁性探針の磁化が高周波磁場まで応答することに起因している。
3. 本手法は、高い測定磁場周波数に加えて、空間分解能に優れた測定法として磁気記録ヘッドの評価に有用と考えている。

・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。

高周波磁場イメージングとデータ処理の例 9/11

$$H = H_0(1 + \alpha \cos(\omega_a t)) \cos(\omega_c t)$$

$$\omega_c / 2\pi = 1 \text{ MHz}, \omega_a / 2\pi = 89 \text{ Hz}, \alpha = 0.9$$

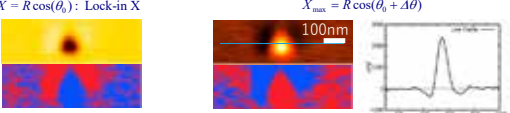
$$F'_z(\omega_c t) = \alpha \chi \frac{\partial^2 H_0^2}{\partial z^2} \cos(\omega_c t) \text{ による周波数変調を利用.}$$

$$X + iY = R \exp(i\theta_0) = R \cos \theta_0 + iR \sin \theta_0, R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \theta_0 = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$$

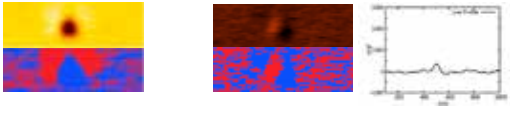
$$\theta_0 = -141^\circ, \Delta\theta = 141^\circ, \theta_0 + \Delta\theta = 0^\circ$$

$$X_{\text{max}} = R \cos(\theta_0 + \Delta\theta)$$

$X = R \cos(\theta_0)$ : Lock-in X



$iY = iR \sin(\theta_0)$ : Lock-in Y



## 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](mailto: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および光磁気素子は、現行のものに比較して、桁違いの低消費電力・超大容量・高精細、を実現できる可能性がある。令和3度は、デバイス応用に適する垂直磁気位異方性が得られた強磁性・強誘電薄膜試料において、薄膜を構成するどの元素が垂直磁気位異方性の導出に寄与しているかを特定した。本結果は、電界駆動型磁気デバイス用材料の開発設計指針となりえるものである。

キーワード：強磁性・強誘電薄膜、磁化の電界駆動、磁気デバイス

### 独自性

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

### 実用性



電界印加書込み型の新規な磁気記録媒体（特許第5771788号およびUS8,891,190を、その改良特許として3件を別途、保有。）、電界印加書込み型の新規な磁気メモリ（特許第6573374号）、電界駆動型の空間光変調器（特許第6741452,6741453号）の実現に向け、反応性パルスDCスパッタリング成膜法を用いて高品位作製に成功してきた、比較的高い飽和磁化(70 emu/cm<sup>3</sup>)・これまで実現されていなかった垂直磁気異方性・大きな磁気 Kerr 回転角(0.67°)、を有する強磁性・強誘電(Bi,La)(Fe,Co)O<sub>3</sub> 薄膜に対して、垂直磁気異方性および磁気 Kerr 回転角の増大をもたらす構成元素はCoであること、そしてLaも同時に含まれる必要があること、を見出した。

### 新技術の特徴

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

2021年9月10日「放射光利活用セミナー」(地方創生センター 共催)での招待講演発表図面

秋田県高エネルギー加速器技術研究会 令和3年度第1回研究会 2021年9月10日 1/39


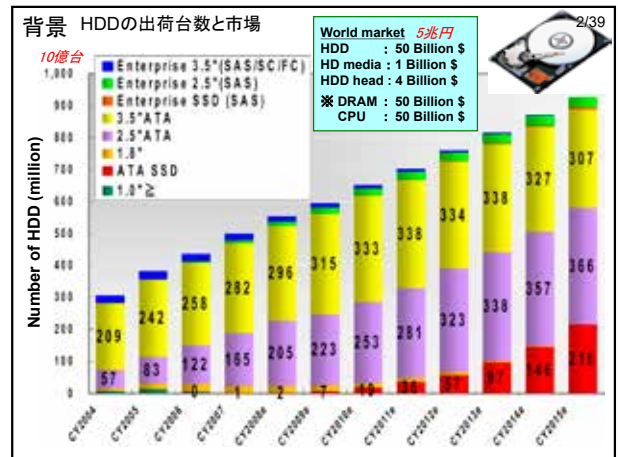



## 超低消費電力型の高機能次世代磁気デバイス に向けた磁気特性に優れた 強磁性・強誘電体薄膜材料の探索

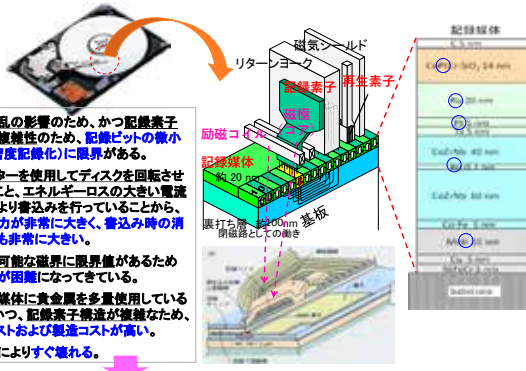
秋田大学 大学院理工学研究科  
附属 革新材料研究センター

吉村 哲

(尾関拓海、鈴木陸、武田航太郎、山本大地、大下直哉、江川元太)

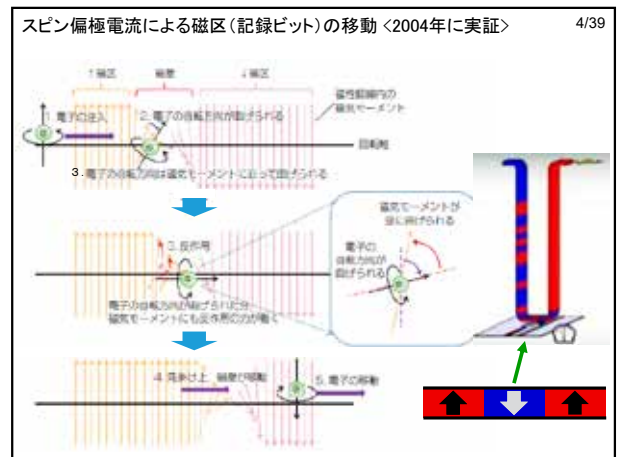



### 現行・次世代HDDにおける高密度化・低電力化の根本的問題点

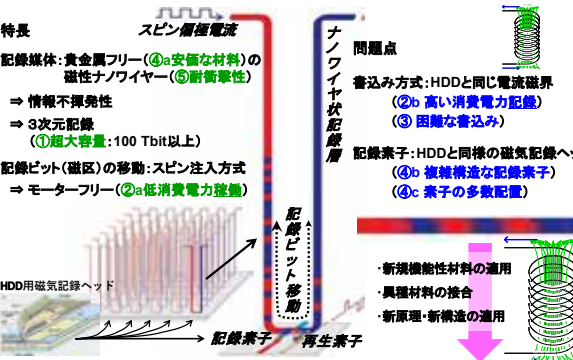


- ①熱擾乱の影響のため、かつ記録素子構造の複雑性のため、記録ビットの微小化(高密度記録化)に限界がある。
- ②モーターを使用してディスクを回転させていること、エネルギーロスの大い電流磁界により書き込みを行っていることから、磁場電力が非常に大きく、書き込み時の消費電力も非常に大きい。
- ③印加可能な磁界に限界値があるため書き込みが困難になってきている。
- ④記録媒体に貴金属を多量使用しているため、かつ、記録素子構造が複雑なため、材料コストおよび製造コストが高い。
- ⑤調整によりすぐ壊れる。

①超大容量・②超低消費電力稼働および記録・③容易な書き込み・④低コスト(材料および製造)・⑤耐衝撃性、を実現可能な根本的に新しい装置・方式の確立が必要。



### 磁性細線メモリ<2008年にIBMにより提案>の特長と問題点



**特長**

- 記録媒体: 貴金属フリー(④a安価な材料)の磁性ナノワイヤー(⑤耐衝撃性)
- ⇒ 情報不揮発性
- ⇒ 3次元記録
- ①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(②a低消費電力稼働)

**問題点**

- 書き込み方式: HDDと同じ電流磁界
- ②b 高い消費電力記録
- ③ 困難な書き込み
- 記録素子: HDDと同様の磁気記録ヘッド
- ④b 複雑構造な記録素子
- ④c 素子の多数配置

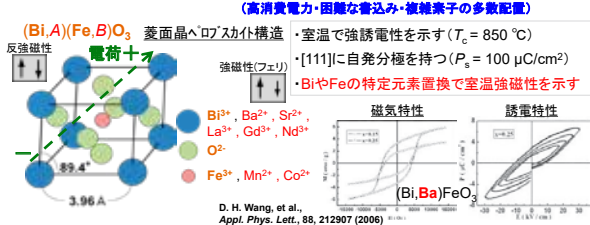
②b・③・④b・④cの問題解決方法を提案

### 強磁性・強誘電薄膜を用いた新記録方式による問題解決の提案

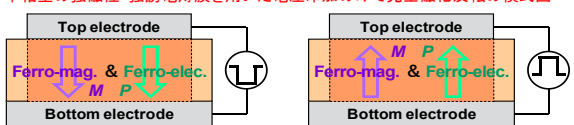
(高消費電力・困難な書き込み・複雑素子の多数配置)

(Bi,A)(Fe,B)O<sub>3</sub> 菱面晶ヘキサケルチ構造

- 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



単相型の強磁性・強誘電薄膜を用いた電圧印加のみで完全磁化反転の模式図



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



### 本研究の構想 電界書き込み型の新しい細線メモリの提案

【①大容量、②低電力稼働・記録、③容易な書き込み、④低コスト(材料・製造)、⑤耐腐蝕、を全て満たす】

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

超低消費電力型の高機能次世代磁気デバイスに向けた  
(電界駆動型の磁性細線メモリ・空間光変調器の実現のための)

磁気特性に優れた  
(大きな飽和磁化, 垂直磁気異方性・大きな磁気Kerr効果を持つ)

強磁性・強誘電体薄膜材料の探索

### 実験装置 超高真空対応スパッタリングシステム

(秋田大学 地方創生センター2号館(共通機器登録))

到達真空度:  $2 \times 10^{-7}$  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, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>が 中の不純物レベル: 10 ppb 以下  
Tiゲッターホープ内蔵

### 装置改良 酸化物薄膜の高品位化(結晶化促進)のために

⇒ 近年開発された反応性パルスDCスパッタリング法の使用  
D. Peileymounter et al., 2014 Soc. Vac. Coat.

反応性パルスDCスパッタリング成膜のコンセプト

通常のスパッタリング: 反応電圧により帯電除去  
反応電圧による帯電除去とアークの防止

高エネルギーの薄層原料粒子をパルス的に供給(粒子の表面拡散を促進)

### 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<sub>1-x</sub>Ba)<sub>2</sub>FeO<sub>7</sub>薄膜の特性

Japanese Journal of Applied Physics, Vol.57, p.0902B7 (2018)

パルスDCスパッタリング成膜の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倍の飽和磁化が得られた。  
⇒ 磁気デバイスへの応用可能性(200 emu/cm<sup>2</sup>が目標)が見えてきた!

### Bi(Aサイト)を種々のアルカリ土類で置換した場合の薄膜の磁気光学特性

(Bi,A)FeO<sub>3</sub> (A:アルカリ土類) 薄膜の磁気Kerr効果は小さい

19/39

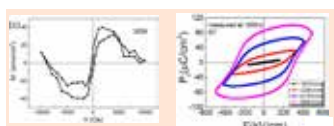
**これまでに作製してきた(Bi<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>)FeO<sub>3</sub>薄膜の問題点**

- 飽和磁化がまだ十分な大きさではない(最大で90 emu/cm<sup>3</sup>)
- 磁化容易方向が薄膜面内方向
- 磁気Kerr効果が小さい(最大で0.03°程度)

⇒ 高集積の電界駆動型磁気デバイスへの応用には通していない。

先行研究 (Biサイト置換による磁気・誘電特性向上)

パルスレーザーデポジション法で作製されたBi<sub>0.9</sub>La<sub>0.1</sub>FeO<sub>3</sub>薄膜



	イオン種 (nm)	Bi <sup>3+</sup> とのサイズ比率
Bi	Bi <sup>3+</sup>	0.340
Ba	Ba <sup>2+</sup>	0.484
Sr	Sr <sup>2+</sup>	0.430
La	La <sup>3+</sup>	0.376
Gd	Gd <sup>3+</sup>	0.360

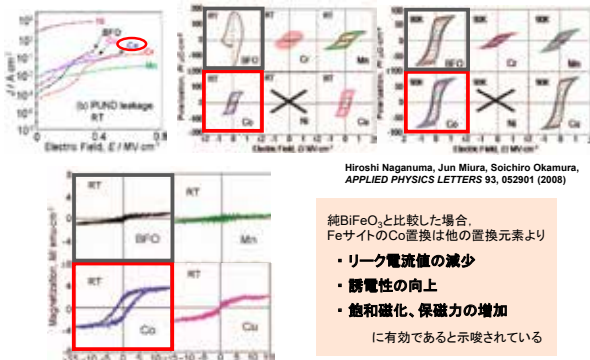
Tingting Jia, Hideo Kimura, Zhenxiang Cheng, Hongyang Zhao  
SCIENTIFIC REPORTS 6, 31867 (2016)

**Biサイトのごく一部をLa置換すると強誘電性・強磁性が見込まれる報告がされている**  
⇒ **LaリッチなBiFeO<sub>3</sub>系薄膜の作製で更なる磁化の向上が期待できる**

20/39

先行研究 (Feサイト置換による磁気・誘電特性向上)

**Bi(Fe<sub>0.95</sub>B<sub>0.05</sub>)O<sub>3</sub>薄膜 [B = Cr, Mn, Co, Ni, Cu]**



Hiroshi Naganuma, Jun Miura, Soichiro Okamura,  
APPLIED PHYSICS LETTERS 93, 052901 (2008)

純BiFeO<sub>3</sub>と比較した場合  
FeサイトのCo置換は他の置換元素より

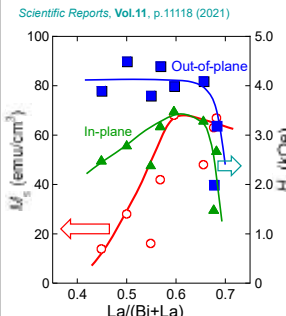
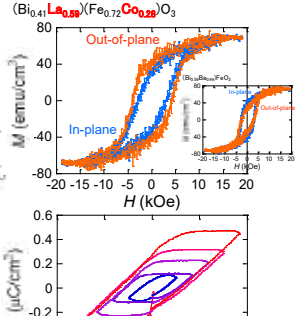
- リーク電流値の減少
- 誘電性の向上
- 飽和磁化、保磁力の増加

に有効であると示唆されている

21/39

反応性パルスDCスパッタリング法で作製した(Bi<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>)O<sub>3</sub>薄膜の特性


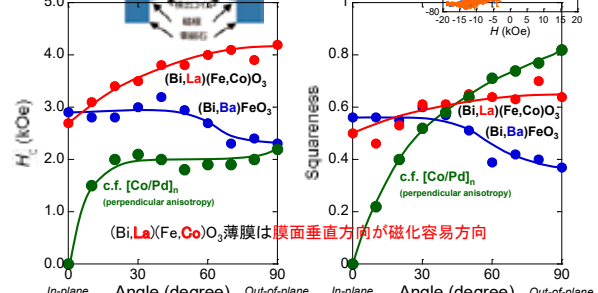
Scientific Reports, Vol.11, p.11118 (2021)

(Bi<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>)O<sub>3</sub>薄膜において  
垂直磁気異方性が得られた。  
⇒ 高集積磁気デバイス応用に有用!

22/39

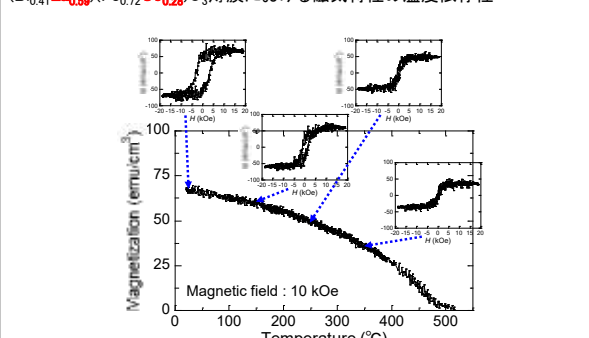
(Bi<sub>0.41</sub>La<sub>0.59</sub>)(Fe<sub>0.72</sub>Co<sub>0.28</sub>)O<sub>3</sub>と(Bi<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>)FeO<sub>3</sub>薄膜の磁気異方性の比較

(Bi<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>)O<sub>3</sub>薄膜は膜面垂直方向が磁化容易方向

23/39

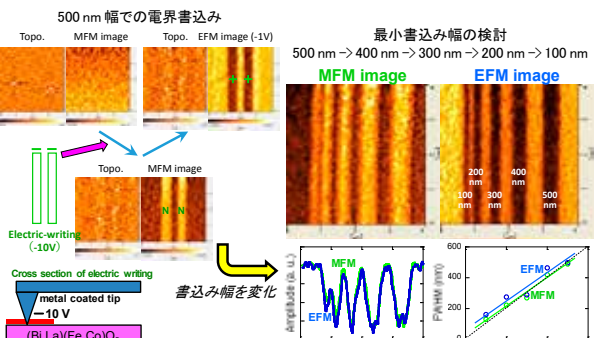
(Bi<sub>0.41</sub>La<sub>0.59</sub>)(Fe<sub>0.72</sub>Co<sub>0.28</sub>)O<sub>3</sub>薄膜における磁気特性の温度依存性



(Bi<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Fe<sub>1-y</sub>Co<sub>y</sub>)O<sub>3</sub>薄膜の強磁性キュリー温度は420°C  
(磁気デバイスの室温動作に十分な値)

24/39

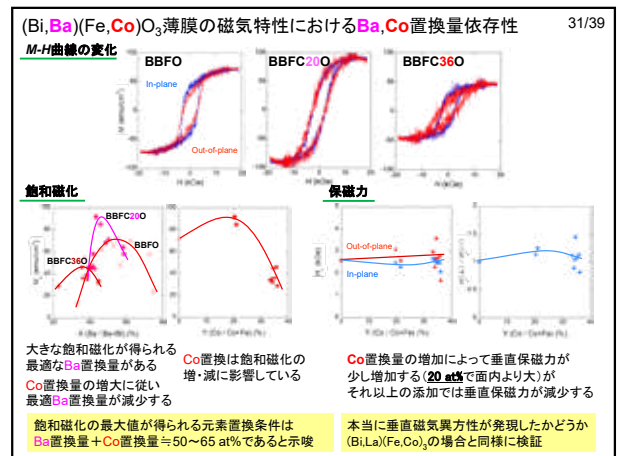
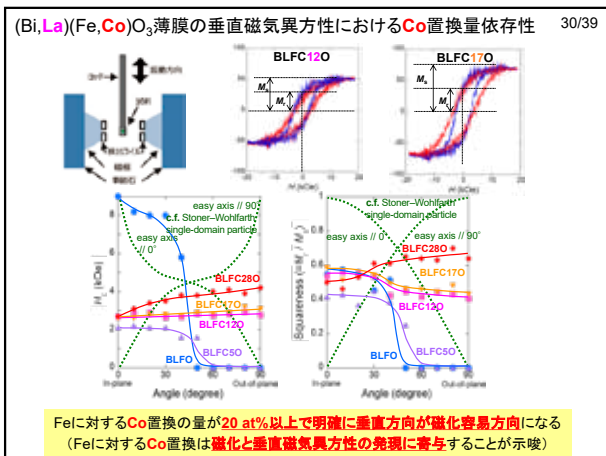
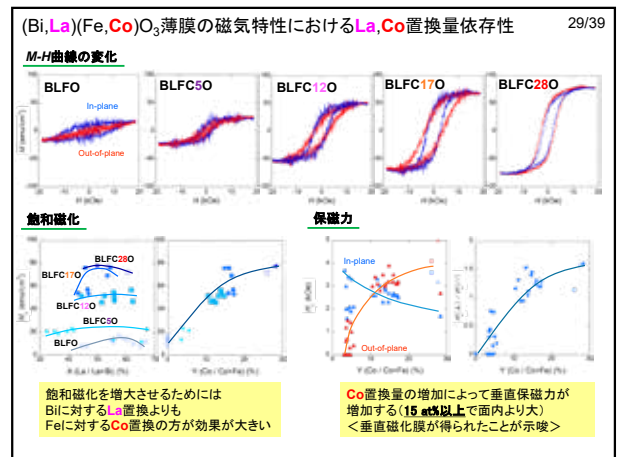
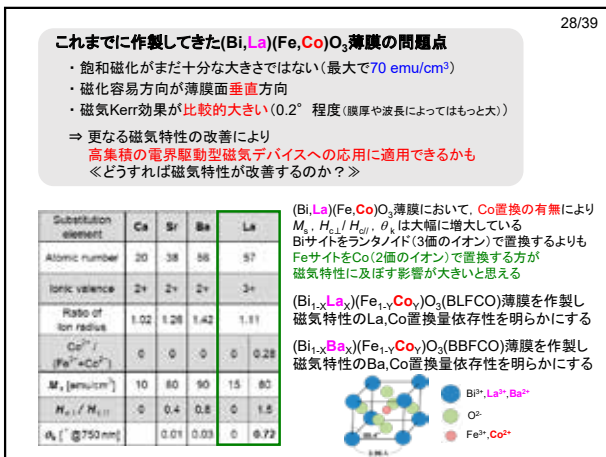
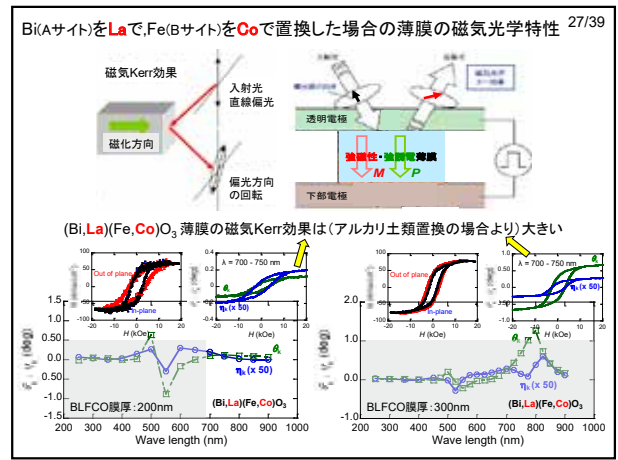
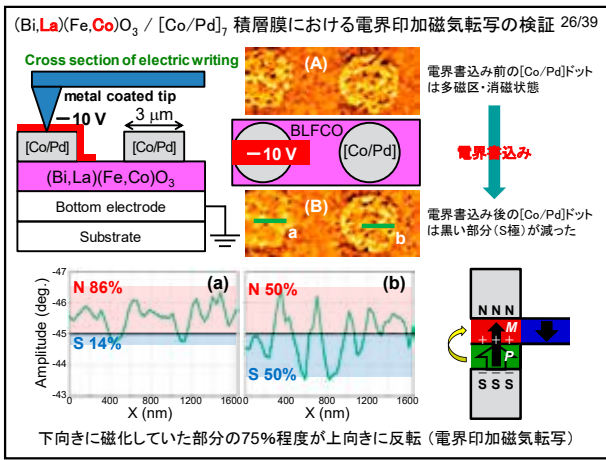
BLFCO単層薄膜における局所(数百nm)電界印加による磁化反転の検証

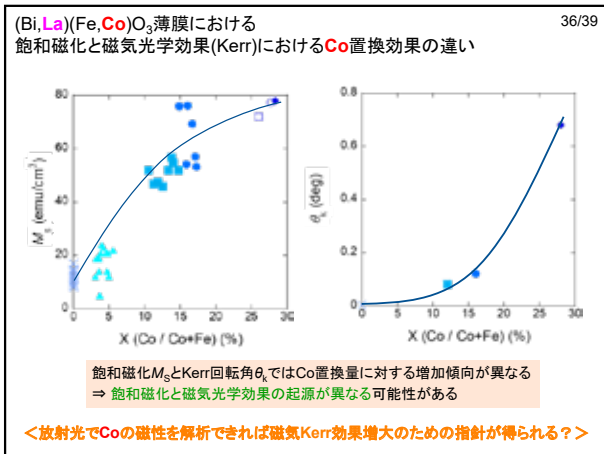
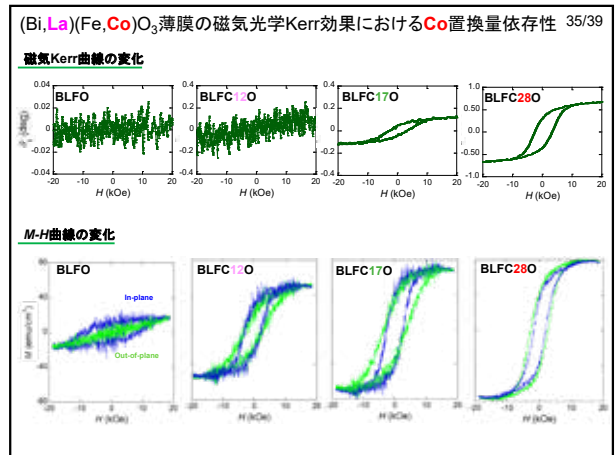
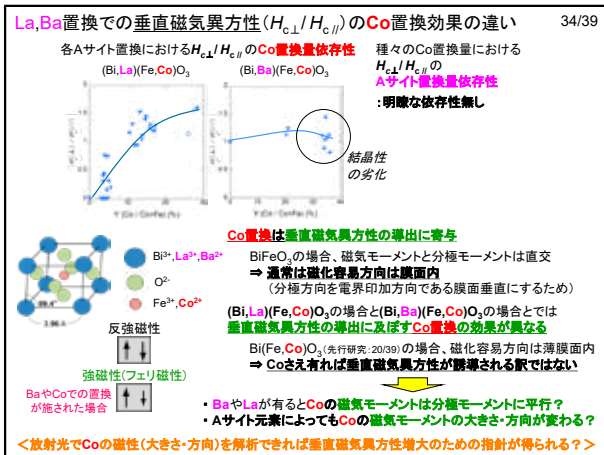
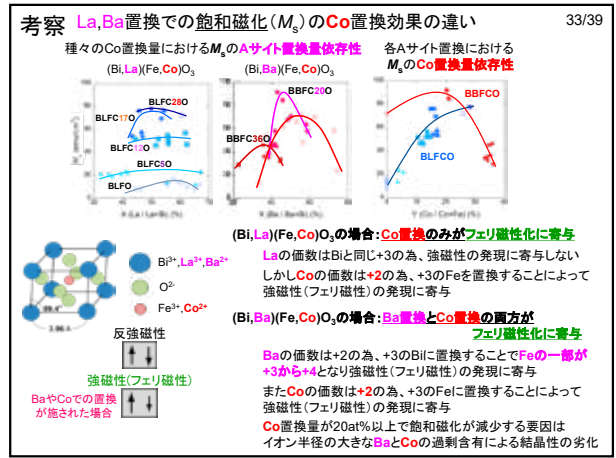
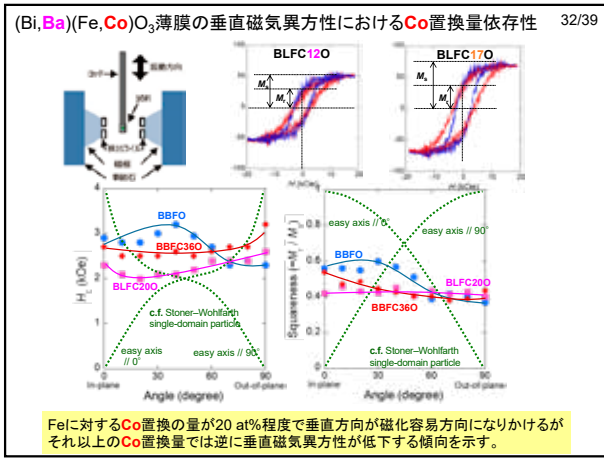


500 nm幅での電界書き込み

最小書き込み幅の検討  
500 nm → 400 nm → 300 nm → 200 nm → 100 nm

300 nm幅程度までの電界印加において設定通りの磁区の書き込みが実現(想定されるビット・アレー幅: 100 nm程度)





まとめ 39/39

- 電界駆動(超低消費電力)型の
  - ・ 超大容量の磁性細線メモリ、
  - ・ 立体映像表示用の空間光変調素子、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スパッタリングでの高品位な薄膜作製による磁気特性の大きな改善、
  - ・ 疑似デバイス作製による動作検証(電界印加磁気転写)、に成功した。
- 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、Co置換において飽和磁化・垂直異方性・Kerr効果が増大したが、
  - ・ アルカリ土類⇔ランタノイド置換で特に垂直異方性とKerr効果に、
  - ・ La⇔Nd⇔Sm⇔Gd置換で特に飽和磁化に、大きな傾向相違があった

M<sub>s</sub>, H<sub>c1</sub>/H<sub>c2</sub>, θ<sub>k</sub>について、RFの(Bi,Ba)FeO<sub>3</sub>: 60 emu/cm<sup>3</sup>, 0.8, 0.03°, P-DCの(Bi,Ni)(Fe,Co)O<sub>3</sub>: 140 emu/cm<sup>3</sup>, 1.7, 0.35°, と大きく改善

飽和磁化・垂直異方性・Kerr効果の更なる増大のための材料指針を得るには、放射光でCoの磁性(大きさ・方向など)を解析できれば良いのでは、と考えている。

謝辞 磁気Kerr効果の波長依存性の測定におきましては、秋田県産業技術センターの山根治起様に、多大なご協力を頂きました。ここに感謝申し上げます。



## 新規アパタイト型化合物系触媒材料の創製

齊藤寛治・小笠原正剛・加藤純雄・進藤隆世志

(理工学研究科)

[saitok@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:saitok@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：本プロジェクトでは触媒担体として有用なハイドロキシアパタイト (HAp) 表面に微細な金属種を析出させる手法として異種半導体粒子からの励起電子注入に着目した。最も有毒な金属元素の一つとして知られる6価Crを含む水溶液中にHApと酸化チタン微粒子を加え光照射すると酸化チタンの励起電子により6価Crが還元されるとともにHAp表面により低毒な3価Crとして固定化された。回収された固体は空気中でのプロピレン酸化反応に対し活性を示したことから、HApと酸化チタンの組み合わせは水中の6価Crの効率的除去と環境浄化に応用可能な触媒調製の双方に有用であることが示された。

### 独自性・実用性：

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

#### 【論文】

“Lepidocrocite-type layered titanate nanoparticles as photocatalysts for H<sub>2</sub> production”,  
K. Saito, K. Inaguma, M. Ogawa, P. T. Ha, H. Akiyama, S. Yamaguchi, H. Minokoshi,  
M. Ogasawara and S. Kato, *ACS Applied Nano Materials*, **5**, 9053 (2022).

#### 【招待講演】

K. Saito, Y. Katabira, M. Ogasawara, S. Kato “Enhanced photocatalytic hydrogen production from aqueous Pt-loaded TiO<sub>2</sub>/cellulose suspension using layered solid acids as an excellent additive”, Pacificchem2021, Session 3, Online, 22-Dec, 2021.

### 【緒言】

光を利用した固体表面への金属イオンの固定化は水中での有害/有用金属の回収あるいは担持金属触媒の調製手法として広く利用されている<sup>1),2)</sup>。ハイドロキシアパタイト (HAp, Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>) は高い耐熱性、組成および形態の多様性といった性質から触媒担体として注目されている安価かつ安全な無機固体材料であるが<sup>3)</sup>、室内灯や太陽光に含まれる光をほとんど吸収できないため光析出法を利用した金属種による表面修飾は困難である。HApに光析出法を適用する戦略として同型置換による電子構造の制御あるいは光吸収能を有する異種材料との複合化による粒子間電荷移動が挙げられる。

我々は最近、TiO<sub>2</sub>の分散水にHApを添加するとTiO<sub>2</sub>の色素分解反応に対する光触媒活性が著しく向上することを見出した。両者が静電的に凝集するpH領域でのみ光触媒活性の向上が認められたことから、TiO<sub>2</sub>からHApへの粒子間電子移動とTiO<sub>2</sub>における電荷再結合の抑制が光触媒活性向上の機構として考えられた。本研究では、水中でのTiO<sub>2</sub>からHApへの電子注入を利用し、最も有毒な金属イオンの一つとして知られる6価Crの効率的な還元無毒化を実現するとともに、Cr種が固定化されたHApの触媒としての応用を検討した。



【実験】

25 ppm  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液に P25( $\text{TiO}_2$ ), HAp または P25 と HAp の混合物 (以下 P25/HAp と称する) を加えマグネチックスターラーで攪拌しながら高圧 Hg ランプを照射した。分散液を経時的に分取し遠心分離により固液分離後上澄み液の 370 nm の吸光度を測定し残存  $\text{CrO}_4^{2-}$  量を決定することで  $\text{CrO}_4^{2-}$  減少率を見積もった。 $\text{CrO}_4^{2-}$  減少率は以下の式で定義する。

$$\text{CrO}_4^{2-} \text{ 減少率} = \frac{C_0 - C}{C_0}$$

尚  $C_0$  および  $C$  はそれぞれ  $\text{CrO}_4^{2-}$  の初期濃度および反応溶液中の濃度を示す。遠心分離により得られた沈殿物は乾燥後 X 線光電子分光法 (XPS), X 線回折法 (XRD), 紫外可視分光光度法 (UV-vis.) およびエネルギー分散型 X 線分光器搭載透過型電子顕微鏡 (TEM-EDS) による観察および元素マッピングで評価した。また, プロピレン酸化反応に対する触媒活性評価は常圧固定床流通反応装置を用いて行った。ガス組成は  $\text{C}_3\text{H}_6$  (1,500 ppm),  $\text{O}_2$  (9,000 ppm) とし He をバランスとした。反応ガスを総流量 500  $\text{cm}^3/\text{min}$  で流通させ測定温度範囲は 100~600°C とした。

【結果と考察】

図 1(左)に各試料を分散した  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液に光照射した際の  $C/C_0$  の経時変化を示す。HAp を用いた場合には  $\text{CrO}_4^{2-}$  濃度の減少は見られなかった。これは HAp が照射された光を吸収できず光触媒反応が進行しなかったことに起因する。一方, 標準光触媒として知られる P25 を用いた場合には  $C/C_0$  の経時的な減少が見られた。さらに, HAp を加えると  $C/C_0$  の減少が促進され光照射 1 h 後の  $\text{CrO}_4^{2-}$  減少率は 52% と, HAp 未添加の場合 (20%) よりも約 2.5 倍大きかった。反応後の各試料の XPS スペクトルを図 1(右)に示す。HAp の XPS スペクトルにはピークが見られなかった一方, P25 および P25/HAp の場合には  $\text{Cr}^{3+} 2p_{3/2}$  に起因するピークが見られ,  $\text{Cr}^{6+}$  が  $\text{Cr}^{3+}$  へと還元され固体表面に固定されたことがわかった。図 2(左)に示すように, 光照射前後いずれの場合も P25/HAp の XRD パターンには  $\text{TiO}_2$  および HAp に帰属可能なピークのみが見られた。図 2(右)に示すように光照射に伴い P25/HAp は白色から緑色に変化し, これは波長 620 nm 付近の可視光の吸収によるものである。この波長域の吸収は  $\text{Cr}^{3+}$  に起因するものであり<sup>4)</sup>, XPS の結果とも一致する。反応時の水溶液が塩基性であったことを考慮すると Cr は  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  として固体表面に固定されたと考えられる。XRD パターンには Cr 種に起因する回折線が見られなかったことを考慮すると,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  は非常に微細な粒子として, あるいは非晶質として固定化された可能性がある。

長径 200~300 nm の棒状の HAp 粒子と 20~50 nm の P25 微粒子が混合している様子が TEM 像 (図 3a) および HAADF 像 (図 3b) に認められた。P25/HAp 中の Ti および Ca の分布 (それぞれ図 3c および d) は TEM 像から判別された P25 および HAp の粒子の分布と

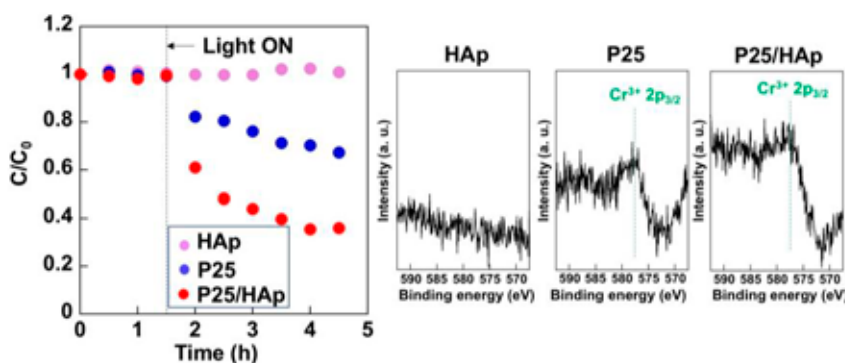


図 1. (左) 各試料を用いた際の  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液の  $C/C_0$  の経時変化および(右)反応後の各試料の XPS スペクトル

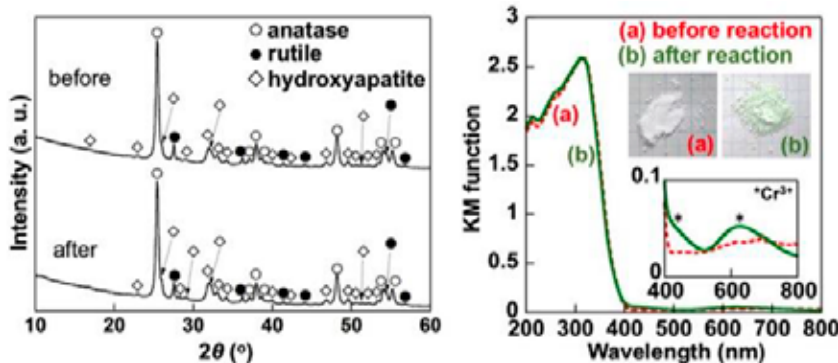


図 2.  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液中で光照射前後の P25/HAp の(左) XRD パターンおよび(右) UV-vis. 拡散反射スペクトル. 挿入は光照射前後の試料の様子。

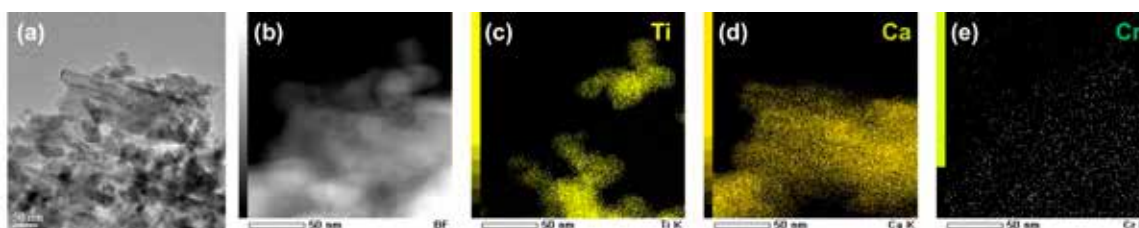


図3.  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ 水溶液中で光照射前後の P25/HAp の TEM 像(a), HAADF 像(b)および元素マッピング像(c-e).

よく一致していた。Cr は P25 および HAp 両方の粒子上に分布していることが明らかとなり(図 3e), これは  $\text{TiO}_2$  で励起した電子が粒子界面を介し HAp へと移動し,  $\text{Cr}^{6+}$  を還元したことを示唆する。従って  $\text{TiO}_2$  共存下での光照射が,  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液中での HAp 上への  $\text{Cr}^{3+}$  種の固定化に有効であることがわかった。

図 4 に  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  水溶液中で光照射した後の P25/HAp による各温度におけるプロピレン転化率を示す。100~250°C ではプロピレンの転化は全くあるいは殆ど見られなかった一方, 250°C 以上では転化が見られ, 600°C では転化率は約 25% に達した。このように, 水中からの除去が望まれる  $\text{Cr}^{6+}$  が P25 および HAp 上に固定化されることで有用な化学反応の触媒として利用できることが示された。

以上より, P25 と HAp の混合物が水中での  $\text{Cr}^{6+}$  の還元無毒化に対し基準光触媒 (P25) を凌駕する高い光触媒活性を示すとともに, 還元された  $\text{Cr}^{6+}$  は  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  として固体上に固定化され, 環境浄化のモデル反応であるプロピレン酸化反応に利用可能なことが明らかとなった。反応基質との相互作用に寄与し得る HAp の組成は制御可能であることから, さらなる触媒性能の向上が期待される。

【引用】

- 1) B. Bernhard, *J. Am. Chem. Soc.*, **100**, 4317 (1978).
- 2) Q. Cheng *et al.*, *Appl. Catal. B: Environ.*, **176-177**, 740 (2015).
- 3) K. Kaneda *et al.*, *Energy Environ. Sci.*, **2**, 655 (2009).
- 4) P. H. K. Charan, *et al.*, *J. Porous Mater.*, **20**, 81 (2013).

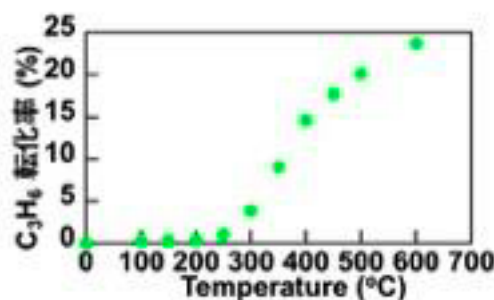


図4.  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ 水溶液中で光照射した後の P25/HAp によるプロピレン転化率と反応温度の関係。

## 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](mailto: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った問題もある。

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<sup>1)~4)</sup>。しかしながら、ダイヤモンド皮膜を合成した後、合成皮膜が熱応力により界面はく離してしまう問題がある。そこで、界面はく離の抑制を考慮した新たな合成方法として、ダイヤモンドの合成途中に皮膜の表面温度を3段階に変化させる3段階合成法を提案してきた。この方法を応用して、WC基板表面上に燃焼炎法により界面はく離を抑制しながら接着強度の高いダイヤモンド皮膜の合成を行ってきた。しかしながら、ダイヤモンド合成中に、基板表面の温度コントロールが難しくなりダイヤモンド合成を十分に行えず、さらに、熱応力による界面はく離を抑制することが難しいといった問題が発生した。そこで、燃焼炎によってWC基板表面上へのダイヤモンド皮膜を合成することが可能な諸条件を提案して実験を行ってきた。その結果、基板表面の温度コントロールが容易となり、安定した品質のダイヤモンド皮膜を得られることが可能な2

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

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

### 実験装置

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

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

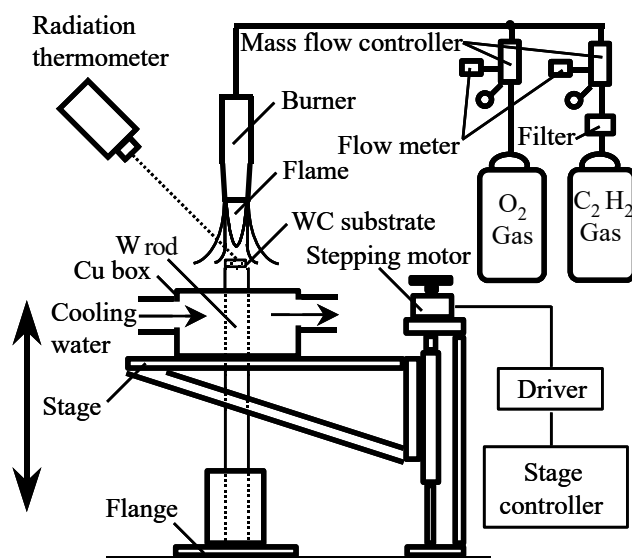


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

## 基板

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

## 2段階合成法

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

## 実験条件

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

Table 1 Conditions for diamond syntheses on the WC substrate.

Reaction gas	$C_2H_2 + O_2$
Film surface temperature	1223~1273 [K]
Pressure	$10^5$ [Pa]
$C_2H_2$ Flow rate, $F_a$	70.9 [cm <sup>3</sup> /s]
$O_2$ Flow rate, $F_o$	63.8 [cm <sup>3</sup> /s]
Flow ratio, $R_f = F_o / F_a$	0.90

また、WC 基板表面の前処理による基板表面形態の変化が、合成された皮膜のはく離に影響を及ぼすと考え、前処理として化学処理<sup>5), 6)</sup>を行い基板表面の形態を変化させ合成を行った。化学処理は、WC 表面をエッチングすることが可能な Murakami 溶液 (ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム  $K_3[Fe(CN)_6]$  : 10 g, 水酸化カリウム KOH : 10 g, 水 : 100 ml) に WC 基板を浸しエッチングを行った。ここで、Murakami 溶液に WC 基板を浸透させ、基板表面上を意図的に粗くした。このことにより、WC 基板と合成皮膜の接触面積を増加させ、はく離を抑制することが可能になると考えられる。また、Murakami 溶液による基板表面処理後、酸溶液 (硫酸  $H_2SO_4$  : 3 ml, 過酸化水素  $H_2O_2$  : 88 ml) を用いて化学処理を行った。これは、コバルト(Co)の除去を行うためである。Co は、ダイヤモンド合成時に基板表面と皮膜の間の表面領域に拡散し、皮膜の接着強度の低下の原因となるグラファイトを生じさせるということがわかっており<sup>7)</sup>、酸溶液による化学処理によって Co を除去することで、グラファイト層の生成を抑制することが可能になると考えられる。この際、表2に示すように Murakami 溶液による処理を 1, 3 min、酸溶液による処理を 10 sec として前処理を行った基板上に合成を行った。この際、Murakami 溶液による処理を 1 min としたものを Case A、Murakami 溶液による処理を 3 min としたものを Case B とした。

Table 2 Conditions of pretreatments for the WC substrate.

	Treatment periods by Murakami's reagent	Treatment periods by acid solution	Diamond seed particles size
Case A	1 [min]	10 [sec]	0.125 [ $\mu$ m]
Case B	3 [min]	10 [sec]	0.125 [ $\mu$ m]

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  $0.250\ \mu\text{m}$  としてきたが、本研究では、粒径をさらに小さい  $0.125\ \mu\text{m}$  の粒子に変更し、ダイヤモンド粒子を含んだペーストの量を過去の研究で用いてきた  $0.10\ \text{g}$  より多い  $0.15\ \text{g}$  としたペーストを、 $20\ \text{cm}^3$  のアセトンにペーストを溶かした懸濁液  $0.0075\ \text{g/cm}^3$  中に基板を挿入し、30分間超音波洗浄器で種付け処理を施した。

合成において、2段階合成法を用いて合成を行う際、図2に示すようなアセチレン-酸素の燃焼炎中の白心から WC 基板表面までの距離（白心距離） $d$  を変化させてダイヤモンド合成を行った。この際、表3に示すように白心距離を各段階において変化させて合成を行った。この白心距離が変化すると、ダイヤモンド皮膜を合成することが可能な領域である内炎の部分が変わり、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<sup>2)</sup>。

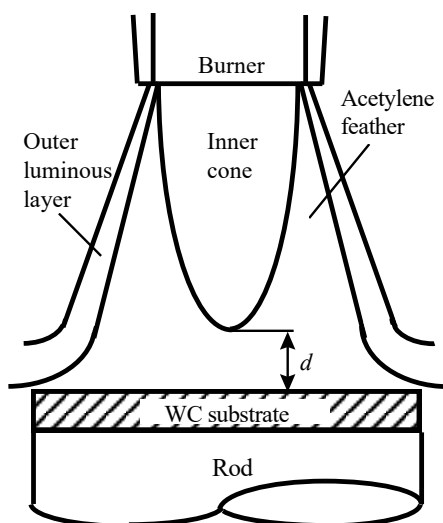


Fig. 2 Distances of the flame inner cone from WC substrate.

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

	Film surface temperature	Inner cone-to-substrate distances : $d$
1st. step:1200 [sec]	1273 [K]	7.5 [mm]
2nd. step:1200 [sec]	1223 [K]	7.0 [mm]

## 実験

本実験で用いる2段階合成法の合成時間は、第1段階を 1200 sec、第2段階を 1200 sec とし合成を行った。ここで、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくし、また、ダイヤモンドペーストの量を先行研究で用いてきた量より多くし、表2の条件により前処理として化学処理の時間を変え基板表面の状態を変化させた WC 基板表面へ燃焼炎法によるダイヤモンド皮膜の合成を行った。この際、ダイヤモンド粒子の粒径を小さくし、また、ダイヤモンドペーストの量を多くし、化学処理時間を変化させることで、合成されたダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さにどのような影響を与えるか調査し検討を行った。

ここで、前処理を Case A, B 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の上に皮膜が残っている状態である。半はく離とは、皮膜が基板の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の上に皮膜がほとんど残っていない状態である。また、異常成長とは皮膜の結晶が成長し過ぎた状態である。表4から、Case A において、合成した試料の全体の 67% ではく離が発生しておらず、全体の 33% で半はく離が発生している状態であった。また、Case B においては、はく離が発生していない状態であった。このことから、本実験条件においては、Case B 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  $1.88 \mu\text{m}$ 、Case B で合成された皮膜表面の  $R_a$  は  $2.10 \mu\text{m}$  となり、Case A の合成皮膜の表面の  $R_a$  が Case B の合成皮膜の  $R_a$  より小さくなることがわかった。また、 $20 \text{ cm}^3$  のアセトンにダイヤモンド粒子を含んだペーストの量を先行研究で用いてきた  $0.10 \text{ g}$  としたペーストを溶かした懸濁液  $0.0050 \text{ g/cm}^3$  中に基板を挿入し、30分間超音波洗浄器で種付け処理を施した際の本研究と同じ条件での Case A' で合成された皮膜表面の  $R_a$  は  $1.25 \mu\text{m}$ 、Case B' で合成された皮膜表面の  $R_a$  は  $1.71 \mu\text{m}$  であり、ダイヤモンドペースト量を多くした方が合成皮膜の表面の  $R_a$  が大きくなることがわかった。

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

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

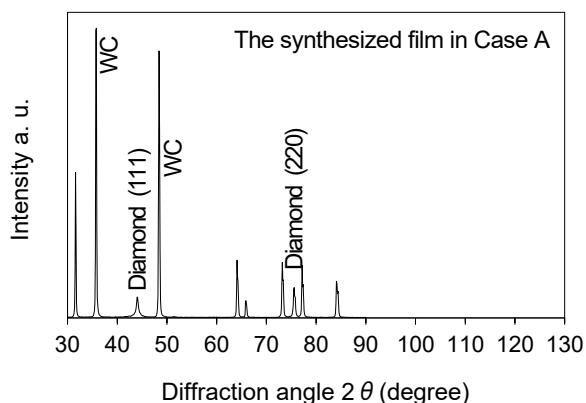


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case A.

## 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先行研究で用いてきた量より多くし、前処理として化学処理の時間を変え基板表面の形態を変化させた基板にダイヤモンド合成を行った結果、合成ダイヤモンド皮膜の表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

## 参考文献

1. 高橋 護, 伊藤俊一, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **71**-703, (2005), 578-583.
2. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 高温学会誌, **31**-3, (2005), 154-159.
3. 高橋 護, 神谷 修, 大好 直, 日本機械学会論文集A編, **73**-725, (2007), 125-130.
4. Takahashi, M., Harada, Y., Kamiya, O. and Ohyoshi, T., *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, Vol. 3, No. 6, (2009), pp. 853-864.
5. Polini, R., Allegri, A., Guarino, S., Quadrini, F., Sein, H. and Ahmed, W., *Thin Solid Films*, Vols. 469-470, (2004), pp. 161-166.
6. Geng, C. L., Tang, W. Z., Hei, L. F., Liu, S. T. and Lu, F. X., *International Journal of Refractory Materials and Hard Materials*, Vol. 25, No. 2, (2007), pp. 159-165.
7. Neto, M. A. and Pereira, E., *Diamond and Related Materials*, Vol. 15, Nos. 4-8, (2006), pp. 465-471.

## 微細なリチウムイオン電池用正極活物質の 新規合成方法の検討

大川 浩一<sup>1</sup>， 加藤 貴宏<sup>1</sup>， 北村 優弥<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>理工学研究科,<sup>2</sup>地方創生センター)

[okawa@mine.akita-u.ac.jp](mailto:okawa@mine.akita-u.ac.jp)

概要：高濃度で排出されるヒ素をスコロダイトとして貯蔵する方法が検討されている。スコロダイトは酸性溶液に対して難溶解特性を示し、その粒径が大きいほど、その特性が高くなることが知られている。貯蔵したヒ素は、アルカリ溶液で処理することで、脱離が可能である。本研究では、脱離処理後に残存した酸化鉄をリチウムイオン電池用正極材料に利用することを検討した。

キーワード：スコロダイト、超音波、マグヘマイト、正極活物質

### 独自性・実用性：

超音波の化学作用と物理作用を選択的に利用することで、スコロダイトの高結晶化および粒径制御などの研究を行っています。また、リチウムイオン電池用正極活物質の合成および表面改質に関する研究をおこなっています。

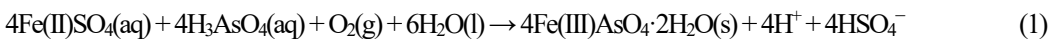
本研究では、超音波を用いることで低pH域にて形状の異なるスコロダイト粒子を合成し、それらをアルカリ溶液で処理することでヒ素を脱離し、残存した酸化鉄について特性を調べた。充放電曲線から、得られた酸化鉄はナノ粒子のマグヘマイトであり、リチウムイオン電池用正極活物質として良好な性能を示すことが明らかになった。

本研究に関する論文

1. Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, and K. Sugawara, Synthesis of porous  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> from scorodite synthesized using ultrasound irradiation and evaluation of its battery performance, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 61, (2022) SG1056-1-8.
2. 北村優弥, 大川浩一, ソノケミストリーを用いた粗大なスコロダイト粒子の合成, 日本電子材料技術協会会報, Vol. 52, (2021) 32-38.
3. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, Desorption of carbon dioxide from monoethanolamine solution via calcium chloride addition under ultrasound irradiation and evaluation of the characteristics of generated calcium carbonate, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 60, (2021) SDDD12-1-8.
4. Y. Tanaka, H. Okawa, T. Kato and K. Sugawara: Effects of ultrasound irradiation on Au nanoparticles deposition on carbon-coated LiNi<sub>0.5</sub>Mn<sub>1.5</sub>O<sub>4</sub> and its performance as a cathode material for Li ion batteries, *Ultrasonics Sonochemistry*, **82**, (2022) 105879-1-9.

## 1. はじめに

銅製錬をはじめとする非鉄製錬業界では、鉱石中のヒ素含有量の増加に伴い、製錬工程で排出される高濃度のヒ素の処理が課題となっている[1]。現在、三価の鉄[Fe(III)]と五価のヒ素[As(V)]を主構成元素とするスコロダイト( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )を合成することによって、銅製錬所等で排出される高濃度のAs(V)を結晶中に安定に固定化する方法が有望視されている[2]。スコロダイトは、中性から酸性溶液中で難溶解特性を有し[3,4]、pH 1-3の範囲の酸性溶液におけるスコロダイトからのヒ素の溶解量は、非晶質のヒ酸鉄( $\text{FeAsO}_4$ )と比べて1/100以下であることがLangmuirらによって報告されている[5]。したがって、ヒ素を安定に貯蔵するためには高結晶化度のスコロダイトを粗大粒子として合成することが重要となる。実用面を考えると、大気中、大気圧下で合成できることが望ましい。Fujitaらは五価ヒ酸イオンと二価鉄イオンを含むpH 1.0の硫酸酸性溶液にて反応開始時に生成するAs(V)とFe(II)および少量のFe(III)を含むゲル状の非晶質の前駆体を、95℃にて酸素流入をしながら7時間攪拌し、酸化することで高結晶性かつ10  $\mu\text{m}$ 以上を有する粗大な多面形のスコロダイト粒子が得られることを報告している(式1)[3]。



一方、我々はこれまでに、pH 2.0の硫酸酸性溶液に酸素を吹き込みながら超音波を3時間照射することで、従来よりも低温の70℃にて高結晶で、かつ10  $\mu\text{m}$ 以上を有する粗大な多面形スコロダイト粒子を合成した[6-10]。これは、200 kHzの超音波の酸化作用と凝集作用によって、合成初期の前駆体の凝集を促し、前駆体の数を減少させるとともに、超音波照射によって生成する酸化体(OHラジカル,  $\text{HO}_2$ ラジカル)が前駆体の酸化を促進したと考えている。また、我々は超音波により、上記のような迅速な前駆体凝集および結晶成長の促進を利用して、低pH領域(0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0)において、70℃、3時間の反応条件でスコロダイトを合成し、各pHにおけるスコロダイト粒子の形状を確認している。合成開始時のpHが0.5の条件では、これまでに報告例がない房形のスコロダイト粒子が得られている[11]。

スコロダイトは酸性～中性において、難溶解性を示すが、アルカリ溶液には溶解し、ヒ素はヒ酸イオンとして溶出し、鉄はマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )として析出することが報告されている[12]。我々は、房形のスコロダイトを空气中で熱処理(400℃, 4h)した非晶質のヒ酸鉄( $\text{FeAsO}_4$ )を、1MのNaOH溶液中に溶解させることで、房形粒子の外形を反映した多孔質のマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )を得た[11]。マグヘマイトは、リチウムイオン電池用の正極活性物質として報告されており、資源的に豊富な鉄系材料の一つとして注目されている[13,14]。本研究では、pHの異なる硫酸酸性溶液中にて超音波を用いることでスコロダイトを合成し、形状の異なる粒子を得た。それらを出発原料として、熱処理を行わずにマグヘマイトの合成を検討した。得られた試料は、リチウムイオン電池用正極材料として特性を評価した。

## 2. 実験方法

### 2.1 異なるpHの硫酸酸性溶液中における超音波を用いたスコロダイトの合成[15]

反応溶液であるFe(II)-As(V)酸性溶液(50 ml, pH 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0)は、ヒ酸水素二ナトリウム七水和物( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , Wako)、希硫酸、硫酸鉄(II)七水和物( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 関東化学)を用いて調製した。反応溶液のヒ素濃度は20 g/LでFe/Asモル比は1.5とした。超音波の出力が200 Wの多周波超音波発生装置(KAIJO TA-4021)と200 kHzの超音波振動子(KAIJO)を用いて行った。水槽に投げ込み型の200 kHz振動子を置き、その直上に作製したFe(II)-As(V)溶液が入ったジャケット型ビーカーを設置した。超音波照射時の溶液温度は、温水循環装置を利用して70℃に維持し、酸素ガス(100 ml/min)を流入しながらビーカーの底部から水槽の水を介して間接的に3時間照射した。比較のため、超音波を用いずに攪拌(1000 rpm)を行いながら酸素ガス流入した場合も同様に実験を行った。得られた生成物は、粉末X線回折(XRD; Rigaku RINT-2200V)測定による生成物の同定と結晶化度の算出を行った。生成物の粒子サイズや形状は電子顕微鏡(SEM; Hitachi TM-1000)観察にて比較を行った。

### 2.2 粒子形状を変えたスコロダイトを原料としたマグヘマイトの合成と電池特性評価[15]

合成したスコロダイトを1M NaOH溶液中に添加することで、スコロダイトからヒ素の脱離を行った。スコロダイトからのヒ素の脱離は、アルカリ処理前後のスコロダイトをエネルギー分散型蛍光X線(EDXRF; Shimadzu EDX-7000)を用いて確認した。アルカリ処理により析出した生成物は粉末X線回折(XRD)測定によって同定した。マグヘマイトの電池特性は、定電流充放電(KIKUSUI PFX2011S)測定により評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 異なる pH の硫酸酸性溶液を用いたスコロダイトの合成 [15]

酸素ガス流入をしながら 200 kHz の超音波照射を行うことで、pH 0.0~2.0 のすべての pH 条件にて生成物が確認できた。得られたスコロダイトの電子顕微鏡写真を図 1 に示す。合成開始時の pH が 2.0-1.5 の範囲では、超音波を使用または使用しないどちらの場合も多面形のスコロダイト粒子が得られた。pH が 2.0 で得られた粒子のサイズは、超音波を使用することで、使用しない場合と比べて明らかに粗大な 10  $\mu\text{m}$  以上の一次粒子として観察された。これは、以前報告した超音波の凝集作用と酸化作用が前駆体の結晶化に寄与したと考えられる[6-7]。pH 1.0 の強酸性溶液では、超音波の使用の有無に関わらず、通常報告されている多面形ではなく、紡錘形のスコロダイト粒子が観察された。超音波を使用しない場合は、使用した場合と比較して収量は少なかった。また、pH 0.0 では超音波では生成物が得られたが、使用しない場合は生成物が得られなかった。XRD 測定結果から、超音波照射で得られた生成物は、すべての条件でスコロダイトであることを確認した。また、pH 2.0-1.0 の条件で、99%以上の高結晶化度のスコロダイトが得られた。超音波を使用せずに酸素ガス流入のみ用いた場合、pH 2.0 と 1.5 の条件では高結晶化度(>99%)のスコロダイトが確認できたが、pH 1.0 では結晶化度は 81%と低下した。低 pH では、スコロダイトの溶解性が向上するため、析出よりも溶解速度が高くなり、その結果、結晶化度の低下および収量の低下につながったと考えられる。

#### 3.2 粒子形状を変えたスコロダイトを原料としたマグヘマイトの合成と電池特性評価[15]

マグヘマイトの合成は、超音波を用いて合成した多面形(pH 2.0)、紡錘形(pH 1.0)、房形(pH 0.5)の形状の異なる 3 種類の高結晶化度(>95%)のスコロダイトを原料として行った。房形のスコロダイト粒子に関しては、以前我々が報告した pH 0.5 の条件にて超音波を用いて合成したものを使用した[11]。それらスコロダイトをアルカリ処理した後の試料の様子を図 2 に示す。XRF 測定により、すべての条件にてアルカリ処理により生成物中のヒ素が脱離したことを確認した。また、すべての条件においてアルカリ処理で得られた生成物はマグヘマイトであることを粉末 XRD 測定から確認した。各スコロダイトをアルカリ処理し、マグヘマイトにすることによる表面積の変化を BET 値から確認したところ、それぞれ 1.11→167  $\text{m}^2/\text{g}$ (多面形, 超音波合成)、1.15→223  $\text{m}^2/\text{g}$ (紡錘形, 超音波合成)、2.00→234  $\text{m}^2/\text{g}$ (房形, 超音波合成)と大きな値となり、全てのマグヘマイトは多孔質体であることが確認できた。また、超音波を使用せずに攪拌(1000 rpm, 3 h)で合成した多面形の試料は 0.65→190  $\text{m}^2/\text{g}$  となった。最後に、得られた  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の 0.5C レートの定電流充放電測定(Cut-off 電圧 4.0-1.5 V)を行ったところ、初期放電容量はそれぞれ、146 mAh/g(多面形, 超音波合成)、167 mAh/g(紡錘形, 超音波合成)、163 mAh/g(房形, 超音波合成)、150 mAh/g(多面形, 攪拌合成)を示し、どの条件においても充放電が可能であった。また、合成した多孔質マグヘマイトの BET 値が大きいほど、放電容量が向上する傾向を示した。図 3 に超音波で合成した多面形のスコロダイトから得られたマグヘマイトの充放電曲線を示す。この充放電の電位からも、スコロダイトをアルカリ処理した試料がマグヘマイトであることが確認できた。今後は、処理するアルカリ濃度を工夫することで、より高性能化を検討する予定である。また、導電助剤との混合についても検討していきたいと考えている。

### 4. おわりに

超音波照射による前駆体の酸化促進および凝集作用を利用することで、結晶成長を促進することができ、広い pH 範囲(2.0-0.0)でスコロダイトを合成することができた。pH により、生成するスコロダイトの形状が異なることが確認できた。これらスコロダイトをアルカリ処理することで、表面積の異なる多孔質マグヘマイトが得られ、充放電が可能であった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 20K22321 の助成を受けたものです。



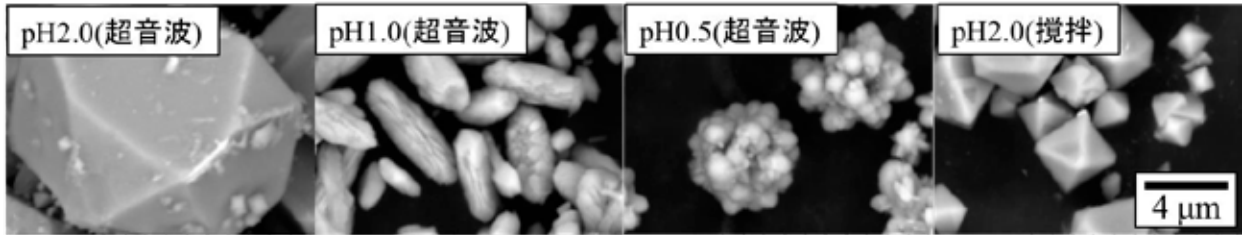


図1 異なる pH の酸性溶液中にて酸素ガスを流入しながら超音波を使用または使用せずに 70°C で 3 時間にて合成したスコロダイトの SEM 写真

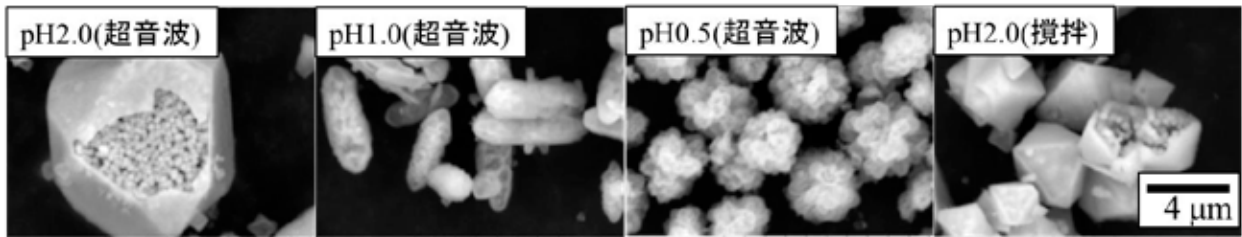


図2 図1の試料をアルカリ溶液で処理した後の SEM 写真

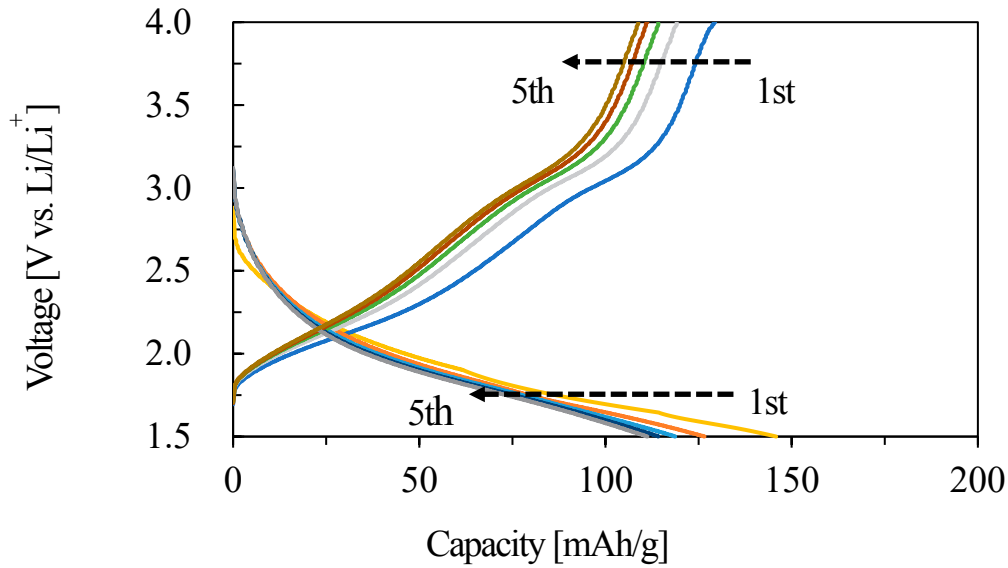


図3 pH2.0で超音波を使用して合成したスコロダイトをアルカリ処理して得られたマグヘマイトの充放電曲線 (0.5C, 1.5-4.0V)

## 参考文献

- 1). K. Pérez, N. Toro, E. Gálvez, P. Robles, R. Wilson, and A. Navarra, *J. Mater. Res. Technol.* **15**, 213 (2021).
- 2). Y. Li, X. Zhu, X. Qi, B. Shu, X. Zhang, K. Li, Y. Wei, F. Hao, and H. Wang, *J. Clean. Prod.* **270**, 122428 (2020).
- 3). T. Fujita, R. Taguchi, H. Kubo, E. Shibata, and T. Nakamura, *Mater. Trans.* **50**, 321 (2009).
- 4). T. Fujita, S. Fujieda, K. Shinoda, and S. Suzuki, *Hydrometallurgy* **111–112**, 87 (2012).
- 5). D. Langmuir, J. Mahoney, and J. Rowson, *Geochim. Cosmochim. Acta* **70**, 2942 (2006).
- 6). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, 07KE05 (2014).
- 7). Y. Kitamura, H. Okawa, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 07HE12 (2015).
- 8). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Adv. Powder Technol.* **27**, 891 (2016).
- 9). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Ultrason. Sonochem.* **35**, 598 (2017).
- 10). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 07LB15 (2018).
- 11). Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, K. Sugawara, and S. Suzuki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, SGGD03 (2019).
- 12). K. Shinoda, T. Abe, T. Tanno, T. Fujita, M. Matsumoto, and S. Suzuki, *Proc. The Mining and Materials Processing Institute of Japan, Spring Meeting, 2009*, p. 59 [in Japanese].
- 13). S. Kanzaki, T. Inada, T. Matsumura, N. Sonoyama, A. Yamada, M. Takano, and R. Kanno, *J. Power Sources* **146**, 323 (2005).
- 14). A. Abbasi, A. Mirhabibi, H. Arabi, M. Golmohammad, and R. Brydson, *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* **27**, 7953 (2016).
- 15). Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, SG1056 (2022).

## 超音波照射を用いて合成したスコロダイトを原料とした多孔質 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の電池特性評価

北村 優弥<sup>1</sup>， 大川 浩一<sup>2</sup>， 加藤 貴宏<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 地方創生センター，<sup>2</sup> 理工学研究科)

[okawa@mine.akita-u.ac.jp](mailto:okawa@mine.akita-u.ac.jp)

概要：銅製錬過程において副産物として高濃度で排出されるヒ素を、スコロダイトを合成することで結晶構造中に安定に固定化する方法が研究されている。通常、スコロダイト粒子の形状は多面形であるが、強酸性溶液下では紡錘形、房形が報告されている。粒子形状は、比表面積に影響するため、ヒ素を安定に貯蔵する上で重要な因子といえる。本研究では、低温短時間にて高結晶性のスコロダイトを合成するために超音波を使用し、異なる pH の硫酸酸性溶液(2.0, 1.5, 1.0, 0.0)を用いてスコロダイト粒子を合成することで、形状に及ぼす溶液の pH の影響を調べた。また、超音波照射の影響を検討した。さらに、超音波を用いて形状を変えたスコロダイトを合成し、それを原料として、リチウムイオン電池用活物質であるマグヘマイトの合成を検討するとともに、その電池特性を評価した。

キーワード：スコロダイト、超音波、マグヘマイト、リチウムイオン電池

### 独自性・実用性：

超音波の化学作用と物理作用を選択的に利用することで、低温・短時間における高結晶化および粒径制御などの研究を行っています。

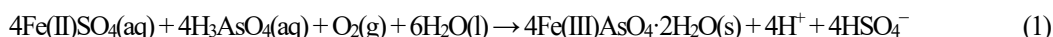
本研究では、スコロダイト粒子の形状に及ぼす超音波照射の影響を調査した。またアルカリ溶液中にスコロダイトを溶解させることで、スコロダイト結晶中からヒ素を容易に脱離することができ、その操作で析出したマグヘマイトはリチウムイオン電池用正極活物質として利用できる可能性を示した。

本研究に関する論文

1. Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, and K. Sugawara, Synthesis of porous  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  from scorodite synthesized using ultrasound irradiation and evaluation of its battery performance, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 61, (2022) SG1056-1-8.
2. 北村優弥, 大川浩一, ソノケミストリーを用いた粗大なスコロダイト粒子の合成, 日本電子材料技術協会会報, Vol. 52, (2021) 32-38.
3. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, Desorption of carbon dioxide from monoethanolamine solution via calcium chloride addition under ultrasound irradiation and evaluation of the characteristics of generated calcium carbonate, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol. 60, (2021) SDDD12-1-8.

## 1. はじめに

銅製錬をはじめとする非鉄製錬業界では、鉱石中のヒ素含有量の増加に伴い、製錬工程で排出される高濃度のヒ素の処理方法が課題となっている[1]。現在、三価の鉄[Fe(III)]と五価のヒ素[As(V)]を主構成元素とするスコロダイト( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )を合成することによって、銅製錬所等で排出される高濃度のAs(V)を結晶中に安定に固定化する方法が有望視されている[2]。スコロダイトは、中性から酸性溶液中で難溶解特性を有し[3,4]、pH 1-3の範囲の酸性溶液中におけるスコロダイトからのヒ素の溶解量は、非晶質のヒ酸鉄( $\text{FeAsO}_4$ )と比べて1/100以下であることがLangmuirらによって報告されている[5]。したがって、ヒ素を安定に貯蔵するためには高結晶化度のスコロダイトを合成することが重要となる。Fujitaらは五価ヒ酸イオンと二価鉄イオンを含むpH 1.0の硫酸酸性溶液中にて反応初期に生成するFe(II)と少量のFe(III)を含むゲル状の非晶質の前駆体を、95 °Cにて酸素流入をしながら7時間攪拌し、それを酸化することで高結晶性かつ10  $\mu\text{m}$ 以上を有する粗大な多面形のスコロダイト粒子を合成している(式1)[3]。



一方、我々はこれまでに、pH 2.0の硫酸酸性溶液中に酸素を吹き込みながら超音波を3時間照射することで、従来より低温70 °Cにて高結晶性で、かつ10  $\mu\text{m}$ 以上を有する粗大な多面形スコロダイト粒子を合成した[6-10]。これは、200 kHzの超音波の酸化作用と凝集作用によって、合成初期の前駆体の凝集を促し、前駆体の数を減少させるとともに、超音波照射によって生成する酸化体(e.g. OHラジカル,  $\text{HO}_2$ ラジカル)が前駆体の酸化(結晶化)を促したことに起因する。また、70 °C、3時間の同様の反応条件において、合成開始時のpHが0.5の強酸酸性溶液では、これまで報告例がない房形のスコロダイト粒子が得られた[11]。そこで本研究では、低温(70 °C)、短時間(3時間)の条件において、異なるpHの硫酸酸性溶液中にて超音波を用いてスコロダイトの合成を行い、スコロダイトの結晶化度、収量、粒子のサイズや形状に与える超音波の影響を検討した。また、酸性溶液中におけるヒ素貯蔵材料であるスコロダイトからヒ素を分離する場合、アルカリ溶液に添加すればよく、ヒ酸イオンとともに溶出する鉄イオンはナノ粒子で構成される多孔質のマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )として析出することが報告されている[12]。以前の我々の報告では、房形のスコロダイトを熱処理(400 °C, 4 h, in air)した非晶質のヒ酸鉄( $\text{FeAsO}_4$ )を、1MのNaOH溶液中に溶解させることで、房形粒子の外形を反映した多孔質のマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )を得た[11]。マグヘマイトは、リチウムイオン電池用の正極材料として報告されており、資源的に豊富な鉄系材料の一つとして注目されている[13,14]。析出した房形の多孔質マグヘマイトは、リチウムイオン電池用正極材料として充放電が可能であった。そこで、異なる硫酸酸性溶液中にて超音波を用いることで形状を変えたスコロダイトを原料とした場合のマグヘマイトの合成を検討するとともに、その電池特性を評価した。

## 2. 実験方法

### 2.1 異なるpHの硫酸酸性溶液中における超音波を用いたスコロダイトの合成 [15]

実験装置の概略を図1に示す。反応溶液であるFe(II)-As(V)酸性溶液(50 ml, pH 0.0, 1.0, 1.5, 2.0)は、ヒ酸水素二ナトリウム七水和物( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , Wako)、希硫酸、硫酸鉄(II)七水和物( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 関東化学)を用いて調製した。反応溶液のヒ素濃度は20 g/LでFe/Asモル比は1.5とした。超音波の出力が200 Wの多周波超音波発生装置(KAIJO TA-4021)と200 kHzの超音波振動子(KAIJO)を用いて行った。水槽に投げ込み型の200 kHz振動子を置き、その直上に作製したFe(II)-As(V)溶液が入ったジャケット型ビーカーを設置した。超音波照射時の溶液温度は、温水循環装置を利用して70 °Cに維持し、酸素ガス(100 ml/min)を流入しながらビーカーの底部から水槽の水を介して間接的に3時間照射した。比較のため、超音波を用いずに酸素ガス流入のみ用いた場合も同様に実験を行った。得られた生成物は、粉末X線回折(XRD; Rigaku RINT-2200V)測定による生成物の同定と結晶化度の算出を行った。生成物の粒子サイズや形状は電子顕微鏡(SEM; Hitachi TM-1000)観察にて比較を行った。

### 2.2 粒子形状を変えたスコロダイトを原料としたマグヘマイトの合成と電池特性評価 [15]

合成したスコロダイトを1 M NaOH溶液中に添加することで、スコロダイト結晶中からヒ素の脱離を行った。スコロダイトからのヒ素の脱離は、アルカリ処理前後のスコロダイトをエネルギー分散型蛍光X線(EDXRF; Shimadzu EDX-7000)を用いて測定を行い、ヒ素と鉄の蛍光X線強度比から確認した。アルカリ処理により析出した生成物は粉末X線回折(XRD)測定によって同定した。マグヘマイトの電池特性は、定電流充放電(KIKUSUI PFX2011S)測定により評価した。

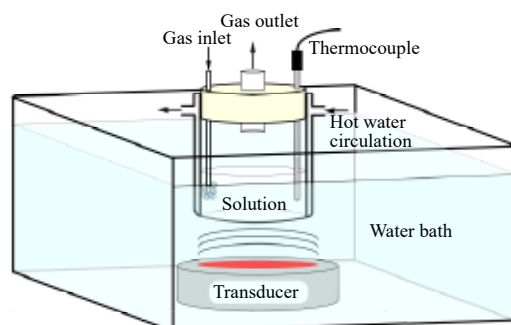


図1 スコロダイト合成実験の概略図

### 3. 結果と考察

#### 3.1 異なる pH の硫酸酸性溶液中における超音波を用いたスコロダイトの合成 [15]

図2に各 pH にて酸素ガス流入をしながら 200 kHz の超音波照射または照射せずに 3 時間の合成によって得られた生成物の収量を示す。超音波照射は、照射しない場合と比べてすべての pH 条件にて生成物の収量の増加を確認した。また、超音波を使用または使用しないどちらの場合も、合成開始の pH が 2.0 の条件で最も収量が多く、pH 2.0 より低くなることで収量の減少を示した。pH 0.0 の条件では超音波を使用せずに酸素ガス流入のみ行った場合、生成物は確認できなく、超音波を用いてもその収量は僅かであった。XRD 測定結果では、生成物が得られなかった pH 0.0 にて超音波を使用しなかった場合を除いたすべての pH 条件にて、スコロダイトの生成を確認した。超音波を使用せずに酸素ガス流入のみ用いた場合、pH 2.0 と 1.5 の条件でスコロダイトの XRD ピーク強度は高く、99%以上の結晶化度のスコロダイトが得られた。したがって、これら pH 条件では、酸素ガスによる前駆体の酸化反応で、十分に高い結晶性を有するスコロダイトが合成できることがわかった。しかしながら、pH 1.0 ではピーク強度が低下し、結晶化度は 81%であった。一方、超音波を用いた場合、pH 2.0-1.0 の条件でスコロダイトの XRD ピーク強度は高く、99%以上の高結晶化度のスコロダイトが得られた。また、超音波を使用することで、pH 0.0 の強酸酸性溶液においても、スコロダイトの生成を確認することができた。合成開始の pH が 2.0 よりも低下することで、超音波の使用の有無に関わらず収量が低下した要因として、pH の低下に伴う合成初期の前駆体の生成量の低下が起因していると考えられる。前駆体は、Fe(II)と As(V)を含む酸性溶液に酸素ガスを吹き込みながら加熱することで生成する。そこで、pH 2.0, 1.0, 0.0 にて反応温度 70 °C に達した時点における反応開始直後(0分)の前駆体の収量を調べたところ、それぞれ 0.30 g(pH 2.0), 0.02 g(pH 1.0)であり、pH 0.0 では生成物は確認できなかった。したがって、70 °C・3 時間の合成条件において、pH 1.0 以下の強酸酸性溶液では、前駆体の生成が困難であり、スコロダイトの結晶核の形成と結晶成長が遅く、酸素ガスのみを用いた場合では低結晶化度のスコロダイトが生成したと考えられる(結晶化度 81%)。pH 1.0 の強酸酸性溶液にて、反応 10 分時点で生成した生成物の収量およびスコロダイトの結晶化度を調べたところ、収量がそれぞれ 0.14 g(超音波有)、0.12 g(超音波無)であり、結晶化度はそれぞれ 34.7%(超音波有)、3.4%(超音波無)であった。超音波を使用することによって、使用しない場合よりも前駆体からスコロダイトへの結晶成長が早かった要因として、超音波照射によって生成する酸化ラジカル(i.e. OH ラジカル, HO<sub>2</sub> ラジカル)[式 2 and 3]が、酸素ガスによる酸化に加えて、二価鉄イオンに対して酸化剤として寄与し、さらに生成した合成初期の前駆体中の二価鉄の酸化を促すことで、スコロダイトへの迅速な結晶化につながったと考えられる。



図3に各 pH にて得られたスコロダイトの SEM 写真を示す。今回実験した pH 条件においては、房形のスコロダイト粒子の形成はみられなかった。房形のスコロダイト粒子の形成は、ごく限られた pH 条件(初期 pH 0.5)で生成することがわかった。合成開始時の pH が 2.0-1.5 の範囲では、超音波を使用または使用しないどちらの場合も多面形のスコロダイト粒子が得られた。pH が 2.0-1.5 の範囲にて得られた多面形粒子のサイズは、超音波を使用することで、使用しない場合と比べて明らかに粗大な 10 μm 以上の一次粒子が観察された。これは、以前報告した超音波の凝集作用が、粒子の粗大化に起因している[6-7]。この結果は、スコロダイトの合成初期に前駆体が生成する pH 条件であれば、超音波を用いることで粒子成長の促進が



期待でき、短時間で粗大なスコロダイト粒子が得られることを示している。一方で、pH 1.0 の強酸酸性溶液では、超音波の使用の有無に関わらず、通常報告されている多面形ではなく、紡錘形のスコロダイト粒子が観察された。紡錘形スコロダイト粒子の合成の報告例によると強酸酸性溶液では、 $H^+$ 濃度が高いため、 $H^+$ が特定の結晶面の成長を阻害したことによって紡錘形の粒子が形成したと考察している[16]。しかしながら、報告例自体が少なく生成機構の解明には至っていない。本研究において、pH 1.0 と違って pH 1.5 の酸性溶液では、3 時間の反応後の収量も多く、多面形のスコロダイト粒子が得られる。しかしながら、この pH 1.5 の酸性溶液においても、pH 1.0 の条件と同じようにスコロダイトが生成しにくい環境を作ること、紡錘形の形状に近いスコロダイト粒子が得られるのではないかと推測した。そこで、pH 1.5 において、合成時の  $Fe(II)$  と  $As(V)$  の仕込み濃度を低くし、合成初期の前駆体およびスコロダイトが生成しにくい環境を模擬することで、紡錘形粒子が得られるかどうか調べた(図 4)。pH 1.5 においてヒ素濃度を 20 g/L から 10 g/L に低下させることで収量の低下(1.66 g  $\rightarrow$  0.57g)および粒子サイズの減少が確認できた。さらに、多面形ではなく、コーヒービーンズのような形状の高結晶化度(>99%)のスコロダイト粒子が得られ、pH 1.0 で得られた紡錘形粒子と似た形状の粒子を形成することがわかった。したがって、pH 1.0 以下の強酸酸性溶液にて多面形とは異なる形状の粒子が形成したのは、報告例にある高濃度の  $H^+$ が特定の結晶面の成長を阻害したことのみが要因ではなく、合成初期の前駆体の生成量の低下またはスコロダイトが析出しにくい環境であることが起因していると考えられる。また、現在研究中であるが、前駆体の形状も紡錘形のスコロダイト粒子の形成に寄与していることを見出している。

### 3.2 粒子形状を変えたスコロダイトを原料としたマグヘマイトの合成と電池特性評価[15]

マグヘマイトの合成は、超音波を用いて合成した多面形、紡錘形、房形の形状の異なる 3 種類の高結晶化度(>95%)のスコロダイトを原料として用いて行った。房形のスコロダイト粒子に関しては、以前我々が報告した pH 0.5 の条件にて超音波を用いて合成したものを使用した[11]。XRF 測定により、すべての条件にてアルカリ処理前後で生成物中のヒ素強度が大きく低下し、鉄強度が上昇したことを確認した(表 1)。アルカリ処理前後で鉄強度が高くなっているのは、ヒ素の溶出に伴い、生成物中の鉄の割合が多くなったためである。XRD 測定の結果から、全ての条件においてアルカリ処理後の生成物はマグヘマイトに由来する XRD ピークを示した。各スコロダイトをアルカリ処理することで BET 値は、それぞれ 1.11 $\rightarrow$ 167  $m^2/g$ (多面形, 超音波合成)、1.15 $\rightarrow$ 223  $m^2/g$ (紡錘形, 超音波合成)、2.00 $\rightarrow$ 234  $m^2/g$ (房形, 超音波合成)と大きな値となり、全てのマグヘマイトは多孔質体であることが確認できた。最後に、得られた  $\gamma-Fe_2O_3$  の 0.5C レートの定電流充放電測定(Cut-off 電圧 4.0–1.5 V)を行ったところ、初期放電容量はそれぞれ、146 mAh/g(多面形, 超音波合成)、167 mAh/g(紡錘形, 超音波合成)、163 mAh/g(房形, 超音波合成)を示し、どの条件においても充放電が可能であった。また、合成した多孔質マグヘマイトの BET 値が大きいほど、放電容量が向上する傾向を示した。多孔質マグヘマイトの BET 値が大きいほど、正極作製時に導電助剤であるカーボンとマグヘマイトの接触面積や電解液とマグヘマイトの接触面積が大きくなることで、マグヘマイトの電子伝導性およびリチウムイオン拡散性が改善され、放電容量が高くなったと考えられる。

表 1 異なる形状のスコロダイト[(a)多面形, (b)紡錘形, (c)房形]の 1 M NaOH によるアルカリ処理前後のスコロダイト中の Fe と As の XRF 強度

Starting material	Element	XRF intensity (cps $\mu A^{-1}$ )	
		Before	After
(a)	Fe	1347	2705
	As	333	10
(b)	Fe	1335	2624
	As	339	9
(c)	Fe	1380	2712
	As	358	6

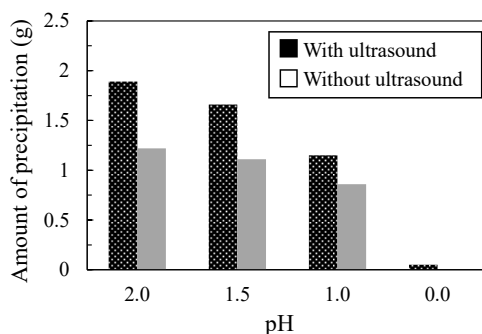


図2 異なる pH の酸性溶液中にて酸素ガスを流入しながら超音波を使用または使用せずに 70℃で3時間の合成条件で得られた沈殿物量

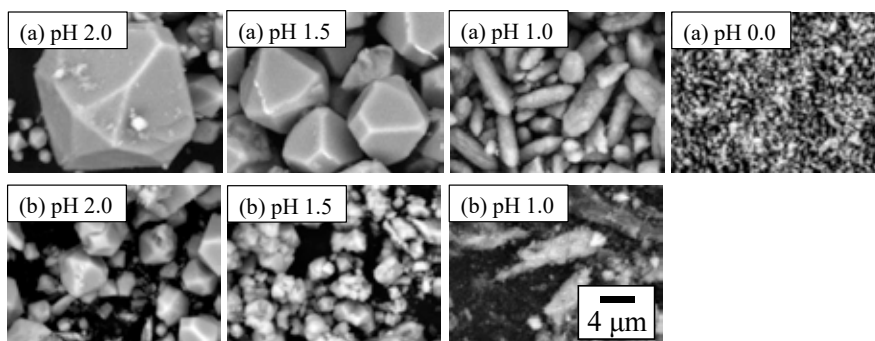


図3 異なる pH の酸性溶液中にて酸素ガスを流入しながら超音波を使用(a)または使用せず(b)に 70℃で3時間にて合成したスコロダイトの SEM 写真

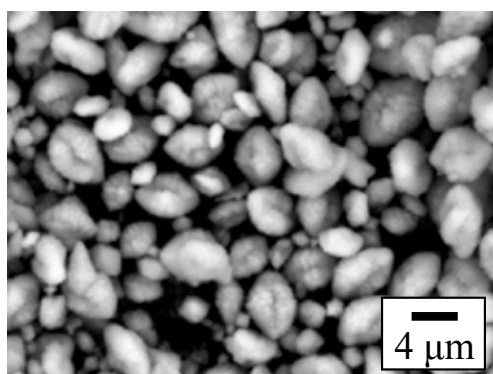


図4 ヒ素濃度 10 g/L、Fe/As モル比 1.5 の pH1.5 の酸性溶液中で酸素ガス流入をしながら 200 kHz の超音波を用いて 70℃で3時間合成したスコロダイトの SEM 写真

#### 4. おわりに

超音波照射によって生成する酸化ラジカルは、スコロダイトの結晶成長を促進し、超音波を使用しない場合よりも広い pH 範囲(2.0-1.0)で、ヒ素の安定貯蔵をする上で重要な高結晶化度(>99%)のスコロダイトを合成することができた。また、合成されたスコロダイトの形状は、多面形または紡錘形の形状を有していた。さらに、それらスコロダイトをアルカリ処理することで得た多孔質マグヘマイトは、繰り返し充放電が可能であることを示し、合成した多孔質マグヘマイトの BET 値が大きいほど、放電容量が向上する傾向を示した。今後は、多面形とは異なる紡錘形のスコロダイト粒子の生成機構を明らかにしていく。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 20K22321 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1). K. Pérez, N. Toro, E. Gálvez, P. Robles, R. Wilson, and A. Navarra, *J. Mater. Res. Technol.* **15**, 213 (2021).
- 2). Y. Li, X. Zhu, X. Qi, B. Shu, X. Zhang, K. Li, Y. Wei, F. Hao, and H. Wang, *J. Clean. Prod.* **270**, 122428 (2020).
- 3). T. Fujita, R. Taguchi, H. Kubo, E. Shibata, and T. Nakamura, *Mater. Trans.* **50**, 321 (2009).
- 4). T. Fujita, S. Fujieda, K. Shinoda, and S. Suzuki, *Hydrometallurgy* **111–112**, 87 (2012).
- 5). D. Langmuir, J. Mahoney, and J. Rowson, *Geochim. Cosmochim. Acta* **70**, 2942 (2006).
- 6). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, 07KE05 (2014).
- 7). Y. Kitamura, H. Okawa, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 07HE12 (2015).
- 8). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Adv. Powder Technol.* **27**, 891 (2016).
- 9). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Ultrason. Sonochem.* **35**, 598 (2017).
- 10). Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **57**, 07LB15 (2018).
- 11). Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, K. Sugawara, and S. Suzuki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, SGGD03 (2019).
- 12). K. Shinoda, T. Abe, T. Tanno, T. Fujita, M. Matsumoto, and S. Suzuki, *Proc. The Mining and Materials Processing Institute of Japan, Spring Meeting, 2009*, p. 59 [in Japanese].
- 13). S. Kanzaki, T. Inada, T. Matsumura, N. Sonoyama, A. Yamada, M. Takano, and R. Kanno, *J. Power Sources* **146**, 323 (2005).
- 14). A. Abbasi, A. Mirhabibi, H. Arabi, M. Golmohammad, and R. Brydson, *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* **27**, 7953 (2016).
- 15). Y. Kitamura, H. Okawa, K. Shinoda, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, SG1056 (2022).
- 16). Y. Wang, Z. Rong, X. Tang, S. Cao, X. Chen, W. Dang, and L. Wu, *Mater. Lett.* **254**, 371 (2019).

## 特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成と構造 活性相関に関する研究

藤原 憲 秀

(理工学研究科)

[fjwkn@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:fjwkn@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：新たに医薬品のリードとなる可能性のある特異な構造の芳香族系生物活性天然物の全合成を検討し、研究途上で生じる様々な合成中間体を利用して構造活性相関を調査する目的で研究を展開した。令和3年度はトロポロン天然物ルブロンA、インドール天然物ジズアミン類およびインドール天然物ソリタミジンの全合成を検討した。

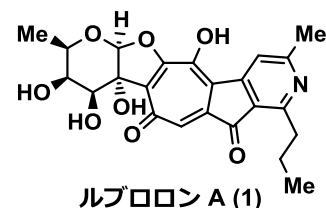
キーワード：トロポロン、ピロイミノキノン、インドール、天然物合成

### 独自性・実用性：

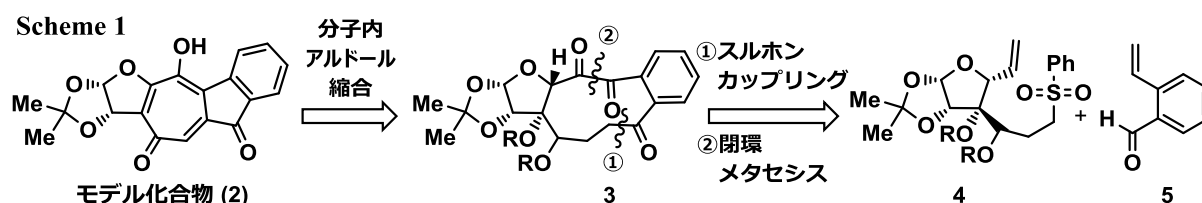
ルブロンAは、スルホンカップリング、オレフィンメタセシス、および分子内アルドール縮合を駆使してトロポロン骨格を構築する。ジズアミン類では、[2+3]環化反応でピロールを合成し、オレフィンメタセシスまたは[2+2+2]環化を駆使して骨格を構築する。ソリタミジンでは Larock インドール合成を基盤に全合成する。医薬品などの生物活性物質に見られる複雑な有機化学構造の構築技術を開発検討している。

### ルブロンAの中央部分の収束的な合成の検討

ルブロンA (1) は、1978年に Berger らによって放線菌 *Streptomyces enchinoruber* から単離された芳香族アルカロイド配糖体である<sup>1</sup>。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環した構造を持つ。当研究室ではこの特異な構造に興味を持ち、効率的な収束的経路による全合成を目指して、1の合成研究に着手した。

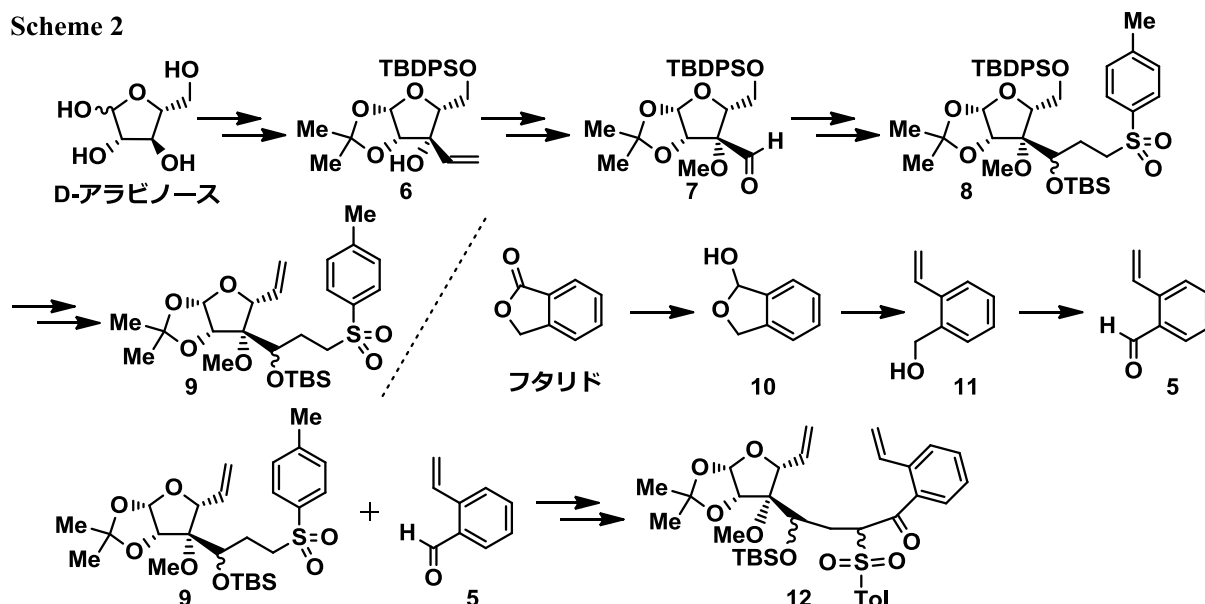


1のアグリコン骨格の構築法については、簡略化したモデル化合物2を標的として検討することにした (Scheme 1)。2の合成は、THF環セグメント4と右側モデル5から3を合成した後、分子内アルドール縮合でトロポロン部の骨格を形成する経路を検討する。



4の合成はD-アラビノースから開始した (Scheme 2)。水酸基の保護と酸化<sup>23</sup>、ビニル基の付加により6に導き、第三級水酸基のメチル化とアルデヒドへの変換により7を合成した。続く炭素鎖の伸長とスルホンの導入により8に変換し、TBDPS基の除去とビニル基の導入によりTHF環セグメント9を合成した。5の合成は、フタリドをDIBAL還元してラクツール10に変換し、続く Wittig 反応で11に導き、水酸基を酸化することで達成した。続いて、スルホンカップリングによりセグメント間を連結した後に、水酸基を酸化して付加体12を得た。この後、閉環メタセシスによる上部の環化を検討する。

Scheme 2



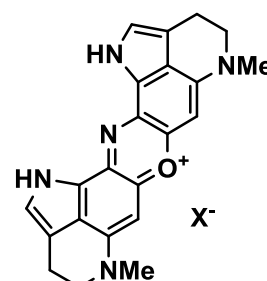
本成果は日本化学会北海道支部 2021 年夏季研究発表会 (オンライン) (講演要旨集 B16, 2021. 7. 17.) および令和 3 年度化学系学協会東北大会 (オンライン) (講演要旨集 2P045, 2021. 10. 3.) にて発表した。

参考文献: (1) N. J. Palleroni.; K. E. Reichelt.; D. Mueller.; R. Epps.; B. Tabenkin.; D. N. Bull.; W. Schuep.; J. Berger. *J. Antibiot.* **1978**, *31*, 1218. (2) M. Markovic.; P. Koos.; T. Carny.; S. Sokoliova.; N. Bohacikova.; J. Moncol.; T. Gracza. *J. Nat. Prod.* **2017**, *80*, 1631. (3) M. Martinkova.; E. Mezeiova.; M. Fabisikova.; J. Gonda.; M. Pilatova.; J. Mojzis. *Carbohydrate Research* **2015**, *402*, 6.

### ジズアミン A の全合成研究

ジズアミン A (1) (Scheme 1) は、海綿 *Zyzzya fuliginosa* から単離された青色のアルカロイドであり<sup>1</sup>、ピペリジンが縮環したインドールが酸素と窒素を介して二量化した骨格を持つ。正電荷が長い共役系により共鳴安定化され、これが青色発色を示す原因と推定されている。顕著な生物活性を持たないことから、生物毒性の低い色素としての利用できる可能性がある。本研究では、1 の特異な構造に興味を持ち、その全合成を目的とした。

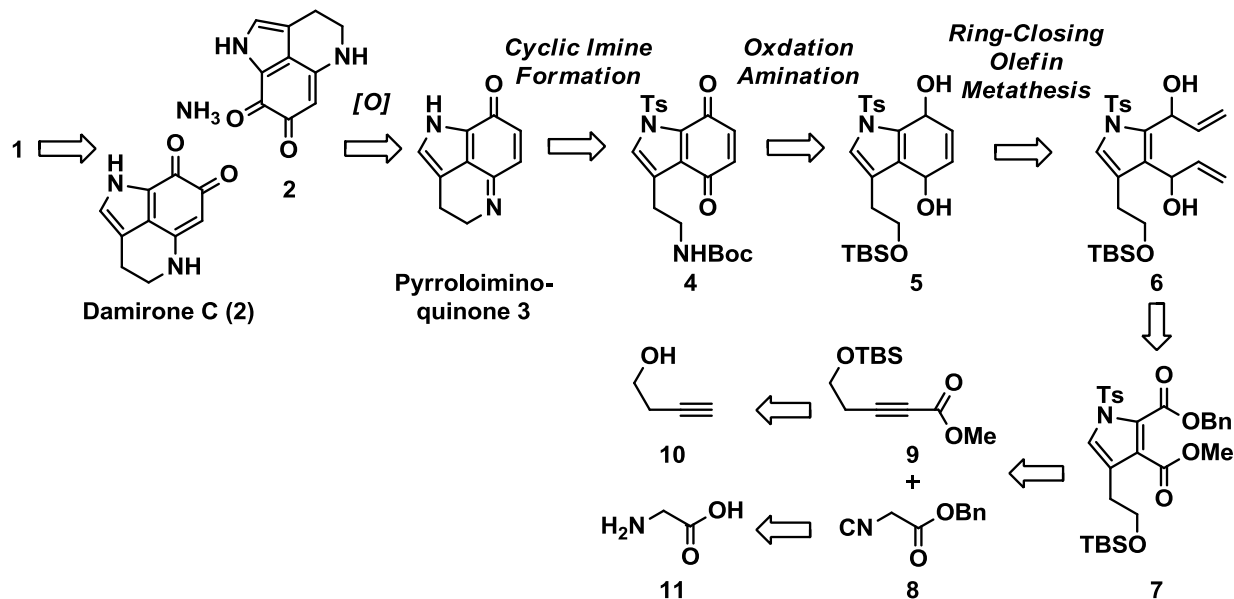
1 の生合成仮説として、ピロロイミノキノナルカロイドのダミロン C (2) の二量化が提案されている。1 の合成計画に際してこの仮説に注目し、2 から 1 を構築する経路を採用した。今回は 2 の構築を検討した。2 は、ピロロイミノキノン 3 の酸化で合成し、ピロロイミノキノン 3 は、キノン 4 からイミン環化により得られると考えた。4 はシクロヘキサ-1,4-ジエン-1,4-ジオール誘導体 5 の酸化と TBS 基の脱保護、第一級アミンを経由した Boc 保護で合成できると考えた。5 はジエン 6 の閉環メタセシスで合成する。6 はエステル 7 から、ジアルデヒドを経由して、ビニル基を一挙に導入して誘導する。7 はイソニトリル 8 とアルキンエステル 9 から山本の方法<sup>2</sup>で環化させて得る。現在、3-ブチン-1-オール



Zyzamine A (1)



(10) とグリシン (11) を原料として、4 までの合成を進めている。ピロロイミノキノン構築の際に課題が残っており、4 のキノン部の酸化状態を変化させて検討を重ねている。



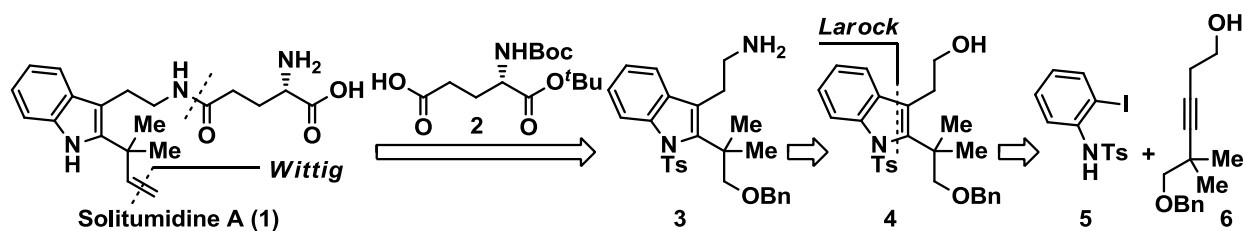
Scheme 1

本成果は日本化学会北海道支部 2021 年夏季研究発表会 (オンライン) (講演要旨集 B12, 2021. 7. 17.) および令和3年度化学系学協会東北大会 (オンライン) (講演要旨集 1P080, 2021. 10. 2.) にて発表した。  
 参考文献: (1) E. P. McCauley, G. C. Smith, P. Crews *J. Nat. Prod.*, **2020**, *83*, 174. (2) S. Kamiyjo, C. Kanazawa, Y. Yamamoto *J. Am. Chem. Soc.*, **2005**, *127*, 9260.

### ソリタミジン A の全合成研究

ソリタミジン A (1) は、南極海で採取された真菌 *Penicillium solitum* IS1-A の水溶性代謝物から単離された<sup>1</sup>。トリプタミンにグルタミン酸が側鎖のカルボン酸部分でペプチド結合し、さらにインドールの2位に“リバースプレニル”基を持つ。当研究室ではこの構造的特徴に興味を持ち、1 の全合成を企画した。この“リバースプレニル”基を持つトリプタミンの合成法は、トリプタミン誘導体の塩素化とプレニルボレーションを経由する方法が Danishefsky らによって開発されている<sup>2</sup>。本研究では、これとは異なる方法を採用し、アニリン誘導体から“リバースプレニル”基の足掛かりとなる置換基を持つインドール骨格を構築し、その後で 1 に変換しようと計画した。

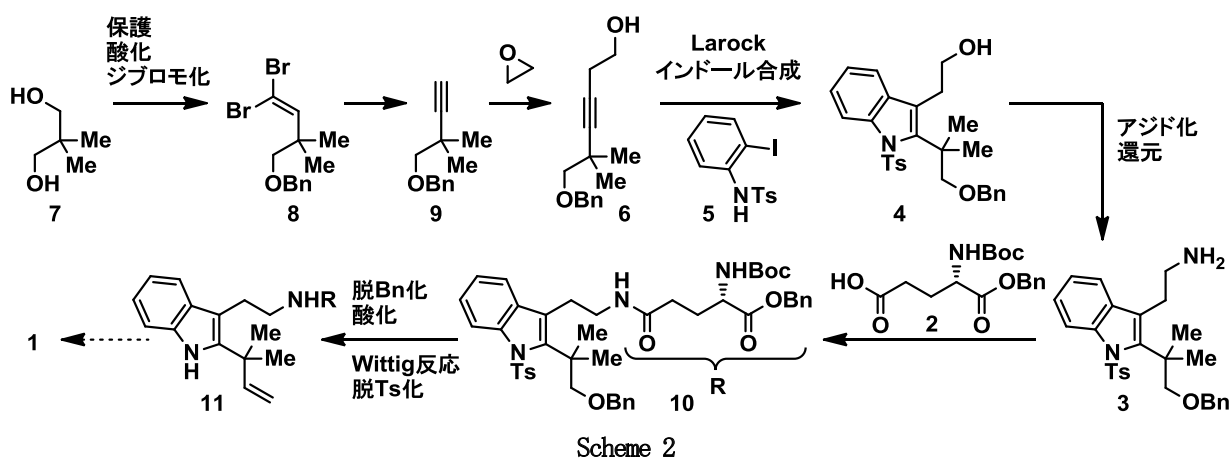
1 のグルタミン酸部分は合成の最終段階で導入する (Scheme 1)。中間体として 3 を設定し、これは Larock インドール合成<sup>3</sup>により、ヨードアニリン誘導体 5 とアルキン 6 から合成することとした。



Scheme 1

6 の合成は 2,2-ジメチルプロパン-1,3-ジオール (7) から開始した (Scheme 2)。水酸基の一方をベンジル保護した後、Corey-Fuchs の工程を経てアルキン 9 に誘導した。続いて、エチレンオキシドと反応させて 6 を合成した。5 と 6 の Larock インドール合成では、位置選択的にインドール 4 を得ることができ

た。アジド化と還元を経てアミン **3** に変換後、グルタミン酸誘導体 **2** と縮合して **10** を合成した。脱ベンジル化、酸化、Wittig 反応、および脱トシル化の4段階でアルケン **11** まで合成を進めた。



本成果は日本化学会北海道支部 2021 年夏季研究発表会（オンライン）（講演要旨集 B13, 2021. 7. 17.）および令和3年度化学系学協会東北大会（オンライン）（講演要旨集 1P081, 2021. 10. 2.）にて発表した。

参考文献：(1) R. G. S. Berlinck et al. *J. Nat. Prod.* **2019**, *83*, 1, 55. (2) J. M. Schkeryants, J. C. G. Woo, S. J. Danishefsky *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, *117*, 7025. (3) R. C. Larock, E. M. Yum, M. D. Refvik *J. Org. Chem.* **1998**, *63*, 7652.

## バイオシリカを用いた新たな分子インプリント法の開発

横田 早希

(理工学研究科)

[syokota@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:syokota@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：申請者らはこれまで接着性人工ペプチドを用いた金属選択的ペプチド-シリカ吸着担体を開発してきた。本技術のさらなる改良を目指し、本研究ではバイオシリカ形成を触媒する酵素シリカテインおよび、シリカ形成誘起ペプチドを融合した接着性人工ペプチドの設計および組換え微生物による生産を行った。

キーワード：組換え大腸菌・*Brevibacillus*，分子インプリント，金属回収

### 独自性・実用性：

申請者らが開発した接着性人工ペプチドを用いた金属選択的ペプチド-シリカ吸着担体は非常に高い金属選択性を有する。本研究成果は、本吸着担体の金属選択性の向上や吸着担体の生産コストの削減に役立つことが期待される。

## 背景 | R5ペプチドおよびシリカテイン

### シラフィン

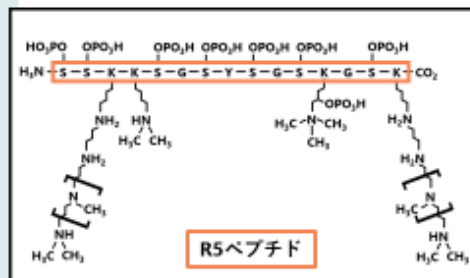
- 珪藻から単離された低分子のペプチド
- 弱酸性下でケイ酸からナノスケールのシリカ微粒子を生成

### R5ペプチド

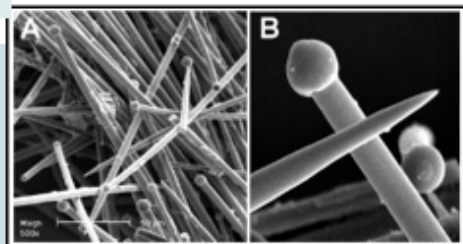
- シリカの形成を誘起するシラフィンの部分ペプチド
- Tetraethyl orthosilicate (TEOS)[Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>]を混合すると中性pH下に室温で数分以内にシリカ微粒子を生成

### シリカテイン

- 海綿の骨針に含まれる硬いシリカ骨格の形成を触媒する**酵素**
- 常温・常圧 中性pHの温和な条件でシリカの形成を触媒することが可能



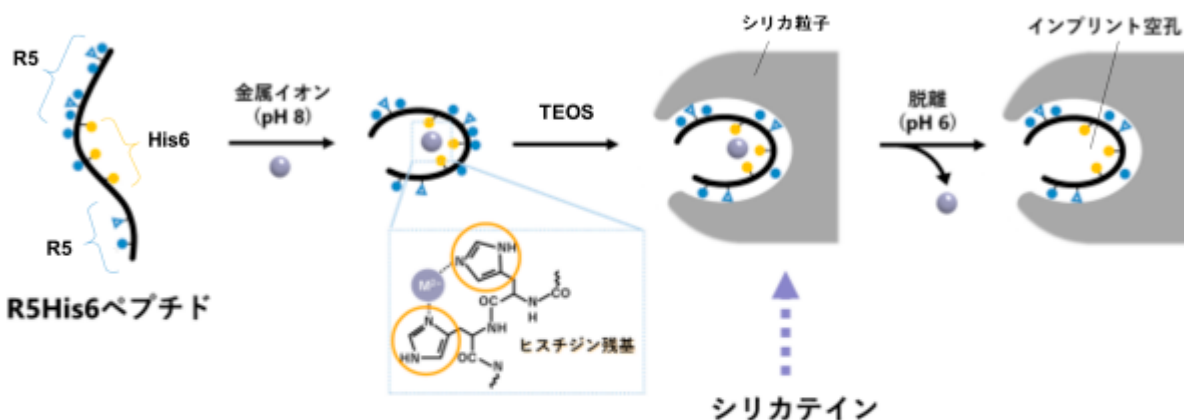
シラフィンの化学構造



Shroeder H.C. 2007, Silicateins, silicase and spicule-associated proteins : synthesis of demosponge silica skeleton and nanobiotechnological applications

海綿動物の骨針のSEM画像

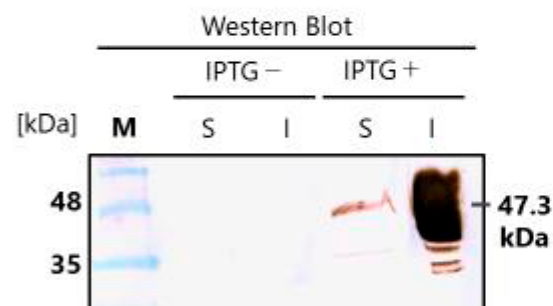
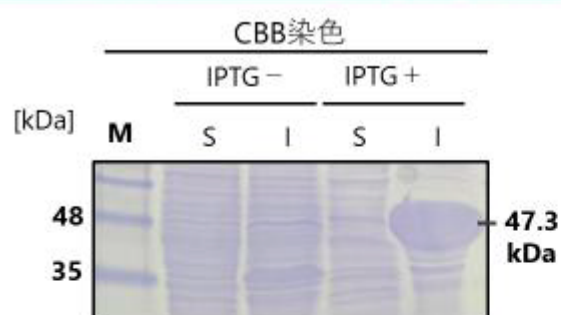
## 本研究の目的



### 目的

- His 融合シラフィン R5 ペプチド (R5His6) の設計および組換え微生物による生産
- 組換え微生物によるシリカチンの生産

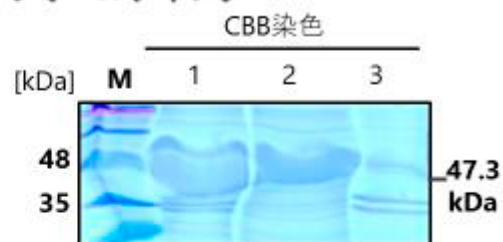
## 組換え大腸菌によるシリカチンの生産



S: 可溶性画分, I: 不溶性画分, M: 分子量マーカー

シリカチンの大量発現は見られたが不溶化していた。

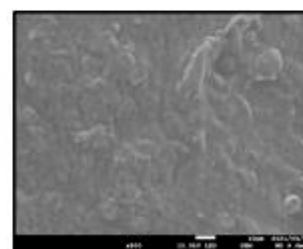
### ・リフォールディング



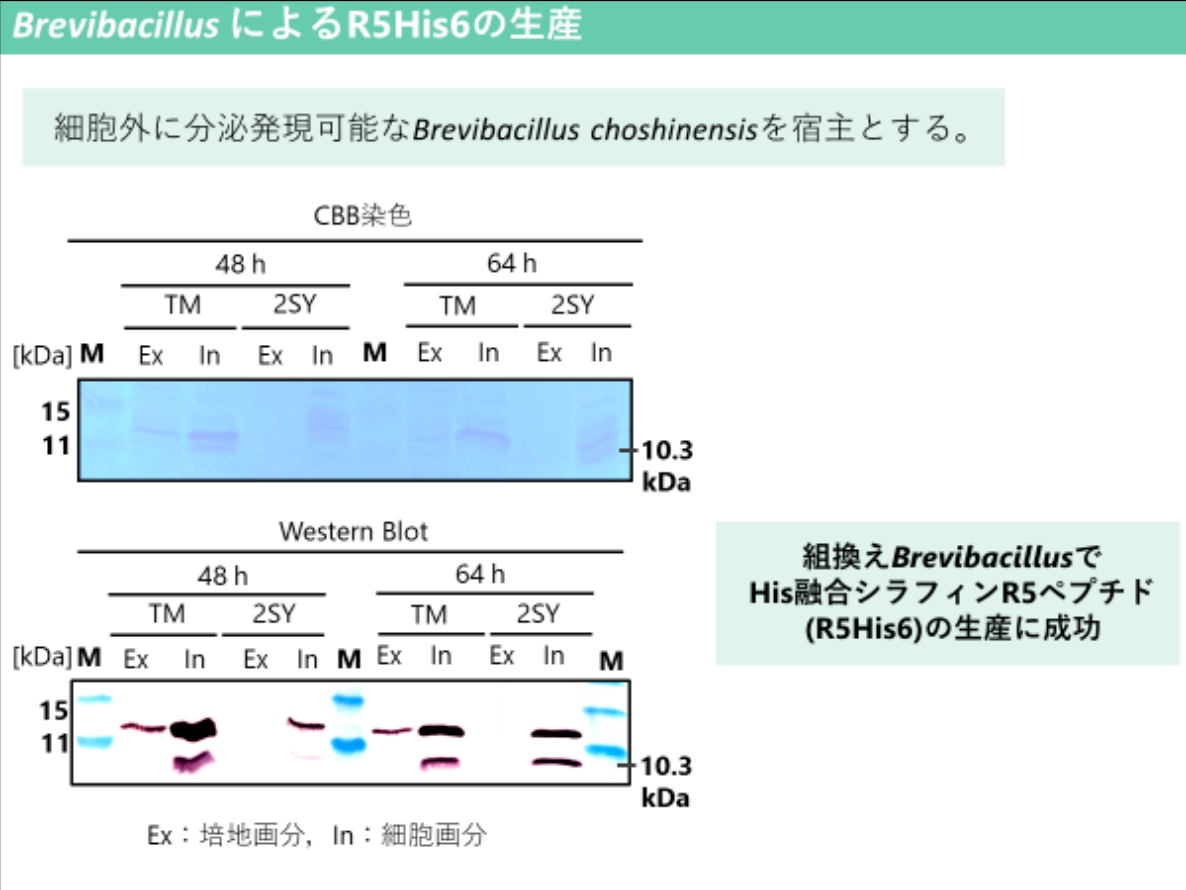
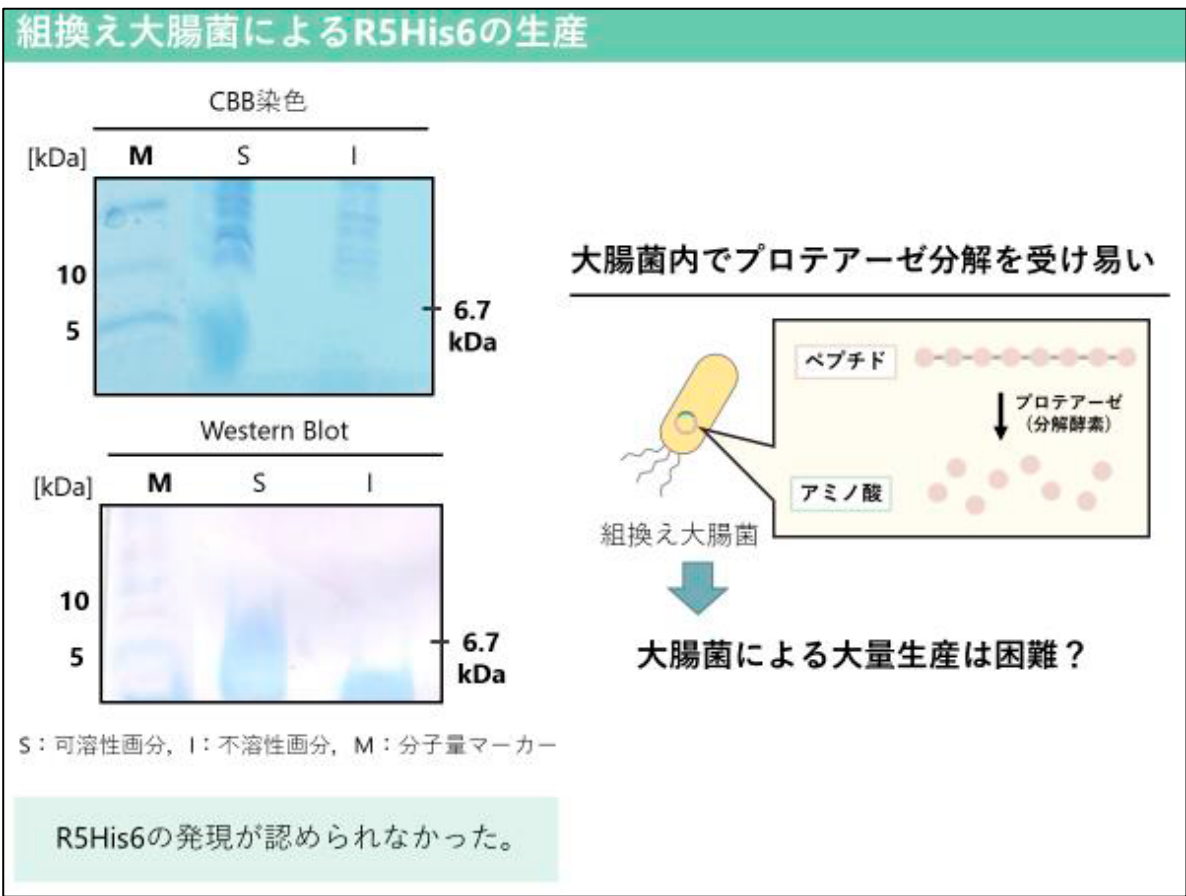
1: 透析前の不溶性画分, 2: 透析後の可溶性画分, 3: 透析後の不溶性画分, M: 分子量マーカー

可溶性のシリカチンの大量生産に成功

TEOS/HCl  
シリカチン



シリカ形成活性が認められた。





## カプセル状タンパク質エンカプセリンを用いた ドラッグデリバリーシステムの開発

尾高雅文、松村洋寿

( 理工学研究科 )

[modaka@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:modaka@gipc.akita-u.ac.jp)

概要： Encapsulin(Enc)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。我々は、これまでに天然で Enc に内包されるペルオキシダーゼの C 末端シグナル配列をゲストタンパク質に遺伝子工学的に導入することで、Enc への内包化に成功している。また C 末端に His-tag を付加した Enc が Ni カラムに結合することを確認しており、Enc の C 末端がケージ表面に露出していることが予測された。本研究では、短鎖抗体(scFv)を Enc に内包化またはディスプレイ化させた新規免疫検出系やドラッグデリバリーシステムの開発を目的として、タンパク質発現系の構築を行った。その結果、scFv を内包させた Enc の発現に成功した。

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。また、遺伝子組換え技術によるアミノ酸の変異や化学修飾等による機能付加も容易に可能である。我々は、粒子構造やシート構造をとるタンパク質超分子集合体を対象とし、これらの集合体の表面や内部空間に、酵素や抗体などの機能性物質の付加や内包を行うことで、機能を付加した新ナノバイオマテリアル素材の開発を目指している。本研究では、Enc ナノケージの実用的な応用を目的として、短鎖抗体 (scFv) を用いた Enc 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)と抗 Bone gla protein 抗体の scFv (pSQ) を用いた。本研究成果により、Enc ナノケージ構造に、scFv を内包することが可能であることが示された。今後、内包する scFv の種類を目的により選択し、細胞選択性を示すペプチドを Enc へ付加する方法を検討していくことで、新規ドラッグデリバリーシステムの構築が期待できる。

## Encapsulin

構造：

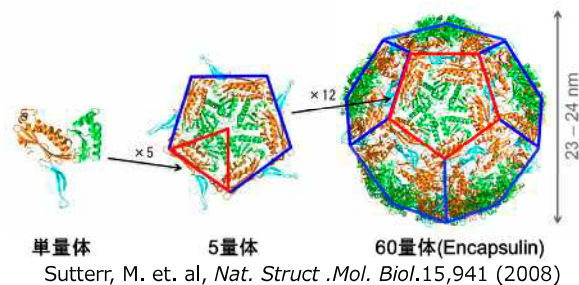
粒径約24 nm、60量体の正二十面体のカプセル型タンパク質

機能：

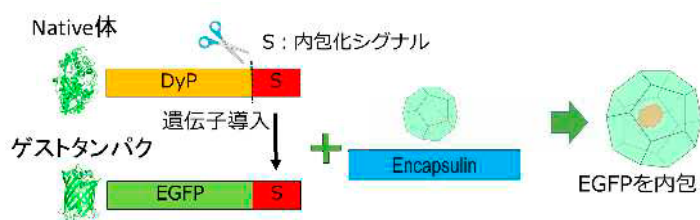
酵素を内包し、保護・反応場として働くと考えられている。



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



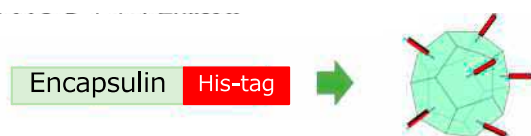
## 内包化シグナルによるゲストタンパク質の導入



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

## C末端へのゲストタンパク質の導入

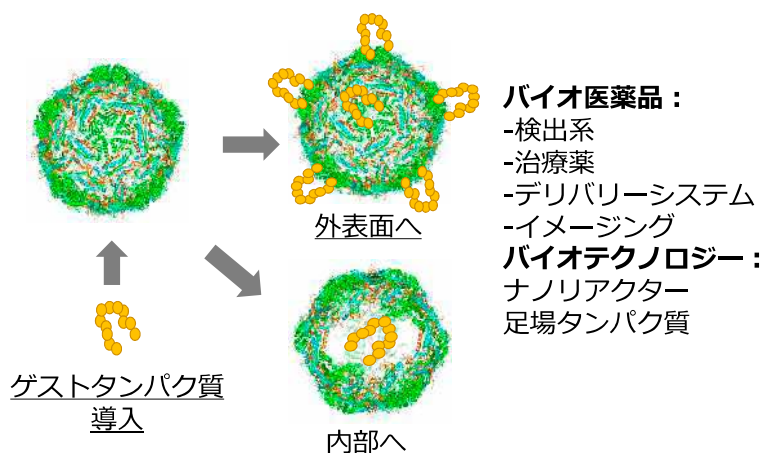
EncのC末端にHis-tagを導入させることでNiカラムによる精製に成功した



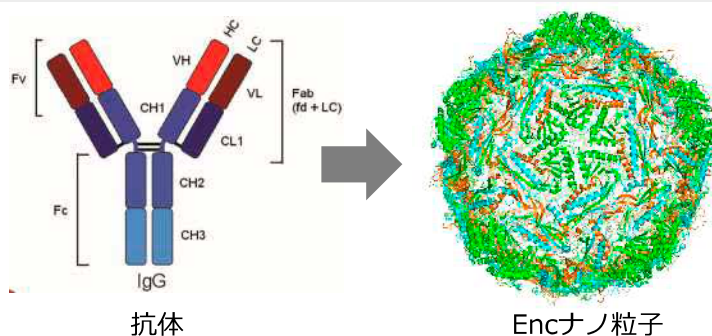
C末端が表面に露出した構造をとる

ゲストタンパク質のディスプレイが可能

### 新規バイオナノマテリアルとして応用が可能



**目的：新規ドラッグデリバリーシステムと免疫検出系の開発を目指し、Enc粒子に抗体を導入する**

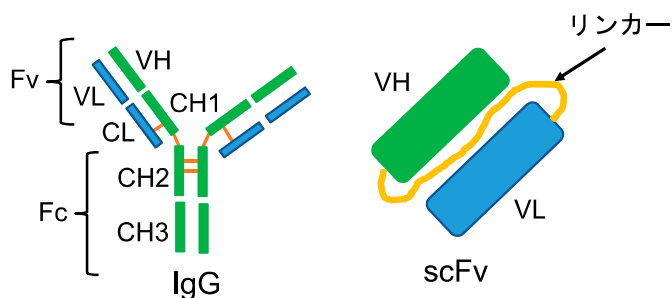


- ・抗体内包型ReEncのベクター構築
- ・抗体ディスプレイ型ReEncの発現確認

### 短鎖抗体(scFv)

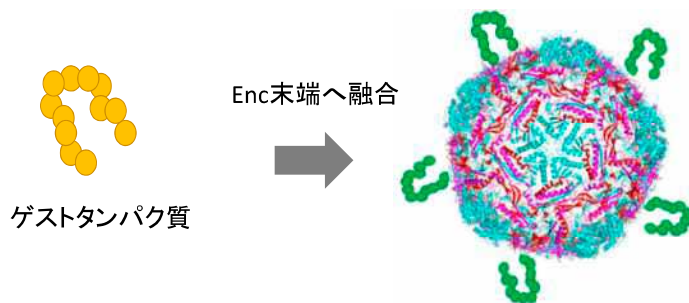
scFv:VHとVLをリンカー配列で繋げたもの

※今回はモデル抗体として、抗BPA-scFv (pRox) と抗BGP-scFv (pSQ)を使用



## 1. scFVの表面ディスプレイ

Enc遺伝子の3'端にゲストタンパク質の遺伝子を導入、融合することにより、外表面にゲストタンパク質をディスプレイ流。

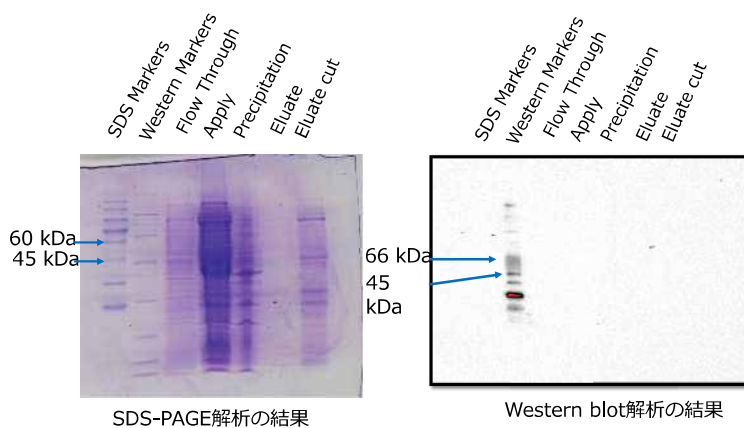


## pSQディスプレイ型ReEnc



ベクター構築に成功した

## pSQディスプレイ型ReEncの発現確認



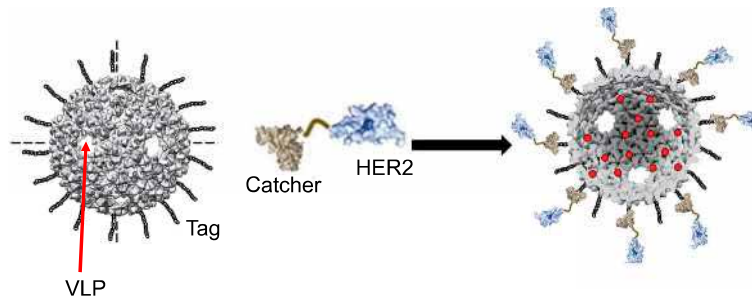
ReEnc-(GGGS)<sub>2</sub>-pSQ (58 kDa)の発現が確認できなかった

## 今後の展開：Spy Tag/Spy Catcherシステム

pSQが大きすぎるため、Encが60量体を形成するときの立体障害になる可能性がある

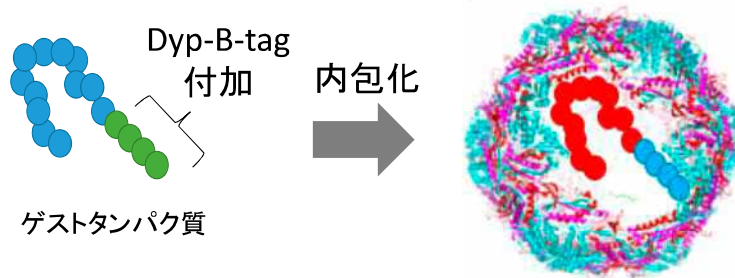
### Spy Tag/Spy Catcherシステム

- ・ Encを形成後にpSQをディスプレイできる

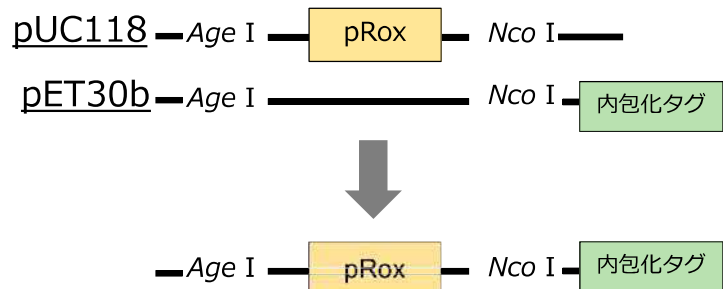


## 2. scFVの内包化

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(Dyp-B-tag: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



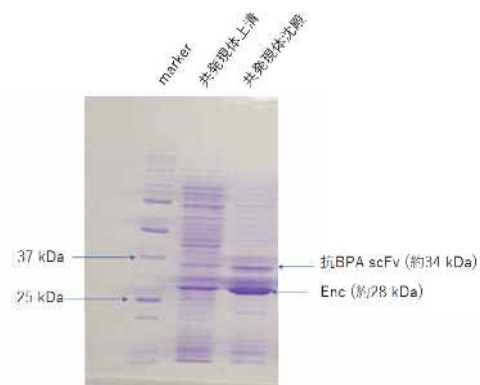
## pRox発現ベクターの構築



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とシグナル配列付きscFvが確認できた

## まとめ

- scFvディスプレイ型Encの発現は確認されなかった。立体障害の影響が大きいと考え、今後はSpy-tag/Spy-catcherシステムによる発現を行う。
- scFv内包型Encの発現に成功した。今後は、単一精製を行い、scFv抗体の機能解析を行う。

## O<sub>2</sub> 共存雰囲気での Pt 電極条の CO<sub>2</sub> 電解還元反応

高橋 弘樹

( 理工学研究科 )

[tkhshrk@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:tkhshrk@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：本研究は CO<sub>2</sub> 排出量の削減を達成するべく、排出された CO<sub>2</sub> を電解還元によって有用な物質に変換することを目的としている。今年度は、Pt の CO<sub>2</sub> 電解還元活性に及ぼす O<sub>2</sub> の影響を調査した。その結果、O<sub>2</sub> 共存下における CO<sub>2</sub> 電解還元活性は、低濃度の O<sub>2</sub> 流入により向上することがわかった。また、火力発電排ガス組成でも CO<sub>2</sub> 電解還元反応は進行したが、純 CO<sub>2</sub> 雰囲気よりも CO<sub>2</sub> 電解還元活性は低下した。

キーワード：CO<sub>2</sub>、電解還元、Pt

### 独自性・実用性：

CO<sub>2</sub> を低電力で有用な化学物質に変換することができれば、大気中の CO<sub>2</sub> 濃度を低減しつつ、不要な CO<sub>2</sub> を産業利用に活用できる。Pt 系カソード触媒は、従来用いられてきた Cu 系電極よりも極めて低過電圧で CO<sub>2</sub> を還元でき、少量の O<sub>2</sub> であれば CO<sub>2</sub> 中に混入していても、CO<sub>2</sub> 電解還元反応が阻害されない。したがって、排ガス等処理せずに電解還元できる可能性が見いだせた。

特許：田口正美, 高橋弘樹: 大規模な二酸化炭素排出減（火力発電所等）で貯留した二酸化炭素の電解還元・メタノール同時合成のために二酸化炭素処理システム,  
特願 2016-115452

## PtによるCO<sub>2</sub>電解還元

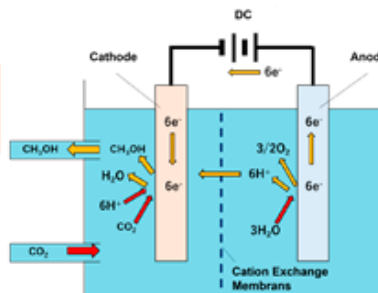
アノード反応:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$   
カソード反応:  $\text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

低過電圧で進行

高価である  
O<sub>2</sub>共存下で活性減  
(O<sub>2</sub>が優先的に還元されるため)

分蘗の工程を考えると、O<sub>2</sub>共存下でも  
CO<sub>2</sub>還元が進行する必要がある。

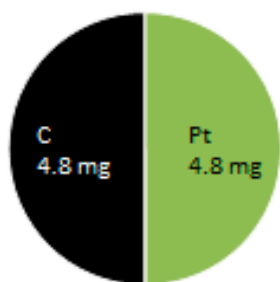
O<sub>2</sub>共存下でのPtカソードのCO<sub>2</sub>電解還元  
活性を調査する。



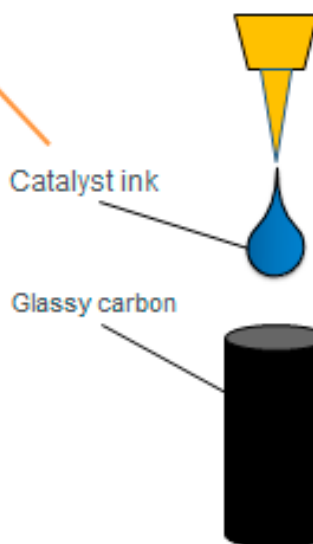
排ガス種	石炭火力発電所
N <sub>2</sub> vol.%	72.0
O <sub>2</sub> vol.%	4.8
CO <sub>2</sub> vol.%	12.4

# 実験方法

試料作製: Pt/C電極

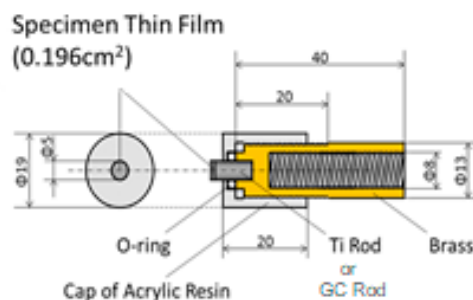
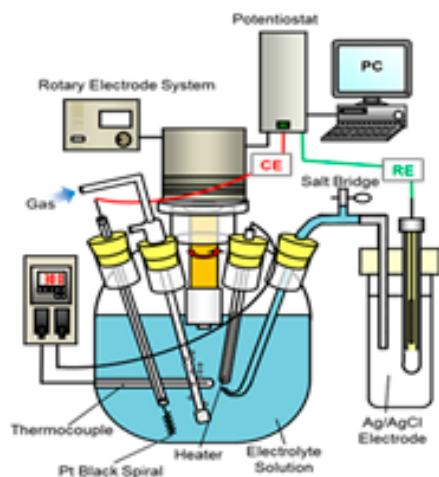


試料粉末  
2-プロパノール  
Nafion溶液  
超純水



# 実験方法

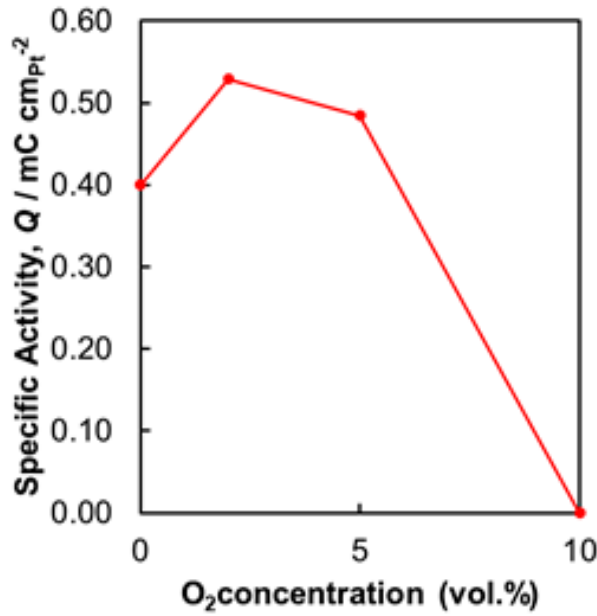
電気化学測定



**測定条件**

作用極	回転ディスク電極
対極	Ptスパイラル
参照電極	Ag/AgCl電極
溶存酸素脱気	N <sub>2</sub> ガス 200 ml min <sup>-1</sup> 60min
溶液	0.1 M HClO <sub>4</sub> 水溶液
溶液温度	298 K
電極回転速度	900 rpm

## 実験結果

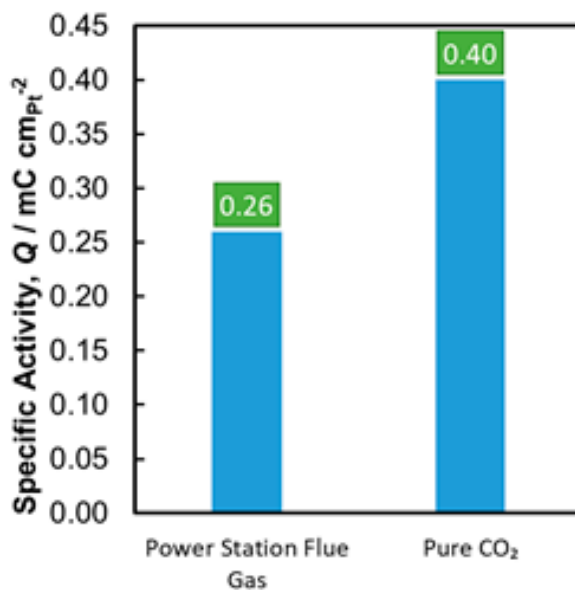


2 vol. % O<sub>2</sub>のとき, CO<sub>2</sub>電解還元活性が向上

10 vol. % O<sub>2</sub>から CO<sub>2</sub>電解還元生起せず

低濃度O<sub>2</sub>によって活性が向上

## 実験結果

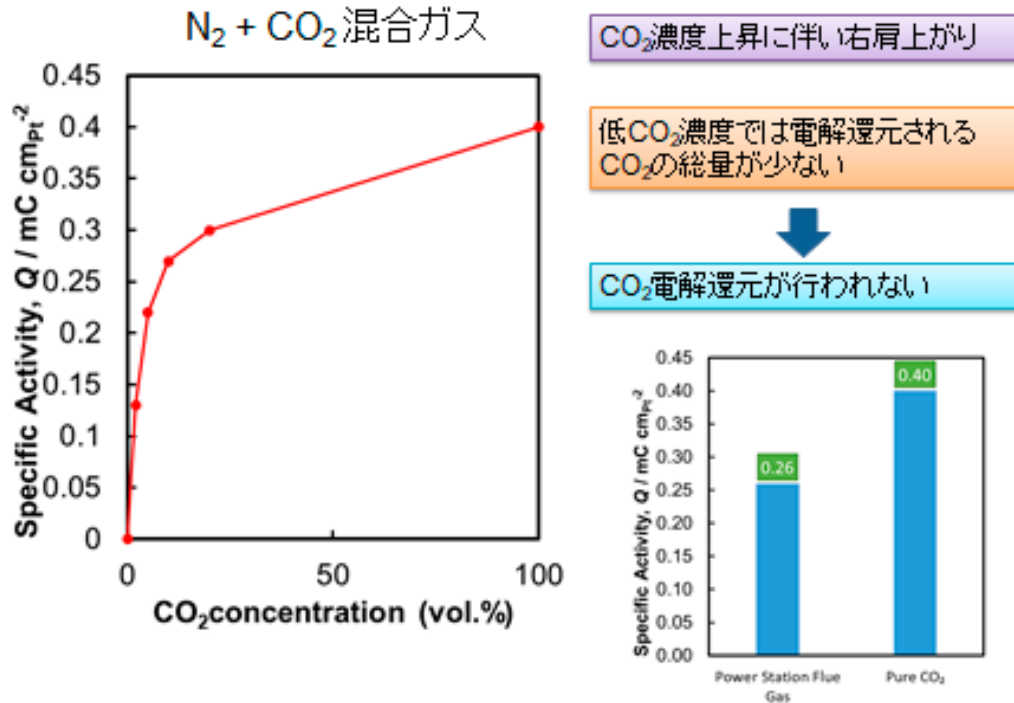


純CO<sub>2</sub>雰囲気下と比べ活性が落ちている

排ガス種	石炭焚火力発電所
N <sub>2</sub> vol. %	72.0
O <sub>2</sub> vol. %	4.8
CO <sub>2</sub> vol. %	12.4

CO<sub>2</sub>濃度が低いことが影響か

## 実験結果



## 結言

- O<sub>2</sub>共存下におけるCO<sub>2</sub>電解還元活性は、低濃度のO<sub>2</sub>流入により向上した。
- 火力発電排ガス組成でもCO<sub>2</sub>電解還元反応は進行したが、純CO<sub>2</sub>雰囲気よりもCO<sub>2</sub>電解還元活性は低下した。
- N<sub>2</sub>を用いてCO<sub>2</sub>濃度を下げると、CO<sub>2</sub>電解還元活性は低下する。

～謝辞～

本研究は、JSPS科研費 JP18K14311の助成、ならびに秋田大学地域産業研究部門の支援を受けたものです。



## 活性汚泥の電力資源化に関する研究

カビール ムハムドゥル

(理工学研究科)

[kabir@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:kabir@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：近年、廃棄微生物である活性汚泥やアオコが問題となっている。また、エネルギー需要の高まりや SDGs の観点からクリーンエネルギーに注目が集まっている。特に微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell; MFC)は微生物を利用して発電が行えるためこれらの廃棄微生物を利用した発電が期待できる。そこで本研究では微生物燃料電池の性能向上のため様々なパラメータを変化させた場合の電力変化を検討した。活性汚泥やアオコを用いた1層型MFCを作製し、負荷抵抗10 k $\Omega$ 挿入時の電力を測定した。また、作製したMFCでLED点灯を試した結果、活性汚泥を用いたMFCでLED点灯に成功した。

キーワード：アオコ、微生物燃料電池 (MFC)、LED点灯

### 独自性・実用性：

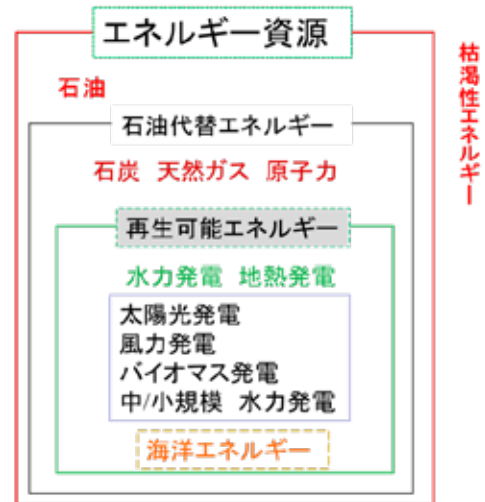
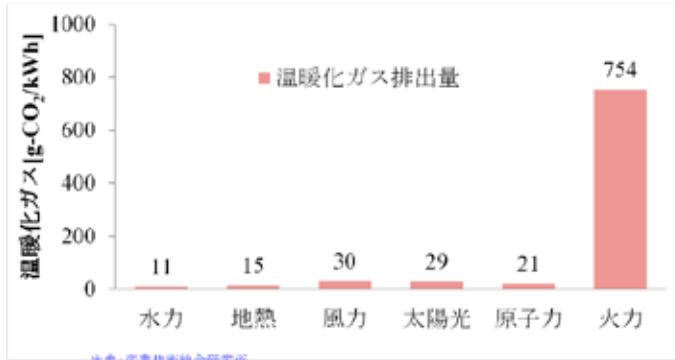
本研究で提案する活性汚泥等の廃棄微生物の電力資源化は、発電の多様性へ貢献できるとともにゴミと思われた植物を資源化できることで、持続型社会へつながるとされる。活性汚泥は下水処理や家庭排水処理に一般的に使用される微生物で、その余剰活性汚泥の処理には経済・環境的負荷が大きい。国内産業廃棄物の中、常に上位を示す余剰活性汚泥の電力資源化は小希望でも循環型社会の良い電力資源になると信じている。大手企業の数社が純型社会のモデルとして活性汚泥の電力システムを提案してあるが、実用化にはまだ時間がかかる。また、本手法は、秋田県八郎潟残存湖のアオコ問題の解決にも役立つと思っている。



## 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<sub>2</sub>発生



解決策として..... バイオマス発電？

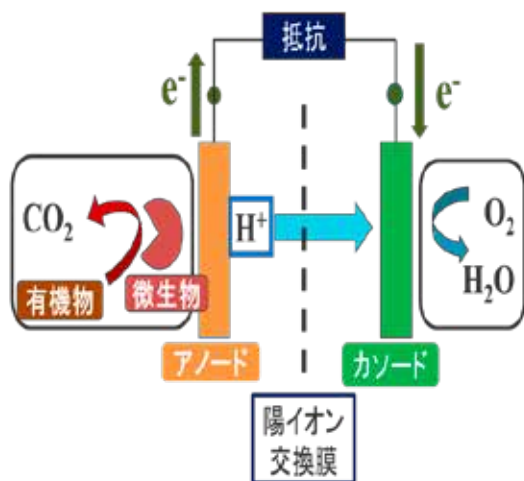
## 目的

環境に悪影響を与える植物(微生物)の有効活用する手法として微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell; MFC)に着目

### 本研究の目的

- ✓ アオコおよび活性汚泥を用いてMFCを作製
- ✓ 性能を調べていく

## 微生物燃料電池(MFC)とは

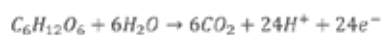


### 微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell)

- ✓ 微生物の代謝能力を利用して燃料(有機物)を電気エネルギーに変換する装置
- ✓ アノード(-極)では、燃料(有機物)が微生物により酸化分解される際に電子と $H^+$ が発生
- ✓ 電子は電極で回収、 $H^+$ はカソードへ透過
- ✓ 移動した電子はカソード(+極)で還元反応による消費

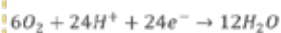
例えばブドウ糖( $C_6H_{12}O_6$ )を分解する際、

アノードでは



上式の電子( $24e^-$ )が電極に渡される

カソードでは



のように水が生成されることになる

国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター オンラインマガジン環境  
<http://www.cycle.nies.go.jp/magazine/mane/201612.html>

## 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**



浄化過程で活性汚泥が増加 → 大量の余剰活性汚泥

写真：池田上下水道部「活性汚泥微生物」のページ  
<http://www.ikedashi-suido.jp/suisiritsu/suisiritsu/1418787618660.html>

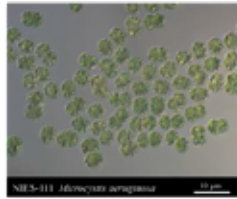
**種菌**  
 秋田市下水道局八橋処理場から譲り受けた種汚泥



研究室で培養中の活性汚泥

## MFCに用いた アオコ

- 学名：Microcystis aeruginosa (Kützing) Lemmermann
- 株番号：NIES-2627  
国立環境研究所微生物系統保護施設
- 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)



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/>



藍藻の株を殺菌灯付グローボックス (S-CBC型, (株)サンブラテック社製) 内にて滅菌済み容器・培地に植付後、冷凍機付インキュベーター (MIR-154, パナソニック)

### 培養環境

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

温度：25℃～27℃

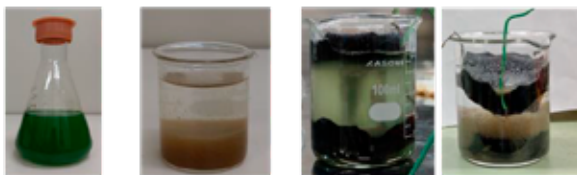
光：白色蛍光灯（照度は1000lx）

12時間明-12時間暗

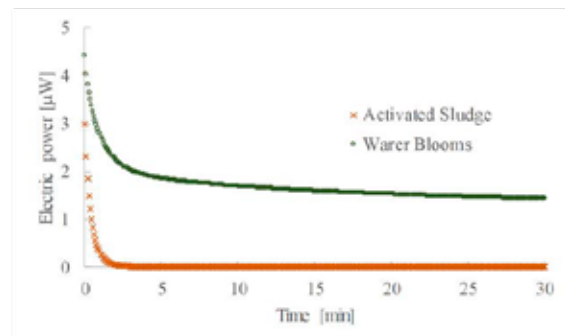
培地：MA培地，M-11培地

- 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
- 水を電子供与体として酸素発生型
- の光合成を行う

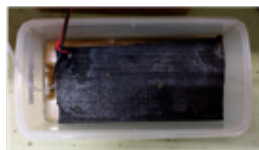
## 1槽型 MFC： 活性汚泥・アオコ



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

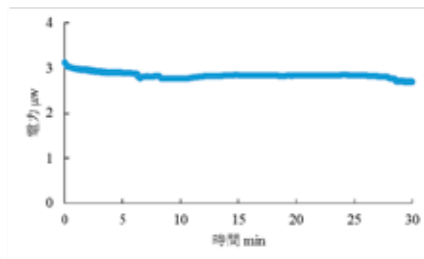


## 1槽型 MFC： 活性汚泥



寸法  
容器 300x130x120 mm  
電極 250x120x10 mm

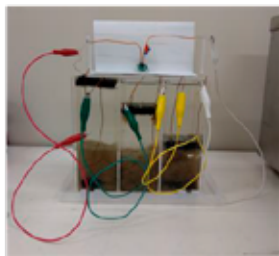
条件	
温度	室温25℃
時間	30分
活性汚泥量	1.5L
電極	グラファイトフェルト
負荷	10kΩ



(約3μW ほぼ一定)

## 1槽型 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



秋田大学産学連携推進機構で研究成果が掲載になった↓  
[https://www.akita-u.ac.jp/crc/study/pdf/2021/kabir\\_m.pdf](https://www.akita-u.ac.jp/crc/study/pdf/2021/kabir_m.pdf)

- 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

## まとめ

- ✓ アオコおよび活性汚泥を用いたMFCを作製し、電力生成に成功した
- ✓ 活性汚泥を用いたMFCでLED点灯に成功した

今後はMFCの規模を変え、電力生成の能力および実用性を確かめたい。

～Thank you～

カビール研究室  
〒010-8502 秋田市手形学園町1-1  
秋田大学大学院理工学研究科  
電気電子工学コース  
Tel&Fax 018-889-2326  
<http://ke6.ee.akita-u.ac.jp>  
Kabir Laboratory  
1-1 Tegata Gakuen Machi,  
Akita Shi-010-8502, Japan.

研究室HPの  
QRコード





## ベトナム北部 Na Bop 鉛床のインジウムの起源

発表者 石山 大三, Nguyen Dinh Quang

(国際資源学研究科)

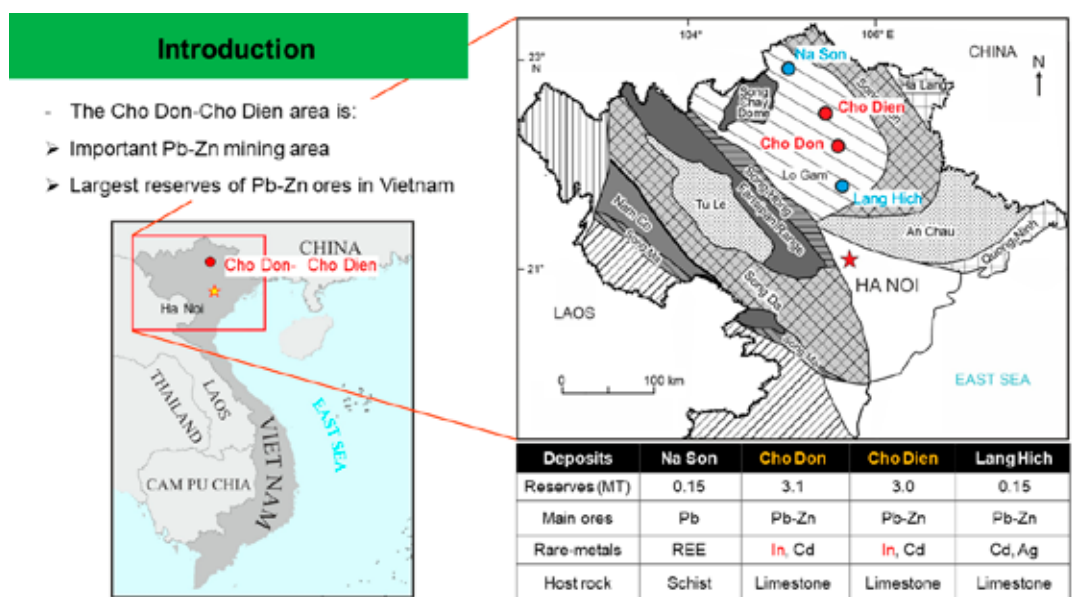
[ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp)

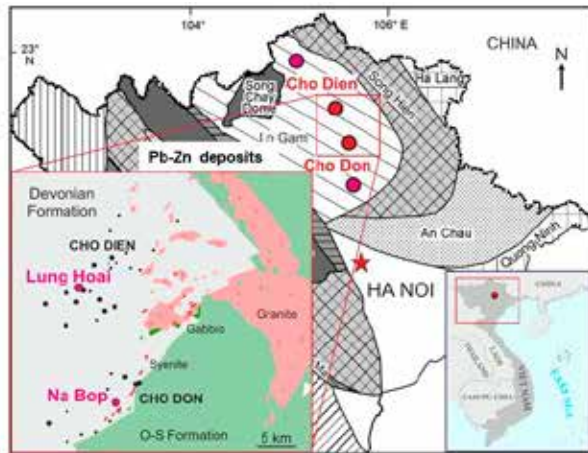
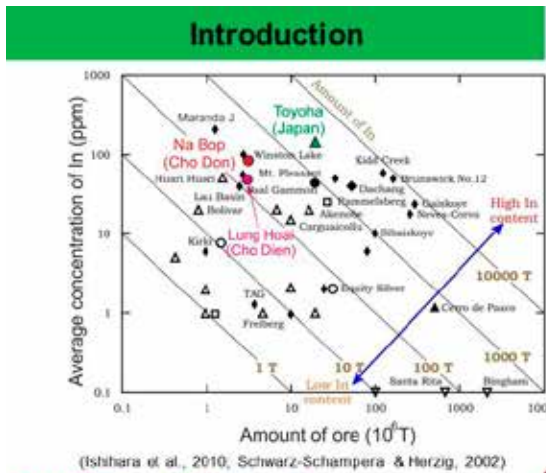
概要：本研究ではベトナム北部の Na Bop 鉛亜鉛鉱床の閃亜鉛鉱の In の起源を推定した。同鉱床周辺には閃長岩 (syenite) が存在するが、同地域の鉛亜鉛鉱床については変成流体や地層中を移動する高塩濃度の流体による形成の可能性も考えられていた。一方、インジウムを含有する鉱床の多くはマグマ性流体に関連して形成されることも知られている。鉱床に伴う炭酸塩脈や母岩である石灰岩の酸素・炭素同位体比の値に基づくと、インジウムをもたらした熱水は、マグマ性由来の熱水であることが推定された。変成流体による鉱床形成の可能性のあるベトナムにおいても、インジウムはマグマ性であることが確認された。

キーワード：インジウム，閃亜鉛鉱，ベトナム，起源

### 独自性・実用性：

今回の研究結果からは、ベトナム Na Bop 鉛亜鉛鉱床の閃亜鉛鉱の In は、閃長岩 (syenite) などの火成活動に伴いもたらされることが分かった。このことは、変成流体などで金属鉱床が形成されるベトナムにおいても、In 資源の探査は、火成活動との関連性に着目して行われる必要があることを示している。これまでの研究成果も加えて考えると、この地域の In 資源探査については、閃長岩などの活動が存在する地域において、黄鉄鉱と磁硫鉄鉱が存在する鉱石の地域が有望地域と考えられる。





**Problems:**

(Na Bop deposit)

- Sequence mineralization was not clear.
- The characteristics of indium was not clear.
- The formation environments of the Na Bop deposit are not clear.

**Purpose of study:**

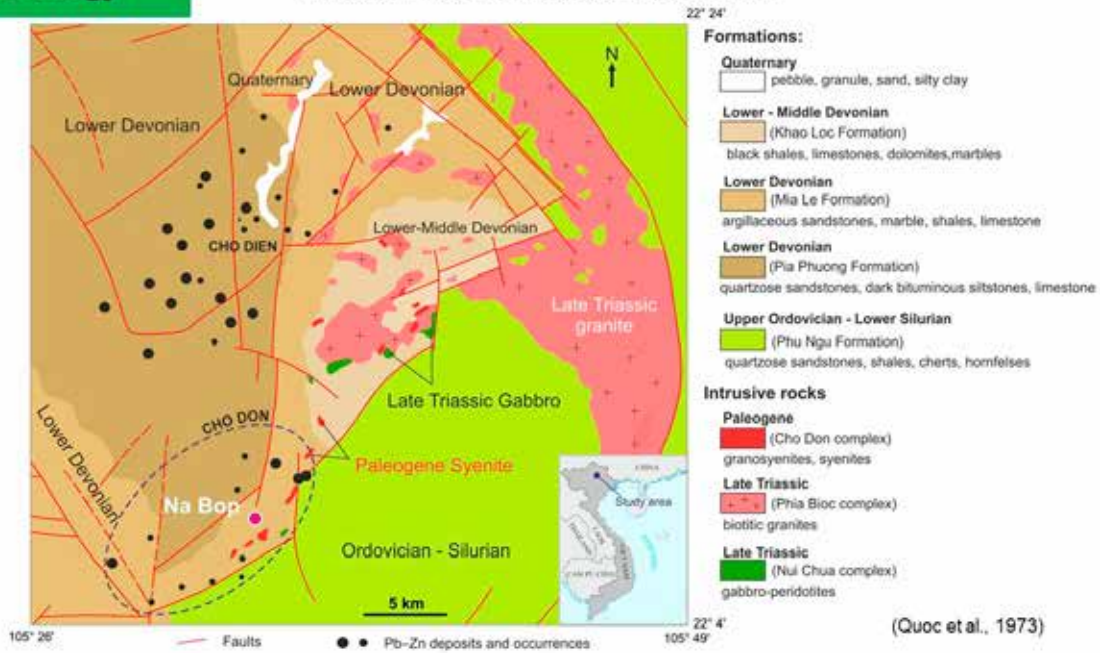
- Clarification of sequence mineralization of the Na Bop deposit.
- Evaluation of the potential of Indium-bearing sphalerite of the Na Bop deposit.
- Estimation of formation environments of the Na Bop deposit.

Efficient mineral exploration

4/16

**Geology**

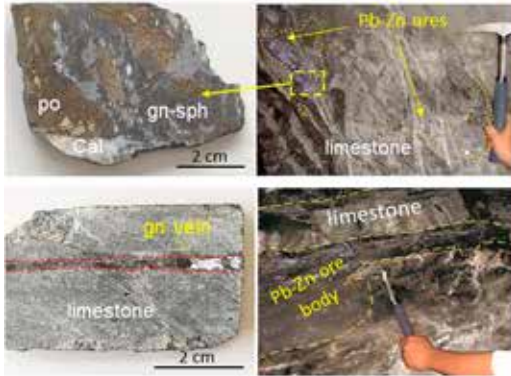
**Geological map of the Cho Don - Cho Dien area**



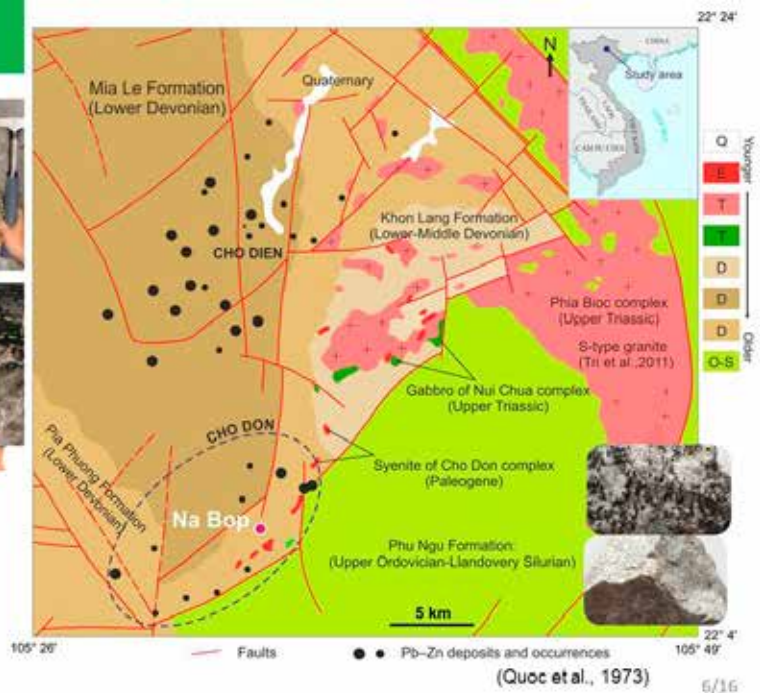
5/16



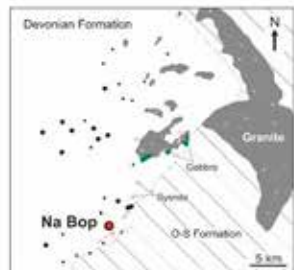
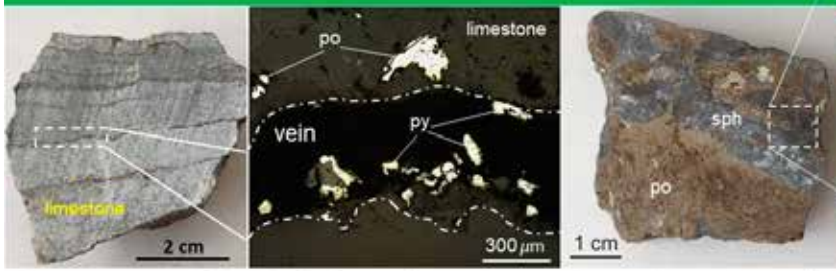
### Typical Pb-Zn ores



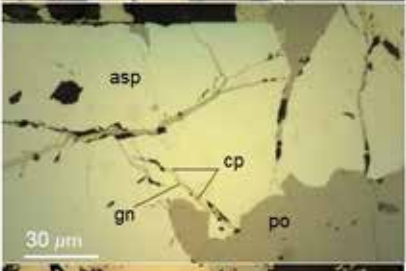
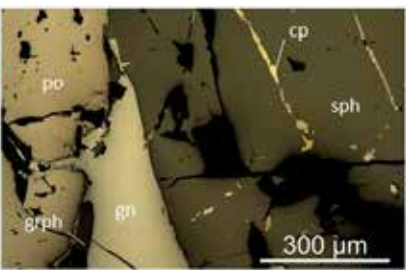
- Ore minerals in typical ores:
  - sphalerite > galena > pyrrhotite > arsenopyrite ≥ pyrite > chalcocopyrite
- Host rock: mainly limestone



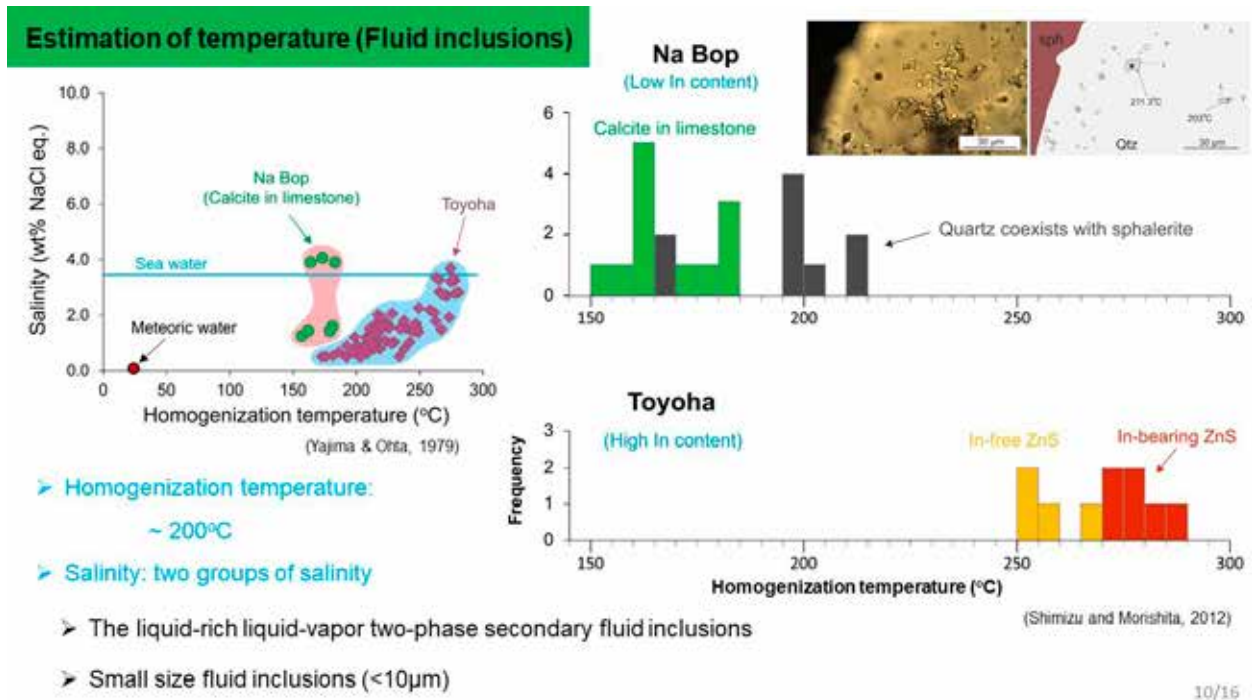
### Sequence of mineralization of the Na Bop deposit



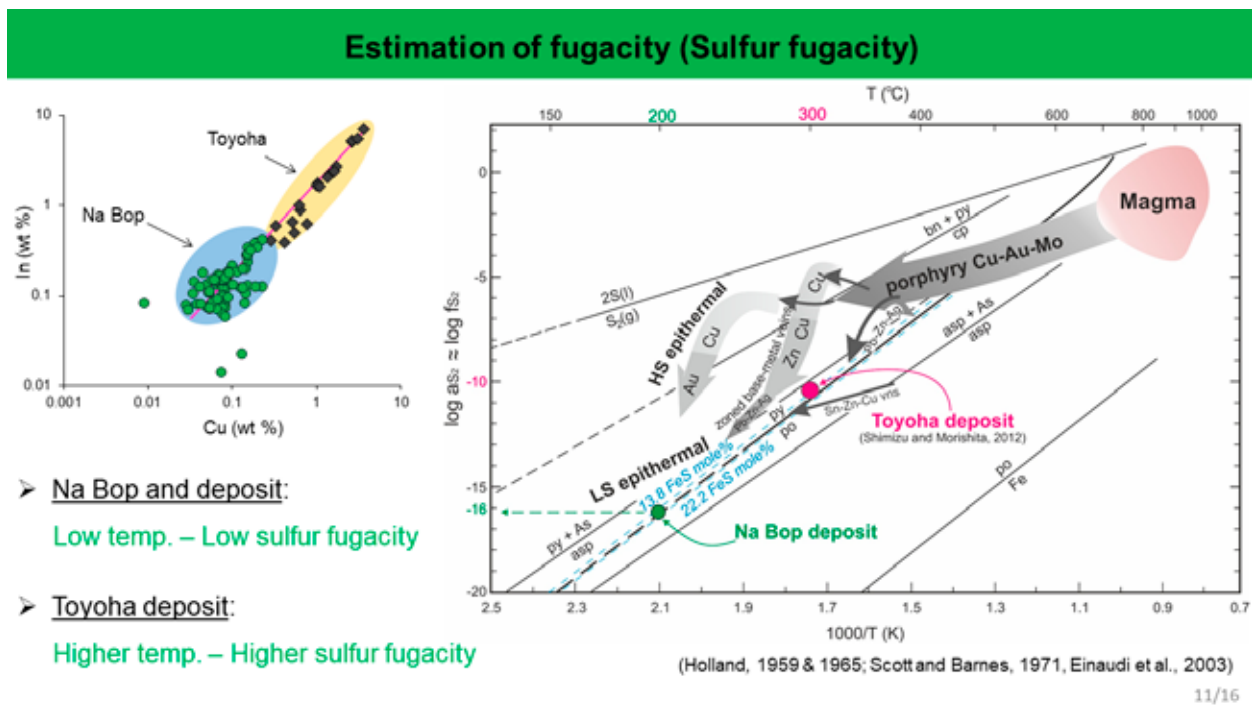
Stages	Pre-mineralization	Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV
Arsenopyrite					
Pyrrhotite					
Pyrite					
Sphalerite			(Pb-Zn)		
Galena					
Chalcocopyrite					
Tetrahedrite					
Electrum					
Cassiterite					
Anatase					
Quartz					
Graphite	(directional)	(stable during the mineralization)			
Calcite	(directional)				
Dolomite	(directional)				



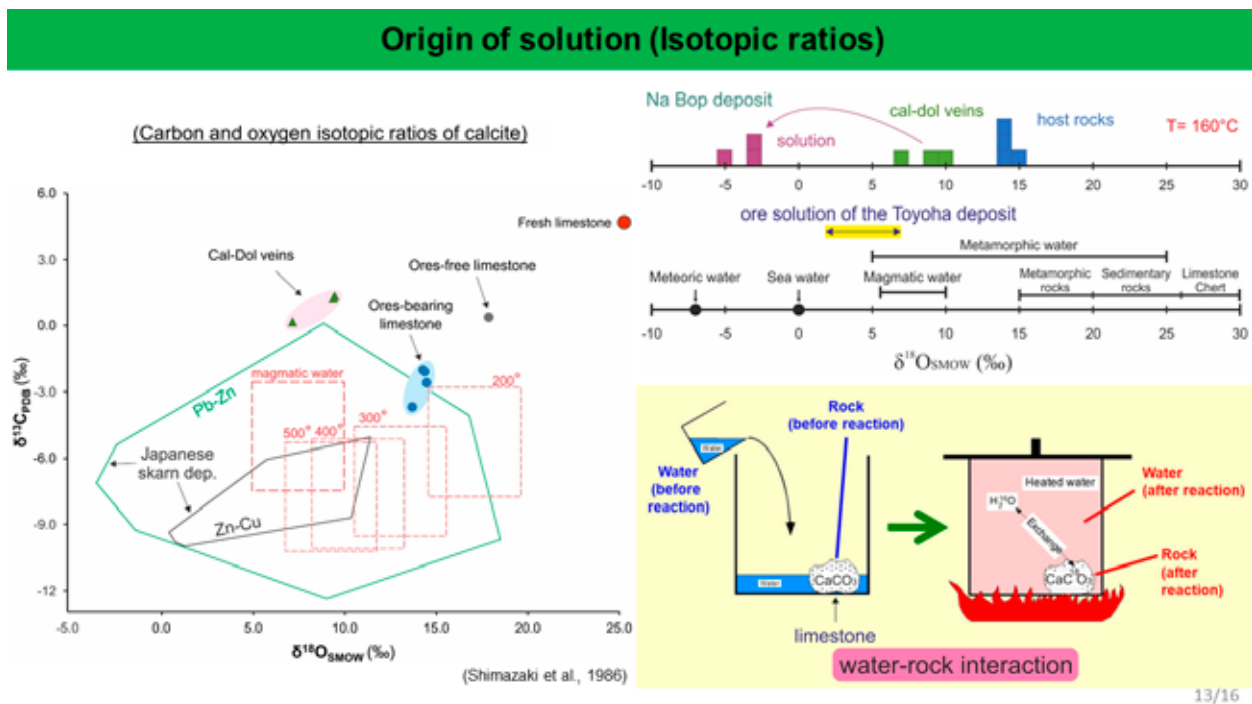
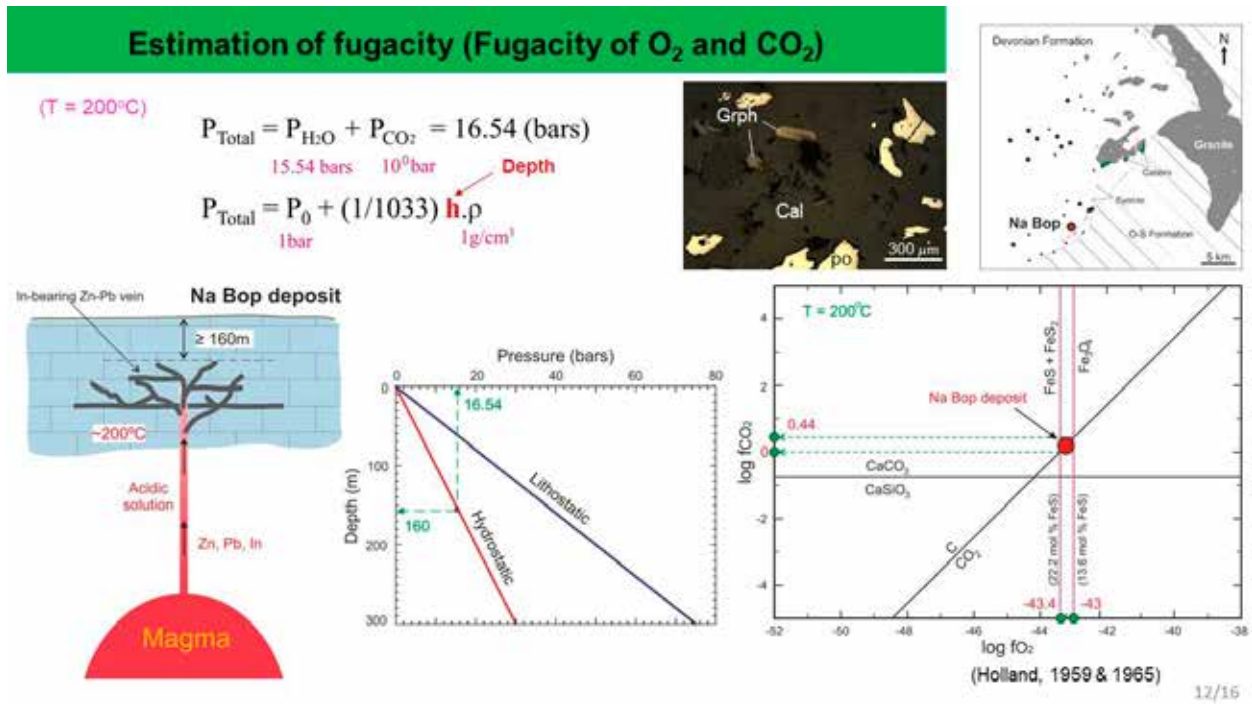
Abundant     Moderate  
 Few         Trace



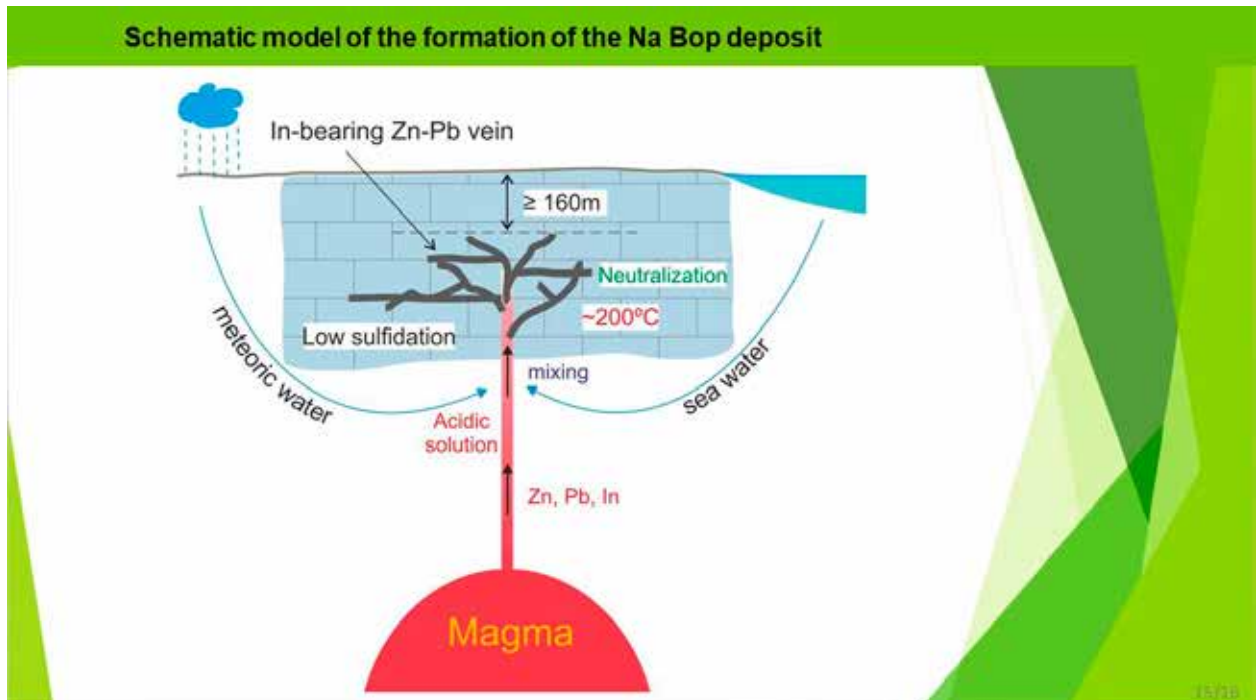
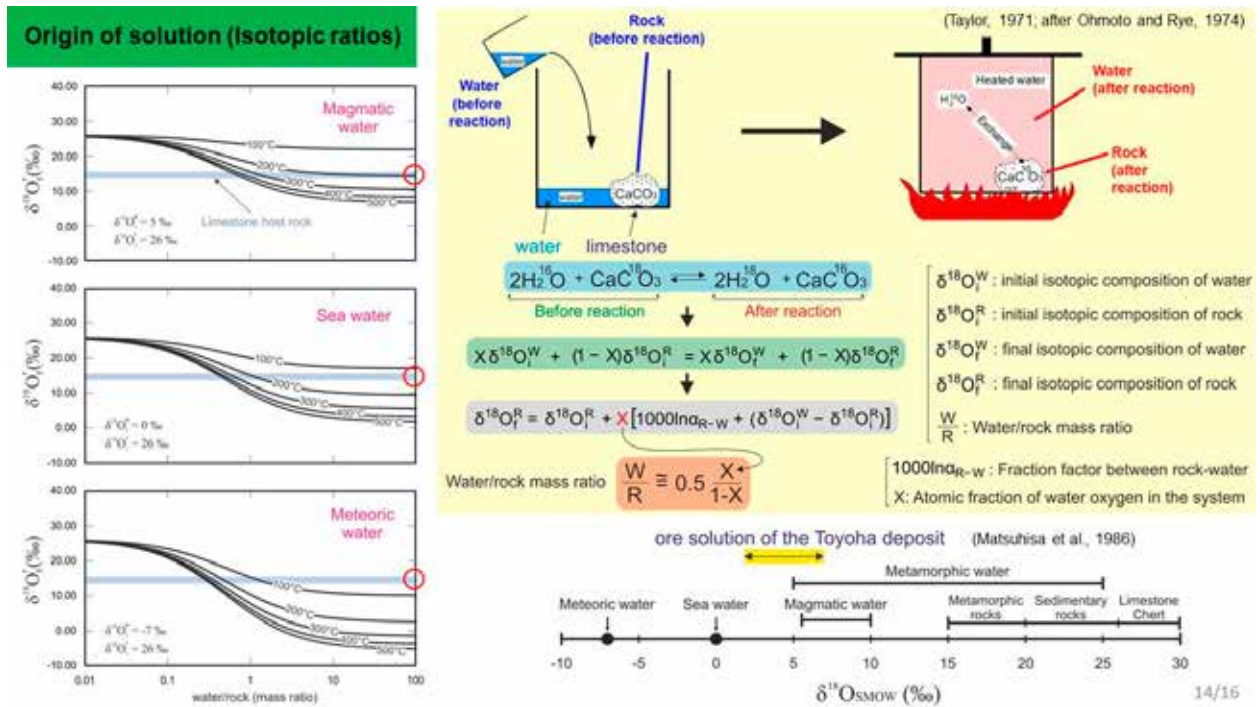
10/16



11/16









## 磁気スキルミオン発現合金の開発

肖英紀、池田虎ノ介

(理工学研究科)

[so@gipc.akita-u.ac.jp](mailto: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。本研究では前年度に引き続き、希薄濃度の Si をドーピングすることにより、通常の熔融凝固法において B20 型 FeGe 合金を作製することを試み、得られたバルク合金の特性を調べた。

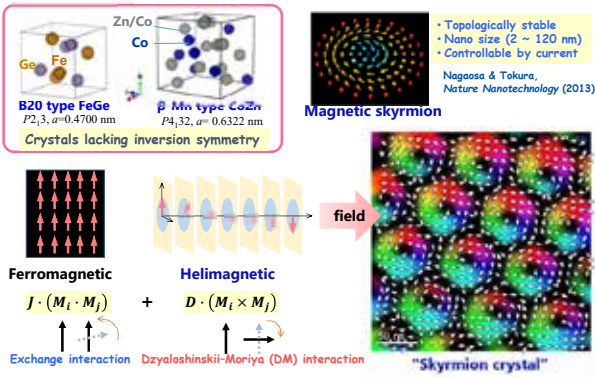
キーワード：磁気スキルミオン、合金、磁性

### 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パラエティが広がるが見込まれる。

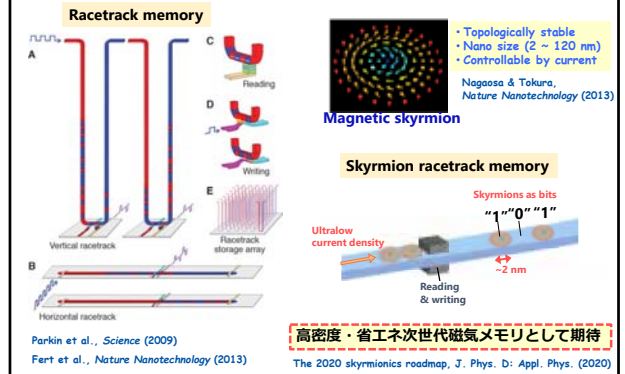
## 磁気スキルミオン

1



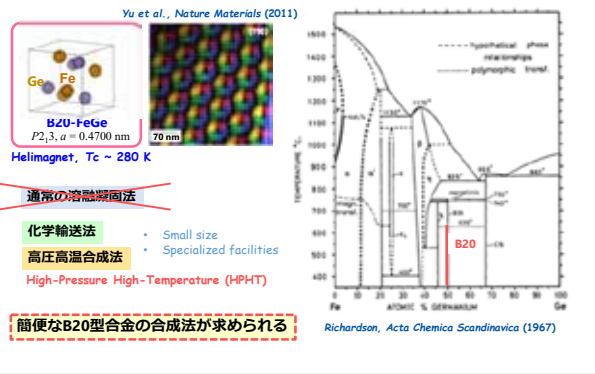
## 磁気メモリへの応用

2



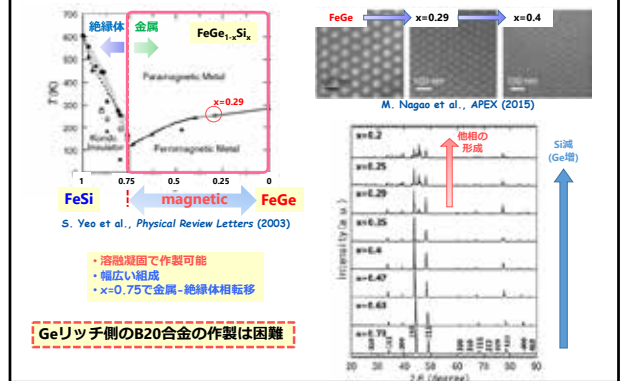
## B20型FeGe

3



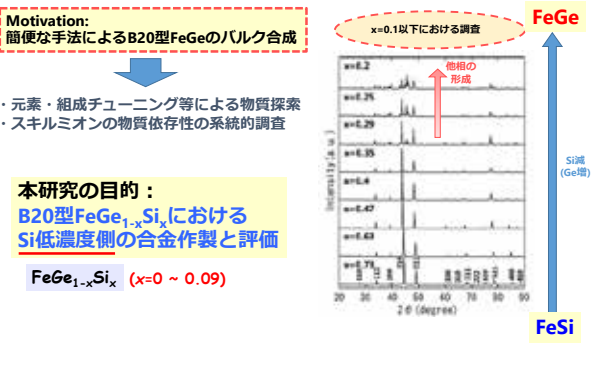
## B20型FeGe<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>

4



## 目的

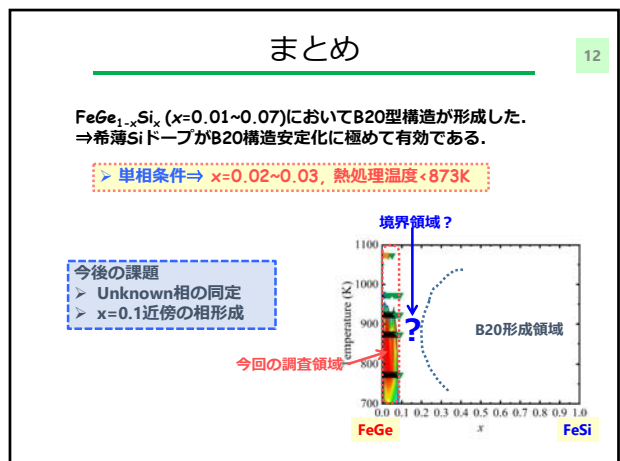
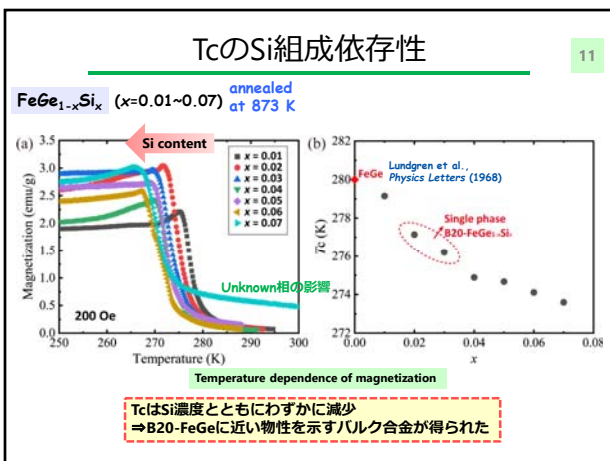
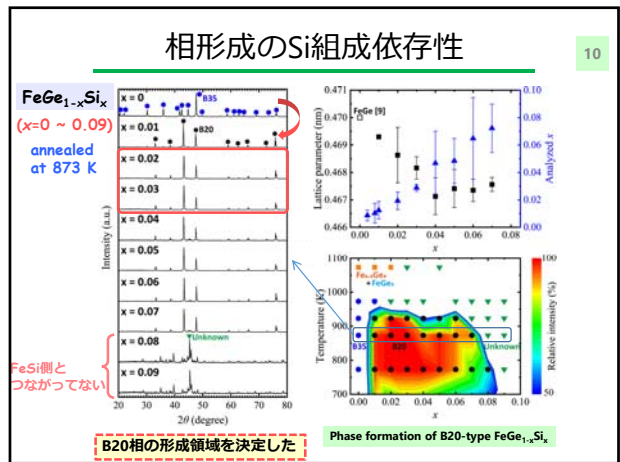
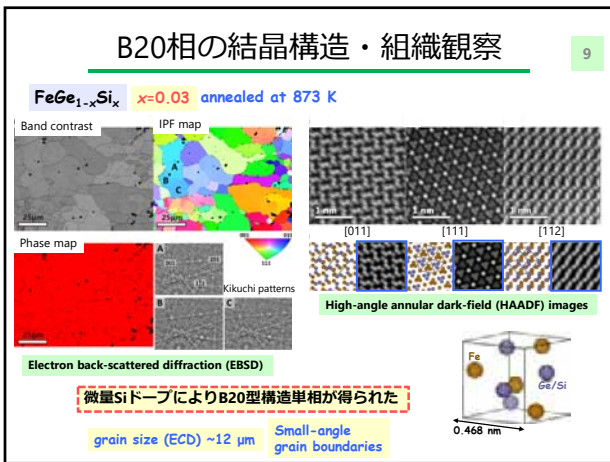
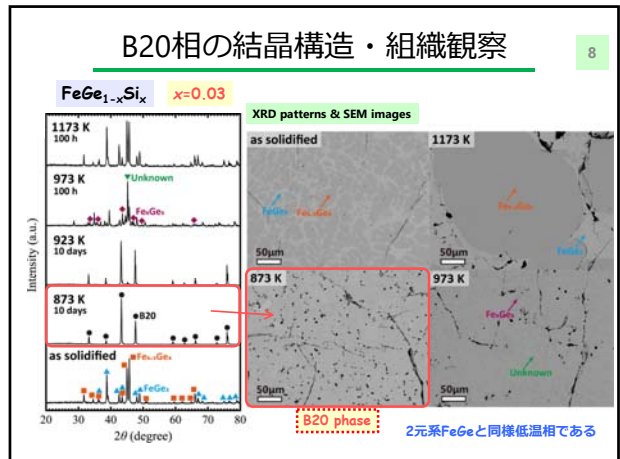
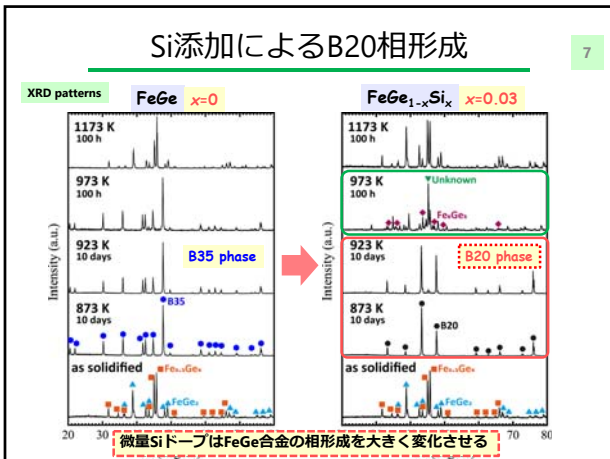
5



## 実験方法

6





# Bearing health diagnosis system of excavator motor using deep learning

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

Tsuyoshi Adachi, Youhei Kawamura

Center for regional revitalization in research  
and education, Akita University

[dorjoo\\_must@yahoo.com](mailto:dorjoo_must@yahoo.com)

**Abstract:** Excavators are very important machines for mining technological processes, particularly in open-pit mines. Many types of excavators are being used in mines, such as draglines, shovels and hydraulic excavators. Reliability is required for all of them, and motors strongly influence to reliability. Bearings are important parts of the motor, and their failure takes 51% of total motor failures. Therefore, motor bearing's health of the electric rope shovel was considered, which is used in the Baganuur mine in Mongolia. The model of a shovel is EKG-5a, and it is applied for coal excavating. In the past, motor bearing health condition was estimated by skilled operators and vibration analysis. However, this diagnostic is not good enough to provide reliability of this machine cause of human error. Therefore, this research has proposed a deep learning-based diagnostic system for motor bearing health condition monitoring. The convolutional neural network (CNN) was suggested as deep learning to provide purpose of this study. CNN is quite a trend technology of artificial intelligence in the last two decades that is usually used for the classification of images and waveform signals. Our research consists of three main parts such as data collection (measurement), signal analysis and CNN training. First, normal and failure vibration data were collected using an accelerometer. Second, signal analyses were done based on measured data to determine failure frequency. Third, measured data were used for training CNN model. Finally, the trained CNN is used to early diagnose motor bearing health degradation levels.

**Key words:** Bearing diagnostic, Excavator electric motor, Vibration analysis, Signal processing, Deep learning

## Practical issue:

In the mining sector, machine reliability is a very important issue, which provides productivity and continuous operation. The reliability depends on many factors, one of them is a good diagnostic that provides a good maintenance plan. Therefore, this early diagnostic system is very useful for machine health monitoring systems, and it will open a good opportunity to apply predictive maintenance in the mining industry. Consequently, the unplanned shutdown of motors will be eliminated. In the future, early diagnostic methods based on deep learning can provide reliability for machines. That CNN (deep learning) based early diagnostic system will bring low-cost maintenance system and continuously working machines into future mining.

## 1. Introduction

The Baganuur mine is the biggest brown coal mine in Mongolia, and it is the main supplier of power plants. This mine was initiated in 1978 as an open pit [1]. The area of mine is 31.6 square kilometers, and the stripping mining method is being implemented [1]. In the mining industry, many types of excavators are applied, which is dependent on economy and technology. Diesel excavators are usually applied in mines without enough infrastructure or power sources because those are independent of power sources and easy to reach distant places. Although, diesel excavators' utilization cost is high. In contrast, most excavators in the Baganuur mine are electrical, because infrastructure was developed well around that area, and electrical energy is cheaper than fuel. In addition, electrical motors are more energy-efficient and ecological than combustion engines. Many motors are used to operate electrical excavators, those belong to various kinds of mechanisms such as hoist, swing, crowd and propel. Therefore, electrical motors are crucial parts of the excavator, and their reliable operation can strongly influence excavator productivity. A survey [2] shows 51% of total motor failures correspond to bearing. Several types of bearing failure occur in real life such as ring fault, ball fault and degradation. The main reason for a motor bearing failure is the pollution of lubrication material that leads to quick degradation of bearing, and it reduces lifetime.

If machines work with the failed bearing, productivity will decrease, and other sections of machines will break down. Therefore, failure must be revealed rapidly. The most used method to detect bearing failure that is vibration measurement, and many studies [3]–[8] have been done based on vibration analysis. In recent years, machine learning has developed astronomically across variety of fields. Deep learning, more specifically, is a subdivision of machine learning, and several aspects of this research [3]–[8] were based on the execution of this method. Vibration measurements of these studies were done in laboratories.

In this research, the electrical motor's bearing degradation of EKG-5a has been studied, which is an electrical shovel applied to coal excavation in the Baganuur mine. The aim of the research is directed to early detection of bearing failure, which allows for reducing downtime of mining excavators. To implement this aim, bearing vibrations were collected on a real site, and a deep learning model was trained. Finally, a bearing failure detection system has been proposed based on vibration and deep learning.

## 2. Analytical method

The research is composed of several activities such as vibration measurement, data collecting, signal analysis, exploring failure frequency, deep learning and bearing health estimation. The sequence of analytical methods is shown in Fig. 1. Vibration measurement is done based on an accelerometer, while data collecting is performed using a data logger. Other research activities are more detailly explained below.

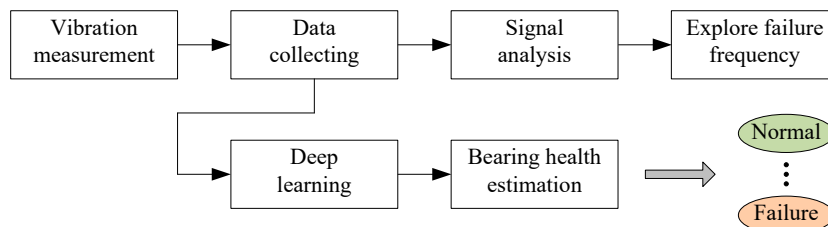


Fig 1. Analytical method

### 2.1. Signal analysis

The Fast Fourier Transformation (FFT) and The Inverse Fast Fourier Transformation (IFFT) were applied as signal analyzing methods in this study. The FFT is usually used for vibration data analysis, which reveals dominant frequencies of vibration. Result of this analysis, failure frequencies can be

disclosed. IFFT is an inverse version of FFT, in FFT, time-domain data are converted to frequency-domain, whereas in IFFT, frequency-domain data are converted to time-domain.

## 2.2. Deep learning

Deep learning is a subpart of machine learning, and it is widely applied in many sectors. In the last decade, Convolutional Neural Networks (CNNs) is broadly used for classification of images and signals [5]- [11], which is one kind of deep learning. The CNN has many neural network layers, which are sequences of mathematical calculations. The most used layers of CNN are input, convolution, batch normalization, max pooling, dropout, fully connected and softmax. Each layer has its own duty in the CNN, and all of them together can define features of data and perform classifications. In addition, many types of activation functions are applied in an artificial neural network, the most commonly used one is the ReLU (Rectified Linear Unit) [12]. In this case, CNN was applied to the model of bearing failure classification, which allows bearing health estimation, quickly and reliably.

## 3. Experiment

Vibration measurements were done on electrical motor 4GPEM 55-2/1U2 in the Baganuur mine, which is used for the EKG-5a shovel as a generator of the crowd mechanism. The data collecting is shown in Fig. 2. For data collecting, acceleration sensor TEAC's, which is piezoelectric type, and the Keyence NR-500 data logger were applied. Fig. 2 shows an accelerometer placement on the bearing house and the degraded bearing.



Fig 2. Vibration data collecting

Two types of vibration signals were measured such as normal and failed bearings, and waveform of measured signals are shown in Fig. 3.

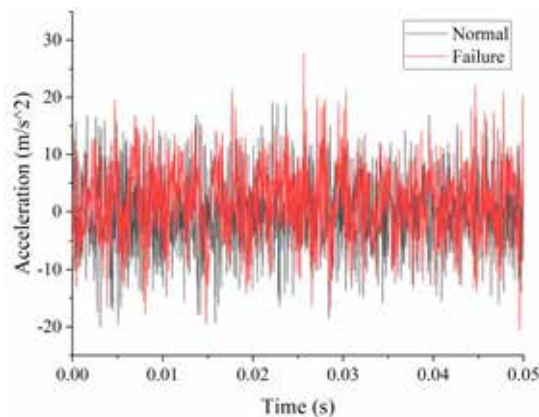


Fig 3. Time-domain waveform of measured vibration

## 4. Results



In this section, results of signal analysis and CNN training are expressed, and both analyses were performed based on the analytical method as mentioned before.

#### 4.1. Result of FFT

As shown in Fig. 3, two types of vibration signals' forms (normal and failure) are very similar to each other and difficult to distinguish. Thus, the FFT analysis was done, and results are shown in Fig. 4.

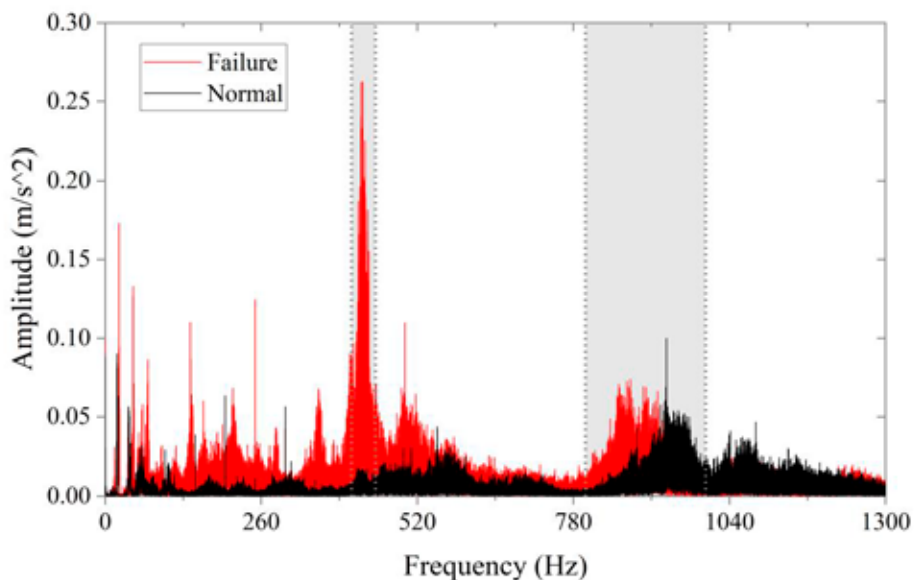


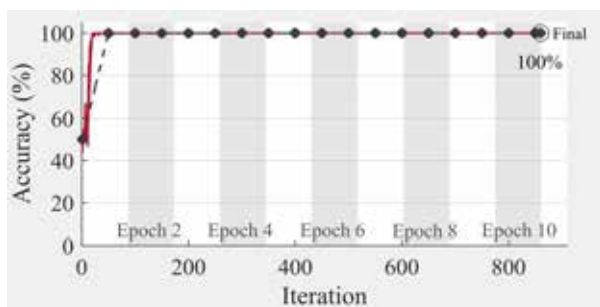
Fig 4. Frequency-domain waveform of measured vibration

In Fig. 4, the failure frequency range was discovered between 410–450 Hz as shown in the grey band. Also, one more frequency band was shifted to the left side around 800–1000 Hz.

#### 4.2. Result of CNN

This CNN model is composed of the input layer, 2 convolutional set layers, 2 max pooling layers, 3 fully connected layers, a dropout layer, softmax layer and classification output. Convolutional set layers consist of convolutional layer, batch normalization and ReLU. Measured time-domain vibrations were used as input data for CNN learning, and those were classified into normal and failure classes. Total data were applied to training (70%), validation (20%) and test (10%), respectively.

The learning curve of CNN is shown in Fig. 5a, and validation accuracy has been evaluated as 100%. In addition, the test accuracy of the CNN is shown in Fig. 5b, which is named a confusion matrix.



a.

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

b.

Fig 5. The learning curve and confusion matrix of CNN

The confusion matrix expresses predictions of randomly selected data. In this case, test data were classified into two categories, normal and failure. The diagonal of the matrix shows the test accuracy of the trained CNN, which is shown as blue in Fig. 5b. The test accuracy is 100% as shown in

Fig. 5b, which means all test data were correctly classified. Thus, this CNN can distinguish bearing health situations very well.

### 5. Proposed bearing degradation detection system

In practice, bearing degradation should be detected accurately for decreasing downtime of an excavator as mentioned before. Furthermore, two types of data (normal and failure) are not enough to determine bearing degradation levels, exactly. Thus, new data should be created, which can express degradation levels of bearing health.

New data were created applying some signal processing methods such as FFT and IFFT. Consequently, mixed data were created, which able to represent bearing degradation by ten percent from 10% failure until 90% failure.

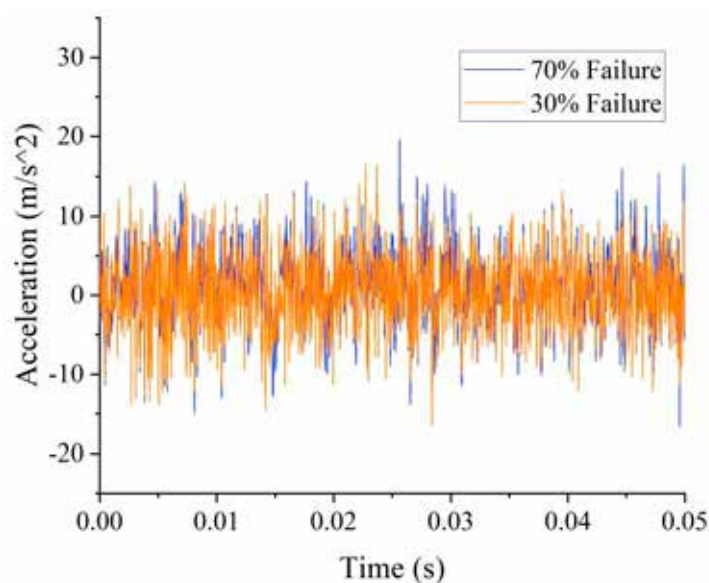


Fig 6. Time-domain waveform of created data

“30% failure” and “70% failure” waveforms are shown in Fig. 6. These are representatives of all created data. Time-domain waveforms of created data are very similar to each other as shown in Fig. 6, and very hard to differentiate differences between them. In addition, forms of created data as shown in Fig. 6, are very similar to measured data as shown in Fig. 3. Hence, FFT analysis was done on all data, and graphics were drawn in Fig. 7. Consequently, differences can be differentiated efficiently.

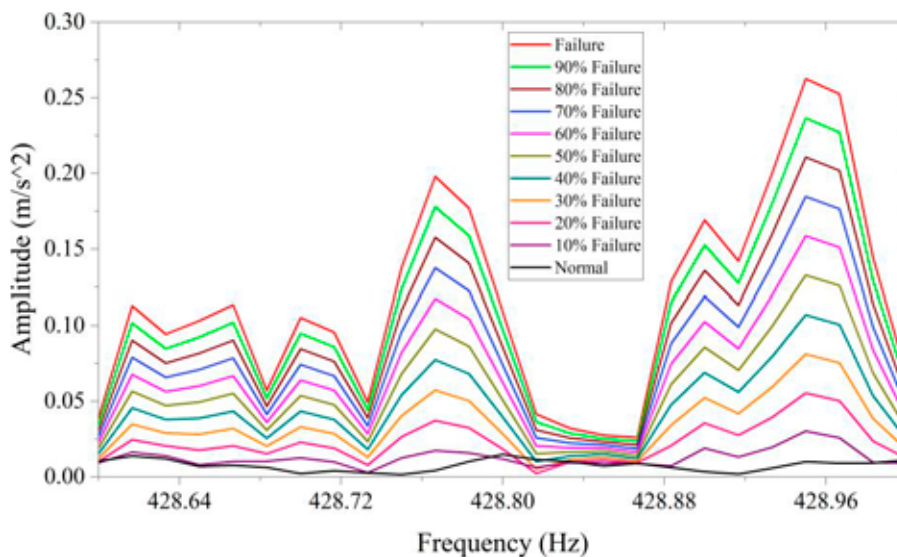


Fig 7. FFT results of all data

Fig. 7 shows all data gradually increasing from normal to failure. Those were expressed by color for easy to observe. After creating new data, all data were tested by bearing degradation detect system, which is a trained CNN, and the result is shown in Fig. 8.

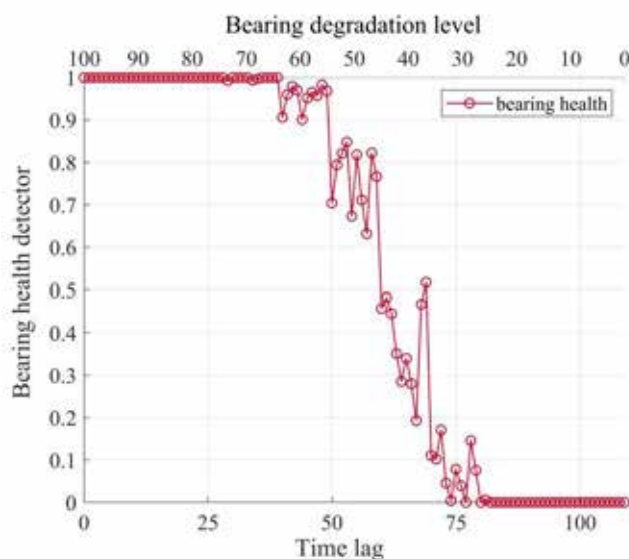


Fig 8. The curve of bearing degradation detection

Fig. 8 expresses the working principle of the bearing degradation detection system. The curve has two horizontal axes and one vertical axis. The vertical axis expresses bearing health detection, whereas the horizontal axes represent bearing degradation levels and time lag. Bearing failure can be early diagnosed using the bearing degradation detection system. In addition, the remaining useful life of the bearing is can be estimated.

## 6. Conclusion

In this research, a bearing degradation detection system of mining shovel’s motor using deep learning was proposed. The CNN was applied as deep learning, and this diagnosis system can influence decreasing downtime of mining shovels. The CNN test result was 100%, which can classify two categories as normal and failure.

Some signal processing was done such as FFT and IFFT for creating data, those represent bearing degradation by 10%. The failure frequency range of bearing was revealed between 410–450 Hz based on

FFT analysis. All data were used for testing bearing degradation diagnosis CNN model, and the result shows it can be used in practice.

## 7. Reference

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

# Sulfur differentiation in the siliceous shales of the Onnagawa Formation by means of new Rock-Eval pyrolysis method: new insights into the hydrocarbon potential and sulfur risk assessment

M a r t i z z i P a o l o <sup>1, 2</sup>、千代延俊<sup>2</sup>、荒戸裕之<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>秋田大学地方創生センター；<sup>2</sup>国際資源学研究科)

[chiyo@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:chiyo@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：Siliceous shales are important targets for hydrocarbon exploration in the North Pacific Sea region. These formations often include organic sulfur-rich kerogen which, due to the different petroleum generation kinetics, can generate oil and gas at lower thermal maturity than organic sulfur-lean kerogens. In this study, twenty samples collected from the Onnagawa Formation siliceous shales at the Oga Peninsula were analyzed with the new Rock-Eval 7S analyzer to differentiate sulfur species, and a new screening parameter named Sulfur Index ( $S_{org}/TOC*100$ ) was used to assess the occurrence of organic sulfur-rich kerogen in these sediments. Our results revealed that the siliceous shales at the Oga Peninsula contain moderate amounts of pyrite sulfur, moderate organic sulfur amounts associated with the reactive portion of the kerogen, and low amounts of sulfate sulfur. Additionally, Sulfur Index ranges indicate that the kerogen of the Onnagawa Formation was enriched in organic sulfur. This sulfur enrichment indicates that the Onnagawa Formation at Oga could generate hydrocarbons at lower thermal maturity than other sediments in the Akita Prefecture.

キーワード：Onnagawa Formation, Organic Sulfur-Rich Kerogen, Rock-Eval 7S, Sulfur Index, Thermal Maturity

## 独自性・実用性：

This study is presenting the results of the application of a newly developed Rock-Eval pyrolysis method to analyze the sulfur species in the organic and inorganic fractions of the Onnagawa Formations sediments. From a methodological point of view, this is one of the few studies that ever applied this method in academia and industry (first in Japan), and it will positively contribute to the improvement and development of this method.

From an applicative point of view, analyzing the sulfur species in sediments is extremely important not only for exploration and production of hydrocarbons at lower depths/temperatures than typical trends, but also to assess potential risk of H<sub>2</sub>S formation from the thermochemical reactions of organic matter and sulfate-bound sulfur during operations such as shale hydraulic fracturing and enhanced oil recovery.



## Introduction

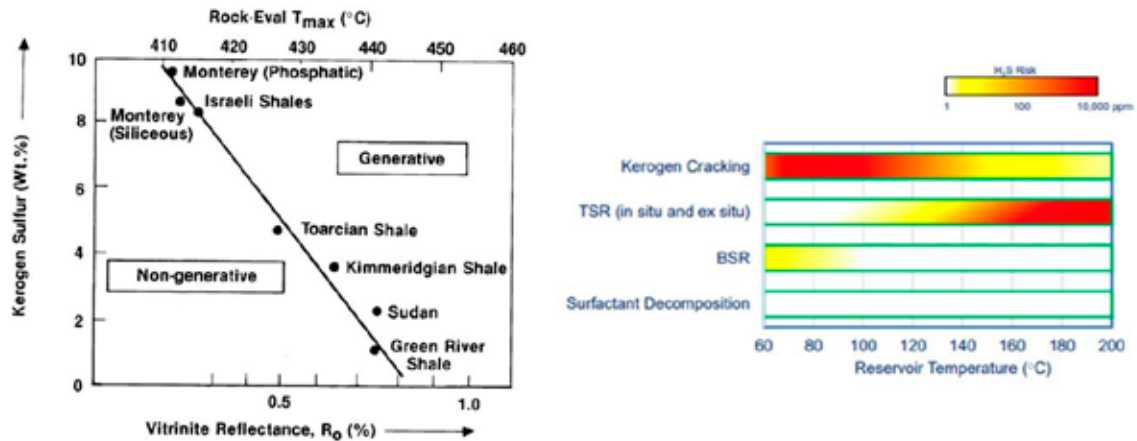


Fig. 1. (A) Relationship between sulfur content in kerogen and thermal maturity in various source rocks (from Baskin and Peters, 1992); (B) Mechanisms of H<sub>2</sub>S formation from sulfur contained in sediments (from Xia and He, 2017).

- Sulfur is present in sediments as Pyrite Sulfur, Sulfate Sulfur, and Organic Sulfur (Sulfur included in kerogen);
- Sediments with sulfur-rich kerogen can generate hydrocarbons at lower thermal maturity than sulfur-lean ones (Baskin and Peters, 1992);
- H<sub>2</sub>S is generated at temperature higher than 60°C from the sulfur contained in kerogen, during the kerogen cracking process.

## Background and Objectives

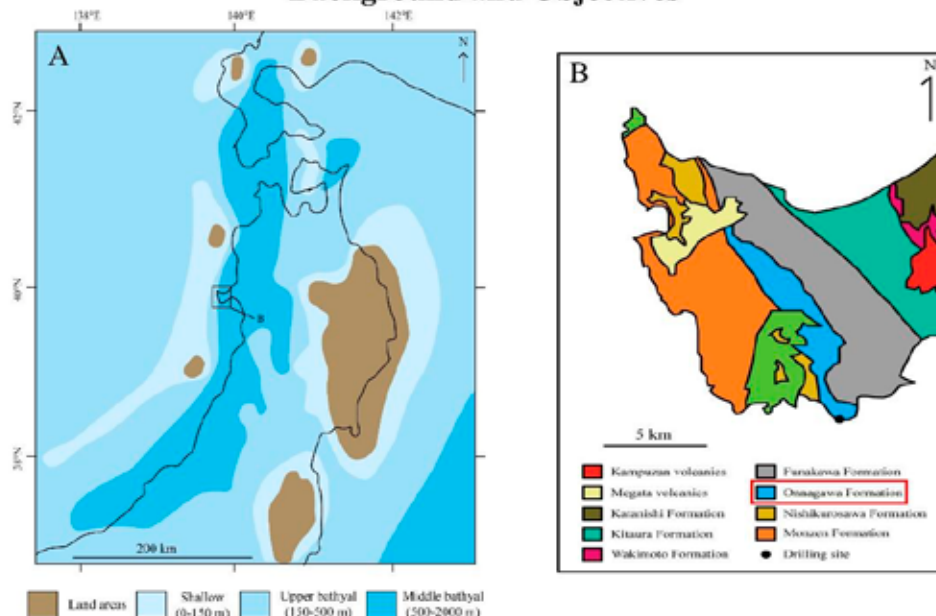
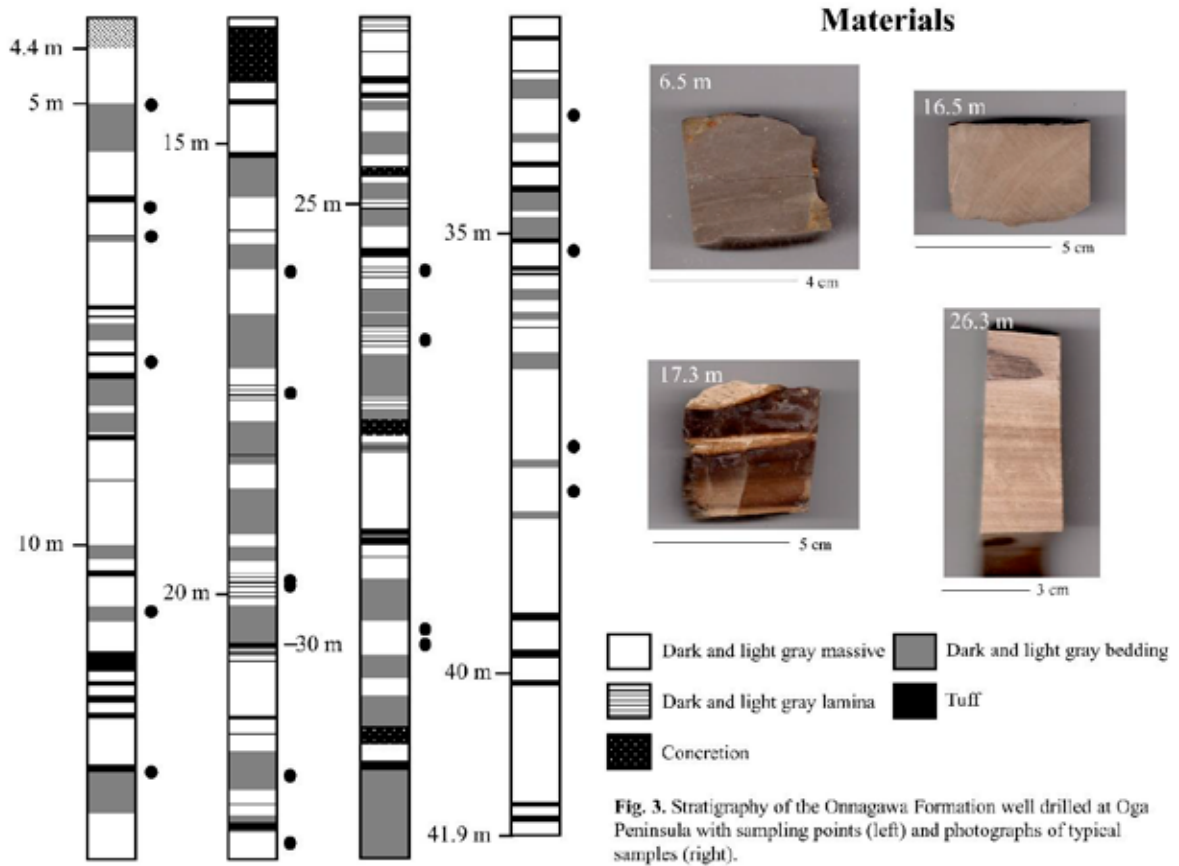


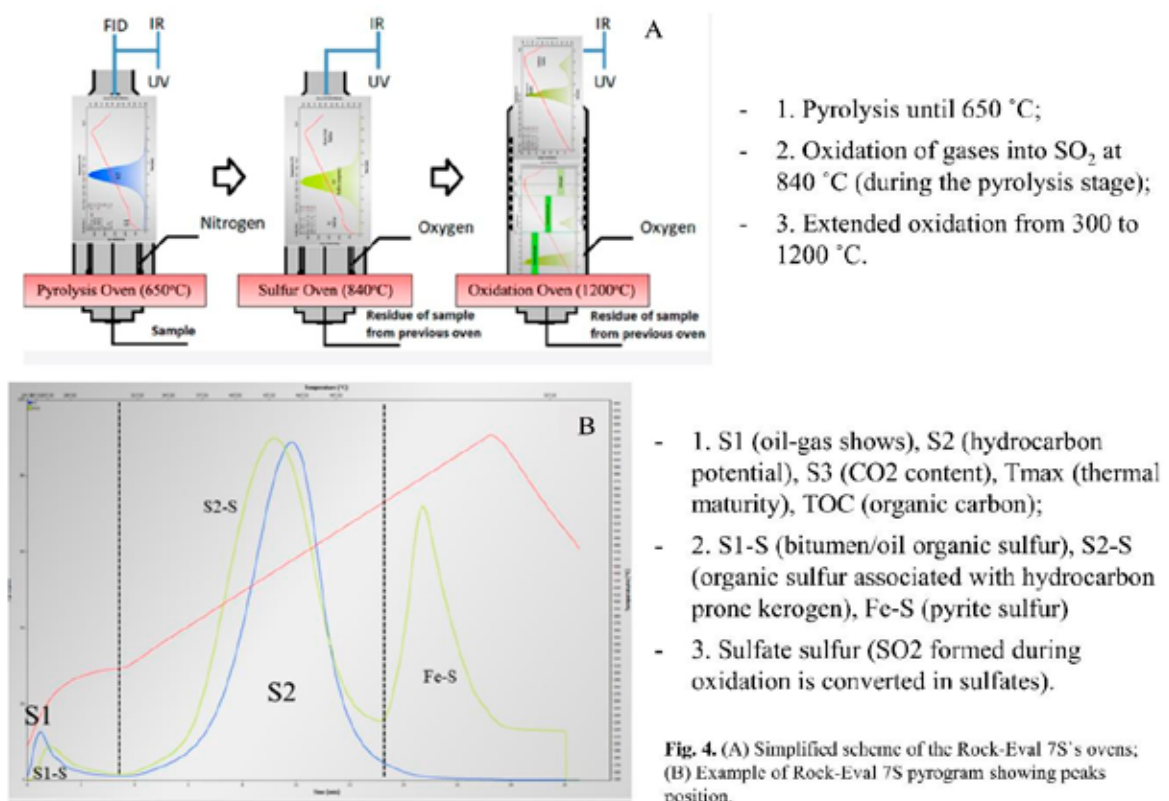
Fig. 2. (A) Paleogeography of northern Japan during the middle-late Miocene (Martizzi et al., 2021); (B) Geological map of Oga Peninsula and location of the drill core used in this study (modified from Kimura et al., 2004).

**BACKGROUND:** Sulfur species types and possible H<sub>2</sub>S formation mechanisms are not assessed in previous studies on the Onnagawa Formation

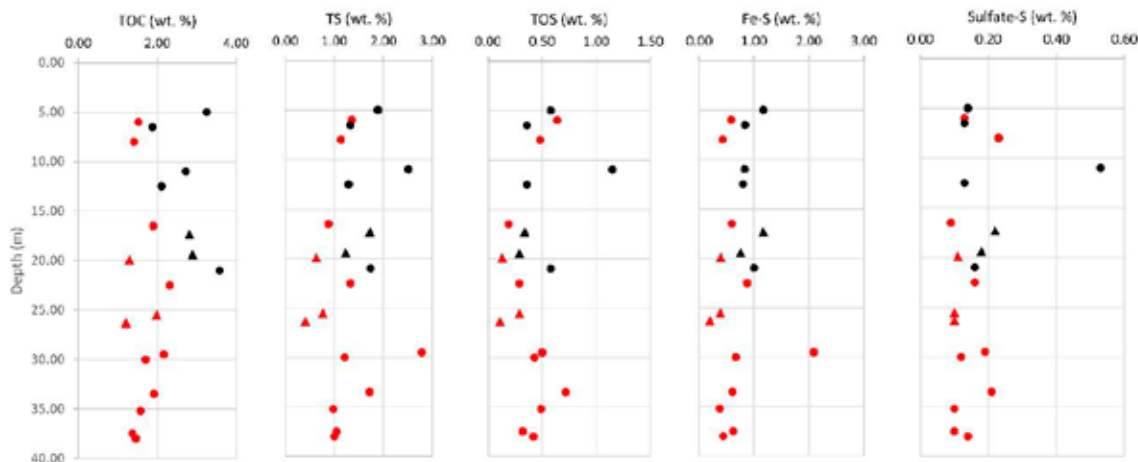
**OBJECTIVES:** (1) sulfur species differentiation and (2) assessment of early oil–H<sub>2</sub>S generation in the Onnagawa Formation at Oga Peninsula using a new method Rock-Eval pyrolysis method.



**Method—Rock Eval 7S**



### Results – Sulfur differentiation



**TOC** = 1.21–3.58 wt. %, higher, in average, in the dark layers than in the light ones. Non-laminated layers did not result richer in TOC than laminated ones;

**TS** = 0.41–2.78 wt. %, no clear trend related with the lithofacies variations;

**TOS** = 0.13–0.72 wt. %, non-laminated layers, in average, richer in TOS than laminated ones;

**Fe-S** = 0.20–2.09 wt. %, variable throughout the formation;

**Sulfate-S** = 0.09–0.53 wt. %, generally low except in one sample.

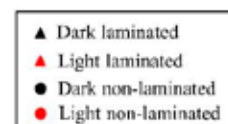
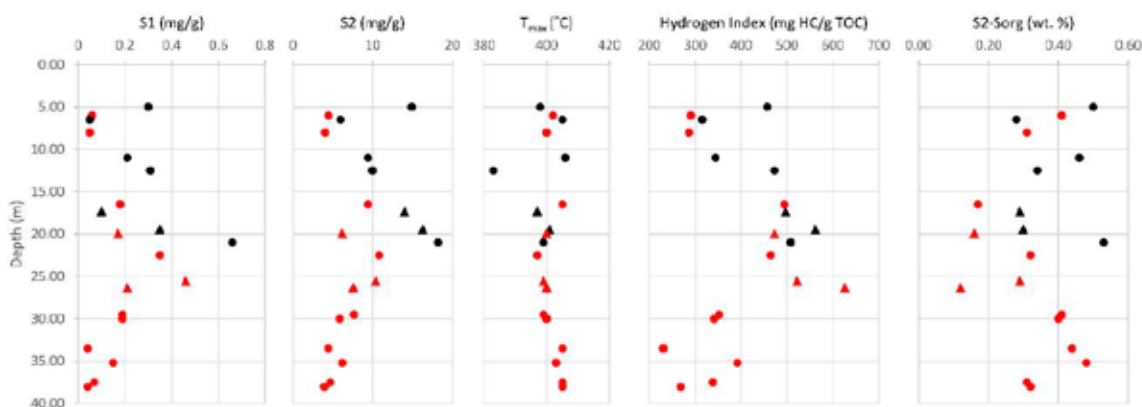


Fig. 5. Vertical distributions of TOC, TS, TOS, Fe-S, and Sulfate-S.

### Results – RE pyrolysis results



- **S1** = 0.05–0.66 mg/g, low quantity of HC in the sediments;

- **S2** = 3.92–18.2 mg/g, fair-very good hydrocarbon potential;

- **T<sub>max</sub>** = 383–406 °C, immature sediments (Peters, 1986);

- **Hydrogen Index** = 231–626, variable throughout the formation;

- **S2-S<sub>org</sub>** = 0.12–0.53 wt. %, a considerable amount of the TOS is associated with the hydrocarbon prone kerogen.

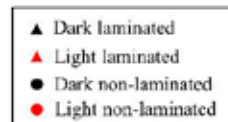


Fig. 6. Vertical distributions of S1, S2, T<sub>max</sub>, Hydrogen Index, and S2-S<sub>org</sub>.

### Discussions – HC potential

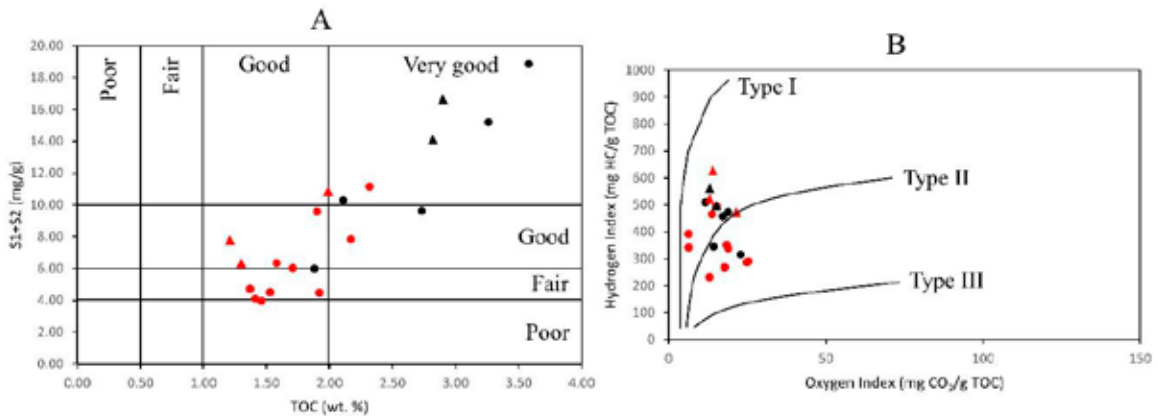


Fig. 7. (A) S1+S2/TOC plot showing the generative potential and organic richness of the Onnagawa Formation; (B) Hydrogen Index/Oxygen Index diagram showing the kerogen type of Onnagawa Formation.

- The combination of S1+S2 and TOC indicate a fair to very good potential for the generation of hydrocarbons;
- Most of the samples are characterized by oil-prone kerogen type II. Samples with relatively low S1+S2 are characterized by mixed kerogen type II-III;
- The shift from kerogen type II to III maybe related to a small increase in terrestrial OM content;

### Discussions – Kerogen type II vs. type IIS

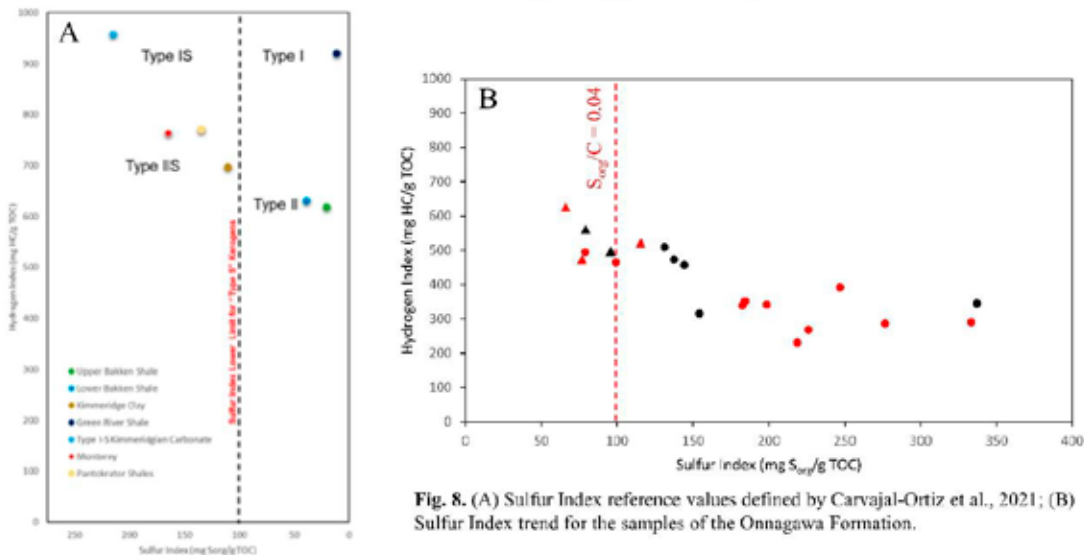


Fig. 8. (A) Sulfur Index reference values defined by Carvajal-Ortiz et al., 2021; (B) Sulfur Index trend for the samples of the Onnagawa Formation.

- Using the Sulfur Index (SI) (pyrolysis organic sulfur/TOC \* 100) by Carvajal-Ortiz et al. (2021) type II ( $S_{org}$ -lean) and type IIS ( $S_{org}$ -rich) kerogens are differentiated;
- $SI > 100$  indicates kerogen type IIS and is equal to  $S_{org}/C$  (wt. % kerogen)  $> 0.04$  and  $> 8\%$  of Sulfur (kerogen-based);
- SI values indicate that a significant number of samples of the Onnagawa Formation at the Oga Peninsula are enriched in sulfur-rich kerogen.

## Discussions – Datasets comparison

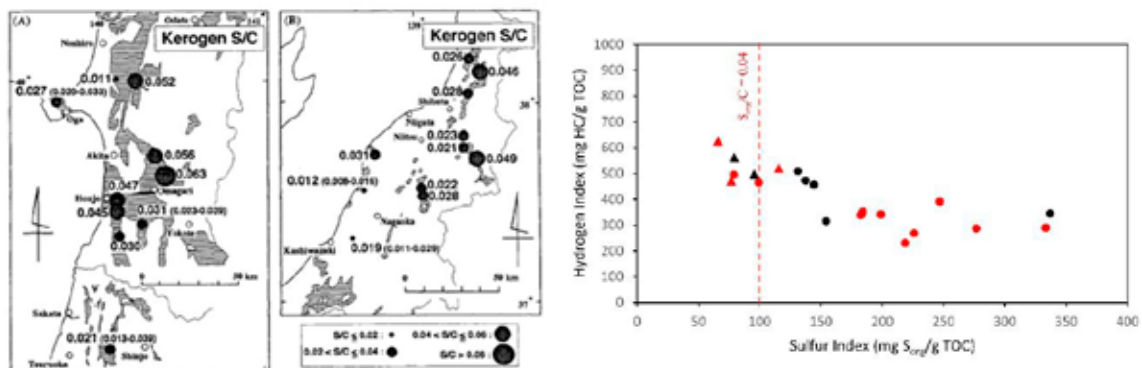


Fig. 9. Comparison between the  $S_{org}/TOC$  from Suzuki et al. (1994) (left) and the Sulfur Index from Onnagawa Formation dataset (right).

- Most of the samples from this dataset have a kerogen with  $S_{org}/C > 0.04$  ( $S_{org} > 8$  wt. %);
- The SI interpretation is comparable with the highest  $S_{org}/C$  measured by Suzuki et al., 1994 and higher than the values previously found at the Oga Peninsula;
- The presence of sulfur-rich kerogen in the studied sediments supports the possibility of early generation of oil from the Onnagawa Formation;
- The  $S_{org}/TOC$  of the Onnagawa Formation is higher than  $S_{org}/C = 0.005$  (ratio equivalent to 10% of  $H_2S$  in natural gas according to Xia and He, 2017), suggesting that consistent contents of  $H_2S$  could be produced due to kerogen cracking.

## Conclusions

- Typical Rock-Eval parameters ( $S1+S2$ , TOC, HI, etc.) indicate a consistent oil potential of the Onnagawa Formation;
- Sulfur Index derived from Rock-Eval 7S analysis indicates that the kerogen was enriched in organic sulfur in most of the analyzed samples ( $SI > 100 = S_{org}/C > 0.04$ );
- When compared with the regional trends, the SI values resulted comparable with the highest values measured in the Akita Prefecture. These data suggest that early oil generation (e.g.,  $T_{max} < 430-435$  °C) could be possible;
- A  $S_{org}/C$  significantly higher than 0.005 suggests the possibility of  $H_2S$  production due to thermal cracking in the Onnagawa Formation.



## 地中熱利用システムにおける地中熱交換器の性能改善に関する研究

津谷 駿介<sup>1</sup>， 藤井 光<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>地方創生センター，<sup>2</sup>国際資源学研究所)

[tsuya@mine.akita-u.ac.jp](mailto:tsuya@mine.akita-u.ac.jp)

概要：本研究では熱交換器の設置面積の削減のために非開削工法で設置する水平型地中熱交換器を提案する。佐賀市において二重層の水平型地中熱交換器を設置し、フィールド試験および数値シミュレーションを通じて同熱交換器の性能について検討した。その結果、掘削孔に0.5 L/min連続注水することで熱交換器の性能が大幅に改善することが推測された。

キーワード：地中熱利用，熱交換器，非開削工法

### 独自性・実用性：

脱炭素化を達成する上で、地中熱利用ヒートポンプシステムは有効な冷暖房システムであり、北海道・東北地方のような寒冷地を中心に普及が進んでいる。しかし、近年熱交換器の設置コストの高さがシステムの普及速度を鈍化させている。非開削工法は本来水道管やガス管の設置に使用される土木技術である。本研究の成果により非開削工法によって安価でかつ高性能な熱交換器を提案できれば、同工法を扱う土木会社において地中熱利用ヒートポンプシステムの施工の事業化、およびシステムの普及促進が期待される。

## 研究背景と目的

### 背景

- 水平型地中熱交換器は従来式の垂直型と比較して設置コストが安価であるが、広大な設置面積を要する。

### 目的

- 必要設置面積削減のため、非開削工法で水平型地中熱交換器を二重層に設置し、同熱交換器の性能を評価する。



## 内容

- フィールド試験
- 二重層GHE（地中熱交換器）の数値モデルの構築
- ケーススタディ
  - 注水量の違い
  - 注水運転条件の違い
  - 熱媒体の違い
- 冷暖房シミュレーション



## フィールド試験地

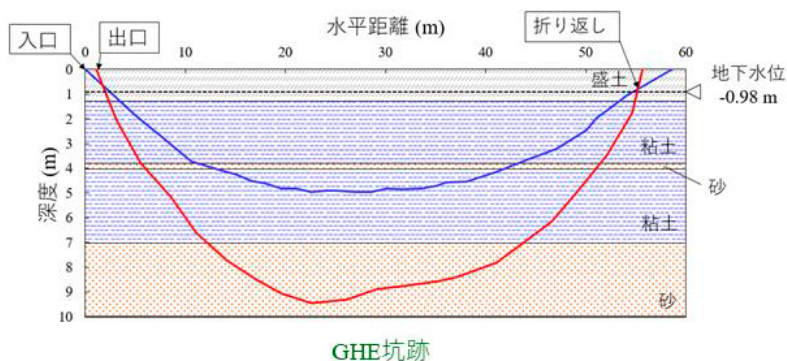
- 佐賀市に位置する株式会社バイオテックスの敷地内に2022年3月にHDD工法を用いて二重層GHEを設置した。

### 掘削孔

- 掘削径 114.3 (mm)
- 掘削長さ 上層 57.8 (m)  
下層 61.1 (m)
- 最大深度 上層 約4 (m)  
下層 約9 (m)

### パイプ

- 材質 高密度ポリエチレン管
- 外径/内径 60 (mm) / 52 (mm)
- 熱伝導率 0.42 (W/m/K)



GHE設置場所

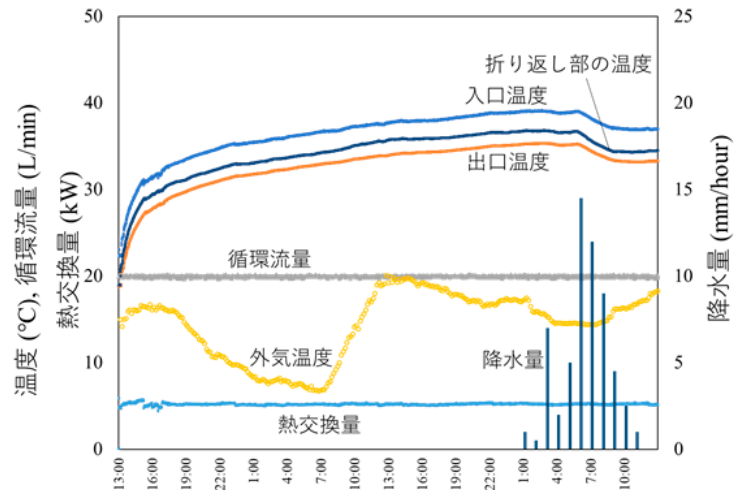


## TRT結果

- 2022年3月に熱応答試験(TRT)を実施した。

### 試験条件

- 試験期間 2 (day)
- 熱交換量 5 (kW)  
43.7 (W/m)
- 循環流量 20 (L/min)
- 循環方向 上層→下層

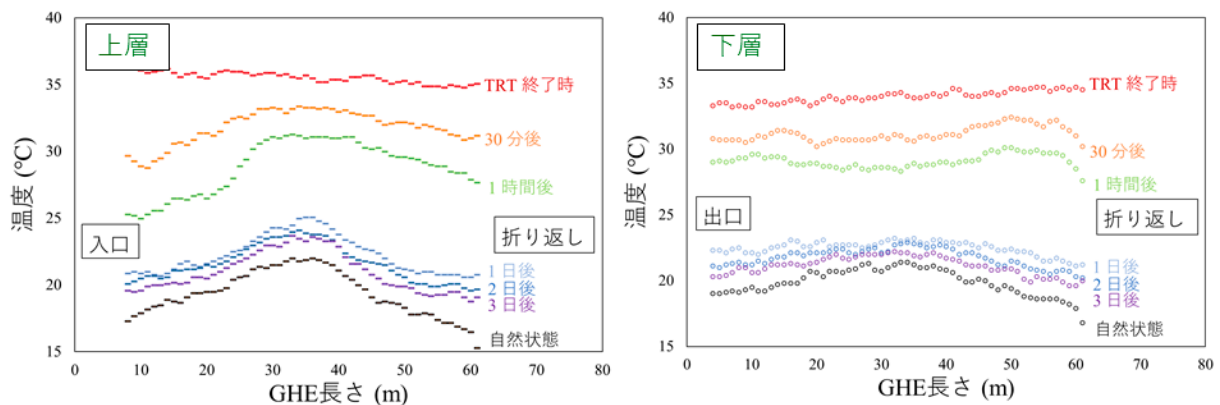


TRTの結果

- TRT後半では降雨の影響によって熱媒体温度が低下した。



## 回復時の温度プロファイル



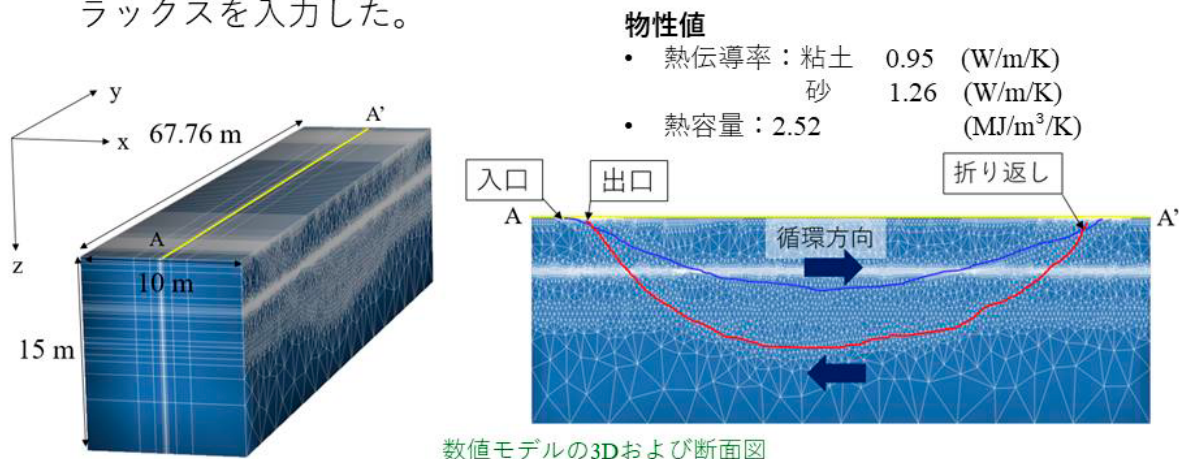
温度プロファイル

- 回復時には上層側の両端が最も温度回復が早かった。
- 地上部の立坑から掘削孔を伝って降雨が流れたと推測される。



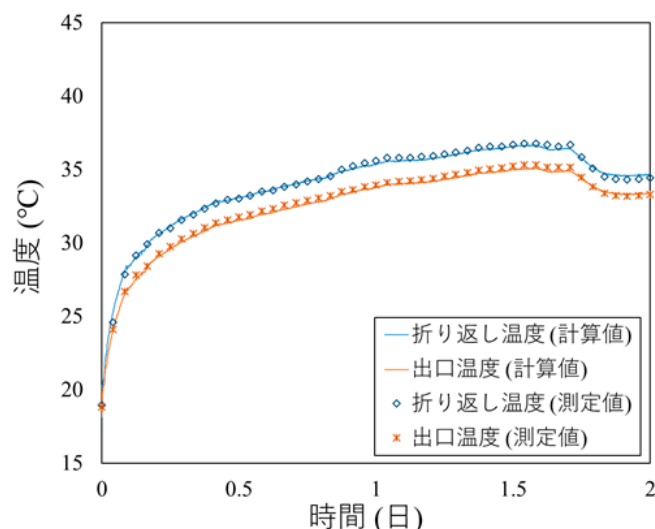
## 数値モデルの構築

- FEFLOW ver. 7.1を用いて二重層GHEの数値モデルを構築した。
- 数値モデルでは実際の坑跡経路や各地層条件を入力することが可能である。
- 地質情報を基に物性値を試行錯誤的に決定した。
- 降水の影響を数値モデル上で再現するために、モデル上面に降水フラックスを入力した。



## ヒストリーマッチング

- TRTで得られた入口温度および循環流量を数値モデルに入力し、出口および折り返し部分の熱媒体温度のヒストリーマッチングを行った。



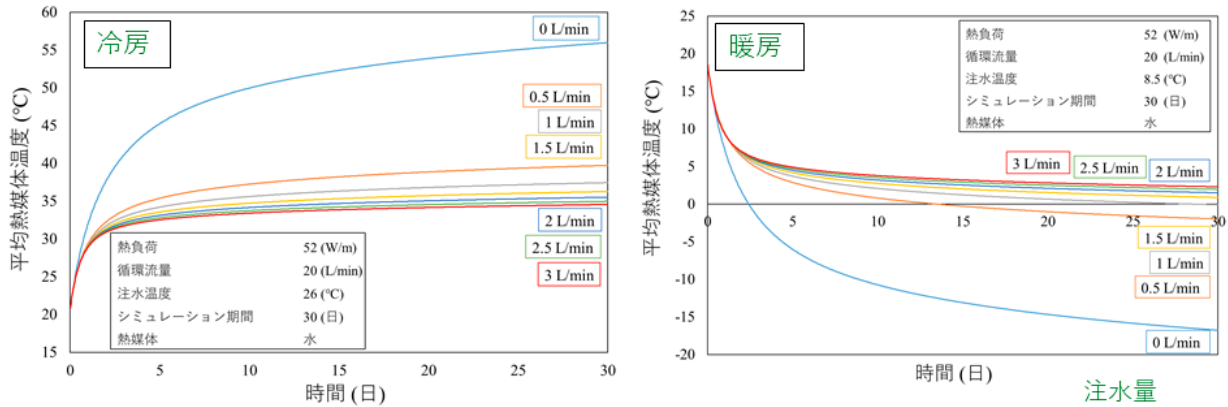
出口温度と折り返し部分のヒストリーマッチング結果

- 各温度の計算値と実測値は良好に一致し、数値モデルの妥当性が確認された。



## 注水量の違い

- 掘削孔(上層側入口部分)への注水量を0.5~3.0L/minの間で変化させた場合の熱媒体温度に与える影響を調べた。



注水量を変化させた時の平均熱媒体温度

- 注水を行わない場合には熱媒体温度が50°Cを上回った。
- 0.5 L/min以上の注水を行った場合には熱媒体温度が40°Cを下回り、注水によって10°C以上改善されたことが分かった。

注水量	
L/min	t/day
1	1.44
2	2.88
3	4.32

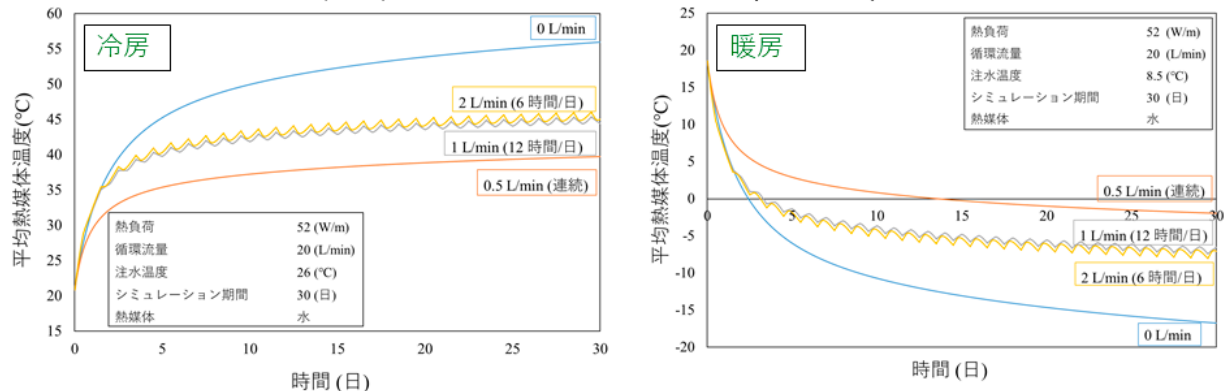


## 注水運転条件の違い

- 注水運転条件を変化させた場合の熱媒体温度に与える影響を調べた。

### 注水条件

- 注水なし
- 0.5 L/min (連続)
- 1.0 L/min (12 時間/日)
- 2.0 L/min (6 時間/日)



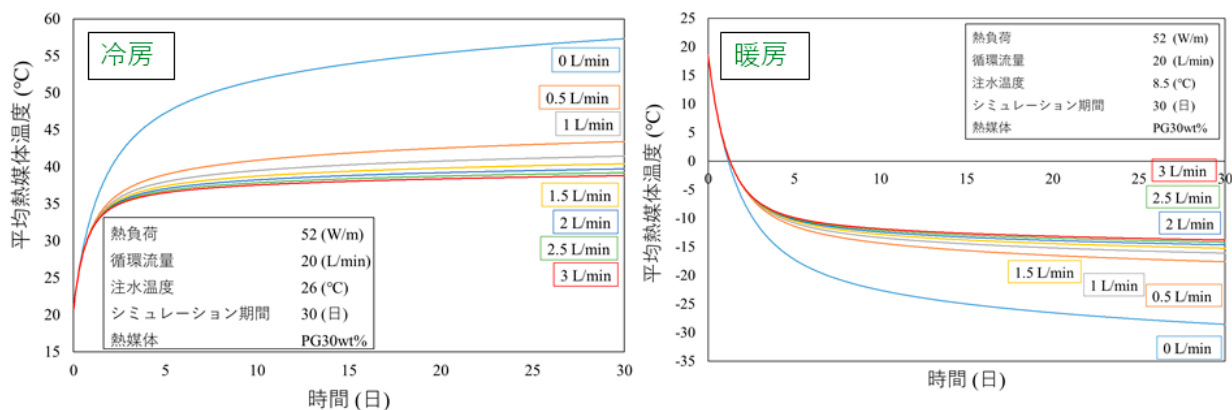
注水運転条件を変化させた時の平均熱媒体温度

- 各ケースにおいて、連続で注水を行った場合(0.5L/min)が最も熱媒体温度の改善効果が高かった。



## 熱媒体の違い

- 循環熱媒体をポリプロピレングリコール 30 wt%に変化させた場合の熱媒体温度に与える影響を調べた。



熱媒体を変化させた時の平均熱媒体温度

- 冷房運転では、水を熱媒として使用した場合と同様の性能であった。
- 暖房運転では層流状態となり、いずれの場合も平均熱媒温度は-10℃以下となった。
- 循環流量を多くしたり、GHE径を小さくして乱流状態にする必要がある。



## まとめ

佐賀県佐賀市に位置する株式会社バイオテックス敷地内にて非開削工法で埋設する二重層GHEを設置し、TRTを行った。以下に知見を示す。

- 試験後半には降雨の影響により熱媒体温度が減少し、試験後の回復時には上層側GHEの両端が最も温度回復が早かった。
- 二重層GHEの数値モデルを構築し、ヒストリーマッチングを通じて数値モデルの妥当性が確認された。
- ケーススタディを通じて、注水を行うことにより熱交換器の効率の大幅な改善につながると考えられた。





## Various styles of Neogene gold mineralization in northern Northeast Japan arc

Y. Watanabe, Y. Konuma, K. Hirata and H. Izawa (国際資源学研究科)

Bounliyong Patthana (地方創生センター)

[y-watanabe@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:y-watanabe@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：秋田県内の金属鉱山のレアメタル資源の再評価を行うことを目的とし、黒鉱、鉱脈鉱床の地質、年代、鉱化作用に関する調査研究を実施した。その結果、秋田県周辺地域の金鉱化作用には、黒鉱の風化、浅熱水鉱液の沸騰、浅熱水鉱液の酸化等、様々な要因があることが明らかになった。

キーワード：金鉱化作用、黒鉱、風化、沸騰、酸化

### 独自性・実用性：

本研究で高い金鉱化ポテンシャルが見出された坊沢鉱床で、外資探鉱企業が探鉱鉱区を獲得、資源地球科学専攻鉱物資源・テクトニクス研究室の協力のもと、本格的な探査活動を開始した。

The Neogene of the Northeast Japan arc yields mainly base-metal rich hydrothermal deposits, which contrast to the dense distribution of precious-metal deposits in northeastern Hokkaido, Izu peninsula and Kyushu. Nevertheless, some of the deposits in the arc were mined for gold and silver, although their deposit types and styles, as well as occurrence of gold have not been well described. We re-examined the Bosawa, Akaishi and Hata deposits in the northern part of the arc (Fig. 1) and describe their types and styles as well as geological environments.

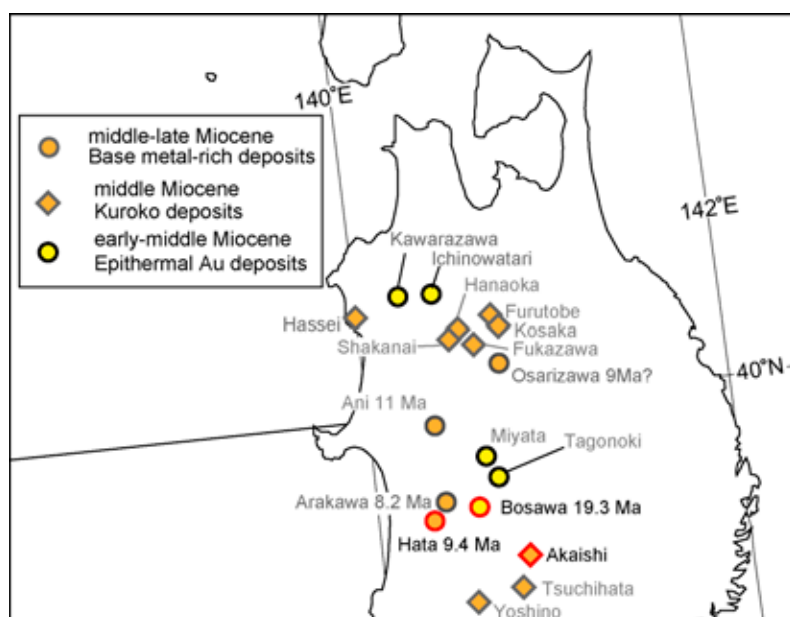


Fig. 1 Distribution of hydrothermal deposits in the northern Northeast Japan arc.

The Bosawa deposit consists of gold-bearing quartz veins, hosted in the early Miocene volcanic rocks. The main ore minerals, gold and argentite, occur in banded quartz with adularia and bladed quartz, typical of low sulfidation epithermal deposit

(Table 1). Hydrothermal alteration associated with the mineralization is characterized by illite and adularia, overprinted by kaolinite. Vermiculite is widely detected in the host rocks, which indicates weathering in subaerial environment after the mineralization.

The Akaishi deposit consists of stockwork veins and massive ores, rich in sphalerite, galena and chalcopyrite cemented with barite and quartz. The oxygen and sulfur isotopes of barite indicate that the sulfate was derived from seawater. The orebody of the deposit is inclined nearly vertically, and the uppermost part of the orebody has been eroded and weathered with vermiculite formation. This again suggests weathering in subaerial environment. Gold was mainly recovered from this weathered part of the orebody.

The Hata deposit is hosted in middle to late Miocene sedimentary and volcanoclastic rocks. The deposit consists of base-metal rich lower orebodies and barite-rich upper ones that contain argentite-bearing quartz veinlets. Mineral paragenesis of the deposit indicates that gold mainly precipitated at the latest stage of the base-metal mineralization. The oxygen and sulfur isotopes of barite indicate seawater origin for sulfate. We interpret that the gold mineralization occurred during a rapid oxidation of the ore fluid due to mixing of a deep-sourced fluid with seawater.

In summary, gold mineralization associated with the Miocene hydrothermal deposits in the arc is quite variable in type; low-sulfidation epithermal (Bosawa), Kuroko (Akaishi) and base-metal rich epithermal (Hata), and was triggered by fluid boiling (Bosawa), weathering (Akaishi) and fluid oxidation (Hata).

Table 1 Characteristics of the Bosawa, Akaishi and Hata deposits

	Bosawa	Akaishi	Hata
Type	LS epithermal	Kuroko	Base-metal rich epithermal
Style	vein	stockwork, massive	stockwork
Ore minerals	gold, argentite	sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite	sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, argentite, gold
Gangue minerals	quartz, adularia, calcite	barite, quartz	quartz, barite
Alteration minerals	illite, kaolinite	chlorite, illite	illite, barite
Weathering minerals	vermiculite	vermiculite	none
FI temperature	Not available	220-232°C	177-230°C (upper) 210-250°C (lower)
Salinity (NaCl eq.)	Not available	5.9-7.9 wt.%	2.9-6.0wt% (upper) 5.3-6.2wt% (lower)
Ore grade	7.0g/t Au, 14.9g/t Ag (1936-1957)	4.6g/t Au, 9.4% Cu (1946-1955)	Au 1.7g/t, Ag 70g/t, Cu 0.5%, Pb 3.8%, Zn 6.5% (1954)
Age	early Miocene (19.3 Ma*)	middle Miocene	late Miocene (9.4 Ma**)
Associated magmatism	dacite, rhyolite	rhyolite	dacite
Environment	subaerial	submarine	submarine

\* Suzuki et al. (2020), \*\* MITI (1986)

#### References

- MITI (1986) Report on Regional Survey in the Tazawa district during the fiscal year Showa 60. Ministry of International Trade and Industry, pp. 151 (in Japanese).
- Suzuki, T., Satori, S., Fujimaki, Y., Watanabe, Y. (2020) Early Miocene metallogenic event formed the Bosawa low-sulfidation epithermal gold deposit, Northeast Japan arc. *Resource Geology*, 70(4), 378-388.

## 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](mailto:yusato@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：無機半導体をベースとする各種の光電変換デバイスは高性能・高信頼性の特徴を持っているが、主に基板面積が限られかつ高コストの単結晶基板を利用した結晶成長技術により形成される。これに対し当研究グループでは、新たに低コスト太陽電池への適用で実績のある多結晶シリコン（Si）を基板として窒化物半導体ナノ柱状結晶群を形成する技術を開発した。

### 独自性・実用性：

当該技術により、低コストかつ大面積対応可能な各種の高性能・高信頼性の光電変換デバイスを実現できる可能性が高まった。その基礎となる光電変換デバイスの一例として、多結晶 Si を基板として形成した発光ダイオード（LED）が、単結晶基板を用いた場合と同様に得られることが明らかになった。

今後は、このような発光デバイスや太陽電池などに関する新たな展開を目指して研究を進めていく。また、多結晶 Si 基板の材料自体の開発も進めていく。

佐藤，齋藤，窒化物半導体の製造方法 特許 第 7011278 号

佐藤，齋藤，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

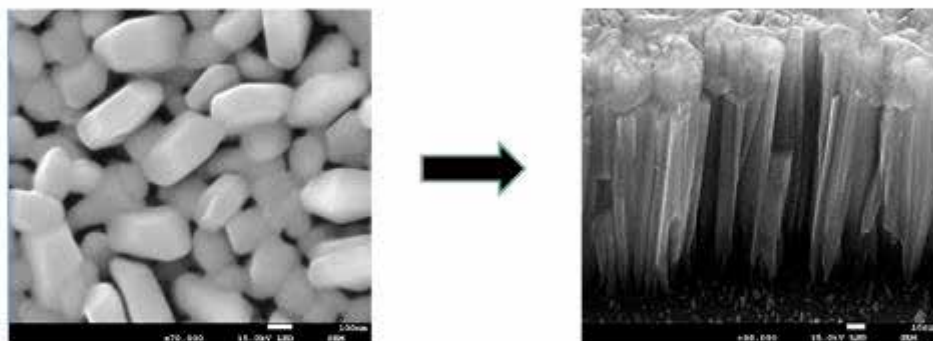
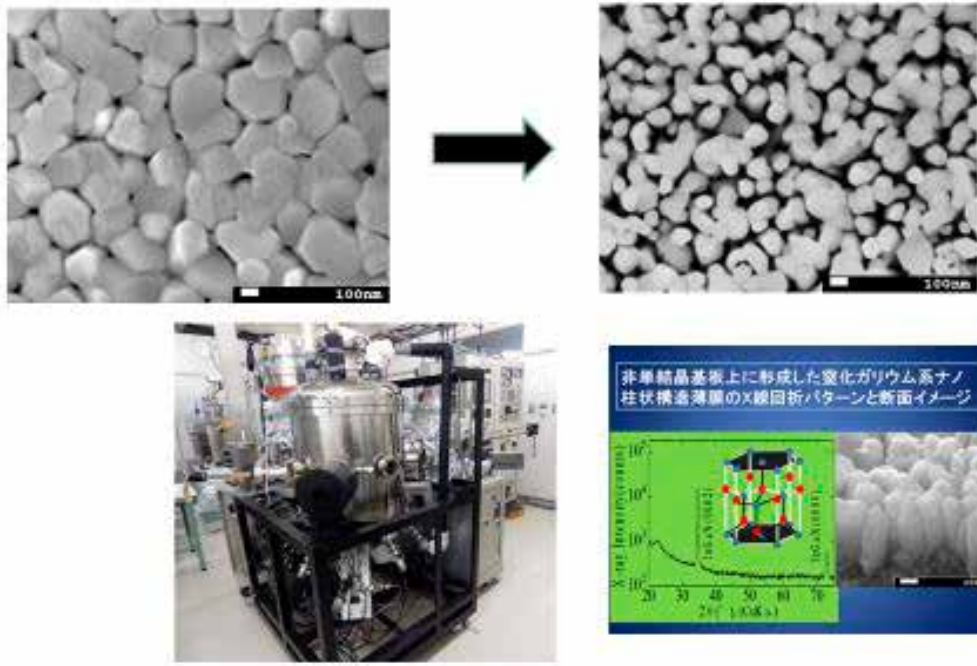
特願 2019-210212

本技術は、任意の組成の窒化物半導体ナノ柱状結晶群による省電力および大面積化が可能、かつ高輝度高安定性の面型照明デバイスや高表示性能高信頼性のディスプレイなどを、低コストかつ大面積対応可能な多結晶Si基板の上に直接形成することが可能な技術である。

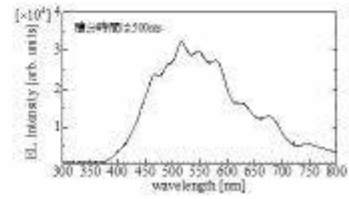
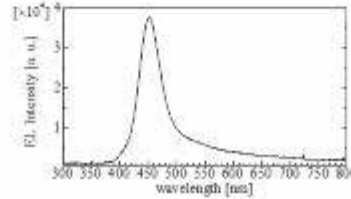
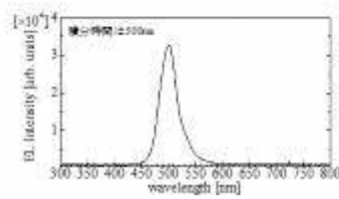
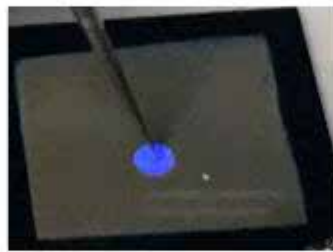
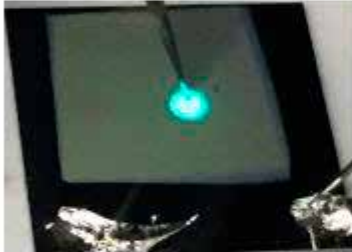
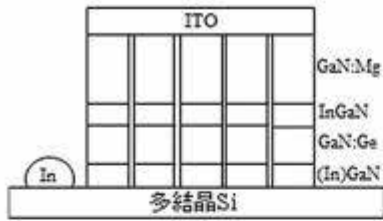
1

- ・ミニLEDディスプレイから大面積型マイクロLEDディスプレイへ  
（個別LED実装型から大面積モノリシック型へ）
- ・点光源型照明からストレスフリーの柔らかな面光源型照明へ  
→大面積対応可能な基板(多結晶または非晶質)上への成長

2







5

- 任意の組成の垂直配向した窒化物半導体ナノ柱状結晶群を多結晶Si基板上に直接成長できる。
- 上記により、各種の省電力および大面積化が可能な窒化物系光電変換デバイスが形成しやすくなる。
- 現時点では可視単色光および白色光の発光デバイスが上記基板上に直接得られている。

6

従来、低コストかつ大面積化が可能な多結晶Si基板の上には標記のような窒化物半導体ナノ柱状結晶群による光電変換デバイスを直接形成した例はなかった。

この技術により標記のような省電力および大面積、かつ高性能高信頼性の光電変換デバイスが実現される可能性が出てきた。

7

- 高輝度長寿命大面積面型照明
- 高表示性能超薄型ディスプレイ
- 高効率低コスト太陽電池
- その他

8

# 1. 4GPa 級焼戻し鋼のFSW継手の機械的特性

宮野 泰征、花井 惇弥

(理工学研究科)

[y.miyano@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:y.miyano@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：近年、元素戦略と燃費向上による環境負荷低減実現を目的に、輸送機器に適用する構造材料の高強度・高靱性・軽量化に向けた研究が展開されている。なかでも、合金元素としての積極的な炭素利用に着目した鉄鋼材料の革新技術の確立は、我が国の元素戦略上の重要課題の一つとして注目されている。この課題の実現には、溶融溶接プロセス適用時の熱履歴により機械的特性の劣化が誘引される炭素鋼に対し、代替可能・有効な接合プロセスの充実が求められる。我々は、中・高炭素鋼に対し、非溶融接合プロセスの一つである摩擦攪拌接合を適用した際の接合特性について検討を展開している。本研究では、JIS-S45C を対象に摩擦攪拌接合試験を実施した際の、接合パラメータと機械的特性の相関について検討した結果について報告する。

キーワード：摩擦攪拌接合、構造材料、調質鋼板

**独自性・実用性：**摩擦攪拌接合は、接合ツールと呼ばれる回転工具を高速回転させ、ツール/材料間に発生する摩擦熱により材料を軟化・塑性流動させ、接合を実現する固相接合プロセスである。巨大電力の使用、金属蒸気、炭酸ガスなどの環境影響の低減を期待できるほか、接合プロセス中の温度の制御性も極めて大きいという特性を有する。

炭素鋼は組織制御を利用した機械的特性の向上に優れる材料であるが、こういった特性は溶融溶接などのプロセスを経ることで劣化してしまう場合がある。炭素鋼の有効活用のためには、接合技術の革新も重要な課題と位置づけられる。本研究では、炭素鋼を対象に非溶融の接合プロセスを適用した場合の継手特性評価を目的としたもので、入熱量と継手機械的特性に関する系統的知見の獲得を目指す。

## 1. 緒言

近年、構造材料の軽量化を目的に鉄鋼材料の高強度・軽量化を目指した材料開発が注目されている。著者らは、中高炭素鋼に非溶融接合（摩擦攪拌接合）を適用した場合における、接合継手の機械的特性と組織の関係解明を目的とした基礎研究を行っている。本報では、JIS-S55C を 1.4GPa 相当に調質した鋼板に対し摩擦攪拌接合を適用した結果について報告する。

## 2. 実験方法

供試鋼には JIS-S55C を調質し引張強度を 1.4GPa 相当とした薄鋼板を使用した。150<sup>L</sup>×28<sup>W</sup>×1.6<sup>T</sup> mm の板材を対象に、突合せ条件で摩擦攪拌接合試験を実施した。WC 製ツール（シオルダ：φ12 mm，プローブ：φ4 mm）を使用した。位置制御機能を有する摩擦攪拌接合装置を使用し、回転速度と接合速度をそれぞれ 100～400 rpm、100～400 mm/min の範囲で変化させ、入熱量の異なる継手を作製するための接合試験を実施した。接合中の入熱量を赤外線放射熱画像解析装置により評価した。

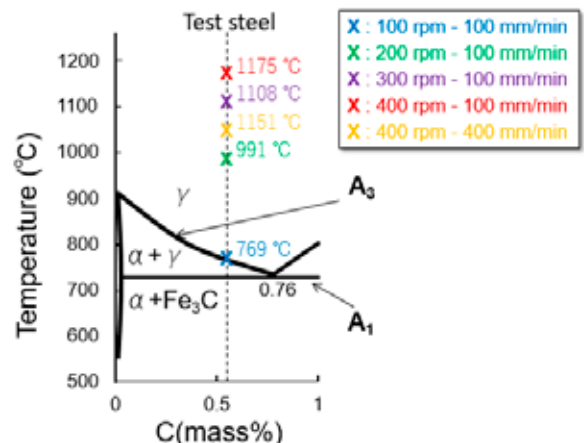


Fig. 1 各接合条件における接合最高温度

継手作製後、光学顕微鏡による接合部断面観察、およびFE-SEM/EBSDによる接合部の微細組織観察、結晶粒界解析を行った。接合線に垂直な接合断面を対象にビッカース硬さ測定を行った。攪拌部を標点区間に設定した試験片を対象に引張試験を行った。試験時の温度は常温、クロスヘッドスピードは1.0 mm/minとし、試験中の変形挙動を高速カメラで撮影し、デジタル画像相関法(DIC)を用い、応力-ひずみの相関、局所変形の分布を評価した。

### 3.実験結果と考察

#### 3.1 摩擦攪拌接合温度測定

接合材表面に接したツールショルダ表面を対象に、摩擦攪拌接合中の最高到達温度を赤外線放射熱画像解析装置により測定した。Fe-Fe<sub>3</sub>C状態図上に接合最高温度を整理したものをFig.1に示す。400 rpm-100 mm/minの条件で1175℃と最も高く、300 rpm-100 mm/minで1108℃、400 rpm-400 mm/minで1051℃、200 rpm-100 mm/minで991℃、100 rpm-100 mm/minで769℃となり、総じて回転速度の増加に接合温度の大きさが良く反映される傾向が確認された。

#### 3.2 接合部断面マクロ観察

接合断面の光学顕微鏡（デジタルマイクロスコープ）によるマクロ組織観察結果をFig.2に示す。攪拌部は全ての条件で裏面に到達している様子が確認された。いずれの断面もキッシングボンド、あるいはボイドなどの欠陥がない健全な組織が形成されている。回転速度が小さい100 rpm-100 mm/min、接合速度が大きい400 rpm-400 mm/minの各条件では、裏面側の攪拌領域が狭くなる傾向が顕著であり、それぞれ入熱が抑制気味であったこと、接合プロセス中の表面側と裏面側の温度勾配が大きくなったことを示唆している。本検討で設定した接合条件においては、攪拌部内には組織の変遷を示唆する色調の遷移の現出や、ツール摩耗を示唆するバンド組織の形成は見られなかった。

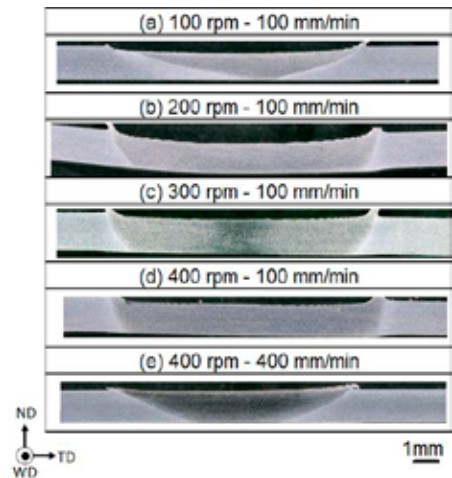


Fig.2 各接合条件で得られたFSW継手の断面マクロ像

#### 3.3 ビッカース硬さ測定

接合継手断面 Fig.3 に各接合条件で得られたFSW継手断面のビッカース硬さの分布を示す。硬さ分布は260HV~450HVの領域を10階調の色調で区分したカラー二次元マップとしている。接合界面を中央に配置し右側が前進側(A.S.)、左側が後退側(R.S.)に対応している。攪拌部から十分に遠い位置に存在する領域を母材領域と捉えると、母材の硬さは約400HV程度であることが確認できる。400 rpm-400 mm/minの条件では、攪拌部中心では母材に対して250 HV程度の硬化が確認されたが、他の条件では、むしろ攪拌部の方に母材よりも約50~100HV程度軟化する傾向が確認された。また、全ての接合条件で攪拌部外縁付近にHAZ軟化を示唆する領域が形成されていた。ただし、300 rpm-100 mm/minの条件では、このような軟化域の分布が、他の条件に比べてやや狭くなる傾向を示した。

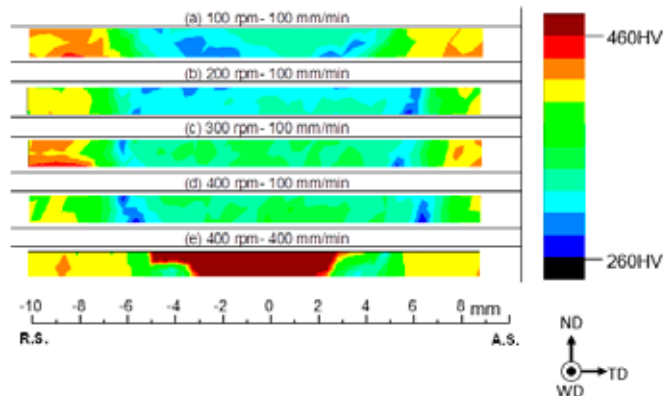


Fig.3 各接合条件で得られたFSW継手断面のビッカース硬さ分布

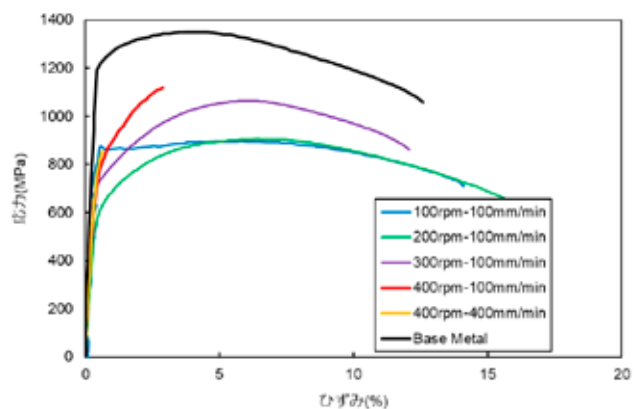


Fig.4 各接合条件で得られた摩擦攪拌接合継手を対象とした引張試験の結果

### 3.4 引張試験

Fig. 4 の応力ひずみ線図に継手の応力ひずみ線図を示す。延性破壊的な挙動を示す 300 rpm 以下の接合条件と、脆性破壊的な挙動を示す 400 rpm 以上の接合条件との違いが明確に示される。継手効率が母材引張強度比 70% を超えた 300 rpm - 100 mm/min と 400 rpm - 100 mm/min の条件は、いずれも接合温度が高い値を示した条件であった。低温を志向した接合パラメータ：100 rpm - 100 mm/min の条件や、大きめの冷却速度を志向した 400 rpm - 400 mm/min の条件は、継手効率の確保には優位にはならなかった。

### 4. 結言

300 rpm - 100 mm/min の条件で得られた継手は、引張、伸びの双方で母材の性能を良く維持していることを確認した。

### 謝辞

本研究の成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものである。

## Geochemical characteristics of the black and yellow ores at the Ezuri deposit, Akita, Japan

Apivut Veeravinantanakul<sup>1,2</sup>, 高橋 亮平<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 秋田大学地方創生センター, <sup>2</sup> 国際資源学研究科)

[apivut.v@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:apivut.v@gipc.akita-u.ac.jp)

概要 : This research aimed to reveal the geochemical characteristics of black and yellow ores in the Ezuri deposit based on the petrography and bulk-geochemistry and sulfur isotopes. The ores in the deposit consist of very fine- to coarse-grained sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, tennantite-tetrahedrite, quartz and barite. We carried out bulk chemical analysis on the black and yellow ores using atomic absorption spectroscopy for copper, zinc and lead and inductively coupled plasma mass spectrometry for gold and silver. The average metal contents of the ores studied are 24.8 wt% Zn, 5.4 wt% Pb, 2.4 wt% Cu, 1.3 ppm Au and 502 ppm Ag. Positive correlation between Cu and Ag, Zn and Ag, and Au and Ag were observed. The  $\delta^{34}\text{S}$  values of sulfide minerals range from -2.5 to +4.7 ‰, similar to that of magmatic sulfur, while that of barite range from +21.0 to +21.3 ‰, similar to that of seawater.

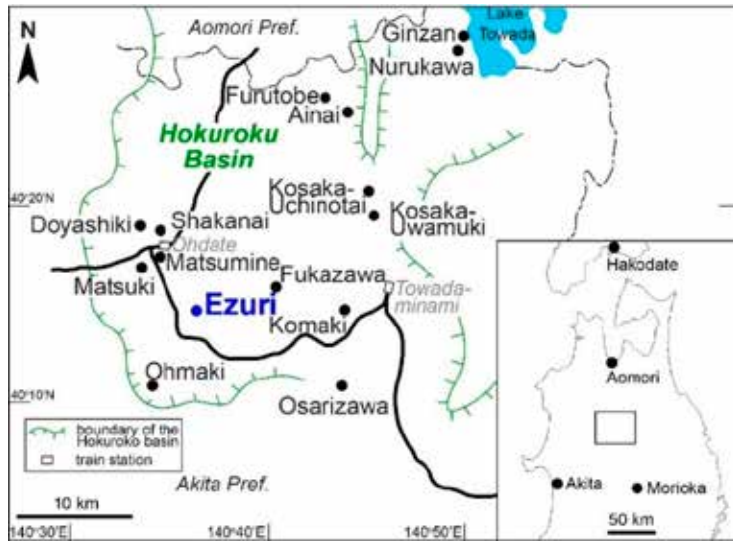
キーワード : Ezuri, Kuroko, Hokuroku, Sulfur isotopes

### 独自性・実用性 :

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



## Introduction



### Histories

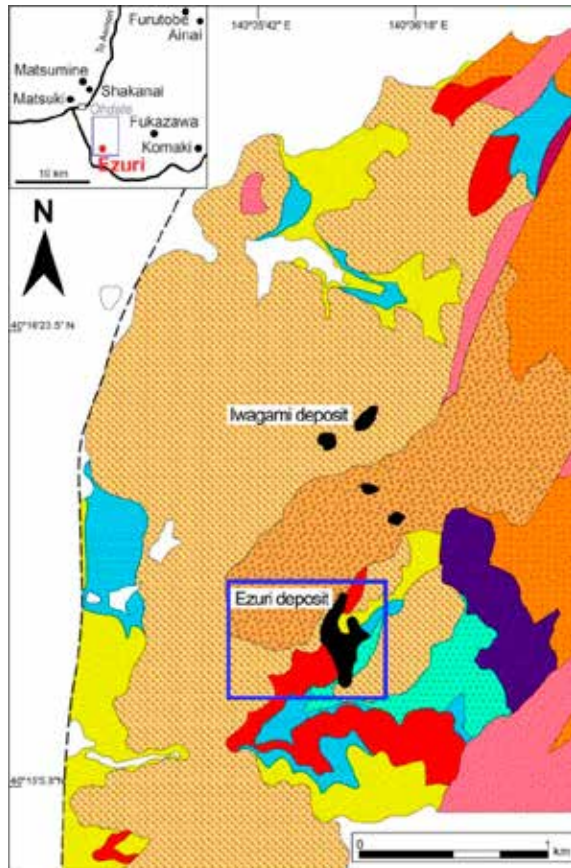
- *First exploration:* 1977 after the discovery of Fukazawa deposits (Ishikawa et al., 1980; Sato and Sasaki, 1980; Nakajima, 2006).
- *Evaluated ore grade:* 9.0-9.3 wt% for zinc, 3.0-3.2 wt% for lead, 1.3-1.7 wt% for copper, 140-200 g/t for silver, and 1.4-1.7 g/t for gold (Nakajima, 1989).
- *Mine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

Fig. 1. A location map of the Ezuri mine (modified from Kitazono and Ueno, 2003; Komuro and Kajiwara, 2004).

### Objectives

1. To reveal the characteristics of Kuroko ores at the Ezuri deposit
2. To determine the condition of ore formation of Kuroko ores at the Ezuri deposit

## Geological background



The Hokuroku basin was formed by continued extension of tectonic activity associated with the opening of the Japan Sea during Miocene period (Jolivet et al., 1994; Horikoshi, 1990; Urabe, 1987; Tamaki et al., 1992).

The Ezuri deposit is located southwest of the central part of the Hokuroku basin in Northeast Japan (Fig. 1). The Ezuri deposit is surrounded by Miocene intrusive, volcanic and pyroclastic rocks, and mudstone (Fig. 2; Ishikawa et al., 1980). These rock facies are categorized into pre-Kuroko formation, which is Yukisawa Formation, and post-Kuroko formation, including Kagoya and Shigenai Formations (Fig. 2; Ishikawa et al., 1980; Sato and Sasaki, 1980; Yamada and Yoshida, 2013).



Fig. 2. Geological map of the Ezuri deposit and surrounding area (modified from Ishikawa et al., 1980; Yamada and Yoshida, 2013).

## Sample locations

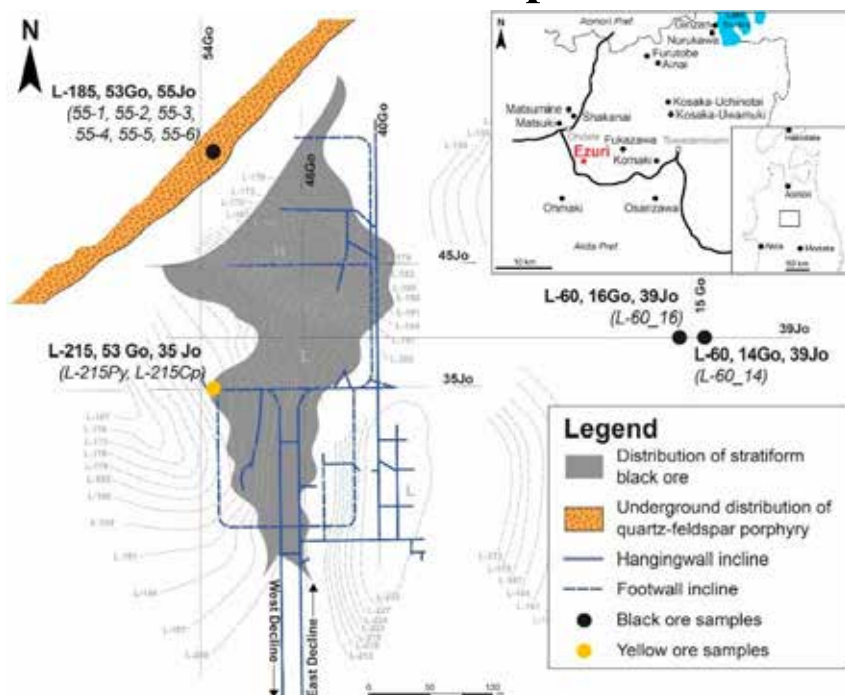


Fig. 3. A schematic map showing the distribution and shape of an ore body of the Ezuri deposit (modified from Sato and Sasaki, 1980; Ono and Sato, 1995). The contours are the partitions of the upper surface of the stratiform black ore in the mine (Komuro and Kajiwara, 2004; Sato and Sasaki, 1980). The small map shows the location of the Ezuri mine (modified from Komuro and Kajiwara, 2004). Black and yellow dots are the sampling locations of black and yellow ores, respectively.

## Petrography

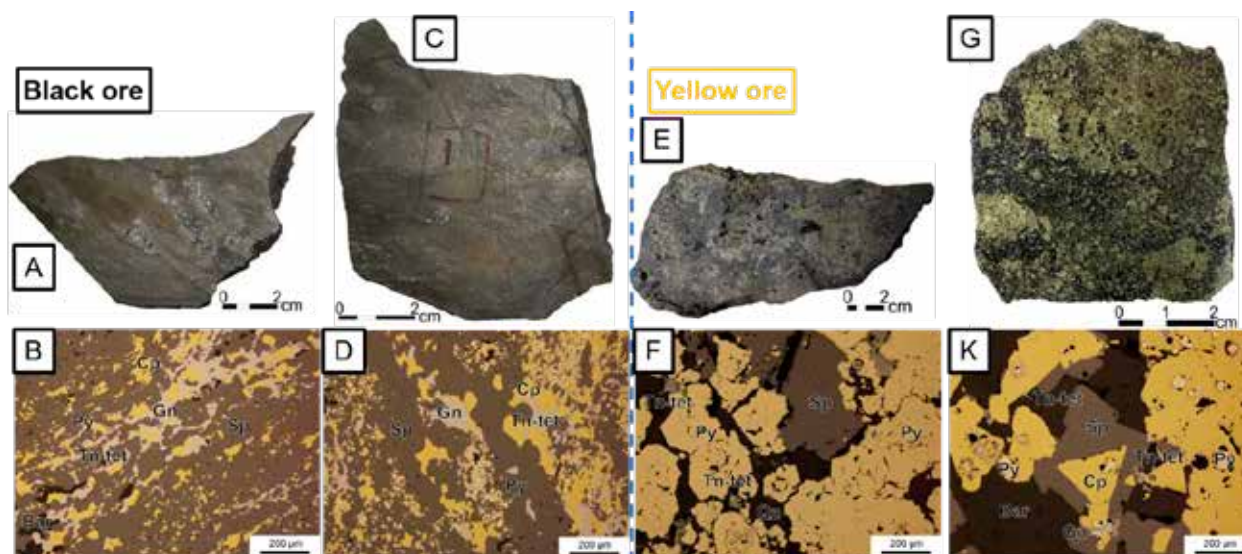


Fig. 4. (A, D, G and J) Hand specimens of black and yellow ores. (B and E) Photomicrographs showing massive anhedral sulfides in samples (B) L60\_14 and (D) L60\_16, and (F and K) massive euhedral to subhedral sphalerite, chalcopryrite and pyrite and anhedral pyrite, galena and tennantite-tetrahedrite in samples (F) L215Py and (K) L215Cp. (Bar = barite, Cp = chalcopyrite, Gn = galena, Py = pyrite, Qz = quartz, Sp = sphalerite and Tn-tet = tennantite-tetrahedrite)

- Black ores (Figs. 4A - 4D):
  - Mineral grain size: 5 to 300  $\mu\text{m}$ , with an average of 150  $\mu\text{m}$
  - Mineral compositions: sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite and minor tennantite-tetrahedrite, barite

- Yellow ores (Figs. 4E – 4K):
  - Mineral grain size: 5 to 600  $\mu\text{m}$ , with an average of 400  $\mu\text{m}$
  - Mineral compositions: chalcopyrite, pyrite and minor sphalerite, galena, and tennantite-tetrahedrite, quartz and barite

## Bulk geochemistry

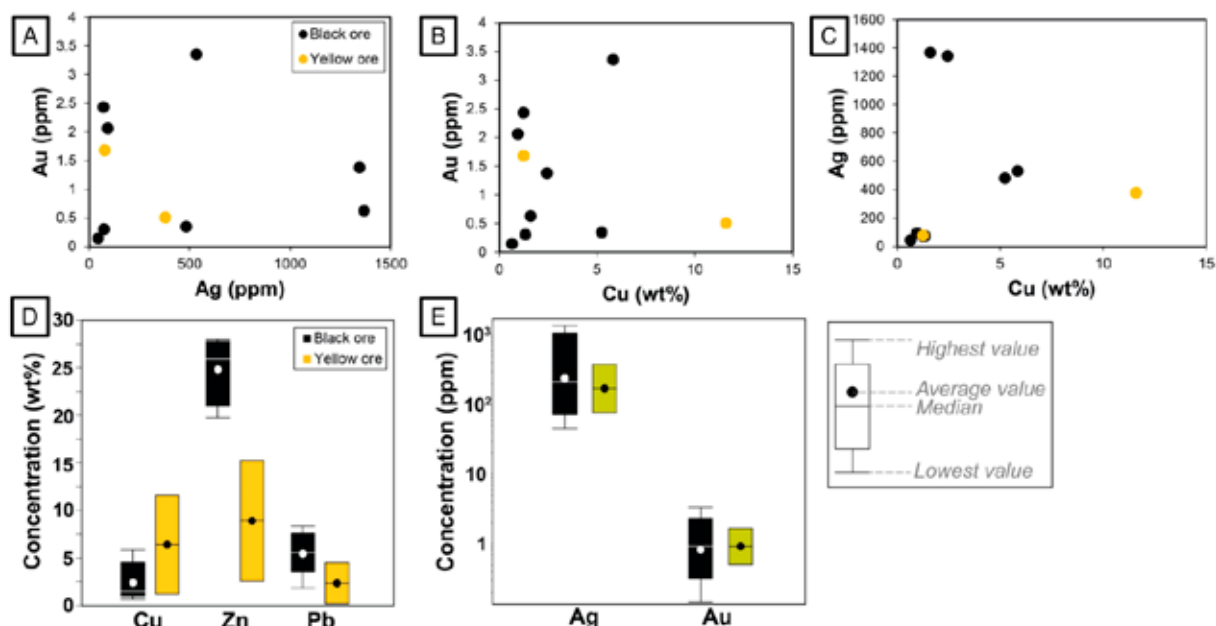


Fig. 5. Bulk chemical compositions for black and yellow ores.

- Analytical methods:
  - Copper, zinc and lead: an Agilent Technologies AA 240 atomic absorption spectroscopy (AAS) at Akita University
  - Gold and silver: an Agilent Technologies 7500 Series inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) at Akita University
- The correlation between Cu and Ag, Zn and Ag, and Au and Ag are slightly positive (Figs. 5A-5C).
- Average metal contents (Figs. 5D and 5E):
  - Black ores: 19.1 wt% Zn, 5.49 wt% Cu, 3.51 wt% Pb, 2.88 ppm Au and 606 ppm Ag
  - Yellow ores: 14.9 wt% Cu, 1.51 wt% Zn and 0.20 wt% Pb, 1.25 ppm Au and 368 ppm Ag



## Sulfur isotopes

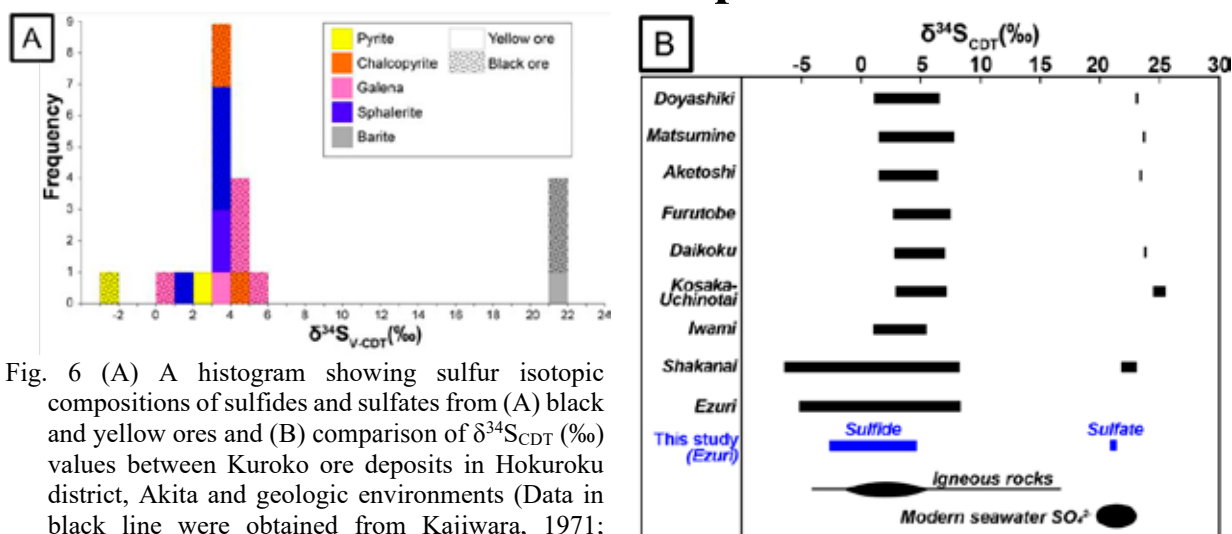


Fig. 6 (A) A histogram showing sulfur isotopic compositions of sulfides and sulfates from (A) black and yellow ores and (B) comparison of  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  (‰) values between Kuroko ore deposits in Hokuroku district, Akita and geologic environments (Data in black line were obtained from Kajiwara, 1971; Kajiwara and Date, 1971; Komuro and Sasaki, 1985).

- Sulfide minerals: sphalerite, chalcopyrite, galena, pyrite (Fig. 6A)
  - $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of black ores: -2.5 to +3.7 ‰
  - $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of yellow ores: +2.9 to +4.7 ‰
  - The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of sulfides in black and yellow ores are similar to magmatic sulfur.
- Sulfate mineral: barite (Fig. 6A)
  - $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of black ores: +21.1 to +21.3 ‰
  - $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of yellow ores: +21.0 ‰
  - The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of sulfate in black and yellow ores are similar to seawater sulfur.

The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of both sulfide and sulfate minerals from the sample in the Ezuri deposit are similar to those of in other Kuroko deposits in Hokuroku basin (Fig. 6B; Kajiwara, 1971; Kajiwara and Date, 1971; Komuro and Sasaki, 1985).

## Conclusions

1. The concentrations of Au and Ag, Cu and Au, and Cu and Ag in the black and yellow ores from the Ezuri deposit are positively correlated.
2. The  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values of sulfide minerals in the Ezuri deposit range from -2.5 to +4.7 ‰, implying a magmatic source of sulfur.
3. Meanwhile, sulfate minerals have  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$  values between +21.0 and +21.3 ‰, indicating the modern seawater source.

## References

- Horikoshi, E. (1990) Opening of the Sea of Japan and Kuroko deposit formation. *Mineralium Deposita*, 25, 140-145.
- Ishikawa, Y., Shimoda, T., Sawaguchi, T. and Sato, Y. (1980) Exploration for the Ezuri kuroko deposits in the Hokuroku district - Summary of a step-by-step prospecting to the discovery of ores. *Mining Geology*, 30(3), 137-152 (in Japanese with English abstract).

- Jolivet, L., Tamaki, K. and Fournier, M. (1994) Japan Sea, opening history and mechanism: A synthesis. *Journal of Geophysical Research*, 99(B11), 22,237-22,259.
- Kajiwara, Y. (1971) Sulfur isotope study of the Kuroko-ores of the Shakanai No.1 deposits, Akita Prefecture, Japan. *Geochemical Journal*, 4, 157-181.
- Kajiwara, Y. and Date, J. (1971) Sulfur isotope study of Kuroko-type Kieslager-type strata-bound massive sulfide deposits in Japan. *Geochemical Journal*, 5, 133-150.
- Kitazono, S. and Ueno, H. (2003) Mineralogical and Genetical Aspects of the Doyashiki Kuroko Deposits, Hokuroku Basin, Japan. *Resource Geology*, 53(2), 143-153.
- Komuro, K. and Kajiwara, Y. (2004) Germanium-bearing Colusite in Siliceous Black Ore from the Ezuri Kuroko Deposit, Hokuroku District, Japan. *Resource Geology*, 54(4), 447-452.
- Komuro, K. and Sasaki, A. (1985) Sulfur Isotope Ratio of Framboidal Pyrite in Kuroko Ores from the Ezuri Mine, Akita Prefecture, Japan. *Mining Geology*, 35(4), 289-293.
- Nakajima, N. (2006) History - Zinc (2) - Changes in Zinc Mines and Smelters in Japan and Efforts to Secure Overseas Zinc Resources. *Metal Resources Report*, 117-127 (in Japanese).
- Nakajima, T. (1989) Explanatory text of the geological map for mineral resources assessment of the Hokuroku district, scale 1:50,000. *Miscellaneous Map Series (27)*, Geological Survey of Japan, 107p. (In Japanese with English abstract 10p.)
- Ono, S. and Sato, J. (1995) Gold and silver ores from the Ezuri Kuroko ore deposits, Akita Prefecture, Japan. *Japan. Journal of mineralogy, petrology and economic geology*, 90, 268-279 (in Japanese with English abstract).
- Sato, Y. and Sasaki, K. (1980) On the Ezuri kuroko deposits with special reference to the present status of exploration and development. *Mining Geology*, 30(2), 88-89 (in Japanese with English abstract).
- Tamaki, K., K. Suyehiro, J. Allan, J. C. Ingle, and K. Pisciotta (1992) Tectonic synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling, *Proceeding of Ocean Drilling Program Scientific Results*, 127-128, 1333-1350.
- Urabe, T. (1987) Kuroko deposit modeling based on magmatic hydrothermal theory. *Mining Geology*, 37(3), 159-176.
- Yamada, R. and Yoshida, T. (2013) Kuroko deposits and related back-arc volcanism in the Hokuroku district. *Journal of the Geological Society of Japan*, 119, 168-179 (in Japanese).

## (2) 研究実績

### ①学術論文

- 1) Ryo Inoue, Madoka Uchidate, Shiori Kusukawa, Natsumi Kado, Yasushi Takasaki, Shigeru Ueda, Control of Hydration of Free Magnesia in Steelmaking Slag, *Journal of Sustainable Metallurgy* (2021) 7:818–830, <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00401-y>
- 2) Copper Recovery and Reduction of Environmental Loading from Mine Tailings by High-Pressure Leaching and SX-EW Process, L. L. Godirilwe, K. Haga, B. Altansukh, Y. Takasaki, D Ishiyama, V. Trifunovic, L. Avramovic, R. Jonovic, Z. Stevanovic and A. Shibayama, *Metals* 11(9), 1335, 13 pages (2021); <https://doi.org/10.3390/met11091335>
- 3) Environmentally friendly Pd(II) recovery from spent automotive catalysts using resins impregnated with a pincer-type extractant, Yamada, M., Kimura, S., Rajiv Gandhi, M., Shibayama, A., *Scientific Reports* 11, Article number: 365 (2021).
- 4) 鉱物処理の研究から展開した過熱水蒸気による基板リサイクルと溶媒抽出用「抽出剤」に関する研究, 柴山 敦, 山田 学, 川村 茂, 芳賀一寿, *金属*, 91, pp. 67-70 (2021)
- 5) Hajime Ikeda, Oluwafemi Kolade, Muhammad Ahsan Mahboob, Frederick Thomas Cawood, Youhei Kawamura, “Communication of sensor data in underground mining environments: An evaluation of wireless signal quality over distance”, *Mining*, September, 2021
- 6) 今井忠男, 小玉聡, 木崎彰久, 山本茂樹 (2022): 十和田凝灰岩のアルカリ環境下における強度劣化メカニズムの解明, *建設用原材料*, Vo.28, No.1 .
- 7) 志田直人, 今井忠男 (2022): B型粘度計を用いた砕砂の流動性定量評価, *建設用原材料*, Vo.28, No.1 .
- 8) Adamovic, D., Ishiyama, D., Kawaraya, H., Ogawa, Y. and Stevanovic, Z. (2022): Geochemical characteristics and estimation of groundwater pollution in catchment areas of Timok and Pek Rivers, Eastern Serbia: Determination of early-stage groundwater pollution in mining areas. *Groundwater for Sustainable Development*, 16, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100719>
- 9) 田中良・武智泰史・石山大三(2022): 長野県天龍村神豊太陽鉱床産の鉱石鉱物について. *伊那谷自然史論集*, 23
- 10) Comparative study of hybrid ground source heat pump in cooling and heating dominant climates, Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Kosukegawa, H., *Energy Conversion and Management*, 25, 2022.
- 11) Field Test and Numerical Simulation of Horizontal Ground Heat Exchangers Installed Using Horizontal Directional Drilling, Fujii, H., Tsuya, S., Harada, R., Kosukegawa, H., *Proc. World Geothermal Congress 2020+1*, 2021.
- 12) Economic Analysis of Semi-Open Loop Ground Source Heat Pump Systems in Different Parts of Japan, Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Noorollahi, Y., Farabi, H., *Proc. World Geothermal Congress 2020+1*, 2021.



Geothermal Congress 2020+1, 2021.

- 13) Shota Satori, Yasushi Watanabe, Takeyuki Ogata, Yasutaka Hayasaka (2022) Late Miocene magmatic-hydrothermal system and related Cu mineralization of the Arakawa area, Akita, Japan. *Resource Geology*, vol. 72:e12284, doi.org/10.1111/rge.12284
- 14) 渡辺 寧(2022)ポストコロナの資源供給. *金属*, vol.92, No. 2, p. 4-9.
- 15) Khan, D., Qiu, L., Liang, C., Martizzi, P., Mirza, K., Liu, J., 2022. Tracing forming mechanism of the sparry calcite growth in the lacustrine shale of east China: A glimpse into the role of organic matter in calcite transformation. *Geological Journal* 56, 1–17.
- 16) Muraoka, A., Chiyonobu, S., Arato, H., Martizzi, P., Ishii, E., 2022. Study in the sedimentary processes of organic matter in the Pliocene to Miocene siliceous rocks in the Horonobe district, northern Hokkaido, Japan. *Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology* 87, 86–88.
- 17) Chiyonobu, S., Kitamura, S., Takeuchi, T., Martizzi, P., Abe, F., Kondo, A., Yamada, R., Arima, Y., 2021. Fraccability of the Miocene Onnagawa Formation and its relationship with microfacies analysis. *Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology* 86, 483–491.
- 18) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Arato, H., 2021. The hydrocarbon potential of the Miocene siliceous formations in Tsugaru Basin, northern Japan, based on the geochemical analyses. *Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology* 86, 205–212.
- 19) Sato, K. Madokoro, H., Nagayoshi, T., Chiyonobu, S., Martizzi, P., Nix, S., Woo, H., Saito, T.K., Sato, K., 2021. Semantic Segmentation of Outcrop Images using Deep Learning Networks Toward Realization of Carbon Capture and Storage. *Proceedings of the 21st International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*.
- 20) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Hibi, Y., Yamato, H., Arato, H., 2021. Middle-late Miocene paleoenvironment of the Japan Sea inferred by sedimentological and geochemical characterization of coeval sedimentary rocks. *Marine and Petroleum Geology*, 128, 105059.
- 21) Acer Jian T. Figueroa, Jillian Aira S. Gabo-Ratio, Pearlyn C. Manalo, Ryohei Takahashi, Hinako Sato and Aljess B. Ramos (2022) Breccia and vein mineralization of the Balatoc Diatreme, Acupan gold deposit, Baguio Mineral District: An example of a diatreme-hosted epithermal deposit in the Philippines. *Ore Geology Reviews*, 144, 104826
- 22) Ma. Isabella Hermo, Maria Ines Rosana Balangue-Tarriela, Ryohei Takahashi, Jillian Aira Gabo-Ratio and Sofia Marah Frias (2022) Mineralization styles and ore-forming conditions of the quartz-fragment-rich breccia (QBX) at the Didipio alkalic porphyry Cu-Au deposit, Nueva Vizcaya, Philippines. *Ore Geology Reviews*, 143, 104724
- 23) Finlan Adhitya Aldan, Arifudin Idrus, Ryohei Takahashi and Genki Kaneko (2022) High-sulfidation epithermal – porphyry transition in the Kumbokarno prospect, Trenggalek district, East Java, Indonesia: constraints from mineralogy, fluid inclusion and sulfur isotope studies. *Resource Geology*, 72, e12289.
- 24) Element mobility during formation of the Ruwai Zn-Pb-Ag skarn deposit, Central Borneo,

- Indonesia (2022) Cendi D. P. Dana, Andrea Agangi, Ryohei Takahashi, Arifudin Idrus, Chun-Kit Lai and Nico A. Nainggolan. *Resource Geology*, 72, e12290.
- 25) David A. B. Unganai, Akira Imai, Ryohei Takahashi, Daud L. Jamal, Andrea Agangi, Takashi Hoshide and Hinako Sato (2022) Genesis of magmatic ilmenite ores associated with the Mazua ultramafic intrusion, NE Mozambique. *Ore Geology Reviews*, 143, 104760.
- 26) Apivut Veeravinantanakul, Ryohei Takahashi, Andrea Agangi, Tsukasa Ohba, Yasushi Watanabe, Marlina A. Elburg, Henriette Ueckermann, Pitsanupong Kanjanapayont and Punya Charusiri (2021) Zircon Hf-isotope constraints on the formation of metallic mineral deposits in Thailand. *Resource Geology*, 71, 436-469.
- 27) Amogelang KOOGANNE, Akira IMAI, Andrea AGANGI and Ryohei TAKAHASHI (2021) Geology, mineralogy, and sulfur isotopes of the Mowana copper deposit, Matsitama Schist Belt, NE Botswana. *Resource Geology*, 71, 320-338.
- 28) Manuel Nopeia, Ryohei Takahashi, Akira Imai, Daúd Jamal and Andrea Agangi (2021) Geological and geochemical characterization of the Nanlia and Makorongo gold prospects, northeastern Mozambique. *Ore Geology Reviews*, 135, 104195.
- 29) Selective recovery of platinum (IV) from HCl solutions using 2-ethylhexylamine as a precipitant, K. Matsumoto, Y. Sezaki, Y. Hata, M. Jikei, *Separations*, 8, 40 (2021)
- 30) High-resolution alternating magnetic force microscopy using an amorphous FeB-based tip driven by an inverse magnetostrictive effect: Imaging of the high-density magnetic recording media, M.V. Makarova, Y. Akaishi, Y. Suzuki, K.S. Rao, S.Yoshimura, H. Saito, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 546 168755 (2022)
- 31) 3D Magnetic Field Vector Measurement by Magneto-Optical Imaging, Sakaguchi H., Oya R., Wada S., Matsumura T., Saito H., Ishibashi T., *Journal of the Magnetics Society of Japan*, 46 (2) 37 - 41 (2022)
- 32) 交番磁気力顕微鏡を用いた磁気記録媒体の磁化遷移領域の高分解能磁気イメージング, 齊藤 準, 映像情報メディア学会技術報告 (映像情報メディア学会) 45 (14) 45 - 49 (2021)
- 33) K. Saito, M. Suzuki, Y. Hayasaka, K. Takenaka, S. Semboshi, "Effect of magnesium doping on discontinuous precipitation in age-hardenable copper titanium alloys", *Materials Characterization*
- 34) 齋藤嘉一, 鈴木牧生, 佐藤勝彦, 早坂祐一郎, 竹中佳生, 千星聡, 「マグネシウムをドーピングしたチタン銅合金の不連続析出挙動」日本銅学会
- 35) S. Kato, S. Kagawa, K. Saito and M. Ogasawara, "Effect of H<sub>2</sub>O on Cu incorporation and deposition behaviors in hydroxyapatite by heat treatment", *Journal of Physical Chemistry of Solids*, 163, 110547 (2022).
- 36) S. Wakamiya, Y. Kurimoto, H. Sugimoto, Y. Aoki, S. Kato, M. Ogasawara, N. Kanazawa, N. Hosokawa, A. Hayakawa, T. Takahashi, Y. Ishikawa, "Physicochemical properties of biochar derived from wood of *Gliricidia sepium* based on the pyrolysis temperature and its applications", *Journal of Soil and Water Conservation*, accepted
- 37) Y. Hatakeyama, T. Takahashi, M. Ogasawara, "Effects of Pulverization Forces on Structural

- Features and Enzymatic Digestibility of Lignocellulosic Biomass”, Journal of the Japan Institute of Energy, accepted
- 38) T. Ozeki, D. Yamamoto, G. Egawa, S. Yoshimura, “Development of BiFeO<sub>3</sub> based multiferroic thin films with large saturation magnetization and perpendicular magnetic anisotropy - Effect of substitution of Co against Fe on magnetic properties -”, Journal of the Magnetics Society of Japan, (2022).
  - 39) 小林 拓海, 中田 堯人, 江川 元太, 吉村 哲, “超常磁性 Co 基グラニューラー薄膜の磁気特性の成膜速度依存性と新規反応性パルス DC スパッタリング成膜法の有用性の検討”, 日本素材物性学会誌, (2022).
  - 40) 鈴木 陸, 尾関 拓海, 江川 元太, 吉村 哲, “(Bi,A)FeO<sub>3</sub> 薄膜(A=Ca,Sr,Ba(アルカリ土類金属)) の結晶構造と磁気特性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果”, 日本素材物性学会誌, (2022).
  - 41) M. V. Makarova, Y. Akaishi, Y. Suzuki, K. S. Rao, S. Yoshimura, H. Saito, “High-resolution alternating magnetic force microscopy using an amorphous FeB-based tip driven by an inverse magnetostrictive effect: imaging of the high-density magnetic recording media”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 546, 15, 168755 (2022).
  - 42) M. Kuppan, D. Yamamoto, G. Egawa, S. Kalainathan, S. Yoshimura, “Magnetic properties of (Bi<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Fe,Co)O<sub>3</sub> films fabricated by a pulsed DC reactive sputtering and demonstration of magnetization reversal by electric field”, Scientific Reports, 11, 11118 (2021)
  - 43) 尾関 拓海, 山本 大地, 川 元太, 吉村 哲, “(Bi,La)(Fe<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>)O<sub>3</sub> 強磁性・強誘電薄膜における垂直磁気異方性と磁気 Kerr 効果の Co 置換量依存性”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 45, No. 14, p. 29-34 (2021).
  - 44) MFM observation of high coercivity in nanostructured tetragonally distorted FeCo films, T. Hasegawa, Le Duy Long, Y. Nakamura, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 57, No.2, p.p. 6500105-1~6500105-5 (2021).
  - 45) 希土類フリーである正方晶 FeCo 基合金磁石の開発に向けた進展 (解説論文), 長谷川崇, 電気学会論文誌 A (基礎・材料・共通部門誌), Vol. 141, No. 2, p.p. 105~111 (2021).
  - 46) Challenges toward development of rear-earth free FeCo based permanent magnet, T. Hasegawa, Electronics and Communications in Japan, Vol. 104, No. 2, p.p. 1~8 (2021).
  - 47) Effect of V addition on the body-centered cubic to body-centered tetragonal to face-centered cubic structural transformation of N-containing Fe and FeCo films, T. Hasegawa, C. Shirai, Thin Solid Films, Vol. 739, p.p. 138990-1~138990-5 (2021).
  - 48) TEM-based crystal structure analysis of body-centered tetragonal structure in non-epitaxial FeCo film with added V and N, T. Hasegawa, Y. Seki, Materials Letters, Vol. 313, p.p. 131734-1~131734-3 (2022).
  - 49) 長谷川崇, アモルファス SiO<sub>2</sub> 基板上に成膜された FeCoVN の bct 構造の TEM 観察, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-21-082~093, p.p. 55~59 (MAG-21-093) (2021).
  - 50) Takenori Tanno, Ryo Shimada, Takumu Takaya, Wataru Sasaki, Manabu Yamada, Emi Adachi,

- Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi “Terahertz Linear polarizer made of an organic single crystal” *Optics & Laser Technology* 147, 2021, 107669
- 51) S. Yokota-Imai, S. Chida, T. Suzuki, N. Dohmae, T. Gotoh: Comparative study of the microstructure of solid rubber from *Ficus carica* and *Hevea brasiliensis*, *Polymers for Advanced Technologies*, 32 (11), 4397-4405 (2021).
  - 52) T. Nagase, Y.-G. So, H. Yasui, T. Ishida, H. K. Yoshida, Y. Tanaka, K. Saitoh, N. Ikarashi, Y. Kawaguchi, M. Kuwahara and M. Nagao, Observation of domain wall bimerons in chiral magnets”, *Nature Communications*, 12, 3490 (2021).
  - 53) T. Matsumoto, Y.-G. So, Y. Ikuhara and N. Shibata, “Direct visualization of nucleation intermediate state of magnetic skyrmion from helical stripes assisted by artificial surface pits” *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 531, 167976 (2021).
  - 54) GaN-nanopillar-based light-emitting diodes directly grown on multi-crystalline Si substrates, Yuichi Sato, Shingo Taniguchi, Sora Saito, Houyao Xue, and Tsubasa Saito, *AIP Advances*, 11, 075110-1 - 075110-4, 2021 年 07 月.
  - 55) Growth and characterization of InN nanopillar-crystals on steering-crystal-formed multi-crystalline Si substrates, Houyao Xue, Koki Shiraiishi, Yosuke Izuka, Sora Saito, Shingo Taniguchi, Tsubasa Saito, Yuichi Sato, *Journal of Crystal Growth*, 573 (1), 126310-1 - 126-310-5, 2021 年 08 月.
  - 56) Kyosuke Fukushima, Mahmudul Kabir, Kensuke Kanda, Naoko Obara, Mayuko Fukuyama, Akira Otsuki: Simulation of Electrical and Thermal Properties of Granite under the Application of Electrical Pulses Using Equivalent Circuit Models, *Materials*, Vol. 15, No. 3, 1039, <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/3/1039> (2022)
  - 57) 小倉 一步, カビール ムハムドゥル, 箕輪 昌啓, 田中 忍, 春日 靖宣: ZnO マイクロ粒子量の変化が ZnO/エポキシ複合体の電気特性に及ぼす影響, *電気学会論文誌 A*, 141 巻, 5 号, pp.351-352 (2021)
  - 58) Abe, Y., Tomioka, M., Kabir, M., Kumagai, S. (2022): Role of SiO<sub>x</sub> in Rice-husk-derived Anodes for Li-ion Batteries, *Scientific Reports*, Vol. 12, 975 (10 pages).
  - 59) Kumagai, S., Abe, Y., Tomioka, M., Kabir, M. (2021): Suitable Binder for Li-ion Battery Anode Produced from Rice Husk, *Scientific Reports*, Vol. 11, 15784 (13 pages)
  - 60) Eguchi, T., Sawada, K., Tomioka, M., Kumagai, S. (2021): Energy Density Maximization of Li-ion Capacitor Using Highly Porous Activated Carbon Cathode and Micrometer-sized Si Anode, *Electrochimica Acta*, Vol. 394, 139115 (16 pages).
  - 61) Yuya Kitamura, Hirokazu Okawa, Kumi Saigo, Takahiro Kato, and Katsuyasu Sugawara, Extraction and oxidative desulfurization of bitumen from oil sand using n-pentane and ultrasound, *Japanese Journal of Applied Physics*, 61, (2022), in press.
  - 62) Laurel Simon Lobo, Kazuya Matsumoto, Mitsutoshi Jikei, Shun Ikeda and Hirokazu Okawa, Hyperbranched Polyphenylene as an Electrode for Li-Ion Batteries, *Energy Technology*, 9, 2100374 (2021)

- 63) Dorcas Linda Ernesto Uaciquete, Kosuke Sakusabe, Takahiro Kato, Hirokazu Okawa and Katsuyasu Sugawara: Influence of Unburned Carbon on Mercury Chemical Forms in Fly Ash Produced from a Coal-fired Power Plant, *Fuel*, 300(15), 120820 (2021)
- 64) 北村優弥, 大川浩一, ソノケミストリーを用いた粗大なスコロダイト粒子の合成, *日本電子材料技術協会会報*, 52, 32-38 (2021)
- 65) 大川浩一, 藤原達央, 北村優弥, 加藤貴宏, 菅原勝康, 超音波照射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CO<sub>2</sub>ガスの低温脱離およびその脱離機構, *超音波TECHNO*, 33, No.5, 49-54 (2021)
- 66) 大川浩一, 超音波を利用した第一級および第三級アミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離, *分離技術*, 51, No.4, 212-221 (2021)
- 67) Kano Nakajima, Michihisa Fukumoto, Porous Ni-Co Surface Formation and Analysis of Hydrogen Generation by Gas Sensor *International Journal of Hydrogen energy*, 2021, Vol. 46, pp.26263-26271.
- 68) Development of a Gait Rehabilitation Robot Using an Exoskeleton and Functional Electrical Stimulation: Validation in a Pseudo-paraplegic Model. Junichi Inoue, Ryota Kimura, Yoichi Shimada, Kimio Saito, Daisuke Kudo, Kazutoshi Hatakeyama, Motoyuki Watanabe, Kai Maeda, Takehiro Iwami, Toshiki Matsunaga, Naohisa Miyakoshi, *Progress in Rehabilitation Medicine*, 2022 Volume 7
- 69) Association between global sagittal malalignment and increasing hip joint contact force, analyzed by a novel musculoskeletal modeling system. Takanori Miura, Naohisa Miyakoshi, Kimio Saito, Hiroaki Kijima, Jumpei Iida, Kazutoshi Hatakeyama, Kotaro Suzuki, Akira Komatsu, Takehiro Iwami, Toshiki Matsunaga, Yoichi Shimada, *PLoS One*. 2021;16(10):e0259049. Published 2021 Oct 28. doi:10.1371/journal.pone.0259049
- 70) Examination of the Effect of Rehabili-Mouse, a Desktop Rehabilitation Robot for Upper Limb Paresis after Stroke. Rena Wakabayashi, Kimio Saito, Toshiki Matsunaga, Satoaki Chida, Kai Kagami, Takehiro Iwami, Satoru Kizawa, Yuki Terata, Masumi Ogasawara, Yoichi Shimada, Naohisa Miyakoshi, *Open Journal of Orthopedics* 11(12) 371-382 2021
- 71) Safety and Feasibility of Novel Trunk Balance Exercise Device with Virtual Reality Using Head-Mounted Display, Yuta Yamazaki, Kimiko Saito, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada, *Journal of Robotics and Mechatronics* Vol.33 No.5, 2021
- 72) Measuring cervical range of motion with gyroscope/accelerometer eyeglasses (JINS MEME) in persons with and without neck pain. Saitoh K, Karina D R, Nagao M, Lisa P, Saam M, Miyakoshi N, and Shimada Y. *JISPRM*. DOI: 10.4103/JISPRM-000121. (2021)
- 73) What is the most fixable intramedullary nail implant for basicervical fracture and transcervical shear fractures? – A finite element study, Motoharu Komatsu, Takehiro Iwami, Hiroaki Kijima, Tetsuya Kawano, Naohisa Miyakoshi, *Journal of clinical orthopedics and trauma*
- 74) Construction and validation of whole-body musculoskeletal model, Takanori Horiba, Takehiro Iwami, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*



- 75) Analysis of center of mass and center of pressure displacement in the transverse plane during gait termination in children with cerebral palsy, Kimoto M., Okada K., Mitobe K., Saito M., Kawanobe U., Sakamoto H., Gait and Posture, 90, pp.106–111 (2021)
- 76) Development of a Roadway-Crossing simulator for actual walking and evaluation of pedestrian behavior, Uchibori Y., Handa N., Fujiwara K., Mitobe K., IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, pp.1-6 (2021)
- 77) 骨臼形成不全症における骨盤傾斜が股関節面に与える力学的影響, 小松幹治, 小松瞭, 畠山和利, 巖見武裕, 島田洋一, 臨床バイオメカニクス, Vol. 42, pp.15-19, 2021.
- 78) 片麻痺患者用歩行訓練リハビリテーションロボットにおける強化学習を用いたアシスト量自動調整システムの開発, 前田 海, 巖見 武裕, 木村 竜太, 島田 洋一, 産業応用工学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 28-37 (Mar. 2022)
- 79) "Total synthesis of selaginellin A" Fujiwara, Kenshu; Itagaki, Takaya; Tokiwano, Tetsuo; Tetrahedron Lett., 79, 153295, (2021).
- 80) 水田敏彦, 鏡味洋史: 豪雪下で発生した 2011 年長野県北部地震の長野側地元紙信濃毎日新聞記事による雪に関する文献調査, 日本建築学会技術報告集, 27 巻, 第 66 号, pp.1110~1115, 2021 年 6 月
- 81) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1918 年大町地震の被害に関する文献調査—流行性感冒下での被害地震—, 歴史地震, 第 36 号, pp.43~55, 2021 年 7 月
- 82) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1925 年北但馬地震直後の踏査報告の足跡をたどって, 歴史地震, 第 36 号, pp.75~88, 2021 年 7 月
- 83) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1970.10.16 秋田県南東部地震の被害に関する文献調査, 日本建築学会技術報告集, 27 巻, 第 67 号, pp.1584~1589, 2021 年 10 月
- 84) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1927 年北丹後地震の大阪平野における被害に関する文献調査, 日本建築学会技術報告集, 28 巻, 第 68 号, pp.539~544, 2022 年 2 月
- 85) 鏡味洋史, 水田敏彦: 『中野重治全集』から読取る 1948 年福井地震, 中部歴史地震研究懇談会幻の発表資料集, pp.25~30, 2021 年 9 月
- 86) 鏡味洋史, 水田敏彦: 1901 年青森県東方沖地震の岩手・秋田の被害, 東北地域災害科学研究, 第 58 巻, 2022 年 3 月
- 87) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1931 年岩手県小国地震の被害に関する文献調査, 東北地域災害科学研究, 第 58 巻, 2022 年 3 月

## ②学会発表・国際会議報告等

### 【国際会議 招待】

- 1) Adamovic, D., Ishiyama, D., Dordievski, S., Ogawa, Y. and Stevanovic, Z. (2021): Environmental impacts of acid mine drainage-bearing river water in the Bor and Majdanpek porphyry copper mining areas in Eastern Serbia. WORLD CONGRESS ON GEOLOGY & EARTH SCIENCE, July 09 - 11, 2020 at (IPCITYHOTELOsaka) Osaka, Japan.
- 2) Yasushi Watanabe, Yuki Konuma, Kazuki Hirata, Haruka Izawa (2021) Various styles of Neogene gold mineralization in northern Northeast Japan arc. International Symposium of the Society of Resource Geology "Gold exploration in the circum-Pacific" (invited)(online)(20211014)
- 3) K. Saito, Y. Katabira, M. Ogasawara, S. Kato "Enhanced photocatalytic hydrogen production from aqueous Pt-loaded TiO<sub>2</sub>/cellulose suspension using layered solid acids as an excellent additive", Pacificchem2021, Session 3, Online, 22-Dec, 2021.
- 4) Satoru Yoshimura, "Development of high-functional multiferroic thin films and their device application", Virtual Seminar Series on Functional Materials 2022 (VIT University, Online), January 31, 2022
- 5) Satoru Yoshimura, "Development of high quality BiFeO<sub>3</sub>-based multiferroic thin films with excellent magnetic properties for realization of high performance and low power consumption magnetic devices", GREEN 2021 (Taipei, Online), December 17-19, 2021
- 6) P. Ramesh Babu, S. Kalainathan, and Satoru Yoshimura, "Investigations on Spintronic RFeO<sub>3</sub> Crystals Grown by Optical Floating Zone Technique", The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA) (Akita, Online), October 21-22, 2021
- 7) Satoru Yoshimura, "Electronics and electric materials - Fabrication of BiFeO<sub>3</sub> based multiferroic films for high performance magnetic devices driven by electric field", Akita-Freiberg university partnership - Commemorating Prof. Curt Adolph Netto and exploring the future (Freiberg University, Online), June 10, 2021
- 8) Satoru Yoshimura, "Measurement of dynamic magnetization reversal of magnetic film fabricated onto BiFeO<sub>3</sub> based multiferroic film by applying electric field and development of the multiferroic film with high magnetization for this method", International Conference on Science and Applied Science 2021 (Sebelas Maret University, Online), April 6, 2021
- 9) Effects of the steering-nanocrystals on growths of nitride semiconductor based nanopillar crystals grown on a multi-crystalline Si substrate, Yuichi Sato, Sora Saito, Koki Shiraishi, Shingo Taniguchi, Yosuke Izuka, and Tsubasa Saito, International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials THERMEC'2021 (online), 2021年06月.
- 10) Y.-G. So, "Facile synthesis of B20-type FeGe alloys via dilute Si-doping and mechanical alloying", 2021 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN

2021), Online, December 2021 (Invited).

- 11) "Corrosion and Microbiome analysis for some structural materials exposed in an MIC risk suspected environment" Yasuyuki Miyano, Satoshi Wakai, Kazuhiko Miyanaga, Toshiyuki Sunaba, Hirotaka Mizukami, Nanami Eno, Yoshimi Kashima, Koji Watanabe, Taskoronaka uku Kobayashi, Ippei Homma INTERFINISH2020 (Nogoya, Japan, Sep.2001)(Aural presentation)

#### 【国内会議 招待】

- 1) 選鉱・湿式分離技術を組み合わせた難処理銅資源からの金属回収と環境負荷軽減, 芳賀一寿, 川村茂, 高崎康志, 柴山敦, 資源・素材 2021 (札幌) (オンライン) (2021)
- 2) 溶媒抽出用抽出剤から捕収剤への利用を考えたマルチコレクターの開発と浮選効果, 柴山敦, 山田学, 芳賀一寿, 資源・素材 2021 (札幌) (オンライン) (2021)
- 3) 資源地質学会第 70 回年会講演会 2020 BAA (The Best Article Award)講演
- 4) 石山大三 (2021) :地球のマグマ活動と資源のでき方-海底での鉱初資源の形成-, 秋田大学教育文化学部天文講演会, 秋田大学教育文化学部天文台科学技術週間特別イベント, 2021 年 4 月 12 日 (土), 秋田大学教育文化学部
- 5) 交番磁気力顕微鏡を用いた磁気記録媒体の磁化遷移領域の高分解能磁気イメージング, 齊藤準, マルチメディアストレージ研究会
- 6) 吉村哲, “高性能・超消費電力次世代磁気デバイスへの応用に向けた磁気特性に優れた高品位強磁性・強誘電薄膜の探索・作製”, 令和 3 年度スピニクス特別研究会 (仙台, オンライン), 2021 年 10 月 26 日
- 7) 吉村哲, “超低消費電力型の高機能次世代磁気デバイスに向けた磁気特性に優れた強磁性・強誘電体薄膜材料の探索”, 秋田県高エネルギー加速器技術研究会 令和 3 年度第 1 回研究会 (秋田, オンライン), 2021 年 9 月 9 日
- 8) 長谷川崇, 正方晶 FeCo 基合金薄膜の一軸磁気異方性とバルク化の試み, 第 170 回日本金属学会講演概要集, p. S7-21, (web 開催 2022 年 3 月 15 日~3 月 17 日, 発表日 2022 年 3 月 16 日)
- 9) 横田早希, ゴム粒子タンパク質の発現による酵母脂質代謝への影響, 化学工学会第 87 年会 (依頼講演)
- 10) 後藤猛, Morlu GF Stevens, 横田早希, 接着性ペプチドを用いた新規分子インプリント技術の開発と高選択的金属吸着担体の調製, 化学工学会第 52 回秋季大会
- 11) 北村優弥, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: スコロダイト合成過程における超音波照射が粒子のサイズや形状に与える影響, 化学工学会第 52 回秋季大会(オンライン), VC320 (2021) (依頼講演)
- 12) 福本倫久, グリーン水素の製造, 貯蔵および運搬, 利用に関する一連の研究について, 日本素材物性学会第 1 回研究会, ONLINE, 2022 年 3 月 2 日

【国際会議 一般】

- 1) Selective Leaching of Valuable Metals from a Smelter Slag by High-Pressure Oxidative Acid Leaching (HPOAL), Godirilwe L. L., Haga K., Danha G., Takasaki Y., Shibayama A., The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021), A-19, (2021)
- 2) Separation of Sphalerite from Copper Ore by Flotation, Haga K., Sato R., Takasaki Y., Sunada K., Takahashi T., Ono T., Magwaneng R., Kudo K., Kamiya T., Shibayama A., The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021), AB-5, (2021)
- 3) Gold Upgrading of Gold-Bearing Polymetallic Gold-Zinc-Lead Ore in Myanmar by Flotation, Tun W. N., Haga K., Shibayama A., The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021), AP-12, (2021)
- 4) Hajime Ikeda, Daniyar Malgazhdar, Oluwafemi Kolade, Takaya Shionoiri, Frederick, Thomas Cawood, Youhei Kawamura : Communication of Sensor Data in Underground Mining Environments: A Comparison and Optimization of Multiple Installation Sequences, International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR), 21-22 Oct., Akita, Japan (Online), 2021
- 5) Nur Elisha Binti Mokhtar, Hajime Ikeda, Mahdi Saadat, Hisatoshi Toriya, Tsuyoshi Adachi, Youhei Kawamura : Digital Twin Technology as a Visualization Tool for Feasibility Study of Installing a Data Center in Inactive Underground Mine Site, 令和4年度資源・素材学会春季大会, Web-site, 2022
- 6) Katamura, A., Ishiyama, D., Hayashi, T. and Ogawa, Y. (2021): Geochemical signature of trace elements in lake water at Lake Tazawa. JpGU-AGU Joint Meeting 2021 (日本地球惑星科学連合), オンライン (Poster).
- 7) 片村新, 石山大三, 小川泰正, 石山陽子, 林武司(2021): 田沢湖の水質・風の観測データに基づく湖水循環機構の考察. 水文・水資源学会.
- 8) Ishiyama, Y., Ishiyama, D., Ishiguro, T., Yamada, K., Murayama, M., Hayashi, T. and Ogawa, Y. (2021): Implication of a black fine thin layer in the sediment cores from Lake Tazawa, Akita Prefecture, Northeast Japan. JpGU-AGU Joint Meeting 2021 (日本地球惑星科学連合), オンライン (Oral).
- 9) 秋大国資 今井 忠男、小玉 聡、木崎 彰久、中野産業 山本 茂樹(2021):十和田凝灰岩のアルカリ環境下における強度劣化メカニズムの解明、資源・素材 2021 (札幌)
- 10) Adamović, D., Ishiyama, D., Kawaraya, H., Ogawa, Y. (2021). Geochemistry and environmental impact on groundwater in Eastern Serbia. Japan Geoscience Union Meeting 2021. Online: May 30-June 6, 2021.
- 11) Field Test and Numerical Simulation of Horizontal Ground Heat Exchangers Installed Using Horizontal Directional Drilling, Fujii, H., Tsuya, S., Harada, R., Kosukegawa, H., Proc. World Geothermal Congress 2020+1, 2021.
- 12) Economic Analysis of Semi-Open Loop Ground Source Heat Pump Systems in Different Parts of Japan, Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Noorollahi, Y., Farabi, H., Proc. World

- Geothermal Congress 2020+1, 2021.
- 13) Teruhiro Suzuki, Yasushi Watanabe, Takuya Echigo, Shogo Aoki (2021) Mineralization process deduced from the occurrence of a yellow ore from the Furutobe deposit, Akita, Japan. ICMR2021 Akita (online poster)(20211022)
  - 14) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Arato, H., 2021. Sedimentary and Geochemical Characterization of Miocene Siliceous Formations in Akita Prefecture (Northern Japan). 30<sup>th</sup> International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG 2021).
  - 15) Manalo, P. C., Takahashi, R., Imai, A., Calamohoy, R. R. P., Santos, M. Subang, L. and Alburo, G. C. (2021) : Correlation between formation temperature and the chemical composition of alunite - Examples from the Mankayan District, Philippines. GEOSEA XVI.
  - 16) Dana, C. D. P., Agangi, A., Takahashi, R. and Idrus, A. (2021) Formation of critical metals-bearing massive sulfide ore bodies in Indonesia's largest zinc skarn deposit, Ruwai Mine, Central Borneo. Goldschmidt 2021.
  - 17) Unganai, D. A. B., Imai, A., Ashwal, L., Takahashi, R., Jamal, D. L., Agangi, A., Manalo, P. and Yonezu, K. (2022) Textural Characterization of the Fe-Ti Oxides from the Tete Suite, Mozambique. 16th SGA Biennial Meeting 2022.
  - 18) Manuel Nopeia1, Ryohei Takahashi, Daúd Jamal, Salvador Mondlane and Simão Diquissone (2022) Implications of geological knowledge for an effective formalization of artisanal and small-scale gold mining in Numunodistrict, Mozambique. 16th SGA Biennial Meeting 2022.
  - 19) Selective Separation of Platinum Group Metals by Precipitation Using Primary Amine Precipitants, Kazuya Matsumoto, Yuki Hata, Hiroshi Katagiri and Mitsutoshi Jikei, ICMR 2021 AKITA(オンライン)2021年9月21日
  - 20) High-resolution magnetic imaging of magnetic transition region of perpendicular magnetic recording media by alternating magnetic force microscopy with sensitive amorphous FeCoB soft magnetic tip with high magnetostriction, H. Saito, H. Tanaka, T. Matsumura, 2022 Joint MMM-Intermag
  - 21) Evaluation of Microwave-Frequency Magnetic Field Response of MFM Tip Coated by Superparamagnetic Co-GdOx Granular Alloy Film, S. Sato, T. Matsumura, H. Sonobe, H. Saito, ICMR2021
  - 22) Three-dimensional magnetic field gradient imaging of permanent magnet by alternating magnetic force microscopy : Transformation of measuring magnetic field direction based on MFM tip transfer function, H. Saito, S. Wada, T. Matsumura, INTERMAG2021
  - 23) S. Ratha, D. Yamamoto, K. Takeda, M. Kuppan, G. Egawa, and S. Yoshimura, "Enhancement of magnetic properties by Lanthanides (L) and Co doping in Bismuth Ferrite thin films fabricated by pulsed DC reactive sputtering method", Indo-Japan Workshop on interface phenomena for spintronics (IJW-IPS 2022) (National Institute of Science Education and Research (NISER) (India, Online), March 6, 2022
  - 24) S. Ratha, K. Takeda, D. Yamamoto, M. Kuppan, G. Egawa, and S. Yoshimura, "Effect of

- Lanthanoid (L = La, Nd, Sm, Gd, Dy) substitution on various magnetic properties of (Bi,L)(Fe,Co)O<sub>3</sub> ferromagnetic and ferroelectric thin films”, 2021 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2021) (Taiwan, Online), December 18 2021
- 25) K. Takeda, D. Yamamoto, S. Ratha, M. Kuppan, G. Egawa, and S. Yoshimura, “Development of (Bi<sub>0.5</sub>L<sub>0.5</sub>)(Fe<sub>0.75</sub>Co<sub>0.25</sub>)O<sub>3</sub> (L=La,Nd,Sm,Gd,Dy) films with excellent magnetic properties for device application”, The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA) (Akita, Online), October 21 2021
  - 26) Takashi Hasegawa, TEM observation of nitrogen-tunable bcc-bct-fcc transformation of FeCo with added V, ASRC 2021 Winter Review Meeting (web 開催, 発表日 2021 年 12 月 22 日)
  - 27) Wataru Sasaki, Takenori Tanno, Emi Adachi, Manabu Yamada, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi “Investigation of ZIF-8 gas adsorption/desorption characteristics using terahertz waves” Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2021 (RSC-TIC2021): Spectroscopic imaging and sensing (2021. 12, on-line)
  - 28) Takenori Tanno “Observation and simulation of the phase transition of a plastic crystal of nonadecane” Understanding Crystallisation: Faraday Discussion (2022. 3, York, U.K./on-line)
  - 29) Mahmudul Kabir, Ayaka Kumagai, Yusuke Sato, Michio Sato, Seiji Kumagai, Noboru Yoshimura: FEM-EK Process: A New Remediation Method of Contaminated Soil, ICMR2021 AKITA (2021)
  - 30) Hajime Ebitani, Naoko Obara, Mahmudul Kabir, Toshihide Takahashi: Study on Microbial Fuel Cell (MFC) Using Biological Industrial Wastes , ICMR2021 AKITA (2021)
  - 31) Tatsuya Suga, Mahmudul Kabir, Shinobu Tanaka, Yasunori Kasuga: Study on Electrical Properties of ZnO Micro Particles under Different Temperature Conditions, ICMR2021 AKITA (2021)
  - 32) Takahashi, M. and Kamiya, O. (2021): Effect of Diamond Seed Attachment Processing on Synthesis of Diamond Films on Tungsten Carbide Substrate by Flame Combustion, The 9th International Conference on Materials Engineering for Resources, (2021 October, Akita,Japan).
  - 33) Abe, Y., Nemoto, M., Tomioka, M., Kumagai, S.: Rice Husk as a Worthful Source of Battery Materials for High-performance Li-ion Battery Anodes, 9th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA), B-5, October 21, 2021.
  - 34) Sawa, K., Abe, Y., Kumagai, S., Watanabe, R., Yodose, T.: Electrochemical Performance of NCM Cathode Recycled from Waste Lithium-ion Batteries, 9th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA), CP-20, October 22, 2021.
  - 35) Eguchi, T, Sawada, K., Tomioka, M., Kumagai, S.: Effect of Surface Area of Activated Carbon with Positive Electrode on Rate Performance of Lithium-ion Capacitor using Si Negative Electrode, 9th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA), CP-17, October 22, 2021.
  - 36) Kanamoto, Y., Tomioka, M., Kumagai, S.: Aging of Electric Double-layer Capacitor under High Voltage Application, 9th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA), CP-18, October 22, 2021.
  - 37) Sugawara, R., Eguchi, T., Tomioka, M., Kumagai, S.: Effect of Prelithiation Degree of Si Anode



on the Charge-discharge Performance of Lithium-ion Capacitor, 9th International Conference on Materials Engineering for Resources (ICMR2021 AKITA), CP-19, October 22, 2021.

- 38) Takaaki Furubayashi, The role of biomass energy in a 100% renewable energy system for Akita prefecture, Japan, The 16th SDEWES conference, ONLINE, October 1-5, 2021
- 39) Motoharu Komatsu, Takehiro Iwami, Hiroaki Kijima, Tetsuya Kawano, Naohisa Miyakoshi, Biomechanical comparison of 6 different implants inserted in basicervical fracture and transcervical shear fracture of the proximal femur, JBMES2021, Toyama, 1A-15(2021)

#### 【国内会議 一般】

- 1) 高ヒ素含有銅鉱石を対象とした浮選によるヒ素含有銅鉱物の分離挙動の調査, 佐藤玄汰, 芳賀一寿, 柴山敦, 資源・素材 2021 (札幌) (オンライン) (2021)
- 2) 付着時間測定及び表面分析による閃亜鉛鉱浮遊抑制メカニズムの検討, 佐藤玲生南, 芳賀一寿, 柴山敦, 高橋達, 砂田和也, 小野竜大, リフィルウェ マグワネン, 資源・素材 2021 (札幌) (オンライン) (2021)
- 3) 過熱水蒸気による基板からの脱臭素と素子の分離技術, 菅原和, 芳賀一寿, 高崎康志, 柴山敦, 川村茂, 日本素材物性学会令和3年度(第31回)年会, B-12 (2021)
- 4) 付着時間測定による閃亜鉛鉱浮遊抑制条件の検討, 佐藤玲生南, 芳賀一寿, 柴山敦, 相川公政, 折井のどか, Ilhwan Park, 伊藤真由美, 高橋達, 砂田和也, 小野竜大, Magwaneng Refilwe, 資源・素材学会 東北支部 2021 (令和3)年度 春季大会, B-06 (2021)
- 5) Adamović, D., Ishiyama, D., Kawaraya, H. and Ogawa, Y. (2021): Indicators of groundwater pollution related to mining activities in the Bor mining area, Eastern Serbia. Resource Geology Annual Meeting.
- 6) Hybrid Ground Source Heat Pump in Cooling Dominant Climates, ビナ サイード, 藤井光, 津谷駿介, 日本地熱学会令和3年学術講演会(仙台大会), 2021.
- 7) 揚水井近傍に発生する地下水流れを考慮したポテンシャルマップの構築, 山下香菜子, 藤井光, 小助川洋幸, 津谷 駿介, 日本地熱学会令和3年学術講演会(仙台大会), 2021.
- 8) Study of correlation between groundwater velocity and hybrid ground source heat pump system, Saeid Mohammadzadeh Bina, Hikari Fujii, Shunsuke Tsuya, 日本地下水学会2021年秋季講演会, 2021.
- 9) 鈴木照洋, 渡辺寧, 越後拓也(2021) 古遠部鉱山の層状黄鉱における金銀晶出機構. JPGU2021 (ポスター) (20210603)
- 10) 左部翔大, 昆慶明, 渡辺寧, 越後拓也(2021) 新第三紀東北日本弧の火成活動に伴われる銅の移動システム. JPGU2021 (オンライン)(20210606)
- 11) 左部翔大, 昆慶明, 渡辺寧, 越後拓也(2021) 鉱脈型銅鉱化作用に関連した中新世珪長質貫入岩及びエンクレーブ. 資源地質学会第70回年会学術講演会(オンライン)(20210701)
- 12) 小沼優希, 渡辺寧, 越後拓也(2021) 秋田県大仙市畑鉱床の地質と金鉱化作用. 資源地質学会第70回年会学術講演会(オンライン)(20210701)

- 13) 鈴木照洋, 渡辺寧, 越後拓也, 青木翔吾(2021)秋田県北部地域の黒鉛鉱床における含金銀鉛石形成機構. 資源地質学会第 70 回年会学術講演会(オンライン)(20210701)
- 14) 小沼 優希, 渡辺寧, 越後拓也(2021)秋田県大仙市畑鉛床の地質と金鉛化作用. 日本鉱物科学会 2021 年年会 (オンライン) (20210918)
- 15) 鈴木照洋, 藤巻勇帆, 越後拓也, 渡辺寧(2021)秋田県荒川鉛山産燐銅鉛の産状及び形成機構. 日本鉱物科学会 2021 年年会 (ポスター) (20210917)
- 16) 平田和希, 渡辺寧, 越後拓也, 青木翔吾(2021) 秋田県仙北市坊沢鉛床の地質及び浅熱水性低硫化型金銀鉛化作用. 日本鉱物科学会 2021 年年会 (オンライン) (20210918)
- 17) Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Hisatoshi Toriya, Tsuyoshi Adachi, Youhei Kawamura: Bearing health diagnosis system of excavator motor using deep learning, MMIJ Annual Meeting 2022 (Online), Mar 7 - Mar 9, 2022.
- 18) Dorjsuren Yandagsuren, Tatsuki Kurauchi, Youhei Kawamura, Rei Hosoda: Development of early diagnosis system of excavator motor's bearing using artificial intelligence, 4th Academic online forum of Mongolian researchers in Japan, natural science section.23d of November, 2021.
- 19) Cossa, E., Agangi, A., Takahashi, R., Manalo, P. and Sato, H. and Imai, A. (2021) Ore mineralogy and fluid inclusion petrography in the Chifumbazi prospect, Tete province, Mozambique. O-39, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 20) Dana, C. D. P., Lai, C. K., Agangi, A., R. Takahashi, A. Idrus and N. A. Nainggolan (2021) Geochemistry and geochronology of the intrusive rocks related to the Ruwai Zn-Pb-Ag skarn deposit, Central Borneo, Indonesia. O-10, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 21) Suharjo, E. G. W., Syafrizal, Hede, A. N. H. and Takahashi, R. (2021) Preliminary assessment of rare earth elements in Badau district, Belitung Island, Indonesia. O-35, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 22) Fadlin, Takahashi, R., Agangi, A., Sato, H., Manalo, P., Idrus, A., Sutopo, B. and Pratiwinda, R. (2021) Geology and characteristic of carbonate-rich potassic alteration at Humpa Leu East (HLE) porphyry Cu-Au prospect, Sumbawa island, Indonesia. O-02, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 23) Kobayashi, M., Takahashi, R., Agangi, A., Manalo, P. C., Sato, H. and Imai, A. (2021) Geochemical characteristics of hydrothermal gold mineralization at the Akeshi deposit in the Nansatsu area Kagoshima, Japan. O-17, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 24) Koen, H., Takahashi, R., Manalo, P. C., Sato, H. and Agangi, A. (2021) Characteristics of mineralization and ore-forming conditions at the Sado Au-Ag deposit, Niigata, Japan. O-16, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 25) Nopeia, M., Imai, A., Takahashi, R., Jamal, D. and Agangi, A. (2021) Geological characteristics of the Namikupo gold prospect located in Namuno district, northeastern Mozambique. O-40, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 26) Miyake, K., Takahashi, R., Agangi, A., Manalo, P. C., Sato, H. and Imai, A. (2021)

- Cathodoluminescence and trace elements of quartz related to epithermal gold mineralization of the Hishikari deposits, Kagoshima, Japan. O-18, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 27) Nhatinombe, H. V., Takahashi, R., Agangi, A., Manalo, P. C. and Sato, H. (2021) Characterization of lithium-bearing pegmatite in Sakihama, Iwate, Japan. O-36, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 28) Suhendra, R., Takahashi, R., Agangi, A. and Sato, H. (2021). Textural and compositional evolution of sedimentary pyrite and carbonaceous matter during prograde metamorphism in the Luk Ulo Metamorphic Complex, Central Java, Indonesia. O-21, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 29) Veeravinantanakul, A., Takahashi, R., Agangi, A., Ohba, T., Watanabe, Y., Elburg, M., Ueckermann, H., Kanjanapayont, P. and Charusiri, P. (2021) Association between magmatism and mineral deposits in the Sukhothai Fold Belt: Zircon Lu-Hf isotopic characteristics of the granitoids. O-37, 資源地質学会第 70 回年会講演会.
- 30) Rh 含有イオン結晶の焼成によるナノ多孔質 Rh 触媒の作製と評価, 舟木麟太郎, 松本和也, 寺境光俊, 日本素材物性学会, (オンライン), 2021 年 6 月 24 日
- 31) 4-アミノベンゾフェノン誘導体を抽出剤とした金属混合溶液からのロジウム選択回収, 青木 瞭太, 松本 和也, 寺境 光俊, 資源・素材 2021(札幌)(オンライン), 2021 年 9 月 15 日
- 32) シクロヘキサン環を有する脂肪族第一級ジアミンを沈殿剤とした白金の選択沈殿回収, 坂本隆, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 秋田化学技術協会(オンライン)2022 年 3 月 3 日
- 33) 複素環を有する第一級アミン化合物を沈殿剤とした塩酸溶液からのロジウム高選択回収, 青木瞭太, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材学会 2022 年度春季大会(オンライン), 2022 年 3 月 7 日
- 34) 交番磁気力顕微鏡により観察する単磁区微粒子の シミュレーションによる磁化容易軸方向の解析、村上幸汰, 高田愛香, 松村透, 齊藤準、日本磁気学会学術講演会
- 35) 交番磁気力顕微鏡を用いた直流磁場イメージングの理論、齊藤準, 三浦健太, 田中花道, 松村透、日本磁気学会学術講演会
- 36) 交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の直流磁場イメージング、三浦健太, 田中花道, 松村透, 齊藤準、日本磁気学会学術講演会
- 37) 交番磁気力顕微鏡を用いた Co-GdO<sub>x</sub> 超常磁性探針のマイクロ波磁場応答性の評価、佐藤駿介, 松村透, 齊藤準、日本磁気学会学術講演会
- 38) 日本金属学会 2021 秋期講演大会, 口頭発表「Mg-Gd-Zn-Zr 系合金の高温変形挙動と Suzuki 効果」, 浦方政典, 佐藤勝彦, 齋藤嘉一, 佐藤勝彦, 木村光彦, 石田広巳 (2021 年 9 月 16 日, オンライン開催)
- 39) 日本銅学会 第 61 回講演大会, 口頭発表「マグネシウムをドーブしたチタン銅合金の不連続析出挙動」, 齋藤嘉一, 鈴木牧生, 千星聡, 佐藤勝彦, 早坂祐一郎, 竹中佳生 (2021 年 10 月 23 日, オンライン開催)
- 40) 環境 新技術説明会 口頭発表「導電性ベリリウム銅の代替を目指した環境調和型銅合金の創製」 齋藤嘉一 (2021 年度 11 月 16 日, オンライン開催)

- 41) 日本金属学会第 20 回東北支部研究発表大会, ポスター発表, 「Mg-RE-Ag 系合金 (RE=Y, Gd) の低温時効挙動」, 小原兆喜, 齋藤嘉一, 早坂祐一郎 (2021 年 12 月 17 日, 東北大学, 対面&オンライン開催)
- 42) “ハイドロキシアパタイトチャンネル内への Cu および Mn イオンの導入および析出挙動” 加藤純雄・宇佐見優真・齊藤寛治・小笠原正剛, 日本セラミックス協会 2022 年年会, 1P3-074, (オンライン), 2022 年 3 月 10 日
- 43) “Si-Nb-K 系メソ構造体微粒子の調製と塩基触媒活性”, 鈴木涼介, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 秋田化学技術協会第 56 回研究技術発表会, 5, オンライン, 2022 年 3 月 3 日.
- 44) “セルローズ分散水からの光触媒的水素生成に層状固体酸の添加が及ぼす影響”, 齊藤寛治, 帷子優璃, パッタナスパワーニットピーラスupp, 小笠原正剛, 加藤純雄, 2021 年度 第 8 回 ZAIKEN Festa, D-4, 東京, 2022 年 3 月 2 日
- 45) “リン修飾ベータ型ゼオライトの熱安定性とトルエン吸着特性”, 小笠原正剛, 三浦康太, 後藤秀和, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 37 回ゼオライト研究発表会講演要旨集, A27, p. 35, 秋田, 2021 年 12 月 3 日
- 46) “チャンネル内に銅イオンおよびフッ化物イオンを含むアパタイト型リン酸塩の合成”, 下田陽南, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 2P27, p. 40, 秋田, 2021 年 11 月 19 日
- 47) “アパタイト型リン酸塩のチャンネル内への Zn の導入および析出挙動の検討”, 陳暁, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 2P26, p. 39, 秋田, 2021 年 11 月 19 日
- 48) “層状ペロブスカイト型化合物  $K_2NbO_3F$  を用いたメソ構造体の Knoevenagel 反応による塩基触媒活性評価”, 鈴木涼介, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 2P20, p. 33, 秋田, 2021 年 11 月 19 日
- 49) “ローシリカベータ型ゼオライトの熱安定性”, 三浦康太, 小笠原正剛, 後藤秀和, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 2P15, p. 28, 秋田, 2021 年 11 月 19 日
- 50) “ $HCa_{2-x}La_xNb_{3-x}Ti_xO_{10}$  から得られる有機無機複合体の塩基触媒活性”, 小林航大, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 2P09, p. 22, 秋田, 2021 年 11 月 19 日
- 51) “チャンネル内に Cu および Mn イオンを含むハイドロキシアパタイトの合成”, 宇佐見優真, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会講演要旨集, 1A11, p. 11, 秋田, 2021 年 11 月 18 日
- 52) “Study on thermal stability of phosphorus-modified beta zeolite (Si/Al = 5)”, 三浦康太, 小笠原正剛, 後藤秀和, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和 3 年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 2P112, p. 345, 秋田, 2021 年 10 月 3 日
- 53) “Preparation of inorganic-organic composites as base catalysts using silica pillared-niobates and quaternary onium salts”, 赤沼玲奈, 清水芽依, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 令和 3 年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 2P115, p. 342, 秋田, 2021 年 10 月 3 日

- 54) “Synthesis of apatite-type phosphates containing copper and fluoride ions in the channel”, 下田陽南, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 3 年度化学系学協会東北大会講演要旨集, 2P016, p. 246, 秋田, 2021 年 10 月 3 日
- 55) “静電的相互作用による  $\text{TiO}_2$ /ハイドロキシアパタイト凝集体の形成”, 齊藤寛治, 鎌田真実, 梁瀬光妙, 小野寺正宗, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 128 回触媒科学討論会, A1 講演 3C01, オンライン, 2021 年 9 月 17 日
- 56) “半導体光触媒によるセルロース分散水からの水素生成反応に層状固体酸の添加が及ぼす影響”, 齊藤寛治, 帷子優璃, パッタナスパワーニットピーラスツプ, 小笠原正剛, 加藤純雄, 日本粘土学会第 64 回粘土科学討論会, 講演要旨集, B-17, pp.96-97, オンライン, 2021 年 9 月 15 日
- 57) “ $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$  層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の調製”, 小笠原正剛, 清水芽依, 齋藤あすか, 赤沼玲奈, 齊藤寛治, 加藤純雄, 日本素材物性学会令和 3 年度年会, 講演要旨集, B-8, pp.43-44, 秋田, 2021 年 6 月 24 日
- 58) 尾関拓海, 鈴木陸, 江川元太, 吉村哲, “ $(\text{Bi,A})(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)\text{O}_3$  (A = Ca, Sr, Ba) 強磁性・強誘電性薄膜の磁気特性とその起源に関する検討”, 応用物理学会 第 69 回春季学術講演会 (青山学院大学 相模原キャンパス), 2022 年 3 月 22 日
- 59) S. Ratha, K. Takeda, D. Yamamoto, M. Kuppan, G. Egawa, S. Yoshimura, “Magnetic properties of  $(\text{Bi,L})(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)\text{O}_3$  (L = La, Nd, Sm, Gd, Dy) multiferroic thin films and consideration on the origin of their magnetic properties”, 応用物理学会 第 69 回春季学術講演会 (青山学院大学 相模原キャンパス), 2022 年 3 月 22 日
- 60) 吉村哲, 服部梓, “金属酸化物ナノ-マイクロ構造デバイスでの新機能開拓”, 成果展開 VR シンポジウム エネルギーハーベスティングの未来 (オンライン), 2022 年 3 月 7 日
- 61) 鈴木陸, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, “ $(\text{Bi,A})\text{FeO}_3$  強磁性・強誘電性薄膜(A=Ca, Sr, Ba)の結晶性と磁性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果”, 2022 年強的秩序とその操作に関する第 14 回講演会 (オンライン), 2022 年 1 月 4 日
- 62) 江川元太, 細谷亮太, 吉村哲, “磁気特性制御が可能な  $\text{CoCrPt}$  系薄膜を成膜した導電性探針による強磁性・強誘電薄膜の高感度磁区・分域構造観察”, 2022 年強的秩序とその操作に関する第 14 回講演会 (オンライン), 2022 年 1 月 4 日
- 63) 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, “ $(\text{Bi}_{1-x}\text{Ba}_x)(\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y)\text{O}_3$  強磁性・強誘電薄膜における飽和磁化・垂直磁気異方性・磁気 Kerr 効果に及ぼす Co 置換量の影響”, 映像情報メディア学会 2021 年冬季大会 (オンライン), 2021 年 12 月 16 日
- 64) 江川元太, 細谷亮太, 大下直哉, 吉村哲, “ $\text{CoCrPt}$  系磁気・電気力顕微鏡探針の作製とそれを用いた強磁性・強誘電薄膜の磁区・分域構造観察”, 第 45 回日本磁気学会学術講演会 (オンライン), 2021 年 9 月 2 日
- 65) 尾関拓海, 山本大地, 江川元太, 吉村哲, “高飽和磁化・垂直磁化  $\text{BiFeO}_3$  系強磁性・強誘電薄膜材料の探索 -Fe サイトの元素置換効果-”, 第 45 回日本磁気学会学術講演会 (オンライン), 2021 年 8 月 31 日
- 66) 吉村哲, 尾関拓海, 鈴木陸, 武田航太郎, 山本大地, 江川元太, “高飽和磁化・垂直磁化  $\text{BiFeO}_3$  系強磁性・強誘電薄膜材料の探索 -Bi サイトの元素置換効果-”, 第 45 回日本磁気学会学術講演

- 会 (オンライン), 2021 年 8 月 31 日
- 67) 小林拓海, 中田堯人, 江川元太, 吉村哲, “高磁化・高磁化率  $\text{Co-Al}_2\text{O}_3$  グラニューラー薄膜の実現に向けた反応性パルス DC スパッタリング法によるマトリックス材の作製”, 日本素材物性学会令和 3 年度年会 (オンライン), 2021 年 6 月 24 日
  - 68) 江川元太, 細谷亮太, 大下直哉, 吉村哲, “強磁性・強誘電薄膜の磁区・分域構造観察に適した高感度磁気・電気力顕微鏡探針の作製”, 日本素材物性学会令和 3 年度年会 (オンライン), 2021 年 6 月 24 日
  - 69) 鈴木陸, 尾関拓海, 江川元太, 吉村哲, “ $(\text{Bi},\text{A})\text{FeO}_3$  強磁性・強誘電性薄膜 ( $\text{A}=\text{Ca},\text{Sr},\text{Ba}$  (アルカリ土類金属)) の結晶構造と磁気特性におよぼすレーザーアシスト加熱成膜・後アニールの効果”, 日本素材物性学会令和 3 年度年会 (オンライン), 2021 年 6 月 24 日
  - 70) 尾関拓海, 山本大地, 江川元太, 吉村哲, “ $(\text{Bi},\text{La})(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)\text{O}_3$  強磁性・強誘電薄膜における垂直磁気異方性と磁気 Kerr 効果の Co 置換量依存性”, 映像情報メディア学会マルチメディアストレージ研究会 (オンライン), 2021 年 6 月 10 日
  - 71) 長谷川崇, アモルファス  $\text{SiO}_2$  基板上に成膜された  $\text{FeCoVN}$  の bct 構造の TEM 観察, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-21-082~093, p.p. 55~59 (MAG-21-093) (2021). (web 開催 2021 年 8 月 6 日, 発表日 2021 年 8 月 6 日)
  - 72) 山根治起, 梁瀬智, 長谷川崇, 小林政信, 安川雪子,  $\text{CoPt}$  垂直磁化膜における表面プラズモン共鳴と極 Kerr 効果, 第 69 回日本応用物理学会春季学術講演概要集, 23p-E303-8 (2022). (青山学院大学 2022 年 3 月 22 日~3 月 26 日, 発表日 2022 年 3 月 23 日)
  - 73) 佐々木航, 淀川信一, 倉林徹, 安達恵美, 丹野剛紀「Gas adsorption/desorption behaviors of ZIF-8 investigated with terahertz waves」令和 3 年度化学系学協会東北大会 (2021. 10, オンライン)
  - 74) 矢萩航, 加賀谷史, 林滋生, 「異なる性状のポリスチレン粒子を用いて作製した天然ゼオライト多孔質硬化体の作製と諸特性」令和 3 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, 2P23 (オンライン)
  - 75) Stevens Morlu GF, 横田早希, 李奕, 後藤猛, 分子インプリント法によるキラル分子認識ペプチドシリカ粒子の調製, 化学工学会秋田大会
  - 76) 長山和寛, Stevens Morlu GF, 横田早希, 後藤 猛, 金属認識部位にグルタミン酸残基を有する接着性ペプチドを用いた分子インプリント法による  $\text{Pb(II)}$  選択的吸着担体の調製, 化学工学会秋田大会
  - 77) 長山和寛, Morlu GF Stevens, 横田早希, 後藤猛, 分子認識領域にヒスチジン配列を有する接着性ペプチドを用いた分子インプリント法による  $\text{Pd}$  選択的吸着体の調製, 化学工学会第 5 2 回秋季大会
  - 78) 竹本栞, 横田早希, 後藤猛, His 融合シラフィン R5 ペプチドの生産とシリカ形成条件の検討, 秋田応用生命科学研究会第 34 回 講演会
  - 79) 竹本栞, 横田早希, 後藤猛, 組換え大腸菌による金属結合性シリカ沈殿ペプチドの生産とシリカ形成, 日本素材物性学会令和 3 年度年会
  - 80) 杉山由花, 大久保詠一郎, 大嶋昌也, 松村洋寿, 野口恵一, 養王田正文, 尾高雅文, カルボキソ



ーム外殻タンパク質 CcmO の三量体界面に位置するアミノ酸への変異導入が CcmO 集合体形成に与える影響, 第 73 回日本生物工学会大会, 2021 年 10 月

- 81) 中村文彦, 松村洋寿, 小川信明, 尾高雅文, Flavin reconstitution of Encapsulin nano compartment for developing a novel functionalized bionanocapsule, 令和 3 年度化学系学協会東北大会, 2021 年 10 月
- 82) 杉山由花, 大久保詠一郎, 大畠昌也, 松村洋寿, 尾高雅文, Effects of mutations of amino acid residues located at the CcmO trimer interface on its self-assembly, 令和 3 年度化学系学協会東北大会, 2021 年 10 月
- 83) 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, Characterization of self-assembly of  $\beta$ -carboxysome shell protein CcmO from the thermophilic cyanobacteria Thermosynechococcus elongatus BP1, 令和 3 年度化学系学協会東北大会 2021 年 10 月
- 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, 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成分 CcmO の集合体形成能の解析, 第 47 回生体分子科学討論会, 2021 年 06 月
- 85) 肖英紀, 池田虎ノ介 「Fe-Ge-Si 系における希薄 Si 濃度 B20 型合金の作製と評価」日本金属学会 2022 年春期(第 170 回)講演大会, オンライン, 2022 年 3 月
- 86) 多結晶 Si 基板上 DH 接合型 GaN 系発光ダイオードの InGaN 活性層 の発光特性, 薛後耀, 谷口真悟, 齋藤宇, 折館尚之, 齋藤翼, 佐藤祐一, 2021 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2021 年 08 月
- 87) 蛭谷創, 山城屋陽大, カビール ムハムドゥル, 高橋俊秀: アオコおよび活性汚泥を用いた微生物燃料電池について, 2021 年度電気関係学会東北支部連合大会
- 88) 山城屋陽大, 蛭谷創, 小原直子, カビール ムハムドゥル: アオコを用いた微生物燃料電池(MFC)におけるセル内電極位置の検討, 令和 4 年電気学会全国大会 (2022.3.23)
- 89) カビール ムハムドゥル, 蛭谷創, 山城屋陽大, 小原直子: アオコおよび活性汚泥を用いた微生物燃料電池 (MFC) の試み, 第 36 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会 (2022.3.23)
- 90) 照井颯志, 吉田征弘, 田島克文, 中嶋明宏, 「次世代航空機用モータコイルの絶縁性能評価のための実験環境構築」, 2021 年電気関係学会東北支部連合大会, 4F06 (2021)
- 91) 菅野 和, 田島克文, 吉田征弘, 中嶋明宏, 「Inverter surge voltage simulation for evaluation of motor coil insulation performance」, 2021 年電気関係学会東北支部連合大会, 3A05 (2021)
- 92) 吉田征弘, 照井颯志, 田島克文, 「航空機用モータコイルの絶縁性能評価に関する取り組み」, 2021 年電気学会産業応用部門大会, 1-OS1-4 (2021)
- 93) 安部勇輔, 根本優樹, 富岡雅弘, 熊谷誠治 「もみ殻炭を用いる Li イオン電池フルセルの充放電特性に及ぼすシリカの影響」日本素材物性学会令和 3 年度 (第 31 回) 年会, オンライン開催, 2021 年 6 月 24 日
- 94) 大滝隼一朗, 澤賢佑, 安部勇輔, 富岡雅弘, 熊谷誠治 「NCA 正極を用いたリチウムイオン電池のプレコンディショニング条件」日本素材物性学会令和 3 年度 (第 31 回) 年会, オンライン開催, 2021 年 6 月 24 日

- 95) 安部勇輔, 根本優樹, 富岡雅弘, 熊谷誠治「ハーフセルとフルセルによる Li イオン電池のもみ殻炭負極評価」2021 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2021 年 8 月 27 日
- 96) 澤賢佑, 安部勇輔, 熊谷誠治, 渡邊亮栄, 淀瀬達也「廃 Li イオン電池から再生した  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  の電気化学特性」令和 4 年電気学会全国大会, オンライン開催, 2022 年 3 月 23 日
- 97) 電動ターボコンプレッサを用いた航空機用環境制御装置のエネルギー回収, 高橋賢次(秋田大), 足立高弘, 石井将太郎(IHI), 関直喜, 大依仁, 日本機械学会 熱工学コンファレンス 2021 年 10 月
- 98) 渡部恵, 平山寛, 航空機電動化におけるフライホイールバッテリー試験機の開発と評価, 日本航空宇宙学会北部支部 2022 年講演会ならびに第 3 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2022-H021, 2022 年 3 月 17 日.
- 99) 猪狩匡平, 井野翔, 平山寛, 航空機電動化におけるフライホイールバッテリーのモデルの研究と開発, 日本航空宇宙学会北部支部 2022 年講演会ならびに第 3 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2022-H022, 2022 年 3 月 17 日.
- 100) 沢田理帆, 平山寛, 航空機電動化における冗長アクチュエータ試験機の開発と評価, 日本航空宇宙学会北部支部 2022 年講演会ならびに第 3 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2022-H023, 2022 年 3 月 17 日.
- 101) 井野翔, 猪狩匡平, 平山寛, 航空機電動化における冗長アクチュエータのモデルの研究と開発, 日本航空宇宙学会北部支部 2022 年講演会ならびに第 3 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, JSASS-2022-H024, 2022 年 3 月 17 日.
- 102) “放射性廃棄物地層処分に用いる銅-炭素鋼複合オーバーパックに対する FSW 適用に関する研究”, 花井淳弥, 宮野泰征, 八木曹一郎, 佐藤啓陸, 木村光彦, 鈴木覚, 小川裕輔, 小倉卓哉, 森貞好昭, 藤井英俊
- 103) 菅原綾一, 江口卓弥, 富岡雅弘, 熊谷誠治「活性炭正極と Si 負極の活物質質量比が異なるリチウムイオンキャパシタの充放電特性」日本素材物性学会令和 3 年度 (第 31 回) 年会, オンライン開催, 2021 年 6 月 24 日
- 104) 金本雄吾, 富岡雅弘, 熊谷誠治「高温条件が電気二重層キャパシタの劣化に及ぼす影響」日本素材物性学会令和 3 年度 (第 31 回) 年会, オンライン開催, 2021 年 6 月 24 日
- 105) 江口卓弥, 沢田圭一郎, 富岡雅弘, 熊谷誠治「Si 系リチウムイオンキャパシタの劣化後の電極状態の分析」日本素材物性学会令和 3 年度 (第 31 回) 年会, オンライン開催, 2021 年 6 月 24 日
- 106) 高山勇人, 伊藤凌平, 富岡雅弘, 熊谷誠治「再生可能エネルギーを導入した電力系統における大容量蓄電池の制御方式に関する研究」2021 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2021 年 8 月 26 日
- 107) 伊藤凌平, 高山勇人, 富岡雅弘, 熊谷誠治「蓄電池を大量導入した際の電力系統への影響の解析」2021 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2021 年 8 月 26 日
- 108) 島谷圭一, 上野友雅, 富岡雅弘, 熊谷誠治「リチウムイオン電池の充放電電流密度変化に対するレート特性予測手法に関する研究」2021 年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開

催, 2021年8月27日

- 109) 上野友雅, 島谷圭一, 富岡雅弘, 熊谷誠治「低温域におけるリチウムイオン電池の電気化学特性に関する研究」2021年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2021年8月27日
- 110) 金本雄吾, 富岡雅弘, 熊谷誠治「高温における電気二重層キャパシタのサイクル劣化特性」2021年度電気関係学会東北支部連合大会, オンライン開催, 2021年8月27日
- 111) 伊藤凌平, 富岡雅弘, 熊谷誠治「異なる制御方法の蓄電池を導入した電力系統における系統安定度に関する研究」令和4年電気学会全国大会, オンライン開催, 2022年3月23日
- 112) 藤田知花, 大川浩一, 加藤貴宏:超音波間照射における難溶解性固体の溶解促進に及ぼす溶存空気の影響, 第30回ソノケミストリー討論会プログラム(オンライン) P04 (2021)
- 113) 大川浩一, 藤田知花, 加藤貴宏, 菅原勝康: 超音波を用いた第三級アミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離, 第42回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム(オンライン) 2Pa-4-3 (2021)
- 114) 北村優弥, 大川浩一, 篠田弘造, 加藤貴宏, 菅原勝康: 超音波照射を用いて合成したスコロダイトを原料とした多孔質 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の電池特性評価, 第42回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム(オンライン) 3Pb4-1 (2021)
- 115) 大川浩一, 北村優弥, 加藤貴宏, 菅原勝康: 低周波数超音波を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離, 資源・素材 2021(札幌)(オンライン), 1K0201-08-08 (2021)
- 116) 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: CCSにおける二酸化炭素の低温脱離を目的とした第三級アミン溶液と超音波の利用, 資源・素材 2021(札幌)(オンライン), 2K0101-11-07 (2021)
- 117) 福本倫久, 中島可能, 溶融塩を媒体とした電析と溶解による多孔質 Ni-Co 合金の作製と水素発生評価, 日本金属学会秋季講演大会, ONLINE, 2021年9月
- 118) 福本倫久, 中村和海, 中島可能, Pt めっきと溶融塩処理による多孔質 Pt 合金の作製と水素発生評価, 日本金属学会春季講演大会, ONLINE, 2022年3月16日
- 119) 古林敬頭, 秋田県を対象とした脱炭素エネルギーシステムにおけるバイオマスの役割, 第17回バイオマス科学会議講演論文集, オンライン開催, 2022年1月19-20日
- 120) 古林敬頭, 洋上風力発電のポテンシャル分析と地域エネルギー需給に与える影響, 第38回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, オンライン開催, 2022年1月25-26日
- 121) 高橋弘樹, 河内洋祐: Pt カソードの CO<sub>2</sub> 電解還元反応における O<sub>2</sub> の影響, 秋田化学技術協会第56回研究技術発表会 (2022. 3. 3, online).
- 122) 健側と同期した瞬きを実現する眼窩エピテーゼの開発, 大宮佳揮, 田中清志, 福田雅幸, 長縄明大, 第55回日本生体医工学会東北支部大会 (2021年12月)
- 123) ヒトの指で駆動する多指多関節ハンドの開発, 杉山達央, 高橋和孝, 清水宏明, 長縄明大第55回日本生体医工学会東北支部大会 (2021年12月)
- 124) 弾性着衣の圧迫圧を評価する触診デバイスの検証, 渡邊一真, 高階淳子, 長縄明大, 第55回日本生体医工学会東北支部大会 (2021年12月)
- 125) 自転車運転シミュレータによる車道右折横断時の運転行動の検証, 佐々木陽, 藤原克哉, 水戸部一孝, Journal of the Japanese Council of Traffic Science (2021年10月)

- 126) VR ドライビングシミュレータの開発と無信号交差点での運転行動の計測, 木村十夜, 水戸部一孝, *Journal of the Japanese Council of Traffic Science* (2021年10月)
- 127) VR および AR 技術を用いた上肢リハビリテーションロボットシステムの開発, 加藤亮介, 巖見武裕, 若林玲奈, 木澤悟, 寺田裕樹, 島田洋一, 第48回日本臨床バイオメカニクス学会 (2021年10月)
- 128) 下肢麻痺者のための強化学習を用いた歩行リハビリテーションロボットの開発, 山田雅人, 巖見武裕, 斉藤公男, 島田洋一, 第48回日本臨床バイオメカニクス学会 (2021年10月)
- 129) 車いす取り付け型自転車の駆動方式の違いが下肢筋張力に及ぼす効果, 小林義和, 巖見武裕, 畠山和利, 斉藤公男, 島田洋一, 第48回日本臨床バイオメカニクス学会 (2021年10月)
- 130) "ルブロンAの中央部分の収束的な合成の検討" 市川葉月, 三浦理央, 齋藤崇史, 藤原憲秀 令和3年度化学系学協会東北大会 (オンライン) 講演要旨集 2P045, 2021.10.3.
- 131) "ジズアミンAの全合成研究" 佐々木佳慧, 高木絵梨, 藤原憲秀 令和3年度化学系学協会東北大会 (オンライン) 講演要旨集 1P080, 2021.10.2.
- 132) "ジズアミンAの全合成研究" 佐々木佳慧, 高木絵梨, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部2021年夏季研究発表会 (オンライン) 講演要旨集 B12, 2021.7.17.
- 133) "ルブロンAの中央部の骨格構築の検討" 市川葉月, 三浦理央, 齋藤崇史, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部2021年夏季研究発表会 (オンライン) 講演要旨集 B16, 2021.7.17.
- 134) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1938年5月および11月の福島県沖の地震の被害に関する文献調査, 日本建築学会東北支部研究報告会(CD-ROM), 2021年6月
- 135) 水田敏彦: 1964年新潟地震による新潟県以外の被害に関する広域的考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集B構造II(CD-ROM), 2021年9月
- 136) 水田敏彦, 鏡味洋史: 弘戸小学校編『男鹿地震記』に記された1939年男鹿地震の震災の状況と対応, 歴史地震研究会(苫小牧大会) 講演要旨集, pp.6, 2021年9月
- 137) 鏡味洋史, 水田敏彦: 1927年北丹後地震直後の踏査報告の足跡をたどって, 歴史地震研究会(苫小牧大会) 講演要旨集, pp.24, 2021年9月
- 138) 水田敏彦, 鏡味洋史: 豪雪下で発生した2011年長野県北部地震に関する文献調査, 東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集, 2021年12月
- 139) 鏡味洋史, 水田敏彦: 1901年青森県東方沖地震の岩手・秋田の被害, 東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集, 2021年12月

### (3) 活動実績

#### ①地域貢献・社会貢献（地域コンソーシアムへの参加等）

- 1) 石山大三：秋田県営玉川温泉ビジターセンターリニューアル活動「玉川温泉ビジターセンターの展示再検討及び玉川温泉地熱系に関する展示用新規動画作成」 2021年8月11日～3月31日 秋田県営玉川温泉ビジターセンター及び秋田県庁
- 2) 渡辺寧：令和3年度 秋田大学公開講座「地球 46 億年の歴史：地球をどのように研究するのか？」 2021年8月21日，8月28日，9月4日 オンライン開催
- 3) 藤井光ほか：地下熱利用とヒートポンプシステム研究会「揚水井近傍に発生する地下水流れが垂直型地中熱交換井に及ぼす影響の評価」 2021年7月2日オンライン開催, 2021年12月16～17日 佐賀県
- 4) 芳賀一寿：環境あきた県民塾「アーバンマインと秋田県の鉱山技術のポテンシャルを知ろう（座学）」 2021年11月20日 大館市北地区コミュニティセンター
- 5) 芳賀一寿：資源・素材塾 2021「選鉱学の基礎」 2021年8月24日 オンライン開催
- 6) 高橋亮平：資源・素材塾 2021「資源開発における地質学・鉱床学」 2021年8月26日 オンライン開催
- 7) 吉村哲：秋田県高エネルギー加速器技術研究会令和3年度研究会「秋田県の放射光の利活用について」 2021年9月10日，11月1日，2022年1月25日，3月2日 オンライン開催
- 8) 熊谷誠治ほか：秋田大学理工学部サイエンスラボ（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」 2021年12月27日 秋田大学理工学部
- 9) 熊谷誠治ほか：令和3年度あきたサステイナビリティスクール講師「大容量二次電池」 2021年6～7月 オンデマンド授業
- 10) 熊谷誠治ほか：令和3年度大学コンソーシアムあきた高大連携授業講師「再生可能エネルギー入門」 2021年8月7日 秋田大学理工学部
- 11) 熊谷誠治ほか：イノベーション・ジャパン 2021～大学見本市 Online に出展「電気二重層キャパシタの寿命を延ばす活性炭系添加剤」に関する研究成果 2021年8～9月 オンライン開催
- 12) 熊谷誠治ほか：秋田ヒューマン・エネルギー研究会 2021年9月10日 オンライン開催
- 13) 熊谷誠治ほか：第70回秋田県発明展「リチウムイオン蓄電デバイスの負極活物質—もみ殻の有効活用方法—」を出展 2021年10月30日，31日 ポートタワーセリオン
- 14) 古林敬顕：秋田水素コンソーシアム 2021年11月26日 いわき鹿島水素ステーション、福島県ハイテクプラザ、産業技術総合研究所
- 15) 水田敏彦：東北地区国立大学法人等施設担当部課長会議にて大規模災害への備えについての防災講演 2021年7月1日 オンライン開催
- 16) 水田敏彦：災害安全指導者研修会 秋田県内の教員対象に地域の特性や課題を踏まえた防災講演 2021年9月6日 秋田県総合教育センター（オンライン開催）
- 17) 水田敏彦：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業 秋田県内の幼稚園・高等学校の幼児・生徒を対象に地域の特性や課題を踏まえた出前授業 2021年9月29日，10月6日，10月27日，12月

- 9日, 12月16日〔計5回〕 西仙北高校, いずみこども園, 横手清陵学院, 第二ルンビニ園, 秋田大学附属特別支援学校
- 18) 水田敏彦: 秋田大学リモート防災教室 2021年11月4日, 11月10日, 11月11日, 11月17日, 11月19日, 12月3日〔計6回〕 男鹿市船川北公民館, 男鹿市若美公民館, 男鹿市船川港公民館 (オンライン開催)
- 19) 水田敏彦: 秋田県自主防災組織育成指導者研修会 2021年11月19日, 11月20日, 11月24日, 12月11日, 12月14日〔計5回〕 由利本荘総合防災公園ナイスアリーナ, 横手市西成瀬地区交流センター, 湯沢市役所, 横手市増田地区多目的研修センター, 大仙市大曲交流センター
- 20) 水田敏彦: 地域防災力シンポジウム in 秋田 2022 2022年2月12日 ホテルメトロポリタン秋田(収録特設サイト動画配信)



## ②特許登録

No.	発明（考案）者	発明・考案の名称	登録番号
1	熊谷誠治	リチウムイオン電池およびリチウムイオンキャパシタ用負極活物質	特許第6867574号
2	松本和也、寺境光俊、 山川澄人	組成物および成形品	ZL 201780045058.X
3	松本和也、寺境光俊、 山川澄人	貴金属回収方法および貴金属回収剤	特許第6895177号
4	石尾俊二、長谷川崇	硬質磁性材料	特許第6923185号
5	山田学、 ムニヤパン ラジブガンジー、 金田祐、木村望	パラジウム・白金抽出剤、パラジウム・ 白金の分離方法	特許第6948698号
6	水戸部一孝、 トン タット ロイ、齊藤元	磁性体の位置探索システム、及び位置 探索方法	特許第6964859号
7	水戸部一孝、 トン タット ロイ、山本良之、 齊藤元	ハイパーサーミア用インプラント	特許第6964865号
8	水戸部一孝、藤原克哉、丹 野遼平	入力システム	特許第6966777号
9	KABIRMAHMUDUL	汚染土の除染方法	特許第7002981号
10	川村洋平、安達毅、伊藤豊	対象物推定装置	特許第7007629号
11	佐藤祐一、齋藤嘉一	窒化物半導体の製造装置および製造方 法	特許第7011278号
12	松本和也、寺境光俊、 山川澄人、瀬崎勇斗	ロジウム回収方法	特許第7017780号

\* 取得済み特許のみ掲載

### ③受賞等

- 1) 日本地熱学会 研究奨励賞 津谷駿介
- 2) 資源地質学会第70回年会講演会優秀学生講演賞 (渡辺 寧)
- 3) 日本地球惑星科学連合 2021 年大会「固体地球科学セッション」学生優秀発表賞 (渡辺 寧)
- 4) 日本地球惑星科学連合 2021 年大会 大気水圏科学セッション学生優秀発表賞(2021年6月5日)  
題目「Geochemistry and environmental impact on groundwater in Eastern Serbia」国際資源学研究科 資源学専攻 博士後期課程 アダモビッチ・ドラガナ (石山大三)
- 5) The Society of Resource Geology 2020 The Best Article Award 高橋亮平
- 6) 日本素材物性学会にて優秀発表賞を受賞 舟木麟太郎 (寺境・松本)
- 7) 資源・素材学会 2021 年度春季大会にて若手ポスター発表賞を受賞 青木瞭太 (寺境・松本)
- 8) 資源・素材学会 2022 年度春季大会にて優秀発表賞を受賞 青木瞭太 (寺境・松本)
- 9) 第 20 回日本金属学会東北支部研究発表大会 優秀ポスター賞,「Mg-RE-Ag 系合金(RE=Y, Gd)の低温時効挙動」, 小原兆喜, 齋藤嘉一, 早坂祐一郎 (2021年12月17日, 東北大学, 対面&オンライン開催)
- 10) 令和3年度化学系学協会東北大会 ポスター賞受賞 赤沼玲奈 (加藤純雄)
- 11) 令和3年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会優秀発表賞 下田陽南 (加藤純雄)
- 12) 早稲田大学各務記念材料技術研究所主催第8回 ZAIKEN Festa 奨励賞 齊藤寛治
- 13) 2021 年度溶接学会東北支部奨学賞, 花井 惇弥(“放射性廃棄物地層処分に用いる銅-炭素鋼複合オーバーバックに対する FSW 適用に関する研究”) (宮野泰征)
- 14) 2021 年電気関係学会東北支部連合大会, IEEE Sendai Section Student Awards(The Encouragement Prize) (2021 年電気関係学会東北支部連合大会, 「Inverter surge voltage simulation for evaluation of motor coil insulation performance」), 菅野 和 (田島・吉田), 2021 年 12 月 15 日
- 15) 日本素材物性学会令和3年度(第31回)年会優秀論文発表賞 (安部勇輔, 大学院博士後期課程 1 年生 (社会人))「もみ殻炭を用いる Li イオン電池フルセルの充放電特性に及ぼすシリカの影響」安部勇輔, 根本優樹, 富岡雅弘, 熊谷誠治
- 16) 令和2年度電気学会優秀論文発表賞 安井啓道 (大学院博士前期課程修了生)「異なる電解液におけるもみ殻活性炭の電気二重層キャパシタ特性」安井啓道, 富岡雅弘, 熊谷誠治
- 17) 令和3年度(第70回)秋田県発明展日本弁理士会 日本弁理士会会長奨励賞 熊谷誠治 2021 年 10 月 31 日

## 7. 地方創生センターの研究設備等一覧

### (1) 設備管理専門委員会報告

令和4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）まで、「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」が担当しており、この体制は第4期中期目標期間初年度の令和4年度も維持されています。

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10年が過ぎ、経時劣化のため部品の交換やオーバーホールが必要なケースが増えてきた。一方で、いまだに状態が良好で利用頻度の高い装置も多い。今年度、特に稼働率が高かった機器（年間使用時間が100時間超）は、比表面積・細孔径分布測定装置、超分解能電界放射型走査型電子顕微鏡、X線電光子分光分析装置（XPS）、光散乱GPC分子量測定装置、元素分析装置、テラヘルツ分光分析装置、水銀ポロシメータおよび触媒分析装置である。

今年度の大きな作業としては、飛行時間型質量分析装置の電源ユニットやXPSの真空ユニットの修理があった。誤操作や不注意、整備不良等による重大な事故はなかった。利用者と装置管理責任者の献身的なご協力にお礼を申し上げる。

## 【機器の管理責任者】

管理責任者を下記の教員の方々に依頼し、機器のコンディションの維持管理と新規利用者へのインストラクションをご担当いただいた。

阿部 一徳（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

池本 敦（教育文化学部 地域文化学科）

大川 浩一（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

小笠原正剛（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

加藤 純雄（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

熊谷 誠治（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

近藤 良彦（大学院理工学研究科 生命科学専攻）

寺境 光俊（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

高崎 康志（大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻）

丹野 剛紀（地方創生センター）

松本 和也（大学院理工学研究科 物質科学専攻）

水戸部一孝（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

カビール・ムハムドゥル（大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻）

（五十音順、敬称略）

## 【機器取り扱い規程】

1号館に設置している研究機器は、「秋田大学地方創生センター1号館研究設備利用細則」により、産学官共同研究開発を行い、その成果を普及し、その活用を促進することにより、科学技術を駆動力とした地域経済の活性化を図ることを目的に学内外に利用させることを規定している。使用に際しては、消耗品費、修繕費等のランニングコストを勘案して設定した利用単価に利用時間数を乗じた額を請求している。また、機器管理責任者は、前年度管理した研究設備年間利用時間の15%分の時間を無料で利用できることとしている。

利用の方法は、毎年度利用依頼書および利用理由書を提出していただき、センター長の決裁・承認のうえ利用させることとしている。利用料金の支払い方法は、原則として、四半期毎に利用料金をまとめ、翌月に請求することとし、本年度も例年どおりの方法で利用者に支払っていただいた。なお、利用時間および料金は、利用台帳に記載されたものを月毎にセンター技術専門職員がとりまとめている。

## 地方創生センター2号館

### 【はじめに】

秋田大学地方創生センター2号館に設置されている各研究機器は、本年度も年間を通じてさまざまな研究テーマの下で有効利に活用された。しかしながら、大半の機器が設置後20年程度経過したことを受けて、稼働率の高い装置を中心に、経年劣化や消耗部品の寿命による機能低下、ポンプや計測器などの付属品の故障、などが発生した。また、循環冷却水用の送水ポンプやチラー、などの施設についても、経年劣化や消耗部品の寿命による性能低下、制御基板の故障、なども見られるようになった。当委員会では、機器や施設のコンディションを常に最良の状態に維持管理することを第一の責務とし、それらの更新・オーバーホール・部品交換のサポートや修繕等に係る業務を中心に活動を行ってきた。具体的には、ICP発光分光分析装置のミラーやポンプの交換、電界放射型電子顕微鏡と液体窒素製造装置のオーバーホール、イオンクロマトグラフ装置の電気伝導度計の交換、垂直磁場磁気力顕微鏡装置の基板交換、などを行った。特にチラーについては、2台を交互運転させることでそれぞれの負荷を低減するシステムを組んでいたが、令和2年度に1台の基板（製造中止・在庫なし）が完全に故障して動かなくなり、1年間ほどは1台を常時運転させていた。このままでは、この残った1台も近いうちに故障する可能性が高かったことから、年度計画推進経費に申請し、採択を経て、動かなくなったチラー1台を新しいチラーへ更新することができた。残ったもう1台についても、近いうちに更新を行うべく、年度計画推進経費等への申請を引き続き行っていくことになった。

その他、保守用備品の整理や機器の再配置により確保した実験スペースについて、スペースの貸出を積極的に行った。

### 【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（ $\geq 100$ 時間/年を目安）として、各種粉碎機、真空アーク溶解炉、ICP発光分光分析装置、イオンクロマトグラフ、ナノ粒子粒径解析/ゼータ電位計、高真空型走査型プローブ顕微鏡、大気型走査プローブ顕微鏡、温度可変型走査型プローブ顕微鏡、表面粗さ形状測定装置、振動試料型磁力計、多目的X線回折装置、粉末X線回折装置、薄膜X線回折装置、走査電子顕微鏡、イオンコーティング装置、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、液体窒素製造装置などがある。

### 【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）  
久場 敬司（医学系研究科 分子機能学・代謝機能学講座）  
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 共同ライフサイクルデザイン工学専攻）  
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 附属革新材料研究センター）

（五十音順、敬称略）

### 【機器取り扱い規定】

地方創生センター研究員、学内教員、および外部の研究者が装置を使用することができる規程は、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（別紙「機器使用料」参照）を請求させていただくことにしている。また、学内教員の研究推進を目的として、何年も前から、募集をかけるなど積極的な実験スペース貸出（年度更新）を行っており、その使用料を請求させていただくことにしている。尚、令和3年度は、1度の募集を行い、本委員会で審議されて貸出が決定した。地方創生センター機器の使用料、および実験スペース使用料の徴収に関して、4月から9月までに使用した分の使用料を11月に、10月から12月までに使用した分の使用料を2月に、1月から3月までに使用した分の使用料を3月末に、それぞれ使用者に支払って頂く方式を採用しており、細かく分割することで、年度で切り替わらない研究費や予算での支払いが可能になるよう、そしてその集計や請求を迅速に行うことで、使用者の便宜を図っている。尚、使用者が保有する種々の経費での支払いを可能にしていることで、使用者にとっての利便性を更に高めている。

### 【おわりに】

秋田大学地方創生センター2号館では、新規および移管を含め、特徴ある機器の導入、特徴的な研究を更に推進するための施設の充実、老朽化した施設の更新を、設備マスタープランや概算要求や年度計画推進経費への申請などにより積極的に進めており、利用者の今後の研究活動のますますの発展が期待される。



## (2) 地方創生センター1号館

### ①研究設備一覧

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカー	型 式
1	超純水製造装置	オルガノ(株)	
2	ドラフトチャンバー	オリエンタル技研工業(株)	AFG-STZ-1500E
3	マイクロウェーブ試料前処理システム	PerkinElmer	Multiwave3000 高圧TFM分解容器セット
4	超高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡	日立ハイテク	SU-70
5	炭素・水素・窒素・硫黄・酸素全自動分析装置	PerkinElmer	2400 II 全自動元素分析システム
6	フレーム/ファーンネス高分解能連続光源原子吸光分析装置	(株)アナリティクイエナ ジャパン	AAS contrAA700
7	元素分析装置	(株)システムズエンジニアリング	CE-440
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	日本電子(株)	JNM-ECA600 FT-NMR
9	X線光電子分光分析装置	島津製作所	AXIS-ULTRA
10	マイクロフォーカスX線CT透視装置	島津製作所	SMX-100CT-SV3 TypeIII
11	水銀ポロシメータ	ThermoFinnigan	pascal 140型240型
12	超高速液体クロマトグラフシステム	日本分光(株)	JASCO XLCシステム
13	光散乱GPC分子量測定装置	昭光	DOWN HELEOS II 8 ほか
14	テラヘルツ分光測定装置	(株)テラヘルツ研究所	TSS- II GM
15	バイポーラ電源	NF回路設計ブロック	BP4620
16	活性汚泥処理装置	朝日理化工業	C8R型
17	スプレードライヤ装置	ヤマト科学	DL-410
18	比表面積・細孔径分布測定装置	日本バル(株)	BELSORP-miniII
19	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	日本バル(株)	BELCAT-B AGAS (ガス導入口7ライン)
20	リアルタイムPCRシステム	タカラバイオ(株)	MRQ TP960AB
21	マルチラベルカウンター	TECAN	M200PRO_FAL-TBT
22	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	東機産業(株)	TVB-10M (Lアダプタ付き)
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	WATERS	AcquityUPLC
24	ガス吸着量測定装置	カンタクロム社(米国)日本代理店 シスメックス(株)	Autosorb-IQ-C-AC
25	モジュール式電気化学測定システム	ソーラートロン(英国)日本代理店 (株)東陽テクニカ	M-CHAS4 MODULAB
26	共焦点レーザー顕微鏡	オリンパス	FV1000/1X81-S (分光)仕様
27	マトリックス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析装置	ブルカー・ダルトニクス(株)	autoflex III Site Preparation Specification
28	バイオクリーンベンチ	三洋	バイオクリーンベンチMCV-B91F

## ②研究設備利用実績

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和3年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
1	超純水製造装置	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	0	0
2	ドラフトチャンバー	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	0	0
3	マイクロウェーブ試料前処理システム	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	637	0
4	超高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,587	281
5	炭素・水素・窒素・硫黄・酸素全自動分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	2,170	21
6	フレーム/ファーンエス高分解能連続光源原子吸光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	1,058	3
7	元素分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 生命科学専攻	近藤 良彦	637	105
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	松本 和也	3,931	6
9	X線光電子分光分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	加藤 純雄	1,695	189
10	マイクロフォーカスX線CT透視	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	2,278	0
11	水銀ポロシメータ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	阿部 一徳	475	112
12	超高速液体クロマトグラフシステム	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	691	0
13	光散乱GPC分子量測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境 光俊	313	148
14	テラヘルツ分光測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	水戸部 一孝	842	139
15	バイポーラ電源	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	0
16	活性汚泥処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	0
17	スプレードライヤ装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	367	0
18	比表面積・細孔径分布測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川 浩一	216	1,485
19	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	162	262

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和3年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
20	リアルタイムPCRシステム	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本 敦	162	0
21	マルチラベルカウンター	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本 敦	313	2
22	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	54	0
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	1,857	0
24	ガス吸着量測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷 誠治	421	0
25	モジュール式電気化学測定システム	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷 誠治	54	0
26	共焦点レーザー顕微鏡	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	475	0
27	マトリックス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析装置	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	1,404	0
28	バイオクリーンベンチ	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野 剛紀	54	0

### (3) 地方創生センター2号館

#### ①研究設備一覧

No.	設備名	仕様	
		メーカー	型式
1	形状測定レーザマイクロスコープ	(株)キーエンス	VK-X200/210SP
2	EXAFS装置	(株)リガク	EXAFS-Labo
3	高真空型走査型プローブ顕微鏡	セイコーインスツルメンツ(株)	SPI3800N
4	大気型走査型プローブ顕微鏡		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	ディスク型手動粉碎機	ハルツォク・ジャパン(株)	HSM-100A
14	非鉄金属選別機	日本エリーズマグネチックス(株)	ECS1222
15	小型精密切断機	平和テクニカ(株)	HS-25
16	堅型粉碎機	(株)オリエント	VM-20
17	ロール型磁選機	日本エリーズマグネチックス(株)	RE-05
18	空気テーブル	ジュイテック(株)	V-135E
19	湿式高磁力磁選機	日本エリーズマグネチックス(株)	HIW L-4 ラボモデル
20	湿式粉碎機(アトライタ)	三井鉱山(株)	MA01SC型
21	卓上型高周波ビードサンプラー	(株)リガク	AK
22	ICP発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS5510
23	卓上型プラズマ発光分光分析装置	セイコーインスツル(株)	SPS7700
24	紫外可視近赤外分光光度計	(株)島津製作所	UV-3600
25	蛍光X線分光分析装置	(株)リガク	Primini
26	イオンクロマトグラフ	米国ダイオネクス社	ICS-3000型
27	拡散反射測定ユニット60φ積分球付属装置	(株)島津製作所	ISR-3100 (UV3600用)
28	金属分散度測定装置	日本ベル(株)	BEL-METAL-1SPA1
29	シングルナノサイズ対応粒子径・表面電位解析装置	堀場製作所	Nano Partica SZ-100Z-100
30	Agilent 630 FT-IR システム	アジレント・テクノロジー(株)	630 FT-IR
31	直流安定化電源	日本電計(株)	GP0500-30R
32	卓上型0.2Lオートクレーブ	日東高圧	HC-276 20MPa

No.	設 備 名	仕 様	
		メーカー	型 式
33	レーザーゼータ電位計	大塚電子(株)	ELS-8000
34	粒度分布測定装置	日機装(株)	MT3300EX-SDU
35	示差熱天秤	(株)リガク	THERMO PLUS2
36	GCマス装置	日本電子(株)	JSM-GCMATEII
37	多層構造膜作製装置	トッキ(株)	SPM-506
38	多元合金膜作製装置	トッキ(株)	SPM-406
39	磁気記憶装置材料分析・評価システム	(株)エイコーエンジニアリング	
40	液体窒素製造装置	岩谷産業(株)	
41	純水製造装置	(株)東洋製作所	RFD210PA
42	蒸留水製造装置	(株)アドバンテック	RFD240NA
43	超純水製造装置	(株)アドバンテック	RFU464CA
44	微小空間組織構造評価装置	日本電子(株)	JSM-7800F
45	走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-5900LV
46	カーボンコーティング装置	日本電子(株)	JEC-520
47	イオンコーティング装置	日本電子(株)	JFC1600
48	電界放射型走査電子顕微鏡	日本電子(株)	JSM-6701F
49	薄膜X線回折装置	リガク(株)	RINT IN-PLANE
50	粉末XRD測定装置	リガク(株)	RINT2000
51	多目的X線回折装置	ブルカーエイエックスエス(株)	D8ADVANCE
52	高感度磁化測定装置	(株)オプティマ	2900-04
53	振動試料型磁力計	東栄工業(株)	VSM
54	磁気カー効果測定装置	ネオアーク(株)	BH-786P-AP
55	高真空熱処理装置	(株)真空理工	VHC-P45C-S
56	高温熱処理装置	トキコナガノ(株)	NEWTONIAN® Pascal-40
57	均温熱処理装置		
58	PCRサーマルサイクラー	タカラバイオ(株)	TP600
59	AO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3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 附属革新材料研究センター	吉村 哲	60	31.8
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 附属革新材料研究センター	吉村 哲	50	101.8
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	127
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	10
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	121.3
7	表面粗さ形状測定器	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	60	217
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 附属革新材料研究センター	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	233 (個)
12	高周波誘導加熱装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	0 (回)
13	ディスク型手動粉砕機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
14	非鉄金属選別機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	30	0
15	試料精密切断機	秋田大学 大学院理工学研究科 共同ライフサイクルデザイン工学専攻	高橋 護	0	0
16	堅型粉砕機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
17	ロール型磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	0
18	空気テーブル	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	0
19	湿式高磁力磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
20	湿式粉砕機(アトライタ)	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
21	卓上型高周波ビードサンプラー	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	100	0
22	ICP発光分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	芳賀 一寿	700	344.9



No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和3年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
23	卓上型プラズマ発光分光分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	600	71.5
24	紫外可視近赤外分光光度計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	350	40.4
25	蛍光X線分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	200	12 (個)
26	イオンクロマトグラフ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	100	162
27	拡散反射測定ユニット60φ積分球 付属装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	100	0
28	金属分散度測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	進藤 隆世志	50	18.8
29	シングルナノサイズ対応粒子径・表面 電位解析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	60	136.8
30	Agilent 630 FT-IR システム	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	120	4.2
31	直流安定化電源	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎 康志	0	0
32	卓上型0.2Lオートクレーブ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	50	0
33	レーザーゼータ電位計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	70	0
34	粒度分布測定装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	100	25
35	示差熱天秤	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原 正剛	50	0
36	GCマス装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境 光俊	300	0
37	多層構造膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	500	8 (日)
38	多元合金膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	500	26 (日)
39	磁気記憶装置材料分析・評価システム	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	1,000	154 (日)
40	液体窒素製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	100	3318 (L)
41	純水製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	0	17.9 (L)
42	蒸留水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	0	153 (L)
43	超純水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山 敦	10	0
44	微小空間組織構造評価装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	500	745.72

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料 単価(円)	令和3年度 使用時間 (時)
		所 属	氏 名		
45	走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	157.08
46	カーボンコーティング装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	50	0
47	イオンコーティング装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	50	45 (回)
48	電界放射型走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	林 滋生	70	41.4
49	薄膜X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤 嘉一	100	120.66
50	粉末XRD測定装置RINT2000	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	100	1098.18
	粉末XRD測定装置RINT2000印刷代	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川 浩一	10	250 (枚)
51	多目的X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	70	200.5
52	高感度磁化測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	70	8
53	振動試料型磁力計	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	50	689.8
54	磁気力一効果測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	33.9
55	高真空熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川 崇	50	45.7
56	高温熱処理装置	秋田大学 教育文化学部 英語・理数教育講座	林 正彦	50	0
57	均温熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村 哲	50	0
58	PCRサーマルサイクラー	秋田大学 大学院医学系研究科 分子機能学・代謝機能学講座	久場 敬司	10	0
59	AO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	0

## 秋田大学地方創生センター

〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号

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