



秋田大学

地方創生センター

令和2年度年報

*Akita University*

*Center for Regional Revitalization in Research and Education*

*Annual Report 2020.4 - 2021.3*



# 令和2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) 自動車・航空機産業研究開発事業              |     |
| (4) 新エネルギー開発研究事業                 |     |
| (5) 医理工連携産業研究開発事業                |     |
| (6) 専任教員業務                       |     |
| 5. 地方創生センター研究員の構成と研究テーマ .....    | 81  |
| (1) 教員研究員                        |     |
| (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 ..... | 84  |
| (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 .....        | 209 |
| (1) 設備管理専門委員会報告                  |     |
| (2) 地方創生センター1号館                  |     |
| ① 研究設備一覧                         |     |
| ② 研究設備利用実績                       |     |
| (3) 地方創生センター2号館                  |     |
| ① 機器設備等一覧                        |     |
| ② 機器設備等利用実績                      |     |



# 1. センター長挨拶（巻頭言）

令和3年度 地方創生センター長 倉 林 徹

「地方創生センター」は、それ以前から活動をしていた「地域創生センター」（地域協働と地域防災事業を担当）と「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平成28年度に発足しました。内容によって分かれていた対応部署を一元化して横の連携を強化し、大学のシーズと地域のニーズをより円滑に結びつけることで、地域の活性化や発展等に寄与することを目的として活動を続けて参りました。

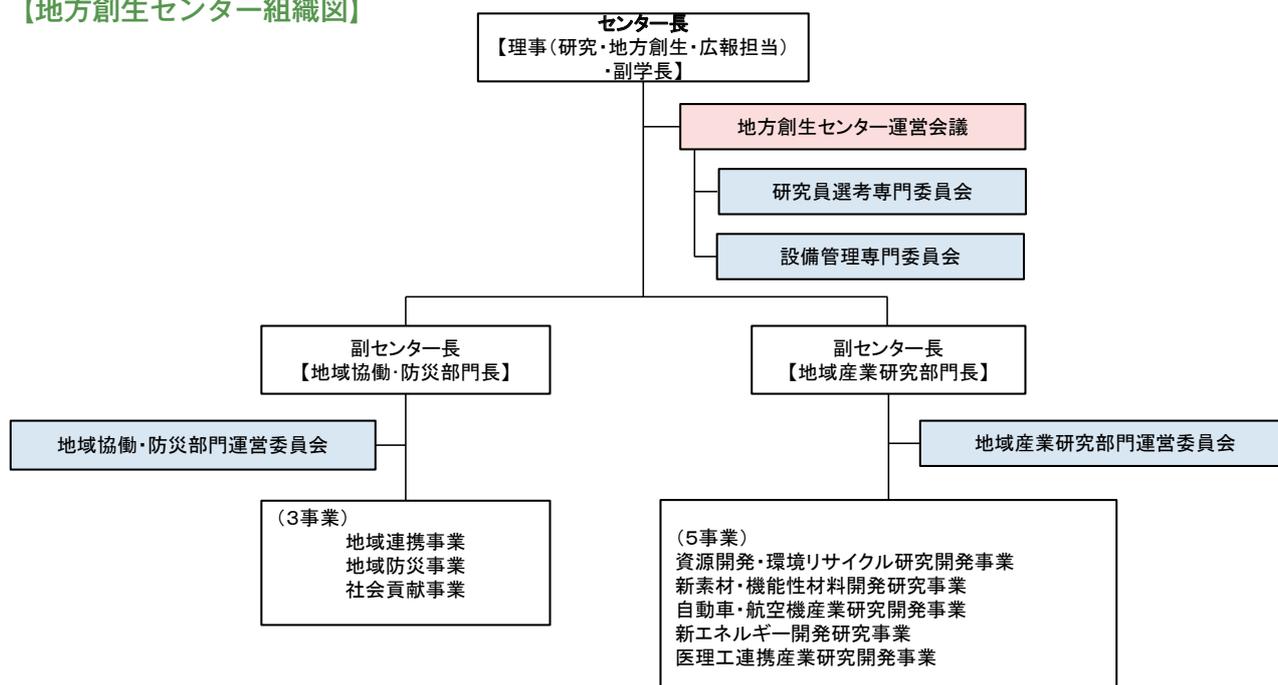
秋田県は全国で最も急速に人口が減少し、少子高齢化が進んでいる地域です。人口減少や少子高齢化によって縮小傾向にある秋田県の産業振興のため、「地域産業研究部門」では、大学の最先端の研究成果を活かして地域に新たな産業を創出することが目標となります。これを実現するには、地域の企業が抱えている課題解決に向けて、秋田県及び秋田大学の特色である資源・新素材・航空機産業等の研究や、医理工連携を含めた地域産業の成長に資する研究を推進することが重要です。本部門では秋田県が掲げる将来構想と連携した地域産業の振興、活性化に貢献できるよう、「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」「新素材・機能性材料開発研究事業」「自動車・航空機産業研究開発事業」「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という側面です。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だが、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2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）      |
| 田 所 聖 志 | 国際資源学研究科 准教授                   |
| 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   | 秋田県産業労働部地域産業振興課産学官連携シニアコーディネータ |
| 柴 山 敦   | 国際資源学研究科 教授                    |

◎は議長

### 【地域協働・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               |
| 鎌 滝 孝 信  | 地方創生センター 准教授              |
| 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    |
| 洪 谷 嗣    | 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、  
准教授 鎌滝孝信

実施日・場所・参加者 全8校園 計1,025名

|        |              |        |               |
|--------|--------------|--------|---------------|
| 8月26日  | 秋田市河辺保育所     | 9月 8日  | ウエルビューいずみこども園 |
| 9月10日  | 秋田市立八橋小学校    | 9月15日  | にかほ市立平沢小学校    |
| 9月16日  | 秋田市立下浜中学校    | 10月14日 | 秋田県立大曲高等学校    |
| 11月25日 | 秋田聖徳会第二ルンビニ園 | 11月26日 | 秋田県立湯沢翔北高等学校  |



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8市町 計269名

|        |       |        |     |
|--------|-------|--------|-----|
| 11月 9日 | 由利本荘市 | 11月11日 | 仙北市 |
| 11月18日 | 大仙市   | 11月24日 | 美郷町 |
| 11月29日 | 小坂町   | 12月 1日 | 羽後町 |
| 12月10日 | 大館市   | 12月22日 | 湯沢市 |

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た。水田教授は県内で過去に発生した地震災害に関する解説、地震・津波の発生メカニズムやそれらから命を守るための心構えについて講話を行った。

## 北秋田市との連携事業

### 「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2年11月23日（月・祝）  
会 場 鷹巣体育館  
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
教授 岡田恭司  
助教 齊藤 明、照井 佳乃  
指 導 補 助 同講座 大学院生、医学部生  
参 加 者 スポーツ少年団員 49名、  
保護者・指導者 50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。



### 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2年10月17日（土）  
会 場 北秋田市立鷹巣中学校体育館

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

令和2年度は新型コロナウイルス感染症の影響もあり、例年に比べ少なめな参加者数（約100名）であった。



## 八峰町との連携事業

### メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト in 八峰町

主 催 地方創生センター  
共 催 八峰町  
実 施 日 令和2年10月9日（金）  
会 場 八峰町文化ホール  
カフェマスター 医学系研究科長 尾野恭一  
講 師 高齢者医療先端研究センター  
教授 大田 秀隆  
教育文化学部  
特別教授 佐々木 信子

参 加 者 28名

八峰町民を対象に「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高齢者医療先端研究センター、教育文化学部の2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行った。



### 秋田大学防災教室 in 八峰町

主 催 地方創生センター  
共 催 八峰町、八峰白神ジオパーク推進協議会  
実 施 日 令和2年11月28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 13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、八峰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。

今年度は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。

## 男鹿市との連携事業

### 「投球障害予防教室」 in 男鹿

主 催 地方創生センター、男鹿市  
後 援 男鹿市スポーツ少年団、男鹿なまはげ分校  
実 施 日 令和2年10月3日（土）  
会 場 男鹿市総合体育館 サブアリーナ  
講 師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
教授 岡田恭司  
助教 齊藤 明、照井 佳乃  
指 導 補 助 同講座 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 22名

男鹿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。



### 秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 船川第一小学校

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2年9月1日（火）  
会 場 男鹿市立船川第一小学校  
講 師 地方創生センター 准教授 鎌滝孝信  
参 加 者 30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。

男鹿市立船川第一小学校では、3年生を対象に実施し、鎌滝准教授が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。



## 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、探究心を育てていこうと、平成26年度から開催している。

※令和2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2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。

## 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2年9月17日（木）、18日（金）

会 場 男鹿東中学校、男鹿北中学校、男鹿南中学校

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。



## 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

この春中学校へ進学する男鹿市内の小学校卒業生を対象に、中学校生活への関心や意欲を高め、中学校生活や授業へスムーズに移行できるようにすることを目的に開催。先輩の話を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2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2年11月11日（水）

～令和3年1月20日（水）【計4回】

会 場 中間口生活センター、船川北公民館

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。



## 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。



# 大仙市との連携事業

## 6. 「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2年11月8日（日）  
第2回：令和2年11月29日（日）

会場 大仙市神岡中央公園 嶽ドーム  
講師 医学系研究科保健学専攻 理学療法学講座  
教授 岡田恭司  
助教 齊藤 明、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 第1回：スポーツ少年団員 79名、  
保護者・指導者 70名

第2回：中学生 58名、保護者・指導者 20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、中学生及びその保護者、指導者を対象に、小中学生にも分かりやすい投球障害予防教室を開催した。超音波によるメディカル・チェック及びストレッチ・投球指導などを通して、参加者が故障の原因となり得る要素について知るとともに、自身の身体のケアについて意識するきっかけとなることを期待して開催した。



## 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2年10月17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 10名

1986年陸羽地震を中心に、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。

今年度は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

### 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2年12月～令和3年2月  
参 加 者 秋田大学生・留学生16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続けている。本年度は大根の漬込みと樽開け、製品化作業の活動を行った。



## あきたわくわく未来ゼミ

主 催 秋田県教育委員会  
協 力 横手分校  
実 施 日 令和2年8月～令和3年2月  
会 場 横手市交流センター Y2ぶらざ  
学習支援員 秋田県南地区教員OB3名、秋田大学生2名  
参 加 者 横手市内高校生延べ79名

教員OBや大学生等の地域人材を活用した高校生への学びの場の提供、学習習慣の定着を図ることを目的とした事業で、県北・中央・県南地区で実施されている。県南地区では高校生の英語、数学、物理、科学に対応した自学支援を行った。

## 市民向け公開講座

### 「骨卒中って何？～学んで防ごう！骨粗鬆症と転倒～」

主 催 地方創生センター、横手分校  
実 施 日 令和2年10月16日（金）  
会 場 横手市平鹿生涯学習センター  
講 師 医学系研究科保健学専攻  
教授 岡田恭司  
助教 齊藤明、照井佳乃  
参 加 者 18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。



# 湯沢市との連携事業

## 秋大医学部 湯沢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 湯沢市
- 実施日 令和2年11月7日（土）
- 会場 湯沢ロイヤルホテル
- 参加者 医学部学生19名（医学科6名、保健学科13名）  
湯沢市医療・保健・福祉関係者 5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2年度は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「院内银山異人館」を見学し、湯沢市を知る貴重な体験をすることが出来た。



## (2) 社会貢献事業 公開講座

開 講 数：7講座  
総受講者数：318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   | 骨卒中って何？<br>～学んで防ごう！骨粗鬆症と転倒～                          | 10月16日(金)                                       | 医学部保健学科<br>教授 岡田恭司<br>助教 照井佳乃<br>助教 齊藤明                                     | 25   | 高齢者が要支援・要介護となる原因には全体の4分の1を運動器障害が占め、中でも骨折の割合は近年増加しています。骨折を引き起こす基礎疾患には骨粗鬆症があり年を重ねても骨をできるだけ丈夫に保つことが大切です。本講座では、骨粗鬆症の原因や治療法、栄養管理に関する解説と、効果的な運動についての実習を行いました。 |
| 2   | 百年戦争<br>～英仏王家の戦いから国家誕生へ～<br>(オンライン)                  | 10月21日(水)<br>11月4日(水)<br>11月12日(水)<br>12月2日(水)  | 教育文化学部<br>准教授 佐藤猛   | 113  | 中世ヨーロッパにおいてジャンヌ＝ダルクが登場したことでも知られる百年戦争は、「国家」という私たちにとって不可欠の存在を生み出した出来事でもあります。本講座では、その背景から終結までをたどりながら、ヨーロッパ史の大きな転換点について考察を行いました。                            |
| 3   | 「健康寿命日本一」<br>の実現に向けた<br>生活習慣のヒント～<br>実践編～<br>(オンライン) | 10月29日(木)<br>11月5日(木)<br>11月12日(木)<br>11月19日(木) | 医学部保健学科<br>講師 熊澤由美子<br>講師 長岡真希子<br>助教 藤田智恵<br>地域包括ケア・介護予防研修センター<br>助教 佐藤亜希子 | 11   | 秋田県が掲げる「健康寿命日本一」の達成に向けた基本計画を踏まえ、日常生活ですぐに実践できる生活習慣のヒントを、「食事」「運動」「アルコール」「排泄」の4つのテーマについて看護学の視点から解説しました。  |

| No. | タイトル  | 実施日   | 担当講師  | 受講者数 | 内 容  |
|-----|---|---|---|------|--|
| 4   | 秋田県北部、白神山地における<br>自然災害の歴史と防災<br>(オンライン)     | 11月6日(金)<br>11月20日(金)<br>11月27日(金)              | 地方創生センター<br>教授 水田敏彦<br>岡山理科大学<br>教授 鎌滝孝信<br>弘前大学<br>教授 梅田浩司   | 38   | 地震や水、土砂等に関する自然災害が全国各地で毎年のように発生しています。本講座では、秋田県で今後起こり得る自然災害とその対策に関する話題を三題提供し、分かりやすく解説しました。   |
| 5   | 慢性心不全とどうつきあってゆくか<br>(オンライン)                 | 11月14日(土)                                       | 医学部保健学科<br>教授 安藤秀明<br>講師 利緑<br>医学部附属病院<br>医師 飯野貴子<br>理学療法士 高橋裕介   | 31   | 生活習慣の欧米化に伴い、心不全は急増しており、日本には120万人の患者がいると言われていています。さらに心不全は50歳代では1%であるのに対し80歳代では10%に増え、高齢社会における早急の対応が必要な課題の一つとなっています。本講座では、慢性心不全に関する理解を深め、健康寿命を延伸するためにはどのようなことを行い、どのような準備が必要なのかを解説しました。 |
| 6   | 命を守る、地域を守る<br>～秋田県における有効な自殺予防対策～<br>(オンライン) | 12月5日(土)<br>12月12日(土)<br>12月19日(土)<br>12月26日(土) | 医学部医学科<br>教授 野村恭子<br>助教 ヨンキムフォンロザリン<br>医学部保健学科<br>准教授 佐々木久長<br>秋田県健康福祉部<br>藤村聡志<br>秋田ふきのとう県民運動実行委員会<br>佐藤久男<br>ふらっと<br>藤井淳一<br>特定非営利活動法人蜘蛛の糸<br>鎌田悠香子 | 75   | 昨今のコロナ禍において心身の健康への関心が一層高まるなか、秋田県の自殺について現状を振り返り、有効な対策について考察を行いました。自殺疫学の基礎的概念、疫学の自殺対策への応用に関する講義のほか、ゲスト講師との対話を通じ、より良い心の健康作りについて共に考える機会を提供しました。  |
| 7   | もっと知ろう糖尿病<br>～糖尿病予防のはじめの一步～<br>(オンライン)      | 12月23日(水)                                       | 医学部保健学科<br>講師 利緑<br>医学部附属病院<br>医師 菅沼由美<br>管理栄養士 齊藤美保子<br>看護師 富永幸恵   | 25   | 糖尿病患者は年々増加しており、現在日本人の11人に1人、65歳以上では5人に1人が糖尿病であると言われていています。糖尿病は自覚症状がないまま進行し神経や眼、腎臓を中心に合併症を引き起こすことがあります。本講座では、糖尿病についての基礎知識や今日からできる予防方法を併せて解説しました。                                      |

## 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2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

### 秋田大学子ども見学デー

小学生とその保護者を対象として、夏休みの間に大学内の見学や様々な体験学習を通して、大学に対する関心を深めてもらうことを目的として開催している。平成16年度から継続実施しており、令和元年度には149家族327名が参加した。

※令和2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

## 防災パネル展

### 「東日本大震災から10年～災害の記録とこれから～」防災パネル展

主 催 地方創生センター  
後 援 秋田県  
実 施 日 令和3年3月8日（月）～11日（木）  
会 場 秋田拠点センターアルヴェ きらめき広場  
来 場 者 数 1,464名

東日本大震災から10年の節目に当たり、パネル展を開催することで震災の教訓を風化させることなく、また震災を経験していない世代にも知ってもらうことで今後の災害に対する備えができるよう、防災意識を高めてもらうことを目的としたもの。併せて秋田県から提供を受けた非常用備蓄品の配付も行った。期間中は、学生から高齢者まで幅広い世代が会場を訪れ、県民の防災意識の向上に寄与した。



### (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2年度に採択されたプロジェクトは以下のとおり。

#### 「檜山地域活性化プロジェクト」

プロジェクト代表者名：加藤紘基（理工学部2年）

指導教員：荒井壮一講師（教育文化学部）

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

#### 「地域防災から広げる『輪（コミュニティ）』プロジェクト」

プロジェクト代表者名：本荘谷奈樹（教育文化学部3年）

指導教員：水田敏彦教授（地方創生センター）

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

#### 「藤里プロジェクト」

プロジェクト代表者名：野中琴音（教育文化学部2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：県内でも特に高齢化が進む藤里町を活動拠点とし、地域を盛り上げていくことを目的に地域の行事に参加するなどして発見した魅力を地域外へ発信している。

## (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

准教授 鎌滝 孝信（かまたき たかのぶ） 専門：地質学・古地震学 （令和2年9月30日付転出）

## 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：1964年新潟地震による秋田県の被害に関する文献調査、日本建築学会技術報告集、第26巻、pp.814-819、2020.6

#### (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]

積雪寒冷地における地震災害・防災の調査・分析、マルチエージェントシステムを用いた積雪期地震災害シミュレーターの開発を行った。

○水田敏彦・鏡味洋史：豪雪下で発生した2011年長野県北部地震に関する文献調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、CD-ROM、2020.9

○鏡味洋史・水田敏彦：1941年長野地震に関する文献調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、CD-ROM、2020.9

○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、歴史地震研究会講演要旨集、pp.27、2020.9

○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—スペイン風邪流行下での被害地震—、歴史地震研究会講演要旨集、pp.37、2020.9

○水田敏彦・鏡味洋史：1872年浜田地震の被害調査報告および関連資料の文献調査、日本建築学会技術報告集、第26巻、pp.1276-1281、2020.10

○水田敏彦・鏡味洋史：1943年会津田島地震の被害に関する文献調査、東北地域災害科学研究、第57巻、pp.115-120、2021.3

## 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 | 水田 | 鎌滝 |
|---|--------------|---------------------------------|-----|----|----|
| 1 | 9月1日         | 秋田大学防災教室「防災マップづくり」at（船川第一小学校）   | 主催  |    | ○  |
| 2 | 10月17日       | 秋田大学防災教室 in 美郷町（防災巡検）           | 主催  | ○  | ○  |
| 3 | 11月28日       | 秋田大学防災教室 in 八峰町（防災巡検）           | 主催  | ○  | ○  |
| 4 | 3月8日<br>～11日 | 「東日本大震災から10年～災害の記録とこれから～」防災パネル展 | 主催  | ○  |    |

### 教員免許更新講習

|   | 日付    | 内 容                  | 備 考 | 水田 | 鎌滝 |
|---|-------|----------------------|-----|----|----|
| 1 | 6月20日 | 教員免許更新講習（e-learning） |     | ○  | ○  |
| 2 | 7月4日  | 教員免許更新講習（e-learning） |     | ○  | ○  |
| 3 | 10月3日 | 教員免許更新講習（e-learning） |     | ○  | ○  |

### 学校安全外部指導者派遣事業（講義）

秋田県教育委員会との連携事業

|   | 日付     | 内 容              | 備 考 | 水田 | 鎌滝 |
|---|--------|------------------|-----|----|----|
| 1 | 8月26日  | 秋田市河辺保育所         |     |    | ○  |
| 2 | 9月8日   | 秋田市ウェルビューいずみこども園 |     |    | ○  |
| 3 | 9月10日  | 秋田市立八橋小学校        |     |    | ○  |
| 4 | 9月15日  | にかほ市立平沢小学校       |     |    | ○  |
| 5 | 9月16日  | 秋田市立下浜中学校        |     |    | ○  |
| 6 | 10月14日 | 秋田県立大曲高等学校       |     | ○  |    |
| 7 | 11月25日 | 秋田市秋田聖徳会 第二ルンビニ園 |     | ○  |    |
| 8 | 11月26日 | 秋田県立湯沢翔北高等学校     |     | ○  |    |

### 自主防災組織育成指導者研修会（講演）

秋田県との連携事業

|   | 日付     | 内 容   | 備 考 | 水田 | 鎌滝 |
|---|--------|-------|-----|----|----|
| 1 | 11月9日  | 由利本荘市 |     | ○  |    |
| 2 | 11月11日 | 仙北市   |     | ○  |    |
| 3 | 11月18日 | 大仙市   |     | ○  |    |
| 4 | 11月24日 | 美郷町   |     | ○  |    |
| 5 | 11月29日 | 小坂町   |     | ○  |    |
| 6 | 12月1日  | 羽後町   |     | ○  |    |
| 7 | 12月10日 | 大館市   |     | ○  |    |
| 8 | 12月22日 | 湯沢市   |     | ○  |    |

### 出前講義、講師派遣

|   | 日付     | 内 容                       | 備 考 | 水田 | 鎌滝 |
|---|--------|---------------------------|-----|----|----|
| 1 | 7月8日   | 秋田市教育委員会 学校安全防災教育研修会      |     |    | ○  |
| 2 | 8月7日   | 秋田大学教育文化学部附属中学校 総合的な学習の時間 |     |    | ○  |
| 3 | 10月15日 | 東北公益文科大学研修会               |     | ○  |    |
| 4 | 10月22日 | 秋田県生活協同組合連合会研修会           |     | ○  |    |
| 5 | 12月16日 | こくみん共済coop秋田推進本部役員研修会     |     | ○  |    |

## 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・安心委員会

秋田県国土強靱化地域計画策定検討会議

秋田県国民保護協議会

秋田市防災会議

秋田市国土強靱化地域計画意見交換会

にかほ市防災会議

## 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2年度)

事業名：資源開発・環境リサイクル研究開発事業

代表者氏名：柴山 敦

|         |   |
|---------|---|
| 予 算 額   | 部門研究活動活性化経費（間接経費） 850,000円<br>年度計画推進経費 0円<br>事業費 300,000円<br><br>合 計 1,150,000円   |
| 協力教員氏名  | 国際資源学研究科<br>柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、川村洋平、<br>高崎康志、別所昌彦、木崎彰久、小川泰正、芳賀一寿、<br>川村茂（DOWA寄附講座教員）   |
| 目 的     | 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。これら研究活動によって、秋田県および県内関係機関等との研究交流を行うとともに、共同研究等を通じた技術支援を行う。特に、金属リサイクルや素材精製に関する新技術を開発するほか、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、研究活動の展開を図る。  |
| 実施内容・成果 | 主な研究内容と成果等について<br>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。<br>（1）使用済み電子基板のリサイクルと製錬技術開発<br>過熱水蒸気を用いた使用済み基板のリサイクル技術として、実装基板に対し、製錬忌避元素である臭素の除去率90%以上、基板に搭載された部品の剥離率70%以上を達成し、有効な前処理技術であることを明らかにした。<br>（2）地中熱の高効率利用とヒートポンプシステムの開発<br>地中熱利用ヒートポンプシステム（GSHPシステム）における地中熱交換器の熱交換能力に及ぼす影響について、冷暖房試験、地下水変動モニタリング、熱応答試験および数値シミュレーションを実施した結果、COP(動作係数)の向上や数値モデルの構築が可能で、揚水井の連続稼働で熱交換能力が改善できることを確認した。<br>（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）<br>秋田県内のレアメタル資源評価の研究として、旧鉱山である北秋田市の坊沢地区等の年代測定や湯沢市、岩手県西和賀郡などの地質および鉱物学的評価により、金の濃集プロセスなどを検証している。<br>（4）秋田県内田沢湖等の環境調査<br>田沢湖の湖水調査の一環として、気温、風向、風速等の気象観測データの取得を開始し、冬季～春季にかけては湖水循環の動力となる強い西風の発生を確認した。従来は不明であった湖水の循環を引き起こしうる西風の存在とともに、湖水の化学組成、密度データ等との関連により、湖水の循環メカニズムの解明を進めている。併せて、湖底堆積物の分析・評価を継続している。<br>（5）秋田県内における鉱山管理と鉱業史研究<br>県内の凝灰岩の採石場において、岩盤の劣化について調査研究を進めた結果、凝灰岩自体から生じるアルカリ溶液が、岩石自体のシリカを溶脱させることが明らかとなり強度劣化の速度などを推定することができた。また、温泉配管等のスケール除去として、ウォータージェットとドリルを組み合わせた技術開発を進めているほか、鉱業史等に関する社会貢献活動を実施した。 |



秋田大学  
Akita University

令和3年8月6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2年度事業報告 (研究成果・活動報告と令和3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2年度研究推進メンバー)

国際資源学研究科(13名)

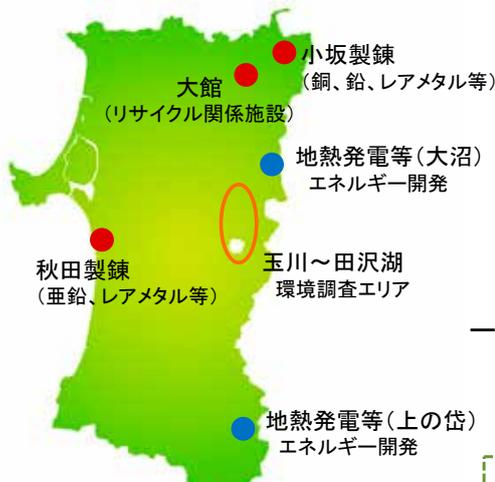
柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、川村洋平、  
高崎康志、別所昌彦、芳賀一寿、木崎彰久、小川泰正  
川村 茂(DOWA寄附講座教員)

※令和3年度は一部体制を変更  
(異動等による)

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)を用いた地域協力(VR活動等)

#### 秋田県内の環境・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
- 田沢湖の環境修復に向けて ～湖水の循環機構のモデル化～
- 秋田県地熱発電事業におけるステークホルダー間相互理解への調査・取組

本日の発表内容

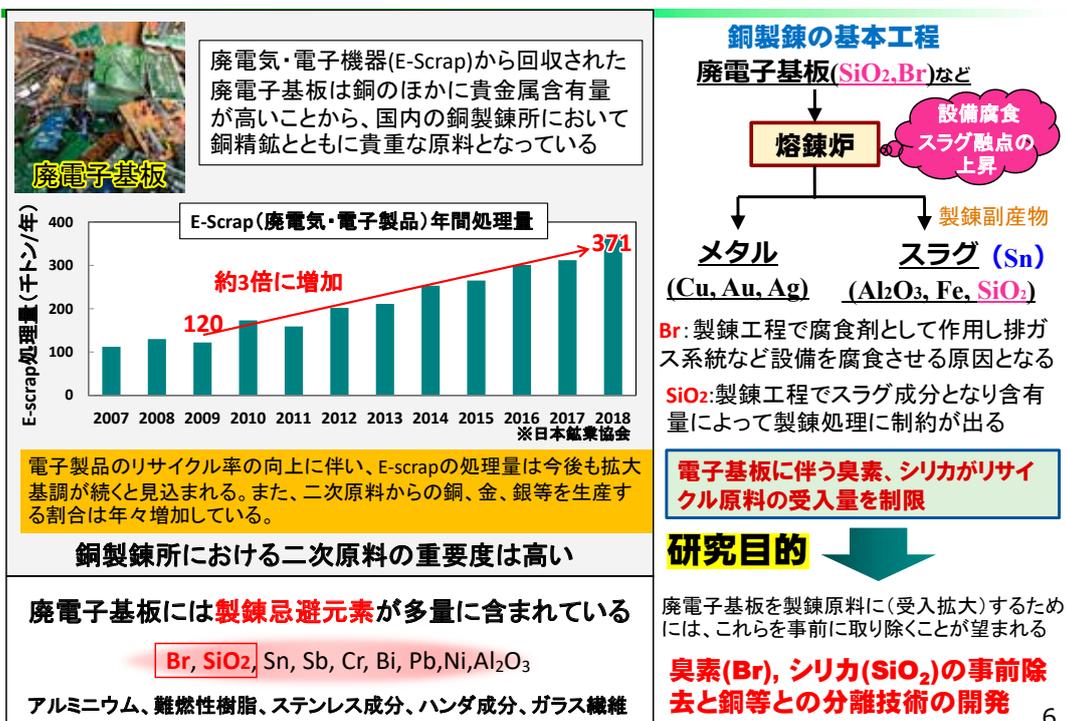
4

# 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
- 秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業

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・芳賀一寿



7

## 新たな基板リサイクルに向けて 令和2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

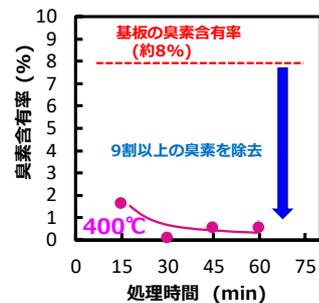
過熱水蒸気の発生・吹付



### ➤ 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。(顕熱は加熱空気約10倍)
- ② 熱伝導性に優れ、ほぼ無酸素の不活性雰囲気中で処理が可能。
- 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)



8

# 2020年度の研究計画と実施内容

JOGMEC & DOWAグループ  
との共同研究

## 秋田大学で使用している過熱蒸気発生装置



### 過熱蒸気発生装置および処理システム

(UPSS-W60H, TOKUDEN)

【誘導電流による過熱により温度が安定した蒸気を発生(Max 900℃)】

炉内の概要 (Max 500℃まで炉内温度を調整可能)

炉内上部の円錐ノズルから全体に過熱蒸気を噴射



### 研究計画

処理炉

#### 低温条件下 (250~500℃) での熱分解試験

- ✓ 電気炉、熱風による空気循環加熱試験
- ✓ 過熱蒸気を用いた熱分解試験 ●●● 炭化による脆化(の促進)

#### 低エネルギー消費型プロセスへ

##### 2020年度の調査項目

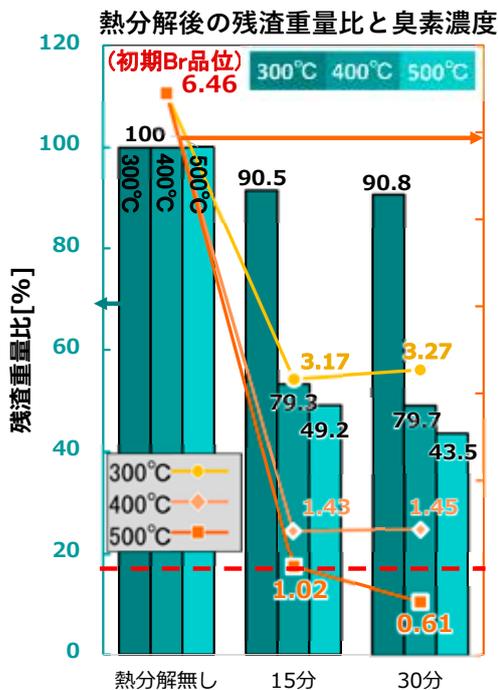
- 処理温度や処理時間が金属・ハロゲンの揮発に与える影響を調査
- 加熱処理残渣および揮発ガスの成分分析 (残渣の性状およびハロゲンの揮発形態や揮発金属の確認)

### 研究目標 (期待される成果)

- 部品剥離しやすい熱処理基板の生産
- 脱ハロゲン率 (特に臭素) 90%以上 (基板中ハロゲン品位1%以下)
- Cu, Sn, 貴金属等のハロゲン化揮発の極小化 = 抑制 (Cu, Snの酸化防止)

9

## ①実装基板の熱分解試験結果



### ◆ 脱臭素率

|     | 300℃ | 400℃ | 500℃ |
|-----|------|------|------|
| 15分 | 53.6 | 88.2 | 92.2 |
| 30分 | 53.3 | 89.0 | 95.9 |

#### 脱臭素率(%)

$$= \frac{(\text{熱分解前臭素質量}(g)) - (\text{熱分解後臭素質量}(g))}{(\text{熱分解前臭素質量}(g))} \times 100$$

$$\text{残渣重量比}(\%) = \frac{(\text{熱分解後基板の質量}(g))}{(\text{熱分解前基板の質量}(g))} \times 100$$

✓ 熱分解の温度が上昇するほど、熱分解後基板の臭素濃度が低下した

✓ 500℃で熱分解を行うことで、臭素品位1%以下、脱臭素率90%以上となった (目標達成)

実装基板は、銅張積層板よりも高い温度での熱分解によって、脱臭素・部品剥離が可能

10

## ②熱分解後基板の部品剥離性試験

- 実験目的**
- 熱分解後基板から部品を剥離するための条件調査
  - 熱分解温度と処理時間による部品剥離性の違いを比較

➤ **試験フロー**

➤ **実験装置**  
トロンメルスクリーン

- 回転数 20rpm (手動で回転)

➤ **実験試料**  
熱分解後基板

手動でハンドルを回しトロンメルを回転  
実装部品のみが網目を通過し落下

➤ **検討項目**  
熱処理条件

|         |             |
|---------|-------------|
| 温度 [°C] | 300、400、500 |
| 時間 [分]  | 15、30       |

➤ **評価方法**

$$\text{部品剥離率 (\%)} = \frac{\text{剥離した部品数}}{\text{破砕前基板の部品数}} \times 100$$

## 熱分解後基板の部品剥離性試験結果



今後の計画等：過熱水蒸気（熱分解処理）＋剥離機構を備えた装置改良

## 既存揚水井を利用した地中熱交換井の熱交換能力向上に関する検討

国際資源学研究科エネルギー資源工学研究室（藤井光教授グループ）

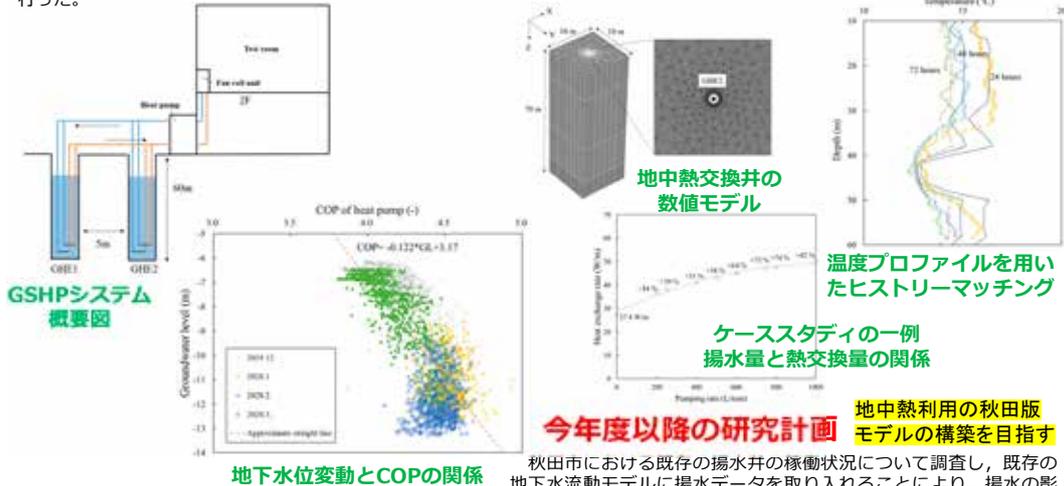
### 研究目的

地中熱ヒートポンプシステムに用いる地中熱交換井は、地下水流れを活用することで熱交換効率が向上し、必要な地中熱交換井の長さや本数が削減できる。

本研究では、フィールド試験および数値シミュレーションを通じて既存の揚水井に生じる地下水流れによる地中熱交換井の熱交換能力の向上および初期コストの低減効果について検討を行った。

### 研究内容

秋田大学近傍にある融雪用揚水井の稼働と秋田大学構内の地中熱ヒートポンプシステムにおける運転データをモニタリングした結果、揚水に伴う地下水流れがシステムの効率を改善したことが分かった。また、数値シミュレーションより揚水井の揚水量が大きく、距離が近いほど地中熱交換井の熱交換量が向上することが推測された。



※COP (Coefficient Of Performance)  
エネルギー消費効率を表す係数：成績係数（動作係数）

### 今年度以降の研究計画 地中熱利用の秋田版モデルの構築を目指す

秋田市における既存の揚水井の稼働状況について調査し、既存の地下水流動モデルに揚水データを取り入れることにより、揚水の影響を考慮した秋田市の地中熱利用ポテンシャルマップを作成する。13

## 秋田の鉱山管理と鉱業史に関する調査・研究事業

a. 秋田の鉱山安全管理 2021年度も継続予定 国際資源学研究科 今井忠男・木崎彰久

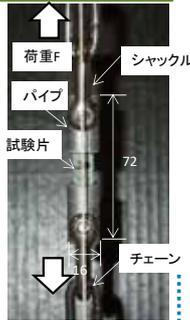
県内の凝灰岩採石場の安全対策及び環境管理に貢献



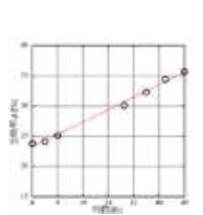
図a1 県内の凝灰岩採石場の岩盤の劣化状態



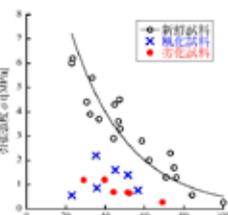
図a2 凝灰岩のアルカリ溶液によるシリカの溶脱試験



図a3 引張試験



図a4 凝灰岩のシリカの溶脱時間と空隙率の増加の関係



図a5 シリカの溶脱による劣化した凝灰岩の強度低下現象

県内の凝灰岩の採石場では、以前から秋田大学が技術支援を行い、安全対策を行ってきたが、岩盤の劣化が激しい(図a1)。そこで、この劣化メカニズムを研究して結果、この岩石自身のアルカリ性がシリカを溶脱するため(図a4)であることが明らかとなった(図a5)。

### 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た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。



図b1 設計した洗浄装置のCADモデル

### c. 秋田の鉱業史研究

国交省と協力して地域の活性化に貢献



豊川油田のアスファルトは、日本最初の舗装材として知られており、貴重な産業遺産でもある。この展示会は国交省秋田河川国道事務所に協力して開催されたものである。

←図c1 道の駅しゅうわで開催された「豊川油田の歴史」展のチラシ

# 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
- 田沢湖の環境修復に向けて  
～湖水の循環機構のモデル化～

15

## 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、これらの**鉱山の再調査**、鉱石試料の分析(特に**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2年度調査結果

### 継続調査中

1. 坊沢(ぼうざわ)、明又(あかりまた)、揚ノ沢鉱床(あげのさわ、いずれも北秋田市)のイライトを用いたK-Ar年代測定を実施し、それぞれ1900万年、1000万年、740万年前に形成されたことが明らかになった。秋田県では、約2000万年前から、金(1900万年)→黒鉱(1500万年)→多金属鉱化作用(1000-740万年)と金属鉱化作用の変遷が認められた。
2. 岩手県西和賀郡赤石、湯沢市松岡、大仙市畑各鉱床の地質および鉱石の検討から、赤石では黒鉱からなる鉱体の風化で上部に金が濃集、松岡では硫化鉱物とともに熱水から**金が沈殿**、畑では、鉱床の下部で銅・鉛・亜鉛、上部で**金・銀の沈殿**が起こったことが明らかになり、金・銀鉱化作用に多様性があることが判明した。



赤石鉱床の閃亜鉛鉱(Zn)・方鉛鉱(Pb)・重晶石(Ba)に富む鉱石

### 令和2年度研究計画

令和3年度には白子森、仁別川、上新城各鉱床の地質調査と鉱石の鉱物化学的研究を実施するとともに、鉱化作用をもたらした流紋岩の年代測定と岩石学的特徴を明らかにし、レアメタル資源ポテンシャルの評価を行う。

16

## 田沢湖の水質改善効率についての研究

国際資源学研究所 石山大三・小川泰正・片村 新, 教育学研究科 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 → 早期に改善可能

果たして湖水の循環  
は存在するか？

湖水の全循環の存在: 可能性有 → 確認必要

#### 検討結果

令和2年度 冬季～春季: 湖水循環の駆動力となる西風を確認、影響考察

○ 春→秋期: 表層水と深層水の水温差大  
→ 密度差大: 循環の発生 無し

○ 冬期: 湖水温が約4℃とほぼ一定  
→ 表層水と深層水の密度差 無し

○ 駆動力の風により湖水移動  
→ 全循環が起こる可能性 有

湖底堆積物のデータ  
解析も継続中



春～秋季: 密度差存在

水温約4℃で密度一定



全循環のイメージ

今後、春季～冬季の  
観測モデルの検証

年間を通じた湖水サンプリングと湖水密度の垂直変化の考察、気象観測の年間調査などにより湖水循環の可能性についてモデル検証

17

## 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 36件 (11件) ・学会等の発表 一般講演 国際会議 13件 (6件)  
 ・論文 査読なし論文 0件 (0件) ・学会等の発表 一般講演 国内会議 30件 (7件)

### ○外部資金獲得件数(一部継続分を含む)

・科研費関係 10件 (4件) ・共同研究・受託研究等 21件 (8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】

- Yamada, M., Kimura, S., Rajiv Gandhi, M., Shibayama, A., Environmentally friendly Pd(II) recovery from spent automotive catalysts using resins impregnated with a pincer-type extractant, Scientific Reports 11, Article number: 365 (2021).
- Dragana Adamovic, Daizo Ishiyama, Stefan Dordievski, Yasumasa Ogawa, Zoran Stevanovic, Hiroshi Kawaraya, Hinako Sato, Ljubisa Obradovic, Vladan Marinkovic, Jelena Petrovic, Vojka Gardic (2021): Estimation and comparison of the environmental impacts of acid mine drainage-bearing river water in the Bor and Majdanpek porphyry copper mining areas in Eastern Serbia. Resource Geology, 71, No. 2, 123-143.
- Natsuo Okada, Yohei Maekawa, Narihiro Owada, Kazutoshi Haga, Atsushi Shibayama, Youhei Kawamura: Automated Identification of Mineral Types and Grain Size Using Hyperspectral Imaging and Deep Learning for Mineral Processing, Minerals, 10, 809, 2020, doi:10.3390/min10090809
- Teruhiro Suzuki, Shota, Satori, Yuho Fujimaki, Yasushi Watanabe (2020) Early Miocene metallogenic event formed the Bosawa low-sulfidation epithermal gold deposit, Northeast Japan arc. Resource Geology, v.70, No. 4, p. 378-388. DOI10.1111/rge.12248
- 津谷駿介・藤井 光・小助川洋幸・サイード モハメドザデ ビナ・原田 烈(2020) 非開削工法にて埋設する地中熱交換器の最適深度の決定, 日本地熱学会誌, Vol.42, 67-77.
- Martizzi, P., Chiyonobu, S., Hibi, Y., Yamato, H., Arato, H., Middle-late Miocene paleoenvironment of the Japan Sea inferred from sedimentological and geochemical characterization of coeval sedimentary rocks. Under review at Marine and Petroleum Geology. (2021)

18

## 令和3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とフィールド調査

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〕

### ○田沢湖の湖水環境調査

年間を通じた湖水サンプリングと気象観測を1年間継続。湖水密度の垂直変化や湖水循環の駆動力となる風向・風速の季節変化を調査し、湖水の循環モデルを検証する。湖底堆積物に関する組成評価を含めた化学分析を継続。

### ○秋田県内の資源ポテンシャル評価

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。

19

## 終わりに 令和3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、秋田県「第2期あきた未来総合戦略」、「あきた科学技術振興ビジョン(新ビジョン2.0)」など、秋田県が掲げる施策との連携や地元事業所あるいは地域特性等を考慮した研究を推進し、共同研究や受託研究を含む、積極的な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)
- 秋田県内の鉱山管理および地熱調査研究
- 田沢湖の環境調査や県内鉱物資源のポテンシャル評価

20

## (2) 新素材・機能性材料開発研究事業の報告（令和2年度）

事業名：新素材・機能性材料開発研究事業

代表者氏名：寺境 光俊

|                   |   |                   |            |          |    |     |          |     |            |
|-------------------|---|-------------------|------------|----------|----|-----|----------|-----|------------|
| 予 算 額             | <table border="0"> <tr> <td>部門研究活動活性化経費（間接経費）</td> <td>1,000,000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>1,300,000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 | 0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          | 0円  |                   |            |          |    |     |          |     |            |
| 事業費               | 300,000円  |                   |            |          |    |     |          |     |            |
| 合 計               | 1,300,000円  |                   |            |          |    |     |          |     |            |
| 協力教員氏名            | <p>(理工学研究科物質科学専攻)<br/>寺境光俊、加藤純雄、斎藤嘉一、小笠原正剛、松本和也、長谷川崇<br/>(理工学研究科電気電子工学専攻)<br/>齊藤準<br/>(理工学研究センター)<br/>吉村哲<br/>(地方創生センター)<br/>丹野剛紀</p>   |                   |            |          |    |     |          |     |            |
| 目 的               | <p>素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の低炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子・分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化・高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では秋田大学における基礎研究成果を基盤とした新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進する。さらに、素材・材料関連の高機能化や高度解析などに関連したニーズに対応し、地域の高等研究機関としての機能を果たす。これら研究をとおして秋田県内企業、大学、公設試の連携による新産業や雇用の創出を目指す。</p>  |                   |            |          |    |     |          |     |            |
| 実施内容・成果           | <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よる土木補修の実証試験を行った。複合材料成形のカギとなる低粘性樹脂合成の条件検討、量産、不織布化を担当した。令和3年3月に秋田県内のコンクリート構造物へ試験施工を2カ所実施した。本試験施工についてはマスメディア（テレビ、新聞）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、超協力磁性材料に関する研究を推進した。</p> <p>研究助成事業として間接経費を活用した協力教員に対する研究助成「機器使用料補助助成」と「若手教員に対する研究助成」を行った。</p> <p>「機器使用料補助助成」は地方創生センター1号館、2号館設置の共通分析機器の使用料に対する助成であり、研究の活性化と装置の稼働率上昇を目的としたものである。9名の協力教員に機器使用料補助を行った。</p> <p>「若手教員に対する研究助成」について、「環境浄化および水素製造用TiO<sub>2</sub>系複合触媒の合成と触媒特性評価」に対する研究助成を行った。齊藤助教を中心とした研究であり、秋田県産バイオマスを用いた水素製造実験を行い、実証に成功した。</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、DOWAホールディングス、日東光器、テラヘルツ研究所、秋田県産業技術センター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13報であり、1報（筆頭著者：松本和也）は国際誌（IF 4.790）のInside Front Coverに採用された。</p> <p>松本和也准教授が第19回インテリジェントコスモス奨励賞を受賞した。<br/>（特異的イオン対形成を利用した革新的白金族回収技術の開発）</p> <p>協力教員が指導した学生の学会等での受賞は5件であった。</p> |                   |            |          |    |     |          |     |            |

# 新素材・機能性材料開発研究事業

## 理工学研究科物質科学専攻 寺境光俊

### 実施内容(令和2年度)

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

### 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

NEDO未踏チャレンジ

インテリジェントコスモス奨励賞  
論文が国際誌(IF=4.790)のInside Front  
Coverに採用

# 新素材・機能性材料開発研究事業

(理工学研究科物質科学専攻 寺境光俊)

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す。本事業では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・開発を推進します。

## 有機材料

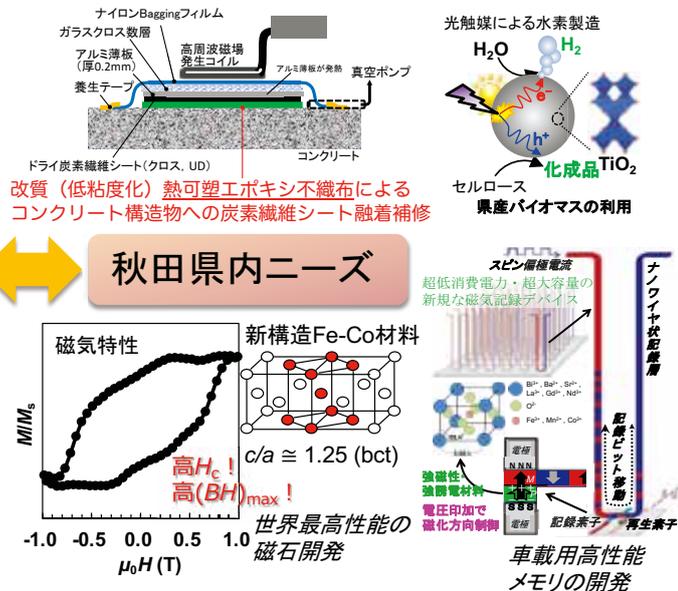
炭素繊維複合材料用低粘性樹脂の開発  
有機イオン結晶の作製と応用

## 無機材料

環境浄化および水素製造用のTiO<sub>2</sub>系複合触媒に関する研究

## 磁性材料

磁気イメージング法の開発  
高性能磁気デバイスの開発  
世界最強磁石の開発



| 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                    | テラヘルツ研究所, 小林工業      |
|      | 松本和也  | 有機イオン結晶の作成と応用                        | 三菱ガス化学, アサヒブリック     |
| 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 | 伊徳地域振興財団            |
|      | 小笠原正剛 | 環境浄化及び水素製造用のTiO <sub>2</sub> 系複合触媒開発 | 伊徳地域振興財団            |
| 磁性材料 | 齊藤準   | 高分解能・磁気イメージング技術の開発                   | 日東光器                |
|      | 吉村哲   | 新規高性能磁気デバイスの開発                       | 秋田県産業技術センター, NHK技研  |
|      | 斎藤嘉一  | 新規高性能磁気デバイスの開発                       | 秋田県産業技術センター, NHK技研  |
|      | 長谷川崇  | 世界最強磁石の開発                            | DOWAホールディングス, 大同特殊鋼 |

# 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

バギング工法と止接着技術導入  
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

止接着技術：首都高  
試験施工協力：秋田県内企業  
秋田県秋田地域振興局

※ANCより再委託の予定

6

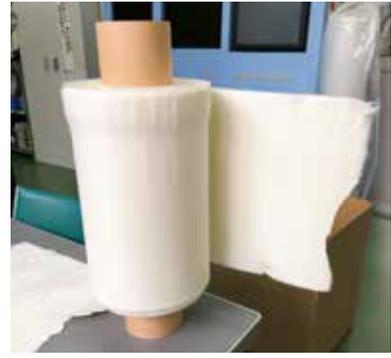
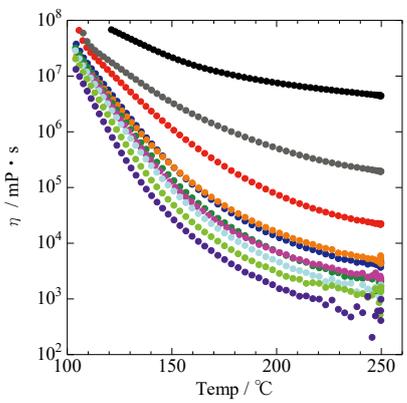
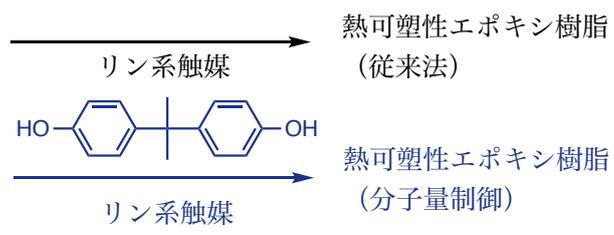
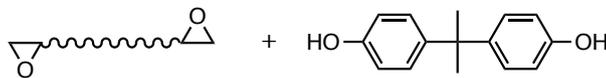
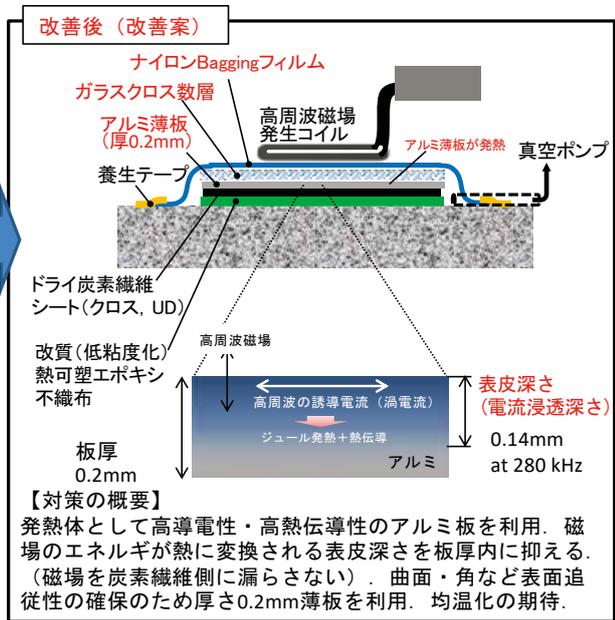
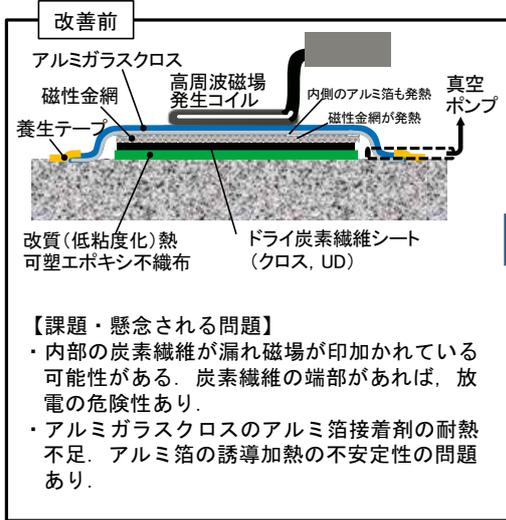


Figure 分子量制御したエポキシ樹脂の粘度(昇温過程)

# コンクリート付着強度試験：破壊モード

秋田大学 徳重英信, 高橋良輔



改質熱可塑エポキシでIH溶着  
(220°C)された炭素繊維クロス



コンクリート母材の破壊面



十分な付着(接着)強度を示す母材破壊モードを確認

※建研式付着試験器による

熔融粘度調整(分子量制御)のための添加溶剤がNMPの結果であるが, 添加溶剤として安価なフェノールでも同様の結果が期待できる. ...当初NMP混和を検討していたが, 有害性を考慮して, ビスフェノール系混和に変更

9



秋田県内二カ所で試験施工を実施

- ・戸島ボックス
- ・オナガワ橋

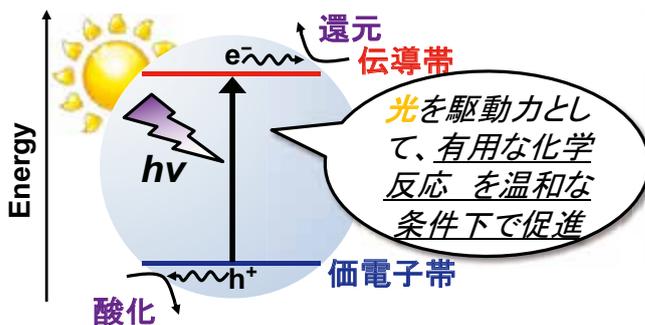
# 新素材・新機能材料開発事業

## 2. 無機材料に関する研究 「環境浄化および水素製造用TiO<sub>2</sub>系複合材料の開発」

加藤純雄 教授  
小笠原正剛 准教授  
齊藤寛治 助教

### 新規半導体光触媒材料の開発

#### 光触媒反応機構



#### 光触媒反応の例

- ✓ 有害物質の除去 (大気浄化、水質浄化)
- ✓ 水からの水素生成
- ✓ 化成品合成 (有機物の部分酸化)

#### 光触媒の活性因子

- ✓ 欠陥・不純物
- ✓ 異種材料間の界面構造
- ✓ 分子 (反応基質) の吸着

#### 半導体光触媒の実用例



水質浄化

守部興産株式会社  
[https://www.ube-ind.co.jp/ube/jp/news/2006/2006\\_37.html](https://www.ube-ind.co.jp/ube/jp/news/2006/2006_37.html)



セルフクリーニング



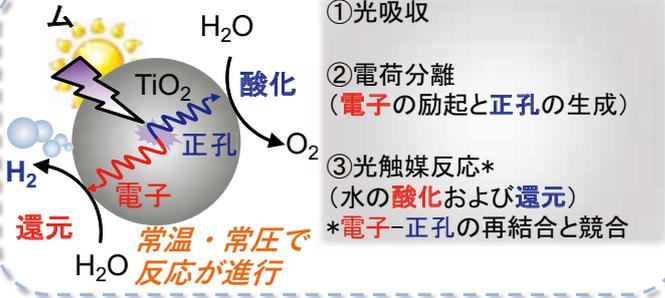
抗菌、抗ウイルス、脱臭



SDGs・公衆衛生への関心の高まり → 光触媒技術の発展への期待

# 秋田県産バイオマスを利用した光触媒による水素製造

## TiO<sub>2</sub>光触媒による水からの水素製造 水素生成メカニズム



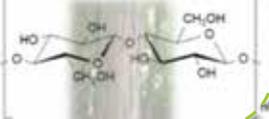
## 犠牲剤による水素生成促進

犠牲剤: 酸化されやすく、対反応である水素生成を促進させる材料

セルロース: 最も豊富なバイオマス資源、カーボンニュートラル

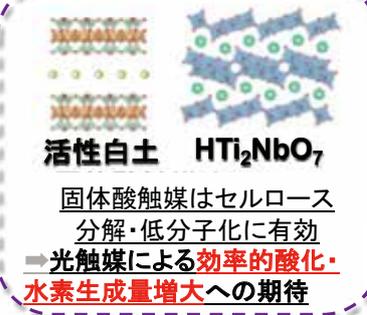
→環境に優しい犠牲剤

秋田県: 豊富なバイオマス資源



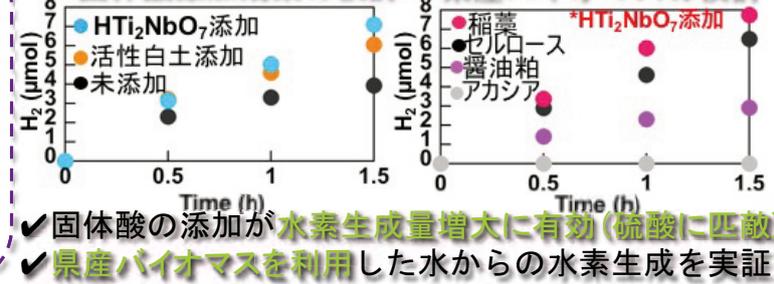
## バイオマス分散水からの水素生成反応を促進する材料の開発

### 層状固体酸



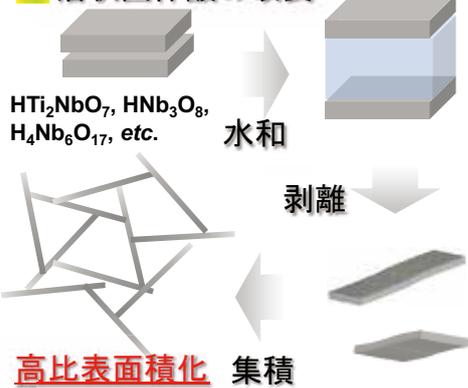
## 伊徳地域振興財団2020年度採択課題

### 固体酸添加効果の検討、県産バイオマスの検討

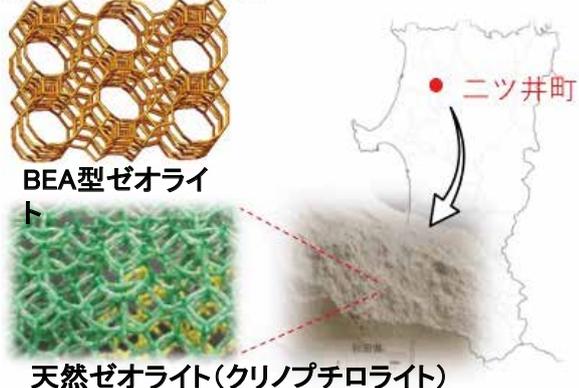


## 今後の展開

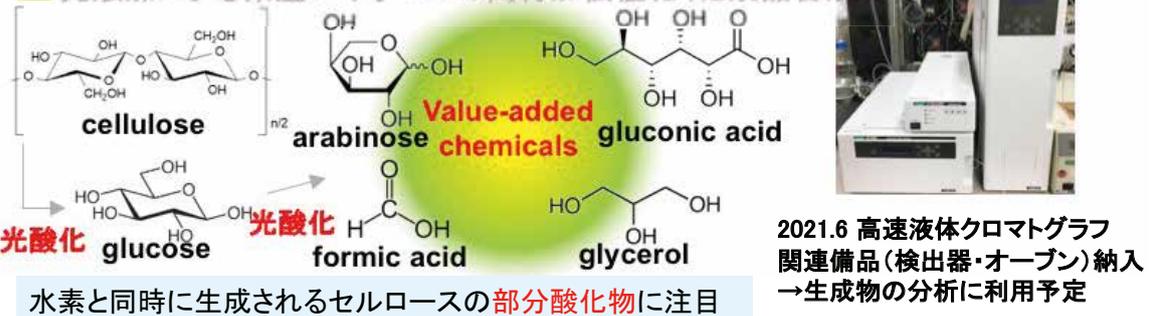
### 層状固体酸の改良



### 酸性ゼオライトの利用



### 光触媒による県産バイオマスの高付加価値化(化成品合成)



# 超高性能モーターに資する世界最強磁石の開発

(秋田大学 材料理工学コース 講師 長谷川崇)

モーター: 世界の消費電力量の約40%を占める(右図参照)

⇒ モーターのエネルギー消費削減は省エネ効果大!



出展: トップランナーモーター(日本電機工業会, 2015)

高効率・高出力モーターには強力な磁石が不可欠!



ネオジム磁石 フェライト磁石  
出展: 国立研究開発法人理化学研究所HP

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

ネオジム・ジスプロシウム: 高価である, 供給リスクがある

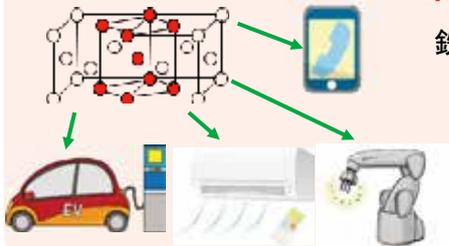
鉱石生産国: ①中国(97%)、②インド(2%)

輸入元: ①中国(82%)、②ベトナム(3%)、③韓国(2%)

引用: 一般社団法人産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センターHP



## 正方晶FeCoの創出



## 希土類不使用の新規な世界最強磁石を開発する!

鉄・コバルト(FeCo)系磁石:

理論上の磁石性能限界値はネオジム磁石の約2倍

EV・HV, 携帯端末, エアコン等が全てFeCo系磁石になると...

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

### (3) 自動車・航空機産業研究開発事業の報告（令和2年度）

事業名：自動車・航空機産業研究開発事業

代表者氏名：渋谷 嗣

|                |   |
|----------------|---|
| <p>予 算 額</p>   | <p>部門研究活動活性化経費（間接経費） 1,293,000円<br/>           年度計画推進経費 0円<br/>           事業費 289,310円<br/> <br/>           合 計 1,582,310円</p>  |
| <p>協力教員氏名</p>  | <p>村岡幹夫、田島克文、吉田征弘、景山陽一、石沢千佳子、水戸部一孝、藤原克也、浜岡秀勝</p>  |
| <p>目 的</p>     | <p>秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。複合材構造製造を中間素材から一新し、航空機向けを最終目標として達成度に従い、シミュレーションによる設計技術を含めて自動車向けの産業に寄与する。また、高効率動力システムの開発を推進するため、次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転・歩行支援やインフラに関して、最高速度標識の認識法の開発、運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示や、各種VRシミュレータの開発とヒューマンファクターの評価を行う。超高齢社会の最先端である秋田県を舞台に、高齢者の安全な移動に必要な検査・訓練・支援技術を研究・開発し、自動運転技術の向上に資する地域産業振興を図る。</p>  |
| <p>実施内容・成果</p> | <p>複合材構造製造に関して、連続生産のコンセプト確認と成形技術のスピードアップ化を目指すほか、立体形状の精度向上に向けて検討を進める。特に、立体形状については、新たな分野として軽量化ニーズの大きい自動車分野への応用について開発試験や建築土木分野における補修技術への応用研究を進めた。微小金属体製造装置関連では、ナノコイル製造技術の確立に向けて、成膜条件の精度向上を目指した。具体的には、航空機部品製造に関して、三菱重工と秋田複合材新成形法（ANC）技術研究組合（県内企業3者および秋田大、秋田県立大）を通じて、連携を進める。自動車関連企業とANC技術研究組合がNDAを締結して、シミュレーションによる複合材料の機能性評価も含めて小型電気自動車シャーシ製造に関して共同開発を実施した。</p> <p>高効率動力システムの開発に関して、令和元年度に提案した解析モデルを基に、従来のラジアルギャップ誘導モータに対して2倍の出力（トルク）密度を達成できるラジアルギャップ誘導モータの実機試作のための設計を行い、試作準備を開始した。また、モータの駆動回路を磁気回路連成解析することで、より実機の運転条件に近い条件でモータ効率が算定可能な誘導モータの解析モデルの構築を行い、例として750Wのアキシアルギャップ誘導モータを設計した。</p> <p>Society 5.0を構成する要素技術となる自動運転を実現するためには、夜間における人物および標識の認識について検討する必要がある。そこで、スズキ財団科学技術研究助成を受け、超高感度ズームと熱赤外域の複合カメラで撮影されたデータを対象とし、夜間時の歩行者抽出を目的とした特徴量の選定、処理法の開発を行うとともに、AIを活用して人物の動作認識を行った。具体的には、提案手法を用いて、夜間屋外における人物動作状態（直立、しゃがみ、歩行）の判別に関して検討を行った。その結果、街灯なしの条件下では95.45%以上の精度が得られた。また、街灯ありの条件下では97.95%以上の精度が得られた。本内容は、映像情報メディア学会 創立70周年記念大会、情報処理学会第83回全国大会で発表している。また、標識認識技術に関してはIEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineeringに論文として掲載された。</p> <p>運転・歩行支援やインフラに関して、昨年度に開発した「実歩行可能な歩行環境シミュレータ」を用いて、地元企業と連携して高齢歩行者20名、若年者10名を対象に車道横断行動をモーションキャプチャした。発生した交通事故の96%を高齢者が占め、奥車線での交通事故が手前車線の1.6倍発生していた。また、横断行動を解析した結果、手前車線では接近車両の見落とし、奥車線では安全な車間距離あるいは接近速度の誤認による事故が多発していることを明らかにした。</p> |

# 地方創生センター地域産業研究部門 自動車・航空機産業研究開発事業

代表 渋谷 嗣（代理 田島克文）

成果報告会 2021年8月6日（金）

1

## 自動車・航空機産業研究開発事業について

### 事業の背景と目的

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

2

# 2020年度成果報告

事業名：自動車・航空機産業研究開発事業

代表者氏名：渋谷 嗣

## 予算額

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| 部門研究活動活性化経費(間接経費) | 1,653,000 円 |
| 年度計画推進経費          | 0 円         |
| 事業費               | 300,000 円   |
| 合計                | 1,953,000 円 |

3

## 事業の概要

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

4

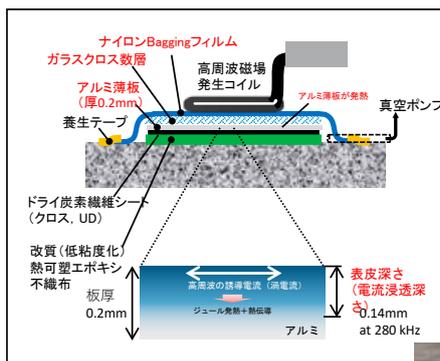
# 協力教員と実施項目

1. 複合材構造に関する研究開発  
村岡幹夫（理工学研究科・教授）  
（渋谷 嗣（理工学研究科・教授））
2. 動力システムに関する研究開発  
田島克文（理工学研究科・教授）  
吉田征弘（理工学研究科・講師）
3. 運転・歩行支援とインフラに関する研究開発  
景山陽一（理工学研究科・教授）  
石沢千佳子（理工学研究科・准教授）  
水戸部一孝（理工学研究科・教授）  
藤原克哉（理工学研究科・准教授）  
濱岡秀勝（理工学研究科・教授）

5

機械工学コース 村岡 幹夫

## 寒冷地コンクリート構造へ迅速施工可能な炭素繊維シート融着補修工法の開発



### 実績

- ・従来工法では適用が困難な5°C以下あるいは湿度85%以上の環境でも施工可能な熱可塑性樹脂とIHを利用した新工法を開発
- ・戸島ボックスとオナガワハシにて試験施工を実施。マスコミ取材5件、県内外建設業者3者の視察。

### 課題

- ・施工時間の短縮
- ・接着（融着）強度の向上
- ・滲出水対策

### 対策

- ・熱可塑性樹脂/不織布の改良
- ・シート保温層の改良

### 出口

- ・工業会を結成。R3年度は県北で試験施工。事業化への道筋を具体化



6

### 複雑CFRTP部品のIH高効率加熱一体成形法の開発 with MHI



**実績**

- ・バギングIH法の考案・改良（ポイド率を最高で約5%未満まで到達、昨年度20%）
- ・コニング材の利点を活かした、複雑形状一体成形（例としてリップ付き桁材）および融着接合による連続成形，を裏証

**課題**

- ・未含浸部除去のためには外部加圧が必要
- ・炭素繊維のうねりの問題は手つかず（航空機向けは現状困難）→張力付与しながらの成形が必要

**対策1（未含浸部除去）**

- ・加圧バギングIH法（IHマイクロオートクレーブ）
- 未含浸部除去のための加圧条件の把握
- オートクレーブ法や熱プレス法に比べ、初期投資が圧倒的に低い方法であることを明確化

**対策2（未含浸部除去）**

- ・ロボティクスによる全周囲加圧

**出口**

- ・航空機はかなり先
- ・要検討、ブレードレス風力発電システム？（自由形状成形を活かして）

ポイド率は最高で約5%未満まで到達

### 複合材料の微視構造と機能性

均質化理論(見かけの特性を評価)

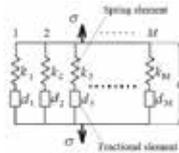
$$\text{変位 } u_i(x, y) = u_i^{(0)}(x, y) + \lambda u_i^{(1)}(x, y)$$

$u_i^{(0)}(x, y)$  巨視的な見かけ上の変位

$u_i^{(1)}(x, y)$  微視的な擾乱変位, 周期関数として求める

$$\text{平均的な特性 } \sigma_{ij}^* = \frac{1}{V_{cell}} \int_{V_{cell}} C_{ijkl}(y) [\varepsilon_{kl}^{(1)}(y) + \varepsilon_{kl}^*] dv$$

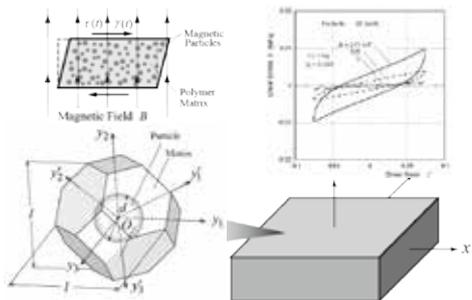
熱可塑性複合材料のクリープ特性



分数階微分モデル

$$\sigma_i(t) = d_i \frac{d^q \varepsilon_i(t)}{dt^q}, \quad (0 < q < 1)$$

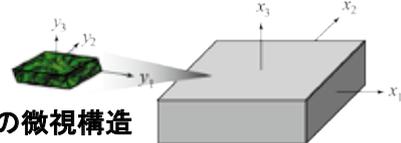
磁性粒子分散樹脂の振動減衰特性



体心立方単位セル

令和2年度報告

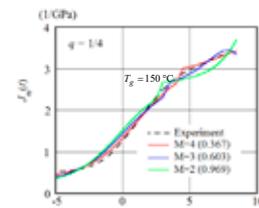
機械工学コース 渋谷 嗣



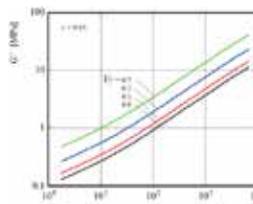
実際の微視構造

見かけ上の均質体

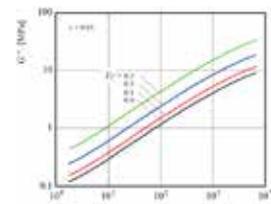
$$\text{有効弾性特性 } \sigma_{ij}^* = C_{ijkl}^* \varepsilon_{kl}^*$$



熱可塑性樹脂のクリープ特性



貯蔵弾性係数



損失弾性係数

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

(田島, 吉田)

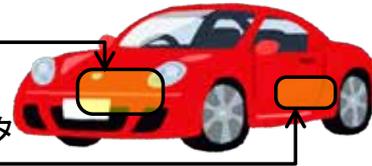
## 研究背景

### 誘導モータの特徴

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

主駆動用モータ

補助駆動用モータ



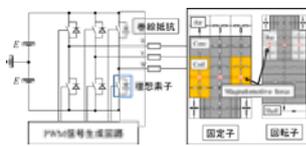
誘導モータはEV/HEV駆動用モータとして注目されている

誘導モータの高効率・小型化(高トルク化)

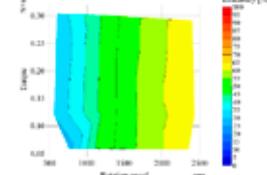
## 高速・簡便な誘導モータの解析・設計手法の開発

- H28年度: 回転静止時の解析モデル構築
- H29年度: 回転駆動時の解析モデル構築
- H30年度: インバータ駆動時の解析モデル構築
- R1年度: 実測値との比較による検証
- R2年度: モータの効率マップ算定

### 解析モデル



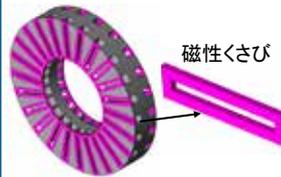
### 効率マップ



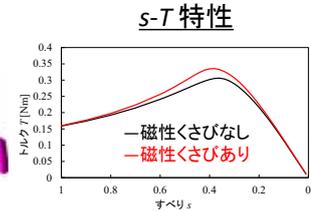
モータの磁気回路モデルとインバータ回路の連成解析モデルを構築し、モータの効率マップを算定

## 出力密度向上を目指したアキシアルギャップ構造モータ設計

- H29年度: FEM解析によりアキシアルギャップ型誘導モータの初期設計
- H30年度: モータの出力密度2倍を解析で達成
- R1年度: 実機試作に向けてさらなる高トルク化



磁性くさび



磁性くさびを挿入することにより、磁束が増加し、出力トルクが向上した

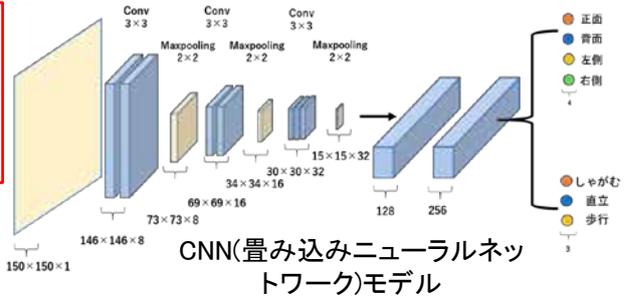
# 熱赤外画像を対象とする夜間屋外環境下での人物抽出と動作認識

景山陽一・石沢千佳子

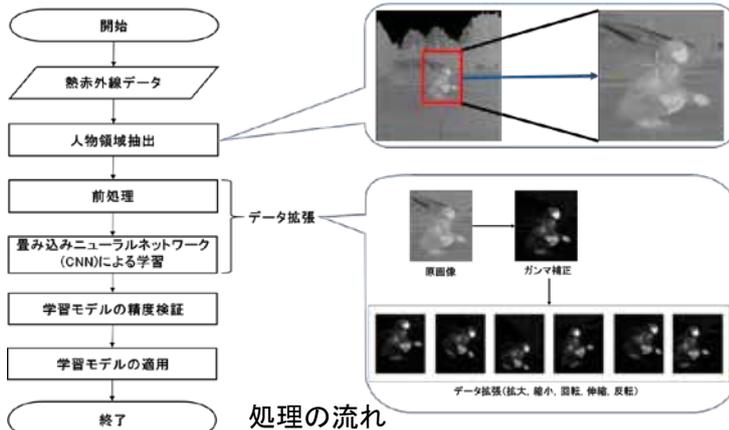
Society 5.0を構成する要素技術である「自動運転」→夜間屋外環境下における人物の行動パターンを認識して、特に高齢者による不慮の事故を軽減  
**夜間屋外環境下における人物の抽出および動作認識法の開発**

<実験環境> 車両と人物の距離は、5.0m~15.0m, 街灯の有無の条件下

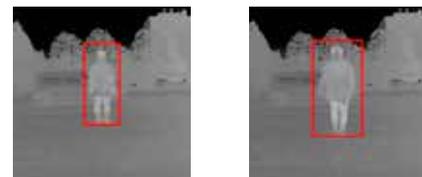
- 正面, 背面, 右側面, 左側面を向いて直立
- 正面, 背面, 右側面, 左側面を向いてしゃがんでいる
- 正面方向, 背面方向に歩行



畳み込み層: 合計7層, プーリング層: 合計3層, 全結合層: 合計2層



処理の流れ



直立(背面)

歩行(背面)

動作認識結果例

<認識精度>

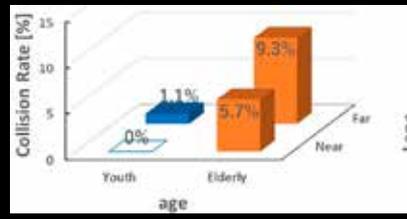
- 街灯なしの条件下: 95.45%以上
- 街灯ありの条件下: 97.95%以上

# 実歩行可能な歩行環境シミュレータの開発

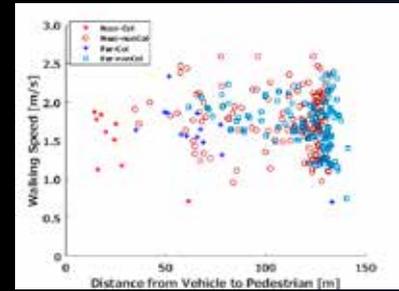
水戸部 一孝, 藤原 克哉 (人間情報工学コース)



固定カメラによる映像



若年者と高齢者の事故率



車両までの距離と歩行速度



体験者視点映像

実歩行可能な歩行環境シミュレータ

実歩行可能な歩行環境シミュレータを開発し、**高齢者20名**、**若年者10名**を対象に交通事故発生率を計測した。横断行動を解析することで、以下に示す**高齢歩行者**に特有の**交通事故**の特徴を明らかにした。

手前車線：接近車両の見落としによる**飛び出し事故**が約80%を占める。

奥車線：安全な車間や車両速度の**誤認による事故**が約60%を占める。

今後、事故リスクを推定するAIを開発する。

## (4) 新エネルギー開発研究事業の報告（令和2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<br>年度計画推進経費 0円<br>事業費 300,000円<br><br>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再生可能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。<br>研究開発事業：以下の4つの研究テーマを実施する。<br>(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<br>(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<br>(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<br>(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：共同ライフサイクルデザイン工学専攻にて環境・エネルギー工学（博士前期課程）を開講し、洋上風力発電を含む秋田県の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授業を実施した。<br><br>研究開発事業：<br>(1)秋田県沖の風況及び水深に基づいて、洋上風力発電のポテンシャルを分析した。複数のシナリオを分析した結果、漁業権を考慮したとしても、着床式だけでなく浮体式を導入することで、秋田県の電力需要量を大きく上回る発電量が得られることを明らかにした。<br><br>(2)再生可能エネルギーと定格出力の異なる蓄電池が大量に導入された電力系統を想定し、その安定性をシミュレーションにより評価した。蓄電池の導入数に応じて制御負荷を変えることによって、電力系統の安定度が向上することが明らかとなった。<br><br>(3)A. 蓄電デバイスの新規電極材料の開発<br>正極活物質表面への金属ナノ粒子の担持は、電子伝導性の向上および全固体電池における界面の改善のために研究がなされている。これまでに報告がないコアシェルナノ粒子（金コア、パラジウムシェル）の正極活物質表面への合成に成功し、電池特性改善が確認された。<br>使用済みリチウムイオン電池からの再生正極材料の蓄電性能を評価し、再生正極材料の高い可能性を示した。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明らかにした。<br>B. 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<br>充放電電流値および周囲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可能性についての調査を行い、誤差5%程度において予測が可能であることを明らかにした。<br><br>(4)A. 高効率水素製造用材料と高容量水素吸蔵材料の開発<br>水素製造方法の一つとしてアルカリ水電解がある。水素発生電極の性能を飛躍的に向上させることを試みた。合金を多孔質化することにより水素発生能力が飛躍的に上昇した。また、水素の貯蔵・運搬において水素吸蔵合金の開発が求められており、新規手法により作製することができた。<br>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<br>CO <sub>2</sub> 飽和酸性水溶液中で電解還元を実施し、Pt系カソードのCO <sub>2</sub> 電解還元活性に及ぼすCeO <sub>2</sub> の添加効果および導入ガス中のO <sub>2</sub> の影響を明らかにした。 |

2021年8月6日(金)

# 新エネルギー開発研究事業

令和2年度事業報告  
(活動報告と令和3年度事業計画)

事業代表者 熊谷誠治  
(理工学研究科)



No. 1

## 新エネルギー開発研究事業の当初計画

|              | 平成28年度                       | 平成29年度             | 平成30年度 | 令和元年度 | 令和2年度 | 令和3年度      |
|--------------|------------------------------|--------------------|--------|-------|-------|------------|
| ○第3期中期目標中期計画 | →                            |                    |        |       |       |            |
| ○年度計画        | →                            | →                  | →      | →     | →     | →          |
| ○概算要求        |                              |                    | →      | →     | →     | 令和4年度分概算要求 |
| 人材育成         | 1. 風力発電高度メンテナンス人材育成事業(秋田県)   | 県事業委員会             | →      | →     | →     | →          |
|              | 2. あきたサステナビリティスクール           | アーバンマイスター養成コース(継続) | →      | →     | →     | →          |
| 研究開発事業       | 1. 新エネルギー設備に対するNIMBY解消の研究    | フィールド調査            | →      | →     | →     | →          |
|              | 2. 風車のメンテナンス計画策定の研究          | 簡易型LCC, LCAの実施     | →      | →     | →     | →          |
|              | (1) 県内風力発電システムのリスク分析と動的挙動の解明 | 技術動向調査             | →      | →     | →     | →          |
|              | (2) 地熱発電所におけるシリカスケールの成因分析と対策 |                    |        |       | →     | →          |
|              | (3) 新エネルギーシステムの経済/環境効率評価     |                    |        |       |       | →          |

計画変更

No. 2

## 事業の計画変更



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

|                        |                                     | 令和元年度                        | 令和2年度   | 令和3年度 |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|-------|
| 研究<br>開<br>発<br>事<br>業 | (1)地域エネルギーフロー分析に基づく再生可能エネルギーの導入影響評価 | 県内エネルギーフローの分析と導入影響評価、導入戦略の策定 |   |       |
|                        | (2)豊富な再生可能エネルギーを導入した電力系統の挙動解析       |                              | 洋上風力発電を導入した電力系統における電力需要と供給の安定度に関するシミュレーション                |       |
|                        | (3)再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術  |                              | 蓄電デバイスの新規電極材料の開発<br>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貯蔵材料の開発<br>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2年度後半・新計画)



### 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で利用することで、「風」という資源を地元住民の交通利便性と地域環境性の向上に活用できる。

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

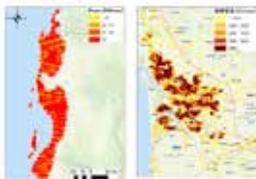
### 事業目的

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

No. 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

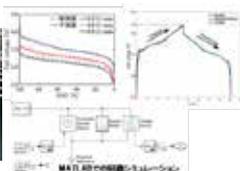
豊富な再生可能エネルギーを導入した電力システムの挙動解析(熊谷, 富岡)

- ・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

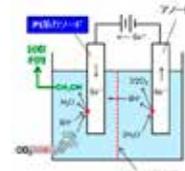


地方創生センター  
地域産業研究部門  
「新エネルギー開発事業」  
代表・研究総括

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

# 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

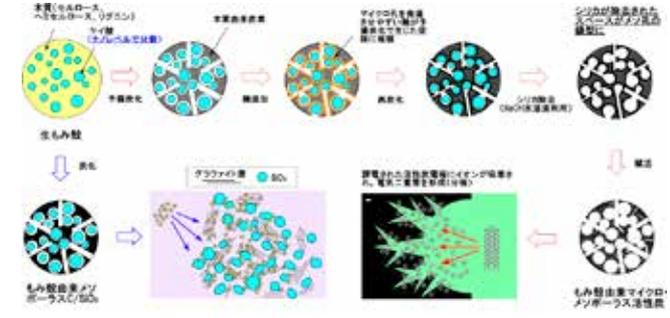
新エネルギー開発研究事業



## リチウムイオン電池用の新規負極材料、瞬時応答に優れた大容量キャパシタ用電極材料

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

非晶質炭素Cとケイ酸SiO<sub>2</sub>のメソポーラス複合構造がもみ殻炭中に形成され、リチウムイオンの高速吸蔵放出に適した負極材を実現

粘性の高い有機系電解液中のイオンが容易に電極にアクセスできる細孔構造を有する活性炭正極材を実現

- 論文** Solution-plasma Treatment of Activated Carbon from Shochu Distillery Waste for Electrochemical Capacitors, Materials Chemistry and Physics, 2020
- 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>2</sub>混合系のLiイオン蓄電デバイス負極物質としての機能解明」

No. 7

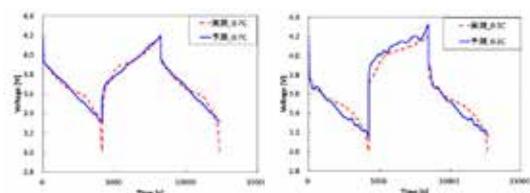
# 再生可能エネルギーを貯蔵する大容量蓄電デバイスの開発と運用技術

新エネルギー開発研究事業



## リチウムイオン電池の充放電特性予測シミュレーション

数理・電気電子情報学専攻 熊谷誠治, 富岡雅弘  
現時点で既に秋田県内産業に貢献



- 本研究** 限られた実験データから広範囲の電池性能を予測し、リチウムイオン電池のスクリーニング業務を省力化
  - ・ 手の限られる国内リチウムイオン電池関連企業の競争力向上
  - ・ 国内輸送機産業の発展と輸送機電動化による環境負荷の低減

60°C, 0.7C-rateにおけるリチウムイオン電池充放電プロファイルの予測結果

0°C, 0.5C-rateにおけるリチウムイオン電池充放電プロファイルの予測結果

リチウムイオン電池の電気的等価回路モデルを構築し、特定の試験条件の結果から広範な試験条件での充放電特性を予測する技術の開発が目的。充放電電流値および周囲温度が変化した場合に、リチウムイオン電池充放電特性を予測。県内電池試験受託試験企業の新サービスとしての実用化を目指す。

- 外部資金** 公益財団法人JKA 2020年度自転車等機械振興事業・研究補助(個別研究) 500万円 「充放電電流と周囲温度が変化した場合のリチウムイオン電池の性能シミュレーション技術の開発」

No. 8

# 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

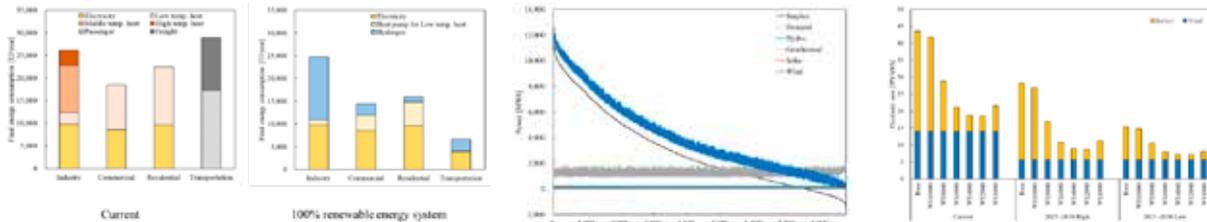
新エネルギー開発研究事業



## 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

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

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



現状及び脱炭素エネルギーシステムにおける各需要部門のエネルギー需要量。ヒートポンプや電気自動車等、既存の需要機器に比べて高効率な機器が導入されるため、最終エネルギー消費量は現状に比べて大きく削減された。

1時間ごとの再生可能エネルギーによる発電量及び電力需要量の推計に基づく余剰電力の負荷曲線。十分な余剰電力が発生することが示された。

需要家への電力供給コスト。蓄電池を電力供給だけでなく、水素製造にも利用することで稼働率が向上するため、電力供給コストが安価となった。

### 論文

Design and analysis of a 100% renewable energy system for Akita prefecture, Japan, Smart Energy, 2021  
Analysis of woody biomass utilization for heat, electricity, and CHP in a regional city of Japan, Journal of Cleaner Production, 2020

### 外部資金

トヨタ・モビリティ基金 平成30年度～令和2年度「空間情報を考慮した持続可能なCO2フリー水素供給システムの設計」  
日本ガス協会 ガスエネルギーの持続的発展に資する研究助成金 令和元年度～令和2年度「地理情報分析に基づく都市ガス利用促進を考慮した地域エネルギーシステムの設計および分析」

No. 9

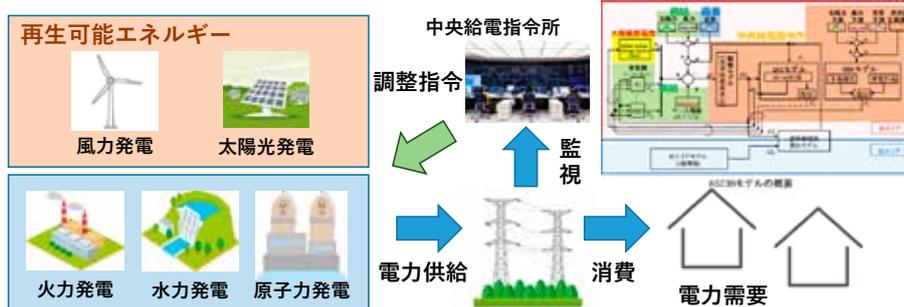
# 豊富な再生可能エネルギーを導入した電力システムの挙動解析

新エネルギー開発研究事業



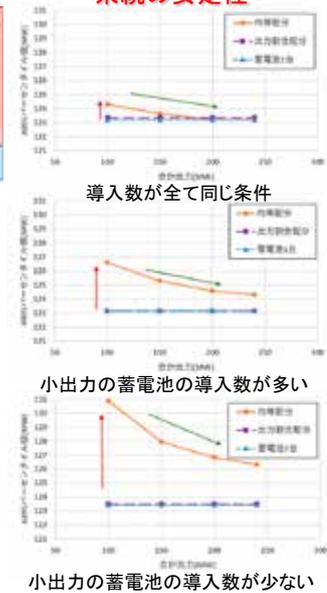
## 再生可能エネルギーと蓄電池を大量導入した際の電力システムへの影響の解析

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  
システムの安定性



大容量蓄電池を電力システムに接続した際の影響は多く検討されているが、EVなどの比較的小規模な蓄電池が大量に接続された際の電力システムへの影響については検討されていない。  
→蓄電池の総容量を固定して、蓄電池の出力と個数が変化した場合の再エネ導入時の電力システムの安定性を評価。

- AR(自システム内の負荷変化量)を蓄電池の出力の大小によらず均等に配分するより、蓄電池の出力に応じてARを配分することで、システム安定性が大きく増加。
- これによって、大型の蓄電システム一つを導入するのと、分散させてEVを個別の蓄電池としての利用することに、同等のシステム安定効果が生まれた。



No. 10

# 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



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

(写真: NEDOホームページより)

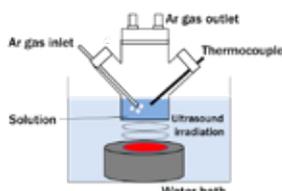
本研究: 大きな電流が流せるように、正極材料の表面を改質。電子が動きやすいように材料表面をカーボン被覆した後、金属ナノ粒子を担持。

論文

Sonochemical synthesis of Au/Pd nanoparticles on the surface of LiFePO<sub>4</sub>/C cathode material for lithium-ion batteries, Jpn. J. Appl. Phys. 60, SDD06 (2021)

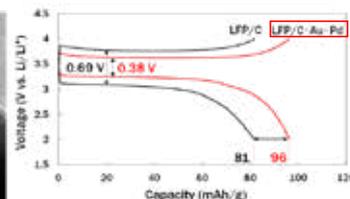
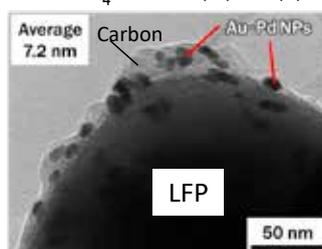
共同研究

秘密保持契約にて実施(県外企業)



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

超音波照射により溶液中で生成する還元ラジカルを利用して、金属コアシェルナノ粒子を正極材料表面で合成することを検討。(金コアパラジウムシェル)



コアシェルナノ粒子担持により高電流レート(5C)でも高い放電容量を示した。

No. 11

# 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術

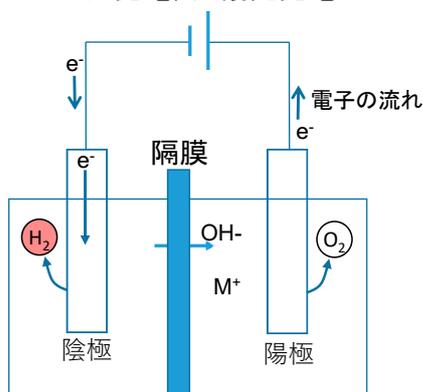
新エネルギー開発研究事業



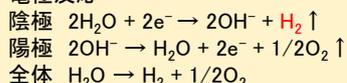
## 高効率水素製造電極材料と高容量水素吸蔵材料の開発

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

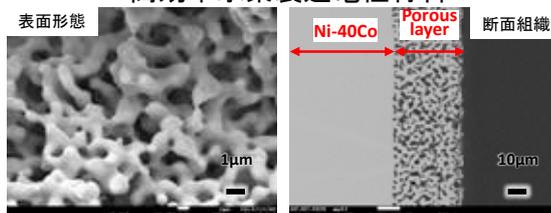
風力発電, 太陽光発電



電極反応

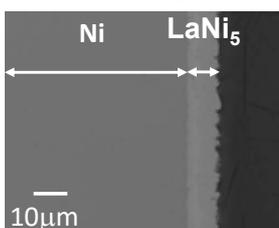


高効率水素製造電極材料



ポーランド AGH科学技術大学と共同開発

高容量水素吸蔵材料(LaNi<sub>5</sub>)



JST戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)申請中  
(ポーランド, ドイツ, 日本)

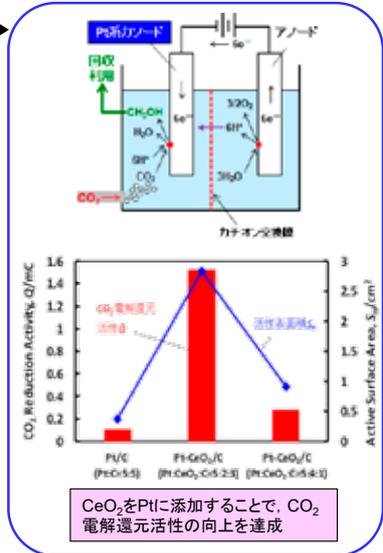
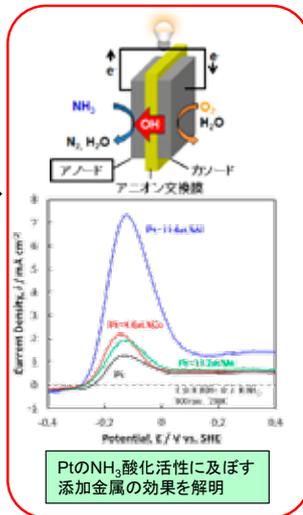
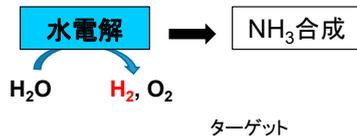
No. 12

# 豊富な再生可能エネルギーの効率的活用技術



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

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



外部資金

科学技術振興機構 A-STEP令和2年度追加公募「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」

No. 13

# 令和2年度事業成果



## 研究成果発表

招待講演：3件，国内会議発表：23件，国際会議発表：2件，その他発表：2件  
査読付論文：7件，特許出願：1件

## 県内企業と連携

秋田県内企業2社との共同研究契約  
秋田県内企業1社に対する技術支援

## 啓発・教育活動

秋田大学 社会人が大学で学ぶための講座「超スマート社会への対応」 A. 超スマート社会構築に向けたイノベーション(手形コース)  
古林敬顕 「持続可能な地域エネルギーシステムのデザイン」  
熊谷誠治 「リチウムイオン電池と燃料電池」  
その他，講演会企画：2件

No. 14

# 令和3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。**計画変更後の昨年度研究テーマを継続。**

### (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

秋田県のエネルギーフロー図を最新の統計データに基づいて更新。洋上風力発電の導入後の地域のエネルギーフローの変化を分析

### (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容量や天候変化に伴う出力変動を想定した地域マイクログリッドのシミュレーション

### (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。高い電池特性を示す電極の新規合成方法について企業と共同開発  
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

### (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  
CO<sub>2</sub>電解還元反応における還元生成物を分析，種々の混合比のCO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>ガスを用いての電解還元試験

## 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)

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 「環境・エネルギー工学」(熊谷)

No. 15



# 医理工連携産業研究開発事業

代表 巖見 武裕

(理工学研究科システムデザイン工学専攻)

## 協力教員

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

1

## 目的

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

## 事業内容

実施項目1: フレイル予防を目的とした機器開発

実施項目2: 医療機器の開発

実施項目3: 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

➡ AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

2

部門研究活動活性化経費

研究経費配分額

1, 033千円

間接経費配分額

857千円

事業費

300千円

合計

2, 190千円

「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 940千円 事業費 100千円

「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」

担当 巖見・島田教授 予算 活性化経費 950千円 事業費 100千円

「医療機器の開発」

担当 長縄教授・関講師 予算 事業費 100千円

3

「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 940千円 事業費 100千円

- 令和元年度に導入したHMD (VIVE Pro Eye) , ステアリング・ペダル, PC等の開発環境に, 令和2年度に導入したモーションベース(ACSIM-Lite)を組合せ, 「路面の凹凸を体感できるVRドライビングシミュレータ」を新たに開発した。  
→HMDを装着し, 仮想空間で視線計測しながらサイバースペースを運転できるVRシステムが完成!



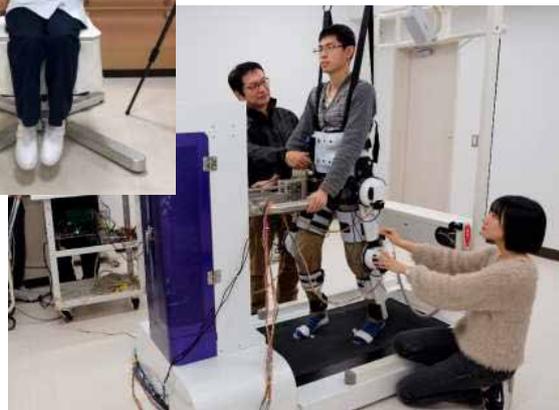
→これまでに, 仮想環境における車両の各種パラメータを調整し, 交差点横断シナリオを制作した。現在, 計測データの妥当性を検証すると共に, 若年者を対象とした走行試験を準備中。コロナ禍が収束次第, 高齢ドライバーを評価する予定。

4

「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」

担当 巖見・島田教授 予算 活性化経費 950千円 事業費 100千円

各種リハビリロボットの開発と、VR,ARを導入するための評価実験  
 医学部倫理委員会(←VR,AR)、特定臨床研究(←再生医療)への申請

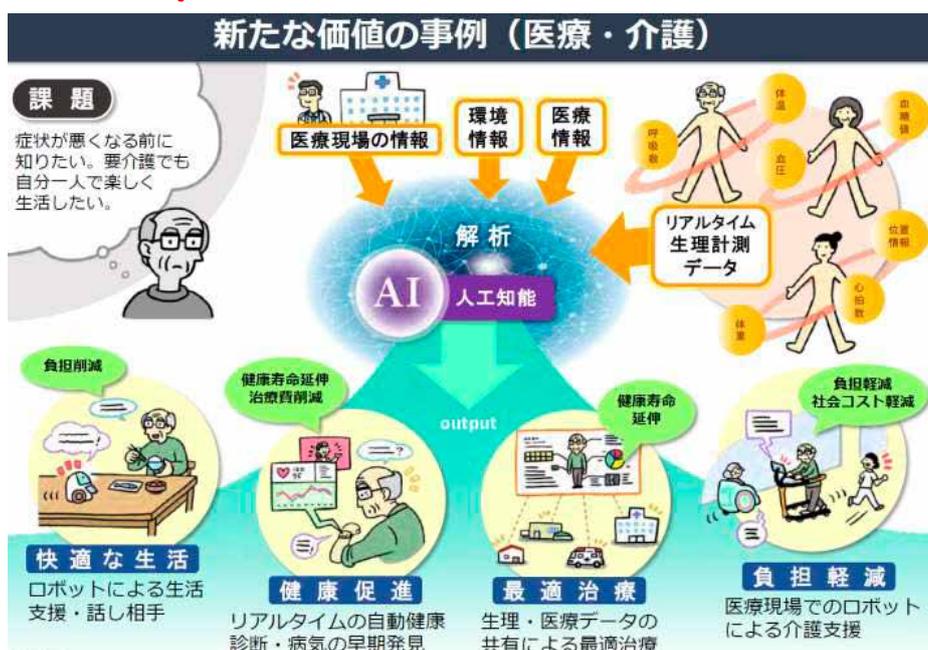


5

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

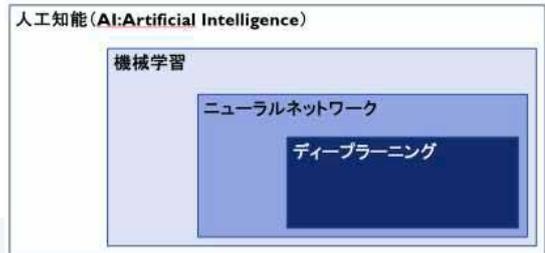


6

# AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

## ・ 機械学習

→コンピュータが経験、学習を行う



7

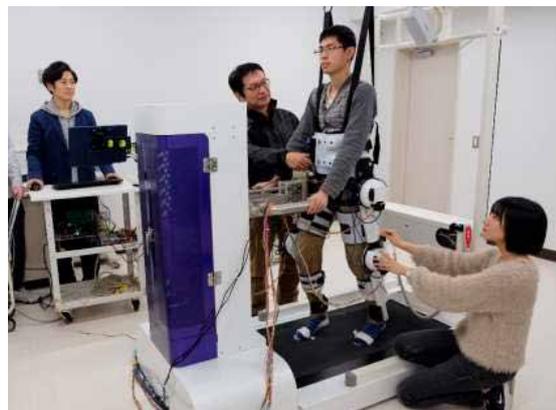
## 開発に用いている機械学習の手法について

教師あり学習 ・回帰



座位バランス装置  
⇒ バランス年齢を推定

強化学習 ・Q学習



Akita Trainer  
⇒ アシスト量の自動調整

8

## ロボット支援に力制御による強化学習(AI)を導入



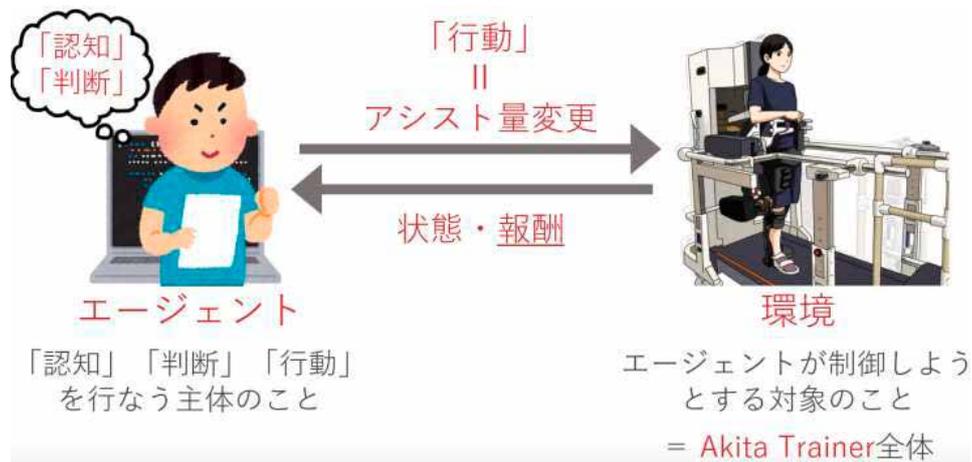
健側のさまざまな歩行に対応して、  
麻痺側の自然な歩行動作を実現



片麻痺患者に対して臨床試験

9

## 機械学習のアルゴリズム Q学習



$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha (r + \gamma \times \max_{a'} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t))$$

$$r = \theta_{t-1} - \theta_t + \sum \tau_{t-1} - \sum \tau_t$$

関節角度の目標値と  
実測値との偏差

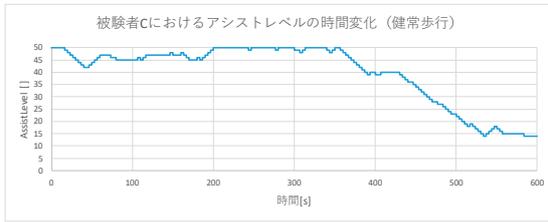
モータトルクの  
偏差

状態  $s$  : アシストレベルの現在地

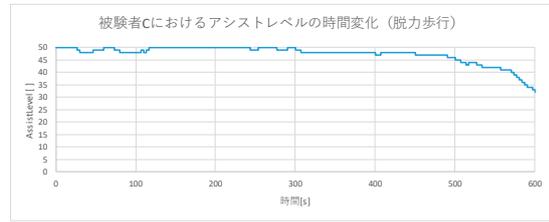
行動  $a$  : アシストレベルの上昇, 維持, 下降の3つ

10

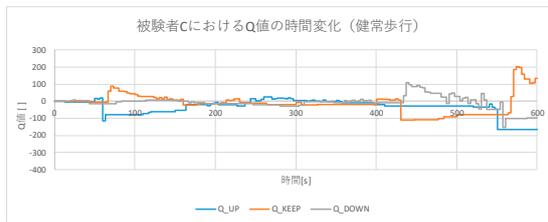
# 機械学習のアルゴリズム Q学習



(a) Temporal change of assist level in subject A (normal walking)



(b) Temporal change of assist level in subject A (weak walking)

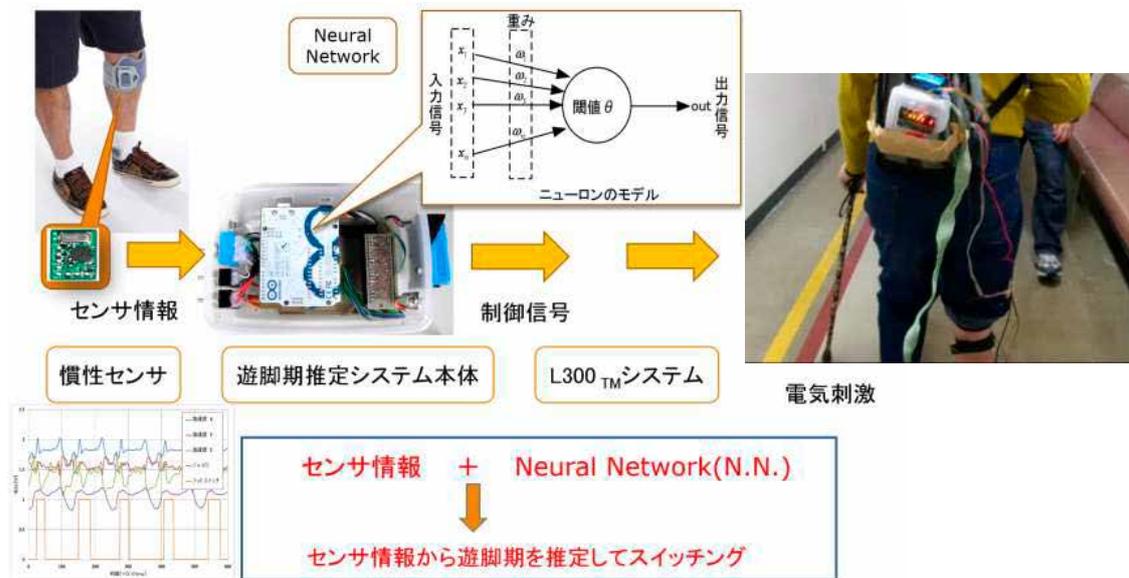


(c) Temporal change in Q value in subject A (normal walking)

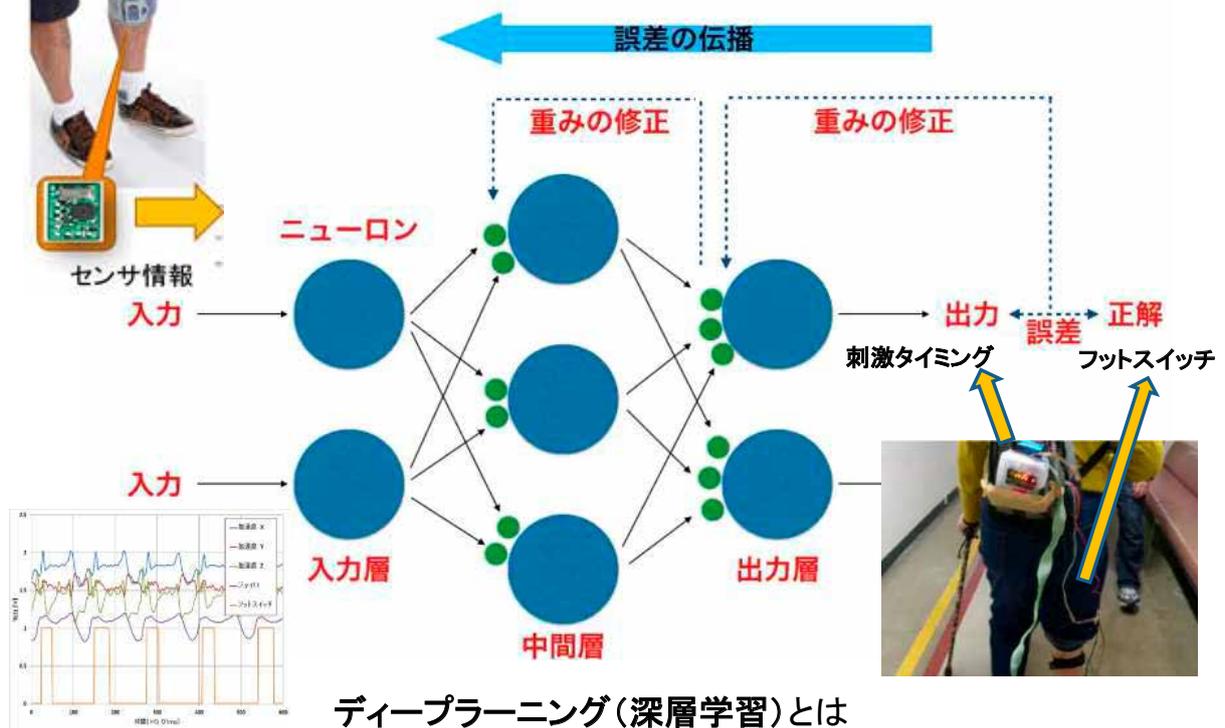


(d) Temporal change in Q value in subject A (weak walking)

# ニューラルネットワーク(NN)によるFES機器の制御



## バックプロパゲーションによる学習

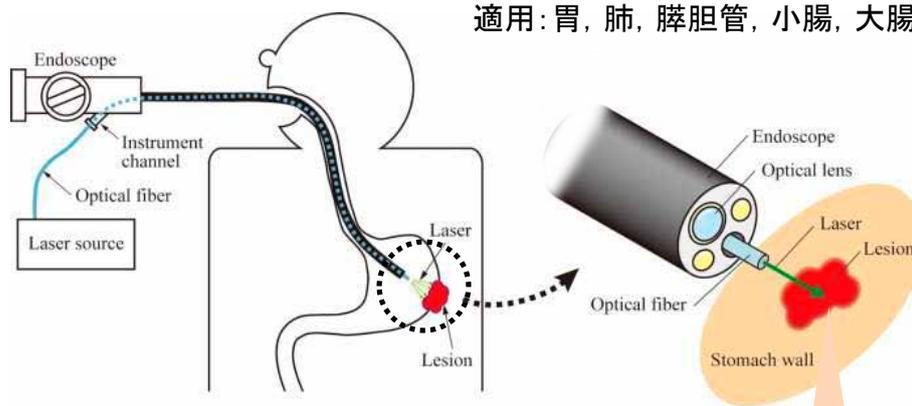


ディープラーニング(深層学習)とは  
中間層の深いニューラルネット

13

## 低侵襲レーザー治療について

経口的に挿入された軟性鏡の鉗子口から光ファイバを挿入, 照射  
適用: 胃, 肺, 膵胆管, 小腸, 大腸, 子宮など



レーザー照射により発生した熱を利用して腫瘍を焼く

温度にかわる情報

反射光の情報から推定できないか

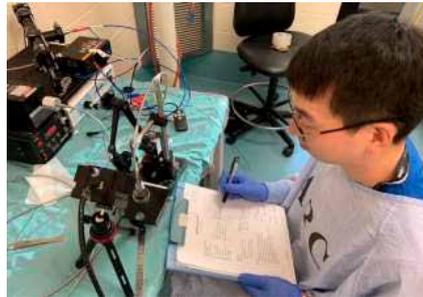
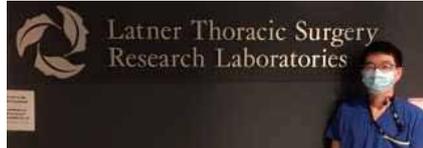
15

## ニューラルネットワーク(NN)による温度推定法

レーザー治療のための温度計測に関する研究

関講師

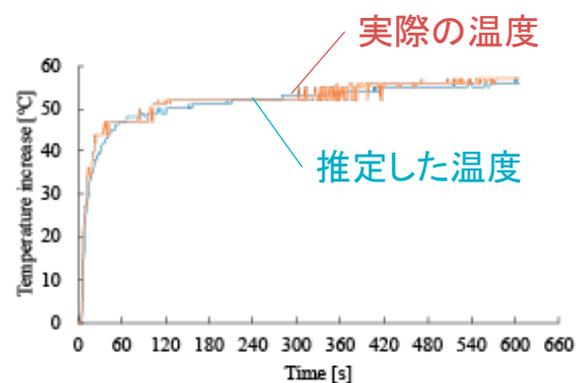
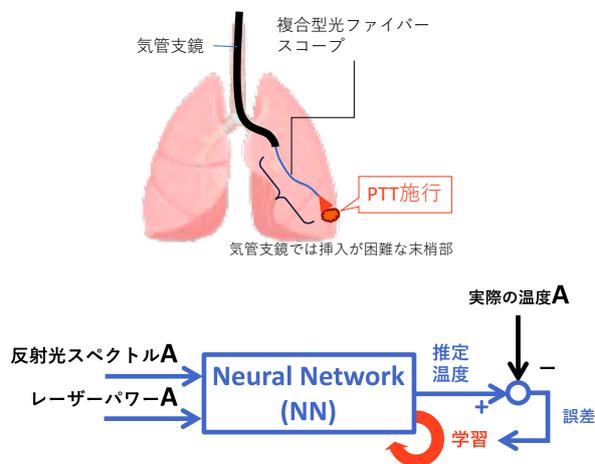
カナダ・トロント大学の研究機関へ留学(2019.9~2020.7)



14

## ニューラルネットワーク(NN)による温度推定法

レーザー治療のための温度計測に関する研究



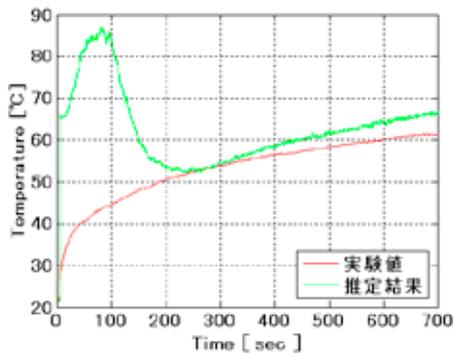
3°C程度の推定精度が得られることを  
確認

16

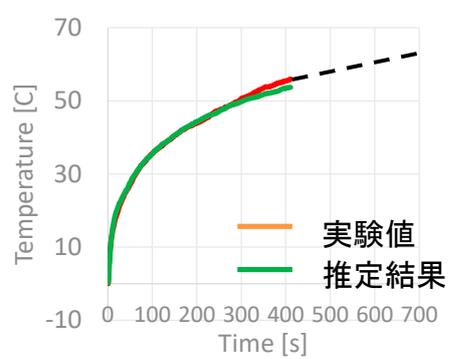
## ニューラルネットワーク(NN)による温度推定法

レーザー治療のための温度計測に関する研究

伝達関数表現の場合



ニューラルネットワークの場合



ニューラルネットワークを用いると $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の誤差で推定温度を算出可能

実験回数の不足、他条件による検証が必要

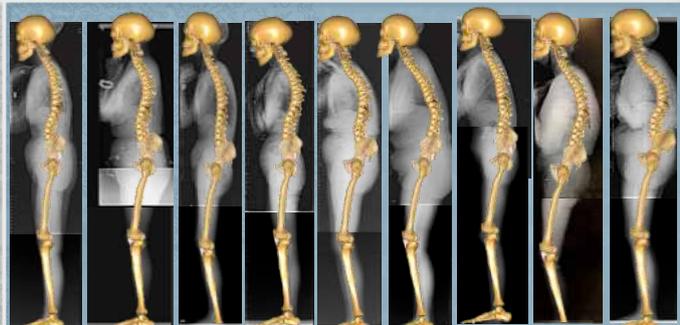
17

レントゲン画像を元にした脊椎アライメントのモデル解析

製作したモデル



正常群 (SVA < 40)



後弯群 (SVA > 40)



18

# deep Learning (Convolutional Neural Network) による脊椎アライメントの抽出

1

European Spine Journal  
https://doi.org/10.1007/s00586-020-06426-7

ORIGINAL ARTICLE

A deep learning tool for fully automated measurements of sagittal spinopelvic balance from X-ray images: performance evaluation

Robert Korez<sup>1</sup> · Michael Putzler<sup>2</sup> · Tomaz Vrtovec<sup>1</sup>

矢状面のX線画像

- ・大腿骨頭周りから股関節軸を定義
- ・仙骨終板の中心点
- ・C7椎体の中心点

骨盤や脊椎の角度パラメータを求める

19

## AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

### 頚椎後方除圧固定術のVR訓練システムの開発

力触覚デバイスにリンクされたペディクルプローブを操作し、患者のMRIデータから再現された頚椎の3Dモデルをサイバースペースで穿孔手技を訓練する。



Beyond 5G(6G)時代に、遠隔手術に展開するための要素技術を蓄積

医学系研究科医学専攻 機能展開医学系整形外科学講座  
梶田洋一教授、石川慶紀先生との共同研究

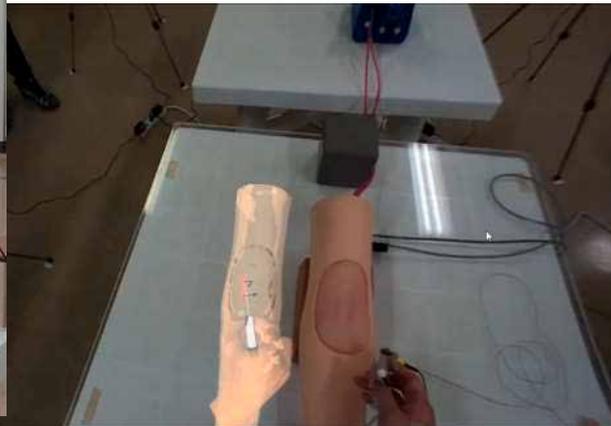
20

## 演習室用AR採血手技訓練システム

～立体映像を活かした技能の教育と訓練～



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



21

## VR技術のリハビリテーション分野への応用



International Journal of Medical Informatics  
Volume 126, June 2019, Pages 46-58



Virtual reality interventions for balance prevention and rehabilitation after musculoskeletal lower limb impairments in young up to middle-aged adults: A comprehensive review on used technology, balance outcome measures and observed effects

Sarah Vogt<sup>1</sup>, Nina Skjærset-Maroni<sup>2</sup>, Dorothee Neuhaus<sup>3</sup>, Jochen Baumeister<sup>3</sup>

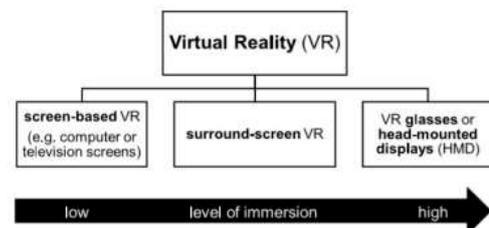


Fig. 2. Systematization of virtual reality technology.

殆どの研究に、ニンテンドーWii Fit + Wii バランスボードとテレビの組み合わせを用いており、VRゴーグルやHMDを用いたバランス訓練は行われていない

自作のVRアプリケーションは、デザイナー、プログラマ、医療技術者などの横断的コラボレーションを必要とするため困難

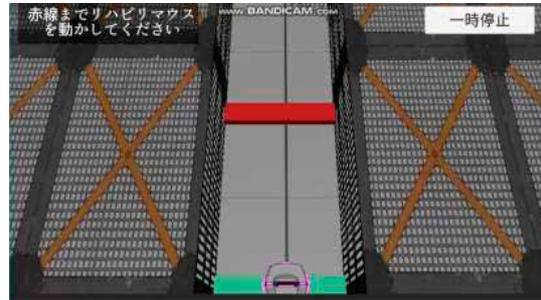
VRゴーグルやHMDをバランス訓練に使用するためには、これらの感覚への影響について詳細な調査が必要

22

### ゲーム性のある訓練メニュー



大湯リハビリ温泉病院での実証試験



イライラ棒



モグラたたき



エアホッケー

## 大湯リハビリ温泉病院での実証試験

### 研究進捗状況

R3.2.24 操作のonline lecture (加藤さん)

2.27 新たな患者さん2名が訓練を開始

87歳 男性 右橋梗塞 左不全麻痺 Br.stage V

44歳 男性 右被殻出血 左片麻痺 Br.stage IV~V

- ・Br. Stage IV~Vでは  
ある程度自分の力で微妙なコントロールを意識して練習できるため  
「自分に合っていると思った」  
「苦手な動きを再認識できた(肩の水平外転の制動が苦手だと分かった)」  
などの感想

→ 製品化へ向けた取り組みを

表 1-12 ブルンストロームのステージ(Brunnstrom stage)の概念

|           |  |
|-----------|--|
| stage I   | 随意運動がみられない。筋は弛緩性である                                    |
| stage II  | 共同運動がわずかに出現した状態。痙縮が始まる                                 |
| stage III | 随意的な共同運動として関節の運動が可能。痙性は高度                              |
| stage IV  | 共同運動パターンが崩れ、分離運動が可能となる。痙縮は弱くなる                         |
| stage V   | 分離運動が上手になり、複雑な逆共同運動の組み合わせが可能となる                        |
| stage VI  | 分離運動が自由に、早く、協調性をもって行える状態。正常に近い運動が可能。痙縮は消失、またはほとんどみられない |

回復

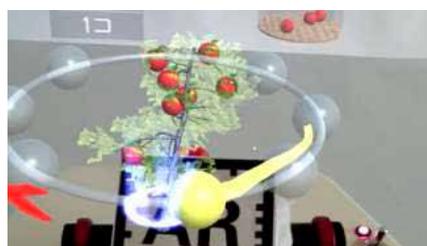
# VRとARの比較実験

ロボットリハビリテーション

## VR(VIVE Pro)



## AR(HoloLens2)



同様の訓練を実装、比較

25

# VRとARの比較実験

ロボットリハビリテーション

## VR(VIVE Pro)

モグラ叩き

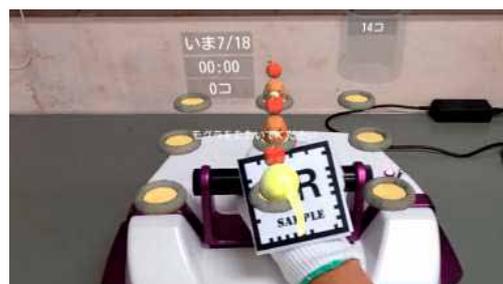


カード拾い



## AR(HoloLens2)

モグラ叩き



カード拾い



26

## 実験手順

対象：健常者14名(AR)  
14名(VR)

2択質問：酔いの発生率を検証

SSQ：実験前後、24時間後の比較によって、体調への影響を検証

SUS

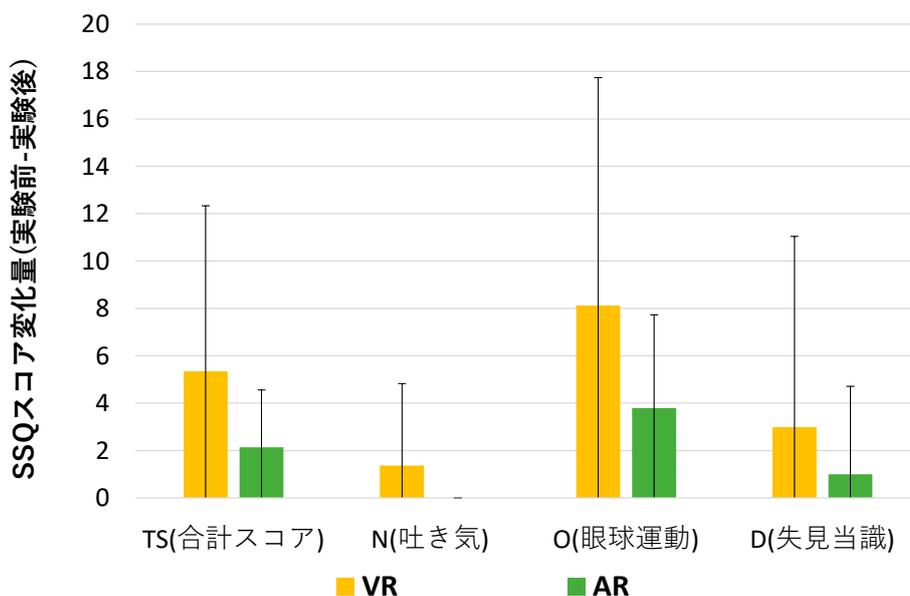
USEQ：実験後にアンケートを取得し、合計スコアを評価



27

## 結果：シミュレータ酔い

SSQスコアの変化量(実験前-実験後)



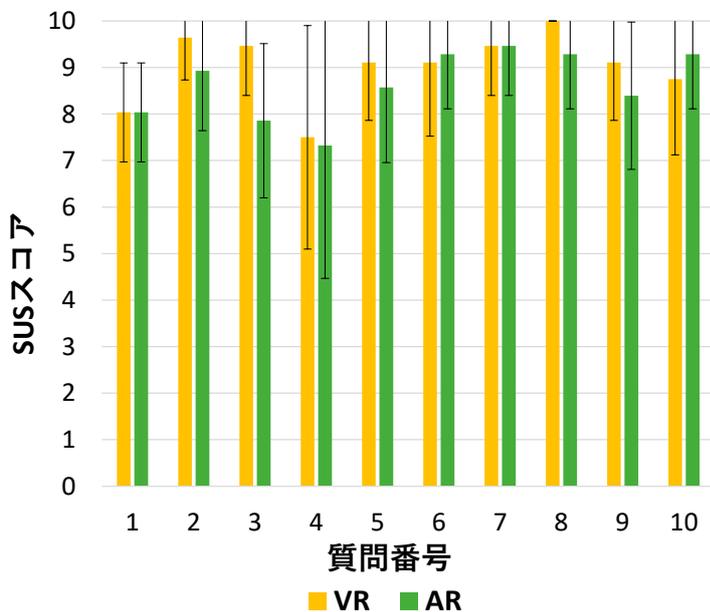
28

# VRとARの比較実験

ロボットリハビリテーション

## 結果：ユーザビリティ

SUSスコア **VR:90.2** **AR:86.4**



| SUS Score | Grade | Adjective Rating |
|-----------|-------|------------------|
| >80.3     | A     | Excellent        |
| 68-80.3   | B     | Good             |
| 68        | C     | Okay             |
| 51-68     | D     | Poor             |
| <51       | E     | Awful            |

- 1 しょっちゅう使いたくなるだろう
- 2 必要以上に複雑だ
- 3 使いやすい
- 4 使えるようになるためには専門家の助けがいる
- 5 いろんな機能がうまくまとまっている
- 6 ちぐはぐな点が多すぎる
- 7 たいいていの人ですぐ使えるようになる
- 8 とても扱いづらい
- 9 使いこなせる
- 10 使い始められるまでに学ぶことが多かった

29

## AI、XR、Robotics、IoT技術の医療への応用と産業化

### <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

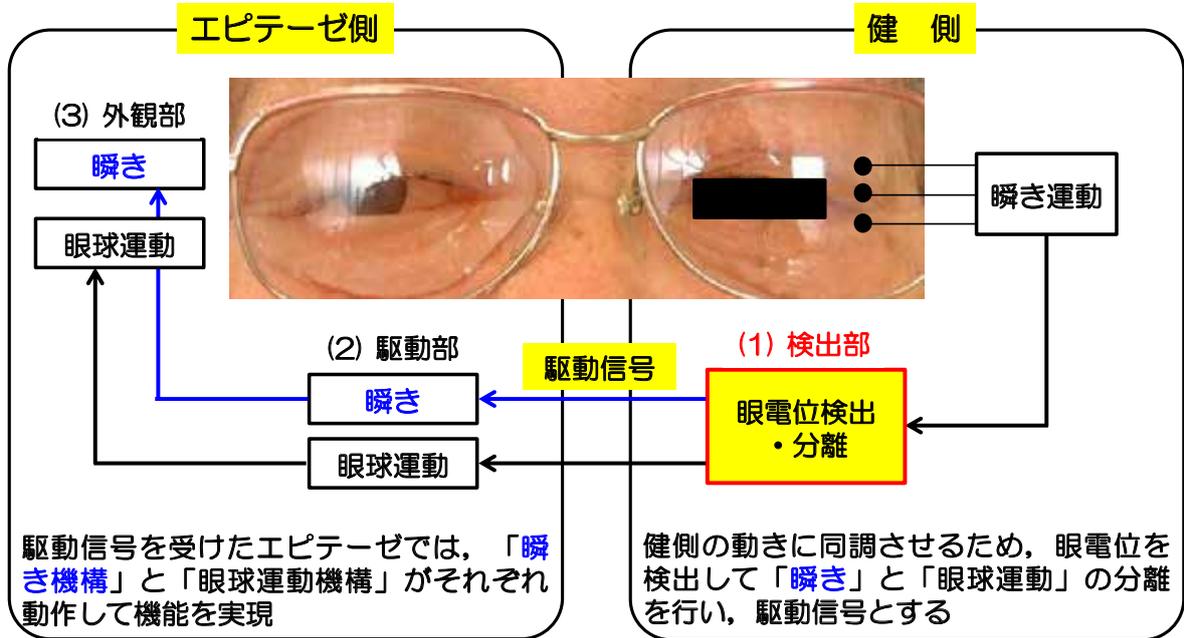


エピテーゼ装着前後

30

### <研究目的・システム構成>

人工の眼窩上皮テーゼに、健側と同調した“瞬き”と“眼球運動”を実現し、患者に豊かな表情を持たせ、社会復帰を後押しする。

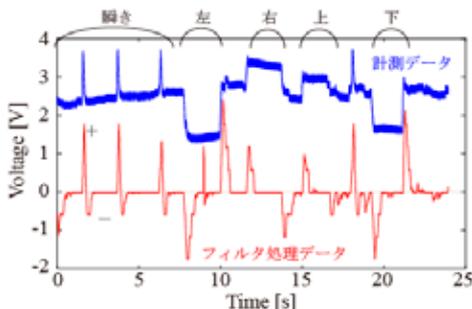
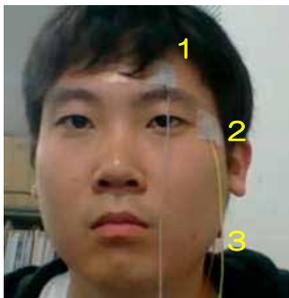


31

### <眼電位検出・分離>

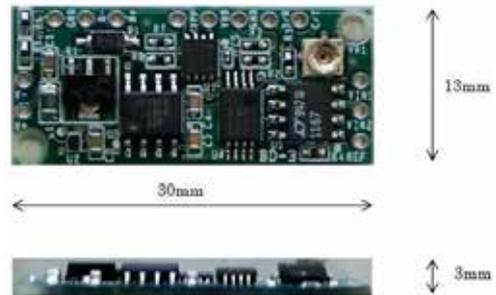
#### (1) 検出部

顔面に3つの電極を貼り付けて眼電位を計測し、フィルタ処理を行った結果、瞬き、眼球運動（上下左右の違い）を検出可能。



県内企業（アクトラス）と連携して、検出回路を開発

**ACTLAS**  
医療機器製造業登録



#### <競争的資金獲得>

2020年度AMED橋渡し研究戦略的推進プログラム  
異分野融合型研究開発推進支援事業

32

# 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



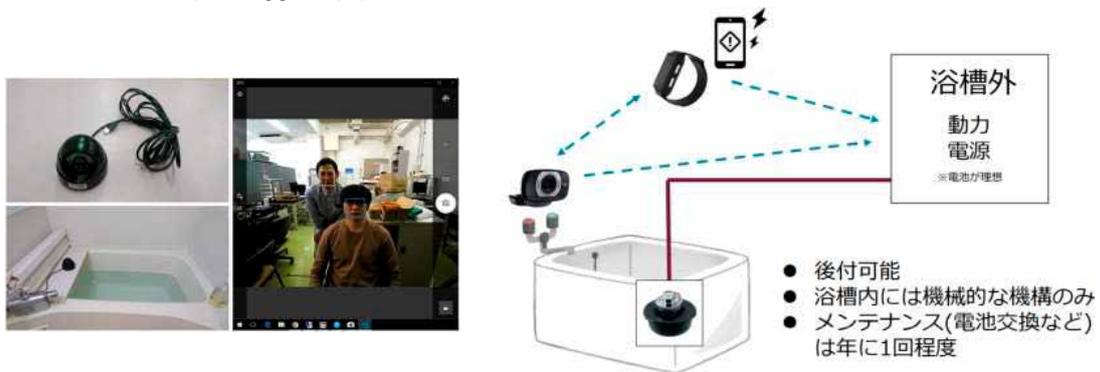
開発系

ウェアラブルデバイス

33

## 秋田版スマートホームと見守りシステム

### 入浴時の溺水防止システム



秋田未来(株)との共同開発



秋田医理工連携コンソーシアムへ引継ぎ

34

## 2020年度 機械工学コース 医用システム工学領域

### 創造工房実習 IoTの基礎を身に付けよう!

機械工学コース

**航空宇宙システム領域**

次世代移動体の効率化、軽量化などに関する教育研究

**医用システム工学領域**

超高齢社会を支えるヘルスケアと医療・介護機器などに関する教育研究

**環境適合システム領域**

再生可能エネルギーなどに関する教育研究

**医用システム工学領域**

超高齢社会を支えるヘルスケア・医療機器の開発に関する教育研究

|  |   |  |
|--|---|--|
|  <p>教授 長縄 明大</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 医療機器やアクチュエータの開発</li> <li>● 機械システムの制御法に関する研究</li> </ul>  |  <p>教授 巖見 武裕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 障害者の運動機能を再建するための研究とそのロボット工学への応用</li> </ul> |  <p>准教授 山本 良之</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 機能性磁気ナノ材料のダイナミクスと医療応用の研究</li> </ul>    |
|  <p>准教授 高橋 護</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 熱伝導によるダイヤモンド皮膜の合成</li> <li>● 歯科用回転切削工具の性能評価</li> </ul> |  <p>准教授 佐々木 芳宏</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 油圧・空圧の長所を生かした流体制御技術の開発</li> </ul>       |  <p>講師 関 健史</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 光と機械を融合させた医療・産業用デバイスに関する研究開発</li> </ul> |

35

## 2020年度 機械工学コース 医用システム工学領域

### 創造工房実習 IoTの基礎を身に付けよう!



- レベル1 (必須)  
人や物の動きをセンサで検出し、その状況を知らせることができる。
- レベル2 (アドバンスト)  
センサで検出した情報を、無線でパソコンなどへ伝送することができる。
- レベル3 (エキスパート)  
機械学習を活用して、伝送された情報の精度を向上させることができる。

## 2020年度 機械工学コース 医用システム工学領域

### 創造工房実習 IoTの基礎を身に付けよう！



1. 8×8温度データの中の最大値を一定回数集める
2. 集めた最大値の平均を体温として出力
3. 体温が一定範囲外であるとき、LINEに通知

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| 37.25 | 2021-01-22 11:42:38.514770 |
| 34.33 | 2021-01-22 11:42:44.248614 |
| 27.58 | 2021-01-22 11:42:50.047821 |

3回分の平均温度と、測定日時が記録されている

[raspi] 危険体温 11:42

3回目は33℃以下なので、LINEに通知が送られている

37

## 2020年度 機械工学コース 医用システム工学領域

### 創造工房実習 IoTの基礎を身に付けよう！

実用化を目指して  
開発を継続

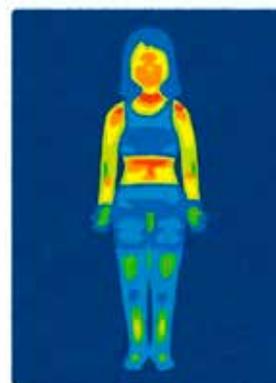


#### □動作や姿勢の検出

- 寝返り回数
- 転倒、トイレへの移動
- 不穏、せん妄、危険行動

#### □健康関連情報の集積

- 体表温 ≠ 体温
- 末梢冷感
- 睡眠の質との関連
- 呼吸状態の検出
- 熱中症

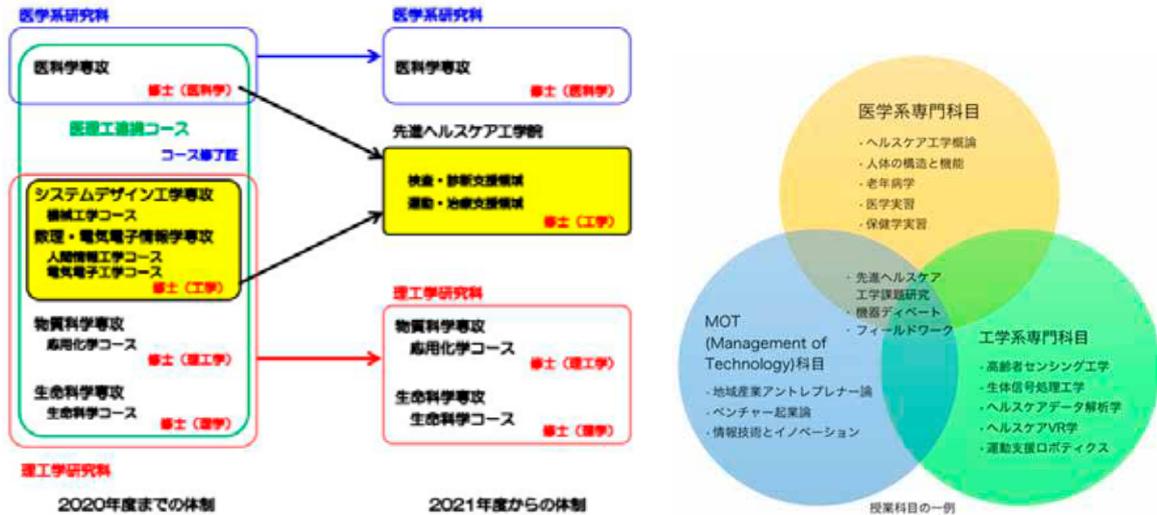


トイレや居室などへの応用が期待

秋田医理工連携コンソーシアムより寄付金 30万円

38

# 大学院医理工連携コース ⇒ 先進ヘルスケア工学院へ



# 大学院医理工連携コース ⇒ 先進ヘルスケア工学院へ

## 検査・診断支援領域 (工学系)

| 専門分野 | 教員名       | 教育・研究分野   |
|------|-----------|---|
| 情報   | 教授 水戸部一孝  | xR環境下での行動に基づく検査・診断支援技術と電磁気学を応用した検査・治療技術の教育・研究   |
| 情報   | 教授 景山 陽一  | 各種センシング・画像処理・機械学習を用いた検査・診断支援と心情・体調変化推定に関する教育・研究 |
| 電気電子 | 准教授 田中 元志 | 人の活動に伴う音や脳波などの生体信号計測・処理とその検査・診断への応用に関する教育・研究    |
| 情報   | 准教授 藤原 克哉 | 巧緻動作計測による軽度認知症の検査と外科手術訓練用VRシミュレータに関する教育・研究      |
| 情報   | 講師 中島佐和子  | 音声合成を用いた高齢者・視覚障害者のための映像鑑賞支援技術に関する教育・研究          |

## 運動・治療支援領域 (工学系)

| 専門分野 | 教員名        | 教育・研究分野                                      |
|------|------------|--|
| 機械   | 教授 長嶋 明大   | メカトロニクス技術を用いた低拘束なヘルスケア機器・高機能な治療支援機器に関する教育・研究 |
| 機械   | 教授 藤見 武裕   | ロボットやFESを利用した運動機能のリハビリテーション・システムとモデル解析の教育・研究 |
| 機械   | 准教授 佐々木 芳宏 | 流体アクチュエータを中心とした機能デバイスの開発とパワーアシストに関する教育・研究    |
| 機械   | 准教授 山本 良之  | 磁性流体の交流磁場下でのダイナミクスとそれを応用した低侵襲治療技術の教育・研究      |
| 機械   | 准教授 高橋 謙   | 生体材料表面の耐摩耗性・破壊強度、生体適合性向上のための表面改質に関する教育・研究    |
| 機械   | 講師 関 健史    | 光温熱治療におけるレーザー照射部のAI温度推定とその出力制御に関する教育・研究      |

## (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   | 備 考 |
|---|--------|---|-----|
| 1 | 6月26日  | 第45回光学シンポジウム<br>『有機単結晶を用いたテラヘルツ帯偏光子』(丹野、倉林、ほか)  |     |
| 2 | 10月15日 | Cooperative phenomena in framework materials: Faraday Discussion<br>『Terahertz vibration of ZIF-8 and its response upon gas adsorption』(丹野) |     |
| 3 | 10月22日 | 第10回CSJ化学フェスタ2020<br>『アルカンの形状とサイズを選択的に認識できるチアカリックスアレーン有機結晶』(山田、丹野、ほか)   |     |
| 4 | 11月17日 | 産学連携学会第18回大会<br>『新型分光装置の開発・製品化から応用開拓まで(事例紹介)』(丹野、ほか)  |     |

### ◇論文発表

|   | 日 付   | タ イ ト ル   | 備 考 |
|---|-------|---|-----|
| 1 | 6月12日 | Alkane Shape- and Size-Recognized Selective Vapor Sorption in "Channel-Like" Crystals Based on Thiacalixarene Assemblies<br>Chemistry - A European Journal, 26号, pp.8393-8399, 2020年 (山田、丹野、ほか) |     |

### ◇実施事業

|   | 日 付    | タ イ ト ル                        | 備 考 |
|---|--------|--------------------------------|-----|
| 1 | 11月29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                                      | プロジェクト課題番号 |
|------|---------------------|----------|--|------------|
| 1    | 柴山 敦                | 国際資源学研究科 | 難処理鉱石およびリサイクル原料の高度資源処理・リサイクル技術の開発                | ①          |
|      | 川村 茂                | 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機械的強度向上に関する研究           | ②          |
|      | 加賀谷 史               | 理工学研究科   |  |            |
| 3    | 寺境 光俊               | 理工学研究科   | 芳香族第一級ジアミン化合物を用いた白金の高選択的回収                       | ①          |
|      | 松本 和也               | 理工学研究科   |  |            |
| 4    | 長谷川 崇               | 理工学研究科   | FeCo基金属薄膜への格子歪みの導入による超高性能磁石材料の開発                 | ②          |
| 5    | 福本 倫久               | 理工学研究科   | 溶融塩を用いた電析と溶解による多孔質Ni-Co合金およびNi-Fe合金の創製           | ②          |
| 6    | 齋藤 嘉一               | 理工学研究科   | 希土類含有マグネシウム合金の組織・構造制御とSuzuki効果の微視的検証             | ②          |
| 7    | 齋藤 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   | 酸化チタンとハイドロキシアパタイトの複合化による新規機能性材料の創製               | ②          |
|      | 加藤 純雄               | 理工学研究科   |  |            |
|      | 小笠原正剛               | 理工学研究科   |  |            |
|      | 齋藤 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   | 菅原 勝康               | 理工学研究科   | 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                     | ②          |
|      | 大川 浩一               | 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   | 後藤 猛                | 理工学研究科   | 分子インプリント法によるキラル認識能を有するペプチド-シリカ担体の創製              | ②          |
|      | 横田 早希               | 理工学研究科   |  |            |
|      | モルウ G.F.<br>スティーブンス | 地方創生センター |  |            |
| 14   | 尾高 雅文               | 理工学研究科   | 外来フラビン誘導体の導入によるカプセル状タンパク質エンカプセルの機能化              | ②          |
|      | 松村 洋寿               | 理工学研究科   |  |            |
| 15   | 高橋 弘樹               | 理工学研究科   | CeO <sub>2</sub> 添加Pt電極によるCO <sub>2</sub> 電解還元   | ②          |
| 16   | カビール<br>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   | 高崎 康志               | 国際資源学研究科 | 金属素材製造プロセスを利用した廃棄物中有価金属の回収に関する研究開発               | ①          |
|      | 別所 昌彦               | 国際資源学研究科 |  |            |
| 18   | 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          |
| 19   | 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          |
| 20   | 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・<br>ヤンダスレン  | 地方創生センター |  |            |
| 21   | 荒戸 裕之               | 国際資源学研究科 | 秋田堆積盆地に分布する中期中新統シェール貯留層の成立機構と性状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<br>ティツィ      | 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自動車・航空機産業研究開発事業  
 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 |
|-----------------|------------------------|-------|---|------------|
| ネイ ウィン<br>トン    | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦  | 金鉱石の選鉱プロセス開発                              | ①          |
| 佐藤玲生南           | 国際資源学研究科<br>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<br>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<br>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       |            |
| 原野日向花           | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦  | 選鉱技術を用いた低品位鉄鉱石の処理プロセス開発                   |            |
| 原田 礼知           | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦  | アトマイズ銅粉の浸出条件の最適化                          |            |
| 嘉数 真道           | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦  | 高シリカ含有亜鉛精鉱からのシリカ除去                        |            |
| ラボーネ<br>ゴディリルウェ | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 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       |            |
| アムケレ ソキベ        | 国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦  | 金鉱石の選鉱プロセス開発                              |            |
| 関 勇希            | 理工学研究科<br>物質科学専攻       | 長谷川 崇 | FeCo基合金薄膜へのTa,Mn添加による格子歪の導入と規則化           | ②          |
| 白井 千尋           | 理工学研究科<br>物質科学専攻       | 長谷川 崇 | FeCo基合金薄膜へのN添加による格子歪の導入と規則化               | ②          |
| 浦方 政典           | 理工学研究科<br>物質科学専攻       | 齋藤 嘉一 | 希土類含有マグネシウム合金の組織・構造制御とSuzuki効果の微視的検証      | ②          |
| 菊池 修平           | 理工学研究科<br>物質科学専攻       | 齋藤 嘉一 |   |            |
| 今 裕史            | 理工学研究科<br>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 | ②          |
| 田中 花道           | 理工学研究科<br>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<br>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 |            |
| 大坂 飛翔           | 理工学研究科<br>数理・電気電子情報学専攻 | 齊藤 準  | 交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の高周波・磁区観察法の開発          |            |
| 上村 拓            | 理工学研究科<br>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                |            |
| 和田 真羽           | 理工学研究科<br>数理・電気電子情報学専攻 | 齊藤 準  | 探針伝達関数に基づく信号変換による3次元磁場計測法の開発              |            |

| 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 |
|-------|--------------------|------------|--|------------|
| 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  | ②          |
| 小林 拓海 | 理工学研究科物質科学専攻       | 吉村 哲       | BiFeO <sub>3</sub> 系強磁性・強誘電薄膜の(111)高配向化に向けた種々の格子定数を有する下地層の作製 |            |
| 細谷 亮太 | 理工学研究科物質科学専攻       | 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な磁気・電気力顕微鏡探針の作製                    |            |
| 武田航太郎 | 理工学研究科物質科学専攻       | 吉村 哲       | 反応性パルスDCスパッタリング成膜におけるBiFeO <sub>3</sub> 系強磁性・強誘電薄膜の高品位作製の指針  |            |
| 竹原 直輝 | 理工学研究科生命科学専攻       | 尾高 雅文      | 外来フラビン誘導体の導入によるカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化                         | ②          |
| 中島 可能 | 理工学研究科物質科学専攻       | 福本 倫久      | 溶融塩を用いた電析と溶解による多孔質Ni-Co合金およびNi-Fe合金の創製                       | ②          |
| 小倉 一步 | 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 | 活性汚泥よりタンパク質を抽出に関する研究   | 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自動車・航空機産業研究開発事業  
 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     | 新規ハイパーポリマーの合成と応用  | ②          |
| Morlu G. F. Stevens   | 分子インプリント法による高い分子認識機能を有するペプチド-シリカ担体の創製   | 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<br>・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<br>・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ー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          |
| Paritosh Dubey        | ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用   | ②          |

プロジェクト課題等 ①資源開発・環境リサイクル研究開発に関する研究  
 ②新素材・機能性材料開発に関する研究  
 ③自動車・航空機産業研究開発に関する研究  
 ④新エネルギー開発に関する研究  
 ⑤医理工連携産業に関する研究

## 6. 地方創生センター研究員の研究成果および活動実績

### (1) 研究成果集（専任教員及び研究員）

1. 有機単結晶を用いたテラヘルツ帯偏光子  
丹野 剛紀（地方創生センター） ..... 86
2. 難処理鉱石およびリサイクル原料の高度資源処理・リサイクル技術の開発  
柴山 敦・芳賀 一寿・川村 茂（大学院国際資源学研究科）  
山田 学（大学院理工学研究科） ..... 92
3. 天然ゼオライト堆積・固定化膜の耐剥離性向上  
林 滋生・加賀谷 史（大学院理工学研究科） ..... 95
4. 芳香族第一級ジアミン化合物を用いた白金の高選択的回収  
寺境 光俊・松本 和也（大学院理工学研究科） ..... 97
5. ハイパーブランチポリフェニレンの合成とリチウムイオン電池用電極材料への応用  
Laurel Simon L obo（地方創生センター） ..... 100
6. FeCo基合金への格子歪の導入による超高性能磁石材料の開発  
長谷川 崇（大学院理工学研究科） ..... 103
7. 熔融塩を用いた電析と溶解による多孔質Ni-Co合金およびNi-Fe合金の創製  
福本 倫久（大学院理工学研究科） ..... 107
8. 希土類含有マグネシウム合金の組織・構造制御とSuzuki効果の微視的検証  
齋藤 嘉一（大学院理工学研究科） ..... 112
9. ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用  
齊藤 準（大学院理工学研究科） ..... 114
10. 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） ..... 120
11. TiO<sub>2</sub>とハイドロキシアパタイトの複合化による新規光触媒材料の創製  
進藤 隆世志・加藤 純雄・小笠原 正剛  
齊藤 寛治（大学院理工学研究科） ..... 126
12. 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） ..... 129
13. 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  
菅原 勝康・大川 浩一（大学院理工学研究科）  
北村 優弥（地方創生センター） ..... 134
14. 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  
北村 優弥（地方創生センター） ..... 138

|  |   |
|--|---|
| <b>15. 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</b>  |   |
|  | 藤原 憲秀 (大学院理工学研究科) ..... 144                                       |
| <b>16. 外来フラビン誘導体の導入によるカプセル状タンパク質エンカプセリンの機能化</b>  |   |
|  | 尾高 雅文・松村 洋寿 (大学院理工学研究科) ..... 146                                 |
| <b>17. CeO<sub>2</sub>添加Pt電極によるCO<sub>2</sub>電解還元</b>  |   |
|  | 高橋 弘樹 (大学院理工学研究科) ..... 151                                       |
| <b>18. 活性汚泥の資源化及び電力化に関する研究</b>   |   |
|  | カビール ムハムドゥル (大学院理工学研究科) ..... 155                                 |
| <b>19. 酸性鉱山廃水中溶存金属の多段中和処理による資源化ならびに金属電解採取の省電力化に関する研究</b>   |   |
|  | 高崎 康志・別所 昌彦 (大学院国際資源学研究科) ..... 161                               |
| <b>20. ベトナム北部Na Bop鉱床の閃亜鉛鉱中のインジウム</b>  |   |
|  | 石山 大三 (大学院国際資源学研究科) ..... 167                                     |
| <b>21. 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) ..... 171  |
| <b>22. Proposal of early diagnosis system of excavator motor using machine learning</b>  |   |
|  | 川村 洋平 (大学院国際資源学研究科)<br>Dorjsuren Yandagsuren (地方創生センター) ..... 174 |
| <b>23. Assessment of the hydrocarbon potential and sedimentary environment of the Onnagawa shale in Akita Prefecture, based on sedimentological and geochemical analyses</b> |   |
|  | 荒戸 裕之・千代延 俊 (大学院国際資源学研究科)<br>Martizzi Paolo (地方創生センター) ..... 180  |

## 有機単結晶を用いたテラヘルツ帯偏光子

丹野 剛 紀

(地方創生センター地域産業研究部門)

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

概要：テラヘルツ帯用偏光子の材料として有機結晶の偏光特性を評価した。強い異方性が期待される結晶構造と、偏光子として望ましい晶癖を有する有機化合物を結晶構造データベースで探索し、ヒットした4-ニトロ安息香酸メチルとピリミジン-4-カルボン酸の特性評価を行った。偏光分光分析では両化合物の単結晶が強い異方性を示し、量子化学計算の結果からは主な基本振動モードが結晶内でほぼ平行であることが明らかになった。

キーワード：テラヘルツ分光，有機結晶，偏光素子

### 独自性・実用性：

テラヘルツ帯用の偏光子としては以前よりワイヤーグリッドやマイラーが用いられてきた。また近年はカーボンナノワイヤーを用いた偏光素子などが報告されている。しかしいずれも低い機械的強度や複雑な製造工程、高い価格などそれぞれに課題がある。本報告で示す偏光子は、安価な原試薬をありふれた溶媒から析出して得られる平板な有機単結晶を用いるものであり、上記の諸課題を一気に解消する可能性を有している。

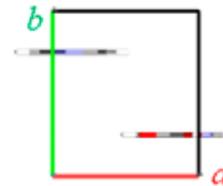
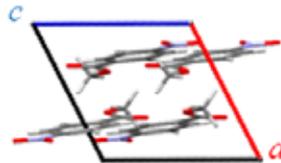
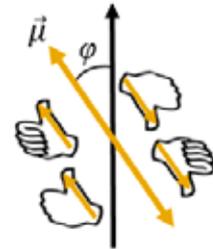
## 結晶系の検討

対称性の高い有機分子の結晶は、テラヘルツ帯振動に強い異方性を呈することが期待される

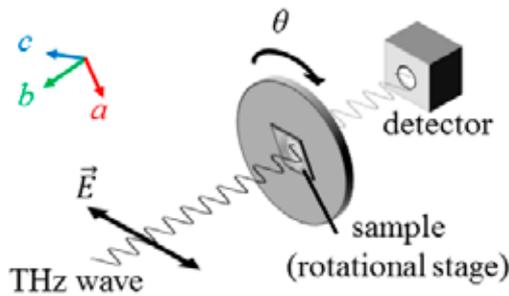
$P2_1/c$ は **$b$ 軸**から見ると、同一モードの分子内振動がすべて平行  
 → 強い偏光特性を得るために適している

- ✓ CCDC結晶構造データベースで
  - { 分子量が小さい(振動する箇所を減らし、吸収異方性をより大きくするため)
  - { 対称性の高い構造 ( $P2_1/c$ ,  $P2_1/m$ )
  - { 偏光特性を呈する面が広いプレート状単結晶が得られるに該当する有機分子を検索

{ 4-ニトロ安息香酸メチル ( $C_8H_7NO_4$ ),  $P2_1/c$   
 { ピリミジン-4-カルボン酸 ( $C_5H_4N_2O_2$ ),  $P2_1/m$

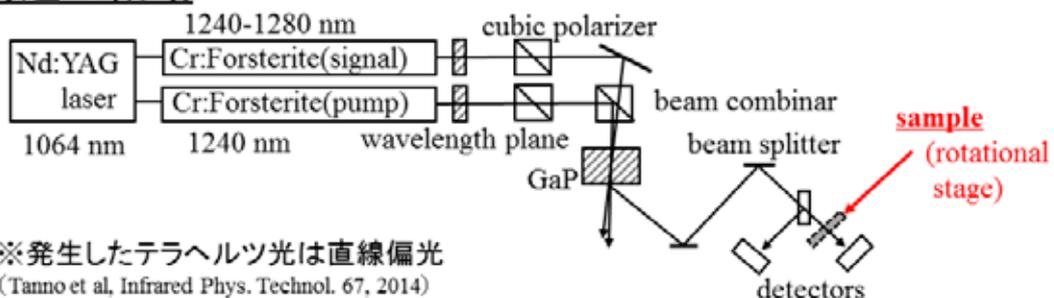


## テラヘルツ分光装置



| 測定の条件  |           |
|--------|-----------|
| 帯域     | 0.7~6 THz |
| 周波数分解能 | 30 GHz    |
| 積算回数   | 32        |

### 構造の概略



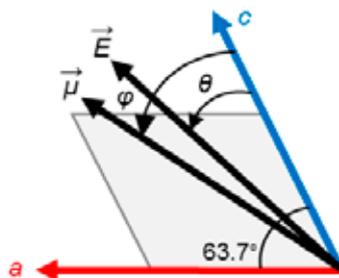
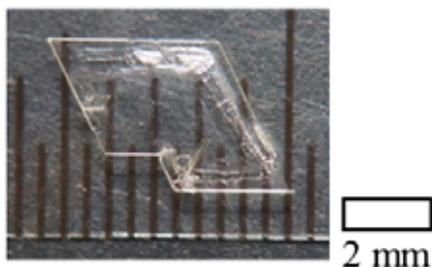
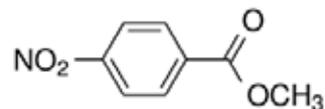
※発生したテラヘルツ光は直線偏光  
 (Tanno et al, Infrared Phys. Technol. 67, 2014)

TSS- I (テラヘルツ研究所, 秋田)

## 実験 (4-ニトロ安息香酸メチル)

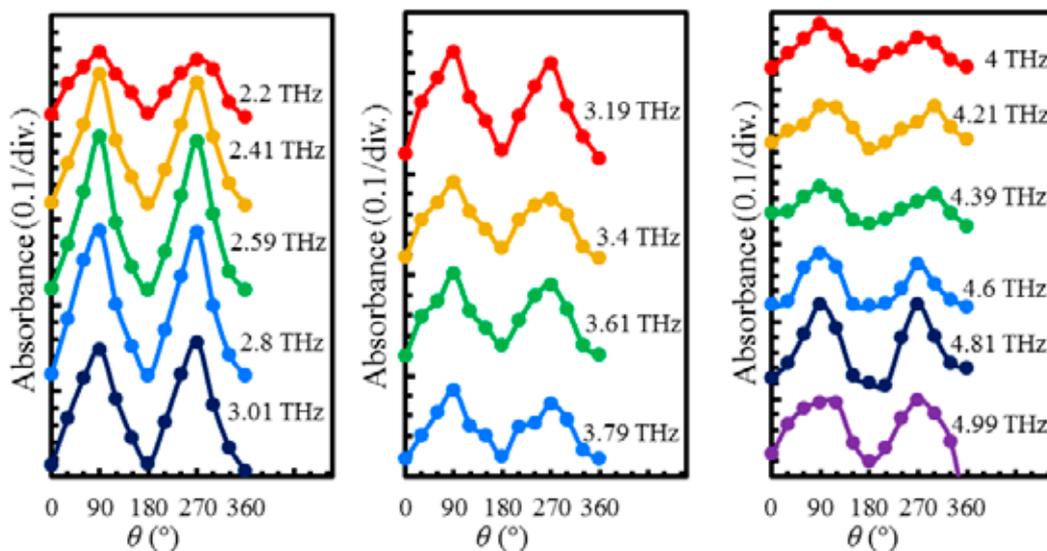
### ○ 試料の調製

- ✓ 4-ニトロ安息香酸メチル(TCI, 純度:98%)を  
67 vol%のメタノール水溶液に溶かし, 常温で蒸発  
→  $b$ 面の発達した単結晶
- ✓ 単結晶を回転ステージに取り付け偏光特性を測定



### ○ 量子化学計算プログラムCRYSTAL17による振動計算

## スペクトルの異方性 (4-ニトロ安息香酸メチル)



- ✓ 30°間隔で計測
- ✓ 約10~80%の範囲で透過率が変化(2.2~3.8 THz)
- ✓ 約20~80%の範囲で透過率が変化(4~4.99 THz)

**吸光度**  
 極小:  $\theta \cong 0^\circ, 180^\circ$   
 (電界 //  $c$ 軸)  
 極大:  $\theta \cong 90^\circ, 270^\circ$   
 (電界  $\perp$   $c$ 軸)

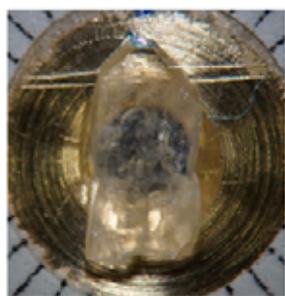
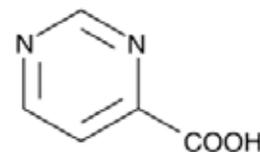
## 実験 (ピリミジン-4-カルボン酸)

### ○ 試料の調製

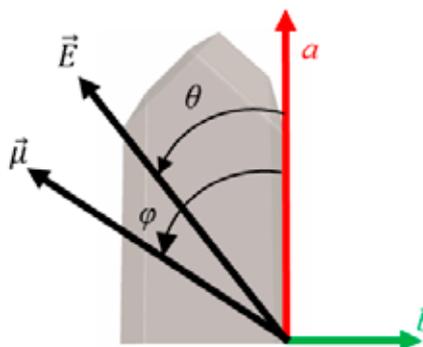
- ✓ ピリミジン-4-カルボン酸(TCI, 純度: 98%)を  
67 vol%のエタノール水溶液に溶かし, 常温で蒸発

→ c面の発達した単結晶

- ✓ 単結晶を回転ステージに取り付け偏光特性を測定

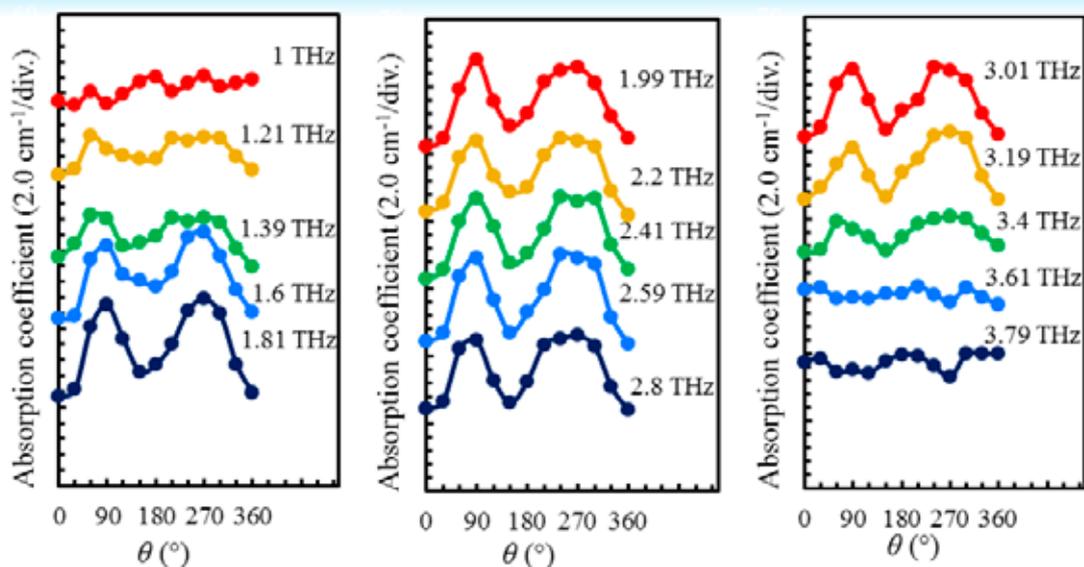


2 mm



### ○ 量子化学計算プログラムCRYSTAL17による振動計算

## スペクトルの異方性 (ピリミジン-4-カルボン酸)



- ✓ 30°間隔で計測
- ✓ 約5~40%の範囲で透過率が変化 (1.5~3.0 THz)

### 吸光係数

極小:  $\theta \cong 0^\circ, 180^\circ$   
(電界 // a軸)

極大:  $\theta \cong 90^\circ, 270^\circ$   
(電界  $\perp$  a軸)

## 量子化学計算の結果 (4-ニトロ安息香酸メチル)

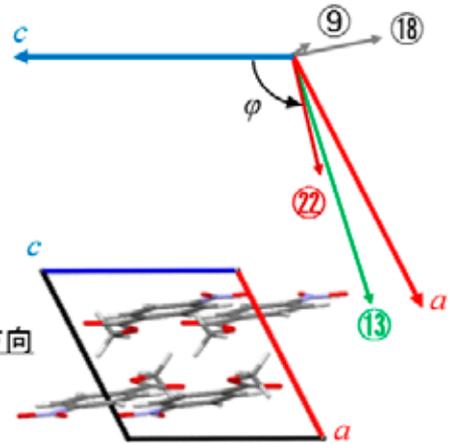
- ✓ ①②③は並進振動
- ✓ ④⑦⑭⑳㉑の振動方向は**b**軸とほぼ平行  
→ 吸収ピークが現れない
- ✓ ⑨⑬⑱㉒の振動モードは**a**成分, **c**成分をもつ  
→ 吸収ピークが現れる
- ✓ 測定範囲内で特段に赤外強度の大きい⑬および㉒の振動モードは、面外振動  
→ **c**軸から約100°を向いた振動

| Mode # | Frequency (THz) | IR intensity |
|--------|-----------------|--------------|
| ④      | 1.19            | 0.43         |
| ⑦      | 1.77            | 0.94         |
| ⑨      | 2.11            | 0.63         |
| ⑬      | 2.58            | 9.93         |
| ⑭      | 2.73            | 1.75         |
| ⑱      | 3.48            | 3.48         |
| ㉑      | 3.87            | 1.53         |
| ㉒      | 4.11            | 4.66         |

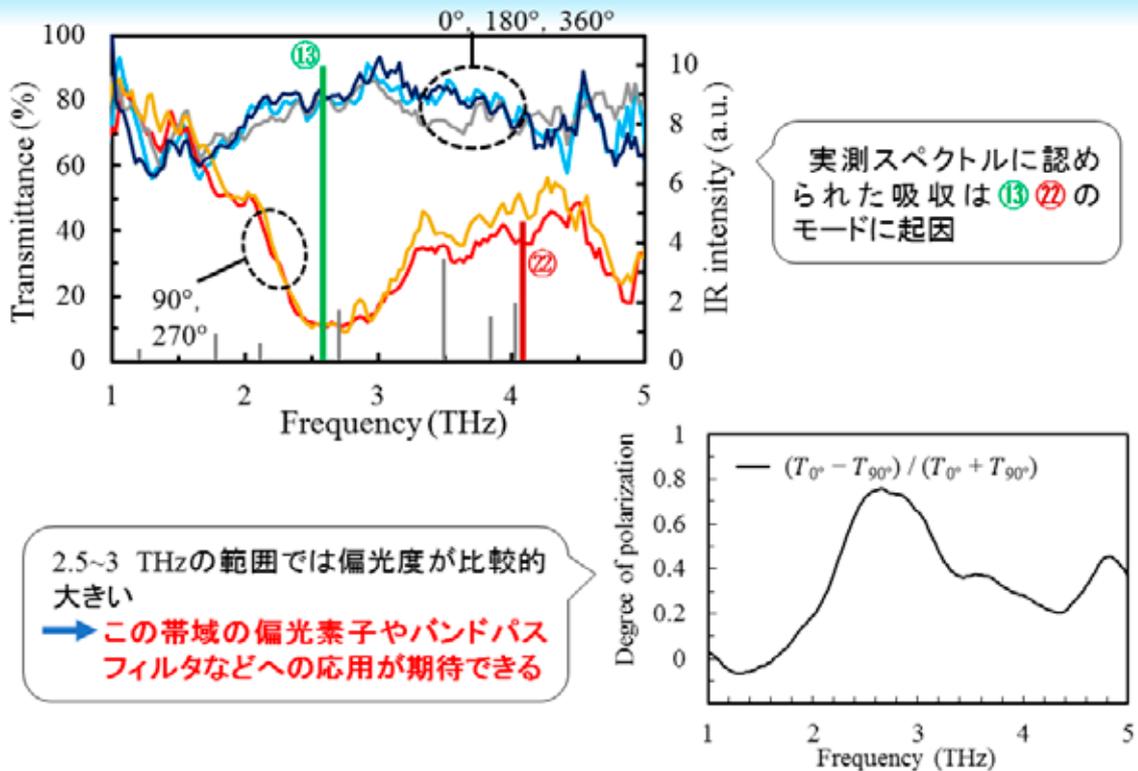
※⑤⑥⑧⑩⑪⑫⑮⑯⑲  
は赤外不活性のため非掲載

各モードの振動方向

- ⑨  $\varphi = 197^\circ$
- ⑬  $\varphi = 106^\circ$
- ⑱  $\varphi = 189^\circ$
- ㉒  $\varphi = 101^\circ$



## 計算結果との比較 (4-ニトロ安息香酸メチル)



## 量子化学計算の結果 (ピリミジン-4-カルボン酸)

- ✓ ①②③は並進振動方向  
→ 吸収ピークが現れない
- ✓ ⑦⑨の振動モードはa成分, b成分をもつ  
→ 吸収ピークが現れる
- ✓ 測定範囲内で大きな赤外強度をもつ⑦および⑨の振動モードは、面外振動  
→ **b軸に平行**

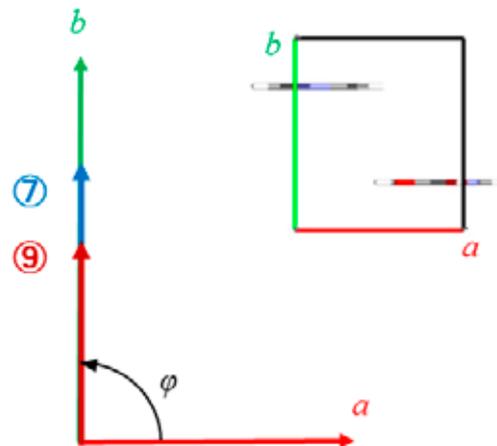
| Mode # | Frequency (THz) | IR intensity |
|--------|-----------------|--------------|
| ①      | 0.00            | 0.00         |
| ②      | 0.00            | 0.00         |
| ③      | 0.00            | 0.00         |
| ⑦      | 2.95            | 13.10        |
| ⑨      | 4.84            | 9.45         |

※④⑤⑥⑧は赤外不活性のため非掲載

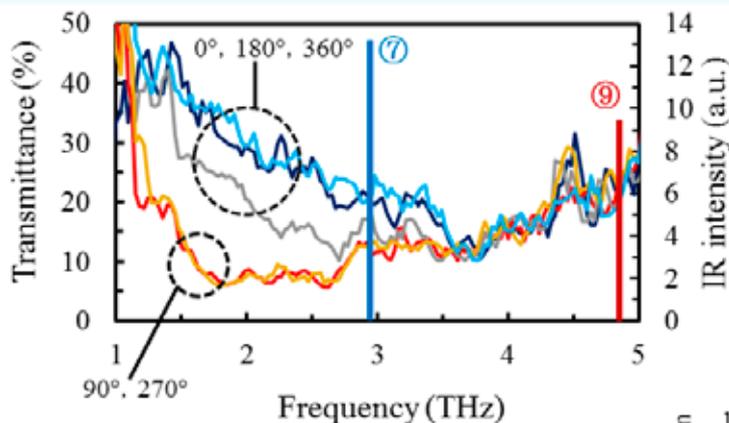
各モードの振動方向

⑦  $\varphi = 90^\circ$

⑨  $\varphi = 90^\circ$

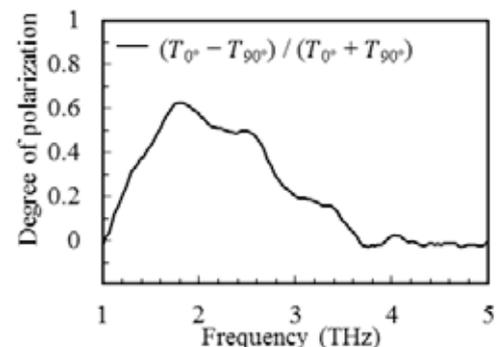


## 計算結果との比較 (ピリミジン-4-カルボン酸)



実測スペクトルに認められた吸収は⑦⑨のモードに起因

1.5~2.5 THzでは偏光度が比較的大きいが、透過率が最大でも5~40%程度の変化  
→ 実用上は、晶析条件を調整し、結晶の厚みを制御することで偏光素子に使用できる



## 難処理鉱石およびリサイクル原料の 高度資源処理・リサイクル技術の開発

国際資源学研究科 柴山 敦, 芳賀 一寿  
川村 茂  
理工学研究科 山田 学

e-mail: sibayama@gipc.akita-u.ac.jp

概要：有用金属を含む鉱石や廃棄物（リサイクル原料）の中には、金属品位の低下や不純物の増加、組成の複雑化等の問題により、資源化できないものがある。本研究グループは、これらの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：

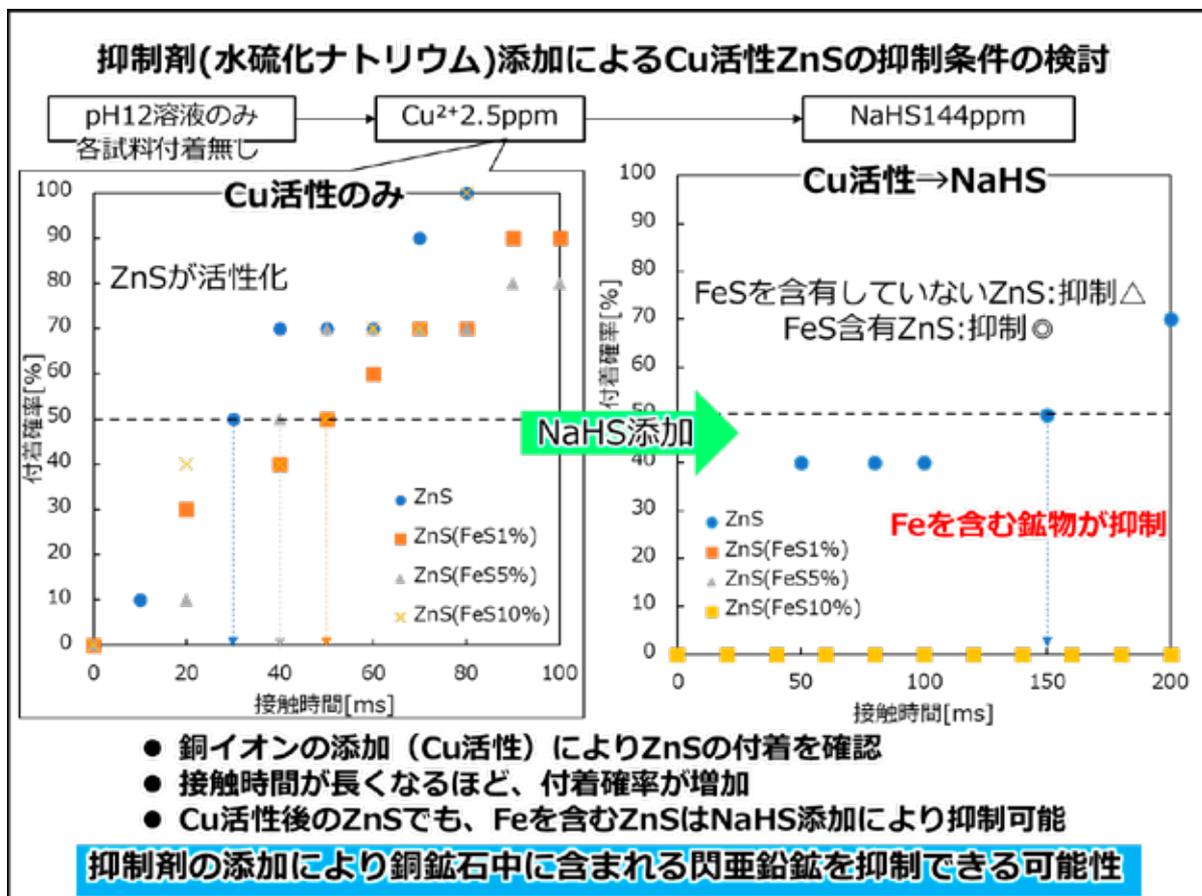
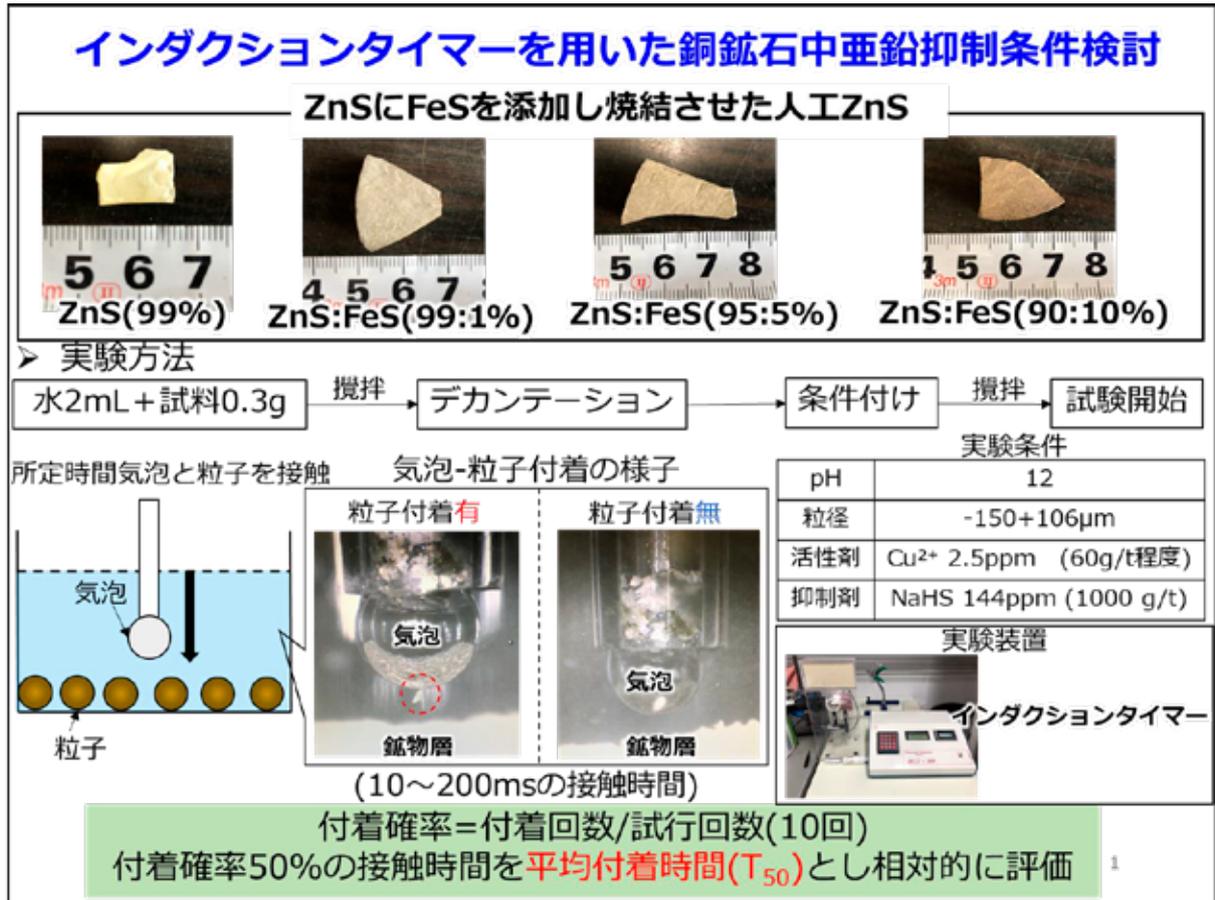
銅鉱石中に含まれる不純物（ヒ素や亜鉛など）の分離技術に関する研究では、主に浮選を中心とした不純物の除去を試み、薬剤の添加量や pH などの溶液条件を調整することで、不純物を選択的に分離できることを明らかにした。また、銅鉱石中に亜鉛を含む鉱石に対する亜鉛の抑制条件の検討においては、インダクションタイマーを用いた鉱物-気泡間の付着性を確認することで、浮選における分離性の評価の可能性を見出した。

廃電子基板の高効率リサイクルに関する研究では、過熱蒸気処理による臭素の除去ならびに基板からの部品剥離性の評価を行った。過熱蒸気による熱処理を施した後、トロンメルスクリーンを用いて選別することで、基板上に設置されている部品の 70%以上を剥離回収できることを確認した。その他、パラジウムの新規抽出剤の開発に関する研究では、貴金属回収率・回収速度向上のため、貴金属に対する高選択性と迅速な抽出速度を兼ね備えた新規抽出剤の開発を試みることで、高いパラジウム回収率を有する抽出剤を創成できた。

本年度実施した主な研究テーマは、以下の3点である。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) 過熱蒸気を用いた廃電子基板リサイクルに関する研究
- (3) 貴金属を対象とした新規抽出剤の合成および機能性評価

(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) 過熱蒸気を用いた廃電子基板リサイクルに関する研究

## 過熱蒸気処理による廃電子基板からの脱臭素と部品剥離

### 過熱蒸気発生装置および処理システム

蒸気が発生する装置と処理炉の設置状況。

基板を炭化し、脆化させることが可能

### 実装基板の熱分解試験

| 温度    | 時間    | 残渣重量比 [%] | 臭素濃度 [ppm] |
|-------|-------|-----------|------------|
| 300°C | 熱分解無し | 100       | 6.46       |
|       |       | 3.00      | 3.00       |
|       | 15分   | 90.5      | 29.3       |
|       |       | 24.4      | 1.75       |
|       | 30分   | 90.8      | 29.7       |
|       |       | 23.0      | 1.86       |
| 400°C | 熱分解無し | 100       | 6.46       |
|       |       | 3.00      | 3.00       |
|       | 15分   | 90.5      | 29.3       |
|       |       | 24.4      | 1.75       |
|       | 30分   | 90.8      | 29.7       |
|       |       | 23.0      | 1.86       |
| 500°C | 熱分解無し | 100       | 6.46       |
|       |       | 3.00      | 3.00       |
|       | 15分   | 90.5      | 29.3       |
|       |       | 24.4      | 1.75       |
|       | 30分   | 90.8      | 29.7       |
|       |       | 23.0      | 1.86       |

- 300°C**
  - 一定の脱臭素効果が得られるが、1%には達しない。
  - ※加熱により実装樹脂が溶解し、樹脂表面を覆っている状況。
  - 30分加熱すると、残渣中のBr濃度が1.98%まで減少
  - ※部品の剥離は困難
- 400°C**
  - 400°C、15分での熱分解処理により一定の臭素除去効果を確認(残渣中Br濃位 1.47%)
  - ※部品の剥離は難しい(300°Cよりは剥離しやすい)
- 500°C**
  - 500°C以上で熱分解すると目標Br濃位(1%以下)を達成(残渣中Br濃位 0.85%)
  - ※部品の剥離は容易(半分解可能)

### トロンメルによる分離剥離試験

| 温度    | 時間  | 部品剥離率 [%] |
|-------|-----|-----------|
| 300°C | 15分 | 8         |
| 300°C | 30分 | 28        |
| 400°C | 15分 | 62        |
| 400°C | 30分 | 64        |
| 500°C | 15分 | 74        |
| 500°C | 30分 | 71        |

部品剥離率(%) = (試験後の部品の重さ(個)) / (試験前の部品重(個)) × 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。
- 熱分解時間の長さによる部品剥離率への影響は小さかった。
- 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出来た。

**基板からの脱臭素および部品剥離が可能**

(3) 貴金属を対象とした新規抽出剤の合成および機能性評価

## 貴金属を対象とした新規抽出剤の合成および機能性評価

### Pd(II)との親和性を有する新規抽出剤

**o-E**

**m-E**

**p-E**

メタ型(1,3位)の抽出剤が短時間で高いパラジウム回収率が得られる

### 振とう時間の影響

| Shaking Time / h | o-E 40 mM | m-E 20 mM | p-E 80 mM |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 0                | 50        | 50        | 50        |
| 1                | 80        | 99.4%     | 70        |
| 3                | 88        | 99.4%     | 80        |
| 6                | 92        | 99.4%     | 83.3%     |
| 15               | 98.9%     | 99.4%     | 83.3%     |

### 塩酸濃度の影響

| HCl concentration / M | o-E 40 mM | m-E 20 mM | p-E 80 mM |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| 0                     | 100       | 65        | 100       |
| 1                     | 100       | 65        | 100       |
| 3                     | 100       | 50        | 100       |
| 6                     | 95        | 45        | 95        |

## 天然ゼオライト堆積・固定化膜の耐剥離性向上

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、リサイクルや環境浄化等の局面で有効に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知られているが、実用に際してはゼオライトを多孔質状の支持体に堆積・固定化するという、形状に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）性の向上を図ることが有効と考えられる。令和2年度の研究では、天然ゼオライト粒子堆積膜の固定化プロセスを検討することで、耐剥離性の向上を試みた。

キーワード：天然ゼオライト，堆積膜，固定化，吸着材，環境浄化

### 独自性・実用性：

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

私どものグループではこうした状況を踏まえ、「天然鉱物の機能」＋「新たな材料作製技術」＝「新たな用途，機能」の発想でアプローチしています。できるだけ省エネルギーの材料作製技術を利用して、従来のものより大量・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を試みています。

概要で示した様に令和2年度の研究では、秋田県産天然ゼオライト（クリノプチロライト）微粒子を対象として、電気泳動堆積（EPD）法ならびにジオポリマー法による堆積・固定化膜の作製について、膜の耐剥離性を向上させるための知見を得るための検討を試みた。天然ゼオライトは陽イオン吸着（交換）機能を有するため、これを原料として用いて一体型の高効率吸着モジュールとすることで、環境浄化やリサイクル等に役立つ材料を創製しようというのが最終的な目的である。具体的には、メッシュ状の金属製基材にゼオライト微粒子を堆積・固定化することで、透過する液体から高効率で有害物質を除去でき、形状としては一体型となっていて運搬・吸着・再生処理に容易に対応できる吸着材料を目指している。堆積した微粒子の固定化の際には、ケイ酸イオンの重合生成物を用いて粒子を結合させるジオポリマー法を用いるが、耐剥離性向上のために各種のメタカオリン（カオリン鉱物の加熱分解生成物）を原料に添加し、その影響について検討した。

作製した材料について、堆積量，耐剥離性，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。用いた4種類のメタカオリンの種類によって結果は様々に変化したが、堆積量とゼータ電位（電気泳動速度）が一致しない、特定の試料で耐剥離性が他のものに比べて下がるなど、いくつかの興味深い結果が得られた。また、作製した試料の $Pb^{2+}$ イオン吸着量はほぼ同等であり、メタカオリンを添加した天然ゼオライト堆積膜は環境中の重金属イオンの吸着・除去材として利用可能であることが示された。

堆積・固定化膜の耐剥離性にはまだ改善の余地があり、また上記に示した実験結果の理由付けはまだ不十分であるが、これらの点について今後とも検討を続けることで、より耐久性に優れ、吸着特性にも優れた天然ゼオライト堆積・固定化膜を用いた吸着材料の実現に向けて検討を続けていく予定である。

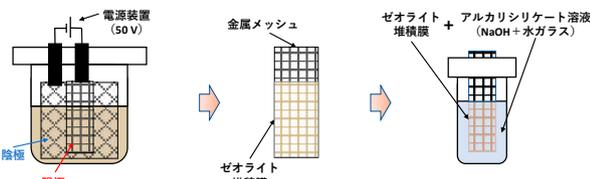
### ○研究背景・目的

- ①電気泳動堆積(EPD) → ②ゼオライト堆積膜 → ③ジオポリマー反応による固定化

ゼオライトおよびメタカオリン(※)を分散させた懸濁液に直流電界を印加して堆積膜を作製する

※カオリン鉱物を熱分解・非晶質化させたもの

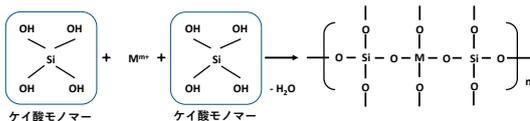
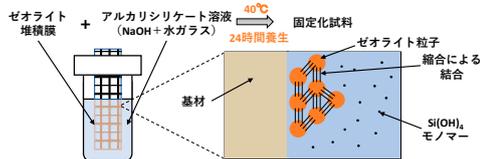
アルカリ環境下での無機高分子の縮重合反応を利用して固定化させる



異なる原料から作製したメタカオリン添加の影響？

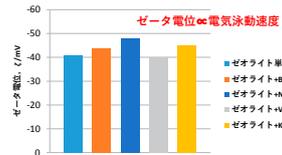
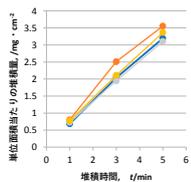
### ○ジオポリマー反応による堆積膜の固定化

アルカリ環境下での無機高分子の縮重合反応を利用して、原料粉末を結合し基材上に固定化させる。



### ○メタカオリンの種類が堆積量・ゼータ電位に与える影響

(原料の産地 Nz: ニュージーランド, Bz: ブラジル, Vt: ベトナム, K: 韓国)



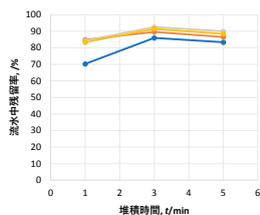
4種類の中でブラジル産メタカオリン添加試料での堆積量が大きく、その他の試料での差は小さい。

添加したメタカオリンの種類によってゼータ電位は変化する。

ブラジル産メタカオリン添加試料の堆積量は大きい、ゼータ電位は他の試料よりも小さい。

堆積のしやすさが影響している

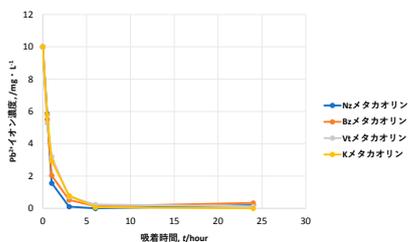
### ○メタカオリンの種類が耐剥離性に与える影響



4種類の中でニュージーランド産メタカオリン添加試料での値が小さくなり、その他のメタカオリンではほとんど差が見られなかった。

ニュージーランド産メタカオリン添加試料では、固定化がうまくいかず剥離しかけていた箇所が他の試料よりも多く存在していた可能性がある。

### ○メタカオリンの違いがPb<sup>2+</sup>イオン吸着特性に与える影響



全ての試料において6時間以内にイオン吸着が完了しており、イオン吸着速度の差は小さい。

メタカオリンの種類によらずゼオライトのイオン吸着を阻害することはない

### ○まとめ

メタカオリンの種類の違いが、堆積特性やゼオライト固定化膜の流水中耐久性、イオン吸着特性にどのような影響を与えるか調べた。

- ①ブラジル産メタカオリン添加試料での堆積量が大きかったが、堆積量は電気泳動速度に依存しなかった。
- ②ニュージーランド産メタカオリン添加試料での水中耐久性が低く、その他の試料ではほとんど差が見られなかった。これは固定化の弱い部分が他の試料よりも多く存在したためだと考えられる。
- ③全ての試料において6時間以内にイオン吸着が完了した。イオン吸着速度の差は小さく、メタカオリンの種類によらずゼオライトのイオン吸着を阻害することはない。

## 芳香族第一級ジアミン化合物を用いた白金の高選択的回収

松本和也・寺境光俊

(理工学研究科)

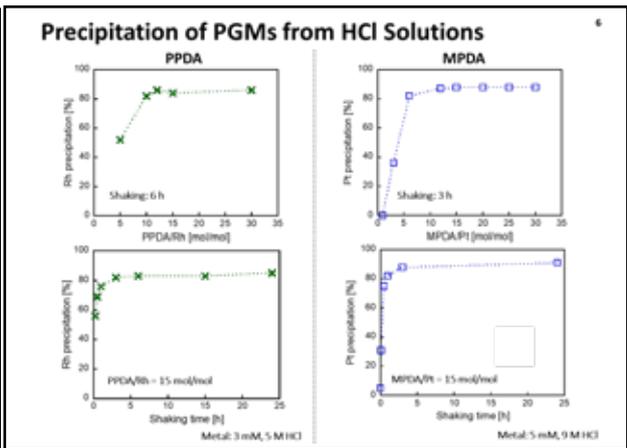
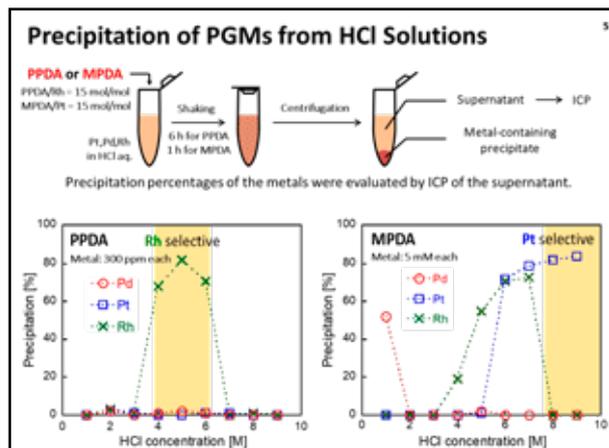
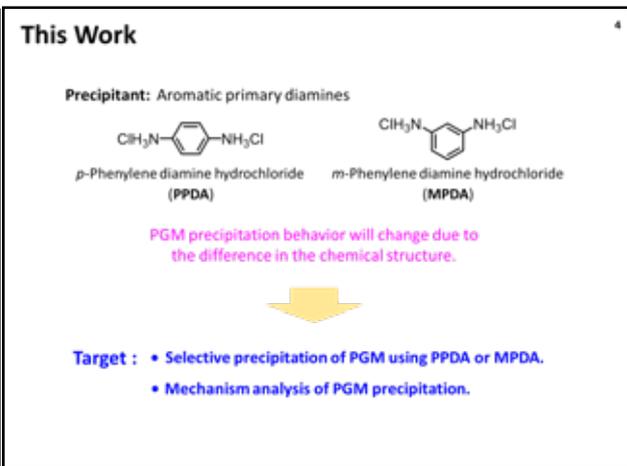
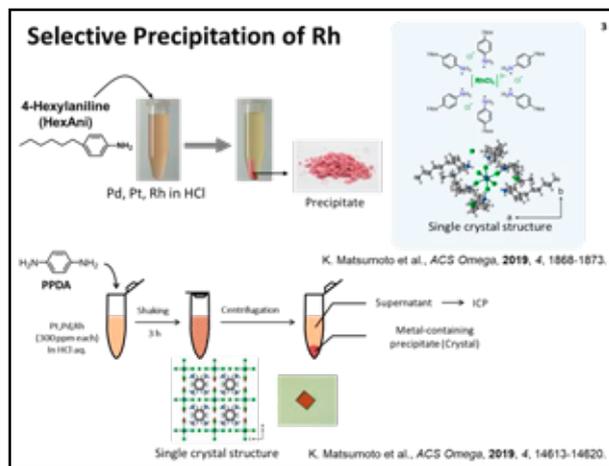
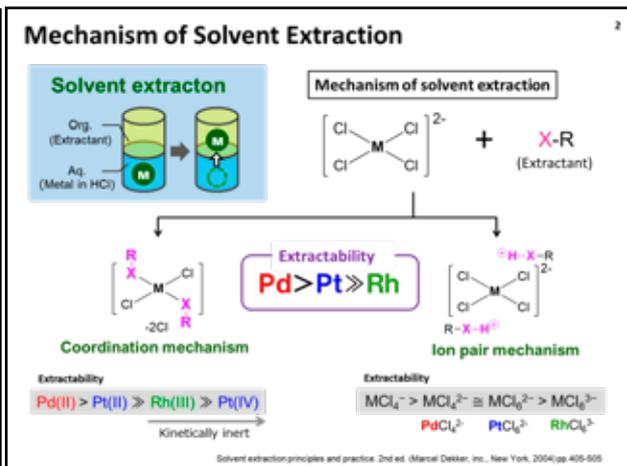
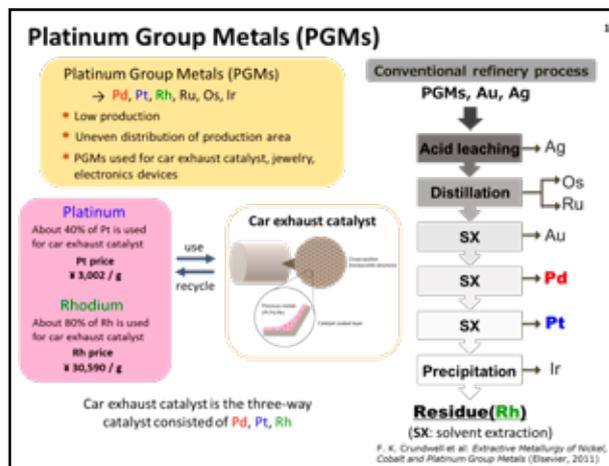
[kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp)

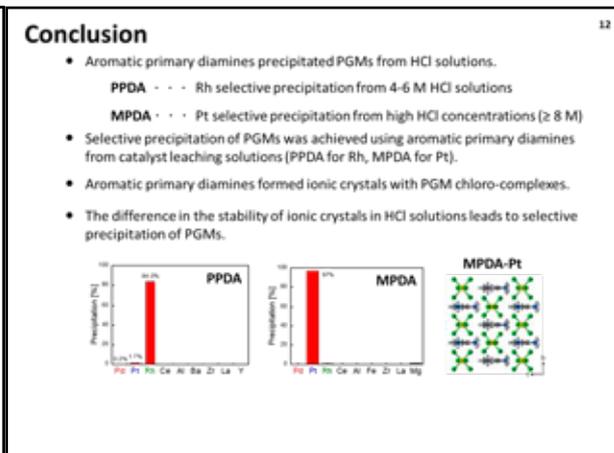
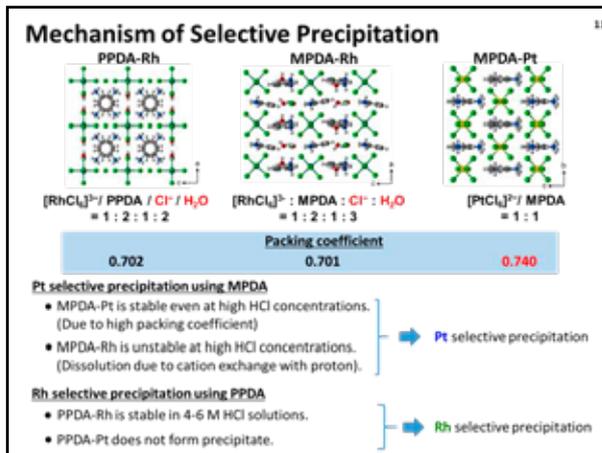
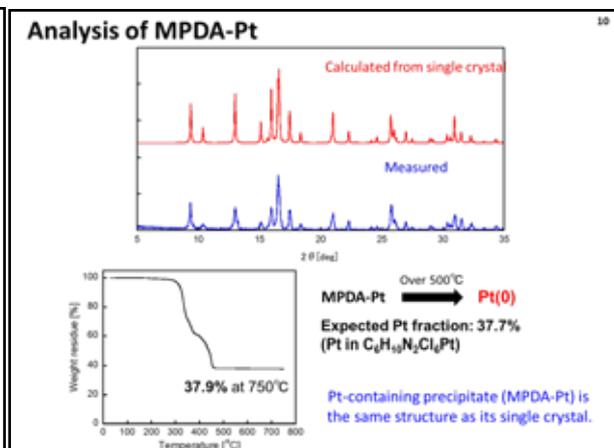
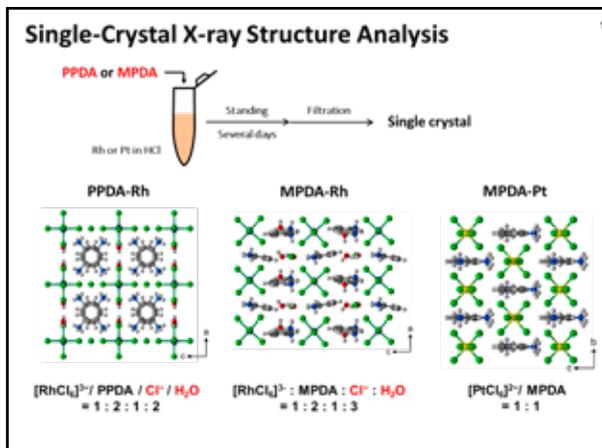
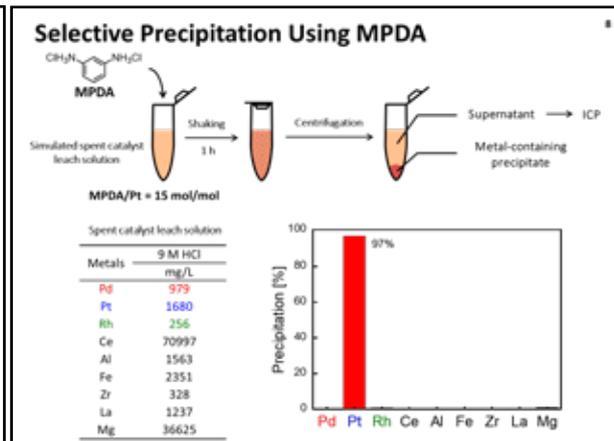
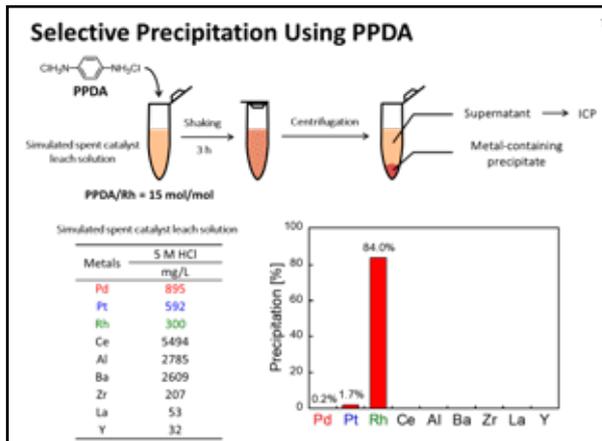
概要：白金族金属は化学的性質が似ているため、個別に分離して回収するのが困難である。その中でも白金は、パラジウムに優先して選択回収することができないとされている。本研究では、芳香族第一級ジアミン化合物であるメタフェニレンジアミンを沈殿剤とすることで、塩酸溶液中の白金を沈殿として回収することに成功した。また、パラジウムやロジウムが共存する場合でも高選択的に白金のみが回収されることが明らかとなり、自動車触媒浸出液からの白金選択回収にも成功した。

キーワード：白金族金属，芳香族第一級ジアミン，沈殿剤，自動車触媒

### 独自性・実用性：

- ・安価な化合物であるメタフェニレンジアミンにより、白金を沈殿として回収可能
- ・パラジウムやロジウムが共存する場合でも白金の選択回収が可能
- ・自動車触媒浸出液からの白金選択回収が可能であり、実用性が高い





# ハイパーブランチポリフェニレンの合成とリチウムイオン電池用電極材料への応用

L a u r e l S i m o n L o b o

寺 境 光 俊

(地方創生センター地域産業部門)

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

概要：ハイパーブランチポリマーとは多分岐骨格を持つ合成高分子であり、分岐骨格由来のユニークな性質から注目を集めている新材料である。本研究課題ではハイパーブランチフェニレンの優れた耐熱性と多孔質性を活用した新規リチウムイオン電池電極材料としての応用について検討した。電気伝導度を向上させるためにカーボンナノチューブをハイパーブランチポリフェニレンに添加した材料では高い充放電安定性と市販のグラファイト電極を超える高い容量(450mAh/g)が達成された。

キーワード:ハイパーブランチポリフェニレン, 多孔質性,  
リチウムイオン電池

## 独自性・実用性：

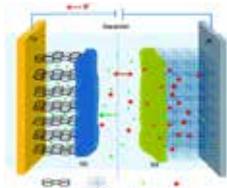
本研究課題はJST平成29年度地域産学バリュープログラムの研究課題「極めて高い耐熱性と接着性をあわせもつ可溶性高分子の合成」の研究成果であるハイパーブランチポリフェニレンをリチウムイオン電池電極材料に応用展開したものである。ハイパーブランチポリフェニレンの電気化学測定により、ポリマーがリチウムイオン電池のアノード材料として有望であることがわかった。カーボンナノチューブを添加した電極では高い充放電安定性とグラファイト電極を超える容量が達成された。多分岐骨格から構成される分子空隙が効率的なリチウムイオンの脱着を促進していると考えられる。

## Introduction

### Objective:

Designing and synthesis of organic electrodes for next gen-Li-ion batteries (LIBs) - high energy density, high specific capacity, and high efficiency along with low cost and long life time

### Li-ion batteries



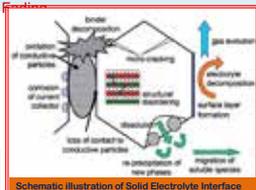
Anode material : Graphite  
Cathode materials

General formula  $Li_xM_nX_n$  (M=transition metal,

Focus is on organic electrodes with higher energy density for future LIB technology

### Limitation in Conventional LIBs

- High gravimetric and Volumetric density
- Structural rigidity
- Environmental issues & lack of ore in earth crust
- Specific Capacity of Graphite (372mAh/g)
- Solid Electrolyte Interface
- Self Discharge
- Cyclic instability



Schematic illustration of Solid Electrolyte Interface

## Introduction: Organic electrodes for LIBs

### Potential of organic electrode materials

- High theoretical capacity
- Flexible structural design-ability
- Ease of synthesis
- Environmental friendliness

### Challenges in organic electrodes

- Poor electronic conductivity
- Low volumetric energy density
- Easy dissolution into liquid electrolytes
- Sloping operating voltage
- Cyclic instability



Most interesting advantage of organic materials is they are electro active not only towards lithium but any metal ion in general.

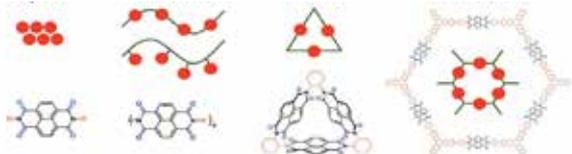
Polymerization is a strategy used to overcome the solubility issues associated with small organic molecules for charge storage application

### This Work

Hyperbranched Polyphenylene was evaluated as a Li-ion battery electrode

## Previous work in organic electrodes

| Molecular Crystals | Polymers and Macromolecules | Supramolecular Assemblies | Covalent / Metal-Organic Frameworks |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|



### Previous work on bipolar para-polyphenylene as electrodes for LIBs

#### \*Para-polyphenylene

Zhu et al. as reported bipolar redox active cathode and anode for LIB

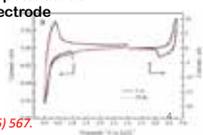
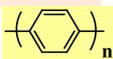
\*Bipolar : p- & n-type of redox activity, where p-doped at high potential as cathodic electrode and n-doped at low potential as anodic electrode

Low potential range: +0.02 V to +1.5 V

Capacity : 400 - 600 mAhg<sup>-1</sup> for current 40 mA g<sup>-1</sup>

High potential range: +3.9 V to +4.5 V

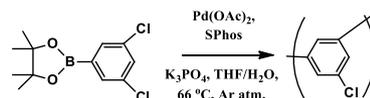
Capacity: 80 - 70 mAhg<sup>-1</sup> for current 40 mA g<sup>-1</sup>



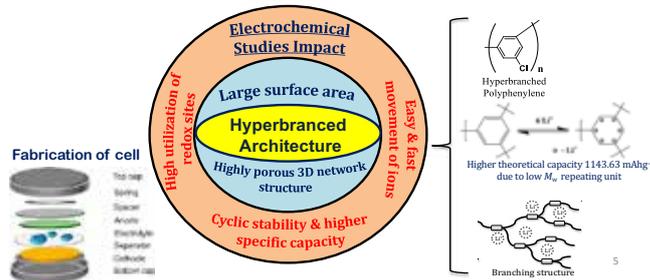
Zhu, L. M., A. W. Lei, Y. L. Cao, X. P. Ai, and H. X. Yang. *Chem. Comm.* **2013**, 49(6) 567.

## This Work

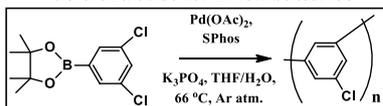
### Suzuki Polycondensation of HBP from aryl dichloride monomers



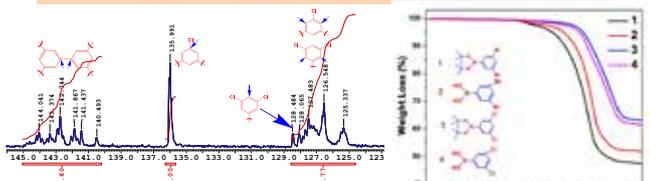
### Investigation of Hyperbranched polyphenylene as electrodes for LIBs



## Synthesis and characterization of Hyperbranched Polyphenylene as electrodes for Li-ion batteries



Scheme: Suzuki polycondensation of hyperbranched polyphenylenes from aryl dichloride monomers



<sup>13</sup>C NMR of HBP from 3, 5-dichlorophenyl boronic acid pinacol ester

➤ Degree of branching, DB = 50%

➤ Molecular weight,  $M_n = 22,500 \text{ gmol}^{-1}$  &  $M_w/M_n = 1.85$

Comparison of TGA of HBPs synthesized from bromide and chloride monomers

$T_{at15} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$  &  $T_{at10} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$

Lauré Simon Lobo, Kazuya Matsumoto & Mitsutoshi Jikei, "Synthesis of hyperbranched polyphenylenes using aryl dichloride monomers by Suzuki polycondensation," *Polym. Adv. Technol.*, vol. 31, no. 8, pp. 1875–1882, 2020.

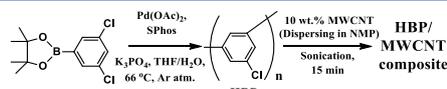
## BET Analysis

| S. No. | Surface area ( $a_s$ , BET) [m <sup>2</sup> . g <sup>-1</sup> ] | Total pore volume (cm <sup>3</sup> . g <sup>-1</sup> ) | Avg. pore diameter (nm) |
|--------|---|--|-------------------------|
| HBP    | 48.566  | 0.3253   | 26.795                  |

\*Nitrogen adsorption and desorption measurements, specific surface area and porosity

➔ HBP revealed high specific surface area and porosity relatively high compared to the typical linear polymers

Solubility: NMP, THF, 1,4-dioxane, Tetrachloroethane, Cyclohexanone & o-dichlorobenzene



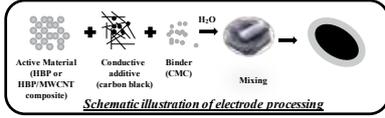
Scheme: Synthesis of HBP by Suzuki polycondensation and preparation of HBP/MWCNT composite

➔ Low conductivity in HBP is increased by adding MWCNT to HBP, to obtain HBP/MWCNT composite

Electrochemical studies were evaluated for HBP and HBP/MWCNT composite electrodes.

## Electrochemical studies

### Preparation of electrodes



Ratio → Active material: conductive agent: binder = 7:2:1 or 8:1:1

Coated thickness ~150µm, Electrode loading mass = 1.5 mg and Surface area = 0.95 cm<sup>2</sup>

### Fabrication of cell for electrochemical measurements

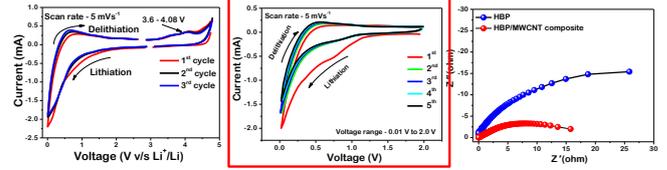


- Cu foil is used as current collectors
- LiFP<sub>6</sub> in EC:DMC solvents (1:1 v/v%) as electrolyte
- Li metal as reference and counter electrode
- Celgard as separator

### Electrochemical studies

- ❖ Cyclic voltammetry
- ❖ Charge-discharge studies
- ❖ Electrochemical impedance spectroscopy

## Electrochemical studies



### Cyclic voltammetry

### Impedance spectroscopy

#### Cyclic voltammetry:

- Bipolar electrode behavior (operating voltage : 0.01 – 4.8 V)
- Clear redox peaks observed in lower voltage range (0.01 – 3.0 V)
- Only anodic peak at higher potential range (3.0 – 4.8 V) without cathodic
- SEI formation in the first scan and stable reversibility from 2<sup>nd</sup> scan onwards

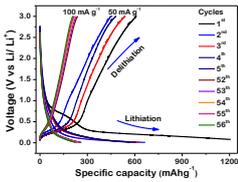
#### Impedance spectroscopy:

Electronic conductivity of HBP/MWCNT is increased compared to HBP

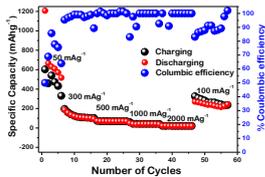
Charge-discharge studies as an anode material at 0.01-3.0 V was evaluated

## Electrochemical studies: Galvanostatic charge-discharge studies

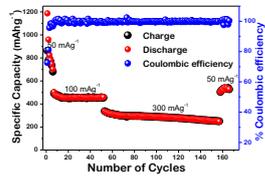
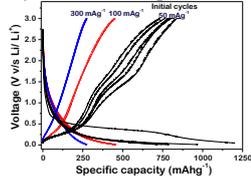
### HBP Charge-discharge studies



### Cyclic stability & Rate performance



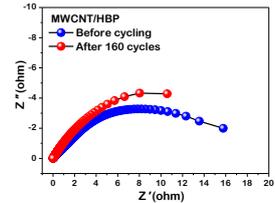
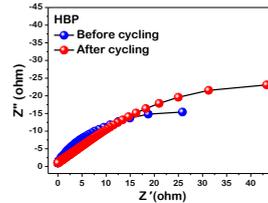
### HBP/MWCNT composite



Good stability was achieved for HBP/MWCNT compared to HBP electrode

## Electrochemical Impedance spectroscopy

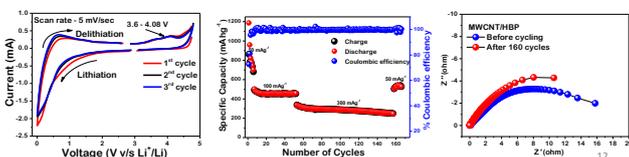
### HBP and HBP/MWCNT composite electrodes



- Increase in the charge transfer resistance in the HBP electrode due to the formation of an SEI layer during cycling resulted in the capacity fading.
- Relatively low resistance effect in the HBP/MWCNT composite electrode
- Superior intrinsic conductivity of HBP/MWCNT influencing diffusion coefficient of lithium ions
- Rapid charge transport and enhanced electrochemical performance.

## Conclusion

- Synthesis of HBP from aryl dichloride monomers and obtained high thermally stable & high specific surface area compared to linear polymers
- HBP/MWCNT composite electrode obtained stable electrochemical performance from increased electronic conductivity and branching architecture
- Hyperbranched architecture can be develop for future high-energy organic electrodes for different metal-ion batteries



## 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、モーターや磁気ストレージに関連したエネルギー消費量の増大が課題になっている。これらの省エネのカギは永久磁石の高性能化である。FeCo 基合金は、原子レベルで格子歪みを導入することで、現在世界最強のネオジウム磁石を超える磁石材料となり得ることが、2004年にスウェーデンの理論計算グループにより予測された。そこで本研究では、実験的に FeCo への格子歪の導入を試み、磁石特性を評価する。具体的には、FeCo 基合金薄膜を成膜し、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, 結晶格子エンジニアリング

### 実用性:

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

#### (1) 永久磁石（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）

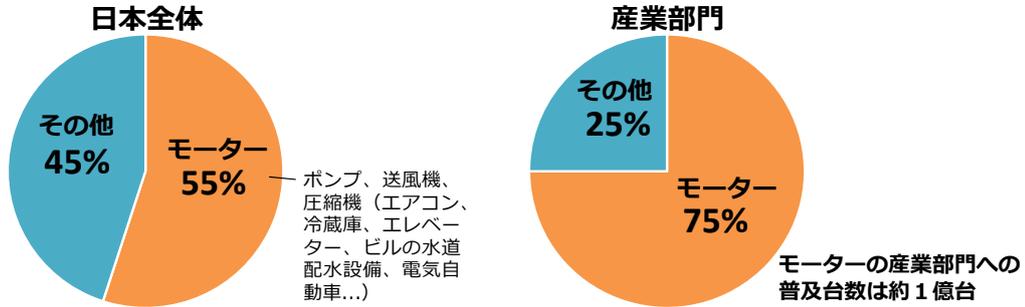
・ FeCo 基合金薄膜への第三元素添加による格子歪みの導入と一軸磁気異方性の評価

#### (2) 電子線リソグラフィ及びイオン照射を用いたナノスケール微細加工と保磁力評価

以降は、主に上記(1)の成果についてスライド形式で示す。

# 1. 解決すべき課題

## 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。

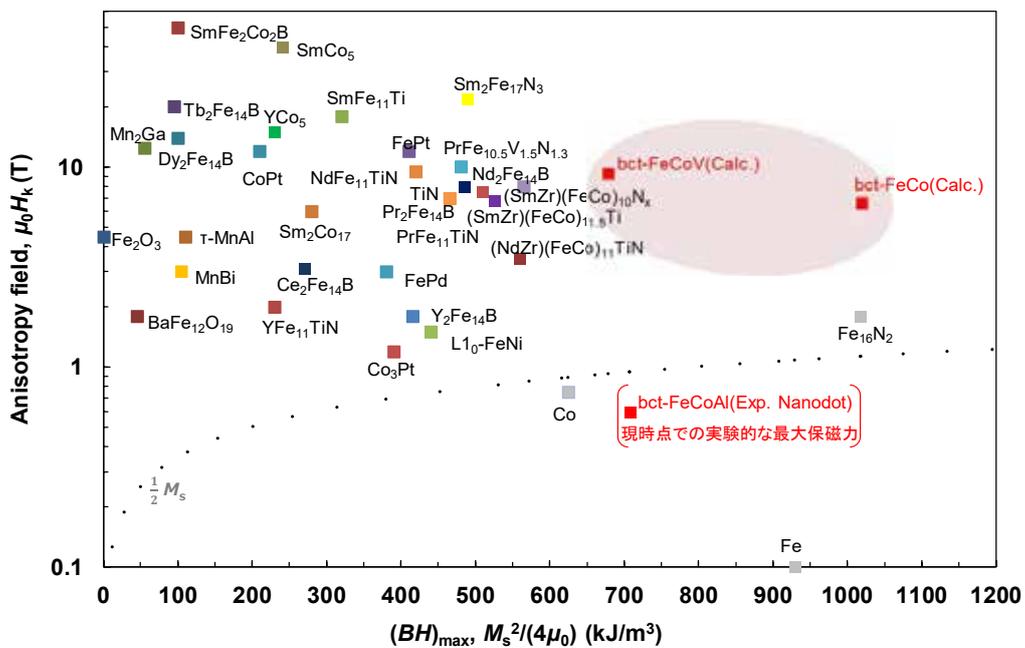
モーターは、日本の消費電力量の約55%を占める。

⇒ 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ウム磁石の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

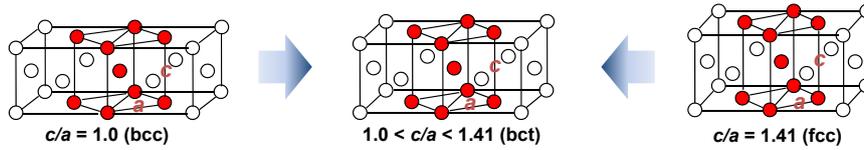


出典: Y. Hirayama, T. Miyake, K. Hono, Rare-earth lean hard magnet compound NdFe<sub>12</sub>N, JOM 67, 1344-1349 (2015). に筆者が加筆修正。

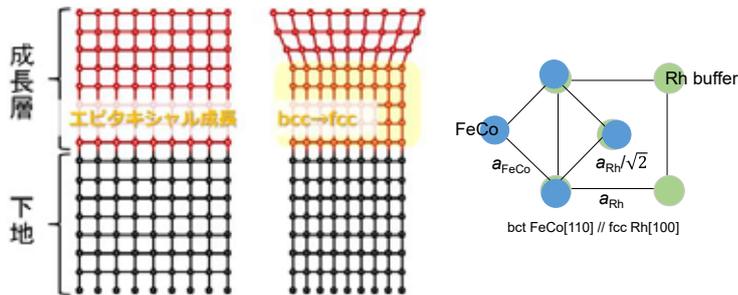
**bct構造のFeCo基合金はレアアースフリーで強力な磁石になり得る**

### 3. bct-FeCoを得るためのアプローチ方法

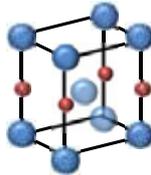
3



#### ①エピタキシャルを利用した格子制御（外力による制御）



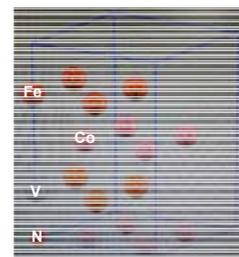
#### ②第3元素X添加による格子制御（内力による制御）



### 4. bct-FeCoを形成しやすい添加元素Xの計算的探索

4

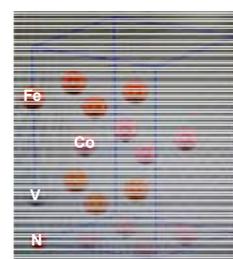
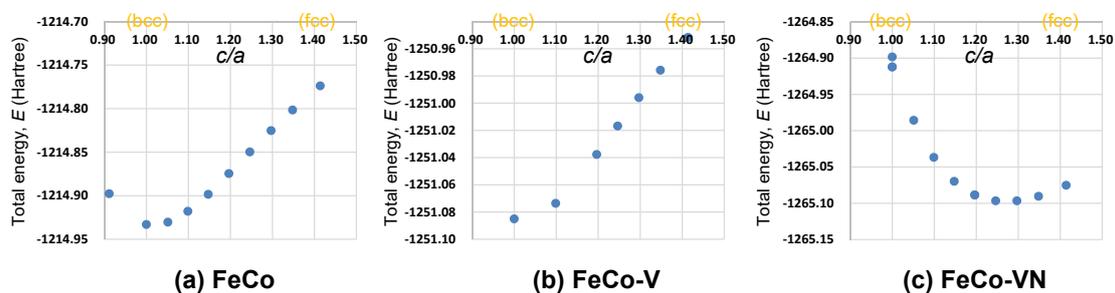
- ・ 商用ソフト**PHASE** (Advance Soft Corp., Japan)を使用.
- ・ 密度汎関数理論 (density functional theory: **DFT**) に基づく擬ポテンシャル法
- ・ 各原子のポテンシャルには**PAW** (projector augmented wave method)
- ・ 交換相関エネルギーの近似法にはGGA (generalized gradient approximation:一般化された密度勾配近似)
- ・ 自己無撞着場 (self-consistent field : SCF) の収束条件は $5.0 \times 10^{-11}$  Hartree
- ・ 波動関数と電荷密度のカットオフエネルギーは各々 25 Rydberg, 225 Rydberg
- ・ k点のサンプリング数は $16 \times 16 \times 16$ でmesh法
- ・ 右図は計算に使用した**スーパーセル** (FeとCoの原子数が各々8個) .
- ・ 置換型元素**V**は1個のFeサイトと置換させて、侵入型元素**N**は図のようにc軸内に1個配置した ( $N \approx 6$  at%) 。計算ではこのスーパーセルを**周期的境界条件**で連続的に扱った.
- ・  $1.00 \leq c/a \leq 1.41$ の範囲で、格子定数は実験値から見積もった。



## 4. bct-FeCoを形成しやすい添加元素Xの計算的探索

5

### 計算による安定構造の評価結果



**VN添加したFeCoのみ、bcc領域でエネルギーが極小**

## 5. まとめ

6

FeCo基合金のbcc構造は、現状では薄膜でのみ実現されているので、バルク体での形成の可否を議論するために、第一原理計算を行った。

→計算では、FeCo-VNにおいて、軸比 $c/a = 1.25$ 付近のbcc構造が最安定となる結果が得られた。この計算結果は実験結果と矛盾しない。

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 (20K0020) として実施された。

# 熔融塩を用いた電析と溶解による多孔質 Ni-Co 合金および Ni-Fe 合金の創製

福本 倫久

(理工学研究科)

[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熔融塩を媒体としてAIの電析と溶解を電気化学的制御により施すことで高性能の多孔質電極を作製することを試みた。

キーワード：電極，多孔質，熔融塩電析および溶解

## 独自性・実用性：

多孔質表面を作製する方法として、新規な方法なので下記の特許を取得している。

特願 2016-021245(2016年) 特許査定令和元年10月10日

発明の名称「多孔質ニッケルの製造方法」

出願人 秋田大学

発明者 福本倫久，原 基，佐藤菜花

## 開発の社会的背景

### 2050年脱炭素化目標

脱石炭火力  
脱ガソリン車



再生可能エネルギー  
(洋上風力，秋田県)



電力の安定供給問題  
エネルギー変換(電気→化学)

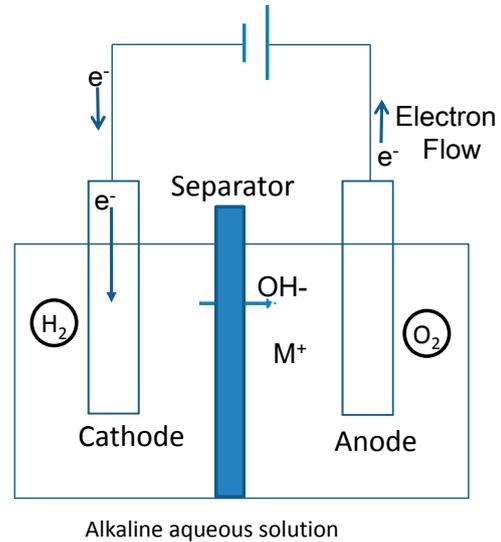
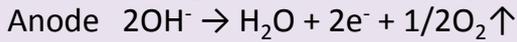
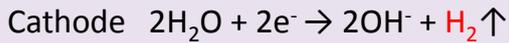


水素社会の実現

## Principle of hydrogen production process

### Alkaline water electrolysis

Electrode reaction



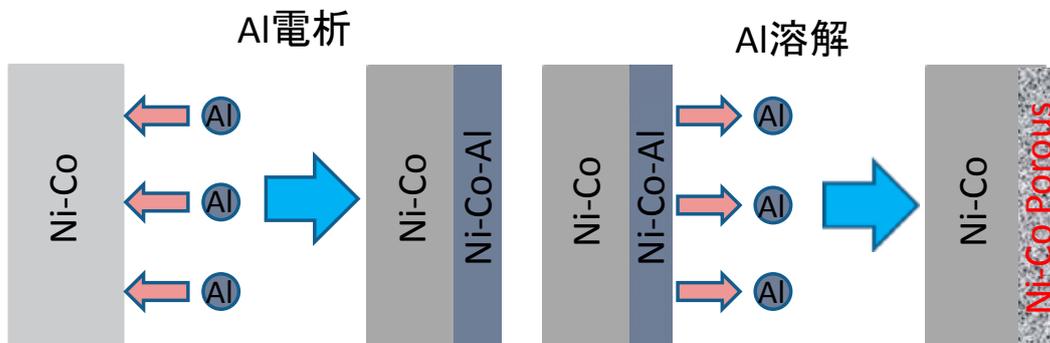
- It is effective when inexpensive electric power can be obtained.
- The hydrogen production technology is the basis of a hydrogen energy society.

### Developed high-efficiency hydrogen generation electrode

## 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

使用した熔融塩組成  $\text{NaCl-KCl-3.5mol\%AlF}_3$

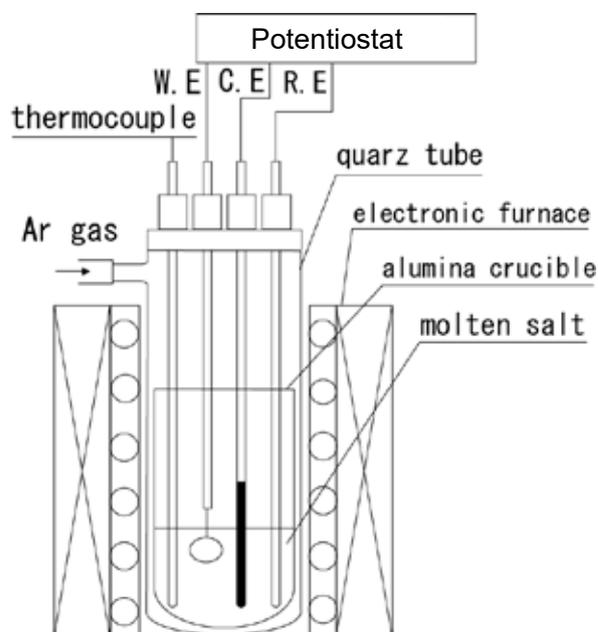


## Experimental Method

| Electrodeposition conditions |  |
|------------------------------|--|
| Working                      | Ni-40at.%Co alloy<br>(Prepared by Arc-melting) |
| Reference                    | Ag/AgCl(0.1)                                   |
| Counter                      | Graphite rod                                   |
| Bath<br>(molten salt)        | NaCl-KCl-3.5mol%AlF <sub>3</sub>               |
| Temp.                        | 750°C  |
| Atmosphere                   | Ar   |
| Potential                    | -1.4V  |
| Time                         | 1hr  |

| Dissolution conditions |  |
|------------------------|--|
| Potential              | -0.5V                                  |
| Time                   | Until the current density reaches zero |

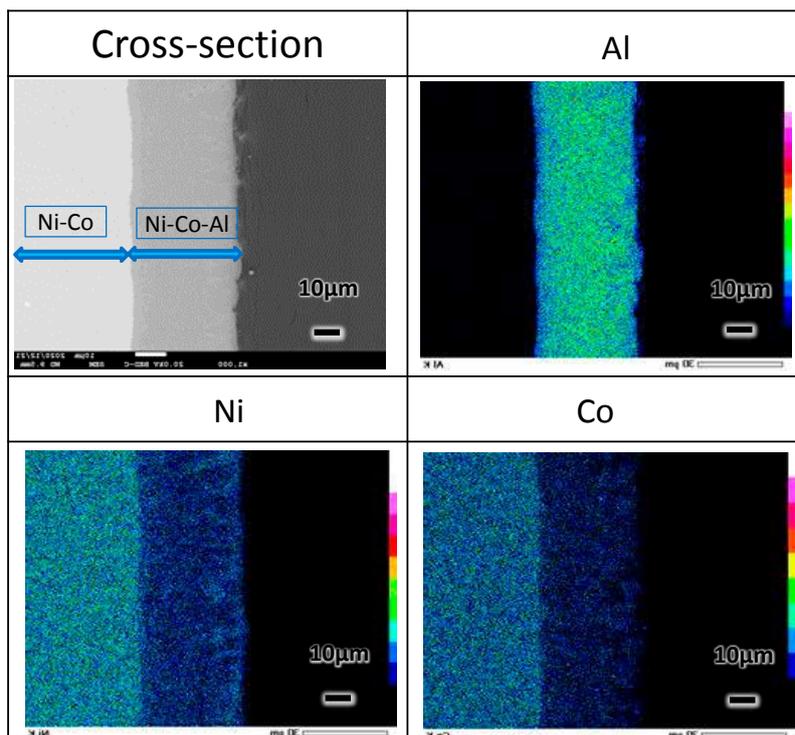
### Electrochemical Method



Schematic diagram of the equipment.

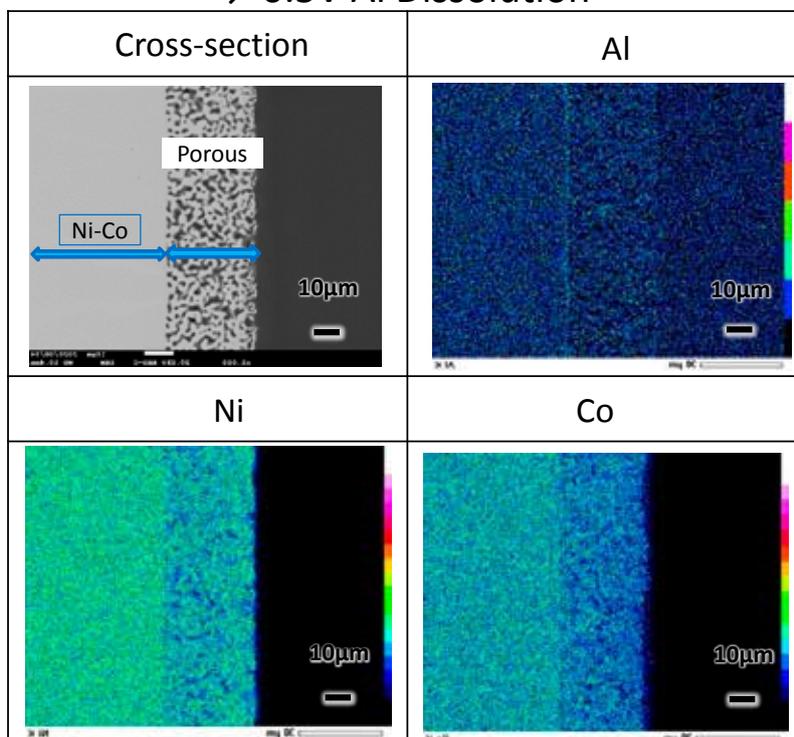
## Formation of alloy layer by Al electrodeposition

Ni-40at.%Co -1.4V 750°C



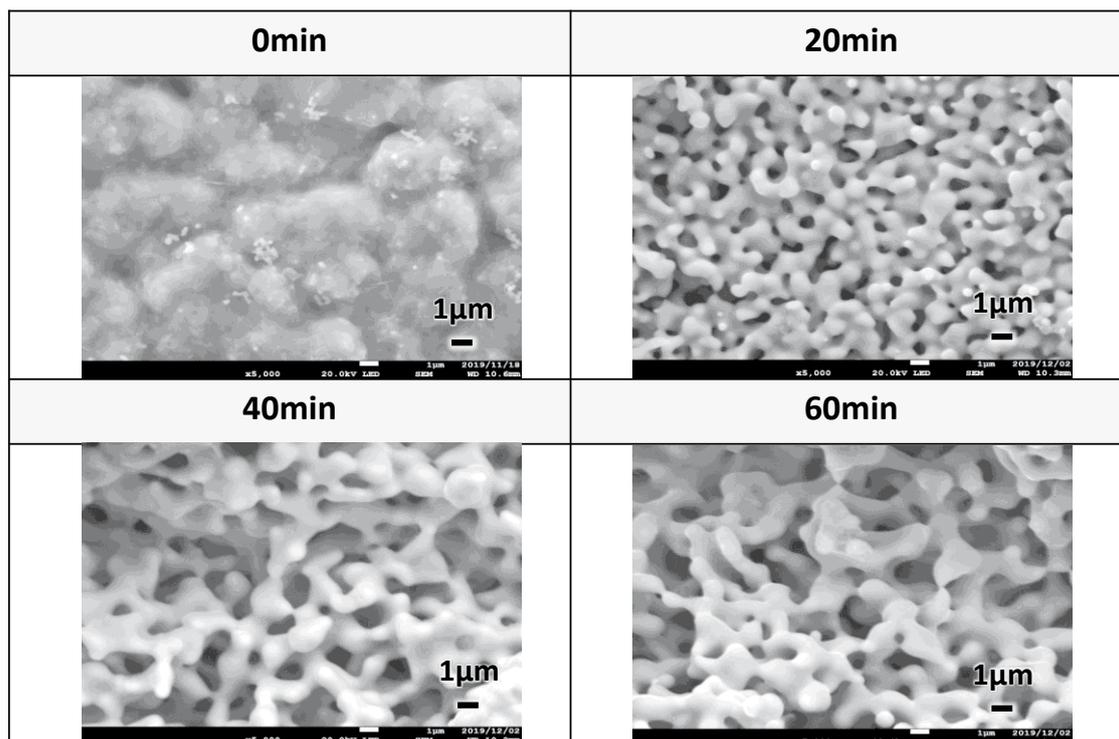
## Cross-sectional Microstructure

Ni-40Co -1.4V 750°C Al Electrodeposition  
 →-0.5V Al Dissolution



## Surface Morphology

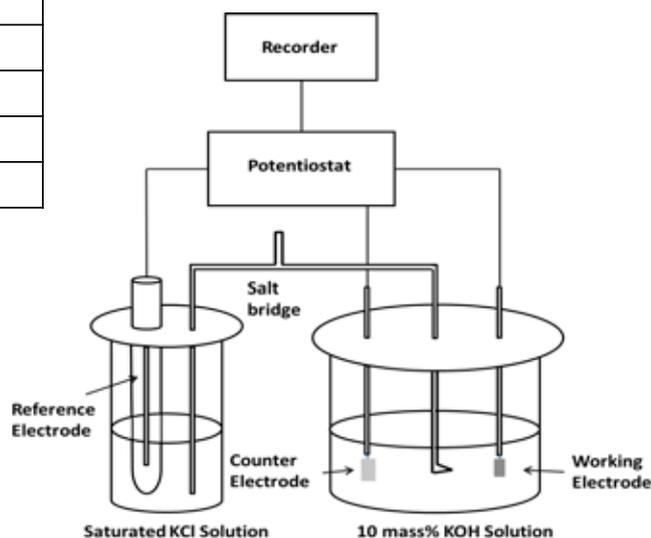
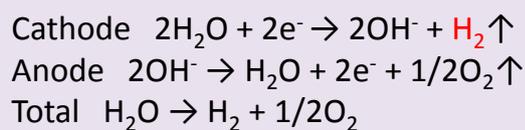
Ni-40Co -1.4V 750°C Al Electrodeposition  
 →-0.5V Al Dissolution



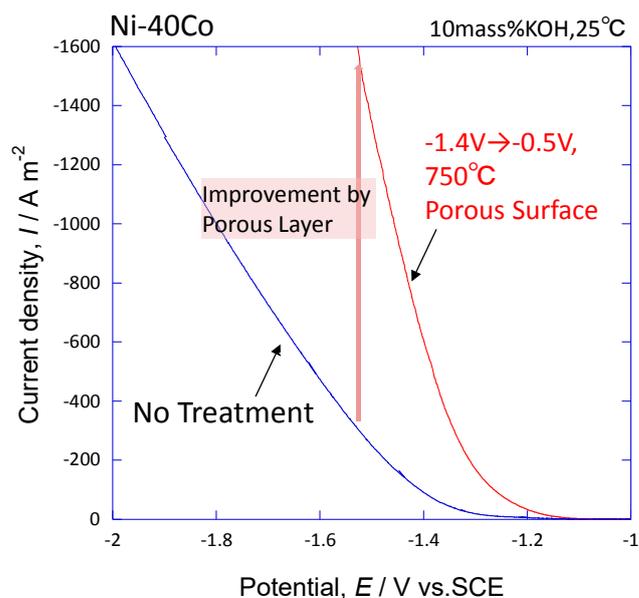
## Evaluation of Hydrogen Generation Ability

| Cathode polarization curve measurement |   |
|--|---|
| Working                                | Untreated Ni-40Co alloy<br>Porous Ni-40Co alloy |
| Reference                              | Saturated carmel electrode(SCE)                 |
| Counter                                | Pt  |
| Temp                                   | 25°C  |
| Solution                               | 10mass%KOH                                      |
| Sweep rate                             | 100mV/min                                       |

Electrode reaction



## Cathode Polarization Curves



Cathode current rises at high potential in porous electrodes.



A large amount of hydrogen can be generated.

## 希土類含有マグネシウム合金の組織・構造制御と Suzuki 効果の微視的検証

齋藤 嘉一， 浦方 政典， 佐藤 勝彦

(理工学研究科 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：**本研究は、Mg 製構造部材の積年の課題である耐熱性の付与を念頭に、新しい合金構成設計と組織・構造制御を利用して新機能の創出を追求するものである。具体的には、今最もホットな高強度 Mg 合金系の一つとして注目されている Mg-Gd-Zn 系の長周期積層(LPSO)構造型合金に注目し、Mg 合金に優れた耐熱強度を付与するための材料設計指針を求めた。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、申請者が専門とする先端電子顕微鏡技術を駆使し、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。

### 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、希土類金属を含む 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 の高温強度の改善作用をもつ元素として Gd 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。

# 希土類含有マグネシウム合金の組織・構造制御とSuzuki効果の微視的検証

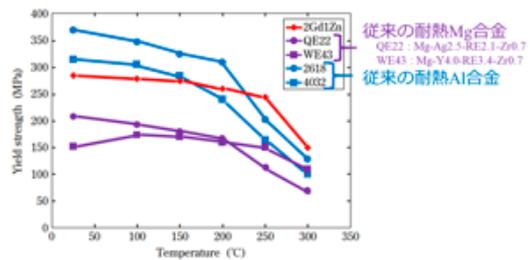
理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース 齋藤嘉一, 浦方政典, 佐藤勝彦

【背景と目的】本研究は、Mg製構造部材の積年の課題である耐熱強度の改善を念頭に、新しい合金構成設計と組織・構造制御を利用して新機能の創出を追求するものである。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-Gd-Zn系の長周期積層(LPSO)構造合金の設計指針を基に、優れた耐熱性を具備させるための合金創製を目指す。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、申請者が専門とする先端電子顕微鏡技術を駆使し、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。

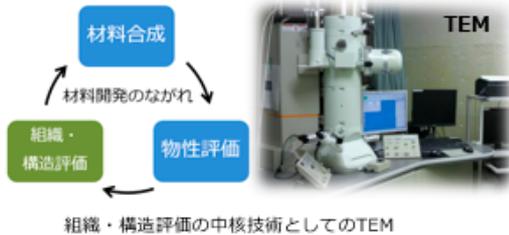
## ◆革新的Mg合金の想定市場



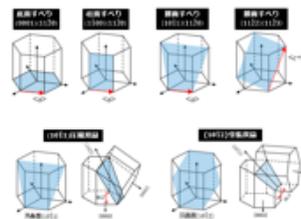
## ◆超軽量高強度LPSO型Mg合金の高温強度



## ◆新材料開発を支えるナノ計測技術 ～透過型電子顕微鏡(TEM)～



## ◆Mg合金の塑性変形機構



## ◆Mg-Gd-Zn系合金の製造工程

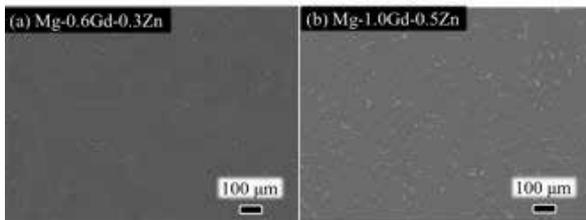
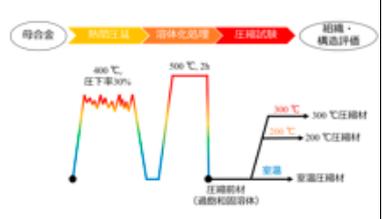


図1 Mg-0.6Gd-0.3Zn合金(a)とMg-1.0Gd-0.5Zn合金(b)の溶体化処理材から得られたSEM像を示す。ほぼ過飽和固溶体相が得られた様子を示す。

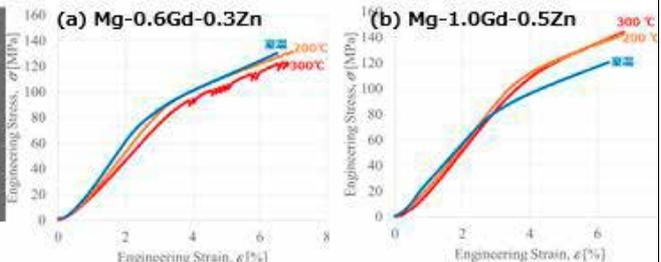
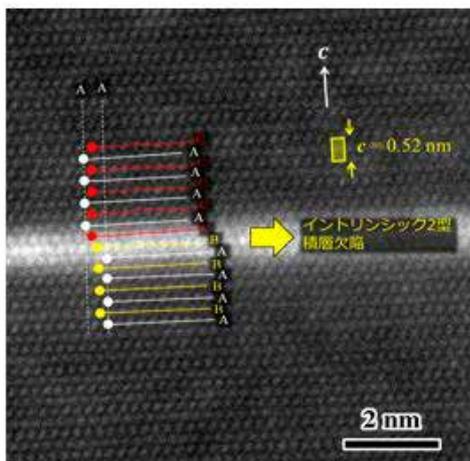


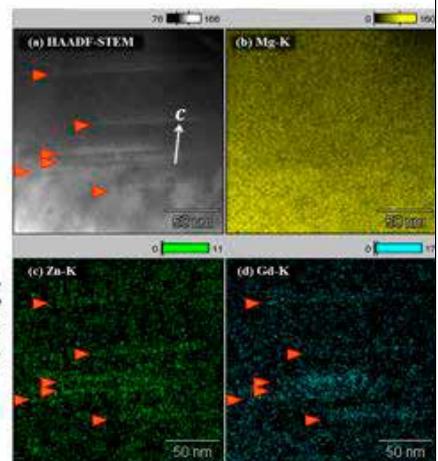
図2 Mg-0.6Gd-0.3Zn合金(a)とMg-1.0Gd-0.5Zn合金(b)に対する圧縮試験から得られた応力-ひずみ曲線で、横軸は公称応力で縦軸は公称ひずみを示す。他の合金系と比べて、高温強度が異常に高い様子が伺える。



←図3 Mg-0.6Gd-0.3Zn合金の300°C圧縮材に生じた拡張転位を捉えた高分解能HAADF-STEM像。明るい斑点コントラストは溶質原子が濃化した原子カラムに相当し、当該部に積層欠陥が同期して発生している。これは、Suzuki偏析の発生を示す証拠である。この効果の活性化が高温強度の向上に寄与したと推測された。

※ Suzuki効果：HCPやFCC構造をもつ固溶体合金の拡張転位の周辺環境に固溶原子が偏析する現象。

→図4 Suzuki偏析部に対して、EDSによるマッピング分析結果。当該部においてZnとGdの濃化を示すコントラストの発生を確認することができ、拡張転位部に対して確かにZnとGdが同時に偏析している様子を示す。



【成果と意義】Mg-Gd-Zn系固溶体合金において顕著な強度上昇が現れる。特に、300°Cで圧縮変形を行った場合、底面<a>転位の拡張に伴って形成された積層欠陥に対して、GdとZnが偏析する現象(Suzuki効果)が活性化し、これが高温強度の上昇の主因と考えられた。

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

齊藤 準  
(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2年度は、さらなる空間分解能および時間分解能の向上を目的として、1) 高密度垂直磁気記録のジッターノイズの原因となる磁気ビットのジグザグ状の磁化遷移領域の5 nm以下の空間分解能での磁区観察、2) ソフト磁性薄膜のソフト磁気特性を支配する磁壁移動の5 kHzまでの高周波イメージングを実現した。

### 独自性・実用性：

独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、観察対象に合わせて特化した専用の磁性探針も独自開発したものである。実用性：本顕微鏡は真空雰囲気を要せずに大気雰囲気においても高い空間分解能や高い機能性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) 高密度垂直磁気記録の直流磁場の高空間分解能イメージング、2) ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージングの高周波化、に関わる技術開発である。

1) 高密度垂直磁気記録の直流磁場の高空間分解能イメージング、については、

次の2～4ページに「交番磁気力顕微鏡を用いた垂直磁気記録媒体薄膜のジグザグ状磁化反転境界の高分解能検出」と題してまとめたものを示す。本結果は、独自開発した高感度・ソフト磁性探針（高磁歪 FeCoB 非晶質合金薄膜を Si 探針母材に成膜）を用いて、磁気力顕微鏡分野で、世界で初めて5 nm以下のジグザグ状の磁化反転境界の検出に成功したものであり、高密度磁気記録媒体の研究開発に有用となる。

2) ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージングの高周波化、については、

次の5～6ページに「交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の交流磁場中での磁壁移動イメージングの高周波化」と題してまとめたものを示す。本結果は、独自開発した高感度・超常磁性探針（高磁化・Co-GdO<sub>x</sub> グラニューラー合金薄膜を Si 探針母材に成膜）を用いて、磁気力顕微鏡分野でこれまでに前例のない手法で、高い空間分解能で交流磁場下での磁壁移動イメージングを実現したものであり、現在、5 kHzまでの高周波イメージングに成功している。今後、さらなる高周波化を進める予定である。

1/14

## 交番磁気力顕微鏡を用いた 垂直磁気記録媒体薄膜の ジグザグ状磁化反転境界の高分解能検出

秋田大理工, (M1)田中 花道, (M2)和田 真羽, 松村 透, 齊藤 準  
Akita Univ., Hanamichi Tanaka, Shu Wada, Toru Matsumura, Hitoshi Saito

4/14

## 非晶質ソフト磁性探針を用いた高分解能化

使用探針: 非晶質ソフト磁性探針 (FeCoB<sub>20</sub> 膜厚15 nm; 自作)

表 ソフト磁性探針 (自作探針) の性能比較

|     | Sputtering target                                 | 表面粗さ R <sub>a</sub> (nm) | 飽和磁場 H <sub>s</sub> (Oe) | 飽和磁化 M <sub>s</sub> (emu/cm <sup>3</sup> ) | 磁歪定数 λ <sub>s</sub>                  |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|
| 結晶質 | Ni <sub>90</sub> Fe <sub>10</sub>                 | 1.4                      | 35                       | 780  | ≒ < 10 <sup>-7</sup>                 |
| 非晶質 | Co <sub>90</sub> Zr <sub>5</sub> Nb <sub>5</sub>  | 0.48                     | 25                       | 720  | ≒ < 10 <sup>-7</sup>                 |
|     | Fe <sub>90</sub> Co <sub>24</sub> B <sub>20</sub> | 0.24                     | 15                       | 1150                                       | + 10 <sup>-6</sup> ~10 <sup>-5</sup> |

①非晶質: 極薄成膜により先鋭性を維持 ⇒ 分解能の向上  
②低飽和磁場: 印加磁場小で試料への影響を抑制  
③高飽和磁化: 信号強度が大きい ⇒ 高感度測定

2/14

### 背景 ~垂直磁気記録媒体の高分解能観察の必要性と従来の磁気力顕微鏡(MFM)~

磁性結晶粒単位のジグザグ状の磁区境界  
↓  
ジッターノイズの原因

記録密度向上には  
磁性結晶粒を微小化

磁化状態を高感度・高分解能で観察

磁性体実用材料における、熱揺らぎ耐性のある最小結晶粒径は3nm程度。(FePt規則合金)

空間分解能 3nm以下が望まれる。

【従来の磁気力顕微鏡(MFM)】  
高分解能観察には探針を試料に近づける必要があるが、探針試料間距離を近づけすぎると原子間力等により磁場計測が困難。

⇒ 高分解能観察が困難  
空間分解能 20~30nm程度

5/14

### 各種探針の磁性膜厚依存性

空間分解能 (最小検出波長の半値) は空間周波数を  $kx$  として次のように求められる。

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{kx [1/\mu m]}$$

記録ビットの信号強度 (ビット長50nm: 空間周波数10 (1/μm))

40nmでは信号強度が低下する。  
8nm以下でも高い計測感度を得られる。

3/14

### 背景 ~交番磁気力顕微鏡(Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM)を用いた高分解能化~

①ソフト磁性探針に交流磁場を印加し探針の磁化を変化させる。  
②探針試料間の交番磁気力により、探針振動に周波数変動が生じる。  
③PLLで周波数復調後にロックイン検出することで、直流磁場像を得る。

A-MFMの模式図

使用探針: ソフト磁性探針

ロックインX信号 (磁場勾配のゼロ検出が可能)

⇒ 高分解能  
表面近傍で計測可能

6/14

### 高磁歪探針の応力による磁化変化

磁歪定数 λ<sub>s</sub> FeCoB系: + 10<sup>-6</sup>~10<sup>-5</sup>

FeCoB探針

交流磁場を印加することで探針先端部では側面部の応力が集中し周期的に圧縮応力が発生。⇒ 圧縮方向と垂直に磁化容易面が形成。

⇒ 印加磁場の方向に探針先端が容易に磁化される

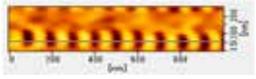
逆磁歪効果の膜厚依存

探針母材に近い方が圧縮応力が強い。  
⇒ 膜厚が厚くなると逆磁歪効果が小さくなる。  
⇒ 厚いときは磁化反転する割合が少なくなり信号強度が低下する。

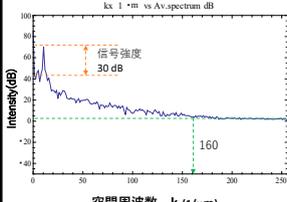
7/14

### 非晶質ソフト磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡の空間分解能

**【分解能の検証】**  
 HDD 500 kfc (ビット長 50 nm)  
 非晶質ソフト磁性探針 FeCoB<sub>20</sub>  
 膜厚: 15 nm



ロックインX信号



波長λの逆数を空間周波数 kx として  
 $kx = \frac{1}{\lambda}$   
 空間分解能 (最小検出波長の半値)  
 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{160 [1/\mu m]} \approx 3 \text{ nm}$

空間スペクトル上では空間分解能 5 nm 以下の観察が可能

10/14

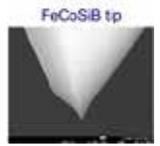
### 実験方法 (探針作製)

非晶質ソフト磁性探針の作製

**使用探針母材:** ピラミッド形状Si探針 (パネ定数: 40 N/m, 先端径: 5-7 nm)

**ターゲット組成:** Fe<sub>60</sub>Co<sub>20</sub>B<sub>20</sub>

**成膜条件:** DCマグネトロンスパッタリング 100 W  
 Ar流量 3 sccm  
 ターゲット基板間距離: 120 mm  
 磁性膜厚: 15 nm



**成膜方法**  
 探針に対して、一定角度の斜め方向からターゲットをスパッタリングし、探針をセットするホルダーを回転させながら成膜する。



8/14

### 目的

交番磁気力顕微鏡を用いて磁気記録媒体の実空間での高分解能観察を試みる

### 報告内容

①磁気記録媒体の磁区境界の観察  
 I 垂直磁気記録媒体薄膜; 保護膜なし (粒径の異なる二つの試料)  
 II 実際に記録された記録ビット; 保護膜あり

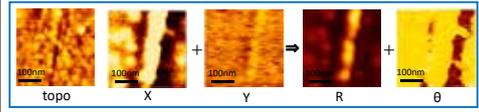
②磁化反転境界の可視化  
 垂直磁場に対するゼロ検出を利用した輪郭抽出プログラムによる磁化反転境界の可視化

11/14

### 実験結果

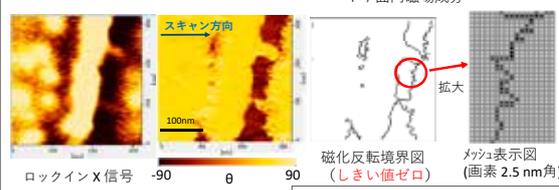
~磁性結晶粒の磁区境界(ジグザグ構造)の観察~

**【垂直磁気記録媒体薄膜 粒径 5 nm程度 (保護膜なし)】**



$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$   
 $\theta = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$

垂直印加交流磁場 (振幅 150 Oe, 周波数 89 Hz) X: 垂直磁場成分 Y: 面内磁場成分



ロックインX信号 -90 θ 90  
 磁化反転境界図 (しきい値ゼロ) 拡大  
 メッシュ表示図 (画素 2.5 nm角)

5~10 nm程度のジグザグ状境界が確認できた。

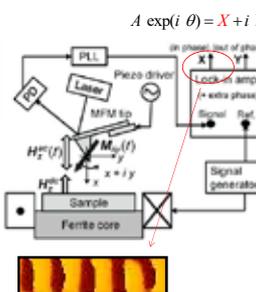
9/14

### 実験方法

**【観察試料】**  
 ①垂直磁気記録媒体薄膜(グラニューラー媒体)粒径 5 nm程度 保護膜なし (粒径の異なる二つの試料)  
 ②記録媒体のビット 保護膜あり

**【磁区観察法 (交番磁気力顕微鏡)】**  
 大気中において測定  
 垂直印加交流磁場(0-p): 150 Oe (小型フェライトコアを使用)  
 交流磁場周波数(ω<sub>m</sub>): 89 Hz  
 使用探針: FeCoB<sub>20</sub>ソフト磁性探針 (膜厚15 nm)  
 画素サイズ: 1.25 ~ 5 nm

**【磁化反転境界の解析法】**  
**輪郭抽出プログラム (自作)**  
 ⇒ ロックインX像信号のゼロ検出 (符号反転量のしきい値設定可能) によって境界の可視化を行う



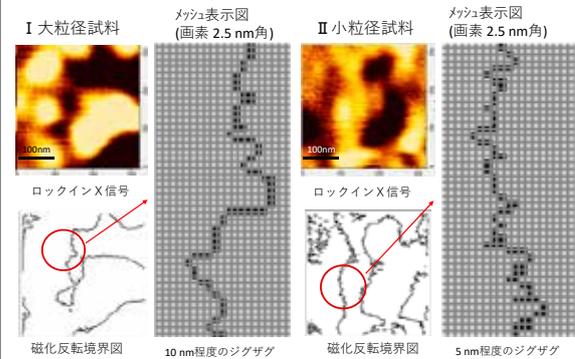
$A \exp(i\theta) = X + iY$

ゼロ検出 (垂直磁場成分の正負反転曲線を抽出)  
 磁化反転境界

12/14

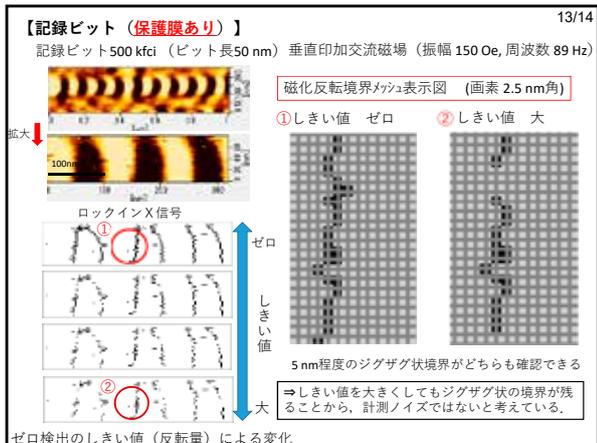
**【垂直磁気記録媒体薄膜 粒径の異なる試料 (保護膜なし)】**

I 大粒径試料 (画素 2.5 nm角) II 小粒径試料 (画素 2.5 nm角)



ロックインX信号  
 磁化反転境界図 10 nm程度のジグザグ 磁化反転境界図 5 nm程度のジグザグ

5~10 nm程度のジグザグ状境界が確認できた。  
 ⇒ 磁性結晶粒に起因した磁区境界が検出できていると考えられる。



14/14

**まとめ**

A-MFMを用いて垂直磁気記録媒体薄膜の観察を行い以下の結果を得た。

- ・ 粒径の異なる媒体薄膜を観察し、磁性結晶粒の粒径の大小に相関したジグザグ状の磁化反転境界が検出できた。
- ・ 磁気記録媒体の記録ビットにおいても、5 nm程度のジグザグ状の境界が確認できた。

**今後の展開**

- ・ 磁性膜厚の小さい探針で更なる高分解能化を検討する。
- ・ 現行の磁気記録媒体を用いた高分解能観察を行う。
- ・ 現行の磁気記録媒体のジッターノイズとの比較・検討を行う。

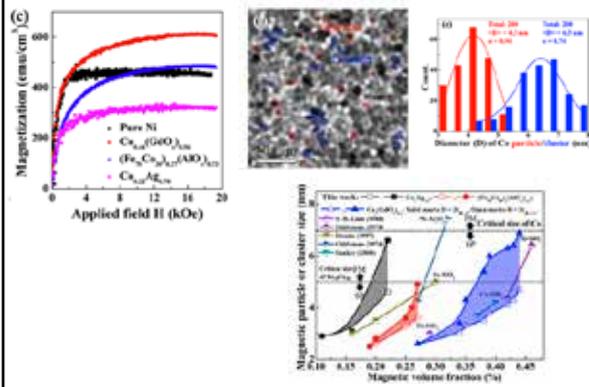
**謝辞**

観察に用いた垂直磁気記録媒体薄膜は、JX 金属(株)様からご提供いただきました。ここに感謝申し上げます。

### 交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の交流磁場中での磁壁移動イメージングの高周波化

(M2)大阪 飛翔<sup>1</sup>, (M1)成田 裕<sup>1</sup>, Jong-Ching Wu<sup>2</sup>, 齊藤 準<sup>1</sup>  
 秋田大理工<sup>1</sup>, 国立彰化師範大<sup>2</sup>

Y. Cao, P. Kumar, Y. Zhao, Y. Suzuki, S. Yoshimura, H. Saito, J. Magn. Magn. Mater. 462, 119(2018)



### はじめに

#### 【ソフト磁性材料】

- ・モーター用の磁心材料や高周波磁気デバイス等に広く使用される。
  - ・渦電流損失低減や磁区制御のために、表面処理されることが多い。
  - ・交流磁場中での磁区観察は特性向上を図る上で有用。
- (磁区サイズはμm~nm程度と大きいですが、磁壁は数100 nmと狭い)



パーマロイ・バターンド薄膜の磁気力顕微鏡像 (CoPtCr強磁性探針)

#### 【ソフト磁性材料の磁区観察法(研究室規模)】

|                | 磁気光学効果顕微鏡 | 磁気力顕微鏡                    | 交番磁気力顕微鏡          |
|----------------|-----------|---------------------------|-------------------|
| 磁区観察 (非侵襲性)    | ◎         | △<br>強磁性探針の漏洩磁場による磁区構造の乱れ | ○<br>超常磁性探針の使用による |
| 広い観察範囲         | ○         | ×                         | ×                 |
| 空間分解能 (磁壁構造観察) | ×         | △                         | ◎<br>試料表面近傍・観察可能  |
| 表面が非磁性の試料の観察   | ×         | ◎                         | ◎                 |
| 表面凹凸が大きな試料の観察  | ×         | ×                         | ◎                 |
| 高周波数・観察        | ◎         | ×                         | 本研究で検討を開始         |

### 交番磁気力顕微鏡を用いた磁壁構造イメージング (磁壁が静止している場合)

測定試料: パーマロイ・バターンド薄膜 (4 × 4 μm · 膜厚: 20 nm)

ネール磁壁

磁場像

磁壁の両端の磁極の極性が異なる

磁場強度像

磁壁中心部の磁場強度ゼロ

A-MFMのゼロ磁場検出によって磁壁タイプを判別することができた

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

### 交番磁気力顕微鏡を用いた磁壁移動イメージング

超常磁性探針の磁化曲線

- ・ヒステリシスなし
- ・保磁力ゼロ
- ・可逆磁化

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

$$\Delta k(t) = k_0 \cos(\omega_p t) \ll k_0$$

$$z(t) = \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin\left(\omega_p t + \frac{\Delta k_0}{m\gamma\omega_0} \cos(\omega_p t)\right)$$

$$\approx \frac{F_0}{m\gamma\omega_0} \sin\left(\omega_p t + \frac{\Delta k_0}{2m\gamma\omega_0} (\cos(\omega_0 t + \omega_p t) + \cos(\omega_0 t - \omega_p t))\right)$$

$$\Delta k(t) = \frac{\partial^2}{\partial z^2} (M_{sp}^0 \cos(\omega_p t) \cdot H_{sample}^{mfc})$$

$$\propto H_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} H_{2n+1}^0 \cos(n\omega_p t + \theta_{2n+1})$$

$$\Delta k(t) = \Delta k^0 + \Delta k_{2\omega_p}^0 \cos(2\omega_p t + \theta_{2\omega_p}) + \dots$$

パーマロイ・バターンド薄膜

磁壁移動イメージング (ω<sub>p</sub>成分) 【前回の報告】  
 交流磁場周波数: 89 Hz

### 本研究の目的

磁壁移動イメージングの高周波化を検討する。

#### 【方策】

- ・磁壁に印加する磁場の高強度化・高周波化
- ・試料面内方向への交流磁場印加電磁石の試作
- ・検出信号増大に向けた探針励磁法の変更 (交流磁場励磁→直流磁場励磁)



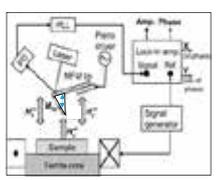
$$\Delta k(t) = \frac{\partial^2}{\partial z^2} (M_{sp}^0 \cos(\omega_p t) \cdot H_{sample}^{mfc}) \Leftrightarrow \Delta k(t) = M_{sp}^0 \frac{\partial^2 H_{sample}^{mfc}}{\partial z^2}$$

### 交番磁気力顕微鏡の観察条件 7/11

使用探針: **Co-GdOx超常磁性探針**(自作)  
 磁性膜厚 100 nm  
 測定雰囲気: 大気中

**【今回】**  
 試料励磁用・交流磁場源: 電磁石(面内磁場発生)  
 $H^{ac} = H_y^{ac} \cos(\omega_m t)$   
 $(H_y^{ac} = 0 \sim 300 \text{ Oe}, \omega_m / 2\pi = 89 \sim 5000 \text{ Hz})$   
 探針励磁用・直流磁場源:  
 フェライトコア(垂直磁場発生)  $H_z^{dc} = 300 \text{ Oe}$

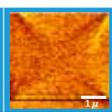
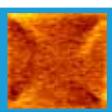
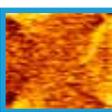
**【前回】**  
 探針および試料励磁用・交流磁場源:  
 フェライトコア  
 $H^{ac} = (H_y^{ac} e_y + H_z^{ac} e_z) \cos(\omega_m t)$

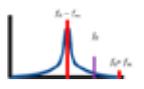



磁極間隔: 20 mm  
 フェライトコア  
 外径: 20 mm

【前回】 フェライトコア 外径: 40 mm

### 磁壁移動イメージングの高周波化(その2) 10/11

| 面内磁場の周波数で同期検波 |  |  |  |  |
|---------------|--|---|---|---|
| 面内磁場の周波数      | 2[kHz]   | 3[kHz]  | 4[kHz]  | 5[kHz]  |
| 面内交流磁場の大きさ    | 3[mT]  | 3[mT]   | 3[mT]   | 3[mT]   |



### 超常磁性探針の作製条件 8/11

使用探針母材: ピラミッド形状Si探針  
 (パネ定数: 40 N/m, 先端径: 5-7 nm)

ターゲット組成: Co (0.44) -GdOx (0.56) の  
 グラニューラー合金薄膜

成膜条件: DCマグネトロンスパッタリング (Co) : 130 W  
 RFマグネトロンスパッタリング (GdOx) : 100 W  
 Ar流量: 10 sccm  
 ターゲット基板間距離: 120 mm  
 磁性膜厚: 100 nm

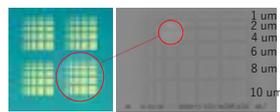
成膜方法  
 ・探針に対して、斜め方向からターゲットをスパッタリング  
 ・探針をセットするホルダーを回転させながら成膜する。

観察試料  
 パーマロイ・バターンド薄膜  
 (4 x 4 [μm], Ta 2[nm]/ py20 [nm]/熱酸化Si)



スパッタ装置

超常磁性探針の磁化曲線



### まとめ 11/11

| 項目                  | 磁気力顕微鏡 | 交番磁気力顕微鏡        |
|---------------------|--------|-----------------|
| 磁壁構造の観察             | △      | ○               |
| 磁壁移動の静止状態からの連続的な観察  | ×      | ○               |
| 交流磁場下での磁壁移動幅の観察     | ×      | ○<br>(直流磁場観察が主) |
| 交流磁場下での磁壁のピンポイントの検出 | ×      | ○               |
| ズームイン観察の容易さ         | △      | ○               |
| 高周波での磁壁移動観察         | ×      | ○<br>(~5kHz程度)  |

**今後の予定**

- ・高磁化ソフト磁性探針(FeCoB)を用いた高感度化の検討
- ・面内磁場発生用電磁石の高磁場化の検討

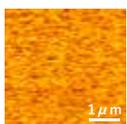
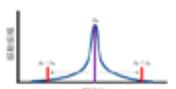
### 磁壁移動イメージングの高周波化(その1) 9/11

新規法で面内方向の周波数を変化させたときの磁場像

・面内磁場がない(周波数0 Hz)のとき

面内交流磁場: 0 Oe  
 垂直直流磁場: 300 Oe

面内交流磁場がないときには磁壁を検出できない

・面内磁場の周波数を変化させたとき

面内交流磁場: 300 Oe  
 垂直直流磁場: 300 Oe

面内磁場の周波数

89 Hz      500 Hz      1000 Hz



## 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2度は、強磁性・強誘電薄膜と金属強磁性薄膜との積層膜における電界印加による磁気転写を完全に実現するための高機能強磁性・強誘電薄膜を探索した。本結果は、電界駆動型磁気デバイスの実現可能性を更に広げるものである。

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>）および垂直磁気異方性を有する強磁性・強誘電(Bi,La)(Fe,Co)O<sub>3</sub>薄膜に対して、更に大きな飽和磁化（140 emu/cm<sup>3</sup>）を有する強磁性・強誘電(Bi,Nd)(Fe,Co)O<sub>3</sub>薄膜の作製に、更に大きな垂直磁気異方性を有する強磁性・強誘電(Bi,Gd)(Fe,Co)O<sub>3</sub>薄膜の作製に、それぞれ成功した。

### 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でき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。

2020年6月23日「International Conference on Photovoltaic and Material Science」での基調講演発表図面

1/29




**Development of high-functional and high-quality multiferroic thin films for application of high performance magnetic devices driven by electric field**

Satoru Yoshimura  
VIT Adjunct Professor (invited by Prof. S.Kalainathan)

Research Center of Advanced Materials for Breakthrough Technology,  
Graduate School of Engineering Science,  
Akita University, JAPAN

2/29



Class for post graduate students (June - September 2019)  
Total 17 hours

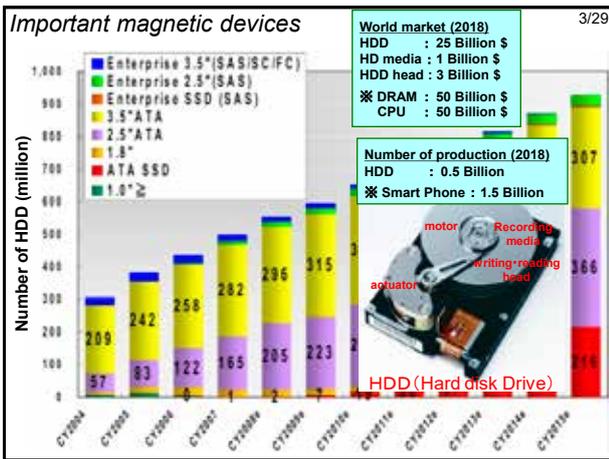
Presents from post graduate students at "Teacher's day"

Khurta

Class for B-Tec students  
Total 7 times

Writing session on studying abroad at Akita University

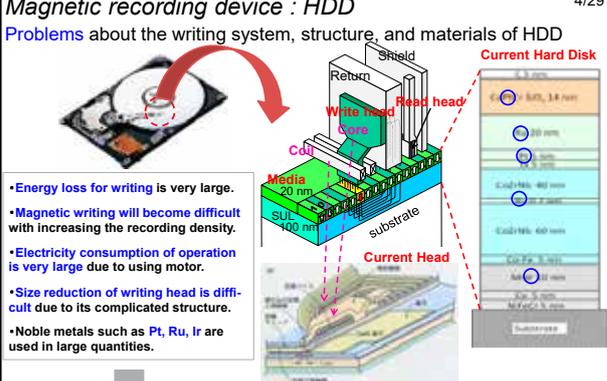
VIT VIT University, Vellore, Tamil Nadu 620014, India



4/29

### Magnetic recording device : HDD

Problems about the writing system, structure, and materials of HDD



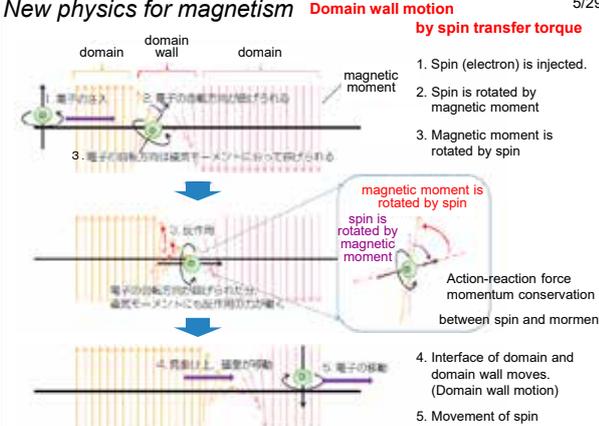
- Energy loss for writing is very large.
- Magnetic writing will become difficult with increasing the recording density.
- Electricity consumption of operation is very large due to using motor.
- Size reduction of writing head is difficult due to its complicated structure.
- Noble metals such as Pt, Ru, Ir are used in large quantities.

New magnetic recording devices (with new writing method, low energy consumption, and low cost) are needed.

5/29

### New physics for magnetism

Domain wall motion by spin transfer torque



1. Spin (electron) is injected.
2. Spin is rotated by magnetic moment
3. Magnetic moment is rotated by spin
4. Interface of domain and domain wall moves. (Domain wall motion)
5. Movement of spin

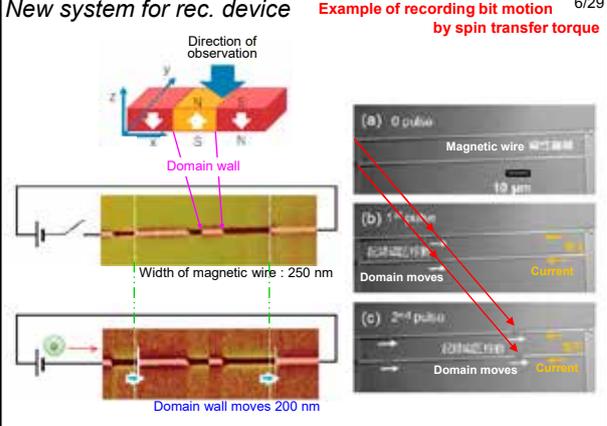
magnetic moment is rotated by spin

Action-reaction force momentum conservation between spin and moment

6/29

### New system for rec. device

Example of recording bit motion by spin transfer torque



Direction of observation

Domain wall

Width of magnetic wire : 250 nm

Domain wall moves 200 nm

(a) 0 pulse  
Magnetic wire 磁性導線  
10 μm

(b) 1st pulse  
Domain moves  
Current

(c) 2nd pulse  
Domain moves  
Current

**New magnetic recording device** 7/29  
**: Racetrack Memory** (proposed by IBM in 2008) **New physics : Spin transfer torque**  
*Observed in 2004*

**Merits**

- Media: wire structure (shock-resistant)
- ⇒ 3-D recording (large capacity (100Tbits))
- Domain motion: spin injection ⇒ motor free (low power consumption)

100 times larger for capacity  
1/100 smaller for consumption against HDD

**Problems**

- Writing: magnetic field by current (large consumption for writing) (difficult writing) (complex structure of element) (large number of elements)

**New writing method is needed**

I newly propose "magnetic writing by electric field" (New material for this is also needed)

**New material** Typical multiferroic material and its application 8/29  
 $(Bi,A)(Fe,B)O_3$

- $T_c$  (ferroelectricity) of  $BiFeO_3$ : 850 °C
- Spontaneous polarization : [111]
- $Bi_{1-x}Ba_xFeO_3, BiFe_{1-x}Co_xO_3$  have ferromagnetism

**Magnetic property**

**Electric property**

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

**Schematic image of magnetization switching of multiferroic material by electric field**

Top electrode

Bottom electrode

Top electrode

Bottom electrode

- very low (ideally zero) writing current << low electric consumption >>
- very simple element structure << low cost >>
- no noble metals << low cost >>

**New magnetic recording device** 9/29  
**: Racetrack Memory (with multiferroics material)**

**Merits**

- Media: wire structure (shock-resistant)
- ⇒ 3-D recording (large capacity (100Tbits))
- Domain motion: spin injection ⇒ motor free (low power consumption)

100 times larger for capacity  
1/100 smaller for consumption against HDD

**Problems**

- Writing: magnetic field by current (large consumption for writing) (difficult writing) (complex structure of element)

**Low consumption for writing**

**Easy writing**

**Simple writing element**

**Conception of High-performance Racetrack Memory** 10/29  
**with electric field writing method**

Many and small coils with core are not needed for this system. (Low electricity consumption, low cost because of no small coils.)

**Writing process :**

- The magnetization direction of multiferroic layer will be controlled by electric field.
- The magnetization direction of metallic ferromagnetic nano-wire will be controlled by magnetization of multiferroic layer through the transcription of magnetization.

**High performance magnetic memory will be realized by using multiferroic films.**

Patent No. 6573374

0. Finding problems and proposing of new system 11/29

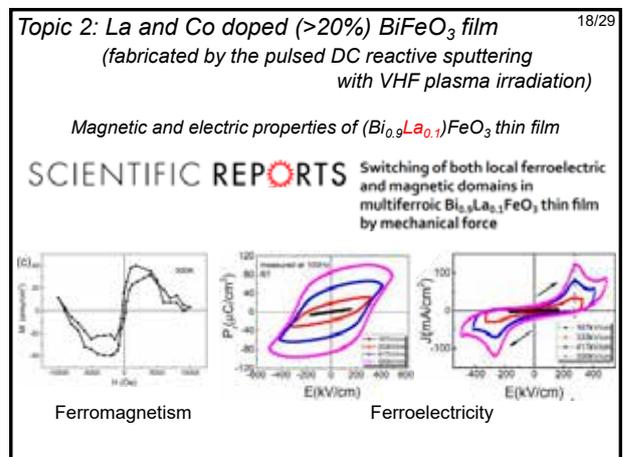
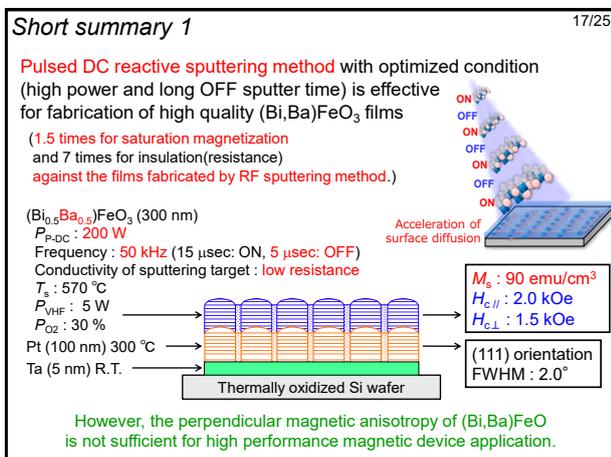
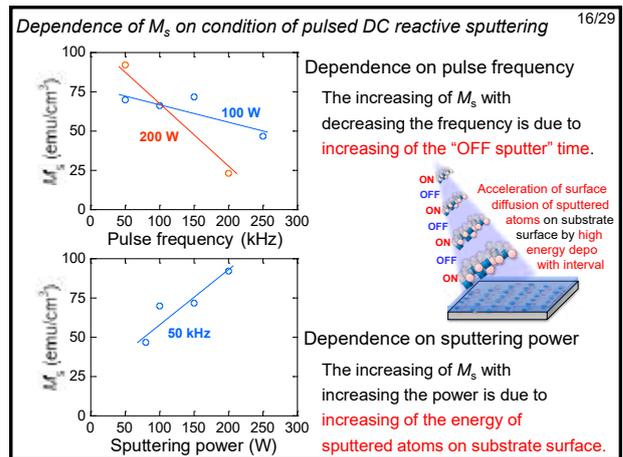
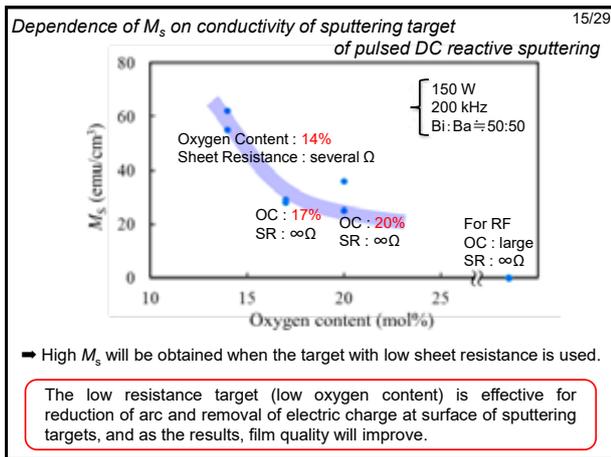
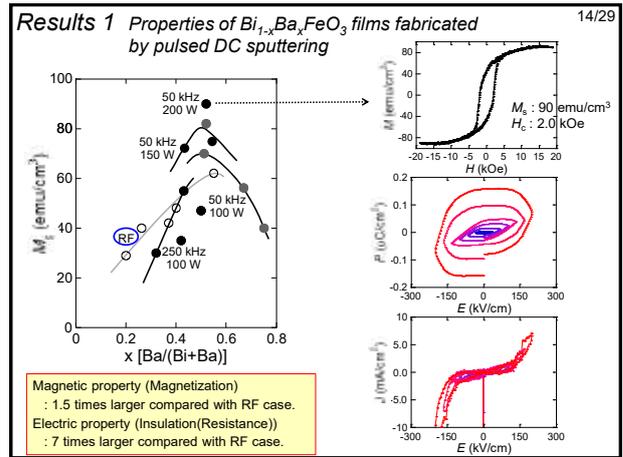
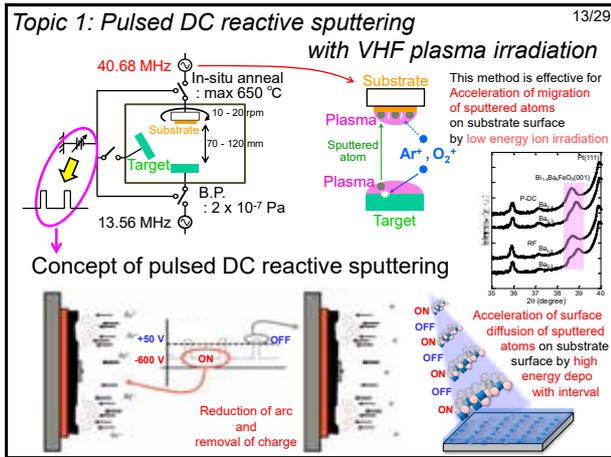
- To show the possibility of magnetic devices driven by electric field...

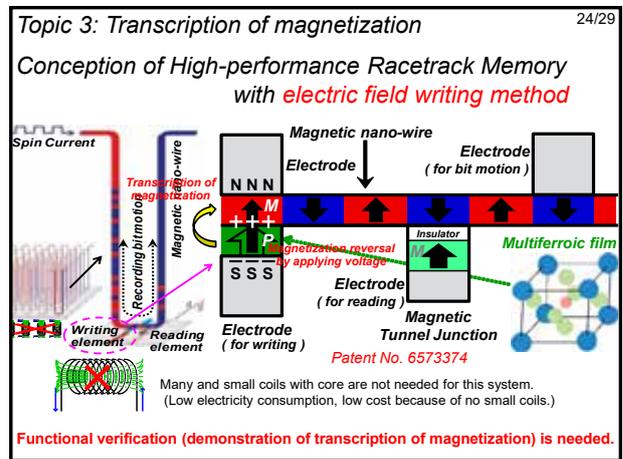
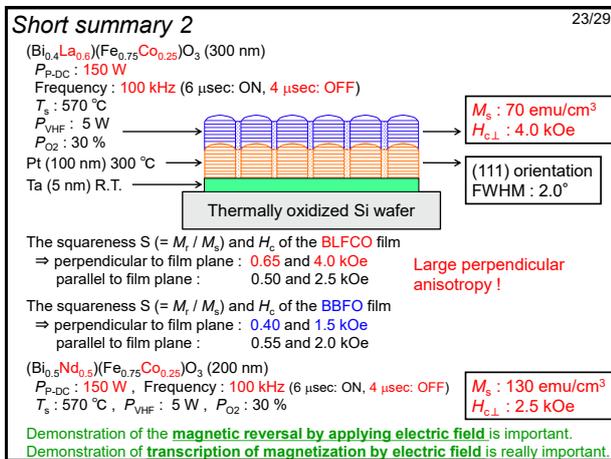
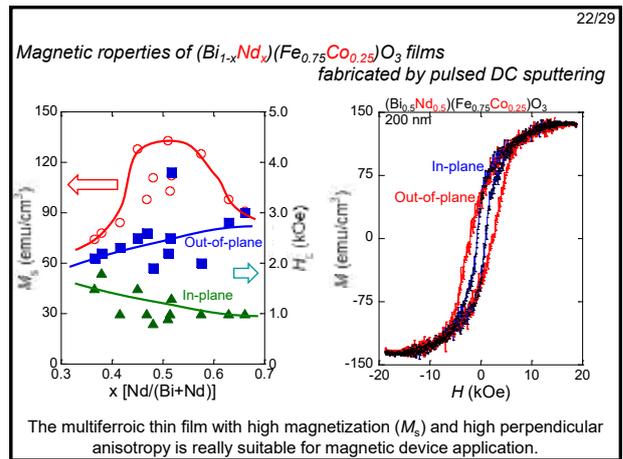
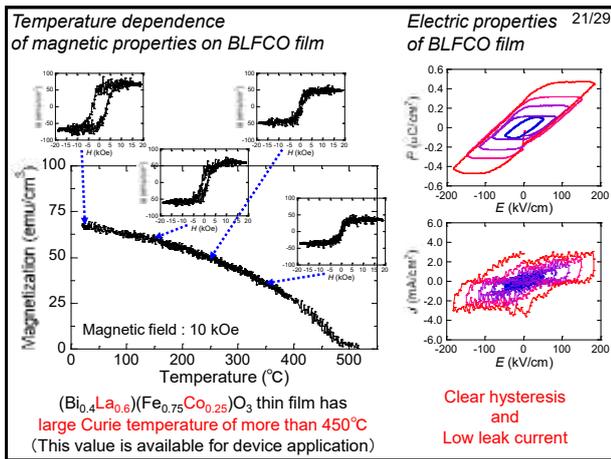
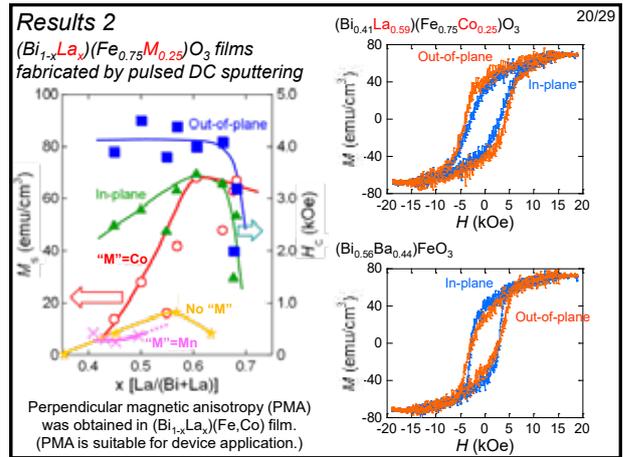
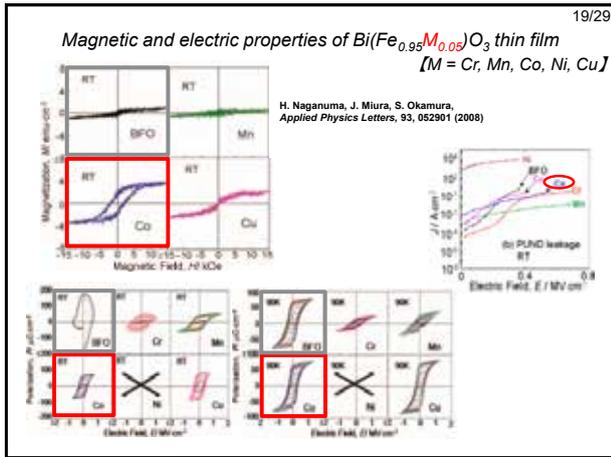
- Fabrication of high-qualified multiferroic films
  - < Ultra High Vacuum Sputtering System with VHF plasma irradiation process Pulsed DC reactive sputtering source >
- Research of materials for high magnetic properties
  - < New composition of  $BiFeO_3$ -based multiferroic material >
- Functional verification of magnetic devices
  - < Demonstration of local magnetization switching by electric field > and transcription of magnetization by electric field >
- Application to new optical magnetic device
  - < Design of new magnetic device system and measurement of magnetic Kerr effect >

**Ultra High Vacuum Sputtering System** 12/29  
**for fabrication of high-functioning films**

DC/VHF bias source, Clean room, Sputtering chamber, Load chamber, Transfer box, DC/RF sputtering source, TMP, RF, RF, Target, Substrate, In-situ anneal : max 600 °C, 10 - 20 ppm, 70 - 120 mm, B.P. :  $2 \times 10^{-7}$  Pa, 13.56 MHz (RF), Target, turn table for targets, Sputtering cathode

Base Pressure :  $2.0 \times 10^{-7}$  Pa  
 10 targets for one cathode + 1 target for co-sputtering  
 Process gas : Ar, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> (impurity level < 10 ppb)  
 Maximum substrate temperature : 600 °C







# TiO<sub>2</sub>とハイドロキシアパタイトの複合化による 新規光触媒材料の創製

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、環境浄化に有用な TiO<sub>2</sub> 系光触媒の開発を目的とし、水中で形成された TiO<sub>2</sub> (P25) /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>) 凝集体の気相中での NO<sub>x</sub> 分解反応に対する光触媒活性を評価した。P25/HAp 比を最適化した凝集体は 290 nm および 400 nm より長波長域の照射下においてそれぞれ基準光触媒として知られる P25 の 2.1 および 2.7 倍の光触媒活性を示した。これは粒子間電子移動に基づく P25 における電荷再結合の抑制に起因することが示唆された。

キーワード：環境浄化・光触媒・酸化チタン・ハイドロキシアパタイト

## 独自性・実用性：

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

【論文】“Ni-doped protonated layered titanate/TiO<sub>2</sub> composite with efficient photocatalytic activity for NO<sub>x</sub> decomposition reactions”, K. Saito, S. Oriyasa, Y. Asakura, Y. Ide, Y. Sugahara, M. Ogasawara, S. Yin and S. Kato, *International Journal of Photoenergy*, 2021, 8847956 (2021).

【招待講演】“高活性な光触媒の設計に向けた層状チタン酸塩の構造/形態制御”，齊藤寛治，産業技術総合研究所化学プロセス研究部門主催第 38 回 ClayTeam セミナー，フルオンライン開催，2020 年 11 月 20 日

## 1. 緒言

持続可能な発展や公衆衛生への関心の高まりから、光エネルギーを駆動力として温和な条件下で有用な化学反応を促進させる半導体光触媒材料の開発が注目を浴びている。TiO<sub>2</sub> は紫外光照射下で高い光触媒活性を示すことから、化学的安定性や低価格もあいまって盛んに研究されている半導体光触媒の一つであり、抗菌・抗ウイルス等の分野では実用化されている。しかしながら TiO<sub>2</sub> の光触媒活性には依然として向上の余地が残されており、重要な活性因子の一つとされる電荷再結合（励起電子および正孔の結合）抑制の観点から、粒子形態・結晶構造の制御が活発に行われてきた。とりわけ TiO<sub>2</sub> の

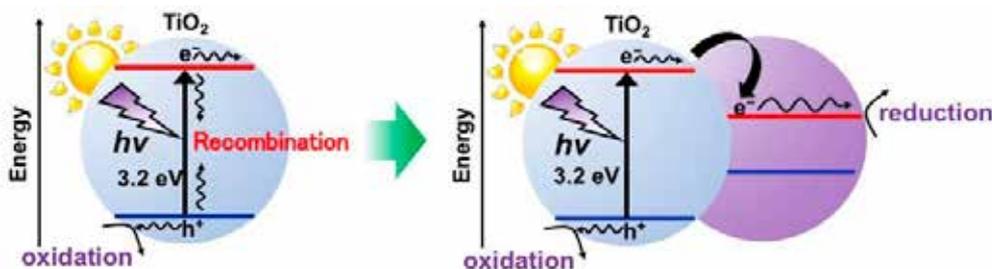


Fig.1 異種半導体との複合化による TiO<sub>2</sub> における電荷再結合抑制のスキーム。

代表的な多型であるアナターゼ（準安定相）とルチル（高温安定相）間の界面形成は粒子間電荷移動と電荷再結合の抑制に有効であることが知られており、アナターゼの焼成といった手法によるアナターゼ/ルチル複合体の調製が報告されている。代表的なアナターゼ/ルチル複合体の一つとして知られる P25 は、その比較的高い光触媒活性からしばしば基準光触媒として用いられる。

TiO<sub>2</sub> を適切な電子構造を有する異種の半導体と複合化すると、TiO<sub>2</sub> から異種半導体への電荷移動により電荷再結合が抑制され、TiO<sub>2</sub> の光触媒活性が向上することが知られている（図 1）<sup>1)</sup>。他方、層状粘土鉱物といった材料との複合化が TiO<sub>2</sub> 表面近傍への反応基質の濃集と光触媒活性向上に有効である場合がある。骨や歯の主成分として知られるハイドロキシアパタイト（HAp）は、TiO<sub>2</sub> の励起電子を受容可能な電子構造<sup>2)</sup>を有する安価で安全性の高い半導体材料であり、またタンパク質などの有機物の吸着能に優れることから、主に抗菌・抗ウイルス材料への応用を念頭に TiO<sub>2</sub> との複合化が試みられてきた。従来、両者の間に界面構造を形成する手法としては、予め調製した TiO<sub>2</sub> 粒子を溶媒中に分散させ、HAp を TiO<sub>2</sub> 粒子上に成長させる、もしくはその逆の方法が用いられる場合が多かったが、最近我々はある pH 条件下では P25 粒子と HAp 粒子が自発的に凝集し界面を形成するとともに、この凝集体が比較的短時間で沈降することを見出した。本研究では、水中から回収した凝集体の NO<sub>x</sub> 分解反応に対する光触媒活性を評価するとともに、光触媒活性向上を目的として P25/HAp 比の最適化を行った。

## 2. 実験方法

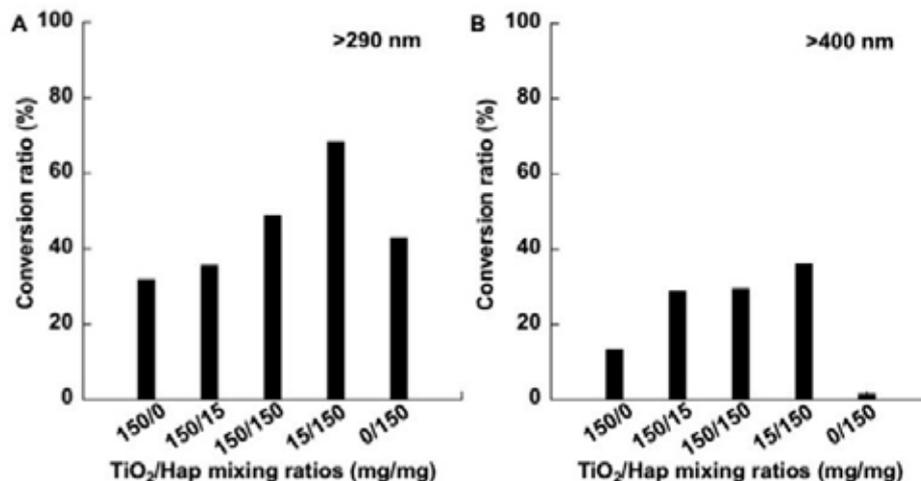
HAp は、既報<sup>3)</sup>に従い沈殿法により調製した。Ca(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O および KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> をモル比で 9.8:6 となるよう水 800 mL に加え懸濁させ、4 mol/L HNO<sub>3</sub> 水溶液を 16.5 mL 加え溶解させた後、2 mol/L KOH 水溶液を 59.5 mL 加え pH を 12.5 に調整した。沈殿物を 60°C で 24h 熟成した後濾過により分離し、300 mL の水で 5 回洗浄した後に 60°C で一晩乾燥した。P25 および HAp を異なる重量比 (mg/mg) で水 30 mL に加え、超音波照射により分散後、マグネチックスターラーを用いて 1.5 h 攪拌した。攪拌を停止した後、デカンテーションにより凝集体を水から分離し、常温・常圧下で数日間乾燥した。P25、HAp または凝集体の光触媒活性は気相中での NO<sub>x</sub> 分解反応で評価した。粉末試料を充填したガラスフォルダを窓付きの密閉容器内に設置し、1 ppm の NO<sub>x</sub> ガスを流通させながら全光 (λ>290 nm) もしくは可視光 (λ>400 nm) を照射した。光照射後の NO<sub>x</sub> 濃度を窒素酸化物自動計測器で測定することで NO<sub>x</sub> 分解量を見積もった。界面を介した励起電子移動を評価するため、凝集体上に光析出した Pt 粒子の位置を調査した。P25 (200 mg) もしくは HAp (200 mg) および P25 (200 mg) をメタノール水溶液 (25 vol%, 50 mL) に分散し、P25 に対して 1 wt% となるように [Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]Cl<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O を加え、マグネチックスターラーで攪拌しながら光 (λ>290 nm) を照射した。遠心分離により沈殿物を上澄み液から分離し、水 35 mL に再度分散した後、遠心分離により上澄みを除去した。この洗浄操作を 2 回行った後、沈殿物を常温常圧下で乾燥し、透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察した。

## 3. 結果と考察

Fig. 2A に異なる P25/HAp 混合比 (mg/mg) で得られた凝集体の全光 (λ>290 nm) 照射下における NO 転化率を示す。P25 単体を用いた場合 NO 転化率は 31.8% であった。TiO<sub>2</sub> による NO 分解には、励起電子および正孔が H<sub>2</sub>O や O<sub>2</sub> と反応することで生成する活性種が関与することが知られており、反応は下記の式(1)-(5)のように進行すると考えられている<sup>4)</sup>。



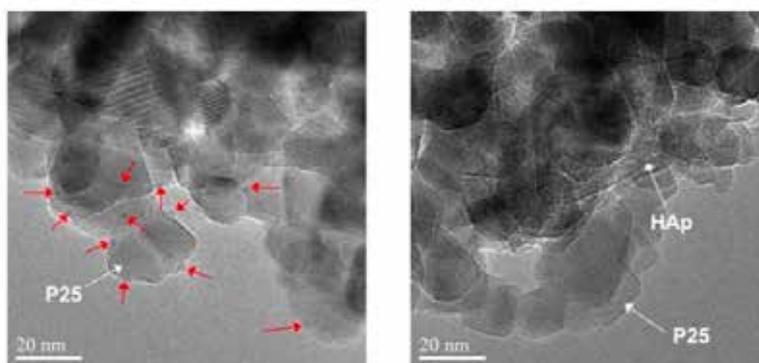
HAp 単体の場合には 43% の NO 転化率が見られ、これは紫外光照射に伴う PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> の電子構造変化と O<sub>2</sub><sup>-</sup>・生成に起因するものと考えられる<sup>5)</sup>。一方、凝集体の場合いずれの混合比においても P25 と HAp それぞれを単体で用いた場合と比較し高い NO 転化率が見られ、P25/HAp 混合比が 15/150 (mg/mg) の際に最も高い NO 転化率 (68.3%) が見られた。この値は、これまでに報告された高活性な TiO<sub>2</sub> 系光触媒の NO 転化率に匹敵する<sup>4)</sup>。Fig. 2B に示すように、可視光 (λ>400 nm) 照射下における P25 単体を用いた



**Fig. 2** 異なる P25/HAp 混合比 (mg/mg) で調製された凝集体を用いた際の NO 転化率; (A) 全光 ( $\lambda > 290$  nm) および (B) 可視光 ( $\lambda > 400$  nm) 照射下.

際の NO 転化率は 13.4%と、全光を照射した場合と比較し約 42%に低下した。また、HAp 単体の場合にはほぼ NO 転化は見られなくなった。可視光照射下においても両者の複合化の効果は見られ、全光の場合と同様に P25/HAp 混合比が 15/150 (mg/mg) の際に最も高い NO 転化率 (36.1%) が見られた。全光および可視光のいずれを照射した場合にも見られた P25 と HAp の複合化による NO 転化率の増大は、P25 の励起電子が HAp の欠陥準位にトラップされ、P25 における電荷再結合が抑制されたことによる可能性がある。ゾルゲル法により調製された TiO<sub>2</sub> 微粒子と市販 HAp 粒子の物理混合による同様の NO 転化率増大がこれまでに報告されている<sup>9)</sup>。

Fig. 3 に P25 単体、もしくは P25 および HAp の両方を含む [Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]Cl<sub>2</sub> 水溶液に光 ( $\lambda > 290$  nm) を照射し回収した固体の TEM 像を示す。P25 単体に光照射した場合には P25 粒子上に微粒子が確認され、これは P25 の励起電子との反応により生成した金属 Pt と考えられる。一方、P25 と HAp の凝集体の場合には、P25 粒子上に Pt 微粒子が確認できなかった。これは、粒子界面を介し P25 の励起電子が HAp へと移動したことを示唆する。以上より、水中での混合により形成された P25 と HAp の凝集体が、気相中での NO<sub>x</sub> 分解反応に対し高い光触媒活性を示すことが明らかとなり、これは P25 から HAp への励起電子移動と P25 における電荷再結合抑制に起因することが示唆された。



**Fig. 3** (左)P25 単体もしくは(B)P25 および HAp の両方を含む [Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]Cl<sub>2</sub> 水溶液に光 ( $\lambda > 290$  nm) を照射し、回収した固体の TEM 像. 赤色の矢印は P25 に担持された Pt 微粒子を示す.

【参考文献】

- 1) R. Marschall, *Adv. Funct. Mater.*, **24**, 2421 (2014).
- 2) J. Yao et al., *RSC Adv.*, **7**, 24683 (2017).
- 3) S. Kato, et al., *J Solid State Chem.*, **265**, 411 (2018).
- 4) K. Saito, et al., *Int. J. Photoenergy*, **2021**, 8847956 (2021).
- 5) H. Nishikawa, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **206**, 331 (2003).
- 6) T. Giannakopoulou, et al., *Mater. Sci. Eng. B*, **177**, 1046 (2012).

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

キーワード：ダイヤモンド皮膜，燃焼炎，界面はく離，タングステンカーバイド

## 実用性：

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

## 緒言

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

著者らは、CVD法の一つであり、大気中でアセチレン-酸素の省エネルギー型燃焼炎によるダイヤモンド合成に着目してきた。燃焼炎法は、様々な工業的に有利な特長を有しており、この燃焼炎によるダイヤモンド合成法を用いて、モリブデン（Mo）基板表面上にダイヤモンド皮膜の合成を試みてきた<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着目した。この際、ダイヤモンド粒子の粒径を過去の研究で用いてきた粒径よりもさらに小さい粒子を用いて種付け処理を行い、燃焼炎法によりダイヤモンドの合成を行ってきた。ここで、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い、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。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。

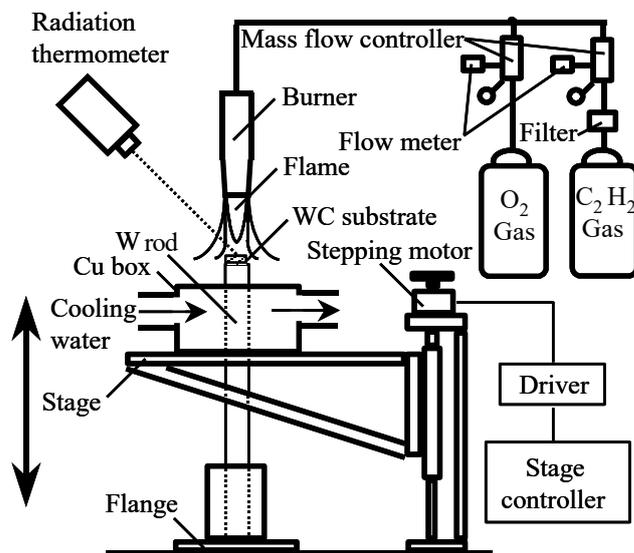


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

### 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 [ $cm^3/s$ ] |
| $O_2$ Flow rate, $F_o$        | 63.8 [ $cm^3/s$ ] |
| Flow ratio, $R_f = F_o / F_a$ | 0.90              |

また、WC 基板表面の前処理による基板表面形態の変化が、合成された皮膜のはく離に影響を及ぼすと考え、前処理として化学処理<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 3, 5 min, 酸溶液による処理を 10 sec として前処理を行った基板上に合成を行った。この際、Murakami 溶液による処理を 3 min としたものを Case A, Murakami 溶液による処理を 5 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 | 3 [min]                                 | 10 [sec]                           | 0.125 [ $\mu m$ ]           |
| Case B | 5 [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、過去の研究において、種付け処理に用いてきたダイヤモンド粒子の粒径を 0.250  $\mu m$  としてきたが、本研究では、粒径をさらに小さい 0.125  $\mu m$  の粒子に変更し、20  $cm^3$  のアセトンに 0.10 g のダイヤモンド粒子を含んだペーストを溶かした懸濁液 0.005  $g/cm^3$  中に基板を挿入し、30 分間超音波洗浄器で種付け処理を施した。

合成において、2段階合成法を用いて合成を行う際、図2に示すようなアセチレン-酸素の燃焼炎中の白心からWC基板表面までの距離（白心距離） $d$ を変化させてダイヤモンド合成を行った。この際、表3に示すように白心距離を各段階において変化させて合成を行った。この白心距離が変化すると、ダイヤモンド皮膜を合成することが可能な領域である内炎の部分に変化し、合成された皮膜および界面はく離に影響を及ぼすことがわかっている<sup>2)</sup>。

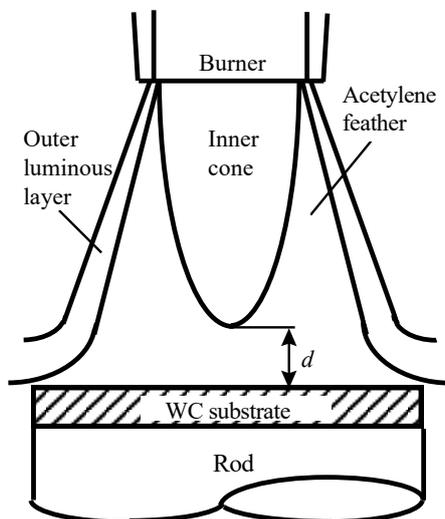


Fig. 2 Distances of the flame inner cone from WC substrate.

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、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、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上に皮膜が残っている状態である。半はく離とは、皮膜が基板上に半分以上残っている状態である。はく離とは、はく離が発生し基板上に皮膜がほとんど残っていない状態である。また、異常成長とは皮膜の結晶が成長し過ぎた状態である。表4から、Case A, Bにおいて、はく離は発生しなかった。このことから、本実験条件においては、完全にはく離を抑制することができた。

次に、合成した皮膜の物質の特定を行うためX線回折装置(XRD)システムを用いて特定を行った。ここで、Case Bで合成された皮膜のXRD結果を図3に示す。図より、合成された皮膜は、ダイヤモンドの存在を示すダイヤモンド(111), (220)面のピークを確認することができ、ダイヤモンドが合成されていることがわかる。

また、前処理を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1.71  $\mu\text{m}$ 、Case Bで合成された皮膜表面の $R_a$ は2.14  $\mu\text{m}$ 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。

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

|                   | Case A  | Case B  |
|-------------------|---------|---------|
| Non delamination  | 100.0 % | 100.0 % |
| Half delamination | 0.0 %   | 0.0 %   |
| Delamination      | 0.0 %   | 0.0 %   |
| Abnormal growth   | 0.0 %   | 0.0 %   |

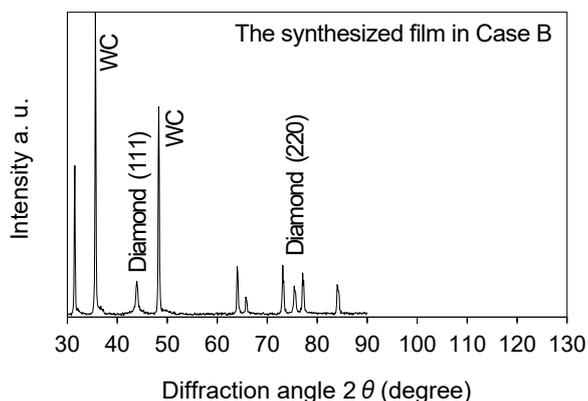


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case B.

以上のことから、ダイヤモンド皮膜合成の前処理である種付け処理を行う際のダイヤモンド粒子の大きさを小さくし、前処理としての化学処理の時間を変え基板表面の形態を変化させた 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結果、基板表面の形態が変化することで、合成された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。

### 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、前処理として化学処理の時間を変え基板表面の形態を変化させた基板の上にダイヤモンド合成を行った結果、合成ダイヤモンド皮膜の表面粗さに影響を及ぼすことがわかった。

### 参考文献

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

## 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>, 北村 優弥<sup>2</sup>, 菅原 勝康<sup>1</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：超音波照射を用いて合成した 10 μm 程度の粗大なスコロダイト粒子および 1 μm 以下の微細な粒子が集まった房型のスコロダイト粒子を合成した。それら粒子をアルカリ処理することによってマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )の合成を行った。XRD 結果から、どちらの出発原料を用いた場合も  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の合成が確認できた。これら得られた  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の充放電測定を行ったところ、放電容量は粗大なスコロダイトから得られたものは 145 mAh/g (2 サイクル目)を示し、微細なスコロダイトから得られたものは約 150 mAh/g を示した。この合成方法を利用することで、二次電池として充放電が可能な、ナノ粒子の  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  が得られることがわかった。また、出発原料のサイズが電池特性に影響することがわかった。

キーワード：スコロダイト，鉄，マグヘマイト，超音波，リチウムイオン電池

### 独自性・実用性：

本研究グループでは、電池材料をはじめ、機能性材料等を超音波による物理作用および化学作用を選択的に利用することで粒径を制御して、材料を合成する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制御に超音波を使用しています。

本研究に関する論文

1. Kotaro Yoshida, [Hirokazu Okawa](#), Yuki Ono, Takahiro Kato and Katsuyasu Sugawara: Sonochemical synthesis of Au/Pd nanoparticles on the surface of LiFePO<sub>4</sub>/C cathode material for lithium-ion batteries, *Japanese Journal of Applied Physics*, **60**, SDDD06-1-4 (2021).
2. Yuya Kitamura, [Hirokazu Okawa](#), Kozo Shinoda, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara, and Shigeru Suzuki: Synthesis of Porous  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  via Alkaline Treatment of Size Controlled Scorodite Particles Synthesized Using Ultrasound Irradiation and Its Evaluation as a Cathode for Lithium-Ion Battery, *Japanese Journal of Applied Physics*, **58**, SGGD03-1-7 (2019).
3. Yasuyuki Tanaka, [Hirokazu Okawa](#), Yuki Ono, Turtogtokh Enkhtuya, Tsermaa Galya, Takahiro Kato, and Katsuyasu Sugawara: Effect of Ultrasound Irradiation on Deposition of Au nanoparticles on Carbon-coated cathode material, *Japanese Journal of Applied Physics*, **58**, SGGD17-1-6 (2019).
4. [大川浩一](#)，小野裕貴，田中康之，加藤貴宏，菅原勝康: LiFePO<sub>4</sub>への金ナノ粒子の超音波合成およびその電池特性, *粉体工学会誌*, **56**(3), 117-122 (2019).

## 1. はじめに

リチウムイオン電池は、モバイル機器のように小型なものから、電気自動車の駆動用電源、再生可能エネルギーの電力貯蔵など大型のものまで、利用範囲が広がっている。特に定置型の設置スペースにある程度ゆとりがある場合、これまでの小型電池で使用してきた  $\text{LiCoO}_2$  のような高価な材料から、より安価で資源的に豊富な鉄系材料を用いることが望まれ、研究がなされている。その一つであるマグヘマイト( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )は、これまで充電ができないため二次電池用材料として適さなかったが、ナノ粒子化することで、充電ができることが報告されている[1]。近年、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  ナノ粒子を得る方法の一つとして、結晶性のスコロダイト( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )やストレンジャイト( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )をアルカリ溶液に添加し、溶解析出にて  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  ナノ粒子を簡易に合成する方法が報告されている[2,3]。この方法で得られる粒子は、原料粒子の形状を保持した  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  ナノ粒子から構成される多孔質体である。原料粒子のサイズや形状は、見かけ上の溶解速度に影響を与える要因と考えられる。特に、球形の粒子の場合、粒子の表面から内部にかけて均一に溶解が進行するため、粒子のサイズや形状がそろった  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  が合成できると考えられる。通常、結晶性のスコロダイト粒子は多面形の形状を有しているが、pH 0.5 以下の硫酸強酸性溶液下にて攪拌を用いて合成を行うことで、球形のスコロダイト粒子が得られると報告されている[4]。しかしながら、合成される球形粒子は、10  $\mu\text{m}$  以下から 30  $\mu\text{m}$  程度の広いサイズ範囲の粒子が混在した不均一粒子である。均一な球形粒子を得るためには、結晶核の生成時期と結晶核数を制御する必要がある。以前の我々の研究では、pH 2.0 の硫酸酸性溶液下にて超音波の凝集作用を用いて、形成する結晶核数を制御することで、粒子サイズを制御したスコロダイトの合成を可能にしている[5,6]。そこで、超音波照射を用いることで粒径がそろった球形のスコロダイトの合成を検討するとともに、粒子のサイズや形状を変えたスコロダイトを原料とした場合の  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の合成およびそのサイズや形状に与える影響を調べた。さらに合成した  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  のリチウムイオン電池用正極材料としての特性を評価した。今回は、超音波を用いて合成した 10  $\mu\text{m}$  のスコロダイト粒子を原料として用い、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の合成とその電池特性を調べた。また、4  $\mu\text{m}$  以下のスコロダイト粒子を原料として用いた場合も紹介する。

## 2. 実験方法

反応溶液である Fe(II)-As(V)酸性溶液(50 ml, pH 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。超音波照射には出力が 200 W の多周波超音波発生装置(TA-4021; KAIJO)と 200 kHz の超音波振動子(KAIJO)を用いて行った。水槽に投込み型の 200 kHz 振動子を置き、その直上に作製した Fe(II)-As(V)溶液が入ったビーカーを設置した(Fig. 1)。超音波は、酸素ガス流入下(100 ml/min)にてビーカーの底部から間接的に 3 時間照射した。得られた生成物は、粉末 X 線回折(XRD, Ultima IV; Rigaku)測定、電子顕微鏡(SEM, TM-1000; Hitachi)観察を行った。合成したスコロダイトを NaOH 溶液中に添加し、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  を得た。エネルギー分散型蛍光 X 線(XRF, EDX-7000; Shimadzu)測定、XRD 測定にて、特性を評価した。また、電池特性は定電流充放電測定装置を用いて行った。

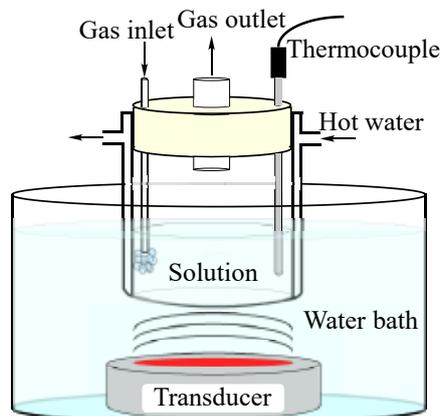
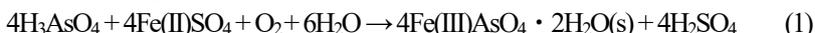


Fig. 1 Schematic of the experimental apparatus [7]

### 3. 結果と考察

スコロダイトは、Fe(II)と As(V)を含む硫酸酸性溶液を酸化・加熱することで反応初期に Fe(II)を含む前駆体が生成する。この前駆体の Fe(II)をさらに酸化することでスコロダイトが生成する(式 1)[8]。



以前の我々の研究では、pH 2.0の硫酸酸性溶液(70 °C)に超音波を3時間連続的に照射することで、10 μm程度の粗大な多面形スコロダイト粒子を合成している[6]。粗大粒子の合成における超音波の寄与は、主に下記の2点である。①反応初期に生成する前駆体の凝集を促すことで、結晶核となる前駆体数を減少させる。②超音波照射によって生成する酸化体(OH ラジカル)が前駆体[Fe(II)-As(V)]の酸化を促進(式 2)する。その結果、結晶核あたりの溶質供給量を増加させることで粗大なスコロダイト粒子を合成した[5]。



Fig. 2 に生成物の XRD 測定結果を示す。得られた生成物は、PDF No. 00-037-0468 のスコロダイトを示した。

Fig. 3 に合成したスコロダイト粒子の SEM 観察結果を示す。スコロダイト粒子は、多面形の形状で 10 μm 程度のサイズを有していた。

スコロダイトをアルカリ処理することで、ヒ素と鉄が溶出し、鉄はその場で  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  として析出する。そこで、アルカリ処理前後の試料中の Fe と As の存在を XRF 測定にて確認した。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。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ことに起因していると考えられる。次にアルカリ処理によって得られた生成物の XRD 測定結果を Fig. 4 に示す。XRD ピークからアルカリ処理後の生成物は、マグヘマイトであると考えられる。アルカリ処理により生成する  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  はナノ粒子であるため、結晶性が低いことが報告されている[3]。そのため、XRD のピークはブロードであったと考えられる。最後に、得られた  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の充放電測定(測定電圧範囲 4.0–1.5 V)を行ったところ、放電容量は 145 mAh/g (2 サイクル目)を示し、二次電池として充放電が可能であることがわかった。

次に、粒子サイズがより小さいスコロダイト粒子( $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )を出発原料として用いて、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の合成を行うことで、電池特性の向上を検討した。pH 0.5 の硫酸酸性溶液(70 °C)に超音波を3時間連続的に照射することで得られたスコロダイト粒子の形状を Fig. 5(a)に示す。先ほどまでの多面形のスコロダイト粒子とは異なり房型のものが得られた[9]。それをアルカリ処理した後の SEM 写真を Fig. 5(b)に示す。アルカリ処理後も外観は、処理前のものと似ているが、粉末 XRD 測定の結果、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の生成が確認された。この電池特性を確認したところ、1 サイクル目で 150 mAh/g 以上の値が確認され、多孔質のものから得たものよりも、良好な値を示した。このことから、原料粒子のサイズや形状を変化させることで、電池特性の異なるものが得られることが明らかになった。今後は、形状や結晶化度などにも着目しながら、研究を続ける予定である。

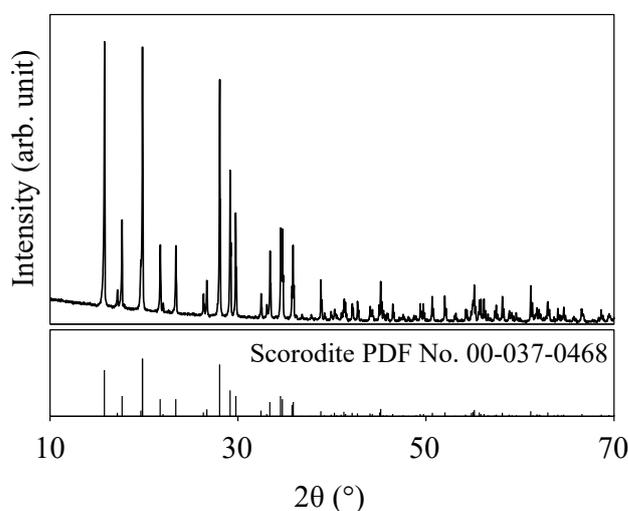


Fig. 2 XRD pattern of sample synthesized using ultrasound irradiation at 70°C for 3 h with O<sub>2</sub> gas flow [7]

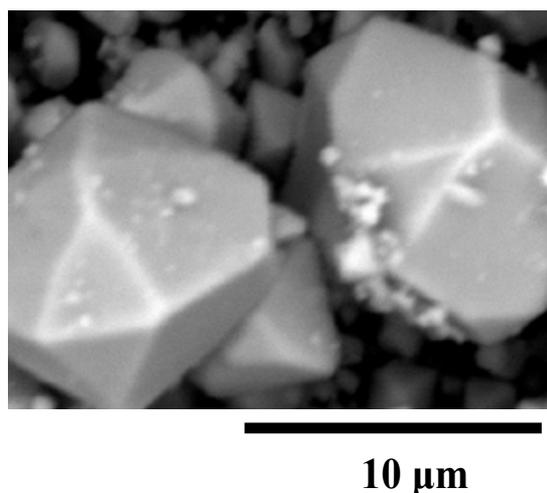


Fig. 3 SEM image of scorodite particles synthesized using ultrasound irradiation for reaction solution of pH 2.0 [7]

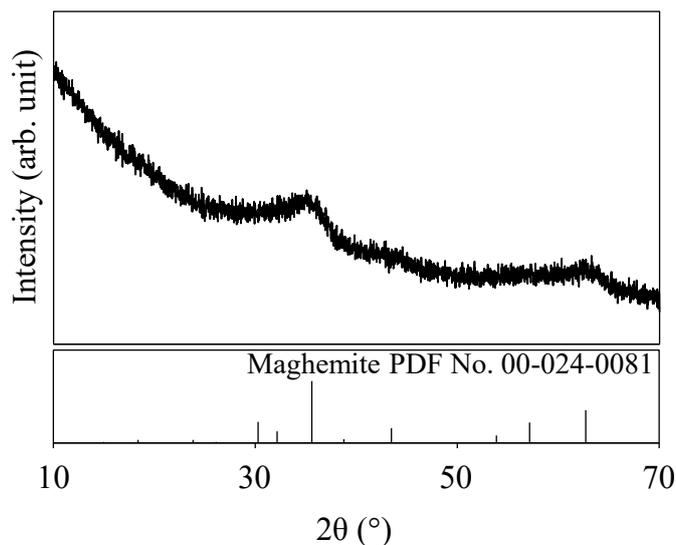


Fig. 4 XRD pattern of sample after alkali treatment [7]

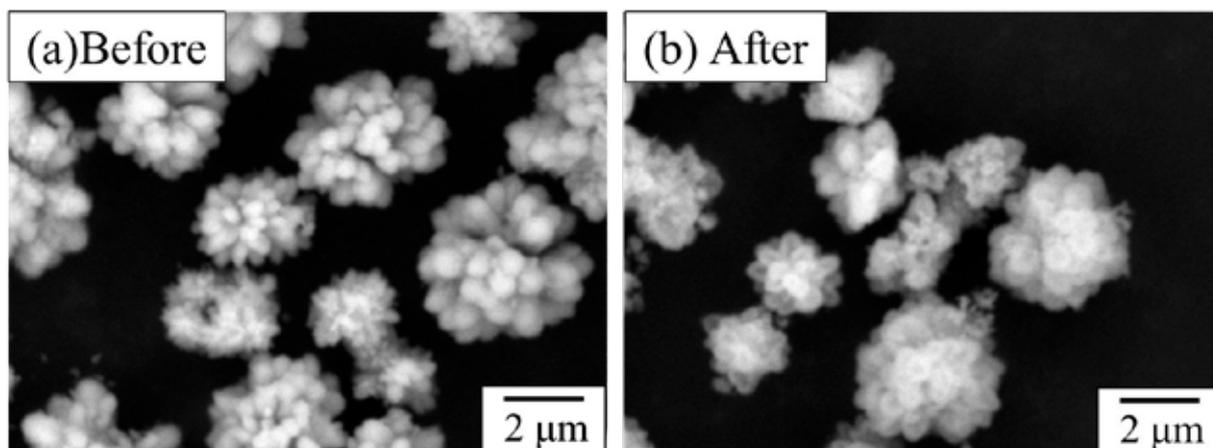


Fig. 5 SEM images of (a) scorodite particles synthesized using ultrasound irradiation for reaction solution of pH 0.5 and (b)  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  particles synthesized from scorodite particles using NaOH solution [9]

### 謝辞

本研究は科学研究費補助金 20K22321 の助成を受けたものです。

### 文 献

1. S. Kanzaki, et al.: *J. Power Sources* **146** (2005) 323.
2. T. Nakamura, et al.: Japanese patent publication 083719 (2010).
3. T. Tanno et al.: *High Temp. Mater. Processes* **30** (2011) 305.
4. T. Fujita et al.: *Hydrometallurgy* **96** (2009) 189.
5. Y. Kitamura, et al.: *Jpn. J. Appl. Phys.* **54** (2015) 07HE12.
6. Y. Kitamura, et al.: *Ultrason. Sonochem.* **35** (2017) 598.
7. Y. Kitamura, et al.: *Proc. 39th Symp. Ultrasonic Electronics (USE2018)*, 2018, 3P4-7.
8. K. Shinoda, et al.: *Mater. Trans.* **50** (2009) 1196.
9. Y. Kitamura, et al.: *Jpn. J. Appl. Phys.* **58** (2019) SGGD17.

## 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

北村 優 弥<sup>1</sup> , 大川 浩 一<sup>2</sup> , 菅原 勝 康<sup>2</sup>

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

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

概要：温暖化対策の技術として、二酸化炭素の地中貯留(CCS)の実用化が期待されている。火力発電所などから排出されるガスから二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の回収にはモノエタノールアミン(MEA)が使用される。しかしながら、CO<sub>2</sub>を脱離する際に120°Cで加熱する必要がある。水溶液中におけるCO<sub>2</sub>は、pHによって溶存CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>(aq))やイオン(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)にその形態が変化し、超音波の脱気作用は溶存CO<sub>2</sub>に対して有効である。先行研究では、CO<sub>2</sub>(aq)としての存在割合が小さくなり、脱離が困難になるpH 8.2のMEA溶液に対して、塩化カルシウムを添加し、超音波照射または攪拌を行うことで、添加しない場合と比べてCO<sub>2</sub>の脱離率が向上した。本研究では、塩化カルシウムを用いたpH 8.2のMEA溶液からのCO<sub>2</sub>の脱離機構を検討するとともに、生成する炭酸カルシウムの特性を調べた。

キーワード：CCS, 二酸化炭素, モノエタノールアミン, 超音波, 炭酸カルシウム

### 独自性・実用性：

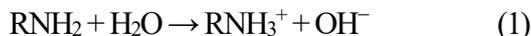
超音波の化学作用と物理作用を選択的に利用することで、粒径制御などの研究を行っています。本研究では、塩化カルシウムと二酸化炭素を吸収したモノエタノールアミン溶液への超音波照射による迅速な二酸化炭素の低温脱離を検討するとともに、生成した炭酸カルシウム粒子の特徴を評価した。

本研究に関する論文

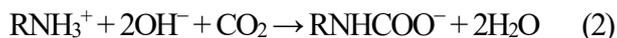
1. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, Desorption of carbon dioxide from monoethanolamine solution via calcium chloride addition under ultrasound irradiation and evaluation of the characteristics of generated calcium carbonate, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.60, pp. SDDD12-1–SDDD12-8, 2021.
2. H. Okawa, Y. Kitamura, T. Kato, and K. Sugawara, Utilization of tertiary amine solutions and ultrasound irradiation for CO<sub>2</sub> desorption at low temperature in a CCS process, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.60, pp. SDDD01-1–SDDD01-4, 2021.
3. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, Enhancement of desorption amount of carbon dioxide gas from monoethanolamine solution using ultrasound and calcium chloride, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol.59, SKKD08-1–SKKD08-7, 2020.
4. 大川浩一, 藤原達央, 加藤貴宏, 菅原勝康, 低濃度モノエタノールアミン溶液からのCO<sub>2</sub>脱離を目的とした超音波照射と塩化カルシウムの利用, *超音波 TECHNO* 28(4), 61–65, 2016.

## 1. はじめに

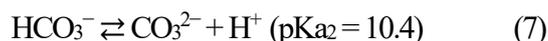
現在、地球温暖化対策として、火力発電所等から排出される CO<sub>2</sub> の大気中への放出を抑制するために、CO<sub>2</sub> を地下貯留(Carbon dioxide capture and storage, (CCS))する技術が期待されている。排気ガス中から CO<sub>2</sub> ガスを分離回収には、モノエタノールアミン(MEA)などの化学吸収剤が使われている[1]。MEA は水と混合すると、一部が解離するため、その溶液は塩基性を示す(式(1))。



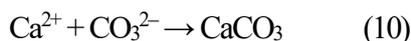
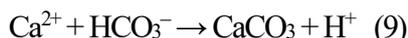
CO<sub>2</sub> を MEA 溶液中に吸収させることで、式(2)と(4)のように OH<sup>-</sup> を消費し、カルバメートイオン(RNHCOO<sup>-</sup>)を生成する[2, 3]。その後、カルバメートイオンは加水分解することで、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> を生成する(式(5))[4]。MEA は、他のアミン類と比べて単位重量あたりの吸収量および吸収速度の面などで優れている。しかしながら、吸収した CO<sub>2</sub> ガスを MEA 溶液から回収するには、120°C で加熱する必要がある[1]。



また、水溶液中における CO<sub>2</sub> は、pH によって溶存 CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>(aq))やイオンの状態(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)にその形態が変化する(式(6)-(8))[5-7]。



本研究では、超音波の脱気作用を用いて低温(25°C)にて MEA 溶液からの CO<sub>2</sub> の脱離は可能であること、そして、脱離が可能な形態は溶存 CO<sub>2</sub>(CO<sub>2</sub>(aq))であることを明らかにした[8-10]。超音波による CO<sub>2</sub> 脱離は、CO<sub>2</sub>(aq)の存在割合が非常に小さくなる pH 8.2 以上の溶液からの処理が課題である。近年、CO<sub>2</sub> ガスを吸収させた MEA 溶液に塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>)を添加し、溶液中の Ca<sup>2+</sup> と HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> および CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> の形態が反応することで炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)が生成させることによる CO<sub>2</sub> の固定化が報告されている[13](式(9), (10))。



本研究では、pH 8.2 の CO<sub>2</sub> を吸収した MEA 溶液に対して塩化カルシウムを添加し、超音波照射を行うことで、塩化カルシウムを添加しない場合よりも CO<sub>2</sub> の脱離率が向上した[12]。pH 8.2 において、CO<sub>2</sub> の溶液中の形態は HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> が主となり、CaCl<sub>2</sub> 添加に伴う CaCO<sub>3</sub> の生成反応は式(9)となる。CaCO<sub>3</sub> の生成反応に伴い H<sup>+</sup> が放出され、溶液の pH が低下するため、式(6)の平衡状態へ近づく。さらに式(8)より H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> は CO<sub>2</sub>(aq)となるため、CO<sub>2</sub>(aq)濃度が増加する(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> → CO<sub>2</sub>(aq) + H<sub>2</sub>O)。したがって、CO<sub>2</sub>(aq)の濃度が増加するため超音波照射による脱離ができたと考えられる。しかしながら、炭酸カルシウムの生成に伴う pH 値、収率の変化が MEA 溶液からの CO<sub>2</sub> の脱離に及ぼす影響は明らかにできていない。また、副産物である炭酸カルシウムであるが、この粒子を微細かつ均一な粒形で得ることができれば、使用用途が広がる。例えば、無機フィラーとしてゴムやプラスチック、製紙、塗料などへの用途が考えられる。したがって、本研究では、塩化カルシウムと CO<sub>2</sub> 吸収した MEA 溶液への超音波照射による CO<sub>2</sub> の脱離機構を検討するとともに、形状制御した炭酸カルシウム粒子の合成を検討した。

## 2. 実験方法

CO<sub>2</sub> を吸収した MEA 溶液(CO<sub>2</sub>-MEA)は、まず 0.2 M の MEA 溶液(200 mL)を耐圧溶液中で攪拌(750 rpm)を行いながら、CO<sub>2</sub> ガス(>99.99%)を 0.5 MPa で 20 分間圧入することで CO<sub>2</sub> の吸収を行った。その後、加圧終了直後の脱離を考慮し、大気圧下で約 2 時間の静置をした後、pH 8.2 に達するまで攪拌(800 rpm)を行うことで

MEA 溶液を準備した。CaCl<sub>2</sub> 溶液(30 mL, 5.3 mM)は、塩化カルシウム(Wako, >99%)とイオン交換水を用いて調製した。MEA 溶液への CO<sub>2</sub> 吸収量(mM)は、CO<sub>2</sub> 吸収前後の MEA 溶液の重量変化から求めた。また式(6)–(8)に示した CO<sub>2</sub> の平衡式から、25°C の水溶液中における CO<sub>2</sub> の化学種と pH の関係は図 1 のように表せることから、CO<sub>2</sub> 吸収後の MEA 溶液の pH から、溶液中の CO<sub>2</sub> の化学種ごとの存在比を求めた。炭酸(H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)は式(8)の平衡定数より、CO<sub>2</sub>(aq)の形態で存在しているとみなした。MEA 溶液からの CO<sub>2</sub> の脱離は、多周波超音波発生装置(TA-4021, Kaijo)と 28 kHz の投げ込み型振動子を用いた超音波照射、またはマグネチックスターラーを用いた攪拌(1500 rpm)にて行った。超音波照射による CO<sub>2</sub> 脱離実験の概略図を図 2 に示す[13]。水槽中に設置した振動子の直上に CO<sub>2</sub> を吸収させた MEA 溶液(30 mL)が入った 100 mL ビーカー(Pyrex)を設置し、CaCl<sub>2</sub> 溶液(30 mL)を MEA 溶液(30 mL)に添加し、水槽中の水を介してビーカーの底部から 1, 5, 10 分間の間接照射を行った。本実験における溶液の pH 値は、pH 計(HORIBA, F-70)を用いて測定した。CO<sub>2</sub> 脱離時の溶液中の Ca/MEA モル比は、0.026 とした(2.6 mM Ca/0.1 M MEA)。溶液中に伝わる超音波エネルギーをカロリメトリー法によって測定したところ、11.8 W(28 kHz)であった[14]。超音波照射中の溶液温度を、25°C とした。脱離処理後の溶液の重量減少量から CO<sub>2</sub>(g)の脱離率(%)を算出した。

$$\text{CO}_2(\text{g})\text{の脱離率} [\%] = \left( \frac{\text{処理後のMEA-CaCl}_2\text{溶液からの CO}_2\text{脱離量 [mM]}}{\text{処理前のMEA-CaCl}_2\text{溶液中の CO}_2\text{吸収量 [mM]}} \right) \times 100$$

CaCl<sub>2</sub> の添加により得られた炭酸カルシウムは、吸引ろ過にて固液分離後に回収し、一晚の真空乾燥を行った。乾燥後の炭酸カルシウムの重量測定をすることで、添加した CaCl<sub>2</sub> (mM)に対する CaCO<sub>3</sub> としての Ca 回収率(%)を算出した。

$$\text{Ca 回収率} [\%] = \left( \frac{\text{生成したCaCO}_3\text{中に含まれる Ca 濃度 [mM]}}{\text{処理前のMEA-CaCl}_2\text{溶液からの Ca 濃度 [mM]}} \right) \times 100$$

また、粉末 X 線回折(XRD; RIGAKU, RINT-2200)測定および走査型電子顕微鏡(SEM; Hitachi, TM-1000)観察を行い、各処理時間に得られた生成物の同定、粒子サイズおよび粒形を評価した。

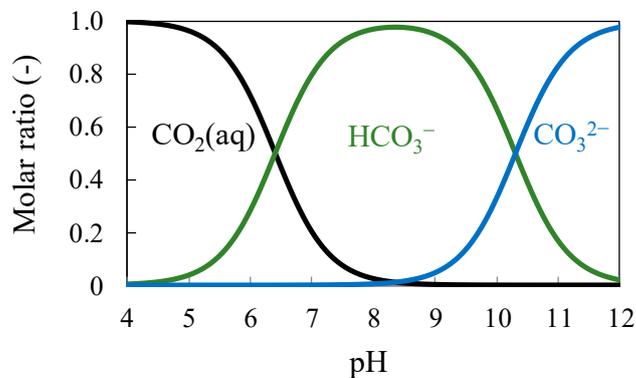


図 1 25°C の水溶液中における CO<sub>2</sub> の化学形態と pH の関係[13]

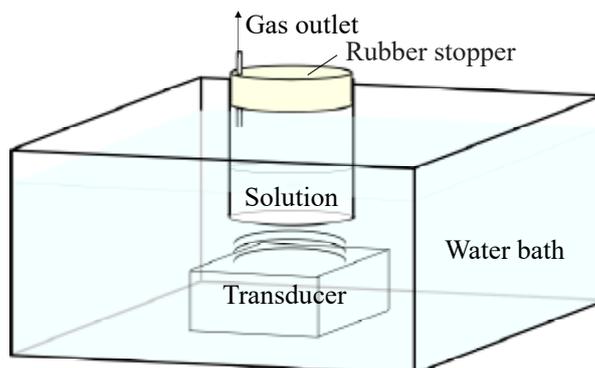


図 2 超音波を用いた脱離実験の概略図[13]

### 3. 結果と考察

図3にCO<sub>2</sub>を吸収したMEA溶液に対して塩化カルシウム溶液を添加し、超音波または攪拌による各処理時間後のMEA溶液からのCO<sub>2</sub>(g)脱離率を示す。どの処理においても1分間の処理時間でCO<sub>2</sub>(g)の脱離がみられ、それぞれ、9.2±1.0%(超音波)、6.2±0.8%(攪拌)のCO<sub>2</sub>(g)脱離率を示し、超音波が攪拌よりも脱離率が高かった。処理5分以降の脱離率は、超音波は9.5±0.9%(5 min)、9.8±1.9%(10 min)、攪拌は7.2±1.4%(5 min)、7.2±2.4%(10 min)であった。攪拌は、処理1分から5分にかけてわずかに脱離率の向上がみられるが[攪拌: 1.0%(6.2%→7.2%)]、超音波は処理1分以降の脱離率の向上はほとんどみられなかった。CO<sub>2</sub>を吸収したpH 8.20のMEA溶液に対して塩化カルシウム溶液を添加し、超音波または攪拌で処理した際のMEA-CaCl<sub>2</sub>溶液のpH値は、どちらの処理においても1分間の処理時間で溶液のpH値の上昇がみられ、処理1分以降では、どの処理もpH値の上昇はほとんどみられなかった。したがって、1分間の処理時間の中にMEA-CaCl<sub>2</sub>溶液中でpH変化を伴う反応が起きていると考えられる。pH 8.2のMEA溶液に対して塩化カルシウム溶液を添加し、超音波または攪拌を各処理時間で処理することで得られた生成物は、XRD測定によってすべての条件でバテライト(PDF 00-025-0127)の単一相であることがわかった。各処理時間におけるCaCl<sub>2</sub>の添加量に対するCaCO<sub>3</sub>としてのCa回収率は、超音波は89.1%(1 min)、91.9%(5 min)、93.1%(10 min)、攪拌は78.0%(1 min)、84.8%(5 min)、90.3%(10 min)を示した。どちらの処理も処理時間の増加に伴いCa回収率は増加した。超音波による処理は、攪拌よりもCa回収率が高く、1分の処理時間で90%近くの高いCa回収率であることがわかった。したがって、超音波は、この1分間にて高Ca回収率でCaCO<sub>3</sub>が得られたことが、攪拌よりも高いCO<sub>2</sub>(g)の脱離率につながったと考えられる。おおよそ1分間の処理時間において、CaCO<sub>3</sub>の生成およびMEA溶液からのCO<sub>2</sub>(g)の脱離が完了している。そこで、塩化カルシウムを添加して超音波または攪拌による処理中の1分間の処理時間における溶液のpH値の変化を確認した(図4)。どちらの処理も0-10秒間にて溶液中で白濁が観察され、超音波はpH 8.21からpH 8.11、攪拌はpH 8.21からpH 8.15にそれぞれpH値の低下を示した。これは、式(9)の炭酸カルシウムの生成反応に伴い、溶液のpHが低下したと考えられる。超音波は、攪拌よりもpH値が低下しており、処理開始直後にpH値が低下していることから、炭酸カルシウムの生成反応が最も迅速に行われていると考えられる。超音波および攪拌による処理は、処理0-10秒間のpH値の低下後、それぞれpH値の上昇を示した。以上のことから、MEA溶液からのCO<sub>2</sub>(g)の脱離は、炭酸カルシウムの生成反応の直後に起こっていることが明らかになった。また、すべての処理で、1分以内の処理時間にてMEA溶液からCO<sub>2</sub>(g)の脱離が開始されるが、特に超音波は、攪拌と比べてCO<sub>2</sub>(g)脱離に伴うpH上昇が速やかに起こっている。先行研究において、28 kHzの低周波数の超音波の脱気作用は、攪拌よりも短時間にてMEA溶液からCO<sub>2</sub>(aq)をCO<sub>2</sub>(g)として脱離できることを報告している[8]。本実験においても28 kHzの超音波を用いることで、迅速にCO<sub>2</sub>(g)が脱離していることが確認できた。次に、脱離処理の副産物として得られる炭酸カルシウム粒子のサイズや粒形を調べた(図5(a)(b))。また、SEMを用いて観察した200個の粒子の粒子径を測長することで平均粒子径および標準偏差を求めた。超音波(図5(a))または攪拌(図5(b))による処理にて1分間の処理時間で得られたバテライト粒子の平均粒子径は、それぞれ0.91 μm、2.26 μmであり、超音波が攪拌を用いた場合よりも小さかった。定在波が形成するように高強度の超音波を水溶液中に照射すると、溶液中ではキャビテーションが起こり、気泡の生成と圧壊に伴うジェット流や衝撃波が発生する。28 kHzなどの数十kHzの低周波の超音波は、キャビテーション閾値が低く、気泡の圧壊に伴う物理的攪拌および分散作用が高いことが良く知られている[15]。したがって、28 kHzの超音波の使用することで、炭酸カルシウムの核形成を促したことが、1分間の処理時間にて高Ca回収率[89.1%(超音波)、78.0%(攪拌)]、かつ微細な炭酸カルシウム粒子の生成につながったと考えられる。攪拌による処理では、すべての処理時間で粒子同士が凝集して2次粒子を形成しているのが観察された(図5(b))。攪拌を用いて各処理時間で得られたバテライト粒子の平均粒子径[2.26 μm (1 min), 2.01 μm (5 min), 2.41 μm (10 min)]からの標準偏差は、0.74 (1 min), 1.22 (5 min), 1.55 (10 min)と大きく、超音波と比較して粒度にばらつきが多いことがわかった。一方、超音波を用いて各処理時間で得られたバテライト粒子の平均粒子径[0.91 μm (1 min), 1.37 μm (5 min), 2.02 μm (10 min)]からの標準偏差は、0.50 (1 min), 0.73 (5 min), 0.57 (10 min)と小さいことがわかった。また、おおよそ1分間の処理でCO<sub>2</sub>(g)の脱離は完了しているため、処理1分以降の粒子成長過程では、CO<sub>2</sub>(aq)の脱離は行われず、超音波のエネルギーが無駄になると考えられる(図3)。しかしながら、処理時間を長くすることで、粒度のばらつきを抑えつつ、平均粒子径を0.91-2.02 μmの範囲で変えることが可能であった。

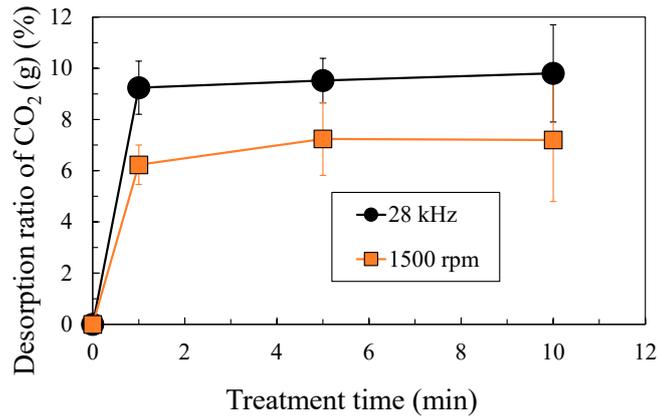


図3 塩化カルシウムを添加して攪拌または超音波照射による pH8.2 の MEA 溶液中からの CO<sub>2</sub> 脱離率[13]

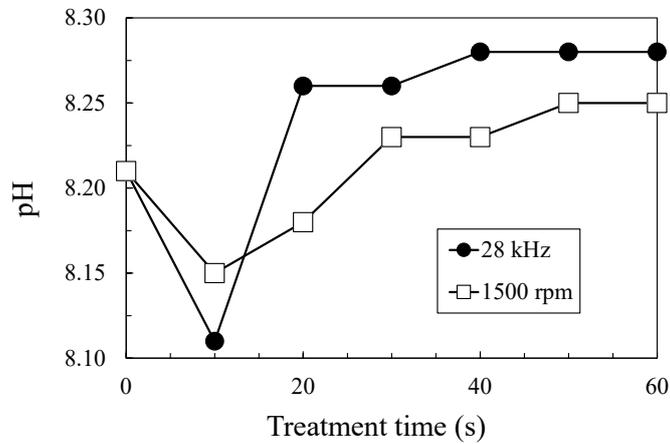


図4 塩化カルシウムを添加して超音波または攪拌による処理中の 1 分間の処理時間における溶液の pH 値の変化[13]

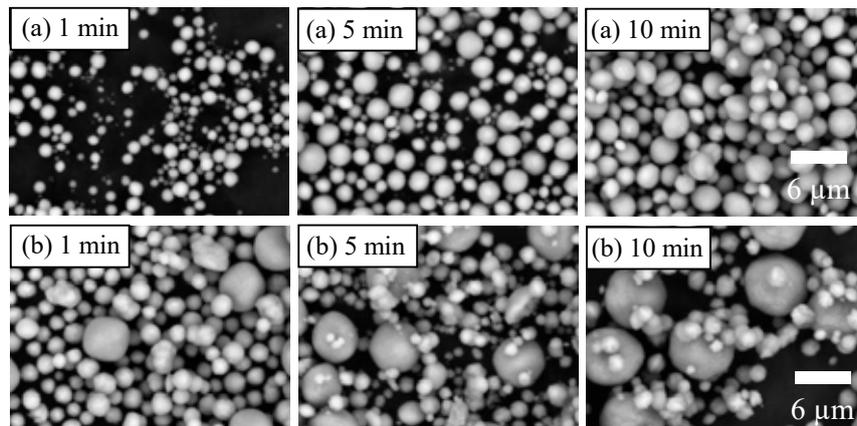


図5 超音波(a)または攪拌(b)を用いて生成した炭酸カルシウム粒子の SEM 写真[13]

#### 4. おわりに

本研究では、CO<sub>2</sub>を吸収した MEA 溶液に対して塩化カルシウム溶液を添加して超音波(28 kHz)または攪拌(1500 rpm)による pH 8.2 の MEA 溶液(0.2 M)からの CO<sub>2</sub>(g)脱離過程における、Ca 回収率や CaCO<sub>3</sub>の生成に伴う pH 値の変

化を観察した。28 kHz の超音波は、1 分間の処理時間にて炭酸カルシウムの生成を促すことが可能であり、攪拌よりも CO<sub>2</sub>(g)の脱離が迅速に行われることがわかった[9.2%(28 kHz), 6.2%(攪拌)]。MEA 溶液からの CO<sub>2</sub>(g)の脱離は、処理時間 1 分以内の炭酸カルシウムの生成反応の直後に起こっていることが明らかになり、処理 1 分から 10 分での粒子の成長過程では CO<sub>2</sub>(g)の脱離はほとんどないことが明らかになった。さらに、1 分間の処理時間にて 28 kHz の超音波を用いて得られた炭酸カルシウム粒子の平均粒子径は 0.91 μm と小さく、かつ狭い粒度分布の粒子で得ることが可能であるため、無機フィラーやコンクリートの混和材等の用途へ利用が期待できる。また、処理時間を 1 分よりも長くしても、CO<sub>2</sub>(g)の脱離は期待できないが、狭い粒度分布の粒子を維持しつつ、粒子の平均粒子径を 0.91–2.01 μm の範囲で変えることが可能であることがわかった。

## 参考文献

- [1]. C. Dinca, N. Slavu, and A. Badea, *J. of the Energy Institute* **91**, 445 (2018).
- [2]. F. A. Chowdhury, H. Yamada, T. Higashii, K. Goto, and M. Onoda, *Ind. & Eng. Chem. Res.* **52**, 8323 (2013).
- [3]. J. T. Yeh, H. W. Pennline, and K. P. Resnik, *Energy Fuels* **15**, 274 (2001).
- [4]. T. L. Donaldson and Y. N. Nguyen, *Ind. Eng. Chem. Fundam.* **19**, 260 (1980).
- [5]. C. E. Housecroft and A. G. Sharpe, *Inorganic Chemistry Second edition* (Pearson Education, England, 2005) p. 368.
- [6]. D. A. Vaccari, P. F. Strom, and J. E. Alleman, *Environmental Biology for Engineers and Scientists* (John Wiley & Sons, Inc., 2005) p. 39.
- [7]. M. Ishii, H. Inoue, and H. Matsueda, *Tech. Rep. Meteor. Res. Inst.* **41**, 5 (2000) [in Japanese].
- [8]. T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *J. MMIJ* **135**, 1 (2019) [in Japanese].
- [9]. K. Tanaka, H. Okawa, T. Fujiwara, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 07HE08 (2015).
- [10]. K. Tanaka, T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, 07KE14 (2014).
- [11]. Y. Kojima, K. Yoshitake, T. Umegaki, and N. Nishimiya, *J. Soc. Inorg. Mater.* **19**, 104 (2012) [in Japanese].
- [12]. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *J. Appl. Phys.* **59**, SKKD08 (2020).
- [13]. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, *J. Appl. Phys.* **60**, SDDD12 (2021).
- [14]. S. Koda, T. Kimura, T. Kondo, and H. Mitome, *Ultrason. Sonochem.* **10**, 149 (2003).
- [15]. T. J. Mason and J. P. Lorimer, *Sonochemistry, Theory, Applications and Uses of Ultrasound in Chemistry* (Ellis Horwood, Chichester, UK, 1988) pp. 30–31.

## 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

藤原 憲 秀

(理工学研究科)

[fwkkn@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:fwkkn@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非ベンゼン系芳香族系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も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2年度はアザアズレン天然物シュードセロシンとトロポロン天然物ルブロロンAの全合成を検討した。

キーワード：トロポロン、アザアズレン、天然物合成

### 独自性・実用性：

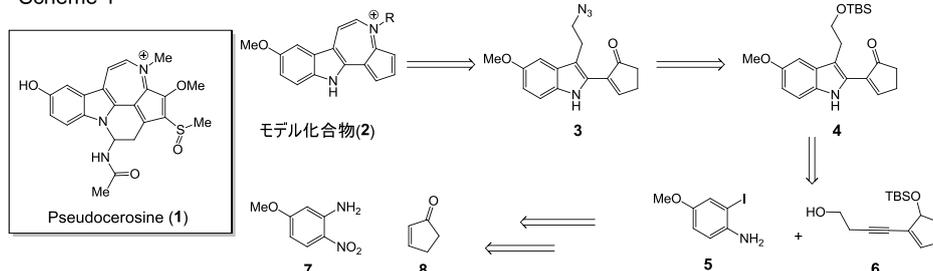
ルブロロンAは、スルホンカップリング、オレフィンメタセシス、および分子内アルドール縮合を駆使してトロポロン骨格を構築する。シュードセロシンでは、Larock インドール合成とイミン環化を基盤としてアザアズレン骨格を構築する。医薬品などの生物活性物質に見られる複雑な有機化学構造の構築技術を開発検討している。

### 天然色素シュードセロシンの合成研究

シュードセロシン(1)は、扁形動物ニセツノヒラムシ属 *Pseudoceros indicus* から青色の色素として単離されたアロカロイドである<sup>1</sup>。NMRを基盤としてその構造が推定され、インドールの2,3位に4-アザアズレンが縮環した特異な骨格と、様々な官能基を持つ複雑性が明らかになった。しかし、第四級炭素が多数を占めることもあり構造は確定しておらず、強い吸光性のため旋光度が測定できず、光学的情報も少ない。そこで、1の構造確定を目的として合成研究に着手した。現在、4-アザアズレン縮環インドール構造を持つモデル化合物2を合成標的として、骨格構築法の開拓を検討している。

化合物2の合成には、アニリン7とシクロペンテノン8からそれぞれ誘導体5と6を得た後、Larock インドール合成を経てケトン4を合成し、第一級アジド3に誘導してイミン環化する経路を採用した(Scheme 1)。ケトン4は、5-メトキシ-2-ニトロアニリン(7)から化合物5と、8から菌頭反応を経て誘導した6をLarock インドール合成反応に付した後、IBX酸化を経由して得た。4のTBS基を除去後、ヨウ素化を経てアジド化して3を得た。現在、アジドとケトンによる分子内アザ Wittig 反応を検討している。今後は、最終段階における脱水素化反応の条件を検討し、モデル化合物2を合成する予定である。

Scheme 1

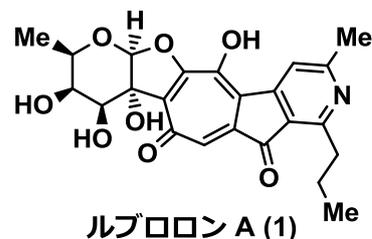


本成果は日本化学会第100春季年会（野田）（講演要旨集 1H5-17, 2020. 3. 22.）にて発表した（新型コロナウイルス感染症拡大防止のため誌上開催）。

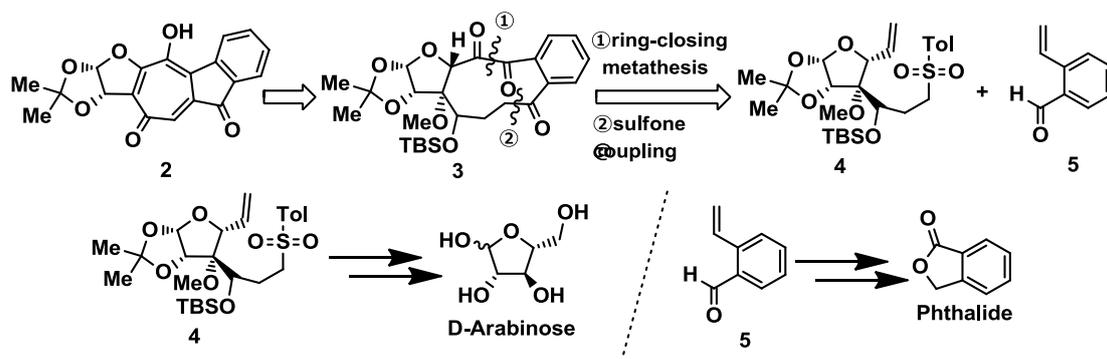
参考文献：1) Shupp, P. J.; Kohlert-Schupp, C.; Yoshida, W. Y.; Hemscheidt, T. K. *Org. Lett.* **2009**, *11*, 1111.

### ルブロンAの中心構造の合成研究

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。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、デオキシ糖を省略しピリジンをベンゼン環で代用したモデル化合物2を標的として検討することにした (Scheme 1)。2の合成では、THF環セグメント4と右側モデル5から閉環メタセシスとスルホンカップリングで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はD-アラビノースを出発物として合成を完了した。5はフタリドから合成した。現在、4と5のスルホンカップリングを終えた。今後、大環状構造を構築し、分子内アルドール縮合を検討する予定である。

本成果は令和2年度化学系学協会東北大会（オンライン）（講演要旨集 PC103, 2020. 9. 26-27.）、および、日本化学会第101春季年会（オンライン）（講演要旨集 A21-1vn-09, 2021. 3. 19.）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.

## 外来フラビン誘導体の導入によるカプセル状 タンパク質エンカプセリンの機能化

尾高雅文、松村洋寿

(理工学研究科)

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

概要：エンカプセリン(Enc)は、粒径約 24 nm の中空のナノ粒子様タンパク質であり、バイオナノマテリアル素材として、薬輸送システムやバイオイメージング材などへの応用が期待されている。我々はこれまでに、Enc にフラビン化合物が非共有結合をしていることを明らかにしている。本研究では、この天然フラビン化合物を Enc から除去し、外来のフラビン化合物誘導体を導入することで、Enc に新しい機能を付加することが可能であるか検討した。その結果、約 50%の効率で外来フラビンを Enc へ導入することに成功した。

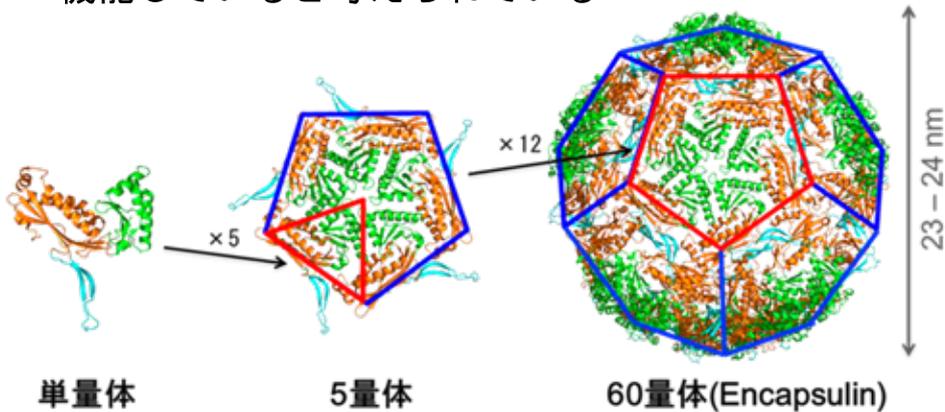
キーワード：バイオマテリアル、タンパク質ナノ粒子、フラビン誘導体

### 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、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 ナノ粒子の多機能化に向けて、Enc に非共有結合している天然フラビンを人工フラビン誘導体へ置換することを検討した。Enc から天然フラビンを除去するための条件を検討したところ、Enc の粒子状構造を維持しながら、天然フラビンを除去することに成功した。次に、天然フラビンを除去した Enc と、外来または人工フラビン誘導体を混合することで、最大 50%の効率で Enc へ外来または人工フラビン誘導体を導入することに成功した。以上の結果は、人工フラビン誘導体への置換により、Enc を多機能化できる可能性を示している。

## Encapsulin (Enc)

- 構造**
- 粒子径約24 nm、正二十面体の中空ナノカプセル構造
  - 分子量約30 kDaの単一モノマーが自己集合し60量体を形成
- 機能**
- 酵素などを内包することで内包物の保護及び反応場として機能していると考えられている



Sutterr, M. et al, Nat Struct.Mol. Biol.15,941 (2008)

## Encに結合した色素化合物

- TmEnc溶液が黄色  
→ これまでに、色素化合物を含むという報告はない



TmEnc溶液



質量分析などによって、色素化合物はリボフラビンと同定

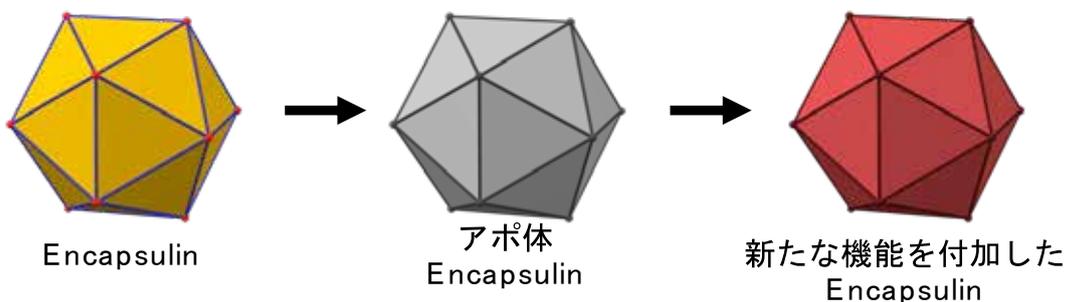
## 研究目的

Encからリボフラビンを除去

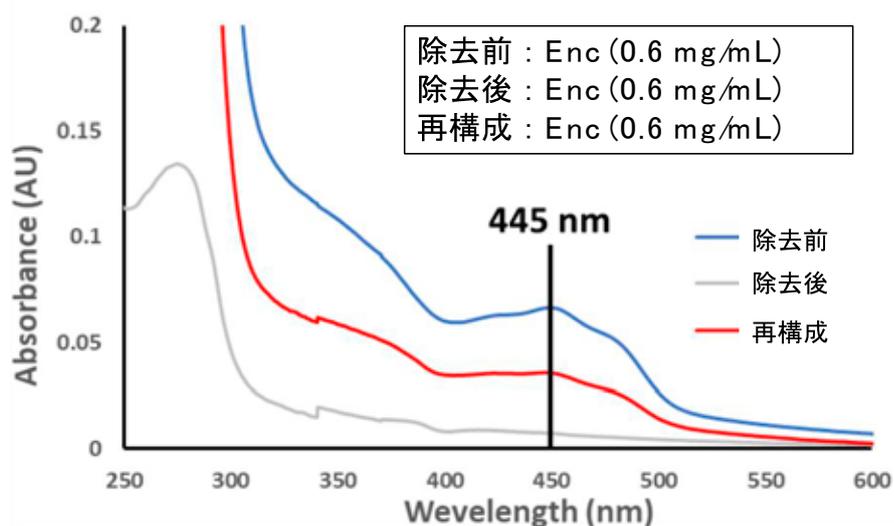


合成フラビン誘導体と再構成することで

Encへ新たな機能を付加



## リボフラビンの除去と再構成

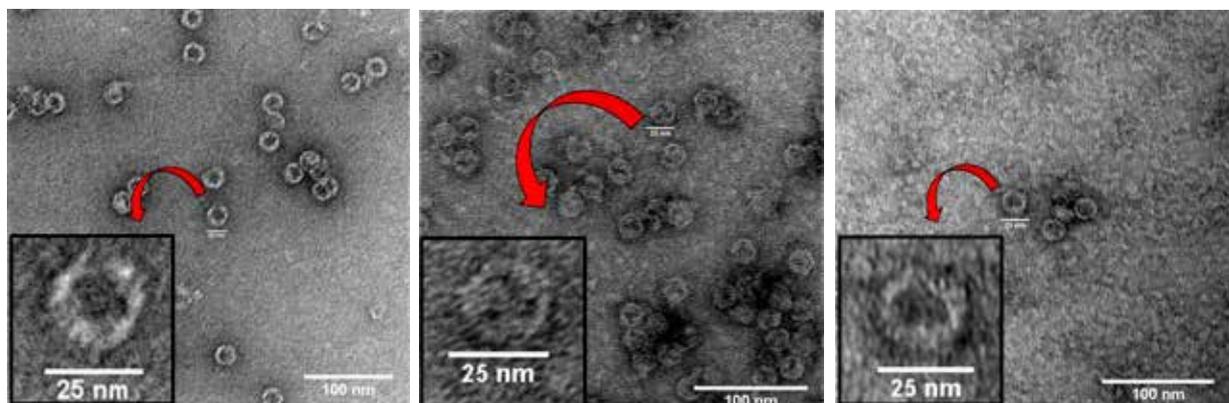


445 nmでの吸光度

- 除去前 : 0.066
- 除去後 : 0.007
- 再構成 : 0.035

- 約90% のリボフラビンを除去
- 約50% のリボフラビン再構成

## リボフラビン再構成後のTEM観察



リボフラビン除去前

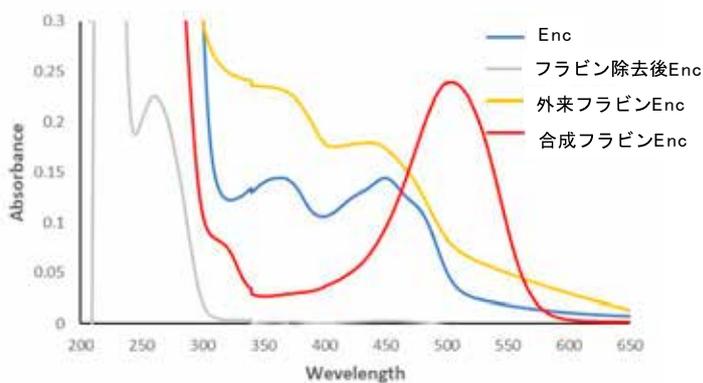
リボフラビン除去後

リボフラビン再構成後

- リボフラビン除去後及び再構成後にカプセル構造は確認できた
- 再構成後のカプセル構造の数は再構成前の2割程度

## 合成フラビンとの再構成

### ロセオフラビンとの再構成



ロセオフラビンとの再構成に成功

## まとめ

- Encに結合したリボフラビンの除去に成功
- リボフラビンを除去してもEncは球状構造を維持
- アポ体Encの外来リボフラビンとの再構成に成功
- アポ体Encの合成フラビンとの再構成に成功

## CeO<sub>2</sub> 添加 Pt 電極による CO<sub>2</sub> 電解還元

高橋 弘樹

(理工学研究科)

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

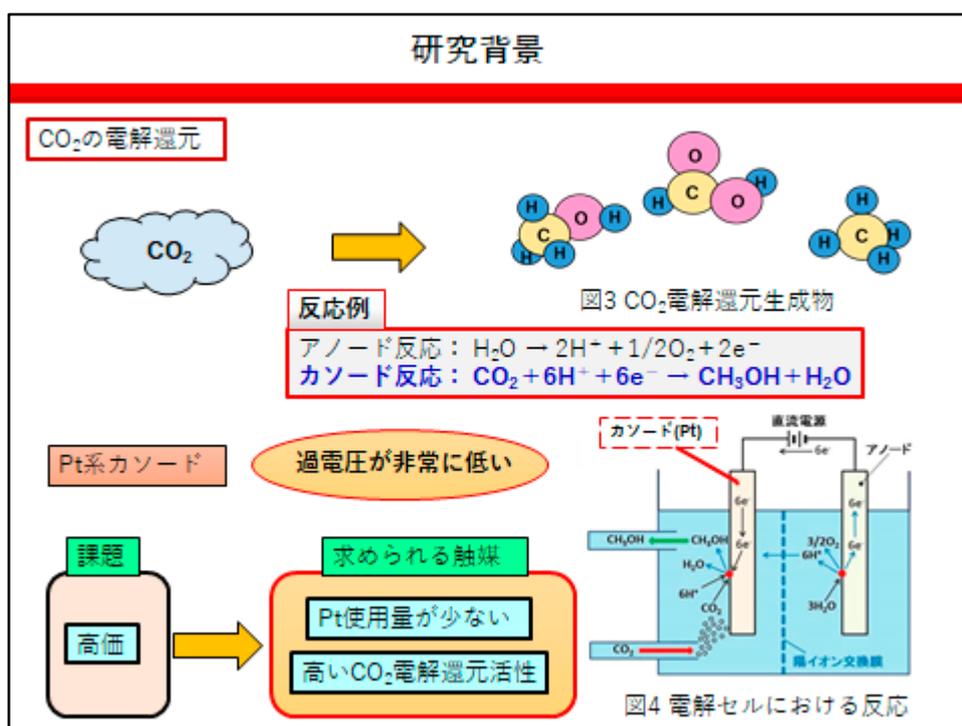
概要：本研究は CO<sub>2</sub> 排出量の削減を達成するべく、排出された CO<sub>2</sub> を電解還元によって有用な物質に変換することを目的としている。今年度は、Pt の CO<sub>2</sub> 電解還元活性に及ぼす CeO<sub>2</sub> の添加効果を調査した。その結果、適量の CeO<sub>2</sub> を Pt 電極に添加することで CO<sub>2</sub> 電解還元活性が向上することを見出した。また、CeO<sub>2</sub> 添加 Pt カソード触媒は、反応中間体である CO による被毒の影響が少なく、メタノールなどの多くの有用な化合物が生成できると期待される。

キーワード：CO<sub>2</sub>, 電解還元, Pt 電極, CeO<sub>2</sub>

### 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。CeO<sub>2</sub> 添加 Pt カソード触媒は、従来用いられてきた Cu 電極よりも極めて低過電圧で CO<sub>2</sub> を還元でき、しかも反応中間体である CO による被毒の影響が少なく、メタノールなどの多くの有用な化合物が生成できると期待される。

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



## 研究目的

CeO<sub>2</sub>の添加

Ptに添加する対象

CeO<sub>2</sub>

CeO<sub>2</sub>の特性

酸素吸蔵放出能

CeO<sub>2</sub>

高酸素分圧下では酸素を吸蔵  
低酸素分圧下では酸素を放出

研究目的

触媒インク滴下によるPt-CeO<sub>2</sub>/C電極の作製

作製電極に関するCO<sub>2</sub>電解還元活性の調査

## 実験方法

CO<sub>2</sub>電解還元試験

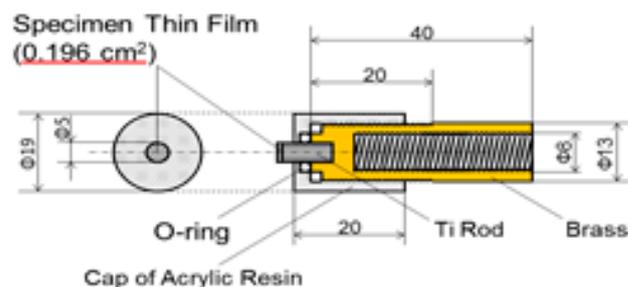


図7 Pt/CおよびPt-CeO<sub>2</sub>/C電極の回転ディスク電極への取付

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：Ar 150 ml min<sup>-1</sup> 60min  
封入ガス：CO<sub>2</sub> 150 ml min<sup>-1</sup> 60min  
電解液：0.1M HClO<sub>4</sub>  
温度：25°C  
回転数：900rpm

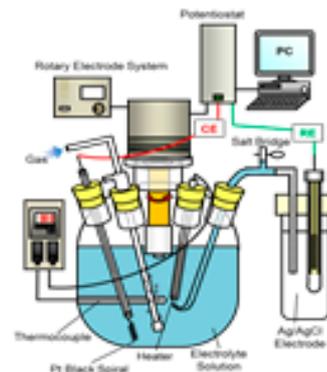


図8 3電極電気化学セル

## 実験結果

### CO<sub>2</sub>電解還元活性評価

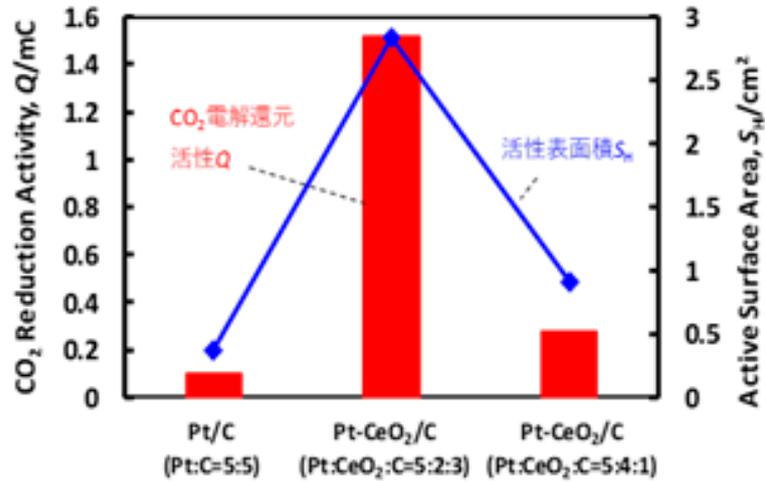


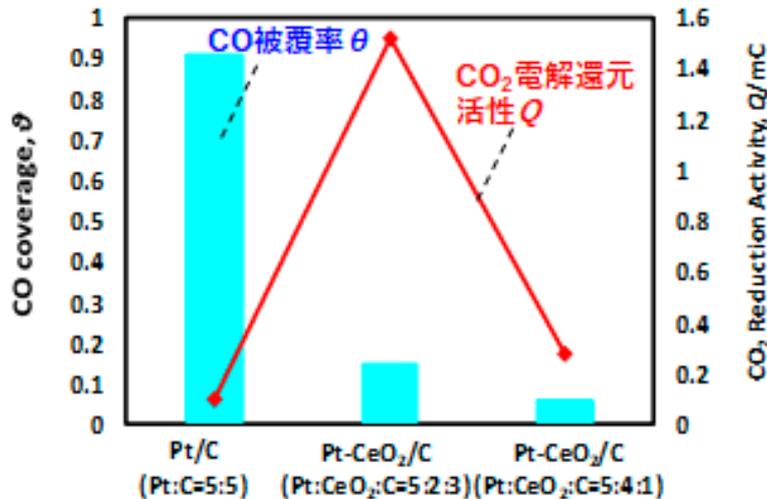
図12 各種Pt-CeO<sub>2</sub>/C電極のCO<sub>2</sub>電解還元活性と活性表面積の関係 (0.1M HClO<sub>4</sub>, 25°C, 900 rpm, 0.05V vs. NHEで15min(保持後実施))



CO<sub>2</sub>電解還元活性は活性表面積とともに増大する傾向

## 実験結果

### CO<sub>2</sub>電解還元活性とCO被覆率の関係



最大85%のCO被覆率低下

図17 Pt-CeO<sub>2</sub>/C電極のCO<sub>2</sub>電解還元活性とCO被覆率の関係

CeO<sub>2</sub>の適量添加



CO被覆率低下・CO<sub>2</sub>電解還元活性急上昇

CeO<sub>2</sub>の過剰添加



CO被覆率低下・CO<sub>2</sub>電解還元活性やや上昇

## 考察

CO<sub>2</sub>電解還元活性の向上



CeO<sub>2</sub>による電極表面へのCO被毒軽減

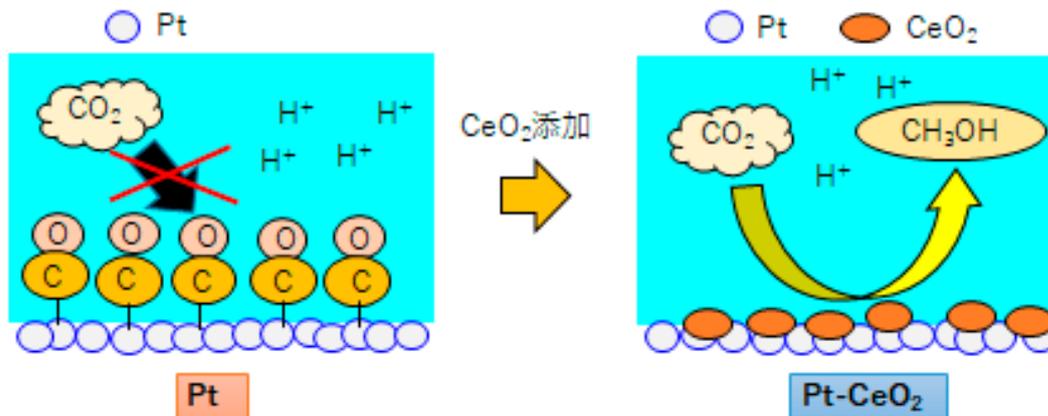


図19 電極表面への中間生成物の吸着

PtへのCeO<sub>2</sub>の添加によりPt表面に対するCO吸着力が低減



CO<sub>2</sub>電解還元活性化

\*Keisuke OHKUBO, Hiroki Takahashi, E. P. J. WATTERS, and Masami TAGUCHI, *Electrochemistry*, 88(3), 210-217(2020)

## 結言

◆PtカソードのCO<sub>2</sub>電解還元活性はCeO<sub>2</sub>の添加によって上昇した。

◆CO<sub>2</sub>電解還元活性が向上した要因として、CeO<sub>2</sub>の混在による**活性表面積の増大**ならびに**電極におけるCOの生成率の低下**が推察された。



Ptに対するCeO<sub>2</sub>添加はCO<sub>2</sub>の電解還元活性の向上に有効であると考えられる。

## 活性汚泥の資源化及び電力化に関する研究

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、廃棄植物や余剰活性汚泥が問題となっており、特に活性汚泥は日本における産業廃棄物の44.5%を占めている。これらの廃棄植物や余剰活性汚泥を電力資源として有効活用する手法として微生物燃料電池(MFC)がある。MFCは微生物を利用した再生可能なエネルギーであり、その地域に繁殖する微生物を用いて小規模に発電し、夜間の簡易電力や携帯電話の緊急充電行える可能性がある。本研究では、活性汚泥およびアオコを用いた微生物燃料電池(MFC)について検討した。その結果、MFCによる電力生成に成功した。

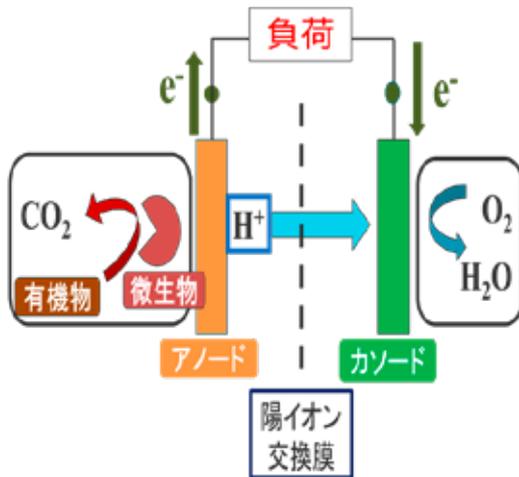
キーワード：微生物燃料電池(MFC)、活性汚泥、アオコ、電力資源化

### 独自性・実用性：

産業廃棄物である余剰活性汚泥は微生物の集団であり、タンパク質、脂質などの資源も有し、廃棄するだけでなく、再生可能エネルギーとしての可能性も有している。微生物の代謝反応を利用し、電力生産を目指す研究が独自性である。

MFCは効率が高い電池であるが、生産できる電力が小さいのが課題である。また生産コストも抑える必要がある。これらのことを考慮すると低電力のセンサやLED明に使用することが期待できる。

## 微生物燃料電池(MFC)とは

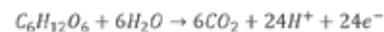


### 微生物燃料電池(Microbial Fuel Cell)

- ✓ 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

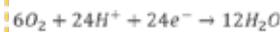
例えばブドウ糖( $C_6H_{12}O_6$ )を分解する際、

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

代謝反応

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/news/201612.html>

## 微生物燃料電池(MFC)の特徴など

- ✓ 常温・常圧でバイオマスから直接発電
- ✓ 前後の処理プロセスがない  
⇒ 変換効率が良い
- ✓ 多種多様のバイオマスに対応が可能  
 活性汚泥 ・ 有機性廃水, 廃棄物  
 資源作物: 糖質, デンプン, 脂質, セルロース

### 欠点

- ◆ 生産されるエネルギーが少ない
- ◆ 安定的な作動が難しい

## 微生物燃料電池の検証実験

- ◆ アオコ の場合
- ◆ 活性汚泥 の場合

## 国内産業廃棄物: 余剰活性汚泥(排水浄化に伴い発生するゴミ)

### 家庭排水浄化のための活性汚泥法

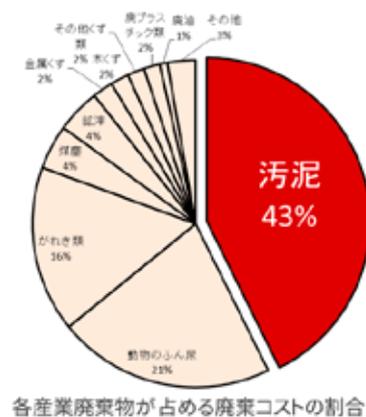
現在、家庭排水は下水処理場において活性汚泥を用いて浄化し、河川へ放流



写真: 池田上下水道部「活性汚泥微生物」より引用  
<http://www.ikedashi-suido.jp/suikoh/suikohitsu/1418787618660.html>

## 国内産業廃棄物: 余剰活性汚泥(排水浄化に伴い発生するゴミ)

日本における全産業廃棄物のコストの内  
約4割が汚泥廃棄物



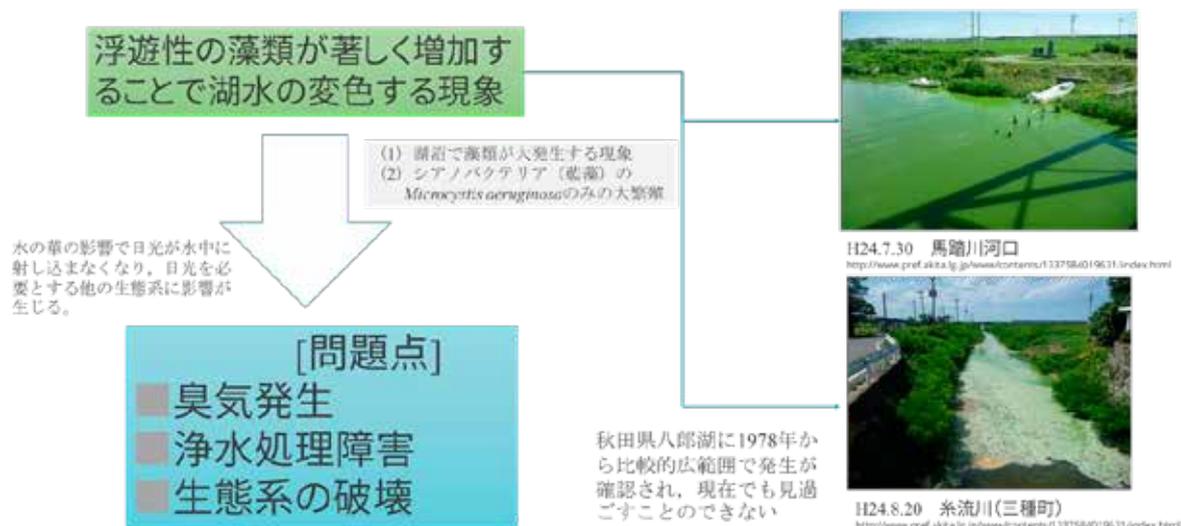
また、余剰活性汚泥は世界各地でも毎年大量に発生

- ▶ ヨーロッパ: 約20億トン
- ▶ 中国: 約40億トン
- ▶ アメリカ: 約80億トン

処理にかかるコストが大きく  
減量化が求められている

参考文献: Nalin Kiang: "Kinetics of activated sludge protein extraction by thermal alkaline treatment", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol.5, pp.5352-5357(2017)  
環境省「産業廃棄物の排出・処理状況について」, 平成27年度産業廃棄物排出・処理状況調査

## アオコとは



## アオコとは



秋田県庁生活環境部 環境管理課八郎湖環境対策室  
R1年 6月3日 アオコ発生状況  
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/42690>

### アオコ対策(八郎湖の例)

- ✓ 水流発生装置による攪拌、破砕
- ✓ 超音波の照射による殺菌など
- ✓ 見た目アオコ指標によるアオコ観察など



秋田県庁生活環境部 環境管理課八郎湖環境対策室  
H30年度 アオコ対策実施状況(アオコ抑制装置)  
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/36288>

## 秋田県八郎湖(八郎潟)

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



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

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



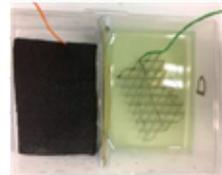
アジアの諸国でも農業の近代化が進み、湖沼の富栄養化につながっている。アオコが発生している湖沼も少なくない。そこで、電気事情が乏しい地域においては、必要な電力の一部は、アオコから生産できると期待される。

## ゴミの電力資源化:微生物燃料電池(MFC)の例 (セルの容量 80 mL, 無負荷)

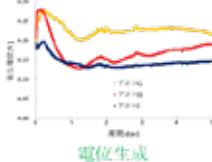
### アオコの場合



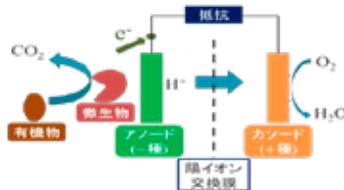
大学で培養の様子



MFCセル (電極:白金・グラファイト/フェルト)

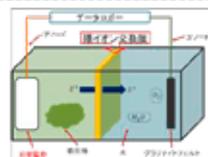
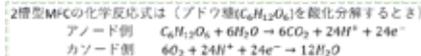


- ◆ アノード(-極)では、有機物(燃料)が微生物による酸化分解される際に発生した電子を電極で回収
- ◆ 移動した電子はカソード(+極)で還元反応による消費



微生物燃料電池(MFC)の概念図

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/mame/201612.html>



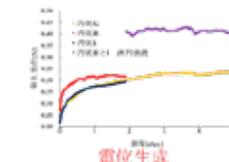
### 活性汚泥の場合



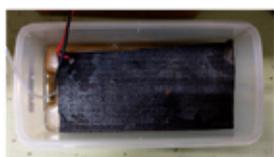
大学で培養の様子



MFCセル (電極:白金・グラファイト/フェルト)

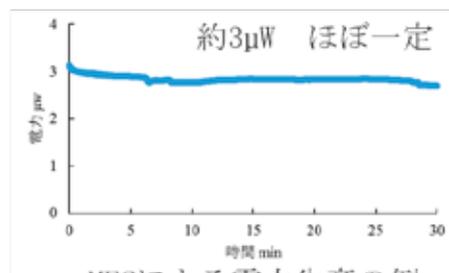


ゴミの電力資源化:微生物燃料電池(MFC)の例 (セルの容量 1.5 L, 負荷有)



寸法  
容器 300x130x120 mm  
電極 250x120x10 mm

MFCセル (電極 グラファイトフェルト・グラファイトフェルト)



MFCによる電力生産の例

| 条件    |            |
|-------|------------|
| 温度    | 室温25°C     |
| 時間    | 30分        |
| 汚泥投入量 | 1.5 L      |
| 電極    | グラファイトフェルト |
| 負荷    | 10kΩ       |

**MFC**は、従来の発電方法の代わりにはならないが、電力一部が得られることだけでも環境負荷が低減できる。また、**化学薬品**を使用しないため、MFCによる環境への悪影響はない。

# 酸性鉱山廃水中溶存金属の多段中和処理による資源化ならびに 金属電解採取の省電力化に関する研究

高崎 康志・別所 昌彦

(国際資源学研究科)

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

概要：鉱山開発において発生する酸性鉱山廃水（Acid Mine Drainage; AMD）は周辺地域の環境汚染を誘発する要因となっている。AMDの対策には中和処理法が広く用いられているが、現状では環境負荷低減を優先したpH調整と溶存金属の除去が主な目的であるため、持続可能な社会の実現に向けた資源の有効活用を含めた対策が今後重要になると考えられる。本研究では、AMDに含まれる元素としてFe, As, Cu, Zn, NiおよびMnを選択し、溶解度の違いを利用した多段階中和法を導入し、pH調整による溶存金属の分離プロセスについて検討した。さらに、回収された金属の精製に関連し、消費電力量の大きい電解採取法の省電力化にも取り組んだ。対象とした元素は亜鉛である。亜鉛の電解採取では一般的に鉛合金電極が利用されている。この電極の欠点は電解電圧が高いことであり、その低減が求められている。本研究では、周期反転電流法により電極表面酸化物を変化させ、電解電圧を低減できることを見出した。

キーワード：多段中和、金属回収、電解採取、酸性鉱山廃水

## 独自性・実用性：

本研究は、酸性鉱山廃水中溶存金属を個々に分離回収する多段連続中和プロセスを想定し、AMDのpHを段階的に調整しながら溶存金属を効率的に分離回収するプロセスを検討した。従来法では廃棄される処理澱物であるが、連続的に処理することで各元素を効率的に分離回収し、資源化の可能性について検討できる。さらに本研究では有害なヒ素の共存についても考慮した。これらの鉱山開発に起因する鉱山廃さい・酸性坑廃水などの問題は、資源保有国をはじめとして、今後の持続可能な資源開発を考えるうえで重要な課題であると考えられる。また、電解採取法の省電力化は電解電圧の低減により実現されるが、日本のように日中と夜間の電流値変化が大きく変化する操業条件では最適な新規電極が見いだせていない。本研究では従来利用されている鉛合金電極の前処理方法を工夫することで容易に電解電圧を低減することを見いだしており、新規電極を導入しなくても省エネ効果が得られる可能性がある。

## 1. 酸性鉱山廃水中溶存金属の多段中和処理実験

### 1.1. はじめに

硫化鉱を主とした選鉱尾鉱には金属硫化物が含まれているが、雨水との反応で硫酸酸性の廃水を生じる酸性鉱山廃水(Acid Mine Drainage: AMD)が問題となっている。AMDが鉱山から周辺河川に流出すると、周辺地域の水質・土壌汚染、さらには人体への悪影響を及ぼす危険性がある。一般的にAMDによる環境汚染を

防止するための方法としては、中和法が広く用いられている<sup>1)</sup>。中和法は、坑廃水にアルカリ薬剤を添加することで、金属イオンを水酸化物として沈殿させる方法であり、AMDによる環境負荷の原因となるpH調整と溶存金属の沈殿除去を同時に行う非常に有効な手段である。しかし、現状の中和法は基本的にはAMDが発生し続ける限り行う必要のある処理であり、かつ周辺環境への負荷低減のための水質浄化が主な目的であるため、処理工程で発生する金属成分を含む多量の沈殿スラッジは、ほとんど資源として利用されることなく、産業廃棄物として処理される。その結果、発生するスラッジを保管するための大規模な堆積場が必要となる。また、AMDは稼働中の鉱山からだけでなく、閉山後も上記のような反応が継続する限り半永久的に発生することから、資源保有国だけでなく、わが国のような休廃止鉱山を多く抱える国においても無視できない問題となっている。

そこで、本研究では、AMD中の溶存金属の資源化を視野に入れた分離回収プロセスの可能性について検討を試みた。すでに述べたように、中和法は金属の溶解度のpH依存性を利用した方法であるが、水中での溶解度は金属種によって異なる<sup>2)</sup>。よって、この違いを利用することにより、AMD中の溶存金属を個々に分離回収するプロセスが想定できる。この考えを基に、本研究では、多段階連続中和法を導入し、AMDのpHを段階的に調整しながら溶存金属を効率的に分離回収するプロセスについて検討を行った。また、AMDは発生する地域、環境によって様々であるが、一般的には鉄が含まれるAMDの発生する割合が大きい。また、鉄と共にAMDに含まれる事の多い砒素は、人体に悪影響を及ぼす有害な元素であり、有用金属の資源化を考える際にはその混入を極力抑える必要がある。したがって、資源化プロセスを検討するに際して、砒素はできるだけ有用な金属と分離して除去することが望まれる。これまでの研究において、砒素は第二鉄であるFe(III)との共沈によって除去されることが報告されていることから、この現象を利用して砒素をできるだけ濃縮分離することで除去できる可能性が考えられる。

以上の点を踏まえて、Fe, As, Cu, Zn, NiおよびMnを含む金属水溶液を模擬AMDとして作製し、中和処理による沈殿生成挙動を調べることにより、多段階中和法によるAMD中の溶存金属の分離回収プロセスとして最適であるpH調整法について検討を行った。

## 1.2. 実験方法

本実験において対象となる金属元素として、Fe, Cu, Zn, NiおよびMnを選択し、Feとして第1鉄の場合は硫酸鉄(II)七水和物、第2鉄の場合は塩化鉄(III)六水和物を、Cuは硫酸銅(II)五水和物、Znは硫化亜鉛(II)七水和物、Niは硫化ニッケル(II)六水和物、Mnは硫酸マンガン(II)五水和物を用いてこれらの試薬を適宜蒸留水に溶解することにより、単成分系金属水溶液をそれぞれ作製した。いずれの試薬も富士フィルム和光純薬(株)製の特級試薬である。それぞれ水溶液の金属濃度はFeが10 mM、Cu, Zn, Niが2 mM、Mnが1 mMとした。また、初期pHは0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (富士フィルム和光純薬(株)製)を用いてFe溶液では1.5、Cu, Zn, Niの各溶液では3に、Mn溶液では5にそれぞれ調整した。

供試された溶液をガラスビーカーに50 mL分注し、マグネットスターラで攪拌しながら、所定のpHに達するまで1 mol/L NaOH (富士フィルム和光純薬(株)製)を徐々に添加した。pH調整終了後、攪拌を30分間継続してから、孔径が0.45 μmの親水性PTFEシリンジメンブレンフィルタを用いて濾過し、分析用試料としてプラスチックボトルに保存した。攪拌を止めて30分静置しながら、溶液の沈殿状態を確認した。実験終了後、分析用の濾液中の金属濃度はICP発光分光分析法(ICP-OES)により測定した。ICP発光分光分析装置はSII製のSPS5510を用いた。

多段中和実験で用いた模擬AMD溶液は、Fe, As, Cu, Zn, NiおよびMnを含む水溶液として、Feとして塩化鉄(III)六水和物、Cuは硫酸銅(II)五水和物、Znは硫化亜鉛(II)七水和物、Niは硫化ニッケル(II)六水和物、Mnは硫酸マンガン(II)五水和物を蒸留水に溶解した後、1,000 ppmのAs標準液を所定量添加して作製した。それぞれの金属濃度はFeが10 mM、Asが10 ppm、Cu, Zn, Niが2 mM、Mnは1 mMであり、初期pHは0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を用いて1.5に調整したものを実験に供した。

実験は模擬AMD溶液をガラスビーカーに900 mL分注し、マグネットスターラで攪拌しながら、所定のpHに達するまで1 mol/L NaOHを徐々に添加した。pH調整終了後、さらに30分攪拌を継続し、その後30分静置した。発生した沈殿はGF-Bガラス繊維濾紙上において吸引濾過しながら分離し、濾液は洗液を含めて1,000 mLに定容した。この作業を5段階まで繰り返し行った。各段階でのpHは、2.7, 4.0, 6.5, 7.7, 9.6に設定した。それぞれの段階で得られた濾液はICP-OESに供試され、溶存する金属濃度を測定した。

## 1.3. 実験結果および考察

目的のpHに調整し、30分間攪拌した後の中和処理液に溶存する金属濃度について調べたところ、濃度変化はそれぞれの金属元素の溶解度を反映していた。pHに対する中和処理後の濾液中の金属濃度の変化を図

1に示す。Fe(II)溶液では、pH 4付近までは初期濃度とほぼ同じ10 mMで一定であるが、それ以降はpHの上昇に伴い徐々に濃度が減少し、pH 9以上で濃度がほぼ0となった。一方、Fe(III)溶液の場合、pH 2.5付近で急激な濃度低下がみられ、pH 3.6以上でFeの溶存は確認されずほぼ全量が沈殿していたことから、溶存化学種によって濃度変化に違いがみられた。また、他の元素については、Cu溶液では、pH 5付近までは初期濃度とほぼ同じ2 mMで一定であるが、それ以降はpHの上昇に伴い濃度が減少し、pH 6以上で濃度がほぼ0となった。Zn溶液では、pH 7付近までは初期濃度とほぼ同じ2 mMで一定であるが、それ以降は濃度が急激に減少し、pH 8以上で濃度がほぼ0となった。Ni溶液では、pH 8付近までは初期濃度とほぼ同じ2 mMで一定であるが、それ以降はpHの上昇に伴い濃度が減少し、pH 9.6以上で濃度がほぼ0となった。Mn溶液では、pH 8.5付近までは初期濃度とほぼ同じ1 mMで一定であるが、それ以降はpHの上昇に伴い濃度が急激に減少し、pH 9以上で濃度がほぼ0となった。

いずれの金属元素についても、中和処理におけるNaOH添加によるpH上昇に伴う溶解度低下の影響を受けて水酸化物沈殿が生成し、溶存金属濃度が低下したと考えられる。そして、それぞれの金属に固有の溶解度を持つことが、AMD廃水中の分離回収および除去に効果的であることが示唆された。また、Feについては、おもに第一鉄・第二鉄の2種類の形態での溶存が考えられるが、第一鉄では水酸化物沈殿の発生するpHがCu、Zn、Niなどの金属と類似するため、第二鉄の方が効率的な分離が期待できる。旧松尾鉱山など実際のAMD処理工程では、薬剤使用コストなどの観点から、バブリングや鉄酸化バクテリアを用いた酸化工程を経て、溶存鉄イオンを第二鉄に変化させる処理を行っている。したがって、溶存金属の分離回収を考えた場合は、酸化処理によって第二鉄とした後に多段階連続中和プロセスを適用するのが望ましいと考えられる。

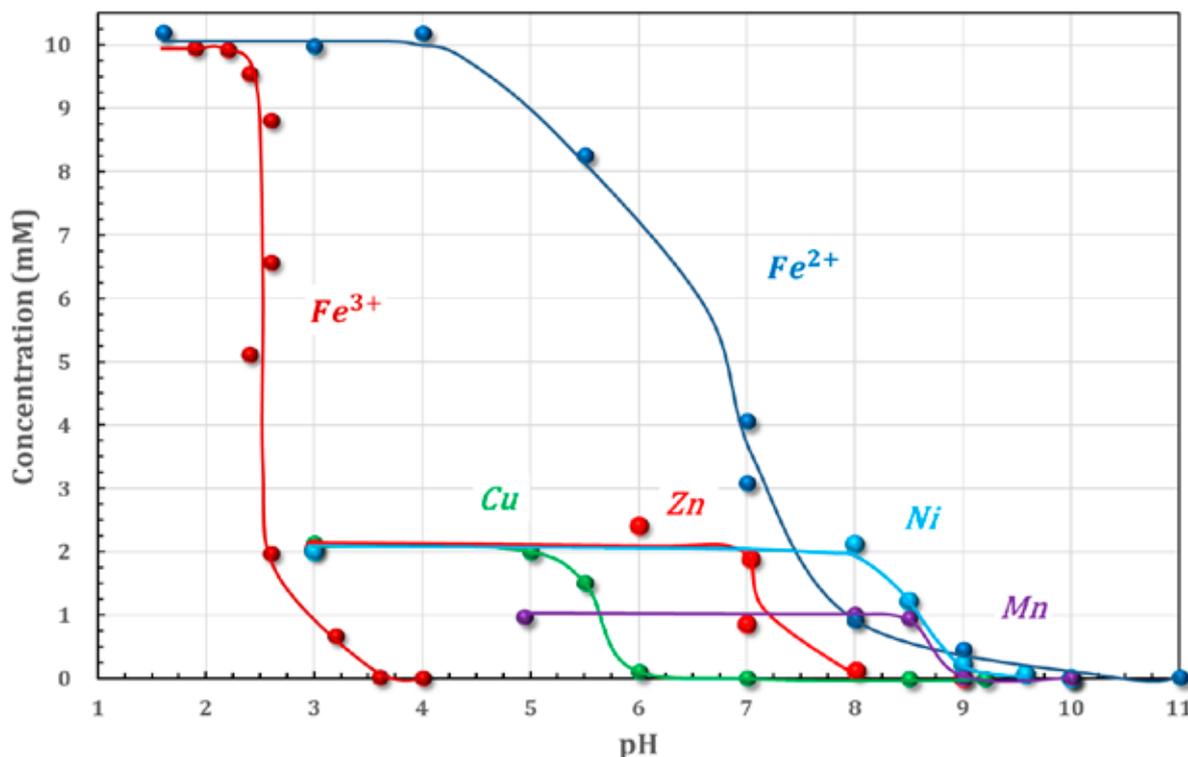


図1 中和処理におけるpH変化に伴う単成分系金属水溶液中の金属濃度の推移  
(初期濃度：Fe=10 mM, Cu=2 mM, Zn=2 mM, Ni=2 mM, Mn=1 mM)

図2に模擬AMD溶液の多段階連続中和試験における各段階で発生する金属沈殿量と金属分配率を示す。pH 2.7ではFeが約20%沈殿し、Asは約40%沈殿した。pH 4.0でFeは約80%沈殿し、Asは約55%沈殿した。As/Fe比はpH 4.0で低下し、Asの濃縮が確認できた。pH 6.5ではCuが約65%沈殿した。これは共存元素の影響による濃度低下のpHのずれが原因と考えられる。pH 7.7でZnは約70%沈殿した。ZnもCuと同様に共存元素の影響が原因と考えられる分配率の低下がみられた。Ni、Mnは最終段階で主に回収された。

この結果、多段階中和による砒素の分離除去と有用金属の分離の効果が示唆された。共沈作用や共存元素の影響がみられたため、それらの影響を調べることにより、各金属をより高い分配率で分離回収できると考えられる

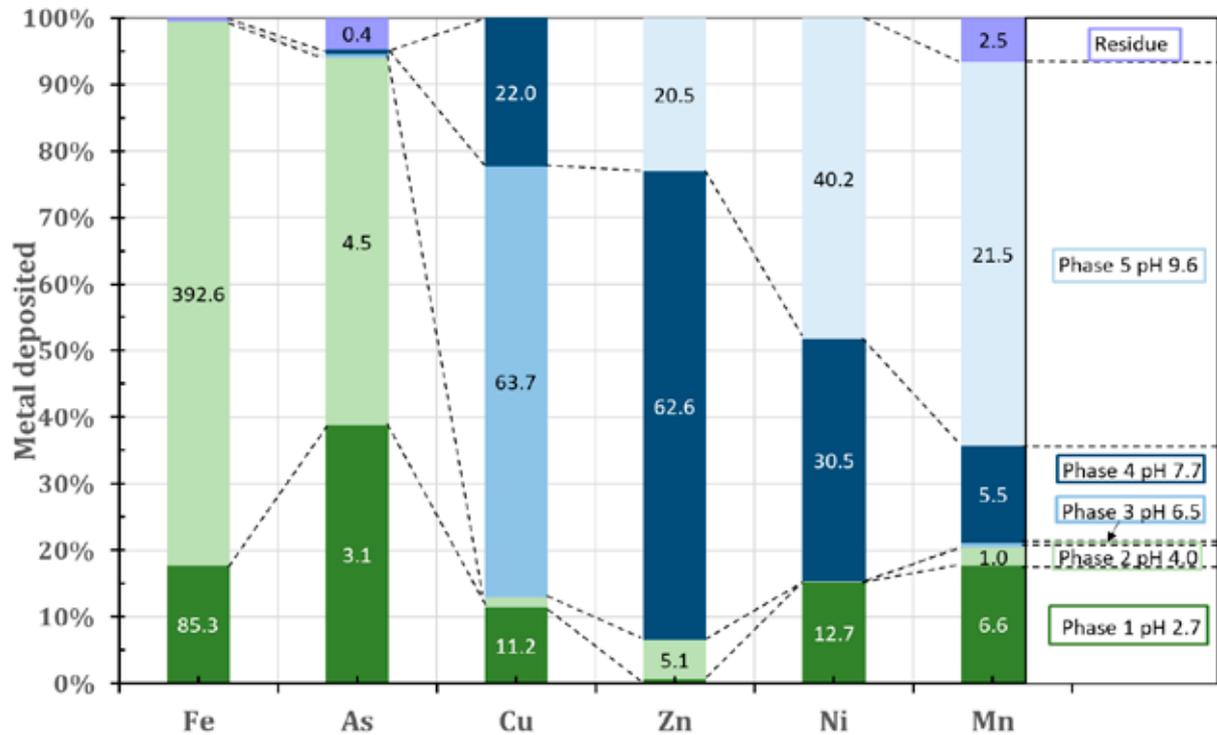


図2 模擬 AMD 溶液の多段階連続中和試験における各段階で発生する金属沈殿量と金属分配率  
(初期濃度：Fe= 10 mM, As= 10 ppm, Cu= 2 mM, Zn= 2 mM, Ni= 2 mM, Mn= 1 mM)

## 2. 亜鉛電解採取用アノードに関する実験

### 2.1. はじめに

銅や亜鉛を電気分解により製造する方法の1つである電解採取法は、アノード反応が水の電気分解による酸素発生反応、カソード反応が銅または亜鉛の電析反応となる。一般的な電解採取に用いられているアノード材料はPb合金であるが、このアノード上での水の電気分解による酸素発生反応は過電圧（酸素過電圧）が高いため、理論値よりも数十mV程度高い電位が必要となる。したがって、電解採取法による金属の製造には多くの電力が必要となり、省電力化が望まれている。本研究では、亜鉛電解採取法で一般的に使用されているPb-Ag合金アノードに着目し、酸素過電圧の低減を目指した研究を行った。具体的には、当研究室で取り組んでいるPb合金アノード上酸化物を、通常形成される $\alpha$ -PbO<sub>2</sub>から $\beta$ -PbO<sub>2</sub>とすることで酸素過電圧（アノード電位）の低減を試みた。 $\beta$ -PbO<sub>2</sub>形成によるアノード電位の低下はこれまでいくつか報告<sup>3,6)</sup>しているが、基本的にはPb合金アノードの電流を遮断することでアノード上にPbSO<sub>4</sub>を形成し、これを再通電することで $\beta$ -PbO<sub>2</sub>とする。これまでの研究では、例えば1時間の通電と1時間の遮断を24時間繰り返すなどしていたが、これは電流遮断時に形成されるPbSO<sub>4</sub>の形成に時間を要していたことによる。そこで本研究では、周期反転電流法を適用することで反転電流（Pb合金電極がカソードになる）によりPbSO<sub>4</sub>の形成を促し、さらに短時間の周期とすることで微細な $\beta$ -PbO<sub>2</sub>を形成することを試みた。これはこれまでの研究結果より、微細な $\beta$ -PbO<sub>2</sub>粒子が形成されるとアノード電位が低下する傾向が見られたため、微細な $\beta$ -PbO<sub>2</sub>粒子の形成を主な目的とした。

### 2.2. 実験方法

実験はPb-1.0wt%Ag合金アノードを用いて連続通電および周期反転電流による通電を行い、アノード電位の測定を行った。また、アノード表面酸化物の表面SEM観察を行った。基本的な電解条件は、電解液組成H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 220g/L、液量500ml、液温40℃、電流密度500A/m<sup>2</sup>とした。

周期反転電流の周期は、予備実験により1秒未満の周期でかつ電流(500A/m<sup>2</sup>)がマイナス時の時間を長くすることが有効であったことから、プラス電流(アノード)は0.1sまたは0.2sとし、マイナス電流(カソード)は0.2秒から0.4秒とした。直流電源にはKIKUSUI社製PBZ20-20を用いた。アノードの前処理(周期反転電解)を行う前に、500A/m<sup>2</sup>で48時間の予備電解(定電流電解)を行い、一定量の酸化物被膜を形成させた。これは予備電解を行わずに通電を開始すると安定した酸化物が形成されにくいことによる。アノード試料は、純Pbおよび純Agを目的の組成になるように調合し、大気中約900℃に加熱した黒鉛ルツボで溶解した後、予め約300℃に予熱しておいた軟鋼製鋳型に鋳込み(1cm×1cm×10cm)、室温で空冷凝固させ作製した。電極の形状は1cm×1cm×1cmとし、電極表面積が1cm<sup>2</sup>となるよう反応面以外をマニキュアでコーティング後導線を接続しエポキシ樹脂で埋め込んだ。カソードには純Alを用い、同形状とした。極間距離は3cmとした。電解後のアノードについては蒸留水を用いて電極表面を素早く洗浄した後にドライヤーで乾燥させ、さらに60℃で一昼夜乾燥した。アノード表面酸化物の観察は、SEM(日立ハイテク株式会社製SU-70)により行った。アノード電位の測定は各条件で酸化物被膜形成のための電解を行った後、電流密度を1000A/m<sup>2</sup>まで上昇させ、5分後にアノード電位を測定した。電位測定後、電流密度を50A/m<sup>2</sup>減少させ5分保持後に同様にアノード電位を測定した。この操作を電流密度が50A/m<sup>2</sup>となるまで繰り返し行い、50A/m<sup>2</sup>まで到達した後この逆の測定を行い、最終的に1000A/m<sup>2</sup>まで電流密度を50A/m<sup>2</sup>ずつ上昇させ5分保持後アノード電位を測定した。

### 2.3. 実験結果および考察

図3に各電解条件における電流密度とアノード電位との関係の一例を示す。図には連続通電のみとした結果(処理なし)も示す。図3より明らかなように、周期反転電流により処理を行ったアノードの電位が低下している。プラスに0.2秒、マイナスに0.3秒とした条件では、一般的な電流密度である500A/m<sup>2</sup>と比較すると処理無しのアノードに対して40mV低下している。ただし、断続通電処理を1時間周期で24時間行ったアノードは60mV以上電位が低下していたことから十分な結果とはいえない。

図4には、各アノード前処理条件におけるアノード表面SEM観察像を示す。図4には比較として1時間周期で24時間の断続通電処理を行ったアノード表面のSEM像も示す。図4より明らかなように、周期反転電流法により形成されたアノード酸化物は微細な粒子である。本実験では、アノード表面酸化物が微細なβ-PbO<sub>2</sub>粒子であるとアノード電位が低下することが期待されたが電位の低下は大きくはなかった。したがって、結晶性がよく緻密なβ-PbO<sub>2</sub>層を形成させることが今後の課題である。

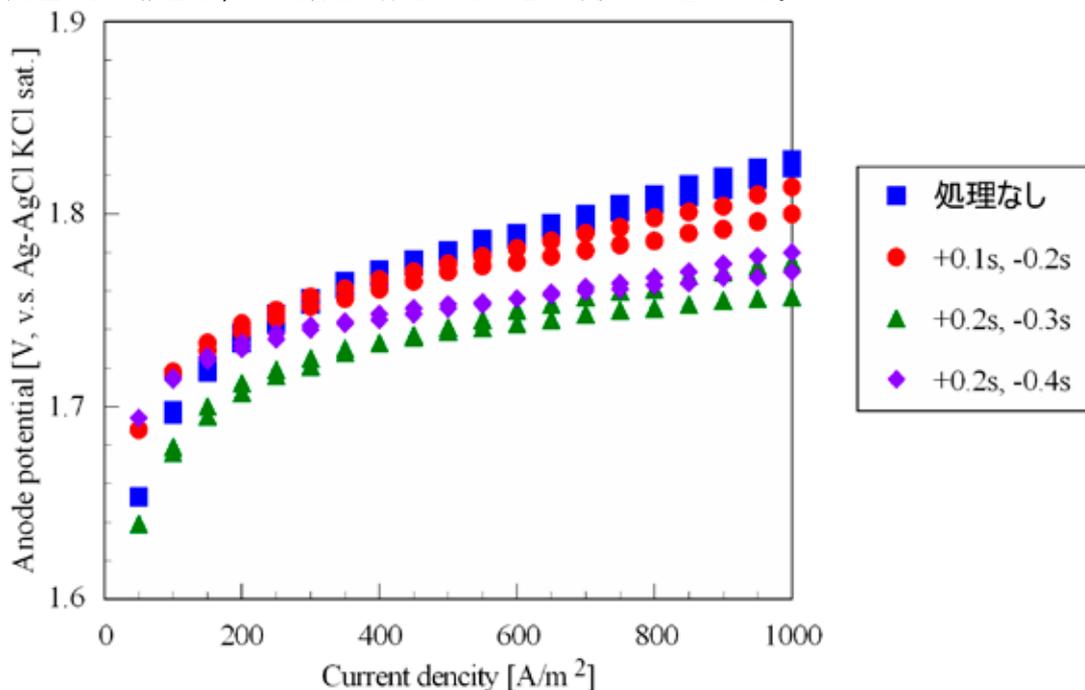


図3 各アノード前処理条件における電流密度とアノード電位との関係 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 220g/L, 40℃)

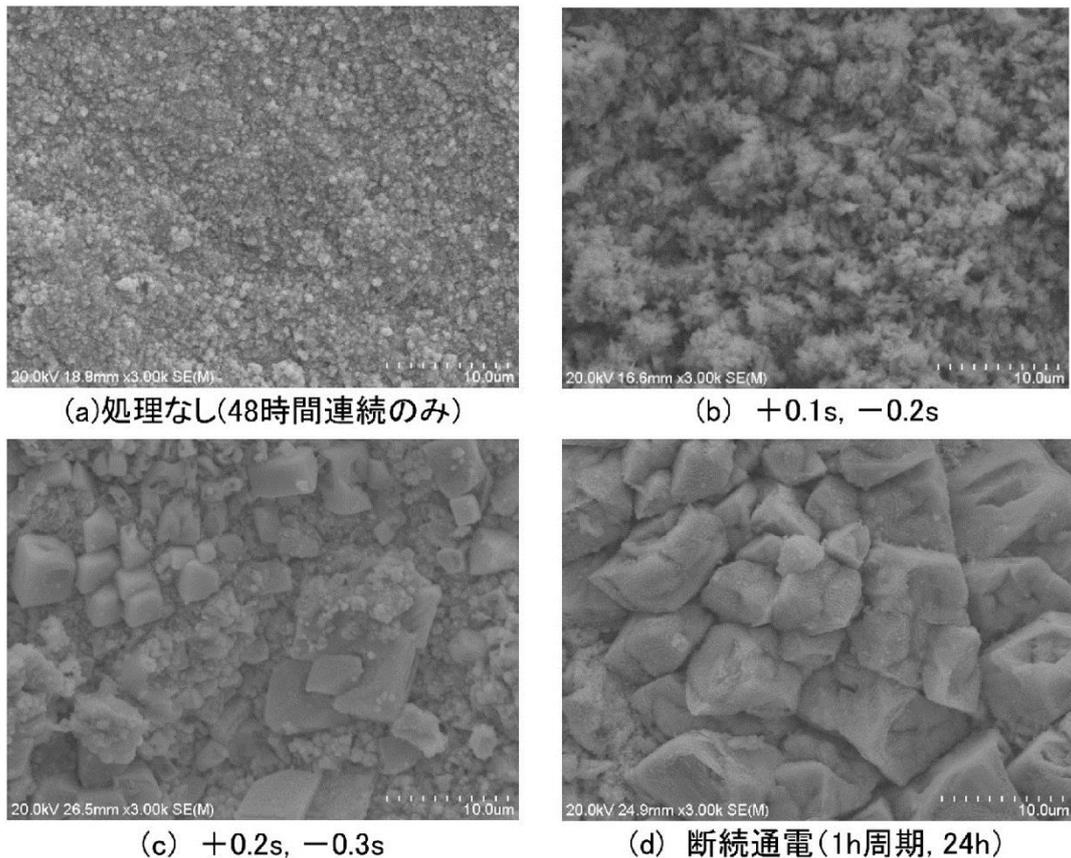


図4 各アノード前処理条件におけるアノード表面 SEM 観察像

#### まとめ

本研究では、酸性鉱山廃水(AMD)の溶存金属の資源化を視野に入れた分離回収プロセスの可能性について検討を行うため、Fe, As, Cu, Zn, Ni および Mn を含む模擬溶液を作製し基礎的な試験を行った。その結果、溶液の pH 変化に伴いそれぞれの金属に固有の溶解度を持つことが、AMD 廃水中の分離回収および除去に効果的であることが示唆された。得られた実験結果をもとに、連続多段階中和試験を行い、有害な砒素の分離除去と有用金属の分離の効果が示唆された。

亜鉛電解採取用 Pb 合金アノードの電解電圧(酸素過電圧)低減を目的として、電位低減効果のある  $\beta$ - $PbO_2$  について周期反転電流法を適用し微細な  $\beta$ - $PbO_2$  粒子の形成を試みた。その結果、従来の断続通電法よりも微細な  $\beta$ - $PbO_2$  粒子が形成されたが、十分なアノード電位低減効果は得られなかった。今後は結晶性が良く微細で緻密な  $\beta$ - $PbO_2$  層を形成させることが望まれる。

#### 参考文献

- 1) 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構；坑廃水処理の原理, pp. 6, 7, 10, 12, 19 (2006)
- 2) J. Kragten : Atlas of Metal-Ligand Equilibria in Aqueous Solution, Ellis Horwood Limited, Chichester, England, pp. 781 (1978)
- 3) Y. Takasaki, K. Imamura, K. Kikuchi, A. Shibayama, T. Otomo, K. Fukuda, Y. Shibachi and K. Koike : Proc. MMIJ Annual Meeting (2008), Vol. II, pp. 141-142
- 4) Y. Takasaki, K. Imamura, H. Minami, A. Hosoi, A. Shibayama, R. Saito and T. Aichi : Proceedings of LEAD-ZINC Conference Pb-Zn 2010, TMS, pp. 797-803, (2010)
- 5) Y. Takasaki, S. Kawamura, K. Haga, A. Shibayama, R. Inoue, I. Suzuki and R. Sato : Proc. MMIJ Fall Meeting (2014), P-9, pp. 107
- 6) Y. Takasaki, S. Kawamura, K. Haga, A. Shibayama, R. Inoue, R. Sato and K. Suzuki, Proceedings of LEAD-ZINC Conference Pb-Zn 2015, 779-788, Düsseldorf, DE (2015)

## ベトナム北部 Na Bop 鉛鋅床の閃亜鉛鋅中のインジウム

発表者 石山大三, Nguyen Dinh Quang

(国際資源学研究所)

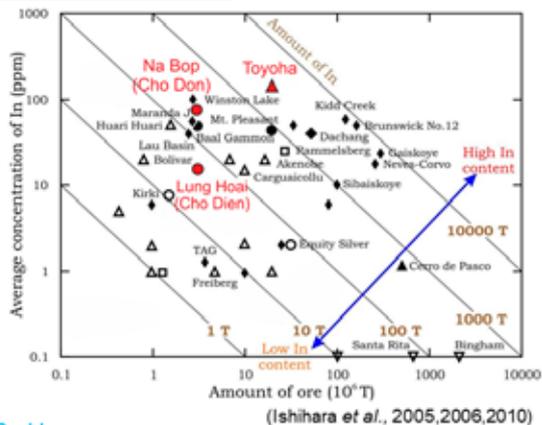
[ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp)

概要：本研究ではインジウム (In) を含むベトナム北部の Na Bop 鉛亜鉛鋅床の閃亜鉛鋅中の In の含有量と同鋅物が沈殿した環境を検討した。同鋅床の鉛亜鉛鋅石の肉眼と顕微鏡下での観察に基づき、閃亜鉛鋅の形成時期を推定した。また、EPMA による閃亜鉛鋅中の In の化学分析から、In 含有量を明らかにすると共に、鋅物組合せと閃亜鉛鋅中の Fe 含有量から In 鋅化作用時の生成環境を推定した。その結果、含 In 閃亜鉛鋅は、鋅化作用の中期から後期に形成され、閃亜鉛鋅には最大で 0.7 wt% の In が含まれる。この閃亜鉛鋅は、温度が 200°C 程度、硫黄分圧が  $10^{-16}$  atm 程度で形成されたことが推定された。

キーワード：インジウム, 閃亜鉛鋅, ベトナム

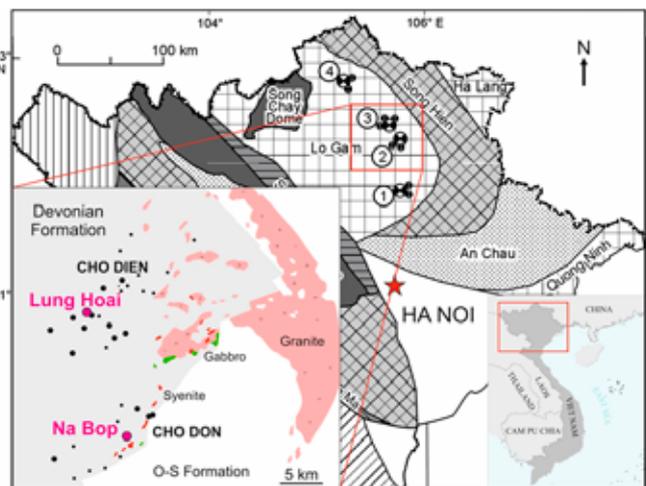
**独自性・実用性：** 今回の研究結果からは、Na Bop 鉛亜鉛鋅床の閃亜鉛鋅中の In は、副成分元素として存在し、閃亜鉛鋅を採掘することで In を回収することが可能であることが分かった。亜鉛鋅石として売鋅する際に In 含有量を調査しておけば鋅業収入の増加が見込める。また、今回の In 含有閃亜鉛鋅は、石墨が存在する環境で黄鉄鋅と磁硫鉄鋅が共生する状態で形成されたと推定される。この地域の In 資源探査については、黄鉄鋅と磁硫鉄鋅が存在する鋅石の地域が有望地域と考えられる。

### Introduction



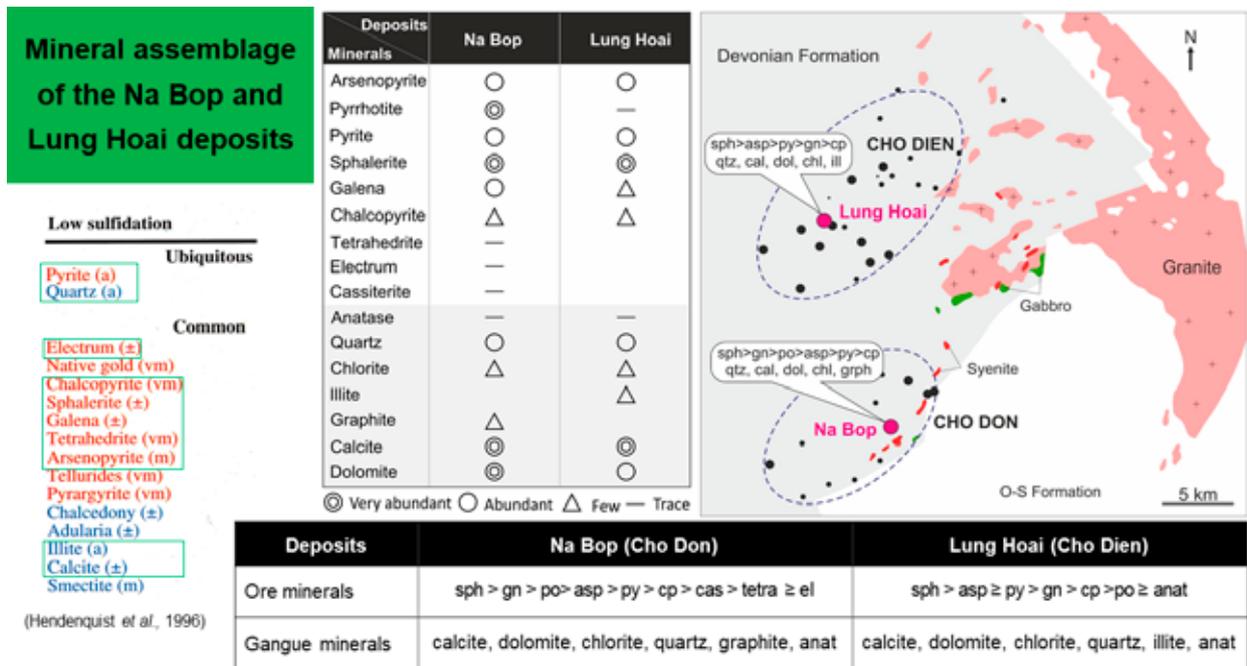
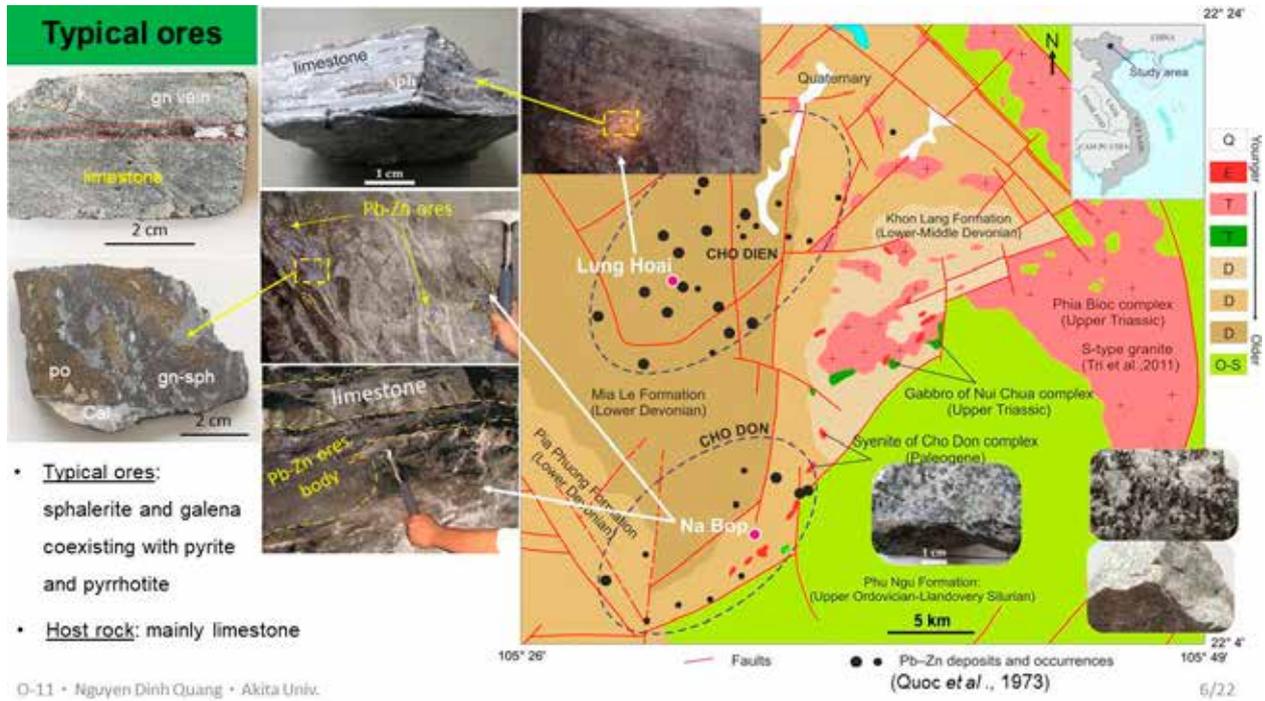
#### Problem:

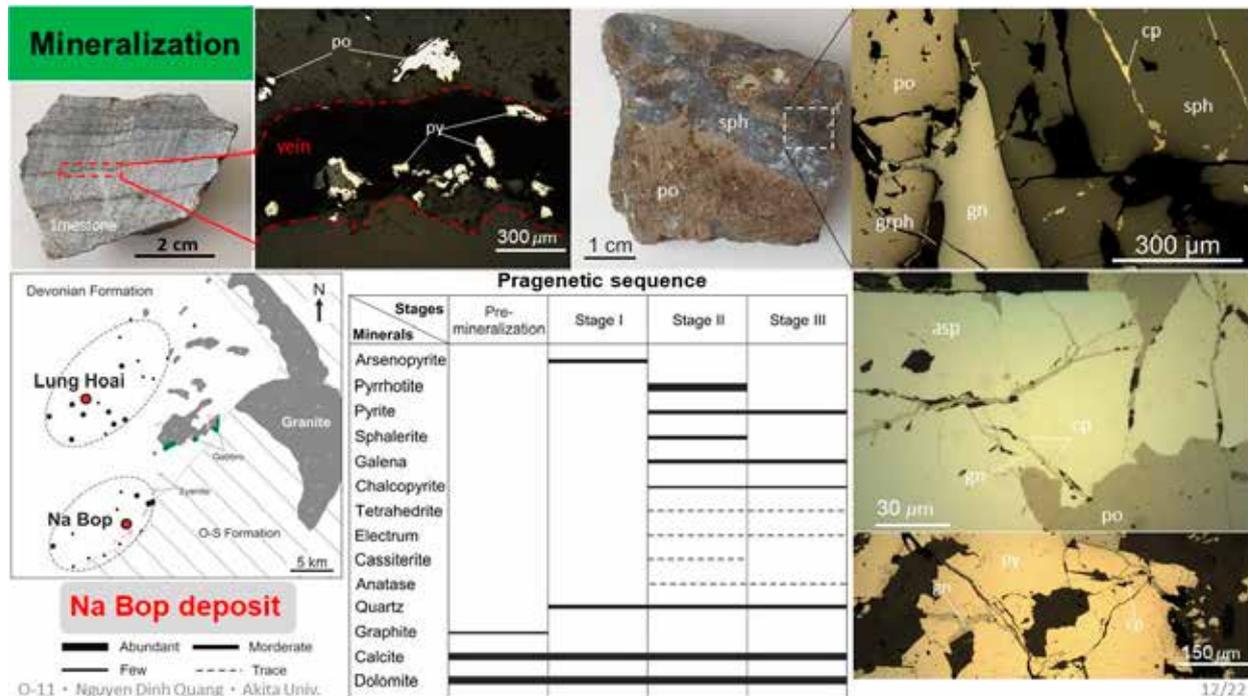
- Sequence mineralization was not clear.
- The characteristics of indium was not clear.
- The formation environments of the Na Bop and Lung Hoai deposits are not clear.



#### Purpose of study:

- Clarification of sequence mineralization of the Na Bop and Lung Hoai deposits.
- Evaluation of the potential of Indium-bearing sphalerite of the Na Bop deposit.
- Estimation of formation environment of the Na Bop deposit.

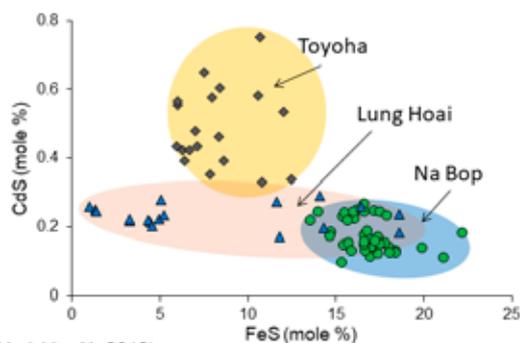
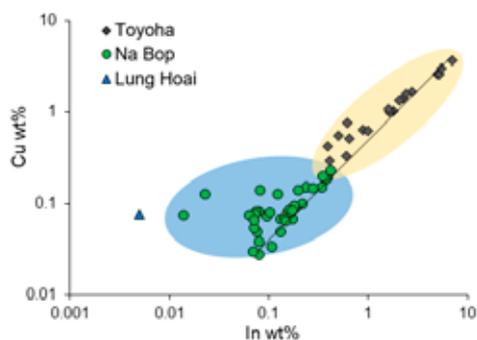
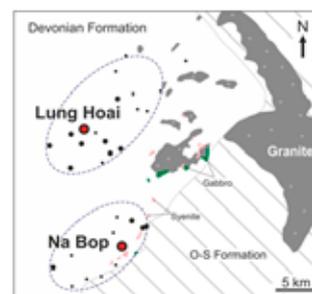




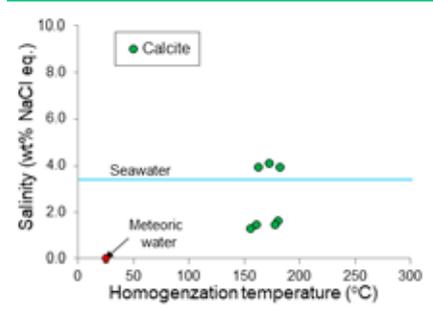
### Indium content of sphalerite

### Comparison with the Toyoha deposit

|           | Lung Hoai                    | Na Bop       | Toyoha      |
|-----------|------------------------------|--------------|-------------|
| <b>Fe</b> | ~3FeS mole%,<br>~15FeS mole% | ~17FeS mole% | ~8FeS mole% |
| <b>In</b> | Low                          | Intermediate | High        |
| <b>Cu</b> | Low                          | Low          | High        |

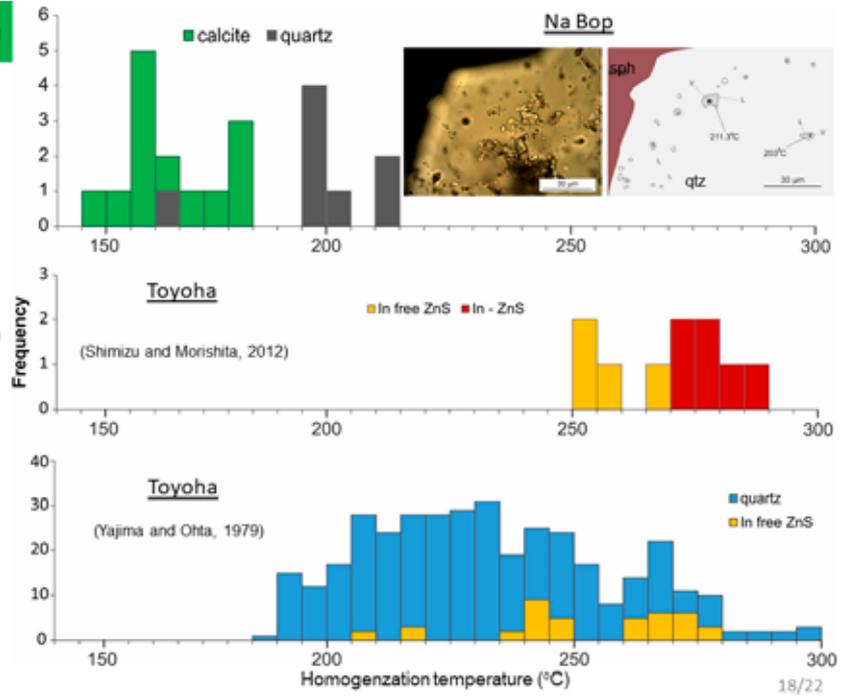


### Fluid inclusion (Na Bop deposit)



- The liquid-rich liquid-vapor two-phase secondary fluid inclusions
- Small size fluid inclusions (<10µm)
- Homogenization temperature:
  - In quartz: 170-215°C
  - In calcite: 153 - 183°C
- Salinity: 1.4 to 4.1 wt.% NaCl

O-11 · Nguyen Dinh Quang · Akita Univ.

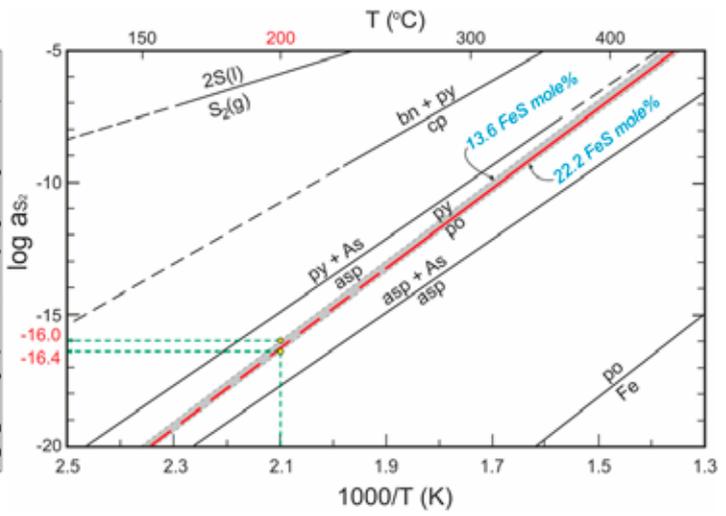


18/22

### Estimation of formation environment of the Na Bop deposit

Paragenetic sequence of the Na Bop deposit

| Stages       | Pre-mineralization | Stage I | Stage II | Stage III |
|--------------|--------------------|---------|----------|-----------|
| Arsenopyrite |                    | █       |          |           |
| Pyrrhotite   |                    |         | █        |           |
| Pyrite       |                    |         | █        |           |
| Sphalerite   |                    |         | █        |           |
| Galena       |                    |         | █        |           |
| Chalcopyrite |                    |         | █        |           |
| Tetrahedrite |                    |         | █        |           |
| Electrum     |                    |         | █        |           |
| Cassiterite  |                    |         | █        |           |
| Anatase      |                    |         | █        |           |
| Quartz       |                    | █       |          |           |
| Graphite     | █                  |         |          |           |
| Calcite      | █                  |         |          |           |
| Dolomite     | █                  |         |          |           |



(Holland., 1959,1965; Scott and Barnes., 1971)

O-11 · Nguyen Dinh Quang · Akita Univ.

20/22

## 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、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も B20 型 FeGe 合金が作製可能であることを示した。

キーワード：磁気スキルミオン、合金、磁性

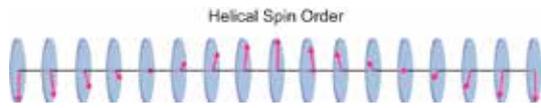
### 独自性・実用性：

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

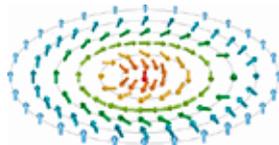
# キラル磁性合金と磁気スキルミオン

B20型合金・ $\beta$ -Mn型合金など  
中心対称をもたない結晶構造をもつ磁性体

⇒らせん磁気構造を形成



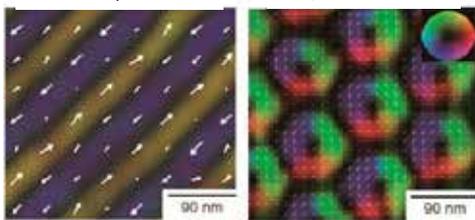
磁場印加・低温



“磁気スキルミオン”

Helical spin order

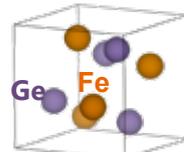
Skyrmion lattice



B = 0 mT

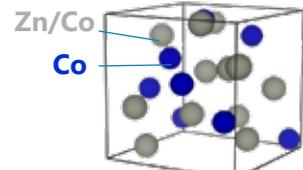
B = 50 mT

らせん磁気構造およびスキルミオン結晶構造



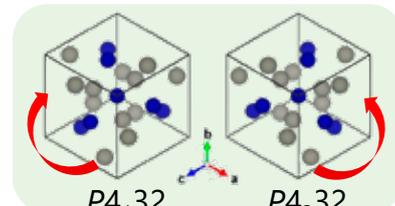
B20-FeGe

$P2_13$ ,  $a=0.4700$  nm



$\beta$ -Mn型CoZn

$P4_132$ ,  $a=0.6322$  nm



$P4_132$

$P4_332$

[111]方向から見たCoZnの結晶構造

- ナノスケールの渦状磁気構造
- 数nm~100 nm
- 一度生成すると安定
- 低電流密度で駆動

磁気情報担体としての応用が期待

Mühlbauer et al. *Science* (2009), Yu et al., *Nature* (2010)

Nagaosa & Tokura, *Nature Nanotechnology* (2013)

## 目的と実験方法



B20-FeGe

空間群 $P2_13$ ,  $a=0.4700$  nm

B20型合金の合成⇒高温高压合成が必要

より簡便な合成法が求められる

研究目的：微量の元素置換による高温高压合成を必要としないB20型合金の合成

今回：FeGeに微量のSiを添加した合金を作製

### 実験方法

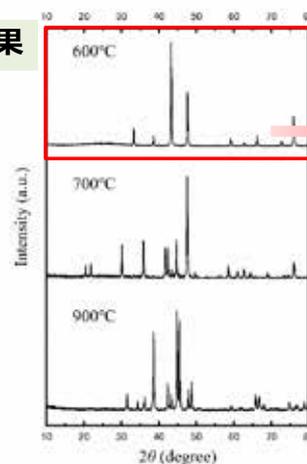
#### 試料作製

- 仕込み組成： $\text{FeGe}_{1-x}\text{Si}_x$
- Arアーク溶解炉で融解・合成
- 真空封入後電気炉で熱処理→焼入

#### 試料評価

- 粉末X線回折
- SEM観察(反射電子像)
- SEM-EBSD
- 磁化測定(VSM)

### 結果

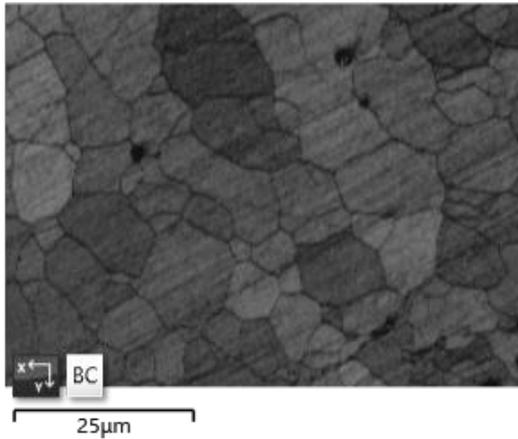


$x=0.03$ 合金の  
粉末X線回折パターン

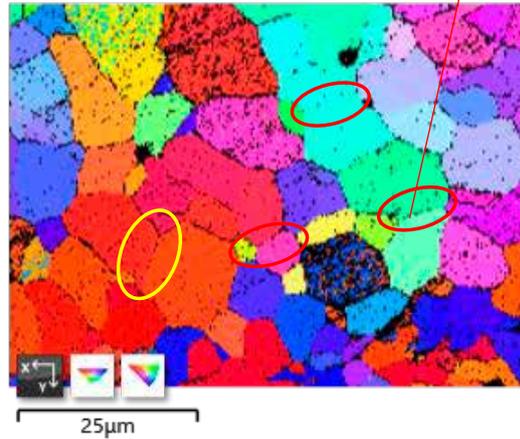
600°C熱処理  
⇒B20相単相

# FeGe<sub>0.97</sub>Si<sub>0.03</sub>合金の組織観察

バンドコントラスト



結晶方位マップ



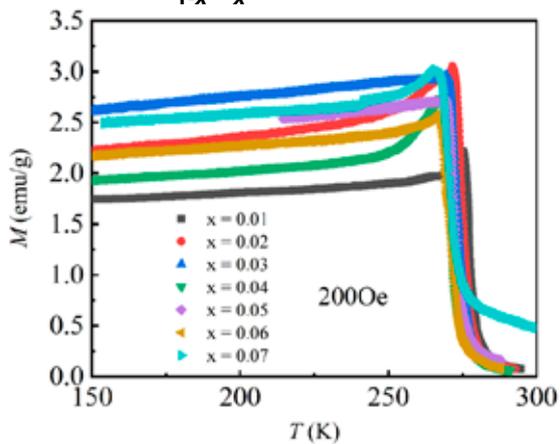
色味が近い箇所が多い  
→ 小角粒界が多い

- B20相の単相試料が得られた
- 平均粒径~12μm、小角粒界が多い

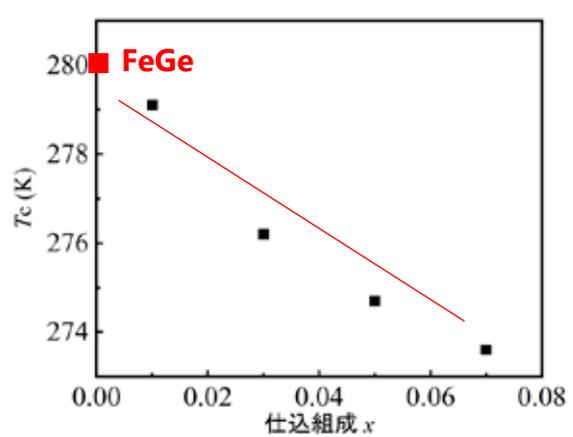
→ 従来の高圧合成FeGeと同等のバルク試料の作製に成功

# 磁性測定

FeGe<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>の磁化の温度依存性



キュリー温度のSi濃度依存性



- Si添加合金もFeGeと同様強磁性転移を示す
- キュリー温度はSi濃度の増加に伴い微減

→ 従来の高圧合成FeGeと同等のバルク試料の作製に成功

# Proposal of early diagnosis system of excavator motor using machine learning

Dorjsuren Yandagsuren, Youhei Kawamura and Tatsuki Kurauchi

(Center for regional revitalization in research and education, Akita  
University)

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

Abstract : In big coal mines, very commonly used super-large heavy mining machines are excavators, these are performed to main operations of mining. The excavator is equipped with many motors to operate the mechanisms, but in harsh mining environments, the motors are often damaged. Bearings are particularly important parts of the motor, and it takes more than half of total failure. Causes of bearing abnormality include high heat due to long-term operation, running out of oil, pollution of lubrication, and wear of the bearing due to the intrusion of particles such as stones. Damage of the bearing induces to other mechanical parts, leading to other damages and it is decreased work efficiency of those parts. In the past, abnormality of motor bearing diagnosis was performed by skilled operators, who checks the motor abnormality based on the state of rotation and noise, but this method is not good enough for diagnosis. Because operator-based diagnosis is not possible to find failure on time, it is always delayed from reality. Therefore, the development of an early diagnosis system of motor bearing is required. The purpose of this study was to develop an early diagnosis system for the abnormality condition of excavator motor bearing. For this purpose, we are studying the development of the vibration analysis method, using machine learning. Acceleration sensors were mounted on the operating motor to measure normal vibration and abnormal vibration, respectively. Signals from sensors are used for various kinds of analysis such as spectral and time-frequency analysis. In addition, those signals (data) are used for training the convolution neural network (CNN) model that is one kind of machine learning. The CNN model will give us a good prediction of bearing health conditions. Because of that, engineers can easily distinguish between normal or abnormal bearing.

**Key words** : Bearing diagnostic, machine learning, excavator motor, vibration analysis and CNN model.

### **Practical issue and Characteristics**

In the mining sector, machine reliability is a very important issue that 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 practical conditions, and it will give a good opportunity for a predictive maintenance plan and to avoid an unplanned shutdown of motors to engineers and technicians of mining. In the future, early diagnostic methods based on machine learning could provide machines with reliability. That CNN (machine learning) based early diagnostic system will bring low-cost maintenance system and continuously working machine into future mining.

This research is an intersection point in various kinds of engineering scientific areas such as mechanical engineering, signal processing, information technology, and machine learning. Therefore, we need many kinds of researchers to implement this research in real life. My contribution for this research, determine basic principles and problem mining machinery, obtain the reason for bearing failure, work on data preparing and processing, and training the CNN model. Our future aim is to develop this early diagnostic method based on machine learning.

## **1. Introduction and background of research**

In the mining field, various kinds of excavators are used such as shovels, draglines, and hydraulic excavators. Those excavators are equipped with many motors to operate the various kinds of mechanisms, such as hoist, swing, crowd, and propel mechanisms. In this study, we have considered the electrical motor's bearing diagnostic of the crowd mechanism of the mining shovel, EKG-5a, in the Baganuur mine. The Baganuur mine is one of the biggest coal suppliers of Mongolian power plants, it was established in 1978. The stripping method of mining is applied to that mine. The mine has brown coal, and the mine area is 31.6 square kilometers. Many electrical rope excavators are used in this mine, almost all of them were produced in the Soviet Union.

The excavator is applied for the excavation process of coal. The EKG-5a excavator is the main machinery of coal excavation in the Baganuur mine. Almost all excavators in the Baganuur mine use electrical energy because electrical energy is cheaper than fuel such as diesel. In addition, electrical motors in excavators are more energy-efficient and ecological than combustion engines. The model of that electrical motor is 4ГП10М 55-2/1У2 (4GPEM 55-2/1U2) that is used for the EKG-5a mining excavator as a generator of crowd mechanism. The generator of the crowd mechanism supplies the crowd motor with electrical energy and controls the motion of this motor.

The motor parts are usually damaged in a harsh mining environment. Causes of motor abnormality include high heat, and excessive vibration due to long-term operation, and pollution of bearing lubrication. That pollution of lubrication material is following quick erosion of bearing and reducing factory normalized lifetime of bearing. If excavation is continued with the bearing damaged, work efficiency will decrease, and the bearing damage will be transmitted from the joint to other parts, and an unplanned shutdown of the excavator.

In the past, the bearing health diagnosis of the motor was made by a skilled operator, but it does not work well, and diagnosing process takes a long time. Therefore, we need to change this diagnostic method and implement new condition monitoring, it is necessary to develop an early diagnosis system. Our research method is based on vibration analysis and machine learning could provide that diagnosing process without human and it should give us more truly, acquired diagnostic for bearing failure.

Following figures are shown bearing structure and failure.

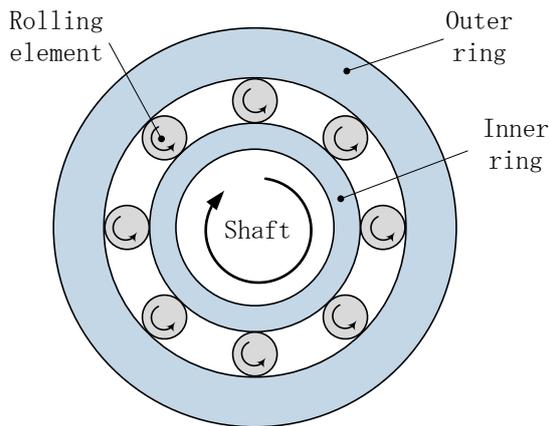


Figure 1. Structure of motor bearing



Figure 2. Failure (eroded by pollution)

Cause of mining harsh conditions, rolling elements of the bearing are eroded that makes vibration that is more excessive.

## 2. Experiment

Research object is a bearing of the electric motor of the EKG-5a mining excavator, the motor model is 4GPEM 55-2/1U2 and the bearing model is USSR-3-18ГП13-314 (USSR-3-18GPZ-314).

We have collected our data from a maintenance facility in the Baganuur mine. The data collecting process is shown in the following figure 3. For data collecting, acceleration sensor TEAC's is the piezoelectric type, and data logger Keyence's NR-500 are used.



Figure 3. Data collecting at the mine site

Some technical specification is shown by the table 1.

Table 1. Vibration measurement of motor bearing

| Specification        | Unit                        | Value                      |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Sampling frequency   | kHz                         | 100                        |
| Sampling period      | $\mu\text{s}$ (microsecond) | 10                         |
| Sampling duration    | s                           | 60                         |
| Sampling count       | -                           | 60 (Normal 30, Failure 30) |
| Motor rotation speed | rpm                         | 1200                       |

### 3. Analytical Method

The research process is shown as following figure 4.

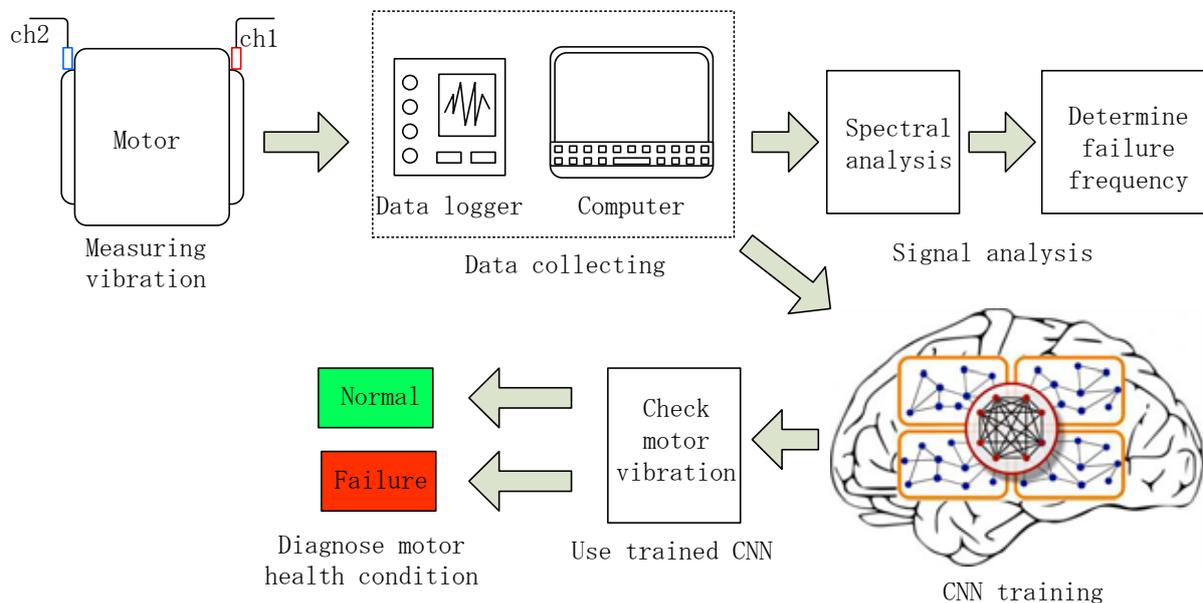


Figure 4. Research process

Our research process consists of three main parts these are data collection, signal analysis is called vibration analysis in other words, and CNN training.

#### 3.1. Vibration analysis

In practice, vibration analysis is very commonly used for spectral analysis that allows easier distinguishes critical frequency than other analyses. Implementing this analysis, we have used FFT (fast Fourier transform) using Origin software. After FFT, we can show each frequency and amplitude of bearing vibration.

#### 3.2. CNN training

The development of ICT is remarkable as a global trend of new technology. Due to the high versatility of the technology, some resource majors are trying to implement their own security measures and reduce costs. Among them, it is predicted that the mine development system by AI will advance due to the big breakthrough of deep learning that started in 2010. In this study, we used a convolution neural network (CNN) for the early diagnosis of motor abnormalities and performed abnormal diagnosis of motors using raw time-acceleration as input. Two types of measured time-acceleration were used: normal and damaged bearing vibration. In this study, as a preliminary step of CNN learning, we confirmed both different states are included in the normal and the failure by performing signal processing of the raw signal, such as time waveform analysis, and Fourier analysis. In CNN learning, we created a learning model for two-class classification and evaluated the model.

CNN is one of the powerful neural network that is very suitable to use classifications. It has given excellent results in the research field of image and speech recognition. Thus, many researchers have considered it, in their research works. The CNN consists of many neural network layers such as input layer, convolution layer, and fully connected layer, etc. Those layers determine features of input data and use it for classification. In our research, we are intending the bearing failure

classification of excavator motor using CNN. Our CNN model consists of the input layer, two convolutional layers, and a fully connected layer.

#### 4. Result and discussion

The purpose of Fourier analysis is to confirm the size of the frequency band under each condition and to examine whether a normal or failure-state of bearing diagnosis. First, the rotational vibration waveform of the motor is divided at 0.1-second intervals, and the divided acceleration waveform is subjected to Fourier analysis to calculate the Fourier spectrum. The vertical axis is the Fourier amplitude ( $m/s^2$ ), and the horizontal axis is the frequency (Hz), and the larger the Fourier amplitude is showing strong vibration of the motor. We will confirm the difference in the distribution in the frequency band of each state using that spectrum. In this Fourier analysis, there was almost no difference in the high-frequency band, so the Fourier spectrum is shown in the range of 8,000 (Hz). Figure 5 shows the normal state and figure 6 shows the failure (damaged) state. Comparing the Fourier amplitudes of the normal state and the failure state, the spectral peaks appear at around 1,600 Hz in the normal state, and the spectral peaks appear at around 200 Hz and 1,600 Hz in the broken state.

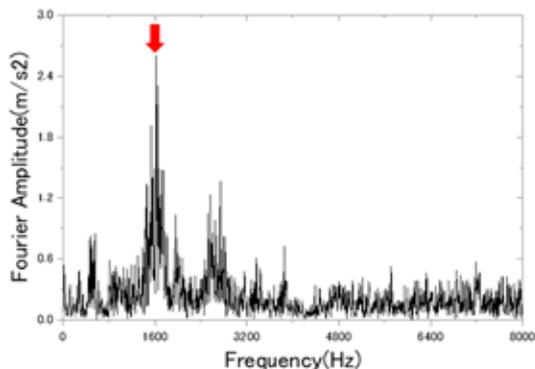


Figure 5. Fourier spectrum of normal bearing

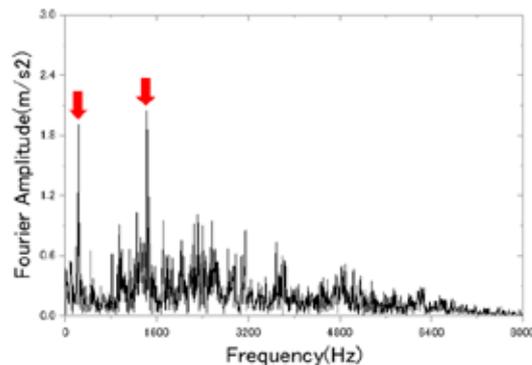


Figure 6. Fourier spectrum of failure bearing

In this study, we classified two categories, these are normal state and failure state. Time-acceleration waveforms are used for machine learning, training data store consists of 24000 CSV files, each of the CSV files are representing the bearing vibration of the motor. Half of these CSV files are representing the normal situation of bearing and the rest half of them correspond to bearing failure. We divided our data store into three groups such as 17267 training data, 4317 verification data, and 2416 test data. The training curve of CNN is shown below.

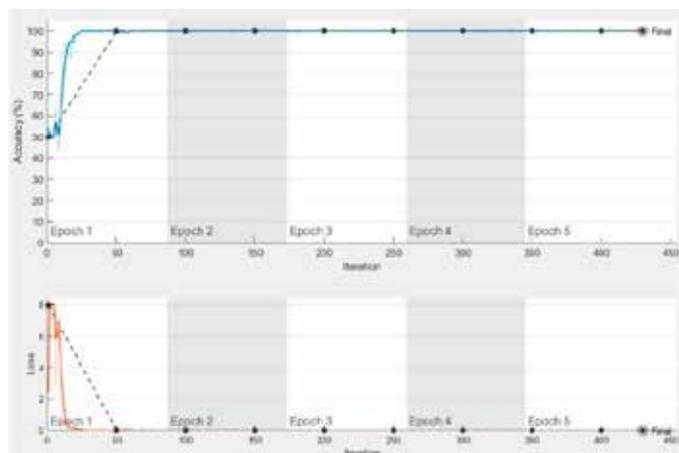


Figure 7. CNN training curve

After CNN training, the trained model should be tested. For this reason, we have performed the confusion matrix of trained CNN. The confusion matrix shows the trained CNN model's working accuracy. The matrix is shown below.

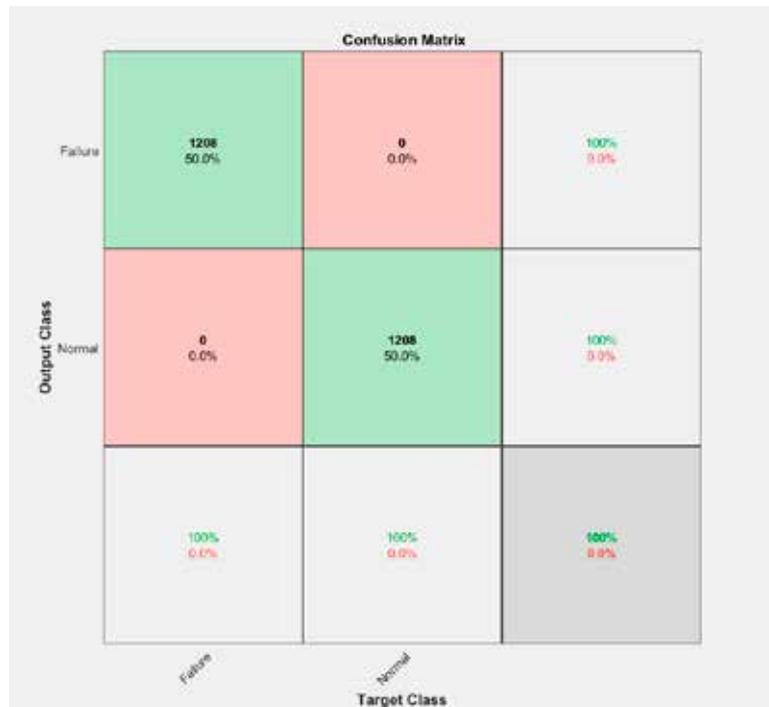


Figure 8. Confusion matrix of trained CNN

From the confusion matrix, we can see CNN model's bearing failure determining accuracy is 100%. In other words, the CNN model very useful for bearing failure prediction, also able to apply for early diagnostic of bearing failure of heavy machine's motor using the model.

Future development of research:

In practice, two classifications (normal and failure) are not good enough to apply for making a bearing maintenance plan. Because we want to some good maintenance plan, we have to know about bearing failure progress. Therefore, now we are working on creating more classifications such as 25%, 50%, and 75% failure, to determine bearing failure progress. We can know the failure progress of bearing after finishing that. It will give good opportunities for this research will be implemented in real life. Therefore, we need to make new data using our raw data. It is requiring some quite complicated signal processing techniques.

## 5. Expected Outcome

In our plan, the expected outcome will come in November 2021. We are intending to publish a manuscript in high-ranked journals such as the electrical engineering journal of Springer or journal of mechanical science and technology or some suitable journal of Elsevier publishing after we will get good results.

# Assessment of the hydrocarbon potential and sedimentary environment of the Onnagawa shale in Akita Prefecture, based on sedimentological and geochemical analyses

Martizzi Paolo<sup>1,2</sup>, 荒戸裕之<sup>2</sup>, 千代延俊<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)

[h\\_arato@gipc.akita-u.ac.jp](mailto:h_arato@gipc.akita-u.ac.jp)

**概要** : The Onnagawa shales are the main target for hydrocarbon exploration in the Akita Prefecture, and they provide an excellent geological record of the paleoenvironment of the Akita Basin in the middle Miocene. In this study lithofacies, Rock-Eval pyrolysis, and X-Ray fluorescence data were used to evaluate the hydrocarbon potential and interpret sedimentary environment of the Onnagawa shales. Our results revealed that the siliceous shales outcropping near Gojome Town are potential source rocks for hydrocarbons, and they are characterized by massive and laminated lithofacies, and variable contents of biogenic SiO<sub>2</sub>, and detrital minerals. Based on these data, we interpreted that the Akita Basin was characterized by dysoxic/anoxic bottom waters, high surface water productivity and moderate detrital input from the continent. The organic richness did not show a relationship with the bottom water oxygenation, suggesting that it was controlled mainly by the surface water productivity and dilution from detrital minerals.

**キーワード** : Bottom water oxygenation, Detrital minerals, Hydrocarbon potential, Onnagawa shales, Sedimentary environment, Surface water productivity,

## 独自性・実用性 :

This study is presenting new organic and inorganic geochemical data on the Onnagawa shales. Differently from previous studies, this research is considering both the hydrocarbon potential and the depositional environment of this formation. Specifically, the reconstruction of a new model of the Sea of Japan is fundamental to understand why and where hydrocarbon source sediments developed. The same methodologies and concepts discussed in study can be applied to future projects of hydrocarbon exploration not only in Japan but also in many locations of the North Pacific Sea where the siliceous shales are distributed. Moreover, shale formations are currently studied not only for hydrocarbon exploration but also for the storage of the CO<sub>2</sub> in underground formations. Therefore, geochemical data on siliceous shales could be used as reference for future studies of CO<sub>2</sub> storage in shales formations.

## Introduction - 1

### HYDROCARBON POTENTIAL

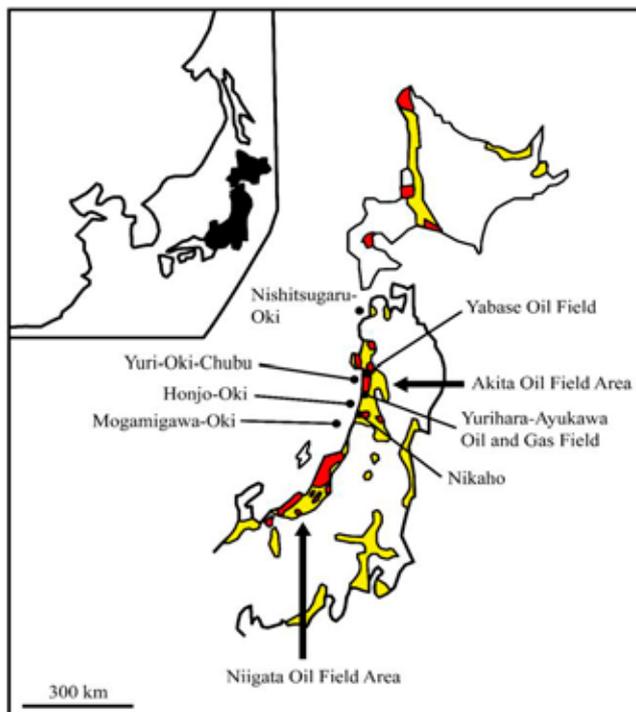


Fig. 1. Oil and gas field (red), prospective areas for hydrocarbons exploration (yellow), and exploration wells in northern Honshu (black dots) (modified from Ujiie et al., 2004).

#### BACKGROUND

- Various oil and gas fields are distributed in back-arc basins located along the western side of Honshu, but several areas are still prospective for hydrocarbons exploration;
- Potential source rocks for hydrocarbons are generally of middle-late Miocene age.

#### RESEARCH GOALS

- Define the hydrocarbon potential of middle Miocene formations in prospective areas of the Akita Prefecture;
- Compare this study results with previous exploration well data and hypothesize the factors that determined the hydrocarbons generation in middle Miocene formations.

## Introduction - 2

### SEDIMENTARY ENVIRONMENT

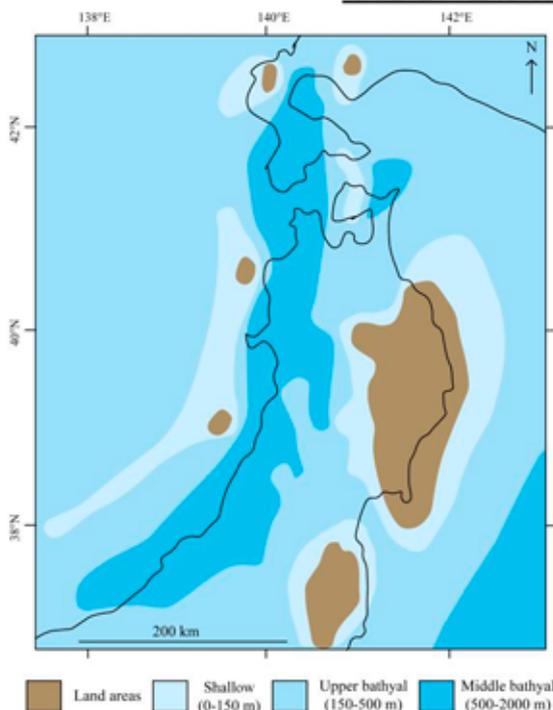


Fig. 2. Paleoceanographic setting of the Sea of Japan between 13 Ma and 8 Ma (from Martizzi et al., 2021).

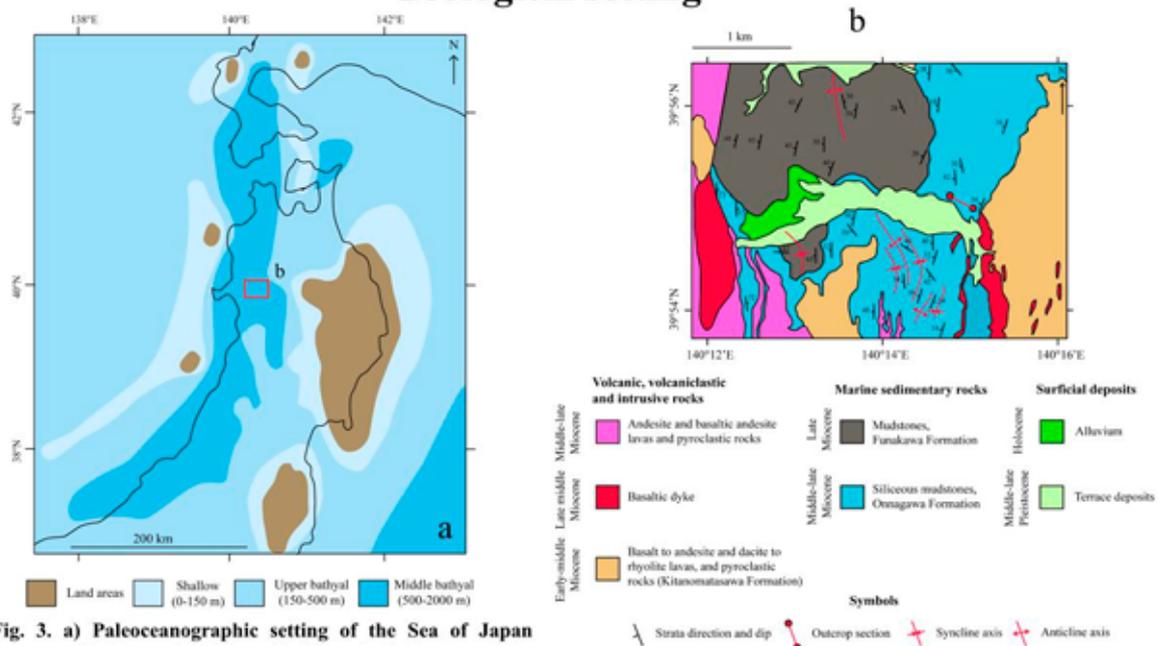
#### BACKGROUND

- Akita region was interpreted as a single silled basin. However, the Onnagawa siliceous shales were deposited in various basins with different paleodepths and geometries;
- Previous researchers indicated that the preservation of organic carbon in Onnagawa siliceous shales was influenced mostly during the anoxic periods. However, some studies found out that siliceous shale deposited in oxygenated conditions have high organic carbon contents.

#### RESEARCH GOALS

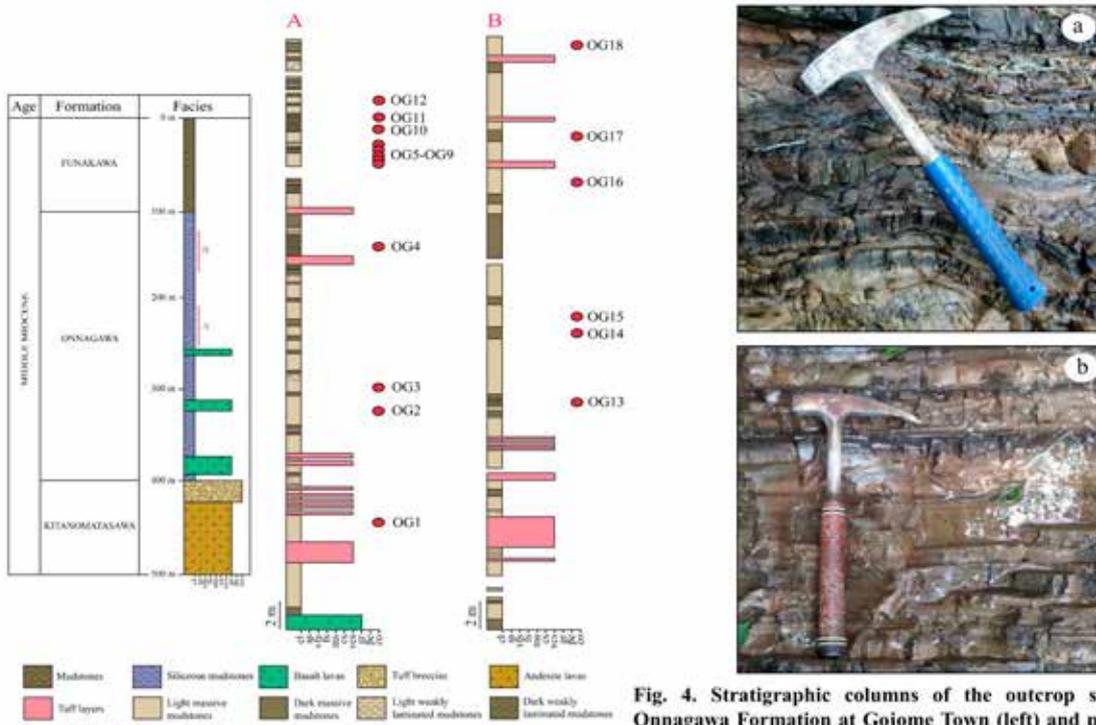
- Hypothesize the sedimentary environment of the Akita Basin, based on the paleo-productivity, paleo-oxygenation of bottom waters and detrital input variations;
- Hypothesize the influence of paleo-productivity, paleo-oxygenation of bottom waters and detrital input on organic richness.

### Geological setting



- 18 samples were collected along an outcrop section of the middle-late Miocene Onnagawa Formation near Gojome Town and analyzed with Rock-Eval pyrolysis and X-Ray fluorescence methods;
- The siliceous shales of the Onnagawa Formation deposited in deep basins formed during the opening of the Sea of Japan in the middle Miocene. These basins were characterized by variable paleo-oxygenation in the bottom water, and input of detritus from the continent

### Results-Lithofacies of the Onnagawa Formation



- The Onnagawa Formation sediments are characterized from dark brown-dark gray and pale brown layers. These layers are both massive and laminated.

### Results-Rock Eval pyrolysis

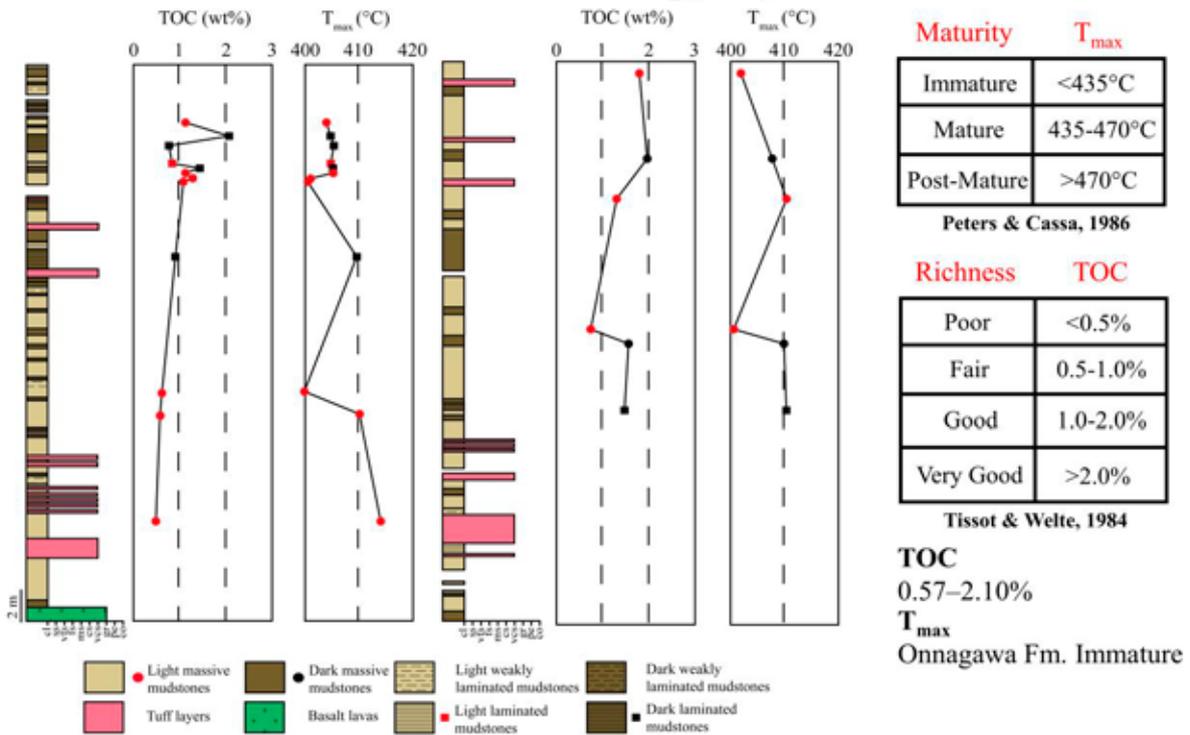


Fig. 5. Vertical distribution of TOC and  $T_{max}$  in the Onnagawa Formation.

- Onnagawa Formation sediments are characterized from fair to very good organic richness. However, the  $T_{max}$  values indicate that this formation is immature for the generation of hydrocarbons.

### Results-Rock Eval Pyrolysis (2)

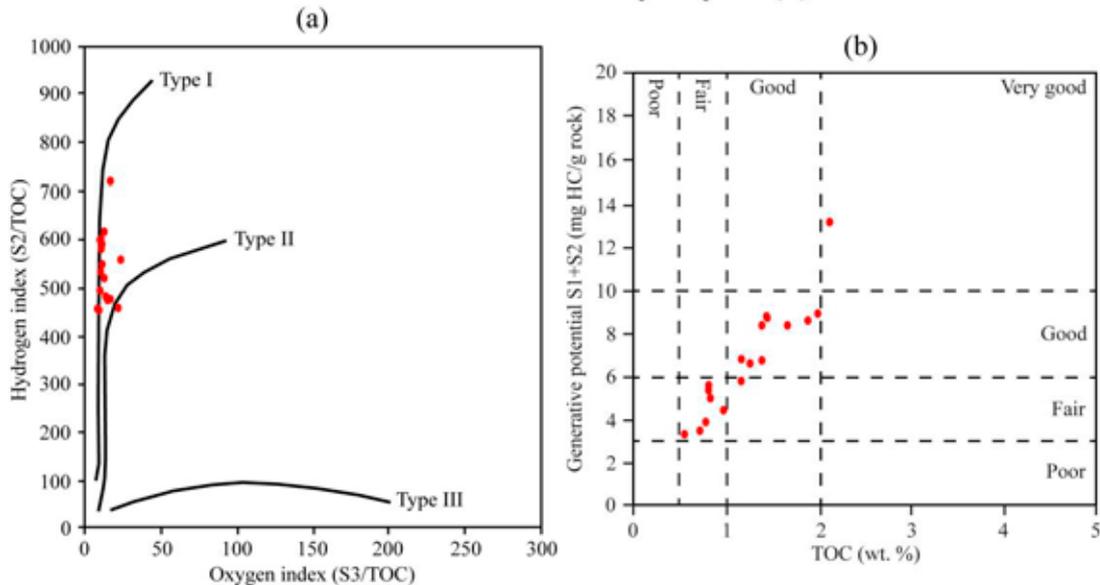


Fig. 6. (a) Hydrogen Index/Oxygen Index diagram showing the kerogen type of Onnagawa Formation; (b) S1+S2/TOC plot showing the generative potential and organic richness of the Onnagawa Formation.

- Onnagawa Formation sediments have a fair to very good potential for hydrocarbons generation. However, based on the  $T_{max}$  ranges, the studied outcrops resulted immature for the generation of hydrocarbons;
- Low thermal maturity of outcrops probably correlated with a low burial depth of these formations;
- Hydrogen Index/Oxygen Index diagram indicates that the Onnagawa Formation is composed by oil-prone kerogen type I/II

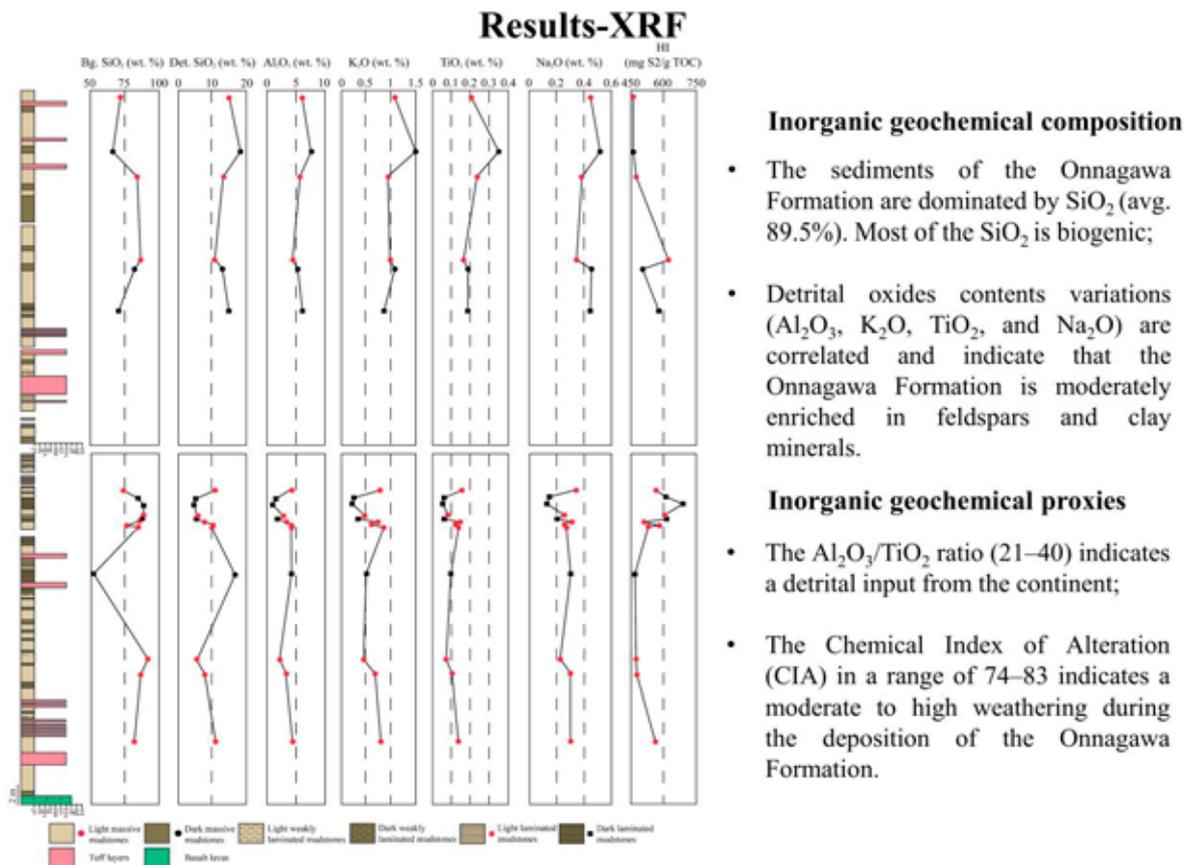


Fig. 7. Vertical distribution of biogenic, detrital SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, and Na<sub>2</sub>O contents and Hydrogen Index (HI).

### Discussion-Hydrocarbon potential of Onnagawa shales

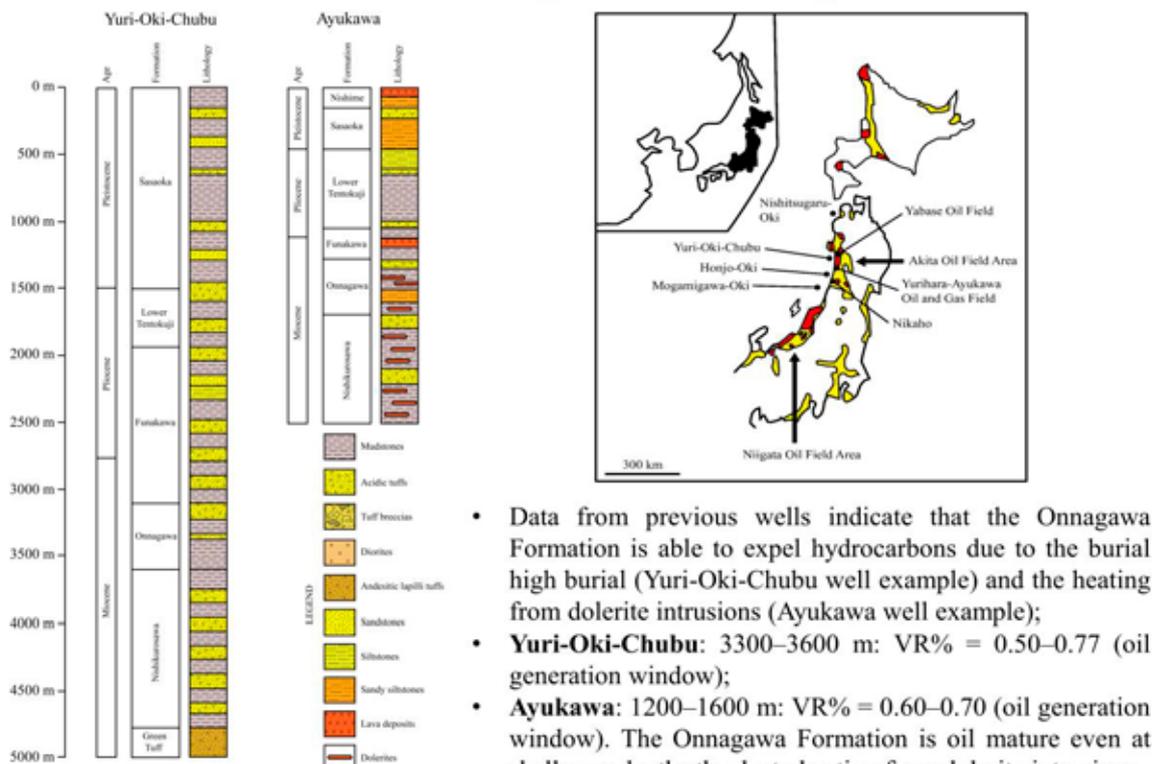
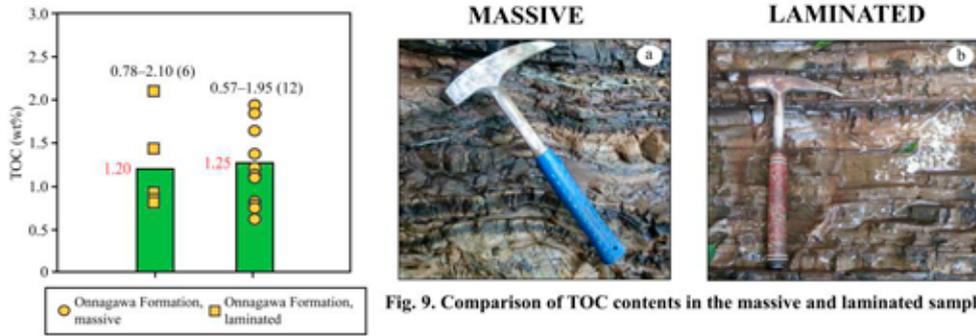
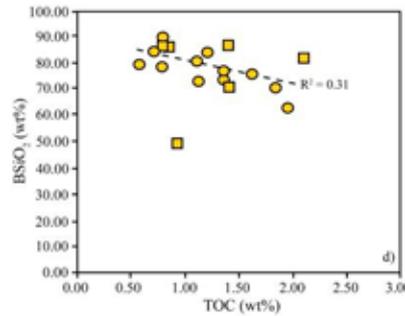
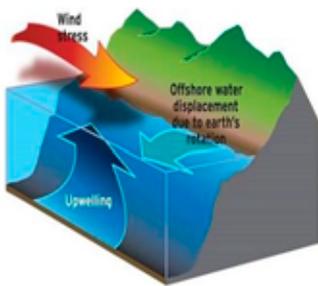


Fig. 8. Stratigraphy of Yuri-Oki-Chubu and Ayukawa well (modified from Ujiie et al., 2004).

### Discussion-Paleoxidation and paleoproductivity



- Massive and laminated facies indicate a transition from oxygenated to low oxygenated bottom waters conditions. However, no marked difference in organic carbon between massive and laminated samples suggests that the paleoxidation did not influence the organic carbon preservation.



- High percentages of the biogenic SiO<sub>2</sub> indicate that the organic carbon derived from the surface water productivity of the diatoms;
- The biogenic SiO<sub>2</sub> is slightly negative correlated with the TOC. Possible biogenic dilution of the OM by the organic detritus.

Fig. 10. Biogenic SiO<sub>2</sub> versus TOC plot.

### Discussion-Detrital fraction and TOC preservation

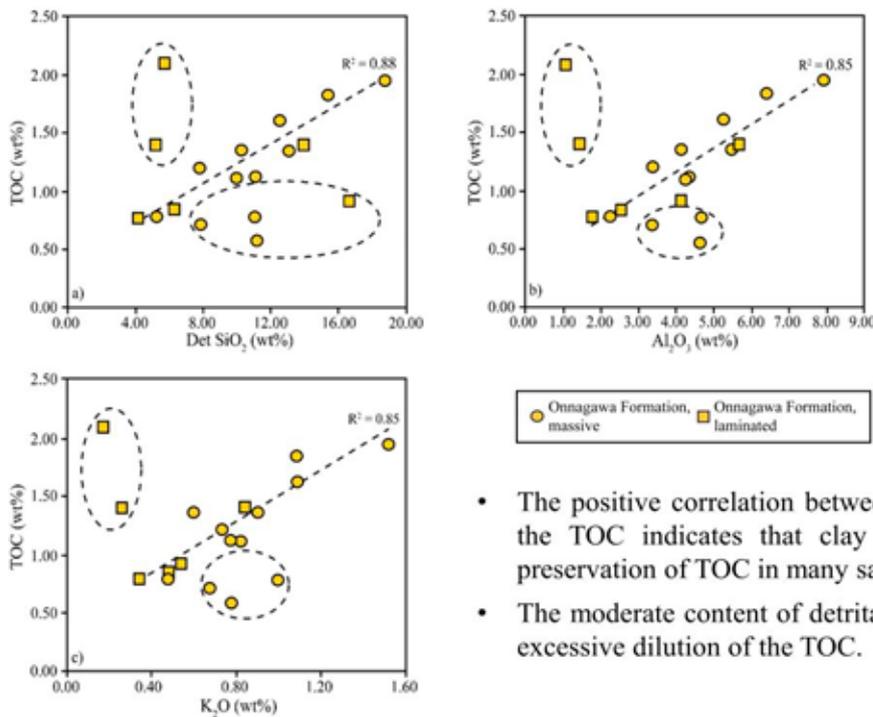


Fig. 11. Cross plots of detrital SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and K<sub>2</sub>O versus total organic carbon (TOC) (from Martizzi et al., 2021).

- The positive correlation between the detrital oxides and the TOC indicates that clay minerals influenced the preservation of TOC in many samples;
- The moderate content of detrital oxides did not cause an excessive dilution of the TOC.

## Discussion-Paleoenvironment of the Akita Basin

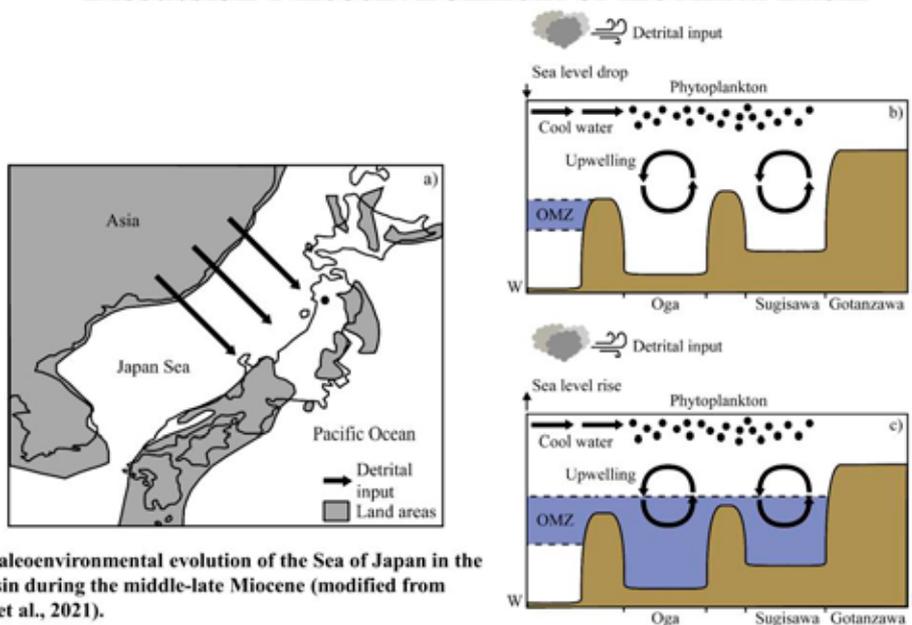


Fig. 12. Paleoenvironmental evolution of the Sea of Japan in the Akita Basin during the middle-late Miocene (modified from Martizzi et al., 2021).

- **Detrital input:** detrital fraction was transported from the Asian continent by the winter monsoon (1) and from the Japanese continental areas (Abukuma and Kitakami) by riverine transport (2);
- **Surface water productivity:** surface water productivity was favored by the cold surface waters and by the upwelling of nutrients from the deep waters. A possible input of nutrients derived also from the Japanese continental areas;
- **Paleo-oxygenation:** related to the inflow of Oxygen Minimum zone waters from the Pacific Sea, and the variations of the sea-level. Specifically, laminated horizons deposited during the intervals of high sea level.

## Conclusions

### HYDROCARBON POTENTIAL OF ONNAGAWA SHALES:

- Fair to good generative potential and TOC, but immature for hydrocarbons generation;
- When the burial depth is the main factor affecting the thermal maturity, the maturity stage is reached at more than 2000 m (depth). In other cases, the intrusion of hot dolerite bodies determined an increase of the thermal maturity even at relatively shallow depths (1200–1600 m, Ayukawa case).

### SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF ONNAGAWA SHALES

#### Paleo-oxygenation:

- As suggested by the lithofacies variations, the bottom waters were by oscillating conditions between oxygenated and not-oxygenated. These variations depended from the inflow of the Oxygen Minimum Zone from the Pacific Sea;
- The minimal difference between the TOC in the massive and laminated samples indicates that the organic matter was preserved also in oxygenated conditions.

#### Surface water productivity:

- The high concentration of the biogenic SiO<sub>2</sub> indicates that the surface water productivity was high. The high surface water productivity primarily influenced the TOC contents balancing the degradation process.

#### Detrital input :

- The detrital fraction originated from continental areas of the Asian continent (Monsoon transport) and northeastern Honshu (fluvial transport);
- The detrital oxides show a good correlation with the TOC, suggesting an influence of the detrital fraction on the TOC preservation.

## (2) 研究実績

### ①学術論文

- 1) Yamada, M., Kimura, S., Rajiv Gandhi, M., Shibayama, A., Environmentally friendly Pd(II) recovery from spent automotive catalysts using resins impregnated with a pincer-type extractant, *Scientific Reports* 11, Article number: 365 (2021).
- 2) Godirilwe, L. L., Takasaki, Y., Haga, K., Shibayama, A., Sato, R., Takai, Y., The Role of Lead in Suppressing Passivation of High Silver-Containing Copper Anode During Electrorefining, *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources* (in press) (2021)
- 3) Haga, K., Altansukh, B., Shibayama, A., Higuchi, K., Mizutani, M., Upgrading the Iron from Low-Grade and High-Silicate Iron Ores by Magnetic Separation, *World of Mining – Surface & Underground* 72(3) p. 157-161 (2020).
- 4) Recovery of Pd(II) from Leach Solutions of Automotive Catalysts by Solvent Extraction with New Thiophosphate Extractants, Yamada, M.; Rajiv Gandhi, M.; Kunda, U. M. R.; Mori, T.; Haga, K.; Shibayama, A., *Hydrometallurgy* 191 105221 (2020)
- 5) 鹿野和彦・大口健志・林信太郎・矢内桂三・石塚 治・宮城磯治・石山大三 (2020):田沢湖カルデラとその噴出物.地質学雑誌, 126, No. 5, 233-249.
- 6) Ladda Tangwattananukul, Daizo Ishiyama, Punya Charusiri (2020): Geochemical characteristics of gold mineralization of the Huai Kham On deposit, Sukhothai Fold Belt, Northern Thailand. *Resource Geology*, 70, No. 4, 362-377.
- 7) Dragana Adamovic, Daizo Ishiyama, Stefan Dordievski, Yasumasa Ogawa, Zoran Stevanovic, Hiroshi Kawaraya, Hinako Sato, Ljubisa Obradovic, Vladan Marinkovic, Jelena Petrovic, Vojka Gardic (2021): Estimation and comparison of the environmental impacts of acid mine drainage-bearing river water in the Bor and Majdanpek porphyry copper mining areas in Eastern Serbia. *Resource Geology*, 71, No. 2, 123-143.
- 8) 岡田夏男、前川陽平、大和田済熙、芳賀一寿、柴山 敦、川村洋平：選鉱プロセスにおけるハイパースペクトルイメージングと深層学習を用いたヒ素含有鉱石の分類、*Journal of MMIJ*、Vol.137, No.1, 2021、<http://doi.org/10.2473/journalofmmij.137.1>
- 9) Natsuo Okada, Yohei Maekawa, Narihiro Owada, Kazutoshi Haga, Atsushi Shibayama, Youhei Kawamura: Automated Identification of Mineral Types and Grain Size Using Hyperspectral Imaging and Deep Learning for Mineral Processing, *Minerals*, 10, 809, 2020, doi:10.3390/min10090809
- 10) Teruhiro Suzuki, Shota, Satori, Yuho Fujimaki, Yasushi Watanabe (2020) Early Miocene metallogenic event formed the Bosawa low-sulfidation epithermal gold deposit, Northeast Japan arc. *Resource Geology*, v.70, No. 4, p. 378-388. DOI10.1111/rge.12248
- 11) 今井忠男, 馬場将行, 木崎彰久, 杉本文男 (2020) : 岩石の破碎過程における粉塵量の制御について, 建設用原材料, Vo.27, No.1, pp.1-6.

- 12) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Hibi, Y., Yamato, H., Arato, H., Middle-late Miocene paleoenvironment of the Japan Sea inferred from sedimentological and geochemical characterization of coeval sedimentary rocks. Under review at Marine and Petroleum Geology. (2021)
- 13) Martizzi, P., Chiyonobu, S., Arato, H., Sedimentary and geochemical characterization of Middle-Late Miocene formations in the Neogene Tsugaru Basin, Japan by means of DTH27-1 well sediment analysis. *Island Arc*, 29: e12358, 1–14. (2020)
- 14) K. Matsumoto, S. Ohno, Y. Hata, Y. Sezaki, M. Jikei, “Rhodium(III) recovery from HCl solutions using 4-alkylaniline-impregnated resins”, *International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources*, 2020, 24(1/2), 13-17.
- 15) T. Hasegawa, C. Shirai, Y. Takemasa, Y. Seki, TEM observation of nitrogen-tunable bcc-bct-fcc transformation of iron-cobalt with added vanadium, *AIP Advances*, Vol. 10, p.p. 015110-1 ~ 015110-5 (2020). (doi:10.1063/1.5128398)
- 16) 武政友佑, 白井千尋, 長谷川崇, Fe-Co-N 薄膜への Al 添加による磁気異方性の増大, 日本磁気学会論文特集号, (2020). (doi.org/10.20819/msjtmj.20TR408)
- 17) T. Hasegawa, Le Duy Long, Y. Nakamura, MFM observation of high coercivity in nanostructured tetragonally distorted FeCo films, *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. 57, No.2, p.p. 6500105-1 ~ 6500105-5 (Article number: 6500105) (2021). (doi:10.1109/TMAG.2020.3008718)
- 18) 長谷川崇, 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), 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). (DOI: 10.1541/ieejfms.141.105)
- 19) 長谷川崇, 白井千尋, 関勇希, 第一原理計算とスパッタ成膜による FeCoVN の bct 構造安定性の評価, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-20-062 ~ 072, p.p. 1 ~ 4 (MAG-20-62) (2020).
- 20) Michihisa Fukumoto, Kazuhiko Sugiuchi, Kano Nakajima Formation of porous Ni surface by electrodeposition and dissolution in molten salt *International Journal of Hydrogen energy*, 2020, Vol.45, No.53, pp.28252-28259.
- 21) Direct visualization of magnetic domain wall motion in Nd-Fe-B magnets by alternating magnetic force microscopy using Co-GdOx superparamagnetic tip, Yongze Cao, Yue Zhao, Jin Tang, Haifeng Du, Yan Zhou, Hitoshi Saito, *Ultramicroscopy*, 212 (2020) 112980
- 22) 武田航太郎, 山本大地, 吉村哲, 「反応性パルス DC スパッタリング成膜における BiFeO3 系強磁性・強誘電薄膜の高品位作製の指針」, 日本磁気学会論文特集号-Transaction of the Magnetics Society of Japan Special Issues, Vol.4, pp.116-120
- 23) 吉村 哲, 山本 大地, 武田 航太郎, 尾関 拓海, 江川 元太, 「電界駆動型光変調素子への応用に向けた磁気 Kerr 効果の大きい BiFeO3 系強磁性・強誘電薄膜材料の探索」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.44, No.25, pp.27-32
- 24) K. Saito, S. Orihara, Y. Asakura, Y. Ide, Y. Sugahara, M. Ogasawara, S. Yin and S. Kato, “Ni-doped protonated layered titanate/TiO2 composite with efficient photocatalytic activity for NOx

- decomposition reactions”, *International Journal of Photoenergy*, 2021, 8847956 (2021).
- 25) K. Saito, Y. Komiya, M. Sohmiya, M. Ogasawara and S. Kato “A phase separation in a protonated layered nickel titanate to form Ni-doped anatase/rutile TiO<sub>2</sub> nanocomposite with efficient visible-light responsive photocatalytic activity”, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 8, 915-924 (2020).
  - 26) H. Okawa, H. Ito, T. Fujiwara, Y. Kitamura, T. Kato, and K. Sugawara, Utilization of tertiary amine solutions and ultrasound irradiation for CO<sub>2</sub> desorption at low temperature in a CCS process, *Japanese Journal of Applied Physics*, 60, (2021), in press.
  - 27) 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*, 60, (2021), in press.
  - 28) H. Okawa, T. Saito, S. Yasuda, Y. Kawamura, T. Kato, K. Sugawara, T. Babadagli, Enhancement of bitumen recovery from the oil sand in an alkaline solution using ultrasound irradiation and carbon dioxide, *Japanese Journal of Applied Physics*, 59, SKKD02-1-4 (2020).
  - 29) Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, K. Sugawara, Enhancement of desorption amount of carbon dioxide gas from monoethanolamine solution using ultrasound and calcium chloride, *Japanese Journal of Applied Physics*, 59, SKKD08-1-7 (2020).
  - 30) "Total synthesis of selaginellin S." Fujiwara, Kenshu; Itagaki, Takaya; Kondo, Yoshihiko; Akiba, Uichi; Tokiwano, Tetsuo; *Tetrahedron Lett.*, 61, 152031, (2020).
  - 31) Stevens, M.G., Yokota, S., Gotoh, T.: Preparation of highly selective sorbents composed of peptides and silica using novel molecular imprinting technology for target metal ions, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 53 (9), 485-493 (2020).
  - 32) Keisuke Ohkubo, Hiroki Takahashi, E.P.J. Watters, Masami Taguchi: In-situ analysis of CO<sub>2</sub> electroreduction on Pt and Pt oxide cathodes, *Electrochemistry*, Vol.88, No.3, pp.210-217 (2020).
  - 33) T. Suzuki, Y. Kageyama, C. Ishizawa : Recognition Method for Speed Limit Signs and its Applicability in Recognition of Vehicle Entry Prohibition Signs at Night, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol.15, No.10, pp.1448-1456, (Sep. 2020)
  - 34) Handa Naoto, Mitobe Kazutaka, Investigation of Collision Position and Orientation of Elderly Cyclist for Car-Bicycle Collision Simulation: Factors Causing Accidents on the Side of a Cyclist when Turning Right on Two Lane Straight Road, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 2020, 15(11), pp.1704–1706
  - 35) Eguchi, T., Tashima, D., Fukuma, M., Kumagai, S. (2020): Activated Carbon Derived from Japanese Distilled Liquor Waste: Application as The Electrode Active Material of Electric Double-layer Capacitors, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 259, 120822 (11 pages).
  - 36) Eguchi, T., Kanamoto, Y., Tomioka, M., Tashima, D., Kumagai, S. (2020): Effect of Ball Milling on the Electrochemical Performance of Activated Carbon with a Very High Specific Surface Area, *Batteries*, Vol. 6, 22 (16 pages).
  - 37) Takaaki Furubayashi, Design and analysis of a 100% renewable energy system for Akita prefecture,

Japan, Smart Energy (accepted).

- 38) 古林 敬顕, 中田 俊彦, 導管熱密度に基づく地域熱供給ネットワークの設計手法の構築, 日本機械学会論文集 (in press)
- 39) Takaaki Furubayashi, Toshihiko Nakata, Analysis of woody biomass utilization for heat, electricity, and CHP in a regional city of Japan, *Journal of Cleaner Production* 290, 1-12 (2021)
- 40) Takahashi Y, Saito K, Matsunaga T, Iwami T, Tate K, Miyakoshi N, Shimada Y (2020) Relationship between dynamic trunk balance and the mini-balance evaluation systems test in elderly women. *Int J Phys Med Rehabil* 8: 10000534
- 41) Takahashi Y, Saito K, Matsunaga T, Iwami T, Kudo D, Tate K, Miyakoshi N, Shimada Y (2020) Relationship between dynamic trunk balance and the balance evaluation systems test in elderly women. *Progress in Rehab Med Vol 5* doi: 10.2490/prm.20200004
- 42) Tsukamoto H, Saito H, Saito K, Yoshikawa T, Oba M, Sasaki K, Sato C, Akagawa M, Takahashi Y, Miyakoshi N, Shimada Y (2020) Radiographic deformities of the lower extremities in patients with spontaneous osteonecrosis of the knee. *The Knee*, <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.04.007>
- 43) Okura K, Iwakura M, Shibata K, Kawagoshi A, Sugawara K, Takahashi H, Satake M, Shioya T: Diaphragm thickening assessed by ultrasonography is lower than healthy adults in patients with chronic obstructive pulmonary disease (2020) *Clin Respir J* 14 (6); 521-526.
- 44) Iwakura M, Okura K, Kubota M, Sugawara K, Kawagoshi A, Takahashi H, Shioya T: Estimation of minimal clinically important difference for quadriceps and inspiratory muscle strength in older outpatients with chronic obstructive pulmonary disease: a prospective cohort study (2020) *Phys Ther Res*; doi: 10.1298/ptr.e10049.
- 45) 島田洋一 (2020) 機能的電気刺激の現状と将来展望. *Jpn J Rehabil Med* 57: 255-261.
- 46) 木村竜太, 島田洋一 (2020) Akita Trainer - 地方発の歩行訓練リハビリテーションロボット. *日本義肢装具学会誌* 36:189-190.
- 47) 島田洋一, 本郷道生, 宮腰尚久 (2020) 高齢者の脊柱変形に伴う腰痛. *総合リハ* 48(9):827-834.
- 48) 島田洋一 (2020) 第 57 回日本リハビリテーション医学会学術集会会長インタビュー; 未来に羽ばたくリハビリテーション医学. *Jpn J Rehabil Med* 57: 197-200.
- 49) 小林義和, 巖見武裕, 小松瞭, 斉藤公男, 島田洋一 (2020) 車いす自転車のクランク回転軸中心高さが低負荷時サイクリング運動の下肢関節モーメントに与える影響. *日本機械学会論文集* vol.86 No.882 DOI: 10.1299/transjsme.19-00323.
- 50) 小林義和, 巖見武裕, 畠山和利, 斉藤公男, 島田洋一 (2020) 機能的電気刺激サイクリングにおけるボトムブラケット高さが下肢関節モーメントに及ぼす影響. *臨床バイオメカ* 41: 1-7.
- 51) 大倉和貴, 高橋仁美, 塩谷隆信, 飯田有輝, 稲垣武, 小川智也, 奥條朝子, 筒井宏益, 久野絵里, 宮崎慎二郎: 慢性閉塞性肺疾患患者に対する吸気筋トレーニングが身体活動量に与える効果 - 多施設による無作為化比較対照試験 - (2020) *理学療法学* 47 (6) : 551-559.
- 52) 須田智寛, 畠山和利, 千田聡明, 渡邊基起, 高橋祐介, 大倉和貴, 菊池耀, 市川兼之, 木村竜太, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) Gait Exercise Assist Robot を用いて身体機能が大きく改善した一例. *秋田理学療法* 27 (1), 47-50

- 53) 加賀屋勇氣, 大倉和貴, 皆方伸, 土田泰大, 阿部芳久, 塩谷隆信: 心不全に対する吸気筋トレーニングの有用性と安全性 (2020) 日呼ケアリハ学誌 29 (1): 55-61.
- 54) 佐々木雄大, 加藤雄樹, 五百川威, 水谷隼, 中村拓成, 土田篤史, 近良明, 大倉和貴, 柴田和幸: 高校生女子バレーボール選手における膝蓋腱症と無症候性膝蓋腱内超音波低エコーの有所見率に関する調査 (2020) 理学療法新潟 23: 3-7.
- 55) 宮下誉都, 加賀屋勇氣, 古川大, 大倉和貴, 長谷川弘一, 佐竹將宏, 塩谷隆信: 吸気筋トレーニングによる運動耐容能の変化 - 上肢・下肢エルゴメータの比較 - (2020) 日呼ケアリハ学誌 28 (3): 406-411.
- 56) 鈴木恒太郎 畠山和利 小松瞭 飯田純平 巖見武裕 島田洋一: 「新たな三次元筋骨格モデルの開発と関節間力の精度検証」臨床バイオメカニクス, Vol. 41, pp. 243 - 247(2020)
- 57) 齊藤公男, 島田洋一, 島田 洋一, 巖見 武裕, 木村 竜太 (2020) 【リハビリテーションにおけるロボット技術の最近の進歩】Akita Trainer を使用したロボットリハビリテーション. 脊椎脊髄ジャーナル 33, 771-775.
- 58) 齊藤公男, 島田洋一, 島田 洋一, 巖見 武裕, 木村 竜太 (2020) ロボットリハビリテーション最前線】ロボット技術と機能的電気刺激(FES)の融合の可能性. MEDICAL REHABILITATION 256, 47-52.
- 59) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1964 年新潟地震による秋田県の被害に関する文献調査, 日本建築学会技術報告集, 26 巻, 第 63 号, pp.814~819, 2020 年 6 月
- 60) 鏡味洋史, 水田敏彦: 1943 年鳥取地震直後の踏査報告の足跡をたどって, 歴史地震, 第 35 号, pp.49~59, 2020 年 7 月
- 61) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1872 年浜田地震の被害調査報告および関連資料の文献調査, 日本建築学会技術報告集, 26 巻, 第 64 号, pp.1276~1281, 2020 年 10 月
- 62) 水田敏彦, 鏡味洋史: 1889.7.28 熊本地震の熊本市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, 27 巻, 第 65 号, pp.574~579, 2021 年 2 月
- 63) 水田敏彦・鏡味洋史: 1943 年会津田島地震の被害に関する文献調査、東北地域災害科学研究、第 57 巻、pp.115-120、2021.3
- 64) Michinobu Hayase, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi, Emi Adachi, Takenori Tanno “Simulated disordered-to-ordered phase transition of nonadecane” Chemical Physics 532, 2020, 110697
- 65) L. S. Lobo, K. Matsumoto, M. Jikei, “Synthesis of hyperbranched polyphenylenes using aryl dichloride monomers by Suzuki polycondensation”, Polymers for Advanced Technologies, 2020, 31(8), 1875-1882.
- 66) K. Senthil, R. Hata, K. Matsumoto, M. Jikei, “Synthesis and properties of hyperbranched aromatic polyimides via thermal self-polycondensation”, International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, 2020, 24(1/2), 23-28.

## ②学会発表・国際会議報告等

### 【国際会議 招待】

- 1) T. Hasegawa, Challenges toward realization of FeCo based alloy magnet, IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG 2020) (主催 IEEE; Institute of Electronics and Electrical Engineers), Intermag 2020 Digest book (GG-04) (2020). (WEB, 2020年5月4日～5月8日)
- 2) S. Yoshimura, “Development of high-functional and high-quality multiferroic thin films for application of high performance magnetic devices driven by electric field”, One Day Virtual International Conference on PHOTOVOLTAIC AND MATERIAL SCIENCE, June 23, 2020.
- 3) Yasushi Watanabe, Sarangua Nergui, Ryuya Sato (2020) Calcium: Seasoning of porphyry Cu and peralkaline granite REE mineralization. Virtual GeoCon 2020, Abstract volume p. 24-25 (20201203)

### 【国内会議 招待】

- 1) 齊藤 準, 交番磁気力顕微鏡の開発と磁性材料・磁気デバイスへの応用, Nanospec 2021 2021年03月 - 2021年03月 日本表面真空学会 他
- 2) 齊藤 準, 磁気力顕微鏡における超常磁性探針を用いたマイクロ波磁場計測の試み, 電気学会磁性材料の高周波特性活用技術調査専門委員会 2020年03月 - 2020年03月
- 3) 齊藤寛治, “光触媒機能向上に向けた層状チタン酸塩の構造・形態制御”, 石油学会ジュニアソサイアティ(JPIJS)講演会, 熊本, 2020年11月14日
- 4) 齊藤寛治, “高活性な光触媒の設計に向けた層状チタン酸塩の構造/形態制御”, 産業技術総合研究所化学プロセス研究部門主催第38回 ClayTeam セミナー, Microsoft Teams によるフルリモート開催, 2020年11月20日
- 5) 大川浩一, 北村優弥, 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の粒子サイズへの影響, 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム(オンライン開催), 3Pb-2 (2020).
- 6) 大川浩一: Synthesis of large scorodite particles using sonochemical reaction, 化学系学協会東北大会(オンライン開催), 27C4 (2020).

### 【国際会議 一般】

- 1) K. Haga, T. Ono, B. Altansukh, Y. Takasaki, S. Kawamura, A. Shibayama, Removal of Silica from high silica containing zinc concentrate by regrinding and flotation, Proceedings of International Mineral Processing Congress 2020 (in press)
- 2) L.L. Godirilwe, K. Haga, G. Danha, Y. Takasaki, A. Shibayama, Selective extraction of nickel, copper and cobalt from a smelter slag in Botswana, Proceedings of International Mineral Processing Congress 2020 (in press)
- 3) Kano Nakajima, Michihisa Fukumoto, Hideyuki Murakami, Evaluation of Oxidation Resistance of

- Pt-coated Ni-Al Alloys through Oxygen Pump-Sensor HTCPM 2021, LES EMBIEZ, France(ONLINE), 2021. 3.
- 4) Hiroki Takahashi, Keisuke Ohkubo, and Masami Taguchi: CO<sub>2</sub> Electroreduction Reaction on Pt-Cu Catalyst and its In-situ Analysis by Infrared Spectroscopy, PRiME 2020 (2020. 10. 4-9, online).
  - 5) Katamura, A., Hayashi, T., Ishiyama, D. and Ogawa, Y. (2020): Physico-chemical characteristics of lake water in Lake Tazawa. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, Online, July 12-15, 2020, Chiba, Japan.
  - 6) Ishiyama, Y., Ishiyama, D., Yamada, K., Murayama, M. and Hayashi, T. (2020): Change of depositional environment in Lake Tazawa estimated by X-ray fluorescence core scanner. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, Online, July 12-15, 2020, Chiba, Japan.
  - 7) 左部翔大, 渡辺 寧, 緒方武幸, 早坂康隆(2020) 秋田県荒川マグマ-熱水系に伴う鉍脈型銅鉍化作用. JpGU-AGU2020 (1Poster)(20200713-19)
  - 8) Watanabe, Y. (2020) Calcium: Trigger of porphyry Cu and peralkaline granite REE mineralization. JpGU-AGU2020 (1Poster)(20200713-19)
  - 9) Takaaki Furubayashi, Design and analysis of a 100% renewable energy system for Akita prefecture, Japan, The 15th SDEWES Conference, September 1-5, 2020, Cologne, Germany, and online
  - 10) Tsukamoto H, Saito K, Matsunaga T, Iwami T, Saito H, Kijima H, Akagawa M, Komatsu A, Miyakoshi N, Shimada Y:
  - 11) Diagnostic accuracy of the mobile assessment of varus thrust using nine-axis inertial measurement units. Prog in Rehab Med. Vol 6 doi: 10.2490/prm.20210009, 2021
  - 12) Kiyoshi TSURUMIYA, Wataru HAYASAKA, Akira KOMATSU, Hiroaki TSUKAMOTO, Tomohiro SUDA, Takehiro IWAMI, Yoichi SHIMADA: Quantitative Evaluation Related to Disease Progression in Knee Osteoarthritis Patients During Gait. Advanced Biomedical Engineering. Vol. 10, 2021. DOI:10.14326/abe.10.
  - 13) Yuta Yamazaki, Kimiko Saito, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada: Development of Trunk Balance Exercise Device with Virtual Reality using Head-Mounted Display. Journal of Robotics and Mechatronics (2021)
  - 14) Takenori Tanno, “Terahertz vibration of ZIF-8 and its response upon gas adsorption” Cooperative phenomena in framework materials: Faraday Discussion (2020年10月, on-line/UK)

#### 【国内会議 一般】

- 1) 菅原 和, 吉田 僚太, 川村 茂, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 過熱水蒸気を用いた廃電子基板の熱分解における臭素の揮発挙動, 資源・素材 2021年度 春季大会 (オンライン) (2021)
- 2) 佐藤 玲生南, 芳賀 一寿, 柴山 敦, 工藤 賢太郎, マグワネン リフィルウェ, 砂田 和也, 高橋 達, 銅-亜鉛共存鉍石の浮選分離における閃亜鉛鉍抑制条件の検討, 資源・素材 2020 (仙台) (オンライン) (2020)
- 3) イオン結晶の安定性の差を利用した白金族金属の選択沈殿回収, 松本和也, 畠勇氣, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材 2020 (仙台), オンライン, 2020年9月10日

- 4) Selective Recovery of Molybdenum Using 4-Alkylanilines as Precipitants, 藤井里緒, 畠勇氣, 松本和也, 寺境光俊, 令和 2 年度化学系学協会東北大会, オンライン, 2020 年 9 月 26 - 27 日
- 5) Highly Selective Recovery of Pt(IV) by Ionic Crystal Formation Using m-Phenylenediamine, 畠勇氣, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 令和 2 年度化学系学協会東北大会, オンライン, 2020 年 9 月 26 - 27 日
- 6) 4-アミノベンゾフェノン誘導体を用いた溶媒抽出によるパラジウムの選択回収, 青木瞭太, 松本和也, 寺境光俊, 秋田化学技術協会第 55 回研究技術発表会, オンライン, 2021 年 2 月 19 日
- 7) イオン結晶の形成速度差を利用した Pt(IV), Rh(III), Pd(II)の逐次分離回収, 畠勇氣, 松本和也, 片桐洋史, 寺境光俊, 資源・素材 2021 年度春季大会, オンライン, 2021 年 3 月 10 日
- 8) 長谷川崇, 白井千尋, 関勇希, 第一原理計算とスパッタ成膜による FeCoVN の bct 構造安定性の評価, 電気学会研究会資料 (マグネティックス研究会), MAG-20-062~072, p.p. 1-4 (MAG-20-62) (2020). (web 開催 2020 年 8 月 3 日)
- 9) 田中佑弥, 福本倫久: 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 日本金属学会東北支部研究発表大会, 秋田大学(ONLINE), 2020 年 11 月
- 10) 中島可能, 福本倫久, 村上秀之: 酸素ポンプ・センサーを用いた雰囲気制御による  $\gamma'$ -Ni<sub>3</sub>Al 合金の耐酸化性の改善 日本金属学会春季講演大会, ONLINE, 2021 年 3 月
- 11) 日本金属学会第 19 回東北支部研究発表会, 特別講演, 「Mg-Y-Zn 系合金の Li 添加による構造制御と高温変形挙動」, 齋藤嘉一, 佐藤勝彦, 木村光彦, 石田広巳, 西嶋雅彦, 平賀賢二 (2020 年 11 月 20 日, 秋田大学主幹オンライン開催)
- 12) 日本金属学会第 19 回東北支部研究発表会, ポスター発表, 「Mg-Ag-RE 系合金の高温変形挙動と組織」, 菊池修平, 齋藤嘉一, 佐藤勝彦, 早坂祐一郎, 平賀賢二 (2020 年 11 月 20 日, 秋田大学主幹オンライン開催)
- 13) 交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の交流磁場中での磁壁移動イメージングの高周波化, 大阪 飛翔, 成田 裕, Jong-Ching Wu, 齊藤 準, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 2021 年 03 月
- 14) 交番磁気力顕微鏡を用いた磁気記録ヘッドの高空間分解能・磁場エネルギーイメージング — 直流磁場と交流磁場の交差エネルギーによる信号強度の増大 —, 今 裕史, 園部 博, 松村 透, 齊藤 準, 第 44 回日本磁気学会学術講演会 2020 年 12 月
- 15) 交番磁気力顕微鏡を用いた垂直磁気記録媒体薄膜のジグザグ状磁化反転境界の高分解能検出, 田中花道, 和田真羽, 松村 透, 齊藤 準, 第 44 回日本磁気学会学術講演会 2020 年 12 月
- 16) 交番磁気力顕微鏡を用いたパーマロイ・パターンド薄膜の磁壁移動イメージングにおける面内磁場強度依存性, 成田 裕, 大阪飛翔, 園部 博, J. Wu, 齊藤 準, 第 44 回日本磁気学会学術講演会 (オンライン) 2020 年 12 月
- 17) 交番磁気力顕微鏡を用いた垂直磁気記録媒体薄膜のジグザグ状磁化反転境界の高分解能検出, 田中花道, 和田真羽, 松村透, 齊藤準, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (オンライン) 2020 年 09 月
- 18) 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, 今裕史, Paritosh Dubey, 齊藤準, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (オンライン) 2020 年 09

月

- 19) 交番磁気力顕微鏡を用いた交流磁場下でのソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージング, 成田裕、大阪飛翔、園部博、齊藤準, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (オンライン) 2020 年 09 月
- 20) 吉村哲、山本大地、武田航太朗、尾関拓海、江川元太, 「電界駆動型光変調素子への応用に向けた磁気 Kerr 効果の大きい BiFeO<sub>3</sub> 系強磁性・強誘電薄膜材料の探索」, マルチメディアストレージ研究会 (MMS), 2020 年 10 月 5 日.
- 21) 小林拓海, 中田堯人, 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」, 日本金属学会東北支部研究発表大会, 2020 年 11 月 20 日.
- 22) 吉村哲, 山本大地, 武田航太朗, 尾関 拓海, 江川元太, 「強磁性・強誘電/強磁性金属積層膜での電界印加磁気転写に向けた高飽和磁化・垂直磁化 BiFeO<sub>3</sub> 系強磁性・強誘電薄膜材料の探索」, 第 44 回日本磁気学会学術講演会, 2019 年 12 月 14 - 17 日.
- 23) 吉村哲, 山本大地, 武田航太朗, 尾関 拓海, 江川元太, 「(Bi<sub>0.5</sub>A<sub>0.5</sub>)(Fe<sub>1-X</sub>Co<sub>X</sub>)O<sub>3</sub>(A:ランタノイド, X:0-0.3)薄膜の磁気 Kerr 効果」, 応用物理学会新領域 強的秩序 G 第 12 回研究会, 2020 年 1 月 4 日.
- 24) “チャンネル内に Cu, Fe イオンを含むアパタイト型リン酸塩の合成”, 加藤純雄, 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 日本セラミックス協会 2021 年年会, 3K18, オンライン, 2021 年 3 月 23 - 25 日.
- 25) “耐熱性ゼオライトを有する新規 HC トラップ触媒の開発”, 後藤秀和, 諏訪麻祐子, 大橋竜太郎, 永尾有希, 遠藤慶徳, 若林誉, 小笠原正剛, 加藤純雄, 第 127 回触媒討論会, 1P43, オンライン, 2021 年 3 月 16 - 17 日.
- 26) “TiO<sub>2</sub> 光触媒による 6 価クロム還元反応にハイドロキシアパタイトの添加が及ぼす影響”, 梁瀬光妙, 齊藤寛治, 鎌田真実, 小笠原正剛, 加藤純雄, 秋田化学技術協会第 55 回研究技術発表会, O7, 秋田, 2020 年 2 月 19 日.
- 27) “層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の調製と塩基触媒活性”, 小笠原正剛, 清水芽依, 齋藤あすか, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 36 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, B13, p.49, オンライン, 2020 年 11 月 19 - 20 日.
- 28) “層間にジアルキルジメチルアンモニウムを含む有機無機複合体の酸塩基特性”, 赤沼玲奈, 伴拓人, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 50 回石油・石油化学討論会, P09, p.92, 熊本, 2020 年 11 月 12 日~11 月 13 日.
- 29) “チャンネル内に Mn 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 2 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, 2P14, p.32, オンライン, 2020 年 11 月 13 - 14 日.
- 30) “Ag-Mn 系デラフォサイト型固溶体の合成および熱的特性”, 森田史斗, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 2 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.33, オンライン, 2020 年 11 月 13 - 14 日.
- 31) “チャンネル内に Cu, Ni 両イオンを含むアパタイト型リン酸塩の合成と析出挙動の検討”, 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄, 令和 2 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, 2P16, p.34, オンライン, 2020 年 11 月 13 - 14 日.

- 32) "Photocatalytic activity of surface-modified titania nanotubes", Yusuke Shinoda, Takao Ikeuchi, Shigeaki Kitabayashi, Yukihiko Inoue, Takayoshi Shindo, 令和2年度化学系学協会東北大会講演要旨集, PA030, オンライン, 2020年9月26-27日.
- 33) "Adsorption and Photodegradation of toluene on titania pillared mica with different basal spacings", Wakana Daisaka, Takao Ikeuchi, Shigeaki Kitabayashi, Yukihiko Inoue, Takayoshi Shindo, 令和2年度化学系学協会東北大会講演要旨集, PF190, オンライン, 2020年9月26-27日.
- 34) 大川浩一, 伊藤寛泰, 藤原達央, 北村優弥, 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照射の利用, 第41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(オンライン開催), 3Pb4-2 (2020).
- 35) 北村優弥, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: 超音波と塩化カルシウムを用いたMEA溶液からのCO<sub>2</sub>脱離および生成したCaCO<sub>3</sub>の特性評価, 第41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(オンライン開催), 3Pa4-3 (2020).
- 36) 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形状およびサイズに与える影響 ~スコロダイト粒子を出発原料とした正極材料の電池特性評価~, 第29回ソノケミストリー討論会(オンライン開催), 2A01 (2020).
- 37) "海綿由来ジズアミンBの全合成研究" 高木絵梨, 藤原憲秀 日本化学会第101春季年会(オンライン) 講演要旨集 A09-2am-11, 2021.3.20.
- 38) "海洋天然物ポーチミンのC5-C13セグメントの合成研究" 田中夢乃, 藤原憲秀 日本化学会第101春季年会(オンライン) 講演要旨集 A21-1vn-08, 2021.3.19.
- 39) "ルブロンAの中心構造の合成研究" 市川葉月, 三浦理央, 齋藤崇史, 藤原憲秀 日本化学会第101春季年会(オンライン) 講演要旨集 A21-1vn-09, 2021.3.19.
- 40) "海産シデロフォア化合物リスタバクチンの全合成研究" 須田優介, 下澤省吾, 藤原憲秀 第31回仙台万有シンポジウム(オンライン) 講演要旨集 P-15, 2020.10.17.
- 41) "ルブロンAの中心構造の合成研究" 市川葉月, 三浦理央, 齋藤崇史, 藤原憲秀 令和2年度化学系学協会東北大会(オンライン) 講演要旨集 PC103, 2020.9.26-27.
- 42) "Total synthesis of selaginellin A, a pigment from *Selaginella tamariscina*" 藤原憲秀, 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 常盤野哲生 令和2年度化学系学協会東北大会(オンライン) 講演要旨集 PC102, 2020.9.26-27.
- 43) "イワヒバ由来セラジネリンAとSの全合成" 藤原憲秀, 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 常盤野哲生 第62回天然有機化合物討論会(名古屋・オンライン) 講演要旨集 P3-5, 2020.9.24.
- 44) Stevens Morlu GF, 横田早希, 山崎正貴, 後藤猛, 多孔性シリカとペプチドとから成るSe(IV)およびSe(VI)認識能を有する吸着担体, 化学工学会第51回秋季大会, オンライン, 2020.
- 45) Stevens Morlu GF, 横田早希, 山崎正貴, 後藤猛, Preparation of selective sorbents for selenium(IV) and selenium(VI) composed of lysine-peptide and porous silica using molecular imprinting technology, 化学工学会第51回秋季大会, オンライン, 2020.
- 46) 長山和寛, Stevens Morlu GF, 横田早希, 後藤猛, 接着性ペプチドを用いた分子インプリント法によるPt(IV)に選択的な吸着担体の調製, 生物学若手研究者の集い第三回オンラインセミ

- ナー, オンライン, 2020.
- 47) Stevens Morlu GF, 横田早希, 山崎正貴, 後藤猛, 接着性ペプチドを用いた分子インプリント法による Se(IV)および Se(VI) 認識吸着担体の創製, 秋田応用生命科学研究会第 33 回講演会, オンライン, 2020.
  - 48) 李奕, Stevens Morlu GF, 横田早希, 後藤猛, 分子インプリント法による乳酸キラル分子認識ペプチド-シリカ担体の調製, 秋田化学技術協会第 55 回研究技術発表会, オンライン, 2020.
  - 49) 中村 文彦, 竹原 直輝, 松村 洋寿, 小川 信明, 尾高 雅文, 好熱菌 *Thermotoga maritima* 由来 Encapsulin からのリボフラビンの除去と再構成, 第 14 回バイオ関連化学シンポジウム 2020, オンライン開催, 2020 年 9 月 7 - 8 日
  - 50) 竹原 直輝, 松村 洋寿, 小川 信明, 尾高 雅文, 好熱菌 *Thermotoga maritima* 由来 Encapsulin に内包されるフェリチン様タンパク質の機能及び構造解析, 第 14 回バイオ関連化学シンポジウム 2020, オンライン開催, 2020 年 9 月 7 - 8 日
  - 51) 大久保 詠一郎, 大島 昌也, 松村 洋寿, 野口 恵一, 養王田 正文, 堂前 直, 尾高 雅文, 常温性シアノバクテリア *Synechocystis* sp. PCC6803 由来カルボキシソームの外殻タンパク質 CcmK2 及び CcmO の発現と精製, 第 14 回バイオ関連化学シンポジウム 2020, オンライン開催, 2020 年 9 月 7 - 8 日
  - 52) Eiichiro Okubo, Masaya Ohata, Hirotoishi Matsumura, Keiichi Noguchi, Masafumi Yohda, Masafumi Odaka, Expression and purification of  $\beta$ -carboxysome shell proteins CcmK2 and CcmO, 令和 2 年度化学系学協会東北大会 化学教育研究協議会東北大会, オンライン開催, 2020 年 9 月 26 - 27 日
  - 53) Fumihiko Nakamura, Naoki Takehara, Hirotoishi Matsumura, Nobuaki Ogawa, Masafumi Odaka, Deflavination and reconstitution of Encapsulin from *Thermotoga maritima*, 令和 2 年度化学系学協会東北大会 化学教育研究協議会東北大会, オンライン開催, 2020 年 9 月 26 - 27 日
  - 54) Naoki Takehara, Hirotoishi Matsumura, Nobuaki Ogawa, Masafumi Odaka, Functional and structural characterization of encapsulin-associated ferritin-like protein from *Thermotoga maritima*, 令和 2 年度化学系学協会東北大会 化学教育研究協議会東北大会, オンライン開催, 2020 年 9 月 26 - 27 日
  - 55) 中村 文彦, 竹原 直輝, 松村 洋寿, 小川 信明, 尾高 雅文, *Thermotoga maritima* 由来 Encapsulin に結合したリボフラビンの除去と再構成, 生物学若手研究者の集い 第二回オンラインセミナー, 2020 年 8 月 22 日
  - 56) 沼澤時生, 高橋弘樹, 田口正美: Pt-CeO<sub>2</sub> 電極触媒の CO<sub>2</sub> 電解還元活性, 日本金属学会 2020 年秋期 (第 167 回) 講演大会 (2020. 9. 15-18, online).
  - 57) 石山陽子・石山大三・石黒卓哉 (2021): 秋田県田沢湖堆積物の 7000 年前から現在までの特徴. 令和 2 年度 高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究成果発表会, 高知大学海洋コア総合研究センター (オンライン, 口頭発表), 2021 年 3 月 3 日.
  - 58) 池田虎ノ介, 肖英紀 「希薄 Si ドープ FeGe 合金における B20 型構造の形成」, 日本物理学会第 76 回年次大会, オンライン, 2021 年 3 月(国内会議・一般公演)

- 59) 船津和哉, 肖英紀 「メカニカルアロイング法による B20 型合金の作製 III」, 日本物理学会第 76 回年次大会, オンライン, 2021 年 3 月(国内会議・一般公演)
- 60) 細田 玲、川村 洋平、ヤングスレン ドルジスレン、ルカムジャヴ オーホン：機械学習を活用したエクスカバーターモーター部の早期異常診断システムの提案、資源・素材 2020 (仙台)、2020
- 61) マルテイツィパオロ・千代延 俊・荒戸裕之, 堆積学のおよび地球化学的分析に基づく津軽堆積盆地の中新統珪質泥岩層の石油根源岩ポテンシャルと堆積環境. 石油技術協会. (2020)
- 62) 木崎彰久, 佐藤龍, 今井忠男 (2020): 超音波ホーンによる温泉スケール壊食機構に関する研究, 2020 年度資源・素材学会秋季講演会.
- 63) 木崎彰久, 青木純也, 松世朔哉, 今井忠男 (2021): 噴流式研磨法により研磨した砕砂形状の画像解析, 2021 年度資源・素材学会春季講演会.
- 64) 照井智理, 吉田征弘, 田島 克文: 「RAN に基づくアキシシャルギャップ誘導モータの効率マップ作成手法に関する検討」, 電気学会マグネティクス研究会資料, MAG-21-051, 2021
- 65) 佐々木亘大, 吉田征弘, 田島克文: 「アキシシャルギャップ誘導モータの二次元モデリング手法に関する考察」, 2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, A01 (2020 年 8 月)
- 66) 照井智理, 田島克文, 吉田征弘: 「リラクタンスネットワーク解析によるアキシシャルギャップ誘導モータの特性算定に関する研究」, 2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, G09 (2020 年 8 月)
- 67) 照井颯志, 田島克文, 吉田征弘: 「磁性くさびを用いたアキシシャルギャップ誘導モータの高トルク化に関する研究」, 2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, G12 (2020 年 8 月)
- 68) 3D アニメーション映像を用いた高齢者の接近車両速度弁別能力の評価, 寺田裕樹, 五ノ井浩, 猿田和樹, CHEN Guoyue, 水戸部一孝, Journal of the Japanese Council of Traffic Science 20(1) 2020 年
- 69) 実歩行可能な車道横断シミュレータの構築と歩行者行動の解析, 内堀雄太, 半田修士, 藤原克哉, 水戸部一孝, Journal of the Japanese Council of Traffic Science 20(Supplement) 2020 年
- 70) 歩行環境シミュレータを用いた道路横断行動の解析, 木村十夜, 半田修士, 水戸部一孝, Journal of the Japanese Council of Traffic Science 20(Supplement) 2020 年
- 71) 自転車運転シミュレータを用いた自転車右折横断時の事故予測モデルの構築, 半田修士, 水戸部一孝, Journal of the Japanese Council of Traffic Science 2020 年
- 72) 安井啓道, 富岡雅弘, 熊谷誠治「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」2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020 年 8 月 27 日
- 73) 金本雄吾, 江口卓弥, 富岡雅弘, 熊谷誠治「電極活性炭の粒径が電気二重層キャパシタの充放電特性に及ぼす影響」2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020 年 8 月 27 日
- 74) 齋藤一平, 大滝隼一朗, 沢田圭一郎, 富岡雅弘, 熊谷誠治「ハードカーボン/Si 混合負極への Li イオンプレドープに関する研究」2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020 年 8 月 27 日
- 75) 大滝隼一朗, 齋藤一平, 富岡雅弘, 熊谷誠治「ハードカーボン/Si 混合負極を用いたリチウムイオン電池の充放電特性」2020 年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020 年 8 月 27 日

- 76) 沢田圭一郎, 堀川浩樹, 江口卓弥, 富岡雅弘, 熊谷誠治「シリコン負極活物質量の異なるリチウムイオンキャパシタの充放電特性」2020年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020年8月27日
- 77) 上野友雅, 富岡雅弘, 熊谷誠治「リチウムイオン電池の低温域におけるレート特性予測手法に関する研究」2020年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020年8月27日
- 78) 伊藤流唯, 沢田圭一郎, 斎藤一平, 富岡雅弘, 熊谷誠治「リチウムイオンキャパシタのセパレータの劣化現象」2020年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020年8月27日
- 79) 富岡雅弘, 上野友雅, 熊谷誠治「リチウムイオン電池の電気化学特性を考慮した等価回路の構築」2020年度電気関係学会東北支部連合大会, 書面発表, 2020年8月27日
- 80) 富岡雅弘, 上野友雅, 熊谷誠治「電気化学特性を考慮したリチウムイオン電池の等価回路構築と充放電特性のシミュレーション」第61回電池討論会, オンライン開催, 2020年11月18日
- 81) 江口卓弥, 沢田圭一郎, 富岡雅弘, 熊谷誠治「高比表面積活性炭正極とSi負極の採用によるLiイオンキャパシタの高エネルギー密度化」第61回電池討論会, オンライン開催, 2020年11月20日
- 82) 江口卓弥, 沢田圭一郎, 富岡雅弘, 熊谷誠治「伝送線モデル素子を組み込んだ等価回路を用いたSi系リチウムイオンキャパシタの劣化進行に関するインピーダンス解析」令和3年電気学会全国大会, オンライン開催, 2021年3月10日
- 83) 金本雄吾, 富岡雅弘, 熊谷誠治「電気二重層キャパシタのサイクル劣化挙動の交流インピーダンス分析」令和3年電気学会全国大会, オンライン開催, 2021年3月10日
- 84) 上野友雅, 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充放電予測手法に関する研究」令和3年電気学会全国大会, オンライン開催, 2021年3月11日
- 85) 富岡雅弘, 上野友雅, 熊谷誠治「環境温度がリチウムイオン電池の充放電特性シミュレーションに与える影響」令和3年電気学会全国大会, オンライン開催, 2021年3月11日
- 86) 古林敬顕, 住宅形態と居住人数を考慮した家庭部門のエネルギー消費量の推計, 第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 2021年1月26-27日, online
- 87) 古林敬顕, 月別発生量を考慮したもみ殻のエネルギー利用システムの解析, 第16回バイオマス科学会議, 2021年1月20-21日, online.
- 88) 「小型・軽量のIMUを用いた歩行時膝関節角度推定の精度検証」, 早坂渉 鶴宮聖士 五十嵐悠 小松瞭 巖見武裕 1P2-L07 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 2020.5.27~30, 金沢 (オンライン開催)
- 89) 「下肢麻痺者のための歩行リハビリテーションロボットの開発」, 三浦大輝 山内哲也 前田海 井上純一 木村竜太 巖見武裕 島田洋一, 2A2-E02 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 2020.5.27~30, 金沢 (オンライン開催)
- 90) 「変形性膝関節症患者歩行の進行度間における運動学的な定量評価」, 鶴宮聖士 早坂渉 五十嵐悠 小松瞭 塚本泰朗 須田智寛 巖見武裕 島田洋一, 2A2-E09 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 2020.5.27~30, 金沢 (オンライン開催)
- 91) 「座位姿勢におけるVR体幹バランス訓練装置の開発」, 山崎裕太 舘謙吾 斉藤公男 巖見武裕 島田洋一, 1P1-E04 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020 2020.5.27~30, 金沢 (オン

- ライン開催)
- 92) 「卓上型上肢リハビリロボットシステムの開発」, 三浦雅弘 巖見武裕 只野孝明 木澤悟 寺田裕樹 千田聡明 島田洋一, J24116 日本機械学会 2020 年度年次大会 2020.9.13~16, 名古屋 (オンライン開催)
  - 93) 「全身筋骨格モデルの製作と精度検証」, 堀場崇徳 鈴木恒太郎 三浦隆徳 小松瞭 巖見武裕 畠山和利 島田洋一, J23208 日本機械学会 2020 年度年次大会 2020.9.13~16, 名古屋 (オンライン開催)
  - 94) 「Quantitative Evaluation Related to Disease Progression in Knee Osteoarthritis Patients During Gait」, Kiyoshi Tsurumiya, Wataru Hayasaka, Akira Komatsu, Hiroaki Tsukamoto, Tomohiro Suda, Takehiro Iwami, Yoichi Shimada, 1A-26 生体医工学シンポジウム 2020 2020.9.18~19, 弘前 (オンライン開催)
  - 95) 「CT 画像を用いた手関節装具の最適化設計」, 前田海 小松瞭 巖見武裕 千田聡明 島田洋一 1A-36, 生体医工学シンポジウム 2020 2020.9.18~19, 弘前 (オンライン開催)
  - 96) 斉藤公男, 松永俊樹, 齊藤英知, 工藤大輔, 千田聡明, 畠山和利, 渡邊基起, 宮腰尚久, 島田洋一 (2020) デジタル社会が描くリハビリテーションの未来像 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 97) 斉藤公男, 松永俊樹, 齊藤英知, 工藤大輔, 千田聡明, 畠山和利, 渡邊基起, 高橋裕介, 加賀美開, 大倉和貴, 須田智寛, 菊池耀, 宮腰尚久, 島田洋一 (2019) 内側半月板後根損傷に対する機能的な外反装具の効果 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 98) 畠山和利, 鈴木恒太郎, 木島泰明, 渡邊基起, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 堀場崇徳, 小松幹治, 巖見武裕, 斉藤公男, 三浦隆徳, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 寛骨臼形成不全症における中殿筋筋力増強の効果 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 99) 加賀美開, 千田聡明, 田中祐汰, 松永俊樹, 斉藤公男, 工藤大輔, 島田洋一 (2020) 座位保持装置の作成により運動発達を促した巨大臍帯ヘルニアの 1 例. 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 100) 千田聡明, 松永俊樹, 加賀美開, 田中祐汰, 斉藤公男, 工藤大輔, 島田洋一 (2020) 3D オブジェクト生成ソフトと 3D プリンターによる手関節背屈スプリントの複製. 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 101) 渡邊基起, 小松瞭, 五十嵐悠, 早坂渉, 鶴宮聖士, 畠山和利, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 野坂光司, 斉藤公男, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 創外固定器に装着する足底装具の最適な牽引ベルト数~慣性センサーを用いた適合判定~. 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 102) 高橋裕介, 畠山和利, 渡邊基起, 大倉和貴, 木下和勇, 瀬戸新, 湊貴至, 湊昭策, 斉藤公男, 齊藤英知, 島田洋一 (2020) 大腿直筋と中間広筋の筋厚による変形性膝関節症の骨格筋評価. 日本リハビリテーション医学会学術集会, 8月, 京都
  - 103) 斉藤公男, 齊藤英知, 野坂光司, 木島泰明, 藤井昌, 河野哲也, 宮腰尚久, 島田洋一 (2020) Double level osteotomy が膝蓋大腿関節に及ぼす影響, 第 93 回日本整形外科学会学術総会, 6月, オンライン

- 104) 大倉和貴, 工藤光生, 佐藤博昭, 高橋裕介, 畠山和利, 古屋智規, 奥山学, 中永師士明, 島田洋一: 集中治療室における離床プロトコルの安全性に関する検討. 第 22 回日本集中治療医学会学術集会, 3 月, 愛知 (web)
- 105) 大倉和貴, 高橋裕介, 畠山和利, 工藤光生, 佐藤博昭, 古屋智規, 奥山学, 中永師士明, 島田洋一: 集中治療室入室患者における握力による四肢筋力低下のカットオフ値の検討. 第 22 回日本集中治療医学会学術集会, 3 月, 愛知 (web)
- 106) 大倉和貴, 高橋裕介, 工藤光生, 相原健志, 工藤尚也, 鈴木智人, 飯野健二, 渡邊博之, 中永師士明: 集中治療室における早期離床は急性心不全患者の歩行開始時期を早める. 第 26 回日本心臓リハビリテーション学会, 7 月, 福岡 (web)
- 107) 高橋裕介, 大倉和貴, 相原健志, 工藤尚也, 田村善一, 山中卓之, 鈴木智人, 飯野健二, 渡邊博之 (2020) 運動負荷に伴う耳朶血流の変化パターン. 第 26 回日本心臓リハビリテーション学会, 7 月, 福岡 (web)
- 108) 渡邊基起, 小松瞭, 五十嵐悠, 早坂渉, 鶴宮聖士, 畠山和利, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 野坂光司, 斉藤公男, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 上創外固定器に装着する足底装具の最適な牽引ベルト数~慣性センサーを用いた適合判定~. 第 57 回日本リハビリテーション医学会学術集会, 8 月, 京都
- 109) 渡邊基起, 小松瞭, 五十嵐悠, 早坂渉, 畠山和利, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 野坂光司, 斉藤公男, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 創外固定器に装着する足底装具の最適な牽引ベルト数. 第 33 回日本創外固定・骨延長学会, 9 月, web
- 110) 千田聡明, 松永俊樹, 加賀美開, 田中祐汰, 工藤大輔, 斉藤公男, 島田洋一, 巖見武裕, 宮脇和人 (2020) 3D オブジェクト生成ソフトと 3D プリンターによる筒状構造を持つ自助具の複製. 第 36 回日本義肢装具学会学術大会, 10-11 月, 東京・WEB
- 111) 田中祐汰, 千田聡明, 加賀美開, 久米裕, 島田洋一 (2020) 退院後の自動車運転支援の可能性~急性期病院入院中から退院後まで自動車運転支援をした脳梗塞の 1 事例~. 第 54 回日本作業療法学会, 9 月, 新潟
- 112) 加賀美開, 千田聡明, 田中祐汰, 石川隆志 (2020) 道具を介した知覚と直接触れた知覚との違いの検討. 第 54 回日本作業療法学会, 9 月, 新潟
- 113) 須田智寛, 畠山和利, 渡邊基起, 高橋裕介, 大倉和貴, 菊池耀, 市川兼之, 皆方伸, 坂本理々子, 長谷川翔, 宮本大道, 斎藤英知, 斉藤公男, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 変形性膝関節症患者における床上起立の所要時間と身体機能との関連性. 第 38 回東北理学療法学会学術大会, 10 月, web
- 114) 菊池耀, 畠山和利, 渡邊基起, 皆方伸, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 市川兼之, 坂本理々子, 長谷川翔, 宮本大道, 斉藤公男, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 骨髄抑制期に人工呼吸器管理に至ったものの自宅退院できた慢性活動性 EB ウイルス感染症の一例. 第 38 回東北理学療法学会学術大会, 10 月, web
- 115) 市川兼之, 畠山和利, 渡邊基起, 高橋裕介, 大倉和貴, 須田智寛, 菊池耀, 松永俊樹, 島田洋一 (2020) 緊急手術後の高齢大血管疾患患者における退院時の栄養状態. 第 38 回東北理学療法学会学術大会, 10 月, web

- 116) 高橋裕介, 大倉和貴, 工藤尚也, 相原健志, 鈴木智人, 飯野健二, 渡邊博之 (2020) 重度に身体機能が低下した心大血管疾患患者における **Bedside Mobility Scale** による評価の試み. 日本心臓リハビリテーション学会東北地方会, 12月, 仙台
- 117) 工藤尚也, 相原健志, 高橋 裕介, 大倉和貴, 山谷 麻実子, 佐々木郁子, 鈴木智人, 飯野健二, 渡邊 博之(2020) 心臓リハビリ再開が行動変容に効果的であった拡張型心筋症の一症例. 日本心臓リハビリテーション学会東北地方会, 12月, 仙台
- 118) 畠山和利 (2020) 秋田県理学療法士会組織化の方向性と管理者について. 秋田県理学療法士会 指定管理者研修会 1月, 2月, 秋田市
- 119) 畠山和利 (2020) 早期からの充実した理学療法提供体制の構築. 秋田県理学療法士会 領域別協会指定管理者研修, 2月, 秋田市
- 120) 渡邊基起 (2020) 早期からの充実した理学療法提供体制の構築. 秋田県理学療法士会 領域別協会指定管理者研修, 2月, 秋田市
- 121) 大倉和貴 (2020) 呼吸筋トレーニングの現状と未来. 第 15 回呼吸リハビリテーションサイエンスフォーラム, 10月, 秋田 (web)
- 122) 大倉和貴 (2020) 見直してみよう! 胸部 X 線画像. 専門領域研究班主催「7 minutes Presentation-領域別トピックス-」, 7月, web
- 123) 大倉和貴 (2020) ヒストリカルコントロール研究. 専門領域研究班研究法 web セミナー (導入編), 9月, web
- 124) 渡邊基起 (2020) 運動器疾患のレントゲン画像. 秋田県理学療法士会 専門領域研究班 7 minutes Presentation-領域別トピックス-, 7月, 秋田市
- 125) 田中祐汰(2020)他県での自動車運転支援の実情～北海道の支援を中心に～秋田の安全運転と医療のかかわり基礎セミナー, 1月, 秋田
- 126) 高橋裕介(2020) 有酸素運動の動機付けアプリケーションおよびデバイス. 秋田県医療ニーズ発表会, 10月, 秋田市.
- 127) 高橋裕介(2020) 心臓リハビリテーションについて. 令和 2 年度秋田大学公開講座 慢性心不全とどうつきあっていくか, 11月, 秋田市.
- 128) 千田聡明 (2020) 実践のための作業療法研究. 秋田県作業療法士会令和元年度現職者共通研修, 6月, WEB
- 129) 畠山和利 (2020) 脳卒中片麻痺歩行支援に対する機能的電気刺激とその効果. **STROKE2020**, 8月, 横浜市 (Web) 1.
- 130) 畠山和利 (2020) 運動器理学療法における基礎と臨床の接点. 日本基礎理学療法学会, 12月, 仙台市 (Web)
- 131) 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, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B 構造 II (CD-ROM), 2020 年 9 月
- 132) 鏡味洋史, 水田敏彦: 1941 年長野地震に関する文献調査, 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
- 133) 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, 第 37 回歴史地震研究会 (オンライン伊賀大会) 講演要旨集, pp.27, 2020 年 9 月

- 134) 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—スペイン風邪流行下での被害地震—, 第37回歴史地震研究会(オンライン伊賀大会)講演要旨集, pp.37, 2020年9月
- 135) 鏡味洋史, 水田敏彦: 濃尾地震と濃美地震, 中部歴史地震研究懇談会, 2020年11月
- 136) 水田敏彦: 1943年会津田島地震の被害に関する文献調査, 東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集, 2020年12月
- 137) 島田凌, 高谷拓夢, 淀川信一, 倉林徹, 安達恵美, 丹野剛紀「有機単結晶を用いたテラヘルツ帯偏光子」, 第45回光学シンポジウム(2020年6月, オンライン)
- 138) 丹野剛紀, 伊藤正彦「新型分光装置の開発・製品化から応用開拓まで(事例紹介)」, 産学連携学会第18回大会(2020年11月, 秋田)

### (3) 活動実績

#### ①地域貢献・社会貢献（地域コンソーシアムへの参加等）

- 1) 渡辺寧：令和 2 年度あきたスマートカレッジ講演「先端技術を支える秋田の鉱業：資源の宝庫・秋田の底力」 2020 年 12 月 12 日 秋田県生涯学習センター
- 2) 渡辺寧：COC+授業「地域計画」特別講義 II「秋田の鉱物資源：過去，現在，未来」2020 年 10 月 12 日，10 月 19 日，11 月 02 日 秋田工業高等専門学校
- 3) 渡辺寧：一日増田大学「玉川温泉，田沢湖環境問題について」2020 年 9 月 16 日 秋田県立増田高校
- 4) 熊谷誠治：第 4 回秋田ヒューマン・エネルギー研究会 2020 年 9 月 8 日 オンライン開催
- 5) 熊谷誠治：秋田大学社会人が大学で学ぶための講座「超スマート社会への対応」A. 超スマート社会構築に向けたイノベーション（手形コース） 「リチウムイオン電池と燃料電池」 2020 年 10 月 1 日 秋田大学
- 6) 熊谷誠治：日本素材物性学会令和 2 年度第 1 回研究会 「米の籾殻を原料としたトリポーラス（Triporous）の基礎的な吸着特性と応用」「リチウム二次電池及び次世代蓄電デバイス応用へ向けた高容量シリコン負極材料の開発」 2020 年 12 月 18 日 オンライン開催
- 7) 熊谷誠治、富岡雅弘：秋田県主催令和 2 年度産学官交流プラザにて地域企業と実施した共同研究成果を発表 「電気的等価回路を用いたリチウムイオン電池の性能予測に係る研究」2020 年 12 月 22 日 秋田県第二庁舎
- 8) 古林敬顕：秋田大学社会人が大学で学ぶための講座「超スマート社会への対応」A. 超スマート社会構築に向けたイノベーション（手形コース） 「持続可能な地域エネルギーシステムのデザイン」2020 年 10 月 1 日 秋田大学
- 9) 古林敬顕：林業・木質バイオマス発電の成長産業化に向けた研究会（経済産業省主催）2020 年 7 月 20 日，8 月 27 日 10 月 13 日 オンライン開催
- 10) 古林敬顕：秋田県立大学・秋田大学連携オープンカレッジ連続授業「世界に通用する一流の仕事術」第 2 回パネリスト 2020 年 11 月 14 日 秋田県立大学本荘キャンパス
- 11) カビール ムハムドゥル：特定非営利活動法人バニヤンツリー主催 やさしい環境学習会「アオコに関する学習会」 2021 年 3 月 13 日 オンライン講座
- 12) 水田敏彦：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業（地方創生センター共催） 2020 年 10 月 14 日，11 月 25 日，11 月 26 日 [計 3 回] 秋田県立大曲高等学校，秋田市第二ルンビニ園，秋田県立湯沢翔北高等学校
- 13) 水田敏彦：秋田県自主防災組織育成指導者研修会（地方創生センター共催）2020 年 11 月 9 日，11 月 11 日，11 月 18 日，11 月 24 日，11 月 29 日，12 月 1 日，12 月 10 日，12 月 22 日 [計 8 回] 由利本荘総合防災公園ナイスアリーナ，仙北市田沢湖総合開発センター，西仙北大綱交流館，美郷町役場，小坂町交流センターセパーム，羽後町活性化センター，大館市中央公民館，湯沢市役所
- 14) 水田敏彦：地域防災・減災ワークショップ（東北公益文科大学主催） 2020 年 10 月 5 日 東北公益文科大学
- 15) 水田敏彦：秋田県生活協同組合連合会大会（秋田県生活協同組合連合会主催）2020 年 10 月 22 日 イ

ヤタカ

- 16) 水田敏彦：こくみん共済秋田推進本部役員研修会（こくみん共済秋田推進本部主催）2020年12月16日 秋田キャッスルホテル
- 17) 鎌滝孝信：秋田県ジオパーク専門研究統括会 2020年6月23日 オンライン会議
- 18) 鎌滝孝信：秋田市教育委員会学校安全・防災教育研修会講師 2020年7月8日 秋田市教育研究所
- 19) 鎌滝孝信：秋田大学防災教室「防災マップづくり」（地方創生センター事業） 2020年9月1日 男鹿市立船川第一小学校
- 20) 鎌滝孝信：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業「防災に関する講義・演習」2020年9月8日 ウェルビューいずみこども園
- 21) 鎌滝孝信：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業「防災マップづくり」2020年9月10日 秋田市立八橋小学校
- 22) 鎌滝孝信：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業「防災に関する講義」2020年9月15日，9月16日 にかほ市立平沢小学校，秋田市立下浜中学校
- 23) 「おもしろ理科実験サイエンス・スクール教室」2020年10月17日 北秋田市立鷹巣中学校体育館
- 24) 令和2年あきたサイエンスクラブ科学講座（秋大コース）「電解メッキを楽しもう～銅が銀色、そして金色に！？」2020年11月29日 秋田大学
- 25) NPO 法人秋田土壌浄化コンソーシアム主催 「石を科学しよう。環境をはかろう。」2020年12月28日 遊学舎
- 26) 秋田県立本荘高等学校数理探究クラス秋田大学連携授業 模擬講義・実験 2021年1月7日 秋田大学

## ②特許登録

| No. | 発明（考案）者                         | 発明・考案の名称   | 登録番号             |
|-----|---------------------------------|--|------------------|
| 1   | 松本和也、寺境光俊<br>山川澄人               | 組成物および成形品  | I 693258         |
| 2   | 松本和也、寺境光俊<br>山川澄人               | 組成物および成形品  | 特許第6713600号      |
| 3   | 加藤純雄、小笠原正剛                      | 排ガス浄化触媒用担体及び排ガス浄化触媒  | 特許第6714989号      |
| 4   | 加藤純雄、小笠原正剛                      | 排気ガス浄化触媒用デラフォサイト型酸化物及びこれを用いた排気ガス浄化触媒                           | 特許第6715351号      |
| 5   | 水戸部一孝、小坂橋智幸<br>齋藤正親、TAN TUN JIE | 重症度評価支援システム及びプログラム   | 特許第6730573号      |
| 6   | 石尾俊二、長谷川崇                       | 硬質磁性材料   | 特許第6734578号      |
| 7   | 吉村哲、齊藤準                         | 光変調素子、空間光変調器及び表示装置   | 特許第6741452号      |
| 8   | 吉村哲、齊藤準                         | 光変調素子、空間光変調器及び表示装置   | 特許第6741453号      |
| 9   | 田口正美、高橋弘樹                       | 大規模な二酸化炭素排出源（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の二酸化炭素電解処理システム | 特許第6758586号      |
| 10  | 松本和也、寺境光俊<br>柴山敦、芳賀一寿<br>山川澄人   | ロジウム回収剤及びロジウム回収方法  | 特許第6762064号      |
| 11  | 加藤純雄、小笠原正剛                      | 排気ガス浄化触媒   | 特許第6763555号      |
| 12  | 加藤純雄、小笠原正剛                      | 排気ガス浄化用触媒  | 特許第6770265号      |
| 13  | 村岡幹夫                            | 金属製ナノコイルの製造方法  | US 10,790,086 B2 |

|    |                   |                     |               |
|----|-------------------|---------------------|---------------|
| 14 | 松本和也、寺境光俊<br>山川澄人 | 組成物および成形品           | KR 10-2168898 |
| 15 | 松本和也、寺境光俊<br>山川澄人 | 組成物および成形品           | US 10,815,369 |
| 16 | 松本和也、寺境光俊<br>山川澄人 | デンドリマー、組成物及び成型品     | 特許第6789521号   |
| 17 | 加藤純雄、小笠原正剛        | 排ガス浄化触媒用担体及び排ガス浄化触媒 | 特許第6807447号   |
| 18 | 松本和也、寺境光俊、<br>西邦雄 | 組成物および成形品           | DE 3260490    |
| 19 | 松本和也、寺境光俊、<br>西邦雄 | 組成物および成形品           | FR 3260490    |
| 20 | 松本和也、寺境光俊、<br>西邦雄 | 組成物および成形品           | IT 3260490    |
| 21 | 松本和也、寺境光俊、<br>西邦雄 | 組成物および成形品           | GB 3260490    |

\* 取得済み特許のみ掲載

### ③受賞等

- 1) 第19回インテリジェント・コスモス奨励賞（インテリジェント・コスモス学術振興財団）：松本和也
- 2) 令和2年度化学系学協会東北大会，優秀ポスター賞，畠勇氣（寺境・松本）
- 3) 第13回資源・素材学会東北支部若手の会，優秀賞，畠勇氣（寺境・松本）
- 4) 資源・素材2021年度春季大会，優秀発表賞，畠勇氣（寺境・松本）
- 5) 令和2年9月23日 日本磁気学会 令和2年度学術奨励賞(内山賞)(第43回学術講演会 27aC-7と日本磁気学会論文特集号 Vol. 4, No. 1, p.p. 9~13 (2020)「Fe-Co-N 薄膜へのAl添加による磁気異方性の増大」に対して)，武政友佑（長谷川崇）
- 6) 令和2年度腐食防食学会東北支部奨励賞（福本倫久）
- 7) 生物学若手研究者の集い 第二回オンラインセミナー優秀発表賞(中村 文彦，竹原 直輝，松村 洋寿，小川 信明，尾高 雅文、Thermotoga maritima 由来 Encapsulin に結合したリポフラビンの除去と再構成、生物学若手研究者の集い 第二回オンラインセミナー)
- 8) 佐々木亘大，令和2年電気学会優秀論文発表賞B賞，「アキシシャルギャップ誘導モータの二次元モデリング手法に関する考察」，2021年4月23日
- 9) 星侑樹 電気学会優秀論文発表賞A賞 「RNAモデルを用いたPWMインバータ駆動時の三相誘導モータの動特性算定」，2021年1月28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3年度設備管理専門委員会委員長 **田島 克文**

第3期中期目標期間が始まる平成28年度、「地域協働・防災部門」及び「地域産業研究部門」の2部門からなる「秋田大学地方創生センター」が発足しました。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、「秋田大学地方創生センター」に再編統合されています。

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」がその任を引き継ぎました。

地方創生センター1号館（旧VIC）には「秋田産学官共同研究拠点センター」が設置されており、その施設・設備は県内産学官の研究者・技術者の積極的な活用を可能にすべく、保守と修理が欠かせません。これに対し、地方創生センター2号館（旧VBL）の施設・設備は主として学内の教員と学生による研究員を利用対象者とし、保守・修理はもちろん連携する学内各部署の施設・設備との効率的な運用が心掛けられています。

次頁以降に1号館及び2号館の運用管理の詳細（【装置の種類および使用状況】、【機器の管理責任者】、【機器取り扱い規程】）を記します。設備の老朽化など深刻な事例もあり今後は機器の更新という重要な問題がある一方、保守・修理・消耗品の購入等、管理業務も抜かりなく行う必要があります。当委員会の活動が「地方創生センター地域産業研究部門」の事業に貢献することを願っています。

# 地方創生センター1号館

## 【装置の種類および使用状況】

近年、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、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、超分解能電界放射型走査型電子顕微鏡（SEM）、X線電光子分光分析装置、光散乱GPC分子量測定装置、比表面積・細孔径分布測定装置、元素分析装置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、SEMのチップ交換とテラヘルツ分光測定装置のコンプレッサーの更新があった。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。このことは利用者と装置管理責任者のご協力の賜物である。

## 【機器の管理責任者】

管理責任者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19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、ポンプなどの付属品の故障、などが発生した。また、局所排気装置、クリーンエリアのファン・フィルタ・ユニット、循環冷却水用のチラー、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GPIB基板の交換、多元合金膜作製装置のサーボの交換、微小空間組織構造評価装置のオーバーホール、電界放射型走査電子顕微鏡・高真空型走査型プローブ顕微鏡・真空アーク溶解炉のポンプの交換、局所排気装置のファンベルトの交換、ファン・フィルタ・ユニットのヘパフィルタの交換、チラーの基板交換、などを行った。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、1台の基板（製造中止・在庫なし）が完全に故障し、現在は、1台を常時運転させている。このままでは、この1台も近いうちに故障する可能性が高いことから、年度計画推進経費などへの申請により、新しいチラーへの更新を検討している。

その他、保守用備品の整理や機器の再配置により確保した実験スペースについて、スペースの貸出を積極的に行った。

### 【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（ $\geq 100$ 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、金属分散度測定装置、紫外可視近赤外分光光度計、FT-IR システム、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、レーザー顕微鏡、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、電界放射型走査電子顕微鏡、微小空間組織構造評価装置、高真空熱処理装置、均温熱処理装置、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2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<br>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<br>(株)東陽テクニカ | M-CHAS4 MODULAB                                |
| 26  | 共焦点レーザー顕微鏡                     | オリンパス                         | FV1000/1X81-S (分光)仕様                           |
| 27  | マトリックス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析装置 | ブルカー・ダルトニクス株式会社               | autoflex III<br>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ー<br>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<br>単価(円) | 令和2年度<br>使用時間<br>(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<br>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<br>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<br>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<br>資源開発環境学専攻  | 高崎 康志       | 1,587        | 374                  |
| 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<br>資源開発環境学専攻  | 高崎 康志       | 2,170        | 0                    |
| 6   | フレーム/ファーネ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<br>資源開発環境学専攻  | 高崎 康志       | 1,058        | 0                    |
| 7   | 元素分析装置                     | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>生命科学専攻       | 近藤 良彦       | 637          | 149                  |
| 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<br>物質科学専攻       | 松本 和也       | 3,931        | 4                    |
| 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<br>物質科学専攻       | 加藤 純雄       | 1,695        | 221                  |
| 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<br>地域産業研究部門      | 丹野 剛紀       | 2,278        | 31                   |
| 11  | 水銀ポロシメータ                   | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 阿部 一徳       | 475          | 59                   |
| 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<br>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<br>物質科学専攻       | 寺境 光俊       | 313          | 145                  |
| 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<br>数理・電気電子情報学専攻 | 水戸部 一孝      | 842          | 35                   |
| 15  | ハイポータ電源                    | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>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<br>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<br>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<br>物質科学専攻       | 大川 浩一       | 216          | 919                  |
| 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<br>物質科学専攻       | 小笠原 正剛      | 162          | 201                  |

| No. | 設備名一覧                          | 管理担当者(教員)                      |        | 使用料<br>単価(円) | 令和2年度<br>使用時間<br>(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<br>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<br>地域社会講座          | 池本 敦   | 313          | 0                    |
| 22  | 回転式粘度計(Lアダプタ付き)                | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>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<br>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<br>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<br>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<br>地域産業研究部門      | 丹野 剛紀  | 475          | 24                   |
| 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<br>地域産業研究部門      | 丹野 剛紀  | 1,404        | 4                    |
| 28  | バイオクリーンベンチ                     | 秋田大学 地方創生センター<br>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-1SPAI          |
| 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<br>単価(円) | 令和2年度<br>使用時間<br>(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<br>附属革新材料研究センター      | 吉村 哲  | 60           | 41.6                 |
| 2   | EXAFS装置           | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>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<br>附属革新材料研究センター      | 吉村 哲  | 50           | 361.5                |
| 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<br>物質科学専攻            | 寺境 光俊 | 50           | 910.76               |
| 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<br>物質科学専攻            | 長谷川 崇 | 50           | 0                    |
| 6   | 温度可変型走査型プローブ顕微鏡   | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻            | 長谷川 崇 | 50           | 4.33                 |
| 7   | 表面粗さ形状測定器         | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター      | 吉村 哲  | 60           | 125.5                |
| 8   | 実体顕微鏡             | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>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<br>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<br>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<br>物質科学専攻            | 肖 英紀  | 100          | 127 (個)              |
| 12  | 高周波誘導加熱装置         | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻            | 齋藤 嘉一 | 100          | 7 (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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>資源開発環境学専攻       | 芳賀 一寿 | 700          | 355.74               |

| No. | 設備名一覧                       | 管理担当者(教員)                      |        | 使用料<br>単価(円) | 令和2年度<br>使用時間<br>(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<br>物質科学専攻       | 林 滋生   | 600          | 39.25                |
| 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<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 350          | 155.25               |
| 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<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 200          | 0                    |
| 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<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 100          | 72                   |
| 27  | 拡散反射測定ユニット60φ積分球<br>付属装置    | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 100          | 10.5                 |
| 28  | 金属分散度測定装置                   | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 進藤 隆世志 | 50           | 0                    |
| 29  | シングルナノサイズ対応粒子径・表面<br>電位解析装置 | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 小笠原 正剛 | 60           | 145.22               |
| 30  | Agilent 630 FT-IR システム      | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 小笠原 正剛 | 120          | 9.17                 |
| 31  | 直流安定化電源                     | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>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<br>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<br>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<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 100          | 50.5                 |
| 35  | 示差熱天秤                       | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>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<br>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<br>物質科学専攻       | 長谷川 崇  | 500          | 0                    |
| 38  | 多元合金膜作製装置                   | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 長谷川 崇  | 500          | 1 (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<br>附属革新材料研究センター | 吉村 哲   | 1,000        | 126 (日)              |
| 40  | 液体窒素製造装置                    | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター | 吉村 哲   | 100          | 2504 (L)             |
| 41  | 純水製造装置                      | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 長谷川 崇  | 0            | 11.1 (L)             |
| 42  | 蒸留水製造装置                     | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>資源開発環境学専攻  | 柴山 敦   | 0            | 95 (L)               |
| 43  | 超純水製造装置                     | 秋田大学 大学院国際資源学研究科<br>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<br>物質科学専攻       | 齋藤 嘉一  | 500          | 566.71               |
| 45  | 走査電子顕微鏡                     | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻       | 齋藤 嘉一  | 100          | 193                  |

| No. | 設備名一覧                    | 管理担当者(教員)                       |       | 使用料<br>単価(円) | 令和2年度<br>使用時間<br>(時) |
|-----|--------------------------|---------------------------------|-------|--------------|----------------------|
|     |                          | 所 属                             | 氏 名   |              |                      |
| 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<br>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<br>物質科学専攻        | 齋藤 嘉一 | 50           | 33 (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<br>物質科学専攻        | 林 滋生  | 70           | 17.83                |
| 49  | 薄膜X線回折装置                 | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻        | 齋藤 嘉一 | 100          | 120.66               |
|     | 粉末XRD測定装置RINT2000        | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター  | 吉村 哲  | 100          | 679.69               |
| 50  | 粉末XRD測定装置RINT2000印刷<br>代 | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻        | 大川 浩一 | 10           | 186 (枚)              |
| 51  | 多目的X線回折装置                | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター  | 吉村 哲  | 70           | 126.5                |
| 52  | 高感度磁化測定装置                | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター  | 吉村 哲  | 70           | 0                    |
| 53  | 振動試料型磁力計                 | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>附属革新材料研究センター  | 吉村 哲  | 50           | 430.65               |
| 54  | 磁気力一効果測定装置               | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻        | 長谷川 崇 | 50           | 38                   |
| 55  | 高真空熱処理装置                 | 秋田大学 大学院理工学研究科<br>物質科学専攻        | 長谷川 崇 | 50           | 15                   |
| 56  | 高温熱処理装置                  | 秋田大学 教育文化学部<br>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<br>附属革新材料研究センター  | 吉村 哲  | 50           | 107.7                |
| 58  | PCRサーマルサイクラー             | 秋田大学 大学院医学系研究科<br>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<br>資源開発環境学専攻   | 高崎 康志 | 250~<br>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/>