秋田大学
地方創生センター

令和元年度年報

Akita University
Center for Regional Revitalization in Research and Education
Annual Report 2019.4 - 2020.3

令和元年度
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
⑴　地域連携事業・地域防災事業
⑵　社会貢献事業
⑶　地域課題の解決を目指した学生自主プロジェクト
⑷　専任教員業務
４．地域産業研究部門 …… 35
⑴　資源開発・環境リサイクル研究開発事業
⑵　新素材・機能性材料開発研究事業
⑶　自動車・航空機産業研究開発事業
⑷　新エネルギー開発研究事業
⑸　医理工連携産業研究開発事業
⑹　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 …… 102
⑴　教員研究員
⑵　大学院学生研究員
⑶　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 …… 105
⑴　研究成果集
⑵　研究実績
①　学術論文
②　学会発表・国際会議報告等
⑶　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 …… 254
⑴　設備管理専門委員会報告
⑵　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
⑶　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2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、地域活性化の機能を強化することを目指した活動を続けて参りました。

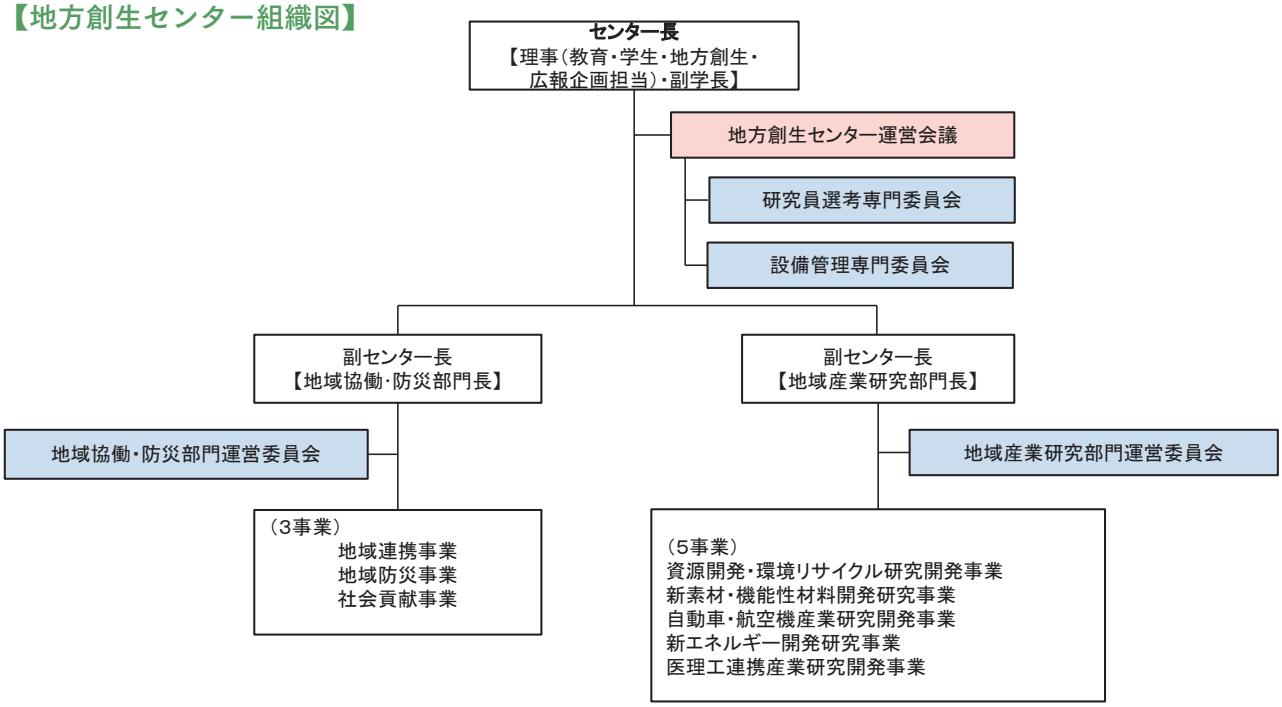
秋田県は全国で最も急速に人口が減少し、少子高齢化が進んでいる地域です。人口減少や少子高齢化によって縮小傾向にある秋田県の産業振興のため、「地域産業研究部門」では、大学の最先端の研究成果を活かして地域に新たな産業を創出することが目標となります。これを実現するには、地域の企業が抱えている課題解決に向けて、秋田県及び秋田大学の特色である資源・新素材・航空機産業等の研究や、医理工連携を含めた地域産業の成長に資する研究を推進することが重要です。本部門では秋田県が掲げる将来構想とも連携した地域産業の振興、活性化に貢献できるよう、「資源開発・環境リサイクル研究開発事業」「新素材・機能性材料開発研究事業」「自動車・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の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、令和元年度に本センターが行なったさまざまな活動内容をまとめたものとなっております。至らぬ点も多々あるかと思いますが、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
◎志　立　正　知	地方創生センター長
臼　木　智　昭	地方創生センター副センター長（地域協働・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
中　村　順　子	医学系研究科　　教授
大　川　浩　一	理工学研究科　　准教授
有　明　　順	秋田県あきた未来創造部あきた未来戦略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
◎臼　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
濱　田　　純	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
渋　谷　　嗣	理工学研究科　　教授
三　島　　望	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
◎志　立　正　知	地方創生センター長
臼　木　智　昭	地方創生センター副センター長（地域協働・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
大　川　浩　一	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9校園　計1,304名

6月20、25日	仙北市立白岩小学校	7月18日	日の出ベビー保育園
6月27日	秋田県立横手高等学校青雲館	10月　3日	ウエルビューいずみこども園
7月　4日	秋田県立雄物川高等学校	10月30日	秋田県立横手清陵学院高等学校
7月　4日	湯沢市立湯沢南中学校	11月13日	秋田聖徳会第二ルンビニ園
7月　9日	男鹿市立潟西中学校		

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、准教授　鎌滝孝信
実施日・場所・参加者　全6市町　計296名

10月17日	男鹿市	11月21日	大仙市
11月14日	三種町	12月　5日	美郷町
11月20日	秋田市	12月20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･鎌滝准教授は県内で過去に発生した地震災害に関する解説、地震・津波の発生メカニズムやそれらから命を守るための心構えについて講話を行った。

大館市との連携事業

ワクワク子ども科学教室

主　　催　北秋田分校、大館北秋田理科教育研究会
実　施　日　令和元年9月21日（土）
会　　場　大館市立有浦小学校体育館

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

介護福祉職のためのフィジカルアセスメント「医療的マインドをもった介護職講座」　～医療につなぐ新しい介護の視点～

主　　催　医学系研究科
　　附属地域包括ケア・介護予防研修センター
共　　催　地方創生センター
協　　力　大館市
実　施　日　令和元年10月18日（金）
会　　場　大館市立中央公民館
講　　師　日本赤十字秋田短期大学
　　教授　高橋美岐子
　　医学系研究科附属地域包括ケア・
　　介護予防研修センタースタッフ
参　加　者　18名

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

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
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

北秋田市の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。

※令和元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。

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　令和元年10月19日（土）
会　　場　北秋田市立合川中学校体育館

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。

能代市との連携事業

能代市総合計画市民協働会議運営支援

事 業 形 態　能代市から秋田大学への業務委託
委 託 期 間　令和元年6月10日～令和2年1月31日
担 当 教 員　教育文化学部地域社会・心理実践学講座
　　講師　荒井壮一、教授　和泉浩
参 加 学 生　4名

能代市の最上位計画「第2次能代市総合計画」の策定と推進を図るため、能代市からの要請を受け、同市が立ち上げた市民協働会議の運営に関する支援を行った。本学教育文化学部地域社会・心理実践学講座の教員が、第2次計画の将来像・基本理念等の検証を行うとともに、最終報告書を取り纏めて能代市に提出した。また同講座の4名の学生が協議会に参加し、会議運営に参画した。

藤里町との連携事業

秋大医学部　藤里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　藤里町
実 施 日　令和元年5月24日（金）～25日（土）
会　　場　ゆとりあ藤里
参 加 者　医学部学生13名（保健学科13名）
　　藤里町医療・保健・福祉関係者10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。今回はゆとりあ藤里において、ディナーミーティングと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藤里の豊かな自然の中で、わらび採りの貴重な体験をすることが出来た。

秋田市との連携事業

秋田大学防災サイエンスカフェ～秋田市旭川地区～

主　　催　地方創生センター
実　施　日　令和元年12月15日（日）
会　　場　秋田大学百周年記念館会議室
担 当 講 師　地方創生センター　教授　水田敏彦、准教授　鎌滝孝信
参　加　者　17名

県内各地の防災関係者や地域住民の方々等を対象に、「防災」をテーマとして行うカフェスタイルの講演会。講師が専門分野から話題提供を行い、参加者の方々との意見交換を通じて共に地域防災を考える機会とする目的で開催した。今年度は学内にて秋田市旭川地区の住民を対象として開催。秋田市防災安全対策課の協力を得て、秋田市津波避難シミュレーションシステムによるVR津波避難体験等を行った。

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
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

男鹿市の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。

※令和元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。

秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 船越小学校

主　　催　地方創生センター
共　　催　男鹿なまはげ分校
実　施　日　令和元年7月11日（木）、16日（火）
会　　場　男鹿市立船越小学校
講　　師　地方創生センター　准教授　鎌滝孝信
参　加　者　64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。

男鹿市立船越小学校では、4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。

秋田大学防災教室 in 男鹿市

主　　催　地方創生センター
共　　催　男鹿市、男鹿半島・大潟ジオパーク推進協議会
実　施　日　令和元年7月27日（土）
会　　場　男鹿市ジオパーク学習センター、男鹿市内各所
講　　師　地方創生センター　教授　水田敏彦、准教授　鎌滝孝信
参　加　者　25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と県内に残る地震痕跡等の野外観察を通じて、身近な地域で発生した過去の災害について学び防災意識の高揚につなげることを目的として開催した。

今年度は男鹿市で開催し、八望台や寒風山などで野外観察を行った。

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
実　施　日　令和元年7月20日（土）
会　　場　男鹿市B&G海洋センター体育館

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

男鹿市児童生徒の秋田大学医学部訪問

主　　催　男鹿なまはげ分校、男鹿市教育委員会
実　施　日　令和元年7月23日（火）
会　　場　秋田大学医学部附属病院シミュレーション教育センター

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

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　令和元年9月17日（火）、18日（水）
会　　場　男鹿東中学校、男鹿北中学校、男鹿南中学校、
　　潟西中学校

中学3年生の学習意欲を喚起するとともに、将来の自分の姿を見据えた学校生活を送ることができるように、男鹿市内の中学校において学習講演会を開催した。男鹿市出身の本学学生が講師となり、「夢を探すということ」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
会　　場　男鹿東中学校、男鹿北中学校、男鹿南中学校、潟西中学校

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

※令和元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。

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。

セルフケア講座

主　　催　男鹿なまはげ分校、男鹿市
実　施　日　令和元年8月1日（木）～令和元年9月10日（火）
　　【計4回】
会　　場　男鹿市船越公民館、歴史資料収蔵庫

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。

にかほ市との連携事業

メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト in にかほ市

主　　催　地方創生センター
共　　催　にかほ市
実　施　日　令和元年9月13日（金）
会　　場　にかほ市総合福祉交流センター　スマイル
カフェマスター　医学系研究科長　尾野恭一
講　　師　医学系研究科医学専攻
　　助教　野坂光司
　　教育文化学部地域社会・心理実践講座
　　教授　池本敦
参　加　者　32名

にかほ市民を対象に「高齢社会を明るく元気に生きる」をテーマに講演会を共催で開催した。飲み物や軽食を楽しみながらカフェのようなくつろいだ雰囲気の中、尾野カフェマスターの進行のもと、医学や健康について医学部、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。

秋大医学部　にかほ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　にかほ市
実　施　日　令和2年2月7日（金）～8日（土）
会　　場　にかほ市温泉保養センター　はまなす
参　加　者　医学部学生18名（保健学科18名）
　　藤里町医療・保健・福祉関係者22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。今回はにかほ市温泉保養センター　はまなすにおいて、ディナーミーティングと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にかほ市の「フェライト子ども科学館」、「白瀬南極探検隊記念館」を見学し、貴重な知識を得ることが出来た。

秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 金浦小学校

主　　催　地方創生センター
実　施　日　令和元年9月10日（火）、11日（水）
会　　場　にかほ市立金浦小学校
講　　師　地方創生センター　准教授　鎌滝孝信
参　加　者　26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。

にかほ市立金浦小学校では、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。

秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 象潟小学校

主　　催　地方創生センター
実　施　日　令和元年10月8日（火）、10日（木）、28日（月）
会　　場　にかほ市立象潟小学校
講　　師　地方創生センター　准教授　鎌滝孝信
参　加　者　81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。

にかほ市立象潟小学校では、6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。

大仙市との連携事業

「投球障害予防教室」in 大仙

主　　催　地方創生センター、大仙市教育委員会
後　　援　大仙市スポーツ少年団、大曲整形外科クリニック
実 施 日　①令和元年11月4日（月・祝）【大曲地域】
　　②令和2年1月13日（月・祝）【東部地域】
　　③令和2年2月2日（日）【西部地域】
会　　場　①神岡農村環境改善センター
　　②仙北ふれあい文化センター
　　③神岡体育館
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
　　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　①スポーツ少年団員・中学生　39名
　　保護者・指導者　10名
　　②スポーツ少年団員・中学生　56名
　　保護者・指導者　25名
　　③スポーツ少年団員・中学生　47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。

「サッカー少年向け障害予防教室」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　令和2年2月2日（日）
会　　場　神岡体育館
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
　　大曲整形外科クリニック
　　院長　梅原寿太郎　ほか　クリニックスタッフ
指導補助　理学療法学講座　大学院生、医学部生
参 加 者　スポーツ少年団員・中学生　30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、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、初めてのサッカー選手に対する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・フォーム指導などを通して、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。他の競技と比べ日頃からストレッチングを行っている選手が多く、身体のケアに対する意識が高いことが感じられた。

仙北市との連携事業

秋大医学部　仙北とつながり隊カフェ

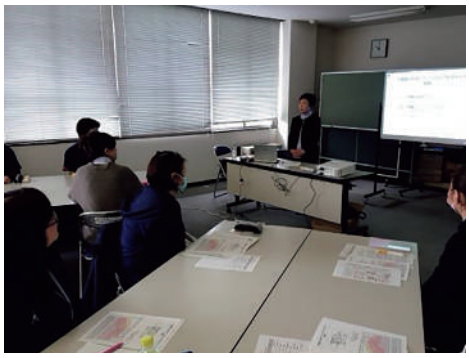
主　　催　医学系研究科附属地域包括ケア・介護予防研修センター
　　地方創生センター
協　　力　仙北市
実 施 日　令和元年10月25日（金）～26日（土）
会　　場　西木温泉ふれあいプラザ　クリオン
参 加 者　医学部学生15名（医学科1名、保健学科14名）
　　仙北市医療・保健・福祉関係者28名

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。今回は西木温泉ふれあいプラザ　クリオンにおいて、ディナーミーティングと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角館樺細工工芸を体験し、細かな作業に苦戦する学生もいたが、貴重な体験となっていた。

介護福祉職のためのフィジカルアセスメント
「医療的マインドをもった介護職講座」～医療につなぐ新しい介護の視点～

主　　催　医学系研究科
　　附属地域包括ケア・介護予防研修センター
共　　催　地方創生センター
協　　力　仙北市
実 施 日　令和元年11月15日（金）
会　　場　仙北市役所西木庁舎
講　　師　日本赤十字秋田短期大学
　　教授　高橋美岐子
　　医学系研究科附属地域包括ケア・
　　介護予防研修センタースタッフ
参 加 者　9名



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

美郷町との連携事業

メディカル・サイエンスカフェ・ネクスト in 美郷町

主　　催　地方創生センター
共　　催　美郷町
実　施　日　令和元年7月24日（水）
会　　場　美郷町公民館
カフェマスター　医学系研究科長　尾野恭一
講　　師　医学系研究科保健学専攻
　　助教　赤川祐子
　　大学院理工学研究科　数理・電気電子情報学専攻
　　准教授　田中元志
参　加　者　33名

美郷町民を対象に「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。飲み物や軽食を楽しみながらカフェのようなくつろいだ雰囲気の中、尾野カフェマスターの進行のもと、医学や健康について医学部、理工学部の2名の講師がそれぞれの専門分野から講演を行った。

美郷フェスタにおける音楽教育研究室学生によるコンサート

主　　催　美郷町
協　　賛　地方創生センター
実　施　日　令和元年10月26日（土）
会　　場　美郷町公民館
講　　師　教育文化学部教育実践講座　講師　石原慎司
参 加 学 生　13名

秋田大学は美郷町と「水」をテーマに連携協定を結んでいる。このコンサートは連携事業の一環として、同町のイベント「美郷フェスタ」の中で実施したもので7年目となる。

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

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「いぶりばでぃ」づくり

主　　催　横手分校
協　　力　農家民宿三又長右衛門　髙橋暁氏、髙橋篤子氏
実　施　日　令和元年8月～令和2年2月
参　加　者　秋田大学生・留学生16名

平成21年度より3年間実施した「秋田大学オフィシャルいぶりがっこ製造プロジェクト」から誕生した本学オリジナルのいぶりがっこ「いぶりばでぃ」づくりを継続して活動を続けている。本年度はインド・ジンバブエ・モンゴル出身留学生も参加し、横手市山内地区の農家の皆さんと交流を深めながら活動を行った。

大学生・高校生教職体験プログラム「教育ミニミニ実習」

主　　催　横手分校
後　　援　秋田県教育委員会、横手市教育委員会
実　施　日　令和元年12月26日（木）、27日（金）、
　　令和2年1月7日（火）、8日（水）
会　　場　横手市立十文字中学校
参　加　者　県南地区高校生15名、秋田大学生1名

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

イングリッシュ・アドベンチャー

主　　催　横手市まちづくり推進部生涯学習課
共　　催　地方創生センター、横手分校
実　施　日　令和元年9月28日（土）～29日（日）
会　　場　釣りキチ三平の里体験学習館
参　加　者　横手市内小学生17名、秋田大学生3名、
　　留学生9名

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

インドネシア・韓国・マレーシア・台湾・モンゴル・ジンバブエ出身の留学生とともに一泊二日の班活動を行い、多文化交流を深めた。

SATURDAYイングリッシュ

主　　催　横手市まちづくり推進部生涯学習課
共　　催　地方創生センター、横手分校
実　施　日　令和元年10月5日（土）、19日（土）、11月9日（土）
会　　場　横手市役所条里南庁舎、秋田大学手形キャンパス
講　　師　高等教育グローバルセンター
　　協力教員　平田友香氏
参　加　者　横手市内小学生25名、秋田大学生3名、
　　留学生8名

横手市内の小学3・4年生を対象に、留学生やALTとの英語体験やグループ活動を通じて英語に慣れ親しんでもらうことを目的に開催。

第二回には秋田大学手形キャンパスにて留学生とともに学園祭を見学しながら交流を行った。

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　令和元年5月～令和2年2月
会　　場　横手市交流センター Y2ぷらざ
学習支援員　秋田県南地区教員OB3名、秋田大学生1名
参　加　者　横手市内高校生延べ346名

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

高校数学特別講座

主　　催　横手分校
実　施　日　①令和元年12月25日（水）
　　②令和2年3月15日（日）※新型コロナウイルス感染拡大防止のため中止
会　　場　横手清陵学院高等学校
講　　師　秋田大学客員教授　根岸均氏
参　加　者　高校生20名

秋田県南地区の高校生を対象に、理数系を志望する高校生にとっては基礎･基本となる内容であり、三角関数等の数学でつまずきやすい分野を解説する特別講座を開講した。

市民向け公開講座
「我慢していませんか？膝の痛み～変形性膝関節症の原因と適切な予防・対処法～」

主　　催　地方創生センター、横手分校
実　施　日　令和元年10月11日（金）
会　　場　横手市役所条里南庁舎
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　27名

膝の痛みの原因となっている変形性膝関節症についての解説や、予防・対処に効果的な歩き方や運動について、理学療法学の見地から講義・実習を行った。

菅江真澄に関するシリーズ講演会

主　　催　菅江真澄研究会
後　　援　横手市教育委員会、横手分校
実　施　日　①令和元年11月17日（日）
　　②令和2年3月21日（土）　※新型コロナウイルス感染拡大防止のため中止
会　　場　横手市交流センター Y2ぷらざ
講　　師　菅江真澄研究会　小笹鉄文氏、金子紘征氏
参　加　者　53名

菅江真澄の生涯や平鹿郡を中心とした地誌に関する講演会の実施にあたり、横手分校では主に広報活動での協力を行った。

聞き書きボランティア

主　　催　横手分校
共　　催　横手市社会福祉協議会
実　施　日　令和元年7月～9月
会　　場　横手市横手地域（馬場崎）、平鹿地域（豊前）
講　　師　秋田大学客員教授　根岸均氏
参　加　者　高校生・傾聴ボランティア延べ43名

「聞き書き」とは高齢者のお話を聞いて記録し後世に残すことを言い、聞き手は庶民の歴史など様々な事柄を学び、また語り手となる高齢者にとっては話すことで生きがいを持ってもらうことを目的としている。

（2）社会貢献事業

公開講座

開　講　数：11講座
総受講者数：425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	脳を若く保つには ～認知症になりにくい生活習慣～	7月 3日（水） 7月10日（水） 7月17日（水） 7月24日（水） 7月31日（水）	医学部 教授　新山喜嗣 准教授　浅野朝秋 助教　久米裕 助教　津軽谷恵 高齢者医療先端研究センター 特任講師　板倉有紀	65名（30）	高齢化の進行とともに認知症を発症する方も増加傾向にあるなかで、認知症予防に関する科学的なデータに基づき、「認知症になりにくい生活習慣」とはどのようなものか、その知見と応用について解説を行った。
2	秋田市のエネルギー政策から資源問題を考える：豊岩浄水場と国見山風力発電所を例に	7月24日（水）	国際資源学部 教授　縄田浩志 講師　稲垣文昭	10名（25）	大規模災害発生時の水道機能維持のために秋田市が全国に先駆けて導入した風力発電の浄水場のバックアップ電源化を事例に、地方自治体のエネルギー政策について解説。再生可能エネルギー利用に不可欠な資源についても解説し、資源確保の重要性と国際資源学部の取組みについて理解を深めるための講義と現地見学を行った。
3	看護師のはたらき ー今どき～これからー	8月 5日（月） 8月 6日（火）	医学部 教授　伊藤登茂子 准教授　煙山晶子 准教授　眞壁幸子 講師　利緑 助教　赤川祐子 助教　髙階淳子 助教　宗村暢子	110名（100）	少子高齢社会を迎え、保健・医療・福祉をとりまく状況が急速に変化し、看護の内容も複雑化･多様化している。人々の健康をサポートし、その人らしい暮らしを送ることが出来るよう支える「看護師」という職業について、具体的なはたらきを紹介しながら解説を行った。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内　　容
4	小さく生まれた子どもを支える	9月 5日(木) 9月12日(木) 9月19日(木) 9月26日(木)	医学部 教授　平元泉 講師　大高麻衣子 助教　木元稔 助教　齋藤雅世	19名(20)	日本の出生数において約1 割を占める低出生体重児は、学齢期以降も発育や運動・言語の発達に対する不安を抱く保護者もおり、地域全体が小さく生まれた子どもへの理解を深め、育児を支援することが望まれる。NICU での看護経験や小児理学療法の経験を持つ教員が発達支援の実際について紹介し、咀嚼機能や成長・発達の状況からみた支援のあり方について解説を行った。
5	秋田県における地震災害の歴史と防災	10月 2日(水) 10月 9日(水)	地方創生センター 教授　水田敏彦 准教授　鎌滝孝信	30名(30)	東日本大震災から8年が経過したが、その後も日本各地では数多くの自然災害が猛威を振るっており、地震災害に関しても毎年のように各地で発生している。秋田県で過去に発生してきた地震および津波災害や今後の地震、津波災害への備えについて解説を行った。
6	がんを自分事として生きてゆく準備	10月27日(日)	医学部 教授　安藤秀明 教授　竹内直行	28名(50)	高齢化が進む秋田県においては「がん」の罹患も増加している。かつては不治の病であったが、近年は医療の進歩とともにがんと共存をする時代となっている。がんの予防や早期発見、最新の治療やリハビリについて、人生の締めくくりを考える「終活」に関して、医学系研究科の教員が解説を行った。
7	理工学部におけるメディカルエンジニアリング研究	10月27日(日)	理工学部 教授　巖見武裕 教授　尾高雅文 教授　水戸部一孝	47名(60)	秋田大学理工学部では高齢化が進む秋田において医理工分野の連携を強化し社会課題解決に取り組んでいる。人生100年時代に向け重要性が高まっているメディカルエンジニアリング分野に関して理系志望の高校生を主対象に人間情報工学・機械工学・生命科学の各分野から３名の教員が解説を行った。

No.	タイトル	実施日	担当講師	受講者数	内　　容
8	健康寿命を延ばす生活習慣のヒント	10月30日(水) 11月 6日(水) 11月13日(水) 11月20日(水)	医学部 講師　熊澤由美子 講師　長岡真希子 助教　佐藤亜希子 助教　藤田智恵	39名(30)	秋田県の健康に関する現状を踏まえ、「健康寿命日本一」の実現に向けて個人レベルで努力可能な生活習慣を整えて健康寿命を延ばすためのヒントを、「食」「タバコ･アルコール」「運動」「排泄」の４つの観点から、看護学の視点から解説を行った。
9	世界の未来を開く国際資源学	11月24日(日)	国際資源学部 講師　伊藤豊 講師　稲垣文昭	30名(60)	秋田大学国際資源学部では文系・理系の垣根を越え国際的な資源問題に立ち向かうため多様な観点から研究を行っている。国際資源学に関係する様々な分野の最新研究成果について、高校生を主対象に解説を行った。
10	超スマート社会を支える機械工学	11月30日(土)	理工学部 教授　長縄明大 教授　三島望 教授　村岡幹夫	26名(50)	必要なものが必要なときに必要なだけ手に入り誰もが活き活きと快適に暮らすことのできる「超スマート社会」、日本はいまその構築を目指して動き始めている。工学の基盤技術に位置付けられる「機械工学」が超スマート社会の実現にどのように貢献できるのか、エレクトロモビリティ、メディカル・エンジニアリング、サスティナブル・メカニカル・エンジニアリングの視点から最新の研究成果について解説を行った。
11	サイコロジカル・カフェ	11月27日(水) 11月29日(金) 12月 2日(月) 12月 4日(水) 12月 6日(金)	教育文化学部 教授　森和彦 教授　柴田健 教授　中野良樹 准教授　北島正人 准教授　宮野素子	21名(15)	秋田大学大学院教育学研究科心理教育実践専攻を担当する専任教員全員による専門領域別のアラカルトメニューカフェ。最新の心理学の知見を交えながら、こころの不思議や健康について、カフェでおしゃべりする感覚で解説を行った。

※受講者欄の（　）内は、募集定員数を示す。

大学見学受入

受入団体数　31団体
総見学者数　887名

●事業内容

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

No.	団　体　名	見　学　日	見学者数
1	能代市立能代第二中学校　2年生	5月 7日（火）	6名
2	北秋田市立鷹巣中学校　2年生	5月 8日（水）	5名
3	能代市立能代東中学校　2年生	5月 9日（木）	8名
4	にかほ市立金浦中学校　2年生		40名
5	八峰町立八峰中学校　2年生	5月10日（金）	50名
6	能代市立東雲中学校　2年生	5月14日（火）	7名
7	能代市立能代南中学校　2年生	5月16日（木）	16名
8	にかほ市立仁賀保中学校　2年生	5月17日（金）	84名
9	大館市立第一中学校　2年生	5月21日（火）	35名
10	上小阿仁村立上小阿仁中学校　1年生		13名
11	能代市立能代第一中学校　2年生		11名
12	大館市立下川沿中学校　2年生	5月23日（木）	29名
13	秋田県立横手清陵学院中学校　3年生	5月24日（金）	58名
14	大仙市立大曲中学校　3年生	5月29日（水）	75名
15	秋田市立秋田東中学校　1年生	6月27日（木）	15名
16	秋田市立城南中学校　2年生	6月28日（金）	7名
17	大仙市立中仙中学校　3年生	7月 3日（水）	27名
18	秋田市立城東中学校　2年生	7月 4日（木）	12名
19	仙北市立角館中学校　3年生	7月 9日（火）	31名
20	秋田市立御所野学院中学校　3年生	7月10日（水）	27名
21	大仙市立平和中学校　3年生	7月11日（木）	38名
22	大仙市立南外中学校　3年生	7月17日（水）	18名

No.	団　体　名	見　学　日	見学者数
23	湯沢市立稲川中学校　2年生	8月29日（木）	59名
24	大仙市立協和中学校　1年生		38名
25	仙北市立神代中学校　3年生	9月19日（木）	5名
26	秋田市立外旭川中学校　2年生	10月25日（金）	16名
27	湯沢市立雄勝中学校　2年生	10月30日（水）	19名
28	秋田県立横手清陵学院中学校　2年生	11月 6日（水）	36名
29	大仙市立西仙北中学校　2年生	11月12日（火）	18名
30	美郷町立美郷中学校　2年生	11月28日（木）	73名
31	秋田大学教育文化学部附属中学校　1年生	12月 3日（火）～ 12月 5日（木）	11名

子ども見学デー

秋田大学子ども見学デー　～君だけの「なるほど！」見つけだせ～

実　施　日　令和元年8月8日（木）
会　　場　秋田大学
参 加 者 数　327名

小学生とその保護者を対象として、夏休みの間に大学内の見学や様々な体験学習を通して、大学に対する関心を深めてもらうことを目的として開催している。平成16年度から継続実施しており、令和元年度は149家族327名が参加した。参加者は開会式の後、14の見学コースに分かれて体験学習を行った。

防災パネル展

「秋田の自然災害を知る」防災パネル展

実　施　日　令和元年5月13日（月）～24日（金）
会　　場　秋田大学インフォメーションセンター
来 場 者 数　118名

5月26日の県民防災の日を前に、地域の防災意識を高めることを目的に開催したもの。過去の秋田県内での地震災害の写真・調査記録が展示の中心だが、そのほかに、教職員・学生による地域防災の取組についても紹介し、また大学周辺地域の防災マップや各家庭で揃えるべき防災グッズ一式等を展示した。期間中には、学生だけでなく近隣地域の住民や子どもたちも会場を訪れた。

（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し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。令和元年度に採択されたプロジェクトは以下のとおり。

「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2年）
指　導　教　員：鎌滝孝信准教授（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：杉浦紫花（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。

「檜山地域再生プロジェクト」

プロジェクト代表者名：佐藤帆乃香（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。

「美郷プロジェクト」

プロジェクト代表者名：都丸桃花（教育文化学部2年）
指　導　教　員：益満環准教授（教育文化学部）
プロジェクト概要：美郷町の地域住民との交流を通じて、今ある資源（ラベンダー、湧水、祭り等）の高い付加価値を創出することを目指して活動している。

「秋田大学オリジナル米『ほたるひめ』プロジェクト」

プロジェクト代表者名：嵯峨幹太（理工学部2年）
指　導　教　員：カビール・ムハムドゥル准教授（理工学研究科）
プロジェクト概要：農薬・化学肥料を使用しない米作りを地域住民から学ぶことで地域との交流を図っている。また、古くから続く秋田の一次産業について見つめ直し、新たな可能性を模索するため活動している。

「Virtual Reality を活用した旧雄勝町活性化プロジェクト～院内銀山を対象に～」

プロジェクト代表者名：佐々木練平（国際資源学研究科博士前期課程1年）
指　導　教　員：川村洋平教授（国際資源学研究科）
プロジェクト概要：最先端技術の一つであるVRを活用して旧雄勝町に残る史跡群をVR化し、エンターテイメントツールとして活用することで旧雄勝町地域を活性化させることを目的として活動している。

（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

調査・研究

教授　水田　敏彦

⑴　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年新潟地震の秋田県における被害に関する文献調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、CD-ROM、2019.9

○水田敏彦・鏡味洋史：1939年男鹿地震の写真と映像資料に関する文献調査、歴史地震研究会講演要旨集、pp.27、2019.9

○鏡味洋史・水田敏彦：1914年秋田仙北地震を詠んだ川越守固の短歌、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.193-196、2020.3

⑵　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。

⑶　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ションモデルの構築、また、横手市を中心に屋根雪による住宅振動特性の常時微動観測を実施した。

○水田敏彦：秋田県における学校の災害安全推進活動の一例－平成28年度から平成30年度の活動より－、日本安全教育学会予稿集、pp.84-85、2019.9

○鏡味洋史・水田敏彦：1891年濃尾地震の事後の降雪に関する一考察、中部歴史地震研究懇談会予稿集、2019.12

○水田敏彦：常時微動連続観測に基づく特別豪雪地帯住宅の冬期振動特性、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.197-200、2020.3

准教授　鎌滝　孝信

⑴　日本海北部沿岸地域における古地震・古津波に関する研究［対象地域：秋田県八峰町・潟上市・にかほ市、青森県五所川原市、山形県遊佐町］

秋田県八峰町、にかほ市、青森県五所川原市および山形県遊佐町にて津波堆積物調査を実施し、過

去の津波浸水履歴やその範囲に関する検討を行った。津波による侵食、堆積作用の実態を解明するため、水路実験等を実施した。これらの研究に関連して、10月に鹿児島市で開催された土木学会第66回海岸工学講演会、12月に山形大学で開催された東北地域災害科学研究集会、12月および2月ににかほ市で開催された市民向け講演会および3月に秋田大学で開催された土木学会東北支部技術研究発表会（学会は中止されたが発表は成立扱い）で成果を発表した。

○鎌滝孝信・宇内滉志・徳丸達生・松冨英夫：秋田県南部および山形県北部沿岸低地における津波履歴の検討、土木学会論文集B2（海岸工学）、75、2、I_403-I_408、2019.

○鎌滝孝信・阿部恒平・黒澤英樹：秋田県中部八郎湖の湖底堆積物中に保存されたイベント堆積物、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.95-100、2020.

○網干秀俊・鎌滝孝信・平川知明・宿田涼介・梅田浩司：秋田県北部の沖積低地における津波堆積物の分布様式、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.81-86、2020.

○高桑充広・鎌滝孝信・齋藤憲寿・渡辺一也：河川遡上津波による土砂混合及び堆積に関する実験、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.69-74、2020.

○林　直幸・齋藤憲寿・鎌滝孝信・渡辺一也・田中　仁：数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.63-68、2020.

⑵　過去に発生した洪水に関する研究［対象地域：秋田県八峰町］

秋田県八峰町にて洪水堆積物調査を実施し、過去に発生した洪水（火山泥流）について検討を行った。

○宿田涼介・梅田浩司・鎌滝孝信：秋田県北部の沖積低地における洪水堆積物について、東北地域災害科学研究、第56巻、pp.45-50、2020.

⑶　低平地における津波防災に関する調査・研究［対象地域：秋田県にかほ市］

秋田県にかほ市象潟地区にて津波防災に関する現地調査を実施し、避難ルート等の検討を行った。この調査・研究に関連して、12月および2月ににかほ市で開催され市民向け講演会（2回）で成果を発表した。成果物として「にかほ津波防災ハンドブック　象潟編」を作成、印刷した（にかほ市の住民の方々に配布予定）。

⑷　その他の調査・研究

2018年7月西日本豪雨災害に関する洪水堆積物研究を進めた。台風19号に関する洪水災害の現地調査を長野県長野市千曲川流域で行い、洪水堆積物の分布様式について検討した。宮崎県宮崎平野南部における古地震研究を進めた。

○松冨英夫・鎌滝孝信：2018年7月西日本豪雨による真備町氾濫域における土砂堆積の実態と氾濫水密度の概算、土木学会論文集B1（水工学）、75、2、I_1477-I_1482、2019.

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	5月13日 ～ 5月24日	「秋田の自然災害を知る」防災パネル展	主催	○	○
2	7月27日	秋田大学防災教室 in 男鹿市（防災巡検）	主催	○	○
3	7月11日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 船越小学校①	主催		○
4	7月16日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 船越小学校②	主催		○
5	8月 8日	まるごと体験！あきたのジオパーク パネル出展	協力	○	○
6	9月10日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 金浦小学校①	主催		○
7	9月11日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 金浦小学校②	主催		○
8	10月 8日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 象潟小学校①	主催		○
9	10月10日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 象潟小学校②	主催		○
10	10月28日	秋田大学防災教室「防災マップづくり」at 象潟小学校③	主催		○
11	11月29日	JAMSTEC主催 象潟地震215周年シンポジウム（秋田市）	共催	○	
12	11月30日	JAMSTEC主催 象潟地震215周年シンポジウム（にかほ市）	共催	○	
13	12月15日	秋田大学防災サイエンスカフェ（秋田市旭川地区）	主催	○	○
14	12月21日	防災講演会（にかほ市鈴公民館）	主催		○
15	2月16日	防災講演会（にかほ市象潟公会堂）	主催		○

教員免許更新講習

	日　付	場　　所	備　考	水田	鎌滝
1	6月22日	大仙市大曲交流センター		○	○
2	7月 6日	秋田大学手形キャンパス		○	○
3	10月 5日	大館市北地区コミュニティセンター		○	○

高大連携授業

	日　付	場　　所	備　考	水田	鎌滝
1	6月 5日	カレッジプラザ			○
2	6月12日	カレッジプラザ			○
3	6月13日	カレッジプラザ			○
4	7月 7日	カレッジプラザ			○
5	7月14日	秋田大学手形キャンパス			○

学校安全外部指導者派遣事業（講義）

秋田県との連携事業（6頁参照）

	日　付	場　　所	備　考	水田	鎌滝
1	6月20日	白岩小学校①			○
2	6月25日	白岩小学校②			○
3	6月27日	横手高等学校青雲館		○	
4	7月 4日	雄物川高等学校		○	
5	7月 4日	湯沢南中学校			○
6	7月 9日	潟西中学校		○	
7	7月18日	日の出ベビー保育園			○
8	10月 3日	ウェルビューいずみこども園			○
9	10月30日	横手清陵学院高等学校		○	
10	11月13日	秋田聖徳会第二ルンビニ園		○	

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（6頁参照）

	日　付	場　　所	備　考	水田	鎌滝
1	10月17日	男鹿市		○	
2	11月14日	三種町		○	
3	11月20日	秋田市		○	
4	11月21日	大仙市			○
5	12月 5日	美郷町			○
6	12月20日	湯沢市			○

出前講義、講師派遣

	日　付	内　　容	備　考	水田	鎌滝
1	6月 1日	美郷町 坂本東嶽邸オープニング行事 千屋断層学習セミナー			○
2	6月15日	秋田市「キタスカ講演会」			○
3	7月 3日	秋田市 市民大学講座「深く学ぼう！秋田市の地震・津波災害の歴史を知り防災力アップ」		○	
4	9月13日	令和元年度全国消防長会東北支部消防署長研修会		○	
5	11月 2日	自然科学学習館「大人の科学～地震防災の科学～」		○	
6	11月 2日	湯沢西地区・災害から生活を守る会 20周年講演会			○
7	11月24日	秋田県 自主防災組織表彰兼自主防災組織リーダー講習会			○
8	1月10日	男鹿・潟上市南秋田郡教頭会 研究協議会・研修会			○
9	1月30日	秋田県社会福祉事業団 防災・災害対策研修		○	
10	2月22日	鳥海山・飛島ジオパーク認定ガイド向けスキルアップ講座			○
11	2月24日	教育文化学部地学研究室同窓会 ハンマー祭記念講演			○

防災訓練等出席指導

	日　付	内　　容	備　考	水田	鎌滝
1	7月10日	横手高等学校青雲館 防災訓練		○	
2	8月30日	秋田市総合防災訓練		○	
3	8月30日	仙北市立白岩小学校 防災マップ発表会			○
4	12月13日	横手高等学校青雲館 冬季防災訓練		○	

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
秋田市国土強靭化地域計画意見交換会
にかほ市防災会議

准教授　鎌滝　孝信

秋田県ジオパーク専門研究促進統括会
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（令和元年度）

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）　800,000円 年度計画推進経費　0円 事業費　300,000円 合　計　1,100,000円
協力教員氏名	国際資源学研究科 柴山敦、藤井光、石山大三、今井忠男、渡辺寧、安達毅、川村洋平、 高崎康志、別所昌彦、木崎彰久、小川泰正、芳賀一寿、 川村茂（DOWA寄附講座教員）
目　的	秋田大学が有する資源・リサイクル・環境分野の研究力を活用し、資源・素材生産技術やリサイクル、環境対策、地熱エネルギー等の資源利用に関する研究を推進する。これら研究活動によって、秋田県および県内機関・事業所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、金属生産および素材精製プロセスに関する新技術を開発するほか、電子基板（E-Waste）等のリサイクルや地中熱利用、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	１．研究活動について リサイクル製錬技術の開発や県内資源等の利用、生産技術さらに秋田県内の環境調査や鉱業支援に関する調査研究を行った。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・実装などを視野に推進している。具体的な研究内容を要約すると以下の通りである。 秋田県小坂町で進められるリサイクル製錬事業に関する研究では、製錬忌避元素の分離回収試験を継続し、過熱水蒸気や物理選別等を組み合わせることで、使用済み電子基板中の臭素やガラス繊維を大幅に除去することが可能となり、リサイクル原料の受入増加に寄与できる可能性を明らかにした。 秋田県内の鉱業および地質調査関係では、県内採石場の安全対策及び環境管理支援を行い、採石場の坑口支保設計の支援を行ったほか、温泉業者への配管スケール除去技術に関する研究交流を行った。さらに、秋田県内レアメタル資源の再評価を実施した結果、一部の休廃止鉱山（例：比内町の立又鉱脈型鉱床）ではビスマス鉱物を確認するとともに、横手盆地周辺の金鉱床鉱石には自然金、輝銀鉱を確認し、高品位の鉱石（低硫化型浅熱水鉱床）が存在する可能性を明らかにした。 さらに地中熱の高効率利用に関する研究では、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もとに数値モデルを作成し、揚水井の周囲に16本の地中熱交換井を設置した場合には、40%以上の熱交換能力の改善が期待できることを確認した。 その他、田沢湖の環境修復のための研究として、湖水の循環機構と田沢湖の湖底堆積物に基づく環境変動解析のためのデータの解析を行い、湖水の循環機構のモデル構築と過去7000年から現在までの気候変化の推定を行った。 ２．広報・外部連携等の活動について 令和1年12月5日（木）、秋田市交流プラザ“アルヴェ”で開催された「あきた産学連携フォーラム2019」に参画し、本研究グループから2件のポスター展示を行うなど、参加者との研究交流や意見交換を行った。その他、社会貢献事業の一環として、協力教員による「鉱山VR体験会（湯沢市等）」を開催した。 また、新素材・機能性材料開発研究事業（寺境光俊教授代表）に所属する関連教員の協力を得て、白金族リサイクル等に資する研究をグループ間共同研究という形で実施している。

令和２年８月６日

秋田大学
Akita University

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

令和元年度事業報告
（研究成果・活動報告と令和2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（令和元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）

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現状と位置付け

秋田県内の資源・リサイクル・環境の現状と課題

- ◆ 国内最大級の亜鉛製錬所・リサイクル施設が集積
- ◆ 資源リサイクル・エネルギー資源の潜在性など秋田県が特徴的に有する技術や取組への支援

これまでの秋田県としての取組

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

資源開発・環境リサイクルに必要な技術、ノウハウの活用

秋田県でのリサイクルに係る課題

一部金属のリサイクル率が極めて低い
未回収金属　（例：スズ、アンチモンなど）

リサイクル原料の投入に伴う製錬忌避元素（シリカや臭素）の増大と投入量制限　製錬忌避元素の除去とリサイクル製錬技術の効率化

【秋田県でリサイクルできる金属】
金、銀、白金、ﾌﾟﾗﾁﾅ、ﾛｼﾞｳﾑ、ﾊﾟﾗｼﾞｳﾑ、銅、鉛、ｽｽﾞ、ｶﾄﾞﾐｳﾑ、ﾋﾞｽﾏｽ、ｾﾚﾝ、ﾃﾙﾙ、ｱﾝﾁﾓﾝ、ﾙﾃﾆｳﾑ、ﾆｯｹﾙ、ｶﾞﾘｳﾑ、ｹﾞﾙﾏﾆｳﾑ、ｲﾝｼﾞｳﾑ、硫黄(硫酸、石膏)など
(約20種類)
【赤：貴金属、青：ﾚｱﾒﾀﾙ、黒：その他】

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

地熱ｴﾈﾙｷﾞｰの有効利用

地中熱の有効利用システムの開発やシリカスケール除去技術の開発

県内環境分析と水質調査

玉川温泉水の中和処理と田沢湖の酸性化や湖底堆積状況の把握

【その他の研究展開】

AI技術の導入や再生可能エネルギーの利活用法、資源・地質環境の分析・評価

秋田県が掲げる施策との連携や地元事業所等を通じた共同研究および次世代に向けた新技術・プロセス開発

3

資源開発・環境リサイクル研究開発事業

主な個別研究テーマ

協力教員を中心とした主な個別研究活動

秋田県内の産業支援・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研究に関する調査・研究事業
- ➢ 資源情報工学（スマートマイニング）を用いた地域研究と地域活性（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研究に関する調査・研究事業

5

都市鉱山を対象とするリサイクル製錬技術の開発

国際資源学研究科　柴山敦・川村茂・芳賀一寿

年間約20,000tを処理

廃電子基板（リサイクル原料）

（**銅10%やスズ3%など**多くの有用金属を含む）

県内で約20種類の元素を回収可能

金、銀、銅など

製錬所

小坂ー大館地区

秋田県は国内有数のリサイクル拠点

貴金属や銅など

スラグ等の廃棄物

課題③：不純物に伴うリサイクル原料受入量の制限（銅の事前回収、シリカ除去等）

課題②：不純物による設備腐食など（臭素等の除去）

課題①：現状では回収できない金属はスラグ等廃棄物中に分配（スズ等の回収）

リサイクル製錬における課題解決と新たなリサイクル技術の可能性に向けて

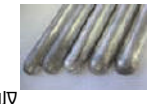
平成29年度～令和元年度の主な研究

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

関連する外部資金獲得:
DOWAﾃｸﾉﾌｧﾝﾄﾞ

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

平成29(2017)年度
未回収スズの分離回収プロセス開発
⇒ スズ回収率70%を達成



関連する外部資金獲得:
JOGMEC受託研究

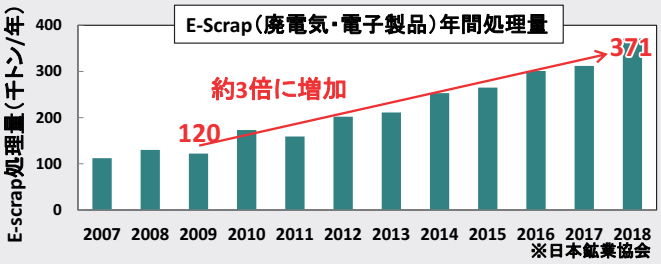
関連研究における外部資金獲得状況（令和2年度）：科研費および受託研究など計4件

JOGMEC受託研究 ‥‥ 柴山、川村、芳賀 【本研究内容と直接関係する研究テーマ】
DOWAﾃｸﾉﾌｧﾝﾄﾞ2件 ‥‥ 高崎：亜鉛電解消費電力削減のための電極開発
芳賀：亜鉛製錬工程内におけるシリカのゲル化メカニズムの解明
科研費・基盤研究(C)　高崎：高不純物含有粗銅の電解精製における不動態化の抑制（新規研究）

6

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～

廃電気・電子機器(E-Scrap)から回収された廃電子基板は銅のほかに貴金属含有量が高いことから、国内の銅製錬所において銅精鉱とともに貴重な原料となっている



電子製品のリサイクル率の向上に伴い、E-scrapの処理量は今後も拡大基調が続くと見込まれる。また、二次原料からの銅、金、銀等を生産する割合は年々増加している。

銅製錬所における二次原料の重要度は高い

廃電子基板には製錬忌避元素が多量に含まれている

Br, SiO_2, Sn, Sb, Cr, Bi, Pb,Ni,Al_2O_3

アルミニウム、難燃性樹脂、ステンレス成分、ハンダ成分、ガラス繊維

銅製錬の基本工程

廃電子基板(SiO_2,Br)など

↓

熔錬炉 ← 設備腐食 スラグ融点の上昇

↓ 製錬副産物

メタル (Cu, Au, Ag)　　スラグ (Sn) (Al_2O_3, Fe, SiO_2)

Br：製錬工程で腐食剤として作用し排ガス系統など設備を腐食させる原因となる

SiO_2:製錬工程でスラグ成分となり含有量によって製錬処理に制約が出る

電子基板に伴う臭素、シリカがリサイクル原料の受入量を制限する状況へ

研究目的

廃電子基板を製錬原料に（受入拡大）するためには、これらを事前に取り除くことが望まれる

臭素(Br), シリカ(SiO_2)の事前除去と銅等との分離技術の開発

7

令和元年度研究実績（脱ハロゲン）

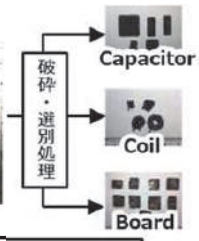
目標　低温熱処理による脱臭素、脆化（後工程の粉砕エネルギー削減）

過熱蒸気を用いて短時間で基板を炭化し脆化させることで部品剥離性を評価

過熱蒸気の発生・吹付

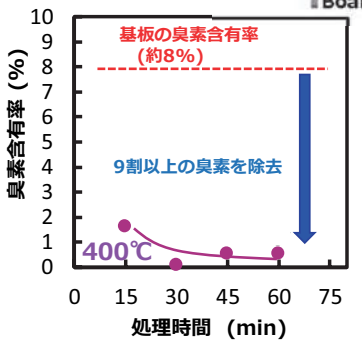
廃電子基板（処理前）

熱分解基板（処理後）



➢ **過熱蒸気の特徴、熱分解結果**

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



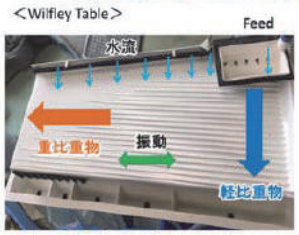
脱臭素：目標値の１%以下を達成
（さらに低温での試験を実施予定）

現在も温度依存性などを調査中

8

令和元年度研究実績（物理選別） ガラス繊維（SiO_2）や銅の分離回収

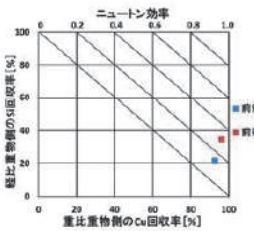
比重差を利用した物理選別を実施



＜検討項目＞
- ◆デッキ傾斜角
- ◆水量
- ◆振動数

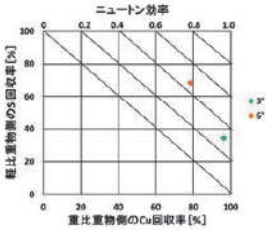
ニュートン効率
$\eta = \gamma_{Si} + \gamma_{Cu} - 1$
η：ニュートン効率
γ_{Si}：軽比重物側のSi回収率
γ_{Cu}：重比重物側のCu回収率

● 前処理の影響
デッキ傾斜角：3°、試料粒径：+1.00-2.00mm、水量5L/min(2.5L+2.5L)、振動数：400rpm



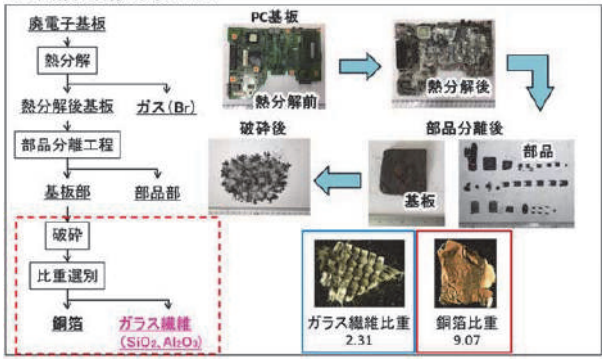
✓ 綿状物を取り除くことでニュートン効率が向上した

● デッキ傾斜角の影響
試料粒径：+1.00-2.00mm（前処理あり）
水量5L/min(2.5L+2.5L)、振動数：400rpm



✓ 3°より、6°の方がニュートン効率が高かった

➢ 本研究で目標とするプロセス



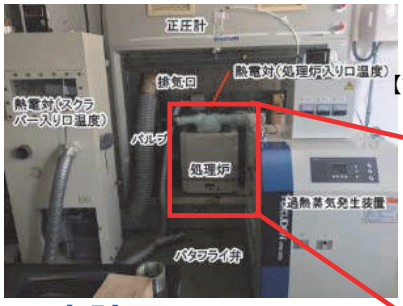
- 比重選別によって基板中の銅箔とガラス繊維が分離可能。（ニュートン効率0.65）

■比重選別と粉砕・分級を組み合わせることで、
銅回収率64%（目標70%）
ガラス繊維（SiO_2）分離率88%（目標70%）
で分離回収することができた

9

2020年度の研究計画と達成目標

秋田大学で使用している過熱蒸気発生装置（設置済）



処理炉

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）

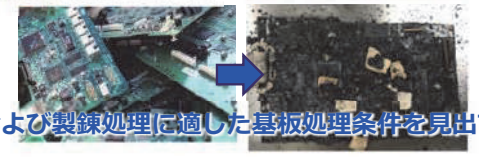
炉内上部の円錐ノズルから全体に過熱蒸気を噴射

研究計画

低温条件下（260～400℃）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）



選別および製錬処理に適した基板処理条件を見出す

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）

JOGMECからの委託研究開始

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）

10

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）

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，地下水流れの存在により土壌との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ため，初期コストの低減が期待できる。

本研究では，既存の揚水井の周囲に計画的に地中熱交換井を配置することによる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。

図1　地下水位観測装置およびピット内設置状況

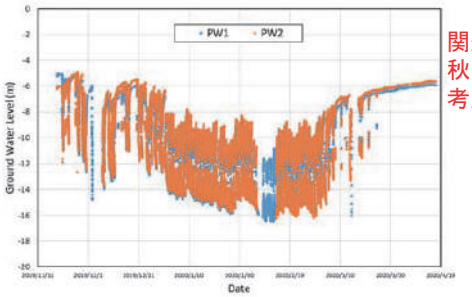


図2　冬期間における揚水井の地下水位変動

関連活動：
秋田平野での利用等を考慮したモデル検討

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もとにして数値モデルを作成し，揚水井の周囲に16本の地中熱交換井を設置した場合，40%以上の熱交換能力の改善が期待できることを確認した。

図3　水位センサーの設置

図4　揚水量の計測状況

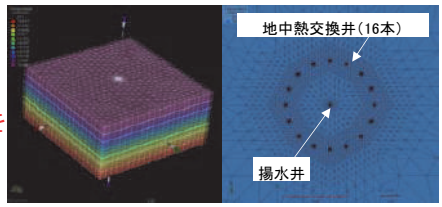


図5　数値モデルの全体および揚水井周辺の拡大図

今年度の研究計画

昨年度揚水井に設置した地下水位観測装置による地下水位変動データ，およびクランプ式流量計で計測した揚水量データなどにより数値モデルの高度化を図り，地中熱交換井の最適な配置などについてより詳細な検討を行う。

11

秋田の鉱山管理と鉱業史研究に関する調査・研究事業

国際資源学研究科　今井忠男・木崎彰久

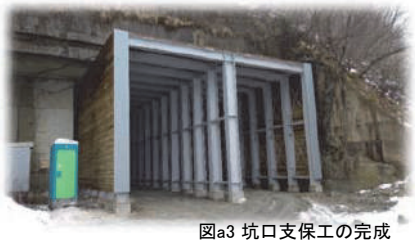
2020年度も継続予定

秋田の鉱山管理

県内採石場の安全対策及び環境管理に貢献

図a1 県内の坑内採石場の坑口(支保前)

図a2 坑口の支保工の施工の段階



図a3 坑口支保工の完成

この採石場では、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、2018年度より、亀裂が進展してきた無支保の坑道(図a1)に支保工を設置する計画を行い、2019年度に支保工の施工が行われ(図a2)、ようやく完成に至った(図a3)。

配管スケール除去技術

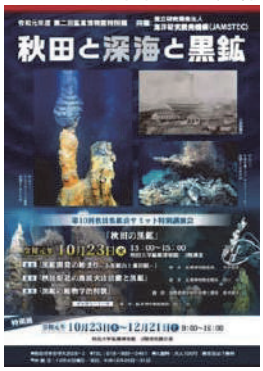
県内企業と協力して技術向上に貢献

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 高圧ウォータージェット洗浄車

秋田の鉱業史研究

秋田県及びJAMSTECと協力し
地域活性化に貢献



これまで阿仁鉱山、荒川鉱山、院内銀山の鉱業史を研究してきたが、2019年度は、小坂鉱山の黒鉱開発史について研究し、秋田県金属鉱業研修技術センター及びJAMSTECと共同して展示会及び講演会を行った。

←図c1 鉱業博物館の特別展及び講演会のチラシ

12

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～

13

秋田県内のレアメタル資源評価の研究

国際資源学研究科　渡辺　寧　教授グループ

背景と目的

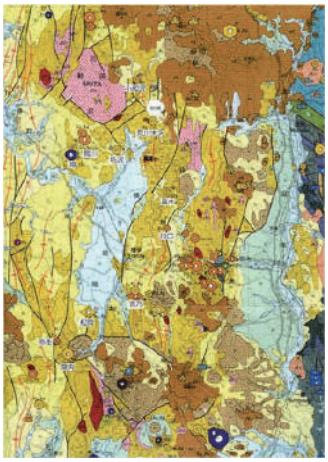
現在国内資源の再評価・探鉱プロジェクトが北海道を中心に行われている．秋田県内にも多数の稼働実績を持つ金属鉱山があり，これらの鉱山の再調査，鉱石試料の分析（特にレアメタル）を行い，資源ポテンシャルを評価することを目的とする．

令和元年度調査結果

八峰町（発盛）　北秋田市（鷹巣）　比内町

1．水沢黒鉱鉱床，荒川，揚ノ沢（あげのさわ），立又（たつまた）鉱脈型鉱床の調査を実施，立又では，採取された鉱石をもとに，鉱化ステージを認定するとともに．ビスマス鉱物が含有されることを見出した．

2．横手地域の金鉱山鉱石試料から自然金，輝銀鉱が見出された．横手盆地周辺の金鉱床には高品位鉱石を産する浅熱水鉱床が分布することが明らかになった．



横手盆地周辺の金鉱床分布(黄色)

令和２年度研究計画

県内の卑金属・貴金属鉱床の調査を実施，立又鉱床からビスマス鉱物，横手盆地周辺の金鉱床から高品位金鉱石を見出した．令和2年度には地質調査を継続するとともに，鉱物，地球化学，年代に関する分析を実施し，レアメタル資源ポテンシャルの評価を行う．

14

田沢湖の水質改善効率についての研究

国際資源学研究科　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 ➡ 改善効率 ➡ 早期に改善

関連成果物

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

果たして湖水の循環は存在するか？

令和元年度

田沢湖の湖底堆積物等のデータ解析を開始
湖水の循環機構のモデル構築や過去7000年から現在に至る気候変化・環境変動の推定に着手

検討結果

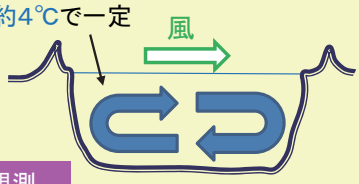
○ 春→秋期：表層水と深層水の水温差大
→ 密度差大：循環の発生無し

春～秋季：密度差存在

○ 冬期：湖水温が約4℃とほぼ一定
→ 表層水と深層水の密度差小

水温約4℃で一定

データ解析・収集を継続し、湖水循環機構のモデル構築 ✚ **令和２年度については**



○ 駆動力の風により湖水攪拌

今後，

➡ 全循環が起きる可能性　有 ➡ 冬季の観測 モデルの検証

全循環のイメージ

15

協力教員等による研究成果・活動実績

※（　）内は地方創生センターに関連した研究業績

○論文,著書,特許,学会発表会等

・論文　査読つき論文　23件（4件）　・学会等の発表　一般講演　国際会議　15件（5件）

・論文　査読なし論文　3件（1件）　・学会等の発表　一般講演　国内会議　51件（15件）

○外部資金獲得件数（一部継続分を含む）

・科研費関係　10件（3件）　・共同研究・受託研究等　27件（9件）

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

【査読付き論文】

- 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)
- 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（受理）
- 竹内誠人,伊藤豊,見上柊人,川村洋平：資源開発教育用VR教材の開発およびVR教材を利用した授業の定量評価、Journal of MMIJ（採録決定）
- 津谷駿介・藤井　光・小助川洋幸(2020)　Slinky-coil式水平型地中熱交換器における地表面被覆と熱交換能力の関係について，日本地熱学会誌，Vol.42.

【査読なし論文】

- 今井忠男、 伊藤麻也、木崎彰久、山本茂樹（2019）：十和田凝灰岩の力学特性に及ぼす造岩鉱物の影響、秋田県採石研究会会報、No.3、pp.2-4.

16

秋田県内産業界・関係機関との交流や産業振興、支援・貢献活動

研究員・協力教員からの情報集約

大館・小坂エリアおよび秋田地区製錬・リサイクル企業との連携（DOWAホールディングス等寄附講座活動含む）と研究・人的交流、技術支援

①共同研究：DOWAホールディングス　テクノファンド（共同研究）　2018年4月～2020年3月
②共同研究：**JOGMEC委託** → DOWAエコシステムとの共同研究　2020年4月～2021年1月

③共同研究：DOWAテクノファンド　県内関連企業との亜鉛電解研究など
→ 電解技術の改善により消費電力の削減（省電力化）へ

その他、県内関連企業への技術支援など
〔県内機関・企業・大学関係者参画:共同技術開発〕

採石場等の安全管理に関する技術・研究支援、モニタリングおよび配管内の温泉スケール等の除去（ウォータージェット除去）

秋田県採石研究会・秋田県採石業協会（採石業関係企業への技術支援、研究交流）

その他、秋田県内での各種活動・支援・貢献等（協力教員等の活動）

○国道105号大曲鷹巣道路「大覚野峠区間」
道路計画技術検討委員

○秋田県鉱山サミット2019
第10回秋田県鉱山資料館等連絡協議会への協力等

○防災と環境面からみたトンネルの有効性、
令和元年度秋田新幹線トンネル整備促進シンポジウム

○湯沢市等での鉱山VR体験会

など

17

広報面での活動と事業間連携など

資源・環境・リサイクルに関する研究活動紹介（広報含む）

「あきた産学官連携フォーラム2019」令和元年12月5日（木）
ポスター展示２件（秋田市民交流プラザ“アルヴェ”）

「電子基板等のリサイクル製錬技術研究」
「秋田県内地質調査活動に関する研究」
→　多くの参加者との研究交流や意見交換

事業間連携活動

新素材・機能性材料開発研究事業（寺境光俊教授）主催
「新素材・機能性材料開発セミナー」への開催協力（令和元年度は一部変更）

新素材・機能性材料研究開発事業（寺境教授等）とは白金族リサイクル・分離回収技術のための研究を事業間連携で実施中

地方創生センター「地域産業研究部門長」田島克文教授が推進・取りまとめ役

新エネルギー開発研究事業（三島望教授）との連携により人材育成事業の検討
→「あきたサスティナビリティスクール」（秋田大学大学院理工学研究科）の開設へ

18

令和2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

ハロゲン族やシリカ、アンチモン等の除去技術として、過熱蒸気を用いた低温熱分解と物理選別等を利用した各種有用金属の分離回収を調査する。

期待される成果：小坂地区でのリサイクル基板受入量の大幅増と技術支援

○地中熱の高効率利用に関する研究

地下水位変動データおよび揚水量データ等より、数値モデルの高度化を図り、地中熱交換井の最適な配置などについてより詳細な検討を行う。

○田沢湖と湖水環境調査研究

湖水の循環機構の解明と湖底堆積物に基づく環境変動解析のためのデータ収集により、過去7000年から現在までの気候変動の高精度化を行う。

○秋田県内の資源ポテンシャル評価

主要な鉱石試料に対する鉱物学的、地球化学的、年代学的分析により、鉱床タイプと鉱化作用の実態，金属資源ポテンシャル評価を実施する。

19

終わりに　令和2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都市鉱山型リサイクル製錬技術ー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（地熱発電事業に関する調査）
- 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（令和元年度）

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	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	（理工学研究科物質科学専攻） 寺境光俊、進藤隆世志、原基、斎藤嘉一、加藤純雄、大川浩一、 小笠原正剛、松本和也、長谷川崇、福本倫久、高橋弘樹 （理工学研究センター） 斉藤準、林滋生、吉村哲 （地方創生センター） 丹野剛紀
目　的	素材や材料に関する研究は、現在の社会を支えるテクノロジーに対する基盤的技術であるとともに、将来の低炭素社会の実現に向けたアプローチとして欠かせないものである。高付加価値製品の生産や高度生産技術の実現に向け、原子･分子レベルからの材料設計や合成、既存の概念を覆す新材料の提案や開発、既存素材の高機能化･高性能化、さらには画期的新プロセスの開発などが求められる。新素材・機能性材料開発部門では秋田大学における基礎研究成果を基盤とした新素材や先端材料の開発に関連した研究を推進する。さらに、素材･材料関連の高機能化や高度解析などに関連したニーズに対応し、地域の高等研究機関としての機能を果たす。これら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。
実施内容・成果	事業独自の活動として、研究助成事業とセミナー開催を行った。 研究助成事業では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」を行った。 「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。残額は地方創生センター1号館設置機器に関連した保守等の費用として活用した。 3月に事業主催の新素材･機能性素材開発セミナーを開催した。当初は外部講師を招いた講演会を3月6日に企画していたが、新型コロナウイルスの影響で3月27日に延期し、学内教員のみのオンライン（オンデマンド）セミナーとした。協力教員である松本准教授による「イオン結晶形成を鍵とするロジウム選択分離回収法の開発」のほか、協力教員による6件のポスター発表を行った。外部講師を招いたセミナーを行わなかったことによる余剰金は返納した。 秋田県複合材新成形法技術組合と連携し、秋田県新世代航空機部品製造拠点創生事業で使用される複合材料の熱可塑性樹脂の粘性制御を行った。粘性を下げることで従来より低い温度(200℃)で炭素繊維との複合化が可能となり、インフラ補修、木材補修への応用が期待できる。秋田県内企業の支援・共同研究等の実績として、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（2件）、ゼオライト・ダイナミックとの共同研究を実施した。 構成員による査読付き原著論文は18報であった。 受賞等 松本和也准教授が2019年度秋田わか杉科学技術奨励賞を受賞 （第一級アミン化合物を用いた白金族金属の選択回収技術の開発） 指導する大学院生の受賞は10件であった。

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（令和元年度）

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，進藤隆世志，加藤純雄，原基，斎藤嘉一，加藤純雄，大川浩一、松本和也，小笠原正剛，福本倫久，長谷川崇，高橋弘樹
（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

主要な研究テーマ
1）有機材料，複合材料関連
　生分解性高分子，熱電材料，複合材料
2）無機材料，金属材料関連
　多孔質材料，触媒材料，磁性材料，高強度合金
3）ナノテクノロジー，境界領域関連
　ナノ分散複合体，ナノスケール分析，生体親和性材料

構成員による原著論文は18報

協力教員の受賞
2019年度秋田わか杉科学技術奨励賞　松本和也

外部資金
科研費
NEDO未踏チャレンジ2050（長谷川崇）
環境省環境研究総合推進費革新型研究開発（松本和也）

新素材・機能性材料開発セミナー

1．日　時：2020 年３月６日（金）　→　3月27日（金）

13:30～13:40　地方創生センター地域産業研究部門長挨拶

13:40～17:05　講演会
(13:40～14:40)
「特異なイオン結晶形成を鍵とするロジウム選択分離回収法の開発」
秋田大学大学院理工学研究科物質科学専攻応用化学コース
准教授　松　本　和　也　氏
(14:40～15:40)
「抵抗変化型メモリとその脳型デバイス動作」
大分大学理工学部創生工学科電気電子コース
准教授　大　野　武　雄　氏
(15:50～16:50)
「機械学習によるリチウムイオン電池用電解質膜の伝導度予測と新材料開発」
早稲田大学理工学術院先進理工学部
教　授　小柳津　研　一　氏

17:00～18:00　ポスターセッション

18:00～19:30　交流会

基本目標

1　産業振興による仕事づくり

2　新しい人の流れづくり

3　結婚・出産・子育ての希望をかなえる社会づくり

4　新たな事態に対応した地域づくり・人づくり

2　成長産業の振興

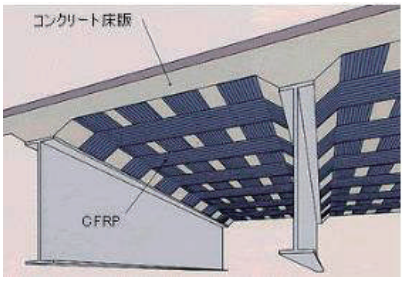
○航空機・自動車産業における独自技術の研究開発と高度人材の県内定着促進
○洋上風力発電の大規模展開と関連産業の育成
○医療福祉・ヘルスケア産業における先進技術の導入促進と活用

研究課題一覧			
教員名	課題名	分類	ポスター
寺境光俊	炭素繊維複合材料用樹脂の粘性制御	a	
丹野剛紀	テラヘルツ帯用偏光子の開発	a	○
齊藤準	高空間分解能・磁気イメージング技術の開発	a	
福本倫久	溶融塩を用いた電析と溶解法による多孔質Niの創製	a	
熊谷誠治	電気化学系蓄電デバイスの電極材料の高性能化とバイオマス原料の適用	b	
大川浩一	高充放電流での利用を目的とする金ナノ粒子担持型リチウムイオン電池用正極材料の開発	b	
高橋弘樹	自然エネルギーの利用を志向したCO2電解還元カソードの開発	b	
長谷川崇	レアアースフリー世界最強磁石の創出	b	○
松本和也	新規結晶形成を利用した貴金属回収	b	
吉村哲	高集積・低電力の次世代磁気デバイスの研究開発	c	
加藤純雄	環境浄化用触媒材料の開発	c	
齋藤嘉一	LPSO型マグネシウム-リチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形におけるSuzuki効果の検証	c	
小笠原正剛	層状化合物を用いた有機無機複合体の調整と酸塩基両特性触媒としての評価	c	

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

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

Concrete reinforcement for CFRP



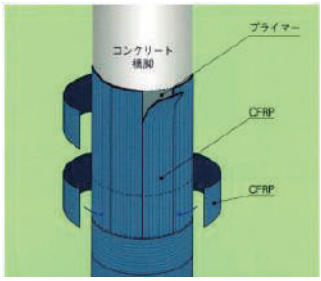


Figure 2 Example of CFRP bonding method

ショーボンド建設株式会社 CFRP接着工法 http://www.sho-bond.co.jp/method/006.html

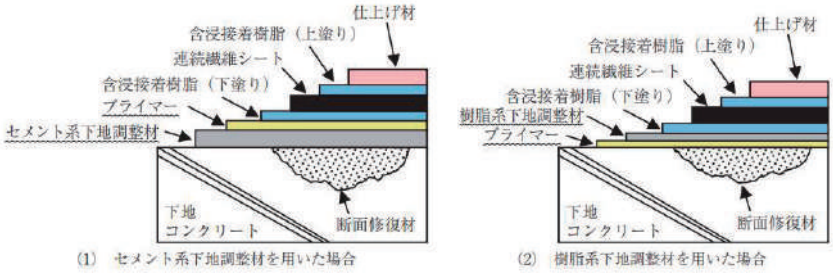


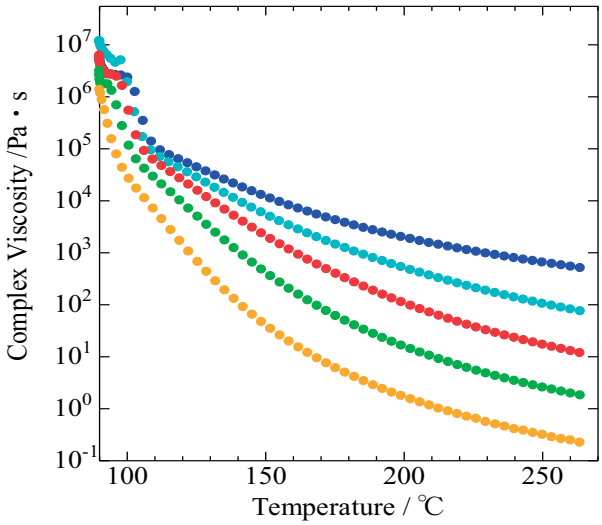
Figure 3 Example of repair of concrete structure

「連続繊維補強材によるコンクリート構造物の補修・補強入門」J. Iketani、H.Ibe
https://www.jstage.jst.go.jp/article/coj/53/3/53_295/_pdf/-char/en

熱可塑性樹脂を用いた過酷な環境下での施工（低温，多湿など）

→ 熱可塑性樹脂の粘性が高いことが課題

粘性制御樹脂



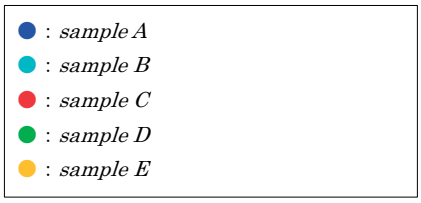


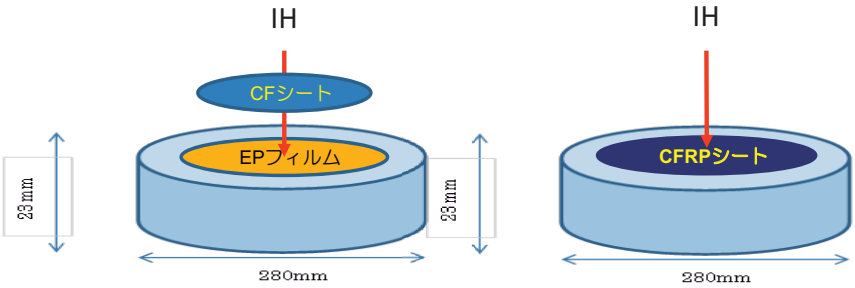
Figure 溶融粘性を制御した熱可塑性エポキシ樹脂の複素粘度と温度の関係

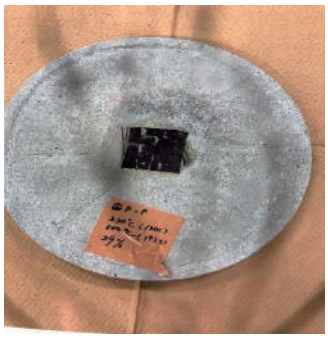
200℃で十分に低い溶融粘度（コンクリート用途に有望）

より低温での施工が可能（木材用途に有望）

改良樹脂を用いたCFRP付着試験

※新規開発の低粘性エポキシ樹脂フィルム（EPフィルム）
※この樹脂をCFシートに予め含浸させたCFRPシート
←接着試験・・・OK？



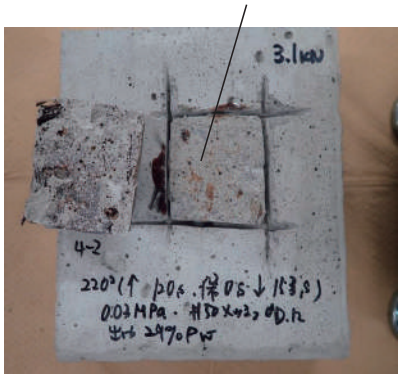


※モルタル供試体の圧縮強度は40N/mm²程度
※凍結融解10サイクル後にも検証
（-20℃～20℃/1cycle，2cycle/day）

コンクリート付着強度試験： 破壊モード

改質熱可塑エポキシでIH溶着
（220℃）された炭素繊維クロス

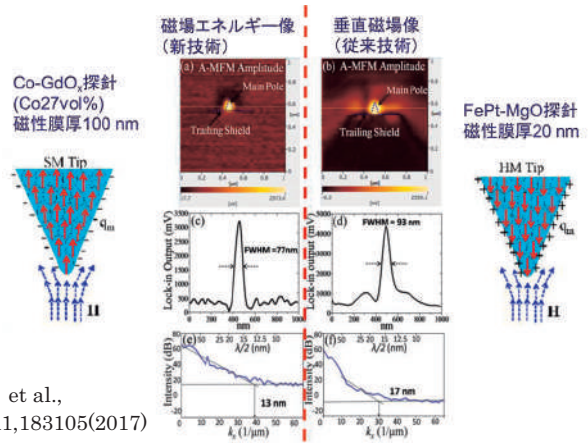
コンクリート母材の破壊面



十分な付着（接着）強度を示す母材破壊モードを確認

高空間分解能・磁気イメージング技術の開発

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



P. Kumar, H. Saito et al.,
Appl. Phys. Lett. 111,183105(2017)

新技術と従来技術を用いた、磁気記録ヘッド素子から発生する磁場の観察結果。

空間分解能、計測感度、計測精度・再現性の全ての評価項目で新技術が優れることがわかる。

テラヘルツ帯用偏光子の開発

地方創生センター　丹野剛紀

ワイヤーグリッド偏光子
（KRS-5，日本分光株式会社）

偏光子：光の波の向きをそろえる基本的な光学部品

従来品

ワイヤーグリッド偏光子: 非常に高い偏光度と消光比

- ✓ 高い周波数が苦手
- ✓ 壊れやすい
- ✓ 製造工程が複雑で，高価

溶媒から析出させるだけでできる有機単結晶を使う
→ **安価かつ高性能のテラヘルツ帯用偏光子**

↓

テラヘルツ分光装置の低価格化などに貢献できる

研究内容

- 結晶構造データベースを利用した適切な材料の探索
- 性能測定
- 計算化学シミュレーション

湯沢市の（株）テラヘルツ研究所（分光装置メーカー）との共同研究

環境研究総合推進費（環境省）の革新型研究開発（若手枠）に採択

研究代表者：松本和也（秋田大院理工）
研究分担者：芳賀一寿（秋田大院国際資源）
研究期間：2019－2020年度
採択額：8，905，000円

特異的イオン対形成を利用した白金族金属リサイクル技術の開発

研究目的

白金族金属含有塩酸溶液
Pd, Pt, Rh, Ir, Ru

従来法による分離工程

回収できる金属の順番が決まっている

- 価格の高いRhやIrは最終工程で分離回収
  （RhやIrの優先的かつ選択的回収ができない）
- 経済性を無視した金属回収順になる状況が発生

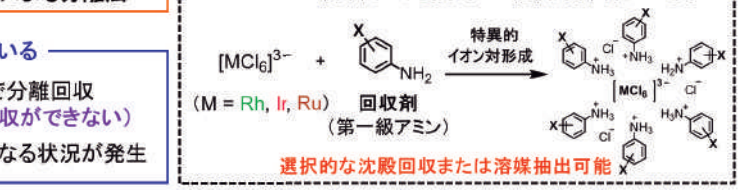
従来法
＋
特異的イオン対形成
による分離法

任意の順番で金属を分離回収

- 価格の高いRhやIrの優先的かつ選択的な回収
- 金属組成に応じた最も経済性の高い順番での金属回収

特異的イオン対形成

Rh Ir Ru：$[MCl_6]^{3-}$の錯イオンを形成
従来法では優先的かつ選択的な回収ができない



選択的な沈殿回収または溶媒抽出可能

本研究

1. 任意の白金族金属を優先的かつ選択的に回収する手法の開発および回収機構の解明
2. Rh, Ir, Ruを高効率で回収する新規イオン交換樹脂の開発

⇒ 従来とは異なるメカニズムによる白金族金属分離回収技術の確立

（3）自動車・航空機産業研究開発事業の報告（令和元年度）

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

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
協力教員氏名	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、浜岡秀勝
目　的	秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。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、自動車向けの作り産業に寄与する。また、高効率動力システムの開発を推進するため、次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転･歩行支援やインフラに関して、最高速度標識の認識法の開発、運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示やVRシミュレータの開発とヒューマンファクターの評価。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と共に、地元企業と連携して高度IT人材を育成に寄与する。
実施内容・成果	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し、立体形状の精度向上に向けて検討を進めた。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を開始した。新たな研究テーマとして、建築土木分野における補修技術への応用を進めた。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。三菱重工と航空機部品製造に関して、NEDOプロジェクトおよび秋田複合材新成形法（ANC）技術研究組合（県内企業3者およ秋田大､秋田県立大）を通じて､連携を深めた。自動車関連企業とANC技術研究組合がNDAを締結して、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。 次世代の航空機、自動車のための高効率動力システムの開発の一環として、誘導モータの出力密度向上を目指したトロイダル巻アキシャルギャップ構造のモータの設計を行った。オープンスロットに磁性くさびを挿入することで､簡便な形状でも従来型のラジアルギャップ誘導モータと比べ､約2倍の出力（トルク）密度を達成した。また、秋田県・秋田大学・秋田県立大学が採択された「令和元年度地方大学・地域産業創生交付金」対象事業「小型軽量電動化システムの研究開発による産業創生」における、新世代モーターの研究開発、新世代モーターの応用機器開発、新世代モーターのシステム設計・周辺技術の研究開発に田島と吉田が関わることになった。 Society 5.0を構成する要素技術である自動運転を実現するためには、夜間における標識および人物の認識について検討する必要がある。そこで可視カメラを用いて、最高速度標識および進入禁止標識の認識について検討を行った。また、熱赤外カメラを用いて人物抽出に必要な特徴量の選定および処理の開発を行った。被験者が正面方向および背面方向に歩行しているデータを対象とし、提案手法を用いて人物抽出を行ったところ、0.990以上の再現率が得られた。 本内容を秋田ICTフェア2019（8月2、3日開催）およびイノベーション・ジャパン2019（8月29日、30日開催）に出展した。また、情報処理学会第82回全国大会で成果を発表するとともに、電気学会共通英文誌にその内容を投稿し採択が決定している。さらに、本研究を発展させた内容がスズキ財団科学技術研究助成に採択された。その研究費を用いて、県内企業に超高感度カメラを発注している。なお、関連する分野で2019年度に合計4件の特許出願、地域の課題解決を目的とした共同研究を合計7件行った。 実歩行可能な歩行環境シミュレータを開発し、高齢歩行者の横断行動をモーションキャプチャすることで、歩行者事故要因を調査した。現有設備のモーションキャプチャとPCに、計８台のプロジェクタを接続して、左右に配置された奥行７ｍの長大スクリーンにプロジェクションマッピングされた交通環境を見ながら実歩行可能な歩行環境シミュレータを構築した。地元企業であるALL-Aと連携して20名の高齢者および10名の若年者を対象に横断行動を計測した。その結果、若年者の交通事故発生率は手前車線では0%、奥車線で 1.1%と極めて低いのに対し、高齢者は手前車線8.9%、奥車線 10.5%と差が大きいこと、車道進入時の車両までと距離と歩行速度で交通事故の発生を予想する回帰式を作成できることを明らかにした。現在、収集したモーションキャプチャ･データの解析を進めており、研究成果を6月（新型コロナウイルスの影響で延期され11月）に開催される第56回日本交通科学学会学術講演会で発表する予定である。 また､地元企業と連携して高度IT人材を育成するため受け入れていた社会人ドクター（横手精工）が、本事業の支援を得て開発した「自転車と自動車のインタラクション可能なCycling simulatorの研究」で今年3月に博士（工学）の学位取得を達成した。また、本研究に従事した修士学生は自動車業界（本田技研工業株式会社）へ就職することとなり、人材育成の具体的な目的を一部達成した。

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

成果報告会
2020年8月6日（木）

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。

2019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

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。

協力教員と実施項目

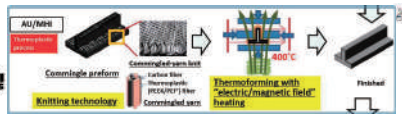
１．複合材構造に関する研究開発
　村岡幹夫　（理工学研究科・教授）
２．動力システムに関する研究開発
　田島克文　（理工学研究科・教授）
　吉田征弘　（理工学研究科・助教）
３．運転・歩行支援とインフラに関する研究開発
　景山陽一　（理工学研究科・教授）
　石沢千佳子（理工学研究科・准教授）
　水戸部一孝（理工学研究科・教授）
　濱岡秀勝　（理工学研究科・教授）

複合材料の成型法

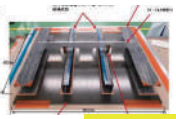
機械工学コース　村岡　幹夫

コミングル熱可塑複合材の迅速成形法開発

連携先



NEDO研究との連携試作品



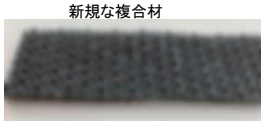
リブ付き桁材の一体成形技術の基礎確立

品質目標値の70%

立体（3D）複合材技術による新しいモノづくり

連携先

新規な複合材



試作

強度・損傷メカニズムの解明

熱可塑複合材技術のインフラ補修補強へ展開

連携先

5℃以下・湿潤環境でも可能な新施工法（出願準備中）

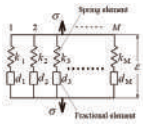
利用予定の塗装剥がしハンディIH装置（首都高）

十分な補強効果を確認（付着強度試験）

複合材料の特性評価

機械工学コース　渋谷　嗣

熱可塑樹脂の分数階微分モデルを用いた長時間クリープ特性同定



分数階微分モデル

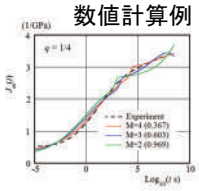
$$\sigma_i(t) = d_i \frac{d^q \varepsilon_i(t)}{dt^q}, \quad (0 < q < 1)$$

クリープコンプライアンス

$$J_m(t) = \frac{c_{-1}}{\Gamma(1+q)} t^q + c_0 H(t) + \sum_{i=1}^{M-1} [c_i \sum_{j=1}^{m} a_i^{j-1} E_t(jq, a_i^m)]$$

$q = 1/m$　for integer m

数値計算例



CFRP複合材料の微視構造と機能性

セル構造を有する複合材料

セル構造

機能性

一般の積層複合材料

積層構造

高比剛性

Fiber orientation

均質化理論

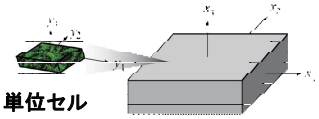
変位のTwo Scale 展開

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

均質化特性　$\sigma_{ij}^* = \frac{1}{V_{cell}} \int_{V_{cell}} C_{ijkl}(\boldsymbol{y})[\varepsilon_{kl}^{(1)}(\boldsymbol{y}) + \varepsilon_{kl}^*]dv$

ひずみ成分

$$\varepsilon_{ij}^* = \frac{1}{2}[\frac{\partial u_i^{(0)}(\boldsymbol{x})}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j^{(0)}(\boldsymbol{x})}{\partial x_i}] \qquad \varepsilon_{ij}^{(1)}(\boldsymbol{y}) = \frac{1}{2}[\frac{\partial u_i^{(1)}(\boldsymbol{y})}{\partial y_j} + \frac{\partial u_j^{(1)}(\boldsymbol{y})}{\partial y_i}]$$



単位セル

均質体

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

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 -

電気電子工学コース　田島 克文, 吉田 征弘

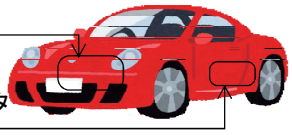
研究背景

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

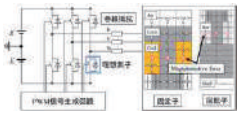


誘導モータはEV/HEV駆動用モータとして注目されている　➡　誘導モータの高効率・小型化（高トルク化）

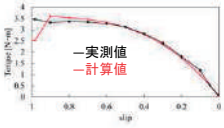
高速・簡便な誘導モータの解析・設計手法の開発

H28年度：回転子静止時の解析モデル構築
H29年度：回転子駆動時の解析モデル構築
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

解析モデル



s-T 特性

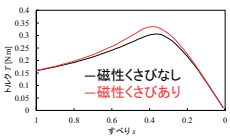


モータの磁気回路モデルとインバータ回路の連成解析モデルを構築し，実測値と近い計算精度が得られた。

出力密度向上を目指したアキシャルギャップ構造モータ設計

H29年度：FEM解析によりアキシャ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

s-T 特性

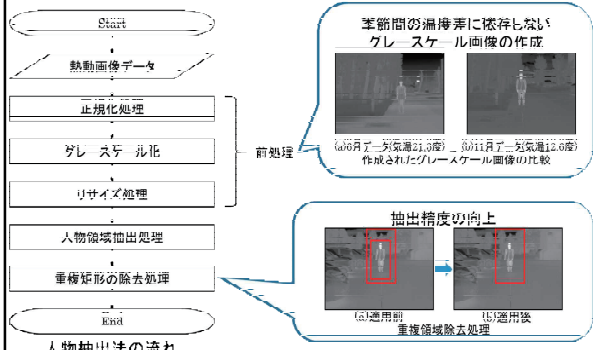


磁性くさびを挿入することにより、磁束が増加し、出力トルクが向上した

熱赤外画像を用いた夜間における人物抽出法に関する検討

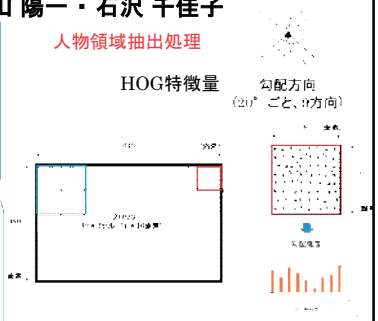
人間情報工学コース　景山 陽一・石沢 千佳子

Society 5.0を構成する要素技術である「自動運転」の推進
→多様な条件下で撮影した画像データを対象とした検討が必要
→夜間屋外環境下における人物の行動パターンの変化を観察して，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行動パターンの解析を目的とした熱赤外画像による人物抽出法の開発

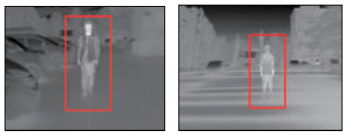


人物抽出法の流れ

人物領域抽出処理

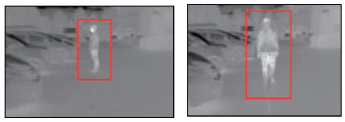


学習により人物領域を抽出



抽出処理結果例

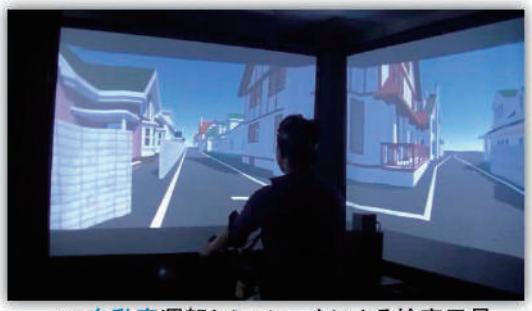
＜実験環境＞ 車両と人物の距離は，5.0m～15.0m，車両走行の有無，街灯の有無の環境下（6月，11月）
① 正面，背面，右側面，左側面を向いて直立
② 正面方向，背面方向に歩行



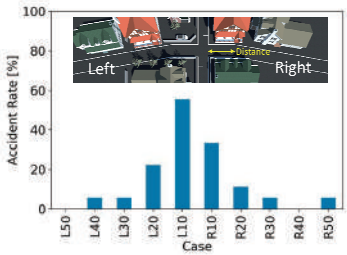
すべての条件下において，91.65%以上の抽出に成功

VR自転車運転シミュレータの開発と道路環境依存の出合い頭事故の研究

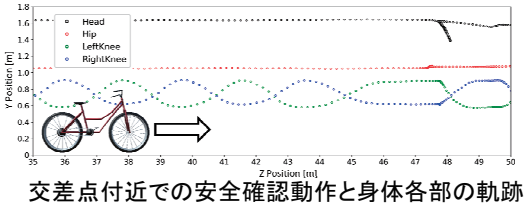
人間情報工学コース　水戸部 一孝



VR自動車運転シミュレータによる検査風景



交差点の構造と事故発生率



交差点付近での安全確認動作と身体各部の軌跡

獲得した外部資金（～H30.8.31）
・トヨタ自動車より研究委託費　1,996万円
　→地元企業（横手精工）への再委託費
　　1,597万円（地元企業の活性化に貢献）
その他：採録された学術論文1本，学会論文賞1件，学会発表3件．

脳波を用いた高速道路走行時の状態把握方法

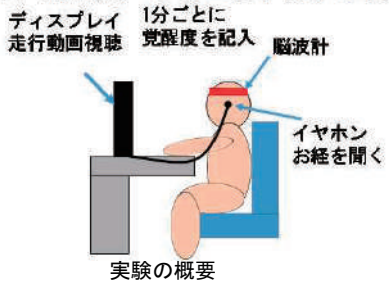
土木環境工学コース　浜岡 秀勝

研究の目的：高速道路にて発生する事故データを分析すると、注意力の低下が誘引となる状況がみられる。そのため、ドライバーの注意力を定量化する必要がある。本研究では、脳波を用いてその定量化を試みる。

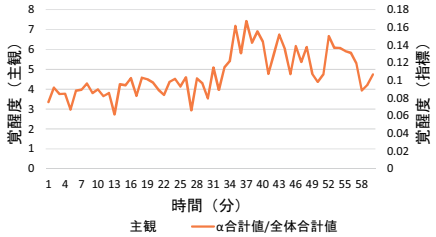
実験の概要：高速道路を走行する映像を見ながら、個人の感じる覚醒度を１分ごとに記入する。それを脳波データと関連付けることで、注意力を定量化する。

実験結果：脳波データから得られる様々な指標との相関を見たところ、α波に着目した指標が主観をよく表していることが明らかになった。

今後の展開：今回の分析結果により、おおよその傾向を確認できたが、それをさらに高精度にすること、および実運転行動への展開が課題である。



実験の概要



脳波データと主観評価値の関係

令和０２年度（2020）の計画

事　業　名　：自動車・航空機産業研究開発事業
代表者氏名　：渋谷　嗣

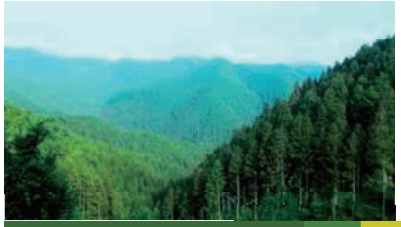
目的	秋田県の地方創生関連事業「新世代航空機部品製造拠点創生事業」を主に推進する。複合材構造製造を中間素材から一新し，航空機向けを最終目標として達成度に従い，自動車向けの作り産業に寄与する。また，高効率動力システムの開発を推進するため，次世代高効率誘導モータの最適設計に必要な高速高精度な動特性解析手法を開発する。運転・歩行支援やインフラに関して，最高速度標識の認識法の開発，運転者・歩行者に対する安全支援情報の提示や，各種VRシミュレータの開発とヒューマンファクターの評価を行う。超高齢社会の最先端である秋田県を舞台に，高齢者の安全な移動に必要な検査・訓練・支援技術を研究・開発し，自動運転技術の向上に資する地域産業振興を図る。
実施内容	複合材構造製造に関して，連続生産のコンセプト確認と成形技術のスピードアップ化を目指すほか，立体形状の精度向上に向けて検討を進める。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る。 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う。 路上における人物抽出に関して，超高感度カメラを用いて，(a)歩行者の抽出に有効な特徴量の選定と得られた情報を統合する手法の確立，(b)歩行者の動作状態やその程度を推定する手法の開発，並びに(c)複数の人物を対象可能とする推定法の開発を行う。運転・歩行支援やインフラに関して，「自転車と自動車のインタラクション可能なCycling-Driving simulator」と「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の横断行動をモーションキャプチャすることで，交通事故防止と健康寿命延伸を目的として歩行者事故誘発要因を解析・検討する。
実施体制	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

（4）新エネルギー開発研究事業の報告（令和元年度）

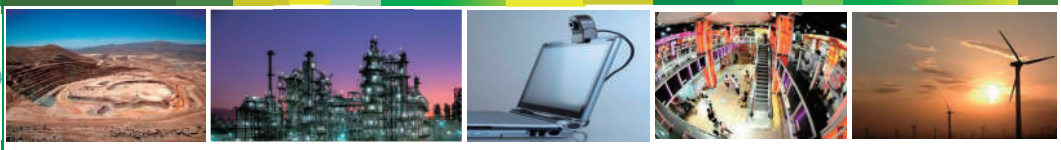
事　業　名：新エネルギー開発研究事業

代表者氏名：三島　望

予　算　額	部門研究活動活性化経費（間接経費）　510,000円 年度計画推進経費　0円 事業費　300,000円 合　計　810,000円
協力教員氏名	福山繭子、古林敬顕
目　的	人材育成：県の風力発電メンテナンス人材育成事業に協力し講義を立ち上げる。 研究開発事業：以下の３項目を目的とする。 ⑴秋田県のエネルギー需給の現状を、エネルギーフロー分析によって明らかにする。また、県内に賦存する再生可能エネルギーを導入、利用することを想定した地域エネルギーシステムを設計することで、脱炭素社会と地域活性化に向けて求められる技術、産業、政策などを示す。 ⑵秋田県の風力発電システムのシステムとしてのリスク評価を行い、効率的なメンテナンス計画の策定に資する。また、システムダイナミクス手法を活用し、風力発電システム導入への阻害／促進要因を明らかにする。 ⑶配管へ地熱水からのスケールが付着するため、地熱発電所ではスケールに対する対策が浚渫、薬剤の注入といった形で取られている。本研究は、地熱配管へ付着するシリカスケールの高効率な対策またはその活用を検討する。
実施内容・成果	人材育成:新エネルギー概論（学部3年生）、地域エネルギー特論（博士前期課程）を新規開講した。 研究開発事業： ⑴秋田県のエネルギーフロー分析の結果、2016年の県内の一次エネルギー消費量は197 PJ/yearであり、最終エネルギー消費量は108.4 PJ/yearであることが示された。県内の陸上風力発電を最大限導入することを想定した場合、最終エネルギー消費量すべてを供給した上で、県外にも供給可能であることが示された。ただし、需要家は電化率向上または水素利用技術の導入、供給側では大規模な蓄電施設および水素製造施設の導入が求められる。また、風力発電の電力を県外に供給する場合は、現状の送電網では容量が大幅に不足することが予想されるため、送電網を増強するか、水素製造施設の容量を大規模化して、水素を陸上輸送するか、などのサプライチェーンの見直しが必要となる。 ⑵陸上風力発電システムを13の主要部位に分類し、NEDOによる全国の風力発電施設の故障事例報告を読み解き、FMEA（故障モード影響解析）手法を適用して故障の深刻度、検知度を考慮した部位別リスク評価を行った。結果、電気装置、ブレード、ピッチ制御機構が高リスク部位であることが明らかになった。また、システムダイナミクス手法を活用し、欧州および秋田の陸上/洋上風力発電システムの因果ループ図を描き、導入の促進要因、阻害要因を同定した。 ⑶三菱マテリアル株式会社環境・エネルギー事業本部エネルギー事業部地熱・電力部東北電力所（鹿角市）の協力の下、大沼地熱発電所におけるシリカスケール及び地熱水の試料を採取した。シリカスケール試料についての肉眼観察を行った後、X線回折装置で成分の同定を行った。また、誘導結合プラズマ質量分析を実施し、地熱水及びシリカスケール中の微量元素濃度を検討した。地熱水はイオンクロマトグラフィ分析を行い、地熱水の特徴を明らかにした。これまでの結果から、シリカスケールは1.5-23.3μg/ gの金を含有し、一般に採掘されている金鉱石の金含有量の平均値である数μg/ gと比べ高いことが明らかになっている。また、これらの金は硫化鉱物に固溶されている可能性を示唆している。これらの成果については、日本地球惑星科学連合(JpGU)とアメリカ地球物理学連合（AGU）との共同開催であるJpGU-AGU Joint Meeting 2020にて発表を行う予定である。 タイトル：Geochemical characteristics of silica scales precipitated from the geothermal water at the Onuma geothermal power plant. 著者：Fei-Yang Chen, Mayuko Fukuyama（陳飛揚・福山繭子）



新エネルギー開発研究事業
2019年度成果報告



秋田大学地方創生センター
新エネルギー開発研究事業　福山繭子，古林敬顕，三島望

秋田県の再生可能エネルギー状況

各種再生可能エネルギーにおける秋田県の位置づけ

	風力	地熱	太陽光	水力	バイオマス
国内導入量（kW）	293万	52万	2,371万	2,791万	254万
県内導入量（kW）	21万	8.8万	7.3万	30万	8.6万
全国比（%）	7.1	17.0	0.3	1.1	3.4
順位	4位	3位	47位	16位	―

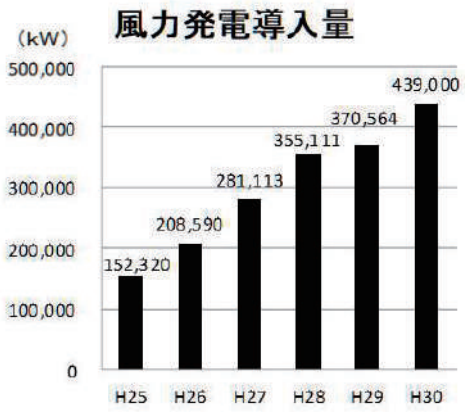
数値は，“高橋靖弘，第2期秋田県新エネルギー産業戦略，石油技術協会誌，第81巻，第4号，pp.281-288”より，2015年3月現在

世界の再生可能エネルギー発電量比率は風力49%，バイオマス25%，太陽光14%，廃棄物6%，地熱5%（2015年，IEAによる）

新エネルギー産業関連施策

新エネルギー産業

- 風力発電事業等への参入促進
- 県内企業と風力発電事業者のマッチング
- メンテナンス技術者の養成
- 洋上風力発電導入の促進
- 産学官による水素エネルギーの導入や地熱エネルギーの利用調査・研究　等



風力発電メンテナンス人材育成事業

平成28～30年度：

風力発電メンテナンス人材育成事業

- ✓ 平成28年度：実態調査
- ✓ 平成29年度：プレ講座の実施
- ✓ 平成30年度：カリキュラム設計
- ✓ 令和元年度：教育コースの開始

事業において秋田県立大学，秋田大学は学術的側面からの人材育成を担当

2019年度の事業計画

人材育成:

県の風力発電メンテナンス人材育成事業に協力し講義を開講する.

研究開発事業:

(1)秋田県のエネルギーフロー分析と新エネルギー導入計画の策定
(2)秋田県の風力発電システムのリスク評価と導入阻害／促進要因の解明
(3)地熱発電所におけるシリカスケールの分析と対策の検討

人材育成に関して

令和元年度から:

- 新エネルギー概論（理工学部2年生向け）
- 地域エネルギー特論（理工学研究科博士前期課程向け）
- Environment and Engineering（教養基礎科目）

令和2年度から:あきたサスティナビリティスクール

- 新エネルギー利用論Ⅰ（風力発電概論3時間，秋田の再生可能エネルギー1.5時間など12時間）
- 新エネルギー利用論Ⅱ（再生可能エネルギーのLCCとLCA3時間など12時間）

秋田県の現状のエネルギーフロー

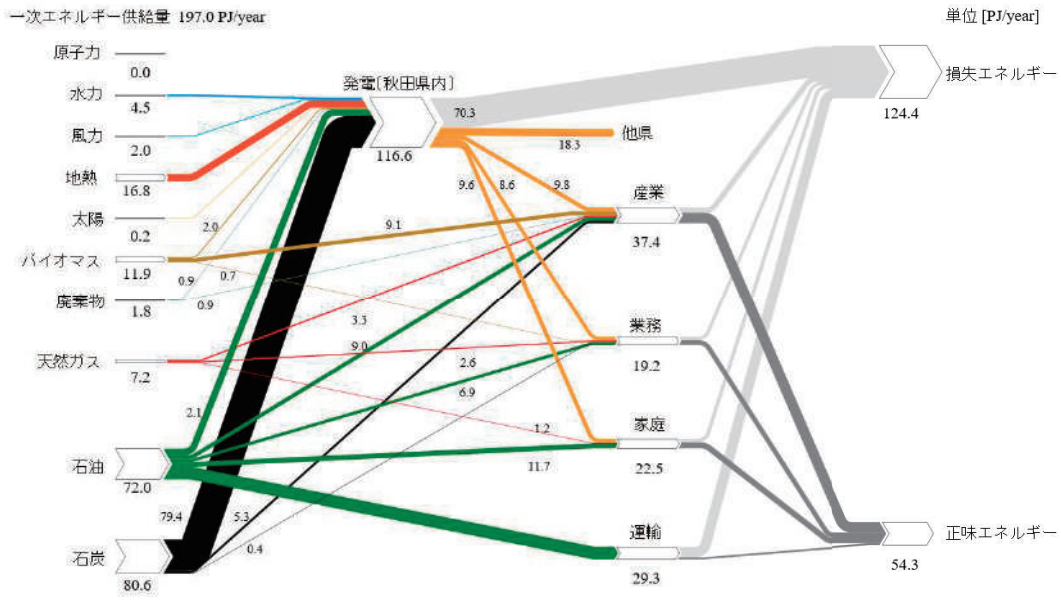


図1　秋田県のエネルギーフロー

現状のエネルギーシステム

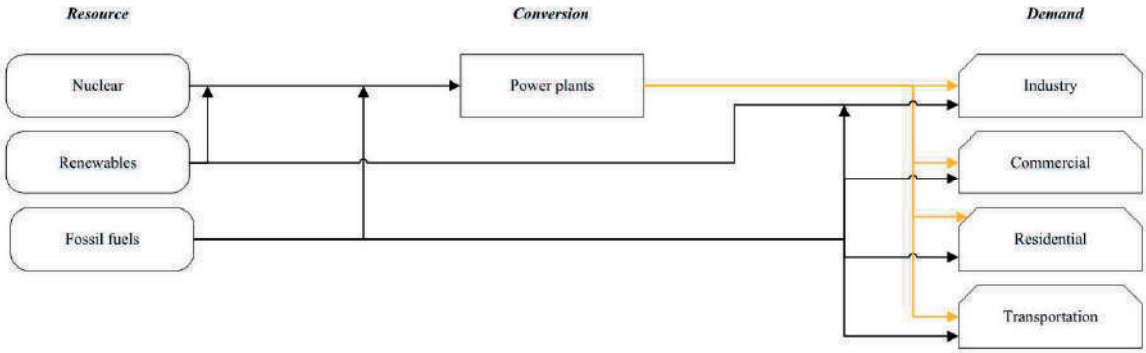


図2　現行エネルギーシステムの模式図

対象とする脱炭素地域エネルギーシステム

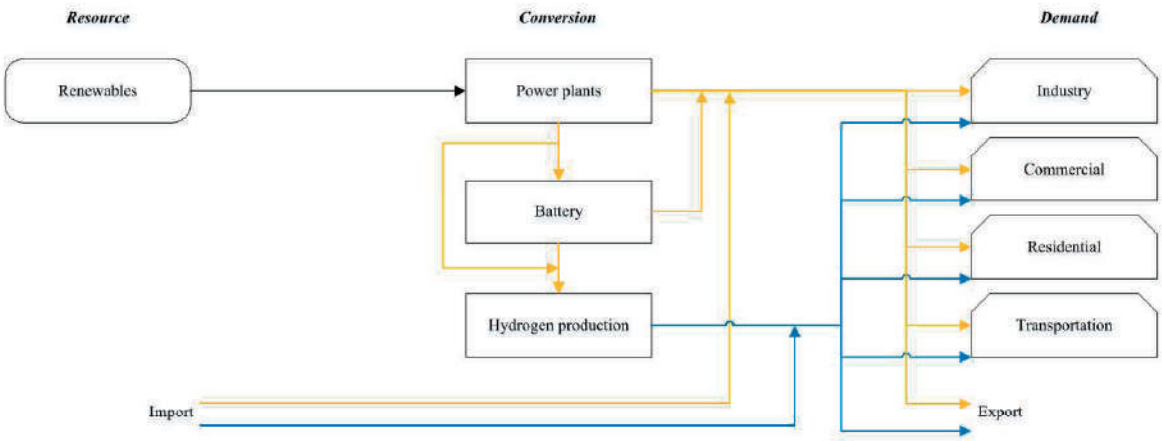


図3　脱炭素型エネルギーシステムの模式図

秋田県の陸上風力発電のポテンシャル

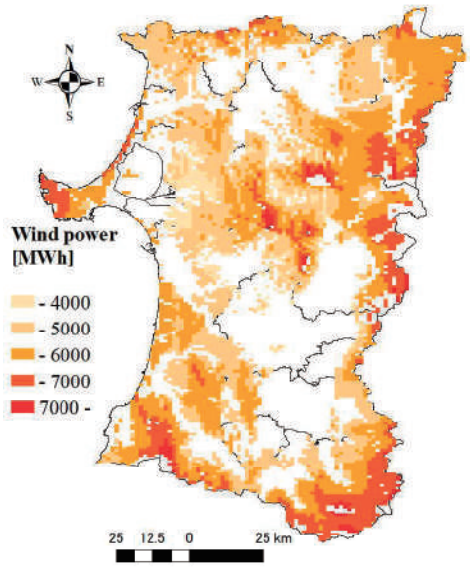


図4　県内力上風力のポテンシャル

- 1 kmメッシュの平均風速及び気象庁の1時間あたりの風速から推計
- 利用可能な土地の条件を設定
- 1 km^{2}あたりの風力発電の設置可能数を考慮
- 年間の発電ポテンシャルは，現状の最終エネルギー消費量30.1 TWhよりも大きい35.2 TWh

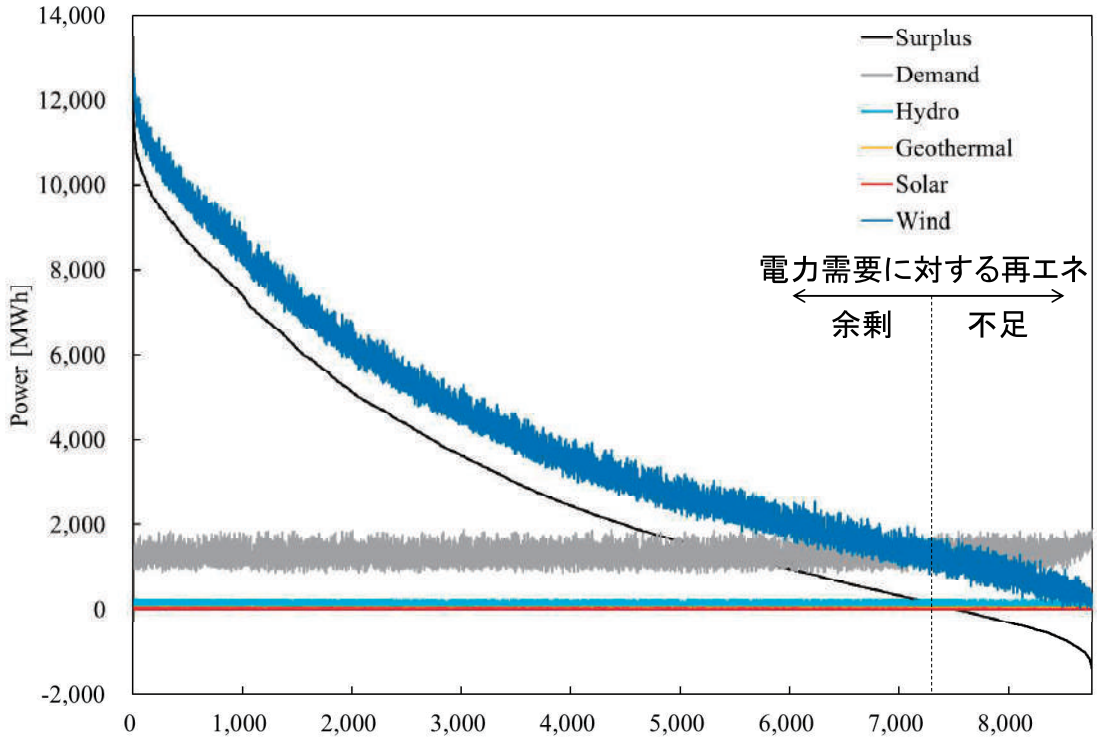


図5　秋田県の電力負荷曲線

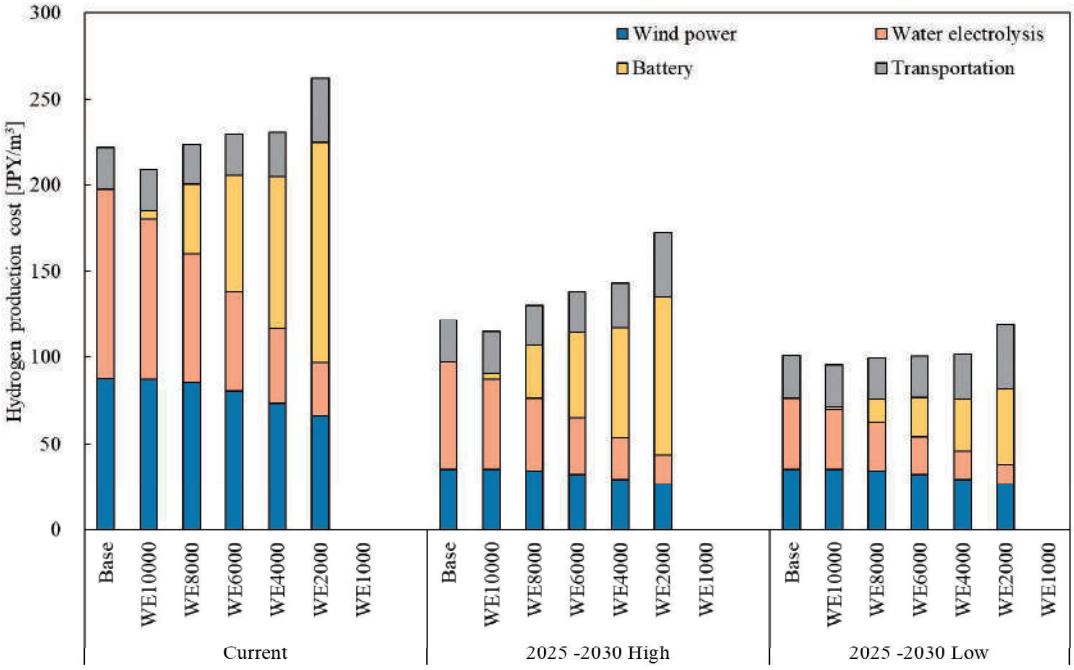


図6　水素製造コストの分析

本項目のまとめ

- 秋田県の一次エネルギー消費量は197 PJ/year，最終エネルギー消費量は108.4 PJ/yearとなった．最終エネルギー消費量に占める電力の割合は42.7%であった．
- 県内のエネルギー需要をすべて新エネルギーとすることは，量的には可能である．
- 風力発電の変動性を考慮した場合，年間1000時間以上は再エネが不足する．余剰電力を蓄電池や水素で貯蔵する必要がある．
- 現状の水素製造コストは200 JPY/Nm^{3}を超えるが，2030年頃までには100 JPY/Nm^{3}程度まで低減できる．

部位別故障頻度

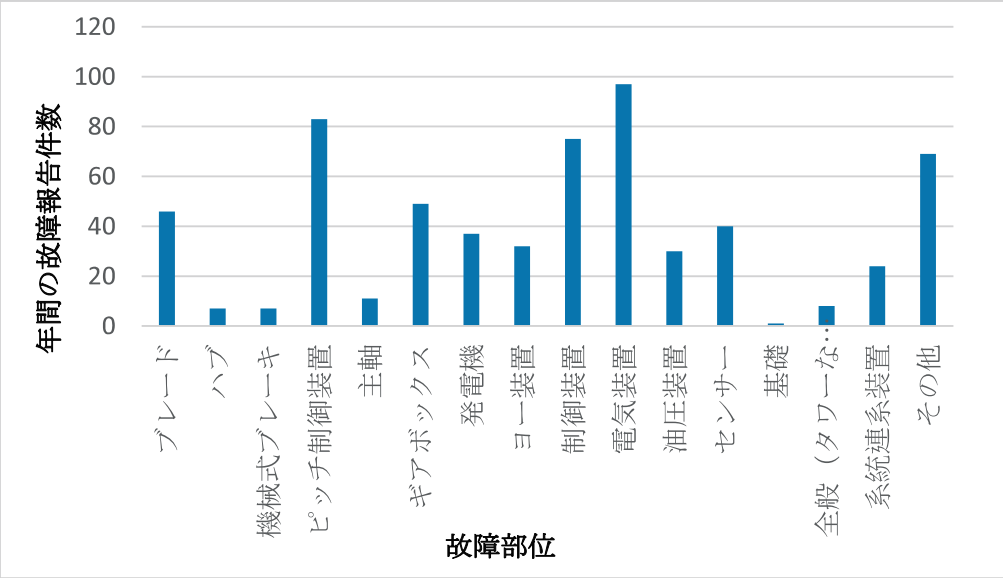


図7　全国のウィンドファームにおける故障報告件数（2015～2016年）

深刻度，検出度の指標化

表1　故障深刻度の指標化

復旧費用+逸失利益	深刻度
50万円未満	1
50～100万円	2
100～200万円	3
200～500万円	4
500～800万円	5
800～1000万円	6
1000～2000万円	7
2000～5000万円	8
5000万～1億円	9
1億円以上	10

表2　故障検出度の指標化

異常発見のタイミング	検出度
事前検知	1
事前検知(要因は不明)	2
短い間隔のメンテナンスで検出	4
短い間隔のメンテナンスで検出(要因は不明)	5
長い間隔のメンテナンスで検出	6
長井間隔のメンテナンスで検出(要因は不明)	7
機械の停止時	9
機械の停止時(要因は不明)	10

部位別RPN（故障対処優先度）

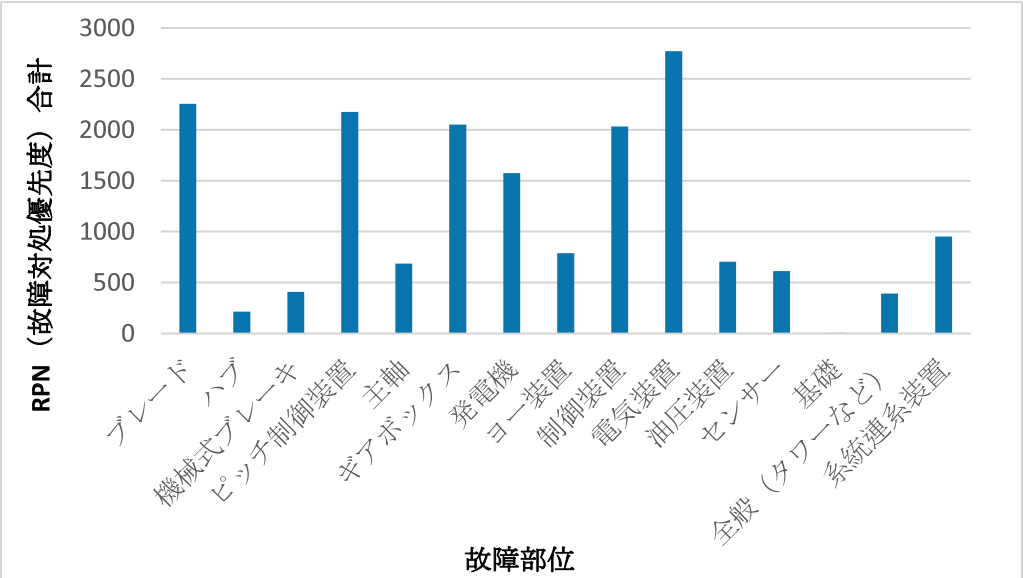


図8　各部位のRPN合計（2015～2016年）

対処優先度の高い部位

表3　故障頻度上位5部位

順位	部位名
1	電気装置
2	ピッチ制御装置
3	制御装置
4	ギアボックス
5	ブレード

表4　RPN上位5部位

順位	部位名
1	電気装置
2	ブレード
3	ギアボックス
4	制御装置
5	ピッチ制御装置

故障1件あたりの平均RPN

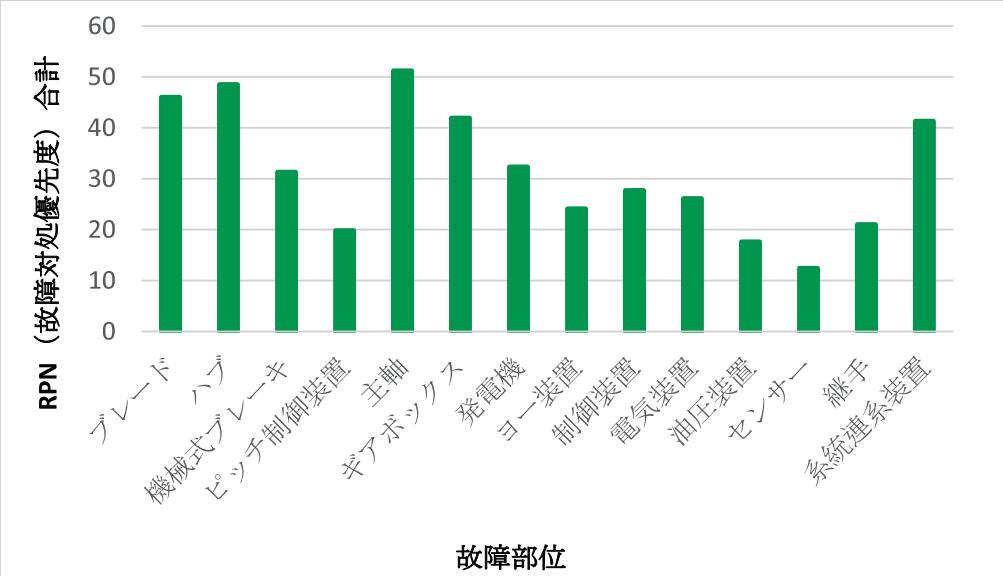


図9 各部位の1件当たりの平均RPN（2015-2016年）

故障1件あたりの平均RPN

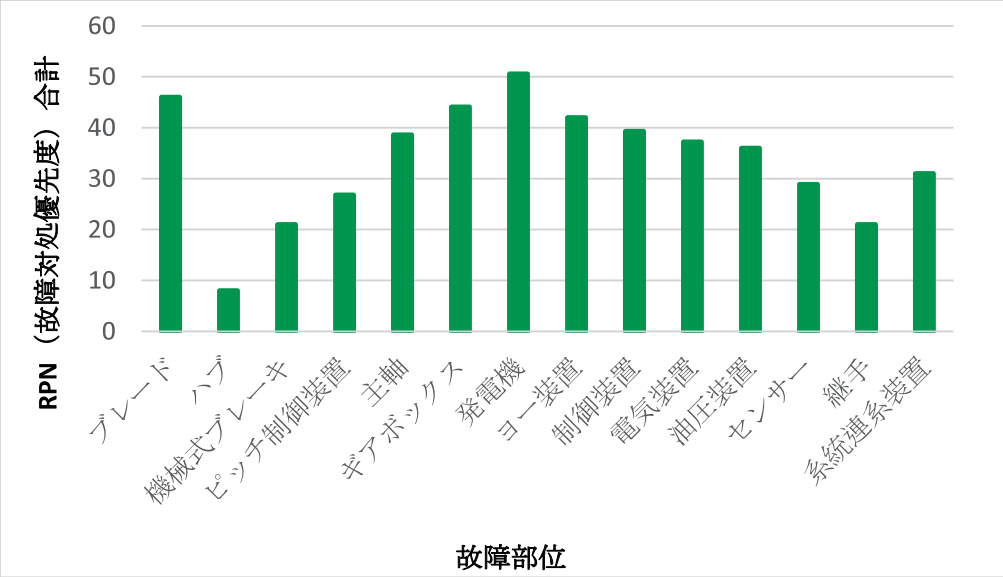


図10 各部位の1件当たりの平均RPN（2011年）

秋田県内風車の状況

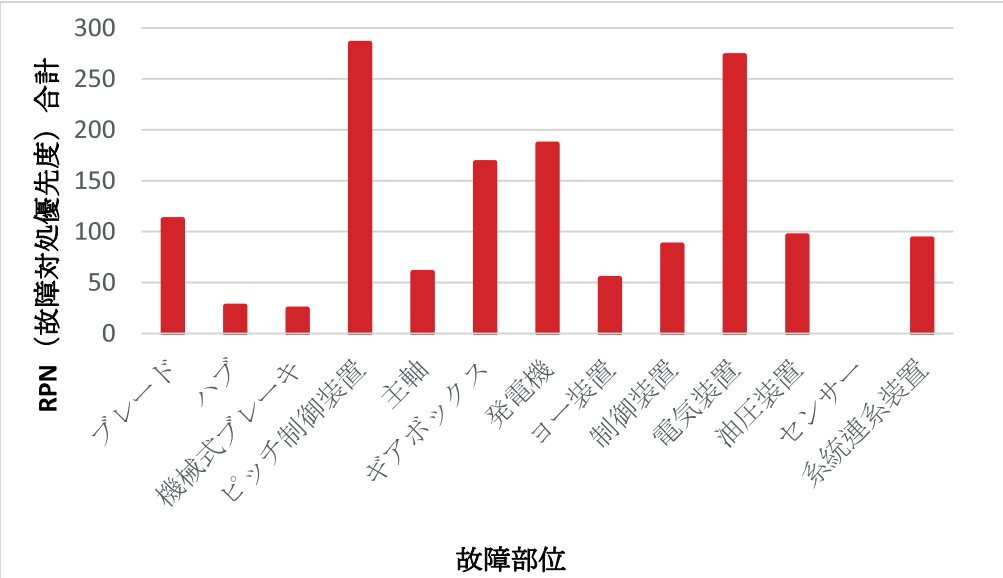


図11　秋田県内の部位別RPN合計

本項目のまとめ

- 部位別故障要因の上位5位までは頻度でも対処優先度でも同じである
- ただし，2位～5位の順番は異なる
- 1件当たりの対処優先度（リスクの高さに相当）は2011年から，2015／2016年にかけて低下傾向
- 秋田県の風力発電システムでは，“ブレード”の対処優先度が比較的低い

（→対策が進んだためか？）

風力発電システム挙動の分析

✓システムダイナミクス分野でしばしば用いられる因果ループ図を用いて県内風力発電システム（陸上，洋上）の分析を行った．ただし，この項目についてはポスターにて．

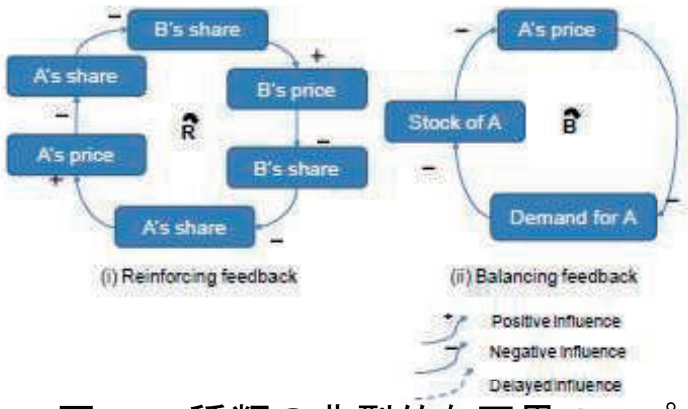


図12　2種類の典型的な因果ループ

地熱発電所配管のシリカスケール

地熱発電所では，配管へ地熱水からのスケールが付着するため，浚渫，薬剤の注入といった対策や対処が行われている．本研究項目では，
１）地熱配管へ付着するシリカスケールの高効率な対策またはその活用
２）地熱水中の重金属元素の挙動
を検討する．

図13　配管に付着したシリカスケール

大沼地熱発電所（秋田県鹿角市）

シングルフラッシュ方式
出力 9500 kW
三菱マテリアル株式会社

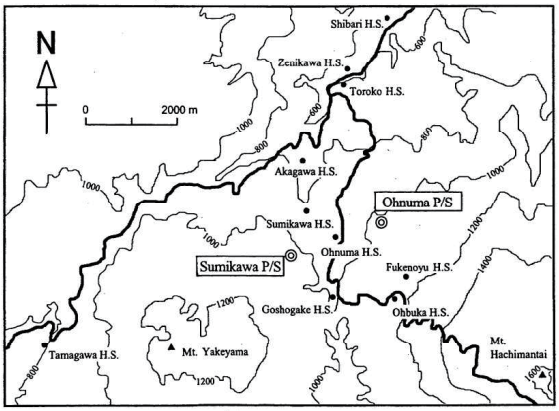


図14　大沼地熱発電所

シリカスケールの鉱物学的特徴

鉱物学的特徴

- シリカスケールはアモルファスシリカからなり，微量のモンモリナイト，カオリン，黄鉄鉱を含む．
- 黄鉄鉱は自形であり，熱水から沈殿し結晶化したと考えられる．（図のPyは黄鉄鉱を示す．）

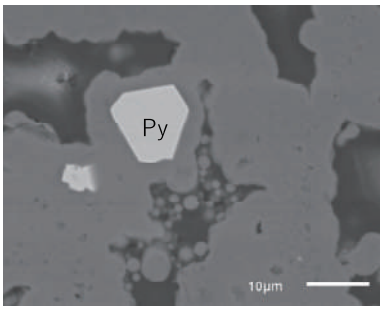


図15 シリカスケールの電顕写真

シリカスケールの化学的特徴

化学的特徴

- スケールには，NaやCa，Fe，Al，Li，Srといった親石元素が含有される．
- シリカスケール中の金含有量は1.5-23.3μg/ gであり，金鉱石の金含有量の平均値である数μg/ gと比べ，高い．金濃度は，Ag及びPbと正の相関を示すことから，黄鉄鉱に金が含有されていると考えられる．
- 微量元素総量は，Na，Ca及びAl濃度と正の相関があり，モンモリロナイトやカオリナイトにその多くが含有されていると考えられ，粘土鉱物が熱水中の微量元素を除去することを示している．

シリカスケールの対策と利用

シリカスケール対策

- 今後，配管との境界部の観察を行うことで，そのシリカスケールの沈着機構を明らかにし，より高効率な対策を検討する．

シリカスケールの利用

- **リチウム資源として**
  過去の研究では地熱水からLiの回収が検討されている（e.g. 古屋仲ほか, 1996）．大沼地熱発電所の地熱水のLi濃度は0.6 mg/Lと低く，資源として適していない．

シリカスケールの対策と利用

シリカスケールの利用

- **半導体用シリカ原料として**
  高純度シリカ原料としては，大沼地熱発電所のシリカスケールは微量元素が多く，適していないことが明らかとなった．
- **金の資源として**
  金濃度は非常に高い．今後シリカスケール中の金分布の詳細を検討する．

地熱中の重金属の除去

- 本研究から，地熱水中のカドミウム等の重金属は，粘土鉱物を用いることで除去できることが明らかになった．

本項目のまとめ

- 大沼地熱発電所の配管に付着するシリカスケールの鉱物学的特徴，化学的特徴を分析した.
- シリカスケールは半導体用シリカ原料としては不適だが，回収技術が高度化されれば金資源としての利用可能性がある.
- 地熱発電所配管スケールの組成は場所による違いが大きいため，特徴に応じた対策を考える必要がある.

全体のまとめ

- 2019年度より学生向け講義（新エネルギー概論，地域エネルギー概論など）を開講
- 2020年度から“あきたサスティナビリティスクール”の開講を決定（2020年度は休講）

- 秋田県全体のエネルギーフローを分析し，新エネルギー導入計画を策定
- 風力発電システムのリスク分析を実施，システムダイナミクス手法を提供した導入要因分析を提案
- 地熱発電所配管におけるシリカスケールの成分分析を行い，対策と利用計画を検討

2020年度の計画

- メンバーを拡充(国際資源学研究科，Saeid Mohammadzadeh Bina助教)

開発研究事業：

- 県内のエネルギーフロー及びキャッシュフロー分析と今後必要な技術開発，インフラ，政策の検討
- 風力発電システムの導入阻害要因，促進要因の明確化と導入戦略の提案
- 地熱配管へ付着するシリカスケールの高効率な対策および活用の検討
- 各種の新エネルギー発電プラントの環境／経済効率の評価手法の提案

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の報告（令和元年度）

事　業　名：医理工連携産業研究開発事業

代表者氏名：巖見武裕

予　算　額	部門研究活動活性化経費（間接経費）　987,000円 年度計画推進経費　0円 事業費　1,000,000円 合　計　1,987,000円
協力教員氏名	医学系研究科　島田　洋一　教授　佐々木真紀子　教授 理工学研究科　水戸部一孝　教授　長縄　明大　教授 寺境　光俊　教授　山本　良之　准教授 田中　元志　准教授　関　健史　講師
目　的	本事業では、高齢者の多い秋田県において、“フレイル予防”、“AI/IoTを用いた予防医療”などをコンセプトに、県内を中心とした企業と共に医療・福祉関連分野における少子高齢化に伴う新しい機器の開発と事業化を提案する。開発機器は医療機器だけではなく、健康増進、長寿に関する一般ユーザーを対象としたものに広げる。また、秋田産学官ネットワークなどの取り組みを通して、産学官連携による医療機器産業の育成に努める。
実施内容・成果	「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」 本研究プロジェクトでは、異常行動と判断せざるを得ない高齢ドライバーの交通事故の誘発要因を明らかにし、従来の高齢者講習に併用して免許返納時期をより正確に見極めることが可能な検査技術の構築を最終的な目的として、医学部、教育文化学部、理工学部とで連携して研究を進めた。現在、各部局で共同利用するためのHMD（VIVE Pro Eye）を用いた新たなVRドライビングシミュレータ(DS)を構築中であり、開発環境であるUNITYからHMDにVR映像を提示し、装着者の視線情報を計測できるプログラムを開発中である。今後、ステアリングおよびペダルを接続して、入出力制御するプログラムを開発すると共に、交通環境および歩行者が飛び出すシナリオを作成する予定である。 担当　水戸部教授　予算　間接経費　987,000円　事業費　113,000円 「フレイル予防を目的とした機器開発」 以下の3つの機器について、秋田大学医理工連携ブランドロゴマークの使用許可を取得。商品化へ向けてAIとAR/VRを用いた訓練プログラムを開発。 ⑴座位バランス装置 高齢者の転倒予防を目的として、座位におけるバランス能力を計測・訓練する装置。機械学習プログラムによるバランス年齢の推定機能と、VRを用いたバランス訓練プログラムを追加。 ⑵片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット 脳卒中片麻痺患者の歩行訓練を行うリハビリロボットに加えて、新たに対麻痺患者にも対応した両側訓練ロボットを開発。AI(Q学習)を用いて運動能力の回復度合いに応じた自動調整機能を追加。 ⑶上肢訓練ロボット 脳卒中片麻痺患者の上肢訓練を行うリハビリロボットの開発に秋田県立大学が参加して、AR/VRを用いた訓練プログラムを付加。 「AIを用いた診断システムの開発」 ⑴IMUセンサと機械学習プログラムによる変形性膝関節炎のGrade予測 ⑵レントゲン画像とAI（CNN）による脊椎アライメントの推定と診断 担当　巖見・島田教授　予算　事業費　787,000円 「医療機器の関発」 ⑴顔の欠損部を修復するシリコン素材のマスク（エピテーゼ）に、目の瞬き機能を持たせた瞬きエピテーゼを試作。 ⑵脳外科手術において、ピンセットに代わるマイクロハンド器具を試作。特許申請。 担当　長縄教授　関講師　予算　事業費　100,000円

⑥医理工連携産業研究開発事業

代表　巖見　武裕
（理工学研究科システムデザイン工学専攻）

協力教員

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

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

部門研究活動活性化経費（間接経費）	987,000 円
年度計画推進経費	0 円
事業費	1,000,000 円
合　計	1,987,000 円

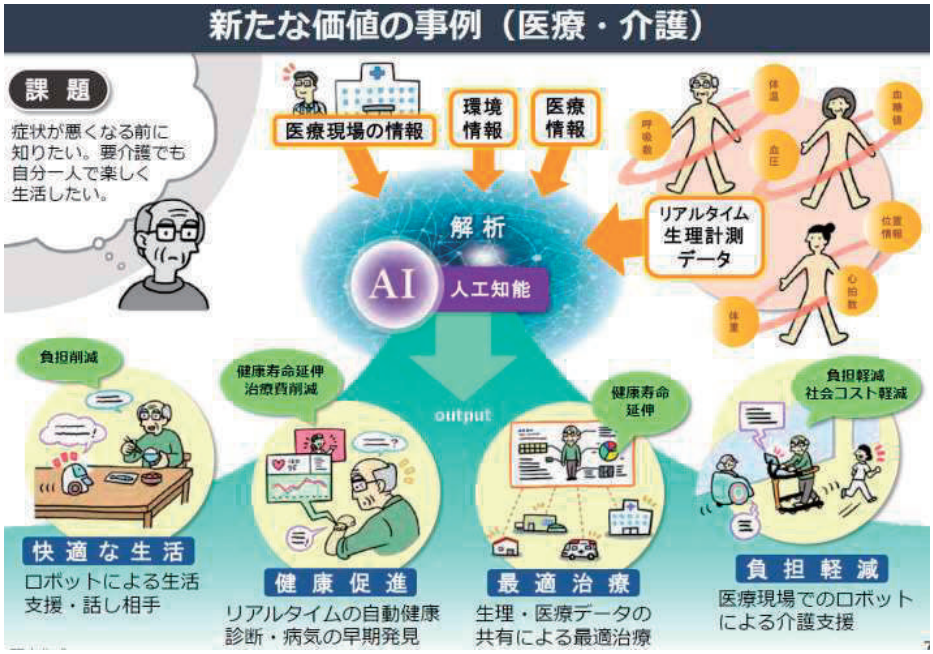
「高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究」
担当　水戸部教授　　予算　間接経費　987,000 円　事業費　113,000 円

「フレイル予防を目的とした機器開発」
担当　巖見・島田教授　　予算　　事業費　787,000 円

「医療機器の関発」
担当　長縄教授　関講師　　予算　　事業費　100,000 円

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

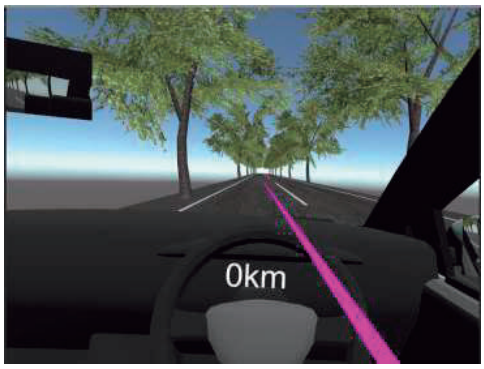


高齢ドライバーの免許返納時期見極めのための医理工連携研究

担当　水戸部教授　　予算　間接経費　987,000 円　事業費　113,000 円

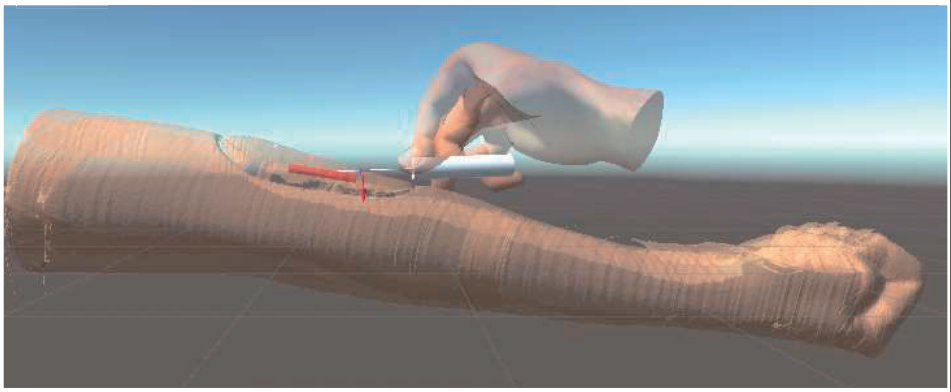
- 令和元年度に，各部局で共同利用するための「HMD（VIVE Pro Eye），ステアリング・ペダル，PC等の開発環境」を1セット，新たに導入.
- 本研究を担当する学部4年生（現在，修士1年生）が開発環境を修得すると共に，「新たなVRドライビングシミュレータ」を開発中.

  →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システムを完成！



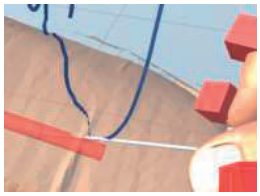
  →現在，各種パラメータの調整，計測データの妥当性を検証すると共に，検査シナリオを検討中．システムの完成には150時間以上要するが，感染対策とバランスをとり12時間/週のペースで開発を継続中.

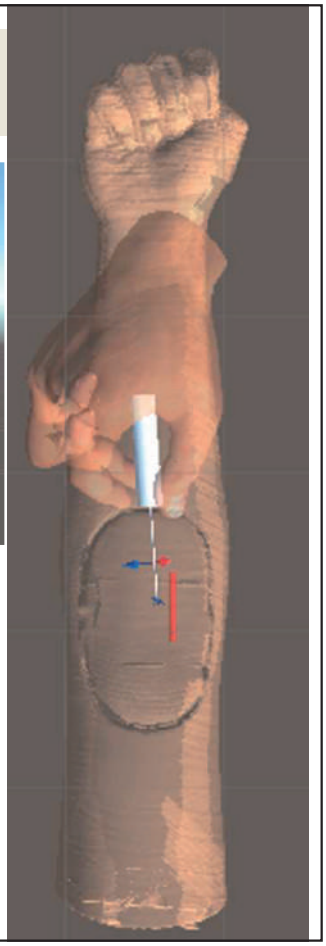
XRを活かした実技教育と訓練



～サイバースペースで採血手技を共有～

- 熟練者の手
- 採血訓練用腕モデル
- 注射器
- 注射器の針の座標系
- 注射器針先端の軌跡
- 血管



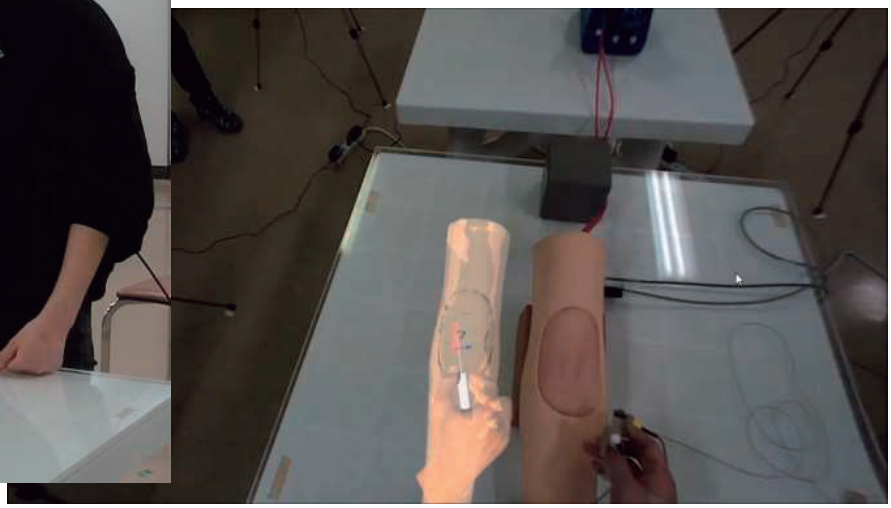


秋田大学医学系研究科保健学専攻　佐々木真紀子教授，
菊地由紀子先生，工藤由紀子先生との共同研究

演習室用XR採血手技訓練システム

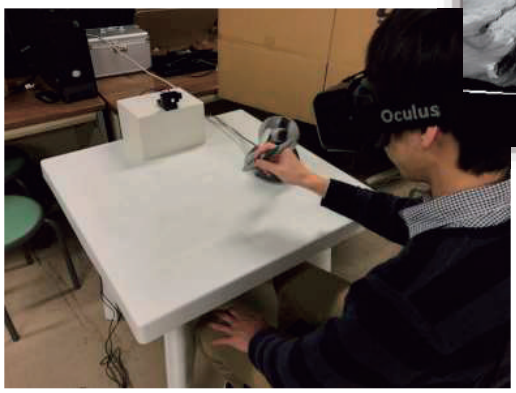
～立体映像を活かした技能の教育と訓練～

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



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

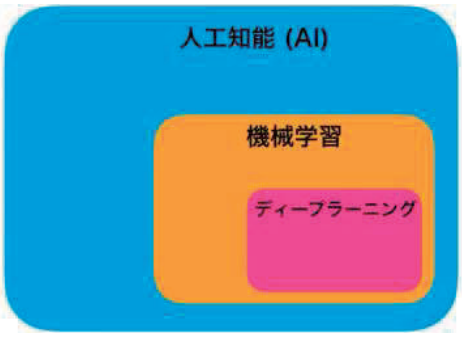
医学系研究科医学専攻　機能展開医学系整形外科学講座
島田洋一教授，石川慶紀先生との共同研究

フレイル予防を目的とした機器開発

担当　巖見・島田教授　　予算　　事業費　787,000 円

秋田大学医理工連携ブランドロゴマーク

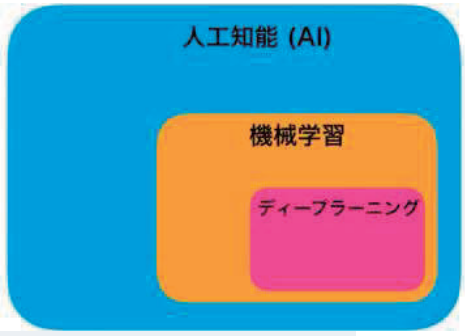
AI（人工知能）の種類



- **機械学習**
  →コンピュータが経験、学習を行う
- **遺伝的アルゴリズム**
  →生物の遺伝子を模倣、アルゴリズムが突然変異及び交配する
- **群知能**
  →生物の群れを模倣、個体の集合体が高度な振る舞い
- ファジイ制御、エキスパートシステム、etc…

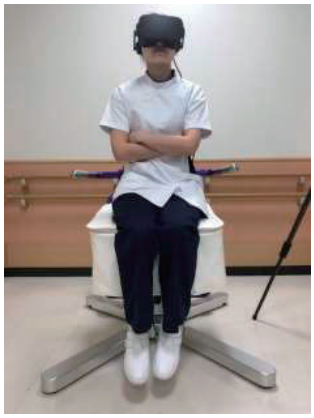
機械学習のアルゴリズム

・ 機械学習
→コンピュータが経験、学習を行う



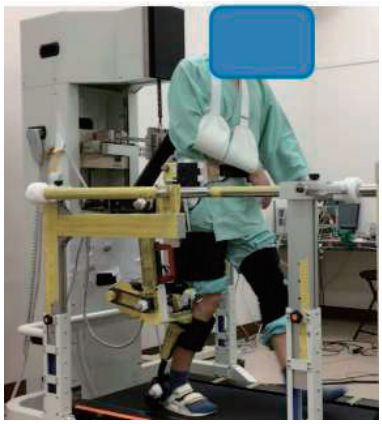
開発に用いている機械学習の手法について

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

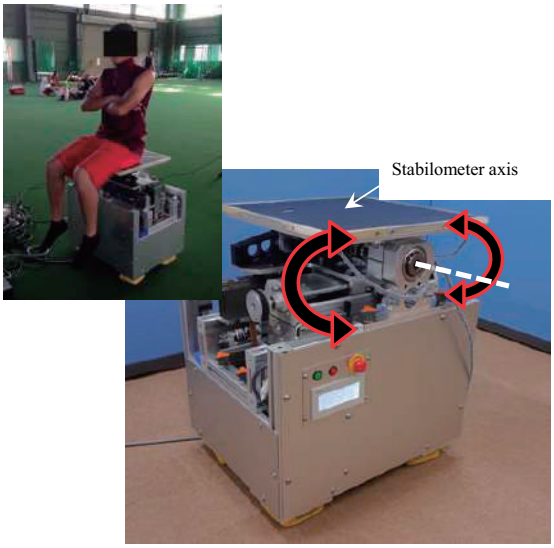
強化学習　・Q学習



Akita Trainer
⇒　アシスト量の自動調整

座位バランス計測装置

第28回リハ工学カンファレンス優秀賞
第15回骨粗鬆症学会学術奨励賞



(a) Disturbance applying device.
(a) 外乱負荷装置，動揺中心軸

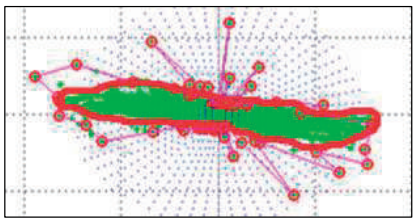
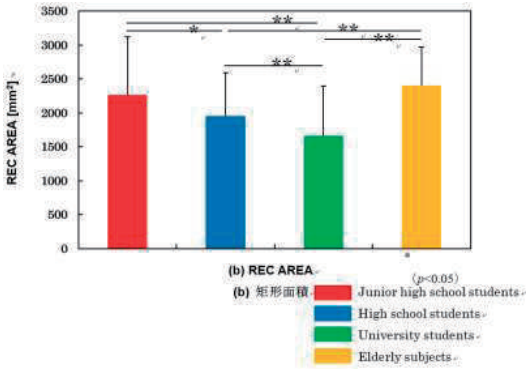
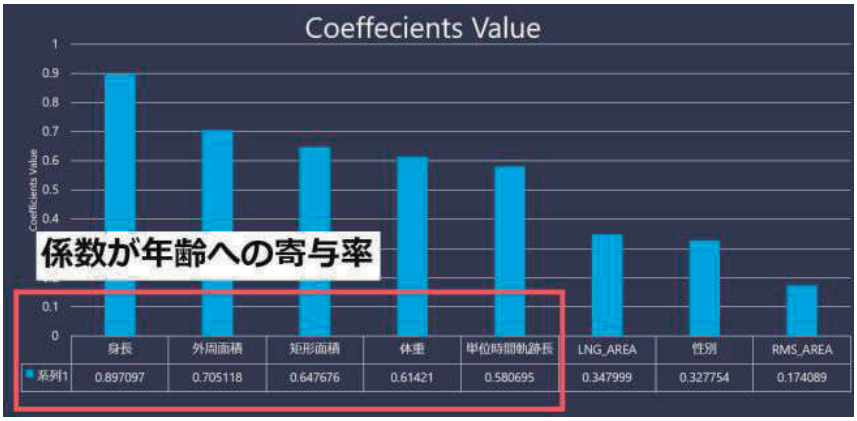


Fig.3-4 RMS. AREA
図3-4 実効値面積の例図



機械学習のアルゴリズム　回帰



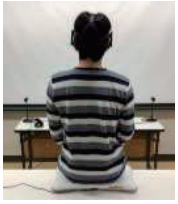
$$\hat{y} = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \cdots + \theta_n x_n$$

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

座位バランス計測装置に
VRを用いたバランス訓練プログラムを付加

- 訓練アプリケーション

VRバランスゲーム



頭部運動抑制UI

クリア演出

360°　動画

療法室では再現できない環境を実現
ゲーム感覚で体幹バランス能力を向上

15

片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

神経に可塑性はなく，神経細胞は増えない
(Cajal, 1906)

↓

運動学習が脳の可塑性を引き出している
(Nudo, 1996)

ニューロリハビリテーション
課題特異的な訓練を繰り返し
一定量の訓練量の確保

運動機能の回復は練習量に依存する

↓

セラピストが長時間実行するのは困難

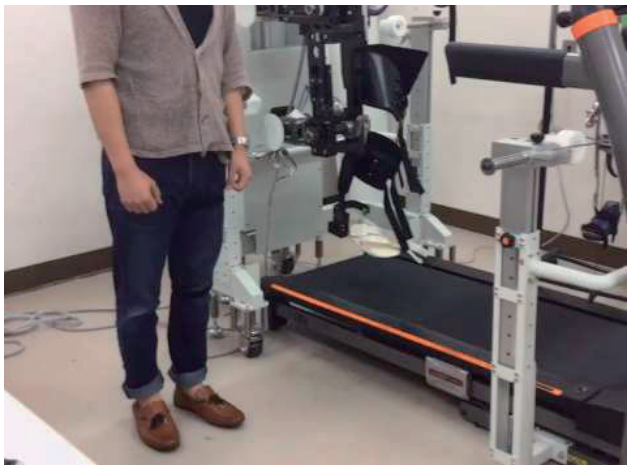
ロボット支援による歩行訓練装置が
開発され，注目されている

Locomat　Hocoma社（スイス）

片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

慣性センサ(IMU)を用いた健側の動作フィードバック

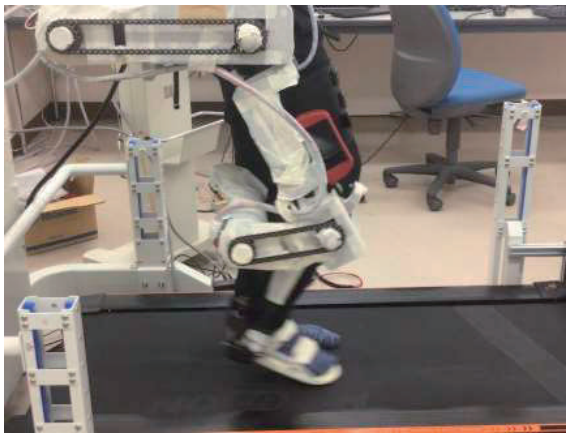
マスタースレーブ動作



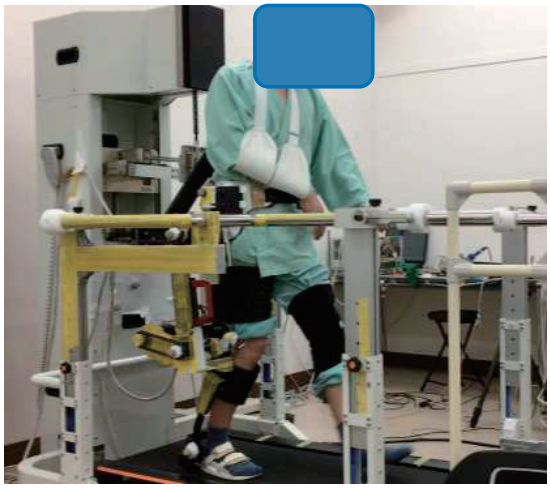
ロボットの関節運動を生成

片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

慣性センサ(IMU)を用いた健側の動作フィードバック



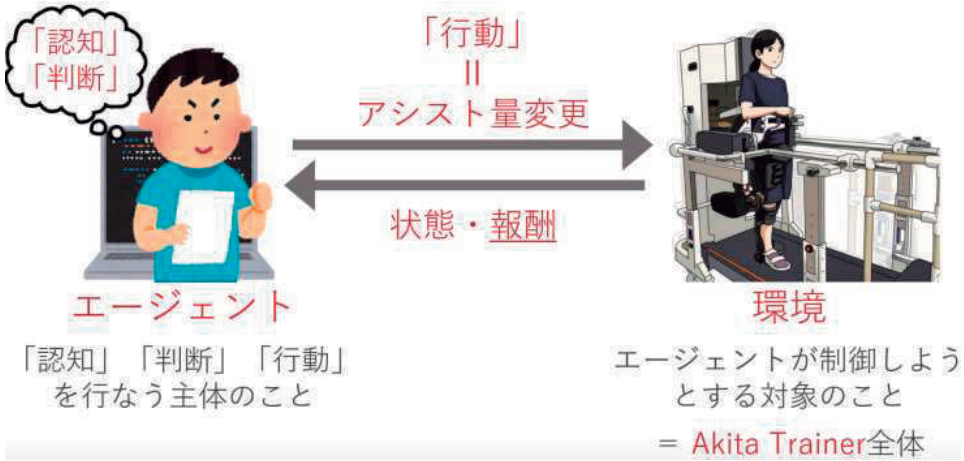
健側のさまざまな歩行に対応して、
麻痺側の自然な歩行動作を実現



片麻痺患者に対して臨床試験

R1は、ロボット支援に力制御による強化学習(AI)を導入

機械学習のアルゴリズム　Q学習



$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha\left(r + \gamma \times \max Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)\right)$$

$$r = \underbrace{\Theta_{t-1} - \Theta_t}_{\text{関節角度の目標値と実測値との偏差}} + \underbrace{\sum \tau_{t-1} - \sum \tau_t}_{\text{モータトルクの偏差}}$$

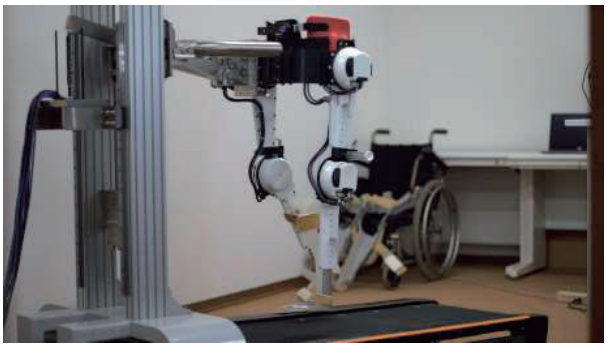
状態 s : アシストレベルの現在地

行動 a : アシストレベルの上昇，維持，下降の3つ

1

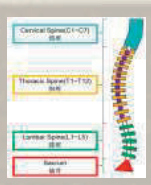
片麻痺・対麻痺用歩行訓練ロボット

製品版 AkitaTrainerの開発　　対象:対麻痺,両片麻痺

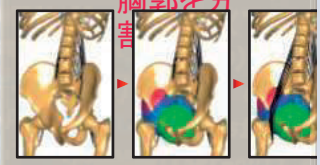


筋骨格モデル開発

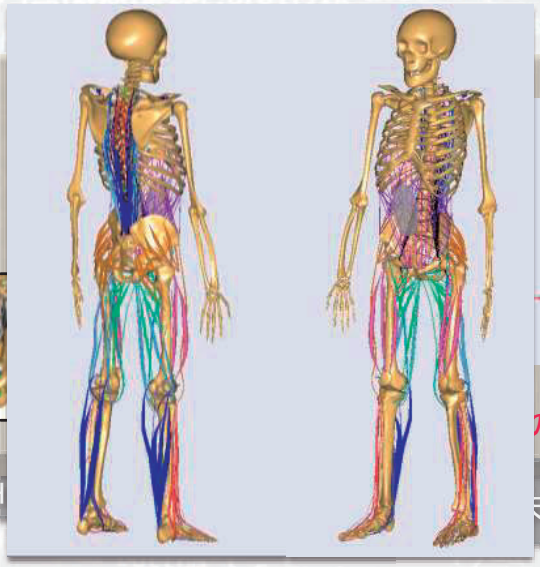
体幹

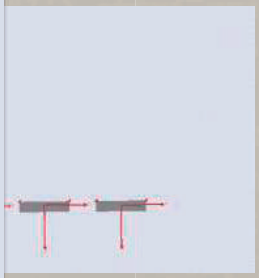


胸郭を分割



筋群の再構築





の　歩行解析：可

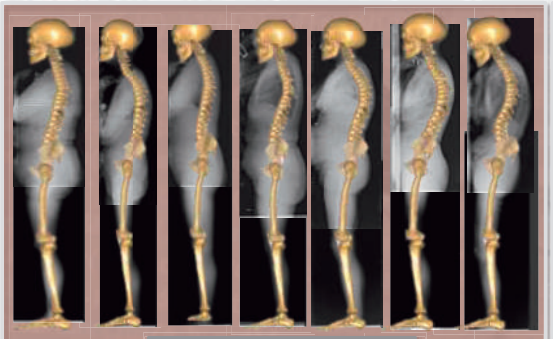
2020.06.19

(H　　バイオメカニクス学会誌

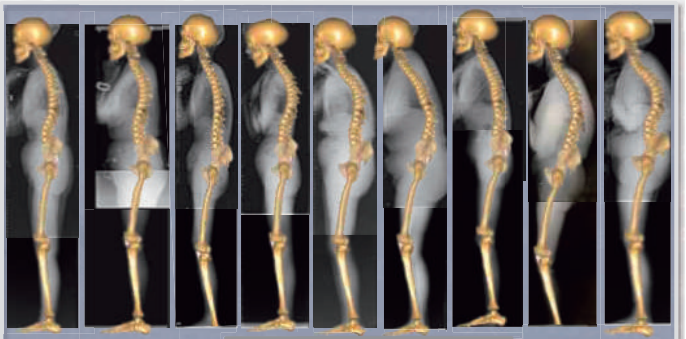
accept

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）

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

European Spine Journal
https://doi.org/10.1007/s00586-020-06406-7

ORIGINAL ARTICLE

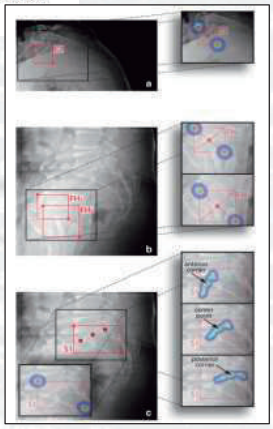
A deep learning tool for fully automated measurements of sagittal spinopelvic balance from X-ray images: performance evaluation

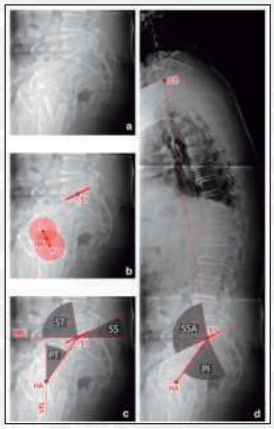
Robert Korez[1] · Michael Putzier[2] · Tomaž Vrtovec[1]

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





AMAG Progress Meeting Engineering Session 07.21.2020

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

10

- 言語:Python
- ベース:Anaconda
- 環境:pycharm

リハビリマウス
上肢用リハビリ支援ロボット

InMotionARM　　ReoGo-J

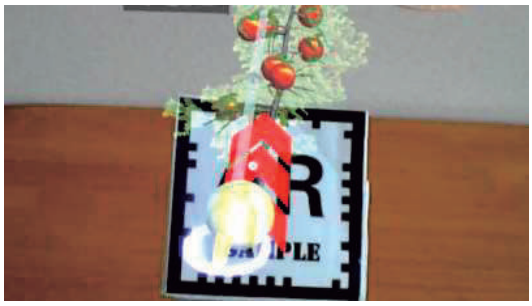
リハビリマウス

- 練習量を大きく増やすことができる
- ゲームと組み合わせることにより患者のモチベーションの向上に寄与することができる

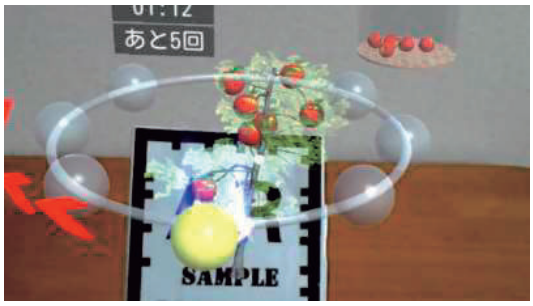
25

進捗状況(ARアプリ開発)

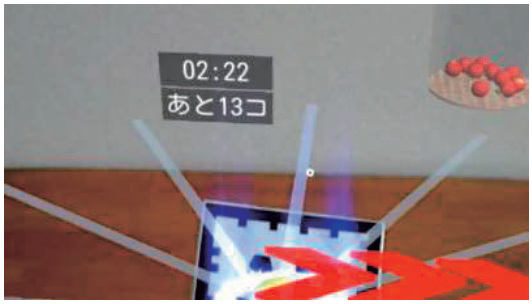
前後リーチ動作



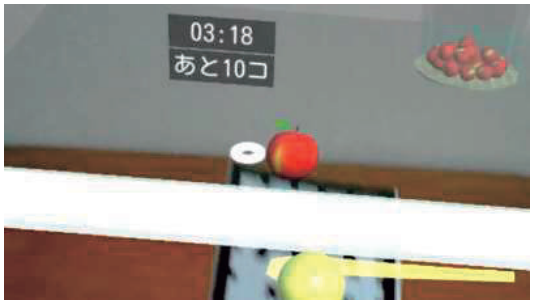
サークル動作



放射リーチ動作



リンゴ拾い(仮称)



30分～40分の訓練時間を確保

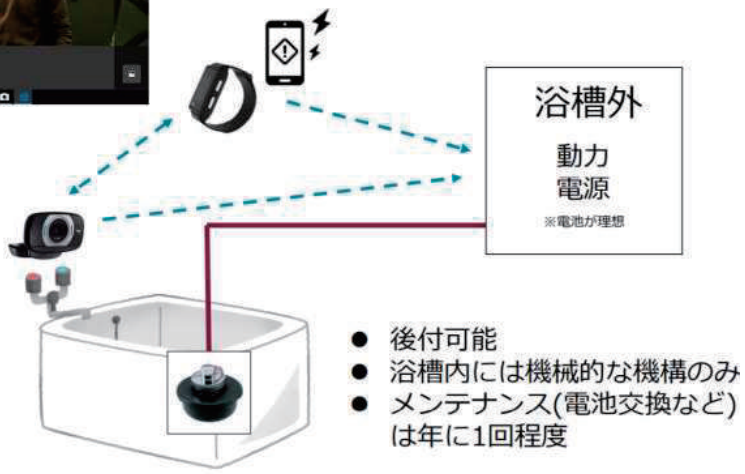
秋田版スマートホームと見守りシステム

ウェアラブルデバイスを用いた生体情報の測定

- 生体情報測定による健康行動支援
- 安全・安心・快適な生活環境
- リハビリテーション支援

秋田版スマートホームと見守りシステム

秋田版スマートホームと見守りシステム



- 後付可能
- 浴槽内には機械的な機構のみ
- メンテナンス(電池交換など)は年に1回程度

医療機器の関発

担当　長縄教授　関講師　　予算　事業費　100,000 円

1. これまでの“夢を語る会”案件への取り組み状況について
   - 瞬きする眼窩エピテーゼの開発（第3回）
   - Small magic handの開発（第2回）
   - 弾性着衣の着圧測定（第11回）
   - 腹腔鏡下子宮筋腫核出時の筋腫取り出し方法の工夫（第5回）

2. その他の医理工連携研究について
   - バルーンカテーテルを用いた研究（小腸，血管）
   - 日常生活における呼吸計測法（ウェアラブルデバイス）

ニーズからの連携

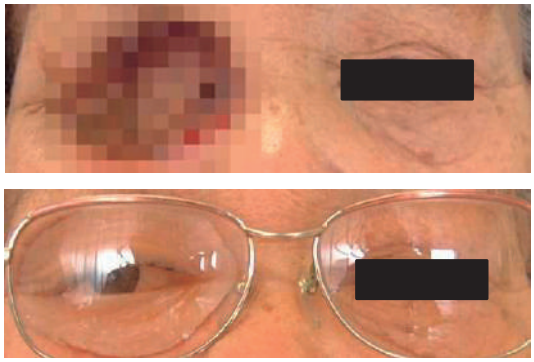
第3回夢を語る会（2015年3月11日）

「瞬きする眼窩エピテーゼの開発」

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

歯科口腔外科

眼窩エピテーゼ



エピテーゼ装着前後

31

CRIETO（AMED関連）事業2020で実施予定

今後の研究開発について（システム化の検討）

(3) 外観部

瞼：人間に近い見た目と機能を追求．

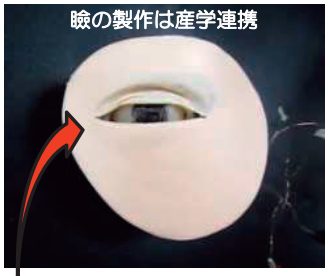
眼球：上下左右方向への駆動を実現．

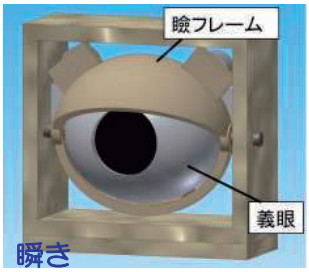
(2) 駆動部

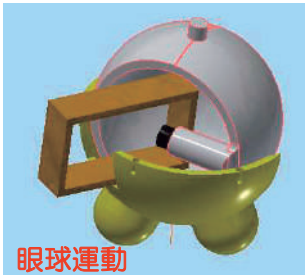
眼球が球体であることを利用し，瞼の開閉部と，眼球の駆動部を2段構造で設計し，3Dプリンタで試作．

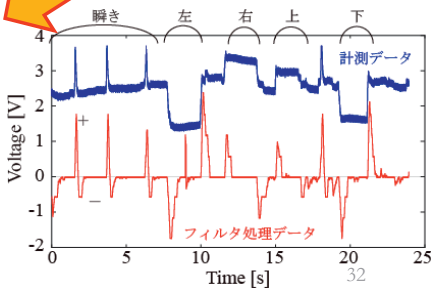
(1) 検出部

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．



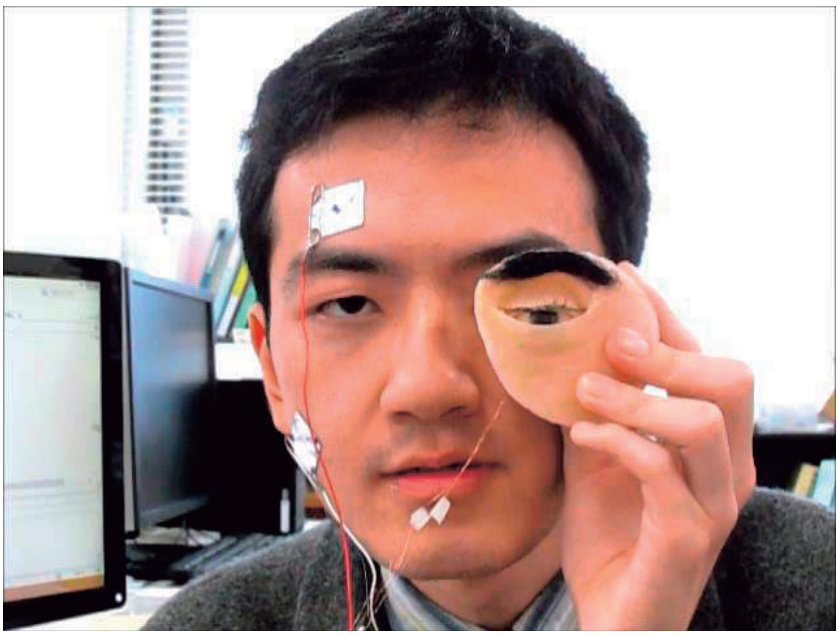






32

健側と同調した瞬きの様子



33

ニーズからの連携

第2回夢を語る会（2015年1月14日）

「Small magic handの開発」

～顕微鏡手術中に使用できる『小さな手』～

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

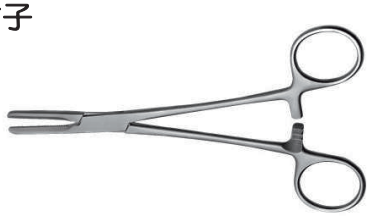
脳神経外科

脳べら

剥離子

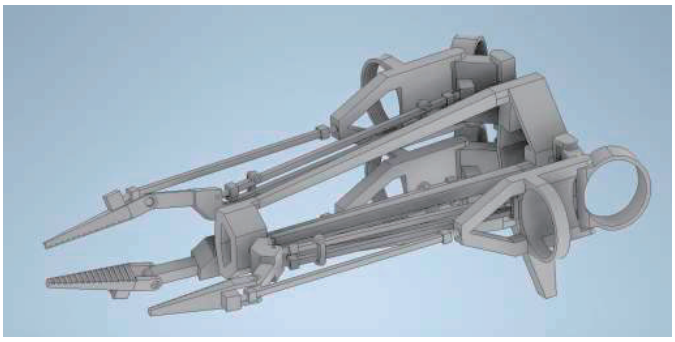
鑷子

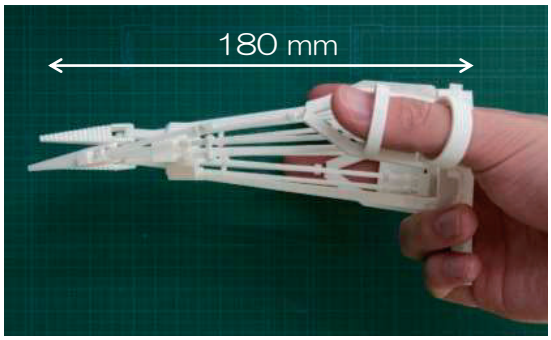
鉗子

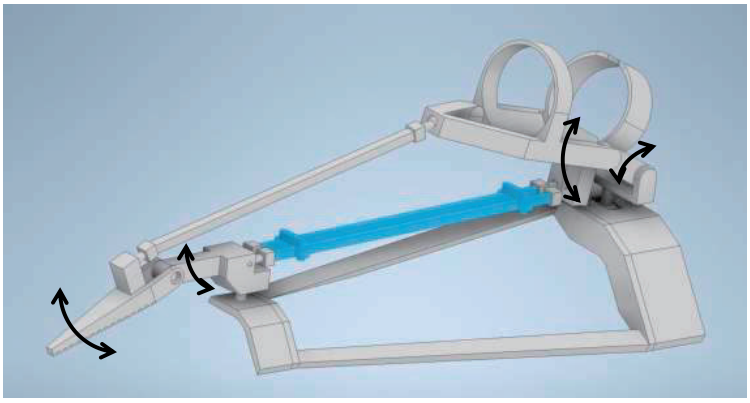


34

試作器11について

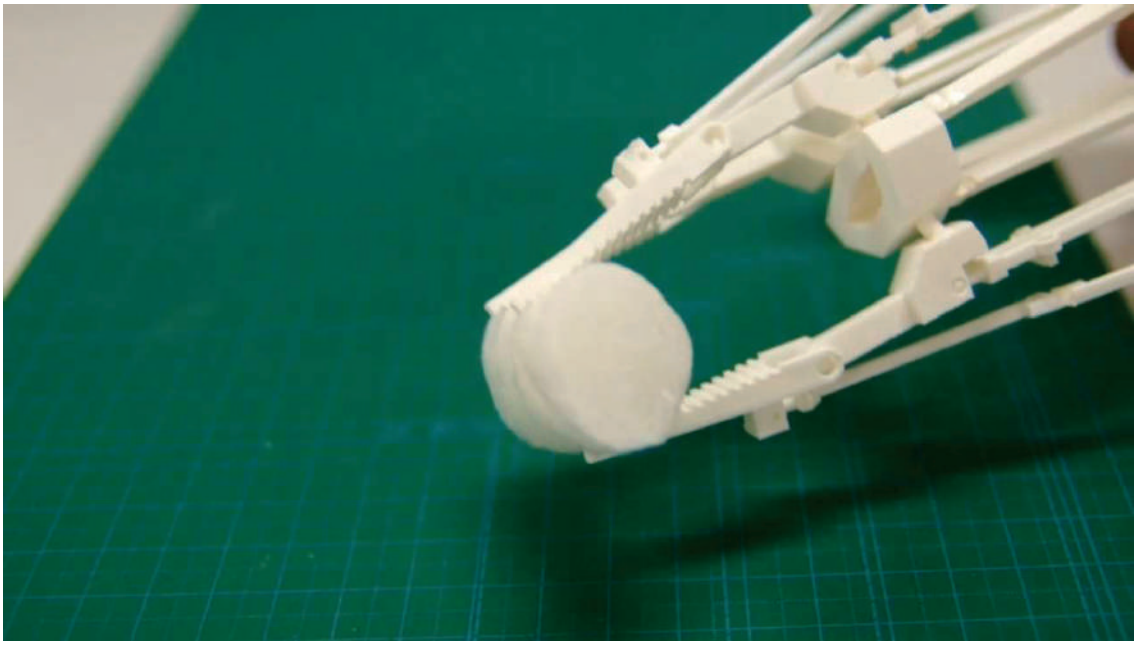






35

試作器11の動作の様子（物体の回転）



＜今後の課題＞

- より滑らかに動作することができる構造への見直し
- 把持力や操作性の評価
- 工業用途への展開

36

ニーズからの連携

第11回夢を語る会（2016年12月14日）

「弾性着衣の着圧測定」

リンパ浮腫の改善には，弾性着衣の着圧がとても重要である．しかし，市販の機器で着圧を計る場合，皮膚と弾性着衣の間にセンサを入れなければならず，測りたい場所を変えるときや計測終了後には，弾性着衣を脱がなければならない．このため，弾性着衣の外側から着圧が測定できれば…

保健・臨床看護

リンパ浮腫

出典：ナック商会

出典：Microlab

37

新しい着圧測定の方向性について

＜開発目標＞

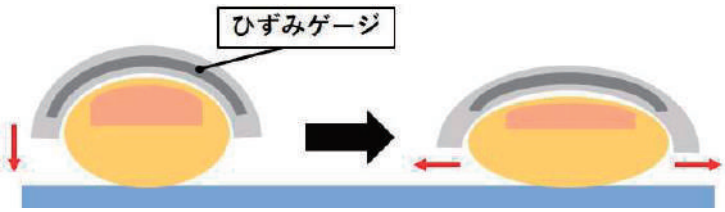
触診では，弾性着衣の圧迫の度合いを硬さで評価

↓

触診を定量化し，
患者でも使用できるデバイスをとする．！

＜測定原理＞

指が物体を押すときに，指腹が左右に膨らむことを利用し，
これをひずみ変化として捉え，指先にかかる力を測定する．



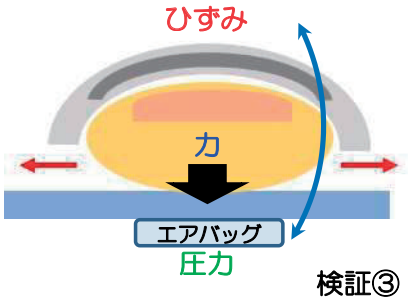
3Dプリンタで造形した
リング型デバイス

38

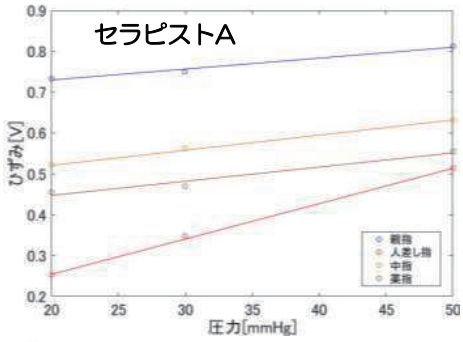
検証②

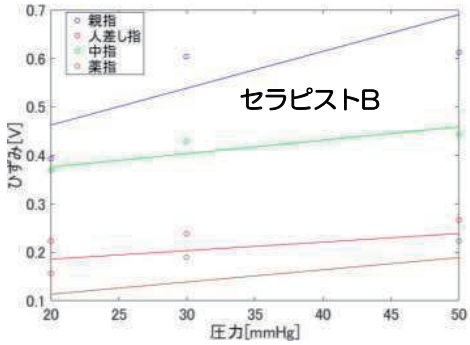
模型にエアバッグを装着して弾性包帯を巻き，リング型デバイスを装着した指で加圧し，“ひずみ（指腹の広がり）”と“圧力”の関係を測定する．

セラピストによる実験



検証③





39

検証③

指ごとに“ひずみ”と“圧力値”の回帰直線を求めて平均を求め，
指ごとに異なる基準電圧を補正して，推定値を導出した．

＜セラピスト1＞　$y = 0.0026x + 0.4804$

実際の圧力 [mmHg]	計算した圧力[mmHg]				
	親指	人差し指	中指	薬指	
30	31.8	30.8	31.8	33.8	5%の誤差（薬指13%を除く）
50	49.2	49.2	51.2	49.2	1.8%の誤差

＜セラピスト2＞　$y = 0.0069x + 0.2859$

実際の圧力 [mmHg]	計算した圧力[mmHg]				
	親指	人差し指	中指	薬指	
30	29.6	32.2	31.8	31.6	5%の誤差
50	52.2	51.2	50.4	53.2	3.4%の誤差

＜今後の課題＞

- 把持状態（親指と他の指の力加減）の評価
- 模型を用いた圧力勾配の評価
- リング型デバイスの無線化　など

40

スマートテキスタイルについて

低拘束・多機能

テキスタイル：織物

薄く，伸縮性に優れるため，体の動きに追随できる

フィルム状導電素材

出典：東洋紡

41

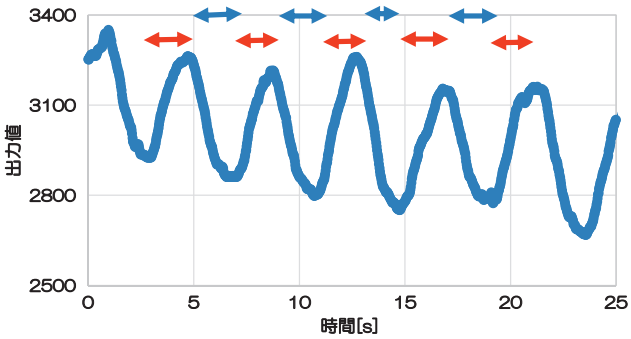
スマートテキスタイルについて

低拘束・多機能

薄く，伸縮性に優れるため，体の動きに追随できる

貼り付け位置・・・腹部

胸式呼吸
　胸郭が動くもの
腹式呼吸
　主に横隔膜が動くもの



静電容量の変化

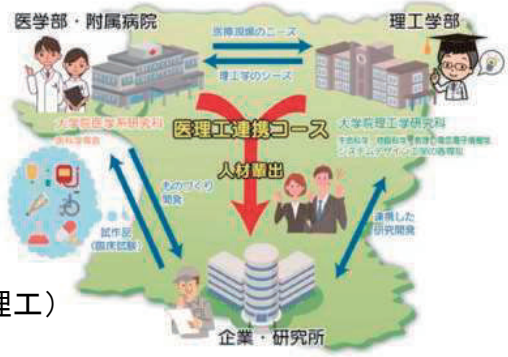
・・・吸気時
・・・呼気時

42

大学院医理工連携コース

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

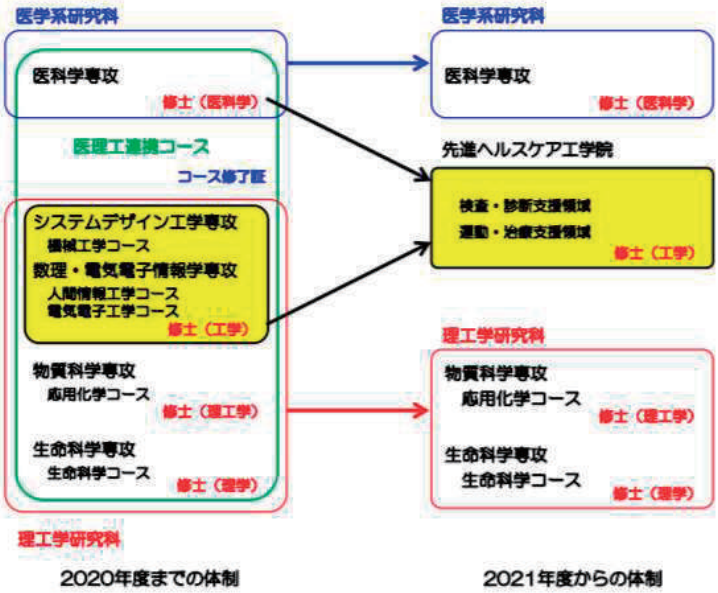
養成する人材像 『医学と理工学，双方の言葉を理解でき，医療現場のニーズを把握してその解決に取り組み，地域医療の発展と産業創出，ひいては日本国民のQOL向上に貢献する研究者，技術者，コーディネータとして活躍できる人材を育成する。』



	入学者（理工）	入学希望者（理工）
平成27年	6名（4名）	
平成28年	7名（5名）	
平成29年	7名（6名）	（8名）
平成30年	7名（7名）	（12名）
平成31年	8名（8名）	（10名）
令和元年	9名（9名）	（9名）

大学院医理工連携コース ⇒ 先進ヘルスケア工学院へ

医学部と理工学部の橋渡しをする大学院教育プログラムであった「医理工連携コース」を，地域医療の向上に資する医療機器及び超スマート社会の社会実装による医療・介護のスマート化を志す人材の育成を行う教育研究プログラムに発展させ，高齢化社会に望まれる医療を実現するため，「先進ヘルスケア工学院」を学位プログラムとして設ける。AI/IoT技術や先端メカトロニクスなどの医療への活用を目指した研究開発を実施する。



（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	5月18日	第17回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム 『柔粘性結晶ノナデカンにおける分子の回転挙動』（丹野，ほか）	
2	9月20日	第80回応用物理学会秋季学術講演会 『ピリミジン-4-カルボン酸結晶のテラヘルツ帯振動モードの方位依存性』（丹野，ほか）	
3	9月5日	The 2nd World Summit on Advances in Science, Engineering and Technology 『An open-gate vibration of ZIF-8 and its response upon gas adsorption observed using terahertz spectroscopy』（丹野，山田）	
4	11月10日	第28回有機結晶シンポジウム 『4-ニトロ安息香酸メチル単結晶のテラヘルツ帯振動の異方性』（丹野，ほか）	

◇論文発表

	日　　付	タ　イ　ト　ル	備　考
1	1月27日	Simulated disordered-to-ordered phase transition of nonadecane（丹野，ほか） Chemical Physics，532号，110697，2020年	

◇著書

	日　　付	タ　イ　ト　ル	備　考
1	10月31日	『PCP/MOFおよび各種多孔質材料の作り方，使い方，評価解析』（技術情報協会） 第2章第6節「MOFのテラヘルツ帯振動を応用したガスセンサー」（丹野，山田）	

◇実施事業

	日　　付	タ　イ　ト　ル	備　考
1	8月1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	プロジェクト課題等
1	柴山　　敦	国際資源学研究科	未利用資源の有効利用を目的とした高度資源処理・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		
	佐藤　史織	国際資源学研究科		
2	林　　滋生	理工学研究科	機能性天然鉱物を原料に用いた高効率イオン吸着材料の水中耐久性向上に関する研究	②
	加賀谷　史	理工学研究科		
3	寺境　光俊	理工学研究科	芳香族第一級アミンを用いたイリジウムおよびルテニウムの回収	①
	松本　和也	理工学研究科		
4	長谷川　崇	理工学研究科	FeCo基合金薄膜への格子歪みの導入による超高性能磁石材料の開発	②
5	原　　基	理工学研究科	溶融塩を用いた電析と溶解法による多孔質Niの創製	②
	福本　倫久	理工学研究科		
6	齋藤　嘉一	理工学研究科	LPSO型マグネシウムーリチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形におけるSuzuki効果の検証	②
	佐藤　勝彦	理工学研究科		
7	齊藤　　準	理工学研究科	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②
8	吉村　　哲	理工学研究科	高品位な強磁性･強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	②
9	進藤隆世志	理工学研究科	遷移金属含有レピドクロサイト型層状チタン酸塩を出発物質とした新規可視光応答型TiO2系水素生成光触媒の創製	②
	加藤　純雄	理工学研究科		
	小笠原正剛	理工学研究科		
	齊藤　寛治	理工学研究科		
10	髙橋　　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	宮野　泰征	理工学研究科	摩擦攪拌接合を利用した高張力鋼の接合プロセス開発，および摩擦攪拌プロセスによる材料表面の高機能化に関する研究	①②③
12	菅原　勝康	理工学研究科	超音波を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離	②
	大川　浩一	理工学研究科		
13	藤原　憲秀	理工学研究科	特異な構造の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
14	後藤　　猛	理工学研究科	インプリント法によるレアアース選択的吸着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. スティーブンス	地方創生センター		
15	緒方　武幸	国際資源学研究科	希少金属資源開発にかかわる有用資源鉱物データベース構築と資源賦存量評価法の開発 ～選鉱に係る鉱物組織と地質構造に注目した評価データベースの構築～	①
	Jamsran Erdenebayar	地方創生センター		
16	尾髙　雅文	理工学研究科	タンパク質コンパートメントを利用した機能性バイオマテリアルの開発	②
	松村　洋寿	理工学研究科		
17	高橋　弘樹	理工学研究科	Mo窒化物の酸素還元活性	②
18	カビール ムハムドゥル	理工学研究科	活性汚泥の資源化及び電力化に関する研究	①
19	アントニオ アリバス	国際資源学研究科	ミャンマー国 slate belt地域における金鉱化作用の解明	①
20	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		
21	石山　大三	国際資源学研究科	希少元素の天然での存在状態および分布の把握と濃集条件の解明	①
	増田　信行	国際資源学研究科		
22	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

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	研究指導教員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題等
原野日向花	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	選鉱技術を用いた低品鉄鉱石の処理プロセス開発	①
原田　礼知	国際資源学研究科 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 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	
今井　清弘	国際資源学研究科 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	
相模　陸	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	難処理銅鉱石の選鉱プロセスの開発	
サンバルフンデウ デルゲルマー	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	高温高圧浸出法を用いたヒ素含有銅鉱石からの銅回収とヒ素の固定化	
信太　大節	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	選鉱技術を用いた低品鉄鉱石の処理プロセス開発	
七字　慶輔	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	乾式物理選別を用いた廃電子基板からのスズ濃縮	
渡邉　菜央	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	貴金属を選択的に分離する新規抽出剤の合成	
バヤルマグナイ エンフズル	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	浮遊選鉱法を用いたヒ素含有銅鉱石の処理技術開発	
ラボーネ ゴルディリルフェ	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	銅電解プロセスの高度化に関する研究	
クライシ　シャー モハマド	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	未利用銅資源の有効利用に関する研究	
関　勇希	理工学研究科 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 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	
及川　光彬	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	FeCo基合金薄膜の微細加工と規則化	
坂本　真人	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	FeCo基合金薄膜へのVC添加による格子歪の導入と規則化	
武政　友佑	理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	FeCo基合金薄膜へのAlN添加による格子歪の導入と規則化	
菊池　修平	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	LPSO型マグネシウムーリチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形におけるSuzuki効果の検証	②
葛谷　慎吾	理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一		
大坂　飛翔	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	齊藤　準	ソフト磁性薄膜の交番磁気力顕微鏡を用いた動的磁区観察	②
上村　拓	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	齊藤　準	磁気記憶媒体材料の交番磁気力顕微鏡を用いた高周波磁気応答計測	
木村　晃野	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	齊藤　準	磁気記憶ヘッドの交番磁気力顕微鏡を用いた交流磁場計測	
和田　真羽	理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	齊藤　準	磁石内部の磁区解析のための磁気力信号の処理技術の開発	
花輪　亮太	理工学研究科 物質科学専攻	吉村　哲	反応性パルスＤＣスパッタリング法を用いた(Bi,A)FeO3 (A=Sr,Ca) 強磁性・強誘電薄膜の高品位作製	②
武田航太朗	理工学研究科 物質科学専攻	吉村　哲	反応性パルスＤＣスパッタリング法を用いて作製した(Bi,Ba)(Fe,B)O3強磁性・強誘電薄膜の特性におけるターゲット素材依存性	
山本　大地	理工学研究科 物質科学専攻	吉村　哲	反応性パルスＤＣスパッタリング法を用いた(Bi,A)(Fe,B)O3 (A=La,Gd / B=Co) 強磁性・強誘電薄膜における電界印加磁化反転の検証	

氏　　名	所属部局等名	研究指導教　員	プロジェクト課題等に関する研究課題名	プロジェクト課題等
ヨウ　テイギ	理工学研究科 システムデザイン工学専攻	宮野　泰征	摩擦攪拌接合を利用した高張力鋼の接合プロセス開発，および摩擦攪拌プロセスによる材料表面の高機能化に関する研究	①②③
畠山　遼雅	理工学研究科 システムデザイン工学専攻	宮野　泰征		
鞠子　　侑	理工学研究科 システムデザイン工学専攻	宮野　泰征		
鷲谷　洋希	理工学研究科 システムデザイン工学専攻	宮野　泰征		
竹原　直輝	理工学研究科 生命科学専攻	尾髙　雅文	タンパク質コンパートメントを利用した機能性バイオマテリアルの開発	②
古谷　　優	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
石月　宏斗	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	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
魚石　凱斗	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志		
斎藤　直希	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志		
芳賀　光暉	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志		
前田　幸樹	国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志		
阿部　拓也	理工学研究科 数理・電気電子情報学コース	カビール ムハムドゥル	非線形材料の電気特性	②

プロジェクト課題番号　①資源開発・環境リサイクル研究開発事業
②新素材・機能性材料開発研究事業
③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	プロジェクト課題等
Zhao Yue	ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用	②
Jamsran Erdenebayar	レアメタル資源を伴う鉱化関連火成岩の岩石組織の解明と資源探査・開発への応用　～特にモンゴル国のモリブデン鉱床のUSTについて～	①
Munusamy Kuppan	高品位な強磁性･強誘電薄膜の探索および作製とその高機能な磁気素子およびデバイスへの応用	②
Morlu G. F. Stevens	インプリント法によるレアアース選択的吸着能を有するペプチド-シリカ担体の創製	②
Laurel Simon Lobo	超耐熱性ハイパーブランチポリマーの合成	②
北村　優弥	・砒素の安定貯蔵を目的とした難溶解性材料の合成 ・マグヘマイトナノ粒子の簡易合成とリチウムイオン電池用正極材料としての評価	②
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

1．未利用資源の有効利用を目的とした高度資源処理・リサイクル技術の開発
柴山　敦・川村　茂・芳賀　一寿（大学院国際資源学研究科）
山田　学（大学院理工学研究科）
佐藤　史織（大学院国際資源学研究科）…… 107

2．天然ゼオライトを用いた多孔質吸着材の作製と評価
林　滋生・加賀谷　史（大学院理工学研究科）…… 111

3．芳香族第一級アミンを用いたイリジウムおよびルテニウムの回収
寺境　光俊・松本　和也（大学院理工学研究科）…… 113

4．ハイパーブランチポリフェニレンの合成と特性
Laurel Simon L obo（地方創生センター）…… 116

5．FeCo基合金への格子歪の導入による超高性能磁石の開発
長谷川　崇（大学院理工学研究科）…… 122

6．溶融塩を用いた電析と溶解法による多孔質Niの創製
原　基・福本　倫久（大学院理工学研究科）…… 126

7．LPSO型マグネシウムーリチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形におけるSuzuki効果の検証
齋藤　嘉一・佐藤　勝彦（大学院理工学研究科）…… 132

8．ナノスケール磁気イメージングシステムの開発とその先端磁性材料・磁気デバイス評価への応用
齊藤　準（大学院理工学研究科）…… 134

9．Three-dimensional Magnetic Field Measurement by Alternating Magnetic Force Microscopy Based on MFM Tip Transfer Function
Zhao Yue（地方創生センター）…… 137

10. Local measurement of the magnetic saturation process of perpendicular recording write head by Alternating Magnetic Force Microscopy
Paritosh Dubey（地方創生センター）…… 141

11. 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）…… 144

12. Fabrication of (Bi,La) (Fe,Co) O_3 multiferroic films and demonstration of magnetic reversal by electric field
Munusamy Kuppan（地方創生センター）…… 150

13. 環境浄化用新規TiO_2系光触媒材料の開発
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）…… 155

14. 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
髙橋　護（大学院理工学研究科）…… 158

15. 摩擦攪拌プロセス（FSP）を利用した亜鉛電解製錬用アノードの開発
宮野　泰征（大学院理工学研究科）…… 163
16. 超音波を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離
菅原　勝康・大川　浩一（大学院理工学研究科）…… 167
17. 塩化カルシウムとCO_2吸収したMEA溶液への超音波照射によるCO_2ガスの低温脱離と形状制御した炭酸カルシウム粒子の合成
北村　優弥（地方創生センター）…… 171
18. 特異な構造の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（大学院理工学研究科）…… 176
19. 分子インプリント法を用いたセレン選択性を有するペプチド-シリカ担体の調製
後藤　猛・横田　早希（大学院理工学研究科）
Morlu G. F. Stevens（地方創生センター）…… 178
20. Development of Selenium（IV）and（VI）Imprinted Peptide Silica Particles
Morlu G. F. Stevens（地方創生センター）…… 183
21. 岩石化学的手法による探査候補地の推定方法の開発 ～チリIOCG鉱床を例として～
緒方　武幸（大学院国際資源学研究科）
Jamsran Erdenebayar（地方創生センター）…… 190
22. レアメタル資源を伴う鉱化関連火成岩の岩石組織の解明と資源探査・開発への応用 ～特にモンゴル国のモリブデン鉱床のUSTについて～
Jamsran Erdenebayar（地方創生センター）…… 193
23. タンパク質コンパートメントを利用した機能性バイオマテリアルの開発
尾髙　雅文・松村　洋寿（大学院理工学研究科）…… 196
24. Mo窒化物の酸素還元活性
高橋　弘樹（大学院理工学研究科）…… 200
25. 活性汚泥からのタンパク質抽出に関する研究
カビール　ムハムドゥル（大学院理工学研究科）…… 204
26. 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
高崎　康志・別所　昌彦（大学院国際資源学研究科）…… 210
27. セルビア国ボール銅鉱山地域における環境影響評価手法の開発
石山　大三・増田　信行（大学院国際資源学研究科）…… 216
28. β-Mn構造をもつ室温磁気スキルミオン物質の探索
肖　英紀（大学院理工学研究科）…… 220

未利用資源の有効利用を目的とした
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，佐藤　史織
川村　茂，芳賀　一寿
理工学研究科　山田　学
（第１研究グループ）
e-mail: sibayama@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本研究グループでは、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、資源化できない原料からの金属回収技術を開発した。各研究では、物理選別技術や湿式分離技術を基本とした資源回収の可能性を検討し、処理条件の調査のほか、分離に寄与するの因子の解明を試みた。また、貴金属に特化した新規選択抽出剤の合成を試み、貴金属リサイクルプロセスの高効率化を図るなど、多種多様な原料からの金属回収プロセスを構築した。

独自性・実用性：

ヒ素をはじめとする不純物を含む銅鉱石の処理技術に関する研究では、浮選および高温高圧浸出－溶媒抽出—電解採取によるヒ素除去および銅回収を試み、電解採取により銅を金属銅として回収できたほか、ヒ素は酸化鉄を主体とする残渣として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、pH および抑制剤添加条件を最適化することで、銅と亜鉛を分離できる可能性を見出した。

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重液選別によるガラスクロスの分離除去に成功した。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、耐酸性や金属抽出能を強化した新規抽出剤の創成を試み、繰り返し利用にも対応した高性能パラジウム抽出剤を開発できた。

各研究の概要

（1）　未利用鉱物資源への資源分離技術の応用とプロセス開発

高ヒ素含有銅鉱石を対象とした浮選試験を実施し、粗選の段階でヒ素を含む銅鉱石を選択的に分離可能か検討した。その結果、高アルカリ条件（pH13）で少量の捕収剤（PAX, 5 g/t）添加した条件でヒ素鉱物の選択的に浮上させることができた。また、系内に残留するヒ素を含まない銅鉱物は、捕収剤の添加量を増やすことで回収できる可能性も見出した。そのほか、不純物として亜鉛を含む銅鉱石を対象とした浮選試験も行い、pH および抑制剤添加条件を最適化することで、銅鉱物を選択的に浮上させ、亜鉛鉱物の浮上を抑制させることができた。

（２）過熱蒸気および物理選別による廃電子基板からの不純物（臭素・シリカ）の除去プロセスの検討

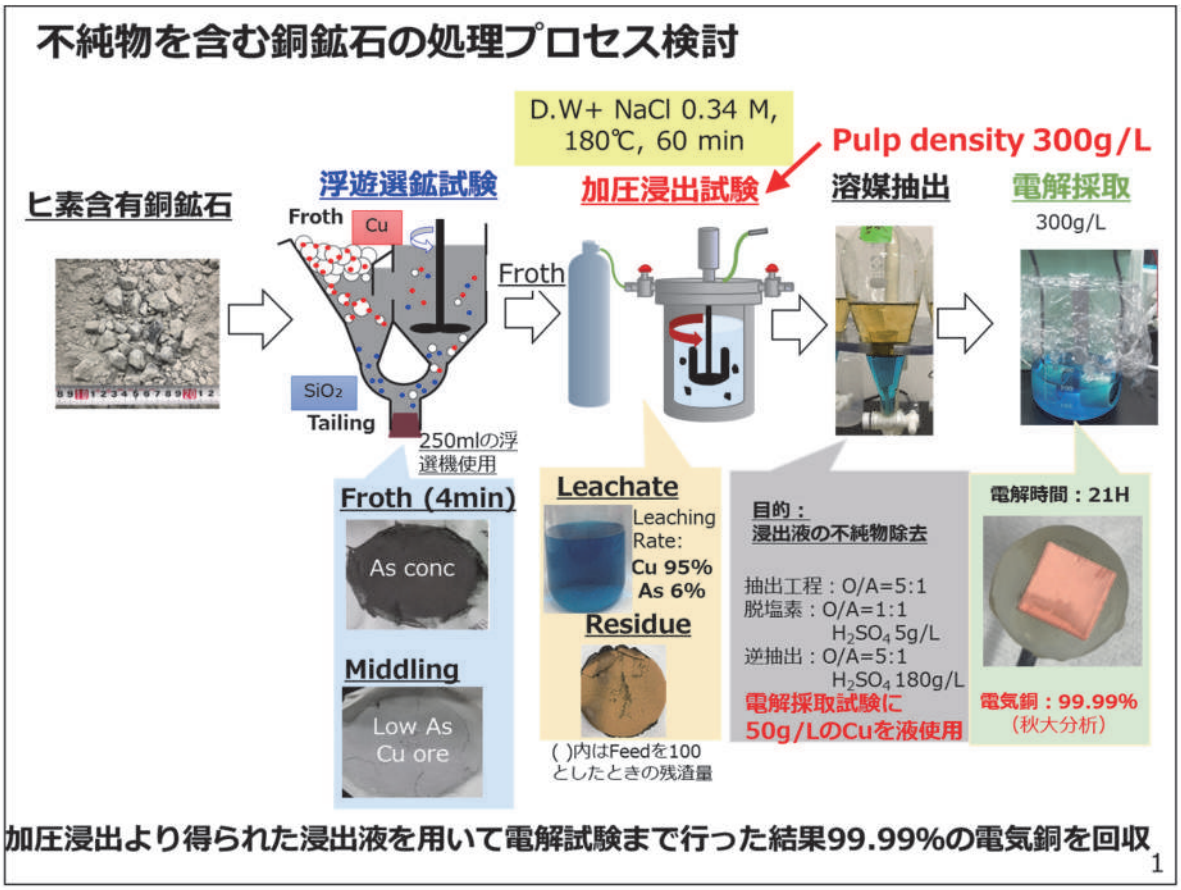
廃電子基板からの臭素とシリカの除去を目的に、過熱蒸気による臭素の揮発除去および重液選別を用いた銅とシリカの分離を試みた。過熱蒸気による熱処理では、比較的低温（400℃程度）でも基板に含まれる臭素の 90%以上を除去できることを確認した。また、過熱蒸気は酸素をほとんど含まないため、基板中の樹脂成分を固定炭素として回収できるほか、アンチモン等の揮発しやすい金属のロスも抑えることができた。熱処理後の基板に含まれる実装部品を分離した後、 粉砕し粒度調整を行うことによって粗粒側で銅を 90%以上、細粒側にガラス繊維を 90%以上分配させることができることを明らかにした。

（３）貴金属に特化した選択抽出剤の合成とリサイクルプロセスの開発

パラジウムを選択的に回収するための新規抽出剤として、長鎖・分岐鎖アルキル鎖を有する抽出剤の開発を試みた。本年度は、貴金属との親和性が報告されているチオエーテル基をパラ位に有する新規抽出剤 Synthesis of p-(dioctylsulfide)benzene の合成を行い、貴金属の抽出実験を行った。その結果、ケロシン使用の際には HCl 酸性液における Pd(II)に対して抽出剤濃度 20 倍、クロロホルム使用の際には Au(III)に対して抽出剤濃度 5 倍のとき、効率よく金属を抽出可能であることが確認された。

～　研究成果概要説明　補足資料～

（１）　未利用鉱物資源への資源分離技術の応用とプロセス開発



（２）過熱蒸気および物理選別による廃電子基板からの不純物（臭素・シリカ）の除去プロセスの検討

廃電子基板からの脱ハロゲン技術の開発

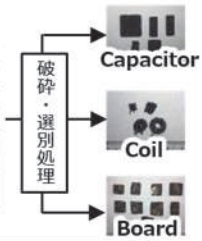
目標　**低温熱処理による脱臭素、脆化（後工程の粉砕エネルギー削減）**

過熱蒸気を用いて短時間で基板を炭化し脆化させることで部品剥離性を評価

過熱蒸気の発生・吹付

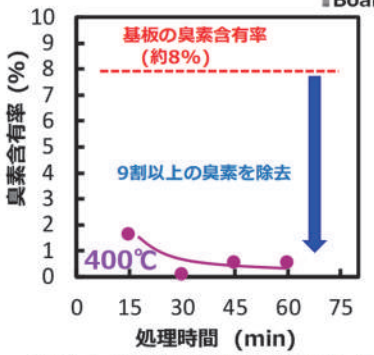
廃電子基板（処理前）

熱分解基板（処理後）



➢ **過熱蒸気の特徴、熱分解結果**

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



脱臭素：目標値の１%以下を達成
（さらに低温での試験を実施予定）

現在も温度依存性などを調査中

熱処理基板からのガラスと銅の分離回収

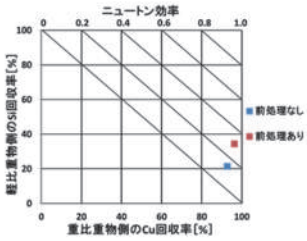
比重差を利用した物理選別を実施

<Wilfley Table>

<検討項目>
◆デッキ傾斜角
◆水量
◆振動数

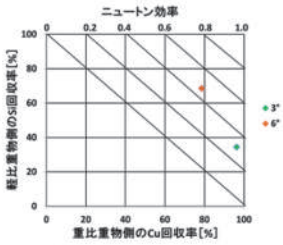
ニュートン効率
$\eta = \gamma_{Si} + \gamma_{Cu} - 1$
η：ニュートン効率
γ_{Si}：軽比重物側のSi回収率
γ_{Cu}：重比重物側のCu回収率

● 前処理の影響
デッキ傾斜角：3°、試料粒径：+1.00-2.00mm、水量5L/min(2.5L+2.5L)、振動数：400rpm



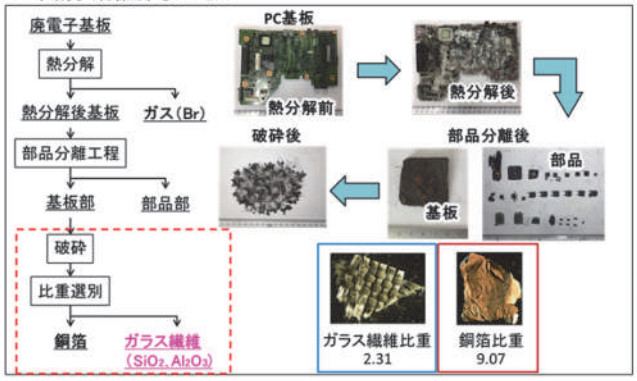
✓ 綿状物を取り除くことでニュートン効率が向上した

● デッキ傾斜角の影響
試料粒径：+1.00-2.00mm（前処理あり）
水量5L/min(2.5L+2.5L)、振動数：400rpm



✓ 3°より、6°の方がニュートン効率が高かった

➢ 本研究で目標とするプロセス



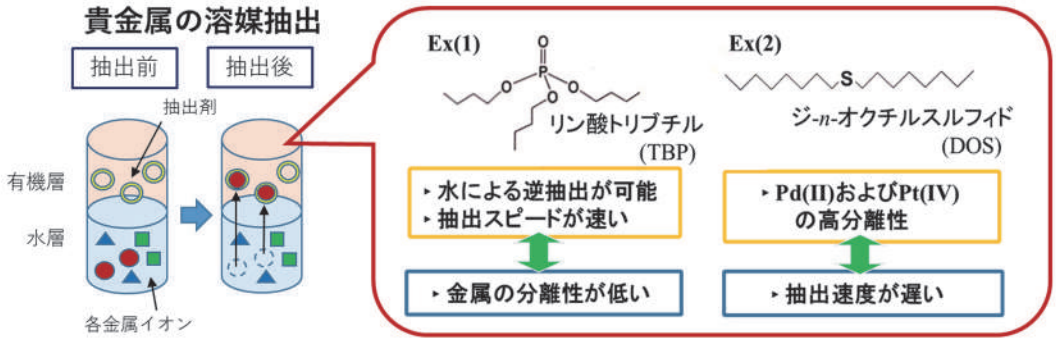
● **比重選別によって基板中の銅箔とガラス繊維が分離可能。（ニュートン効率0.65）**

■比重選別と粉砕・分級を組み合わせることで、
銅回収率64%（目標70%）
ガラス繊維（SiO_2）分離率88%（目標70%）
で分離回収することができた

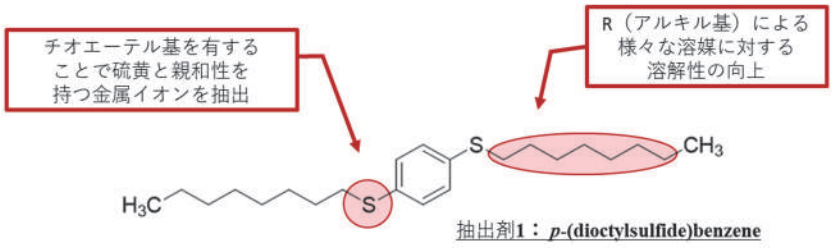
（３）貴金属に特化した選択抽出剤の合成とリサイクルプロセスの開発

貴金属を対象としたチオエーテル基を有する新規抽出剤の開発

● 従来の抽出剤の特徴



● 新規貴金属抽出剤　貴金属を選択的・迅速に分離できる抽出剤の開発

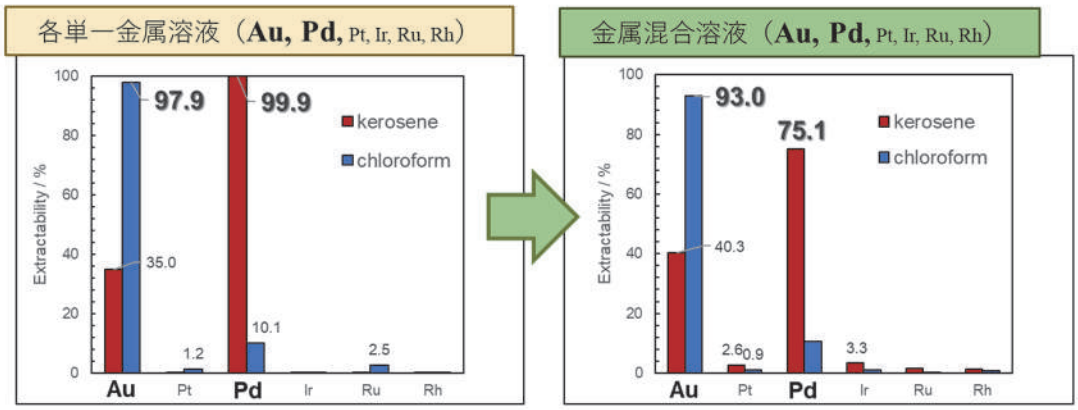


本研究の目的：新たな貴金属抽出剤の開発と機能評価

貴金属の抽出性能

● 各単一金属溶液および金属混合溶液に対する抽出

条件：[M] = 1 mM; [HCl] = 0.5 M(単一), 1.0 M(混合);
[E] = 20 mM(ケロシン), 5 mM(クロロホルム); Contact time = 1 h(ケロシン), 3 h(クロロホルム)



・単一溶液では**Pd、Auそれぞれが97%以上抽出**された
・混合溶液では、**Pdは93.0%、Auは75.1%**と単一溶液に比べ若干抽出率が低下したものの、各金属に対する選択性を示した。

天然ゼオライトを用いた多孔質吸着材の作製と評価

林　滋生，加賀谷　史
(第2研究グループ)
shigeo@gipc.akita-u.ac.jp

概要：天然に産出する鉱物の中には，イオン交換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体状に成形加工するといった，形状に工夫を施すことにより吸着特性やハンドリング（取り扱い）性の向上を図ることが有効と考えられる。令和元年度の研究では，天然ゼオライト粒子をポリスチレン粒子とともにジオポリマー法で硬化後，ポリスチレン粒子を溶出させることで多孔体を創製することを試みた。

キーワード：天然ゼオライト，多孔体，吸着材料

独自性・実用性：

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

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

概要で示した様に令和元年度の研究では，秋田県産天然ゼオライト（クリノプチロライト）粒子を対象としたジオポリマー法を用いた多孔質硬化体の作製について，いくつかの知見を得るための検討を試みた。天然ゼオライトは陽イオン吸着（交換）機能を有するため，これらの原料を使っ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，ケイ酸モノマーの重合を利用したジオポリマー法によるゼオライト硬化体作製の際にポリスチレン粒子を混合し，硬化後にこれを溶解・除去することで，多孔体内部に侵入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た。実験条件の検討の結果，ポリスチレン粒子としては市販の発泡ポリスチレン粒子（直径約 4 ㎜）を用い，40℃-24 h の条件で水ガラス（ケイ酸ナトリウム）溶液を用いて天然ゼオライトとともに硬化させた後，リモネンを用いて溶出し多孔質硬化体とすることができた。

作製した多孔質硬化体について，密度，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。多孔質にしないゼオライト硬化体の密度を基準にすると，相対密度約 30～60%の硬化体を得ることができた。また硬化体の断面観察より，硬化体内部のポリスチレン粒子も溶出させることができ，連続的な気孔ができていることが示唆された。さらに水中からの Pb^{2+}イオン吸着速度は，相対密度が低く気孔率が高い試料ほど大きくなることが分かった。

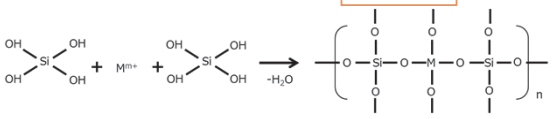
得られた多孔質硬化体は，イオン吸着速度は大きくなったものの十分な強度を有しているとは言えず，特に気孔率の高いものは，取扱い時に簡単に壊れる程度であった，今後はこの点の改善を念頭に入れ，ポリスチレン粒子の形態・サイズや量をパラメータとして取り入れ，より取扱いがし易くイオン吸着特性に優れた天然ゼオライト起源の吸着材料を目指して検討を続けていく予定である。

■ジオポリマー反応

アルカリ環境下での無機高分子の重合反応を利用して，原料粉末粒子を結合し，硬化体を作製する方法。

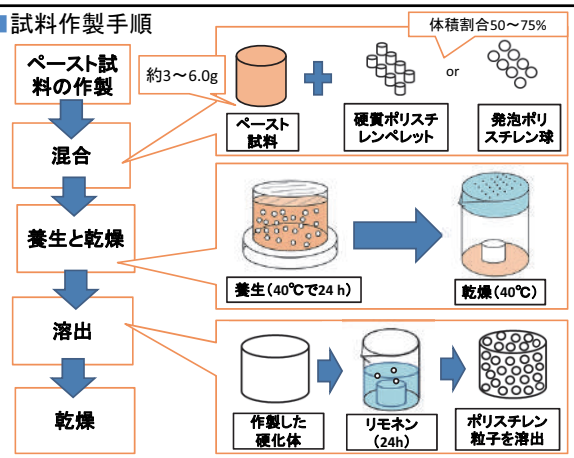
原料粉末 ＋ アルカリシリケート溶液（NaOH＋水ガラス） → 硬化体

重合反応



本研究の目的：ジオポリマー反応を利用し，天然ゼオライト多孔質硬化体の作製を試みる

■試料作製手順



■発泡ポリスチレン球を用いた硬化体の外観

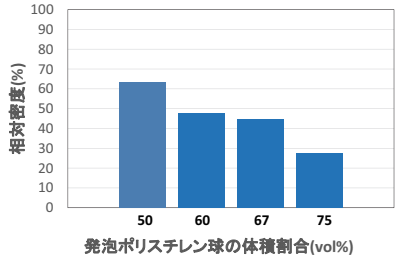
発泡ポリスチレン球の体積割合が50%の硬化体

試料に亀裂が生じず，また内在する発泡ポリスチレン球を試料全体から溶出させることができた。

以上のことから…

多孔質硬化体を作製する上で発泡ポリスチレン球が適していることが分かった。

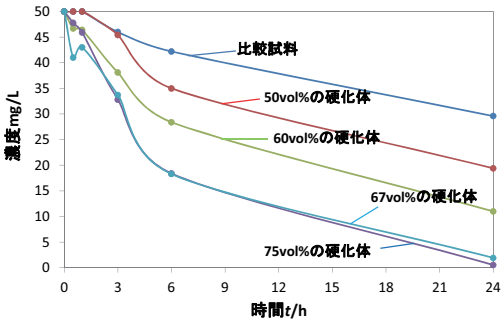
■多孔質硬化体の密度



作製した硬化体と同質量の発泡ポリスチレン球を含まない硬化体をもとに相対密度を算出した。

硬化体中に占める発泡ポリスチレン球の体積割合を上げることで硬化体の密度を大幅に下げ，軽量な硬化体が作製できた。

■ Pb^{2+}イオン吸着特性



多孔質化した硬化体はいずれにおいても従来の硬化体より吸着速度を向上させることができた。
発泡ポリスチレン球の体積割合が上がるにつれ吸着速度は向上した。

■総括

- ゼオライト粉末を出発原料として，メタカオリン，アルカリシリケート溶液を用いて硬化体を作製するジオポリマー法にポリスチレン粒子を添加，溶出させることで多孔質硬化体の作製を試みた。添加するポリスチレン粒子の量を調整し，その影響を検討した。
- 多孔質硬化体を作製するにあたり，添加するポリスチレン粒子として発泡ポリスチレン球が適していた。
- 多孔質化したことで吸着特性が大幅に向上し，また発泡ポリスチレン球の体積割合が上がるにつれ吸着速度が上昇した。

芳香族第一級アミンを用いたイリジウムおよびルテニウムの回収

松 本 和 也 ・ 寺 境 光 俊

(第３研究グループ)

kmatsu@gipc.akita-u.ac.jp

概要：白金族金属であるロジウム，イリジウム，ルテニウムは既存の方法では回収が困難であることが知られている。我々は第一級アミン化合物を沈殿剤として用いることで，ロジウムを選択的に回収可能となることを明らかにしている。本研究では，ロジウム回収で得られた知見を生かし，従来法では困難であるイリジウムおよびルテニウムの回収法の確立を目指した。芳香族第一級アミン化合物を沈殿剤として用いることで， 塩酸溶液中のイリジウムまたはルテニウムを沈殿として回収可能であることが判明した。白金やパラジウムが共存する場合でもイリジウムまたはルテニウムを選択的に回収できることが明らかとなった。

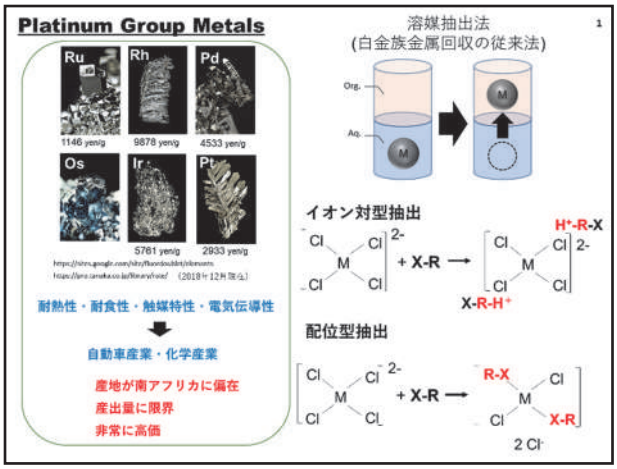
キーワード：白金族金属，イリジウム，ルテニウム，芳香族第一級アミン

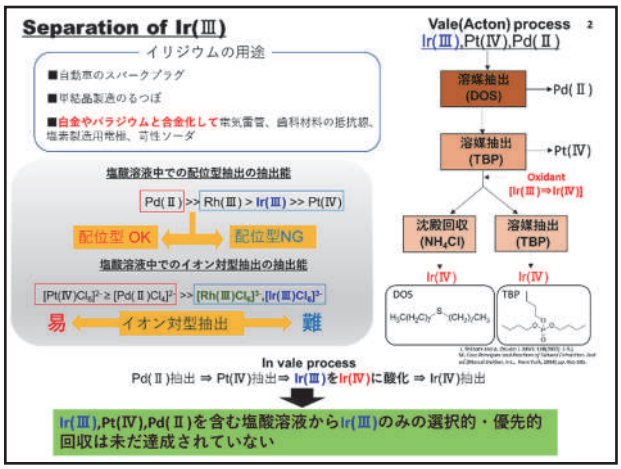
独自性・実用性：

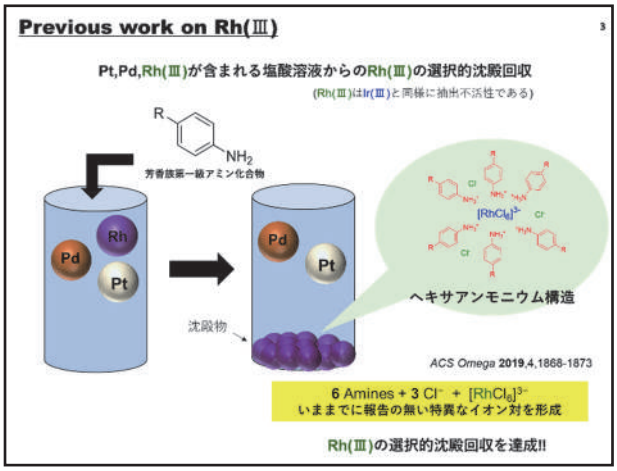
・イリジウムまたはルテニウムを含む塩酸溶液に芳香族第一級アミン化合物を添加することで，これら金属を沈殿として回収可能

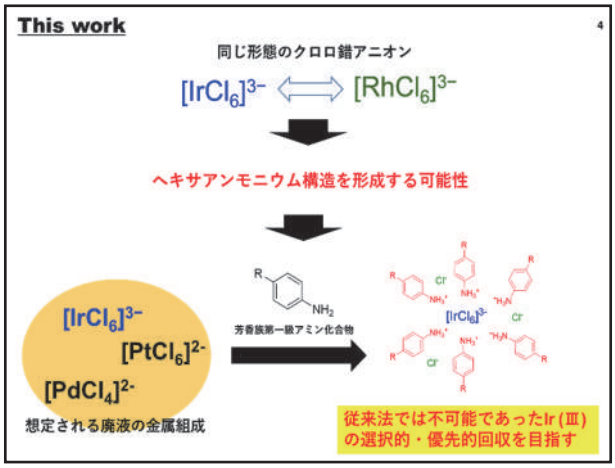
・白金やパラジウムなどの白金族金属が共存する場合でも，イリジウムまたはルテニウムを選択的に沈殿回収可能

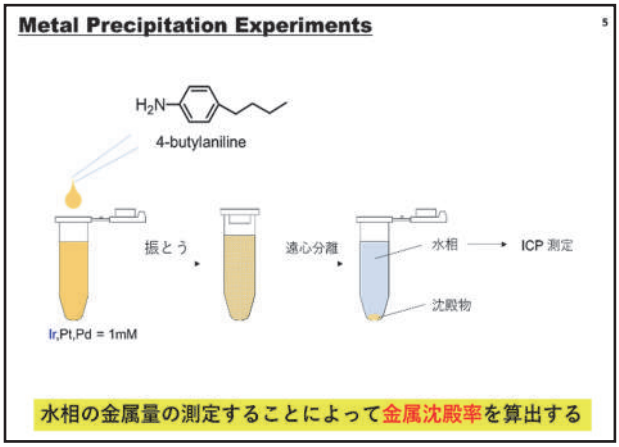
・イリジウムやルテニウムは芳香族第一級アミン化合物と特異なイオン対を形成することで回収される

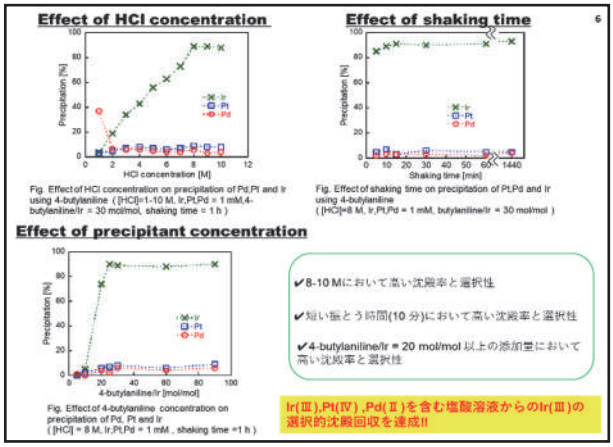

Platinum Group Metals
1
Ru
Rh
Pd
Os
Ir
Pt
1146 yen/g
9878 yen/g
4533 yen/g
5761 yen/g
2933 yen/g
耐熱性・耐食性・触媒特性・電気伝導性
自動車産業・化学産業
産地が南アフリカに偏在
産出量に限界
非常に高価
溶媒抽出法
(白金族金属回収の従来法)
Org.
Aq.
イオン対型抽出
+ X-R
H⁺-R-X
X-R-H⁺
配位型抽出
R-X
X-R
2 Cl⁻

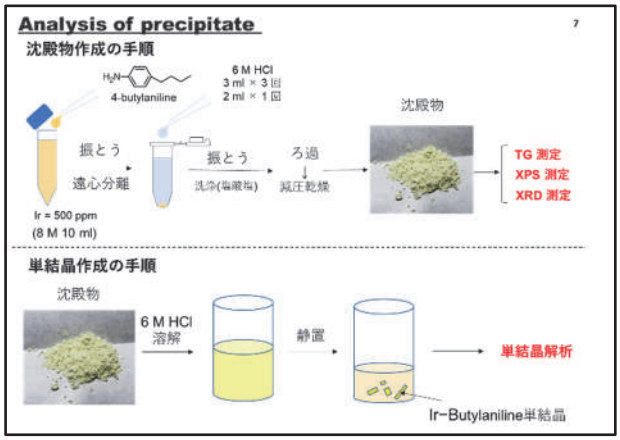

Separation of Ir(Ⅲ)
2
イリジウムの用途
■自動車のスパークプラグ
■宝飾品製造のるつぼ
■白金やパラジウムと合金化して電気電子、歯科材料の抵抗線、塩素製造用電極、苛性ソーダ
塩酸溶液中での配位型抽出の抽出能
Pd(Ⅱ) >> Rh(Ⅲ) > Ir(Ⅲ) >> Pt(Ⅳ)
配位型 OK
配位型NG
塩酸溶液中でのイオン対型抽出の抽出能
易
イオン対型抽出
難
Vale(Acton) process
Ir(Ⅲ),Pt(Ⅳ),Pd(Ⅱ)
溶媒抽出 (DOS)
Pd(Ⅱ)
溶媒抽出 (TBP)
Pt(Ⅳ)
Oxidant
[Ir(Ⅲ)⇒Ir(Ⅳ)]
沈殿回収 (NH4Cl)
溶媒抽出 (TBP)
Ir(Ⅳ)
Ir(Ⅳ)
DOS
TBP
In vale process
Pd(Ⅱ)抽出 ⇒ Pt(Ⅳ)抽出⇒ Ir(Ⅲ)をIr(Ⅳ)に酸化 ⇒ Ir(Ⅳ)抽出
Ir(Ⅲ),Pt(Ⅳ),Pd(Ⅱ)を含む塩酸溶液からIr(Ⅲ)のみの選択的・優先的回収は未だ達成されていない

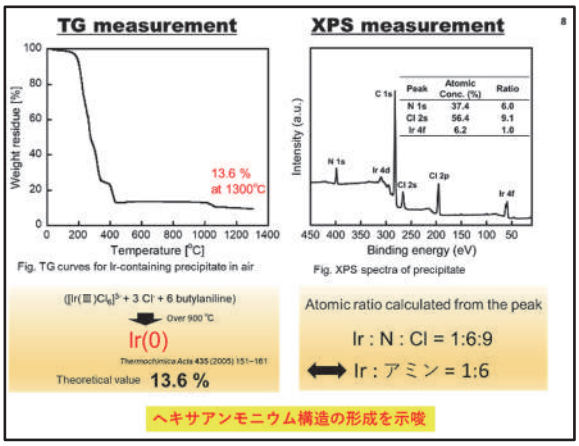

Previous work on Rh(Ⅲ)
3
Pt,Pd,Rh(Ⅲ)が含まれる塩酸溶液からのRh(Ⅲ)の選択的沈殿回収
(Rh(Ⅲ)はIr(Ⅲ)と同様に抽出不活性である)
芳香族第一級アミン化合物
Rh
Pd
Pt
沈殿物
ヘキサアンモニウム構造
ACS Omega 2019,4,1868-1873
6 Amines + 3 Cl⁻ + [RhCl6]3-
いままでに報告の無い特異なイオン対を形成
Rh(Ⅲ)の選択的沈殿回収を達成!!

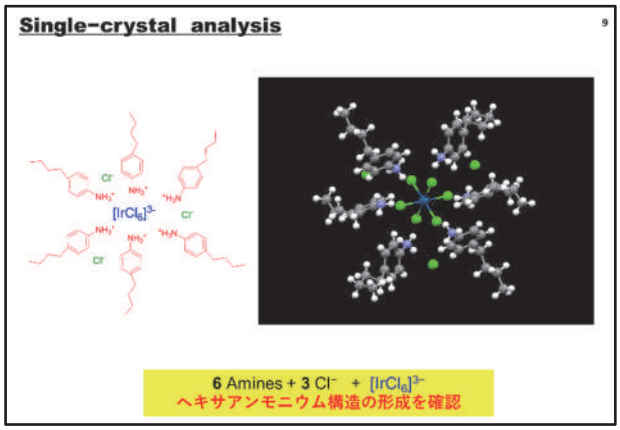

This work
4
同じ形態のクロロ錯アニオン
[IrCl6]3- ⇔ [RhCl6]3-
ヘキサアンモニウム構造を形成する可能性
[IrCl6]3-
[PtCl6]2-
[PdCl4]2-
想定される廃液の金属組成
芳香族第一級アミン化合物
従来法では不可能であったIr(Ⅲ)の選択的・優先的回収を目指す

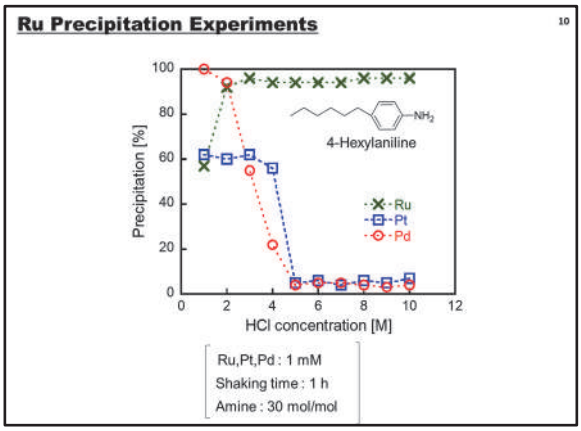

Metal Precipitation Experiments
5
4-butylaniline
振とう
遠心分離
水相
ICP 測定
沈殿物
Ir,Pt,Pd = 1mM
水相の金属量の測定することによって金属沈殿率を算出する

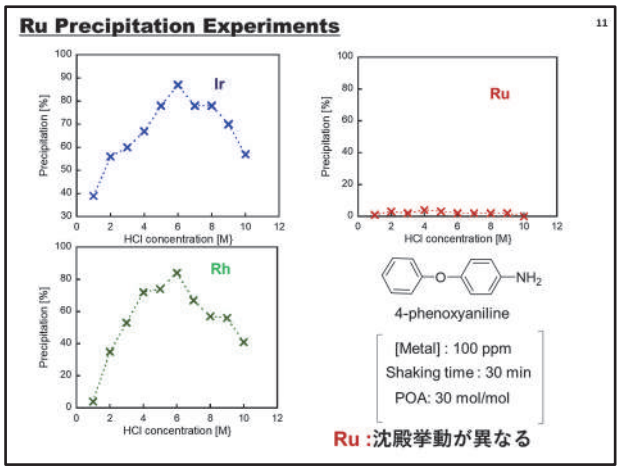

Effect of HCl concentration
6
Precipitation [%]
HCl concentration [M]
Effect of shaking time
Shaking time [min]
Effect of precipitant concentration
4-butylaniline/Ir [mol/mol]
✔8-10 Mにおいて高い沈殿率と選択性
✔短い振とう時間(10 分)において高い沈殿率と選択性
✔4-butylaniline/Ir = 20 mol/mol 以上の添加量において高い沈殿率と選択性
Ir(Ⅲ),Pt(Ⅳ),Pd(Ⅱ)を含む塩酸溶液からのIr(Ⅲ)の選択的沈殿回収を達成!!











Conclusions

12

芳香族第一級アミン化合物を用いることでIr(Ⅲ)、Pt(Ⅳ)、Pd(Ⅱ)を含む塩酸溶液からIr(Ⅲ)のみの選択的・優先的沈殿回収を達成した。

芳香族第一級アミン化合物を用いることでRu(Ⅲ)、Pt(Ⅳ)、Pd(Ⅱ)を含む塩酸溶液からRu(Ⅲ)のみの選択的・優先的沈殿回収を達成した。

Ir(Ⅲ)のイオン対は特異なヘキサアンモニウム構造を形成していることが判明した。

ハイパーブランチポリフェニレンの合成と特性

Laurel Simon Lobo，寺境光俊
(秋田大学地方創生センター地域産業部門)
mjikei@gipc.akita-u.ac.jp

概要：ハイパーブランチポリマーとは多分岐骨格を持つ合成高分子であり，分岐骨格由来のユニークな性質から注目を集めている新材料である。本研究課題では新規な超耐熱性ハイパーブランチポリマーを合成し，エレクトロニクス分野におけるコーティング膜として応用可能な材料の創製を目指す。AB_2型モノマーを用いた鈴木カップリング反応によるポリフェニレンの合成について検討した。塩化物を出発物質として使用できること，塩化物から合成した生成重合体が高い熱安定性と溶媒可溶性を併せ持つことを見いだした。さらに，ハイパーブランチポリフェニレンのリチウムイオン電池電極材料としての予備検討を行った。

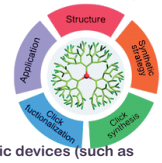
独自性・実用性：
本研究課題はJST平成２９年度地域産学バリュープログラムの研究課題「極めて高い耐熱性と接着性をあわせもつ可溶性高分子の合成」を発展させたものである。塩化物を出発物質としたハイパーブランチポリフェニレンが260℃に加熱した後も溶媒可溶性を示し，1%重量減少温度が400℃を超える高い熱安定性を示すことを見いだした。さらに，ハイパーブランチポリフェニレンの電気化学測定により，ポリマーがリチウムイオン電池のアノード材料として有望であるとの予備的知見を得た。多分岐骨格から構成される分子空隙が効率的なリチウムイオンの旧脱着を促進していると考えられる。

Introduction

Hyperbranched Polyphenylenes

Hyperbranched Polyphenylenes (HBPs) have been an attractive research topic due to its multifunctional properties with broader technological impact to the society

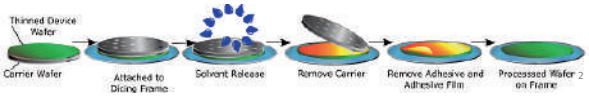
- High thermal stability,
- Structural Rigidity
- Good solubility,
- Multi-functionality
- Low viscosity and
- Processability features



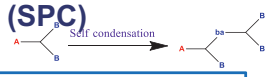
Applicability of Hyperbranched Polyphenylenes : Optoelectronic devices (such as OLED's, Multi-color lasers), Temporary Bonding Material.

HBP as electrode for Li-ion batteries:
Investigation of bipolar p- & n-type of redox activity in HBP, where p-doped at high potential as cathodic electrode and n-doped at low potential as anodic electrode

Temporary bonding material (TBM)



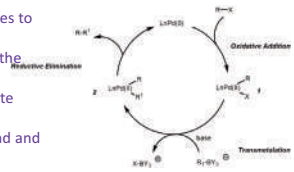
Suzuki Polycondensation (SPC)



SPC uses C-C bond formation by Suzuki-Miyaura cross coupling reaction (SMCR) between bifunctional aromatic monomers carrying boronic acids (esters) and halogenide leaving group.

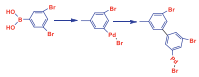
Suzuki-Miyaura catalytic cycle occurs in four steps

- Oxidative addition of organic halide to $Pd^{(0)}$ species to form $Pd^{(II)}$,
- Exchange of anion attached to the palladium for the anion of the base (metathesis)
- Transmetallation between $Pd^{(0)}$ and the alkylborate complex.
- Reductive elimination to form the C-C sigma bond and regeneration of $Pd^{(0)}$



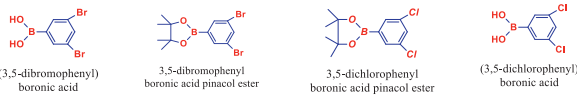
Catalyst transfer polymerization (CTP)

- Catalyst transfer condensation polymerization
- Obtaining ideal living chain growth behaviour

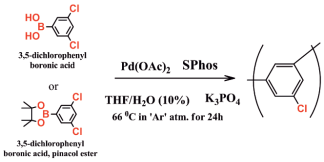


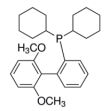
Objective on synthesis of HBP

- Synthesis of Hyperbranched Polyphenylenes from Suzuki Polycondensation (SPC) by aryl dichloride and aryl dibromo monomers (boronic acid and borionic acid esters)



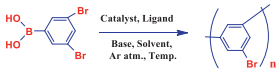
- Aryl chlorides are economically feasible in availability, and could influence in widening the applicability in SPC
- Comparison of Hyperbranched polymer's synthesized from chloro and bromo monomers





SPhos
(dicyclohexyl(2',6'-dimethoxy-[1,1'-biphenyl]-2-yl)phosphine)

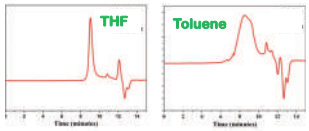
Effect of Polymerization



Effect of Solvent

Solvent	Yield	(M_w, g/mol)	M_w/M_n
THF [a]	60%	2282	1.83
Toluene [a]	20%	6762	1.35
Nitrobenzene [a]	33%	3370	2.56
THF [b]	83%	14623	1.92
Toluene [b]	45%	46710	4.11

[a] $Pd(PPh_3)_4$ for 15h of Polymerization
[b] $Pd(OAc)_2$ (0.5 mol %) and SPhos (1 mol %) for 15h of Polymerization



GPC curve of THF and Toluene

Mw and PDI is determined by GPC with reference to polystyrene standards

[c] Effect of Catalyst

Catalyst	Yield	(M_w, g/mol)	M_w/M_n
[1]SPhos	83%	14600	1.92
$Pd(PPh_3)_4$	60%	2300	1.83
$t\text{-}Bu_3PPd(0)$	69%	30700	1.46

[d, 2] Effect of time in the presence of Water in THF

Time (h)	Yield	(M_w, g/mol)	M_w/M_n
3	~50%	15300	1.20
15	~87%	31000	1.38

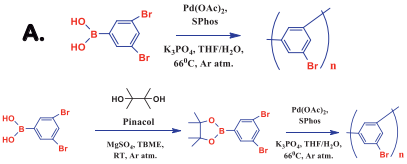
Determination of Mw by GPC with reference to polystyrene std

[c] Polymerization in THF in 'Ar' atmosphere for 15h
[d] Polymerization in THF/H_2O(10%) in 'Ar' atmosphere with $Pd(OAc)_2$ and SPhos

Investigation on the effect of time of polymerization is carried out in THF / water (10% in $Pd(OAc)_2$ and SPhos)

[1] R. Martin and S. L. Buchwald, Acc. Chem. Res. 2008, 41, 11, 1461-1473.
[2] K. Kosaka, Y. Ohta & T. Yokozawa (2015) Macromol. Rapid Commun., 36, 373-377

Polycondensation of Aryl Dibromo monomers



Effect of Reaction time on Suzuki Polycondensation

S. No.	Time (h)	Yield (%)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	M_w/M_n
1	15	73	20900	1.15
2	24	80	25800	1.18
3	36	70	28500	1.93
4	48	80	108000	2.04
5	72	80	119000	2.13

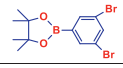
S. No.	Time (h)	Yield (%)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	M_w/M_n
1	15	87	31000	1.38
2	24	84	60400	1.32
3	36	77	1116000	4.69
4	48	75	6516000	7.49

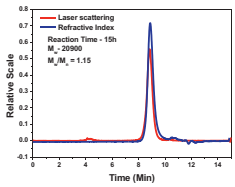
- Boronic acid monomer is more sensitive than boronic acid ester monomer
- Catalyst transfer condensation polymerization (CTPT)*
- Intramolecular transfer of Pd catalyst in SPC

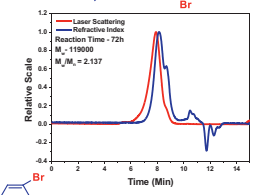
*K. Kosaka, Y. Ohta & T. Yokozawa (2015) Macromol. Rapid Commun., 36, 373-377

Gel Permeation Chromatography

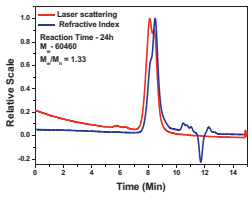
3,5-dibromophenylboronic acid pinacol ester

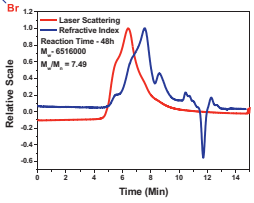






3,5-dibromophenylboronic acid





^{13}C NMR & DEPT Analysis

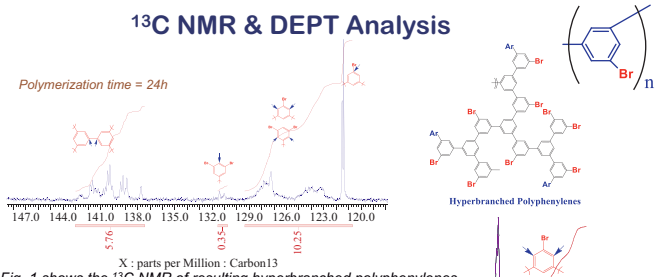


Fig. 1 shows the ^{13}C NMR of resulting hyperbranched polyphenylenes

Degree of Branching

$$DB = \frac{2T}{2T + L} = \frac{2D}{2D + L}$$

Degree of Branching = 0.46

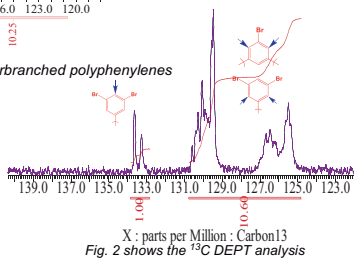
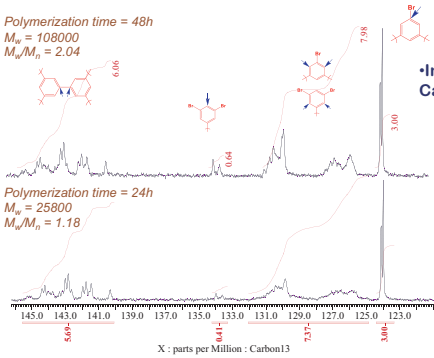


Fig. 2 shows the ^{13}C DEPT analysis

•Hölter, D., Burgath, A. and Frey, H. (1997) 'Degree of branching in hyperbranched polymers', Acta Polymerica, 48(1-2), pp. 30–35.
•Kim YH, Webster OW, Macromolecules, 'Hyperbranched polyphenylene', 1992, 25(21).

Comparison of ^{13}C NMR at 24h and 48h reaction

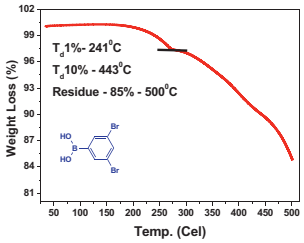


•Intramolecular transfer of Catalyst

Degree of Branching = 0.46

Degree of Branching = 0.43

Thermal Treatment

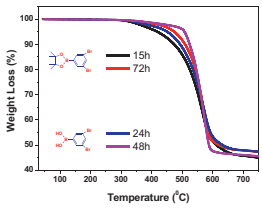


Thermal Treatment at 260°C for 3h in nitrogen atmosphere at the rate of 10 °C/min.

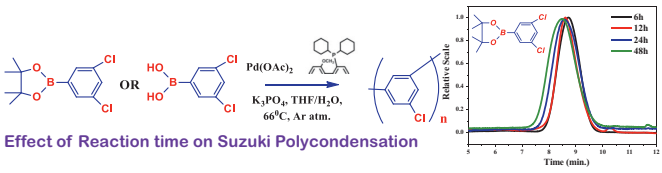
Thermogravimetric analysis of HBP-Br

Sl. No	Time (h)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	PDI	T_d (1%) (°C)	T_d (10%) (°C)
1	15	20900	1.15	328	474
2	24	25800	1.18	344	492
3	48	108000	2.04	352	520
4	72	119000	2.13	361	509

Sl. No.	Time (h)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	PDI	T_d (1%) (°C)	T_d (10%) (°C)
1	15	31000	1.38	291	470
2	24	60400	1.32	345	493
3	36	1116000	4.69	390	516
4	48	6516000	7.49	373	524



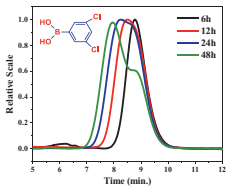
Hyperbranched Polyphenylene with Aryl dichlorides



Effect of Reaction time on Suzuki Polycondensation

S. No.	Time (h)	Yield (%)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	M_w/M_n
1	6	30	16300	1.52
2	12	45	16000	1.91
3	24	60	18400	1.71
5	48	80	30800	2.07

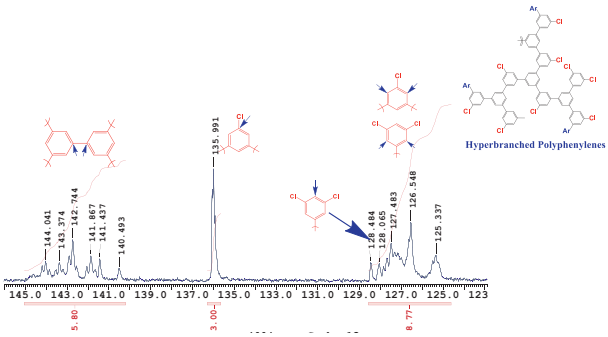
S. No.	Time (h)	Yield (%)	Mol. Wt. (M_w, g/mol)	M_w/M_n
1	6	78	11100	2.65
2	12	75	18400	1.97
3	24	80	22600	2.28
4	48	85	24500	4.36



- Boronic acid monomer is more sensitive than boronic acid ester monomer
- Catalyst transfer condensation polymerization (CTPT)*
- Intramolecular transfer of Pd catalyst in SPC

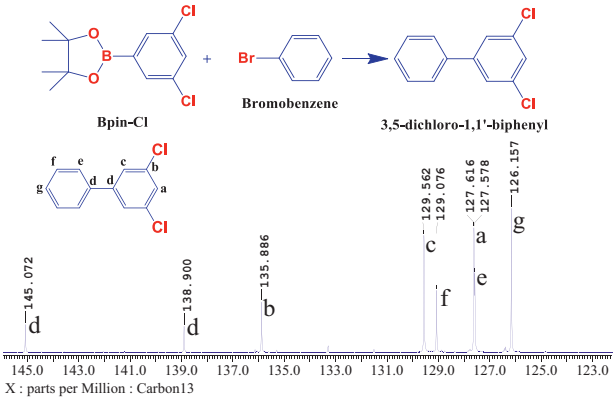
*K. Kosaka, Y. Ohta & T. Yokozawa (2015) Macromol. Rapid Commun., 36, 373-377

Structural Analysis ^{13}C NMR analysis



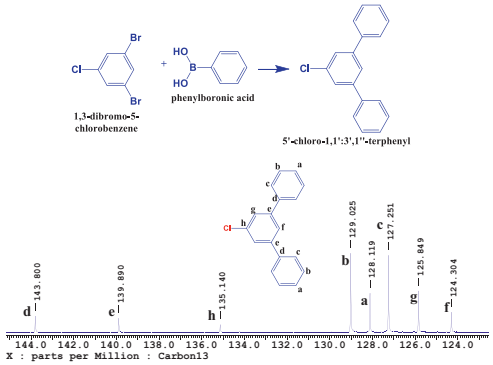
^{13}C NMR of Hyperbranched Polyphenylene from 3, 5-dichlorophenyl boronic acid pinacol ester

Synthesis of 3,5-dichloro-1,1'-biphenyl (Model Reaction for structural analysis)



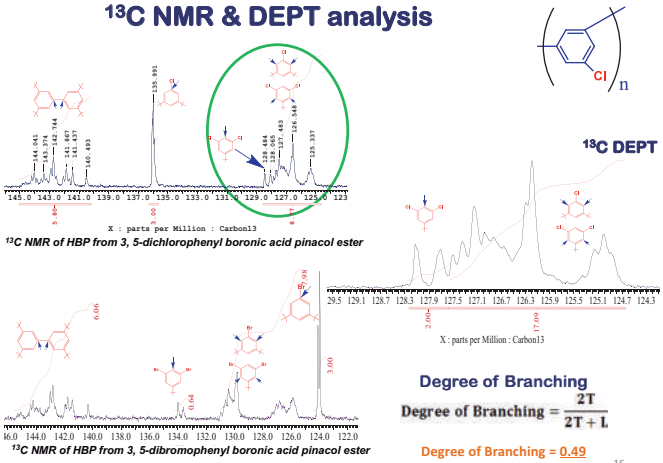
^{13}C NMR spectrum of 3,5-dichloro-1,1'-biphenyl

Synthesis of 5'-chloro-1,1':3',1''-terphenyl (Model Reaction for structural analysis)



^{13}C NMR spectrum of 5'-chloro-1,1':3',1''-terphenyl

^{13}C NMR & DEPT analysis



^{13}C NMR of HBP from 3, 5-dichlorophenyl boronic acid pinacol ester

^{13}C NMR of HBP from 3, 5-dibromophenyl boronic acid pinacol ester

Degree of Branching

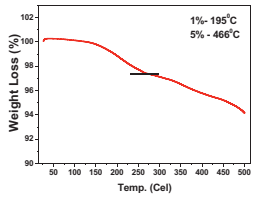
$$\text{Degree of Branching} = \frac{2T}{2T + L}$$

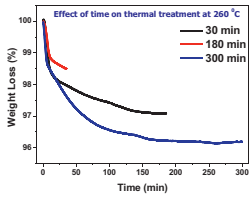
Degree of Branching = 0.49

•Hölter, D., Burgath, A. and Frey, H. (1997) 'Degree of branching in hyperbranched polymers', Acta Polymerica, 48(1-2), pp. 30–35.

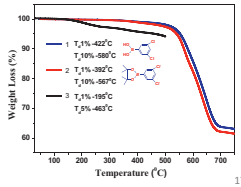
16

Thermal Treatment in HBP-Cl

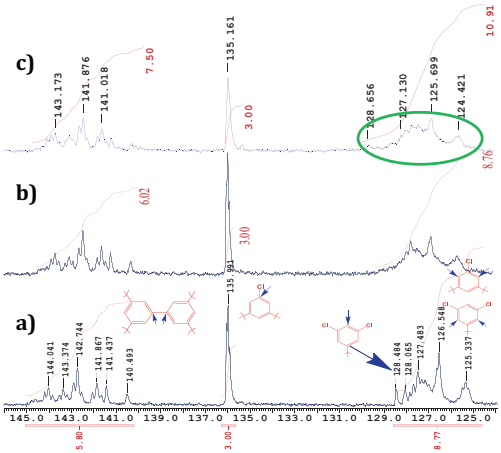




Thermal Treatment of Synthesized Hyperbranched Polyphenylenes is carried out at 260°C for 3h in nitrogen atmosphere at the rate of 10 °C/minute



17



Inverse-gated decoupling ^{13}C NMR spectra of HBPs synthesized from Bpin-Cl
(a) Crude; (b) NMP-purified; (c) Dry-thermal treated

18

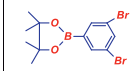
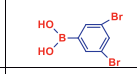
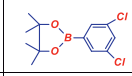
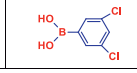
Solubility in THF after Thermal Treatment

Solubility of HBP

•THF
•O-dichlorobenzene
•Tetrachloroethane

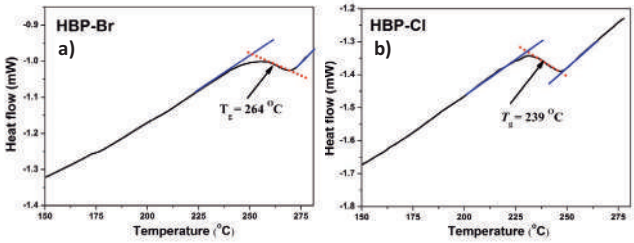
Soluble after heating

•NMP – N-Methyl-2-pyrrolidone
•DMI – 1,3-Dimethyl-2-imidazolidinone

Sl. No.	Monomer	Conditions	Mol. Weight	TGA (°C)	Solubility	
1		THF / H_2O 24h	16500	T_d 1% - 344 T_d 10% - 492	200°C 260°C 300°C	+ - -
2		THF / H_2O 12h	60400	T_d 1% - 345 T_d 10% - 493	200°C 260°C 300°C	+ - -
3		THF / H_2O 12h	17200	T_d 1% - 402 T_d 10% - 580	200°C 260°C 300°C	+ + + -
4		THF / H_2O 24h	24500	T_d 1% - 392 T_d 10% - 567	200°C 260°C 300°C	+ + + -

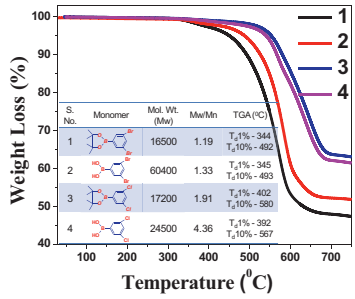
19

DSC curves of a) bromo-terminated and b) chloro-terminated HBP



Heating scan at 10 ° C under N_2

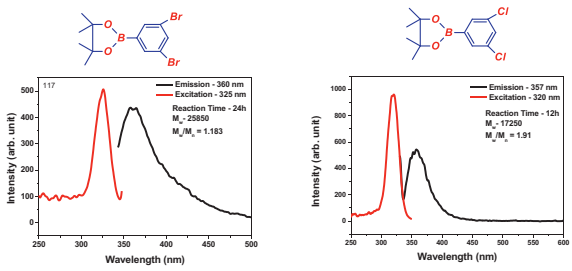
Comparison of TGA



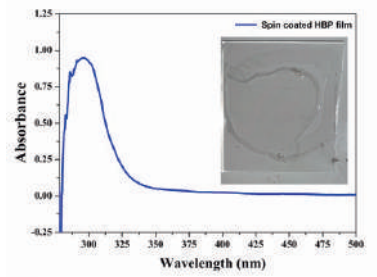
S. No.	Monomer	Mol. Wt. (Mw)	Mw/Mn	TGA (°C)
1		16500	1.19	T_d1% - 344 T_d10% - 492
2		60400	1.33	T_d1% - 345 T_d10% - 493
3		17200	1.91	T_d1% - 402 T_d10% - 580
4		24500	4.36	T_d1% - 392 T_d10% - 567

Hyperbranched polyphenylenes prepared from 3,5-dichlorophenylboronic acid pinacol ester is extremely thermally stable

Luminescence



UV-vis absorption spectrum and spin coated film on glass slide



- Good solubility enables the formation of transparent films by spin-coating the THF solution
- Transmittance spectrum of the film is transparent over 350 nm
- Film forming capability predicted the possibility for coating applications

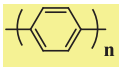
Investigation on electrochemical properties in HBP-Cl

Previous work on Bipolar para-polyphenylene as electrodes for LIBs

- 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
- Para-polyphenylene: Zhu et.al. as reported bipolar redox active cathode and anode for LIB

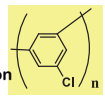
Low potential range: +0.02 V to +1.5 V
Capacity :400 - 600 $mAhg^{-1}$ for current 40 mAg^{-1}

High potential range: +3.9 V to +4.5 V
Capacity: 80 - 70 $mAhg^{-1}$ for current 40 mAg^{-1}

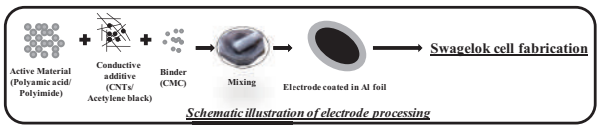


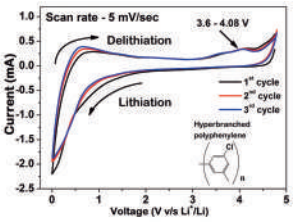
This work on Hyperbranched Polyphenylene (HBP) as electrodes for LIBs

- Hyperbranched polyphenylene from Suzuki polycondensation
- Soluble polymer
- High M_w HBP from Suzuki polycondensation using Cl monomers
- Easy and fast transportation ions in the structure benefiting in ion diffusion

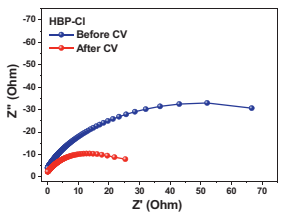


Electrochemical studies – HBP-Cl



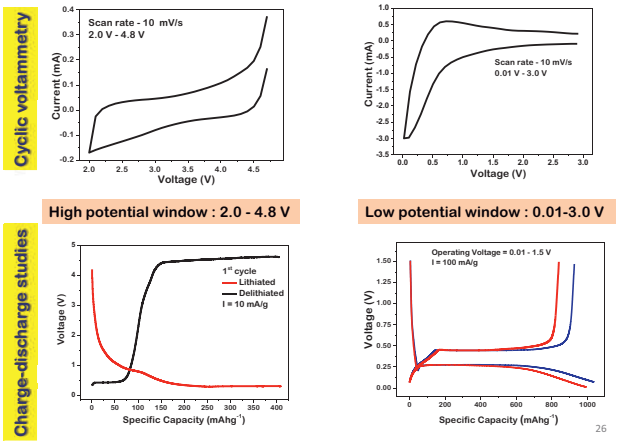


Cyclic Voltammetry
Operated Voltage - 0.01 V to 4.8 V
Scan rate – 5 mV/s



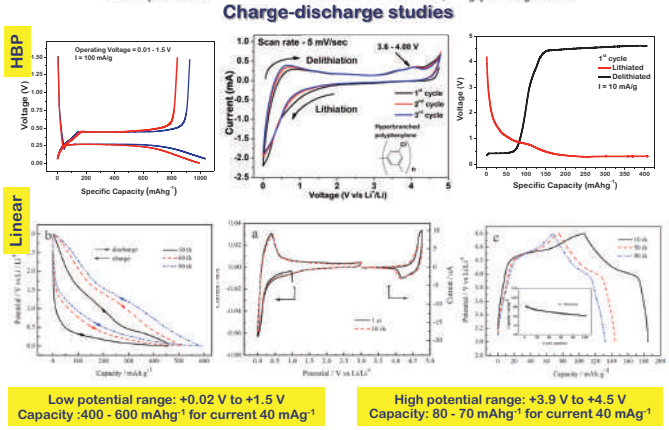
Electrochemical Impedance Spectroscopy

Preliminary electrochemical studies



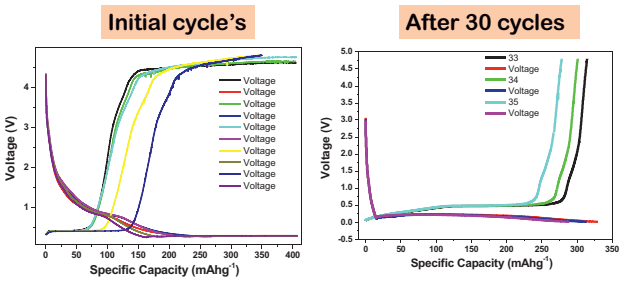
26

Comparison between HBP and linear polyphenylene Charge-discharge studies



*VA, Zhu LM, Lei AW, Cao YL, Ai XP, Yang HX. An all-organic rechargeable battery using bipolar polyparaphenylene as a redox-active cathode and anode, Chem. Comm. 2013:567-569.

HBP : Charge-discharge studies



28

Conclusion

- Synthesis of Hyperbranched Polyphenylenes from aryl dichloride monomers proceeded successfully in the presence of SPhos and palladium acetate
- Solubility in THF after heating at 260 °C under nitrogen
- Thermally treated HBP showed high thermal stability synthesized by aryl dichloride pinacol ester monomer
- Extremely high thermal stability above 400 °C and 600 °C for 1% and 10% weight loss
- The chlorinated terminal groups had a significantly positive influence on the solubility of HBP after heating
- Electrochemical property
  - Bipolar p- & n-type of redox activity in HBP
  - Cyclic voltammetry → High potential window : 2.0 - 4.8 V and Low potential window : 0.01-3.0 V

29

FeCo 基合金への格子歪の導入による超高性能磁石の開発

長 谷 川　　崇

(理工学研究科 材料理工学コース)

takashi@gipc.akita-u.ac.jp

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

キーワード:ハード磁性材料，真空成膜，ナノテク，結晶格子エンジニアリング

実用性:

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

(1) 永久磁石（モーター等）

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

(2) 電子デバイス（磁気ストレージ等）

各データセンターでは数万台の HDD や磁気テープが連続稼働しており、消費電力が非常に大きい。もし HDD 一台当りの記録密度を向上できれば、その余剰容量相当分の HDD 台数を減じることができる。記録密度は永久磁石特性に依存するため 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

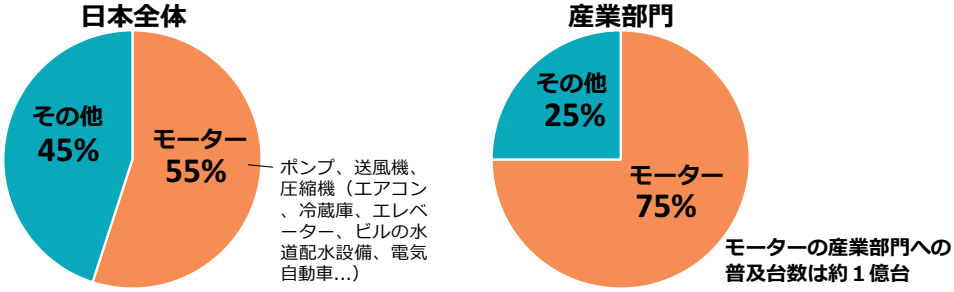
(2) 電子線リソグラフィー及びイオン照射を用いたナノスケール微細加工と保磁力評価

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

1

国内のモーターによる消費電力量



出典：平成21年度 経済産業省 三相誘導電動機判断基準小委員会資料.

モーターは、日本の消費電力量の約55%を占める.

⇒ 省エネには**モーターの高性能化**が有効.

⇒ 高性能モーターには**強力磁石の開発**が不可欠.

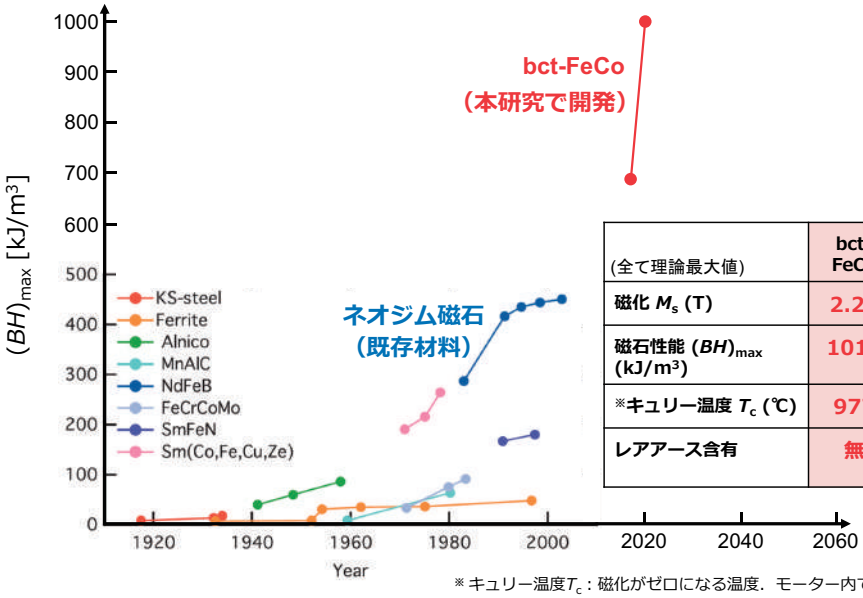
省エネ効果：　仮に、現時点で世界最強のネオジム磁石の２倍の性能が実現され、かつ日本の全モーターがそれに置き換わったとしたら、削減される消費電力量は年間で約2,475億kWh(日本の消費電力量の約３割).　CO_2削減効果は約9,600万トン/年(日本).

2．本技術の位置づけ（既存技術に対する優位性）

2

磁石性能$(BH)_{max}$の年次推移

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



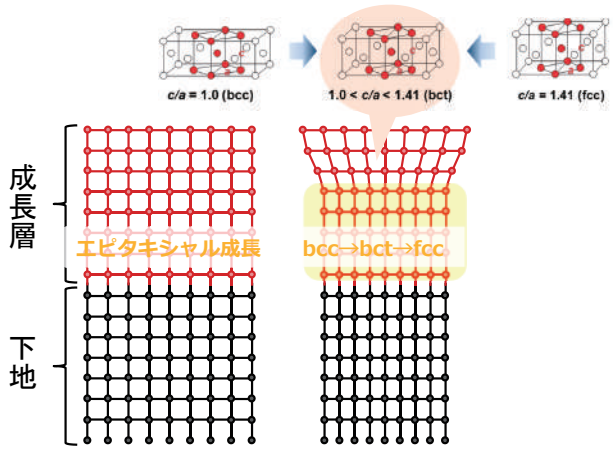
(全て理論最大値)	bct-FeCo	ネオジム磁石
磁化 M_s (T)	2.26	1.6
磁石性能 $(BH)_{max}$ (kJ/m³)	1018	507
※キュリー温度 T_c (℃)	977	312
レアアース含有	無	Nd, Dy

※キュリー温度T_c：磁化がゼロになる温度．モーター内では200℃程度の高温になるので、ネオジム磁石では減磁して問題になっている。

3．本技術の概要

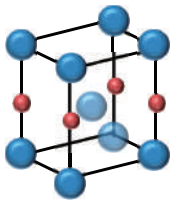
1. 軸比*c/a*を制御する実験的アプローチ

①エピタキシャルを利用する格子制御（外力による制御）



高K_u化

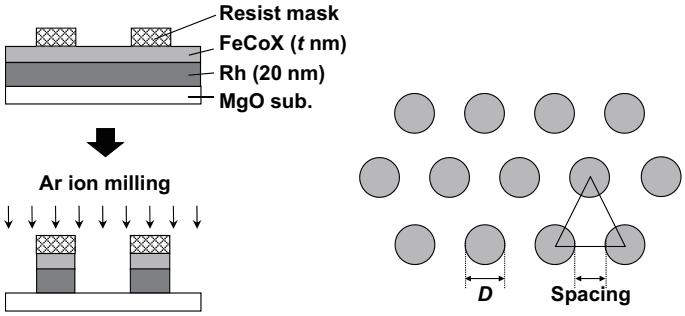
②第3元素X添加による格子制御（内力による制御）



3．本技術の概要

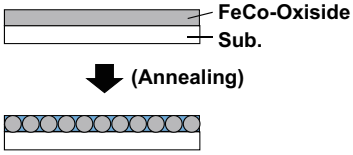
2. 粒径*D*を制御する実験的アプローチ

①人工的な粒径制御（ナノテクによるモデル試料の作製）



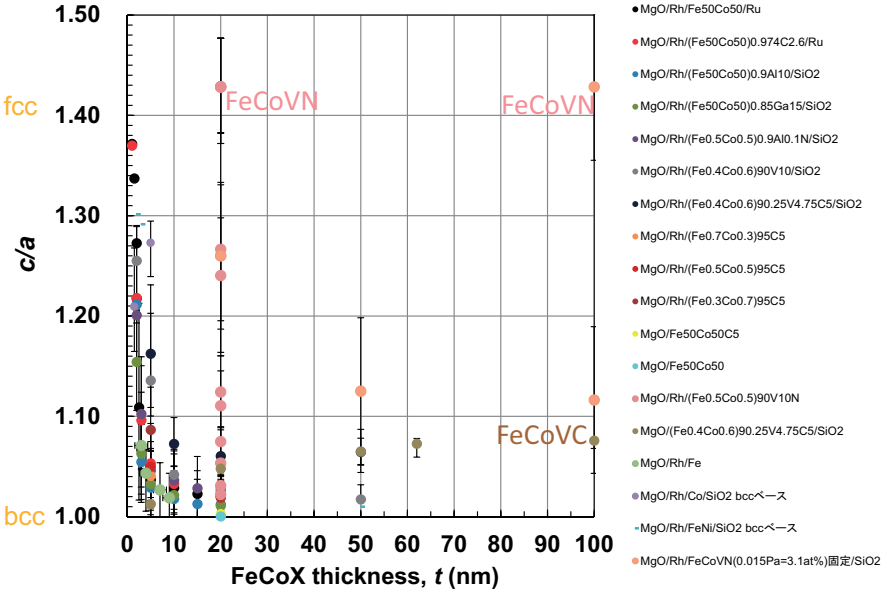
高H_c化

②自然現象を利用した粒径制御（第3元素添加や熱処理）



4．代表的な成果

成果１： 軸比*c/a*を制御する実験的アプローチ



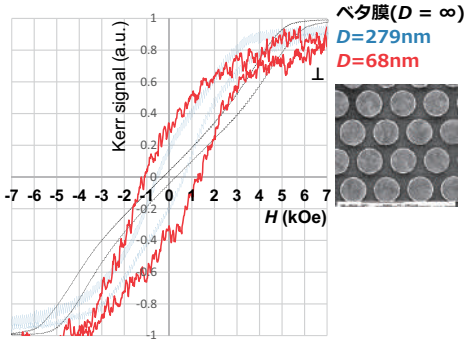
①エピタキシャル(Rh下地)の利用： 極薄膜 *t*<5nm でのみbctが形成.

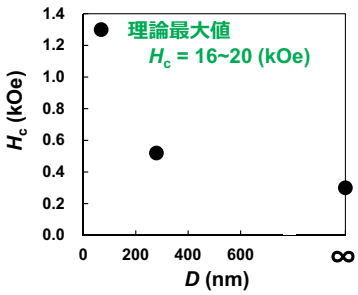
②第3元素添加： VN, VC同時添加により厚膜 *t* ≦100nm でbctが形成.

4．代表的な成果

成果２： 粒径*D*を制御する実験的アプローチ

①ナノテクによるFeCoVN薄膜 (*t* = 20 nm)の微細加工





***D*=68nmにおいて、理論値の10%の保磁力H_cが発現.**

溶融塩を用いた電析と溶解法による多孔質 Ni の創製

福 本　倫 久，原　基
(第 5 研究グループ)
fukumoto@gipc.akita-u.ac.jp

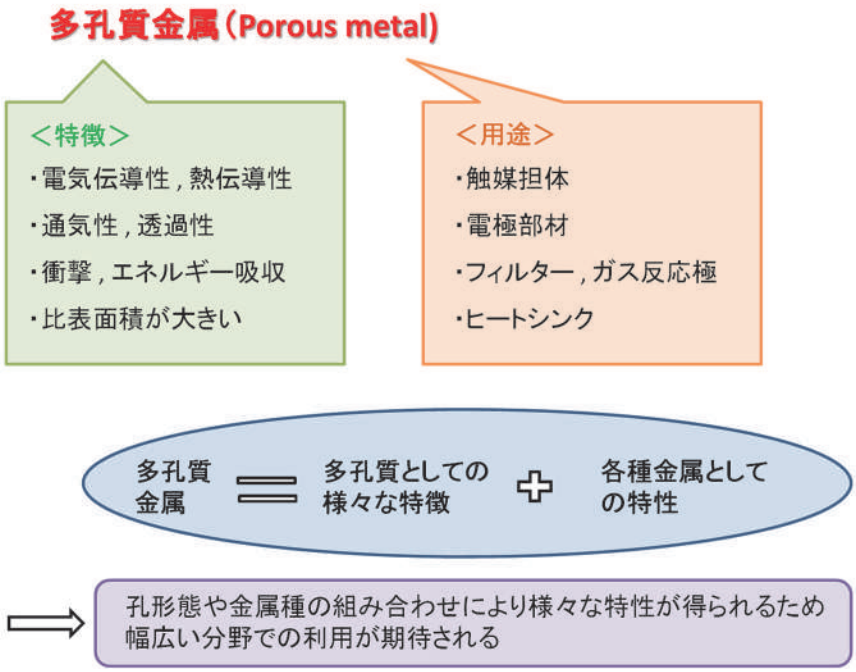
概要：地球温暖化の原因となっている CO_2 排出量を減少させることが世界的に大きな課題となっている．現在，CO_2 を発生しない発電方式として燃料電池が注目されており，この燃料電池には水素が必須である．水素の製造方法としてはアルカリ水溶液を電解質とした電気分解が主に用いられているが，この電気分解に用いられている電極性能を飛躍的に改善し，高効率で水素を発生させる試みが多くなされている．本プロジェクトでは溶融塩を媒体として Al の電析と溶解を電気化学的制御により施すことで高性能の多孔質電極を作製することを試みた．

キーワード：電極，多孔質，溶融塩電析および溶解

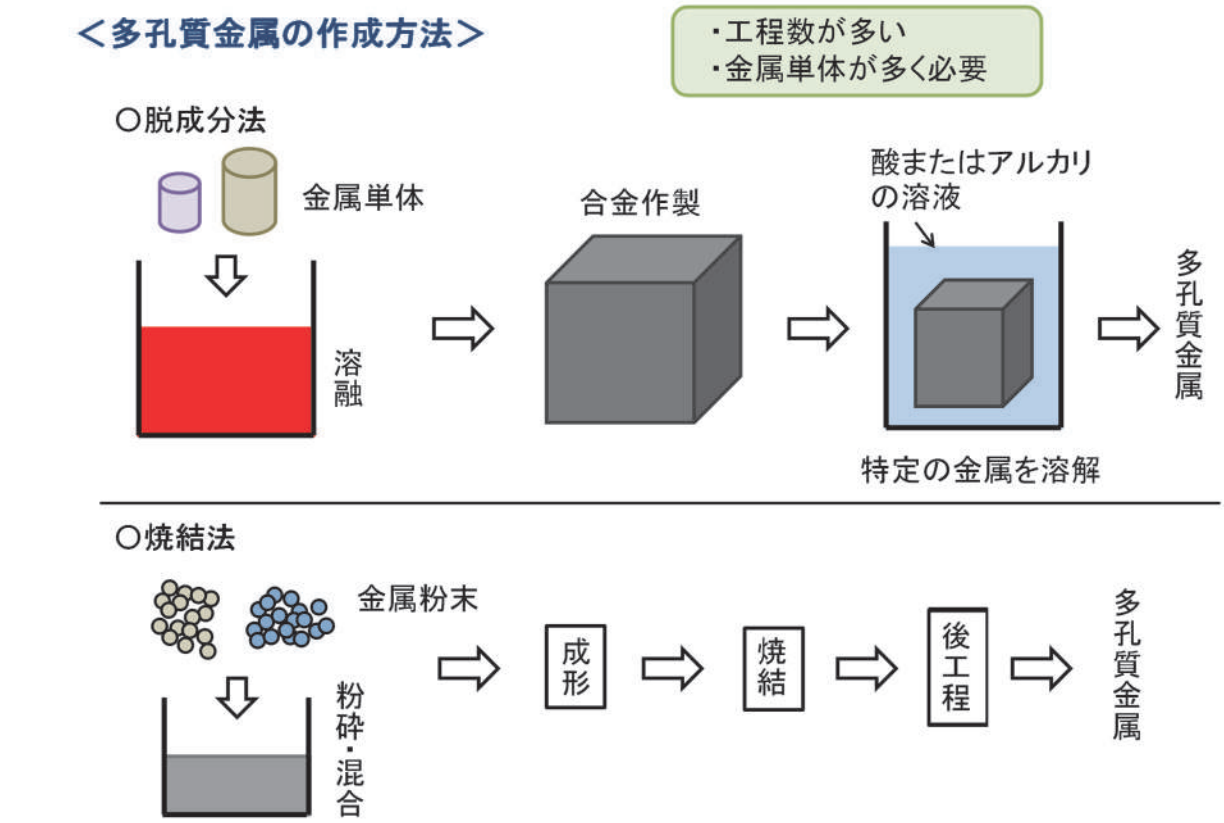
独自性・実用性：
多孔質表面を作製する方法として，新規な方法なので下記の特許を取得している．

特願 2016-021245(2016 年)　特許査定令和元年 10 月 10 日
発明の名称「多孔質ニッケルの製造方法」
出願人　　秋田大学
発明者　　福本倫久，原　基，佐藤菜花

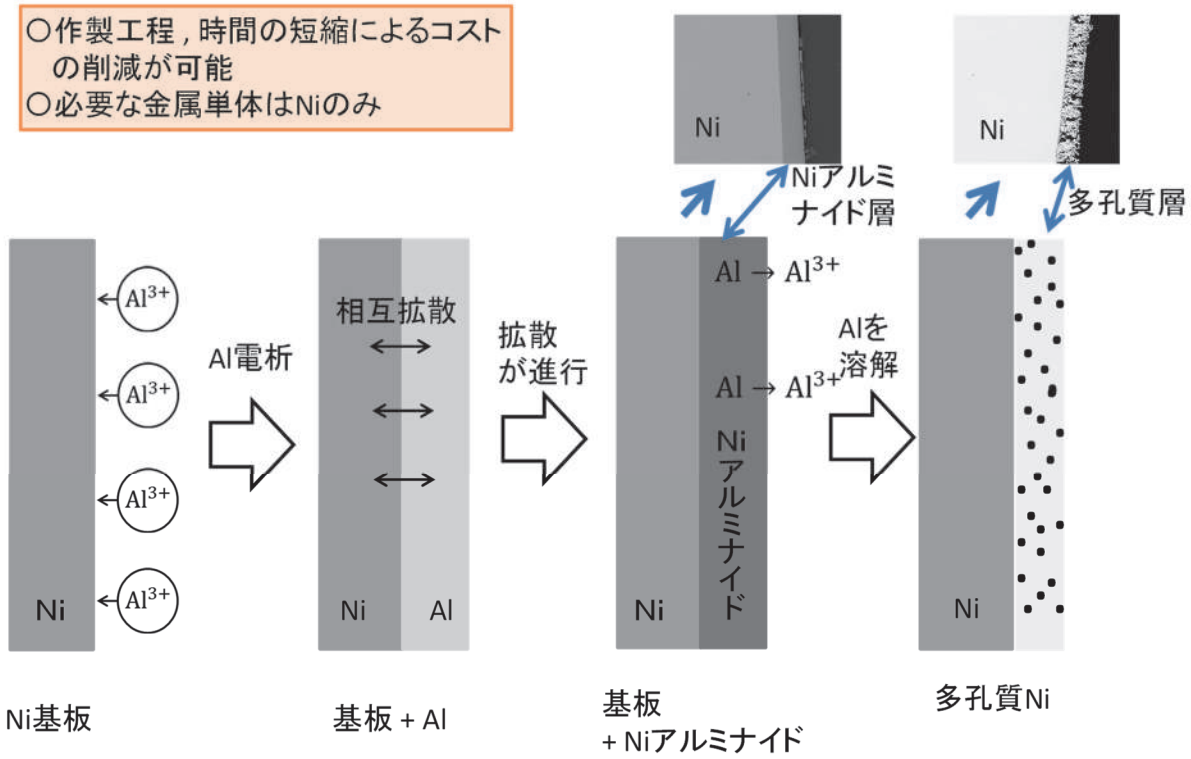
研究背景



研究背景



溶融塩電析・溶解法



研究目的

・溶融塩を媒体としたAl電析と溶解法により多孔質Niを作製する

・作製した多孔質Niの評価としてアルカリ水電解におけるカソード材料として水素発生電極触媒能を調査する
→Niが非貴金属中で最も水素発生反応における触媒活性が高いため

実験方法　多孔質Niの作製

Al電析条件

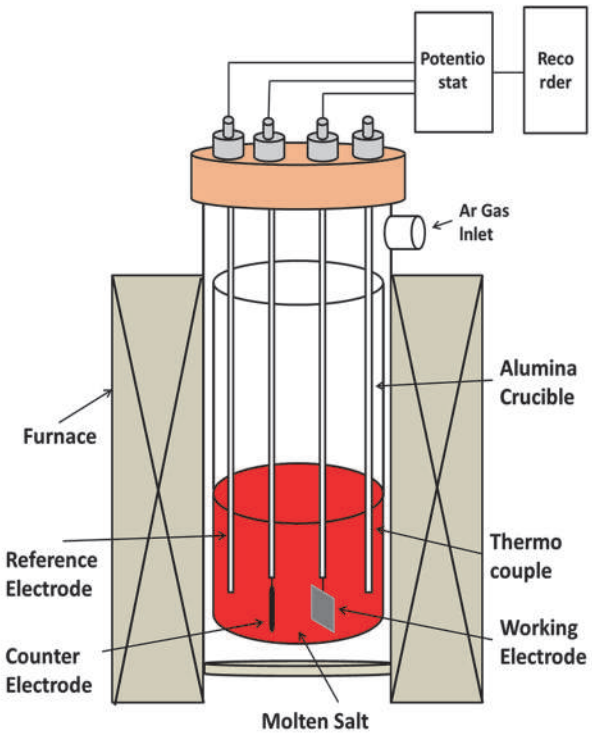
試験片	:Ni板
対極	:炭素棒
参照電極	:Ag/AgCl電極
浴組成	:NaCl-KCl-3.5mol%AlF_3
浴温	:1023 K, 1173 K
雰囲気	:Arガス雰囲気
分極電位	:-1.4 ～ -1.9 V (vs. Ag/AgCl)
電析時間	:3.6 ks

溶解条件

分極電位	:-0.5 V
溶解時間	:Alが溶解しきるまで

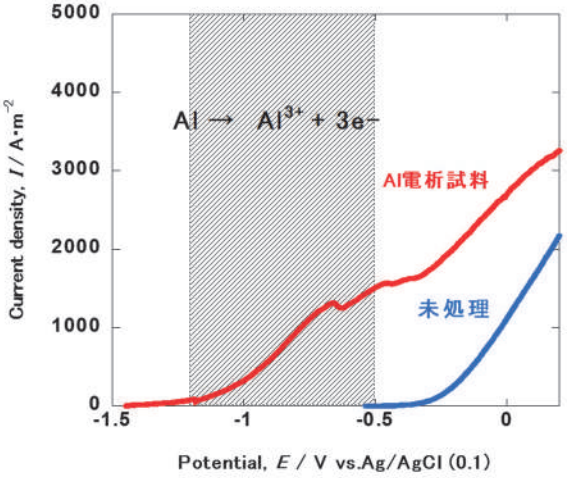
試料の観察・分析

SEM, EPMA



電析装置の概略図

実験結果　多孔質Niの作製



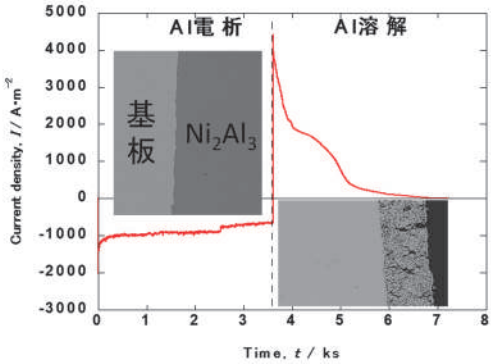
Al電析前後の試験溶融塩中における
アノード分極曲線

約-1.1VでAlが溶けだす

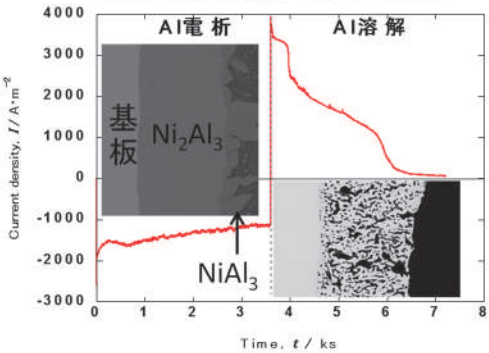
約-0.3VでNiが溶けだす

⇒ 溶解電位を-0.5Vに設定

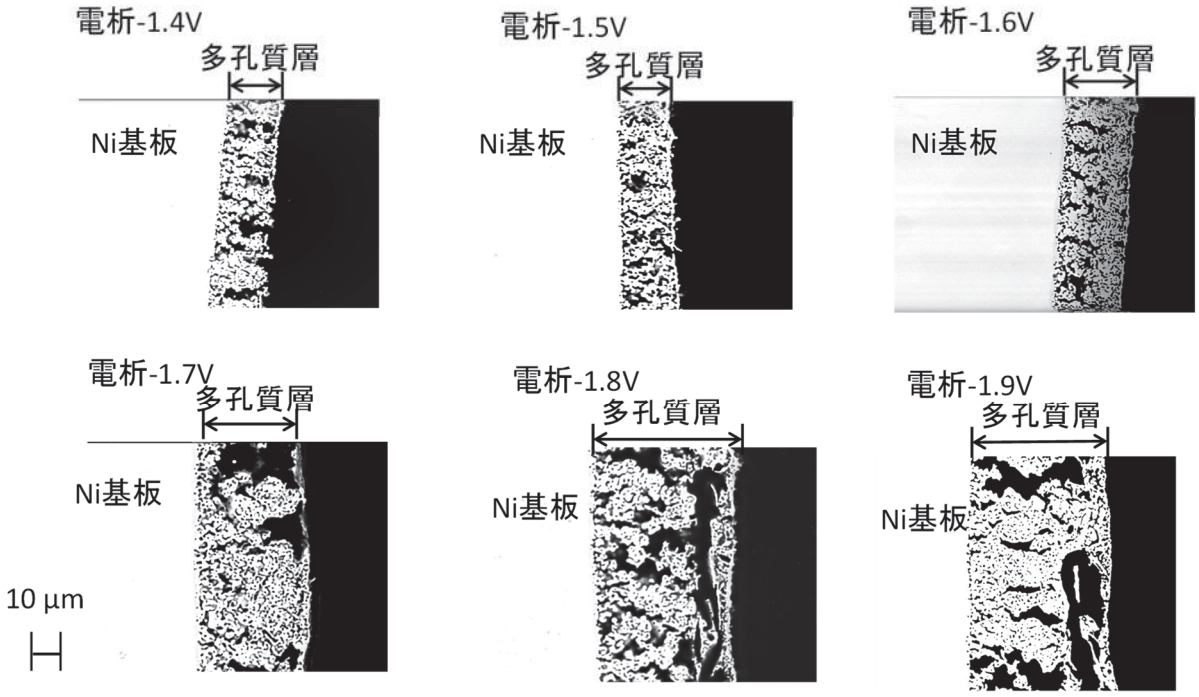
電析-1.7V 溶解-0.5V 1023K



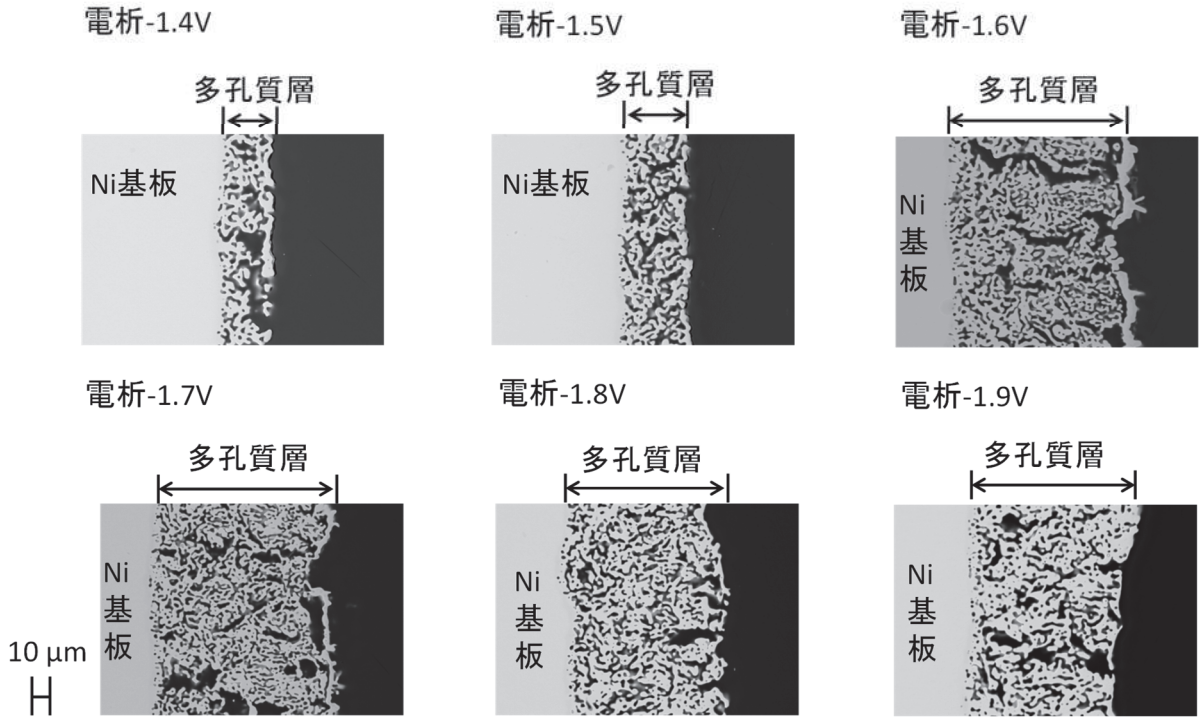
電析-1.9V 溶解-0.5V 1173K



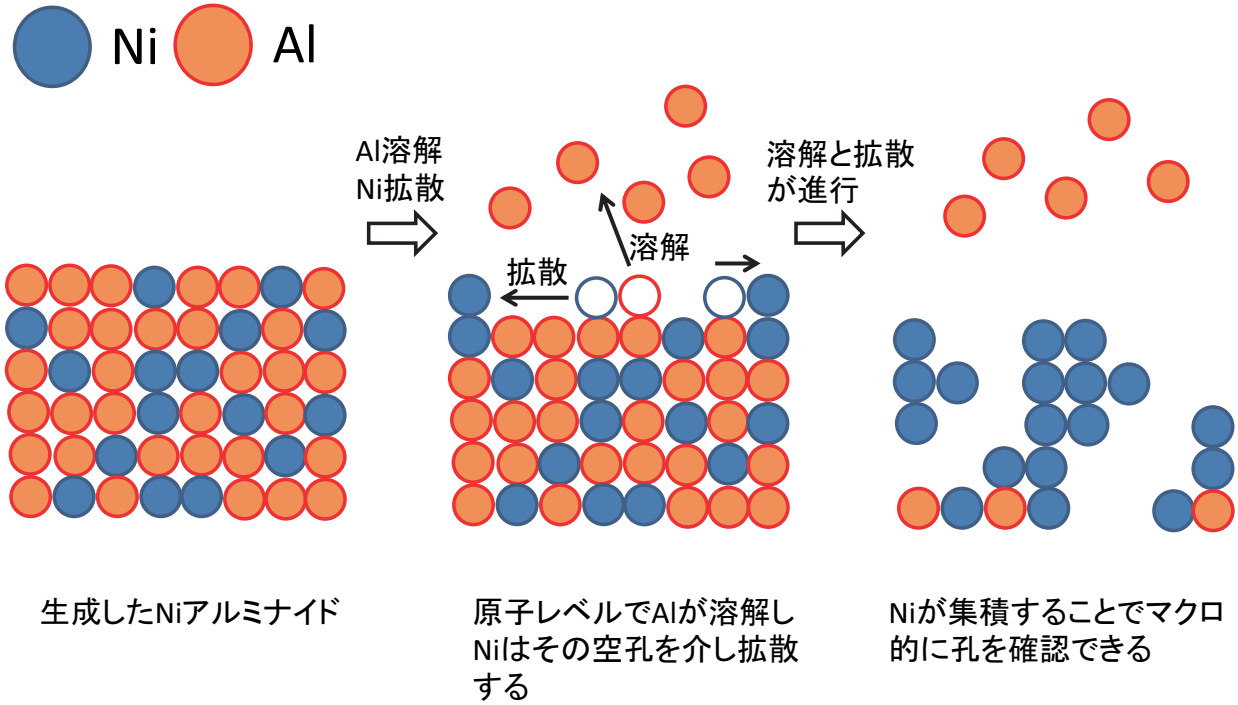
実験結果　試料断面（電析溶解処理1023K）



実験結果　試料断面（電析溶解処理1173K）

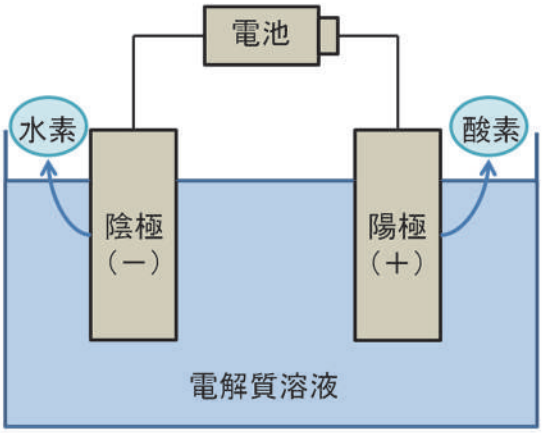


多孔質構造の形成過程



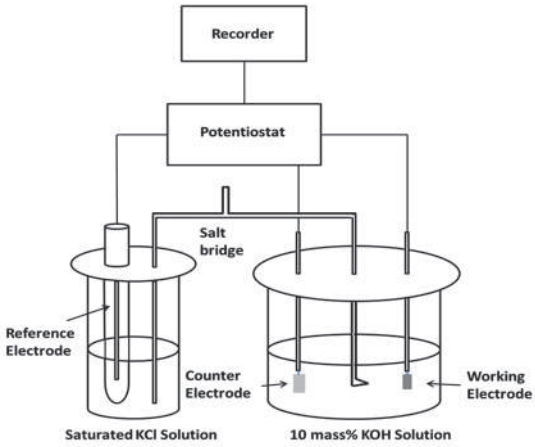
実験方法　カソード性能評価

＜アルカリ水電解の原理＞



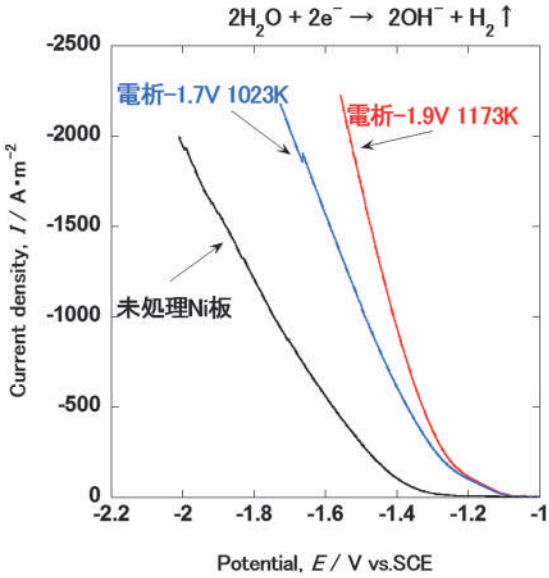
電極反応
陰極　$2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2\uparrow$
陽極　$2OH^- \rightarrow H_2O + 2e^- + 1/2O_2\uparrow$
全体　$2H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2 + H_2O$

カソード分極曲線測定
試験片　：Ni板, 作製した多孔質Ni
対極　　：白金
参照電極：飽和甘こう電極 (SCE)
浴液　　：10mass%KOH溶液
浴温　　：303K
掃引速度：100mV/min



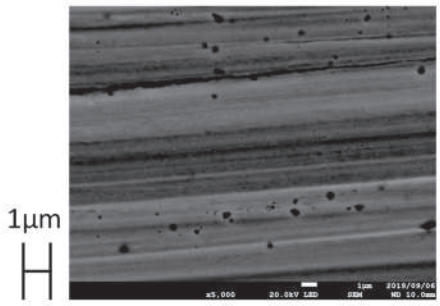
分極曲線測定装置模式図

実験結果　カソード性能評価

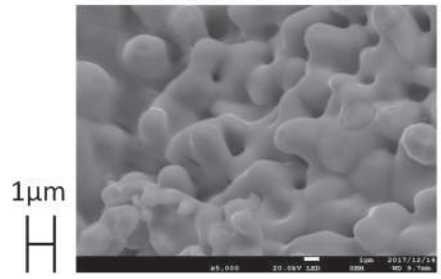


カソード分極曲線

未処理Ni



電析溶解処理 1173K



LPSO 型マグネシウムーリチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形における Suzuki 効果の検証

齋 藤 嘉 一 ， 佐 藤 勝 彦
（物質科学専攻 材料理工学コース）
（第６研究グループ）
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低延性，低靭性，難加工性の抜本的解決に向け，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-Y-Zn 系の長周期積層(LPSO)構造型合金の設計指針を基に，新たに Li を複合添加した新しい合金構成に基づいて，強靭性と加工性を両立した合金創製を目指す。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い。

独自性・実用性：

CO_2 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ｸﾞﾈｼｳﾑ(Mg)に対する期待が年々高まっている。Mg 製構造部材の，特に自動車のｴﾝｼﾞ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℃）での機械的性質の改善が必須である。本研究の目的は，ﾘﾁｳﾑ(Li)を含む Mg 合金の高温塑性，特に原子拡散を伴うすべり変形に関する情報を集め，HCP 構造の底面および非底面上で活動する a-転位と溶質偏析との相互作用とその機械的性質への影響を明らかにすることである。そこで，Mg の結晶塑性の改善に有効な Li に加え，高温強度の改善作用をもつ元素として Y と Zn を複合添加した Mg 基希薄固溶体を試験対象に中高温域での圧縮変形挙動を評価する。このとき，新しい顕微鏡技術であるHAADF-STEM法を駆使し，高温変形で発現する拡張転位上の溶質偏析の実態を直接的に検証し，その知見を Mg の耐熱強化に向けた新合金設計に応用することを目指す。

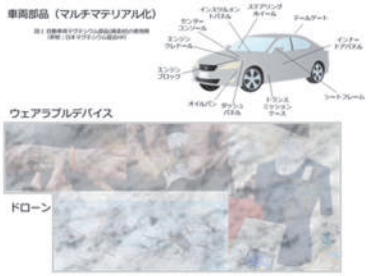
令和元年度 新素材・機能性材料開発事業

LPSO型マグネシウム－リチウム合金の組織・構造制御と高温塑性変形におけるSuzuki効果の検証

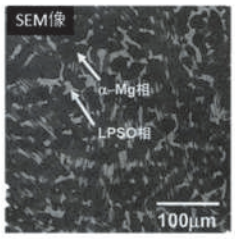
理工学研究科 物質科学専攻 材料理工学コース 齋藤嘉一，葛谷慎吾，佐藤勝彦

【背景と目的】本研究は，Mg製構造部材の積年の課題である低延性，低靭性，難加工性の抜本的解決に向け，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-Y-Zn系の長周期積層(LPSO)構造型合金の設計指針を基に，新たにLiを複合添加した新しい合金構成に基づいて，強靭性と加工性を両立した合金創製を目指す。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い。

◆革新的Mg-Li製合金の想定市場



◆超軽量高強度LPSO型Mg合金の組織と構造



河村能人：まてりあ Vol.54(2), p.44,ミニ特集, 2015

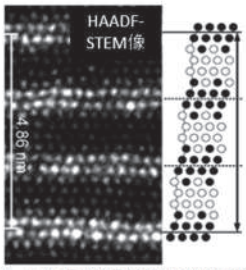
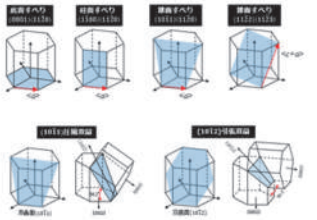


図3 シンクロ型 LPSO 構造(18R)の HAADF-STEM 写真.

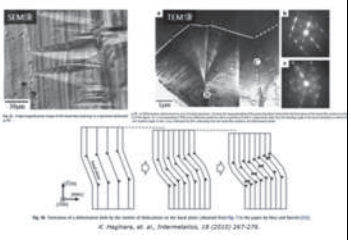
◆新材料開発を支えるナノ計測技術
～透過型電子顕微鏡(TEM)～

組織・構造評価の中核技術としてのTEM

◆Mg合金の塑性変形機構



◆LPSO合金に特有な塑性変形機構



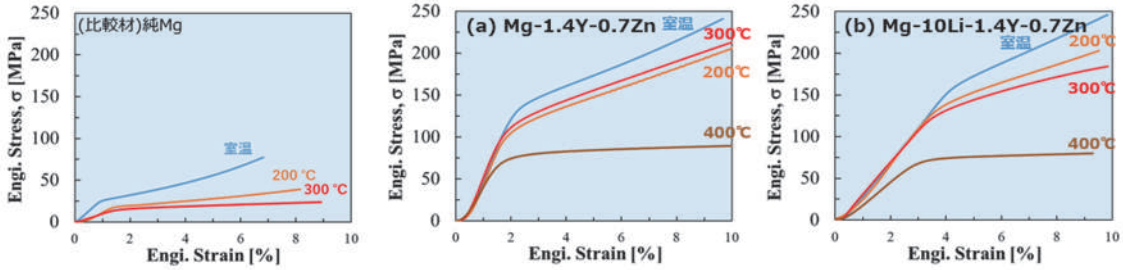
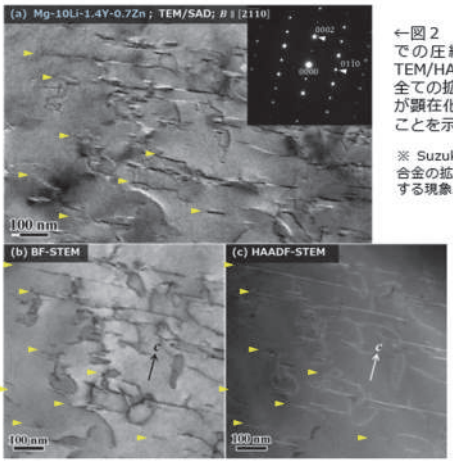
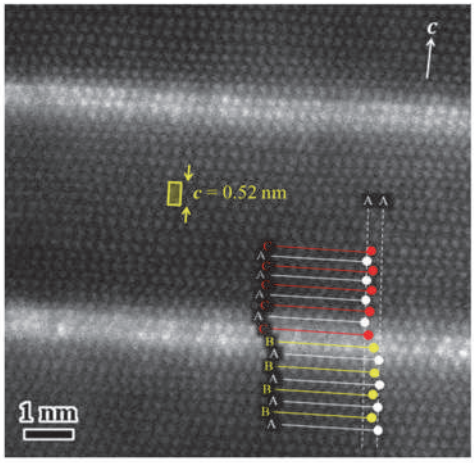


図1 Li含有Mg-Y-Zn系合金(a)とLiフリーMg-Y-Zn系合金(b)に対する圧縮試験から得られた応力－ひずみ曲線で，横軸は公称応力で縦軸は公称ひずみを示す。Li含有合金の変形強度がLiフリー合金のそれに匹敵することが分かった。また，Li含有合金の変形初期段階の曲線の傾きが小さいことは，Li添加による延性能の改善も示唆している。



←図2 Li含有Mg-Y-Zn系合金の300℃での圧縮材から得られた転位組織のTEM/HAADF-STEM像である。ほとんど全ての拡張転位に沿ってZコントラストが顕在化し，Suzuki偏析※が活性化したことを示唆する。

※ 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3 Liを含有したMg-Y-Zn系合金の300℃圧縮材に生じた拡張転位を捉えた高分解能HAADF-STEM像。明るい輝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。

【成果と意義】Liを含有したMg-Y-Zn系固溶体合金において顕著な強度上昇が現れる。特に，Mg-10at%Li-1.4Y-0.7Zn合金に対して300℃で圧縮変形を行った場合，Liフリー合金に匹敵する水準の変形応力を維持しながら，延性も向上した。本合金に対して250℃以上温度で変形させた場合に，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，Y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
hsaito@gipc.akita-u.ac.jp

概要：独自開発した交番磁気力顕微鏡技術（本学が日米欧で基本特許を保有）をベースとして、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。令和元年度は、これまでに独自開発した高磁化率・超常磁性 Co-Gd_2O_3 系グラニュラー合金薄膜を利用した、ユニークな磁気特性を有する高感度超常磁性探針を用いることで新たに可能になる、１）ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージング、2）磁気記録ヘッドの局所磁化曲線計測、3）3 次元磁場勾配イメージング、を提案しその有効性を実証した。

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

独自性・実用性：
独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、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（機器開発ﾀｲﾌﾟ）＜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）ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージング、2）磁気記録ヘッドの局所磁化曲線計測、3）3 次元磁場勾配イメージング、に関わる技術開発である。

１）ソフト磁性薄膜の磁壁移動イメージング、については、
次の２～3 ページに「交番磁気力顕微鏡による超常磁性探針を用いたパーマロイ・パターンド薄膜の動的磁区観察」と題してまとめたものを示す。本手法は、これまで磁気力顕微鏡において磁性探針からの漏洩磁場により磁壁位置が変化するために観察が困難であったソフト磁性薄膜について、1 枚の画像で磁壁の移動範囲のイメージングを実現したものであり、ソフト磁性薄膜の磁化過程の解析に有用となる。

2）磁気記録ヘッドの局所磁化曲線計測、については、
博士研究員の Paritosh Dubey 氏の記載箇所で詳細を示す。

3）3 次元磁場勾配イメージング、については、
博士研究員の Zhao Yue 氏の記載箇所で詳細を示す。

交番磁気力顕微鏡による超常磁性探針を用いたパーマロイ・パターンド薄膜の動的磁区観察

大阪 飛翔[1], Jong-Ching Wu[2], 齊藤 準[1]

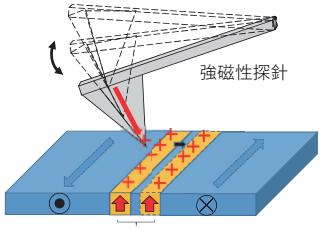
[1]秋田大学 大学院 理工学研究科

[2]National Changhua University of Education

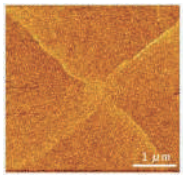
研究背景　ソフト磁性材料の磁区観察の現状

- ソフト磁性材料の性能向上には、高周波磁場下での磁区観察が重要だが、汎用の観察手法では容易ではない.
- 汎用手法であるMFMでは、磁性探針からの漏洩磁場により磁壁位置が乱される問題があり、連続薄膜では磁区観察は困難.

（パターンド薄膜での観察が主）



探針磁場による磁壁位置の変化



パーマロイ・パターンド薄膜（4μm角）のMFM像

目的

- ソフト磁性材料の交流磁場下での磁区観察法の開発

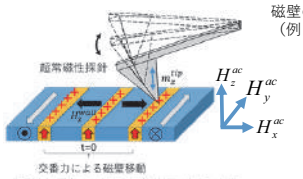
本研究

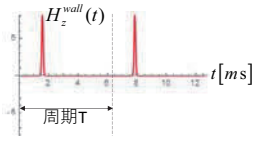
- 移動する磁壁から発生する交流磁場を、交流磁場が検出可能な交番磁気力顕微鏡（A-MFM）を用いて計測・イメージングする.

（探針には、ヒステリシスがなく残留磁化がゼロの超常磁性探針を使用）

交流磁場を検出する交番磁気力顕微鏡(A-MFM) を用いた磁壁移動の計測

磁壁の移動範囲では、交流磁場が発生する.
（例　右方向に移動する磁壁の最大移動位置）





探針が受ける交流磁場による力勾配は、探針振動の周波数変調を発生させる.

$$m\frac{d^2z(t)}{dt^2}+m\gamma\frac{dz(t)}{dt}+\left(\left(k_0+\Delta k_{eff}(t)\right)z(t)=F_0\cos(\omega_0 t)\right.$$

$$\Delta k_{eff}(t)=\frac{\partial F_z}{\partial z}=\frac{\partial^2}{\partial z^2}(\boldsymbol{m}_{tip}\cdot\boldsymbol{H}_z^{wall})\cong\Delta k_m\cos(\omega_m t)<<k_0$$

$$z(t)\cong\frac{F_0}{m\gamma\omega_0}\sin(\omega_0 t)+\frac{F_0\Delta k_m}{2m^2\gamma^2\omega_2^2}\left(\cos((\omega_0+\omega_m)t)+\cos((\omega_0-\omega_m)t)\right)$$ 周波数変調項

$z(t)$: 探針の変位
$\Delta k_{eff}(t)$: 実効的なバネ定数の変化
ω_0 : 探針共振周波数
ω_m : 交流磁場周波数
m:カンチレバーの有効質量
γ:粘性係数
k_0:磁性探針がもつ固有のバネ定数

探針振動に起こる周波数変調の強度を検出することで交流磁場を計測.

実験方法

①測定方法：MFM,A-MFM（どちらも大気中）

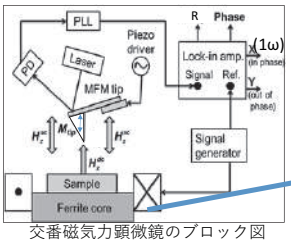
②交流磁場源：小型フェライトコイル

H_{z0}^{ac}=0 ～250 [Oe]
$H_z^{ac}=H_{z0}^{ac}\cos(\omega_m t)$ [Oe]
$\omega_m=2\pi f, f=89$ [Hz]

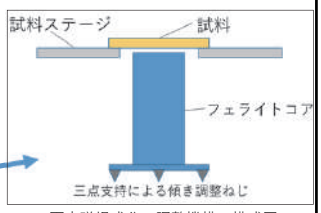
③観察試料：パーマロイパターンド薄膜
（4×4 [μm] ,Ta 2[nm]/ py20 [nm]/熱酸化Si ）

④使用探針：
超常磁性探針（自作）
組成：Co-GdOx
膜厚：100 [nm]
強磁性探針（市販）
組成：CoPtCr
膜厚：24 [nm]

⑤探針試料間距離
MFM:20 [nm]
A-MFM:10[nm]

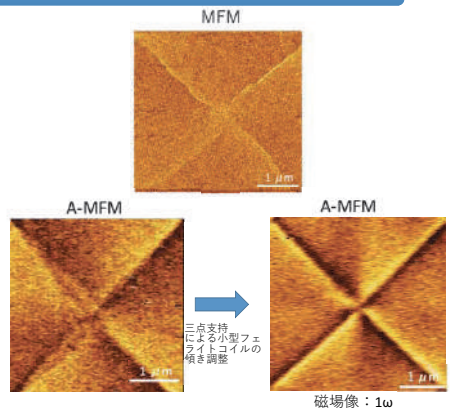


交番磁気力顕微鏡のブロック図



面内磁場成分の調整機構の構成図

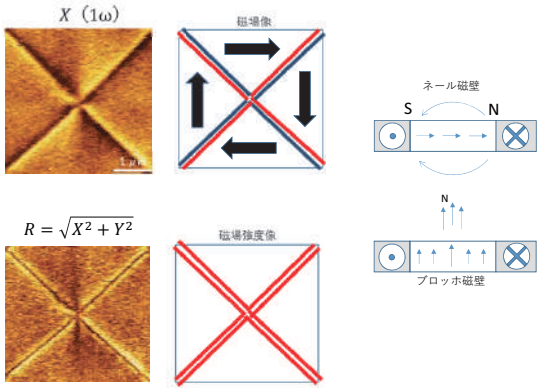
実験結果：MFMとA-MFMによる磁場イメージング



磁場像：1ω

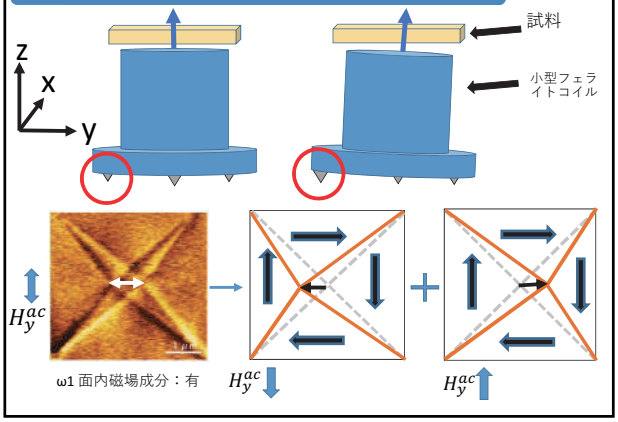
考察：A-MFMによる磁壁タイプの識別

7/11



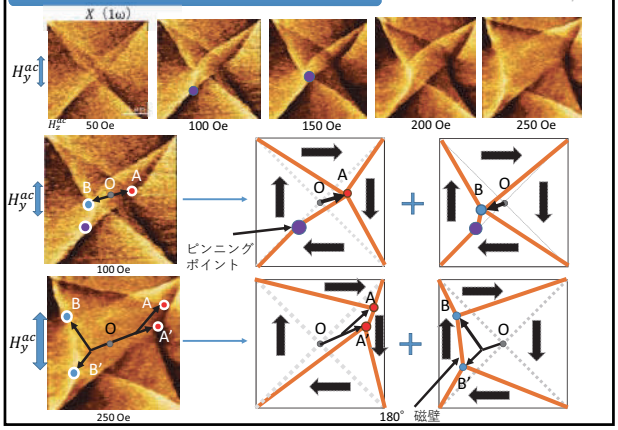
実験結果・考察：A-MFMによる磁壁移動時の磁場像

8/11



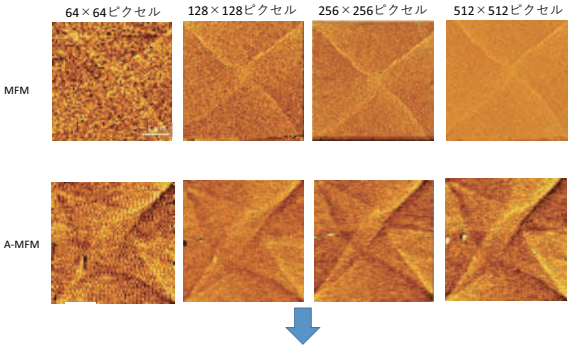
実験結果・考察：交流磁場強度依存性

9/11



実験結果：画素数変更による磁場像比較

10/11



まとめ

11/11

MFMを用いたソフト磁性材料の交流磁場下での磁区観察法の開発を目的として、超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡（A-MFM）により、以下の結果を得た.

1.探針試料間距離の低減により、磁壁タイプの識別を容易に行うことができた.

2.磁壁移動により発生する交流磁場を検出して、動的磁区観察を実現した.

3.パーマロイ・パターンド薄膜で、磁壁の移動距離や磁壁のピンニングポイントの検出を実現した.

項目	MFM	A-MFM
磁壁観察・磁壁タイプの識別	△	○
交流磁場下での磁壁移動幅の観察	×（直流磁場観察が主）	○
交流磁場下での磁壁のピニングポイントの検出	×	○
ズームイン観察の容易さ	△	○

今後の課題

・動的磁区観察の高周波化

・磁壁掃引用の高周波・面内磁場印加機構の開発

Three-dimensional Magnetic Field Measurement by Alternating Magnetic Force Microscopy Based on MFM Tip Transfer Function

Yue Zhao（令和２年１月転出）
齊藤　準（記載者）

概要：磁気力顕微鏡は空間分解能に優れるものの従来の強磁性探針を用いた場合には、計測磁場方向の精度に劣るため、測定量の定量性に難があった。本研究では研究グループがこれまで独自開発した交番磁気力顕微鏡技術および高磁化率・超常磁性 Co-Gd_2O_3 系グラニュラー合金薄膜を利用した高感度・超常磁性探針を用いることで、試料面に垂直方向の直流磁場の勾配を高精度で測定し、得られた測定信号から探針伝達関数の性質を利用して磁場勾配の 3 次元成分を得る手法を開発した。本手法では磁場勾配の大きさや 3 次元空間における方向等、磁場勾配の 3 次元成分を用いた様々な計算量についても高分解能イメージングが可能である。

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

独自性・実用性：
独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、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。本報告は新たな機能性として開発した、3 次元磁場イメージング技術についての成果に関わる。

次の２～４ページに「交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の 3 次元磁場計測 – 探針伝達関数に基づいた計測磁場方向の変換 –」と題して発表したスライドを示す。

本手法は、永久磁石等の直流磁場が発生する試料について、その磁場勾配の 3 次元イメージングを実現したものであり、磁場勾配の大きさや 3 次元空間における方向等、磁場勾配の 3 次元成分を用いた様々な計算量についての高分解能イメージングを可能にするので、磁性材料や磁気デバイスの磁場解析に有用となる。

1/14

交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の 3 次元磁場計測
－ 探針伝達関数に基づいた計測磁場方向の変換 －

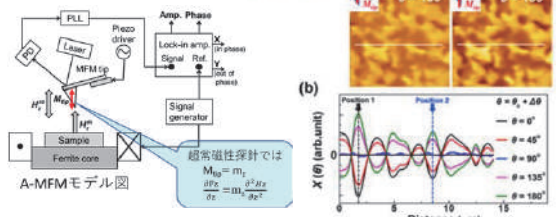
和田 真羽, Zhao Yue, 松村 透,齊藤 準
秋田大学

2/14

背景

磁気力顕微鏡(MFM)は探針磁化方向の磁場勾配を検出する。

$$\frac{\partial F_z}{\partial z} = m_x \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} + m_y \frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} + m_z \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}$$



我々が開発した交番磁気力顕微鏡に、探針磁化が磁場印加方向に発生する超常磁性探針を用いることで、垂直磁場勾配のみのイメージングを実現した。

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

3/14

目的

磁場勾配の3次元イメージングを、磁場計測方向の精度の高い垂直磁場像を用い、探針伝達関数を利用して実現する。

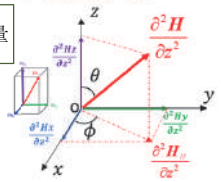
$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}$(垂直磁場勾配像) から求める物理量

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \Rightarrow \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}, \frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}$$

$$\left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right| = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}\right)^2}$$

$$\left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}\right| = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}\right)^2}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \Big/ \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right|\right), \quad \phi = \cos^{-1}\left(\left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}\right| \Big/ \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right|\right)$$



$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} = \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right| \sin\theta\cos\phi = \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}\right| \cos\phi$$

$$\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} = \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right| \sin\theta\sin\phi = \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}\right| \sin\phi$$

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} = \left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right| \cos\theta$$

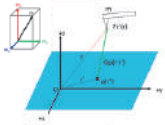
4/14

試料磁極 $\boldsymbol{\rho}$ を発生源とする磁場勾配の伝達関数

$$\frac{\partial F_z}{\partial z^2}(\boldsymbol{r}) = \int_{\boldsymbol{r}'} \rho(\boldsymbol{r}')\, G_\rho(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}')d\boldsymbol{r}'$$

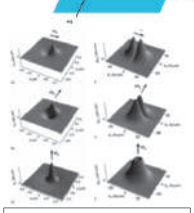
$$\Leftrightarrow \frac{\partial F_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) = \rho(k_x,k_y,z')\, G_\rho(k_x,k_y,z-z')$$

$$m = (m_x, m_y, m_z)$$



$$G_\rho(\boldsymbol{r}) = m_x(\boldsymbol{r})\, G\frac{\partial H_z^2}{\partial z^2}(\boldsymbol{r}) + m_y(\boldsymbol{r})\, G\frac{\partial H_y^2}{\partial z^2}(\boldsymbol{r}) + m_z(\boldsymbol{r})\, G\frac{\partial H_z^2}{\partial z^2}(\boldsymbol{r})$$

$$= m_x \frac{15xz^2 - 3x(x^2+y^2+z^2)}{4\pi\mu_0(x^2+y^2+z^2)^{7/2}} + m_y \frac{15yz^2 - 3y(x^2+y^2+z^2)}{4\pi\mu_0(x^2+y^2+z^2)^{7/2}} + m_z \frac{15z^3 - 9z(x^2+y^2+z^2)}{4\pi\mu_0(x^2+y^2+z^2)^{7/2}}$$



$$G_\rho(k_x,k_y,z) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} G_\rho(\boldsymbol{k})\exp(ik_z z)\, dk_z \quad \left(G_\rho(\boldsymbol{k}) = \int_{-\infty}^{\infty} G_\rho(\boldsymbol{r})\exp(-i\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r})\, d\boldsymbol{r}\right)$$

$$= m_x\, G\frac{\partial H_z^2}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) + m_y\, G\frac{\partial H_y^2}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) + m_z\, G\frac{\partial H_z^2}{\partial z^2}(k_x,k_y,z)$$

$$= m_x \frac{-ik_x\sqrt{k_x^2+k_y^2}}{2\mu_0}\exp\left(-\sqrt{k_x^2+k_y^2}\,z\right) + m_y \frac{-ik_y\sqrt{k_x^2+k_y^2}}{2\mu_0}\exp\left(-\sqrt{k_x^2+k_y^2}\,z\right) + m_z \frac{k_x^2+k_y^2}{2\mu_0}\exp\left(-\sqrt{k_x^2+k_y^2}\,z\right)$$

H. Saito et al, J. Magn. Magn. Mater. 191 (1999) 153
日本磁気学会編:磁気イメージングハンドブック,第4章 磁気力顕微鏡, (2010)

5/14

計測磁化方向を変換する空間フィルターの例

$\mathrm{T}\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right]$: $\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}$ から $\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}$ を求める変換フィルター

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) = G\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)\rho(k_x,k_y,z_0)$$

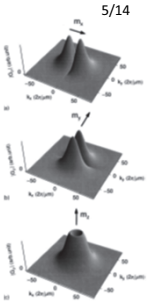
$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) = G\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)\rho(k_x,k_y,z_0)$$

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) = \frac{G\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)}{G\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)} G\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)\rho(k_x,k_y,z_0)$$

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z) = \mathrm{T}\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right]\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z)$$

$$\mathrm{T}\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right] = \frac{G\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)}{G\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z-z_0)} = \frac{\frac{-ik_x\sqrt{k_x^2+k_y^2}}{2\mu_0}\exp\left(-\sqrt{k_x^2+k_y^2}\,z\right)}{\frac{k_x^2+k_y^2}{2\mu_0}\exp\left(-\sqrt{k_x^2+k_y^2}\,z\right)} = \boxed{\frac{-ik_x}{\sqrt{k_x^2+k_y^2}}}$$

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(x,y,z) = \mathrm{IFT}\left[\mathrm{T}\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right] \times \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z)\right]$$



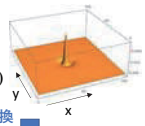
6/14

計測磁場方向の変換の流れ

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(x,y,z_0) = IFT\left[T\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right] \times \frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(k_x,k_y,z_0)\right]$$

シミュレーション像

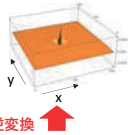
$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)$



複素フーリエ変換

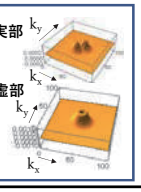
計測磁場方向の変換像

$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(x,y,z_0)$



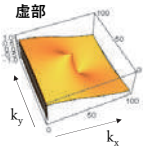
フーリエ逆変換

$\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(\mathbf{k_x}, \mathbf{k_y}, \mathbf{z_0})$



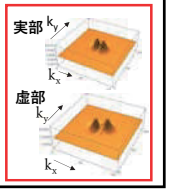
×

$$T\left[\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2} \to \frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right]_{(k_x,k_y,z_0)} = \frac{-i\,k_x}{\sqrt{k_x^2+k_y^2}}$$



=

$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}(\mathbf{k_x}, \mathbf{k_y}, \mathbf{z_0})$

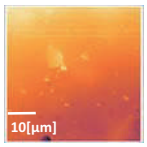


像変換に用いたA-MFM像

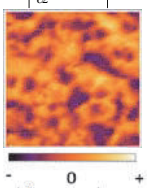
7/14

観察条件：
使用探針：超常磁性探針(Co-GdOx)
測定試料： FeNdB焼結磁石
（日立金属（株）提供）
印加交流磁場：200[Oe]
走査エリア：55[μm]×55[μm]

形状像



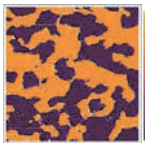
$$X=\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\cos\theta$$



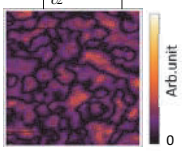
$$R\exp(i\theta)$$
$$=\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\cos\theta+\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\sin\theta$$
$$=X+iY$$

$$H_z \Rightarrow -H_z$$
$$\Rightarrow \left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\cos(\theta+\pi)$$
$$+\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\sin(\theta+\pi)$$

θ



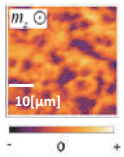
$$R=\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|$$

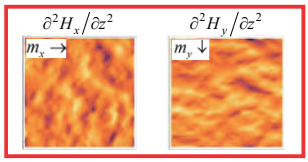


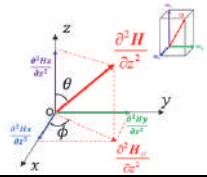
磁場勾配ベクトル成分 イメージング

8/14

$\partial^2 H_z/\partial z^2$



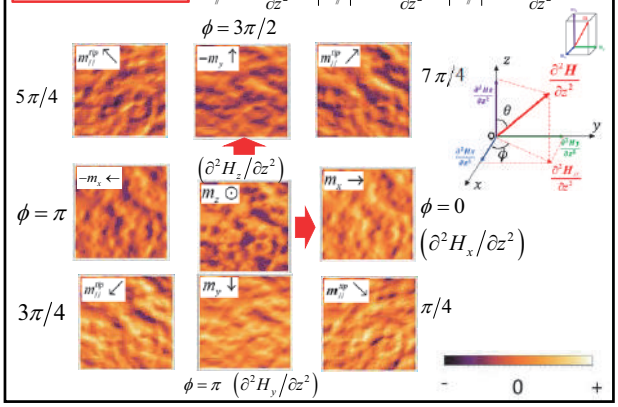




計測方向変換

9/14

$$\boldsymbol{m}_{//}^{tip}(\phi)\cdot\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}=\left|\boldsymbol{m}_{//}^{tip}\right|\cos\phi\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}+\left|\boldsymbol{m}_{//}^{tip}\right|\sin\phi\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}$$

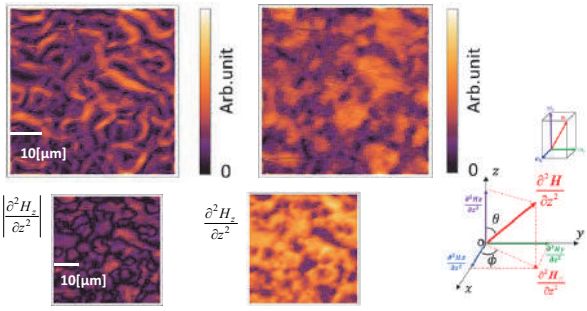


磁場勾配強度(√磁場エネルギー) イメージング

10/14

$$\left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}\right|=\sqrt{\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}\right)^2}$$

$$\left|\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}\right|=\sqrt{\left(\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}\right)^2}$$

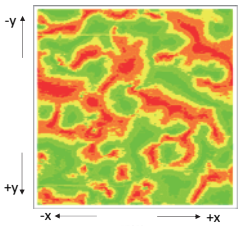


垂直磁場勾配方向 イメージング

11/14

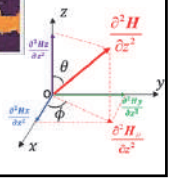
$$\theta\left[\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right]$$

Θ (偏角像)



Θ像(2値像,
明部と暗部の位相差180°)

$$H_z \Rightarrow -H_z$$
$$\Rightarrow \left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\cos(\theta+\pi)$$
$$+\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|\sin(\theta+\pi)$$

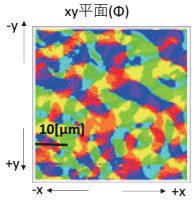


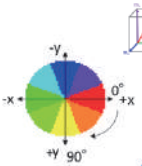
面内磁場勾配方向 イメージング

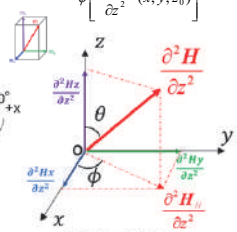
12/14

$$\phi\left[\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}_{//}}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right]$$

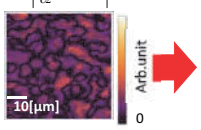
xy平面(Φ)





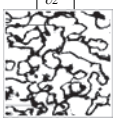


$$R=\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}(x,y,z_0)\right|$$

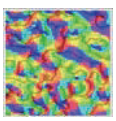


磁区境界抽出

$$R=\left|\frac{\partial^2 H_z}{\partial z^2}\right|\approx 0$$



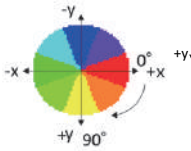
重ね合わせ像(Φ)

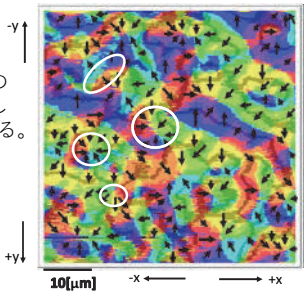


面内磁場勾配方向 イメージング

13/14

磁場勾配ベクトルの放射状の広がりから、磁場の湧き出し/吸い込みが明確に観察できる。



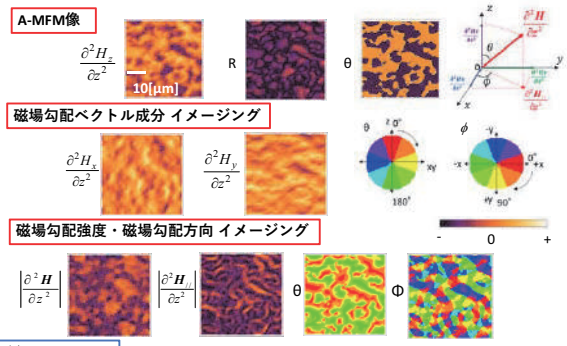


まとめ

14/14

A-MFMの垂直磁場勾配像から、探針伝達関数を利用した信号変換により、種々の磁場勾配ベクトル・イメージングを実現した。

A-MFM像



磁場勾配ベクトル成分 イメージング

磁場勾配強度・磁場勾配方向 イメージング

今後の展開

- 磁場勾配像から3次元磁場像への変換

Local measurement of the magnetic saturation process of perpendicular recording write head by Alternating Magnetic Force Microscopy

Paritosh Dubey（令和２年６月転出）
齊藤　準（記載者）

概要：小型化・高周波数化が進む磁気記録ヘッドを対象として、その性能向上の指針を得るために有効となるヘッド素子の局所的な磁化過程を計測する技術を開発した。本技術には研究グループがこれまで独自開発した交番磁気力顕微鏡技術および高磁化率・超常磁性 Co-Gd_2O_3 系グラニュラー合金薄膜を利用した高感度・超常磁性探針を用いた。本手法では、磁気記録ヘッドに直流電流を重畳した交流電流を印加し、磁気記録ヘッドから発生する直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項を検出・解析することで磁気力顕微鏡と同程度の 10 nm オーダーの空間分解能で局所的な磁化過程を計測できる。

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

独自性・実用性：
独自性：交番磁気力顕微鏡は本学が提案した独自技術であり、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。本報告は新たな機能性として開発した、磁気記録ヘッドの局所磁化曲線計測技術についての成果に関わる。

次の２～３ページに「交番磁気力顕微鏡を用いた直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項の検出による磁気記録ヘッドの局所磁化計測」と題して発表したスライドを示す。

本手法は、小型化・高周波化が進む磁気記録ヘッド素子について、局所的な磁化過程の測定・評価を実現したものであり、磁気記録ヘッド素子の性能向上に有用となる。

1/10

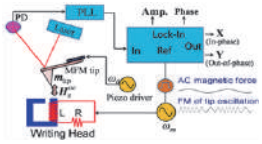
交番磁気力顕微鏡を用いた直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項の検出による磁気記録ヘッドの局所磁化計測

Local magnetization measurement of magnetic recording head
by detecting energy cross term of DC and AC magnetic field
by alternating magnetic force microscopy

Paritosh Dubey, Pawan Kumar, 園部 博, 齊藤 準
秋田大 理工

交番磁気力顕微鏡（Alternating Magnetic Force Microscopy; A-MFM）

2/10



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

$$\Delta k_m=\frac{\partial F_z^{mag}}{\partial z}=\frac{\partial^2}{\partial z^2}(\boldsymbol{m}\cdot\boldsymbol{H})<<k_0$$

$$z(t)\cong\frac{F_0}{m\gamma\omega_0}\sin\left(\omega_0 t+\frac{\Delta k_m}{m\gamma\omega_0}\cos(\omega_m t)\right)$$

$$\cong\frac{F_0}{m\gamma\omega_0}\left(\sin(\omega_0 t)+\frac{\Delta k}{2m\gamma\omega_0}\left(\cos((\omega_0+\omega_m)t)+\cos((\omega_0-\omega_m)t)\right)\right)$$

試料表面近傍の磁気力を単独計測
→ 高い空間分解能を有する。

$$\Delta k_m=\frac{\partial F_z^{mag}}{\partial z}=\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}+\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}\cos(\omega_m t)\right)\cdot\left(\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(\omega_m t)\right)$$

$$=\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\frac{\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\right)+\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\right)\cos(\omega_m t)+\frac{\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)$$

種々の測定対象の磁場イメージングが磁性探針を選択することで可能になる。

超常磁性探針を用いた磁場エネルギーの計測

3/10

$$\Delta k_m=\frac{\partial F_z^{mag}}{\partial z}=\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}+\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}\cos(\omega_m t)\right)\cdot\left(\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(\omega_m t)\right)$$

$$=\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\frac{\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\right)+\left(\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{dc}}{\partial z^2}+\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\right)\cos(\omega_m t)+\frac{\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)$$

1. 交流磁場の計測／ハード磁性探針を使用

$$\Delta k_m=m_z^{dc}\frac{\partial^2 H_z^{ac}}{\partial z^2}\cos(\omega_m t)\cong q^{dc}\frac{\partial H_z^{ac}}{\partial z}\cos(\omega_m t)$$

2. 交流磁場の計測／超常磁性探針を使用　昨年度に報告

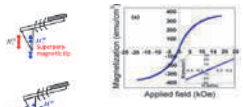
$$\Delta k_m=\frac{m_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)\qquad\left(\boldsymbol{H}^{ac}\,//\,\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}=\chi\boldsymbol{H}^{ac}\right)$$

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

磁場エネルギーを計測

3. 強い直流磁場の計測／超常磁性探針を使用

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



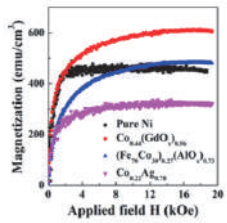
4. 直流磁場の計測／ソフト磁性探針を使用

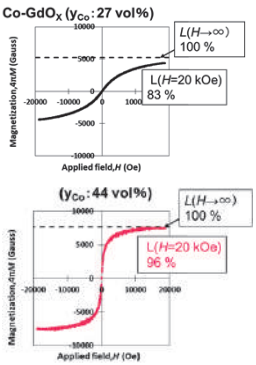
$$\Delta k_m=m_z^{ac}\frac{\partial^2 H_z^{dc}}{\partial z^2}\cos(\omega_m t)\cong q^{m}\frac{\partial H_z^{ac}}{\partial z}\cos(\omega_m t)$$

Co-GdO$_x$超常磁性合金薄膜の磁化曲線

4/10

$$M(H)=M_{SP}\left[\coth\left(\frac{mH}{kT}\right)-\frac{kT}{mH}\right]$$

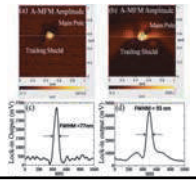




磁気記録ヘッドの交流磁場計測における探針性能の比較表

5/10

	超常磁性探針（磁場エネルギー計測）	ハード磁性探針（磁場計測）
検出物理量	$\cong\int_{tip\ volume}\chi_{tip}\frac{\partial^2(H_{sample})^2}{\partial z^2}dV$ ・磁性結晶粒の磁化が寄与（主に探針先端の磁性結晶粒が寄与し、有効磁気体積＜磁性薄膜体積）	$\cong\int_{tip\ surface}q_m^{tip}\frac{\partial H_{sample}}{\partial z}dS$ ・表面磁極が寄与（探針を対称性よく先鋭化し、その表面積を減少させることが重要）
磁気力の距離依存性（単磁極が磁場発生源の場合）	$\propto\frac{1}{z^6}$ (短距離的) → 高分解能化に有利	$\propto\frac{1}{z^3}$ (長距離的)



本研究の目的

6/10

$$\boldsymbol{H}(t)=\boldsymbol{H}^{ac}\cos(\omega_m t)\Rightarrow\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}=\chi\boldsymbol{H}^{ac}\cos(\omega_m t)$$

$$\Delta k_m=\frac{\partial F_z}{\partial z}=\frac{m_{tip}^{ac}}{2}\cdot\frac{\partial^2\boldsymbol{H}^{ac}}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)=\frac{\chi}{2}\frac{\partial^2(\boldsymbol{H}^{ac})^2}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)$$

直流磁場でバイアスした交流磁場の印加により、直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項が発生

$$\boldsymbol{H}(t)=\boldsymbol{H}^{dc}+\boldsymbol{H}^{ac}\cos(\omega_m t)$$

$$\Rightarrow\boldsymbol{m}(t)=\boldsymbol{m}_{tip}^{dc}+\boldsymbol{m}_{tip}^{ac}\cos(\omega_m t)=\chi\boldsymbol{H}^{dc}+\chi\boldsymbol{H}^{ac}\cos(\omega_m t)$$

$$\Delta k_m=\frac{\partial F_z}{\partial z}=\chi\frac{\partial^2(\boldsymbol{H}^{dc})^2}{\partial z^2}+2\chi\frac{\partial^2(\boldsymbol{H}^{dc}\cdot\boldsymbol{H}^{ac})}{\partial z^2}\cos(\omega_m t)+\frac{\chi}{2}\frac{\partial^2(\boldsymbol{H}^{ac})^2}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)$$

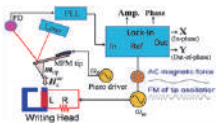
【目的】
直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項を用いた磁気計測の可能性を探る。

【本研究】
磁気ヘッドの局所的な磁化測定への応用を検討した。

実験方法

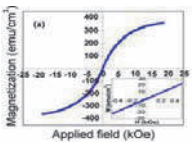
7/10

装置：L-traceⅡ（日立ハイテクサイエンス社）
- 走査モード：リフトモード(大気中)
- 測定パラメータ
  探針試料間距離 ：5 nm
- 観察試料
  垂直磁気記録用ヘッド　$I = I^{dc} + I^{ac}\cos(\omega_m t)$
  ヘッド電流(直流分)：0 ～ 20 mA
  ヘッド電流(交流分)：2.5 mA（振幅）
  磁場周波数(ω_m) ：89 Hz

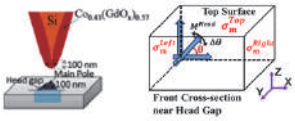


$$\Delta k_m = \frac{\partial F_z}{\partial z} = \chi \frac{\partial^2 (H^{dc})^2}{\partial z^2} + 2\chi \frac{\partial^2 (H^{dc} \cdot H^{ac})}{\partial z^2}\cos(\omega_m t) + \frac{\chi}{2}\frac{\partial^2 (H^{ac})^2}{\partial z^2}\cos(2\omega_m t)$$

Co-GdO$_x$超常磁性探針（自作）
- 膜厚：100 nm (Si探針に磁性膜を成膜)
- Coの体積分率　43%
- Si基板上の薄膜の初磁化率(χ) ：1.7 × 10^{-5} H/m



8/10

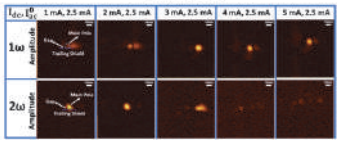


$H_{dc} \propto M_{dc} = M_\perp = M_s \sin\theta$

$H_{ac} \propto \Delta M_\perp = \frac{dM_\perp}{d\theta} = M_s \cos\theta$

$(H_{dc} H_{ac}) \propto \sin\theta\cos\theta \propto \sin 2\theta$

$\theta = \pi/4 \Rightarrow (H_{dc} H_{ac})$ term has the maximum value.



$I = I_{dc} + I^0_{ac}\cos(\omega t)$

$H_z = H_z^{dc} + H_z^{ac}\cos(\omega t)$

$M_\perp = M_s \sin(\theta + \Delta\theta \sin(\omega t))$

$M_\perp \cong M_s(\sin\theta + \Delta\theta\cos\theta\sin(\omega t))$

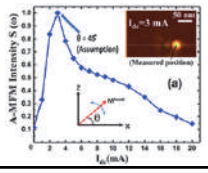
$H_z^{dc} \cong M_s \sin\theta,\ H_z^{ac} \cong M_s \Delta\theta\cos\theta\sin(\omega t)$

$H_z^{dc} H_z^{ac} \cong \left(\Delta\theta M_s^2 \sin\theta\cos\theta\right)\sin(\omega t)$

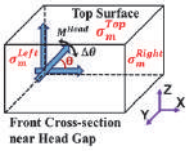
$\propto (\sin 2\theta)\sin(\omega t)$

$(H_z^{ac})^2 \cong (M_s \Delta\theta\cos\theta)^2 \sin^2(\omega t)$

$\propto (M_s \Delta\theta)^2 (\cos\theta)^2 \cos(2\omega t)$



9/10



$I = I_{dc} + I^0_{ac}\cos(\omega t)$

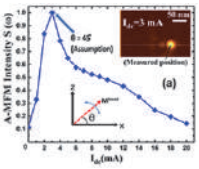
$H_z = H_z^{dc} + H_z^{ac}\cos(\omega t)$

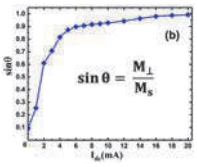
$M_\perp = M_s \sin(\theta + \Delta\theta \sin(\omega t))$

$M_\perp \cong M_s(\sin\theta + \Delta\theta\cos\theta\sin(\omega t))$

$H_z^{dc} \cong M_s \sin\theta,\ H_z^{ac} \cong M_s \Delta\theta\cos\theta\sin(\omega t)$

$H_z^{dc} H_z^{ac} \cong \left(\Delta\theta M_s^2 \sin\theta\cos\theta\right)\sin(\omega t) \propto (\sin 2\theta)\sin(\omega t)$





$H_z^{dc} H_z^{ac} / (H_z^{dc} H_z^{ac})_{max} = \sin 2\theta$

$\theta = \frac{\sin^{-1}\left(H_z^{dc} H_z^{ac} / (H_z^{dc} H_z^{ac})_{max}\right)}{2}$

$\frac{M_\perp}{M_s} = \sin\theta$

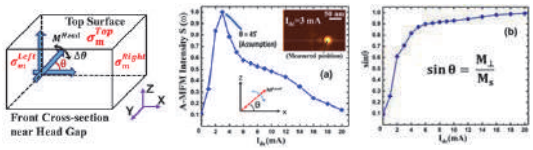
10/10

まとめ

1. 磁場エネルギーの計測が可能な、超常磁性探針を用いた交番磁気力顕微鏡により、直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項を計測し、磁気記録ヘッドの局所的な磁化曲線の計測を提案した。

2. 局所磁化計測の方法：
   試料磁化のヘッド面に垂直方向の磁化成分（垂直磁化）に比例する直流磁場と、垂直磁化の磁場に対する変化率に比例する交流磁場の積である交差エネルギー項が、試料磁化のヘッド面からの傾き角を θ とした場合、sin2θ で与えられることを利用して、θ =45° の最大値で規格化することでθを求め、垂直磁化を計測する。

$$H_z^{dc} H_z^{ac} / (H_z^{dc} H_z^{ac})_{max} = \frac{\sin\theta\cos\theta}{2} = \sin 2\theta \Rightarrow \theta = \frac{\sin^{-1}\left(H_z^{dc} H_z^{ac} / (H_z^{dc} H_z^{ac})_{max}\right)}{2} \Rightarrow \frac{M_\perp}{M_s} = \sin\theta$$



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

吉 村　　哲

(第８研究グループ)

syoshi@gipc.akita-u.ac.jp

概要：様々な磁気デバイス業界から、次々世代技術として強い要望のある磁化の電界駆動技術に関して、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。令和元度は、強磁性・強誘電薄膜と金属強磁性薄膜との積層膜を作製し、その積層膜への電界印加による、強磁性・強誘電薄膜の磁化反転を介した、機能性金属強磁性薄膜への磁気転写を実現した。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）からの支援を経て、科研費-基盤研究 B（R2-4 年度）への採択に至っていることから、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 を基本特許として保有、改良特許を３件保有。）、電界印加書込み型の新規な磁気メモリ（特許第 6573374 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、強磁性･強誘電特性を有する $(Bi,La)(Fe,Co)O_3$ 薄膜において、数百ナノメートルオーダー幅の局所電界を印加することにより、明瞭な強磁性ドメインの誘起が可能であることを確認し、電界書込み型デバイスの実用性を示した。また、置換元素によっては大きな磁気 Kerr 効果が得られ、電界駆動型の空間光変調器（特願 2016-69189 および特願 2016-69190：現在審査請求中）などの光デバイスへの応用についても実用性を示した。

新技術の特徴

強磁性・強誘電薄膜と機能性金属強磁性薄膜との積層膜への、電界印加による、強磁性・強誘電薄膜の磁化反転を介した、金属強磁性薄膜への磁気転写を実現した。本技術は、様々な磁気デバイスに含まれる機能性磁性材料薄膜を、強磁性・強誘電薄膜との積層体にすることにより、磁界ではなく電界で駆動させることができるデバイスへと、改良できる可能性があることを示している。

【2019 年 6 月 14 日「マルチメディアストレージ研究会〈東北大、仙台〉」での招待講演発表図面】

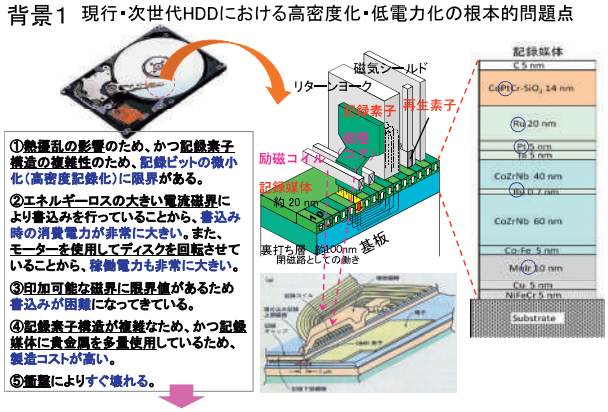
マルチメディアストレージ研究会（(8)ITE-MMS）東北大学　2019年6月14日

$BiFeO_3$系強磁性・強誘電薄膜の記録・映像デバイス応用への試み

～薄膜の高品位作製および材料探索から機能検証まで～

秋田大学　大学院理工学研究科
附属 革新材料研究センター
吉村 哲、M. Kuppan

背景１　現行・次世代HDDにおける高密度化・低電力化の根本的問題点



①熱擾乱の影響のため、かつ記録素子構造の複雑性のため、記録ビットの微小化（高密度記録化）に限界がある。

②エネルギーロスの大きい電流磁界により書込みを行っていることから、書込み時の消費電力が非常に大きい。また、モーターを使用してディスクを回転させていることから、稼働電力も非常に大きい。

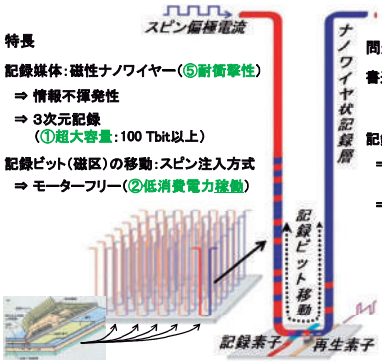
③印加可能な磁界に限界値があるため書込みが困難になってきている。

④記録素子構造が複雑なため、かつ記録媒体に貴金属を多量使用しているため、製造コストが高い。

⑤衝撃によりすぐ壊れる。

①超大容量・②超低消費電力・③容易な書込み・④安価・⑤耐衝撃性（・⑥高速記録再生・⑦低エラーレート再生）を実現可能な根本的に新しい装置・方式の確立が必要。

レーストラックメモリ（IBMにより提案）の特長と問題点



特長

記録媒体：磁性ナノワイヤー（⑤耐衝撃性）
⇒ 情報不揮発性
⇒ 3次元記録
（①超大容量：100 Tbit以上）

記録ビット（磁区）の移動：スピン注入方式
⇒ モーターフリー（②低消費電力稼働）

問題点

書込み方式：HDDと同じ電流磁界
（②高消費電力記録）
（③困難な書込み）

記録層・素子の磁性材料：汎用の合金
⇒ 高飽和磁化・高磁気緩和定数
（⑥低速記録再生）
⇒ 低スピン分極・低保磁力
（⑦高エラーレート再生）

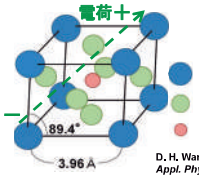
・新規機能性材料の適用
・異種材料の接合
・新原理・新構造の適用

現状、HDD用磁気記録ヘッドを用いた書込みの検証、磁区移動の機能検証およびそのメカニズムの議論、が活発に行われているが、デバイス形成には至っていない。

②・③・⑥・⑦の問題解決方法を提案（「ねらい」に続く）

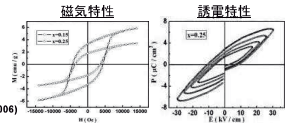
ねらい1a　強磁性かつ強誘電薄膜を用いた電界書込み型磁気記録方式の適用により②③（高消費電力・困難な書込み）の問題解決を図る

$(Bi,A)(Fe,B)O_3$　菱面晶ペロブスカイト構造

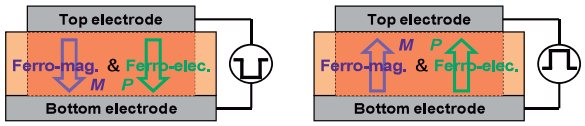


D. H. Wang, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 88, 212907 (2006)

・室温で強誘電性を示す（T_c = 850 ℃）
・[111]に自発分極を持つ（P_s = 100 μC/cm²）
・BiやFeの特定元素置換で室温強磁性を示す

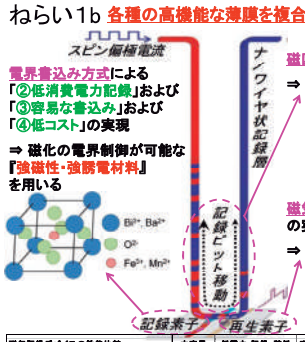


単相型の強磁性・強誘電薄膜を用いた電圧印加のみで完全磁化反転の模式図



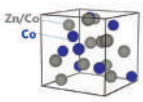
・書込み時の電流は小　≪低消費電力≫　・強電界の印加が可能　≪容易な書込み≫
・記録素子構造が単純　≪低製造コスト≫　・貴金属を使わない　≪低製造コスト≫

ねらい1b　各種の高機能な薄膜を複合化させて⑥⑦（低速・高エラーレート再生）の問題解決により高性能化を図る

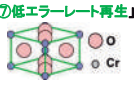


電界書込み方式による
「②低消費電力記録」および
「③容易な書込み」および
「④低コスト」の実現
⇒ 磁化の電界制御が可能な『強磁性・強誘電材料』を用いる

磁区の高速移動による「⑥高速記録再生」の実現
⇒ 低飽和磁化・垂直磁化・低磁気緩和定数の『スキルミオン』を用いる



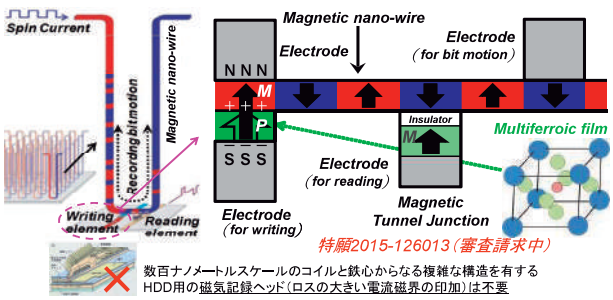
磁気抵抗効果の増大による「⑦低エラーレート再生」の実現
⇒ 高スピン分極・高保磁力の『強磁性酸化物』を用いる



磁気記録デバイスの性能比較	大容量	低電力 記録・読出	容易な書込み	安価（材料・構造・製造）	耐衝撃性	高速記録再生	低エラーレート再生
現行型の磁気記録装置（HDD）	△	×	×	△	×	○	○
次世代型のHDD（エネルギーアシスト方式）	○	×	△	×	×	○	○
垂直書込み型のHDD	△	△	◎	◎	×	○	×
フラッシュメモリ（SSD）	△	△	◎	×	○	◎	○
磁気メモリ（MRAM）	×	◎	○	○	○	◎	○
磁気メモリ（レーストラックメモリ）	◎	○	×	○	○	△	△
本提案の磁気メモリ	◎	◎	◎	○	○	○	○

本研究の構想１　電界書込み型の新しいレーストラックメモリの提案

【シンプルな構造での超低消費電力書込みの実現が期待】



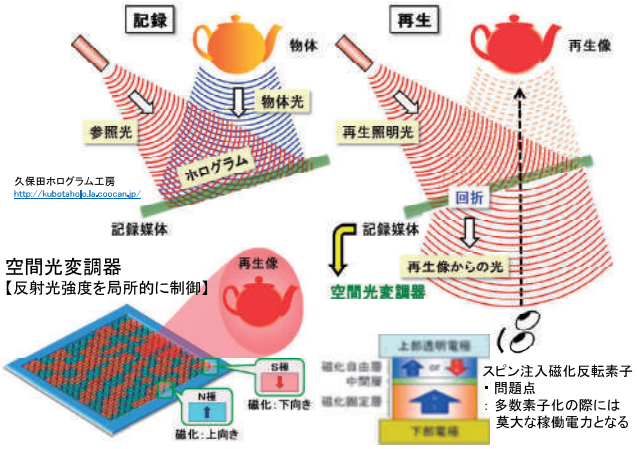
特願2015-126013（審査請求中）

数百ナノメートルスケールのコイルと鉄心からなる複雑な構造を有する HDD用の磁気記録ヘッド（ロスの大きい電流磁界の印加）は不要

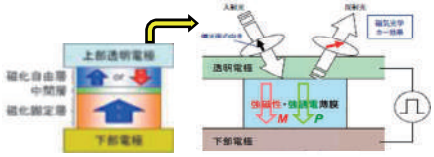
書込み：1. 書込み電極間に電界を印加して強磁性・強誘電薄膜を磁化させる。
2. 強磁性・強誘電薄膜の磁化がワイヤー状磁性薄膜に磁気転写されることで、記録ビットを形成する。

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

背景2 立体映像表示（≠3D, VR）＜8K:スーパーハイビジョン の次の技術＞

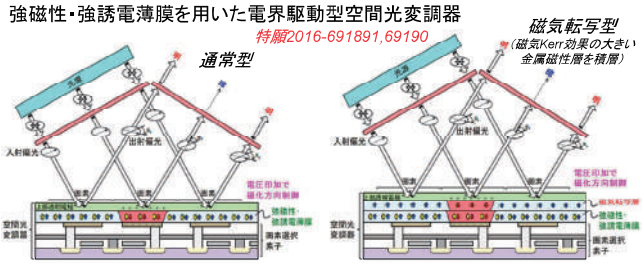


本研究の構想2 強磁性・強誘電薄膜の空間光変調器への適用



大きな磁気Kerr効果および大きな垂直磁気異方性を有する強磁性・強誘電薄膜が存在すれ（開発できれ）ば電界で駆動する（低電力の）空間光変調器が実現する。

強磁性・強誘電薄膜を用いた電界駆動型空間光変調器



目的 ＜電界磁化反転・磁気転写の実現のために＞

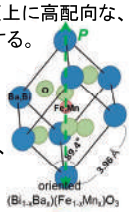
①スパッタリング法で、600℃以下の低温で、非単結晶基板上に高配向な、高品位な強磁性・強誘電特性$(Bi_{1-x}Ba_x)FeO_3$薄膜を作製する。

＜薄膜の高品位作製法に関する検討＞

②各種磁気デバイスへの適用に有用な磁気特性を有する強磁性・強誘電薄膜材料を探索する。

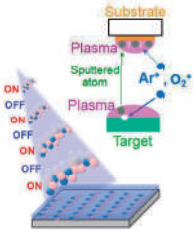
③作製した高品質・高機能な強磁性・強誘電薄膜において、電界印加磁化反転、磁気転写のデモをする。

＜デバイス動作に関する検証＞



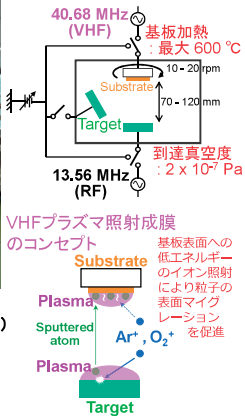
検討項目

- $(Bi_{1-x}Ba_x)FeO_3$薄膜の高品位作製
  ⇒ スパッタリング成膜中のVHFプラズマ照射
  反応性パルスDCスパッタリング法の新規使用
- 確立された成膜条件を用いての、磁気特性に優れた$(Bi_{1-x}A_x)(Fe,B)O_3$薄膜の作製
- 走査型プローブ顕微鏡を用いての、電界書込み、電界書込み前後の磁区・分域構造の観察

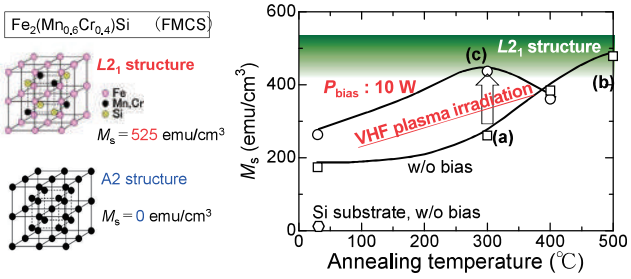


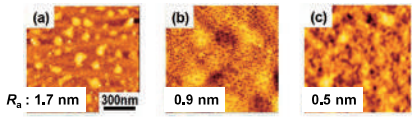
実験装置　超高真空スパッタリングシステム

到達真空度：2.0 × 10^{-7} Pa
10ターゲット（1カソード切り替え）＋1ターゲット（同時成膜）
プロセスガス：Ar, O_2, N_2 (不純物レベル < 10 ppb)
最大基板加熱温度：600 ℃
残留ガス分圧測定器、DC・RF・VHF・P-DC電源



成膜中の薄膜へのVHFプラズマ照射の効果
（$L2_1$ 規則構造を有するホイスラー合金薄膜の作製を例に）

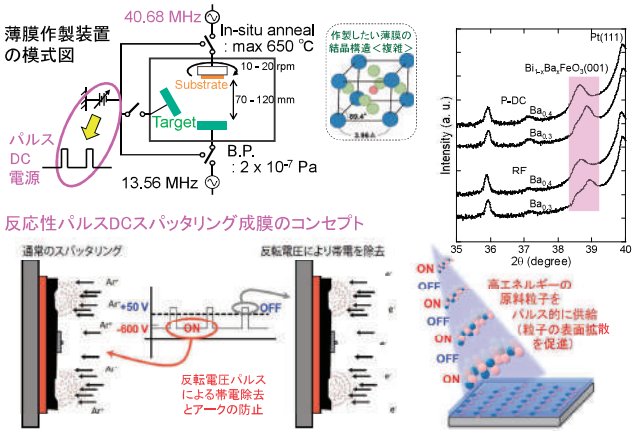




印加電力が最適化されたHFプラズマ照射成膜を行うことにより、規則構造化の促進および薄膜表面平坦化を実現

S. Yoshimura et al., Journal of Applied Physics, Vol. 109, p. 07B751 (2011)

更なる薄膜の高品位化（結晶化促進）のために
⇒ 近年開発された反応性パルスDCスパッタリング成膜法の使用



実験方法

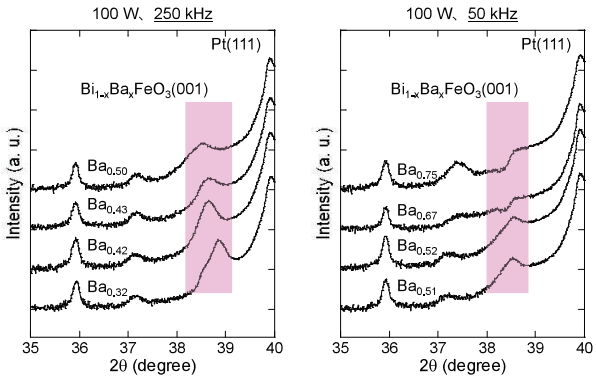
試料作製

- 使用基板：熱酸化膜付きSi基板
- 積層構造：Ta (5 nm) / Pt (100 nm) / $(Bi_{1-x}A_x)(Fe,B)O_3$ (300 nm) (A = Ba, La, B = Co)
- 使用装置：超高真空対応スパッタリング装置
- 使用電源：DC，パルスDC，RF
  （電力：80 – 200 W，周波数：40 – 250 kHz，デューティー(ON：OFF)比：2：1）
- 使用ターゲット：Ta，Pt，(Ba,La)–(Fe,Co)–O導電性ターゲット＋Biシート，Bi–Ba–Fe–O
- ターゲット – 基板間距離：120 mm
- 全ガス圧：10 mTorr
- 基板回転速度：10 rpm
- 下地層、$(Bi,Ba)FeO_3$成膜温度：300、570 ℃
- VHFプラズマ照射：5 W
- Arに混合するO_2分圧：30 %

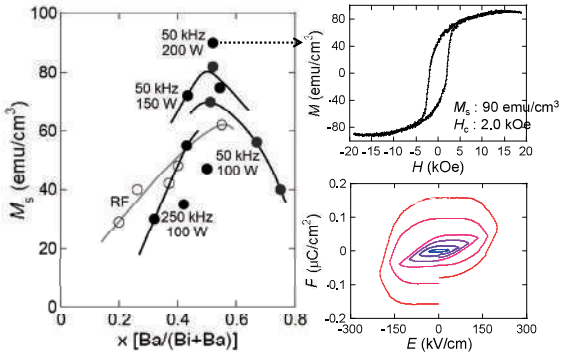
結晶構造評価	X線回折装置（XRD, BRUKER製） 測定方法：【Cu–Kα】θ–2θ法
薄膜組成分析	エネルギー分散型X線分光器（EDS, JEOL製）
磁気特性測定	試料振動型磁力計（VSM–5S型, 東英工業製）
磁化Kerr回転角	磁気Kerr効果測定装置（ネオアーク製）
強誘電特性測定	強誘電体特性評価システム（FCE–1, 東陽テクニカ製）
ドメイン構造評価	走査型プローブ顕微鏡（AFM, EFM, MFM）

実験結果1

反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$薄膜の結晶構造

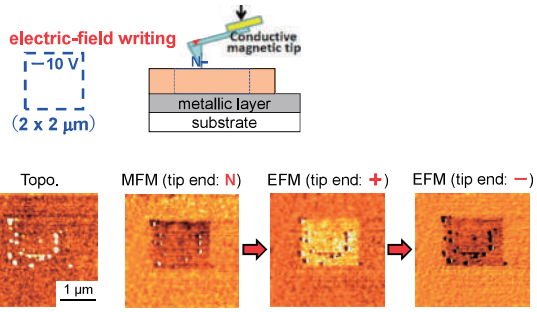


反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$薄膜の特性
（電力：100 –> 150 –> 200 W）



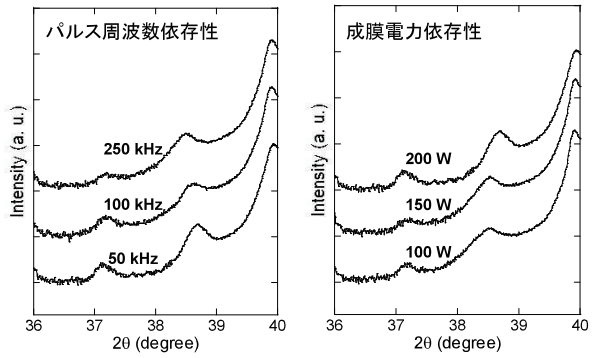
RFスパッタリング法での最大値：62 emu/cm³ に対して 90 emu/cm³ が得られた。
角型が良くループが閉じた強誘電ヒステリシスが得られた。

反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$Bi_{0.48}Ba_{0.52}FeO_3$薄膜の
電界書込み磁気記録のデモンストレーション



電界書込みに対応した磁区構造が得られ、電界書込み磁気記録のデモに成功。

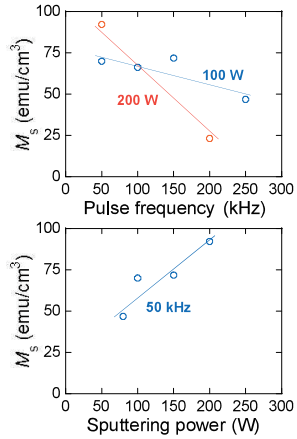
反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$薄膜の構造
周波数・電力依存性



周波数の低下に伴い
(001)ピーク強度が増加

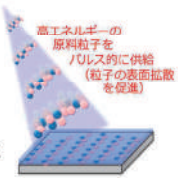
電力の増大に伴い
(001)ピーク強度が増加

反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$薄膜の特性
周波数・電力依存性



パルス周波数依存性

周波数の低下
に伴い飽和磁化が増加
（スパッタOFF時間の増加が○）

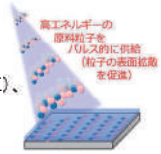


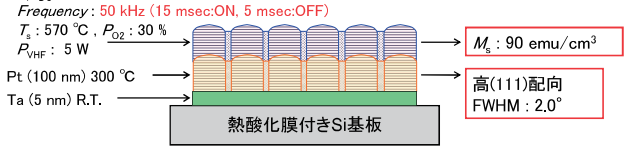
成膜電力依存性

電力の増大
に伴い飽和磁化が増加
（スパッタ粒子の高エネルギー化が○）

小まとめ1

1. 反応性パルスDCスパッタリング法において、
   下記の条件を用いることで、
   飽和磁化が大きく（RFスパッタリング法の1.5倍）、
   絶縁性に優れた（RFスパッタリング法の20倍以上の抵抗値）、
   強磁性・強誘電薄膜の形成に成功し、
   電界印加による磁区誘起のデモにも成功した。



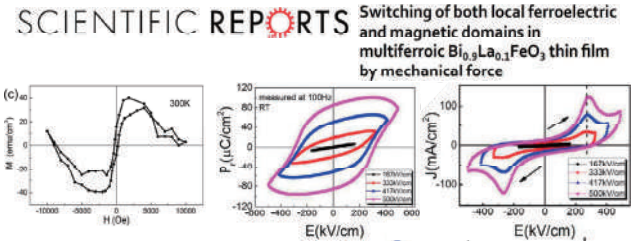


2. 反応性パルスDCスパッタリング法は、
   反転電圧パルスによるターゲット表面の帯電除去（アークの防止）のみならず
   高いエネルギーを有する薄膜原料原子を離散的に基板に供給することにより
   基板上での原子の表面拡散を促進させて結晶化しやすくさせる効果がある。

これまでに作製してきた$(Bi,Ba)FeO_3$薄膜の問題点

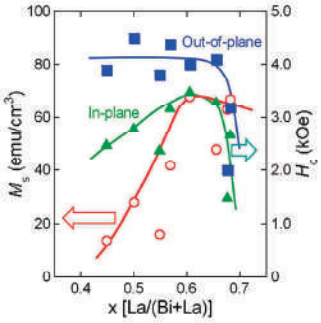
- ○ 磁化容易方向が薄膜面内
- ○ 保磁力が小さい（膜面内：3 kOe程度、膜面垂直：2 kOe程度）
- ⇒ 電界駆動型の磁気デバイスに応用には適していない

パルスレーザデポジション法で作製された$Bi_{0.9}La_{0.1}FeO_3$薄膜

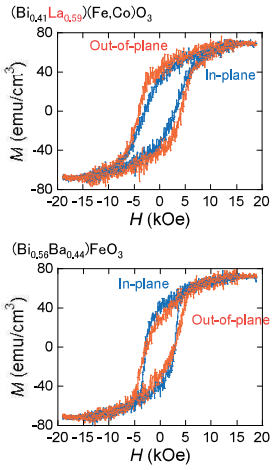


強磁性・強誘電性を示す、磁化容易方向が完全薄膜面内ではない可能性
⇒ Laドープの$BiFeO_3$薄膜を反応性パルスDCスパッタリング法で作製

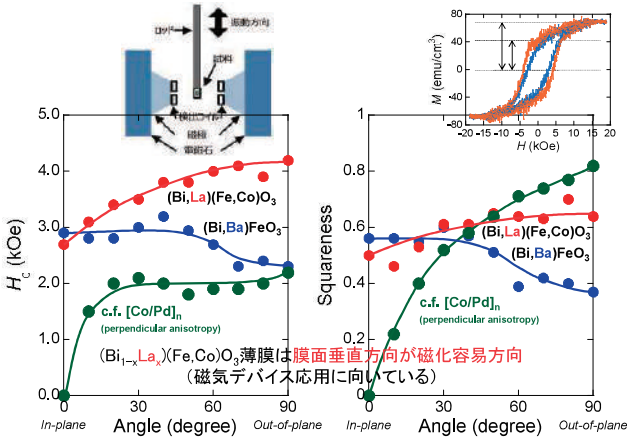
実験結果2　反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$薄膜の磁気特性



$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$薄膜において
垂直磁気異方性が得られた。
⇒磁気デバイス応用に極めて有用

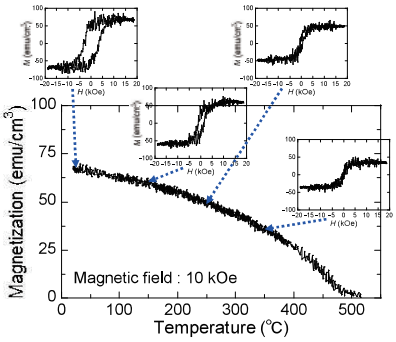


$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe,Co)O_3$薄膜と$(Bi_{1-x}Ba_x)FeO_3$薄膜の磁気異方性の比較



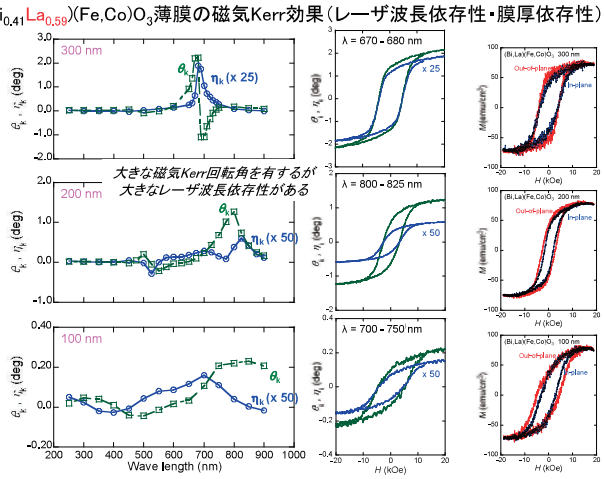
$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$薄膜は膜面垂直方向が磁化容易方向
（磁気デバイス応用に向いている）

$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe,Co)O_3$薄膜における磁気特性の温度依存性

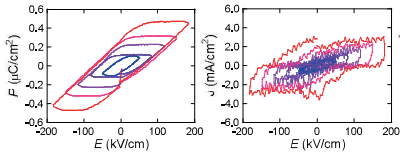


$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$薄膜のキュリー温度は450℃以上
（磁気デバイス応用に向いている）

$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe,Co)O_3$薄膜の磁気Kerr効果（レーザ波長依存性・膜厚依存性）

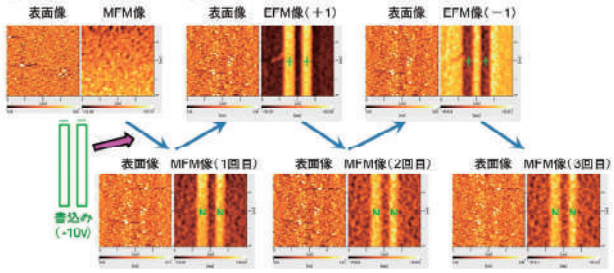


$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe,Co)O_3$薄膜の電気特性



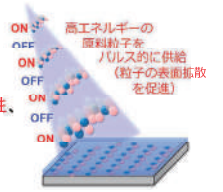
明瞭な強誘電ヒステリシス
小さいリーク電流

電界印加による磁化反転

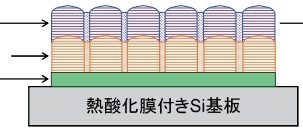


小まとめ2

1. LaドープのBiFeO$_3$薄膜を反応性パルスDCスパッタリング法を用いて作製することにより、垂直磁気異方性・大きな保磁力(4 kOe)・高いキュリー温度(450℃)・大きな磁気Kerr効果(2°)・優れた絶縁性を有する強磁性・強誘電薄膜の形成に成功した。

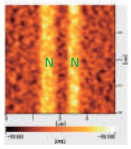


$(Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe,Co)O_3$ (300 nm)
P_{P-DC} : 150 W
Frequency : 200 kHz (3.1 msec: ON, 1.9 msec: OFF)
T_s : 570 ℃
P_{VHF} : 5 W
P_{O2} : 30 %
Pt (100 nm) 300 ℃
Ta (5 nm) R.T.



M_s : 70 emu/cm³
$H_{c\perp}$: 4 kOe

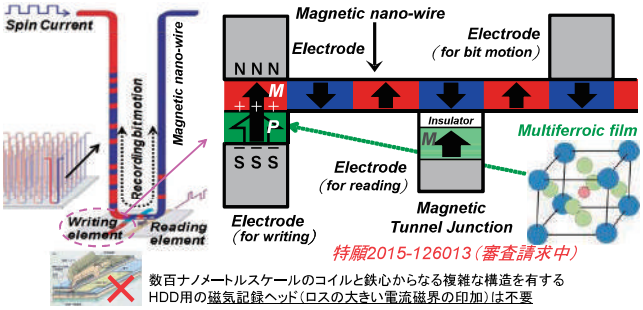
2. ミクロン以下のサイズでの、磁化の電界誘起を確認した。
(「−」を印加して「＋」の分極が現れた領域で「N」が誘起)



⇒ *電界駆動型のレーストラックメモリはこれで実現できるか？*

本研究の構想　電界書込み型の新しいレーストラックメモリの提案

【シンプルな構造での超低消費電力書込みの実現が期待】



特願2015-126013(審査請求中)

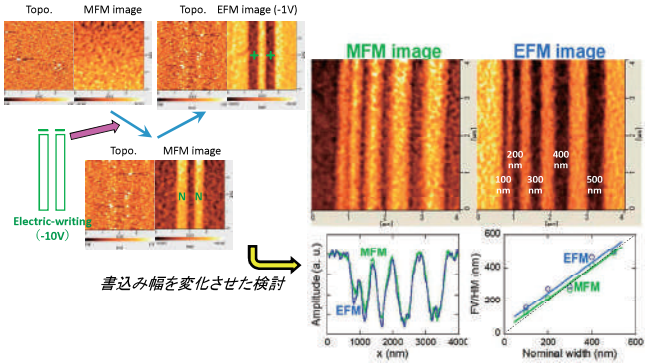
数百ナノメートルスケールのコイルと鉄心からなる複雑な構造を有する
HDD用の磁気記録ヘッド(ロスの大きい電流磁界の印加)は不要

書込み: 1. 書込み電極間に**電界を印加**して強磁性・強誘電薄膜を**磁化させる**。
2. 強磁性・強誘電薄膜の磁化がワイヤー状磁性薄膜に**磁気転写**されることで、**記録ビット(100nm程度)を形成**する。

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

局所(数百nm)電界印加による磁化反転の検証

$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O_3$ <0.5 μm幅の書込み>

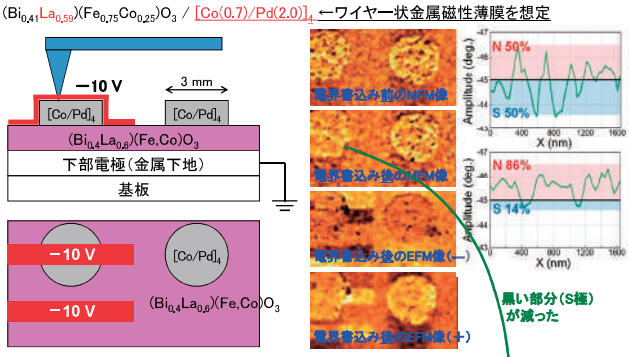


書込み幅を変化させた検討

300 nm幅程度までの電界印加において設定通りの磁区の書込みが実現
(想定されるワイヤ幅・ビット長 : 100 nm程度)

強磁性・強誘電薄膜による強磁性金属薄膜への磁気転写

$(Bi_{0.41}La_{0.59})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O_3$ / [Co(0.7)/Pd(2.0)]$_4$ ←ワイヤー状金属磁性薄膜を想定



- 電界書込み前の[Co/Pd]$_4$ドットは多磁区・消磁状態(NとSが同程度にランダム)
- 電界書込み後の[Co/Pd]$_4$ドットの**「S」の部分の 75%程度 が「N」に反転**
  ⇒ 強磁性・強誘電薄膜の電界印加磁化反転を強磁性金属薄膜に**磁気転写**
  ≪新提案の電界書込み型メモリの**動作実証に成功**！≫

まとめ

1a. $(Bi_{1-x}Ba_x)FeO_3$薄膜の反応性パルスDCスパッタリング成膜により、
飽和磁化が大きく(90 emu/cm³ : RFスパッタリング法の1.5倍)、
絶縁性に優れた(RFスパッタリング法の20倍以上の抵抗値)、
強磁性・強誘電特性の導出に成功した。

1b. 低周波・高電力での反応性パルスDCスパッタリング法は、
基板上での原子の表面拡散を促進させて結晶化しやすくさせる効果がある。

2a. 反応性パルスDCスパッタリング法で作製した$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$薄膜は、
垂直磁気異方性・高保磁力(4 kOe)・高キュリー温度(450 ℃)・
巨大磁気Kerr回転角(2°)、などの記録・映像デバイスに適した特性を有した。

2b. 記録・映像デバイスへの適用に必要な、数百 nm幅の電界印加磁化反転、
および積層させた金属磁性薄膜への磁気転写、のデモに成功した。

今後の検討事項

1. $(Bi_{1-x}A_x)(Fe,B)O_3$薄膜(A=Gd, Nd, Tb, Sm, Y, ⋯ , B=Co, Mn, ⋯)の作製
2. 反応性パルスDCスパッタリング成膜に適したスパッタリングターゲット材の検討
3. 記録・映像デバイスの更なる高性能化に向けた、ε−Fe_2O_3, CrO_2薄膜の作製

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

Fabrication of (Bi,La)(Fe,Co)O_3 multiferroic films and demonstration of magnetic reversal by electric field

M. Kuppan, and S. Yoshimura
(地方創生センター，第８研究グループ)
kuppanphysics@gmail.com

概要：Magnetic reversal using an electric field is a promising and future technology for multifunctional devices due to its lower power consumption. Multiferroic materials with magneto-electric effect, which simultaneously exhibit spontaneous polarization and magnetization, have been receiving greater attention. In these days, we succeeded to fabricate the highly qualified $(Bi_{1-x}La_x)(FeCo)O_3$ (BLFCO) films with ferromagnetism and ferroelectricity by using a pulsed DC reactive sputtering technique. The magnetic properties of the films were suitable for magnetic devices. Because, saturation magnetization and perpendicular coercivity were high, and easy axis for magnetization was completely perpendicular to the film plane. We also succeeded to demonstrate the local magnetization reversal with less than 300 nm width by local electric field application. This indicates that this material will be fit for magnetic recording devices with high recording density.

キーワード：Multiferroic materials, magneto-electric effect, magnetic recording devices

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）からの支援を経て、科研費-基盤研究 B（R2-4 年度）への採択に至っていることから、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 を基本特許として保有、改良特許を３件保有。）、電界印加書込み型の新規な磁気メモリ（特許第 6573374 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、強磁性･強誘電特性を有する (Bi,La)(Fe,Co)O_3 薄膜において、300 nm 幅（メモリのビット幅と同程度）の局所電界の印加により、その幅での明瞭な強磁性ドメインの誘起が可能であることを確認した。

新技術の特徴

現行の磁気記録媒体のようなグラニュラー組織化しなくても数百ナノメートル程度の強磁性ドメインを明瞭に誘起できることから、本材料は、様々な高集積磁気デバイスへの適用できる可能性があることを示している。

【2019 年 10 月 3 日「2nd WSASET <Indiana University, Indianapolis, USA>」での招待講演発表図面】

1/25

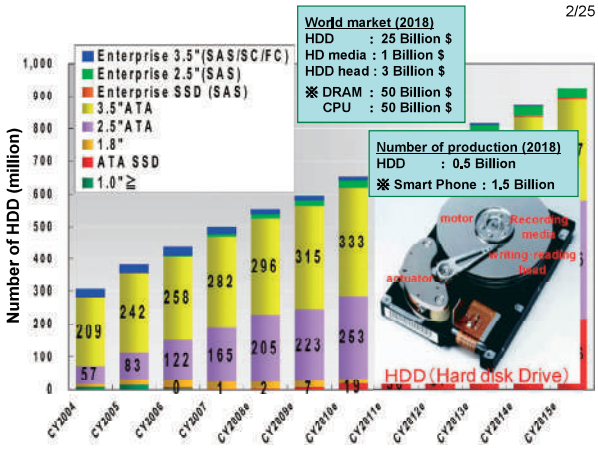
Attempt of application to memory or display devices in $BiFeO_3$-based multiferroic films

- Fabrication of high-qualified films, mat
and functional verification

Satoru Yoshimura and Munusamy Kuppan
VIT Adjunct Professor
Graduate of VIT -> Akita -> TDK

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

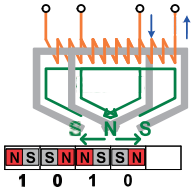
2/25



Introduction of physics and functions of magnetic recording devices 3/25

Writing of data

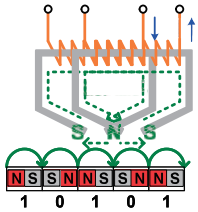
<Magnetic field is created by the current>
by André-Marie Ampère (in the 1820's).



The electric signal is changed to the magnetic signal by coil (head).
Recording bits on media is formed by the magnetic signal (field). $H_{coil} \propto N \cdot I$

Reading of data (- 1995)

<Current (signal) is created by Electromagnetic induction>
by Michael Faraday (in the 1830's).

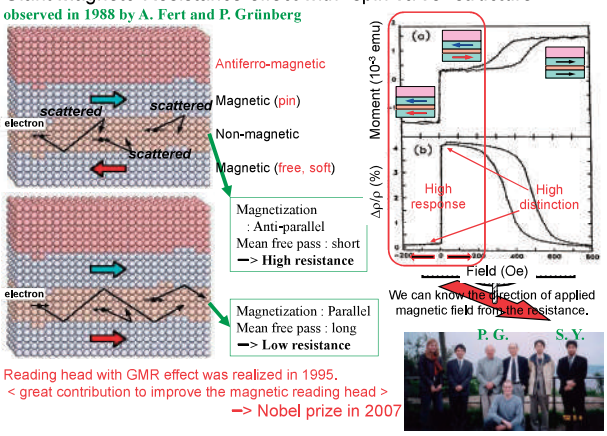


The magnetic signal (field) is generated from media (recording bits).
The induced current is generated by the magnetic signal (field). $V_{induced} \propto N \cdot d\Phi/dt$

Writing and Reading can be done only with coil and core ! But, …
With increasing density (decreasing bit size), writing and reading become difficult.

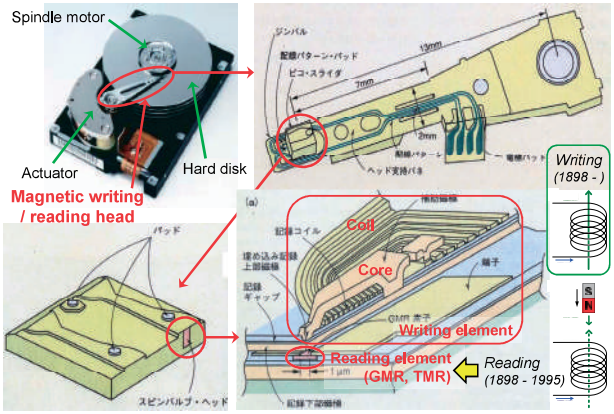
Giant Magneto-Resistance effect with "spin valve" structure 4/25

observed in 1988 by A. Fert and P. Grünberg

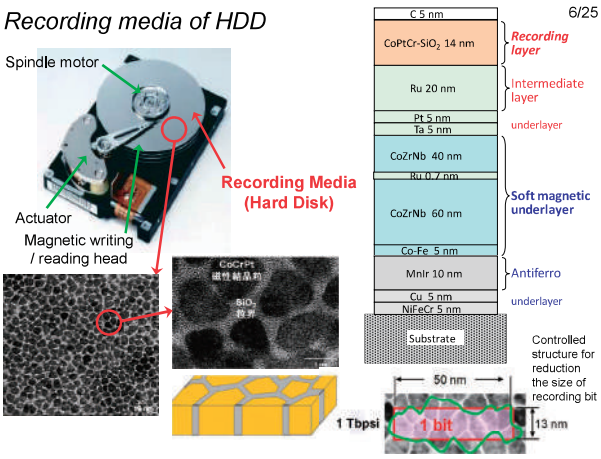


Reading head with GMR effect was realized in 1995.
< great contribution to improve the magnetic reading head >
-> Nobel prize in 2007

Writing and reading head of HDD 5/25



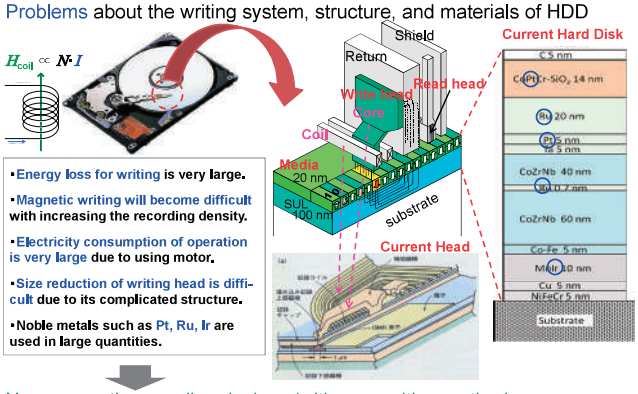
Recording media of HDD 6/25



Magnetic recording device : HDD

7/25

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



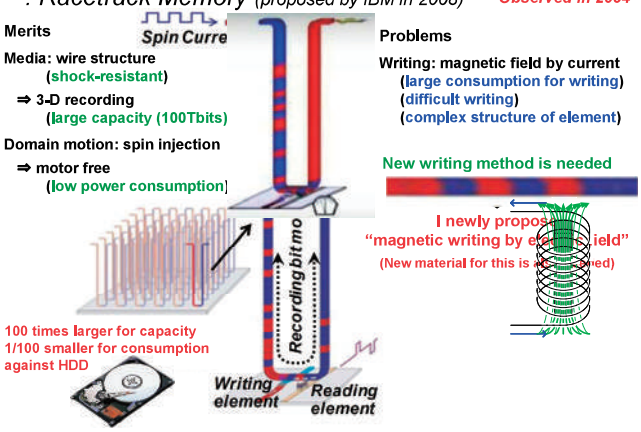
- Energy loss for writing is very large.
- Magnetic writing will become difficult with increasing the recording density.
- Electricity consumption of operation is very large due to using motor.
- Size reduction of writing head is difficult due to its complicated structure.
- Noble metals such as Pt,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

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

New magnetic recording device : Racetrack Memory (proposed by IBM in 2008)

8/25

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

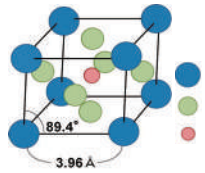
Writing: magnetic field by current
(large consumption for writing)
(difficult writing)
(complex structure of element)

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

New material Typical multiferroic material and its application

9/25

$(Bi,A)(Fe,B)O_3$

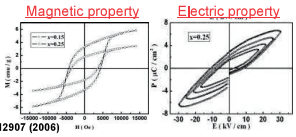


- T_C (ferroelectricity) of $BiFeO_3$: 850 °C
- Spontaneous polarization : [111]
- $Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$, $BiFe_{1-x}Mn_xO_3$ have ferromagnetism

Bi^{3+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , La^{3+} , Gd^{3+} , Nd^{3+}

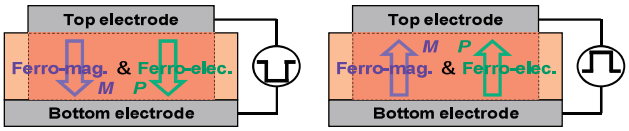
O^{2-}

Fe^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+}



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

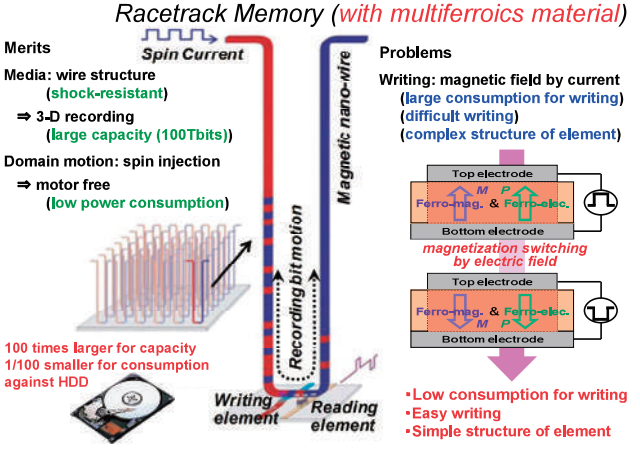
Schematic image of magnetization switching of multiferroic material by electric field



- very low (ideally zero) writing current ≪low electric consumption≫
- very simple device structure ≪low cost≫ • no noble metals ≪low cost≫

New magnetic recording device : Racetrack Memory (with multiferroics material)

10/25



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

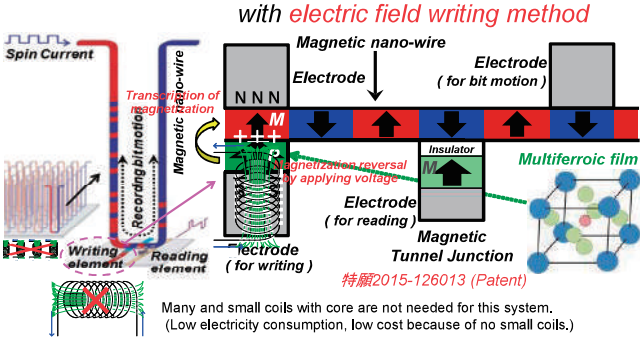
Problems

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

- Low consumption for writing
- Easy writing
- Simple structure of element

Conception of High-performance Racetrack Memory with electric field writing method

11/25



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

Writing process:

1. The magnetization direction of multiferroic layer will be controlled by electric field.
2. The magnetization direction of metallic ferromagnetic layer will be controlled by magnetization of multiferroic layer through the magnetic exchange interaction.

High performance magnetic memory will be realized by using multiferrioc films.

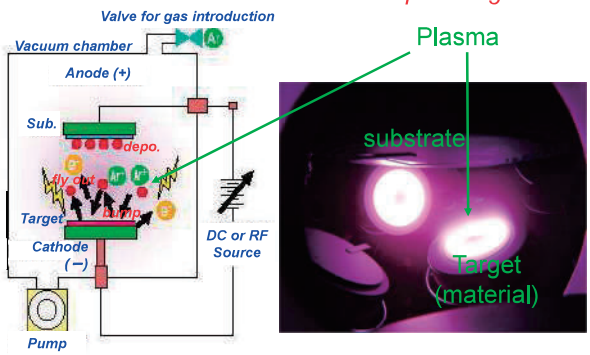
To show the possibility of magnetic device driven by electric field…

12/25

1. Fabrication of high-qualified multiferroic films
   <Ultra High Vacuum Sputtering System
   with VHF plasma irradiation process
   Pulsed DC reactive sputtering source>
   <Vibrating Sample Magnetometer (VSM)>
   <Ferroelectric Testing System>
2. Material research for device application
   <New composition with Lanthanoid>
3. Functional verification
   <Demonstration of local magnetization switching by electric field>
   <Demonstration of transcription of magnetization by electric field>
4. New measurement system for multiferroic films
   <Measurement of dynamic magnetization switching by electric field>

Typical fabrication method of thin films: Sputtering

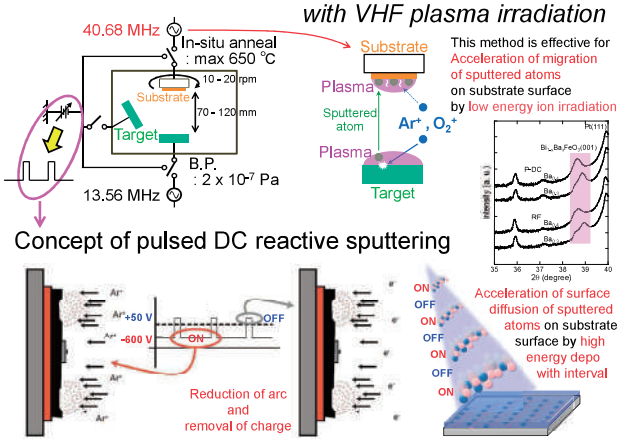
13/25



1. Deposition rate is high (10 – 100 nm / min).
2. Film is strong and atomic density in film is high (>95%).
3. Control of structure (crystalline, orientation) is easy (many parameters).
   ⇒ Films for electronic devices are fabricated with this method.

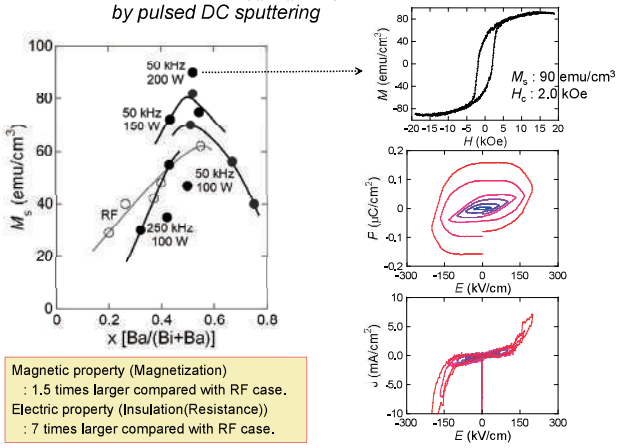
Topic 1: Pulsed DC reactive sputtering with VHF plasma irradiation

14/25



Results 1 Properties of $Bi_{1-x}Ba_xFeO_3$ films fabricated by pulsed DC sputtering

15/25



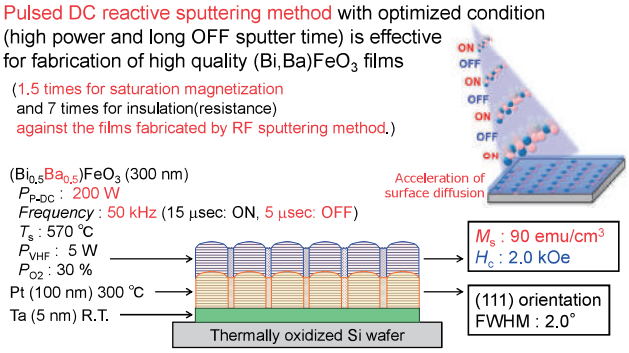
Magnetic property (Magnetization)
: 1.5 times larger compared with RF case.
Electric property (Insulation(Resistance))
: 7 times larger compared with RF case.

Short summary 1

16/25

Pulsed DC reactive sputtering method with optimized condition (high power and long OFF sputter time) is effective for fabrication of high quality $(Bi,Ba)FeO_3$ films

(1.5 times for saturation magnetization and 7 times for insulation(resistance) against the films fabricated by RF sputtering method.)

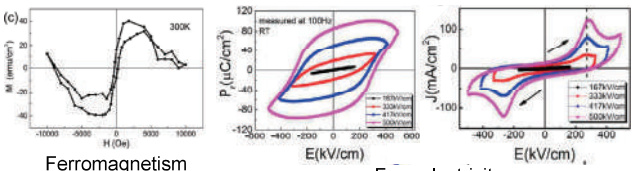


However, the perpendicular magnetic anisotropy and the coercivity of the films were not sufficient for high performance magnetic device application.

17/25

Magnetic and electric properties of $Bi_{0.9}La_{0.1}FeO_3$ thin film

SCIENTIFIC REPORTS Switching of both local ferroelectric and magnetic domains in multiferroic $Bi_{0.9}La_{0.1}FeO_3$ thin film by mechanical force



Ferromagnetism
(Magnetic anisotropy : ?)

Ferroelectricity

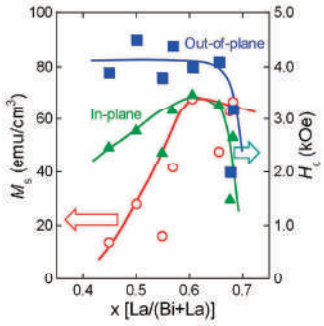
Topic 2: La-doped (>20%) $BiFeO_3$ film

(fabricated by the pulsed DC reactive sputtering with VHF plasma irradiation)

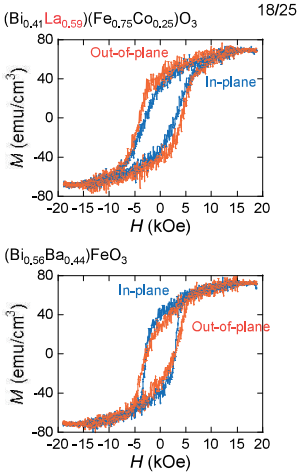
Results 2

18/25

Properties of $(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$ films fabricated by pulsed DC sputtering)

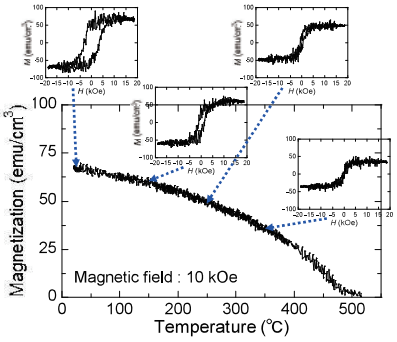


Perpendicular magnetic anisotropy was obtained in $(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)$ film.
⇒ BLFCO is suitable for device application.



Temperature dependence of magnetic properties on BLFCO film

19/25



$(Bi_{1-x}La_x)(Fe,Co)O_3$ thin film has large Curie temperature of more than 450℃

(This value is available for device application)

Short summary 2

20/25

$(Bi_{0.4}La_{0.6})(Fe_{0.75}Co_{0.25})O_3$ (300 nm)

$P_{P\text{-}DC}$: 150 W

Frequency : 100 kHz (6 μsec: ON, 4 μsec: OFF)

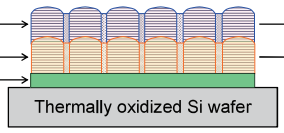
T_s : 570 ℃

P_{VHF} : 5 W

P_{O2} : 30 %

Pt (100 nm) 300 ℃

Ta (5 nm) R.T.



M_s : 70 emu/cm³

$H_{c\perp}$: 4.0 kOe

(111) orientation

FWHM : 2.0°

The squareness S (= M_r / M_s) and H_c of the BLFCO film

⇒ perpendicular to film plane : 0.65 and 4.0 kOe

parallel to film plane : 0.50 and 2.5 kOe

Large perpendicular anisotropy !

The squareness S (= M_r / M_s) and H_c of the BBFO film

⇒ perpendicular to film plane : 0.40 and 2.0 kOe

parallel to film plane : 0.55 and 2.0 kOe

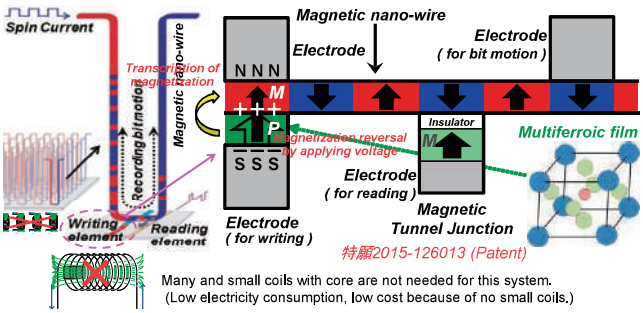
Demonstration of the **magnetic reversal by applying electric field** is important.

Demonstration of **transcription of magnetization by electric field** is really important.

Topic 3: transcription of magnetization

21/25

Conception of High-performance Racetrack Memory with electric field writing method



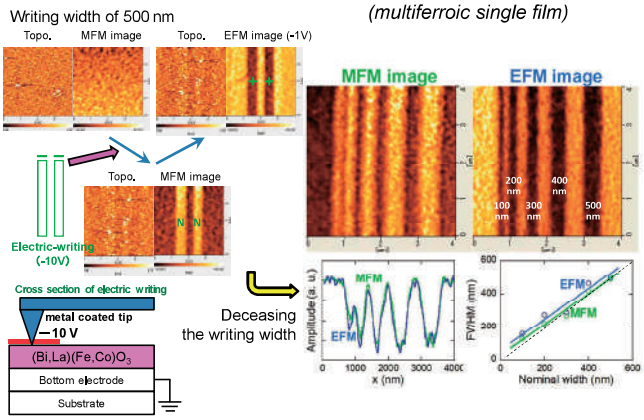
Many and small coils with core are not needed for this system.
(Low electricity consumption, low cost because of no small coils.)

Functional verification (demonstration of transcription of magnetization) is needed.

Results 3 *Magnetization switching by electric field (multiferroic single film)*

22/25

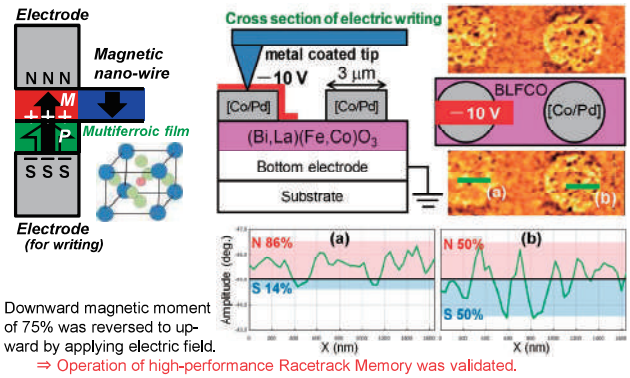
Writing width of 500 nm



Magnetization switching with 300 nm width was realized by electric field.

Transcription of magnetization by electric field (laminated film)

23/25



Downward magnetic moment of 75% was reversed to upward by applying electric field.

⇒ Operation of high-performance Racetrack Memory was validated.

Demonstration of transcription of magnetization by electric field was successful. ⇒ Dynamic measurement of transcription of magnetization by electric field is really important. (future work)

Summary (My philosophy)

25/25

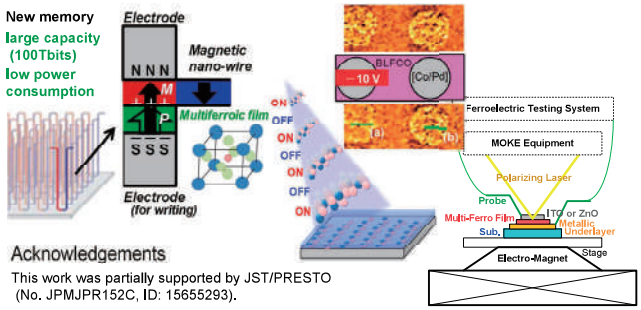
For realization of the novel and high performance film devices,

(memory (or spatial optical modulator) with electric-field writing method),

New memory

large capacity (100Tbits)

low power consumption



Acknowledgements

This work was partially supported by JST/PRESTO (No. JPMJPR152C, ID: 15655293).

環境浄化用新規 TiO_2 系光触媒材料の開発

齊 藤 寛 治 ・ 小 笠 原 正 剛 ・ 加 藤 純 雄 ・ 進 藤 隆 世 志

(第 9 研究グループ)

saitok@gipc.akita-u.ac.jp

概要：本プロジェクトでは、基準 TiO_2 光触媒を上回る 活性を示す環境浄化用新規光触媒の創製を目指し、異種元素をドープした層状チタン酸塩の調製とその後処理による結晶構造制御を行った。この結果、適量の Ni をドープすることにより、光照射下における気相中での NO_x 分解反応に対し基準 TiO_2 光触媒の約 2 倍に及ぶ高い活性を示す光触媒材料の調製が可能であることが明らかとなった。

キーワード：環境浄化・光触媒・遷移金属ドーピング

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】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_2 nanocomposite with efficient visible-light responsive photocatalytic activity", *Journal of Asian Ceramic Societies*, **8**, 915-924, (2020).
【招待講演】K. Saito, Y. Komiya, M. Sohmiya, M. Ogasawara, S. Kato "Formation of intimately mixed Ni-doped TiO_2-$NiTiO_3$ nanocomposite through phase separation of protonated layered nickel titanate for improved visible-light-induced photocatalytic performance", 2nd World Summit on Advances in Seience, Engineering, and Technology (Indiana Summit 2019), 302, Indianapolice, 3-5 October, 2019.

1．緒言

光エネルギーを駆動力として温和な条件下で化学反応を促進させる不均一系光触媒材料はグリーンケミストリーの観点から注目されている。とりわけ酸化チタン(TiO_2)は化学的安定性をはじめ安全性や低価格といった利点を有することから光触媒として盛んに研究され、大気/水質浄化や抗菌・抗ウィルス等の分野では実用化もされている。研究代表者のグループは厚さ 1 nm 程度の TiO_2 シートからなる層状チタン酸塩に注目し、ユニークなナノ構造を有する新規な光触媒の設計に取り組んできた。その中で我々は、レピドクロサイト型層状リチウムチタン酸カリウム（$K_{0.8}Ti_{1.73}Li_{0.27}O_4$, 以下 KTLO と略記）を常温常圧下で希塩酸処理した後に乾燥すると、層間の K^+が H^+と置きかわった層状チタン酸（$H_{1.07}Ti_{1.73}O_4$；以下 HTO と略記）粒子表面上にルチル型 TiO_2 微粒子が形成され、この複合体（以下 R/HTO と称する）が環境浄化のモデル反応の一つとして知られる水中でのギ酸分解反応に対し基準 TiO_2 光触媒（P25）を上回る高い光触媒活性を示すことを見出した（Fig. 1）[1]。この R/HTO の高い光触媒活性は、主に HTO からルチルへの電子移動による電子-正孔再結

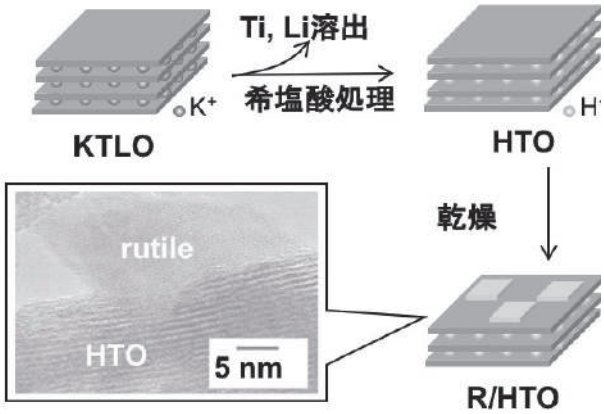


Fig. 1 KTLO の希塩酸処理及び乾燥による R/HTO 形成のスキーム.

合の抑制に起因すると考えられた。なお常温常圧下における希塩酸処理と乾燥による層状チタン酸塩のルチルへの部分転換は、$Na_2Ti_3O_7$ や $K_2Ti_4O_9$ といった他の層状チタン酸塩には見られない特異な現象である。R/HTO は高い光触媒活性を示した一方で、希塩酸処理過程における Li の溶出に伴い TiO_2 シート中に形成された欠陥が電子-正孔再結合中心として R/HTO の光触媒活性を低下させた恐れがある。そこで本プロジェクトでは、Li よりも希塩酸処理過程で骨格から溶出しにくいことが報告されている Ni[2]を含むレピドクロサイト型層状チタン酸塩を出発物質として用いることで、さらに高活性な複合光触媒を創製するとともに、気相中での NO_x 分解反応に展開することを目的とした。

２．実験方法

$Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0, 0.05, 0.1 及び 0.35; □は空孔)を目的組成として、レピドクロサイト型層状チタン酸塩を固相反応法により調製した。Cs_2CO_3, $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ 及び TiO_2 を化学量論比で秤量し、Cs_2CO_3 及び $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ を水に溶解した後 TiO_2 を添加した。分散液をマグネチックスターラーを用いて 100℃で撹拌し、水を蒸発させた。得られた混合物を空気中 600℃で 30 分間焼成した。生成物を遊星ボールミルを用いてアセトン中で混合し、室温でアセトンを揮発させた後、空気中 600℃（x=0 及び 0.05 の組成については 600℃もしくは 800℃）で 20 時間焼成した。固相反応で得られた試料は 0.5 M HCl に分散し 3 日間室温で撹拌した。希塩酸処理後遠心分離により固液分離した後、沈殿物は 60℃で 1 日間乾燥させた。

試料の光触媒活性は、環境浄化のモデル反応の一つである気相中での NO_x 分解反応で評価した。試料を充填したガラスホルダを設置した密閉容器に NO_x(1 ppm)を 100 mL/min の速度で流通させ、光（λ >290 nm）照射後の NO_x 濃度を窒素酸化物自動計測器で測定することで光照射に伴う NO_x 分解量を見積もった。

３．結果と考察

Fig. 2 に $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x＝0 及び 0.05）を目的組成として 800℃（600℃ではなく）で調製した試料、ならびにその希塩酸処理及び乾燥により得られた試料の X 線回折（XRD）パターンを示す。Ni 添加によらず、固相反応により得られた試料の XRD パターンは既報 [3]の $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0) のものと一致した（Fig. 2a-b）。これらの試料を以下それぞれ CTNO(0)_800 及び CTNO(0.05)_800 と称する。CTNO(0)_800 を希塩酸処理及び乾燥することで得られた試料にはルチルに帰属可能な回折線が見られ（Fig. 2c）、KTLO で見られた構造転換が $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）でも起こることがわかった。一方、CTNO(0.05)_800 を同様に処理してもルチルの生成は確認されなかった（Fig. 2d）。チタン酸骨格にドープされた Ni がルチルへの構造転換を抑制する役割を担った可能性がある。

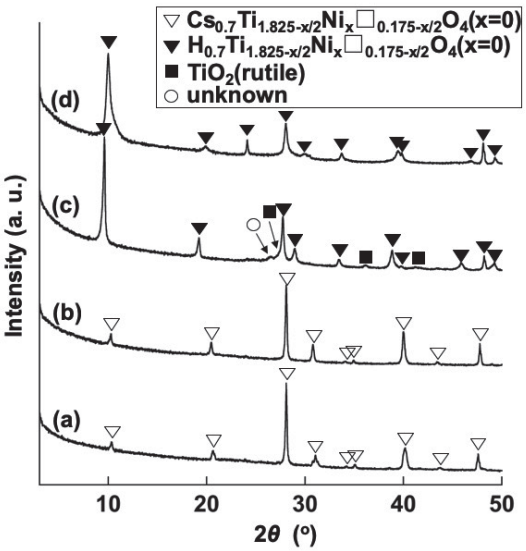


Fig. 2 (a) CTNO(0)_800, (b) CTNO(0.05)_800, 希塩酸処理及び乾燥後の (c) CTNO(0)_800 及び (d) CTNO(0.05)_800 の XRD パターン.

Fig. 3(左)に $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0, 0.05, 0.1 及び 0.35) を目的組成として 600℃で調製した試料の XRD パターンを示す。x=0 の場合既報 [3]の $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）の XRD パターンと一致し、従来 700℃以上で調製されてきた $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）が 600℃でも調製可能であることが明らかとなった。x=0.05 及び 0.1 の場合アナターゼに帰属可能な回折線が 2θ=24.5°に、また x=0.35 の場合には 2θ=30.0°に未同定の回折線がそれぞれわずかに見られた一方、その他の回折線

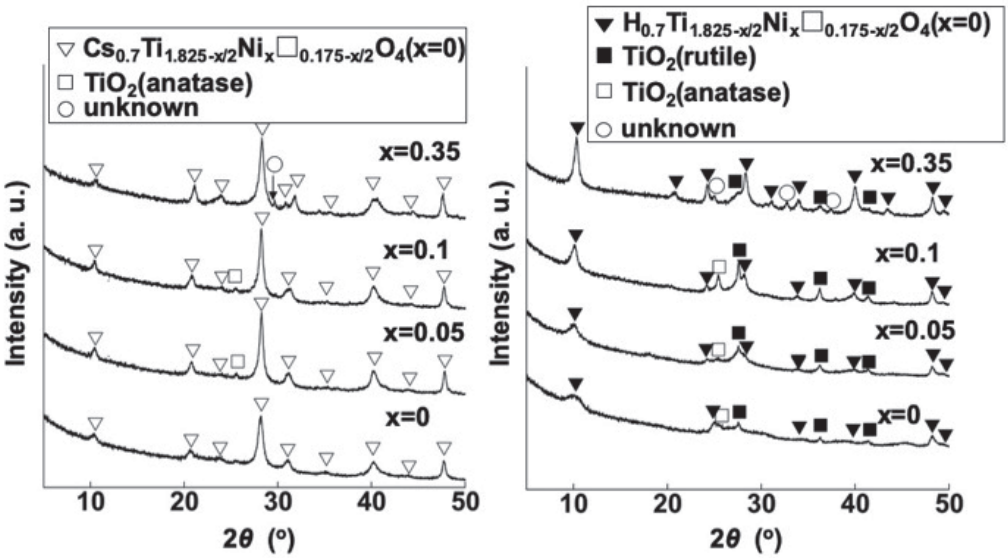


Fig. 3 (左) CTNO(x)_600 及び(b) HTNO(x)_600 の XRD パターン.

の位置は全て既報の $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）のものと一致したことから、Ni ドーピング量によらず目的の構造を有する層状チタン酸塩が主相として得られたことが示唆された。これらの試料を以下 CTNO(x)_600(x=0, 0.05, 0.1, 及び 0.35)と称する。Fig. 3(右)に CTNO(x)_600 を希塩酸処理及び乾燥することで得た試料（以下 HTNO(x)_600 と称する）の XRD パターンを示す。いずれの試料の XRD パターンにも $Cs_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）の層間 Cs が H と置き換わった $H_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）に帰属可能な回折線 [3]に加え、アナターゼ及びルチル型 TiO_2 に帰属可能な回折線が見られた。上述のように CTNO(0.05)_800 を希塩酸処理及び乾燥しても TiO_2 の生成は見られなかったことを踏まえると、低温での調製が Ni をドープしたチタン酸シートの構造転換に有効であることがわかった。一方、Ni ドーピング量の大きな試料ほど $H_{0.7}Ti_{1.825-x/2}Ni_x\square_{0.175-x/2}O_4$(x=0）/$TiO_2$回折線強度比が大きく、上述のように Ni ドーピングがチタン酸シートの TiO_2 への構造転換抑制に寄与したと考えられる。

Fig. 4 に光（λ>290 nm）照射下における各試料の NO_x 分解率を示す。HTNO(x)_600 はいずれも基準光触媒として知られる P25 よりも高い NO_x 分解率を示した。また NO_x 分解率の序列は HTNO(0.1)_600> HTNO(0.35)_600> HTNO(0.05)_600> HTNO(0)_600 であった。これは、Ni ドーピングはチタン酸骨格中の欠陥を減少させ電荷再結合の抑制と光触媒活性の向上に寄与した一方で、チタン酸シートの TiO_2 への構造転換を抑制することで光触媒活性を低下させたことによるものと考えられる。以上より、レピドクロサイト型層状チタン酸塩への Ni ドーピングと希塩酸処理及び乾燥が高活性な環境浄化用光触媒の創製に有効であることがわかった。

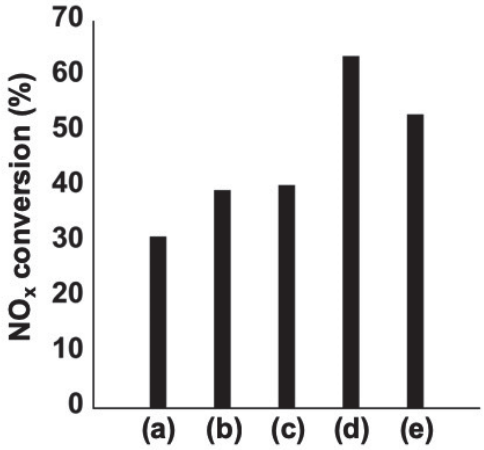


Fig. 4 光（λ>290 nm）照射下における(a) P25, (b)-(d) HTNO(x)_600 の NO_x 分解率; x=(b) 0, (c) 0.05, (d) 0.1, (e) 0.35.

【参考文献】

1) K. Saito et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **9**, 24538 (2017).
2) K. Saito et al., *J. Asian Ceram. Soc.*, **8**, 915 (2020).
3) T. Sasaki et al., *Chem. Mater.*, **7**, 1001 (1995).

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

髙 橋　　護

(第 10 研究グループ)

mtaka@gipc.akita-u.ac.jp

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

キーワード：ダイヤモンド皮膜，燃焼炎，界面はく離，タングステンカーバイド

実用性：

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

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も低く皮膜と基材の接着強度が低い等の理由から皮膜が容易に基材からはく離しやすいという問題がある。さらに，CVD 法等においては装置が大掛かりなものとなり，ダイヤモンドを成長させる時間が非常に長時間にわたるという問題もある。

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

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

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

実験装置

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

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

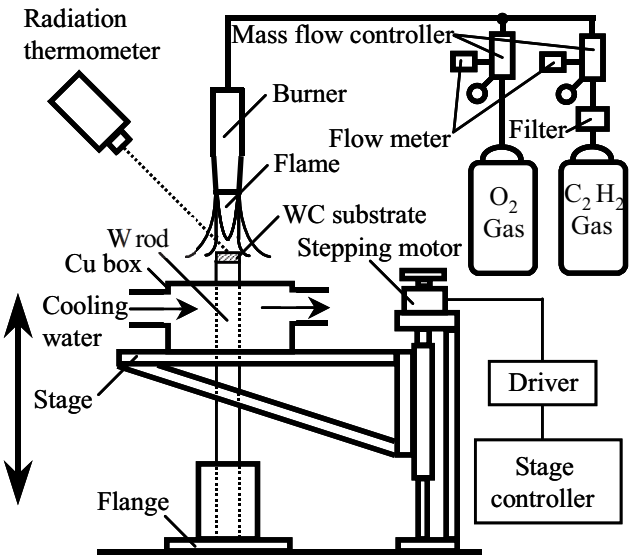


Fig. 1 Experimental set up for synthesizing diamond on the WC substrate by acetylene-oxygen combustion flame.

基　板

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

２段階合成法

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

実験条件

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

Table 1　Conditions for diamond syntheses on the WC substrate.

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

また，WC 基板表面の前処理による基板表面形態の変化が，合成された皮膜のはく離に影響を及ぼすと考え，前処理として化学処理[5),6)]を行い基板表面の形態を変化させ合成を行った。化学処理は，WC 表面をエッチングすることが可能な Murakami 溶液（ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム $K_3[Fe(CN)_6]$：10 g，水酸化カリウム KOH：10 g，水：100 ml）に WC 基板を浸しエッチングを行った。ここで，Murakami 溶液に WC 基板を浸透させ，基板表面上を意図的に粗くした。このことにより，WC 基板と合成皮膜の接触面積を増加させ，はく離を抑制することが可能になると考えられる。また，Murakami 溶液による基板表面処理後，酸溶液（硫酸 H_2SO_4：3 ml，過酸化水素 H_2O_2：88 ml）を用いて化学処理を行った。これは，コバルト(Co)の除去を行うためである。Co は，ダイヤモンド合成時に基板表面と皮膜の間の表面領域に拡散し，皮膜の接着強度の低下の原因となるグラファイトを生じさせるということがわかっており[7)]，酸溶液による化学処理によって Co を除去することで，グラファイト層の生成を抑制することが可能になると考えられる。この際，表２に示すように Murakami 溶液による処理を 10 ，15，20 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 10 min としたものを Case A，Murakami 溶液による処理を 15 min としたものを Case B，Murakami 溶液による処理を 20 min としたものを Case C とした.

Table 2　Conditions of pretreatments for the WC substrate.

	Treatment periods by Murakami's reagent	Treatment periods by acid solution	Diamond seed particles size
Case A	10 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]
Case B	15 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]
Case C	20 [min]	10 [sec]	0.125 [μm]

次に，前処理として化学処理を行った後，ダイヤモンド合成の生成核となるようダイヤモンド粒子の種付け処理を基板表面に行った。ここで，種付け処理を行うことで，粒子を基板に付着させることが可能である。その基板に付着した粒子が合成ダイヤモンド皮膜の生成核となり，ダイヤモンドの核生成を促進し，さらには核成長につながると考えられる。したがって，ダイヤモンド粒子の大きさが変化することで，合成ダイヤモンド皮膜のはく離や表面粗さに影響を与えると考えた。ここで，過去の研究において，種付け処理に用いてきたダイヤモンド粒子の粒径を 0.250 μm としてきたが，本研究では，粒径をさらに小さい

0.125 μm の粒子に変更し，20 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が変化し，合成された皮膜および界面はく離に影響を及ぼすことがわかっている[2)]。

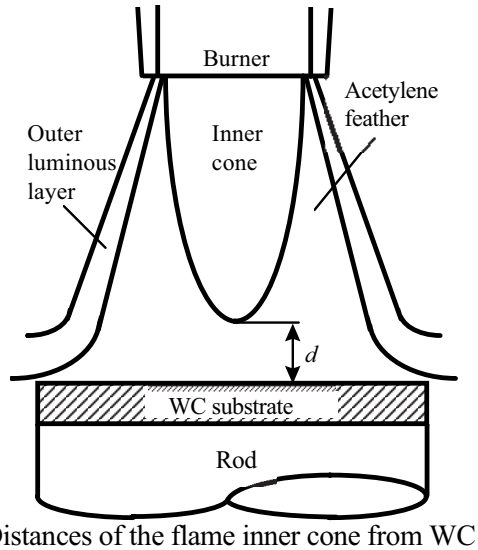


Fig. 2　Distances of the flame inner cone from WC substrate.

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

	Film surface temperature	Inner cone-to-substrate distances : d
$1_{st.}$ step:1200 [sec]	1273 [K]	7.5 [mm]
$2_{nd.}$ 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，C の条件で行った際の合成皮膜のはく離性についての結果をそれぞれ表４に示す。表中において，はく離無しとは，はく離が発生せず基板上に皮膜が残っている状態である。半はく離とは，皮膜が基板上に半分以上残っている状態である。はく離とは，はく離が発生し基板上に皮膜がほとんど残ってない状態である。また，異常成長とは皮膜の結晶が成長し過ぎた状態である。表４から，Case A, B，C において，は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 C で合成された皮膜の XRD 結果を図３に示す。図より，合成された皮膜は，ダイヤモンドの存在を示すダイヤモンド(111)，(220)面のピークを確認することができ，ダイヤモンドが合成されていることがわかる。

また，前処理を各条件で行った際の合成皮膜の表面の算術平均粗さ（R_a）の測定を，走査型白色干渉計（SWLI）を用いて行った。この際，Case A で合成された皮膜表面の R_a は 1.24 μm，Case C で合成された皮膜表面の R_a は 1.34 μm となり，Case A の合成皮膜の表面の R_a が Case C 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, B and C.

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

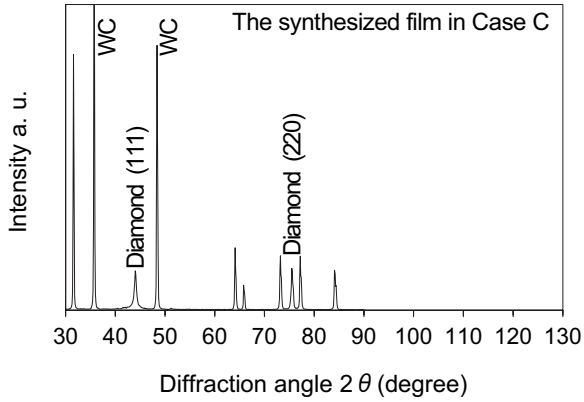


Fig. 3 XRD patterns of the synthesized film in Case C.

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.

摩擦攪拌プロセス（FSP）を利用した亜鉛電解製錬用アノードの開発

宮 野 泰 征 ， 鷲 谷 洋 希 ， 姚 程 巍

(第 11 研究グループ)

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

概要：亜鉛湿式製錬では 電解採取工程での電力消費の低減が課題となっている。製錬用 Pb アノード表面の動作原理には酸素過電圧の制御が肝要であり、酸素過電圧を低減することが消費電力の効率化に大きく関わっている。これまでに Ag などの触媒元素を使用した Pb 電極の合金化がアノード電位の低減に有効であるとの報告があるが，貴金属元素を使用した鋳造プロセスによる大面積 / 体積の製錬用アノードの製造は生産コストの効率化の課題となっている。

本研究では、摩擦攪拌プロセスによる Pb 電極表面層の合金化という脱鋳造プロセスに着眼し、低コスト /高機能 Pb アノードの製造に向けた検討を実施した結果について報告する。

キーワード：摩擦攪拌プロセス、湿式亜鉛製錬、製錬用 Pb アノード

独自性・実用性：

摩擦攪プロセスとは、ツールと呼ばれる回転工具を高速回転させた状態で加工対象材料（目的によっては合金化のための投入元素を配置した材料）に押し付け、発生する摩擦熱により材料表面を攪拌、塑性流動させ、改質/合金化を実現するプロセス である。回転ツールの回転速度やトラバース速度により入熱量・冷却速度をプロセス中に制御することも可能である。

亜鉛湿式製錬電極には Pb が使用されているが、触媒元素の合金化による電力性能の向上が期待されている。本研究では摩擦攪拌プロセスを適用することで、Pb を溶融させずに大気中で表面に機能性合金相の形成を可能とする独自のプロセス開発を遂行するものである。

1. はじめに

亜鉛は構造材料の防食機能を向上させることから，自動車や建築物などに利用されるほか、医薬品、化粧品などの分野でも需要が高まっている。亜鉛の製造プロセスの主流は湿式製錬であるが、電解採取工程での電力消費は製錬所操業電力の半分以上を占めるとされ、消費電力の低減が課題となっている.

電解製錬には，一般的にアノードに不溶性の Pb 合金が，カソードには純 Al が用いられる．ここで、アノード表面の酸素過電圧の低減が消費電力に大きく関わっている．Pb アノード中に触媒となる Ag を添加

することで，アノード電位が低下し耐食性も向上することが知られており，合金組成としては Pb-2mass%Ag において、消費電力低減の指標となる槽電圧の低下に有効であることが報告されている．しかし，大体積の製錬用電極を鋳造により Pb-2.0mass%Ag として作製することは困難である．電極の電解特性は不溶性アノードの表面機能によってのみ発現するため、表面改質による新型電極の作製を検討することとした。

本報告では，純 Pb 板に，Ag 粉，Pb-Ag 合金線を FSP により表面に Ag を分散させた基盤に摩擦攪拌プロセス (FSP：Friction Stir Processing)を実施することで、アノードを作製した。各アノードの、断面組織の解析、および電解試験によりアノードとしての特性を評価した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 FSP 試験

母材として $100^{L}\times60^{W}\times10^{t}$mm の純 Pb 板を用いた．母材に分散させる導入材には純 Ag 粉 (99.9%) と Pb-15mass%Ag 合金線を用いた．導入材は表面 2mm の深さの Ag 含有率が 2mass%になるように調整した．本報告では，90^{L}mm×1.5^{W}mm の範囲に 0.415g の Ag を直接設置し，合金線は長さ 90mm で幅 1.64mm の正方形柱のものを図 1 のように母材に埋設し FSP を実施した． FSP には図 2 に示すような SKD61 製の二種類の撹拌ツールを使用し，前進角は 3°とした．FSP は表 1 のような条件の下で行った．ツール挿入深さを約 2mm とした．また、純 Ag 粉を用いた加工についてはプロセス温度を熱風機によって調整した．

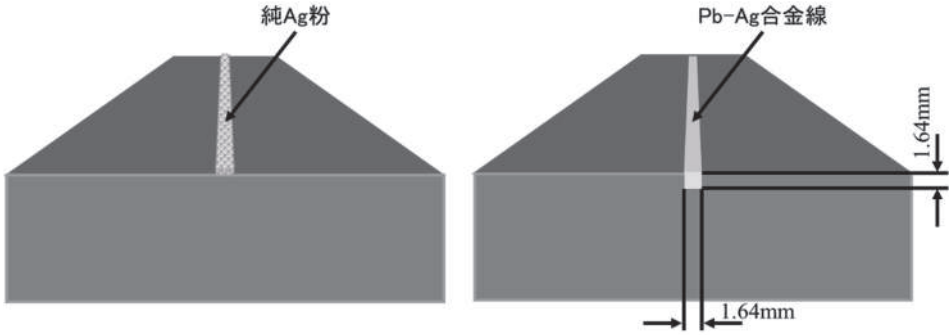


図 1 導入材の設置図 (a)純 Ag 紛 (b)Pb-Ag 合金線

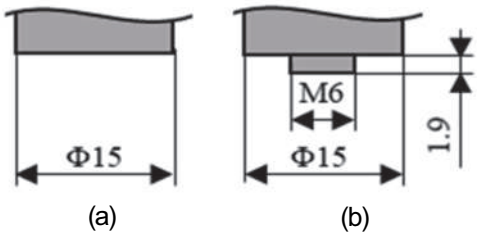


図 2 FSP ツールの寸法
(a)フラットツール (b)プローブツール

表 1 FSP 条件

Ag Form	Rotation Speed (rpm)	Processing Speed (mm/min)	Tool Types and Pass Conditions
Ag Powder	4000	10	Flat 2 passes
Pb-Ag Wire			Flat 1 pass Probe 2 passes

2.2 アノード断面観察

SEM を用いて攪拌部断面を観察した後，EDS 分析を行った．観察前に酢酸:蒸留水 (3:1) の混合液でエッチングした．

2.3 アノード電解特性評価

アノードとしての機能を評価するため作製したアノードから 10mm×10mm の試料を切り出し，導線を圧着後，エポキシ樹脂に埋め込み電解試験用のアノードとした．図 3 に電解試験の概略図を示す．作製したアノードを用いて 40℃の酸性硫酸浴中にて 48 時間定電流電解を行い，槽電圧の測定を行った．電解液量は 500mL とした．カソードは純 Al を用い、電極間距離は 3cm とした．

3.実験結果と考察

3.1　アノード断面観察

図 4 に FSP を実施した各アノード断面の SEM 画像を示す．(a)，(b)どちらも Ag と思われる組織は見られるが，はっきりとは観察できなかった．

図 5 に FSP を実施した各アノード断面の Ag マッピングを示す．Ag は白く示されている．(a)は表面近くに Ag の塊が確認されたが，表面から 0.5mm の範囲に Ag が分散していることが確認された．(b)はやや偏りが見られるが表面から最大深さ 1.5mm，最大横幅 10mm の範囲に Ag の分散域が確認された．合金線アノードの方が Ag 粉アノードより分散している結果となった．Ag 粉が分散されにくい要因として純 Pb である母材と Ag 粉の硬度差が大きいことが考えられる．Pb のビッカース硬度は HV4 程度であるのに対し Ag は HV25 程度でありこの硬度の差が分散せずに偏在した要因の 1 つと考えられる．もう一つの要因としては(a)は純 Ag 粉を純 Pb 板上に設置していたためと考えられる。純 Pb 板に溝を作り、Ag 粉を設置し、攪拌することで、より深いところまで Ag を分散することができたと考えられる。

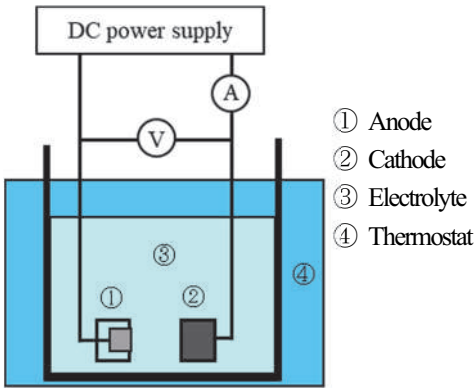


図 3 槽電圧の実験装置

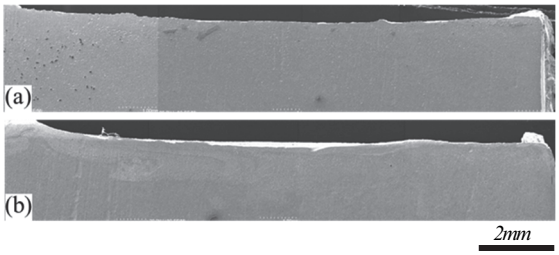


図 4 作成したアノード断面 SEM 画像
(a) Ag 粉末, (b) Pb–Ag 合金線

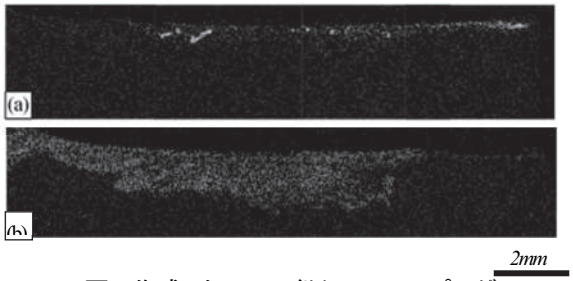


図 5 作成したアノード断面 Ag マッピング
(a) Ag 粉末, (b) Pb–Ag 合金線

3.2　電解特性評価

図 6 に 48 時間の定電流電解における槽電圧と電解時間の関係を示す．比較として実操業で用いられている Pb-0.7mass%Ag 鋳造作製アノード及び理想的な Ag 量である Pb-2.0mass%Ag 鋳造作製アノードの槽電圧の実験値を示した．比較的よく Ag が分散している合金線アノードは最も槽電圧が下がるとされる Pb-2.0mass%Ag 鋳造作製アノードより槽電圧が下がる結果となった．比較的分散しなかった Ag 粉アノードにおいても Pb-2.0mass%Ag 鋳造アノードほど槽電圧は下がらなかったものの実操業で使用されている Pb-0.7mass%鋳造作製アノードより槽電圧が下がる結果となった．この結果から FSP を用いたアノード表面改質により，目標領域に Ag を分散させることで Pb-2.0mass%Ag 鋳造作製アノードと同等かそれ以上に槽電圧を低下させることができることが確認された．

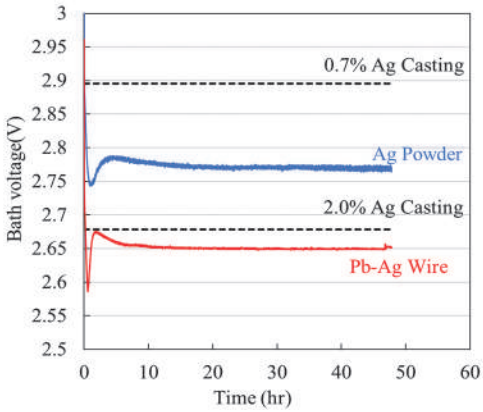


図 6 定電流電解における槽電圧と電解時間の関係

4.結言

Pb 板に対し Ag 粉及び Pb-Ag 合金線を導入材として FSP を実施し表面に Ag を分散させたアノードを作製した．FSP により表面に広く均一に Ag を分散させることができた．槽電圧測定の結果，いずれも実操業で使用されているアノードと比較し低い槽電圧となることが確認され，目標領域に適切に Ag を分散させることで Pb-2.0mass%Ag 鋳造作製アノードと同等かそれ以上に槽電圧を低下させることができることが確認された．

5.謝辞

本研究は，秋田大学大学院国際資源学研究科　川村 茂 准教授、高崎 康志 准教授、大阪大学接合科学研究所 藤井英俊教授との共同研究として実施されたことを付記する。

超音波を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離

大 川 浩 一, 菅 原 勝 康

(第 12 研究グループ)

okawa@mine.akita-u.ac.jp

概要：二酸化炭素の地中貯留(CCS)が、温暖化対策の技術として実用化が期待されている。火力発電所などから排出されるガスから二酸化炭素を回収する必要があるが、その際に第 1 級アミン溶液であるモノエタノールアミンが使用されている。モノエタノールアミンは単位重量当たりの二酸化炭素吸収量が多いのが特徴であるが、二酸化炭素を脱離する際に 120℃といった高い温度が必要となる。そこで、本研究では、第 3 級アミン溶液を用いた場合に、吸収した二酸化炭素の形態が、第 1 級アミンを用いた場合と異なることに注目した。そして、超音波の脱気作用と第 3 級アミン溶液を組み合わせることで、吸収した二酸化炭素を低温にて脱離することを検討した。

キーワード：CCS, 二酸化炭素, アミン, 超音波, 脱離

独自性・実用性：

超音波の化学作用を利用した材料合成、環境浄化等の研究を行っています。

本研究では、第 3 級アミン溶液を二酸化炭素吸着剤として用い、その後、二酸化炭素の分離過程で超音波照射を用いることで、低温にて脱離することを検討した。超音波照射による第 3 級アミン溶液から分離可能な二酸化炭素の形態を明らかにするとともに、いくつかの第 3 級アミンについて、二酸化炭素の吸着量と脱離量を調べた。

本研究に関する論文等

1. 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, (2020), SKKD08-1–SKKD08-7.
2. 大川浩一、伊藤寛泰、加藤貴宏、 菅原勝康, 超音波を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離, 資源・素材講演集 6(2), (2019) 1K0701-09-02.
3. 藤原達央, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康: 超音波と塩化カルシウムを用いたモノエタノールアミン溶液からの二酸化炭素の脱離, Journal of MMIJ, 135(1), 1-7 (2019)
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_2 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), (2016) 61–65.
5. Hirokazu Okawa, Tomonao Saito, Shohei Yasuda, Youhei Kawamura, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara and Tayfun Babadagli: Enhancement of bitumen recovery from the oil sand in an alkaline solution using ultrasound irradiation and carbon dioxide, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **59**, SKKD02-1-4(2020)

1. はじめに

大気中の二酸化炭素の濃度増加を抑制するために、石炭火力発電所など一か所から大量に放出される二酸化炭素を回収して地中へ貯留することが期待されている(Carbon dioxide capture and storage, CCS)。ボイラで石炭を燃焼することで、ガスが排出されるが、その内の 12.5-12.8%が二酸化炭素である[1]。この排出ガス中から二酸化炭素を選択的に分離・回収するために、アミン溶液を用いた化学吸着法が利用されている。アミンはアミノ基を構造に持つ有機物であり、モノエタノールアミンを始め、2-（イソプロピルアミノ）エタノール，2-アミノ 2-メチル 1-プロパノール，ジエタノールアミンなどが存在する。中でも第 1 級アミンであるモノエタノールアミン (MEA)は、優れた CO_2吸収量および吸収速度を有するため、主に採用されている。MEA は CO_2 と反応することによって、下記式 (1), (2)に示すようにカルバメートイオン($RNHCOO^-$)と重炭酸イオン(HCO_3^-)を生成する。

$$2RNH_2 + CO_2 \rightarrow RNH_3^+ + RNHCOO^- \quad (1)$$

$$RNH_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow RNH_3^+ + HCO_3^- \quad (2)$$

CO_2吸収後の MEA 溶液を加熱することで式 (1), (2) の逆反応が進行し、 地中への圧入に適した高純度な CO_2 が回収できる。MEA 溶液の濃度が 4.9 M の時には 110 ℃以上の加熱を必要とすることが報告されている [2]。したがって、化学吸収法の課題は、吸収した CO_2 を MEA 溶液から脱離するために高温での加熱を必要とする点である。我々は、アミン溶液から CO_2 を低温で脱離するために超音波の脱気作用に着目してきた[3]。超音波照射によって溶液中に生じた定在波には音圧が変化する腹と音圧が変化しない節が交互に現れ、腹の位置において音圧が負となった際に溶存気体が気泡化する。生成した微細な気泡同士が凝集することによって大きな浮力を得て溶液中から脱離する。二酸化炭素は溶液中で、HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2 などの形態をとる。また、その形態は溶液中の pH に依存する（図 1）。それら形態の中でも、溶存二酸化炭素($CO_2(aq)$)に対して脱離効果が確認できることを我々は明らかにしている[3]。

本研究では、超音波を第三級アミンと組み合わせて使用することを検討した。アミンは級数によって CO_2 との反応が異なる。第一級および第二級アミンの場合、 式(1), (2)で表される反応を示し、 カルバメートイオンと HCO_3^-が生成される。しかしながら、 超音波照射によってカルバメートイオンから直接 CO_2 を脱離するのは困難である。一方、 第三級アミンの場合、 カルバメートイオンの生成は起こらず、 HCO_3^-が生成する[式(3)]。すなわち溶液内において、カルバメートイオンが生成しないため、HCO_3^-としての存在割合が高くなる。

$$R^1R^2R^3N + CO_2 + H_2O \rightarrow R^1R^2R^3NH^+ + HCO_3^- \quad (3)$$

したがって、 第三級アミンを用いることで、超音波により $CO_2(aq)$を脱離した場合、それを補うように HCO_3^-から $CO_2(aq)$への平行移動（式(4)）が進行しやすくなり、 CO_2脱離量が大きくなると考えられる。

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2(aq)\uparrow + H_2O \quad (4)$$

本研究では pKa の異なる第三級アミンに対して超音波照射による CO_2 脱離を行い、 それらの関係を調査した。

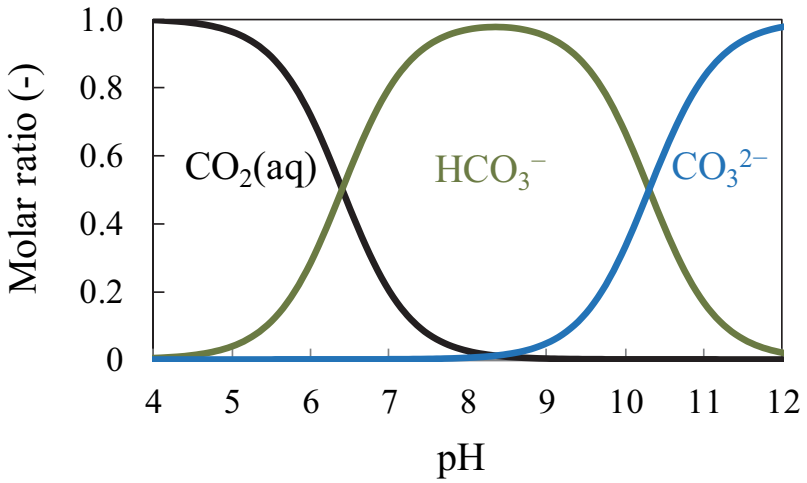


図 1 25℃ の水溶液中における CO_2の化学形態と pH の関係

2. 実験方法

実験には第三級アミンであるトリエタノールアミン(TEA)、 2,2'-メチルイミノジエタノール(MDEA)を用いた。pKaの値はそれぞれ7.85, 8.65である [4]。各アミン溶液(5.0 M, 200 ml)を耐圧容器に入れ、 撹拌(750 rpm)しながら吸収平衡に達するまでCO_2を0.5 MPaで12時間圧入した。CO_2吸収による溶液の重量増加をCO_2吸収量とした。CO_2吸収後の溶液 (100 ml) をガラス容器に入れ、 超音波照射 (28 kHz, 20 min) によるCO_2脱離を行った。カロリメトリー法により、溶液内に入った超音波強度を測定したところ12 Wであった。CO_2脱離による溶液の重量減少をCO_2脱離量とした。実験中の溶液の温度は20–25℃の範囲で保持した。

3. 結果と考察

図2に各アミン溶液のCO_2吸収量を示す。CO_2吸収量はTEAが154 g/L, MDEAが 207 g/Lとなり、pKaの値が大きいほど高いCO_2吸収量を示した。図3に超音波照射時間とCO_2脱離量の変化を示す。20分の照射によるCO_2脱離量はTEA, MDEAの順に73, 36 g/Lとなった。第三級アミンのpKaが低い場合、 CO_2吸収量は小さくなったが、 CO_2脱離量に関しては大きな値を示す傾向が見られた。また、 本実験で行った超音波照射によるCO_2脱離量と加熱を用いた従来法との比較を行った。Shiらは5.0 MのMEA(pKa: 9.49)溶液に対して加熱(95℃, 120 min)を行った場合のCO_2脱離量を29 g/Lと報告している[5]。本実験の超音波照射(20–25℃, 20min)によるCO_2脱離と比較すると、 MDEAは従来法の1.2倍, TEAは2.6倍のCO_2脱離量を低温で達成できることがわかった。また、 CO_2脱離率(= CO_2脱離量 / CO_2吸収量 × 100)として表すとMDEAは17%、 TEAは47%となる。MDEAは吸収したCO_2の多くを脱離できないためCO_2回収の効率が低い。一方、 TEAは吸収したCO_2の約半分量のCO_2を脱離できるため、 効率的なCO_2回収が可能である。大きなCO_2脱離量を示した理由としてpHの影響が考えられる。

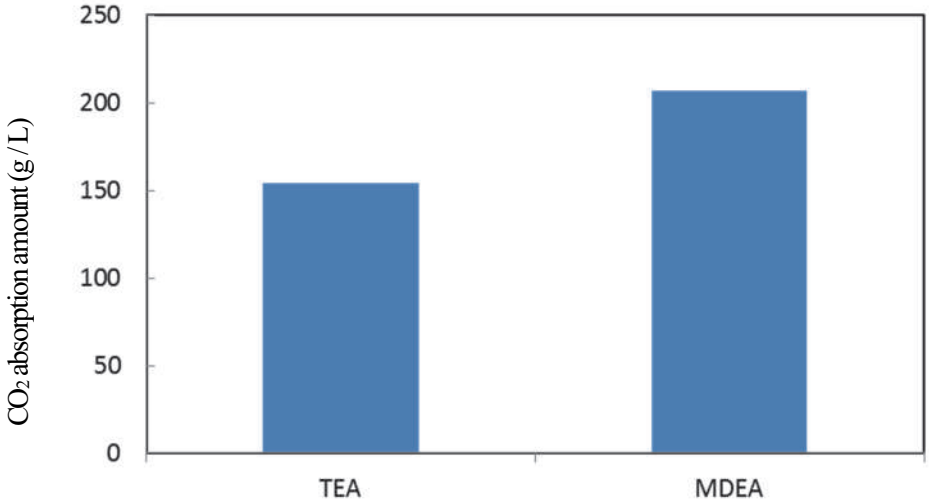


図 2　TEA, MDEA の CO_2 ガスの吸収量

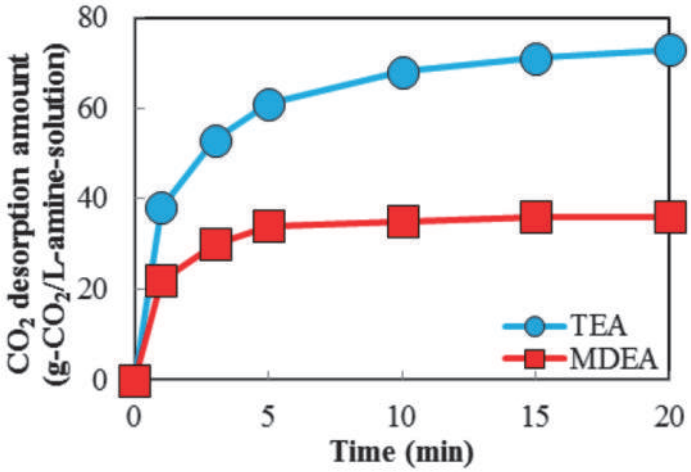


図 3　超音波照射時間と各第三級アミン溶液からの CO_2 脱離量の関係 [6]

図4に超音波照射によるCO_2脱離時の各アミン溶液のpH変化を示す。超音波照射前(0 min)の両溶液のpHを比較すると、 低いpKaを有するTEAは、MDEAと比較して、CO_2との吸収平衡時に低いpHを示すことがわかる。溶液のpHが低いほど、 溶解したCO_2はCO_2(aq)としての存在割合が大きくなる（図1）。そのため、 超音波照射によるCO_2脱離量が大きくなったと考えられる。CO_2脱離後のアミン溶液はCO_2の再吸収が可能となるため、 化学吸収法ではアミン溶液を循環させ、 再利用している。したがって、 超音波照射を行ったTEA溶液の再利用について検討した。TEA溶液に対してCO_2吸脱着実験を三回行った結果、 繰り返し利用によるCO_2吸収量および脱離量に大きな変化は確認されず、 本研究においてもアミン溶液の再利用が可能であることが示唆された。以上の結果から、 pKaの低い第三級アミンと超音波照射を組み合わせることによって、 従来法よりも低温かつ効率的にCO_2を脱離できることがわかった。

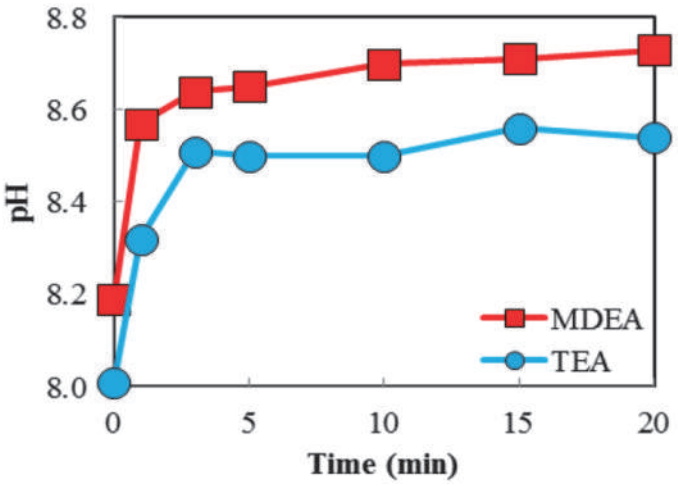


図 4　各第三級アミン溶液への超音波照射による pH 変化 [6]

4．まとめ

超音波を用いてアミン溶液からの CO_2 の低温脱離を検討した。カルバメートイオンを生成しない第三級アミンに着目し、pKa の異なるアミン溶液を用いて超音波による脱離実験を行った。その結果、pKa の低い第三級アミンと超音波照射を組み合わせることによって、 従来法よりも低温かつ効率的に CO_2 を脱離できることが明らかになった。

＜謝辞＞
本研究は科学研究費補助金 15K06638 助成を受けたものです。

参考文献

[1] X. Xu, C. Song, R. Wincek, J. M. Andresen, B. G. Miller, and A. W., *Am. Chem. Soc. Div. Fuel Chem. Prepr.*, 48(1), 162-163 (2003)
[2] W. J. Choi, J. B. Seo, S. Y. Jang, J. H. Jung, and K. J. Oh, *J. Environ. Sci.*, 21, 907-913 (2009)
[3] T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, K. Sugawara, *Journal of MMIJ*, 135(1), 1-7 (2019)
[4] F. A. Chowdhury, H. Yamada, T. Higashii, K. Goto, M. Onoda, *Ind. & Eng. Chem. Res.*, 52, 8323–8331 (2013)
[5] H. Shi, A. Naami, R. Idem, P. Tontiwachwuthikul, *Int. J. of Greenhouse Gas Cont.*, 26, 39–50 (2014)
[6] H. Ito, H. Okawa, T. Kato, K. Sugawara, Proceedings of 27th Annual Meeting of the Japan Society of Sonochemistry, 64-65 (2019)

塩化カルシウムと CO_2 吸収した MEA 溶液への超音波照射による CO_2 ガスの低温脱離と形状制御した炭酸カルシウム粒子の合成

北 村 優 弥[1]， 大 川 浩 一[2]， 菅 原 勝 康[2]

([1]地方創生センター, [2]第 12 研究グループ)

kitamura@gipc.akita-u.ac.jp

概要：二酸化炭素の地中貯留(CCS)が、温暖化対策の技術として実用化が期待されている。火力発電所などから排出されるガスから二酸化炭素(CO_2)を回収する必要があり、回収にはモノエタノールアミン(MEA)が使用される。MEA は単位重量当たりの CO_2 吸収量が多いのが特徴であるが、CO_2 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_2 は、pH によって溶存 CO_2(CO_2(aq))やイオン(HCO_3^-, CO_3^{2-})にその形態が変化する。超音波の脱気作用は溶存 CO_2 に対して有効である。したがって、低温(25°C)にて MEA 溶液からの CO_2(aq)の脱離は可能であるが、pH 8.2 以上の CO_2(aq)としての存在割合が小さくなる領域に対しては脱離が困難である。そこで、塩化カルシウム($CaCl_2$)に注目し、pH 8.2 で主の形態である HCO_3^-と反応させ、炭酸カルシウム($CaCO_3$)を生成すると同時に放出する H^+で pH が低下することを利用して CO_2(aq)の濃度を高め、脱離を行った。また、生成した $CaCO_3$ 粒子の特性を調べた。

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, Enhancement of desorption amount of carbon dioxide gas from monoethanolamine solution using ultrasound and calcium chloride, *Japanese Journal of Applied Physics* Vol.59, (2020), SKKD08-1–SKKD08-7.
2. 大川浩一, 藤原達央, 加藤貴宏, 菅原勝康, 低濃度モノエタノールアミン溶液からの CO_2 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), (2016) 61–65.

1. はじめに

大気中のCO_2濃度の上昇は、地球温暖化を引き起こす可能性を有するため、CO_2の排出量の削減が望まれている[1]。現在、CO_2排出量を抑制するために、CO_2を地下貯留(Carbon dioxide capture and storage, (CCS))する技術が期待されている[2]。排気ガス中から CO_2 ガスを分離回収する際、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[3]。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が、吸収した CO_2 ガスを MEA 溶液から回収するには、120℃ で加熱する必要がある[3]。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))。

$$RNH_2 + H_2O \rightarrow RNH_3^+ + OH^- \qquad (1)$$

$$(R: C_2H_5O)$$

CO_2 を MEA 溶液中に吸収させることで、式(2)と(4)のように OH^-を消費し、カルバメートイオン($RNHCOO^-$)を生成する[4, 5]。その後、カルバメートイオンは加水分解することで、HCO_3^-を生成する(式 5)[6]。

$$RNH_3^+ + 2OH^- + CO_2 \rightarrow RNHCOO^- + 2H_2O \qquad (2)$$

$$RNH_2 + CO_2 \rightarrow RNH_2^+COO^- \qquad (3)$$

$$RNH_2^+COO^- + OH^- \rightarrow RNHCOO^- + H_2O \qquad (4)$$

$$RNHCOO^- + H_2O \rightarrow HCO_3^- + RNH_2 \qquad (5)$$

また、水溶液中におけるCO_2は、pHによって溶存CO_2(CO_2(aq))やイオンの状態(HCO_3^-, CO_3^{2-})にその形態が変化する(式(6)-(8))[7–9]。

$$H_2CO_3 \rightleftarrows HCO_3^- + H^+ \ (pKa_1 = 6.3) \qquad (6)$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows CO_3^{2-} + H^+ \ (pKa_2 = 10.4) \qquad (7)$$

$$CO_2(aq) + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \ \ (K = 1.7 \times 10^{-3}) \qquad (8)$$

本研究では、超音波の脱気作用を用いて低温(25℃)にて MEA 溶液からの CO_2 の脱離は可能であり、その際、脱離が可能な形態は溶存 CO_2(CO_2(aq))であることを明らかにした[10–12]。超音波による CO_2 脱離の課題は、CO_2(aq)の存在割合が非常に小さくなる pH 8.2 以上の溶液に対する処理方法である。近年、CO_2 ガスを吸収させた MEA 溶液に塩化カルシウム($CaCl_2$)を添加し、溶液中の Ca^{2+}と HCO_3^-および CO_3^{2-}の形態が反応することで炭酸カルシウム($CaCO_3$)が生成させることによる CO_2 の固定化が報告されている[13](式 9–10)。

$$Ca^{2+} + HCO_3^- \rightarrow CaCO_3 + H^+ \qquad (9)$$

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \qquad (10)$$

本研究では、pH 8.2 の CO_2 を吸収した MEA 溶液からの CO_2 脱離を目的とした。pH 8.2 において、CO_2 の溶液中の形態は HCO_3^-が主となり、$CaCl_2$ 添加に伴う $CaCO_3$ の生成反応は式(9)となる。$CaCO_3$ の生成反応に伴い H^+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。ここで式(8)より H_2CO_3 は CO_2(aq)となるため、CO_2(aq)濃度が増加する($H_2CO_3 \rightarrow CO_2(aq) + H_2O$)。したがって、$CO_2$(aq)の濃度が増加するため超音波を用いた脱離が望める。また、副産物である炭酸カルシウムであるが、この粒子を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_2 吸収した MEA 溶液への超音波照射による迅速な CO_2 ガスの低温脱離と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_2を吸収したMEA溶液(CO_2-MEA)は、まず0.2 MのMEA溶液(200 mL)を耐圧溶液中で撹拌(750 rpm)を行いながら、CO_2ガス(>99.99%)を0.5 MPaで20分間圧入することでCO_2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に達するまで撹拌(800 rpm)を行うことでMEA溶液を準備した。MEA溶液へのCO_2吸収量(mM)は、CO_2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_2の平衡式から、25℃の水溶液中におけるCO_2の化学種とpHの関係は図 1のように表せることから、CO_2吸収量とCO_2吸収後のMEA溶液のpHから、溶液中のCO_2の化学種ごとの存在比を求めた。炭酸

(H_2CO_3)は式(8)の平衡定数より、CO_2(aq)の形態で存在しているとみなした。MEA溶液からのCO_2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、またはマグネッチックスターラーを用いた撹拌(1500 rpm)にて行った。超音波照射によるCO_2脱離実験の概略図を図2に示す[14]。水槽中に設置した振動子の直上にCO_2を吸収させたMEA溶液(30 mL)が入った100 mLビーカー(Pyrex)を設置した。$CaCl_2$溶液(30 mL, 5.2 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。その後、$CaCl_2$溶液(30 mL)またはイオン交換水(30 mL)をCO_2を吸収させた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10分間の間接照射を行った。CO_2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であった[15]。照射中の溶液温度は、25℃で保持した。脱離実験後の溶液の重量減少量からCO_2ガスの脱離量(mM)および脱離率(%)を求めた。$CaCl_2$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、一晩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から$CaCO_3$の回収量(mM)を求めた。さらに添加した$CaCl_2$ (mM)に対する$CaCO_3$の回収量(mM)からCa回収率(%)を算出した。また、$CaCO_3$の形態や粒子形状を調べるために、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)観察を行った。

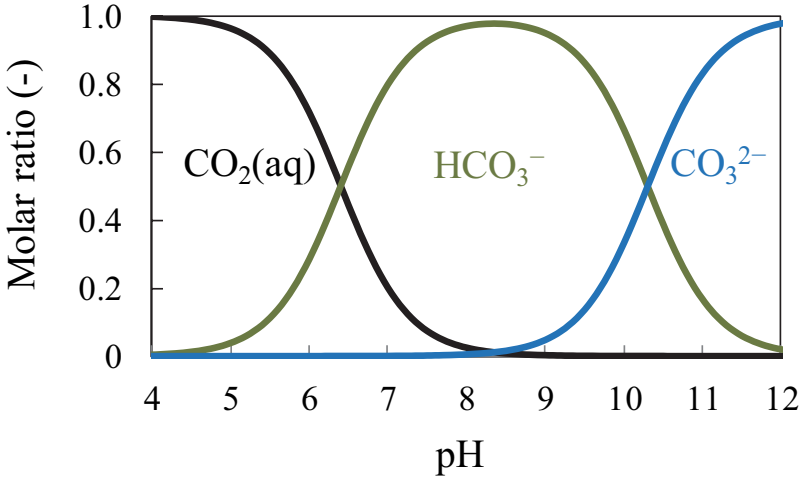


図 1 25℃の水溶液中における CO_2 の化学形態と pH の関係[14]

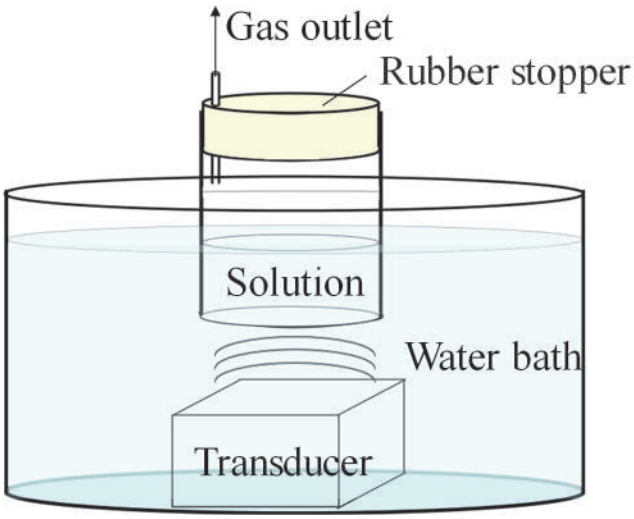


図 2　超音波を用いた脱離実験の概略図[14]

3. 結果と考察

CO_2 (aq)の存在割合が非常に小さい pH 8.2 の MEA 溶液に対して Ca/MEA モル比 0.026 となるように塩化カルシウム溶液を添加した。その後、超音波または撹拌による CO_2 ガス脱離を 10 分間行った。その結果を図 3 に示す[14]。pH 8.2 の MEA 溶液中における CO_2 濃度は 54.8 mM であり、そのうち CO_2 の形態別存在比は、CO_2(aq) 0.02, HCO_3^- 0.98, CO_3^{2-} 0.01 である。塩化カルシウムを含まないイオン交換水を MEA 溶液へ添加した場合、超音波および撹拌による処理で、2.2%±1.6(超音波)および 1.2%±0.7(撹拌)の CO_2 ガス脱離率を示した。また処理前 pH 8.2 から処理後の pH は、それぞれ 8.2(超音波)、8.2(撹拌)を示し、pH 変化がなかった。pH 8.2 の MEA 溶液における CO_2 (aq)の存在比は 0.02 と非常に小さいため、超音波または撹拌どちらの場合も CO_2 ガスの脱離は困難である。一方、塩化カルシウム溶液を添加した場合の CO_2 ガス脱離率は、それぞれ 9.8%±1.9(超音波)、7.2%±2.4(撹拌)を示し、塩化カルシウム溶液を添加しない場合と比較して、脱離率が超音波では約 7.6%、撹拌では約 6.0%増加した。処理後の pH は、処理前の pH 8.2 からそれぞれ 8.3(超音波)、8.3(撹拌)に上昇した。また、実験開始から 1 分以内で $CaCO_3$ の生成による MEA 溶液の白濁を確認した。$CaCl_2$ 溶液の添加による $CaCO_3$ の生成量はそれぞれ 2.5 mM±0.0(超音波)、2.4 mM±0.1(撹拌)であり、$CaCO_3$ としての Ca 回収率は、93.1%(超音波)、90.3%(撹拌)を示した。XRD 測定によって生成した $CaCO_3$ の形態は、超音波と撹拌ともにバテライト(PDF No. 00-025-0127)の単一相であることがわかった。SEM にて生成した炭酸カルシウム粒子を観察すると、撹拌では 6 μm 程度と 1 μm 程度の球状のバテライト粒子が観察され、超音波では、比較的均一な 2 μm 程度の球状のバテライト粒子が観察された(図 4)[14]。pH 8.2 の MEA 溶液では、HCO_3^- の割合が高いため、超音波または撹拌どちらの場合も、処理開始時では式(9)の $CaCO_3$ の生成反応が優位となる。超音波は撹拌よりも粒子を一度に多く生成させたため、粒子サイズが小さく、均一になったと考えられる[16]。したがって、時間あたりの $CaCO_3$ の生成に伴う H^+ の生成量が多いことで、pH 低下が大きくなり、CO_2(aq)の濃度が増加する方向へ平衡が移動($HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2$ (aq) + H_2O)したため、超音波のほうが効率よく MEA 溶液から CO_2 ガスを脱離できたと考えられる。

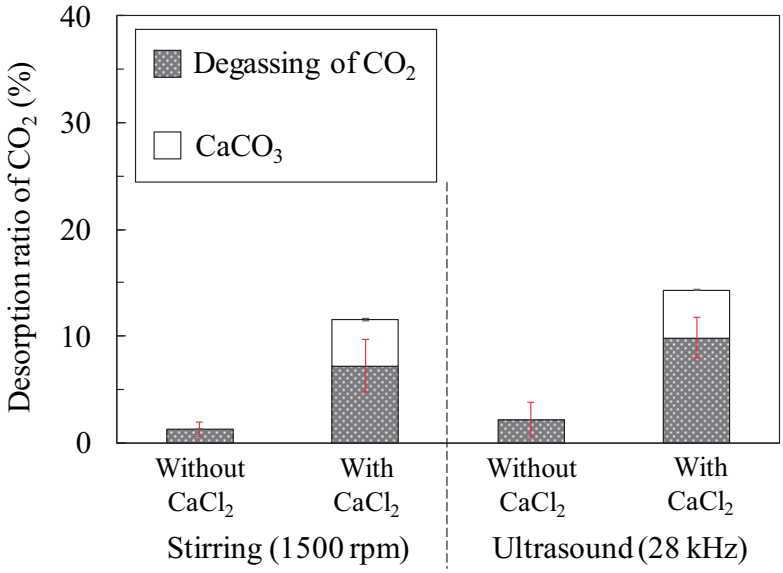


図 3　撹拌または超音波を用いた塩化カルシウム添加および無添加における pH 8.2 の MEA 溶液中からの CO_2 脱離率[14]

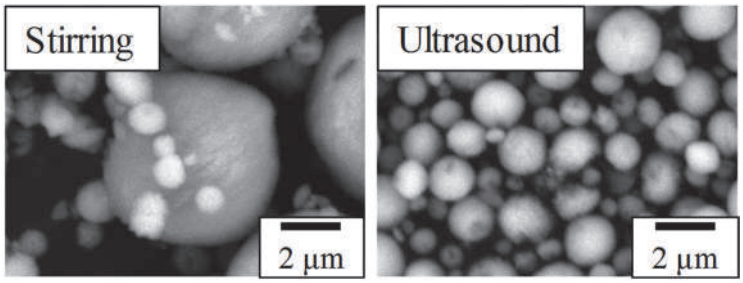


図 4　撹拌または超音波を用いて生成した炭酸カルシウム粒子の SEM 写真[14]

4. おわりに

CO_2 (aq)の存在割合が低い pH 8.2 の MEA 溶液に対して塩化カルシウム($CaCl_2$)を添加した後に、超音波を照射した。その結果、添加をしなかった場合の CO_2 ガス脱離率である 2.2%に対して、約 7.6%高い 9.8%を示した。撹拌条件に、塩化カルシウムを使用した場合においても CO_2 ガス脱離率は向上した(約 6.0%)。以上のことから、MEA 溶液から CO_2 ガスの脱離の向上を目的とした塩化カルシウムの利用は、撹拌を用いた場合と比較して、超音波を用いることで MEA 溶液中からより多くの CO_2 ガスを脱離できることが明らかになった。さらに、超音波を用いて生成した炭酸カルシウム粒子は、撹拌を用いた場合よりも粒子サイズが小さく、比較的均一な球形のバテライト粒子として得ることができた。

参考文献

[1]. D. W. Kweku, O. Bismark, A. Maxwell, K. A. Desmond, K. B. Danso, E. A. Oti-Mensah, A. T. Quachie, and B. B. Adormaa, J. of Sci. Res. & Rep. **17**, 1 (2017).

[2]. S. Budinis, S. Krevor, N. M. Dowell, N. Brandon, and A. Hawkes, Energy Strategy Reviews **22**, 61 (2018).

[3]. C. Dinca, N. Slavu, and A. Badea, J. of the Energy Institute **91**, 445 (2018).

[4]. F. A. Chowdhury, H. Yamada, T. Higashii, K. Goto, and M. Onoda, Ind. & Eng. Chem. Res. **52**, 8323 (2013).

[5]. J. T. Yeh, H. W. Pennline, and K. P. Resnik, Energy Fuels **15**, 274 (2001).

[6]. T. L. Donaldson and Y. N. Nguyen, Ind. Eng. Chem. Fundam. **19**, 260 (1980).

[7]. C. E. Housecroft and A. G. Sharpe, *Inorganic Chemistry Second edition* (Pearson Education, England, 2005) p. 368.

[8]. D. A. Vaccari, P. F. Strom, and J. E. Alleman, *Environmental Biology for Engineers and Scientists* (John Wiley & Sons, Inc., 2005) p. 39.

[9]. M. Ishii, H. Inoue, and H. Matsueda, Tech. Rep. Meteor. Res. Inst. **41**, 5 (2000) [in Japanese].

[10]. T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, J. MMIJ **135**, 1 (2019) [in Japanese].

[11]. K. Tanaka, H. Okawa, T. Fujiwara, T. Kato, and K. Sugawara, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 07HE08 (2015).

[12]. K. Tanaka, T. Fujiwara, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 07KE14 (2014).

[13]. Y. Kojima, K. Yoshitake, T. Umegaki, and N. Nishimiya, J. Soc. Inorg. Mater. **19**, 104 (2012) [in Japanese].

[14]. Y. Kitamura, H. Okawa, T. Kato, and K. Sugawara, J. Appl. Phys. **59**, SKKD08 (2020).

[15]. S. Koda, T. Kimura, T. Kondo, and H. Mitome, Ultrason. Sonochem. **10**, 149 (2003).

[16]. Y. Kojima, K. Yamaguchi, and N. Nishimiya, Ultrason. Sonochem. **17**, 617 (2010).

特異な構造の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

(第 13 研究グループ, 理工学研究科 生命科学専攻)

fjwkn@gipc.akita-u.ac.jp

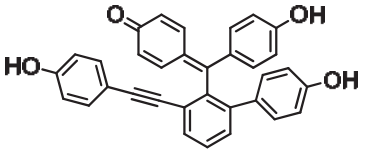
概要：新たに医薬品のリードとなる可能性のある特異な構造の芳香族系天然物の全合成を検討し、研究途上で生じる様々な合成中間体を利用して構造活性相関を調査する。

キーワード： Diels-Alder 反応、酸化的芳香族化、多置換芳香環の構築

独自性・実用性：
多置換環状骨格の位置選択的構築について Diels-Alder 反応を適用して検討した。この構築法で生成物を得た後、酸化的芳香族化反応を組み合わせることで多置換芳香族化合物のセラジネリン S の比較的短段階合成に成功した。この方法論をより複雑な構造のセラジネリン A に展開し、キノンメチド構造の構築と芳香族化反応のタイミングを最適化することで、その全合成にも成功した。

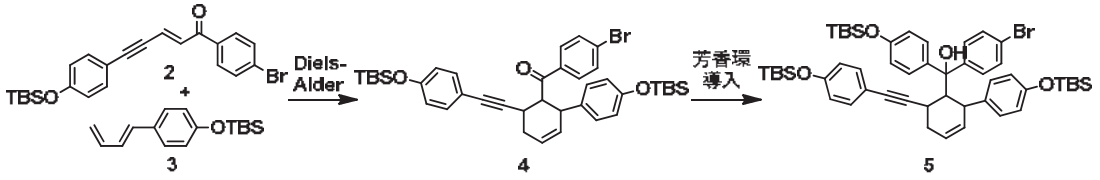
テーマ：イワヒバ由来セラジネリン A の全合成

セラジネリン A (1) (Scheme 2) は 2008 年に Ma らによって、シダ植物 *Selaginella tamariscina* から単離された抗菌活性を示す赤色色素である [1]。その構造は込み入った 2,3-二置換ジフェニル骨格が特徴となっている。演者は、まだ合成法が確立していないセラジネリン類の合成経路の開拓を目的とし、1 の全合成に着手した。



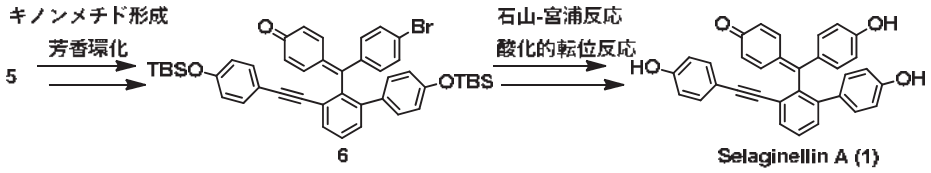
Selaginellin A (1)

込み入った 2,3-二置換ジフェニル骨格については、Diels-Alder 反応と引続くシクロヘキセン環の芳香環化により構築する計画を立案し、実際に合成を進めた (Scheme 1)。ジエノフィル 2 とジエン 3 との加熱条件による Diels-Alder 反応により、低収率ながら良好な位置選択性で環化付加体 4 を得ることができた。その後、良好な収率で芳香環を導入し、5 を得た。



Scheme 1

その後得られた 5 に対して酸性条件下でキノンメチドを形成した後、DDQ を用いた芳香環化によって 6 に誘導した。続いて、6 のブロモ基を石山-宮浦反応でホウ素官能基へと変換した後、酸化的転位反応により水酸基に誘導した。その際、TBS 保護基も同時に除去されたことから、セラジネリン A (1) の初の全合成を達成した (Scheme 2)。



Scheme 2

本成果は日本化学会第 100 春季年会 (野田) (講演要旨集 1H5-15, 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)。

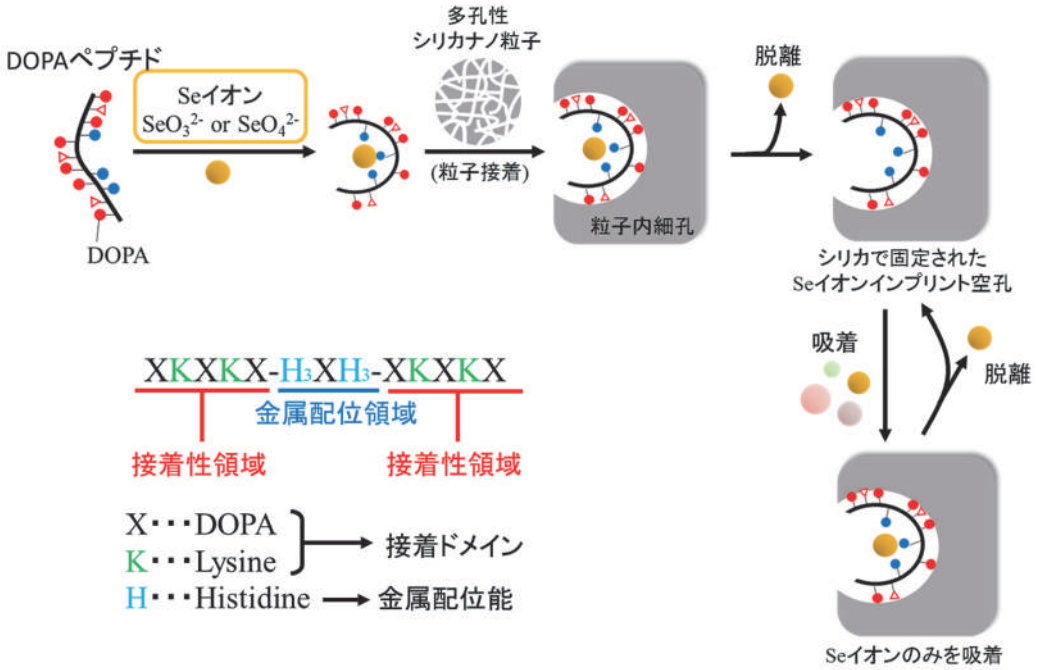
参考文献：1) S.-C. Ma et al. *Chem. Pharm. Bull.* 2008, *56*, 982.

分子インプリント法を用いたセレン選択性を有するペプチド–シリカ担体の調製

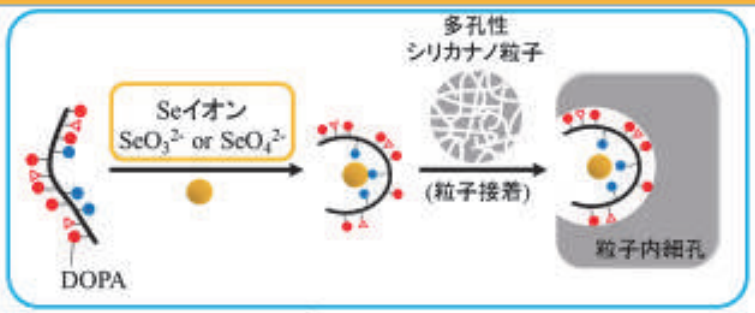
後藤　猛*、横田　早希（理工学研究科）
モウル G. F. スティーブンス（地方創生センター）
（第 14 研究グループ）
* tgotoh@gipc.akita-u.ac.jp

概要： 3,4-dihydroxy-phenylalanine (DOPA)とリシンから成る接着性ペプチドを用いた分子インプリント技術を無機陰イオンにも応用し，セレン酸および亜セレン酸をインプリントした DOPA ペプチド-シリカ担体(Se(VI)-iDPSP および Se(IV)-iDPSP)を調製してその吸着特性を検討した。その結果，これらの吸着担体は陰イオンの立体構造およびサイズを認識する高い選択性を有することが明らかになった。 また，その吸着は静電的相互作用に因り，擬 2 次速度論モデルおよび Langmuir 吸着等温式で表されることが分かった。

独自性・実用性：
イガイ(*Mytilus coruscus*)は多数の足糸により，岩石，ガラス，プラスチック，金属，木材，樹脂のみならず，化学接着剤が接着し難いテフロンやポリプロピレンにも数分で水中接着が可能である。著者らは，足糸タンパク質の接着性ドメインを構成するペプチドに金属配位能を有するヒスチジンを結合させたペプチドを用い，標的金属を自在に分子インプリントした高選択的な金属吸着担体を調製することに成功している。本研究は，このペプチドを用いた分子インプリント技術が金属イオンのみならず陰イオンに対しても有効であることを示した。以上のことは，本分子インプリント技術が金属錯イオンをはじめ様々な分子に対して高選択性を有する吸着体を自在に調製できる可能性を示している。



ペプチドによるSeイオンの多孔性シリカ粒子へのインプリント



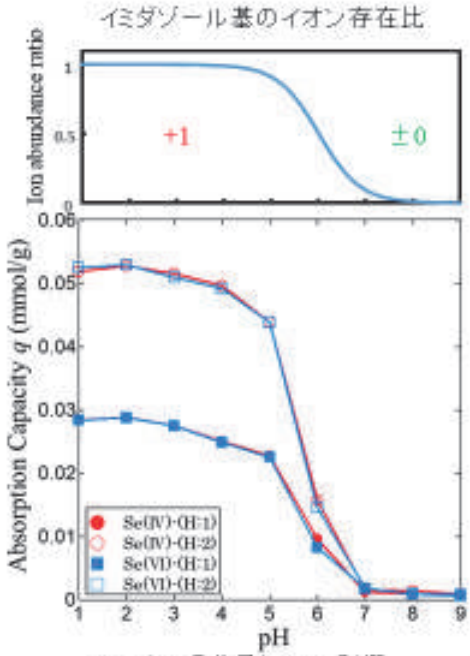
6.0 mM DOPA peptide
HCl or NaOH (pH 1.0～9.0)
セレン酸 or 亜セレン酸溶液
Total 0.60 mL

- ペプチド：Se＝ 1:1 (等量) → H:1
- ペプチド：Se＝ 1:2 (2倍当量) → H:2

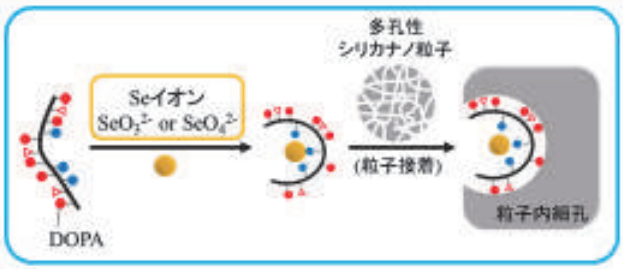
↓ インキュベート (25℃, 15 h)
← 多孔性シリカ粒子 0.1 g
↓ 振とう(25℃, ～50 h)
↓ シリカ粒子を回収

UV-Vis ・・・・ 溶液中のペプチド残存量
ICP-OES・・・ 溶液中のSeイオン残存量

ペプチド存在下でSeイオンのシリカ粒子吸着に及ぼすpHの影響

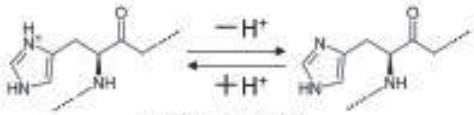


Seイオン吸着量とpHの影響



- 酸性領域でSeイオンを吸着
- (H:1)より(H:2)の方が多く吸着

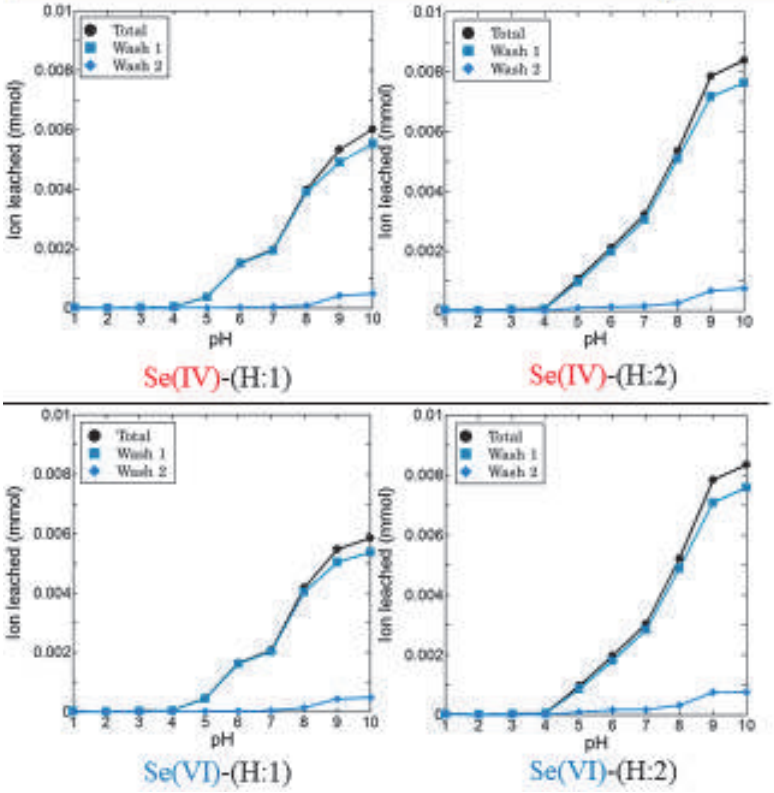
ヒスチジン残基のイミダゾール基の酸解離平衡式



p*Ka* ＝ 6.02

Seイオンはシリカに吸着したペプチドの静電的相互作用によって吸着している。

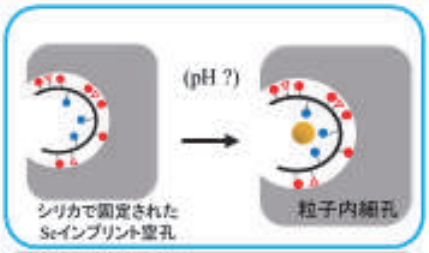
Se-iDPSPのSeイオン脱離に及ぼすpHの影響



脱離にはpH 10以上が適している。

Se-iDPSPを調製

Se-iDPSPのSeイオン再吸着に及ぼすpHの影響

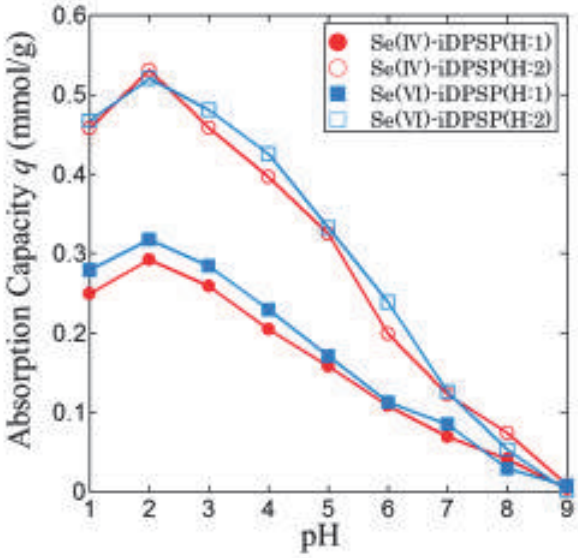


1.0 mM Seイオン溶液
Se-iDPSP 20 mg
Total 20 mL

pH 1.0 ～10 に調製

↓ 振盪(25℃, 2 h)

シリカ粒子 / 溶液 → ICP-OES

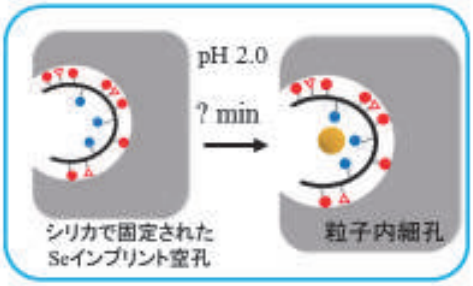


再吸着最適pH 2.0

$$q = \frac{C_i - C_f}{1000W} V$$

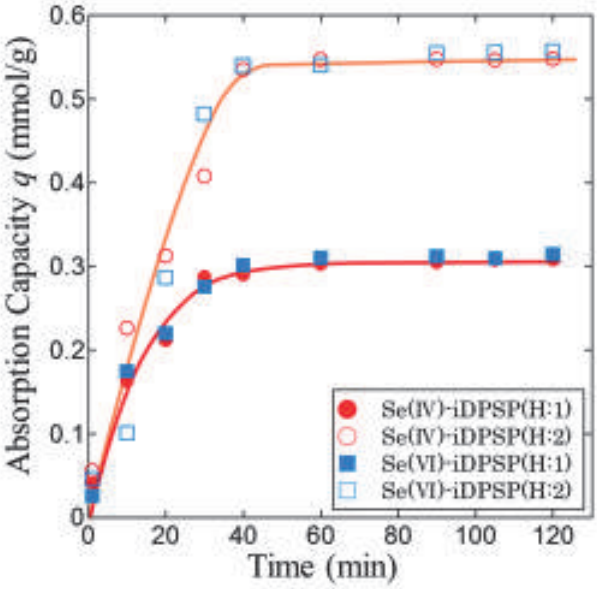
q: 吸着容量
C_i: 初期濃度　C_f: 終濃度
W: シリカ粒子の質量　V: 体積

Se-iDPSPによるSeイオン吸着の経時的挙動



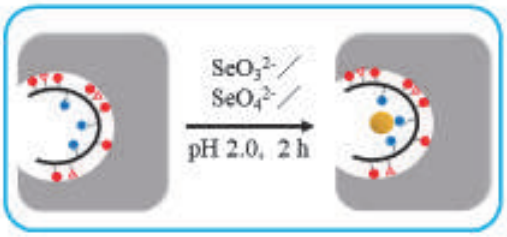
1.0 mM Seイオン溶液
Se-iDPSP 20 mg
Total 20 mL

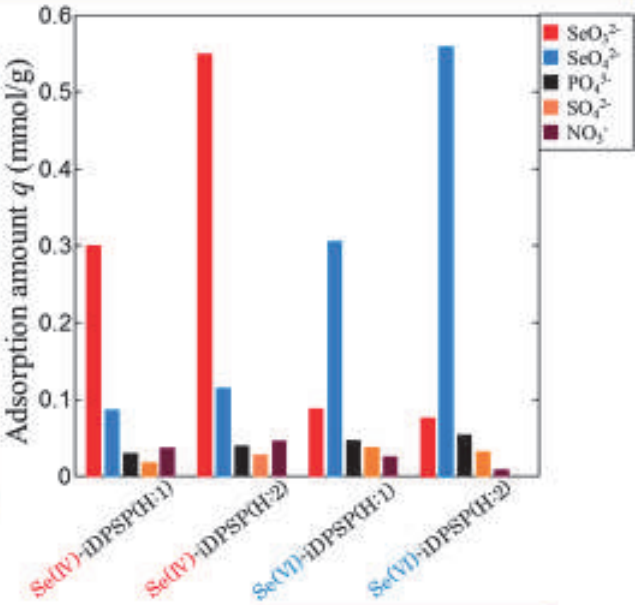
pH 2.0 に調製



どのSe-iDPSPも
約 1 時間で平衡状態に達した。

単成分系によるSe-iDPSPの選択性の検討





- 標的Seイオンに対し，高い選択性を持つ。 → イオンの構造を認識
- PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, NO_3^- より Se イオンの吸着量が高い。 → イオンサイズを認識

2成分系におけるSe-iDPSPの選択性

分配係数: $D = \frac{(C_i - C_e)}{C_e} \times \frac{V}{W}$　　選択係数: $k = \frac{D_{Se}}{D_N}$

吸着剤	2成分系	分配係数		選択係数
		D_{Se}	D_N	k
Se(IV)-iDPSP(H:1)	SeO_3^{2-}/SeO_4^{2-}	0.425 ± 8.29×10^{-3}	6.75×10^{-3} ± 3.92×10^{-3}	63.1 ± 0.356
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	0.438 ± 1.24×10^{-4}	7.01×10^{-3} ± 1.38×10^{-3}	62.6 ± 0.105
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	0.437 ± 4.98×10^{-3}	1.75×10^{-3} ± 6.86×10^{-4}	250 ± 0.957
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	0.434 ± 2.20×10^{-3}	1.14×10^{-2} ± 4.11×10^{-3}	38.0 ± 0.135
Se(IV)-iDPSP(H:2)	SeO_3^{2-}/SeO_4^{2-}	1.18 ± 3.80×10^{-4}	2.89×10^{-2} ± 2.49×10^{-3}	40.8 ± 2.21×10^{-2}
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	1.22 ± 2.76×10^{-4}	3.92×10^{-2} ± 8.42×10^{-3}	31.2 ± 6.02×10^{-2}
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	1.26 ± 4.85×10^{-4}	2.56×10^{-2} ± 2.74×10^{-3}	49.1 ± 3.37×10^{-2}
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	1.23 ± 1.65×10^{-4}	2.53×10^{-2} ± 5.84×10^{-3}	48.8 ± 0.106
Se(IV)-iDPSP(H:1)	SeO_3^{2-}/SeO_4^{2-}	0.433 ± 3.69×10^{-3}	3.90×10^{-3} ± 2.98×10^{-3}	111 ± 0.848
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	0.434 ± 5.84×10^{-3}	5.54×10^{-3} ± 4.29×10^{-3}	78.4 ± 0.603
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	0.434 ± 3.06×10^{-3}	4.31×10^{-3} ± 3.26×10^{-3}	101 ± 0.757
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	0.433 ± 2.90×10^{-3}	3.83×10^{-3} ± 5.80×10^{-4}	113 ± 0.164
Se(IV)-iDPSP(H:2)	SeO_3^{2-}/SeO_4^{2-}	1.28 ± 2.52×10^{-4}	3.04×10^{-2} ± 7.56×10^{-3}	42.0 ± 9.64×10^{-2}
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	1.23 ± 2.17×10^{-4}	3.65×10^{-2} ± 9.68×10^{-3}	33.7 ± 8.38×10^{-2}
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	1.24 ± 2.60×10^{-4}	2.38×10^{-2} ± 5.50×10^{-3}	52.3 ± 0.110
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	1.25 ± 4.45×10^{-4}	2.44×10^{-2} ± 5.26×10^{-3}	51.2 ± 9.24×10^{-2}

Development of Selenium (IV) and (VI) Imprinted Peptide Silica Particles

[1] Stevens Morlu GF. ・[2] Yamazaki Masataka・[3] Saki Yokota ・[3] Gotoh Takeshi

([1]Cooperative Research Center, Akita University・[2]Faculty of Engineering Science, Akita University [3] Graduate Sch. of Engineering Science., Akita University, 1-1 Tegatagakuen-machi, Akita City, Akita 0108502, Japan)

tgotoh@gipc.akita-u.ac.jp

概要：In this study, molecular imprinting technology was employed to prepared sorbents that imprinted selenite and selenate ions using peptides, in which the ion recognition site was consisted of lysine (K) residues. The precursor peptides (YKYKY-K3YK3YKYKY) were prepared by the solid phase method and their tyrosine residues (Y) were converted to L-DOPA residues employing shiitake mushroom tyrosinase. To imprint the template ions, SeO_3^{2-} and SeO_4^{2-} to microporous silica particles, the resulting DOPA-peptides was incubated with the template ions (at 1:1 mole equivalents) at pH 7 at 25 ℃ for 15 h, and then with 500 mg of porous silica particles for 50 h. Subsequently, the selenite- and selenate-imprinted cavities were created on the peptide-attached silica particles, hence, Se(IV)-iPSP and Se(VI)-iPSP, respectively by washing out the template ions from the particle with a buffer at pH 10.0. The highest adsorption of selenite and selenate ions was achieved at pH 7.0, suggesting that the ions were adsorbed to the particles by the electrostatic interaction between the ions and amino groups of the lysine residues in the cavities. Kinetics studies indicated that the adsorption followed the pseudo-second-order rate equation, whereas the adsorption isotherm was well fitted with the Langmuir model; indicating that the Se(IV)-iPSP and Se(VI)-iPSP surfaces are homogeneous, and adsorption sites are equivalent and mono-layer coverage. The Se(IV)-iPSP and Se(VI)-iPSP exhibited higher adsorption capacity and selectivity for their respective target ions in comparison to the non-imprinted peptide silica particles (PSP) in a binary system.

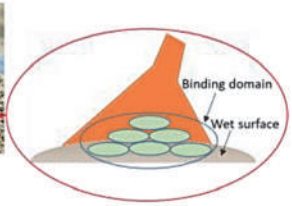
キーワード：Selenite, Selenate, 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine, Adhesive Peptides, Microporous Silica Particles, Molecular Imprinting

独自性・実用性：

- The developed method can be employed to selectively remove toxic Se oxoanions from aqueous media
- The prepared peptide is a mussel-inspired adhesive peptide consisting of lysine and tyrosine that adhere to wet solid surfaces
- The prepared Se – iPSPs is selective to target Se oxoanions in a binary ion aqueous media

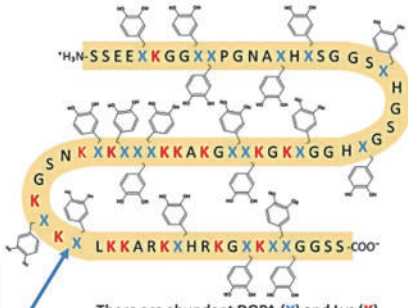
Background

https://ja.wikipedia.org/wiki



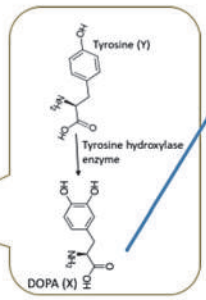
Adhesive protein

Primary structure in the binding domain



There are abundant DOPA (X) and Lys (K)

B. Kollbe Ahn et al. Nature Communications, **6**, 8663 (2015)



Conversion of Tyrosine to L-DOPA by the mussel

The development of new functional materials having adhesion ability for wet surfaces will be studied

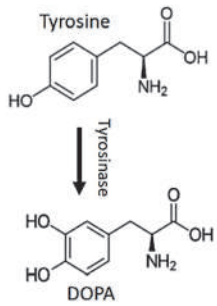
1

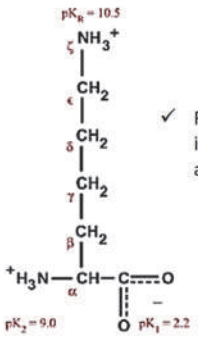
Purpose

The general aim of the study is to develop a method to prepare a selective adsorbent for the recovery of target Se oxoanions.

Specific Objectives:

- Synthesize peptides containing tyrosine (Y) and lysine (K).
- Convert the tyrosine residues to L-DOPA residues.
- Imprint the L-DOPA containing peptide using Se (IV) and Se (VI) as a model template.
- Immobilize the imprinted L-DOPA peptide to a solid support
- Evaluate the adsorption ability of the developed product





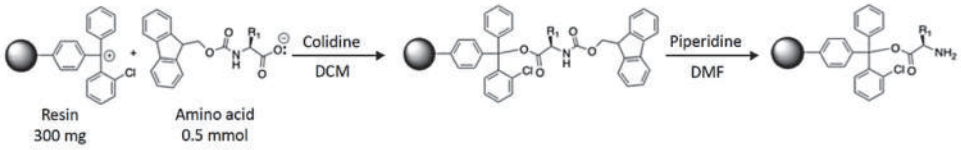
Lysine

✓ Forms electrostatic interaction with anions at neutral pH

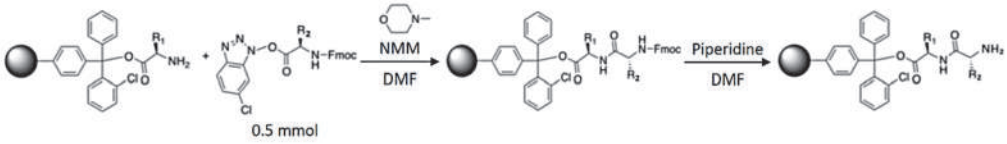
2

Solid Phase Peptide Synthesis

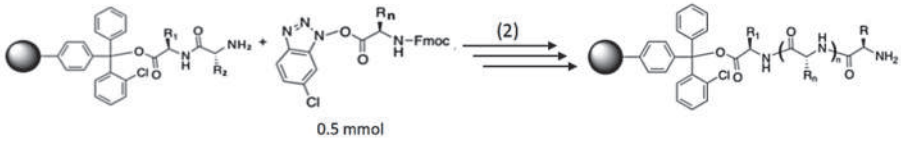
(1) Bonding and deprotection of resin and first amino acid



(2) Addition of amino acids



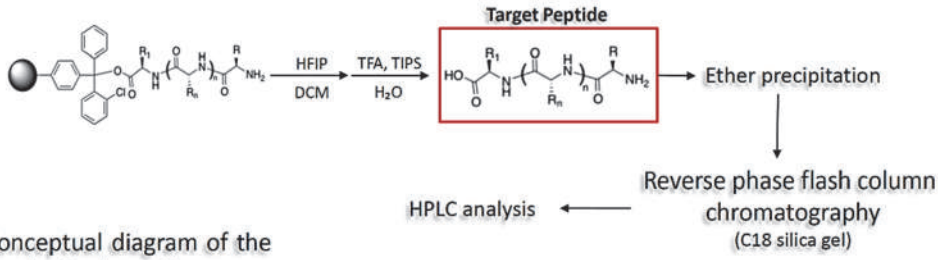
(3) Continuous addition of amino acids



3

Solid Phase Peptide Synthesis

(4) Peptide cleavage from resin



Conceptual diagram of the synthesized peptide

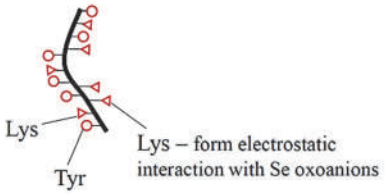


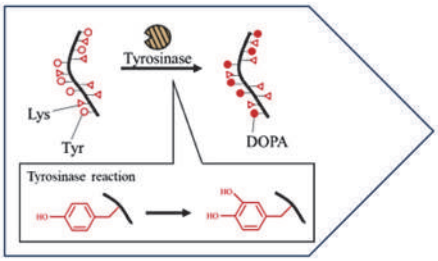
Table 1: Yield and purity of the peptide

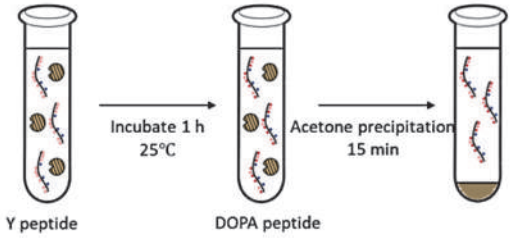
Target Peptide	Amount (mg)	Purity (%)
YKYKY-K_3YK_3-YKYKY	670	96.5

Hereafter, experiments were conducted using Y peptide (YKYKY-K_3YK_3-YKYKY)

4

Conversion of Tyrosine Residues to L-DOPA





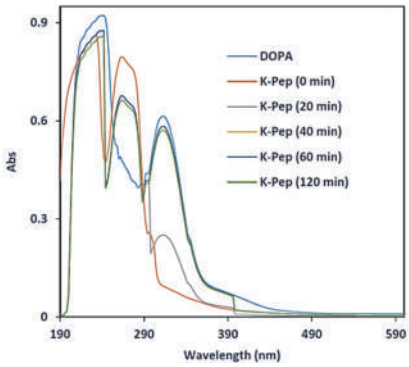


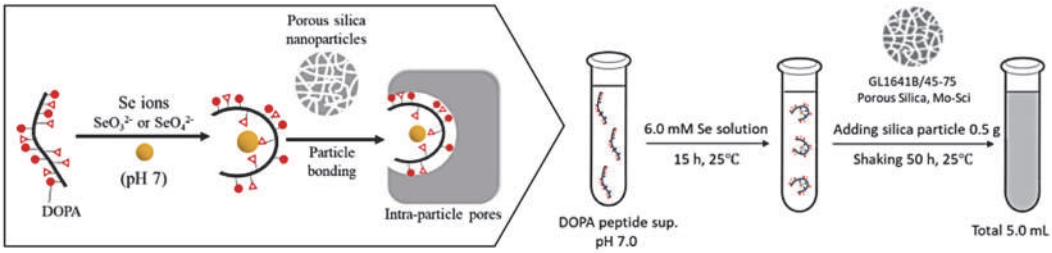
Fig. 1: Absorption spectra of peptides before and during incubation

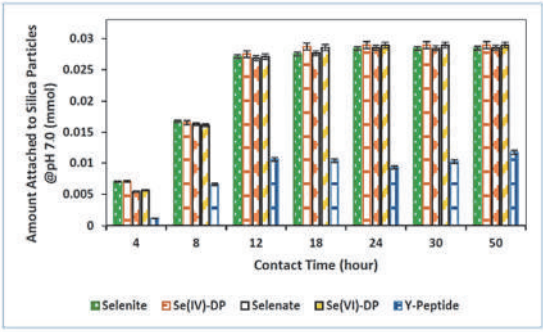
Table 2: Composition of reaction solution

Materials	Conc.
Y-Peptide(YKYKY-K_3YK_3-YKYKY)	6.0 mM
L-Ascorbic Acid	2.0 mM
Shiitake Tyrosinase (10 units)	
Sodium Phosphate Buffer(pH 7.0)	0.1 M
Total	**5.0 mL**

5

Immobilization of L-DOPA-Peptide to Silica Particles



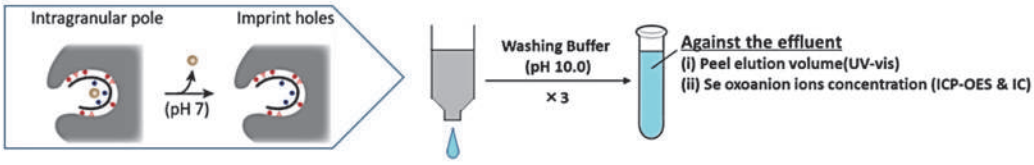


Almost all DOPA peptides were immobilized on the porous silica particles in a 12-hour incubation

Fig. 2: Changes over time of the ratio of peptides immobilized on porous silica particles

6

Creation of Se Oxoanion-Imprinted Cavities



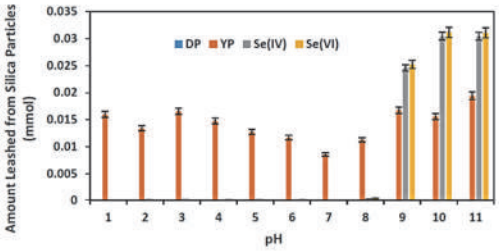


Fig. 3: Elimination of peptide from peptide-silica support

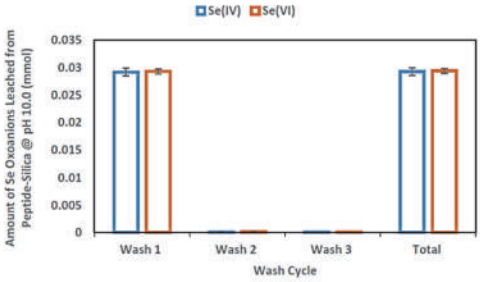


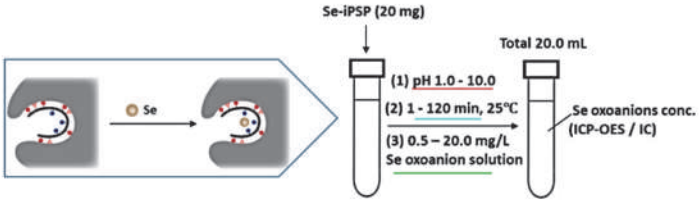
Fig. 4: Elimination of Se oxoanions from Se - DOPA peptide - silica support

The DOPA peptide was stably immobilized

Almost all Se oxoanions was desorbed at pH 10.0

7

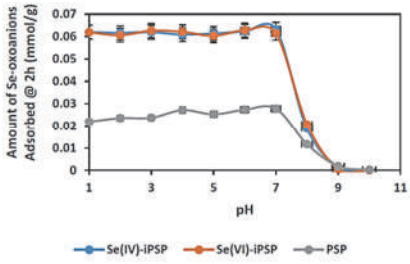
Adsorption Studies



Adsorption capacity *q*

$$q = \frac{C_i - C_f}{1000W} \times V$$

q	(mmol/g)	:	Adsorption capacity
Ci	(mmol/L)	:	Se ions initial concentration
Cf	(mmol/L)	:	Se ions final concentration
V	(L)	:	Volume of reaction solution
W	(g)	:	Weight of used Se-iPSP



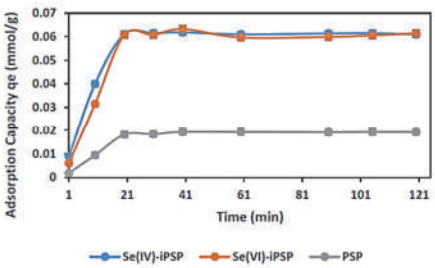


Fig. 5: Effect of (I) pH and (II) Time on Se – iPSPs adsorption of Se oxoanions

8

Adsorption Studies cont.

q_e	(mmol/g)	:	Adsorption capacity of Se ions at equilibrium
C_e	(mmol/L)	:	Equilibrium concentration of Se ion in solution
q_m	(mmol/g)	:	Maximum adsorption capacity of Se ion
K	(L/g)	:	Langmuir constant
K_F, n	(-)	:	Freundlich constant

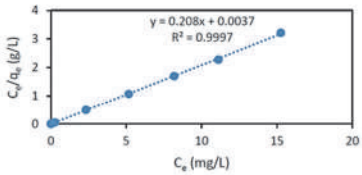
Langmuir isotherm

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_e} + \frac{K}{q_m}$$

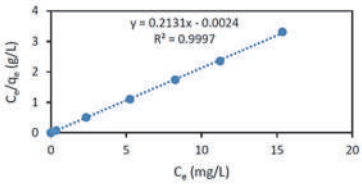
Freundlich isotherm

$$\ln q_e = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln K_F$$

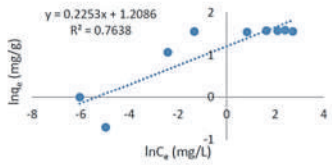
Se(IV)-iPSP



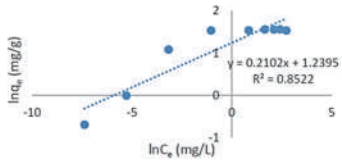
Se(VI)-iPSP



Se(IV)-iPSP



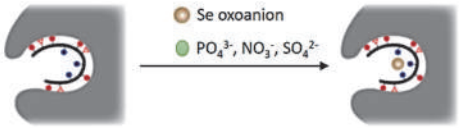
Se(VI)-iPSP

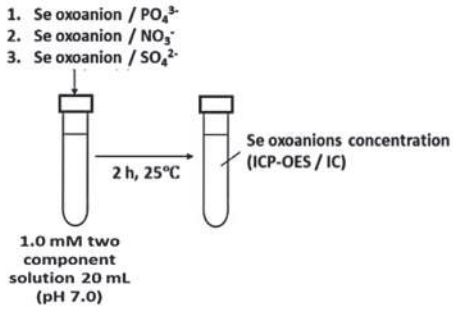


The adsorption isotherm was well fitted by the Langmuir model; indicating that the Se - iPSPs surface is homogeneous, adsorption sites are equivalent and mono-layer coverage

9

Selectivity Studies





Distribution coefficient D, Selection coefficient k

$$D = \frac{(C_i - C_e)}{C_e} \times \frac{V}{W} \qquad k = \frac{D_T}{D_C}$$

C_i	(mmol/L):		Initial concentration of Se oxoanions
C_e	(mmol/L):		Equilibrium concentration of Se oxoanions
V	(mL)	:	Volume of reaction solution
W	(g)	:	Weight of used Se - iPSPs
D_T	(mL/g)	:	Distribution coefficient for target Se oxoanion
D_C	(mL/g)	:	Distribution coefficient for competitive anion

10

Se - iPSPs Selectivity

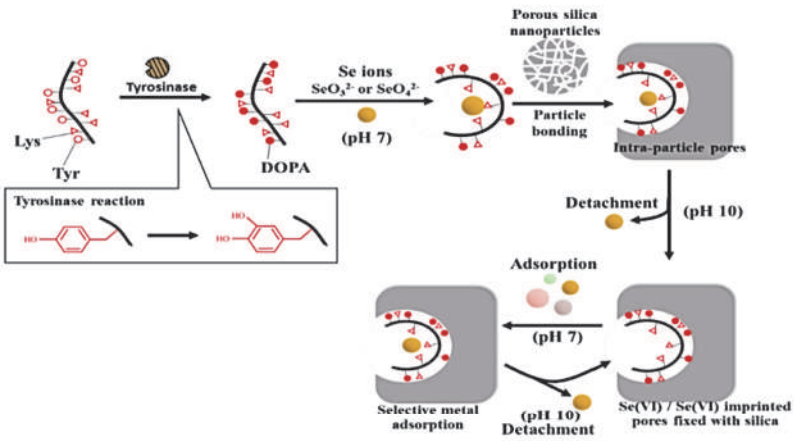
Table 2: Selectivity parameter of Se - iPSPs

Sorbent	Binary System (Targets/Competitors)	Distribution Coefficient *D* (L/g)		Selectivity Coefficient *k* (-)	Relative Selective Coefficient *k`* (-)
		Targets	Competitors		
Se(IV)-iPSP	SeO_3^{2-}/SeO_4^{2-}	0.433	0.009	47.0	52.2
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	0.433	0.006	68.4	67.2
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	0.435	0.006	67.6	80.8
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	0.441	0.006	79.9	82.4
Se(VI)-iPSP	SeO_4^{2-}/SeO_3^{2-}	0.431	0.004	104.0	113.3
	SeO_4^{2-}/NO_3^{-}	0.428	0.006	66.0	62.6
	SeO_4^{2-}/SO_4^{2-}	0.444	0.003	164.0	122.1
	SeO_4^{2-}/PO_4^{3-}	0.437	0.003	139.9	123.7
PSP	SeO_4^{2-}/SeO_3^{2-}	0.069	0.076	0.9	
	SeO_4^{2-}/NO_3^{-}	0.076	0.072	1.1	
	SeO_4^{2-}/SO_4^{2-}	0.074	0.055	1.3	
	SeO_4^{2-}/PO_4^{3-}	0.073	0.065	1.1	
	SeO_3^{2-}/NO_3^{-}	0.080	0.079	1.0	
	SeO_3^{2-}/SO_4^{2-}	0.070	0.084	0.8	
	SeO_3^{2-}/PO_4^{3-}	0.065	0.067	1.0	

High selectively for target Se oxoanions

11

Conclusion



The development of a method to prepare selective adsorbent for the recovery of target Se oxoanions was achieved.

- ✓ Y peptide consisting of lysine and tyrosine was synthesized and Y peptide was converted to DOPA peptide by Shiitake tyrosinase
- ✓ Most DOPA peptides were immobilized on silica particles
- ✓ Se - iPSPs showed high selectivity for target Se oxoanions

12

希少金属資源開発にかかわる有用資源鉱物データベース構築と資源賦存量評価法の開発

⑵：岩石化学的手法による探査候補地の推定方法の開発～チリ IOCG 鉱床を例として～

緒 方 武 幸 ・ E r d e n e b a y a r　J a m s r a n
(第 15 研究グループ)
take-ogt@gipc.akita-u.ac.jp

概要：近年の有用金属資源の探査は、より地下深部での鉱体をターゲットとする傾向がある。このような地下深部における鉱床の推定には、地表の変質作用に注目した鉱床モデルによる検討だけでなく、鉱床形成に関わるテクトニクス場の推定も必要となる。前年度の成果に基づき令和元年度は、チリ第 III 州コピアポ地域の IOCG 鉱床を例に、変質作用とより岩石中の微量元素の挙動の検討を実施し、より正確な岩石化学的議論を試みた。その結果、岩石化学的検討による鉱床形成に関わるテクトニクス場の有効性が示された。

キーワード：Geochemical discrimination diagram, AI-CCPI diagram

独自性：変質岩の評価と鉱床形成の構造場推定法の提案
＊既存の鉱床タイプの変質帯モデルへの“当て嵌め”でなく、従来、変質作用の影響で考慮できなかった岩石化学的特徴に注目した検討を行った。
＊変質作用の影響評価の AI-CCPI diagram を応用して岩石学検討が可能な評価手順を開発した。
実用性・応用分野：自然災害に関わる防災関係、特に地滑り対策への技術協力
今回、使用した AI-CCPI diagram は変質作用や変質岩の定量的評価にも応用が可能である。また、本手法で使用している Geochemical discrimination diagram も併用することにより、変質した原岩の推定も可能であり、地滑りなどの防災分野にも貢献しうる。

本研究の目的は、定量的鉱物資源量評価法である Singer(2008)による Quantitative Mineral Resource Assessments(以下 QRA)の資源たりうる鉱床分布や存在確率に関連する Tract と呼ばれる地質学的解釈に依存するファクターの正確な定義づけと新たな評価方法の開発である。本研究では、この評価モデルを用い以下の 2 点に注目して研究開発を実施する：

⑴ Tract の評価法の開発：従来の金属元素を伴っている変質分帯による鉱床分布だけでなく、広く鉱床形成に係る岩石の・岩石鉱物学的特徴に注目した鉱床分布の可能性に注目した再検討に加える。

⑵ 鉱石鉱物を考慮した評価：新たに選鉱・精錬の視点で有用鉱物の鉱石鉱物の産状や組織を評価も加えた検討を試み、安定した資源開発技術や鉱山開発・経営に資するデータを提供する。

令和元年度は、⑴の開発と⑵に関わる硫化鉱物と鉱床の評価についての検討を実施した。この研究開発の成果は，2015 年度から 2018 年度の期間、秋田大学と日鉄鉱業株式会社との共同研究活動の成果の一部であり、2019 年 6 月に資源地質学会年会（東京）とチリで行われた国際学会（Society of Economic Geologists）において公表した。本報告書では、後者のポスター発表データの一部抜粋し，まとめて示す。

Society of Economic Geologists – International Conference 2019 in Santiago, Chile

U-Pb Zircon and Tentatively Determined Re-Os Isotope Geochronology for the Sol Naciente and Atacama Kozan Mine, Region III, Chile;

Significance of Relationship between the Upper Cretaceous Andesitic Magmatism and Iron Oxide Copper Mineralization

T. Ogata*1 , Y. Ichii*2 , E. Jamsran*1, T. Nozaki*3, Y. Takaya*4, K. Tani*5, T. Mizuta*1

*1: Akita University, 2:Nittetsu Mining Consultants Co.,Ltd., 3: JAMSTEC,
4: Waseda Univ., 5: National Museum of Nature and Science

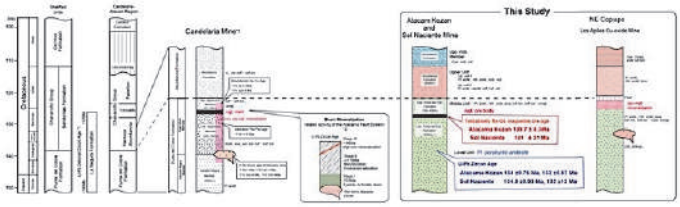


Figure Schematic stratigraphic column of the Sol Naciente mine Atacama Kozan mine and . Data from Jurgse (1977), Gradstein et al.(1995), Marschik and Fontbote (2001a,2001b),SERNAGEOMIN (2003, 2005a,2005b), Marschik and Soliner (2006),Oliveras et al.(2006), Arevalo et al.(2006),Ichii et al.(unpublished). *1 HERNANDEZ et al. (2019) GSA Annual meeting 2019, *2 SEYMOUR et al. (2019) GSA Annual meeting 2019

ABSTRACT

The Atacama Kozan Mine and Sol Naciente Mine are located in the Candelaria-Punta del Cobre district, is known to host Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) deposits near Copiapo, Chile. In the Atacama Kozan mining and Sol Naciente deposit, these orebodies are hosted in the Punta del Cobre Formation which is lower Cretaceous andesitic to basaltic volcanic-dominant formation, and consisted of two stage mineralization of early stratiform iron oxide and late stockwork Cu sulfide. The first stage is mainly magnetite mineralization which is stratiform orebody with uneconomic Cu grades. The second stage of mineralization are sulfide veins which controlled by fault with economic Cu grades. Tentatively determined Re-Os ages calculated chalcopyrite from second stage of chalcopyrite-magnetite ore are 139.7 +/- 8.3 Maand 141 +/- 21 Ma, the Atakama Kozan mine and Sol Naciente mine respectively. They are interpreted to represent the age of first stage of magnetite mineralization. The age of andesite in magnetite ore horizon are dated at 134Ma+/- 0.76Ma and 133.0+/- 0.87Ma, and 134.8+/- 0.93Ma using U/Pb in zircon separated from the lower Punta del Cobre Formation, the Atakama Kozan mine and Sol Naciente mine, respectively. These new geochronological data indicate that andesitic magmatism of the lower Punta del Cobre Formation around 135 Ma are closely related to first stage of magnetite mineralization in these mines. The age of Cu mineralization in the area around Copiapo is reported that the geochronological age of the Candelaria mine is 110 Ma to 120 Ma. However, this mineralization age is considered to be mineralization associated with granitic magmatism (123Ma, Copiapo batholith). Therefore, based on new age data of this study, this andesitic magmatism is related to more important in the second stage of Cu mineralization than the granitic activity. This evidence suggests that there are two distinct mineralization of IOCG mineralization. It is important to the investigation of genesis of the IOCG type deposits to verify this initiative igneous activity is the genesis of this andesitic magmatism of the lower Punta del Cobre Formation in the lower Cretaceous period.

REGINAL GEOLOGY AND ORE DEPOSIT

- The Sol Naciente and Atacama Kozan mine located slightly far from the Copiapo batholith, compared to the Canderaria Mine. The stratabound copper-iron orebodies at these mines are hosted by andesitic rocks and/or tuff breccia of the Upper Punta del Cobre formation. The magnetite mineralization of these orebodies occurred at an early stage, according to mode of occurrence of chalcopyrite cutting magnetite.
- NE Copiapo project area is located 40 km away to the North of Sol Naciente mine. There is a copper-iron orebody in the Punta del Coble Formation at this project area, but its orebody size is slightly smaller than the Sol Naciente and Atacama Kozan mine. In this magnetite mineralization, it is occurred that silician magnetite is similarly noted in intrusion-related magmatic–hydrothermal deposits including porphyry- and skarn-type deposits (González et al, 2018).

Fig. 1. Simplified geology map of the Northern Chile area with location of iron and IOCG deposits (after Marschik et al. , 2001)

GEOCHEMISTRY OF ANDESITIC ROCKS FROM MAGNETITE ORE HORIZON

- In this study, we used geochemical data plotted in least altered field of Al-CCPI diagram (Large et al., 2001). Mizuta and Ishiyama (2009) indicated to be able to discuss of geochemistry about immobile elements of altered rock sample which it would take plot in the field of least altered box in Al-CCPI diagram.

(A) Al-CCPI diagram

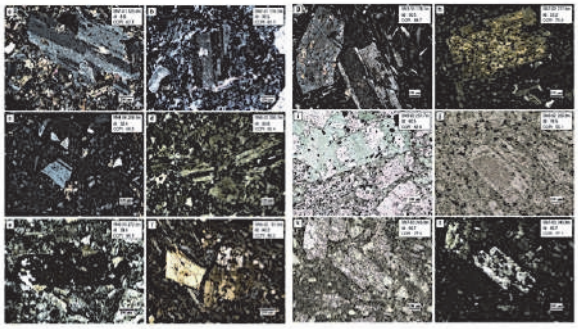


Fig. 4 Photomicrographics of andesitic rocks from the upper Punta del Coble formation, the Sol Naciente mine.

GEOCHEMISTRY OF ANDESITIC ROCKS FROM MAGNETITE ORE HORIZON

- In this study, we used geochemical data plotted in least altered field of Al-CCPI diagram (Large et al., 2001). Mizuta and Ishiyama (2009) indicated to be able to discuss of geochemistry about immobile elements of altered rock sample which it would take plot in the field of least altered box in Al-CCPI diagram.

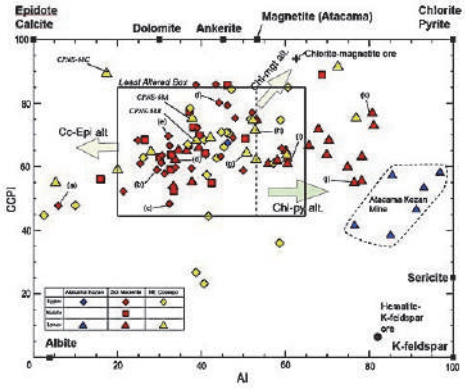


Fig. 5 Al-CCPI diagram (Large et al., 2001). Petrographic relationship of samples marked a to m are shown in Figure 4.

GEOCHEMISTRY OF ANDESITIC ROCKS FROM MAGNETITE ORE HORIZON

(B) Behavior of trace elements during hydrothermal alteration

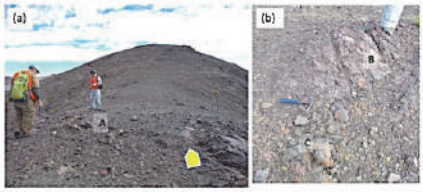


Fig. 6 Outcrop Photos of andesite lava from the upper Punta del Coble formation, NE Copiapo area. (a) Displaying increasing intensity of hydrothermal alteration from A to C; CPNE-68 A (Least alteration, Al=38, CCPI=75), CPNE-68B (Weak alteration, Al=38, CCPI=68),CPNE=68 C (Chlorite alteration, Al=17, CCPI=90). (b) A close-up photograph of alteration zone.

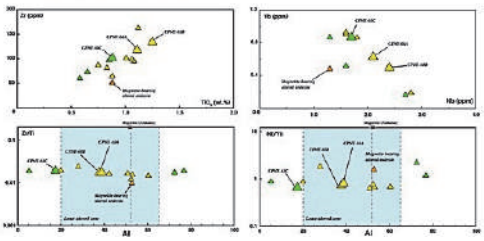


Fig. 7 Alteration Index vs Trace element

GEOCHEMISTRY OF ANDESITIC ROCKS FROM MAGNETITE ORE HORIZON

(C) Geochemical Discrimination Diagram

- We used Zr, Ti, Nb and Y which were immobile elements for determination of the lithofacies, and Ta, Th, Nb and Yb of Pearce diagram for an estimate of origin of andesitic magma source related magnetite mineralization. As a results, we interpret these rocks to be calc-alkaline basaltic to andesitic rock, and to different between origin of andesitic magma source of the Sol Naciente and Atacama Kozan mine and NE Copiapo area from Pearce diagram (Th/Yb vs. Nb/Yb).

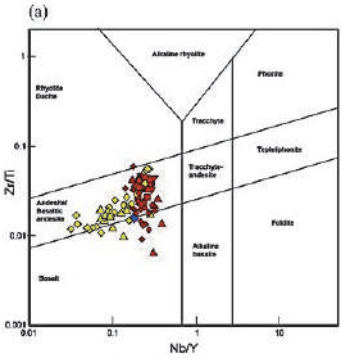


Fig. 8 Geochemical discrimination diagrams. (a) Nb/Yb vs Zr/Ti, (b)and(c) Pearce diagram.

GEOCHEMISTRY OF ANDESITIC ROCKS FROM MAGNETITE ORE HORIZON

(C) Geochemical Discrimination Diagram

- Andesitic rocks of the Sol Naciente and Atacama Kozan mine is characteristics higher Th/Yb and Nb/Yb ratios rather than its NE Copiapo area, indicated that these andesitic rocks were derived from a lithospheric mantle source that had been mixing of crustal component or of felsic and mafic magma, more than its NE Copiapo area that is poor presence of typical strataband copper-iron orebodies.

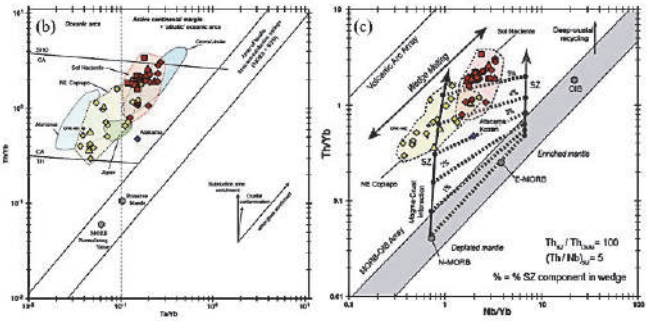


Fig. 8 Geochemical discrimination diagrams.(a) Nb/Yb vs Zr/Ti, (b)and(c) Pearce diagram.

GEOCHRONOLOGY

- There are a small amount of zircon in magnetite ore-hosting andesite in the Punta del Coble Formation at the Sol Naciente and Atacama Kozan mine. In this study, we were able to collect about 30 zircon grains and obtained age of 132 to 135 Ma of ore-hosting andesite in footwall andesite in the Upper Punta del Coble Formation. We interpret this age to relate to be andesitic volcanism and/or eruption at the Upper Punta del Coble Formation.

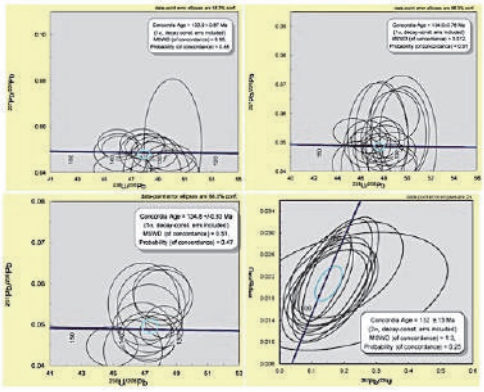


Fig.9 Tera–Wasserburg concordia plots of the analyzed samples. Error ellipses represent 68.3% confidence intervals. Quoted ages are weighted means of 207Pb–corrected 206Pb/238U spot ages (n analyses, errors at 95% confidence intervals).

GEOCHRONOLOGY

- We applied Re-Os age dating to the chalcopyrite-magnetite ore and obtained a tentatively age of almost 140Ma. We interpret these age data of magnetite ore and host rock to represent genetically relationship between magnetite mineralization and andesitic magmatism.

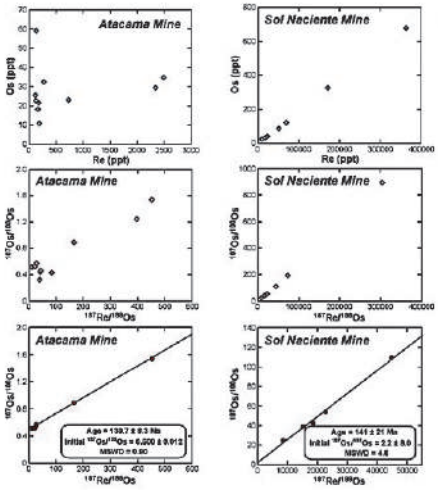


Fig.10 Re-Os isochron plot for chalcopyrite-magnetite ore samples from the Sol Naciente and Atacama Kozan mine (a) and Atacama Kozan mine (b) in the Sol Naciente mine.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

- In the case of magmatic-hydrothermal ore deposit, there is a relationship of concentration of cobalt in pyrite and igneous rocks associated with mineralization (Ogata et al, 2013; Mizuta, unpublished data). As a result of concentration of Cobalt in pyrite in magnetite ore from the Sol Naciente mine, we interpret to be related magnetite mineralization with intermediate to mafic magmatism.
- Ni concentration in pyrite from the Sol Naciente mine is slightly higher than its VMS deposits and porphyry copper deposits. Co/Ni ratio of pyrite of the Sol Naciente magnetite ore is similar to that of magnetite from the El Laco magnetite lava.
- Nickel distributed preferentially in the iron- rich phase compared to cobalt (S, F). Therefor we interpret Co/Ni ratio of pyrite of the Sol Naciente magnetite ore to be related magnetite mineralization to Fe-rich andesitic magmatism, similar to magmatic activity of the El Laco lava. Based on geochemical result, the origin of andesitic magmatism at the Sol Naciente Mine suggests the possibility of event of magma mixing. It is thought that such magma mixing is involved in the formation of Magnetite-rich magma (eg. Edmonds et al., 2014).

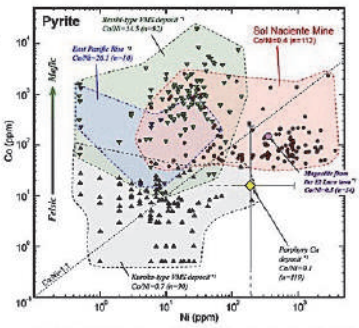


Fig. 10 Plot of the Co and Ni contents of pyrite from the Sol Naciente mine. Fields of pyrite in the various origins from VMS deposits and porphyry copper deposits, are shown for comparison.

- In conclusion, the present study has demonstrated that following; As for the Sol Naciente and Atacam Kozan mine, activity of andesitic magma is genetically relationship between early-stage magnetite mineralization. Therefore, it is reasonable that the Re-Os age of magnetite ore and zircon U-Pb age of host rock are in the near geological age.

レアメタル資源を伴う鉱化関連火成岩の岩石組織の解明と資源探査・開発への応用

~特にモンゴル国のモリブデン鉱床のUSTについて~

Erdenebayar Jamsran・緒方武幸

(第15研究グループ)

geogold@yahoo.com

概要：モンゴル国に産するレアメタル資源のモリブデン鉱床には，UST (Unidirectional Solidification Texture, 以下 UST と略)と呼ばれる特異な岩石組織が見られる。しかし，この岩石組織と鉱床形成に関わるモリブデン濃集プロセスとの関係については，十分な解明がなされていない。その要因として、この組織はモリブデン鉱床探査において重要な地表兆候として用いられるため、地表での兆候に注目した近代の探査手法で発見された大規模鉱床は、その後の採掘・開発の過程ですでに失われ、また開発当時の時代背景もあり、現代の鉱床学からみた場合、十分な記載や研究となっていない（例えば旧ソ聯体制下の 1970 年代に探査・開発されたモンゴル Erdenet 鉱山）。さらに、UST の存在が必ずしも顕著な金属鉱化作用を伴わない事がある。そのため、既存の鉱床モデルに合致する大規模鉱床のみを研究対象とする現在の鉱床学研究体制下では、その存在は無視され、鉱床学として研究対象として重要視されていない。中央アジアには、未だ多くの UST が存在することから、鉱化作用の有無にかかわらず UST 研究の実施は必要不可欠である。前年度は、顕著な金属鉱化作用を伴わない地域に産する UST を対象とした研究開発を実施した。令和元年度は、近年発見されたモンゴル北部 Mandal モリブデン鉱床に産する UST 研究を実施し、鉱化作用を伴う UST の特徴について新たな知見を得た。本研究開発の成果は， 2018 年度、モンゴル科学技術大学との共同研究活動の一環として行われ、2019 年 8 月アメリカと 9 月チリで行われた国際学会（GSA Annual Meeting, Society of Economic Geologists）において公表した。本報告書では、これら学会での発表データの一部を示す。

キーワード：Cathodoluminescences, TitaniQ and Quartz

独自性・実用性：

Most of the primary CL textures of quartz exhibits a pronounced zonal pattern in CL, which is characterizes its magmatic origin. Growth zoning provides additional information on ambient condition in the granitic melts. This suggests that a common sequence of quartz crystallization occurs during the formation of magmatic-hydrothermal transition zone in many porphyry systems.

GSA Annual Meeting– International Conference 2019 in Arizona, USA (Geological Society of America)

Cathodoluminescence features and trace element composition of quartz in Unidirectional Solidification Textures from the Mo-mineralized quartz-eyes porphyry granite in Mandal deposit, northern Mongolia

J. ERDENEBAYAR, T. OGATA (Akita Univ.) O. FUJIKAWA,U. UEDA (JX NIPPON EXPLORATION & DEVELOPMENT Co.,Ltd.)AND A.BYAMBAJAV (MUST)

ABSTRACT

As a typical porphyry-skarn deposit, the Mandal deposit not only has the maximum molybdenum reserves, but also contains a large number of reused tungsten. Unidirectional Solidification Texture (UST) in eyes porphyry is recognized in the Neoproterozoic metamorphic rocks at Mandal area northern Mongolia. Based on the field relationship between the eyes porphyry and host rock, the UST is considered to have formed along the roof of a small eyes porphyry intrusion. The UST-bearing eyes porphyry is characterized by sequence of two main textural units: (i) thin crenulate UST layers, (ii) high silica rock units.

Scanning electron microscopy and cathadoluminescence (SEM-CL) imaging of quartz from the Mandal revealed a history of crystal growth, exhibited by several type's quartz; Euhedral quartz phenocrysts with well-developed concentric growth zoning QI in the eyes porphyry unit, UST quartz showing mosaic texture QII. High silica rock quartz showing spider and cobwed texture QIII. Differences in textures of quartz in SEM-CL image are predominantly caused by variations in the Ti contents of quartz. UST quartz crystallization temperatures were calculated by Ti-in-quartz geothermometer (TitaniQ). The QI quartz crystals are characterized by high Ti and Al concentrations in the quartz lattice. QII UST quartz characterized by low Ti and variable Al concentrations. TitaniQ crystallization temperatures of QI, QII and QIII quartz range between around 490° and 876° C. The Ti contents of quartz increases from the core to the rim of quartz grain, suggesting that temperature increased during crystallization. We would like to compare to the Caserones porphyry Cu deposit to the Mandal Mo deposit. At the Caserones porphyry Cu deposit, monzogranite body wherein high silicified zone within the prospect. Based on the CL texture studies, five major types of quartz were distinguished in the quartz rich monzogranite (PC-I, PC-II, MQ-I, MQ-II and HQ). A bright luminescence core is overgrown by dark luminescence oscillatory growth zones in phenolcrystal quartz (PC-I). Quartz phenocrysts are strongly embayed along their margins. Quartz phenocrysts do not show growth zoning and exhibit week luminescence (PC-II). Magmatic quartz (MQ) nucleated with the K-feldspar and mica exhibit growth patterns. Crystallization temperatures determined by Ti-in-quartz geothermometer (TitaniQ) of all type quartz range between around 496° and 879° C.

The variation in Ti between single growth zones may result from crystal fluctuation and ascent, whereby the crystal is exposed to different temperatures, as well as to variation in the Ti content of the melt.

Most of primary CL texture quartz exhibits a pronounced zonally pattern in CL imaging, which is characteristic of its magmatic origin. Growth zoning provides additional information on ambient condition in the granitic melts. Step zoning are commonly resulted from corrosion. When the melt becomes locally undersaturated in SiO2, corrosion of the rim of the crystal may happen. The mineralizing fluids subsequently evolve into a magmatic hydrothermal system as temperatures and pressures decrease.

1. Introduction

USTs (unidirectional solidification textures) have been identified in a variety of intrusion-hosted mineral deposits. They represent a magmatic-hydrothermal transition regime characterized by interaction of melt and volatiles. USTs are often overprinted by sheeted to stockwork quartz ± mineral veins which are considered to form in a brittle stress environment once overpressures are released during wallrock failure and hydraulic fracturing. UST is abundant in felsic intrusions associated with Mo, Mo-W, some Au and W deposits, few Cu-Au deposits, but are apparently less common in porphyry Cu-Mo deposits (Carten et all). Totally nineteen showing UST granite bodies have been recognized in Mongolia.

2. Geological setting of The Mandal Mo deposit

As a typical porphyry-skarn deposit, the Mandal deposit not only has the maximum molybdenum reserves, but also contains a large number of reused tungsten. Unidirectional Solidification Texture (UST) in the quartz-eyes porphyry is recognized in the Neoproterozoic metamorphic rocks at Mandal area in northern Mongolia. Across the deposit area "Darkhad" and "Bayanzurkh" formation's metamorphic rocks spread, and also, the "Mandal" granitic complex and its dikes cut the metamorphic thickness. Lower Permian granite porphyry has been detected for the first time in "Tsagaan uul" region creating 270x70-100m size stock bodies. The apical part of this granite porphyry is very saturated with quartz (50-70% consists of quartz) and created unidirectional solidification texture (UST). The "Mandal" deposit belongs to the molybdenium and tungsten bearing skarn-stockwork type of deposit.

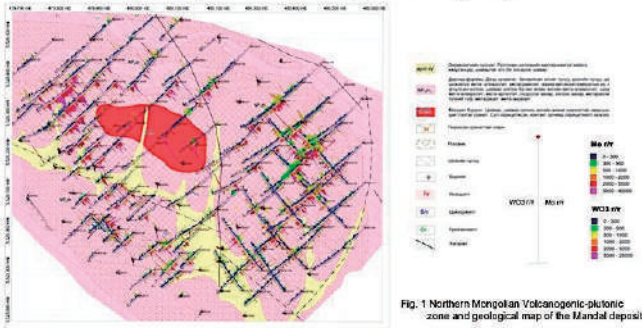


Fig. 1 Northern Mongolian Volcanogenic-plutonic zone and geological map of the Mandal deposit.

4. TEXTURE & GEOCHEMISTRY OF UST-BEARING QZ-EYES PORPHYRY BODY IN THE MANDAL DEPOSIT

4.1 METHODS

Concentrations of Al, Ti, K, Fe and Ca in quartz were determined using FE-EPMA. The SEM-CL observation was done using a JEOL scanning electron microscope, equipped with an Mini-CL Gatan detector and photomultiplier at Akita University.

4.2 TEXTURE OF UST-BEARING QZ-EYES PORPHYRY BODY

A variety of igneous textures displayed by quartz eyes porphyry associated with the Mandal Mo-W deposit are interpreted to result from unidirectional growth from the walls of magma chambers inward. These igneous textures are present in layers and multilayered sequences consisting of crenulate quartz (UST) and high silica rock, and dendritic and micrographic alkali feldspar-quartz intergrowths. The layers are separated by aplite or aplite porphyry and are most common in the apical and marginal parts of an individual stock. Layering generally parallels intrusive contacts (Fig 2).

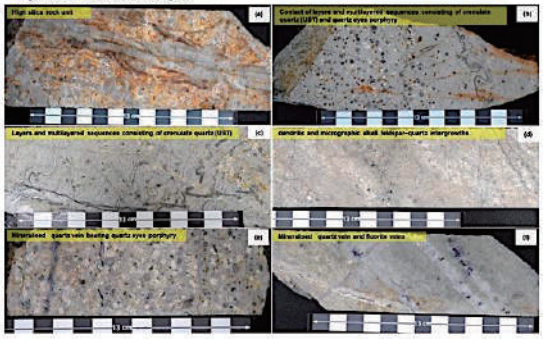


Fig 2. Granite porphyry of Mandal complex. a-g) The UST-bearing quartz-eyes porphyry is characterized by a sequence of two main textural units: (i) thin crenulate UST layers and (ii) high silica rock units and quartz eyes porphyry

4.2 TEXTURE OF UST-BEARING QZ-EYES PORPHYRY BODY

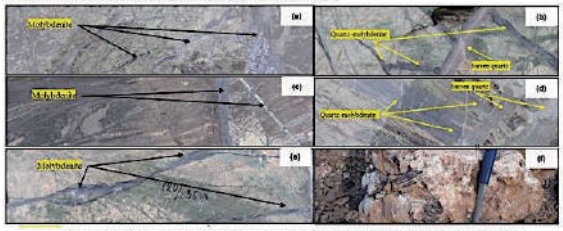


Fig 3. a-d. NQ size core sample containing molybdenite mineralization from Mandal Mo-W deposit

Fig 4. Monzogranite porphyry of Caserones Mo porphyry deposit .a) quartz rich monzogranite in Caserones. b) biotite rich zone c) molybdenite bearing quartz vein

4.3 GEOCHEMISTRY OF UST-BEARING QZ-EYES PORPHYRY BODY

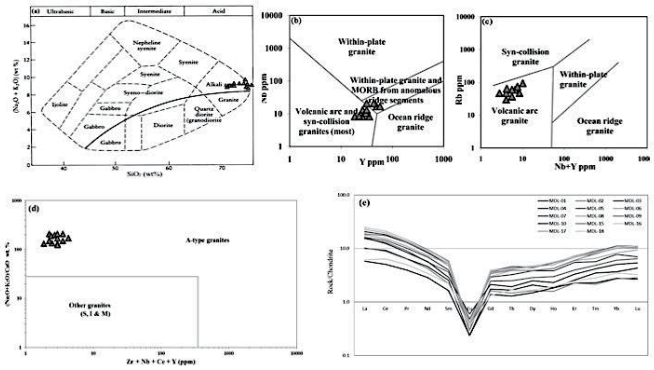


Fig 5. TAS diagram (Wilson, 1989), b) Tectonic discrimination diagram based on Nb vs.Y (c) Rb vs. (Y+Nb) (Pearce et al., 1984), d) A-type granites: geochemical characteristics, discrimination diagram., Whalen, Joseph B., Kenneth L. Currie, and Bruce W. Chappell e) Chondrite-normailized (Masuda et al., 1975), REE pattern

5.2 CATHODOLUMINESCENCE FEATURES OF THE CASERONES MO PORPHYRY DEPOSIT

At the Caserones porphyry Cu deposit, monzogranite body was identified in high silicified zone within the prospect in Chile. Based on the CL texture studies, five major types of quartz were distinguished in the quartz rich monzogranite. A bright luminescence core is overgrown by dark luminescence oscillatory growth zones in phenolcrystal quartz (PC-I). Quartz phenocrysts are strongly embayed along their margins. Quartz phenocrysts do not show growth zoning and exhibit week luminescence (PC-II). Magmatic quartz (MQ) nucleated with the K-feldspar and mica exhibit growth patterns. Crystallization temperatures determined by TitaniQ geothermometer of all type of quartz range from ~496° and 879° C.

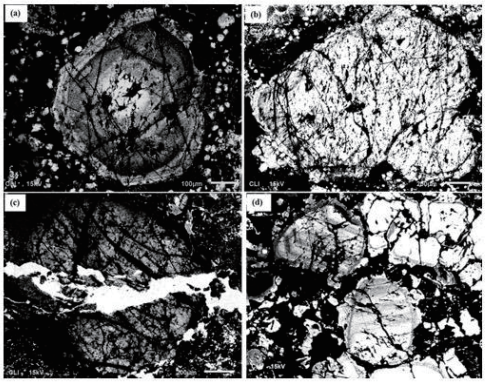


Fig 8. Textures observed by SEM-CL imaging in the quartz of monzodiorite. a and d) Phenocryst. Growth zoning of phenocryst (PC-I) quartz. b and c) PC-II quartz

5.3 CATHODOLUMINESCENCE FEATURES AND TRACE ELEMENT COMPOSITION

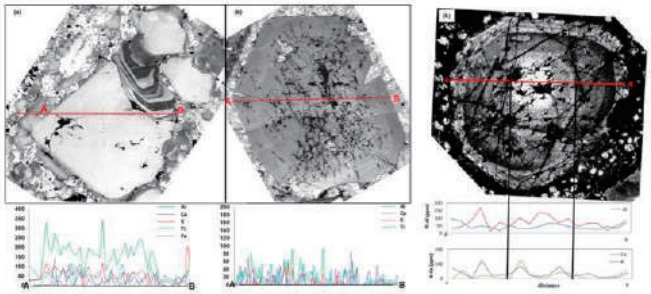


Fig 7. a) Trace element profiles from sample of Mandal. Red line in the SEM-CL images indicate locations of the microprobe analyses. The related profiles are plotted below the images. a and b) Mandal MO-W deposit. c) quartz penocrytal from Caserones Mo porphyry deposit

5. RESULTS AND DISCUSSION

CL-imaging of quartz from the Mandal deposit revealed a history of crystal growth, exhibited by several type's quartz. Euhedral quartz phenocrysts with well-developed concentric growth zoning (QI) in the eyes porphyry unit, UST quartz showing mosaic texture (QII), and High silica rock quartz showing spider and cobweb texture (QIII). Differences in textures of quartz in CL image are predominantly caused by variations in the Ti contents of quartz. UST quartz crystallization temperatures were calculated by Ti-in-quartz geothermometer (TitaniQ). The QI quartz crystalls are characterized by high Ti and Al concentrations in the quartz lattice. The UST quartz of type of QII characterized by low Ti and variable Al concentrations. TitaniQ crystallization temperatures of QI, QII and QIII quartz range between around 490° and 860°C. The Ti contents of quartz increases from the core to the rim of quartz grain, suggesting that temperature increased during crystallization.

5.1 CL FEATURES OF THE MANDAL MO-W DEPOSIT

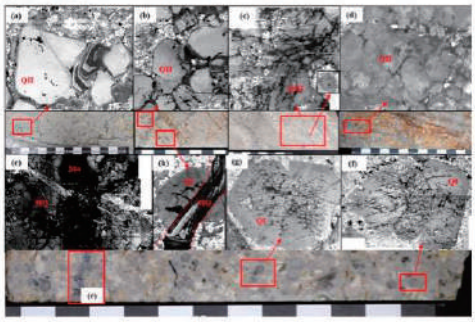


Fig 6. CL-imaging of quartz from the Mandal de posit revealed a history of crystal growth, exhibited by several type's quartz; h-f) Euhedral quartz phenocrysts with well-developed concentric growth zoning (QI) in the eyes porphyry unit, b) UST quartz showing mosai c texture (QII), c) High silica rock quartz and dendrite texture showing spider and cobweb texture (QIII).

5.2 CATHODOLUMINESCENCE FEATURES OF THE CASERONES MO PORPHYRY DEPOSIT

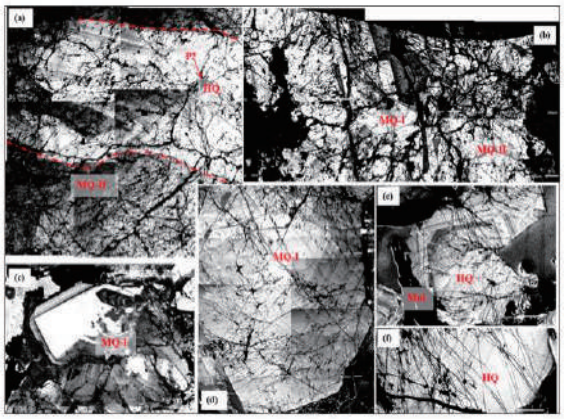


Fig 8. SEL-CL image of the contact between the MQ-II quartz and HQ quartz vein.

6. CONCLUSIONS

Most of the primary CL textures of quartz exhibits a pronounced zonal pattern in CL, which is characterizes its magmatic origin. Growth zoning provides additional information on ambient condition in the granitic melts. Based on the calculated entrapment temperatures, the Mandal and Caserones quartz's were crystallised between 496°C and 879°C, and the quartz is characterised by variable Al and Ti contents. The CL and trace element signatures of the Mandal and Caserones of the two porphyries show similar features to those observed in porphyry-style deposits from other regions. This suggests that a common sequence of quartz crystallisation occurs during the formation of magmatic-hydrothermal transition zone in many porphyry systems.

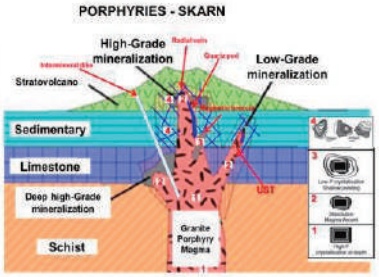


Figure 9. Schematic diagram of sequence events of quartz porphyry within the porphyry system.

FURTHER INFORMATION

These type of mineralization Dykes and granitic rocks with porphyritic textures. Breccia zones with angular or locally rounded fragments; look for sulphides between fragments. Epidote and chlorite alteration. Quartz and sericite alteration. Secondary biotite alteration - especially if partly bleached and altered. Fractures coated by sulphides, or quartz veins with sulphides.

タンパク質コンパートメントを利用した
機能性バイオマテリアルの開発

尾 髙 雅 文 、 松 村 洋 寿

(第 16 研究グループ)

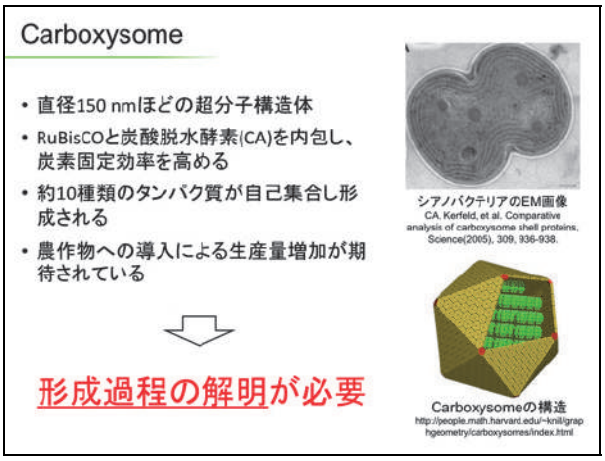
modaka@gipc.akita-u.ac.jp

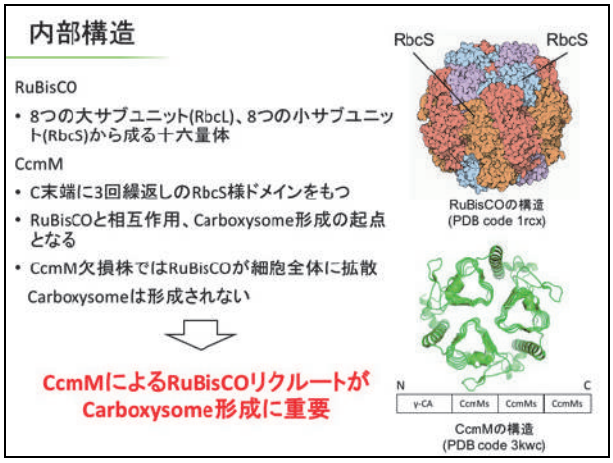
概要：タンパク質は精密な機能的構造への自己組織化能を有することから、機能性ナノ構造体開発の材料として優れた特性を有している。カルボキシソームは、7 種類の外殻タンパク質、5 種類の内部タンパク質の合計約 35,000 分子が自己集合することで構成される対称性の低い粒径 150 nm 程の超分子構造体であり、内腔への酵素の取り込みが可能であることから、ナノリアクターとして応用が期待される。本研究では、ナノリアクターとしてのカルボキシソームの応用を見据え、外殻の形成機構解明を目指し、外殻タンパク質 CcmO の相互作用解析及び構造解析を行った。

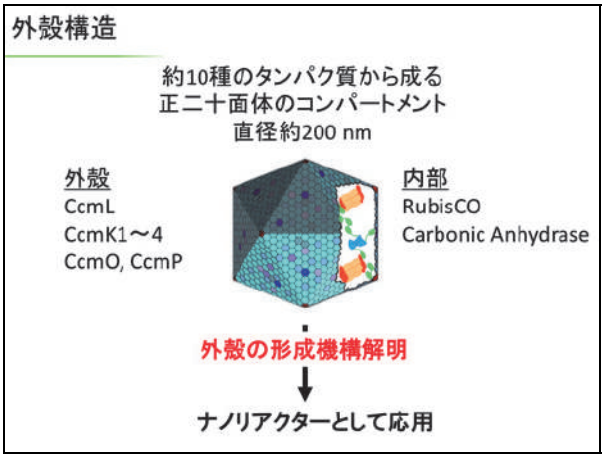
キーワード：タンパク質超分子構造体、自己集合、バイオマテリアル

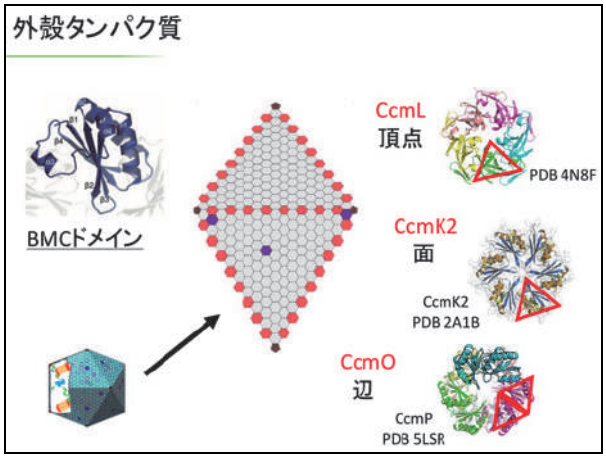
独自性・実用性：

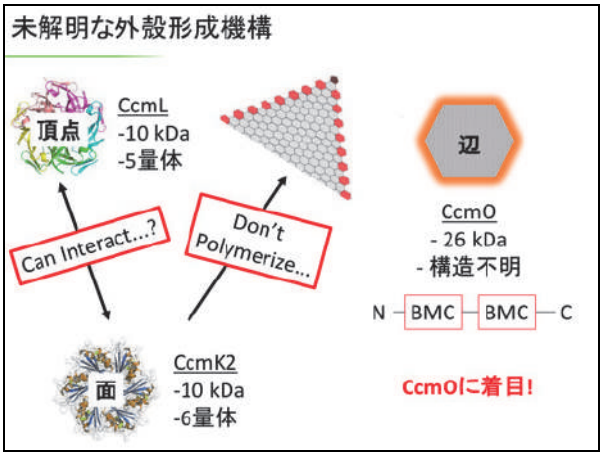
近年、タンパク質の自己集合を利用した様々な応用研究が報告されているが、ウィルスカプシド等のように回転対称性が極めて高く、多くの場合パーツをブロックのように組み立てられるものに限定されている。本研究対象のカルボキシソームのような複数のタンパク質が高度に制御された超分子構造体を利用した報告はほとんどない。本研究成果は、タンパク質がハイドロゲル様の超分子集合体を形成するという稀な報告であることから、新奇バイオマテリアルの開発及びナノバイオテクノロジー分野の開拓につながる可能性がある。

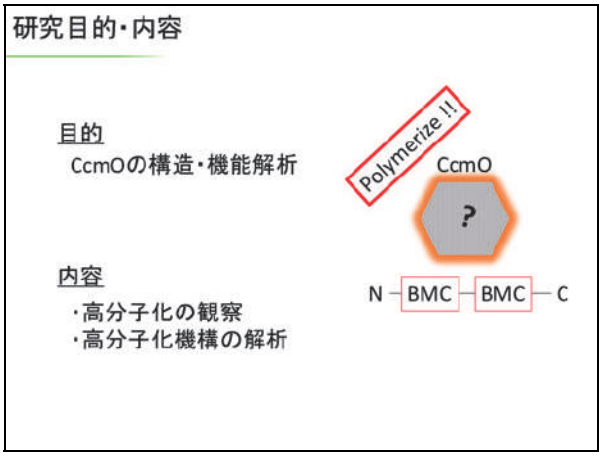

Carboxysome
• 直径150 nmほどの超分子構造体
• RuBisCOと炭酸脱水酵素(CA)を内包し、炭素固定効率を高める
• 約10種類のタンパク質が自己集合し形成される
• 農作物への導入による生産量増加が期待されている
形成過程の解明が必要
シアノバクテリアのEM画像
CA, Kerfeld, et al. Comparative analysis of carboxysome shell proteins. Science(2005), 309, 936-938.
Carboxysomeの構造
http://people.math.harvard.edu/~knill/graphgeometry/carboxysomes/index.html

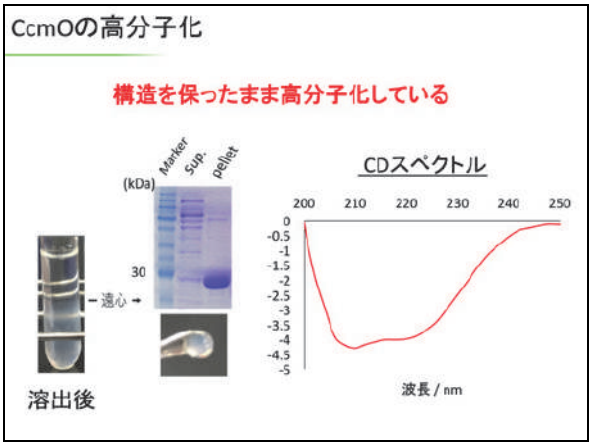

内部構造
RuBisCO
• 8つの大サブユニット(RbcL)、8つの小サブユニット(RbcS)から成る十六量体
CcmM
• C末端に3回繰返しのRbcS様ドメインをもつ
• RuBisCOと相互作用、Carboxysome形成の起点となる
• CcmM欠損株ではRuBisCOが細胞全体に拡散
Carboxysomeは形成されない
CcmMによるRuBisCOリクルートがCarboxysome形成に重要
RbcS
RbcS
RuBisCOの構造
(PDB code 1rcx)
N
C
γ-CA
CcmMs
CcmMs
CcmMs
CcmMの構造
(PDB code 3kwc)

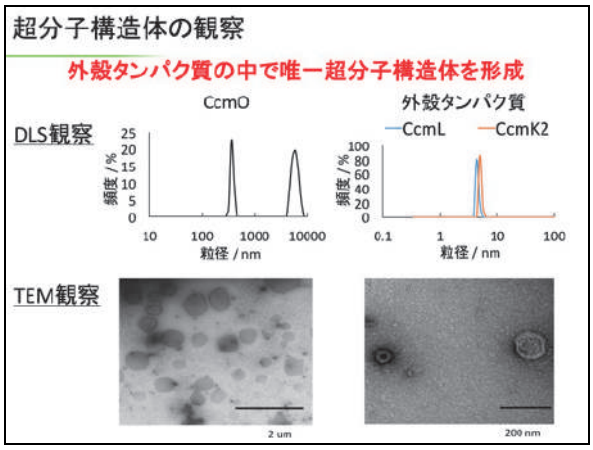

外殻構造
約10種のタンパク質から成る
正二十面体のコンパートメント
直径約200 nm
外殻
CcmL
CcmK1～4
CcmO, CcmP
内部
RubisCO
Carbonic Anhydrase
外殻の形成機構解明
ナノリアクターとして応用

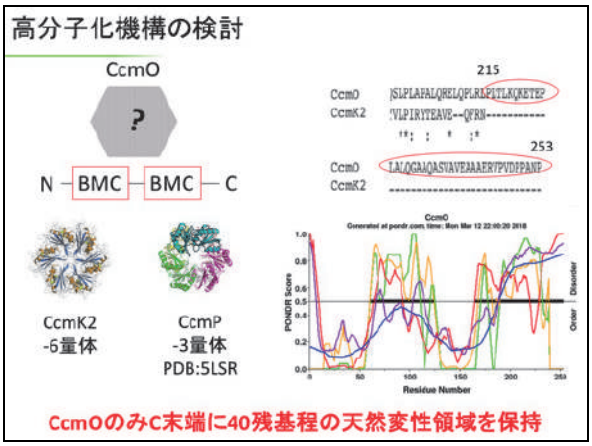

外殻タンパク質
BMCドメイン
CcmL
頂点
PDB 4N8F
CcmK2
面
CcmK2
PDB 2A1B
CcmO
辺
CcmP
PDB 5LSR

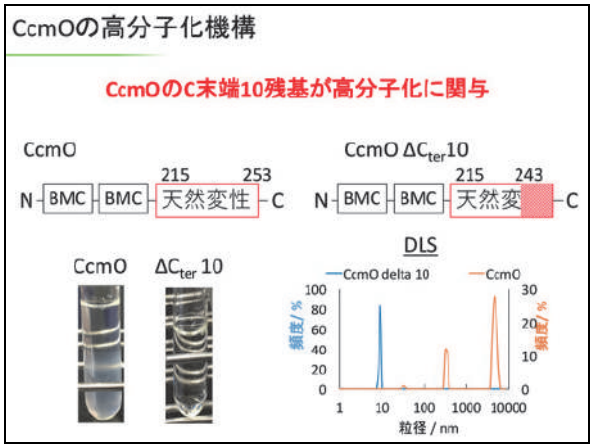

未解明な外殻形成機構
頂点
CcmL
-10 kDa
-5量体
Can Interact...?
Don't Polymerize...
面
CcmK2
-10 kDa
-6量体
辺
CcmO
- 26 kDa
- 構造不明
N
BMC
BMC
C
CcmOに着目!

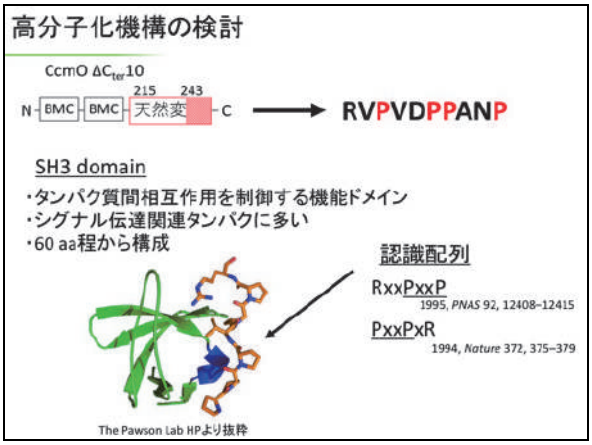

研究目的・内容
目的
CcmOの構造・機能解析
内容
・高分子化の観察
・高分子化機構の解析
Polymerize !!
CcmO
?
N
BMC
BMC
C

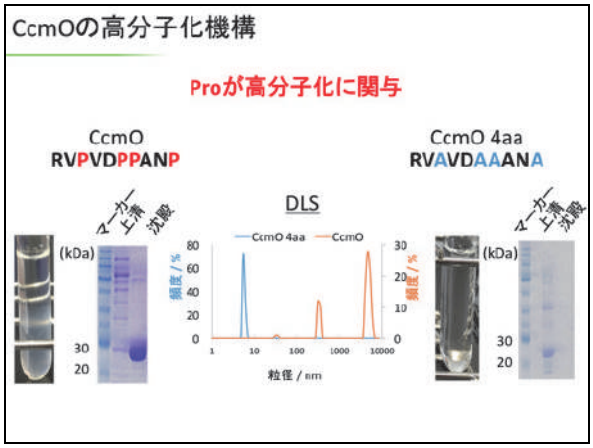

CcmOの高分子化
構造を保ったまま高分子化している
Marker
sup.
pellet
(kDa)
30
遠心
溶出後
CDスペクトル
波長 / nm

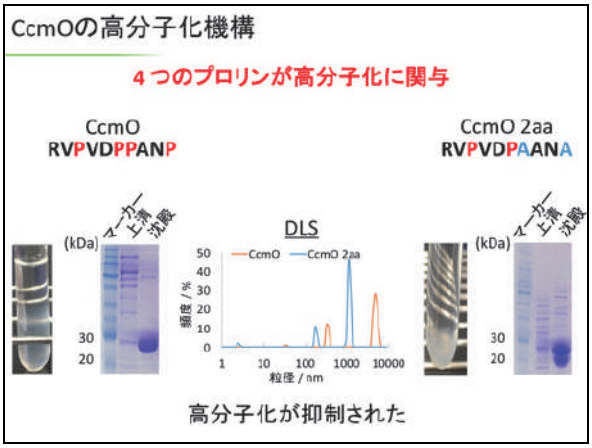

超分子構造体の観察
外殻タンパク質の中で唯一超分子構造体を形成
CcmO
外殻タンパク質
CcmL
CcmK2
DLS観察
頻度 / %
粒径 / nm
TEM観察
2 um
200 nm

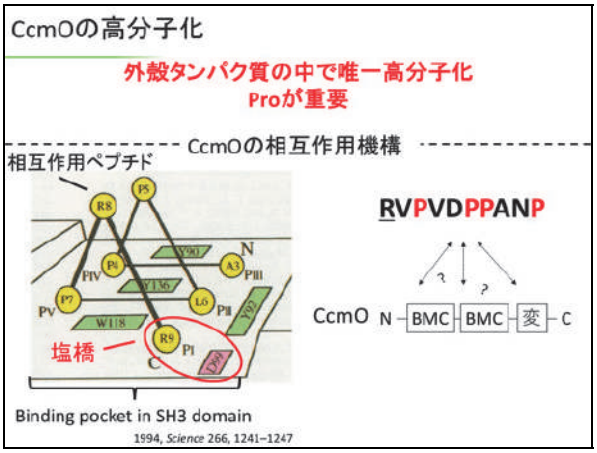

高分子化機構の検討
CcmO
?
N
BMC
BMC
C
CcmK2
-6量体
CcmP
-3量体
PDB:5LSR
215
253
CcmO
CcmK2
Residue Number
CcmOのみC末端に40残基程の天然変性領域を保持

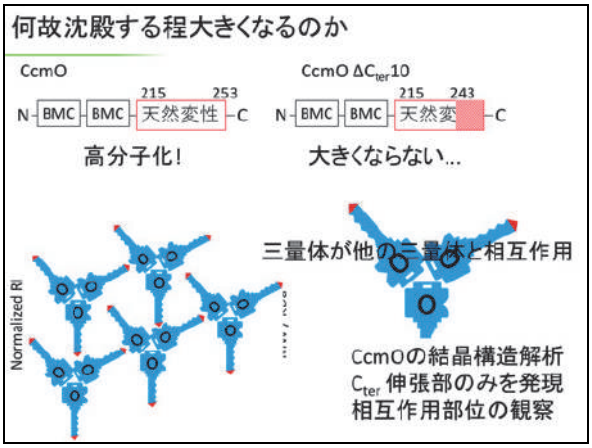

CcmOの高分子化機構
CcmOのC末端10残基が高分子化に関与
CcmO
CcmO ΔCter10
215
253
243
天然変性
CcmO
ΔCter 10
DLS
CcmO delta 10
CcmO
頻度 / %
粒径 / nm

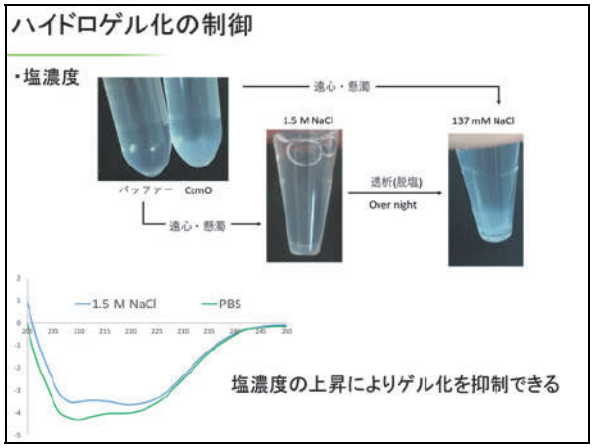

高分子化機構の検討
CcmO ΔCter10
215
243
天然変
RVPVDPPANP
SH3 domain
・タンパク質間相互作用を制御する機能ドメイン
・シグナル伝達関連タンパクに多い
・60 aa程から構成
認識配列
RxxPxxP
1995, PNAS 92, 12408–12415
PxxPxR
1994, Nature 372, 375–379
The Pawson Lab HPより抜粋

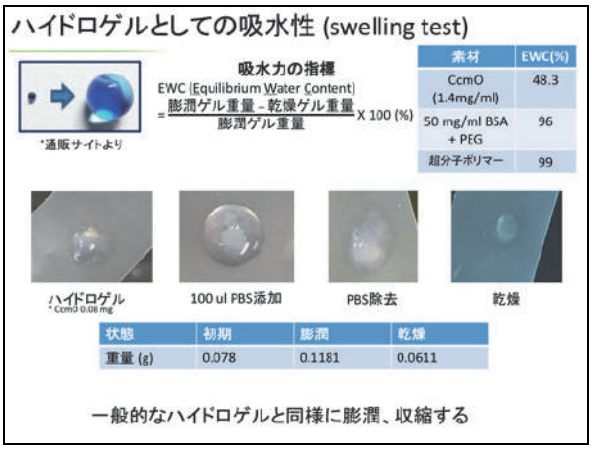

CcmOの高分子化機構
Proが高分子化に関与
CcmO
RVPVDPPANP
CcmO 4aa
RVAVDAAANA
DLS
CcmO 4aa
CcmO
(kDa)
頻度 / %
粒径 / nm











まとめ

CcmOの高分子化機構

・CcmOΔCterの解析
C末端10残基が高分子化に関与している

基本構造を保ったままゲル化を抑制

・バッファーの検討
塩濃度により構造を保ったままゲル化を抑制できる

・ハイドロゲルとしての吸水性 (swelling test)
優れているわけではないが吸水性はある

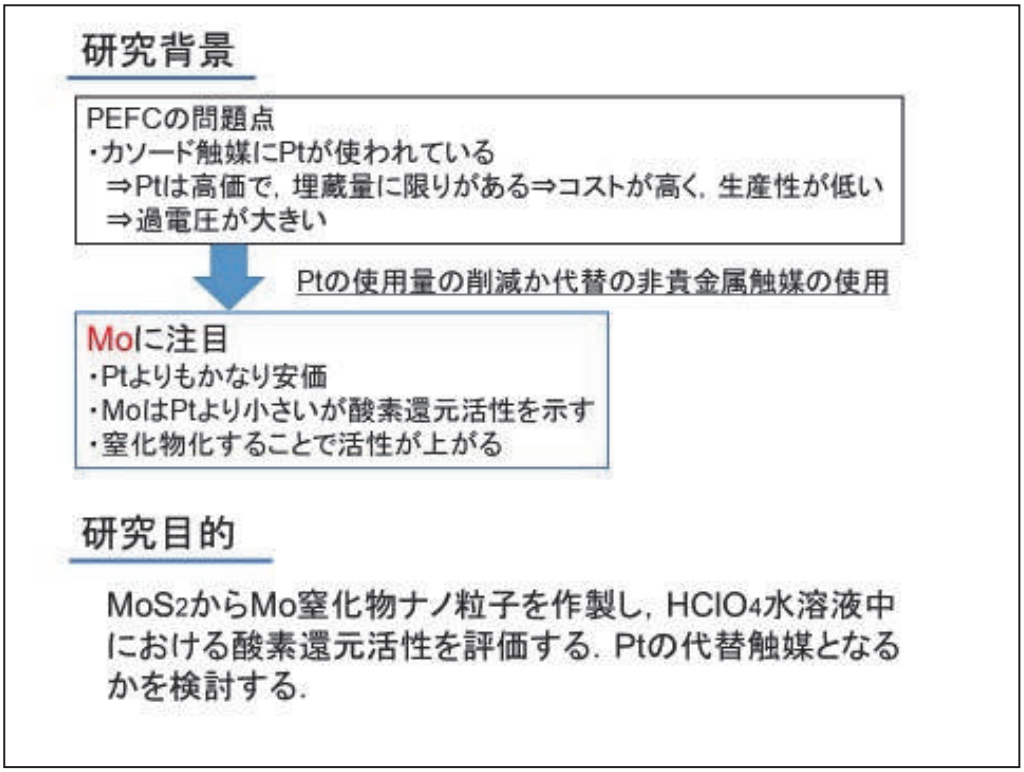
Mo 窒化物の酸素還元活性

高 橋　　弘 樹
(第 17 研究グループ)
tkhshrk@gipc.akita-u.ac.jp

概要：NH_3 気流中で MoS を熱処理することで Mo 窒化物を調製した。この時、焼成温度を変更することで、異なる化合物相（MoN，MoN+Mo_5N_6，Mo_5N_6）の Mo 窒化物が得られた。電気化学測定の結果、Mo 窒化物の酸素還元活性は、Mo_5N_6＞MoN+Mo_5N_6＞MoN の順に優れることがわかった。

キーワード：燃料電池究、酸素還元反応、Mo 窒化物

独自性・実用性：
燃料電池カソードには多量の Pt を要するために広範な普及が妨げられているが、Mo 窒化物などの非貴金属カソードが実用レベルの性能を示せば、燃料電池の普及、ひいては持続可能な社会の発展に寄与する。著者はこれまでに、アルカリ形燃料電池や固体酸化物形燃料電池、プロトン交換膜型燃料電池の要素材料を研究してきた経緯があり、Mo 窒化物カソードの更なる発展が期待される。



Mo窒化物ナノ粒子の作製

反応式

$$MoS_2 + \frac{4}{3}NH_3 = \frac{1}{5}Mo_5N_6 + 2H_2S(\uparrow) + \frac{1}{15}N_2 \cdots\cdots (1)$$

$$MoS_2 + \frac{4}{3}NH_3 = \frac{1}{6}(Mo_5N_6 + MoN) + 2H_2S(\uparrow) + \frac{1}{12}N_2 \cdots\cdots (2)$$

$$MoS_2 + \frac{4}{3}NH_3 = MoN + 2H_2S(\uparrow) + \frac{1}{6}N_2 \cdots\cdots (3)$$

秤量

MoS_2：0.50 g
カーボンブラック：0.35 g

焼成

NH_3雰囲気下で
600~900℃で焼成

粉砕

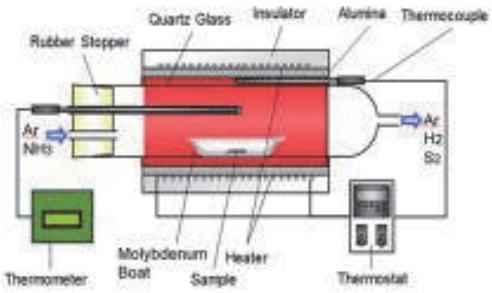


図2 横型電気炉

Mo窒化物の構造解析

・粉末X線回折法⇒結晶構造
・X線光電子分光法⇒化学結合状態

Mo窒化物のORR測定条件

測定条件

溶液	0.1M $HClO_4$
バブリング時間	1h
Ar or N_2流入量	200ml/min
O_2流入量	200ml/min
掃引電位 LSV	0.05～1.0VvsNHE
溶液温度	303K
参照電極	Ag/AgCl電極
回転数	100、400、900、1600、2500、3600
担持量	Mo窒化物：97μg/cm²
	Pt系 ： 17.3μg/cm²

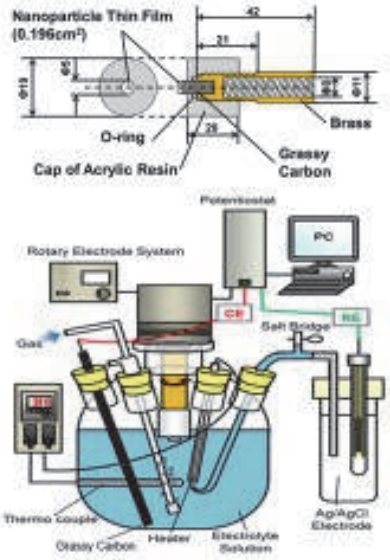


図4 カソード分極測定装置

XRD

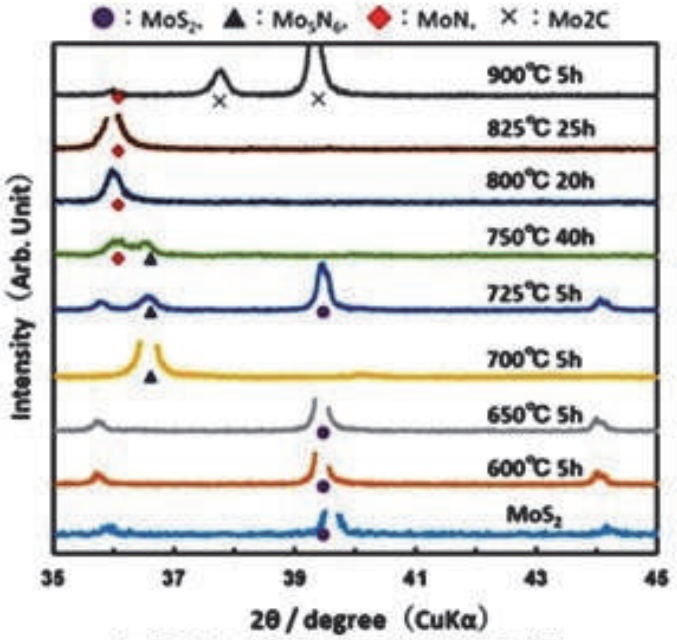


図5 Mo窒化物ナノ粒子XRDパターン

- ・700℃⇒Mo5N6
- ・750℃⇒Mo5N6+MoN
- ・800℃と825℃⇒MoN

焼成温度が上昇すると、N含有量が低下

ORR(Oxygen Reduction Reaction)測定

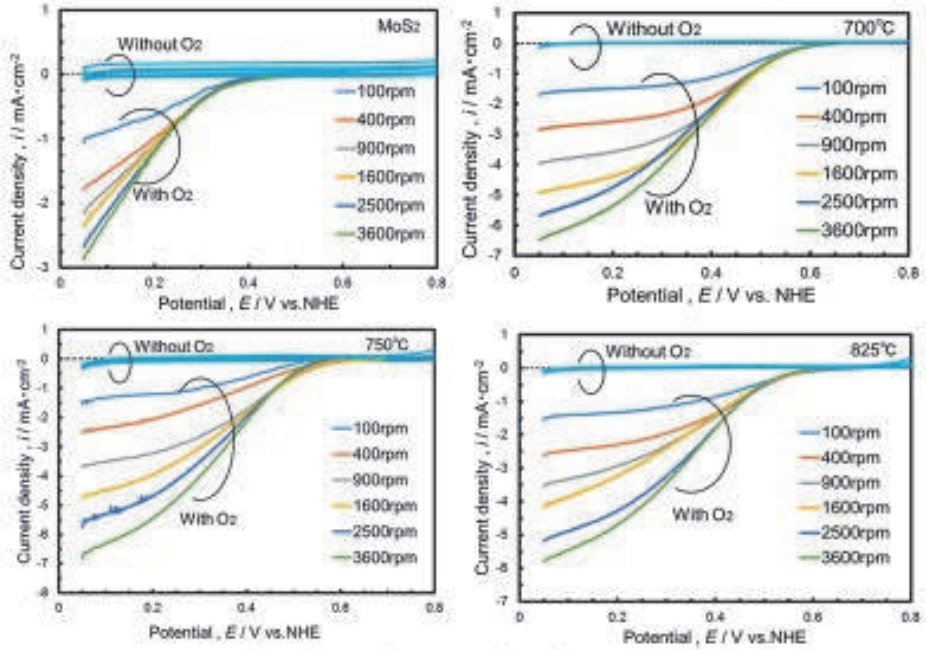


図8 各温度の合成したMo窒化物のカソード分極曲線

ORR測定

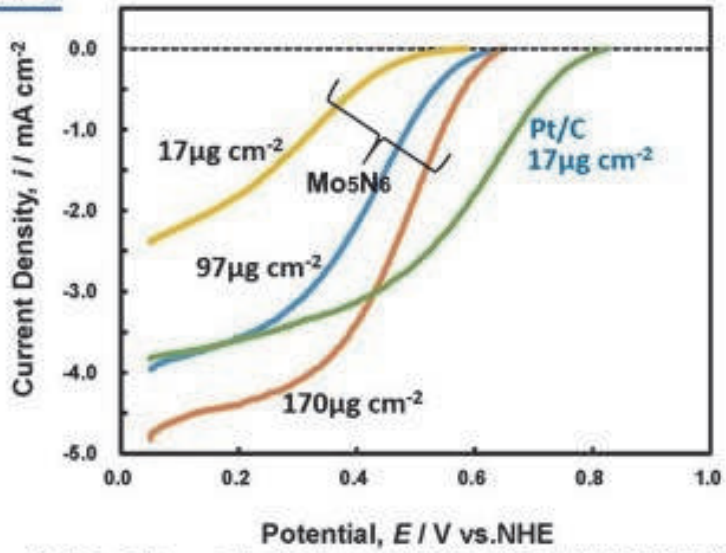


図10　900rpmのときのカソード分極曲線の比較(担持量変化)

Mo5N6の担持量がPtと同じ場合は，活性が低い．
Ptの10倍の担持量では、Ptを還元電流は大きく超えたが，開始電位は担持量を変えても変化しないことがわかった．

結言

XRDおよびXPSから，700℃でMo5N6，750℃でMoN+Mo5N6混合物，825℃でMoNが生成することが分かった．

Mo窒化物はORR活性を示した．Mo5N6が最も活性が高く，次いでMoN+Mo5N6混合物，MoNであった．このことから，Nの含有量が多いと活性が高くなると考えられる．

Mo5N6の担持量をPtの10倍にした場合，酸素還元電流はPtを超えたが，開始電位は担持量を変えても変化しないことがわかった．

Moの市場価格はPtよりもかなり安価であるので，Mo窒化物は燃料電池のカソード触媒として有用と考えられる．特にMo5N6が有用であると考えられる．ただし，開始電位を改善することが必要である．

活性汚泥からのタンパク質抽出に関する研究

カ ビ ー ル　ム ハ ム ド ゥ ル
(秋 田 大 学 大 学 院 理 工 学 研 究 科)
kabir@gipc.akita-u.ac.jp

概要：活性汚泥処理法による排水処理の際，大量の余剰活性汚泥と言う産業廃棄物が発生され，その処理・処分には経済・環境の負荷・負担が大きい．本研究は，この産業廃棄物の資源化であり，活性汚泥からのタンパク質抽出を目指している．しかし，現存のタンパク質抽出法には，超音波処理法や薬品処理法などがあるが，それらは高価で複雑なものが多い．そこで，新たなタンパク質抽出法として考えている磁気-フェライト処理により処理された活性汚泥溶液を SEM での観察や EDS 元素分析，電気泳動により調べ，タンパク質抽出法の検証を行った．

キーワード：活性汚泥，磁気―フェライト処理，タンパク質抽出，電気泳動

独自性・実用性：

タンパク質は食品や医薬品などに含まれており，体内の約 20%を占めるものである．生命現象を直接支える生体分子であるため，人々の生活に必要不可欠となっている．ポストゲノムの時代に入り，タンパク質の機能解明が重要となってきている．タンパク質の機能解析は，生物細胞からの抽出や精製のあと，生物活性解析や情報解析などがあるが，抽出は生物活性からの最初の行程であり，重要な行程となっている．従来の生物活性細胞からのタンパク質抽出には超音波処理法やホモジナイザー，薬品処理法などがあるが，それらには高価なものや複雑なものが多いのが現状であり，安価で簡単な抽出法が求められている．

本研究グループでは，これまで，磁気-フェライト処理法によるタンパク質抽出法の研究をめていて，抽出対象としては活性汚泥を用いてきた．分光光度計を使い，光の吸光度からタパク質濃度の計測を行ってきた．しかし，タンパク質確認の具体的な検討は行われていない本研究では磁気-フェライト処理中の処理容器内部の温度変化の計測を行う．また，磁気-フライト処理後の溶液に対し，タンパク質や核酸を構成する元素をもとに，SEM の EDS 元素分析行ったり，荷電したタンパク質の移動を確認するために電気泳動を用いたりすることで，溶について調べた．その結果，磁気-フェライト処理時の処理容器内部の温度上昇に様々な要因あることを確認した．EDS 元素分析では処理後の溶液からタンパク質を構成する元素が確認さた．電気泳動では，タンパク質の移動や染色が確認された．

以下のスペースには自由に研究成果を記載して下さい。書式は自由です。研究成果発表用パワーポイント又はポスター発表資料の抜粋を貼り付けても結構です。あわせてＡ４の用紙６ページ以内に納めるようお願いいたします。

研究背景

タンパク質は人々の生活に必要不可欠であるため
機能解明が重要

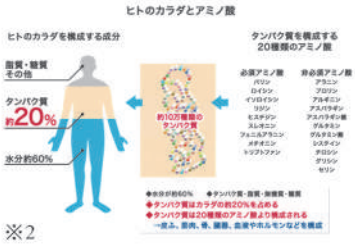
↓

様々なタンパク質抽出法があるが
高価で複雑なものが多い

↓

安価で簡単な抽出法が求められている

※1



※2

※1 http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/first/protein/about/why.html#main
※2 https://www.ajinomoto.co.jp/kfb/sportsamino/about/

タンパク質抽出法

- 超音波処理法
  →超音波のせん断力による破砕
- 凍結融解法
  →急速に冷凍して解凍させるショックで抽出
- ホモジナイザー
  →ガラス管に挿入した丸い乳棒によるせん断
- 薬品処理法
  →試薬を使って細胞膜を破砕する

→

- 装置が高価
- 操作が複雑

新しいタンパク質抽出法として磁気-フェライト処理による方法

- 単純な装置構造・システム
- フェライト粒子が安価(1500 円/kg) ※研究室価格

https://www.gelifesciences.co.jp/technologies/protein_preparation/lysis.html
https://www.thermofisher.com/content/dam/LifeTech/Documents/PDFs/jp/catalogs/dl-PA026-A1606OB.pdf

研究目的

本研究では

SEMのEDS元素分析
タンパク質を構成する
元素をもとに溶液の検討

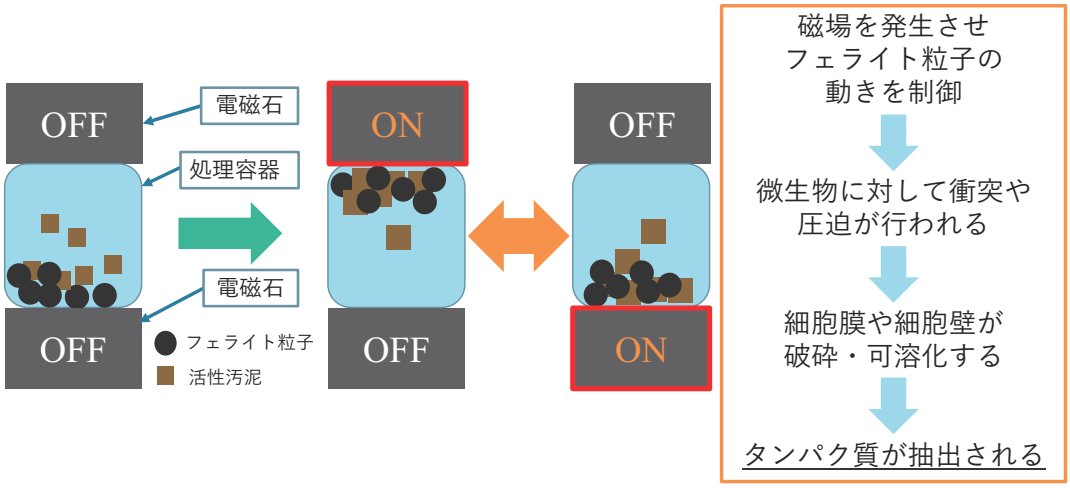
電気泳動
溶液内のタンパク質が
荷電し移動するか確認

→

磁気-フェライト処理後の
溶液の検討

磁気-フェライト処理による
タンパク質抽出の検討

磁気-フェライト処理

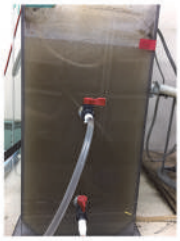


※引用　遠藤　雅也，カビール　ムハムドゥル，鈴木　雅史，吉村　昇："返送ラインにおける磁気-フェライト処理法を用いた余剰活性汚泥の減溶化"，電気学会論文誌D，Vol.136，No.3，pp.198-203 (2016)

フェライト粒子および活性汚泥

活性汚泥

- 好気性微生物の集合群
- 水中の有機物を微生物によって酸化分解させ排水処理を行う



排水処理用のミニプラント

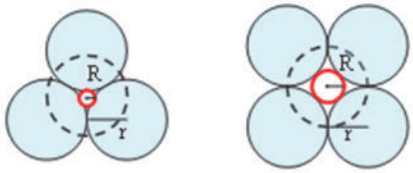
フェライト粒子

- Fe_2O_3を主成分とする磁性酸化物
- 粒径53 μm以下のものを使用している※
  →微生物のサイズを元に選定

JR41G
日本重化学工業（株）

M.Kabir，M.Suzuki，and N.Yoshimura: "Excess activated sludge reduction by using electromagnets and ferrite particles", *IEEJ Trans. Elec. Electron. Engg.*，Vol.7，No.2，pp.220-224 (2012)

フェライト粒子間のすき間について



T空孔
球の半径をrとすると
内接円半径は0.155r

R空孔
球の半径をrとすると
内接円半径は0.414r

- T空孔の球径：0.155r
  →フェライト粒子粒径2rが53 μmの時：空孔径2Rは8.2 μm
- R空孔の球径：0.414r
  →フェライト粒子粒径2rが53 μmの時：空孔径2Rは21.9 μm

全ての球が均一の大きさ(53 μm)である場合

実際は53 μm以下の，より微細な
フェライト粒子も含まれているため
空孔の大きさは上記より
小さく一定ではない

→ 様々な大きさの微生物に対応することができる
（微生物の大きさは10 μm~1 mmである※）

※"排水処理における生物学の基礎"，セントラル科学株式会社

タンパク質抽出確認：EDS元素分析

構成元素

・フェライト粒子

主成分： Fe(鉄), O(酸素)

・タンパク質

C(炭素), H(水素), O(酸素), N(窒素), S(硫黄)

・核酸(DNAとRNAの総称)

C(炭素), H(水素), O(酸素), N(窒素), P(リン)

但し，測定可能範囲はB（ホウ素）~U（ウラン）

観察試料

i. フェライト粒子単体のもの

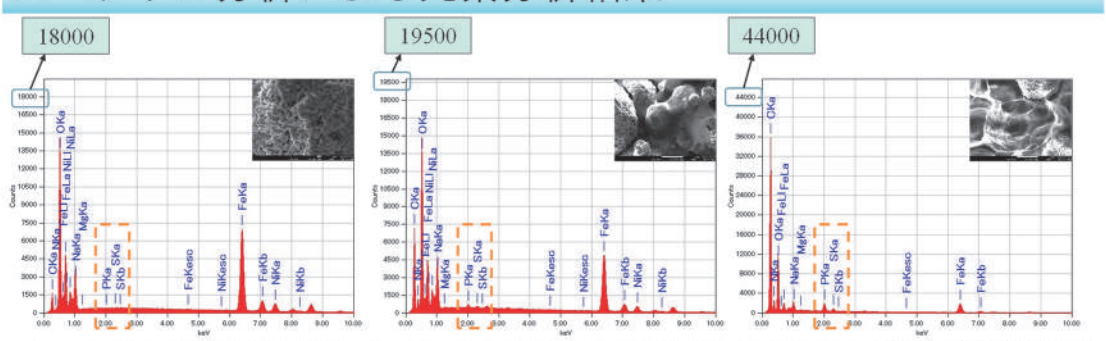
ii. フェライト粒子＋未処理のもの

iii. フェライト粒子＋処理後*のもの

3つの試料の観察および元素分析

*磁気-フェライト処理時間15 min　活性汚泥量10.0 mL
活性汚泥濃度3000 mg/L

スペクトル分析による元素分析結果



i. フェライト粒子単体のもの　ii. フェライト粒子＋未処理のもの　iii. フェライト粒子＋処理後のもの

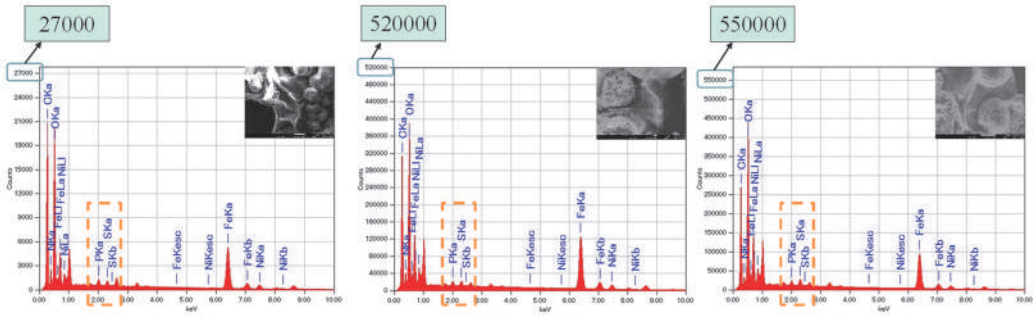
- フェライト粒子単体では検出されなかったPやSが検出
- 未処理に比べ，処理後ではPやSが多く検出された

タンパク質や核酸の確認

スペクトル分析による元素分析結果

①活性汚泥濃度比較

磁気-フェライト処理時間15 min



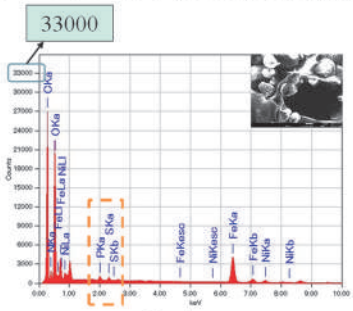
4500 mg/L　6000 mg/L　7500 mg/L

活性汚泥濃度を増加させたことでより多くの
タンパク質や核酸を構成する元素を確認

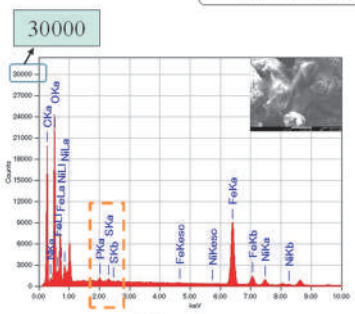
スペクトル分析結果

②磁気-フェライト処理時間比較

活性汚泥濃度 3000 mg/L



5 min



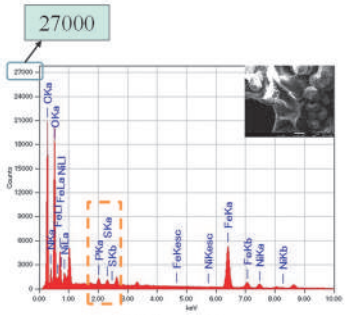
10 min

短時間での磁気-フェライト処理でも
タンパク質や核酸を構成する元素が確認できた

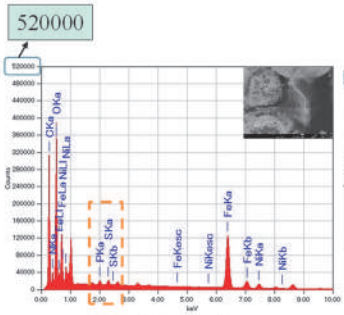
スペクトル分析による元素分析結果

①活性汚泥濃度比較

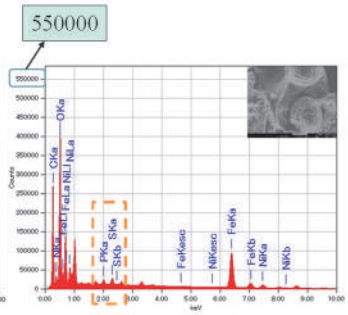
磁気-フェライト処理時間15 min



4500 mg/L



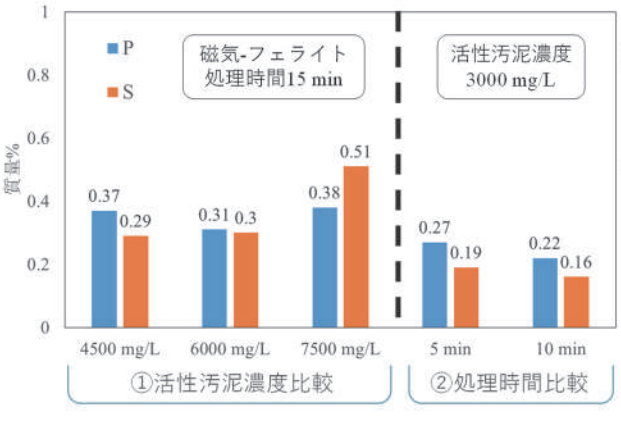
6000 mg/L



7500 mg/L

活性汚泥濃度を増加させたことでより多くの
タンパク質や核酸を構成する元素を確認

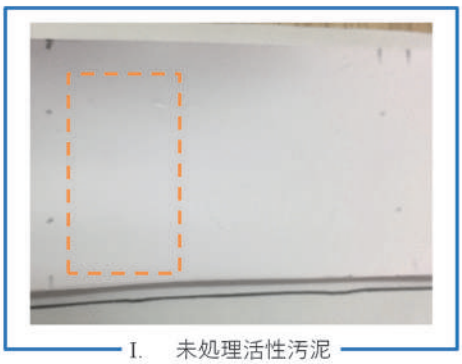
タンパク質抽出確認：EDS元素分析



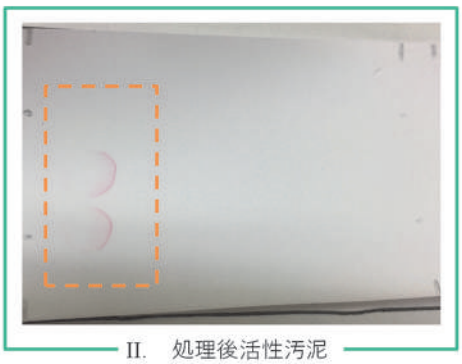
- ②に比べ①ではPやSの割合が増加
- 活性汚泥濃度7500 mg/LのSは質量%が他の結果に比べ割合が増加していた

活性汚泥濃度の増加で
より多くのタンパク質が抽出された

タンパク質抽出確認：電気泳動分析



I.　未処理活性汚泥



II.　処理後活性汚泥

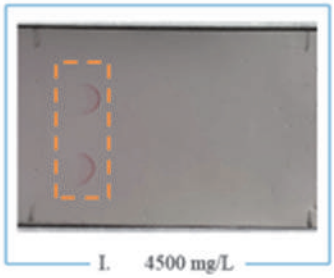
未処理活性汚泥では着色が見られないが
処理後の溶液では着色が見られる

→ 磁気-フェライト処理により
タンパク質抽出が行われた

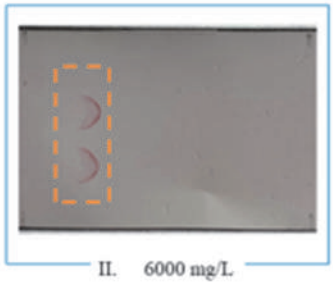
タンパク質抽出確認：電気泳動分析

①活性汚泥濃度比較

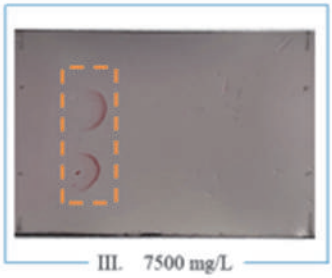
磁気-フェライト処理時間15 min



I.　4500 mg/L



II.　6000 mg/L



III.　7500 mg/L

活性汚泥濃度の増加で
染色の濃さに違いが出た

→ 溶液中のタンパク質が増えた

まとめ

SEMの観察およびEDS元素分析

- フェライト粒子単体で見られなかったPやSを未処理や処理後のもので検出
- 未処理に比べ処理後のものでPやSが多く検出された
- 活性汚泥濃度が増加するとPやSの質量%が増える

電気泳動

- 未処理のものではほとんど染色が見られなかった
- 処理後のものでは染色が見られ、タンパク質の移動が確認できた
- 活性汚泥濃度が増加すると染色が濃くなる

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

高 崎 康 志 ・ 別 所 昌 彦

(大学院国際資源学研究科　第 20 研究グループ)

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

概要： 硫化鉱を主とした選鉱尾鉱には金属硫化物が含まれ、雨水との反応で硫酸酸性の廃水を生じることが問題となっている。また、尾鉱中には少量ではあるが有価金属が含有されており、重金属や硫黄分の固定化（無害化）と有価金属の回収ならびに鉱山廃水の適切な処理を目的とした一連のプロセスが研究されている。本研究では、尾鉱中の硫化鉱を加圧浸出し主な硫酸源となる鉄硫化物を分解し安定な酸化物として重金属類を固定化するプロセスによって得られる銅含有溶液を用いた銅電解採取に及ぼす不純物の影響を調査した。さらに、休廃止鉱山も含めて多くの金属鉱山で問題となっている酸性鉱山廃水の無害化・資源化プロセスに関連して、天然有機高分子を用いた吸着による金属除去試験が実施され、その結果、pH 2.5 以上において、キトサンの金属吸着能力が向上する事により溶液からの金属除去を促し、とくに Cu を優先的に除去する事が確認された。

キーワード：尾鉱、金属回収、電解採取、酸性鉱山廃水、有機高分子、吸着

独自性・実用性：
本研究は、廃棄物尾鉱から有価金属を回収する一連のプロセスのうち、高圧浸出プロセス後に得られる溶液からの銅の電解採取に関する研究と、酸性鉱山廃水中に含まれる金属除去のため無害化・資源化プロセスについて天然有機高分子を適用する研究について検討した。銅電解採取では比較的貴な元素が銅電解に及ぼす影響については報告されているが、本研究では尾鉱浸出液を対象としているため浸出液に含有される Fe および Fe と共存する卑な金属が銅の電解採取に影響を及ぼすのかを調査した。また現在、鉱山廃水処理では、中和処理法が一般的であるが、本研究では、廃水の無害化において微量元素の除去および廃水中から除去された金属の有効利用を考慮し、天然有機高分子の金属吸着特性を利用した分離回収の可能性について検討した。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り、本研究を含め一連の研究はこれらを解決するために重要であると考えられる。

研究内容

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。また、尾鉱中には少量ではあるが有価金属が含有されており、重金属や硫黄分の固定化（無害化）と有価金属の回収ならびに鉱山廃水の適切な処理を目的とした一連のプロセスが研究されている。秋田大学大学院国際資源学研究科石山大三教授を代表とする SATREPS プロジェクト「持続可能な資源開発実現のための空間環境解析と高度金属回収の融合システム研究」では大きく分けて 3 つの研究すなわち、広域環境負荷評価研究、金属回収・無害化研究そして環境評価修復システム研究が行われている。本研究は金属回収・無害化研究の一部である。この金属回収・無害化研究で対象となるのは、鉱山から排出される鉱石の処理過程で生じる選鉱尾鉱などの固体廃棄物と、廃さい中に高濃度で含有する硫化鉱物の影響によって発生する AMD などの廃水の 2 種類であるため、その性状によって対策法を適宜検討した。まず、鉱業廃棄物については、その１つである尾鉱中の硫化鉱を加圧浸出し主な硫酸源となる鉄硫化物を分解し安定な酸化物として重金属類を固定化する。加圧浸出後に得られる溶液には銅が含有されていることから、溶媒抽出法により銅濃度を高めた溶液を得る。このプロセスから得られる銅含有溶液を基本液組成として、加圧後浸出液に含有される不純物が銅電解採取におよぼす不純物の影響を調査した。不純物としては Fe, Al, Ca および Na を選択した。これは、Fe は前段の溶媒抽出工程において完全に取り除くことが困難な元素であり、かつ銅電析の効率（電流効率）を低下させることがよく知られている元素であることから選択した。他の卑な金属元素は脈石成分であり理論的に水溶液中から電析しない元素であるが、溶媒抽出工程を繰り返し行った場合液中濃度が増加する可能性もあるため、Fe を含有する電解液にこれらの元素が共存するときの影響を調査した。

また、廃水の無害化・資源化に関する研究では、AMD に含まれる金属成分の資源化を考慮した金属回収法として吸着法に着目している。吸着法では、微量濃度の金属水溶液からの金属の回収および濃縮が可能であるが、現在開発されている合成樹脂やキレート樹脂などの吸着材は、比較的高価であるため、発生量が莫大である AMD への適用は困難であると考えられる。そこで、本研究では、環境負荷の小さい自然由来の天然有機高分子を吸着材として利用することを試みている。回収対象となる金属には Cu, Ni, Zn, Co, Mn の 5 元素を選定し、各金属の硫酸塩より模擬 AMD 水溶液を作製して金属吸着除去試験に供した。除去試験では、所定量の模擬 AMD 水溶液に所定量秤量した天然有機高分子を吸着材として添加し、一定時間撹拌した。そして、試験終了後の模擬 AMD 水溶液中に残存する金属濃度を分析することにより、金属除去能を調査し、AMD 処理に対する新たな吸着材としての可能性について検討した。

銅電解採取に関する実験結果

はじめに、銅電解採取における電解液中不純物が銅電析の効率（電流効率）におよぼす影響について述べる。基本的な電解条件は、電解液組成 H_2SO_4 170g/L、Cu 45 g/L、電解液量500ml、電解液温 40℃、アノード 白金(1cm^2)、カソード SUS316L(3.14cm^2)、電極間距離 3cm、電流密度 250A/m^2、電解時間 4 時間である。

Fig.1 に電解液中 Fe(Ⅲ)イオン濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響を示す。Fig.1 より明らかなように Fe(Ⅲ)イオン濃度の増大とともに電流効率は低下する。これは銅が電析するカソード上で Fe(Ⅲ)イオンが Fe(Ⅱ)イオンに還元されるため銅の電析量が減少し効率が低下する。電流効率が低下する傾向は Khouraibchia らの報告 [1)] と同じであることが確認できた。当研究結果の値が高い理由としては、Khouraibchia らの実験は電解液中に他の不純物元素も共存させていたことから数値が異なると考えられる。

次に、電解液中に Fe(Ⅲ)イオンと Al イオンが共存したときの Fe(Ⅲ)イオン濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響について Fig.2 に示す。Fig.2 より明らかなように Fe(Ⅲ)イオン濃度の増大とともに電流効率は低下しているが、Fe(Ⅲ)イオン単独の結果と明確な差は見られず Al イオンの影響は確認されなかった。

電解液中に Fe(Ⅲ)イオンと Na イオンが共存したときの Fe(Ⅲ)イオン濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響について Fig.3 に示す。Fig.3 より明らかなように Fe(Ⅲ)イオン濃度の増大とともに電流効率は低下しているが、Fe(Ⅲ)イオン単独の結果と明確な差は見られず Na イオンの影響は確認されなかった。

電解液中に Fe(Ⅲ)イオンと Ca イオンが共存したときの Fe(Ⅲ)イオン濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響について Fig.4 に示す。Fig.4 より明らかなように Fe(Ⅲ)イオン濃度の増大とともに電流効率は低下しているが、Fe(Ⅲ)イオン単独の結果と明確な差は見られず Ca イオンが銅の電析におよぼす明確な影響は確認されなかった。

電解液中に Fe(Ⅲ)イオンと Al、Na、Ca を添加し電解実験を行った後の電析銅の析出形態を比較したところ差は確認されなかった。

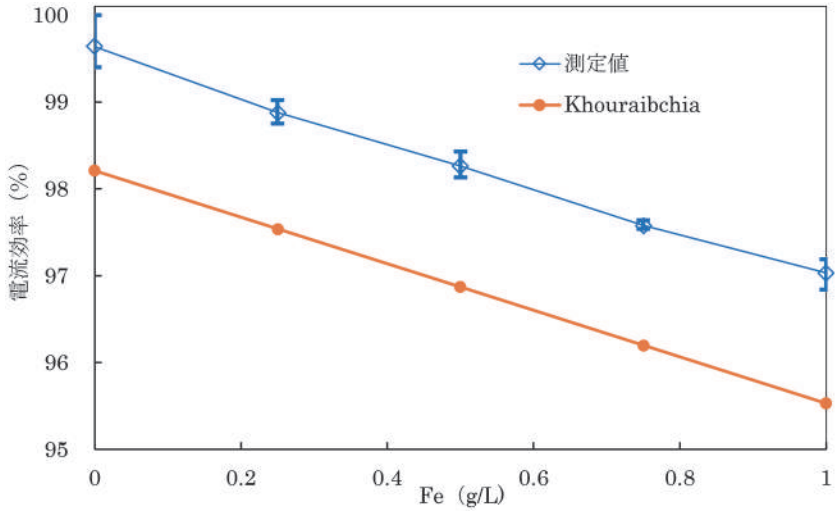


Fig. 1　電解液中 Fe(Ⅲ)濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響

以上の結果より、銅電解採取における銅の電析効率に Fe イオンは悪影響を及ぼすことが改めて確認された。一方、Fe イオンと Al、Na および Ca イオンがそれぞれ共存しても銅の電析に Al、Na および Ca イオンの影響はないことが確認された。したがって、溶媒抽出工程の継続使用によりこれら元素の濃度が増加したとしても銅の電析には影響を及ぼさないことが見出された。

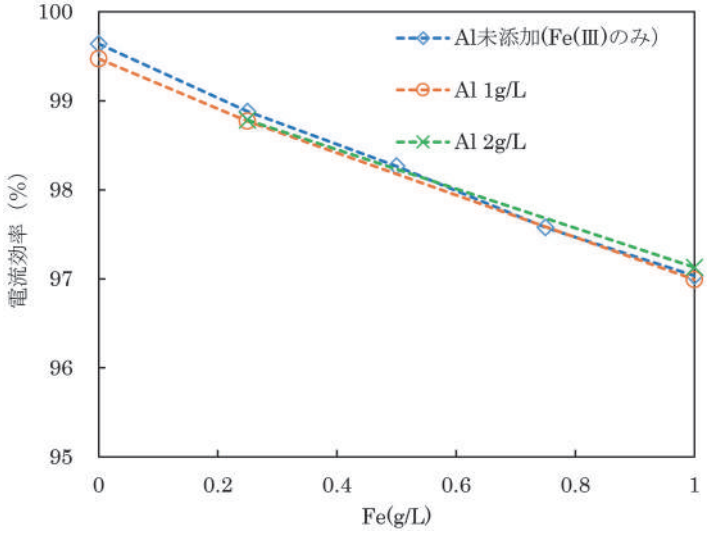


Fig. 2　電解液中に Al が共存したときの Fe(Ⅲ)濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響

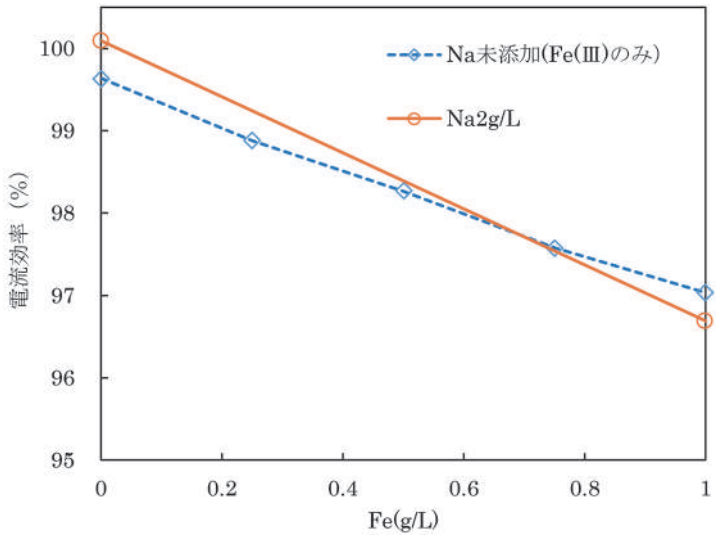


Fig. 3　電解液中に Nal が共存したときの Fe(Ⅲ)濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響

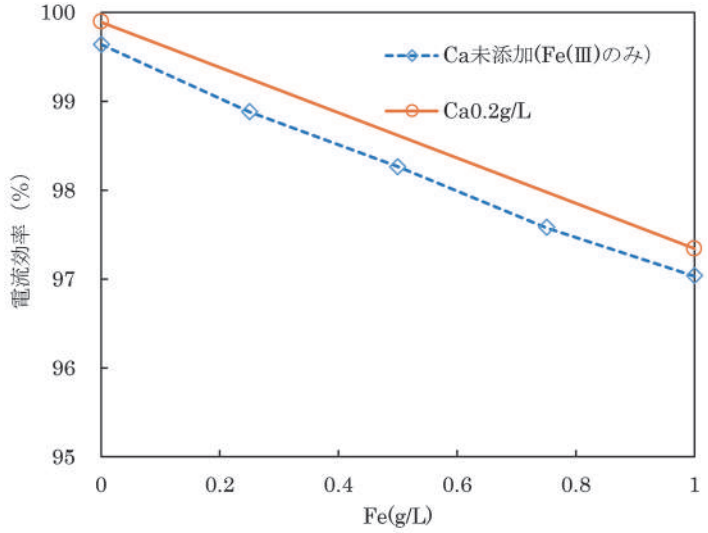


Fig.4　電解液中にCaが共存したときのFe(Ⅲ)濃度が銅電析の電流効率へ及ぼす影響

天然有機高分子を用いた金属吸着除去に関する実験結果

最初に、吸着材としてキトサン、セルロースおよびでんぷんを、pHが5で濃度が2 mMのCu、Ni、Zn、CoおよびMnの各模擬AMD溶液に添加し24時間の撹拌による金属除去試験を行った。Fig. 5にAMD模擬溶液100 mLに吸着材0.5 gを添加した場合の金属除去試験の結果を示す。キトサンを吸着材として用いた場合、その除去率はCu、Ni、Zn、Coの順に高い値を示し、Cu、NiおよびZnの3種の金属では70 %以上であり、とくにCuはほぼ100 %除去された。それに対してセルロースでは、いずれの金属も10 %程度の除去率であり、でんぷんではほとんど除去されない事が明らかとなった。以上の結果から、使用した吸着材の中でキトサンが最も吸着除去能力があることが確認された。

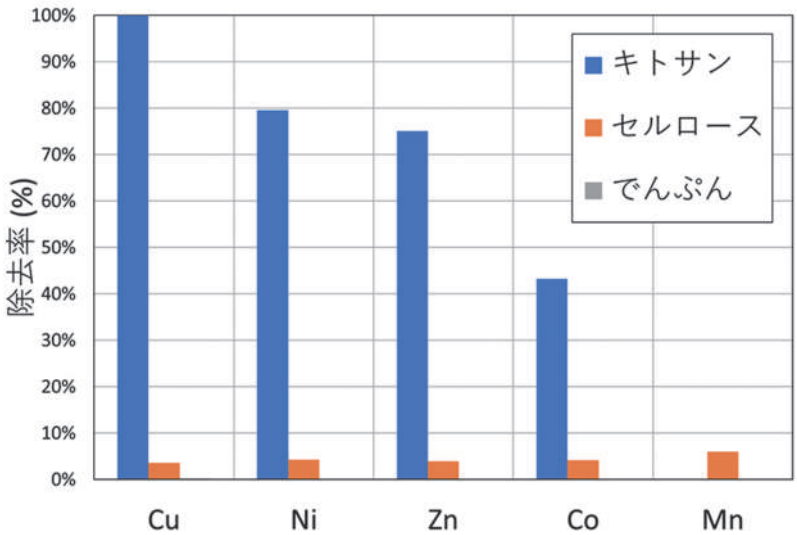


Fig.5　天然有機高分子を吸着材として用いた場合の金属除去率

つぎに、吸着除去能力が高いキトサンについて、添加する際の固液比を変化させて金属除去試験を実施した。キトサンの添加量を0.1 gとした場合の金属除去率をFig. 6に示す。金属水溶液の体積が10 mL（固液比：10 mL/0.1 g = 100に相当）では、Cuはほぼ100 %、Niは約90 %、ZnおよびCoは約60 %の除去率を示したのに対して、Mnはほとんど除去されなかった。固液比が増加するに伴い、いずれの金属も除去率は減少した。しかし、体積が50 mLの場合（固液比 = 500に相当）でも、Cuの除去率の低下は約88 %までにとどまり、Cu濃度は10 mg/L以下まで低下したことから、十分な除去効果があると考えられた。

続いて、キトサンを用いた金属除去におけるpHの影響を調べるために、キトサン添加量と模擬溶液体積をそれぞれ0.1 g、50 mLに固定した状態で、Cu、NiおよびCoの2 mM模擬溶液のpHを2〜5に調整して24

時間の金属除去試験を行った。Cu 模擬溶液の場合における金属除去試験後の溶液をそれぞれ Fig.7 に示す。その結果、pH 2 のときではキトサンの色の変化は確認されず、溶液が若干白濁している様子が見られたのに対して pH が 2.5 以上ではキトサンが青色に変色しており、キトサンへの吸着により Cu が除去されている事が示唆された。また、各金属の金属除去率に対する pH の影響を Fig.8 に示す。いずれの金属も pH 2 ではほとんど除去されなかったのに対して、pH 2.5〜3 の範囲で除去率は急激に増加した。pH 3 以上での除去率はやや低下したが、Cu の場合で約 90 %、Ni で 48〜〜0 %、Co で 15〜28 %となり、とくに試験終了後の Cu 水溶液中のキトサンの状態変化と良好に一致していた。結果として、いずれの金属も 2.5 以上の pH 領域で除去率が増加する傾向を示したが、pH 2 では 0.45 μm 孔径のメンブレンフィルタでの吸引ろ過が困難であったことから、キトサンが溶解している可能性が考えられる。したがって、キトサンを用いた金属除去では、キトサンの pH に対する耐性が重要な要素の一つであると考えられ、適正な pH 条件が存在することが確認された。

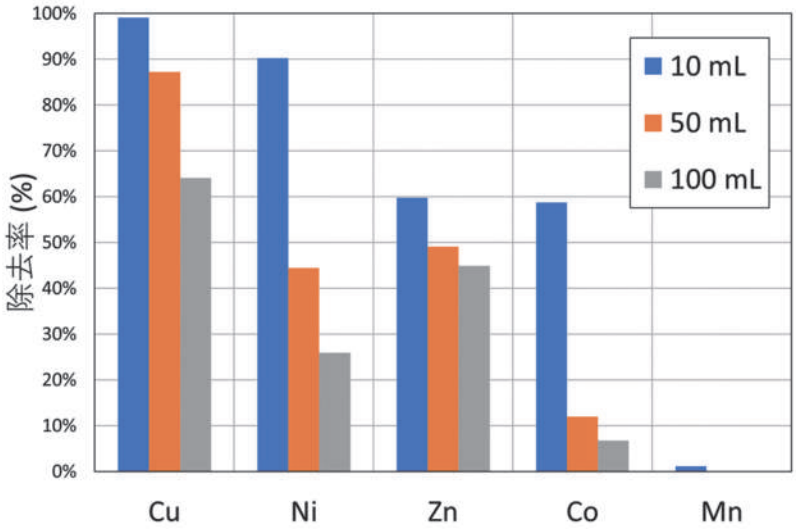
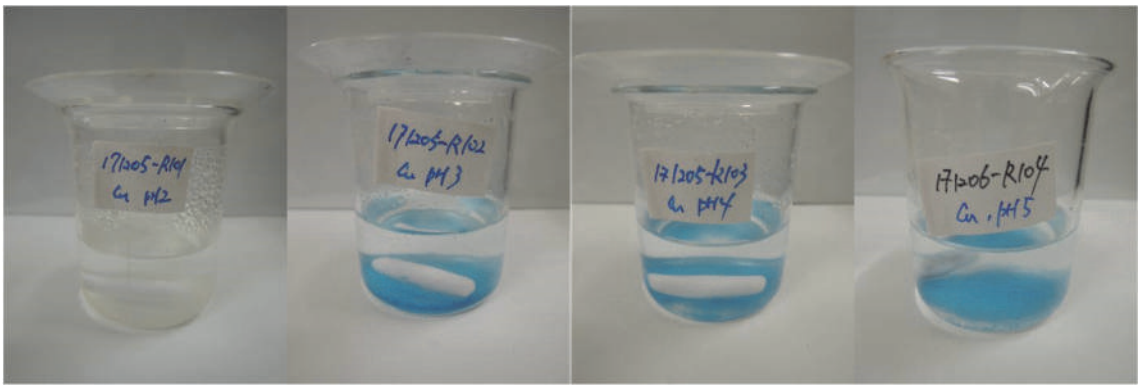


Fig.6　キトサン添加量が 0.1 g の場合における金属除去率



pH 2　　pH 3　　pH 4　　pH 5

Fig.7　キトサンによる Cu 除去試験後の状態

実際の鉱山廃水などでは種々の金属が共存した状態で溶存しているため、キトサンを吸着材として使用する場合、共存金属イオンの影響を考慮する必要がある。そこで、模擬 AMD 溶液として複数の金属イオンを含む多成分系水溶液を作製して金属除去試験を行った。なお、多成分系の模擬 AMD 溶液には① Cu, Ni, Mn、② Cu, Zn, Mn、③ Cu, Co, Mn の 3 種のイオンを含む溶液を濃度がそれぞれ 2 mM となるように調製した。Fig. 9 にこれらの多成分系模擬 AMD 溶液を用いた場合のキトサンによる金属除去試験の結果を示す。いずれの水溶液も Cu の除去率は約 90 %であり、単成分系水溶液の場合と同様の除去率を維持した。しかし、Ni、Zn および Co の除去率はそれぞれ約 31 %、33 %、7 %となり単成分系水溶液の場合よりも低下した。Mn は単成分系水溶液の場合と同様に全く除去されなかった。この結果より、キトサンを吸着材として利用した場合、とくに水溶液に溶存する Cu を優先的に吸着除去する可能性が示唆された。

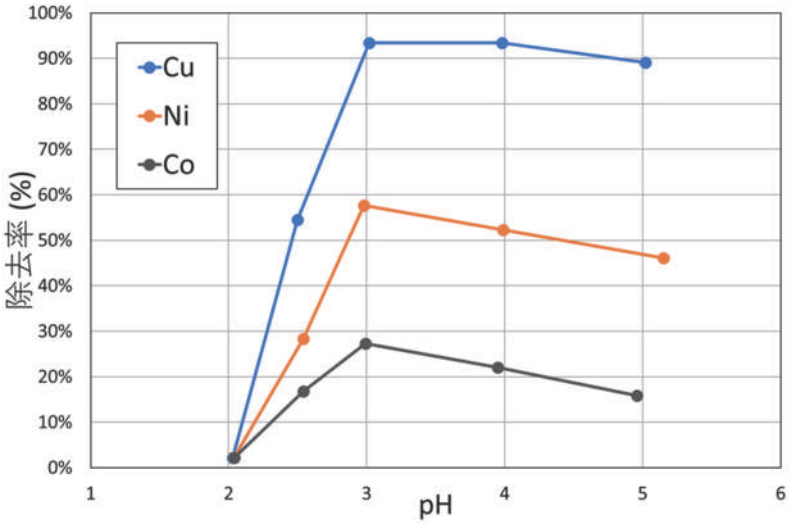


Fig. 8　キトサン添加による金属除去に対する pH の影響

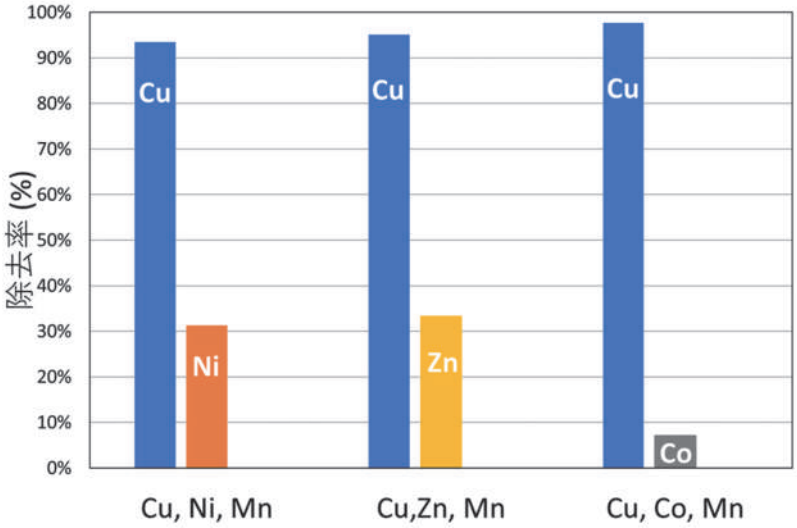


Fig. 9　多成分系金属水溶液での Cu 吸着除去試験における共存種の影響

天然有機高分子を用いた廃水に含まれる金属の吸着除去による無害化・資源化に関する研究では、キトサン、セルロースおよびでんぷんを用いた吸着除去試験が実施された。その結果、キトサンの金属吸着能力が最も高いことが示され、とくに Cu の除去率が高いことが確認された。これは、構造中に含まれるアミノ基が吸着除去されたと推察された。また、キトサンを吸着材とした金属除去では、pH が除去率に影響を及ぼす事が明らかとなり、除去に適切な pH 範囲が存在する事が示唆された。そして、キトサンへの吸着は、金属種によって異なるが、溶液中に共存する場合でも、Cu を優先的に除去する事が確認された。

参考文献

1) Y. Khouraibchia and M. Moats: Effective diffusivity of ferric ions and current efficiency in stagnant synthetic copper electrowinning solutions, Minerals and Metallurgical Processing, Vol 26, No. 4, p.176-190, (2009)

セルビア国ボール銅鉱山地域における環境影響評価手法の開発

石 山 大 三

(第 21 研究グループ)

ishiyama@gipc.akita-u.ac.jp

概要：セルビア共和国東部ボール鉱山地域を中心に鉱山活動に伴う河川水の汚染についての環境影響評価手法の開発を行った。鉱山廃水を含む汚染河川と非汚染河川が存在する研究地域（8,000 km^2）において、約 200 個の試料を採取し多種の元素について分析を行い、それらのデータに基づきバックグランド値と汚染を示す異常値を区別する閾値を Sinclair (1976)の方法により推定した。その値に基づき、汚染地域の範囲を推定した。このことに加え、対策が必要な 3 か所の重要地点で中和処理が行われた場合の水質改善予測も行った。

キーワード：鉱山廃水、重金属汚染、斑岩銅鉱床、河川水、浄化作用

独自性・実用性：
本研究では鉱山開発を行っている地域も含む 8,000 km^2 の広域的な地域において河川水について化学分析を行い，バックグランド値と汚染を示す異常値を区別する閾値をバックグランド値の平均値から+2σとして推定した。その値に基づき、汚染地域の範囲を定量的に推定し、汚染地域の汚染程度の違いの比較や汚染が国際河川のドナウ川まで影響を与えているのか否かを検討した。このような検討を行うことで、汚染範囲を定量的に明らかにすることが可能になり、中和処理等の対策が行われた場合の環境改善予測も可能になった。

研究調査地域は、セルビア共和国東部にあり、調査地域の中にはボール鉱山地域とマイデンペック鉱山地域がある（図１）。これらの鉱山地域には、鉱山開発のために生じた剥土と廃さい尾鉱が広く分布する。本地域では、これらの固体鉱業廃棄物と雨水や地下水が反応して、鉱山廃水が発生している。鉱山廃水は、河川に流出し、これらの地域の河川水に大きな環境負荷（汚染）を与えている（図２、図３）。このことに加え、ボール鉱山製錬所からの排水がボール鉱山地域の河川に放流されており、強い環境負荷を与えている。

調査地域の河川水について広域地域の地球化学図を作成し、汚染による重金属分布を明らかにするとともに鉱山活動等に由来する汚染を示す異常値と非汚染であることを示すバックグラウンド値を区別するた

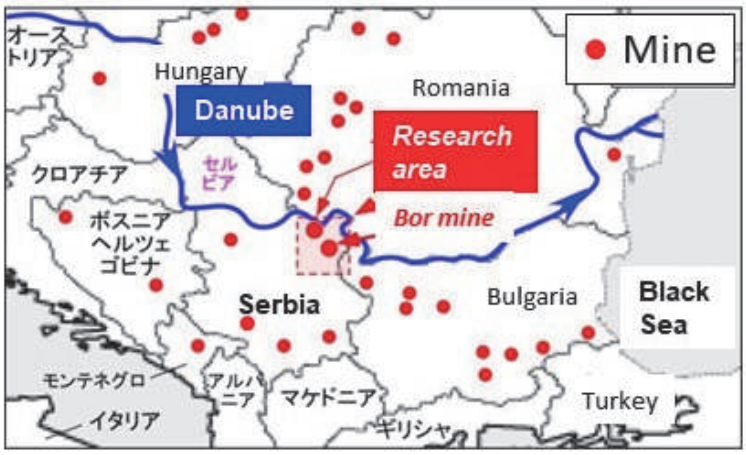
めの閾値を Sinclair (1976)の方法により推定した。この閾値とセルビア共和国の表層水の環境基準値に基づき、河川水の水質分布をあわせて検討すると、Cu については、ボール川、ベラ川、ティモック川中流域から下流域とマイデンペック鉱山から北西に流れるペック川に汚染が認められる。As については、ボール川、ベラ川とマイデンペック鉱山近傍のペック川に汚染が認められる。また、広範囲に汚染が認められる元素は、Cu と Fe である。特に Cu 汚染はドナウ川まで及んでいる可能性が高い（図４A）。河川水に対する環境対策を行う地域としては、ボール鉱山下流域とマイデンペック鉱山下流域があげられる。特にボール鉱山下流域への対策が重要である。

将来の環境改善予測を行うためにボール鉱山製錬所からの排水についての対策とボール鉱山地域の環境負荷の大きい 3 地点の鉱山廃水について中和処理対策を行った場合を仮定して研究対象地域について 2018 年 9 月のデータをもとに、環境修復予測図を作成した（図４B）。詳細は次のとおりである。ボール鉱山とその下流域は酸性の河川水で特徴づけられ、マイデンペック鉱山周辺とその下流域のペック川の流域の河川水の pH は、5～7 程度であり、両鉱山の下流に存在する河川水の pH 値は大きく異なる。ペック川の河川水の pH が 5～7 程度であることから、河川水中の Cu や Fe はある程度懸濁物態で存在していると考えられる。ペック川の河川水の Cu の予測値を推定する際には、懸濁物態で存在している Cu を沈殿槽（シックナー）でトラップして、溶存態の Cu が河川水に流出したと考えて予測を行った。一方、ボール川については、環境負荷の大きい 3 地点での中和処理を行ない、さらに製錬所からの排水について処理を行い、これら 4 地点からの Cu の流出がなくなった場合について予測図を作成した。

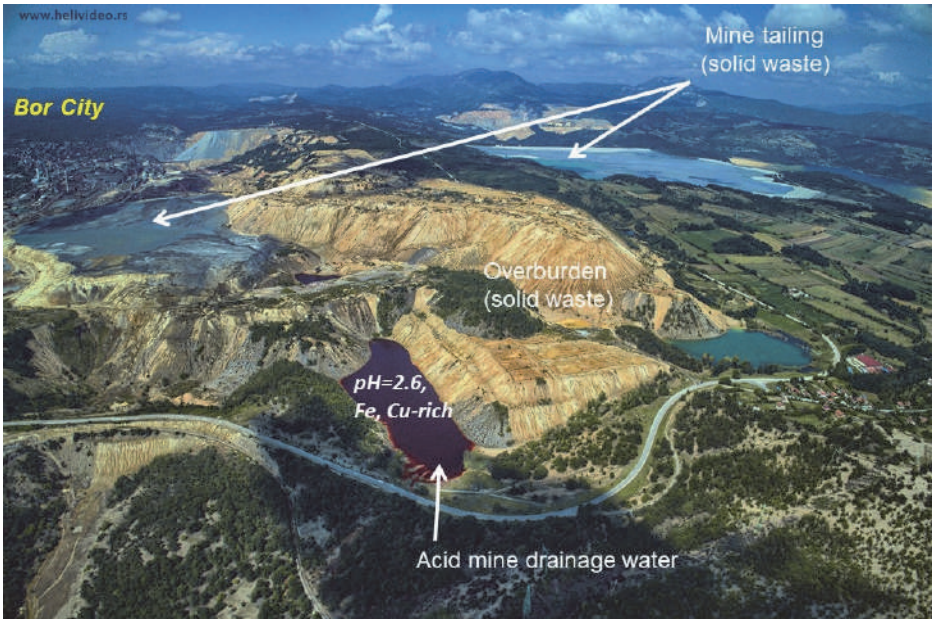
予測結果によれば、ペック川の Cu 濃度は、対策前はセルビアの表層水の基準値の Class III であった分類が対策後には Class II 以下に改善されることが予想される（図 4B）。ティモック川の Cu 濃度についても対策前は Class III であった分類が Class II 以下に改善されることが予想される（図４B）。このことから，ボール川、ベラ川、ティモック川が存在するボール鉱山地域では、ティモック川の河川水が農業用水や飲料水等多岐の目的に使用できる可能性がある。この対策により、ボール鉱山近傍のティモック川の支流であるボール川の水質は、Class V から Class III に改善するが、現在採掘中のベリキクリベリ露天掘りからの廃水がベリキクリベリ川を経由してボール川の河川水と合流してベラ川に流入するために、ティモック川とベラ川合流点までのベラ川の Cu 濃度は、3.7 ppm から 2.1 ppm に低下すると予想されるが、ベラ川の水質は Class

V (1000 ppb (=1 ppm))に分類される。このようにボール鉱山近傍で 3 地点での中和処理に加えて製錬所からの廃水を処理した場合でも、ベラ川の水質環境改善は十分ではないと予測される。ベリキクリベリ露天掘りからの廃水について対策を行うことで、本地域の河川水の水質は大きく改善される可能性がある。

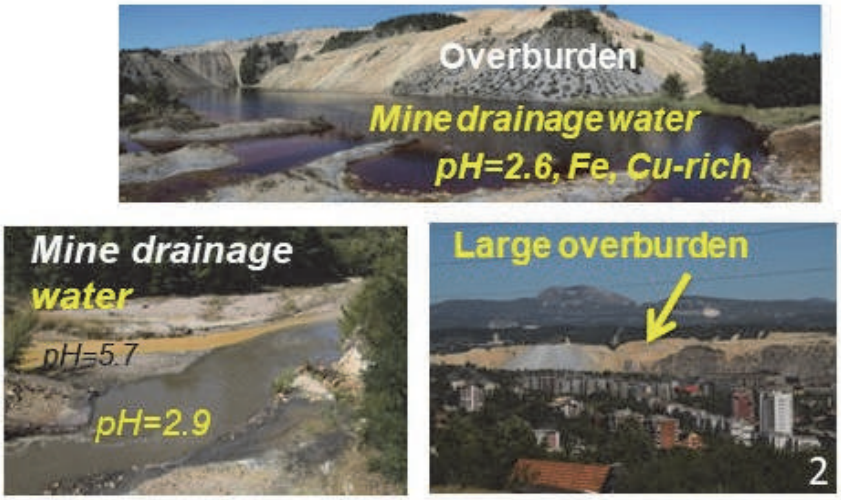
このような予測に基づくと、あらかじめモニタリング地点を設置しておき、対策を段階的に行い、各段階において環境改善の状況をモニタリングにより把握し、次の段階の対策を最適化し進めることが効率的な対策につながり、対策にかかる時間も最小にすることができると考えられる。



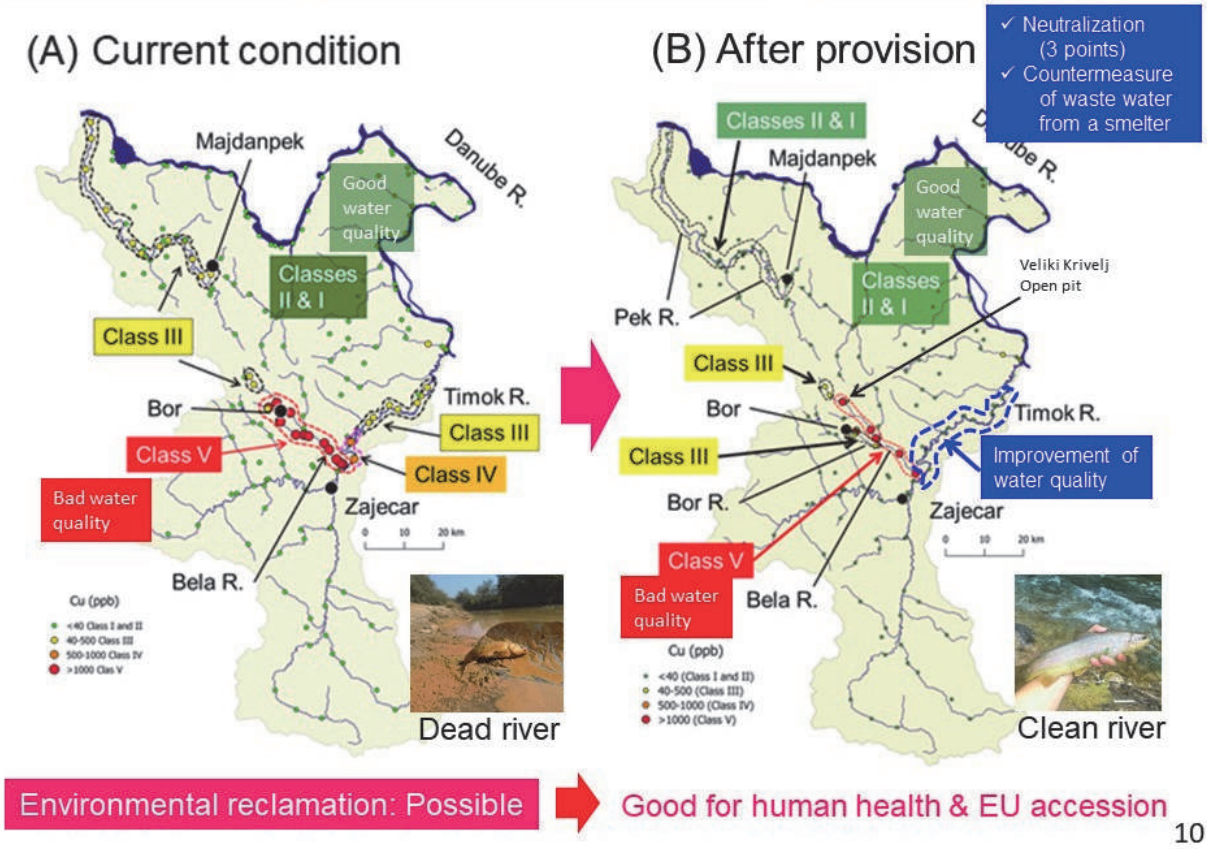
第 1 図　研究対象地域位置図。



第 2 図　研究対象地域（ボール鉱山地域）の鉱業廃棄物の分布。



第３図　ボール鉱山地域の鉱業廃棄物の産状を示した写真。（上）鉱山開発のために保存されている剥土と剥土から生じた鉱山廃水。図２の中央部の赤褐色の湖が本鉱山廃水の湖である。（左）鉱山廃水が流入した河川水の様子。暗褐色の河川水も黄褐色の河川水も鉱山廃水を含むが、暗褐色の河川水には製錬所からの排水が含まれるためにｐＨが３程度である。（右）ボール市近傍の剥土の様子。



第４図　(A) セルビア東部ボールーマイデンペック鉱山地域の河川水中の銅濃度分布図。(B) ボール鉱山地域において中和処理が行われた場合の河川水の環境下全予測図。

β-Mn 構造をもつ室温磁気スキルミオン物質の探索

肖 英 紀 、 安 井 隼 太
(第 22 研究グループ)
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室温で発現する物質は限られている。本研究では，*β*-Mn 構造をもつ Co-Zn 合金に種々の第 3 元素を添加した物質を合成し，その磁性を明らかにすることによって，室温スキルミオン物質を探索した。第 3 元素として Ni, Cr, V を添加した合金において室温スキルミオンを示唆する結果を得た。

キーワード：磁気スキルミオン、合金、磁性

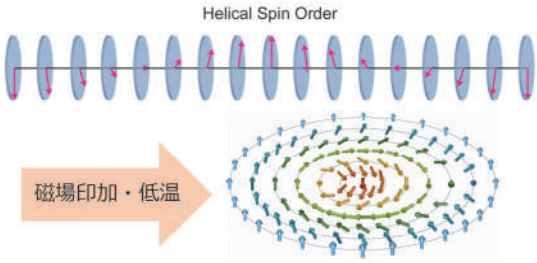
独自性・実用性：
磁気メモリとして応用する際、本研究の成果から物質選択のバラエティが拡がることが見込まれる。

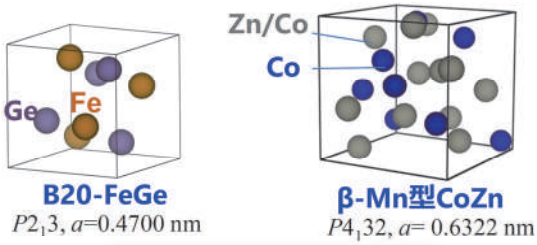
カイラル磁性体における磁気スキルミオン

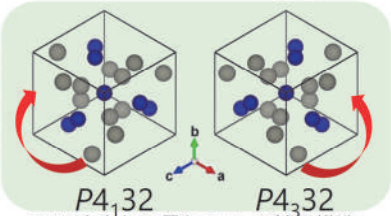
カイラルな結晶構造をもつ強磁性体

B20型合金・β-Mn型合金など

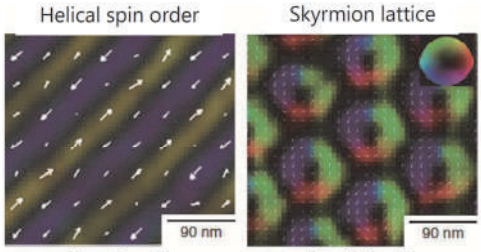
⇒らせん磁気構造を形成







[111]方向から見たCoZnの結晶構造



らせん磁気構造およびスキルミオン結晶構造

- 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)

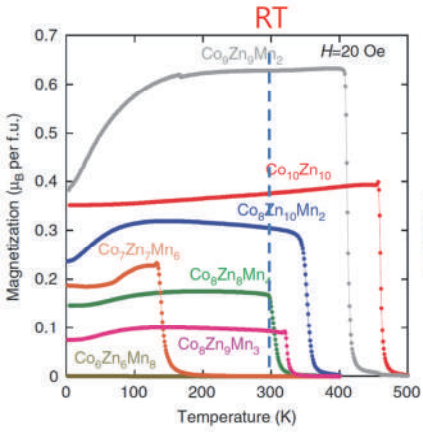
1

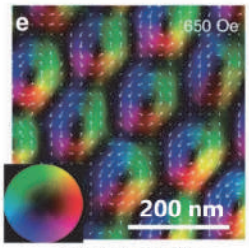
Co-Zn-Mnにおける室温スキルミオンの形成

メモリへ応用⇒室温でスキルミオンを形成する物質探索が重要

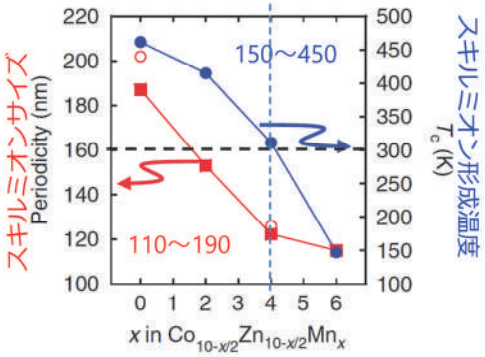
β-Mn型$Co_{10-x/2}Zn_{10-x/2}Mn_x$
⇒室温以上でスキルミオン形成

Tokunaga et al., *Nature Communications* (2015)





スキルミオン結晶

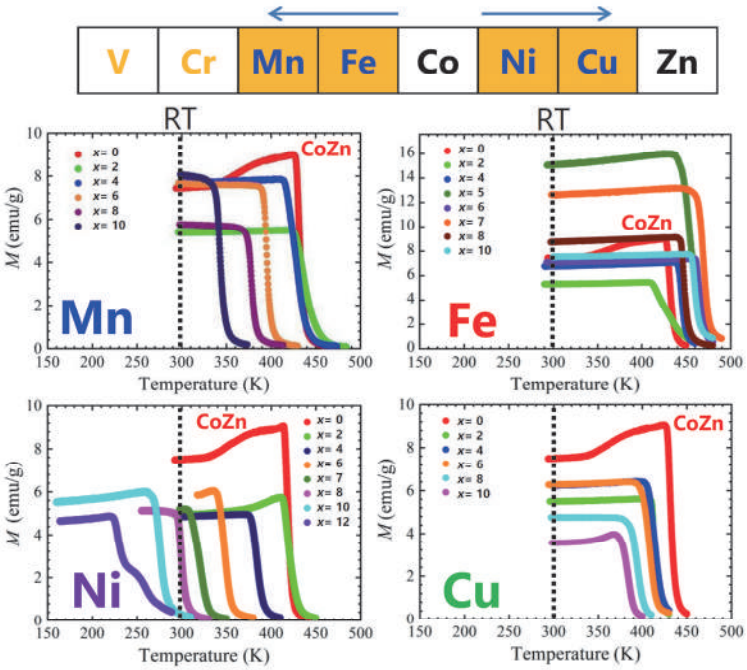


他のナノ磁気構造より大きい
⇒より小さいスキルミオンの探索が課題

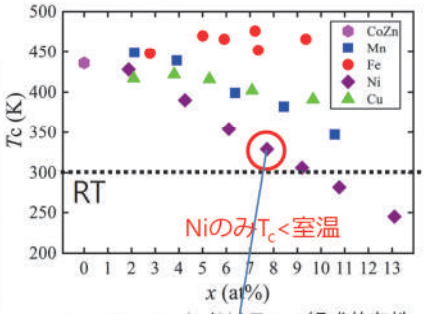
V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn

目的：系統的な元素置換により新規β-Mn合金を合成
⇒磁性・磁気構造制御のキーパラメータを明らかにする

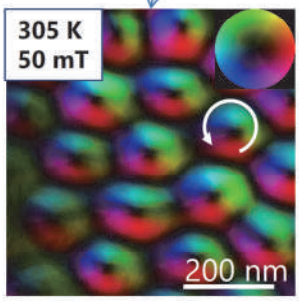
β-Mn型Co-Zn-(Fe, Mn, Ni, Cu)合金の合成と磁性



$Co_{50-x}Zn_{50}TM_x$ (M= Mn, Fe, Ni, Cu)における磁化の温度依存性 (200 Oe)



$Co_{50-x}Zn_{50}TM_x$におけるTcの組成依存性

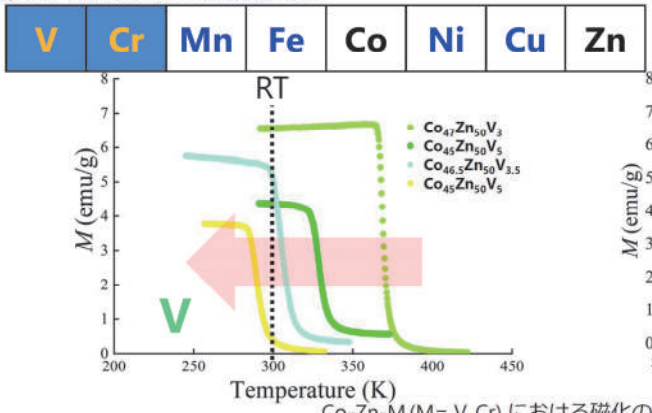


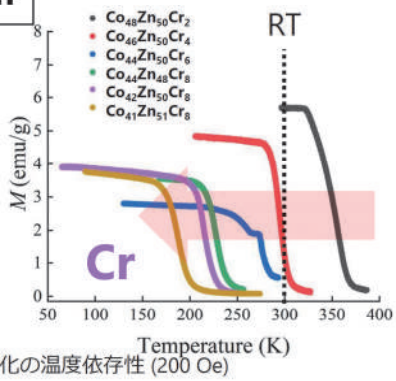
$Co_{43}Zn_{50}Ni_7$におけるスキルミオン
a_{sk}~170 nm
(名古屋大学との共同研究)

3

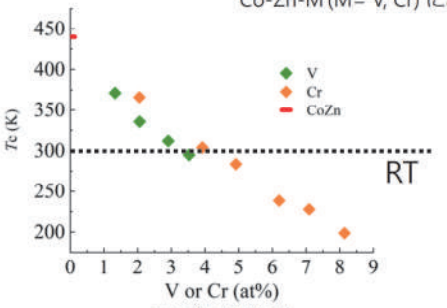
β-Mn型Co-Zn-(V, Cr)合金の合成と磁性

原子サイズが大きい ⇒ 固溶限小さい





Co-Zn-M (M= V, Cr) における磁化の温度依存性 (200 Oe)



Tcの組成依存性

研究成果
- 初のβ-Mn型Co-Zn-(V,Cr)合金
- V~3.5%, Cr~4%で**Tc~室温**

展望
- スキルミオン観察による実証
- 複合添加等による物性制御

4

（2）研究実績

①学術論文

1) 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)
2) Selective and Preferential Separation of Rhodium (III) from Palladium (II) and Platinum (IV) Using a m-Phenylene Diamine-Containing Precipitant, K. Matsumoto, S. Yamakawa, K. Haga, K. Ishibashi, M. Jikei, A. Shibayama, Scientific Reports 9(1) 12414 (2019)
3) T. OGATA, J. ERDENEBAYAR et al., “Study of estimate a possible mineralization occurrence area of the Volcanogenic massive sulfide type using Geochemical discrimination diagram ~ A case study in Western Mongolia ~”, Proccding of the First International Conference on Applied Science and Engineering 2019, Vol. 1. 276-281.
4) 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
5) 竹内誠人,伊藤豊,見上柊人,川村洋平：資源開発教育用 VR 教材の開発および VR 教材を利用した授業の定量評価、Journal of MMIJ
6) 今井忠男，　伊藤麻也，木崎彰久，山本茂樹（2019）：十和田凝灰岩の力学特性に及ぼす造岩鉱物の影響，秋田県採石研究会会報，No.3，pp.2-4.
7) EDS 元素分析を用いた磁気-フェライト処理によるタンパク質抽出法の検証，古谷　優,遠藤　雅也，カビール　ムハムドゥル，水戸部　一孝，電気学会論文誌 D,140 巻, 2 号,pp.128-129(2020)
8) Highly selective Rh(III) recovery from HCl Solutions using aromatic primary diamines via formation of three-dimensional ionic crystals, K. Matsumoto, Y. Hata, Y. Sezaki, H. Katagiri, M. Jikei, ACS Omega, 4, 14613-14620 (2019)
9) Selective and mutual separation of palladium (II), platinum (IV), and rhodium (III) using aliphatic primary amines, K. Matsumoto, Y. Sezaki, S. Yamakawa, Y. Hata, M. Jikei, Metals, 2020, 10(3), 324.
10) M. Ogasawara, T. Ban, K. Saito and S. Kato “Preparation of inorganic-organic composites as acid-base catalysts using HCa2Nb3-xTaxO10 and quaternary onium salts”, Journal of the Ceramic Society of Japan, 128, 1-5 (2020).
11) T. Nakato, K. Saito, A. Ikeda, Y. Higashi, Y. Suzuki and J. Kawamata “Optical trapping of inorganic oxide nanosheets colloidally dispersed in water: effects of refractivity”, Clay Science, 23, 25–30 (2019).
12) S. Kato, N. Takagi, K. Saito and M. Ogasawara “Synthesis of delafossite-type Ag0.9MnO2 by the precipitation method at room temperature”, ACS Omega, 4, 9763–9768 (2019).
13) High-Temperature Plastic-Deformation Behavior of Mg-(Y/Zn) Supersaturated Solid-Solution Alloys and the Resulting Dislocation Structures,

14) Kaichi Saito, Yoshihiko Uchiyama, Katsuhiko Sato, Mitsuhiko Kimura, Hiromi Ishida and Kenji Hiraga, Mater. Trans., Vol.61, No.4, 2020
15) Satoru Yoshimura, “Development of novel magnetic recording device driven by electric field using BiFeO3-based ferromagnetic and ferroelectric thin films (Invited)”, Conference Proceedings of 2019 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2019), ID-02
16) 吉村 哲，M. Kuppan,「BiFeO3 系強磁性・強誘電薄膜の記録・映像デバイス応用への試み－薄膜の高品位作製および材料探索から機能検証まで－(招待原稿)」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.43，No.15，pp.37-43
17) Hirokazu Okawa, Tomonao Saito, Shohei Yasuda, Youhei Kawamura, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara, Tayfun 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,
18) Yuya Kitamura, Hirokazu Okawa, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara, Enhancement of desorption amount of carbon dioxide gas from monoethanolamine solution using ultrasound and calcium chloride, Japanese Journal of Applied Physics, 59 (2020)
19) Yuya Kitamura, Hirokazu Okawa, Kozo Shinoda, Takahiro Kato, Katsuyasu Sugawara, and Shigeru Suzuki: Synthesis of Porous γ-Fe2O3 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)
20) T. Hasegawa, T. Niibori, Y. Takemasa, M. Oikawa, Stabilisation of tetragonal FeCo structure with high magnetic anisotropy by the addition of V and N elements, Scientific Reports, Vol. 9, p.p. 1～9 (Article number: 5248) (2019). (doi:10.1038/s41598-019-41825-7)
21) 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) 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/msjtmsj.20TR408)
22) 武政友佑，白井千尋，長谷川崇, FeCoN 薄膜への Al 添加による磁気異方性の増大，電気学会研究会資料（マグネティックス研究会）(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-079～091, p.p. 13-16 (MAG-19-81) (2019).
23) 白井千尋，長谷川崇, N 添加した Fe, Co 及びその合金薄膜の結晶構造と磁気特性の相図，電気学会研究会資料（マグネティックス研究会）(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-079～091, p.p. 17-21 (MAG-19-82) (2019).
24) 長谷川崇，石澤祐，白井千尋，侵入型元素 N を添加された Fe 及び FeCo 薄膜への V 添加による bct 構造安定化，電気学会研究会資料(マグネティックス研究会)(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-197～208, p.p. 47-50 (MAG-19-205) (2019).
25) 長谷川崇，超強力磁石になりうる正方晶 FeCo ～tFC 磁石の実現に向けて～，一般財団法人金属鉱山会機関誌 鉱山, Vol. 72, No. 6 (通巻第 777 号), p.p. 27～36 (2019).
26) Michinobu Hayase, Shinichi Yodokawa, Toru Kurabayashi, Emi Adachi, Takenori Tanno

“Simulated disordered-to-ordered phase transition of nonadecane” Chemical Physics 532, 2020, 110697

27) Dynamic observation of corrosion behavior of austenitic stainless steel under bio corrosion inducing environments” Yasuyuki Miyano, The proceedings of NACE EAP 2019, USB-FLASH

28) T. Taguchi, and Y.-G. So,“Direct observation of the local atomic structure in two types of Au-Ge-Yb 1/1 approximants” Journal of Physics: Conference Series, 1458, 012005 (2020).

29) Y.-G. So, K. Takagi and T. J. Sato,“Formation and magnetic properties of Ga-Pd-Tb 2/1 approximant”,Journal of Physics: Conference Series, 1458, 012003 (2020).

30) T. Nagase, M. Komatsu, Y.-G. So, T. Ishida, H. Yoshida, Y. Kawaguchi, Y. Tanaka, K. Saitoh, N. Ikarashi, M. Kuwahara, and M. Nagao,“Smectic liquid-crystalline structure of skyrmions in chiral magnet Co8.5Zn7.5Mn4(110) thin film”, Physical Review Letters, 123, 137203 (2019)

31) K. Fujiwara, H. Kano, K. Mitobe, Feature extraction of mild cognitive impairment using a dual-task of drawing and counting test, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 23(5), 874 – 882 (2019)

32) 自転車シミュレータで見る交通事故（特集 バーチャルリアリティの世界を見てみよう）-- (教育訓練・技能伝承における VR の役割), 水戸部 一孝, 半田 修士, 自動車技術（ 自動車技術会), 73 (12), 69 – 74, 2019 年 12 月

33) "Total synthesis of kehokorins A and B." K. Fujiwara, R. Motousu, D. Sato, Y. Kondo, U. Akiba, T. Suzuki, T. Tokiwano Tetrahedron Letters, 60, 1299-1301, (2019).

34) "An Approach to a 2-Hydroxy-3-phenyldibenzofuran Skeleton Based on Rh(PPh3)3Cl-Catalyzed [2+2+2] Cycloaddition Between a 1-Ethynyl-2-(Ethynyloxy)benzene and an (Alkoxyethynyl)benzene." D. Sato, K. Fujiwara, Y. Kondo, U. Akiba, T. Tokiwano Heterocycles, 101 (2), 417-422 (2020).

35) Nozomi Kaga, Takehiro Iwami, Kimio Saito, Akira Komatsu and Yoichi Shimada: Finite Element Analysis of the Efficacy of Shelf Acetabuloplasty forAcetabular Dysplasia, International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Vol.6, No. 6(2019), 1000497 DOI: 10.4172/2329-9096.1000497

36) Ryo Higuchi, Akira Komatsu, Jumpei Iida, Takehiro Iwami and Yoichi Shimada: Construction and validation under dynamic conditions of a novel thoracolumbarspine model with defined muscle paths using the wrapping method, Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.14, No.1(2019) pp. 18-00432

37) 木澤悟，巖見武裕，千田聡明，斎藤公男，島田洋一: Kinect センサを組み込んだ上肢リハビリロボット開発と上肢動態解析，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.211-217 (2019)

38) 小林義和，髙橋裕介，巖見武裕，畠山和利，島田洋一: 異なる刺激周波数における FES サイクリングの代謝効率評価， 臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.201-204 (2019)

39) 五十嵐悠，小松瞭，塚本泰朗，須田智寛，巖見武裕，島田洋一: 変形性膝関節症患者の周波数解析を用いた歩行の定量的評価手法の開発，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.101-106 (2019)

40) 樋口諒，飯田純平，小松瞭，鈴木恒太郎，本郷道生，巖見武裕，島田洋一: 3 次元体幹筋骨格モデ

ルを用いた腰椎固定術後における隣接椎での力学的変化の評価，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.13-18 (2019)
41）小松瞭，五十嵐悠，渡邉基起，野坂光司，巖見武裕，島田洋一: リング型創外固定器装着患者における IMU を用いた歩行時膝屈曲角度の比較，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.187-193(2019)
42）山内哲也，臼田伊織，齊藤諒，井上純一，巖見武裕，島田洋一: 片麻痺用歩行リハビリテーションロボットにおける最適なアシスト量決定のための評価指標の検討，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.195-199(2019)
43）臼田伊織，齊藤諒，山内哲也，井上純一，巖見武裕，島田洋一: 歩行訓練リハビリロボットの下肢関節軌道生成に関する研究，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.205-209 (2019)
44）齊藤諒，小松瞭，千田聡明，巖見武裕，島田洋一: 3D プリンタで製作可能な手関節装具の有限要素解析による最適化設計，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.7-11 (2019)
45）Jumpei Iida, Naohisa Miyakoshi, Michio Hongo, Takehiro Iwami, Ryo Higuchi, Akira Komatsu, Toshiki Matsunaga, and Yoichi Shimada Caluculation of Intervertebral Disc Pressure in the Thoracic and Lumbar Spine in Elderly Women with Kyphosis Using a Novel Musculoskeletal Model with Isolated Thoracic Vertebrae and Rib Cage Open Journal of Orthopedics, Vol. 9, No. 11, pp. 241-253(2020), DOI: 10.4236/ojo.2019.911025
46）小林義和，巖見武裕，小松瞭，斉藤公男，島田洋一 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，採択（早期公開），p. 19-00323(2020)， DOI: 10.1299/transjsme.19-00323
47）Yasuhiro Takahashi, Kimio Saito, Toshiki Matsunaga, Takehiro Iwami, Daisuke Kudo, Kengo Tate, Naohisa Miyakoshi, and Yoichi Shimada Relationship between Dynamic Trunk Balance and the Mini-Balance Evaluation Systems Test in Elderly Women International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, Vol. 8, No. 1(2020), 10000534, DOI: 10.4172/2329-9096.1000455
48）鏡味洋史, 水田敏彦：1944 年東南海地震直後の踏査報告の足跡をたどって, 歴史地震, 第 34 号, pp.41～53，2019 年
49）水田敏彦，鏡味洋史：1889.7.28 熊本地震に関する熊本県行政文書の文献調査，日本建築学会技術報告集，25 巻，第 61 号，pp.1391～1396，2019 年 10 月
50）水田敏彦：常時微動連続観測に基づく特別豪雪地帯住宅の冬期振動特性, 東北地域災害科学研究, 第 56 巻，2020 年 3 月
51）鏡味洋史，水田敏彦：1914 年秋田仙北地震を詠んだ川越守固の短歌，東北地域災害科学研究，第 56 巻，2020 年 3 月
52）鎌滝孝信・宇内滉志・徳丸達生・松冨英夫：秋田県南部および山形県北部沿岸低地における津波履歴の検討，土木学会論文集 B2（海岸工学），75，2，I_403-I_408，2019.
53）鎌滝孝信・阿部恒平・黒澤英樹：秋田県中部八郎湖の湖底堆積物中に保存されたイベント堆積物，東北地域災害科学研究，56，2020.
54）高桑充広・鎌滝孝信・齋藤憲寿・渡辺一也：河川遡上津波による土砂混合及び堆積に関する実験，

東北地域災害科学研究，56，2020.
55）網干秀俊・鎌滝孝信・平川知明・宿田涼介・梅田浩司：秋田県北部の沖積低地における津波堆積物の分布様式，東北地域災害科学研究，56，2020.
56）林　直幸・齋藤憲寿・鎌滝孝信・渡辺一也・田中　仁：数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討，東北地域災害科学研究，56，2020.
57）宿田涼介・梅田浩司・鎌滝孝信：秋田県北部の沖積低地における洪水堆積物について，東北地域災害科学研究，56，2020.
58）Osamu KAMIYA, Kaito SUZUKI, Etsushi OKUYAMA, Naoya KOJIMA, Shinichi ITO,Mamoru TAKAHASHI, Kenji MURATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA,Yuichi IWAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA: Controlled Cracking for Industrial Ceramics Waste by Steam Pressure Cracking Agent, International Journal of the Society Materials Engineering for Resources,2020 年 3 月
59）Vertical alignment of InN- and GaN-based nanopillar crystals grown on a multicrystalline Si substrate, Yuichi Sato, Sora Saito, Koki Shiraishi, Shingo Taniguchi, Yosuke Izuka, Tsubasa Saito, Journal of Crystal Growth, 537, 125603-1-125603-5 (2020).
60）TEM study of GaN-based nanopillar-shaped-crystals grown on a multicrystalline Si substrate, Yuichi Sato, Kaichi Saito, Katsuhiko Sato, Sora Saito, Atomu Fujiwara and Tsubasa Saito, Japanese Journal of Applied Physics, 58 (6), 068009-1-068009-4 (2019).
61）Diamond slicing using ultrashort laser-induced graphitization and additional nanosecond laser illumination, Haruna Hirai, Hirofumi Hidai, Souta Matsusaka, Akira Chiba, Yoshiaki Mokuno, Makoto Yamaguchi, Noboru Morita, Diamond and Related Materials, Volume 96, June (2019), Pages 126-133
62）Effect of texture shape on machining performance of textured diamond cutting tool, Noritaka Kawasegi, Takumi Kawashima, Noboru Takano, Noboru Morita, Makoto Yamaguchi, Kazuhito Nishimura, Precision Engineering, 60 (2019) 21-27, Volume 60, November 2019, Pages 21-27
63）Hidetake Seino, Keiichi Hirata, Yusuke Arai, Risa Jojo, Masaaki Okazaki, “An Iodido-Bridged Dimer of Cubane-Type RuIr3S4 Cluster: Structural Rearrangement to New Octanuclear Core and Catalytic Reduction of Hydrazine” European journal of Inorganic Chemistry, DOI: 10.1002/ejic.201901146 (published online on Dec. 23, 2019)
64）A. Nakamura and K. Murakami, “The Effect of Cationic Polymer as Flocculant on Bentonite Aggregation under Different pH and the Study of Aggregation Mechanism”, Clay Science, 23 (1), 7-14 (2019).
65）菅原諒祐，中村彩乃，村上賢治，“温度応答性高分子/マグネタイト/活性炭複合吸着材を用いた染料除去と磁気分離への応用”，化学工学論文集，45(4)，158-163 (2019).
66）N. Kawano, D. Nakauchi, H. Kimura, M. Akatsuka, K. Takahashi, F. Kagaya and T. Yanagida, Photoluminescence and scintillation properties of (C6H5C2H4NH3)2Pb1-xMnxBr4, Jpn. J. Appl. Phys. 58(8) (2019) 082004.
67）N. Kawano, H. Kimura, A. Horimoto, K. Shinozaki, T. Yanagida, Photoluminescence and

scintillation properties of Eu-doped TeO2-Al2O3-BaO glasses, J. Mater. Sci. Mater. Electron. 30(12) (2019) 11468-11474.

68) N. Kawano, N. Kawaguchi, G. Okada, Y. Fujimoto, T. Yanagida, Photoluminescence, scintillation and TSL properties of Tb-doped strontium aluminoborate glasses, Radiat. Meas. 124 (2019) 69-73.

69) N. Kawano, T. Kato, G. Okada, N. Kawaguchi, T. Yanagida, Photoluminescence, scintillation and TSL properties of Eu-doped Al2O3 transparent ceramics synthesized by spark plasma sintering method, Opt. Mater. 88 (2019) 67-73.

70) Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Study on the Method for Control Voltage Current Property of Gel on Continuous Laminated Hydrogenated Amorphous Silicon Film Using Orange Light, Annual report of Cooperative Research and Development Center for Advanced Materials Institute for Materials research, Tohoku University, (DVD-ROM), (2019).

71) Kumagai, S., Abe, Y., Saito, T., Eguchi, T., Tomioka, M., Kabir, M., Tashima, D. (2019): Lithium-ion Capacitor Using Rice Husk-derived Cathode and Anode Active Materials Adapted to Uncontrolled Full-pre-lithiation, Journal of Power Sources, Vol. 437, 226924 (14 pages).

72) Abe, Y., Hori, N., Kumagai, S. (2019): Electrochemical Impedance Spectroscopy on the Performance Degradation of LiFePO4/Graphite Lithium-Ion Battery Due to Charge-Discharge Cycling under Different C-Rates, Energies, Vol.12, No.23, 4507.

73) 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).

74) 熊谷誠治（2019）：バイオマスの利用　もみ殻に由来する蓄電デバイス電極材料の開発，秋田の自然エネルギー，44 号，13-17 頁

②学会発表・国際会議報告等

【国際会議　招待】

1) K. Saito, Y. Komiya, M. Sohmiya, M. Ogasawara, S. Kato “Formation of intimately mixed Ni-doped TiO2-NiTiO3 nanocomposite through phase separation of protonated layered nickel titanate for improved visible-light-induced photocatalytic performance”, 2nd World Summit on Advances in Science, Engineering, and Technology (Indiana Summit 2019), 302, Indianapolis, U.S.A., 3-Oct, 2019.
2) S. Yoshimura, M. Kuppan, “Attempt of application to memory or display devices in BiFeO3-based multiferroic films - Fabrication of high-qualified films, material research, and functional verification - ”, The 2nd World Summit on Advances in Science, Engineering and Technology (Indiana Summit-2019), Indianapolis, USA, October 3-5, 2019.
3) S. Yoshimura, M. Kuppan, “Trial to application of BiFeO3-based multiferroic films to new magnetic memory devices - Mamaterial research, fabrication of high-qualified films, and functional verification - ”, ICSET 2019, Tamil Nadu, India, October 30, 2019.
4) S. Yoshimura, “Development of novel magnetic recording device driven by electric field using BiFeO3-based ferromagnetic and ferroelectric thin films”, 2019 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2019), Taipei, Taiwan, December 20-23, 2019.
5) Takenori Tanno, Manabu Yamada　“An open-gate vibration of ZIF-8 and its response upon gas adsorption observed using terahertz spectroscopy”　The 2nd World Summit on Advances in Science, Engineering and Technology（Indianapolis，IN，USA）
6) Developments and Applications of Nitride Semiconductor-based Nanocrystals, Yuichi Sato, 4th International Conference on Advanced Materials for Better Future 2019 (ICAMBF) (Surakarta, Indonesia) (2019).

【国内会議　招待】

1) 川村洋平: 日本機械学会 2019 年度年次大会特別企画にて「高度情報化鉱山操業技術が目指す未来－スマートマイニング－」を講演、2019 年 9 月 9 日
2) 今井忠男（2019）: 鉱山絵図から読み解く秋田の鉱山技術史、第 63 回 香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会
3) 今井忠男（2019）: 鉱山絵図から読み解く秋田の鉱業史－ 地域資料館との連携 －、第 22 回大学博物館等協議会
4) 今井忠男（2019）: 黒鉱開発の始まり－ 小坂鉱山と藤田組 －、令和元年度第１０回秋田県鉱山資料館等連絡協議会
5) “層状チタン酸塩を利用した新奇 TiO2 系光触媒設計”，齊藤寛治，日本化学会「低次元系光機

能材料研究会」第 9 回サマーセミナー2019 講演要旨集, pp.6-8, 高知, 2019 年 9 月 14 日

6) 吉村哲，M. Kuppan，「BiFeO3 系強磁性・強誘電薄膜の記録・映像デバイス応用への試み～薄膜の高品位作製および材料探索から機能検証まで～」, 映像情報メディア学会研究会, 仙台, 2019 年 6 月 13-14 日.

【国際会議　一般】

1) Investigation of flotation conditions for treatment of arsenic-bearing copper ore, E. Bayarmagnai, K. Haga, A. Shibayama, Proceedings of EARTH2019, p.226-231 (2019)

2) Recovery of copper and iron from rougher concentrate of carbonaceous copper ore by pressure leaching, K. Haga, R. Sagami, T. Kawasaki, H. Matsuoka, K. Mitsuhashi, M. Kawata, A. Shibayama, Proceedings of EARTH2019, p.261 (2019)

3) The Effect of Pb Addition on Passivation Behavior of High Silver−Containing Copper Anode During Electrorefining, L. Godirilwe, Y. Takasaki, K. Haga, A. Shibayama, R. Sato, Y. Takai, Proceedings of EARTH2019, p.383-387 (2019)

4) Separation of silica from zinc silicate leachate and improvement of filterability using addition method, M. Kakazu, S. Kawamura, Y. Takasaki, K. Haga, A. Shibayama, Proceedings of EARTH2019, p.540-544 (2019)

5) Yoshio Moriyama, Youhei Kawamura, Hyongdoo Jang: Visualization of Predicted Ground Vibration Induced by Blasting Urban Quarry Site Utilising Web-GIS, 10th International Conference on Explosive and Blasting, pp.283-292, China Chengdu2019.

6) S. Yoshimura, N. Oshita, M. Kuppan, “Magnetization reversal of [Co/Pd] perpendicular magnetic film fabricated onto (Bi,La)(Fe,Co)O3 multiferroic film by applying electric field to multiferroic / magnetic laminated film”, MMM 2019, Las Vegas, USA, November 4-8, 2019.

7) T. Hasegawa, T. Niibori, Y. Takemasa, M. Oikawa, C. Shirai, Y. Seki, Stabilization of tetragonal FeCo structure with high magnetic anisotropy by VN addition, The 10th Joint European Magnetic Symposia (JEMS 2019) (主催者 European Community of Magnetism), Book of Abstracts, p. 788 (P235) (2019).（Uppsala, Sweden, 2019 年 8 月 26 日～8 月 30 日, 発表日 2019 年 8 月 27 日）

8) T. Hasegawa, C. Shirai, Y. Takemasa, Uniaxial magnetic anisotropy and bcc-bct-fcc transformation of FeCo caused by the addition of V and N elements, The 64th Annual Magnetism and Magnetic Materials Conference (MMM 2019)（主催者 AIP; American Institute of Physics), Abstracts of the 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, p. 340 (CW-01) (2019).（Las Vegas, USA, 2019 年 11 月 4 日～11 月 8 日, 発表日 2019 年 11 月 6 日）

9) Jamsran Erdenebayar et al., “THE MAGMATIC TO HYDROTHERMAL TRANSITION AND ITS RELATION OF UNIDIRECTIONAL SOLIDIFICATION TEXTURE IN HIGHLY DIFFERENTIATED GRANITIC ROCK AT THE KHARAATYAGAAN, CENTRAL

MONGOLIA" GSA Annual Meeting in Phoenix, Arizona USA - 2019

10) Jamsran Erdenebayar et al., "Cathodoluminescence Features and Trace Element Composition of Quartz in UST from the Mo-Mineralized Quartz Eyes Porphyry Granite in Mandal Deposit, Northern Mongolia" Society of economic geologist annual meeting 2019 in Santiago, Chile.

11) T. OGATA, J. ERDENEBAYAR et al., "Study of estimate a possible mineralization occurrence area of the Volcanogenic massive sulfide type using Geochemical discrimination diagram ~ A case study in Western Mongolia ~", The First International Conference on Applied Science and Engineering 2019 in Ulaanbaatar, Mongolia (invited lecture)

12) Ogata, T, Jamsran Erdenebayar et al., "U-Pb Zircon and Tentatively Determined Re-Os Isotope Geochronology for the Sol Naciente and Atacama Kozan Mine, Region III, Chile; ~ Significance of Relationship between the Upper Cretaceous Andesitic Magmatism and Iron Oxide Copper Mineralization ~ "Society of economic geologist annual meeting 2019 in Santiago, Chile.

13) "Dynamic observation of corrosion behavior of austenitic stainless steel under bio corrosion inducing environments" Yasuyuki Miyano, NACE EAP Yokohama Japan, 2019, 2019.11.14

14) Y.-G. So, K. Takagi and T. J. Sato, "Formation and magnetic properties of the Ga-Pd-Tb 2/1 approximant" ,The 14th International Conference on Quasicrystals (ICQ14), Kranjska Gora, Slovenia, May 2019.

15) Y.-G. So, "Direct imaging of planar defects in a Tsai-type 1/1 approximant",

16) The 14th International Conference on Quasicrystals (ICQ14), Kranjska Gora, Slovenia, May 2019.

17) T. Hiroto, K. Takagi, and Y.-G. So, "Structural study on two approximant phases in Ga-Pd-Tb alloy" ,The 14th International Conference on Quasicrystals (ICQ14), Slovenia, May 2019.

18) T. Taguchi, and Y.-G. So, "Direct observation of local atomic structure in two types of Au-Ge-Yb 1/1 approximants" ,The 14th International Conference on Quasicrystals (ICQ14), Kranjska Gora, Slovenia, May 2019.

19) Takaaki Furubayashi, Energy flow analysis for zero carbon society in Japan's regional area: Case study in Akita, EcoDesign2019 (Yokohama), 2019 Nov 25-27.

20) Yu Igarashi, Akira Komatsu, Takehiro Iwami, Hiroaki Tsukamoto and YoichiShimada: Comparison of MARG Sensor Results for Different Mounting Positions and Physiques for Accurate Knee Joint Motion Measurement, 2019 4th Asia-Pacific Conference on Intelligent Robot Systems, Nagoya,A0013

21) Kazutoshi Hatakeyama, Hiroaki Tsukamoto, Kotaro Suzuki, Satoaki Chida,Motoyuki Watanabe, Yusuke Takahashi, Kai Kagami, Tomohiro Suda, Kazuki Okura, Hikaru Kikuchi, Kimio Saito,Toshiki Matsunaga, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada: Knee kinematics of gait for patients with knee osteoarthritis using the2D/3D registration method, REHAB WEEK2019, ISPO , Tronto, 48, (2019)

22) Kazutoshi Hatakeyama, Hiroaki Kijima, Takehiro Iwami, Akira Komatsu, KimioSaito, Motoyuki Watanabe, Yusuke Takahashi, Kazuki Okura, Tomohiro Suda, Hikaru Kikuchi, Ryo Higuchi,Kotaro Suzuki, Yu Igarashi, Toshiki Matsunaga and Yoichi Shimada: Effects of Muscle Resistive Training on Acetabular Dysplasia by FiniteElement Analysis, 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine WorldCongress, Kobe, P1-40, (2019)
23) Akira Komatsu, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada Stress analysis of shelf acetabuloplasty for acetabular dyaplasia patients using dynamical load during walking 30th 2019 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, MP-10.
24) Kotaro Suzuki, Akira Komatsu, Kazutoshi Hatakeyama, Jumpei Iida, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada Validation of the hip contact force for a novel lower extremity musculoskeletal model 30th 2019 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, MP-9.
25) Tetsuya Yamauchi, Daiki Miura, Kai Maeda, Iori Usuda, Junichi Inoue, Ryota Kimura, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada Development of assist torque optimization system using reinforcement learning in gait rehabilitation robot 30th 2019 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, TP2-2-4.
26) Kiyoshi Tsurumiya, Wataru Hayasaka, Yu Igarashi, Akira Komatsu, Hiroaki Tsukamoto, Tomohiro Suda, Takehiro Iwami, and Yoichi Shimada A Novel Quantification Method for Gait Assessment in Knee Osteoarthritis Patients 30th 2019 IEEE International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, TP2-2-3.
27) Yu Igarashi, Wataru Hayasaka, Kiyoshi Tsurumiya, Hiroaki Tsukamoto, Tomohiro Suda, Takehiro Iwami, and Yochi Shimada IMU-based Gait Assessment of Patients based on the Multiple Regression Model Proceeding of 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech), Kyoto, OS-SHL, pp. 23-27.
28) 「Observation of dependence of ta-C surface graphitization on Deep ultraviolet laser intensity」 Tomomi Kozu, Makoto Yamaguchi, Masahiro Kawaguchi, Masamichi Yoshimura, The 8th International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, TH-PO-06
29) 「Determination of crystallinity on poly (ether ether ketone) by using visible Raman spectroscopy」 M. Yamaguchi, N. Kamihara, N. Ishikawa, Joseph I. Mapley, Jonathan E. Barnsley, Sara J. Fraser-Miller, Mitsutoshi Jikei, Mikio Muraoka, Keith C Gordon, The 10th International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy, Auckland
30) K. Murakami, A. Nakamura, "Synthesis of temperature-responsive polymer/magnetite/zeolite and application to high gradient magnetic separation", 9th International Colloids Conference (COLL2019, Sitges, Spain), P.133 (2019/6/16-19).
31) A. Nakamura, R. Sugawara, E. Yasuno, K. Murakami, "Synthesis of mesoporous silica coated

with magnetite and temperature-responsive polymer and study of methyl orange adsorption", 9th International Colloids Conference (COLL2019, Sitges, Spain), P.133 (2019/6/16-19).

32) Kumagai, S., Abe, Y., Saito, T., Fujiwara H., Sawa, N., Eguchi, T., Tomioka, M., Kabir, M., Tashima, D.,: Rice husk-based Cathode and Anode Active Materials of Lithium-ion Capacitor, 6th International Conference on Advanced Capacitors (ICAC2019), Shinshu University. Ueda, P-23, September 11, 2019.

33) Eguchi, T., Tashima, D., Fukuma, M., Kumagai, S.: Electric Double-layer Capacitance of Shōchū waste-derived Activated Carbons in Non-aqueous Electrolyte, 6th International Conference on Advanced Capacitors (ICAC2019), Shinshu University. Ueda, 2O-12, September 9, 2019.

【国内会議　一般】

1) 浮遊選鉱法と加圧浸出法を組み合わせたヒ素含有銅鉱石からの銅回収とヒ素分離, サンバルフンデウ デルゲルマー、芳賀 一寿、柴山 敦, 資源・素材 2019（京都）(2019)

2) アミノリン酸キレート樹脂を用いた硫酸溶液中の Sb(Ⅲ)・Sb(Ⅴ)の吸着・脱着おける不純物の影響、今井 清弘、川村 茂、高崎 康志、芳賀 一寿、柴山 敦、資源・素材 2019（京都）(2019)

3) 白金族元素（パラジウム、白金、ロジウム）を相互分離する新規抽出剤の創出と PGM 回収プロセスの開発、芳賀 一寿、松本 和也、寺境 光俊、柴山 敦、資源・素材 2019（京都）(2019)

4) 高不純物粗銅粉の硫酸浸出残渣に含まれる Sb の低減、原田 礼知、川村 茂、高崎 康志、芳賀 一寿、柴山 敦、資源・素材 2019（京都）(2019)

5) 高不純物粗銅粉の硫酸浸出残渣に含まれる Sb の回収、原田礼知、川村茂、高崎康志、芳賀一寿、柴山敦、資源・素材学会東北支部令和元年度春季大会講演要旨集、p. 48 (2019)

6) 添加法による珪酸亜鉛硫酸浸出液からのシリカの分離と濾過性向上、嘉数真道、川村茂、高崎康志、芳賀一寿、柴山敦、資源・素材学会東北支部令和元年度春季大会講演要旨集、p. 49 (2019)

7) 亜鉛電解採取用 Pb-Ag 合金アノードの酸素過電圧低減に関する取り組み, 高崎康志, 川村茂, 中川原聡, 資源・素材学会春季大会プログラム・要旨集, 1K62101-06-01, (2020)

8) Adamovic, D., Ishiyama, D., Kawaraya, H. and Ogawa, Y. (2020): Geochemical characteristics of groundwater along of Bor and Bela Rivers polluted by AMD from Bor mining area. 日本資源地質学会第 69 回年会要旨集，P. 113，東京大学，6 月 26 日～28 日.

9) 石山大三，増田信行，Stevanovic, Z.，柴山　敦，佐藤比奈子，川原谷浩，小川泰正，広瀬和世，Dordievski, S. and Gardic, V. (2020)セルビア国ボール鉱山地域での環境修復のための環境解析と金属回収無害化技術のシステム化. 日本資源地質学会第 69 回年会要旨集，P. 114，東京大学，6 月 26 日～28 日.

10) 小川泰正，石山大三，Dordievski，S., Petrovic，J. and Milivojevic, M. (2020): 草津酸性温泉由来の有害元素の白砂川，吾妻川流下過程における地球化学的挙動. 日本資源地質学会第 69 回年会要旨集，P. 116，東京大学，6 月 26 日～28 日.

11) 亜鉛電解採取用 Pb-Ag 合金アノードの酸素過電圧低減に関する取り組み, 高崎康志, 川村茂,

中川原聡，資源・素材学会春季大会プログラム・要旨集, 1K62101-06-01, (2020)

12) 左部翔大，渡辺　寧，緒方武幸，早坂康隆(2019) 秋田県荒川地域における銅鉱化作用を伴うマグマー熱水系．第 69 回資源地質学会年会講演会（東京大学)

13) 石津卓見，渡辺　寧，越後拓也(2019) 秋田県北部揚ノ沢鉱床の地質と鉱床．第 69 回資源地質学会年会講演会（東京大学)

14) 鈴木照洋，渡辺　寧，越後拓也(2019) 秋田県水沢鉱床における金銀に富む黒鉱鉱化作用．第 69 回資源地質学会年会講演会（東京大学)

15) 左部翔太，鈴木照洋，石津卓見，渡辺　寧，越後拓也(2019)秋田のレアメタル資源評価の研究．秋田産学官連携フォーラム 2019 (秋田拠点センター　アルヴェ 1F　きらめき広場)

16) 佐々木 練平、川村 洋平、竹内 音、北原 格: 鉱山開発現場における坑内環境の三次元モデル構築技術の開発及び実証，平成 31 年度資源・素材 2019（京都）

17) 磁気-フェライト処理によるタンパク質抽出法の検討，カビール ムハムドゥル，古谷 優，遠藤雅也，張 宏兵，日本水処理生物学会第 56 回大会 （金沢工業大学（石川）），2019 年 11 月

18) 磁気-フェライト処理法による活性汚泥からのタンパク質抽出の検討，古谷 優，カビール ムハムドゥル，遠藤 雅也，小原 直子，張 宏兵，水戸部 一孝，第 3 回秋田ヒューマン・エネルギー研究会 （秋田大学（秋田）），2019 年 09 月

19) Vapor adsorption property for alkanes by supramolecular organic crystals based on thiacalixarene, Manabu Yamada, Fumiya Uemura, Kazuya Matsumoto, Mitsutoshi Jikei, 2019 年度化学系学協会東北大会，山形，2019 年 9 月 22 日

20) 芳香族第一級アミン化合物を沈殿剤とした Rh(III)選択回収とメカニズム解析，松本和也，山川澄人，瀬崎勇斗，畠勇気，片桐洋史，寺境光俊，資源・素材２０１９，京都，2019 年 9 月 24 日

21) 白金族元素（パラジウム，白金，ロジウム）を相互分離する新規抽出剤の創出とＰＧＭ回収プロセスの開発，芳賀一寿，松本和也，寺境光俊，柴山敦，資源・素材２０１９，京都，2019 年 9 月 24 日

22) 芳香族第一級アミン化合物を抽出剤とした触媒浸出模擬溶液からの Rh(III)選択抽出，瀬崎勇斗，片桐洋史，松本和也，寺境光俊，資源・素材２０１９，京都，2019 年 9 月 25 日

23) 芳香族第一級ジアミン化合物を沈殿剤とした Rh(III)の高選択的回収，畠勇気，瀬崎勇斗，片桐洋史，松本和也，寺境光俊，資源・素材２０１９，京都，2019 年 9 月 25 日

24) 芳香族第一級ジアミン化合物と Rh のイオン結晶形成を利用した Rh(III)の高選択的回収，畠勇気，瀬崎勇斗，松本和也，寺境光俊，第５４回秋田化学技術協会研究技術発表会，秋田，2020 年 2 月 22 日

25) “HCa2Nb3-xTaxO10-CnTMA 複合体の調製と塩基触媒活性，小笠原正剛，赤沼玲奈，伴拓人，齊藤寛治，加藤純雄”，日本セラミックス協会 2020 年年会，1P126，東京，2020 年 3 月 18～20 日

26) “Cu 含有ハイドロキシアパタイトからの Cu 種の析出挙動”，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 2020 年年会，1P128，東京，2020 年 3 月 18～20 日

27) “二元細孔を有するメソポーラスシリカを担体とした Pt 触媒のプロピレン燃焼特性”, 小笠原正剛, 井上晃汰, 森田史斗, 齊藤寛治, 加藤純雄, 第 35 回ゼオライト研究発表会講演予稿集, B14,

p.56，東京，2019 年 12 月 5 日～6 日.

28) “固相反応法による Ag-Mn 系化合物の合成と熱安定性”，髙木直斗，齊藤寛治，小笠原正剛，加藤純雄, 令和元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, 1A12, p.12, 新潟，2019 年 11 月 8～9 日.

29) “二元細孔を有するメソポーラスシリカを担体とした Pt-K/BMS の触媒特性に対する K 添加量の影響”，森田史斗，井上晃汰，齊藤寛治，小笠原正剛，加藤純雄，令和元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，2P07，p.22，新潟，2019 年 11 月 8～9 日.

30) “アパタイト型リン酸塩の Cu イオンの固溶・析出に対する水蒸気の影響”，鹿川聡太，齊藤寛治，小笠原正剛，加藤純雄，令和元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，2P08，p.23，新潟，2019 年 11 月 8～9 日.

31) “HCa2Nb3-xTaxO10 を用いた有機無機複合体の調製と塩基触媒活性”，赤沼玲奈，伴拓人，小笠原正剛，齊藤寛治，加藤純雄，第 49 回石油・石油化学討論会，P20，p.274，山形，2019 年 10 月 31 日～11 月 1 日.

32) “レピドクロサイト型層状チタン酸の水素生成反応に対する光触媒活性への調製条件の影響”，稲熊航大，齊藤寛治，小川誠，小笠原正剛，加藤純雄，第 49 回石油・石油化学討論会，P25，p.277，山形，2019 年 10 月 31 日～11 月 1 日.

33) “Fe/SBA-15 触媒の FT 反応性に及ぼす還元条件の影響”，伊藤颯，江刺家淳大，池内孝夫，進藤隆世志，第 49 回石油・石油化学討論会，1H17, p.264，山形，2019 年 10 月 31 日～11 月 1 日.

34) “調製温度と組成の制御が層状リチウムチタン酸カリウムの光触媒活性に与える影響”，齊藤寛治，稲熊航大，小川誠，小笠原正剛，加藤純雄，日本粘土学会第 63 回粘土化学討論会，講演要旨集，B-15，pp.91-92，埼玉，2019 年 9 月 10～12 日

35) “Effect of H2 reduction conditions of Fe/SBA-15 catalyst on Fischer-Tropsch reactivity”，H. Ito, J. Esashika, T. Ikeuchi, T. Shindo, 2019 年度　化学系学協会東北大会, 講演予稿集, 1P027, p.101，山形，2019 年 9 月 21 日～22 日.

36) “Swelling behavior of substituted acrylamide hydrogels prepared in anionic surfactant solutions”, K. Nishida, Y. Inoue, T. Shindo, 2019 年度　化学系学協会東北大会，講演予稿集，2P111, p.182，山形，2019 年 9 月 21 日～22 日.

37) “Adsorption of methylene blue on mesoporous titania/titania pillared mica composite”, S. Kitabayashi, T. Watanabe, T. Ikeuchi, Y. Inoue, T. Shindo, 2019 年度　化学系学協会東北大会，講演予稿集，2P134, p.189，山形，2019 年 9 月 21 日～22 日.

38) “層状ニッケルチタン酸の相分離を利用した Ni ドープ型 TiO2 系光触媒の設計”，齊藤寛治，小宮雄輔, 宗宮穣, 小笠原正剛, 加藤純雄，日本粘土学会若手の会第 11 回若手研究者若手発表会，埼玉，2019 年 9 月 9 日

39) “層状ニッケルチタン酸の相分離で得られる緻密な Ni ドープ型 TiO2-NiTiO3 ナノコンポジットの可視光応答型光触媒活性”，齊藤寛治，小宮雄輔，宗宮穣，小笠原正剛，加藤純雄，日本素材物性学会令和元年度年会，講演要旨集，B-5，pp.49-50，秋田，2019 年 6 月 25 日

40) 杉内一彦，福本倫久，原　基　溶融塩を媒体とした電析と溶解法による多孔質 Ni の作製とその

応用　日本金属学会秋季講演大会，岡山大学，2019 年 9 月(p.418)

41) Mg-Gd-Zn 系過飽和固溶体合金の高温変形挙動と Suzuki 効果，齋藤嘉一，大川萌，佐藤勝彦，平賀賢二，日本金属学会　2020 年（第 166 回）春期講演大会，東京工業大学大岡山キャンパス

42) Co-Gdox 超常磁性 MFM 探針の高周波磁場応答性の X バンド・導波管スロットアンテナを用いた評価”，上村拓,園部博,松村透,伊藤桂一,齊籐準，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25 日

43) “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の動的観察”，大阪飛翔,J.W.Wu,齊籐準,第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25 日

44) “交番磁気力顕微鏡を用いた永久磁石の 3 次元磁場計測-探針伝達関数に基づいた計測磁場方向の変換”，和田真羽,Y.Zho,松村透,齊籐準，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25 日

45) “交番磁気力顕微鏡を用いた直流磁場と交流磁場の交差エネルギー項の検出による磁気記録ヘッドの局所磁化計測”，P.Dubey,P.Kumar,齊籐準，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 09 月 25 日

46) “交番磁気力顕微鏡を用いたソフト磁性薄膜の磁壁移動の動的観察法”，大阪 飛翔, Jong-Ching Wu，齊藤 準，第 67 回応用物理学会春季学術講演会，東京，2020 年 3 月 13 日

47) “磁気力顕微鏡における探針伝達関数を用いた計測磁場方向変換”，和田 真羽, Zhao Yue，松村透，齊藤 準，第 67 回応用物理学会春季学術講演会，東京，2020 年 3 月 15 日

48) “交番磁気力顕微鏡による探針伝達関数を用いた 3 次元磁場計測”，和田 真羽, Zhao Yue，松村 透，齊藤 準，第 67 回応用物理学会春季学術講演会，東京，2020 年 3 月 14 日

49) 吉村哲，大下直哉，M. Kuppan，「強磁性・強誘電／強磁性金属積層膜への電界印加による強磁性金属薄膜の磁化反転」，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25-27 日.

50) 山本大地，大下直哉，「反応性パルス DC スパッタリング成膜におけるターゲット中酸素濃度が BiFeO3 系薄膜の磁気・誘電特性へ及ぼす影響」，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25-27 日.

51) 武田航太朗，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」，第 43 回日本磁気学会学術講演会，京都，2019 年 9 月 25-27 日.

52) 吉村哲，大下直哉，M. Kuppan，「(Bi,La)(Fe,Co)O3 強磁性･強誘電薄膜上に成膜された[Co/Pd]垂直磁化膜における積層膜への電界印加による[Co/Pd]薄膜の磁化反転」，応用物理学会新領域強的秩序 G 第 10 回研究会，東京，2020 年 1 月 11 日.

53) 細谷亮太，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」，応用物理学会新領域 強的秩序 G 第 10 回研究会，東京，2020 年 1 月 11 日.

54) 武田航太朗，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」，応用物理学会新領域 強的秩序 G 第 10 回研究会，東京，2020 年 1 月 11 日.

55) 安田昌平，大川浩一，加藤貴宏，菅原勝康：二酸化炭素と超音波を利用したアルカリ熱水溶液中におけるオイルサンドからのビチューメン高効率回収の検討,第 54 回 秋田化学技術協会 研究

技術発表会,(にぎわい交流館 AU (あう), 秋田), (2020)

56) 大川浩一, 斉藤知直, 安田昌平, 川村洋平, Tayfun Babadagli, 加藤貴宏, 菅原勝康： 超音波と CO2 を用いたアルカリ溶液中におけるオイルサンドからのビチューメン増進回収, 第 40 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, (明治大学, 東京), 3P4-1 (2019)

57) 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モノエタノールアミン溶液からの CO2 ガス脱離量の増進,第 40 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, (明治大学, 東京), 2P4-3 (2019)

58) 安田昌平, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康： 二酸化炭素と超音波を利用したアルカリ溶液中におけるオイルサンドからのビチューメン高効率回収の検討, 2019 年度 第 28 回 ソノケミストリー討論会, (東北大学, 宮城), P23 (2019)

59) 北村優弥, 大川浩一, 加藤貴宏, 菅原勝康： 超音波と二酸化炭素を利用した粗大なスコロダイト粒子の合成,令和元年度 日本セラミックス協会東北北海道支部 研究発表会, (新潟大学, 新潟), 1A09 (2019)

60) 大川浩一, 伊藤寛泰, 加藤貴宏, 菅原勝康： 超音波照射を用いたアミン溶液からの二酸化炭素の低温脱離,資源・素材学会 資源・素材 2019, (京都大学, 京都), 1K0701-09-02 (2019)

61) 長谷川崇, 石澤祐, 白井千尋, 侵入型元素 N を添加された Fe 及び FeCo 薄膜への V 添加による bct 構造安定化, 電気学会研究会資料（マグネティックス研究会）(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-197～208, p.p. 47-50 (MAG-19-205) (2019).（慶応大学 2019 年 12 月 19 日, 発表日 2019 年 12 月 19 日）

62) 武政友佑, 白井千尋, 長谷川崇, FeCoN 薄膜への Al 添加による磁気異方性の増大, 電気学会研究会資料（マグネティックス研究会）(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-079～091, p.p. 13-16 (MAG-19-81) (2019).（東北大学 2019 年 8 月 8 日～8 月 9 日, 発表日 2019 年 8 月 8 日）

63) 白井千尋, 長谷川崇, N 添加した Fe, Co 及びその合金薄膜の結晶構造と磁気特性の相図, 電気学会研究会資料（マグネティックス研究会）(The papers of technical meeting on magnetics, IEEE Japan), MAG-19-079～091, p.p. 17-21 (MAG-19-82) (2019).（東北大学 2019 年 8 月 8 日～8 月 9 日, 発表日 2019 年 8 月 8 日）

64) 武政友佑, 白井千尋, 長谷川崇, FeCoN 薄膜への Al 添加による磁気異方性の増大, 第 43 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 252（27aC-7）(2019).（京都大学 2019 年 9 月 25 日～9 月 27 日, 発表日 2019 年 9 月 27 日）

65) 白井千尋, 長谷川崇, N 添加した Fe, Co 及びその合金薄膜の結晶構造と磁気特性の相図, 第 43 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 253（27aC-8）(2019).（京都大学 2019 年 9 月 25 日～9 月 27 日, 発表日 2019 年 9 月 27 日）

66) 関勇希, 及川光彬, 武政友佑, 白井千尋, 長谷川崇, MgO 基板と SiO2 基板上に成膜した FeCoVN の bct 構造, 第 43 回日本磁気学会学術講演概要集, p. 254（27aC-9）(2019).（京都大学 2019 年 9 月 25 日～9 月 27 日, 発表日 2019 年 9 月 27 日）

67) 藤坂飛翔, 高橋弘樹, 田口正美: 反応性スパッタによる Mo-N 薄膜の作製とアルカリ溶液中での酸素還元活性の評価, 秋田化学技術協会第 54 回研究技術発表会 (2020. 2. 2, 秋田).

68) 渡 辺 大 樹 , 高 橋 弘 樹 , 田 口 正 美 : Preparation of molybdenum nitride particles from molybdenum sulfide and evaluation of oxygen reduction reaction, 2019 年度化学系学協会東北大会 (2019. 9. 21-22, 山形).

69) 藤坂飛翔, 高橋弘樹, 田口正美: Preparation of Mo-N thin films by reactive sputtering and evaluation of oxygen reduction reaction in alkaline solution, 2019 年度化学系学協会東北大会 (2019. 9. 21-22, 山形).

70) 渡辺大樹, 高橋弘樹, 田口正美: Mo 窒化物ナノ粒子の調製と HClO4 水溶 液中における酸素還元特性の評価, 日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会 (2019. 6. 25, 秋田).

71) 早瀬仁丈暢, 淀川信一, 倉林徹, 安達恵美, 丹野剛紀「柔粘性結晶ノナデカンにおける分子の回転挙動」, 第 17 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム（金沢）

72) 島田凌, 淀川信一, 倉林徹, 丹野剛紀「ピリミジン-4-カルボン酸結晶のテラヘルツ帯振動モードの方位依存性」, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会（札幌）

73) 島田凌, 淀川信一, 倉林徹, 安達恵美, 丹野剛紀「4-ニトロ安息香酸メチル単結晶のテラヘルツ帯振動の異方性」, 第 28 回有機結晶シンポジウム（高松）

74) 緒方武幸・Jamsran Erdenebayar ほか, 「コピアポ周辺地域の酸化鉄卓越型銅鉱床に産する安山岩類の化学組成と U-Pb ジルコン年代」 第 69 回資源地質学会年会, 2019, 東京

75) 星　侑樹,田島克文,吉田征弘 :「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」, MAG-20-060, (2020 年 3 月 26 日)

76) 榎本 愛, 松井 解, 佐々木 一音, 景山 陽一, 白井 光, 石沢 千佳子 ：「熱赤外画像を対象とした夜間における人物抽出に関する検討」, 情報処理学会第 82 回全国大会, 6Q-07 (2020)

77) 半田 修士 , 伊藤 昭彦 , 水戸部 一孝 ; 自転車運転シミュレータを用いた交差点出会い頭事故における自転車対自動車交通事故要因の検討 , 日本交通科学学会誌 , Vol.19, 補冊 , 第 55 回日本交通科学学会総会・学術講演会講演集 , p.76, (東京 , 日本), (2019 年 6 月 20, 21 日).

78) 内堀 雄太 , 半田 修士 , 藤原 克哉 , 水戸部 一孝 ; 実歩行可能な歩行環境シミュレータの構築と車道横断動作の解析 , 日本交通科学学会誌 , Vol.19, 補冊 , 第 55回日本交通科学学会総会・学術講演会講演集 , p.76, (東京 , 日本), (2019 年 6 月 20, 21 日).

79) Stevens, GF Morlu., 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 85 年会, 大阪, 2020.

80) Morlu Stevens GF, Masataka Yamazaki, Ssaki Yokota, Takeshi Gotoh : 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 85 年会, 大阪, 2020.

81) Morlu GF. Stevens· Naoya Ishibashi· Masataka Adachi· Saki Yokota· Takeshi Gotoh: Tailor made Peptide-Silica Sorbent Selective for Metal Ions of Interest Using Histidine Residues and Adhesive Peptide, 日本素材物性学会令和元年度年会, 秋田, 2019.

82) Morlu GF. Stevens, Naoya Ishibashi, Masataka Adachi, Saki Yokota, Takeshi Gotoh: Preparation of highly selective peptide-silica sorbents having imprinted holes for target metal ions, 令和元年度先端研究発表会, 仙台, 2019.

83) 大久保 詠一郎、大畠昌也、松村洋寿、池内良彦、養王田正文、野口恵一、尾高雅文、カルボキシ

ソーム外殻形成過程の鍵タンパク質 CcmO の発現と精製、2019 年度日本生物工学会北日本支部札幌シンポジウム、2019 年 10 月 18 日、北海道大学札幌キャンパス

84) 大畠昌也、中村 隆太郎、中口雄貴、三木智寛、松村洋寿、福谷洋介、野口恵一、養王田 正文、尾高雅文、カルボキシソームの粒子形成に必須な外殻タンパク質 CcmO のヘテロ複合体形成能と自己集合能、第 13 回バイオ関連化学シンポジウム 2019、2019 年 9 月 4 日～6 日、東北大学青葉山東キャンパス

85) 竹原直輝、松村洋寿、小川信明、尾高雅文、好熱菌 Thermotoga maritima 由来 Encapsulin の機能解明に向けたフェリチン様タンパク質のキャラクタリゼーション、第 71 回日本生物工学会、2019 年 9 月 16 日～18 日、岡山大学津島キャンパス

86) NAKAMURA, R., MATSUMURA, H., NAKAGUCHI, Y., MIKI, T., FUKUTANI, Y., OGAWA, N., NOGUCHI, K., YOHDA, M., ODAKA, M., Self Assembly Mechanism of Carboxysome Shell Protein, CcmO, 第 19 回日本蛋白質科学会年会/第 71 回日本細胞生物学会大会合同年次大会、2019 年 6 月 24 日～26 日、神戸国際会議場、神戸国際展示場

87) 尾高雅文、野中 衛、竹原直輝、 松村洋寿、董 金華、上田 宏、野口恵一、養王田 正文、小川信明、タンパク質ナノカプセル構造 Encapsulin へのゲスト分子ディスプレイならびに内包化技術の開発、第 79 回分析化学討論会、2019 年 5 月 18 日～19 日、北九州国際会議場&AIM

88) 船津和哉，肖英紀，「メカニカルアロイング法による B20 型合金の合成 II」，日本物理学会第 75 回年次大会，名古屋大学東山キャンパス，2020 年 3 月

89) 安井隼太，小松正弥，肖英紀，「β-Mn 型 Co-Zn-(V, Cr)合金の作製 II」，日本物理学会第 75 回年次大会，名古屋大学東山キャンパス，2020 年 3 月

90) 船津和哉，肖英紀，「メカニカルアロイング法による B20 型合金の合成」，日本物理学会 2019 年秋季大会，岐阜大学柳戸キャンパス，2019 年 9 月

91) 安井隼太，小松正弥，肖英紀，「β-Mn 型 Co-Zn-合金の磁性における複合添加の影響」，日本物理学会 2019 年秋季大会，岐阜大学柳戸キャンパス，2019 年 9 月

92) 田口牧，肖英紀，「Au-Ge-Yb 近似結晶の 2 相分離構造の直接観察 II」，日本物理学会 2019 年秋季大会，岐阜大学柳戸キャンパス，2019 年 9 月

93) 古林敬顕, 脱炭素社会に向けた秋田県のエネルギーフロー分析および持続可能性評価, 日本機械学会技術と社会部門講演会 （仙台） , 2019 年 11 月 30 日.

94) 古林敬顕, 地域の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, 超異分野学会 富谷フォーラム 2019 （富谷), 2019 年 12 月 13 日.

95) 古林敬顕, 多様な再生可能エネルギーを考慮した持続可能な地域エネルギー需給の分析, 第 36 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス （東京大学生産技術研究所), 2020 年 1 月 28-29 日.

96) "イワヒバ由来セラジネリン A の全合成" 藤原憲秀, 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一 日本化学会第 100 春季年会（野田） 講演要旨集 1H5-15, 2020.3.22.

97) "リスタバクチン A の全合成研究" 藤原憲秀, 須田優介, 下澤省吾, 近藤良彦, 秋葉宇一 日本化学会第 100 春季年会（野田） 講演要旨集 1H5-16, 2020.3.22.

98) "天然色素シュードセロシンの合成研究" 藤原憲秀, 高木絵梨, 近藤良彦, 秋葉宇一 日本化学会

第 100 春季年会（野田） 講演要旨集 1H5-17, 2020.3.22.

99) "アンセロン C の合成研究" 成瀬貴啓, 岡本啓, 鈴木孝紀, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 第 63 回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会（秋田） 講演要旨集 2PII-8, 2019.9.29.

100) "リスタバクチン A の全合成研究" 須田優介, 下澤省吾, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 令和元年度化学系協会東北大会（山形） 講演要旨集 1P074, 2019.9.21.

101) "天然色素シュードセロシンの合成研究" 髙木絵梨, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 令和元年度化学系協会東北大会（山形） 講演要旨集 1P075, 2019.9.21.

102) "サモアミド A の全合成研究" 静谷光, 菅原治, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 令和元年度化学系協会東北大会（山形） 講演要旨集 1P076, 2019.9.21.

103) "セラジネリン S の全合成" 板垣貴也, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部 2019 年夏季研究発表会（苫小牧）講演要旨集 B06, 2019.7.20.

104) "リスタバクチン A の全合成研究" 須田優介, 下澤省吾, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部 2019 年夏季研究発表会（苫小牧）講演要旨集 B07, 2019.7.20.

105) "天然色素シュードセロシンの合成研究" 髙木絵梨, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 日本化学会北海道支部 2019 年夏季研究発表会（苫小牧）講演要旨集 B08, 2019.7.20.

106) "海産シデロフォア化合物リスタバクチンAの全合成研究" 須田優介, 下澤省吾, 近藤良彦, 秋葉宇一, 藤原憲秀 第 10 回分子生命研究会（秋田） 13:05 講演, 2019.7.13.

107) "[2+2+2]環化付加反応に基づくキャンディドゥシン類縁体の全合成" 佐藤大介・近藤良彦・秋葉宇一・藤原憲秀 第 115 回有機合成シンポジウム（仙台） 講演要旨集 P-56, 2019.6.3.

108) 山本 裕和，TON THAT LOI，安藝 史崇，水戸部 一孝：ハイパーサーミア用ワイヤレス温度検知技術のための磁場印加検知ユニットの検討，第 58 回日本生体医工学会大会，2019.6.6

109) 齋藤 正親，菊地 由紀子，工藤 由紀子，佐々木 真紀子，水戸部 一孝：磁気式モーションキャプチャを用いた採血手技の定量化手法の検討，第 58 回日本生体医工学会大会，2019.6.6

110) 芳野 光，齋藤 正親，菊地 由紀子，工藤 由紀子，佐々木 真紀子，水戸部 一孝：HMD 型 MR デバイスを用いた採血手技訓練システムの開発，第 58 回日本生体医工学会大会，2019.6.6

111) 安藝 史崇，Ton That Loi，齊藤 元，山崎 清之，水戸部 一孝：金コート感温磁性体を利用したハイパーサーミアのためのワイヤレス温度計測・自動定温加熱システムの構築，第 58 回日本生体医工学会大会，2019.6.7

112) TON THAT LOI，安藝 史崇，山本 良之，齊藤 元，薮上 信，水戸部 一孝：磁気ハイパーサーミアのための感温磁性微粒子の位置・温度情報のワイヤレス検知技術に関する研究開発，第 58 回日本生体医工学会大会，2019.6.7

113) 水戸部 一孝, 半田 修士：高齢歩行者の交通事故防止のための訓練用シミュレータの開発, 2019 年度日本機械学会年次大会，2019.9.10 畠山和利，鈴木恒太郎，樋口諒，渡邉基起，髙橋裕介，大倉和貴，須田智寛，菊地耀，市川兼之， 巖見武裕，斉藤公男，松永俊樹，島田洋一:3 次元筋骨格モデルの再構築，第 37 回東北理学療法学術大会，福島，O-4-3，(2019)

114) 五十嵐悠，鶴宮聖士，小松瞭，渡邉基起，須田智寛，野坂光司，巖見武裕，島田洋一: Ilizarov 創外固定器装着時の歩行時皮膚上加速度と固定器上加速度の比較，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J02517P(2019)

115) 鈴木恒太郎，樋口諒，小松瞭，畠山和利，巖見武裕，飯田純平，島田洋一: 三次元筋骨格モデルにおける下肢筋走行の再構築と精度検証，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J02516P(2019)
116) 只野孝明，巖見武裕，三浦雅弘，木澤悟，千田聡明，島田洋一: 麻痺患者のための卓上型上肢リハビリロボットの開発，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J24112P(2019)
117) 山内哲也，三浦大輝，臼田伊織，前田海，巖見武裕，島田洋一: 歩行リハビリテーションロボットにおける強化学習によるアシスト量最適化システムの開発，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J24103(2019)
118) 伊藤幸来，木澤悟，巖見武裕，佐々木真紀子: Kinect を用いた看護動作における腰部負荷の推定，　日本機械学会年次大会 2019，秋田，J16107P(2019)
119) 菊地大輔，只野孝明，三浦雅弘，金野正史，六平澄人，木澤悟，巖見武裕，島田洋一: 卓上型無線上肢リハビリロボットの開発，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J16106P(2019)
120) 渡邉基起，野坂光司，小松瞭，五十嵐悠，早坂渉，鶴宮聖士，畠山和利，高橋裕介，須田智寛，斉藤公男，松永俊樹，島田洋一: リング型創外固定術後の歩行特性 - 荷重痛の有無と Anguler Jerk Cost による検討 -，東日本整形災害外科学会雑誌, Vol. 31, No. 3,1-4-3, 316-316, (2019)
121) 須田智寛，五十嵐悠，小松瞭，畠山和利，渡邉基起，髙橋裕介，大倉和貴，斉藤公男，松永俊樹，島田洋一 : 慣性センサを用いた片麻痺患者における膝軟性装具の有無による膝関節屈曲- 伸展角の変化，第 35 回日本義肢装具学会学術大会抄録集，仙台，1-4-30(2019)
122) 只野孝明，巖見武裕，三浦雅弘，木澤悟，寺田裕樹，千田聡明，松永俊樹，島田洋一: ＡＲ技術を活用した卓上型上肢リハビリロボットの開発，第 35 回日本義肢装具学会学術大会抄録集，仙台，1-4-23(2019)
123) 小松瞭，巖見武裕，齊藤諒，千田聡明，松永俊樹，島田洋一: 有限要素解析を用いた手関節装具の構造最適化設計，第 35 回日本義肢装具学会学術大会抄録集，仙台，1-2-4(2019)
124) 千田聡明，松永俊樹，加賀美開，斉藤公男，島田洋一，齊藤諒，巖見武裕，宮脇和人: 3D オブジェクト生成ソフトによる自助具やスプリントを複製する試みースプリントの 3D データ出力ー，第 35 回日本義肢装具学会学術大会抄録集，仙台，1-2-3(2019)
125) 飯田純平，宮腰尚久，本郷道生，小松瞭，樋口諒，鈴木恒太郎，巖見武裕，松永俊樹，島田洋一: 新たな三次元筋骨格モデルによる成人脊柱変形の病態解析と臨床応用，第 92 回日本整形外科学会学術総会，横浜，2-1-S9-1(2019)
126) 須田智寛，斉藤公男，畠山和利，渡邉基起，髙橋裕介，大倉和貴，菊地耀，小松瞭，五十嵐悠，山内哲也，島田洋一: 片麻痺患者における慣性センサを用いたロボットリハビリテーションの歩行非対称性の改善効果の検討，日本リハビリテーション医学会第 55 回　学術集会，ポスター（関連専門職），3-P1K-7-4，神戸，(2019)
127) 松永俊樹，巖見武裕，工藤大輔，斉藤公男，木村竜太，千田聡明，畠山和利，渡邉基起，島田洋一: 工学と繋がるリハビリテーション医療の連携―Akita FES Project, Akita Motion Analysis Group の活動紹介，日本リハビリテーション医学会第 55 回　学術集会，シンポジウム 4，SY04-2，神戸，(2019)
128) 舘謙吾，巖見武裕　座位における動的バランス能力の年齢差評価　第 40 回バイオメカニズム学術講演会，春日井，2A4-1，(2019)

129) 小林義和，巖見武裕，畠山和利，斉藤公男，島田洋一　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　第 46 回日本臨床バイオメカニクス学会，久留米，O29-7, (2019)
130) 渡邉基起，小松瞭，五十嵐悠，畠山和利，髙橋裕介，大倉和貴，須田智寛，早坂渉，鶴宮聖士，野坂光司，斉藤公男，巖見武裕，松永俊樹，島田洋一　慣性センサーを用いた装具の適合判定～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 46 回日本臨床バイオメカニクス学会，久留米，O28-7, (2019)
131) 小松瞭，五十嵐悠，早坂渉，鶴宮聖士，塚本泰朗，須田智寛，齊藤英知，巖見武裕，島田洋一　9 軸モーションセンサを用いた変形性膝関節症患者の歩行時膝関節軌道の定量化　第 46 回日本臨床バイオメカニクス学会，久留米，O16-4, (2019)
132) 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股関節間力の検証　第 46 回日本臨床バイオメカニクス学会，久留米，O14-6, (2019)
133) 畠山和利，木島泰明，鈴木恒太郎，掘場崇徳，渡邉基起，髙橋裕介，大倉和貴，須田智寛，　菊地耀，市川兼之，斉藤公男，巖見武裕，松永俊樹，島田洋一　骨盤前傾角度，体重の増減が寛骨臼形成不全に与える影響　第 7 回日本運動器理学療法学会学術大会，岡山，O-184, (2019)
134) 渡邉基起，小松瞭，五十嵐悠，畠山和利，髙橋裕介，大倉和貴，須田智寛，菊地耀，市川兼之，野坂光司，斉藤公男，松永俊樹，島田洋一　リング型創外固定術後の歩行特性～慣性センサを用いた膝関節角度の比較～　第 7 回日本運動器理学療法学会学術大会，岡山，O-130, (2019)
135) 水田敏彦，鏡味洋史：1964 年新潟地震の秋田県における被害に関する文献調査，日本建築学会大会学術講演梗概集 B 構造Ⅱ(CD-ROM)，2019 年 9 月
136) 水田敏彦：秋田県における学校の災害安全推進活動の一例－平成 28 年度から平成 30 年度の活動より－，日本安全教育学会第 20 回山形大会予稿集，pp.84～85，2019 年 9 月
137) 水田敏彦，鏡味洋史：1939 年男鹿地震の写真と映像資料に関する文献調査，第 36 回歴史地震研究会（徳島大会）講演要旨集，pp.27，2019 年 9 月
138) 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，第 36 回歴史地震研究会（徳島大会）講演要旨集，pp.37，2019 年 9 月
139) 鏡味洋史, 水田敏彦:1891 年濃尾地震の事後の降雪に関する一考察, 中部歴史地震研究懇談会, 2019 年 12 月
140) 水田敏彦：常時微動連続観測に基づく特別豪雪地帯住宅の冬期振動特性，東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集，2019 年 12 月
141) 鏡味洋史，水田敏彦：1914 年秋田仙北地震を詠んだ川越守固の短歌，東北地区自然災害科学研究集会講演予稿集，2019 年 12 月
142) 鎌滝孝信・宇内滉志・得丸達生・松冨英夫：秋田県南部および山形県北部沿岸低地における津波浸水履歴の検討．土木学会第 66 回海岸工学講演会，かごしま県民交流センター，2019 年 10 月 24 日．
143) 松冨英夫・鎌滝孝信：2018 年 7 月西日本豪雨による真備町氾濫域における土砂堆積の実態と氾濫水密度の概算．土木学会第 64 回水工学講演会，大宮ソニックシティ，2019 年 11 月 6 日．
144) 鎌滝孝信・阿部恒平・黒澤英樹：秋田県中部八郎湖の湖底堆積物中に保存されたイベント堆積

物．令和元年度東北地域災害科学研究集会，山形大学，2019 年 12 月 27 日．

145) 網干秀俊・鎌滝孝信・平川知明・宿田涼介・梅田浩司：秋田県北部の沖積低地における津波堆積物の分布様式．令和元年度東北地域災害科学研究集会，山形大学，2019 年 12 月 27 日．

146) 宿田涼介・梅田浩司・鎌滝孝信：秋田県北部の沖積低地における洪水堆積物について．令和元年度東北地域災害科学研究集会，山形大学，2019 年 12 月 27 日．

147) 高桑充広・鎌滝孝信・齋藤憲寿・渡辺一也：河川遡上津波による土砂混合及び堆積に関する実験．令和元年度東北地域災害科学研究集会，山形大学，2019 年 12 月 27 日．

148) 林　直幸・齋藤憲寿・鎌滝孝信・渡辺一也・田中　仁：数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討．令和元年度東北地域災害科学研究集会，山形大学，2019 年 12 月 27 日．

149) 網干秀俊・鎌滝孝信・平川知明：秋田県北部，竹生川河口部の沖積低地における過去の津波浸水域に関する研究. 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会, 秋田大学, 2020 年 3 月 7 日．

150) 高桑充広・鎌滝孝信・齋藤憲寿・渡辺一也：河川遡上津波による粒径分布の異なる土砂の挙動に関する実験．令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会，秋田大学，2020 年 3 月 7 日．

151) 林　直幸・齋藤憲寿・鎌滝孝信・渡辺一也・田中　仁：秋田県北部における津波の河川遡上に関する研究．令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会，秋田大学，2020 年 3 月 7 日．

152) 村田健司，鹿住 孝,米澤 新, 岩間祐一,袖山　博,中津　雅延,水間　宏行,神谷　修，鈴木海人,奥山 悦至,小島 直矢：蒸気圧破砕薬剤によるセラミックス系複合材の破砕制御，日本素材物性学会 2019 年年度年会，講演要旨、A19、p37.

153) ステアリング結晶を用いたⅢ族窒化物半導体ナノ結晶の垂直配向成長，齋藤宇，白石孝輝，谷口真悟，飯塚洋介，齋藤翼，佐藤祐一，2019 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2F05 (2019).

154) 窒化処理を施した Ti 箔上へのⅢ族窒化物半導体ナノ結晶の成長と発光特性, 谷口真悟, 齋藤宇, 玉城正義，グェンドゥックチュン，齋藤翼，佐藤祐一，2019 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2F04 (2019).

155) 酸化物透明半導体薄膜の電気的光学的特性および発熱特性の評価, 齋藤翼, 齋藤宇, 谷口真悟, 三浦佑太，池田順次，佐藤祐一，2019 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2F02 (2019).

156) 「集束イオンビーム（FIB）により形成されたダイヤモンド加工変質層における深紫外光照射効果の O2, Ar 雰囲気の影響」, アフザル　ハフィジー　ビン　モハマド　ジャマル, 神津知己, 山口誠，川堰宣隆，森田昇，西村一仁：精密工学会東北支部学術講演会，山形大学，2019.11.8

157) 「携帯型ラマン散乱分光装置による炭素繊維高分子複合材料の結晶化度評価の検討」, 小林祥子, 野上太郎，山口誠，村岡幹夫，精密工学会東北支部学術講演会，山形大学，2019.11.8

158) 「近赤外ラマン散乱分光法による爪試料評価のための基礎的検討」，望月康竹，山口誠，精密工学会東北支部学術講演会，山形大学，2019.11.8

159) 「集束イオンビーム照射により形成された単結晶ダイヤモンド変質層の深紫外ラマン散乱（第 4 報）–深紫外光照射によるラマン散乱スペクトルの変化の酸素濃度依存性–」アフザルハフィジー・神津知己・山口　誠，川堰宣隆，森田　昇，西村一仁，B04，2020 年度精密工学会春季大会

160) 佐藤啓，中村彩乃，村上賢治，“Filtration of bentonite suspension using cationic surfactant

as flocculant”，2019 年度化学系学協会東北大会（山形），1P014 (2019/9/21-22).

161) 菅原諒祐，中村彩乃，村上賢治，“Synthesis of multiamine-functionalized magnetic mesoporous silica”，2019 年度化学系学協会東北大会（山形），2P129 (2019/9/21-22).

162) 多孔質ガラス中での有機無機ペロブスカイトナノ粒子のシンチレーション特性, 河野直樹, 篠崎健二, 中内大介, 木村大海, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

163) 溶融法により作製した Eu 添加 TeO2-Al2O3-BaO ガラスのシンチレーション特性, 河野直樹, 木村大海, 堀本篤史, 篠崎健二, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

164) Eu 添加 BaCaBO3F セラミックスの放射線検出特性, 河野直樹, 木村大海, 岡田豪, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

165) フルオロフェネチルアミン含有有機無機ペロブスカイト型化合物を用いた高速応答シンチレータの作製, 堀本篤史, 河野直樹, 中内大介, 木村大海, 赤塚雅紀, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

166) ブロモフェネチルアミン導入による有機無機ペロブスカイト型化合物の放射線検出特性への影響, 堀本篤史, 河野直樹, 木村大海, 中内大介, 赤塚雅紀, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

167) Tb 添加 TeO2 ガラスの放射線検出特性, 高久暁人, 河野直樹, 木村大海, 中内大介, 篠崎健二, 柳田健之, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 9/18-21 北海道大学 (2019).

168) “Effect of the metallic oxides mix-doping on the microstructure and superconducting properties of Bi-2223 Ag/tapes”, X.Y. Lu, D. Yi, A. Nagata,第 32 回国際超電導シンポジウム (ISS2019) (Miyako Messe, Kyoto, Japan), 2019 年 12 月.

169) Gel electrochemical element and molecular film for sensor enhanced by hydrogenated amorphous silicon and ultra violet light conversion, Koki Shimanaka, Shota Murakami, Kairi Shimazaki, Kishiro Seino, Hikaru ,Hatakeyama,Shu Mugita, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Yutaka Tsujiuchi 第５７回日本生物物理学会総会　2019.09.24-09.26　宮崎県シーガイヤコンベンセーションセンター

170) Observation of structural change of lipid film and lipid and bacteriorhodopsin film laminated on hydrogenated amorphous silicon film. Hikaru Hatakeyama, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Yutaka Tsujiuchi 第５７回日本生物物理学会総会　2019.09.24-09.26　宮崎県シーガイヤコンベンセーションセンター

171) 紫外線と可視光に関わる分子エレクトロニクスとしての生体システムと物質科学システム Yutaka Tsujiuchi, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Norimi Takahashi, Kairi Shimazaki, Hikaru Hatakeyama,Shu Mugita あきた産学官連携フォーラム 2019　2019.12.05　秋田県秋田市アルヴェ

172) バイオセンサ開発に向けた複合分子固体膜およびゲル固体に関する研究　Kishiro Seino, Hiroshi Masumoto, Takashi Goto, Norimi Takahashi, Shota Murakami, Yutaka Tsujiuchi あきた産学官連携フォーラム 2019　2019.12.05　秋田県秋田市アルヴェ

173) 富岡雅弘,塗健治,西田裕,熊谷誠治「カーボンブラック/ポリエチレン複合材料の抵抗温度特性に及ぼすアニール処理の影響」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

174) 堤光太,富岡雅弘,熊谷誠治「負極の不可逆容量が除かれたリチウムイオン電池の充放電特性」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

175) 石川俊朱,熊谷誠治「イオン液体を用いた電気二重層キャパシタの高温領域における充放電特性」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

176) 伊藤流唯,沢田圭一郎,齋藤一平，富岡雅弘,熊谷誠治「リチウムイオンキャパシタの充放電特性に及ぼす電解液とセパレータの影響」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

177) 齋藤一平,沢田圭一郎,富岡雅弘,熊谷誠治「ハードカーボン/Si 混合系活物質のリチウムイオン挿入脱離特性」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

178) 江口卓弥,田島大輔,福間眞澄,熊谷誠治「焼酎粕由来活性炭の有機系電解液中での電気二重層特性」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

179) 安井啓道，高橋博文,熊谷誠治「電気二重層キャパシタの充放電特性に及ぼす電極導電助剤の影響」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

180) 根本優樹,富岡雅弘,熊谷誠治「もみ殻炭のリチウムイオン吸蔵放出特性に及ぼす含有シリカの影響」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

181) 堀夏樹,富岡雅弘,熊谷誠治「リチウムイオン電池の電気化学反応速度を考慮した等価回路モデルの構築」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

182) 沢田圭一郎,伊藤流唯,齋藤一平,富岡雅弘,熊谷誠治「Si 系負極を用いたリチウムイオンキャパシタの充放電特性」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

183) 新發田睦樹，中嶋明宏，熊谷誠治「再生可能エネルギーと蓄電池を導入したマイクログリッドの挙動解析」日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会，秋田市，2019 年 6 月 25 日

184) 富岡雅弘，堀夏樹，熊谷誠治「リチウムイオン電池のレート特性予測手法に関する研究」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

185) 中嶋明宏，高山勇人，新發田睦樹，熊谷誠治「自然変動電源大量導入時の大容量蓄電池による系統安定化に関する検討」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

186) 江口卓弥，田島大輔，福間眞澄，熊谷誠治「Charge-discharge Performances of Shochu waste-derived Activated Carbons as the Electrodes of Electric Double-layer Capacitors」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

187) 石川俊朱, 熊谷誠治「イオン液体を用いた電気二重層キャパシタの 100℃以上での充放電特性」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

188) 伊藤流唯，沢田圭一郎，齋藤一平，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と電解液の組み合わせの最適化」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会, 秋田大学, 2019 年 8 月 23 日

189) 齋藤一平，沢田圭一郎，富岡雅弘，熊谷誠治「ハードカーボン／ナノ Si 混合系活物質のリチウ

ムイオン挿入脱離特性」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

190) 新發田睦樹，高山勇人，中嶋明宏，熊谷誠治「再エネ大量導入時におけるマイクログリッドの自立運用条件」2019 年度電気関係学会東北支部連合大会，秋田大学，2019 年 8 月 23 日

191) 江口卓弥，田島大輔，福間眞澄，熊谷誠治「予備炭化温度が異なる焼酎粕活性炭電極の電気二重層キャパシタ特性」第 60 回電池討論会，国立京都国際会館，2019 年 11 月 14 日

192) カーボンブラック/ポリエチレン複合材料の抵抗温度特性に及ぼすアニール処理の影響，富岡雅弘,塗健治,西田裕,熊谷誠治，日本素材物性学会令和元年度（第 29 回）年会

（3）活動実績

①地域貢献・社会貢献（地域コンソーシアムへの参加等）

1) 吉村哲：あきた産学官連携フォーラム 2019「強磁性･強誘電薄膜の高品位作製およびそのデバイス応用」　秋田拠点センターアルヴェ，2019 年 12 月 5 日
2) 水戸部一孝：あきた産学官連携フォーラム 2019「Beyond 5G 時代の VR ・ MR で作る地方都市のビジネスチャンス」　秋田拠点センターアルヴェ，2019 年 12 月 5 日
3) 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やさしい環境学習会「微生物燃料電池(MFC)に関する公開講座」　秋田県ゆとり生活創造センター遊学舎，2020 年 2 月 9 日
4) 伊藤英晃：さまざま展示会 in ごじょうめ「長寿健康社会の実現に向けて」　五城目町，2019 年 10 月 27 日
5) 熊谷誠治：第３回秋田ヒューマン・エネルギー研究会　秋田大学手形キャンパス，2019 年 9 月 6 日
6) 熊谷誠治：2019 年センサ工学研究会特別講演　サンルーラル大潟，2019 年 9 月 18 日
7) 熊谷誠治：第 17 回東北地域研究交流会「東北地域の電気系学科における電力・エネルギーに関する教育研究の取り組み」発表　東北大学青葉山キャンパス，2019 年 11 月 13 日
8) 熊谷誠治：あきた産学官連携フォーラム 2019「もみ殻から製造するリチウムイオンキャパシタ用正負極活物質」　秋田拠点センターアルヴェ，2019 年 12 月 5 日
9) 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）「地震・津波の説明と命を守るために普段からすべきこと」　横手高等学校定時制，雄物川高等学校，男鹿市潟西中学校，横手清陵学院中学校・高等学校，秋田市第二ルンビニ園，2019 年 6 月 27 日，7 月 4 日，7 月 9 日，10 月 30 日，11 月 13 日［計 5 回］
10) 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）「自然災害から家族や地域を守るため身近な災害危険度を探る」　男鹿市民文化会館，三種町八竜農村環境改善センター，秋田市北部市民サービスセンター，10 月 17 日，11 月 14 日，11 月 20 日［計 3 回］
11) 水田敏彦：秋田市市民大学講座（秋田市主催）「深く学ぼう！秋田市の地震・津波災害の歴史を知り防災力アップ」　秋田市役所，2019 年 7 月 3 日
12) 水田敏彦：全国消防長会東北支部消防署長研修会（全国消防長会東北支部主催）「大規模災害への備え～過去の地震記録に学ぶ～」　鹿角市文化の杜交流館コモッセ，2019 年 9 月 13 日
13) 水田敏彦：大人の科学（秋田市教育委員会主催）「地震防災の科学」　秋田市自然科学学習館，2019 年 11 月 2 日
14) 水田敏彦：秋田県社会福祉事業団研修（秋田県社会福祉事業団主催）「秋田での災害に備える！～地域の災害リスクを知る～」　秋田県中央地区老人福祉総合エリア，2020 年 1 月 30 日
15) 鎌滝孝信：坂本東嶽邸オープニングセレモニー千屋断層学習セミナー「陸羽地震と千屋断層～自然災害に強い地域づくりを目指して～」　美郷町千屋断層学習館，2019 年 6 月 1 日
16) 鎌滝孝信：2019 年度高大連携授業「自然災害と防災の基礎」　カレッジプラザ，2019 年 6 月 5 日，12 日，19 日，7 月 7 日，14 日
17) 鎌滝孝信：キタスカ講演会「次の自然災害から家族や地域を守るために“今”考えたいこと」　秋

田市北部市民サービスセンター，2019 年 6 月 15 日

18）鎌滝孝信：秋田県教員免許状更新講習　大仙市大曲交流センター，秋田大学，大館市北地区コミュニティセンター，2019 年 6 月 22 日，7 月 6 日，10 月 5 日

19）鎌滝孝信：「防災サイエンスカフェ」　秋田市旭川地区，12 月 15 日

20）鎌滝孝信：秋田大学防災教室：防災マップ　男鹿市立船越小学校，にかほ市立金浦小学校，にかほ市立象潟小学校，2019 年 7 月 11 日，16 日，9 月 10 日，11 日，10 月 8 日，10 日，28 日

21）鎌滝孝信：秋田大学防災教室：防災巡検　男鹿市，2019 年 7 月 27 日

22）鎌滝孝信：秋田県教育庁防災教育外部指導者派遣事業「ハザードマップを知り，身のまわりの防災マップ作成を通して減災を考える」，「地震や津波に備えて，身のまわりの危険因子を探る」　仙北市立白岩小学校，湯沢市立湯沢南中学校大仙市日の出ベビー保育園，秋田市ウェルビューいずみこども園，2019 年 6 月 20 日，25 日，7 月 4 日，18 日，8 月 30 日，10 月 3 日

23）鎌滝孝信：秋田大学公開講座「秋田県で発生してきた津波の歴史と地震・津波防災」，秋田大学公開講座　秋田大学，2019 年 10 月 2 日

24）鎌滝孝信：湯沢西地区災害から生活を守る会結成 20 周年記念講演会「防災まちあるきのススメ」　湯沢市ニュー千寿苑，2019 年 11 月 2 日

25）鎌滝孝信：秋田県総合防災課自主防災組織育成指導者研修会「自然災害から家族や地域を守るため，身近な災害危険度を探る」　大仙市中仙農村環境改善センター，美郷町公民館，湯沢市役所，2019 年 11 月 7 日，12 月 5 日，20 日

26）鎌滝孝信：秋田県自主防災組織リーダー講習会「水災害に備える～マイ・タイムラインの作成～」秋田市ふきみ会館，2019 年 11 月 24 日

27）鎌滝孝信：にかほ市鈴地区防災講演会「日本海沿岸における地震・津波の歴史と防災」　にかほ市鈴公民館，2019 年 12 月 21 日

28）鎌滝孝信：男鹿潟上南秋田郡教頭会研修会「自然災害に関する最近の話題とこれからの防災教育について」　秋田市民交流プラザ，2020 年 1 月 10 日.

29）鎌滝孝信：にかほ市象潟地区防災講演会「にかほ市象潟地区の地震・津波防災について考える」　にかほ市象潟公会堂，2020 年 2 月 16 日

30）鎌滝孝信：鳥海山・飛島ジオパーク認定ガイド向けスキルアップ講座「北東北日本海沿岸域における過去の地震・津波について」　にかほ市象潟公民館，2020 年 2 月 22 日

31）鎌滝孝信：2020 年秋田大学地学教室同窓会記念講演会「秋田県周辺で過去に発生してきた津波とこれからの防災について」　メトロポリタン秋田，2020 年 2 月 24 日

32）今井忠男：久保田城址 歴史案内ボランティア研修会「明治天皇の秋田県への御巡幸と秋田の鉱山の顕彰」

33）今井忠男：令和元年度ふじこま大学第 1 回教養講座「太良鉱山(鉛山)が支えた院内銀山と阿仁鉱山」

34）今井忠男：男鹿市&JR 東日本秋田支社主催　イベント企画『「最大のスープ試食イベント」でギネス世界記録に挑戦！』にて解説

35）第 7 回国道１０５号大曲鷹巣道路「大覚野峠区間」道路計画技術検討委員会でのルート帯の選定　弘済会館（東京都千代田区），2019 年 11 月 14 日

36）秋田県鉱山サミット 2019　秋田大学鉱業博物館，2019 年 10 月 23 日

37）ICTによる湯沢市活性化　湯沢市いんないオータムマルシェ2019にてVR体験会　湯沢市雄勝町生涯学習センター，2019年10月20日

38）イノベーション・ジャパン2019東京ビッグサイト（超スマート社会の分野）出展　東京ビッグサイト，2019年8月29日～30日

39）秋田ＩＣＴフェア2019　秋田拠点センターアルヴェ，2019年8月2日～3日

40）サイエンスキャッスル2019 東北大会にて研究アドバイザー　宮城県富谷市，2019年12月14日

41）秋田県介護ロボットのニーズ・シーズ連携協調協議会への参加　きららアーバンパレス（秋田市），毎月第２水曜日

②特許登録

No.	本学発明（考案）者	発明・考案の名称	登録番号
1	齊藤準、吉村哲、 木下幸則	磁気力顕微鏡用探針の評価装置および評価方法、ならびに磁気力顕微鏡および磁気力顕微鏡の制御用磁場調整方法	特許第6528334号
2	齊藤準、木下幸則、 吉村哲、鄭仰東	磁性体の磁気特性の測定装置および測定方法	特許第6544562号
3	松本和也、寺境光俊、 西邦雄	組成物および成形品	特許第6547233号 KR 101979135 US 10,377,881
4	寺境光俊、松本和也、 山土井雄大、菅崇大	ステレオコンプレックスマルチブロック共重合体及び成形体	特許第6548005号
5	齊藤準、吉村哲	磁場観察装置及び磁場観察方法	GB 2613160 DE 602011060761.8 FR 2613160
6	吉村哲、齊藤準	電界記録型磁気メモリ	特許第6573374号
7	川村茂、柴山敦、 高崎康志、芳賀一寿、 鈴木誉也	銅の電解精製装置および電解精製方法	特許第6600514号
8	齊藤準	交流電磁石	特許第6601799号
9	齊藤準、吉村哲	直流磁場の磁気プロファイル測定装置および磁気プロファイル測定方法	DE 602012065703
10	福本倫久、原基、 佐藤菜花	多孔質ニッケルの製造方法	特許第6614660号
11	鈴木雅史、 KABIR MAHMUDUL	汚染土壌の除染装置及び除染方法	特許第6621138号
12	田口正美、高橋弘樹	アンモニア燃料電池用電極触媒の製造方法、アンモニア燃料電池用電極触媒、およびアンモニア燃料電池	特許第6624488号
13	齊藤準、吉村哲、 木下幸則	強磁場計測および磁場値測定用磁気力顕微鏡用探針、ならびに、強磁場発生試料の磁場観察方法および装置	特許第6624737号

14	松本和也、寺境光俊、 西邦雄	組成物および成形品	I 679223
15	大川浩一	金属被覆電極活物質の製造方法、金属被覆電極活物質、及び電極	特許第6646922号
16	大川浩一、菅原勝康、 小野裕貴	金ナノ粒子の製造方法、金ナノ粒子、Liイオン電池用正極活物質の製造方法、およびLiイオン電池用正極活物質	特許第6654355号

＊取得済み特許のみ掲載

③受賞等

1) Best Presentation Awards (Enkhzul Bayalmagnai): The 15th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, Earth 2019
2) 環境資源工学会技術賞, 2019 年 6 月 20 日、Baisui Han, Batnasan Altansukh, Kazutoshi Haga, Yasushi Takasaki, Atsushi Shibayama : Copper Recovery from Silicate-Containing Low-Grade Copper Ore Ushing Flotation Followed by High-Pressure Oxidative Leaching, 環境資源工学, 第 64 巻, 1 号, p.3-14, (2017) https://doi.org/10.4144/rpsj.64.3
3) 最優秀発表賞（嘉数真道、原田礼知）資源・素材学会東北支部令和元年度春季大会ポスターセッション（２件）
4) 令和元年度秋田わか杉科学技術奨励賞，松本和也「第一級アミン化合物を用いた白金族金属の選択回収技術の開発」
5) 資源・素材２０１９（京都）若手ポスター発表賞，瀬崎勇斗（寺境・松本）
6) 第５４回秋田化学技術協会研究技術発表会（秋田）研究技術発表会優秀発表賞，畠勇気（寺境・松本）
7) 北村優弥，大川浩一，加藤貴宏，菅原勝康：超音波と二酸化炭素を利用した粗大なスコロダイト粒子の合成,令和元年度 日本セラミックス協会東北北海道支部 研究発表会,（新潟大学，新潟），1A09 (2019) 優秀発表賞
8) 今井忠男，感謝状「JR の巨大石焼鍋イベントへの技術協力に関して」，東日本旅客鉄道(株)秋田支社長
9) Jamsran Erdenebayar ， Best Geologist award 2019（モンゴル政府）
10) Jamsran Erdenebayar ， Best young lecturer award 2018 （モンゴル政府）
11) Morlu G.F. Stevens：令和元年度先端研究発表会　最優秀発表賞（Morlu GF. Stevens, Naoya Ishibashi, Masataka Adachi, Saki Yokota, Takeshi Gotoh: Preparation of highly selective peptide-silica sorbents having imprinted holes for target metal ions, 令和元年度先端研究発表会，仙台，2019.）
12) 第 55 回日本交通科学学会・ 総会 ・ 学術講演会 優秀論文賞，半田 修士，モハンマド ズルファデゥリ，水戸部 一孝：ドライビングシミュレータにおける高齢ドライバーのペダル操作の計測と評価 ,(2019 年 6 月 20 日).
13) 古林敬顕，超異分野学会 富谷フォーラム 2019, Looop 賞
14) 日本臨床バイオメカニクス学会　学会優秀論文賞　齊藤諒，小松瞭，千田聡明，巖見武裕，島田洋一: 3D プリンタで製作可能な手関節装具の有限要素解析による最適化設計，臨床バイオメカニクス，Vol.40, pp.7-11 (2019)
15) 日本機械学会 2020 年度年次大会ベストプレゼンテーション賞　只野孝明, 巖見武裕, 三浦雅弘, 木澤悟，千田聡明，島田洋一: 麻痺患者のための卓上型上肢リハビリロボットの開発，日本機械学会年次大会 2019，秋田，J24112P(2019)

16）電気学会　平成 30 年度優秀論文発表賞（斉藤智朗，博士前期課程修了生）「もみ殻由来正負極を用いたリチウムイオンキャパシタの性能評価」

17）日本素材物性学会　令和元年度優秀論文発表賞（沢田圭一郎，博士前期課程 1 年生）「Si 系負極を用いたリチウムイオンキャパシタの充放電特性」

18）日本素材物性学会　令和元年度山崎賞（熊谷誠治）「Hard Carbon/SiOx Composite Active Material Prepared from Phenolic Resin and Rice Husk for Li-ion Battery Negative Electrode」

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２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局の施設・設備との効率的な運用が心掛けられています。

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

地方創生センター1号館

【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（年間使用時間が100時間超）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、元素分析装置であった。一方、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年近くとなり､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。

今年度は比表面積・細孔分布分析装置のオーバーホール、SEMの排気ポンプの交換、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の故障修理、テラヘルツ分光測定装置のコンプレッサーの故障修理などがあったが、誤操作や不注意、整備不良等による重大な事故はなかった。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18年程度経過したことを受けて、稼働率の高い装置を中心に、経年劣化や消耗部品の寿命による機能低下が発生した。また、局所排気装置などの施設についても、経年劣化が見られるようになり、故障が度々発生した。当委員会では、機器や施設のコンディションを常に最良の状態に維持管理することを第一の責務とし、それらの更新・オーバーホール・部品交換のサポートや修繕等に係る業務を中心に活動を行ってきた。具体的には、真空アーク溶解炉の真空排気系のオーバーホール、蛍光X線分析装置の真空排気系のオーバーホール、多目的X線回折装置のCPUの制御系の基板の交換、微小空間組織構造評価装置の真空排気系のオーバーホール、ICP発光分光分析装置の入射ミラー・ガスバルブ・連結管の交換、磁気記憶装置材料分析評価システムのマニピュレータのドライブシャフト交換、などを行った。そして、保守用備品の整理や機器の再配置により確保した実験スペースについて、スペースの貸出を積極的に行った。

【装置の種類および使用状況】

稼働率が特に高い機器（≧ 100時間/年を目安）として、各種粉砕機、真空アーク溶解炉、ICP発光分光分析装置、示差熱天秤、金属分散度測定装置、蛍光X線分析装置、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、熱ドリフト補正型磁気力顕微鏡装置、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。

柴山　敦（国際資源学研究科　資源開発環境学専攻）
芳賀一寿（国際資源学研究科　資源開発環境学専攻）
高崎康志（国際資源学研究科　資源開発環境学専攻）
長谷川崇（理工学研究科　物質科学専攻　材料理工学コース）

吉村　哲（理工学研究科　附属革新材料研究センター）
大川浩一（理工学研究科　物質科学専攻　応用化学コース）
齋藤嘉一（理工学研究科　物質科学専攻　材料理工学コース）
寺境光俊（理工学研究科　物質科学専攻　応用化学コース）
松村洋寿（理工学研究科　生命科学専攻　生命科学コース）
小笠原正剛（理工学研究科　物質科学専攻　応用化学コース）
髙橋　護（理工学研究科　共同ライフサイクルデザイン工学専攻）
林　正彦（教育文化学部　英語・理数教育講座）
林　滋生（理工学研究科　物質科学専攻　材料理工学コース）
久場敬司（医学専攻　分子機能学・代謝機能学）
小泉幸央（医学専攻　分子機能学・代謝機能学）
進藤隆世志（理工学研究科　物質科学専攻　応用化学コース）
肖　英紀（理工学研究科　物質科学専攻　材料理工学コース）

【機器取り扱い規定】

地方創生センター研究員、学内教員、および外部の研究者が装置を使用することができる規程は、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、何度も募集をかけるなど積極的な実験スペース貸出を行っており、その使用料を請求させていただくことにしている。尚、令和元年度は、5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６月までに使用した分の使用料を８月に、７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㈱	
2	ドラフトチャンバー	オリエンタル技研工業㈱	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	2400Ⅱ 全自動元素分析システム
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	㈱アナリティクイエナ ジャパン	AAS contrAA700
7	元素分析装置	㈱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㈱	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㈱	JASCO XLCシステム
13	光散乱GPC分子量測定装置	昭光	DOWN HELEOSⅡ8　ほか
14	テラヘルツ分光測定装置	㈱テラヘルツ研究所	TSS-ⅡGM
15	バイポーラ電源	NF回路設計ブロック	BP4620
16	活性汚泥処理装置	朝日理化工業	C8R型
17	スプレードライヤ装置	ヤマト科学	DL-410
18	比表面積・細孔径分布測定装置	日本ベル㈱	BELSORP-miniII
19	触媒分析装置（ガス導入口7ライン）	日本ベル㈱	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㈱	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㈱	TVB-10M（Lアダプタ付き）
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	WATERS	AcquityUPLC
24	ガス吸着量測定装置	カンタクロム社（米国）日本代理店シスメックス㈱	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㈱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 Site Preparation Specification
28	バイオクリーンベンチ	三洋	バイオクリーンベンチMCV―B91F

②研究設備利用実績

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料単価(円)	令和元年度使用時間(時)
		所属	氏名		
1	超純水製造装置	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	0	0
2	ドラフトチャンバー	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	0	0
3	マイクロウェーブ試料前処理システム	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	637	7
4	超高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	1,587	585
5	炭素・水素・窒素・硫黄・酸素全自動分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	2,170	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 資源開発環境学専攻	高崎　康志	1,058	2
7	元素分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 生命科学専攻	近藤　良彦	637	137
8	高分解能核磁気共鳴スペクトル装置(600MHz)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	松本　和也	3,931	7
9	X線光電子分光分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	加藤　純雄	1,695	175
10	マイクロフォーカスX線CT透視	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	2,278	22
11	水銀ポロシメータ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	阿部　一徳	475	57
12	超高速液体クロマトグラフシステム	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	691	0
13	光散乱GPC分子量測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境　光俊	313	126
14	テラヘルツ分光測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	水戸部　一孝	842	74
15	バイポーラ電源	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	0
16	活性汚泥処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	108	0
17	スプレードライヤ装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	カビール・ムハムドゥル	367	0
18	比表面積・細孔径分布測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川　浩一	216	135
19	触媒分析装置(ガス導入口7ライン)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原　正剛	162	90

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料単価(円)	令和元年度使用時間(時)
		所　　属	氏　　名		
20	リアルタイムPCRシステム	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本　敦	162	0
21	マルチラベルカウンター	秋田大学 教育文化学部 地域社会講座	池本　敦	313	8
22	回転式粘度計(Lアダプタ付き)	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原　正剛	54	0
23	四重極-飛行時間型MS/MS分析システム	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	1,857	21
24	ガス吸着量測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷　誠治	421	0
25	モジュール式電気化学測定システム	秋田大学 大学院理工学研究科 数理・電気電子情報学専攻	熊谷　誠治	54	0
26	共焦点レーザー顕微鏡	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	475	0
27	マトリックス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析装置	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	1,404	4
28	バイオクリーンベンチ	秋田大学 地方創生センター 地域産業研究部門	丹野　剛紀	54	0

（3）地方創生センター2号館

①研究設備一覧

No.	設　備　名	仕　　様	
		メーカー	型　　式
1	形状測定レーザマイクロスコープ	㈱キーエンス	VK-X200/210SP
2	EXAFS装置	㈱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㈱	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	㈱東京精密	SURFCOM1400D
8	実体顕微鏡	㈱ニコン	SMZ1500
9	偏光顕微鏡	㈱ニコン	E600WPOL
10	プラスチック種類判別計	オプト技研㈱	PLASHCAN-SH
11	超小型真空アーク溶解装置	日新技研㈱	NEV-AD03
12	高周波誘導加熱装置	㈱美和製作所	MU-1700-B
13	ディスク型手動粉砕機	ハルツォク・ジャパン㈱	HSM-100A
14	非鉄金属選別機	日本エリーズマグネチックス㈱	ECS1222
15	小型精密切断機	平和テクニカ㈱	HS-25
16	堅型粉砕機	㈱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㈱	RE-05
18	空気テーブル	ジュイテック㈱	V-135E
19	湿式高磁力磁選機	日本エリーズマグネチックス㈱	HIW L-4 ラボモデル
20	湿式粉砕機（アトライタ）	三井鉱山㈱	MA01SC型
21	卓上型高周波ビードサンプラー	㈱リガク	AK
22	ICP発光分光分析装置	セイコーインスツル㈱	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㈱	SPS7700
24	紫外可視近赤外分光光度計	㈱島津製作所	UV-3600
25	蛍光X線分光分析装置	㈱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	㈱島津製作所	ISR-3100（UV3600用）
28	金属分散度測定装置	日本ベル㈱	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㈱	630 FT-IR
31	直流安定化電源	日本電計㈱	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㈱	ELS-8000
34	粒度分布測定装置	日機装㈱	MT3300EX-SDU
35	示差熱天秤	㈱リガク	THERMO PLUS2
36	GCマス装置	日本電子㈱	JSM-GCMATEII
37	多層構造膜作製装置	トッキ㈱	SPM-506
38	多元合金膜作製装置	トッキ㈱	SPM-406
39	磁気記憶装置材料分析・評価システム	㈱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㈱	
41	純水製造装置	㈱東洋製作所	RFD210PA
42	蒸留水製造装置	㈱アドバンテック	RFD240NA
43	超純水製造装置	㈱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㈱	JSM-7800F
45	走査電子顕微鏡	日本電子㈱	JSM-5900LV
46	カーボンコーティング装置	日本電子㈱	JEC-520
47	イオンコーティング装置	日本電子㈱	JFC1600
48	電界放射型走査電子顕微鏡	日本電子㈱	JSM-6701F
49	薄膜X線回折装置	リガク㈱	RINT IN-PLANE
50	粉末XRD測定装置	リガク㈱	RINT2000
51	多目的X線回折装置	ブルカーエイエックスエス㈱	D8ADVANCE
52	高感度磁化測定装置	㈱オプティマ	2900-04
53	振動試料型磁力計	東栄工業㈱	VSM
54	磁気カー効果測定装置	ネオアーク㈱	BH-786P-AP
55	高真空熱処理装置	㈱真空理工	VHC-P45C-S
56	高温熱処理装置	トキコナガノ㈱	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㈱	TP600
59	A0カラージェットプロッタ	キヤノン	TM-300

②研究設備利用実績

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料単価(円)	令和元年度使用時間(時)
		所　　属	氏　　名		
1	形状測定レーザマイクロスコープ	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	60	47.03
2	EXAFS装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	1,100	0
3	高真空型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	50	89
4	大気型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境　光俊	50	359.82
5	垂直磁場印加型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	50	0
6	温度可変型走査型プローブ顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	50	115
7	表面粗さ形状測定器	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	60	104.92
8	実体顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	0	0
9	偏光顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	0	0
10	プラスチック種類判別計	秋田大学 大学院理工学研究科 生命科学専攻	松村　洋寿	50	0
11	小型真空アーク溶解装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	肖　英紀	100	326（個）
12	高周波誘導加熱装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	100	15（回）
13	ディスク型手動粉砕機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	50	0.5
14	非鉄金属選別機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	30	0
15	試料精密切断機	秋田大学 大学院理工学研究科 共同ライフサイクルデザイン工学専攻	髙橋　護	0	0
16	堅型粉砕機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	50	0
17	ロール型磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	0	0
18	空気テーブル	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	0	0
19	湿式高磁力磁選機	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	50	0
20	湿式粉砕機(アトライタ)	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	50	0
21	卓上型高周波ビードサンプラー	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	100	0
22	ICP発光分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	芳賀　一寿	700	830.8

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料単価(円)	令和元年度使用時間(時)
		所　　属	氏　　名		
23	卓上型プラズマ発光分光分析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	林　滋生	600	51.75
24	紫外可視近赤外分光光度計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	350	87
25	蛍光X線分光分析装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	200	0
26	イオンクロマトグラフ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	100	27.5
27	拡散反射測定ユニット60φ積分球付属装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	100	0
28	金属分散度測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	進藤　隆世志	50	207
29	シングルナノサイズ対応粒子径・表面電位解析装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原　正剛	60	19.7
30	Agilent 630 FT-IR システム	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原　正剛	120	13.17
31	直流安定化電源	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	0	0
32	卓上型0.2Lオートクレーブ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	50	0
33	レーザーゼータ電位計	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	70	0
34	粒度分布測定装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	100	39.5
35	示差熱天秤	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	小笠原　正剛	50	29.83
36	GCマス装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	寺境　光俊	300	0
37	多層構造膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	500	4（日）
38	多元合金膜作製装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	500	9（日）
39	磁気記憶装置材料分析・評価システム	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	1,000	69（日）
40	液体窒素製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	100	4350（L）
41	純水製造装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	0	9.21（L）
42	蒸留水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	0	451.85（L）
43	超純水製造装置	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	柴山　敦	10	0
44	微小空間組織構造評価装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	500	677.66
45	走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	100	112.59

No.	設備名一覧	管理担当者(教員)		使用料単価(円)	令和元年度使用時間(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 物質科学専攻	齋藤　嘉一	50	0
47	イオンコーティング装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	50	77（回）
48	電界放射型走査電子顕微鏡	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	林　滋生	70	69.75
49	薄膜X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	齋藤　嘉一	100	328.5
	粉末XRD測定装置RINT2000	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	100	1247
50	粉末XRD測定装置RINT2000印刷代	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	大川　浩一	10	391（枚）
51	多目的X線回折装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	70	162.5
52	高感度磁化測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	70	1.9
53	振動試料型磁力計	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	70	866.6
54	磁気カ―効果測定装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	50	27.75
55	高真空熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 物質科学専攻	長谷川　崇	50	199.5
56	高温熱処理装置	秋田大学 教育文化学部 英語・理数教育講座	林　正彦	50	0
57	均温熱処理装置	秋田大学 大学院理工学研究科 附属革新材料研究センター	吉村　哲	50	11
58	PCRサーマルサイクラー	秋田大学 大学院医学系研究科 分子機能学・代謝機能学講座	久場　敬司	10	0
59	A0カラージェットプロッタ	秋田大学 大学院国際資源学研究科 資源開発環境学専攻	高崎　康志	250～900	46（枚）

秋田大学地方創生センター
〒010-8502　秋田市手形学園町1番1号
http://www.akita-u.ac.jp/honbu/