

茨城大学重点研究

「分野横断型ニューマテリアル研究プロジェクト」

茨城大学工学部附属

塑性加工科学教育研究センター

2015年度

報告書

茨城大学重点研究プロジェクト「分野横断型ニューマテリアル研究」
平成 27 年度報告書刊行にあたって

プロジェクト代表 伊藤 吾朗

茨城県の産業は農業もさることながら、日立銅山に端を発する県北地域の電気・電子工業や発電産業、鹿島臨海工業地域の鉄鋼・化学工業、東海村を中心とする原子力関係産業に大きく依存しています。その基盤となるのが、構造物や施設を構成する構造用金属材料、半導体材料やその配線に用いられる金属材料、高温や過酷な化学的環境に耐えるセラミック材料であり、これら材料を中心とする素材・材料製造企業集団で地域経済が成り立っているといっても過言ではありません。企業規模は大～中小と多岐にわたり、茨城県は「人・もの・情報の交流を活発にしながら、科学技術を活かした新産業の創出、中小企業の育成、企業誘致の推進、茨城農業改革などに取り組む。」を目指しています。

一方、茨城大学では建学当初から工学部に金属工学科が置かれていました。これは日立銅山に由来する地域性に基づいたものと考えられますが、地方国立大学では比較的少なく、室蘭、富山、愛媛、北九州など数えるほどしかありません。これら他の地方大学に比べて、茨城大学では、現在の工学部マテリアル工学科にとどまらず、広く電気・電子・機械関係の工学部教員が、そして材料創成・解析などの基礎分野に理学系・教育学系の教員が在職しています。

大規模大学の旧金属工学系学科では、日経ビジネス 2008 年 8 月 18 日号に「さらば工学部」という衝撃的な見出しで取り上げられたように、ナノテクや未開拓の新規材料分野など、産業界から乖離した方向に走っています。上述の地方大学においても同様の動きが見られます。このような動きに対して、茨城大学では第 2 期中期計画として、「産学連携の推進」、「重点研究の一つとしてのニューマテリアル研究の推進」を挙げています。「ニューマテリアル」というキーワードからは、産業界から乖離している恐れがある新規材料を連想しがちです。しかしラインパイプ用継ぎ目なし鋼管、内視鏡用超細導線、ハードディスク用アルミニウム基板など、旧来素材でありながら、高精度・信頼性も含めた日本の材料開発力・技術力は世界を席巻しています。また学生・大学院生の就職先として量的に新規材料分野を依然大きく上回っています。本学が、地域経済・社会にマッチし、伝統的な分野を切り捨てることなく、かつ最先端の半導体や磁性材料を含めた幅広い材料分野を重点的に研究することは、本学の特徴を生かすとともに、地域社会からも歓迎されることとなります。そこで茨城大学の教育・研究者を有機的に結び付け、材料分野を重点的に研究すること、すなわち本プロジェクト「分野横断型ニューマテリアル研究」を推進することには、大きな意義があると考えます。

2012年8月に文部科学省科学政策研究所から「研究論文に着目した日本のベンチマーキング 2011——大学の個性を活かし、国全体としての水準を向上させるために——」が出されました。この中の研究ポートフォリオで茨城大学は、唯一材料科学の分野においてランク内に入り（分析対象大学は国公私立128大学、材料科学分野でランク内は15大学）、材料科学重心型と分類され

ました。冒頭で述べた本学工学部の歴史に関係して述べたことが、客観的にも裏付けられたこととなります。そしてベンチマーキングに呼応して、2012年10月から始まった国立大学のミッションの再定義において、本学工学部の主な強みとして、金属材料解析と金属材料プロセス開発に関する研究分野が上げられました。ミッションの再定義は、各大学の強みと特色をエビデンスに基づき文部科学省と議論し、練り上げ、今後の全学的施策に反映させようとするものです。したがって限られた予算・人的資源を有効に活用するために、本学としては今後も強みである材料科学分野に力を入れていく必要があると考えられます。

本プロジェクトでは、工学部を中心としながらも全学の構成員の高度な専門性を生かして、構成する物質別（金属、セラミックス、半導体など）、用途別（構造用、電磁気・電子用、生体用など）、製造プロセス別（鋳造、塑性加工、プラズマ・レーザー応用加工、超微粒子製造など）、研究手法別（プロセス開発、理論・シミュレーション解析、機器分析など）など、あらゆる切り口から、材料について縦横無尽に研究し、茨城大学のプレゼンスを高めようとしています。その切り口の一つである塑性加工の分野において、平成24年1月に工学部附属塑性加工科学教育研究センターが設立されました。平成24年度がセンターの本格稼働開始の年度になりましたが、講演依頼・産学連携の模索等、うれしい悲鳴が上がるほどたくさんのお声をかけていただきました。25～27年度も同じような状況が続きました。

本冊子は、重点研究「分野横断型ニューマテリアル研究プロジェクト」の構成員の平成27年度の成果を中心にまとめたものです。このプロジェクトは平成27年度が最終年度で一応の区切りとなります。本プロジェクト立ち上げの当初は、材料関係の唯一のプロジェクトでしたが、その後グリーンデバイスプロジェクトも立ち上がり、「分野横断型」といった広い領域をカバーする必要はなくなったように感じています。平成28年度以降は、前述のミッションの再定義を受けて、金属材料、構造用材料に力点を置くのが妥当と考えられます。

いずれにしても、皆様には本報告書をご一読いただき、今後とも本学の材料科学研究ならびに工学部附属塑性加工科学教育研究センターに対して、ご理解・ご支援いただければ幸甚に存じます。

－目次－

1. 活動概要

－1－

2. 研究報告

2. 1 「医療画像診断用シリカカプセル化量子ドットの開発
およびそのイメージング特性」
(小林 芳男) ー 6 ー
2. 2 「ナノセラミックス粒子のレーザ焼結による SOFC 用
セリア系電解質膜の作製」
(山崎 和彦, 上野 宗紀, 前川 克廣) ー 8 ー
2. 3 「車載端子用銅合金の応力緩和現象に対するミクロ組織
変化に基づく考察」
(伊藤 美優, 佐藤 成男) ー 10 ー
2. 4 「ひずみ時効硬化させたフェライト鋼の転位組織観察」
(森井 達也, 鈴木 徹也) ー 15 ー

3. プロジェクト業績

3. 1 活動実績, 講演会資料等
3. 1. 1 平成27年度茨城大学 COC 地域課題解決型
特定研究プロジェクト事業報告 ー 17 ー
3. 1. 2 茨城大学重点研究「分野横断型ニューマテリアル
プロジェクト」国際シンポジウム報告 ー 21 ー
3. 2. 業績一覧 ー 24 ー

1.活動概要

塑性加工科学教育研究センター 平成27年度活動計画・実施結果調書

1. 技術・研究開発分野

担当者氏名: 伊藤吾朗	Email: goroh.itoh.ibaraki@vc.ibaraki.ac.jp
<p>1. 計画名・実施予定時期</p> <ul style="list-style-type: none">計画名: 塑性加工、熱処理に伴うマイクロ組織変化に関する研究実施予定時期: H27.4~H28.3 <p>2. 実施内容:</p> <p>塑性加工および熱処理に伴う結晶粒組織の変化、硬さや引張強さなどの力学的特性およびその他の特性の変化を鉄鋼材料、非鉄金属材料について検討を行う。さらに現場におけるプレス変形、鍛造変形などの効果、シミュレーションを利用した材料特性の予測なども含めて研究を行う。</p> <p>国家プロジェクト・大型科研費などを基にした大規模な基礎的研究を行う。</p> <p>3. 実施体制(注: 外部の人も含む)</p> <ul style="list-style-type: none">責任者: 伊藤吾朗メンバー: 伊藤吾朗、鈴木徹也、西野創一郎、堀辺忠志、岩本知広、佐藤成男、倉本繁、車田亮、中村雅史、田代優、永野隆敏、岩瀬謙二、小林純也、友田陽、本橋嘉信、船津隆一、藤沼良夫 <p>4. 実施における課題: …調整が必要な事項、予算計画など。ない場合は、特になしとする。</p> <p>社会連携センターのコーディネータが大幅に減員されたことにより、共同研究等外部との研究の実施が困難になることが懸念される。</p>	
<p>5. 実施結果(年度末に記載)</p> <p>(結果)</p> <ul style="list-style-type: none">● 上記計画に沿って、地元企業との共同・受託研究、国家プロジェクトの受託研究、その他各研究者個人による基礎的研究を活発に行っている(獲得外部資金の項参照)。● 学内シンポジウム、对外発表を積極的に行った。<ul style="list-style-type: none">➢ 2015年4月24日 小林助教、西野副センター長、伊藤センター長が、日本塑性加工学会東関東支部第44回技術懇談会開催に協力。➢ 2015年8月10日 西野副センター長が世話人となり、軽量化技術研究室・2015年度・前期研究発表会を開催。特別講演1件、一般講演10件、および研究紹介。➢ 2015年9月7~11日 12th International Conference on Superplasticity in Advanced Materials (先進材料の超塑性に関する第12回国際会議)を開催。議長: 伊藤センター長。参加者178名。参加国: 23か国。➢ 2015年9月16日 2015 HUS Student Seminar at College of Engineering, Ibaraki University において西野副センター長が講演。講演題目: Metal stamping technology for automobile。➢ 2015年8月26~28日、9月9,10日、9月29,30日 中小企業庁補助事業平成26年度補正 地域中小企業・小規模事業者人材確保等支援事業「平成27年度茨城大学ものづくり基礎理論講座」で、それぞれ西野副センター長、堀辺教授、伊藤センター長が講演。➢ 2015年10月2日 小林助教、西野副センター長、伊藤センター長が、日本塑性加工学会東関東支部第45回技術懇談会開催に協力。➢ 2015年10月29~31日 伊藤センター長、西野副センター長、小林助教が、いわき市で開催の日本塑性加工学会連合講演会に実行委員として参画。➢ 2015年12月9日 つくば市で開催された第8回常陽ものづくりフォーラムに、伊藤・小林研、鈴木研、岩瀬研、田代研、永野研、中村研が展示。➢ 2015年12月22日 西野副センター長が世話人となり、軽量化技術研究室・2015年度・後期研究発表会を開催。特別講演1件、一般講演9件、全日本学生フォーミュラ活動紹介、および研究紹介。➢ 2016年1月8日 小林助教、西野副センター長、伊藤センター長が、日本塑性加工学会東関東支部第46回技術懇談会開催に協力。➢ 2016年3月22日 「分野横断型ニューマテリアルプロジェクト」国際シンポジウム——構造用金属材料の力学特性発現の基礎——を開催。招待講演2件、プロジェクト参加教員講演2件。	

(課題)

社会連携センターのコーディネータが大幅に減員されたことにより、共同研究等外部との研究の実施が困難になることが予想される。

6. その他(参考資料、報告書など)

(注)複数の計画がある場合は、必要に応じて欄を追加する。

2. 人材育成

担当者氏名:鈴木徹也	Email:tetsuya@mx.ibaraki.ac.jp
1. 計画名・実施予定時期	
<ul style="list-style-type: none">計画名:企業訪問による学生の実践的教育および企業における訪問授業実施予定時期:H27.4~H28.3	
2. 実施内容:	
企業の現場に学生を積極的に連れて行き、工場見学などとともに現場の技術者の生の声、現在抱えている問題などを共有することにより、学生の就職に対する意識を高め、同時に業種、職種に関する知識を教育する。また、企業に赴き、現場の特に若手技術者に対して出張講義を行う。大学における共同研究の成果や学術的思考をキャッチできる人材を企業側に作り出す。学科カリキュラムに課題解決型の体験型授業を取り入れる。	
3. 実施体制(注:外部の人も含む)	
<ul style="list-style-type: none">責任者:鈴木徹也メンバー:鈴木徹也、伊藤吾朗、西野創一郎、堀辺忠志、岩本知広、佐藤成男、倉本繁、車田亮、中村雅史、田代優、永野隆敏、岩瀬謙二、小林純也、友田陽、本橋嘉信、船津隆一、藤沼良夫	
4. 実施における課題: …調整が必要な事項、予算計画など。ない場合は、特になしとする。 とくになし	
5. 実施結果(年度末に記載)	
(1) 平成27年度茨城大学 COC 地域課題解決型特定研究プロジェクト事業として、数多く(延べ 30 社)の企業訪問を行い、研究打合せを重ねてきた。またほぼ全回に学生を参加させることにより、教育・研究・社会貢献の一体的な推進がなされたものとする。約 5 社については、学生参画型課題解決型プロジェクトに発展し、一部は卒業研究として発表された。ただし、共同研究等に発展したものはまだ数が少なく途上と考えられる。	
(2) マテリアル工学科で「ものづくり課題解決型実習」を集中講義として開講した。2年生10名、3年生10名が履修した。企業に出向き課題を受け取り大学で実験・調査をして企業に報告に行く形式とし、研究室に所属する4年生、大学院生が実験補助を行った。	
(3) 博士後期課程社会人特別選抜において、地元企業から、①勤と経験によるこれまでの塑性加工の技術を基礎に裏付けられたものにさらに発展させたい、②海外との交渉に有利になるように、との目的で、応募があり合格となった(主指導教員:西野准教授)。	
(4) 大学院博士前期課程1・2年次生と企業の関連技術者を受講対象とする講義「実践産業技術特論(金属の溶接・接合技術)」において、倉本教授が「非鉄金属の熱処理と金属組織」と題して、講義した(2016年1月8日)。	
6. その他(参考資料、報告書など)	
5(1)の詳細については、活動実績の項に掲載した。	

(注)複数の計画がある場合は、必要に応じて欄を追加する。

3. 資金獲得

担当者氏名: 西野創一郎	Email: nishinos@mx.ibaraki.ac.jp
<p>1. 計画名・実施予定時期</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 計画名: 塑性加工に関連する研究における競争的資金(国家プロジェクト受託研究、産学連携共同研究、科研費)獲得 ・ 実施予定時期: H27.4~H28.3 <p>2. 実施内容:</p> <p>サポインなど産学連携に関連する競争的資金に積極的に応募する。また、企業との共同研究による資金、および大型の国家プロジェクトの受託研究・大型の科研費の獲得を目指す。</p> <p>3. 実施体制(注: 外部の人も含む)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 責任者: 西野創一郎 ・ メンバー: 伊藤吾朗、鈴木徹也、西野創一郎、堀辺忠志、岩本知広、佐藤成男、倉本繁、車田亮、中村雅史、田代優、永野隆敏、岩瀬謙二、小林純也、友田陽、本橋嘉信、船津隆一、藤沼良夫 <p>4. 実施における課題: …調整が必要な事項、予算計画など。ない場合は、特になしとする。 社会連携センターのコーディネータが大幅に減員されたことにより、共同研究費等の外部資金獲得が困難になることが懸念される。</p>	
<p>5. 実施結果(年度末に記載)</p> <p>(結果)</p> <p>下記の通り順調に外部資金を獲得している。また学内資金として、地(知)の拠点整備事業平成27年度地域課題解決型特定研究プロジェクトとして「茨城大学 塑性加工ネクストテン・コンソーシアム」を提案・申請し、採択された(採択額: 350,000 円)。</p> <p>(1) 採択された競争的資金等の外部資金</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 受託研究: 水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発/自動車用圧縮水素容器の基準整備・国際基準調和に関する研究開発(2013~2015年度)(委託元: 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構), 2015年度獲得金額 39,082 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗 2) 受託研究: 共通基盤技術の研究調査/革新的新構造材料——軽量金属(アルミニウム、マグネシウム)材料——に関する共通基盤技術の研究調査(2014~2015年度)(委託元: 新構造材料技術研究組合), 2015年度獲得金額 5,000 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗 3) 受託研究: 平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業「7000系アルミ合金製ライナーによる複合蓄圧器の充填効率とサイクル性能の向上」(委託元: 一般財団法人大阪科学技術センター), 2015年度獲得金額(間接経費を含む)372 千円, 2015~2017年度, 研究代表者: 車田亮 4) 受託研究: 平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業「割裂及び加締加工技術による順送加工プレス一体化の研究開発」(委託元: 公益財団法人日立地区産業支援センター), 2015年度獲得金額(間接経費を含む) 118 千円, 2013~2015年度, 研究代表者: 伊藤吾朗 5) 共同研究: アルミ合金の鋳造性の研究(2014~2015年度)(共同研究先: アロイ・テック(株)), 2014~2015年度獲得金額 540 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗 6) 寄附金: 教育研究資金, 7000系アルミニウム合金中の水素挙動に及ぼす調質条件の影響(2015年度)(寄附元: 公益財団法人軽金属奨学会), 2015年度獲得金額 250 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗 7) 寄附金: W, Mo系抵抗溶接電極材の消耗メカニズム解析に関する研究(2010~2015年度)(寄附元: 日本タングステン(株)), 2015年度獲得金額 500 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗 	

8) 寄附金:大学院博士後期課程 2 年次生真中俊明の研究(アルミニウム合金の水素脆化機構の解明)に対する助成(2014～2016 年度)(寄附元: 一般社団法人日本アルミニウム協会), 2015 年度獲得金額 300 千円(間接経費を含む), 研究代表者: 伊藤吾朗

9) 寄附金: 一般社団法人 日本アルミニウム協会 平成27年度「アルミニウム研究助成事業」, 「内金型を用いた高圧容器アルミニウムライナーのスピニング加工」, 500 千円(間接経費を含む), 2015 年度～2016 年度, 研究代表者:小林純也

10)

(2)採択された科学研究費補助金

1) 日本学術振興会 平成 27 年度 若手(B), 「その場観察中性子小角散乱による水素貯蔵材料のナノ構造の解明」, 4,290 千円, 2013 年度～2015 年度, 研究代表者: 岩瀬謙二

2) 日本学術振興会 平成 27 年度 基盤研究(C), 「界面ナノ組織制御による軽金属溶接法の開発」, 5,460 千円(間接経費を含む), 2012 年度～2015 年度, 研究代表者: 岩本知広

3) 日本学術振興会平成 26 年度 基盤研究(C), 「金属材料の耐水素脆化特性と表面酸化膜構造の関係解明」, 平成 27 年度獲得金額 1,300 千円(間接経費を含む), 2013～2015 年度, 代表者: 伊藤吾朗

(課題)

社会連携センターのコーディネータが大幅に減員されたことにより、共同研究費等の外部資金獲得が困難になると予想される。

6. その他(参考資料、報告書など)

(注)複数の計画がある場合は、必要に応じて欄を追加する。

2.研究報告

2.1 医療画像診断用シリカカプセル化量子ドットの開発およびそのイメージング特性

Development and Characterization of Silica-Coated Quantum Dot for Imaging of Medical Diagnosis

小林 芳男

茨城大学工学部生体分子機能工学科

Yoshio KOBAYASHI

Department of Biomolecular Functional Engineering

College of Engineering, Ibaraki University

1.概要

量子ドットは、その優れた蛍光特性により、医療イメージング用プローブとしての利用が期待されている。しかし量子ドットの生体イメージングでは、粒子の毒性や網内系へのトラップが問題であった。これらの課題解決のため、本研究では量子ドットのシリカカプセル化法の開発を行い、そのイメージング特性を評価した。

2.はじめに

発光性半導体ナノ粒子である量子ドット(QD)は、その優れた蛍光特性により、医療イメージング用プローブとしての利用が期待されている。しかし、現在市販されている QD 粒子の主な成分は CdSe, CdTe 化合物系であり、生体イメージングの際に、粒子の毒性や網内系へのトラップが問題であった。これらの課題解決のため、本研究では、QD 粒子をコアとし、生体に対して不活性な材料であるシリカよりカプセル化(QD/SiO₂)を行った。さらに、QD/SiO₂ 粒子の血液内における滞留性の向上を目的として、生体適合剤である polyethylene glycol (PEG) の粒子表面への導入も試み、そのイメージング特性を評価した。

3.実験方法

3.1. QD/SiO₂ 粒子の作製

市販の QD 粒子を H₂O/EtOH 混合溶媒に分散した後、tetraethoxysilane (TEOS) および NaOH aq. を添加し、室温で 24 h 反応させることにより作製した。

3.2. アミノ化 QD/SiO₂ 粒子の作製

QD/SiO₂ 粒子コロイド溶液にシラン系修飾剤である (3-aminopropyl) triethoxy silane (APES) を加え 24 h 反応させることにより QD/SiO₂ 粒子表面にアミノ基を導入

した。

3.3. QD/SiO₂-PEG 粒子の作製

アミノ化 QD/SiO₂ 粒子を MeOH 溶媒に分散し、PEG 剤である Poly (oxy-1,2-ethanediyl), α -methyl- ω -[6-[(2,5-dioxo-1-pyrrolidinyloxy]-6-oxohexyl oxy] の MeOH 分散液を加えた。23.5 h 反応させた後、飽和 NaCl aq. を加え、さらに 0.5 h 攪拌することにより QD/SiO₂ 粒子表面に PEG 基を導入した。

3.4. キャラクターゼーション

作製した粒子の様子は TEM により観察した。粒子表面における PEG の有無の確認は TG 測定により評価した。粒子コロイド溶液の蛍光強度は in vivo Imaging System (IVIS) により測定した。

4.結果と考察

図 1 に種々の粒子の TEM 像を示す。QD/SiO₂ 粒子の粒径は 50.3 nm であった。また、PEG 導入後もシリカカプセル化構造は維持されることを確認した。図 2 に各粒子の TG 測定結果を示す。260~570°C の温度範囲では、アミノ化 QD/SiO₂ 粒子の重量減少は 3.77 % であることに対し、QD/SiO₂-PEG 粒子の重量減少は 16.74 % であった。DTA よりこの温度範囲で発熱ピークが観測されたことから、この重量減少は有機物(PEG)の酸化によるものと考えられる。また、QD/SiO₂-PEG 粒子の重量減少が大きいことから、本手法により粒子表面に PEG を導入できることがわかった。図 3 に各粒子コロイド溶液の IVIS 蛍光画像を示す。蛍光強度は暗赤色が 0 で黄色の色合いが増すほど大きいことを表している。QD 濃度が大きくなるにつれて蛍光強度が高くなることが確認された。また、PEG 化後も蛍光は維持された。既に、本グループでは本法を応用してシリカカプセル化 Au ナノ粒子 (Au/SiO₂) 表面に PEG 鎖を担持し、マウス内の血液滞留性を改善することに成功している。よって

本研究で開発した蛍光ナノ粒子も血液滞留性が良好な
蛍光マーカーとして機能することが期待される。

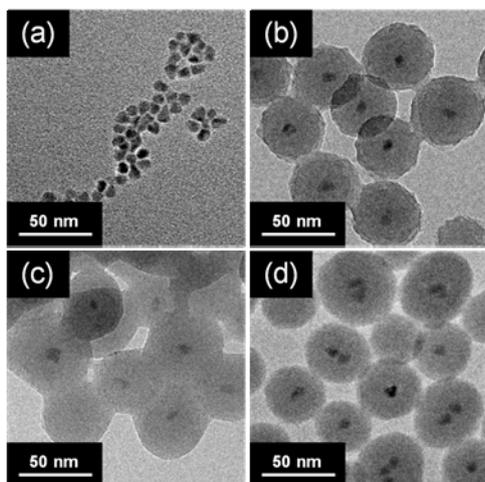


図1 種々の粒子のTEM像. (a) QD粒子, (b) QD/SiO₂粒子, (c) アミノ化QD/SiO₂粒子, (d) QD/SiO₂-PEG粒子.

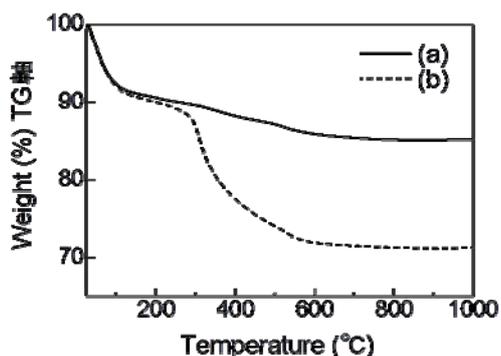


図2 各粒子のTG測定結果. (a) アミノ化QD/SiO₂粒子, (b) QD/SiO₂-PEG粒子.

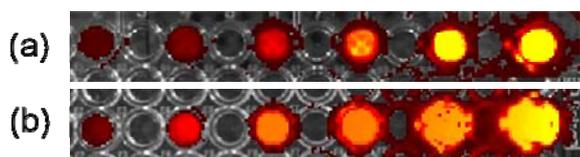


図3 種々のQD濃度における各粒子コロイド溶液のIVIS蛍光画像. (a) QD/SiO₂粒子, (b) QD/SiO₂-PEG粒子 (左からQD濃度: 2.5×10^{-8} , 5.0×10^{-8} , 1.0×10^{-7} , 2.0×10^{-7} および 4.0×10^{-7} M).

5.結論

以上より、本法で作製した QD/SiO₂ 粒子コロイド溶液が蛍光造影能を発現することがわかった。実用化を考えた場合、毒性や長期安定性等の調査は十分なされていない。今後の検討が待たれる。

【参考文献】

- 1) Y. Kobayashi, H. Matsudo, Y. Kubota, T. Nakagawa, K. Gonda, N. Ohuchi, Preparation of Silica-Coated Quantum Dot Nanoparticle Colloid Solutions and Their Application in In-Vivo Fluorescence Imaging, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, **48**, 112-117, (2015).
- 2) 李亭亭、小林芳男、久保田洋介、及川 隆洋、権田幸祐: 医療画像診断用シリカカプセル化量子ドットの開発およびそのイメージング特性, 化学工学会第 47 回秋季大会予稿集, ZB2P13 (2015).

2.2 ナノセラミックス粒子のレーザー焼結による SOFC 用セリア系電解質膜の作製

Fabrication of Ceria-based Electrolyte Films for SOFCs by Laser Sintering of Ceramics Nanoparticles

山崎 和彦, 上野 宗紀, 前川 克廣

茨城大学

Kazuhiko YAMASAKI, Munenori UENO, Katsuhiko MAEKAWA

Department of Mechanical Engineering, Ibaraki University

1. 概要

グリーンテープレーザー焼結 (GTLS) 法を用い, 中低温動作固体酸化物形燃料電池 (SOFC) のための緻密な電解質形成を目指す. 電解質材料であるサマリアドープセリア (SDC) のナノ粒子と, 高分子バインダなどで構成されるグリーンペストを, 光の吸収率の異なる2種類のセラミックス基板の上に塗布して乾燥させ, グリーンテープを形成した. このグリーンテープに発振形態との異なる近赤外波長と可視光のレーザーを照射し, 焼結膜を観察したところ, レーザの発振形態や波長, 基板の吸収率に加え塗布膜厚の影響が明らかとなった.

2. はじめに

固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs) の動作温度は 800~1000°C と, 他の燃料電池と比較して高温であり, 稼働時の廃熱を利用することで発電効率を高められる. しかしながら, 起動時間が長い, 動作開始や停止時に発生する熱応力を原因とする基板割れや電極膜との剥離が問題となる. そこで近年では, 600~800°C の中低温動作に向け, 高い酸化物イオン伝導度を示す材料開発や, セルサイズを小型化したマイクロ SOFC の研究が行われている. マイクロ SOFC は低出力でも高効率で, 動作中の重力の影響が小さく, 車載用補助電源や携帯電源などへの利用が検討されている¹⁾.

図1にSOFC用単セルの模式図を示す. 燃料電池の

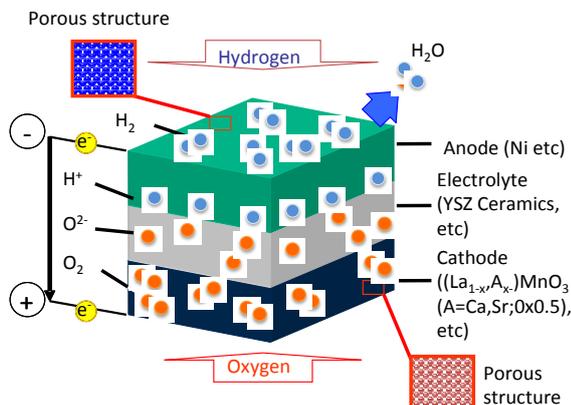


Fig. 1 SOFC 単セルの模式図

単セルは, 緻密な電解質膜を中心として多孔質な空気極膜と燃料極膜の層から構成される. 電解質膜と電極膜付近の, 電極材料と電解質材料, および燃料や空気が接触する三相界面 (Three-phase Boundaries, TPBs) での化学反応によって発電する.

我々はこれまでに, グリーンテープレーザー焼結 (Green Tape Laser Sintering, GTLS) 法を用い, 直接電解質の基板上への中低温動作 SOFC 用電極膜の形成に成功した²⁾. そこで同手法を緻密な電解質膜形成法に適用したところ, 電解質膜と基板との間に中間層を導入することで, クラックのない緻密な焼結膜が形成したが, 電解質膜と基板との密着性は得られなかった.

本研究では, レーザ焼結技術における膜材料粒子径がもたらす焼結性効果と, 膜と基板の光の吸収率の影響を確認するため, 焼結材料粉末をマイクロ粒子からナノ粒子に変更してサイズ効果を狙う. また可視光と近赤外波長のレーザー光と, 高い光吸収率を示す基板を用い, バルク電解質膜形成技術の確立を目指す.

3. 実験材料および実験方法

中低温動作 SOFC 用の電解質材料のサマリアドープセリア (AGC セイメケミカル株式会社製, $\text{Sm}_{0.2}\text{Ce}_{0.8}\text{O}_x$ (SDC), 平均粒子径 100 nm) を, 高分子バインダのエチルセルロース, 溶媒であるエタノール等と混合してグリーンペストを作製した. 作製したグリーンペストを, マスク印刷法 (スパーサ膜厚約 50 μm) を用いて, イットリウム安定化ジルコニア (YSZ, 日本ファインセラミックス製, 50 mm \times 50 mm \times t1.0 mm) 基板, またはブラックアルミナ (アスザックファインセラミックス製, 50 mm \times 50 mm \times t1.0 mm) 基板の上に塗布し, 電気炉を用いて 160°C \times 120 min で仮乾燥を行うことで SDC グリーンテープを形成した. テープの膜厚は約 40 μm , テープに含まれる電極材料 SDC の混合割合は約 82wt% となる. また可視から近赤外波長領域における吸収率は, それぞれ 1~3% (YSZ 基板), 90% 以上 (ブラックアルミナ基板) となり, レーザ焼結時の光吸収率の効果が分かる.

仮乾燥後のグリーンテープに, 連続発振 Nd:YAG レーザ (波長 1.06 μm , スポット径約 0.2 mm), またはグリーンレーザー (Nd:YVO₄ レーザ, 波長 532 nm, パルス幅 6~8 ns, 繰り返し周波数 20~400 kHz, スポット径約

25 μm)を走査速度 1 mm/s で走査させながら照射した。また電極膜と異なり電解質膜は薄膜化が要求されることから、スピコート法による成膜法について検討し、ヒマシ油などを抑えた電解質ペーストを、ブラックアルミナ基板上に回転数 1000~3000 rpm, 60 秒間の条件で塗布し、仮乾燥後に連続発振 Nd:YAG レーザを照射した。得られたレーザ焼結膜を、走査型電子顕微鏡(SEM)による表面観察や、電子線マイクロアナライザ(EPMA)による元素分析を行うことで評価した。

4.結果および考察

図2に、連続発振Nd:YAGレーザ(出力約2.1 W), もしくはパルスグリーンレーザ(出力約3.6 W)の照射によって得られたYSZ基板上のSDC焼結膜のSEM像を示す。また図3は、連続発振Nd:YAGレーザ(出力約6.7 W), もしくはパルスグリーンレーザ(出力約4.8 W)照射後のブラックアルミナ基板上のSDC焼結膜である。

連続発振Nd:YAGレーザによる焼結では、膜表面に粒子形状が確認される。平均粒子径100 nmでは、マイクロ粒子からナノ粒子に変更した効果はあまり見られない。一方、グリーンレーザを15 kW以上の高いピークパワー条件で照射すると、図2(b)のような緻密で密着性のある焼結膜が得られ、バルク化が進行すると焼結膜中にクラックが形成された。

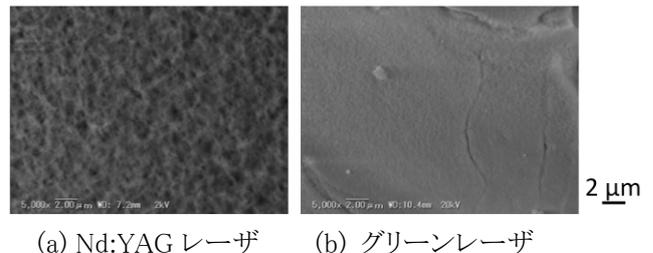
ブラックアルミナ基板を用いると、出力約1.2 Wの連続発振Nd:YAGレーザの照射から、幅約0.3 mmの焼結膜が形成された。吸収率の高い基板を用いた効果が見られたものの、出力を約13 Wにまで増加しても緻密膜形成には至っていない。グリーンレーザ照射では、幅約60 μm の焼結膜が形成されたが、膜表面の様子はYSZ基板の場合と異なる。これは、基板にエネルギーが吸収され過ぎ、焼結が進行しなかったためと推測される。

図4にグリーンレーザによって作製したSDC焼結膜の元素分析結果を示す。図4(a)は測定したエリアのSEM像、(b)はEPMA分析結果である。レーザ焼結膜表面のCeは約2.8at%(焼結膜以外では約0.3at%)で、電子線の膜への入込み深さからSDC膜厚を見積もると、膜厚は~50 nmと、ごくわずかな膜形成にとどまった。

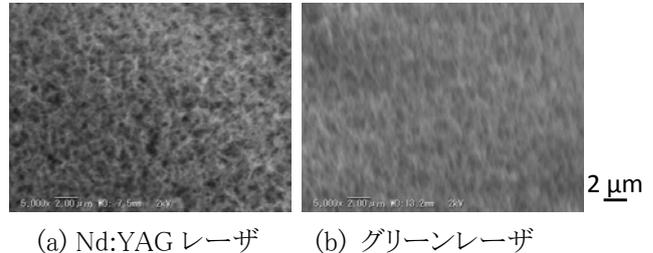
スピコート法による薄膜化を検討した結果、グリーンペーストを、回転数1000 rpm, 60秒間で塗布すると膜厚約3.1 μm , 表面粗さ約4 μm の塗布膜が得られた。図5(a)にNd:YAGレーザ照射後のSDC膜の表面の顕微鏡像(プロファイル)を、図5(b)にSEM像を示す。焼結膜表面は図2や図3とは異なり、1~2 μm にまで粒成長した様子が観察されている。Nd:YAGレーザ照射においても、ペースト塗布膜厚を薄くすることで、膜厚2.5~4 μm のSDC焼結膜形成が可能となる。

5.結論

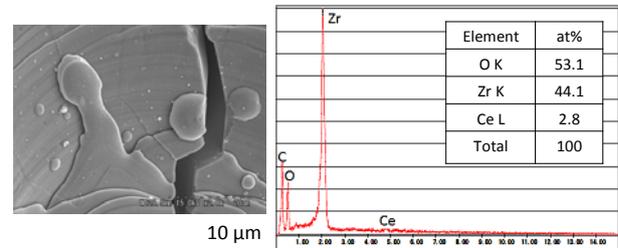
平均粒子径100 nmのSDC粒子による焼結性改善効



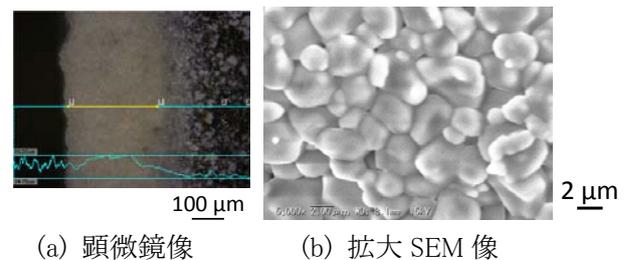
(a) Nd:YAG レーザ (b) グリーンレーザ
 Fig. 2 YSZ基板上に形成したSDC焼結膜のSEM像



(a) Nd:YAG レーザ (b) グリーンレーザ
 Fig. 3 ブラックアルミナ基板上に形成したSDC焼結膜のSEM像



(a) 測定エリアのSEM像 (b) EPMA元素分析
 Fig.4 グリーンレーザによるSDC焼結膜/YSZ基板のEPMA元素分析



(a) 顕微鏡像 (b) 拡大SEM像
 Fig. 5 スピコート法を用いて作製したSDCレーザ焼結膜の様子(Nd:YAGレーザによる焼結)

果は見られなかったものの、パルスのグリーンレーザを照射することで、YSZ基板上にごく薄い緻密なSDC焼結膜形成に成功した。また連続発振Nd:YAGレーザ照射でも、ペーストの塗布膜厚を薄くすることでブラックアルミナ基板上へのSDC焼結膜形成が可能となった。

【参考文献】

- 1) 藤代芳伸ら, 産総研学術ジャーナル シンセシオロジー, Vol. 4, No. 1 (2011) 36-45.
- 2) K. YAMASAKI, M. KOIZUMI and K. MAEKAWA, Procedia Materials Science, 4 (2014) 98-103.

2.3 車載端子用銅合金の応力緩和現象に対するマイクロ組織変化に基づく考察

Characterization of microstructural evolution of Cu alloys for in-vehicle connector
induced by stress relaxation

伊藤 美優¹⁾、佐藤成男²⁾

1) 茨城大学工学部マテリアル工学科

2) 茨城大学大学院理工学研究科応用粒子線科学専攻

Miyu Ito¹⁾, Shigeo Sato²⁾

1) Materials Science and Engineering, College of Engineering, Ibaraki University

2) Major in Applied Beam Science, Graduate School of Science and Engineering

1. 概要

優れた耐応力緩和特性を示す Cu-Mg 合金について、応力緩和に伴うマイクロ組織変化を X 線回折ラインプロファイル解析により追跡した。X 線回折ラインプロファイル解析は転位密度、転位配置、結晶子を統計精度の高い数値情報として得ることができ、応力緩和に伴うわずかな組織変化の情報を得ることができる。冷間圧延の圧下率を変えた試料では高圧下率で耐応力緩和特性が低下するが、その原因に結晶子サイズが作用することを明らかにした。応力緩和試験により、結晶子サイズは増加し、転位の回復が進むが、転位密度そのものの変化は小さい。これは回復と共に変形による転位増殖が生じたためと考えられる。また、マグネシウム濃度と耐応力緩和特性の関係を調査した。マグネシウム濃度と共に特性は向上するが、1at% Mg 以上でその効果は小さくなる。マグネシウム濃度増加により、結晶子が微細化することを明らかにし、耐応力緩和特性と結晶子サイズの関係性を明らかにした。本来 Mg 濃度増加により、転位の運動抵抗となり耐応力緩和特性が向上することが期待されるが、同時に結晶子が微細化し、回復に対する駆動力が増加する。これら2つの要素のバランスで耐応力緩和特性が決定されることを示した。

2. はじめに

車載端子コネクタは高温環境下の長期間使用により、端子の接合力が低下し、接続信頼性が損なわれる。この現象は応力緩和と呼ばれ、車載端子コネクタに使用される導電性銅合金には、優れた耐応力緩和特性が求められる。応力緩和は降伏強度と同様に転位の易動度と密接な関係があると考えられるが、降伏強度と耐応力緩和特性は必ずしも対応した変化を示さない¹⁾。また、応力緩和に伴うマイクロ組織変化はわずかであるため、応力緩和特性に影響を与えるマイクロ組織因子は十分に理解されていないのが現状である。

応力緩和現象に伴う転位運動や回復などの現象を

理解する場合、転位密度や転位セルサイズなどの組織パラメータの変化を数値情報として解析する必要がある。転位に関する定量的な評価方法に X 線回折ピークの形状を解析するラインプロファイル解析がある。この

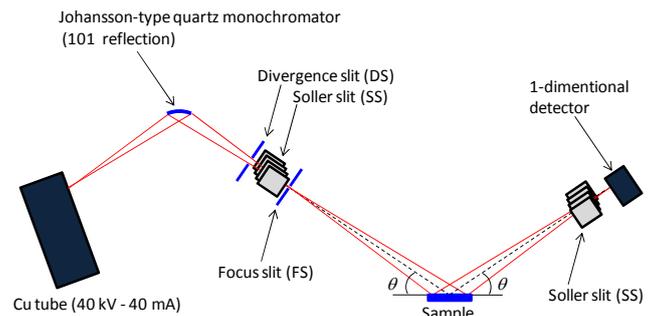


Fig. 1 Schematic diagram of the X-ray diffraction system with a Johansson-type monochromator.

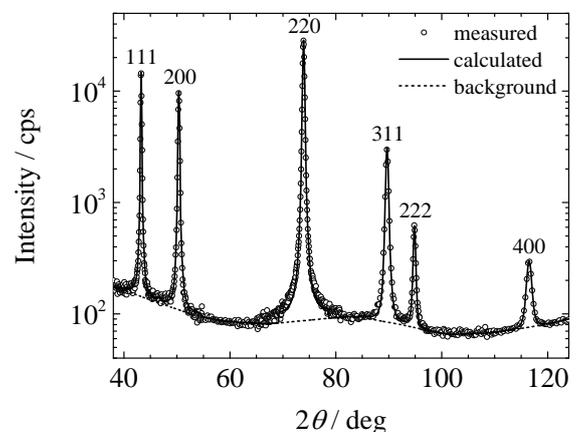


Fig. 2 CMWP fitting to the XRD pattern of the Cu-1.7 at% Mg alloy cold-rolled at 70% after the low-temperature annealing.

方法は、バルク全体からの情報を得ることができるため統計精度が高く、応力緩和現象によるわずかな組織変化も捉えることができる。したがって、本現象に対する適した測定・解析法といえる。

本研究では、X線回折ラインプロファイル解析を用い、Cu-Mg合金の応力緩和に伴う組織変化について解析する。この合金は固溶型銅合金の中でも特に優れた耐応力緩和特性を示す材料¹⁾として注目されている。この合金の応力緩和に伴う転位密度や結晶子サイズ、転位の配列状態の変化を追跡する。特に、耐応力緩和特性に影響を与える圧延圧下量とマグネシウム濃度に対する耐応力緩和特性の変化と、それに伴うマイクロ組織変化について議論する。

3. 実験方法

試料にはCu-Mg合金を用いた。 casting material を均質化、圧延し、溶体化処理を行った。その後、圧延、熱処理を施し、結晶粒径を約 50 μm に揃え、仕上げ圧延を行った。耐応力緩和特性と圧下率の関係を調べるため、Cu-1.7 at% Mg合金について仕上げ圧延の圧下率を70、80、90%と変えた試料を準備した。また、耐応力緩和特性とマグネシウム濃度の関係を調べるため、圧下率70%の条件に対し、マグネシウム濃度を0.09、0.24、0.60、0.99、1.78 at%と変えた試料を準備した。なお、試料の仕上げ圧延後の厚さは0.25 mmに統一した。その後、低温焼鈍処理を行い、応力緩和試験を473 Kにて100 hで実施した。

仕上げ圧延後、低温焼鈍後、応力緩和試験後の各段階の処理を行った試料についてX線回折測定を実施した。X線回折測定は表面敏感であるため、20%希硝酸水溶液で表面の酸化層や疵層を除去し、X線回折測定試料とした。X線回折測定装置には、Fig. 1に示すJohansson型分光結晶によりCu Kα₁線に分光、入射するBragg-Brentano型光学系を用いた。装置由来のラインプロファイルを求めるために、熱処理した純銅を用いた。FCC構造の銅合金の回折線は111から420までの回折指数を測定した。X線回折ラインプロファイル解析には、転位による格子ひずみの異方性コントラストを考慮したCMWP(Convolutional Multiple Whole Profile)法を用いた^{2) 3)}。CMWP法は、結晶子のサイズ効果によるラインプロファイルと転位による格子ひずみによるラインプロファイルをコンボリューションし、測定プロファイルにフィットさせる方法である。転位による格子ひずみは転位による回折拡がりの回折指数に対する異方性コントラストを考慮しており、正確な転位に関するパラメータを求めることができる。解析例として、Cu-1.7 at%Mg合金の低温焼鈍後試料のX線回折パターンに対しCMWP法により理論曲線をフィットした結果をFig. 2に示す。CMWP法から、転位密度、転位配置状態、結晶子サイズを評価する。

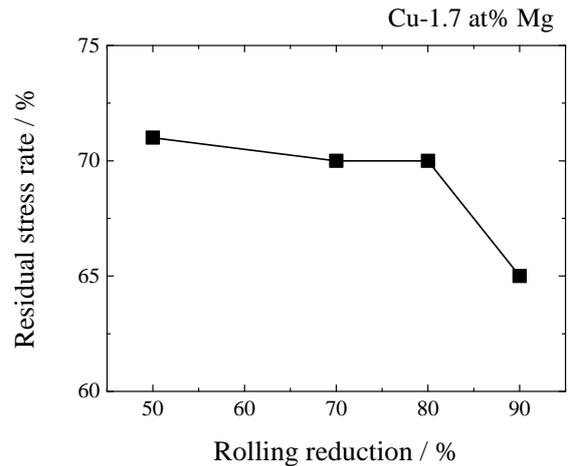


Fig. 3 Variation in residual stress rates of Cu-Mg alloys as a function of rolling reduction after the stress relaxation test at 473 K for 100 h.

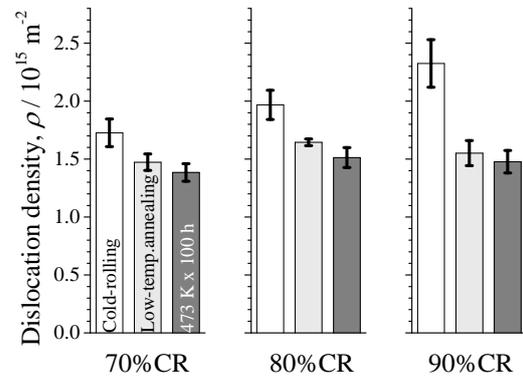


Fig. 4 Dislocation density of Cu-1.7 at% Mg alloys cold-rolled at 70, 80, and 90% after the cold-rolling, the low-temperature annealing, and the stress-relaxation test at 473 K for 100 h.

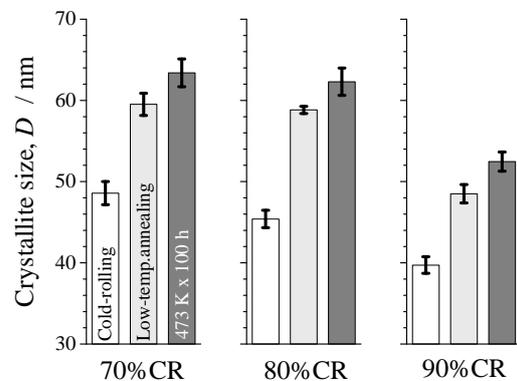


Fig. 5 Crystallite size of Cu-1.7 at% Mg alloys cold-rolled at 70, 80, and 90% after the cold-rolling, the low-temperature annealing, and the stress-relaxation test at 473 K for 100 h.

試料の組織観察には電界放出型走査型電子顕微鏡によるEBSD (Electron Back Scatter Diffraction patterns) 法を用いた。

4. 結果および考察

Fig. 3に応力緩和試験100 h後の残留応力率の圧下率に対する変化を示す。圧下率80%まで残留応力率は一定だが、圧下率90%で残留応力率が低下した。

圧下率70、80、90%の試料について、冷間圧延後、低温焼鈍後、および応力緩和試験100 h後の転位密度をFig. 4に示す。圧下率増加に伴い、冷間圧延後の転位密度は大きくなるが、応力緩和試験前の低温焼鈍処理により転位密度はほぼ一定の値となった。つまり、圧下率90%における残留応力率低下は転位密度に影響された現象ではないことが示唆される。

Fig. 5は結晶子サイズの変化である。圧下率増加に伴い結晶子は微細化する。また、低温焼鈍により結晶子は大きくなるが、圧下率70、80%と比べ圧下率90%において結晶子サイズが小さいことがわかる。これは、圧下率90%における残留応力率低下に対応し、応力緩和現象に結晶子サイズが関係する可能性を示唆している。

Fig. 6は転位配置パラメーター (M 値) の変化である。転位配置パラメーターが1よりも小さい場合、転位間の相互作用が強く転位ダイポールやセル組織形成の発達を示し、1よりも大きいほど、転位間の相互作用が弱く、転位がランダムに分布していることを示す。Fig. 6の M 値はいずれの試料、条件でも1よりも小さいため、転位がセル壁に凝集したセル組織を形成していると推定される。 M 値は応力緩和試験により大きくなる傾向を示し、ランダム分布する転位の割合が増えたことが示唆された。つまり、応力緩和試験に伴い結晶子サイズは増大し、ランダム転位の割合が増加した。これらパラメーターの変化は、 M 値の小さいセル壁の転位が優先回復し、セルサイズが大きくなったためと考えられる。なお、応力緩和試験による回復は、Fig. 4の応力緩和試験前後において転位密度に顕著な変化が生じていないことと矛盾する。これは、応力緩和に伴う変形により転位が導入され、回復による転位密度の減少と変形による転位導入が生じたと考えられる。

マグネシウム濃度を変えた試料について、応力緩和試験100 h後の残留応力率を求めた結果をFig. 7に示す。低濃度ではマグネシウム濃度に伴い顕著に増加するが、1 at%以上で残留応力率の増加が緩やかになる。本来、銅中に固溶するマグネシウムは転位運動や回復の抵抗となるため、マグネシウム濃度と共に残留応力率が単調増加すると期待される。しかし、それを阻害するマイクロ組織要因が生じた可能性がある。

マグネシウム濃度:0.09、0.99、1.78 at%の低温焼鈍後試料のKAMマップをFig. 8に示す。マグネシウム濃

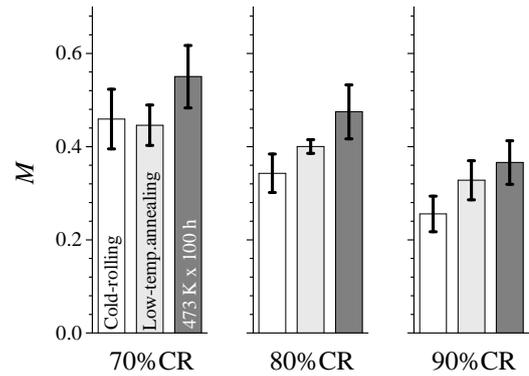


Fig. 6 Dislocation arrangement parameter, M of Cu-1.7 at% Mg alloys cold-rolled at 70, 80, and 90% after the cold-rolling, the low-temperature annealing, and the stress-relaxation test at 473 K for 100 h.

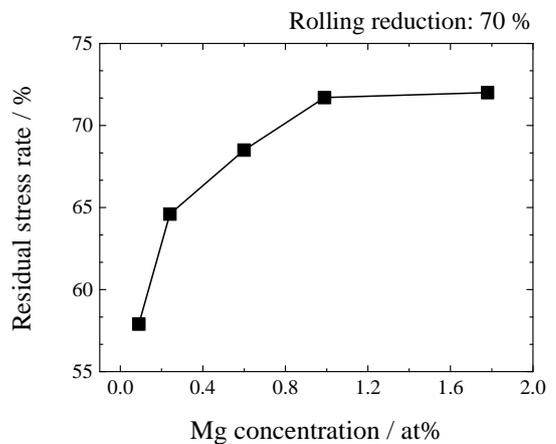


Fig. 7 Variation in residual stress rates of Cu-Mg alloys as a function of magnesium concentration after the stress relaxation test at 473 K for 100 h.

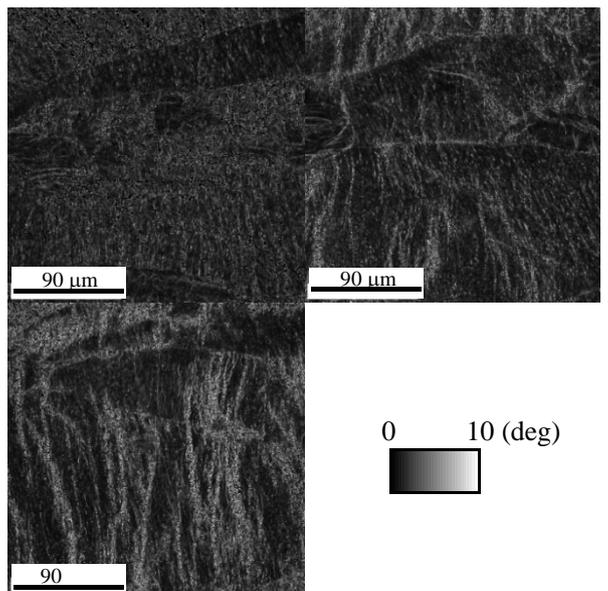


Fig. 8 KAM maps of Cu-Mg alloys at Mg concentration of (a) 0.09, (b) 0.99, and (c) 1.78 at% after low-temperature annealing.

度増加に伴い KAM 値がわずかに増加し、転位密度の微増が示唆された。また、X線回折ラインプロファイル解析から求められた低温焼鈍後の転位密度を Fig. 9 に示すが、マグネシウム濃度の増加に伴い、転位密度は微増することが確認された。しかし、その差はわずかであり Fig. 7 で示したマグネシウム濃度変化に伴う残留応力率変化を説明することはできない。また、Fig. 9 には応力緩和試験後の転位密度も示すが、応力緩和試験に伴う転位密度の変化は系統的に現れなかった。これは 3.1 節で示したとおり、応力緩和に伴い回復と変形が同時に生じたことによると考えられる。

Fig. 10 に応力緩和試験に伴う結晶子サイズの変化を示す。マグネシウム濃度にかかわらず、応力緩和に伴い結晶子サイズは大きくなるのがわかった。

応力緩和試験前(低温焼鈍後)の結晶子サイズに着目すると、結晶子はマグネシウム濃度増加に伴い微細化することがわかる。結晶子微細化は残留応力率を低下させる組織要因となりうるため、1 at% Mg 以上では、マグネシウム濃度増加と同時に生じる結晶子微細化の影響により残留応力率の向上が抑制されたと推定される。

銅中に固溶するマグネシウムは応力緩和時の転位運動や回復の抵抗であるが、同時に結晶子微細化を促すため、そのバランスで耐応力緩和特性が定まる。そこで、次の点から応力緩和現象とマイクロ組織の関係を考察した。

- ・結晶子界面自由エネルギーによる回復の駆動力
- ・マグネシウム原子による転位運動の抵抗

回復の駆動力となる結晶子界面の自由エネルギー ΔG_v を粒界自由エネルギーと同様と考えた場合、次のように表すことができる。

$$\Delta G_v = \frac{2\sigma}{D} \quad (1)$$

ここで、 σ は結晶子界面の粒界エネルギー、 D は結晶子サイズである。結晶子サイズが大きいほど結晶子界面の自由エネルギーが小さく、回復が起こりにくい。つまり、耐応力緩和特性は結晶子サイズに比例すると簡易的に考えることができる。次に、Fleischer によって求められた固溶強化による臨界せん断応力 τ を次式⁴⁾に示す。

$$\tau \approx \sqrt{2}\mu|\varepsilon|\sqrt{3}c \quad (2)$$

ここで、 μ は剛性率、 $|\varepsilon|$ は溶質原子と溶媒原子の間の大きさの相違から生じるミスフィットひずみ、 c はマグネシウム濃度である。臨界せん断応力が大きいとき転位は動きにくい。したがって、耐応力緩和特性はマグネシウム濃度の平方根に比例すると考えることができる。

(1)、(2)式から耐応力緩和特性に対する指標を \sqrt{c} と D の積と定めた。 $\sqrt{c}D$ とマグネシウム濃度の関係を Fig. 11 に示す。 $\sqrt{c}D$ 値が大きいほど耐応力緩和特性が高いことを表す。 D を一定とし、固溶強化のみを考慮した場

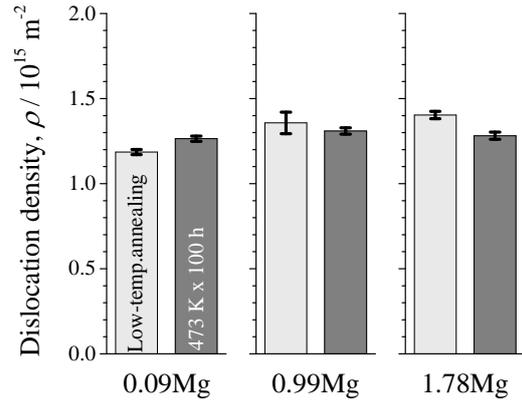


Fig. 9 Dislocation density of Cu-0.09, 0.99, and 1.78 at% Mg alloys after the low-temperature annealing and the stress-relaxation test for 100 h at 473 K.

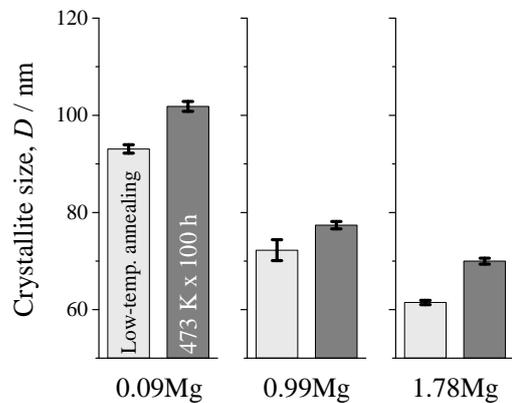


Fig. 10 Crystallite size of Cu-0.09, 0.99, and 1.78 at% Mg alloys after the low-temperature annealing and the stress-relaxation test for 100 h at 473 K.

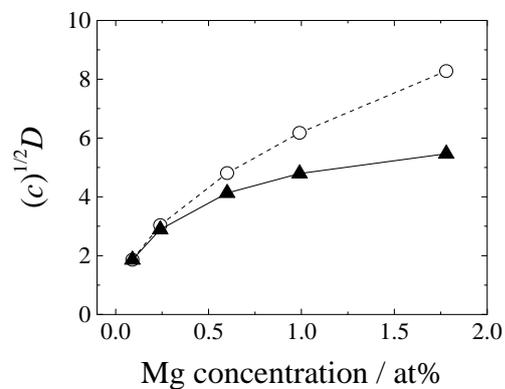


Fig. 11 Variations in $\sqrt{c}D$ as a function of magnesium concentration. The solid line was calculated from D values in Fig. 10, and the broken line was obtained by

合(破線)、マグネシウム濃度増加に伴い単調に増加し、Fig. 7 の残留応力率の変化を説明できない。以上の結果は、結晶子サイズが応力緩和現象に対する重要な組織因子であることを示している。今後、元素種や応力緩和条件を系統的にデータベース化することで、応力緩和現象に与える結晶子サイズの影響をより厳密に定義することが期待される。

5. 結論

Cu-Mg 合金の耐応力緩和特性は、冷間圧延の圧下率とマグネシウム濃度により変化する。その要因を探るため、X 線回折ラインプロファイル解析から求められるマイクロ組織パラメーターより調査し、次の知見が得られた。

(1) 応力緩和に伴うマイクロ組織の変化は結晶子サイズの変化から捉えることができる。また、結晶子サイズが小さいほど応力緩和が生じやすい。

(2) 結晶粒方位により転位密度に分布が生じる。応力緩和に伴う回復は転位密度の高い結晶粒で優先的に生じる傾向がある。

(3) 応力緩和試験における残留応力率のマグネシウム濃度依存性の傾向は、固溶元素(マグネシウム)の平方根と結晶子サイズの積からおおよそ再現できる。

謝辞

本研究は三菱マテリアル株式会社:伊藤優樹研究員、森広行研究副主幹、牧一誠研究主幹、東北大学:鈴木茂教授との共同研究として実施された。

【参考文献】

- 1) 伊藤優樹, 松永裕隆, 森広行, 牧一誠:銅と銅合金, 53 (2014), 198-202.
- 2) T. Ungár, G. Tichy: Phys. Stat. Sol. (a), 171 (1999), 425-434.
- 3) G. Ribárik, T. Gubicza. T. Ungár: Mater. Sci. Eng. A, 378-379 (2004), 343-347.
- 4) R. L. Fleischer : Acta Metall., 11 (1963) 203-209.

2.4 ひずみ時効硬化させたフェライト鋼の転位組織観察

Observation of dislocation structure in Ferritic steel after strain-age-hardening

森井達也 鈴木徹也

茨城大学工学部

Tatsuya MORII and Tetsuya SUZUKI

Ibaraki University

1. 緒言

ひずみ時効硬化は自動車用鋼板など材料の強度を高め利用することができる反面、利用する場所によっては靱性を低下させ、脆性破壊を引き起こす原因となる場合がある。低炭素鋼は、予ひずみ方向と時効硬化後の力学的性質に相関があることが知られている。予ひずみ方向と同方向の2次負荷に対しては不連続降伏を示すが、予ひずみ方向と垂直方向の2次負荷に対しては連続降伏を示す。また、中性子線を用いた回折実験¹⁻²⁾より、2次負荷方向と平行な結晶方位によりひずみ時効硬化に差異が見られた。各結晶粒の転位密度の変化を中性子回折で得られた半価幅の変化によって結晶方位ごとに見ることができる。これにより、負荷方向に $\langle 100 \rangle$ 方向を有する100粒は(以下 $\langle 110 \rangle$ 方位を有するものを110粒、 $\langle 211 \rangle$ 方位を有するものを211粒と呼ぶ)、110粒や211粒に比べて転位密度の上昇が大きいことが確認されている。

このような直交異方性や、結晶方位異方性と転位組織との相関を調べるためには直接転位組織を観察することが有効である。そこで本研究では、EBSDを使って各結晶粒の方位を確認した後、透過型電子顕微鏡(TEM)によって転位組織の観察を行った。

2. 実験方法

2-1. 試験片

実験には、炭素を0.006 mass%含み、平均結晶粒径が約 $60 \mu\text{m}$ のフェライト単相鋼を用いた。電気炉で融解鑄造した鋼材を熱間圧延し、大型試験片の母材を作成した。1223Kで1.2ksの等温保持によりオーステナイト化処理をした後、973Kで1.2ksの等温保持により炭素の固溶化処理をし、水冷(冷却速度 $100 \sim 150\text{Ks}^{-1}$)した。このように作製した初期材より大型試験片を切り出し、2.0%の塑性ひずみを与えた。(Fig.1 (a))その後、423Kで600s時効処理を行ったものと時効処理を行っていない大型試験片から $\phi 5.0\text{mm}$ の丸棒試験片(Fig.1 (b))を予ひずみに対して同方向(順方向)と直交方向に切り出し、これらに単軸引張の2次負荷をかけた。

EBSD、TEMの観察には2次負荷と垂直方向にスライスした後に電解研磨したものをを用いた。

2-2. 転位組織観察

2次負荷方向に対して垂直にスライスした試験片を電解研磨によって調整した後、EBSD法によってホール近傍のIPFマップを作製し、2次負荷方向に $\langle 100 \rangle$ 方位と $\langle 110 \rangle$ 方位が向いている結晶粒を探し、透過型顕微鏡(日本電子製JEM-2100)を用いて、加速電圧200kVで転位組織を観察した。

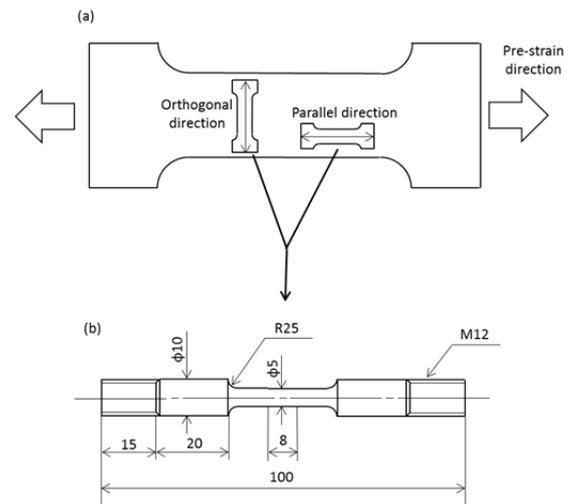


Fig.1 Schematic illustration of the tensile specimen.

(a) For pre-straining, (b) For Secondary load

3. 実験結果および考察

大型試験片で2%の予ひずみを入れ、時効処理をした後、順方向に2次負荷を付与した丸棒試験片より、2次負荷方向に対して垂直にスライスして、電解研磨によって調整した試験片のホール近傍をEBSDによって観察したものをFig.2 (a)に示す。これより、太い実線で囲んだ領域が100粒であることがわかる。

この領域のホール近傍の試料が薄くなっている部分を、TEMによって観察したものをFig.2 (b)に示す。転位が様々な方向を向いており、析出物の周辺でネットワーク状に絡み合っている様子が見られる。フェライト鋼はBCCであるため、活動すべり系が $\{110\}\langle 111 \rangle$ であったと仮定すると100粒は等価なすべり系が多く、様々な方向にすべりが生じやすい。また、時効処理によって転位に炭素が固着し、順方向では炭素が固着した転位によって、その他の転位の活動が妨げられ、第2、第3のすべ

り系が活動することによりネットワーク上に絡みあった転位組織が得られたと考えられる。

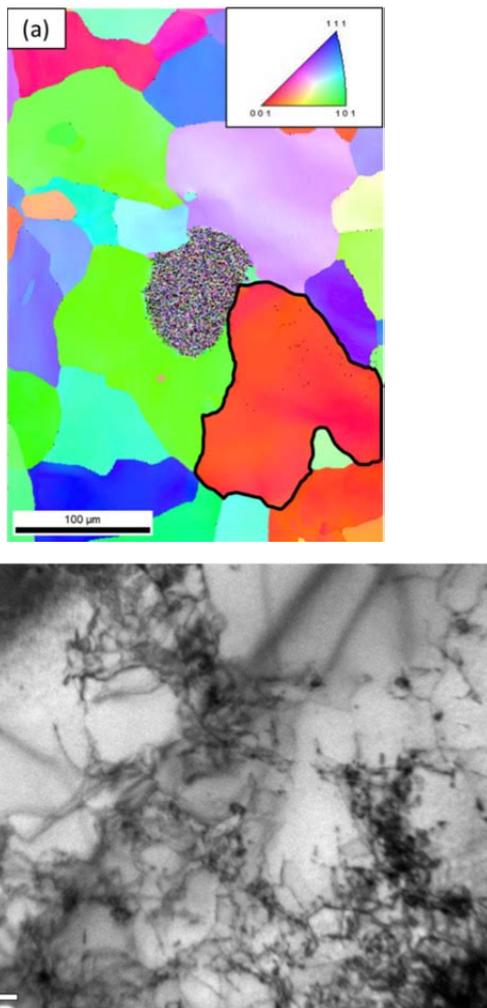


Fig.2 EBSD image (a) and TEM image (b) of $\langle 100 \rangle$ grains in the parallel direction tensile deformed for 2% after strain aging.

4. 結言

炭素を 0.006mass%含むフェライト単相鋼についてひずみ時効硬化後の試験片を EBSD により結晶方位を確認した後、TEM により観察した結果、 $\langle 100 \rangle$ 方位が引張軸に平行な粒についてネットワーク状の転位組織が確認できた。

5. 参考文献

- 1) T. Suzuki, K. Yamanaka, M. Ishino, Y. Shinihara, K. Nagai, E. Tsuru, and P. Xu: *Tetsu-to-hagané*, **98** (2012), 262.
- 2) K. Nagai, Y. Shinihara, E. Tsuru, M. Ishino and T. Suzuki: *Tetsu-to-hagané*, **98** (2012), 267.

3.プロジェクト業績

3.1 活動実績, 講演会資料等

3.1.1 平成27年度茨城大学 COC 地域課題解決型特定研究プロジェクト事業報告

1. プロジェクト名

茨城大学 塑性加工ネクストテン・コンソーシアム

2. プロジェクト参加者(含む申請者)

氏名	所属機関・部署 学部・学科等	職名	分担内容
伊藤吾朗	茨城大学・工学部・機械 工学科	教授	プロジェクトの総括(大学側)
藤沼良夫 鈴木徹也	常陽銀行 茨城大学・工学部・ マテリアル工学科	顧問 教授	プロジェクトの総括(自治体側) 産学連携授業の設定
岩瀬謙二	同マテリアル工学科	准教授	企業との連携 研究サポート
田代 優	同マテリアル工学科	講師	企業との連携 研究サポート
永野隆敏	同マテリアル工学科	講師	企業との連携 研究サポート
中村雅史	同知能システム工学科	准教授	企業との連携 研究サポート
小林純也	同機械工学科	助教	企業との連携 研究サポート
船津隆一 赤津一徳	茨城大学・工学部・ 常陽銀行	コーディネーター 地域協創部	企業との連絡 コーディネート コンソーシアム活動補助
佐藤雅之	ひたちなかテクノセンター		コンソーシアム活動補助

3. プロジェクトの実施概要

3.1 プロジェクトの目的

塑性加工科学教育研究センターにおける原子レベルからナノ・マクロまでの教員群と研究機器の集積を活かし、当センターが全力で支援できる限られた企業(鍛造・鋳造・プレス・熱処理・転造など10社程度)を結集し、企業現場の課題解決から長期的・継続的な研究開発を企業のエンジニア、学生及び教員が一体となって実施することで、世界で戦える人材育成と当地域の塑性加工オリジナル技術を確立することを目的とする。

3.2 連携の方法及び活動計画

企業の現場に学生を積極的に連れて行き、工場見学などとともに現場の技術者の生の声、現在抱えている問題などを共有することにより、学生の就職に対する意識を高め、同時に業種・職種に関する知識を教育する。また、企業に赴き、現場の特に若手技術者に対して出張講義を行う。大学における共同研究の成果や学術的思考をキャッチできる人材を企業側に作り出す。学科カリキュラムに課題解決型の体験型授業を取り入れる。

3.3 期待される成果

- ・ ノウハウ・暗黙知から科学に裏付けられた塑性加工生産技術の確立
- ・ その延長として当地域の塑性加工オリジナル技術の開発
- ・ 世界で戦える企業人材の育成・大学における教育・研究・社会貢献の一体的な推進

3.4 大学側の役割

- ・B2, B3学生が企業現場の課題を抽出して実験・計測・解析を通して大学での授業を製造現場に適用する。
- ・併せて理論的裏付けを取ることで、卒論、修論として仕上げる。
- ・これらの課題解決の中から、新たな研究テーマを設定し、受託・共同研究を実施する。

3.5 自治体等側の役割

- ・企業側:生産現場あるいは企業の将来テーマをオープンにし、学生と一体となって理論的裏付けによる課題解決を行う。
- ・常陽銀行:企業の選定、大学とのマッチング、展示会の開催、企業の経営支援

3.6 成果の公開方法

- ・塑性加工業界向けの年度ごとの報告会
- ・常陽ものづくりフォーラムなどでの報告、成果の展示、普及

4. プロジェクトの実施成果

4.1 活動実績

4.1.1 企業訪問・企業の来学等

- 2015. 4. 03 ニダック訪問 実験 学生1名同行
- 2015. 4. 13 新日鐵住金来学 研究打ち合わせ 学生5名参加
- 2015. 4. 13 大貫工業所訪問 工場見学 学生1名参加
- 2015. 4. 17 林精器訪問 学生による研究発表 工場見学 学生2名参加
- 2015. 4. 21 新熱工業訪問 工場見学
- 2015. 5. 11 ニダック訪問 学生2名同行
- 2015. 5. 14 大貫工業所訪問 学生1名同行
- 2015. 5. 18 林精器来学 研究打ち合わせ 学生5名参加
- 2015. 5. 25 マニー訪問 学生による研究発表 学生5名参加
- 2015. 6. 03 スズキ来学 自動車に関する講演 研究打ち合わせ 学生20名参加
- 2015. 6. 11 茨城県工業技術センター訪問 工場見学研究打ち合わせ 学生7名参加
- 2015. 6. 12 福島県ハイテクプラザ訪問 工場見学研究打ち合わせ 学生3名参加
- 2015. 6. 12 林精器訪問 工場見学研究打ち合わせ 学生3名参加
- 2015. 6. 16 神戸製鋼来学 研究打ち合わせ 学生4名参加
- 2015. 7. 02 泰榮 風力発電施設見学 学生3名参加
- 2015. 7. 10 マニー訪問 学生による研究発表 学生5名参加
- 2015. 9. 9-11 福島県ハイテクプラザ訪問 実験 研究打ち合わせ 学生2名参加
- 2015. 9. 29 ビューラー来学 研究打ち合わせ 学生4名参加
- 2015. 10. 13 泰榮 風力発電施設見学 学生3名参加
- 2015. 10. 14 マニー訪問 学生による研究発表 学生5名参加
- 2015. 10. 20 タナカ訪問 工場見学 学生4名参加
- 2015. 10. 28 林精器訪問 学生による研究発表 学生2名参加
- 2015. 10. 29 福島県ハイテクプラザ訪問 研究打ち合わせ 学生1名参加
- 2015. 10. 30 大貫工業所訪問 研究打ち合わせ 学生1名参加
- 2015. 10. 30 泰榮訪問 工場見学 研究打ち合わせ 学生4名参加
- 2015. 11. 05 泰榮訪問 社員に対する講義実施 社員20名参加 学生4名参加
- 2015. 11. 12 フォージテックカワベ訪問 学生による研究発表 学生6名参加

- 2015. 11. 19 テックイトウ訪問 学生による研究発表 学生6名参加
- 2015. 12. 09 常陽ものづくりフォーラム コンソーシアムとしてブース発表
教員等10名 学生50名参加
- 2015. 12. 17 東北ネヂ来学 研究打ち合わせ 学生5名参加
- 2016. 1. 13 伊藤鋳造と行った学生参画型研究の発表会
- 2016. 1. 15 泰榮来学 研究打ち合わせ 学生8名参加
- 2016. 1. 19 大貫工業所訪問 研究打ち合わせ
- 2016. 1. 26 福島県ハイテクプラザ訪問 研究打ち合わせ 学生1名参加
- 2016. 1. 28 ネクストテンコンソーシアム打ち合わせ 於 茨城大学
- 2016. 2. 03 メークス訪問 学生による研究発表 学生4名参加
- 2016. 2. 03 タナカ訪問 学生による研究発表 学生4名参加
- 2016. 2. 04 泰榮訪問 社員に対する講義実施 社員20名参加
- 2015. 4. 06 伊藤鋳造鉄工所訪問 工場見学 学生4名参加
- 2015. 5. 21 伊藤鋳造鉄工所訪問 研究打ち合わせ(課題提案) 学生3名参加
- 2015. 6. 25 真岡工業所訪問 工場見学 学生5名参加
- 2015. 7. 22 川和工業所訪問 工場見学 学生3名参加
- 2015. 9. 22, 23 伊藤鋳造鉄工所訪問 企業との共同実験実施 学生6名参加
- 2015. 11. 16 川和工業所訪問 企業との共同実験実施 学生6名参加
- 2015. 12. 16 伊藤鋳造鉄工所訪問 伊藤鋳造鉄工所と川和工業所 両社に向けての
学生による研究発表会 学生4名参加
- 2015. 4. 01 竹内精工(株)訪問 工場見学
- 2015. 4. 06 伊藤鋳造鉄工所訪問 工場見学 学生2名参加
- 2015. 5. 14 大貫工業所訪問 打ち合わせ
- 2015. 5. 21 伊藤鋳造鉄工所訪問 研究打ち合わせ(課題解決) 学生3名参加
- 2015. 6. 25 真岡工業所訪問 工場見学 学生2名参加
- 2015. 7. 21 川和工業所訪問 工場見学 学生2名参加
- 2015. 9. 22, 23 伊藤鋳造鉄工所訪問 企業との共同実験実施 学生3名参加
- 2015. 11. 3 川和工業所訪問 学生による研究報告 学生1名参加
- 2015. 10. 21 幸手スプリングス訪問 工場見学 学生2名参加
- 2015. 12. 9 幸手スプリングス打ち合わせ 常陽ものづくりフォーラム会場にて
- 2016. 2. 23 幸手スプリングス訪問 学生による卒業研究報告 学生2名参加

4.1.2 その他の実績

- (1) マテリアル工学科で「ものづくり課題解決型実習」を集中講義として開講。
2年生10名、3年生10名が履修。企業に出向き課題を受け取り大学で実験、調査をして企業に報告に行く形式。研究室に所属する4年生、大学院生が実験補助を行った。
- (2) 伊藤鋳造、川和工業所、テックイトウ、フォージテックカワベ、マニーなどを中心に学生参画型の課題解決型プロジェクトを行った。一部は卒業研究として発表された。

4.2 プロジェクトの達成状況

2015年度中に数多くの企業訪問を行い研究打合せを重ねてきた。またほぼ全回に学生を参加させることにより、教育・研究・社会貢献の一体的な推進がなされたものとする。ただし、共同研究等に発展したものはまだ数が少なく途上と考えられる。

4.3 今後の計画と課題

個々の企業との連携はできつつあり大学側における教員の連携も良いが、企業群として考えた時の相乗的な効果はまだ得られておらず難航している。企業秘密や競争に抵触しない範囲でより共通的な課題を見つけ企業群と協力したテーマを模索することが課題である。

4.4 大学側の役割

・ B 2, B 3 学生が企業現場の課題を抽出して実験・計測・解析を通して大学での授業を製造現場に適用することに関しては、まだ十分に企業現場の課題を抽出できてはおらず、課題設定の中での研究発表を中心に交流を続けている段階である。

・ 理論的裏付けを取ることで、卒論、修論として仕上げる事に関しては一部の連携において卒業研究に発展した。

・ 新たな研究テーマを設定し、受託・共同研究を実施する事に関しては一部の連携において学生が自分から課題を設定した試みがなされた。受託・共同研究に関しては今後の課題とする。(伊藤鋳造、川和工業所における課題提案型テーマ「砂型硬化樹脂の削減」において、来年度の共同研究テーマとして継続が決まっている。)

4.5 自治体等側の役割

常陽銀行によって連携を組む企業に関する選定、マッチングはなされた。また、つくばで開催された「常陽ものづくりフォーラム」によって多くの教員、学生と企業との交流がなされた。

4.6 成果の公開

「常陽ものづくりフォーラム」において特設ブースを設け成果を公開した。

3.1.2 茨城大学重点研究「分野横断型ニューマテリアルプロジェクト」国際シンポジウム報告

Report on the International Symposium on Priority Research --- Interdisciplinary New-Material
Project--- in Ibaraki University

伊藤 吾朗

工学部 機械工学科（工学部附属塑性加工科学教育研究センター）

Goroh ITOH

Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering (Faculty of Engineering, Education and
Research Center for Science-Based Plastic Forming)

次々ページの案内の通り、今年度最終年度を迎える本プロジェクトの総括として、工学部附属塑性加工科学教育研究センターとの共催で、国際シンポジウムを開催した。今回のシンポジウムのトピックスは、構造用金属材料の力学特性発現の基礎とし、UC Berkeley の J.W. Morris, Jr.教授、物質・材料研究機構（茨城大学名誉教授）の友田教授を招いて、ご講演いただいた。また、プロジェクトの成果も俯瞰し、今後の研究動向を議論する場とした。

2016年3月22日火曜日に日立キャンパス N4 棟で 13 時 15 分から 16 時 50 分まで開かれたシンポジウムには学内外から 26 名が参加し、写真に示すように活発な討論行われた。



Fig. 1 伊藤プロジェクト代表による開会の挨拶。



Fig. 3 倉本教授の講演に対する質疑応答。



Fig. 2 倉本教授による講演。



Fig. 4 友田名誉教授による講演。



Fig. 5 友田名誉教授の講演に対する質疑応答。



Fig. 8 Morris 教授の講演に対する質疑応答。



Fig. 6 講演中の会場の様子。



Fig. 9 伊藤教授による講演。



Fig. 7 Morris 教授による講演。

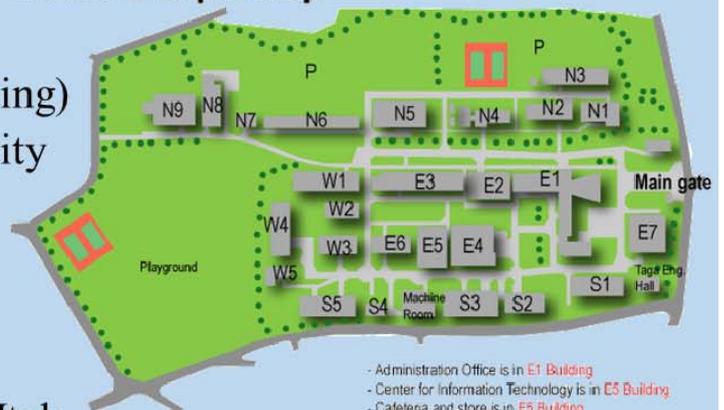


Fig. 10 伊藤教授の講演に対する質疑応答。

International Symposium Multidisciplinary Researches on New Materials — — Fundamentals on Mechanical Behavior of Metals

Hitachi Campus Map

Odaira Memorial Hall (N4 building)
Hitachi campus, Ibaraki University
Tuesday, March 22, 2016
13:15 - 16:50



Program

13:15 - 13:20 Opening talk, G. Itoh

13:20 - 14:00 Topics from the project, S. Kuramoto

**High-strength Fe-Ni base alloys with elastic softening
in shear modulus C'**

14:00 - 15:00 Invited talk, Y. Tomota

**Deformation behavior of steels studied
by in situ neutron diffraction**

15:00 - 15:15 Coffee break

15:15 - 16:15 Invited talk, J. W. Morris, Jr.

Mechanical stability and the strength of materials

16:15 - 16:45 Summary of the project, G. Itoh

**Future scope for materials research
in Ibaraki University**

16:45 - 16:50 Closing remark, G. Itoh

3.2 業績一覧

H27 年度茨城大学重点研究 研究論文等発表一覧

【原著論文】

- 1) T. Maeda, Y. Kobayashi, Y. Yasuda, T. Morita, Low-Temperature Metal-Metal Bonding Process Using Leaf-Like Aggregates Composed of CuO Nanoparticles, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 48, 1-6, (2015).
- 2) Y. Kobayashi, Y. Mabuchi, M. Hama, K. Inoue, Y. Yasuda, T. Morita, Seeding Technique for Lowering Temperature During Synthesis of α -Alumina, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 3, 139-143, (2015).
- 3) Y. Kobayashi, H. Matsudo, Y. Kubota, T. Nakagawa, K. Gonda, N. Ohuchi, Preparation of Silica-Coated Quantum Dot Nanoparticle Colloid Solutions and Their Application in In-Vivo Fluorescence Imaging, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 48, 112-117, (2015).
- 4) S. Ueda, Y. Kobayashi, S. Koizumi, Y. Tsutsumi, In-situ Observation of Water at Fuel Cell Catalyst Using Scanning Electron Microscope, *Microscopy*, 2, 83-88, (2015).
- 5) Y. Kobayashi, R. Nagasu, T. Nakagawa, Y. Kubota, K. Gonda, N. Ohuchi, Preparation of Au/Silica/Poly(ethylene glycol) Nanoparticle Colloid Solution and its Use in X-ray Imaging Process, *Nanocomposites*, 2, 83-88, (2015).
- 6) Y. Kobayashi, K. Shibuya, T. Nakagawa, Y. Kubota, K. Gonda, N. Ohuchi, Direct Immobilization of Gadolinium Complex on Silica Particles and Their MRI Properties, *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, 13, 42-46, (2015).
- 7) Y. Kobayashi, N. Takahashi, T. Maeda, T. Yonezawa, K. Yamasaki, Fabrication of ITO Particles Using a Combination of a Homogeneous Precipitation Method and a Seeding Technique and Their Electrical Conductivity, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 3, 266-270, (2015).
- 8) 中井学, 伊藤吾朗, 高強度 6061 アルミニウム合金のマイクロ組織形成過程に及ぼす熱間鍛造条件の影響, *軽金属*, 65, 123-130, (2015).
- 9) Shigeru Suzuki, Koji Hotta, Eui Pyo Kwon, Shun Fujieda, Kozo Shinoda, Masayoshi Kumagai, Kentaro Kajiwara, Masugu Sato, Shigeo Sato, Characterization of evolution of microscopic stress and strain in high-manganese twinning-induced plasticity steel, *ISIJ International*, 55, 2158-2165, (2015).
- 10) Eui Pyo Kwon, Shigeo Sato, Shun Fujieda, Kozo Shinoda, Ryosuke Kainuma, Kentaro Kajiwara, Masugu Sato, Shigeru Suzuki, Characterization of deformation behavior of individual grains in polycrystalline Cu-Al-Mn superelastic alloy using white X-ray microbeam diffraction, *Metals*, 5, 1845-1856, (2015).
- 11) Yusuke Onuki, Shun Fujieda, Ryuji Ukai, Shigeo Sato, Masugu Sato, Kentaro Kajiwara, Shigeru Suzuki, Local stress development in polycrystalline Fe-17mol%Ga alloy under tensile loading - In situ measurement using synchrotron X-ray micro-beam, *J. Alloys Compds.*, 653, 195-201, (2015).
- 12) Manami Mori, Kenta Yamanaka, Shigeo Sato, Akihiko Chiba, Texture evolution and mechanical anisotropy of biomedical hot-rolled Co-Cr-Mo alloy, *J. Mech. Behavior Biomed. Mater.*, 51, 205-214, (2015).
- 13) Shigeo Sato, Akifumi Hasegawa, Satoshi Semboshi, Kazuaki Wagatsuma, Effect of dislocations on spinodal decomposition, precipitation, and age-hardening of Cu-Ti alloy, *High Temperature Materials and Processes*, **34**, 123-130, (2015).
- 14) Donglin Han, Kozo Shinoda, Shigeo Sato, Masatoshi Majimad, Tetsuya Uda, Correlation between electroconductive and structural properties of proton conductive acceptor-doped barium zirconate, *J. Mater. Chem. A*, 3, 1243-1250,

(2015).

- 15) Masayoshi Kumagai, Shigeo Sato, Shigeru Suzuki, Muneyuki Imafuku, Hitoshi Tashiro and Shin-ichi Ohya, Residual stress analysis of cold-drawn pearlite steel wire using white synchrotron radiation, *ISIJ International*, 55, 1489-1495, (2015).
- 16) Shigeo Sato, Takahisa Shobu, Kozue Satoh, Hiromi Ogawa, Kazuaki Wagatsuma, Masayoshi Kumagai, Muneyuki Imafuku, Hitoshi Tashiro and Shigeru Suzuki, Distribution and anisotropy of dislocations in cold-drawn pearlitic steel wires analyzed using micro-beam X-ray diffraction, *ISIJ International*, 55, 1432-1438, (2015).

【国際会議発表】

- 1) R. Yamada, G. Itoh, A. Kurumada, M. Nakai, Effects of environment on fatigue crack growth behavior in 7000 series aluminum alloys, THE CONFERENCE OF METALLURGISTS (COM2015) hosting America's Conference on Aluminum Alloys (AMCAA), 6pages(ISBN: 978-1-926872-32-2), (2015).
- 2) T. Manaka, S. Fukasawa, G. Itoh, Behavior of Hydrogen in an Al-Zn-Mg Alloy Investigated by Means of Hydrogen Microprint Technique, THE CONFERENCE OF METALLURGISTS (COM2015) hosting America's Conference on Aluminum Alloys (AMCAA), 6pages(ISBN: 978-1-926872-32-2), (2015).
- 3) Y. Kobayashi, H. Morimoto, T. Nakagawa, Y. Kubota, K. Gonda, N. Ohuchi, Fabrication of Gd hydroxide Nanoparticles by a Method Using Ion-Exchange Resin and Their MRI Property, The 2nd International Conference on Surfaces, Coatings and Nanostructured Materials (NANOSMAT-Asia 2015) (2015, Kayseri, Turkey) NANO-4.
- 4) Y. Kobayashi, T. Iwasaki, Silica-Coating of Nitrogen-Doped Titanium Oxide Particles and Their Electrical Conductivity, The 5th International Conference on the Characterization and Control of Interfaces for High Quality Advanced Materials and the 51st Summer Symposium on Powder Technology (ICCCI 2015) (2015, Kurashiki, Okayama, Japan) AO-70.
- 5) Y. Kobayashi, Y. Mabuchi, M. Hama, Y. Yasuda, T. Morita, Effects of Seeding with Nanocrystallites and Addition of Inorganic Alumina Sol on Crystallization of Alkoxide Alumina Gel, The 9th International Conference on High-Performance Ceramics (CICC-9) (2015, Guilin, China) A2-101.
- 6) T. Li, Y. Kobayashi, Fabrication of Silica-Coated Quantum Dots and Their Fluorescence Property, The 11th International Student Conference at Ibaraki University (ISCIU11) (2015, Mito, Ibaraki, Japan) OE01.
- 7) S. Sato, K. Wagatsuma, K. Satoh, H. Ogawa, M. Kumagai, M. Imafuku, H. Tashiro, T. Shobu, S. Suzuki, Characterization of dislocations of cold-drawn pearlitic steels using synchrotron X-ray diffraction, *Proceedings of Asia Steel International Conference 2015*, 574-575, (2015).
- 8) K. Satoh, S. Sato, M. Ohnuma, T. Naruse, Y. Kim, T. Ebata, S. Suzuki, K. Wagatsuma, Size distribution of precipitates in age-hardenable electromagnetic stainless steels determined using small angle X-ray scattering, *Proceedings of Asia Steel International Conference 2015*, 572-573, (2015).
- 9) Y. Yasuda, E. Kwon, S. Sato, S. Fujieda, K. Shinoda, S. Suzuki, Microstructural characterization of Cu-added transformation induced plasticity steels, *Proceedings of Asia Steel International Conference 2015*, 570-571, (2015).
- 10) Shohei Koizumi, Junya Kobayashi and Goroh Itoh, Deformation characteristics of 6066 and 6069 aluminum alloys at elevated temperatures, *Materials Science Forum Vols. 838-839*, 267-271, (2016).
- 11) Nobuatsu Tano, Junya Kobayashi, Goroh Itoh, Akira Kurumada and Shingo Mukae, Tensile Properties of Recrystallized and Unrecrystallized Tungsten at Elevated Temperatures, *Materials Science Forum Vols. 838-839*, 272-277, (2016).
- 12) Junya Kobayashi, Yumenori Nakashima, Koh-ichi Sugimoto and Goroh Itoh, Formabilities of C-Si-Al-Mn

transformation-induced plasticity-aided martensitic sheet steel, Materials Science Forum Vols. 838-839, 546-551, (2016).

【著書】

1) なし

【解説,その他】

1) 鈴木徹也, 吉永直樹, 金子真次郎, 松村康志, 吉田英雄, 下鶴瀬正史, 鍋島勝己, 長谷川研二, 太田智之, 藤田雅, 坂手宣夫, 材料技術の変遷, 自動車技術, Vol.1(2016), 90-97.

【学会発表 (国内, 国際)】

- 1) 小林芳男, 液相プロセスによるナノカプセルの作製とその諸特性, 映像情報メディア学会情報ディスプレイ研究委員会ディスプレイ材料製造技術シンポジウム (2015, 東京), 2015/3/13
- 2) 太田佳宏, 青木雅弥, 伊藤吾朗, プラズマチャージしたアルミニウム合金中の水素挙動, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 3) 小松健人, 小塚健司, 中野貴史, 伊藤吾朗, Al-Zn-Mg 合金の水素脆化に及ぼす復元再時効処理の影響, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 4) 深沢周平, 真中俊明, 伊藤吾朗, 変形した Al-Cu-Mg 合金中の水素挙動, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 5) 望月健吾, 山田隆一, 伊藤吾朗, 車田亮, 6061 アルミニウム合金の疲労に及ぼす試験温度・環境の影響, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 6) 小泉彰平, 小林純也, 伊藤吾朗, 6066 および 6069 アルミニウム合金の高温における変形特性, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 7) 中野貴史, 小塚健司, 伊藤吾朗, 中井学, 2000 系および 7000 系アルミニウム合金の水素挙動に及ぼす再結晶抑制元素の影響, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 8) 青木雅弥, 伊藤吾朗, 純アルミニウムプラズマチャージ材のマイクロプリント法・昇温脱離法水素挙動解析, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 9) 真中俊明, 小塚健司, 伊藤吾朗, 波多野雄治, アルミニウム合金の水素挙動に及ぼす応力負荷や調質の影響, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 10) 山田隆一, 伊藤吾朗, 車田亮, 中井学, 2000 および 7000 系アルミニウム合金の疲労き裂進展挙動に及ぼす Cr, Mn の影響, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 11) 楊帆, 寺田将也, 田中瑞輝, 車田亮, 伊藤吾朗, Al-Mg-Si 系合金の耐長期負荷割れ特性, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 12) 比佐遼太, 國井健生, 伊藤吾朗, 山崎倫昭, 河村能人, 湿潤大気環境中での $Mg_{97}Zn_1Y_2$ 合金における水素脆化き裂の発生, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 13) 劉濱, 篠嶋妥, 岩瀬彰宏, 熱的照射による Al-Cu 合金の析出過程のフェーズフィールドシミュレーション, 軽金属学会 第 128 回春期大会, 2015/5/16
- 14) 田能正淳, 小林純也, 伊藤吾朗, 車田亮, 向江信吾, タングステン再結晶材および未再結晶材の高温引張特性, 日本塑性加工学会 平成 27 年度塑性加工春季講演会, 2015/5/29
- 15) 森真奈美, 山中謙太, 佐藤成男, 熊谷正芳, 今福宗行, 千葉晶彦, 生体用 Co-Cr-Mo 合金の熱間圧延における組織・力学特性の変化と強化メカニズムの検討, 日本塑性加工学会 平成 27 年度塑性加工春季講演会,

2015/5/29

- 16) 初見貴, 菊池拓, 西野創一郎, 大屋邦雄, 菅野晃慈, ドロー成形における形状凍結性に及ぼすパッド押えの影響, 日本塑性加工学会 平成 27 年度塑性加工春季講演会, 2015/5/29
- 17) 菊池拓, 初見貴, 西野創一郎, 大屋邦雄, 菅野晃慈, フォームおよびドローテスト型による自動車用鋼板のプレス成形プロセスの解析, 日本塑性加工学会 平成 27 年度塑性加工春季講演会, 2015/5/29
- 18) 村田和輝, 山崎達也, 西野創一郎, 大屋邦雄, 砂原亮介, 野村博郎, 幸田稔, プレス加工における金型用コーティング皮膜の摺動損傷評価, 日本塑性加工学会 平成 27 年度塑性加工春季講演会, 2015/5/29
- 19) 前川克廣, 山崎和彦, マイクロ/ナノ粒子を用いたレーザ応用構造・機能創製, 第 83 回レーザ加工学会講演論文集, 大阪大学, (2015), pp. 29-34, 2015/6/11-12
- 20) 佐藤成男, X線と中性子線を用いたラインプロファイル解析 –それぞれの特徴と解析事例–, 材料の組織と特性部会 第 1 回若手フォーラム, 2015/7/23
- 21) 沼賀 慎, 倉本 繁, 小林純也, 冷間加工した SUS301 鋼の機械的特性, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 22) 小野瀬航平, 倉本 繁, ゴムメタルの変形挙動に及ぼすひずみ速度の影響, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 23) 柴山裕輝, 倉本 繁, ゴムメタルの不均一変形挙動の解析, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 24) 中島祐樹, 倉本 繁, Al-Zn-Mg 系合金冷間圧延材の機械的特性, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 25) 坂岡優也, 倉本 繁, AZ31 合金の強度に及ぼす結晶粒径の影響, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 26) 庄司章人, 青木雅弥, 伊藤吾朗, プラズマチャージしたアルミニウム合金の引張特性, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 27) 南條郁弥, 小泉彰平, 小林純也, 伊藤吾朗, 高圧水素貯蔵容器用アルミニウム合金のスピニング加工性, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 28) 市村幸正, 伊藤吾朗, 水素マイクロプリント法による SUS316L 鋼中の水素挙動解析, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 29) 青島翔平, 楊帆, 望月健吾, 伊藤吾朗, 車田亮, 小林純也, 6000 系アルミニウム合金の長期負荷割れ, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 30) 橋本明, 青木雅弥, 伊藤吾朗, プラズマチャージした金属中の水素挙動, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 31) 和田美香, 車田亮, 伊藤吾朗, 水素貯蔵用鉄鋼材料の水素放出に及ぼす温度の影響, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 32) 井出一平, 中野貴史, 伊藤吾朗, 6000 系アルミニウム合金の水素挙動に及ぼす合金組成の影響, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 33) 石川成和, 堀辺忠志, 森 孝太郎, 自己調節機能を有する磁歪カンチレバーの環境発電特性評価, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 34) 本田拓也, 堀辺忠志, 森孝太郎, 応答曲面法を用いたき裂を有するはりの逆解析, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 35) 堀辺忠志, 櫻井航太, 森孝太郎, 偏心円孔を有する帯板の曲げ, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 36) 堀辺忠志, 藤川凌, 森孝太郎, テーパー状円筒はりの大変形, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 37) 寺尾裕介, 伊藤伸英, 塚田並輝, 大森整, 加藤照子, 梅津信二郎, PELID による不導体基板への砥粒散布と積層技術に関する研究, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 38) 樋渡大樹, 伊藤伸英, 山田希, 前川克廣, 山崎和彦, 大森整, 梅津信二郎, PELID とシート造形による砥石製作の試み, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 39) 山本寛之, 長谷川勇治, 小沢右京, 大森整, 伊藤伸英, ELID 研削におよぼすマイクロバブル含有電解水の効果, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28

- 40) 大宮健汰, 伊藤伸英, 春日博, 大森整, 加藤照子, 前林直希, 導電性ラバーボール含有メタルレジンボンド
砥石の ELID 研削特性, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 41) 鬼澤和久, 永岡辰也, 亀谷美百合, 鈴木徹也, 中性子回折によるフェライト鋼のひずみ時効硬化異方性の検討,
第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 42) 石川翔也, 佐藤諒, 鈴木徹也, EBSP-KAM によるフェライト鋼の結晶粒変形挙動の検討, 第 23 回茨城講演会,
2015/8/28
- 43) 横田仁志, 鈴木徹也, 田代優, 羽田智, 阿久根佑貴, 小島一浩, 長島政彦, アルミニウム製熱交換器の耐食性
改善, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 44) 森井達也, 石川翔也, 永岡辰也, 亀谷美百合, 鈴木徹也, ひずみ時効硬化させたフェライト鋼の転位組織観察,
第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 45) 菅原透, 鬼澤和久, 永岡辰也, 亀谷美百合, 鈴木徹也, 中性子回折によるフェライト鋼の圧縮引張変形その場
測定, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 46) 河野敏裕, 永野隆敏, 粒子法を用いた Al-Cu 接合の FSW シミュレーション, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 47) 中村雅史, 橋本拓也, 超格子構造 DLC 膜の熱電特性に関する研究, 第 23 回茨城講演会, 2015/8/28
- 48) 中村雅史, 高森悠紀, A7075 合金の疲労寿命に及ぼす DLC/AlN 複合表面改質の影響, 第 23 回茨城講演会,
2015/8/28
- 49) 中村雅史, 岩本雄磨, AlCrN/AlN 積層皮膜による A7075 合金の摩擦摩耗特性の改善, 第 23 回茨城講演会,
2015/8/28
- 50) 太田佳宏, 車田亮, 青木雅弥, 庄司章人, 伊藤吾朗, 高強度アルミニウム合金にプラズマチャージした水素の挙
動, 軽金属学会関東支部 2015 年度 若手研究者育成研修会, 2015/8/30
- 51) 小泉彰平, 小林純也, 伊藤吾朗, 高圧水素貯蔵用アルミニウム合金の高温における変形特性, 軽金属学会関東
支部 2015 年度 若手研究者育成研修会, 2015/8/30
- 52) 望月健吾, 山田隆一, 伊藤吾朗, 車田亮, 高圧水素容器用アルミニウム合金の疲労に及ぼす環境の影響, 軽金
属学会関東支部 2015 年度 若手研究者育成研修会, 2015/8/30
- 53) 深沢周平, 真中俊明, 伊藤吾朗, 引張変形を与えた Al-Cu-Mg 合金中の水素挙動, 軽金属学会関東支部 2015
年度 若手研究者育成研修会, 2015/8/30
- 54) 楊帆, 青島翔平, 伊藤吾朗, 車田亮, 水素用アルミニウム合金の耐長期負荷割れ特性, 軽金属学会関東支部
2015 年度 若手研究者育成研修会, 2015/8/30
- 55) 新藤祐太, 長須遼子, 久保田洋介, 及川隆洋, 権田幸祐, 小林芳男, 医療画像診断用 Gd 化合物担持 Au/SiO₂
粒子の開発, 化学工学会第 47 回秋季大会 (2015, 札幌) Q101, 2015/9/9
- 56) 山村克己, 濱理央, 小林芳男, 保田雄亮, 守田俊章, 低温条件下におけるアルミナ薄膜作製法の開発, 化学工
学会第 47 回秋季大会 (2015, 札幌) Q113, 2015/9/9
- 57) 李亭亭, 久保田洋介, 及川隆洋, 権田幸祐, 小林芳男, 医療画像診断用シリカカプセル化量子ドットの開発およ
びそのイメージング特性, 化学工学会第 47 回秋季大会 (2015, 札幌) ZB2P13, 2015/9/9
- 58) 酒井正堯, 小林芳男, 渡辺健一, 甲田秀和, 國上溥, Pd/Pt コアシェル型ナノ粒子の作製とその触媒特性, 化学
工学会第 47 回秋季大会 (2015, 札幌) A303, 2015/9/9
- 59) 前田貴史, 小林芳男, 保田雄亮, 守田俊章, Cu₂O ナノ粒子の作製とその接合特性, 化学工学会第 47 回秋季大
会 (2015, 札幌) A304, 2015/9/9
- 60) 小林純也, 杉本公一, 伊藤吾朗, Si-Al 添加超高強度 TRIP 型マルテンサイト鋼板の成形性, 日本鉄鋼協会 第
170 回秋季講演大会 討論会, 2015/9/16
- 61) 友田陽, 佐藤成男, W. Gong, S. Harjo, 川崎卓郎, SUS310 鋼の引張変形及びその後の焼鈍に伴う転位密度変化

- の中性子回折プロファイル CMWP 解析による同定, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015/9/18
- 62) 小貫祐介, 星川晃範, 佐藤成男, 石垣徹, 徐平光, iMATERIA における Time-Of-Flight 型中性子回折による集合組織測定, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015/9/17
- 63) 佐藤成男, 量子ビームを用いたラインプロファイル解析の鉄鋼材への適用, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会 シンポジウム, 2015/9/16
- 64) 黒田あす美, 佐藤成男, オーステナイト系・フェライト系ステンレス鋼のマイクロ組織における弾塑性挙動の特徴, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015/9/18
- 65) 篠崎智也, 高岡宏行, 藤網宣之, 鈴木徹也, 友田陽, 低合金鋼のオーステナイト逆変態挙動に及ぼす炭化物の影響 (低合金鋼のオーステナイト逆変態機構に関する研究(1)), 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015/9/16
- 66) 鬼澤和久, 永岡辰也, 亀谷美百合, 鈴木徹也, 中性子回折によるフェライト鋼のひずみ時効硬化異方性の検討, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015/9/16
- 67) 東雄一, 末永圭一, 岩本知広, 河村能人, 押出 $Mg_{96}Zn_2Y_2$ 合金の超音波接合継手における微細組織と接合界面温度分布の検討, 日本金属学会 2015 年秋期講演大会, 2015/9/16
- 68) 渡部紘介, 池田輝之, バルクシリコンのナノ構造化と溶解度, 日本金属学会 2015 年秋期講演大会, 2015/9/16
- 69) 児島孝文, 池田輝之, 川口裕美, 井手拓哉, 中嶋英雄, 一方向に伸びた孔をもつ多孔質熱電材料の創製, 日本金属学会 2015 年秋期講演大会, 2015/9/16
- 70) 鈴木利弥, 池田輝之, 一方向凝固組成傾斜試料を利用した熱電材料のハイスループットな研究法, 日本金属学会 2015 年秋期講演大会, 2015/9/16
- 71) 鈴木茂, 篠田弘造, 藤枝俊, 佐藤成男, 産業利用を目指した分析・解析・評価技術の展望, 日本金属学会 2015 年秋期(第 157 回)講演大会, 2015/9/17
- 72) 伊藤吾朗, 燃料電池自動車用水素関連アルミニウム材料の腐食・水素脆化試験, 公益社団法人腐食防食学会 第 183 回腐食防食シンポジウム, 2015/9/28
- 73) Y. Tomota, S. Sato, S. Harjo, P.G. Xu, W. Gong, T. Kawasaki, Quantitative evaluation of dislocations during deformation and annealing for austenitic steels using CMWP fitting method for neutron diffraction profiles, MECASENS 2015, 2015/10/2
- 74) S. Sato, K. Wagatsuma, K. Satoh, H. Ogawa, M. Kumagai, M. Imafuku, H. Tashiro, T. Shobu, S. Suzuki, Characterization of dislocations of cold-drawn pearlitic steels using synchrotron X-ray diffraction, Asia Steel International Conference 2015, 2015/10/8
- 75) K. Satoh, S. Sato, M. Ohnuma, T. Naruse, Y. Kim, T. Ebata, S. Suzuki, K. Wagatsuma, Size distribution of precipitates in age-hardenable electromagnetic stainless steels determined using small angle X-ray scattering, Asia Steel International Conference 2015, 2015/10/8
- 76) Y. Yasuda, E. Kwon, S. Sato, S. Fujieda, K. Shinoda, S. Suzuki, Microstructural characterization of Cu-added transformation induced plasticity steels, Asia Steel International Conference 2015, 2015/10/8
- 77) 小貫祐介, 星川晃範, 佐藤成男, 石垣徹, 徐平光, iMATERIA における Time-Of-Flight 型中性子回折を利用した迅速バルク集合組織測定手法, 第 5 回 結晶と組織の配向制御による材料高性能化研究会, 2015/10/9
- 78) 太田佳宏, 車田亮, 伊藤吾朗, 向江信悟, スポット溶接用 W-TiN 電極の特性に及ぼす TiN 含有量の影響, 第 66 回塑性加工連合講演会, 2015/10/29
- 79) 小泉彰平, 小林純也, 伊藤吾朗, 高圧水素貯蔵用アルミニウム合金の高温における変形特性, 第 66 回塑性加工連合講演会, 2015/10/29
- 80) 田能正淳, 小林純也, 伊藤吾朗, 車田亮, 向江信悟, タングステン再結晶材および未再結晶材の高温引張特性

ーひずみ速度の影響 第2報ー, 第66回塑性加工連合講演会, 2015/10/29

- 81) 伊藤美優、佐藤成男、伊藤優樹、森広行、牧一誠、鈴木茂, 銅合金の荷重・昇温下における転位回復現象の X 線回折キャラクタリゼーション, 第 51 回 X 線分析討論会, 2015/10/29
- 82) 伊藤美優、佐藤成男、伊藤優樹、森広行、牧一誠、鈴木茂, X 線回折法による Cu-Mg 系合金の応力緩和現象に伴う回復の追跡, 日本銅学会第 55 回講演大会, 2015/11/3
- 83) 中野貴史, 伊藤吾朗, 中井学, 高強度アルミニウム合金の水素挙動に及ぼす再結晶抑制元素の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 84) 山田隆一, 伊藤吾朗, 車田亮, 中井学, 2000 および 7000 系アルミニウム合金における疲労き裂進展挙動と水素脆化感受性の関係, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 85) 青木雅弥, 伊藤吾朗, プラズマチャージした純アルミニウム中の TDS による水素挙動解析, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 86) 真中俊明, 伊藤吾朗, 中井学, Al-Zn-Mg 合金の水素挙動に及ぼす応力負荷の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 87) 比佐遼太, 伊藤吾朗, 山崎倫昭, 河村能人, Mg-Zn-Y 合金押出材の水素脆化特性, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 88) 太田佳宏, 車田亮, 伊藤吾朗, 向江信悟, アルミニウムのスポット溶接に用いる W-TiN 電極の特性に及ぼす TiN 含有量の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 89) 楊帆, 青島翔平, 車田亮, 伊藤吾朗, Si 過剰の 6000 系アルミニウム合金の耐 SLC 性に及ぼす Cu 添加の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 90) 小松健人, 伊藤吾朗, 中井学, RRA 処理を施した Al-Zn-Mg 合金の水素脆化に及ぼすひずみ速度の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 91) 小泉彰平, 小林純也, 伊藤吾朗, 高圧水素貯蔵容器用アルミニウム合金の高温における引張特性, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 92) 望月健吾, 伊藤吾朗, 車田亮, 水素貯蔵用アルミニウム合金の疲労特性, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 93) 深沢周平, 真中俊明, 伊藤吾朗, 引張変形した Al-Cu-Mg 合金の水素挙動に及ぼす調質の影響, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 94) 中村雅史, 高森悠紀, DLC/AIN 複合表面改質を施した A7075 合金の疲労信頼性評価, 軽金属学会 第 129 回秋期大会, 2015/11/21
- 95) 李亭亭, 小林芳男, 久保田洋介, 及川隆洋, 徳永正之, 権田幸祐, 医療画像診断用 QD/SiO₂ 粒子の開発に関する研究, 第 26 回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会 (2015, 日立) 26B, 2015/11/27
- 96) 佐藤成男、友田陽、ステファヌス ハルヨ、菖蒲敬久、熊谷正芳、今福宗行、齋藤洋一、轟秀和、田代均、鈴木茂, 放射光 X 線、中性子回折によるラインプロファイル解析, 第 52 回 X 線材料強度に関する討論会, 2015/12/4
- 97) Kento KOMATSU, Goroh ITOH, Effect of hydrogen on fracture mode in a peak-aged Al-Zn-Mg alloy, The 11th International Student Conference at Ibaraki University, Ibaraki, Japan, December 5-6, 2015.
- 98) Ryota Hisa, Goroh Itoh, Michiaki Yamasaki, Yoshihito Kawamura, Resistance of hydrogen embrittlement of magnesium alloys with synchronized LPSO phase, The 11th International Student Conference at Ibaraki University, Ibaraki, Japan, December 5-6, 2015.
- 99) 平野衛、友田陽、ステファヌス ハルヨ、佐藤成男, Fe-Si 合金における変形に伴う転位形成の中性子回折解析, 東北大学金属材料研究所ワークショップ「金属材料の高度利用、省資源化、及び循環利用に資する分析・解析技術」, 2015/12/8

- 100) 内田真弘、森広行、伊藤優樹、牧一誠、佐藤こずえ、鈴木茂、佐藤成男、銅合金の合金元素による応力緩和現象への影響と考察，東北大学金属材料研究所ワークショップ「金属材料の高度利用、省資源化、及び循環利用に資する分析・解析技術」，2015/12/8
- 101) 加藤倫彬、齋藤洋一、轟秀和、鈴木茂、佐藤成男、二相ステンレス鋼における加工硬化中の転位挙動，東北大学金属材料研究所ワークショップ「金属材料の高度利用、省資源化、及び循環利用に資する分析・解析技術」，2015/12/8
- 102) 松田健吾、藤枝俊、鈴木茂、田中俊一郎、小貫祐介、佐藤成男、轟秀和、EBSD および残留応力測定による二相ステンレス鋼における不均一塑性変形の解析，東北大学金属材料研究所ワークショップ「金属材料の高度利用、省資源化、及び循環利用に資する分析・解析技術」，2015/12/8
- 103) 佐藤成男、量子ビーム回折におけるラインプロファイル解析の現状と課題，東北大学金属材料研究所ワークショップ「金属材料の高度利用、省資源化、及び循環利用に資する分析・解析技術」，2015/12/8
- 104) 佐藤成男、加藤倫彬、黒田あす美、友田陽、ステファヌス ハルヨ、齋藤洋一、轟秀和、佐藤こずえ、鈴木茂、集合組織に対する転位の不均一形成，茨城県中性子利用促進研究会 平成 27 年度集合組織分科会，2015/12/15
- 105) 伊藤美優、佐藤成男、伊藤優樹、森広行、牧一誠、鈴木茂、銅合金の応力緩和に伴う微細組織変化解析への取り組み，シンポジウム「量子ビームを用いた組織解析の新たな取り組み、そして今後の研究展望」，2016/2/10
- 106) 黒田あす美、加藤倫彬、佐藤成男、轟秀和、齋藤洋一、佐藤こずえ、鈴木茂、中性子回折ラインプロファイル解析によるステンレス鋼への適用と課題，シンポジウム「量子ビームを用いた組織解析の新たな取り組み、そして今後の研究展望」，2016/2/10
- 107) 加藤倫彬、佐藤成男、友田陽、Stefanus Harjo、齋藤洋一、轟秀和、佐藤こずえ、鈴木茂中性子回折ラインプロファイルによる二相ステンレス鋼の不均一転位形成解析，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/24
- 108) 佐藤成男、小貫祐介、加藤翔太、轟秀和、齋藤洋一、森真奈美、山中謙太、鈴木茂、X線・中性子回折ラインプロファイル解析、リートベルト解析の組織解析への展開，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/24
- 109) 佐藤こずえ、佐藤成男、加藤倫彬、友田陽、Stefanus Harjo、轟秀和、齋藤洋一、我妻和明、鈴木茂、二相ステンレス鋼の 475°C脆化のマイクロ組織特徴解明に向けた中性子ラインプロファイル解析，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/23
- 110) 小貫祐介、星川晃範、佐藤成男、石垣徹，iMATERIA における高速集合組織測定とその応用，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/23
- 111) 沼賀慎、倉本繁、小林純也、低歪速度変形した高強度 Fe-Cr-Ni 系合金中の水素分析，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/24
- 112) 橋本明、伊藤吾朗、プラズマチャージした金属中の水素挙動，日本鉄鋼協会第 171 回春季講演大会，2016/3/24

【受賞等】

- 1) 受賞者名：佐藤成男，受賞名：西山記念賞，授与者：日本鉄鋼協会，受賞日：2016/3/23

【特許】

- 1) 発明者：小林芳男，米澤岳洋，山崎和彦，発明の名称：「表面修飾 ITO 粒子の製造方法」，出願番号：特願 2015-143593
- 2) 発明者：前川克廣，山崎和彦，小林芳男，御田讓，発明の名称：「金属皮膜形成製品の製造方法および金属皮膜形成製品」，出願番号：特願 2015-143652

【新聞報道等】

1) なし

【共同研究経費】

- 1) 山崎和彦, エフシー開発(株), 「燃料電池用電極の研究」, 100 千円, 2015/4~2016/3.
- 2) 山崎和彦, 日鉄住金大径鋼管(株), 「厚板材のレーザ加工技術に関する研究」, 500 千円, 2015/10~2016/9.

【競争的資金獲得】

1. 申請した競争的資金等の外部資金

- 1) 公益財団法人天田財団 一般研究助成(レーザプロセッシング), 「繊維強化プラスチック厚板材のアシスト液浸ベッセルビーム加工技術」, 2,000 千円, 2015 年度~2016 年度, 研究代表者:山崎和彦
- 2) 受託研究: 水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発/自動車用圧縮水素容器の基準整備・国際基準調和に関する研究開発(委託元: 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構), 6,234 千円(間接経費を含む), 2016~2017 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 3) 受託研究: 革新的新構造材料等研究開発/計測解析評価研究/軽量金属材料(委託元: 新構造材料技術研究組合), 10,000 千円(間接経費を含む), 2016~2017 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 4) 受託事業: ひらめき☆ときめきサイエンス~ようこそ大学の研究室へ~KAKENHI, 金属中の水素を観る(委託元: 日本学術振興会), 500 千円, 2016 年度, 実施代表者: 伊藤吾朗
- 5) 産学共創基礎基盤研究プログラム, 「マルチスケール析出物・介在物制御による複合特性に優れた機能性合金鋼の設計指針」, 94,900 千円, 2015 年度~2019 年度, 研究分担者:佐藤成男
- 6) 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP ステージ I 産業ニーズ対応タイプ, 「複合材料の品質管理を目指した小型中性子源小角散乱イメージング装置の開発」, 102,000 千円, 2015 年度~2019 年度, 研究分担者:佐藤成男
- 7) 平成 28 年度日本銅学会研究助成, 「銅合金の応力緩和予測を指向した組織解析法の確立とそれに基づくに耐応力緩和特性の向上」, 600 千円, 2016 年度~2017 年度, 研究代表者:佐藤成男

2. 申請した科学研究費補助金

- 1) 日本学術振興会 平成 28 年度 基盤研究(A), 「金属材料の水素脆化機構の包括的解明」, 50,000 千円, 2016 年度~2018 年度, 研究代表者:伊藤吾朗
- 2) 日本学術振興会 平成 28 年度 基盤研究(A), 「多種造影機能を有する異種複合ナノカプセルの開発」, 41,400 千円, 2016 年度~2018 年度, 研究代表者:小林芳男
- 3) 日本学術振興会 平成 28 年度 基盤研究(B), 「加工組織制御による実用超強力アルミニウム合金」, 18,650 千円, 2016 年度~2018 年度, 研究代表者:倉本繁
- 4) 日本学術振興会 平成 28 年度基盤研究(B), 「3次元レーザ積層造形法によるシングルチャンバー固体酸化物形燃料電池セル製造技術」, 19,970 千円, 2016 年度~2018 年度, 研究代表者:山崎和彦
- 5) 日本学術振興会 平成 28 年度 若手研究(B), 「6000 系アルミニウム合金の冷間・熱間スピニング加工性」, 5,000 千円, 2016 年度~2018 年度, 研究代表者:小林純也
- 6) 日本学術振興会 平成 28 年度 挑戦的萌芽研究, 「大気中で金属接合可能な金属銅ナノ粒子接合剤の開発」, 4,550 千円, 2016 年度~2017 年度, 研究代表者:小林芳男
- 7) 日本学術振興会 平成 28 年度 挑戦的萌芽研究, 「シリカコート金属ナノ粒子を用いた繊維強化複合材料/金

属材料のレーザー接合技術」, 5,000 千円, 2015 年度～2016 年度, 研究代表者:山崎和彦

- 8) 日本学術振興会 平成28年度 基盤研究(B),「階層的組織形成の動的解析を指向した中性子回折システムの開発」, 19,900 千円, 2016 年度～2018 年度, 研究代表者:佐藤成男
- 9) 日本学術振興会 平成28年度 挑戦的萌芽研究,「ナノ析出と集合組織制御による鉄芯材料の高性能化」, 5,000 千円, 2016 年度～2018 年度, 研究分担者:佐藤成男

3.採択された競争的資金等の外部資金

- 1) 一般社団法人 日本アルミニウム協会 平成27年度「アルミニウム研究助成事業」,「内金型を用いた高压容器アルミニウムライナーのスピニング加工」, 500 千円, 2015 年度～2016 年度, 研究代表者:小林純也
- 2) 公益財団法人 軽金属奨学会 教育研究資金「7000 系アルミニウム合金中の水素挙動に及ぼす調質条件の影響」, 250 千円, 2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 3) 受託研究: 水素利用技術研究開発事業／燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発／自動車用圧縮水素容器の基準整備・国際基準調和に関する研究開発(委託元: 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む) 39,082 千円, 2013～2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 4) 受託研究: 革新的新構造材料——軽量金属(アルミニウム、マグネシウム)材料——に関する計測解析評価研究(委託元: 新構造材料技術研究組合), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む) 5,000 千円, 2014～2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 5) 受託研究: 平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業「7000系アルミ合金製ライナーによる複合蓄圧器の充填効率とサイクル性能の向上」(委託元: 一般財団法人大阪科学技術センター), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む)372 千円, 2015～2017 年度, 研究代表者: 車田亮
- 6) 受託研究: 平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業「割裂及び加締加工技術による順送加工プレス一体化の研究開発」(委託元: 公益財団法人日立地区産業支援センター), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む) 118 千円, 2013～2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 7) 寄附金: 公益財団法人 軽金属奨学会 教育研究資金「7000 系アルミニウム合金中の水素挙動に及ぼす調質条件の影響」, 250 千円, 2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 8) 寄附金: W, Mo 系抵抗溶接電極材の消耗メカニズム解析に関する研究(寄附元: 日本タングステン(株)), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む) 500 千円, 2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 9) 寄附金: 大学院博士後期課程 2 年次生真中俊明の研究(アルミニウム合金の水素脆化機構の解明)に対する助成(2014～2016 年度)(寄附元: 一般社団法人日本アルミニウム協会), 2015 年度獲得金額(間接経費を含む) 300 千円, 2015 年度, 研究代表者: 伊藤吾朗
- 10) 鉄鋼研究振興助成,「量子ビーム回折法を用いた鉄鋼の熱間加工プロセスにおける転位キャラクターの動的変化解析」, 3,000 千円, 2015 年度～2016 年度, 研究代表者:佐藤成男
- 11) 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP ステージ I 産業ニーズ対応タイプ,「複合材料の品質管理を目指した小型中性子源小角散乱イメージング装置の開発」, 102,000 千円, 2015 年度～2019 年度, 研究分担者:佐藤成男

4.採択された科学研究費補助金

- 1) 日本学術振興会 平成 27 年度 若手(B),「その場観察中性子小角散乱による水素貯蔵材料のナノ構造の解明」, 4,290 千円, 2013 年度～2015 年度, 研究代表者: 岩瀬謙二
- 2) 日本学術振興会 平成 27 年度 基盤研究(C),「界面ナノ組織制御による軽金属溶接法の開発」, 5,460 千円,

2012年度～2015年度，研究代表者：岩本知広

- 3) 日本学術振興会平成27年度 基盤研究(C), 「金属材料の耐水素脆化特性と表面酸化膜構造の関係解明」,
平成26年度獲得金額1,300千円(間接経費を含む), 2013～2015年度, 代表者: 伊藤吾朗

茨城大学重点研究

「分野横断型ニューマテリアル研究プロジェクト」

茨城大学工学部附属塑性加工科学教育研究センター

2015年度報告書

発行日 平成28年4月

発行者 茨城大学 工学部 機械工学科
教授 伊藤 吾朗
〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1
Tel: 0294-38-5023 Fax: 0294-38-5047

※禁無断転載

茨城大学重点研究

<http://www.ibaraki.ac.jp/generalinfo/activity/researching/juuten/>

茨城大学工学部附属教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/index.html>

塑性加工科学教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/plastic/index.html>