

## 第1種受託研究業績（研究所専任の研究者が委託研究契約に基づいて行う研究の業績）

### 1. 高耐熱性材料の開発に関する研究

（担当：材料評価・開発研究室 受託先：株式会社アライドマテリアル）

液体ジルコニウム源を用いた新規Mo-ZrO<sub>2</sub>系焼結材料の開発について検討した。イットリアを微量添加することで、状態図では単斜晶が室温安定相となる組成においても、ホットプレス焼結でMo中に正方晶ジルコニアをかなりの割合で分散させることが可能であることが明らかとなった。低イットリア含有正方晶ジルコニアを分散させたホットプレス焼結体は、従来のMo焼結品に比べ優れた低温延性と高温強度が発現することを明らかにした。

### 2. 公募型研究開発プロジェクト(rIas\_X2)～歯面性状向上とエッジ非接触歯加工法の開発

（担当：機械基盤研究施設 プロジェクト参加企業：4社）

平成29年からは公募テーマrIas\_X2「歯面性状向上とエッジ非接触歯加工法の開発」を5社でスタートし、2年間の活発な研究開発を行った。その結果、新開発の砥石を追加し、エッジ落とし状況と砥石耐久力の両面からの研究開発をおこなった。また、エッジ落としをした歯車の耐久力向上の実験結果がぜひとも必要だということになり、その実験に供する歯車を製作するため、会期を1年間延長して、2020年度にその作業を行なった。大形の歯車ではソフト砥石のみによるエッジ落とし加工では若干無理な状況が認められ、5軸加工機で歯面加工の連続として歯先エッジを3段階に落とし加工をし、その後、歯先部にソフト砥石の1パス加工をすることにより、加工能率を落とすことなく歯先の3D落とし加工を行える技術を開発した。また、この技術を用いて再設計した大形ベベルギヤについて耐久試験を行うこととし、その歯車を製作してrIas\_X2プロジェクトを終了した。耐久試験結果が出るまで、まだかなりの時間を要するので、結果が出次第、それをメンバーに送付する。

### 3. 公募型研究開発プロジェクト(rIas\_X3)～高速X線回折測定による鋼材品質判定法の開発

（担当：機械基盤研究施設 プロジェクト参加企業：14社）

上記第2項のrIas\_X2の後継として、「高速X線回折測定による鋼材品質判定法の開発」をAメンバー3社、Bメンバー11社で2021年1月より3年の予定で開始した。

これは、前出の鋼材品質評価に用いるマイクロビッカース硬さ分布多点測定法

を進める中で、試験片の製作に手数を要することが大きな課題として浮かび上がってきたため、非接触測定が要求され、この技術の確立のため、X線回折反射光のデバイリングの形状の不整を、上記ビッカース硬さを用いた場合と同様の鋼材品質評価の技術にすることを研究開発課題として取り組む。

#### 4. 銀被覆ビスマス系線材の機械的特性および超電導特性の評価

(担当：長村研究室 受託先：住友電気工業株式会社)

銀被覆ビスマス系線材とその応用製品の改良のため応用製品の製作および使用環境で想定される様々な条件における機械的特性および臨界電流の応力・歪依存性を評価する。本年度は作製条件の異なる線材の機械特性の評価、フラットワイズ、エッジワイズ曲げ印加時の臨界電流の変化を調査するとともに、長尺テープの欠陥をピエゾ素子を用いて検出する方法を検討した。

(1)長村 光造、町屋 修太郎、加藤 武志、南野 忠彦、長部 吾郎、山出 哲；  
“BSCCO-2223テープの臨界電流の歪依存性と機械特性の相関” 低温工学・超電導学会2020年度春季講演概要集、3A-a02 (2020)

#### 5. 希土類鉄系永久磁石の高性能化

(担当：松浦研究室 受託先：BIZYME有限会社)

Nd-Fe-B焼結磁石の高性能化のため、磁石作成方法について検討を始めた。微粉砕粉にボロンおよびGaを添加したときの磁石特性に与える効果について検討を行った。

### 第2種受託研究業績（共同研究員として委嘱した研究員が行った研究の業績）

#### 1. 安全情報を伝えるメディアの研究

(担当：京都芸術大学 尾池和夫学長 受託先：公益財団法人応用科学研究所)

2020年度ではこの研究の最終年度として、過去7年間の研究成果をまとめる年度と位置づけ、以下の内容を実施した。

- ー1. 21世紀前半の地震情報の展開を描くアニメーションの制作
- ー2. 中国語での翻訳出版

漫画『あっ！地球が・・・漫画による宇宙の始まりから近未来の破局噴火まで』（2016年度成果物として出版）を、中国漫画学会会長の陶冶氏の発案により、中国語に翻訳し出版することが決定。現在出版を目指して翻訳作業を進めている。

- ー3. 静岡県での活動

静岡県立大学附属グローバル地域センターの研究課題として「地震予知研究」を充実させるために、研究グループを構成し、これにより、静岡県民に向かって地震情報を提供する仕組みと内容を検討する体制ができ、研究活動を開始した。

(1) 尾池和夫；アニメーション“2038 未来から届ける私たちの活躍”

【動画のリンク】<https://youtu.be/P1MTNmto2MA>

## 2. 大規模分散電源による電力系統の安定化

(担当：大阪大学大学院 舟木剛教授 受託先：株式会社ダイヘン)

電圧型変換器を用いることで、直流送電の多端子化が容易となる。多端子化した直流送電を接続することで、既存の交流系統の安定性および信頼性を向上させることが期待できる。本年度の研究では、モジュール化したモデルを用いて、電圧型変換器による多端子直流送電による交流多機系統の擾乱に対する抑制効果を検討した。

(1) Yoshihiko Susuki, Naoki Kawamoto, Yusuke Ohashi, Atsushi Ishigame, Tsuyoshi Funaki, Salvatore D'Arco ; “A Modular Approach to Large-Signal Modeling of an Interconnected AC/MTDC System” IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe. (2020) 945-949

(2) Naoki Kawamoto, Yoshihiko Susuki, Atsushi Ishigame, Tsuyoshi Funaki, Salvatore D'Arco ; “Modular Modeling for Large-Signal Simulations of a Multi-Machine AC Grid with MTDC Interconnection” 電気学会電力エネルギー部門大会, 220, 9月9日～11日 (2020)

## 3. エネルギーマネジメントにおける制御アルゴリズム開発

(担当：京都大学大学院 太田快人教授、富山大学 平田研二教授 受託先：株式会社ダイヘン)

太陽光発電システムの連系容量は増加しているが、そのときに電力系統の安定運用を確保するための発電設備や蓄電池設備の制御、電力需要群に対する消費電力の制御、つまり仮想発電所に対する制御を分散協調的に行う方法を研究している。これらの制御問題に対して価格提示分散アルゴリズムを提案し、シミュレーションならびに模擬電源装置による実験によって有効性を確認した。

(1) 阿久津 慧、平田 研二、大堀 彰大、服部 将之、太田 快人；“出力抑制指令への対応を可能とする蓄電池併設型太陽光発電システムにおける分散型出力抑制制御の実機検証” 電気学会論文誌 C、Vol.140、No.8 (2020) 990-1000

(2)平田 研二、前野 昇陽、藤澤 雄大；“実時間価格提示方策を利用した電力需要拠点の分散型運用とチャタリング現象に関する考察”計測自動制御学会論文集、Vol.57、No.3（2021）145-155

(3)阿久津 慧、平田 研二、大堀 彰大、服部 将之、太田 快人；“実時間価格提示方策を利用した仮想発電所の分散型運用に関する考察”第7回制御部門マルチシンポジウム、1H1-3（2020）

(4)前野 昇陽、平田 研二；“電力需要拠点の分散制御におけるチャタリング現象に関する考察”第7回制御部門マルチシンポジウム、1H1-2（2020）

(5)糸井 太朗、阿久津 慧、平田 研二、山本 健太、大堀 彰大；“実時間価格提示を利用した分散制御系のデモンストレーション環境構築に関する研究”第64回システム制御情報学会研究発表講演会、GS14-4（2020）

(6)柿木 悟、阿久津 慧、平田 研二；“発電・蓄電設備を有する施設群により構成される仮想発電所の分散型運用に関する考察”第63回自動制御連合講演会、1H2-5（2020）

なお、第2種研究については近年、案件数の減少傾向にあり再活性化対策の検討を進めている。

### 第3種受託研究業績（専任の研究者が公的機関の資金によって行った研究の業績）

1. リサイクル炭素繊維を活用した高剛性CFRP遠心抄造法及び橋梁用CFRP補修工法の研究開発(担当:材料評価・開発研究室/事業管理機関:公益財団法人わかやま産業振興財団)

(令和元年度中小企業経営支援等対策費補助金(戦略的基盤技術高度化支援事業))

本事業では、用途開発が希求されているリサイクル炭素繊維を原料に使い、世界初のCFRP遠心抄造法と過熱水蒸気を用いた加熱圧縮成形技術の確立により、従来製法では解決できなかった不連続炭素繊維の一方向化と高密度化を実現し、高強度・高剛性で安価なリサイクルCFRP板を開発する。また、本製品を活用し、接着接合とボルト接合を併用した橋梁補修工法を開発することにより、老朽化が社会問題となっている橋梁補修の事業化を実現する。

このうち、令和2年度については、正規CFRP板及びリサイクルCFRP板のTEM観察試料作製技術の確立を主目的とし、イオンビーム加工装置による薄片試料の作製を試みた。また、リサイクルCFRP板の繊維配向性を検討する目的で、X線CTスキャン測定による繊維配向評価を試みた。イオンスライサ加工によりTEM観察に必要なレベルの薄片試料が作製できることを明らかとし、X線CTスキャン測定により、加

圧成形前の遠心抄造シートでの繊維配向解析が可能であり、繊維配向分布を定量化できることを見出した。

## 2. 永久磁石の微細組織とその局所磁気特性の解析による高保磁力化の指針構築 (担当：松浦研究室)

…国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業産学共創基礎基盤研究プログラム 研究領域「革新的次世代高性能磁石創製の指針構築」課題番号 20110111 5年 PJ 最終年度(共同研究、研究代表：公益財団法人高輝度光科学研究センター 中村哲也)

Spring-8, BL-25SU を用いフェライト磁石の軟 X 線 MCD 法 (XMCD) 顕微分光法による磁化反転挙動を調べた。従来フェライト磁石は光学顕微鏡等の方法を使うことができず動的磁化反転挙動を調べることが出来なかったが、XMCD を使えば明瞭な磁区像が得られ、これまで全く知られていない新たな磁化反転挙動が明らかとなった。即ち、フェライト磁石の磁化反転は Nd-Fe-B 焼結磁石と同じ磁化反転挙動であり、Nd-Fe-B 磁石と同じく粒界相を持っていることも FESEM による解析から明らかとなった。軟 X 線 MCD 顕微分光法と磁石特性解析の結果から、これまでと全く異なる磁化反転メカニズムを構築出来た。

また Nd-Fe-B 焼結磁石およびフェライト磁石とは磁化反転メカニズムが異なる  $(\text{Sm, Ce})_2(\text{Co, Fe, Cu, Zr})_{17}$ 系 (サマコバ) 磁石と比較することにより、今回の解析手法の正しさを裏付けることができた。

さらに、同じく軟 X 線 MCD 顕微分光法によるサマコバ磁石の解析からは、この磁石では粒界の改質および、希土類酸化物の生成を抑制する生産プロセスを開発すれば、サマコバ磁石の特性がさらに向上することが予想される。この結果をまとめた論文 (2) は APL (Applied Physics Letters) に掲載され (2020年7月)、応研・高輝度光科学研究センター・東北大学の3者共同でプレスリリースを実施した。

その結果、これまでの5年に亘る研究成果を踏まえた JST 産学共創基礎基盤プログラム「革新的次世代高性能磁石創製の指針構築」の最終評価として S 評価を得ることができた。

(1) 杉山 将崇、丸山 涼、上里 幸平、中村 哲也、梶原 堅太郎、隅谷 和嗣、小谷 佳範、石上 啓介、松浦 裕、田村 隆治；“走査型軟 X 線 MCD 顕微鏡を用いた SrO·6Fe2O3 永久磁石の軸構造解析 II” 日本金属学会秋季大会 (2020)

(2) Yutaka Matsuura, Ryo Maruyama, Ryo Kato, Ryuji Tamura, Keisuke Ishigami,

Kazushi Sumitani, Kentaro Kajiwara, Tetsuya Nakamura ; “Magnetization Reversal of  $(\text{Sm, Ce})_2(\text{Co, Fe, Cu, Zr})_{17}$  magnets as per soft X-ray magnetic circular dichroism microscopy” Applied Physics Letters 117, (2020)022409

3. 歯車用鉄鋼材料品質迅速評価法の開発/一般社団法人日本歯車工業会との共同事業(担当: 応用科学研究所、プロジェクトリーダー久保理事長)

…公益財団法人JKA(競輪とオートレース)平成30年度自転車等機械振興事業に関する補助金 補助事業者番号 2018M-033

平成28年度経済産業省補助金事業(次世代鋼材測定・評価手法開発)の平成28年度から平成29年度の2年間のプロジェクトは高い評価の成果を上げて終了した。この成果を受け、平成30年度からは一般社団法人日本歯車工業会が公益財団法人JKAの補助金を受け、『機械の信頼性向上のための鋼材評価新手法のフィールド評価とJIS規格原案となるべきJGMA規格「歯車用鋼材の硬さ分布の多点測定法とその評価」の作成』を行った。実際は、その実体的活動のほとんどすべてを応用科学研究所が行い、令和2年5月の日本歯車工業会規格公布(JGMA9901-01:2020)を実現して、このプロジェクトは終了した。