

## TODAY

**国立大学法人 富山大学  
教授 木田 勝之**

富山大学に来て丁度7年が経ち8年目に入りました。雪が多い冬も経験しましたが、四季がはっきりしており、総じて比較的過ごしやすいところだと思います。また、大学が、中心部から少しだけ離れた市内にあるので、通勤に便利なこと(自転車で15分)が生活の上で助かっています。研究テーマは、いろいろな縁があって、セラミックスや樹脂で作った軸受の強度・き裂評価、鋼関係では硬い高炭素鋼の組織微細化と破壊起点介在物・強度の研究をしています。このほか、3次元で磁場を観察できる顕微鏡をつくりました。これはたぶん世界で初めてのタイプだと思います。き裂を観察したところ、磁場が変化する現象が視覚化でき、いくつか論文が出始めたところです。

学務では、インターンシップ、留学、就職、入試関係の委員をいくつか経験し、中には全く不慣れた分野の責任者として対応したものもありました。高校の教育関係者や企業の人事関係者、役員とお会いする機会がありましたし、学生の諸問題で保険管理センターやアクセシビリティ支援の専門家にお話を聞かせていただいたこともあります。また学外では、機械系の研究者として、企業のエンジニアや各国の先生方と話をしてきました。米国の先生からは学生が集まらなくなっている、との怖い話も聞きますが、本学では志望者や企業からの求人は大きく変化していません。(ただし、コロナ禍の影響がどれほどのものになるのかは、心配しているところです。)そこで、私見も入っていますが、今回は大学生がエンジニアになるために必要な姿勢について感じたことを書いてみます。

学生の勉強内容には国・地域によって特性があるようですが、例外なく機械科では力学をベース

に課題を解決することを目的に講義が行われます。この勉強内容が開発・研究に役立てられます。さて、大学の機械科の勉強は積み上げ型といわれるように、入学から卒業までにだんだんと専門性を涵養していくことが大事になります。いろいろな国・分野の方と話をしている、これに必要なのは、表面的な学力という意味ではなく、習慣のようなものではないかと思うようになりました。自分の学生時代を振り返ると恥ずかしいのですが、この習慣が専門教育で大事になると実感しています。順を追って試してみます。

中学・高校時代の目的ですが、有意義な学生生活以外に、一般的に中学では高校受験一合格、高校では大学受験一合格が一応のゴールとなります。ここで、このゴールとして、大学入学試験を例にとると、ゴールで課されるセンター試験(一次)と個別学力試験(二次)の問題は、北海道から沖縄まで、教科用図書、いわゆる教科書に基づいて作成されます。わからないところがあれば、自分の学力に応じて、参考書、演習書、問題集、過去問題などにアクセスすることができます。また、模擬テストで客観的に得意・不得意部分を確認することもできます。このため、学生は、勉強ペースをある程度自分で決め、ゴールを目指すことができます。簡単という意味ではありませんが、ある程度、学習環境を整えることができる、といえると思います。

この、「どこでも学力に応じて対策方法が手に入る」、ということが中学～高校教育期間の特徴です。このため、極端な言い方をすれば、学校での先生とのコンタクト、学生間のコミュニケーションを遮断しても、中間・期末テストで卒業単位をそろえて、入学試験をパスすれば、卒業でき、進路を決めることができます。ただし、大学入学後は、ほとんどの学生にとって「どこでも学力に応じて対策方法が手に入る」ことが極めて難しくなります。

ここからが大事な点ですが、日本国内では、勉強の段階で、授業内容をまとめて、ノートに書く、ということが小さいころから訓練されます。しかし、成長にしたがい、だんだんと受験に特化されていくこともあるように思います。しかし、北陸地方では当たり前のように、まとめる習慣が維持されています。これが、だんだんと一般性が低くかつ専門性が高くなる大学のような環境の場合、非常に有効に学生の学習に効いてきます。

つまり、入学試験をゴールとした場合に最短距離に思われる「参考書に書き込み・自習、入試対策で問題集を確認というステップ」に慣れすぎて、「授業内容をまとめて整理し、ノートに書いていく」という習慣が維持できていないと、入学後に長く続く専門教育をすべてカバーしきれなくなります。設計製図や機械工作、実験などが含まれる専門教育では、納期を守るという哲学のもと、締切りが厳格に設けられるため、大学受験で活用できた自分ペースでの勉強が難しくなるからです。これは、能力の良し悪しのことではなく、質的・量的に対処できなくなる、という意味です。いく

ら頭脳に自信があり、反射神経のような記憶術に長けていても、専門性が高くなるにしたがって、対応するためのハードルが高くなってしまいます。極端な表現ですが、大学で専門性が高くなってきたときには、教科書が親切でなくなるため、講義内容をしっかりノートにまとめることが逆に最も効率的で適切な手段になってきます。したがって、テスト対策として慣れてきた「どこでもいつでも学力に応じて対策方法が手に入る」・「自習努力でもなんとかなる」ことから、勉強方針を変えること、具体的には、学校で先生のいうことと黒板の内容をノートにまとめて、家に帰って復習し、自分で整理する、というステップを習慣化することがきわめて大事で、必要不可欠です。

コロナ禍の影響で Web 授業を始めてみましたが、やはり対面型授業の方が身につけやすい、と思ってしまうのは、しかたのないことなのでしょう。一日も早く収束することを願っています。ここまで書いてきて思いました。どのような環境でも、いい加減にならないように気を引き締めて講義に臨みたいと思います。

## JRCM REPORT

### 材料・金属・鉱物に関する国際会議 TMS2020 @サンディエゴに参加して

高効率モーター用磁性材料技術研究組合 主席研究員 谷川 茂穂

#### 1. はじめに

高効率モーター用磁性材料技術研究組合 (MagHEM) における技術動向調査活動の一環として 2020 年 2 月 23 日～27 日に米国カリフォルニア州サンディエゴで開催された TMS (The Minerals, Metals & Materials Society) 2020 年次大会に参加し、磁性材料に関連する技術動向調査を実施したので概要を報告する。

#### 2. TMS の概要

TMS は約 150 年の歴史を誇る米国採鉱・冶

金および石油技術者協会 (AIME) を母体に 1957 年に設立された米国ペンシルバニア州ピッツバーグに本部を置く学術・技術者団体で、会員は世界 70 ヶ国以上、約 13,000 人にのぼる。現在、機能材料、軽金属、構造材料、製造プロセス、抽出プロセスの 5 部門で構成され活動している。

TMS の学術講演会は毎年米国で、年次大会 (春) と秋季大会が行われている。今回参加した第 149 回年次大会はサンディエゴコンベンションセンターと隣接するマリオットホテル



TMS2020 会場



コンベンションセンター



展示会場



ポスター

で開催され、米国を中心に約 4600 人の参加者がおり、15 分野（エネルギー・環境、3D プリンティング、材料プロセス、信頼性、腐食、原子力材料、金属物性、軽金属、評価技術、ナノ・ヘテロ構造材料、先進材料、電子材料、生体材料、材料設計、その他）、約 3500 件の講演があった。

### 3. 磁性材料に関するセッション

磁性材料に関して、エネルギー・環境分野の「エネルギーと電力変換応用のための先進磁性材料」の中で、表 1 に示す 8 つのセッションについて、4 日間、60 件の講演があった。

### 4. 磁石材料の技術動向

磁石材料関連の講演は、希土類系磁石が 11 件、希土類フリー磁石が 10 件であった。研究機関の国地域別内訳は米国 14 件、欧州 6 件、日本 3 件であり、米国からの講演は米国エネルギー省の重要物質研究所 CMI(Critical Materials Institute) を主導する国立エームズ研究所から講演が多くを占め、欧州からの一般講演機関は、IMDEA (スペイン) および Leibniz-IFW (ドイツ) であった。

#### 4.1 高エネルギー磁石材料

招待講演：Controlling and Describing Coercivity of Rare Earth Permanent Magnets (NIMS 広沢氏、日本)

希土類磁石の有限温度での保磁力機構について、原子スケールの磁気欠陥モデルと熱揺らぎの観点から、理論モデルを構築。モデルに基づく Nd-Fe-B 磁石の高保磁力化へのアプローチ、次世代高性能希土類 1/12 型化合物の実用磁石化への展開など、ESICMM プロジェクトの取り組みを系統的に紹介。

招待講演：Computational Design of Bulk Permanent Magnets

(クレムス大 Schrefl 先生、オーストリア)  
バルク NdFeB 焼結磁石の磁化反転機構を、マイクロマグネティックスシミュレーションにより、磁石内部の局所的な反転磁界、温度、時間を考慮して解析。

招待講演：Application of Systems Level Modeling for Addressing Criticality in Rare Earth Magnets

(国立エームズ研究所 Nlebedim 氏、米国)  
希土類資源の持続的活用を可能とするために、システムレベルモデリング SLM の適用を提案。SLM により優先されるべき機能をランク付けることにより、磁石材料やそのプロセスの最適なエンジニアリング選択が効率的に出来る。SLM によれば、例えば風力発電では SmCo 磁石の選択も経済性から有用との結果が得られる。

招待講演：Additive Manufacturing of Hard Magnets for Tailored Magnetic Fields (ウィーン大 Huber 先生、オーストリア)

表 1 磁性材料セッションテーマ

テーマ名	講演数
<b>高エネルギー磁石材料</b> High- Energy Product Permanent Magnets	7
<b>希土類フリー磁石材料</b> Development in Rare-Earth Free Permanent Magnetic Materials	7
先進評価技術と新磁石材料設計 Advanced Characterization and Design of Emerging Permanent Magnetic Materials	7
3D プロセスの磁性材料への応用 Additive Manufacturing of Magnetic Materials	7
<b>パワーエレクトロニクスとモーターへの先進軟磁性材料の適用</b> Application of Advanced Soft Magnetic Materials in Power Electronics and Motors	9
<b>軟磁性材料の構造とモデリング</b> Structures and Modeling of Soft Magnetic Materials	9
<b>センサーとデータ記録用磁性材料の進展</b> Development in Magnetic Materials for Sensors and Data Storage	7
磁気冷凍、環境発電 Magnetocalorics and Energy Harvesting	7
計	60

欧州で精力的に開発されている 3D プリンティングによる磁石製造プロセスをレビュー。熱溶解積層法、選択的レーザー溶融法、光造形法それぞれの利点と課題を解説。

#### **Effects of Grain Size on Magnetic and Mechanical Properties of NdFeB Sintered Magnets**

(国立エイムズ研究所、米国)

NdFeB 焼結磁石の保磁力と機械強度の結晶粒径依存性に関する報告。

#### **Mechanically Strengthened Heterogeneous Sm-Co Sintered Magnets**

(国立エイムズ研究所、米国)

SmCo 系焼結磁石の、組織制御による機械強度改善に係る研究。磁気特性の劣化を抑制し NdFeB 焼結磁石相当の機械強度を持たせることを可能とした。

#### **Anisotropy and Orbital Moment in Rare Earth - Cobalt Permanent Magnets**

(国立エイムズ研究所、米国)

SmCo 磁石の Co を Fe、Ni で置換した実用磁石の可能性について第一原理計算を用いて計算。生成エネルギーと磁気異方性に基き考察。有望なギャップ磁石材料候補の位置づけ。

### **4.2 希土類フリー磁石材料**

講演の内訳は、Mn 系磁石 6 件 (MnBi、MnAl など)、アルニコ磁石 2 件、FeN 磁石 1 件、ナノ粒子磁石 1 件。

#### **招待講演：A Brief Review of MnBi-based Hard Magnetic Materials**

(アイオワ州立大 Cui 先生、米国)

MnBi の従来研究のレビューに引き続き、国立エイムズ研究所における高性能化およびバルク磁石創製に係る研究成果を報告。

#### **招待講演：Mn-based Permanent Magnets: from Thin Film Micromagnets to Bulk Magnets Obtained by Hot-pressing of Gas-atomized Powder**

(IMDEA マドリッド科学技術機構 Bollero 先生、スペイン)

薄膜プロセスによる MnBi 磁石の磁気異方性の制御ならびに、ガスアトマイズプロセスによる MnAl(C) 系粉末を出発原料としたメカノケミカル手法による高性能化に係る報告。

#### **The Effect of Ti and Zr Additions on the Magnetic Properties and Microstructure of MnAl-C Alloys**

(Leibniz IFW ライプニッツ固体・加工材料研究所、ドイツ)

Ti,Zr をドーブした温間加工 MnAlC 磁石の組織と磁気特性に係る報告。

#### **Investigation of the Long-Term Thermal Stability of the L10 Phase in Ternary Mn-Al-Ga Alloys (同上)**

擬三元系 Mn-Al-Ga L10 型磁石の相安定性に係る研究。

## **5. 軟磁性材料の技術動向**

軟磁性材料の講演数は 26 件であった。研究機関の国別内訳は、米国 16、欧州 7、日本 3 となっている。ナノ結晶材料に関する研究が大部分であった。

### **5.1 パワエレとモーターへの先進軟磁性材料の適用**

#### **招待講演：Metal Amorphous Nanocomposite Soft Magnetic Materials for Motor Applications**

(カーネギーメロン大 McHenry 先生、米国)

Fe-Ni 基アモルファスナノコンポジット材料のモーター応用への可能性につき、飽和磁化、透磁率、電気抵抗、鉄損などの物性値から考察。ダブルステータとフェライト磁石ロータを組み合わせたラジアルギャップ構造の小型モーターへの応用を検討している。材料の試作はサウスカロライナ州の Metglas 社に委託。メタルナノコンポジット材料は、残留アモルファス相中に fcc および bcc の結晶構造の異なる強磁性ナノ結晶が分散した材料で、Fe 基アモルファス材より高飽和磁束密度である。

#### **招待講演：Strain Annealed Co-rich and Fe-rich Nanocrystalline Materials for Inductive Components**

(Vacuumschmelze 社 Polak 氏、ドイツ)

Co をドーブしたナノ結晶合金の、応力負荷熱処理による磁化特性制御に係る研究成果の報告。Co にはナノ結晶材料の脆性を緩和する効果が認められる。

#### **招待講演：New Trends in the Amorphous and Nanocrystalline Soft Magnetic Ribbon Market**

(Metglas 社 Theisen 氏、米国)

Fe 基アモルファスおよびナノ結晶合金のグローバルな市場動向および、Metglas 社における新材料開発、アモルファスモーターの市場開拓など、材料メーカーのビジネスとしての視点で解説。

欧州の配電トランス市場は積層トランスが主流で市場参入は困難。モーター市場はコア製造技術の更なる革新が今後の鍵。

#### 招待講演：Processing and Advanced

#### Characterization of Selectively Paramagnetized Laminates for Synchronous Reluctance Motors

(オークリッジ国立研究所 Rios 氏、米国)

フェライト/オーステナイト二相組織を有する高Cr鋼の、リラクタンスモーター用ロータへの適用可能性についての考察。窒素雰囲気中での二相組織形成のための新規熱処理プロセスを開発。

#### Continuous Strain Anneal Processing of Amorphous Ribbons for Inductor Applications

(国立エネルギー技術研究所、米国)

Co基のアモルファスナノコンポジット材料は、インダクタやセンサー用途への展開が期待される。急冷凝固後のアモルファス薄帯は機械強度に優れ、連続応力負荷熱処理に適した材料である。応力負荷熱処理によりチューニングした材料の比透磁率の温度依存性について報告があった。

#### Designing High Efficiency, High Power Transformers with Metal Amorphous Nanocomposites (同上)

アモルファスナノコンポジット材は、高出力密度の中周波トランス用コア材料として、パワーコンバータなどでの応用が期待される。実用化には、材料・プロセスの両面の更なる深耕が必要で、デバイスの最適設計技術の確立に向け研究開発を進めている。アモルファスナノコンポジット材料を使用した10kWクラスのトランスを例に、基本的な設計思想の報告があった。

#### 5.2 軟磁性材料の構造とモデリング

軟磁性材料の構造およびモデルリングに関し、一般講演が9件あった。

#### Preparation of Fe-NC Soft Magnetic Material (Minnealloy) in Bulk Form with High Saturation Magnetization, Low Coercivity, and High Electrical Resistivity

(ミネソタ大、米国)

Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub>とFe<sub>16</sub>C<sub>2</sub>がバルク体中に共存する軟磁性材料Minnealloyに関する報告。高い飽和磁化と高い電気抵抗を有し、かつ異方性エネルギーが小さい。メルトスピニング法によるFe-C薄帯を原料合金とし、低温窒化して組成

と組織を制御。Fe<sub>16</sub>C<sub>2</sub>は負の磁気異方性を持ち、Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub>は正の磁気異方性を持つことにより、両者が打ち消しあってバルク体の磁気異方性が小さくなる。

#### Structure and Magnetic Properties of Novel High-magnetization Fe-Mn Powders Synthesized by Hydrogen Reduction of Nanoferrites

(産総研、日本)

Mnを微量ドーピングしたFeナノ粒子の合成と磁気特性に関する講演。スピネルフェライトを水素還元したナノ粒子は、Feより高い飽和磁化と優れた軟磁気特性を示す。XAFSによる構造解析、およびメスバウワー分光による構造解析結果から、ドーピングしたMnはFeに固溶していると推察された。飽和磁化の増加要因は必ずしも明らかでない。

#### Prediction of Good Glass Forming Ability in Amorphous Soft Magnetic Alloys by Thermocalc Simulation and Experimental Validation

(カーネギーメロン大、米国)

アモルファスナノコンポジット材料の、アモルファス形成能の最適化による軟磁気特性の改善や、温間打ち抜き加工性の改善によるモーター積層コアへの適用を目指している。熱力学計算ソフトThermocalcを用いて(Fe<sub>70</sub>Ni<sub>30</sub>)<sub>80</sub>(B-Si-Nb)<sub>20</sub>合金の固液境界近傍の熱力学解析を実施。ガラス形成能促進元素の濃度を変え、最適組成を探索。B14~18at%、Si0.7at%、残部Nb組成で液相が最も安定であることを確認。

#### Characterization of Surface Oxidation and Multi-phase Nanocrystallization in Soft Magnetic FeNi-based Metal Amorphous Nanocomposite Alloys

(国立エネルギー技術研究所、米国)

メルトスピニング法によるアモルファスナノコンポジットリボンのマイクロ組織解析。表面酸化相やロール面と自由面のマイクロ組織の差異などについて報告。

#### 5.3 センサーとデータ記録用磁性材料の進展

軟磁性材料の磁気センサーおよび磁気記録などデータストレージへの応用に関連するセッション。

#### 招待講演：Soft Magnetic Amorphous and Nanocrystalline Bilayer Ribbons for GMI Sensors

(スロバキア科学アカデミー Skorvanek 氏、スロバキア)

巨大磁気インピーダンス特性を用いたセンサー用途などを念頭に、二層構造のナノ結晶薄帯の製造技術の検討と特性評価を行った。二個のるつぽから異なる組成の溶湯を Cu ロール上に噴出させ、二層構造の薄帯を作製。二層の組成は、ファインメットベースのナノ結晶材とファインメット組成から Nb を除いた組成より成る。磁場中で結晶化熱処理することで、微細な bcc-FeSi がアモルファス母相中に析出したナノ結晶組織と、粒径の大きな bcc-FeSi 相がアモルファス母相中に析出した、二層構造の薄帯が得られる。両相の軟磁気特性の違いにより、巨大磁気インピーダンス特性が発現する。

### 招待講演：Electrochemical Polishing of Thin Metallic Glass Ribbons

(Magnetec 社 Zamborszky 氏、ハンガリー)  
電解エッチングしたメルトスピニング薄帯を、磁場中熱処理し、比透磁率の周波数特性を評価。

エッチングで表面粗さを 1~2 μm から 200~400 nm まで細かくすることが可能。

## 6. おわりに

サンディエゴは人口約 140 万人で、全米で 8 番目、西海岸ではロサンゼルスに次ぐ大都市。ファイタータウンとも呼ばれ、海軍や海兵隊基地、海軍病院などが市内に点在し、米国太平洋艦隊の母港でもある。近年は情報通信関連や、バイオ、製薬医療機器などハイテク企業などが集結しており、研究機関などで多くの外国人が研究・留学している。今回 TMS2020 のメイン会場となったコンベンションセンターは、ダウンタウン南部に位置し、世界有数規模の展示会場として国際学会や展示会が頻繁に開催されてきた。

今回の TMS2020 では、一部渡航制限によりアジアからの参加者が少なかったものの、米国および欧州における磁性材料研究、特に軟磁性材料とその応用に関する最新の技術動向を把握することができた。

### 【人事異動】

○令和 2 年 3 月 31 日付け

退職：松尾 充高

[[旧] 環境プロセス研究部 部長

[[新] 日鉄総研株式会社

○令和 2 年 4 月 1 日付け

転入：加藤 徹

[[旧] 日本製鉄株式会社

[[新] 環境プロセス研究部 部長

○令和 2 年 4 月 15 日付け

退職：岡久 拓司

[[旧] 非鉄材料研究部 主席研究員

[[新] 住友電気工業株式会社

○令和 2 年 4 月 16 日付け

転入：奥野 拓也

[[旧] 住友電気工業株式会社

[[新] 非鉄材料研究部 主席研究員

### 【新人紹介】

①出身地 ②生年月日 ③最終学歴

④職歴 ⑤仕事に対する期待

⑥趣味・特技・資格等



加藤 徹

(かとう とおる)

①愛知県名古屋市

② 1965 年 4 月

③名古屋大学大学院工学研究科 金属及び鉄鋼工学専攻(修士)

④1990 年 4 月住友金属工業(現日本製鉄)入社。製鋼研究部に配属。以後、鋼の連続鋳造プロセスに関する研究開発に従事。2007 年ものづくり日本大賞 内閣総理大臣賞受賞。2015 年より製鋼研究部長。

⑤入社以来高炉-転炉-二次精錬-連続鋳造の枠組みの中での生産性向上、改善に取り組んできましたが、次の四半世紀には製鉄プロセスそのものが変わる可能性があるのではと考えます。産業界ばかり

でなく社会全体にも貢献できるよう一生懸命取り組んでいきます。

⑥登山、スキー、旅行、博士(工学)名古屋大学



奥野 拓也

(おくの たくや)

①大阪府枚方市

② 1975 年 12 月

③京都大学大学院理学研究科(博士) ④2005 年住友電気工業に入社。新規材料(超硬合金、無機分離膜)の開発や近赤外分光分析装置の開発及び用途探索を担当。

⑤特徴のある材料の技術開発を推進することでより豊かな社会の実現に貢献できれば。幅広い分野の研究者・技術者の方々と仕事をさせていただけの貴重な機会であり、期待と責任を持って取り組みたい。

⑥スポーツ観戦、博士(理学)

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第 403 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2020 年 5 月 1 日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目 5 番 11 号 第 11 東洋海事ビル 6 階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)