

## TODAY

## 産業競争力は材料の開発で勝負



経済産業省 製造産業局  
非鉄金属課長 及川 洋

経済産業省では今年度から10年間の計画で「革新的構造材料プロジェクト」をスタートする。これは平成24年度から始まった「未来開拓型研究制度」といわれる官民連携の大型研究開発プロジェクトの一つであり、社会的インパクト、研究開発リスクが大きく、我が国が将来にわたって強みとすべき分野について官民の強力なコミットの下、10年間を目処に研究開発を行うものである。官の側においては、基礎研究分野を担う文部科学省と連携しつつ、また、民の側においては最終的なユーザー企業の参画を得て出口を見据えた開発を行うことも一つの特徴である。

この「革新的構造材料プロジェクト」は、言うまでも無く我が国産業の競争力を支えている素材、特に輸送機器などに用いられる構造材料に着目して技術開発を行うもので、国が関与する技術開発としては久々にベースメタルを対象としている。

具体的には、輸送機器の抜本的な軽量化に向け、製品のマルチマテリアル化を可能とする異種材料の革新的な接合技術の開発や新たなチタン材、アルミニウム材、マグネシウム材、鋼材、炭素繊維強化樹脂等の構造材料のそのもの高性能化に係る技術開発を一体的に推進することとしている。

この背景にはエネルギー問題・地球温暖化ガス削減の問題がある。

産業・運輸・民生の各部門におけるエネルギー消費量の削減や、二酸化炭素排出量の削減は国際的な重要課題であり、我が国においても年間の二酸化炭素総排出量12億トンのうち約20%が運輸部門（自動車、航空、鉄道等）からの排出で、産業部門に次いで多く見逃せない。更に

自動車については世界的に燃費規制が厳しさを増しており、今後の自動車の開発は燃費向上が鍵となっている。輸送機器の燃費向上は、エンジンを始めとした動力機関の効率向上と軽量化が2大手段である。これまでに動力機関の効率向上に向けた研究開発は企業自らが精力的に取り組み、例えば自動車ならばハイブリッド車の出現・普及に至っているが、車両の軽量化についてはまだ緒についたばかりであり、革新的な軽量部素材の実現が期待されているところである。

ここでは特に非鉄金属材料開発の取り組みについて紹介したい。

## ① 革新的チタン材の開発

チタン業界はスポンジチタン・インゴットの川上部分と、圧延・鍛造等の川下部分に大別することができる。日本でスポンジチタンを生産しているのは専業2社のみで、航空機用の厳しい認定を受けており国際競争力も高い。また、川下の圧延・鍛造は大手鉄鋼メーカーが製鉄技術で培った技術力を武器に、一般工業用途に展伸材市場拡大をけん引してきた。

しかしながらスポンジチタンはバッチ処理という生産性がネックであり、展伸材はアジア企業の参入により、熾烈な品質・コスト競争を繰り広げている。

世界のスポンジチタン・展伸材の需要は航空機需要に牽引され、長期的には拡大の見込みであるが、世界市場で勝ち抜くためには高生産性、高品質、高歩留まり、低コストが要求される。

本プロジェクトでは生産性を向上した連続式の精錬技術や、精錬・溶解・熱延工程を短縮した新チタン材製造技術などの開発を行うとともに、用途に合わせたチタン材料（特定機能の強化）を作るため、分子原子レベルでの組織構造制御や不純物低減技術の実現を目指す。

## ② 革新的アルミニウム材の開発

我が国のアルミ業界は正確にはアルミ圧延業界である。かつて国内にも地金精錬事業が存在したが、オイルショックによる電力価格高騰により撤退し、現在は圧延・加工事業が主体となっている。海外のいわゆるアルミメジャーなど、資源上流から地金、圧延・加工まで行うア

ルミ企業においても、その収益源を圧延・加工といった川下にシフトしつつある中、我が国アルミ産業が引き続き競争力を維持するためには、製造する材料そのものの性能、コスト競争力を高めるとともに、他の材料との関係においても、その利用範囲の拡大を図る必要がある。

アルミニウム材は比強度や延性、耐食性に優れた軽量素材であり、様々な輸送機器に使用されているが、まだ用途の拡大の余地がある材料である。例えば自動車では、フェラーリ、アストン・マーティンといった高級車は殆どのボディ素材をアルミ材としている。つまり輸送機器の更なる軽量化を進めるためには一部高級車等にとどまらず、鉄道車両も含めその適用可能範囲を広げることが重要であり、加工工程での一層の高強度化や低コスト化がその鍵となっている。

本プロジェクトでは組織構造制御技術を開発し、強度や延性の機能を向上させた新アルミ材の開発を行うとともに、機能を向上させる加工技術として異なる品番のアルミ材の組み合わせのみならず、アルミと異種金属等材料との組み合わせ技術、テーラードブランクのような可変板厚製造技術の開発、用途に合わせ価格を抑えるための再生アルミ材開発技術等の実現を目指す。

### ③ 革新的マグネシウム材の開発

マグネシウムは実用金属中で最も軽く優れた比強度を有することから、炭素繊維複合材と並び次世代の構造材料として注目される。適用先としては自動車の外板部材、高速鉄道車両の筐体である。しかしながら化学的に活性

で燃え易く、加工性が悪いなどの特徴があるため、輸送機器への適用拡大には耐熱性と加工性に優れたマグネシウム材の開発が求められている。

本プロジェクトでは組織構造制御技術を開発し、要求される機能を向上させた新マグネシウム材の開発を行うと共に、強度や延性の機能を向上させた大型展伸材を製造するための加工技術等の実現を目指している。

「鉄は国家なり」、この言葉は‘鉄血宰相’と言われたプロイセン王国ビスマルク首相の有名な演説に由来している。まさに産業革命以降、鉄鋼の生産量が国力そのものとされ、国力の指標とされてきた。

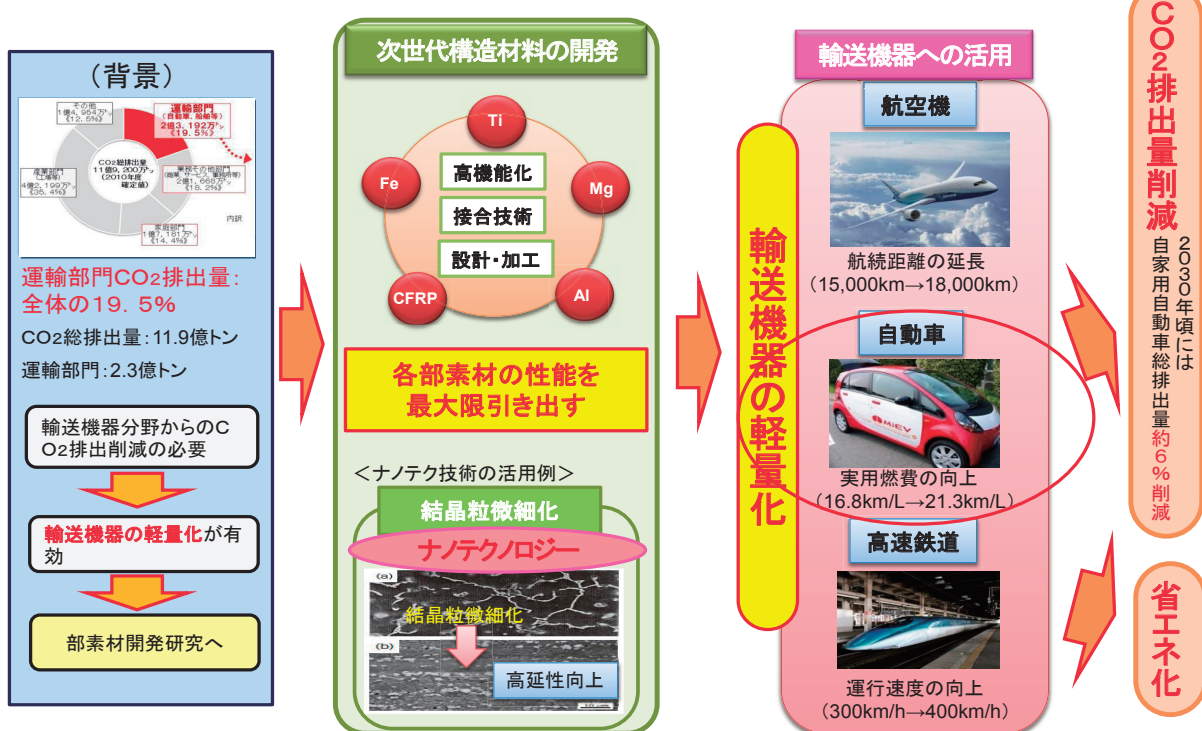
しかし近年はどうだろうか。工業生産されている金属の大半はやはり鉄鋼であるものの、非鉄金属も相当頑張っている。また、炭素繊維強化樹脂の存在感も増している。

産業界のニーズを知り、ご意見を頂くために、材料メーカーから製品メーカーまで多くの企業の方々に話を伺った。そこで異口同音に言われていたのは「基盤となる材料開発が大切」、「材料あつての技術革新」、「製品のマルチマテリアル化」であった。要すれば、それぞれ個性のある優秀な材料を育て、これらを適材適所で組み合わせ使えようにするということであろう。

本プロジェクトがこうしたニーズに応え、将来の我が国産業の競争力強化に貢献するものであることを確信しつつ、現在その立ち上げに向けて関係企業の方々と準備を進めているところである。

## 革新的新構造材料等技術開発

(平成25年度政府予算額：40.9億円)(新規)



## 米国 TMS 会議に参加して 磁性材料研究部長 村木 峰男

JRCM では、平成 24 年度より 10 年間の予定で開始された経済産業省委託研究「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」において、技術調査センター機能を担い特許調査・技術調査活動を開始している。

この際、磁性材料の技術開発動向に影響を与える因子としては、

- ・日立金属のネオジウム磁石構造に関する米国基本特許が 2014 年 7 月に満了
- ・中国起因のレアアース問題に対処する磁性材料関係プロジェクトとして、米国エネルギー省 (Department of Energy) 主導で REACT (希土類代替先端技術プロジェクト / Rare Earth Alternative in Critical Technologies) が 2011 年開始などが挙げられる。後者のプロジェクトは「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」と同時期に、約 30 億円という同オーダーの開発規模で開始されたプロジェクトである。加えて米国では軍事関連からも高効率モーターならびに磁性材料の開発需要が存在する (表 1)。このため米国における研究開発動向調査を目的として、2013 年 3 月 3 日から 3 月 7 日にかけて、サンアントニオで開催された TMS2013 年次会議 (Minerals, Metals & Materials Society 142nd ANNUAL MEETING & EXHIBITION) の磁性材料セッションに参加したのでその内容を以下に報告する。

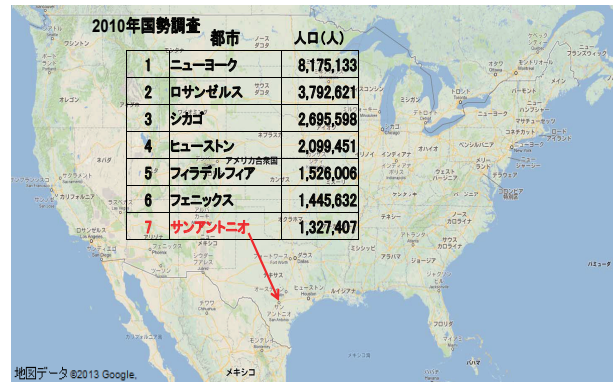


図 1. 米国テキサス州サンアントニオと人口

### 1. TMS 会議概要

TMS (ThreeMS-Minerals, Metals & Materials Society) は材料全般を幅広くカバーする学会であり、昨年はオーランド、来年はサンディエゴと、毎年米国内での開催である。今春会議が行われたテキサス州サンアントニオは全米第 7 位 (図 1. 2010 年国勢調査) の人口を擁し、航空・軍事・観光などを主産業とする。市街中心にはメキシコからの独立戦闘の舞台となったアラモ砦 (図 2) があり、会期中 3 月 6 日はその戦闘における激しい抵抗の末の終結記念日であったため早朝より関係者らによる式典が行われていた。近くには運河を利用した観光舗道リバーウォークが整備されている (図 3)。会議会場 (図 4) はその運河の端にあり、大阪万博に 2 年先立つサンアントニオでの世界博覧会の地に建設されたものである。

表 1. 米国での磁性材施策等

分野	関連部局	内容/経緯
研究	Department of Energy, Advanced Research Project Agency	Rare Earth Alternative in Critical Technologies 2011着手、30億円規模補助 ← 経産省委託同時期、同規模
研究	National High Magnetic Field Laboratory	1990設立、磁石・磁性材に関しても産学連携中
資源	National Academy of Sciences	2007~Critical Metals, Critical Minerals 関連報告
国防	Dpt. of Defense, Naval Res. Lab.	不明、高性能モータに対するニーズもあるものと推定

(参考: 2014年7月に日立金属Nd磁石米国基本特許満了)



図2. アラモ岩跡



図3. リバーウォーク

会議での発表／報告セッションは鉄鋼、アルミニウム、チタン、マグネシウム、その他軽金属、耐火物、磁性材料、アモルファス、熱電材料等電子材料、原子力／照射損傷、生体材料、接合、解析／分析、など多岐にわたり、約 3,500 人が参加した。

このうち磁性材料関連セッションは、希土類磁石、希土類フリー磁石、新規磁性材料、電力変換用材料、エネルギー関連磁性材料の分類に分かれ、計 40 報告が同一会場で逐次発表され、約 100 人が議論に参加した（図5）。



図4. TMS 会議会場外観

## 2. 磁性材料セッションにおける発表動向

磁性材料セッション計 40 報の件数内訳は、報告国別では米：欧：その他の割合が 6:3:1、と開催国米国からが過半を占める。報告機関の産／官／学割合は 1:4:5 であり、国研 (Ames Laboratory) や海軍研究所 (Naval Research Laboratory) など軍事関連セクションからの発表が多いことが注目される（表2）。なお、中国からの報告は無いものの米大学 12 報のうち半数は中国からの留学生が研究に参与している。

磁石材料別の発表件数内訳は、「次世代自動車

表2. 磁性材料分野国別機関別発表件数内訳

	米国	欧州	その他	計	
産	4	2	0	6	2割
官	9	5	1	15	4割
学	12	4	3	19	4割
計	25	11	4	40	
	6割	3割	1割		



図5. 磁性材料セッション会場

向け高効率モーター用磁性材料技術開発」の開発対象磁石においては件数順に、FeNi 超格子構造 -6 件、ナノ複相組織制御 -5 件、Dy 粒界拡散型 NdFeB-3 件、HDDR(水素化利用微細化) 異方性磁石 -2 件、窒化鉄 -なし、であり、対象外磁石では、アルニコ磁石 -4 件、MnBi 磁石 -2 件、MnAl 磁石 -2 件、炭素活用磁石(例 CoC) -2 件、セリウム活用磁石、などの報告がみられた。

報告の背景としては、中国起因のレアアース枯渇対応をモチーフとするものが多く、希土類フリー磁石の関連報告が 17 報、それ以外でもカナダや豪州などでの希土類鉱床の開発状況にコメントするレビュー報告など希土類が本年のトピックスとして目を惹いた。希土類フリーへのアプローチとしてはアルニコ磁石の見直し改良報告も数多く見られた。

軟磁性材発表においては、「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」の開発対象軟磁性材であるナノ結晶磁性材の報告が主流である。

磁石 / 軟磁性材とも約 2 割は原理 / 解析の報告であった。

日本からは計 2 報、高輝度光科学研究センターからの Dy 添加 NdFeB 磁石粒界解析、秋田県立大

からの FeBSiNb 系軟磁性材ガラス形成能改善試験結果、が報告された。

### 3. 注目される個別報告

—Challenges of Magnetic Material Development for Vehicle Electrification:

U.S. Naval Research Laboratory

海軍研究所からの報告。冒頭、エンジンを積まずモーターで駆動する無人電気飛行機の紹介から始まった(図6)。2001 年から本格的に電気飛行機開発に取り組んでいる。液体水素燃料電池による 48 時間の連続飛行試験実績がある。加えて 6 モーター(6 プロペラ)の有人電気飛行機実機の様子も映写された。磁性材料には価格低減よりも資源セキュリティ対策として非希土類材料開発に期待が、また具体的な磁石材料としては Mn-Al 系、コバルト炭化物への期待が述べられた。軟磁性材料に対してはアモルファス相中へのナノ結晶析出材の高特性に注目しているとしながらも、機械特性、長期安定信頼性に対する要望と期待が寄せられた。



図6. 海軍研究所無人電気飛行機

—Nanocomposite Magnetic Alloys for Power Applications:

U.S. Naval Research Laboratory; George Washington University

海軍研究所から大学への委託研究。背景として超伝導モーター開発内容が紹介された。銅損はゼロとなるが、鉄損に関しては軟磁性材料のわずかな発熱でも超伝導の破れにつながるので極限の低損失を求めたい。軟磁性材料としてはナノ析出材料を幅広い組成レンジに亘って調査していることが

述べられた。東北大牧野教授ら研究の一連の組成系が高特性材料例として言及されていた。

#### —New Materials and Novel Anisotropies for Rare-Earth-Free Permanent Magnets:

#### —Tetrataenite (FeNi)- A Potential Candidate For a Rare-Earth -Free Permanent Magnet:

#### Northeastern University

FeNi 磁石に関するノースウェスタン大からの連報。エネルギー省の希土類代替先端技術プロジェクトの一環として開発中である。

FeNi 合金は 320℃以下でのみ磁石特性良好な L1<sub>0</sub> 超格子構造が熱力学的に安定となるため、求める超格子構造を熱拡散で得るにはとてつもない長時間がかかる。天然に見られる唯一の例は 320℃付近の温度に年単位以上宇宙空間で保持された隕鉄中のみである。このため従来報告では、中性子線照射、電子線照射など特殊な手法により試作された薄膜材料を用いて研究開発が行われている状況である。

本報告中では 320℃以下での鉄原子とニッケル原子の相互拡散を促進する目的で、

- ・冷間圧延による高速拡散経路導入、
- ・FeNi マルテンサイト相からの変態と空孔導入、
- ・静水圧の印下による拡散促進、

などが試験 / 議論された。FeNi 超格子バルク材を得る試みとして注目される。

#### —Current Status and Future Prospects of Magnetocaloric Materials:

#### Iowa State University

Ames Laboratory (国研) との産学連携内容報告。レビュー報告だが、以下に列記するような示唆を多く含む発表だった。

- ・成形磁石材料の高密度化手法：熱間鍛造に加え FSW (摩擦攪拌法) に注目。
- ・新規磁石アプローチ：元素組合せ探索は充分サーベイされてきている。構造制御と熱処理に期待する。

・環境有害性への注意喚起：バリウムフェライト磁石は環境有害性の懸念から衰退したことを忘れず、新規開発磁石 / 軟磁性材料開発では初期段階から環境有害性発現可能性を念頭においてかかるべきだ。

・Sm 価格安定化に伴う NdFeB → SmCo 回帰への警鐘：Sm は Nd 鉱床から副生成されるため Nd 増産により価格安定化した経緯がある。NdFeB 離れが進めば Sm 価格は再高騰必至。

#### —Novel High Energy Permanent Magnet without Critical Elements:

#### Ames Laboratory

引き続き Ames Laboratory からの報告。電気自動車および風力発電用途を念頭に、300℃以上の温度域でも実用磁力を維持できることを目標にセリウム-遷移金属合金磁石探索に着手した。セリウムは希土類元素ではあるが、豊富に調達可能ゆえ Critical Element には非ずという位置づけである。Ames Lab. では多くの磁石プロジェクトを並行実施中であるが、本テーマはエネルギー省 REACT (希土類代替先端技術開発) のプロジェクトとして着手後 6 カ月の新しいテーマである。

Ce 磁石は大きな磁気異性が得られ難いとして過去に一旦けりをつけられた経緯があるが、理論専門家と協調して絞り込みを進める見直しを始めたとのこと、資源リスクに対応する開発として注目される。

#### 4. 今後の調査

懇親会では企業の研究者を中心に、直近の希土類価格低下による非希土類材料開発方針の短期見直しが嘆かれていた。長期的視点に立った開発という観点で、「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」と同様なコンセプトを持つ米国エネルギー省 REACT プロジェクト各テーマの開発進捗も継続ウォッチしたい。

The Japan Research and Development Center for Metals

#### JRCM NEWS / 第 322 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 2013 年 8 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)