

TODAY



## 金メダルは 都市鉱山から

鹿児島大学 工学部  
環境化学プロセス工学科  
教授 二井 晋

2020年の東京オリンピックでは、メダルに使われる金・銀・銅を、都市鉱山からの100%リサイクルでつくるプロジェクトが進められています。ご存知のように、携帯電話やPCなど小型家電の電子基板には金が使われており、およそ1トンの廃棄物から200gの金が「採掘」されます。これは、天然の鉱石1トンあたりに含まれる金が約20gとすれば、10倍の含有量であるため、廃棄物はまさに都市鉱山と言えます。含有量だけを考えると、都市鉱山からの金の採掘は簡単そうですが、多様な不純物が共存しているため複雑な分離プロセスが求められ、金を高純度に精製することが求められます。

私の専門分野は分離工学で、混合物の中から標的物質を速く、簡単かつ選択的に分離するための方法と装置を研究しています。研究室の成果として、金イオンだけをシンプルな操作で高い回収率で取り出せる手法を開発しました。それについてご紹介いたします。

当時の研究室の先輩が、一般的な洗剤に含まれていた、ある界面活性剤が、塩酸の中に溶けた金イオンだけに結合することを発見しました。洗剤に金イオンが結合するならば、伝統的な分離手法である泡沫分離(気泡の表面に標的物質をくっつけて浮上させる)を使えば、簡単に金イオンだけ濃縮できるのでは、と考えて行ってみたら失敗でした。金は濃縮されたのですが、純度が低く原液に含まれる他の金属イオンが、不純物として原液と同じ濃度で含まれていたのです。不純物を泡から簡単に取り除くことができれば、原液から金だけを濃縮することができます。

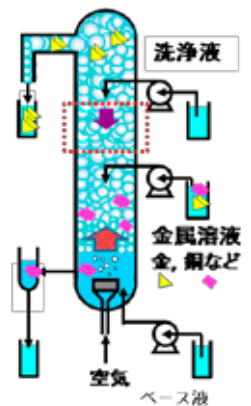
気泡の集合体はビールの泡のような「泡沫」と呼ばれます。ここには気泡の界面と気泡でできた空間を埋める液があります。界面活性剤は気泡の表面に

くっついているので、金イオンは界面にピン止めされたかたちとなっていますが、不純物の金属イオンは界面活性剤とくっつかないので、液の中に存在しています。泡沫の上から液を注げば、液は流れ落ち、簡単に金イオンと不純物を分けることができます。

このアイデアを形にしたのが、連続向流泡沫分離操作です。原液に空気を送って泡沫をつくり、泡沫層の上から洗浄液と呼ばれる界面活性剤の溶液を入れるだけで、塔頂から連続的に高純度の金イオン溶液が得られ、原液に含まれる金を100%回収できました。この手法を実用化するべく研究に取り組んでいます。

私が勤務する鹿児島では、『錫山』など鉱山由来する地名が点在し、かつての金山跡も至るところに見られ、島津藩の財政に貢献したことは想像に難しくありません。黄金の国と言われたジパングは過去のものでなく、鹿児島県には現役の金鉱山が2つあります。ひとつは菱刈、もうひとつは串木野です。菱刈鉱山の金の含有量は世界トップレベルにあり、串木野では知覧町の赤石(あけし)鉱山で露天堀された鉱石が精錬されています。この背景から串木野では都市鉱山からのリサイクルが行われ、電子・半導体部品、電子基板や金を含むペーストなど多様な原料からの金の回収が展開されています。

東京オリンピックで贈られる金メダルには鹿児島でリサイクルされた金も使われることでしょう。鉱山にとって鉱脈が生命線であるように、都市鉱山では廃棄物の定常的な集積が「鉱脈」となります。自然が鉱脈をつくりだすように、都市鉱山では我々人間のはたらきが鍵となります。オリンピックを契機に日本の各地で太い鉱脈がつけられレガシーとして継続されることを期待しています。



泡沫中の  
洗浄液流れ



# 次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発プロジェクト第2期概要

高効率モーター用磁性材料技術研究組合  
専務理事 作田 宏一

## 1. はじめに

「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」は、経済産業省の新たな研究開発制度として平成24年度に創設された10年計画の「未来開拓研究」の最初のプロジェクトとしてスタートした。「高効率モーター用磁性材料技術研究組合（略称：MagHEM）」は、本プロジェクトの実施母体として、同年9月25日に設立された。平成26年度からは委託元が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に移管され、NEDOの委託事業として実施されている。平成28年度で前半5年間で終了し、平成29年度から後半5年間の第2期に入っている。

本プロジェクトの課題の一部（ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化、高性能軟磁性材料開発）は、研究開発期間が前半5年間で、これらはそれぞれの目標をほぼ達成して予定通り

終了した。また、当初より本プロジェクトは5年目に研究の進捗状況や関連技術・市場動向の変化等を勘案して課題の見直しを行うことになっており、平成28年6月に第2回の中間評価が実施され、新磁石実現につながる画期的成果に対する評価と更なる体制強化への提言も頂いたが、平成29年度の経済産業省予算の大幅削減により、第2期は新磁石材料開発に絞った計画でスタートすることとなった。

平成29年3月末で、前期終了課題担当の5組合員が脱退し、平成29年4月に1組合員が新規加入したため、平成29年4月1日現在の組合員は、5企業、1国研、1団体の合計7機関である。第2期のスタートにあたり、新たに改訂されたNEDOの基本計画<sup>1)</sup>をもとに、本プロジェクトの目標と研究開発内容、研究体制、実施計画について、改めて紹介したい。

## 高効率モーター用磁性材料技術研究組合（略称：MagHEM）の概要

設立年月日：平成24年9月25日

理事長：大山 和伸（ダイキン工業(株) 常務専任役員）

組合員：（一財）金属系材料研究開発センター、(国研)産業技術総合研究所、ダイキン工業(株)、(株)デンソー、トヨタ自動車(株)、三菱電機(株)、(株)明電舎（5企業、1国研、1団体）

事業費：平成29年度4億円

事業の概要：高効率モーター用磁性材料及びこれを用いたモーター設計に関する研究開発

### ○組合設立の目的

現在のレアアース添加型磁石を上回る性能を持ちながらレアアースを使用しない革新的な高性能磁石等の開発、及び内部エネルギー損失を低減するための高効率軟磁性材料（鉄心）の技術開発とモーター全体の設計見直しを通じて、モーターの小型高効率化を実現する。

### ○実用化の方向性

- ①ジスプロシウムを使わないネオジム磁石の高性能化技術開発 目標：磁石の強さ（最大エネルギー積）1.5倍
- ②ネオジム磁石を超える新磁石開発 目標：磁石の強さ（最大エネルギー積）2倍
- ③軟磁性材料開発 目標：鉄心で失われるエネルギーを80%削減
- ④高効率モーターの実現 目標：モーターのエネルギー損失を40%削減、パワー密度を40%向上

### ○事業化の用途の時期

- ①ネオジム磁石の高性能化：2017年めどに実用化へ
- ②新磁石開発：2022年めどに実用化へ
- ③軟磁性材料：2017年めどに実用化へ
- ④高効率モーター：2022年めどに実用化へ



## 2. 第2期の目標と研究開発内容

### <研究開発目標>

第1期では、レアアースに依存しない革新的高性能磁石の開発、エネルギーの損失が少ない高性能軟磁性材料の開発、さらにはこれらの新規磁石や新規軟磁性材料の性能を最大限に生かして更なる高効率を達成できるモーターの開発を行い、エネルギー損失を従来モーター比25%削減する高効率モーターの実現を目標とした。

第2期では、新規高性能磁石開発に特化して取り組むこととし、第1期での軟磁性材料やモーター評価技術開発の成果と合わせて、従来モーター比で40%エネルギー損失低減と40%小型化を実現する磁性材料の開発を目指す。

### <研究開発内容>

#### ①新規高性能磁石開発

自動車電動化のキー材料である磁石の革新は我が国の産業競争力強化に重要であるため、新磁石

の研究開発に取り組む。ただし、今後の実用化の際の資源リスク、コスト等を考慮し、レアアースのうち重希土類は使用しないこととする。

重希土類フリー磁石で最適構造・最適組織の探索及び開発、ナノ組織制御技術開発、粒子合成プロセス開発に取組み、ネオジム焼結磁石の2倍の強さを持つ高性能新磁石を開発する。

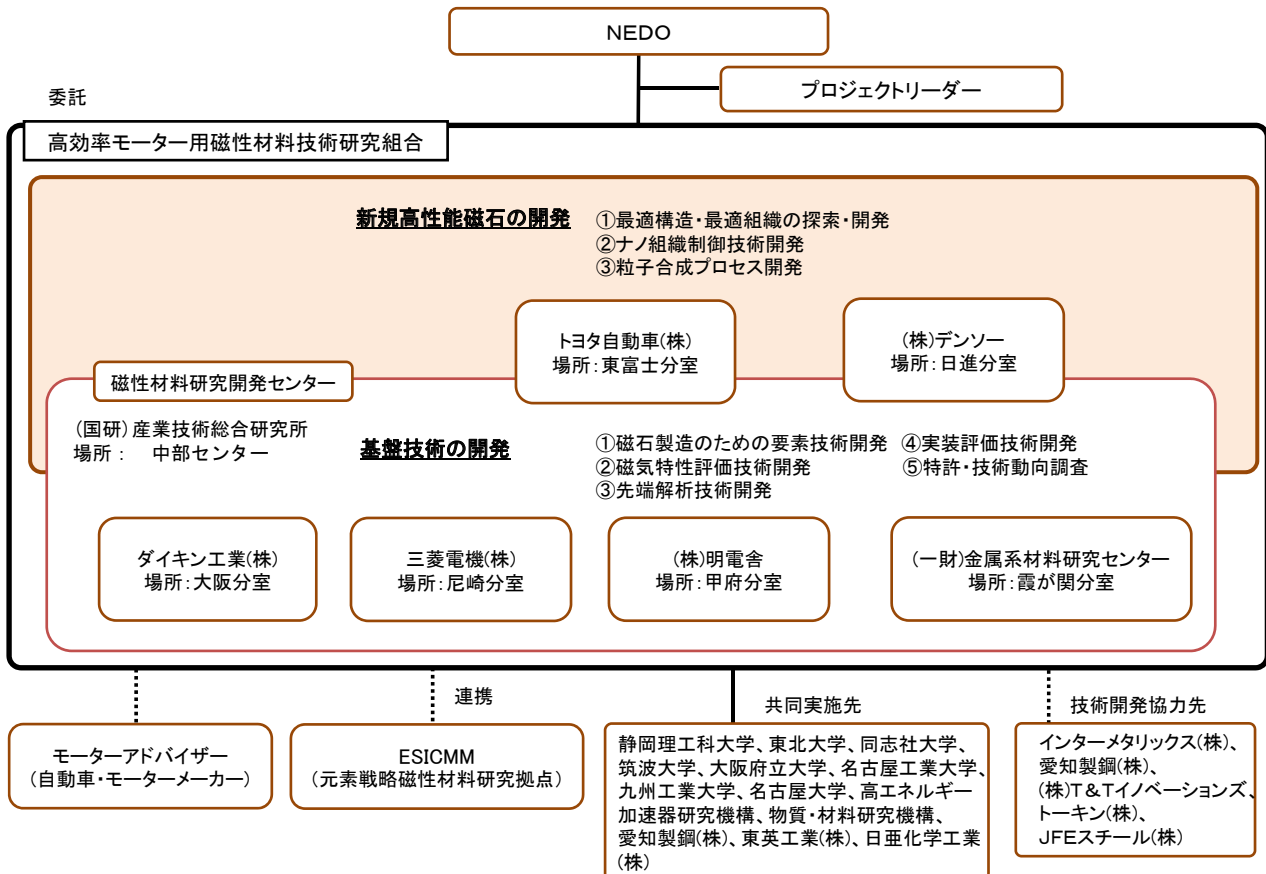
#### 【中間目標（平成31年度末）】

現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」を持つ磁石を実現するために関連する要素技術を開発する。

#### 【最終目標（平成33年度末）】

現在の耐熱性ジスプロシウム含有ネオジム焼結磁石の2倍の最大エネルギー積「180℃において50MGOe」を持つ磁石を開発する。

## 研究開発体制



## ②共通基盤技術の開発

ネオジム磁石に関する米国の基本特許が平成26年に切れるにあたり、我が国の優位性が低下する恐れが指摘されている。この様に、特許戦略は事業化には必須であり、磁性材料から最終製品であるモーターまでを巻き込んだ特許戦略議論が重要となっている。また、磁石開発を支援するための先端解析や評価技術が開発力強化のために重要である。

磁性材料・モーター設計に関する各事業者の特許戦略策定を支援するため、磁性材料からモーターまで全てを網羅した特許調査・技術動向調査を行う。また、共通基盤技術として、各テーマで共通する基盤的な技術開発や材料開発、分析・評価・解析・保磁力機構の解明などを行う。更に現在のテーマに挙がっていない新規高性能磁石材料の探索を行う。

### 【中間目標（平成31年度末）】

#### （1）「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁性材料に関する情報センター構築に向けたコンテンツの整備を完了する。

#### （2）「共通基盤技術の開発」

- ・磁石製造の配向制御、組織制御の技術開発に目処を付ける。
- ・磁気特性予測システムの構築に目処を付ける。
- ・高保磁力に対応した磁気特性評価技術を開発する。
- ・高負荷環境下での磁性材料評価・解析技術を開発する。

### 【最終目標（平成33年度末）】

#### （1）「特許・技術動向調査・特許戦略策定支援」

磁性材料に関する情報センターを構築する。

#### （2）「共通基盤技術の開発」

- ・磁石製造の配向制御、組織制御技術を開発する。
- ・磁気特性予測システムを開発する。
- ・高速・高精度な磁気特性評価技術を開発する。
- ・モーター実装を想定した評価技術（シミュレーション）を開発する。

<参考文献>

- [1]「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」基本計画（NEDO）

## 実施計画

（出典：NEDO）

|                          | 第1期  |      |        |      |        | 第2期   |        |      |      |      |
|--------------------------|--|------|--------|------|--------|---|--------|------|------|------|
|                          | 2012   | 2013 | 2014   | 2015 | 2016   | 2017  | 2018   | 2019 | 2020 | 2021 |
| ① 新規高性能磁石開発              | ①-1ジスプロシウムフリーネオジム磁石の開発<br>・ナノ結晶粒ネオジム焼結磁石開発<br>・NdFeB異方性HDDR磁石粉末開発                                  |      |        |      |        | 性能 1.5倍<br>■ 事業化  |        |      |      |      |
|                          | ①-2 ネオジム磁石を超える新磁石の開発<br>・窒化鉄ナノ粒子バルク体化技術の研究開発<br>・ナノ複相組織制御磁石の研究開発<br>・FeNi超格子磁石材料の研究開発              |      |        |      |        | 性能 2.0倍<br>■ 最適構造・最適組織の探索<br>・ナノ組織制御技術開発<br>・粒子合成プロセス開発 |        |      |      |      |
| ② 軟磁性材料研究開発              | 高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発  |      |        |      |        | 鉄損 1/5<br>■ 事業化   |        |      |      |      |
| ③ 高効率モーターの開発             | 磁石減磁のモーターへの適用技術の研究開発<br>・可変評価試験技術の研究開発<br>・新磁性材料磁気モーターの普遍的設計技術の開発<br>・インバーターとモーターのトータルでの低損失化設計技術研究 |      |        |      |        | ■ テーマ見直し  |        |      |      |      |
| ④ 特許・技術動向調査、および共通基盤技術の開発 | 特許・技術動向調査・特許戦略策定支援<br>・共通基盤技術の開発   |      |        |      |        | ■ テーマ見直し<br>・特許・技術動向調査・特許戦略策定支援<br>・共通基盤技術の開発           |        |      |      |      |
|                          |  |      | ★ 中間評価 |      | ★ 中間評価 |   | ★ 中間評価 |      |      |      |

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第368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 2017年6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)