

SDGs 事例 2020

信越化学工業㈱：レア・アースマグネット（前編）

レア・アースマグネットは、今や私たちの日常生活には欠かせないアイテムとして、自動車やエアコン用コンプレッサ、風力発電、産業用ロボット、デジタル家電のモータなどに使用され、省エネや小型・軽量化、環境対策などに貢献しています。

今回は、化学産業の素材が SDGs に貢献している事例として、信越化学工業 電子材料事業本部の濱本さん(写真左)と波毛さん(右)に、レア・アース並びにレア・アースマグネットのお話を伺います。



前編では、レア・アース並びにレア・アースマグネットの研究開発や技術を中心に紹介し、後編では、レア・アースのリサイクルを含む事業展開及び展望を紹介します。

カーバイド事業からの撤退 レア・アース関連事業の起点を創出

日化協：

レア・アース¹は、高校時代の化学の授業で、元素周期表を見ながら学びましたが、私たちの身の回りで使用されているのですね。

濱本様：

レア・アースは、「産業のビタミン」や「産業の必須アミノ酸」などと言われる物質です。照明が LED に代わる前は、蛍光灯の発光体として、レア・アースであるイットリウム (Y) やユウロピウム (Eu)、テルビウム (Tb) が使用されていました。最近では積層セラミックコンデンサの小型化及び特性の向上に対しても、レア・アースが活躍しています。また、レア・アース価格が高騰し



¹ レア・アースとは、31 鉱種あるレアメタルの一種で、17 種類の希土類元素の総称。

Sc	スカンジウム	Y	イットリウム	La	ランタン	Ce	セリウム
Pr	プラセオジム	Nd	ネオジム	Pm	プロメチウム	Sm	サマリウム
Eu	ユウロピウム	Gd	ガドリニウム	Tb	テルビウム	Dy	ジスプロシウム
Ho	ホルミウム	Er	エルビウム	Tm	ツリウム	Yb	イットルビウム
Lu	ルテチウム						

たことでその使用が少なくなりましたが、ガラスの研磨剤にはかつてはセリウム(Ce)を大量に使用していました。

日化協：

レア・アース自体は単独の元素を分離精製することが難しく、現在でも貴重な資源とも言われます。御社はレア・アースの分離精製を1960年代に開発し、事業化したと伺っています。そのきっかけからお教えください。

濱本様：

レア・アースの分離精製や後でご紹介するレア・アースマグネットの製造をしている福井県の武生工場では、かつてカーバイド・石灰窒素を製造していました。しかし、1950年以降、武生工場は肥料製造から新規事業へ転換する中で、レア・アース事業が検討されました。

日化協：

当時はまだレア・アースを何の用途に使用するかは、世の中も未知数だったのではないのでしょうか。そのような状況下で、レア・アースの分離精製を事業にすると決められたのですね。

濱本様：

そうですね。レア・アースの分離精製ができた当初、当社は純度の高いレア・アースを何に使えばよいかを絞り切れていませんでした。

とはいえ、1950年代から1960年代はテレビが白黒からカラーに替わった時代で、

多くの家電メーカーがしのぎを削ってカラーテレビの開発をしていました。1968年に発売された日立製作所のキドカラーという愛称を用いたカラーテレビは、赤色の発色の良さが評判でした。キドカラーではこのカラーテレビの赤色の輝度を上げるのに、弊社の高純度レア・アース(イットリウム、ユロピウム)が採用されました。ここで採用された事が、今日のレア・アース事業の基礎です。

こういった内部要因や外部の状況変化をきっかけにして、当社は分離精製から得た貴重な資源であるレア・アースそのものを市場に提供するだけでなく、化学的処理、加工を施して、材料や部品にもなるレア・アースマグネットを市場に提供できるように方向性をシフトさせていきました。



レア・アース原料から、レア・アースマグネット加工へと事業をシフト

日化協：

現在の御社は、レア・アースを用いた多種類のレア・アースマグネットを製造・販売していますが、どのような分野や最終製品に使われているのでしょうか。

濱本様：

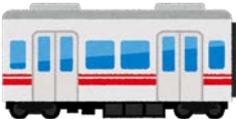
主にモータ類に使用されています。自動車関連ではHV(ハイブリッド車)やEV(電気自動車)の駆動モータ、発電機や電動パワーステアリング、家電では省エネエアコンやデジタルカメラ、産業・医療機器関連であればロボットやMRI(磁気共鳴画像)、情報通信関連ではHDD(ハードディスクドライブ)やスマートフォン、エネルギー分野では風力発電等です。



信越化学のレア・アースマグネットが使われている製品一覧(その1)

分野	用途例	用途写真	製品例	効果 (環境面・品質面)
民生	省エネエアコン	 室外機	コンプレッサモータ (直流ブラシレスモータ)	高効率、省電力化
	ドラム式洗濯機		ダイレクトドライブモータ	節水(縦型に比べ水量が約 1/2)
	デジタルカメラ		手振れ補正機構	高性能化
	HDD		VCM(ボイスコイルモータ)	小型・軽量化、高性能化

信越化学のレア・アースマグネットが使われている製品一覧(その2)

分野	用途例	用途写真	製品例	効果 (環境面・品質面)
産業	産業用ロボット		AC サーボモータ	小型・軽量化、生産性向上
	工作機械		AC サーボモータ	小型・軽量化、生産性向上
	半導体・液晶製造装置		AC サーボモータ	小型・軽量化、生産性向上
輸送機器	ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車		駆動モータ/発電機	低燃費
	自動車全般		電動パワーステアリング	低燃費
	自動車全般		電動ウォーターポンプ	軽量化、低燃費
			カーエアコン用電動コンプレッサ	低燃費
	地下鉄		永久磁石同期電動機	省エネ、低騒音、低振動
エネルギー	風力発電		永久磁石同期電動機	軽量化、高効率発電、低騒音

日化協：

日本は高度経済成長、バブル経済なども経験し、家庭用電化製品や自動車の普及、そしてIT社会への移行などでOA・電気通信機器やスマホなどが普及しました。このような時代の流れと共に、御社はレア・アースマグネットを開発し、事業化されていったのですね。

レア・アースマグネットの紹介と併せて、その開発や事業展開を詳しくお教えてください。

濱本様：

当社がレア・アースマグネットの研究開発を開始したのは1970年です。その時、米国では既にサマリウム・コバルト磁石(SmCo_5 磁石：最初のレア・アースマグネット)の開発を終えていました。当社は彼らの開発内容を徹底的にレビューし、当社の開発品と比較検証しました。GE社はサマリウム1・コバルト5という組成で、当社はサマリウム2・コバルト17($\text{Sm}_2\text{CO}_{17}$)という組成の磁石を開発し、その後、量産化を達成しました。優れた磁気特性を生かした小型モータが開発され、ウォークマンを始めとした電子機器向けに1976年から販売を開始しました。

日化協：

$\text{Sm}_2\text{CO}_{17}$ のサマリウム・コバルト磁石の開発から量産化までの事業化が6年間ですから、短い期間で達成できたと言ってもいいですね。

濱本様：

そうですね。この期間で事業化できたのは、当社がレア・アースの取扱いに慣れていたからもあるでしょう。磁石の世界からアプローチしていないから、とも言えます。磁石といえば、酸化鉄を主成分とするフェライト磁石やアルニコ磁石(アルミニウム、ニッケル、コバルトなどが原料)になります。従来の磁石の製法とレア・アースを使用する磁石の製法では、開発の方向性が大きく変わってくるのです。当社はレア・アースを使いこなした上で磁石を作っていますから、短期間で上市まで進めることが出来ました。

日化協：

レア・アースの使いこなしや取扱いを充分に分かっていた、ということは、レア・アースの秘めた可能性も理解し、他社の製品とも比較しながらさらに良いものへとこれまでの概念も覆しながら追及された、ということですね。

濱本様：

その通りです。さらに、その時に当社の開発能力では足りなかった部分は、専門家が動いてくれました。ある電機メーカーで働いていた磁石の世界では元祖のような方に当社に入っただき、尽力いただいたのです。

日化協：

キーになる人材の投入もあったのですね。変革のためには、いろいろな手を尽くしたという感じですね。

濱本様：

はい、そうです。その方の知識と当社の持つ知見の相乗効果で、非常に短期間で $\text{Sm}_2\text{CO}_{17}$ のサマリウム・コバルト磁石の量産化まで立ち上げることができた、といっても間違いはないでしょう。

レア・アースマグネットのラインナップを拡充

日化協：

サマリウム・コバルト磁石の開発以降もレア・アースマグネットのラインナップを拡充し、さらには製造方法などの技術で性能も向上させたのですよね。

濱本様：

そうです。レア・アースの研究を開始して、高純度レア・アース分離精製の開始が1966年です。その後、方向性をシフトさせ、レア・アースマグネットであるSm₂CO₁₇磁石の量産が1976年です。その後も、1986年にさらに磁気特性の高いNdFeB磁石(ネオジム磁石)の量産化、最近では、粒界拡散合金法というレア・アースマグネットの製造に関わる新しい技術を開発しました。

日化協：

社会の動向や技術のトレンドも取り入れて、様々なレア・アースマグネットを開発、実用化させているとのことですが、レア・アースとレア・アースマグネットでは、取引のある分野や業種に違いはありますか？

濱本様：

レア・アースの応用分野は多岐に渡りますが、レア・アースマグネットになるとその応用分野は絞られてきます。磁石を使うのは、電気があれば力に変え、逆に力がかかったら電気に変えるといった場合ですから、レア・アースマグネットはモータのような分野が中心になります。これらの分野にレア・アースマグネットが普及することで、例えば、モータの高効率化によって、家電製品などの省エネが進み、さらに製品の小型・軽量化にも貢献しました。

そして、レア・アースマグネット自体も、サマリウム・コバルト磁石からネオジム磁石の使用に切り替えていくことで、レア・アースマグネットに使用するレア・アースの種類も変わり、またその性能から応用分野も変わっていきます。

レア・アースマグネットは、フェライト磁石やアルニコ磁石などと比べると10倍以上の磁力が得られます。そのため、製品の小型化が社会のトレンドになると、サマリウム・コバルト磁石に代替されていきました。一番分かりやすい事例としては、ウォークマンのスピンドルモータです。ちょうど当社で実用化したサマリウム・コバルト磁石がウォークマンに採用され、ウォークマンの小型化に大きく貢献しました。サマリウム・コバルト磁石には強い磁力があり、モータが小さくなくても、従来品より小型・高効率にすることが出来ました。

日化協：

確かに、1979年に発売されたウォークマンのあの小ささは画期的で、電池の持ちもよくなりましたね。

濱本様：

その後、CDプレーヤーの中の光ピックアップの部分にもサマリウム・コバルト磁石が使われました。そして、現在はネオジム磁石に代替され、CDプレーヤーの普及にも貢献しています。

実はこの代替に繋がったのは、サマリウム・コバルト磁石の価格がネックになったという理由があります。コバルトの価格が高だけでなく、サマリウムの埋蔵量が少ないという問題がありました。

そこで、当社はレア・アースマグネットのビジネスを伸ばしていく上では、サマリウム・コバルト磁石だけのラインナップでは難しいと判断し、大量に存在するネオジムに注目して、1986年に量産化を始めました。80年代は、企業や大学研究機関などがレア・アースマグネットに関する新しい技術の共同開発を始めたり、競合他社間の競争が激しくなっていました。

日化協：

ということは、御社と競合他社との開発や知財権の争いがあったのですね。

濱本様：

そうなのです。当社がネオジム磁石の開発に取組み始めたのですが、当時、当社はサマリウム・コバルト磁石の国内でシェアトップ企業でしたので、他社と比べるとネオジム磁石の技術開発のスタートが若干遅れていました。

この遅れを取り戻すために、当社は1986年4月に住友特殊金属（株）から特許実施権をライセンスしてもらい、その年にネオジム磁石の量産を始めました。その一方で、自社の技術も高めるべく、ネオジム磁石の開発も継続させました。

日化協：

いち早く上市し、量産のためにも、他社の技術を使うべきと御社内は判断されたのですね。

濱本様：

はい、早期事業化をするためです。自前の開発だけでは無理という判断に至ったのだと思いますが、製造技術は確立していたため、ライセンスを取得した年に量産化をスタートさせることができたのです。特許を持っている住友特殊金属の量産開始の時期とほぼ変わらず、当社は上市することができました。

日化協：

それはすごいですね。後発で市場を獲得していくのは難しいと言われていていますから、量産開始時期は大切ですね。時間との争いをされたのですね。

濱本様：

当時私も量産化のための生産技術の向上に努めていたので、よく覚えています。しかも、他の強力な競合よりも早く上市できました。

日化協：

その時の市場でのシェアはいかがでしたか。

濱本様：

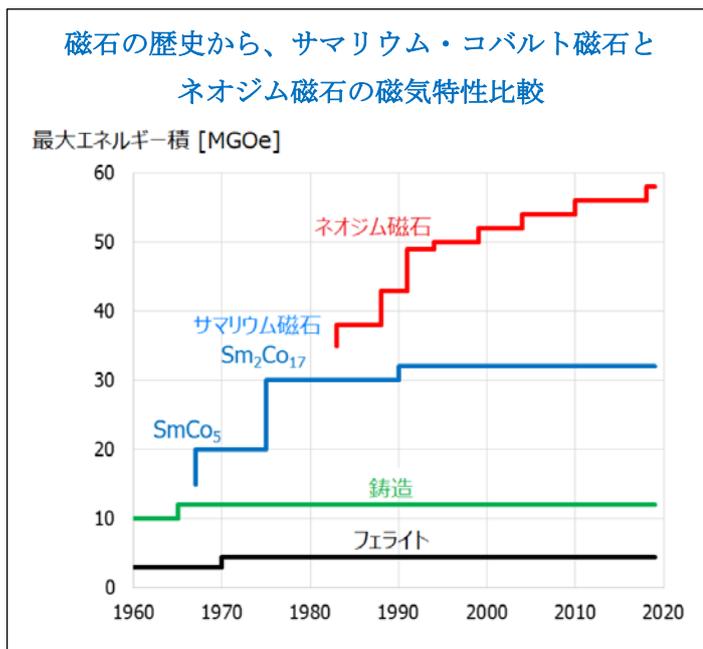
当時のシェアトップは住友特殊金属でしたが、2004年に日立金属に吸収合併されました。その後、当社は日立金属を追いかけ、現在では彼らとトップを争うまでになりました。

日化協：

ところで、ネオジム磁石が市場で主流になりつつあるとのことですが、サマリウム・コバルト磁石とネオジム磁石との違いをお教えください。

濱本様：

サマリウム・コバルト磁石とネオジム磁石では、ネオジム磁石の方が高磁力です(右グラフ、参照)。また、サマリウム・コバルト磁石の主成分はコバルトで、ネオジム磁石の主成分は安価な鉄です。コバルトと鉄の原料価格からもわかるように、ネオジム磁石のコストの方が安価になります。埋蔵量の面でもサマリウムよりネオジムのほうが豊富で、コストも安く、さらに性能が高いといった特徴があります。これらのことから、市場でもネオジム磁石の供給が増え続けています。



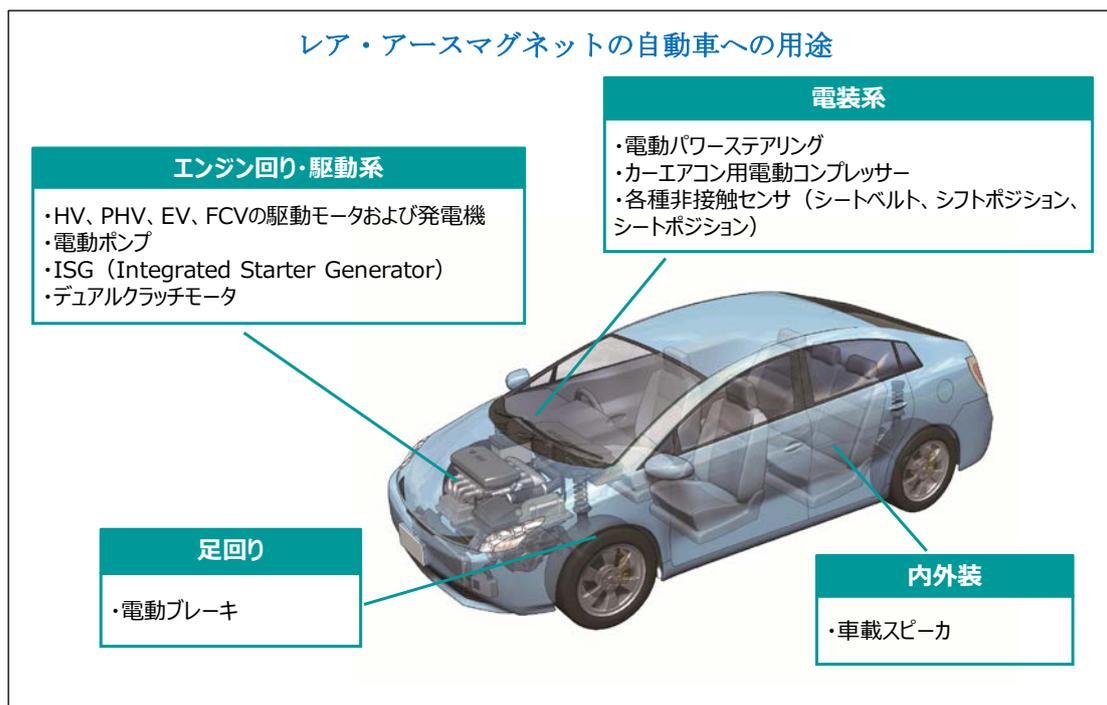
一方、サマリウム・コバルト磁石にはネオジム磁石よりも耐熱性が高いという特徴があります。

日化協：

耐熱性が高いということは、高温で使用する製品にはサマリウム・コバルト磁石が使用されるのですね。

濱本様：

その通りです。自動車のエンジン周りなどに使用されます。現在でも、高温にさらされる部分にはサマリウム・コバルト磁石が使用されています。



日化協：

サマリウム・コバルト磁石で攻めながら、次にネオジム磁石が出てくると予測し、ライセンスを受けて、その市場でのシェアを獲得する。しかし、耐熱性の高いサマリウム・コバルト磁石の良さもあるので、二段構えでビジネスを進められたのですね。

濱本様：

そうなのですが、実はサマリウム・コバルト磁石の生産を続けているのは、国内では当社だけになりました。

日化協：

なぜ、国内の他社は、サマリウム・コバルト磁石の生産を中止したのでしょうか。

濱本様：

サマリウム・コバルト磁石は今後伸びが少ないと思われるため、設備の老朽化対策をする際に新規投資するかどうかという話になります。競合企業は新規投資をしないという判断をして、サマリウム・コバルト磁石の生産を止めてしまったのです。しかし、当社はサマリウム・コバルト磁石の生産を止める判断をしませんでした。日本のモノづくりの視点から、また市場全体を考えると、国内でのサマリウム・コバルト磁石の生産が止まると困る企業があるのです。お取引先様から生産継続の依頼もあり、当社は供給責任を果たすために生産を継続しています。

日化協：

必要とする市場の混乱を防いだのですね。御社はサマリウム・コバルト磁石に関しては国内では独占的に市場を確保していますから、以前よりは価格の面でも有利になったのでしょうか。

濱本様：

いいえ、レア・アースマグネットは高価な製品ですから、お客様からは厳しい要求があり、事業的には厳しいものがあります。しかし、必要とされている以上、また市場の混乱を防ぐためにも、お取引先様とも協議しながら供給していきたいと思います。

技術革新による性能向上

お客様の希望にこたえて技術革新—粒界拡散合金法

日化協：

イノベーションする上でも技術開発をよくされるとのことですが、それが先程紹介いただいた粒界拡散合金法でしょうか。

濱本様：

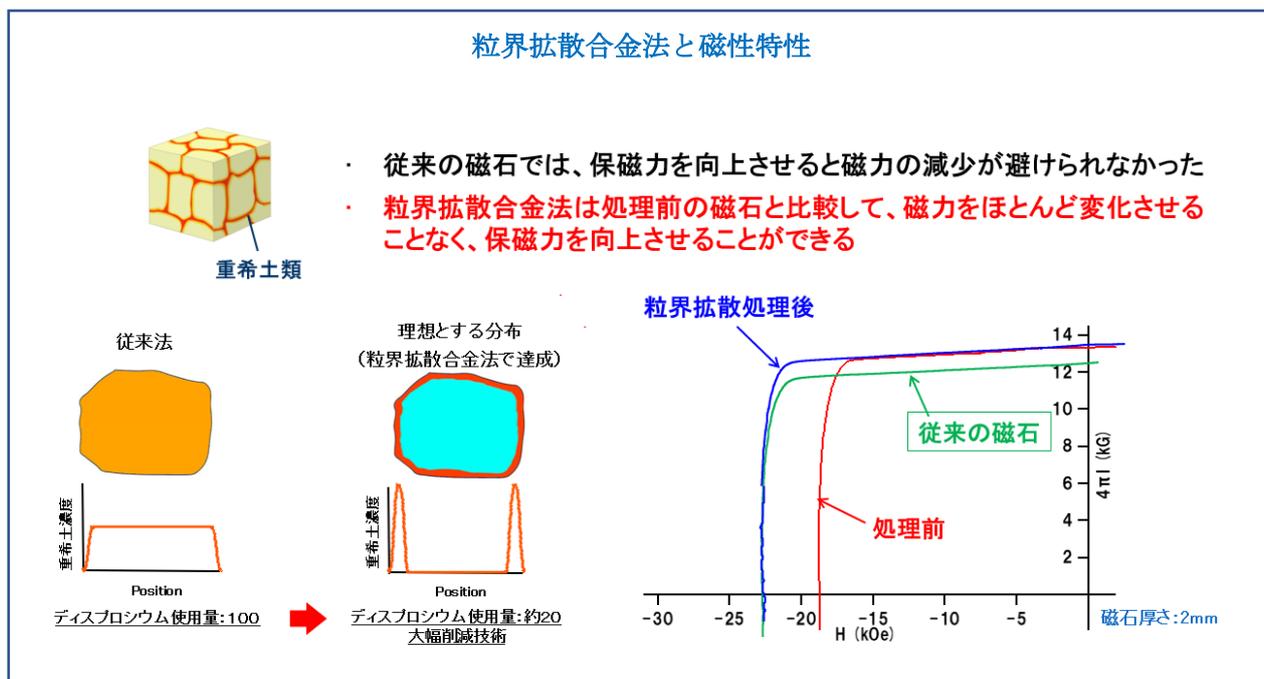
技術開発している中でも、粒界拡散合金法は当社の大きな技術の進歩になります。

日化協：

どのような技術なのかをお教えいただけますか。

濱本様：

粒界拡散合金法は、この図にあるような技術です。2005年から開発を始め、2008年からこの技術を使用して量産を開始しました。ネオジム磁石は耐熱性を高めるためにディスプロシウムやテルビウムなどの重希土類を添加します。当社はネオジム磁石の保磁力メカニズムに基づき、重希土類の金属組織分布を制御することで、重希土類の使用量を最低限にとどめ、磁力の低下を伴わずに耐熱性を向上させることに成功したのです。



日化協：

この技術が自動車に搭載されているのですね。

濱本様：

そうです。自動車用途には非常に多く使われています。もちろん、それ以外にも多くの用途に利用され、最近では、エアコンのコンプレッサモータやロボットのサーボモータにも入っています。

日化協：

ネオジム磁石も耐熱性と省資源にシフトしているのですね。競合他社は入ってこられないですね。

濱本様：

中国メーカーはキャッチアップが早い

ため油断できませんが、当社は営業と研究開発部門が緊密にコミュニケーションを取ることで対応しています。営業と研究所が密に打合せをして、顧客のニーズに迅速に答えています。さらに、新しい材質のグレード開発についても、営業と研究開発部門が連携して進めています。



日化協：

そのような活動があるから、早期に量産化まで達成できるのですね。また、必要があればライセンス交渉をされることもありますよね。

濱本様：

そうですね。関係部署間の壁は低いですね。新しい材質は競合他社にすぐにキャッチアップされますので、営業からも、来年はこういった技術でこんな材質が欲しい、とリクエストします。また、当社は知的財産面でも他社から攻められないようにしています。先に開発していち早く特許を出願することで、当社の知的財産等を守るようにしています。それを怠らないようにしないと、製品化の阻害、特許料の支払いなどが生じてしまいます。以前と比べて、さらに厳しい戦いになっています。

日化協：

厳しいビジネスの戦いの中で、粒界拡散合金法によって製造されたレア・アースマグネットによる顧客での効果やメリットをお教えてください。

濱本様：

粒界拡散合金法は、磁力の向上以外にも、重希土類の使用量削減にもなります。重希土類の使用量を削減しても耐熱性を低下させることはありません。そのため、そのようなレア・アースマグネットを使用すれば、機器自体を小型・軽量化できます。機器に使用する資源の使用量を減らすこともできるのです。具体的には、モータであれば、電磁鋼板や銅の巻線の量も同時に減らすことができるということです。

日化協：

顧客にとっては、粒界拡散合金法で作られたネオジム磁石の導入が、機器の小型・軽量化とコストメリットにつながるということですね。それも、営業が研究開発部門にも顧客にも必要な情報を提供したり入手したりするので、研究開発部門もユーザーニーズを意識して開発を進めることができるのですね。

濱本様：

そうです。そういった情報の共有が資源の使用削減にもつながり、ビジネスでの勝負にも繋がっています。

(後編につづく)