

**KRI フェロ&ピコシステム研究部 受託研究企業****Nd 磁石の性能評価や用途開発で市場拡大を後押し**

受託研究企業 KRI のフェロ&ピコシステム研究部(山本日登志部長。旧・磁石材料研究室)は、ネオジム鉄ボロン(NdFeB)系焼結磁石などの永久磁石の性能評価や用途技術の開発を通じ、市場拡大の後押しを目指している。Nd 磁石などの永久磁石はハイブリッド車(HV)や電気自動車(EV)といった自動車の電動化をはじめ、省エネルギーの切り札として開発のニーズが高まっている。一方で、実際に磁石の用途を開発する需要家では、様々な課題が生じている。Nd 磁石は、規格の標準化があまり進んでおらず、各メーカーが独自のデータを提供し、多くの需要家が混乱する一因となっている。資源制約があるジスプロシウム(Dy)を減らすため、結晶粒微細化などの新技術が導入されているものの、着磁などのハンドリングが一段と難しくなる弊害も出ている。KRI は第3者機関として公平な性能評価を行い、磁石用途や製造課題にも速やかに対応し、Nd 磁石などの普及に貢献したい考え。

**磁石の国際規格はなく各社の検査数値が統一されていない**

Nd 磁石は、市場拡大のネックとして国際標準化が進んでいないことがあげられている。国内外の磁石メーカーや研究者が国際標準化を目指してきたものの、意見対立もあり、標準化がまだ遅れている。たとえば標準試料の高純度ニッケル99.995%は、不純物の違いで飽和磁化(用語解説参照)が変動するなど問題が多い。標準規格も日本工業規格(JIS)と国際電気規格(IEC)では異なり、著名論文を元にした数値データもあり、混乱に拍車をかけている。

磁石各社が製品の性能を正確に測定しても、各社のカタログ値が統一されているわけではない。このため、需要家がモーター設計ソフトに磁石各社の検査成績書の数値をそのまま入れたとしても、試作したモーターが計算通りの性能を発揮しないことが少なくない。需要家の中には「磁石メーカーの検査値はアテにならない」といった声さえ出ている。

**製品サイクルが短く2社以上の購買が増え問題表面化**

日本の大手磁石3社は、製品ひとつひとつの品質のばらつきが非常に小さい点で、定評がある。同じメーカーの磁石を購入し続けるなら、磁石各社の性能成績表を使っても問題はない。

だが、現在の需要家では①商品サイクルの短さ、②2社以上の購買、③高額な検査機器の購入負担と、3つの理由で問題が表面化してきた。需要家は、商品サイクルが短くなり、新製品開発のため常に新しい磁石の調達が求められている。調達コストの削減のため2社以上から調達を目指す、磁石各社の数値の差異が問題になってくる。需要家が高額な検査機器を導入し、自ら評価できれば問題ないものの、充実した評価装置の整備は大口需要家をのぞくと難しいとされる。

大手の電機メーカーなどは、磁石各社の製品を自ら測定し独自のデータベースを作成。そのデータベースがモーターの設計ノウハウのひとつにあげられ、外部には公表されな

**用語解説** 飽和磁化 強磁性体は外部磁界を高めると、磁界方向に反する逆磁区が減少し、すべての磁区が磁化容易方向を向き強磁性体の磁化がそれ以上増えなくなる。この磁化の値を飽和磁化という。

い。大手の自動車メーカーは、HV や EV の駆動モーターの内製化を進めているが、社内の検査装置で磁石各社の製品データベースを蓄積。長い期間をかけ試験や検診を繰返し、いったん採用すると、モデルチェンジまで5年ほどは基本的に同じメーカーから調達を続ける。

**KRI は公平な第3者機関として各社磁石の性能評価**

KRI は東英工業の測定装置を導入し、磁石各社に公平な第3者機関として性能評価を行う。需要家は磁石各社のサンプルを KRI に送付すれば、KRI は同一形状に加工し同一条件で測定することにより、需要家の要望にそった比較データを提供できる。最終製品の販売量が限られ、商品サイクルが早い場合は、KRI に委託する方がコストや時間を節約できる。一部の磁石メーカーも KRI の取組みに賛同しているという。

Nd 磁石の採用を目指す動きは、フェライト磁石を Nd 磁石に代替する企業のほか、これまで外注していたカスタムメイドのモーターを内製化する企業なども多い。中国など途上国市場で最終製品を販売する場合、性能よりコストが優先されるため、中国製磁石の評価ニーズも高まっている。中国製磁石は一般に同じメーカーの同じスペックの製品でも、性能のばらつきが大きいとされ、受入れ検査の充実には欠かせない。

**表面と内部の保磁力の差が粒界拡散法などで顕著に**

Dy は、Nd 磁石に数%添加すると保磁力(磁化反転のしにくさ)を高め使用温度を上げられるものの、磁化を低下させるほか、資源制約も問題になってきた。日本の磁石各社は省 Dy のため、①磁石表面付近に Dy を濃集させる方法のほか、②結晶粒の微細化などの新技術を導入。①は磁石粉末の焼結後に、フッ化ジスプロシウムを塗布する方法や金属ジスプロシウムの蒸気を浸透させる方法などが登場した。

だが、保磁力が不均一な材料のため、性能評価が一段と難しくなった。そこで、KRI は磁石をスライスし、各層の保磁力を測定し、保磁力の分布を深さ方向のデータとして提供している(同社では「バームクーヘン評価法」と呼称)。Nd 磁石は加工時の歪みや熱の酸化によって劣化するとされる。だが、同社は1mm以上の厚みでゆっくりスライスすれば、加工劣化が抑制可能で、磁気特性の正確な測定が可能としている。

**結晶粒の微細化が進み需要家の着磁工程が困難に**

②は結晶粒の微細化により保磁力が高まり、Dy の使用量を減らせるうえ、Dy 添加による磁化の低下も抑えられる。インターメタリックス(発明者の佐川真人氏が創設)のほか、日本の磁石3社は結晶粒を3 $\mu$ m以下へと微細化する技術開発を進めてきた。だが、結晶粒の微細化が進むにつれ、需要家の着磁工程が難しくなっている。従来は磁石メーカーが着磁後に出荷していたが、いったん着磁すると、

機器への取付け作業が煩雑化する。現在はほとんど着磁せずに出荷され、需要家がモーターなどに組み込んだ後に着磁する方式が一般的になっている。従来は着磁に必要な外部磁界が2~3T(テスラ)で済んだものの、結晶粒の微細化によって3~4T必要な磁石もある。外部磁界を高くするため電圧を上げすぎると、熱で絶縁樹脂が溶け、ショートや着磁コイルの破壊など安全性にも懸念が生じる。

2分割4極の埋め込み型永久磁石モーター(IPM)では、モーターの中心部に外部磁界をかけにくく、逆磁区が磁石に残るケースが出ている。数%でも逆磁区が残ると、逆磁区が核になり熱などで磁化反転が進み、磁石の長期安定性が低下する。そこで、KRIは長期安定性の評価のほか、着磁がしやすく熱減磁が起きない高い温度で着磁する高温着

磁などを提案している。

**HV・EV 関連の受託研究は LIB の次に永久磁石を狙う**

KRIは大阪ガスの完全子会社として、国内唯一の受託研究企業と自負している。当初は大阪ガスからの受託研究が大半を占めたが、現在は外部からの受託研究も増え、大阪ガスと外部が半々になっている。HV・EV 関連では、以前からLIBの評価試験で定評があるという。

同社の土岐元幸氏(副社長, 最高技術責任者 CTO)は、セイコーエプソンの在籍時にプラセオジウム鉄ボロン(PrFeB)系磁石の研究に関わったことがあり、「LIBの次は磁石」という考えで永久磁石の技術者を探してきた。旧住友特殊金属から30年以上Nd磁石などの研究に携わってきた山本氏に白羽の矢を立てたという。

**タンタルの国内需要 12年は410tで前年比16%減 加工品が過去最高も粉末・化合物が前年実績割れ**

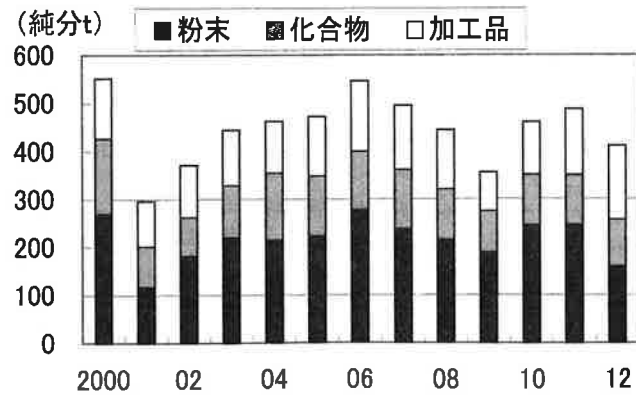
タンタルの12年国内需要(純分換算)は、新金属協会タンタル部会によると、加工品が過去最高を更新した一方で、10~11年に好調だった粉末や化合物が世界経済の減速感を受け落込み、410tで前年比16%減少した。

**化合物はレンズ用が低迷の一方 SAW・超硬向けが好調**

主要項目別の需要にみると、粉末はコンデンサの低迷を受け159tで同35%減った。一方、加工品はターゲット材(主に半導体のバリア用)や各種溶解炉の炉材が好調だったことから、154tで同12%増え、過去最高を更新した。

化合物は、光学レンズ用途の低迷により97tで同7%減った。光学レンズ向けの酸化物は、コンパクトデジタルカメラ市場がスマートフォンの人気で縮小を続けるうえ、大手

タンタルの国内需要(新金属協会)



	2008	09	10	11	12	12/11 (%)
粉末	214	188	244	245	159	-35
	(8)	(9)	(26)	(33)	(39)	(+18)
化合物	106	86	106	104	97	-7
	(30)	(20)	(22)	(24)	(23)	(-4)
加工品	124	81	110	138	154	+12
	(75)	(37)	(56)	(58)	(49)	(-16)
合計	444	355	460	487	410	-16
	(113)	(66)	(104)	(115)	(111)	(-3)

(注) カッコ内は輸入品で内数

(新金属協会)

レンズ各社が中国に生産拠点を移し、需要が大幅に減った。一方で、SAW フィルター(表面弾性波、一部はニオブ酸リチウム)のタンタル酸リチウム用の酸化物は、スマホやタブレット市場が急激に拡大し、好調に推移した。超硬工具向けの炭化物は、自動車生産の復調とともに回復した。

**輸出は加工品が粉末の落込みを補い316tで5%増**

日本のタンタル原料・製品の12年輸入量(純分換算)は、スクラップが急増した一方、フッ化物や粉末・塊が大幅に減り412tで同11%減少した。スクラップはタイの輸出再開により78.3tで同78%増えた。タイのコンデンサ工場は11年の大洪水でスクラップ出荷が遅れたとみられ、12年が27.3tで同3.6倍に増え、例年の規模に戻りつつある。

タンタル製品の12年輸出量は、加工品が粉末の落込みを補い、316tで同5%増えた。コンデンサ用の粉末は133tで同7%減ったが、コンデンサ各社の稼働率は明暗が分かれたとみられている。インドネシア(主に三洋電機)が36.6tで同2%増と堅調で、チェコ(主にAVX)が37.4tで同72%増と絶好調だったが、その他は大幅に落込んだ。タイ(主にKemetグループのNEC トークン、ローム)は11年の大洪水で生産休止に陥ったものの、12年が11.6tで同3.0倍と復調しつつある。加工品は半導体などの製造拠点があるアメリカや韓国、中国、台湾向けが多く、12年はアメリカと韓国が増え、182tで同16%増加した。

日本のタンタルの輸入量 (t)

	2008	09	10	11	12	12/11 (%)
フッ化物	784	447	1,055	597	474	-21
(純分)	(361)	(206)	(485)	(275)	(218)	(-21)
粉末, 塊	90.5	43.4	85.8	92.4	64.1	-31
スクラップ	106	60	70	44	78	+78
加工品	72	37	54	49	51	+4
合計(純分)	629	345	695	460	412	-11

日本のタンタルの輸出量 (t)

	2008	09	10	11	12	12/11 (%)
粉末, 塊	175	133	249	144	133	-7
加工品	144	117	157	157	182	+16
合計	319	249	406	301	316	+5
スクラップ	64	43	109	67	125	+87