

2009

11

特殊鋼

The Special Steel ————— *Vol.58 No.6*

特集 / やさしい磁性材料



特殊鋼

11

目次

2009

【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興 (中川特殊鋼)
委員	福井 康二 (愛知製鋼)
〃	戒田 収 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁 (新日本製鐵)
〃	村井 暢宏 (住友金属小倉)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	大久保直人 (日新製鋼)
〃	大和田哲也 (日本金属)
〃	小野 寛 (日本金属工業)
〃	山崎 浩郎 (日本高周波鋼業)
〃	足達 哲男 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	岡本 裕 (三菱製鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	石黒 賢一 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	甘利 圭右 (平井)

【特集／やさしい磁性材料】

I. はじめに

1. 磁性材料の最近の動向…………… 三菱製鋼(株) 福田 方勝 2
2. 磁性材料の基礎知識…………… 三菱製鋼(株) 福田 方勝 5

II. 磁性材料各論

1. 電磁鋼板…………… 新日本製鐵(株) 新井 聡 11
2. 高透磁率材料…………… 山陽特殊製鋼(株) 相川 芳和 14
3. 粉末軟磁性材料…………… 大同特殊鋼(株) 武本 聡 17
4. 希土類磁石…………… 日立金属(株) 広沢 哲 20
5. フェライト磁石…………… 日立金属(株) 細川 誠一 22
6. ボンド磁石…………… (株)ダイドー電子 古谷 嵩司 25
7. 鑄造・圧延磁石…………… 三菱製鋼(株) 福田 方勝 29

III. 磁性材料の応用

1. 自動車への応用…………… トヨタ自動車(株) 近田 滋 32
2. 産業・家電機器への応用～新材料のモータへの適用～
…………… (株)日立産機システム 森永 茂樹 35
3. 磁性材料を使用したIT部品の紹介
…………… 日本電産(株) 羽上田公彦 38

IV. 会員メーカーの磁性材料

- 磁性用鉄粉…………… (株)神戸製鋼所 42
- ガスアトマイズ粉末を活用したFeCoV成形品
…………… 山陽特殊製鋼(株) 43
- スーパーコア (6.5%Si電磁鋼板) …………… JFEスチール(株) 44
- ダイドー電子の製品紹介…………… (株)ダイドー電子 45



あらゆる素材を次世代に向けて



ISO 9001 (全事業所)

ISO 14001 (特殊鋼部門)

JCSS
0088

は計量法に基づくトレーサ
ビリティ制度のロゴです。

流量一小流量国家認定事業者

特殊鋼・高合金・半導体装置

本社：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目17番9号

TEL.03-3667-7311(大代表) FAX.03-3667-7341~4

営業所：所沢・北関東・名古屋・静岡 加工センター：所沢・北関東

システム事業部(半導体) システム事業部技術研究所



株式会社平井

<http://www.kk-hirai.co.jp/>

MK磁石とKM磁石 三菱製鋼(株) 46

“特集”編集後記 三菱製鋼(株) 福田 方勝 47

●一人一題：「我が大平町とウォーキング」
..... (株)竹内ハガネ商行 原 信之 1

■業界の動き 48

▲特殊鋼統計資料 51

★倶楽部だより（平成21年8月21日～10月20日）..... 55

☆社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧 56

☆お知らせ 平成21年度調査票提出促進運動について 57

特集／「やさしい磁性材料」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	福田 方勝	三菱製鋼(株)	技術管理部
委員	戒田 收	(株)神戸製鋼所	鉄鋼部門 線材条鋼商品技術部 課長
〃	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼事業部 特殊鋼商品開発部
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム
〃	山崎 浩郎	日本高周波鋼業(株)	工具鋼本部 技術部 技術室担当次長
〃	岡本 裕	三菱製鋼(株)	技術管理部
〃	甘利 圭右	(株)平井	常務取締役



ばね用・精密機器用
特殊鋼二次製品

いかに より お役に立つか

株式会社 **ブルー・スター**

本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-11-11
☎ 03-3861-0101 FAX 03-3863-6153
東京営業所 ☎ 03-3766-6301 FAX 03-3762-8130
北関東支店 ☎ 0282-86-6613 FAX 0282-86-6513
前橋支店 ☎ 027-266-8361 FAX 027-266-8363
仙台支店 ☎ 0224-55-1184 FAX 0224-57-1587
新潟ブルー・スター ☎ 025-260-7701 FAX 025-260-7812
諏訪ブルー・スター ☎ 0266-53-0775 FAX 0266-58-0104

「我が大平町とウォーキング」



(株)竹内ハガネ商行
取締役関東地区本部長

はら
原

のぶ ゆき
信 之

栃木県大平町は東京より北へ約70Km関東平野の北端に位置し東から大平山・晃石山・馬不入山の裾に位置します。この山々の尾根には登山コース中腹に林道が整備され首都圏のハイキングコースとして都内埼玉方面からのアクセスもよく賑いを見せています。私も休日には健康維持のため自宅よりコースを変え1時間から4時間ぐらい季節それぞれの田園風景や林道の空間を楽しみつつウォーキングしております。

よく歩く二時間コースでは二つの古刹が有り紹介します。1つ目は木立の深い山道を抜け山裾の池からの道を上った大中寺です。創建当初は真言宗の寺でしたが、延徳元年(1489)に快庵妙慶禅師により曹洞宗の寺として再興された。その後信仰深い上杉謙信が遠征時に立ち寄り伽藍を寄進した。参道から山門には二抱えもある大杉と紫陽花の並木が続き山門をくぐれば禅寺らしい本堂が仰ぎ見られ草木が四季折々の花々を咲かせている。それから西方に雑木や竹林と植栽された紫陽花が続く林道を1.5Km歩くと真言宗の清水寺へ到る。

本尊は十一面観音菩薩で僧行基の作と伝えられます。境内は綺麗に整備され春先から水仙・しだれ桜・ボタンと四季折々の花が楽しみハイカーの休息場所となっています。ここから西のルートにはさくら峠があり春には多くの山桜達は清楚な色合いで心を和ませてくれます。清水寺を下りると郷土資料館(白石家戸長屋敷)が、開けた前方には広大な大平ぶどう団地があり夏から秋はデラウェアーから巨峰・ピオーネと葡萄狩の行楽客で賑う所です。

足を伸ばす3~4時間コースではさくらの名所太平山から晃石山への登山となります。

山に差し掛かると薄暗い檜林の間を石段が300m続き上り坂の雑木林の道を登ると謙信平に到ります。眺めが良く空気が澄んでいると富士の霊峰も拝めますが、低くガスが降りたときには眼下の数多い小山が島のように見えることから陸の松島とも賞賛されています。ここは桜の名所で7軒の茶店があり大平山名物の卵子焼・焼き鳥・団子・そばなどを供しているが何処の店も美味しいです。その先には太平山神社の神門で、享保8年(1723)徳川8代将軍吉宗公の建築です。表に左右大臣・後ろに仁王様の守護神を配したもので、大平山が寺院の山として栄えた頃の名残だそうです。門より急な階段を登り詰めると大平山神社の境内となります。太平山神社は天長4年(827)慈覚大師により創建されましたが、武将武門の崇敬が篤く特に徳川将軍家は家光公以来、当社を崇拝したそうです。拝殿の傍らには星の宮神社が仏堂に祭られているが、神仏混合の名残で明治の神仏分離令以前は虚空蔵菩薩を奉っていた。社殿の横からさらに登ると幾つかの尾根を越え晃石山神社を経て桜峠の急な階段坂を下りると先に紹介した清水寺に到るが、稜線よりの眺めが良い分だけハードで、特に急な下りでは膝を痛めぬように気をつけて歩いている。

これからも四季折々を楽しみながら歩き続けようと思っております。

〔(社)特殊鋼倶楽部 工具鋼分科会長〕



特集 やさしい磁性材料

I. はじめに

1. 磁性材料の最近の動向

三菱製鋼(株) 技術管理部 福田 方勝

まえがき

21世紀に入り、環境問題すなわち地球温暖化対策の重要性が増しています。そういった中で、磁性材料の果たす役割は今まで以上に重要となっています。自動車はガソリン車やディーゼル車からハイブリッド車、電気自動車に移行しつつあり、クリーンエネルギーとしての太陽光発電や風力発電も間違いなく増えてきます。さらに、家電製品にも省エネルギーが求められています。これらの進展には磁性材料が大きくかかわっています。

◇ 最近の動向

今世紀に入ってから新しい磁性材料は開発されていませんが、地道な研究開発が続けられ、特性が向上しています。軟質磁性材料、硬質磁性材料

についてはII章においてそれぞれ詳しく解説されますが、ここでは、それらの中から、いくつかの材料について概観します。代表的な軟質磁性材料の磁気特性を表1に、代表的な硬質磁性材料の磁気特性を表2に示します。なお、使用される用語や単位についてはI-2を参照願います。

1. 電磁鋼板

軟質磁性材料は、大きく、電磁鋼板、パーマロイ、ソフトフェライト、アモルファス、ナノ結晶の5つに分類されます。その中で最も生産量の多いものが電磁鋼板です。電磁鋼板はFe-Si系の磁性材料の総称で、方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板に分類されます。鉄に珪素を添加していくと磁気特性が向上することから開発された材料で、通常、Fe-3% Siの組成のものが使用されています。

方向性電磁鋼板は圧延方向での磁気特性が高い

表 1 代表的な軟質磁性材料の磁気特性

分類	区分	代表組成	Bs (T)	Hc (A/m)	μ_i	μ_m	比抵抗 ($\mu\Omega m$)	主な用途
電磁鋼板	方向性	Fe-3Si	2.00	10	2,000	70,000	0.50	電力用変圧器
	無方向性	Fe-3Si	2.00	10	1,500	9,200	0.50	モータ、リアクトル
		Fe-6.5Si	1.80	45	1,200	25,000	0.82	電源、モータ、リアクトル
パーマロイ	PC	Fe-79Ni-4Mo	0.80	4	20,000	200,000	0.55	電源、磁気シールド
フェライト	MnZn		0.45	8	5,000	-	10^7	電源 (低周波)、磁気ヘッド
	NiZn		0.40	30	2,000	-	10^{10}	電源 (高周波)、チョークコイル
アモルファス	Fe基	Fe-Si-B	1.56	2.4	5,000	500,000	1.3	電力用変圧器
	Co基	Co-Fe-Si-B-M	0.60	0.3	120,000	1,000,000	1.3	電源、磁気ヘッド
ナノ結晶		Fe-Cu-Nb-Si-B	1.24	2.5	100	690	1.2	電源、センサ

表 2 代表的な硬質磁性材料の磁気特性

分類	区分	B_r (T)	H_{cj} (kA/m)	$(BH)_{max}$ (kJ/m ³)	a (B_r) (% /K)	a (H_{cj}) (% /K)	特徴
アルニ	AlNi	0.70	40	12	-0.02	0.03	等方性、安価
アルニコ	Alnico-5	1.30	52	44	-0.02	0.03	高磁束密度、温度安定性良
	FeCrCo	1.30	48	44	-0.03	0.04	高磁束密度、加工性良
Srフェライト	従来型	0.45	280	36	-0.18	0.40	安価
	LaCo置換型	0.47	320	42	-0.20	0.15	保磁力の温度係数改善
SmCo焼結	Sm2Co17	1.13	720	240	-0.03	-0.25	高エネルギー積、温度安定性良
NdFeB焼結	(高エネルギー積)	1.49	900	425	-0.11	-0.60	高エネルギー積
	(高保磁力)	1.20	2,500	276	-0.09	-0.47	高保磁力 (耐熱用途)

もので、変圧器の鉄心に使用されます。変圧器は電力インフラに不可欠の装置で、鉄心で消費されるエネルギーをいかに小さくするかが省エネルギーにとって重要です。すなわち、鉄損を小さくすることが限らない開発課題です。一つは、薄板化による低鉄損化であり、0.35→0.30→0.27mmと薄板化が進み、現在では0.23mmのものまで製造されています。もう一つは磁区制御技術による低鉄損化です。レーザーを照射して磁区の大きさを細分化するなどの方法により、低鉄損化が実現されています。

無方向性電磁鋼板は磁気特性が板の方向によらず同じで、モータなどの回転機器の鉄心に使用されます。低鉄損化と高磁束密度化が課題です。使用される周波数は、トランスでは50/60Hzであるのに対し、モータでは数百Hz程度にもなります。0.50、0.35mmの板厚のものが使用されています。積層して使用されるため、表面の絶縁皮膜を強化したものや、モータの高速回転による遠心力に耐えるための高張力材、打抜き加工後の歪取り焼鈍後の低鉄損材などの新しい機能を持った材料も開発され使用されています。

また、FeにSiを添加していくと、透磁率が増加していき、6.5% Siで最も高い値を示します。電気抵抗も高くなるため鉄損が小さくなります。比較的周波数の高い用途で使用する場合に有効です。6.5% Siの電磁鋼板も実用化されています。

2. 圧粉磁心

電磁鋼板は積層して使用されますが、板の面に発生する渦電流を防ぐことはできません。そこで、磁性粉末の表面を絶縁皮膜で被覆し、圧粉体とした圧粉磁心が開発されました。圧粉磁心は3

次的に絶縁層が存在するので、渦電流の発生が少なく、高周波の用途での使用が増えています。

3. フェライト磁石

フェライト磁石は最も安価な磁石材料として世界中で使用されている永久磁石です。しかし、その磁気特性は長い間36kJ/m³ (4.5MGOe) 程度にとどまり、40kJ/m³ (5.0MGOe) の壁を越えることができませんでした。しかし、La-Coで置換したSrフェライト磁石において40kJ/m³の最大エネルギー積が達成されました。さらに、組成を検討した結果、40～45kJ/m³という非常に高いエネルギー積のフェライト磁石の量産が可能となりました。しかも、フェライト磁石の弱点とされた低温減磁をかなり改善することにも成功しました。その結果、自動車用モータなどへの応用が広がっています。

4. ネオジム磁石

ネオジム磁石 (Nd-Fe-B) は1983年に開発されて以来、最も強い磁石材料として世界中で使用されています。20世紀末には440kJ/m³ (55MGOe) という最大エネルギー積が達成されています。その後も研究が続けられ、2005年には粉末の酸素量を限界まで減らし、結晶粒の配向を極限まで高める磁場中成形技術により、実験室レベルで476kJ/m³ (59.5MGOe) という特性が達成されました。これはネオジム磁石の最大エネルギー積の理論値の93%にも及ぶものです。

一方、ネオジム磁石の欠点として、保磁力の温度変化が大きいという点が上げられます。 a (H_{cj}) が-0.6% /Kにもなります。これは、100℃の温度上昇で保磁力が室温の40%まで減少してしまうことを意味します。保磁力の温度変化率を改善す

ることは物性上難しいため、室温における保磁力をあらかじめ大きくしておく方法が行われています。室温での保磁力が2,400kA/m (30kOe) 以上のものが開発されています。

保磁力を大きくするためにはDyの添加が必要です。通常、Ndの含有量30%に対し7%程度のDyを添加します。ところで、希土類の資源はその大部分を中国に依存しています。世界的にみてもNdの埋蔵量はかなりあるとみられていますが、Dyの埋蔵量は十分とはいえません。したがって、Dyの添加量を少なくしたNd磁石の開発が急務であり、省Dy磁石の開発がプロジェクトとして開始されています。結晶粒界にDyを拡散させる方法により、従来よりも少ない1.2%のDy量で高い

保磁力を得ることに成功しています。自動車用では高い耐熱性が要求されるため、高保磁力のNd磁石は必須であり、省Dy磁石の開発がポイントになります。

むすび

環境問題を解決するためには、省エネルギーと新エネルギーの活用が必要です。モータの効率改善、トランスの鉄損改善などが重要です。自動車、家電（エアコン、冷蔵庫など）、エレベータ、鉄道車両、パソコン（HDD）などに使用されるモータでの効率改善の努力が続けられています。そこでは、電磁鋼板、圧粉磁心、Nd磁石などの磁性材料が活躍しています。



2. 磁性材料の基礎知識

三菱製鋼(株) 技術管理部 福田 方勝

まえがき

磁性材料とは「強磁性」という物質の性質を持ち、磁場に対して何らかの反応をする材料のことです。変圧器などの鉄心に用いられる軟質磁性材料と永久磁石材料の硬質磁性材料に大別されます。軟質／硬質の分類は材料の硬さとは全く無関係で、後述する「保磁力」の大きさによって分類します。磁性材料の基本的な特性は「磁化曲線」によって理解することができます。

また、現代生活においては磁性材料がさまざまな製品に使われています。それらのしくみをすべて理解することは難しいのですが、磁性材料の応用を理解するための電磁気の基本的な原理を理解しておくことも重要です。

◇ 磁性材料で使う物理量と単位系

磁性材料で使用する基本的な物理量は「磁場」「磁束密度」「磁化の強さ(磁気分極)」の3つです。

磁性材料で使用する単位系にはcgs系とMKSA系があります。これらの単位系はそれぞれ定義となる基本式が異なっており、式の長所・短所があります。現在では国際標準としてMKSA系を基にしたSI単位を使用することが推奨されていますが、未だにこれらの単位系が併用されています。各単位系での値は換算表を使用すれば容易に換算できますが、磁性材料の各物理量を直感的に理解するにはある程度の経験が必要です。

1. 磁場 (磁界)

磁性体に力を及ぼすような空間の性質を「磁場」といいます。棒磁石の上に紙を敷いてその上から鉄粉を振りかけると、磁石の一方の端から他方の端へ鉄粉が繋がって並ぶ様子が見られます。これは磁石のまわりに磁場が存在しているからです。永久磁石のそれぞれの端を「磁極」とよび、N極とS極があります。鉄粉が連なった線のようなものを「磁束線 (磁力線)」と呼びます。磁場は永

久磁石のまわりの空間に存在するだけでなく、電流を流した導線 (コイル) のまわりにも存在します。

磁場は H の記号で表わします。cgs系では $[Oe]$ (エルステッド)、MKSA系では $[A/m]$ (アンペア毎メートル) の単位を用います。なお、磁場と磁界は全く同じ意味です (= magnetic field)。

2. 磁化の強さ (磁気分極)

磁性体は磁場の中におかれると磁気を帯びるようになります。その程度を示すものを「磁気分極」といい、 J の記号で表わします (磁気分極の用語になじみのない方を考慮して、本稿では「磁化の強さ」と呼ぶことにします)。cgs系では $[G]$ (ガウス)、MKSA系では $[Wb/m^2]$ (ウェーバ毎平方メートル) の単位を用います。ただし、cgs系では通常 4π 倍した数値の $4\pi J$ として表わします。

3. 磁束密度

磁場があるとそこには磁束線 (磁力線) が存在します。磁束線が一定の面積のところにとどれだけ存在するかということを「磁束密度」といい、 B の記号で表わします。磁束線の数を面積で割った値となります。cgs系では $[G]$ (ガウス)、MKSA系では $[T]$ (テスラ) の単位を用います。

ところで、磁性材料の内部の磁束密度 B は、もともとその空間に存在した磁場 H と、その磁場により磁気を帯びた磁性材料の磁化 J の合計で表わします。この関係が磁化曲線を理解する上で最も重要です。磁性材料が存在しなければ磁化の強さは0なので、磁場と磁束密度は等しくなります。

$$\text{磁束密度} = \text{磁場} + \text{磁化の強さ}$$

◇ 磁化曲線と磁性材料の特性

1. 磁化曲線とは

磁性材料の基本的な特性は磁化曲線により表わされます。磁性材料は磁場により磁気を帯び磁化を持ちます。磁場の強さにより磁化の大きさも

違ってきます。これを表わしたものが磁化曲線です。磁化曲線には2つの表わし方があります。横軸には磁場 H を目盛ります。縦軸に磁化 J を目盛ったものをJ-H曲線、縦軸に磁束密度 B を目盛ったものをB-H曲線と呼びます。

磁化曲線をJ-H曲線で表わした例を図1に示します。磁性材料に全く磁場が加えられていない状態を「消磁状態」といい、原点 o で表わします。この磁性材料に磁場を加えていくと(横軸の+方向)、磁化は $o \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c$ と増加してやがて飽和します。この曲線を「初磁化曲線」といいます。磁化が飽和した値を「飽和磁化」と呼び J_s で表わします。ここから磁場を小さくしてくると磁化は減少しますが、先ほどの線上を戻らずに $c \rightarrow d \rightarrow e$ と減少し、磁場が0となっても e 点で示される磁化が残ります。これを「残留磁化」と呼び J_r で表わします。ついで磁場を負の方向(横軸の-方向)に加えていくと磁化は $e \rightarrow f \rightarrow g$ と減少し、 g 点で示される磁場では磁化が0となります。この時の磁場の大きさを「保磁力」と呼び H_c で表わします。保磁力の値には負の符号はつけません。さらに磁場を負の方向へ加えていくと磁化は $g \rightarrow h \rightarrow i$ と逆方向へ増加して飽和します。磁場を負の方向から減少させ、正の方向に増加させると磁化は $i \rightarrow j \rightarrow k \rightarrow l$ と変化し、一周するとループ状になります。この曲線を「磁気履歴曲線(ヒステリシスループ)」と呼びます。

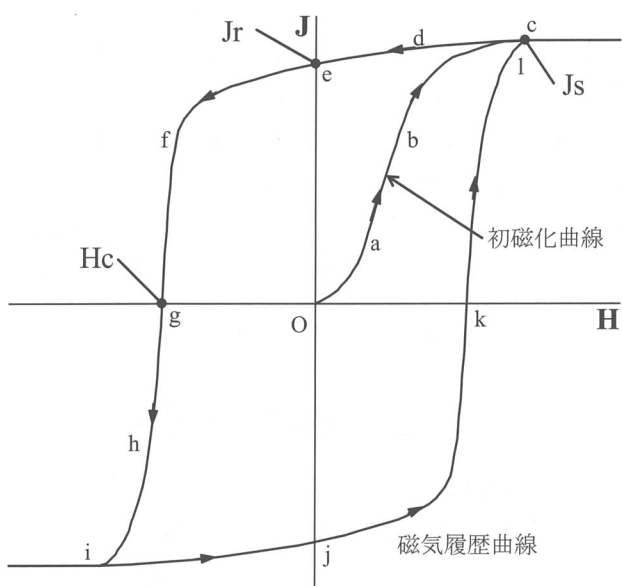


図 1 磁性材料の磁化曲線

B-H曲線の場合も同様です。ただし、縦軸との交点 e 点を「残留磁束密度」と呼び B_r で表わします。残留磁化 J_r と残留磁束密度 B_r の値は一致します。

保磁力 H_c は磁気履歴曲線と横軸との交点で表わされるため、J-H曲線とB-H曲線では異なります。それぞれ H_{cJ} 、 H_{cB} の記号で区別し、「J保磁力」、「B保磁力」と呼びます。保磁力は逆向きの磁場の中で磁化が反転する(プラスからマイナス)時の磁場の大きさ、いい換えると、磁性材料の磁化を反転させるのに必要な外部磁場の大きさのことです。

保磁力が小さいということは弱い磁場で磁化が変化することを意味し、<磁氣的に軟らかい>と表現し、この性質をもった磁性材料を「軟質磁性材料」といいます。反対に、保磁力が大きいということは磁化を変化させるのに強い磁場が必要であることを意味し、<磁氣的に硬い>と表現し、この性質をもった磁性材料を「硬質磁性材料」といいます。軟質磁性材料は保磁力が小さいので磁気履歴曲線の幅が狭く、硬質磁性材料は保磁力が大きいのでその幅が広いのが特徴です。

2. 軟質磁性材料の磁化曲線

軟質磁性材料の磁化曲線は図2に示すように通常はB-H曲線で表わされます。初磁化曲線上の点と原点を結ぶ直線の傾き(B/H)を「透磁率」と呼び μ で表わします。透磁率は磁性材料の磁化のしやすさの目安となるものです。磁束密度を磁場

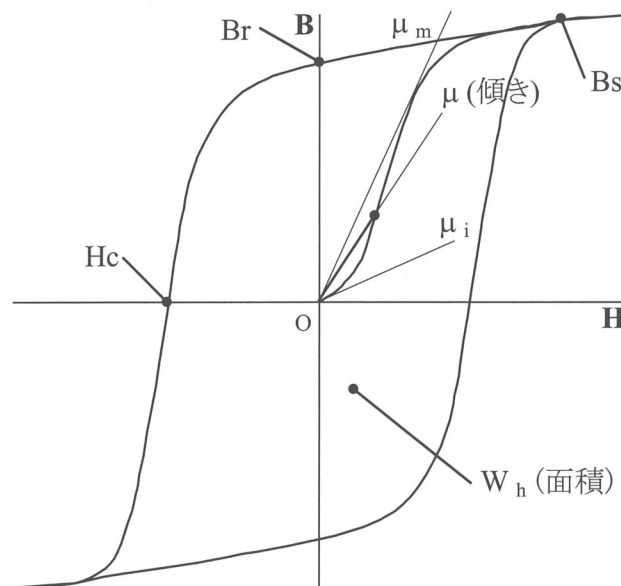


図 2 軟質磁性材料の磁化曲線

で割るため、cgs系では [G/Oe] となりますが、これは無次元数となります。MKSA系では [H/m] (ヘンリー毎メートル) となりますが、この値を用いることは少なく、通常は真空中の透磁率で割り算して表わします (真空中にも磁束線が存在します)。これは「比透磁率」と呼ばれ μ_r で表わします。単位はcgs系と同じ値の無次元数となります。通常はこれを単に透磁率と呼んでいます。原点付近の磁場の小さいところでの透磁率を「初透磁率」といい μ_i で表わし、初磁化曲線上で最大となる透磁率を「最大透磁率」といい μ_m で表わします。透磁率の高い材料を「高透磁率材料」と分類します。

十分大きな磁場を加えたときの磁束密度を「飽和磁束密度」とよび B_s で表わします。これは磁性材料が磁化される限界の目安となるものです。飽和磁束密度が高い材料を「高磁束密度材料」と分類します。

優れた軟質磁性材料の特性は以下のとおりです。

- ①飽和磁束密度 B_s 、残留磁束密度 B_r が高いこと
- ②初透磁率 μ_i 、最大透磁率 μ_m が大きいこと
- ③保磁力 H_c が小さいこと

3. 交流磁場中での軟質磁性材料

軟質磁性材料は交流磁場中でも用いられます。交流磁場中での透磁率は「実効透磁率」と呼び μ_e で表わします。交流磁場は正と負の磁場の繰返しですから磁気履歴曲線上をループを描くように移動します。一周すると磁性材料は磁気履歴曲線を囲む面積に相当するエネルギーを熱として消費します。これを「ヒステリシス損失」と呼び W_h で表わします。

後述する電磁誘導作用により材料中に渦電流が発生し、これもエネルギーを消費して損失の原因となります。「渦電流損失」と呼び W_e で表わします。磁化曲線とは直接関係しませんが重要な因子です。渦電流損失は材料の電気抵抗が大きいと小さくなります。

ヒステリシス損失と渦電流損失の合計を「鉄損」と呼びます。鉄損の単位は [erg/cm³] または [J/m³] ですが、エネルギーを仕事量に変換し、さらに重量当たりで換算して、[W/kg] (ワット毎キログラム) で表わす場合があります。

実効透磁率や鉄損は交流磁場の周波数に大きく依存しますので、その周波数を明示することが必要です。

交流で使用する軟質磁性材料に要求される特性は以下のとおりです。

- ①実効透磁率 μ_r が高いこと
- ②鉄損 $W_h + W_e$ が小さいこと

4. 硬質磁性材料の磁化曲線

硬質磁性材料の磁化曲線では図3に示すように磁気履歴曲線の第2象限が重要です。これを「減磁曲線」と呼びます。J-H曲線とB-H曲線ではその形が大きく異なり、特に、保磁力 H_{cJ} と H_{cB} の値が違うので注意が必要です。

B-H曲線における減磁曲線上の任意の点 (p点) からH軸及びB軸へ垂線を引いてできる長方形の面積を「エネルギー積」と呼びBHで表わします。さらに、減磁曲線上で最大となるエネルギー積 (最大になる長方形の面積) を「最大エネルギー積」と呼び $(BH)_{max}$ で表わします。これは永久磁石に蓄えられる最大のエネルギーを表わすもので永久磁石の強さに相当します。

最大エネルギー積の単位は磁束密度と磁場を掛算するためcgs系ではB [G] とH [Oe] の積 [GOe] となりますが、実用上は百万倍して [MGOe] (メガガウスエルステッド) を用います。MKSA系でもB [T] とH [A/m] の積から計算され、直感的には理解しにくいのですが [J/m³] となり、実用的には千倍して [kJ/m³] (キロジュール毎立方

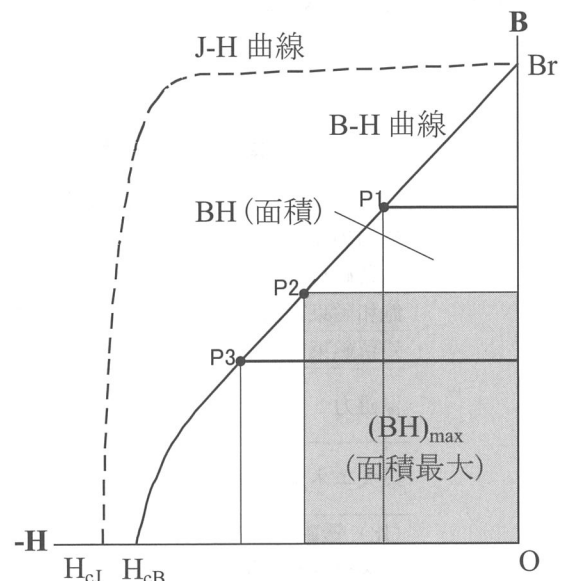


図 3 硬質磁性材料の磁化曲線 (減磁曲線)

メートル) を用います。

○「等方性」と「異方性」

磁気特性が材料のすべての方向で同じものを「等方性磁石」、特定の方向で優れているものを「異方性磁石」といいます。一般的に異方性磁石の方が磁気特性は高いのですが、用途によっては等方性の方が適している場合もあります。

○温度特性

永久磁石は温度変化に対する安定性も重要です。室温からの温度変化に対する残留磁束密度の変化率を $\alpha(B_r)$ 、保磁力の変化率を $\alpha(H_{cJ})$ で表わします。温度変化率の単位は [%/K] です。

通常の永久磁石では温度が上がると磁化が減少するので $\alpha(B_r)$ は負の値となります。磁性材料が磁性を失う温度をキュリー温度 (T_c) と呼び、これが高いほど磁力の安定性が高くなります。最強のネオジウム磁石の保磁力の温度変化率は非常に大きく、100℃程度の温度上昇でも保磁力が減少するので、室温における保磁力をあらかじめ大きくしておくなどの対策がとられています。また、フェライト磁石では、温度が下がると保磁力が減少する低温減磁という現象があるため注意が必要です。

優れた永久磁石材料の特性は以下のとおりです。

- ①最大エネルギー積 $(BH)_{max}$ が大きいこと
- ②残留磁束密度 B_r が大きいこと
- ③保磁力 H_{cJ} 、 H_{cB} が大きいこと
- ④温度変化率が小さいこと

<注>磁気分極を表わす記号 J とエネルギーを表わす単位 [J] (ジュール)、磁場を表わす記号 H と透磁率にでてくる単位 [H] (ヘンリー)、磁束密度の単位 [G] (ガウス)、[T] (テスラ) と十億倍を表わす接頭語 G (ギガ)、一兆倍を表す接頭語 T (テラ) はそれぞれ混同しないようにする必要があります。

5. ヒステリシス材料

交流磁場中での磁性材料は前述のように磁気履歴曲線で囲まれるヒステリシスエネルギー W_h を消費します。軟質磁性材料におけるヒステリシス損失と同じです。このエネルギーを積極的に利用するのが「ヒステリシス材料」です。小さな磁場で大きなヒステリシスエネルギーが得られる磁性材料として、鑄造・圧延磁石が用いられています。

磁性材料を理解するために必要な特性値とその単位をまとめて表1に示します。

◇ 磁性材料の応用を理解するための基礎知識

磁性材料はそれ単独で使用されることは少なく、多くは、導線すなわち電流と一緒に使用されます。したがって、電流と磁気に関する基本的な法則を理解しておく必要があります。

1. 直流と交流

電流には直流と交流があります。電流の流れる方向が一定のものを直流、交互に変化するものを交流といいます。交流のプラス/マイナスが1秒間に変化する割合を周波数(振動数)といい、 f で表わし、[Hz] (ヘルツ) の単位を用います。電池による電流は直流です。家庭用の電源は50Hzま

表 1 磁性材料を理解するために必要な特性値と単位

項目	記号	MKSA系	cgs系	換算
飽和磁化	J_s	Wb/m ²	G	1 Wb/m ² = 10 ⁴ G
残留磁化	J_r			1 G = 10 ⁻⁴ Wb/m ²
飽和磁束密度	B_s	T	G	1 T = 10 ⁴ G
残留磁束密度	B_r			1 G = 10 ⁻⁴ T
保磁力	H_{cJ}	A/m	Oe	1 A/m = 0.01257Oe
	H_{cB}			1 Oe = 79.6A/m
最大エネルギー積	$(BH)_{max}$	kJ/m ³	MGOe	1 kJ/m ³ = 0.1257MGOe 1 MGOe = 7.96kJ/m ³
(比) 透磁率	μ	(無名数)	(無名数)	
ヒステリシス損失 ヒステリシスエネルギー	W_h	kJ/m ³	erg/cm ³	1 kJ/m ³ = 10 ⁴ erg/cm ³ 1 erg/cm ³ = 10 ⁻⁴ kJ/m ³

たは60Hzの交流です。

電流 I と電圧 Eの間にはオームの法則が成立します。

$$E = I \times R$$

Rは導線の抵抗などを表わします。なお、コイルは交流電流を通しにくい性質があり、これをインダクタンスといいます。コイル巻数が多いほど、周波数が高いほどインダクタンスが大きくなります（交流が流れにくくなります）。

2. 磁場中で移動する導線に流れる電流

磁場の中で導線を移動させるとその導線の中に電圧が発生します。これを「起電力」と呼びます（電圧により電流が流れます）。磁場(磁力線)の方向、導線の移動方向、電流の流れる方向には図4(a)で示される「フレミングの右手の法則」とよばれる関係があります。右手の親指、人差し指、中指を互いに直角になるようにすると、それぞれの方向が、移動方向、磁力線の方向、電流の方向に対応します（注：電流の方向は+から-、磁力線の方向はNからSと定めます）。導線を同じ方向に動かし続けることはできませんから、移動方向を反転させなければなりません。それにより、電流の流れる方向が交互に変化することになります。導線の移動方向を一定として磁場の方向を交互に変化させても同じことになります。

これが発電機の原理です。発電機の磁場の発生源には永久磁石が使用されます。発電機により得られる電流は交流です。交流は後述する電磁誘導

を利用して変圧器により電圧を変えることができます。一方、直流の電圧を変えるためには通常はインバータと呼ばれる半導体回路により、一旦交流に変換して電圧を変えてから、再度直流に変換します。その際、鉄心とコイルを組合わせたリアクトルと呼ばれる部品が用いられます。鉄心には交流電流すなわち交流磁場が作用しますから、鉄損が小さいことが重要であり、電磁鋼板が用いられます。

3. 電流が作る磁場

導線を螺旋状に巻き回すとコイルができます。このコイルに電流を流すと空芯の電磁石となり磁場が発生します。この電磁石の磁極は「右手親指の法則」から求めることができます。右手を軽く握り、指の付根から指先の方向へコイル電流が流れる場合、親指を伸ばした方向に磁力線が発生します。すなわち、その方向がN極となります。空芯の電磁石ではあまり大きな磁場は発生しません。コイルの中に軟質磁性材料である鉄心を挿入することにより強い磁場が得られます。

4. 磁場中の電流が受ける力

磁場の中で導線に電流を流すとその導線は力を受けます。これは導線に流れた電流により発生する磁場と、もともとあった磁場が反発するためです。この力を「ローレンツ力」と呼びます。磁場(磁力線)の方向、電流の流れる方向、導線が受ける力(ローレンツ力)の方向には図4(b)で示すように「フレミングの左手の法則」とよばれる関係があります。左手の親指、人差し指、中指を互いに

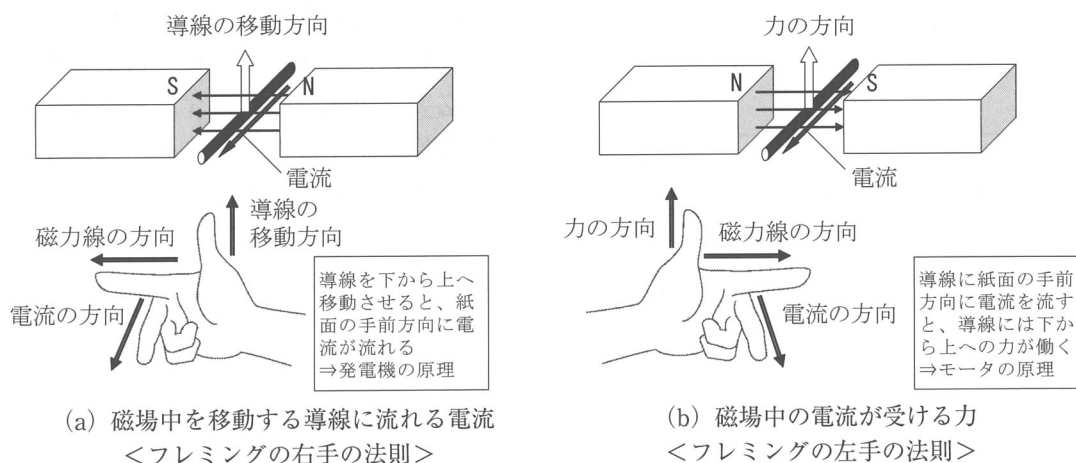


図 4 フレミングの右手の法則と左手の法則

直角になるようにすると、それぞれの方向がローレンツ力の方向、磁力線の方向、電流の方向に対応します。

これがリニアモータやスピーカの原理です。HDDのヘッドを駆動するVCMや、DVDドライブの光ピックアップのトラッキング・フォーカシングの機構などにもこの原理が応用されています。磁場の発生源としては永久磁石や電磁石が用いられます。

5. 電磁誘導

図5に示すように、鉄心に2つのコイルを巻いて、スイッチを使って一方のコイルに電流を流したり切ったりすると、もう一方のコイルにその瞬間だけ電流が流れるという現象があります。この電流の流れる方向はコイルを通過する磁力線の変化を妨げる方向に流れます。すなわち、コイルを通過する磁力線が増加するときは、その磁力線と反対方向の磁力線が発生するように電流が流れ、磁力線が減少するときは、その磁力線と同じ方向の磁力線が発生するように電流が流れます（磁力線の発生する方向は右手親指の法則からわかります）。

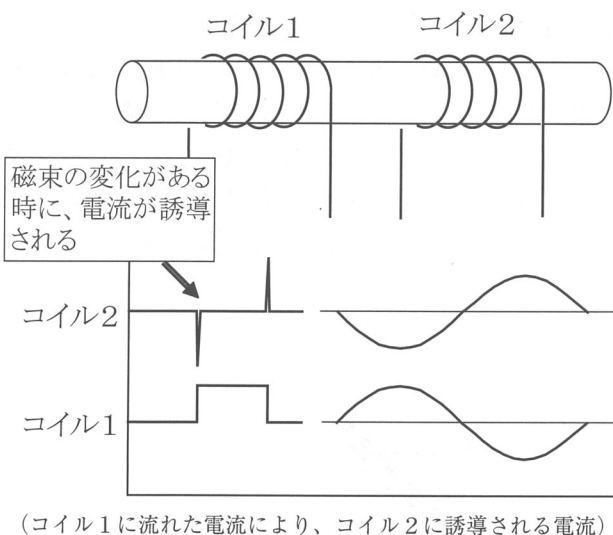


図 5 電磁誘導

磁力線の変化によって電流が生じる現象を「電磁誘導」と呼び、その電流を「誘導電流」と呼びます。誘導電流の大きさはコイルを通過する磁力線の変化する割合に比例します。すなわち、磁力線の増減の割合が大きい時ほど大きな電流が流れます。以上の現象を「ファラデーの電磁誘導の法則」と呼びます。

電磁誘導は非常に重要な原理で、変圧器（トランス）など多くの電気機器に応用されています。一方のコイルに交流を流すと、交流は磁場の方向が絶えず変化しますから磁力線も連続的に変化します。これにより、もう一つのコイルには電磁誘導により誘導電流（交流）が流れます（図5右図参照）。これが変圧器の原理です。2つのコイルの巻数の比を変えることにより、交流電流の電圧を自由に変える（昇圧、降圧）ことができます。

電磁誘導によって、コイルではなく金属の物体に生じる誘導電流のことを、特に「渦電流」と呼びます。これは誘導電流が金属の物体の中でループを描いて流れるからです。

積算電力量計やIH機器（電磁調理器）などでは、渦電流を積極的に利用しています。一方、変圧器やモータでは鉄心に渦電流が発生するとそれによりエネルギーを消費して（渦電流損）性能が低下するため、いかにして渦電流を発生させないようにするかが非常に重要です。板厚を薄くして渦電流を流れにくくしたり、最近では、絶縁被膜で被覆した微粉末を固めた圧粉磁心なども開発されています。

むすび

磁性材料は現代生活の中で幅広く用いられています。特に、エネルギーを種々の形に変換するためには必要不可欠の材料です。そこには、中学校の理科の授業で学んだ電流と磁気に関する基本的な原理が応用されています。

Ⅱ. 磁性材料各論

1. 電磁鋼板

新日本製鐵(株) あら い 聡
鋼材第一研究部 新 井

◇ 電磁鋼板とは

聞きなじみはないかも知れませんが、電磁鋼板は、モータ、変圧器の機能を高めるために、ほとんど全ての鉄心に使用される磁性材料です。世界中で、年間1,000万トン以上生産され(2007年)、最も多く使われている磁性材料であると言えます。用途に応じて、モータには“無方向性電磁鋼板(NO)”を、変圧器には“方向性電磁鋼板(GO)”を使用します。

モータは、電気エネルギーをNOの鉄心に発生する磁気エネルギーを通して、運動エネルギーに変換して回転しますし、変圧器は、電気エネルギーを、GOの鉄心で発生する磁気エネルギーを通して、再度、電気エネルギーに変換することで電圧を変えます。鉄心は、磁気エネルギーを高密度で利用するために必須の部品です。理科の実験で、コイルを巻いた釘で造った電磁石を思い出してください。鉄心なしでは、モータの力が出ませんし、変圧器も巨大になってしまいます。

このように、電磁鋼板では強い力を引き出すために、磁束密度(正確には磁場に対する応答係数である透磁率)を高める材料設計をしてあります。鉄は原子一つ一つの持つ磁力(磁気モーメント)が強く、それぞれが平行に揃う性質を持つ“強磁性体”の代表的な物質ですが、その能力を極限まで高めるために、電磁鋼板では結晶方位や結晶粒径、鋼の純度を所定のものに造りこんでいます(特に結晶方位が重要)。この造り込みが、電磁鋼板の性能を左右します。

電磁鋼板には、磁束密度と並んで重要な性質があります。電磁鋼板の鉄心で電気⇒磁気エネルギー変換をするときに、一部のエネルギーは熱として失われてしまうのですが(鉄損)、このエネ

ルギーロスをできるだけ小さくすることが重要です(低鉄損)。

地球温暖化に伴うCO₂削減に対する取組みは、京都議定書(COP3)等によく知られていますが、電磁鋼板の低鉄損化は、磁性材料がCO₂削減に直接、寄与できる必要なアイテムです。エアコンを代表とする家電や変圧器は、“省エネ法”によって、生産される全製品の効率の平均値を、ある時点での最高効率の製品を凌駕するように義務づけられています(トップランナー)。また、ハイブリッド自動車のモータ・発電機の鉄心にも、当然のことながら低鉄損の電磁鋼板が求められています。

エネルギー変換時に、電磁鋼板鉄心中の磁化は変化しますが(交流磁化)、磁化が変化したときに、電磁誘導起電力によって電磁鋼板中に誘導電流(渦電流)が流れます。この渦電流による抵抗発熱が鉄損の主な原因の一つですから、電磁鋼板の電気抵抗を高くして、渦電流を抑えることにより発熱=鉄損を抑えることができます。

このため電磁鋼板では、電気抵抗を高くする合金元素を添加することにより、低鉄損化を図っています。特に珪素(Si)が、高電気抵抗化効果が高く、安価であることから、最もよく用いられます。そもそも電磁鋼板は、鉄に珪素を添加すると、磁気特性が著しく改善するという1900年のHadfieldの発明が、その起源であり、かつては珪素鋼板と呼ばれていました。

渦電流低減による低鉄損化に有効なもう一つの手段は、板厚の薄い材料を積み重ねて使うことです。板厚の薄い材料に誘導される起電力は厚い材料に較べて小さくなり、渦電流も小さくなります。この時、積層間で渦電流が流れてしまわないように、鋼板表面には絶縁被膜を施す必要があります。一般的な規格では、GOの板厚は0.35, 0.30, 0.27,

0.23mm、NOの板厚は0.50, 0.35mmと他の鉄鋼材料に較べてとても薄くなっています。

◇ 高磁束密度低鉄損GO

変圧器は設置された瞬間から、24時間絶えず交流で磁化されることになり、その寿命までの数十年間、鉄損を発生し続けることとなります。そのため、低鉄損のGOを使用することは、将来に涉りエネルギー消費を抑えられることを意味する重要な決断となります。

鉄は原子が立方体の頂点と中心に位置する、**図1(a)**に示す体心立法構造(BCC)をとります。この原子の配置を起源として、磁場をかける方向によって磁化されやすさが異なる“磁気異方性”が生じます(**図1(b)**参照)。この磁気異方性を活用して、変圧器に使われるGOでは、**図1(c)**に示すように、鉄の“磁化されやすい方向(磁化容易軸)”である<100>軸を圧延方向に数度以内の精度で揃えて、圧延方向の磁束密度を高めています(NOの結晶方位は**図1(d)**に示すようにランダム)。GOは、銅線にほんの少しの電流を流しただけで、とても強い磁石になります。

一方で、高い磁束密度まで磁化するように変圧器を設計した方が、小型化でき、電磁鋼板の使用量を小さくでき、設置スペースの面からも、経済的にも有利になりますが、一般に鉄損が大きくな

りエネルギー消費が大きくなります。そこで、高磁束密度低鉄損GOの開発が重要となります。

高磁束密度低鉄損GOは、結晶方位の制御を厳格化することにより実現しています。前述した<100>軸の圧延方向への集積度が、従来のGO材では平均7°であったものが、高磁束密度GOでは3°まで高めることができました。これにより、磁束密度が5%以上高くなり、高い磁束密度での鉄損を20%も下げることができました。

高磁束密度GOには、高い磁束密度での鉄損が低くなるのと同時に、変圧器の騒音が小さくなるという効果もあります。設置された変圧器は、近づくたびにブーンという低周波の騒音を出していることが解ります。この騒音の最も大きな原因の一つはGO材の“磁歪”です。磁歪とは、電磁鋼板が磁化されたときに伸び縮みする現象で、電力系統で使われている50Hzないし60Hzの周波数の交流の偶数倍の周波数で振動しています(どのくらいの周波数成分で伸び縮みするかは材料の特性、使用条件により複雑な現象となります)。近年、住環境に対する意識の高まりと都市近郊に設置される変圧器が増えていることから、変圧器の騒音に対する要求は日増しに強まっています。

高磁束密度GO材では、この磁歪が小さく、変圧器の騒音を低く抑えることができることが解っています。高磁束密度GO材の磁歪が小さい理由は、

次節で述べる“磁区構造”が関係していますが、本解説では詳細は省略します(例えば、「日本応用磁気学会誌」vol25.(2001) p.1,612~1,618の解説をご参照ください)。

◇ 磁区制御低鉄損GO

GOの内部は均一に磁化されているわけではなく、その内部では同じ方向、同じ大きさ(飽和磁化)に磁化されている“磁区構造”に分かれています(**図2**を参照ください。白黒のコントラストは磁化の向きを表し、その境界である“磁壁”で磁化の向きが反転しています)。

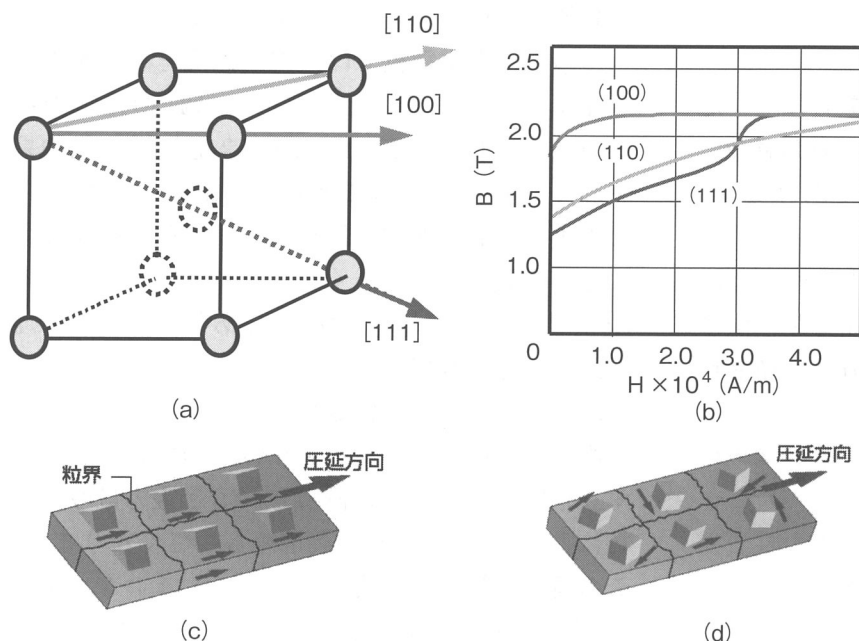


図1 鉄の結晶構造と磁気異方性、GO、NOの結晶方位

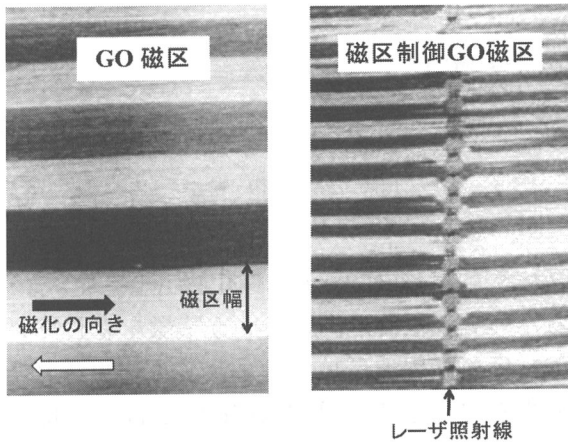


図 2 GO材と磁区制御GO材の磁区構造

変圧器の鉄心のように交流で励磁されると、磁壁が移動し、鉄損の原因となる渦電流は、磁化の向きが反転する磁壁に集中することになります。その際、磁壁の間隔 (= 磁区幅) が小さい方が、それぞれの磁壁はゆっくりと動けばよく、誘導される渦電流は小さくなりますので、鉄損も低く抑えることができます。

この原理を利用して、さらに鉄損を下げる技術として、電磁鋼板表面にレーザー処理や機械溝加工を施すことにより、鉄損を10%近く下げる“磁区制御技術”が開発され、最高効率の変圧器に使用されています。

◇ 高効率NO

モータは力を出す必要がありますが、エアコン、冷蔵庫等の長時間使用される家電製品のモータにはエネルギー効率も求められます。2003年から施行されたトップランナー法では、出荷するエアコン、冷蔵庫の平均効率が一定値をクリアするように規定されています。

モータ効率を上げるためには、鉄心の鉄損を下げるとともに、高磁束密度材を使い、コイルに流れる電流による発熱も抑えるバランスのよいモータ設計が必要になります。

鉄損を下げるためには、合金添加をして電気抵抗を増しますが、それだけでは磁束密度が低くなります。プロセス条件を制御して、同じ鉄損でも磁束密度の高い高効率NOシリーズが開発されて

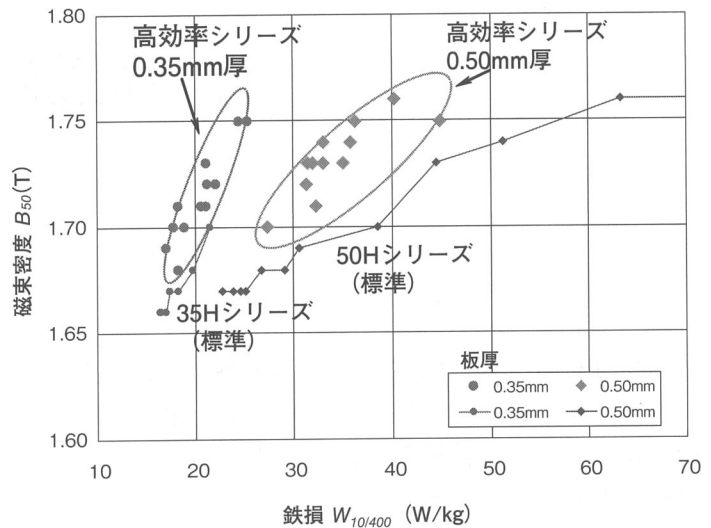


図 3 高効率NO材の磁束密度-鉄損マップ

います (図3)。結晶方位以外にも、電磁鋼板が磁化されるのを妨げる、結晶粒界とか、不純物とかを極限まで抑えて、高磁束密度になるように材料を造り込んであります。

◇ 高抗張力NO

小型化指向に合わせ、高速回転するモータが増えてきています。高速回転になると、ロータ (モータ中心の回転する部分) に遠心力がかかり、条件によっては破壊するおそれがあります。高速回転するロータの為に、降伏応力800MPaまでの高抗張力NO材が開発されています (通常は450MPa以下)。

◇ 薄珪素鋼帯

前節で述べた高速回転するモータでは、ロータの強度の他に、ステータでの高周波の鉄損も抑える必要があります、より薄く高電気抵抗の電磁鋼板が求められるようになります。

さらに高周波 (~ kHz) の用途に対しては、“薄珪素鋼帯”を適用することができます。薄珪素鋼帯の厚さは、0.10mmや0.05mmまであり、GOタイプとNOタイプとがあります。

変圧器、モータの高度化、多様化に伴って、電磁鋼板は日々、高性能化しています。これからもニーズに応じて、高特性で多様な電磁鋼板の開発は続きます。

2. 高透磁率材料

山陽特殊製鋼(株) あい かわ よし かず
粉末事業部 相 川 芳 和

まえがき

軟磁性材料（ソフト磁性材料）は磁界（磁石）に触れると磁石になり、磁界を取り去ると元に戻り磁気が無くなる磁性材料であり、我々のまわりでは鉄などが代表的な例である。

透磁率は軟磁性材料の重要な特性の1つであり、磁性材料の磁化しやすさを表す指標である。つまり、“高透磁率材料”とは外部から小さな磁場を与えた場合にも、瞬時に大きな磁化を発現する材料と言い換えることができる。

軟磁性材料が使用される分野には、コイル、磁気回路の磁極片、磁気遮蔽材、高周波減衰器を初めとして多岐にわたっている。特に、パソコン、携帯電話、LANシステム、ハイブリッド・電気自動車の電気制御系基板等に代表される電子機器に対しては、情報処理量の増大に伴う高周波数帯域化、環境負荷低減を目的とした低エネルギーロス化への要求が非常に大きくなっており、これらに必ず用いられる高透磁率材料に寄せられる期待はますます高まっているのが現状である。

本稿では、汎用の高透磁率材料として広く知られているソフトフェライト・センダスト・パーマロイ・アモルファス・パーメンジュール・圧粉合金について、その特徴や用途を解説する。

◇ ソフトフェライト

一般的にフェライト磁石と呼ばれる材料は、鉄の酸化物を主とした結晶体の集まりで形成されており、ハードフェライトとソフトフェライトに大別される。ソフトフェライトは次節以降で述べる金属系の磁性材料と比較して、飽和磁束密度（磁

化の最大容量）は小さいが、酸化物（セラミック）であるため電気抵抗が高いという特徴を有している。これは、高周波環境でのエネルギーロス（発熱）を少なくできることを意味しており、特にMHz帯域で使用されるコイル材料用の磁心材（コア）として優れた特性を発揮する。また、ソフトフェライトの基本製造工程は、粉碎法により得られたセラミックス微粉を焼結することによって得られる、つまり“焼き物”であることから複雑形状の磁心材でも大量に生産可能であり、その製造コストの利点からも、最も広く使用されている磁性材料といえる。

代表的なソフトフェライトとしては、鉄の酸化物にMn、Znを含むMn-Zn系とNi、Znを含むNi-Zn系に大別される。Mn-Zn系はNi-Zn系と比べて、飽和磁束密度が大きい、固有抵抗はNi-Zn系の方が5桁以上も優れていることから、前述の磁心材等には、その用途・環境に応じてそれぞれ使い分けされている。

◇ センダスト

Fe-10% Si-5% Alからなる本合金は、東北大学の増本、山本両博士によって1930年代に発明された材料で、センダスト（仙台の粉）として世界的に有名な合金である¹⁾。前記、SiとAlの組成領域近傍で、磁歪定数・磁気異方性定数がほぼ0になることから、高い透磁率が得られる。後述するパーマロイに遜色ない透磁率を有しつつ、高価なNiを含まないという点で注目すべき材料である。金属間化合物としての性格が強く（Fe₃SiとFe₃Alの混晶）、硬くて脆いため加工性に課題があるものの、逆にこの性質を利用して粉末原料として活用

表 1 センダスト合金の主な特性

	透磁率 (μ max)	保磁力 (A/m)	固有抵抗 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	飽和磁束密度 (T)
Fe-10% Si-5% Al	120,000	<0.1	80	1.0

することにより、オーディオ及びビデオテープの磁気ヘッド材料への用途が開かれたことをきっかけに、近年様々な用途での活用が見直されてきた。表1に、本合金の代表的な特性を示す。

◇ パーマロイ

パーマロイは、透磁率 (permeability) が高い合金 (alloy) という意味で命名されたFe-Ni系合金の総称で、金属系の高透磁率材料としては最もポピュラーである。1920年代にアメリカで発見されて以来、多くの研究がなされた結果、Mo、Cu、Cr等を添加した多元系合金を含む様々な材料が開発され、コイル、磁気回路の磁極片、磁気遮蔽材、高周波減衰器として広く使用されている。表2に現在実用化されているパーマロイの主特性とその用途を示す。

インバーは、Fe-36% Niからなる材料で、常温付近で熱膨張率が小さい合金である。磁気歪みによる体積変化と熱膨張が相殺しあって、ある温度範囲での熱膨張が小さくなるのを利用している。温度によって寸法が変化しないので、時計や実験装置、LNGタンカーのタンク、ブラウン管のシャドーマスク等に用いられる²⁾。

PBパーマロイとして知られるFe-40～50% Niは、パーマロイ系としては最も飽和磁束密度が大きく磁気増幅器などに用いられる。

PCパーマロイはFe-70～80% Niに、少量の添加元素を含有したものであり、パーマロイの中でも特に高い透磁率を示すことから、各種電磁鉄心用途として広く使用されている。

PCパーマロイの中でも、Fe-79Ni-5Moからなる組成はスーパーマロイと呼ばれ、最も透磁率の大きい材料として知られている。

◇ アモルファス

通常金属は原子が周期的に配列した結晶構造を有しているのに対して、アモルファス (amorphous) は非晶質状態のことで、原子が密にランダムに詰まった構造となっている。

アモルファス状態は非金属ではしばしば見られるが、金属にもアモルファス状態が存在することは、1960年代にアメリカで発見されて以来、現在に至るまで数々の研究が進められおり、国内でも東北大学を中心としてアモルファス合金についての膨大な量の研究が蓄積されている。アモルファス構造の大きな特徴は、高強度、高磁気特性、高耐食性、高電気抵抗にあり、テープレコーダーのヘッドやトランスの磁芯材料等に実用化されている。

◇ パーメンジュール

Fe-49% Co-2% Vはパーメンジュールと呼ばれ、工業材料のなかで最も飽和磁束密度が高い (約2.4T) 軟磁性材料として古くから知られており、小型・高出力モーター、高磁力を要する電磁弁やアクチュエーターに使用されている。一般にFe-50% Co近傍の2元系合金は規則構造を形成し非常に脆くなるため、加工が困難であった。Vはこの規則構造の生成を抑制する目的で見出された元素で、このことにより本合金は広く使用されることになった。

◇ 圧粉合金

これまでに、酸化物系および金属系の高透磁率材料をいくつか紹介してきたが、数百KHzといった高周波帯域で使用される磁心材等に用いる場合

表 2 パーマロイの特性と用途例

名称	成分		透磁率 (μ max)	飽和磁束 密度 (T)	用途
	Ni量/%	他			
インバー合金	36		40,000	1.3	各種実験装置 シャドーマスク
PBパーマロイ	40～50		50,000	1.5	磁極片 電磁鉄心
PCパーマロイ	70～80	Cr、Cu等	100,000	1.0	電磁鉄心 磁気遮蔽材
スーパーマロイ	79	5Mo	600,000	0.8	電磁鉄心 磁気遮蔽材

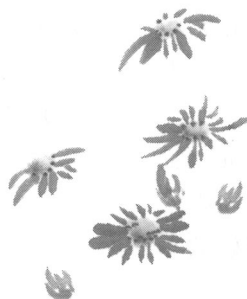
は、高電気抵抗であることが必須である。金属系材料の場合、酸化物系と比較してその電気抵抗は著しく低く、前記高周波帯域での使用はそのままでは困難である。この課題に対して開発されたのが圧粉合金である。これは、前節までに述べたセンドラスト、パーマロイ等の金属系高透磁率材料を種々の製法により粉体化し、これに樹脂、ゴム等の絶縁体を塗布して圧縮成形したものである。

粉末の粒子間は絶縁体により電気的に遮断されており、見かけ上の電気抵抗が飛躍的に向上する

ことから、高周波帯域での使用が可能となる。これは、飽和磁化が高い金属系の軟磁性材料を粉末間の絶縁を保ちつつ成形する手法であり、フェライト型コアよりも高磁化で、かつ珪素鋼板よりも高周波特性に優れているという利点から、近年著しく工業化が進んでいる。

参考文献

- 1) 磁性材料 日本金属学会編148.
- 2) 磁性体ハンドブック.



3. 粉末軟磁性材料

大同特殊鋼(株)研究開発本部 たけもと 武本 さとし 聡
電磁材料研究所 ナノマテリアル研究室

まえがき

軟磁性材料の種類・製法は多岐に渡り、このうち最近粉末軟磁性材料が注目されている。代表的な製造方法として、アトマイズ法が挙げられ、ノズルから流出する溶湯を水やガスで粉末化させる方法がある。軟磁性粉末と樹脂などの絶縁材料との複合材料は、交流磁界によって発生する渦電流損が微小な粉末粒内だけで発生するため高周波特性が良好で、近年の電子機器の高周波駆動や無線通信の利用拡大によって、このような軟磁性複合体の用途が拡大している¹⁾。

本稿では上記軟磁性複合体の中で、近年特に注目されている圧粉磁心に関してとりあげる。圧粉磁心が用いられるインバータ機器やパソコン用等のスイッチング電源は、近年小型化や高効率化、高機能化のために変換周波数の高周波化が進んでいる。この高周波化のニーズの中で、①圧粉磁心の用途および必要な磁気特性を説明すると共に、②粉末形状の特徴を活かした圧粉磁心の高重畳特性化、③粉末粒径の特徴を活かした圧粉磁心の低損失化について述べる。

◇ 圧粉磁心

1. 圧粉磁心とは

上記のスイッチング電源に搭載され電力を変換する回路に用いられているチョークコイルやリアクトルと呼ばれる部品がある。これらの部品の作製方法を説明する。軟磁性粉末を原料とし、無機系あるいは有機系の絶縁物を混合して、粉末表面に絶縁物を皮膜処理する。その粉末を金型に充填してプレスで成形し、圧粉磁心を作製する。磁心の周囲にコイルを巻くとチョークコイルやリアクトルとなる。磁心の形状としては、トロイダル形状やE字型状、U字型形状のものが多く、数g～kg程度のもので用途によりさまざまなバリエーションに広がっている。

2. 圧粉磁心の用途

パソコン等OA機器、インバータエアコンや冷蔵庫等に搭載されている数百ワット程度以下のスイッチング電源については、これらの制御回路のスイッチング周波数は100kHz前後が中心であり、フェライトにかわり磁束密度の高いFe-9.5mass% Si-5.5mass% Al (センダスト) 粉末を用いたトロイダル形状の圧粉磁心が主に適用されている。近年、ノートパソコン用途には前述したコイルを内蔵した回路基材上へ表面実装できる小型磁心が広く適用され、ノートパソコンの薄型化、高機能化にともなって、周波数も数百kHz～MHzまで上昇している。

一方、出力がキロワット以上のスイッチング電源については、UPSの安定化電源や太陽光発電のパワーコンディショナー等に用いられ、特に太陽光発電は地球環境対策として需要が大きく伸びることが期待されている。従来は磁心に珪素鋼板が用いられていたが、これらの制御回路のスイッチング周波数は10～20kHz程度と高周波化に伴いU字を付合せた形状のFe-Si系圧粉磁心の適用が始まっている。

また、地球環境対策としてHEVやEVも急速に普及している。駆動用モータへ電力を供給するため、HEVのメインバッテリー電圧をDC-DCコンバータを介して昇圧する電源システムが適用され始め、圧粉磁心の用途が広がっている。さらに、モータ用磁心は従来より積層珪素鋼板が広く用いられているが、モータの小型化のための高速回転化すなわち動作が高周波化する傾向にあり、また、圧粉磁心は積層珪素鋼板よりも形状自由度が大きいことから、圧粉磁心の適用が検討されている。

3. 圧粉磁心に必要な特性

圧粉磁心に求められる性能として、透磁率が高いこと(特に電流を通電したときの透磁率が高いこと、これを直流重畳特性と呼んでいる)、鉄損(コアロス)が低いことが挙げられる。

前者に関しては、電源用のチョークコイルには大きな電流が通電されることがしばしばある。そのため、高電流通電時に透磁率が高いことが求められる。言い換えれば、大きな電流が流れても磁心が飽和しない、つまり磁束密度が高いことが求められる。一般に金属軟磁性材料はフェライトに比べ、磁束密度が高いことが特長であり、高電流用途には有利である。

後者に関しては、コアロスが生じると、その分発熱するためにエネルギーロスになったり、回路が高温にさらされ誤作動する恐れがある。このため、コアロスは低い方が良い。

コアロスはヒステリシス損と渦電流損の和で表され、双方を下げる事が望まれる。Fe-Si系粉末を用いた圧粉磁心で、Si量を変化させた場合のコアロスと磁束密度を図1に示す。Si量を増加させると保磁力が低減するためヒステリシス損は減少し、電気抵抗率は増加するため渦電流損は減少し、トータルのコアロスは低減する。しかしその反面、Si量を増加させると磁束密度が低下するため直流重畳特性が劣化し、高電流用途には不利となる。このため、使用する回路に適した材料設計が必要となる。

圧粉磁心の直流重畳特性やコアロスを決める要因として、上述した組成以外に粉末特性の及ぼす影響は大きい。以下に、粉末形状が直流重畳特性に及ぼす影響、粉末粒径がコアロスに及ぼす影響について述べる。

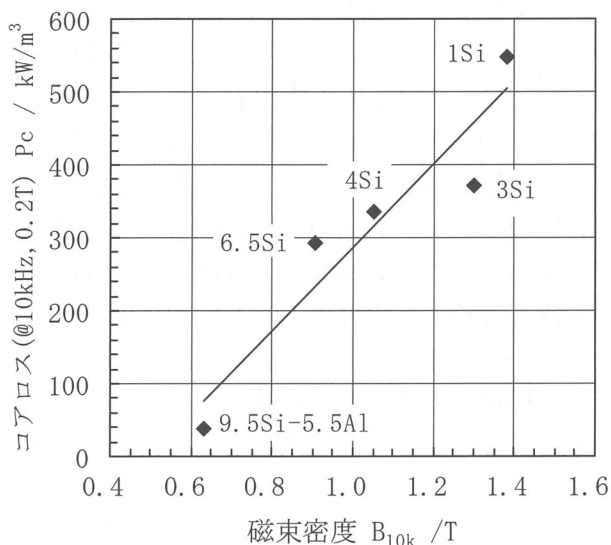


図 1 Fe-Si系圧粉磁心の磁束密度とコアロスの関係

4. 粉末形状の特徴を活かした圧粉磁心の高重量特性化

アトマイズ条件によって粉末形状を変化させた場合の直流重畳特性を図2に示す。粉末はFe-9.5mass% Si-5.5mass% Alを用い相対密度(圧粉磁心の密度/軟磁性体の密度)を約0.84とほぼ一定にして粉末のアスペクト比を変化させた場合である。粉末のアスペクト比が小さい場合は球状に近く(真球:アスペクト比=1)、アスペクト比が大きくなると異形状となる。粉末のアスペクト比が大きいほど初透磁率が高いが、直流を印加していくと急激に透磁率は低下し、約3,000A/m以上の直流を印加した場合は、逆にアスペクト比の小さな粉末の方が高くなっている²⁾。

つまり、高透磁率化の観点からは、小電流用途にはアスペクト比の大きい異形状粉末が、大電流用途にはアスペクト比の小さい球形状粉末が適していると考えられる。

5. 粉末粒径の特徴を活かした圧粉磁心の低損失化

インバーターの小型化のためスイッチング周波数の高周波化が進み、スイッチング素子も従来のSiからSiC半導体素子の適用が検討され、さらに高周波化の傾向がある。

圧粉磁心においても高周波数での損失低減のため、用いる粉末材料の適正化が必要である。

同じ組成の粉末を用いる場合、ヒステリシス損は粉末内の結晶粒径に依存し、結晶粒径が大き

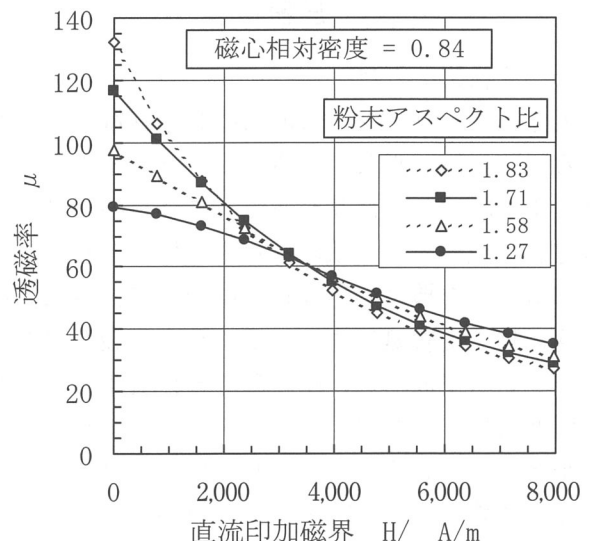


図 2 圧粉磁心の直流重畳特性に及ぼす粉末形状の影響

なるほどヒステリシス損は減少する。ヒステリシス損の低減には結晶粒径を粗大化させるために、不純物の低減や粉末熱処理条件の適正化などが有効な手段である。一方、渦電流損は粉末粒径が大きくなるほど増加するため、粉末粒径の微粒子化が有効な手段である。しかしながら、粉末粒径を小さくすると渦電流損は低減できるものの、同時に粉末内部の結晶粒も小さくなってしまうため、ヒステリシス損は増加する。Fe-3mass% Si圧粉磁心を用いた場合の粉末粒径と損失の関係を図3に示す。周波数によりコアロスが最小となる粉末粒径が存在することが分かる。このため、周波数によって使用する粉末粒径を選択する必要がある³⁾。

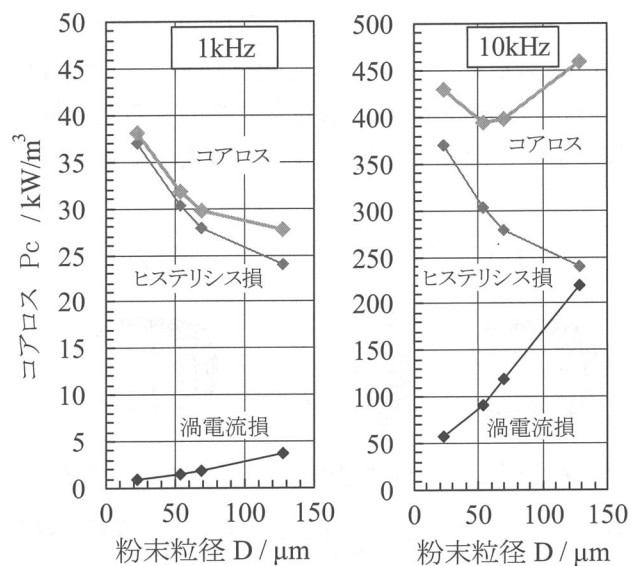


図 3 コアロスに及ぼす粉末粒径の影響

近年、高磁束密度を保ったままさらに低コアロス化の目的でアモルファスやナノ結晶材料が液体超急冷法を中心に開発されている。さらに、アトマイズ法等で粉末を作製し圧粉磁心への適用も検討されている。しかし、上記材料は非常に硬度が高く殆ど塑性変形を示さず、高圧力で圧粉成形しても高密度化が困難なため、透磁率が低くまた磁心の強度が弱い欠点がある。今後、高密度化の技術開発が期待される。

むすび

今回、圧粉磁心に用いられる粉末材料をテーマに報告した。紙面の制約から詳細な説明や他の用途例を省いており、理解しにくい点はお詫び申し上げます。今後、電子機器や電気回路の設計段階で、これら圧粉磁心を部品としてご検討・ご採用していただけるよう、電子機器に適用したときの定量効果を理論的に示し、圧粉磁心の用途が、省エネルギー化に向けた電子機器の発展とともに、ますます拡大してゆくことを期待します。

参考文献

- 1) 長谷川文昭、斉藤貴伸、加藤俊宏、坂口一哉、入山恭彦 “磁性材料および電子材料の動向” 電気製鋼 vol.80, No.1, pp109-117 (2009).
- 2) 武本聡、斉藤貴伸 “Fe-Si-Al系圧粉磁芯の磁気特性に及ぼす噴霧粉形状の影響” 電気製鋼vol.73, No.4, pp229-234 (2002).
- 3) 斉藤貴伸、武本聡 “Fe-Si系粉磁芯の粉末粒径および結晶粒系と磁気損失の関係” 電気製鋼vol.77, No.4, pp285-291 (2006).

4. 希土類磁石

日立金属(株) ひろさわ さとし
NEOMAXカンパニー 広 沢 哲

希土類磁石では希土類元素が主要な役割を果たす。磁石の磁気は電子が小さな磁石であるところに源を発しているが、希土類元素では、磁気を担う不対電子が原子の内殻（とは言っても比較的外側にある4f殻）にあって原子核の周りを完全な軌道を描いて回っている。これは鉄などの強磁性金属と異なる大きな特徴である。希土類元素の電子が描く軌道の形は、軌道に入る電子の数によって図1に示すように変化し、例えばネオジウムは扁平でサマリウムは縦長と言うように、イオンごとにほぼ一義的に決まっている。マイナスの電荷を帯びた希土類イオンが他のイオンが作る電界の中に置かれる結果、軌道の回転軸（すなわち磁気モーメントの向き）が特定の結晶方位を向きやすいと言う性質が強く現れる。この性質は、例えば純鉄と比較するとおよそ百から二百倍も大きい。

20世紀は図2に示すように、様々な磁石材料が研究開発されて、著しい性能の向上が見られた時代であった。希土類元素と鉄やコバルトなどとの化合物を合成してそれらの性質を最初に調べ、それまでの物質では考えられないような強い結晶磁気異方性を示す物質を最初に見出したのは、1960年前後のアメリカの研究者たちで、特に磁石材料に適していると思われたものはサマリウム (Sm) とコバルト (Co) の原子比が1 : 5の物質であった。この物質をもとにして開発されたサマリウムコバルト磁石は、それまでの磁石材料をはるかに超える高特性を示し、希土類磁石という新しい磁石材料の市場を切り開いた。

1983年に佐川真人らは、ほう素 (B) を加えたNd-Fe-B三元合金が室温以上でも磁石材料になることを見出し、粉末冶金プロセスと液相焼結法により、図2に示すように、それ

までに存在したどんな磁石材料をも凌駕する驚異的な高性能の磁石材料を発表した²⁾。時期を同じくして米国のJ. J. Croatらは液体超急凝固法によりほぼ同じ組成の薄片状の磁石材料を開発した。この製法では結晶方位が揃わない等方性磁石となるので、得られた薄片の最大磁気エネルギー積はおよそ110kJ/m³であった。他方、焼結法では結晶方位が揃った異方性磁石が得られることの強みが分かる。

Nd-Fe-B磁石の性能を担うのは三元化合物Nd₂Fe₁₄Bである。磁石の性能を高めるためには、この相の比率を高めて結晶方位をできるだけ揃えればよい。そこで、磁石合金の組成をできるだけ

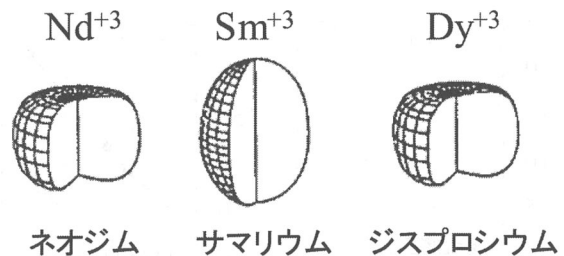


図 1 希土類イオンの4f電子が示す密度空間分布を示す部分切断図²⁾

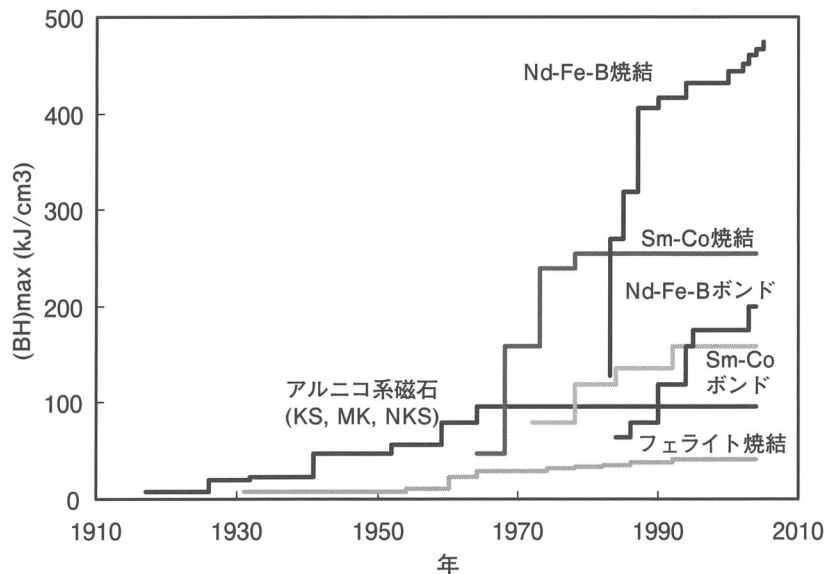


図 2 永久磁石材料の最大磁気エネルギー積の変遷

Nd₂Fe₁₄Bの化学量論比に近づけ、かつ液相焼結プロセスが進行するために必要最小限の液相成分を生成させるように不可避の不純物を低減化すること、および、結晶配向度を高めるために原料粉末とその成形方法の改良が長年にわたり続けられてきた。その結果、Nd-Fe-B焼結磁石の性能は2005年には最大磁気エネルギーで最高値474kJ/m³を記録するに至った。

Nd-Fe-B磁石の弱点は、磁気を失う温度（キュリー温度）が312℃と比較的低いことで、特に、磁石に加わる磁界に抗して磁力を保つことのできる限界を表す保磁力（抗磁力とも言われる）が温度の上昇とともに大きく低下する。環境温度が高くなる自動車などの応用分野では温度が上がっても磁力を保持するようにすることが必要であるが、ネオジムの一部をジスプロシウム（Dy）等の、ネオジムよりも扁平な形を持つ希土類イオンで置換して、保磁力を増強する手法が現在のところ唯一の解決策である。しかし、この方法はDyイオンの磁化方向が他の成分と逆向きになるという性質のために、Dyを加えるほど磁石の磁化が低下すると言う弱点がある。

Nd-Fe-B焼結磁石の応用分野はハードディスクドライブのボイスコイルアクチュエータを中心に1990年代に拡大したが、それに加えて携帯電子機器に用いられる小型精密なアクチュエータおよび産業用ロボットなどの高出力サーボモータに拡大し、2007年度には日本での生産出荷量が年間1万トンを超えた。現在では希土類磁石はまさにユビキタスな存在として高度に電子制御化された社会を支えている。さらに近年、高出力サーボモータを心臓部品とする電気駆動式自動車の生産台数が急増する状況がある。電力密度が高い高出力サーボモータでは磁石ロータの温度が上がりがやすく、特にハイブリッド自動車等ではエンジン近傍に設置される駆動モータや発電機の動作温度が場合によっては200℃近くの高温になり、高温での磁石の磁化反転が起こらないよう、超高保磁力の磁石が必要とされている。

超高保磁力のNd-Fe-B製造のためにDyはどうしても必要な成分元素であり、その使用量を削減するためには、従来の製法を越えた技術を開発することが必要である。幸い、Nd-Fe-B焼結磁石の

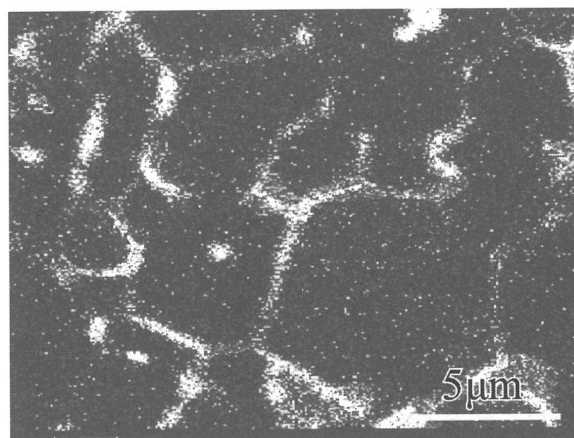


図 3 Nd-Fe-B焼結磁石の結晶粒界にDyを偏在させた磁石におけるDyの分布（明るい部分）の様子を示すEPMA像

保磁力発現機構に関しては長年の研究の蓄積があり、磁化反転がNd₂Fe₁₄B結晶粒表面付近の欠陥層における逆磁区の核発生で始まることが分かっている。そこで、この欠陥層を含む結晶表面部分に図3に示すようにDy（またはTb）を偏在化させることにより、添加したDyを有効利用する技術が開発された。Ndと化学的性質の似通ったDy等を粒界に偏在させるのは容易なことではないが、その手法として焼結磁石の表面からDy等の元素を粒界に沿って拡散により導入する方法が開発されている。この方法によると磁化減少の原因となるDyの添加量を数10%削減できるので、保磁力レベル同等の材質を比較すれば磁化が高い磁石を製造できる。他方、Nd₂Fe₁₄B結晶粒径を小さくすることによって保磁力が増加することが分かっているため、その方向に材料組織を調整して高保磁力化を図る研究もいくつか進められている。

希土類磁石は既にユビキタス化した機能材料であり、さらにその使用量が地球温暖化防止技術の推進に伴い飛躍的に拡大しつつある。しかし、一方では原料調達リスクも増大してきており、市場からの元素リサイクルも含めた希土類元素の戦略的活用技術の総合的な開発が今後のわが国の磁石産業にとって極めて重要な課題となっている。

参考文献

- 1) 俵好夫, 大橋健, 「希土類永久磁石」(森北出版(株), 1999) p.18
- 2) M. Sagawa, S. Fujimura, N. Togawa, H. Yamamoto, and Y. Matsuura, J. Appl. Phys. 55 (1984), 2083.

5. フェライト磁石

日立金属(株) 細川誠一
NEOMAXカンパニー

まえがき

フェライト磁石は、永久磁石材料において希土類磁石と磁気特性、価格、材料の性質等で対極をなし、現在、産業用に用いられている永久磁石の多くは希土類磁石とフェライト磁石で二分される。日本国内では省エネルギーの観点から希土類磁石を使用した製品が増加しているが、世界的な使用量（重量ベース）ではフェライト磁石が圧倒的に多い。最近では中国の経済発展に伴い中国での希土類磁石の生産量が急激に増加しているがフェライト磁石も同様である。フェライト磁石の主な用途は、自動車電装品、家電品がある。例えば、自動車ではワイパー、パワーウィンドウ、スタータモータ等電動部品用モータに、家電では洗濯機、エアコン等様々な用途に使用されている。本稿では、フェライト磁石の一般的な特徴、種類について述べ、高性能化の考え方と最近の研究動向を一部紹介する。

◇ フェライト磁石の特徴

一般的なフェライト磁石は酸化物であり、粉末冶金法でつくられた焼結品が主である。フェライト (Ferrite) とは2価または3価の鉄を含む酸化物の総称で、軟磁性材料のソフトフェライトに対して永久磁石材料をハードフェライトと呼ぶ。その起源は日本の加藤与五郎、武井武両先生が1932年に発明したOP (Oxide Powder) 磁石で、その後改良を重ね、今日の実用磁石を造り上げたのが、オランダのフィリップス社によるバリウム (Ba) フェライト (1952年、 $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ 、化学式では $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) である。現在はさらに、改良が進められ高性能なストロンチウム (Sr) フェライト ($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) の生産量が多くなっている。

磁力は、最大磁気エネルギー積 $(\text{BH})_{\text{max}}$ で表すと最大 $40\text{kJ}/\text{m}^3$ (5MGOe) 程度と希土類磁石の約1/10と低い、高価な希土類元素を含まず、素原

料である酸化鉄 (Fe_2O_3) が比較的安価なことから単位エネルギー積当たりの価格が安く、コストパフォーマンスは希土類磁石と同程度に良いとされ、このため磁力は低いが多量の製品で使用されている。

フェライト磁石は、酸化物であることから希土類磁石の弱点である酸化 (錆び) が起こらないため表面処理が不要で、非常に安定して長期間の使用に耐える。また、有機溶剤、冷媒に対して化学変化せず直接接触させても劣化しない。このような特徴から室外に設置される設備や冷媒浸漬等の特殊環境でも安定した磁力を発揮する。また、あってはならない不可逆的な磁力低下についても、希土類磁石とは逆に室温より高温側では耐熱性に優れ、自動車のエンジンルーム内など高温下にさらされる過酷な環境でも磁力を維持する。一方、低温側では磁力が低下しやすいという弱点があり、使用に際してはこの点を注意しなければならない。

◇ フェライト磁石の種類

フェライト磁石は焼結磁石とボンド磁石 (プラスチックマグネット; プラマグ) に大別される。ここで製法による分類を理解するために、焼結磁石の標準的な製造工程を説明する (図1)。通常は、ストロンチウムまたはバリウムの炭酸塩と酸化鉄を水中で混合後、焼成 (仮焼と呼称) を行い固相反応によりフェライトを合成する。磁界により結晶方位を揃える (磁場配向) 為、焼成体を $1\mu\text{m}$ 以下程度に粉砕する。この粉砕粉をプレスによって湿式または乾式で成形した後、焼結して磁石を得る。磁場配向して成形した磁石を異方性磁石と呼び磁場配向しないものを等方性磁石という。異方性磁石には高性能な湿式成形と形状自由度の高い乾式成形がある。ボンド磁石には形状自由度の高い射出成形品、シート成形に向くゴム磁石がある。

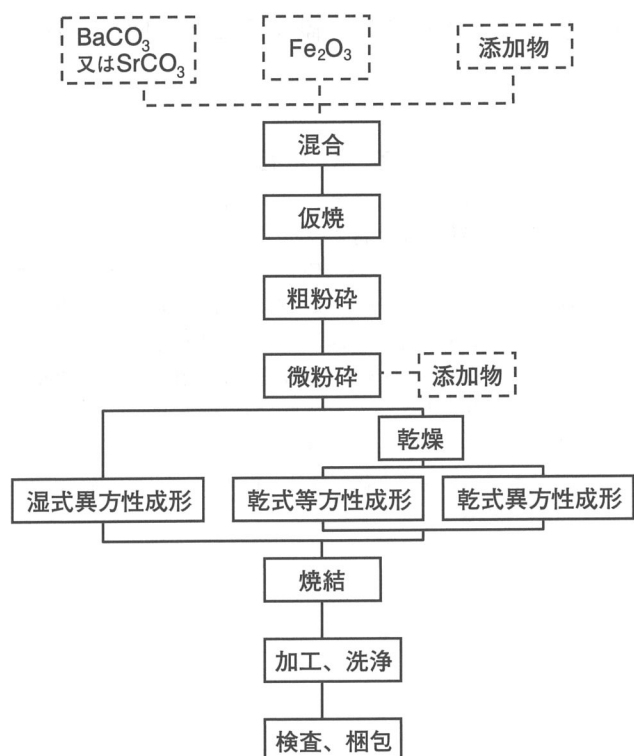


図 1 フェライト磁石の製造工程

フェライト磁石の結晶構造はマグネトプランバイト型 (M型) 構造と呼ばれる (図 2)。この構造は六方晶系で、鉱物のひとつであるマグネトプランバイト ($\text{PbFe}_{7.5}\text{Mn}_{3.5}\text{Al}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_{19}$) について決定されたものであることに因んでいる。他の六方晶系フェライトに誘導体としてW型、X型、Y型、Z型が知られている。M型フェライトは化学式 $\text{MO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ で表されMは $\text{M} = \text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$ で置換できるが、M元素は磁力に大きく影響を及ぼす。磁場配向を可能としているのは、磁化が結晶の六回対称軸 (c軸) の方向に平行になる性質による。異方性磁石では焼成したフェライト化合物を微細な単結晶粒子にして磁界を印加し、結晶の方向を揃えて成形することにより、磁界印加方向に高い磁力を示す。M=Srの方がM=Baより磁化が結晶主軸を向く性質 (異方性磁界HAで表す) が約20%大きい。

◇ フェライト磁石の高性能化と La-Co置換型Srフェライト

1952年、発明当時のBaフェライトは最大磁気エネルギー積 $(\text{BH})_{\text{max}}$ が 6.8kJ/m^3 (0.85MGOe) であったが、その後50年間の研究開発および生産技

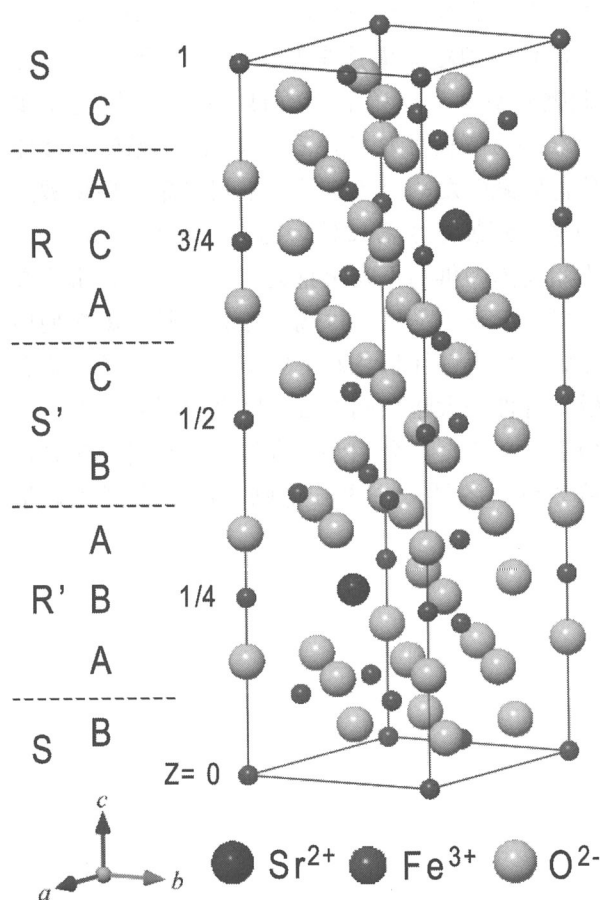


図 2 M型Srフェライトの結晶構造

術の向上により、現在では量産レベルで 40kJ/m^3 (5MGOe) を超え、当初の約6倍まで向上している。最近、発明当初に多く研究されていた組成研究が見直され飽和磁化 (J_s)、HAに着目した研究がなされている。組成研究では磁気を担うFeイオンの他の遷移元素等による一部置換が J_s やHAに及ぼす影響が検討されている。特にLaとCoを複合置換したLa-Co置換Srフェライト磁石は従来のSrフェライト磁石に対して磁気特性が顕著に向上することが報告されている¹⁾。磁気特性向上の主原因は Co^{2+} イオンの導入に由来するHAの大幅な向上が原因とされている。現在、日本国内では工業化されコストパフォーマンスがよいことから生産量が増加している。一方、LaとZnを複合置換した場合は J_s が約4%向上し焼結磁石で初めて $\text{Br} = 460\text{mT}$ を達成したことが報告されている^{2, 3)}。ごく最近では新組成系のフェライト磁石が国内各磁石メーカーから発表され、実用のフェライト磁石としては世界最高の性能を誇る。

さらなる高性能化を目指して、 J_s がM型より約10%高いW型結晶構造を基にした研究⁴⁾や、La-Co置換M型フェライトの改良⁵⁾等、の研究が少ないながら継続されている。Nd-Fe-B系磁石は環境負荷低減のためハイブリッド自動車等環境製品への移行が加速するに伴い需要が増加する一方、希土類元素の供給不安を抱えている。このような観点でフェライト磁石は高価な希土類元素を使用しないため再び注目されている。フェライト磁石の磁気特性の大幅な向上は一時期停滞したが、上記のような新たな発明から今後も新材料の発見が期待され、各種モータ、電動部品の小型化軽量

化、省エネルギー化に貢献することが期待されている。

参考文献

- 1) 緒方安伸、高見 崇、久保田 裕：La-Co置換フェライト磁石の開発、粉体および粉末冶金、50、8、636 (2003)。
- 2) 田口 仁、武石 卓、諏訪建一郎：フェライト磁石の高性能化に関する研究、粉体および粉末冶金、44、1、3 (1997)。
- 3) 田口 仁、武石 卓、諏訪建一郎：高飽和磁化LaZn置換M型フェライト磁石、日本応用磁気学会誌、21、5、901 (1997)。
- 4) 豊田幸夫：粉体および粉末冶金、44、17 (1996)。
- 5) 小林義徳、細川誠一、尾田悦志、豊田幸夫：Ca-La-Co系M型フェライトの組成と磁気特性、粉体および粉末冶金、55、7、541 (2008)。



6. ボンド磁石

(株) ダイドー電子ふるや 開発部 古谷 嵩司

◇ ボンド磁石とは

日ごろ永久磁石に携わっていない方には、ボンド磁石と言われてもなじみが薄いかもしれない。ボンド磁石は、以前はプラスチック磁石とかプラ磁石とか呼ばれていたが、今ではボンド磁石（英語名：Bonded Magnet）は学術用語として広く用いられている。ボンド磁石とは、材料によって異なるが数100 μm から1 μm 程度の磁石粉末を樹脂やゴムを結合剤として結合させ、所定の形状に成形した磁石の総称である。例えば自動車の初心者マークや冷蔵庫のパッキングなどとして目にすることがあるが、モータやセンサなどの工業製品として、自動車を始めOA機器、IT機器などに欠くことのできない材料となっている。

ボンド磁石の種類には、磁石粉末、結合剤として用いられる樹脂やゴムおよび結合剤により決まるとも言える成形方法が種々ある。別項で述べられる希土類磁石、フェライト磁石およびアルニコ磁石など市場にあるほとんどの磁石がボンド磁石としても開発され、量産採用されている。図

1には国内のボンド磁石の生産金額の推移を示す。ここで分類されるフレキシブルタイプとは初心者マークのような可とう性（折り曲げたりできるフレキシブル性）を有するもので、フェライト磁石粉末と結合剤として合成ゴムのようなエラストマーを使用したボンド磁石である。リジッドタイプとはフェライト磁石粉末と熱可塑性樹脂、例えばエチレンエチルアクリレートや樹脂やナイロン樹脂などを結合剤とし、射出成形されたボンド磁石である。希土類ボンド磁石は、サマリウム（Sm）やネオジム（Nd）などの希土類元素を主成分として含んだ希土類磁石粉末（Sm-Co磁石、Nd-Fe-B磁石、Sm-Fe-N磁石）に結合剤を加え成形した磁石である。希土類ボンド磁石の伸びが著しく、2000年以降は日系企業が海外に進出していることも伺える。

◇ ボンド磁石の特徴と製造方法

ボンド磁石の特徴は、色々あるが大きな2つの特徴を挙げるができる。樹脂やゴムとの結合材のため、欠けにくい、割れにくいことから、形

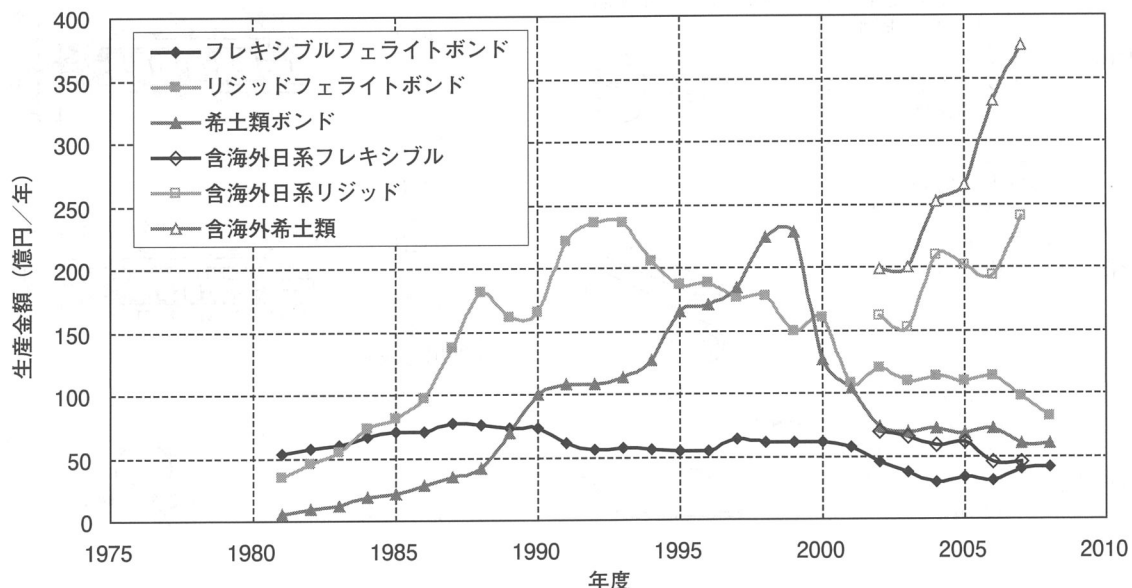


図 1 国内ボンド磁石の生産推移 (出典：日本ボンド磁性材料協会)

形状自由度が大きいことが最大の特徴の1つと言える。形状自由度とは、焼結磁石では難しい肉厚の薄い板やリング製品、突起が出たり、孔が開いたりする複雑形状の成形ができることである。磁性体ではない樹脂（非磁性体）は磁気特性には全く寄与していない。むしろできるだけ少ない方が磁気特性が高くなる。したがってボンド磁石の磁気特性は焼結磁石の磁気特性と比べ低くなる。磁気特性を犠牲にしても形状自由度を優先させた磁石ということが言える。このような特徴を發揮するため、ボンド磁石の製造方法は、磁石粉末と結合剤との混合物を種々の方法で成形される。成形後は樹脂の種類によっては樹脂の硬化処理や塗装など幾つかの工程が入る場合があるが、基本的には機械加工を必要とせず、成形後直ちに製品となり、生産性が極めて優れているのも特徴である。図2には、成形方法として圧縮成形、射出成形、押出し成形および圧延成形法をそれぞれの代表的な使用樹脂、特徴を併せて示してある。2つ目の大きな特徴として製造法の中で、とりわけ射出成形法

においては、2種類の樹脂を同時に成形する2材（2色）成形法やボンド磁石を他部材（金属部材や樹脂部材）と一体物として成形する一体成形法（インサート成形、アウトサート成形とも呼ばれる）も開発され、磁石と他部材とを接着剤なしで一体化することができ、製品の信頼性を大きく向上させることができる。

◇ ボンド磁石の種類と磁気特性

種々のボンド磁石が市場化されており、成形法、磁気特性、特徴等を表1に示す。アルニコボンド磁石は、鑄造磁石として製造されたアルニコ磁石を機械的に粉碎した粉末、または水噴霧法によりアトマイズされた粉末と熱可塑性樹脂との混合物を射出成形によりボンド磁石化されている。温度係数が優れた特徴を有し、過去にブラウン管の電子ビームの補正用コンバージェンスピュリティ用に使用されたが、今は用途が少なくあまり使用されていないのが現状と思われる。

フェライトボンド磁石は熱可塑性樹脂を使用し


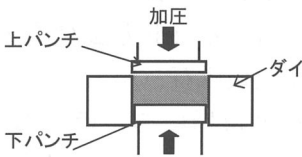

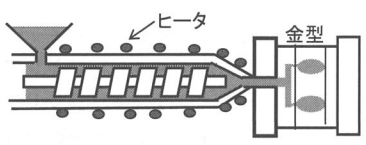
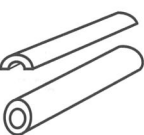
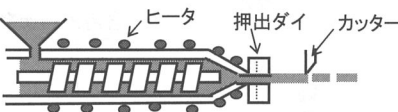
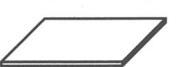
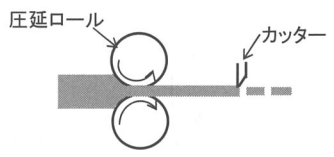
製造法	使用樹脂	特長および製品形状	方法概略	
圧縮成形法	熱硬化性樹脂 エポキシ樹脂	・高密度 ・高磁気特性 	混合 ↓ プレス成形 ↓ 硬化処理	
射出成形法	熱可塑性樹脂 ポリアミド樹脂 (ナイロン樹脂) ポリフェニレンサルファイド樹脂 (PPS樹脂)	・より複雑形状品が成形可 ・一体成形、2材成形 	混合 ↓ 混練 ↓ ペレット化 ↓ 射出成形	
押出し成形法	熱可塑性樹脂 ポリアミド樹脂 エラストマー 合成ゴム	・長尺品 	混合 ↓ 混練 ↓ ペレット化 ↓ 押し出し成形	
シート成形法	エラストマー 合成ゴム アクリロニトリル -ブタジエンゴム (NBR)	・フレキシブル ・薄板状 	混合 ↓ 混練 ↓ ペレット化 ↓ 圧延成形	

図 2 ボンド磁石の製造方法

表 1 ボンド磁石の磁気特性

ボンド磁石の種類	等方性 異方性	成形 方法	代表的な 結合材	磁気特性				密度 (10 ³ kg/m ³)	材質固有の特長
				Br (mT)	HcB (kA/m)	HcJ (kA/m)	(BH)max (kJ/m ³)		
アルニコ ボンド磁石	等方性	射出	PA	20 ~ 120	7 ~ 40	47	0.1 ~ 2.0	2.2 ~ 3.5	・温度係数が小さい ・低保磁力
フェライト ボンド磁石	等方性	射出	EEA、PA	135	92	162	3.0	3.36	・低価格 ・低磁気特性 ・高安定性
	異方性	射出	EEA、PA	280 ~ 300	179 ~ 211	199 ~ 247	15.1 ~ 16.7	3.7 ~ 3.9	
	異方性	圧延	NBR	230 ~ 250	163 ~ 195	282 ~ 338	10.3 ~ 11.9	3.6 ~ 3.7	
Sm-Co ボンド磁石	異方性	射出	PA	630 ~ 700	430 ~ 500	760 ~ 1,000	75 ~ 88	5.5 ~ 5.8	・高磁気特性 ・温度係数が小さい ・高価格
	異方性	圧縮	エポキシ	780 ~ 810	460 ~ 510	720 ~ 950	103 ~ 120	6.0 ~ 7.2	
NdFeB ボンド磁石	等方性	射出	PA	640 ~ 720	398 ~ 462	637 ~ 796	68 ~ 75	5.5 ~ 6.0	・高磁気特性 ・中価格
	等方性	圧縮	エポキシ	720 ~ 770	454 ~ 509	718 ~ 836	88 ~ 99	6.1 ~ 6.4	
	等方性	押出	PA	650 ~ 700	410 ~ 450	640 ~ 800	68 ~ 88	5.8 ~ 6.1	
	等方性	圧延	NBR	570 ~ 670	360 ~ 440	640 ~ 800	57 ~ 70	5.2 ~ 5.8	
	異方性	圧縮	エポキシ	890 ~ 1,010	530 ~ 630	870 ~ 1,070	135 ~ 175	-	
SmFeN ボンド磁石	等方性	射出	PA	570 ~ 630	382 ~ 430	676 ~ 835	59 ~ 67	5.0 ~ 5.5	・高磁気特性 ・中価格 ・高耐食性
	等方性	圧縮	エポキシ	750 ~ 820	450 ~ 520	670 ~ 800	98 ~ 112	5.8 ~ 6.4	
	異方性	射出	PA	760 ~ 810	485 ~ 533	660 ~ 756	107 ~ 115	4.7 ~ 4.9	

注1) PA: ポリアミド (ナイロン)、EEA (エチレンエチルアクリレート)、NBR: ニトリルブタジエンラバー

注2) Br: 残留磁束密度、HcB: 保磁力、HcJ: 真の保磁力、(BH)max: 最大エネルギー積

注3) 各ボンド磁石には、磁石メーカーにより多くの材質が掲載されている。

この表は、比較的高磁気特性の代表的な値を記載してある。

た射出成形法と合成ゴム等のエラストマーとの混合物を圧延法 (カレンダーロール法) により製造される。価格が安いこと、耐食性や温度特性における安定性が優れることが特徴である。等方性では (BH)maxが 4 kJ/m³程度、異方性で16kJ/m³と磁気特性は低いものの、OA機器を始めとして多く使用されている。

一方希土類ボンド磁石は価格は高いものの、磁気特性が優れることから消費電力の低減や小型・軽量化の市場の要請に答える形で発展してきた。Nd-Fe-Bボンド磁石が開発された1980年中ごろまでは、Sm-Coボンド磁石が、その磁気特性がフェライト焼結磁石より数倍高いため、大いにもてはやされた。等方性Nd-Fe-Bボンド磁石が開発されると直ちにその座を明渡し、生産量は激減し、現在は温度係数が優れることから特殊な用途に使用されている。

Nd-Fe-Bボンド磁石は溶湯を超急速凝固させアモルファス (非晶質) のリボン状粉末を作製し、熱処理により約0.03 μmの微結晶を有する粉末にすることにより、等方性ボンド磁石として開発され、異方性Sm-Co磁石に匹敵する磁気特性が得られることから、自動車、IT機器、OA機器などに

小型モータやセンサ等の形で多く使用されている。図1の希土類ボンド磁石の大半はこの等方性Nd-Fe-Bボンド磁石である。

この超急速凝固法によるNd-Fe-B磁石は異方性磁石化が不可能であるが、異方性Nd-Fe-Bボンド磁石としてHDDR法 (Hydrogenation Decomposition Desorption Recombination: 水素化-分解-脱水素-再結合) と呼ばれる水素雰囲気中での熱処理により異方化された粉末を造る技術が開発され、さらに水素中熱処理での水素分圧の制御法を工夫することで高性能な異方性Nd-Fe-Bボンド磁石が製造されている。圧縮成形品では (BH)maxが188kJ/m³得られているが、量産化されているものは少し低い特性のようである。

最も新しく市場に出回ったものにSm-Fe-Nボンド磁石がある。主成分にガス成分である窒素が含まれているため、高温では分解し、焼結法では今のところ製造不可能で、ボンド磁石としてのみ製造されている。最初に開発されたSm-Fe-Nボンド磁石は数 μmの微粉末を磁場中で射出成形した異方性ボンド磁石で (BH)maxが100kJ/m³以上の高特性が得られている。一方等方性Sm-Fe-Nボンド磁石は、超急速凝固法によりSm-Feのリボン状粉

末を製造した後、窒素雰囲気中での熱処理によりSm-Fe-Nの微結晶を有する粉末とし、圧縮成形法および射出成形法で等方性Sm-Fe-Nボンド磁石が製造されている。Nd-Fe-Bボンド磁石と比べ、磁気特性が高いこと、耐食性が優れることなどの特徴を有し、異方性Sm-Fe-Nボンド磁石と共に今後の応用展開が期待される磁石である。

これらの他に、交換スプリング磁石あるいはナノコンジット磁石と呼ばれる高残留磁束密度が期待されるNdFeB系ボンド磁石が開発されている。

これは高残留磁束密度を有する軟質磁性相（例えば α -FeやFe₃B相）と保磁力の高い硬質磁性相（NdFeB相）の2相をナノオーダーの微細組織の構造にすることで、両相の優れている磁気特性が発揮されたボンド磁石となり、大きな期待が寄

せられているが、市場に安定供給されるまでには至っていないようである。

むすび

21世紀に入り、環境問題が世界規模で広がり、ハイブリッド自動車などに見るように環境に配慮した物造りが問われている。エネルギーの消費削減やモータの効率化などに対し高性能磁石の貢献も大きいと言われており、希土類ボンド磁石への期待も益々大きくなっている。反面焼結Nd-Fe-B磁石では、保磁力を高めるため希土類元素のジスプロシウム（Dy）やテルビウム（Tb）を添加するケースが多く、これらの希土類元素の高騰、資源問題に直面し、省Dy、省Tbの開発が活発である。一方希土類ボンド磁石はこれらの元素を含まないため、資源問題は回避できることを言及しておく。



7. 鑄造・圧延磁石

三菱製鋼(株) 技術管理部 福田 方勝

永久磁石材料において「鑄造・圧延磁石」という分類は永久磁石の製造方法による分類ですが、一般的には、アルニコ磁石、鉄・クロム・コバルト磁石とその他の塑性加工法によって製造される磁石材料を指します。

◇ アルニコ磁石

アルニコ磁石は、1933年に三島徳七先生により発明されたMK鋼 (Fe-13Al-25Ni-4Cu) と1934年に本多光太郎先生らにより発明された新KS鋼 (Fe-4Al-18Ni-27Co-7Ti) を基にして多くの研究開発成果により完成された永久磁石です。Fe、Al、Ni、Coを主な構成元素とし、それらの元素の頭文字をとってAlnico磁石と呼ばれています。元々は米国GE社の商品名でした。日本ではMK磁石、NKS磁石などと呼ばれ、外国ではAlNiCoのほか、Alcomax、Ticonalなどと呼ばれていました。アルニコ磁石は、等方性アルニコ磁石、異方性のアルニコ5磁石、アルニコ8磁石の3つに分類されます。アルニコ磁石の分類と代表組成、磁気特性を表1に示します。

アルニコ磁石は高温に加熱して単相状態としたものを空冷あるいは等温熱処理によりNiAl-richマトリクス中にFeCo-rich微粒子を析出させるこ

とにより保磁力を出現させていることから、分散硬化型磁石合金ともよばれます。

大気溶解→シェルモールド鑄造→粗加工→熱処理→仕上加工という工程で製造されます。加工は砥石による研磨加工が中心です。また、粉末焼結法によっても製造が可能です。

1. 等方性アルニコ磁石

等方性アルニコ磁石は0～13%のCoを含有したものと (Alnico-1～4)、30%程度のCoを含有した高保磁力タイプのもの (Alnico-12) があります。等方性であり磁気特性が高くはありませんが、熱処理方法 (溶体化温度からの空冷+時効処理) が容易であるため需要があります。特に、Coを含まないAlnico-3は「アルニ磁石」とよばれ、コストパフォーマンスに優れているため、二輪車のスピードメータ用などに使用されています。

2. アルニコ5磁石

アルニコ5磁石はFe-8Al-14Ni-24Co-3Cuを代表組成とするもので、1942年にGEのJonasにより開発されました。これは等方性のアルニコ磁石の熱処理 (空冷) において、磁場中で熱処理を行うことにより磁気特性が向上することが発見され、Alnico-5として工業化されたものです (異方性)。

さらに、鑄造組織を柱状晶としてその方向に磁

表 1 アルニコ磁石の分類と磁気特性

分類	区分	記号	代表組成 (残部: Fe)					B _r [T]	H _{cb} [kA/m]	(BH) _{max} [kJ/m ³]	
			Al	Ni	Co	Cu	Ti				
等方性	アルニ	Alnico-3	12	26	0	4	—	0.70	40	12	
	アルニコ	Alnico-2	10	19	13	3	—	0.75	45	14	
	高保磁力	Alnico-12	6	18	35	—	8	0.60	80	14	
異方性	アルニコ5	等軸晶	8	14	24	3	—	1.30	51	44	
		半柱状晶	↑	↑	↑	↑	—	1.33	54	52	
		柱状晶	↑	↑	↑	↑	—	1.35	59	60	
	アルニコ8	高保磁力	Alnico-6	8	16	24	3	1	1.10	60	36
		等軸晶	Alnico-8	7	15	35	4	5	0.82	131	42
		柱状晶	Alnico-9	↑	↑	↑	↑	↑	1.06	120	72
	高保磁力	Alnico-8HC	8	14	38	3	8	0.72	152	40	

場を印加して熱処理をすることにより磁気特性が格段に向上します。 castingの際、冷やし金を用いたり、高温鋳型による一方向凝固による柱状晶化が行われます (Alnico-5DG、Alnico-5Col)。Tiを添加して保磁力を高くしたAlnico-6もあります。

アルニコ5磁石は磁束密度が高いこと、温度安定性がよいことから、汎用のスピーカ用の磁気回路や、積算電力量計の制動磁石などに広く使用されています。

3. アルニコ8磁石

アルニコ8磁石はFe-8Al-15Ni-34Co-4Cu-5Tiを代表組成として、1957年にPhilipsのde Vosにより開発されました (Ticonal X)。アルニコ5磁石に対して、保磁力を大きくする目的でTiを添加しCo含有量を高くしています (Alnico-8)。溶体化処理後に800℃程度の温度で磁場中で熱処理する等温磁場処理を行い、その後時効処理を行います。

アルニコ5磁石と同様に鋳造組織を柱状晶化することにより磁気特性が向上します (Alnico-9)。ただし、Tiを含むため柱状晶化が難しいので、溶解・鋳造の際に工夫が必要です。また、CoとTiをさらに増加させて高保磁力としたものもあります (Alnico-8HC)。

Tiを多く含むため残留磁束密度は高くありませんが、保磁力が大きいという特徴があります。コアレスモータなどに用いられていましたが、最近では需要が減少しています。

◇ 鉄・クロム・コバルト磁石

鉄・クロム・コバルト磁石 (Fe-Cr-Co) は、1971年に金子秀夫先生らにより発明された磁石で、その後の多くの研究開発により実用化された永久磁石です。Fe-Cr-Co磁石も分散硬化型磁石合金ですが、スピノーダル分解という熱処理理論に基づいて開発されたものです。アルニコ磁石と同様に、高温で単相としたものを600～650℃で等温熱処理をすることにより、Cr-richマトリクス中にFeCo-rich相が分散して保磁力が得られます。開発当初はアルニコ5磁石と同程度のCo組成である20～25% Coの組成について研究が行われましたが、その後、熱処理を容易にする目的で15% Coの組成での研究が行われ、1970年代後半のCo価格の高騰を契機としてより低Co組成の研究が

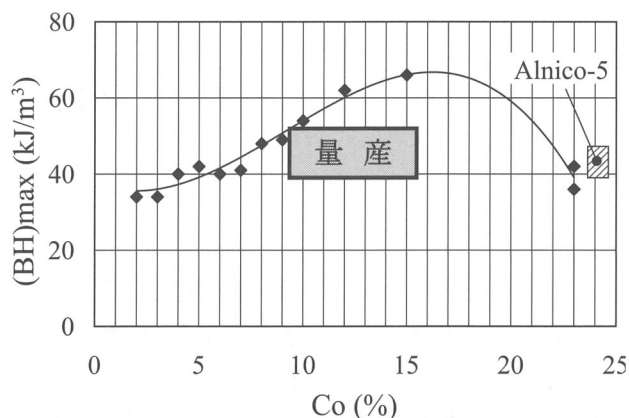


図 1 FeCrCo磁石のCo量と磁気特性の関係 (実験室と量産レベル)

行われました。Co量と磁気特性の関係を図1に示します。実験室的には2% Coの組成においても保磁力が得られることが確認されていますが、時効処理の時間が長時間となるため工業的には10～15% Co程度の組成で製造されています。また、保磁力を大きくするためにMoを添加したり、溶体化処理を容易にするためにVやAlを添加したり、さらに、不純物であるCやNを固定するためにTiを添加する工夫が行われています。

Fe-Cr-Co磁石は、アルニコ磁石と同じ鋳造法によって製造されるだけでなく塑性加工法によっても製造されます。Co含有量がアルニコ5磁石の1/2程度であるのでコストパフォーマンスがよく、鋳造磁石では汎用のスピーカやステッピングモータなどに広く用いられています。また、圧延磁石として薄板や細棒に加工できるため、その形状を生かした用途に用いられています、特に、ヒステリシス特性を生かした用途 (カップリング、トルクリミッタなど) に広く用いられています。

◇ その他の圧延磁石

代表的な圧延磁石の磁気特性を表2に示します。

1. バイカロイ

バイカロイ (Fe-Co-V) は1940年にNesbittらによって開発された磁石合金で、基本組成はFe-(50～54)Co-(8～14)Vです。冷間加工が可能であるというメリットを生かし、薄板、細線などの形状で使用されます。等方性のVicalloy-1と冷間加工によって異方性としたVicalloy-2があります。ま

表 2 代表的な圧延磁石の磁気特性

種類	代表組成	区分	Br [T]	H _{cb} [kA/m]	(BH) _{max} [kJ/m ³]	特徴
Fe-Cr-Co	Fe-28Cr-10Co	等方性	1.00	28	18	ヒステリシス特性
		異方性	1.30	48	44	塑性加工性
Vicalloy-1	38Fe-52Co-10V	等方性	0.90	24	8	ヒステリシス特性
Vicalloy-2	34-Fe-52Co-14V	異方性	0.98	35	22	塑性加工性
Cr-Vicalloy	36Fe-52Co-8V-4Cr	異方性	1.17	30	25	塑性加工性
Cunife-1	60Cu-20Ni-20Fe	異方性	0.58	47	15	最終状態でも圧延加工可能
Cunife-2	50Cu-20Ni-27.5Fe-2.5Co	異方性	0.73	21	6	
Mn-Al-C	66Mn-33Al-1C	異方性	0.54	200	46	機械強度大

た、Vの一部をCrで置換したクロム・バイカロイも製造されていました。

永久磁石としてだけでなくヒステリシス材料として広く用いられていましたが、Co含有量が高く原材料費が高くなるため、最近ではFe-Cr-Co磁石に置き換えられる例が増えています。

2. キュニフェ

キュニフェ (Cu-Ni-Fe) は1937年にNeumannらによって開発された磁石合金で、基本組成はCu-20Ni-20Fe (Cunife-1) です。韌性に富み冷間加工が可能である利点を生かし、薄板、細線などの形状で使用されます。Cu-Ni-Fe合金は高温では単相ですが、これを650～600℃で時効するとNiFe-rich相とCu-rich相に二相分離します。異方性を付与するために二相分離後に強い冷間加工を施し、NiFe-rich相を加工方向に引き伸ばしその後時効する方法が行われます。スエージング加工がもっとも有効です。若干のCoを添加して磁化を増加させたものがCunife-2です。

3. マンガン・アルミ・炭素磁石

マンガン・アルミ・炭素磁石 (Mn-Al-C) は1975年に小嶋らによって開発されたもので、Mn-Al二元系に存在する強磁性金属間化合物τ相をCにより安定化することにより、磁気特性と機械特性の改善が行われたものです。塑性加工によって

棒状の軸方向に異方性が付与されます。

当初は鑄造材を塑性加工していましたが、ガスアトマイズ法による粉末の熱間押出法による製造方法（粉末→キャニング→熱間押出→加工）が確立されました。700℃の温度で塑性加工することにより異方性が付与されます。この磁石は強磁性元素を含まない材料で、密度も鉄の約70%と軽く、さらに、機械強度が高い、機械加工が容易といった特徴があります。耐候性も良好です。これらの特徴を生かして、高速回転用モータ、薄型磁石、エンコーダ用長尺磁石などに使用されています。

むすび

鑄造・圧延磁石の生産量の世界シェアは現在では約1%程度ですが、希土類磁石やフェライト磁石にはない優れた特徴を生かした用途に使用されています。アルニコ磁石やFe-Cr-Co磁石は、磁気特性が非常に安定しているという他の磁石材料にはない特徴を持っています。さらに、圧延磁石としてのFe-Cr-Co磁石はヒステリシス材としても優れた特性を持っています。また、Mn-Al-C磁石は機械強度が大きいという特徴を持っています。これらの磁石は、磁気特性では希土類磁石には及ばないものの、それぞれの特徴を生かした用途に使用されています。

Ⅲ. 磁性材料の応用

1. 自動車への応用

トヨタ自動車株式会社
HV材料技術部 近田 滋

◇ CO₂の現状

ガソリン車が登場して120余年が経過し、2002年には8億台を超える自動車が世界中に普及するに至っている。世界各地において自動車の保有台数の増加が予想され、昨今の経済状態は厳しいものの、2020年には12億台になると期待されている¹⁾。

このような状況において自動車を取り巻く環境問題、例えばCO₂による地球温暖化の議論が活発に繰り広げられ、産業革命以降CO₂濃度が急激に増加しているデータも公表されている²⁾。

これらが地球温暖化現象の原因の一つと考えられ、京都議定書批准により大幅なCO₂削減が求められている。同時に世界各地域においても様々なCO₂削減への動きが強化されている。

図1では、自動車から排出されるCO₂の総量を、製造時、走行時などの場合分けし比較を行っている³⁾。

日本における平均的自動車走行として2000ccの車が総距離9.4万km走行したと仮定すると、CO₂は約26t排出され、その86%が走行時に発生する。因みに、人間の一生涯から排出されるCO₂は約30t

と言われており、自動車は、その走行時に排出されるCO₂の排出量を極限まで減らさなくてはならない。

◇ ハイブリッド車

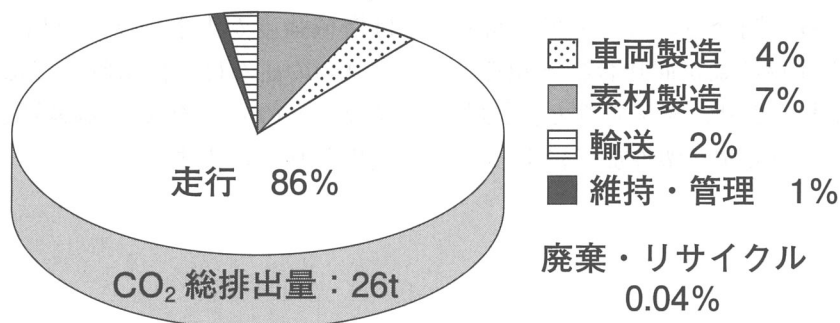
これまで述べてきた車を取巻く課題に対する一つの方向として、ハイブリッド車について述べる。

最近の英和辞典や英英辞典などで 'hybrid' を見ると、交配種・雑種・混成物といった従来の表記に加え、ハイブリッドカー《ガソリンエンジンと電気モーターを併用する自動車》と記述されるほど、浸透した言葉になっている。

1997年に、最初の量産ベースのハイブリッド車として 'プリウス' をお客様にご提供を開始して以来、2005年には累計50万台、2007年には累計販売台数100万台を突破するに至っている。

更に09年5月に発売された第3世代のプリウスも高く評価頂き、昨今の原油高騰、ガソリン価格の急騰もあろうが、お客様の、環境・エネルギーに対する関心の深さを改めて感じる次第である。

ここではハイブリッド車において、燃費が向上する仕組みを述べる⁵⁾。車両が停止している時やエンジン効率の悪い動作点では、エンジンを積



日本の平均的乗用車(2000cc)走行9.4万km

図 1 自動車のCO₂排出量

極的に停止し無駄な燃料消費を回避する。走行中は、エンジンが最高効率になるように制御し、走行必要エネルギーがエンジン出力を上回る時は不足エネルギーを電池から供給し電池充電量不足時には余剰エネルギーを電池に蓄える。制動時は駆動用モーターを発電機として利用し、減速時の運動エネルギーを電気エネルギーに変換し電池に蓄える。このエネルギーは発進時や加速時のモーター駆動力に使用される。

これら一連の作用によりエンジン効率の良い運転域を選択利用するため、燃費が向上するわけである。

ハイブリッド車特有のコンポーネントは電池、インバータ、モーターである。

従来のガソリン車の部品に加え、これらの新しい専用部品を限られたスペースに搭載し、かつお客様に適切な価格でご提供するためにも、これまで以上の小型化・軽量化・低コスト化等が技術開発において極めて重要である。

◇ モーターにおける磁性材料

ここでは、モーターを中心に、磁性材料について述べる。

トランスミッションにおける市街地走行時と高速道路走行時の動作頻度を、横軸をモーター回転数(速度)、縦軸をトルクで表すと、市街地走行では低トルク低回転、高速道路走行では、低トルク高回転での動作頻度が高い事が特徴である。すなわち、実際の走行における車両燃費向上の為には、これら低トルクの軽負荷領域でモーターを高速回転させた場合の損失が重要である。

1. 電磁鋼板

モーターの主な損失は、①コアを形成する電磁鋼板の鉄損、②電流により巻線から発生する銅損、

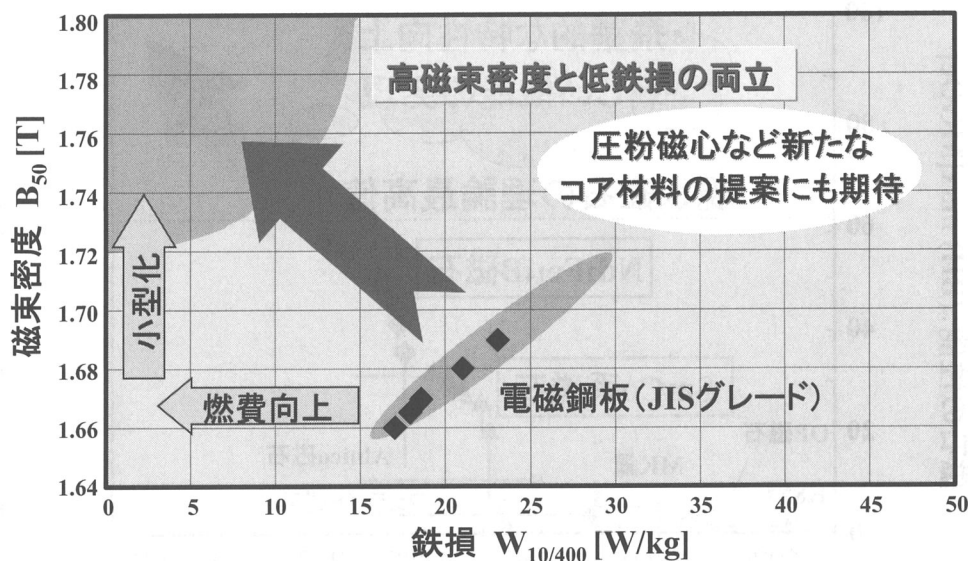


図 2 モーターコア用材料への期待

③ロータに搭載された磁石に発生する渦電流損失などがある。

モーターコアにおける損失は、低回転(低周波数)駆動域では、電磁鋼板の鉄損<巻線の銅損、高回転(高周波数)駆動域では、この関係が逆転し、電磁鋼板の鉄損>巻線の銅損となる。

先に述べたような実際の走行モードでは、低負荷で、低回転から高回転までの損失低減が必要である。

銅損に関しては、巻線の銅の改質などの技術開発が考えられるが、高効率で電流を流したいため、現状では、鉄損低減技術開発に主眼が置かれている⁵⁾。更に軽量化、低コスト化を狙ったモーター小型化に伴い、現状モーターと同等の出力を得る為、高速回転化が必要となる。

すなわち、モーター小型化→高回転化→鉄損増加と繋がる為、重ねて更なる電磁鋼板の鉄損低減技術が極めて重要になるわけである。

そのため、先の章で述べられているように、各鉄鋼メーカーにおいて、様々な鉄損低減のためのアイデア創出と材料開発が進められている。例えば薄板化は大きな効果が期待されるが、鋼板製造コスト、コアの打ち抜き性、コア積層時のハンドリング性などの課題を解決しなければならない。

このような背景から、求められるモーターコア材料性能の一例として示したのが、図2である。

市場のJISグレード電磁鋼板に対して、燃費向

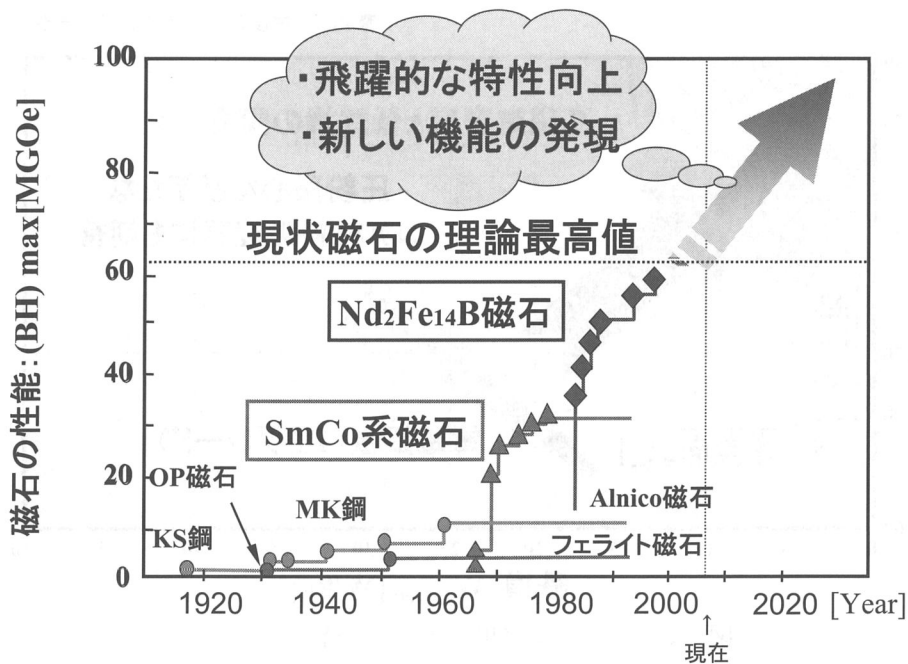


図 3 高エネルギー積・高耐熱磁石への期待

上、モーター小型化のため、更なる低鉄損化とともに、高磁束密度材料が必要とされる。

設計的観点において、現在のような電磁鋼板積層によるコア構造では、2次元磁気回路設計に止まり、磁気回路設計に新しい発想を持ち込むために、圧粉磁心のような3次元磁気回路設計の可能性を持ったコア材料への期待も大きい。

2. 磁石

初代プリウスより、トヨタでは、小型化、軽量化、効率、信頼性、コストなど多面的な評価開発から、永久磁石埋め込み型モーターを採用している。

1982年、佐川らによって発明された、記録的な最大エネルギー積を持つNd-Fe-B焼結磁石³⁾、いわゆるネオジウム磁石は、ハイブリッド車駆動モーターの要求を満たすものである。ネオジウム磁石無くして、今日のプリウスは実現しなかったと言っても過言ではないであろう。

その後も、磁石メーカー各社の技術開発により、高性能ネオジウム磁石は、ハイブリッド車駆動モーターの性能を向上させてきた。

ハイブリッド車の更なる普及を目指し、モーター小型化のために、今以上の高エネルギー積と高耐熱性を具備した磁石開発への期待が高まっている(図3)。また、近年は希土類元素使用量を低減する技術開発も行われている。

ネオジウム磁石の耐熱性を向上させるため、希土

類の一つであるDy(ディスプロシウム)が添加される。これまでは、Nd-Fe-B-Dy合金として原料磁粉を焼結していたが、近年の研究から、Dyを主相ではなく粒界相に選択的に添加する事で、磁束密度を低下させる事なく保磁力を向上させる事がわかってきた。

そのため、各磁石メーカーでは、「Dy粒界拡散技術開発」が進んでいる。NeFeBを焼結した後、その粒界にDyを拡散させるものである。この技術開発の確立で少量のDy添加で必

要な保磁力を得る事が期待される。

ハイブリッド車駆動モーターでの採用によりネオジウム磁石に関する原理的な研究である保磁力が発現するメカニズムや、更なる磁気特性を向上させる研究が成され、近年、学会等でも活況を呈しており、磁性材料への期待はますます高まっている。

むすび

ハイブリッド車駆動用モーターのみならず、自動車では様々な小型モーター、アクチュエータが搭載され、その数は車両1台当たり150個を超えるものもある。

自動車開発の役割である、安全・楽しみ・快適性も忘れてはならない。

環境問題と同時に、自動車を運転する楽しみを実現していく為、磁性材料の更なる性能向上が期待される。

参考文献

- 1) Handbook of Automotive Industry 2001.
- 2) IPCC95年度報告書.
- 3) 栗原 康著「有限生態学」岩波新書.
- 4) 神谷宗宏 論文「HV駆動用モーターの高出力 密度化に関する研究」2008.
- 5) 佐川ら 図書「永久磁石」アグネ技術センター.

2. 産業・家電機器への応用 ～新材料のモータへの適用～

㈱日立産機システム 研究開発センター もり なが しげ き
森 永 茂 樹

◇ 産業・家電用モータを取巻く状況

産業・家電用モータに対する要求も、他の応用機器と同じように、高信頼性をもとに、高効率化、小型・軽量化、低振動・低騒音化、低コスト化が大部分を占める。これらの要求を大幅に改善しようとする場合には、設計技術の向上とともに磁石材料の進歩や生産技術によって、用途ごとにモータの高効率化、小型・軽量化が行われてきた。それらの手法では限界がある。そこで、材料や構造までを考慮したモータ開発が重要となる。

材料では、図1の磁気特性に示すように、電磁機器用軟磁性材料としての圧粉磁心とアモルファス金属などが開発されている。その圧粉磁心は電磁鋼板に比べて絶縁皮膜に覆われた微細な鉄粉であるため渦電流損が低減できること、三次元構造

が可能ことにより、この材料を適用したモータが一部の分野では実用化され、さらに幅広い分野で検討されている。また、変圧器などで適用され、実用化されているアモルファス金属は電磁鋼板に比べて透磁率が高く、鉄損極めて小さいことからモータの効率向上に大きく寄与することが期待できる。

この2つの軟磁性材料、圧粉磁心とアモルファス金属をモータに応用した場合の高効率、小型・軽量について紹介する。

◇ モータの構造と問題点

モータの発生損失には、大きく分けて銅損（誘導モータでは、一次銅損と二次銅損）、鉄損、機械損および漂遊負荷損がある。これらの損失において、大きい損失は、銅損と鉄損であり、この2つの損失を小さくすることがモータの高効率化を実現できる。

まず、銅損に関しては、電磁鋼板を用いたモータにおいて、鉄心は電磁鋼板を積層した二次元形状であり、コイルを巻いた時に鉄心の両端部のコイルはトルクに寄与しなく、銅損となることに着目した。コイルの高密度化と軸方向端部を無くすることにより、銅損を低減できる。このことは、モータの構造を再検討する余地がある。

また鉄損に関しては、圧粉磁心は、鉄損の一つである渦電流損が小さいこと、アモルファス金属は、鉄損が一桁小さいことを利用する。

◇ 圧粉磁心を適用したモータ

圧粉磁心は、先に述べたように、絶縁皮膜で覆われた鉄粉を圧縮成形して得られる構造であるため、各鉄粉間の絶縁が保たれ渦電流損が低減できること、三次元構造が可能なことなどが特徴である。その反面、成形密度を高くしなければ透磁

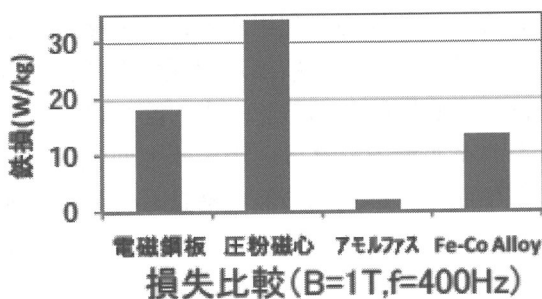
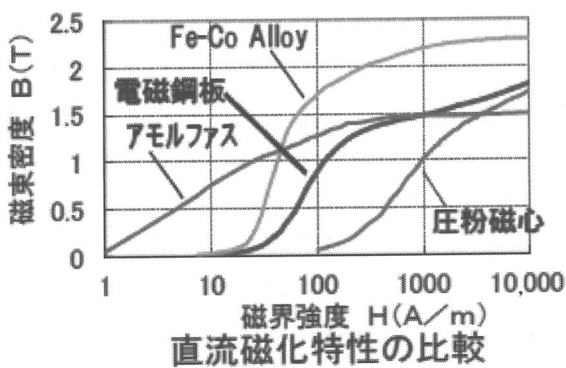


図 1 各種材料の磁気特性

率、飽和磁束密度とも低い特性しか得られないために、圧縮成形時に高い圧力を加える必要があることや、その成形体は機械的強度が低く、取扱いが難しいなどの課題がある。

モータ構造の検討にあたっては、圧粉磁心の三次元等方性の磁気特性を活かす爪形磁極構造モータ（クローティースモータ：日立製作所意匠登録）を提案した。この構造は前述のコイルの高密度化と軸方向端部を無くすことができ、従来のスロット構造モータに比べて、小型化や高効率化など高性能化を図る可能性がある。このモータ構造は、材料と構造がこれまでの概念と異なる新しいモータ構造である。

図2に三相クローティースモータの一相分の構成を示す。一相分の固定子コアは、三次元構造である爪形形状のクローティースコアとし、円環状に巻かれた高密度コイルを二つのクローティースコアを挟むことで構成する。また、回転子は、周方向にNS極を有する多極磁石構造となっている。各相の固定子コアは軸方向に独立して配置されるため、回転子の磁極ピッチと同じになるように、三相分のクローティースコアを積重ねて構成する。

圧粉磁心の磁気特性は、成形体の密度によって変化するため、その密度が高いほど透磁率が大きくモータにとって有利となる。モータの高効率化、小型・軽量化を実現するためには、密度 $7.5\text{Mg}/\text{m}^3$ 以上とする必要がある。今回のクロー

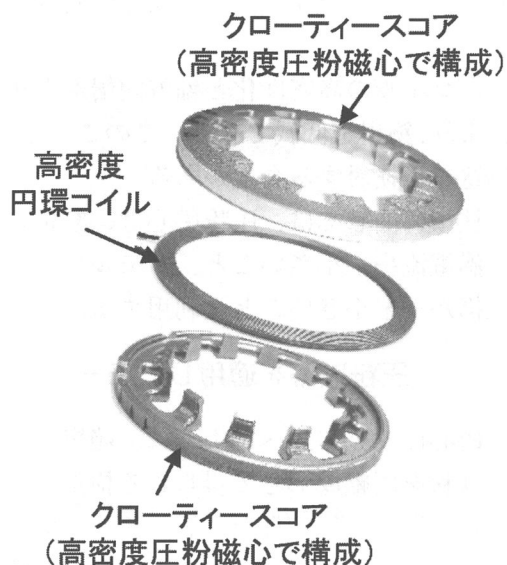


図 2 一相分の固定子コア

ティース構造では、爪先端部など加圧方向に小さな断面積を有する部分が複数個所あり、プレス金型のパンチの加圧面積が小さいため、必要な圧力をかけた場合、金型が破損するなどの問題が生じる恐れがある。この問題は、成形時に金型に生じる応力を小さくできるクローティースコア形状をモータ特性とのバランスを取ることで解決した。

以上、200Wのクローティースモータを試作した結果、従来のスロット構造モータと比較し、モータの軸長を約1/2に小型化し、また、同等以上のモータ効率を実現した。

◇ アモルファス金属を適用したモータ

図1に示すように、アモルファス金属の飽和磁束密度は低く、しかし、その透磁率は高く、鉄損は電磁鋼板と比較して一桁以上低い特性であり、アモルファス金属を鉄心部に採用することは、鉄損を大幅に低減でき、高効率化に寄与できると考えられる。銅損低減は、巻線の高占積率化などにより可能である。しかし、アモルファス金属は一般的にモータに利用されている電磁鋼板に比べて、厚みが1/10以下と薄く、そのうえ数倍硬い材料であるため複雑な形状のモータ用鉄心に加工することが困難であり、その適用は進展していない。

このアモルファス金属をモータ用鉄心に適用するためには、アモルファス金属の欠点を克服する構造とする必要がある。それは容易に加工できる形状の鉄心とすることである。そこで、モータの構造は、実績があるアモルファス変圧器と同様にアモルファス金属をプレスなどの加工を施すことなく利用できる巻き鉄心をモータ用鉄心として利用できるモータ構造を検討した。

従来のスロット構造モータは、固定子鉄心にラジアル方向磁束を有する回転子の組合せで構成されている。巻き鉄心を利用するには磁極部と継鉄部との接続や、磁極先端部が円弧であり、巻き鉄心では実現が困難である。一方、図3に示すようなアキシヤル型モータは、固定子と回転子との対抗面が平面で、継鉄部の無い構造も容易に構成できるため、アモルファス金属の巻き鉄心の積層方向磁束のみを利用する固定子を実現可能である。

その結果、図3のようなモータ構造となり、巻

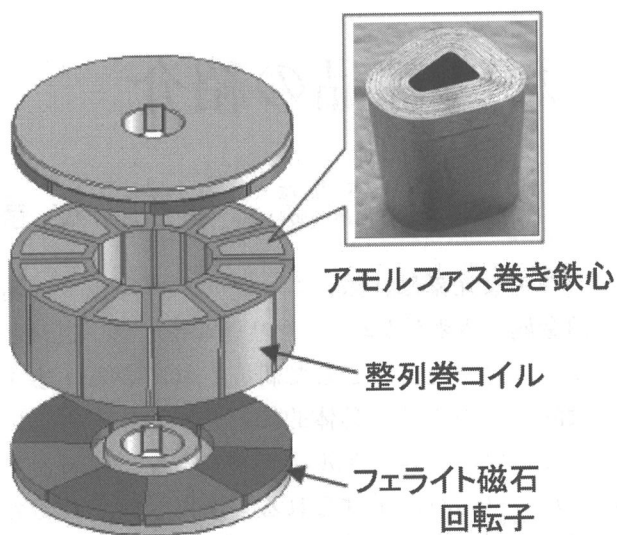


図 3 アキシャル型モータ (アモルファス金属適用)

き鉄心を使用するには、継鉄部が無い構造とし、両面に永久磁石を有する回転子が配置される構造を採用した。ここで、採用した永久磁石は希土類磁石ではなく、焼結のフェライト磁石を用いた。

このモータ構造で性能に大きく影響するのは巻き鉄心の製作である。アキシャル型モータに適した巻き鉄心とするために、巻き始めの空間、巻取りR、コイル空間などを考慮して、巻き鉄心の形状を決定した。その結果、コイルは整列巻が可能となった。使用したアモルファス金属は厚さ $25\mu\text{m}$ の箔体で所定の寸法にスリット加工されたものである。アモルファス金属の占積率が低下す

ることで磁気特性を悪くするために、極力箔間の隙間が小さくなるように巻取りを行った。

整列に巻いたコイルを挿入した巻き鉄心を周方向に配置して樹脂モールドすることにより、固定子が構成できる。回転子は、鉄製のヨークに軸方向に平行に着磁された永久磁石を固定する構造である。

以上、200Wのアモルファス巻き鉄心応用アキシャル型モータを試作した結果、従来のモータと比較して、体格、効率、同程度以上の性能を得た。

むすび

以上、今後、産業・家電機器用モータに用途に対応して、新しい軟磁性材料が用いられる時代がやってくると思われる。それに対応するためには、材料メーカーとモータメーカーの連携が重要である。大いに期待したい。

代表的な参考文献

- 1) 榎本裕治、床井博洋、小林金也、天野寿人、石原千生、安部恵輔：高密度圧粉磁心を適用したクローテースモータの開発：電気学会論文誌D：Vol.129、No.10 pp1004-1010 (2009).
- 2) Zhuonan Wang, Yuji Enomoto, Motoya Ito, Ryoso Masaki, Shigeki Morinaga, Hiromitsu Itabashi, Sigeho Tanigawa：New permanent magnet synchronous motors with amorphous rolled cores：19th Soft Magnetic Materials Conference, A2-08 (2009).

3. 磁性材料を使用したIT部品の紹介

日本電産(株) はじょうた きみ ひこ
SPM事業戦略室 羽上田 公彦

まえがき

磁性材料のIT分野での応用例としては、磁気記録媒体と直流モータがまず思い浮かんでくるが、メカトロニクス分野でも磁石や電磁鋼板は直流モータや磁気センサー等で幅広く活用されている。磁性材料の応用例として、私達の身の回りに多くの応用製品があるが、このうちIT分野に関するもので、本稿では特に機器として大量に生産されているものに注目した事例を紹介する。

◇ 電磁鋼板とは

鉄やコバルト、ニッケルなど磁力線を通しやすい物質、いわゆる強磁性体のなかで、コスト面で有利な鉄にケイ素を加えること、結晶方位の揃い方や磁区の幅をコントロールするなど、手を加えることで磁気的な性質を改良したのが電磁鋼板である。IT関係の小型モータでは特に軽薄短小と省電力ニーズが強く、ノートPC（パソコン）や携帯機器に使用されるハードディスクドライブ（以下HDDと略す）などは電力消費を極小にすべく薄形の電磁鋼板が多く使用されている。

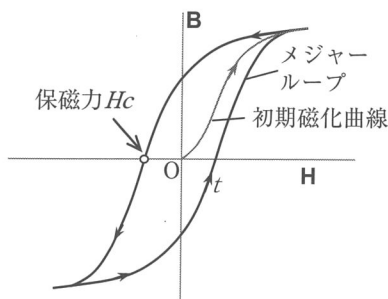
◇ 磁石（マグネット）とは

磁石のヒステリシス特性を図1に示すが、磁性

を持つ主な元素は、鉄、ニッケル、コバルト、希土類金属（ネオジウム、サマリウム等）で、磁石としては合金や化合物として組成されている。まず一般的なものだけを具体的に紹介すると、古くはアルミニウム、ニッケル、コバルトを主原料とするアルニコ磁石が挙げられる。次に挙げられるのは酸化鉄（ Fe_2O_3 ）を主原料としたフェライト磁石であり、コストパフォーマンスの面からIT機器の冷却用のFANを始め多くのモータに使われている。近年、実用化が急速に進んできたのがネオジウムやサマリウムを使用した希土類磁石であり、現在製品化されている磁石の中で最高特性を示す。それゆえ利用されている応用製品分野も急速に拡大しており、HDD用をはじめ多くのモータで使用されている。

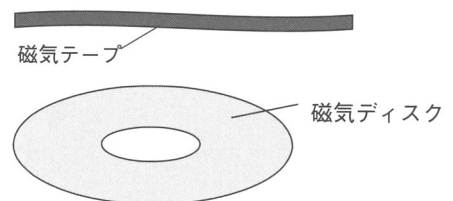
◇ 磁性材料の応用製品概要

磁性材料が使用されている主なITユニット機器及び部品を表1に示す。コンピュータやサーバ、デスクトップPCやノートPCの周辺機器として、HDDや磁気テープ装置等の外部記憶装置、プリンタ、プロッター、プロジェクタ、スキャナ、デジタルビデオカメラ等の入出力機器、さらには、Web電話会議機器、個人向携帯情報機器PDA（電子辞書や携帯電話など）の携帯端末までITの関連



基本的に磁束密度 B と磁界 H のヒステリシスの関係は非線形である。起点 O は無磁化状態を示す。磁界 H 印加時には初期磁化曲線 (initial curve) をたどるが、飽和した状態から磁界を減少させていき、元の状態 (ゼロ) に戻しても initial curve を通らずメジャー・ループ (major loop) を通り O には戻らない。これをヒステリシス曲線という。

図 1 磁石のヒステリシス特性



ヒステリシス特性はモータやデータの記録に活用されている。磁束密度 B と磁界 H のヒステリシスの関係は非線形動作であり、これが DC モータの回転トルクを生み出したり、IT 機器のデータ記録に用いられる。

表 1 磁性材料の使われている主なITユニット機器&部品

ITユニット機器	構成部品	磁性材料の種類
HDD	ディスク	記録磁性体
	スピンドルモータ (SPM)	ロータ磁石 (等方性ネオジボンド)
		ステータコア (電磁鋼板)
		スラストヨーク (電磁鋼板他)
		磁気シールド板 (電磁鋼板他)
	ボイスコイルモータ (VCM)	VCMマグネット (焼結NdFeB)
R/Wヘッド	薄膜磁性材料	
冷却FAN (汎用)	DC駆動モータ	ロータマグネット (フェライト系ラバー)
		ステータコア (電磁鋼板)
ブレードサーバー用冷却FAN	DC駆動モータ	ロータマグネット (等方性ネオジボンド)
		ステータコア (等方性電磁鋼板)
FDD	ディスク	記録磁性体
	スピンドルモータ (SPM)	ロータマグネット (フェライト、等方性ネオジボンド)
		ステータコア (電磁鋼板)
	ステッピングモータ	ロータマグネット (フェライト、等方性ネオジボンド)
ステータコア (電磁鋼板)		
CD/DVD/BD	スピンドルモータ (SPM)	ロータマグネット (等方性ネオジボンド)
		ステータコア (電磁鋼板)
	ステッピングモータ	ロータマグネット (フェライト、等方性ネオジボンド)
		ステータコア (電磁鋼板)
テープドライブ	光ピックアップ	焼結NdFeB系磁石
	磁気テープ	記録磁性体
	駆動モータ	ロータ磁石 (等方性ネオジボンド)
プリンター	DC駆動モータ	ステータコア (電磁鋼板)
		ロータ磁石 (等方性ネオジボンド、フェライト系ゴム)
		FG磁石 (フェライト系ラバー、フェライト系プラ)
	ポリゴンスキャナモータ	ステータコア (電磁鋼板)
		ロータ磁石 (等方性ネオジボンド)
携帯端末	振動モータ	ロータ磁石 (等方性ネオジボンド)
		ロータマグネット (希土類マグネット)
電源ユニット	トランス、ノイズフィルター	コア (電磁鋼板)、ソフトフェライト

システム機器が発展してきている。現在の代表格はHDDを内蔵したPCであり、最近ではデスクトップ型からノートブック型に拡大し、さらに個人向きにネットメール等に主眼を置いた小型のネットブック型も普及してきている。

磁性材料応用製品のユニット機構部品ではモータや電源用トランス (変圧器) があるが、その中の主な磁性材料として、電磁鋼板と永久磁石 (以下マグネットと称す) がある。

◇ ハードディスクドライブ (HDD)

図2にHDDの外観と構造及びスピンドルモータ (以下SPMと略す) 構造図とボイスコイルモータ (以下VCMと略す) の外観を示す。HDDで、ディスクを回転させるSPMを中心に最も多く使用さ

れている磁石がネオジウムボンド磁石である。この磁石は、焼結磁石と比べて成型後の寸法精度が良くフェライト磁石と比べて高特性であるため、小型モータの駆動用磁石として多方面で使用されている。

モータの回転原理上で重要な部品は、動力の発生源となるステータとロータである。ステータは、電磁鋼板をプレス抜きした鉄心を何枚か積層、表面を絶縁皮膜で被ったコアに、表面を絶縁処理した銅線 (マグネットワイヤ) を巻いてある。この銅線の一部または全体を巻線と呼ぶ。巻線は電流を流すことにより磁束を発生し、この磁束のほとんどは強磁性体であるコアの内部を通過する。このコアと巻線組立品は、モータの固定される側の部品のためステータと呼ばれる。

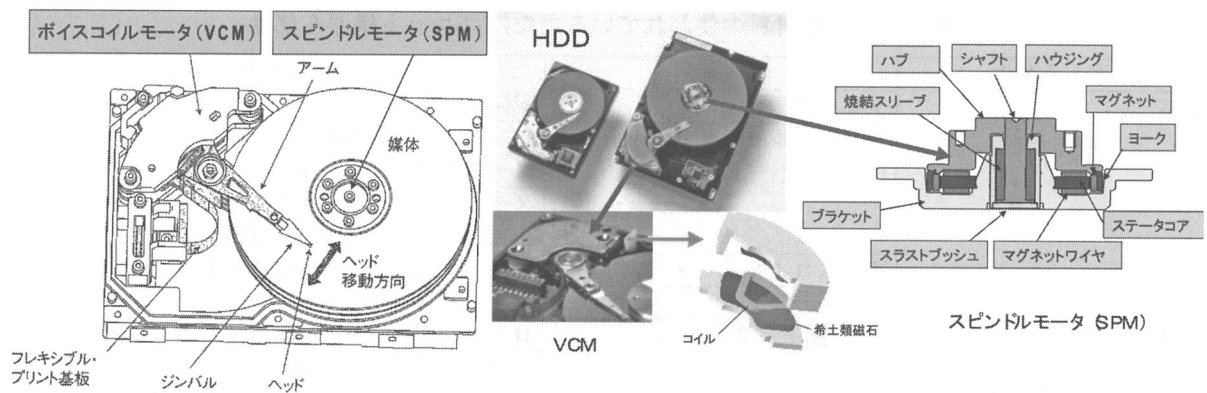


図 2 HDDのSPMとVCM

ロータは、マグネットとマグネットから発する磁束の通り道（磁路）を形成する磁性体であるバックアイアン（ヨーク）、HDD組み立て工程にて磁気ディスクを固定するハブからなり、ステータに対して焼結スリーブタイプの流体動圧ベアリングを介して回転する側の部品となるためロータという。簡単に言うと、巻線に電流を流して発生した磁束とマグネットから発している磁束との吸引、反発力によりロータが回転する。

HDDの磁気ヘッド駆動用VCMにはネオジウム焼結磁石が使用されている。

磁気記録方式は、従来の水平記録方式から垂直磁気記録方式へと進化し高密度化が進んでいる。それに伴い、機構部品の高精度化やより高度な無塵化ニーズが高まってきており、ますます厳しいクリーン度レベルが要求されてきている。

◇ 光ディスクドライブ (CD-ROM、DVD、BD)

光ディスクドライブの一つであるCD-ROM用モータにはさまざまなタイプがあり、回転速度を変化させるため駆動は当初ホール素子を用いる方式が多かったが、駆動用ICの進歩でセンサレス式に変わってきている。モータ駆動用磁石としては等方性ネオジウムボンド磁石が使われており、クラ

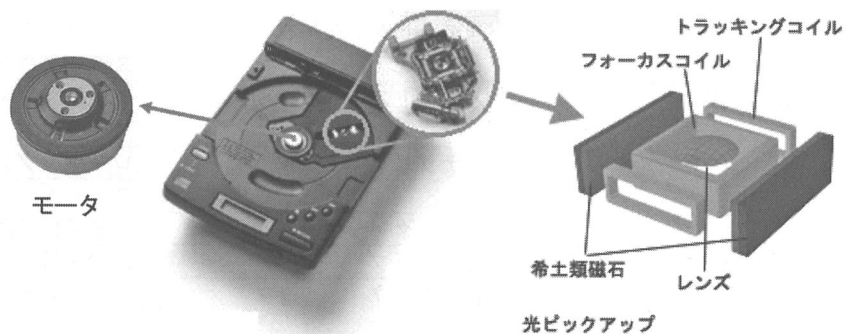
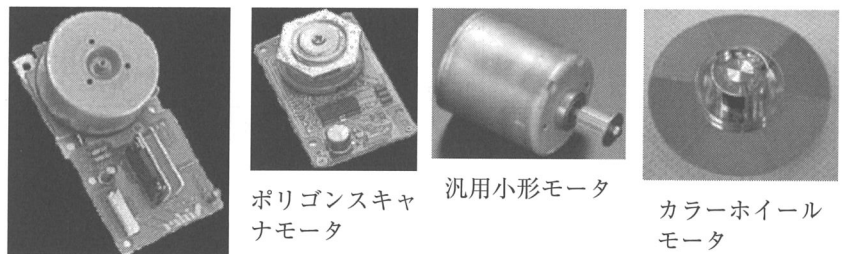


図 3 光ディスクドライブのモータとピックアップ



コピー印刷機用主駆動モータ

ポリゴン同期モータ

汎用小形モータ

カラーホイールモータ

図 4 DC駆動モータの例

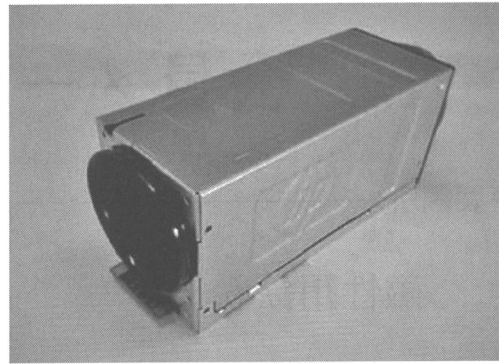
ンプマグネットや光ディスクドライブ (CD-ROM、DVD、BD) のOPU (光ピックアップ/レンズ可動用 図3参照) にネオジウム焼結磁石が使用されている。ネオジウム焼結磁石は世界最強の磁石として、幅広い分野で活躍している。

◇ DC駆動モータ (トルクモータ)

DC駆動モータの事例を図4に示すが、プリンタ印字機構部のメインモータとして使用されるDC駆動モータ等、サイズは用途に応じて大きさまである。ロータマグネットとしては等方性ネ



各種軸流FANとシロッコFAN (右下角)



ブレードサーバ冷却FAN

図 5 冷却用FANモータ

オジボンド磁石やフェライト系ゴム磁石が主に使用され、FG用マグネットとしてはフェライト系ゴム磁石やフェライト系プラスチック磁石が使用されている。

◇ 冷却用FANモータ

IT用電子機器も使用中には大量の熱を発生し、熱を除去するために通風は重要な技術であり、ここにもDCブラシレスモータが使用されている。冷却用FANの事例を図5に示すが、FANモータも目的用途ごとに構造（軸流FAN、シロッコFAN）や大きさ等さまざまなタイプがあり、ロータマグネットとして初期はフェライト焼結磁石も多かったが、コストの面からフェライト系ゴム磁石が多く使用されている。フェライト系ボンド磁石にはプラスチック磁石（射出成型/ナイロン系）とゴム磁石（圧延成型）とがある。

◇ その他の磁性材料応用品

携帯用端末機器や携帯電話に実装される振動モータは小型軽量のニーズから希土類磁石が使用されている。IT機器の電源装置や回路にはトランスやノイズフィルターなど各種の電磁鋼板やフェライト成型品が使われている。その他、レーザービームプリンタの磁気ブリッジタイプのトナーセンサーへの応用例など、まだまだ沢山の用途がある。

むすび

IT機器に使用される磁性材料の応用製品の一部を紹介したが、地球温暖化防止活動に見られるように、IT機器のニーズとして環境保護の動きに連動し、省資源&省スペースすなわち軽薄短小（小形・軽量化）、省電力（高効率・省エネ化）に向けた商品開発が強く望まれてくる。最近では安全物質の面でも、RoHS規制やREACH規制などへの対応も必要となってきている。HDDのSPMのように磁石が円筒形状であれば外形寸法精度とバランス性、回転子として均一な磁束密度分布、物理的ケミカル的に高度なクリーンリネスと低コストが必要条件であり、HDD関連製造メーカーからはこれらのニーズを捉えた磁石や電磁鋼板の安定供給が望まれている。

高性能な新しい素材の研究開発も必要であるが、希土類金属は磁石や蛍光体など多くの高性能製品に活用されており、我が国の産業にとって極めて重要なものであるが、その多くを特定国に依存しており当該国の政策によって大きな影響を受ける可能性が高く、危機的状況と言われている。特に高性能磁石や蛍光体に使用されるジスプロシウム（Dy）、テルビウム（Tb）、イットリウム（Y）、ユーロピウム（Eu）に関しては、企業レベルではなく国策として現状及び今後の見通しの調査を行い、リサイクルまで含めた将来へのロードマップ構築と具体的な施策が必要と考える。

IV. 会員メーカーの磁性材料

(株)神戸製鋼所

磁性用鉄粉

まえがき

圧粉磁心は従来、ノイズフィルタやチョークコイルなどの電源装置の電磁気部品として使用されてきた。近年、省エネルギー・低環境負荷の観点から電磁気部品の小型化・高効率化が進められており、電源装置のみならず、電動機などへの適用検討も盛んになされている。

圧粉磁心は、飽和磁束密度が大きい、高周波対応が可能、磁氣的に等方で3次元磁気回路設計が可能、材料歩留りが高いなどの特長を持ち、特に電動機への応用に対して、積層構造では作ることができない新しい3次元磁気回路構造による小型化・高出力化が期待されている。なかでも粒子が軟らかい純鉄粉を用いた圧粉磁心は成形性が良く、複雑形状部品が比較的 low コストで製造できることから、開発に期待が寄せられている。一方、電源装置においては高周波・大電流化による高効率化が進められており、ここでも飽和磁束密度が大きく大電流化対応が可能、純鉄をはじめとする金属圧粉磁心の開発が進められている。

当社では、電動機などの低周波駆動用途から、ノイズフィルタなどの高周波駆動用途まで、様々な用途に対応した圧粉磁心の材料となる磁性用鉄粉の開発を行っている。

◇ 磁性用鉄粉マグメル

磁性用鉄粉は、工業用純鉄粉に絶縁処理を施したもので、圧縮成形しても粒子間の電氣的絶縁が保たれるよう設計されている。当社メニューである磁性用鉄粉マグメルは、高部品強度が得られる

RXと、高電気抵抗が得られるGCという2種の絶縁グレードをメニューに持つ。電動機などの可動部品に対してはRXが、ノイズフィルタなどの高周波部品にはGCが適している。また、鉄粉にも標準・高純度(高磁束密度)・偏平形状(高透磁率)の3つのグレードがあり、絶縁と鉄粉を組み合わせることで、様々な用途への対応を図っている。

◇ 低鉄損材料開発

電磁気部品に対する高効率化のニーズは非常に高く、低鉄損材料の開発を行っている。

圧粉磁心は圧縮成形時の塑性変形によって、歪などの欠陥が導入され鉄損が増加してしまう。そこで、低鉄損化には焼鈍による歪の除去が不可欠である。純鉄圧粉磁心の場合、最適焼鈍温度は約600～700℃¹⁾であり、当社は、耐熱絶縁被膜を開発し、これらニーズに応えている(図1開発材(A))。

他にも、鉄粉の組成・組織・粒度分布・粒子形状などに着目した技術開発も続けており(図1開発材(B))、更なる低鉄損化を目指している。

参考文献

1) 三谷ら：粉体粉末冶金協会講演概要集(2005秋季)、p137。

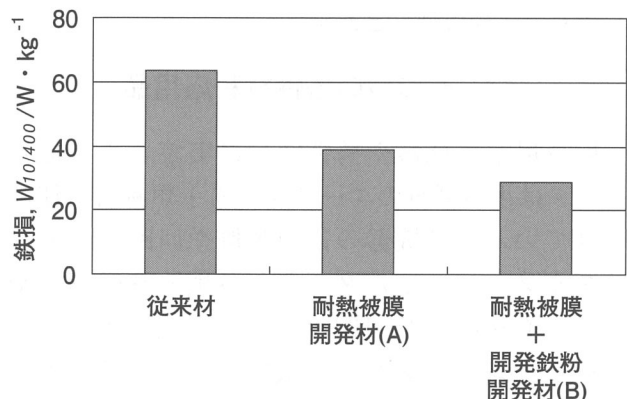


図 1 開発材料の鉄損

(株)神戸製鋼所 ほうじょう ひろふみ
鉄鋼部門 鉄粉本部 北条 啓文

山陽特殊製鋼(株)

ガスアトマイズ粉末を活用した FeCoV成形品

まえがき

Fe-49% Co-2% Vはパーメンジュールと呼ばれ、工業材料のなかで最も飽和磁化 (Ms) が高い軟磁性材料として古くから知られており、高磁場を発生する磁極片、いわゆるポールピース材として使用される。

ここでVは加工性の改善を目的として添加されており、V添加によりFe-Co系で見られる脆性相の析出を抑制することが可能である。ただしV添加はMsの低下、ならびに保磁力の増大といった軟磁気特性の劣化に結びつくという問題点がある。さらに、この材料は従来から鑄造法により製造されているが、部位による磁気特性のばらつきが課題となる場合があった。例えばSEM、TEM等の対物レンズに用いる場合は、磁気特性の部位によるばらつきは解像度の低下につながるため改善が求められている。

弊社では、従来からガスアトマイズ法により作製した粉末およびその成形品を製造している。他の粉末製造法と比較して、①酸素値が低い、②急冷凝固法であるため組織が微細均一、③球形粉末であるため高密度成形が容易、といった特徴を有しており、特に電子部品関連製品用として近年様々な製品に使用されている。

本報では、当社のガスアトマイズ粉末-成形法を活用することにより、前記パーメンジュール合金における技術的課題をクリアする非常に高性能なFeCoV成形品を開発したので紹介する。

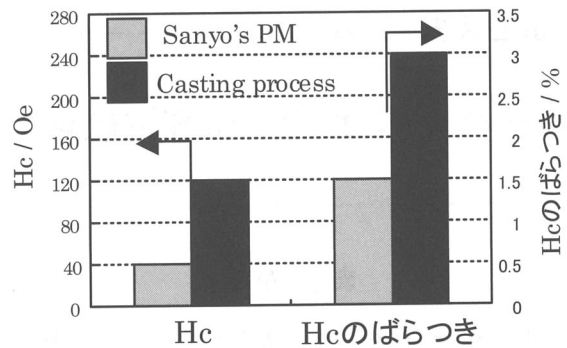


図 1 保磁力 (Hc)

◇ 製品の特徴

図1に開発した製品の保磁力 (Hc) と、その部位によるばらつきを鑄造品と比較した結果を示す。開発材のHcは鑄造品と比較して1/3程度であり、非常に高い軟磁気特性を有していることが分かる。また、Hcの部位によるばらつきも鑄造品と比較して半分以下であり、SEM、TEM等の対物レンズ等に用いる場合にも解像度の良好な製品が期待できる。

さらに、開発品は従来の鑄造法と比較して非常に微細な組織を有しており、その結晶粒径は数10 μ m程度である。これは、急速凝固粉末を出発材料とした効果であると考えられ、このことにより成形品の機械加工性も大きく改善される。これにより、従来から加工性改善を目的として添加されるV量を低減することが可能である。実際弊社では、V=0%のFe-50% Coについても、ガスアトマイズ粉末-成形法であれば汎用条件で切削加工できることを確認している。V量の低減は飽和磁化の増大、保磁力の低減といった軟磁気特性の改善に寄与するため、今後ポールピース材のますますの高性能化要求に対応できると期待される。

〔山陽特殊製鋼(株) あいかわ よしかず〕
粉末事業部 相川 芳和

スーパーコア (6.5% Si電磁鋼板)

まえがき

近年、地球環境問題の高まりを受け、自然エネルギーの利用拡大や電力機器の省エネ対策が強く求められています。当社は、お客様の各種電機機器に対応できるように、種々の電磁鋼板 (JGコア、JNコア、スーパーコア) 及びフェライト等を製造しています (図1)。本稿では、無方向性電磁鋼板の一種で、電力機器の省エネ部品として重要な高周波リアクトルに好適な材料である、スーパーコア (6.5% Si電磁鋼板) の特徴と材料特性および用途について紹介します。

◇ スーパーコアの特徴

電磁鋼板は、Si (けい素) を3.5%以上含有すると脆くなるため、従来の鉄鋼プロセスである圧延法では、6.5% Si薄鋼板を製造することは不可能でした。

当社は、Si3.5%以下の電磁鋼板を所望の薄板に圧延した後、高温下で鋼板表層にSiを蒸着させ、連続的に鋼板内部にSiを拡散させる製法 (気体浸珪法) により、世界で唯一6.5% Si電磁鋼板の商業生産に成功しました。

現在、板厚方向にSi成分が均一な6.5% Si電磁鋼板：スーパー EXコアと、表層近傍のみ6.5% Siで鋼板内部は低Siという、板厚方向にSi成分が変化する傾斜電磁鋼板：スーパー HFコアの2種類を商品化しています。

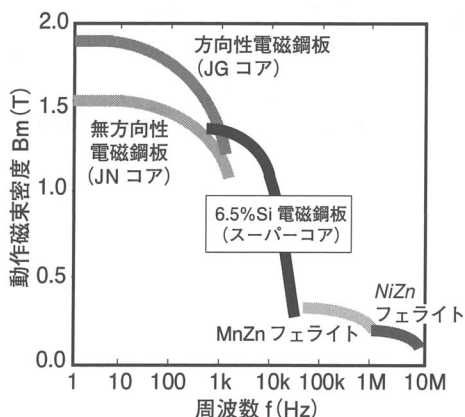


図 1 軟磁性材料と適用周波数

◇ 材料特性

近年、インバータの普及により、電力機器の高効率化・小型化が図られていますが、これらの機器は主にスイッチング



図 2 高周波リアクトル例

周波数が 1 kHz ~ 数十kHzで駆動されており、この高周波領域で低鉄損および低騒音の鉄芯材料が求められています。

スーパーコアは、板厚が0.1mmと通常の電磁鋼板より薄く、かつSiを多く含有し電気比抵抗が高いため、高周波域での渦電流損失を大幅に低減させることができ、優れた高周波低鉄損特性を示します (表1)。

スーパー EXコア (均一材) は材料の磁歪がほぼ0であり (表1)、鉄芯の電磁振動・騒音を大幅に低減することができ、電力機器の低騒音化に寄与します。

また、スーパー HFコア (傾斜材) は、10kHz以上の高周波域で均一材より渦電流損が低減され、より優れた高周波低鉄損特性を示します。

◇ 用途

主に、太陽光発電やハイブリッドカー、UPS (無停電電源装置)、エアコン等のインバータの高周波リアクトル (図2) として用いられています。一部、高周波用途の回転機にも使用されています。

むすび

当社は、スーパーコア (6.5% Si電磁鋼板) の持つ高周波低鉄損および低騒音特性を生かし、電力機器の一層の高効率化および小型化・低騒音化に貢献していく所存です。

表 1 スーパーコア材料特性

材料	板厚 (mm)	電気比抵抗 ($\mu\Omega \cdot m$)	鉄損 (W/kg)			磁歪400Hz、1.0T ($\times 10^{-6}$)
			5 kHz、0.2T	10kHz、0.1T	20kHz、0.05T	
10JNEX900 (均一材)	0.1	0.82	11.3	8.3	6.9	0.1
10JNHF600 (傾斜材)	0.1	-	11.5	7.1	5.0	-
方向性電磁鋼板	0.1	0.48	22.0	18.0	14.0	-0.8
フェライト	Bulk	-	2.2	2.0	1.8	21.0

JFEスチール(株) やまじ つねひろ
電磁鋼板セクター部 山路 常弘

(株)ダイドー電子

ダイドー電子の製品紹介

(株)ダイドー電子(2000年3月までは大同特殊鋼(株)磁材事業部、以下、当社)は、希土類ボンド磁石とネオジムラジアル異方性リング磁石を中心に製造販売しています。当社は本社工場を岐阜県中津川市に置き、大同特殊鋼(株)技術開発研究所にて基礎研究開発を、海外には製造拠点をタイと中国に有し、グローバルな市場ニーズに対し最適地での生産・供給体制を整え、常に顧客満足最大を目標としベストQCDDSSを追求しています。

◇ 《NEOQUENCH-P》ネオジムボンド磁石

超急冷法によりつくられたNd・Fe・B系粉末を樹脂で結合させた等方性ボンド磁石です。GM社が1982年に発表されたMQ磁石を基とし、1987年日本で最初に当社は上市しました。ユーザーと共に用途を広げ各種のグレード品を開発し、HDD等の小型スピンドルモータや携帯電話の超小型振動モータを中心に供給しています。更に自動車用モータやセンサ用では150℃、180℃対応の耐熱グレードを開発し、信頼性や精度が求められ

る用途にはシャフトやヨーク等の他部品と磁石に一体成形品や、最近では軟磁性ボンドと磁石の2材成形品といった商品も市場に提供しています。樹脂の材質や成形方法の違いにより区分され、①圧縮成形品NPシリーズ、②射出成形品はNPIシリーズ、③フレキシブルシートNFシリーズのラインアップと耐熱仕様を品揃えしています。

◇ 《NEOQUENCH-DR》ネオジムラジアル異方性リング磁石

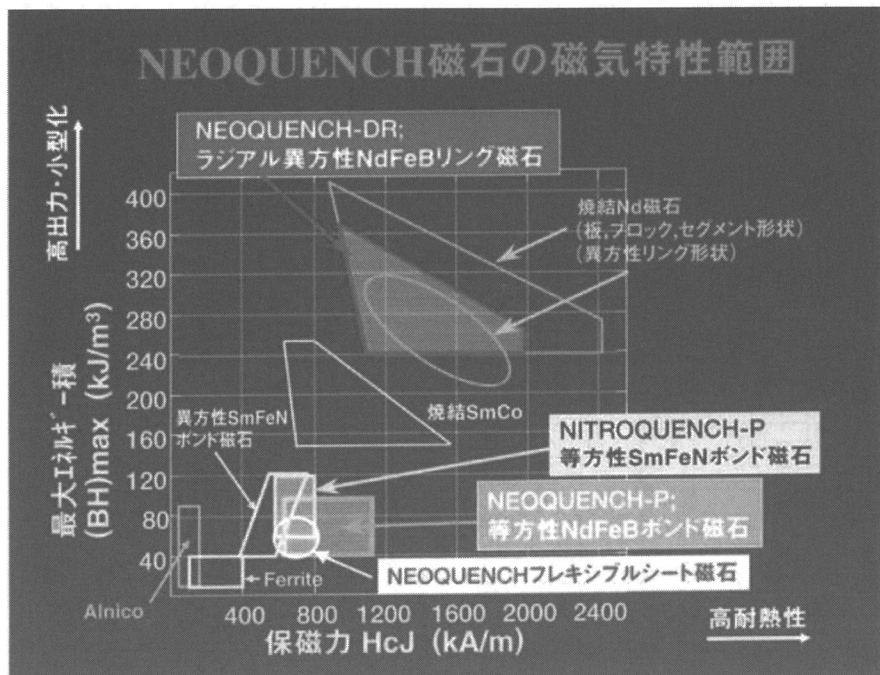
上述の超急冷粉末をホットプレスしてバルク化した後、熱間押し出し加工により成形したネオジム磁石です。リング形状でラジアル方向に異方化された磁石では世界最高級の磁力を持ち、長尺においても磁力を損ないません。又、磁力のバラツキも少なく、スキューや台形波などの着磁が可能のため、モータ特性におけるトルクリップルやコギングの低減が図れることより制御性が求められるACサーボモータに多く採用されており、自動車分野においては耐熱性の良さからも電動パワーステアリングモータへも採用されています。最近では外径φ6.5～10mmで高磁気特性を保ち外径の5倍の長さが製造可能としています。

◇ 《NITROQUENCH-P》サマリウム・鉄・窒素ボンド磁石

超急冷法によってつくられたSm・Fe系粉末を窒化処理し、樹脂で結合させた等方性ボンド磁石で、大同特殊鋼とダイドー電子が共同開発によりNEOQUENCH-Pよりも高磁気特性・高耐食性・長期耐熱性などの特長を有し、今後の用途開発に期待しています。

当社は磁性部品を通し、新技術と創造力で、環境にやさしい地球と豊かな社会づくりに努力してまいります。

〔(株)ダイドー電子 営業部営業企画室 灰塚 弘〕



MK磁石とKM磁石

まえがき

MK磁石は1933年に三島徳七先生が発明されたMK鋼を工業化した磁石で一般にはAlNiCo（アルニコ）磁石の名前で販売されています。

また、KM磁石は1971年に金子秀夫先生により発明されたFeCrCo磁石を工業化した磁石です。発明されてすでに70年、30年以上経過しておりますが、いまだに合金系磁石として幅広く使用されています。

ここ20年位はNdFeB焼結磁石が大量に使用されているにもかかわらず、これらのAlNiCo磁石、FeCrCo磁石が使用されているのは、以下の理由からです。

1. 磁石の熱安定性が極めて優れている。
2. 保磁力が大きくないため、動的な磁気回路として使用する時の外部磁場が小さくて済む。
3. 鋳造で作られているので、機械的強度がある。

◇ 磁気特性と主な用途

当社で製造販売している代表的なMK磁石とKM磁石の磁気特性と温度係数を表1に示します。なお、これらのMK磁石、KM磁石は鋳造磁石です。

1. MK-2 (AlNi磁石)

Coを含まないためアルニ磁石と呼んでいます。等方性の磁気特性の特徴を生かした用途に使用さ

れます。主にスピードメータや磁気カップリングのヒステリシス材として使用されています。

2. MK-5、MK-5DG

残留磁束密度が高く、高い磁束を必要とする用途に使用されます。温度特性が良いことから、ABS用のスピードセンサー、積算電力量計用等の計測器に使用されています。

3. MK-8

鋳造磁石の中では保磁力が大きいのが特徴です。コアレスモータのスタータ、リレー用に広く用いられています。

4. KMC-3H

残留磁束密度が高く、ヒステリシスループの面積（ヒステリシスエネルギー）が大きいのが特徴です。ヒステリシスモータ用、磁気カップリングのヒステリシス材として最適です。

5. KMC-5

高価なコバルトの含有量がMK-5と比較して少ないが、MK-5とほぼ同等の磁気特性が得られ経済的です。内磁型のスピーカに使用されるほか、ハイブリッド型のステッピングモータに幅広く使用されます。

むすび

MK磁石、KM磁石ともすでに完成された磁石材料です。当社では、長年にわたって培ってきた製造技術を基にして、1994年よりタイのMSM (Thailand) Co., Ltd. においてこれらの磁石を製造しております。国際的にも十分満足いただける永久磁石を提供しております。

〔三菱製鋼株 たなか たけとも〕
素形材事業部 田中 健智

表 1 MK磁石とKM磁石の磁気特性と温度係数

分類	記号	適用	Br (T)	Hcb (kA/m)	(BH) _{Max} (kJ/m ³)	温度係数Br (%/K)	特徴・用途
MK磁石	MK-2 (AlNi)	等方性	0.60	45	10	-0.021	Coレスの磁石 スピードメータ
	MK-5	異方性	1.30	50	40	-0.021	Br値が高い
	MK-5DG	異方性	1.30	54	44	-0.021	積算電力量計、計測器
	MK-8	異方性	0.90	116	40	-0.020	保磁力が高い コアレスモータ
KM磁石	KMC-3H	等方性	1.00	30	14	-0.03	ヒステリシスエネルギーが大きい 磁気カップリング
	KMC-5	異方性	1.30	48	40	-0.03	MK-5と同じ磁気特性 スピーカ、ステッピングモータ

“特集”編集後記

本誌では、2002年6月号において「やさしい磁性材料」と題して磁性材料を特集しました。前回の特集からすでに7年が経過し、当時予測していたように電気自動車用のモータに対して磁性材料の果たす役割は非常に大きくなっています。さらに、省エネルギーや新エネルギーの活用には磁性材料が不可欠となっています。

21世紀に入り環境問題すなわち地球温暖化対策の重要性が増しています。日本の中期目標達成のためには、HEVやEVなどのエコカー、風力発電や住宅における太陽光発電などの割合を大きく増やす必要があります。これらの実現のためには、高効率のモータや発電機、低損失のリアクトルなどが必要です。すなわち、永久磁石や軟質磁性材料が必須となります。

そこで、今回、あらためて「やさしい磁性材料」を特集しました。はじめに、磁性材料を理解するための基礎知識を解説しています。磁性材料で使われる物理量や単位系についての理解を得るためと、磁性材料にとって最も基本的な磁化曲線の読

み方について、前回の特集と重複する部分も記載しています。さらに、磁性材料の応用を理解するための基礎知識を解説しています。中学校の理科で習う電磁気の基本の法則に関するものです。

つぎに、磁性材料の各論として、軟質磁性材料、硬質磁性材料（永久磁石）について、それぞれの専門の方々が執筆をしています。これらは現在の磁性材料の大部分を網羅しています。

さらに、磁性材料の応用として、自動車、モータなどを取り上げています。磁性材料ユーザの立場から、現在の磁性材料の使われ方をわかりやすく記載しています。

環境問題を解決していくために磁性材料が果たす役割は極めて大きく、「磁性材料が地球を救う」といっても過言ではありません。読者の皆様方が少しでも磁性材料とその応用に対して理解を深めていただけることを、編集委員一同期待しております。

〔三菱製鋼(株) 技術管理部 福田 方勝〕

業界のうごき

石原鋼鉄、切断機の稼働率引き上げで納期短縮

石原鋼鉄は、4月に移転した九州営業所（福岡県朝倉市）に隣接する倉庫・工場内に、同社の鋼材加工拠点である松伏加工・物流センター（埼玉県北葛飾郡）から切断機1台を移設し、9月中旬に稼働を開始する。すでに1台は移設済みで、切断機2台体制で金型メーカーを中心に鋼材を納入する。松伏には新たにパルスカット切断機1台をリプレースする予定で、稼働効率を引き上げ一層の納期短縮を図る。

松伏から移設する切断機はアマダ製「CNC530」で、9月から2台体制での操業となる。

九州営業所はこれまで手薄だった九州地区の金型メーカー向けを中心に展開し、当初売り上げは年3億円を見込む。

一方松伏では、九州に移設した2台の切断機を補填する形でアマダ製「PCSAW430」を新設。切断機連動型立体自動倉庫一式を含め、主要切断機14台体制で工具鋼需要に対応する。

（9月4日、産業新聞）

佐久間特殊鋼、司鋼商會をグループ化

佐久間特殊鋼はこのたび特殊鋼流通の司鋼商會（資本金・1千万円、本社愛知県東海市）の株式の40%を取得してグループ化したと発表した。司鋼商會も、売却した40%の株式の評価額に相当する額の佐久間特殊鋼株を取得した。佐久間特殊鋼は、本社の切断部門を年内にも司鋼商會に移管、各支店の切断部門についても司鋼商會との協力関係を強化する。

司鋼商會は本社及び名和工場（東海市名和町）に切断加工工場を持ち、月間1,300トンペースで構造用鋼の切断加工販売を行っており、売上高の55%は佐久間特殊鋼向け。

近年、構造用鋼の鍛造用ブランク（切断品）は切断だけでなく、面取り、切削加工まで行った精密加工品を求められるケースが増えており、司鋼商會では事業領域拡大のため名和工場にNC旋盤2基を導入して精密ブランク加工にも対応できる体制を整えている。

（9月7日、鉄鋼新聞）

佐藤商事、中国で金属雑貨製造

佐藤商事は、中国のビジネスを拡大する。既存の上海佐商貿易（上海市）に加え、このほど佐藤商事100%出資による販売会社の牡丹江佐商貿易（黒龍江省牡丹江市）を設立、来年には牡丹江市内に金属雑貨製造の合弁会社を立ち上げる計画だ。

金属雑貨製造の子会社、日本洋食器（本社＝新潟県燕市）の海外展開を強化する狙いで、日本洋食器で培った技術や機械を導入し、中国での金属雑貨製造にも乗り出す。これまでは現地企業に製造を委託してきたが、牡丹江佐商貿易と現地企業との合弁で牡丹江東寧地区に金属雑貨製造の新会社を立ち上げ、北米市場向けを中心に供給する。

佐藤商事は中国以外では東南アジアのインドネシアで建設機械向け鍛造部品と二輪車向け部品の供給、タイでトラクター向けミッション部品の供給に注力。中国や東南アジアなど需要の増大する新興国での取り組みを強化していく。

（9月1日、産業新聞）

大同マテックス、10月より5支店、2営業所に変更

大同マテックスは28日、全国7支店体制を見直し、10月1日から5支店、2営業所体制に変更すると発表した。7支店の収益管理体制を5支店体制に簡素化し管理業務の工数削減とこれに伴う人員削減を図るとともに、厳しさを増す市場環境に対応する。

新組織は、東京、北関東、静岡、名古屋、大阪の各支店を継続し、神奈川支店を相模営業所、富士支店を富士営業所とする。相模営業所は東京支店管轄、富士営業所は静岡支店管轄となる。管理業務の削減により、経験豊富な管理職による第一線営業活動を強化し、ユーザーへの迅速な対応とより一層のサービス向上を図る。

東京支店長の山本取締役が相模営業所の所長を兼務し、富士営業所は永澤氏が所長に就任する。集約対象の4拠点とも住所、電話、ファックス番号の変更はない。（9月29日、産業新聞）

名古屋特殊鋼、新規事業分野で営業強化

名古屋特殊鋼は、半田事業所（愛知県半田市瑞穂町）の営業要員を7日付けで本社に移管、新規事業分野で営業を強化する。

同社は、国内では本社のほか半田、北関東、浜松、苫小牧2事業所、営業所を構え、工具鋼、構造用鋼など特殊鋼の販売を手掛けるとともに、自動車関連の金型設計、製造を行っている。このうち半田事業所は敷地面積約2,700m²、建屋面積は660m²規模で、バンドソーを置き工具鋼の在庫販売を行っているが、本社と販売エリアがラップするなど不合理な面もあるため販売効率化を目的に同所の要員10人を本社に移し、事業所は製品在庫拠点としての活動に集中することにしたものの。

これにより本社の営業担当者が増加することになるが航空機関連や燃料電池部門など新たな事業分野の強化に要員を充てることにしている。

（9月3日、産業新聞）

ノボル鋼鉄、新商品開発に注力

ノボル鋼鉄は、厳しい市場環境下で業務効率化を進める一方で、自社

業界のうごき

の熱処理・機械加工設備を有効活用し、新商品の開発・加工・販売に取り組む。中期課題としてプロジェクトチームを中心に特殊鋼、金型材などの用途拡大を図る。リサイクル関連の装置部材開発では、経済産業省の「ものづくり中小企業製品開発等支援補助金」の申請も行っている。

前期からの経費節減策を引き続き徹底する一方で、来期スタートする新3カ年中期計画での本格展開に向けて、新規需要開発に取り組む。

熱処理、機械加工、営業など各部門の8人(兼務)で構成するプロジェクトチームを中心に、表札や名板などのステンレス・チタン製フリーデザインプレート、熱処理を応用した色彩加工品、音質を向上させるオーディオ部材、釣り具(ルアー)用アルミ金型、リサイクル関連の装置部材など主力商品の探索と選定を進めていく。(9月14日、鉄鋼新聞)

堀田ハガネ、SCM熱処理材を在庫

堀田ハガネは、在庫を拡充するとともに、本社ヤード内の在庫配置の見直しを実施した。クロム・モリブデン鋼(SCM)の熱処理材を置き、小ロット、短納期などの幅広いユーザーニーズに対応。加えて、在庫の最適配置により、作業効率の向上を実現している。

新たに在庫販売を開始したのは、SCM435H(丸鋼)。

同社はここ数年、作業体制の効率向上を目的に、本社ヤード内の切断機などの設備をはじめレイアウトの見直しを推進。今年度はこれまでの5S活動を改めて見直し、従来のヤード主体から事務所内についても活動を徹底させている。特にヤード内については、在庫の置き場管理の見直しや、備品置場の改善などを実施し、作業効率が大幅に向上している。

同社では、得意とする高ニッケル含有鋼やクロム・モリブデン鋼など

ニッチな商品群の加工・販売を生かし、一層の販路拡大を目指すとしている。(10月21日、産業新聞)

リントツ・半田 小割スリッター本稼働

リントツは、半田ステンレス加工センター(愛知県半田市日東町)内に小割スリッターライン(スリッター3号機)の設置工事を進めていたがこのほど完了、今月から営業生産を開始した。

同社は半田ステンレス加工センター内にスリッターライン5機、レベラー4基、プラズマ切断機4機、レーザー加工機3基、その他シャーリングマシンなどの設備を構え、月間約1万2,000トンのステンレス鋼板を加工している。ここ数年は厚板用レーザー設備の導入や自動刃組システムなども含め加工機能の強化を推進。今回は一連の設備強化策の最終段階として品質面の向上と生産性アップを目的に約1億円を投入し小割スリッターの導入を進めていたもの。

この小割スリッターラインは東研機械製作所製で、板厚は0.3ミリから2.0ミリまで、最小幅は8ミリまで対応が可能。同社では小ロット多品種の需要をターゲットにする方針だ。(10月9日、産業新聞)

神鋼、自動車向けに新材料 ハイテンとアルミ複合材料

神戸製鋼所は、ハイテン鋼板とアルミ板材を溶接接合した自動車向け複合材料を開発した。車のルーフ(屋根)部分などへの適用を想定しており、適用部分の重量をハイテンに比べて4割以上軽くできるとみている。

開発したのは、鋼種や板厚を最適化したハイテンをアルミ板材と組み合わせ、部分的に重ねて溶接した複合材料。鋼材とアルミを溶接する上で課題だった接合面の強度、耐腐食性を高める独自技術を開発した。ハ

イテンを上回る軽量化効果があるほか、アルミと比べてコスト競争力が高いため、自動車用材料として高いニーズを見込む。

鋼材とアルミを溶接する場合はこれまで、接合面にもろい化合物が発生し、剥離しやすい課題があった。

鋼材とアルミを組み合わせた部品は欧州自動車メーカーなどが実用化しているが、接合は溶接ではなく、リベット止めなど機械接合が必要。

(9月9日、鉄鋼新聞)

下村特殊精工、 品質保証技術を強化

下村特殊精工は、品質保証技術の開発を強化する。9月には富士見工場のセンタレス加工ラインに独自開発の検査装置を設置。センタレス加工製品の高品質化を図っていくとともに、高付加価値製品の市場開拓にもつなげたい考え。

今回設置した検査装置は、真円度保証器と高寸法保証器の各1号機。両装置ともインラインで導入。全量を研磨加工しながら精度検査が実現し、高精度の品質管理が効率的に運用できる。

QCD(品質精度・コスト・納期)向上の取組として、08年度までの前中期計画では渦流探傷機や超音波探傷機の増強など、ハード面のインフラ整備を実施してきた。併せて、非破壊検査(NDI)有資格者の育成にも注力。

また、松尾工場の引抜き加工ラインでは「トリプル矯正(スピナー・ポリシング・2ロール)化」を加速。現在では、主力引抜き加工ラインの大半が「トリプル矯正ライン」となっている。(10月2日、鉄鋼新聞)

住金小倉、新仕上げ圧延機が稼働 特殊鋼棒鋼の品質向上

住友金属小倉は棒鋼工場の最新鋭3ロール仕上げ圧延機が完成し、8

業界のうごき

月28日に稼働したと発表した。戦略鋼種に位置づける特殊鋼棒鋼の品質向上と生産能力増強が狙いで、新ミルは最大120ミリ径まで生産でき、0.1ミリピッチで顧客のサイズ要望に対応できる。

月産能力は8万トンから9万トンに拡大し、温度制御圧延の能力増強により品質向上も進めた。

従来の3ロール仕上げ圧延機も高い寸法精度・真円度が特徴だったが、製造サイズは18～70ミリ径で、客先のサイズ要望に応えられるのは1～5ミリピッチだった。今回更新した新鋭機は、従来設備よりも圧延荷重を高くできるため、棒鋼工場で圧延する全サイズで3ロール圧延が可能になり、0.1ミリピッチでサイズ要望に対応できる。

同社の自動車向け比率は75%（08年度実績）で、棒鋼工場の8月稼働はピーク比7割に回復している。

（9月2日、鉄鋼新聞）

大同、ティムケンとの提携拡大 高品位鋼の独占販売権を付与

大同特殊鋼は、アジア地域での産業用途向け特殊鋼鋼材の販路拡大を目的に、米国の特殊鋼メーカー・ティムケン社との間で、業務提携拡大に関する契約を締結したと発表した。大同特殊鋼が生産した構造用鋼、軸受鋼などの高品位の鋼材を、ティムケン社のアジア地域での販売、物流、技術サービスネットワークを活用（独占販売権の付与）して非日系産業用途向けに販売する。これにより、アジアを中心とした海外マーケットで、高品位な鋼材（成分や清浄度の管理を徹底した信頼性の高い鋼材）だけで5年後に年商300億円を目指す。

両社の生産する特殊鋼鋼材は、今後、中国を主体とするアジアでは社会資本の拡充を背景としてエネルギー環境分野を中心に需要の伸長が期待できる。

非日系産業用途向けの構造用鋼、

軸受け鋼を主体に大同特殊鋼がアジア地区に輸出しティムケンのネットワークで販売する。（9月4日、鉄鋼新聞）

日金工・衣浦 熱延ライン改造完了

日本金属工業は、衣浦製造所の熱延ラインで改造工事を実施し、9月から本格運用を開始した。生産性・歩留まり向上や品質向上が狙いで、熱延ラインのトラブル低減や圧延不良部分の削減を狙いにクロップ切断機を曲刃化するとともに、オンライン表面検査装置の導入により品質管理や生産性を向上した。08年8月の仕上げ圧延機のミルスタビライザ導入と合わせた投資額は約4億円。

一連の設備投資は07年度から進めてきた。ミルスタビライザは、圧延機で圧延ロールを保持する部分に油圧アクチュエータを備え、精度の維持と衝撃緩衝による圧延安定性の向上をはかる装置。衣浦の仕上圧延機はペアクロス方式ステッケルミルで、より精度の高いロールクロスの設定と圧延材かみ込み衝撃によるロールの不安定な挙動を抑制するため導入した。

クロップ切断機は、従来は直刃1枚タイプだったが、弓型曲刃2枚に改造した。

（10月16日、鉄鋼新聞）

日本精線、ばね用SUS鋼線 耐水素脆性製品を開発

日本精線は、一般的なばね用ステンレス鋼種のスUS304と同等の強度と疲労特性を備え、高圧水素環境下で使用できる耐水素脆性ばね用ステンレス鋼線「HYBREM（ハイブレム）」を新たに開発した。現在、特許を出願中。燃料電池システムの高圧水素ガス圧力調整弁に用いられるばねや、燃料電池自動車用ばね向けなど耐水素環境材料として需要開拓を進め、今後の水素利用の増加に合わせて年間50～60トンの販売規模

を目指す。

新開発のばね用ステンレス鋼線は、オーステナイト系ステンレス。炭素や窒素などの微量添加元素のバランスを最適化することで、冷間加工後に発生するオーステナイト相の変化を防止し、同時に水素環境下での絞り値を安定化。さらにコトレル雰囲気（小さな溶質原子が侵入しやすい状況）による転移の固着を制御し、SUS304並みの強度とばね特性を持つ。

（10月7日、産業新聞）

日立、太陽電池パネル向け ターゲット材、量産、納入

日立金属は、CIGS系太陽電池パネル用ターゲット材を量産化し、10月から納入を開始した。2015年にはCIGS系太陽電池パネル分野で世界シェア3割の獲得を目指し、液晶パネル向けに次ぐターゲット材の主力商品に育成する計画だ。

ターゲット材は液晶パネルの配線膜などに使われる薄膜材料。日立金属はターゲット材の世界大手で、自社製品の8割を占めるモリブデン系の用途開拓を特に進めている。現在の月産量はほぼフル稼働の70トン。今後の液晶、太陽電池用などの市場動向に合わせて、中期的には比較的小額の投資で月産100トン規模への増産体制を整える構想もある。

CIGS系太陽電池は、現在主流のシリコン系よりも新しいタイプの太陽電池で、省資源、低コスト、高効率などが特徴。

日立金属は基板と光吸収層（CIGS層）をつなぐ裏面電極用のターゲット材を開発している。

（10月13日、鉄鋼新聞）

おことわり：この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主要な業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他		
'07 暦年	277,935	5,099,889	4,102,711	9,202,600	504,131	923,983	3,492,210	987,711	5,278,383	831,286	12,017,704	21,498,239
'08 暦年	278,962	5,152,106	4,192,382	9,344,488	509,061	1,047,806	3,209,876	919,300	5,580,765	891,875	12,158,683	21,782,133
'07 年度	284,120	5,198,139	4,187,223	9,385,362	520,413	968,273	3,389,620	972,770	5,362,422	869,309	12,082,807	21,752,289
'08 年度	229,637	4,231,269	3,570,745	7,802,014	409,750	869,298	2,724,499	748,715	4,821,881	780,684	10,354,827	18,386,478
'08. 7-9月	70,955	1,307,300	1,069,784	2,377,084	132,828	264,421	855,672	229,187	1,414,024	231,091	3,127,223	5,575,262
10-12月	61,960	1,145,390	949,492	2,094,882	105,439	256,432	611,427	200,150	1,280,427	206,776	2,660,651	4,817,493
'09. 1-3月	24,346	442,438	467,234	909,672	39,249	86,245	371,723	76,373	732,922	126,561	1,433,073	2,367,091
4-6月	17,262	544,697	474,365	1,019,062	58,453	97,382	486,799	109,624	718,177	125,973	1,596,408	2,632,732
'08年 7月	23,751	454,823	379,836	834,659	45,052	86,854	292,850	82,817	489,251	80,499	1,077,323	1,935,733
8月	23,634	400,695	325,814	726,509	43,540	80,782	288,393	67,145	452,418	65,129	997,407	1,747,550
9月	23,570	451,782	364,134	815,916	44,236	96,785	274,429	79,225	472,355	85,463	1,052,493	1,891,979
10月	24,910	461,306	366,098	827,404	39,360	93,683	268,509	75,338	482,751	79,226	1,038,867	1,891,181
11月	19,655	388,191	340,881	729,072	36,563	93,295	192,741	67,307	424,641	61,602	876,149	1,624,876
12月	17,395	295,893	242,513	538,406	29,516	69,454	150,177	57,505	373,035	65,948	745,635	1,301,436
'09年 1月	10,656	192,686	181,807	374,493	19,248	42,365	131,377	31,485	298,046	51,893	574,414	959,563
2月	7,468	131,754	138,152	269,906	10,159	25,631	116,542	22,054	207,311	38,247	419,944	697,318
3月	6,222	117,998	147,275	265,273	9,842	18,249	123,804	22,834	227,565	36,421	438,715	710,210
4月	5,565	130,151	146,488	276,639	14,896	18,487	139,498	25,728	226,904	43,486	468,999	751,203
5月	5,574	185,103	158,761	343,864	21,482	32,025	158,516	36,565	229,310	35,911	513,809	863,247
6月	6,123	229,443	169,116	398,559	22,075	46,870	188,785	47,331	261,963	46,576	613,600	1,018,282
7月	9,468	265,639	202,947	468,586	24,923	50,857	232,971	39,713	272,467	54,456	675,387	1,153,441
8月	10,027	259,683	184,124	443,807	31,585	50,299	250,784	40,428	344,272	60,185	777,553	1,231,387
前月比	105.9	97.8	90.7	94.7	126.7	98.9	107.6	101.8	126.4	110.5	115.1	106.8
前年同月比	42.4	64.8	56.5	61.1	72.5	62.3	87.0	60.2	76.1	92.4	78.0	70.5

※平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、経済産業省調査統計部調べ
以前の値と比較することはできない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'07 暦年	381,911	6,724,149	1,662,975	4,394,559	2,240,897	6,093,748	21,498,239
'08 暦年	397,569	6,883,261	1,685,010	4,446,064	2,303,024	6,067,205	21,782,133
'07 年度	393,934	6,904,242	1,626,872	4,463,129	2,220,519	6,143,593	21,752,289
'08 年度	316,004	5,631,520	1,588,152	3,692,415	2,174,173	4,984,214	18,386,478
'08. 7-9月	114,383	1,756,562	434,037	1,125,035	596,020	1,549,225	5,575,262
10-12月	64,921	1,542,290	420,545	974,914	532,446	1,282,377	4,817,493
'09. 1-3月	21,312	553,771	320,387	435,456	453,005	583,160	2,367,091
4-6月	30,612	686,396	224,216	575,452	290,698	825,358	2,632,732
'08年 7月	40,839	606,766	153,760	398,417	204,473	531,478	1,935,733
8月	28,392	534,604	144,776	337,601	192,727	509,450	1,747,550
9月	45,152	615,192	135,501	389,017	198,820	508,297	1,891,979
10月	27,524	614,156	151,364	377,127	195,195	525,815	1,891,181
11月	26,415	536,776	146,437	324,178	168,711	422,359	1,624,876
12月	10,982	391,358	122,744	273,609	168,540	334,203	1,301,436
'09年 1月	8,185	230,872	114,326	194,612	181,990	229,578	959,563
2月	6,754	164,327	101,286	125,890	136,318	162,743	697,318
3月	6,373	158,572	104,775	114,954	134,697	190,839	710,210
4月	15,774	163,150	97,641	143,322	120,634	210,682	751,203
5月	6,917	231,863	72,853	193,131	95,455	263,028	863,247
6月	7,921	291,383	53,722	238,999	74,609	351,648	1,018,282
7月	19,444	313,189	75,792	275,653	89,759	379,604	1,153,441
8月	10,920	276,049	71,410	293,226	121,994	457,788	1,231,387
前月比	56.2	88.1	94.2	106.4	135.9	120.6	106.8
前年同月比	38.5	51.6	49.3	86.9	63.3	89.9	70.5

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼						計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高力抗張鋼	その他		
'07 暦年	329,657	4,443,784	6,031,829	10,475,613	233,771	356,537	2,363,281	265,934	68,706	19,797	3,308,026	14,113,296
'08 暦年	301,143	4,784,138	7,539,250	12,323,388	249,969	387,676	1,996,132	255,561	70,477	20,039	2,979,854	15,604,385
'07 年度	327,547	4,408,766	6,522,433	10,931,199	233,623	359,758	2,355,364	266,340	69,005	20,256	3,304,346	14,563,092
'08 年度	267,145	4,194,948	7,311,248	11,506,196	224,166	363,475	1,793,103	216,964	60,324	18,002	2,676,034	14,449,375
'08年 12月	18,930	290,631	514,461	805,092	18,941	26,163	110,378	14,642	4,314	1,404	175,842	999,864
'09年 1月	14,810	211,801	556,727	768,528	11,363	33,195	143,210	11,324	3,348	1,040	203,480	986,818
2月	13,875	167,712	543,699	711,411	9,018	14,775	88,740	10,358	3,272	929	127,092	852,378
3月	16,058	180,375	439,309	619,684	6,807	16,745	150,840	10,757	2,441	1,313	188,903	824,645
4月	14,661	170,714	369,789	540,503	6,339	16,839	119,091	11,342	2,511	860	156,982	712,146
5月	15,558	183,616	386,486	570,102	7,637	19,564	129,425	11,806	2,423	1,158	172,013	757,673
6月	17,599	197,938	262,081	460,019	15,131	25,240	128,322	12,427	2,348	1,203	184,671	662,289
7月	24,064	222,867	304,258	527,125	17,701	26,813	190,358	14,719	2,199	1,793	253,583	804,772
8月	24,181	221,382	348,969	570,351	17,367	21,502	166,903	11,748	2,035	1,616	221,171	815,703
前 月 比	100.5	99.3	114.7	108.2	98.1	80.2	87.7	79.8	92.5	90.1	87.2	101.4
前年同月比	106.0	61.5	53.5	56.3	91.2	68.7	44.7	64.8	39.4	126.1	49.4	55.0

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

(単位：t)

メーカー在庫

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼						計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高力抗張鋼	その他		
'07 暦年	7,654	159,314	86,474	245,788	25,311	27,623	165,130	37,346	145,944	30,951	432,305	685,747
'08 暦年	8,093	158,724	97,363	256,087	20,118	33,335	117,440	34,460	143,757	35,022	384,132	648,312
'07 年度	7,597	135,358	81,623	216,981	23,037	28,377	150,577	34,013	163,443	28,440	427,887	652,465
'08 年度	6,194	115,083	66,501	181,584	15,277	24,709	97,968	25,398	109,997	26,736	300,085	487,863
'08年 12月	8,093	158,724	97,363	256,087	20,118	33,335	117,440	34,460	143,757	35,022	384,132	648,312
'09年 1月	7,528	150,951	89,831	240,782	18,677	32,429	99,956	26,759	133,227	37,080	348,128	596,438
2月	7,199	141,098	83,346	224,444	17,072	29,484	96,532	26,767	105,134	35,978	310,967	542,610
3月	6,194	115,083	66,501	181,584	15,277	24,709	97,968	25,398	109,997	26,736	300,085	487,863
4月	5,325	116,343	60,196	176,539	15,541	22,887	99,873	27,910	113,137	26,511	305,859	487,723
5月	5,163	120,551	60,751	181,302	18,745	21,025	96,848	28,656	98,548	21,485	285,307	471,772
6月	4,827	127,431	71,458	198,889	15,972	22,774	94,564	32,317	110,833	22,767	299,227	502,943
7月	4,940	132,268	72,737	205,005	16,063	23,978	94,154	32,266	106,092	21,509	294,062	504,007
8月	4,871	138,519	73,856	212,375	24,436	25,494	104,683	31,655	149,592	29,557	365,417	582,663
前 月 比	98.6	104.7	101.5	103.6	152.1	106.3	111.2	98.1	141.0	137.4	124.3	115.6
前年同月比	67.1	97.2	85.6	92.8	88.5	84.8	72.9	92.2	105.5	91.7	89.2	90.2

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼						計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高力抗張鋼	その他		
'07 暦年	47,333	176,205	99,901	276,106	9,143	27,190	156,460	22,819	8,268	2,650	226,530	549,969
'08 暦年	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494
'07 年度	46,713	168,377	100,739	269,116	8,207	26,966	156,277	20,133	7,705	2,439	221,727	537,556
'08 年度	54,951	214,370	128,586	342,956	13,027	39,411	149,570	23,308	10,923	3,054	239,293	637,200
'08年 12月	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494
'09年 1月	60,000	213,266	130,925	344,191	15,185	37,937	153,094	25,443	10,609	3,321	245,589	649,780
2月	56,160	215,345	131,003	346,348	13,838	40,354	153,332	23,519	10,632	3,287	244,962	647,470
3月	54,951	214,370	128,586	342,956	13,027	39,411	149,570	23,308	10,923	3,054	239,293	637,200
4月	53,800	199,044	130,779	329,823	12,890	36,542	142,808	22,226	10,181	2,903	227,550	611,173
5月	52,533	199,650	131,643	331,293	13,130	51,291	135,713	21,388	10,055	2,723	234,300	618,126
6月	57,658	194,738	133,024	327,762	12,712	50,677	132,536	23,977	9,318	2,889	232,109	617,529
7月	52,811	185,971	130,332	316,303	11,431	51,288	127,442	21,334	8,398	2,816	222,709	591,823
8月	50,960	185,053	127,939	312,992	12,295	51,404	127,501	19,810	7,935	2,223	221,168	585,120
前 月 比	96.5	99.5	98.2	99.0	107.6	100.2	100.0	92.9	94.5	78.9	99.3	98.9
前年同月比	101.0	123.8	128.6	125.7	114.7	207.4	82.0	93.4	103.2	90.0	99.5	112.2

*平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、以前の値と比較することはできない。

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

(単位：t)

輸出

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'07 暦年	27,789	382,147	365,320	747,467	144,701	1,284,215	126,273	1,555,189	15,168	3,443,229	3,458,397	5,788,841
'08 暦年	32,843	379,948	390,630	770,578	165,106	1,343,517	151,537	1,660,160	15,521	3,429,596	3,445,117	5,908,698
'07 年度	29,193	396,994	385,052	782,046	157,513	1,302,721	145,326	1,605,560	15,357	3,504,345	3,519,702	5,936,502
'08 年度	28,901	304,491	342,106	646,597	139,784	1,171,557	121,168	1,432,508	15,941	3,138,743	3,154,684	5,262,690
'08年 12月	2,070	25,818	22,466	48,284	16,070	71,207	9,951	97,227	1,160	243,359	244,520	392,101
'09年 1月	1,371	12,874	20,065	32,939	9,263	54,943	5,767	69,972	832	194,685	195,517	299,799
2月	1,175	10,360	18,942	29,302	5,517	54,915	3,531	63,963	1,175	174,902	176,076	270,517
3月	1,227	11,483	13,880	25,363	2,409	78,822	10,281	91,513	1,102	234,064	235,167	353,269
4月	1,383	12,065	11,665	23,729	3,629	74,626	5,226	83,481	993	182,819	183,812	292,406
5月	787	8,805	10,968	19,773	4,169	64,860	8,286	77,315	807	153,091	153,898	251,773
6月	693	15,864	17,386	33,250	7,586	86,944	6,418	100,948	1,068	263,399	264,467	399,359
7月	805	32,614	19,455	52,069	7,579	110,493	10,164	128,235	962	228,957	229,919	411,027
8月	912	32,457	25,777	58,233	8,708	115,252	13,212	137,173	924	264,391	265,315	461,633
前月比	113.3	99.5	132.5	111.8	114.9	104.3	130.0	107.0	96.0	115.5	115.4	112.3
前年同月比	32.3	111.3	74.8	91.5	59.2	111.1	74.5	100.7	57.3	84.5	84.3	89.2

財務省通関統計

輸入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼		計	合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼		
'07 暦年	3,460	1,112	635	6,182	11,308	192,988	7,980	219,094	40	27,359	35,380	62,739	286,445
'08 暦年	4,473	1,090	257	6,633	10,173	112,107	6,170	135,341	10	7,874	55,741	63,614	204,527
'07 年度	3,978	1,107	532	5,489	9,694	151,995	6,473	174,183	19	21,849	38,052	59,900	239,187
'08 年度	4,085	997	337	6,429	10,403	104,680	6,463	128,312	12	6,784	61,678	68,462	201,869
'08年 12月	523	52	15	464	1,094	8,620	535	10,728	-	2,221	4,966	7,187	18,490
'09年 1月	366	52	55	608	969	8,927	627	11,186	2	383	6,124	6,507	18,113
2月	177	94	50	299	610	5,005	316	6,280	-	214	5,147	5,360	11,911
3月	259	58	45	496	572	5,149	565	6,826	-	158	5,282	5,439	12,582
4月	222	22	25	723	913	6,890	591	9,142	-	158	3,198	3,357	12,742
5月	210	54	53	780	344	6,218	255	7,649	-	169	4,554	4,724	12,638
6月	325	43	24	1,032	667	6,909	443	9,075	-	140	2,007	2,147	11,589
7月	214	34	23	902	877	8,411	529	10,742	-	59	3,568	3,626	14,616
8月	108	21	76	936	661	9,877	291	11,842	-	824	3,512	4,336	16,307
前月比	50.3	61.4	332.2	103.8	75.5	117.4	55.1	110.2	-	1,406.8	98.4	119.6	111.6
前年同月比	21.0	24.2	297.7	162.3	88.2	97.9	46.4	98.1	-	422.4	88.0	103.6	96.7

財務省通関統計

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録		建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受注額	工作機械 受注額
	うち トラック		うち トラック		うち トラック		ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック			
'07 暦年	11,596,327	1,538,020	6,549,940	616,450	5,353,648	937,732	9,120	180,425	171,128	18,752	123,366	65,118	15,900
'08 暦年	11,575,644	1,508,399	6,727,091	658,218	5,082,235	839,259	9,249	149,228	174,025	17,501	116,022	65,866	13,011
'07 年度	11,790,059	1,559,205	6,769,851	641,168	5,319,620	913,961	9,515	181,945	177,864	18,965	123,640	66,918	15,939
'08 年度	10,005,771	1,329,877	5,602,813	557,515	4,700,778	776,925	7,300	115,902	145,424	14,381	106,168	56,201	9,690
'08年 12月	725,825	89,023	422,077	43,158	306,319	52,898	417	6,396	9,347	1,080	7,625	6,189	369
'09年 1月	576,539	73,458	233,859	24,382	301,702	44,607	294	4,198	6,016	573	7,332	2,639	190
2月	481,396	71,693	212,107	19,338	380,582	54,784	232	3,346	5,659	449	7,373	3,207	204
3月	552,071	77,856	228,201	23,464	r546,093	80,056	202	3,007	5,858	440	7,279	5,575	209
4月	485,405	64,616	206,456	16,201	284,034	47,047	162	2,399	4,321	365	6,888	2,322	252
5月	542,282	67,180	231,610	15,489	292,043	46,925	147	2,278	4,341	398	6,682	3,810	276
6月	683,958	79,425	321,255	22,939	r382,284	62,085	133	2,930	5,820	543	7,328	3,769	350
7月	742,284	90,912	339,652	27,082	430,958	57,632	141	3,298	6,280	431	6,647	3,405	343
8月	571,787	71,698	275,186	24,181	308,552	44,202	92	3,192	5,241	440	6,681	2,807	318
前月比	77.0	78.9	81.0	89.3	71.6	76.7	65.2	96.8	83.5	102.1	100.5	82.4	92.6
前年同月比	74.1	67.1	55.4	44.5	99.5	82.3	17.4	30.8	43.5	38.8	73.5	60.5	28.5

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2009年 8月分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	1987~2009年随時				
						年月	ピーク時	年月	ボトム時	
工 具 鋼	生産高	10,027	105.9	42.4	45.1	91.3	29,286	09.4	5,565	
	輸出船積実績	912	113.3	32.3	25.5	87.3	10,368	09.6	693	
	販売業者	受入高計	22,330	116.2	93.8	108.6	07.1	31,631	09.2	10,035
		販売高計	24,181	100.5	106.0	118.7	07.1	30,175	09.2	13,875
		消費者向	11,718	93.9	93.1	124.8	07.10	17,272	09.2	6,438
		在庫高計	50,960	96.5	101.0	141.4	09.6	57,658	87.10	31,813
生産者工場在庫高	4,871	98.6	67.1	43.4	91.10	17,876	09.6	4,827		
総在庫高	55,831	96.7	96.7	118.1	08.12	64,937	88.1	41,105		
構 造 用 鋼	生産高	443,807	94.7	61.1	81.7	08.10	827,404	09.2	269,906	
	輸出船積実績	58,233	111.8	91.5	344.0	08.2	79,915	92.1	10,222	
	販売業者	受入高計	567,040	110.0	56.0	171.7	08.10	1,157,330	98.8	257,445
		販売高計	570,351	108.2	56.3	173.9	08.10	1,134,981	99.8	253,971
		消費者向	353,416	105.4	58.1	165.4	08.10	670,656	98.8	166,732
		在庫高計	312,992	99.0	125.7	130.2	09.2	346,348	87.10	169,822
生産者工場在庫高	212,375	103.6	92.8	70.9	97.11	320,394	09.4	176,539		
総在庫高	525,367	100.8	109.9	97.3	08.12	590,665	87.12	427,189		
ば ね 鋼	生産高	31,585	126.7	72.5	74.2	89.3	60,673	09.2	10,159	
	輸出船積実績	8,708	114.9	59.2	68.8	06.5	27,829	09.4	3,629	
	販売業者	受入高計	18,231	111.0	90.6	122.2	08.4	26,487	09.4	6,202
		販売高計	17,367	98.1	91.2	116.6	08.4	25,355	09.4	6,339
		消費者向	3,036	84.9	77.3	24.5	90.10	23,876	09.4	2,550
		在庫高計	12,295	107.6	114.7	386.9	08.12	14,722	03.9	1,534
生産者工場在庫高	24,436	152.1	88.5	76.1	95.12	41,374	09.4	15,541		
総在庫高	36,731	133.6	95.8	104.0	96.3	45,219	02.9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生産高	250,784	107.6	87.0	92.8	07.3	330,543	09.2	116,542	
	輸出船積実績	115,252	104.3	111.1	113.3	05.3	152,476	90.1	27,286	
	販売業者	受入高計	166,962	90.1	44.5	111.2	06.5	587,740	09.2	88,978
		販売高計	166,903	87.7	44.7	111.7	06.5	587,941	09.2	88,740
		消費者向	50,006	93.9	16.7	87.7	06.1	292,191	87.1	34,263
		在庫高計	127,501	100.0	82.0	115.3	01.10	169,096	87.3	51,419
生産者工場在庫高	104,683	111.2	72.9	71.1	02.4	188,988	09.6	94,564		
総在庫高	232,184	104.8	77.7	90.1	01.10	352,013	88.4	191,203		
快 削 鋼	生産高	40,428	101.8	60.2	45.7	88.3	116,819	09.2	22,054	
	販売業者	受入高計	10,224	84.7	48.1	60.8	06.9	25,874	04.9	7,949
		販売高計	11,748	79.8	64.8	71.0	08.4	26,351	09.2	10,358
		消費者向	11,651	86.2	66.4	81.9	08.4	23,235	04.9	9,649
		在庫高計	19,810	92.9	93.4	86.5	07.8	27,861	87.1	9,364
	生産者工場在庫高	31,655	98.1	92.2	140.8	87.1	43,166	01.12	17,975	
総在庫高	51,465	96.0	92.7	113.4	06.5	69,020	02.3	31,448		
高 抗 張 力 鋼	生産高	344,272	126.4	76.1	147.0	07.3	513,596	87.2	151,890	
	販売業者	受入高計	1,572	122.9	29.7	12.7	90.2	18,841	09.8	1,572
		販売高計	2,035	92.5	39.4	16.5	90.10	18,863	09.8	2,035
		消費者向	1,711	99.3	46.0	31.8	90.10	9,573	09.8	1,711
		在庫高計	7,935	94.5	103.2	59.9	99.12	20,289	02.12	5,895
	生産者工場在庫高	149,592	141.0	105.5	89.3	87.6	204,893	99.11	99,475	
総在庫高	157,527	137.6	105.4	87.1	01.5	217,711	06.3	110,555		
そ の 他	生産高	110,484	104.9	75.7	47.2	-	-	-	-	
	販売業者	受入高計	22,641	77.7	70.3	182.8	-	-	-	-
		販売高計	23,118	80.8	71.0	187.2	-	-	-	-
		消費者向	20,349	80.8	84.3	378.0	-	-	-	-
		在庫高計	53,627	99.1	196.7	404.7	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	55,051	121.0	88.4	32.9	-	-	-	-	
総在庫高	108,678	109.1	121.4	60.1	-	-	-	-		
特 殊 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産高合計	1,231,387	106.8	70.5	91.4	07.3	1,942,468	09.2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計	461,633	112.3	89.2	137.6	07.12	543,431	87.1	153,788	
	販売業者	受入高計	809,000	103.8	54.2	141.3	06.5	1,516,366	87.1	435,213
		販売高計	815,703	101.4	55.0	143.4	08.6	1,512,463	87.5	442,211
		消費者向	451,887	101.5	46.6	134.2	08.6	926,258	98.8	267,392
		在庫高計	585,120	98.9	112.2	132.3	09.2	647,470	87.10	290,674
生産者工場在庫高	582,663	115.6	90.2	76.4	98.1	839,861	97.3	425,932		
総在庫高	1,167,783	106.6	100.0	96.9	01.5	1,355,516	97.1	873,633		

出所:経済産業省 大臣官房調査統計部

- 注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれに含まない。
 2. 1987~2009年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。
 3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず
 4. 平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、以前の値と比較することはできない。

倶楽部だより

(平成21年8月21日～10月20日)

編集委員会

- ・本委員会(9月28日)
1月号特集「オンリーワン、NO.1商品の紹介(仮題)」の編集方針、内容の確認

流通委員会

- ・説明会(9月29日)
「平成21年度第3・四半期の特殊鋼需要見通し」
講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課
桑原課長補佐
参加者：55名
- ・講演会(10月6日、流通海外展開委員会と共催)
「自動車生産のグローバル化に伴う部品産業の今後について」
講師：(株)三菱総合研究所 経営コンサルティング本部 産業戦略グループ 杉浦主席研究員
参加者：130名
- ・工具鋼分科会(10月9日)

【大阪支部】

- 説明会(8月26日)
「平成20年度特殊鋼の最終用途別需要実態調査」結果報告書の解説
講師：(株)日鉄技術情報センター 市場調査部長 松尾 悟氏
参加者：73名
- 3団体共催講演会(9月29日)

「企業の為の新型インフルエンザ対策セミナー」

講師：三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株) シニアコンサルタント
藤井 恵氏

参加者：78名

【名古屋支部】

- 説明会(9月1日)
「平成20年度特殊鋼の最終用途別需要実態調査」結果報告書の解説
講師：(株)日鉄技術情報センター 市場調査部長 松尾 悟氏
参加者：68名
- 2団体共催中堅社員研修(10月2日、3日)
「変革期における～ピンチからチャンスに変える発想法～」
講師：(株)名南経営 マネジメントコンサルティング事業部 村野文洋氏
参加者：30名
- 説明会(10月13日)
「平成21年度第3・四半期の特殊鋼需要見通し」
講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課 高橋係長
参加者：60名
- 部会
 - ・工具鋼部会(10月14日)
 - ・ステンレス鋼部会(10月16日)

社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 28社</p> <p>販売業者 111社</p> <p>合 計 139社</p> <p>(賛 助 会 員) 0社</p>	【販売業者会員】		
<p>【製造業者会員】</p> <p>愛 知 製 鋼 (株)</p> <p>秋 山 精 鋼 (株)</p> <p>(株)川口金属工業</p> <p>(株)神 戸 製 鋼 所</p> <p>合 同 製 鐵 (株)</p> <p>山 陽 特 殊 製 鋼 (株)</p> <p>J F E 条 鋼 (株)</p> <p>J F E ス チ ー ル (株)</p> <p>下 村 特 殊 精 工 (株)</p> <p>新 日 本 製 鐵 (株)</p> <p>ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)</p> <p>住 友 金 属 工 業 (株)</p> <p>大 同 特 殊 鋼 (株)</p> <p>高 砂 鐵 工 (株)</p> <p>中 部 鋼 鈑 (株)</p> <p>東 北 特 殊 鋼 (株)</p> <p>日 鉦 金 属 (株)</p> <p>日 新 製 鋼 (株)</p> <p>日 本 金 属 (株)</p> <p>日 本 金 属 工 業 (株)</p> <p>日 本 高 周 波 鋼 業 (株)</p> <p>日 本 精 線 (株)</p> <p>日 本 冶 金 工 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 (株)</p> <p>(株)不 二 越</p> <p>三 菱 製 鋼 (株)</p> <p>ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)</p> <p>理 研 製 鋼 (株)</p>	<p>愛 鋼 (株)</p> <p>青 山 特 殊 鋼 (株)</p> <p>浅 井 産 業 (株)</p> <p>東 金 属 (株)</p> <p>吾 妻 金 属 (株)</p> <p>新 井 ハ ガ ネ (株)</p> <p>粟 井 鋼 商 事 (株)</p> <p>石 原 鋼 鉄 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)</p> <p>井 上 特 殊 鋼 (株)</p> <p>植 田 興 業 (株)</p> <p>(株) U E X</p> <p>碓 井 鋼 材 (株)</p> <p>ウ メ ト ク (株)</p> <p>扇 鋼 材 (株)</p> <p>岡 谷 鋼 機 (株)</p> <p>カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)</p> <p>兼 松 (株)</p> <p>兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)</p> <p>(株) カ ム ス</p> <p>(株)カワイスチール</p> <p>川 本 鋼 材 (株)</p> <p>北 島 鋼 材 (株)</p> <p>ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)</p> <p>小 山 鋼 材 (株)</p> <p>佐 久 間 特 殊 鋼 (株)</p> <p>櫻 井 鋼 鐵 (株)</p> <p>佐 藤 商 事 (株)</p> <p>サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株)三 悦</p> <p>三 協 鋼 鐵 (株)</p> <p>三 京 物 産 (株)</p> <p>三 興 鋼 材 (株)</p> <p>三 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>J F E 商 事 (株)</p> <p>芝 本 産 業 (株)</p> <p>清 水 金 属 (株)</p>	<p>清 水 鋼 鐵 (株)</p> <p>神 鋼 商 事 (株)</p> <p>(株)スチール</p> <p>住 金 物 産 (株)</p> <p>住 金 物 産 特 殊 鋼 (株)</p> <p>住 商 特 殊 鋼 (株)</p> <p>住 友 商 事 (株)</p> <p>大 同 興 業 (株)</p> <p>大 同 マ テ ッ ク ス (株)</p> <p>大 洋 商 事 (株)</p> <p>大 和 興 業 (株)</p> <p>大 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株)竹内ハガネ商行</p> <p>孟 鋼 鉄 (株)</p> <p>田 島 ス チ ー ル (株)</p> <p>辰 巳 屋 興 業 (株)</p> <p>中 部 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>千 曲 鋼 材 (株)</p> <p>(株)テクノタジマ</p> <p>(株)鐵 鋼 社</p> <p>デ ル タ ス テ ィ ー ル (株)</p> <p>東 京 貿 易 金 属 (株)</p> <p>(株)東 信 鋼 鉄</p> <p>特 殊 鋼 機 (株)</p> <p>豊 田 通 商 (株)</p> <p>中 川 特 殊 鋼 (株)</p> <p>中 野 ハ ガ ネ (株)</p> <p>永 田 鋼 材 (株)</p> <p>名 古 屋 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ナ ス 物 産 (株)</p> <p>南 海 鋼 材 (株)</p> <p>日 輪 鋼 業 (株)</p> <p>日 金 ス チ ー ル (株)</p> <p>日 鐵 商 事 (株)</p> <p>日 本 金 型 材 (株)</p> <p>ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)</p> <p>野 村 鋼 機 (株)</p> <p>白 鷺 特 殊 鋼 (株)</p> <p>橋 本 鋼 (株)</p>	<p>(株)長谷川ハガネ店</p> <p>(株)ハヤカワカンパニー</p> <p>林 田 特 殊 鋼 材 (株)</p> <p>阪 神 特 殊 鋼 (株)</p> <p>阪 和 興 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)</p> <p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p> <p>(株)日立ハイテクノロジーズ</p> <p>(株)平 井</p> <p>(株)福岡ハガネ商店</p> <p>藤 田 商 事 (株)</p> <p>古 池 鋼 業 (株)</p> <p>(株)プルータス</p> <p>(株)堀田ハガネ</p> <p>(株)マクシスコーポレーション</p> <p>松 井 鋼 材 (株)</p> <p>三 沢 興 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 ス チ ー ル (株)</p> <p>三 菱 商 事 ユ ニ メ タ ル ズ (株)</p> <p>宮 田 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>(株)メタルワン</p> <p>(株)メタルワンチューブラー</p> <p>(株)メタルワン特殊鋼</p> <p>森 寅 鋼 業 (株)</p> <p>(株)山一ハガネ</p> <p>山 進 産 業 (株)</p> <p>ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)</p> <p>山 野 鋼 材 (株)</p> <p>陽 鋼 物 産 (株)</p> <p>菱 光 特 殊 鋼 (株)</p> <p>リ ン タ ッ (株)</p> <p>渡 辺 ハ ガ ネ (株)</p>

経済産業省経済産業政策局調査統計部

経済産業省経済産業政策局調査統計部が実施する各種統計調査につきましては、平素より御協力頂き、厚く御礼申し上げます。

皆様より提出された調査票は、当部において集計・加工・分析をした上で公表され、国・地方公共団体の行政施策の基礎資料、商工鉱業における企業経営資料として、さらには諸研究のための貴重なデータとして広く利用されております。また、社会経済の急激な変化や国民生活の多様化などに伴い、経済活動の現状を正しく見極める指標として、統計の果たす役割は一層重要性を増しております。

しかしながら、調査を取り巻く環境の悪化により、調査票の未提出、提出期日遅延、記入漏れ等の増加により、調査の使命である信頼性の高い調査結果を早期に公表するということが困難な状況にあります。

このため、経済産業省では、調査環境の変化に対応した調査内容の見直し等により報告者の記入負担の軽減に常々努めるとともに、調査対象企業・事業所に御理解と御協力を得つつ、調査を円滑に実施するため、各事業団体等加盟の調査対象企業・事業所のうち調査票の未提出等の事業所に対して改めて調査票提出の依頼を行う「調査票提出促進運動」を、毎年「統計の日」（10月18日）を中心として実施しております。

調査を取り巻く環境が悪化する中、より精度の高い統計を作成するためには、皆様の御協力により正確な調査票を所定の期日までに提出していただくことが何にもまして重要であります。

引き続き皆様の御理解を賜り、調査票の提出に御協力下さいますようお願い申し上げます。

【政府統計オンライン調査システムへの移行について】

現在ご利用いただいております新世代統計システムは、政府統計オンライン調査システムへ移行するため、平成22年2月に使用停止となります。政府統計オンライン調査システムへ未移行の皆様につきましては、早期の移行に御協力をお願い申し上げます。

★政府統計オンライン調査システムについては、経済産業省ホームページで紹介しておりますので、是非御覧下さいますようお願い申し上げます。

URL : <http://www.meti.go.jp/statistics/index.html>

特 集 / わが社の誇れる ONLY ONE、NO.1 製品

今回は、会員メーカー各社が ONLY ONE、NO.1 製品と考えている製品・技術・製法等について 1 社 1～3 頁で特集します。

また、当倶楽部会長、副会長、及び主要メーカーの代表による年頭所感をはじめ需要部門の動向（自動車、産業機械）等掲載の予定です。

3 月号特集予定… 型材・部材の寿命延長のためのやさしい解説

特 殊 鋼

第 58 卷 第 6 号
© 2 0 0 9 年 11 月
平成 21 年 10 月 25 日 印 刷
平成 21 年 11 月 1 日 発 行

定 価 1,200 円 送 料 100 円
1 年 国内 7,200 円 (送料共)
外国 7,860 円 (" 、船便)

発 行 所
社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3 丁目 2 番 10 号 鉄鋼会館
電 話 03(3669)2081・2082
ホームページ URL <http://www.tokushuko.or.jp>
振替口座 00110-1-22086

編集発行人 秋 山 芳 夫
印刷人 猪 俣 公 雄
印刷所 日本印刷株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。

「特殊鋼」誌第58巻索引

2009年1～11月

■ 経済関係 ■

新年あいさつ「平成21年新年挨拶」…藤原 信義 1・1

【年頭所感】

- 「年頭に寄せて」……………細野 哲弘 1・2
「震度7の先」……………俣野 一彦 1・4
「年頭所感」……………山内 卓 1・5
「年頭所感」……………竹内 誠二 1・6
「平成20年の回顧と平成21年の
見通し」……………安川 彰吉 1・7
「今、やるべきことを着実に
実行する」……………公文 康進 1・8
「年頭にあたり」……………桐山 哲夫 1・9
「平成20年の回顧と平成21年の
見通し」……………相川 貢 1・10
「需要環境変化への適切な対応と、将来に向けて
継続した取り組みを」……………内田 耕造 1・11
「年頭所感」……………加藤 芳充 1・12
「年頭所感」……………平岡 惟史 1・13
「雑感：お客様の心を捉える」……………市橋 健 1・14

【一人一題】

- 「アジアに2年」……………四戸 良治 3・1
「北米大陸横断ドライブ1万1,000キロ」
(70歳のセンチメンタルジャーニー)…佐藤 徹 5・1
「WBCを見て思う」……………市川 修 7・1
「北京の春」……………完倉 洋一 9・1
「我が大平町とウォーキング」……………原 信之 11・1

【需要部門の動向】

- 自動車工業……………青木 哲 1・15
産業機械……………庄野 勝彦 1・18

■ 技術関係 ■

《特集記事》

☆ 地球にやさしい特殊鋼製造

- I. 産業界に期待される省エネルギー技術
……………工藤 博之 1・21
II. 「電気製鋼」ことはじめ ……矢島 忠正 1・26
III. 素材製造工程での環境対応
1. 高炉メーカー…………… 1・31～40
(株)神戸製鋼所、JFEスチール(株)、新日本製鐵(株)、
住友金属工業(株)
2. 電炉メーカー…………… 1・43～52
愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、大同特殊鋼(株)、
日本冶金工業(株)、三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)
IV. 2～3次加工工程での環境対応…………… 1・55～68
愛知製鋼(株)、JFEテクノワイヤ(株)、神鋼鋼線工業(株)
住友金属工業(株)、住金精圧品工業(株)、
日本精線(株)、宮崎精鋼(株)

- V. 会員メーカーの環境に貢献する製品 1・70～77
(株)神戸製鋼所、山陽特殊製鋼(株)、JFE条鋼(株)、
新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)

☆ やさしく知る高機能特殊鋼

- I. はじめに……………福井 康二 3・2
II. 機能特性と材料、用途
1. 超の付く高強度・高靱性
(1) 析出物を制御：超強力鋼
(マルエージング鋼)…伊藤 正和 3・4
(2) 結晶粒を制御：超細粒鋼…木村 秀途 3・6
(3) 熱処理と伸線で制御：高炭素鋼線
……………山崎 真吾 3・8
2. 特殊な環境での強度
(1) 高強度材料はここに注意(耐遅れ破壊性)
……………並村 裕一 3・10
(2) 次世代エネルギーの水素を使いこなす
(耐水素脆性)…中川 英樹 3・12
(3) 高温環境で実力発揮(耐熱性)
……………射場 俊彰 3・14
3. 様々な環境に強い耐食特性
(1) 大気、水環境での耐食性…原田和加大 3・16
(2) 腐食環境での疲れ強さ …大石 裕之 3・20
4. 鉄は磁気の宝庫
(1) 磁気を感じて力に変える軟磁性
1) 強い力を引き出す(高磁束密度)
：電磁鋼板……………新井 聡 3・22
2) 効率良く力を引き出す(高透磁率)
……………中島 晋 3・25
3) さび、腐食環境に強い磁性材料
：電磁ステンレス鋼…佐藤 武信 3・27
(2) 磁気に影響されず力を出しつづける
：磁石……………村田 剛志 3・29
(3) 磁気を感じない(非磁性)
……………小野 寛 3・31
5. 特殊鋼にはこんな機能もある
(1) 熱による体積変化量を制御(熱膨張性)
……………小室 真 3・33
(2) 音や振動の伝わり方を制御(減衰能)
……………渡部 健司 3・35
(3) 変形しても加熱すると元に戻る金属：
形状記憶合金……………小柳 禎彦 3・38
(4) 低摩擦への挑戦(摩擦特性)
……………小山 隆治 3・40
III. 会員メーカーの機能材料…………… 3・42～46
JFEスチール(株)、大同特殊鋼(株)、日本精線(株)、
(株)YAKIN川崎、日本冶金工業(株)

☆ 最近の熱処理技術

- I. 動向と展望
熱処理技術の世界の動向と直面する課題
……………鮎谷 清司 5・2
II. 最近の熱処理技術と課題

1. 自動車部品	浅野 俊英	5・7	2. 風力発電用軸受	安達 丈博	9・12
2. 産業機械部品	浜坂 直治 大石 真之	5・11	3. 鉄道車両用軸受	高野 浩二	9・15
3. 金型	栢原 芳郎	5・14	4. ミニチュアベアリングの動向と ユーザーニーズ	町田 進一	9・17
4. 特殊部品の最近の熱処理技術と課題	鶴見 州宏	5・18	5. 直動案内	伊勢弦二郎	9・20
III. 熱処理関連技術の開発動向			III. 最近の軸受製造技術動向		
1. 素材・部品材	中島 智之	5・21	1. 塑性加工	世良 昌	9・23
2. 素材・金型材	田村 庸	5・24	2. 熱処理	平野 哲郎	9・27
3. 熱処理炉・真空焼入れ炉	勝俣 和彦	5・26	3. 研磨	鎌村 有宏	9・30
4. 熱処理炉・浸炭炉	河田 一喜	5・29	4. 鋼球	田中 泰樹	9・33
5. 熱処理炉・高周波焼入れ	川寄 一博 生田 文昭 三阪 佳孝	5・32	IV. 流通から見た軸受鋼—現状と今後の課題—	竹下 晴明	9・36
6. 制御装置	栗原 一	5・36	V. 最近の軸受用鋼の動向	平岡 和彦	9・40
7. 冷却媒体	富田 美浩	5・38	VI. 会員メーカーの軸受用鋼	9・44~47	
8. 表面硬化鋼部品の熱処理CAE	渡邊 陽一	5・40	(株)神戸製鋼所、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、大同特殊鋼(株)		
IV. 会員会社の熱処理・素材技術	5・43~47		☆ やさしい磁性材料		
(株)神戸製鋼所、住友金属工業(株)、(株)住友金属小倉、大同特殊鋼(株)、日立金属工具鋼(株)			I. はじめに		
☆ 自動車の環境対応			1. 磁性材料の最近の動向	福田 方勝	11・2
I. 自動車産業の環境への取組み	堀 政彦	7・2	2. 磁性材料の基礎知識	福田 方勝	11・5
II. 自動車メーカーにおける環境対応			II. 磁性材料各論		
1. 乗用車	嬉野 欣成	7・8	1. 電磁鋼板	新井 聡	11・11
2. 日産自動車における環境対応と 特殊鋼の取り組み	村上 陽一	7・12	2. 高透磁率材料	相川 芳和	11・14
3. いすゞ商業車における環境対応について	賀川 義雄	7・16	3. 粉末軟磁性材料	武本 聡	11・17
III. 自動車部品メーカーにおける環境対応			4. 希土類磁石	広沢 哲	11・20
1. オートマチックトランスミッションの材料・ 熱処理技術の動向と課題	大林 巧治	7・19	5. フェライト磁石	細川 誠一	11・22
2. 等速ジョイント (CVJ)	友上 真	7・22	6. ボンド磁石	古谷 嵩司	11・25
3. ステアリングシステムにおける環境対応	後藤 将夫	7・24	7. 鑄造・圧延磁石	福田 方勝	11・29
4. サスペンション	岡田 秀樹	7・26	III. 磁性材料の応用		
5. ブレーキ	馬場 晴久	7・28	1. 自動車への応用	近田 滋	11・32
6. タイヤの環境対応	鳥巢浩二郎 福田 征正	7・31	2. 産業・家電機器への応用~新材料の モータへの適用~	森永 茂樹	11・35
7. 軸受	前田 俊秋	7・34	3. 磁性材料を使用したIT部品の紹介	羽上田公彦	11・38
8. 最近の高強度ボルト用材料	松下孝一郎	7・36	IV. 会員メーカーの磁性材料	11・42~46	
9. 電装部品	谷村 圭宏 加藤 良浩	7・39	(株)神戸製鋼所、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、(株)ガイド電子、三菱製鋼(株)		
IV. 会員会社の自動車の環境対応へ貢献する 特殊鋼	7・42~48		【倶楽部だより】	毎号掲載	
愛知製鋼(株)、(株)神戸製鋼所、JFE条鋼(株)、大同特殊鋼(株)、日立金属(株)			【倶楽部ニュース】	1・80	
☆ 軸受および軸受用鋼の動向			▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移	毎号掲載	
I. 軸受業界の最近の動向	木村 啓亮	9・2	▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売 (商社+問屋) の推移	毎号掲載	
II. 最近の軸受の動向とユーザーニーズ			▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移	毎号掲載	
1. 自動車用軸受	樋口 博和	9・7	▲特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移	毎号掲載	
			▲関連産業指標推移	毎号掲載	
			▲特殊鋼流通統計総括表	毎号掲載	
			【会員会社一覧】	毎号掲載	