

## TODAY

## わが国の製造業の国際競争力と素材産業



JFEスチール株式会社

専務執行役員

スチール研究所長

藤井 徹也

わが国の製造業の国際競争力は一般的に1990年代を通じて低下傾向にあると言われている。この傾向の最近の典型は汎用半導体のDRAMやTFT大型液晶パネルに見られるが、各種の指標でも認められている。例えば、一橋大学の伊丹敬之教授らの分析によれば、主要26カ国の輸出のうちわが国の占める金額シェア(ドル表示)は、1994年以降低落傾向にある。一方、米国はこの年代を通じて着実な伸びを示し、絶対値は低いが中国、韓国も増大傾向にある。わが国と米国の製造業の労働者一人当たりの生産性(付加価値額)の変化においても同様な傾向が見られる。

自動車産業や工作機械産業に見られるように、強い国際競争力を維持し続ける業種もあり、このような競争力低下の主要原因は業種別に論じる必要がある。

素材産業分野の国際競争力に関しては、エネルギー価格や天然資源の有無、さらには税制度上の問題など、わが国固有の問題がある。これらの問題を克服して競争力を維持するためには、それぞれの企業の経営戦略もさることながら、研究開発に携わる技術者、研究者としてはさらなる研究開発力の強化が必要である。他国の追従を許さない特性の製品開発を、先端的あるいはニッチ分野の

商品のみならず、大量生産されている主力商品分野で推進することが重要である。

最近の鉄鋼材料関連分野を見ると、大口需要家の自動車産業において、燃料費向上のための車体重量の軽量化と衝突安全性の向上を目指して使用鋼材の高張力鋼化が重要な課題となっている。このため、加工性とメッキなどの表面処理性に優れた高張力鋼板の開発と実用化が急務となっている。この分野に限定すれば、鉄鋼メーカーにおける製品開発と自動車メーカーにおける実車適用が着実に、しかも急速に進んでいる。メーカーとユーザーの技術者、研究者の密接な連携活動を通じて鉄鋼材料の特性向上がこの分野の開発研究の歴史でも特筆される速度で進展していると言っても過言ではない。このような活動は鉄鋼産業の国際競争力の強化のみならず、自動車産業の国際競争力の維持、向上にも貢献しているものと思われる。

以上に述べた鉄鋼産業と自動車産業間の、ターゲットを明確にした連携研究開発活動は当該業界に限定されることなく、程度の差はあるが鉄鋼を含む素材産業と造船、建築、土木、産業機械や電機業界などとの間においても見られる。このような、技術者の業界間連携活動の成果が、わが国の素材産業とそのユーザー産業の国際競争力の強化に大きな役割を果たしているものと思われ、今後もこのような活動を積極的に展開していくことが重要である。

# 変圧器の電力損失削減のための革新的磁性材料の開発

プロジェクトリーダー 小松原道郎 鉄鋼材料研究部 櫻谷敏和

## 1 本受託事業の目的

送配電時の電力損失を大幅に削減し、その結果としてわが国のCO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献するべく変圧器の磁性材料の損失を画期的な値まで低減することが本事業の目的である<sup>[1]</sup>。本開発は革新的温暖化対策技術プログラムの一環として、平成14年度は経済産業省、平成15、16年度は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から委託を受け、3カ年計画で推進されている。

電力の送配時には、発電所での昇圧変圧器、変電所での変電用変圧器、工場や大型ビル等での高圧受電変圧器、電信柱上の柱上変圧器等、多様な型式の変圧器が使用され、変圧器による損失は、総発電電力の2.24%を占める。この損失のうち、約50%が磁性材料に起因(残りは巻線に起因)するので、2010年に予測されている総発電需要量に対して、変圧器による電力損失は272億kWh、変圧器の磁性材料による損失は136億kWhに達すると予測される。

変圧器の磁性材料として使用される方向性電磁鋼板の品質特性は、日本製品が最高水準であり、例えば、図-1

に示されるように磁束密度の極限までの向上、鋼板の板厚の低減、磁化を担う磁区の細分化技術等の開発により年々その鉄損が低減されている。しかし、ここ数年は技術的に飽和状況にあり進歩が認められない。

## 2 ブレークスルー技術

電磁鋼板の磁化は図-2に示される磁区幅の伸縮によって担われる。この幅が小さければ、磁化過程で失われる損失も小さい。図-2(a)は鋼板表面に100μm程度の幅の溝を設けることで磁区の細分化(Domain refinement)が生じさせることを利用して鉄損の低減を図った材料であり、一定の成果を得たが、磁区の細分化としては不十分であった。

新技術は鋼板表面に熱膨張率の低いセラミックス系のサブミクロン厚被膜を被成させることで、図-2(b)に示されるように大幅に磁区幅を低減することが可能であることの発見による<sup>[2]</sup>。これにより、鉄損を0.23mmの板厚の場合、 $W_{17/50}$ で現行の0.75W/kgから0.60W/kgへ低減でき、各年の更新変圧器の鉄心材料として採用された場

合、年間4.6億kWhの省エネ効果が得られることになる。

しかし、前述の被膜形成に際し、鋼板表層を反応物や歪で汚染させるとヒステリシス損が増加し鉄損が増大するので、その手法としては、真空中での物理蒸着(PVD)や反応を利用する化学蒸着(CVD)に限られている。半導体産業や工具鋼の表面処理で一般的であるこの方法は、鉄鋼材料の大量処理を工業的に行う技術としては多くの障害をもつ。その一つは蒸着速度が極めて遅いという欠点である。

## 3 平成14年度の目標と成果

### 3.1 PVD技術の検討

検討に用いたマグネトロンスパッタリング装置を図-3に示す。これは、Arを含む約 $10^{-3}$ Torrの比較的低い真空中で、蒸発材料を陰極に基板材料を陽極(接地)にしてグロー放電を起こさせ、プラズマ中で発生する陽イオン化したArを陰極のターゲットに衝突させ、反跳として飛び出す高い運動エネルギーを有するターゲット原子を基板材料表面に導き成膜する技術である。

ターゲット近傍で表面に平行な磁界を印加しプラズマ中の電子を拘束しながらマグネトロン運動させることで、成膜速度は増加するが、この時、投入する電流密度を増大させることによ

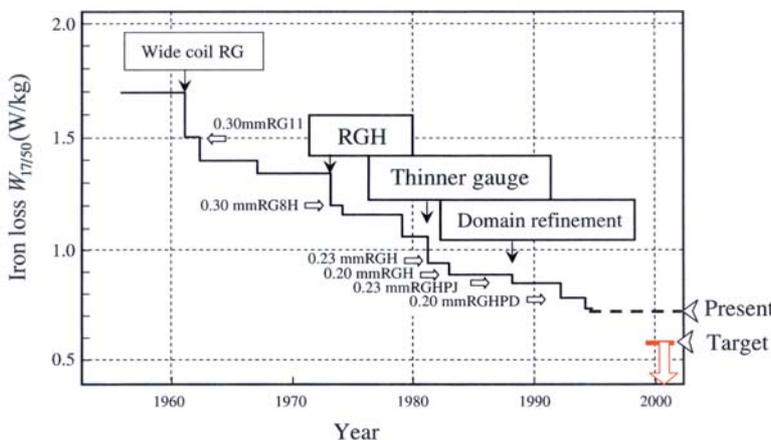


図-1 方向性電磁鋼板鉄損特性の暦年変化の例(川崎製鉄)

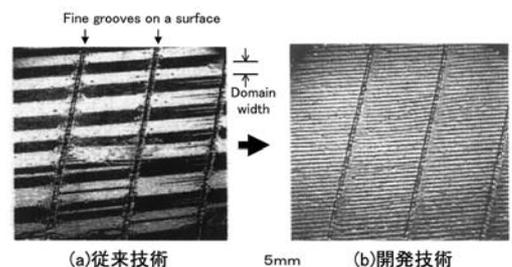


図-2 細分化された磁区構造

り、成膜速度をさらに飛躍的に高めることが可能になった。実験では、窒化珪素被膜を成膜させたが、図-4に示すように今までにない高い成膜速度が得られ、目標値(2000 m/min:0.2μm/min)を達成することができた。

### 3.2 CVD技術の検討

CVD技術としては、原料ガスにTiCl<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>及びN<sub>2</sub>を用い、TiN被膜の形成を検討した。形成した被膜の均一

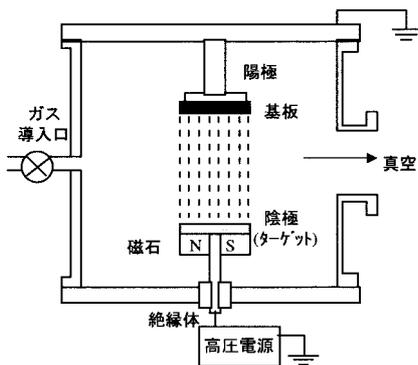


図-3 マグネトロンスパッタリング装置

性は良く、成膜温度を高めることで図-5に示すように極めて高い成膜速度を得ることができ、目標値を達成することができた。工具鋼の表面処理は、通常1時間程度の処理時間を必要としており、このような1分程度の極めて短時間での成膜技術は世界初である。

## 4 平成15年度の計画

平成15年度は、さらに成膜の効率を高める技術開発を行うと同時に、平成14年度に開発した高速成膜技術を反映

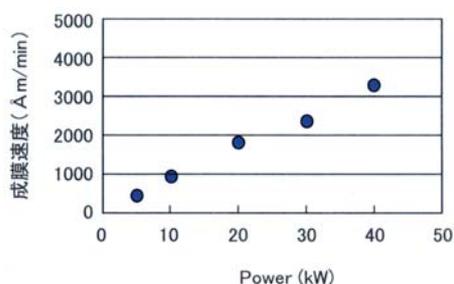


図-4 マグネトロンスパッタリング法の投入電力と成膜速度の関係

させたパイロット規模の装置を作成し、平成16年度の計画である開発材料を用いた変圧器の製造へとつなげていく予定である。

— 文 献 —

- [1] JRCM:「変圧器の電力損失削減のための革新的磁性材料の開発事業」平成14年度経済産業省事業提案(2002)
- [2] Y. Inokuti et al: Mat. Trans. JIM, 33(1995) p946

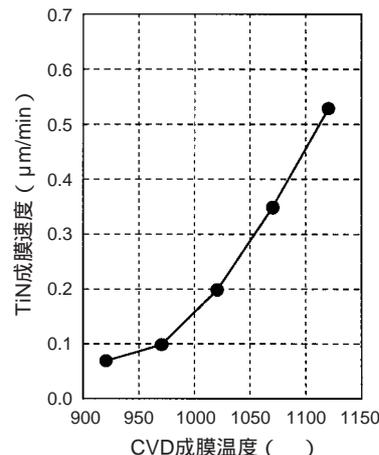


図-5 CVD法の成膜速度と成膜温度の関係

## JRCMのホームページでナノテク製品データベースのサンプル集を公開します

21世紀の産業を強力に牽引する革新的な技術としてナノテクノロジーが大きな注目を集めていますが、日本では技術シーズの蓄積があるにもかかわらず、いまだ十分なビジネスに結びついていないのが現状です。この原因の一つとして企業が保有するナノテク技術が一堂のもとに集められておらず、使える知識になっていないことが挙げられます。

そこで、NEDOでは産業界が保有している外部に供給可能なナノテクノロジーに関する製品及び技術についてアンケート調査の委託先を公募し、JRCMの提案が採択されました。現在JRCMではナノテク製品データベースを構築中ですが、調査の途中経過をデータベースのサンプル集として、ホームページ(<http://www.jrcm.or.jp/>)に掲載しましたのでご覧ください。

またこのナノテク製品データベースにはNEDOのホームページ(<http://www.nedo.go.jp/>)からもリンクされ、アクセスできるようになります。

今後もデータベースを充実させるため、ナノテクに関する製品及び技術の情報等を募集しますので、このサンプル集をご参考にJRCM総務企画部(TEL 03-3592-1282)までお問い合わせください。

企業保有のナノテクシーズ調査 No. 2

株式会社 エリオニクス (<http://home.elionix.co.jp>)

商品名: ELS-7000超高精度電子ビーム描画装置



本装置は、ナノデバイス分野、光情報通信分野、センサ・計測分野、バイオ分野等のMEMSデバイスの製作を目的とした超微細パターン描画装置です。この微細構造には光を制御するための回折格子、グレーティングレンズ、フォトニック結晶構造、微小アクチュエータ構造、また微量の液体の合成や分離を行うマイクロチャンネル構造等の多種多様なパターン形成が高精度で出来ます。

製品連絡先 住所: 〒192-0063 東京都八王子市元横山町3-7-6, Tel: 0426-26-0611, Fax: 0426-26-9081, E-mail: sales@elionix.co.jp

企業保有のナノテクシーズ調査 No. 4

シグマ光機株式会社 (<http://www.sigma-koki.com/>)

商品名: シグマファインステージ



オープン制御時直動ステージ  
理論分解能1nmを実現

製品連絡先 住所: 〒130-0021 東京都墨田区錦1-19-9 TEL: 03-5638-6551 FAX: 03-5638-6550 E-mail: sales@sigma-koki.com

商品分野: 微細加工技術、計測技術

製品概要

シグマファインステージはピエゾ素子をアクチュエータとして採用し、位置検出センサには新規に開発したデジタルセンサ(FID変換方式微小位置センサ)を採用したクロスドローブ制御時分解能: 20nm、ストローク: 90μm(加えて総動本径による0.3mmの移動が可能)を実現した、精密位置・姿勢決システムです。ガイド機構に金属の弾性変形を用いたガタ(すきま)を生じない案内方式と、ピエゾ素子の変形を拡大(5~6倍)する機構を採用した設計で、当社が得意とする超精密加工技術を駆使して製造しております。

項目	SFS-60XZ	SFS-60YAW	SFS-60RSP
最大行程	90μm	90μm	90μm
最大速度	200mm/min	200mm/min	200mm/min
最大加速度	1000mm/s <sup>2</sup>	1000mm/s <sup>2</sup>	1000mm/s <sup>2</sup>
最大位置決め精度	20nm	20nm	20nm
最大速度決め精度	20nm	20nm	20nm
最大加速度決め精度	20nm	20nm	20nm
最大位置決め精度	20nm	20nm	20nm
最大速度決め精度	20nm	20nm	20nm
最大加速度決め精度	20nm	20nm	20nm
最大位置決め精度	20nm	20nm	20nm
最大速度決め精度	20nm	20nm	20nm
最大加速度決め精度	20nm	20nm	20nm

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第203号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発行 2003年9月1日  
発行人 小島 彰  
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター  
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階  
TEL (03)3592-1282(代)/FAX (03)3592-1285  
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>  
E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)