

授賞業績

世界最高性能Nd-Fe-B系永久磁石の開発と省エネルギーへの貢献

佐川真人 博士

1943年8月3日生まれ(68歳)
インターメタリックス株式会社 代表取締役社長

概要

高度に工業化された現代社会を支える基盤材料の一つが永久磁石です。より強力な磁石に対する期待に応えるべく1960年代に開発されたのがSm-Co(サマリウム-コバルト)系磁石でしたが、コバルトが希少資源であるため応用範囲は限られていました。こうしたなか佐川真人博士が挑戦したのは、豊富な資源である鉄を用いた永久磁石の実現です。佐川博士は従来の磁性材料とは全く異なる視点から研究開発に取り組みました。そして、1982年にSm-Co系磁石の最大エネルギー積の記録を塗りかえる世界最強のNd-Fe-B(ネオジム-鉄-ほう素)系磁石を発見するとともに、その実用化を成し遂げました。ネオジム磁石を利用したモーターは、小型軽量で高い効率を得られるため、産業用から家庭用のエレクトロニクス製品の省電力化や風力発電等の新エネルギーの高効率化を実現するなど地球環境問題の解決にも大きく貢献しています。

より強力な永久磁石を求め続けた研究者の夢を希土類元素が実現

永久磁石とは、外部から磁場や電流の供給を受けなくても磁石としての性質を保持し続ける物体のことです。古代ギリシャ時代の哲学者プラトンは、その著書『イオン』のなかで鉄を引き寄せる「マグネシアの石」について言及しており、永久磁石の存在は非常に古くから知られていました。

人類が最初に自分の手で永久磁石を作ったのは18世紀のことで、当時は弱い磁石しか作れず羅針盤の指針などに用いられました。しかし、20世紀に入り電力利用が本格化すると、安定的な磁界をつくる永久磁石への期待が高まりました。そして、1917年に日本の本多光太郎によってKS鋼が発明されたのをきっかけに、1931年に三島徳七によるMK鋼の発明とそれに続くアルニコ磁石、1937年に加藤与五郎と武井武によるOP磁石の発明とそれに続くフェライト磁石など、さまざまな永久磁石が開発されました。これらの磁石が生み出した効率の良い発電機やモーターの登場などによって人類は高度工業化時代を手にしたといえます。

永久磁石の開発競争に大きな転機が訪れたのは1960年代に入って希土類元素を用いた磁石についての研究が進んだことでした。希土類磁石とは、希土類元素とコバルトとの金属間化合物を主成分とする磁石のことです。最初に開発されたサマリウム-コバルト磁石は1970年代に改良が進み、磁石の性能を示す「最大磁気エネルギー積」の値を飛躍的に高めました(図1)。

しかし、サマリウム-コバルト磁石には欠点があり

ました。コバルトもサマリウムも希少資源で値段が高く、大きい需要に応えることのできる磁石材料ではなかったのです。1970年代には、安価で強力な磁石に対する要望が高まりました。

シンポジウムの講演のなかにネオジム磁石を生み出すヒントがあった

コバルトを使わない希土類磁石を自分の手で発明したい……。それは、1972年に東北大学大学院博士課程を修了し国内のエレクトロニクス企業に入社した佐川真人博士にとっても大きな夢でした。

佐川博士が重要なヒントを得たのは、1978年に東京で開催されたシンポジウムに参加したことでした。シンポジウムでは磁石研究の第一人者で現在は未踏科学技術協会特別研究員を務める浜野正昭博士がコバルトを鉄に置き換えることの難しさについて講演を行いました。

鉄を使った希土類磁石の課題のひとつはキュリー温度とって温度を上げていくと磁気がほぼ消失してしまう温度が低すぎることでした。希土類と鉄からなる結晶構造では、鉄同士の原子間距離が近すぎ、これが低いキュリー温度の原因になっているのです。

講演を聴きながら佐川博士の頭に一つのアイデアが浮かびました。それは「希土類元素と鉄の結晶構造の中に、炭素(C)やほう素(B)のような原子半径の小さな元素を入れれば鉄と鉄の間の距離が伸びて、キュリー温度を上げることができる」「希土類としてはサマリウムより資源的に豊富で磁気モーメントも大きなネオジムを用いるべきだ」というものだったのです。

磁石の発明には2つのステップがあります。1つ

めは、磁石となりえる金属間化合物を見つけること。2つめは化合物を磁石として最適な合金にするための「磁石化」です。佐川博士はシンポジウム終了後、すぐにこれらの元素を組み合わせた磁性材料の実験に取り組み、数ヶ月後にはNd-Fe-B系の金属間化合物を発見しました。そして、磁石化のアイデアも次々と浮かんでいましたが、勤務先では別のプロジェクトに係わっていたため、本格的な磁石化に取り組むことができませんでした。

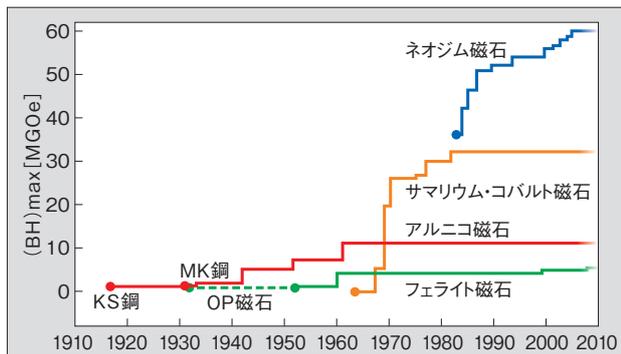
こうしたなか、Nd-Fe-B系磁石の可能性に注目し、佐川博士を迎え入れたのが住友特殊金属(現在の日立金属NEOMAXカンパニー)でした。佐川博士は同社の開発スタッフとともに磁石化に取り組み、最初の発想からわずか5年弱で310℃という高いキュリー温度を持ち、しかも最大磁気エネルギー積が35MGOeという超高性能なネオジム磁石を作り出すことに成功したのです。このとき海外でもNd-Fe-B系磁石に注目する企業もありましたが、佐川博士らは製品化に向けていち早く新たな取り組みを続けました。例えば、磁石の製造方法としては量産効果や応用範囲の広い焼結法を選びましたが、そのためにはミクロンオーダーに粉碎された強磁性粒子を取り扱って磁石に適した微細構造を形成する高度な技術を開発することが必要でした。また、開発の途中で、商品化には耐熱性をさらに高めることや耐食性に課題があることも分かってきましたが、ネオジムの一部をジスプロシウムで置換することで耐熱性を向上させ、新たに開発したコーティング技術で耐食性も克服することができたのです。

ネオジム磁石が省エネルギーを実現 地球環境問題の解決に貢献

1978年のシンポジウムでのひらめきが生んだ世界最強の磁石であるネオジム磁石。1980年代、90年代を通じて研究開発が進み、現在では50MGOeという夢のような性能を持つネオジム磁石も量産されています。そして、ネオジム磁石が社会に与えた影響は非常に大きなものとなりました。コンピュータの外部記憶装置であるHDDなど、さまざまなエレクトロニクス製品の高性能化を実現したほか、省エネルギー、新エネルギーといった環境技術の進歩に大きく貢献しています。

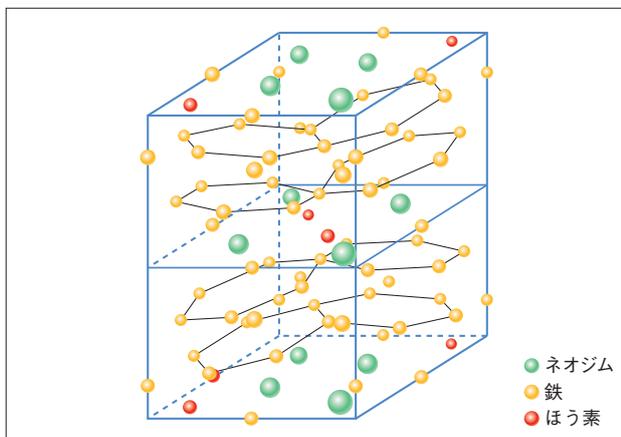
ネオジム磁石を用いたモーターは、従来の誘導モーターに比べ小型軽量で高い効率を得られることから、エアコン、冷蔵庫、掃除機といった家庭用エレクトロニクス製品からエレベータ、運搬機、工作機械、建設用重機に至るまで広く用いられ省エネルギーに

図1 永久磁石の開発の歴史



希土類磁石は、従来の永久磁石と比べ格段に高い最大磁気エネルギー積を持っている。なかでもネオジム磁石は、50MGOeを超える値を示す磁石も量産化されるようになった。

図2 明らかになったNd-Fe-B系磁石の構造



佐川博士が発見したNd-Fe-B系磁石を構成する化合物の結晶構造。ネオジムが鉄が作る層にはさまれている構造が優れた磁気特性を生み出し、重量で1%にしかすぎないほう素がキュリー温度を高めるのに役立っていると考えられている。

大きく貢献しています。世界の電力需要の中でモーターの占める割合は高く、2005年の日本国内電力需要では57%を占めています。従来型モーターからネオジム磁石を用いた高効率モーターへの置き換えは、相当の電力節約につながるようになります。さらに温暖化対策、新エネルギー技術として急速に普及している風力発電に広く使用されているほか、ハイブリッド自動車や電気自動車のすべてに使用されるなど、省エネルギーおよび二酸化炭素排出量削減への貢献はますます増大しつつあります。

佐川博士は1988年に、研究開発企業であるインターメタリックスを設立。大学の研究者などとも連携しながらネオジム磁石の新たな可能性を切り拓いてきました。例えば、ネオジム磁石では温度特性の改善のために多量のジスプロシウムを利用していますが、ジスプロシウムはコバルトと同様な希少資源です。インターメタリックスでは、ジスプロシウムを半減～10分の1にできる新製法を開発し、環境に優しい電気自動車の普及や資源の有効利用につながると期待されています。