

私の専門分野は磁性物理学で、磁性体の特性について X 線分光法を用いた研究をテーマに定めていました。日本は、磁性物理学の分野で長い歴史と多くの実績を有しており、世界的にも欧米諸国のそれらと較べて遜色はありません。本稿では、磁性物理の応用研究、特に磁性材料の開発に関係した話題を紹介したいと思います。

磁性体の応用の例として、永久磁石、光通信素子、磁気記録媒体を挙げる事が出来ます。

永久磁石では Neomax 磁石 ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  型) が有名です。この磁石は 1970 年代に住友特殊金属 (現在は日立金属系列の Neomax 社) の佐川真人氏のチームによって発明・開発されました (私は 1980 年代に佐川氏と共同研究を行っていました)。永久磁石の性能では、固有の磁性 (磁化と磁気異方性) と技術的な工夫 (保磁力) が要求され、前者は Fe と希土類の Nd が、後者は主に希土類の Dy が担っています。佐川氏らの試行錯誤の元素探索を経て、ホウ素(B)の添加が不可欠との結果になりましたが、微量な B の役割は未だよく分かっていません。Neomax 磁石は、最高磁束密度 1.4 テスラ (14,000 ガウス) という世界最強の磁石で、ハイブリッド車のモーターとしてトヨタ Prius に初めて採用されました。その他、Hard-Disc (HD) の駆動装置 (写真-1) や携帯電話のバイブレータ、放射光の光源装置などに幅広く利用されています。EU では 1990 年代に Neomax 磁石を超える永久磁石を開発する目的のプロジェクトが実施されましたが、不成功に終わっています。ところで、尖閣諸島の領有権問題で中国が禁輸措置を取ったレアメタルの中に希土類金属 Dy などがありません。日本政府はこれに対抗して、元素戦略「希少金属代替材料プロジェクト」を立ち上げました。資源の乏しい日本にとっては、材料開発におけるアイデアと工夫が必須の要件と言えます。

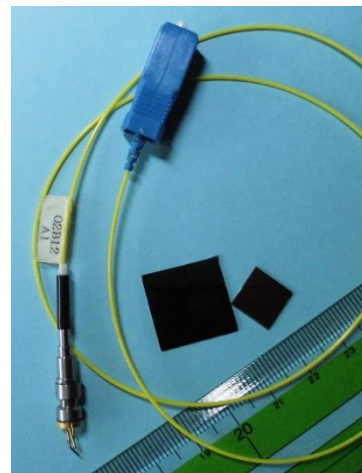


(写真-1:HD 駆動装置の Neomax 磁石。ヨーク(継鉄)に付いたブーメラン状の物)

次に、光通信素子ではビスマス置換型希土類鉄ガーネット ( $\text{Bi}$  置換  $\text{R}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$  型: Bi-RIG、R は希土類金属) が有名です。宝石のガーネットと同じ結晶構造で、人工の薄板状単結晶が光通信デバイスのアイソレータやサーキュレータとして利用されています。希土類鉄ガーネット (RIG) の研究は 1950 年代にフランスとアメリカで精力的に行われ、基礎研究は遣り尽くされました (仏グルノーブル大学の Néel 教授がこの分野で 1970 年の Nobel 物理学賞を受賞しました)。その後、東工大の研究者が Bi を添加した RIG は光学素子としても利用できることを発見し、IBM 社が液相エピタキシャル法で薄膜単結晶を作製できることを示しました。これらの技術を活用して完成したのが Bi-RIG 薄板状単結晶です。Bi-RIG 単結晶は幾つもの優れた特性を持っており、波長多重光通信に不可欠の素材として幹線ケーブルや大陸間海底ケーブルなど (写真-2) に利用されていて、高速大容量の ICT の基幹技術材料の一つと言えます。また、軽量で電磁ノイズを受けな

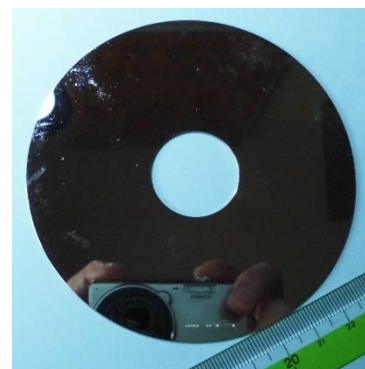
いことから、航空機や自動車、更に医療検査機器などにも利用が拡大しています。この Bi-RIG のメーカーが三菱ガス化学と住友金属鉱山の合弁会社グラノプト（秋田県能代市）で、日本・米国・欧州の特許を取得して世界の7割以上のシェアを占めていると言われています。

(写真-2:Bi-RIG 単結晶の薄片と一本の光ケーブル。  
直径 2mm 程の Bi-RIG 円板がケーブル両端の  
デバイスに入っている。提供グラノプト社)



次の磁気記録媒体は、PC の記憶装置の一つである HD ドライブの薄膜磁性体です。HD は強化ガラスの円盤の表面に多層の磁性薄膜が蒸着されたものです（写真-3）。この強化ガラスは表面が極めて平滑で非常に堅い耐衝撃性に優れた素材です。HOYA 社製 HD 用ガラスは世界の6割程のシェアを占めているそうです。HD は微小な薄膜状磁石片が表面に配列した構造で、磁極の N-S 対が面内に配列した面内型と面に垂直に配列した面直型があります。N-S 磁極対の向きによって 0, 1 の二進法のデジタルデータとなり、メモリーとして機能します。1975 年に東北大学の岩崎俊一教授が、単位面積当たりのメモリー容量を飛躍的に増やす垂直磁気記録のアイデアを発表しました。その後、2004 年に TOSHIBA が世界初の垂直磁気記録方式の 2.5 インチ HD を発売しました。

(写真-3:3.5 インチの HD)



磁性薄膜の素材は、第1世代の CoCr/Pt から CoCrPt/Pt, CoCrPt/CoPd/Pt と改良が加えられて、現在は第4世代の CoCrPt-SiO<sub>2</sub>/CoPd/Pd が主流となっています。貴金属の Pt, Pd が使われていることを意外に思われるかも知れませんが、Pt や Pd は薄膜の表面を保護するだけでなく、磁気特性を強化安定化する効果も担っています。現在では数 Tera バイトの HD が市販されており、高速大容量の ICT に対応する記憶装置として不可欠です。

磁性材料では磁気異方性(磁化が向き易い方向、向き難い方向がある性質)の活用が重要です。磁気異方性の発現には幾つかの機構がありますが、結晶磁気異方性という物質の結晶構造、即ち、磁性体の対称性に由来する特性が本質的です。これは、1924 年(大正 13 年)に本多・茅の師弟によって論文発表された基礎研究の成果です。当時、東北大学の本多光太郎教授から鉄の単結晶の作製を命じられた茅誠司青年(後、東大総長)は、特殊な方法で鉄の単結晶の育成に初めて成功しました。更に、その鉄単結晶を用いて磁化の結晶軸方位(主要な 3 方位)の磁化測定を行い、磁化強度の結晶軸方位に依る相異を見出したのです。これが結晶磁気異方性の発見でした。日本の磁性物理学の基礎研究における歴史的な成果の一つです。ただ新しい物質を作製するだけで

はなく、その物性を丹念に調べるという基本的な研究姿勢の中で世界初の発見があった好例だと思います。

以上の様に、日本の科学者や技術者から発信された画期的な発明やアイデアが、優れた磁性材料に結実したことが分かります。これらの磁性材料は実社会の ICT に有用な素材として普及していますが、その原理や開発の経緯などは余り知られていないと思います。日本の優れた科学・技術力は今も健在だと言えますが、現状のままで良いとは思えません。何故なら、既成の磁性材料は新興国でも遠からず作製可能となり、コスト競争では新興国の方が優位だからです。半導体や液晶ディスプレイの例を挙げれば分かると思います。従って、我が国は次世代を目指して新規の研究と技術開発に注力する必要があるとあり、基礎及び応用の研究に財源と人材を継続的に投入することが求められます。しかしながら、目先の利益や効率を優先する経済成長のために、科学・技術イノベーションが語られることには違和感があります。