

# 磁石の性能向上をめざす

京都大学工学研究科

宮嶋直樹

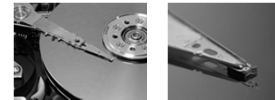
1

## 身の回りで磁性体が利用されているもの

方位磁針



ハードディスク



各種カード



モーター



カセットテープ  
フロッピーディスク  
テレホンカード  
切符  
リニアモーターカー

2

## 磁石にくっつくものは・・・ (室温)

### 磁石にくっつく

鉄  
コバルト  
ニッケル

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  (マグネタイト)  
 $\text{MO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $M = \text{Ba, Sr, Pb, } \dots$ )

ステンレス (包丁, BCC)

遷移金属化合物 (硼化物, 燐化物, ...)

### 磁石にくっつかない

アルミニウム  
銅

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (ヘマタイト)

ステンレス (流し台, FCC)

木

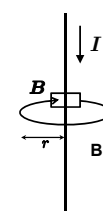
ガラス

3

## 磁場の発生

導線に電流が流れる

導線の周りに  
磁場が発生する

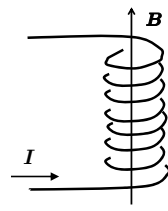


Biot-Savartの法則

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

コイルに電流が流れる

コイルの中心に  
磁場が発生する



4

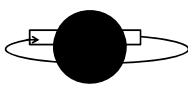
## 最小の磁石: 電子

導線に電流  
が流れる

⇒ 荷電粒子が  
運動する

⇒ 磁場が  
発生する

電子 電荷  $e$  を持った粒子



電子は自転している

電子は磁石!

スピンをこのように  
矢印で表現する

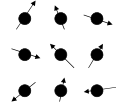
スピン角運動量  
磁気モーメント

スピンは、上向き(up)と  
下向き(down)の二種類ある

5

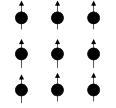
## 磁性あれこれ

(a) 常磁性  
(paramagnetism)



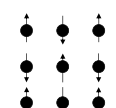
$T \sim T_c$

(b) 強磁性  
(ferromagnetism)

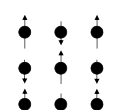


$T < T_c$

(c) 反強磁性  
(antiferromagnetism)



(d) フェリ磁性  
(ferrimagnetism)



反磁性

メタ磁性

スピングラス

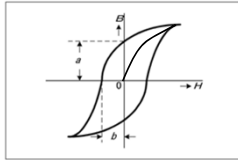
SDW

6

### ヒステリシス曲線

磁性体を磁場の中に置くと、磁気を帯びる。  
このことを「磁化する」という。

磁性体に加えられる外部磁場  $H$  (A/m) と磁性体内部の磁束密度  $B$  (T) の関係を表す曲線をヒステリシス曲線 (または磁化曲線) という。



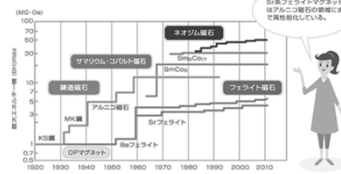
$a$  = 残留磁束密度 (残留磁化)  
 $b$  = 保持力

面積が大きいほど、  
永久磁石に向いている  
材料である！

7

### 磁石の磁気特性の向上

各種マグネットの開発と磁気特性の推移



出典:TDKホームページより

### すぐれた磁石の条件

- ①より小さな体積で強い磁場を発生すること
- ②熱、低温、外部磁場による減磁作用を受けにくいこと
- ③原材料供給が安定していて安価であること

8

### フェライト磁石の開発

- 1933年 加藤、武井 両博士によりフェライト磁石の発明
- 1952年 オランダのPhilips社により工業化  $BaO \cdot 6Fe_2O_3$
- 1963年 Westinghouse社により発表  $SrO \cdot 6Fe_2O_3$
- 1990年後半頃 Sr-La-Coフェライトの発明

Srフェライトの母物質  $SrO \cdot 6Fe_2O_3$  のFe原子の一部をCoに置換することで、性能がもっと高まる!!

置換原子の占有位置や置換に伴う電子状態の変化について統一見解がない



多元多サイト化合物の原子レベルの解析法を確立し、置換サイトや電子状態変化を明らかにし、高機能鉄系酸化物磁石の開発を目指す。

9

### 磁性の実験的研究手段

SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)

VSM (Vibrating Sample Magnetometer)

NMR, ESR,  $\mu$ SR

磁気抵抗効果

中性子回折

メスバウア効果

10

### メスバウア効果とは

1958年、R. L. Mössbauerにより発見。

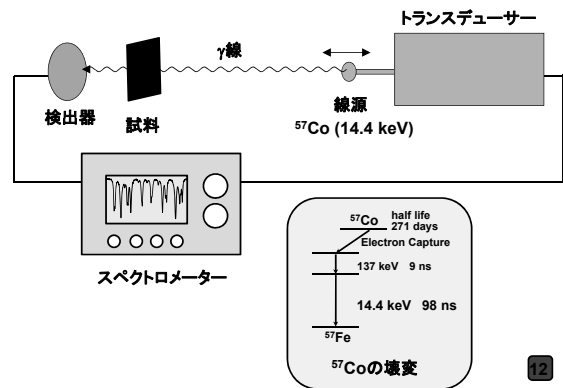
ラジオアイソトープ  $^{57}Co$  が崩壊して  $^{57}Fe$  になる (半減期は約271.8日) ときに発生する14.4 keVのガンマ線を、鉄を含む試料に照射すると共鳴吸収を起こす。  
線源を前後に動かすとドップラー効果によりガンマ線のエネルギーが変化して共鳴スペクトルを得ることができる。

何を研究するか？

1. 材料科学への応用  
鉄を含む化合物、合金の相の同定  
鉄原子の電子状態
2. 磁性物理学への応用  
鉄を含む磁性体の微視的見地からの研究  
磁気モーメントの推定  
鉄原子の価数の決定

11

### メスバウア効果実験装置



12

