

サイエンス&テクノロジーセミナー
(大田区産業プラザ、2013. 2. 21)

「着磁・脱磁トラブル対策と 磁石材料の測定評価」

(株)KRI
磁石材料研究室
山本日登志
ymmt-hts@kri-inc.jp

<http://www.kri-inc.jp/ts/dept/magnet.html>



目次

- KRI紹介
- 市場動向
- 希土類原料
- Dy拡散、微粒子型磁石
- うず電流、小物Nd磁石
- 中国磁石
- 磁石特性バラツキとHk重要性
- 着磁
- 測定 & 評価

磁石材料研究室紹介



メンバー



測定部

<パルスBHカーブトレーサ>



走査型プローブ顕微鏡 (SPM)



超深度カラー3D形状測定顕微鏡 (レーザー顕微鏡)



電界放射型電子顕微鏡 (FE-SEM)



透過型電子顕微鏡 (TEM)



測定部拡大

Nd磁石の総合評価

Nd磁石の測定、評価、検定

①基本磁気特性の測定

Br, HcB, HcJ, (BH)max, Hk(角型性)

②温度特性 (20°C→最高温度200°C、連続測定)

各温度B-HカーブJ-Hカーブ)

温度係数(α 、 β)

熱減磁特性(20°C→200°C)

長期熱安定性

③着磁特性(微粒子型、Dy、Tb拡散)

④その他特性(リコイル μ 、物理特性、電気抵抗、機械強度)

⑤特性バラツキ、再現性、ナインシグマ

⑥金属組織

磁石材料の本質的な評価&検討(磁石ユーザへの提言)

EDX, EPMA, FE-EPMA, XRD, ICP, ガス分析等

⑦Niメッキ性状、信頼性評価(PCT, 高温高湿、塩水噴霧)、クレーム調査

⑧その他Nd磁石の研究から量産採用に到るまでの総合評価支援

最新永久磁石の開発動向とその最適利用

どんな磁石材料を選ぶか？

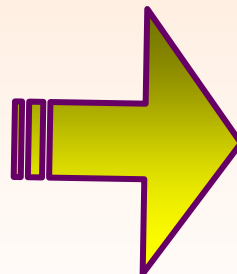
各種磁石材料

・ NdFeB、フェライト、Ndボンド



磁石選定のポイント

- 磁気特性 (Br、エネルギー積、保磁力、温度係数)
- 耐食性、長期安定性、寿命
- 着磁性能 (単体着磁、組立着磁)
- 寸法公差
- 組立性
- 形状自由度 (一体形状、分割形状)
- 入手容易度 (アベイラビリティ)
- 量産時の品質安定性
- コスト (現状とトレンド)
- その他要因
 - ・ ローカルコンテンツ (現地調達)
 - ・ 特許 (中国製他磁石)
 - ・ グローバル品質保証体制



磁石の最適利用

佐川氏らによるNd磁石の世界最初の特許出願 1982.8.21.

特許公報； 昭61-34242

| | | | |
|---------------|-------|-----------|------------------|
| ◎日本国特許庁(J.P.) | | ◎特許出願公告 | |
| ◆特許公報(日2) | | 昭61-34242 | |
| 発明の名称 | 永久磁石 | 発明の要約 | 永久磁石 |
| 発明者 | 佐川 寛人 | 出願日 | 昭和57年(1982)8月21日 |
| 代理人 | 加藤 明彦 | 公開日 | 昭和59年(1984)3月15日 |
| 発明の概要 | 永久磁石 | 特許の範囲 | 永久磁石 |

◎特許請求の範囲

1. 原子百分比で、Nb, Pr, Dy, Ho, Tbから成る希土類元素のうち少なくとも一種 8~30%、B2~20%及び機能的にFeから成り、磁気異方性結晶体であることを特徴とする永久磁石。

2. 原子百分比で、Nd, Pr, Dy, Ho, Tbから成る希土類元素のうち少なくとも一種(但し全希土類元素の50%以上はNdとPrの1種又は2種) 12~20%、B4~24%及び機能的にFeから成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の永久磁石。

3. 原子百分比で、Nd, Pr, Dy, Ho, Tbから成る希土類元素のうち少なくとも一種とBa, Ca, Pm, Sm, Eu, Gd, Er, Tm, Yb, La, Yから成る希土類元素のうち少なくとも一種の合計 8~30%、B2~20%及び機能的にFeから成り、磁気異方性結晶体であることを特徴とする永久磁石。

4. 原子百分比で、Nd, Pr, Dy, Ho, Tbから成る希土類元素のうち少なくとも一種とBa, Ca, Pm, Sm, Eu, Gd, Er, Tm, Yb, La, Yから成る希土類元素のうち少なくとも一種の合計(但し全希土類元素の50%以上はNdとPrの1種又は2種) 12~20%、B4~24%及び機能的にFeから成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の永久磁石。

5. 希土類元素のうち少なくとも一種とBa, Ca, Pm, Sm, Eu, Gd, Er, Tm, Yb, La, Yから成る希土類元素のうち少なくとも一種の合計(但し全希土類元素の50%以上はNdとPrの1種又は2種) 12~20%、B4~24%及び機能的にFeから成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の永久磁石。

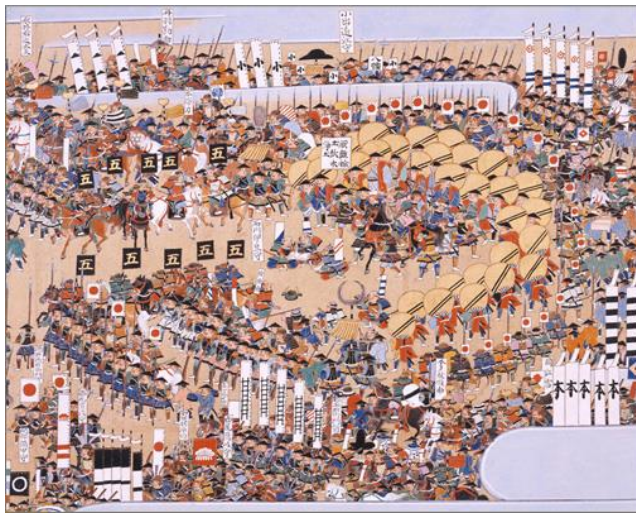
この国内特許と他の特許とを合わせて、米国に優先権を主張して出願したものが、米国ではサブマリンして、最終的に
 USP: 5,645,651
 「Magnetic materials and permanent magnets」
 として、
 July 8, 1997に登録されて、あと17年間有効とされたため、結局2014年まで生き残る息の長いNd磁石の基本特許となった。
 (合計35年間有効)
 米国の651パテントとして著名である。

* 2011BM30周年記念シンポジウム、浜野正昭講演(2011.12.9)

浜野正昭
 日本ボンド磁性材料協会 理事・技術委員・寺子屋BM塾塾長
 社団法人 未踏科学技術協会 評議員・特別研究員
 明治大学 理工学部 電気電子生命工学科 兼任講師

今後のNd磁石業界はどのようなのか？ (独断と偏見で)

Nd磁石”戦国時代”の到来



Nd磁石コストトレンド他動向

- 希土類資源(Nd,Pr)の中国依存度低下による安定調達化加速
依存度;約97%から50%未満、海外鉱山の本格稼働(Mountain Pass, Maunt Weld, Don Pao, Tore Lake,,,,) JOGMEC資源開発支援、民間の技術提携(三菱商事、信越化学等)
Nd価格は徐々に低下するか?(数年前の希土類暴騰の再発はない)

- Dy資源
Ndと異なり、中国依存離脱は当面難、中国(江西省)以外に有用なイオン吸着鉱床が発見されていない。太平洋海底鉱床は話題性はあるが??
Dy(Tb)拡散技術はDy削減重要技術として今後の主流か。課題は工程コスト。
Dy(Tb)価格は暴騰は無いが高止まりか?

- SmCo,フェライトへの回帰
Nd,Prの需要は旺盛のため、その他希土類が余剰(既にCe価格は暴落中)
Sm原料が余剰、そのためSmCo需要は今後も拡大か(東芝発表等)
フェライト需要も加速か(欧州特許紛争締結有り)
Smは徐々に低下か?

Dy量と高保磁力材質

希土類金属価格 (Feb/2013)
 Nd; 95 \$/kg
 Dy; 750 \$/kg

- Dy量、 H_a (異方性磁界)、保磁力はほぼ比例
- 一方Dy量に比例して、 B_r は直線的に低下

Dy量と保磁力 (H_{cJ}) の関係簡便式
 (山本)

$$Y = (2.3 \sim 2.6) \cdot X + (8 \sim 10)$$

Y: 保磁力 (kOe)

X: Dy量 (wt%)

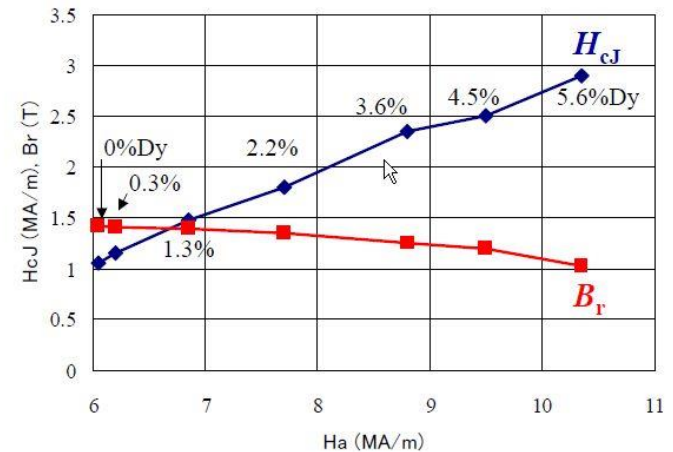
例えば

X=0 wt% Y=8~10 kOe

X=3 wt% Y=14.9~17.8 kOe

X=5 wt% Y=19.5~23 kOe

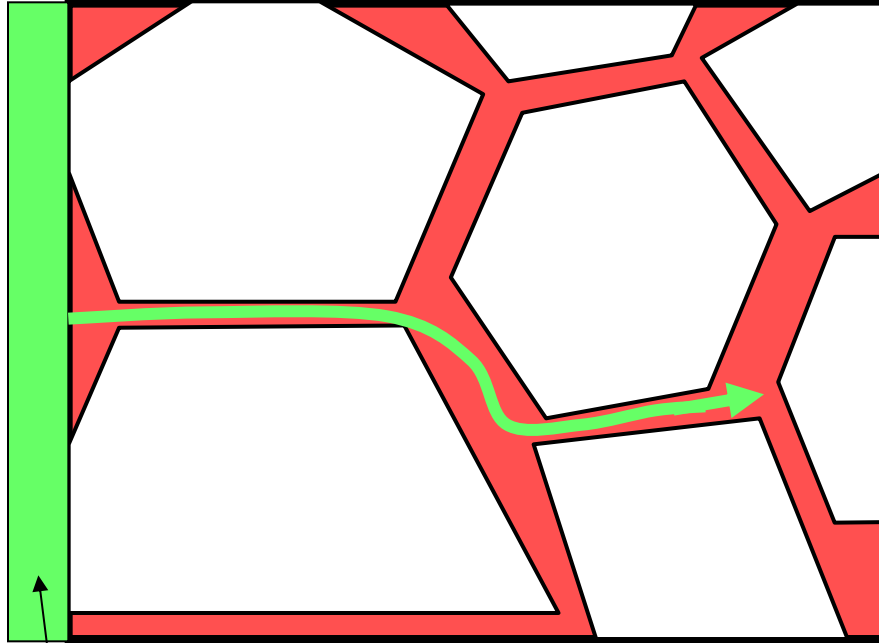
異方性磁界と保磁力
 (異方性磁界 H_A はDy添加で増加)



2005年10月24日

(社) 電子情報技術産業協会
 マグネットセミナー

粒界拡散



逆磁区が発生する
主相表面のみに
Dyを局在化させる

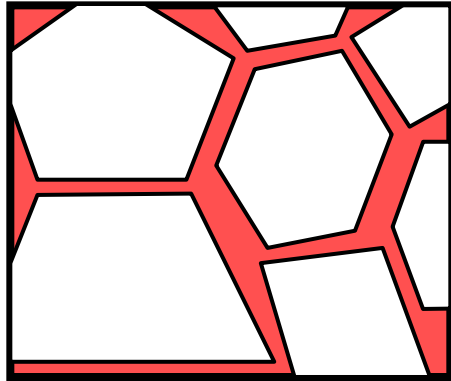
拡散させるDyやTb含有化合物の層

1.メタル:スパッタリング、蒸着

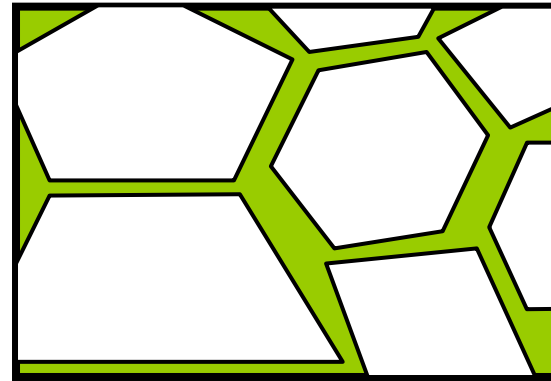
2.フッ化物: DyF_3 , TbF_3

3.酸化物: Dy_2O_3 , Tb_4O_7

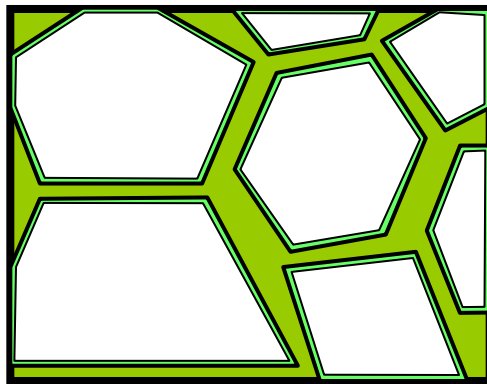
粒界拡散の様子(模式図)



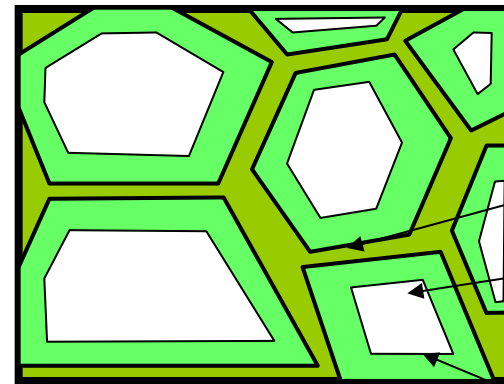
拡散前



(粒界のみに拡散, 現実にはありえない)



粒界拡散と粒内拡散の割合が良好な場合(粒内拡散小)



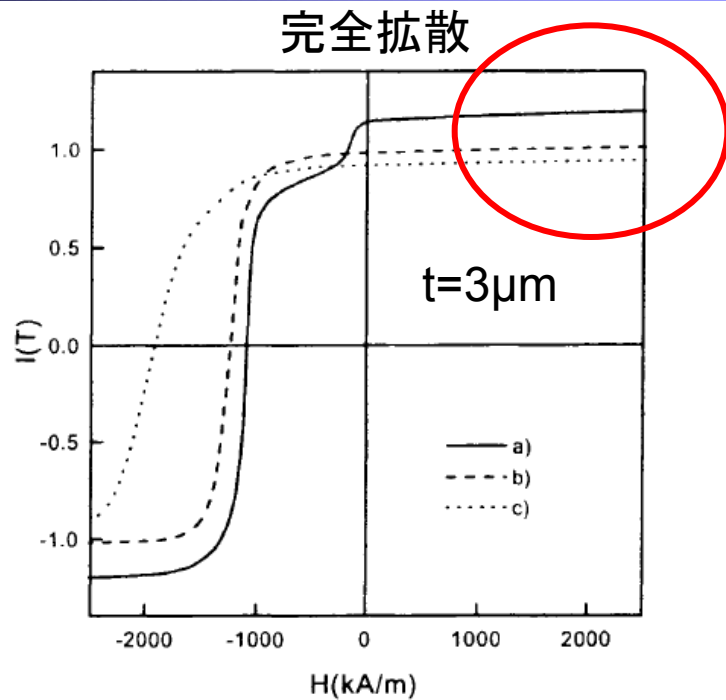
粒界拡散と粒内拡散の割合が良くない場合(粒内拡散が大)

主相

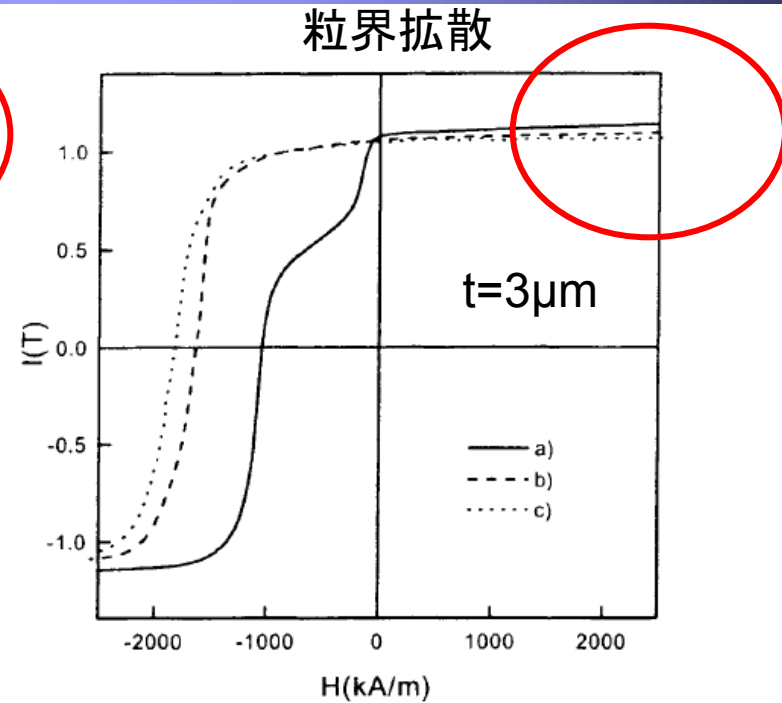
主相にDyが拡散した部分

粒界

Dy拡散



- Dy拡散試料のJ-H曲線
- a) Dyスパッタ後
 - b) 1073K x 60min拡散後
 - c) 1073K x 60min拡散
+ 873K x 60min熱処理後

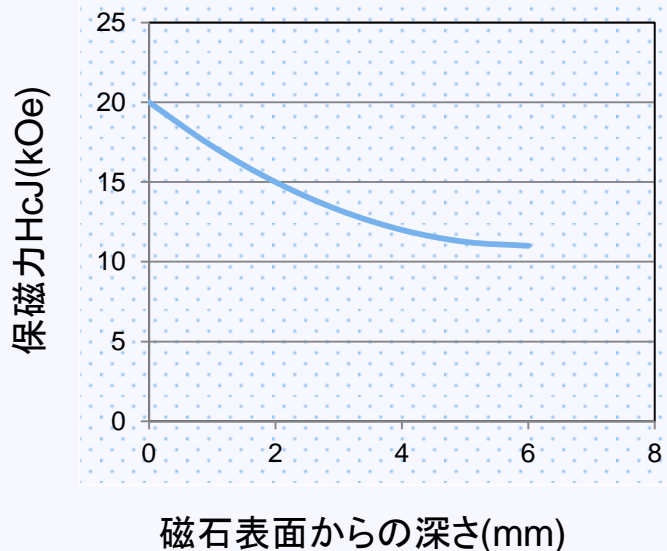


- Dy拡散試料のJ-H曲線
- a) Dyスパッタ後
 - b) 1073K x 5min拡散後
 - c) 1073K x 5min拡散
+ 873K x 20min熱処理後

K. T. Park, K. Hiraga and M. Sagawa: Proc. of 6th Intl' Workshop on Rare-Earth Magnets and their Applications, p. 257, Sendai, Japan (2000).

Dy(Tb)拡散磁石のKRI測定評価

Dy拡散磁石の保磁力分布模式図



<KRI提案>

1. $t=1\text{mm}$ の薄板(1x7x7mm)を深さ方向
違いで計7枚作成
2. 同一深さの薄板を7枚積層して
7x7x7mm測定試料を作成
3. パルスBHカーブにて測定
4. 深さ方向による磁石特性分布が判明

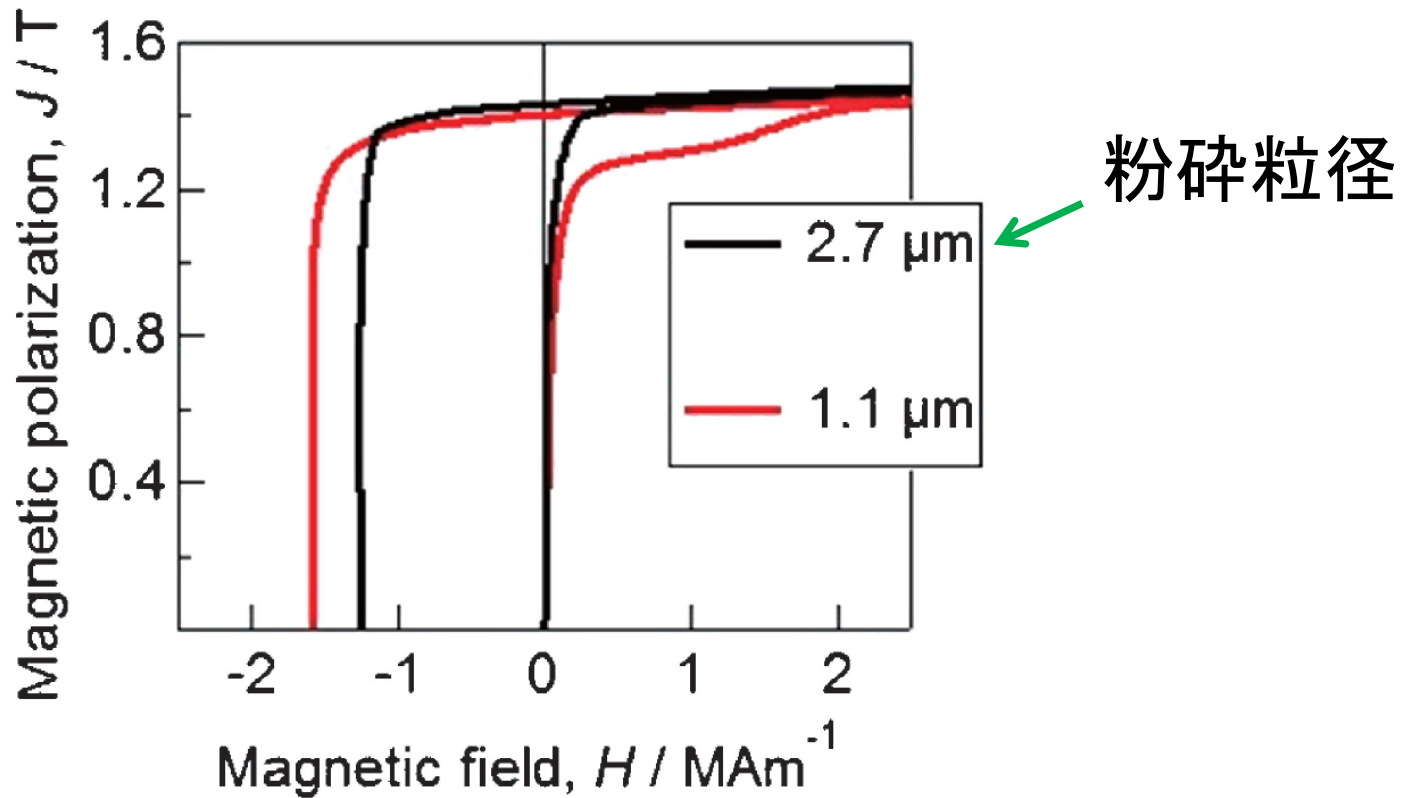
<補足説明>

- * 1mmより薄いと加工劣化の影響が大、逆に厚いとHcjの平均値しか得られない。
- * 7x7x7mmとするのは、測定装置メーカーの標準保証寸法の為
(磁石体積でJ出力が決まるので、
積層薄板でも測定可能)

磁石性能測定上の現状課題

1. Dy内部分布状況が不明
磁石メーカーは分布データ開示無し
(厚み、幅、長さ全方向の濃度こう配?)
2. 分布を定量的に確認する手段が無い
3. Dy拡散工程が製造メーカーで全く異なる
(材質による差異も?)

Dyフリー、 $H_{cJ}=20\text{kOe}$ を示す焼結磁石の磁化曲線



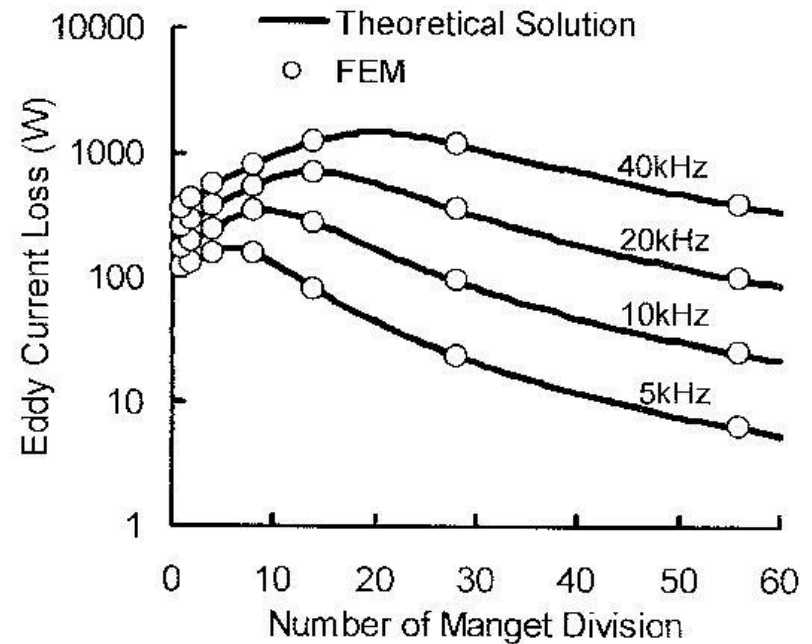
宇根康裕、佐川真人：日本金属学会誌、第76巻、第1号、12 (2012)。

磁石分割数,電気抵抗とうず電流損失

一般に磁石を分割すると
電気抵抗が下がり渦電流が低減



そうならないケースも有り



K.Yamazaki and A.Abe, IEEE Trans. Industry Applications, vol.45, No2, p659 (2009)

渦電流損失*

$$W_e = (\pi f B d)^2 / 6 \rho$$

B;最大磁束密度、d;板厚

ρ ;体積抵抗率

Nd磁石の体積抵抗率($\mu\Omega m$)

A社;1.44 B社;約2.0 C社;約3.0

* 山本、開道、「自動車モータ開発のための磁性材料技術」、トリケップス(2010)

磁場解析シミュレーションと実測値には なぜ差異が出てくるのか？

理由；以下磁石に関しては以下いくつかの”前提”（誤解）も要因
従来モータ設計では理想的磁石、理想的な条件が
前提となるシミュレーションソフトが使われてきたと思われる。

①現物の磁石特性は磁石カタログ値と同じ数値が得られている
という前提

②磁石特性は均一であるという前提

磁気特性； B_r , bH_c , H_cJ , H_k , $(BH)_{max}$, 温度特性、着磁特性、
機械特性、電気抵抗、耐食性

③量産バラツキは無いという前提

ロット間の磁気特性バラツキはほとんど無視できるという前提

④磁石材料の測定方法、評価方法は確立しているという前提

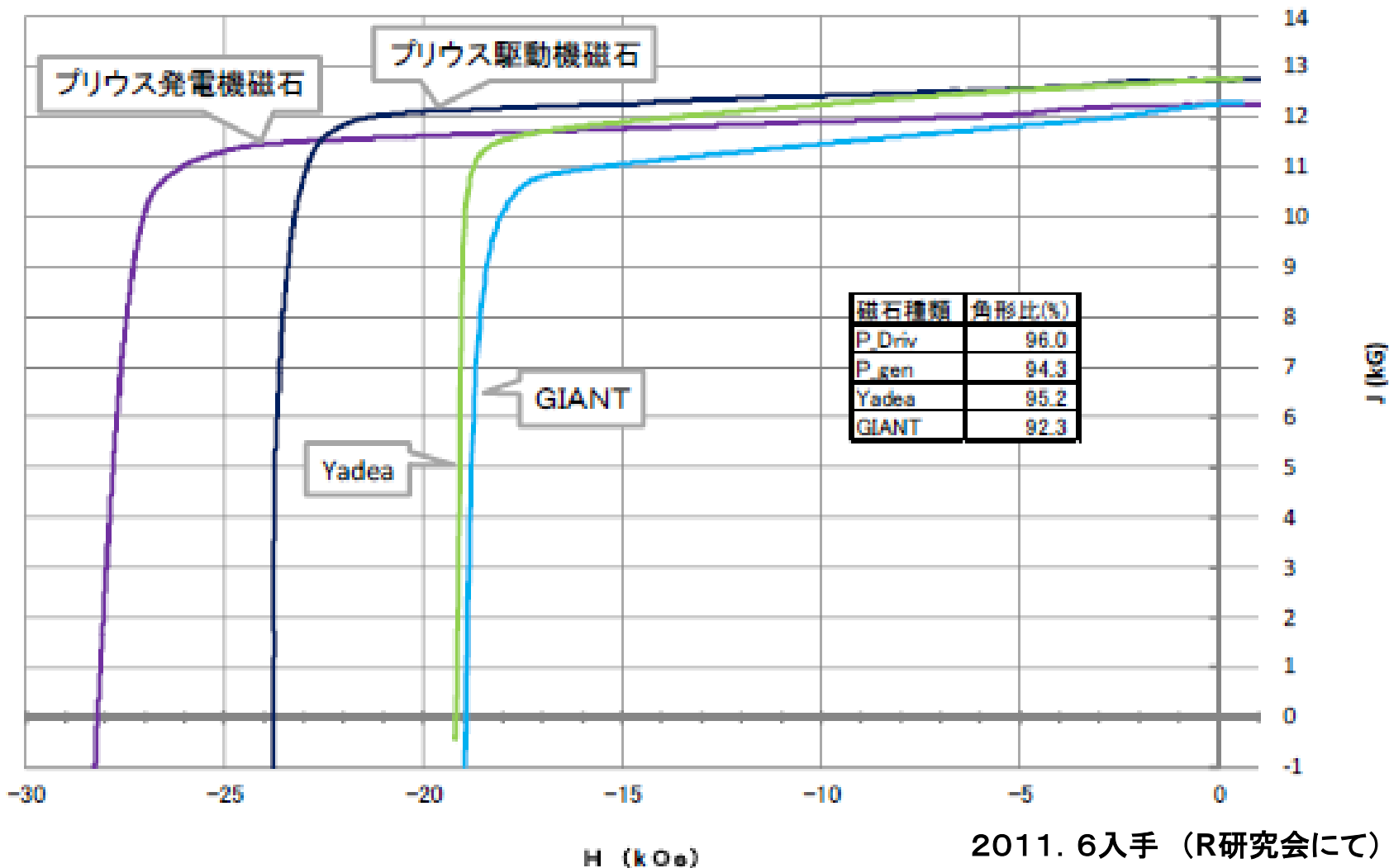
国内磁石メーカー各社や海外の磁石測定値は同一という前提

⑤磁石表面と内部は同一磁気特性を有するという前提

酸化、加工劣化、表面処理劣化は起こっていないという前提

PRIUS磁石と中国EB用磁石の特性比較

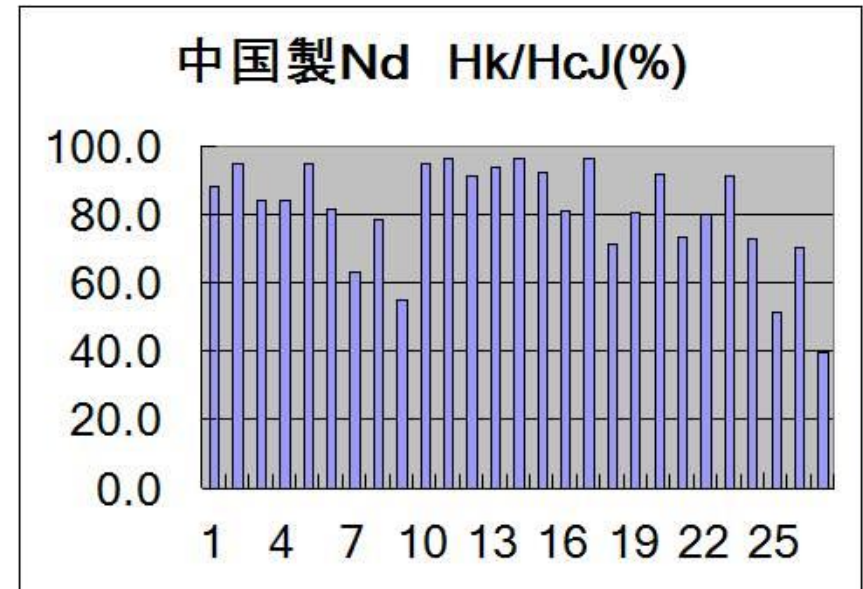
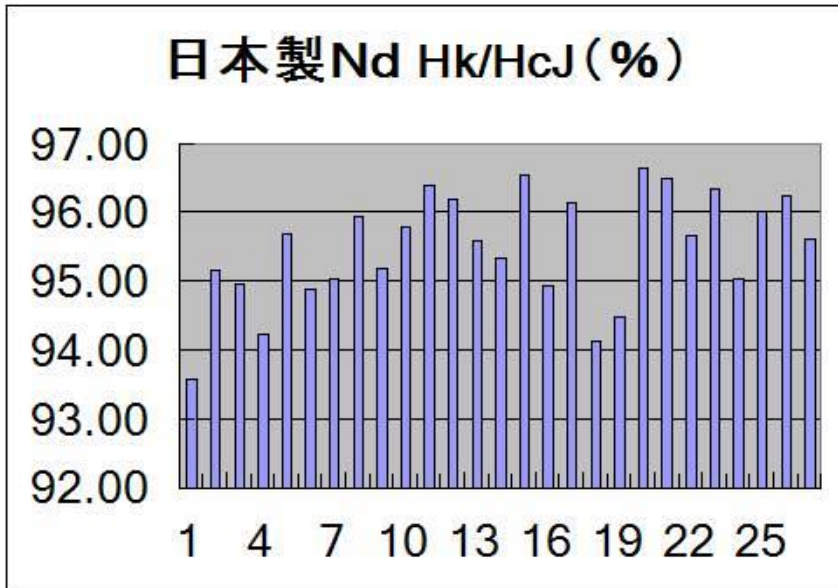
— プリウス発電機磁石
 — プリウス駆動機磁石
 — Yadea 22.8x13.5x5.8(2.9x2)mm
 — GIANT 23.8x13.6x5.6(2.8x2)mm



Hkの分布比較(中国Z社比較)

材質; 40H相当
寸法; 50x50x50mm

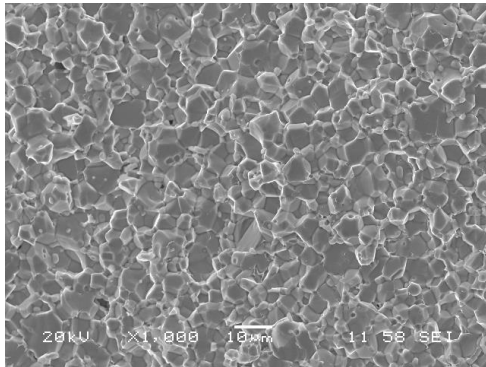
材質; NEOMAX-35H相当材
寸法; 概略50x50x50mm



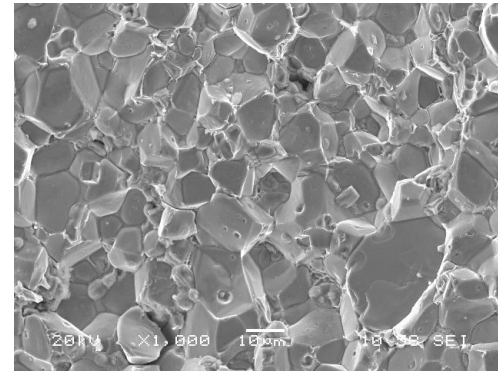
低Hk → 熱減磁、着磁特性、長期安定性の懸念大

BHカーブ非線形 → ①非線形磁場解析、②リコイル特性変化、
③マイナーループ損失増大

保磁力 H_{cJ} 、 H_k と結晶粒径



(左)国内 35EH相当
磁気特性; $Br=12.1$ kG,
 $H_{cb}=11.8$ kOe,
 $H_{cJ}>28.9$ kOe,
 $(BH)_{max}=35.7$ MGOe



(右)Z社 35SH
磁気特性; $Br=12.1$ kG,
 $H_{cb}=11.3$ kOe,
 $H_{cJ}=20.6$ kOe,
 $(BH)_{max}=34.4$ MGOe

倍率; x1000

＜モータ用途におけるトラブル事例＞

- ・熱減磁が発生した

原因：性能upのため高Br材に変更、保磁力下限を超え

熱減磁が発生

- ・コギングが大きい

原因：磁石、ヨークの寸法バラツキ、磁石特性バラツキ

- ・鉄損が計算値より大きい

原因：磁石の渦電流損失の低減（積層磁石等）、電気抵抗？

- ・磁石に割れが発生

原因；磁石寸法公差、磁石素材の機械強度

- ・Niメッキが剥離した

原因；磁石素材、Niメッキ技術

電気学会技術報告 1011号(2005) 図3.9

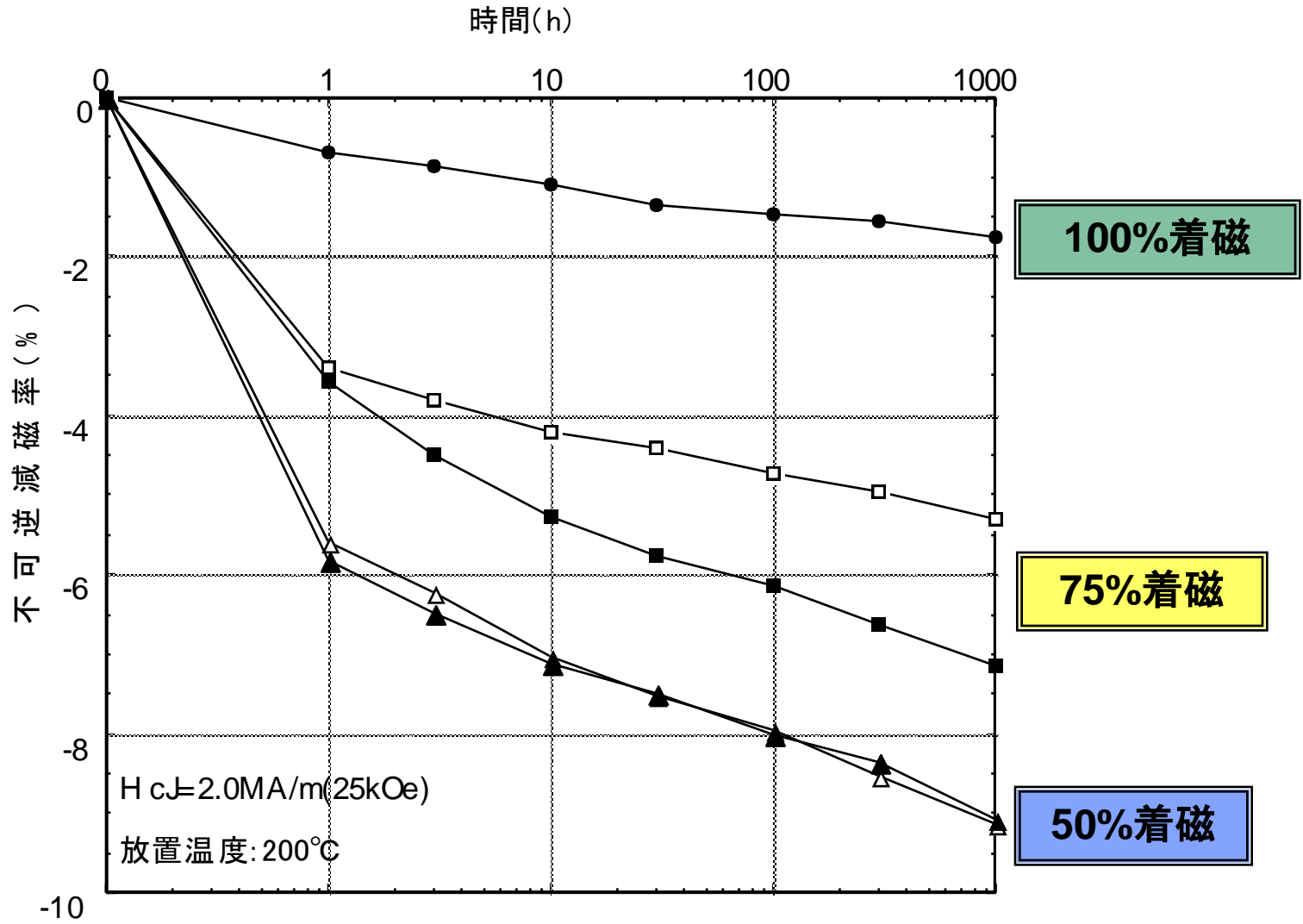


図3.9 不可逆減磁率の経時変化 (2.0MAm, 200°C)

KRI提案； 難着磁磁石採用の対策

1. ノックダウン処理

最高使用温度 (T_{max}) より若干高い温度 (T_k) x t (hrs) ノックダウン処理。
強制的に減磁させる。

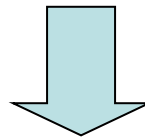
不完全着磁の長期間減磁劣化特性の改善を図る。

2. 高温着磁

高温で異方性磁界 H_A が急激に低下する物性を利用。

熱減磁が起こらない (可逆変化内の) P_c , T_d 条件で高温着磁。

冷却し、通常着磁磁場と高温着磁磁場で着磁率を比較検討。

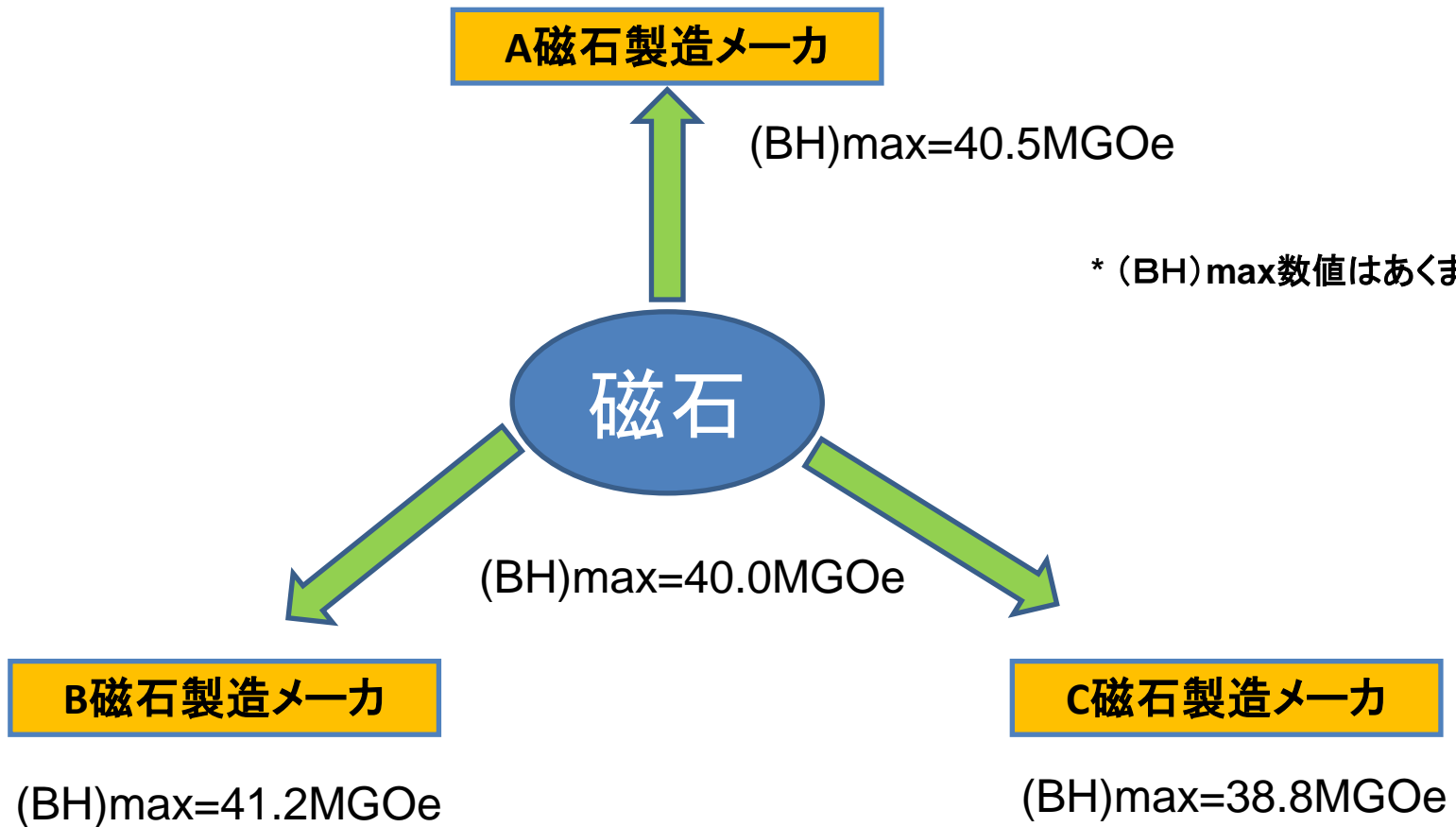


別途打合せ

日本の磁石業界では測定方法が標準化されていない

日本の磁石業界の問題としては、営業で用いられる焼結磁石製品のデータが正確ではない、との見方が国内外の需要家の一部から出ていること。日本の焼結磁石業界では測定方法が統一されていないため、各社のデータを単純に比較できない状況になっており、営業上のためわずかながら良いデータにかさ上げされる、といった指摘も出る。一部の需要家はより高い品質を求めて、自ら高額な測定器の購入を迫られている。各社のデータに基づいたモーター性能の試算と、実際に試作したモーターを磁場解析した結果とが異なる場合、試算と結果の違いが磁石性能を原因とするのか、モーターの設計を原因とするのか、調べる必要が出てくる。こうした課題を解決するためには、中立公正な機関が統一的な測定法で磁石製品の性能データを計測する、などといった業界として具体的な対応を取るべきだと思う。

磁石特性の真値はわからない



* (BH)_{max}数値はあくまで参考

測定装置のBr保証精度; +/-1%なので、(BH)_{max}では +/-2%

磁石業界での回送試験は過去30年やられていない。標準化無し。

磁化の校正 ; Ni標準試料

IEC規格

Ni純度 ; 99.995%

温度 ; 23°C

飽和磁化 ; 485.6kA/m (6102.2 Gauss)

JIS2561(1973)規格; $M_s=490.8\text{kA/m}$ (6167.6 Gauss)

| 文献名 | σ (emu/g) | 温度 (°C) | M_s (kA/m) | $M_s(23\text{C})$ (kA/m) |
|-----------------|------------------|------------|-----------------|-----------------------------|
| R.M. Bozorth 1) | 54.39 | 15 | 484.1 | 482.2 |
| P.H. Emmited 2) | 55.5 | 25 | 497.0 | 497.5 |
| G. Aubert 3) | 55.01 | 20 | 490.8 | 490.1 |

1. "Ferromagnetism", p.270, D.Van Nostrand Company, (1951)

2. Catalysis IV, p.337 (1959)

3. J.A.P, vol.39, No.2, p.508 (1968)

装置概要

東英工業株式会社

試料温度可変装置付TPM-2-08s型パルス励磁型磁石特性測定装置



図1 装置写真

東英工業株式会社は**国際標準規格 JIS/IEC準拠**の日本を代表する磁気測定機器メーカーであり、磁石、自動車といった国内メーカー8社15台の納入実績がある。

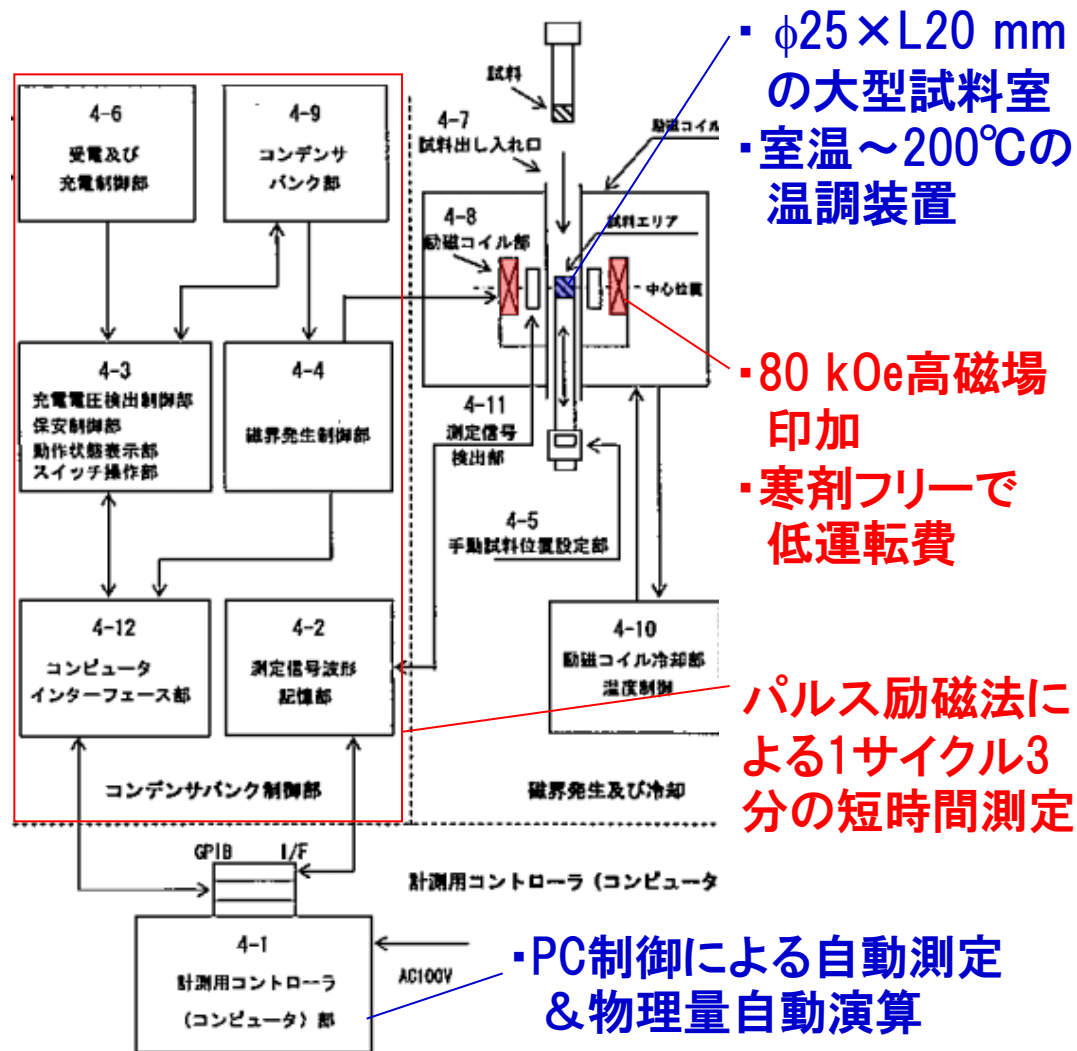
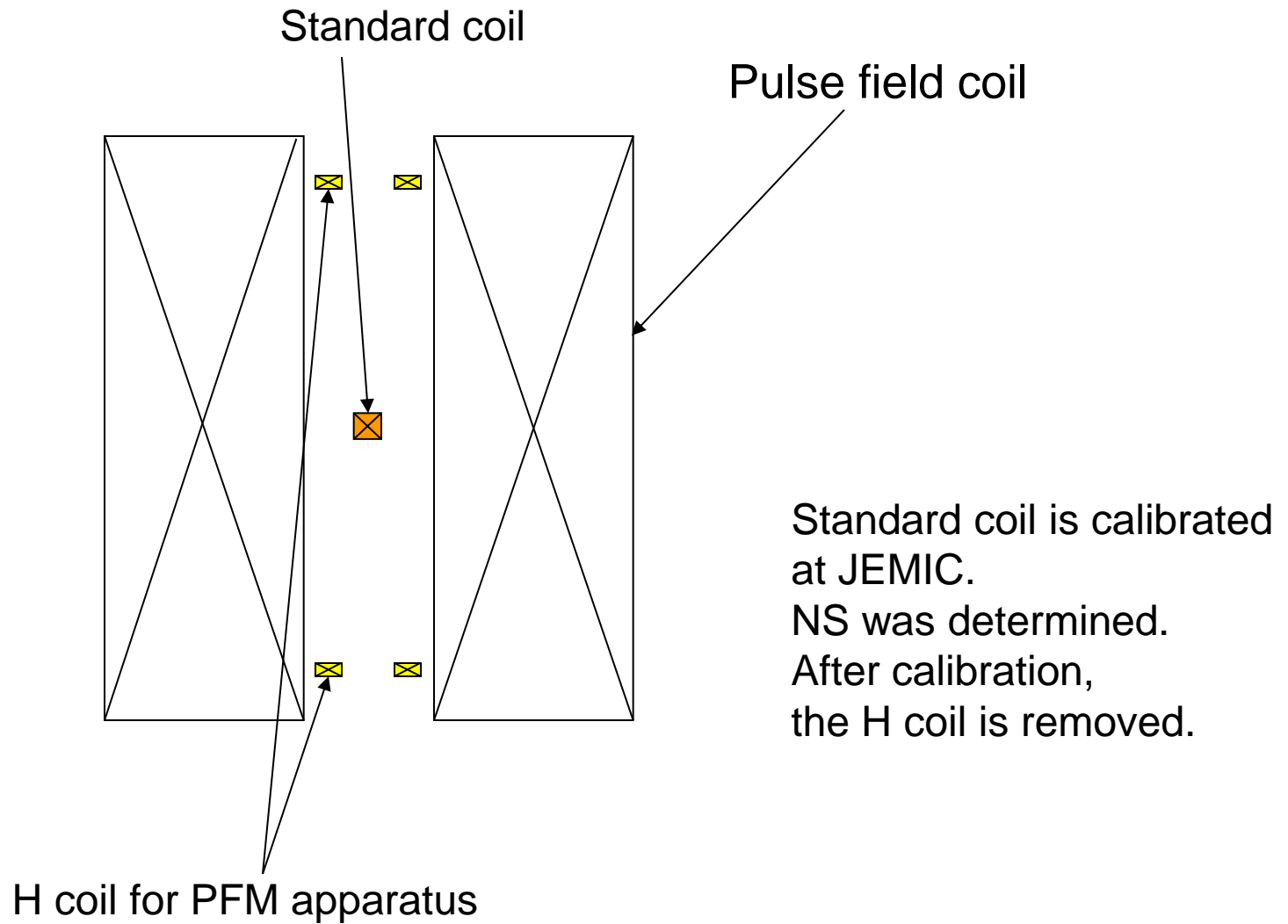
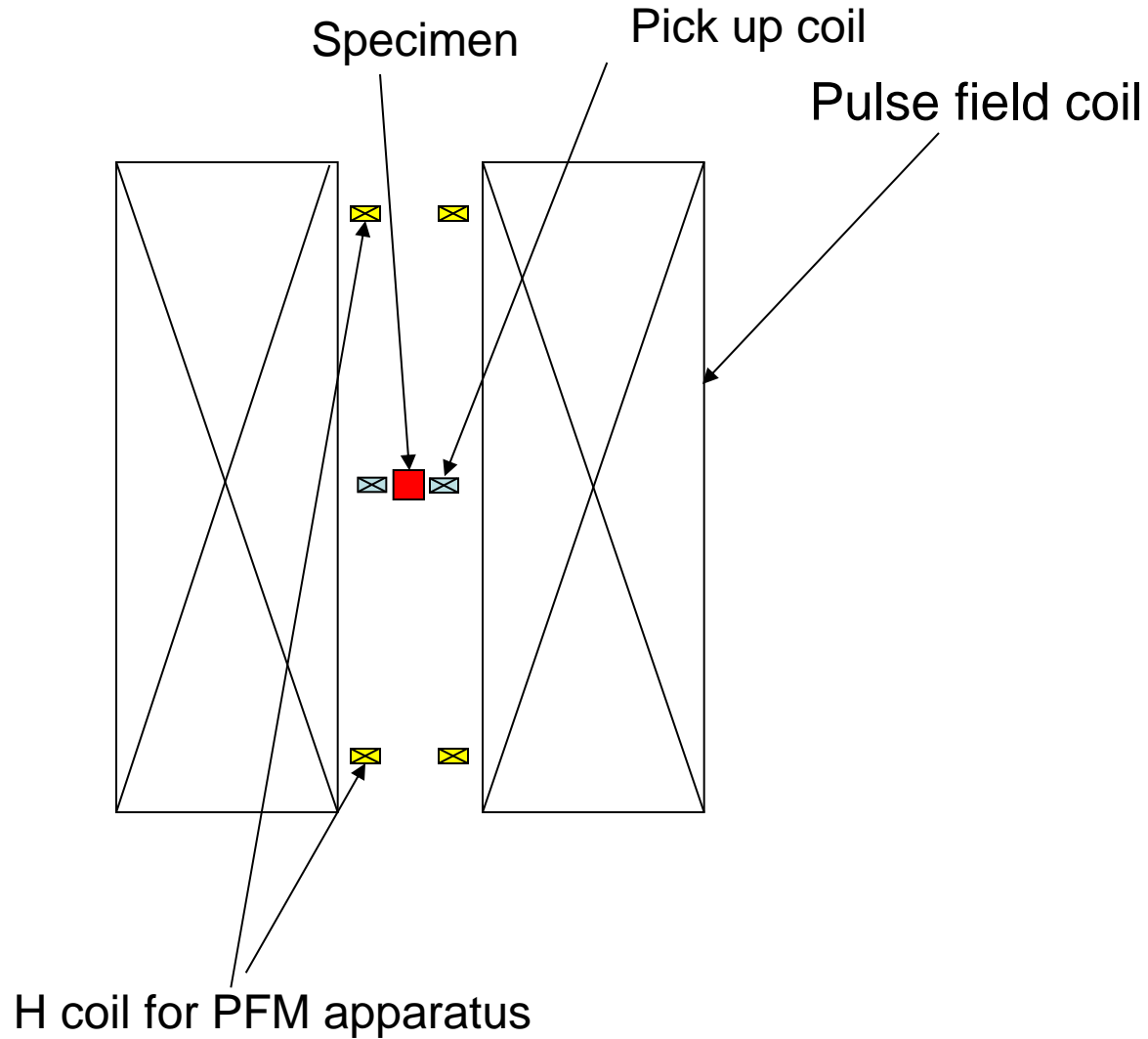


図2 装置ダイアグラム

Calibration of H coil



Measuring configuration



EMAJ-7007(表紙のみ) 2001/4制定

日本電子材料工業会標準規格 EMAS
パルス磁界を用いた永久磁石測定方法 -7007

Methods of test for permanent magnet using pulsed magnetic fields

1. 適用範囲 この規格は、パルス磁界を用いて永久磁石を常温で測定する場合の試験片、試験装置、残留磁束密度、残留磁気分極、保磁力及び最大エネルギー積の測定方法について規定する。ただし、この規格で扱う永久磁石は体積全体について均質とみなせるものとする。

なお、この規格の中で示す単位及び数値は、国際単位系(SI)を使用する。

備考 この方法は、保磁力が小さく、磁気余効の大きい永久磁石では、B-H減磁曲線に不連続点が現れる。
例えば、HcJが400kA/m以下のNdFeB及びSmCo系焼結永久磁石でその現象が著しい。

2. 定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次による。

2.1 磁化曲線 磁界強度の変化に伴って生じる、材料中の磁束密度・磁気分極・磁化の変化を表す曲線。

2.2 磁気履歴 磁界強度の変化に関する、磁束密度又は磁化の不可逆変化。

2.3 履歴曲線 閉じた磁化曲線で、磁気履歴を示すもの。

2.4 減磁曲線 飽和磁束密度又は飽和磁気分極の状態から磁界を変化させて得られる履歴曲線のうち、第2象限の部分。

減磁曲線には、次の2種類がある。

a) 磁束密度で表現するもの(B-H減磁曲線と呼ぶ)

b) 磁気分極で表現するもの(J-H減磁曲線と呼ぶ)

2.5 残留磁束密度 B-H減磁曲線における磁束密度のうち、磁界強度が零に対応するもの。量記号はBr、単位はテスラ(T)で表す。

2.6 残留磁気分極 J-H減磁曲線における磁気分極のうち、磁界強度が零に対応するもの。量記号はJr、単位はテスラ(T)で表す。したがって、残留磁気状態では、 $J_r = B_r$ となる。

2.7 保磁力 減磁曲線における磁界強度で、B-H減磁曲線で磁束密度が零に対応するものを保磁力、J-H減磁曲線で磁気分極が零に対応するものを固有保磁力とする。量記号は、それぞれHcB、HcJ、単位は、アンペア毎メートル(A/m)で表す。

2.8 最大エネルギー積 B-H減磁曲線上の磁束密度とそれに対応する磁界強度との積(エネルギー積)の最大値。量記号は、(BH)max、単位はジュール毎立方メートル(J/m³)で表す。

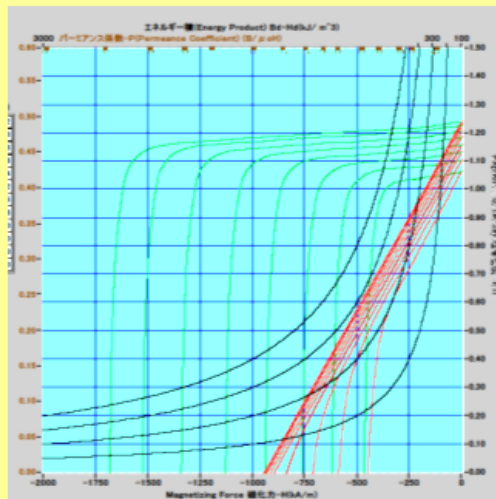
2.9 パルス磁界 コンデンサバンクなどに電気エネルギーを蓄電し、そのエネルギーを大電流に変換して励磁コイルに放出したとき発生するパルス状の高磁界。

KRI測定パルスBHトレースと2次関数近似評価

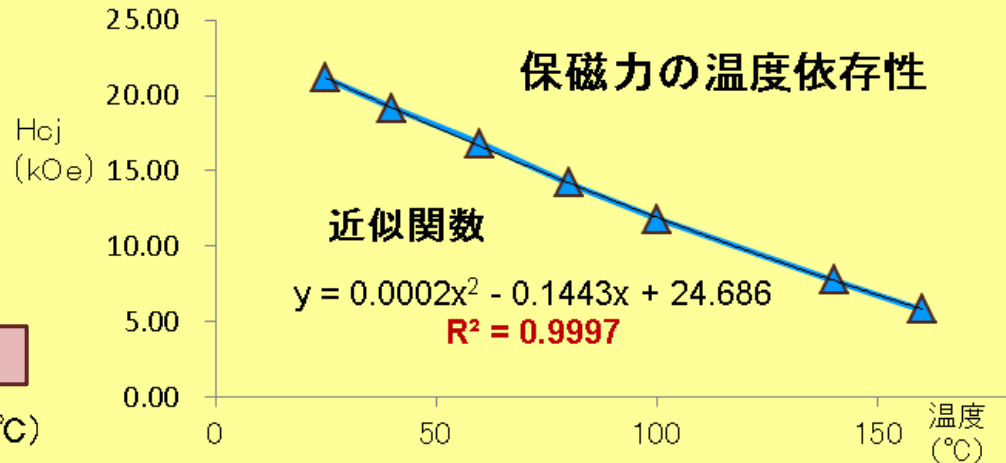
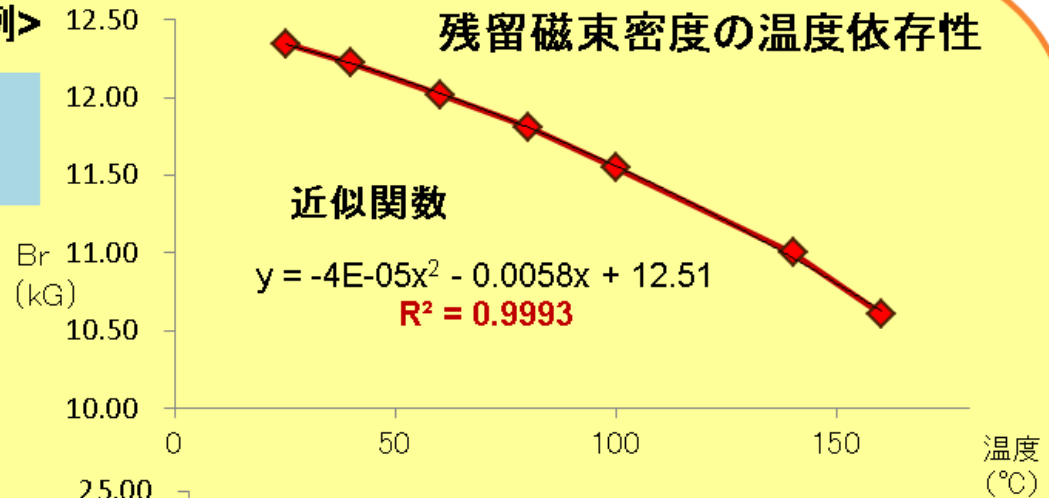
H= 8 Tesla, T= 20~ 160°C

<パルスBHトレース測定例>

温度に対して2次関数近似
の高い相関が得られた。



試料:ネオジウム磁石(室温~160°C)

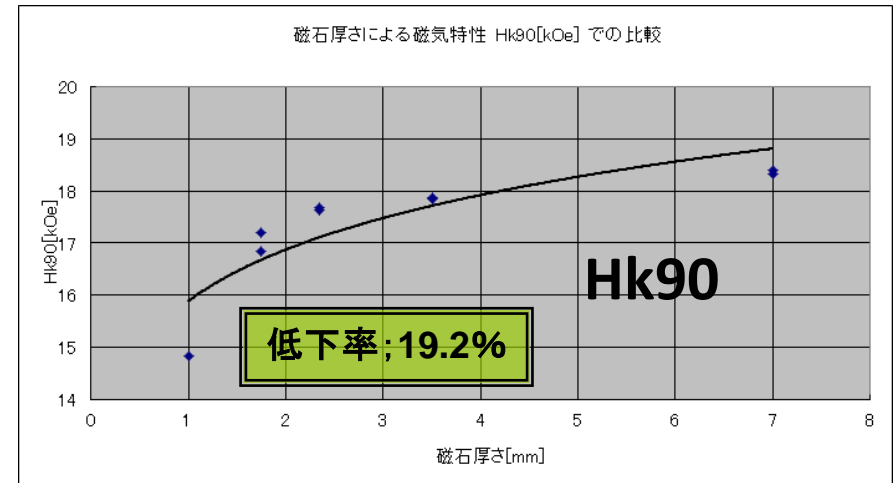
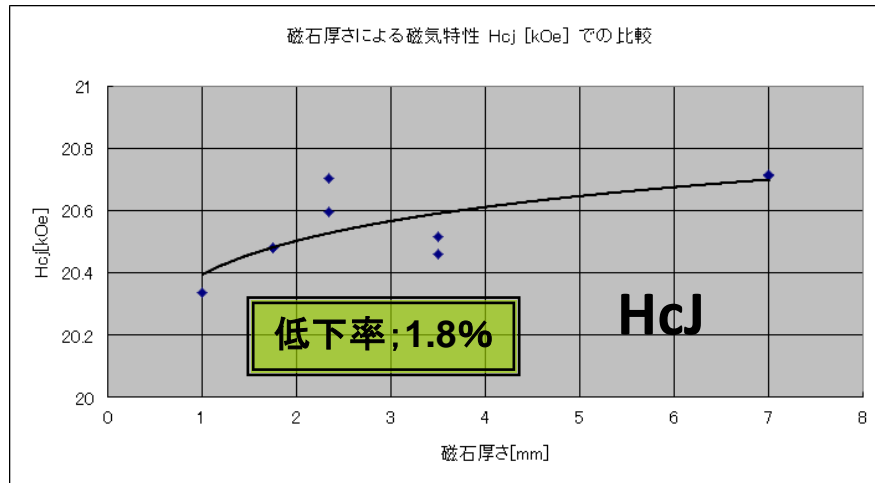
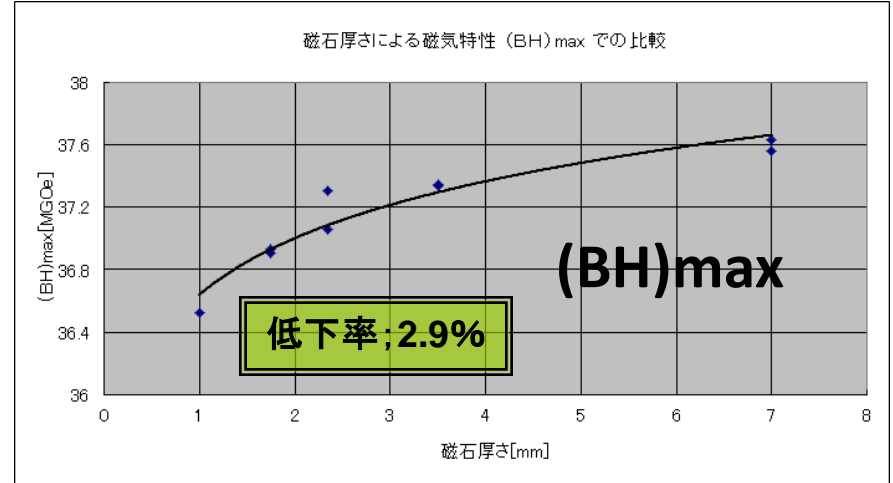
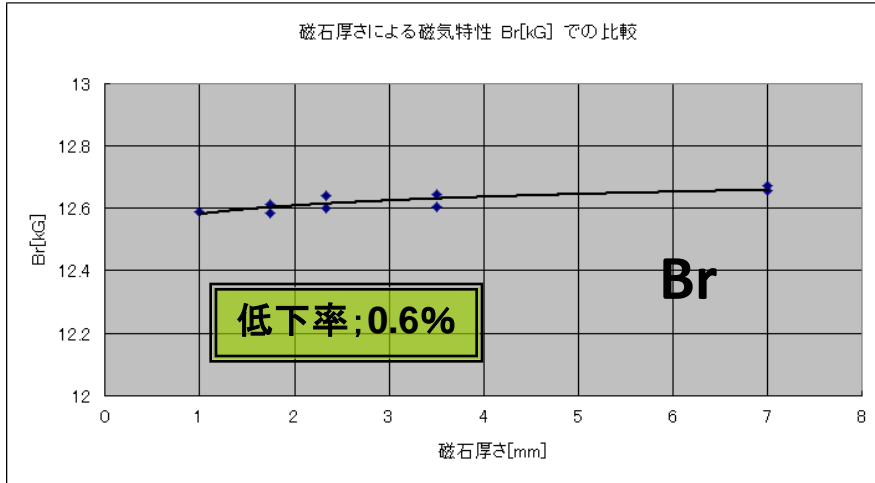


Nd磁石磁気特性の試料厚み依存性(1)

- 装置; パルスBHトレーサ(東英工業)
- 測定温度; 23°C
- 最大磁界; 8Tesla
- 磁石材質; N40SH相当材
(メーカー; 中国NDK社)
- 磁石寸法;
t x 7 x 7 mm (t; 磁場方向)
t = 7mm, 3.5mm, 2.34mm, 1.75mm, 1.00mm
各寸法に応じて7x7x7mmに積層した測定形状

| 試料名=ファイル名 | 実測H (mm) | 実測W (mm) | 実測L (mm) | 近似 形状 | 近似形状 に対する 体積比 | パーミア ンス | Br (kG) | Hcj (kOe) | Hcb (kOe) | (BH)max (MGOe) | 角形比 (%) | Hk90 (kOe) | Hk95 (kOe) | 4π Is (kG) |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|---------------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------------|------------|---------------|---------------|---------------|
| No.1(磁石厚さ:7.0mm×1) | 7.009 | 7.006 | 7.007 | 7mm ³ 立方体 | 1.003 | 2.791 | 12.672 | 20.715 | 12.022 | 37.631 | 0.930 | 18.322 | 11.618 | 13.319 |
| No.2(磁石厚さ:7.0mm×1) | 7.009 | 7.006 | 7.007 | 7mm ³ 立方体 | 1.003 | 2.791 | 12.657 | 20.710 | 12.016 | 37.560 | 0.929 | 18.385 | 11.865 | 13.309 |
| No.3(磁石厚さ:3.5mm×2) | 7.013 | 7.009 | 7.007 | 7mm ³ 立方体 | 1.004 | 2.791 | 12.643 | 20.517 | 11.935 | 37.344 | 0.924 | 17.841 | 10.402 | 13.292 |
| No.4(磁石厚さ:3.5mm×2) | 7.011 | 7.008 | 7.009 | 7mm ³ 立方体 | 1.004 | 2.791 | 12.606 | 20.460 | 11.935 | 37.336 | 0.926 | 17.873 | 11.189 | 13.251 |
| No.5(磁石厚さ:2.34mm×3) | 7.014 | 7.008 | 7.010 | 7mm ³ 立方体 | 1.005 | 2.791 | 12.601 | 20.595 | 11.855 | 37.062 | 0.923 | 17.640 | 9.742 | 13.245 |
| No.6(磁石厚さ:2.34mm×3) | 7.019 | 7.006 | 7.008 | 7mm ³ 立方体 | 1.005 | 2.791 | 12.641 | 20.704 | 11.900 | 37.306 | 0.923 | 17.678 | 9.911 | 13.272 |
| No.7(磁石厚さ:1.75mm×4) | 7.005 | 7.006 | 7.009 | 7mm ³ 立方体 | 1.003 | 2.791 | 12.585 | 20.478 | 11.807 | 36.929 | 0.919 | 17.196 | 9.358 | 13.214 |
| No.8(磁石厚さ:1.75mm×4) | 7.006 | 7.010 | 7.009 | 7mm ³ 立方体 | 1.004 | 2.791 | 12.615 | 20.478 | 11.790 | 36.909 | 0.916 | 16.832 | 8.586 | 13.238 |
| No.9(磁石厚さ:1.0mm×7) | 7.052 | 7.006 | 7.009 | 7mm ³ 立方体 | 1.010 | 2.791 | 12.589 | 20.335 | 11.629 | 36.523 | 0.9054 | 14.826 | 7.467 | 13.242 |

Nd磁石磁気特性の試料厚み依存性(2)



- 7mmt, 3.5mmtでは加工劣化の影響無し、また測定数値再現性も良好
- 薄板になるにつれ、全ての磁気特性が劣化
- 特に H_{k90} の低下が最大、磁束低下、耐熱性低下に考慮不可欠

磁化の校正 ; Ni標準試料

IEC規格

Ni純度 ; 99.995%

温度 ; 23°C

飽和磁化 ; 485.6kA/m (6102.2 Gauss)

JIS2561(1973)規格; $M_s=490.8\text{kA/m}$ (6167.6 Gauss)

| 文献名 | $\sigma(\text{emu/g})$ | 温度 (°C) | M_s (kA/m) | $M_s(23\text{C})$ (kA/m) |
|-----------------|------------------------|------------|-----------------|-----------------------------|
| R.M. Bozorth 1) | 54.39 | 15 | 484.1 | 482.2 |
| P.H. Emmited 2) | 55.5 | 25 | 497.0 | 497.5 |
| G. Aubert 3) | 55.01 | 20 | 490.8 | 490.1 |

1. "Ferromagnetism", p.270, D.Van Nostrand Company, (1951)

2. Catalysis IV, p.337 (1959)

3. J.A.P, vol.39, No.2, p.508 (1968)

結論 ; 歴史的に磁化の校正は国内、海外ともに各社独立に決められている。

磁石測定ご依頼フロー

磁石材料研究室Web掲載の
左記ご依頼フォームに
記入、返信



質疑、確認事項のメールやり取り



測定個数、条件を確定頂き
見積もり



注文書受領



測定 & 報告書作成提出

報告書納期;通常最長4週間、特急;1週間、費用x2倍
脱磁、試験片加工; 1~2週間加算

| | | | | | |
|--|--|-----------------------|---------------------------------------|---|---|
| 会社名 | | | | | |
| ご依頼事項 | | | | | |
| ご連絡先(電話番号/FAX番号) | | | | | |
| 試料名 | <記入欄> 種類/形状/寸法/加工状態 製造者 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ご依頼試料サイズ(単位:mm) (縦横方向を最初に書いてください) | 2×8×8 | | | | |
| 測定項目、メータ等の有無 コーティングの有無、可能な限り 書き添えの情報を添付下さい | 1000G 200mm | | | | |
| 標準サイズ(3mm角)に加工してよいですか。 非標準品の場合は加工時に追加料がかかります。 + 寸法公差では公差範囲が異なるため寸法が ずれたりしないため のれいものは縦横方向に合わせて、 なるべく立派目にして測定します 測定仕様は、異材質併用は不可。 材質あり、要確認 | 2.8×1.7×3mmで 加工。 2層重ねて測定 して下さい | | | | |
| 新規依頼品になりますか (本要領表に添付) | <input type="radio"/> | | | | |
| 種類 | 500線分 | <input type="radio"/> | | | |
| | 200線分 | <input type="radio"/> | | | |
| | その他(詳細) | | | | |
| 測定モード/線分 | 線分 | <input type="radio"/> | | | |
| | 2次元測定 線分/線分 野山測定 | | | | |
| 厚 紙 | 標準紙 | <input type="radio"/> | | | |
| | 厚紙済み | <input type="radio"/> | | | |
| | 27(標準) | <input type="radio"/> | | | |
| 測定希望測定(%) | 30 | | | | |
| | 40 | | | | |
| | 50 | <input type="radio"/> | | | |
| | 70 | | | | |
| | 80 | | | | |
| | 100 | <input type="radio"/> | | | |
| | 110 | | | | |
| | 120 | | | | |
| | 130 | | | | |
| | 140 | <input type="radio"/> | | | |
| | 150 | | | | |
| | 170 | | | | |
| | 180 | <input type="radio"/> | | | |
| | 190 | | | | |
| 200 | <input type="radio"/> | | | | |
| 測定目的-その他 | 測定変化による 磁気特性変化に 関心あり、 磁石材料製の 比較をしたい、 磁気特性変化に 関心あり、 | | | | |
| 希望納期(①特急は優先別) | ①() 標準納期(加工が済んで4週間)、 | | ②() 特急納期(加工が済んで2週間) | | |
| 測定条件(②は○に記入) | ①() 測定条件(測定モード、有無)に、 | | ②() 測定条件(測定モード、有無)に、測定モードが異なる場合は別紙添付 | | |
| 寄付ファイルによるデータ送付 | ①() 有無、入付/無付 | ②() 有無 | ③() 有無/1層厚の厚紙にのみ送付可 | | |
| 送付書 | ①() 印刷標準の送付書にて無条件 | ②() 貴社の送付書にて無条件 | | | |
| 送付モード | ①() 速達、 | ②() 郵便物、集荷()、 | ③() 平送、集荷連絡 | | |
| 送付書印刷 | () 印刷無し、() 印刷あり、() 印刷あり(万円以上の場合は印刷代) | | | | |

KRIでは、磁石材料開発、分析評価、磁石製品開発、品質管理、トラブルシューティング等の貴社のニーズに対し、きめ細かい対応をいたします。新規磁石材料や磁気応用に関する研究開発、及び最新鋭の機器を用いたマイクロ～ナノレベルの組成分布、バルク～ナノサイズまでの磁石材料の磁気特性等の種々の評価をお引き受けいたします。

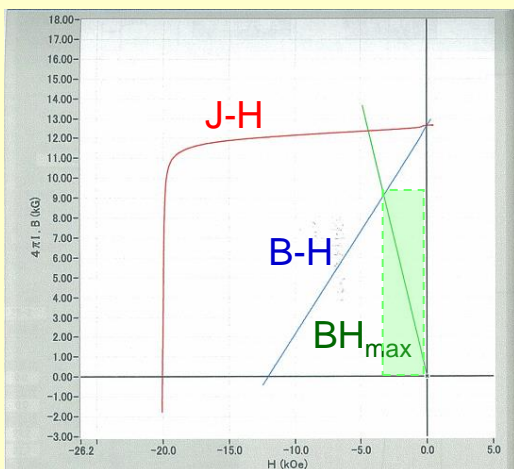
1. 受託研究

- 1) 新規磁石材料や磁気応用に関する研究・開発
- 2) 磁石特性測定評価
- 3) 磁気に関する物性、現象、メカニズム解明の研究

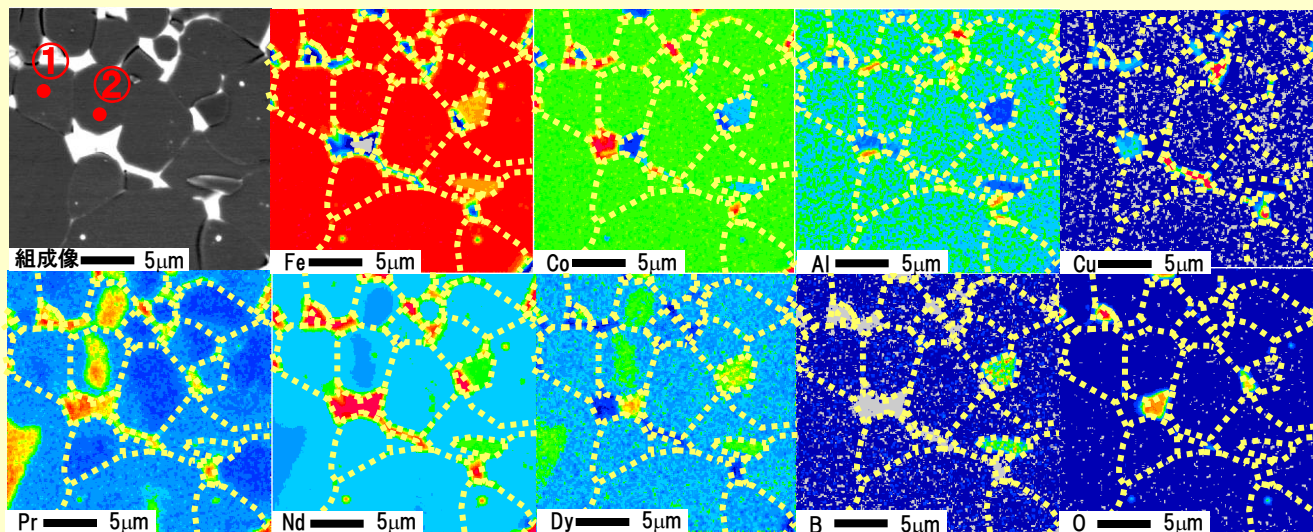
2. 磁石材料の分析、試験

- ・FE-SEM/SEM-EDS ・FE-EPMA ・FE-TEM ・FIB
- ・ICP-AES ・SPM(AFM、MFM、電流像)
- ・温度可変高磁場パルスB-Hカーブトレーサー

分析事例



高保磁カネオジム磁石のパルスB-Hカーブトレーサーでの磁気特性測定。室温から200℃までの国際規格JIS/IEC準拠の測定が可能。図は、形状・渦電流補正後のJ-H曲線、B-H曲線、および BH_{max} の出力結果。



高保磁カネオジム磁石を樹脂包埋・研磨後、FE-EPMA測定した結果。100 nm分解能の組成分布マッピングの他、特定スポットの組成分析も可能。(図中破線はガイドライン)

スポット定量分析例:

① $(Nd_{1.6}Dy_{0.4})(Fe_{13.4}Co_{0.6})B$; ② $(Nd_{1.3}Dy_{0.5}Pr_{0.2})(Fe_{13.6}Co_{0.4})B$

*** 試料: 中国製U社**

サイエンス&テクノロジーセミナー
(大田区産業プラザ、2013. 2. 21)

お問い合わせ

<http://www.kri-inc.jp/ts/dept/magnet.html>

