

2018年11月12-14日 第13回 日本磁気科学会年会
第23回研究会・ 磁場発生分科会
(東北大学金属材料研究所)

KRI

最新のネオジム磁石の技術動向と磁石応用例

京都 金戒光明寺にて

(株)KRI 山本日登志
ymmt-hts@kri-inc.jp

ネオジム磁石の拡大する各種用途



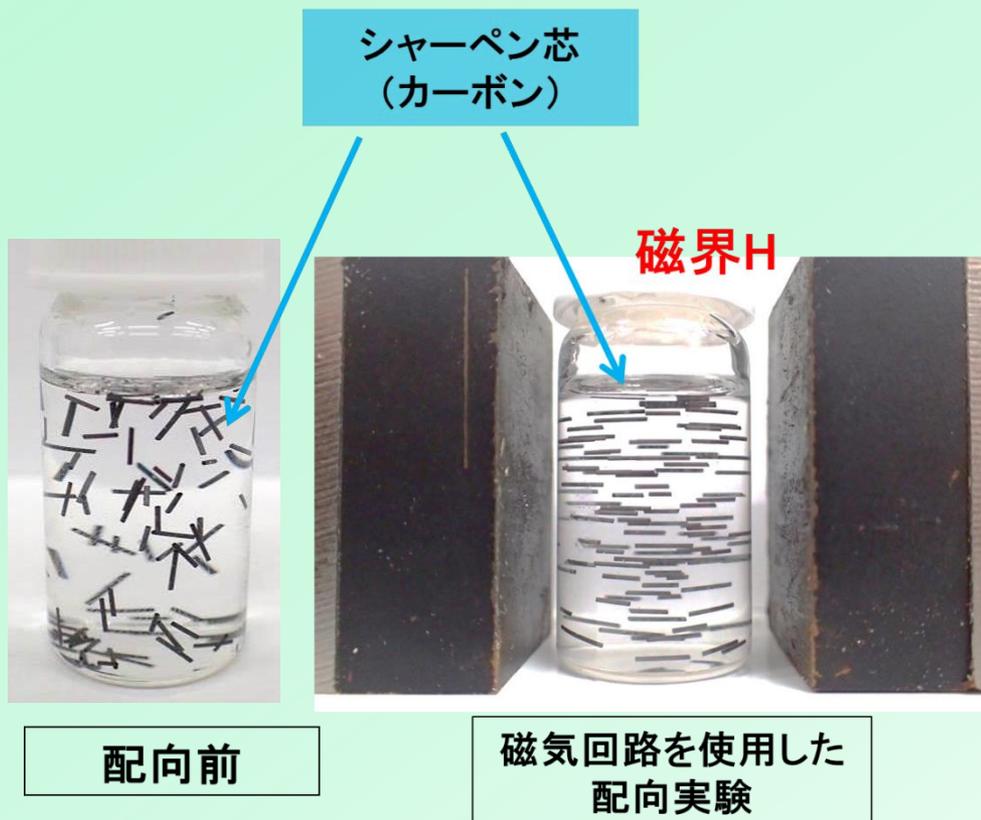
実際に使用されている磁場強度は？



通常0.5~0.8Tesla

【出典:まぐね(日本磁気学会学会誌)「永久磁石の発展とその市場動向」石垣尚幸、山本日登志 Vol.3, No.11, 2008】

磁場配向は永久磁石磁気回路で簡単に出来る(1)



磁場配向は永久磁石磁気回路で簡単に出来る(2)

2) 磁場印加による生体への活性化確認



ネオジム磁石

ヨーク材 (SS-400)

磁場印加に関わる各種パラメータ設定

<パラメータ例>

- ・静磁場、パルス磁場、交流磁場
- ・磁場強度
- ・照射時間
- ・吸水に関するパラメータ
(ターゲットの吸水時間、
水への磁場印加など)

<評価> 生体の酵素活性など

参考; 磁場強度の計算事例
ネオマグ(株); <http://www.neomag.jp>

磁場配向の評価はVSMで簡単に出来る(2)

磁気異方性の高い物質を
事前の磁気測定から選定



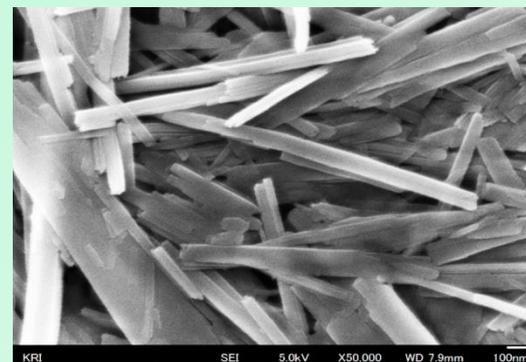
磁場印加

一軸配向

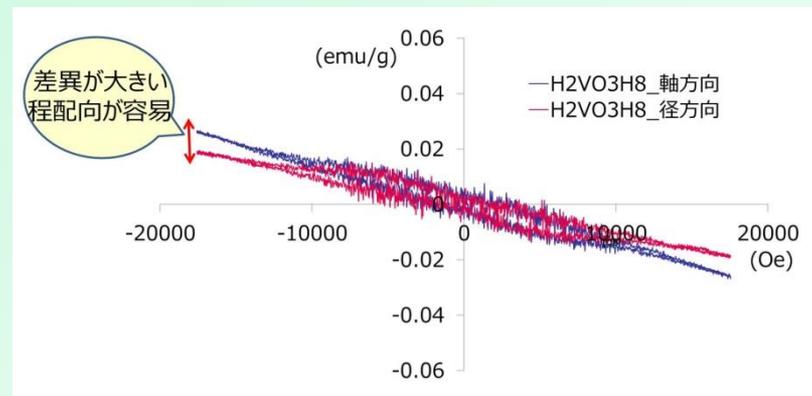


- ・熱伝導率の異方性化
- ・誘電率の異方性化
- ・光化学的性質の異方性化

高熱伝導率フィラー: AlN、BN、MgO、SiC



500nm



* VSM; 振動試料型磁力計

磁場配向の評価はVSMで簡単に出来る(1)



<特徴>

- ・最大磁界 約17kOe
- ・磁化感度が非常に高い。(1×10⁻⁵emu)
- ・常磁性、反磁性体でも測定可
- ・低温(液体窒素温度)～900℃連続測定可
- ・直流磁場中での加熱、冷却処理が可
- ・電磁石 360°回転

<評価例>

Ni-H電池中の残存微量Niの検出(試算)

純Ni(99.99%)の飽和磁化 $\sigma=54.39$ (emu/g),
通常感度; 1×10⁻⁴(emu)として計算。

⇒可能な検出感度は試料重量100mg時に、
1.84ppm以上。

測定実施例;

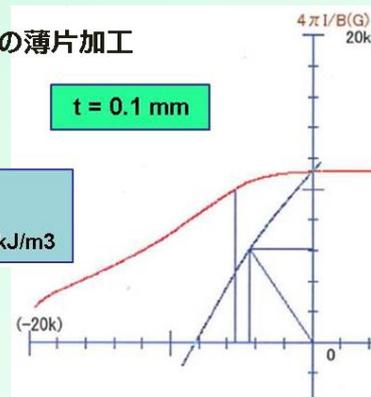
1. Ni-H電池中の残存微量Niの検出
2. 製薬、食品工程中に混入する極微量Fe,ステンレスの検出
3. 樹脂成型プロセス中の強磁性不純物の検出
4. Fe系合金の磁場中熱処理効果の研究
5. 食品(にんにく等)や医療への磁場処理効果の研究

* VSM; 振動試料型磁力計

②焼結磁石の薄片加工

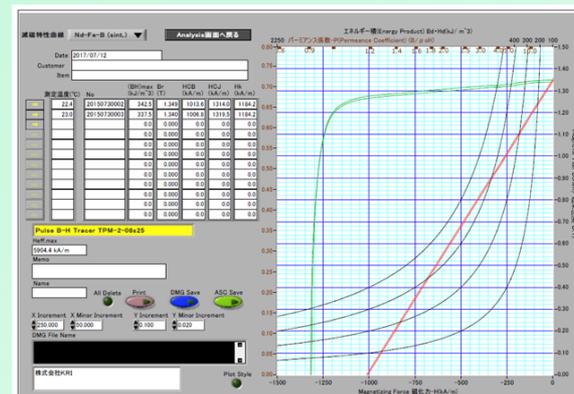
t = 0.1 mm

Br= 1.11 T
Hcb= 657 kA/m
(BH)max= 213 kJ/m³



100μx2x2mm MEMS微小磁石

磁場配向はパルス磁場でも可能か？(3)



7mm立方体

市販焼結ネオジム磁石の
磁気特性受託測定例
(7x7x7 mm)

温度可変パルス励磁型BHトレーサ

最大磁場; 8Tesla
パルス幅; 約16ms
測定温度: 室温から200°Cまで可能
コイル内径; φ26mm

* 少量試料数; 無料にて磁場処理します。お問合せ下さい

<KRIにおける磁場照射酵素活性検討>

1) 実験



<試料>

国産大麦, 麦芽

<試料前処理>

- ①ドライ状態
- ②ウエット状態

<磁場処理方法>

- ①磁気回路による静磁場照射
条件⇒時間
- ②BHパルス装置を用いたパルス磁場照射
条件⇒印加磁場
(直流電流源を使用した静磁場に比べ、
強磁場を暴露することが可能。
変動磁場の影響も期待)

①永久磁石方式
磁気回路

②BHパルス装置

2) 評価

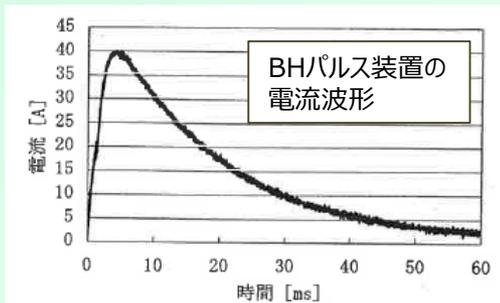
①粗酵素液の調製

乳鉢で粉砕した麦芽, 大麦を抽出液 (0.1 mM DTT を含む50 mM リン酸緩衝液 (pH 6.0)) 1 mlを加え, 4°C条件下で1時間抽出 (15分毎に30秒攪拌) した後, 15,000 rpm, 5分間の遠心分離によって得た上清を粗酵素液とした。

②リポキシゲナーゼ活性の測定

粗酵素液0.8 mlに検出液 (1 μMメチレンブルーを含む8 mM リノール酸) 0.2 mlを加え, 35°Cで30分間反応した後, 660 nm の吸光度を測定し, 吸光度の低下程度 (退色程度) によってLOX 酵素活性を評価した。

*大関ら (育種学研究9: 55-61 (2007))



最大パルス磁界 8Tesla

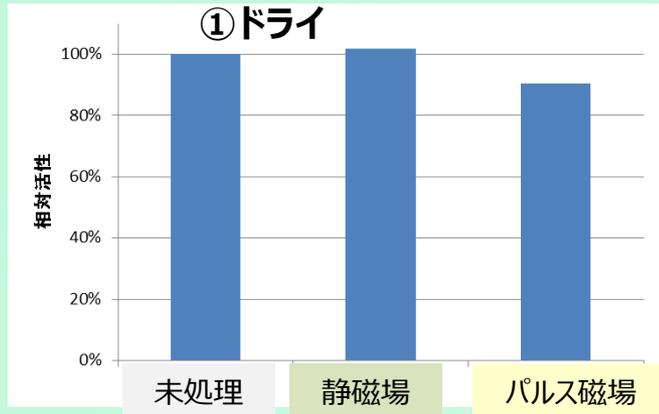
<KRIにおける磁場照射酵素活性検討>

1)実験結果

磁場印加条件の好適化によりLOX活性低減の可能性が見られた。

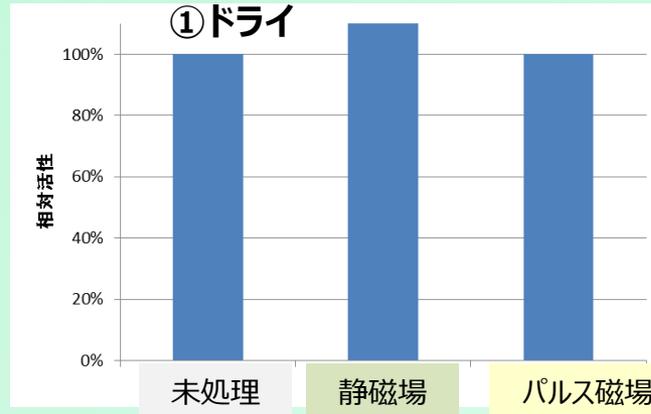
<大麦>

①ドライ



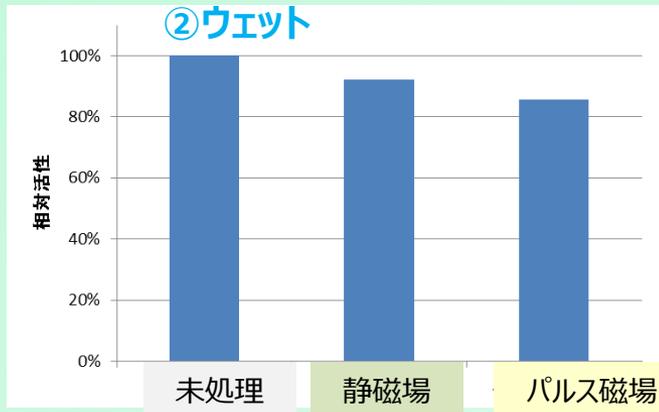
<麦芽>

①ドライ



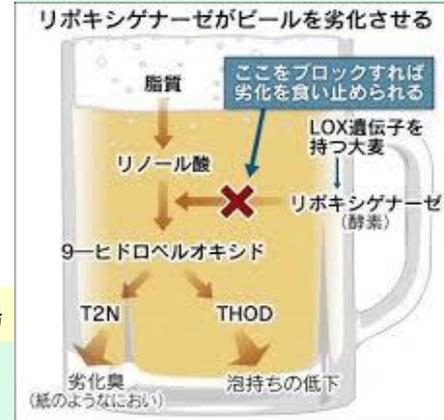
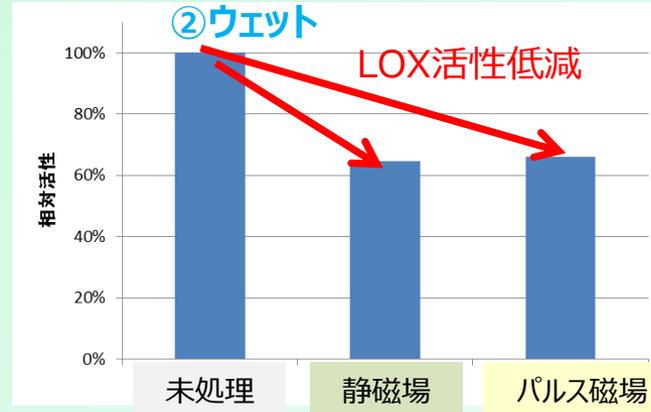
<大麦>

②ウェット



<麦芽>

②ウェット



* 大麦のリポキシゲナーゼは、脂質を酸化することでビールの品質を劣化させる

永久磁石の高性能磁場設計の歴史

1. 1970年代; リング型永久磁石設計
(K.Halbach, LBL その他研究グループ)
2. 1983年; ネオジム磁石発明
(住友特殊金属、佐川他)
3. 2001年;
 - 3.1Tesla、gap=3mm 東大他
 - 4.4Tesla gap=6mm 放医研
 - 5.0Tesla gap=0.15mm ESRF(仏)
4. 2004年
 - 5.5Tesla gap=1mm USA某大学

永久磁石の高性能磁場設計の歴史(2)

実現のポイント

1. 高性能ネオジム磁石の特性向上
2. 永久磁石の磁束の集中 例;放射状配列
3. 高飽和磁化 J_s (C-Fe-V合金)材料の併用
4. 磁石減磁を抑える設計技術
5. 高精度磁場計測技術
6. FEM磁場解析による最適磁気回路設計

永久磁石方式 MRI 用磁気回路の開発

Development of a Permanent Magnet Assembly for MRI

宮本毅信・桜井秀也・高林博文・青木雅昭

住友特殊金属(株)商品開発部, 大阪府三島郡島本町江川 2-15-17 (☎618)

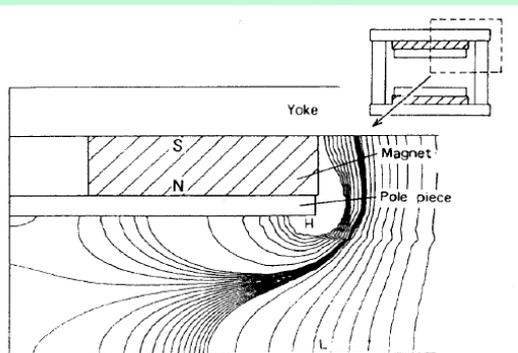


Fig. 7 The equi-magnetic flux density line of the flat pole pieces which was calculated by two dimensional FEM.

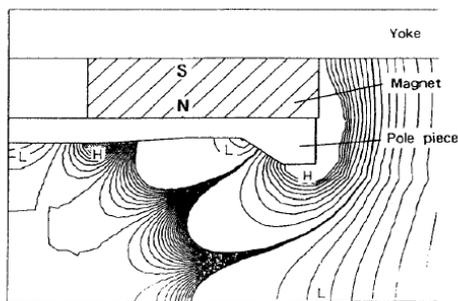


Fig. 8 The equi-magnetic flux density line of the pole pieces which have first and second shim, calculated by two dimensional FEM.

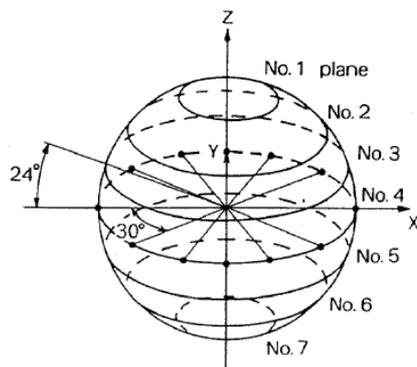


Fig. 3 Seven plane plotting method which is used for evaluation of homogeneity of the air gap.

$$\Delta u = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2}$$

一般解

$$u(r, \theta, \phi) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \times (A_n^m \cos m\phi + B_n^m \sin m\phi) P_n^m(\cos \theta) \quad (2)$$

$$P_n^m(x) = (1-x^2)^{m/2} \frac{d^m P_n(x)}{dx^m}$$

ここで A_n^m, B_n^m は任意定数で, $P_n(x)$ はルジャンドルの多項式である。球表面の測定値からこれら定数の値を解くことにより, 空間の不均一な性状を表すことができる。

高性能 Nd-Fe-B 磁石合金を用いてコンパクトで経済的な永久磁石方式 MRI 用磁気回路を開発し, 実用化できた。ここでは最小のポールピース直径で所定の磁界均一空間を得るために, ポールピースの内面に第一シム・第二シムなどの突起を設け, FEM とモデル実験で効果を確認した。得られた全身用磁気回路の性能を Table 2 に示す。均一度は 350 mm 球空間で 30 ppm 以下が得られ, 実用上十分満足できる品質の画像が得られることが確認された³⁾。

超小型永久磁石MRIは既に商品化されている

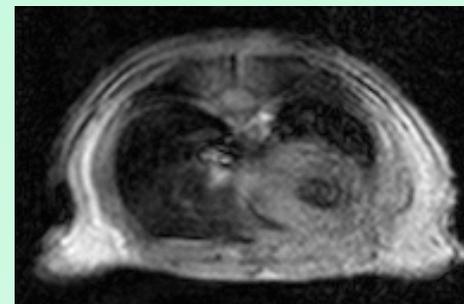


永久磁石式MRI
磁場； 0.3Tesla

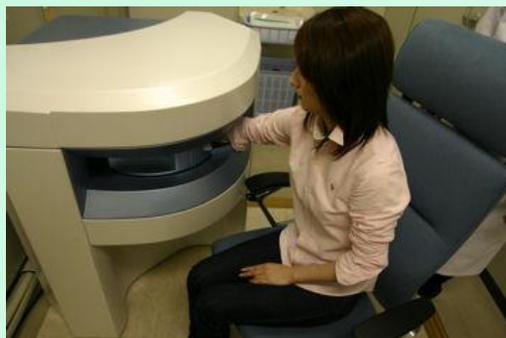


製品群

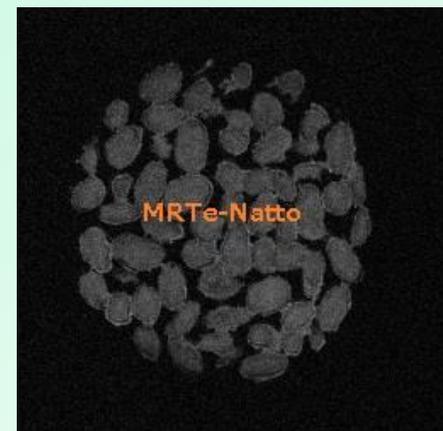
1. マウスラットMRI
2. リウマチ用MRI
3. 食品用MRI
4. 樹木用MRI
5. 燃料電池用MRI
6. その他MRI



マウスラット心臓(動画)



リュウマチ



納豆

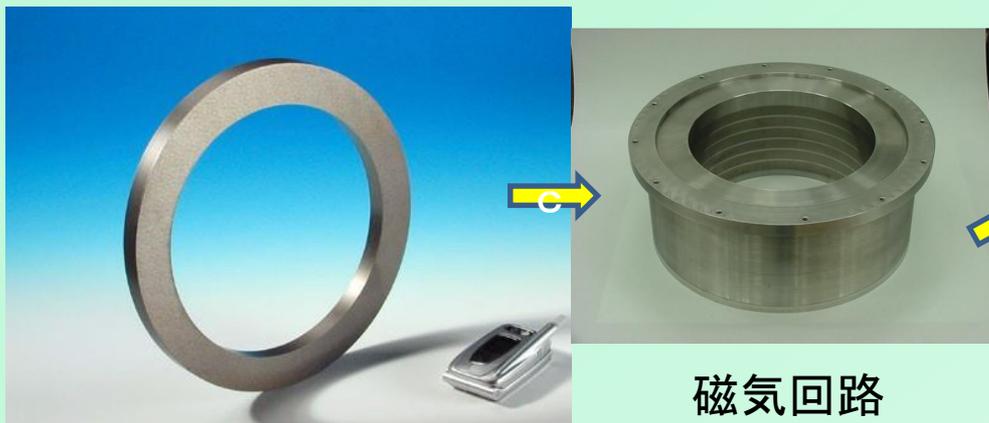
MR technology ; www.mrtechnology.co.jp (茨城県つくば市)
約20年前から小型MRI装置を開発、販売, 社長; 拝師智之

電力貯蔵用フライホイール用ネオジウム磁石

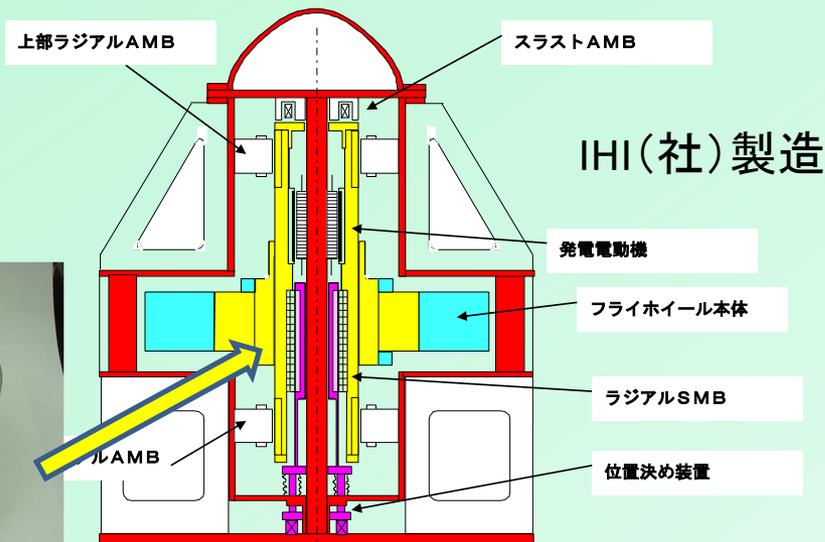
平成13年度

新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告

フライホイール電力貯蔵用超電導軸受技術研究開発



磁気回路

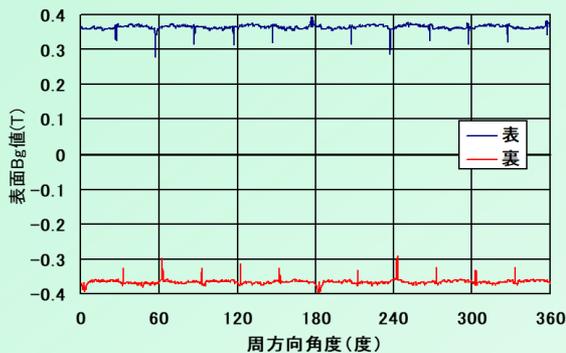


10 kWh 級フライホイール電力貯蔵試験装置

世界最大の
一体物ネオジウム磁石
直径; $\Phi 300\text{mm}$

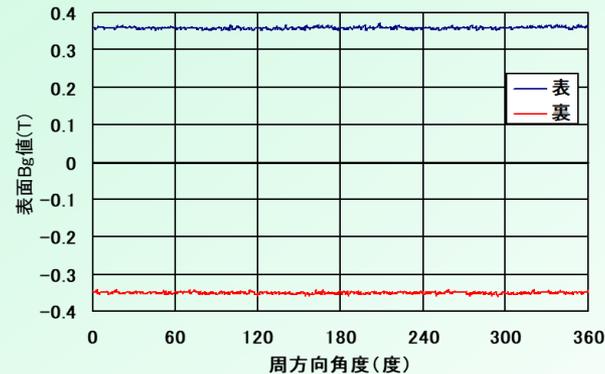
FW貯蔵エネルギー

$$E = (1/2)I\omega^2$$



直角材接着品の表面Bg分布 Gap0.15mm

12分割接着品ネオジウムリング



平行品の表面Bg分布 Gap 0.15mm

一体物ネオジウムリング

8th KIFEE
Trondheim, NO
21 Sept., 2015



Contribution of NdFeB magnets for global natural resources and energy saving

Hitoshi Yamamoto
KRI
Ymmt-hts@kri-inc.jp

Size comparison between PM motor and conventional induction motor



PM Motor
Volume; 50%

Induction Motor
volume ;100%

PM motors achieve small & compact size saving natural resources.

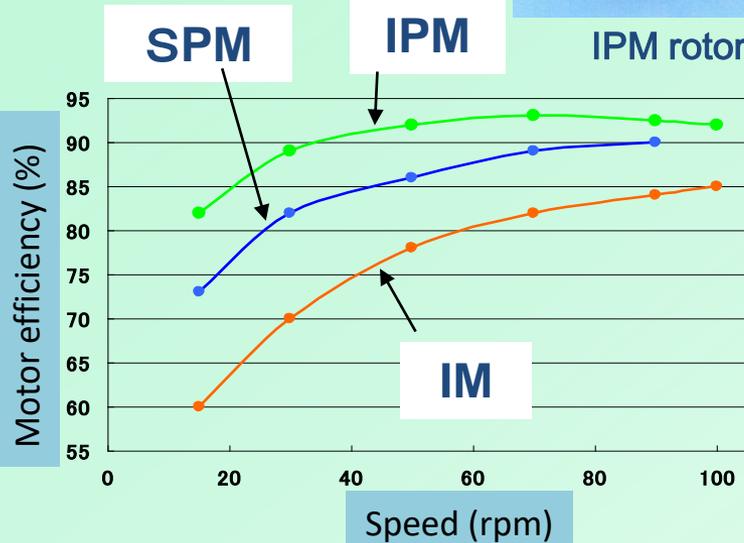
PM motor is more efficient than induction motor



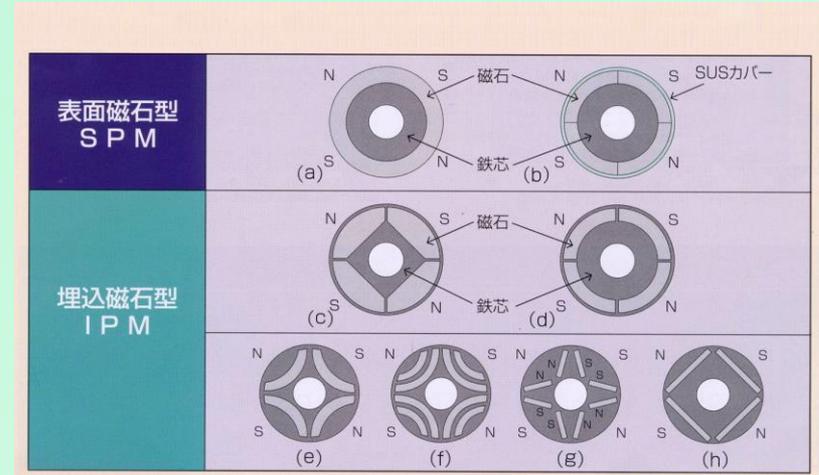
Inverter air-con



IPM rotor



Comparison of Motor efficiency



Different magnet position of SPM and IPM Motor

IM ; Induction Motor

PM; Permanent magnet motor

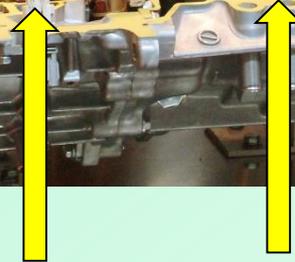
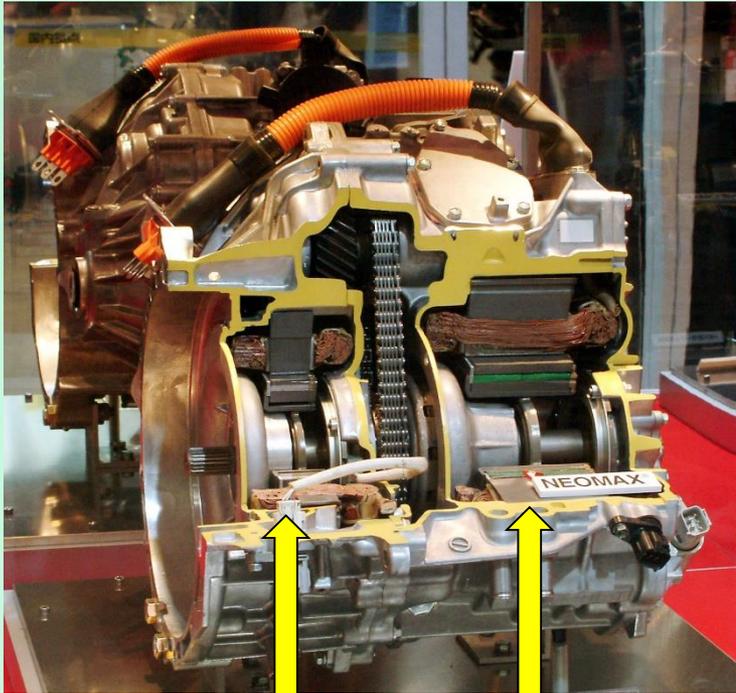
*SPM (Surface permanent magnet);

*IPM(Interior permanent magnet);



HEV(Hybrid Electric Vehicle) & EV

PRIUS Hybrid system

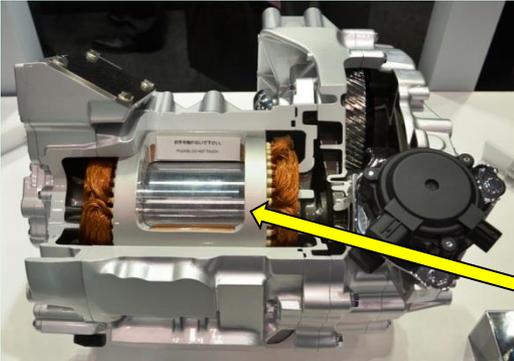


Nd magnet generator

Diesel HEV of truck company



EV and Nd magnet



Nd magnet Motor

Future application; Wind mill generater

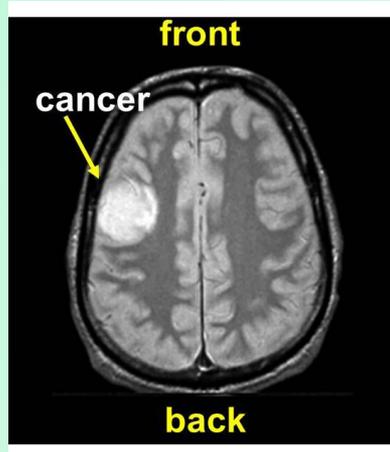


Type	Horizontal Type
Blade	3
Blade diameter)	15m
Hub height	22m
Rated power	40KW
Generator	NdFeB magnet
Rated speed	11 m/sec



Permanent Magnet Type MRI

Superconductive type



Permanent Magnet type

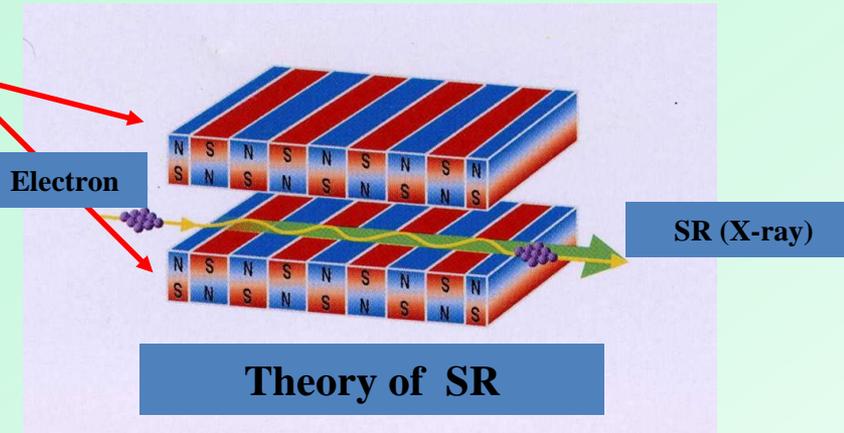


- First Mass-production in Japan in late 1980'
- Magnetic Field; 0.2-0.4 Tesla
- Weight; 10-20 Ton
- Compact (less than half space of SC type)
- Non running cost (No Helium etc)
- No magnetic shielding is necessary

Undulator/ Wiggler for SR (Synchrotron radiation)

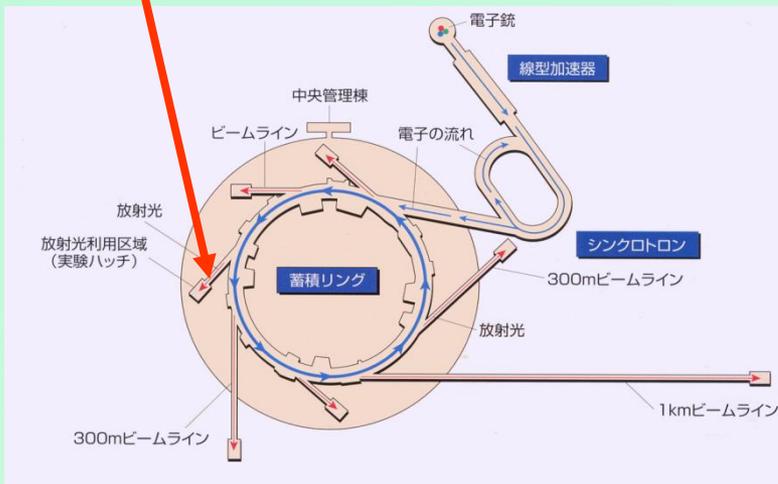
Xray; $\times 10^4$ high density beam line

**Two arrays
of NdFeB
magnets**



SPring-8; (Nishiharima)

Undulator

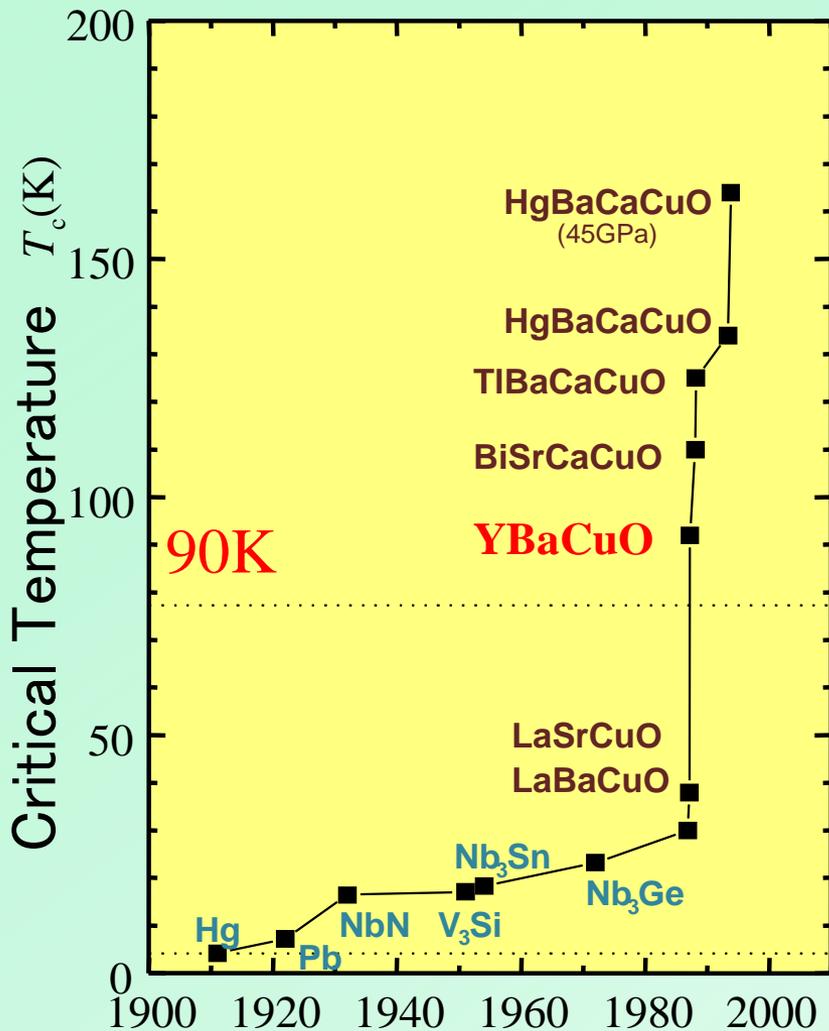


Electron; accelerator → synchrotron ring
→ storage ring → undulator in the beam line



In-vacuum type
NdFeB magnet undulator

High Temperature Superconductors



- HTS were Discovered in Switzerland in 1986
- High T_c means higher T_c than that of conventional compounds

• Oxygen Compounds

- La-Ba-Cu-O
 - ($T_c=32K$)
- Y-Ba-Cu-O
 - ($T_c=90K$)

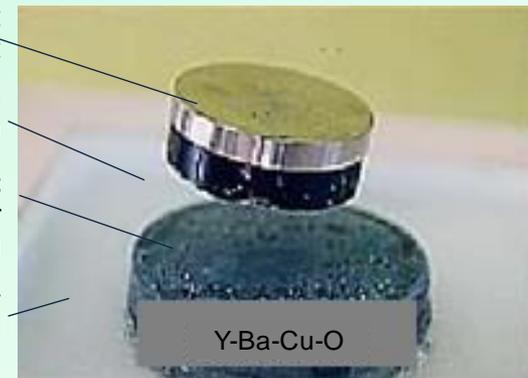
New Compounds

- MgB₂
J. Akimitsu 2001
($T_c=39K$)
- LnFeAs(O,F)
H. Hosono 2008
($T_c=55K$ at present)

Liquid N₂
(77K)

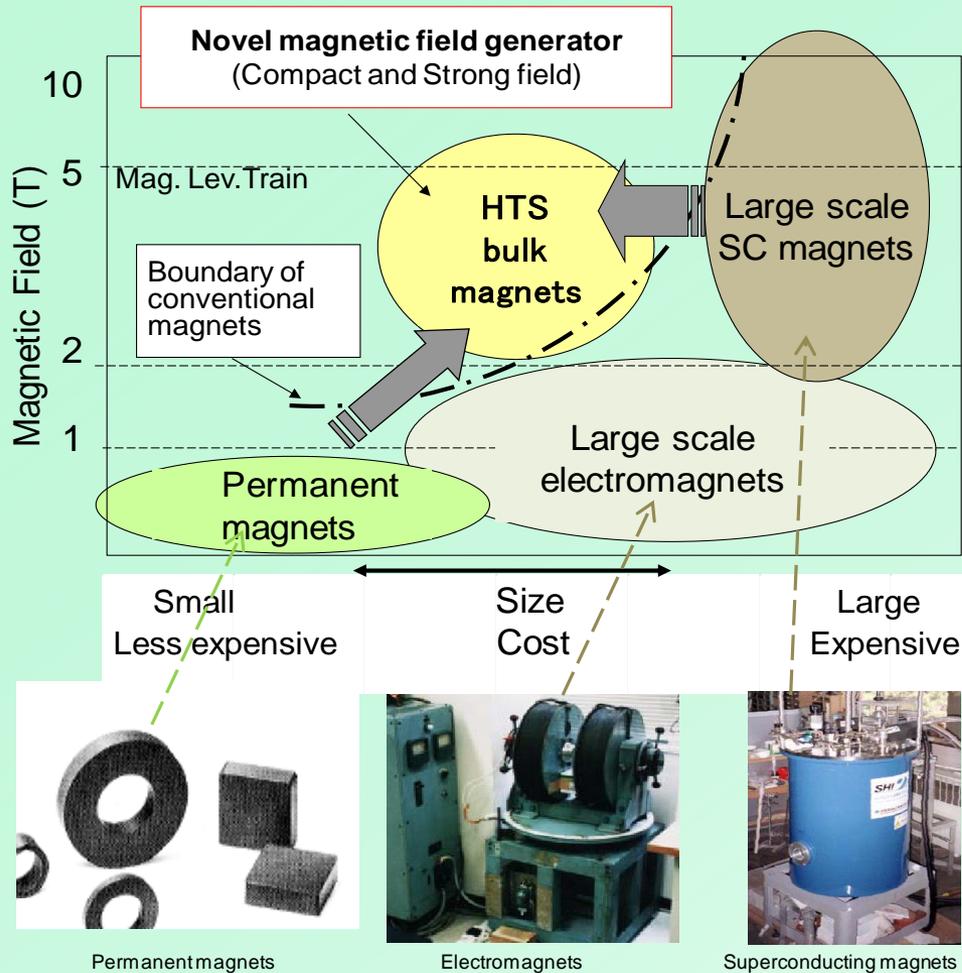
Liquid He
(4.2K)

Permanent magnet
Liquid nitrogen (77K)
High T_c superconductor (Y-Ba-Cu-O)
Thermally insulated vessel

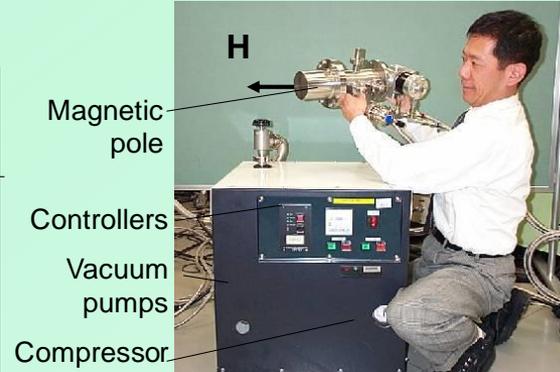


Superconducting levitation model

Industrial Applications of HTS Bulk Magnets

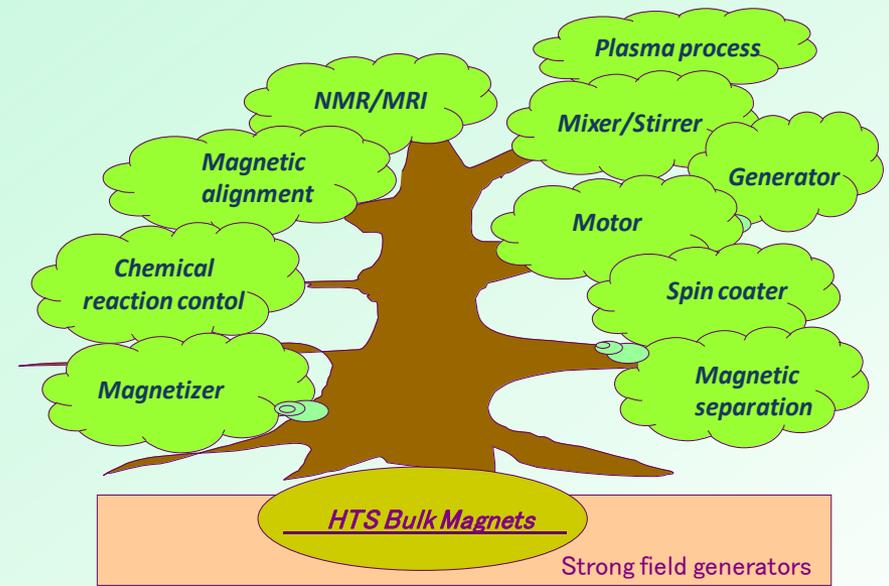


Compact HTS bulk magnet system



- Features**
- ✓ Strong Field
 - ✓ Stable
 - ✓ Compact
 - ✓ Localized flux
 - ✓ Less Strayed Field

Industrial applications of HTS bulk magnets



The features of HTS bulk magnet are its compactness and strong field.



フェロ&ピコシステム研究部

 お問い合わせ

お問合せボタンをクリックすると、問い合わせ入力ページが開きます。
お気軽にお問合せください。