

磁性粒子の空間移動を考慮した超電導バルク磁石の着磁法

二ノ宮 晃*

Magnetization of superconducting bulk magnet in consideration of the spatial displacement of magnetic particles

Akira NINOMIYA *

1. はじめに

一対の着磁した超電導バルク磁石とこれを励磁する電磁石を用いて直径5 mmから10 mmの軟鉄球が20 mm程度のギャップ中で浮上することを実証してきた。しかしながら、磁性粒子など、より小さな磁性体になると浮上も移動も困難であることが同時に判明した。そこで、磁場空間において磁性粒子が移動できるように本手法を改良することを進めている。

これまでの検討により、着磁したバルク磁石に着磁時と同程度あるいはやや強い磁場を外部磁場として重畳させると、バルク磁石の遮蔽効果により磁石の磁気力が低下することを見出している(1)。今回は、これを利用した改良を行った。

実施した事項は、空芯のヘルムホルツコイルを補助コイルとして追加利用するもので、一方は着磁磁場と同方向に、他方は逆方向に接続する。これをバルク磁石がその内側に入るサイズで作成し、バルク磁石着磁時に励磁用電磁石の磁場に重畳させる。着磁後は、着磁磁場に電磁石磁場と補助コイル磁場を外部磁場として重畳させる。このとき、外部磁場変化時におけるギャップ空間磁場を計測すると、外部磁場が着磁磁場以上になるあたりからギャップ空間に傾斜磁場が形成されることを見出した。

この効果を検証するために、磁性粒子の移動可能性を試みたところ、低磁場側にセットした磁性粒子は外部磁場を重畳させていくに従い高磁場側へと移動することを確認した。

2. 試験方法とその結果

Fig.1に実験装置の全体図を示す。本装置は、ギャップ

長が可変可能な電磁石、HTSバルク磁石、そして補助コイルからなる。Fig.2は、HTSバルク磁石(直径60mm, 厚さ20mm)と傾斜磁場発生用補助コイルである。補助コイルは、0.3mmφの銅線を1200巻きしてあり、そのインダクタンス値は61mH、中心軸上に発生する軸方向磁場(x軸方向成分)はコイルから2mm離れた位置において23mT/Aである。

バルク磁石の着磁方法は、フィールドクール法である。具体的には、電磁石に4Aを通電させてバルク磁石部分で110mT、ギャップ中心部で100mTの軸方向磁場を発生させる。ここに補助コイルで約17mTの磁場を発生させて、一方では電磁石と同方向に、他方では逆方向になるように配線して左右の磁場強度に約34mTの差を与える。そ

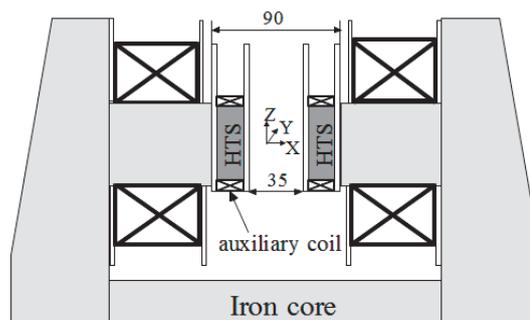


Fig.1 実験装置全体図

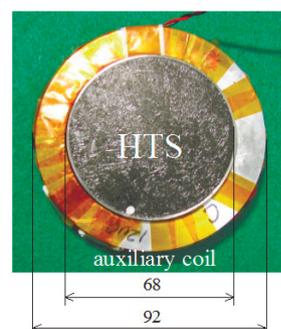


Fig.2 HTSバルク磁石と補助コイル

* :

の後、液体窒素で冷却して着磁させる。着磁後は、バルク磁石の磁場に電磁石と補助コイルによる外部磁場を重畳させてギャップ空間の磁場変化を測定すると共に、磁性体を低磁場側にセットして移動過程を観測する。

Fig.3は、外部磁場強度を変化させたときのギャップ磁場軸方向特性 (B_x) である。これより、外部磁場を着磁磁場以上になると、ギャップ空間がほぼ一定の傾きを持つ磁場になることがわかる。なお、測定はバルク体の中心軸上で実施している。Fig.4は、このときの磁性粒子の移動状態を示した写真であり、磁性粒子は、はじめ右側の低磁場側にセットしてある。そして、外部磁場を着磁磁場の約80%にした時点から磁性粒子が移動し始め、128%ではほぼ全てが移動したことを確認した。

以上、HTSバルク磁石と着磁用電磁石、そして磁場形成用の補助コイルにより、磁性粒子が磁場空間中で移動できることがわかった。現在、ギャップ中央部に磁性体を移動させる方策について検討している。

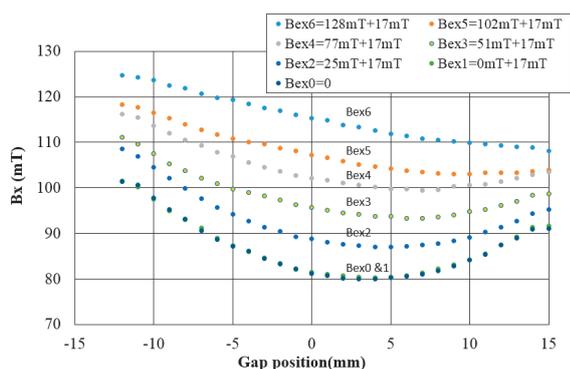
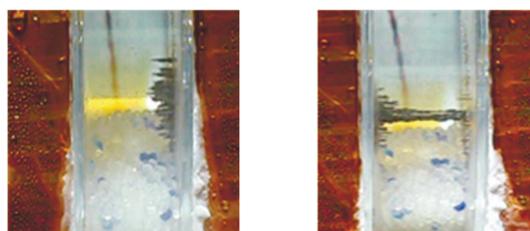


Fig.3 ギャップ空間軸方向磁場特性

着磁磁場：100mT，着磁後の外部磁場：0mT～128mT，
補助コイル磁場：17mT.



(a) 移動前

(b) 移動後

Fig.4 磁性粒子の空間移動前後の写真.

参考文献

1. A. Ninomiya, et al.: Abstracts of CSJ Conference, Vol. 85 (2011) p.60