

## 強磁性体の磁気回路による熱減磁率の変化

The change the rate of demagnetization by magnetic circuits

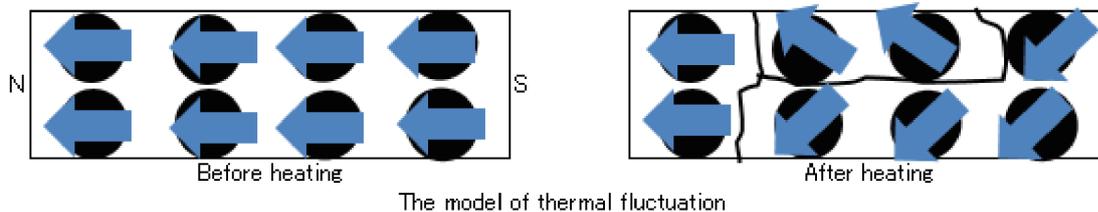
千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

佐藤史人

### はじめに

強磁性体の磁石の磁束密度は加熱によって小さくなる。この現象を高温減磁という。高温減磁は熱エネルギーによって、加熱前に一様な方向を向いていた磁気双極子が様々な方向を向くようになること（熱揺らぎ）によって発生する。減磁の目安として減磁率が用いられる。減磁は  $\{(初期状態の磁束密度-加熱後の磁束密度)/初期状態の磁束密度\} \times 100$  という公式で求められる。

高温減磁は主に自動車のモーターの開発の分野で研究されている。それは自動車のエンジンは  $150^{\circ}\text{C}$  近くになっているためモーターに使用されている磁石が高温にされているからである。実際のモーターの開発では、磁性体の混合物に着磁した磁石を使用することで減磁を防いでいる。



### 目的

ネオジム磁石の磁気回路の形状と減磁率の関係を明らかにする。特に、

- ① 実験1:直線的に接続するネオジム磁石の個数と減磁率の関係を明らかにする。
- ② 実験2:実験1より導かれた「円形の磁気回路はほとんど減磁されない」という仮説を検証する。

### 方法

試料として半径 8mm、高さ 3mm のネオジム磁石を使用する。

1. テスラメーターを用いて初期状態の回路全体の磁束密度を測定する。次に回路を分解して個々の磁石の磁束密度を測定する。このとき磁束密度は 3 回ずつ測定し平均をとる。
2. 再び磁気回路を組んで工業用のシリコンオイル(KF-50)に浸し、マントルヒーターを用いて  $150^{\circ}\text{C}$  の温度条件下で 1 時間加熱する。



図 1 磁気回路の磁束密度の測定

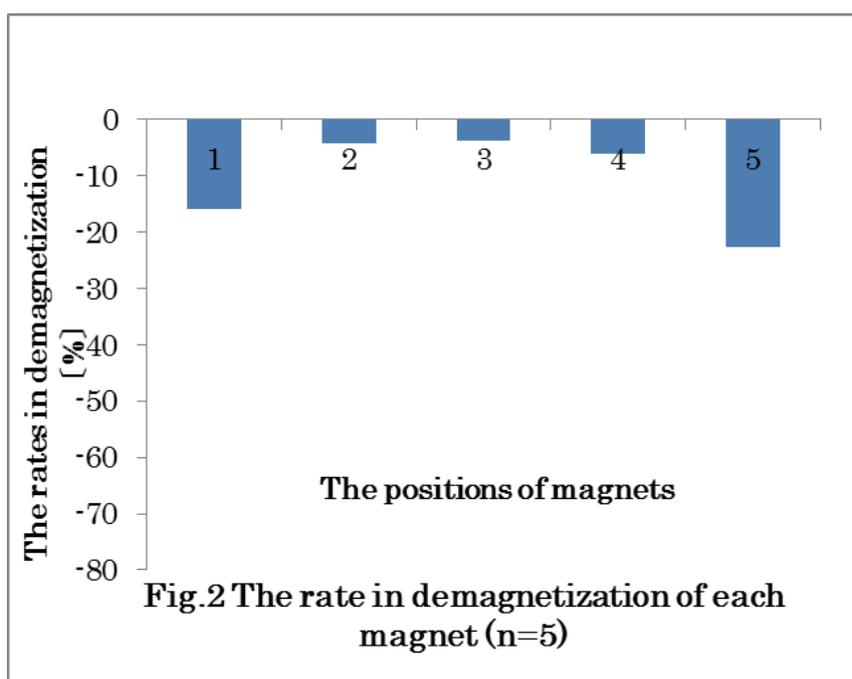
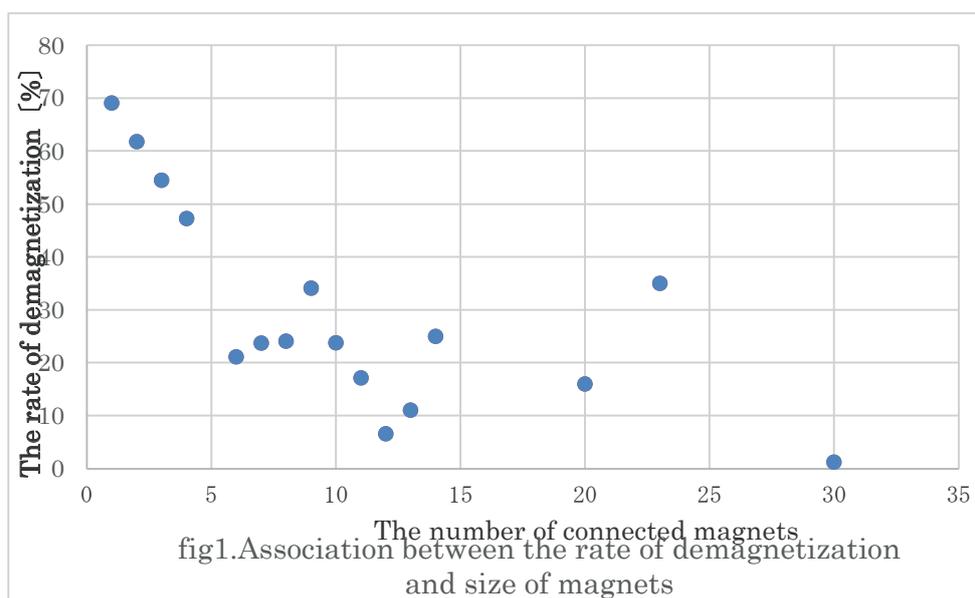
3. 加熱終了後、磁気回路を 1 時間水中で強制的に冷却する。
4. 冷却終了後、磁気回路を一晩実験室に放置し、翌日に再び磁束密度を測定する。
5. 減磁率を求める。
6. 1~5 を接続する磁石の個数を変えて繰り返す。

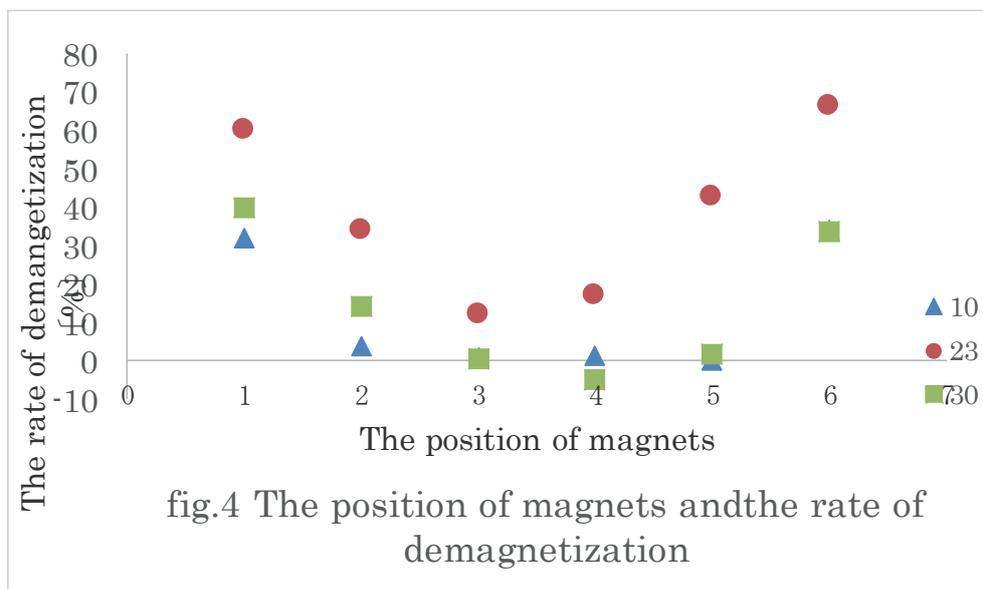
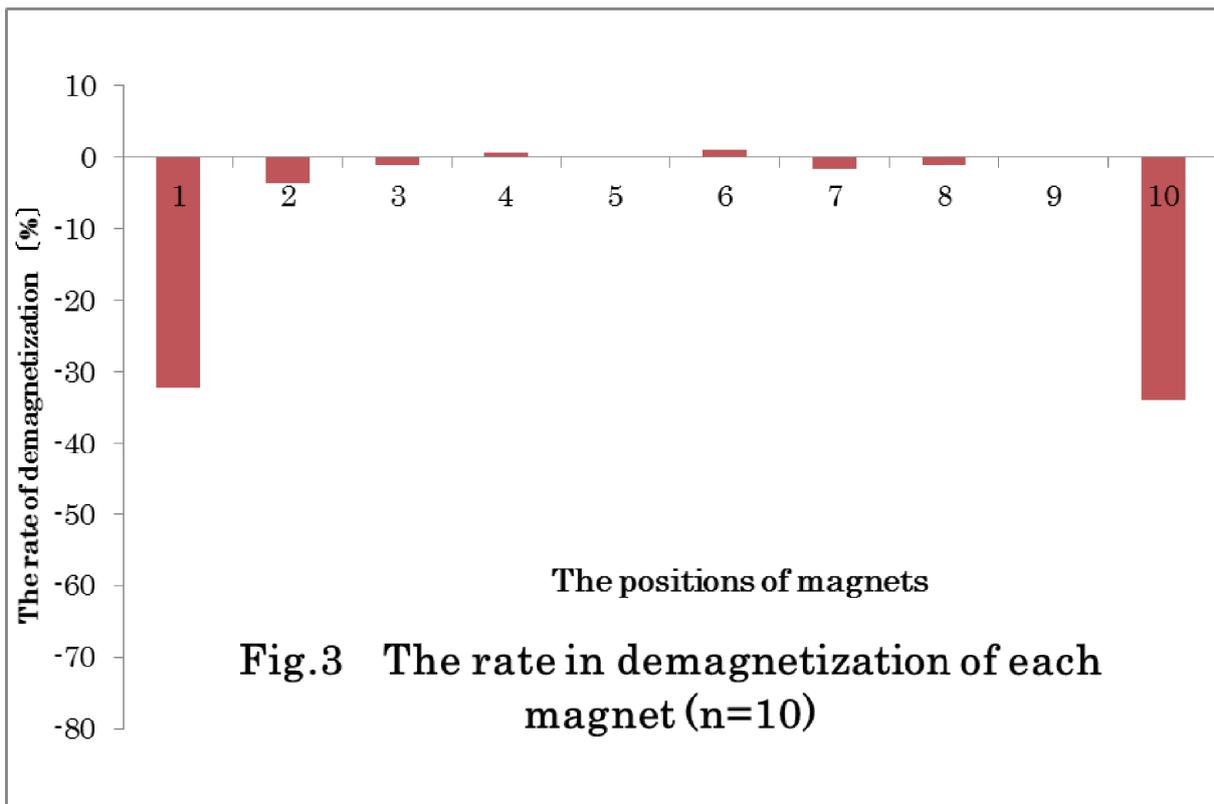


図2 マントルヒーターによる加熱

実験結果

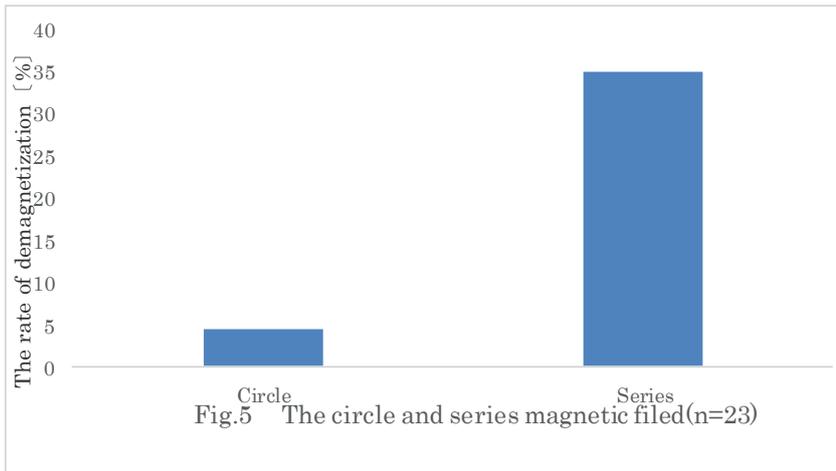
1) 実験 1





磁気回路全体の減磁率について Fig.1 より接続する磁石の個数が増加するにしたがって減磁率は指数関数的、対数関数的に減少することがわかる。また、個々の磁石について、接続する磁石の個数が 5 個、10 個のときは回路の両端の磁石のみが減磁され (fig.2,3)、接続する磁石の個数が増えても両端の磁石のみが減磁される傾向は変わらない(fig.3)。

## 2) 実験 2



23 個の直列に接続した磁気回路と円形の磁気回路を同一条件間で加熱したとき、直列の磁気回路は減磁されるが、円形の磁気回路はほとんど減磁されない(fig.4)。

### 考察

#### 1) 実験 1

直線的に接続した磁気回路を加熱したとき両端の磁石のみが減磁されるのは、回路内部の磁石が外部磁場としてはたき、互いの磁束密度を強めあったためではないか。また、両端の磁石のみが減磁されたことから、磁石同士の接続面は不連続面としてはたいているといえる(図3)。更に接続する磁石の個数を変えても両端の3個の磁石のみが減磁されるという傾向から、接続する磁石の個数を増やすと両端の磁石の減磁率の回路全体の減磁率に対する影響が小さくなっていくため、磁石の個数が増えると減磁率は指数関数的あるいは対数関数的に減少する。グラフが指数関数か対数関数かは判断できなかった。

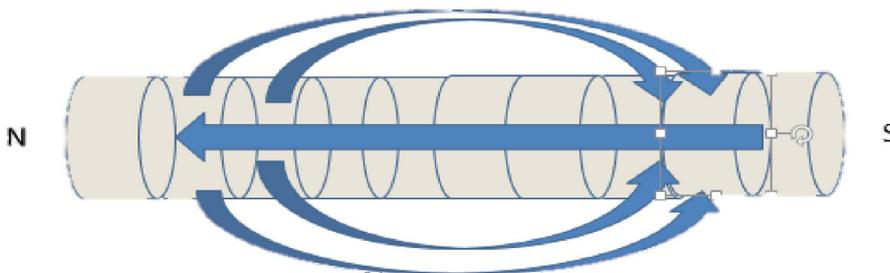


図3 加熱後の磁気回路の模式図

#### 2) 実験 2

円形の磁気回路がほとんど減磁されなかったのは回路内部で磁力線が循環し、磁気回路が自己完結しているためではないか。

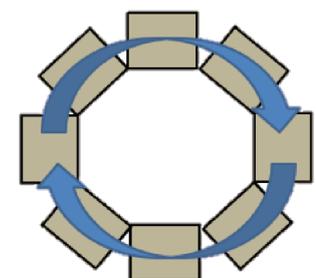


図4 円形の磁気回路の模式図

### 結論

直列の磁気回路では、接続する磁石の個数と全体の減磁率には負の相関があり、両端の磁石のみが減磁される。円形の磁気回

路はほとんど減磁されないので、磁石の保存に使用することができる。

#### 参考文献

- ・『方位磁石集団による磁区演示と「自発的対称性の破れ」』 斎藤吉彦（大阪市科学館）
- ・『磁性超入門（2）』 佐藤勝昭（（独）科学技術振興機構）
- ・『すごい!磁石』 宝野和博、本丸諒（日本実業出版社）
- ・ [www.neomag.jp](http://www.neomag.jp)

#### 感想

今回の研究の良かった点は磁気回路の熱減磁率を自ら確立した実験方法で求めることが出来たことだ。液体中で試料を加熱する方法は主に化学の実験で用いるものだが、磁石の加熱に応用することで安定した温度条件で加熱することができ、可能な限り実験の精度を高めることができた。また、直列の磁気回路における両端の著しい減磁という現象から円形の磁気回路を加熱する発想に至り、磁気回路の保存方法を考え出せた点も良かった。

反省点は磁気に関する知識が不足しており、実験結果を定量的に考察できなかったことである。たとえば、減磁率の理論値を磁化曲線から導くことや、パーミアンス係数（直列の磁気回路の縦横の比率）から反磁場係数を求めることが挙げられる。今後、物性物理を学習し、今回の実験の理論値を導出したい。