

## 初磁化率 (初期磁化率: initial susceptibility, low-field magnetic susceptibility、または帯磁率)

物質に磁場を作用させて際、磁場が一様で十分小さく、物質の磁気的な異方性が無視できる場合、磁場(H)と磁化(M)の間には  $M = \kappa H$  という比例関係が成り立ち、この比例係数  $\kappa$  が初磁化率である。

SI 単位系では、単位体積当たりの初磁化率(volume specific susceptibility : 体積帯磁率)は

$$\kappa = M [\text{A/m}] / H [\text{A/m}] \quad (\text{単位は無次元で、SI と表記})$$

であり、単位重量当たりの初磁化率( $\chi$  : mass specific susceptibility 重量帯磁率)は  $\kappa$  を物質の密度( $\rho$ )で割ることで得られる。

$$\chi = \kappa [\text{無次元}] / \rho [\text{kg/m}^3] \quad (\text{単位は m}^3/\text{kg})$$

### 初磁化率測定 [Bartington MS2 磁化率計、MS2B センサー]

MS2 磁化率計は、弱い交流磁場 (peak field: 250  $\mu\text{T}$ ) を試料に作用させ、その際に誘導される磁化を測定することで、初磁化率を求めている。作用させる交流磁場の周波数には 2 段階 (LF=0.465kHz、HF=4.65kHz) がある。初磁化率の周波数依存性を調べる際に、LF と HF での測定が行われる。

測定の際には、試料の温度が常温であること (室内の温度も一定であること)、センサー周辺に電気・電子機器や金属器具を置かないことに気をつける。試料を手でつかんだり、握ったりしていることで試料の温度は上がってしまうので、正確を期す場合は、試料は非磁性のピンセットで持つようにする。

#### [MS2 磁化率計の使用方法]

1. 磁化率計の左ツマミを「SI」にする。これで電源が入るので、この状態で 10 分程度待つ。
2. センサー側面のツマミで、周波数を LF にする (通常)。
3. 試料に応じて感度を設定する。磁化率計の右ツマミで「0.1」または「1.0」にする。
4. 測定は以下の手順で行う。
  - (1) 試料の無い状態で、ボタン「Z」を押す。表示は「0」になる。(ゼロ点をとる)
  - (2) 黒ハンドルで試料台を上げて、その中央に試料を置く。黒ハンドルを下げて、測定位置に試料を置く。
  - (3) ボタン「M」を押す。磁化率が測定される (M)。
  - (4) 黒ハンドルで試料台を上げて、試料を取り除く。黒ハンドルを下げる。
  - (5) 試料が無い状態で、ボタン「M」を押す。ゼロ点のドリフトが表示される (d)。  
ドリフト (d) があった場合、この測定手順による測定値 ( $M^*$ ) は、  
$$M^* = M - d/2$$
とする。
5. 磁化率計の表示値は、試料の体積を 10cc と仮定した上での単位体積当たりの初磁化率 ( $\kappa$ ) で、単位は  $10^{-5}$  (SI) [ $10^{-5}$ ] になっている。試料の体積が異なる場合には、体積を加味して値を計算する必要がある。単位質量当たり初磁化率 ( $\chi$ ) にするためには、試料の質量 (g) を測定して、以下の通りに変換する。  
$$\chi = [\text{表示値}] \times 10 / [\text{質量 : g}] \quad [\text{単位 : } 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} : 10^{-8}]$$
6. 通常は、1 試料に対して「4.」の測定を複数回 (5~10 回) 行い、平均値を求める。また、各試料の測定の前後に標準試料の測定を行い、試料の測定値の補正を行う。
 

\* 熱消磁実験の際のモニターとして初磁化率測定を行う際は、通常、試料のみ、1 回測定で良い。

## 初磁化率測定 (MS2) 詳細

- \* MS2 は内蔵バッテリー駆動なので、十分に充電されているか確認  
(本体右端スイッチ BATT で LED が緑色に点灯)
- \* 初磁化率の測定は室温の変動に影響されるので、エアコンを使用している場合は室温が安定するように注意
- \* センサー周辺から電気器具、金属器具を遠ざけ、腕時計も外しておく

1. 本体右端スイッチを「BATT」、2番目のスイッチを「SI」にする。  
機器のウォーミングアップとして、少なくとも10分程度、この状態で待つ。
2. 通常の測定では、センサーの周波数は「LF」、本体右端スイッチのレンジは試料の初磁化率に合わせる。
3. センサー内部の試料ホルダー部分が汚れていないかどうか、確認。汚れていたらアルコールで拭き取る。  
(試料ホルダー部分は外すことができる。但し、試料ホルダーを再び取り付けた際に、試料位置に変わりがないことを確認すること)
4. 測定時の注意
  - (1) 試料を手で握ったりすると試料の温度が上昇してしまう。非磁性のピンセットを利用する。
  - (2) センサーの黒いハンドルをあげ、試料ホルダーに試料を設置するときは、中心部にずれないようにセットする。
  - (3) 試料の初磁化率に異方性がある場合もある。そのような場合は、測定する際の試料の方向を常に揃えて測定するなどの注意が必要である。
  - (4) 標準試料を用意し、測定開始時に測定し、従来の値と誤差範囲で一致することを確認する。  
一連の試料の測定に際にも、定期的に標準試料の測定を挟む。
5. 測定
  - (1) 試料を入れずにゼロ調整 (Z ボタンを押す)  
\*ゼロ調整をしたら、センサーや本体を動かさないように注意する
  - (2) 試料を入れずに測定 (M ボタンを押す) [前エア測定: air1] (記録)
  - (3) 試料を入れて測定 [1回目: sus1] (記録)
  - (4) 試料を取り出して測定 [前エア測定: air2] (記録)  
 $1 \text{ 回目の測定値} = \text{sus1} - (\text{air1} + \text{air2}) / 2$   
空測定-試料測定の繰り返しを1試料に対して複数回 (通常5回、または10回)  
複数回の測定値を平均して、その試料の初磁化率 ( $\chi_{\text{試料}}$ : 読取値) とする。
  - (5) 1つの試料の測定が終わったら、ゼロ調整をしてから標準試料の測定をする。  
\* 5回測定の場合  
ZERO -> air1 -> sus1 -> air2 -> sus2 -> air3 -> sus3 -> air4 -> sus4 -> air5 -> sus5 -> air6 -> ZERO -> 標準試料の測定 -> ZERO -> (次の試料)

補正された質量あたり初磁化率の算出 ( $\chi_{\text{補正}}$ )

$$\chi_{\text{補正}} = \chi_{\text{標準試料}} \times \frac{\chi_{\text{試料}}}{\chi_{\text{標準試料-補正}}} \times \frac{10^{-7}}{\text{試料のみの重量}}$$

$\chi_{\text{標準試料}}$ : 標準試料に記載されている値  
 $\chi_{\text{試料}}$ : 試料の初磁化率 (読取値)  
試料のみの重量: ケースに入っている場合は考慮

$$\chi_{\text{標準試料-補正}} = (\text{標準試料の測定値: 読取値}) \times 10^{-7} / (\text{標準試料の重量})$$

標準試料については以下を要参照: Fukuma, K., and M. Torii (2011), Absolute calibration of low- and high-field magnetic susceptibilities using rare earth oxides, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q07Z28, doi:10.1029/2011GC003694.