

地球環境変動の解析ツールとしての古地磁気学・岩石磁気学

古地磁気学・岩石磁気学

対象：天然の岩石、堆積物、土壌などの磁気的な情報

【磁気的な情報】

◆残留磁化

- ・強度 → 地球磁場の変動の解明
 - ・地質年代の推定、地層の対比
- ・方向 → 地球表層の構造運動の解明
 - ・地塊（大陸）の移動・配置・変形

◆帯磁率（磁化率）

- ・帯磁率変化 → 環境変動の解析
- ・帯磁率異方性 → 構造運動の解明、岩石の形成過程の解明

◆磁性鉱物の存在形態

- 環境変動の解析
- 鉱物種、その構成量、粒子サイズ
- ・磁気的パラメータにより推定・

[利点]

構造運動解析・変動量の定量化
環境変動解析・試料から情報を非破壊、非精製で、迅速に得られる

岩石内の強磁性鉱物

鉄酸化物

磁鉄鉱（マグネタイト） Fe_3O_4 **580°C**
赤鉄鉱（ヘマタイト） Fe_2O_3 **675°C**

マグヘマイト： $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$
・マグネタイトの低温酸化-変質

鉄-チタン酸化物

チタノマグネタイト系列
マグネタイト-ウルボスピネル (Fe_2TiO_4)
の固溶体： $x\text{Fe}_2\text{TiO}_4 \cdot (1-x)\text{Fe}_3\text{O}_4$

イルメノヘマタイト系列
ヘマタイト-イルメナイト (FeTiO_3)
の固溶体： $x\text{FeTiO}_3 \cdot (1-x)\text{Fe}_2\text{O}_3$

鉄硫化物

ピロタイト Fe_{1-x}S ($x=0\sim 0.13$)
・ Fe_7S_8 ($x=0.13$) **320°C**
グレイガイト Fe_3S_4

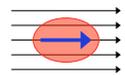
鉄水酸化物

ゲータイト αFeOOH **110-120°C**

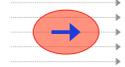
[強磁性鉱物]

◆作用していた磁場をゼロにしても磁化を持つ。

磁場がある状態
・誘導磁化

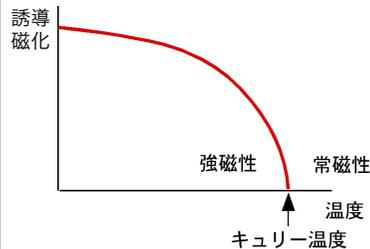


磁場がない状態
・自発磁化



◆鉱物特有の温度より低い温度で [キュリー温度]

自発磁化を持つ性質が現れる。



岩石内の強磁性鉱物

鉄酸化物

磁鉄鉱（マグネタイト） Fe_3O_4
赤鉄鉱（ヘマタイト） Fe_2O_3

マグヘマイト： $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$
・マグネタイトの低温酸化-変質

鉄-チタン酸化物

チタノマグネタイト系列
マグネタイト-ウルボスピネル (Fe_2TiO_4)
の固溶体： $x\text{Fe}_2\text{TiO}_4 \cdot (1-x)\text{Fe}_3\text{O}_4$

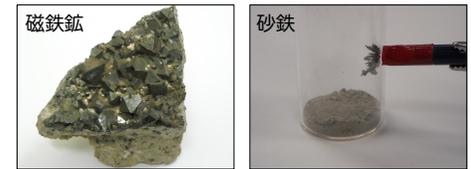
イルメノヘマタイト系列
ヘマタイト-イルメナイト (FeTiO_3)
の固溶体： $x\text{FeTiO}_3 \cdot (1-x)\text{Fe}_2\text{O}_3$

鉄硫化物

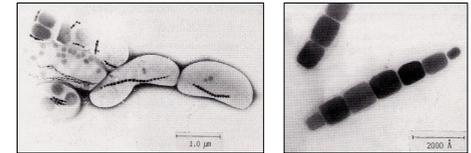
ピロタイト Fe_{1-x}S ($x=0\sim 0.13$)
・ Fe_7S_8 ($x=0.13$)
グレイガイト Fe_3S_4

鉄水酸化物

ゲータイト αFeOOH



砂鉄や鉄鉱石は磁鉄鉱 (Fe_3O_4) が主なものです。



★ 体内に磁鉄鉱を作る微生物（走磁性バクテリア）

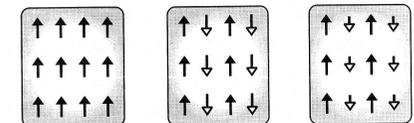
強磁性

電子の自転・・・磁気スピン
上向き・下向き
→ 極性（磁気双極子）

電子軌道：K殻、L殻、M殻、・・・
対にならない磁気スピン
→ 磁気モーメント（磁化）

磁気モーメント間の相互作用
・・・磁気スピンの配列
→ 自発磁化の発生

磁気スピンの配列



フェロ磁性

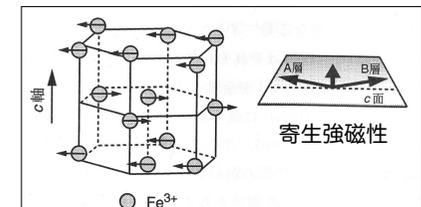
反強磁性

フェリ磁性

Fe, Ni, Co, ...

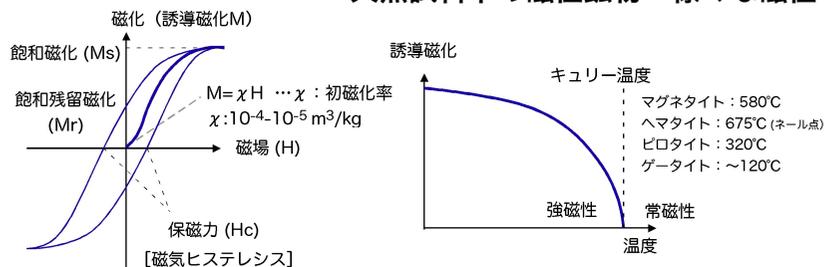
チタノマグネタイト系列
(マグネタイト： Fe_3O_4)
ピロタイト (Fe_7S_8)

イルメノヘマタイト系列（ヘマタイト： Fe_2O_3 ）

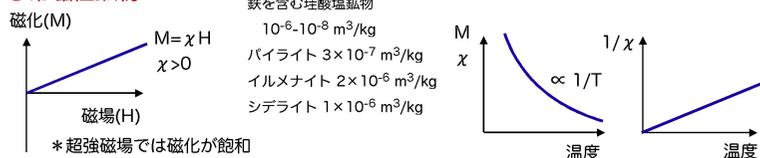


◎強磁性鉱物

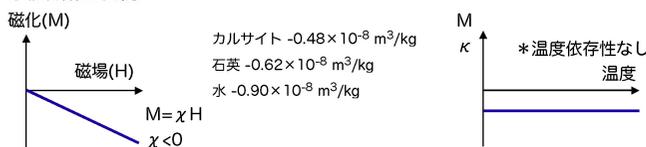
天然試料中の磁性鉱物：様々な磁性



◎常磁性鉱物



◎反磁性鉱物



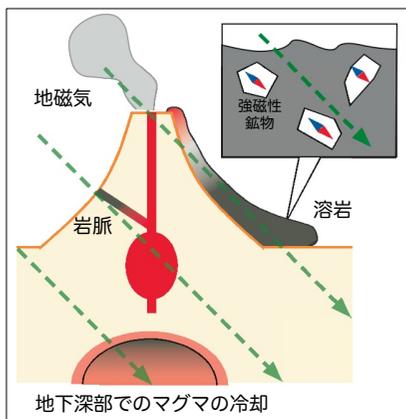
岩石の持つ残留磁化

- 熱残留磁化
- 堆積残留磁化
- 化学残留磁化
化学反応による強磁性鉱物の変化・生成に伴って獲得される残留磁化
- 粘性残留磁化
地球磁場中で時間とともに増大する残留磁化
 $Mv = S \cdot \log(t)$
- 等温残留磁化
強磁場をかけたことで獲得される磁化
天然では、落雷

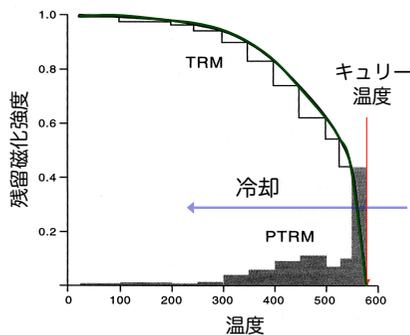
[初生磁化・二次磁化]

岩石の残留磁化 (1)

熱残留磁化：強磁性鉱物が高温から冷えてくることで獲得



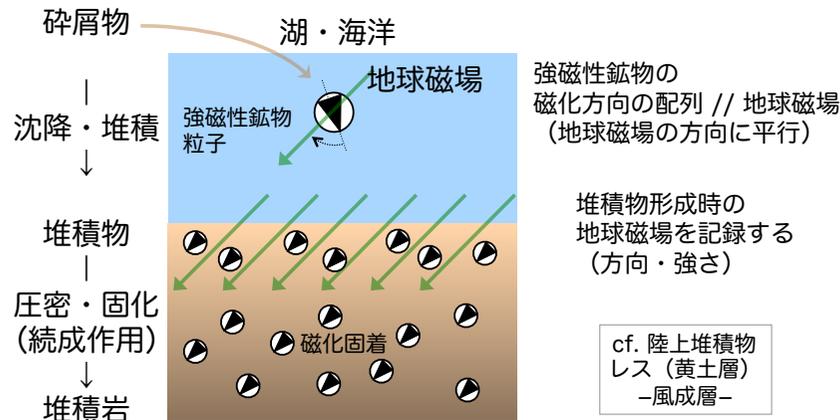
- ・ マグマの冷却 → 火成岩
- ・ 熱による変成作用 → 変成岩



冷却時の地球磁場を記録する (方向・強さ)

岩石の残留磁化 (2)

堆積残留磁化：強磁性鉱物の粒子を含む碎屑物 (砂・泥) の堆積過程で獲得

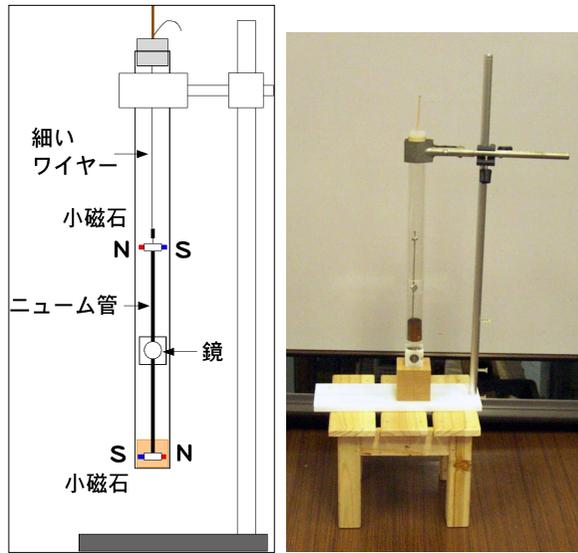


1. 岩石の持つ磁化「自然残留磁化」

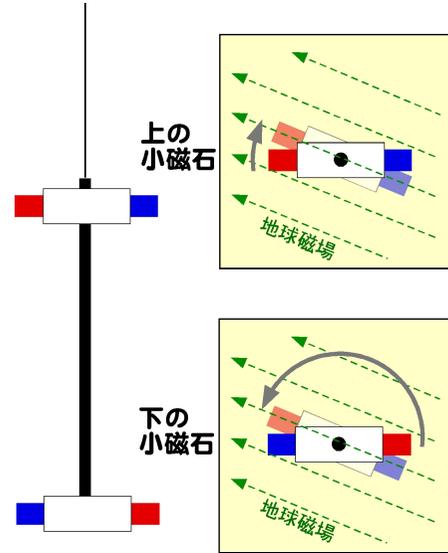
岩石の磁化を計る

無定位磁力計

軽い棒の両端に
小磁石が逆向きに
取り付けられ、
細い線で吊るして
ある。



無定位磁力計



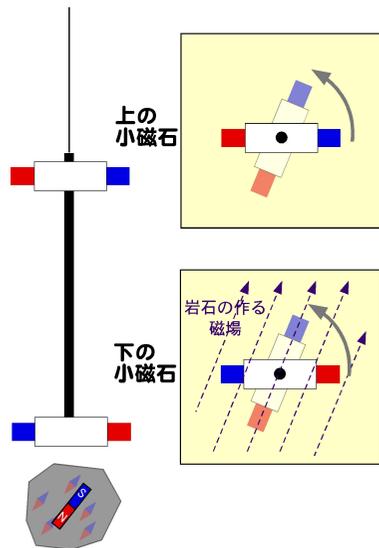
地球磁場中で
上の磁石と下の磁石は
それぞれ反対方向に回
ろうとする。

↓
2つの磁石は
固定してあるので
別々に回ることができ
ない。

↓
2つの磁石がついた棒
は、回らない。
地球磁場の影響を受け
ない。

「無定位」

無定位磁力計



岩石を下の小磁石の近くに置くと

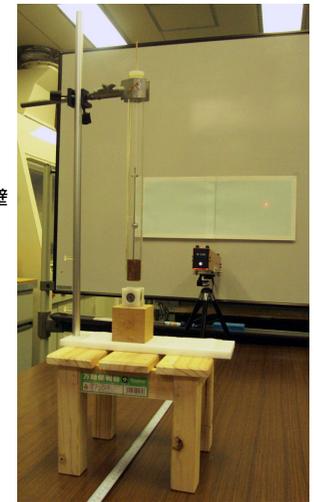
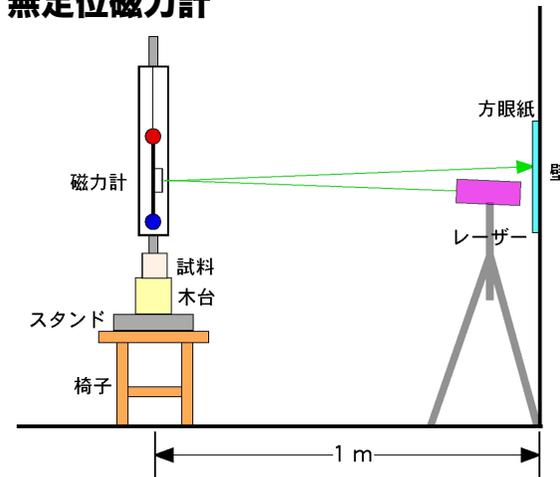
↓
下の小磁石は、岩石の磁化がつく
る磁場により、その方向に回され
る。

↓
上の小磁石は、岩石の磁化がつく
る磁場の影響を受けない。
(影響は極めて小さい)
- 岩石の作る磁場は、とても弱い -

よって、上の小磁石は下の小磁石に
つられて回る。

↓
回った角度から、岩石の磁化の
強さや方向に関するデータが得
られる。

無定位磁力計



岩石を下磁石の近くに置くと、わずかに回転して止まる。
[ワイヤーのねじれによる力と磁場により磁石を回される力が釣り合う]
そのわずかにまわった角度を、棒に取り付けた鏡にレーザー光をあて、拡大し
測定する。