

## 早池峰超苦鉄質岩体の磁氣的性質

森尻理恵\*1・中川 充\*2

\*1 産業技術総合研究所地質調査総合センター 地質情報基盤センター

\*2 産業技術総合研究所北海道センター 産学官連携推進室

Rie Morijiri\*1 and Mitsuru Nakagawa\*2

\*1 Geoinformation Services Center, GSJ, AIST

\*2 Hokkaido Collaboration Affairs Office, AIST

MORIJIRI, R. and NAKAGAWA, M. (2019) Variance of magnetic properties of Hayachine ultramafic rock body in Tohoku District, Japan. Open-File Report of Geological Survey of Japan, AIST, no.690, p. 1-38

### Keyword

Hayachine ultramafic rock body, magnetic properties, Js-T, Hysteresis, Thermal contact metamorphic

### 1. はじめに

早池峰山（標高 1,917 m）は、岩手県花巻市、宮古市、遠野市の境界に位置している（第 1 図）北上山地の最高峰で、東西に早池峰剣ヶ峰・中岳・鶏頭山を従えた連山（“早池峰連山”）をなしている。そこはちょうど、北上山地の南部と北部の境界部にあたり、超苦鉄質岩及び苦鉄質岩類が列をなして分布する。その中で、露出面積が大きなものは早池峰連山と、その南にある宮守岩体である（第 2 図）。すでに公開されている空中磁気異常の接合済みメッシュデータ（第 3 図；中塚・大熊，2005）や重力ブーゲー異常の接合済みメッシュデータ（第 4 図；駒澤，2004）には、岩体の分布に対応して、独立した強い正の磁気異常と正のブーゲー異常が見られる。強い磁気異常は蛇紋岩のような超苦鉄質岩体（第 2 図中の 77）の分布に対応し（第 3 図）、重力異常も低重力異常が北上花崗岩体（第 2 図中の 132）に対応し、その南北の高重力異常が超苦鉄質岩体に対応していると考えられる（第 4 図）。これを見ると、早池峰山と宮守岩体は、強い磁化を持ち、かつ質量の大きい岩体の存在が示唆され、超苦鉄質岩体と矛盾しない。宮守岩体の超苦鉄質岩については、金谷ほか（1998）で物理的な性質について詳細な報告がなされている。また、早池峰連山の地質学的な考察

は5万分の1地質図幅「早池峰山地域の地質」(川村ほか, 2013)に詳しい。

ここでは中川が早池峰複合岩類の超苦鉄質岩体において, 岩石学的記載用に方位をつけずに蛇紋岩の試料を採取した。それらの試料の一部について, 自然残留磁化測定, 交流消磁・残留磁化測定, 非履歴性残留磁化の獲得+交流消磁・残留磁化測定, 磁化率測定, ヒステリシス測定ならびに熱磁化分析を行った。本稿ではこれらの測定結果を報告し, 若干の考察を加える。

## 2. 地質概要及び採取試料

早池峰山は蛇紋岩の他に苦鉄質岩を伴っている。よって, 早池峰複合岩類と呼ばれ, 中岳蛇紋岩, 黒森山角閃岩, 神楽火成岩類と一括されている(内野, 2015)。このうち, 中岳蛇紋岩試料について, 磁性の測定を行った。

中岳蛇紋岩についての記載は, 川村ほか(2013)に従うと, 蛇紋岩化の割合は30~80%であり, 岩体の北部~中央部よりも南部の方が, その割合が低い傾向にある。かんらん石は, 一般に径1.2~2.0 mmであり, 裂かに沿って蛇紋石化し, 径0.2~0.5 mmのより細粒なかんらん石としてモザイク状に産している。また, その細粒なかんらん石の周縁部には更に微細な変成かんらん石が再結晶し, 数珠状のマグネタイトを含む産状が岩体南部で認められる。蛇紋石は, 網目状に基質を埋めるほか, 一部細脈状となって滑石と共に産する。クロマイトは, 径0.3~1.0 mmで半自形を示す仮像として認められ, 完全に不透明化しているものと内部のみ褐色を保っている場合がある。岩体南部ではしばしば, 長径1.0~3.0 mmの束状または花弁状のトレモラ閃石や繊維状の直閃石が, かんらん石などの残晶を切る形で成長することもある。これらの変成鉱物の出現は, 南に位置する遠野花崗閃緑岩の熱的影響で生じたと判断される。また, 深成岩の周辺では, その岩体の規模に準じるように通常幅数100 m規模の接触変成帯が認められる。中岳蛇紋岩体にも接触変成が及んでいるが, 接触している深成岩体は露出していないため, 地下浅所に存在していると推測されている。さらに, 早池峰山山頂付近の蛇紋岩は, 約60%の割合で蛇紋岩化しているものの, 径2~3 mmの等粒状かんらん石, 斜方輝石, 単斜輝石が薄層状に残っている部分が認められる。

中岳蛇紋岩体で得られた試料のうち, 第5図に示した13サイトを選び, 磁性の測定を行った。これは, 遠野花崗閃緑岩の熱的影響を仮定して, 岩体との距離が少しずつ異なるものを選んでいく。

## 3. 磁気測定

岩石試料は無方位で採取されているため, 古地磁気学的な検討は行わない。試料は, 大きさ1 cm<sup>3</sup>のプラスチック製キューブケースに収まる大きさに割り, 測定中に移動しないようにスチロール材を詰めたものを用いた。これについて残留磁化と磁化率の測定を行った。

自然残留磁化(natural remanent magnetization, NRM)測定と交流消磁・残留磁化測

定, 非履歴性残留磁化 (anhysteretic remanent magnetization, ARM) の獲得・交流消磁・残留磁化測定には国立極地研究所所有のパススルー型超電導磁力計 (MODEL755R, 2G Enterprise) を用いた。磁化率は帯磁率計 (KLY-3, AGICO) を使用して測定した。

さらに同じ試料から 0.1 g 程度の小片を取り, 東洋大学所有の振動型磁力計 (BHV-55L, 理研電子) を用いて, ヒステリシスカーブと熱磁化曲線を得た。ヒステリシスは常温で最大 1.0 T の磁場中で測定し, 熱磁化曲線は, 1.0 T の磁場中でほぼ真空 ( $10^{-4}$  Pa) の状態で測定した。得られた熱磁化曲線において接線の交点の位置からキュリー温度を読み取った。ヒステリシスの測定は, 熱磁化曲線の測定終了後に再度実施した。

磁化率に対して NRM 強度をプロットしたものを第 6 図に示す。測定単位については重量で標準化を行った。磁化率についても, 比較のために便宜的に重量で標準化を行っている。第 6 図は縦軸も横軸も対数になっている。ここでは, 磁化率も NRM 強度も大きいので, 強い磁性を持つ鉱物を多く含んでいるといえる。ただし, 磁化率に対して NRM 強度の値のばらつきが非常に大きく, 磁性については大きく異なっていると解釈できる。蛇紋岩の場合, 同じ岩体であれば蛇紋岩化度と磁化率の大きさはほぼ正比例することが知られており, 一般に磁化率と NRM 強度は, 磁化を主として担っている磁性鉱物が同じであれば良い相関を示すはずである。ゆえに, この岩体については狭い範囲で主として磁化を担う磁性鉱物が違っている可能性があると言える。

次に NRM の段階交流消磁の結果を第 7 図に示す。消磁磁場は 5 mT 刻みで 0 mT から 100 mT まで 21 段階の交流消磁を行った。ここでは方位は意味を持たない。ここから NRM 強度が 50% になった時にかけた交流磁場の大きさ (Median Destructive Field, MDF) を読み取った。いずれも不安定な磁化となっている。第 1 表に磁化率, NRM, MDF をまとめた。

さらに, 直流磁場を加える過程で獲得される ARM の付加実験とその段階交流消磁を行った。第 8 図に付加実験の結果を, 第 9 図に第 7 図と同じ試料について段階交流消磁の結果を示した。同じ強さの直流磁場をかけて獲得した ARM が異なるのは磁性鉱物の保磁力の違いによる。ARM はかけた直流磁場で規格化して ARM 磁化率 ( $\chi_{ARM}$ ) と呼ばれる値に変換し, 磁化率と比較される。ここでは ARM の最大値をその時の磁場で規格化した。これを横軸に磁化率, 縦軸に ARM 磁化率を取った Banerjee-King プロット (Banerjee et al., 1981; King et al., 1982) に示した (第 10 図)。保磁力の違いは磁性鉱物が同じ場合, 粒子サイズが寄与する。これらの試料の場合は, 磁性鉱物が同じという前提はおそらく成り立たないので, あくまでも目安とする。

次に 13 サイトの試料についてヒステリシスカーブと熱磁化曲線を得た。ヒステリシスは熱磁化曲線を得るために真空中で加熱する前と後に測定した。典型的な試料について, 加熱前のヒステリシスカーブ (第 11 図) と熱磁化曲線 (第 12 図) を示した。熱磁化曲線は 1.0 T の磁場中で測定した。グラフの縦軸は, 磁化を飽和磁化で規格化したものである。さらに, ヒステリシスカーブから, 保磁力 (Hc), 残留保磁力 (Hcr), 飽和磁化 (Ms), 飽和

残留磁化 (Mrs) の 4 つのパラメーターを読み取り、横軸に Hcr/Hc, 縦軸に Mr/Ms を取った Day プロット (Day et al., 1976, 1977) に示した(第 13 図, 第 14 図). ただし, 境界値は Dunlop(2002a, b)に従った. ここで, ヒステリシスパラメーターが加熱前後で最も大きく変化したサイト 157 の試料について, 加熱前と加熱後のヒステリシスパラメーターを重ねて示した (第 15 図). ここでは縦軸は磁化強度になっている. また, 熱磁化曲線から接線交点法でキュリー温度を読み取った. 加熱前のヒステリシスパラメーターとキュリー温度は第 2 表に示した.

#### 4. 結果の考察

熱磁化曲線については, 岩体の北部や中央部から得られた試料は典型的なマグネタイトを示唆する曲線が得られたが, 花崗閃緑岩に近い南部の試料は有意に曲線の形状に違いが見られた. これは, Fujimaki and Yomogida (1986) が記載したように, 蛇紋岩中に含まれる微細なペントランダイトなど硫化鉱物の影響である可能性がある.

#### 5. 解釈とまとめ

蛇紋岩は蛇紋岩化作用の過程で結晶残留磁化を獲得したのちに, 地殻を上昇中にブロック化して方位が乱れることが, 北海道三石蛇紋岩帯から得られたデータによって示された (Morijiri and Nakagawa, 2005). しかし, 北上山地から得られる蛇紋岩では宮守岩体など古地磁気方位が揃う例が報告されている (大熊ほか, 1993). これらはかんらん岩が蛇紋岩化した後に花崗閃緑岩の貫入による熱接触変成を受けた結果と推察される. ところが, 遠野花崗岩に近い早池峰岩体ではさほど顕著な傾向はみられない. これは, 遠野花崗岩が早池峰岩体に接触したときの温度が磁性鉱物に影響を及ぼすほどの高温ではなかった可能性が推察されるが, 岩石学的な研究の成果を待ちたい.

#### 6. 謝辞

この岩石磁気測定は 2011 年度に行いました. その当時, 国立極地研究所の船木實准教授, ならびに東洋大学の上野直子教授には岩石磁気測定に際し, 便宜を図っていただきました. 謝意を表します. また, 2D 消磁曲線の作図には, 岡山理科大学の畠山唯達准教授のサイト (Hatakeyama, 2018) を使用しました. 重力異常図と磁気異常図の出力には GMT (Wessel and Smith, 1998) を使用しました.

#### 7. 引用文献

- Banerjee, S. K., King, J. W. and Marvin, J. (1981) A rapid method for magnetic granulometry with applications to environmental studies. *Geophys. Res. Lett.*, **8**, 333-336.
- Day, R., Fuller, M., Schmidt, V. A. (1976) A Magnetic hysteresis properties of synthetic titanomagnetites. *J. Geophys. R.*, **81**, 873-880.

- Day, R., Fuller, M., Schmidt, V. A. (1977) Hysteresis properties of titanomagnetites: grain-size and compositional dependence. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **13**, 260-267.
- Dunlop, D. J. (2002a) Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 1. Theoretical curves and tests using titanomagnetite data. *J. Geophys. Res.*, **107**, EPM4 1-22.
- Dunlop, D. J. (2002b) Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments, and soils. *J. Geophys. Res.*, **107**, EPM5 1-15.
- Fujimaki, H. and Yomogida, K. (1986) Petrology of Hayachine ultramafic complex in contact aureole, NE Japan (I) primary and metamorphic minerals. *J. Japan, Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **81**, 1-11.
- Hatakeyama, T. (2018) Online plotting applications for paleomagnetic and rock magnetic data. *Earth, Planets and Space.*, 201870: 139.
- 金谷 弘・片田正人・長原美智子 (1998) 宮守超苦鉄質岩体の物理的性質. 岩鉱, **93**, 71-82.
- 川村寿郎・内野隆之・川村信人・吉田孝紀・中川 充・永田秀尚 (2013) 早池峰山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 101p.
- King, J. W., Banerjee, S. K., Marvin, J. and Ozdermir, O. (1982) A comparison of different magnetic methods for determining the relative grain size of magnetite in natural material: some results from lake sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **59**, 404-419.
- 駒澤正夫 (2004) 日本重力異常グリッドデータベース. 日本重力 CD-ROM 第 2 版, 数値地質図 P-2, 産総研地質調査総合センター.
- Morijiri, R. and Nakagawa, M. (2005) Small-scale mélangé Fabric between serpentinite block and matrix: Magnetic evidence from the Mitsuishi ultramafic rock body, Hokkaido, Japan. *Tectonophysics*, **398**, 33-44.
- 中塚 正・大熊茂雄 (2005) 日本空中磁気異常データベース. 日本空中磁気データベース, 数値地質図 P-6, 産総研地質調査総合センター.
- 大熊茂雄・当舍利行・金谷 弘 (1993) 宮守超苦鉄質岩体の岩石磁気と磁気異常. 物理探査, **46**, 269-282.
- 内野隆之 (2015) 地質で語る百名山第 3 回 早池峰山. GSJ 地質ニュース, **4**, 142-144.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1998) New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, **79**, 579.
- Zijderveld, J. D. A. (1967) A. C. demagnetization of rocks: analysis of results. In: Collinson, D. W., Creer, K. M., Runcorn, S. K. (Eds.), *Methods in Paleomagnetism*. Elsevier, Amsterdam, 254-286.

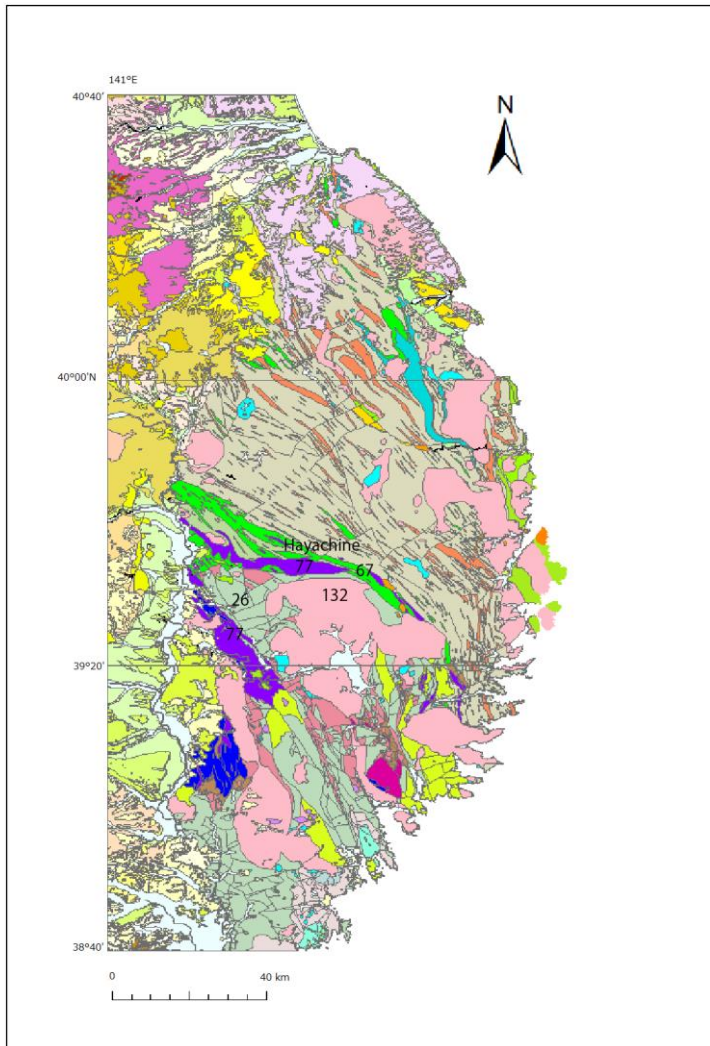


第1図

早池峰山の位置

Fig. 1

Index map of Mt. Hayachine.



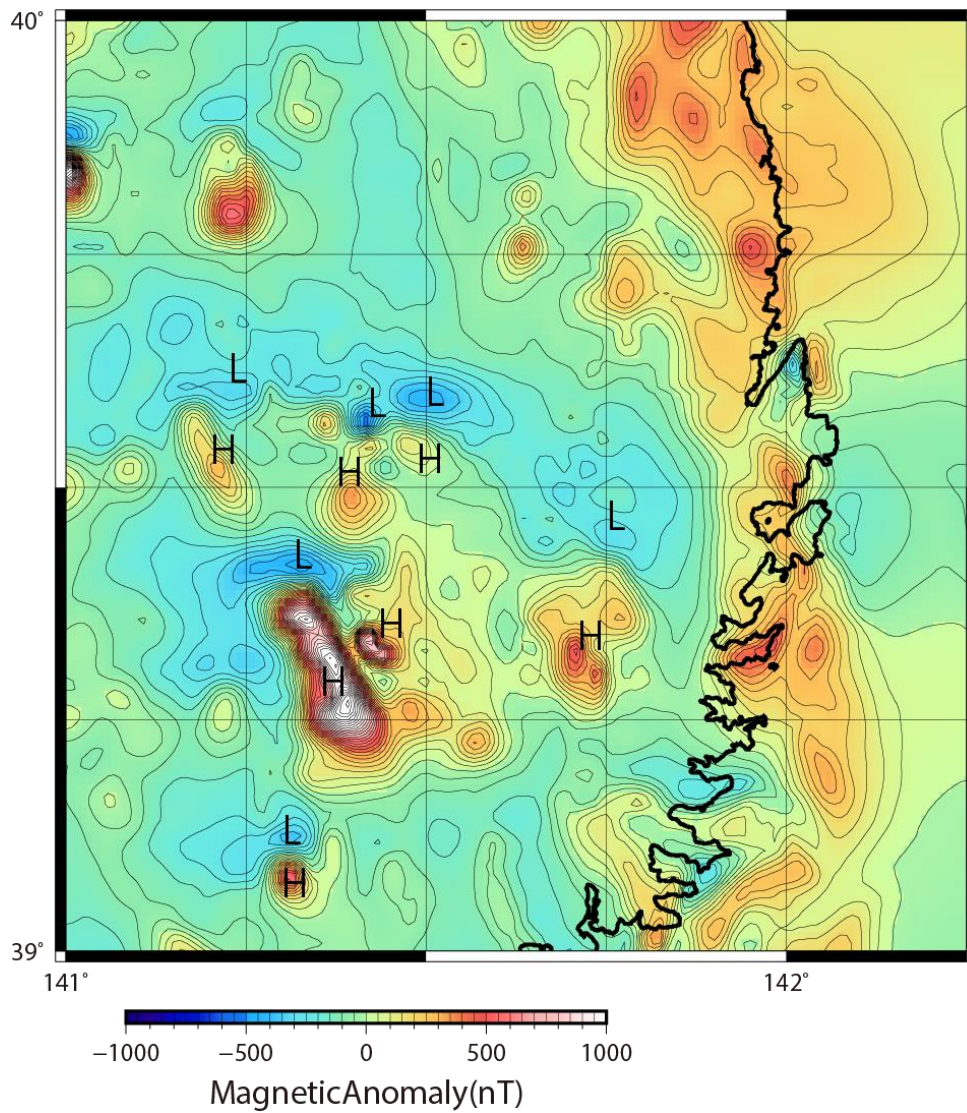
第 2 図

早池峰山周辺の地質図（20 万分の 1 日本シームレス地質図基本版

<https://gbank.gsj.jp/seamless/> ; 2017/06/15 確認）。図中の数字はシームレス地質図基本版の凡例番号。77：超苦鉄質岩体，132：北上花崗岩類，26：ペルム紀の海成堆積岩，67：ペルム紀の付加コンプレックスの玄武岩ブロック。

Fig. 2

Geology map around Mt. Hayachine area (Seamless Digital Geological Map of Japan 1:200,000, Basic edition, <https://gbank.gsj.jp/seamless/> ; 2017/06/15). Numbers indicate legend of the basic edition. 77: ultramafic rocks, 132: Early Cretaceous felsic plutonic rocks (Kitakami Granite), 26: Permian marine sedimentary rocks, 67: Carboniferous to Permian basalt block of Carboniferous to Permian accretionary complex.



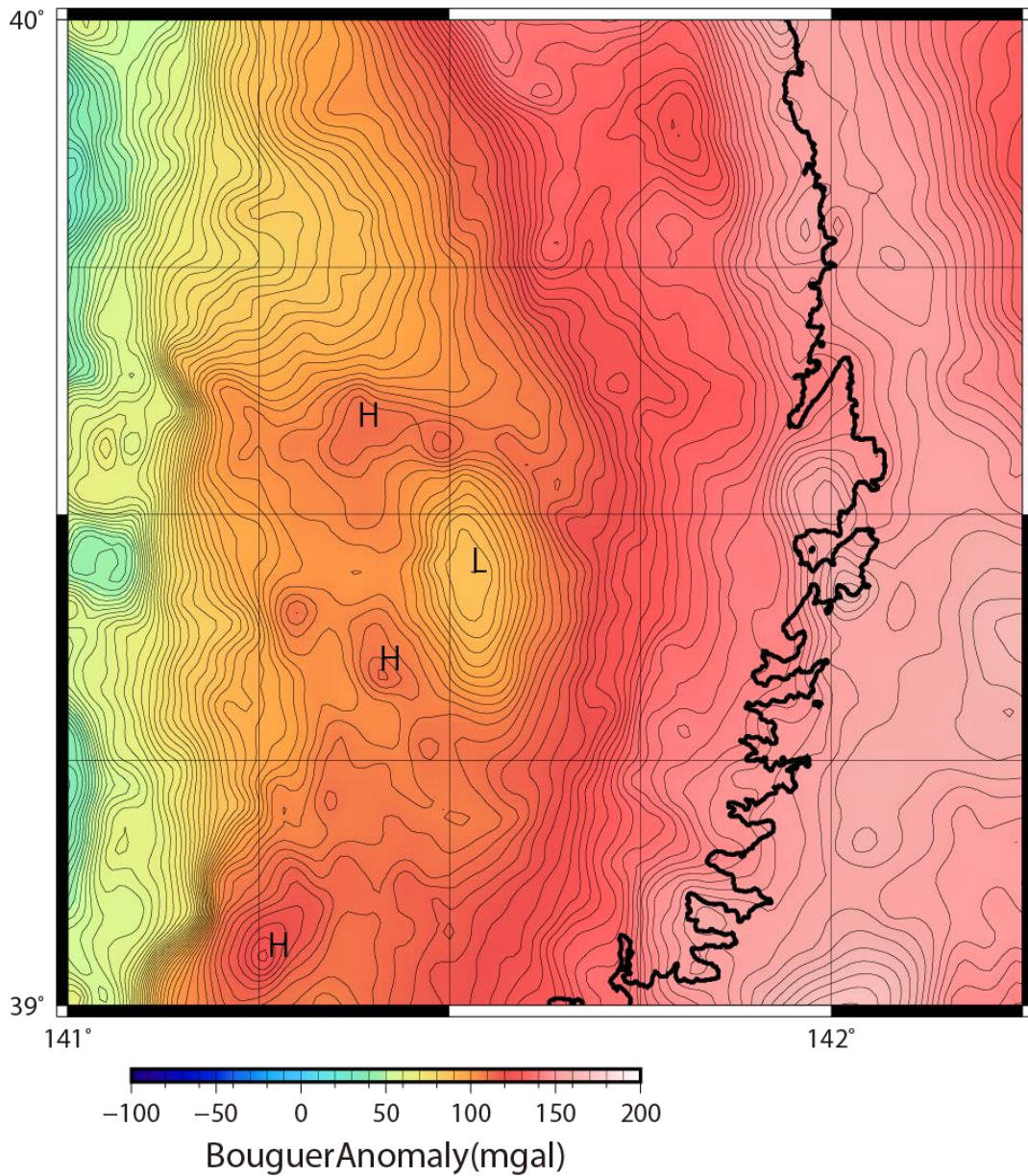
第3図

早池峰山周辺の空中磁気異常図. 日本空中磁気異常データベース (中塚・大熊, 2005) より作図. コンター間隔 25 nT. H: 高磁気異常, L: 低磁気異常

Fig. 3

Aeromagnetic anomaly map of Mt. Hayachine area. Data from "Aeromagnetic database of Japan" (Nakatsuka and Okuma, 2005). Contour interval is 25 nT.



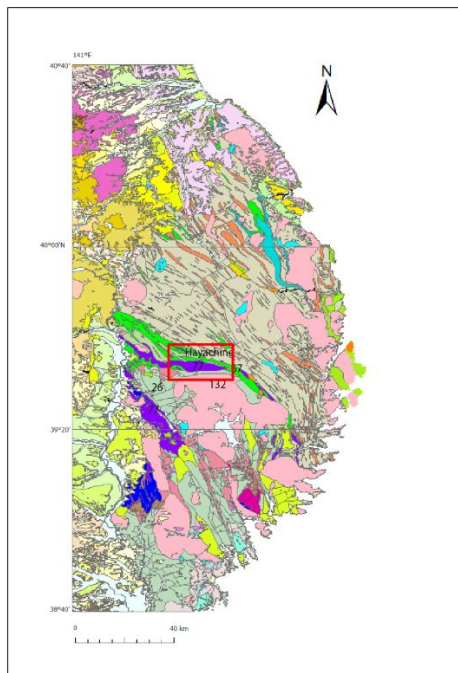
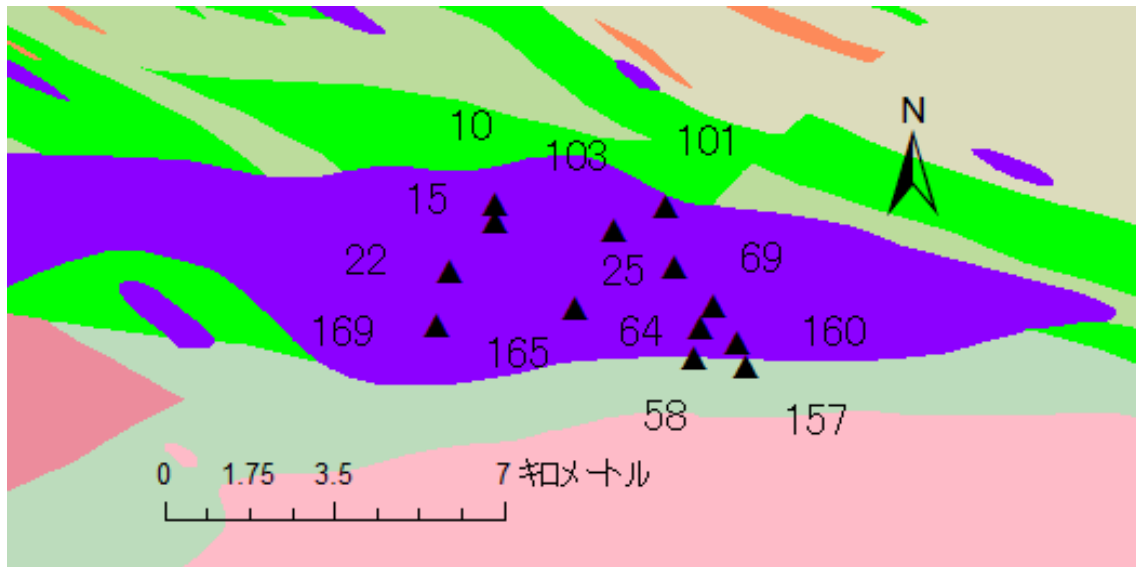


第4図

早池峰山周辺の重力ブーゲー異常図. 仮定密度  $2.67 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . 日本重力データベース DVD 版 1 km メッシュデータ (駒澤, 2013) より作図. 2 mgal コンター. H : 高重力異常, L : 低重力異常.

Fig. 4

Bouguer gravity anomaly map of Mt. Hayachine area. Data from "Gravity database of Japan, DVD edition" (Komazawa, 2013). Contour interval is 2 mgal.  $\rho = 2.67 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

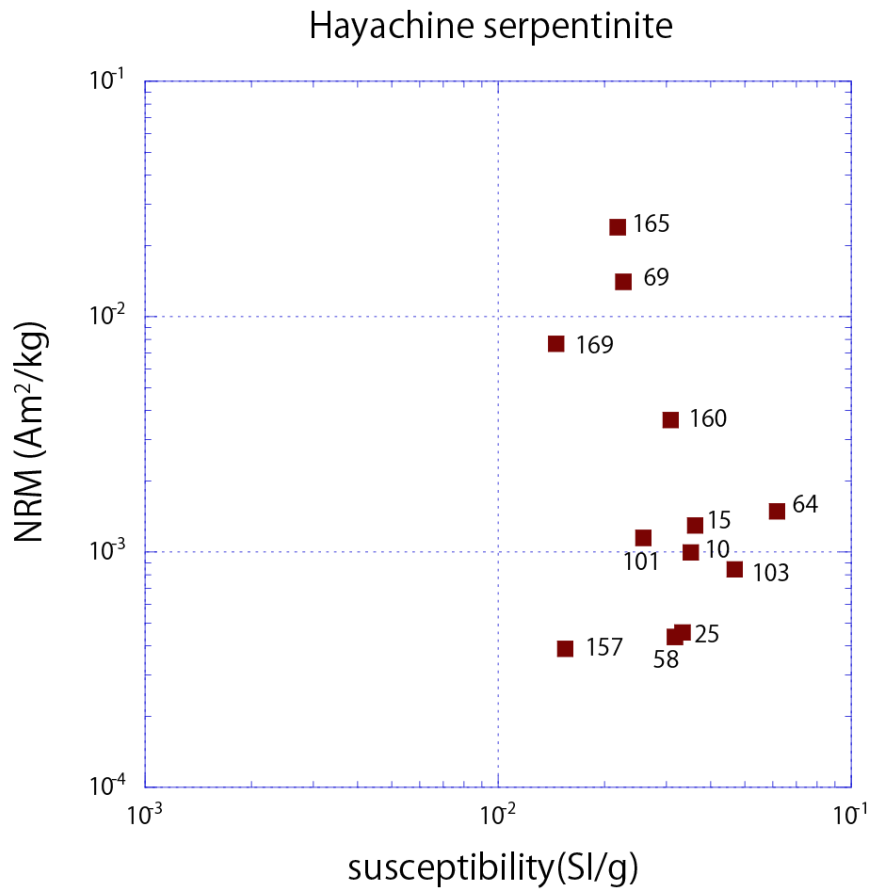


第 5 図

本報告で使用した試料の採取点 (▲). 数字はサイト番号. 下図の四角で囲った部分は上図の範囲. 基図はシームレス地質図基本版 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/> ; 2017/06/15 確認)

Fig. 5

Location of sampling sites on Seamless Digital Geological Map of Japan 1:200,000, Basic edition (<https://gbank.gsj.jp/seamless/> ; 2017/06/15). ▲: Sampling sites. Numbers are site names.



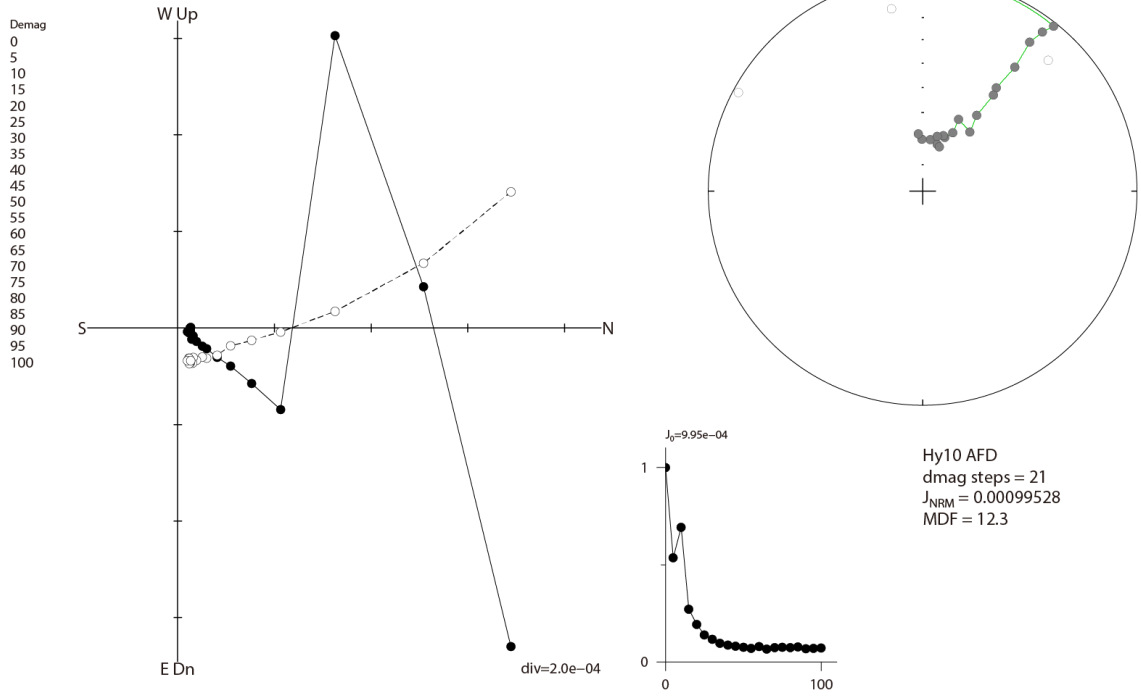
第 6 図

重量で規格化した磁化率と自然残留磁化 (NRM) 強度のプロット

Fig. 6

NRM intensities are plotted against susceptibilities normalized by the weight.

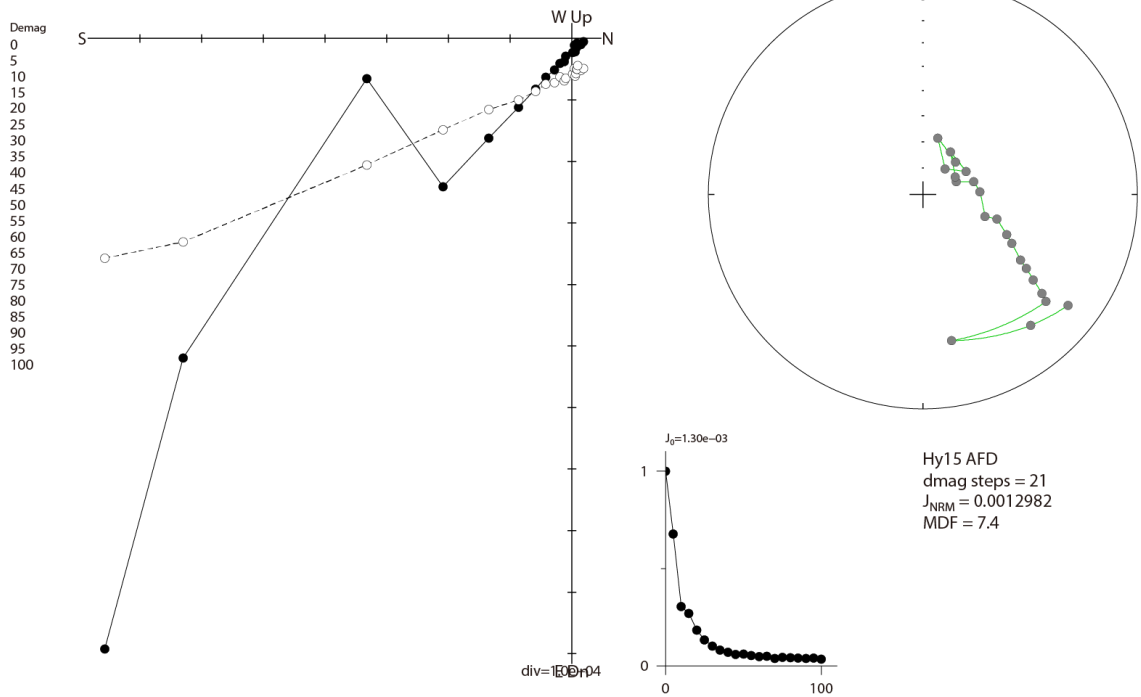
Hy10 AFD



Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/05 17:38:04

(a)

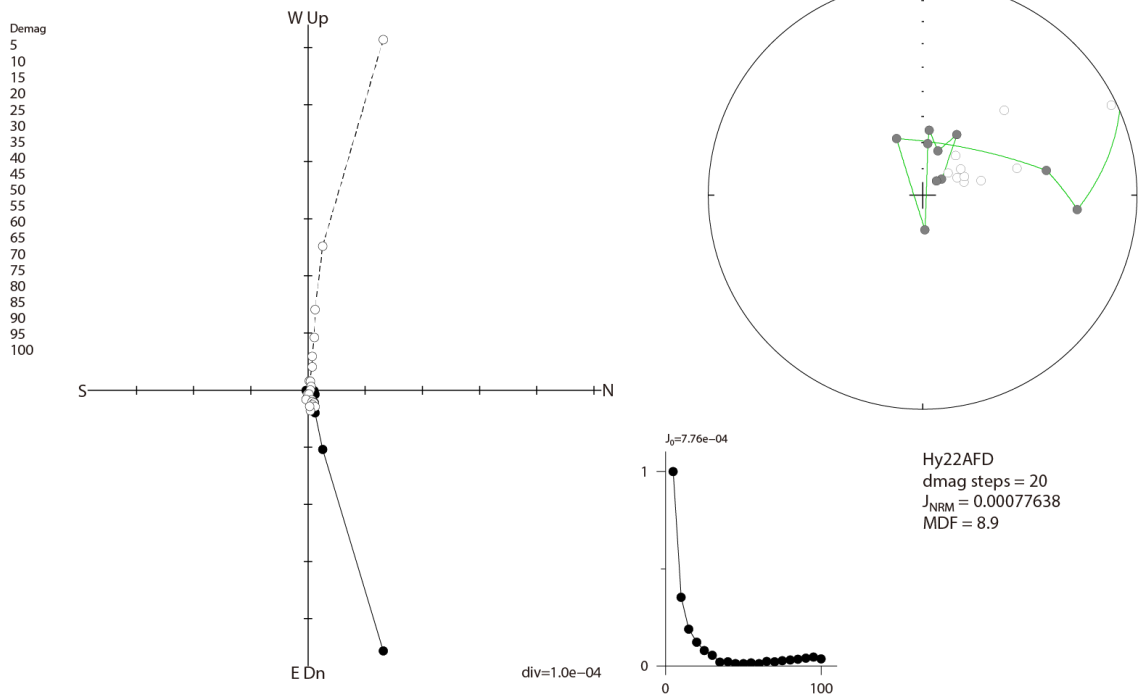
Hy15 AFD



Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/05 17:35:56

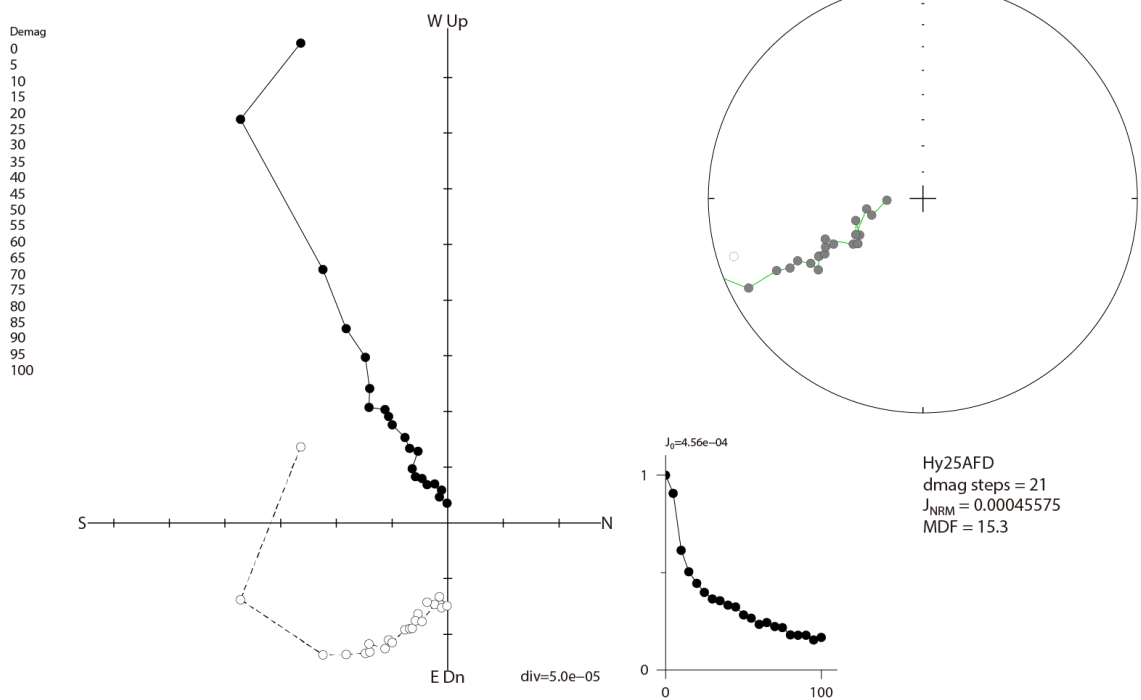
(b)

### Hy22AFD



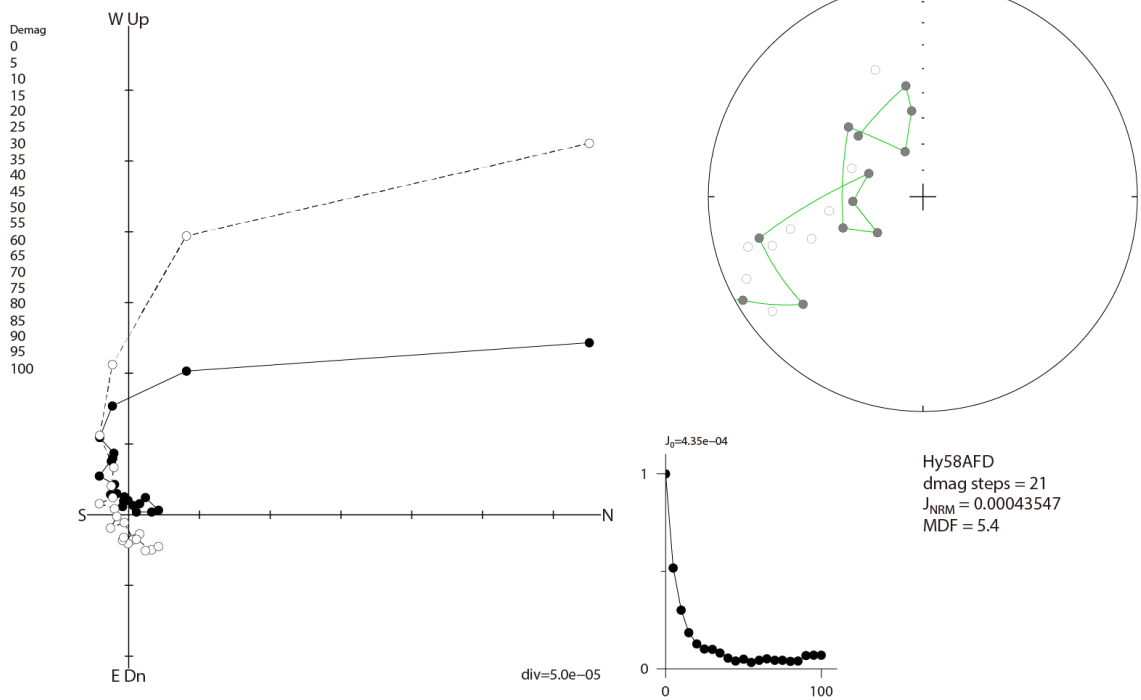
(c)

### Hy25AFD



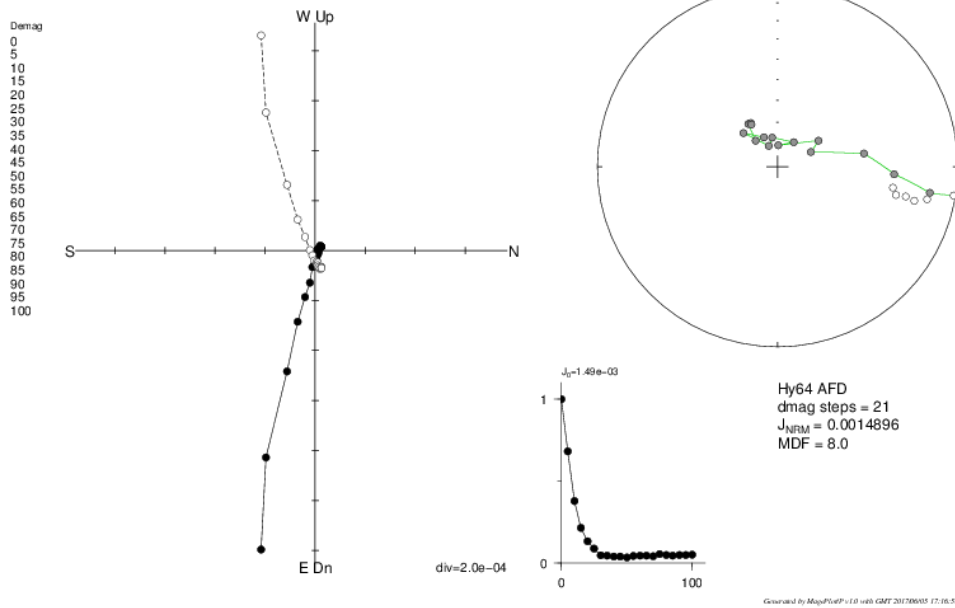
(d)

Hy58AFD



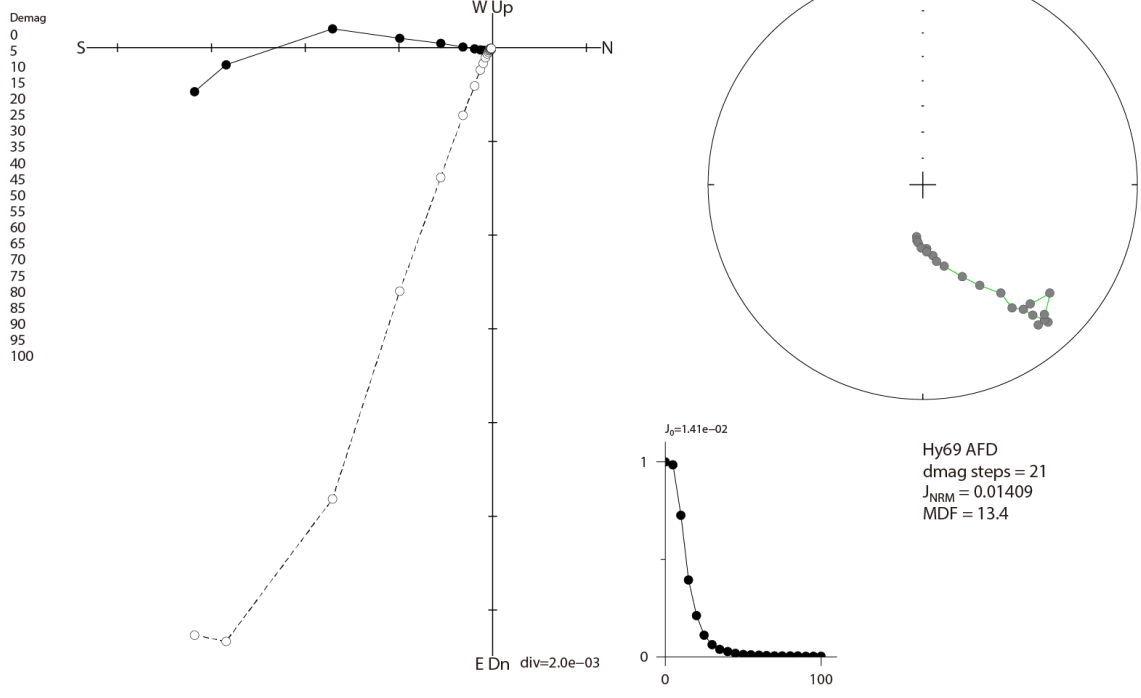
(e)

Hy64 AFD



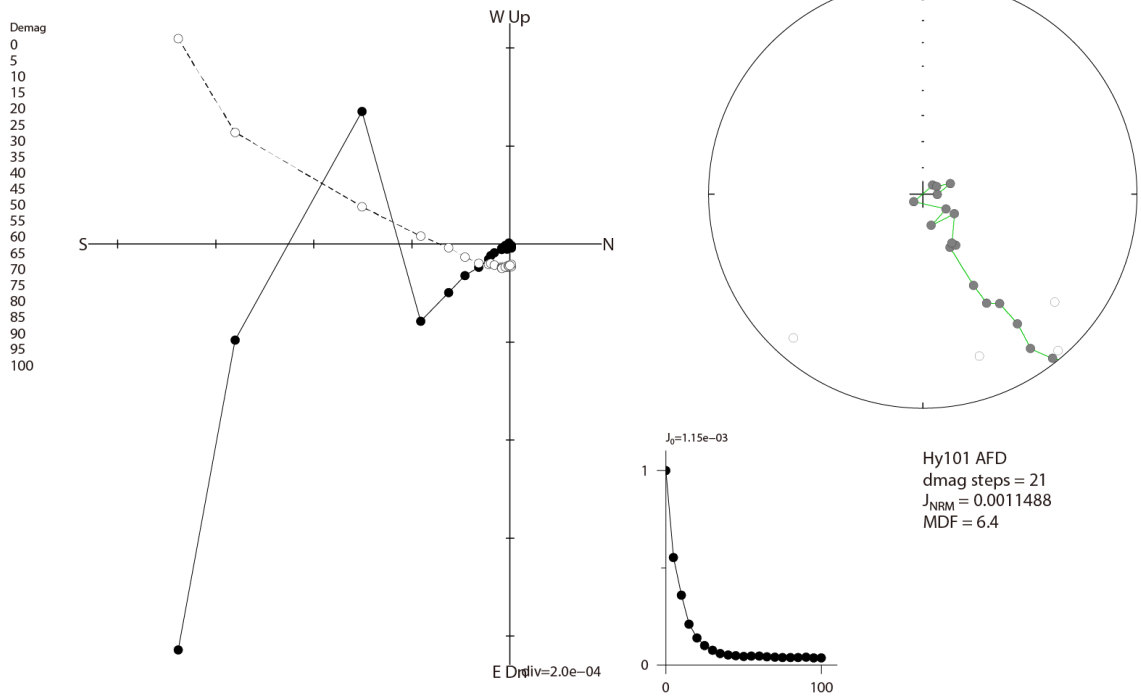
(f)

Hy69 AFD



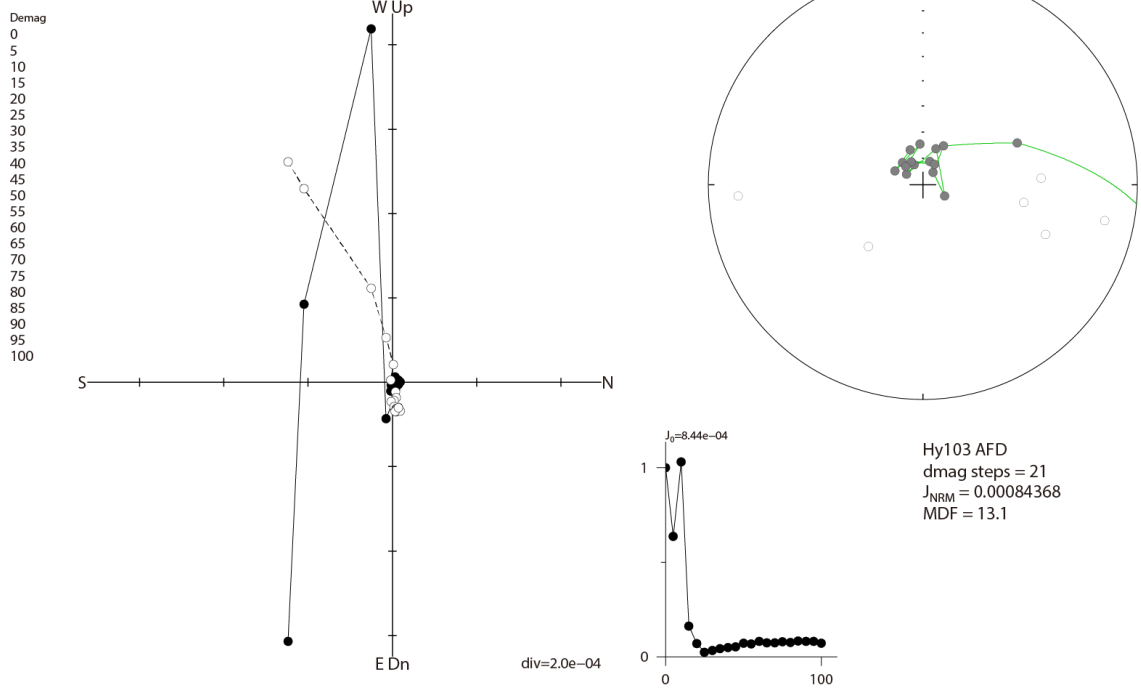
(g)

Hy101 AFD



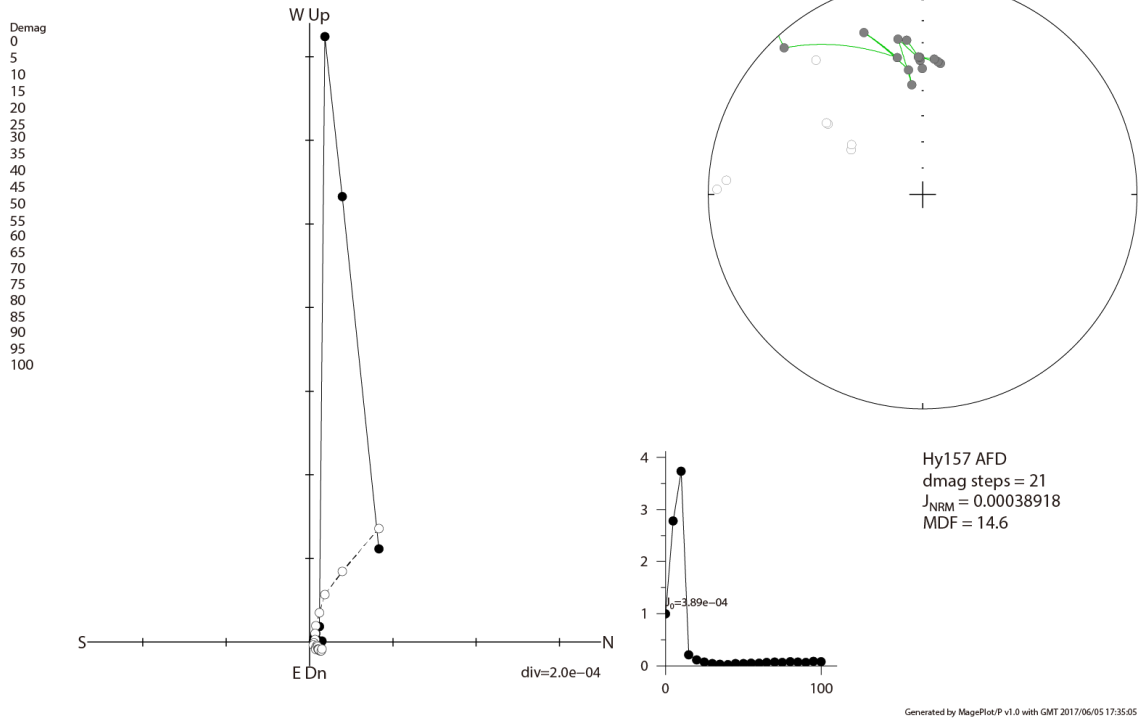
(h)

Hy103 AFD



(i)

Hy157 AFD

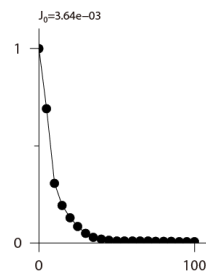
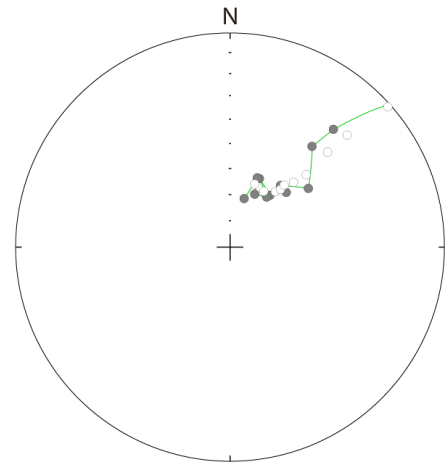
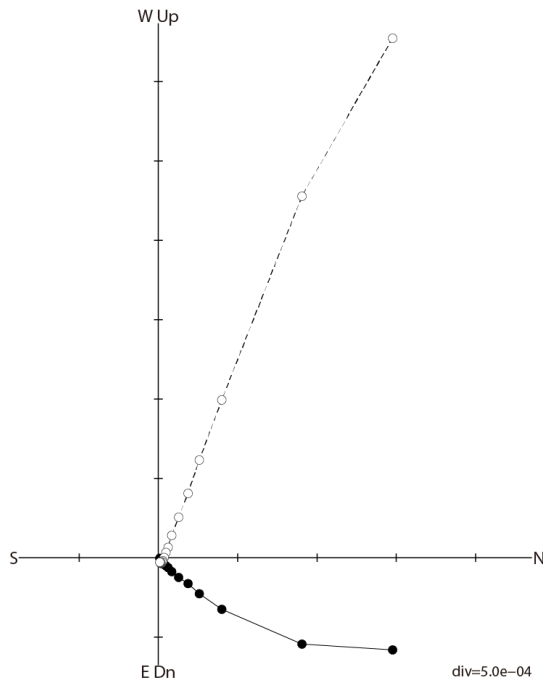


(j)



Hy160 AFD

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



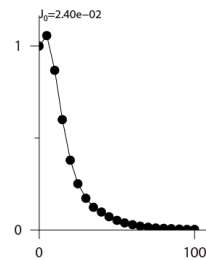
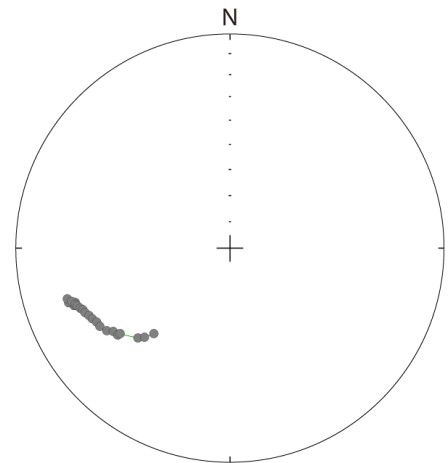
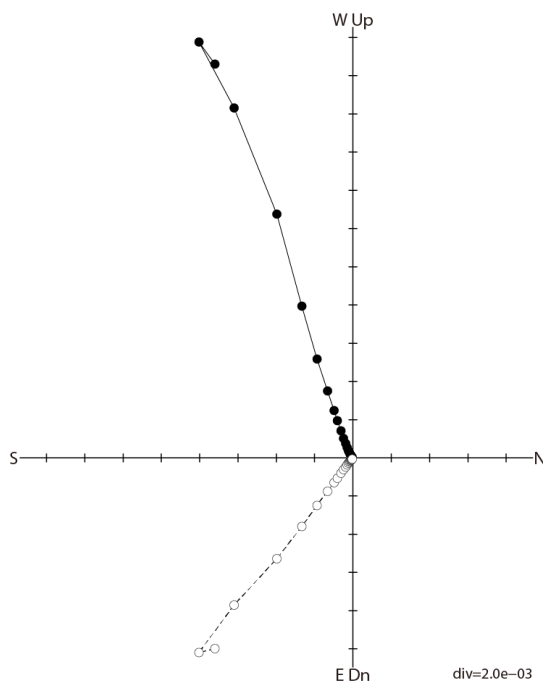
Hy160 AFD  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.0036395$   
MDF = 7.5

Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/05 17:34:10

(k)

Hy165 AFD

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100

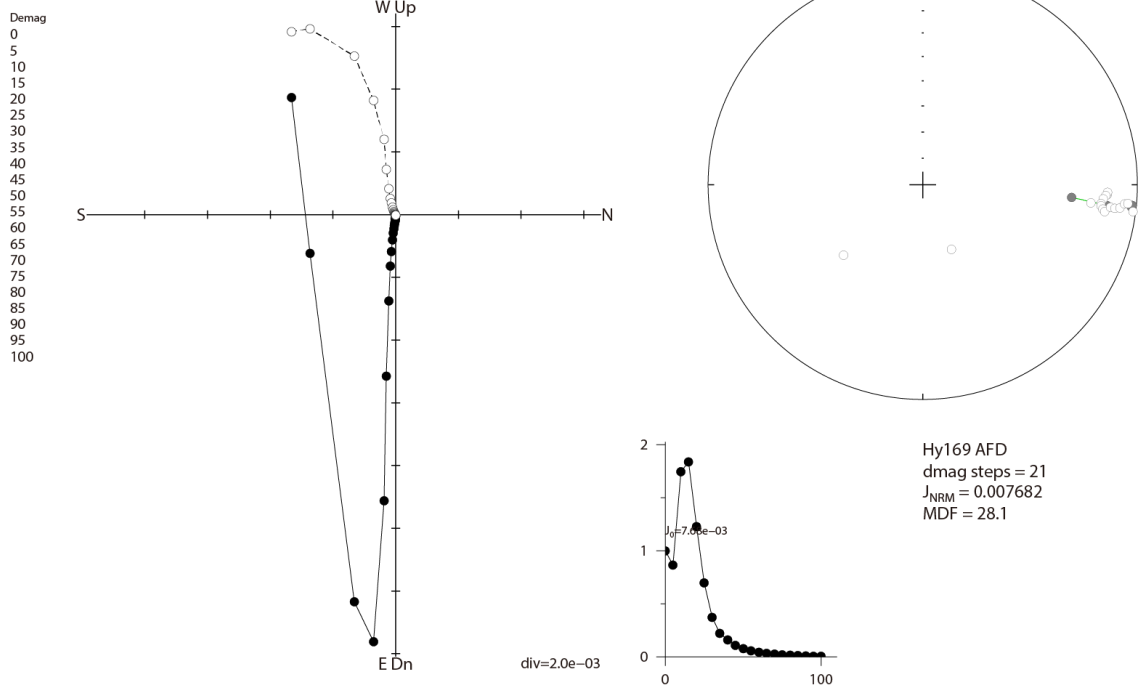


Hy165 AFD  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.024004$   
MDF = 17.3

Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 11:08:19

(l)

Hy169 AFD



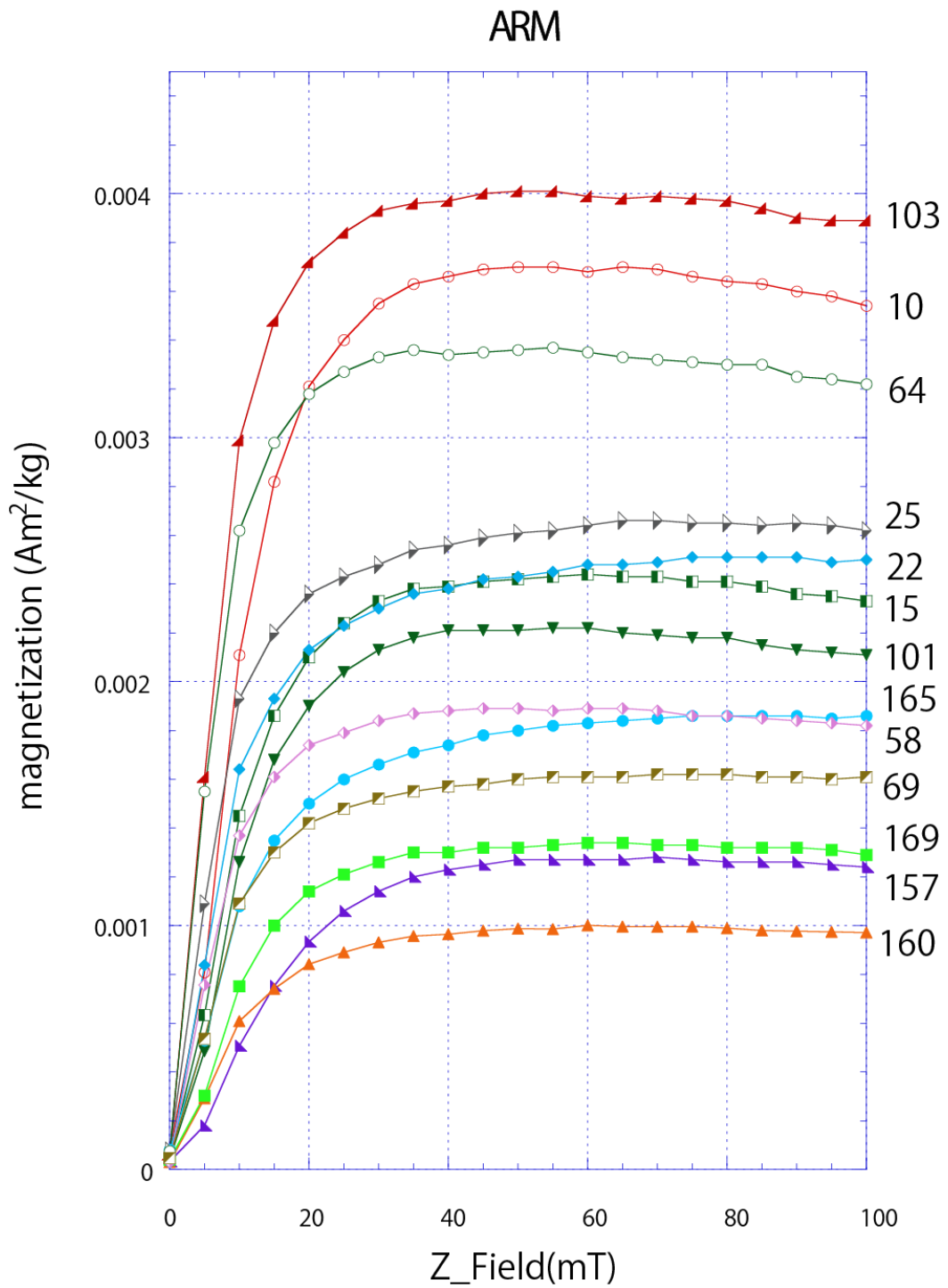
(m)

第 7 図(a)-(m)

自然残留磁化の交流消磁における残留磁化の変化. ザイダーベルド図 (Zijderveld, 1967), 磁化強度変化図, ステレオ投影図. 無方位で採取されたので測定方位そのものは意味がない.

Fig. 7

Alternating field demagnetization data of serpentinite from Mt. Hayachine area. Samples are not orientated. Zijderveld projection (Zijderveld, 1967), Intensity change, Schmidt projection.



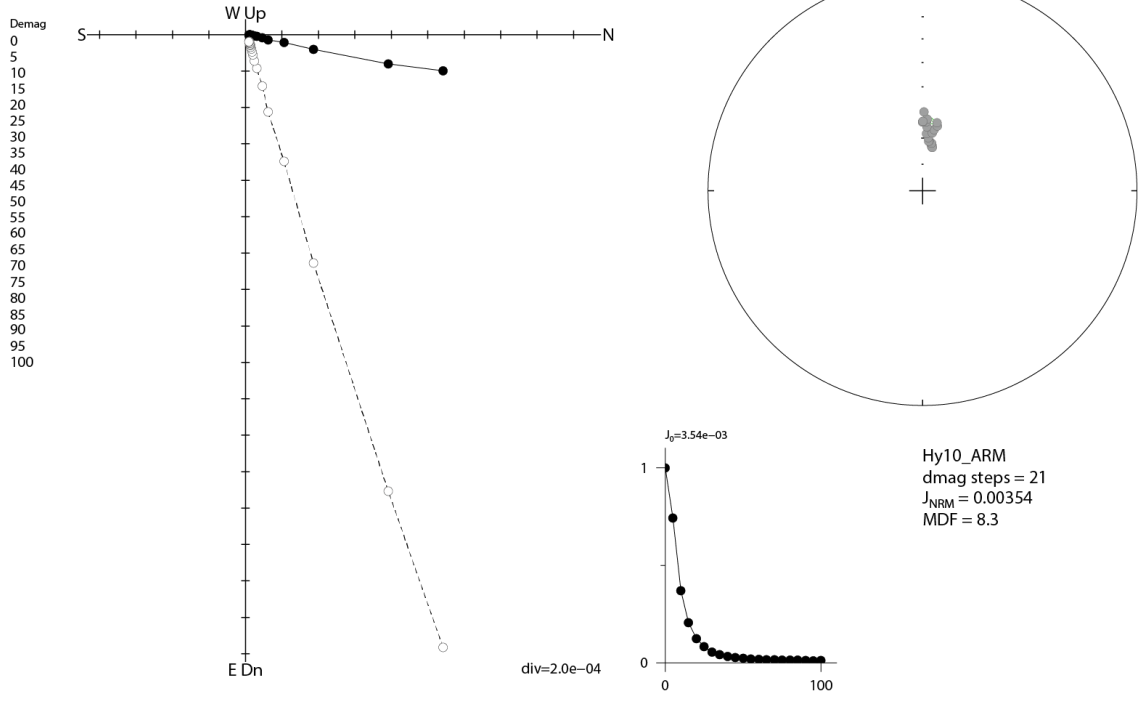
第 8 図

非履歴性残留磁化の獲得実験.

Fig. 8

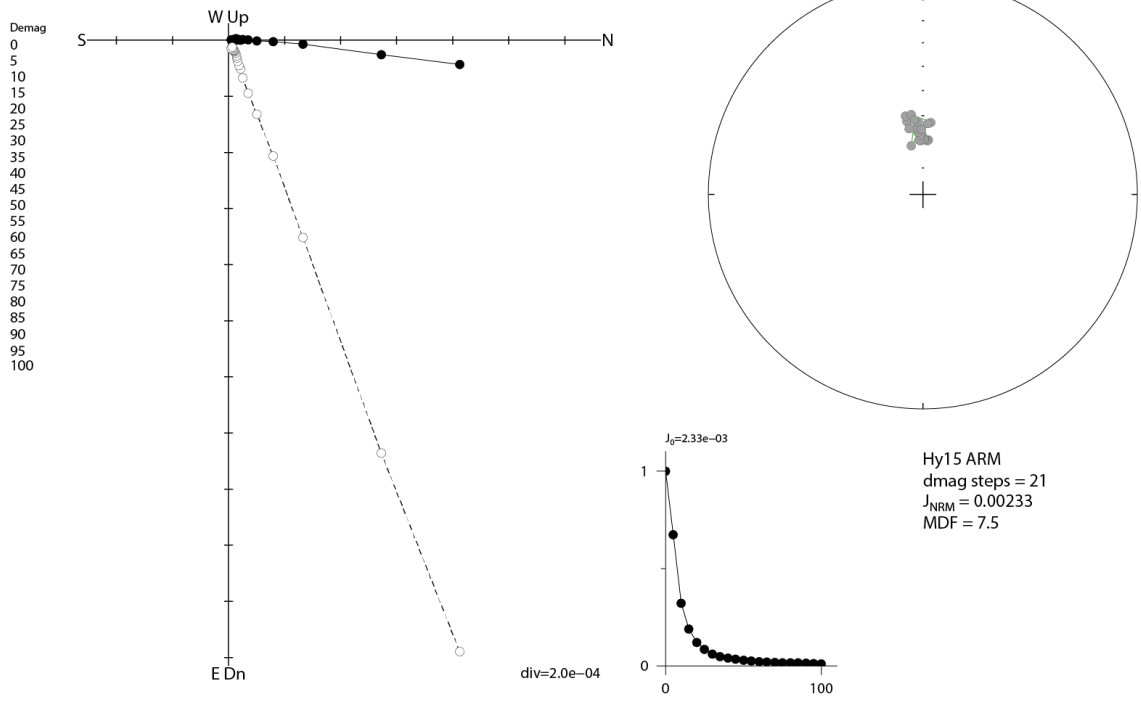
Progressive acquisition of ARM.

Hy10\_ARM



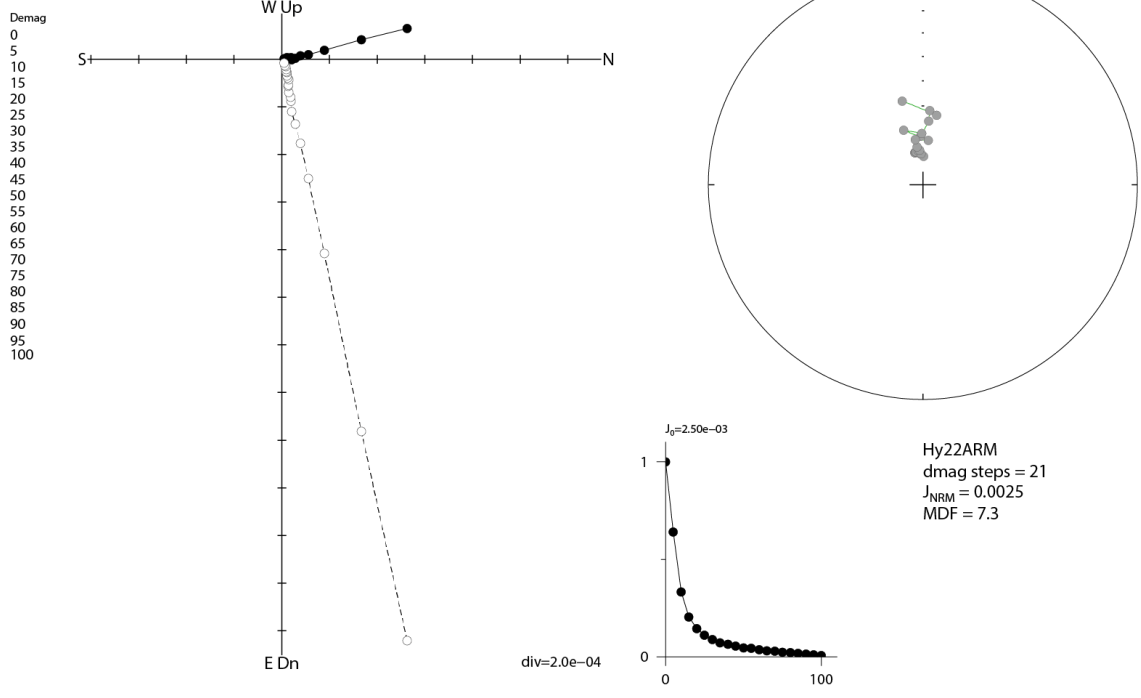
(a)

Hy15 ARM



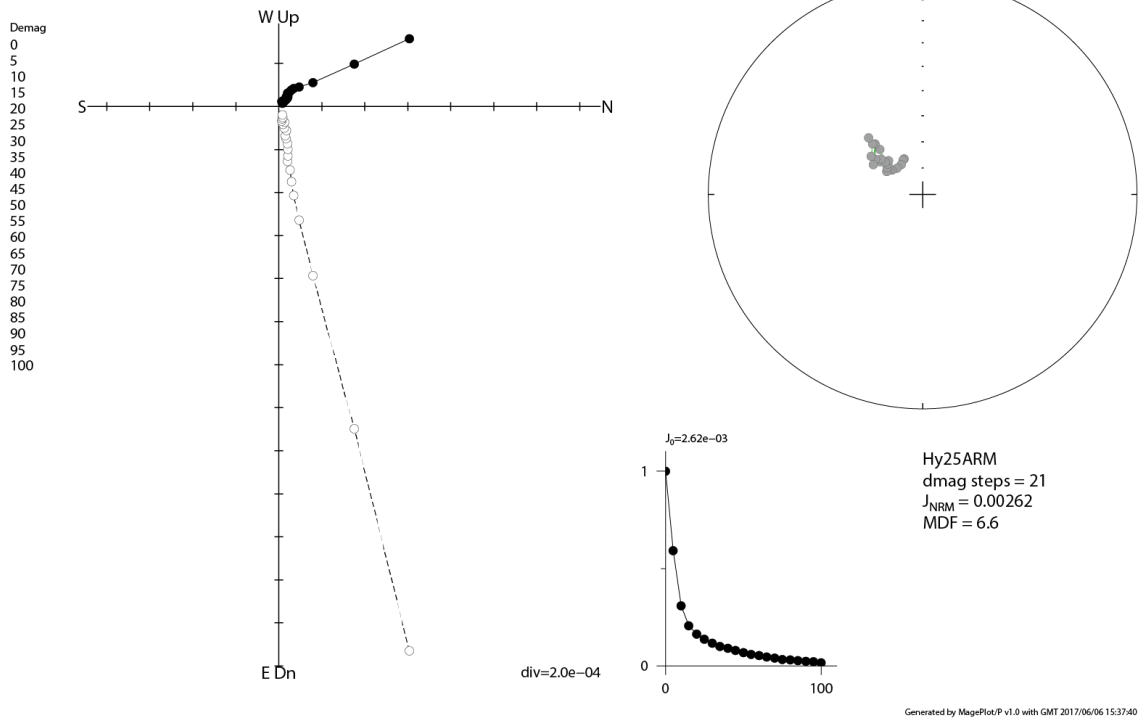
(b)

Hy22ARM



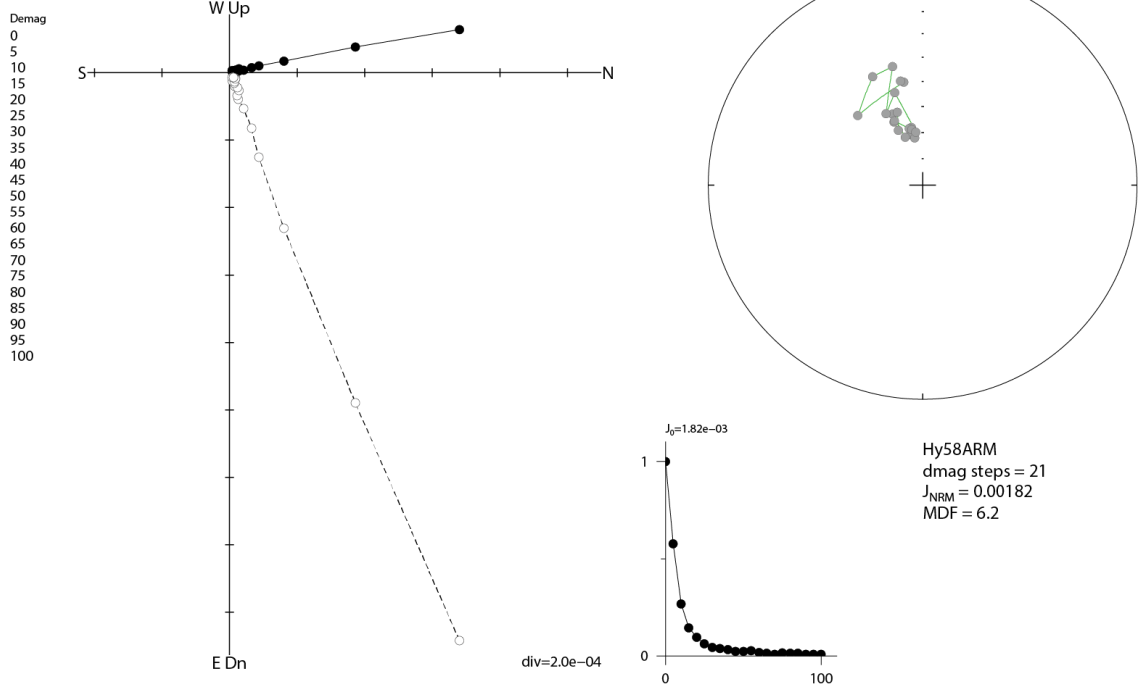
(c)

Hy25ARM



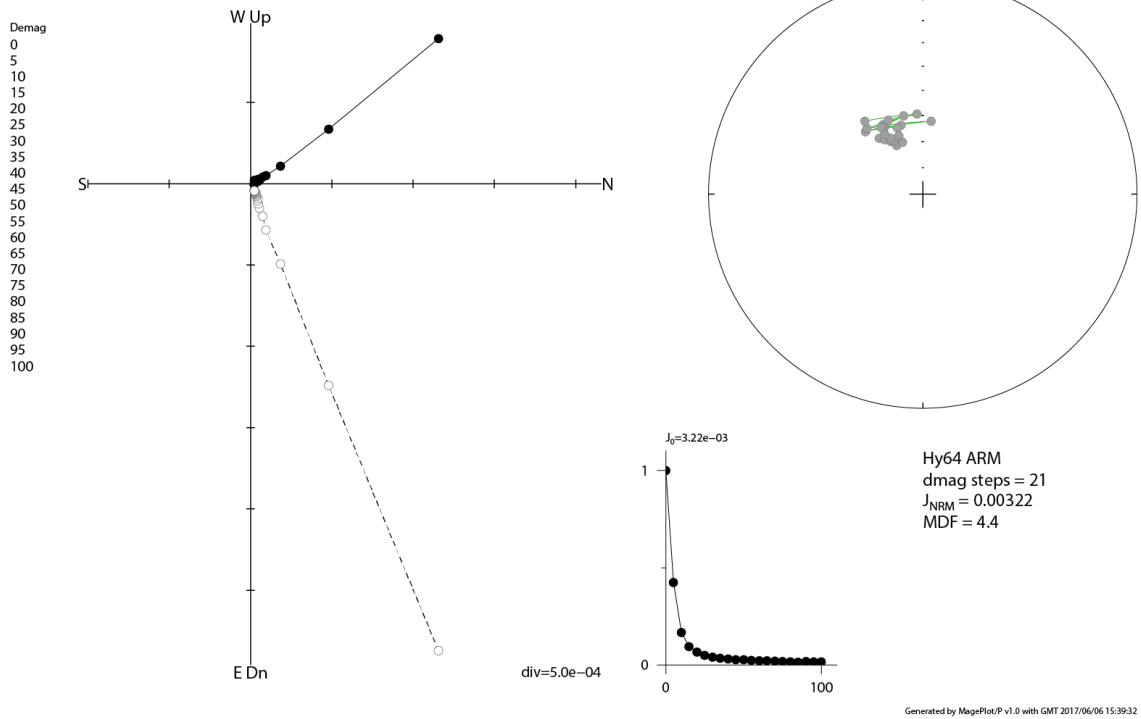
(d)

### Hy58ARM



(e)

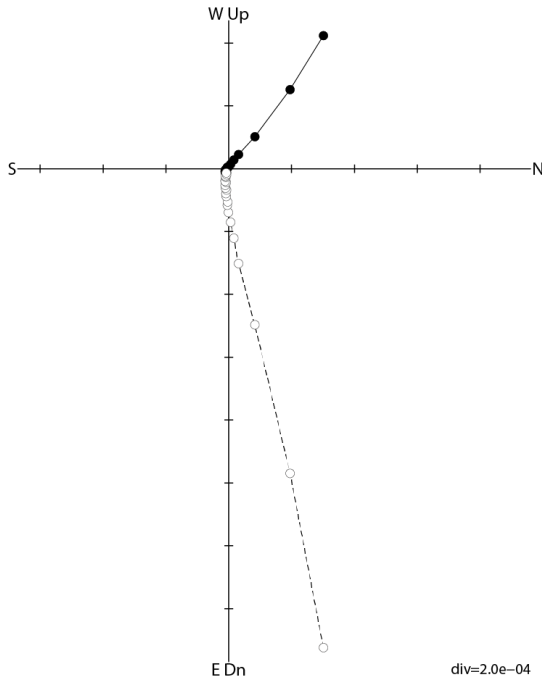
### Hy64 ARM



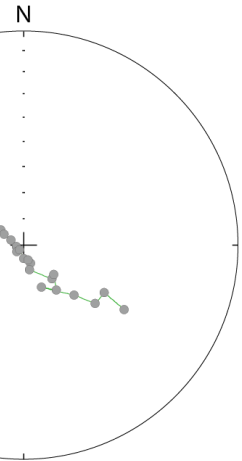
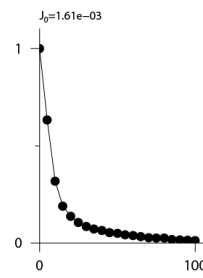
(f)

Hy69 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



div=2.0e-04



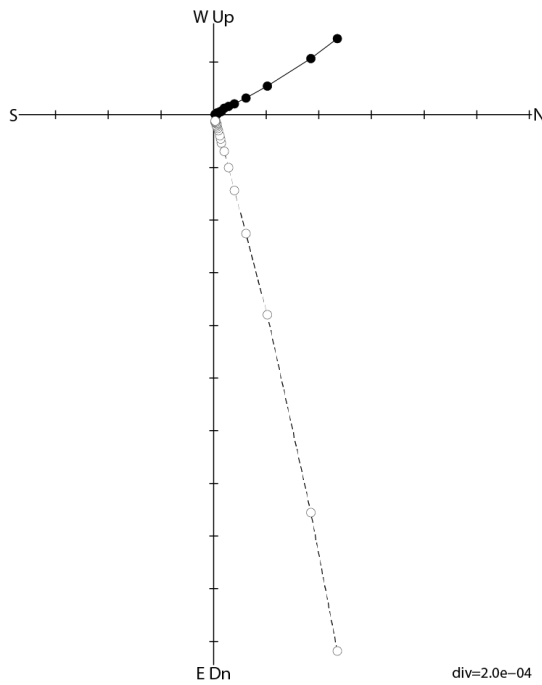
Hy69 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.00161$   
MDF = 7.1

Generated by MagsPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 15:40:13

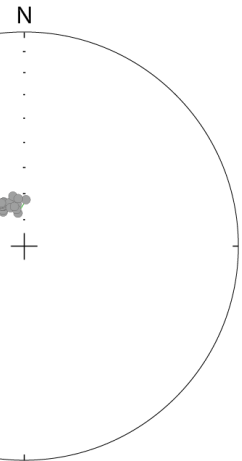
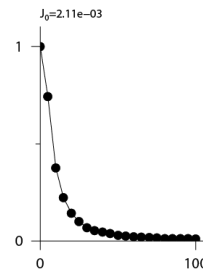
(g)

Hy101 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



div=2.0e-04



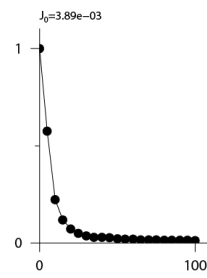
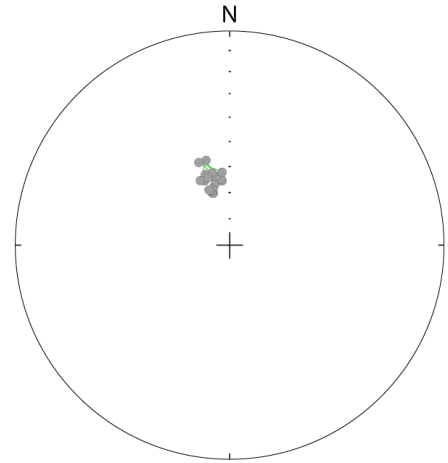
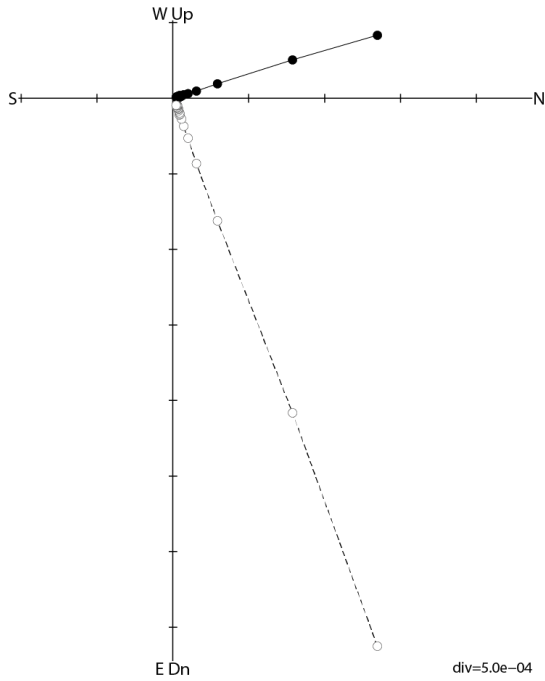
Hy101 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.00211$   
MDF = 8.3

Generated by MagsPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 14:46:42

(h)

Hy103 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



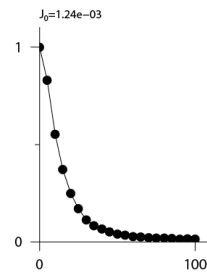
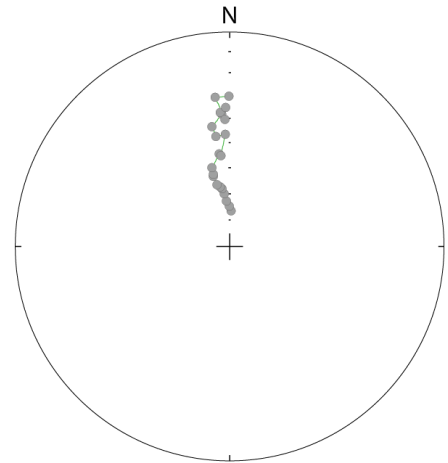
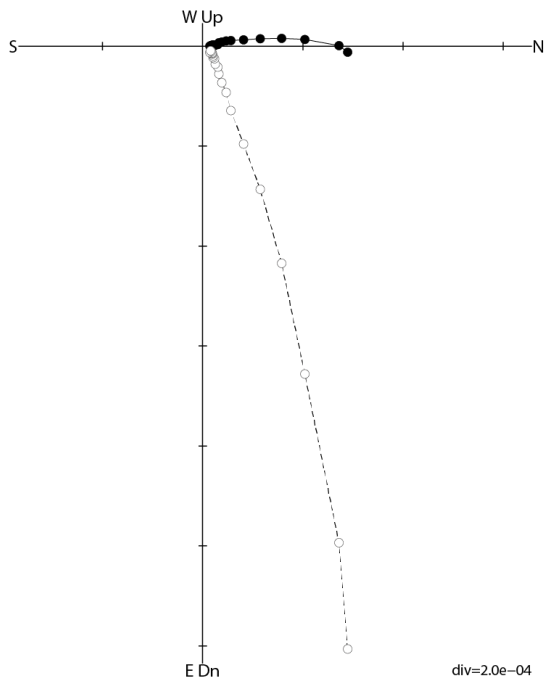
Hy103 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.00389$   
MDF = 6.1

Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 14:47:34

(i)

Hy157 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



Hy157 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.00124$   
MDF = 11.5

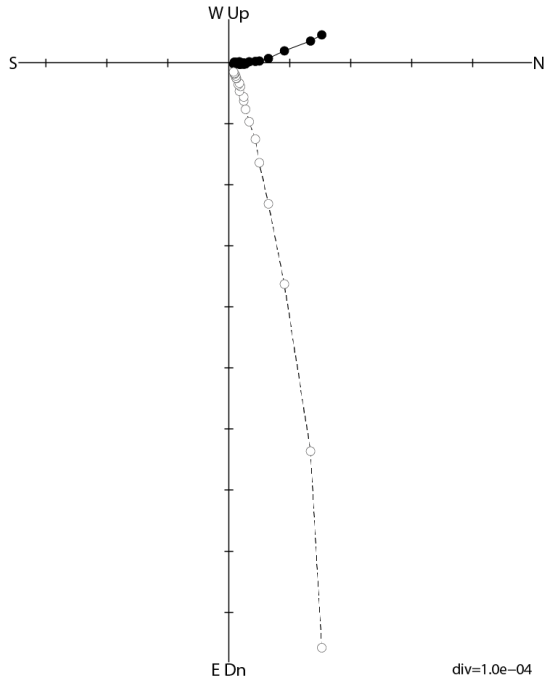
Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 15:33:08

(j)

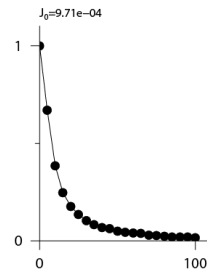
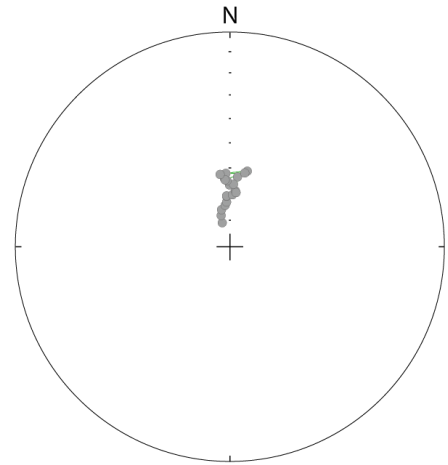


Hy160 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



div=1.0e-04



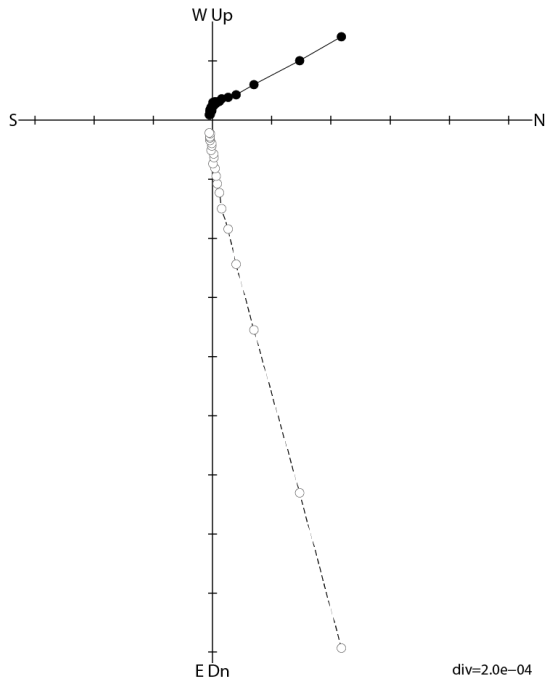
Hy160 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.000971$   
MDF = 8.0

Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 15:34:04

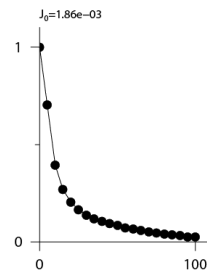
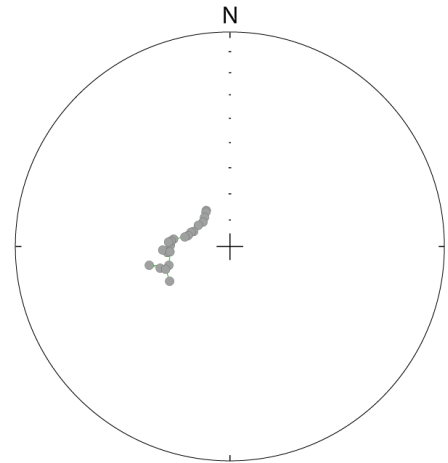
(k)

Hy165 ARM

Demag  
0  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100



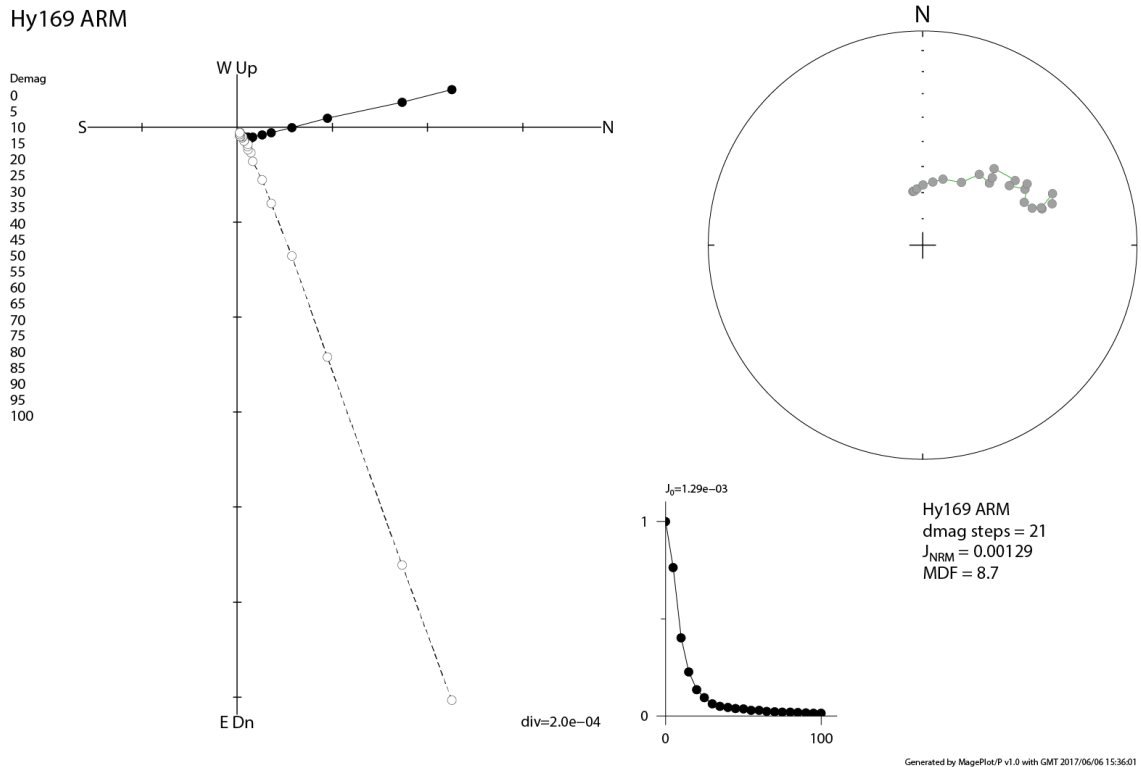
div=2.0e-04



Hy165 ARM  
dmag steps = 21  
 $J_{NRM} = 0.00186$   
MDF = 8.3

Generated by MagPlot/P v1.0 with GMT 2017/06/06 15:35:03

(l)



(m)

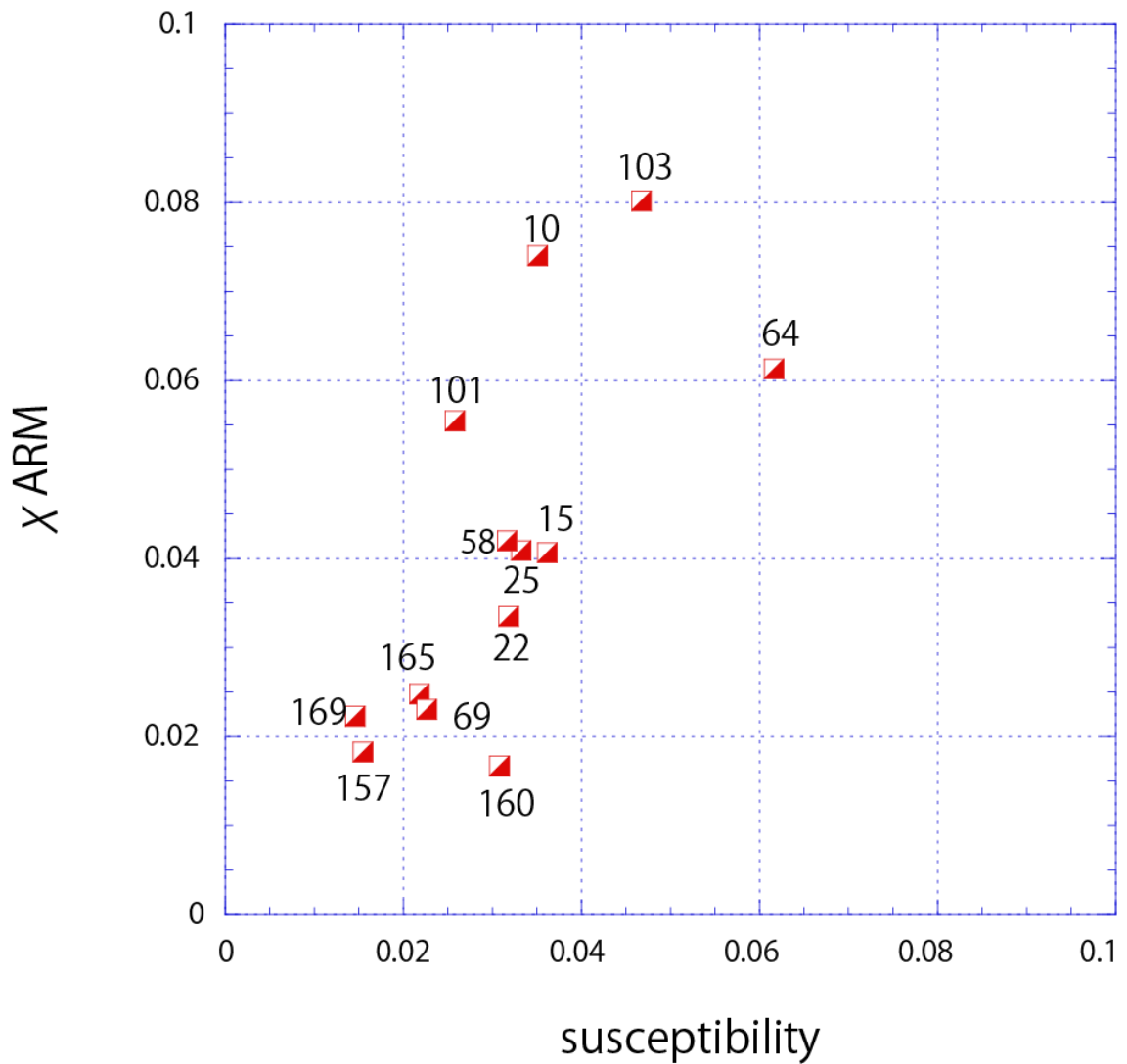
第 9 図

第 8 図に示した実験で獲得した ARM の段階交流消磁における残留磁化の変化。ザイダーベルド図 (Zijderveld, 1967), 磁化強度変化図, ステレオ投影図。

Fig. 9

Alternating field demagnetization data of serpentinite acquired ARM. Samples are not orientated. Zijderveld projection (Zijderveld, 1967), Intensity change, Schmidt projection.

# HAYACHINE- $\chi$ ARM



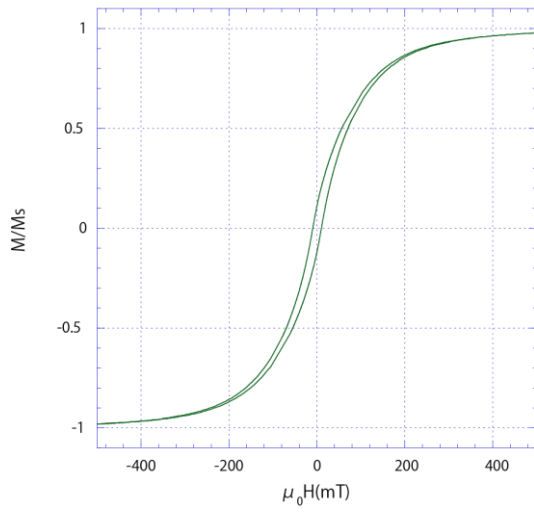
第 10 図

磁化率に対する ARM 磁化率の Banerjee-King プロット. 一般に左上にプロットされれば粒子が小さく, 右下にプロットされると粒子が大きいとされる (Banerjee et al., 1981; King et al., 1982).

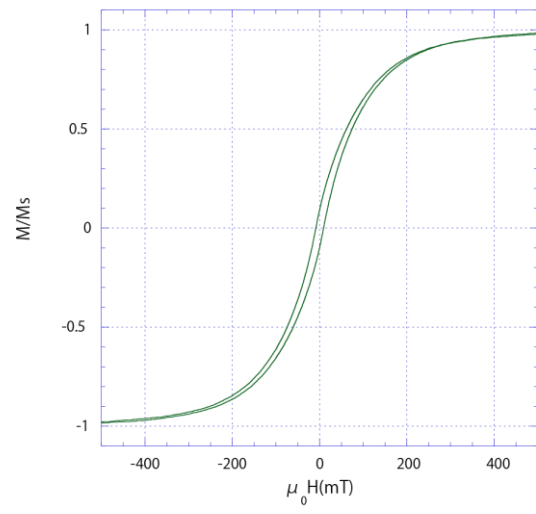
Fig. 10

ARM susceptibilities are plotted against susceptibilities on Banerjee-King plot (Banerjee et al., 1981; King et al., 1982). Numbers indicate site names.

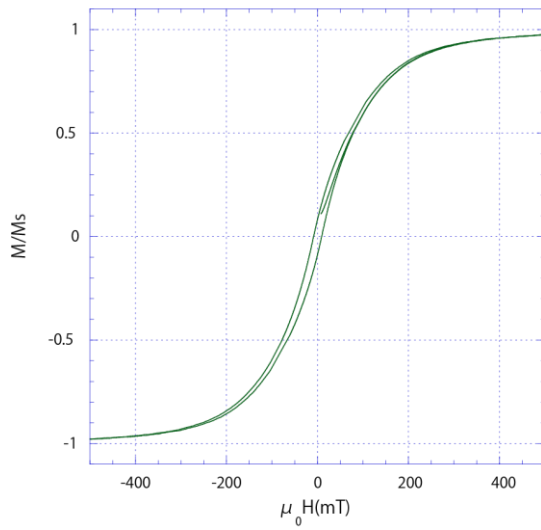
HAYACHINE 10



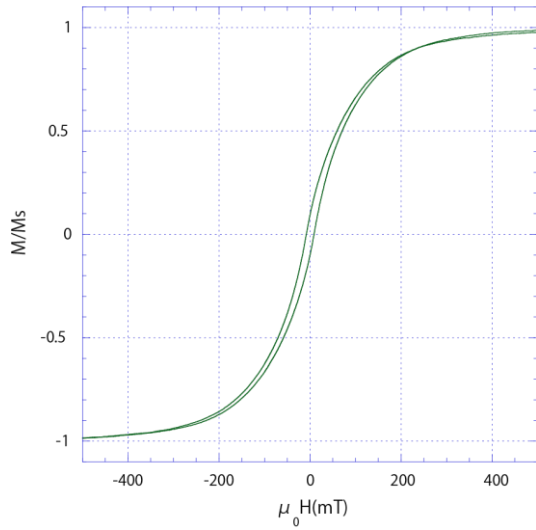
HAYACHINE 15



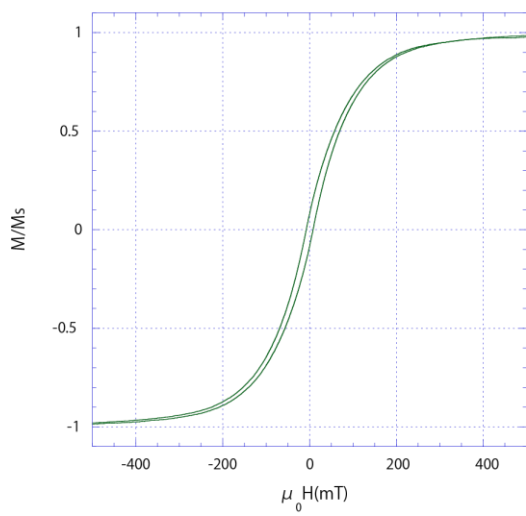
HAYACHINE 22



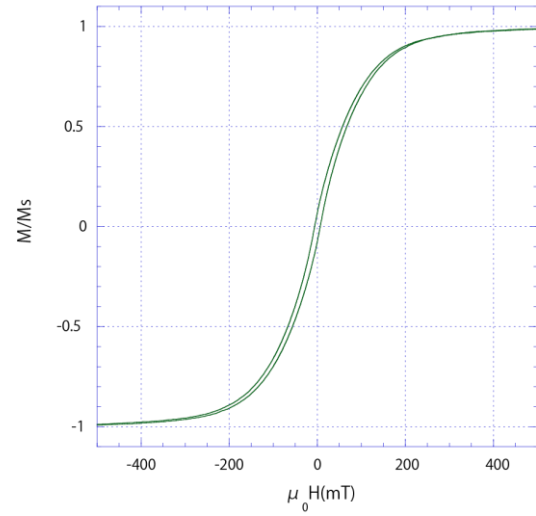
HAYACHINE 25



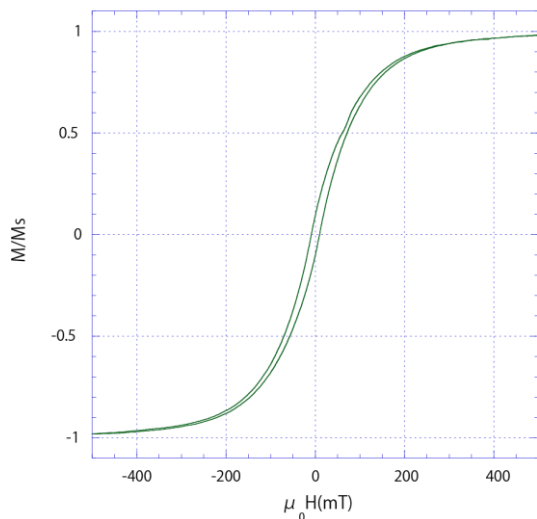
HAYACHINE 58



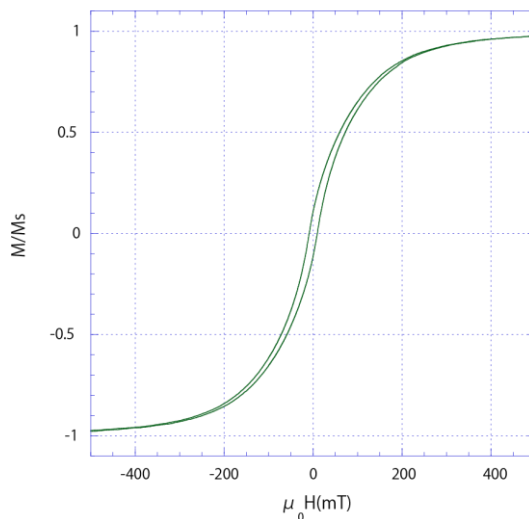
HAYACHINE 64



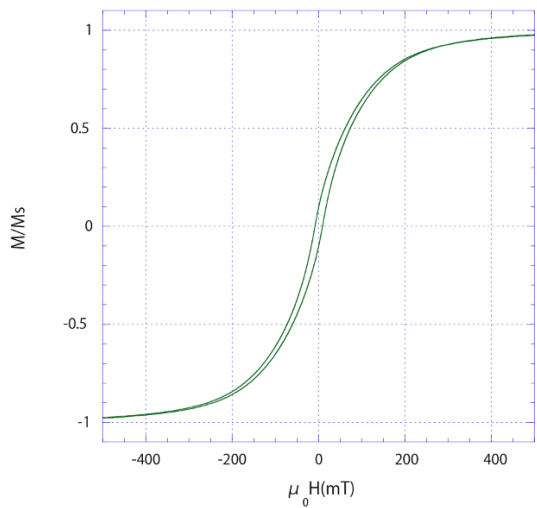
HAYACHINE 69



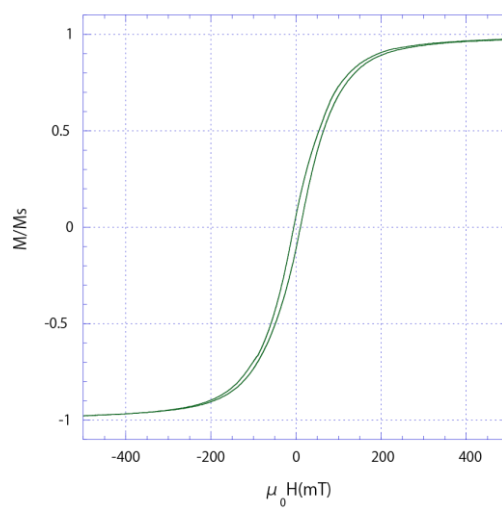
HAYACHINE 101



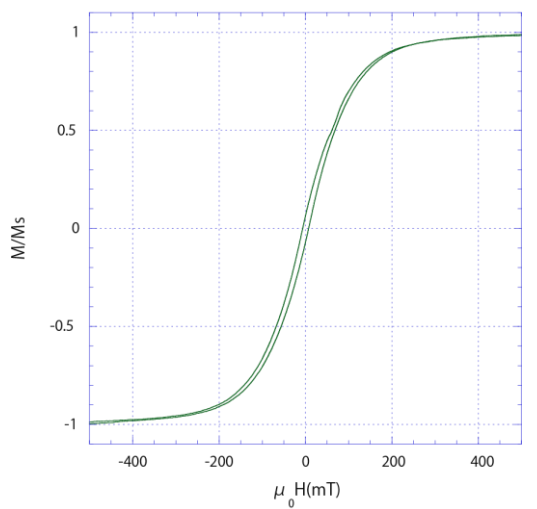
HAYACHINE 103



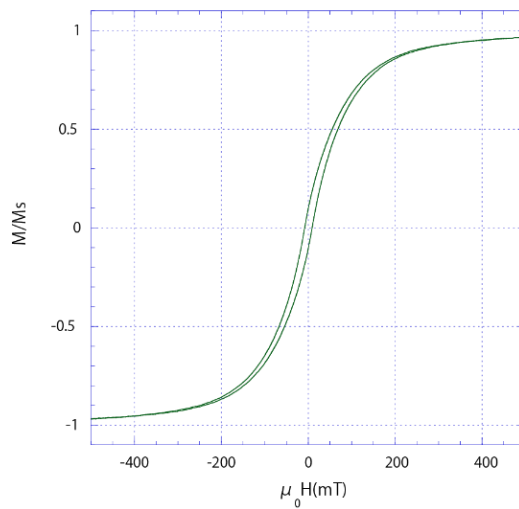
HAYACHINE 157

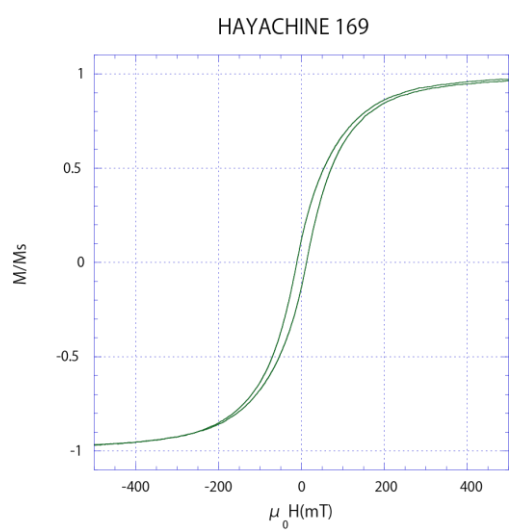


HAYACHINE 160



HAYACHINE 165



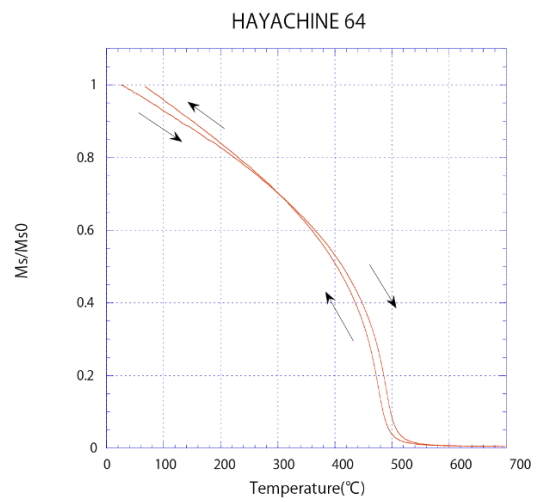
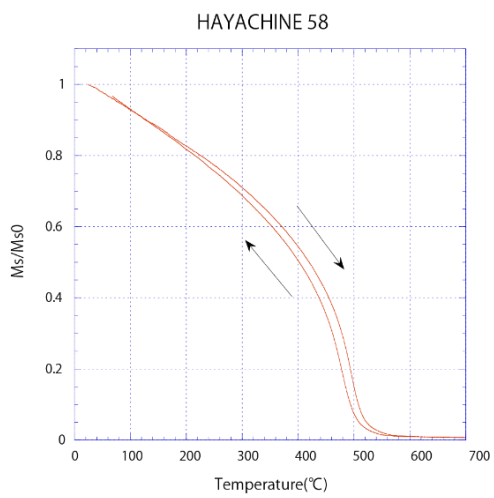
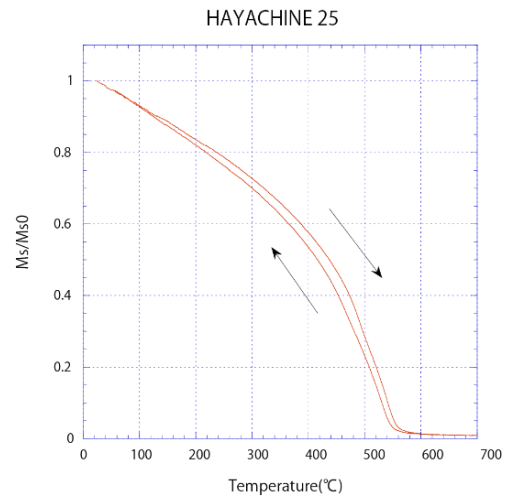
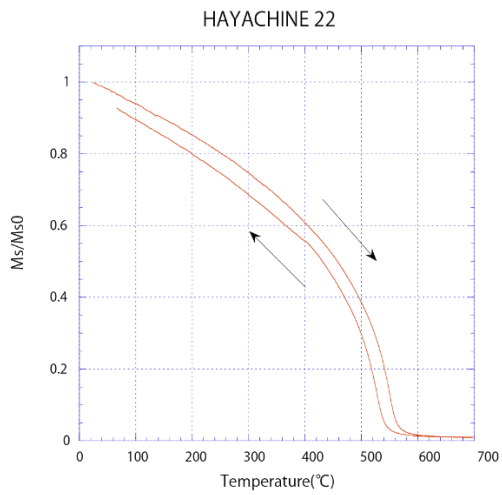
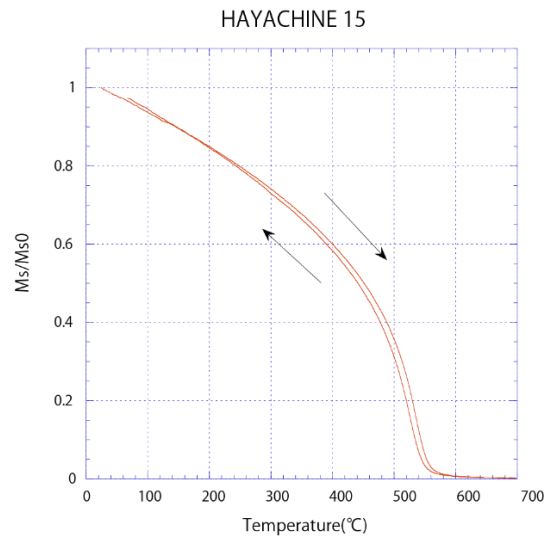
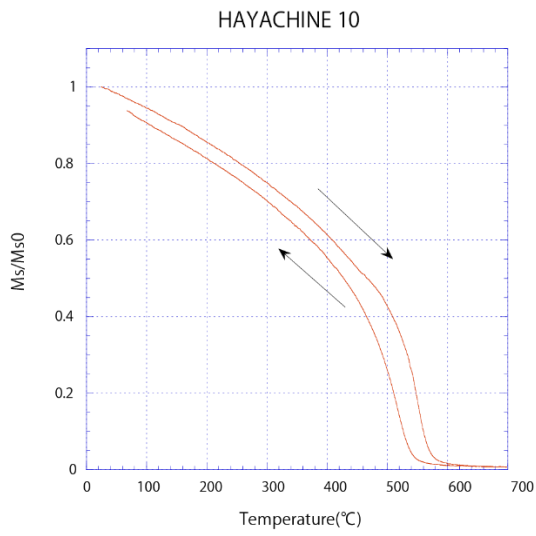


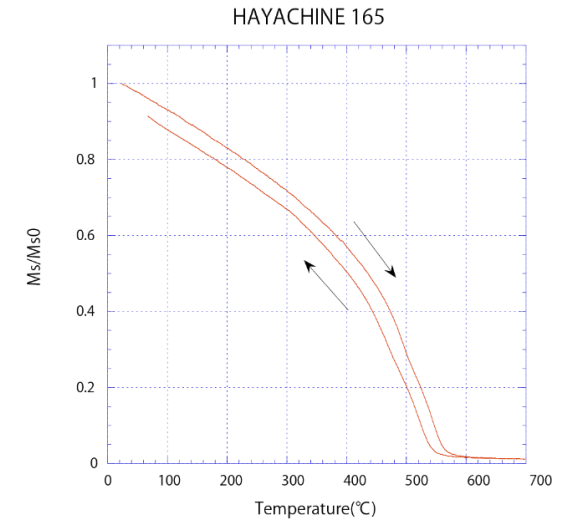
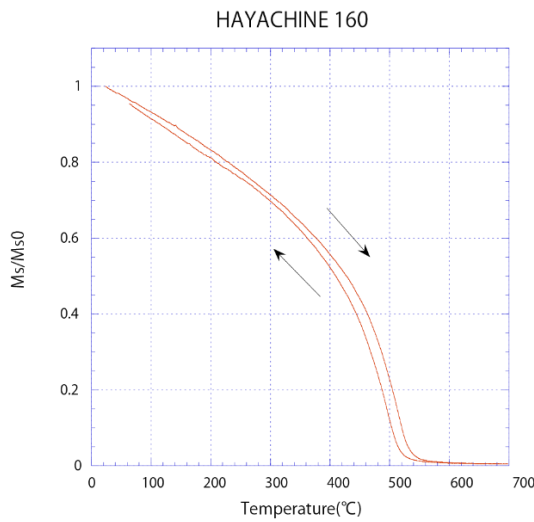
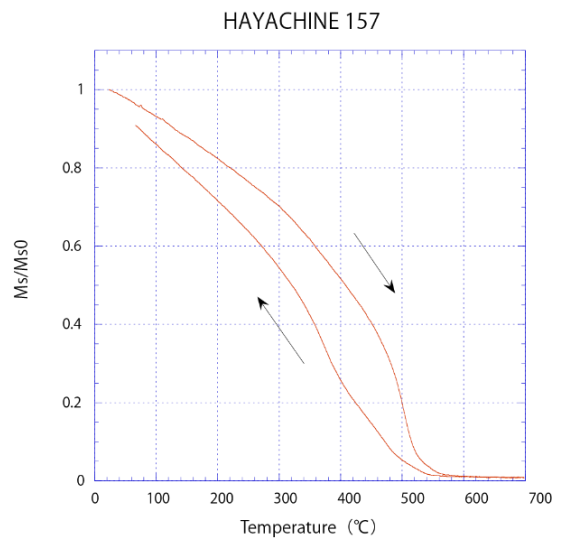
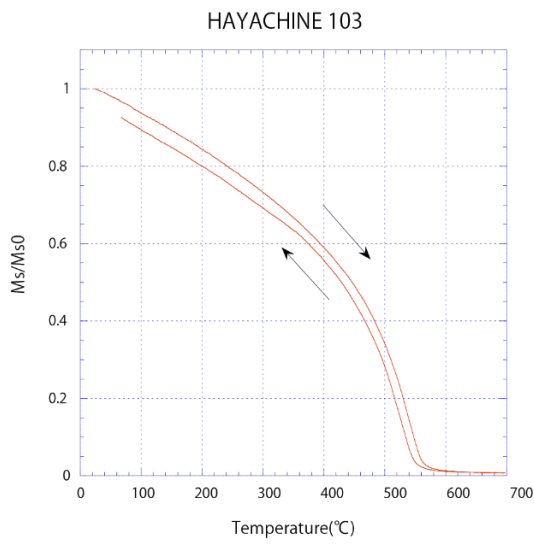
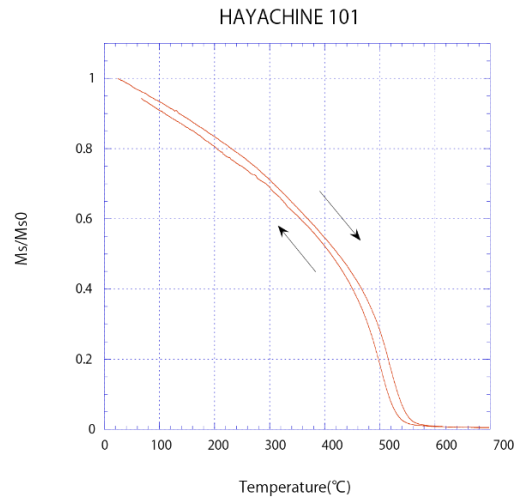
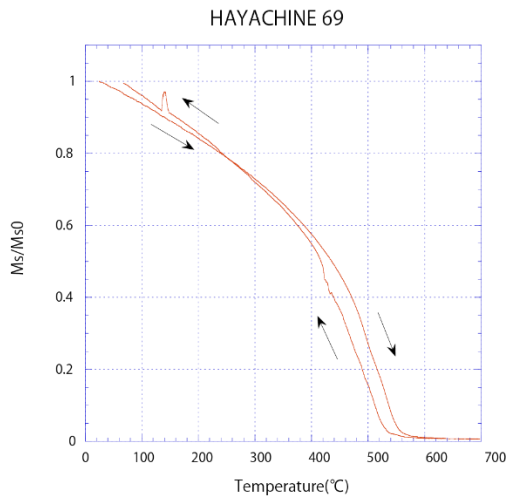
第 11 図

加熱前試料のヒステリシスループ。

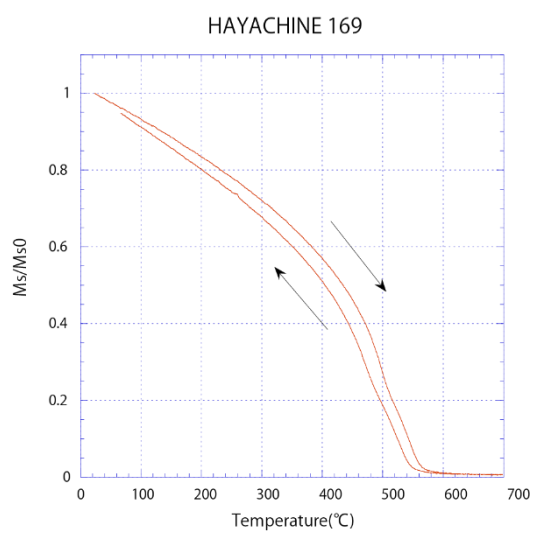
Fig. 11

Hysteresis loop at room temperature before heating.







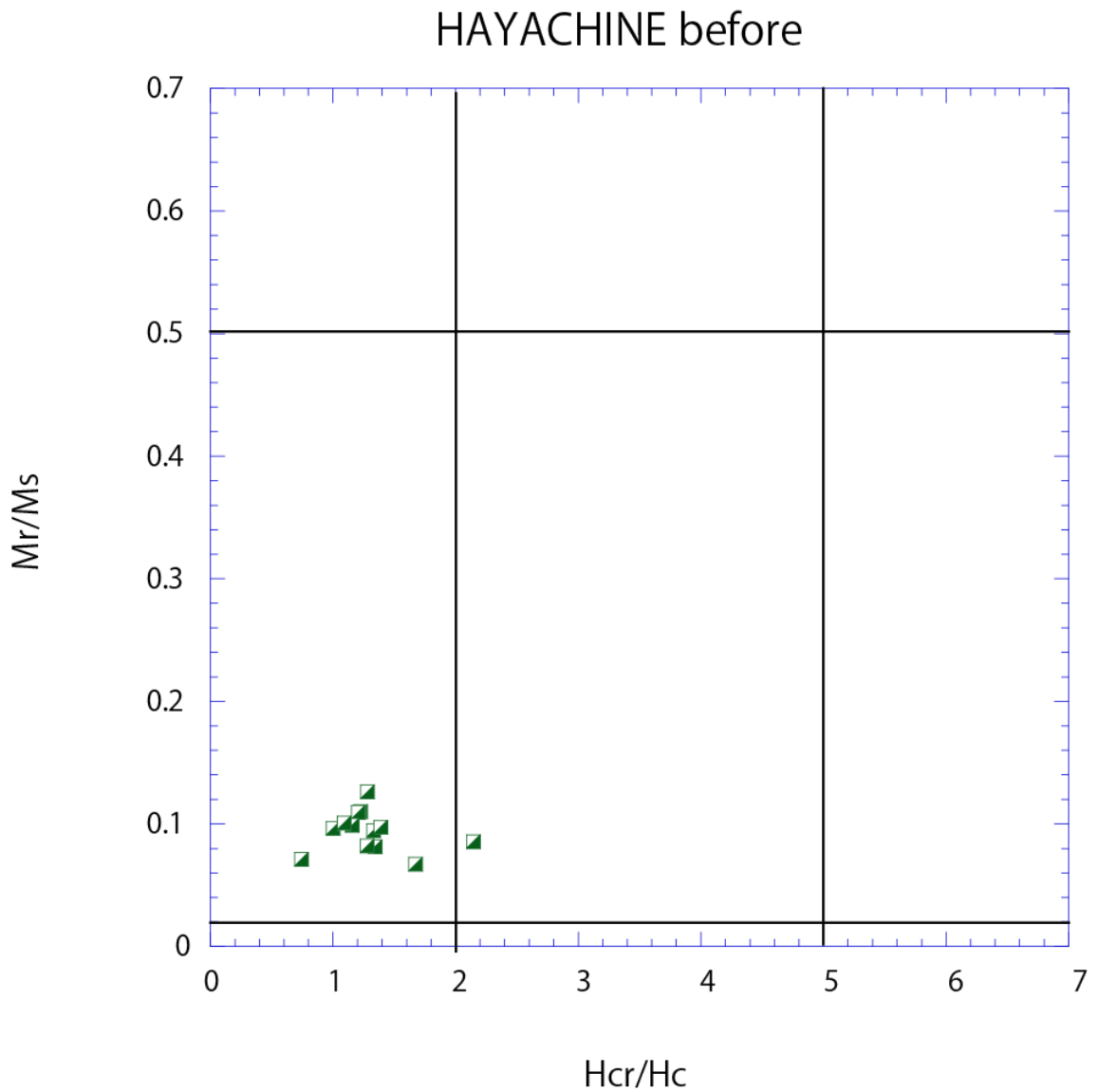


第 12 図

真空中での熱磁化曲線.

Fig. 12

Thermomagnetic curves in vacuum.  $M_s$ : saturated magnetization,  $M_{s0}$ : saturated magnetization at room temperature.



第 13 図

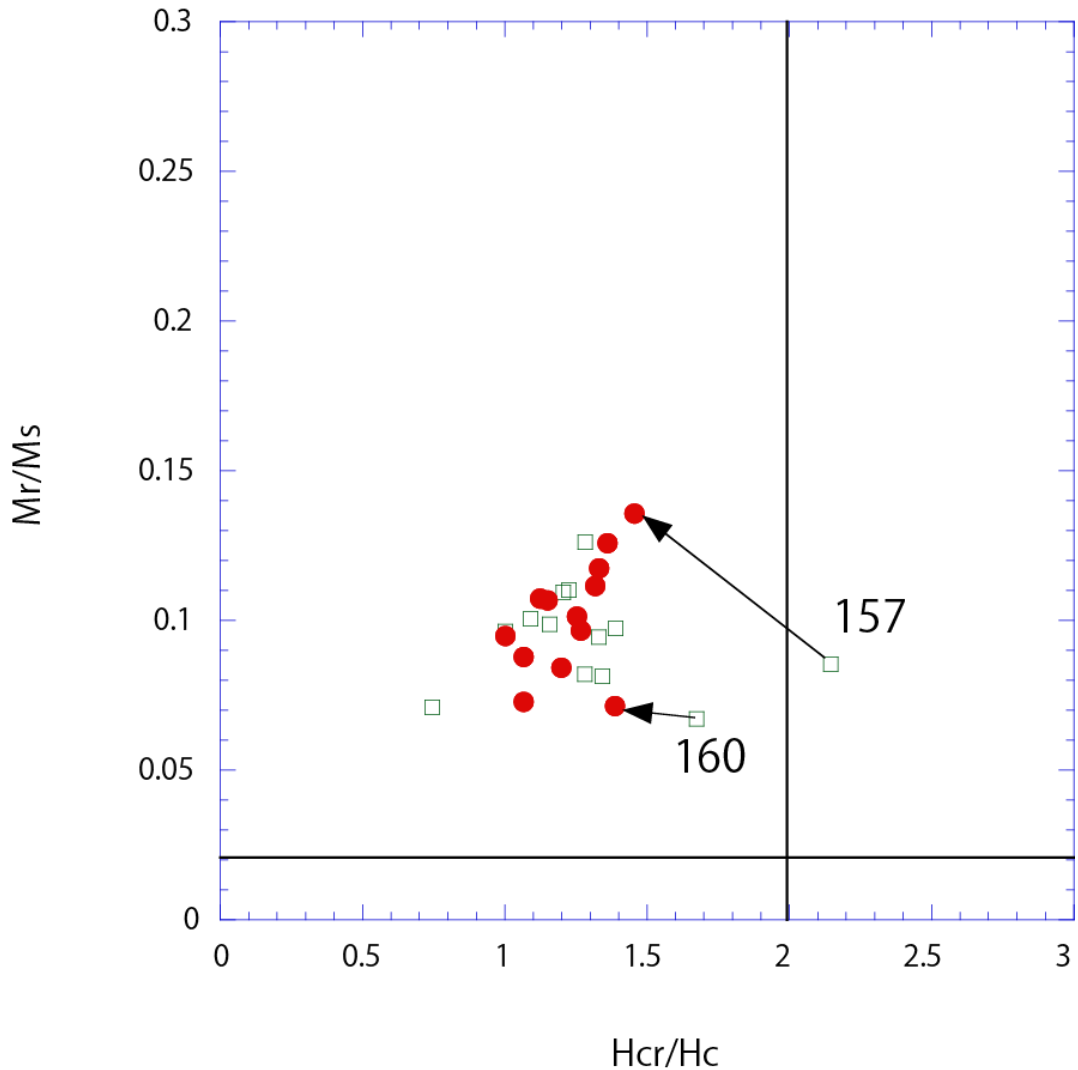
加熱前のサンプルについて、ヒステリシスパラメーターを Day-Plot (Day et al., 1976, 1977) 上に示したもの。ただし、エリアの境界線は Dunlop(2002a, b)による。

Mr : 飽和残留磁化, Ms : 飽和磁化, Hcr : 残留保磁力, Hc : 保磁力

Fig. 13

Hysteresis parameters are plotted on Day-Plot (Day et al., 1976, 1977). Area boundaries are referred to Dunlop (2002a, b). Parameters are Mr: saturation remanent magnetization, Ms: saturation magnetization, Hcr: remanent coercivity and Hc: coercivity.

## HAYACHINE after



第 14 図

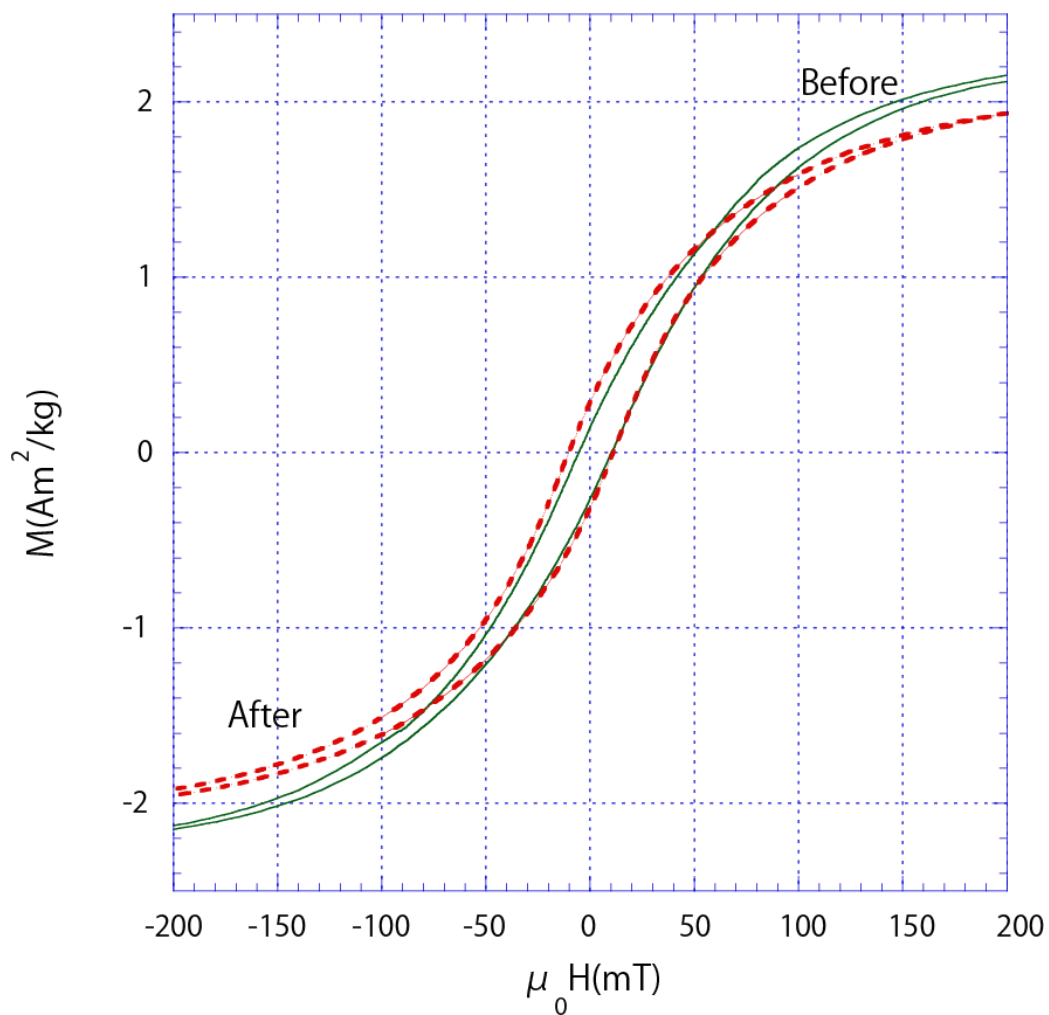
加熱後のサンプルについて、ヒステリシスパラメーターを Day-Plot (Day et al., 1976, 1977) 上に示したもの。ただし、エリアの境界線は Dunlop(2002a, b)による。□：加熱前，●：加熱後。No.157 と No.160 の試料のヒステリシスパラメーターが真空中での加熱後に大きく変化している。Mr：飽和残留磁化，Ms：飽和磁化，Hcr：残留保磁力，Hc：保磁力

Fig. 14

Hysteresis parameters after heating are plotted on Day-Plot (Day et al., 1976, 1977). Area boundaries are referred to Dunlop (2002a, b). □: Before heating, ●: After heating. Parameters are Mr: saturation remanent magnetization, Ms: saturation magnetization, Hcr: remanent corecivity and Hc: coercivity.

Parameters of No. 157 and No. 160 samples are changed significantly after heating in vacuum.

## HAYACHINE 157



第 15 図

サイト 157 の試料について、加熱前（実線）と加熱後（破線）のヒステリシスループを示した。

Fig. 15

Hysteresis loop at room temperature using sample from Site 157. Solid line: before heating, Broken line: after heating.

Site No.	Rock Type	Area	Susceptibility (SI/g)	NRM (Am <sup>2</sup> /kg)	MDF (mT)
10	Serpentinite	ツボケ沢	3.512E-02	9.953E-04	12.3
15	Serpentinite (massive)	ツボケ沢	3.618E-02	1.298E-03	7.4
22	Serpentinite	ツボケ沢	3.184E-02	-	8.9
25	Serpentinite	アイオン沢	3.325E-02	4.558E-04	15.3
58	Serpentinite (massive)	河原の坊～山頂	3.167E-02	4.355E-04	5.4
64	Serpentinite	河原の坊～山頂	6.166E-02	1.490E-03	8.0
69	Serpentinite (sheared)	河原の坊～山頂	2.264E-02	1.409E-02	13.4
101	Serpentinite (massive)	アイオン林道	2.583E-02	1.149E-03	6.4
103	Serpentinite (massive)	アイオン林道	4.675E-02	8.437E-04	13.1
157	Serpentinite	小田越～早池峰山	1.549E-02	3.892E-04	14.6
160	Serpentinite	小田越～早池峰山	3.083E-02	3.640E-03	7.5
165	Serpentinite	中ノ岳	2.181E-02	2.400E-02	17.3
169	Serpentinite	中ノ岳～鶏頭山	1.461E-02	7.682E-03	28.1

第1表

各試料の磁化率, NRM, MDF.

Table 1

Susceptibility, NRM and MDF.

Site No.	Hc (mT)	Hcr (mT)	Ms (Am <sup>2</sup> /kg)	Mr (Am <sup>2</sup> /kg)	Tc1 (°C)	Tc2 (°C)	Tc2-Tc1
10	10.76	13.195	3.379334	0.371992	577	543	-34
15	8.856	11.78	4.610032	0.435275	557	552	-5
22	7.91	10.623	3.801341	0.309179	567	546	-21
25 *	8.453	8.4604	3.590106	0.345892	557	547	-10
58	7.81	10.009	4.091774	0.335554	518	508	-10
64	6.36	-	7.189007	0.510608	505	493	-12
69	9.185	12.773	3.032334	0.295062	555	527	-28
101	9.099	10.976	3.877655	0.424367	547	527	-20
103	8.701	10.072	3.680251	0.363412	560	550	-10
157	7.852	16.848	2.376317	0.202960	525	480/400	-45
160	6.852	11.474	6.408485	0.430439	540	516	-24
165	8.559	9.3431	2.196046	0.220923	565	543	-22
169	11.64	14.93	2.153114	0.271502	560	545/485	-15

第 2 表

ヒステリシスパラメーター (Hc, Hcr, Ms, Mr) とキュリー温度(Tc). キュリー温度の Tc1 は加熱時, Tc2 は冷却時. サイト 25 の試料はヒステリシスパラメーターを後で再測定したデータ.

Table 2

Hysteresis parameters (Hc, Hcr, Ms, Mr) and Curie temperature. Tc1 is measured during heating and Tc2 is measured during cooling.