

1. 実験を始める前に（実験の30分前までにここまでやる）

- 1.1. 冷却水ゲージの確認。赤線前後なら大丈夫。イオン水を入れるので不足しているときは先生に言う。
- 1.2. 冷却水のスイッチをパネルに書かれている順番通りに入れる
- 1.3. 磁力計コントローラーの青いスイッチが皆押されていることを確認してパワースイッチを入れる
- 1.4. ロックインアンプ、アースフィールド、励磁電源制御装置のスイッチを入れる

2. パソコンの準備（ヒステリシスを測定する）

- 2.1. パソコンのラックについている電源スイッチを入れる。
- 2.2. パソコンのラックにある J-T 用切り替えスイッチが高温になっていることを確認
- 2.3. パソコンの電源を入れ、Windows を立ち上げる。
- 2.4. デスクトップにあるプログラムを起動。ヒステリシスは Vsm（初期磁化）を使う。

3. ヒステリシスの測定準備

- 3.1. 本体にサンプルをセットする。はじめに炉をはずす
- 3.2. てっぺんのレバーを動かして本体を前に出す
- 3.3. ねじをゆるめてガラスカバーをはずす。はずしにくいときは真空ポンプのリークバルブを引いて空気を入れる。それでもあかないときは必ずサンプルホルダーを手で持って、ポンプのサンプルリークバルブを開ける。ホルダーを抑えてこの作業をしないと突然ホルダーが落下することがあるので気をつけること。
- 3.4. サンプルを熱電対にくっつけないように気をつけてセットし、ねじで締める。

- 3.5. ねじは二重になっているので、初めに下のねじを閉め、次に上のねじを締めること。
- 3.6. ガラスカバーを付ける（Oリングの確認）
- 3.7. てっぺんのレバーを動かして本体を元の位置に戻す
- 3.8. 本体ワキのマグネットの選択レバーをヒステリシスにする
- 3.9. 温度コントローラーの下にある電源（励磁補助電源）が shunt になっていることを確認して電源スイッチを入れる
- 3.10. 励磁電源の shunt を確認、Hm が 0 であることを確認して電源スイッチを入れる
- 3.11. Operation control パネルの X-axis ボタンのガウスを押す

4. 真空ポンプの準備（Js-T もやる場合）

- 4.1. 主幹と書いてあるスイッチを入れる
- 4.2. メインバルブ、三方バルブ、ポンプリークバルブがいずれもしまっていることを確認
- 4.3. R. P で示されているロータリーポンプを ON にする
- 4.4. 1 分くらいしたら三方バルブを補助引きにする
- 4.5. 冷却ファンを ON にする
- 4.6. ディフージョンポンプ（D. P）を ON にする
- 4.7. 20 分くらい待つ



4. 8. 三方バルブを粗引きに
4. 9. ピラニーゲージをつけ、ランプが青くなるまで待つ
4. 10. 三方バルブを補助引きにする
4. 11. メインバルブを全開にする

ヒステリシスはD.P. をONにしてメインバルブを開くまでの時間に測定してしまうのが効率が良い。

5. ヒステリシスの測定開始

5. 1 2台の励磁電源で shunt を electromagnetic にする
5. 2 バイブレーションをONにする

6. アンプの感度を決める

6. 1. H-Range (k0e)のほうのレンジを 2. 5k0e にする
6. 2. Auto H Range を 10 にする
6. 3. Hm と Hold をONにする。
6. 4. Hm のつまみをうごかして 1. 25k0e (メモリの最大は 2. 5k0e なので半分くらいふれた

ところ) のとき emu のメモリが1目くらい動くようにロックインアンプの目盛りを選択する。赤い色の数字が選択したレンジ。そのあと Hm のつまみを 0 に戻す。

6.5. Hm と Hold のパネルの青いボタンを押して Ho と RESET にしておく。

7. パソコン画面設定

7.1. 設定画面を表示する



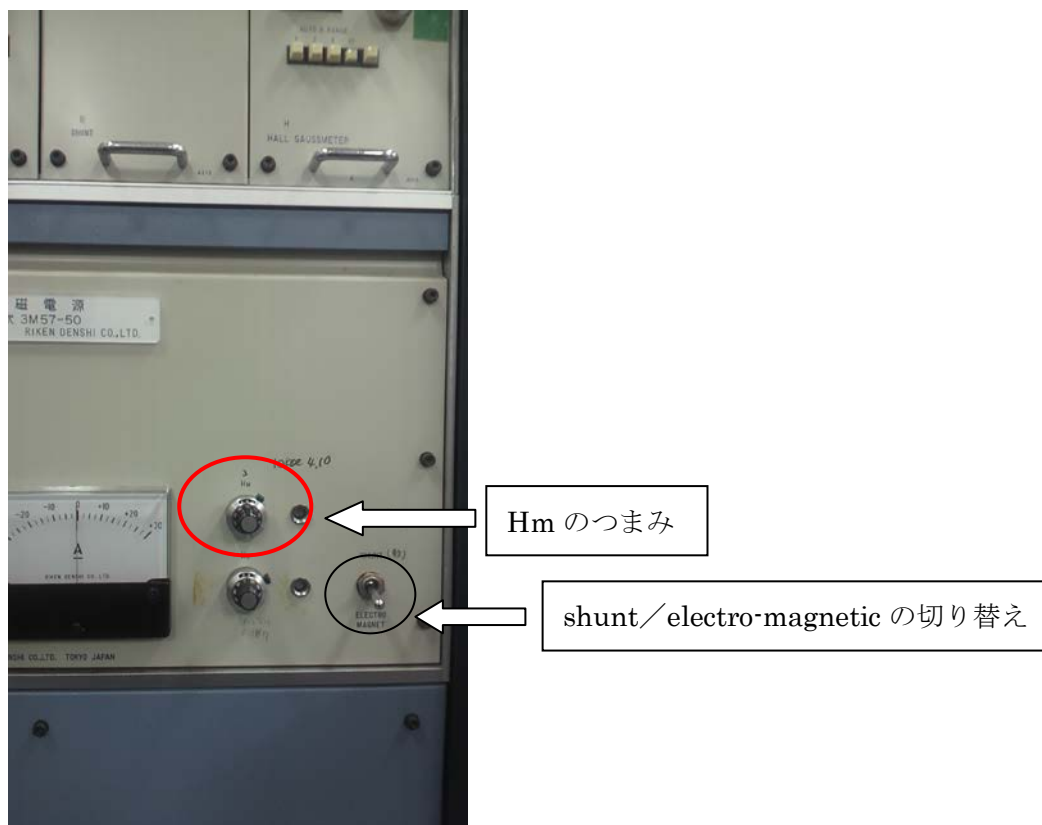
7.2. パソコンの画面のうちサンプル名、H-full-scale (10kOe がふつう→10000 と入れる)、標準温度センサーを選択して M-full scale にアンプのレンジ (赤い方の数字) を入力。min/LOOP を 10 分 300msec を標準とするのでパソコンのソフトでもそれを指定する。

7.3. 「終了」をクリックして確定

7.4. パネルの H-Range を 10 にする

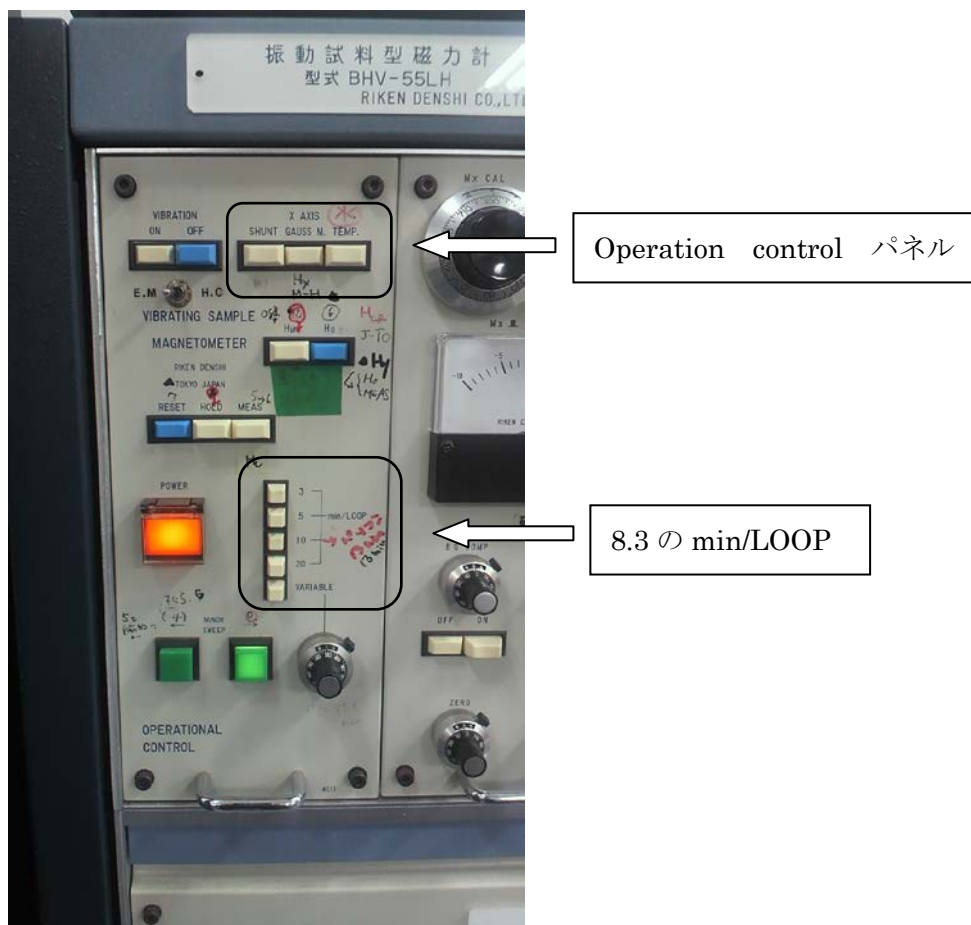
7.5. パネルの Auto-H-Range が 10 であることの確認

7.6. H-Range が 10 の時は Hm を 4.1 につまみを回して合わせる (最大磁場の設定をする)



8. 測定開始

- 8.1. 「測定」をクリックする
- 8.2. 緑色のスイッチが上り（右向き）方向に点灯しているのを確認
- 8.3. パネルの min/LOOP が 10 分になっていることを確認
- 8.4. 励磁電源、補助電源ともに electro-magnetic になっていることを確認
- 8.5. パネルの MES スイッチを押す（測定開始）
- 8.6. パソコンの「測定開始」をクリックしてデータ取り込み開始。（MES を押したときノイズが入るので必ず、MES が先）



9. Hrc の測定準備

- 9.1. ヒステリシスの測定が終わると、パソコンの「保存」、「印刷」の色が変わるのでクリック。印刷が終了したら「終了」をクリック。
- 9.2. 急いで H_m のつまみを 0 に戻し、バイブレーション以外の青いスイッチをリセットにする
- 9.3. 急ぎで Hrc を測定するのでパソコン画面中の VSM (標準書き流し) を起動
- 9.4. H-Range を 1k0e にする (パネルのスイッチを切り替え)
- 9.5. Auto H-Range を 1k0e にする
- 9.6. パソコンの H-full を 1000 と入力する
- 9.7. M-full (emu) はそのままの値 (ヒステリシスと同じ) を使う

9.8. パネルのスイッチを Hold と Hm にする

9.9. 「測定開始」をクリックしてデータの取り込みを開始する。

10. Hrc の測定

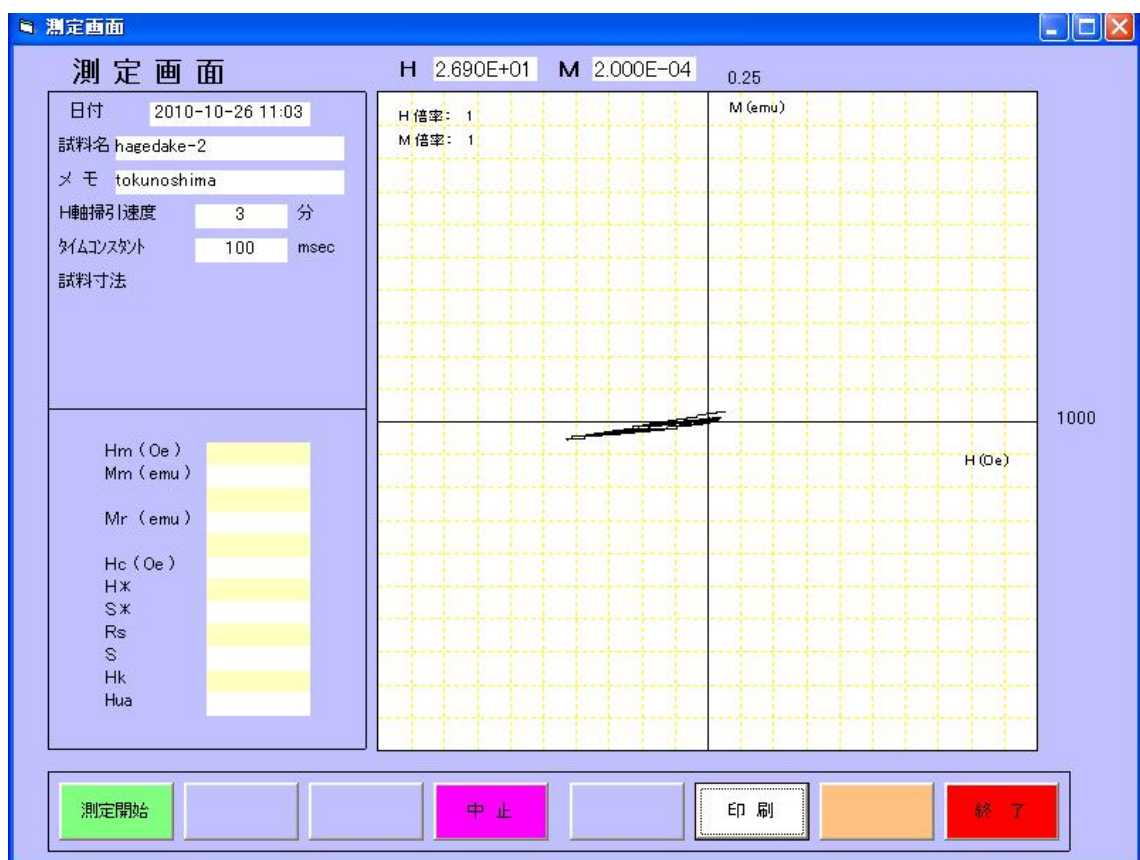
10.1. Hc の 1 倍くらいを目安にして Hm のつまみを回してはじめに磁場をかける。

10.2. つまみをゆっくり戻す。H が 0 付近になったらデータを記録する。◎欲しいのは H が－から＋へ変わったあたりのデータ。H=0 をはさんだものが望ましい。

10.3. Hm のつまみを 0 に戻す。

10.4. これを 3 セットくらいやる。かける磁場は前回よりも多くする。◎目安は 1 倍、1.5 倍、2 倍など。

10.5. 終わったら「中止」、「保存」の順にクリックする。



11. Js-T の準備

- 11.1 Hm が 0 になっているか確認
- 11.2 パネルスイッチは Ho と RESET にする。
- 11.3 Auto-H Range が 1 になっているか確認
- 11.4 H-Range を 10 にする
- 11.5 X-Axis を Temp に切り替える



Operation control パネル

- 11.6 励磁電源を shunt にしてパワーoff
- 11.7 補助電源を shunt にしてパワーoff
- 11.8 マグネットを定磁場に切り替える (マグネット脇のレバー)

- 11.9 バイブレーションが止まっていることを確認して炉を付ける（上に上げて止まったところでネジ締め、カバーを掛ける）

12 真空の確認

- 12.1 左のピラニーゲージが0になったら左のペニングゲージをつける (10^{-6} Torr くらいまで待ってみる)

13 Js-T の準備（定磁場をかける&パソコン）

- 13.1 バイブレーションを ON にする
- 13.2 パソコンではVSM（キュリー点）を起動する

設定画面 (測定タイプ: M-T)

データホルダー変更	C:\Vsmwt2	(データの保存場所の変更)
ファイル名の変更		(指定の無いときは現在の日付時間となります。)
1. 日付	2010-10-26 11:09	
2. 試料名	hagedake-2	(20文字)
3. メモ	tokunoshima	(20文字)
4. H-set	10000.0	(0.1~30000 oersted)
5. 温度 T1 (LOW)	0	(0~1000 °C)
6. 温度 T1 (High)	800	(0~1000 °C)
7. 測定時間	400	(1~500 分)
8. M軸フルスケール	0.25	(0.0025~1250 emu)
9. プログラム パターン	5	(1~19)
10. 試料寸法選択	なし	

試料寸法

試料体積		cm ³

終了(e)

- 13.3 設定で横軸は 800°C にすると見やすい。
- 13.4 窓側足下の励磁電源の const curr が 0 になっていることを確認して power ON

- 13.5 温度コントローラーのパワーON
- 13.6 パネルの Ho のスイッチを押す
- 13.7 Hold の列は何も押さない。
- 13.8 緑のスイッチ (Monitor sweep) を+にする
- 13.9 const-curr のつまみを回して 10kOe の磁場をかけるときは 32A 電流を流す
- 13.10 温度コントローラーの操作法はパネルに上野先生のメモが貼ってあるので参照
- 13.11 パターンを決める。アルミ箔でサンプルを包んだ場合は PTN3 (600°C / 2h0m)、火山岩などは銀箔で包んで PTN5 (50°C → 100°C → 650°C / (10m + 10m + 3h30m)) などにする
と良い → パターン変更はパソコン画面から。
- 13.12 プロッタをペンダウンにする
- 13.13 温度コントローラーについている furnace-ON のスイッチを押す (ヒーターに電流が流れる)
- 13.14 設定を確定する
- 13.15 「測定」をクリックして測定画面を出す。
- 13.16 「測定開始」でスタート
- 13.17 30 分くらいずつ見に来て時刻と温度を X Y プロッタのチャートに書き込む

14. Js-T の終了

- 14.1. 温度コントローラーのパネルに END と出たら終了している
- 14.2. 測定完了 → 保存 → 印刷 → 終了
- 14.3. close をクリック
- 14.4. 温度コントローラーにある furnace-OFF を押して電流を止める
- 14.5. 定電流のつまみを 0 にして電源のパワーオフ
- 14.6. 温度コントローラーのスイッチを切る
- 14.7. 磁力計パネルの青いボタン (Ho と RESET) を押す → もう一度ヒステリシスを測る

ので vibration はそのままよい。

15. 真空ポンプの終了準備

- 15.1 ゲージを止める
- 15.2 メインバルブを閉める
- 15.3 D.P を OFF にする。三方バルブは補助引きで。(ポンプが冷めるまでこのまま)

16. ヒステリシスの再測定

- 16.1. V_{sm} (初期磁化) を起動
- 16.2. 本体ワキのマグネットの選択レバーをヒステリシスにする
- 16.3. 温度コントローラーの下にある電源 (励磁補助電源) が shunt になっていることを確認してスイッチを入れる
- 16.4. 励磁電源の shunt を確認、 H_m が 0 であることを確認してスイッチを入れる
- 16.5. パネルの X-axis をガウスにする
- 16.6. バイブレーションが ON になっているか確認

17. パソコン画面設定

- 17.1. 「測定」をクリックする
- 17.2. 緑色のスイッチが上り (右向き) 方向に点灯しているのを確認
- 17.3. パネルの min/LOOP が 10 分になっていることを確認
- 17.4. 励磁電源、補助電源ともに electro-magnetic になっていることの確認
- 17.5. パネルの H-Range を 10 にする
- 17.6. パネルの Auto-H-Range が 10 であることの確認
- 17.7. H-Range が 10 のときは H_m を 4.1 につまみを回して合わせる (最大磁場の設定をする)
- 17.8. パネルの MES スイッチを押す (測定開始)

- 17.9. パソコンの「測定開始」をクリックしてデータ取り込み開始。(MES を押したときノイズが入るので必ず、MES が先)

18. Hrc の測定準備

- 18.1. ヒステリシスの測定が終わると、パソコンの「保存」、「印刷」の色が変わるのでクリック。印刷が終了したら「終了」をクリック。
- 18.2. 急いで Hm のつまみを 0 に戻し、バイブレーション以外の青いスイッチをリセットにする
- 18.3. 急ぎで Hrc を測定するのでパソコン画面上の VSM (標準書き流し) を起動
- 18.4. H-Range を 1k0e にする (パネルのスイッチを切り替え)
- 18.5. Auto H-Range を 1k0e にする
- 18.6. パソコンの H-full を 1000 と入力する
- 18.7. M-full (emu) はそのままの値 (ヒステリシスと同じ) を使う
- 18.8. パネルのスイッチを Hold と Hm にする
- 18.9. 「測定」をクリックしてデータの取り込みを開始する。

19. Hrc の測定

- 19.1. Hc の 1 倍くらいを目安にして Hm のつまみを回してはじめに磁場をかける。
- 19.2. つまみをゆっくり戻す。H が 0 付近になったらデータを記録する。◎欲しいのは H が - から + へ変わったあたりのデータ。H=0 をはさんだものが望ましい。
- 19.3. Hm のつまみを 0 に戻す。
- 19.4. これを 3 セットくらいやる。かける磁場は前回よりも多くする。◎目安は 1 倍、1.5 倍、2 倍など。
- 19.5. 終わったら「中止」、「保存」の順にクリックする。設定画面を表示する

20. 終了

- 20.1. パネルスイッチの青いボタンを押してリセットにする
- 20.2. ロックインアンプの電源を切る
- 20.3. 励磁電源を shunt にしてパワーoff
- 20.4. 補助電源を shunt にしてパワーoff

21. 真空ポンプの終了

- 21.1. ロータリーポンプが冷めていることを確認して、三方バルブを全閉にする
- 21.2. ロータリーポンプを OFF にする
- 21.3. リークバルブをひく
- 21.4. 冷却ファンを OFF
- 21.5. 主電源を OFF
- 21.6. アースフィールド、励磁電源制御装置のスイッチを切る
- 21.7. 冷却水のスイッチを 3、2、1 の順番で切る

22. データのコピー

- 22.1. USB のフラッシュメモリにデータをコピーする

23. 電源を落とす

- 23.1. パソコンを終了する
- 23.2. 先生に報告

おぼえ

パネルスイッチ

作業	本体パネル 1	本体パネル 2	Hm	H-range	Auto-H
Hys	Ho	MES	4.10	10	10
Hrc	Hm	Hold	手動	1	1
Js-T	Ho		0	10	1

ポンプとバルブ

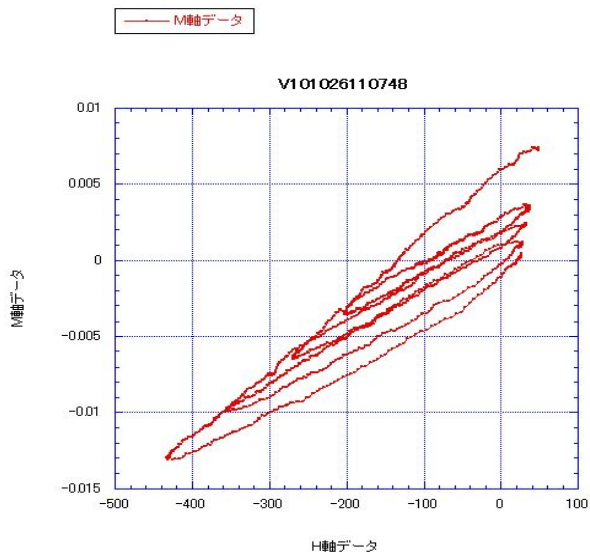
粗引き→R. P. ; 補助引き→R. P. +D. P.

Hcr の測定

取るデータの例

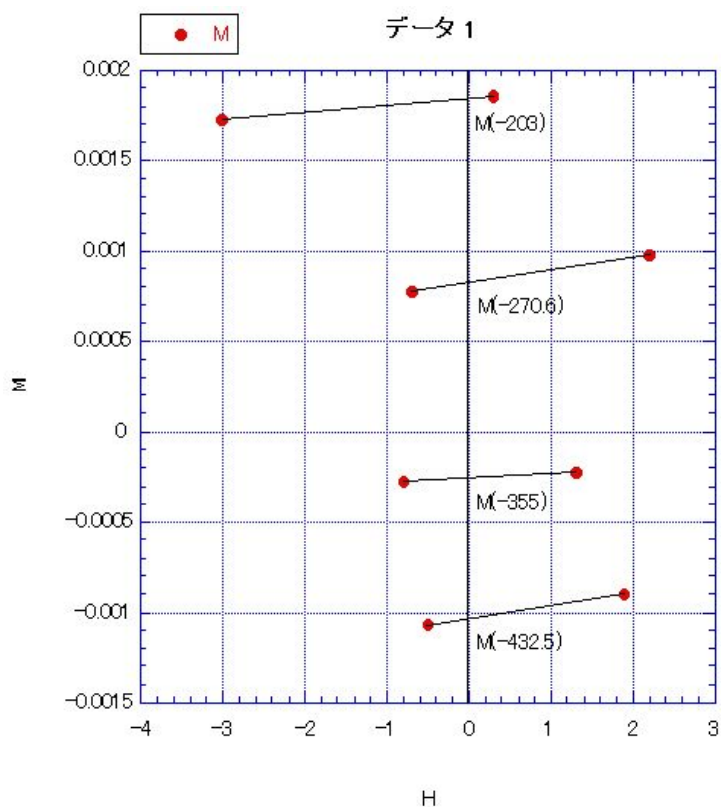
ヒステリシスで $H_c = 1.803e+2$ であったサンプルは、

1. Hm のつまみを手で回して -180 Oe 付近までまず磁場をかける。
2. ゆっくりつまみを 0 まで戻す。
3. 次は -180×1.5 程度まで磁場をかけ、ゆっくり戻す
4. 次は -180×2.0 程度まで磁場をかけ、ゆっくり戻す
5. 「中止」「保存」をクリックする。

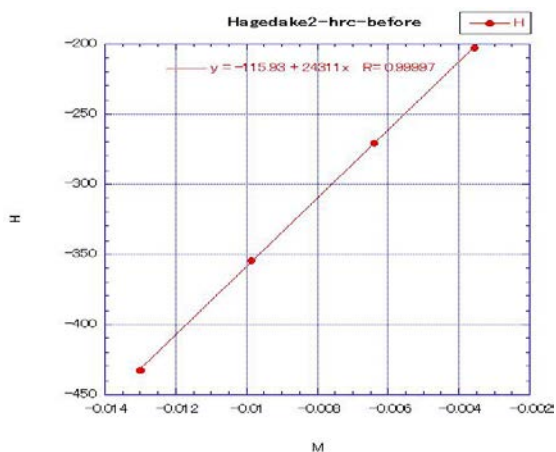


必要なのは、1サイクルでかけた磁場の最大値Hと戻って行ってH=0のときのMの値。普通、H=0を取るのは難しいのでH=0を挟んだ値の組から推定する。

H	M	Mh
-203	-0.00355	
-3	0.001725	0.001839
0.3	0.00185	
-270.6	-0.0064	
-0.7	0.000775	0.000823
2.2	0.000975	
-355	-0.00985	
-0.8	-0.000275	-0.00026
1.3	-0.000225	
-432.5	-0.013	
-0.5	-0.001075	-0.00104
1.9	-0.0009	



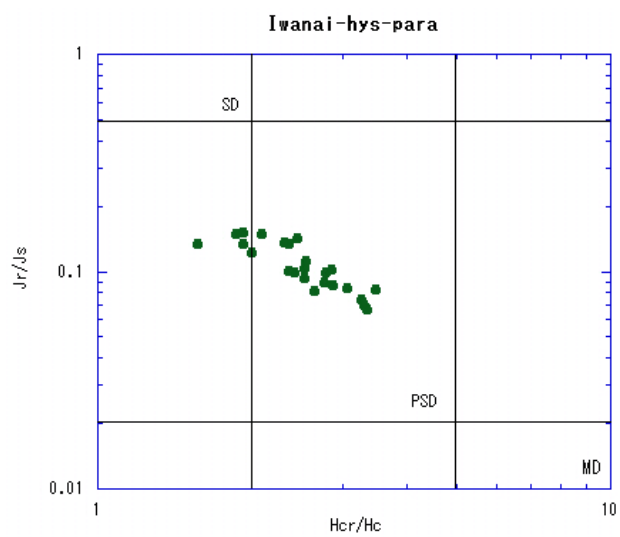
こうして求めたデータセット (H1, M1h), (H2, M2h), (H3, M3h), (H4, M4h) をプロットし最小2乗法で近似したときの傾きが H_{cr} になる。カレイダグラフの線形回帰を使うと簡単。横軸を M、縦軸を H として線形の回帰曲線をあてはめると、この例では式は $y = -115.93 + 24311x$ と出てくるので、 $H_{cr} = 115.93$ となる。

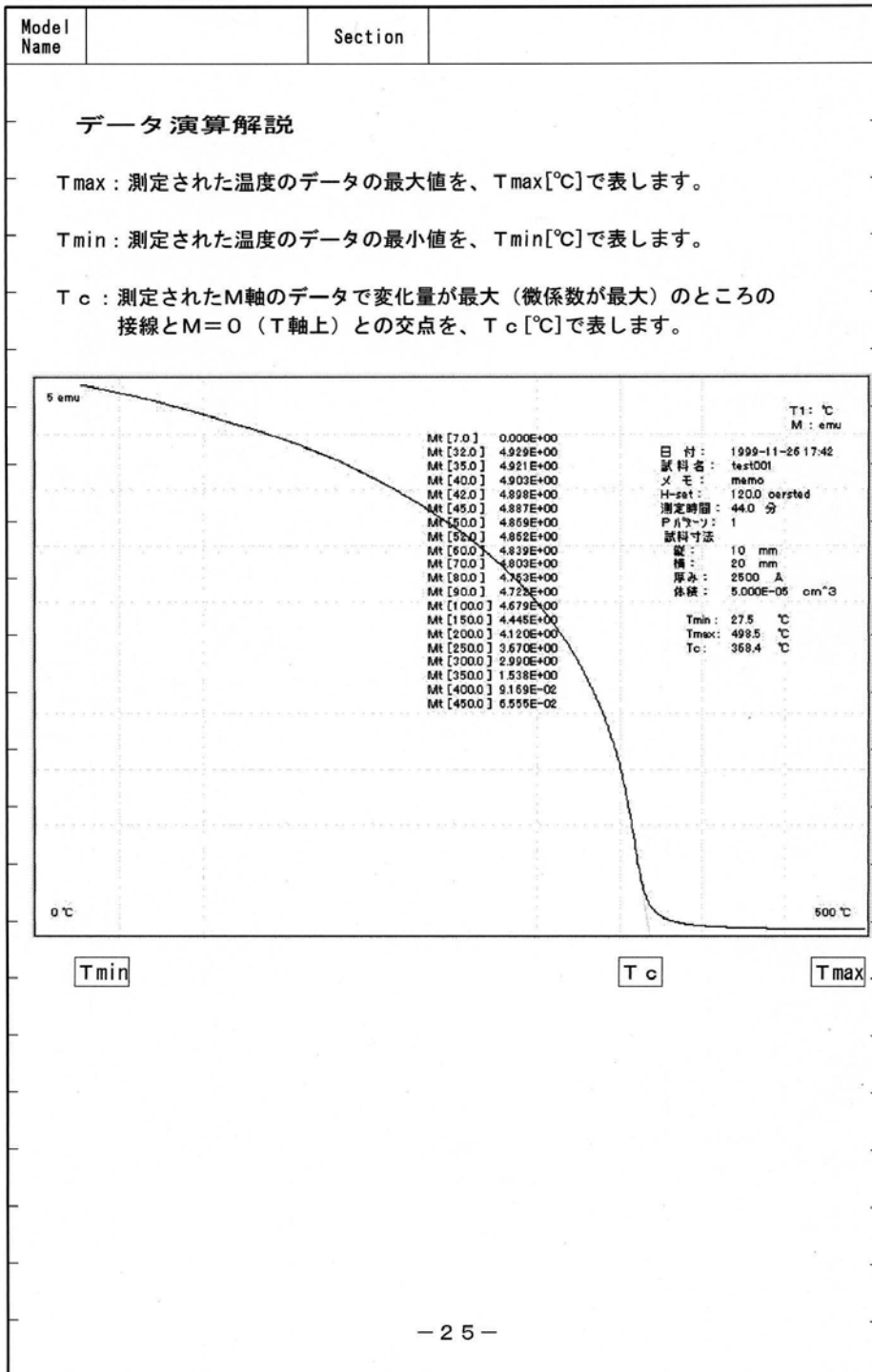


Day プロットのメモ

1. 横軸が H_{cr}/H_c 、縦軸が M_r/M_s 。両方とも \log_e
2. ヒステリシスの M_m (= M_s)、 M_r 、 H_c と別に計算した H_{cr} を使う。

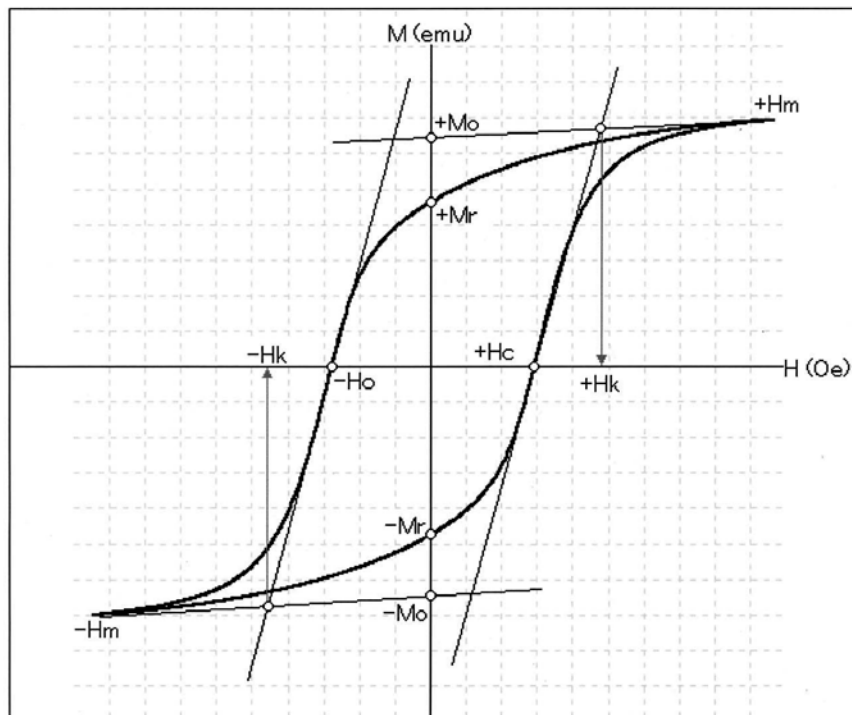
3. $H_{cr} > H_c$ となるのが一般的。

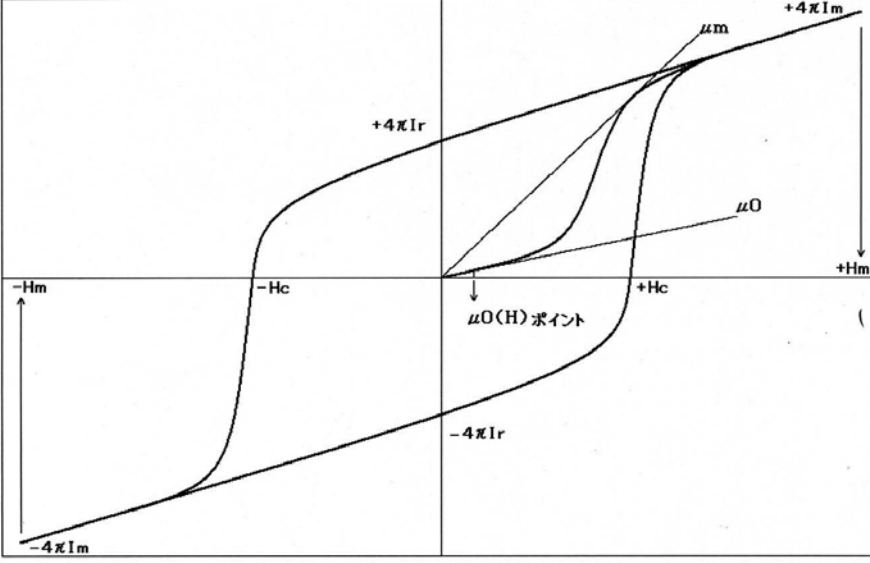




Model Name		Section	
算出データ解説			
(1) Hm	:	ヒステリシスループで、試料に印加された+側の最大磁場 (H maximum) をHm [oersted] で表し、データ取込時の磁場設定レンジをフルスケールとみなして、試料に実際に印加された最大の磁界をHmとします。ただし、実際の印加磁場がフルスケールを超えた場合にはフルスケールの値となります。	
(2) Mm	:	ヒステリシスループにおいて、磁化 [emu] の最大値はMm で与えられます。本プログラムでは、+Mmと-Mmの平均値を探っています。	
(3) $4\pi I_m$:	最大磁化 Mm [emu] を単位体積あたりの量にて評価した場合、磁気束密度 [gauss] で表現します。本プログラムでは、下記式により算出しています。	
			$4\pi I_m = 4 \times \pi \times Mm / (\text{試料体積}) \text{ cm}^3$
(4) Mr	:	ヒステリシスループにおいて、M軸を横切る点を残留磁化 (Residual M) Mr [emu] で表示します。本プログラムでは、+Mrと-Mrの平均値を探っています。	
(5) $4\pi I_r$:	残留磁化 Mr [emu] を単位体積あたりの量にて評価した場合、磁気束密度 [gauss] で表現します。本プログラムでは、下記式により算出しています。	
			$4\pi I_r = 4 \times \pi \times Mr / (\text{試料体積}) \text{ cm}^3$
(6) Hc	:	ヒステリシスループにおいて、H軸を横切る点を保磁力 (Coersive force) Hc [oersted] で表示します。本プログラムでは、+Hcと-Hcの平均値を探っています。	
(7) Rs	:	ヒステリシスループにおいて その角形比を表現する手方のひとつで下記式より算出します。	
			$R_s = Mr / Mm$ 本プログラムでは、+側、-側の平均値となります。
(8) H*	:	ヒステリシスループにおいて、Hc位置における接線を求め、その接線とM=Mrの交点でのH値を、H*で算出します。本プログラムでは、+H*と-H*の平均値を探っています。	
(9) S*	:	ヒステリシスループにおいて、その角形比を表現する手方のひとつで下記式より算出します。	
			$S^* = Hc / H^*$
			本プログラムでは、+側、-側の平均値となります。

Model Name	Section
(10) S	<p>: ヒステリシスループにおいて、その角形比を表現する方法のひとつで最大磁場を印加した付近での接線がM軸と交わる点を求め、M_oとし、下記式で算出します。</p> $S = M_r / M_o$ <p>本プログラムでは、+側、-側の平均値となります。</p>
(11) H k	<p>: ヒステリシスループにおいて、零磁場付近での波形の平均傾きを求め、原点を通る直線を算出します。最大磁場を印加した付近での接線と、上記直線の交点のH値をH k [O e r s t e d]で算出します。</p> <p>本プログラムでは、+側、-側の平均値となります。</p>
(12) H u a	<p>: ヒステリシスループにおいて、H軸を横切る点の midpoint を求め、零点からの距離をH u a [で算出します。</p>



Model Name		Section	
(10) S	: ヒステリシスループにおいて その角形比を表現する手方のひとつで 最大磁場を印加した付近での接線がM軸と交わる点を求め M_0 とし 下記式で算出します。		$S = M_r / M_0$ <p>本プログラムでは、+側、-側の平均値となります。</p>
(11) μ_0	初期磁化曲線において、設定画面で設定したポイントの値に対応する初期透磁率を μ_0 として演算、表示します。		$\mu_0 = 1 + \frac{\mu_0 \text{ポイントの設定値に対応するB軸 (Gauss) の値}}{\mu_0 \text{設定値 (oessted) の値}}$
(12) μ_m	初期磁化曲線において、透磁率の最大値を演算し、最大透磁率 μ_m として表示します。		
			
- 17 -			