

第四紀火山灰についての段階的IRM獲得実験と 三成分IRMの熱消磁実験

Progressive acquisition of IRM and thermal demagnetization of a three-component IRM
for the Quaternary volcanic ashes

藤井純子・中島正志
福井大学教育地域科学部地学教室

Junko Fujii and Tadashi Nakajima
Geological Laboratory, Faculty of Education and Regional Studies,
Fukui University, Fukui 910-8507, Japan

Abstract

Paleomagnetic studies of widespread late Pleistocene tephra have been carried out in order to construct geomagnetic charts for Japan in prehistoric times. Magnetic minerals contained in the welded tuff specimens are likely to be titanomagnetite and magnetite on the basis of the thermal demagnetization (ThD) results. Since ThD experiments were not performed on the ash samples, it is not certain what magnetic minerals are in the ash samples. Progressive acquisition of isothermal remanent magnetization (IRM) and ThD of a three-component IRM, therefore, were investigated to identify the ferromagnetic mineral content in the ash samples.

For the IRM experiments, one sample from each site was arbitrarily chosen after the paleomagnetic measurements. Because they are unconsolidated and readily disintegrate, the ash samples were held in plastic cubes, which melt at about 160 °C. Synthetic specimens were prepared using the ash samples and plaster of Paris for ThD of the induced IRM.

The IRM acquisition experiments were carried out using a pulse magnetizer in magnetic fields with intensities up to 3000 mT. A three-component IRM was produced by applying a different DC field (3000, 400, and 120 mT) to each of the three perpendicular axes of the specimen with the pulse magnetizer.

The acquisition and ThD curves of the IRM components for almost all the specimens show similar features (A-type). The smooth IRM acquisition curves rise steeply up to 100 mT, and reach saturation by 500 mT. The ThD of each IRM component is plotted separately in the demagnetization diagram. The ThD curves show that the soft (< 120 mT) coercivity fraction is the largest, and that the medium (120 to 400 mT) and hard (400 to 3000 mT) fractions are

minor. The soft coercivity fraction was demagnetized smoothly to zero by 580 , indicating that the specimens' magnetic mineralogy is also dominated by titanomagnetite and magnetite.

The IRM acquisition curves for other some samples rise steeply at first but does not reach saturation even in 3000 mT. The ThD curves show that the medium and hard fractions exhibit evidences for unblocking of hematite at 680 (B-type), or unblocking of goethite at 100 (C-type).

1. まえがき

数年来、私たちは始良Tnテフラ(AT), 三瓶木次テフラ(SK), 大山倉吉テフラ(DKP), 鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)および阿蘇4テフラ(Aso-4)などの第四紀の広域テフラについて古地磁気研究を続けている(中島・藤井, 1995, 1998; 藤井・中島, 1998; 藤井ほか, 2000; Fujii *et al.*, 2001, 2002など)。これらの広域テフラの残留磁化は交流消磁に対し安定であり、それぞれのテフラは特徴的な磁化方位を示す(藤井・中島, 1998)。またATとAso-4では、溶結凝灰岩と降下火山灰が同一の双極子磁場中でほぼ同時に獲得したと考えられる磁化方位を持つ(中島・藤井, 1995; Fujii *et al.*, 2001, 2002)。これらのことから、広域テフラの磁化方位は過去の地球磁場の記録として信頼できるものであることが明らかになった。しかし、広域テフラの残留磁化を担う磁性鉱物に関しては、まだ十分な知見が得られていない。熱消磁実験において580で残留磁化が消失することとブロッキング温度の分布状態から、阿蘇火砕流堆積物の溶結凝灰岩試料中の磁性鉱物は、チタンの少ないチタノマグネタイトとマグネタイトが大多数を占めると推定されているだけである(Fujii *et al.*, 2001)。

降下火山灰や火砕流の遠方堆積相である火山灰からは、火山灰層にプラスチック・キューブを埋め込む方法(広岡, 1988)で定方位試料を採取している。このプラスチックの融点は約160であるため、採取した火山灰試料の熱消磁実験は不可能である。しかし、Lowrie(1990)が提唱した等温残留磁化(IRM)の段階的獲得実験と三成分IRMの熱消磁実験とを組み合わせて磁性鉱物を推定する方法は、このような火山灰試料でも工夫次第で可能であると考え、試行を繰り返した。その結果、火山灰と石膏を混合した合成試料を用いることによってこれらのIRM実験が可能になり、火山灰中の磁性鉱物を推定できた。ここでは、第四紀広域火山灰の段階的IRM獲得実験と三成分IRMの熱消磁実験のための合成試料の作製法とこれらのIRM実験の方法を紹介し、典型的な実験結果について報告する。

2. 測定試料および合成試料の作製方法

5つの広域テフラ(AT, SK, DKP, K-AhおよびAso-4)の降下火山灰および山口県に分布する阿蘇4火砕流の遠方堆積相(宇部火山灰層下部: PY)について、古地磁気方位測定後の試料からIRM実験用試料を選んだ。

火山灰と石膏を混ぜ合わせて合成試料を作製した。作製方法は次の通りである。まず、約7.5gの石膏とプラスチック・キューブ（一辺24mm）1個分の火山灰をよく混ぜ合わせる。その中に約10gの水を入れて素早くかき混ぜ、新しいプラスチック・キューブ2個に等分に入れる。完全に石膏が固まるまでそのまま放置する。ただし、火山灰の量や粒度によって石膏の量を調整した。これにより、710 までの熱消磁実験が可能になった。

AT（46地点）、SK（6地点）、DKP（18地点）、K-Ah（3地点）、Aso-4（17地点）、PY（9地点）の計99地点から各2個の合成試料を作製した。表1に試料採取地点を示す。それらの古地磁気方位は表中の文献に報告されている。

3. 段階的 IRM 獲得実験

段階的IRM獲得実験には英国Magnetic Measurement社製のPulse Magnetizerを使用した。本実験では、段階的により大きな直流磁場に試料をさらし、その都度獲得したIRMの強度を測定した。今回、10、15、20、25、30、40、50、60、100、150、250、400、600、800、1000、1500、2000、2500、3000（単位はすべてmT）の19段階に磁場強度を設定した。IRM強度は夏原技研製SMM-85型スピナー磁力計で測定した。

実験結果から得られるIRM獲得曲線は、試料中の磁性鉱物の抗磁力スペクトルを表す。磁性鉱物は固有の抗磁力を持つため、抗磁力の違いから磁性鉱物の種類を推定することが可能である。

4. 三成分 IRM の熱消磁実験

段階的IRM獲得実験と熱消磁実験の組み合わせによる磁性鉱物の同定については、IRM獲得実験後の試料について通常の熱消磁実験をするだけでなく、まずIRM獲得実験によって磁化された高抗磁力成分に対して逆方向に低抗磁力成分を再磁化し熱消磁実験を行う方法（Márton *et al.*, 1980）、高抗磁力成分に対して直角に低抗磁力成分を再磁化し熱消磁実験を行う方法（Hirt and Lowrie, 1988）など次々と改良されてきている。Lowrie（1990）はそれまでの方法にさらに改良を加え、3つの互いに直交する軸方向にそれぞれ高抗磁力、中抗磁力、低抗磁力成分を再磁化することにより、一度の熱消磁実験で異なる抗磁力成分の3つの消磁曲線を得ることができる三成分IRMの熱消磁実験を提案した。この方法と段階的IRM獲得実験を組み合わせることにより、より明確な磁性鉱物の同定を行うことができる。

段階的IRM獲得実験で使用したPulse Magnetizerを用いて、合成試料の互いに直交する3軸方向にそれぞれ大きさの異なる磁場をかけた。設定磁場はZ軸方向に3000mT、Y軸方向に400mT、X軸方向に120mTとし、大きな磁場から順にかけた。これにより、3000～400mTの高抗磁力を持つ磁性鉱物はZ軸方向に、400～120mTの中抗磁力を持つ磁性鉱物はY軸方向に、120mT以下の低抗磁力を持つ磁性鉱物はX軸方向に磁化されることになる。その後、それぞれの試料について熱消磁実験を行った。ある一つの磁性鉱物に関する最も高いプロッキング温度はキュリー温度の

表 1. 火山灰試料採取地点. タイプのA, B, CはIRM実験結果の特徴で分けたものである(図1).

始良Tnテフラ(AT)				
地点番号	地点名	試料採取地点(経度・経度)	文 献	タイプ
AT5	妻1(宮崎)	131°26' 46.1" E, 32°05' 38.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT6	妻2(宮崎)	131°27' 48.6" E, 32°05' 08.9" N	中島・藤井(1995)	A
AT7	長門峽(山口)	131°36' 06.7" E, 34°18' 48.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT8	徳佐中(山口)	131°37' 48.6" E, 34°20' 14.7" N	中島・藤井(1995)	A
AT9	反辺(島根)	132°41' 09.1" E, 35°14' 25.0" N	中島・藤井(1995)	B
AT10	船上山(鳥取)	133°34' 02.9" E, 35°25' 24.4" N	中島・藤井(1995)	A
AT11	関金宿1(鳥取)	133°45' 58.6" E, 35°22' 32.8" N	中島・藤井(1995)	A
AT12	関金宿2(鳥取)	133°46' 01.6" E, 35°22' 36.9" N	中島・藤井(1995)	A
AT13	伯耆浦安(鳥取)	133°42' 06.8" E, 35°26' 51.4" N	中島・藤井(1995)	A
AT14	泰久寺1(鳥取)	133°43' 50.5" E, 35°22' 28.4" N	中島・藤井(1995)	A
AT15	泰久寺2(鳥取)	133°43' 31.6" E, 35°22' 25.8" N	中島・藤井(1995)	A
AT16	安芸内海(広島)	132°43' 06.3" E, 34°19' 32.4" N	中島・藤井(1995)	B
AT17	蒜山1(岡山)	133°40' 52.2" E, 35°17' 49.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT18	蒜山2(岡山)	133°41' 18.5" E, 35°17' 35.7" N	中島・藤井(1995)	A
AT19	蒜山3(岡山)	133°41' 23.4" E, 35°17' 10.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT20	蒜山4(岡山)	133°41' 24.4" E, 35°17' 05.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT21	栃本(兵庫)	134°41' 44.9" E, 35°29' 28.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT22	篠山(兵庫)	135°08' 17.7" E, 35°00' 52.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT23	網野(京都)	135°06' 12.0" E, 35°44' 13.7" N	中島・藤井(1995)	A
AT24	大和白石(奈良)	135°56' 24.4" E, 34°35' 39.8" N	中島・藤井(1995)	A
AT25	恩行司(和歌山)	135°36' 39.2" E, 33°54' 44.6" N	中島・藤井(1995)	A
AT26	三尾川(和歌山)	135°40' 54.1" E, 33°32' 58.9" N	中島・藤井(1995)	A
AT27	鈴鹿峠1(滋賀)	136°16' 01.3" E, 34°52' 05.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT28	鈴鹿峠2(三重)	136°16' 06.3" E, 34°51' 01.0" N	中島・藤井(1995)	A
AT29	野田(愛知)	137°12' 29.7" E, 34°39' 03.1" N	中島・藤井(1995)	B
AT30	小坂井(愛知)	137°20' 47.6" E, 34°49' 54.3" N	中島・藤井(1995)	A
AT31	早瀬(福井)	135°56' 35.0" E, 35°35' 27.7" N	中島・藤井(1995)	A
AT32	織田1(福井)	136°03' 22.9" E, 35°56' 45.4" N	中島・藤井(1995)	B
AT33	織田2(福井)	136°03' 22.9" E, 35°56' 49.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT34	三国1(福井)	136°12' 51.4" E, 36°13' 26.2" N	中島・藤井(1995)	A
AT35	三国2(福井)	136°10' 31.8" E, 36°14' 54.3" N	中島・藤井(1995)	A
AT36	北潟(福井)	136°11' 10.0" E, 36°15' 11.4" N	中島・藤井(1995)	B
AT37	福光(富山)	136°51' 32.5" E, 36°31' 02.4" N	中島・藤井(1995)	A
AT38	城端(富山)	136°55' 22.5" E, 36°32' 12.5" N	中島・藤井(1995)	B
AT39	千垣(富山)	137°22' 29.9" E, 36°34' 19.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT40	小見(富山)	137°25' 55.8" E, 36°34' 35.5" N	中島・藤井(1995)	A
AT41	三才山(長野)	138°00' 44.2" E, 36°15' 34.1" N	中島・藤井(1995)	A
AT42	信濃柏原(長野)	138°12' 18.2" E, 36°47' 28.4" N	中島・藤井(1995)	B
AT43	妙高山(新潟)	138°04' 22.5" E, 36°52' 03.1" N	中島・藤井(1995)	B
AT44	赤倉(新潟)	138°11' 49.9" E, 36°51' 14.8" N	中島・藤井(1995)	B
AT45	泰久寺3(鳥取)	133°43' 46.5" E, 35°22' 21.8" N	藤井・中島(1998)	A
AT46	関金宿3(鳥取)	133°45' 37.7" E, 35°22' 38.5" N	藤井・中島(1998)	A
AT47	蒜山5(岡山)	133°41' 11.5" E, 35°17' 32.0" N	藤井・中島(1998)	A
AT48	蒜山6(岡山)	133°41' 27.4" E, 35°17' 58.9" N	藤井・中島(1998)	B
AT49	岩崎(宮崎)	131°22' 29.0" E, 32°02' 56.4" N	藤井・中島(1998)	A
AT50	猪苗代(福島)	140°04' 12.6" E, 37°34' 00.7" N	藤井・中島(1998)	A

三瓶木次テフラ(SK)				
地点番号	地点名	試料採取地点(経度・経度)	文 献	タイプ
SK1	越前森田(福井)	136°08' 33.1" E, 36°08' 22.2" N	藤井・中島(1998)	B
SK2	能登飯田1(石川)	137°19' 10.3" E, 37°26' 49.2" N	藤井・中島(1998)	A
SK3	能登飯田2(石川)	137°20' 42.2" E, 37°28' 00.2" N	藤井・中島(1998)	A
SK4	能登飯田3(石川)	137°17' 25.1" E, 37°28' 07.1" N	藤井・中島(1998)	B
SK5	輪島1(石川)	136°55' 09.0" E, 37°23' 08.5" N	藤井・中島(1998)	A
SK6	輪島2(石川)	136°55' 36.5" E, 37°23' 26.0" N	藤井・中島(1998)	A

表 1. (つづき)

大山倉吉テフラ (DKP)

地点番号	地点名	試料採取地点 (経度・経度)	文 献	タイプ
DK1	鳥取北部 (鳥取)	134°14′ 23.1″ E, 35°32′ 19.4″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK3	関金宿 (鳥取)	133°46′ 01.6″ E, 35°22′ 36.9″ N	藤井・中島 (1998)	B
DK4	泰久寺 1 (鳥取)	133°43′ 36.6″ E, 35°22′ 25.1″ N	藤井・中島 (1998)	B
DK5	泰久寺 2 (鳥取)	133°43′ 46.5″ E, 35°22′ 21.8″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK6	泰久寺 3 (鳥取)	133°42′ 39.3″ E, 35°22′ 01.1″ N	藤井・中島 (1998)	B
DK7	網野 1 (京都)	135°07′ 03.0″ E, 35°44′ 18.5″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK8	網野 2 (京都)	135°07′ 03.0″ E, 35°44′ 18.5″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK9	網野 3 (京都)	135°06′ 12.0″ E, 35°44′ 13.7″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK10	織田 1 (福井)	136°03′ 22.9″ E, 35°56′ 49.5″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK11	織田 2 (福井)	136°04′ 24.2″ E, 35°55′ 24.3″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK12	越前蒲生 (福井)	136°06′ 23.0″ E, 36°00′ 52.8″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK13	北潟 (福井)	136°12′ 08.2″ E, 36°15′ 19.6″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK14	五百石 (富山)	137°19′ 56.6″ E, 36°35′ 45.7″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK15	関山 (新潟)	138°10′ 46.1″ E, 36°55′ 59.2″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK16	信濃相原 (長野)	138°12′ 21.6″ E, 36°48′ 51.9″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK17	替佐 1 (長野)	138°16′ 42.9″ E, 36°48′ 44.6″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK18	替佐 2 (長野)	138°16′ 43.9″ E, 36°48′ 39.7″ N	藤井・中島 (1998)	A
DK19	磐梯山 (福島)	140°06′ 18.9″ E, 37°35′ 21.1″ N	藤井・中島 (1998)	A

鬼界アカホヤテフラ (K-Ah)

地点番号	地点名	試料採取地点 (経度・経度)	文 献	タイプ
KA1	湯坪 1 (大分)	131°14′ 39.7″ E, 33°09′ 31.5″ N	藤井・中島 (1998)	A
KA2	湯坪 2 (大分)	131°13′ 49.4″ E, 33°07′ 32.8″ N	藤井・中島 (1998)	A
KA3	湯坪 3 (大分)	131°13′ 57.1″ E, 33°06′ 55.4″ N	藤井・中島 (1998)	A

阿蘇4テフラ (Aso-4)

地点番号	地点名	試料採取地点 (経度・経度)	文 献	タイプ
AS1	黒崎 (石川)	136°17′ 38.7″ E, 36°20′ 15.4″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS2	高野 (長野)	138°02′ 37.4″ E, 36°32′ 48.3″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS3	上野原 (山梨)	139°07′ 37.0″ E, 35°36′ 18.6″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS4	小山 (静岡)	139°00′ 05.0″ E, 35°22′ 25.9″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS5	西那須野 (栃木)	139°58′ 35.1″ E, 36°54′ 27.6″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS6	葉山 (福島)	140°05′ 47.7″ E, 37°33′ 55.8″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS7	松原湖 (福島)	140°02′ 55.9″ E, 37°39′ 39.7″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS8	鳴子 (宮城)	140°44′ 26.6″ E, 38°49′ 27.5″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS9	小清水 (北海道)	144°26′ 36.0″ E, 43°53′ 59.7″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS10	網走 (北海道)	144°23′ 06.3″ E, 43°51′ 07.9″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS11	女満別 (北海道)	144°09′ 12.0″ E, 43°52′ 36.9″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS12	浅内 (秋田)	140°02′ 30.5″ E, 40°08′ 58.4″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS13	安田 (秋田)	139°51′ 03.5″ E, 39°58′ 09.2″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	B
AS14	伊香立 (滋賀)	135°52′ 54.8″ E, 35°08′ 05.6″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS15	信楽 (滋賀県)	136°04′ 02.3″ E, 34°55′ 19.5″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	B
AS16	美穂 (新潟)	138°42′ 08.3″ E, 36°58′ 40.3″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
AS17	大谷内 (新潟)	138°36′ 46.1″ E, 36°56′ 50.3″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A

宇部火山灰層下部 (PY)

地点番号	地点名	試料採取地点 (経度・経度)	文 献	タイプ
PY1	角力場	131°23′ 54.1″ E, 34°19′ 15.8″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	C
PY2	芝尾	131°17′ 41.9″ E, 34°16′ 26.9″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
PY3	田ノ小野	131°17′ 27.1″ E, 34°02′ 47.8″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
PY4	岡	131°20′ 38.0″ E, 34°00′ 43.8″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
PY5	岩永市 1	131°17′ 41.6″ E, 34°10′ 50.0″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
PY8	二反田	131°21′ 30.0″ E, 34°17′ 36.1″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	A
PY10	花香	131°19′ 02.1″ E, 34°05′ 51.2″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	C
PY11	荒瀬 1	131°17′ 46.6″ E, 34°03′ 33.5″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	C
PY12	仙在	131°20′ 00.2″ E, 33°59′ 47.8″ N	Fujii <i>et al.</i> (2002)	C

少し下にあるため、熱消磁図でIRM強度が急に減少するところを読みとることにより、試料中に含まれるいくつかの磁性鉱物のキュリー温度を推定できる。したがって、段階的IRM獲得実験だけでは磁性鉱物を同定できない場合でも、hard (高抗磁力)・medium (中抗磁力)・soft (低抗磁力)成分に分けた消磁曲線からキュリー温度を推定して、含まれている磁性鉱物を同定することが可能になる。

IRM強度はSMM-85型スピナー磁力計で測定した。熱消磁にはDEM-8602型温度コントローラーを持つTMS-92S型熱消磁装置(夏原技研製)を使用した。どちらも3層の円筒μ-メタルによって、外部磁場は10nT以下に遮断されている。

熱消磁は50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 530, 560, 590, 620, 650, 680, 710 (単位はいずれも)の17段階で行った。合成試料はもろくて崩れやすいため、100まではプラスチック・キューブに入れたまま実験を行い、その後プラスチック・キューブを切りはずした。

5. 結果と考察

図1の左はIRM獲得図で、右は熱消磁図である。熱消磁図は、soft・medium・hard成分に分けてIRM強度の変化を示している。すなわち、soft成分の変化は120mT以下の低抗磁力を持つ磁性鉱物の消磁特性を、medium成分の変化は120~400mTまでの中抗磁力を持つ磁性鉱物の消磁特性を、hard成分の変化は400~3000mTまでの高抗磁力を持つ磁性鉱物の消磁特性を表している。

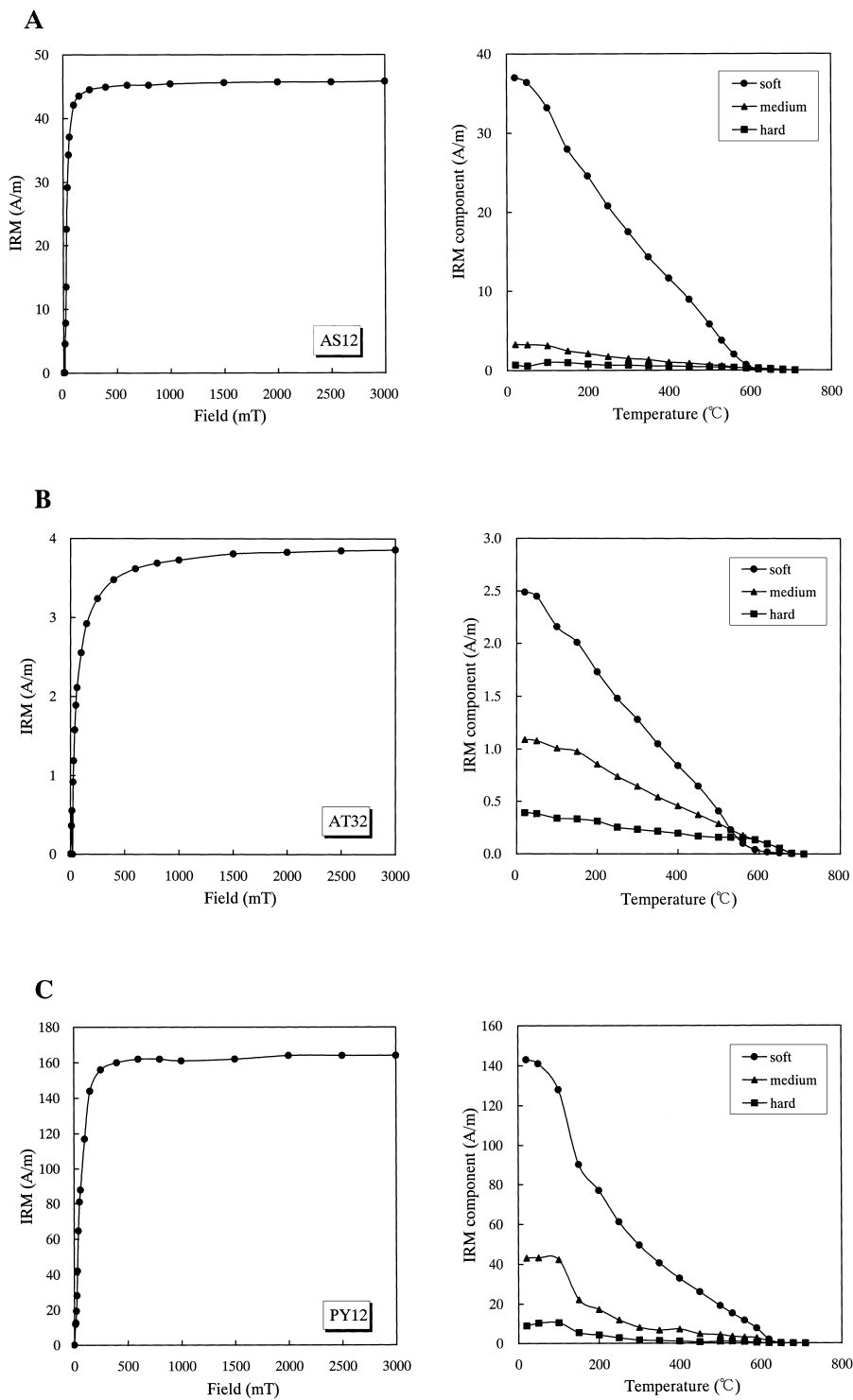
火山灰試料のIRM実験結果は次のA, B, Cの三つのタイプに分けられる。

Aタイプ(図1A)では、IRM獲得曲線は急速に立ち上がり、磁場100mTで飽和磁化の8割以上を獲得、500mTではほとんど飽和に達する。熱消磁図からもsoft成分が圧倒的に多く、medium成分とhard成分はほとんどないことが明らかである。また、580 で磁化は完全に消失している。これらの特徴からAタイプとした試料中の磁性鉱物はチタノマグネタイトとマグネタイトであると推定できる。K-Ahの全て、Aso-4の9割、ATとDKPの8割、SKの6割およびPYの5割がこのタイプであった。

Bタイプ(図1B)では、Aタイプと比べるとIRM獲得曲線の立ち上がりが緩やかであり、磁場400mTで飽和磁化の8割以上を獲得するが、3000mTでも飽和しない。高抗磁力を持つ磁性鉱物が含まれていることを示している。熱消磁図からも、Aタイプと比べるとmedium成分とhard成

図 1. IRM獲得図(左)および三成分IRMの熱消磁図(右)。AS12, AT32, PY12は地点番号(表1)。

A: soft成分が大部分でmediumとhard成分がほとんど見られないもの(Aタイプ), B: 比較的mediumとhard成分が多く見られ、ヘマタイトが含まれるもの(Bタイプ), C: 比較的mediumとhard成分が多く見られ、ヘマタイトは含まれずゲーサイトが含まれるもの(Cタイプ)。



分が多いことが明らかである。それらの磁化は680 まで残っているため、ヘマタイトが含まれていると推定できる。さらに、熱消磁図から200 付近にキュリー温度のある鉱物が含まれていると読みとれる。この他に、ヘマタイトが認められる火山灰で、100 や300 付近にキュリー温度を持つゲーサイトやピロタイトを含むものもBタイプとした。火山灰試料中の一次磁化を担う磁性鉱物はおそらくチタノマグネタイトやマグネタイトと考えられ、Bタイプの火山灰中に含まれるヘマタイトやゲーサイトあるいはピロタイトは風化や水による変成作用によって生じた二次的な鉱物と思われるが、量が少ないため磁化方位には影響していないと考えている。Aso-4の1割、ATとDKPの2割およびSKの3割にこのタイプがみられた。

Cタイプ(図1C)のIRM獲得曲線は、Bタイプとほぼ同じ傾向を示し、高抗磁力を持つ磁性鉱物が含まれていることを示している。熱消磁図ではmedium成分の多いことが目立つ。しかし、磁化は580 で消失しているのでヘマタイトは含まれていない。medium成分とhard成分は、100 付近で消磁曲線の傾きが急激に変化することからゲーサイトが含まれているものと推定できる。このタイプはPYにだけみられるため(PYの4割)、火砕流堆積物の特徴かも知れないと考えている。火砕流堆積物は堆積時にゲーサイトが生成された可能性もあるため、このタイプのゲーサイトを二次的鉱物であるとは断定できない。

結論として、今回IRM実験を行った第四紀広域テフラの火山灰試料の一次磁化を担う磁性鉱物は、溶結凝灰岩と同様にチタノマグネタイトやマグネタイトであることが明らかになった。

謝辞 本研究を進めるにあたり、富山大学理学部の広岡公夫教授、酒井英男教授、神戸大学理学部の乙藤洋一郎教授、福井大学教育地域科学部の服部 勇教授、山本博文助教授には多くのご援助・ご助言をいただいた。福井大学教育学部の学生であった杉原 慈氏、安井さゆり氏には測定を補助していただいた。以上の方々に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 藤井純子・中島正志, 1998, 第四紀広域テフラの古地磁気方位. 福井大学教育学部紀要, , no.51, 47-60 .
藤井純子・中島正志・石田志朗・松尾征二, 2000, 山口県に分布する阿蘇4テフラの古地磁気方位. 第四紀研究, 39, 227-232 .
Fujii, J., T. Nakajima, and H. Kamata, 2001, Paleomagnetic directions of the Aso pyroclastic-flow and the Aso-4 co-ignimbrite ash-fall deposits in Japan. *Earth Planets Space*, 53, 1137-1150.
Fujii, J., T. Nakajima, and K. Hirooka, 2002, The geomagnetic field 's configuration over the Japanese Islands at the time when the Aso-4 tephra was deposited. *Mem. Fukui Prefectural Dinosaur Museum*, no.1, 63-91.
広岡公夫, 1988, 古地磁気・考古地磁気編年による年代推定. 地質学論集, no.29, 305-318 .
Hirt, A. M., and W. Lowrie, 1988, Paleomagnetism of the Umbrian-Marches orogenic belt. *Tectonophysics*, 146,

91-103.

Lowrie, W., 1990, Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys. Res. Lett.*, 17, 159-162.

Márton, E., P. Márton, and F. Heller, 1980, Remanent magnetization of a Pliensbachian limestone sequence at Bakonycsérnye (Hungary). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 48, 218-216.

中島正志・藤井純子，1995，始良Tnテフラの古地磁気方位．第四紀研究，34，297-307．

中島正志・藤井純子，1998，阿蘇4火山灰および阿蘇火砕流堆積物の古地磁気方位．第四紀研究，37，371-383．