

東海層群に挟在するZnp-大田テフラ層の古地磁気再検討

星 博幸*・出口久美子**+

Re-examination of the paleomagnetism of the Znp-Ohta tephra bed in the Tokai Group

Hiroyuki Hoshi* and Kumiko Deguchi**+

(Abstract)

We describe paleomagnetic results for the Znp-Ohta tephra bed (ca. 3.9 Ma) in the Tokai Group from two localities: Ohtani of Tokoname City, Aichi Prefecture (local name: Ohtani volcanic ash bed) and Akogi of Tsu City, Mie Prefecture (local name: Akogi volcanic ash bed). Analysis of stepwise demagnetization data yielded tilt-corrected site-mean remanence directions: $D = 194.9^\circ$, $I = -46.0^\circ$, $\alpha_{95} = 2.9^\circ$ for an ash-fall deposit at the lowermost horizon of the Ohtani volcanic ash bed; $D = 178.5^\circ$, $I = -49.2^\circ$, $\alpha_{95} = 7.2^\circ$ for an unknown horizon of the Akogi volcanic ash bed. The precisely determined site-mean direction for Ohtani is statistically different from that reported previously. The Ohtani direction is similar to that recently published for the PM volcanic ash bed (Znp-Ohta tephra in the Himi area, Toyama Prefecture), implying little or no relative rotation between these two areas. On the other hand, there is a significant difference between the direction for the Akogi ash bed and those for the Ohtani and PM. Thus, it is possible that relative vertical-axis rotation of about 10–20° has occurred between Akogi and the other two areas (Ohtani and Himi) since 3.9 Ma.

はじめに

東海層群は後期中新世から更新世にかけて堆積した河川・湖沼性の堆積物からなり、多数のテフラ層を挟在している（例えば、Nakayama, 1994, 1996）。それらのうち、約 3.9 Ma（里口ほか, 2005; Tamura et al., 2008）に堆積した「大田テフラ層」（中山・吉川, 1995）または「Znp-大田テフラ層」（Kurokawa and Tomita, 1998）とよばれる珪長質テフラ層は、前期鮮新世の広域テフラ層として本邦のテフラ層序学において第一級の重要性を持つとされている（黒川, 2005; Tamura et al., 2008）。

本論で筆者らは、愛知県常滑市大谷および三重県津市阿漕の両地域（第1図）に分布する Znp-大田テフラ層（本論では便宜的にそれぞれ大谷火山灰層、阿漕火山灰層というローカルネームを使用する）の古地磁気方位を報告する。よく知られているように、テフラ層の古地磁気は堆積年代や地域間対比などの検討に有効である。大谷火山灰層については Otofujii et al. (1975) および Nakayama et al. (1995) が古地磁気方位を報告している。また、阿漕火山灰層の古地磁気方位は中山・吉川 (1990) によって報告されている。テフラが獲得する堆積残留磁化 (DRM) は時間とともに変動する地磁気の一瞬の記録であるため、地域間

* 愛知教育大学自然科学系理科教育講座。Department of Earth Sciences, Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542, Japan.

** 愛知教育大学卒業生。Graduate, Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542, Japan.

+ 現所属：愛知県知多郡武豊町立緑丘小学校。Midorigaoka Elementary school, Taketoyo, Aichi 470-2389, Japan.

原稿受付 2012年10月13日。Manuscript received Oct. 13, 2012.

原稿受理 2012年12月18日。Manuscript accepted Dec. 18, 2012.

キーワード：東海層群, Znp-大田テフラ層, 大谷火山灰層, 阿漕火山灰層, 古地磁気方位。

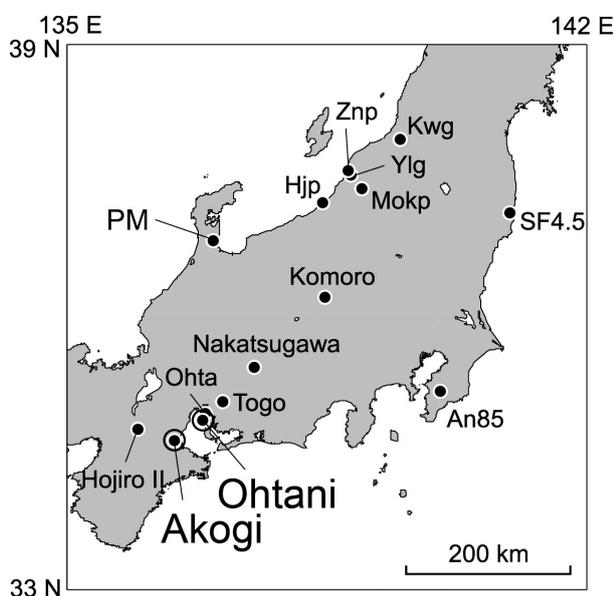
Key words : Tokai Group, Znp-Ohta tephra bed, Ohtani volcanic ash bed, Akogi volcanic ash bed, paleomagnetic direction.

第1表. 大谷火山灰層（愛知県常滑市），阿漕火山灰層（三重県津市），PM火山灰層（富山県氷見市）の古地磁気データ。

Table 1. Paleomagnetic data for the Ohtani (Tokoname, Aichi Pref.), Akogi (Tsu, Mie Pref.) and PM (Himi, Toyama Pref.) volcanic ash beds.

Tephra (Local name)	N (10^{-3} A/m)	J	D ($^{\circ}$)	I ($^{\circ}$)	Dc ($^{\circ}$)	Ic ($^{\circ}$)	α_{95} ($^{\circ}$)	k	Ref.
Ohtani	15	1.04	193.7	-52.9	194.9	-46.0	2.9	174.3	1
Ohtani	5	0.18			206.3	-60.1	13.4	33.4	2
Akogi	9	0.13	178.9	-51.2	178.5	-49.2	7.2	63.6	1
Akogi	8				174.6	-43.0	8.1	47.5	3
PM	6	0.25	192.6	-48.5	201.7	-50.3	6.6	173.0	4

N , number of specimens used to calculate site mean direction; J , intensity of natural remanent magnetization (NRM); D and I , *in situ* (tilt-uncorrected) declination and inclination; Dc and Ic , tilt-corrected declination and inclination; α_{95} , 95% confidence limit; k , precision parameter. Reference: 1, this study; 2, Nakayama *et al.* (1995); 3, Nakayama and Yoshikawa (1990); 4, Hoshi (2012).



第1図. 大谷火山灰層および阿漕火山灰層のサンプリング位置図。これらに対比される各地のテフラ層の代表的分布地（黒川, 2005）も示す。

Fig. 1. Map showing the sampling localities of the Ohtani and Akogi volcanic ash beds, along with representative localities of other correlative local tephra layers in central Japan (after Kurokawa, 2005).

距離が数十 km 以内の場合、原理的には同一テフラ層であれば同じ古地磁気方位を示すはずである。この原理を応用して、すでに対比が明らかになっている広域テフラ層の古地磁気方位を地域間で比較して地域間相対回転運動の検出を試みる研究が行われている (Iwaki and Hayashida, 2003)。しかし、先行研究によって報告されている大谷、阿漕両火山灰層の古地磁気方位は有意に異なっている (第1表)。同じ広域テフラ層であ

るにもかかわらず方位が大きく異なっているのは、(1) 地域間で 3.9 Ma 以後に大きな相対回転運動が起こった、(2) 方位の確度 (accuracy) が低い、のいずれかによるであろう。また、大谷火山灰層の方位は精度 (precision) が比較的低く (誤差が大きい)、現状では古地磁気方位に基づく地域間対比を精密に行うことができない。よって、筆者らはこれら2地域のテフラ層の古地磁気方位を再検討することにした。本論では今回新たに得られた古地磁気データを示し、その意義について議論する。

地質概説

東海層群に挟在する Znp-大田テフラ層は分布地によって異なる名称が与えられてきた。すなわち、岐阜県中津川市周辺の中津川 I & II 火山灰層 (陶土団体研究グループ, 1985, 1994)、名古屋市北方の上野火山灰層 (小牧団研グループ, 1971)、名古屋市東方の東郷火山灰層 (森, 1971a, b)、知多半島北部の大田火山灰層 (糸魚川, 1971)、同半島中・南部の大谷火山灰層 (牧野内, 1975)、三重県中勢地方の阿漕火山灰層 (森, 1971a) である。これらのテフラ層が対比可能であることは森 (1971a, b) によって指摘され、その後多くの研究によって対比が支持されている (牧野内, 1975; 吉田, 1987, 1989; 中山・古澤, 1989; 吉川ほか, 1991; Nakayama *et al.*, 1994 など)。中津川 I & II 火山灰層には火砕流堆積物が含まれ (Nakayama *et al.*, 1994)、東海層群分布域の東～北東に給源火山があった可能性が高い。及川ほか (2005) は長野県小諸市周辺に分布する小諸層群中に Znp-大田テフラ層に

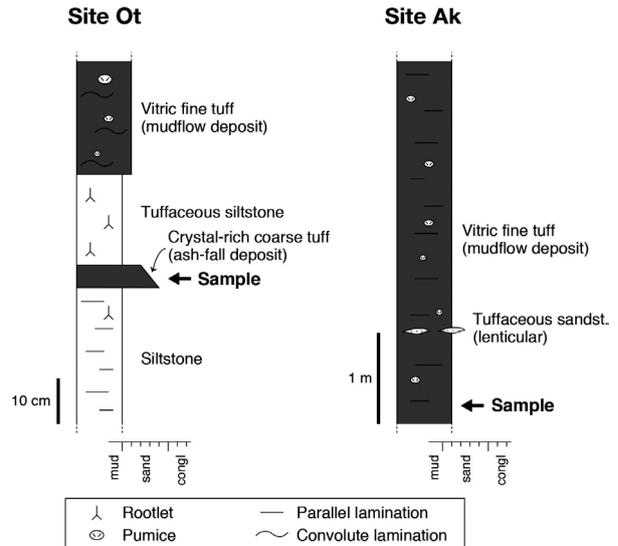


第2図. 大谷火山灰層 (地点 Ot) および阿漕火山灰層 (地点 Ak) のサンプリング位置図。電子国土 Web システム (国土地理院によって開発・提供) の地形図を使用。

Fig. 2. Sampling locations of the Ohtani and Akogi volcanic ash beds (sites Ot and Ak, respectively), with base maps from Digital Japan Web System (Denshi Kokudo) provided by Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Site Ot: 34°50' 48.7" N, 136°51' 47.8" E. Site Ak: 34°41' 48.0" N, 136°29' 2.8" E.

対比できる火砕岩層 (U-1 火砕岩層) を認定したが、これは火砕流堆積物である可能性が高く、厚さも十数 m 以上に達することから、Znp- 大田テフラ層の給源が小諸周辺にあった可能性が指摘されている (及川ほか, 2005)。これらの火山灰層からは 4 Ma 前後のフィッシュ・トラック年代が多数報告されている (中山・吉川, 1995 のレビューを参照)。里口ほか (2005) は房総半島における Znp- 大田テフラ層 (ローカルネーム: An85) の詳細な層序学的検討によって、堆積年代が約 3.9 Ma であることを示した。古地磁気は逆極性であり (中山・吉川, 1990; Nakayama et al., 1994, 1995)、Gilbert 逆磁極期の後半に堆積したと考えられる。

大谷火山灰層は常滑市大谷北西の海食崖 (地点 Ot, 第2図) に良好な露頭があり、ここが本火山灰層の模



第3図. 地点 Ot および地点 Ak における試料採取層準。

Fig. 3. Graphic logs showing sampled stratigraphic horizons at sites Ot and Ak.

式地になっている (牧野内, 1975)。層準は東海層群布土層 (牧野内, 1975) の中部である。この露頭における大谷火山灰層の厚さは約 3.8 m で、最下部に厚さ約 5 cm の降下火山灰堆積物 (第3図: 中山・吉川, 1995 および Nakayama and Yoshikawa, 1997 の堆積相 A) を伴うが、大部分は泥流堆積物 (上記研究の堆積相 C, 厚さ約 3.6 m) からなる。最下部の降下火山灰堆積物は粗粒な結晶質凝灰岩であり、級化構造を示す。大部分をなす泥流堆積物は大小のパミスや炭化木片を含むガラス質凝灰岩からなり、コンポリュート葉理が発達する。パミスは最大で直径約 10 cm に達し、側方への連続性に乏しいパミス濃集層がラミナに沿って発達している。最下部降下火山灰堆積物と泥流堆積物の間には厚さ約 20 cm の凝灰質シルト岩があり (上記研究の堆積相 G)、根痕が認められる。本火山灰層の上位には複数の亜炭層を伴う凝灰質砂岩が数 m 以上の厚さで重なっている (上記研究の堆積相 E と K)。本火山灰層および上位の凝灰質砂岩・亜炭互層には立ち木の化石も認められる。以上の観察から、本火山灰層堆積時の堆積環境としては氾濫原が推定される。本火山灰層の火山灰分析は中山・古澤 (1989) によって行われている。この露頭において地層は北東に緩く傾斜しており、走向と傾斜は N67° W, 7° NE である。古地磁気方位の傾動補正 (後述) にはこの走向・傾斜を用いる。

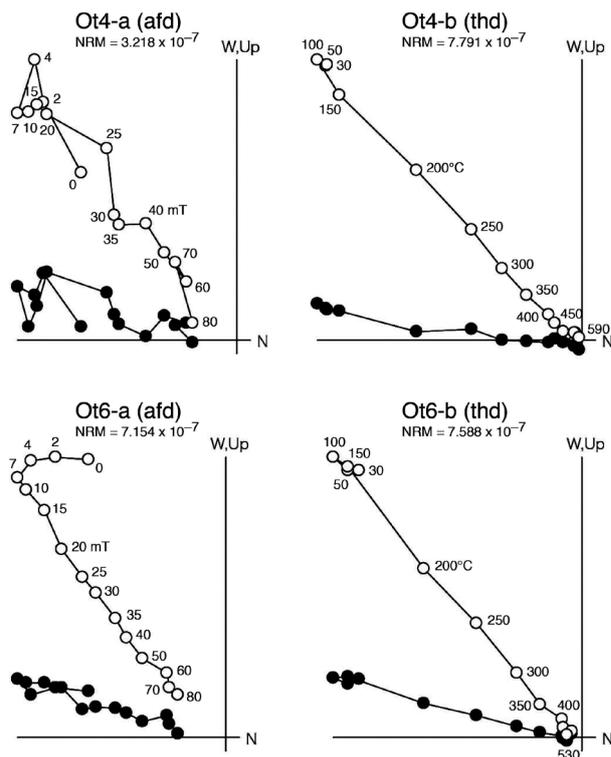
阿漕火山灰層は津市中心地から西～南西に 3～4 km 付近に厚く堆積しており (吉田ほか, 1995)、本研究では津市半田の南西約 1 km に位置する露頭 (地点

Ak, 第2図) から試料を採取した。本火山灰層の模式地は津市野田の泉ヶ丘団地南方約250 mとされているが(吉田, 1987), 現在は特別養護老人ホームが整備され消滅している。地点Akは模式地から南東に約2.3 kmである。この地点では, 露出している部分の厚さが約4 mで(第3図: 上限, 下限とも確認できない), 乳白色のガラス質凝灰岩からなり, 直径2~3 cm程度のパミスを含む。平行ラミナおよび斜交ラミナが認められ, 部分的に砂質になるレンズ状の薄層を伴う。よって泥流堆積物である可能性が高い。本火山灰層の火山灰分析は吉川・吉田(1989)によって行われている。露頭で本火山灰層の走向と傾斜を計測することはできないが, 吉田ほか(1995)の地質図から本地点周辺の走向・傾斜はN79°E, 2°Nと読み取ることができる。

試料と方法

地点Ot(大谷火山灰層)およびAk(阿漕火山灰層)から残留磁化測定用の試料を採取した(第2図, 第3図)。大谷火山灰層は最下部の降下火山灰堆積物を採取した。阿漕火山灰層はAkにおいて上限, 下限を確認できなかったため採取層準は不明であるが, 最下部または最上部ではない。試料採取には充電式電気ドリルを使用し, 直径25 mm, 長さ100 mm程度のコアをOtでは8本, Akでは10本採取した。コアの定方位付けには磁気コンパスを使用した。採取したコアを実験室に持ち帰り, 1本のコアから高さ22~23 mmの測定用試料を岩石カッターを用いて2~3個切り出した。

残留磁化測定では, Otの8個, Akの10個の試料に対して段階熱消磁(ThD)を適用した。また, Otの8個, Akの3個の試料に対しては段階交流消磁(AFD)も適用した。残留磁化の測定には夏原技研ASPINスピナー磁力計を用いた。磁力計のノイズレベル(ブランク測定値)は約 0.02×10^{-3} A/mであった。ThDは試料の自然残留磁化(NRM)を測定後, Schonstedt TSD-1熱消磁装置(夏原技研によりコントローラー部を更新)を用いて空気中で段階的に消磁温度を上げ(500°Cまでは50°C刻み, それ以上は30°C刻み), 消磁と残留磁化測定を行った。空気中加熱による鉱物の磁気的変質をモニターするために, 各消磁ステップで初磁化率(帯磁率)を測定した。測定にはBartington MS2初磁化率計を使用した。AFDでも最初に試料のNRMを測定, その後 Schonstedt GSD-5交流消磁装置(夏原技研により電源・制御部とタンブラーを更新)を用いて10ステップ以上の消磁レベル(最高80 mT)で

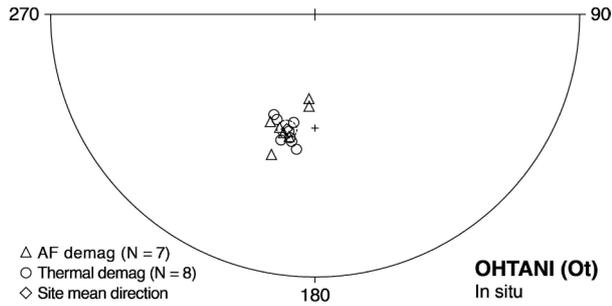


第4図. 大谷火山灰層最下部, 降下火山灰堆積物の段階消磁例(地点Ot, 直交投影図)。黒丸と白丸はそれぞれ残留磁化ベクトルの水平面投影およびN-S鉛直面投影。NRM(自然残留磁化)強度は質量規格強度(単位: Am^2/kg)。

Fig. 4. Orthogonal (Zijderveld) plots showing examples of stepwise demagnetization results from an ash-fall deposit at the lowermost horizon of the Ohtani volcanic ash bed (site Ot). Solid (open) circles indicate projections of vector-endpoints onto the horizontal (N-S vertical) planes, respectively. Intensity of NRM (natural remanent magnetization) in mass magnetization (Am^2/kg).

消磁と残留磁化測定を行った。

測定後, 段階消磁結果を直交投影図, 等積投影図, 消磁強度曲線に示し, 残留磁化成分の認定を試みた。直交投影図上で原点に向かって直線的に減衰する固有磁化成分(特徴磁化成分)が認められた試料については, Kirschvink(1980)の主成分解析を適用して固有磁化成分方位および直線性の目安となる最大角偏差(MAD)を決定した。段階消磁の進行に伴って方位が変化し, 等積投影図上で弧状の軌跡を描いた試料については, Kirschvink(1980)の方法によって最適消磁大円の極を決定した。最終的に, 地点平均方位は, 固有成分のみから求める場合(Otが該当)は通常の方法(試料方位を長さ1の単位ベクトルとして平均方位を計算する方法)で, 最適消磁大円を含めて求める場合(Akが該当)はMcFadden and McElhinny(1988)の大円法で決定した。95%信頼限界半径(α_{95})と集中度



第5図. 大谷火山灰層 (地点 Ot) の試料固有磁化成分方位. 等積投影図, 上半球投影, 傾動補正前 (*in situ*). 地点平均方位のまわりの楕円は 95% 信頼円 (半径 α_{95}) を示す. +印は逆極性の地心軸双極子磁場方位 ($D = 180.0^\circ$, $I = -54.3^\circ$).

Fig. 5. Characteristic remanence (ChRM) component directions of specimens from the Ohtani volcanic ash bed (site Ot). Upper-hemisphere equal-area projection in geographic (*in situ*) coordinates. The surrounding oval around the site-mean direction shows the area of 95% confidence (radius α_{95}). The cross is the geocentric axial dipole field direction of reversed polarity ($D = 180.0^\circ$, $I = -54.3^\circ$).

パラメータ (k) の算出は Fisher (1953) の方法によった.

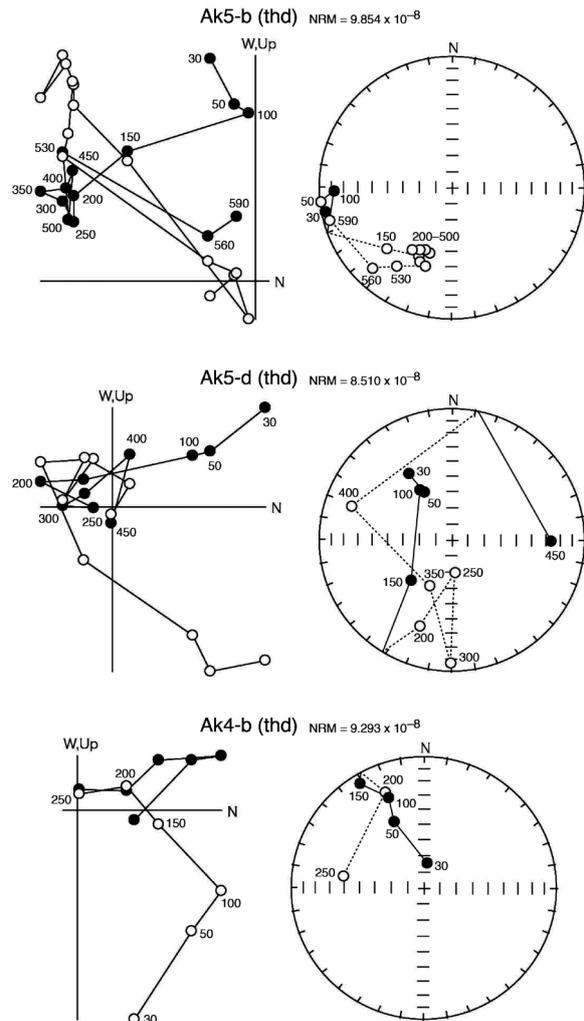
結果

1) 大谷火山灰層

代表的な段階消磁結果を第4図に示す. すべての試料に粘性残留磁化 (VRM) と推定される不安定な磁化成分が認められたが, それらは固有磁化成分 (後述) に比べると小さく, 7 mT あるいは 150°C までの消磁で完全に消去された. ほとんどの試料から逆極性の固有磁化方位が分離された. 同一コアから切り出されたシスター試料について ThD と AFD で現れた固有磁化成分を比較すると, 両者は類似した方位を持っていた. 1 試料 (Ot5-a) のみ, 残留磁化ベクトルが不安定な挙動を示し, 固有磁化成分が分離されなかった.

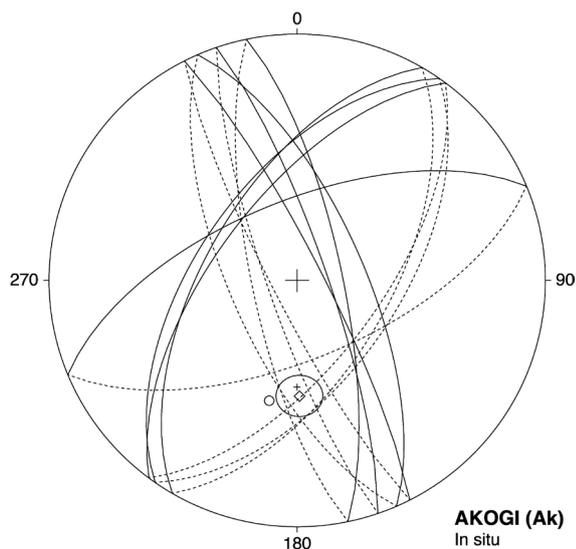
ThD と AFD で決定された 15 試料の固有磁化方位を第5図に示す. それぞれの消磁法で決定された方位はよく似ており, ThD の平均方位と AFD の平均方位は 95% の信頼度で差があるとは言えない. 15 試料の平均方位は, 地層の傾動を補正しない状態 (*in situ*) で $D = 193.7^\circ$, $I = -52.9^\circ$, $\alpha_{95} = 2.9^\circ$ となった (第1表). 傾動を補正すると $D = 194.9^\circ$, $I = -46.0^\circ$ になる. 筆者らはこの方位を大谷火山灰層最下部の降下火山灰堆積時の古地磁気方位とみなすことにする. なお, 15 試料の NRM 強度の平均値は $1.04 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ であった.

2) 阿漕火山灰層



第6図. 阿漕火山灰層の段階熱消磁例 (地点 Ak, 直交投影図). 直交投影図の印等は第4図と同じ. 強度は質量規格強度 (単位: Am^2/kg). 等積投影図で, 黒丸と白丸はそれぞれ下半球および上半球に投影される方位を表す. 上段: 試料 Ak5-b の結果. 直交投影図で原点に向かって減衰するほぼ直線的な成分が確認される. 中段, 下段: 逆極性の初生磁化に正極性の大きな二次磁化が重なっていると考えられる例. 等積投影図において, 室温から 200°C まで大円に沿うように方位が系統的に変化. 200°C よりも高温では磁化ベクトルの挙動が不規則になった.

Fig. 6. Examples of stepwise thermal demagnetization results from the Akogi volcanic ash bed (site Ak). See Fig. 4 for symbols of the orthogonal projections. Intensity of NRM (natural remanent magnetization) in mass magnetization (Am^2/kg). On the equal-area projections, solid (open) circles denote directions in the lower (upper) hemisphere. (Upper) Demagnetization behavior of specimen Ak5-b showing a roughly linear component toward the origin of the orthogonal diagram. (Middle, Lower) Results suggesting a reversed-polarity primary component with a superimposed larger normal-polarity secondary remanence. From room temperature to 200°C, the direction changed systematically so that it moved along a great circle on the equal-area diagram; above 200°C the behavior became erratic.

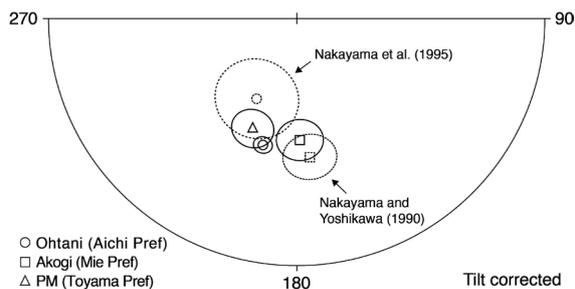


第7図. 阿漕火山灰層（地点Ak）について決定された逆極性の地点平均方位（◇）と95%信頼限界円。大円法（McFadden and McElhinny, 1988）を用いて決定。等積投影図，傾動補正前（*in situ*）。丸印は試料Ak5-bの固有磁化成分方位を示す（第6図を参照）。最適消磁大円は実線が下半球投影，破線が上半球投影で，段階消磁に伴って系統的に変化した磁化ベクトルの解析によって決定された。+印は逆極性の地心軸双極子磁場方位（ $D = 180.0^\circ, I = -54.3^\circ$ ）。

Fig. 7. Reversed-polarity site-mean direction (open diamond) and its 95% confidence limit for the Akogi volcanic ash bed (site Ak), calculated with the great circle method of McFadden and McElhinny (1988). Equal-area projection in the geographical (*in situ*) coordinate. The open circle is the characteristic remanence direction of specimen Ak5-b (see Fig. 6). Remagnetization great circles (solid, lower hemisphere; dashed, upper hemisphere) were determined by least square analysis of remanence vectors that changed systematically during the course of stepwise demagnetization. The cross is the geocentric axial dipole field direction of reversed polarity ($D = 180.0^\circ, I = -54.3^\circ$).

残留磁化は全体として不安定であり，固有磁化成分を分離できたのはわずか1試料のみであった（Ak5-b: 第6図上段）。この試料には比較的大きな二次磁化が付着していたが，それは200℃までに消磁され，それ以上の温度で逆極性の固有磁化成分が認められた。300℃～590℃の範囲で主成分方位を求めると $D = 193.0^\circ, I = -48.5^\circ, MAD = 16.3^\circ$ （傾動補正後 $D = 191.9^\circ, I = -46.8^\circ$ ）となり，直線性が良いとは言えないが大谷火山灰層の平均方位（上述）とよく似ている。

他の8試料の残留磁化は，消磁の進行に伴い等積投影図上で大円に沿うような方位変化を示した。第6図の中段と下段にはAk5-dとAk4-bの例を示した。これら8試料については最適消磁大円を求め，上記1試料の固有磁化成分方位と合わせて大円法によって地点平



第8図. 大谷火山灰層，阿漕火山灰層，PM火山灰層の地点平均方位の比較。等積投影図，上半球投影，傾動補正後。データは第1表を参照。先行研究（中山・吉川，1990；Nakayama et al., 1995）によって報告された方位も破線で示してある。

Fig. 8. Comparison of site-mean directions for the Ohtani, Akogi and PM volcanic ash beds. Upper-hemisphere equal-area projection in stratigraphic (tilt-corrected) coordinates. See Table 1 for data. Directions reported by Nakayama and Yoshikawa (1990) and Nakayama et al. (1995) are also indicated.

均方位を求めた（第7図）。その結果，*in situ*で $D = 178.9^\circ, I = -51.2^\circ, \alpha_{95} = 7.2^\circ$ ，傾動補正後は $D = 178.5^\circ, I = -49.2^\circ$ となった（第1表）。大円法で古地磁気方位を求める場合，一般に固有磁化方位が少ないほど平均方位の信頼度は低いと考えられる。今回は固有磁化方位がわずか1つしかないため，平均方位の信頼度は決して高いとは言えない。しかし，8つの最適消磁大円は姿勢が大きく異なっており，それらの収束域は固有磁化方位の近くにある。そのため，本火山灰層の古地磁気方位が逆極性で，偏角が南よりで伏角が -50° 程度であることは間違いないと考えられる。なお，9試料のNRM強度の平均値は $0.13 \times 10^{-3} \text{ A/m}$ であり，大谷火山灰層のNRM強度の約1/10であった。

考 察

今回決定された大谷火山灰層の古地磁気方位は，先行研究（Nakayama et al., 1995）によって報告された同火山灰層の方位と有意に異なっている（第8図）。中山らが報告した方位の偏角はSSW，伏角は約 -60° であり，偏角は本研究で決定された方位のそれと似ているが，伏角は本研究のそれと比べてかなり大きい。また，中山らの方位は95%信頼限界（ α_{95} ）が大きい。 α_{95} が大きいのは残留磁化強度が磁力計のノイズレベルに近いとされている。しかし，今回測定した降下火山灰堆積物のNRM強度（第1表）は珪長質降下テフラとしては決して小さいわけではない。中山らの

正確な試料採取位置および層準が不明であるため、中山らと本研究の間にこのような違いが生じた理由を追求するのは難しい。

中山らの一連の古地磁気研究(中山・吉川, 1990; Nakayama et al., 1995)は、東海層群の古地磁気層序の概要を明らかにし、層序の地域間対比や年代論に重要な知見を与えた。しかし、テクトニクス研究などの目的のために方位(偏角, 伏角)を重視する場合は、データの取扱いと解釈に注意が必要であろう。

Otofuji et al. (1975)は、知多半島の東海層群に挟むテフラ層8枚について古地磁気方位を報告したが、その中で大谷火山灰層の5地点(異なる5層準)の方位も記載している。位置図(Otofuji et al., 1975のFig. 1)を見る限り、大谷火山灰層の試料採取地点(特に彼らの地点T-3, 4, 5)は本研究の地点Ot(模式地)と同じかきわめて近い。AFDが適用され、残留磁化はスピナー磁力計で測定されている。5層準の伏角は比較的似ているが(-50°~-60°程度)、偏角は層序に沿って連続的に変化するように見える。Otofuji et al. (1975)はこの方位変化を堆積時の急速な地磁気変化を記録したものと解釈した。この解釈は大谷火山灰層が降下テフラであるという前提に立ったものである。しかし、大谷火山灰層は最下部に薄い降下火山灰堆積物(今回筆者らが測定した層準)があるものの、大部分は火砕物の泥流堆積物(陸上の火砕流堆積物が泥流や通常の河川・湖沼システムによる運搬・堆積作用で2次移動して形成されたもの)と考えられている(中山・吉川, 1995; Nakayama and Yoshikawa, 1997)。堆積は断続的かつ地質学的には瞬間的だったはずであり、そのような泥流堆積物が地磁気の急速な変化を層序的に連続して記録しているとは考えにくい。泥流堆積物にはコンポリュート葉理が顕著に発達しており、堆積同時変形が起こったと考えられる(中山・吉川, 1995; Nakayama and Yoshikawa, 1997)。堆積同時変形によってDRMが影響を受け、層序に沿ってほぼ連続的に変化するような残留磁化方位になった可能性が考えられる。葉理と残留磁化方位の関係を探るような古地磁気研究を行うことによって、この可能性を検証できるであろう。なお、傾動補正の有無が不明であるため、第1表および第8図にはOtofuji et al. (1975)の方位を示していない。

興味深いことに、今回決定された大谷火山灰層の方位と富山県氷見地域に分布するZnp-大田テフラ層(ローカルネームはPM火山灰層)の古地磁気方位(星, 2012)はよく似ている(第8図)。PM火山灰層の方位

も大谷火山灰層と同様、偏角がSSWで伏角が-50°程度である(第1表)。この事実は、Znp-大田テフラ層が堆積した約3.9 Ma以降、両火山灰層の分布地域間で大きな(古地磁気方位の比較によって検出できる程度の)相対回転運動が起こっていないことを示唆する。ただし、PM火山灰層の方位は大円法によって決定されたものであるため、星(2012)も指摘しているように方位の取扱いには注意が必要である。

阿漕火山灰層については、今回決定された平均方位と先行研究(中山・吉川, 1990)によって報告された方位との間に大きな違いはなく(第1表, 第8図)、統計的にも両者は異なる方位であるとは言えない。上述のように今回決定された方位は大円法によるものであることに注意しなければならないが、大谷火山灰層およびPM火山灰層の方位に対して反時計回りセンスに偏向していることは興味深い。これは「大谷・氷見」と「阿漕」の間で約3.9 Ma以後に前者に対して後者が反時計回りに10°~20°程度回転するような地殻変動が起こった可能性を示唆する。この可能性を検証するには、阿漕火山灰層から(特に大谷火山灰層と同様に最下部から)より信頼性の高い古地磁気方位を取得する必要がある。

結 論

- 1) 大谷火山灰層最下部(厚さ5 cmの降下火山灰堆積物)について、高精度かつ信頼性の高い古地磁気方位が決定された。その方位は先行研究(Nakayama et al., 1995)によって報告された同火山灰層の方位と有意に異なっている。
- 2) 大谷火山灰層とPM火山灰層はよく似た古地磁気方位を示すことから、約3.9 Ma以降、大谷と氷見の間では相対回転運動が起こっていない可能性が高い。一方、阿漕火山灰層の方位(特に偏角)はこれらの火山灰層の方位と異なる。これは約3.9 Ma以降に「大谷・氷見」と「阿漕」の間で前者に対して後者が反時計回りに10°~20°程度回転するような地殻変動が起こった可能性を示唆する。

謝 辞

査読者から頂いた建設的なコメントは、本論文の改善に大きく役立った。本研究の一部は科研費(基盤(C), no. 23540532)によった。

引用文献

- Fisher, R., 1953. Dispersion on a sphere. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. A (Math. Phys. Sci.)*, **217**: 295–305.
- 星 博幸, 2012. 富山県氷見地域に分布する PM テフラ層の古地磁気方位. 愛教大研報 (自然科学), **61**: 49–53.
- 糸魚川淳二, 1971. 知多半島西北部知多町付近の常滑累層, 瀬戸層群の研究, その 2. 竹原平一教授記念論文集, 83–98.
- Iwaki, H. and Hayashida, A., 2003. Paleomagnetism of Pleistocene widespread tephra deposits and its implication for tectonic rotation in central Japan. *Island Arc*, **12**: 46–60.
- Kirschvink, J. L., 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, **62**: 699–718.
- 小牧団研グループ, 1971. 小牧市付近の矢田川累層, 瀬戸層群の研究, その 1. 竹原平一教授記念論文集, 69–82.
- 黒川勝己, 2005. テフラ学入門—野外観察から地球環境史の復元まで—. 地学双書 36, 地団研, 205p.
- Kurokawa, K. and Tomita, Y., 1998. The Znp-Ohta Ash: an early Pliocene widespread subaqueous tephra deposit in central Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **104**: 558–561.
- 牧野内 猛, 1975. 知多半島南部の常滑層群. 地質雑, **81**: 67–80.
- McFadden, P. L. and McElhinny, M. W., 1988. The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in palaeomagnetism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **87**: 161–172.
- 森 忍, 1971a. 瀬戸層群, 奄芸層群の火山灰層について—瀬戸層群の研究, その 3—. 竹原平一教授記念論文集, 99–111.
- 森 忍, 1971b. 名古屋市東部の瀬戸層群矢田川累層. 地質雑, **77**: 635–644.
- Nakayama, K., 1994. Stratigraphy and paleogeography of the Upper Cenozoic Tokai Group around the east coast of Ise Bay, central Japan. *J. Geosci., Osaka City Univ.*, **37**: 77–143.
- Nakayama, K., 1996. Depositional processes for fluvial sediments in an intra-arc basin: an example from the Upper Cenozoic Tokai Group in Japan. *Sediment. Geol.*, **101**: 193–211.
- 中山勝博・古澤 明, 1989. 瀬戸層群と常滑層群の火山灰層. 地質雑, **95**: 189–208.
- 中山勝博・吉川周作, 1990. 東海層群の古地磁気層序. 地質雑, **96**: 967–976.
- 中山勝博・吉川周作, 1995. 鮮新統広域テフラ層である大田テフラ層の堆積過程 (予報). 地球科学, **49**: 406–418.
- Nakayama, K. and Yoshikawa, S., 1997. Depositional processes of primary to reworked volcanoclastics on an alluvial plain; an example from the Lower Pliocene Ohta tephra bed of the Tokai Group, central Japan. *Sediment. Geol.*, **107**: 211–229.
- Nakayama, K., Yoshikawa, S. and Ito, T., 1995. Magnetostratigraphy of the Late Cenozoic Tokai Group in central Japan and its sedimentologic implications. *J. Southeast. Asian Earth Sci.*, **12**: 95–104.
- Nakayama, K., Yoshikawa, S., Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Kono, K., 1994. A pyroclastic flow deposit intercalated in the Upper Cenozoic Tokai Group, central Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **100**: 880–883.
- 及川輝樹・古澤 明・高橋 康, 2005. 中部日本, 小諸層群における鮮新世広域テフラ: 大杭層中の U-1 火砕流堆積物と Znp-大田テフラとの対比. 地質雑, **111**: 308–311.
- Otofuji, Y., Makinouchi, T. and Nishida, J., 1975. Preliminary report of magnetostratigraphy of Tokoname Group in Chita Peninsula. *Rock Mag. Paleogeophys.*, **3**: 36–40.
- 里口保文・樋口裕也・黒川勝己, 2005. 東海層群に挟在する大田テフラ層と三浦層群のテフラ層との対比. 地質雑, **111**: 74–86.
- Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K., 2008. Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephra in central Japan. *Quat. Int.*, **178**: 85–99.
- 陶土団体研究グループ, 1985. 東海湖の東縁部における陥没盆地—岐阜県中津川市付近の瀬戸層群—. 地団研専報, (29): 101–117.
- 陶土団体研究グループ, 1994. 上部新生界第二瀬戸内累層群における堆積盆地のブロック運動: 岐阜県恵那盆地の例. 地球科学, **48**: 17–29.
- 吉田史郎, 1987. 津東部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 72p.
- 吉田史郎, 1989. 東海層群の層序と東海湖盆の古地理変遷. 地調月報, **41**: 303–340.
- 吉田史郎・高橋裕平・西岡芳晴, 1995. 津西部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図), 地質調査所, 136p.
- 吉川周作・吉田史郎, 1989. 三重県亀山地域の東海層群火山灰層. 地調月報, **40**: 285–298.
- 吉川周作・吉田史郎・須川栄司, 1991. 東海層群の火山灰層とその対比. 地球科学, **45**: 453–467.

(要 旨)

星 博幸・出口久美子：東海層群に挟在する Znp-大田テフラ層の古地磁気再検討

東海層群に挟在する Znp- 大田テフラ層（約 3.9 Ma）の古地磁気を，愛知県常滑市大谷（ローカルネーム：大谷火山灰層）および三重県津市阿漕（同：阿漕火山灰層）で検討した。段階消磁データの解析により，大谷火山灰層最下部の降下火山灰堆積物について $D = 194.9^\circ$ ， $I = -46.0^\circ$ ， $\alpha_{95} = 2.9^\circ$ ，阿漕火山灰層（試料層準不明）について $D = 178.5^\circ$ ， $I = -49.2^\circ$ ， $\alpha_{95} = 7.2^\circ$ の地点平均方位（傾動補正後）が決定された。今回得られた大谷火山灰層の方位は先行研究によって報告されている方位と有意に異なっている。大谷火山灰層の方位は富山県氷見地域の Znp- 大田テフラ層（ローカルネーム：PM 火山灰層）の方位とよく似ていることから，大谷と氷見の間では相対回転運動が起こっていないと考えられる。一方，阿漕火山灰層の方位は大谷・PM 両火山灰層の方位と異なる。よって約 3.9 Ma 以降，阿漕と大谷・氷見の間では $10^\circ \sim 20^\circ$ 程度の相対回転運動が起こった可能性が示唆される。