

Paleomagnetic study of the terraced deposits of the Niu Mountains Fukui Prefecture, central Japan,

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-02-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤井, 純子, 山本, 博文, 島田, 千尋, 中島, 正志, FUJII, Junko, YAMAMOTO, Hirofumi, SHIMADA, Chihiro, NAKAJIMA, Tadashi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/2995

福井県丹生山地の河岸段丘堆積物の古地磁気

Paleomagnetic study of the terrace deposits of the Niu Mountains,
Fukui Prefecture, central Japan

藤井 純子*
(福井大学教育地域科学部地学教室)

山本 博文**
(福井大学教育地域科学部地学教室)

島田 千尋***
(あわら市金津中学校)

中島 正志****
(福井大学名誉教授)

I はじめに

これまで、先史時代の日本列島における地磁気分布を明らかにするために、第四紀広域テフラである約2.5万年前(Miyairi *et al.*, 2004)に噴出した始良Tnテフラ(AT:町田・新井, 1976)および約8.5~9万年前に噴出した阿蘇4テフラ(町田・新井, 2003)の古地磁気測定を行ってきた。その結果、テフラ堆積時における日本列島の地磁気偏角および伏角の分布が明らかとなった(中島・藤井, 1995a; Fujii *et al.*, 2001; Fujii *et al.*, 2002)。ATについては、17府県44地点を10地域に分けた中で、2つの地域では偏角あるいは伏角に5~7°の地域異常(局地異常)が認められたものの、両テフラとも全体としては地心軸双極子磁場(axial geocentric dipole field)を仮定したものと同一地球磁場分布を示すことが判明した。また、約7300年前の鬼界アカホヤテフラ(町田・新井, 2003)や約5万年前(中村ほか, 1992)の大山倉吉テフラ(DKP:町田・新井, 1979)、9~10万年前の三瓶木次テフラ(町田・新井, 1992)についても同様の古地磁気測定を行い、それぞれのテフラが特徴的な磁化方位を示し、テフラの残留磁化がテフラ噴出時の地磁気を忠実に記録していることを明らかにした(藤井・中島, 1998; 中島ほか, 2004)。

歴史時代における日本列島の地磁気永年変化や地磁気分布については、Hirooka (1971)、広岡(1981)などによりかなり明らかにされてきた。しかし、先史時代においては年代値が不確定なものが多いため、上述のように同時面を示す広域テフラの古地磁気測定により、ある特定の年代の地磁気分布を解明してきた。さらに、これらの年代が明確な複数の広域テフラに挟まれた地層の地磁気永年変化を明らかにし、多数の地域の永年変化を比較検討することは、先史時代の地磁気分布の時間変化を追究することにつながると期待される。そこで、本研究では、福井県においてDKPとATを挟在する河岸段丘堆積物層から連続して試料を採取し、古地磁気測定を行った。本報告では既報の広域テフラの測定結果と今回の連続測定結果をあわせて、地磁気永年変化について考察する。

キーワード：古地磁気，広域テフラ，地磁気永年変化，河岸段丘堆積物

-
- * Junko FUJII
(Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui, Fukui, 910-8507)
- ** Hirofumi YAMAMOTO
(Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui, Fukui, 910-8507)
- *** Chihiro SHIMADA
(Kanazu Junior High School, Fukui, 919-0621)
- **** Tadashi NAKAJIMA
(University of Fukui, Fukui, 910-8507)

II 測定試料

福井県丹生郡越前町（旧織田町）下河原（ $136^{\circ} 03' 22.9'' E$, $35^{\circ} 56' 49.5'' N$ ）の瓦工場裏に露出する河岸段丘堆積物層において、DKP から AT 直上のシルト層までの各層準より連続して古地磁気測定用試料を採取した。試料採取地点を図 1 に示す。また、試料を採取した層準を河岸段丘堆積物層の柱状図（図 2）に示す。

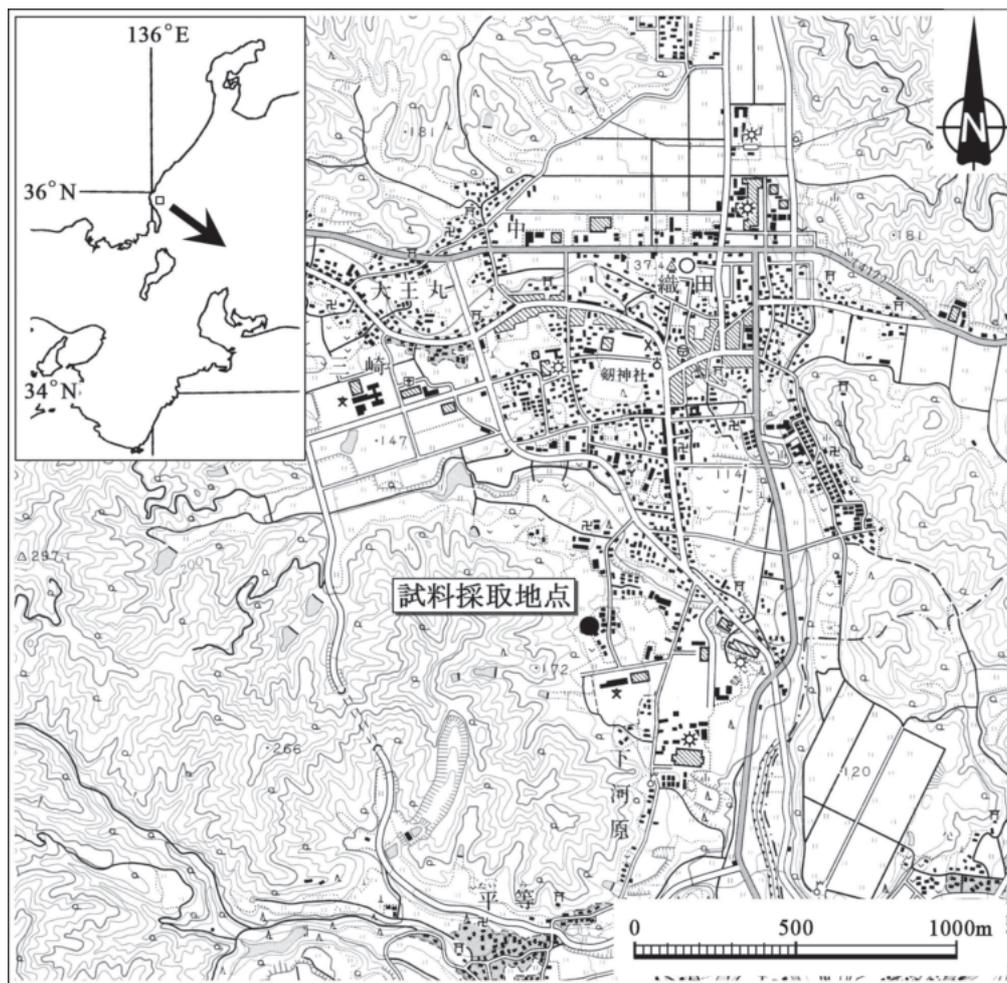


図 1 試料採取地点

国土地理院発行の 2.5 万分の 1 地形図「織田」を使用。黒丸は試料採取地点。

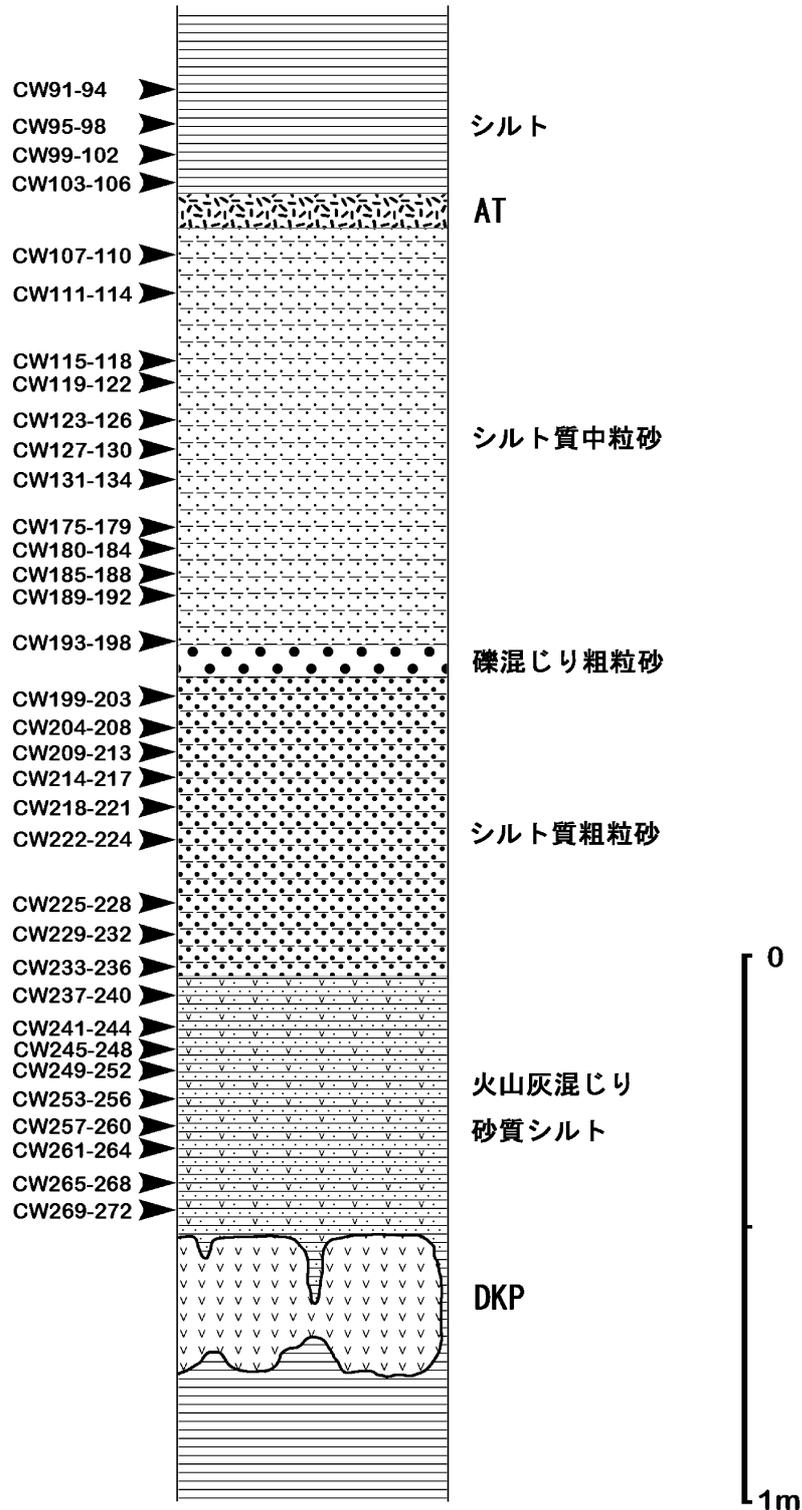


図2 下河原における柱状図と試料を採取した層準
CW91などの記号は試料番号を示す。

Ⅲ 実験方法

Ⅲ-1 試料採取方法

測定試料は、中島・藤井（1995a）に記述されている 24×24×24mm のプラスチック・キューブを地層に打ち込む方法で採取した。キューブの底面には空気抜きの径 1mm の穴があげられている。採取用具はキューブを地層に打ち込むためのピストンとシリンダー、ピストンの向きを決め固定する固定板（直角アングル）からなる。ピストンとシリンダーは黄銅製で、固定版はアルミ製である。

地層の表面を削り、固定板を置き試料を採取する範囲（約 40cm×20cm）を平面にする。その平面に固定板の側面を密着させ、この側面の上辺が水平になるようにアルミ製のくさびを使って固定板を地層に固定する。固定板側面の最大傾斜線の方向とその傾斜角をクリノメーターで測定する。キューブを装着したピストンを固定板の上辺に固定し、ハンマーでピストンの背をたたいてキューブを地層に打ち込む。キューブ底面の方位は固定板側面の方位と一致し、キューブ底面に記入した試料番号の向きにより地層の上下を識別する。今回は、層準間の間隔ができるだけ小さくなることに留意し、同じ層準から少なくとも 3 個の試料を採取した。

堆積物試料は乾燥し変形する恐れがあるため、水を含んだティッシュペーパーと共に試料ケースに密閉して保管し、研究室に持ち帰った後は速やかに測定を行った。

Ⅲ-2 測定方法

Ⅲ-2-1 残留磁化

堆積物試料の古地磁気測定は、試料が堆積したときの地球磁場の方向を知ることを目的としている。一般に、自然残留磁化（NRM）には、試料堆積時に獲得した磁化（一次磁化）に試料堆積後に獲得した二次磁化が重なっている。このため二次磁化を除去する必要がある、その手段として交流消磁実験や熱消磁実験が行われる。本研究では、試料をプラスチック・キューブで採取しており、プラスチックの融点（約 160℃）以上の温度での熱消磁ができないため、交流消磁を行った。

残留磁化は、夏原技研製 SMM-85 型スピナー磁力計で測定した。すべての試料について段階交流消磁を実施した。交流消磁装置は夏原技研製の 2 軸回転方式、アンプは DEM-8601-2 型である。この装置の内部は、3 層の円筒 μ -メタルによって外部磁場は 10nT 以下に遮蔽されている。測定方法やデータ処理方法は中島・藤井（1995a）による AT の測定方法と同じである。消磁ベクトル図で方向変化が停止した消磁段階以後のデータを用い、原点に固定した直線近似により各試料の偏角と伏角を求め（Kirschvink, 1980）、層準ごとにその平均を計算した（Fisher, 1953）。

Ⅲ-2-2 帯磁率

帯磁率は、Bartington 製 MS2B 型帯磁率計（Dearing, 1994）で測定した。本帯磁率計は 0.46kHz 低周波（LF）と 4.6kHz 高周波（HF）の 2 周波測定が可能であり、今回はすべての試料について 2 周波測定を実施した。MS2B 型帯磁率計は、容積 10cc の大きさの試料で理想的な測定値が得られるようになっているが、試料採取に使用したプラスチック・キューブの内容積が 9.6cc であるため、残留磁化測定試料をそのまま帯磁率測定用試料として使用した。残留磁化を測定した後、試料が自然に乾燥するのを待って、帯磁率の測定を行った。

帯磁率は、 $0.1 \times \text{帯磁率の測定値} / \text{重さ}$ で計算した。単位は $\mu \text{ m}^3/\text{kg}$ である。LF 帯磁率と HF 帯磁率の測定値から、 $\{(\text{LF 帯磁率} - \text{HF 帯磁率}) / \text{LF 帯磁率}\} \times 100$ で周波数依存性帯磁率（ $\kappa^{\text{fd}\%}$ ）を計算した。単位は % である。

Ⅳ 測定結果

Ⅳ-1 残留磁化

試料を採取した層準ごとの平均磁化方位を表 1 に示す。AT と DKP の測定結果は、それぞれ中島・藤井（1995a）と藤井・中島（1998）による。全体としては、残留磁化強度が半減する時の消磁磁場

表1 古地磁気測定結果

AT および DKP のデータは、それぞれ中島・藤井 (1995a) と藤井・中島 (1998) による。N：試料数、Dm：平均偏角、Im：平均伏角、 α_{95} と k：Fisher (1953) の統計値、VGP：仮想磁極、Lon：VGP の経度、Lat：VGP の緯度、MDF：消磁により磁化強度が半分になる消磁磁場、INT：消磁前の磁化強度。

岩質	深度 (cm)	試料No. (CW-)	N	Dm (°E)	Im (°)	α_{95} (°)	k	VGP		MDF (mT)	INT (10^{-2} A/m)
								Lon(°E)	Lat(°N)		
1 (シルト)	-26.0	91-94	4	-8.8	48.6	4.4	445.9	7.7	80.2	8	1.56
	-19.0	95-98	4	3.4	50.9	12.5	54.8	282.1	84.8	5	2.47
	-13.0	99-102	4	2.7	54.0	8.8	109.6	257.9	87.4	3	5.24
	-8.0	103-106	3	-5.7	61.2	24.1	27.2	102.9	82.3	4	5.95
2 (AT)	0.0		14	9.4	49.6	3.1	167.1	258.4	80.4	8	3.30
3 (シルト質 中粒砂)	6.0	107-110	4	-13.0	47.5	12.0	59.4	16.0	76.8	8	1.60
	12.0	111-114	4	-13.6	40.3	8.1	129.3	2.0	72.5	9	1.88
	25.0	115-118	3	0.5	37.0	11.0	12.6	314.3	74.7	8	1.84
	29.0	119-122	4	-15.4	44.8	9.6	92.8	14.4	73.8	8	1.79
	35.5	123-126	4	-7.4	43.2	6.9	180.2	348.6	77.5	6	1.91
	41.0	127-130	3	-7.8	52.7	9.0	187.7	25.7	83.1	8	1.72
	47.0	131-134	3	-9.0	39.0	13.9	79.9	347.9	74.0	5	1.96
	56.0	175-179	3	-23.9	45.4	19.4	41.6	28.8	67.8	10	1.63
	59.5	180-184	4	-13.3	44.1	10.1	84.2	8.2	74.8	11	2.27
	64.5	185-188	3	-5.4	58.6	14.7	71.3	86.0	84.6	7	2.69
68.5	189-192	3	-11.9	55.3	16.8	55.1	48.9	80.4	8	2.52	
4 (含礫粗粒砂)	77.0	193-198	5	-14.1	50.6	6.9	122.5	28.6	77.4	10	2.25
5 (シルト質 粗粒砂)	87.0	199-203	5	-16.1	55.7	7.1	118.5	52.1	77.0	11	3.76
	93.0	204-208	5	-5.9	57.1	6.4	144.3	68.2	85.0	15	2.22
	98.0	209-213	4	-0.4	61.1	9.6	91.7	133.3	83.8	15	2.28
	102.5	214-217	4	-14.5	52.3	7.6	147.4	36.0	77.7	14	2.15
	107.5	218-221	4	-3.9	49.8	4.9	351.2	348.6	83.7	13	2.45
	113.5	222-224	3	-6.4	47.2	9.4	171.5	353.4	80.7	14	2.47
	125.5	225-228	4	-8.9	51.9	13.1	50.3	23.7	81.9	11	2.26
	131.5	229-232	3	-7.6	54.7	4.7	694.6	41.7	83.8	13	2.45
	137.5	233-236	4	-2.0	52.9	7.8	139.7	350.2	87.0	10	2.29
	142.5	237-240	3	-5.4	57.2	15.1	67.9	70.9	85.3	8	2.74
6 (火山灰混じり 砂質シルト)	148.0	241-244	4	-6.1	52.7	10.6	76.5	19.8	84.3	13	2.45
	152.0	245-248	4	-5.6	48.1	10.4	79.3	352.3	81.7	8	2.37
	156.0	249-252	3	-15.5	49.1	11.7	112.6	25.8	75.7	8	2.47
	162.0	253-256	4	-7.7	51.8	8.1	128.9	19.4	82.7	6	2.50
	166.5	257-260	4	-12.7	41.0	8.2	125.2	0.9	73.4	6	2.49
	170.5	261-264	4	0.1	43.8	7.9	134.8	315.6	79.7	4	2.85
	177.0	265-268	4	0.7	50.3	15.9	34.3	309.1	85.1	3	2.88
	182.0	269-272	3	-20.2	48.8	20.3	38.1	20.8	69.9	3	2.91
7 (DKP)	200.0		6	-22.9	57.5	5.7	140.6	59.7	71.6	6	90.80

(MDF) は 5mT 以上で、比較的安定な残留磁化であった。また、消磁前の残留磁化強度は 10^{-2} A/m のオーダーであり、テフラ試料と比べるとかなり小さかった。

本地点の AT の方位 ($Dm=9.4^\circ$ E, $Im=49.6^\circ$, $\alpha_{95}=3.1^\circ$) は藤井・中島 (1998) が示した全国 51 地点からの AT の平均磁化方位 ($Dm=8.9^\circ$ E, $Im=50.3^\circ$, $\alpha_{95}=1.2^\circ$) とほぼ同じ値である。DKP の方位 ($Dm=-22.9^\circ$ E, $Im=57.5^\circ$, $\alpha_{95}=5.7^\circ$) は藤井・中島 (1998) が示した全国 11 地点からの DKP の平均磁化方位 ($Dm=-6.5^\circ$ E, $Im=54.4^\circ$, $\alpha_{95}=4.0^\circ$) と比べてかなり西偏している。現時点では DKP からの信頼できる古地磁気方位のデータが少ないため、この差が地域異常かどうかについては不明である。

平均偏角と平均伏角の深度に対する変化を図 3 と図 4 に示す。偏角と伏角の測定結果に横線で示した誤差は α_{95} (Fisher, 1953 の統計値) を示す。太実線は Microsoft 社の表計算ソフト Excel のスムージング曲線で結んだものである。偏角は 25° W から 10° E の範囲内で、伏角は 40° から 60° の範囲内で変化している。このような変化は地磁気永年変化を示すものと考えられる。

IV-2 帯磁率

試料を採取した層準ごとの帯磁率測定結果を表 2 に示す。AT と DKP の測定結果は中島・藤井 (1995b) による。

%偏差が 20% 以上になったのは全 36 層準のうち 4 層準だけで、その他は広域テフラのデータ (中島・藤井, 1995b) と比べてかなり小さく、それぞれの層準内の磁性鉱物はかなり均一に分布していると言える。ただし、DKP は 56.1% と大きく、磁性鉱物の量が非常に不均一であることを示している。 $\kappa^{fd\%}$ はほとんど 3% 以下であり、バクテリアが生産する磁性鉱物の増加や発酵・腐食などによってオリジナルの磁性鉱物が一部変質していることなどを考慮する必要はなく、磁性鉱物に関しては堆積時の状態が保存されているものとみなすことができる。

V 地磁気永年変化について

古地磁気測定結果 (図 3 と図 4) を地磁気永年変化の観点から考察する。この露頭は図 2 に示したように広域テフラの AT と DKP を挟む。各層準の年代を広域テフラの噴出年代 (AT: 2.5 万年前, DKP: 5.1 万年前; いずれも ^{14}C 未補正年代) をもとに深度によって比例配分すると、本測定結果からは約 2 万年前から 5 万年前までの期間の地磁気永年変化をみることができる。

AT と DKP 間は約 2.6 万年で、層厚約 2m なので、堆積速度は約 7.7cm/千年となる。1 辺 24mm のプラスチック・キューブに採取した試料は 1 個で約 312 年間をカバーしていることになり、これより短周期の変化は隠れてしまう。近藤 (1995MS) は同地点で同様な古地磁気測定を行ったが、試料を採取した層準が少ないことも重なって、長周期の変化しかみられなかった (図 5)。

偏角については、近藤 (1995MS) では約 2 万年の長周期にいくつかの短周期が重なっている変動がみられたが、短周期の変動については周期・振幅などは特定できなかった。しかし、今回のデータ (図 3) では 3 万年間に 8.5 サイクルの変化がみられた。この変化の平均周期は約 3500 年となる。一方、均質なシルト質中粒砂層 (3) に注目すると、3 サイクルの変化が認められる。シルト質中粒砂層 (3) は層厚から約 8000 年間に相当し、周期は約 2700 年と、全体の平均よりやや短くなる。ここでは、同じ堆積相すなわち一定の速度で堆積したと考えられる地層から 3 サイクルの変化が解読できたことに意味があると考えている。しかし、他の部分では、同じ堆積相の地層中だけでは永年変化のサイクルがはっきりしないこと、また堆積相が異なると堆積速度も異なると考えられることから、周期についての議論が複雑になり、永年変化の全体像が見えなくなる恐れがある。そのため、今後の周期についての考察は、3 万年間の変化を平均したものについて行う。伏角については、近藤 (1995MS) では顕著な周期は認められないが、図 4 では少なくとも 6 個の極大値と 5 個の極小値があり、約 5500 年の周期が読みとれる。

長周期の変化を調べるために、5 層準ずつの移動平均を求めた。図 6 に偏角および伏角の変化を示

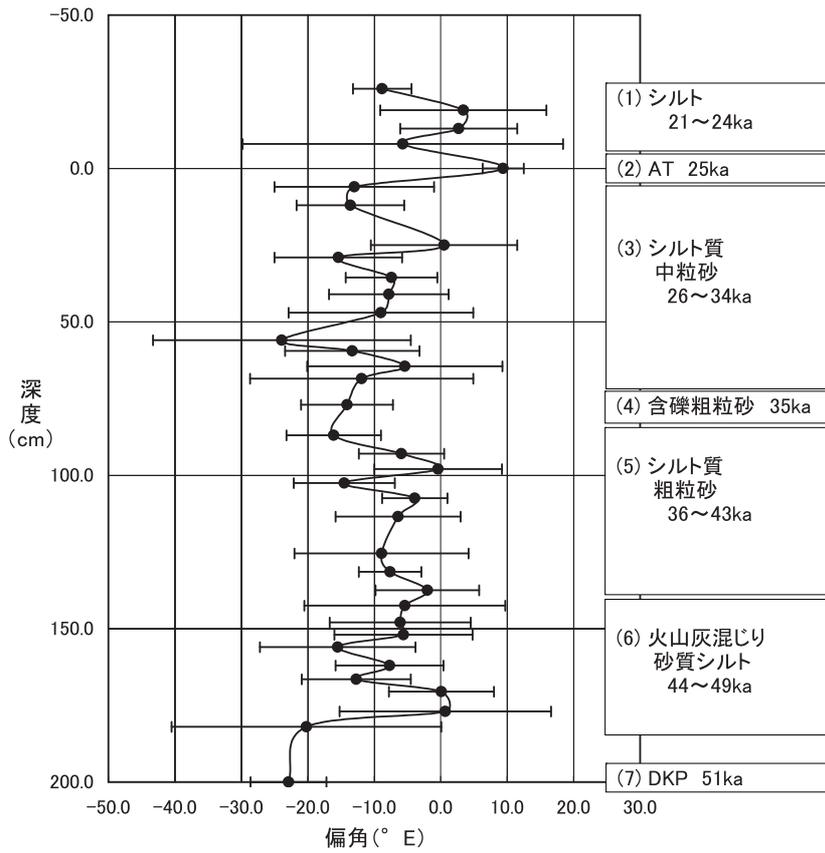


図3 偏角変化
誤差線は α_{95} を表す。
太実線はExcelのスムージング曲線で結んである。

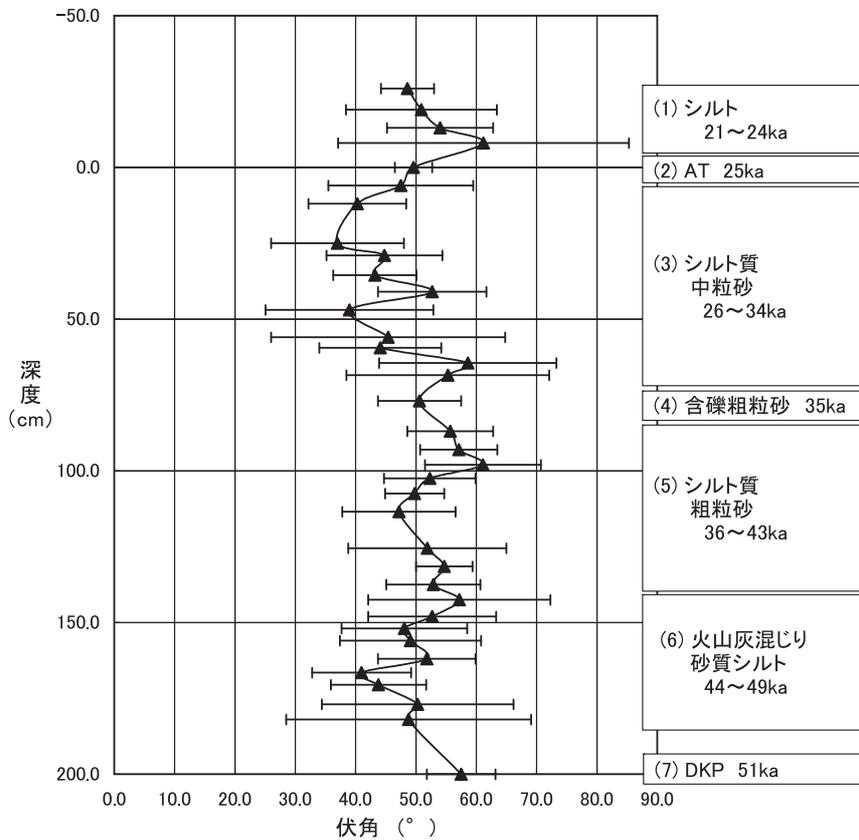


図4 伏角変化
誤差線は α_{95} を表す。
太実線はExcelのスムージング曲線で結んである。

表2 帯磁率測定結果

ATおよびDKPの測定結果は中島・藤井(1995b)による。N:試料数,
 帯磁率:重量帯磁率, %偏差=100×標準偏差/帯磁率, $\kappa^{\text{fd}\%}$:周波数依存性帯磁率
 $\kappa^{\text{fd}\%}=100 \times (\text{LF 帯磁率} - \text{HF 帯磁率}) / \text{LF 帯磁率}$ 。

岩質	深さ (cm)	試料No. (CW-)	N	帯磁率 ($\mu \text{ m}^3/\text{kg}$)	標準偏差	%偏差 (%)	$\kappa^{\text{fd}\%}$ (%)
1 (シルト)	-26.0	91-94	4	0.10	0.009	9.1	3.4
	-19.0	95-98	4	0.18	0.028	15.4	7.4
	-13.0	99-102	4	0.39	0.075	19.1	3.4
	-8.0	103-106	3	0.57	0.192	33.6	0.6
2 (AT)	0.0		14	0.42	0.073	17.4	1.4
3 (シルト質 中粒砂)	6.0	107-110	4	0.14	0.016	11.4	5.5
	12.0	111-114	4	0.14	0.012	8.1	0.6
	25.0	115-118	3	0.14	0.008	5.6	2.6
	29.0	119-122	4	0.15	0.016	10.3	2.9
	35.5	123-126	4	0.19	0.015	8.1	2.9
	41.0	127-130	3	0.19	0.023	12.6	2.3
	47.0	131-134	3	0.21	0.009	4.3	5.3
	56.0	175-179	3	0.19	0.015	7.8	0.7
	59.5	180-184	4	0.20	0.008	3.8	0.7
	64.5	185-188	3	0.19	0.016	8.5	4.4
68.5	189-192	3	0.19	0.022	11.8	2.9	
4 (含礫粗粒砂)	77.0	193-198	5	0.13	0.005	3.6	0.1
5 (シルト質 粗粒砂)	87.0	199-203	5	0.23	0.029	12.6	1.0
	93.0	204-208	5	0.18	0.012	6.7	2.7
	98.0	209-213	4	0.19	0.013	6.8	1.3
	102.5	214-217	4	0.18	0.014	7.9	1.8
	107.5	218-221	4	0.21	0.013	6.0	2.0
	113.5	222-224	3	0.17	0.024	14.3	0.0
	125.5	225-228	4	0.18	0.007	3.7	0.0
	131.5	229-232	3	0.20	0.006	3.1	1.7
	137.5	233-236	4	0.21	0.018	8.9	2.7
	142.5	237-240	3	0.21	0.021	9.9	1.5
6 (火山灰混じり 砂質シルト)	148.0	241-244	4	0.22	0.016	7.5	2.7
	152.0	245-248	4	0.25	0.030	11.8	0.6
	156.0	249-252	3	0.24	0.018	7.5	2.1
	162.0	253-256	4	0.30	0.061	20.6	2.8
	166.5	257-260	4	0.39	0.086	22.1	0.7
	170.5	261-264	4	0.36	0.032	9.0	1.1
	177.0	265-268	4	0.51	0.051	10.0	0.9
	182.0	269-272	3	0.49	0.048	9.8	3.2
7 (DKP)	200.0		6	6.67	3.737	56.1	0.6

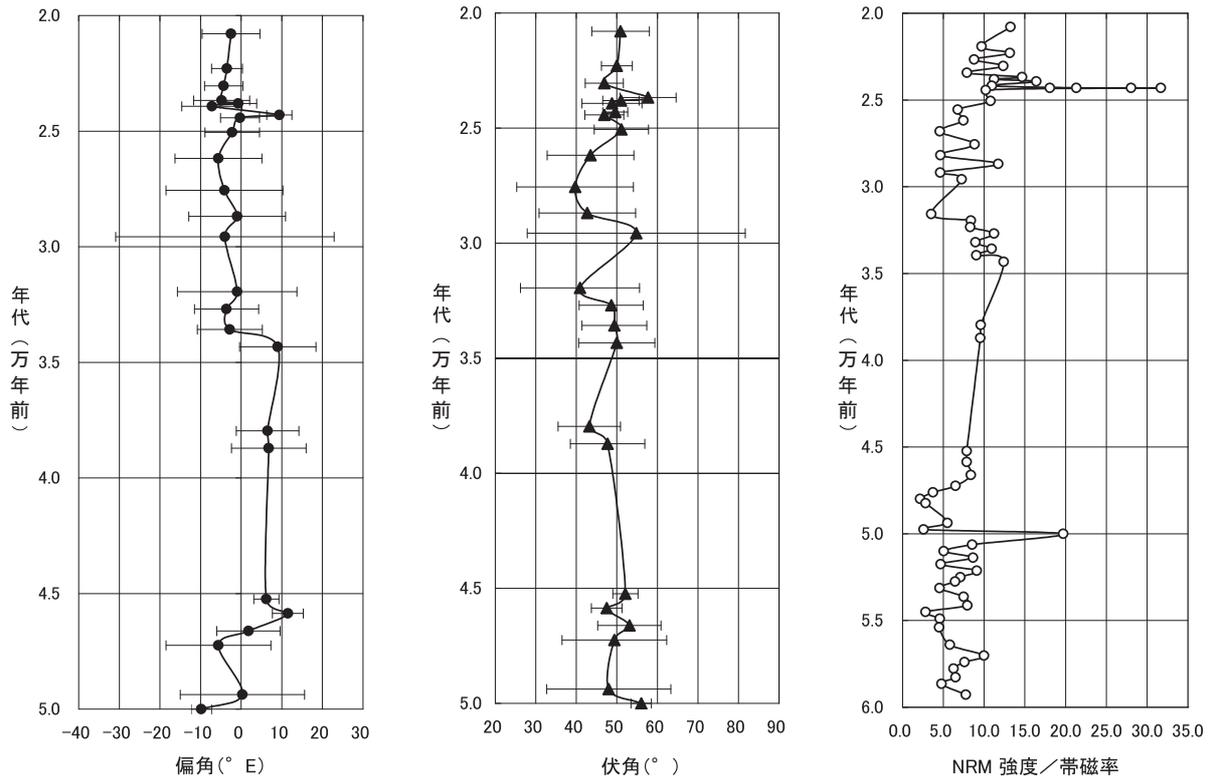


図5 近藤（1995MS）による測定結果

誤差線は α_{95} を示す。Excel のスムージング曲線で結んである。年代値は、AT（2.43 万年前：村山ほか，1993）および DKP（5 万年前：町田・新井，1992）を基準とし，地表からの深さをもとに換算してある。

す。点線は各層準の偏角（および伏角）の変化，太実線は移動平均である。偏角には 45～25ka の約 2 万年を 1 周期とするような緩やかな変化がみられる。また，伏角では 50～35ka では 7500 年周期（2 サイクル），35～25ka では 2 万年周期（0.5 サイクル）の変化が特徴的である。

帯磁率と NRM 強度の変化を図 7 に示す。左から帯磁率 ($\mu \text{m}^3/\text{kg}$)，NRM 強度 (10^{-3}A/m)，NRM 強度/帯磁率の変化を表している。帯磁率と NRM 強度はほぼ同じ変化をしている。帯磁率の大きさは，試料内の磁性鉱物の種類，量，サイズによって変わる。帯磁率はシルト質中粒砂層（3）やシルト質粗粒砂層（5）など同質の堆積相内ではほぼ同一の値になっているが，堆積相が変化する境界周辺で大きく変化する。つまり帯磁率は主として堆積相の違いを反映していることになる。NRM 強度変化も帯磁率変化とほぼ同じであることから，これも堆積相の違いを強く反映したものといえる。さらに，NRM 強度変化は地球磁場強度変化にも依存する。この地球磁場強度変化は，NRM 強度/帯磁率の変化に反映される。しかし，図 7 からは，“NRM 強度/帯磁率”は“最大値/最小値”が 3 の範囲で緩やかに変化しているが，周期は読み取れなかった。

上でみた 2 万年前から 5 万年前までの期間の永年変化では，偏角は 25° W から 10° E の間で変化し（図 3），伏角は 35° から 60° の間で変化している（図 4）。この変動幅は西南日本における地磁気永年変化の変動幅（Hirooka, 1971）とほぼ同じである。また，その他の時代についてこれまでに測定した広域テフラからの福井（136° E，36° N）における偏角と伏角の値を見てみると，約 7300 年前の鬼界アカホヤテフラの偏角は 1.0° E，伏角は 52.2° であり（中島ほか，2004），約 8.5～9 万年前の阿蘇 4

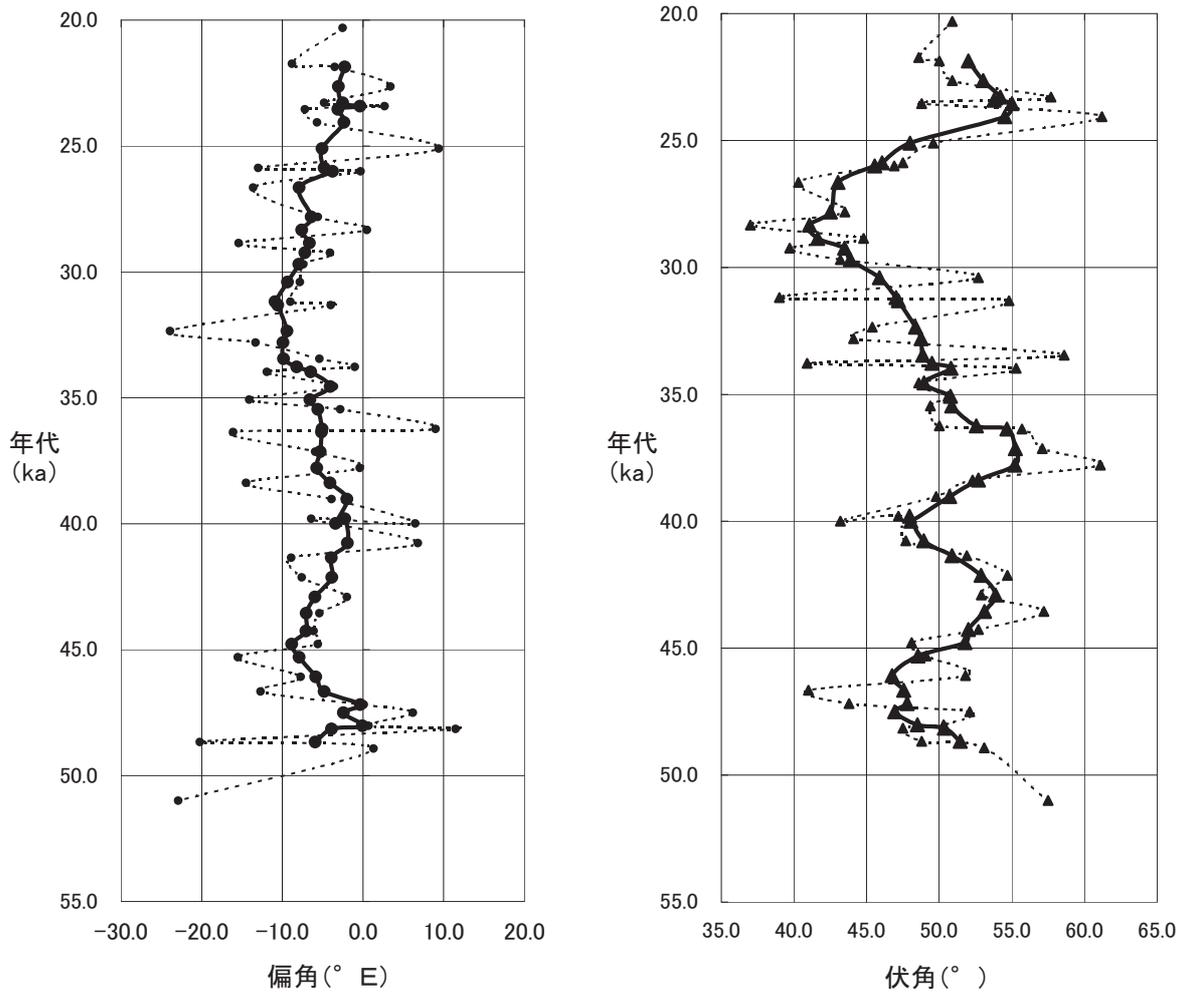


図6 長周期の偏角変化および伏角変化

左図の点線は各層準の偏角 (●) の変化, 太実線は各層準の偏角を5個ずつ移動平均したもの (●), 右図の点線は各層準の伏角 (▲) の変化, 太実線は各層準の伏角を5個ずつ移動平均したもの (▲) で, それぞれ Excel のスムージング曲線で結んである。各層準の偏角は近藤 (1995MS) のデータを含む。年代値は, AT (2.51 万年前: Miyairi *et al.*, 2004) および DKP (5.1 万年前: 中村ほか, 1992) を基準とし, AT 層準の底面からの深さをもとに換算した。

テフラの偏角は 2.4° W, 伏角は 49.4° であった (Fujii *et al.*, 2002)。これらの偏角と伏角の値も, 今回の変動幅の内にあり, 今回得られた変動幅は過去 10 万年間の福井における地磁気永年変化として妥当なものと思われる。

VI まとめ

河岸段丘堆積物の古地磁気測定により, 2 万年前から 5 万年前までの地磁気永年変化を明らかにした。偏角変化には 2 万年周期と 3500 年周期が, 伏角変化には 2 万年周期, 7500 年周期と 5500 年周期がみられた。この永年変化では, 偏角の変動幅は 25° W から 10° E で, 伏角のそれは 35° から 60°

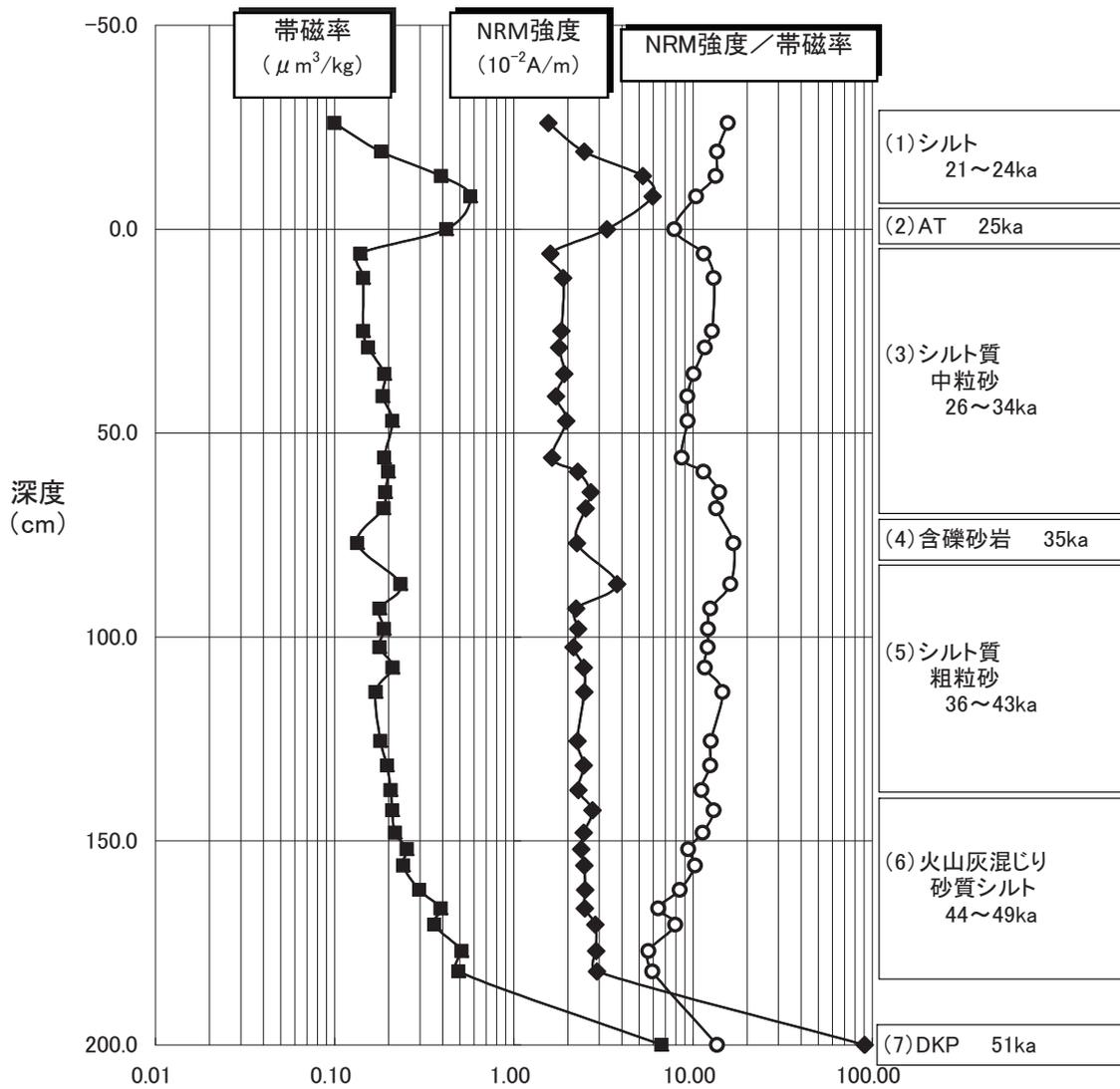


図7 NRM強度と帯磁率の比 (○), NRM強度 (◆), 帯磁率 (■) の変化
 NRM強度の単位は 10^{-2}A/m , 帯磁率の単位は $\mu\text{m}^3/\text{kg}$ 。

であった。

これまでの福井県内の古地磁気測定結果からは、過去10万年間の地磁気変化は、本研究で明らかにした変動幅の範囲内にあったと推定されるが、今後さらに5万年前から10万年前までの間の地層からの測定データを蓄積し、地磁気永年変化の詳細を明らかにしたいと考えている。

引用文献

- Dearing, J. (1994) Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System. 104p, Bartington.
- Fisher, R.A. (1953) Dispersion on sphere. *Proc. Roy. Soc.*, **A217**, 295–305.
- 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, II, 51, 47–60.
- Fujii, J., Nakajima, T., and Hirooka, K. (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*, 1, 63–91.
- Fujii, J., Nakajima, T., and Kamata, H. (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.
- Hirooka, K. (1971) Archeomagnetic study for the past 2,000 years in Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **38**, 167–207.
- 広岡公夫 (1981) 考古地磁気による年代推定とその問題点. 考古学研究, **28**, 69–78.
- Kirschvink, J.L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. Roy. astr. Soc.*, **62**, 699–718.
- 近藤淳子 (1995MS) 第四紀広域テフラの古地磁気. 福井大学教育学部卒業研究.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義—. 科学, **46**, 339–347.
- 町田 洋・新井房夫 (1979) 大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義—. 地学雑誌, **88**, 313–330.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 336p.
- Miyairi, Y., Yoshida, K., Miyazaki, Y., Matsuzaki, H., and Kaneoka, I. (2004) Improved ¹⁴C dating of a tephra layer (AT tephra, Japan) using AMS on selected organic fractions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **B**, 223–224, 555–559.
- 村山雅史・松本栄治・中村俊夫・岡村 真・安田尚登・平 朝彦 (1993) 四国沖ピストンコア試料を用いた AT 火山灰噴出年代の再検討—タンデロン加速器質量分析計による浮遊性有孔虫の¹⁴C年代—. 地質学雑誌, **99**, 787–798.
- 中村俊夫・岡 重文・坂本 亨 (1992) 東京軽石流堆積物中の炭化木片の加速器質量分析法による放射性炭素年代. 地質学雑誌, **98**, 905–908.
- 中島正志・藤井純子 (1995a) 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 (1995b) 第四紀テフラの帯磁率. 福井大学教育学部紀要, II, 47, 31–46.
- 中島正志・藤井純子・山本博文・土田浩司 (2004) 鬼界アカホヤテフラと福井県勝山市の池ヶ原堆積物の古地磁気研究. 福井大学教育地域科学部紀要, II, 56, 1–15.