

三重県中部, 片上川の高位段丘堆積物

植木 岳雪

Takeyuki Ueki (2014) Higher terrace deposits along the Katakami River, central Mie Prefecture, southwest Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 65 (9/10), p. 105-111, 5 figs, 2 tables.

Abstract: The Higher terrace deposits are distributed along the Katakami River of 4 km long, central Mie Prefecture, southwest Japan. The deposits are composed of angular to subangular clasts of sandstone and show normal paleomagnetic polarity. The age of higher terrace deposits along the Katakami River is estimated to be before Middle Pleistocene. Possible cause of the deposition of the coarse sediments to form the higher terrace is rapid sediment supply from deep-seated slope failure.

Keywords: Fluvial terrace, Higher terrace, Paleomagnetism, Middle Pleistocene, Mie Prefecture

要 旨

三重県中部, 片上川流域には低位段丘堆積物は分布せず, 高位段丘堆積物のみが分布する. 高位段丘堆積物は風化が進んだ角~垂角礫からなり, その古地磁気極性は正の可能性が高い. その場合, 高位段丘堆積物の年代は中期更新世以前であり, その成因として深層崩壊による堆積物の可能性がある.

1. はじめに

西南日本の紀伊半島は, 標高 1,000 ~ 1,500 m の尾根が連なる大起伏の紀伊山地が主体を占める. 海岸沿いには平野が未発達で, 比高数 100 m の断崖が連続している. 紀伊山地を流域とする大規模な河川としては, 山地北東部に宮川, 中央部に熊野川, 南部に日置川, 古座川, 西部に有田川, 日高川などがあり, それらの間には流長 10 km 以下の小規模な河川が多くある. しかし, 紀伊半島の河成段丘については, 県による土地分類基本調査の地形分類図(三重県, 1994 など), 国土地理院による土地条件図(国土地理院, 2007 など)に図示されているのみで, 記載や編年はほとんど行われていない.

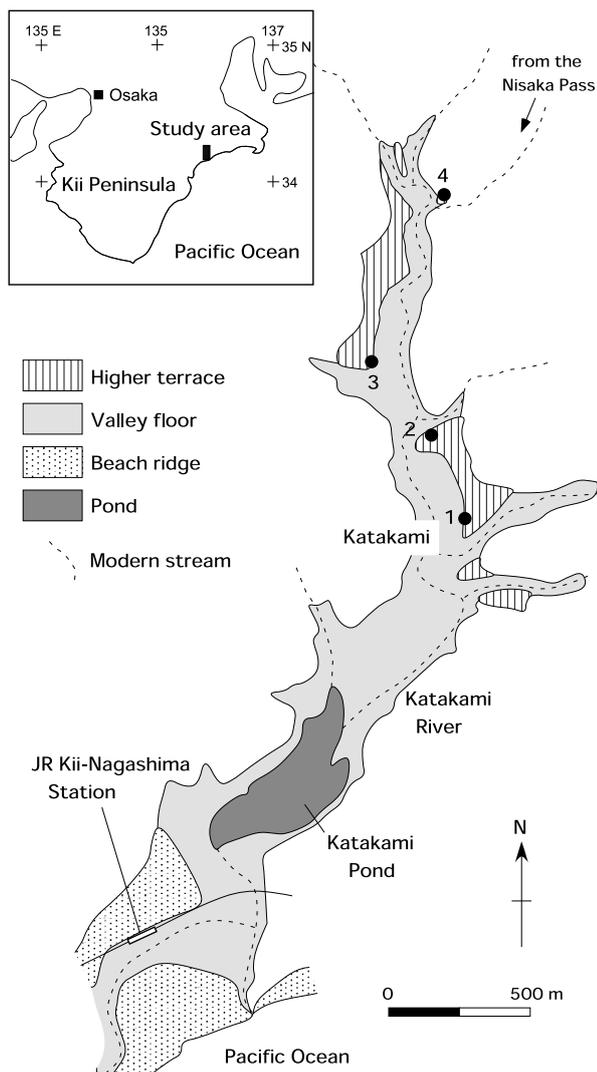
一般に, 最終間氷期(酸素同位体ステージ: Marine Isotope Stage 5)より新しい段丘を低位段丘, 最終間氷期の段丘を中位段丘, 最終間氷期より古い段丘を高位段丘と呼び, 古い段丘ほど地形面の保存・連続性が悪く, 堆積物の風化が進んでいる. 今回, 産業技術総合研究所による 5 万分の 1 地質図幅「長島」を作成する調査・研究の中で, 三重県中部, 片上川流域において高位段丘が見出

された. 本報告では, 片上川の高位段丘堆積物を記載し, その年代と成因を推定する.

2. 片上川流域の地形と高位段丘堆積物の記載

片上川は荷坂峠付近から南に流れ, 紀北町紀伊長島区東長島で太平洋熊野灘に注ぐ, 流長約 4 km の小河川である. 空中写真判読によって作成した, 片上川流域の地形分類図を第 1 図に示す. 海岸付近には砂州と浜堤が発達しており, 片上川がそれらに閉塞されて, 片上池が形成されている. 片上池から片上集落付近までは, 谷底低地が広がっている. 片上川流域では, 平坦な地形面を持つ段丘は認められず, 後期更新世の低位段丘や中位段丘は分布していない. 一方, 侵食が進み, 定高性を持つ尾根, 緩斜面からなる地形面が分布し, 本研究ではそれを高位段丘とみなす. 高位段丘は片上集落より上流のみに点在し, その一部は山麓緩斜面(三重県, 1994), 上位面あるいは中位面・下位面(国土地理院, 2007)とされている. 高位段丘は平坦な地形面を残さず, 谷底低地からの比高が 10 ~ 30 m の緩斜面を構成する. なお, 片上川流域には低位段丘は認められない. 片上川流域の基盤岩は, 白亜紀の四万十帯付加複合体的矢層群の砂岩泥岩互層からなる(西岡ほか, 2010).

高位段丘堆積物を下流から上流に向かって記載する. 第 1 図の地点 1 (世界測地系で北緯 34.22356 度, 東経 136.352309 度)では, 層厚 7 m 以上の砂岩の角~垂角礫層からなる(第 2 図). 地表面に近い部分は赤色風化している. 礫の最大径は 30 cm であり, ややくさり礫化している. 全体に, 下に凸のチャンネルを埋めるように



第1図 三重県中部，片上川流域の地形分類図
1～4の番号は，本文中の地点を示す。

Fig. 1 Geomorphological map along the Katakami River,
Numbers 1-4 indicate the localities in the text.

礫層が堆積し，チャンネルが切り合う構造(cut and fill structure)をなす。また，層厚5～30 cmのシルト層を挟む。地点2(北緯34.225379度，東経136.351708度)では，層厚30 m以上の砂岩の角礫層からなり，背後の斜面からもたらされた崖錐堆積物から構成される。礫の最大径は40 cmである。地点3(北緯34.227109度，東経136.348811度)では層厚5 m以上の砂岩の角～亜角礫層からなる。礫の最大径は20 cmであり，ややくさり礫化している。全体に，礫で充填されたチャンネル構造が発達し，層厚15～80 cmのシルト層，砂層を挟む(第3図)。地点4(北緯34.232431度，東経136.351215度)では，最大径60 cmの砂岩の角礫が転石で見られる。地点1～4

は谷底低地から数mの高さに位置し，地点4付近の河床には基盤の砂岩が露出している。したがって，段丘堆積物の基底は現河床より高くても数m以下であり，高位段丘は堆積段丘とみなされる。

3. 高位段丘堆積物の古地磁気測定

3.1 古地磁気測定の方法

高位段丘堆積物からは，年代を決定できるテフラや植物化石が見出されなかった。そのため，古地磁気測定によって高位段丘堆積物の年代を推定する。地点3において，礫層に挟まれるシルト層の上面から30 cm，50 cm下の層準1と層準2(第3図)から，携帯型電動ドリルによって直径2.5 cmのコア試料を採取した。コア試料の方位付けには，磁気コンパスを用いた。層準1，2からは，それぞれ試料1A～1Iの9本，2A～2Gの7本のコア試料を採取した。各コア試料からは，岩石カッターを用いて高さ20 mmの試片を2つ切り出し，試料1Aから切り出したものを試片1A1，1A2のように呼ぶ。各試片の体積は，7.9 cm³である。

2つの試片を段階交流消磁実験(progressive alternating field demagnetization, PAFD)と段階熱消磁実験(progressive thermal demagnetization, PThD)に供した。残留磁化の測定およびPAFDには，産業技術総合研究所の2G社製超伝導磁力計(モデル760R)を用いた。PAFDは0～10 mTでは2.5 mTおきに，10～80 mTでは5 mTおきに行った。PThDには，産業技術総合研究所のMagnetic Measurements社製熱消磁装置(モデルMMD-18)を用いた。PThDは，室温から100～500℃では50℃おき，500～680℃では30℃おきの最高温度で行った。PAFD，PThDの各消磁段階における残留磁化ベクトルを直交面投影図(Zijderveld, 1967)に表し，主成分分析法(Kirschvink, 1980)によって原点に向かって直線的に減衰する安定な磁化成分の方向を求めた。そして，最大角分散(maximum angular deviation, MAD)が15度以下の場合にその方向を採用し，安定な磁化成分の方向の平均を試片の残留磁化方位とした。

3.2 段階消磁実験の結果

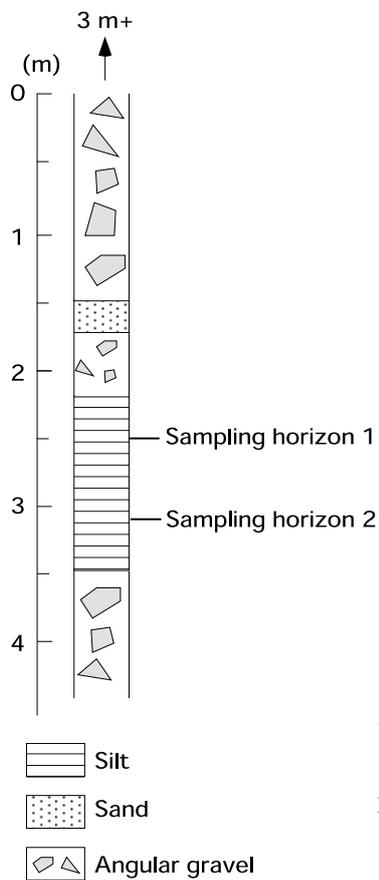
PAFDとPThDによる各試片の安定な磁化成分の方向を第1表に示し，代表的な試片の残留磁化ベクトルの変化を第4図に示す。また，各層準の残留磁化方位を第2表にまとめる。

地点3の層準1における各試片の自然残留磁化(natural remanent magnetization, NRM)の強度は，4.4e-9～1.1e-8 Am²であった。PAFDでは，安定な磁化成分は3～15 mTの間のある消磁段階から，30～55 mTの間のある消磁段階までの範囲で認められた(第4図の試片1B1では3～30 mT)。PThDでは，安定な磁化成分は室温または



第2図 地点1における高位段丘堆積物の露頭写真
露頭の高さは約7 m.

Fig. 2 Photograph showing the outcrop of higher terrace deposits at Locality 1
Outcrop is ca. 7 m in height.



第3図 地点3における高位段丘堆積物の柱状図と古地磁気測定用試料の採取層準

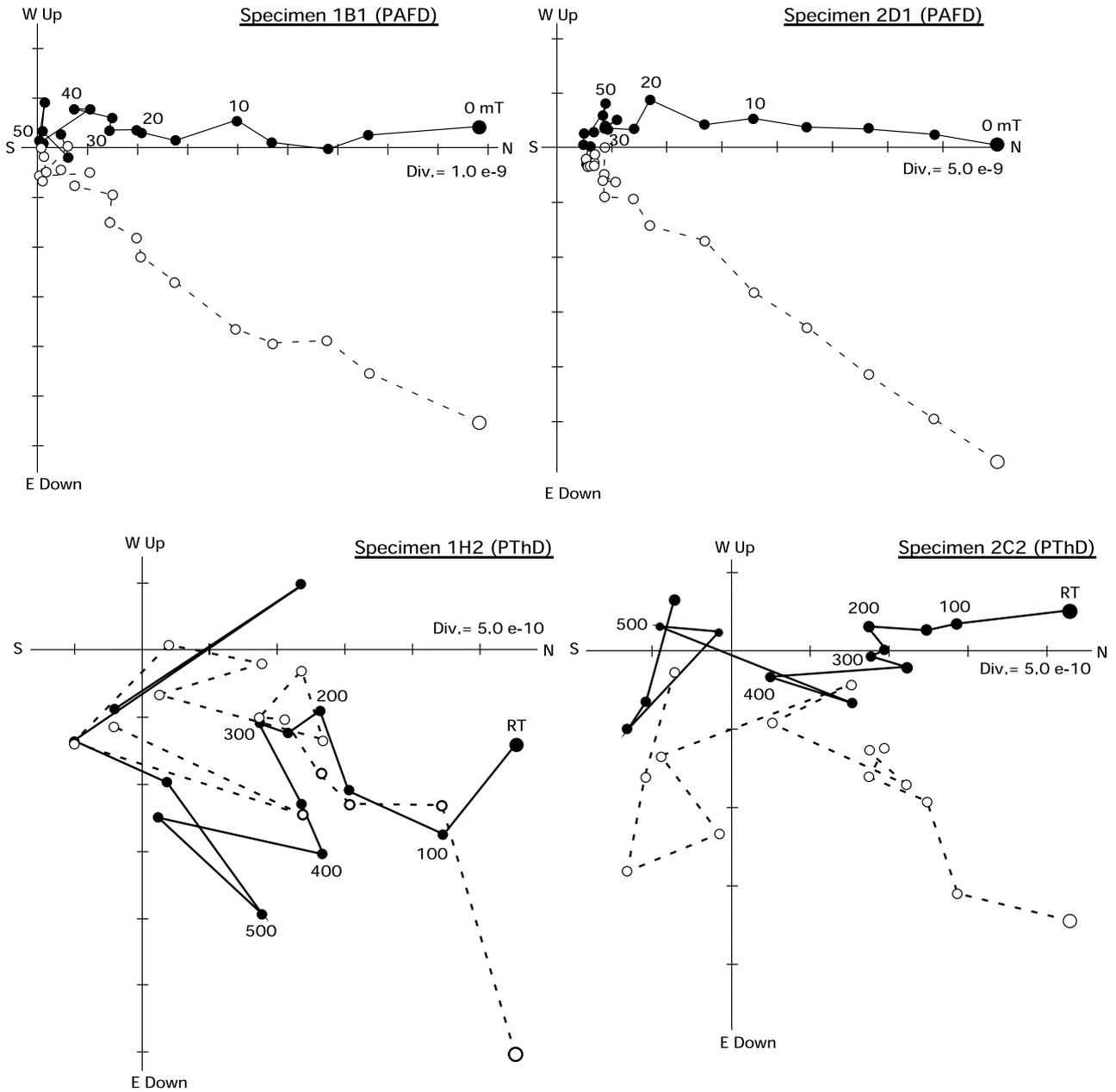
Fig. 3 Columnar section of the higher terrace deposits at Locality 3 and sampling horizons for paleomagnetic measurements

第1表 各試片の段階交流消磁実験(PAFD)および段階熱消磁実験(PThD)による安定な磁化成分の方向

Table 1 Stable remanent magnetization directions of each specimen for progressive alternation field and thermal demagnetization (PAFD and PThD)

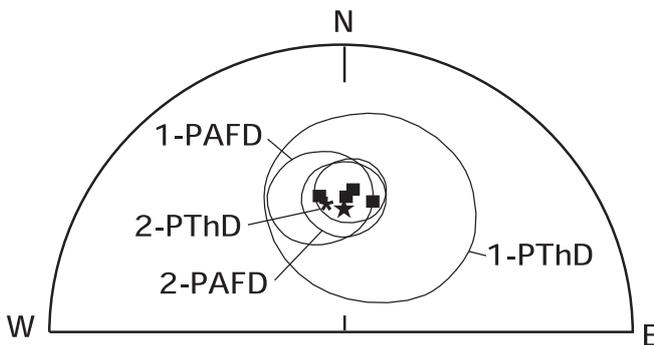
Sampling horizon	Demag	Specimen	NRM	D	I	MAD	Range
1	PAFD	1A1	5.3e-9	-88.1	63.2	10.9	2.5-30
		1B1	1.1e-8	-9.5	42.9	8.2	10-50
		1C1	7.7e-9	-14.5	52.0	11.2	15-40
		1D1	4.4e-9	nd	nd		
		1E1	7.5e-9	19.9	37.0	8.9	7.5-30
		1F1	7.1e-9	5.4	33.2	4.9	2.5-35
		1G1	1.0e-8	-14.3	48.5	7.1	5-55
		1H1	8.8e-9	-8.3	50.3	7.7	2.5-40
		1I1	8.6e-9	-10.3	45.2	6.7	2.5-50
	PThD	1A2	3.9e-9	74.8	61.2	9.1	100-400
		1B2	5.1e-9	nd	nd		
		1C2	6.9e-9	-39.9	54.5	12.0	100-450
		1D2	4.6e-9	-1.8	32.3	15.2	RT-500
		1E2	3.5e-9	nd	nd		
		1F2	4.7e-9	nd	nd		
		1G2	6.6e-9	11.5	50.3	7.4	100-350
		1H2	4.2e-9	30.4	27.5	6.0	100-300
		1I2	5.5e-9	nd	nd		
		2	PAFD	2B1	4.9e-8	0.2	37.4
2C1	4.9e-8			nd	nd		
2D1	4.9e-8			-3.4	35.8	3.8	0-30
2E1	4.9e-8			9.5	63.0	3.8	0-25
2F1	4.1e-8			-7.9	44.7	3.7	0-30
2G1	3.1e-8			18.8	63.4	2.7	0-35
2H1	3.5e-8			-3.1	51.6	2.8	0-30
PThD	2B2			4.5e-8	1.2	44.7	2.7
	2C2		5.5e-8	-4.3	40.3	6.4	RT-400
	2D2		4.9e-8	-3.6	35.9	3.4	RT-250
	2E2		3.2e-8	3.5	60.0	2.9	RT-250
	2F2		2.3e-8	nd	nd		
	2G2		2.6e-8	27.9	56.0	7.3	RT-300
	2H2		3.7e-8	1.7	43.4	9.9	100-400

Demag ; demagnetization methods,
 PAFD and PThD ; Progressive alternating field and thermal demagnetization,
 NRM ; Intensity of natural remanent magnetization (Am^2) with specimen volume of 7.9 cm^3 ,
 D ; declination, I ; inclination, MAD ; Maximum angular deviation,
 Range ; Demagnetization range for principal component analysis (mT and $^{\circ}\text{C}$),
 nd ; not determined.



第4図 代表的な試片の段階交流消磁実験 (PAFD) および段階熱消磁実験 (PTHD) の結果 黒丸および白丸は、それぞれ残留磁化ベクトルの水平面および鉛直面への投影を示す。磁化強度の単位は Am^2 。

Fig. 4 Results of progressive alternating field and thermal demagnetization (PAFD and PTHD) for representative samples plotted on orthogonal vector diagrams Solid and open circles are the projections in the geographic coordinates of remanence vectors on the horizontal and north-south vertical planes, respectively. Unit of magnetization intensity is Am^2 .



第5図 段階交流消磁実験(PAFD)および段階熱消磁実験(PThD)による各層準の平均残留磁化方位楕円は95%信頼限界円錐を示す。星形は地点3における地心双極子磁場を仮定した時の地磁気方位、アスタリスクは現在の地磁気方位。

Fig. 5 Equal-area projection of horizon-mean remanent directions for progressive alternation field and thermal demagnetization (PAFD and PThD) The ovals correspond to the 95 % confidence cones. A star is the geomagnetic directions under the axial dipolar field and an asterisk is the present geomagnetic direction at Locality 3.

第2表 高位段丘堆積物の試料の残留磁化方位

Table 2 Sample-mean remanent directions for the higher terrace deposits

Sampling horizon	Demag	N	D	I	α_{95}	κ	λ	φ
1	PAFD	7	-8.8	49.3	24.7	6.9	81.5	20.0
	PThD	5	12.9	50.2	28.9	8.0	78.7	-120.5
2	PAFD	5	0.6	49.6	15.2	26.2	86.2	-52.0
	PThD	6	3.2	47.2	10.0	45.5	83.5	-69.1

Demag ;demagnetization methods, PAFD and PThD ;Progressive alternating field and thermal demagnetization, N ;total number of samples, D ;declination, I ;inclination, α_{95} ;radius of 95 % confidence cone ($^{\circ}$), κ ;Fisher 's (1953) precision parameter, λ and φ ;latitude and longitude ($^{\circ}$) of virtual geomagnetic pole (VGP).

100 °C から、300 ~ 500 °C の間のある消磁段階までの範囲で認められた(試片1H2では100 ~ 300 °C)。

層準2における各試片のNRMの強度は、3.1 ~ 4.9e-8 Am²であった。PAFDでは、安定な磁化成分は0 mT から25 ~ 45 mTの間のある消磁段階までの範囲で認められた(試片2D1では0 ~ 25 mT)。PThDでは、安定な磁化成分は室温から250 ~ 400 °Cの間のある消磁段階までの範囲で認められた(試片2C2では室温から400 °C)。

層準1, 2ともに、各試片の残留磁化ベクトルの挙動はPAFDよりPThDの方が不安定であったが、PAFD, PThDともに安定な磁化成分は北向きの偏角と下向きの伏角で特徴づけられた(第4図)。PAFDとPThDによる各層準の平均残留磁化方位は、95%信頼限界円錐の半径(α_{95})の範囲で一致した(第5図, 第2表)。

PAFDで安定な磁化成分が認められた消磁範囲では、各試片の残留磁化強度は15 ~ 20 mTまで大きく減少し、それ以上の消磁段階ではゆるやかに減少した。PThDで安定な磁化成分が認められた消磁範囲では、各試片の残留磁化強度は150 ~ 250 °Cまで大きく減少し、それ以上の消磁段階ではかなり不安定に減少した。

安定な磁化成分が認められなくなった消磁範囲では、加熱変質によって磁化方位、磁化強度ともに不規則に大きく変化した。これらから、高位段丘堆積物の残留磁化を担う磁性鉱物は保磁力が小さく、アンブロッキング温度が低いものが主体であり、それは多磁区粒子(multi-domain, MD)サイズのチタノマグネタイトと考えられる。ただし、PThDでは加熱変質が起こっており、アンブロッキング温度が高い磁性鉱物の存在を否定するわけではない。

4. 高位段丘堆積物の年代と成因

地点3の層準1, 2の平均残留磁化方位は、地心双極子磁場を仮定した時の地磁気方位(偏角0度, 伏角53.7度)や現在の地磁気方位(偏角-6.5度, 伏角50.5度)と α_{95} の範囲で一致する(第5図)。このことから、高位段丘堆積物は地塊のブロック回転や傾動を被っていないことがわかる。Pullaiah *et al.* (1975)によれば、単磁区粒子(single-domain, SD)サイズのマグネタイトが常温で70 ~ 80 万年間で獲得した粘性残留磁化(viscous remanent

magnetization, VRM) は，約180℃，30分の加熱によって緩和される。MDサイズのチタノマグネタイトが担うVRMは，より低温で緩和されるはずであるから，PThDによって200℃以上の消磁範囲で認められた安定な磁化成分は堆積時の残留磁化と考えられる。したがって，高位段丘堆積物の古地磁気極性は正の可能性が高い。その場合，高位段丘堆積物の年代は約78万年前以前のMatuyama逆磁極期に遡らず，それ以降のBrunhes正磁極期となる。

一般に，西南日本の最終間氷期以前の土壌や段丘堆積物は赤色風化しており(松井・加藤，1962など)，伊勢湾西岸でも同様である(片岡・吉川，1997)。片上川の高位段丘堆積物は赤色風化し，くさり礫になっていることから，その年代は後期更新世ではなく，中期更新世と判断される。後期更新世の低位段丘は，通常中期更新世以前の高位段丘より発達が良いのに対して，片上川流域には低位段丘は分布していない。このことから，片上川の高位段丘堆積物は定常的な河川的作用によって形成されたのではないと思われる。

紀伊半島では，過去に深層崩壊がしばしば発生しており，直近では2004年に発生した(永田ほか，2009，2010a，b，2012などを参照)。深層崩壊では，山地斜面の一部が表土層から基盤岩まで崩壊する。そして，崩壊した土砂が土石流として河道を流下し，堆積段丘を形成する場合がある。このように，片上川の高位段丘堆積物の成因の一つとして，深層崩壊のような突発的かつ大規模なマスムーブメントを挙げておく。片上川の高位段丘が堆積段丘であることは，それを間接的に支持する。一般に，深層崩壊の侵食地形は平坦面を持つ堆積地形よりも残りにくく，流れ盤で発生した場合には，完新世でも残らないことがある(植木，2007など)。現在，片上川の源頭部に明瞭な深層崩壊の地形は認められないのは，侵食地形が開析されてしまったためと考えられる。

5. おわりに

本研究では，三重県中部，片上川の高位段丘堆積物を記載した。高位段丘堆積物の年代は中期更新世であり，その成因として深層崩壊の可能性が示唆される。

紀伊半島をはじめとして，西南日本の河成段丘の記載，編年の調査・研究は遅れており，今後も調査・研究を進める必要がある。また，古い深層崩壊では，侵食地形が残りにくいので，河川の上流部の堆積段丘がその証拠になる可能性がある。

謝辞：地質情報研究部門の小田啓邦博士には，古地磁気測定のための機器使用と査読にあたってお世話になった。また，藤原 治博士には編集担当として丁寧な対応をいただいた。お二人に深く感謝致します。

文 献

- Fisher, R. (1953) Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, **217**, 295-305.
- 片岡香子・吉川周作(1997)三重県鈴鹿川流域の段丘構成層の層序・編年 —火山灰稀産地域での段丘編年の試み—。第四紀研究, **36**, 263-276.
- Kirschvink, J. L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal of Royal astronomical Society*, **62**, 699-718.
- 国土地理院(2007) 1:25,000 土地条件図「紀伊長島」。
- 松井 健・加藤芳郎(1962)日本の赤色土壌の生成時期・生成環境にかんする二,三の考察。第四紀研究, **2**, 161-179.
- 三重県(1994)土地分類基本調査「長島」。27p.
- 永田秀尚・飯沼達夫・萩原陽一郎(2009) 2004年台風21号豪雨により三重県宮川村で発生した表層崩壊地の地形と表層地質特性。日本地すべり学会誌, **46**, 49-55.
- 永田秀尚・柏木健司・飯沼達夫・萩原陽一郎(2010a) 2004年台風21号豪雨により三重県宮川村で発生した岩盤崩壊の地質素因。日本地すべり学会誌, **47**, 98-106.
- 永田秀尚・沼本晋也・柏木健司・飯沼達夫(2010b) 2004年台風21号による豪雨で発生した宮川上流大杉峡谷での岩盤斜面崩壊。日本地すべり学会誌, **47**, 283-288.
- 永田秀尚・飯沼達夫・萩原 陽一郎(2012) 豪雨による崩壊で形成された地すべりダムとダムを形成した岩盤すべりの特徴 —2004年三重県宮川災害での例—。日本地すべり学会誌, **49**, 267-274.
- 西岡芳晴・中江 訓・竹内圭史・坂野靖行・水野清秀・尾崎正紀・中島 礼・実松健造・名和一成・駒澤正夫(2010) 20万分の1地質図幅「伊勢」。産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- Pullaiah, G., Irving, E., Buchan, K. L. and Dunlop, D. J. (1975) Magnetization changes caused by burial and uplift. *Earth and Planetary Science Letters*, **28**, 133-143.
- 植木岳雪(2007)四国南東部，加奈木崩れのせき止めによる谷埋め堆積物中の材のAMS¹⁴C年代。日本地すべり学会誌, **44**(3), 41-43.
- Zijderveld, J. D. A. (1967) A. C. demagnetization of rocks: Analysis of results. In Collinson, D., Creer, K. and Runcorn, S. (eds.), *Methods in Palaeomagnetism*, 256-286, Elsevier.

(受 付：2014年4月2日； 受 理：2014年11月27日)

