

石川県に分布する鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩の 古地磁気とフィッション・トラック年代

伊藤康人¹ 土志田正二¹ 北田数也¹ 檀原 徹²

Yasuto ITOH, Shoji DOSHIDA, Kazuya KITADA and Tohru DANHARA (2001) Paleomagnetism and fission-track ages of the Mt. Wasso moonstone rhyolitic welded tuff in the Ishikawa Prefecture, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 52 (11/12), p. 573-579, 4 figs., 2 tables.

Abstract: The Mt. Wasso Moonstone Rhyolitic Welded Tuff (hereafter referred to as Mt. Wasso Rhyolite) is assigned to the lowermost part of the Miocene Hokuriku Group in the eastern part of southwest Japan. In an effort to clarify the rotational movements of southwest Japan associated with opening of the Japan Sea back-arc basin, we conducted paleomagnetic measurements and fission-track (FT) dating of the Mt. Wasso Rhyolite. Stable site-mean paleomagnetic directions and zircon FT ages were determined for five and three sites, respectively. The FT ages range between 20 and 22 Ma, and accord with a previous age determined by Rb-Sr whole rock isochron method. The numerical ages around 20 Ma correspond to timing of a hydrothermal alteration event, which may have caused remagnetization of the Mt. Wasso Rhyolite. Tilt-corrected paleomagnetic directions are clustered with a large easterly deflection (ca. 50°), indicating a clockwise rotation of the study area since 20 Ma. Compared with paleomagnetic directions of the Iozen Formation (15~16 Ma) in adjoining hills, the present result implies that the study area did not significantly rotate during the early Miocene.

要 旨

鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩（以下、鷲走ヶ岳流紋岩）は、西南日本東部の中新統北陸層群の最下部に位置づけられる。日本海の背弧海盆拡大に伴う西南日本の回転運動を明らかにするため、鷲走ヶ岳流紋岩の古地磁気測定とフィッション・トラック（FT）年代測定を実施した。安定な地点平均古地磁気方位とジルコン FT 年代が、それぞれ 5 地点と 3 地点で決定された。FT 年代は 20~22 Ma の範囲で、Rb-Sr 全岩アイソクロン法による以前の年代と調和する。20 Ma 前後の数値年代は、熱水変質イベントの時期に対応しており、それは鷲走ヶ岳流紋岩の再磁化を引き起こしたと考えられる。傾動補正を行った古地磁気方位は大きく東偏し（約 50°）、調査地域が 20 Ma 以降に時計回りに回転したことを示す。近隣丘陵の医王山層（15~16 Ma）の古地磁気方位との比較から、今回の結果は、調査地域が前期中新世には有意に回転しなかった可能性を示唆している。

1. はじめに

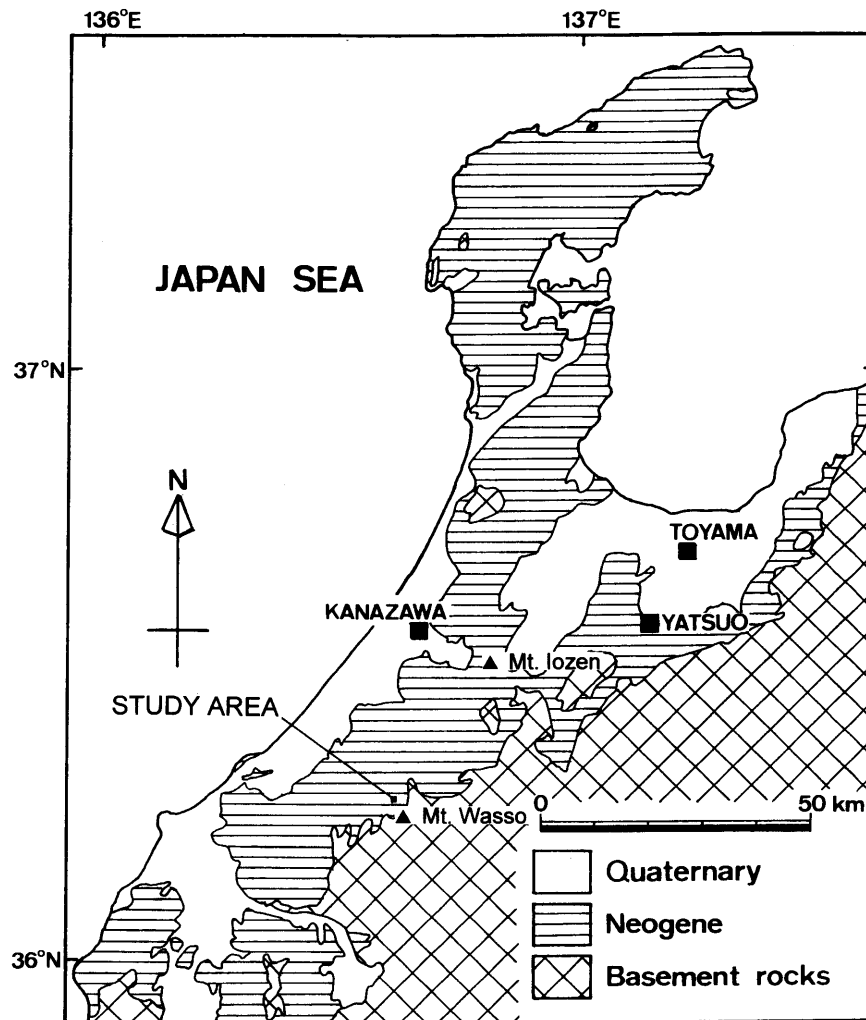
日本海は、アジア大陸東縁の地殻が薄化・伸張して形成された。背弧海盆拡大の開始時期については学術深海掘削（ODP Leg 127/128）では 18~20 Ma 以前とされている（多田・玉木, 1992）のに対し、古地磁気学的研究からは 15 Ma 前後に急速に進行した（Otofuji and Matsuda, 1983; Otofuji *et al.*, 1985 など）とされており、海洋と陸上のデータに基づく見積りに食い違いがある。したがって、拡大プロセスの解明には、前期中新世の古地磁気データの検討が重要と考えられる。

中部地方の日本海沿岸には新第三系が広く分布し（第 1 図）、日本海拡大に伴って堆積した一連の地層と考えられている（早川・竹村, 1987）。上部の海成堆積物（前期中新世末~中期中新世）については、富山県の八尾地域を中心に数多くの古地磁気学的研究が行われており（伊藤・早川, 1988; 伊藤・渡辺, 2000 など）、拡大に関連して生じた西南日本弧の時計回り回転が検出できるとされている（Itoh and Ito, 1989）。上述のように、下部中新統の古地磁気方位を決定して回転量の推移を明らかにすることは、リフト帯の発達プロセスを論じるうえで重要

¹ 大阪府立大学総合科学部自然環境科学科 (Department of Earth Sciences, College of Integrated Arts and Sciences, Osaka Prefecture University. 1-1, Gakuen-cho, Sakai, Osaka, 599-8531 Japan)

² 株式会社フィッション・トラック (Kyoto Fission-Track Co., Ltd. 44-4, Minamitajiri-cho, Omiya, Kita-ku, Kyoto, 603-8832 Japan)

Keywords: paleomagnetism, fission-track age, Miocene, rotation, southwest Japan



第1図 北陸地域の新第三系分布と研究地域。
Fig. 1 Distribution of Neogene rocks in the Hokuriku district and the study area.

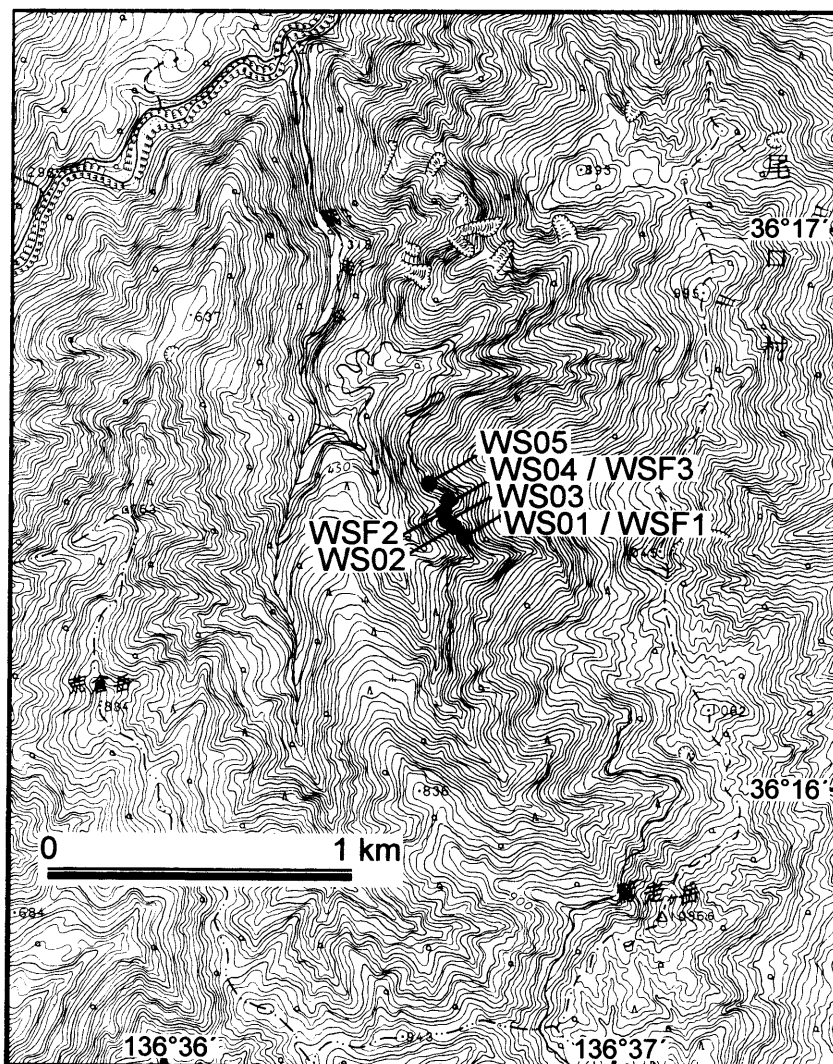
である。しかし、日本海沿岸の下部中新統は火成岩が卓越しているため、地層の傾動が補正できない場合が多く、回転テクトニクスを考察する精度を持ったデータはほとんど報告されていない。

そこで本研究では、石川県石川郡鳥越村に分布する鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩（以下、鷲走ヶ岳流紋岩）に着目して、古地磁気測定とフィッシュ・トラック（FT）年代測定を行う。一般に、溶結凝灰岩は初生的な水平面をユータキシチック組織として保存しているため、磁化方位を傾動補正することが可能である。また、珪長質火成岩には普遍的にジルコンなどUに富む鉱物が含まれるため、FT年代測定に適している。これらの手法を用いて年代の明らかな古地磁気方位をもとめ、他地域でこれまでに報告されている古地磁気データと比較することで、調査地域を含むブロックの回転運動を議論する。

2. 地質概説と試料採取

鷲走ヶ岳流紋岩は、石田ほか（1998）によって、詳細

な岩石学・地球化学的研究が行われた。それによると、鷲走ヶ岳流紋岩は中生代の手取層群を不整合に覆っており、前期中新世の安山岩類を主体とする岩稲層に直接平行に覆われる。岩相は、上位に向かって下部非溶結凝灰岩層・強溶結凝灰岩層・弱溶結凝灰岩層からなり、層厚は80m以上である。強溶結凝灰岩層はさらに上位に向かってピッチストーン層・リソフィーゼ層・上部強溶結凝灰岩層に細分される。古地磁気測定試料（WS）は5地点で、FT年代測定試料（WSF）は3地点で採取した。その位置を第2図に、岩相を第1, 2表に示す。古地磁気試料は、磁気コンパスを用い、定方位ブロックを1地点につき5個採取した。FT年代試料は、1地点につき約2kgを採取した。試料採取地点とその周辺では、ユータキシチック組織のなす平面の走向傾斜を測定した。それらは、ほぼ北に向かって20～25°傾斜している。石田ほか（1998）によると、鷲走ヶ岳流紋岩は北東-南西方向の断層で繰り返す同斜構造を持ち、ひとつの冷却ユニットからなる溶結凝灰岩である。



第2図 古地磁気 (WS01～05) および FT 年代 (WSF1～3) 試料の採取地点位置図. 2万5千分の1地形図「尾小屋」の一部を使用.

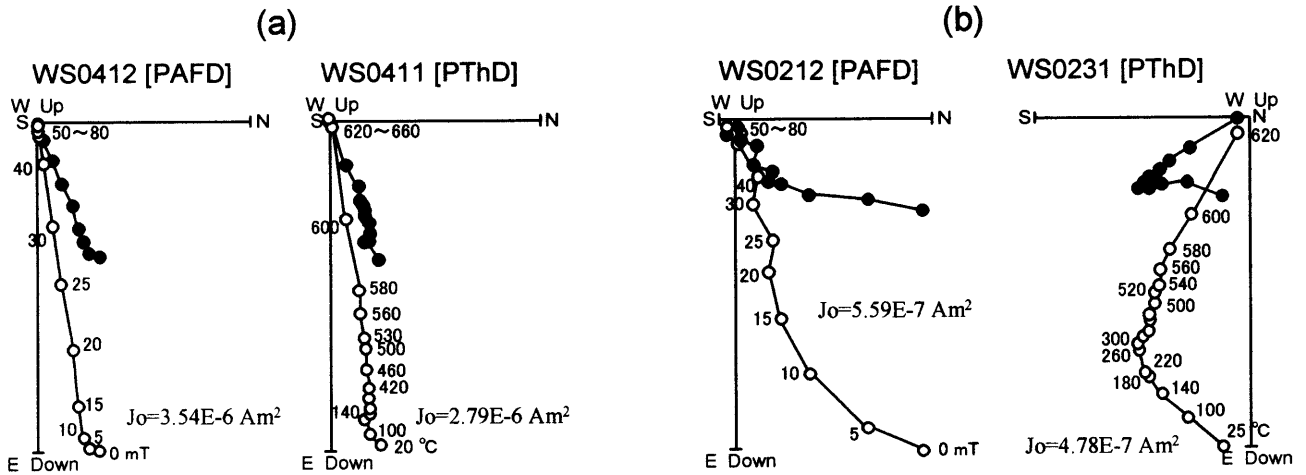
Fig. 2 Paleomagnetic (WS01～05) and FT dating (WSF1～3) sampling sites on a part of topographic map "Ogoya" at 1:25,000 scale.

3. 古地磁気測定結果

実験室に持ち帰った試料から、直径 25mm 高さ 22mm の円筒形測定用試料片を切り出した。自然残留磁化の測定には、同志社大学の夏原技研製スピナー磁力計 (SMM-85) と大阪府立大学の Schonstedt 製スピナー磁力計 (SSM-1A) を用いた。作成した全試料片 (1 地点につき 13～16 個) について自然残留磁化と磁化率を測定した後、各地点の平均的な残留磁化強度・方位・磁化率を持つパイロット試料片を選び、段階交流消磁 (PAFD)・段階熱消磁 (PThD) 実験によって磁化の安定性を検討した。PAFD は、最高 80mT まで 11 段階で行った。PThD は 10nT 以下の無磁場に近い空气中で、最高 660℃ まで 15～18 段階で行った。加熱冷却の繰り返しによって崩壊する試料は、修復不能になった時点で実験を打ち切った。

第3図に、パイロット試料片の段階消磁実験の例を示す。WS04 (a) では、PAFD・PThD の両方で、ベクトル投

影図の原点に収束する同じ方向の安定残留磁化成分が確認された。その方位は、傾動補正前の状態 (in-situ) で、現在の地球磁場方向と大きく異なっている。このような地点では、試料片を追加して PAFD を行い、Kirschvink (1980) の方法で試料片毎の安定磁化方位を決定して、地点平均値を計算した。一方、WS02 (b) では、PThD によって比較的低温で消去される磁化成分 (in-situ で現在の地球磁場方向に一致する) と高温で投影図原点に収束する磁化成分が分離されるが、PAFD ではそれらは明瞭に区別できない。このような地点では、試料片を追加して PThD を行い、上述の方法で地点平均値を計算した。今回の試料は、アンブロッキング温度が 600℃ を超えてヘマタイトの存在を示唆するものが多かったが、PAFD では比較的低い磁場レベル (~25mT) で磁化が半減する。これは、Otofuji *et al.* (1997) が東北地方の古第三系閉伊崎火山岩中の溶結凝灰岩について報告している特徴に類似している。第1表に、古地磁気測定結果をまとめる。第3図 (b) の 300℃ 以下で消去されている磁化成分を不安定成分とし、第3図 (a) のようにほぼ



第3図 段階交流消磁 (PAFD) と段階熱消磁 (PThD) の結果. 傾動補正前の磁化方位を vector-demagnetization 図に示す. 黒丸は水平面, 白丸は南北方向の垂直面への磁化ベクトル終点の投影.
 Fig. 3 Results of progressive alternating-field demagnetization (PAFD) and progressive thermal demagnetization (PThD). The vector-demagnetization diagrams are drawn in is-situ coordinates. Unit of the coordinates is bulk remanent intensity. Solid and open circles are projections of vector end-points on horizontal and N-S vertical planes, respectively.

単一磁化成分と見なせるもの, および (b) の高温で原点収束するものを安定成分として分類した.

4. FT 年代測定結果

鷲走ヶ岳流紋岩の3試料 (WSF1~3) について, ブロック試料を粉砕しジルコンを抽出した. いずれの地点についても十分な数の自形ジルコン粒子が得られたので, ゼータ較正法に基づき (Danhara and Iwano, 2001), 結晶内部面を用いた外部ディテクター法 (ED1; Gleadow, 1981; 檀原, 1995) によって測定を実施した. ジルコン中の自発 FT のエッチングは, KOH - NaOH 共融液 (1 : 1) を用い, 225°C の条件で 31 時間行った. 第2表に, 鷲走ヶ岳流紋岩のジルコン FT 年代値を示す.

5. 考 察

5.1 北陸地域の月長石流紋岩の古地磁気・年代データ

今回の研究により, 石川県の鷲走ヶ岳流紋岩について, 5 地点の古地磁気方位と 3 地点の FT 年代が決定された. 石田ほか (1998) は, Rb-Sr 全岩アイソクロン法による年代値を 19.5 ± 0.6 Ma とした. 今回の FT 年代は, この結果にほぼ一致する. 北陸地域に分布する同種の岩体では, 富山県の臼中月長石流紋岩から 1 地点の古地磁気方位が報告されており (Itoh, 1988), 逆帯磁を示す. 臼中岩体からは 2 地点の FT 年代 (22.2, 23.7 Ma; 雁沢, 1983) が報告されているが, これは Hurford (1990) による FT 年代測定標準化勧告以前の研究なので, 現在では参考値にとどまる. すなわち, 北陸新第三系最下部とされる月

長石流紋岩類の中では, 古地磁気方位と放射年代が決定された岩体は, 鷲走ヶ岳流紋岩のみである.

5.2 残留磁化の起源と傾動補正の妥当性

石田ほか (1998) は, 鷲走ヶ岳流紋岩の化学組成の検討から, 岩体形成後の熱水変質を想定している. したがって, 似通った値 (20 Ma 前後) の Rb-Sr 年代と FT 年代は, 流体移動によって Rb や Sr が移動し, 再加熱によってジルコンがアニーリングした時期を示す. 鷲走ヶ岳流紋岩からは熱変成・変質に伴う鉱物は見出されていないので, 到達温度を正確に推定することはできない. 仮に 300°C 前後とすると, ジルコン FT がアニーリングするためには 10 ~ 100 万年程度かかるとされている (Tagami and Shimada, 1996).

一方, 今回明らかになったように, 鷲走ヶ岳流紋岩の残留磁化は不安定成分と安定成分に分離できる. 不安定成分は傾動補正前の状態で現在の地球磁場方向に一致しており (第1表), 最近の地質時代に獲得した粘性残留磁化の可能性が高い. 一方, 安定成分は, アンブロッキング温度分布からマグネタイトとヘマタイトが担うものと考えられ, 両者の磁化方位に差は認められない (第3図). 今回の実験からは残留磁化の起源を特定することはできないが, 上記の熱水活動に伴って獲得した熱 (粘性) 残留磁化, もしくは化学残留磁化などが想定できる.

この場合, 鷲走ヶ岳流紋岩の安定磁化は 20 Ma 頃の二次磁化ということになるので, 傾動補正の妥当性が問題になる. 石田ほか (1998) は, 鷲走ヶ岳流紋岩を覆う岩稲層が似通った構造を持つと述べている. その年代値は, 16 ~ 17 Ma (伊藤・渡辺, 2000) ないし 18 ~ 20 Ma (鹿野ほか, 1999) とされる. より広範囲を見ても, 岩稲層

第 1 表 鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩から得られたサイト平均磁化方位.

Table 1 Site-mean magnetic directions obtained from the Mt. Wasso moonstone rhyolitic welded tuff.

Site	Facies	Stable component										Unstable component						
		DMG	D	I	Dc	Ic	α_{95}	k	N	ϕ	λ	DMG	D	I	α_{95}	k	N	
WS01	pitchstone	15-80 mT	63.5	63.3	37.2	50.4	2.1	712.7	8	58.8	-134.9							
WS02	densely welded tuff	420-620°C	122.4	69.9	58.7	71.4	7.8	61.2	7	46.4	-179.6	100-260°C	-0.2	52.2	3.2	354.8	7	
WS03	pitchstone	520-660°C	77.2	48.0	58.7	40.6	4.6	144.7	8	38.2	-135.9							
WS04	densely welded tuff	5-80 mT	78.0	66.9	44.0	57.0	1.9	889.9	8	55.1	-149.1							
WS05	weakly welded tuff	5-80 mT	98.0	57.8	53.6	62.0	1.4	1624.7	8	48.9	-160.2							

DMG is range of PThD / PAFD levels for calculation of characteristic direction by principal component analysis; D and I are in-situ site-mean declination and inclination in degrees, respectively; Dc and Ic are tilt-corrected site-mean declination and inclination in degrees, respectively; α_{95} is radius of 95 % confidence circle in degrees; k is the Fisherian precision parameter; N is number of specimens; ϕ and λ are latitude (N) and longitude (E) of virtual geomagnetic pole for tilt-corrected site-mean direction, respectively.

第 2 表 鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩から得られたジルコンのフィッション・トラック年代.

Table 2 Zircon fission-track ages obtained from the Mt. Wasso moonstone rhyolitic welded tuff.

Sample	Lithologic units after Ishida <i>et al.</i> (1998)	No. of crystals	Spontaneous track		Induced track		P(χ^2)	Dosimeter		r	U-content (ppm)	Age $\pm 1\sigma$ (Ma)	Method
			ρ_s (cm ⁻²)	N_s	ρ_i (cm ⁻²)	N_i		ρ_d (cm ⁻²)	N_d				
WSF1	pitchstone layer	30	3.73×10^6	2534	3.22×10^6	2186	31	1.029×10^5	2635	0.907	320	21.6 ± 0.8	ED1
WSF2	lithophysae layer	30	3.19×10^6	2722	2.97×10^6	2536	11	1.030×10^5	2636	0.894	290	20.0 ± 0.7	ED1
WSF3	densely welded layer	30	3.69×10^6	3041	3.28×10^6	2702	22	1.030×10^5	2638	0.886	320	21.0 ± 0.7	ED1

ρ and N are the density and total number of fission-tracks counted, respectively. Ages were calculated using a dosimeter glass IRMM-540 and the age calibration factor ζ (ED1)=363 \pm 3 (Danbara and Iwano, 2001). P(χ^2) is the probability of obtaining χ^2 -value for v degrees of freedom (where v=No. of crystals - 1). r is the correlation coefficient between ρ_s and ρ_i . Thermal neutron irradiation was carried out in the pneumatic tube of the reactor unit JRR-4 at the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), Japan.

の上位の医王山層は、本研究地域から金沢周辺では同様にゆるく北方に傾斜しており、その年代は 15 ~ 16 Ma (伊藤ほか, 2000) ないし 16 ~ 18 Ma (鹿野ほか, 1999) とされている。以上のことから、鷲走ヶ岳流紋岩の傾動は熱水活動に伴う安定な二次磁化の獲得より後の時代に生じており、回転運動を議論するためには傾動補正を行うべきであると結論される。第 4 図 (左) に、鷲走ヶ岳流紋岩の地点平均磁化方位を傾動補正後の状態で示す。それらはすべて、有意な時計回り回転を意味する大きな東偏で特徴づけられ、偏角の平均値は約 50° である。前述のように、二次磁化獲得をもたらした熱水活動が 10 ~ 100 万年継続したとすると、地点毎の磁化方位のばらつきは地磁気永年変化を表すと考えられる。

5.3 医王山層との比較：回転運動の時期

鷲走ヶ岳流紋岩の安定残留磁化が熱水活動の継続期間を代表するものである (短期間の地球磁場変動を示すものではない) という仮定に立って、北陸地域でこれまでに報告されている古地磁気方位との比較を行う。Itoh and Ito (1989) によると、北陸地域は中期中新世以降の伊豆弧と西南日本弧の衝突によって変形しているので、相対的回転が無視できるように、近隣の金沢・医王山地域 (第 1 図) に分布する医王山層のみを比較対象とする。第 4 図 (右) に示すように、医王山層の凝灰岩の初生磁化方位 (Itoh and Ito, 1989; 伊藤ほか, 2000) は平均し

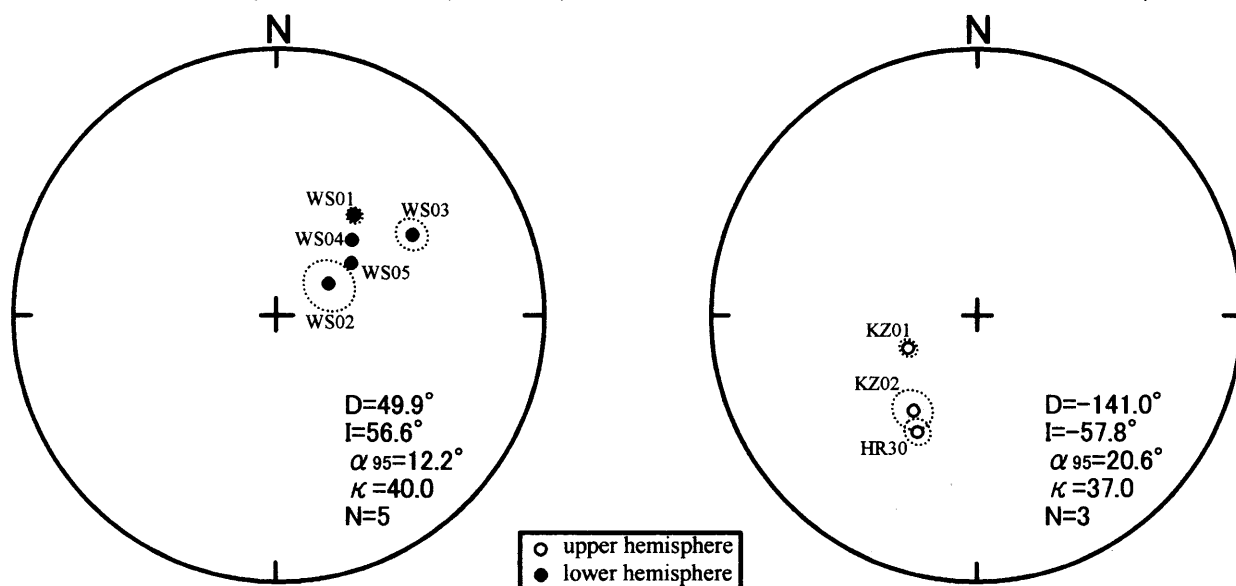
て約 40° の東偏を示し、鷲走ヶ岳流紋岩の値と有意差がない。金沢・医王山地域の医王山層は、生層序・古地磁気層序学的研究 (柳沢, 1999a,b; 伊藤ほか, 2000) に基づき 15 ~ 16 Ma に形成されたと考えられるので、この結果は、北陸地域が前期中新世に大きな時計回り回転をしなかった可能性を示唆する。より詳細な回転運動プロセスを知るためには、地質構造の明らかな下部 ~ 中部中新統の連続セクションで、稠密な古地磁気測定及び放射年代測定を行う必要がある。回転運動と背弧拡大の因果関係を知るためには、古地磁気方位の明らかな堆積岩の層相・古環境解析を行う必要がある。

6. ま と め

石川県に分布する鷲走ヶ岳流紋岩について、古地磁気測定と FT 年代測定を行い、5 地点で安定残留磁化方位を、3 地点でジルコン FT 年代を得た。傾動補正後の地点平均磁化方位は、すべて大きな東偏を示す。FT 年代 (20 ~ 22 Ma) は、同岩体から報告されている Rb-Sr 全岩アイソクロン法の年代と調和的であり、鷲走ヶ岳流紋岩が被った熱水変質の時期に相当する。安定残留磁化はその時期に獲得した二次磁化と考えられ、5 地点の平均古地磁気偏角は約 50° である。これは、近隣から報告されている前期中新世末期の医王山層の平均偏角 (約 40°) と有意差がない。以上の結果は、北陸地域が前期中新世

Mt. Wasso Moonstone Rhyolitic Welded Tuff (20 - 21 Ma)

lozen Formation in Kanazawa & lozen Areas (15 - 16 Ma)



第4図 研究地域とその周辺の前期中新世火成岩から報告されている、傾動補正を行った地点平均磁化方位。医王山層のデータは Itoh and Ito (1989; HR30) と伊藤ほか (2000; KZ01,02) に基づく。黒丸は等面積投影図の下半球、白丸は上半球への投影で、点線の楕円は95%の信頼円である。

Fig. 4 Tilt-corrected site-mean magnetic directions reported from the early Miocene igneous rocks in and around the study area. Data of the lozen Formation are after Itoh and Ito (1989; HR30) and Itoh *et al.* (2000; KZ01,02). Solid and open circles are on the lower and upper hemispheres of the equal-area projections, respectively. Dotted ovals are 95 % confidence limits.

には大きな時計回り回転をしなかった可能性を示唆する。

謝辞 現地調査に際し、金沢大学の石渡 明 助教授にご協力いただいた。古地磁気実験室の使用に関し、同志社大学の林田 明 教授に便宜を図っていただいた。山崎俊嗣氏には、有益な査読コメントをいただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。なお、本研究は著者のひとり伊藤が旧地質調査所資源エネルギー地質部の非常勤職員として、平成12年度に実施された「天然ガス資源ポテンシャルの総合的研究」の一部として行ったものである。

文 献

檀原 徹 (1995) 第四紀テフラの高精度フィッション・トラック (FT) 年代測定—ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けて—。第四紀研究, **34**, 221-237.

Danhara, T. and Iwano, H. (2001) System calibration for fission track dating of zircon using the new glass dosimeter IRMM-540. *F.T. News Lett.*, **14**, 1-14.

雁沢好博 (1983) フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分 その2—富山県太美山地域—。地質雑, **89**, 271-286.

Gleadow, A. J. W. (1981) Fission-track dating

methods: What are the real alternatives? *Nucl. Tracks*, **5**, 3-14.

早川秀樹・竹村厚司 (1987) 富山県八尾地域の新第三系。地質雑, **93**, 717-732.

Hurford, A. J. (1990) Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the Fission Track Working Group of the I.U.G.S. Subcommittee of Geochronology. *Chem. Geol.*, **80**, 171-178.

石田勇人・石渡 明・加々美寛雄 (1998) 新第三系北陸層群の鷲走ヶ岳月長石流紋岩質溶結凝灰岩。地質雑, **104**, 281-295.

Itoh, Y. (1988) Differential rotation of the eastern part of southwest Japan inferred from paleomagnetism of Cretaceous and Neogene rocks. *J. Geophys. Res.*, **93**, 3401-3411.

伊藤康人・早川秀樹 (1988) 富山県八尾地域に分布する新第三系の古地磁気層序。地質雑, **94**, 515-525.

Itoh, Y. and Ito, Y. (1989) Confined ductile deformation in the Japan arc inferred from paleomagnetic studies. *Tectonophysics*, **167**, 57-73.

伊藤康人・渡辺真人 (2000) 八尾地域の前期中新世地磁気層序の精密化。地調月報, **51**, 37-45.

伊藤康人・山本朗子・岩野英樹・檀原 徹・渡辺真

- 人 (2000) 金沢・医王山地域に分布する中新統の古地磁気とフィッショントラック年代. 地調月報, **51**, 495-504.
- 鹿野和彦・原山 智・山本博文・竹内 誠・宇都浩三・駒澤正夫・広島敏男・須藤定久 (1999) 20 万分の 1 地質図幅「金沢」. 地質調査所.
- Kirschvink, J. L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **62**, 699-718.
- Otofuji, Y. and Matsuda, T. (1983) Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **62**, 349-359.
- Otofuji, Y., Hayashida, A. and Torii, M. (1985) When was the Japan Sea opened?: Paleomagnetic evidence from Southwest Japan. In Nasu, N., Uyeda, S., Kushiro, I., Kobayashi, K. and Kagami, H., *Formation of Active Ocean Margins*, Terra Publishing Co., Tokyo, 551-566.
- Otofuji, Y., Sato, K., Iba, N. and Matsuda, T. (1997) Cenozoic northward translation of the Kitakami massif in northeast Japan: paleomagnetic evidence. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **153**, 119-132.
- 多田隆治・玉木賢策 (1992) 日本海深海掘削の成果とその層序学的意義. 石技誌, **57**, 103-111.
- Tagami, T. and Shimada, C. (1996) Natural long-term annealing of the zircon fission track system around a granitic pluton. *J. Geophys. Res.*, **101**, 8245-8255.
- 柳沢幸夫 (1999a) 金沢市南部地域に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 49-65.
- 柳沢幸夫 (1999b) 富山・石川県境の医王山地域に分布する中新統の珪藻化石層序と対比. 地調月報, **50**, 67-81.

(受付: 2001年8月2日; 受理: 2001年12月20日)