

富山県東部魚津地域に分布する新第三系の古地磁気学的研究

岩城啓美¹ 伊藤康人²

Hiromi IWAKI and Yasuto ITOH (2000) Paleomagnetic Study of Neogene Rocks Around the Uozu Area, Eastern Part of Toyama Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 51 (6), p.229-236, 6 figs, 1 table.

Abstract: We made magnetic measurements of Neogene volcanic and sedimentary rocks in the Uozu area. All the samples from the Iwaine and Yatsuo formations have reversed primary remanent magnetization. Considering biostratigraphic data and lithological information, this sequence is assigned to the Kurosedani and Higashibessho formations distributed in the Yatsuo area, and is correlated with Chron C5 BR of geomagnetic polarity timescale. The mean magnetic direction of the Yatsuo formation shows less eastward deflection than that of the Iwaine formation. This result suggests that the Yatsuo formation was formed during the clockwise rotation of Southwest Japan.

要 旨

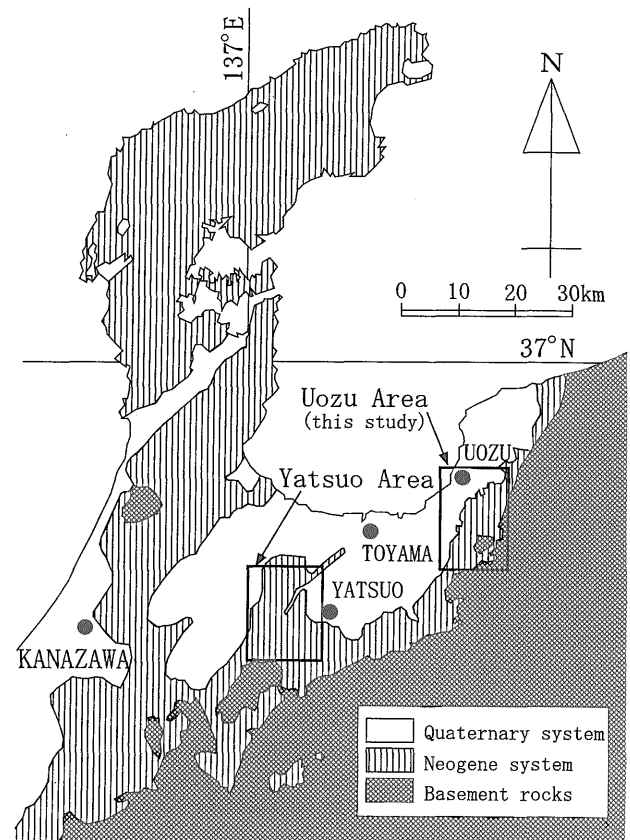
富山県東部魚津地域に分布する新第三系について、古地磁気学的研究を行った。岩稲累層と八尾累層からの試料について段階熱消磁と段階交流消磁を行い、すべての試料から逆帯磁の初生磁化が得られた。この逆磁極期は八尾地域の黒瀬谷累層と東別所累層に相当することから、磁気極性年代表の Chron C5 BR に対比できる。上位の八尾累層の平均磁化方位は下位の岩稲累層より東への偏りが小さく、八尾累層がユーラシア大陸に対する西南日本の時計回り回転の時期に形成された可能性が示唆される。

1. はじめに

北陸地方の富山県から石川県にかけての地域には、北陸層群と呼ばれる新第三紀の火山岩や堆積岩が広く分布し、横山 (1930) をはじめ坂本ほか (1959) など、多くの層序学的研究が行われてきた。例えば富山県中部の八尾地域 (第1図) では、早川・竹村 (1987) が岩相層序、生層序年代、放射年代を用いて同地域西部の層序を再検討した。さらに伊藤・早川 (1988, 1989)、伊藤・渡辺 (2000) は同地域の八尾層群と砺波層群において磁気層序学的研究を行った。最近では同地域で珪藻化石層序と磁気層序との対比も検討されている (柳沢, 1999; 伊藤ほか, 1999

など)。これらの研究から詳細に年代が決定された八尾地域の新第三系は、北陸地方において層序学的研究を進めるうえで重要な基準になっている。

今回研究を行った富山県東部の魚津地域 (第1図) に



第1図 調査地域、および周辺の地質図。

Fig. 1 Index map showing distribution of the Neogene rocks around the studied area.

Keywords: Uozu, Toyama, Southwest Japan, magnetostратigraphy, Miocene, clockwise rotation

¹ 同志社大学大学院工学研究科数理環境科学専攻 (Graduate School of Engineering, Doshisha University, Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan)

² 大阪府立大学総合科学部自然環境科学科: 資源エネルギー地質部非常勤職員 (Department of Earth Sciences, College of Integrated Arts and Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 599-8531, Japan: Mineral and Fuel Resources Department, GSJ)

については、今村ほか (1951) や角・野沢 (1973) によって層序学的研究が行われた。これらによると本地域の新第三系は山地から丘陵地にかけて広く分布しているが、これまでに磁気層序研究の報告例はない。層序学的に利用できる化石の報告も十分ではなく、伊藤ほか (1994) が八尾累層上部の積泉寺泥岩層において珪藻化石を分析し、*Denticulopsis lauta* zone の中・下部 (15.2~15.9 Ma ; Yanagisawa and Akiba, 1998) としているのみである。魚津地域の新第三系の年代を決めることによって、八尾地域をはじめ他地域の年代データと合わせて、日本海側新第三系模式地としての北陸地方で複合層序の精度向上が期待できる。

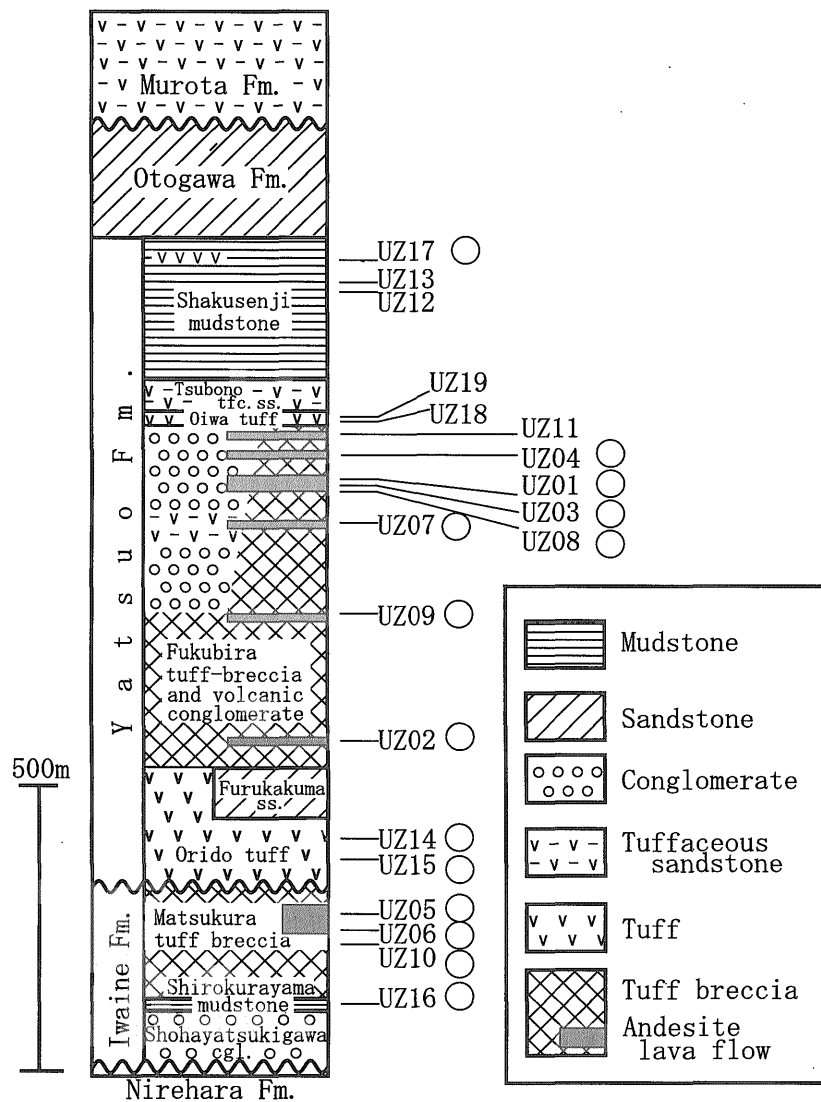
また Otofujii and Matsuda (1983,1984) をはじめとする西南日本の古地磁気学的研究より、中新世に日本海の拡大に伴って西南日本が時計回り回転をしたことが明らかになった。詳しい回転時期については、Otofujii *et al.*

(1991) や Hayashida *et al.* (1991) などによって検討されている。このような背弧海盆拡大に伴う島弧のテクトニクスを考えるうえで、より多くの地域から磁気層序や放射年代、微化石年代を用いてその時期を決定することが必要である。特に魚津地域は西南日本ブロックの東端部に位置するため、背弧拡大時の変形を考える上でも重要である。

そこで本研究では魚津地域の新第三系について残留磁化の測定を行い、八尾地域と対比して磁気層序学的方法により年代の決定を試みる。さらにその磁化方位から西南日本東部の回転運動についても考察する。

2. 地質概説および試料採取

本研究では国土地理院発行5万分の1地形図「魚津」の範囲を魚津地域として扱う。角・野沢 (1973) による



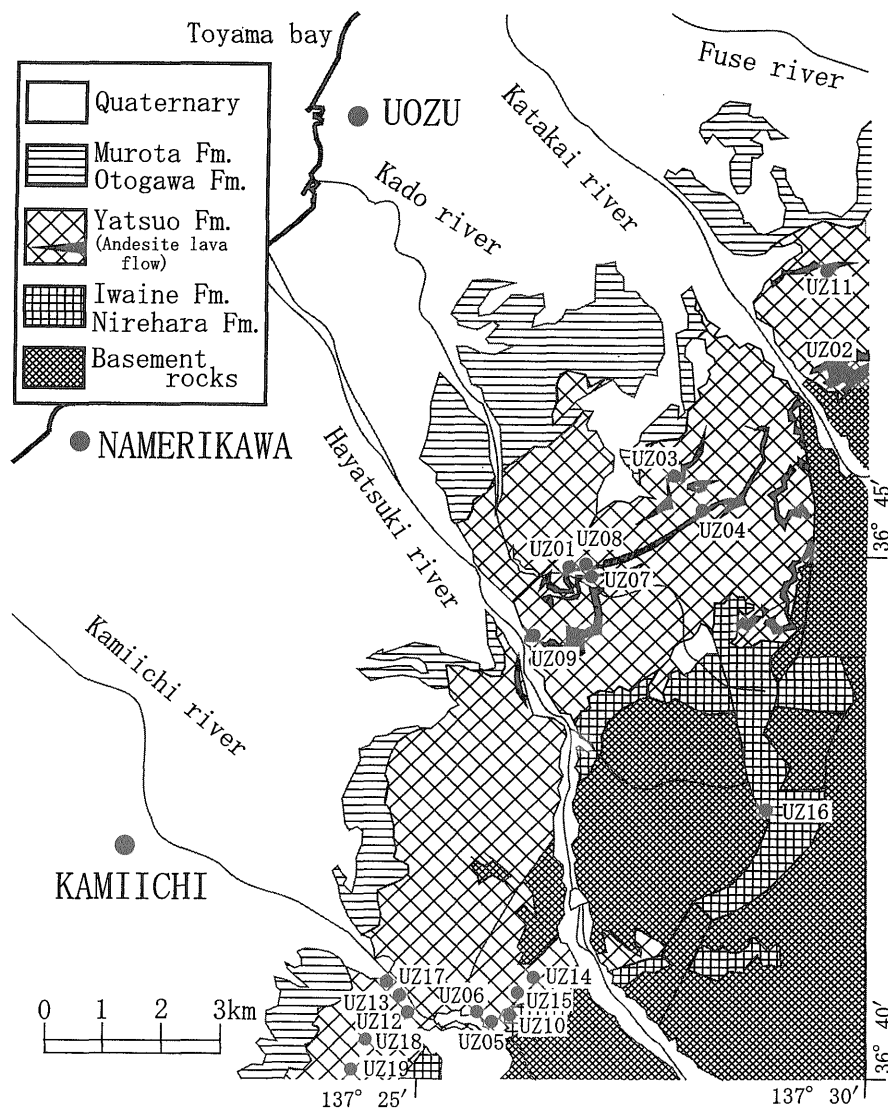
第2図 魚津地域の新第三系層序区分と古地磁気測定用サンプル採取地点。岩相層序は角・野沢 (1973) による。地点番号横の白丸は得られた古地磁気極性が逆帯磁であることを示す。

Fig. 2 Lithostratigraphy of the Uozu area after Sumi and Nozawa (1973). Site numbers are horizons of paleomagnetic samples, of which magnetic polarities are shown with open symbols representing reversed polarity. Fm=Formation.

と、魚津地域の新第三系は下位より楡原、岩稲、八尾、音川、室田の各累層に区分され(第2図)、先新第三系の太美山層群や手取層群、船津花崗岩類を不整合に覆っている。八尾累層中部より下位の地層は、断層に切られて構造が乱れているが、大局的には北から西向きに傾斜で同斜構造を示し、北西ほど新しい地層が分布している。楡原累層は本地域のごく狭い範囲に分布し、主に粗粒堆積岩からなっている。岩稲累層は主に安山岩質の火山岩や碎屑岩からなり、岩相の違いから下位より小早月川礫岩層、白倉山泥岩層、松倉凝灰角礫岩層に分けられる。岩稲累層を不整合で覆う八尾累層は、折戸凝灰岩層、古鹿熊砂岩層、福平凝灰角礫岩火山円礫岩層、大岩凝灰岩層、坪野凝灰質砂岩層、釈泉寺泥岩層の各部層に分けられ、安山岩質の火山岩や凝灰岩、堆積岩からなる。福平凝灰角礫岩火山円礫岩層には安山岩溶岩流が6枚挟在している。折戸凝灰岩層と古鹿熊砂岩層は、いずれも上位

の福平凝灰角礫岩火山円礫岩層と整合であることから、指交関係にあると考えられている。音川累層は主に泥質の細粒砂岩、室田累層は凝灰質砂岩からなり、両層は不整合で接している。

残留磁化測定用の試料は白倉山泥岩層から釈泉寺泥岩層までの19サイト(17層準)で採取した(第2図、及び第3図)。採取した岩石は安山岩溶岩、凝灰岩、砂質凝灰岩、砂質シルト岩である。磁気コンパスを用いて、1サイトにつき3~8個の定方位ハンドサンプルを採取した。古地磁気方位に傾動補正をするために、層理が確認できたサイトでは走向・傾斜を測定した。これらの方位に対し国土地理院発行の地形図を基にして偏角補正(西偏7°)を行った。



第3図 魚津地域の地質図(角・野沢, 1973を一部簡略化), およびサンプル採取地点。

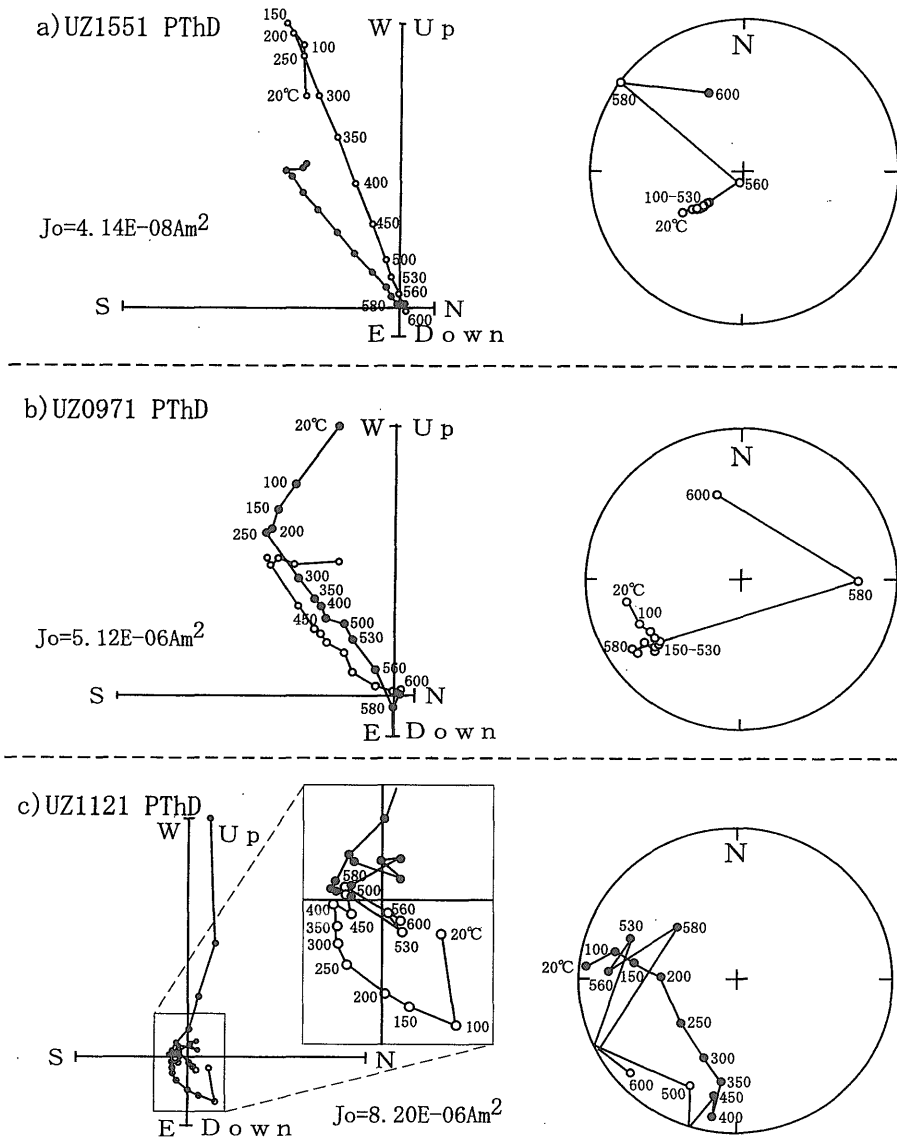
Fig. 3 Geological map of the Uozu area (after Sumi and Nozawa, 1973; partly modified) with sampling localities (solid circle) for paleomagnetic study.

3. 残留磁化の測定

実験室に持ち帰ったハンドサンプルから、ダイヤモンドドリルとカッターを用いて、直径 25 mm、高さ 22 mm の円筒形試料片を切り出した。残留磁化の測定には 大阪府立大学の Schonstedt 製スピナー磁力計、同志社大学と京都大学の夏原技研製スピナー磁力計、同志社大学の 2 G Enterprises 製超伝導磁力計を使用した。すべての試料片について自然残留磁化を測定した後、各サイトから平均的な磁化方位や磁化強度を持つ試料片を 1 個選び、パイロットサンプルとして段階熱消磁 (PThD) 実験を行った。PThD は空気中で最高 690°C まで、12~16 段階

行った。熱消磁用の電気炉の内部磁場は試料を入れる位置で 10 nT 以下であった。PThD の結果、初生磁化と考えられる安定な磁化成分が得られた場合は、さらに 1 サイトにつき 6~7 個の試料片を選出し PThD を行った。また PThD で得られた初生磁化方位を確認するために段階交流消磁 (PAFD) 実験を行った。PAFD は高透磁率合金で覆われた 2 軸回転の試料台を用いて、最高 100 mT まで、12~16 段階行った。

PThD の結果の例を第 4 図に示す。ベクトル投影図で原点に向かう直線は単一の安定な残留磁化成分を示す。この直線について Kirschvink (1980) の主成分分析法を用いて磁化方位を決定した。その方位が傾動補正前の状



第 4 図 段階熱消磁実験の結果。ベクトル投影図(左)は、各消磁レベルでの磁化ベクトルの終点(黒丸が水平面、白丸が N-S 方向の垂直面への投影)を表す。等面積投影図(右)では、黒丸が下半球、白丸が上半球への投影である。いずれも傾動補正前の状態で、数字は消磁レベル(°C)を示す。

Fig. 4 Typical results of progressive thermal demagnetization. As for vector-demagnetization diagrams, solid (open) circles represent projection of vector end-points on horizontal (N-S vertical) plane. For equal-area nets, solid (open) circles are projections on the lower (upper) hemisphere. Each projection shows in-situ magnetic directions (before tilt correction). Numbers are demagnetization level in °C.

態で現在の地球磁場方位と大きく異なったため、初生磁化方位が得られたと判断した。例えば第4図(a)の場合、150~530°Cで原点に向かう成分が検出でき、それは傾動補正前に逆帯磁を示した。PAFDでも類似した方位が得られている。凝灰岩、砂質凝灰岩と大部分の安山岩溶岩流のサンプルが、このような単一の磁化成分を示した。

第4図(b)の試料片は安山岩溶岩流から得られたものである。PThDにより2つの成分が分離でき、低温成分は正帯磁、250°C以上の高温成分は逆帯磁を示した。このうち、現在の地球磁場方位と大きく異なる高温成分を、初生磁化であるとみなした。PAFDでも高温成分と類似した方位が得られている。PThDで得られた低温成分は、正磁極期に獲得された二次磁化と思われる。第4図(a)および(b)に示した試料片は、いずれもアンブロッキング温度が約580°Cであった。PAFDでもなめらかに磁化が減少したことから、マグネタイトが主な磁性鉱物であると考えられる。

PThDにより高温成分を明瞭な直線として検出できなかった試料片もあった(第4図(c))。これは複数の磁化成分のブロッキング温度範囲が重なり、それぞれを分離

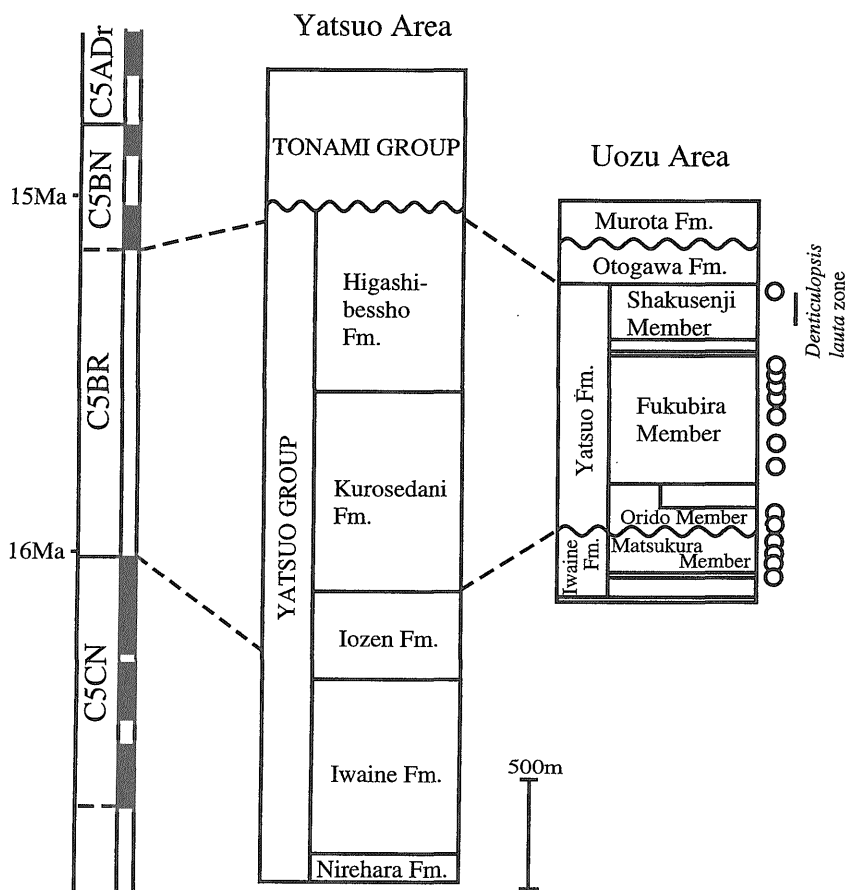
できなかったためと考えられる。その磁化方位は現在の地球磁場方向から離れて逆帯磁に向かう方向へ移動していることから、高温成分の極性は逆帯磁であると考えられるが、追加で行ったPThDではこのような傾向が見られなかった試料片もあったため、このサイトの結果は棄却した。このサイトは福平凝灰角礫岩火山円礫岩層に含まれる6枚の安山岩溶岩流のうち、最上位の溶岩流にあたる。このサイトからの試料片は残留磁化の安定性を示すケーニヒスベルガー比が約0.3と低く、下位の溶岩流からの試料片の約半分であった。

PThDによって初生磁化方位が得られたサイトでは、サイトごとに平均磁化方位を計算した(第1表)。走向・傾斜が測定できたサイトでは、得られた磁化方位に傾動補正を行った。露頭で層理が確認できなかったサイトでも、上下の層準と断層で接しておらず、構造が乱れていない場合は、サイト付近の一般的な走向・傾斜を用いて傾動補正をし、参考データとした。

第1表 サイト平均磁化方位。
Table 1 Site mean magnetic directions.

Site	Analysis	D	I	Dc	Ic	N	α_{95}	k	P	LAT.	LON.	Facies
Yatsuo Fm.												
Shakusenji mudstone member												
UZ17	150-400°C	-105.1	-38.6	-122.5	-50.6	7	2.1	791.8	R	42.7	-143.8	Tuff
Fukubira tuff-breccia and volcanic conglomerate member												
UZ04(Yka5)	150-690°C	-107.8	-53.4	(-163.1)	(-58.7)	7	13.0	22.5	R			Andesite lava
UZ01(Yka4)	150-560°C	-148.3	-57.1	-165.9	-39.7	6	3.5	375.1	R	71.3	-87.1	Andesite lava
UZ03(Yka4)	150-580°C	-151.8	-43.6	(-163.5)	(-33.0)	6	3.6	344.9	R			Andesite lava
UZ08(Yka4)	150-600°C	-142.7	-54.1	-158.6	-23.1	6	6.6	105.4	R	58.7	-85.9	Andesite lava
UZ07(Yka3)	150-600°C	-136.1	-51.3	(-163.0)	(-43.9)	6	8.5	62.9	R			Andesite lava
UZ09(Yka2)	150-600°C	-129.8	-44.1	(-150.2)	(-46.9)	8	6.5	73.5	R			Andesite lava
UZ02(Yka1)	150-560°C	-108.0	-34.5			6	9.3	53.3	R			Andesite lava
Orido tuff member												
UZ14	150-580°C	-126.7	-55.8	-144.6	-53.0	7	3.6	280.0	R	61.0	-137.0	Tuff
UZ15	150-600°C	-132.0	-56.5	-159.1	-44.0	7	2.2	782.9	R	69.1	-107.0	Tuff
Iwaine Fm.												
Matsukura tuff-breccia member												
UZ06	150-600°C	-138.0	-58.2			6	6.7	100.5	R			Andesite lava
UZ05	150-660°C	-72.6	-37.3			5	13.0	35.4	R			Andesite lava
UZ10	150-560°C	-124.1	-48.2	-115.1	-40.3	6	8.0	70.9	R	33.1	-138.0	Tuff
Shirokurayama mudstone member												
UZ16	150-600°C	-140.4	-67.1	-131.9	-48.8	8	3.6	232.3	R	49.6	-137.0	Tuffaceous silt

Yka=unit number of andesite lava flow ; Anarysis=temperature range adopted for calculation of primary direction by principal component analysis ; D , I=site mean declination and inclination before tilt correction in degrees, respectively ; Dc, Ic=mean direction after tilt correction. Data corrected on the basis of general structural trend are shown in parenthesis ; N=number of specimens ; α_{95} =radius of 95% confidence circle in degrees ; k=precision parameter ; P=polarity ; LAT, LON=latitude and longitude of virtual geomagnetic pole position (north-seeking pole).



第5図 魚津の新第三系と八尾の新第三系、磁気極性年代表との対比。魚津地域の珪藻化石データは伊藤ほか(1994)による。八尾の磁気層序は伊藤・早川(1988,1989), 伊藤・渡辺(2000), 標準地磁気層序は Berggren *et al.* (1995)に基づく。

Fig. 5 Correlation of the paleomagnetic polarity sequences in Uozu area and Yatsuo area (Itoh and Hayakawa, 1988, 1989, and Itoh and Watanabe, 2000). Geomagnetic polarity time-scale is after Berggren *et al.* (1995). Diatom biostratigraphic data is after Itoh *et al.* (1994).

4. 結果と考察

4.1 磁気層序

段階熱消磁実験で得られた磁化極性を第2図に示す。今回の測定では、岩稲累層の白倉山泥岩層から八尾累層の積泉寺泥岩層までの14サイト(12層準)で逆帯磁の初生磁化が見いだされた。これらの結果を、第5図に示すように、古地磁気、放射年代、化石層序学的研究が詳細に行われている八尾地域の新第三系(早川・竹村, 1987; 伊藤・早川, 1988, 1989; 伊藤・渡辺, 2000)と、磁気層序および珪藻化石層序に基づいて対比した。

伊藤・早川(1988)は、八尾地域の新第三系の岩稲累層が正帯磁であることを明らかにしたが(第5図)、今回測定した魚津地域の岩稲累層は逆帯磁を示した。両地域の岩稲累層はいずれも安山岩質の火山岩や碎屑岩からなるが、古地磁気極性が異なることから、同時期の噴出物ではないことがわかる。

早川・竹村(1987)によると、八尾地域では岩稲累層と医王山累層が火山碎屑岩および火山岩からなり、黒瀬

谷累層より上位が主に堆積岩である。黒瀬谷累層は浮遊性有孔虫、石灰質ナンノプランクトンの化石が産出しており(谷村, 1979)、八尾地域で最も古い海成の地層である。その上位の東別所累層では珪藻化石が産出する。柳沢(1999)により、同層は珪藻化石層序区分の *Crucidentacula kanayae* zone から *Denticulopsis lauta* zone に属し、15.1-16.5 Ma に堆積したことが明らかになっている。早川・竹村(1987)は、黒瀬谷累層と東別所累層を背弧海盆拡大時の海進に伴う地層としている。

一方魚津地域では、古鹿熊砂岩層に *Rotalia Tochigiensis* Uchio, *Vaginulina Otukai* Uchio などの底生有孔虫や *Turritella* sp., *Boleotrochon* sp. などの貝化石が含まれている(角・野沢, 1973)ことから、古鹿熊砂岩層およびそれと指交関係にある折戸凝灰岩層が、最下位の海成層であると考えられる。福平凝灰角礫岩火山円礫岩層に含まれる凝灰質砂岩層からも貝化石が見出されている。その上位の積泉寺泥岩層では、伊藤ほか(1994)が珪藻化石を検出、分析して、同層が *Denticulopsis lauta* zone の中部付近から下部(15.2~15.9 Ma; Yanagi-

sawa and Akiba, 1998) にあたることを明らかにしている。

これらのことから、魚津地域の古鹿熊砂岩層および折戸凝灰岩層は、八尾地域の黒瀬谷累層と対比できる可能性が高い。また積泉寺泥岩層は東別所累層と対比できる。いずれの対比も、残留磁化極性は一致しており、矛盾はない。

以上より、魚津地域の折戸凝灰岩層から積泉寺泥岩層は、八尾地域の黒瀬谷累層から東別所累層にあたると思われる。八尾地域のこれらの層準は Berggren et al.

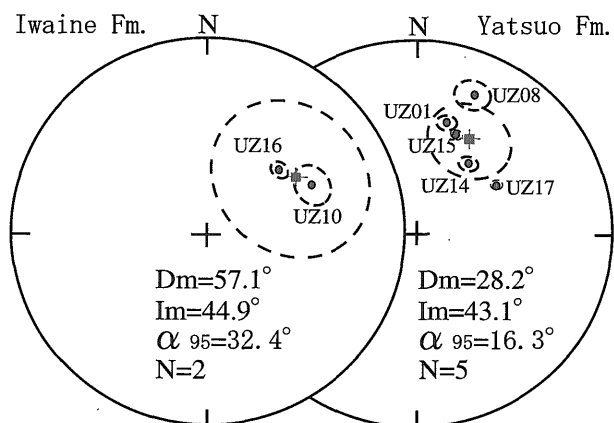
(1995) の Chron C 5 BR (15.155~16.014 Ma) に対比されている (伊藤ほか, 1999)。よって魚津地域の折戸凝灰岩層、福平凝灰角礫岩火山円礫岩層、積泉寺泥岩層も Chron C 5 BR に対比される。一方、魚津地域の岩稲累層では放射年代の測定例がないため、直接磁気極性年代表に対比することはできない。しかし角・野沢 (1973) により、岩稲累層と八尾累層との間に大きな堆積間隙が見いだされていないので、現時点では Chron C 5 BR に対比する。

今回の磁化測定より、岩稲累層白倉山泥岩層から八尾累層積泉寺泥岩層までの地層が Chron C 5 BR に対比できることがわかった。本地域では、折戸凝灰岩層から上位に海成碎屑岩が出現する。そこで折戸凝灰岩層から積泉寺泥岩層の厚さを平均 1100 m とすると、Chron C 5 BR の期間は 0.86 m.y. であるから、八尾累層の平均堆積速度は 1.3 m/1000 y. 以上と考えられる。これは伊藤・早川 (1988) が報告している八尾地域の八尾層群上部の堆積速度と調和的である。

4.2 日本海の拡大に関連した回転

Otofujii and Matsuda (1983) は、山陰地方に分布する漸新世の火山岩が約 58° 東よりの偏角を示し、中期中新世の火山岩がほぼ現在の地球磁場方向を示していることから、28 Ma 以降に西南日本がユーラシア大陸に対して時計回りに回転したと主張した。以後、多くの古地磁気学的研究が行われ (Hayashida, 1986, 1994; Itoh, 1988 など)、西南日本各地で中新世の時計回り回転を示唆する磁化方位が得られた。これらによると中部地方瑞浪地域に分布する前期中新世後期の堆積岩では東へ約 51°、八尾地域では東へ約 13° の偏角が示されている。

今回の段階消磁実験結果から魚津地域の平均磁化方位を求め、ユーラシア大陸に対する回転について考える。正帯磁に反転させたときの岩稲累層と八尾累層の平均方位は、岩稲累層 (2 サイト) が平均偏角 $Dm=57.1^\circ$ 、平均伏角 $Im=44.9^\circ$ 、95% の信頼限界円の半径 $\alpha_{95}=32.4^\circ$ 、八尾累層 (5 サイト) が $Dm=28.2^\circ$ 、 $Im=43.1^\circ$ 、 $\alpha_{95}=16.3^\circ$ であった (第 6 図)。ユーラシア大陸の過去 2000 万年間の平均的な仮想地磁気極は、現在の自転軸とほぼ一致する (Irving and Irving, 1982) ことから、魚津地域は岩



第 6 図 岩稲累層と八尾累層のサイト平均磁化方位 (丸) と累層平均磁化方位 (四角形)。いずれも傾動補正後で、正帯磁に反転させてある。Dm: 累層平均偏角, Im: 累層平均伏角, α_{95} : 95% 信頼円の半径, N: サイト数。

Fig. 6 Site mean directions (solid circle) and formation mean directions (solid square) obtained from Iwaine and Yatsuo Formations. Each projection is after tilt correction and inverted to normal polarity. Dm is formation mean declination, Im is formation mean inclination, α_{95} is the radius of 95% confidence circle, N is number of site.

稲累層や八尾累層の形成以降に、ユーラシア大陸に対する時計回り回転をこうむっていると考えられる。岩稲累層はサイト数が少ないため α_{95} が大きい。平均磁化方位を比較すると八尾累層の方が偏角の値が小さく、魚津地域が八尾累層の形成時期に回転を起こしていた可能性も示唆される。他地域での研究例によると、岐阜県に分布する瑞浪層群では *Denticulopsis lauta* zone の生俵累層で回転が確認されている (Hayashida, 1986)。八尾層群でも、時計回り回転の確認された層準は *D. lauta* zone に対比されている (Itoh, 1986)。このように 3 地域の回転時期がほぼ同時であるため、魚津地域の回転は、西南日本全体の時計回り回転によるものだと考えられる。このころ形成された八尾累層は堆積速度が非常に大きい。これは背弧海盆拡大に伴う急激な沈降と関係があるのかもしれない。

謝辞 本研究を行うにあたり、京都大学の石川尚人博士、玉井雅人博士には、岩石磁気測定室を使用させていただき、多くの助言を賜りました。地質調査所の渡辺真人氏、兵庫教育大学の竹村厚司助教授、阪本龍馬氏には、現地で地質および珪藻化石についてご教示いただきました。小西宗右衛門氏をはじめ魚津市教育委員会の方々には、現地で宿泊の便宜を図っていただきました。同志社大学の林田明教授には原稿を読んでいただき、有益な助言を賜りました。原稿を査読していただいた小田啓邦氏には、多くのご指摘をいただきました。以上の方々から感謝いたします。なお本研究は工業技術院特別研究「天然

ガス資源ポテンシャルの総合的研究」の一部として行いました。

文 献

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, III., C.C. and Arbry, M-P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W. A., Kent, D. V., Arbry, M-P. and Hardenbol, J., *Geochronology, Time Scales and global Stratigraphic Correlation., SEPM Special Publication No.54*, Society for Sedimentary Geology, Tulsa, Oklahoma, 129-212.

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.

Hayashida, A. (1986) Timing of rotational motion of Southwest Japan inferred from paleomagnetism of the Setouchi Miocene Series. *J. Geomag. Geoelectr.*, **38**, 295-310.

Hayashida, A. (1994) Paleomagnetism of Miocene sedimentary rocks in the Kakegawa area and implication for tectonic rotation in Central Japan. *J. Geomag. Geoelectr.*, **46**, 1051-1066.

Hayashida, A., Fukui, T. and Torii, M. (1997) Paleomagnetism of the Early Miocene Kani Group in Southwest Japan and its implication for the opening of the Japan Sea. *Geophys. Res. Lett.*, **18**, 1095-1098.

今村外治・長谷 晃・村田茂雄・吉田博直・多井義郎・中島 拓 (1951) 富山県東部魚津町・上市町付近の第三系. 広島大学地学研究報告, **1**, 15-36.

Irving, E. and Irving, G. A. (1982) Apparent polar wander paths Carboniferous through Cenozoic and the assembly of Gondwana. *Geophys. Surv.*, **5**, 141-188.

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.

伊藤康人・早川秀樹 (1989) 富山県八尾地域の新第三系における磁極期 C5B/C5C 境界について. 地質雑, **95**, 133-136.

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・山下 透・壇原 徹・長崎康彦・渡辺真人・荒戸裕之 (1994) 基礎試錐「金沢沖」の中新世火山岩類について—背弧海盆拡大期の火成活動—. 石油技術協会誌, **59**, 509-518.

伊藤康人・柳沢幸夫・渡辺真人 (1999) 八尾地域に分布する新第三系の古地磁気/珪藻化石層序. 地調月報, **50**, 215-223.

Kirschvink, J. L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **62**, 699-718.

榎山次郎 (1930) 石川富山両県下の第三紀層概観. 地球, **14**, 161-174.

Otofujii, Y., Itaya, T. and Matsuda, T. (1991) Rapid rotation of southwest Japan-paleomagnetism and K-Ar ages of Miocene volcanic rocks of southwest Japan. *Geophys. J. Int.*, **105**, 397-405.

Otofujii, Y. and Matsuda, T. (1983) Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **62**, 349-359.

Otofujii, Y. and Matsuda, T. (1984) Timing of rotational motion of Southwest Japan inferred from the paleomagnetism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **70**, 373-382.

坂本 亨・今井 功・水野篤行・角 靖夫・井上正昭 (1959) 富山積成盆地南縁部の新生界. 地調月報, **10**, 75-82.

角 靖夫・野沢 保 (1973) 5万分の1地質図幅「魚津」, 地質調査所.

谷村好洋 (1979) 富山県八尾地域(2). 土 隆一・茨木雅子編, 日本の生層序および年代層序に関する基本資料, 黒船印刷株式会社, 静岡, 83-84.

柳沢幸夫 (1999) 富山県八尾地域の下部-中部中新統の珪層化石層序. 地調月報, **50**, 139-165.

Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom horizons. *J. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.

(受付: 2000年1月31日; 受理: 2000年4月20日)