

東北日本, 福島県会津地方に分布する 古第三紀火砕岩層の時計回り古地磁気方位

星 博幸

理科教育講座 (地球科学)

A clockwise-deflected paleomagnetic direction of a Paleogene formation in the Aizu district, Fukushima Prefecture, Northeast Japan

Hiroyuki HOSHI

Department of Science (Geology), Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

Paleomagnetic results from a Middle Eocene felsic pyroclastic formation in the Aizu district, Fukushima Prefecture suggest a clockwise block rotation. By means of stepwise thermal demagnetization and principal component analysis, site-mean directions of high-temperature magnetization components were determined at four sites, yielding an overall mean direction of normal polarity characterized by a clockwise-deflected declination (67.9°). Comparison of the direction with that of a Paleogene formation in the Oga Peninsula indicates that the clockwise rotation reaches $\sim 100^\circ$.

1. はじめに

これまで長年行われてきた地質学的・地球物理学的研究により, 東北日本は西南日本と共にかつてアジア大陸の東縁の一部をなしており, 古第三紀末期から新第三紀初期にかけて大陸縁でリフティングが起こった結果, 太平洋側に向かって回転移動し, 結果的に日本海が誕生したことがわかっている。東北日本は現在, 内陸性地震活動に代表される活発な地殻変動の場になっているが, そうした現在の地殻変動は東北日本が大陸縁部をなしていた時代や回転移動時に形成された地質構造を反映していることが多い (例えば Sato et al., 2002)。そのため, 回転移動時やそれより前の東北日本の地殻変形を正しく理解することは極めて重要である。

古地磁気学は過去に起こった地殻変形を調べる強力な手段を提供する。東北日本では Kawai et al. (1961) の先駆的な仕事以来, いくつかの古地磁気学的研究が行われてきた。日本海の拡大に関係する反時計回り回転運動を理解する目的で行われた古地磁気測定が多いため, 中新世の古地磁気データは比較的多い。他方, 古第三紀の古地磁気データは非常に少なく, 秋田県や岩手県でわずかに報告されているにすぎない (Otofujii et al., 1985; Tosha and Hamano, 1988; 山口ほか,

1996)。東北日本がアジア大陸東縁部をなしていた時代に大規模な地殻変形を受けたらしいことが指摘されているが (Itoh et al., 2000), そうした古第三紀以前の変形を検証するためにも, 古第三紀の古地磁気データを増やすことが必要である。

筆者は今回, 福島県会津地方北部に露出する古第三紀火砕岩層の古地磁気を測定した。東北日本でこれまで報告されたデータを見ると, 前期中新世やそれ以前の地層は反時計回りに偏向した古地磁気方位を持っていることが多い (例えば Otofujii et al., 1994)。そのため, 筆者は会津地方の古第三系も同様に反時計回りに偏向した方位を持っているのではないかと予想していた。ところが, 得られた結果は逆センスの偏向, つまり時計回り回転を示していた。本論で筆者は, この古第三紀火砕岩層から得られた時計回り偏向の古地磁気方位を記載する。そして, 他地域のデータと比較することにより, 調査地域で 100° にも達する時計回りブロック回転運動が起こったことを示す。

2. 地質概説

調査地域は会津盆地の北西, 耶麻郡山都町北西部の宮古川沿いである (Figs. 1 and 2)。調査地域の宮古川沿いには花崗岩質岩と珪長質火砕岩類, 及び碎屑岩 (中部中新統利田層の礫岩と砂岩: 鈴木, 1951; 鈴木ほか,

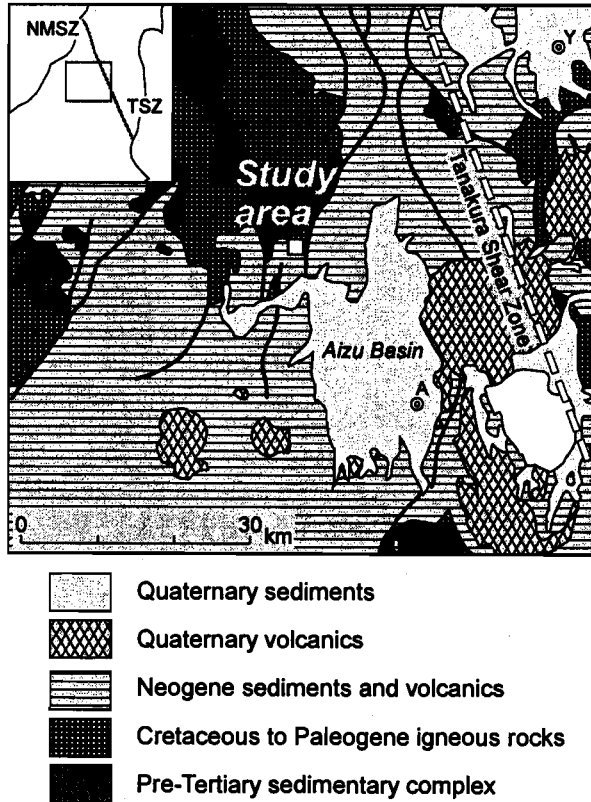


Fig. 1 Simplified geologic map of the northern part of the Aizu district, showing location of the study area. The map is based on Geological Survey of Japan (1992). A, Aizuwakamatsu; NMSZ, Nihonkoku-Miomote Shear Zone; TSZ, Tanakura Shear Zone; Y, Yonezawa.

1986)が露出する。Fig. 2に示した調査地域では珪長質火砕岩類が広く分布し、花崗岩質岩は地域北西部のみに、利田層は地域北西縁と南東縁にそれぞれ露出する。花崗岩質岩と珪長質火砕岩類の関係を野外で確認することはできなかったが、花崗岩質岩の露出域の近くで

珪長質火砕岩類に貫入する珪長質岩脈が多いため、花崗岩質岩が貫入しているのかもしれない。両岩は利田層に不整合に覆われる。珪長質火砕岩類は主に溶結凝灰岩からなり、溶結火山礫凝灰岩や非溶結の凝灰角礫岩を伴う。従来の地質図(例えば鈴木ほか, 1986)で石英斑岩とされているものに相当する。溶結凝灰岩は新鮮なものは青黒色、風化が進んだものは乳白色で、非常に堅固である。露頭では溶結構造を確認しにくい、鏡下ではユータキシティック組織が認められる。溶結構造を確認した地点において、溶結構造は30°以下の傾斜を示す。調査地域の南部では東傾斜、北部では西傾斜を示し、ほぼNNE-SSW方向の開いた褶曲をなしているようである (Fig. 2)。

溶結凝灰岩からは、島田・植田 (1979) により44 Ma (中期始新世) の全岩K-Ar年代が報告されている (年代誤差は示されていない)。調査地域の珪長質火砕岩類は、田川酸性岩類(矢内ほか, 1973)、朝日流紋岩類(高浜, 1972)と相当層、中禅寺型酸性火成岩類 (矢内, 1972) などを含む後期白亜紀~古第三紀珪長質火山岩類の活動の一部として形成されたものと考えられる。

3. 試料と方法

試料は溶結凝灰岩の9地点から採取した (Fig. 2)。採取にはエンジンドリルを使用し、1地点から6本のコア (直径25 mm) を採取した。コアの定方位付けには磁気コンパスを用いた。実験室でコアを切断し、高さ22 mmの円柱状試料 (以下、試料と呼ぶ) を切り出した。

残留磁化測定の方法と使用機器は基本的にHoshi and Matsubara (1998) 及び星 (2002) と同じである。600°Cまでの段階熱消磁 (PThD: 空気中) と主成分解析 (Kirschvink, 1980) により、自然残留磁化 (NRM) から残留磁化成分 (高温、低温成分) を分離した。平均方位に付随する統計量の算出はFisher (1953) の方法によった。

Table 1 Paleomagnetic results, Middle Eocene welded tuff, Aizu district, Fukushima Prefecture.

Site	<i>N</i>	<i>D</i> (°)	<i>I</i> (°)	SD	<i>D_c</i> (°)	<i>I_c</i> (°)	α_{95} (°)	<i>k</i>
MYK2	4	10.9	60.5	N03°E, 16°E	35.0	54.9	13.9	44.7
MYK3	5	58.9	52.8	N28°E, 15°E	72.3	43.6	20.9	14.3
MYK4	3	76.1	62.7	N07°W, 15°E	78.3	47.8	12.6	96.4
MYK5	4	71.8	33.0	N28°E, 12°E	76.4	24.3	5.4	293.9
MYK8	1	57.9	67.7	N23°E, 16°W	14.5	71.7	ND	ND
Mean	5				63.0	50.6	22.9	12.2
Mean	4 (MYK8 is excluded)				67.9	43.9	21.9	18.5

N, number of specimens used to determine site-mean directions; *D* and *I*, in situ declination and inclination; SD, strike and dip used for tilt correction; *D_c* and *I_c*, tilt-corrected declination and inclination; α_{95} , radius of 95% confidence cone; *k*, precision parameter.

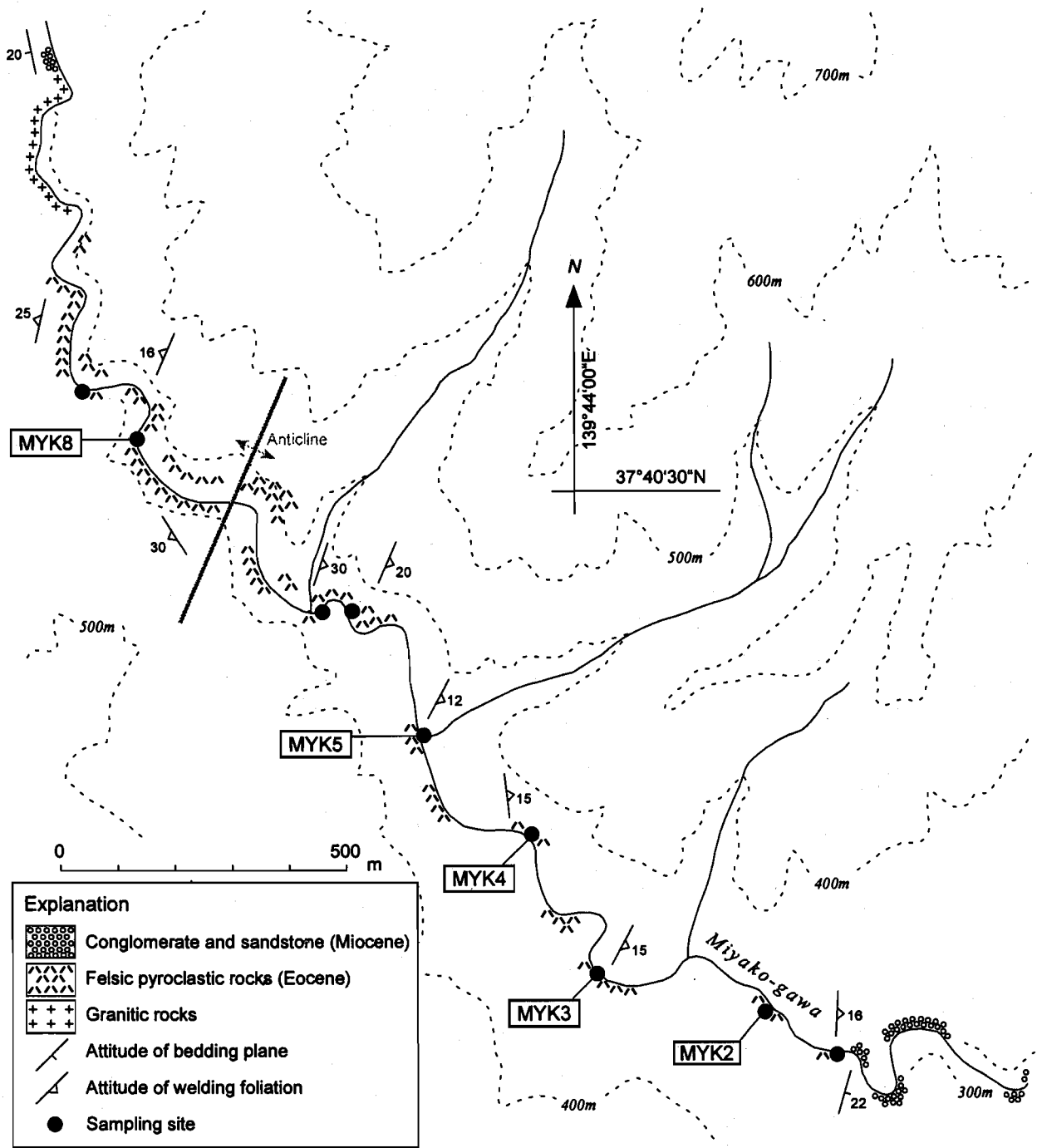


Fig. 2 Geologic route map along the Miyako-gawa (Miyako River) in the study area, showing locations of sampling sites. Site names are attached to the sites where site-mean paleomagnetic directions were determined.

4. 結 果

9地点のうち5地点で高温成分が分離された。PThDの代表的な結果をFig. 3に示す。高温成分が分離された試料のほとんどすべてに、450℃～550℃というかなり高いアンブロッキング温度を持つ低温成分が付着していた。高温成分は550℃～575℃の温度範囲でアンブロックされた。低温成分のアンブロッキング温度と高温成分のそれがほとんど重なり、等積投影図上で大円を描く試料がいくつか見られた。そういう試料で

は高温成分の方位決定を行わなかった。高温成分のアンブロッキング温度から、残留磁化を担う主要な磁性鉱物はマグネタイトと考えられる。

高温成分が分離された5地点の地点平均方位をTable 1とFig. 4に示す。Fig. 4には溶結構造を用いて傾動補正した後の方位を黒丸印で示してある。地点MYK8を除く4地点(MYK2, MYK3, MYK4, MYK5)では、3個以上の試料から分離された高温成分の方位を用いて地点平均方位を求めた。MYK8では1試料からしか高温成分が分離できなかったため、溶

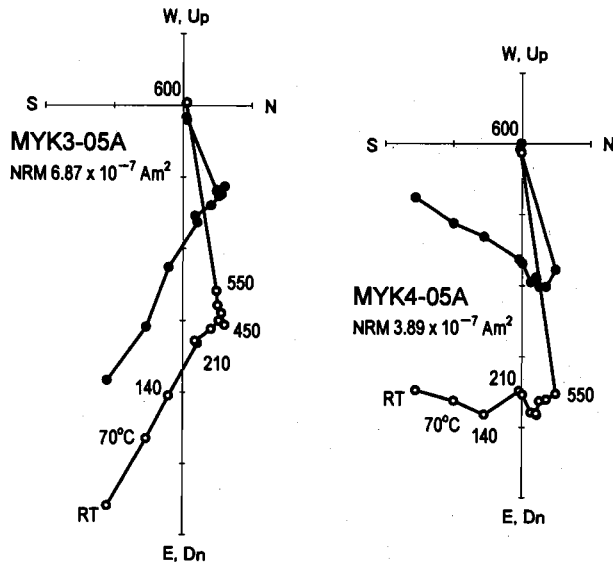


Fig. 3 Representative demagnetization results. Solid circles are vector-endpoints onto the horizontal plane, and open circles are those onto the N-S vertical plane.

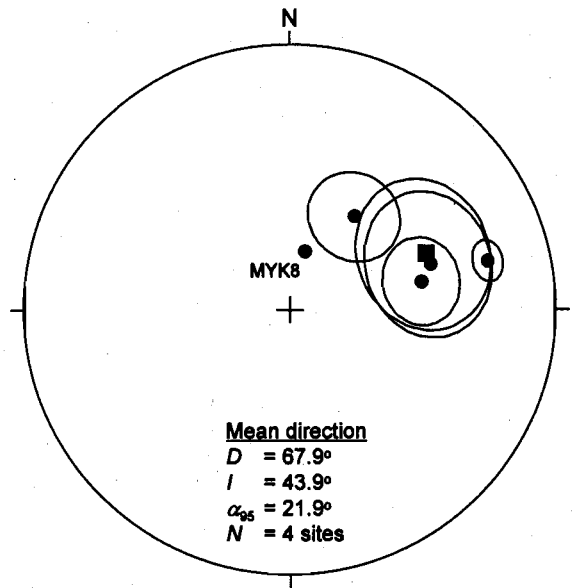


Fig. 4 Equal-area projection showing site-mean directions (solid circles) and their overall mean direction (solid square). Site MYK8 was excluded from calculating the overall mean, because the site has only one specimen-characteristic direction. Ovals around mean directions denote the area of 95% confidence with radius α_{95} .

結凝灰岩の全平均 (Fig. 4 の黒四角) の決定にはこの地点の方位は用いなかった。5地点の方位はすべて正帯磁を示し、偏角が NNE~ENE 方向、伏角が約24°~約72°であった。MYK5を除いて α_{95} (95%信頼限界の半径) が10°以上と火山岩類にしては大きい、これは平均方位の算出に用いた試料数が3~5個とやや少ないことが主な原因と考えられる。4地点の全平均は偏角 $D=67.9^\circ$ 、伏角 $I=43.9^\circ$ 、 $\alpha_{95}=21.9^\circ$ となった。

5. 議 論

5.1. 残留磁化の起源

今回得られた正帯磁の高温成分は、最近約78万年間続いている正帯磁の卓越期 (Brunhes 期) に獲得された二次磁化ではなく、地層形成時に獲得された初生的な磁化である可能性が高いと筆者は考える。高温成分は偏角が大きく時計回りに偏向しており (Fig. 4)、4つの地点平均とそれらの全平均はいずれも信頼度95%において本地域で期待される地心双極子磁場 ($D=0^\circ$, $I=57^\circ$) と異なっている。また、高温成分の平均方位は、二次磁化と思われる低温成分が確実に消去された試料のみから決定された。傾動テスト (傾動補正前後の残留磁化方位の分散を比較・検定すること) では初生とする判定が下せなかったが、これは4地点 (MYK8を除く) がいずれも褶曲の東翼にあり (Fig. 2)、溶結構造が同じような姿勢をとっているためと考えられる。

他方、低温成分は、マグネタイトが担う粘性残留磁

化 (VRM) としてはアンプロッキング温度が高く (450°C~550°C : Fig. 3)、方位も北向きに揃っているわけではないため、Brunhes 期よりも古い時代に獲得された熱粘性残留磁化 (TVRM) と考えるのが妥当であろう。その獲得時期は不明である。

5.2. 回転運動

高温成分は時計回りに大きく偏向した方位を持つ (Fig. 4)。東北日本でこれまで行われた古地磁気測定は、東北日本の古第三紀~前期中新世前半の古地磁気方位が特徴的に反時計回りに偏向していることを明らかにしている (Otofuji et al., 1985; Tosha and Hamano, 1988)。つまり今回得られた方位は、東北日本の一般的な古地磁気方位と比べると偏向センスが反対である。測定した溶結凝灰岩は中期始新世のK-Ar年代 (44 Ma) を示すため、今回の結果は調査地域で中期始新世以降に大規模な回転運動が起こったことを示す。

今回の結果を他地域の古地磁気データと比較することにより、調査地域における回転運動を定量的に調べてみよう。始新世の古地磁気データは東北日本の他地域からは報告されていない。そのため、ここでは男鹿半島の門前層 (漸新統) から Tosha and Hamano (1988) により報告された古地磁気方位 ($D=-38.3^\circ$; $I=53.8^\circ$; $\alpha_{95}=9.7^\circ$) を比較対象とする。門前層の方位から決定される古地磁気極は 59.1°N , 51.7°E である (Tosha and Hamano, 1988)。この極と調査地域の緯度経度の

関係から、調査地域では $D = -37.7^\circ$, $I = 52.0^\circ$ ($\alpha_{95} = 9.7^\circ$) の方位が期待される。しかし、今回得られた方位は $D = 67.9^\circ$, $I = 43.9^\circ$ ($\alpha_{95} = 21.9^\circ$) であり、期待される方位から見て約 100° も時計回りに回転している。時計回り回転量は観測された偏角 (67.9°) から期待される偏角 (-37.7°) を引くことにより求められ、 $+105.6^\circ$ となる (プラスは時計回りを示す)。以上の検討より、調査地域では中期始新世以後に男鹿半島に対して 100° 前後に達する時計回りブロック回転運動が起こったと筆者は結論する。

東北日本では、中新世以降にブロック回転運動が起こったとする報告が最近相次いで出されている。Otofuji et al. (1985) は、日本国-三面破砕帯 (棚倉破砕帯の北方延長: Fig. 1) の南西側に分布する古第三系と中部中新統が時計回りに偏向した方位を持つことを初めて報告した。彼らはその回転運動の原因として、中期中新世以降の日本国-三面破砕帯の右横ずれ運動を仮定した。確かに、日本国-三面破砕帯に沿っては前期中新世の堆積盆地が杉型に雁行配列しており、前期中新世以降に右横ずれ運動が起こった可能性が地質学からも示唆される (幡谷・大槻, 1991)。羽越地域で行われた最近の研究はブロック回転をより詳細に記述している (Yamaji et al., 1999; Mino et al., 2001)。Mino et al. (2001) は時計回り方位を持つ地域と反時計回り方位を持つ地域の間で右横ずれセンスを示す NW-SE 走向の断層を発見し (明神川断層と命名された)、この断層の運動により時計回りブロック回転が起こったと解釈した。注目すべきことに、明神川断層から 25 km 以上も離れた地点でも時計回りに偏向した古地磁気方位が得られている (Yamaji et al., 1999)。奥羽脊梁山地の東縁部でも、 100° 以上に達する時計回りブロック回転が前期中新世以降に起こったことが指摘されている (星, 2002)。

本調査地域は棚倉破砕帯の西側にあり、その推定断層線から約 25 km のところに位置する (Fig. 1)。そういう地理的状況、及び古第三紀の岩石が時計回り回転を示すという状況は、羽越地域と共通している。それだけの理由で今回検出された回転運動の原因を棚倉破砕帯の運動に求めることは安易すぎるが、現時点でその関係を否定するデータはない。羽越地域だけでなく棚倉破砕帯の西側の広範囲 (朝日帯) でブロック回転が起こった可能性が出てきたことを今回の結果は示しており、今後、東北日本の古地磁気データを増やしてブロック回転運動の実態を解明する必要がある。

6. 結 論

福島県会津地方に分布する中期始新世火砕岩層の古地磁気を測定し、以下の結論を得た。

(1) 得られた正帯磁の残留磁化 (高温成分) は、地層形成時に獲得された初生的な磁化である可能性が高

い。

(2) 高温成分の方位は大きく時計回りに偏向している。調査地域では、中期始新世以後に 100° 前後に達する時計回りブロック回転が起こった。

(3) 第三紀に棚倉破砕帯の西側の広い範囲でブロック回転が起こった可能性がある。

7. 謝 辞

本研究には平成 9 年度大幸財団学術研究助成金、平成 11 年度日本科学協会笹川科学研究助成金 (11-093)、及び文科省科学研究費補助金 (11740279) の一部を使用した。関係各位に深く感謝します。

8. 文 献

- Fisher, R., 1953, Dispersion on a sphere. *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, **217**, 295-305.
- Geological Survey of Japan, 1992, Geological map of Japan, 1:1,000,000 (3rd Ed.).
- 幡谷竜太・大槻憲四郎, 1991, 山形県小国町付近の地質—東北本州弧前期中新世ハーフ・グラベン—の例一。地質雑, **97**, 835-848.
- 星 博幸, 2002, 古地磁気から推定される奥羽脊梁山地東縁における回転運動。地質雑, **108**, 510-519.
- Hoshi, H. and Matsubara, T., 1998, Early Miocene paleomagnetic results from the Ninohe area, NE Japan: Implications for arc rotation and intra-arc differential rotations. *Earth Planets Space*, **50**, 23-33.
- Itoh, Y., Amano, K. and Danhara, T., 2000, Paleomagnetism, rock magnetism, and fission track dating of the Kurihashi Granodiorite in northeast Japan: Evidence for a Cretaceous hydrothermal event and differential rotation along the eastern Eurasian margin. *J. Geophys. Res.*, **105**, 13519-13532.
- Kawai, N., Ito, H. and Kume, S., 1961, Deformation of the Japanese Islands as inferred from rock magnetism. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **6**, 124-130.
- Kirschvink, J. L., 1980, The least squares lines and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, **62**, 699-718.
- Mino, K., Yamaji, A. and Ishikawa, N., 2001, The block rotation in the Uetsu area, northern part of Niigata Prefecture, Japan. *Earth Planets Space*, **53**, 805-815.
- Otofuji, Y., Kambara, A., Matsuda, T., and Nohda, S., 1994, Counterclockwise rotation of Northeast Japan: Paleomagnetic evidence for regional extent and timing of rotation. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **121**, 503-518.
- Otofuji, Y., Matsuda, T. and Nohda, S., 1985, Paleomagnetic evidence for the Miocene counter-clockwise rotation of Northeast Japan: Rifting process of the Japan Arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **75**, 265-277.
- Sato, H., Hirata, N., Iwasaki, T., Matsubara, M. and Ikawa, T., 2002, Deep seismic reflection profiling across the Ou Backbone range, northern Honshu Island, Japan. *Tectonophysics*, **355**, 41-52.
- 島田豊郎・植田良夫, 1979, 西会津グリーンタフ地域における酸性岩類の K-Ar 年代。岩鉱, **74**, 387-394.

- 鈴木敬治, 1951, 会津盆地西方地域の地質 I 中央地区. 地質雑, 57, 379-386, 449-456.
- 鈴木敬治・吉村尚久・島津光夫・岡田尚武, 1986, 島弧横断ルート No.27 (佐渡・弥彦—津川—喜多方—吾妻山—福島). 北村信 (編), 新生代東北本州弧地質資料集, 第3巻 (その6), 宝文堂, 仙台, 14p.
- 高浜信行, 1972, 新潟県北部, 朝日山塊山麓にみいだされた後期中生代火山岩: 朝日流紋岩類. 地質雑, 78, 323-324.
- Tosha, T. and Hamano, Y., 1988, Paleomagnetism of Tertiary rocks from the Oga Peninsula and the rotation of Northeast Japan. *Tectonics*, 7, 653-662.
- 山口耕平・山路 敦・鳥居雅之・田上高広, 1996, 北部北上久慈

堆積盆地の古地磁気. 地質学会103年大会演旨, 373.

- Yamaji, A., Momose, H. and Torii, M., 1999, Paleomagnetic evidence for Miocene transtensional deformations at the eastern margin of the Japan Sea. *Earth Planets Space*, 51, 81-92.
- 矢内桂三, 1972, 足尾山地北部の後期中生代酸性火成岩類, その1, 地質. 岩鉱, 67, 193-202.
- 矢内桂三・井上 武・大口健志, 1973, 朝日山地の白亜紀後期田川酸性岩類—新第三系グリーン・タフ層基盤岩の再検討—. 地質雑, 79, 11-22.

(平成15年9月5日受理)