

# 神奈川県西部山北南高感度地震観測井から得られた火山岩類の古地磁気極性

中満隆博<sup>\*</sup>・林 広樹<sup>\*</sup>・沢田順弘<sup>\*</sup>・兵頭政幸<sup>\*2</sup>・関口涉次<sup>\*3</sup>・笠原敬司<sup>\*4</sup>

Magnetostratigraphic study of volcanic rocks from the Yamakita-Minami seismic observation well, Yamakita Town,  
Kanagawa Prefecture, Central Honshu, Japan

by

Takahiro NAKAMITSU\*, Hiroki HAYASHI\*, Yorihiro SAWADA\*, Masayuki HYODO\*,  
Shoji SEKIGUCHI<sup>\*3</sup> and Keiji KASAHARA<sup>\*4</sup>

## Abstract

Five volcanic rocks obtained from the Yamakita-Minami seismic observation well in Yamakita Town, Kanagawa Prefecture, Central Honshu, Japan were examined to determine the paleomagnetic polarities. The borehole geology of the present site mainly consists of andesitic to basaltic breccia and lava associated with conglomerate and sandstone layers. After applying a stepwise alternating-field and performing thermal demagnetization, the stable magnetic components of the samples were clearly determined. Samples No.1 (16.6-16.7m in depth) and No.2 (210.1-210.3m in depth) have a significantly low inclination, probably due to the allochthonous blocks of volcanic breccia. Samples No.3 (450.0-450.2m in depth) and No.4 (621.10-620.25m in depth) possess an inclination of 45° to 55° with normal polarity. On the other hand, the lowermost sample No.5 (898.70-898.95m in depth) shows a deep inclination of -68° to -78°. This indicates that the sample is tilted at 30°-40° with reverse polarity. With respect to the radiometric ages, samples No.3 and No.4 should correspond to the Brunhes normal polarity Chron and sample No.5 might be correlated with the Matuyama reverse polarity Chron.

## 1. はじめに

神奈川県西部には、伊豆一小笠原弧と本州側島弧との衝突境界が位置している。地表における両者の境界は、国府津-松田断層をはじめとする多数の活断層として認められている。国府津-松田断層は、東側（大磯丘陵側）が隆起し西側（足柄平野側）が沈降する逆断層である。下盤側となる足柄平野では、箱根古期外輪山噴出物（Kuno, 1950）の上面が、断層に近い小田原市鴨宮で海面下490m未満の標高まで沈降している（Yamazaki, 1992）。これらの断層の長期的な累積変位や成立過程を明らかにするには、断層の変位が及んでいる地層を詳細に対比する必要がある。

独立行政法人防災科学技術研究所は、足柄平野北縁が接する足柄山地南東部の丘陵で深度2035mにおよぶ大深度ボーリング調査を2003年度に行い（山北南高感度地震観測井：以下、山北南観測井）、この地点では少な

くとも深度約720m（標高では海水準下約570m）まで陸成の箱根古期外輪山噴出物が分布していることを明らかにした（笠原ほか、2004）。これは、この掘削地点が箱根古期外輪山噴出物の堆積後、少なくとも570m以上沈降した事を示している。山北南観測井のすぐ北側では、足柄山地を構成する海成更新統の足柄層群が分布しているため、この地点近傍にきわめて変位の大きい第四紀断層の存在が確実となった（笠原ほか、2004）。

本研究では、山北南観測井から得られたコア試料のうち5層準の火山岩について古地磁気測定を行い、磁気極性層序を検討した。

## 2. 試料および方法

本研究で用いたボーリングコア試料は、2003年度に防災科学技術研究所によって掘削されたものである。掘削地点は神奈川県山北町丸山の中腹、標高152m地点で

\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学科 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

\*2 神戸大学内海域環境教育センター 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

\*3 独立行政法人防災科学技術研究所 〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1

\*4 東京大学地震研究所 〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1

論文、神奈川県温泉地学研究所報告、第39巻、57-62、2007。

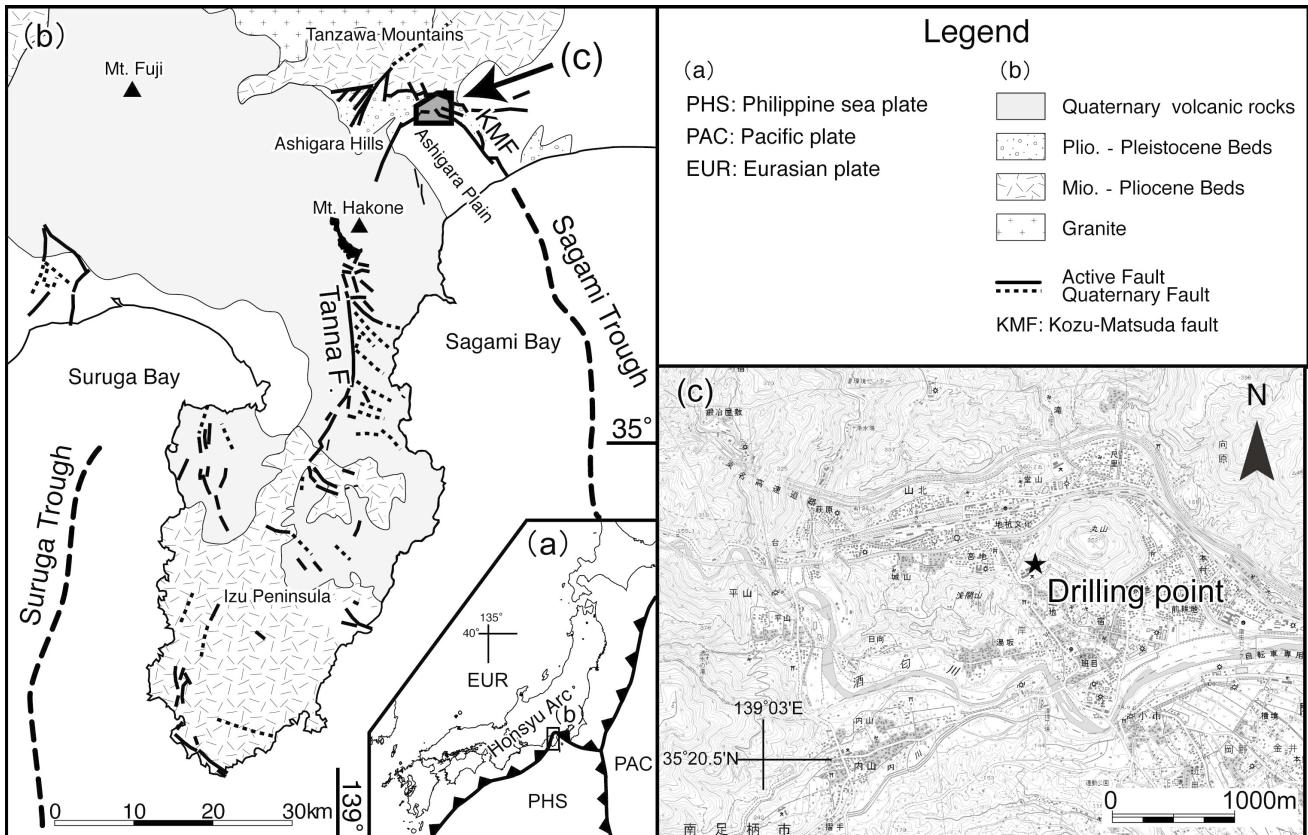


図1 山北南高感度地震観測井の位置図。国土地理院発行1:25000地形図「山北」を使用した。

Fig. 1 Map showing the Yamakita-Minami seismic observation well. Topographic map:1/25000 "Yamakita" published by the Geographical Institute of Japan.

ある（図1）。掘削深度は2035.4mであり、そのうち深度1076.6mまではオールコア試料を採取した。オールコア区間のコア回収率は95.1%である。それよりも深い層準については、カッティングス試料およびスポットコア試料が採取された。孔芯傾斜は深度50m毎に測定され、孔底までの全区間で3°以内であった。

掘削により得られた試料は、安山岩～玄武岩質の火山角礫岩および溶岩を主とし、砂岩、礫岩、凝灰岩等を挟在する（図2）。岩相は、A～H層の8層に大きく区分される（津久井ほか、2006）。このうちB～D層にかけての層準は、玄武岩～安山岩質火山角礫岩および溶岩から主に構成され、箱根古期外輪山噴出物（Kuno, 1950）に相当する（津久井ほか、2006）。E層は貝化石砂岩を

挟在し、Okada and Bukry (1980) のCN13b-CN14a帶に対比される石灰質ナンノ化石を含むことから（柳沢ほか、2005）、年代的に足柄層群相当層と考えられる。それより下位の地層については、安山岩や火山角礫岩により構成されるものの、詳細は不明である。

分析対象とした安山岩～玄武岩試料は、箱根古期外輪山噴出物に相当する4試料と、それより下位の足柄層群相当層とみられる1試料である（表1）。全ての測定試料は均質な火山岩であり、風化や変質の認められる箇所を避けて選定された。最上部の試料1（深度16.6-16.7m）を除いた試料については、その試料を含む岩体について津久井ほか（2006）によりモード組成および全岩化学組成分析が行われ、また柳沢ほか（2005）により全岩K-Ar年代が測定されている。

分取した火山岩試料は、コアドリルおよび岩石カッターによって、直径2.5cm、高さ2.5cmの円柱状に成形した。成形した試料の自然残留磁化の測定には、島根大学総合理工学部所有のスピナー磁力計（夏原技研製、SMM-85）を用いた。段階熱消磁実験には、熱消磁装置（夏原技研製、TDF-97）を用い、はじめは100°C、その後500°Cまでは50°Cごと、500°C以上は30°Cごと

表1 古地磁気分析を行った試料の一覧

Table 1 List of samples for paleomagnetic analysis

試料	岩相ユニット	深度(m)	岩相
No. 1	B	16. 6-16. 7	カンラン石玄武岩
No. 2	C	210. 1-210. 3	カンラン石玄武岩
No. 3	D	450. 0-450. 2	カンラン石玄武岩
No. 4	D	621. 10-621. 25	カンラン石玄武岩
No. 5	F	898. 70-898. 95	両輝石安山岩

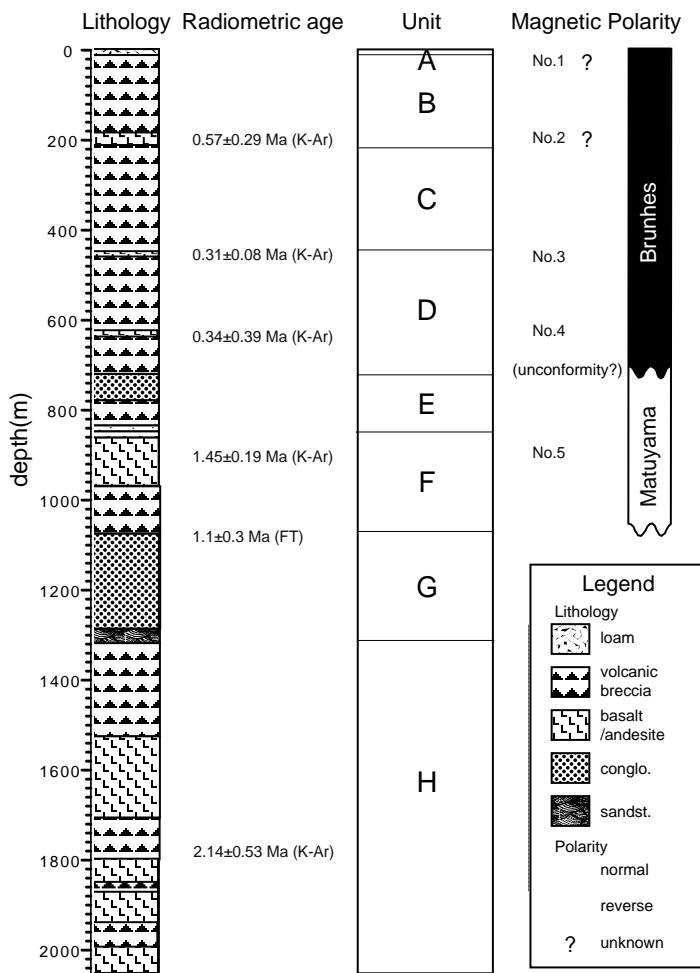


図2 山北南高感度地震観測井の孔井柱状図 放射年代は柳沢ほか(2005)、岩相層序ユニット(A-H)は津久井ほか(2006)に基づく。conglo.: 碎岩、sandst.: 砂岩、FT: フィッショントラック年代、K-Ar: カリウムーアルゴン年代

Fig.2 Columnar section of the Yamakita-Minami seismic observation well. Lithologic Unit: Tsukui et al (2006), radiometric age: Yanagisawa et al (2005), conglo: conglomerate, sandst: sandstone, FT: fission-track, K-Ar: potassium argon.

に 680°Cまで加熱した。交流消磁実験には、交流消磁装置（夏原技研製、DEM-93）を用い、はじめは 5mT、次に 7.5mT、10mT、さらにその後 30mT までは 5mT ごと、30mT 以上は 10mT ごと、60mT 以上は 20mT ごとに 100mT まで実施した。消磁された試料の残留磁化を、それぞれについて測定した。以上の測定データから、Kirschvink (1980) の主成分分析により磁化方位の解析を行った。本試料はロータリー掘削により得られた試料のため回転しており、したがって得られた磁化方位のうち伏角成分のみについて考察した。

### 3. 測定結果

得られた試料のそれぞれについて、熱消磁と交流消磁の結果をサイダーベルト図とシュミットネット投影図により示した（図3）。分析したいずれの試料についても不安定な磁化成分が認められ、二次的な磁化が付着しているものと考えられるが、適切な熱消磁および交流消磁によりほぼ安定な方位成分を得ることができた。

試料1（深度 16.6-16.7m）は熱消磁で 500°Cまで 1 成分を示し、伏角は 0°に近かった。

試料2（深度 210.1-210.3m）は熱消磁で 450°Cまで 1

成分を示し、伏角は 3° 前後となった。

試料3（深度 450.0-450.2m）は熱消磁で 450°Cまで 1 成分を示し、交流消磁の結果も安定していた。これらいずれの消磁結果においても伏角は 49 ~ 55°（正帯磁）を示した。

試料4（深度 621.1-621.5m）は熱消磁で 560°Cまで 1 成分を示し、交流消磁の結果も安定していた。これらいずれの消磁結果においても伏角は 45 ~ 53°（正帯磁）を示した。

試料5（深度 898.70-898.95m）は熱消磁で 560°Cまで 1 成分を示し、交流消磁の結果も安定していた。これらいずれの消磁結果においても伏角は -68 ~ -78°（逆帯磁）を示した。

### 4. 考察

分析したいずれの試料についても、段階熱消磁により 560 ~ 590°C前後までにはほぼ原点近くまで消磁された。したがって、これら試料の磁化は、マグнетタイトまたは Ti を少量含むチタノマグネットタイトによりそのほとんどが担われているものと考えられる。段階交流消磁では、試料3のように 100mT 実施後でも磁化が原点に達して

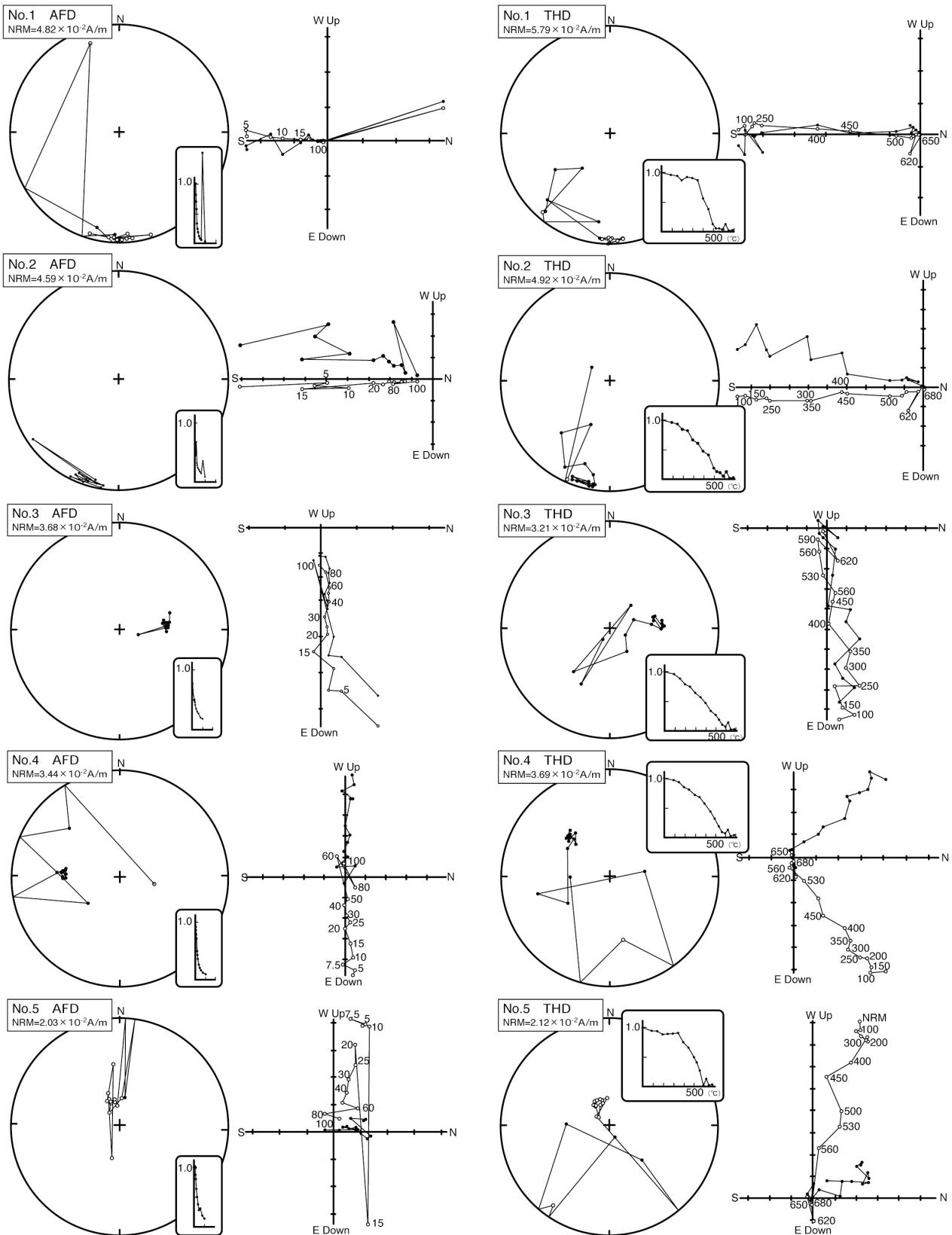


図3 各試料における分析結果のシュミットネット投影図およびサイダーベルト図 AFD: 段階交流消磁、THD: 段階熱消磁。シュミットネット投影図の黒丸は上半球投影、白丸は下半球投影。サイダーベルト図の黒丸は鉛直面への投影、白丸は水平面への投影（ロータリー掘削により試料が回転しているため、本研究では水平成分を考慮しない）。

Fig. 3 Paleomagnetic result displayed by Schmidt net projection and Zijderveld diagram. AFD:srepwise alternating field, THD:thermal demagretization.

いないものがあった。試料3を採取した溶岩はカンラン石玄武岩に相当し、モード組成分析によると、他の試料の層準よりも相対的に不透明鉱物を多く含んでいる（津久井ほか、2006）。本研究による試料ごとの保磁力の違いは、磁性鉱物の粒径や形状等の違いによるものと考えられる。

得られた結果および岩相記載、放射年代に基づき古地磁気極性について解釈を行う。試料1および2の層準は、掘削時の記載ではカンラン石玄武岩溶岩とされているが、クリンカー等の溶岩を特徴づけるような構造は認められていない（林ほか、2006）。本研究により得られたこれら試料の伏角は非常に浅く、現在の伏角とは著しく異なる。これらの層準が含まれる箱根古期外輪山噴出物は、玄武岩～安山岩ブロックを多く含む火山角礫岩から主に構成されており、挟在する粗粒凝灰岩で認められた層理面はほぼ水平となっている（林ほか、2006）。したがって、試料1および2を採取した玄武岩は、火山角礫岩中の巨大ブロックとして含まれているものである可能性が高い。このうち試料2の玄武岩については、 $0.57 \pm 0.29$  Ma の全岩 K-Ar 年代が得られているが（柳沢ほか、2005）、これは後述の試料3および4の年代よりも古い値である。のことからも、試料2はより古い玄武岩塊がブロックとして再堆積したものであることが強く示唆される。

試料3および4については、熱消磁と交流消磁のいずれの結果によても安定した成分が得られ、伏角は 45 ~ 55° で現在とほぼ同じであり、正帯磁と考えてよい。これらの試料を採取した玄武岩は、最下部に明瞭なクリンカーを伴う溶岩である（林ほか、2006）。全岩放射年代値はそれぞれ  $0.31 \pm 0.08$  Ma、 $0.34 \pm 0.39$  Ma を示し（柳沢ほか、2005）、Brunhes 正磁極期に相当する可能性が高い。

試料5の伏角は -68 ~ -78° とやや深い値を示す。この試料を採取した安山岩は一部発泡しており、産状から溶岩と考えられる（林ほか、2006）。発泡している箇所では気孔が定向配列し、30° 前後の傾斜が示唆される。また、この溶岩を含む地質ユニットFの下部には凝灰質砂岩が認められ、その層理面は 40° 前後の傾斜を示す（林ほか、2006）。もしこの溶岩が噴出後に 30° 前後傾斜したと仮定すると、ほぼ現在と同様の緯度で逆帯磁と見なすことができる。この試料を採取した安山岩の全岩 K-Ar 年代が  $1.45 \pm 0.19$  Ma であることから（柳沢ほか、2005）、この層準は Matuyama 逆磁極期に相当するものと考えられる。試料4と5の間には年代および構造にギャップが認められることから、不整合または断層が存在する可能性が高い。

津久井ほか（2006）は Kato（1985MS）による箱根古期外輪山噴出物の主成分化学組成を紹介し、本研究の試料1～4を含む地質ユニットB～Dとの比較を行った。彼らによると、地質ユニットB～Dの箱根古期外輪山噴出物は、Kato（1985MS）および長井・高橋（2000）の黑白層または火打石岳層に相当する可能性が高い。これらは、日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会（2007）による箱根外輪山噴出物（成層火山群形成期： $0.60 \sim 0.24$  Ma）の狩川溶岩グループおよび金時山溶岩グループにほぼ相当すると考えられる。この対比結果は、本研究による Brunhes 正磁極期への対比と矛盾しない。また、試料5を採取した安山岩溶岩は深度 856.5 ~ 960.0 m まで連続的に分布し、伏角から示唆される傾斜角 30° を仮定すると、層厚が 89.6 m にも達する。この溶岩の全岩化学組成は、足柄層群に含まれる溶岩および貫入岩の組成範囲に含まれる（津久井ほか、2006）。足柄層群は瀬戸層から塩沢層下部までの区間が Matuyama 逆磁極期に、塩沢層上部が Brunhes 正磁極期に対比されている（小山、1986）。したがって、試料5を採取した安山岩溶岩は足柄層群の瀬戸層から塩沢層下部までの区間に相当する可能性があるが、安山岩溶岩を挟む上下の層準は石灰質砂岩や火山角礫岩等により主に構成されており（林ほか、2006）、足柄層群に特徴的な花崗岩礫を含む礫岩が認められない。したがって、この安山岩溶岩の詳細な対比については今後の課題と言える。

## 5. 結論

神奈川県山北町南部、丸山の山北南観測井で掘削された深度 2035.4 m に達するボーリングで得られたコア試料のうち、5 層準の火山岩について古地磁気測定を行った。深度 16.6-16.7 m および深度 210.1-210.3 m で得られた玄武岩の伏角は数度以下できわめて低く、巨礫である可能性が高い。深度 450.0-450.2 m および 621.10-620.25 m で得られた玄武岩溶岩の伏角は現在とほぼ同じ値を示し、正帯磁を示す。これら玄武岩の全岩 K-Ar 年代がそれぞれ  $0.31 \pm 0.08$  Ma、 $0.34 \pm 0.39$  Ma を示すことから、Brunhes 正磁極期に対比される。深度 898.70-898.95 m で得られた安山岩溶岩の伏角は -68 ~ -78° とやや深い値を示し、逆帯磁である。この安山岩溶岩の全岩 K-Ar 年代は  $1.45 \pm 0.19$  Ma であることから、Matuyama 逆磁極期に対比される。

## 謝辞

以下の方々には、山北南観測井で得られたコア試料について、現地観察会やコア観察会等の場でご討論頂いた。

千葉大学伊藤谷生教授、宮内崇裕教授、津久井雅志准教授、都留文科大学上杉 陽名誉教授、防災科学技術研究所山水史生博士、山田隆二博士、産業技術総合研究所柳沢幸夫博士、高橋雅紀博士、渡辺真人博士。試料採取や測定には、千葉大学および島根大学の学生・院生の皆様にご協力頂いた。感謝申し上げます。

本研究は 2002～2006 年度にかけて実施された文部科学省の研究委託事業 RR2002・大都市大震災軽減化特別プロジェクト I の、大都市圏地殻構造調査研究（研究代表者：東京大学地震研究所 平田 直教授）の一環として行われた。

## 参考文献

- 林 広樹・伊藤谷生・上杉 陽・小山田浩子・笠原敬司・閑口涉次・高橋雅紀・田中裕一郎・津久井雅志・松井智之・松本拓己・山崎 優・山田隆二・山水史生・柳沢幸夫・渡辺真人（2006）神奈川県西部山北南高感度地震観測井の掘削および孔内検層、防災科研研究資料、298, 1-32.
- 笠原敬司・林 広樹・閑口涉次（2004）伊豆一丹沢衝突域に未発見 A 級活断層の存在確実－神奈川県山北町における 2000m 掘削速報－、日本地質学会第 111 年学術大会講演要旨、S-4.
- Kato, T. (1985MS) Geology and petrology of the north and west old somma of Hakone volcano, Japan. Master's thesis, University of Tokyo, 106p.
- Kirschvink, J.L. (1980) The latest squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data, Geophys. Jour. Roy. Aust. Soc., 62, 699-718.
- 小山真人（1986）伊豆半島の地史と足柄・大磯地域の更新世、月刊地球、8, 743-752.
- Kuno, H. (1950) Geology of Hakone volcano and adjacent areas, part I, Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, ser. II, 7, 257-279.
- 長井雅史・高橋正樹（2000）箱根古期外輪山の形成史、平成 11 年度東京大学地震研究所研究集会報告書「富士・箱根および周辺火山における噴火長期予測のための研究集会」、37-46.
- 日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会（2007）1. 箱根火山、日本地質学会.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975), Mar. Micropaleont., 5, 321-325.
- 津久井雅志・山崎 優・松井智之・小山田浩子・上杉 陽・林 広樹・柳沢幸夫・笠原敬司（2006）伊豆弧北端の火山岩類と地殻構造－山北南大深度観測井の箱根火山、先箱根火山岩類から－、地調研報、57, 197-215.
- Yamazaki, H. (1992) Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu Peninsula, central Japan, Bull. Geol. Surv. Japan, 43, 603-657.
- 柳沢幸夫・高橋雅紀・渡辺真人・田中裕一郎・林 広樹（2005）大深度ボーリング試料による地質年代調査、大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1: 地震動（強い揺れ）の予測「大都市圏地殻構造調査研究」（平成 16 年度）成果報告書、337-358.