横須賀市野比海岸の北武断層破砕帯に露出する 暗緑色凝灰岩のX線回折分析

柴田健一郎*·蟹江康光**

X-ray diffraction analysis of the dark greenish tuff exposed in the Kitatake fault crush zone, Nobi coast, Yokosuka City

SHIBATA Kenichiro* and KANIE Yasumitsu**

キーワード:北武断層,破砕帯,凝灰岩, X線回折,横須賀 Key words: Kitatake fault, crush zone, tuff, XRD, Yokosuka

横須賀市野比海岸の北武断層破砕帯に分布する暗緑色凝灰岩,凝灰岩に発達する鉱物脈,断層ガウジについてX線回折分析を行った。その結果,暗緑色凝灰岩を構成する鉱物として石英,斜長石,スメクタイト,緑泥石,方沸石,その他のゼオライトが同定された。鉱物脈は主に方解石と石英からなり,スメクタイトを含む。断層ガウジからは石英,斜長石,スメクタイト,緑泥石,蛇紋石が同定できた。暗緑色凝灰岩の色彩や鉱物組成は横須賀市立石に露出する凝灰岩のそれらに類似する。三浦半島の地層は埋没続成作用の影響をほとんど受けていないと考えられているため,暗緑色凝灰岩に含まれる方沸石は,破砕帯に沿った局所的な熱水活動によって,火山砕屑物から生成した可能性が考えられる。

X-ray diffraction (XRD) analyses were carried out on the dark greenish tuff, the mineral vein developed in the tuff, and the fault gouge collected from the Kitatake fault crush zone, Nobi coast, Yokosuka City, central Japan. The results indicate that the dark greenish tuff consists of quartz, plagioclase, smectite, chlorite, analcime and other zeolite. The mineral vein mainly consists of calcite and quartz, and includes smectite. The fault gouge consists of quartz, plagioclase, smectite, chlorite, and serpentine. The color and mineral composition of the dark greenish tuff are similar to those of tuff exposed at Tateishi, western coast of Yokosuka City. Sedimentary rocks of the Miura Peninsula are interpreted to have hardly been affected by intense burial diagenesis. Thus, volcaniclastic materials in the dark greenish tuff have altered to analcime possibly due to the local hydrothermal activity along the crush zone.

はじめに

横須賀市野比海岸には、三浦半島を西北西-東南 東方向に横断し,活動度A級(m/1000年のオーダー) の活断層と評価される北武断層(Kaneko, 1969; 蟹 江・太田, 1990; 渡辺, 1990; 太田ほか, 1991; 活断層 研究会, 1991; 佐藤ほか, 1997; 杉村ほか, 1999 など) の破砕帯が露出する。この破砕帯には海洋プレート の一部を構成していたと思われる火成岩類や,白 色石灰質チャート,暗緑色凝灰岩などが産出する ことが知られている(蟹江・太田,1990;浅見ほか, 1992;蛯子・山下,2012)。暗緑色凝灰岩については, 蟹江・太田(1990)や浅見ほか(1992)が報告した以 来,詳しい検討が行われていない。本稿では,野比 海岸の新第三系を含む北武断層破砕帯周辺のルート マップを示すとともに,破砕帯から採集された暗緑

* 横須賀市自然・人文博物館 〒 238-0016 神奈川県横須賀市深田台 95
**ジオ神奈川 〒 249-0004 神奈川県逗子市沼間 2-9-4-405
原稿受付 2015 年 10 月 30 日. 横須賀市博物館業績 第 702 号

色凝灰岩や凝灰岩に発達する鉱物脈,断層ガウジの X線回折結果について述べる。

北武断層の破砕帯と周辺の新第三系

横須賀市千駄ヶ崎の西方,県道212号久里浜港線の海岸線沿いに東西約800mにわたり,北武断層の破砕帯と新第三系が良好に露出する。この地域のルートマップを第1図に示す。

北武断層の破砕帯(第2図A)には、鉱物脈が発 達する無層理の暗緑色凝灰岩が分布する(第2図 B)。この凝灰岩の新鮮な破断面は暗緑色を呈するが、 大気に触れて風化した部分は褐色を示す。凝灰岩の 一部は著しく風化し、粘土化している。浅見ほか (1992)によれば、この凝灰岩は火山ガラス質で斜長 石と微量のかんらん石を含むとされている。堆積年 代についてのデータはこれまでに得られていない。 この凝灰岩を竹内ほか(2015)は葉山層群鐙摺層と して地質図に示しているが、本稿では蟹江(2012) に従い矢部層として扱う。凝灰岩に伴い、破砕帯に は斑れい岩、白色石灰質チャート、変成岩、角閃石・ 黒雲母・輝石を含むアルカリランプロファイヤー、 斜長石-ハルツバージャイト(かんらん岩)(第2 図 C), 玄武岩などのブロックや転石が見られる(浅 見ほか,1992)。かんらん岩,斑れい岩,玄武岩などは, 断層運動によって地下深部から上昇,あるいは付加 したものと推定される。

破砕帯の北東側には細粒砂岩とシルト岩の互層 (第2図D)からなり、北東に70°~90°傾く三浦層 群逗子層(江藤ほか、1998)が露出する。

破砕帯の南西側には小断層が著しく発達し,薄 い凝灰質砂岩を挟むシルト岩(第2図E)が分布す る。江藤ほか(1998)はこのシルト岩を逗子層とし て,竹内ほか(2015)は葉山層群衣笠層として地質 図に示しているが,ここでは蟹江(2012)に従い未 区分の葉山層群とする。シルト岩からは生痕化石や, 海綿骨針を集めて殻をつくる膠着性の底生有孔虫 と考えられている(長谷川・近藤,1999)Makiyama chitanii(第2図F)が産出する。シルト岩の走向 や傾斜は著しく変化する。特に,南西方向に流れ る小河川の河口付近を境に走向が大きく変化する ため,小河川に沿った北東-南西方向の断層の存 在が推定される(第1図)。シルト岩に含まれる炭 酸塩コンクリーションからは放散虫化石が見出さ



第1図 野比海岸のルートマップ. 岩相層序区分は蟹江 (2012) に従った. 放散虫化石産地と放散虫化石年代は鈴木 (2012) に基づく. 地形図は 2006 年編集の 1/2500 横須賀市都市計画基本図「千駄ヶ崎」を使用.

れ, Kamikuri *et al.* (2004) の RN4 帯上部~ RN5 帯 (16 Ma~14 Ma)の放散虫化石年代が得られている (鈴木, 2012)。蟹江・太田 (1990) は、シルト岩から Okada and Bukry (1980) の CN4 帯 (15.6 Ma~13.6 Ma)のナノフローラを報告している。

逗子層や葉山層群と破砕帯との境界は砂浜やコン

クリートに覆われ観察できない。しかし, 逗子層や 葉山層群, 破砕帯に露出する凝灰岩の分布, 野比海 岸沖に露出し破砕帯を構成すると考えられる玄武岩 のブロック(浅見ほか,1992)の位置, 独立行政法 人国立病院機構久里浜医療センター(旧国立療養所 久里浜病院)敷地内で行われたトレンチ調査(佐藤



第2図 A: 野比海岸の北武断層破砕帯、火成岩類や堆積岩類の転石やブロックが点在する。B: 暗緑色凝灰岩、白色の 鉱物脈が発達する。C: かんらん岩の転石、D: 三浦層群逗子層の砂岩を挟む泥岩層、砂岩は平行葉理やコンボ ルート層理が発達するタービダイトである。E: 葉山層群の破砕されたシルト岩、生痕化石が見られる、F: 葉 山層群のシルト岩に含まれる Makiyama chitanii.

ほか,1997)の位置を考慮すると,野比地区の北武 断層破砕帯は50~140mの幅を有し,沖合に向かっ て幅が広くなることが推測される(第1図)。

X線回折

X線回折のため、北武断層の破砕帯に露出する暗 緑色凝灰岩 (N01)、暗緑色凝灰岩に発達する白色の 鉱物脈 (N02)、緑色の断層ガウジ (N03)を採集した (第1,3図)。いずれの試料も定方位試料とバルク 粉末試料を作成し、X線回折 (XRD)(千葉大学理学 部地球科学科、リガク RAD-X システム:単色化し た CuKa線、40kV20mA)分析を行った。定方位試 料は、乳鉢で粉砕した後 (N01, N02)、またはその まま (N03)蒸留水に入れ分散させ、水ひ法(吉村、 2001 など)によって粘土粒子 (2 µm以下)を回収し、 粘土懸濁液をスライドガラスに載せて 60℃で乾燥 させ、エチレングリコール処理を施した。X線回折 パターンを第4 図と第5 図に示す。

XRD 分析の結果, 暗緑色凝灰岩 (N01) を構成す る一次鉱物として,石英と斜長石が同定できた。さ らに二次鉱物として大量のスメクタイト、7 Åグ ループの粘土鉱物、方沸石、その他のゼオライトが 含まれる。浅見ほか (1992) が野比海岸の暗緑色凝 灰岩から偏光顕微鏡観察に基づき緑泥石を報告して いることから、7 Åの底面反射は緑泥石の存在を示 していると考えられる。エチレングリコール未処理 のバルク粉末試料を用いた XRD 分析では、スメク タイトは12~15 Åの幅広い底面間隔を示すため (第5図A), 層間陽イオンとして Ca に加えて Na が含まれている可能性がある。一方、鉱物脈 (N02) は主に石英と方解石からなり, スメクタイトを含 むことが明らかとなった(第4,5図)。断層ガウジ (N03)の XRD 分析からは、石英、斜長石、スメク タイト,7Åグループの粘土鉱物が同定された(第 4,5図)。7Å付近に2つのピークが認められるた め、7.1 Åの底面反射は緑泥石を、7.3 Åの底面反射 は蛇紋石の存在を示していると考えられる。すなわ ち, 断層ガウジには暗緑色凝灰岩由来のスメクタイ トや,かんらん岩または蛇紋岩由来の蛇紋石が含ま れていると考えられる。

スメクタイトや方沸石を含む凝灰岩は、横須賀市 秋谷の前田川中流域や立石周辺に分布する中新統 立石凝灰岩部層からも報告されている(江藤ほか, 1998)。この地層は普通輝石を含むが、新鮮な破断 面では暗緑色を呈し、方解石の鉱物脈が発達するな ど(江藤ほか、1998)、野比海岸の暗緑色凝灰岩と共 通する特徴を持つ。なお、蟹江(2012)は立石や前 田川中流域の凝灰岩を矢部層としている。

スメクタイトや方沸石は埋没続成作用,熱水変質 作用の産物として形成され,火山ガラスなどの火 山砕屑物の変質鉱物として見出される(白水,1988;



第3図 X線回折用試料の採集地点(矢印). A: 暗緑
色凝灰岩(N01). B: 凝灰岩に発達する鉱物脈
(N02). C: 断層ガウジ(N03).



 $2\theta^{\circ}(CuK\alpha)$

第4図 エチレングリコール処理定方位 XRD 回折パターン. A: 暗緑色凝灰岩 (N01). B: 凝灰 岩に発達する鉱物脈 (N02). C: 断層ガウジ (N03).



第5図 粉末 XRD 回折パターン. A: 暗緑色凝灰岩 (N01). B: 凝灰岩に発達する鉱物脈 (N02). C: 断層ガウジ (N03).

吉村,2001)。また,熱水変質作用によって方沸石 が生成する場合,活量の高いアルカリ・アルカリ土 類イオン,特にNaを含む熱水が必要である(Utada, 1980;吉村ほか,2001;井上,2003)。三浦半島南部 や房総半島南部を構成する三浦房総付加体は,強い埋没続成作用を受けていないと考えられている (Yamamoto et al., 2005; Kameda et al., 2010)。さらに, 三浦半島から方沸石の報告は横須賀市立石(江藤ほ か,1998)と野比海岸の凝灰岩に限られる。例えば、 葉山町に分布する葉山層群や三浦層群逗子層には方 沸石が含まれていない(渡部ほか,1968)。従って, 三浦半島の新第三系は広域的な埋没続成作用の影響 を受けていないと考えられ、三浦半島の方沸石の生 成には熱水変質作用が関与したと推定される。江藤 ほか(1998)は立石凝灰岩部層を水中火砕流堆積物 と解釈し、方沸石の形成が凝灰岩形成時であったこ とを示唆した。しかし、野比海岸の暗緑色凝灰岩は 北武断層の破砕帯に沿って露出することから、破砕 帯に沿った局所的な熱水活動が生じたと解釈するの が妥当と考えられる。すなわち、溶液の起源につい ては不明であるが,周辺の地層中の間隙水より高温, かつ Na に富む溶液によって、火山砕屑物からスメ クタイトや方沸石が生成した可能性が考えられる。 類似の事例は、房総半島南部の保田層群を東西に横 切る曾呂川・岩井断層系からも報告されている(三 沢,2007;井上,2008)。ここでは断層をはさんで上 盤(北)側の泥岩は下盤(南)側の泥岩に比べてス メクタイトを多く含み、上盤側の凝灰岩には斜プチ ロル沸石や方沸石が含まれることから、上盤側にの み局所的な熱水活動がおこったと解釈されている。 これらのことから,野比海岸以外の三浦半島断層群 に沿った岩石からも,熱水活動を示す証拠が見出さ れる可能性があると考えられる。

謝 辞

千葉大学理学部の井上厚行教授には粘土鉱物やゼ オライトについて議論をいただくとともに,適切な コメントをいただきました。千葉大学理学部の古川 登助教にはX線回折分析についてご指導をいただ きました。心より御礼申し上げます。

引用文献

- 浅見茂雄・蟹江康光・有馬 眞 1992. 三浦半島東部, 野比海岸で発見されたかんらん岩ブロック. 横須 賀市博研報(自然), (40): 21-23.
- 蛯子貞二・山下浩之 2012. 葉山層群中に見られる火 成岩ブロックの岩石学的特徴. 神奈川博調査研報 (自然), (14): 85-92.
- 江藤哲人・矢崎清貫・卜部厚志・磯部一洋 1998. 横 須賀地域の地質.128ページ.地域地質研究報告(5 万分の1地質図幅),地質調査所.

- 長谷川宏司・近藤康生 1999. Makiyama の分類上の 位置:元素マッピングと骨針の形態分析に基づく 再検討.日本古生物学会 1999 年年会予稿集:102.
- 井上厚行 2003. 熱水変質作用. 資源地質学会(編), 資源環境地質学-地球史と環境汚染を読む-: 195-202. 資源地質学会,東京.
- 井上厚行 2008. 膨潤性粘土鉱物の特徴-鉱物として の見方-.粘土科学,47:161-167.
- Kameda J., Yamamoto Y. and Kimura G. 2010. Smectite swelling in the Miura-Boso accretionary prism: Possible cause for incipient décollement zone formation. *Tectonophysics*, **494**: 75-84.
- Kamikuri S., Nishi H., Motoyama I. and Saito S. 2004. Middle Miocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy in the Northwest Pacific Ocean ODP LEG 186. *The Island Arc*, 13: 191-226.
- Kaneko S. 1969. Right-lateral faulting in Miura Peninsula, south of Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, 75: 199-208.
- 蟹江康光 2012. 三浦半島地質図. 柴田健一郎 (編), よこすか大地と生命の歴史-特別展示解説書11 -: 付図, 横須賀市自然・人文博物館.
- 蟹江康光・太田陽子 1990. 横須賀市野比の北武断層 と新第三系. 横須賀市博研報(自然), (38): 25-27.
- 活断層研究会 1991. [新編]日本の活断層-分布図 と資料.437ページ.東京大学出版会,東京.
- 三沢永一 2007. 房総半島南部, 曾呂川・岩井断層系 の上盤・下盤の顕著な地形差を生じさせる要因. 千葉大学大学院自然科学研究科修士論文.
- 太田陽子・藤森孝俊・鹿島 薫・蟹江康光 1991. 三 浦半島北武断層の完新世における活動期と変位 様式に関する考察. 横浜国立大学理科紀要 Sec. II, (38): 83-95.
- Okada H. and Bukry D. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude cocolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Paleontology*, 5: 321-325.
- 佐藤比呂志・蟹江康光・東郷正美・渡辺満久・小松 原 琢・隈元 崇・八木浩司・馬 勝利・太田陽子・ 中村俊夫・梅澤俊一 1997. 横須賀市野比地区にお ける北武断層のトレンチ調査.活断層研究,(16): 13-18.
- 白水晴雄 1988. 粘土鉱物学-粘土科学の基礎-.185 ページ.朝倉書店,東京.
- 杉村 新・斉藤 勝・東郷正美・池田安隆・蟹江康光・

江藤哲人・太田陽子・佐藤比呂志・浅見茂雄・藤 井義仁 1999. 三浦半島,横須賀市長沢地区におけ る北武断層のトレンチ調査.地学雑誌,108:562-588,口絵 2.

- 鈴木 進2012. 神奈川県東部の三浦半島に分布する 中新統葉山層群の放散虫化石年代. 神奈川博調査 研報(自然),(14): 65-74.
- 竹内圭史・及川輝樹・斎藤 眞・石塚 治・実松健造・ 駒沢正夫 2015.20万分の1地質図幅「横須賀」(第 2版).産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Utada M. 1980. Hydrothermal alterations related to igneous activity in Cretaceous and Neogene formations of Japan. *Mining Geology Special Issue*, (8): 67-83.
- Yamamoto Y., Mukoyoshi H. and Ogawa Y. 2005. Structural characteristics of shallowly buried accretionary prism: Rapidly uplifted Neogene accreted sediments on the Miura-Boso Peninsula, central Japan. *Tectonics*, 24: TC5008, doi:10.1029/2005TC001823.
- 吉村尚久 2001. 粘土鉱物と変質作用 . 293 ページ . 地 学団体研究会 .
- 渡部景隆・小池敏夫・栗原謙二 1968. 神奈川県葉山 地域の地質(1万分の1地質図説明書). 38 ページ. 日本地学教育学会.
- 渡辺満久 1990. 振興住宅地を横切る活断層-三浦半 島の例. 活断層研究, (8): 97-103.