

# 神奈川県南足柄市矢倉沢地域の地質

梶崎眞一郎<sup>\*1</sup>・林 広樹<sup>\*2</sup>・小田原 啓<sup>\*3</sup>

## Geology of the Yagurasawa area in Minamiashigara City, Kanagawa Prefecture

by

Shin'ichiro NARAZAKI<sup>\*1</sup>, Hiroki HAYASHI<sup>\*2</sup> and Kei ODAWARA<sup>\*3</sup>

### Abstract

An arc-arc collision zone comprising of the Izu-Bonin and Honshu arcs is located in the Izu-Hakone region. Many active faults related to the collision process have been recognized in the western part of Kanagawa Prefecture. Nevertheless, the tectonic history of this region is still under debate owing to its complicated geologic structure. Herein, we conducted a detailed geologic survey of the Yagurasawa area close to the southern end of the Hirayama-Matsudakita fault system located within this active collision zone. The results of the present study; confirmed the presence of the Hirayama, Uchikawa and Teizan faults. In particular, we found two outcrops of the Hirayama Fault indicating sinistral reverse slip, which is concordant with the findings of previous studies. Furthermore, we inferred the slip sense of the Uchikawa and Teizan faults through stratigraphic displacement as sinistral and dextral, respectively. The Hata Formation of the Ashigara Group in the study area is correlated with the calcareous nannofossil Zone CN13b; paleontologic data of the Hata and Shiozawa formations indicate that a drastic paleoenvironmental change, from upper bathyal to intertidal, occurred between the upper part of the Hata and the Shiozawa Formation. This sudden shoaling of the depositional environment implies the difference in the vertical movement between the study area and the type section of the Ashigara Group.

#### 1. はじめに

伊豆弧を含むフィリピン海プレートは、本州弧側のプレートに対し西北西方向へ年間約4 cmの相対速度で収束しており、衝突は現在も継続している。衝突帯には、その衝突に至る過程で両プレート間のトラフを充填した累積層厚5000 m以上にもなる更新統足柄層群が分布している(小田原ほか, 2011)。この地域の層序と地質構造を解明することは、衝突帯の第四紀テクトニクスを理解するうえで重要である。しかし、この地域は伊豆半島の衝突以降も複雑な構造発達を経ており(小田原ほか, 2011のレビューに詳しい)、さらに、国府津-松田断層帯(大塚, 1930など)や平山-松田北断層帯(地震調査委員会, 2015)、塩沢断層帯(狩野ほか, 1988など)などの活動度の高い活断層帯による変形も重複していることから、その層序や構造は必ずしも明らかでは無い。平山-松田北断層帯は、山北町浅間山-丸山付近の屈曲

点を境に、西側では北東-南西走向、東側では東西走向に延び、長さは総計約15 kmとなる。屈曲点よりも東側では、断層の北側が南側に対して相対的に隆起する逆断層、屈曲点より西側では、西側隆起成分を含む左横ずれ断層と考えられ、最大でM6.8程度の地震を引き起こすと推定される(地震調査委員会, 2015)。平山断層は、この活断層帯を構成する主要な活断層のひとつである(地震調査委員会, 2015)(図1)。平山断層に関しては、山北町平山の酒匂川右岸の露頭で、段丘礫層を逆断層変位させる「平山の断層」として最初に報告された(山崎, 1971)。Ito *et al.* (1987)はこの露頭について詳細な記載と解析を行い、5回のイベントの年代と変位量を明らかにするとともに、変位速度が現在に向かって減少傾向にあることを示した。しかし、この平山の露頭以外では、天野ほか(1984)により南足柄市地藏堂付近でいくつかの露頭が報告された他は、平山断層の地表ト

\*1 島根大学大学院自然科学研究科 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

\*2 島根大学総合理工学部 〒690-8504 島根県松江市西川津町1060

\*3 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0032 神奈川県小田原市入生田586

論文, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第53巻, 1-17, 2021

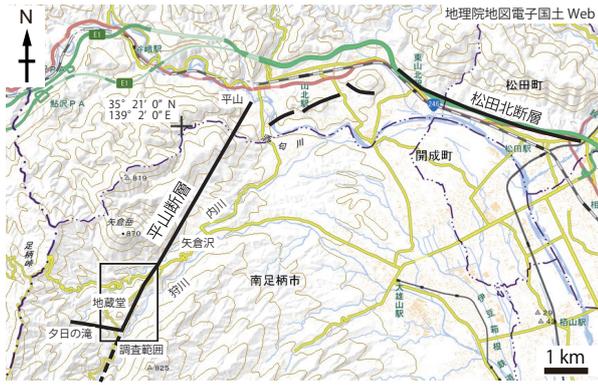


図1 本研究地域の位置図

基図には地理院地図を使用した。太線は平山—松田北断層帯を構成する活断層（地震調査委員会, 2015）を示す。  
 Fig. 1 Map of the study area. The base map is GSI Map published by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). The thick lines indicate active faults of the Hirayama-Matsudakita Fault Zone.

レースにきちんと制約を与えるようなデータが得られていない。一方で、平山断層による変形は、平山の露頭よりもむしろ南部で大きくなるという指摘もあり（天野ほか, 1984；今永, 1987）、平山断層南部の地域における詳細な地質の把握が課題とされていた。

本研究では、平山断層の南部が分布する南足柄市矢倉沢周辺地域において地質調査を行い、その層序や地質構造及び構造発達史を解明するのに資することを目的とした。

## 2. 地形・地質概説

本調査地域は、南足柄市北東部、矢倉沢から地蔵堂にかけての地域であり、南北約 1.5 km、東西約 1.0 km の矩形の範囲である（図1）。本地域の北側には、標高 870 m の矢倉岳が位置している。その南には、北東方向に向かって内川、狩川が流れており、その間に標高 450 ~ 500 m の東北東方向に傾き下がる開析された扇状地面（矢倉沢面：鈴木, 1963）が存在する。

本調査地域における地質層序は、海成更新統の足柄層群瀬戸層と畑層、塩沢層、そしてそれらと不整合または断層で接する陸成更新統の箱根古期外輪山噴出物により主に構成される（図2）。さらにそれらを不整合に覆う段丘堆積物や新期のテフラ類も分布するが、それらの分布は限定的であり、また、現時点でそれらを切る断層が認められなかったため、検討対象としていない。本研究地域の足柄層群は、大局的に西北西へ高角傾斜して分布する（図3）。それらを切る顕著な第四紀断層として、

地質系統	層序	岩相	層厚
更新統	外輪山噴出物 箱根古期 グループ 狩川溶岩	火砕岩および溶岩	
	足柄層群	塩沢層 安山岩質 火山角礫岩層 砂岩礫岩互層	200 m+
		畑層 砂岩泥岩互層	300 m+
	瀬戸層	礫岩層	370 m+

図2 本研究地域における総合柱状図

箱根古期外輪山噴出物をさらに不整合で覆う新期の地層類は省略した。

Fig. 2 Schematic stratigraphic column of the study area. Note that the newly deposits covering the Hakone Old Somma Deposits are omitted in this column.

平山断層、内川断層、定山断層がある。なお、本研究地域の南西端付近には夕日の滝断層の東方延長も想定されるが、本研究では地質調査が及んでいない。

## 3. 地質各説

以下で解説する露頭写真の調査地点、および分析試料採取位置を図4に示す。

### 3.1. 層序各説

#### 3.1.1. 足柄層群（平林, 1898；天野ほか, 1986）

##### 3.1.1.1. 瀬戸層（石川ほか, 1983）

【分布】松田町松田山から山北町瀬戸、南足柄市矢倉沢にかけて広く分布する。本調査地域では、矢倉岳の東斜面に主に分布する。

【層厚】模式地の山北町瀬戸付近における酒匂川沿いで最大 1500 m（天野ほか, 1986）。本調査地域では約 370 m が露出するが、下限は平山断層に切られるため詳細は不明である。

【岩相】本層は主に礫岩層からなり、砂岩層やシルト岩層を挟む（図5）。礫岩は、主として中礫～大礫サイズの垂円礫～円礫からなり、多くの場所は礫支持である。礫種は安山岩礫が多くを占め少量の花崗岩礫、緑色凝灰岩礫がみられる。また、調査地域の北東約 500 m

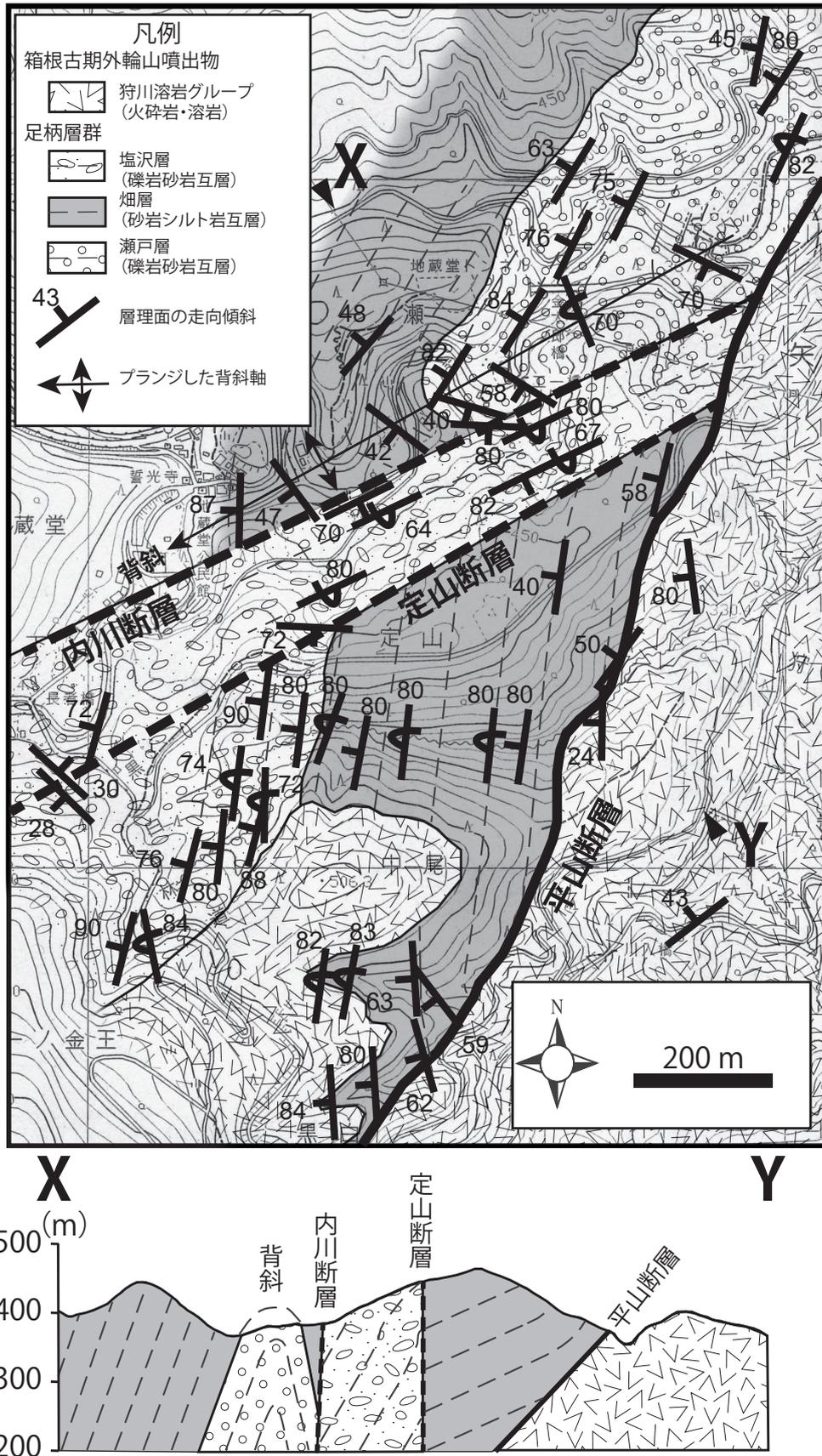


図3 本研究で作成した地質図および断面図

足柄層群分布域の破線は走向線を示す。基図には南足柄市 1:5000 都市計画図を使用した。

Fig. 3 Geologic map and geologic section of the studied area. Dashed lines indicate strike lines of the Ashigara Group. The base map is the 1:5000 City Planning Map published by the Minamiashigara City Office.

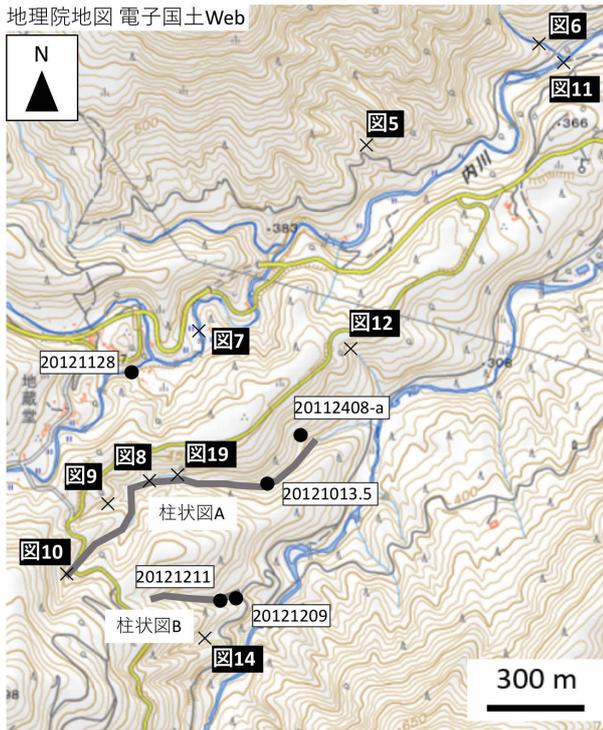


図4 露頭写真（白抜き文字）および微化石分析用試料（黒文字）の位置図

基図には地理院地図を使用した。

Fig. 4 Map showing localities of outcrop photographs and analyzed samples. The base map is GSI Map published by GSI.



図5 足柄層群瀬戸層の礫岩砂岩互層の露頭写真  
撮影位置は図4に示した。

Fig. 5 Photograph showing alternating strata of conglomerate and sandstone of the Seto Formation. The locality is shown in Fig. 4.

の瘦尾橋付近の沢では、瀬戸層礫岩の転石より *Chlamys* (*Mimachlamys*) *satoi* (Yokoyama) の印象化石 (図6) を

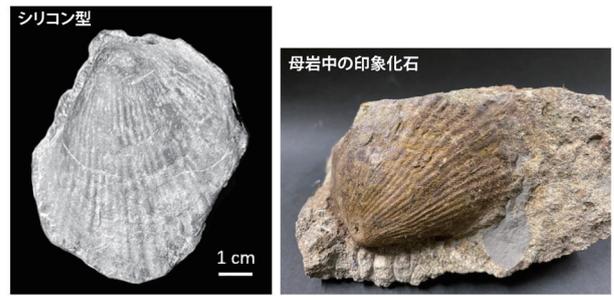


図6 足柄層群瀬戸層の礫岩転石から産出した *Chlamys* (*Mimachlamys*) *satoi* (Yokoyama) の印象化石  
採取位置は図4に示した。

Fig. 6 Photograph of the impression fossil of *Chlamys* (*Mimachlamys*) *satoi* obtained from the Seto Formation. The sample locality is shown in Fig. 4.

確認した。

【下位層との関係】下位の根石層とは指交関係、一部断層で接するとされるが (小田原ほか、2011)、本研究地域では瀬戸層が最下位層となるため不明である。

### 3.1.1.2. 畑層 (石川ほか、1983)

【分布】山北町畑沢付近から南足柄市矢倉沢にかけて広く分布する。本調査地域では、内川断層の北では地藏堂トンネルより西側、内川断層の南では平山断層より西から狩川支流半ばまで分布する。

【層厚】模式地の山北町畑沢付近では約 1000 m (天野ほか、1986)。本調査地域内では約 300 m が露出するが、後述の内川断層より北では調査が及んでおらず、また定山断層より南側では、下限が平山断層に切られるため詳細は不明である。

【岩相】畑層は、シルト岩層と砂岩層の互層から主に構成され、亜円礫～円礫サイズの安山岩細礫を主とする層厚 1 m 以下の細礫薄層、厚さ 10 cm 以下の凝灰岩薄層や石炭薄層を挟む (図7)。また、二枚貝類の *Yoldia* sp. および *Saccella* sp. の化石がシルト岩中に確認された。

【下位層との関係】下位の瀬戸層を整合に覆う。

### 3.1.1.3. 塩沢層 (石川ほか、1983)

【分布】山北町塩沢付近から南足柄市矢倉沢にかけて広く分布する。本調査地域中では、内川断層の南、狩川支流半ばから黒白林道付近まで分布する。

【層厚】模式地の山北町塩沢付近では約 2300 m。本調査地域では約 200 m が露出するが、後述の箱根古期外輪山噴出物に不整合で覆われるため、その上限は不明で



図7 足柄層群畑層の砂岩シルト岩互層の露頭写真  
撮影位置は図4に示した。

Fig. 7 Photograph showing alternating strata of sandstone and siltstone of the Hata Formation. The locality is shown in Fig. 4.

ある。

【岩相】本層は砂岩層が卓越し、主として中礫サイズの垂円礫～円礫からなる礫岩層、および3~4 cm程の細礫薄層を挟む(図8)。礫種は安山岩、花崗岩、緑色片岩がみられる。狩川支流の本層中部に相当する中粒砂岩では、貝化石密集層がみられた。貝化石密集層の詳細については後述する。また、それより上位のアルコース質の中粒砂岩からは、前浜環境を指標する生痕化石 *Macaronichnus* isp. も確認した(図9)。黒白林道沿いでは、塩沢層上部に挟在する黒白火砕岩(今永, 1999)が確認できる。黒白火砕岩は、淘汰の悪い安山岩質火山礫凝灰岩から主に構成され、その中に様々な大きさの安山岩礫、スコリアが混在する。また、黒白火砕岩中には厚さ1 m程の2層の珪長質軽石凝灰岩薄層が挟在する(図10)。この凝灰岩層の分析結果については後述する。

【下位層との関係】下位の畑層を整合に覆う。

### 3.1.2. 箱根古期外輪山噴出物 (Kuno, 1950)

#### 3.1.2.1. 狩川溶岩グループ (長井・高橋, 2008)

【分布】狩川およびその支流沿いに分布。本調査地域では、平山断層以東、調査範囲の南東部に分布する。

【層厚】本調査地域内では全体が露出している箇所がなく、算定不能である。

【岩相】本層は主として淘汰の悪い玄武岩～安山岩質凝灰角礫岩から構成され、玄武岩～安山岩溶岩を伴う。内川沿い、狩川沿いでは赤褐色の凝灰質砂岩中に中礫サイズで垂角礫の安山岩礫が含まれ、それらがわずかに級化し層理が発達している様子がみられる。内川沿いに一

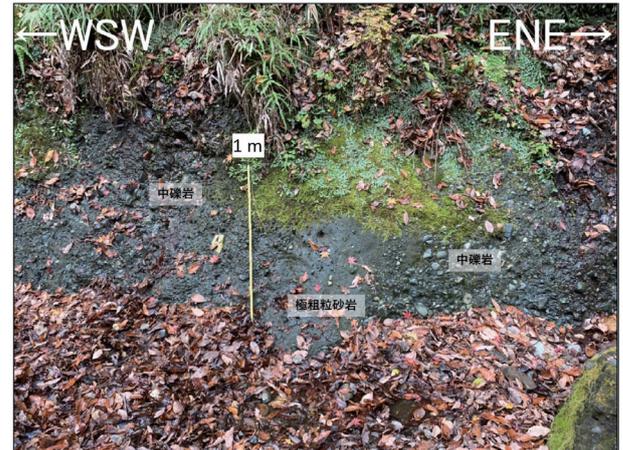


図8 足柄層群塩沢層の礫岩の露頭写真  
撮影位置は図4に示した。

Fig. 8 Photograph showing conglomerate of the Shiozawa Formation. The locality is shown in Fig. 4.

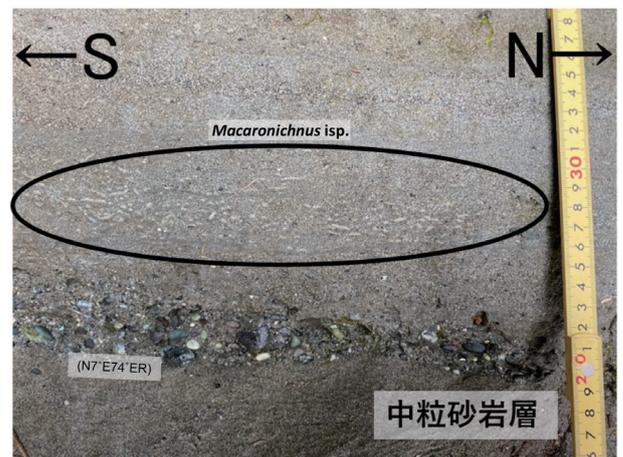


図9 足柄層群塩沢層のアルコース質中粒砂岩中に確認した生痕化石 *Macaronichnus* isp.  
撮影位置は図4に示した。

Fig. 9 Photograph showing ichnofossil (*Macaronichnus* isp.) observed in the arkose sandstone of the Shiozawa Formation. The locality is shown in Fig. 4.

部礫質支持の露頭もみられるが、主に暗褐色の塊状の凝灰質砂岩中に中礫～巨礫サイズで垂角礫の安山岩が含まれるような産状である。また、調査地域から北東の内川沿いでは、クリンカーを伴う安山岩溶岩が確認できた(図11)。

【下位層との関係】下位の足柄層群とは断層または不整合で接する。

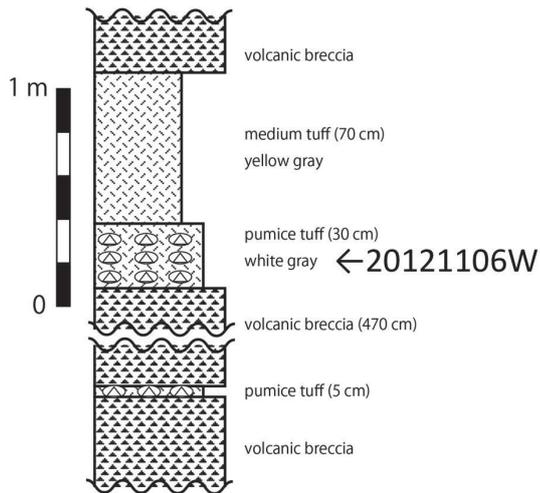


図 10 足柄層群塩沢層黑白火砕岩の露頭写真および露頭柱状図

撮影位置（北緯 35 度 18 分 40.3 秒，東経 139 度 1 分 51.7 秒）は図 4 に示した。20121106W は分析用試料の採取層準を示す。

Fig. 10 Photograph and geologic column of the outcrop of the Kokubyaku Pyroclastic Bed. The locality (35°18' 40.3" N, 139°1' 51.7" E) is shown in Fig. 4. 20121106W: analyzed sample horizon.

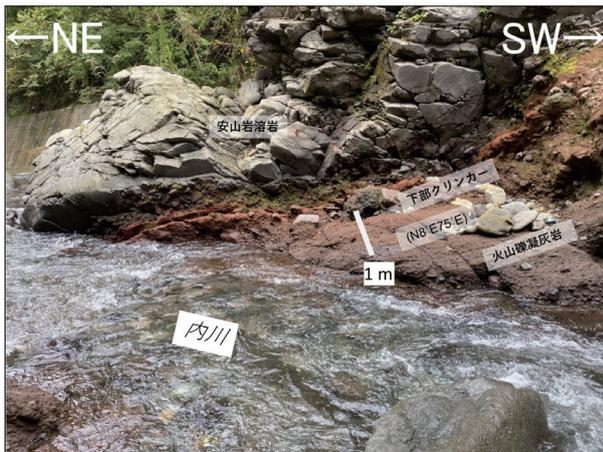


図 11 箱根古期外輪山噴出物狩川溶岩グループの火山礫凝灰岩および安山岩溶岩の露頭写真  
撮影位置は図 4 に示した。

Fig. 11 Photograph of the outcrop of the Karigawa Lava Group of the Hakone Old Somma. The locality is shown in Fig. 4.

### 3.2. 構造各説

#### 3.2.1. 平山断層（山崎，1971）

【模式地】山北町平山、山北発電所対岸の酒匂川沿岸の露頭。

【分布及び形態】平山断層は、上記の酒匂川沿岸露頭から南足柄市地藏堂南部まで地表トレースが追跡され

る。伊藤ほか（1982）、天野ほか（1984）によると、本断層は左横ずれ成分を持った逆断層である。Ito *et al.*（1987）では、酒匂川沿岸露頭において左横ずれ成分と逆断層成分が 1:1 であり、最近 2 万年前からは約 8 m 程変位していること、また変位速度が現在に向かって減少傾向にあることが明らかにされた。酒匂川沿岸露頭の南方延長は、天野ほか（1984）により内川沿岸、内川支沢、狩川支沢上流にて箱根古期外輪山噴出物の苦鉄質凝灰角礫岩の下盤、足柄層群の上盤からなる逆断層が報告されている。

【本研究による記載】本研究地域では平山断層が足柄層群と箱根古期外輪山噴出物の境界断層になるため（天野ほか，1984）、地表地質調査により岩相分布を把握し、平山断層の位置を高精度に推定した（図 3）。また、2 カ所で断層露頭を確認した。そのうちの 1 カ所は、天野ほか（1984）で報告された断層露頭 C と同一のものと考えられ、本研究により再発見された（図 12）。この地点の断層面の走向傾斜は N8°E57°W、周囲の剪断面で認められた条線のアジマスとプランジは N11°W52°であった。この露頭では断層試料を定方位採取し、樹脂によって固化した試料の研磨面観察を行った。その結果、主剪断面（Y 面）から派生する P 面が認められた（図 13）。これらの観察結果から復元される断層の運動センスは、左横ずれ成分を有する逆断層である。もう 1 カ所の断層露頭については、今回新しく発見されたもので



図 12 平山断層露頭写真 (1)

黒枠の部分で断層岩試料 (図 13) を採取した。撮影位置 (北緯 35 度 19 分 4.01 秒、東経 139 度 2 分 24.52 秒) は図 4 に示した。

Fig. 12 Photograph of the Hirayama Fault outcrop (1). The black rectangle represents the sample of the fault rock (Fig. 13). The locality (35°19' 4.01" N, 139°2' 24.52" E) is shown in Fig. 4.

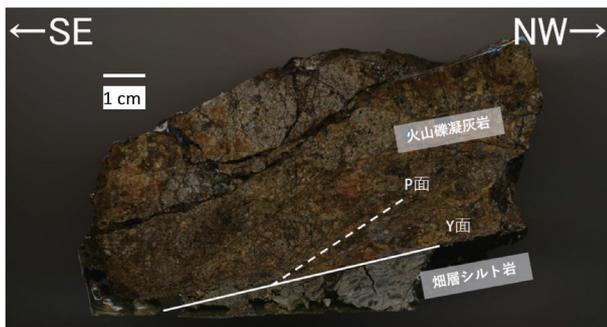


図 13 平山断層の断層試料の研磨面写真

採取位置は図 12 に示した。切断面のため露頭面に対して鏡像となっている。複合面構造が左ずれを示す。

Fig. 13 Photograph of the polished surface of the fault rock. The sample locality is shown in Fig. 12. Note that the imaged surface is the bottom side of the sample (mirrored image of the natural side). The composite planar fabrics indicate a sinistral fault slip.

あるが、先行研究 (天野ほか, 1986; 今永, 1999) による平山断層の地表トレース上にほぼ位置している。この露頭では複合面構造が確認され (図 14)、Y 面 (N52°E 80°W) から杉型雁行状に派生する P 面 (N63°E75°S) の配列により、左横ずれ成分をもつ断層であることが明らかである。以上の露頭で認められた運動センスは、先行研究による平山断層のもの (Ito *et al.*, 1987 など) と調和的である。したがって、本研究で認めた断層は平山断層の南方延長であるとして矛盾はないと判断される。

### 3.2.2. 内川断層 (今永, 1976)

【模式地】南足柄市地藏堂

【分布及び形態】内川断層は、先述の平山断層によって左横ずれに切れつつ、内川に沿って北東へ山北町日向 (ひなた) 付近まで延びる (Imanaga, 1999 など)。この断層の最新活動時期については不明であるが、地形面上に明瞭なリニアメントとして追跡されることから、後期更新世以降の活動を伴う可能性が高い。

【本研究による記載】本研究では、内川断層の断層露頭の発見には至らなかったものの、周辺の地層の分布から、内川断層の位置を詳細に推定することができた。推定された内川断層は、東北東—西南西走向の高角断層である。内川断層の東端部付近では、内川断層を挟んで北側に足柄層群瀬戸層、南側に足柄層群塩沢層が分布している。もしこの断層が鉛直ずれであるならば、南側の塩沢層の方が上位の地層であるため、北側隆起の可能性が指摘される。一方で、内川断層の北側では、内川の最上流部で畑層が箱根古期外輪山噴出物に不整合で覆われ、塩沢層を欠如している (今永, 1999)。すなわち、畑層と塩沢層境界はこの不整合位置よりもさらに西に推定されることから、両層の境界はこの断層で見かけ 1860 m 以上の左横ずれ変位をしているものと考えられる。

今回、内川断層のすぐ北側に、内川断層とほぼ平行な軸をもつ背斜の存在が新たに明らかになった (図 3)。断層直近でそれと並走する褶曲は、断層活動に関連して形成された可能性が高いと考えられる。この背斜を内川断層の活動に伴う引き摺り褶曲と仮定した場合、この



図 14 平山断層露頭写真 (2)

この露頭では複合面構造が見られ、主剪断面 (Y 面) からシルト岩側に分岐する P 面が認められる。撮影位置 (北緯 35 度 18 分 34.23 秒、東経 139 度 2 分 8.60 秒) は図 4 に示した。

Fig. 14 Photograph of the Hirayama Fault outcrop (2). Composite planar fabrics are recognized by the main shear plane (Y) and the P plane branching into siltstone. The locality (35°18' 34.23" N, 139°2' 8.60" E) is shown in Fig. 4.

背斜は南西側へ約 45°プランジした軸を有することから (図 15)、内川断層の運動センスは左横ずれ成分をもつ北側隆起の断層と推定される。この場合、先述の見かけ水平隔離 (左横ずれ 1860 m 以上) に基づく断層の総運動量は 1315 m 以上となる。

### 3.2.3. 定山断層 (今永, 1976)

【模式地】南足柄市地藏堂

【分布及び形態】定山断層は、先述の内川断層の南側

をそれとほぼ平行に走り、平山断層に切られている。定山断層と内川断層とに挟まれた地塊には、両断層と平行な層理面をもつ足柄層群塩沢層が、北落ち高角の同斜構造で分布する (図 3)。

【本研究による記載】本研究では、定山断層の断層露頭の発見には至らなかった。しかし、定山断層の東端部では、断層を挟んで北側に足柄層群塩沢層が、南側に足柄層群燧層が分布していることから、南側隆起、もしくは右横ずれの運動センスが推定される。断層の南側に認められる燧層と塩沢層の境界が、断層の北側では東端を切る平山断層によって欠落しているものと仮定すると、その右横ずれの見かけ水平隔離は 820 m 以上と算定される。なお、天野ほか (1985, 1986) は、定山断層の位置に垂直な軸面をもつ等斜褶曲 (向斜) を推定し、その軸部付近を定山断層が切るものと考えた。しかし、確かに定山断層を挟む南北の地塊の層理面は向かい合って分布するものの、褶曲を仮定した場合の南北両翼の層序は大きく異なっている。また、定山断層の南側の地塊では、定山断層近傍で層理面が右横ずれ方向に引き摺られているように見える (図 3) こと、また内川断層と定山断層に挟まれる地塊が塩沢層で構成されることから、本研究では今永 (1976) による推定と同様に、定山断層と内川断層とに挟まれた地塊が周囲の地塊に対して相対的に右横ずれで運動したものであると判断した。

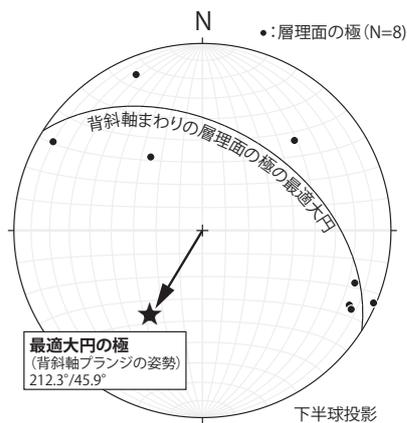


図 15 足柄層群の背斜軸まわりの層理面の極 (黒点) から推定される背斜軸のプランジ等積ネットの下半球投影で示した。

Fig. 15 Plunge of the anticline reconstructed by poles of bedding planes from the Ashigara Formation (lower hemisphere, equal area stereographic projection).

#### 4. 化石及び火山灰の分析

##### 4.1. 試料及び方法

本研究では、足柄層群の堆積環境および年代の推定を目的として、微化石および貝化石の分析を行った。また、先行研究等により年代が決定されたテフラとの対比を期待し、広域テフラの検出を目的として、足柄層群に挟まれる火山灰層の分析を行った。

微化石の検出には、畑層及び塩沢層の砂岩泥岩互層の泥質岩について、できるだけ新鮮な部分を選んで5試料を採取した。試料採取位置を図4に、うち3試料を採取したルートA、ルートBの柱状図を図16に示した。各試料は乾燥重量80gを量り取り、硫酸ナトリウム法の繰り返しにより構成粒子まで分解した。処理後の残渣は115メッシュのステンレスメッシュでふるい、メッシュ上の粒子から微化石固体の抽出を行った。

石灰質ナノ化石の分析は、上記の微化石の検出に用いたものと同じ試料を用いて行った。岩石試料約1gを20ccの水で攪拌して懸濁液を作り、約30秒間放置した後、ストローでカバーガラスに滴下して、40°Cのホッ

トプレートで静かに乾燥させた。完全に乾燥後、カバーガラスを光硬化接着剤で封入し、プレパラートを作成した。作成したプレパラートは1500倍の位相差装置付き偏光顕微鏡により検鏡した。石灰質ナノ化石の計数は、透光帯下部に生息する *Florisphaera profunda* を除いて200個体を目安に行い、さらにスライド全面を検鏡して年代指標種の発見に努めた。以上の分析はパリーノ・サーヴェイ株式会社へ委託した。

塩沢層中にみられた貝化石密集層は、露頭面からツルハシで採取後、クリーニングを行ったのちに波部・奥谷(1981, 1983)にて同定を行った。

火山灰層は、黒白火砕岩に挟まれる珪長質火山灰層(図10中の試料20121106W)について採取した。採取した試料はまず肉眼記載・撮影を行い、63μmの篩を用いて水洗後、偏光顕微鏡により構成粒子100粒を同定計数した。続いて火山ガラス200粒を形態分類し、計数した。火山ガラスの形態分類は吉川(1976)にしたがった。重鉍物は重液法により濃集し、200粒を同定・計数した。得られた火山ガラスについて、温度変化型屈折率測定装

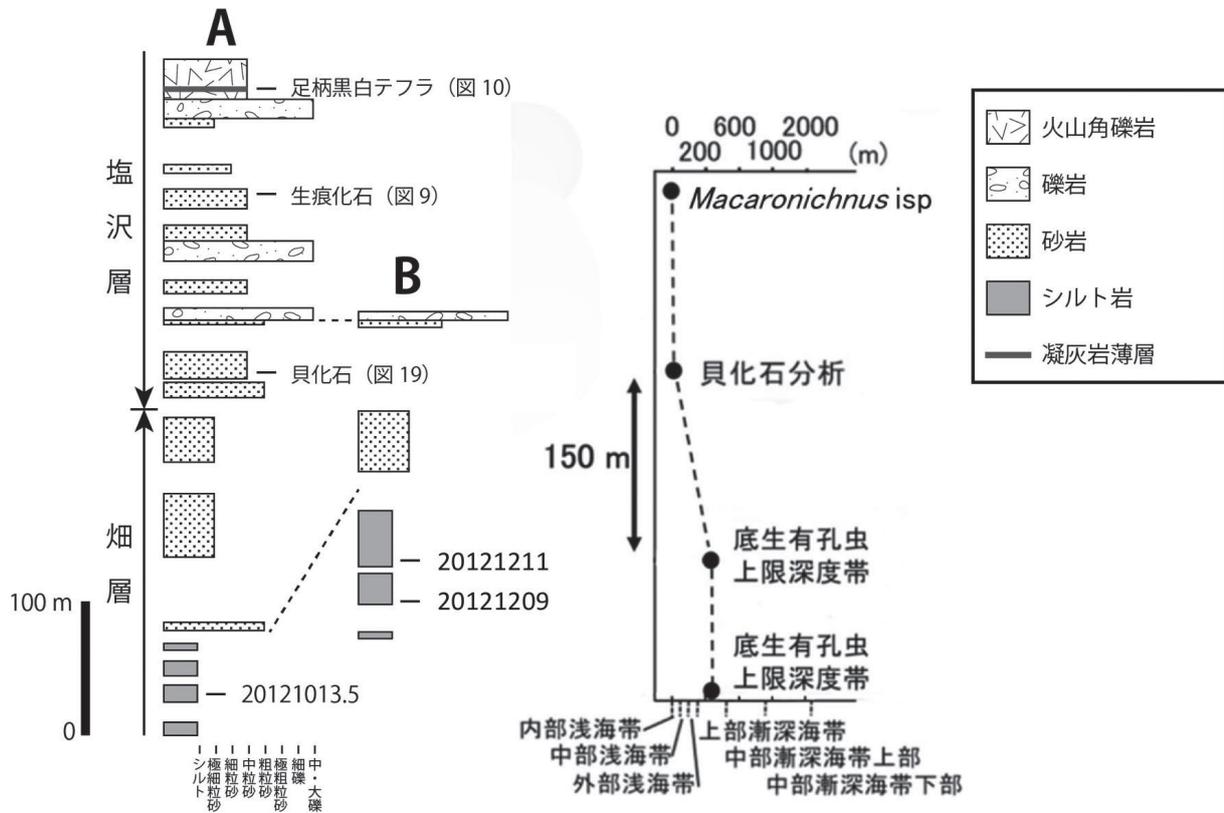


図16 ルート柱状図、試料採取層準、および化石から推定された古水深  
柱状図作成ルート(A、B)およびルート上の微化石試料の採取位置は図4に示した。

Fig. 16 Geologic columns, sample horizons and paleodepth reconstruction.

Column routes (A and B) and sample localities are shown in Fig. 4.

置 MAIOT (古澤地質調査所製) を用いて屈折率を測定した。以上の分析はパリノ・サーヴェイ株式会社に委託した。

## 4.2. 結果

### 4.2.1. 有孔虫

畑層 4 試料および塩沢層 1 試料を分析した結果、畑層の 4 試料から計 40 種群の底生有孔虫、および 19 種群の浮遊性有孔虫が得られた (図 17、附表)。詳細については後述する。

### 4.2.2. 石灰質ナノ化石

足柄層群畑層～塩沢層の 5 試料について石灰質ナノ

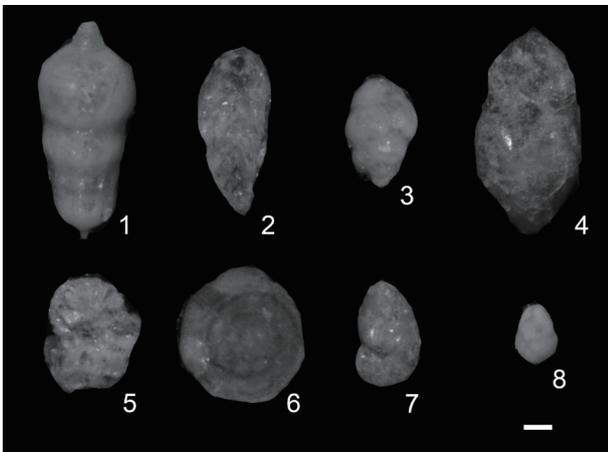


図 17 足柄層群畑層から得られた底生有孔虫の光学顕微鏡写真

1: *Amphicoryna scalaris*, 試料 20121013.5. 2: *Bolivita quadrilatera*, 試料 20121013.5. 3: *Bulimina aculeata*, 試料 20112408-a. 4: *Globobulimina auriculata*, 試料 20121013.5. 5: *Haplophragmoides crassimargo*, 試料 20112408-a. 6: *Heterolepa praecincta*, 試料 20121211. 7: *Noniopinella labradorica*, 試料 20121013.5. 8: *Paracassidulina miuraensis*, 試料 20121211. スケールバーは 0.1 mm を示す。

Fig. 17 Microphotographs of benthic foraminiferal fossils obtained from the Hata Formation. 1: *Amphicoryna scalaris*, Sample 20121013.5. 2: *Bolivita quadrilatera*, Sample 20121013.5. 3: *Bulimina aculeata*, Sample 20112408-a. 4: *Globobulimina auriculata*, Sample 20121013.5. 5: *Haplophragmoides crassimargo*, Sample 20112408-a. 6: *Heterolepa praecincta*, Sample 20121211. 7: *Noniopinella labradorica*, Sample 20121013.5. 8: *Paracassidulina miuraensis*, Sample 20121211. Scale bar: 0.1 mm.

化石の分析を実施した結果、畑層の 4 試料から計 23 種群の石灰質ナノ化石が得られた (図 18、表 1)。詳細については後述する。

### 4.2.3. 貝化石

塩沢層下部のシルト質砂岩中には、貝化石密集層が認められた (図 19)。この貝化石密集層は、Imanaga (1999) の化石産地 Loc. I および松島 (1982) の化石産地 Loc.7 と一致するものと考えられる。この貝化石密集層では、大型の二枚貝化石が合弁で層理面とほぼ平行に横たわって配列していることから、準自生的な産状と考えられる。確認された貝化石はカガミガイ (*Dosinorbis japonicus*) など (図 20) で、すべて現生種であることから、現在の生物地理分布に基づいて生息時の堆積環境を推定した結果、九州～関東地方沿岸の潮間帯～水深 10 m までの堆積環境が示された。

### 4.2.4. 火山灰

砂粒組成、火山ガラスの形態組成、重鉱物組成を表 2 に、顕微鏡写真を図 21 に、火山ガラスの屈折率測定結果を図 22 に示した。試料 20121106W の軽石層は、中間型の火山ガラスが卓越し、石英や長石類等を伴う。重鉱物は角閃石と不透明鉱物が卓越し、カミングトン閃石を少量伴う。火山ガラスの屈折率は  $n=1.498-1.501$  の狭いレンジをもち、 $n=1.500$  付近に鋭いピークを示す。

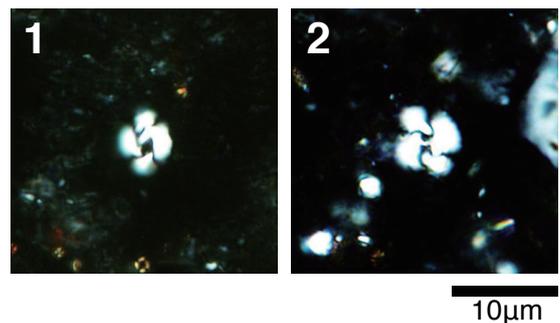


図 18 足柄層群畑層から得られた石灰質ナノ化石の光学顕微鏡写真. 1: *Gephyrocapsa caribbeanica* [medium:5–5.9  $\mu$ ], 試料 20121209. 2: *Gephyrocapsa caribbeanica* [large:>6  $\mu$ ], 試料 20121211.

Fig. 18 Microphotographs of calcareous nannofossils obtained from the Hata Formation. 1: *Gephyrocapsa caribbeanica* [medium:5–5.9  $\mu$ ], Sample 20121209. 2: *Gephyrocapsa caribbeanica* [large:>6  $\mu$ ], Sample 20121211.

表1 足柄層群燧層から産出した石灰質ナノ化石

Table 1 Calcareous nannofossils obtained from the Hata Formation

	20121013.5	20121128	2011209	20121211
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan	6	–	3	5
<i>Calcidiscus macintyreii</i> (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan	–	–	1	2
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [12–13 $\mu$ ]	2	–	–	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [11–11.9 $\mu$ ]	3	–	–	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [10–10.9 $\mu$ ]	2	–	–	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [9–9.9 $\mu$ ]	9	–	–	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [8–8.9 $\mu$ ]	5	–	–	–
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [7–7.9 $\mu$ ]	4	–	–	–
<i>Dictyococcites</i> cf. <i>antarcticus</i> Haq	–	–	2	1
<i>Dictyococcites</i> cf. <i>perplexus</i> Burns	–	1	1	3
<i>Dictyococcites</i> aff. <i>perplexus</i> Burns	1	8	2	–
<i>Dictyococcites productus</i> (Kamptner) Backman	16	–	13	10
<i>Dictyococcites</i> sp.-B[Small:2–4]	7	–	3	7
<i>Dictyococcites</i> sp.-C[V.Small:1.5–2 $\mu$ ]	2	–	1	1
<i>Dictyococcites</i> spp.	1	–	2	–
<i>Gephyrocapsa aperta</i> Kamptner	1	–	4	2
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux & Hay [large:>6 $\mu$ ]	8	–	2	7
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux & Hay [medium:5–5.9 $\mu$ ]	35	–	33	47
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux & Hay [medium:4–4.9 $\mu$ ]	23	–	24	17
<i>Gephyrocapsa caribbeanica</i> Boudreaux & Hay [medium:3–3.9 $\mu$ ]	3	–	8	2
<i>Gephyrocapsa ericsonii</i> McIntyre & Be	1	–	2	4
<i>Gephyrocapsa muelleriae</i> Breheret	3	–	9	7
<i>Gephyrocapsa sinuosa</i> Hay & Beaudry	2	–	2	3
<i>Gephyrocapsa</i> spp. (small:<2.5 $\mu$ )	10	–	12	5
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner	–	–	–	1
<i>Helicosphaera</i> spp.	1	–	1	1
<i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (Kamptner) Gartner	–	–	4	–
<i>Pseudoemiliana</i> aff. <i>lacunosa</i> (Kamptner) Gartner	1	–	11	5
<i>Reticulofenestra dornicoides</i> (Black & Barnes) Pujos[round]	1	–	2	1
<i>Reticulofenestra dornicoides</i> (Black & Barnes) Pujos[elliptical]	2	–	3	2
<i>Reticulofenestra minuta</i> Roth	1	–	1	2
<i>Reticulofenestra</i> spp.	–	–	1	3
Elliptical placolith	50	2	53	62
<b>Total</b>	200	11	200	200
Abundance A:abundant, C:common, F:few, R:rare, VR:very rare, VVR:very very rare, No:barren	R	VVR	R	F
Preservation G:good, M:moderate, P:poor, VP:very poor	VVP	VVP	VP	VP
<b>Nanno Zone</b>	CN13b	–	CN13b	CN13b



図 19 足柄層群塩沢層砂質シルト岩中の貝化石密集層露頭位置(北緯 35 度 18 分 50.96 秒、東経 139 度 2 分 3.65 秒) は図 4 に、貝化石密集層の層準は図 16 に示す。

Fig. 19 Shell bed in the sandy siltstone of the Shiozawa Formation. The locality (35°18' 50.96" N, 139°2' 3.65" E) and the horizon is shown in Figs. 4 and 16, respectively.

## 5. 考察

### 5.1. 断層について

本研究地域内に位置する 3 つの断層のうち、平山断層は内川断層と定山断層の両者を切っている。また、層序隔離の比較でも、平山断層は箱根古期外輪山噴出物と足柄層群瀬戸層を隔てており、この地域で最大かつ最新の活動を伴う断層であることは疑問の余地は無い。一方で、内川断層と定山断層については、本調査地域内で足柄層群より新しい地層に対する層序隔離は確認できなかった。より広域に調査された先行研究を参照すると、定山断層については箱根古期外輪山噴出物を切るという推定(天野ほか, 1986: ただし推定断層を示す破線での表現)と、両断層とも箱根古期外輪山噴出物を切らないという推定(今永, 1999; Ito *et al.*, 1989 など)とがある。地

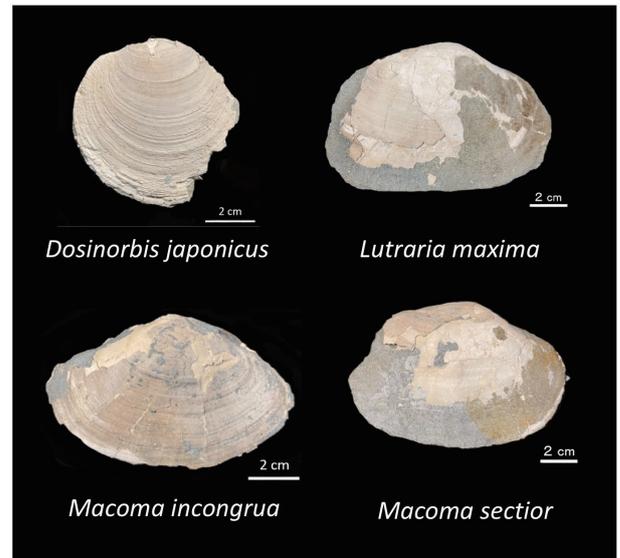


図 20 足柄層群塩沢層の貝化石密集層(図 19)より得られた貝化石

撮影位置は図 4 に示した。

Fig. 20 Molluscan fossils obtained from the shell bed (Fig. 19) in the Shiozawa Formation. The locality is shown in Fig. 4.

形表現としては、内川断層と定山断層の両断層ともに内川に沿ったリニアメントとして認められるものの、地質構造や層序隔離から推定されるような水平ずれ成分(内川断層は左ずれ、定山断層は右ずれ)を示唆する河川や尾根線の屈曲は認められない。以上を勘案すると、内川断層および定山断層は、平山断層よりも活動期が古く、新期の活動を伴っていない可能性が高いと考えられる。特に、定山断層は平山断層および内川断層と運動センスが逆向きであり、それら 2 断層とは異なるテクトニクス背景で活動したものと考えられる。

内川断層と定山断層は、先行研究の地質図ではその南端部で夕日の滝断層に切られる(天野ほか, 1986; 今永,

表 2 足柄層群塩沢層黒白火砕岩中の珪長質軽石凝灰岩(20121106W)の火山灰組成

Table 2 Grain composition of the vitric pumice tuff (20121106W) in the Kokubyaku Pyroclastic Bed, Shiozawa Formation.

試料名	地質	構成粒子							火山ガラスの形態					重鉱物組成												
		石英	長石類	岩片	火山ガラス	風化粒子	重鉱物	合計	平板		中間		多孔	その他	合計	斜方輝石		単斜輝石		角閃石		カシクトン閃石	ジルコン	不透明鉱物		合計
									Ha	Hb	Ca	Cb				Ta	Tb	Ve	Ve	Ve	Ve			Ve	Ve	
20121106W	黒白火砕岩	6	1	1	92		100	11	27	50	4		92							97		20	2	81		200

※火山ガラスの形態分類は吉川(1976)に基づく

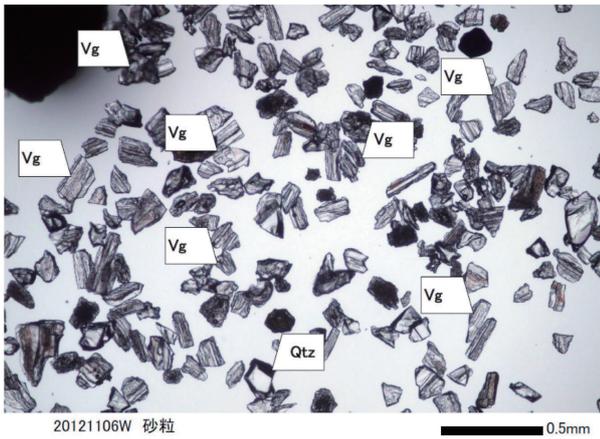


図 21 足柄層群塩沢層黒白火砕岩中の珪長質軽石凝灰岩 (20121106W) の砂粒写真

Vg: 火山ガラス, Qtz: 石英

Fig. 21 Microphotograph of washed particles obtained from the vitric pumice tuff (20121106W) in the Kokubyaku Pyroclastic Bed, Shiozawa Formation.

Vg: Volcanic glass, Qtz: Quartz

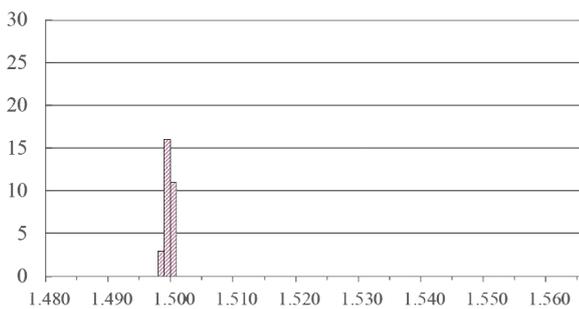


図 22 足柄層群塩沢層黒白火砕岩中の珪長質軽石凝灰岩 (20121106W) に含まれる火山ガラスの屈折率  
屈折率は平均値 1.500、最小値 1.498、最大値 1.501 (N=30) である。

Fig. 22 Histogram of the refractive index values of volcanic glass obtained from the vitric pumice tuff (20121106W) in the Kokubyaku Pyroclastic Bed, Shiozawa Formation.

Mean: 1.500, Min: 1.498, Max: 1.501 (N=30)

1999 など)。今後、調査範囲をさらに南東へ広げ、夕日の滝断層をも含めた総合的な変形史を解明することが望まれる。

## 5.2. 有孔虫が示唆する古環境

底生有孔虫は *Nonionellina labradorica* がいずれの試料からも多く産出することから、長谷川ほか (1989)

の上限深度帯による古水深指標に基づき、上部漸深海帯 (大陸棚斜面上部: 現在の周辺海域では水深およそ 200 ~ 600 m) の古水深が推定される (図 16)。浮遊性有孔虫では、混合水の要素である *Neogloboquadrina pachyderma* dextral form を多産し、汎存種である *Globigerina bulloides* や *Globigerinita glutinata* が次いで多産する。黒潮流域の特徴種となる *Globigerinoides* 属や *Trilobatus* 属, *Pulleniatina* 属の産出は、近傍の房総半島の同時代の地層と比較して明らかに乏しい。このことは、当時の黒潮の流路を推定する上で興味深いデータと考えられる。

## 5.3. 石灰質ナンノ化石による年代

年代決定上重要な種として、畑層の試料 20121013.5、2011209、20121211 から *Gephyrocapsa caribbeanica* が多産した (図 18、表 1)。一方で *Gephyrocapsa oceanica* が産出しなかったことから、これらの試料は Okada and Bukry (1980) の石灰質ナンノ化石帯 CN13b 帯 (1.73 ~ 1.04 Ma) に対比される。また、両種の出現年代 (Sato *et al.*, 2009) を考慮すると、これらの試料を含む層序区間は 1.763 ~ 1.706 Ma に限定される可能性も指摘される。本研究により示唆された畑層の年代は、Imanaga (1999) の結果とは概ね調和的であるが、Huchon and Kitazato (1984) の結果 (CN14a 帯) よりやや古い年代となった。この不一致の原因については、検討されたルート間で岩相層序が年代と斜交する可能性も考えられるが、今後の課題とする。

## 5.4. 火山灰の対比

本研究で黒白付近の林道沿いの露頭から採取した軽石層 20121106W の火山ガラスは、 $n=1.498-1.500$  の狭いレンジの屈折率をもつ (図 22)。この屈折率は、町田・新井 (2003) の足柄黒白 1 テフラ (Ask) のもの ( $n=1.498-1.502$ ) と一致する。報告された鉱物組成も考慮すると、この軽石層は足柄黒白 1 テフラに同定されるものと判断される。なお、足柄黒白 1 テフラは、黒白軽石 1 として最初に記載されたものの (町田, 1996)、火山ガラスの屈折率と斑晶鉱物が報告されているに過ぎず、具体的な模式地やそこでの岩相、層厚、粒子組成については報告が無い。本研究ではその産地のひとつを特定し、将来的な広域対比のための基礎データを新たに提供できたものと考えられる。

## 5.5. 古水深の復元

畑層上部では、先述のように、底生有孔虫群集に基づ

いて上部漸深海帯の古水深が復元された。塩沢層では、貝化石および生痕化石 *Macaronichnus isp.* から、潮間帯まで急激に浅海化が進行したことが明らかになった (図 16)。畑層で上部漸深海帯とされた層準から塩沢層の貝化石密集層までの地層の厚さはおよそ 150 m であり、この区間で約 200 m もしくはそれ以上の浅海化があったことになる。これはこの時代の氷河性海水準変動の幅 (最大で 50 m 程度) と比較しても有意に大きい変動幅である。

Soh *et al.* (1998) は足柄層群の模式地である山北町の平山、瀬戸畑沢、塩沢において、底生有孔虫群集による古水深と地層の圧密を考慮した解析を行い、足柄層群堆積中には基盤の沈降が継続的に進行していることを示した。彼らが仮定した圧密を本研究地域にもそのまま適用すると、本研究地域でも足柄層群堆積を通じて沈降している可能性がまず考えられる。しかし、本研究地域では模式地と比較して各層の厚さが 1/3 程度まで薄化しており、地層にかかる上載圧が小さくなっていると考えられるため、圧密の程度も小さくなっている可能性が高い。したがって、模式地とは基盤の沈降の程度が異なっている可能性が高いと考えられる。さらなる議論のためには、本調査地域でも Soh *et al.* (1998) と同様の手法により岩石の孔隙率を測定し、地層の圧密を定量化する必要がある。足柄堆積盆内での基盤の差別的沈降の有無とその実態解明は、今後の課題である。

## 6. まとめ

本研究では、平山断層の南部が分布する南足柄市矢倉沢周辺地域においてその層序や地質構造及び平山断層南部の運動像の考察および解析を行い、以下の主な成果を得た。

1) 平山断層、内川断層および定山断層の位置を地質踏査による岩相分布及び層理面の走向傾斜から厳しく制約した。内川断層のすぐ北側には、それと調和的な軸面を有する背斜を認め、内川断層の活動に伴う断層関連褶曲と推定した。

2) 定山断層以南の狩川支沢に分布する足柄層群畑層にて石灰質ナンノ化石分析を行い、その年代が CN13b 帯 (1.73 ~ 1.04 Ma) であることを明らかにした。この結果は、Imanaga (1999) の結果とは概ね調和的であるが、Huchon and Kitazato (1984) の結果 (CN14a 帯) よりやや古い年代となった。この不一致の原因については、検討されたルート間で岩相層序が年代と斜交する可能性も考えられるが、今後の課題である。

3) 黒白林道沿いの黒白火砕岩にて、挟在する珪長質

凝灰岩層 2 層の分析を行い、そのうち 1 層は火山ガラスの屈折率により町田・新井 (2003) の足柄黒白 1 テフラ (Ask) と対比した。

4) 産出した有孔虫化石、貝化石、生痕化石に基づく、畑層上部では上部漸深海帯、塩沢層では潮間帯の古水深が復元された。わずか 150 m の層序区間の間に 200 m 以上の浅海化が示唆されることから、足柄層群模式地とは基盤の沈降の程度が異なっている可能性が指摘された。

## 謝辞

本研究は、筆頭著者 (橋崎) の島根大学卒業研究および修士研究として実施された研究の一部である。島根大学の向吉秀樹博士には、断層岩試料の処理及び観察方法をご教授いただいた。査読者の本多亮博士、道家涼介博士のコメントにより本論文は改善された。本研究経費の一部に、令和元年度箱根ジオパーク学術研究助成 (研究代表者: 林 広樹)、平成 30 年度藤原ナチュラル・ヒストリー振興財団助成 (研究代表者: 林 広樹)、平成 30 年度シーズ探求型研究推進事業費 (研究代表者: 小田原 啓) を使用した。火山灰および石灰質ナンノ化石の分析は、パリノ・サーヴェイ株式会社に委託した。英文校閲は Enago (www.enago.jp) に依頼した。以上の関係各位に深く感謝申し上げる。

## 参考文献

- 天野一男・高橋治之・菊池 純 (1985) 南足柄市地蔵堂付近に分布する足柄層群の構造の再検討. 日本地質学学会 92 年学術大会講演要旨, 70.
- 天野一男・高橋治之・立川孝志・横山健治・横田千秋・菊池 純 (1986) 足柄層群の地質 - 伊豆微小大陸の衝突テクトニクス -. 北村信教授記念地質学論文集, 7-29.
- 天野一男・横山健治・立川孝志 (1984) 根古期外輪山を切る平山断層. 地質学雑誌, 90, 849-852.
- 波部忠重・奥谷喬司 (1981) 学研生物図鑑 貝 I. 学習研究社, 301p.
- 波部忠重・奥谷喬司 (1983) 学研生物図鑑 貝 II. 学習研究社, 294p.
- 長谷川四郎・秋元和實・北里 洋・的場保望 (1989) 底生有孔虫にもとづく日本の後期新生代古水深指標. 地質学論集, 32, 241-253.
- 平林 武 (1898) 箱根熱海両火山地質調査報文. 地震予報, 16, 4-78.
- Huchon, P. and Kitazato, H. (1984) Collision of the

- Izu block with central Japan during the Quaternary and geological evolution of the Ashigara area. *Tectonophysics*, 110, 201-210.
- 今永 勇 (1976) 箱根火山北麓地蔵堂の地質. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), 9, 77-84.
- 今永 勇 (1987) 山北町日向付近の地質と地質構造. 神奈川県自然誌資料, 8, 23-26
- 今永 勇 (1999): 足柄層群の構造. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), 9, 41-56.
- Imanaga, I. (1999) Stratigraphy and Tectonics of the Ashigara Group In the Izu Collision Zone, Central Japan. *Bull. Kanagawa Pref. Mus. Nat. Sci.*, 28, 78-106.
- 石川 力・岡田尚武・北里 洋 (1983) 足柄層群の層序と地質年代. 地質学会講演要旨, 98.
- Ito, T., Kano, K., Uesugi, Y., Kosaka, K., and Chiba, T. (1989) Tectonic evolution along the northernmost border of the Philippine Sea plate since about 1 Ma. *Tectonophysics*, 160, 305-326.
- 伊藤谷生・上杉 陽・狩野謙一・千葉達郎・米沢 宏・原田晶一・森 慎一・染野 誠・木村敏雄 (1982) 平山断層. 神奈川県山北町の更新世以降の累積変位過程. 日本地質学会 89 年大会講演要旨集, 548-548.
- Ito, T., Uesugi, Y., Yonezawa, H., Kano, K., Someno, M., Chiba, T. and Kimura, T. (1987) Analytical method for evaluating superficial fault displacements in volcanic air fall deposits: case of the Hirayama Fault, south of Tanzawa Mountains, central Japan, since 21,500 years B.P. *Jour. Geophys. Res.*, 92(B10), 10683-10695.
- 地震調査委員会 (2015) 塩沢断層帯・平山 - 松田北断層帯・国府津 - 松田断層帯 (神縄・国府津 - 松田断層帯) の長期評価 (第二版), 地震調査研究推進本部地震調査委員会.
- 狩野謙一・染野 誠・上杉 陽・伊藤谷生 (1988) 足柄地域北西部における中期更新世以降の断層活動ープレート力学境界表層部での変形過程の例. 静岡大地球科学研究報告, 14, 57-83.
- Kuno, H. (1950) Geology of Hakone Volcano and adjacent areas, Part I. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo II*, 7, 257-279.
- 町田 洋 (1996) テフラ層 (火山灰層) から解読する富士山の活動史. 小山町 (編), 小山町史 自然編, 小山町, 45-55.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編 火山灰アトラスー日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 松島義章 (1982) 足柄層群中部・上部層の貝化石群集について. *国立科学博物館専報*, 15, 53-62.
- 長井雅史・高橋正樹 (2008) 箱根火山の地質と形成史. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然), 13, 25-42.
- 小田原 啓・林 広樹・井崎雄介・染野 誠・伊藤谷生 (2011) 伊豆地塊北端部, 伊豆衝突帯の地質構造. *地質学雑誌*, 117, 補遺, 135-152.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low latitude coccolith biostratigraphic zonation, *Marine Micropaleontol.*, 5, 321-325.
- 大塚 彌之助 (1930) 大磯地塊を中心とした地域の最新地質時代の地史 (上). *地理学評論*, 6, 1-20.
- Sato, T., Chiyonobu, S., and Hodell, D.A. (2009) Data report: Quaternary calcareous nannofossil datums and biochronology in the North Atlantic Ocean, IODP Site U1308, In Channell, J.E.T., Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarikian, C.A., Malone, M.J., and the Expedition 303/306 Scientists, *Proc. IODP, 303/306: College Station, TX (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.)*. doi:10.2204/iodp.proc.303306.210.2009
- Soh, W., Nakayama, K. and Kimura, T. (1998) Arc-arc collision in the Izu collision zone, central Japan, deduced from the Ashigara Basin and adjacent Tanzawa Mountains. *The Island Arc*, 7, 330-341.
- 鈴木隆介 (1963) 箱根火山北東部における軽石流の堆積とそれに伴った地形変化について. *地理学評論*, 36, 24-41.
- 山崎稲雄 (1971) 山北から酒水の滝へ. 神奈川県地学のガイド, 62-72, コロナ社.
- 吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について. *地質学雑誌*, 82, 497-515.

付表 足柄層群細層から産出した有孔虫化石

## Appendix Foraminiferal fossils obtained from the Hata Formation

	20112408-a	20121013.5	20121128	20121209	20121211
<b>石灰質底生有孔虫</b>					
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)	1				
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch)	6	22	8	2	11
<i>Baggina totomiensis</i> Makiyama					4
<i>Bolivina robusta</i> (Brady)	2				
<i>Bolivinita quadrilatera</i> (Schwager)	4	6		1	7
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny	1		17		4
<i>Bulimina striata</i> d'Orbigny			2		
<i>Bulimina tenuata</i> (Cushman)			1		
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)	2	6	1		3
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker et Jacob)	10	1		7	14
<i>Cibicides</i> spp.				5	
<i>Cibicoides wuellerstorfi</i> (Schwager)		5			
<i>Cibicoides</i> spp.		2		1	
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	1	1	2		
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	1		1		
<i>Elphidium</i> sp.	1				
<i>Epistominella pulchra</i> (Cushman)					6
<i>Florilus japonicus</i> (Asano)					3
<i>Fronicularia</i> sp.			4		
<i>Globobulimina auriculata</i> (Bailey)	17	21	20		7
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)		1		3	2
<i>Gyroldina soldanii</i> d'Orbigny		2			
<i>Heterolepa praecineta</i> (Karrer)	5	29			46
<i>Lagena sulcata</i> (Walker et Jacob)		1	1		3
<i>Lagena</i> spp.	3		1		1
<i>Lenticulina</i> sp.	1		1		7
<i>Nonionella stella</i> Cushman et Moyer				3	
<i>Nonionellina labradorica</i> (Dawson)	70	28	1	3	27
<i>Paracassidulina miuraensis</i> (Higuchi)	20	48		6	72
<i>Planocassidulina helenae</i> (Feyling-Hanssen et Buzas)	2	7	1		1
<i>Pyrgo</i> sp.			1		
<i>Quinqueloculina</i> spp.		2	2		
<i>Rectobolivina</i> sp.	1				
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny		1			
<i>Tosaia hanzawai</i> Takayanagi			1		
その他の石灰質有孔虫	11	19	44	1	21
石灰質底生有孔虫合計	159	202	109	32	239
<b>膠着質底生有孔虫</b>					
<i>Haplophragmoides compressum</i> LeRoy		1			

附表（続き）

Appendix (Continued)

<i>Haplophragmoides crassimargo</i> Norman	3	2	4		2
<i>Gaudryina</i> sp.	3			1	8
<i>Spirosigmoilinella</i> sp.		1			
<i>Texturalia</i> sp.					1
その他の膠着質底生有孔虫	10	2	12		23
膠着質底生有孔虫合計	16	6	16	1	34
<b>浮遊性有孔虫</b>					
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	38	38	33	2	20
<i>Globigerina falconensis</i> Blow	8	4	2		
<i>Globigerina umbilicata</i> Orr et Zaitzeff		1			
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)	9	59	41	2	19
<i>Globigerinita iota</i> Parker		3			1
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)	1	1			
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)		3	4	1	2
<i>Globigerinoides elongatus</i> (d'Orbigny)	2				
<i>Globoconella inflata</i> (d'Orbigny) modern form	11	8	5		7
<i>Globoconella inflata</i> (d'Orbigny) transitional form	3	5	4	1	1
<i>Globorotalia crassaformis</i> (Galloway et Wissler)	2	3			
<i>Globoturbotalita nepenthes</i> (Todd)		1			
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)	22	16	2		5
<i>Neogloboquadrina incompta</i> (Cifelli)	38	51	2		16
<i>Neogloboquadrinainglei</i> Kucera et Kennett	11	10			11
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) dextral form	66	147	15		41
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg) sinistral form		4			
<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann	1				
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker et Jones) dextral form			6		
<i>Trilobatus sacculifer</i> (Brady)					2
<i>Turbotalita quinqueloba</i> (Natland)	21	40	4		3
その他の浮遊性有孔虫	45	83	41	2	100
浮遊性有孔虫合計	278	477	159	8	228
試料 1g あたり浮遊性有孔虫個体数	44.5	42.4	14.1	0.8	20.3
試料 1g あたり底生有孔虫個体数	28.0	18.5	11.1	3.3	24.3
浮遊性有孔虫／総有孔虫比	0.61	0.70	0.56	0.20	0.46
保存(Very Poor, Poor, Moderate, Good, Very Good)	P	P	P	P	P