

大磯丘陵新第三系における火山岩および火山岩礫の岩石学的特徴

Petrological notes on the volcanic rocks and related gravels of the Neogene System in the Oiso Hill, Kanagawa Prefecture, central Japan

山下浩之¹⁾・石浜佐栄子¹⁾

Hiroyuki YAMASHITA¹⁾ & Saeko ISHIHAMA¹⁾

Abstract. The volcanic rocks and related gravels of conglomerates of the Neogene System distributed in the Oiso Hill, Kanagawa Prefecture, were petrologically analysed to consider collision tectonics of the Tanzawa mountains of South Fossa Magna. The volcanic lithic fragments from the tuff breccia of the Yato Formation are basalt and basaltic andesite, which were probably derived from the Tanzawa mountains. The conglomerates of the Takatori-yama Formation contain many gravels of some different types of igneous rocks, such as basalt, basaltic andesite, andesite, dacite, diorite, and granite. Among them, the basalt is geochemically not tholeiitic but high-alumina basalt, and this may mean island-arc volcanic activities near back-arc basin rather than those near volcanic front. It suggests that the Neogene System of the Oiso Hill has been formed as fore-arc basin and trough-fill deposits in relation to subduction and collision of the Philippine Sea Plate.

Key words: Oiso hill, Takatoriyama Formation, Yato Formation, Trough fill deposit

1. はじめに

伊豆-小笠原弧の北端部は、フィリピン海プレートと本州弧の衝突帯に位置する。丹沢山地の南に位置する大磯丘陵は、丹沢ブロックや伊豆ブロックなどの衝突帯と、三浦半島や房総半島における付加体との中間に位置しており、地質構造が非常に複雑である。大磯丘陵の基盤は、新第三系の火山性の碎屑岩等からなる。大磯丘陵の新第三系は丹沢ブロックの形成～衝突時に形成されたと考えられ、丹沢衝突時のテクトニクスについて重要な情報を含んでいると推定される。しかし地層の分布は断片的で連続性が悪く、大塚（1929）をはじめ古くから研究がなされているものの未解明な点が多い。

今回、鷹取山に分布する火山岩や、谷戸層・鷹取山層に含まれる火山岩等の礫について岩石学的な分類や全岩化学分析を行ったので、それらの特徴について記載を行う。また岩石学的・地球化学的見地から、礫の供給源や当時のテクトニクスについて考察する。なお本論の一部は、日本地質学会第118回学術大会において発表した。

2. 地質概略

神奈川県中南部に位置する大磯丘陵は、西縁を国府津-松田断層、北縁を渋沢断層で区切られ、東縁や南縁も断層群に囲まれた地塊である。大磯丘陵の地質については、大塚（1929）など古くより研究がなされ、石黒（1974）、矢野（1986）、Ito（1986）、関東第四紀研究会（1987）などにより分布や層序、形成史などが明らかにされてきた。大磯丘陵の新第三系は主として、中部中新統の葉山層群相当層（高麗山層群）と、上部中新統の三浦層群相当層（谷戸層、剣沢層、鷹取山層、

¹⁾ 神奈川県立生命の星・地球博物館
〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 499
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan
山下浩之 : yama@nh.kanagawa-museum.jp

大磯層)からなる。各層の岩相および年代等については、石浜ほか(2012; 本報告書)にまとめた。ここでは特に本研究に関連する谷戸層と鷹取山層について述べる。

谷戸層は、大磯丘陵南部の吾妻山南東麓に分布する火山角礫岩～凝灰角礫岩や泥岩などからなる地層に対して、石黒(1974)により命名された。吾妻山のほか、丘陵中央部の鷹取山周辺に分布するとされることが多いが、研究者間で認識の違いがある。吾妻山の模式露頭は現在は観察することができない。鷹取山は、石黒(1974)・矢野(1986)・関東第四紀研究会(1987)によって谷戸層、Ito(1986)によって剣沢層に区分されている。二宮町梅沢海岸には、普段は海浜砂に埋もれている露頭があり、関東第四紀研究会(1987)により谷戸層として簡単な報告があるのみであったが、小田原ほか(2009)や石浜ほか(2012)により谷戸層に対比できることが明らかになった。

鷹取山層は、鷹取山周辺～二宮町の丘陵部に分布する凝灰質礫岩層である。下位の谷戸層とは、不整合および断層で接する(石黒, 1974)。含まれる礫は安山岩の垂円中礫が多く、閃緑岩、緑色凝灰岩、輝緑岩、泥岩などの垂角礫のほか、チャートや頁岩など関東産地起源と考えられる円礫も含まれている(蟹江ほか, 1999)。鷹取山の西側を流れる谷戸川沿いや、鷹取山山頂のやや北部からは、複輝石安山岩質火山礫岩や安山岩岩脈の報告があり、千葉(1986)や関東第四紀研究会(1987)はこれを西鷹取山集塊岩層として、礫岩層の下位に位置づけている。Ito(1986)はこれを剣沢層に含め、未固結堆積物中へ貫入した安山岩質貫入岩と、多くのハイアロクラスタイト、火山角礫岩などを認めた。これらの火山岩類と鷹取山層との関係は、鷹取山層が整合で火山岩類を覆う(千葉, 1986; 関東第四紀研究会, 1987)説と断層関係にある(猪又, 1979)説がある。



図 1. 試料採取地点。地質図は、千葉(1986)、Ito(1986)、関東第四紀研究会(1987)をもとに作図。

3. 試料および分析方法

本研究では、鷹取山に分布する火山岩類と、梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる礫について調査を行った(図1)。

鷹取山に分布する火山岩類として、鷹取山西側を流れる谷戸川沿いから6点、山頂やや北部の林道から6点の試料を採取した。谷戸川沿いの試料は、水中破碎構造を示すハイアロクラスタイトと考えられるものを含む。これらについて岩石プレパラートを作成し、岩石学的な分類を行ったうえで、神奈川県立生命の星・地球博物館設置の蛍光X線分析装置(XRF)(島津製作所XRF-1500)を用いて、全岩化学分析を行った。全岩化学分析のうち、主要元素の分析については、小出ほか(2000)に従った。

二宮町梅沢海岸には、普段は海浜砂に埋もれているが谷戸層と考えられる露頭があるが、2007年9月の台風によりいくつかの小露頭が出現して主に火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩、泥岩からなる地層を確認した(図2)。この火山礫凝灰岩に含まれる礫のうち、直径約3 cm以上の礫47点を採取し、岩石プレパラートを作成し、岩石学的な分類を行った。比較的新鮮な火山岩礫4点については、XRFによる全岩化学分析をあわせて行った。

また、鷹取山層の礫岩に含まれる礫について、大磯町虫窪、平塚市下吉沢の宮下川流域、大磯町生沢の境川流域、谷戸川流域など鷹取山周辺地域において火山岩類を中心に76点の礫を採取した(図3)。採取した試



図 2. 梅沢海岸に露出した火山礫凝灰岩(谷戸層)。



図 3. 宮下川流域の鷹取山層の礫岩。

料について、岩石プレパラートを作成し、岩石学的な分類を行ったうえで、比較的新鮮な火山岩および深成岩 47 点について XRF による全岩化学分析を行った。なお、全岩化学分析を行ったサンプルは、大磯町虫窪 (2 点)、平塚市下吉沢の宮下川流域 (22 点)、大磯町生沢の境川流域 (11 点)、谷戸川流域 (12 点) である。

4. 火山岩および礫の岩石学的特徴

鷹取山に分布する火山岩類、二宮町梅沢海岸より産出した火山岩礫、鷹取山層の礫岩に含まれる礫は、岩石プレパラートの偏光顕微鏡観察および全岩化学分析の結果から 20 のタイプに区分することができた (表 1, 図 4)。各タイプの岩石学的な特徴および SiO_2 含有量・ FeO/MgO 比を表 1 に、全岩化学組成を表 2 に示す。

Type-A

Type-A は、石基の違いと化学組成から、Type-A1 と Type-A2、Type-A3 の 3 つに区分される。Type-A1 はインターサタルの石基をもつ玄武岩～玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2 = 49.29 \sim 53.97 \text{ wt.}\%$) で、非常に斑晶質。斑晶鉱物は斜長石の割合が極めて高く、単斜輝石や斜方輝石、集斑状組織も含む (図 4-1)。Type-A2 は、非常に斑晶質であることや鉱物組み合わせ、石基がインターサタルであることなどが Type-A1 と類似するが (図 5-2)、 SiO_2 の含有量がやや高く ($52.31 \sim 54.97 \text{ wt.}\%$) で玄武岩質安山岩であること、微量元素の Ba や Cr、Zr の含有量が異なることから Type-A1 と区別した。Type-A3 は、斑晶質であることや鉱物組み合わせなどが Type-A1 と似るが、石基がインターグラニューラーであることから区別した (図 4-3)。いずれも K_2O 含有量が低い low-K series で、 FeO/MgO - SiO_2 図ではソレライト岩系に区分される (図 5)。

Type-B

Type-B は前述の Type-C1 と石基がインターサタルであることや鉱物組み合わせなどが似るが (図 4-4)、

MgO の含有量が他の試料と比較して高いために ($\text{SiO}_2 = 53.54 \text{ wt.}\%$, $\text{MgO} = 6.22 \text{ wt.}\%$) 区別した。 K_2O 含有量が低い low-K series であるが、 MgO 含有量が高いため、 FeO/MgO - SiO_2 図ではカルクアルカリ岩系に区分される (図 5)。

Type-C

Type-C は、石基の違いから、Type-C1 と Type-C2、Type-C3、Type-C4 の 4 つに区分される。Type-C1 は、比較的細粒のインターサタルの石基を持つ安山岩 ($\text{SiO}_2 = 55.13 \sim 59.47 \text{ wt.}\%$) (図 4-5)。斑晶鉱物は斜長石や単斜輝石、斜方輝石からなり、まれに集斑状組織を含む。Type-C2 は、鉱物組み合わせは同じだが、石基がハイアロオフィティック ($\text{SiO}_2 = 59.13 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-6)。Type-C3 は、岩石の地球化学的性質が Type-C1 と似るが、斑晶鉱物に単斜輝石および斜方輝石を多く含むことで区分した ($\text{SiO}_2 = 56.40 \sim 59.20 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-7)。Type-C4 は、鉱物組み合わせや石基がインターサタルであることなどが Type-C3 と似るが (図 4-8)、 Al_2O_3 含有量および FeO/MgO 比が高いことから区別した ($\text{SiO}_2 = 57.70 \sim 58.23 \text{ wt.}\%$ 程度)。Type-C1 と Type-C4 は K_2O 含有量が低い low-K series に、Type-C2 と Type-C3 は、low-K ~ medium-K series に区分される (図 5)。また、 FeO/MgO - SiO_2 図ではすべてがソレライト岩系に区分される (図 5)。

Type-D

Type-D は石基の違いと斑晶の有無で、Type-D1 と Type-D2、Type-D3 の 3 つに区分される。Type-D1 はハイアロオフィティックの石基をもつ玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2 = 53.53 \text{ wt.}\%$) で、斑晶鉱物は斜長石のみ (図 4-9)。Type-D2 はインターサタルの石基を持つ玄武岩～玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2 = 48.85 \sim 54.09 \text{ wt.}\%$) で、斑晶鉱物は斜長石のみだが (図 4-10)、まれに単斜輝石や斜方輝石、磁鉄鉱の集斑状組織を含むことがある。Type-D3 はインターサタルの石基をもつ無斑晶質安

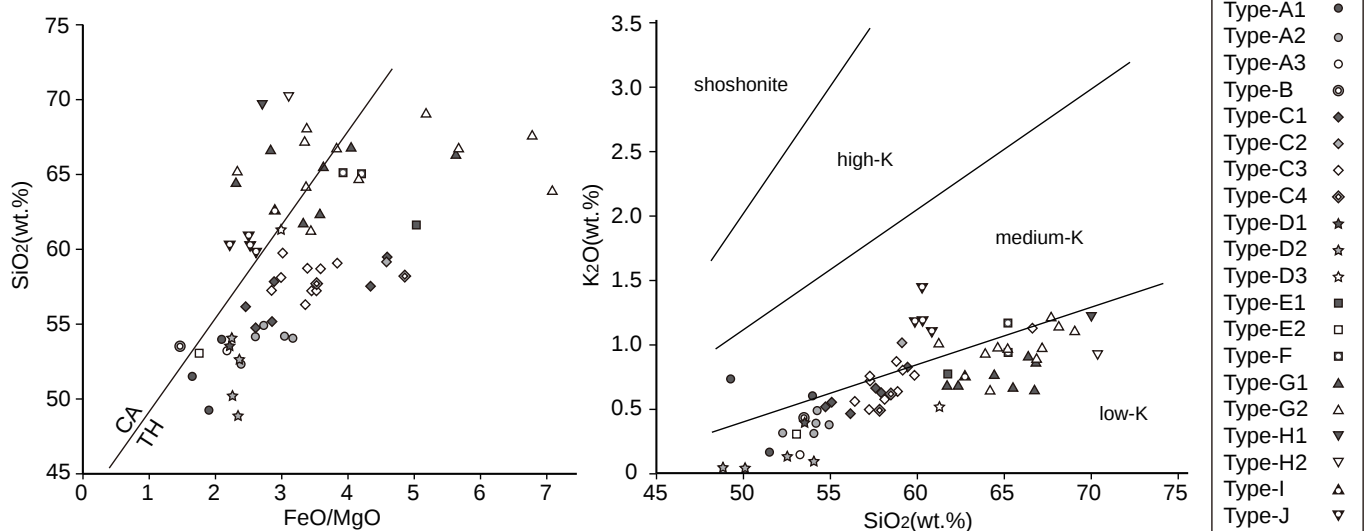


図 5. 鷹取山に分布する火山岩類、梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の FeO/MgO - SiO_2 図および SiO_2 - K_2O 図。 FeO/MgO - SiO_2 図の CA (カルクアルカリ岩系) と TH (ソレライト岩系) の境界は、Miyashiro (1974) による。 SiO_2 - K_2O 図の境界は Peccerillo and Taylor (1976) による。

山岩 ($\text{SiO}_2 = 61.29 \text{ wt.}\%$, 図 4-11)。いずれも K_2O 含有量が低い low-K series で、 FeO/MgO-SiO_2 図ではソレアイト岩系に区分される (図 5)。

Type-E

Type-E は化学組成の違いから Type-E1 と Type-E2 の 2 つに区分した。Type-E1 は、シリイト組織を呈し斜長石がきわめて多く、単斜輝石や斜方輝石の斑晶も含み、石基はインターサタル ($\text{SiO}_2 = 61.68 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-12)。Type-E2 は、Type-E1 と同様シリイト組織をもつが、 SiO_2 含有量が $53.07 \text{ wt.}\%$ と低く玄武岩質安山岩であるために Type-E1 と区分した (図 4-13)。いずれも K_2O 含有量が低い low-K series で、 FeO/MgO-SiO_2 図ではソレアイト岩系に区分される (図 5)。

Type-F

Type-F は無斑晶質のデイサイト ($\text{SiO}_2 = 65.14 \sim 65.16 \text{ wt.}\%$)。まれに、斜長石や単斜輝石、斜方輝石の斑晶や集斑状組織を含む。石基はハイアロオプティック (図 4-14)。 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図では low-K ~ medium-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではすべてがソレアイト岩系に区分される (図 5)。

Type-G

Type-G は、インターサタルの石基をもつ Type-G1 ($\text{SiO}_2 = 61.70 \sim 66.78 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-15) とハイアロオプティックの石基を持つ Type-G2 に区分される ($\text{SiO}_2 = 61.19 \sim 68.97 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-16)。いずれも斑晶質で、斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石、斜方輝石。Type-G1 はすべてが $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図で low-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではソレアイト岩系とカルクアルカリ岩系にまたがって区分される (図 5)。Type-G2 は $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図で low-K ~ medium-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではソレアイト岩系とカルクアルカリ岩系にまたがってプロットされる (図 5)。

Type-H

Type-H は、石基がハイアロオプティックだが、斑晶鉱物の組み合わせで Type-H1 と Type-H2 とに区分される。Type-H1 の斑晶鉱物は、斜長石、石英、角閃石。特に石英は融食形を呈する ($\text{SiO}_2 = 69.74 \text{ wt.}\%$, 図 4-17)。Type-H2 は、石基の様子など、Type-H1 とよく似るが、融食形の石英を含まないことで特徴づけられる ($\text{SiO}_2 = 70.24 \text{ wt.}\%$, 図 4-18)。いずれも $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図では low-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではカルクアルカリ岩系に区分される (図 5)。

Type-I

Type-I は半深成岩的な組織を有する。斜長石、単斜輝石、斜方輝石の粒間をやや粗粒の斜長石が埋める ($\text{SiO}_2 = 62.55 \text{ wt.}\%$, 図 4-19)。 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図で low-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではカルクアルカリ岩系に区分される (図 5)。

Type-J

Type-J は完晶質で、斜長石、角閃石、石英、単斜輝石、黒雲母からなる閃緑岩～石英閃緑岩 ($\text{SiO}_2 = 59.85 \sim 60.91 \text{ wt.}\%$ 程度, 図 4-20)。 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 図で medium-K series に区分され、 FeO/MgO-SiO_2 図ではカルクアルカリ岩系に区分される (図 5)。

5. 産状と岩石種について

5-1. 鷹取山に分布する火山岩類

鷹取山に分布する火山岩類は、谷戸川沿いに溶岩もしくは水中破砕の構造を示すハイアロクラスタイトとして産する 6 点が Type-D に、鷹取山山頂のやや北部の林道沿いに集塊岩として産するものが Type-C1 と Type-C2 に区分された。Type-D および Type-C2 は、これらの地点以外では確認されなかったが、Type-C1 は、同じものが鷹取山層の礫岩中に含まれる礫として産出した。

5-2. 梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫

梅沢海岸に露出する谷戸層は、主に火山礫凝灰岩で、中礫サイズの亜円礫を多数含む。基質部は同質の安山岩などの火山岩片からなる。今回、比較的礫径が大きく新鮮な試料 4 点について全岩化学分析を行ったところ、Type-A1 と Type-B の 2 つに区分された。Type-A1 と Type-B は、梅沢海岸に露出する谷戸層中の火山礫凝灰岩の礫としてのみ産した。

5-3. 鷹取山層の礫岩に含まれる礫

鷹取山層は、安山岩や凝灰岩のほか、デイサイト、流紋岩、閃緑岩、ドレライト、砂岩、珪化木などの中礫を含む。比較的大きな直径 $10 \sim 20 \text{ cm}$ 程度の亜角礫の礫種は、複数の種類の安山岩やデイサイト、閃緑岩などであり、特定の礫種に限られるわけではない。今回解析を行った鷹取山層の礫岩に含まれる礫は、Type-A2、Type-A3、Type-C1、Type-C3、Type-C4、Type-E1、Type-E2、Type-F、Type-G1、Type-G2、Type-H1、Type-H2、Type-I、Type-J の 14 のタイプに区部することができた。

6. 考察

6-1. 鷹取山に分布する火山岩類

鏡下観察や全岩化学分析結果から見ると、鷹取山の西側を流れる谷戸川沿い (Type-D1, D2, D3) と鷹取山山頂北部の林道 (Type-C1, C2) の 2 地域の試料は異なる岩石学的特徴を持ち、一連の火山活動による噴出物とは考えにくい。Y-Zr 含有量図でも、両地域の試料は異なるトレンドにのり、異なるマグマの分化傾向を示しているといえる (図 6, Y-Zr 図)。鷹取山には従来より複輝石安山岩の存在が報告されていたが (千葉, 1986; 関東第四紀研究会, 1987)、本研究により、少なくとも 2 種類の火山岩類が分布し、複数の火成活動が起こっていたことが明らかになった。

鷹取山に分布する火山岩類については、どのようなテクトニックセッティングで火山活動が起きたのかが問題である。比較のため、鷹取山に分布する火山岩類と、大磯丘陵周辺の火山岩類 (丹沢層群中の火山岩類及び火山砕屑岩類・箱根火山の基盤岩類中の火山岩・箱根火山外輪山溶岩・伊豆大島・東伊豆単成火山等の第四紀火山の溶岩) の化学組成を対比した (図 7)。鷹取山に分布する火山岩類はいずれの Type も、現在の火山フロントに位置する伊豆大島とは組成が大きく離れていることがわかる。丹沢層群中の火山岩類及び火

表 1. 鷹取山に分布する火山岩類と梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の分類.

産地	点数	斑晶鉱物	石基	SiO ₂	FeO/MgO	sample No.	
鷹取山に分布する火山岩類							
Type-D1	Yt	1 pl	hyaloophitic	斑晶鉱物は主に斜長石で、まれに単斜輝石、斜方輝石。全体的に斑晶量は少ない。石基がインターサータルなものがType-D2、安山岩質で無斑晶質なものがType-D3。	54	2.18	20080201-1
Type-D2	Yt	4 pl	interstitial		49-54	2.24-2.36	20081223-2A, 2B, 2C, 3
Type-D3	Yt	1	interstitial		61	2.99	20081223-8
Type-C1	Msu	5 pl, cpx, opx	interstitial	安山岩質で斜長石の斑晶が多いが、単斜輝石や斜方輝石も含まれる。比較的石基が細粒。まれに集班状組織が見られる。石基がハイアロオプティックなものがType-C2。（雰囲氣的には箱根の外輪山溶岩と似る）	56-59	2.46-4.59	TKC-01～04, 06
Type-C2	Msu	1 pl, cpx, opx	hyaloophitic		59	3.87	TKC-05
梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫							
Type-A1	Um	3 pl, cpx, opx	interstitial	玄武岩質で斑晶質。特に斜長石の斑晶が極めて多い。集班状組織を含む。FeO/MgO比が低い。	49-54	1.65-2.09	YT01-02, YT04-01, YT10-06
Type-B	Um	1 pl, cpx, opx	interstitial	鉱物組み合わせや石基がType-C1と似るが、MgO含有量が極めて高いことで区分。	53.5	2.89	YT12-02
鷹取山層の礫岩に含まれる礫							
Type-A2	Sa, Yt, Mk	5 pl, cpx, opx	interstitial	斑晶質で斜長石が多い点などType-A1と似るが、SiO ₂ 含有量がやや高いことで区分。	52-55	1.35-3.17	20081212-2B, 2F, 20081225-8B, 20081223-1A, 10A
Type-A3	Sa	1 pl, cpx	intergranular	Type-A1と似るが、斑晶量が少なく、石基がインターグラニューラー。	53	2.18	20081225-7
Type-C1	Ms	1 pl, cpx, opx	interstitial	Type-C1と同じ	55	2.61-2.85	TKC-12
Type-C3	Ms, Sa, Yt	9 pl, cpx, opx	interstitial	Type-C1と似るが、斑晶に単斜輝石および斜方輝石が多く含まれる。	56-60	2.84-3.58	20090226-3B, 3D, 3F, 3H, 3I, TKC-09, 20081212-2E, 20081223-9A, 20081225-8A
Type-C4	Yt	2 pl, cpx, opx	interstitial	Type-C3と似るが、SiO ₂ 含有量が高く、FeO/MgO比も高い。	58	3.49-4.82	20081223-1C, 1G
Type-E1	Sa	1 pl, cpx, opx	interstitial	シリット組織を呈し、斜長石がきわめて多い。	62	5.03	20081225-8C
Type-E2	Ms	1 pl, cpx, opx	interstitial	鉱物組み合わせや石基の様子がType-E1と似るがSiO ₂ 含有量が低い。	53	1.74	20090226-1C
Type-F	Ms	2 pl, cpx, opx	hyaloophitic	デイスサイト質で無斑晶質。まれに集班状組織を含む。	65	3.92-4.21	20090226-1A, 1B
Type-G1	Ms, Yt	7 pl, cpx, opx	interstitial	デイスサイト質で斑晶質。石基が細粒でインターサータルな	62-67	2.31-5.61	20090226-1F, 1M, 3A, 3G, TKC-08, 11
Type-G2	Ms, Sa, Yt	11 pl, cpx, opx	hyaloophitic	Type-G1とハイアロオプティックなType-G2とがある。	61-68	2.33-7.06	20090226-1D, 1G, 2, 3E, 20081212-5A, 6A, 20081223-1B, 1E, 1I, 1J, 10B
Type-H1	Sa	1 pl, qtz, horn		角閃石を含む流紋岩。融食形の石英が特徴的。	70	2.67	20081212-4A
Type-H2	Yt	1 pl, horn		Type-H1と似るが、融食形の石英を含まない。	70	3.1	20081223-9B
Type-I	Ms	1 pl, cpx, opx	hypabyssal	半深成岩的な組織を呈する。	63	2.89	20090226-1E
Type-J	Ms, Sa, Yt	4 pl, horn, qtz, cpx, bio	equigranular	完晶質だがやや細粒。石英閃緑岩から閃緑岩程度。	60-61	2.2-2.6	TKC-10, 20081212-2A, 20081223-1H, 9E

産地略号; Mk: 虫窪, Ms: 宮下川, Msu: 宮下川上流および尾根にかけて, Sa: 境川, Um: 梅沢海岸, Yt: 谷戸川

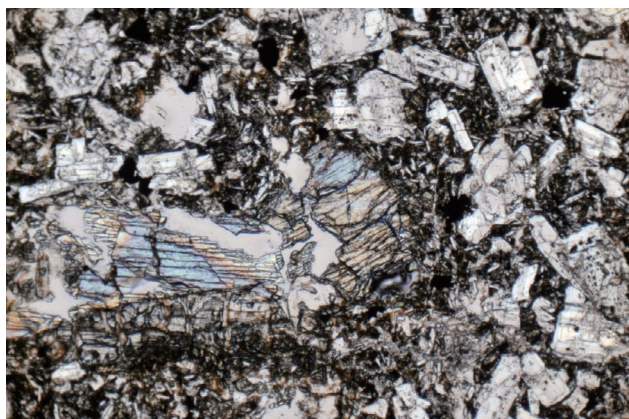
鉱物略号; pl: 斜長石, cpx: 単斜輝石, opx: 斜方輝石, qtz: 石英, horn: 普通角閃石, bio: 黒雲母

表 2. 鷹取山に分布する火山岩類と梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の全岩化学組成.

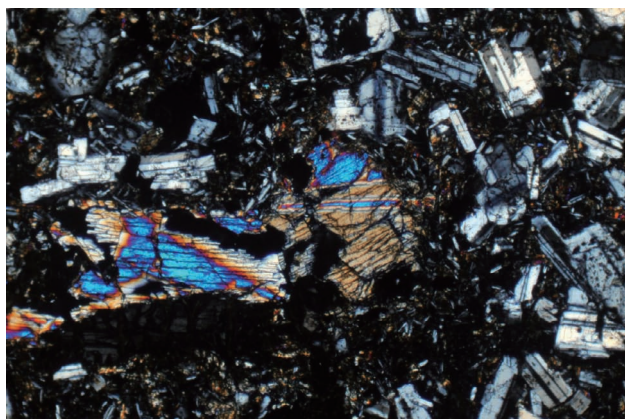
Type	Sample No.	Locality	Major Elements (wt.%)					Trace Elements (ppm)																
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I.	Ba	Cr	Nb	Ni	Rb	Sr	V	Y	Zn	Zr	
Type-A1	YT01-02	Um	gravel	53.97	0.77	18.71	8.85	0.19	3.81	10.58	2.42	0.60	0.10	0.95	58	59	1.3	12	6.7	228	298	18	89	32
	YT04-01	Um	gravel	51.52	0.57	19.54	8.91	0.20	4.86	11.95	2.23	0.17	0.05	1.69	39	21	1.2	11	5.2	242	232	14	73	35
	YT10-06	Um	gravel	49.29	0.65	20.27	8.04	0.14	3.81	12.74	2.78	0.73	1.56	2.99	60	76	1.2	16	11	353	275	21	85	43
Type-A2	20081212-2B	Sa	gravel	54.22	0.89	21.61	7.12	0.13	2.11	10.14	3.18	0.48	0.13	2.31	150	17	1.7	12	8.7	363	270	20	89	62
	20081212-2F	Sa	gravel	52.31	1.04	19.36	9.90	0.10	3.74	10.11	3.00	0.32	0.12	2.34	108	33	1.6	15	5.7	256	319	22	79	53
	20081225-8B	Sa	gravel	54.97	0.83	20.24	7.81	0.22	2.58	9.64	3.17	0.37	0.18	1.35	122	14	1.8	6.7	6.1	393	184	24	86	63
	20081223-1A	Yt	gravel	54.18	1.05	19.94	8.58	0.21	2.98	9.26	3.28	0.39	0.13	1.44	113	18	1.7	15	7.2	273	277	25	83	68
	20081223-10A	Mk	gravel	54.06	1.22	20.75	8.10	0.19	2.30	9.59	3.35	0.31	0.13	1.86	106	17	2.0	7.9	5.5	274	312	22	103	62
	20081225-7	Sa	gravel	53.30	1.42	18.27	9.03	0.35	3.73	11.30	2.27	0.15	0.17	1.34	77	78	1.4	15	5.5	192	310	21	104	37
Type-B	YT12-02	Um	gravel	53.54	0.72	15.91	10.16	0.18	6.22	10.35	2.41	0.43	0.08	0.74	55	127	1.3	30	7.1	152	257	23	77	45
	TKC-01	Msu	lava	57.85	0.84	19.46	7.32	0.15	2.28	8.14	3.19	0.63	0.13	1.54	135	14	1.8	7.9	15	334	164	27	87	75
	TKC-02	Msu	lava	59.47	0.99	18.85	6.95	0.21	1.36	7.37	3.78	0.83	0.19	0.87	184	16	1.9	7.6	14	326	202	31	98	85
	TKC-03	Msu	lava	56.17	0.82	19.20	7.81	0.16	2.86	9.75	2.62	0.47	0.14	0.55	123	26	1.5	11	10	276	264	26	89	56
	TKC-04	Msu	lava	57.58	0.90	20.34	6.41	0.09	1.33	9.06	3.46	0.66	0.18	0.29	144	12	1.2	8.2	12	395	196	27	76	63
	TKC-06	Msu	lava	55.13	0.94	18.93	9.06	0.16	2.86	8.77	3.44	0.55	0.16	0.28	137	26	1.4	13	11	349	249	23	90	57
	TKC-12	Ms	gravel	54.78	0.92	19.00	9.15	0.28	3.15	9.03	3.05	0.51	0.12	0.35	175	20	1.7	9.1	10	289	264	24	96	58
	TKC-05	Msu	lava	59.13	1.01	18.10	7.85	0.20	1.54	7.32	3.64	1.01	0.19	0.69	178	14	1.6	8.2	18	304	207	34	100	79
Type-C3	20090226-3B	Ms	gravel	58.79	0.79	18.84	7.22	0.17	1.82	7.92	3.43	0.87	0.15	1.24	115	13	1.9	8.9	13	270	189	30	95	71
	20090226-3D	Ms	gravel	56.40	0.84	19.87	7.72	0.12	2.07	8.97	3.33	0.56	0.13	1.07	155	16	1.4	8.0	8.4	321	227	21	89	60
	20090226-3F	Ms	gravel	57.32	0.79	18.53	8.27	0.19	2.62	8.18	3.22	0.76	0.14	1.04	112	19	1.9	11	13	255	208	27	98	63
	20090226-3I	Ms	gravel	57.34	0.83	19.79	6.54	0.23	1.69	9.46	3.46	0.51	0.13	1.75	126	11	1.7	8.9	8.6	310	207	23	105	64
	20090226-3H	Ms	gravel	58.15	0.89	18.69	7.38	0.15	2.24	8.44	3.36	0.59	0.11	0.97	158	15	1.2	11	10	303	263	21	103	68
	TKC-09	Ms	gravel	59.87	0.83	18.53	6.21	0.12	1.86	8.08	3.60	0.77	0.13	0.35	214	23	1.5	12	14	319	217	28	103	83
	20081212-2E	Sa	gravel	58.81	0.92	19.03	6.95	0.11	1.85	7.85	3.69	0.64	0.15	1.84	218	13	1.3	7.6	11	313	211	30	106	72
	20081225-8A	Sa	gravel	57.33	0.90	19.11	6.95	0.19	1.82	9.35	3.48	0.72	0.15	1.50	139	15	2.1	7.7	12	367	245	25	94	77
	20081223-9A	Yt	gravel	59.20	0.85	18.04	8.08	0.18	1.90	7.27	3.52	0.81	0.15	1.35	119	15	1.6	9.2	11	249	208	29	91	72
	20081223-1C	Yt	gravel	57.70	0.90	21.79	4.95	0.20	1.28	8.75	3.80	0.49	0.16	1.42	126	10	1.9	11	8.1	329	152	27	100	81
Type-D1	20081223-1G	Yt	gravel	58.23	0.92	22.07	4.36	0.22	0.81	8.80	3.83	0.61	0.15	1.13	146	10	1.9	8.3	8.8	362	157	28	91	87
	20080201-1	Yt	lava	53.53	1.01	18.27	10.71	0.22	4.42	8.71	2.64	0.39	0.11	2.79	43	14	1.7	4.3	6.1	210	188	24	98	44
Type-D2	20081223-2A	Yt	lava	52.57	1.00	18.23	11.50	0.21	4.39	9.45	2.38	0.13	0.14	2.10	29	17	1.2	5.6	4.8	175	327	25	94	34
	20081223-2B	Yt	lava	50.19	1.05	19.52	11.76	0.17	4.73	9.78	2.63	0.04	0.13	2.60	25	18	1.5	3.3	4.5	188	346	20	92	36
	20081223-2C	Yt	lava	48.85	0.92	18.17	11.51	0.32	4.43	13.28	2.30	0.04	0.17	6.61	13	16	1.7	3.2	4.2	169	293	19	89	31
	20081223-3	Yt	lava	54.08	0.98	17.83	10.58	0.25	4.26	8.85	2.88	0.09	0.20	1.37	31	12	1.7	6.7	4.5	203	180	26	102	44
	20081223-8	Yt	lava	61.29	0.91	16.14	8.18	0.25	2.46	6.08	4.03	0.52	0.14	1.35	71	11	1.5	6.7	8.9	223	102	34	113	58

表 2. 鷹取山に分布する火山岩類と梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の全岩化学組成 (続).

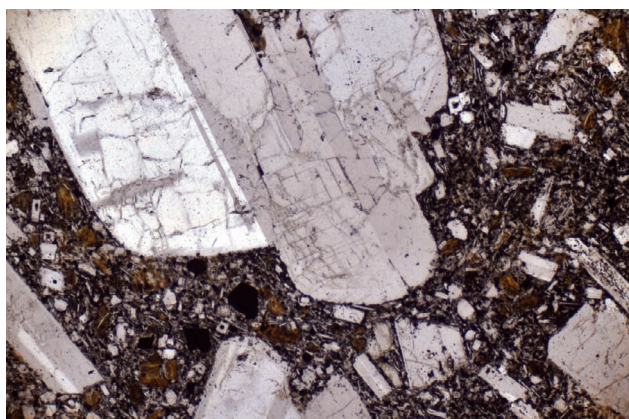
type	Sample No.	Locality	Major Elements (wt.%)					Trace Elements (ppm)															
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I.	Ba	Cr	Nb	Ni	Rb	Sr	V	Y	Zn	Zr
Type-E1	20081225-8C	Sa	61.68	0.99	18.00	5.21	0.24	0.93	7.75	4.18	0.78	0.23	1.67	189	10	1.9	6.2	12	411	144	32	120	82
Type-E2	20090226-1C	Ms	53.07	0.83	18.99	8.82	0.13	4.57	10.41	2.76	0.31	0.11	1.23	99	46	1.7	24	4.7	270	250	18	66	56
Type-F	20090226-1A	Ms	65.14	0.82	16.26	5.71	0.16	1.22	4.99	4.34	1.17	0.18	1.00	158	7.5	1.8	8.3	18	217	78	44	117	89
Type-G1	20090226-1B	Ms	65.16	0.82	16.54	5.40	0.19	1.24	5.10	4.42	0.95	0.19	0.88	163	8.8	2.3	9.1	15	224	77	44	141	92
	20090226-1F	Ms	66.64	0.66	15.96	5.22	0.06	1.67	5.23	3.82	0.64	0.09	1.54	206	14	2.3	11	7.8	237	125	26	50	117
	20090226-1M	Ms	66.78	0.60	16.79	4.13	0.07	0.92	5.99	3.77	0.86	0.09	1.51	205	15	1.9	13	13	314	123	25	38	100
	20090226-3A	Ms	62.35	0.83	18.03	5.66	0.22	1.43	6.48	4.17	0.68	0.18	1.32	119	8.9	1.5	8.0	11	248	113	32	123	81
	20090226-3G	Ms	61.70	0.78	19.12	4.98	0.15	1.35	7.12	3.97	0.68	0.15	0.94	123	7.6	1.8	14	11	282	92	27	108	77
Type-G2	TKC-08	Ms	65.45	0.65	16.41	5.65	0.08	1.40	5.80	3.80	0.66	0.10	1.25	226	16	1.7	12	11	288	130	25	51	91
	TKC-11	Ms	66.30	0.63	16.99	4.54	0.07	0.73	5.84	3.91	0.90	0.09	0.58	231	11	1.5	10	17	319	125	29	71	105
	20081223-9D	Yt	64.40	0.59	16.66	5.76	0.19	2.25	5.93	3.39	0.76	0.08	2.47	168	12	1.5	10	12	294	128	23	78	87
	20090226-1D	Ms	65.18	0.68	15.86	5.96	0.15	2.30	5.39	3.43	0.96	0.09	1.46	191	14	2.1	12	15	230	136	30	102	112
	20090226-1G	Ms	68.06	0.66	15.40	4.78	0.04	1.28	4.73	3.83	1.14	0.08	0.58	219	13	2.3	12	13	224	124	33	44	132
	20090226-3E	Ms	61.19	0.67	19.02	4.90	0.15	1.29	8.16	3.51	1.01	0.11	1.11	210	16	1.5	10	12	322	160	25	89	86
	20090226-2	Ms	67.14	0.63	15.43	5.37	0.06	1.45	4.98	3.88	0.98	0.08	0.82	210	12	2.2	13	15	217	109	32	46	127
	20081212-5A	Sa	68.97	0.54	16.05	3.82	0.04	0.66	4.87	3.87	1.11	0.07	0.58	227	11	1.9	12	15	279	105	30	40	103
	20081212-6A	Sa	67.62	0.52	16.31	3.43	0.13	0.46	6.36	3.87	1.21	0.10	1.20	200	10	1.6	12	15	275	97	31	52	98
	20081223-1B	Yt	66.74	0.63	16.98	4.39	0.12	0.70	5.50	3.95	0.89	0.10	0.72	205	11	2.0	11	14	294	126	28	84	104
20081223-1E	Yt	64.64	0.70	16.60	5.90	0.10	1.28	6.14	3.56	0.98	0.10	1.34	183	15	1.7	11	15	287	163	28	70	91	
20081223-1I	Yt	63.90	0.64	19.06	3.93	0.07	0.50	7.05	3.82	0.93	0.12	0.38	188	13	1.8	10	12	306	139	33	51	107	
20081223-1J	Yt	66.76	0.56	17.01	4.12	0.09	0.97	5.62	3.89	0.89	0.09	1.16	241	11	2.2	9.3	15	313	103	31	69	103	
20081223-10B	Mk	64.16	0.62	17.93	4.58	0.07	1.23	6.64	4.03	0.64	0.09	0.57	169	15	1.8	14	10	288	143	21	81	97	
Type-H1	20081212-4A	Sa	69.74	0.47	14.64	4.76	0.09	1.61	4.41	2.96	1.22	0.08	2.34	285	9.3	1.7	9.4	19	220	95	30	60	102
Type-H2	20081223-9B	Yt	70.24	0.32	15.63	3.45	0.19	1.00	3.98	4.12	0.92	0.16	0.96	137	7.5	1.6	13	16	358	19	31	73	93
Type-I	20090226-1E	Ms	62.65	0.77	17.01	6.54	0.08	2.04	6.54	3.53	0.76	0.08	0.76	171	22	2.1	15	10	257	195	28	49	91
Type-J	TKC-10	Ms	60.33	0.76	15.81	8.32	0.08	3.40	6.14	3.86	1.19	0.10	1.72	273	18	1.4	7.7	12	241	205	31	9.4	81
	20081212-2A	Sa	60.23	0.68	16.36	8.46	0.15	3.04	6.41	3.11	1.45	0.10	1.17	214	15	1.6	6.3	23	220	190	30	39	71
	20081223-1H	Yt	60.91	0.68	16.00	8.48	0.13	3.05	6.13	3.42	1.10	0.10	1.63	143	15	1.6	7.6	23	210	178	32	29	79
	20081223-9E	Yt	59.85	0.68	15.85	9.33	0.12	3.23	6.52	3.15	1.18	0.10	1.69	102	19	1.9	9.0	22	206	184	29	43	68



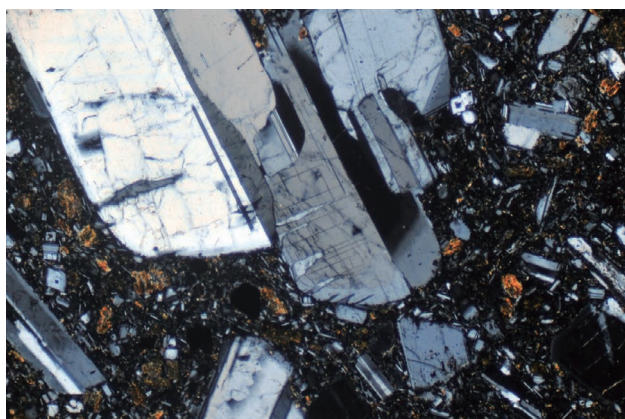
4-1. Type-A1 (YT01-02) (オープンポーラー).



4-1. Type-A1 (YT01-02) (クロスポーラー).



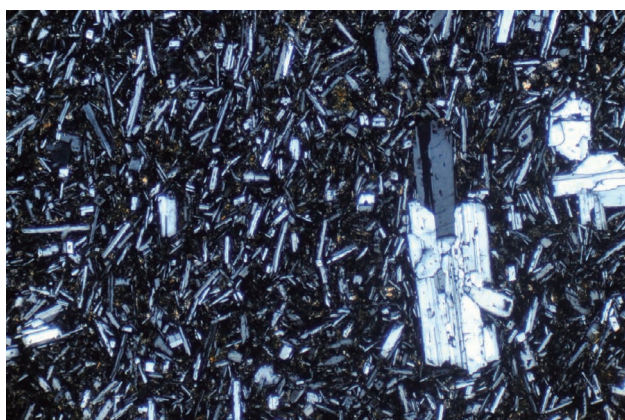
4-2. Type-A2 (20081223-10A) (オープンポーラー).



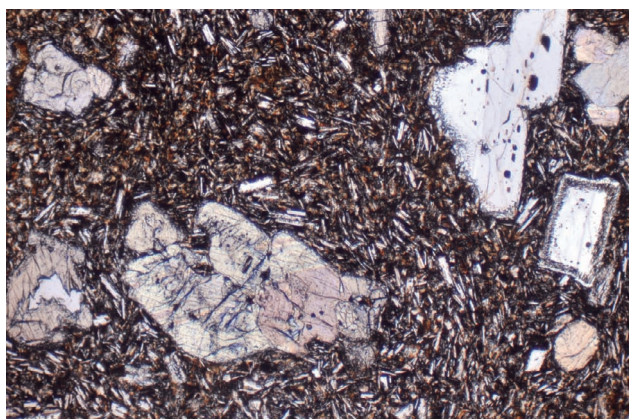
4-2. Type-A2 (20081223-10A) (クロスポーラー).



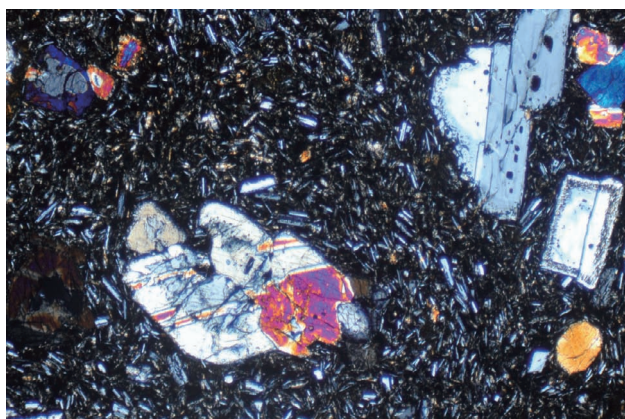
4-3. Type-A3 (20081225-7) (オープンポーラー).



4-3. Type-A3 (20081225-7) (クロスポーラー).

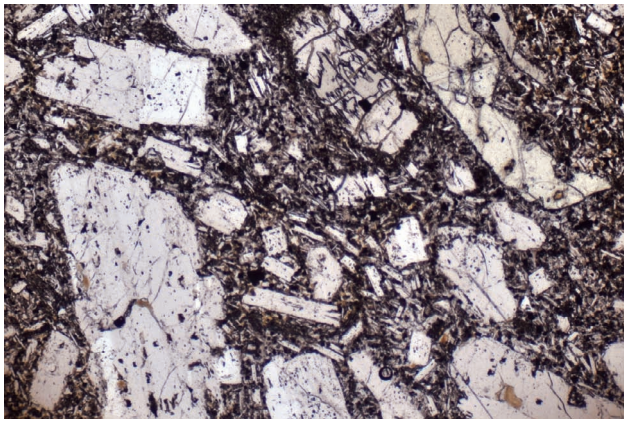


4-4. Type-B (YT12-02) (オープンポーラー).

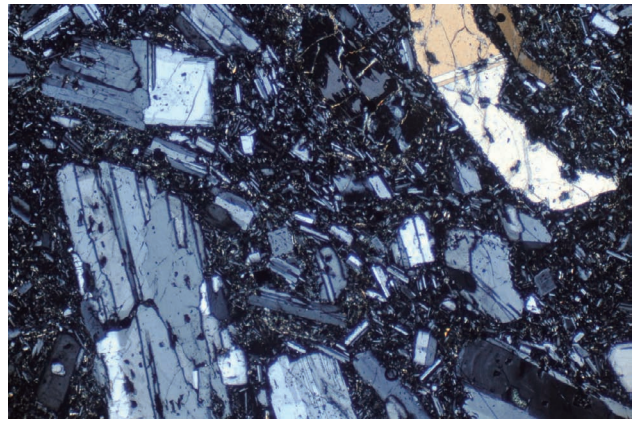


4-4. Type-B (YT12-02) (クロスポーラー).

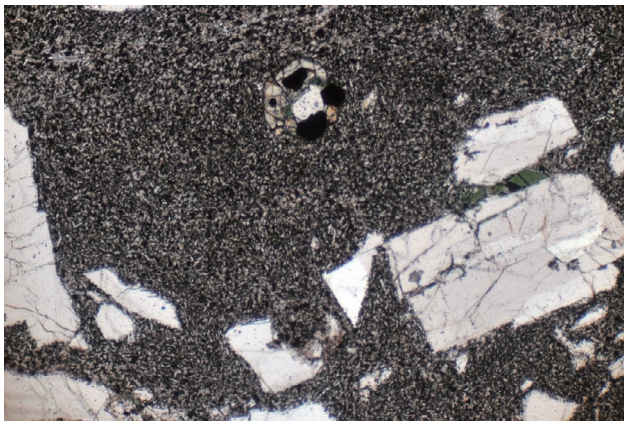
図4. 鷹取山に分布する火山岩類、梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の偏光顕微鏡写真。写真の横幅は2.2 mm.



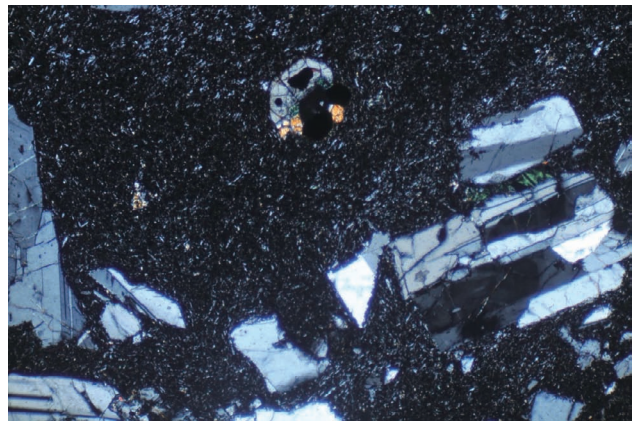
4-5. Type-C1 (TKC-03) (オープンポーラー).



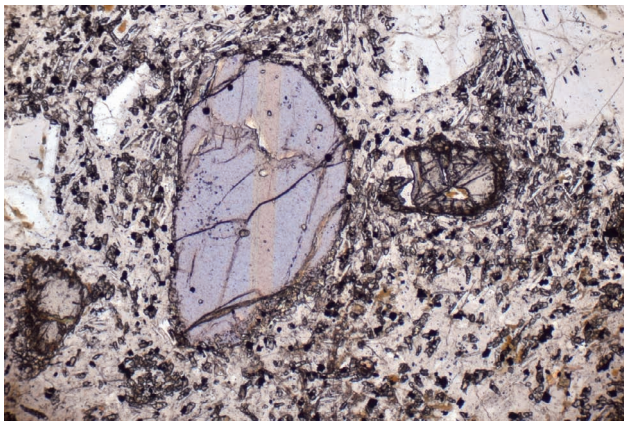
4-5. Type-C1 (TKC-03) (クロスポーラー).



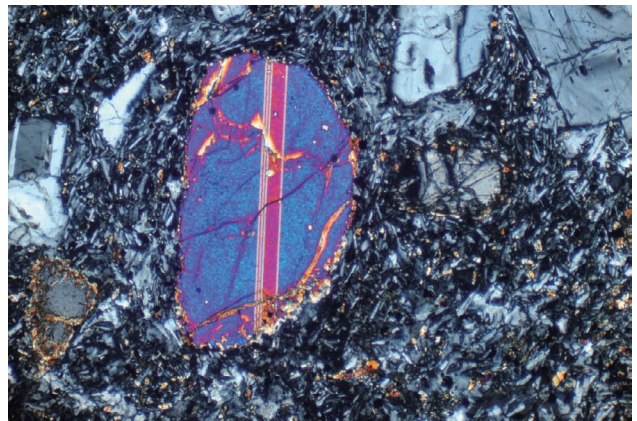
4-6. Type-C2 (TKC-05) (オープンポーラー).



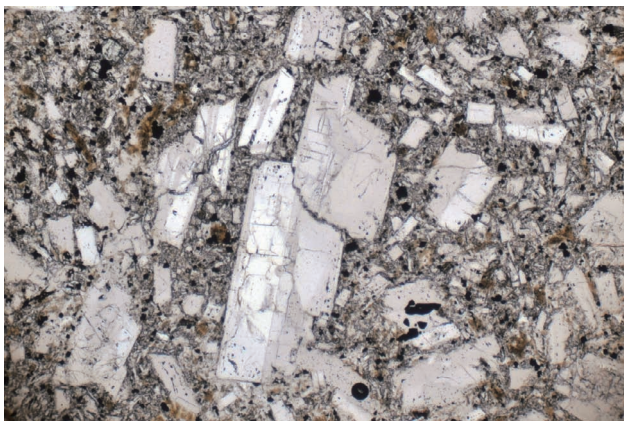
4-6. Type-C2 (TKC-05) (クロスポーラー).



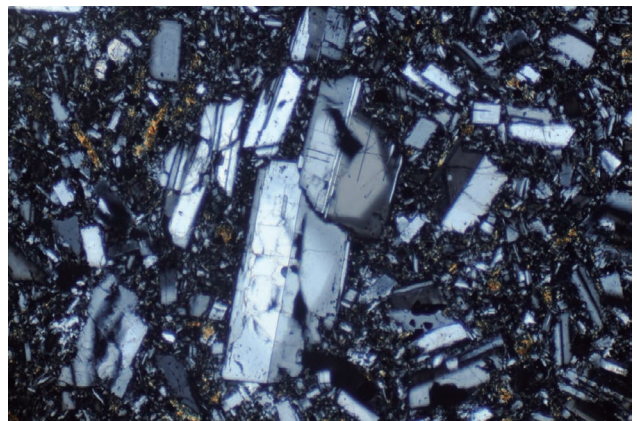
4-7. Type-C3 (20090226-3F) (オープンポーラー).



4-7. Type-C3 (20090226-3F) (クロスポーラー).

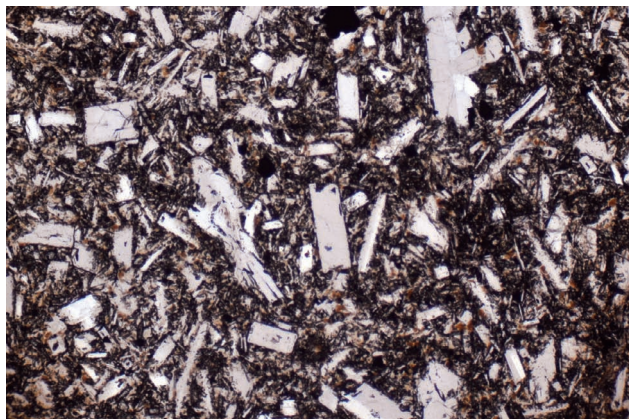


4-8. Type-C4 (20081223-1C) (オープンポーラー).

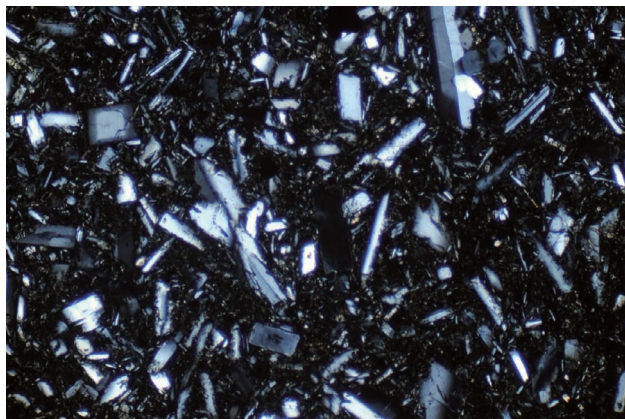


4-8. Type-C4 (20081223-1C) (クロスポーラー).

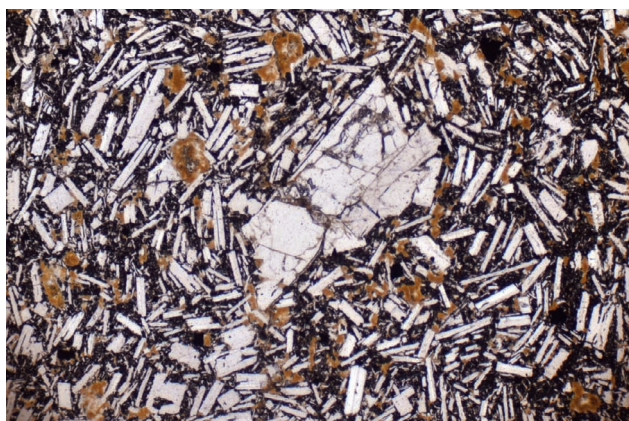
図4 (続). 鷹取山に分布する火山岩類, 梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の偏光顕微鏡写真. 写真の横幅は2.2 mm.



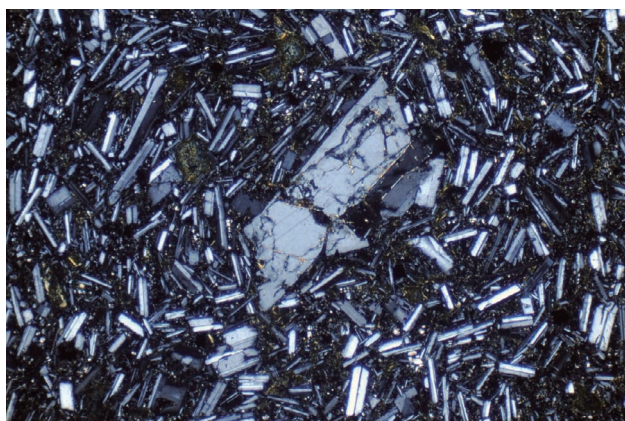
4-9. Type-D1 (20080201-1) (オープンポーラー).



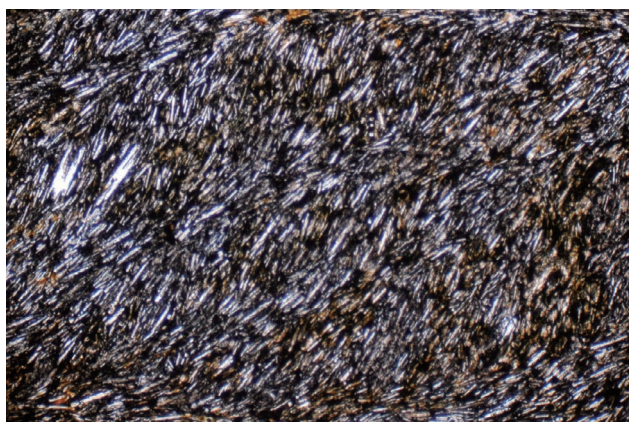
4-9. Type-D1 (20080201-1) (クロスポーラー).



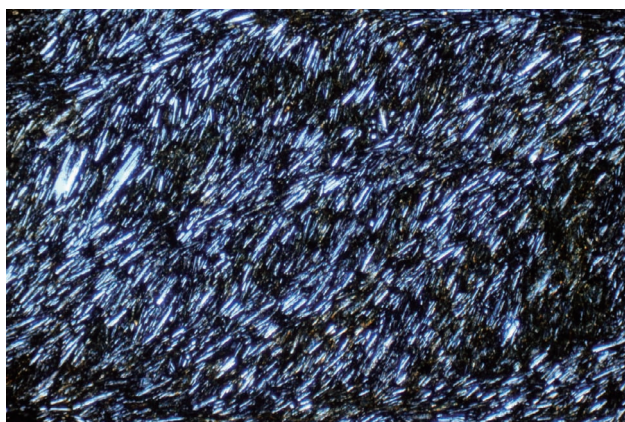
4-10. Type-D2 (20081223-2A) (オープンポーラー).



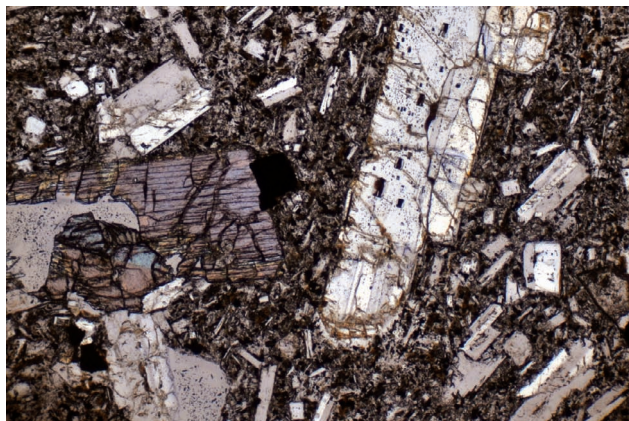
4-10. Type-D2 (20081223-2A) (クロスポーラー).



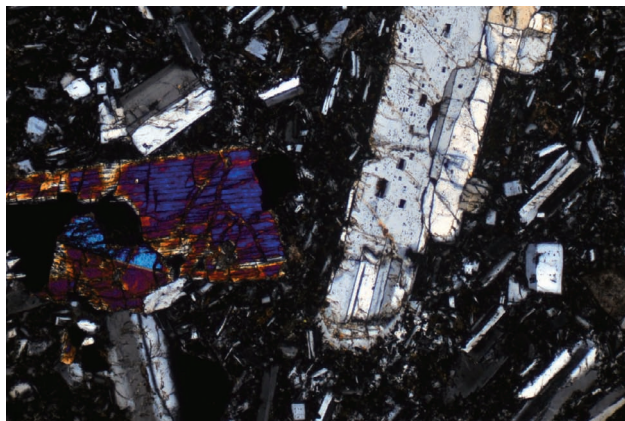
4-11. Type-D3 (20081223-8) (オープンポーラー).



4-11. Type-D3 (20081223-8) (クロスポーラー).

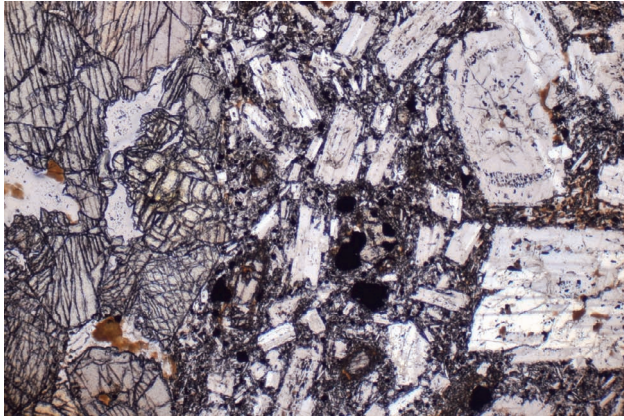


4-12. Type-E1 (20081225-8C) (オープンポーラー).

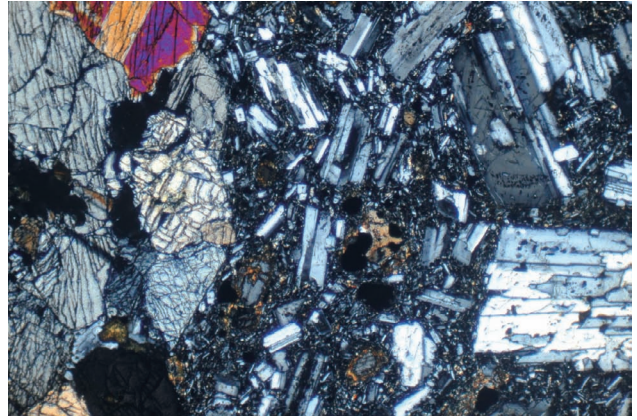


4-12. Type-E1 (20081225-8C) (クロスポーラー).

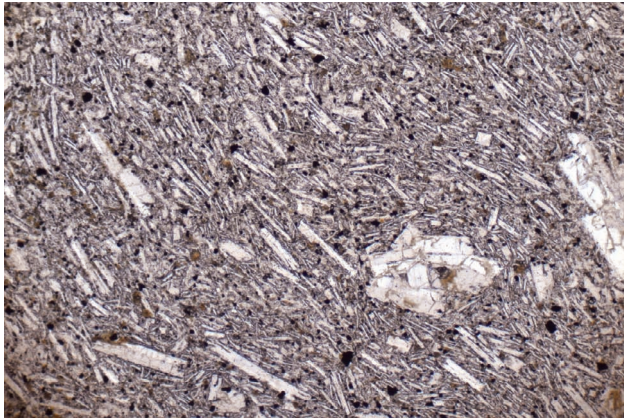
図4 (続). 鷹取山に分布する火山岩類, 梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の偏光顕微鏡写真. 写真の横幅は2.2 mm.



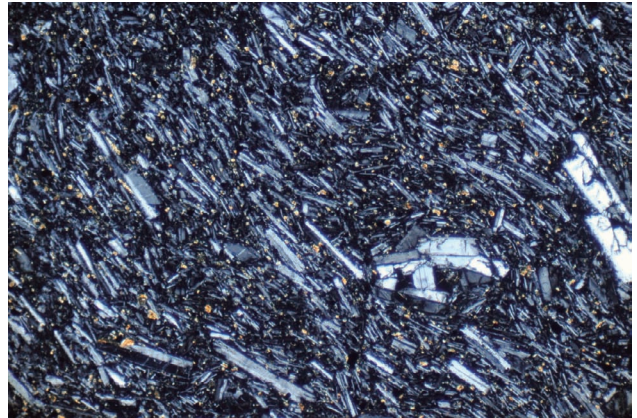
4-13. Type-E2 (20090226-1C) (オープンポラーラー).



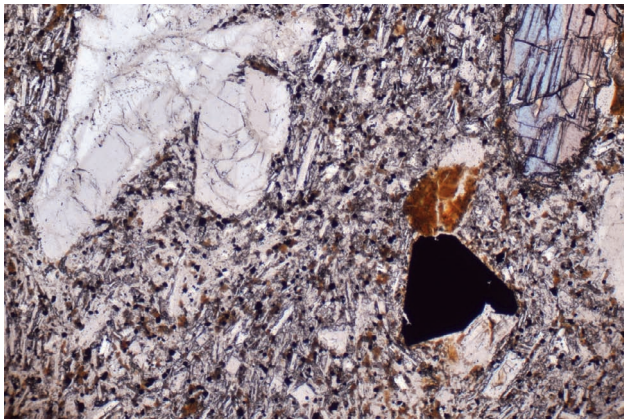
4-13. Type-E2 (20090226-1C) (クロスポラーラー).



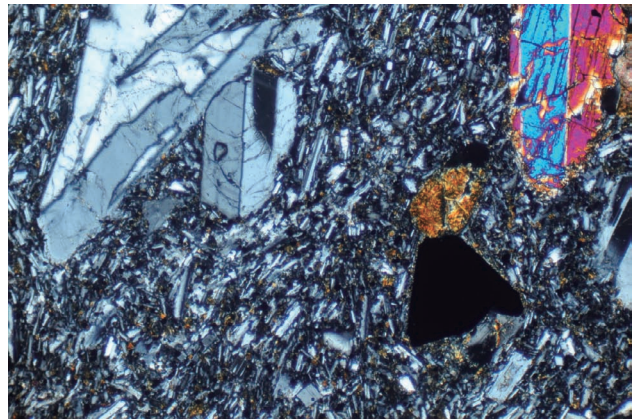
4-14. Type-F (20090226-1B) (オープンポラーラー).



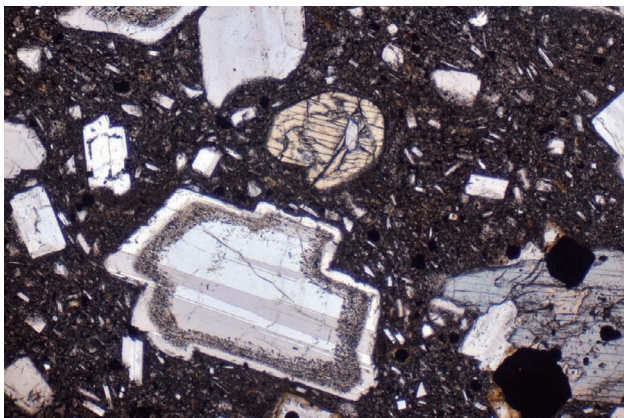
4-14. Type-F (20090226-1B) (クロスポラーラー).



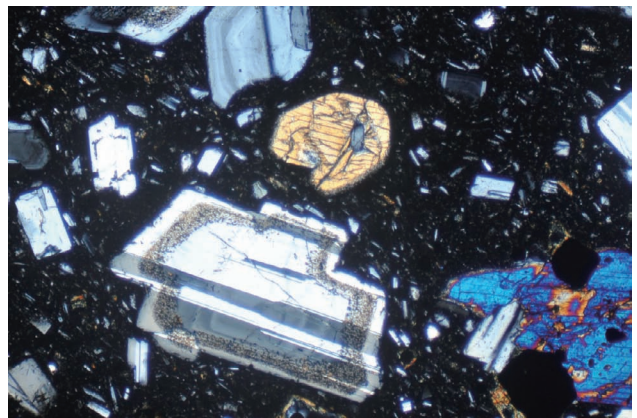
4-15. Type-G1 (20090226-3G) (オープンポラーラー).



4-15. Type-G1 (20090226-3G) (クロスポラーラー).

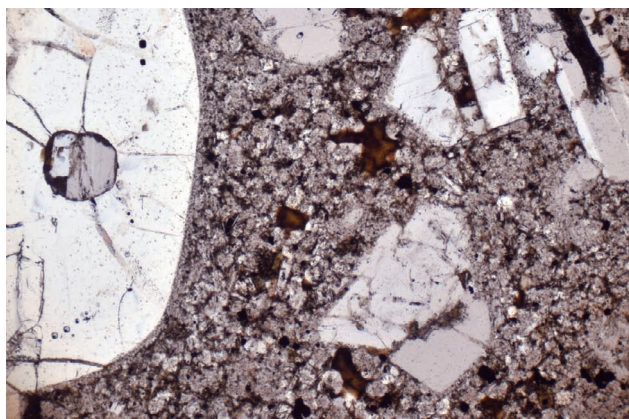


4-16. Type-G2 (20090226-3E) (オープンポラーラー).

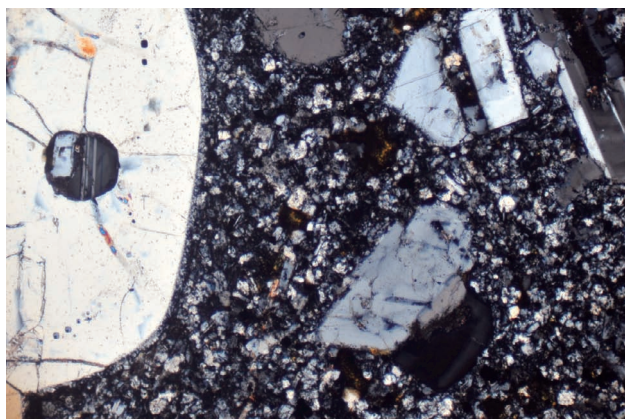


4-16. Type-G2 (20090226-3E) (クロスポラーラー).

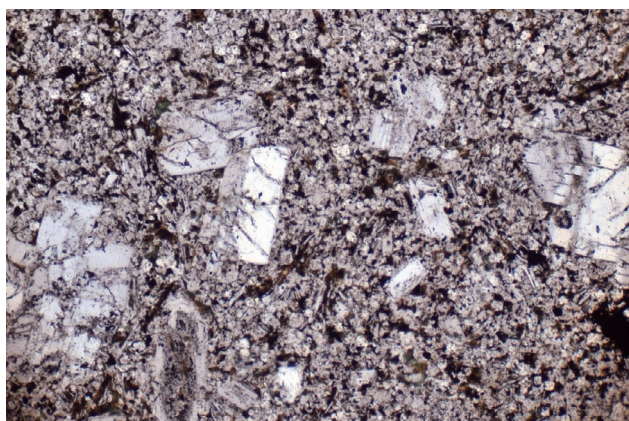
図4 (続). 鷹取山に分布する火山岩類, 梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の偏光顕微鏡写真. 写真の横幅は2.2 mm.



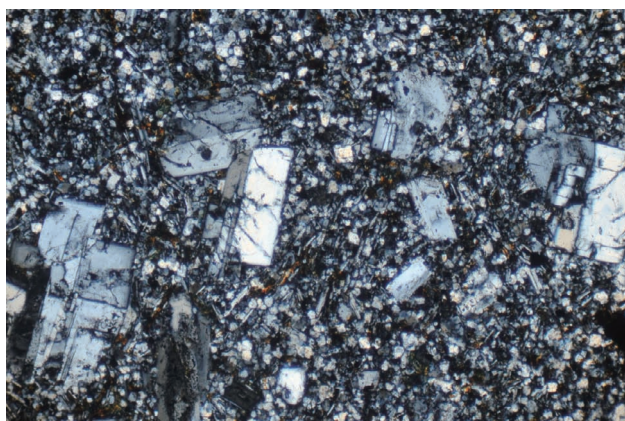
4-17. Type-H1 (20081212-4A) (オープンポーラー).



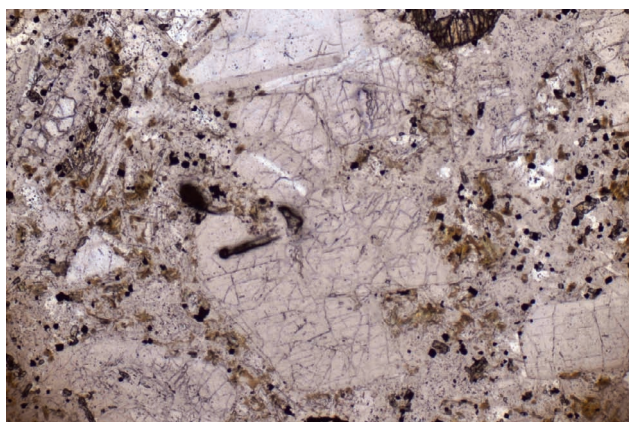
4-17. Type-H1 (20081212-4A) (クロスポーラー).



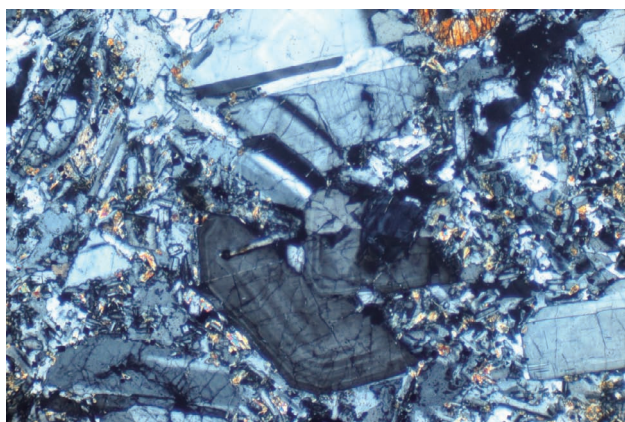
4-18. Type-H2 (20081223-9B) (オープンポーラー).



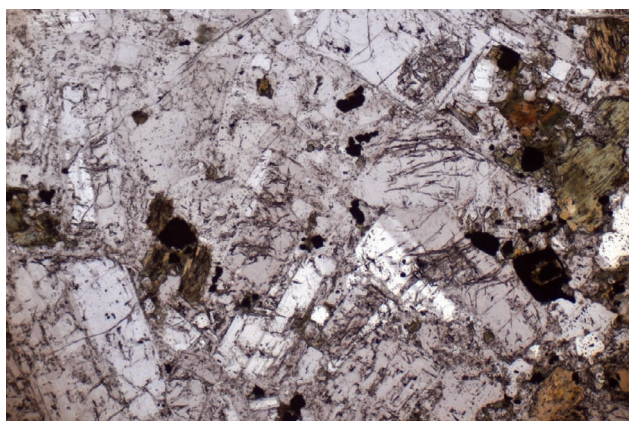
4-18. Type-H2 (20081223-9B) (クロスポーラー).



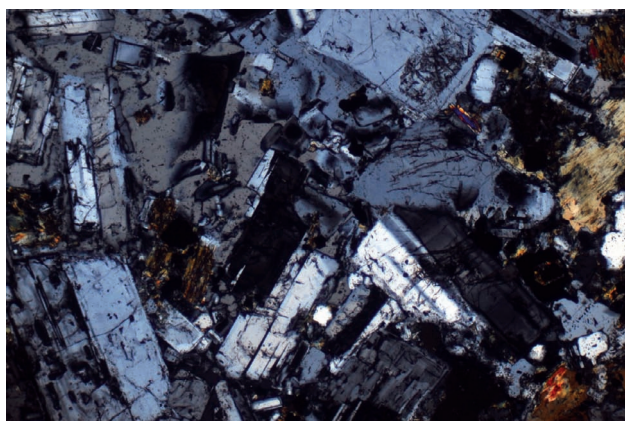
4-19. Type-I (20090226-1E) (オープンポーラー).



4-19. Type-I (20090226-1E) (クロスポーラー).



4-20. Type-I (20081212-2A) (オープンポーラー).



4-20. Type-J (20081212-2A) (クロスポーラー).

図4 (続). 鷹取山に分布する火山岩類, 梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫の偏光顕微鏡写真. 写真の横幅は2.2 mm.

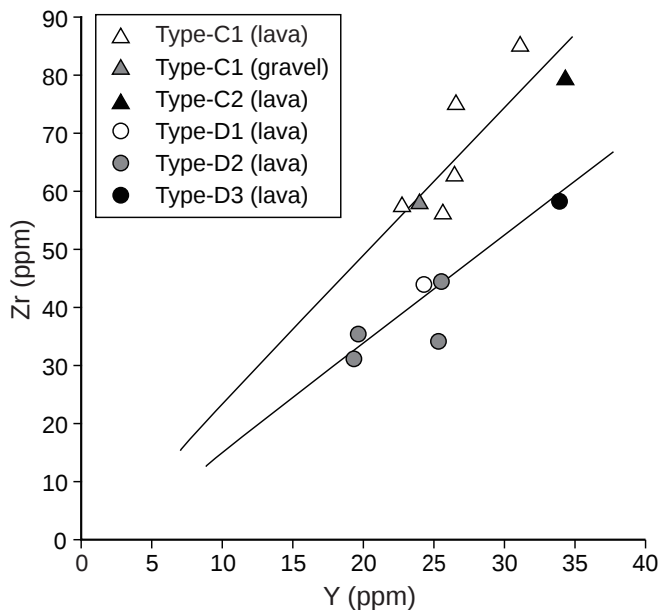


図 6. 鷹取山に分布する火山岩類の Zr-Y 図。

山砕屑岩類と比較すると、 MgO および Na_2O 、 K_2O 含有量が低いことで区別される。箱根火山外輪山溶岩および箱根火山の基盤岩中の火山岩、東伊豆単成火山とは、いずれの元素に置いても比較的一致する。ただし、東伊豆単成火山はほとんどがカルクアルカリ岩系に属すること、 K_2O 含有量が比較的高いことから、鷹取山に分布する火山岩類とは異なる。従って、鷹取山に分布する火山岩類は、箱根火山および箱根火山の基盤岩中の火山岩の組成と似るという結果が得られる。現在のデータでは、箱根火山外輪山溶岩と箱根火山の基盤岩中の火山岩の化学組成は類似しており、両者を区別することは難しい（山下ほか, 2008）。箱根火山の基盤岩の形成年代は、約 4.2 Ma とされており（萬年ほか, 2003）、谷戸層の形成年代（約 8.3 ~ 4.4 Ma; 石浜ほか, 2012）と近いと、今後詳細な検討が必要となる。

6-2. 全岩化学組成からみた礫の供給源について

礫の給源を推定するため、谷戸層および鷹取山層に含まれる火山岩礫と、大磯丘陵周辺の火山岩類（丹沢層群中の火山岩類及び火山砕屑岩類・箱根火山の基盤岩類中の火山岩・箱根火山外輪山溶岩・伊豆大島・東伊豆単成火山等の第四紀火山の溶岩）の化学組成を対比した（図 8, 9）。丹沢層群起源の礫が含まれるのか、あるいは箱根火山の基盤岩のようないわゆる伊豆ブロックを構成する火山岩類が含まれるのかが重要となる。梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫と、鷹取山層の礫岩に含まれる礫について分けてそれぞれ議論する。

6-2-1. 梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫

梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫は、Type-A1 と Type-B に区別された。Type-A1 は、 TiO_2 がすべての組成とは外れたが、それ以外は箱根火山外輪山溶岩や箱根火山の基盤岩類中の火山岩、丹沢層群中の火山岩類及び火山砕屑岩類の組成とほぼ一致

する（図 8）。このことは Type-B にもあてはまり、むしろ Al_2O_3 などは丹沢層群中の火山岩類及び火山砕屑岩類のほうが組成は一致する。丹沢層群からは、 MgO に富んだ安山岩（高マグネシウム安山岩）が報告されており（青池ほか, 1995）、 MgO に富む Type-B の給源の対比を行う必要があるが、高マグネシウム安山岩の全岩化学組成は公表されていないため対比ができない。なお、山下ほか（2005）では、大磯層から産出する火山岩礫中に高マグネシウム玄武岩質安山岩を報告しているが、Type-B の組成とは大きく異なる。

なお、梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫種は、凝灰岩や玄武岩～安山岩が多いが、閃緑岩やトータル岩、凝灰質砂岩なども存在する。また、造礁性サンゴや有孔虫等の多様な石灰質の化石を含む石灰岩の礫や、二枚貝やフジツボ等の化石が、一部の層準で産出する。これらの化石は礫として含まれるが表面は円磨されておらず、現地性に近いものと考えられる（小田原ほか, 2009）。なお、この石灰岩礫に含まれる大型有孔虫として、丹沢層群において中新世前期末～中期に見られるネフロレピジナ（*Nephrolepidina japonica*）や、アンフステジナ（*Amphistegina* sp.）が確認されている（門田真人氏 私信）。以上をまとめると、梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫の給源は丹沢山地である可能性が高い。今後、凝灰岩礫などの堆積岩にも着目して検討を行わなければならない。

6-2-2. 鷹取山層の礫岩に含まれる礫

鷹取山層の礫岩に含まれる礫については、14 の Type に区分して記載を行った。図 9 では、Type-C4 と Type-J を除く各種の Type がほぼ直線状にプロットされており、 TiO_2 を除いて箱根火山外輪山溶岩の組成と類似する。特に Al_2O_3 の含有量が高いことが特徴的で、いわゆる Kuno (1966) による火山フロントよりもやや背弧側に位置する火山に見られる高アルミナ玄武岩に相当する。箱根火山は、高い Al_2O_3 含有量で特徴づけられ、高アルミナ玄武岩の特徴を有する。この特徴は、早川凝灰角礫岩中の礫にも見られ、また、今回の鷹取山層の礫岩の礫にもあてはまる。鷹取山層の礫岩の礫の供給源が早川凝灰角礫岩の供給源と同じとは断言できないが、おそらくは現在の箱根火山と同様に火山フロントよりも若干背弧側に位置する火山から供給されたのであろう。鷹取山層の礫岩中の礫には、デイサイトなどの比較的分化した火山岩が多く見られる。早川凝灰角礫岩中の珪長質な火山岩礫との対比が必要であろう。ただし、早川凝灰角礫岩中の珪長質な火山岩礫の全岩化学分析値は存在しないため、独自にデータを構築して検討しなければならない。

Type-C4 は極めて Al_2O_3 含有量が高く、 FeO や MgO 含有量が低いという特徴を持ち、箱根火山外輪山溶岩の組成範囲と大きく外れる。現段階では、この火山岩の給源は未定である。Type-J は閃緑岩からトータル岩に区分される深成岩である。箱根火山の組成範囲とはやや外れており、 TiO_2 および P_2O_5 含有量が低く、 MgO および K_2O 含有量が高いことで特徴づけられる。図

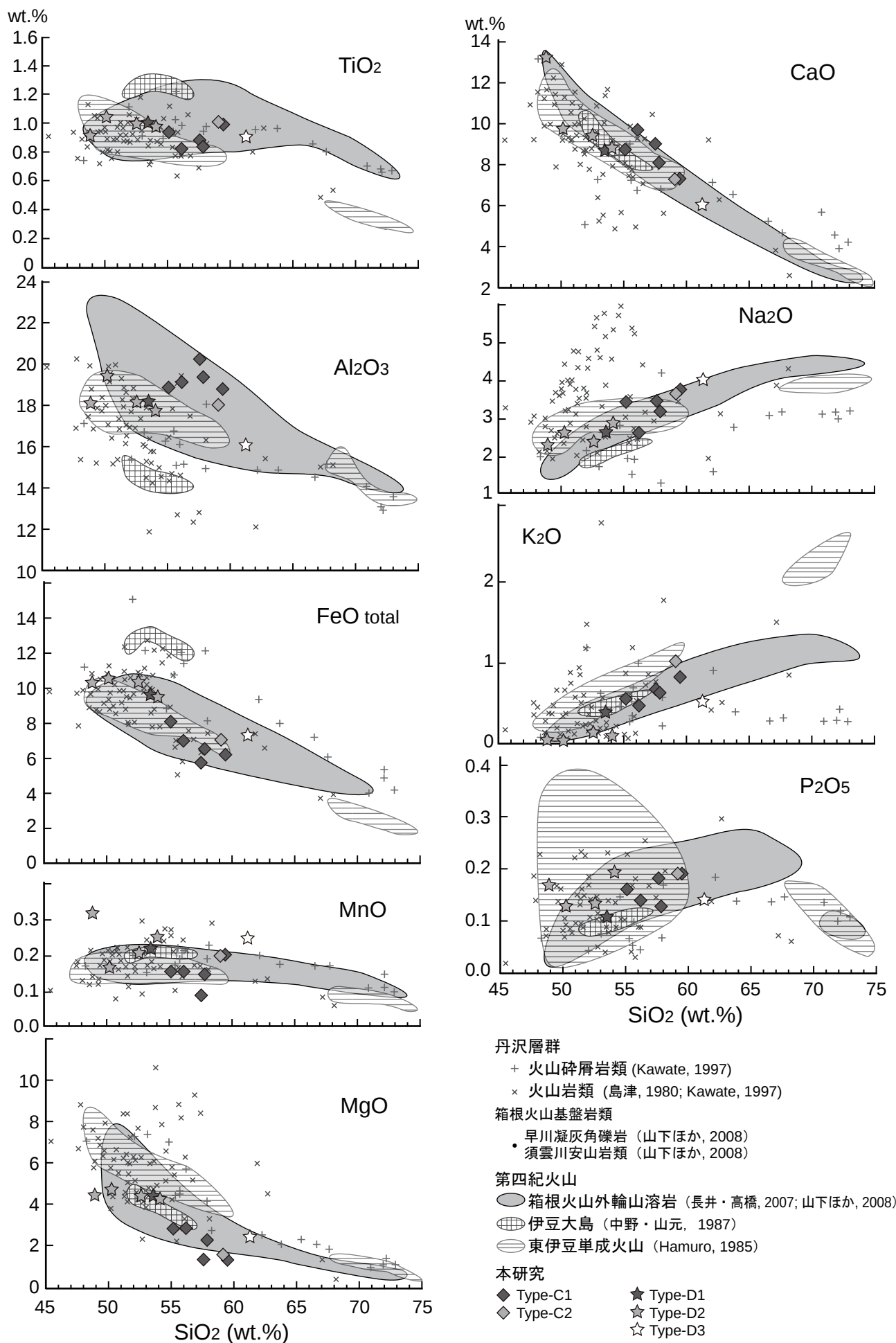


図7. 鷹取山に分布する火山岩類のバリエーションダイアグラム.

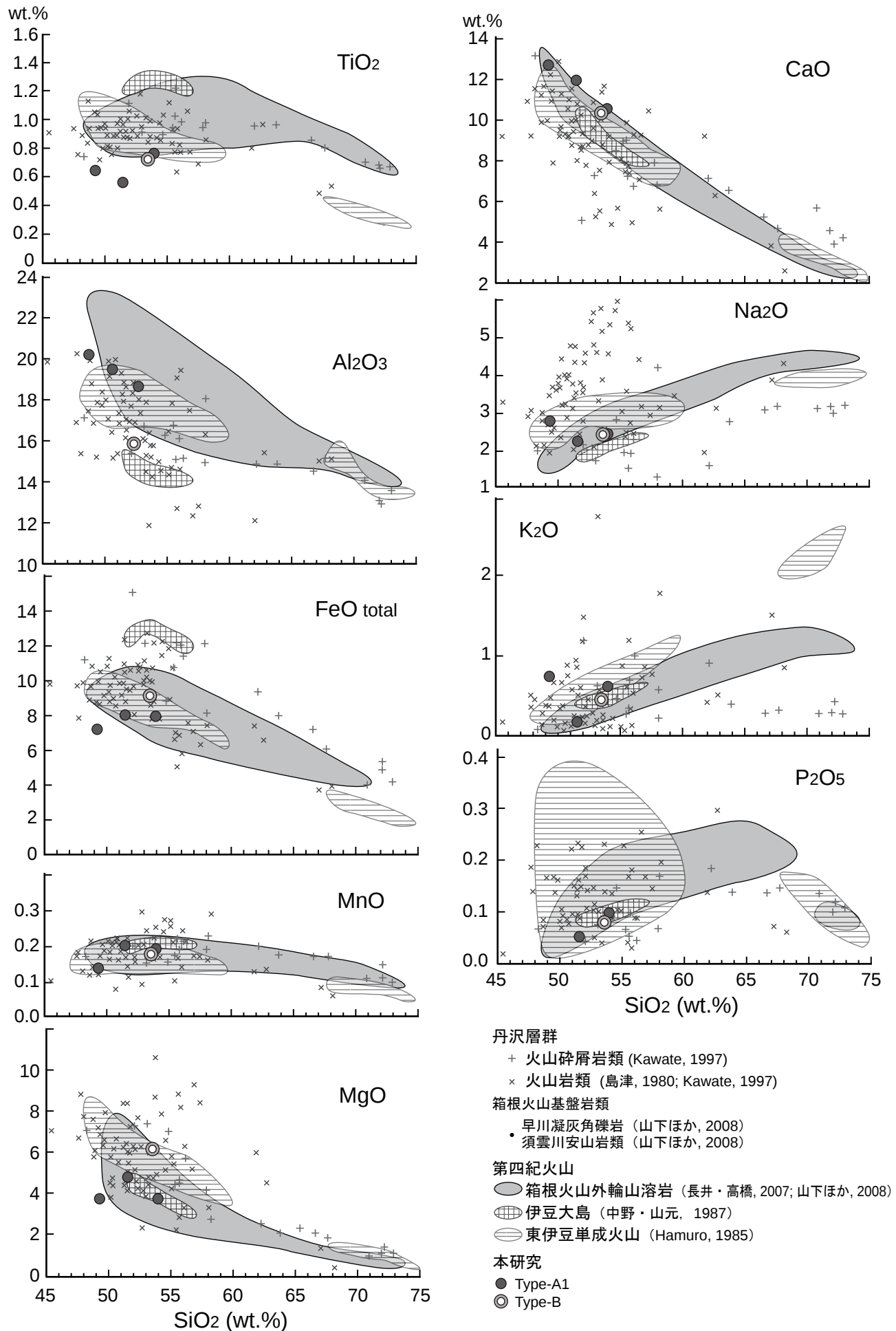


図8. 梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる火山岩礫のバリエーションダイアグラム。

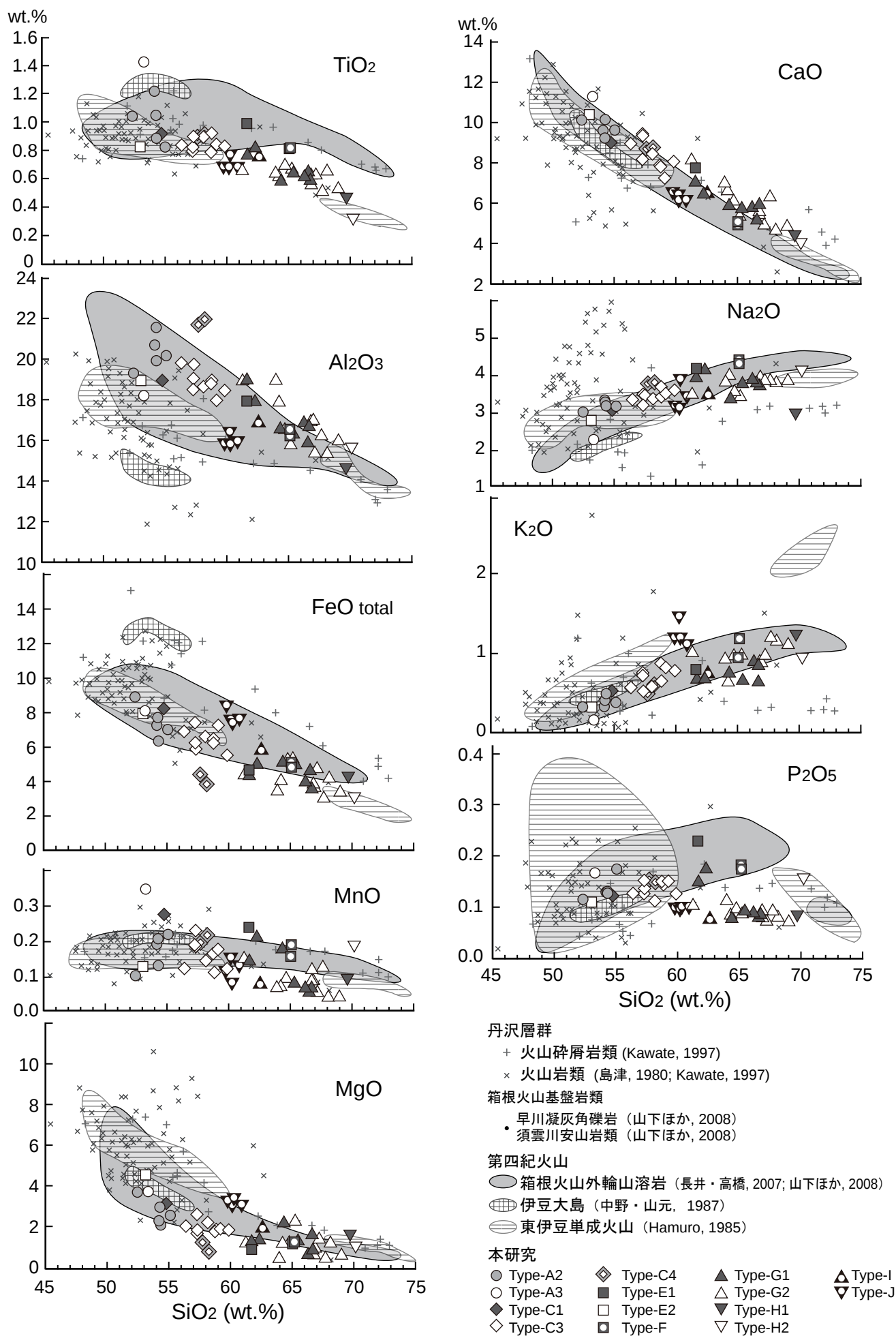
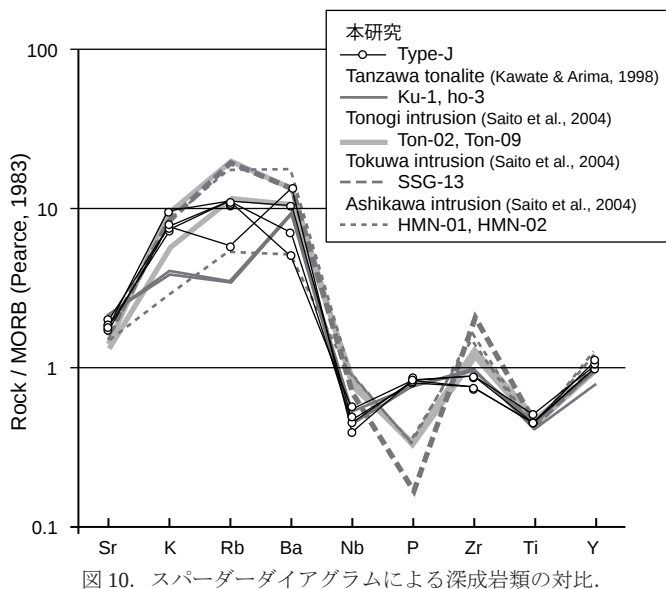
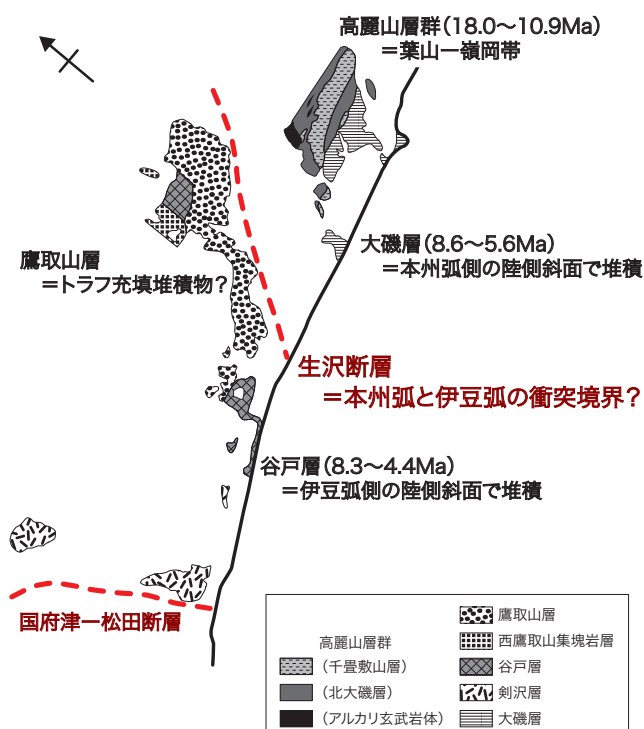


図9. 鷹取山層の礫岩に含まれる火山岩礫のパリエーションダイアグラム。



10 は丹沢深成岩体 ($\text{SiO}_2 = 60.72, 62.89 \text{ wt.}\%$; Kawate & Arima, 1998)、甲府花崗岩体の藤野木岩体 ($\text{SiO}_2 = 63.80, 61.75 \text{ wt.}\%$; Saito *et al.*, 2004)、徳和岩体 ($\text{SiO}_2 = 63.31 \text{ wt.}\%$; Saito *et al.*, 2004)、芦川岩体 ($\text{SiO}_2 = 67.48, 67.91 \text{ wt.}\%$; Saito *et al.*, 2004) と対比したものである。Type-J は HFS 元素の含有量が丹沢深成岩体と似る。しかし、K および Rb の含有量はあまりにも離れている。K および Rb に関してだけ言えば、甲府岩体の藤野木岩体が似るが、HFS 元素は一致しない。Type-C4 と同様、給源は不明である。

Type-C1 は、鷹取山山頂のやや北部の林道沿いに集塊岩として産するものと同じものである。これは、鷹取山層の堆積時には、鷹取山周辺で起こった火山活動によってもたらされた上記の集塊岩が露出しており、



これを礫岩中の礫の一部として取り込んだことを示している。

鷹取山層には、関東山地起源と考えられるチャートや頁岩などの円礫も含まれるため、鷹取山層堆積時には本州側からの碎屑物の流れ込みがあったことが示唆される。今後、堆積岩の礫の解析も含めた調査を進めていく必要がある。

6-3. 火山岩および火山岩礫からみた谷戸層・鷹取山層堆積当時のテクトニクス

大磯丘陵や三浦～房総半島は、丹沢ブロックや伊豆ブロックの衝突によって時計回りの構造回転を受けていることが知られており (例えば Koyama & Kitazato, 1989; Yoshida *et al.*, 1984; Yamamoto & Kawakami, 2005 など)、堆積時の谷戸層・鷹取山層とその周辺層の関係については、この回転を元に戻して考える必要がある。大磯丘陵は伊豆ブロックの衝突によって約 50 度の時計回り回転を受けていると考えられているため (Koyama & Kitazato, 1989)、この回転前の位置に戻した大磯丘陵の地質図を図 11 に示す。

高麗山層群は 18.0 ~ 10.9 Ma に形成され (石浜ほか, 2012)、葉山一嶺岡帯に属すると考えられる。谷戸層とほぼ同時に堆積した大磯層 (8.6 ~ 5.6 Ma; 石浜ほか, 2012) は、本州弧の陸側斜面での堆積を示唆する礫岩の組成を示し (山下ほか, 2005)、堆積時に正断層系の構造が発達するため (Ito, 1986; 森, 2007) 本州側の前弧海盆堆積物と推定される。谷戸層 (約 8.3 ~ 4.4 Ma; 石浜ほか, 2012) は、火山性の碎屑岩からなるが、陸源の碎屑物が入り込んでいないことから、本州弧側ではなく伊豆弧側の斜面 (フィリピン海プレート前弧) で堆積したことが推定される。丹沢起源の可能性が高い火山岩礫や、深成岩 (トナール岩) や石灰岩の礫が見られることは、この考えと調和的である。谷戸層の上位にあたる鷹取山層には、関東山地起源と考えられるチャートや頁岩などの円礫も含まれるため、鷹取山層堆積時には本州側からの碎屑物の流れ込みがあったことが示唆される。鷹取山層に含まれる礫の岩石学的・地球化学的解析からは、箱根火山外輪山溶岩と似たいわゆる高アルミ玄武岩の化学組成の火山岩礫を含むことから、給源となる火山活動が火山フロントよりもやや背弧側の火山活動であったことを示唆される。しかもこれらが巨礫として産することは、給源となる火山体が比較的近傍にあったことを意味する。以上をまとめると、鷹取山層の形成時には、本州弧と伊豆一小笠原弧の両方から堆積物が供給されたと考えられる。このことは当時、生沢断層がプレートの衝突境界で、トラフ充填堆積物として鷹取山層が形成した可能性を示唆する。

7. まとめ

鷹取山に分布する火山岩類と、梅沢海岸に露出する谷戸層および鷹取山周辺に露出する鷹取山層の礫岩に含まれる礫について採集を行い、岩石プレパラートの偏光顕微鏡観察および全岩化学分析の結果から 20 のタイプに区分した。鷹取山に分布する火山岩類は、

Type-D1 および Type-D2 (玄武岩～玄武岩質安山岩) と Type-D3 (安山岩)、Type-C1 および Type-C2 (安山岩) で、Type-D と Type-C は異なるマグマの起源であることがわかった。梅沢海岸に露出する谷戸層の火山礫凝灰岩に含まれる礫は、Type-A1 (玄武岩～玄武岩質安山岩) と Type-B (玄武岩質安山岩) で、丹沢山地が供給源である可能性が高い。鷹取山層の礫岩に含まれる礫は、14 のタイプに区分され、玄武岩からデイサイトまで幅広い組成をもつ。地球化学的特徴は、高アルミナ玄武岩であることから、供給源となった火山は、火山フロントよりも若干背弧側に位置する火山である可能性が高い。火山岩礫を中心に堆積岩礫の解析を加えて考察すると、谷戸層は伊豆弧側の斜面 (フィリピン海プレート前弧) で堆積したことが推定され、鷹取山層は伊豆～小笠原弧の火山岩と本州弧の堆積岩とが混在することからプレートの衝突境界にトラフ充填堆積物として堆積したことが推定される。

謝辞

野外調査に際しては博物館地学ボランティアの皆様、下田慶太氏および湘南平塚 PPG の方々にご協力いただいた。また、岩石薄片作成および蛍光 X 線分析に関しては、博物館地学ボランティアの皆様にお世話になった。記して御礼申し上げる (博物館地学ボランティア: 入江和夫氏、可知鋭治氏、児玉正彦氏、酒井明子氏、新藤誠一郎氏、富田道恵氏、中村良氏、野村平二氏、深沢良子氏、丸岡禮治氏)。

引用文献

- 青池 寛, 1999. 伊豆衝突帯の構造発達. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (9): 113-151. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- 青池 寛・有馬眞・小池敏夫, 1995. 東部丹沢山塊に産出する高マグネシウム安山岩. 岩鉱 1994 年例会講演要旨集, p.14.
- 青池 寛・門田真人・末包鉄郎・相川弘二・松島義章・川手新一・山下浩之・梅沢俊一・今永 勇, 1997. 丹沢山地ならびに周辺の地質. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, p.24-63.
- 天野一男, 1986. 多重衝突帯としての南部フォッサマグナ. 月刊地球, 8(10): 581-585.
- 千葉達郎, 1986. 大磯丘陵. 日本の地質『関東地方』編集委員会編, 日本の地質 3 関東地方, pp.91-94.
- Hamuro, K., 1985. Petrology of the Higashi-Izu Monogenic Volcano Group. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **60**: 335-400.
- 猪俣 久, 1979. 大磯丘陵の第三系について. 神奈川県立教育センター「長期研修員研究集録」, (14): 29-34.
- 石黒 進, 1974. 大磯丘陵南東部の地質. 神奈川県温泉研究所報告, 5(3): 141-148.
- 石浜佐栄子・山下浩之・平田大二・小田原 啓・檀原 徹・岩野英樹・林 広樹・井崎雄介, 2012. 大磯丘陵に分布する新第三系の微化石年代とフィッション・トラック年代. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (14): 137-144. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- Ito, M., 1986. Neogene depositional history in Oiso Hill: development of Okinoyama bank Chain on landward slope of Sagami Trough, central Honshu, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **92**(1): 47-64.
- 蟹江康光・平田大二・今永 勇, 1999. 大磯丘陵と相模湾、沖ノ山堆列の地質と微化石年代. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (9): 113-151. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- 関東第四紀研究会, 1987. 大磯丘陵の層序と構造. 関東の四紀, (13): 3-46.
- Kawate, S. & M. Arima, 1998. Petrogenesis of the Tanzawa plutonic complex, central Japan: Exposed felsic middle crust of the Izu-Bonin-Mariana arc. *The Island Arc*, **7**: 342-358.
- 小出良幸・山下浩之・川手新一・平田大二, 2000. 蛍光 X 線分析装置による岩石主要元素の分析精度の検証. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (29): 107-125.
- Koyama, M. and H. Kitazato, 1989. Paleomagnetic evidence for Pleistocene clockwise rotation in the Oiso Hills: a possible record of interaction between the Philippine Sea Plate and Northeast Japan. *Geophys. Monogr.*, **50**: 249-265.
- Kuno, H., 1966. Lateral Variation of Basalt Magma Type Across Continental Margins and Island Arcs. *Bulletin of Volcanology*, **29**, 195-222.
- 萬年一剛・堀内誠示・田口公則・山下浩之・平田大二・川手新一・蛭子貞二・谷口英嗣, 2003. 箱根地域・早川凝灰角礫岩から得られた微化石年代とその意義. 地質学雑誌, **109**(11): 661-664.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in Island arc and continental. *Am. Jour. sci.*, **274** (4): 321-355.
- 森 慎一, 2007. 大磯町西小磯海岸に露出した大磯層の層序と構造. 平塚市博物館研究報告「自然と文化」, **30**: 21-39.
- 長井雅史・高橋正樹, 2007. 箱根火山外輪山噴出物の全岩主化学組成. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **42**: 71-95.
- 中野俊・山元孝広, 1987. 伊豆大島火山 1986 年噴出物の主成分化学組成. 地質調査所月報, **38**(11): 631-647.
- 小田原啓・林 広樹・山下浩之, 2009. 神奈川県二宮町梅沢海岸の谷戸層の微化石年代. 神奈川県温泉地学研究所報告, **41**: 47-50.
- Pearce, J. A., 1983. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In C. J. Hawkesworth & M. J. Norry (eds), *Continental basalts and mantle xenoliths*, pp.230-249. Nantwich: Shiva.
- 大塚彌之助, 1929. 大磯地塊を中心とする地域の層序について (其一). 地質学雑誌, **36**: 435-456.
- Peccerillo, A. & S. R. Taylor, 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* **58**: 63-81.
- Saito, S., M. Arima, T. Nakajima & J. Kimura, 2004. Petrogenesis of Ashigawa and Tonogi granitic intrusions, southern part of the Miocene Kofu Granitic Complex, central Japan: M-type granite in the Izu arc collision zone. *Jour. Mineralogical Petrological Sci.*, **99**: 104-117.
- 島津光夫・楠田 隆, 1980. 丹沢山地の新第三紀火山岩. 地質学雑誌, **86**(9): 593-612.
- Yamamoto, Y. & S. Kawakami, 2005. Rapid tectonics of the late Miocene Boso accretionary prism related to the Izu-Bonin arc collision. *The Island Arc*, **14**: 178-198.
- 山下浩之・平田大二・小出良幸, 2005. 神奈川県西小磯海岸に分布する新第三系大磯層に含まれる火山岩礫の起源とそのテクトニクス. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), (34): 27-46.
- 山下浩之・萬年一剛・川手新一・笠間友博・平田大二・蛭子貞二・谷口英嗣, 2008. 箱根火山基盤岩類の再検討. 神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学), (13): 135-156. 神奈川県立生命の星・地球博物館.
- 矢野 亨, 1986. 大磯丘陵南部地域の層序とその地質年代および堆積環境. 静岡大学地球科学研究報告, (12): 191-208.
- Yoshida, S., H. Shibata, M. Torii and S. Sasajima, 1984. Post-Miocene clockwise rotation of the Miura Peninsula and its adjacent area. *J. Geomag. Geoelectr.*, **36**: 579-584.