

神奈川県湯河原町宮下で掘削されたボーリングコアの岩相記載と地質学的意義

山下浩之*・萬年一剛*²・石塚 治*³・川手新一*⁴・平田大二*・蛭子貞二*⁵・谷口英嗣*⁶

Lithological characteristics and geology of the drilling core sample in Miyashita, Yugawara

by

Hiroyuki YAMASHITA*, Kazutaka MANNEN*², Osamu ISHIZUKA*³, Shin-ichi KAWATE*⁴, Daiji HIRATA*,
Teiji EBIKO*⁵ and Hidetsugu TANIGUCHI*⁶

Abstract

A geological survey was performed on a drilling core sample obtained from the southern flank of the Hakone volcano (or Yugawara volcano) at the northern tip of the Izu-Ogasawara arc, central Japan; this is described in our paper. The core was obtained from depths between 500 to 1200 m and is core succession.

The geology of the drilling core sample, in descending order, was revealed to be as follows: andesite lava and hyaloclastite of the Tensyo-zan Basalt Group or Sukumo-gawa Andesite Group (500.0 to 580.4 m in depth), Hayakawa Tuff Breccias (580.4 to 904.9 m in depth), basalt sill (or dyke) of the Tensyo-zan Basalt Group (795.0 to 840.5 m in depth), and Yugashima Formation (904.9 to 1200.0 m in depth.) Ar-Ar dating age of the andesite lava having a depth of 574.5m is determined to be 0.75±0.06 Ma.

1. はじめに

箱根地域は、伊豆弧の北端部にあたり、伊豆弧と本州弧の衝突境界に近い。この地域のテクトニクスを理解する上で、伊豆弧基盤岩類の分布や性格を明らかにすることは重要である。この地域は、箱根火山の下に、海成の火山碎屑物からなる鮮新世の早川凝灰角礫岩および中新世の湯ヶ島層群と呼ばれる基盤岩類が存在する(久野、1972; 坂本ほか、1999 など)。この地域の基盤岩類は、露出が非常に乏しい。そのために基盤岩類の研究は、大深度掘削試料の解析が必要不可欠である。

著者らは、伊豆-小笠原弧の基盤岩の解明のため、あるいは各々の火山体形成史を解明するために、北部伊豆-小笠原弧で掘削された大深度掘削試料の解析を行ってきた(例えば Hirata *et al.*, 1997; 平田ほか、2001 など)。

神奈川県湯河原町宮下の通称“花咲分譲地”の東において温泉試掘のためのボーリングが行なわれた。このボーリングは、孔口標高 185m、掘削深度 1200m の大深度ボー

リングで、孔底は箱根火山の基盤岩まで達している。このボーリングのうち、深度 500m から 1200m は、オールコアでサンプリングが行われ、この試料は神奈川県温泉地学研究所に収蔵されている。本論では、以下このボーリング試料を花咲コアと呼ぶ。

本報告では、花咲コアの岩相についての記載を行い、岩石学的特徴及び含まれる火山岩類の地球化学的特徴から地質学的な検討を行なった。

なお、本報告中の地層区分は久野(1972)に準拠する。箱根地域の包括的な地層区分である久野(1972)には見直すべきとする提案が近年多数提出されているが[たとえば、高橋ほか、(1999)や袴田ほか(2005)]、本報告で扱う湯河原地域では層序的な研究が必ずしも進んでいない。

2. 掘削地点周辺の地質

掘削地点は、箱根火山の南南東に位置する城山の斜面上、JR 東海道線湯河原駅の西方約 800m に位置する(北緯 35 度 8 分 51 秒、東経 139 度 5 分 26 秒)(図 1)。掘削

* 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

*² 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586

*³ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7

*⁴ 武蔵高等学校 〒179-8535 東京都練馬区豊玉上 1-26-1

*⁵ 神奈川県立生命の星・地球博物館 友の会 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 499

*⁶ 駒澤大学高等学校 〒158-8577 東京都世田谷区上用賀 1-17-12

論文, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第 38 巻, 1-10, 2006.

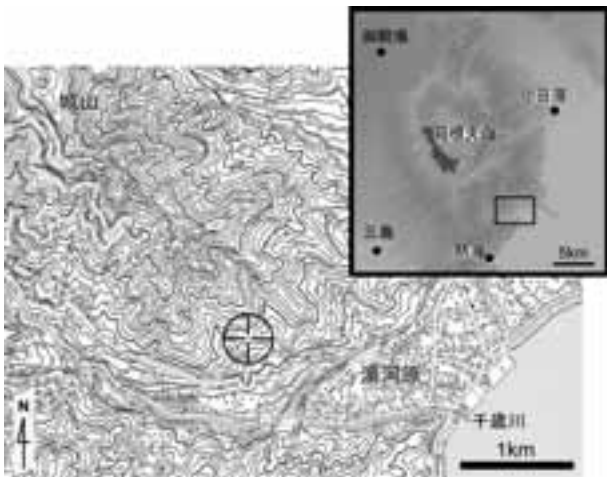


図1 ボーリングの掘削位置。
(国土地理院発行数値地図 50000「熱海」より)

地点周辺の表層地質は、久野(1972)によって湯河原火山噴出物に区分されている。掘削地点の西方では、湯河原火山の前に活動したと考えられている天昭山玄武岩類が、さらに西方には箱根から伊豆地域の基盤岩と考えられている湯ヶ島層群が露出する(久野、1972)。掘削地点の北西の城山周辺は、箱根火山古期外輪山溶岩(OS2)(久野、1972)に相当する。掘削地点の北方に位置する箱根町湯本周辺では、湯ヶ島層群の上位にあたる早川凝灰角礫岩が分布する。花咲コアの掘削地点の周辺地域では、早川凝灰角礫岩の露出は認められない。これらの地質の概略を従来の研究に基づき簡潔にまとめる。

・湯ヶ島層群

伊豆半島に模式地があり、箱根地域から伊豆半島、伊豆諸島にかけて広く分布する。下部、中部、上部に区分され(沢村ほか、1970)、下部層ではCN3(前期中新世)を示す石灰質ナノ化石が(小山、1986)、中部層ではCN4(中期中新世初期)を示す石灰質ナノ化石が(小山、1986)、上部層からは輝石安山岩のフィッシュントラック年代(9.1Ma)(金属鉱業事業団、1987)が報告されている。岩相は、変質した緑色から褐色の火山岩類および火山角礫岩や凝灰角礫岩などで構成される。箱根地域の湯ヶ島層群は岩相と層位関係から伊豆半島から続くものとされた(久野、1972)。しかし、箱根地域の湯ヶ島層群については、形成年代のデータはなく、他地域のどの層に相当するのか明確になっていない。早川凝灰角礫岩と比較して湯ヶ島層群は変質を受けており、方解石や沸石、緑泥石が見られること、著しく転位している点が異なる。

・早川凝灰角礫岩

箱根地域の早川および須雲川沿いの一部に露出する。貝化石からは、伊豆半島の白浜層群と対比される(大塚、1934)。小田原市根府川で掘削されたボーリングコア中の早川凝灰角礫岩から、石灰質ナノ化石 CN11b 帯(4.2～3.75Ma)、浮遊性有孔虫化石(5.6～4.18Ma)が報告されている(萬年ほか、2003a; 2003b)。岩相は、凝灰角礫岩や火山凝灰岩からなり、デイサイト質の軽石凝灰岩を挟むことが特徴で、その堆積環境は、久野(1972)が珪長質マグマの爆発的な噴火に伴う噴出物が浅海に堆積したものと考えた。一方、露頭ではブーマ・シークエンスを示すことや、含まれる微化石や貝化石が浅海から深海まで幅広い範囲に生息する種を含むことなどから、早川凝灰角礫岩を陸棚外縁部～斜面上部で定置したタービダイト堆積物とする指摘もある(萬年ほか、2003; Tomida, 1996)。久野(1972)は早川凝灰角礫岩の活動中心を須雲川沿岸と考えているが、早川凝灰角礫岩の堆積深度は一様でなく、場所により堆積深度が浅海から陸棚斜面上部まで異なっているのかも知れない。早川凝灰角礫岩は湯ヶ島層群の上位に傾斜不整合で重なるとされる(久野、1972)。

・天昭山玄武岩類

花咲コアの掘削地点の西方に分布する。久野(1972)は活動年代を鮮新世と考えたが、平田(1999)によるK-Ar年代測定では0.65～0.5Maの年代値を得ている。岩相は、玄武岩または苦鉄質安山岩の溶岩と凝灰角礫岩からなる。平田(1999)は、岩相・岩石学的特徴と年代値から総合的に判断して、天昭山玄武岩類と箱根火山初期の火山噴出物であるOS1が同一ステージの噴出物と考えた。

・湯河原火山

湯河原火山は湯河原町を中心に、鞍掛山、十国峠、岩戸山に連なる尾根によって取り囲まれた部分を開析された火山体とする火山である。久野(1972)では活動年代を、箱根火山の古期外輪山溶岩に覆われることから、箱根火山の活動前と考えた。近年行なわれたK-Ar年代測定法による湯河原火山の活動年代は、0.44～0.28Ma(平田、1999)、0.38～0.23Ma(袴田ほか、2005)で、久野(1972)による箱根火山古期外輪山溶岩(OS2)の活動年代と重なることが判明した。溶岩の多くは灰色緻密で、安山岩を主とし多少の玄武岩を伴う。湯河原火山は、年代や岩石学的特徴が箱根火山の古期外輪山溶岩と変わらないことや、久野が湯河原火山の地形的証拠の一つとした箱根峠

付近におけるカルデラリムのオフセットが地すべり地形であること(大木、1993)から、最近では湯河原火山を箱根火山と別の火山ではなく、箱根火山の複数の噴出中心のひとつとする考え方が有力となっている(平田、1999; 高橋ほか、1999; 袴田ほか、2005など)。

・箱根古期外輪山溶岩

久野(1972)による、古期外輪山を形成する溶岩である。より下位に存在する暗緑色玄武岩溶岩の薄層および厚い暗褐色凝灰集塊岩ないし本質凝灰角礫岩の互層をOS1とし、他に多産する安山岩(OS2)と区別した。OS1は玄武岩によって主に構成され、まれに安山岩を含み、逆にOS2は安山岩質岩によって主に構成され、まれに玄武岩を含む。近年、高橋ほか(1999)や平田(1999)らにより、野外調査および溶岩の年代測定、地球化学的検討からOS2は1つの岩体ではなく、複数の中・小成層火山の集合体であることが示唆されている。

3. 花咲コアの記載

花咲コアの地質柱状図を図2に示す。花咲コアは、岩相の違いにより、上位より岩相I(深度500～580.4m(標高-315～-395.4m))、岩相II(深度580.4～795m(標高-395.4～-610m))および840.5～904.9m(標高-655.5～-719.9m))、岩相III(深度795～840.5m(標高-610～-655.5m))、岩相IV(深度904.9～1200m(標高-719.9～-1015m))に区分できる。

これらの岩相の記載を下記に示す。

3.1. 岩相I(深度500～580.4m(標高-315～-395.4m))

3層の斑晶質安山岩溶岩(上位よりI-1、I-2、I-3)および挟在する凝灰角礫岩もしくは火山角礫岩からなる。凝灰角礫岩もしくは火山角礫岩は、本質礫とその粒間を埋める細かな安山岩から成り、異質物質をほとんど含まないことからハイアロクラスタイトと考えられる。岩相Iの最深部である573～580.4mにかけては、凝灰質砂岩が卓越し、まれに円礫が含まれる。そして、580.4mを境に岩相が主にデイサイト質の火山礫からなる凝灰角礫岩へと著しく変わる。このことから、凝灰質砂岩に含まれる円礫を基底礫であると判断し、580.4mを不整合面とした。

I-1溶岩は、斑晶量はあまり多くないが、最大5mm程度の比較的大きな自形の斜長石の斑晶を持つ。有色鉱物をほとんど含まず、イデイングサイト化したカンラン石がまれに見られる程度である。石基はインターサータルである。

I-2溶岩は最も厚く、約40mに達する。比較的小きな斑晶が多く、すべて自形である。最大2mm程度斜長石の斑晶、最大1mm程度の単斜輝石、0.5mm程度の斜方輝石を含み、これらの鉱物の集斑状組織を呈することもある(図3a、3b)。イデイングサイト化したカンラン石もしばしば見られる。石基はインターサータルである。

3.2. 岩相II(深度580.4～795m(標高-395.4～-610m)) および840.5～904.9m(標高-655.5～-719.9m))

岩相IIは、大部分が火山凝灰岩で構成され、まれにデイサイト溶岩を挟在する。凝灰角礫岩に含まれる角礫は、デイサイト礫が最も多いが、玄武岩礫や安山岩礫も見られる。基質はデイサイト質であった。火山凝灰岩とデイサイト溶岩は強変質を受け、白色化している。すなわち全体的に優白色で、やや珪長質に見えるのがこの深度の特徴である。まれに堆積構造を残す薄い砂岩を含む。この優白色の凝灰角礫岩および挟在する砂岩の組み合わせは最下部の904.9mまで続き、904.9mを境に岩相が中間質～苦鉄質に急変する。このことから、904.9mを不整合面とした。

3.3. 岩相III(深度795～840.5m(標高-610～-655.5m))

岩相IIIは玄武岩質の斑晶質火山岩からなる。795～840.5mにかけて、岩相IIを貫いており、接触部付近の840.5m付近では、急冷縁が見られることから岩脈と考えられる。玄武岩の斑晶量は最大40%程度に達する。斑晶鉱物は、すべて自形で、最大6mmに達する斜長石を大量に含み、同サイズの単斜輝石もしばしば見られる(図3c、3d)。まれに5mm程度の斜方輝石も含む。石基はインターサータルで、0.2mm程度の長柱状の斜長石と0.1mm程度の短柱状の単斜輝石および不透明鉱物を含み、やや粗粒である。岩相Iの溶岩と比較して、変質が激しく、イデイングサイト化したカンラン石がかなり見られる。また、斜長石斑晶の割れ目に沿って変質が進んでおり、粘土鉱物を生じている。粘土鉱物は、斜長石のみならず、石基中にもしばしば見られる。また、接触部付近(840.5m)のチルドマージン部位は、変質作用により方解石を生じている。

3.4. 岩相IV(深度904.9～1200m(標高-719.9～-1015m))

大部分が緑色の凝灰角礫岩からなる。一部にハイアロクラスタイトや薄い砂岩を含む。580.4～904.9mの凝灰角礫岩が優白色であったのに対し、904.9mを境に緑色になるため、両者の違いは明白である。凝灰角礫岩を構成する礫の礫種は、玄武岩や安山岩、デイサイト等の火

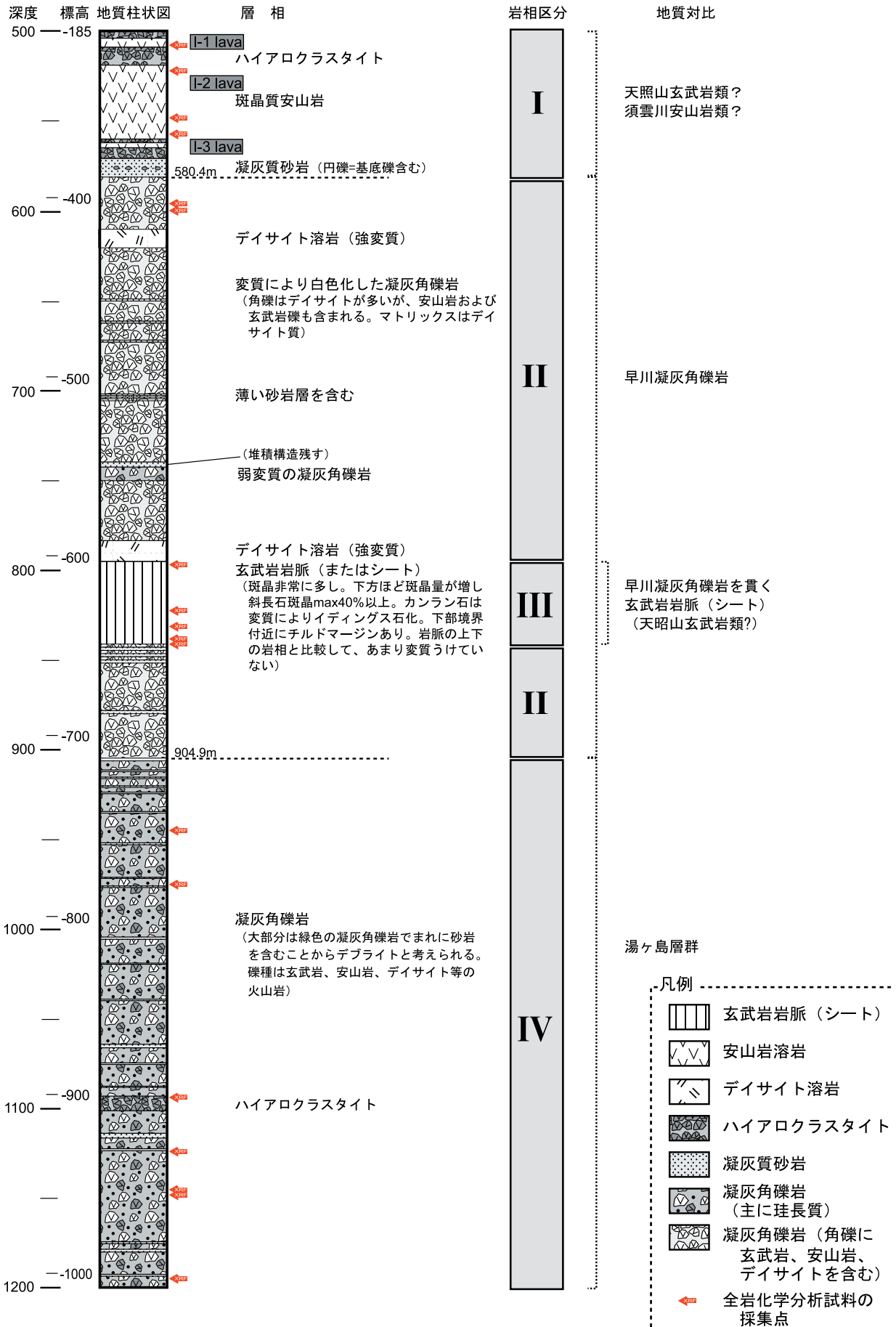


図2 花咲ボーリングコアの地質柱状図

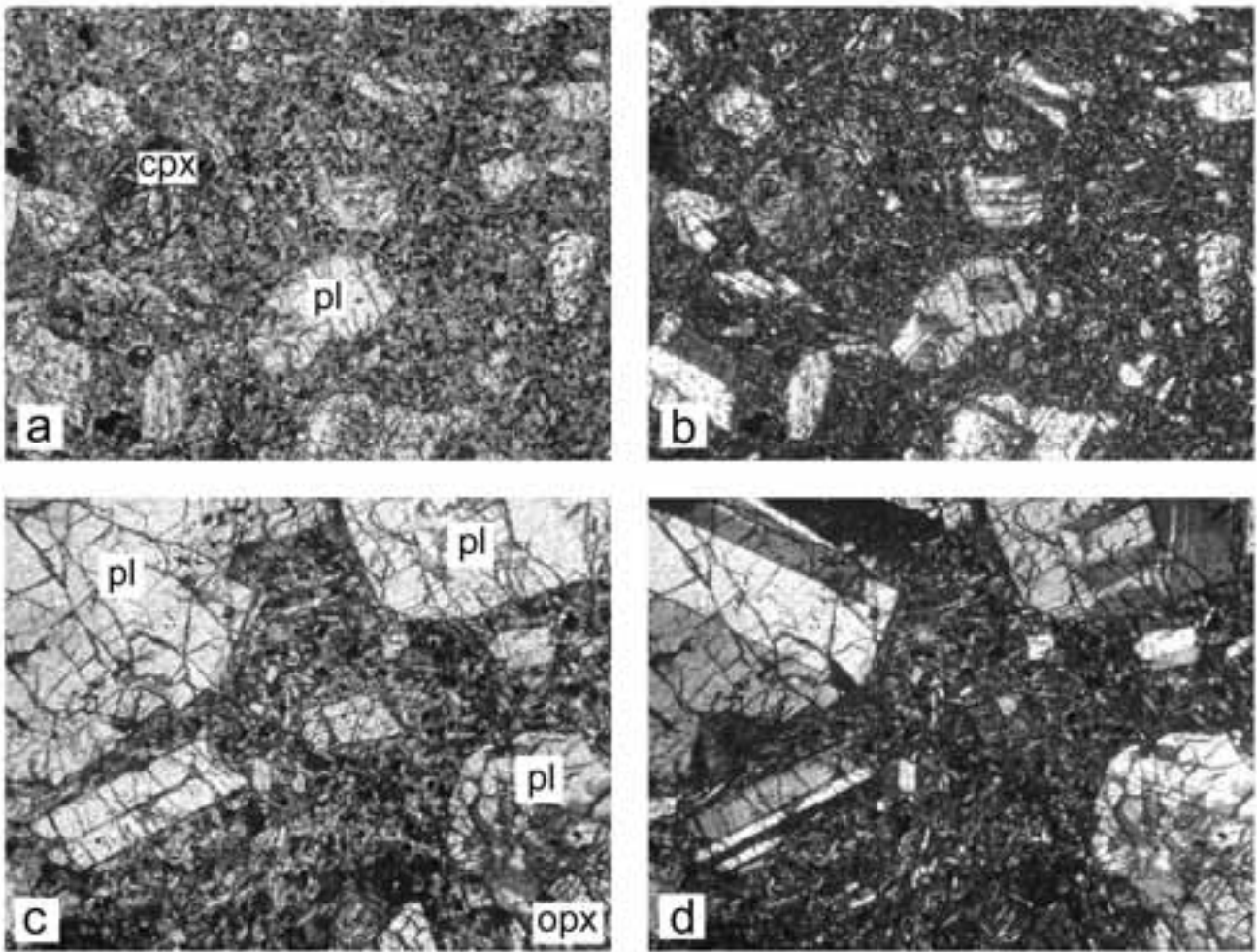


図3 上部安山岩溶岩および玄武岩岩脈の偏光顕微鏡写真。スケールは横 3.5mm. a) 上部安山岩溶岩(岩相 I-2, 深度 564m)のオープンニコル。b) 同クロスニコル。c) 玄武岩岩脈(岩相 III, 深度 796m)オープンニコル。d) 同クロスニコル。

山岩であるが、深度により構成比は一定していない。玄武岩や安山岩礫は大きなものでは 20 ~ 30cm に達する。基質はデイサイト質～安山岩質の火山灰と考えられるが、変質が激しいため原岩の推定は難しい。本層は、礫の淘汰が悪いこと、礫種も様々であることから、デブライトもしくは火道角礫岩の可能性がある。

4. 火山岩類の地球化学的特徴

岩相 I の溶岩および岩相 III の玄武岩については全岩化学分析を行なった(表 1)。全岩化学分析は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)を使用した。分析方法は小出ほか(2000)に従った。

岩相 I の溶岩(I-1、I-2)は SiO₂ が 55.98 ~ 56.71wt.% で、主要元素に大差は見られなかった。ただし、I-2 溶岩の上位のものは、I-1 溶岩よりもやや K₂O および Rb、Zr に富んでいる。

岩相 III の玄武岩の SiO₂ および MgO 含有量はそれぞれ 48.18 ~ 49.68wt.% と 4.08 ~ 7.87wt.% で、箱根地域

で見られる溶岩と比較して非常に苦鉄質である。特に最浅部の 796m は、MgO 含有量が 7.87wt.%、Cr および Ni 含有量がそれぞれ 135ppm、36ppm であり、初生的なマグマ由来と考えられる。

図 4 は花咲コア中の火山岩および、花咲コア掘削地点の周辺地域に産する比較的活動年代が古いと考えられている火山岩類の FeO/MgO-SiO₂ 比を比較したものである。比較に使用したデータは、湯河原火山の一部が袴田ほか(2005)、それ以外は山下(準備中)である。岩相 I に見られる溶岩は、すべてがカルク-アルカリ岩系に区分される。一方、岩相 III の玄武岩は FeO/MgO 比にばらつきがあるものの、すべてがソレライト岩系に区分された。

5. 火山岩の Ar-Ar 年代

岩相 I の I-2 溶岩に相当する深度 547.5m および 521m、および岩相 III の 834 m の試料について、産業技術総合研究所地質情報研究部門のレーザー加熱 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代測定システムを用いた、段階加熱法による Ar-Ar 年代測

表1 花咲ボーリングコアに含まれる火山岩の全岩化学組成

岩相区分 細分	I				III				
	I-1 lava Depth 507.6m	521m	I-2 lava 547m	564m	796m	829m	834m	840m	840.5m
Major elements (wt.%)									
SiO ₂	56.71	56.63	56.62	55.98	48.60	49.08	48.18	49.68	49.23
TiO ₂	0.72	0.71	0.71	0.72	0.74	0.64	0.58	0.77	0.96
Al ₂ O ₃	18.43	18.38	18.21	18.51	18.16	20.84	21.83	21.11	21.86
Fe ₂ O ₃	8.10	8.26	8.30	8.28	10.62	9.61	9.23	10.03	11.59
MnO	0.14	0.18	0.18	0.15	0.12	0.19	0.16	0.14	0.14
MgO	4.49	3.97	4.28	4.35	7.87	5.36	5.23	4.57	4.08
CaO	8.50	8.42	8.29	8.96	11.81	12.38	12.94	11.47	9.62
Na ₂ O	2.67	2.91	2.87	2.78	1.92	1.68	1.67	1.99	1.96
K ₂ O	0.14	0.43	0.42	0.16	0.09	0.17	0.13	0.19	0.48
P ₂ O ₅	0.11	0.11	0.11	0.10	0.08	0.05	0.04	0.06	0.07
Trace elements (ppm)									
Ba	133	146	164	117	54	62	72	94	104
Ce	11	8	14	12	15	13	2.3	n.d.	6.2
Cr	49	46	45	43	135	48	58	26	33
Nb	1.1	1.6	1.3	1.4	0.9	0.9	0.7	0.7	1.1
Ni	18	18	18	16	36	13	17	7.8	n.d.
Rb	6.9	10	10	6.7	6.4	6.7	6.8	7.1	9.3
Sr	317	307	301	309	277	219	228	240	199
Th	1.1	1.4	0.1	0.2	1.0	0.1	1.0	1.4	0.1
V	204	205	213	205	326	279	273	344	415
Y	24	28	27	21	13	16	14	17	17
Zn	82	79	78	81	63	63	58	73	151
Zr	92	152	131	76	53	50	53	50	37

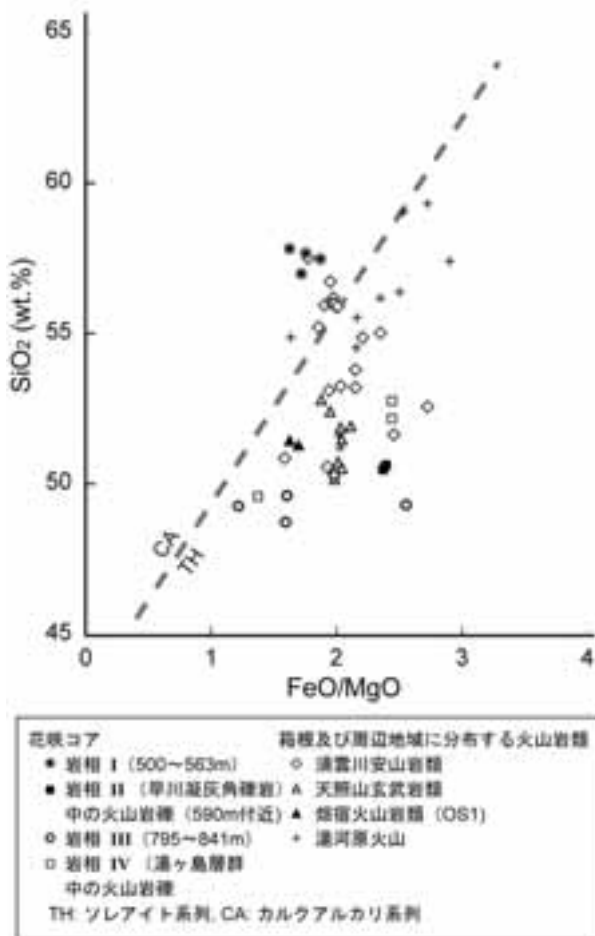


図4 花咲ボーリングコアの火山岩類のFeO/MgO-SiO₂ 図

定を試みた。

岩相IのI-2溶岩の深度547.5mの試料からは、 0.75 ± 0.06 Maのプラトー年代が得られた(図5、表2)。深度521mに関しては、大気混入率が高かったため、十分なプラトーが得られなかった。しかし、 0.69 ± 0.06 Maという年代は、深度547.5mのプラトー年代の誤差の範囲であることや、547.5mの上位に位置することを考慮するとそれほど外れた年代値ではないと思われる。本論では十分なプラトーが得られた深度547.5mの年代値である 0.75 ± 0.06 Maを岩相IのI-2溶岩の形成年代として議論する。

岩相IIIの834mの試料については、大気混入率が非常に高く十分な結果が得られなかった。

6. 考察

それぞれの岩相について、岩石学的、地球化学的観点から検討を行なった。

6.1. 岩相I

基底礫を含む凝灰質砂岩から活動が始まり、卓越する溶岩、および挟在するハイアロクラスタイトが見られることから、箱根地域の現在に至る火成活動初期に対比されるものと見られる。

Ar-Ar年代測定により得られた547.5mの溶岩の年代値は、 0.75 ± 0.06 Maであった。この年代は平田(1999)に

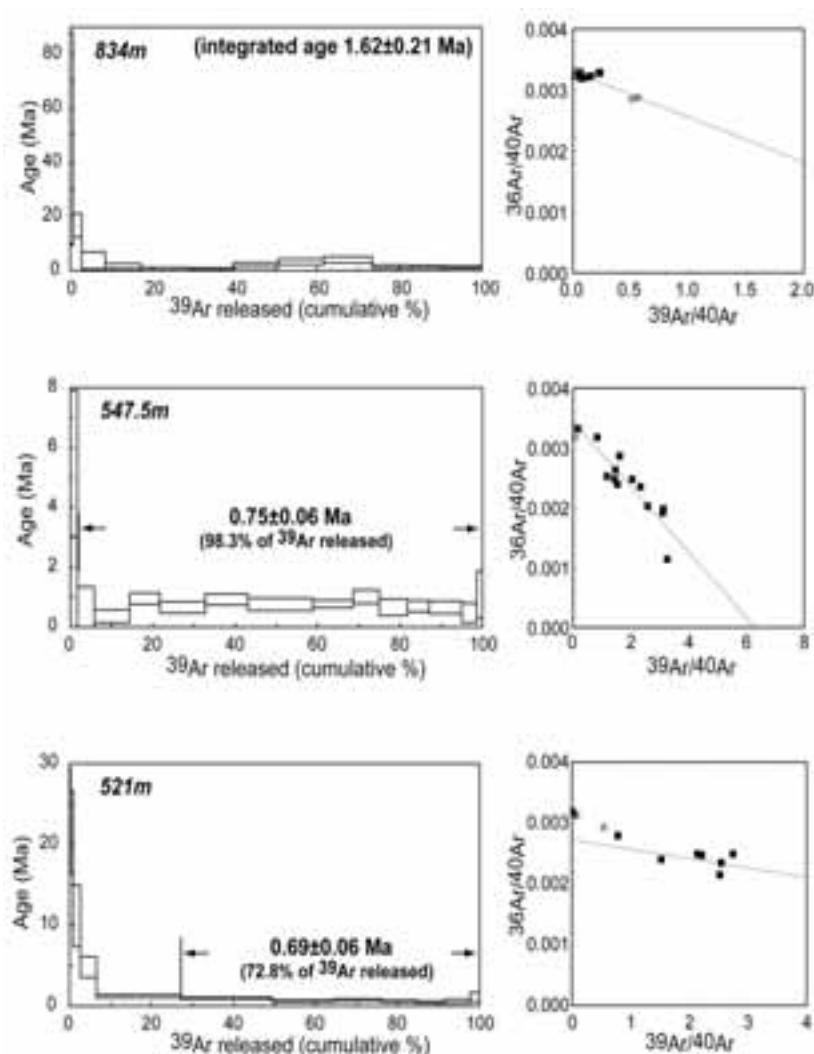


図5 上部安山岩溶岩および玄武岩岩脈のAr-Ar年代の年代スペクトラムと逆アイソクロン図

よる天昭山玄武岩類もしくはOS1の0.65～0.5Maに近い年代である。花咲コア掘削地点の約2km西方に天昭山玄武岩類が露出することから、岩相Iの溶岩は天昭山玄武岩類に相当する火成活動である可能性がある。

FeO/MgO-SiO₂プロット(図4)では、岩相Iはすべてカルク-アルカリ岩系に区分され、天昭山玄武岩類のプロット域とはだいぶ異なる。久野(1972)によれば、天昭山玄武岩類はほとんどがビジョン輝石岩系(ソレライト岩系と同様)で、紫蘇輝石岩系(カルク-アルカリ岩系と同様)はごくわずかとしている。この紫蘇輝石岩系に属する安山岩は、斑晶鉱物に単斜輝石と斜方輝石を含む(カンラン石はある場合とない場合がある)としており、この特徴は岩相IのI-2溶岩の岩石学的特徴と類似する。今回、対比に用いた天昭山玄武岩類はすべてが玄武岩で、わずかに存在するはずの安山岩は含まれていない。今後、天昭山玄武岩類の安山岩溶岩との比較をしなければならない。

須雲川安山岩類は、早川凝灰角礫岩の直後に活動した中新世～鮮新世の火成活動で、箱根火山の活動開始時期まで地表に露出していたと考えられている(久野、1972)

が、活動の絶対年代値は得られていない。今回プロットに用いた須雲川安山岩類は、久野(1972)に基づいた地質図を参考に資料収集を行なったものであるが、分布域によって組成がだいぶ異なることがわかった。なお、須雲川安山岩類の詳細については別途報告する予定である。須雲川安山岩類は、カルク-アルカリ岩系のものとソレライト岩系のものが存在し、カルク-アルカリ岩系のものは岩相Iと同様の組成を持つものがある(図4)。

図6は花咲コア掘削地点の周辺地域に産する比較的活動年代が古いと考えられている火山岩類のバリエーションダイアグラムである。岩相Iの火山岩は、比較的変質の影響を受けやすいAl₂O₃およびNa₂O、K₂O以外の元素で、須雲川安山岩類に近い領域、あるいは分化トレンド上にプロットされる。湯河原火山の安山岩も組成的に岩相Iに類似するが、MgO含有量が低いことなどから、岩相Iの溶岩は、より須雲川安山岩の組成に近い。

現時点で岩相Iの溶岩は、天昭山玄武岩類および須雲川安山岩類いずれの可能性もあると考えられる。あるいは、現在地表に現れていない別の火山体である可能性もある。

表 2. 花咲ボーリングコアに含まれる火山岩類の Ar-Ar 年代

Sample	Total gas	inv. Isochron (Ma)	intercept	Plateau (Ma)	inv. Isochron intercept	pl.	N
0502-1 U06012 834m(岩相III)	1.62±0.21	0.76±0.18	303.6±2.4	1.62±0.21	1,120±0.270	303±3	60.5 6
0502-1 U06076 547.5m(岩相I)	0.81±0.08	0.73±0.07	300±5	0.75±0.06	0.79±0.07	290±7	98.3 13
0502-2 U06173 521m(岩相I)	1.39±0.11	0.59±0.06	315±3	0.69±0.06	0.29±0.13	366±39	72.8 7

6.2. 岩相 II

岩相 II の大部分は白色の凝灰角礫岩から構成される。この凝灰角礫岩は、強変質により白色化した可能性もあるが、凝灰角礫岩の構成物質の大部分がデイサイト質の岩片と基質から構成されるために、もともと優白質であったと考えられる。本層は大規模なデイサイト質のマグマ活動により形成されていることから早川凝灰角礫岩と推定される。

本コア掘削地点の周辺地域には早川凝灰角礫岩の露出はなく、掘削地点の約 2km 西方では湯ヶ島層群の上位に天昭山玄武岩類が直接覆う関係にある。従って、この地域において約 300m の厚さを持つ早川凝灰角礫岩が地下に存在することは、箱根南西地域の地質構造を考える上で興味深い。

6.3. 岩相 III

岩相 III の玄武岩は、箱根地域でもまれに見る低い SiO₂ と高い MgO 含有量で特徴づけられ初生的なマグマ由来と考えられる。箱根地域においてこのような初生的な化学組成を持つ玄武岩には、天昭山玄武岩類もしくは畑宿火山岩類(OS1)がある。これらの岩体と玄武岩岩脈は、TiO₂ および MgO、CaO で相関があり(図 6)、天昭山玄武岩類の組成が最も類似するようと思われる。なお、久野(1972)によれば天昭山玄武岩類はカンラン石玄武岩、もしくはカンラン石単斜輝石玄武岩、カンラン石複輝石玄武岩、複輝石玄武岩によって構成されるとしている。この岩石学的特徴は岩相 III の玄武岩がカンラン石複輝石玄武岩であることと矛盾しない。よって、岩相 III の玄武岩岩脈は、天昭山玄武岩類の活動時期のものである可能性が高い。

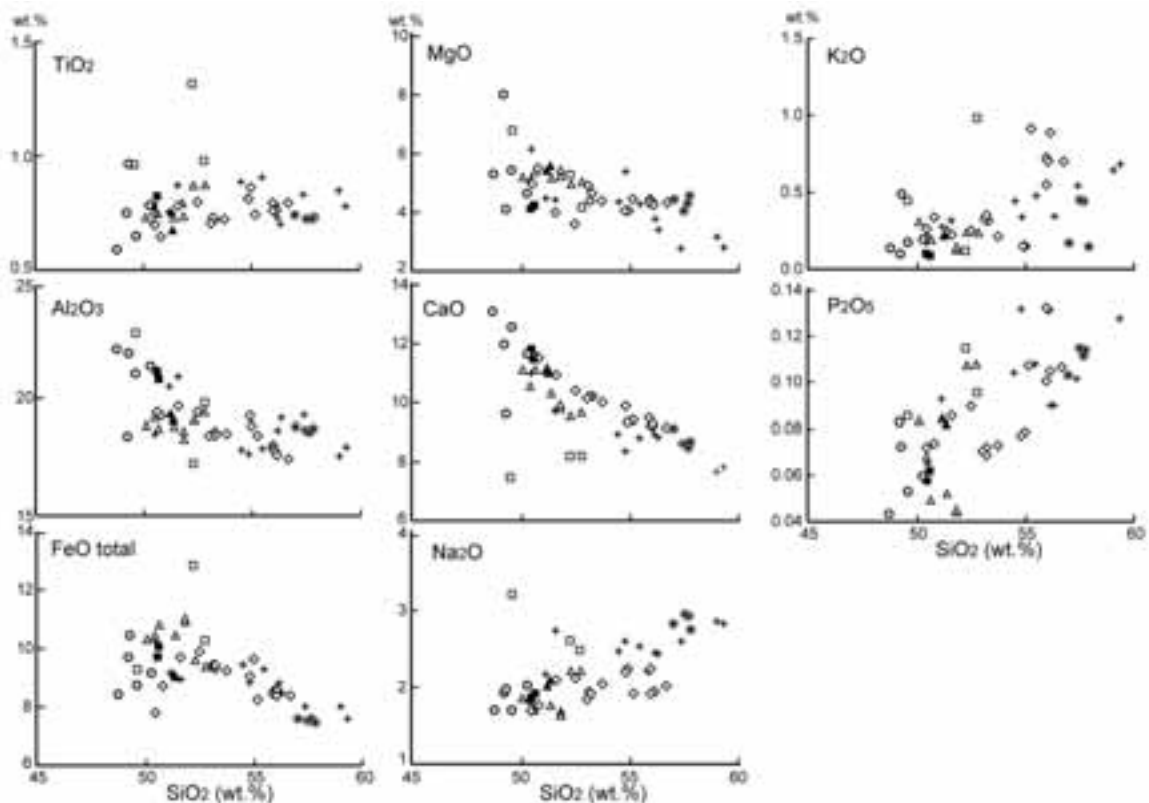


図 6 花咲ボーリングコア中の火山岩類のバリエーションダイアグラム。凡例は図 4 と同じ。

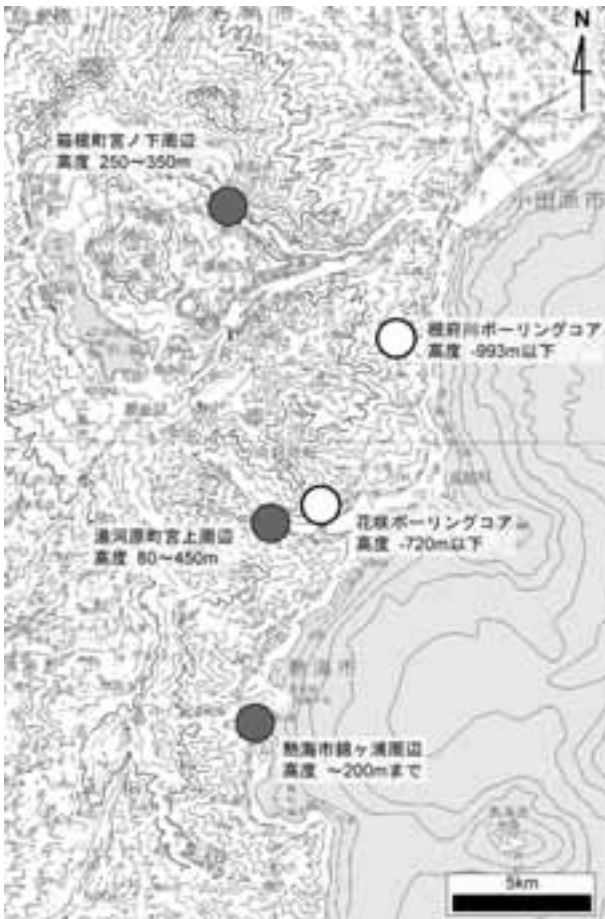


図7 湯ヶ島層群の高度の比較。(国土地理院発行数値地図200000「静岡」および「横須賀」より)

6.4. 岩相 IV

岩相 IV は、変質によって緑化されたデイサイト質～安山岩質の基質と、深度によって構成比、大きさが異なる安山岩および玄武岩、デイサイトの礫を含む凝灰角礫岩によって構成される。この特徴は、久野(1972)による箱根地域の湯ヶ島層群の岩相と一致する。

山下ほか(2003)は、八丈島東山火山カルデラ内および小田原市根府川の箱根外輪山、伊豆大島カルデラ内、青ヶ島前弧域で掘削されたボーリングコアの岩相比較を行っており、湯ヶ島層群について以下のような見解を得ている。すなわち、湯ヶ島層群を構成する凝灰角礫岩には、珪長質な火山砕屑物から構成されるやや優白質な部位と、安山岩質～玄武岩質岩片と珪長質な火山砕屑物から構成されるやや優黒質な部位とが混在し、これらの違いは、安山岩質もしくは玄武岩質岩片の混入量によって決まるということである。この見解は、岩相 IV の特徴とも一致する。従って本層は湯ヶ島層群に相当すると思われる。

花咲ボーリングコア掘削地点の約 6km 北方で掘削さ

れた 1500m の温泉井の報告では、1175m 以深に湯ヶ島層群相当層が見いだされている(萬年ほか, 2001)。さらに、平田ほか(2001)は、湯ヶ島層群の部位の解析から、以下のような火山体成長の報告を行なっている。(1) 遠方で起きた安山岩～デイサイト質の火山砕屑物による堆積ステージ、(2) 低 K_2O 、高 Al_2O_3 玄武岩の活動(6 枚の溶岩)ステージ、(3) 浅海もしくは陸上での火山活動ステージ。岩相 IV の凝灰角礫岩は、平田ほか(2001)の区分にあてはまれば、ステージ I に相当すると思われるが、花咲コアの岩相 IV に含まれる礫のサイズの方がだいぶ大きい。礫種および礫を構成する火山砕屑物の化学組成の比較を行なうことができれば、湯ヶ島層群の三次元的な解析に利用できる。

6.5. 基盤構造

伊豆半島北端部における、湯ヶ島層群の地上での露出は、湯河原町宮上をはじめ、その北方 11km の箱根町宮の下、南方 7km の熱海市錦ヶ浦に限られる(図7)。これらはほぼ南北方向に連なっており、この線の東西では湯ヶ島層群の露出がない。このことは、湯ヶ島層がこの線を軸とする一種の背斜構造をしていることを示唆する(鈴木, 1986)。この基盤の高まりはプーゲー異常分布からも支持される(たとえば、駒澤, 2004)。

久野(1972)における早川流域における基盤岩の上面高度分布および、根府川コアに基づく計算では、東側への基盤上面の傾斜はおよそ 10 度前後と見られる。本研究の、岩相 IV が湯ヶ島層群であるとして、箱根～伊豆北部における湯ヶ島層群の分布高度の検討を行なうと、勾配は約 24.5 度と非常に急傾斜になる。伊豆北端部における基盤の傾斜は、プレート境界近傍の変形を反映しているものと見られるが、微視的に見るとグラーベン構造の発達や、もともとの地形の反映により、基盤上面高度の分布は複雑なのかも知れない。本地域のテクトニクスを理解する上で、基盤構造の変形を詳しく把握することは重要であり、今後とも湯ヶ島層群まで達する大深度のボーリング試料を解析する必要がある。

7. まとめ

湯河原町宮下で掘削されたボーリングコアの地質を明らかにした。

岩相 I(深度 500 ~ 580.4m)はカンラン石含有安山岩溶岩、カンラン石含有複輝石安山岩溶岩、およびハイアロクラスタイトからなる。Ar-Ar 年代測定法によって求められた深度 574.5m の年代値は、 0.75 ± 0.06 Ma であり、天昭山玄武岩類もしくは畑宿火山岩類(OS1)に対比され

る。また、溶岩の地球化学的特徴は須雲川安山岩類と似る。このような年代および地球化学的特徴から、箱根地域における火成活動の開始に相当するとみられる。

岩相 II(深度 580.4 ~ 904.9m)は主にデイサイト質の基質と岩片から構成される火山礫凝灰岩層で、大規模なデイサイト質マグマの火成活動による堆積物とみられる。このことから同岩相は早川凝灰角礫岩に対比されるものと考えた。

岩相 III(深度 795 ~ 840.5m)は、高 MgO を特徴とするかんらん石複輝石玄武岩で、産状から早川凝灰角礫岩相当層を貫く岩脈である。全岩化学組成の対比から、玄武岩岩脈は天昭山玄武岩類の組成に類似する。

岩相 IV(深度 904.9 ~ 1200m) は変質によって緑化されたデイサイト質~安山岩質の基質と安山岩および玄武岩、デイサイトの礫で構成される凝灰角礫岩で、湯ヶ島層群に対比されると考えた。

謝辞

日本大学文理学部自然史研究所の長井雅史氏には火山岩類の全岩組成についての助言を頂いた。神奈川県立生命の星・地球博物館の田口公則氏にはボーリングコアの撮影のお手伝いをして頂いた。神奈川県立生命の星・地球博物館ボランティアの野村平二氏、新藤誠一郎氏、入江和夫氏、富田道恵氏、深沢良子氏、永井たまき氏、小林真由美氏には、岩石プレパラートおよび岩石粉碎作業のお手伝いをして頂いた。以上の方々にお礼申し上げる。なお、本研究を進めるにあたって、神奈川県立生命の星・地球博物館総合研究費「箱根火山」を用いた。

参考文献

- 袴田和夫・杉山茂夫・今永 勇・萬年一剛・大木靖衛 (2005) 箱根火山の K-Ar 年代, 火山, 50(5), 285-299.
- Hirata, D., Yamashita, H., Taniguchi, H., Nishikawa, T., Aoike, K., Suzui, M., Saito, N., Suga, K. and Arima, M. (1997) Evolution of a volcanic edifice in the Izu-Ogasawara (Bonin) arc: Lithological characteristics of a 1500 meter core sample in Hachijojima, Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.), (26) 57-88.
- 平田大二・山下浩之・萬年一剛・谷口英嗣 (2001) 箱根火山の基盤岩に関する岩石学的研究-深層ボーリングコアを材料に-, 地学雑誌, 110, 420-426.
- 平田由紀子 (1999) 箱根火山の発達史, 神奈川県博物館調査研報(自然科学), 9, 135-178.

- 金属鉱業事業団 (1987) 広域地質調査報告書, 伊豆地域, 通産省エネルギー庁, 195p.
- 駒沢正夫 (2004) 日本重力異常グリッドデータベース, 日本重力, CD-ROM 第 2 版, 数値地図, P-2, 地質調査総合センター.
- 小山真人 (1986) 伊豆半島の地史と足柄・大磯地域の更新世, 地球, 8(12), 743-752.
- 久野 久 (1972) 箱根火山地質図説明書-箱根火山および周辺地域の地質-, 大久保書店, 52p.
- 萬年一剛・山下浩之・平田大二・田口公則・川手新一・谷口英嗣・蛭子貞二 (2001) 小田原市根府川で掘削された深さ 1500m の温泉井の地質, 神奈川県温泉地学研究所報告, 33, 11-24.
- 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 (2003a) 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.
- 萬年一剛・堀内誠示・山下浩之・川手新一・平田大二・谷口英嗣 (2003b) 伊豆弧北部の基盤とその意義, 月刊地球号外, (43) 39-44.
- 大塚弥之助 (1934) 身延山北麓の化石と箱根早川層石灰岩の貝化石, 地質学雑誌, 41, 562-568.
- 坂本 泉・平田大二・藤岡換太郎 (1999) 伊豆・小笠原弧の基盤岩, 神奈川県博物館調査研報(自然科学), 9, 21-39.
- 沢村孝之助・角 清愛・小野晃司・盛谷智之 (1970) 下田地域の地質 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 41p.
- 鈴木尉元 (1986) 箱根・湯河原・多賀火山地域の地質構造について-久野久著「箱根火山地質図および同説明書」をよんで-, 北村信教授記念地質学論文集, 489-494.
- 高橋正樹・長井雅史・内藤昌平・中村直子 (1999) 箱根火山の形成史と広域テクトニクス場, 月刊地球, 21(7), 437-445.
- Tomida, S. (1996) Late neogene tropical and subtropical molluscan faunas from the south Fossa-Magna region, central Japan, Bull. Mizunami Fossil Mus., (23) 89-140.
- 山下浩之・谷口英嗣・萬年一剛・平田大二・川手新一 (2003) 伊豆弧北部で掘削された深層ボーリングコアから得られた湯ヶ島層群の特徴, 月刊地球号外, 43, 45-52.