

小田原市根府川で掘削された深さ1500mの温泉井の地質

萬年一剛*、山下浩之*²、平田大二*²、田口公則*²、川手新一*³、谷口英嗣*⁴、
蛭子貞二*⁵

by

Geology of the 1500m-deep hot springs well drilled in Nebukawa, Odawara.

Kazutaka MANNEN*, Hiroyuki YAMASITA *², Daiji HIRATA *², Kiminori TAGUCHI *²,
Shinichi KAWATE *³, Hidetsugu TANIGUCHI *⁴ and Teiji EBIKO *⁵

Abstract

A geological description and microfossil analysis were performed on the drilling cores and cuttings of the Odawara-5 hot springs well. During the drilling of the well, 1500m deep, core cuttings were sampled up to 1200m deep with 10m interval. Coring works were also performed as about 1m length partial coring of 200m interval up to 1200m in depth and as total core of 1200-1450m depth. The geology of the well was revealed to be as followings, in descending order: loam (182 to 176m alt.), early monogenic volcanoes group and Shirogane-yama group (176 to -43m alt.); tuff breccia of old somma lavas (-43 to -373m alt.); Hayakawa tuff breccias (-373 to -993m alt.); and Yugashima group (-993 to -1268m alt.). Foraminifera and calcareous nannoplankton of Hayakawa tuff breccias (811.5m deep) were analysed. Foraminiferal fauna shows later N17 to earlier N19 (5.8-4.18Ma). Calcareous nannoplankton fauna is correlative with CN11b (4.2-3.66Ma).

1. はじめに

小田原市根府川字ノグロに1991(平成3)年に完成した小田原第5号温泉井(以下本井戸とよぶ)は孔口標高182m、深さ1500mのいわゆる大深度温泉井で、孔底は箱根火山の溶岩類を掘り抜いて基盤に達している。この井戸では深度1200mから1450mまでオールコアによるサンプリングが行われ、そのサンプルは神奈川県立生命の星・地球博物館に、また1200m以浅のカッティングス試料、パートコア試料などが温泉地学研究所に収蔵されているほか、掘削時の記録等も完備しており、詳細な地質解析が可能である。このため、この地域の地質構造を把握し地質構造発達史を明らかにしたり、箱根火山外輪山地域における熱構造や温泉流動系を解明するうえで、本井戸のもたらすさまざまなデータは極めて重要である。

著者らはこれまでも伊豆 - 小笠原島弧の形成過程を明らかにするという視点で、本井戸について主に1200m以深のオールコアの解析に基づく報告を行ってきた(平田ほか、2001; Taniguchi *et al.*, 2000)。本報告では、本井戸について孔口から孔底までの全深度について地質の記載を明らかにし、従来提案されている本地域の層序との対比を行う。

2. 本井戸周辺の地形

本井戸は箱根火山古期外輪山の南東斜面上、東海道本線根府川駅の北西約900mに位置する(図1)。地形を細かく見ると本井戸の周辺は、側面が急峻で頂部は比較的平坦な東西に延びる舌状の地形をなす。舌状の部分は粘性の比較的高い溶岩の溶岩流であると考えられる。長井、高橋(1999)はこの地域の表層を白銀山中腹から流出した溶岩

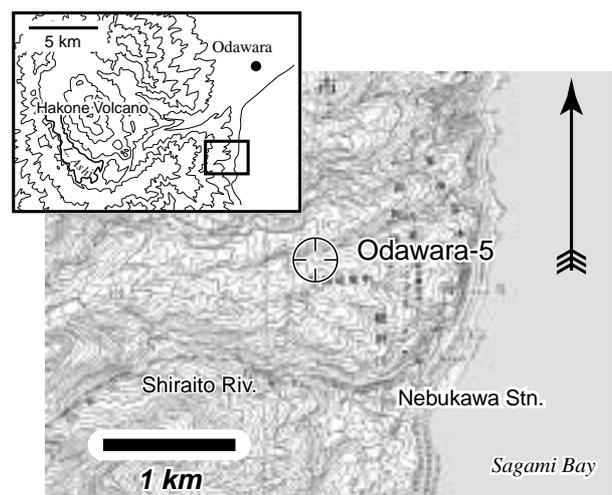


図1 小田原第5号温泉井の位置
Fig.1 Index map of the Odawara-5 well.

* 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
*² 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
*³ 武蔵高等学校 〒176-8535 東京都練馬区豊玉上 1-26-1
*⁴ 駒澤大学高等学校 〒158-8577 東京都世田谷区上用賀 1-17-12
*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
論文, 神奈川県温泉地学研究所報告, 第33巻, 11 - 24, 2002.

流とみている。本井戸はこの舌状の地形の北側斜面に位置する。

久野久の一連の研究(たとえば Kuno, 1950 ; 久野 1972)によれば、箱根火山は2回のカルデラ形成を区切りとし3つの活動期に大別される。久野は1回目のカルデラ形成前の山体を古期外輪山と呼称し、巨大な成層火山を推定した。しかし、最近の平田(1999)や長井、高橋(1999)の研究では、古期外輪山はいくつかの中小規模成層火山の複合体であると考えている。後述(4章)するように、この地域のいわゆる古期外輪外輪山は厚い溶岩流が卓越する点で、ほかの古期外輪山地域とことなる。このことから本報告では、本地域の地質区分にあたって、平田(1999)および長井、高橋(1999)の分類に基づいた。

3. 地質試料の記載

地質試料は孔口から深度1200mまでは10mおきに採集されたカッティングス試料と、ほぼ200mおきに採取されたパートコア試料、深度1200mから1450mまでのオールコア試料である。

3.1. カッティングス試料

3.1.1. カッティングス試料の記載方法

カッティングス試料は、直径2.5cmほどの円筒形容器中に樹脂で固定した後、これを通常の手法で薄片にした。この薄片の中に含まれるカッティングス試料の種類を以下のように記載した。地質の解釈については次章で議論する。カッティングス試料の概要を表1のようにまとめた。カッティングス試料はほとんどの場合火山岩であったので、その斑晶鉱物の種類と量を記載した。これはカッティングス試料全体についてのものである。その他、もっとも多い岩片の量比、組織とその量比、化石の有無、変質度を記載した。

3.1.2. カッティングス試料の記載

深度10 ~ 220m(標高172 ~ -38m)

この区間は新鮮な火山岩岩片からなり、ほとんどの深度で特定の種類の岩片がカッティングスの大多数を占める。このことからこの区間の多くが一定以上の厚さを持った複数の溶岩流からなることが推定される。鏡下の観察によりこれらの溶岩流は上位から、無斑晶質安山岩溶岩(深度10 ~ 40m)、両輝石含有¹⁾安山岩溶岩(深度50 ~ 80m)、両輝石安山岩溶岩(深度90 ~ 140m)、両輝石安山岩溶岩

(深度140 ~ 150m)、かんらん石両輝石含有安山岩溶岩を主体とする火山砕屑物(深度160 ~ 190m)、両輝石含有安山岩溶岩(深度200 ~ 210m)に区分される。

深度230 ~ 390m(標高-48 ~ -208m)

カッティングスは、比較的新鮮な多種類の火山岩岩片を主体とするが、土壌または風化した凝灰角礫岩の基質部分のような細粒物質から成る破片も含む。火山岩岩片は斑晶として、斜長石、かんらん石、両輝石を含み、斑晶量は全体で10 ~ 15%程度で、間粒状組織を呈するものが多い。また深度280m以深でスコリアを含むことが多くなる。

深度400 ~ 440m(標高-218 ~ -258m)

カッティングスには前の区間で多く見られた間粒状組織を示す岩片がほとんど見られない。斑晶量も5 ~ 10%と少なめである。深度400mでは土壌と思われる破片が含まれる。この付近では掘削記録を見ると前後の2 ~ 3倍の掘進速度になっている。岩片は変質や風化を受けていない。深度410m以深ではスコリアの含有量が大きくなる。

深度450 ~ 550m(標高-268 ~ -368m)

カッティングスは、比較的新鮮な多種類の火山岩岩片を主体とする。細粒物質から成る岩片(凝灰角礫岩の基質のようなもの)はほとんど含まない。かんらん石、両輝石を含み、斑晶量は10%前後のものが多い。岩片は新鮮なものが多いが、一部変質している。また下位でガラス基流晶質および褐色の火山ガラスを多く含む。

深度560 ~ 640m(標高-378 ~ -458m)

カッティングスはやや変質した、多種類の火山岩岩片を主体とする。細粒部分からなる基質部分はほとんど含まない。コケムシと思われる化石が単独の破片としてわずかに含まれる。火山岩岩片の斑晶は、両輝石、かんらん石のほか角閃石を含むことが特徴的である。斑晶量は5%前後のものが多い。ガラス基流晶質を呈する岩片および火山ガラスを多く含む。これまでの区間と比べて、変質が進行しておりとくに下位では有色鉱物が完全に分解したり緑泥石化している。

深度650 ~ 770m(標高-468 ~ -588m)

カッティングスは斑晶量5 ~ 3%でハイアロオフィティック組織を呈する両輝石含有デイサイト溶岩の岩片

¹⁾ わずかにしか含まれな斑晶(1%以下のもの)に関しては斑晶鉱物名の後に「含有」と表記する。

表1 カッティングス試料の記載。

Table 1 Description of cuttings.

depth	phenox*							groundmass%								mtb*3	fsl*4	w/a*5	presumable facies		
	pl	opx	cpx	opq	ol	hb	CMAT	ho	is	ig	dev	hp+gls	pm	sc	acc.					hc	
10	*	*	*	-	-	-	100	100	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	f	ap. And. Lava	
20	*	*	*	-	-	-	100	100	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	ap. And. Lava	
30	*	*	*	-	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	f	ap. And. Lava	
40	*	*	*	-	-	-	80	80	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	f	ap. And. Lava	
50	5	tr	tr	-	-	-	70	80	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
60	5	tr	tr	-	-	-	100	100	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
70	5	tr	tr	tr	-	-	100	100	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
80	5	tr	tr	tr	-	-	60	60	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
90	15	1	3	-	-	-	100	100	-	100	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
100	15	1	tr	-	-	-	100	100	-	100	tr	-	-	-	-	-	-	-	w	cpx, opx And lava	
110	10	tr	tr	-	-	-	80	80	-	20	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
120	10	tr	-	-	-	-	80	10	-	80	10	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
130	10	3	1	-	-	-	90	10	-	90	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
140	15	5	1	-	-	-	90	90	-	10	tr	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
150	30	5	3	-	-	-	90	90	+	10	-	-	-	-	-	-	-	-	f	cpx, opx And lava	
160	30	5	tr	-	tr	-	40	60	10	-	30	-	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics	
170	20	5	tr	-	3	-	60	30	10	-	60	-	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics	
180	15	5	tr	-	tr	-	50	40	10	-	50	-	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics	
190	15	5	tr	-	3	-	30	40	10	-	50	-	-	-	-	-	-	-	f	volcaniclastics	
200	10	tr	tr	-	tr	-	80	10	80	tr	10	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
210	10	tr	tr	-	tr	-	80	10	80	-	10	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
220	15	5	tr	-	tr	-	80	10	80	-	10	-	-	-	-	-	-	-	f	opx,cpx-b And lava	
230	10	3	3	-	tr	-	40	40	50	-	10	-	-	-	-	-	-	-	w	tuff breccia	
240	10	3	1	1	-	-	70	70	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	f	tuff breccia	
250	10	3	3	tr	-	-	50	80	-	-	20	-	-	-	-	-	+	-	f>w	tuff breccia	
260	15	1	-	tr	tr	-	40	40	30	-	-	-	-	-	-	-	+	-	f	tuff breccia	
270	15	3	1	-	tr	-	20	60	20	30	20	-	-	-	-	-	-	-	f	tuff breccia	
280	15	tr	tr	-	tr	-	20	40	20	20	20	-	-	tr	-	-	+	-	f	tuff breccia	
290	15	3	-	-	tr	-	40	60	-	20	40	-	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
300	15	1	3	-	3	-	20	40	20	20	20	-	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
310	10	1	1	-	tr	-	50	50	10	10	30	-	-	tr	-	-	tr	-	f	tuff breccia	
320	10	3	tr	-	tr	-	40	40	30	30	tr	-	tr	-	-	-	tr	-	f	tuff breccia	
330	10	1	1	-	3	-	60	10	10	60	20	-	-	tr	-	-	tr	-	f	tuff breccia	
340	10	tr	tr	-	tr	-	60	60	20	10	10	tr	-	10	tr	-	-	-	f	tuff breccia	
350	10	tr	tr	-	tr	-	70	70	20	tr	10	-	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
360	10	3	tr	-	tr	-	80	80	10	10	tr	-	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
370	10	3	-	-	tr	-	70	70	10	10	tr	-	-	10	-	-	-	-	f	tuff breccia	
380	10	tr	tr	-	tr	-	60	30	30	-	30	-	-	10	tr	-	tr	-	f	tuff breccia	
390	5	1	1	-	-	-	40	30	20	40	10	-	-	tr	-	-	tr	-	f	tuff breccia	
400	5	tr	tr	-	tr	-	30	30	10	-	60	-	-	1	-	-	tr	-	w	soil	
410	5	tr	tr	tr	tr	-	40	60	1	-	20	-	-	10	-	-	-	-	f>a	scoria flow?	
420	5	tr	tr	-	tr	-	30	30	1	1	20	-	-	30	tr	-	-	-	f>a	scoria flow?	
430	3	tr	tr	-	-	-	50	-	tr	-	20	30	-	50	-	-	-	-	a	scoria flow?	
440	3	1	tr	-	1	-	50	60	1	-	10	-	-	20	-	-	-	-	f	scoria flow?	
450	5	-	-	-	tr	-	40	60	-	2	10	10	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
460	5	tr	tr	-	-	-	60	80	-	2	-	-	-	tr	tr	-	-	-	f	tuff breccia	
470	15	3	tr	-	tr	-	50	30	60	-	-	-	-	tr	-	-	tr	-	f	tuff breccia	
480	10	1	tr	-	tr	-	40	60	40	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	f>a	tuff breccia	
490	10	3	1	-	3	-	50	70	20	-	-	10	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
500	10	tr	tr	-	3	-	20	40	10	10	30	10	-	tr	-	-	-	-	f	tuff breccia	
510	15	1	tr	-	1	-	20	20	30	20	30	-	-	tr	tr	-	-	-	f>a	tuff breccia	
520	15	tr	tr	-	1	-	20	20	30	30	20	tr	-	tr	-	-	-	-	f>a	tuff breccia	
530	10	tr	tr	-	1	-	40	10	20	-	40	20	-	10	-	-	-	-	f>a	tuff breccia	
540	10	1	tr	-	1	-	50	10	20	10	50	10	-	-	tr	tr	-	-	f>a	tuff breccia	
550	10	tr	tr	-	1	-	40	10	30	40	20	tr	tr	-	tr	tr	-	-	f>a	tuff breccia	
560	10	tr	tr	-	-	tr	40	20	10	-	40	30	-	-	-	-	tr	-	a	tuff breccia	
570	10	tr	tr	tr	-	tr	30	20	30	tr	30	20	-	-	-	-	tr	-	tr	a	tuff breccia
580	5	tr	tr	tr	-	tr	30	20	20	-	60	-	-	-	-	-	tr	-	a	tuff breccia	
590	5	tr	tr	tr	tr	tr	30	20	10	-	40	30	-	tr	-	-	-	tr	a	tuff breccia	
600	5	tr	tr	tr	tr	tr	30	40	10	tr	30	20	-	-	-	-	-	-	a	tuff breccia	
610	10	tr	tr	-	-	-	40	40	10	10	30	tr	-	-	-	-	-	-	a	tuff breccia	
620	10	tr	tr	tr	-	-	60	20	-	*	60	20	-	-	-	-	-	tr	a	tuff breccia	

表1 (続き)
Table 1 (Continued)

depth	phenocryst*						groundmass ²										mbx*3	fsl*4	w/a*5	presumable facies
	pl	opx	epx	opq	ol	hb	CMAT	ho	is	ig	dev	hp+gls	pm	sc	acc.	hc				
630	5	*	*	*	-	-	80	20	-	*	80	-	-	-	-	-	-	-	a	tuff breccia
640	5	tr	tr	-	-	-	40	20	10	*	40	30	-	-	tr	-	-	-	a	tuff breccia
650	5	tr	tr	1	-	-	90	90	-	*	10	-	tr	-	tr	-	-	-	a	dacite lava?
660	10	tr	tr	tr	-	-	60	60	10	10	20	-	tr	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
670	5	tr	tr	tr	-	-	70	30	tr	tr	tr	-	tr	-	-	-	70	-	a	pumiceous turbidite
680	5	tr	tr	tr	-	-	60	40	tr	tr	tr	-	60	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
690	3	-	tr	tr	-	-	70	70	tr	-	30	-	-	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
700	3	tr	tr	tr	-	-	60	20	tr	tr	10	-	60	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
710	3	tr	tr	tr	-	-	70	20	tr	tr	10	-	80	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
720	5	tr	tr	tr	-	-	60	50	-	-	10	-	-	-	-	tr	-	-	a	dacite lava?
730	5	-	-	tr	-	-	80	80	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
740	5	tr	tr	tr	-	-	60	60	10	-	30	-	-	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
750	3	tr	tr	-	-	-	80	10	-	-	10	-	tr	-	-	-	80	-	a	dacite lava?
760	3	tr	tr	-	-	-	30	tr	tr	tr	60	30	-	-	-	-	-	-	a	tuff breccia
770	3	*	*	-	-	-	60	tr	tr	tr	30	10	-	-	-	-	60	-	a	pumiceous turbidite
780	5	-	-	-	-	tr	90	-	-	-	tr	-	+	-	-	-	90	-	a	pumiceous turbidite
790	5	-	-	-	-	tr	90	-	-	-	tr	-	+	-	-	-	90	+	a	pumiceous turbidite
800	5	tr	-	-	-	tr	100	-	-	-	-	-	+	-	-	-	100	+	a	pumiceous turbidite
810	10	-	-	-	-	tr	100	-	-	-	-	-	+	-	-	-	100	+	a	pumiceous turbidite
820	10	tr	tr	-	-	-	100	tr	-	-	-	tr	+	-	-	-	100	+	a	pumiceous turbidite
830	3	tr	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	+	-	-	-	100	+	a	pumiceous turbidite
840	1	-	-	-	-	tr	100	-	-	tr	-	-	+	-	-	-	100	tr	a	pumiceous turbidite
850	3	tr	tr	-	-	-	90	-	-	-	-	-	+	-	-	-	90	-	a	pumiceous turbidite
860	10	tr	tr	-	-	-	100	tr	-	-	100	-	tr	-	-	-	-	tr	a	unsolidified sand
870	10	-	-	-	-	-	60	-	-	-	40	-	-	-	-	-	60	-	a	tuff breccia
880	5	tr	-	-	-	-	50	-	-	30	20	-	-	-	-	-	50	-	a	tuff breccia
890	10	-	-	3	?	-	90	-	-	90	-	-	-	-	-	-	10	-	a	tuff breccia
900	10	-	-	?	?	-	80	-	-	10	80	-	-	-	-	-	10	tr	a	tuff breccia
910	3	-	-	-	-	-	60	-	-	-	60	-	-	-	-	-	40	tr	a	tuff breccia
920	3	-	-	-	-	-	90	90	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	a	dacite lava?
930	10	-	tr	-	-	-	30	30	10	40	20	-	tr	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
940	10	-	tr	-	-	-	40	-	10	40	10	-	-	-	-	-	40	-	a	tuff breccia
950	15	-	-	-	-	-	80	10	-	80	10	-	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
960	15	-	-	-	-	-	40	40	40	40	20	tr	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
970	5	-	-	-	-	-	80	80	10	10	-	tr	tr	-	-	-	10	-	a	tuff breccia
980	10	tr	tr	-	-	-	40	-	-	-	60	10	tr	-	-	-	30	-	a	tuff breccia
990	30	3	tr	-	-	-	10	-	tr	tr	10	-	tr	-	-	-	90	-	a	tuff breccia
1000	10	3	1	-	-	-	20	-	-	-	20	-	tr	-	-	-	80	-	a	tuff breccia
1010	10	tr	-	-	-	-	80	-	-	10	80	10	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1020	20	-	-	tr	-	-	60	-	-	tr	60	30	-	-	-	-	10	-	a	tuff breccia
1030	10	tr	-	-	-	-	40	20	-	10	50	20	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1040	5	tr	tr	tr	-	-	40	10	-	-	40	-	-	-	-	-	50	-	a	tuff breccia
1050	10	3	tr	-	-	-	30	50	-	-	20	-	-	-	-	-	30	tr	a	tuff breccia
1060	10	tr	tr	tr	-	-	100	-	-	-	tr	-	tr	-	-	-	100	-	a	tuff
1070	20	tr	-	-	-	-	20	-	tr	tr	70	tr	tr	-	-	-	30	tr	a	tuff breccia
1080	10	-	-	-	-	-	10	10	tr	30	50	tr	-	-	-	-	10	tr	a	tuff breccia
1090	10	tr	-	-	-	-	60	-	-	70	20	10	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1100	10	*	-	tr	-	-	40	-	-	60	30	10	-	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1110	10	tr	-	-	-	-	30	-	-	40	40	10	-	-	-	-	-	tr	a	volcaniclastics
1120	20	-	-	tr	-	-	20	-	-	-	30	20	-	-	-	-	50	-	a	tuff breccia
1130	5	-	-	-	-	-	30	-	-	-	30	-	-	-	-	-	70	-	a	tuff breccia
1140	10	tr	-	-	-	-	20	-	10	-	20	-	-	-	-	-	70	-	a	tuff breccia
1150	10	-	-	-	-	-	20	-	-	-	20	-	-	-	-	-	80	-	a	tuff breccia
1160	10	tr	-	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	90	-	a	tuff breccia
1170	5	-	-	-	-	-	10	-	-	10	10	-	-	-	-	-	80	-	a	tuff breccia
1180	10	*	*	-	-	-	50	tr	-	60	30	tr	tr	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1190	10	*	*	-	-	-	60	tr	-	60	40	tr	tr	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics
1200	10	tr	tr	-	-	tr	80	tr	-	80	10	tr	tr	-	-	-	-	-	a	volcaniclastics

* 斑晶鉱物の含有量をパーセントで表示。*² 含まれる岩片の石基組織の比率をパーセントで表示。CMAT, もっとも含有量の多い岩片の比率; ho, hyalo-ophitic; is, intersertal; ig, intergranular; dev, 風化や変質により失透した石基(もともとは hyalo-ophitic や hyalo-pilitic); hp+gls, hyalo-pilitic または 火山ガラス; pm, 軽石; sc, スコリア; acc, 異質岩片(脈や強く変質した岩片など), hc, 完晶質(集積岩)。*³ 凝灰角礫岩の基質など細粒の物質の集合体。*⁴ 微化石。*⁵ 新鮮さ。f, 新鮮; w, 風化; a, 変質。

* phenocryst contents are shown in percentage. *² groundmass composition of lithic fragments are shown in percentage. ho, hyalo-ophitic; is, intersertal; ig, intergranular; dev, devitrified due to weathering or alteration (originally hyalo-ophitic or hyalo-pilitic); hp+gls, hyalo-pilitic or volcanic glass; pm, pumice; sc, scoria; acc, accidental lithic (fragment of vein or strongly altered material), hc, holocrystalline lithic (cumulate). *³ fine materials such as matrix of tuff breccia. *⁴ micro fossil. *⁵ degree of alteration. f, fresh; w, weathered; a, altered.

および変質した軽石を主体とし、そのほかはあまり含まれない。この区間では両輝石含有デイサイト岩片が優勢な深度と、変質した軽石が主体の深度からなる。

深度 780 ~ 850m(標高 -598 ~ -668m)

カッティングスは変質した細粒の軽石を主体とする。有孔虫、コケムシ、数 mm 大の小型の巻貝の化石および破片を多く含む。炭酸塩鉱物も含む。軟弱な地盤であったらしく、カッティングス試料の多くは掘削時に一度シルト程度の大きさにまで細粒化したものである。コア試料(深度 811.5m)からも、ほとんどが軽石からなることが確認された。

深度 860 ~ 1170m(標高 -678 ~ -988m)

カッティングスの大部分は変質した軽石質の火山砕屑物および多種類の火山岩岩片からなるが、深度によってはどちらかが卓越したり、火山岩岩片の種類がかなり均一になる。区間全体では、火山岩岩片の斑晶として斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物が含まれる。輝石は斜方輝石が優勢である。構成鉱物の種類や量、量比は一定しない。下位では緑泥石などの変質鉱物が見られ、やや変質がめだつ。まれにコケムシと思われる化石破片を含む。

深度 1180 ~ 1200m(標高 -998 ~ -1018m)

カッティングスは変質した多種類の火山岩岩片からなるが、間粒状組織を持つものが卓越する。細粒物質はほとんど含まれない。

3.2. パートコアの記載

深度 224m(標高 -42m)

回収されたコアの長さは約 20cm で、全長が硬質緻密な暗灰色の安山岩である。斑晶として、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物をわずかに含む。斜長石斑晶は 1.5 ~ 2mm ほどで 15 ~ 20% ほど含まれる。石基は 0.075mm 以下の針状 ~ 短冊状斜長石が散在し黒色不透明の隠微晶質が填間するハイアロオフィティック組織を呈する。

深度 402.9m(標高 -220.9m)

回収時に破碎され原形をとどめていない。2 ~ 5cm 大の無斑晶質の安山岩片と、スコリア質の礫が十数個回収された。

深度 638.25m(標高 -456.25m)

回収されたコアの長さは約 35cm である。直径最大 8cm ほどの灰色の安山岩の角礫および黄褐色の基質からなる

凝灰角礫岩である。基質支持である。鏡下では変質した軽石、スコリア、変質して石基が黒変した岩片が基質として認識できる。

深度 811.5m(標高 -629.5m)

回収されたコアの長さは約 35cm である。直径最大 2cm の軽石と同質の細粒物質よりなる軽石層である。軽石は淡黄褐色から淡灰色を呈する。粗粒の部分と細粒の部分が互層する。層理は水平面から 20 度ほど傾斜している。斑晶として単斜輝石、斜方輝石、かんらん石、斜長石をわずかに含む。遊離結晶を含むが、岩片は含まない。基質には有孔虫や巻貝などの化石が含まれる。一部で炭酸塩鉱物が見られる。軽石は全般に新鮮である。

深度 1008.4m(標高 -826.4m)

回収時に破碎され原形はかなり失われている。最大 5mm ほどの斜長石斑晶が目立つ玄武岩溶岩で、変質した細粒の基質が一部に付着している。玄武岩溶岩は斜長石斑晶が 20 ~ 30% 含まれるほか単斜輝石、斜方輝石がわずかに含まれる。

3.3. オールコアの記載

オールコアで地質試料が回収された 1200m 以深については、平田ほか(2001)、Taniguchi *et al.* (2000) においてすでに詳しく述べられているが、本論文では深度 1200m 以浅とあわせて本井戸の地質を論ずるために、改めて記載する。

深度 1200 ~ 1216m(標高 -1018 ~ -1034m)

安山岩の角礫および高温酸化により赤変した安山岩片、火山砂よりなる、やや固結度の低い基質支持の凝灰角礫岩である。

深度 1216 ~ 1340m(標高 -1018 ~ -1158m)

玄武岩から玄武岩質安山岩の溶岩 6 枚と挟在する凝灰角礫岩からなる。溶岩はいずれも上下が角礫化しており、急冷縁および急冷クラックのような構造が認められる。凝灰角礫岩は斑晶質の安山岩ないし玄武岩のラピリや角礫と、無斑晶質のラピリが混在している。1295.7m 付近に破碎帯がある。

深度 1340 ~ 1450m(標高 -1158 ~ -1268m)

この区間は 1340m 付近の破碎帯を上限とし、これより上位の前区間と岩相が大きく異なる。比較的薄い溶岩を一枚含むが(1391 ~ 1393m) 全体としては、直径数 cm 以下、

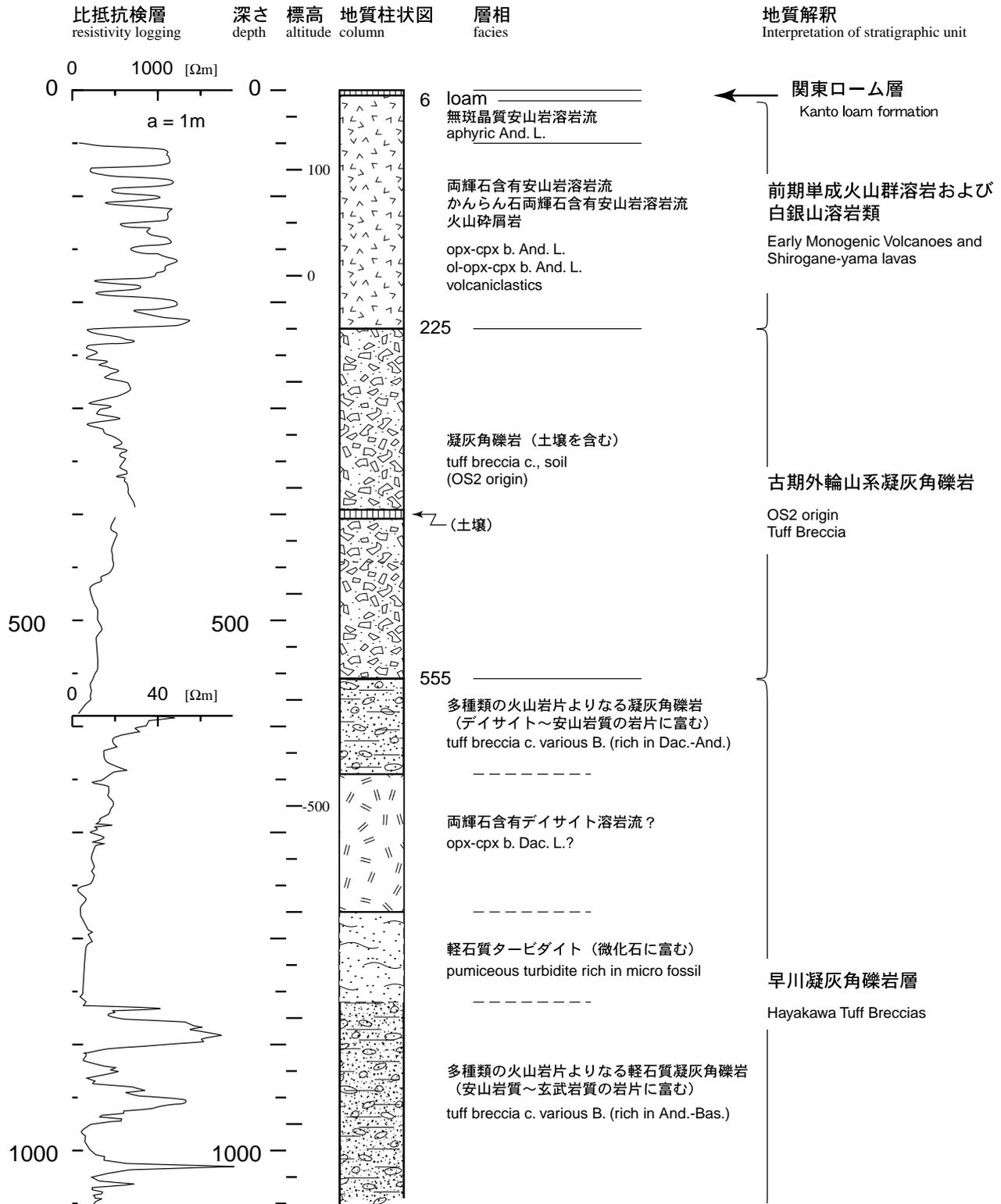
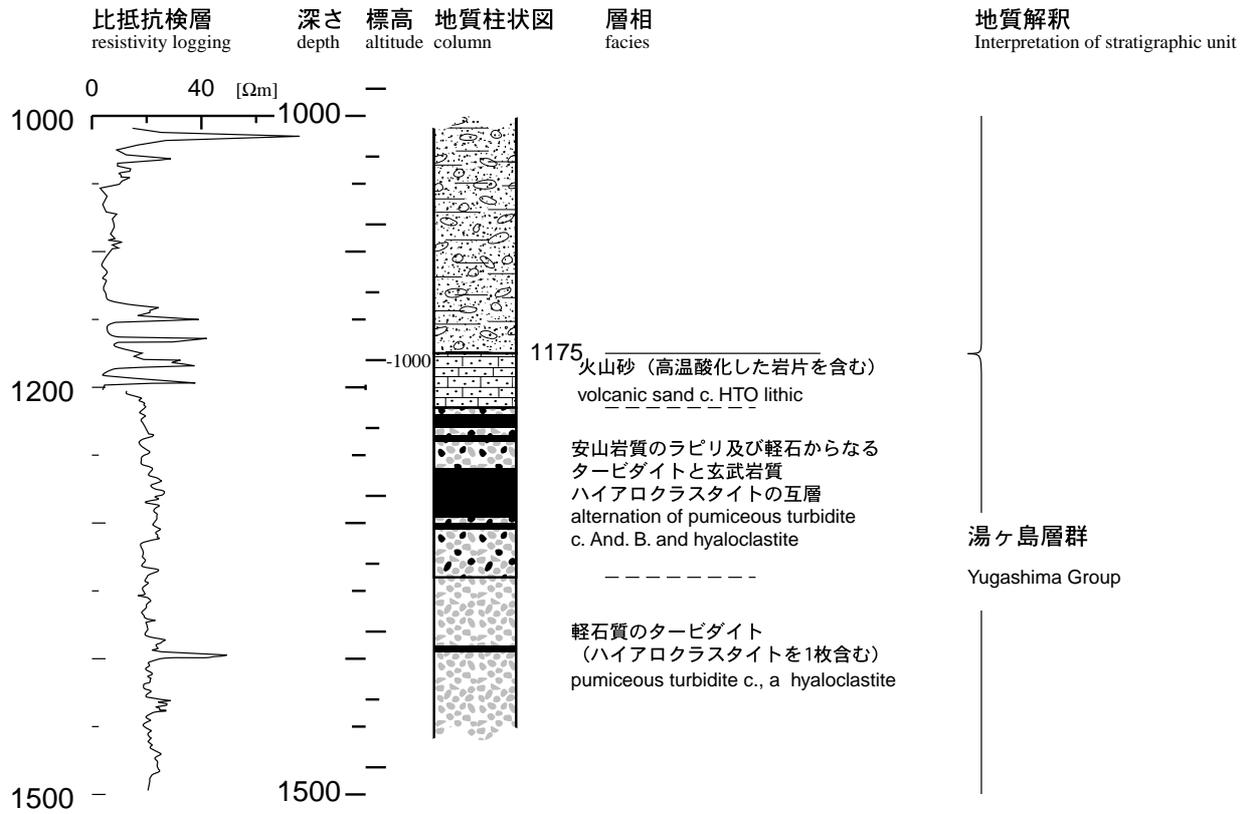


図2 小田原第5号温泉井の地質柱状図
Fig.2 Geological section of the Odawara-5 well.



凡例



Legend

土壌および古土壌
soil and paleosol



安山岩溶岩
andesite lava



凝灰角礫岩
tuff breccia



デイサイト溶岩
dacite lava



凝灰角礫岩(海洋性)
tuff breccia (marine)



軽石質タービダイト
pumiceous turbidite



火山砂
volcanic sand



安山岩質ラピリおよび軽石よりなるタービダイト
turbidite of pumice and andesitic lapilli



玄武岩質ハイアロクラスタイト
basaltic hyaloclastite



おもに軽石よりなるタービダイト
pumiceous turbidite

その他記号 Notes

斑晶鉱物 mineral

opx; 単斜輝石 orthopyroxene
cpx; 斜方輝石 clinopyroxene
ol; かんらん石 olivine

岩石 rocks

Bas.; 玄武岩 basalt
And.; 安山岩 andesite
Dac.; デイサイト dacite

facies

L.; 溶岩流 lava
T.; タービダイト turbidite
B.; 角礫岩 breccia

others

b.; bearing
c.; contain
HTO; high temperature oxidized

多くは1cm以下の無斑晶質のラピリを主体とする凝灰岩である。斑晶質の安山岩片は溶岩の上下を除いて特に目立たない。

4. 地質の解釈

カッティングス、パートコア、オールコアの各試料の記載および掘削時の記録を総合した結果、本井戸の地質は以下のように考えられる(図2)。

関東ローム層 深度0～6m(標高182～176m)]

地質試料は入手していないが、掘削時の記録からこの区間はローム層であると考えられる。

前期単成火山群溶岩および白銀山溶岩類 深度6～225m(標高176～-43m)]

この区間は電気検層では1000～1400 m程度の比較的高い比抵抗を示すことが特徴的である。カッティングスの記載、および電気検層の記録を見るかぎり、この区間は10～30m程の厚さの複数の溶岩流からなると考えられる。下限についてはカッティングスで見ると深度220m以深にあると考えられるが、電気検層の結果および掘削時の記録からは225m付近にあると考えるのが妥当であると考えられる。長井、高橋(1999)はこの地域の地表を斑晶に乏しい安山岩の溶岩と記載し前期単成火山群と呼称している。本井戸における深度40m以浅は、岩石組織的に見て前期単成火山群に対比される。

深度50m以深は斑晶が含まれ、それ以浅と様相を異にする。ここでは深度45m～225mを白銀山溶岩類(平田、1999)とする。電気検層記録およびカッティングスの記載からこの区間は比較的厚い溶岩が卓越し、火砕物は限定的である。このような特徴は、火砕物が卓越する古期外輪山のほかの地域と異なる。この区間の下限は現在の海面下になるが、急冷によって形成される組織など海水との反応を示唆するものは見当たらないことから、陸上の溶岩流と考えられる。

古期外輪山系凝灰角礫岩 深度225～555m(標高-43～-373m)]

比較的新鮮な、多種類の岩片よりなる。深度402.9mのパートコア試料は回収時に破壊されたために詳しくはわからないが、凝灰角礫岩であると考えられる。この凝灰角礫岩は変質の度合いが高くない点からみて古期外輪山のOS1(久野1972)や基盤層には対比されないと考えられる。ここでは古期外輪山のOS2(久野、1972)溶岩起源の凝灰角礫岩と考え、古期外輪山系凝灰角礫岩と呼称することとす

る。カッティングス試料の解析によると、構成岩片の違いからすくなくとも3つ以上の層準に分類できるが(3.1.節、表1)、ここでは一括する。上位は土壌または凝灰角礫岩の基質部分とおもわれる変質した細粒物質を含むことが多い。スコリアまたはやや発泡した溶岩片がほぼ全区間で見いだされるが、それらのほかに下位では褐色の火山ガラスを含む。スコリアや火山ガラスがかなり広い深度範囲にわたって存在することは、この凝灰角礫岩がマグマ噴火にとまなう流れ堆積物である可能性を示唆している。

守屋(1983)は地形学の視点から古期カルデラが水蒸気爆発に伴って形成された馬蹄形の崩壊カルデラであり、爆発時に東側に泥流が流出したと推定した。平田(1999)は基本的には守屋(1983)の考えを踏襲し28～27万年前に成層火山群の一部が南東あるいは東方に崩壊流下し、南東方向が低くなる馬蹄形のカルデラが形成されたと提案している。さらに平田(1999)は白銀山溶岩類がこの南東部に新たに噴出した成層火山体であるとしている。

本井戸ではカッティングスおよび、かならずしも状態の良くないパートコア試料がわずかに採取されただけであるので、この区間の凝灰角礫岩が上記のような崩壊カルデラ形成時の堆積物であるかいなかの判断は留保し、可能性を指摘するだけにとどめる。今後は近隣の井戸における地質試料の採集や、さらに詳細な検討が必要であろう。

早川凝灰角礫岩相当層 深度555～1175m(標高-373～-993m)]

上位と比べて明らかに変質が進んでいること、箱根火山では一般的でない角閃石の斑晶を含む岩片が見いだされること、海棲生物の化石が含まれることなどから見て、この区間の岩石は明らかに箱根火山の基盤を構成する岩石に含まれるであろう。岩質は深度850m以浅では鏡下で観察するかぎりデイサイトが卓越しており、特に下位では軽石が多くなる。深度780～850mの区間では掘削深度が一分間に10センチメートルを超え、非常に軟質である。珪長質の火山岩及び軽石が卓越することから見て、この区間を早川凝灰角礫岩に対比するのが妥当と考えられる。

深度811.5mのパートコア試料の微化石分析をパリノサーベイ株式会社に委託した。その結果を付録1に示す。以下、委託分析の報告書を元に記述する。

有孔虫化石群集からは堆積環境として陸棚外半部から斜面上部の可能性があり、年代としてはOda(1977)の*Pulleniatina primalis* / *Globigerina nepenthes zone*、またはBlow(1969)のN17後期からN19前半に比較されることがわかった。絶対年代では5.8～4.18Maに相当する。また石灰質ナンノ化石群集はOkada and Bukry(1980)のCN11b

垂帯に比較される。絶対年代では 4.2 ~ 3.66Ma に相当する。

早川凝灰角礫岩の年代についてはこれまでのところ詳細な報告はないが、大塚(1934)は須雲川支流の二ノ戸沢に産する貝化石から早川凝灰角礫岩を伊豆の白浜層群に対比し上部中新統から下部鮮新統付近としている。また Tomida(1996) はやはり二ノ戸沢に産する貝化石を分析し、白浜層群原田層と同様の生物群集であるとし、深度的に広い範囲の貝化石を含むことを指摘した。今回の微化石による年代判定の結果はこれらの研究とほぼ調和的といえる。

しかし、有孔虫は明らかに中新世後期の二次化石を含んでおり、石灰質ナノ化石も二次化石を含んでいる可能性が示唆された。このため両化石群集の重なる年代からこの地層の堆積年代を 4.2 ~ 4.18Ma とすることはできない。正確な堆積年代の決定は今後の研究を待たなければならないが、現時点ではこの地層は中新世から前期鮮新世の堆積物が、前期鮮新世かそれ以降に再堆積したものと言える。

深度 860m 以深は玄武岩から安山岩の岩片が多く含まれるようになる。岩種は多様で、軽石質の凝灰質礫岩と考えられる。深度によっては特徴的な火山岩片で大半が占められることから、溶岩流または火山岩の巨礫を含む可能性がある。コケムシや変質した軽石と思われる細粒物質が 850m 以浅と同じように含まれることから、ここでは早川凝灰角礫岩に編入した。しかし、実際には 860m より浅い部分とは構成する礫の岩質が異なるなどやや様相に違いがある。後述する湯ヶ島層群と早川凝灰角礫岩は一般的に境界が漸移的ではっきりしない場合が多い。本区間の 860m 以深も、両者の漸移的な部分にあたる可能性がある。

なお本区間の下限はカッティングス試料の様相が大きく変化する 1170m と 1180m の間を取った。

湯ヶ島層群相当層 深度 1175 ~ 1450m(標高 -993m ~ -1268m)]

この区間の最上位を除く大部分は平田ほか(2001)および Taniguchi *et al.* (2000) においてすでに概要を述べた。これらの研究ではこの区間を上位から火山砂ラピリ(stage 3)、ハイアロクラスタイトと安山岩~デイサイト質のラピリの互層(stage 2)、変質した安山岩~デイサイトのラピリが卓越する層(stage 1)の3つに分類した。このうち火山砂ラピリは上限が不明であったがカッティングス試料を肉眼で検討した結果、1180 から 1200m のカッティングス試料にも stage 3 に特徴的な高温酸化により赤変した岩片が含まれることがわかった。したがって stage 3 の上限は 1175m 付近と考えられる。

この区間はハイアロクラスタイトやタービダイトが認

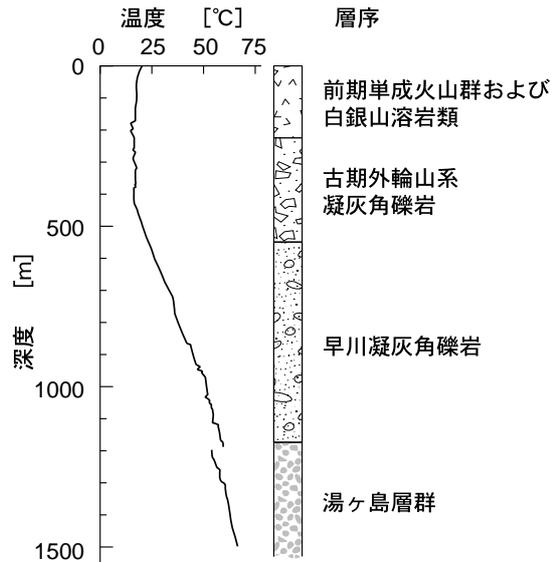


図3 小田原第5号温泉井の温度検層図
Fig.3 Temperature logging of the Odawara-5 well.

識できるなど、海底の火山性堆積物であることが明らかである。またとくに stage 2 および stage 3 の堆積物には緑泥石を多く含み、一部では緑簾石、方沸石、ワイラケ沸石、方鉛鉱が含まれるなど強く変質している。こうした岩相や変質の特徴から、この区間は湯ヶ島層群に対比される。

5. 温度構造

温度検層の結果を図3に示す。温度は深度 425m 以浅では 17 前後でほぼ一定であるが、それ以深で上昇を始め 1000m で 50.5 に、孔底(1500m)で 69 が測定された。地上昇率は地表の温度を年間平均気温(16.4 ; 小田原市)ととると 3.5 / 100m で、県内のほかの地域と比べると非火山地域(2 ~ 3 / 100m ; 大山, 1998)よりは高いが、火山地域(カルデラ内で 5 ~ 80 / 100m、外輪山で 3 ~ 5 / 100m ; 大山, 1998)としては低い部類に入る。明瞭な温泉脈は明らかでなく、温泉は全体的に孔壁から染み出すような湧出形態をとっているものと思われる。

6. まとめ

小田原市根府川で掘削された小田原第5号温泉井の地質を明らかにした。この井戸は上位から、関東ローム層(標高 182 ~ 176m)、前期単成火山群および白銀山溶岩類(標高 176 ~ -43m)、古期外輪山系凝灰角礫岩(標高 -43 ~ -373m)、早川凝灰角礫岩相当層(標高 -373 ~ -993m)、湯ヶ島層群相当層(標高 -993m ~ -1268m)であると考えられる。古期外輪山系凝灰角礫岩としたものは、スコリアや発泡した溶岩片を含む新鮮な凝灰角礫岩で、箱根南東部の形成過程を知るうえで重要な地層であると考えられる。早川凝灰

角礫岩相当層に分類した深度 811.5m のコア試料からは、有孔虫は絶対年代で 5.8 ~ 4.18Ma に相当する群集が、石灰質ナノ化石は絶対年代で 4.2 ~ 3.66Ma に相当する群集が見いだされた。ただし、いずれも再堆積の可能性があり最終的な堆積年代は今後の研究を待たねばならない。地温勾配は孔底温度と地表における平均気温の差を深度で除したもので、3.5 / 100m 程度で火山地域としては低い部類に入る。温泉は特定の温泉脈から湧出しているのではなく、全体的に孔壁から染み出すような湧出形態をとっていると考えられる。

謝辞

本井戸の施主には地質試料採取の重要性を理解していただき、貴重な試料を提供していただいた。また、快く成果の公表を許可していただいた。サンコーコンサルタントの吉富正忠、土屋彰義両氏には掘削時の貴重な記録を頂いたほか、助言を頂いた。パリノサーベイ株式会社の堀内誠示さんには化石の鑑定を行っていただいたほか、貴重な助言を頂いた。小林真由美さんには試料の整理や分析の手伝いをしていただいた。本研究で用いた薄片は温泉地学研究所の松沢親悟技能技師が作成した。本研究を進めるにあたって東京地学協会平成 12 年度助成研究費および温泉地学研究所経常研究費を用いた。以上の方々ならびに機関に御礼申し上げる。

参考文献

- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy., Proc. 1st Inter. Conf. Plankt. Microfossils, 1, 199-422.
- 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, 神奈川博調査研報(自然), no.9, 153-178.
- 守屋以智雄 (1983) 日本の火山地形, 東京大学出版会, 135p.

長井雅史、高橋正樹 (1999) 箱根古期外輪山の形成史, 平成 11 年度東京大学地震研究所・研究集会報告書「噴出物にもとづく火山成長史・噴火の推移の解読および長期噴火予測(課題番号 1999- W-09)」, 37-46.

Kuno, H. (1950) Geology of Hakone Volcano and adjacent areas ,Part I., J. Fac. Soc. Sci. Univ. Tokyo, Sec II, 7, 331-279.

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.

Oda, H.(1977) Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Late Cenozoic Sedimentary Sequence, Central Honshu, Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 48, 1-76.

Okada, H., Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation , Marine sMicropaleontology, 5, 321-325.

大山正雄 (1998) 神奈川県の大深度温泉と地下温度, 温泉科学, 48, 102.

大塚弥之助 (1934) 身延山北麓の化石と箱根早川層灰岩の貝化石, 地質雑, 41, 562-568.

Taniguchi, H., Mannen, K., Yamashita, H., Kawate, S., Hirata, D.(2000) Basement of the northern tip of the Izu-Ogasawara(Bonin)arc volcano: Lithological characteristics of the 1450 meter core sample in the Hakone volcano, Central Japan. EOS Trans. AGU., 81 Fall Meet. Suppl., F1336.

Tomida, S.(1996) Late neogene torropical and subtropical molluscan faunas from the south Fossa-Magna region, central Japan, Bull. Mizunami Fossil Mus., no23, 89-140.

付録

本井戸の深度 811.5m より得られた有孔虫化石および石灰質ナノ化石はパリノサーベイ株式会社の堀内誠示氏によって鑑定された。有孔虫化石および石灰質ナノ化石の種類と計数を付録表 1、2 に、また代表的な種の写真を付録図版 1、2 に示す。

付録 表1 小田原第5号温泉井の深度811.5m (標高-629.5m) パートコア試料中の有孔虫化石の産出状況

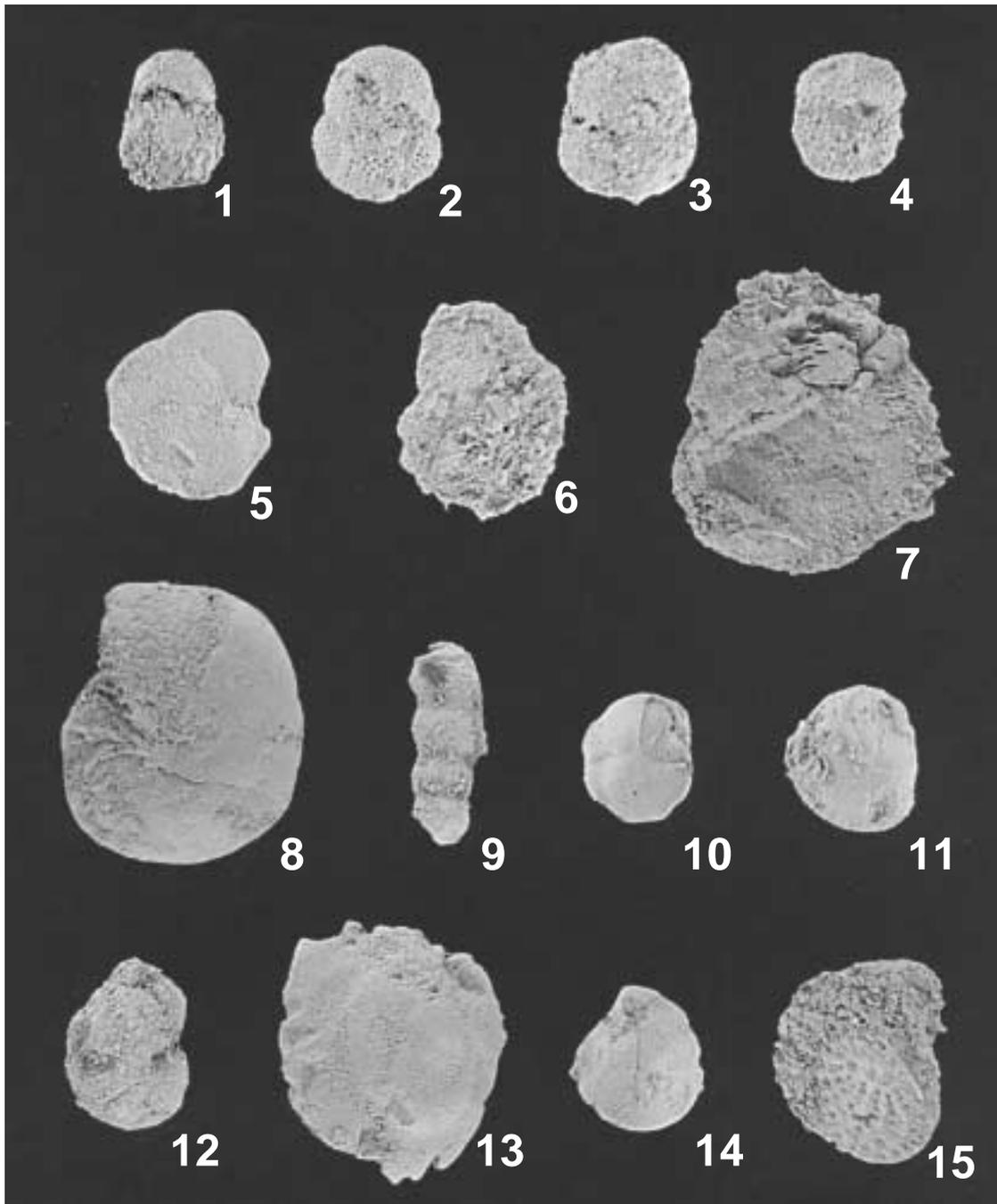
appendix table 1 List of foraminifera fossils found in 811.5m depth sample of the Odawara-5 hot springs well.

試料番号	RM94101-0811.0	
調査地	小田原市根府川字ノグロ	
深度 (m)	深度624.9	
産出頻度 (VA=たいへん多い、A=多い、C=普通、F=少ない、R=稀、N=未検)	C	
保存状態 (g=良好、m=普通、p=悪い、vp=たいへん悪い)	v p	
浮遊性種比 (浮遊性種/全有孔虫%)	36%	
浮遊性有孔虫	PL	
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	PL	2
<i>Globigerina</i> cf. <i>woodi</i> Jenkins	PL	1
<i>Globigerina nepenthes</i> Todd	PL	2
<i>Globigerina</i> spp.	PL	3
<i>Globigerinoides obliquus</i> Bolli	PL	1
<i>Globigerinoides triloba</i> (Reuss)	PL	1
<i>Globigerinoides</i> spp.	PL	10
<i>Globorotalia</i> cf. <i>conoidea</i> Walters	PL	1
<i>Globorotalia</i> cf. <i>menardii</i> (Parker, Jones & Brady)	PL	4
<i>Globorotalia</i> cf. <i>margaritae</i> Bolli & Bermudez	PL	2
<i>Globorotalia miocennica</i> Palmer	PL	17
<i>Globorotalia plesiotumida</i> Blow	PL	3
<i>Globorotalia</i> cf. <i>tumida</i> (Brady)	PL	2
<i>Globorotalia</i>	PL	5
<i>Globoquadrina dehiscens</i> (Cushman, Parr & Collins)	PL	1
<i>Neogloboquadrina</i> aff. <i>acostaensis</i> (Blow)	PL	3
<i>Neogloboquadrina</i> spp.	PL	10
<i>Pulleniatina</i> aff. <i>primalis</i> Banner & Blow	PL	1
<i>Sphaeloidinellopsis seminulina</i> (Schwager)	PL	13
浮遊性種 合計		65
底生有孔虫	殻	
膠着質殻種	AG	
<i>Cyclammina</i> spp.	AG	23
石灰質ガラス質殻種	CH	
<i>Anomalinoidea</i> sp.	CH	1
<i>Cassidulina</i> spp.	CH	2
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri	CH	1
<i>Cassidulinoides bradyi</i> (Norman)	CH	2
<i>Cibicides refluens</i> Montfort	CH	9
<i>Cibicides</i> spp.	CH	3
<i>Cibicidoides pseudoungerianus</i> (Cushman)	CH	25
<i>Cibicidoides</i> spp.	CH	5
<i>Elphidium crispum</i> (Linne)	CH	3
<i>Elphidium</i> sp.	CH	1
<i>Globocassidulina depressa</i> (Asano & Nakamura)	CH	2
<i>Globocassidulina</i> spp.	CH	1
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)	CH	39
<i>Gyroidinoides neosoldanii</i> (Brotzen)	CH	1
<i>Islandiella</i> spp.	CH	1
<i>Lenticulina orbicularis</i> (d'Orbigny)	CH	3
<i>Lenticulina</i> spp.	CH	1
<i>Planulina wuellerstorfi</i> (Schwager)	CH	1
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)	CH	2
膠着質種 合計		23
石灰質磁器質殻種 合計		0
石灰質ガラス質殻種合計		103
底生種 合計		126

付録 表2 小田原第5号温泉井の深度811.5m (標高-629.5m) パートコア試料中の石灰質ナンノ化石の産出状況

appendix table 1. List of calcareous fossils found in 811.5m depth sample of the Odawara-5 hot springs well.

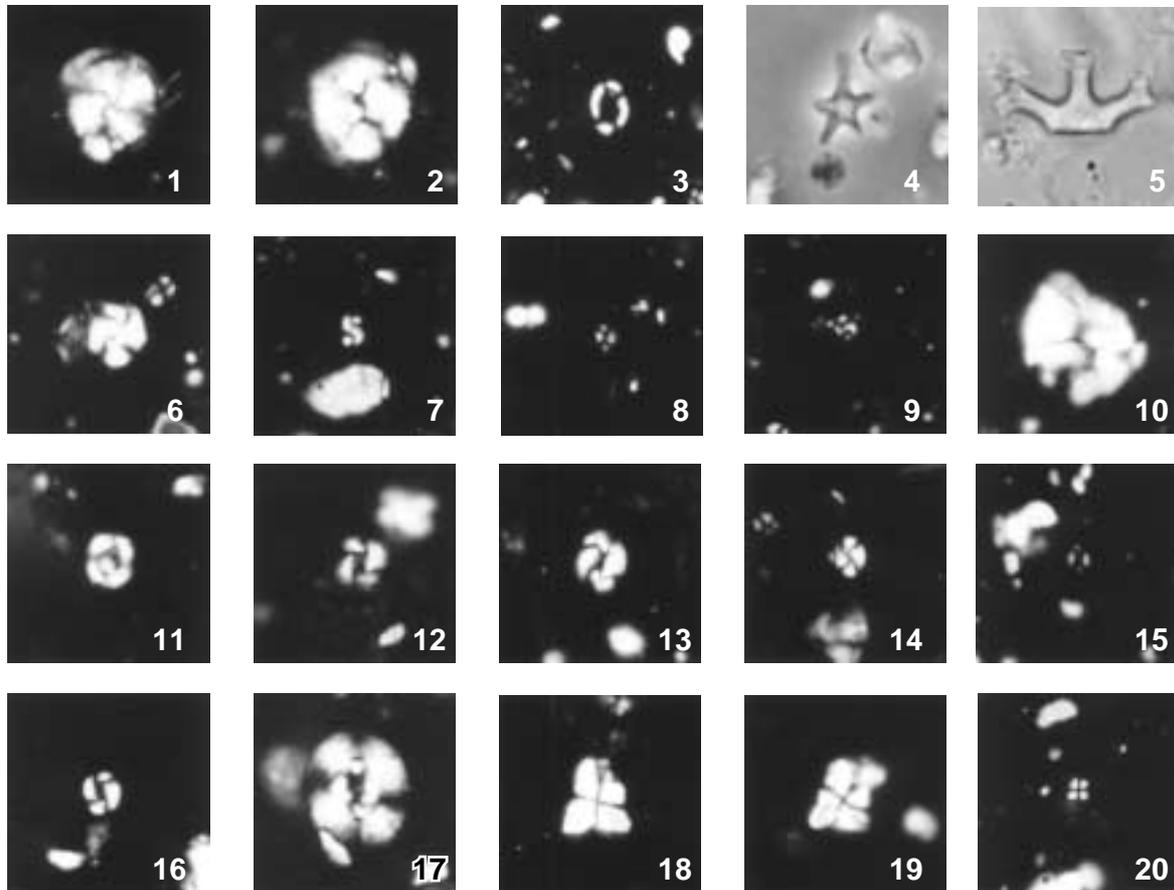
種 類	産出数
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan	2
<i>Calcidiscus</i> aff. <i>macintyreii</i> (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan	1
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller [10-10.9 μ]	1
<i>Coccolithus streckerii</i> Takayama & Sato	1
<i>Cyclicargolithus</i> cf. <i>abisectus</i> (Muller) Wise	2
<i>Dictyococcites antarcticus</i> Haq	4
<i>Dictyococcites perplexus</i> Burns	19
<i>Dictyococcites productus</i> (Kamptner) Backman [round]	7
<i>Dictyococcites</i> sp.-B [small:<2~4 μ]	33
<i>Dictyococcites</i> sp.-C [v.small:<1~2 μ]	82
<i>Dictyococcites</i> spp. [v.small:<1.5 μ]	2
<i>Dictyococcites</i> spp.	7
<i>Discoaster asymmetricus</i> Gartner	1
<i>Discoaster variabilis</i> Martini & Bramlette	1
<i>Discolithina</i> spp.	1
<i>Gephyrocapsa</i> aff. spp. [small:<2.5 μ]	6
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner	2
<i>Helicosphaera</i> spp.	2
aff. <i>Pseudoemilliana lacunosa</i> (Kamptner) Gartner	1
<i>Reticulofenestra</i> cf. <i>ampla</i> Sato, Kameo & Takayama	1
<i>Reticulofenestra</i> cf. <i>doronicoides</i> (Black & Barnes) Roth [round]	1
<i>Reticulofenestra doronicoides</i> (Black & Barnes) Roth [elliptical]	1
<i>Reticulofenestra gelida</i> (Geitzenauer) Backman [6-9 μ]	1
<i>Reticulofenestra haqii</i> Backman	6
<i>Reticulofenestra minuta</i> Roth	5
<i>Reticulofenestra minutula</i> (Gartner) Haq & Berggren	4
<i>Reticulofenestra pseudumbilicus</i> (Gartner) Gartner [6-9 μ]	3
<i>Reticulofenestra pseudumbilicus</i> (Gart.) Gartner [small:<5 μ]	1
<i>Reticulofenestra</i> spp.	6
<i>Sphenolithus abies</i> Deflandre in Detl�ander & Fert	6
<i>Sphenolithus heteromorphus</i> Deflandre	1
<i>Sphenolithus moriformis</i> (Bron. & Strad.) Bramlette & Wilcoxon	4
<i>Sphenolithus neobabies</i> cf. Bukry & Bramlette	1
<i>Sphenolithus</i> spp.	3
<i>Umbilicosphaera rotula</i> (Kamptner)Varol	2
<i>Umbilicosphaera</i> cf. <i>sibogae</i> (Bosse)Gaarder	1
<i>Umbilicosphaera</i> spp.	1
石灰質ナンノ化石総数	223
Abundance	C
Preservation	VP
Abundance	A:abundant, C:common, F:few, R:rare, VR:very rare, VVR:very very rare, No:barren
Preservation	G:good, M:moderate, P:poor, VP:very poor



— 0.1mm

浮遊性有孔虫 Planktonic foraminifera
 1 *Globigerina nepenthes* Todd
 2 *Globigerinoides triloba* (Reuss)
 3 *Sphaeloidinellopsis seminulina* (Schwager)
 4 *Globoquadrina dehiscens* (Cushman, Parr & collins)
 5 *Globorotalia cf. conoidea* Walters
 6 *Globorotalia plesiotumida* Blow
 7 *Globorotalia cf. tumida* (Brady)

底性有孔虫 Benthic foraminifera
 8 *Cyclammina* spp.
 9 *Stilostomella lepidula* (Schwager)
 10 *Cassidulina carinata* Silvestri
 11 *Globocassidulina subglobosa* (Brady)
 12 *Cassidulinoides bradyi* (Norman)
 13 *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman)
 14 *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman)
 15 *Elphidium crispum* (Linne)



10 μm

石灰質ナノ化石 Calcareous nannoplankton

- 1 *Calcidiscs leptoporus* (Murray and Blackman) Loeblich and Tappan
- 2 *Coccolithus pelagius* (Wallich) Schiller [10-10.9μ]
- 3 *Coccolithus streckerii* Takayama and Sato
- 4 *Discoaster asymmetricus* Gartner
- 5 *Discoaster variabilis* Martini and Bramlette
- 6 *Dictyococcites perplexus* Burns
- 7 *Dictyococcites* sp. -B [small: <2-4μ]
- 8 *Dictyococcites* sp. -C [v. small: <1-2μ]
- 9 *Gephyrocapsa* aff. spp [small: <2.5μ]
- 10 *Helicospharea carteri* (Wallich) Kamptner
- 11 aff. *Pseudoemiliana lacunosa* (Kamptner) Gartner
- 12 *Reticulofenestra* cf. *ampla* Sato, Kameo and Takayama
- 13 *Reticulofenestra dornicoides* (Black & Barnes) Roth [elliptical]
- 14 *Reticulofenestra haqii* Backman
- 15 *Reticulofenestra minuta* Roth
- 16 *Reticulofenestra minuta* (Gartner) Haq and Berggren
- 17 *Reticulofenestra pseudumbilicus* (Gartner) Gartner [6-9μ]
- 18 *Sphenolithus abies* Deflandre (Gartner) Gartner [6-9μ]
- 19 *Sphenolithus* cf. *neoabies* Bukry and Bramlette