

# 大涌沢地すべり対策調査

(昭和57年度)

杉山茂夫，大木靖衛，小鷹滋郎

神奈川県温泉地学研究所\*

**Geological Study for Prevention of Landslide  
in Owaki-dani Solfataric Area, Hakone, 1982**

by

Shigeo SUGIYAMA, Yasue OKI and Shigeo ODAKA

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture  
Hakone, Kanagawa

## はじめに

この調査は神奈川県土木部小田原土木事務所の依頼により，大涌沢地すべり対策調査の一環として温泉地学研究所が実施したものである。調査は昭和53年度から続けられている。昭和57年度は大涌沢上流部と旧神山登山道に沿う噴気地帯の活動状況とその経年変化を主に調査した。

## 地中温度分布

調査地域を図1に示す。調査地域は昭和53年～昭和56年と同様に，大涌沢上流部から旧神山登山道沿に存在する噴気地帯である。

噴気活動の状況を調査するため，深度50cmの地中温度を測定し，等温線を描いて地中温度分布状況を示した。図2は昭和57年5月10日と5月13日の調査で得られた地中温度分布図である。等温線は90℃，60℃，30℃，20℃の4段階に区分した。

図2によると，旧神山登山道噴気地帯の等温線は大涌沢冠頭部に，ほぼ同心円状に分布する。90℃

---

\* 神奈川県足柄下郡箱根町湯本 997 〒250-03

神奈川県温泉地学研究所報告 第14巻，第6号，1-16，1983

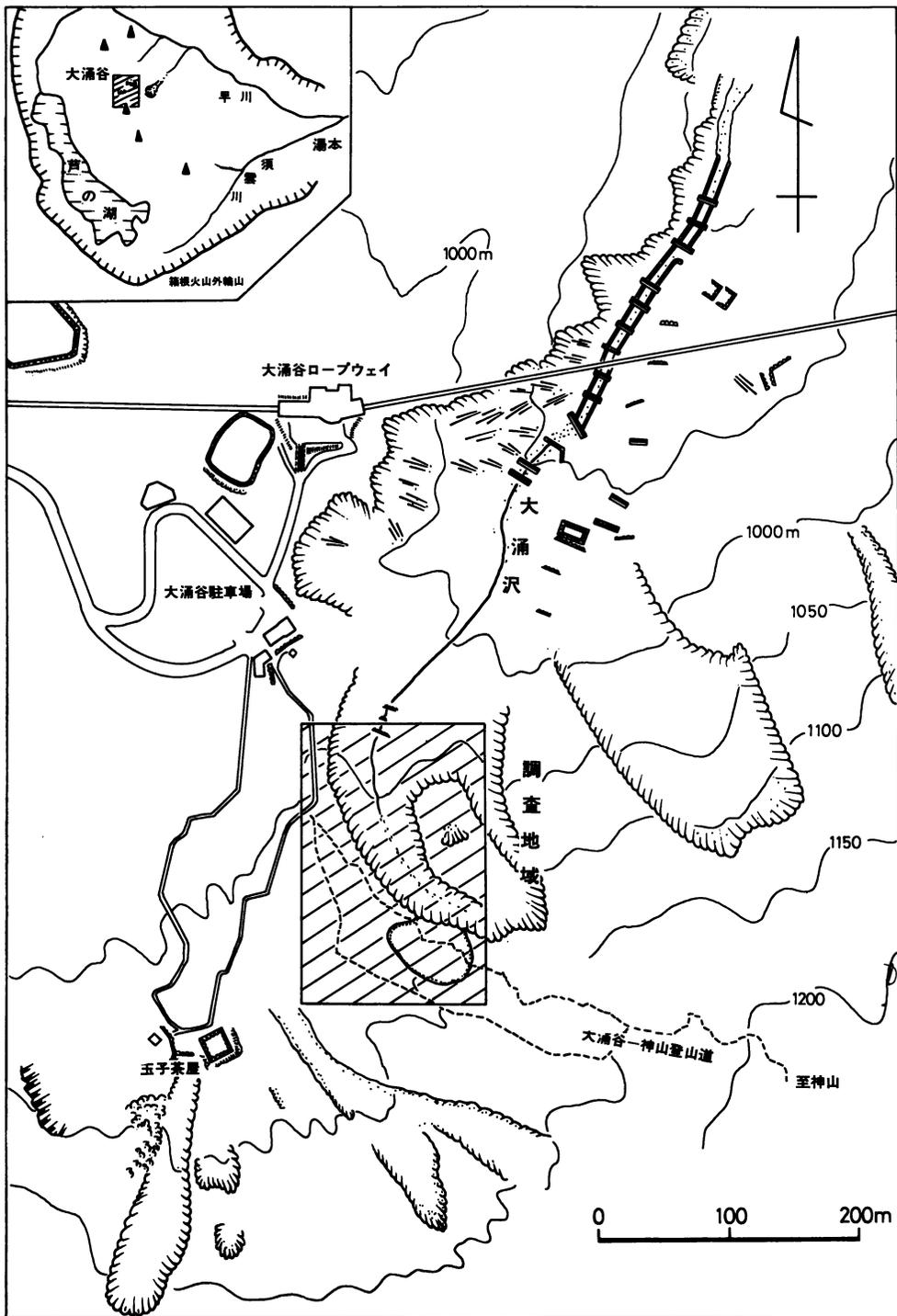


図1 箱根大涌谷噴気地帯の調査地域

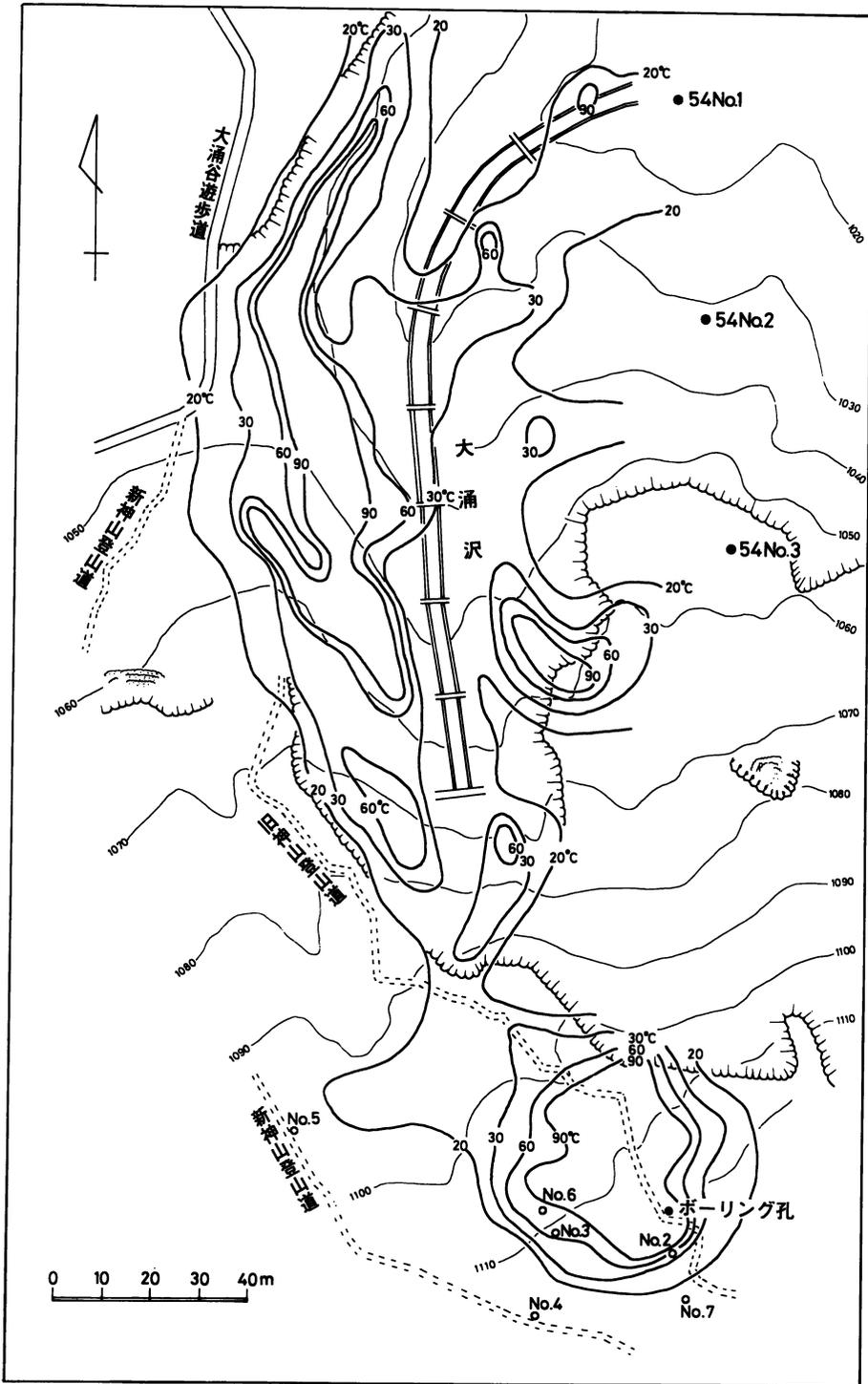


図2 調査地域の地中温度分布図（深度50cm）（昭和57年5月測定）

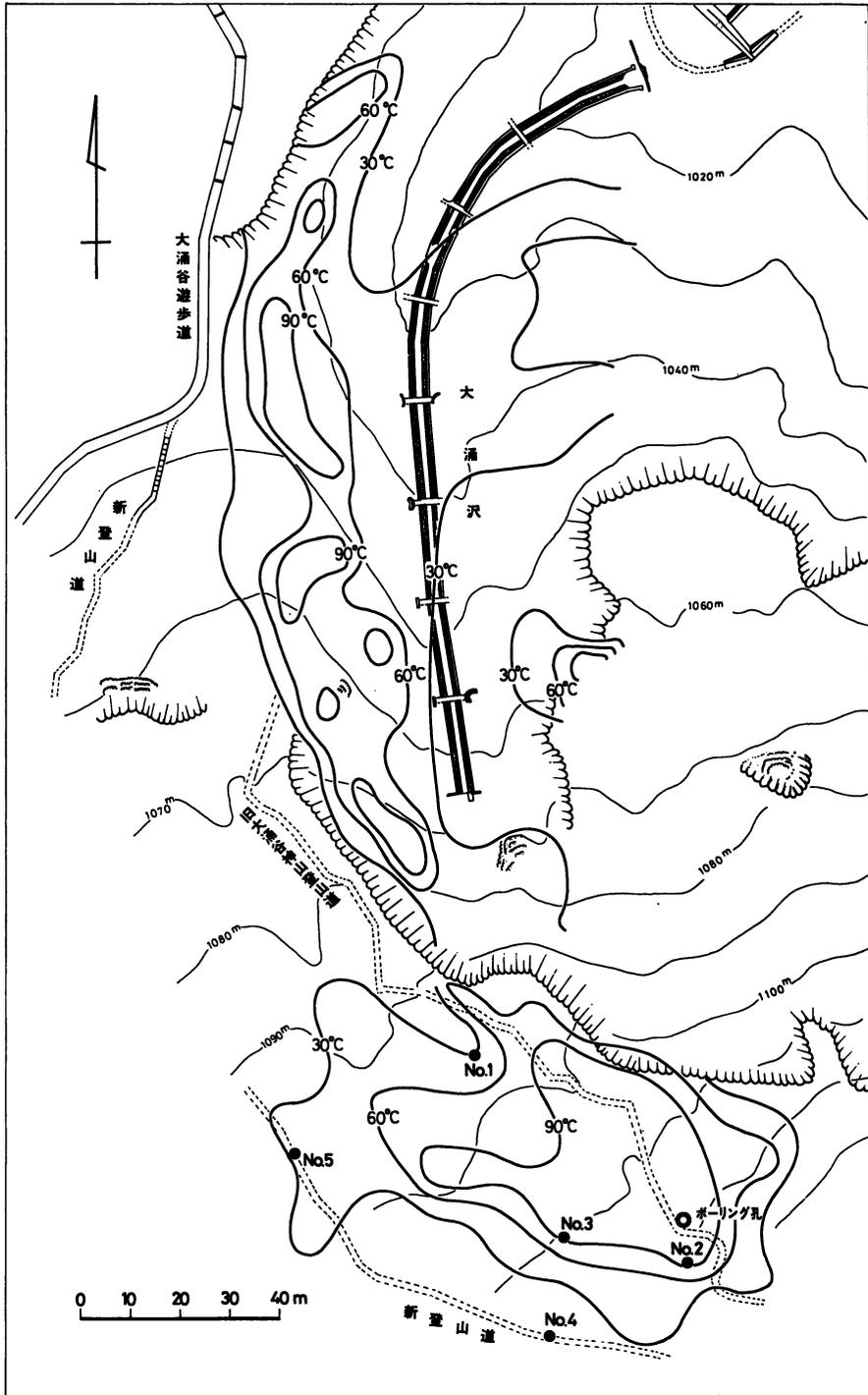


図3 調査地域の地中温度分布図（深度50cm）（昭和53年6月測定）

の等温線の直径は25m~40m, 60°Cの等温線の直径は40m~50mである。

大涌沢上流部における噴気活動は左岸の斜面で活発である。左岸の等温線は大涌沢に平行で、南北方向に細長く分布する。右岸の噴気活動は左岸より弱いが、スポット状に数ヶ所噴気地帯が認められる。

大涌沢上流部はV型の谷地形のため、谷の斜面は重力により沢側に引張られる。そのため沢に平行な割目が生じる。大涌沢上流部の噴気活動は左岸、右岸ともその割目に規制されている。

現地では、水蒸気が良く噴出している所と図2の90°Cの等温線で囲まれる所と良く一致している。これは大部分の熱エネルギーが流体(主に水蒸気)によって運搬されていることを示す(小鷹ら, 1980)。

表 1 旧神山登山道噴気地帯における等温線に囲まれる面積の経年変化

地中温度°C (深度50cm)	面				積 (㎡)				
	昭和50年 4月	昭和50年 10月	昭和51年 5月	昭和52年 8月	昭和53年 6月	昭和54年 5月	昭和55年 7月	昭和56年 5月	昭和57年 5月
90 以上	970	1, 170	1, 660	1, 970	1, 402	1, 094	732	875	890
60 ~ 90					1, 258	474	636	515	420
30 ~ 60					1, 938	1, 001	1, 226	834	592
20 ~ 30					1, 106	1, 016			
30 以上				4, 608	4, 598	2, 569	2, 594	2, 224	1, 902
20 以上	2, 240	2, 600	3, 240		5, 703	3, 585			

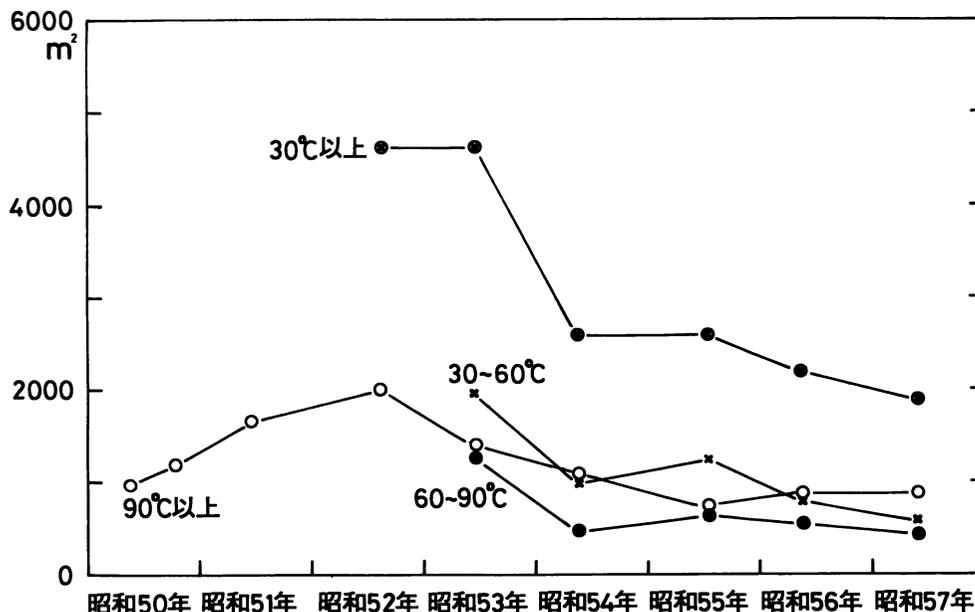


図 4 旧神山登山道噴気地帯における等温線に囲まれる面積の経年変化

### 地中温度の経年変化

旧神山登山道噴気地帯は昭和48年秋頃から噴気活動を開始した。噴気活動が活発になると共にこの地域の樹木が枯れ始めた。温泉地学研究所は災害防止の目的で昭和50年度からこの地域の地温分布調査を実施し、噴気活動の経年変化を追跡している(広田ら, 1977)。

図3は昭和53年6月に測定した地中温度分布図である。昭和57年5月の図2と比較すると、旧神山登山道噴気地帯の活動が低下し、大涌沢上流部右岸の噴気活動が活発化していることがわかる。今後、右岸の噴気地帯は、前述の理由により斜面上を沢と平行に延びていく可能性がある。

表1、図4は旧神山登山道噴気地帯の等温線に囲まれる面積の経年変化である。面積の増減と噴気活動の盛衰は一致する。図4の90℃の等温線で囲まれる面積の経年変化から噴気活動の最盛期は昭和52年であった。その後、噴気活動は衰退し、昭和54年以後は、ほぼ

一定とみることが出来る。昭和55年頃から、噴気地帯の周辺部で再び草木が繁茂し始めてきた。

表2、図5は大涌沢上流部噴気地帯の等温線で囲まれる面積の経年変化である。図5からみると、昭和57年の噴気活動が盛んであるように見える。これは大涌沢上流部右岸の噴気活動の活発化による。今後は右岸の噴気活動に注意する必要がある。

### 地中温度連続観測

旧神山登山道噴気地帯の拡大、縮小、移動等の経過を調査するため、噴気地帯およびその周辺に定

表2 大涌沢上流部噴気地帯における等温線に囲まれる面積の経年変化

地中温度℃ (深度50cm)	面積 (m <sup>2</sup> )				
	昭和53年 6月	昭和54年 5月	昭和55年 7月	昭和56年 5月	昭和57年 5月
90以上	569	924	606	1,063	1,272
60～90	1,660	1,000	1,874	1,053	1,050
30～60		2,521		2,249	3,052
20～30		2,935			
30以上		4,445		4,369	5,374
20以上		7,380			

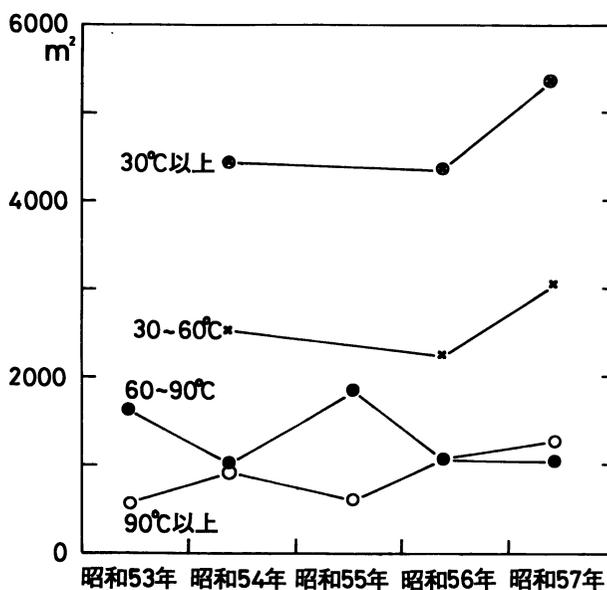


図5 大涌沢上流部噴気地帯における等温線に囲まれる面積の経年変化

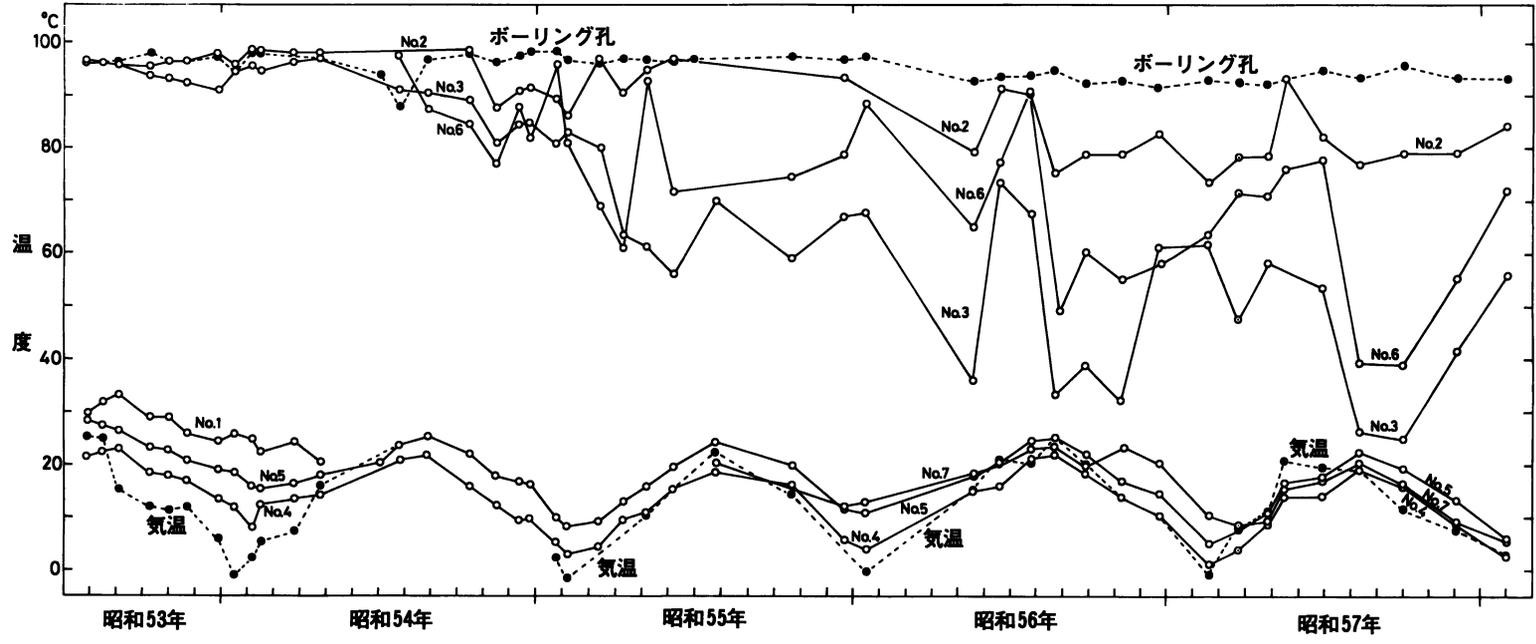


図6 旧神山登山道噴気地帯における地中温度の経年変化(深度50cm)

表3 旧神山登山道噴気地帯の地中温度連続観測

(深度50cm, 単位°C)

測定年月日 測定点	昭和57年									昭和58年
	2月19日	3月24日	4月26日	5月13日	6月28日	8月10日	10月1日	12月3日	2月1日	
No. 2	73.8	78.3	78.4	93.0	82.2	77.0	79.2	79.2	84.3	
No. 3	62.0	47.7	58.3	56.6	53.6	26.2	25.0	41.8	56.1	
No. 4	0.9	4.2	7.7	13.9	14.1	19.2	16.1	8.9	2.9	
No. 5	5.1	7.9	10.9	16.7	17.8	22.3	19.5	13.6	6.3	
No. 6	63.5	71.5	71.1	76.0	77.7	39.3	39.1	55.4	72.0	
No. 7	10.7	8.6	8.9	15.6	16.9	20.6	16.6	9.5	5.7	
ボーリング孔	93.2	93.0	92.0	93.2	94.8	93.5	95.6	93.4	93.2	
気温	-1.1	8.1	11.4	21.0	19.8	19.1	12.0	7.9	3.1	

点を設け、1～2ヶ月毎に深度50cmの地中温度の連続観測を実施している。観測点は図2に示されている。表3は昭和57年度の観測結果である。図6は昭和53年～昭和57年の観測結果をまとめて図示したものである。No.6は昭和54年から、No.7は昭和55年から観測を開始した。ボーリング孔は井戸天端における噴気の温度である。

No.4, No.5, No.7は気温とほぼ平行して変化する。No.2, No.3, No.6は以前90°C以上であったが、昭和54年の後半から低下し始め、現在では40°C～80°Cの間である。このことから旧神山登山道噴気地帯の衰退化がわかる。しかし、この衰退化とこの地域に地すべりが発生しないこととは直接結びつかない。

ボーリングコアの検討

小田原土木事務所は昭和54年に地質調査の目的で深度50mのボーリングを実施した(図2の54No.1, 54No.2, 54No.3)。それらのコアの鉱物学的検討は詳細におこなわれた(杉山, 大木, 1982)。その内容の一部は昭和55年度および昭和56年度大涌沢地すべり対策調査報告書に記載されているので、ここではそれ以外の内容について述べる。

図7は54No.1ボーリングコアのスメクタ

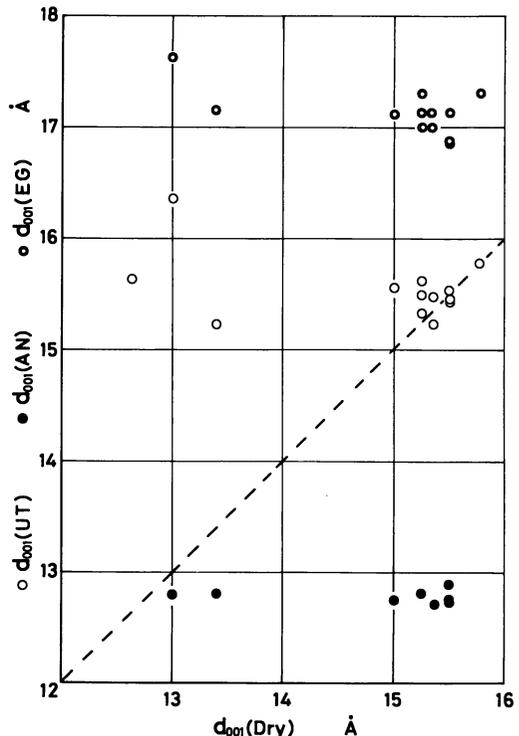


図7 54No.1ボーリングコア中のスメクタイトのd(001)の無処理(UT), 硝酸アンモン処理(AN)およびエチレングリコール処理(EG)と乾燥(Dry)との関係

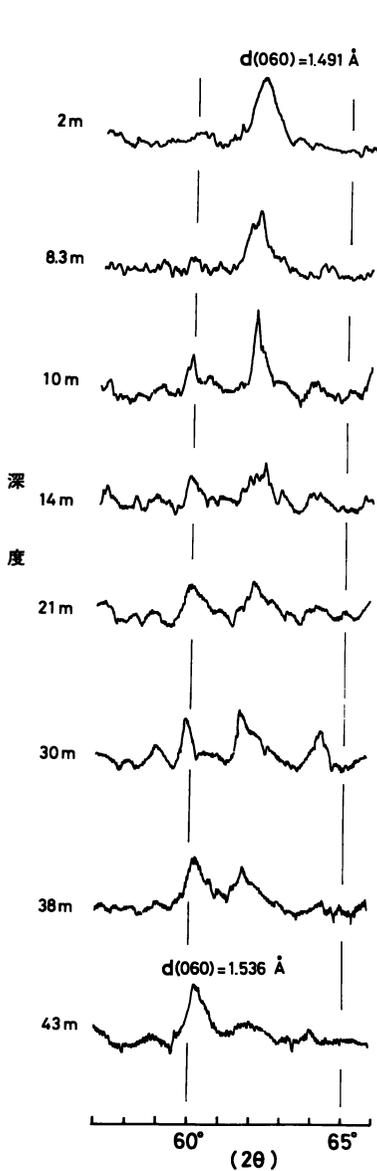


図8 54No. 1 ボーリングコア中のスメクタイトの不定方位粉末X線回折チャート(66°~57°)

石から Mg・Fe を取込むこととしている。大涌谷の場合、浅所に 2-8 面体型モンモリロナイトが多い理由は溶脱により Mg・Fe が取去られていることによる。

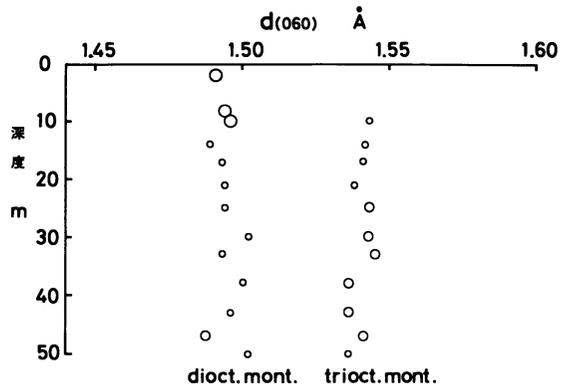


図9 54No. 1 ボーリングコア中のスメクタイトの d(060) と深度との関係

イトについて無処理 (UT), 硝酸アンモニウム処理 (AN), エチレングリコール処理 (EG) と乾燥 (Dry) との原子面間隙  $d(001)$  の関係を示したものである。

$d_{001}$  (Dry) が  $13\text{Å}$  前後で  $d_{001}$  (EG) が  $17.5\text{Å}$  前後のスメクタイトが浅所 (2 m, 8.3 m) と 27 m に認められる。鬼首地帯のクロライト-モンモリロナイト系のタイプ (関ら, 1980) と対比させると、前述の浅所と 27 m の部分はタイプ I (アルカリモンモリロナイト, 最も浅い所) となり、その他はタイプ I' (Ca・Mg・Fe に富むモンモリロナイト, 狭義でいうスメクタイト) に相当する。

図8はスメクタイトの深度別の不定方位粉末X線回折チャート [  $66^\circ(2\theta) \sim 57^\circ(2\theta)$  ] である。図9はスメクタイトの  $d(060)$  と深さの関係を示したものである。図7, 図8から浅所では 8 面体シートに Al が入っている 2-8 面体型モンモリロナイトが多い。深くなるにしたがって 3-8 面体型モンモリロナイトが増加してくる。金原ら (1978) は深くなるにしたがって 3-8 面体型モンモリロナイトが増加するのは変質が進み、源岩中の角閃石や輝

表 4 昭和 57 年大涌谷降水量 (箱根ロープウェイ大涌谷駅資料)

月 日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	月 日
1			4			8		470	3	1			1
2			18	28	19	215		132		50			2
3	3			28	69	34		204			2		3
4	30	2	105								13		4
5		2	102							9	2	32	5
6				3	24		9			10		4	6
7	4			37			40		9	25	22		7
8				8		2	17	8	26	52			8
9				2			5	1	71		22		9
10									82	3	44		10
11							147		150	7	5	6	11
12	26		15					10	260				12
13		3		1	4	35	2						13
14			3	42	19	42	15	2	5				14
15			45	54				7	2	1	7		15
16							41	21	1	8	7	4	16
17		25	2			5	38	9					17
18			1				1	4					18
19		57	10		17	4	67	2	60	62			19
20		16	26		8			8	6				20
21		22	5	29			2						21
22							1		6		24	11	22
23							24		44				23
24		7	2			7	6		42				24
25			2			4	49		15				25
26						26	13	90				36	26
27		17					1	47					27
28				13				19					28
29				4		1	10	2			151		29
30			13	29	15			1					30
31			47		60		62						31
計	63	151	400	278	235	383	550	1037	779	228	299	93	計

(単位: mm)

(年間合計 4496 mm)

## 大涌谷の降水量

昭和57年1月～12月までの降水量を表に示す。昭和57年は台風10号、18号の影響により平年（昭和53年～昭和56年の平均降水量、3277mm）と比較して1200mm程多い年であった。特に8月1日の降水量は470mmで、7月31日～8月3日までの合計降水量は868mmに達したが、調査地域内では崩壊ヶ所が認められなかった。これだけの降水量にもかかわらず崩壊しなかった理由は土止め工事や排水溝の設置による。

## まとめ

昭和48年秋頃に出現した旧神山登山道噴気地帯は昭和52年を頂点として衰退化している。一方、大涌谷上流部噴気地帯は右岸において噴気活動が活発化する傾向が認められた。

大涌谷の岩石は浅部程、溶脱により変質が進んでいるので、変質を遅らせるには地表水、地下水の排出が有効である。

急傾斜地では、降水量が多い場合、崩壊の可能性があるので、石積等により土止することが有効である。

現在、小田原土木事務所で実施している排水溝の整備、水抜きボーリングおよび山腹土止工事は地すべり対策上非常に有効と考えられる。

## 謝 辞

箱根ロープウェイ駅の鈴木昌氏には貴重な降水量の資料を提出して頂いた。小田原土木事務所の村田康雄河川砂防第二課長、井沢広政主査、小松重夫技師には調査が円滑に進むように御配慮して頂いた。

温泉地学研究所の平賀士郎研究部長には有益な助言と指導をして頂いた。同研究所の大山正雄、横山尚秀、粟屋徹、伊東博の各研究員には野外調査に協力して頂いた。

以上の方々に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

安藤 武，大久保太治（1966）試験結果からみた大涌谷変質帯の内部構造と変質機構について，火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究（第2報 その1），防災科学技術総合研究報告 No.7，19-39.

藤井紀之，大八木規夫，武司秀夫，小泉久直，大久保太治（1966）箱根大涌谷変質帯の産状および性質，火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究（第2報 その1），防災科学技術総合研究報告，No.7，7-18.

平野富雄，大木靖衛，田島綾子（1974）箱根大涌谷の温泉沈積物，温泉工学会誌，Vol.3，No.3，

131-138.

広田 茂, 平野富雄, 大木靖衛 (1974) 大涌谷の新噴気, 神奈川県温泉研究所報告, Vol. 8, No. 1, 27-28.

広田 茂, 粟屋 徹, 大山正雄, 大木靖衛 (1977) 大涌谷-神山登山道に出現した噴気地帯の調査  
神奈川県温泉研究所報告, Vol. 8, No. 1, 27-28.

神奈川県土木部砂防課 (1958) 箱根早雲山地にり砂防工事記録, 神奈川県.

神奈川県小田原土木事務所, 神奈川基礎調査株式会社 (1980), 昭和54年度地すべり対策工事(公共)  
(当初5号分割5)大涌沢足柄下郡箱根町仙石原地先報告書.

金原啓司, 大久保太治 (1978) 鹿児島県薩南地区地熱調査井 (S A - 1号) にみられる岩石の熱水  
変質, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol. 73, No. 5, 125-136

小鷹滋郎, 広田 茂, 大山正雄, 粟屋 徹, 平野富雄, 大木靖衛 (1979) 大涌谷地すべり対策調査  
(昭和53年度), 神奈川県温泉地学研究所報告.

小鷹滋郎, 大山正雄 (1980) 大涌谷地すべり対策調査 (昭和54年度), 神奈川県温泉地学研究所報  
告.

小鷹滋郎, 杉山茂夫, 大山正雄, 大木靖衛 (1981) 大涌谷地すべり対策調査 (昭和55年度), 神奈  
川県温泉地学研究所報告.

大木靖衛, 平野富雄 (1972) 箱根温泉の湧出機構と成因, 地熱, Vol. 9, No. 1, 15-29.

関陽太郎, 大木靖衛, 平野富雄 (1980) 地熱地帯下部で形成されたChlorito - Montmorillonite 鉱  
物のタイプ分け試案, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol. 75, No. 2, 55-61.

杉山茂夫, 大木靖衛 (1982) 箱根大涌谷の岩石の変質, 神奈川県温泉地学研究所報告, Vol. 13, No.  
5, 47-54.

杉山茂夫, 小鷹滋郎, 大木靖衛 (1982) 大涌沢地すべり対策調査, 神奈川県温泉地学研究所報告.

渡 正亮, 酒井淳行, 中島 彬, 富田利夫 (1966) 箱根地区火山性地すべり運動機構に関する研究,  
火山性地すべりの発生機構および予知に関する研究 (第2報告 その3), 防災科学技術総合研究  
報告, Vol. 9, 45-74.

山口真一, 高田雄次, 竹内篤雄, 中村三郎 (1966) 大涌谷地表変動および地温調査, 火山性地すべ  
りの発生機構および予知に関する研究 (第2報 その3), 防災科学技術総合研究所報告, No. 9,  
3-16.

湯原浩三, 大久保太治, 竹内三郎 (1969) 箱根大涌谷・早雲山地熱地域からの放熱量, 地質調査所  
月報, Vol. 20, No. 2, 83-100.

写真1 調査地域全景

(昭和57年5月13日撮影)



写真2 旧神山登山道噴気地帯

(昭和57年5月13日撮影)





写真3 大涌沢上流部噴気地帯の左岸（昭和56年12月21日撮影） 噴気地帯は沢に平行に分布している。中央下に昭和56年8月22日に生じた崩壊ヶ所がみえる。

写真4 大涌沢上流部噴気地帯の左岸（昭和57年5月13日撮影） 石積により土止されている。





写真 5 大涌谷中央部の山腹土止工事  
(昭和57年 5月13日撮影)

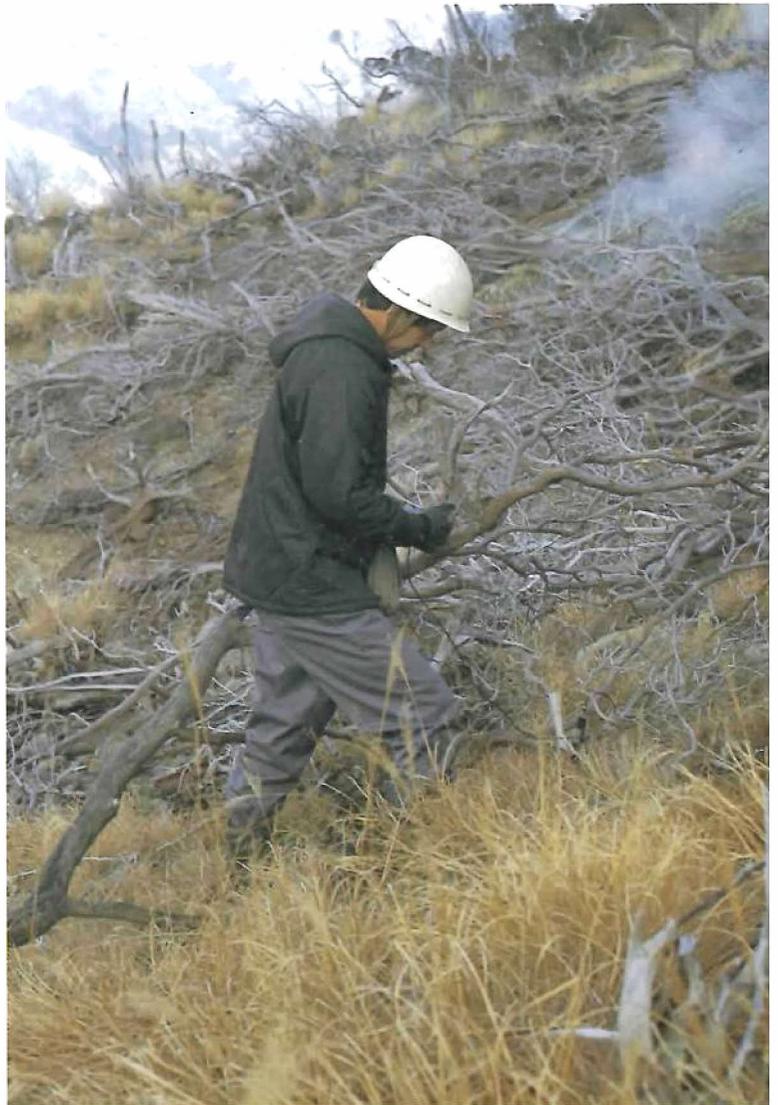


写真 6 旧神山登山道噴気地帯の地温  
連続観測  
(昭和56年12月21日撮影)



写真7 旧神山登山道噴気地帯の地温分布調査  
(昭和57年5月13日撮影)  
中央奥にボーリング孔がみえる。

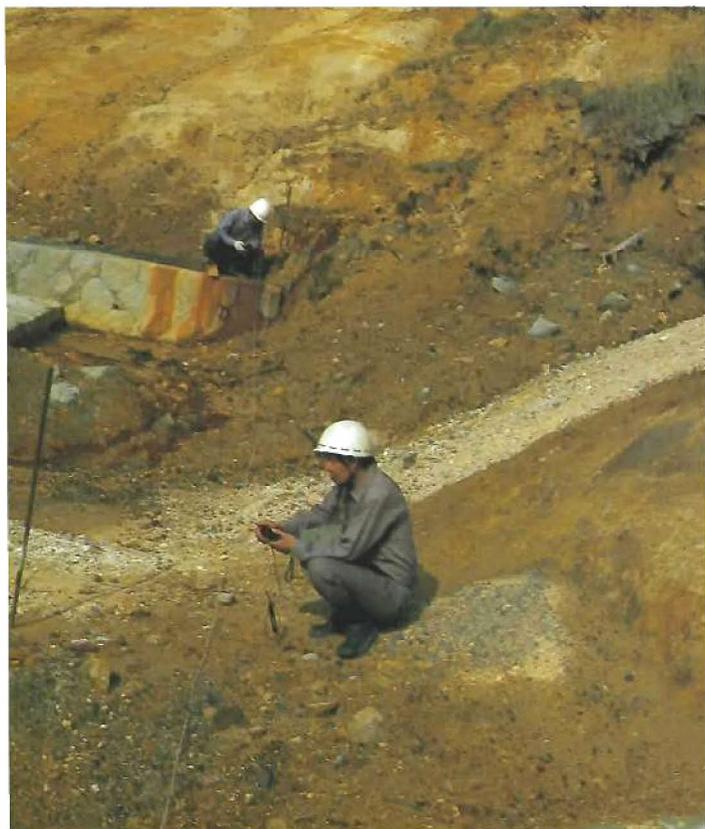


写真8 大涌沢上流部噴気地帯の地温分布調査  
(昭和57年5月13日撮影)