神奈川県大涌谷における火山性地すべりの 地質特性に関する研究 (II)

安 藤 武* 大久保太治*

Geological Study on the Mechanism of Landslides in Owakudani, Kanagawa Prefecture (II)

by Takeshi Ando, Taiji Okubo

8. 変質の機構

すでに述べたごとく、変質帯の内部がどのようになっているかについて研究したが、これとともに、どのような条件と環境に支配されて変質帯が生成されたかを考察した。噴気およびこれと関連する水の作用は粘土鉱物を生じるが、特徴的な粘土質の発達火山性地すべりの大きな要素である。

8.1 噴気の性質および作用

(1) 噴気および凝縮水の組成

大涌谷の噴気ガスおよび凝縮水の組成は、高橋らの研究によると⁹⁾、表-8 および 表-9 のごとくである。試料採取地点は 図-30 のごとくであり、A地区の下部から3点、B地区から5点、G地区から2点の計10点が選定された。噴気ガスの組成は、自然露頭および試錐孔で、一

般に亜硫酸ガスを含まない炭酸ガス——硫化水素型を示した。ただ、A地区下部の A-2 号孔では、例外的に相当量の亜硫酸ガスを含む炭酸ガス——硫化水素——亜硫酸型を示した。なお、A-2 孔の凝縮水には多量の Cl⁻ イオンおよび遊離 SO₂ が存在する大きな特徴を示した。A-2 孔は、昭和 36 年度に、地すべり対策工事として掘られた深度70mのボーリング孔である。

岩漿からの分化過程で、高温の噴気ガスは H₂ 含有量や SO₂/H₂S 比がきわめて高く、また HCl や HF などを含むが、これが温度の低下とともに SO₂/H₂S 比は小さくなり、H₂・HCl・HF 含量も低下するといわれている。さらに温度が低下すると、地下水などの影響を受けて SO₂/H₂S 比はきわめて小さくなり、SO₂ を含まない分化の進んだ炭酸ガス——硫化水素型になる。H₂ 含有量は地下水の影響でときに異常となる。G地区の噴気ガス

表-8 大涌谷の噴気ガス組成第7回測定結果 (1964年9月)

噴 気 孔 名	B-1	B-3	B-4-1	B-4-2	B-5	A-2	A-3	A-4	G-1	G-2
測 定 年 月 日	1964 9.29	1964 9.30	1964 9.30	1964 9.30	1964 9.30	1964 10.1	1964 10.1	1964 10.2	1964 10.3	1964 10.3
温 度, C	95.0	99.2	142.0	93.0	97.5	143.0	97.0	105.0	96.0	96.0
H ₂ O, vol. %	99.0	99.4	98.8	99.4	99.5	98.5	99.4	98.4	98.8	99.5
Gases "	1.0	0.6	1.2	0.6	0.5	1.5	0.6	1.6	1.2	0.5
H ₂ O 以外の Gas を100%とした場合の組成										
CO ₂ , vol. %	72.3	70.5	73.6	70.0	71.4	59.4	70.8	71.0	75.5	69.5
H ₂ S, "	25.9	28.8	25.3	27.6	26.3	24.9	27.6	27.4	19.0	27.4
SO ₂ , "	—	—	—	—	—	14.4	—	—	—	—
その他 "	1.8	1.7	1.1	2.4	2.3	1.3	1.6	1.6	5.5	3.1
その他 Gas の組成										
O ₂ , vol. %			0.00	0.00		0.00			0.00	0.00
N ₂ , "			0.84	1.32		1.05			2.50	0.86
H ₂ , "			0.26	1.08		0.12			2.99	2.23
He, " (ガスクロマトグラフによる)			0.001	0.0005		0.0008			0.002	0.0007

[高橋清ほか(1966)より]

* 通産省工業技術院地質調査所

図-30 噴気ガスの測定位置 (高橋ほか(1966)より)

表-9 大涌谷の噴気凝縮水の組成 (1964年9月測定)

噴 気 孔 名	B-4-1	B-4-2	A-2	A-3
pH	2.8	3.0	1.0	4.0
Cl ⁻ mg/l	10.6	21.3	3019.4	1.8
SO ₄ ²⁻	4.9	98.7	31.2	5.7
free SO ₂ , "	—	—	203.5	—
free H ₂ S, "	120.1	10.2	2.6	121.0
HBO ₃ , "	1.4	13.0	35.4	0.4
H ₂ SiO ₃ , "	1.3	80.0	1.3	1.3
Fe ²⁺ , "	0.3	0.3	0.2	0.3
Ca ²⁺ , "	3.1	26.0	1.0	1.0

は、いわゆる地獄の噴気で、水の中を通った性質をもつが、ほかのものに比べて $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ 比は小さくなっている。

噴気ガスの組成は、降雨量・気圧などの気象条件によってかなり影響を受けて変化するといわれる。大涌谷の沸とう点付近の温度をもった噴気ガスの場合、雨期直後の9月には $\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2$ 比は高く、乾期の3月には低い結果、すなわち、 H_2S の量が乾期に減少し、雨期に増大している結果が得られている。この変化については、大涌谷の降雨・融雪による地下水の影響などを考慮しなければならぬが、とにかく季節的に変化することが明らかにされた。噴気ガス組成の変化が、地下水位の増減あるいはガスエラプションとどのように関係づけられるかは明らかでない。

一般に炭酸ガス——硫化水素型の噴気を噴出しているが、A-2孔のごとく相当量の亜硫酸ガスや塩酸ガスを含む噴気が存在することは興味深い。この事実は、大涌谷の噴気がかなり活性な状態で存在するとみなされるものである。

(2) 硫化水素 (H_2S) の作用

硫化水素ガスの作用は、広い範囲にわたっており、地温の低い地帯でも岩の内部まで影響し、岩石成分の FeO および Fe_2O_3 を容易に硫化鉄 (FeS_2) に置換している。未変質に近いような硬質の安山岩でも顕微鏡観察によると H_2S の作用を受けていることが明らかであった。ガス成分として地下で分散し、きわめて活性な状態で岩石に作用する。また、硫化鉄の酸化分解によって生じた Fe^{2+} イオンは、緩衝作用によって pH があがると、 H_2S と反応し硫化鉄として再沈澱する。

(3) 炭酸ガス (CO_2) の作用

炭酸は弱酸であるが、 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ のように、酸として岩石に作用する。蒸気の復水化によって炭酸ガスが腐食性を発揮することは一般に知られているとおりである。また、岩石から分解溶出した Ca^{2+} イオンを方解石 (CaCO_3) として沈澱させる。変質帯区分において、モンモリロナイト——方解石帯とした下位の変質は、主として炭酸ガスの作用による。

(4) 亜硫酸ガス (SO_2) の作用

水に溶解すると強酸として強い作用を発揮する。一般に SO_2 ガスを含まない CO_2 — H_2S 型であるが、 SO_2 を伴うような噴気地帯はさらに変質がいちじるしい。

(5) 蒸気的作用

地温の異状は直接的あるいは間接的に蒸気存在によるものであるが、温度は反応を促進させる。これはいうまでもないことであり、地温の高い地帯は変質が発達しやすい。

8.2 天水の作用

天水は温度に応じた飽和量の酸素を溶解している。た

えば、 15°C の水は標準状態で 7.1cc/l の溶存酸素を含有する。酸素の含有は天水の特徴であり、この水は浸透過程に硫化鉄を分解して硫酸を生成する。この模式反応はつぎのごとくである。

変質帯に存在する硫酸は、主として硫化鉄の分解による。硫化水素ガスは、直接的に酸化されると、水と遊離硫黄に分解する。しかし、いわゆる地獄のような Fe^{2+} イオンを溶解した水の存在するところでは、硫化水素は硫化鉄の過程を経て、間接的に硫酸を生成する場合がある。

溶存酸素は地下水の過程で漸次減少するが、多量の硫化鉄を鉱染する変質帯では浸透すると急に無酸素状態になる。また、生成された硫酸は自然の緩衝作用を受けて酸度を低下する。硫酸 ($\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$) は強酸であり、きわめて岩石を分解しやすい。岩石の分解は H^+ イオンによって造岩鉱物の分子構造が破壊されることであり、 H^+ イオンの供給と濃度が粘土生成の役割をなしている。大涌谷の水質分析および粘土の pH 測定によると、pH2.0 ないし 4.0 のものが多く存在し、ときに pH 1.0 近いいちじるしい強酸性のものまで存在した。

火山性地すべりとして、変質帯の表層部分における状態に関連しては、天水の作用→硫酸の生成→粘土帯の発達には重要な要素である。広義には変質帯であるが、天水の作用を変質における風化機構としてとりあつかった。

8.3 水質の特徴

大涌谷変質地内の表流水・湧水・地獄水および試験孔内水 17 点を採水して分析した結果は表-10のごとくである。これらの水質は噴気現象および風化作用との関係を現わしたものであり、かつ変質帯の水利を反映したものである。No. 1~No. 8 は 1964 年 2 月の冬期に、No. 9~No. 17 は 1964 年 9 月の夏季に採水された。この種の水質は、時期・降雨などの状態によって多少変化することは当然であるが、この地区における一般的な水質の傾向を現わしている。

(1) pH……2.1 ないし 4.0 の硫酸酸性を呈する。2.1~3.0 のものが多い。

(2) 全酸度……遊離硫酸および加水分解によって酸性を呈する塩類の総量を e.p.m 単位で示した。たとえば No. 13のごとく、地表から比較的浅い部分を流動したとみなされる湧水は塩類による酸度が高いことが注目される。

(3) 塩素 (Cl^-)……かなり多く含まれるものがある。No. 4 の大涌沢底からの湧泉では 234ppm に達しているのが注目される。噴気変質帯では、稀れに Cl^- が多い例は知られているが、一般的にはきわめて少ないのが普通である。これは A-2 孔の噴気凝縮水に Cl^- が多いことと関連する性質のものである。このような噴気性温泉に Cl^- が多い場合には、塩化水素を伴った強い噴気性ガス

表-10 大 涌 谷 の

	試 料	水 温	pH	全酸度	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	採水状況と種別	°C		epm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	大涌ダム下の表流水	19	6.70	—	78.5	958	5.6	94	257	69
2	崖 錐 下 の 湧 水	29	2.95	8.50	48.5	1,040	4.5	47	136	31
3	沢 の 表 流 水	24	2.80	14.10	96.0	1,440	10.9	192	350	136
4	川 床 か ら の 湧 泉	81	3.40	1.80	234.0	1,385	14.4	198	241	104
5	沢 の 表 流 水	13	2.55	62.00	58.5	1,858	2.4	104	247	17
6	〃	33	4.00	7.00	23.4	414	2.5	10	25	5
7	小 地 獄 の 沸 騰 泉	67	2.15	22.40	13.5	1,920	2.2	77	148	126
8	地獄の温水, 五衛門地獄	70	2.35	22.60	22.0	1,366	2.8	23	62	2
9	沢 の 表 流 水	—	2.82	12.50	40.5	2,045	8.2	142	288	79
10	No.2 と同地点の湧水	—	2.92	7.36	12.5	948	4.3	44	132	16
11	沢 の 表 流 水	—	2.70	39.20	104.0	1,812	10.2	160	387	74
12	〃	—	2.55	52.00	9.0	2,344	4.6	144	270	18
13	沢 の 最 上 部 の 湧 水	—	2.22	89.20	32.5	2,800	4.3	98	119	15
14	No.8 と同地点の地獄	—	2.38	18.35	3.0	2,000	4.1	24	64	31
15	No.7 と同地点の小地獄	—	2.40	13.32	14.5	1,960	4.7	114	389	20
16	39-6 号 孔 の 孔 内 水	—	2.74	6.15	11.5	472	2.0	13	18	13
17	38-3 号 孔 の 孔 内 水	—	3.10	26.60	11.5	1,893	16.5	94	259	32

(注) 1. pH……ガラス電極pHメータ, 常溫測定

2. Eh……常溫測定

3. 電気伝導度……20°Cで測定した値

図-31 噴気ガス中の H₂S/CO₂ 比の季節変化
(高橋清ほか(1966)より)

が比較的浅所に存在するものと考えられている。

(4) 硫酸根(SO₄²⁻)……溶存成分の主成分をなす。天水の作用でのべた風化と関連する溶出成分である。分析結果からの塩類組成によると、遊離硫酸として存在するほか、CaSO₄、MgSO₄、Na₂SO₄、FeSO₄、Al₂(SO₄)₃などの塩として溶存する。

(5) 鉄(Fe²⁺)……きわめて少ないものから数100ppmに達するものまで存在する。Fe²⁺イオンは硫酸鉄の酸分解によって溶出されているが、緩衝作用を受ける場合には、その環境によってFeS₂あるいはFe₂O₃・nH₂Oの形で再沈澱する性質をもっている。Fe²⁺含有量は強酸性水に多い傾向があるが、とくに環境に支配されやすく、pHや溶存成分量とは相関関係を生じがたい。

(6) 礬土(Al³⁺)……硫酸礬土として溶存するのが目立って多い。Al³⁺イオンとして、数100ppmから数1000ppm前後に達するものがある。Al³⁺の量はほぼpHに比例する傾向があり、とくにpH3.0以下の強酸性になると急に

多くなる。主として粘土の分解によって溶出されており、珪化帯の生成と関連する。

(7) 珪酸(SiO₂)……溶存しているイオン状珪酸はきわめて少ない。コロイド状の珪酸は定量しなかったが、珪酸分は溶出しがたいことを示す。

(8) 酸化還元電位(Eh)……Ehは空気を飽和させた状態では700~800mVであるが、硫化水素を溶存するといちじるしく低下し、100mV前後まで低下する。現状でH₂Sを飽和したものでは、さらに低いものが存在するものとみなされる。

8.4 粘土の化学的性質

大涌谷の変質帯で、粘土のpH(水素イオン濃度)およびEh(酸化還元電位)を測定した結果は表-11および図-33のごとくである。これは伊藤・大久保によって調査され⁹⁾、地下の20cmの位置で測定された値である。図-34は粘土帯のEh-pH条件分布図であり、図-35はEh-pH関係図である。粘土のpHは1.0から6.5の範囲にあるが、pH2.0~4.5の範囲にあるものが多い。pH1.0~2.0のいちじるしい強酸性のものもかなりあることが注目される。粘土の酸化還元電位は、多くは300~500mVであるが、なかには-100mVに及ぶものがある。

8.5 変質帯の環境と二次鉱物の関係

噴気ガスと天水は、変質の条件と環境を支配する要素となるが、どのような環境にあるかを考察する主な指標は温度とpHとEhのようである。コアとして採取した試料についてはX線回折による鉱物組成と薄片の検鏡でのべたように、下位の変質はモンモリロナイト——方解

水 質 分 析 表

total Fe ppm	Al ³⁺ ppm	SiO ₂ (イオン状) ppm	P ppm	NH ₄ ⁺ ppm	NO ₂ ⁻ ppm	Eh mV	電気伝導度 μΩ/20°C	備 考
tr	15	23	0.15	tr	0.00	495	1,850	アルカリ度 1.20epm, 融雪の影響で緩衝される 横坑跡地点
7	165	10	0.02	tr	0.00	705	1,950	
49	241	20	0.02	0.1	0.00	760	4,400	温泉に利用引湯される 3 インチパイプ
6	193	16	0.02	0.1	0.00	610	3,000	
174	802	20	0.05	0.1	0.00	675	5,800	
25	27	12	0.08	tr	0.00	140	1,900	
14	323	31	0.08	tr	0.00	350	5,000	
23	214	31	0.02	tr	0.00	240	6,200	
55	108	9	0.02	tr	0.00	820	3,500	
6	229	6	0.02	tr	0.00	820	1,950	
173	368	17	0.02	0.3	0.00	820	4,300	
280	811	17	0.20	tr	0.00	795	5,350	
151	1,026	18	0.40	tr	0.00	760	6,600	
86	286	17	0.40	tr	0.00	615	4,800	
48	229	20	0.25	tr	0.00	695	4,550	
13	62	8	0.01	tr	0.00	770	1,800	
38	294	14	0.01	0.2	0.00	640	3,700	

4. No. 1 ~ No. 8 は39年 2 月採水

5. No. 9 ~ No. 17 は39年 9 月採水

図-32 水質分析試料採取位置図

表-11 粘土帯の温度・pH・Eh・比抵抗の測定値

測点 番号	温 度 (°C)	水素イオン 濃度 (pH)	酸化還元 電位 (mV)	比 抵 抗 ($\times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$)	測点 番号	温 度 (°C)	水素イオン 濃度 (pH)	酸化還元 電位 (mV)	比 抵 抗 ($\times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$)
1	12	4.2	430	3.5	91	10	3.0	220	7.0
2	6.5	4.5	360	9.5	92	10.5	3.6	250	11.0
3	31	4.3	390	3.2	93	9.5	3.3	310	7.2
13	14	3.0	360	2.8	94	6	3.6	250	8.5
30	14	1.9	400	3.4	95	26.5	3.6	380	4.7
31	32	2.5	— 35	1.5	96	30	3.4	430	0.4
32	40.5	3.3	10	4.5	97	25	3.6	410	2.1
33	15.5	2.9	475	2.3	98	23	3.9	380	10.1
34	16	6.4	325	0.8	99	11	3.8	350	6.0
35	10	4.2	420	3.3	100	11	3.7	350	3.9
36	5	1.9	455	4.0	101	7.5	3.3	280	13.0
37	17	1.3	480	0.2	102	6	3.6	290	16.0
38	10	1.9	430	2.1	103	5	3.8	300	17.9
39	9.5	2.5	440	4.0	104	24	3.2	350	6.0
40	99	3.5	—100	2.5	105	10	3.5	400	7.2
41	19.5	3.6	375	12.0	106	23	3.7	420	12.0
42	68.5	2.9	41	1.9	107	37	2.8	460	1.8
43	9	3.2	360	25.0	108	11	2.5	480	7.3
44	34	3.7	360	24.0	109	30	3.8	485	3.8
45	12.5	3.1	450	11.4	110	4.5	3.8	460	10.0
46	10	3.3	460	12.0	111	18	3.5	480	138.0
47	9	3.0	470	11.8	112	14	4.2	360	72.0
48	8	3.4	460	12.0	113	11	4.2	360	40.0
49	8	4.0	440	10.5	114	14.5	3.6	350	50.0
50	8	4.6	430	40.0	115	7	4.1	330	61.0
51	10	4.0	440	41.0	116	6	4.3	320	75.0
52	30.8	2.7	500	10.5	117	5	3.7	360	100.0
53	80.0	3.8	470	4.9	118	50	3.6	400	72.0
54	12.5	1.2	380	120.0	119	7	6.0	380	40.0
55	66	2.5	495	1.1	120	8	5.5	520	35.0
56	9.2	2.9	470	3.7	121	4.5	4.6	480	57.0
57	12	2.1	465	9.0	122	4.5	6.6	500	52.0
58	51.5	2.4	400	1.5	123	4.5	5.2	480	50.0
59	15	2.1	395	3.5	124	5	4.7	440	30.0
60	6	2.9	440	14.0	125	5	4.8	430	65.0
61	5	2.4	480	12.0					
62	5	4.5	385	10.1					
63	6	—	380	2.0					
64	11.5	2.1	440	0.2					
65	8	1.9	490	0.3					
66	7	2.4	455	2.4					
67	12.5	1.9	460	0.3					
68	20	2.7	480	2.0					
69	37	2.2	500	1.8					
70	52.5	2.6	410	0.5					
71	27	2.0	430	1.0					
72	30.5	2.6	430	1.5					
73	29	2.6	440	0.4					
74	6.5	2.3	420	2.7					
75	9	1.8	440	4.2					
76	12	2.3	435	5.0					
77	26	2.3	470	7.1					
78	13	2.2	390	1.0					
79	19	1.8	400	0.4					
80	14.5	2.1	420	2.0					
81	8	6.0	340	21.0					
82	7	4.8	440	37.0					
83	5	3.8	480	26.0					
84	7	3.5	490	7.1					
85	3	2.6	370	1.8					
86	11	3.2	260	1.9					
87	10	3.2	390	4.7					
88	10.5	3.1	400	11.0					
89	19.5	3.0	400	5.9					
90	63.0	3.1	— 90	2.1

図-33 粘土の化学的性質の測定点 (伊藤・大久保(1966)より)

図-34 粘土帯の Eh-pH 条件 の 分布 図 (伊藤・大久保(1966)より)

図-35 粘土帯の pH-Eh 関係図〔伊藤・大久保(1966)より〕

石帯で特徴づけられている。この変質は、低い Eh と高い pH によるものとみなされる。硫化水素の存在はいちじるしく酸化還元電位を低下させ、岩石成分のアルカリおよびアルカリ土類の溶出は変質をアルカリ性の状態におくものとされる。共存する α -トリジマイトおよび α -クリストバライトは、造岩鉱物が粘土化する場合に、過剰の珪酸分が含水珪酸 ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) として遊離したものであろう。

モンモリロナイト——方解石帯の上部では、方解石が石膏に転移してモンモリロナイト——石膏帯を生成している。これは、方解石が石膏に変化する程度の遊離硫酸の置換作用を受けたものであり、酸性浸透水の影響範囲とみなされる。さらに、モンモリロナイト——石膏帯はカオリン——蛋白石帯（上位変質帯）に転移している。これは、主としてカオリンからなり蛋白石および硫化鉄を伴う粘土質である。モンモリロナイトとカオリンはまったく共存しないとはいえないようであるが、共存しがたい特徴は認められた。鉍酸性では、モンモリロナイトはカオリンに分解されている。すなわち、珪礐比 ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 分子比) の高い粘土が珪礐比の低い粘土に変っていることであり、硫酸酸性の地下水が粘土の珪礐比を変化させる。モンモリロナイトがカオリンに転移する pH と温度の限界は明らかでないが、pH 3.0 前後でいちじるしく進行するようである。 α -トリジマイトおよび α -クリストバライトは普遍的に検出されるが、上位変質帯では多くなっている。カオリン——蛋白石帯では、ほとんど石膏が検出されないが、これは石膏の溶解度が関係するものとみなされる。

地表部分は脱硫化作用によって、灰白・黄白・黄褐色

どの色相を呈する淡色粘土帯となっている。この表層変質帯は、カオリン——明礐石帯および蛋白石帯とした。地温のある地帯では明礐石が検出される特徴があり、熱強酸性水の影響している地帯では Al_2O_3 が溶出して蛋白石帯を生成している。この蛋白石帯のいちじるしいものは粗珪石と呼んでいるものに相当する。表層変質帯の珪化帯や滑性化帯では、非晶質物質が多く含まれる。

噴気変質帯の周辺部でも多少の粘土質が発達する。これを不規則混合層鉍物——モンモリロナイト帯（周辺変質帯）とした。X 線回折によると、粘土鉍物の $4.5\text{\AA}$ および $1.49\text{\AA}$ の回折線を有するが、 $2^\circ \sim 12^\circ$ の間に明瞭な底面反射が認められないもの、すなわち不規則混合層鉍物を含む粘土質からなるものとみなされる。地すべり冠頭部の植生地内で試掘された 39-2 号孔の変質がこれに相当する。

大涌谷の変質帯は、安山岩を原岩とするため、X 線回折で石英の反射を生ぜず、また残存斜長石の反射も少ない。したがって、二次鉍物の反射は明瞭であった。深度 100m 前後の範囲では沸石の生成は認められなかった。明礐石は地表部分のみで、明礐石帯は内部に存在しなかった。大涌谷のような現世の変質帯では、いちじるしい深部の高温・高圧帯は別として、地下 100m 前後を対象とした範囲では、交代作用による元素の再配分は成立していない。この種の変質帯は、成分の溶脱作用と温度・pH・Eh 条件に支配された二次鉍物の累帯配列で特徴づけられる。

9. む す び

火山性地すべりの発生機構を素因の立場からみた大きな問題の一つは、変質機構とこれに関連する内部構造である。地すべりをおこすような変質帯は、噴気ガスによる直接的な変質と天水の作用による二次的な風化に大別される。両者は密接な関係にあり、噴気存在と性質が重要な役割をなしているが、地すべりをおこす粘土帯の発達には風化の影響が大きい。

変質帯の鉍物組成による累帯配列は、主として温度・pH・Eh に支配され、下位から上位および周辺に向かって次のように分けられた。

- (1) モンモリロナイト——方解石帯（下位変質帯）
- (2) モンモリロナイト——石膏帯（中位変質帯）
- (3) カオリン——蛋白石帯（上位変質帯）
- (4) カオリン——明礐石帯および蛋白石帯（表層変質帯）
- (5) 不規則混合層鉍物——モンモリロナイト帯（周辺変質帯）

硫化水素ガスは、活性な状態で広範囲に岩石に作用し、岩石中の鉄鉍物を硫化鉄に置換している。この硫化鉄は天水の作用で酸分解し、強い酸性水を生成し、こ

の酸性水が不安定斜面の発達をさらに助長している。火山性地すべりの規模・性質を考察する重要な指針は斜面における変質帯の断面が示す特徴である。

地下水位は、試錐調査に現われたごとく、割合に深く位置する。したがって、地下水の影響は一般の地すべりと同じように取扱いがたい。しかし、豪雨あるいは長雨は宙水の状態では不安定な粘土質の部分を刺戟する力は大いである。不規則な内部構造とともに宙水の存在が目立っている。

火山性地すべりの予知は、変質帯の発達に関連する地質特性、運動機構および土の性質から得られる特徴、降雨・地震などの外因からみた発生機構と直接の関連をもつが、同時に防災対象との関係も考慮しなければならない。この種の地すべりは、最悪の場合に、大きな土石流を発生するおそれが存在することであり、斜面の崩壊性地すべりは、溪流ぞいの崩積土を伴って拡大することがある。変質帯の土質は、ひずみの発生からせん断までの時間が短かく、またかく乱粘土は流動性を増すことが明らかにされているので、不安定斜面の急激な崩壊を可及的に防止することである。

大涌谷地内のA地区およびA地区からB地区にかけた地帯の斜面は、断面図に表わしたように、粘土帯および強変質安山岩帯が発達した不安定状態にある。したがって、これが放置されるか、あるいは強い外因が加わった場合には、崩壊性的地すべりを発生するおそれがあり、これが発生した場合には、さらに大涌沢の崩堆土を流出する沢抜けの土石流を発生する危険を含んでいるとみななければならない。まず、不安定斜面の脚部の侵食を防止することがたいせつである。すでに対策工事は断続的に施行されているが、えん堤工はきわめて有効である。えん堤の強度はとくに留意すべきである。

10. あ と が き

この研究は、箱根大涌谷地内で実施されたが、この地区のみならず、類似した噴気変質帯における火山性地すべりを考察する目安とし、また対比の基礎資料としてい

る。便宜と協力を頂いた神奈川県土木部砂防課・温泉供給KKならびに総合研究の各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 久野 久(1950)：熱海図幅および地質説明書，地質調査所
- 2) 神奈川県土木部砂防課：地すべり対策砂防工事，33年度（大涌沢・須沢），34年度（第1号），35年度（第1号・第2号の2），36年度（第1号・第2号），37年度（第1号・第2号），38年度（大涌沢），39年度（第1号・施設維持修繕工事）
- 3) 神奈川県土木部砂防課(1961)：大涌沢地すべり工事の概要
- 4) 神奈川県土木部砂防課（1961，1962，1963，1964，1965）：箱根火山の地震，地中温度並に地形変動の調査，観測報告
- 5) 国立防災科学技術センター(1965)：火山性地すべりの発生機構 および 予知に関する研究（第1報），防災科学技術総合研究報告，第1号
- 6) 安藤武・大久保太治(1966)：試錐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，防災科学技術総合研究報告，第7号
- 7) 藤井紀之・大八木規夫ほか(1966)：箱根大涌谷変質帯の産状および性質，防災科学技術総合研究報告，第7号
- 8) 高橋清・伊藤司郎・前田憲二郎(1966)：箱根大涌谷の噴気ガスの特性，防災科学技術総合研究報告，第8号
- 9) 伊藤司郎・大久保太治(1966)：大涌谷変質帯および大涌川流水の地球化学的環境，防災科学技術総合研究報告，第8号
- 10) 渡正亮・酒井淳行ほか(1966)：箱根地区火山性地すべりの運動機構に関する研究，防災科学技術総合研究報告，第9号
- 11) 山口真一・中村三郎ほか(1966)：大涌谷地表変動および地温調査，防災科学技術総合研究報告，第9号