御岳火山灰の変質過程¹⁾

渡 辺 晃 二²⁾

The Alteration Sequence of the Ontake Volcanic Ashes¹⁾

Kôji WATANABE²⁾

The Ontake pyroclastic fall deposits, which have been accumulated in Pleistocene time, show widespread occurrence in the eastern areas of the Ontake volcano in Honshû. In this study, the weathering sequence of these deposits was given, and it was concluded that the alteration followed the sequence of volcanic ash → allophane → halloysite in the order of progressive alteration.

In view of the sedimentary environments, the pyroclastic fall deposits may be divided into water-laid, sea-laid and air-laid sediments.

In the case of "Pm I" pumice fall bed which served as a key bed in these pyroclastic fall deposits, the degree of alteration is reflected by the delicate shade of different environmental conditions. That is to say, in air-laid sediment argillization is remarkable, where as, in water-laid and sea-laid sediments, the volcanic glasses are usually prevented from conspicuous alteration, and only small amount of allophane is recognized. These facts suggest that the sufficient water supply and the retaining of dead water in the sediments might be essential factors in progressive alteration.

In general, during the course of weathering, alkalies and alkaline-earth metals might be removed by slightly acid water. The fact that iron and manganese are concentrated as hydroxide at the base of pumice bed may be explained by more alkaline conditions at this site. Under these physico-chemical environments, silica and alumina might be leached out as colloidal forms and precipitate as gels. The usual occurrence of allophane, α -cristobalite and gibbsite in the weathering profile will support this view.

The features of alteration mentioned above, may indicate that the hydrogen ion concentration and the redox potential as a function of it, are the dominant factor to control the mineral species which were formed in the course of weathering of these pyroclastic fall deposits.

I. ま え が き

関東ロームの研究を中心に、第四紀火山活動に由来する火山砕屑物、特に火山灰の粘土化については、従来からいくつかの研究が報告されている。そのなかで、倉林・土屋らは、火山灰層の粘土鉱物組成を明確化し、火山ガラスがアロウェンをへてハロイサイト³⁾に至る粘土化の過程を推論すると同時に、関東ローム、信州ロームにおいて下位層から上位層にかけて粘土化による分帯が可能であることを示した(倉林・土屋: 1958, 1967)。一方、増井・庄子らは、東北地方の火山灰質土壌の研究から、風化初期における 1:1 型鉱物の生成を否定して、

火山ガラスからモンモリロナイト、Al-バーミキュライトという 2:1 型鉱物の生成過程を推定した(増井・庄子: 1967)。このように、第四紀層という新しい堆積物でさえも、いくつかの変質過程が示されるという事実は、堆積条件が変質過程、変質鉱物の生成に微妙な影響を与えていることを指示している。本論文は以上の観点から、層序学的な研究が広範囲にわたってなされ、かつ過去における堆積条件が野外調査によって推定される御岳火山の火山噴出物、特に火山灰の変質過程について検討を加えたものである。すなわち、同時期の火山噴出物が堆積条件によっていかなる変質状態になるかについては、鍵層とされている "Pm I" 軽石層の各地域での

1) 1972. 10. 6 受付

2) 信州大学理学部地質学教室, Department of Geology, Faculty of Science, Shinshû University.

3) 以前 加水ハロイサイトと呼ばれたもの。

野外調査の観察に基づいて、水成、海成、風成堆積物に大別されている。ここで海成堆積とされている試料は、名古屋港のボーリングコアから採取したものである。

採取した試料は、主としてX線分析、示差熱分析、顕微鏡観察によって鉱物を同定し、一部の鉱物については半定量をおこなった。

その結果から、試料によっては、化学分析によるアルカリ、アルカリ土類元素の定量、懸濁法による水素イオン濃度、酸化還元電位の測定をおこなった。

III. 実験方法および実験結果

1. “Pm I” の粘土化

“Pm I” は、火山ガラスの他に若干の黒雲母、角閃石、磁鉄鉱、紫蘇輝石、普通輝石、ジルコンなどを含む

第3図 X線回折線

(1)	火山ガラス	木曾野尻鹿島	2
(2)	アロフェン	伊那東中学	34
(3)	ハロイサイト	伊那東中学	8
(4)	ギブサイト, Al-パーミキュライト	駒ヶ根東中学	

が、ここでは主に火山ガラスの変質に問題をしぼる。結論的にいえば、全般的に“Pm I”の火山ガラスの風化生成鉱物としては、アロフェンとハロイサイトを主とし、メタハロイサイト⁴⁾あるいはモンモリロナイトは確認されない。また、変質度の高い試料はほとんどハロイサイトによって占められ、火山ガラス→アロフェン→ハロイサイトの変質系列は“Pm I”によっても確認される。一部の試料には Al-パーミキュライトも認められるが、常にハロイサイトと共存して分離不可能であり、しかも非常に微量であるので、はたして火山ガラスからの変質か、あるいは黒雲母の変質生成鉱物かは明確でない。

なお、上記した各鉱物の同定法は次の通りである。火山ガラスとアロフェンは、X線回折では両者とも非晶質のため、幅広い回折を示すのみで明確な区別はできないが、鏡下では火山ガラスは半透明のガラス状光沢を示し、0.1 mm 程度の不定形塊状で存在する。従って、白色粉状のアロフェンやハロイサイトとの区別は明らかである。(なお、アロフェンは、風成で産する場合には、一般に水酸化鉄の影響で淡黄褐色を呈することが多い。)示差熱分析では、火山ガラスが熱的に安定であるのに対して、アロフェンは 150°C 付近の脱水と 920°C 付近の弱い発熱反応で区別される。純粋なハロイサイトは 135

第4図 示差熱曲線

(1)	火山ガラス	木曾野尻鹿島	2
(2)	アロフェン	伊那東中学	34
(3)	ハロイサイト	伊那東中学	8
(4)	ギブサイト	伊那東中学	28
(5)	Fe, Mn の水酸化物	伊那東中学	8

なお (4) はマイクロ示差熱分析装置を使用

4) 以前 ハロイサイトと呼ばれたもの

第1表 Al-パーミキュライトの薬品処理実験および加熱実験

untreated			E. G. treated		HCl treated		NH ₄ NO ₃ treated		K-treated	
d (Å)	I	Idt.	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
14.60	70	A. V	14.70	60	14.00	100	14.60	100	14.20	50
10.30	50	M			10.20	80				
7.14	100	A. V	7.14	100	7.16	30	7.16	70	7.16	100
					5.04	40				
4.77	50	M			4.27	10	4.77	30	4.77	20
3.56	70	A. V			3.56	30	3.56	40	3.56	30
3.36	30	M			3.36	50	3.36	20	3.36	30

untreated		200°C		500°C		700°C		900°C	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
14.60	70	14.60	70						
10.30	50	10.30	30	10.50	100	10.50	s		
7.14	100	7.20	100	7.25	20	5.10	b		
4.77	50	4.78	20	4.80	10				
		4.30	30	4.30	20				
3.56	70	3.57	30	3.60	10				
3.36	30	3.37	30	3.38	30	3.41	s	3.80	s
								3.30	b

実験試料：伊那東中学の“Pm I”に含まれる雲母からの変質生成物

E. G.：エチレングリコール

K-treated：0.1N KOH+1N KCl 液による処理

°C 付近の脱水，560°C 付近の(OH)の脱水，そして960°C 付近の再結晶化による発熱反応が認められるが，アロフェンの混入が増加するにつれて，(OH)の脱水温度と，再結晶化の発熱温度がそれぞれ低温側へ移行する傾向があり，X線回折データに対応している。Al-パーミキュライトは，X線回折によって14.6 Å 付近に弱い回折を示し，エチレングリコール処理，硝酸アンモン処理で移動せず，塩酸処理，カリ処理⁵⁾によって14.0 Å，14.2 Å へ移ること，また加熱処理では400～500°C で消滅することなどからその存在を推定した。なお，Al-パーミキュライトは，標準試料として“Pm I”の黒雲母の変質生成物を用いて実験をおこなった。ハロイサイトの半定量は，ガラスの粉末に各割合の純粋なハロイサイトを加えて標準試料を作り，X線回折による(001)反射の強度を基準にして検量線を作製し測定した。石英もこの方法に準じ，ハロイサイトに各割合の石英を添加し，(100)あるいは(101)反射強度を基準にした。

“Pm I”の組成鉱物の量比と堆積条件との関連については，次のような結果が得られた(第5図参照)。

(1) 水成堆積物 典型的な水成堆積物は，肉眼観察によっても他の産状を示す試料とは明瞭に区別できる。

これは粘土化があまり進展せず，その結果火山ガラスが多く残存することによるもので，一般に圧縮を受けて全体が白色堅硬化している。鉱物組成からみると，火山ガラスが圧倒的に多く，一部でアロフェン化がみられる。アロフェンは，個々の火山ガラスの破片を薄く被覆して存在し，水鏡によって両者の分離は可能である。ハロイサイト化は非常に微弱であるが，必ずしも典型的な水成堆積物とはいえない試料では，急激にその含有量が増加する。黒雲母，角閃石などの鉱物も比較的新鮮に残存している。

(2) 海成堆積物 この種の試料は，名古屋港のボーリングコア6個で，名古屋港では深度18～27m にかけて，10～30cm の厚さで薄く堆積している。おそらく，木曾川にそって名古屋港まで運搬され，堆積したものと推定されるが，その意味では水成堆積物の特殊な例として分類してもよい。従って，これらの試料は典型的な水成堆積物の鉱物組成に近く，ハロイサイトの存在を認めたのはわずかに一試料のみで，しかも非常に微量にしか確認できない。黒雲母や角閃石も残存し火山ガラスも新鮮であるが，水成堆積物に比較してアロフェンの量が若干少ない。

5) 0.1N KOH+1N KCl 液による処理。

第5図 堆積環境と“Pm I”の粘土化との関連

⑩: Al-パーミキュライト

試料番号は第2図に準ずる

(3) 風成堆積物 風成堆積物の特長は粘土化が顕著であること、換言すればハロイサイトの含有量が全般的に増加することにある。しかし、試料によって、ハロイサイトの量変化が大きく、これは風成層として一括される堆積物のなかには、かなり異なった堆積条件、堆積経過があるとみてよい。一般にハロイサイトの存在量と火山ガラス+アロフェンの存在量との間には負の相関関係が認められるが、伊那谷周辺など完全にハロイサイト化している露頭も多く、そのような試料では黒雲母も変質して、パーミキュライト、Al-パーミキュライト、加水黒雲母、緑泥石-モンモリロナイト混合層長周期粘土、

メタハロイサイトなどの各鉱物になっている。一方、同じ風成堆積物でも、曾根丘陵牛居沢Bの露頭のように、水成層と同程度の変質しか示さない場合もある。また、御岳山 2,900m の高地での風成堆積物も、ハロイサイト化が全く認められない点は注目される。風成堆積物は、ハロイサイト化があまり認められなくても、水成堆積物に比べて火山ガラスの残存が少なく、アロフェン化が進んでいる場合が多いのも一つの特長といえる。以上のような鉱物組成の結果、風化堆積物は全般的に軟らかく、地表水、地下水などの供給を受ける地点では加水し白色軟弱化を呈することが多い。

第6図 伊那東中学における粘土化

Ⓐ：アロフェン，Ⓒ：α-クリストバライト，Ⓥ：Al-バーミキュライト，Ⓔ：ギブサイト，(H·H)：ハロイサイト，(Fe, Mn)：Fe, Mn の水酸化物，(uf)：不整合面

2. “Pm I”～“Pm IV” へかけての変質

模式地とされている伊那東中学での露頭は、大泉礫層の上位に“Pm I”から“Pm IV”の6層の軽石層と、それら軽石層に夾在するローム層が風成堆積物として認められる。しかし、堆積後地表水の供給が多く、粘土化は全般的に著しい。

(1) ハロイサイトの含有量の変化 ハロイサイトの含有量の増加は粘土化の進展に比例しているものとみてよい。

ここで注目される第一の点は“Pm I”軽石層が他の軽石層、ローム層に比べて著しく粘土化し、いわゆる選択的な変質作用が認められることである。第6図に示した実験試料は、意識的に“Pm I”の未変質部分をも採取しているが、このように未変質部分が大きく残存する場合はむしろまれであって、近接する六道原、駒ヶ根などの各露頭では、全般的にハロイサイト化、あるいはアロフェン化が進展している。従って図に示されたハロイサイト含有量のうち点線で示された部分は“Pm I”のこの地域での一般的な含有量を示すものである。

注目される第二の点は“Pm I”以外の軽石層がアロフェン化は著しいが、ハロイサイト化が劣勢になっていることである。ローム層は軽石層に比較すると長石類、

石英などを含有する特長も有するが、ハロイサイトも平均50%程度の含有度を示し、“Pm I”以外の軽石層よりは粘土化が進展している。

(2) アロフェンの存在状態 アロフェンは“Pm I”をのぞく軽石層に多く存在する。“Pm I”もこの露頭においてはハロイサイト化が著しいものの、この地点より15km 南方の駒ヶ根ではアロフェンの多い部分が大半を占める。アロフェンの多い部分とハロイサイトに富む部分は比較的是つかりした境界をなし、漸移関係は示さない。アロフェンは一般に微量の水酸化鉄と共存し、全般的に淡黄褐色を示す場合が多いが、ハロイサイト化した部分は白色化し、水酸化鉄が存在する場合でも割れ目にそって、あるいは軽石層の基底部に濃集することが多い。アロフェンの存在する各軽石層は、火山ガラスも少なく、変質の中間的な段階にあるとみてよい。“Pm I”の未変質部分が大きく残存する場合で直径約1mに及ぶ核を作り、中心部程火山ガラスが多くアロフェン化も弱い。この部分には石英安山岩の小岩片も含んでいる。

(3) Al-バーミキュライトの存在状態 Al-バーミキュライトは、この露頭では軽石層には認められず、“Pm II”より上部のローム層の三試料に確認される。ハロイサイトが共生している点は、他の地点における産出状態

に共通する。この露頭だけに限れば、Al-バーミキュライトの存在する箇所は、地表に近いローム層に集中しているといえる。

(4) **ギブサイトの存在状態** ギブサイトは大泉礫層直上のローム層下部、および“Pm III”と“Pm IV”に夾まれるローム層にのみ集中して存在する。特に後者の産出状態は肉眼でも明瞭に識別でき、茶褐色のローム層中に直径 1 mm 程度の白色球状を呈して存在し、ローム層にそってほぼ水平に並んで集中する。ハロイサイトとの相関は明確でない。

(5) **シリカの存在状態** シリカは石英と α -クリストバライトの状態が存在する。石英はローム層に平均 4~5% 程度含まれ、多い場合で 10% に達する。 α -クリストバライトは石英よりも含有量が少ないが、ローム層のほとんどの試料に認められ、軽石層中には確認されない。

(6) **鉄・マンガンの水酸化物** “Pm I”、“Pm II”、および“Pm II'”の軽石層の下部に認められるが、特に“Pm I”の下部は顕著なハロイサイト化と共に、大きいもので 1 cm におよぶ淡緑黒色の軟らかい不定形塊状結晶を認める。また一部では、この水酸化物を核としてハロイサイト化が進展している部分もある。X線回折では回折像を示さず非晶質に近い物質と考えられるが、蛍光 X線分析によって、Fe と Mn の存在が確認され、しかも両者の比率は試料によって大きく異なることが判明した。水酸化物であることは示差熱分析の 390°C 付近の脱水反応によって推定されうが、試料によって脱水温度がかなり異なる。

(7) **水素イオン濃度と酸化還元電位** 各試料の懸濁 pH と酸化還元電位を測定した。測定法は粉末試料 10 g にあらかじめ pH 7、Eh+290 mV に調整した蒸留水 30 ml を加えよく攪拌し、東亜電波製 HM 5 A 型ガラス電極 pH メーターで測定した。

水素イオン濃度の値は地表近くでは pH 6 程度である

第 2 表 化学分析値 (%)

	11	34	14
MgO	6.70	0.73	1.53
CaO	6.73	3.00	3.52
Na ₂ O	2.21	1.07	0.34
K ₂ O	2.24	1.89	0.39
H ₂ O(+)	5.60	12.35	13.40
H ₂ O(-)	1.20	17.35	8.10

試料番号は第 6 図に準ずる。11：火山ガラスの多い部分、34：アロフェンの多い部分、14：ハロイサイトの多い部分

が、深度が増加するにつれて次第にアルカリ性へと移行し、“Pm I”の粘土化の著しい部分では pH 7 になる。“Pm I”の未変質部分は pH 7.5 程度でアルカリ性の値を示す。“Pm I”より下位層は順次また酸性側へ移行する。一方、酸化還元電位は、水素イオン濃度に対してほぼ逆相関の関係を示し、地表近くでは Eh+315 mV であるが、深度を増すにつれて還元環境を示すに至り、“Pm I”の未変質部分では Eh+250 mV へと急激に値は低下する。なお、“Pm I”の粘土化の著しい部分では平均 Eh+285 mV 程度である。

(8) **アルカリ、アルカリ土類元素** 風化作用に際して最も初期に逸脱しやすい元素はアルカリ元素、アルカリ土類元素である。その観点から、“Pm I”について、火山ガラス残存部分(試料 11)、アロフェン化の部分(試料 34)、ハロイサイト化の部分(試料 14)の三試料について化学分析をおこなった。なお、アルカリ元素の分析は蛍光分析法(日立 FPF 2 型蛍光光度計)により、アルカリ土類元素の定量は原子吸光分析法(日立 207 型原子吸光光度計)によった。また同時に水の定量もおこなったが、H₂O(+)は灼熱減量法により、H₂O(-)は 110°C 加熱法でおこなった。その結果、粘土化に伴うアルカリ元素の減少、アルカリ土類元素のハロイサイトの再吸着の傾向がみられる。H₂O(+)は、粘土化と共に増加するが、H₂O(-)は、アロフェンの部分で最も多く、ハロイサイト化でやや減少している。

IV. 考 察

1. ハロイサイト化が進展する堆積条件

実験の結果を総合すると、水成、海成堆積条件下では粘土化が進展せず、風成堆積条件下ではハロイサイト化が促進されている事実が判明した。しかし、水成堆積条件のもとで変質作用が全く進展していないということではなく、水成軽石層がいずれも白色化していることからみても、少なくとも Fe の溶脱があったことを示している。すなわち、この場合、アルカリ、アルカリ土類元素、Fe、Mn の各元素は順次溶脱し、更に Si や Al も一部溶脱を始めたものと思われるが、水の供給が十分でかつ移動するため、SiO₂ や Al₂O₃ のコロイドやゲルの生ずるまでの水溶液濃度に達せず、Si や Al もアルカリ元素などと共に逸散したものと推定される。従って SiO₂ と Al₂O₃ のゲルから容易に沈澱されるはずのアロフェンがほとんど生成せず、アロフェンから結晶化すると推定されるハロイサイトの存在度も低いものとみられる。

海成堆積物の場合、最初から海成層として堆積したと

は考えられない点から、変質作用は水成堆積物の場合に準ずるとみてよい。海水の水素イオン濃度からすれば、火山ガラスはモンモリロナイトへ変質するのがより安定な状態といえるが、実際にはモンモリロナイト化が認められないのは、海水との接触が不十分なことが考えられる。すなわち、運搬堆積過程からみれば、水成堆積物に準ずる点、あるいは“Pm I”の上位には現在約 20m の堆積層が存在し、直接海水には接触していない点などから、モンモリロナイト化する時間的條件が短かったものと推定される。

風成堆積の場合には、露頭での観察では、地表水、地下水の滲透が十分であることが多い。しかもこの場合、水成堆積状態のように水が流出、移動してゆくのではなく、停滞する程度の条件が多い。この条件は、火山ガラスから各陽イオンの溶脱を助長すると同時に、これらのイオンがあまり移動することなく他の安定状態へ移行したことが推定される。SiO₂ ゲルから α-クリストバライトの結晶化、Al₂O₃ ゲルからギブサイトの結晶化、更にアロフェンの生成、ひいてはハロイサイトの生成は、このような条件で進展したとみてよい。伊那東中学の露頭では“Pm I”は粘土化した部分が上位層からの圧力でかなり圧密化しているのに対し、未変質分は堆積時に近い形で残存していると考えられ、その結果“Pm I”の上限は不規則に波をうった形態を示している。上位層でこの影響を受けて堆積するのは“Pm I”直上のローム層のみで、“Pm II”軽石層より上位層はほとんど水平に堆積している。すなわち、“Pm I”の粘土化は“Pm II”の堆積前に殆んど終了したものとみてよい。この事実、加水作用が適度に保たれるならば、粘土化の進展はかなり急速におこなわれることを示している。

また“Pm I”における選択的な顕著な粘土化については、原岩が石英安山岩質の軽石という非常に変質しやすい特質を有している点もあるが、伊那市の六道原では

“Pm I”だけでなく、“Pm II”も著しいハロイサイト化を受けているという現象がある。この地域は、ハロイサイトをクレー原料に用いるため田畑を掘りおこして採掘しているが、このように水の停滞が十分に“Pm I”の上位まで及べば、他の軽石層も粘土化が進展する可能性を有しているとみてよい。前述の駒ヶ根では、六道原とは逆に水の停滞が部分的であるため、“Pm I”自体も殆んどアロフェンによって占められている点からみても、加水現象が粘土化に如何に微妙な影響を与えているかがわかる。また、御岳山の 2,900m 地点での“Pm I”風成堆積物が、殆んど変質していないことは、地下水(停滞水)の影響が無視されること、寒冷な気候条件が粘土化を阻止しているものと推定される、従がって、三つに区分した堆積条件も、粘土化にとって初期の堆積条件が大きく影響しているのは水成堆積物であって、ハロイサイト化は、各堆積層とも堆積後の水の供給状態によって規制されているものと考えられる。

2. ハロイサイト化に伴う各元素の移動

火山ガラスの主要元素である Si と Al は、一般の風化作用では他の元素に比べて比較的難溶とされているが、アロフェン、α-クリストバライト、ギブサイトの存在から、Si, Al が溶脱し、それぞれのコロイドあるいはゲルを生成したことは否定できない。一般の水溶液における Si は、pH 8 までは徐々に溶解度を増すが、pH 8 以上のアルカリ性になると急激に溶解度が増加する。この場合、酸性領域では Si は Si(OH)₄ の形で溶存するが、pH 8 以上では更に SiO(OH)₃ の形をとり溶解度が急激に増加する (Alexander *et al.*: 1954)。また共存元素が影響し、例えば Al が存在する場合、不飽和の場合でも共沈現象が起きるとされている (一國: 1968)。α-クリストバライトの存在、アロフェンの生成はこのような見地から考えても理解される。一方、Al は一般に pH 7 付近では難溶性であるが、pH 4 以下の酸性、あ

第 3 表 火山ガラスの変質経過

るいは pH 10 以上のアルカリ性では急激に溶解度を増すといわれている。しかし、このような強酸性、強アルカリ性の環境は、御岳火山灰の風化過程では考えにくい。アロフェンが生成し、ギブサイトが存在する以上 Al の溶出は少なくとも考えられるが、水素イオン濃度の測定結果、あるいはハロイサイトが安定であるという条件からみれば、pH 6 程度の酸性地表水によって溶脱された Al は $\text{Al}(\text{OH})_3$ の形で溶存し、ややアルカリ性の環境下で再沈澱したものであろう。 α -クリストバライトが全般的に生じているのに対して、ギブサイトが特定層準に集中して認められるのは、原岩の問題よりも、再沈積条件、すなわち、Al が水素イオン濃度に鋭敏に規制されている結果とみられる。

アルカリ、アルカリ土類元素は、地球化学的には最も初期に溶出しやすい元素であるが、化学分析の結果、火山ガラスがアロフェンに至る過程で減少することで立証される。アロフェンからハロイサイトに至る際、アルカリ元素は減少するがアルカリ土類元素はやや増加する。

ハロイサイトの結晶構造中には、これらの元素にほとんど含み得ないが、粘土鉱物特有の吸着現象によりアルカリ土類元素の増加は理解される。しかも伊那東中学では、Fe と Mn の沈積にもみられるように、地層にそった地下水、地表水の移動が考えられ、単に等容量的な変質は考えられない点からも、アルカリ土類元素の高い含有値は検討しなければならない。

鉄・マンガン水酸化物の沈澱は、火山灰層の風化に際する水素イオン濃度と酸化還元電位との関連を明瞭に示している。すなわち、Fe と Mn の両元素は、Co などと共通した性質を有し、酸性条件下では Eh 値が非常に高いが、アルカリ性の条件では急激に低下する。特に pH 7 付近で急激なギャップが示され、水素イオン濃度の微小な変化が酸化還元電位の大きな変化をもたらす (Garrels, Christ: 1965)。従って比較的酸性条件下で溶脱された Fe, Mn は、水溶液となって地層間隙を浸透する間に、アルカリ性環境下で水酸化物として急激に沈澱したものであろう。このアルカリ性の条件は、水素イオン濃度の測定結果からも推定されうるが、アルカリ土類元素の分析結果からも、これら陽イオンが直ちに溶出でき

るような環境が導びいたものといえる。Fe は炭質物が共存するような還元環境下では $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$ (レピドクロサイト) と思われる緑黒色非晶質沈澱を示す場合もまれにはあるが、殆んどは酸化条件下で $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$ (ゲータイト) の褐色沈澱である。Mn はおそらく $\text{MnO}(\text{OH})$ の形で存在し、またレピドクロサイトと共存するような場合には $\text{Mn}(\text{OH})_2$ の非晶質沈澱を形成しているものと推定される。

Al-バーミキュライトの生成については、黒雲母の変質鉱物としては確認しているが、火山ガラスからの生成という確証は得ていない。“Pm I” では、風化堆積物に Al-バーミキュライトが多く存在する点については、飛来物を意味するのか、あるいはハロイサイト化に関連を持つのか現段階では不明であり、今後検討されるべき問題である。ただし、雲母類からの変質として Al-バーミキュライトの生成を考える場合、結晶構造的にみて陽イオンの移動で容易に理解されることは確かである。

引用文献

- Alexander, G. B. and Heston, W. M., Iler, R. K. (1954) The solubility of amorphous silica in Water. Jour. Phys. Chem., **58**, 453~455.
- Garrels, R. M. and Christ, C. L. (1965) Solutions, Minerals, and Equilibria. 379~388, Harper and Row.
- 一國雅巳 (1968) 温泉水から生成したケイ酸質沈澱物の化学。温泉工学会誌, **5**, No. 2, 48~53.
- Kobayashi, K. and Shimizu, H. (1965) Classification and Correlation of Shinshu Loam in the South Shinshu Tephrogenetic Region, Central Japan. Jour. Fac. of Liberal Arts and Sci. Shinshu Univ., No. 15, 37~59.
- 小林国夫・清水英樹・北沢和男・小林武彦 (1967) 御岳火山第一浮石層 — 御岳火山第一浮石層の研究その I — 地質雑, **73**, No. 6, 291~308.
- 倉林三郎・土屋竜雄 (1958) 関東ローム中の粘土鉱物 (1). 地質雑, **64**, 603~615.
- (1967) 信州ローム・青森火山灰層中の粘土鉱物—関東ローム層の粘土鉱物学的特徴との比較。柴田秀賢教授退官記念論文集, 140~147.
- 増井淳一・庄子貞雄 (1967) 火山灰土壌の粘土鉱物に関する問題点。ペドロジスト, **11**, 33~45.