斜長石の粘土化の2, 3の例

Formation of clay minerals from plagioclase

田 崎 和 江 (Kazue Tazaki)*

1. は じ め に

斜長石は、岩石および火山性堆積物中に広くみとめられる一次鉱物である。火山灰土を構成する火成源の一次鉱物が、どのような過程で粘土化するかは、興味ある問題である。斜長石は、他の一次鉱物にくらべ、一般に風化をうけやすく、種々の粘土鉱物を生成するので、粘土化過程を追跡するのに適している。

長石類の風化や変質については多くの研究があり、それらの研究は、大きく2つに分けられる。その1つは、露頭における自然観察と長石の風化生成物をしらべて粘土化過程を検討する研究である。もう一方は、熱水条件下に長石類をおき、人工的変質を観察し、その変化過程から、自然における風化を推定する研究である。前者の研究から、長石類の風化産物は、アロフェン、雲母、ギブサイト、モンモリロナイト、カオリナイト、ハロイサイトであることが知られている。

火山灰土中の長石類は、火山ガラスとならんで、各種の粘土鉱物の起源物質として風化系列が組まれている¹⁾³⁾¹⁰⁾¹²⁾¹⁹⁾。花こう岩中の斜長石も、風化により、火山灰土中の斜長石とほぼ同じく粘土鉱物であるイライト、カオリン鉱物およびギブサイトを生成する⁶⁾⁸⁾。熱水脈中の斜長石からは、モンモリロナイトも生成している⁹⁾。

後者の人工風化に関する研究では、Guilbert and Sloane⁴⁾が、斜長石からモンモリロナイトが生成される過程を、レプリカ法でTEM観察をおこない、その形態変化をしらべた研究や、Parham¹¹⁾による低温の人工風化実験で、カリ長石からはハロイサイトが、斜長石(An_{70})からはペーサイトが形成される過程を形態的にしらべた研究がある。さらに、Tsuzuki *et al.*¹⁷⁾および都築¹⁸⁾は、酸性溶液中にカリ長石をおき、その熱水条件下の変化を検討し、カリ長石の粘土化過程を反応速度論的に考察している。

斜長石が風化や変質を受け、粘土鉱物を生成する場合、一般に非晶質の段階を 通る

* 岡山大学温泉研究所

ことがみとめられている⁴⁾⁵⁾¹³⁾。都築¹⁶⁾は、長石類が変質する場合、長石類と粘土鉱物とでは、両者の結晶構造が異なるので、溶液あるいはコロイドから、もとの長石類の構造とは無関係に変質鉱物ができるとのべている。

粘土鉱物の形態の研究は、従来、透過型電子顕微鏡の手法が主であったが、最近は、走査型電子顕微鏡が多く用いられるようになってきた。斜長石から生成したハロイサイトの形態を、Eswaran²⁾ および Keller⁷⁾ が、走査型電子顕微鏡で観察した。また、Tazaki¹⁵⁾ は、斜長石から生成したギブサイトについて報告した。走査型電子顕微鏡は、粘土鉱物の自然の集合状態を広い視野で観察でき、変化の過程をみることができる。

筆者は、大山および三瓶山降下堆積物中の斜長石が、風化により、どのようにに変化するのかを、主に走査型電子顕微鏡を用いて観察した。その結果、斜長石は風化により、アロフェン、イモゴライト、ハロイサイト、雲母様鉱物などの粘土鉱物およびギブサイトに変わってゆくことがわかった。これらの粘土鉱物の微細形態は実にさまざまであり、移行の途中の形態や2種類の粘土鉱物の混合状態が観察できた。ここでは、火山灰土中の斜長石の粘土化を追跡するなかで得られたいくつかの微細形態を報告する。

2. 試料および実験方法

2.1 試 料

検討した試料は、大山および三瓶山降下堆積物とくに軽石層および火砕流中の斜長石で、ハロイサイトまたは、イモゴライトを生成しているものである。試料採集地は、下記のとおりである。

三瓶山…島根県横見、浮布池

大 山…鳥取県倉吉、本宮、三朝、岡山県蒜山原

いずれも、斜長石は、An₃₅₋₃₉で、andesineである¹⁵⁾。

ハロイサイトを生成している斜長石のX線回折図は、約10 Åにハロイサイト特有の反射をもち、エチレングリコール処理では、約11 Åに反射が移動する。また、示差熱分析曲線において、120°C付近と550°C付近の吸熱と990°C付近の発熱がみとめられる。

斜長石に生成するイモゴライトは、斜長石全体に対して、ごく少量のため、塊状の斜長石を粉末にしたX線回折では、イモゴライトの反射はみとめられない。そこで、繊維状物質を比較的多く生成している斜長石を多量に集め、蒸留水中で超音波処理をほどこし、その懸濁液から遠心分離によって、沈でん物を分離した。その沈でん物についてX線回折をおこなった。その結果、約14 Åにブロードなイモゴライト特有の

反射がみとめられた。イモゴライトの同定は、X線回折の他、透過型電子顕微鏡および分析電子顕微鏡を用いた。

2.2 実験方法

走査型電子顕微鏡による検鏡試料は、次のような方法で作製した。

1. 自然状態を保ったままの塊状試料の臨界点乾燥
2. 真ちゅう試料台の上に、導伝性塗料または、両面接着テープで試料を固定
3. カーボンおよび金の二重蒸着
4. 加速電圧 15 kV で観察 (日本電子 K. K. 製 JSM-50 A 使用)

3. 観察結果

3.1 ハロイサイト

斜長石から生成したハロイサイトは、小粒状、こんべい糖状、短管状、長管状、針状、フレーク状、角管状、板状とさまざまな形態をとる。このうち、小粒状、こんべい糖状、フレーク状結晶は、結晶度の低いハロイサイトであり、X線回折図による 10 Å の反射が弱く、透過型電子顕微鏡で観察すると、アロフェンの微粒子も多数みとめられる。短管、長管および針状結晶は、比較的結晶度の高いハロイサイトである。また、これらの結晶が多数集まって、しばしば菊の花のような集合状態や円錐形をなす。

これらのハロイサイトの形態のうち、フレーク状ハロイサイト (第1図-1) と短管状ハロイサイト (第1図-2) についてのべる。

フレーク状ハロイサイト 表面全体が、しわのよった波形をしており、長く蛇行したり、直径 15 μm 前後の球状の集合状態をしめす。この結晶を透過型電子顕微鏡で観察すると、アロフェンの微粒子およびアロフェン-ハロイサイト球粒体が多数みとめられる。箱状および板状結晶と共存する。

短管状ハロイサイト 管状結晶は、直径 0.1 μm、長さ 0.2~2 μm とさまざまであるが、ここでは、長さ 0.2 μm 前後のものを短管状と、長さ 2 μm 前後のものを長管状と大まかに区別した。まれに、5~8 μm と長い結晶もみとめられた。各々の管状結晶は、斜長石の表面から外側へ向かって伸びており、隙間の大きい箇所では、菊の花状にかたまっている。透過型電子顕微鏡で観察すると、中空の管状粒子である。

3.2 イモゴライト

イモゴライトは、直径 0.05~0.1 μm の繊維であるが、生成の初期では、芽または突起状を呈し、その先端は、丸く、曲がったり枝分かれをしている。イモゴライトが大量に生成している部分は、繊維が網目状や被膜状を呈す。イモゴライトは、斜長石の表面の薄層に生じた亀裂のふち (第2図-1) や、ロート状くぼみの稜線 (第2図-2)

第1図-1 斜長石から生成したフレーク状ハロイサイトの走査型電子顕微鏡写真。

第1図-2 斜長石から生成した短管状ハロイサイトの走査型電子顕微鏡写真。スケールはいずれも $1\mu\text{m}$ 。

第2図-1 斜長石表面の薄層のふちに生じたイモゴライト繊維の走査型電子顕微鏡写真。

第2図-2 斜長石表面のロート状くぼみの稜線に生じたイモゴライト繊維の走査型電子顕微鏡写真。スケールはいずれも $1\mu\text{m}$ 。

に形成されている。風化が進むと、最終的には、斜長石表面を、イモゴライト繊維がおおうようになる。超音波処理後の懸濁液を透過型電子顕微鏡で観察すると、軽石層中のイモゴライト²⁰⁾や、腐朽玄武岩中のイモゴライト¹⁸⁾の形態と非常によく似ている。なお、走査型電子顕微鏡による大山中部火山灰中のイモゴライトの微細形態については、すでに報告した¹⁴⁾。

4. ま と め

斜長石から生成した粘土鉱物のうち、ハロイサイトの2種とイモゴライトの微細形態について、主に走査型電子顕微鏡を用いて観察した結果をのべた。走査型電子顕微鏡は、自然の状態をこわさないで検鏡できるので、粘土鉱物が斜長石に生成したままの状態をとらえることができた。

なお、斜長石に生成したアロフェン、雲母様鉱物、ハロイサイトの他の形態、および風化初期の形態についてと風化系列などの考察は、別に報告する予定である。

文 献

- 1) Aomine, S. and Wada, K. (1962) *Amer. Miner.*, **47**, 1024.
- 2) Eswaran, H. (1972) *Clay Miner.*, **9**, 281.
- 3) Fieldes, M. and Swindale, L. D. (1954) *New Zealand J. Sci. Techn., Sec. B.*, **36**, 140.
- 4) Guilbert, J. M. and Sloane, R. L. (1968) *Clays Clay Miner.*, **16**, 215.
- 5) Iglesia, A. La and Galan, E. (1975) *Clays Clay Miner.*, **23**, 109.
- 6) 加藤芳朗 (1965) 粘土科学の進歩 (5), 125.
- 7) Keller, W. D. (1976) *Clays Clay Miner.*, **24**, 107.
- 8) 木宮一邦 (1975) 地質雑, **81**, 349.
- 9) 北川隆司 (1975) 鉱物総研討論会発表論文集, 8.
- 10) 松井 健 (1966) 粘土科学, **5**, 2.
- 11) Parham, W. E. (1969) *Clays Clay Miner.*, **17**, 13.
- 12) Pettapiece, W. W. and Pawluk, S. (1972) *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **36**, 515.
- 13) Snetsinger, K. G. (1967) *Amer. Miner.*, **52**, 254.
- 14) 田崎和江 (1975) 粘土科学, **15**, 3.
- 15) Tazaki, K. (1976) *Paper Inst. Thermal Spring Res. Okayama Univ.*, **45**, 11.
- 16) 都築芳郎 (1976) 岩鉱, 特別号 1 号, 341.
- 17) Tsuzuki, Y., Mizutani, S., Shimizu, H. and Hayashi, H. (1974) *Geochem. J.*, **8**, 1.
- 18) Wada, K., Henmi, T., Yoshinaga, N. and Patterson, S. H. (1972) *Clays Clay Miner.*, **20**, 375.
- 19) 吉永長則 (1970) 粘土科学, **9**, 1.
- 20) 吉永長則 (1975) 粘土科学, **15**, 65.

(昭和51年11月6日 受理)