

# 変質安山岩質骨材に含まれている スメクタイトの性状

土居繁雄\*・針谷 宥\*\*・鈴木哲也\*\*\*

安山岩が熱水変質作用を受けると、鉱物の生成、消滅といった鉱物学的変化が起きる。安山岩は、斜長石、輝石（普通輝石、紫輝石）から構成されているが、熱水変質作用を受けると、変質帯の周縁部では2次的に膨張性粘土鉱物のスメクタイト、カルサイトおよび石英が生成される。変質安山岩では、斑晶の斜長石から生成されたスメクタイトはモンモリロナイトであり、斑晶の輝石から生成されたスメクタイトはサポナイトが多い。また、石基に生成されたスメクタイトはモンモリロナイトである。

**Keywords :** thermal alteration, expansive clay mineral, montmorillonite, saponite, X-ray energy spectrum

## 1. はじめに

建設材料の骨材に使用されている岩石は、生成された地質時代、生成過程および構成鉱物によって、その形態や性質が大きく異なる。さらに熱水変質作用や風化作用などの2次的作用によって、その性質はさらに変化する。特に熱水変質作用を受けた岩石は、熱水溶液と反応して別の鉱物や粘土を生ずる。

この熱水変質では、構造水をもつ鉱物特に粘土鉱物が生成されることが多い。熱水変質は生成物によって珪化作用、明ばん石化作用、粘土化作用などに類別される<sup>1)</sup>。

これらの変質作用のうち建設工事にかかわる岩盤や、土木材料として用いる岩石、特に骨材にとって大きな問題となるのは粘土化作用である。粘土化作用によって生成される粘土鉱物の化学成分の一部またはかなりの部分は、原岩の化学成分と密接な関係がある。その種類と含有量によっては、岩石の物理的性質を変化させ軟弱化・膨脹などの原因となっている。

わが国に広く分布している安山岩は、建設骨材（碎石）として多く用いられている。特に新第三紀の地質時代に生成された安山岩は、熱水変質作用を受けていることが多く、中性ないしアルカリ性の中温～低温の熱水溶液による粘土化作用によって、膨張性粘土鉱物のスメクタイトが2次的に生成されている場合が多い<sup>2)~3)</sup>。

スメクタイトは2八面体型または3八面体型の2:1層状珪酸塩で、膨張性粘土鉱物のうち主要なものである。スメクタイトのうち前者に属するものはモンモリロナイトのほかバイダライト、ノントロナイトがあり、後者に属するものはサポナイト、ヘクトライトがある。変質安

山岩に含まれているスメクタイトは、モンモリロナイトとサポナイトで、両者ともX線回折における底面反射は15 Åに現れる。また、著しい膨潤を示す<sup>1)</sup>。

変質安山岩に膨張性粘土鉱物のスメクタイトが多量に含まれている場合でも、しばしば建設骨材（碎石）としてJIS規格をクリアーしている。しかしこのような変質安山岩を骨材（碎石）として用いて、有機系や無機系の融冰雪剤はいうまでもなく、雨水によっても骨材（碎石）が劣化または崩壊するという現象が発生しており、品質管理に問題を提起している<sup>4)~10)</sup>。

これまで変質安山岩の変質様式については研究が行われているが、変質安山岩に2次的に生成された膨張性粘土鉱物のスメクタイトの生成形態や性状については、具体的に明らかにされた報告はきわめて少ない<sup>11)~13)</sup>。

変質安山岩に2次的に生成され含有されている膨張性粘土鉱物のスメクタイトの形態、性状および化学組成について明らかにすることは、建設工事にかかわる岩盤や、骨材（碎石）として用いる変質安山岩の物性値および力学的性質を把握する上で、補助指標になるものと考えられる。

本稿においては、従来ほとんど明らかにされていなかった変質安山岩質骨材（碎石）に含有されている膨張性粘土鉱物のスメクタイトの含有形態、結晶形態、組成元素および化学組成について、検討を行った結果について述べる。

## 2. 変質安山岩の岩石組織

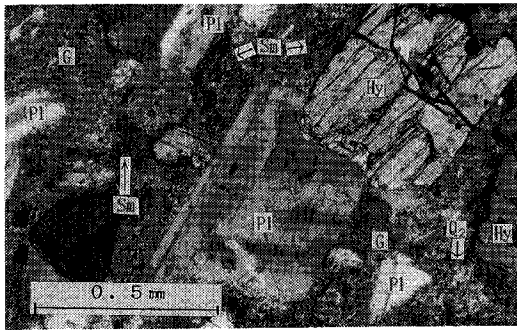
安山岩の主要構成鉱物は斜長石と輝石（普通輝石と紫輝石）であるが、熱水変質作用を受け、変質安山岩に変わっている。

実験に用いた変質安山岩は、北海道北部に位置する美深町に分布する輝石安山岩と、札幌市南東部に分布する輝石安山岩であって、両者とも骨材（碎石）として採石

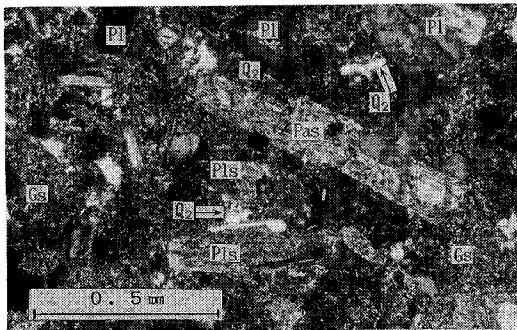
\* 正会員 理博 北海道工業大学教授 工学部土木工学科  
(〒006 札幌市手稲区前田 419-2)

\*\* 正会員 理博 北海道大学教授 理学部地質学鉱物学科

\*\*\* 正会員 理博 北海道開発局開発土木研究所地質研究室副室長



写真—1 スメクタイトの含有率7%の変質安山岩の組織 (Pl:斜長石, Hy:紫そ輝石, Sm:スメクタイト, Q<sub>2</sub>:2次石英, G:石基)



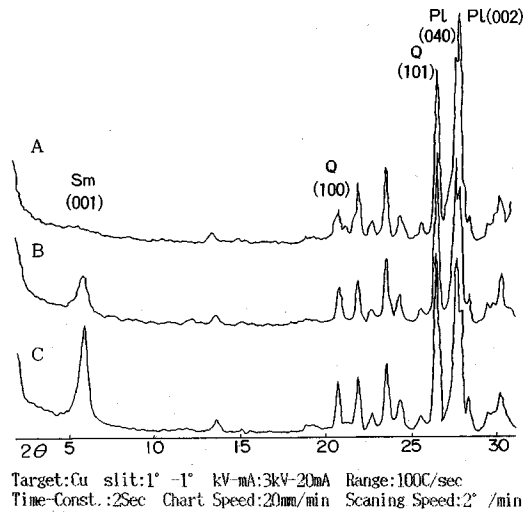
写真—2 スメクタイトの含有率29%の変質安山岩の組織(直交ニコル) (Pl:斜長石, Pls:スメクタイトで交代された斜長石, Pas:スメクタイトで交代された輝石, Gs:スメクタイト化した石基, Q<sub>2</sub>:2次石英)

されているものである。前者はスメクタイトの含有率が7%であり、後者はスメクタイトの含有率が11~29%の、いずれも新第三紀の地質時代に生成された変質安山岩である。

これらの変質安山岩の薄片を偏光顕微鏡下で観察すると、熱水変質作用を受けた度合いによって、岩石組織の形態は異なる<sup>11)</sup>。

写真—1はスメクタイトの含有率が7%の、粘土化作用を弱く受けた変質安山岩である。斑晶鉱物の一部がスメクタイトで交代され、石基の部分には斑紋状にスメクタイトと石英が2次的に生成されている。斑晶鉱物および岩石組織の初生形態が明確にみられる。

これに対して写真—2はスメクタイトの含有率が29%の、粘土化作用を強く受けた変質安山岩である。斑晶鉱物の大部分がスメクタイトと少量のカルサイトで交代され、石基も全体にスメクタイト化が進み、2次石英が生成している。また、スメクタイトで交代された斑晶鉱物の中や石基には、ごく微小粒状の不透明鉱物が多量に散在しているのが特徴的である。斑晶鉱物の初生形態はいうまでもなく、岩石組織は不明瞭となり、原岩の構造が消滅している。



図—1 変質安山岩のX線粉末回折図形 (A:スメクタイトの含有率7%の変質安山岩, B:スメクタイトの含有率11%の変質安山岩, C:スメクタイトの含有率29%の変質安山岩, Sm:スメクタイト, Q:石英, PL:斜長石)

このことは、斑晶鉱物の斜長石のスメクタイトへの粘土化について、X線粉末回折図形からも明らかである。図—1は斜長石のスメクタイト化が強くなるに従って、スメクタイトの(001)面の回折強度は強くなり、それにつれて斜長石の(002)面の最強線回折強度は弱くなる。このことは斜長石のスメクタイト化の度合いに対応する関係にあることを示している<sup>14)</sup>。また、斜長石の(002)面の回折強度が弱くなると、石英の(101)面の回折強度は強くなる傾向がみられる。このことは斜長石がスメクタイト化するとき、余剰の珪酸はタンパク石となり、再結晶して石英となるためである<sup>1)</sup>。

### 3. 変質安山岩中のスメクタイトの含有形態

安山岩が熱水変質作用を受けると、鉱物の生成、消滅といった鉱物学的変化が起きる。一般に安山岩は斜長石、輝石(普通輝石、紫そ輝石)から構成されているため、中性ないしアルカリ性の中温~低温の熱水変質作用を受けると、変質帯の周縁部では2次的に膨張性粘土鉱物のスメクタイト、カルサイトおよび石英が生成される。

変質安山岩の斑晶鉱物の斜長石、輝石(普通輝石、紫そ輝石)および石基のスメクタイト化の進行に伴い、スメクタイトの生成形態は多種多様で変化に富んでいる<sup>13)</sup>。

スメクタイトの含有率が29%の熱水変質作用を強く受けた変質安山岩中の、スメクタイトの含有形態を例に説明する。

図—2は斑晶の斜長石結晶中の割れ目に沿って、微小塊状のオリーブ色または淡青緑色のスメクタイトと少量

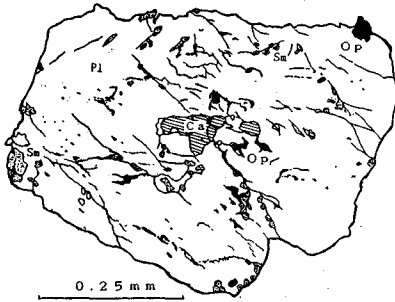


図-2 斑晶斜長石結晶の割れ目に沿って生成された微小塊状のス멕タイト  
(Pl:斜長石, Sm:ス멕タイト, Ca:カルサイト, Op:不透明鉱物)



写真-3 斑晶斜長石結晶の全体を置換したス멕タイト(直交ニコル)  
(Pls:斜長石(ス멕タイトで交代), Gs:ス멕タイト化した石基)

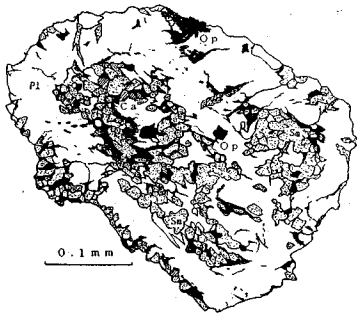


図-3 斑晶斜長石結晶の周縁部と累帯構造の中心部を交代したス멕タイト  
(Pl:斜長石, Sm:ス멕タイト, Ca:カルサイト, Op:不透明鉱物)

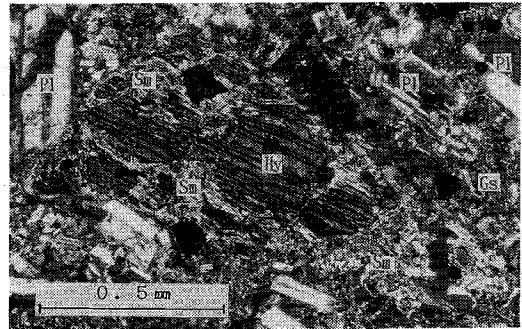


写真-4 斑晶紫そ輝石結晶の割れ目に沿って生成したス멕タイト(直交ニコル)  
(Pl:斜長石, Hy:紫そ輝石, Sm:ス멕タイト, Gs:ス멕タイト化した石基)

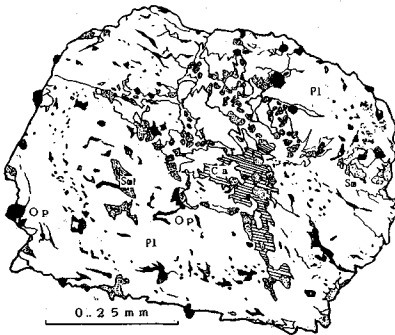


図-4 斑晶斜長石結晶の中に散在する微小塊状のス멕タイト  
(Pl:斜長石, Sm:ス멕タイト, Ca:カルサイト, Op:不透明鉱物)

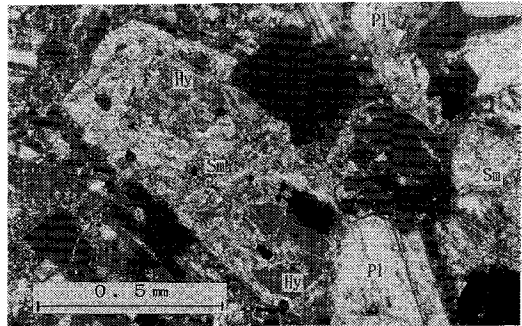
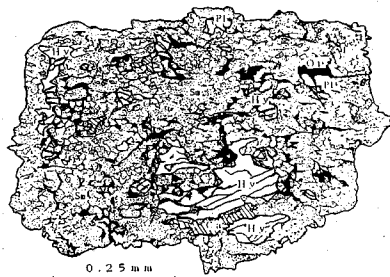


写真-5 斑晶紫そ輝石結晶の大部分を交代したス멕タイト(直交ニコル)  
(Pl:斜長石(一部ス멕タイト化), Hy:紫そ輝石, Sm:ス멕タイト)

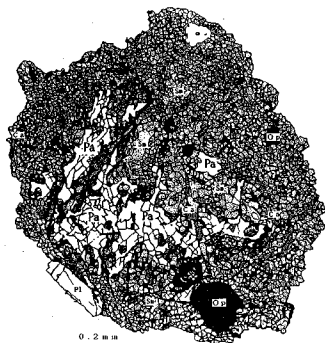
のカルサイトが生成されており、結晶全体に微小不規則な形態の不透明鉱物が散在している。図-3では斑晶の斜長石の結晶の周縁部と累帯構造の中心部が、オリーブ色ないし淡緑青色のス멕タイトと少量のカルサイトで交代されており、それに伴って不規則な形態のごく微粒の不透明鉱物が散在している。図-4は斑晶の斜長石結晶全体に微小塊状のオリーブ色または淡緑青色のス멕

タイト、少量のカルサイトが生成されているほか、結晶全体に不規則な形態の微小粒状の不透明鉱物が散在している。さらに、写真-3では斜長石結晶の周縁部はいうまでもなく、結晶全体がオリーブ色または淡青緑色のス멕タイトと、少量のカルサイトによって交代されており、不規則な形態の不透明鉱物が散在している。

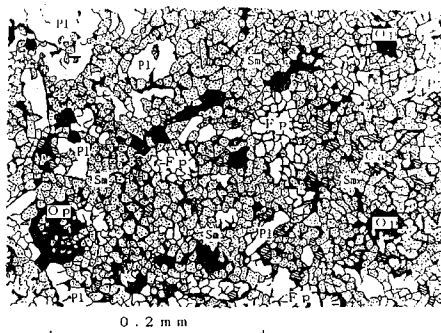
斜長石中に生成されたス멕タイトの形態は一様では



図—5 斑晶紫を輝石結晶の大部分を置換したスメクタイト (Hy: 紫を輝石, Sm: スメクタイト, Ca: カルサイト, Op: 不透明鉱物)



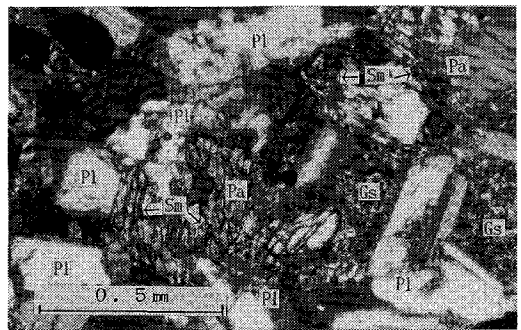
図—6 斑晶普通輝石結晶の大部分を置換したスメクタイト (Pa: 普通輝石, Pl: 斜長石, Sm: スメクタイト, Ca: カルサイト, Op: 不透明鉱物)



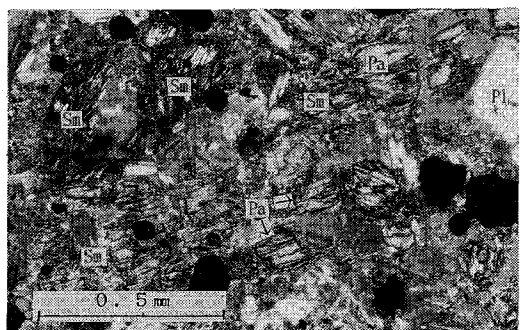
図—7 変質安山岩の石基 (groundmass) を交代したスメクタイト (Pl: 斜長石, Fp: 長石, Sm: スメクタイト, Op: 不透明鉱物)

なく、しかも粘土化作用を強く受けたものほど、スメクタイト生成以前の斜長石の初生結晶形は不明瞭となっているものが多い。

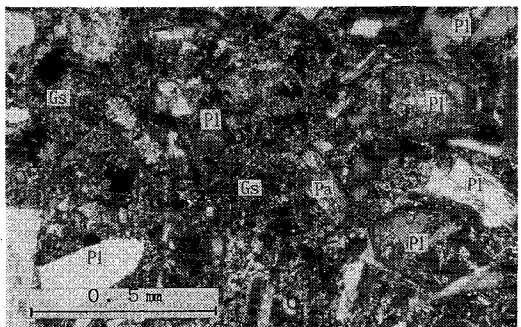
斑晶の紫を輝石の結晶の割れ目に沿って、オリーブ色のスメクタイトが生成されている状態を写真—4に示した。また、図—5と写真—5では、結晶全体がオリーブ色または淡褐色のスメクタイトと、少量のカルサイトで交代され、その中に不規則な形態の微小粒状の不透明鉱



写真—6 斑晶普通輝石結晶の周縁部や割れ目に生成されたスメクタイト (直交ニコル) (Pl: 斜長石 (一部スメクタイト化), Pa: 普通輝石, Sm: スメクタイト, Gs: スメクタイト化した石基)



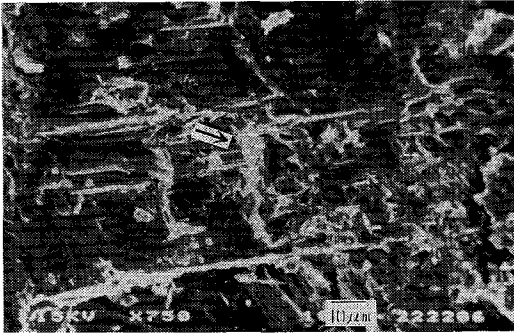
写真—7 斑晶普通輝石結晶の大部分を置換したスメクタイト (直交ニコル) (Pl: 斜長石, Pa: 普通輝石, Sm: スメクタイト)



写真—8 斑晶鉱物 (スメクタイト化) の間をうめている石基 (groundmass) を交代して生成されたスメクタイト (直交ニコル) (Pl: 斜長石 (一部スメクタイト化), Pa: 普通輝石, Gs: スメクタイト化した石基)

物が散在している。スメクタイト化が強くなるに従って、紫を輝石の初生結晶構造は不明瞭となり、ついに消滅してしまふ。

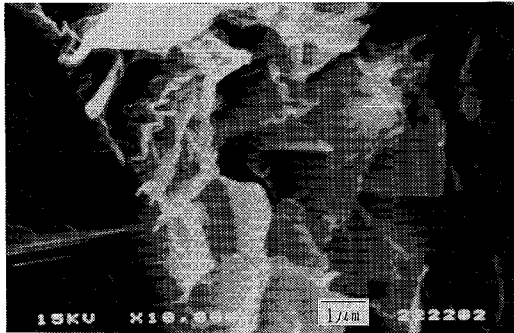
写真—6には、斑晶の普通輝石の結晶の割れ目や周縁部にオリーブ色のスメクタイトが生成している状態を示した。また、図—6および写真—7は、結晶全体がオリーブ色のスメクタイトと、少量のカルサイトで置換されて



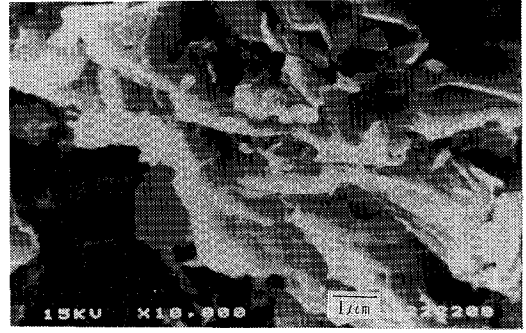
写真—9 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトの形態



写真—11 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の累帯構造の中心部を交代したスメクタイトの形態



写真—10 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトの結晶形態



写真—12 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の累帯構造の中心部を交代したスメクタイトの結晶形態

おり、その中に不規則な形態の微小粒状の不透明鉱物が散在しているものである。

前に述べた斑晶斜長石や斑晶紫輝石の場合と同じように、スメクタイト化の進行に伴い、普通輝石の結晶構造の初生形態は不明瞭となり、さらに消滅している。

石基は図—7と写真—8にそれぞれ示したように、粒状のオリブ色または淡緑青色のスメクタイトで交代されて、不規則な形態の微小粒状の不透明鉱物が散在している。原岩の石基の組織は消滅している。

以上述べたように、熱水変質作用による斑晶鉱物および石基におけるスメクタイト化の進行に伴い、その初生形態はしだいに消滅して、原岩の組織は不明瞭となり、微小な不透明鉱物が多量に散在するという特徴がみられる。この不透明鉱物は硫化鉄鉱である<sup>13)</sup>。

#### 4. スメクタイトの電子顕微鏡およびX線エネルギー分光法による検討

実験に用いた試料は、札幌市南東部に分布するスメクタイトの含有率が11~29%の変質安山岩である。

スメクタイトのモンモリロナイトとサポナイトの相違は、前者は微小な板状結晶を示し、後者は不定形微小粒子状結晶の集合体である。化学組成はモンモリロナイトは $Al_2O_3 > MgO$ の量的関係にあり、組成元素の相対的

な量は $Al > Mg$ である。これに対してサポナイトは $MgO > Al_2O_3$ の量的関係を示し、組成元素の相対的な量は $Mg > Al$ である。

これらの資料<sup>15)</sup>をもとに、電子顕微鏡によるスメクタイトの結晶形態の観察と、電圧条件15kVでX線エネルギー分光法分析を行い、定性的な組成元素の検討を行った。なお、X線エネルギー分光法図中のピークの面積は組成元素の相対的な量を示し、Siの右側のピークはコーティングに用いたAuのピークである。

写真—9および写真—10は、斑晶の斜長石結晶の割れ目に沿って生成されたスメクタイトの形態と、その結晶形態である。結晶は薄膜状の板状結晶の集合体である。この結晶は図—8のX線エネルギー分光法から組成元素はSi, Al, Mg, Ca, Feであって、その量的関係は $Si > Al > Ca, Fe > Mg$ であり、スメクタイトはモンモリロナイトである。

斑晶の斜長石結晶の累帯構造の中心部を交代して生成されたスメクタイトの形態を写真—11に、その結晶形態を写真—12にそれぞれ示した。スメクタイトの結晶は薄膜状の板状結晶の集合体である。この結晶のX線エネルギー分光法は図—9のとおりであって、組成元素はSi, Al, Ca, Feであり、その量的関係は $Si > Al > Fe > Ca$ である。組成元素の種類と量的関係からモ

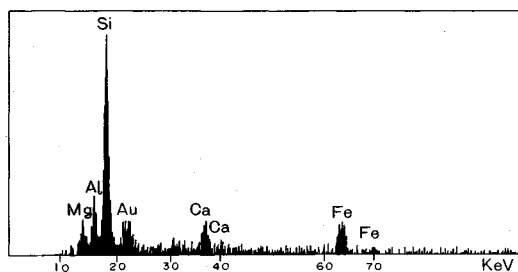


図-8 斜長石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトのX線エネルギースペクトル

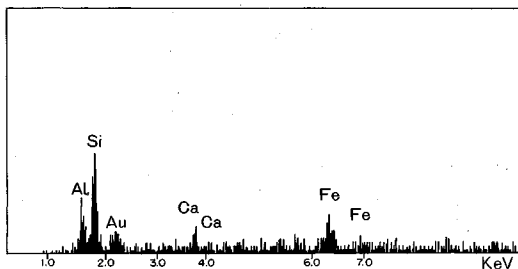


図-9 斜長石結晶の累層構造の中心部を交代したスメクタイトのX線エネルギースペクトル

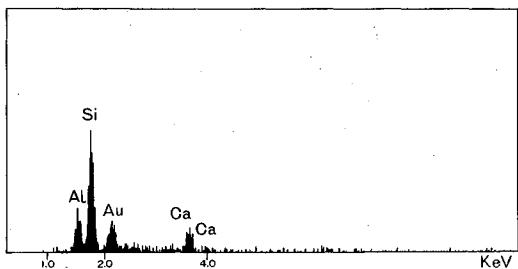


図-10 斜長石結晶中に生成した微小塊状のスメクタイトのX線エネルギースペクトル

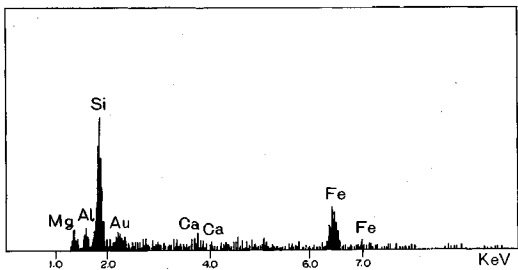


図-11 紫ろ輝石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトのX線エネルギースペクトル

ンモリロナイトである。

さらに写真-13は斑晶の斜長石の結晶中に、微小塊状の形態で散在するスメクタイトで、写真-14はその結晶形態である。スメクタイトの結晶形態は薄膜状の板状結晶の集合体である。図-10は結晶のX線エネルギー

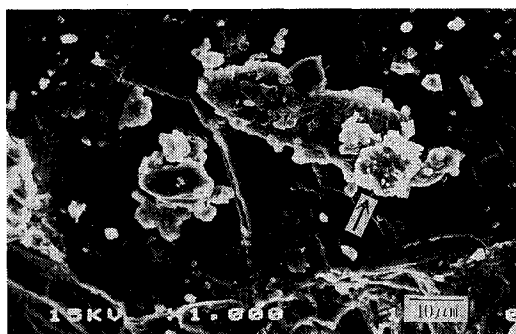


写真-13 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の中に生成した微小塊状のスメクタイトの形態



写真-14 電子顕微鏡で観察された斜長石結晶の中に生成した微小塊状のスメクタイトの結晶形態

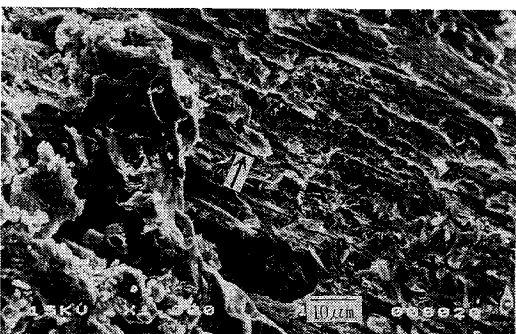
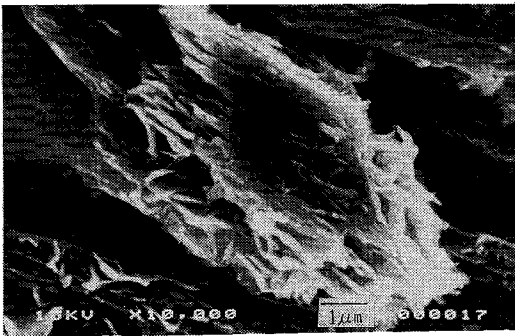


写真-15 電子顕微鏡で観察された紫ろ輝石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトの形態

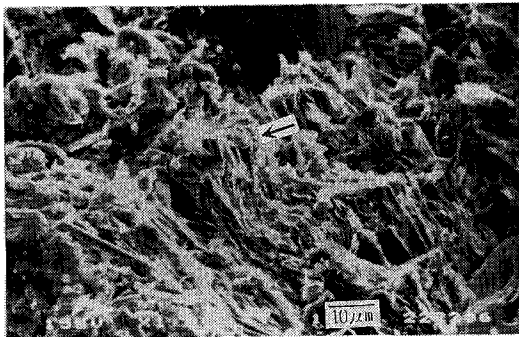
ギーエネルギースペクトルであって、組成元素はSi, Al, Caで、その量的関係は $Si > Al > Ca$ であり、モンモリロナイトである。

以上述べたことから、斜長石が熱水変質作用を受けて2次的に生成された膨張性粘土鉱物のスメクタイトは、組成元素の組合せおよびその量的関係から、モンモリロナイトまたは鉄を含むモンモリロナイトである。

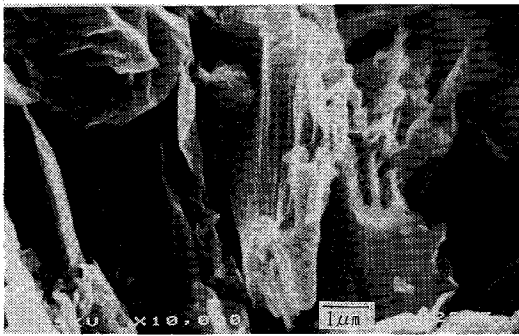
斑晶の紫ろ輝石結晶の割れ目に沿って生成されたスメクタイトの形態を写真-15に、その結晶形態を写真-16にそれぞれ示した。結晶形態は長柱状微粒子結晶の集合体である。図-11の微粒子結晶のX線エネルギー



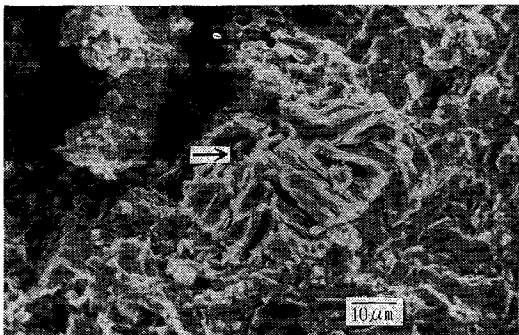
写真—16 電子顕微鏡で観察された紫そ輝石結晶の割れ目に生成されたスメクタイトの結晶形態



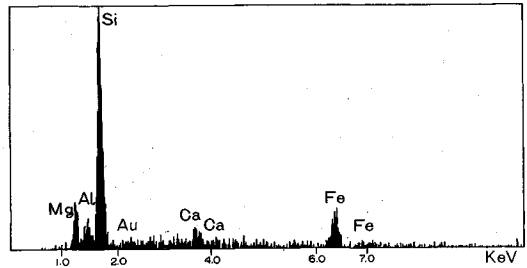
写真—17 電子顕微鏡で観察された紫そ輝石結晶を交代したスメクタイトの形態



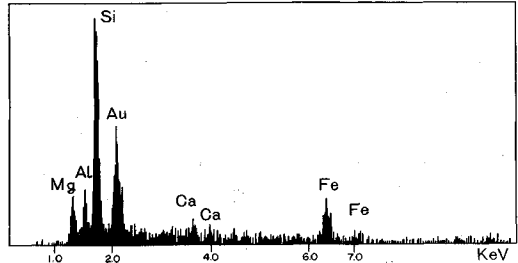
写真—18 電子顕微鏡で観察された紫そ輝石結晶を交代したスメクタイトの結晶形態



写真—19 電子顕微鏡で観察された普通輝石結晶の割れ目に生成したスメクタイトの形態



図—12 紫そ輝石結晶を交代したスメクタイトのX線エネルギースペクトル



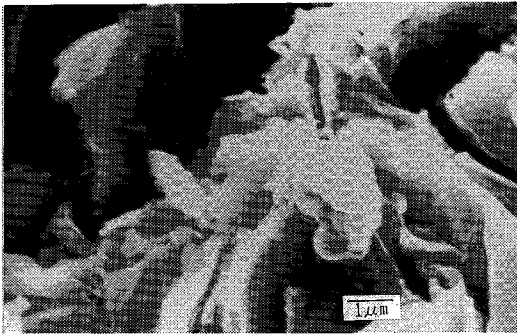
図—13 普通輝石結晶の割れ目に生成したスメクタイトのX線エネルギースペクトル

スペクトルから組成元素はSi, Al, Mg, Ca, Feで、その量的関係はスペクトルの面積から  $Si > Fe > Mg > Al > Ca$  であることから、鉄を含むサポナイトである。

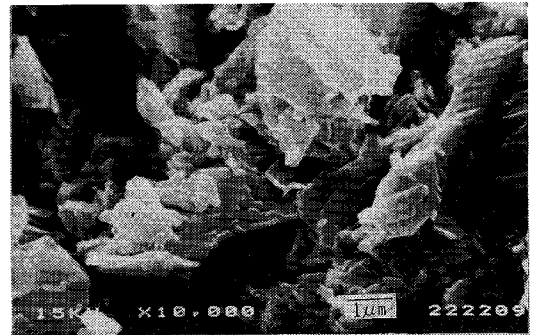
写真—17と写真—18は、斑晶の紫そ輝石の結晶の大部分をスメクタイトで置換した形態と、その結晶形態を示したものである。スメクタイトの結晶は不定形微粒子結晶の集合体である。この微粒子結晶のX線エネルギースペクトルは図—12に示したとおりで、組成元素はSi, Mg, Al, Ca, Feである。その量的関係はスペクトルの面積から  $Si > Fe > Mg > Al > Ca$  で、鉄を含むサポナイトである。

写真—19に斑晶の普通輝石の結晶の割れ目に沿って生成されたスメクタイトの形態を、写真—19にその結晶形態をそれぞれ示した。スメクタイトの結晶形態は不定形微粒子結晶の集合体である。この結晶のX線エネルギースペクトルは図—13に示したとおりで、組成元素はSi, Al, Mg, Ca, Feである。スペクトルの面積から  $Si > Fe > Mg > Al$  という量的関係にあり、鉄を含むサポナイトである。

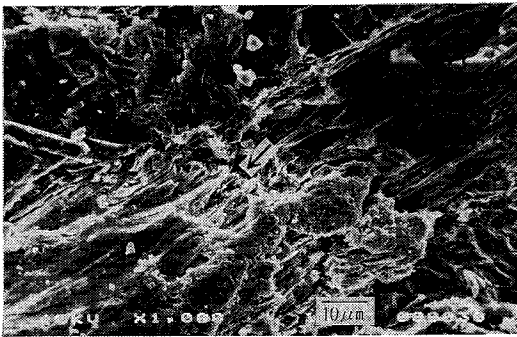
斑晶の普通輝石の結晶の大部分を交代して生成されたスメクタイトの形態とその結晶形態をそれぞれ、写真—21と写真—22に示した。スメクタイトの結晶形態は不定形微粒子結晶の集合体である。図—14の結晶のX線エネルギースペクトルから組成元素はSi, Al, Mg, Ca, Feで、スペクトルの面積から量的関係は、 $Si > Fe > Mg > Al > Ca$  であって、鉄を含むサポナイトである。



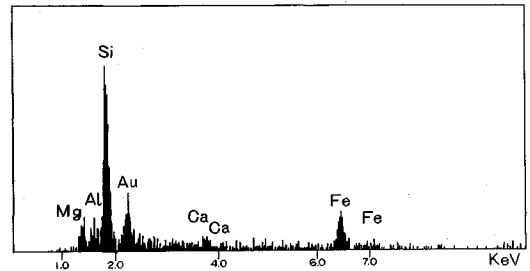
写真—20 電子顕微鏡で観察された普通輝石結晶の割れ目に生成したスメクタイトの結晶形態



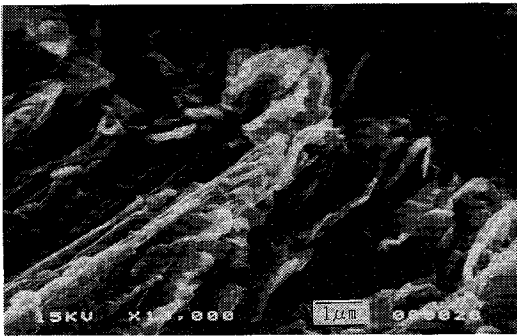
写真—24 電子顕微鏡で観察された石基中のスメクタイトの結晶形態



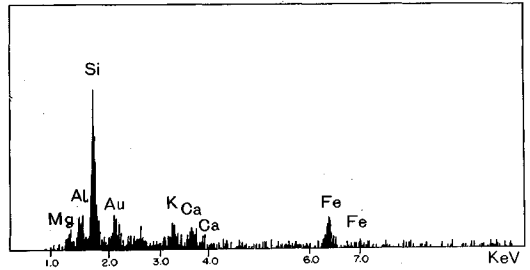
写真—21 電子顕微鏡で観察された普通輝石結晶を交代したスメクタイトの形態



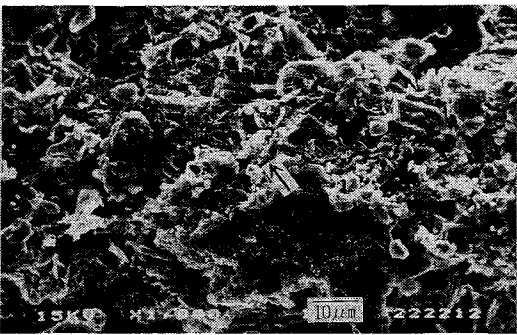
図—14 普通輝石結晶を交代したスメクタイトのX線エネルギースペクトル



写真—22 電子顕微鏡で観察された普通輝石結晶を交代したスメクタイトの結晶形態



図—15 石基中に生成されたスメクタイトのX線エネルギースペクトル



写真—23 電子顕微鏡で観察された石基中のスメクタイトの生成形態

熱水変質作用によって輝石から生成された膨張性粘土鉱物のスメクタイトは、X線エネルギースペクトルによる組成元素の組合せとその量的関係から、鉄サポナイトであるといえる（普通輝石が熱水変質作用を受けて生成したスメクタイトには鉄を含むモンモリロナイトもある<sup>12)</sup>）。

さらに熱水変質作用により石基中に生成されたスメクタイトの形態は写真—23に、その結晶形態は写真—24にそれぞれ示した。粒状にみえるスメクタイトは、薄膜状の板状結晶の集合体である。図—15はスメクタイトの結晶のX線エネルギースペクトルで、この図から組成元素はSi, Al, Mg, K, Ca, Feである。スペクトルの面積から組成元素の量的関係はSi>Fe>Al>K>Ca>Mgであることから鉄を含んだモンモリロナイト



表一 スメクタイトの化学分析値 (wt%)

	(1)	(2)	(3)	(4)
SiO <sub>2</sub>	54.49	48.55	40.19	40.56
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.01	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.16	15.65	10.46	9.91
FeO*	3.10	7.49	20.22	18.76
MgO	3.04	8.90	13.87	15.52
CaO	0.78	5.02	1.78	1.76
Na <sub>2</sub> O	3.36	3.07	0.03	0.04
K <sub>2</sub> O	7.06	0.00	0.94	0.34
H <sub>2</sub> O <sup>***</sup>	12.00	12.00	12.00	12.00
Total	98.03	100.09	99.49	98.89

(1), (2) 斜長石から生成されたスメクタイト  
 (3), (4) 輝石から生成されたスメクタイト  
 ※FeOはTotal Feである  
 ※※理論値

表二 日本に産するスメクタイトの化学分析値<sup>15)</sup> (wt%)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
SiO <sub>2</sub>	51.62	41.56	38.09	48.29	50.08
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.17	—	0.10	0.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.31	11.35	7.63	7.50	15.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.88	22.46	11.45	1.46	5.34
FeO	0.41	0.62	2.18	6.60	0.01
MnO	—	0.01	—	—	0.14
MgO	1.36	1.02	17.27	19.88	3.51
CaO	1.52	2.23	2.61	1.31	0.90
Na <sub>2</sub> O	1.06	0.35	0.39	—	0.19
K <sub>2</sub> O	0.16	0.33	0.25	—	0.44
H <sub>2</sub> O <sub>(+)</sub>	6.46	20.45	4.78	9.40	8.53
H <sub>2</sub> O <sub>(-)</sub>	12.68		15.92	5.58	14.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.03	—	—	—
S O <sub>3</sub>	Tr	—	—	—	—
Total	100.53	99.62	100.57	100.12	99.95

- (1) モンモリロナイト 月布, 左沢, 山形県
- (2) ノントロナイト 山城, 佐賀県, 玄武岩の風化物
- (3) 鉄サポナイト 諏訪山, 本荘市
- (4) 鉄の多いサポナイト 山城, 佐賀県
- (5) モンモリロナイト 鶴岡, 山形県

である。

以上述べたことから、安山岩が熱水変質作用を受けた場合、斜長石や石基を交代して生成されたスメクタイトはモンモリロナイトと鉄を含むモンモリロナイトであり、輝石を交代して生成されたスメクタイトは、大部分が鉄サポナイトである<sup>16)</sup>。したがって、変質安山岩はモンモリロナイトとサポナイトの2種類のスメクタイトが含有されている。

### 5. スメクタイトの化学組成

スメクタイトを29%含有する変質安山岩の斑晶斜長石結晶および斑晶輝石結晶から生成されたスメクタイトの、エレクトロンプローブマイクロアナライザーによる分析から得られた化学分析値は、表一に示したとおりである。

表一のスメクタイトの化学分析値を、表二に示した日本に産する主なスメクタイトの分析値<sup>15)</sup>に比較して

みると、斜長石から生成されたスメクタイトの主な化学組成の量的関係は SiO<sub>2</sub>>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>FeO>MgO であって、表二の(1)および(5)のモンモリロナイトの主な化学組成が SiO<sub>2</sub>>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>Total Fe>MgO の量的関係と、同じ傾向を示すことからモンモリロナイトに属するものである。

輝石から生成されたスメクタイトの主な化学成分の量的関係は SiO<sub>2</sub>>FeO>MgO>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>CaO であって、表二の(3)の鉄サポナイトの主な化学組成の SiO<sub>2</sub>>MgO>Total Fe>MgO>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量的関係と同じ傾向を示していることから、鉄サポナイトに属するものである。

したがって、変質安山岩中に含まれている斜長石から生成されたスメクタイトはモンモリロナイトであり、輝石から生成されたスメクタイトはサポナイトである。

### 6. まとめ

本稿では、建設骨材として用いられている変質安山岩に含有されている膨張性粘土鉱物の、スメクタイトの含有形態、結晶形態、結晶のX線エネルギースペクトルおよびエレクトロンプローブマイクロアナライザーによる化学組成の検討を行った。これらの研究から判明した事項は次のとおりである。

(1) 安山岩が中性の中温～低温の弱い熱水変質作用を受けると、斑晶の斜長石、輝石および石基は変質して、2次的に膨張性粘土鉱物のスメクタイト、カルサイトおよび石英を生成する。

(2) 変質安山岩のスメクタイトの生成量の増大に伴い、斑晶鉱物の初生形態や岩石組織は不明瞭となり、原岩の構造が消滅している。

(3) 変質安山岩のスメクタイトの生成量の増大に伴い、斑晶鉱物の中や石基に不規則な形態の微小粒状の不透明鉱物が、塵埃状に散在している。この不透明鉱物は硫化鉄鉱である。

(4) 変質安山岩は熱水変質作用を受けた度合いによって、斑晶鉱物の斜長石および輝石は、結晶の周縁部や割れ目に沿ってスメクタイトと少量のカルサイトが生成されているものから、結晶全体がスメクタイトと少量のカルサイトで置換されているものなど、スメクタイトの含有形態は多種多様である。また、変質作用の度合いが強くなるにつれて、初生結晶形態は不明瞭となる。

(5) 熱水変質作用の度合いによって変質安山岩の石基は、斑紋状にスメクタイトで交代されているものから、全体がスメクタイトで置換されているものまでである。

(6) 熱水変質作用によって、斑晶鉱物の斜長石から生成されたスメクタイトは、モンモリロナイトと鉄を含むモンモリロナイトである。斑晶鉱物の輝石(紫輝石、普通輝石)から生成されたスメクタイトは、モンモリロ

ナイトもあるが大部分はサポナイトおよび鉄サポナイトである。特に後者に属するものが圧倒的に多い。また石基に生成されたスメクタイトは、モンモリロナイトと鉄を含むモンモリロナイトである。

以上、変質安山岩に含有されている膨張性粘土鉱物のスメクタイトの性状について述べた、従来、変質安山岩骨材(碎石)の劣化・崩壊をもたらす膨張性粘土鉱物のスメクタイトは、モンモリロナイトの膨潤によるものとされていた。しかし変質安山岩に含有されている膨張性粘土鉱物のスメクタイトは、モンモリロナイトとサポナイトであって、変質安山岩質骨材の劣化・崩壊はモンモリロナイトとサポナイトの2種類のスメクタイトの膨潤によるものである。今後、安山岩質骨材の品質管理には、この点について十分に検討することが必要である。

この報告が、熱水変質作用を受けた安山岩骨材の膨張性粘土鉱物の含有度合の判定の参考資料になれば幸いである。

#### 参 考 文 献

- 1) 岩生周一ほか6名：粘土の事典，朝倉書店，pp.194~195, pp.327~328, 1985.
- 2) 白水晴雄：熱水作用による粘土鉱物の生成とその性質，粘土科学，Vol.25, pp.113~118, 1985.
- 3) 歌田 実：変質鉱物の累帯分布と生成条件，粘土科学，Vol.25, pp.119~125, 1985.
- 4) 熊谷茂樹・鈴木哲也・小西信雄：舗装用碎石の膨潤崩壊について，北海道開発局土土試験所月報，No.376, pp.33~47, 1984.
- 5) 鈴木哲也・熊谷茂樹：有機系融雪剤による安山岩骨材の崩壊について，応用地質，Vol.20, pp.151~156, 1985.
- 6) 土居繁雄ほか4名：融雪剤による骨材の崩壊機構につ
- いて，土木学会北海道支部論文報告集，No.42, pp.559~564, 1986.
- 7) 土居繁雄・針谷 宥：有機溶剤による安山岩質骨材の崩壊物，土木学会第41回年次学術講演概要集第5部門，pp.31~32, 1986.
- 8) 土居繁雄・高木博道：安山岩質骨材の有機系溶剤による崩壊について，土木学会北海道支部論文報告集，No.44, pp.567~572, 1988.
- 9) 土居繁雄：Smectiteを含む安山岩質骨材の無機系および有機系溶剤による崩壊，土質工学会第23回研究発表会講演概要集2の1, pp.15~16, 1988.
- 10) Doi, S. : Disintegrate Products of Andesitic Aggregate through with Organic Antifreeze and Snow-melting Compound, Proceedings of ISCORs, Vol.3, pp.18~27, 1988.
- 11) Doi, S. and Horiguchi, T. : Petrological Properties of Corse Aggregate Deteriorated by Organic Antifreeze and Snow-melting Compounds, Memoires of Hokkaido Institute of Technology, No.17, pp.113~118, 1989.
- 12) Doi, S. and Hariya, Y. : On the Disintegration of Altered Andesitic Aggregate containing Expanding Lattice Clay Minerals caused by Acid Aqueous Solution, Memoires of Hokkaido Institute of Technology, No.18, pp.107~113, 1990.
- 13) 土居繁雄・針谷 宥：安山岩質骨材の劣化・崩壊をもたらす膨張性粘土鉱物，土質工学会第24回研究発表会講演概要集2の1, pp.83~86, 1990.
- 14) 鈴木哲也：呈色反応による変質安山岩の分類，土と基礎，Vol.35, No.3, pp.35~39, 1987.
- 15) 下田 右：粘土鉱物研究法，創造社，pp.40~43, p.189, 1985.
- 16) 地団研地学事典編集委員会：地学事典，平凡社，p.423, 1978.

(1990.8.17 受付)

## ON THE PROPERTIES OF SMECTITE INCLUDE IN ALTERED ANDERSITIC AGGREGATE

Shigeo DOI, Yu HARIYA and Tetsuya SUZUKI

The phenocrystic plagioclase and pyroxene contained in the minerals of altered andesite widely differ, depending upon the degree of exposure to thermal alteration and also from those with smectite and a small amount of calcite formed along the marginal parts and cracks of crystals to those with the greater part of phenocryst crystals replaced by smectite and a small amount of calcite. The resulting shapes of smectite greatly vary. The alteration of groundmass ranges from those with spot-like smectite to those with the greater part of their groundmass replaced with smectite. Smectite created from plagioclase phenocryst is montmorillonite and/or iron montmorillonite; smectite created from pyroxene phenocryst is saponite and/or iron-saponite; whereas smectite created in groundmass is montmorillonite.