

関東山地の四万十帯のホルンフェルス

——塩山市落合付近の産状と変成鉱物の化学組成——¹⁾

加賀美英雄・谷口 英嗣²⁾

はじめに

関東盆地の縁辺部に分布する上総層群の基底礫岩の一つの飯能層中に存在するホルンフェルスの起源を求めて関東山地を調査した。関東山地に広く分布する甲府深成岩（徳和深成岩体; Shimizu, 1986）は四万十帯中に貫入して、その接触部に熱変成作用を与えている。その結果、幅が数 km に達するホルンフェルス帯が形成されている（加藤, 1968; 角田, 1988, 1989; 角田ほか, 1982, 1984）。従来、関東山地でホルンフェルスを研究した例は少なく、しかも甲府盆地側に限られている（Shimizu, 前出に引用されている）。

甲府深成岩形成の時代は 15 Ma 頃にはじまり、7 Ma 頃までの年代にわたって報告されている（Ito et al., 1989; 柴田ほか, 1984; 角田ほか, 1992）。

本研究の目的は、飯能層に到来したホルンフェルスは関東山地の何処の産地の、どのような性質のホルンフェルスであったのかを明らかにしようとしたものである。筆者らは関東盆地の西部に到来したホルンフェルスの大部分は多摩川経由であろうと考えていたが（加賀美, 1996; 加賀美・谷口, 1997）、しかし徳和深成岩体の分布は南北に約 40 km と広範にわたっているため、その流域も多摩川のほかに秋川も検討に含めることにした。そこで、多摩川上流の一之瀬川流域、同じく柳沢川流域と、秋川上流の南秋川流域（三頭山）の三地点を調査した。なお、本報告は上記のうち柳沢川流域の落合付近の問題に限って報告するものであって、必ずしも研究の当初の目的を完遂しているわけではない。

この地域の熱変成作用に伴う斑状変晶に関しては、目的が鶴川断層の活動という地質構造への応用という特殊な手段として研究されたものであったが、詳細な研究が行われていた（松田一早稲田大学修論, 1992; 松田ほか, 1992）。この研究は筆者らのホルンフェルスの研究にとって大変貴重な資料であり、かつ野外調査において多いに役に立った。

1) 日本地質学会第 104 年学術講演会（福岡市）にて講演

2) 駒沢大学高等学校

落合付近の地質概要と試料の採集地点

塩山市一之瀬落合を中心に、北側の藤尾山から南側の鶏冠山までの柳沢川の溪谷に分布する地層は四万十帯の小仏層群上部の小菅層である（山梨県地質図編集委員会，1970）。この層を構成するものは砂岩と粘板岩で、一般に砂岩が卓越するが、ときに黒色粘板岩が厚く分布する所も見られた。そのような所で、地層の走向を測ると $N50^{\circ}W$ から NS を示した。これは大局的な地層の分布方向であり、かつ部分的には花崗閃緑岩の貫入方向と一致すると解釈される。

本層の砂岩の主要構成物を松田の論文から引用すると、石英（35%）、長石（15%）、岩石片（30%）、および基質（20%）である。長石はアルカリ長石と斜長石であり、斜長石は灰曹長石～中性長石である。また、岩石片の構成は、砂岩、頁岩が圧倒的に多く、そのほかにチャート、花崗岩、石英斑岩、と安山岩がみられる。基質の構成は緑泥石、白雲母、石英が主である（松田、前出）。

以下において、試料採集地点の簡単な記載を行う（図1）。

K8：落合から高橋川に沿って入り、高橋川を渡る橋の北詰めの地点。露頭で、約1mの厚さの花崗閃緑岩（現在は真砂となっている）が指交するように貫入している。砂岩起源の等粒状ホルンフェルスであるが、変質した試料であることが分かった。この地点の近傍を鶴川断層が通り、ホルンフェルス帯をその断層が切っている。

K9：この地点は本地域の高温相を示す唯一の露頭となった。ここでは1から7までの試料が得られたが、特にK93としたものは花崗閃緑岩が径3cmのダイク状に貫入しているのが認められた試料である。また、K96は砂岩起源の赤色細粒のホルンフェルスで、ここからザクロ石が識別されて、本地域での変成温度が計算された。さらにK97は新鮮な花崗閃緑岩試料が得られた。ここはザクロ石帯である。

K10：落合に近い、高橋川に入って直ぐの露頭である。小仏層の砂岩に見かけは似ている典型的な暗灰色硬質ホルンフェルスである。堇青石が見つかった試料である。ここは堇青石黒雲母第2帯である。

K14：落合小学校に渡る橋の下の露頭。砂岩泥岩互層が見られる。分析したのは砂岩部であったが、花崗閃緑岩に近接しているにもかかわらず、比較的塩基性の斜長石の性質を示したのは、泥岩の存在が温度を下げ、またCa-イオンを供給したものと判断される。ここは堇青石黒雲母第1帯である。

K18：落合橋の西詰めの露頭は、砂岩起源の暗灰色硬質ホルンフェルスで、 $N15^{\circ}W$ 、 $85^{\circ}E$ の走向・傾斜を示す線状構造がみられた。この走向は花崗閃緑岩の一般的な接触面に平行なものである。ここは黒雲母帯である。

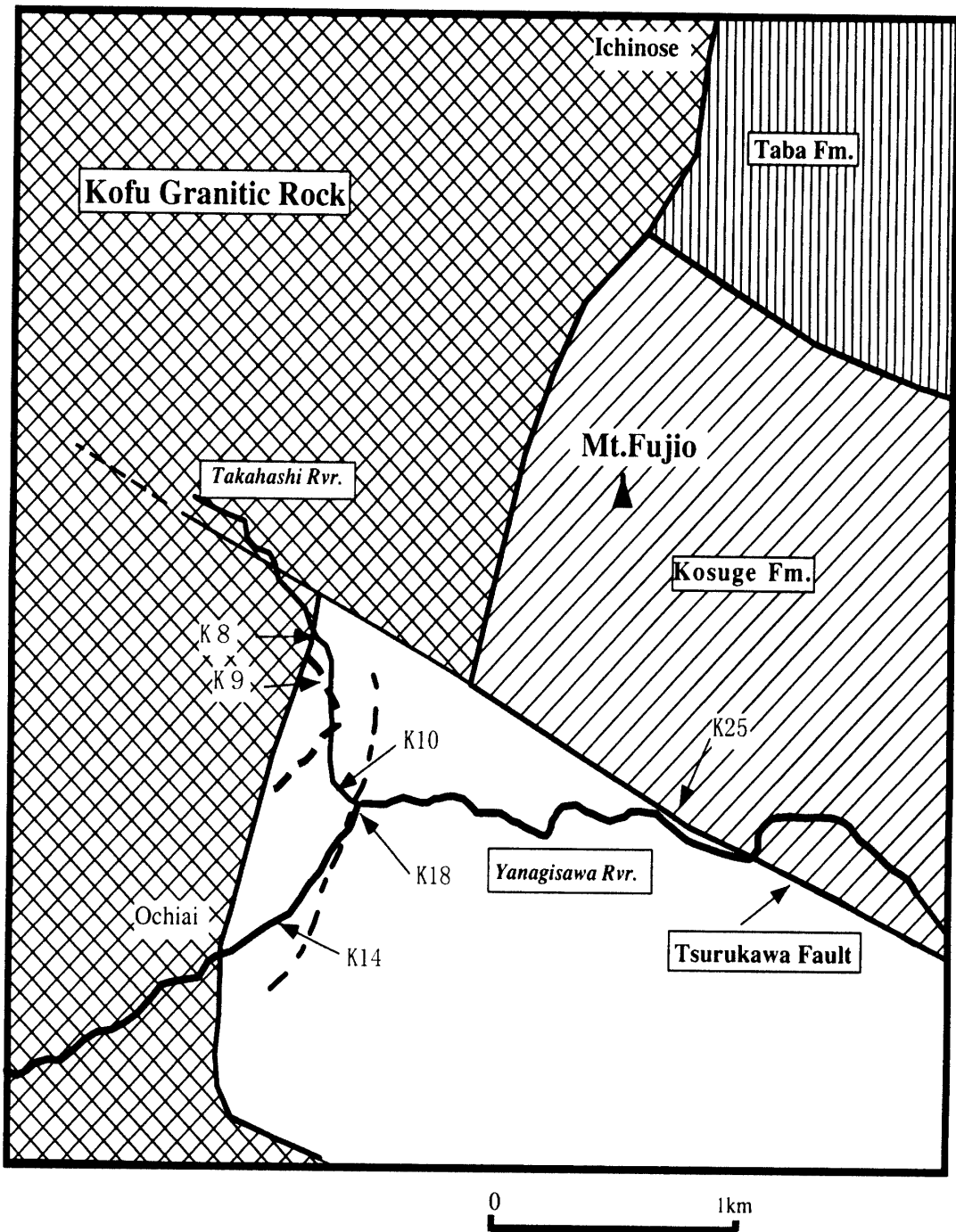


図1 塩山市落合付近の地質、採集地点と変成分帯の位置

破線はザクロ石アイソグラッド
鎖線は葦青石アイソグラッド

K25：藤尾の東の鶴川断層を切る谷の奥の露頭では、やや赤みをおびた色を呈する砂岩ホルンフェルスであるが、泥層の薄層を含む。雲母類を多量に含み、黒雲母帯である。

K6：この試料は、図1の東端より3km程度下流の地点で採集したもので、奥秋という地名の所である。これは小仏層群丹波層の中粒硬砂岩で、岩石片を多く含むのが特徴である。この試料をもって、原岩を代表させた。

ホルンフェルス試料の顕微鏡観察

徳和深成岩体によって熱変成作用の及んだ熱変成帯 (thermal aureole) の範囲は約 4km 強に達する。一般に、変成帯は特定の鉱物が出現することを境として分帯することが多く、これをアイソグラッドという。本地域では接触部より外側へザクロ石黒雲母帯、堇青石黒雲母第 2 帯、堇青石黒雲母第 1 帯、および黒雲母帯の各アイソグラッドが出現する。本地域のホルンフェルスの肉眼的特徴を密着写真 (図 2) に示す。

ホルンフェルスは変成度が高いほど赤紫黒色の程度が濃くなる。その例が図 2 の 1 (K96), 図 2 の 2 (K10) にみられる。特に、ザクロ石黒雲母帯の K96 には粗粒の黒雲母の斑点がみられる。野外では、この赤味を帯びた色の濃いところがサンプルするのに適している。

黒雲母帯の例として、図 2 の 4 (K25) を示す。この試料では赤味がより淡紅色掛かって見られ、これはフェンジャイトーリュウコフィライト質白雲母の特色である。また、図 2 の 3 (K8) は再加熱の例である。赤味は全然強くないが、再結晶は完全であり、全体に粗粒となっている。これは典型的なグラノブラスティック組織であることを示す。

次に、鏡下に見られる主要鉱物の特徴を示す (図 3)。図 3 の 1 (K96) の右端には、石英などの微粒を含んだポイキロブラスト組織を持つザクロ石が見られる。中央にあるのはオレンジ色をした白雲母の集合体よりなる斑状変晶である。黒雲母は 2 種類があり、自形長短冊型で薄茶色～透明なものは、初期に晶出したものである。なお時期に関しては Solidification index の所で述べる。後期に晶出した黒雲母は茶色種の濃い色で赤味が増す。これは TiO_2 の量が 3% 以上と富むものである (付表 2, 50p)。そのほかに曹灰長石が含まれる。

図 3 の 2 (K96) は 0.1 mm 以下の細脈 (Vein) が発達するところであるが、そのような細脈に伴ってザクロ石が形成されている。構成鉱物は 3 の 1 と同じである。図 3 の 3 (K10) に示すのは、黒雲母、石英などの微粒を含み篩いのような状態となったポイキロブラスト組織を示す堇青石である。径が 0.6 mm の大きさに達する斑状変晶となっている。右上には再結晶して大きな斑晶となった石英が見られる。黒雲母は自形で赤味の強い色を呈する。そのほかの鉱物は、トルマリン、白雲母、灰曹長石、アルカリ長石である。図 3 の 4 (K8) は粒子全体が粗粒のグラノブラスティック組織を示す例である。斜長石は累帯構造を呈し、EPMA 計測では核で中性長石を示し、リムでは灰曹長石となっていた。本試料が累帯構造を示すことから、K8 や K96 は再加熱された可能性がある。そのほかの鉱物として、アルカリ長石、白雲母、緑泥石、石英が認められた。

図 3 の 5 (K18) では磁鉄鉱を囲んで緑泥石化した黒雲母が集合を作り、その周囲に灰曹長石や石英が細粒の塵状物質を含んだポイキロブラスト組織を示して、一種の斑状変晶を形成してい

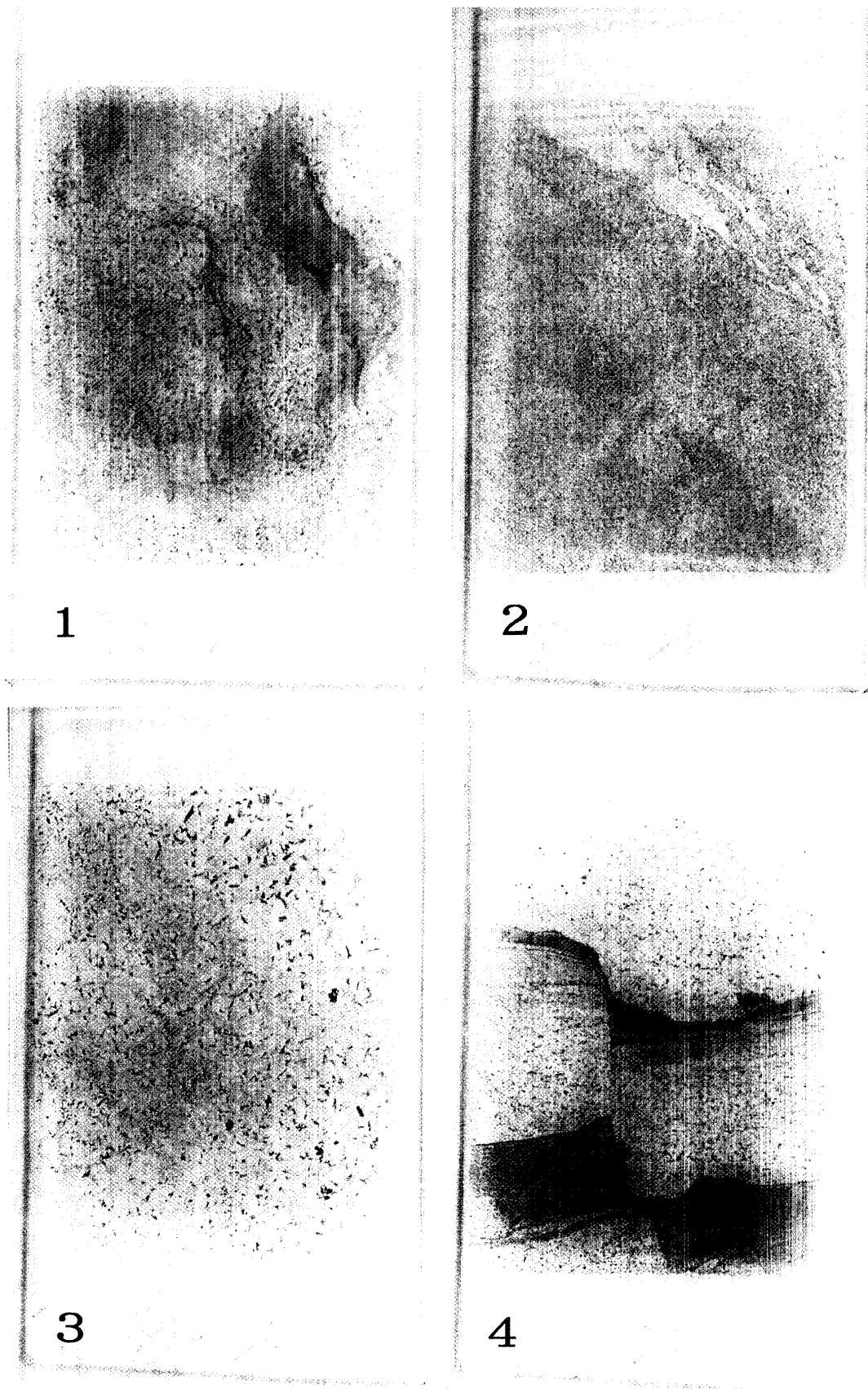


図2 岩石薄片の密着写真
1. K96, 2. K10, 3. K8, 4. K25. 各薄片の横幅は2.5cm.

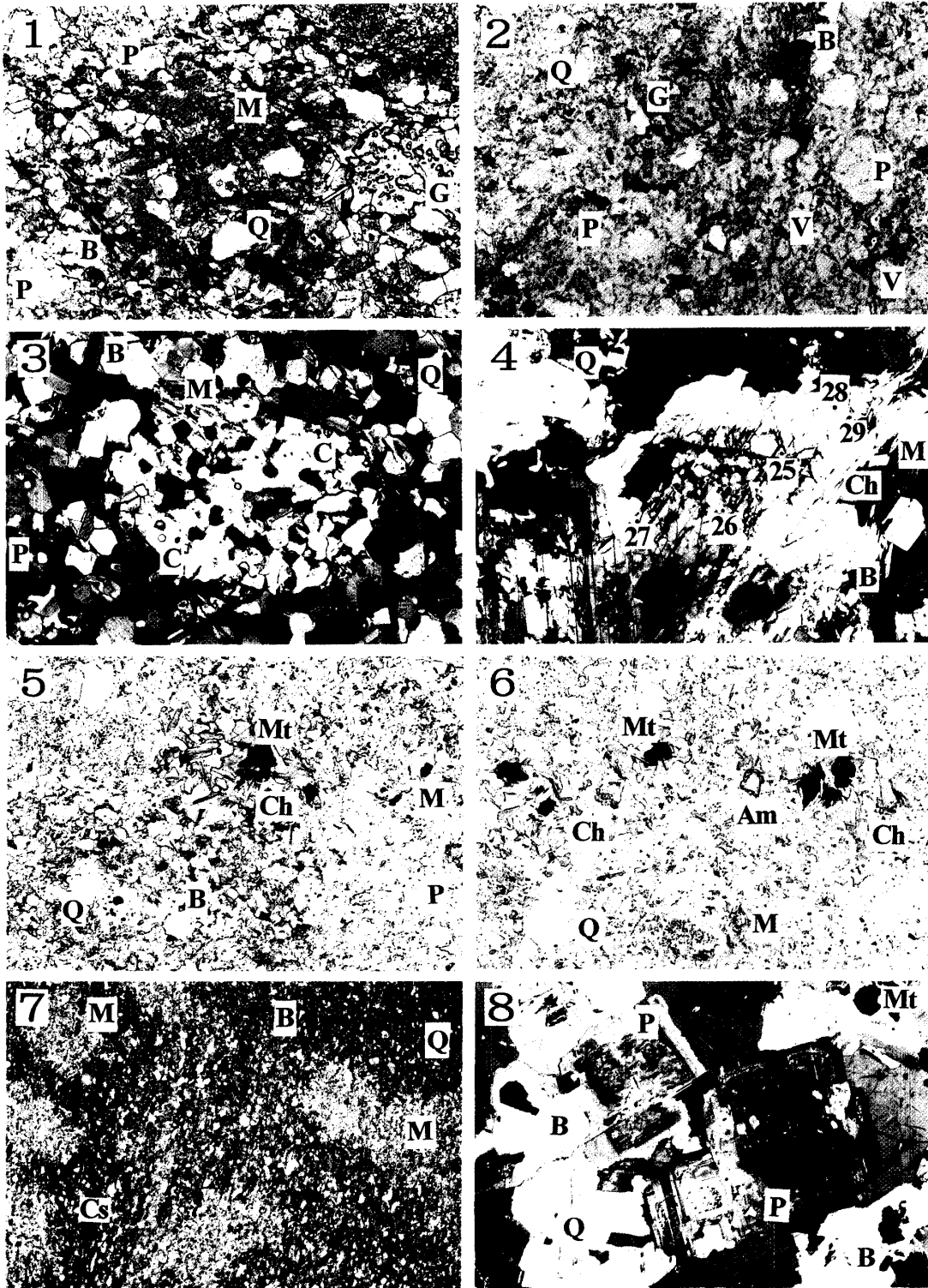


図3 岩石顕微鏡写真

1. K96 ザクロ石 (G) と、白雲母 (M) の斑状変晶。斜長石 (P)、石英 (Q)、黒雲母 (B)、オープンニコル、写真の横幅 1mm.
2. K96 ザクロ石が細脈 (V) に沿って形成されている。オープンニコル、横幅 1mm.
3. K10 董青石 (C) の斑状変晶。クロスニコル、横幅 1mm.
4. K8 斜長石の累帯構造の分析点。緑泥石 (Ch)。クロスニコル、横幅 1mm。25~27: 核の部分は中性長石。28, 29: リムの部分は灰曹長石
5. K18 磁鉄鉱 (Mt) を囲む緑泥石。オープンニコル、横幅 1mm.
6. K14 磁鉄鉱と緑泥石、角閃石 (Am)。オープンニコル、横幅 1mm.
7. K25 白雲母の斑状変晶。泥層の糸状帯 (Cs)。クロスニコル、横幅 4.2 mm.
8. K97 花崗閃緑岩の斜長石の累帯構造。クロスニコル、横幅 4.2 mm.

る。黒雲母は細粒で全面に散らばっている。そのほかの鉱物は、白雲母、アルカリ長石がある。図3の6 (K14) は砂泥互層のみられる地点であり、磁鉄鉱と緑泥石（黒雲母の後退作用でつくられた）の集合がみられた。また、本薄片には角閃石がみられ、角閃石は EPMA 分析においても確認された。そのほか、堇青石、曹灰長石、白雲母が見られた。

図3の7 (K25) は砂岩中の頁岩細層の薄片である（図2の4参照）。黒い縞模様は泥質物のつくる縞 (stringer) である。白雲母の斑状変晶が数多く出現しているのが特徴である。これはフェンジャイトーリュウコフィライト質白雲母である。基質中に粒状に点在するのが石英と黒雲母である。そのほかにアルカリ長石、灰曹長石、曹灰長石が認められた。図3の8 (K97) は熱源の徳和花崗閃緑岩である。斜長石の累帯構造がみられる。斜長石は核からリムにむけて、An48~51 から An28~30 へと変化を示している。しかし、量比からいえば An48 にピークが見られる。

ホルンフェルス試料の変成鉱物の化学組成

1. 試料の分析方法

ホルンフェルスの主要構成鉱物の化学分析は、東京大学海洋研究所の波長分散型 EPMA (日本電子製 JXA-733) を用いて行った。分析方法は谷口・小川 (1990) に従って行った。分析条件は加速電圧 15 KV, 照射電流 1.2×10^{-8} A およびビーム径 1~4 μm であった。分析に際しては、主要 13 元素 (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Cr, V, Ni, P) の酸化物について標準試料を再測定して精度を確認した。一回の分析における測定は 10 秒間で、3 回計測している。分析値から各鉱物の分類・検証には Deer et al. (1982) を参照した。

分析結果は、付表に鉱物ごとにまとめて示した (付表 1~4)。

2. アルカリ長石・斜長石の化学組成

各試料に含まれる長石類の An mol % 比を計算し、その産出頻度を図 4 に示した。

なお、熱源であった K97 (花崗閃緑岩) は中性長石 (An48) が核の組成で、それが結晶の大部分を占める。これに対してホストになる小仏層の K6 はアルカリ長石 (正長石~アノーソクレーズ) が主で、斜長石は中性長石が数個含まれるだけである。

このような背景で、熱変成すると、まず中間的な性質を持つ長石の組み合わせとなることが K8 で示される。K8 ではアルカリ長石と灰曹長石 (An28) が主で、その他に中性長石 (An48) 周辺に数個が数えられる。なお、ここは鶴川断層が通る場所で、その影響で変質が激しいので、必ずしも熱源からの距離のみでは変成度は論じられない。図3の4に示したように、斜長石は累帯構造を示し、その核は中性長石であり、リムは灰曹長石になっていた。このように中間的な存

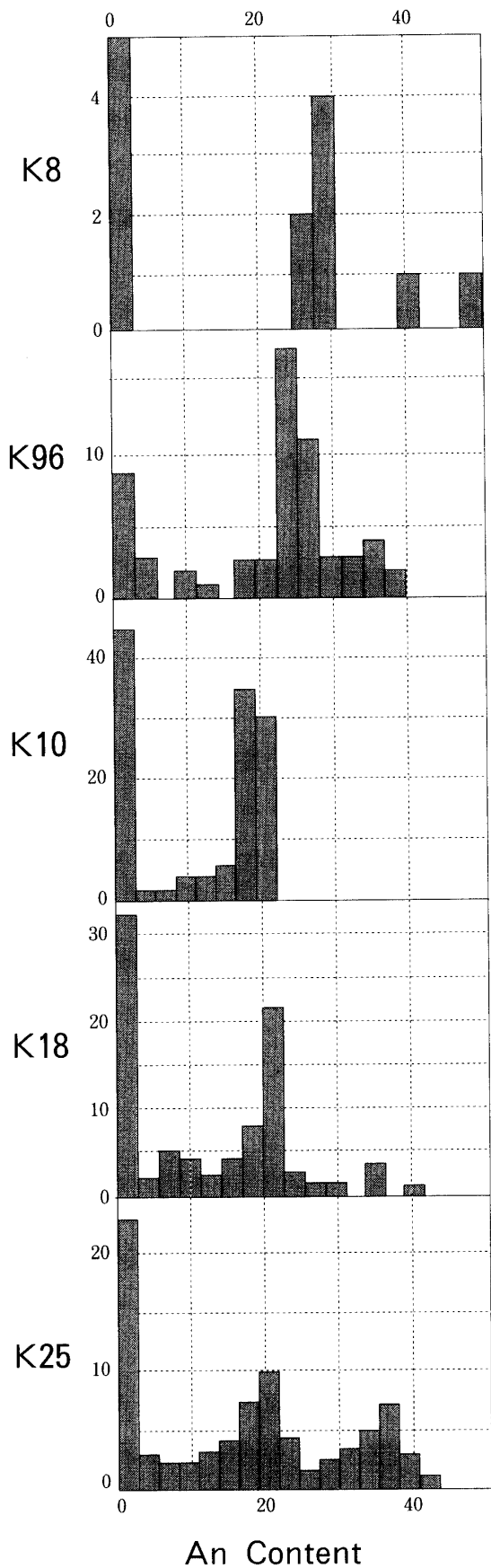


図4 長石類の An 比の産出頻度分布

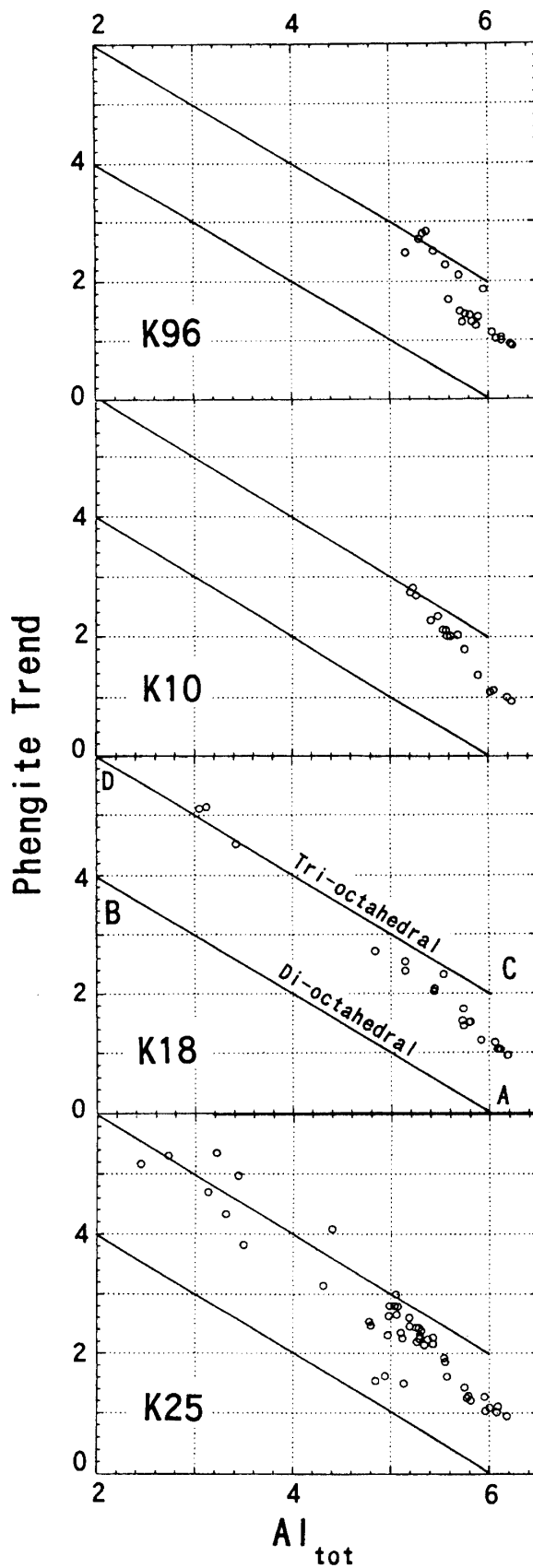


図5 白雲母の Al_{tot} と Phengite trend との関係
 A, B, C と D はエンドメンバーを示す。
 A: muscovite, B: leucophyllite, C: eastonite and D: phlogopite

在の灰曹長石が形成されてくるのが、ホルンフェルスの特徴であるといえる。

さらに熱変成が進行すると、K10, K96に見られるように中性長石が完全に分解して消失し、アルカリ長石と灰曹長石のみとなる。なかでも、K96が示すように灰曹長石のみが卓越する、最も変成が進んだ状態となる。なお、アルカリ長石は源岩のものが残存したのではなく、源岩に多く含まれていた曹長石が消失していることから見ても、再結晶したものと考えられる。

以上のような見方で他の地点をみると、K18はK8の変成様式（以下K8型と略す）に近いといえるが、むしろK8型とK10型の間中といえる。また、K14は曹灰長石（An58）が最も多く、K8型とは源岩組成が違う影響で変成の性質が違ったのであろう。K25はK18に極めて似たAn%比の分布形態を示したが、正長石がかなり認められたことや曹灰長石が含まれることから源岩の性質をより多く継承しているといえる。

3. 白雲母の化学組成

白雲母は $K_2Al_4Al_2Si_6O_{20}(OH)_4$ と表されるが、この主要な変種は2つの固溶体として存在している。一つは白雲母—パラゴナイト $Na_2Al_6Si_6O_{20}(OH)_4$ 系で、 KNa_{-1} の置換によって生じる。もう一つの変種は、 $SiMgAl_{-2}$ の置換（Tschermak置換）によって生じるフェンジャイト $K_2MgAl_4Si_6O_{20}(OH)_4$ —リュウコフィライト $K_2Mg_2Al_2Si_6O_{20}(OH)_4$ 系である（Garcia-Casco et al., 1993）。また、天然のフェンジャイト質白雲母はFeが Fe^{2+} , Fe^{3+} の型で入るので、その際において $Fe^{2+}Mg_{-1}$ と $Fe^{3+}Al_{-1}$ の Di-octahedral（白雲母構造）と Tri-octahedral（黒雲母構造）置換が生じ、複雑な構成を作ることになる（Speer and Becker, 1992）。その結果、白雲母は octahedral site で $Al+Fe$ の置換をして、限りなく黒雲母に近づくのである。

この状態を示すのが、 Al_{tot} と Phengite trend [$Fe+Mg+Ti+(Si-6)$] の関係を示した図5である。この図は Garcia-Casco et al. (前出) によった。なお、 Fe_{tot} を Fe^{2+} と仮定すると白雲母—堇青石線にはプロットされずに、黒雲母線との中間にプロットされることは図5の問題点である（Guidotti, 1984）。図5において Phengite trend（以下では PhT と略する）は方向性を示すが、 Al_{tot} に関しては方向性があるとは思えず、慎重に扱わなくてはならない。Garcia-Casco et al. (前出) は再結晶した白雲母の Al_{tot} の範囲は 5.4~5.7 afu (atoms per formula units) 付近であると示しており、また変質が進めば雲母中の Al_{tot} 量は増加する方向に変化すると、注目すべき発言をしている。当然のことながら、フェンジャイトが形成される変成が進めば Al_{tot} が減少する方向に移動することは明らかである。

さて、K8のプロットをみると、その図はここにはあげなかったが、 Al_{tot} の値は 6.8afu であり、その PhT の値は 1.1~1.2 であって、いずれも著しく eastonite-muscovite エンドメンバー側の値を示した。これらの値をプロットすると初めから Tri-octahedral 構造を示しており、加熱された可能性がある。

K10のプロットをみると、 Al_{tot} の範囲は5.2～6.3 afuで、この範囲におけるPhTは直線に載ることから、変成作用は単一のものであったと判断される。筆者らが昨年の学会で報告した(加賀美・谷口, 1997)、白雲母と鉄質白雲母はこの分布図でAl 5.7 afuを境にして見事に連続してつながるのである。

K96のプロットをみると、 Al_{tot} の範囲はK10と同じ5.2～6.3 afuであるにもかかわらず、5.5～6.3 afuと5.2～6.0 afuの二列の方向がはっきりと分かれて識別され、そして後者の線はTri-octahedral構造を示している。この地点では、ダイクの貫入という理由によって温度圧力条件が変化したものと判断される。

K14は白雲母が5個しか分析してないので、図としては示さなかったが、 Al_{tot} の範囲は2.8～6.1 afuで、明らかにK10やK96とは異なりフェンジャイト化が進んでいることを示している。

K18は Al_{tot} の範囲は4.8～6.3 afuと範囲を広げているが、そのパターンはK10に似ている。しかし、その先はさらに延びて3.0 afuまで達してフェンジャイト化が進んでいることを示している。

K25は Al_{tot} の範囲は4.8～6.3 afuとK18と似たような分布を示すが、その先にAlが2.3～4.4 afuと幅広いフェンジャイトの分布を示している。

以下において、変成の中心のザクロ石帯の代表としてK96の白雲母と、縁辺部の黒雲母帯の代表としてK25の白雲母の化学的性質を詳細に検討する。

K96の白雲母の化学的諸性質を $X_{Fe} = [Fe/(Fe+Mg)]$ に対してプロットしたものを図6に示す。なお、ここに扱った試料に関しては X_{Fe} はPhTと同じ傾向を示した。 X_{Fe} の値の範囲は0.48～0.78を示し、これは花崗岩類の白雲母に比べると基質、つまり後期に属するものに相当するとみられる(Speer and Becker, 前出)。

まず、一番上の枠では 6Al とSiの変化を示す。 X_{Fe} の値が0.65を境にしてAlの値が4.5～5.0 afuから4.0～4.6 afuへと明らかに減少する。この変化は後に見るK25ほど著しいものではなく、またSiの値が増加せず、減少気味であることから、Tschermak交換反応ではなく、Di-octahedral→Tri-octahedral置換であることを示している。次の枠ではFeとMgの変化を示す。 X_{Fe} の値が0.65を境にしてFeの値が0.1～0.4 afuから0.7～1.7 afuへと変化している。この変化はMg量の微増に比べて大きいことから、上述したところのDi-octahedral→Tri-octahedral置換であったことを示している。このように成分が明瞭に異なることが Al_{tot} とPhTとの関係を示した図5で2本の直線に分かれて分布していた理由になると見ることができる。

その次の枠はK, Naの変化を示す。ここではKの値が、 X_{Fe} 0.65を境に1.5～2.0 afuから0.7～1.1 afuへと半減している。2.0 afuという値はKがほとんど雲母構造の層間を占めていることを示すのであるから、この減り方は大きく、多分一部は緑泥石変質によって置換されたものと思われる。しかし、次に述べるように Y_{tot} (octahedral siteのアトムの総和)の値は低いので、

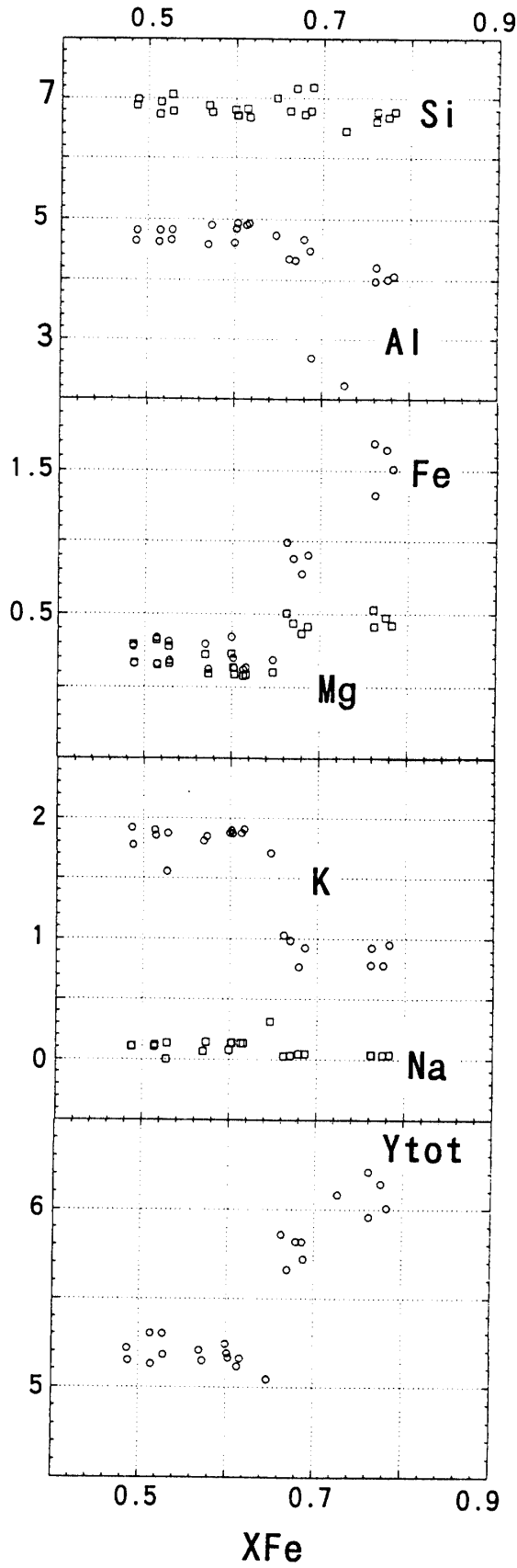


図6 K96の白雲母の化学的諸性質と X_{Fe} との関係。縦軸の単位はafu

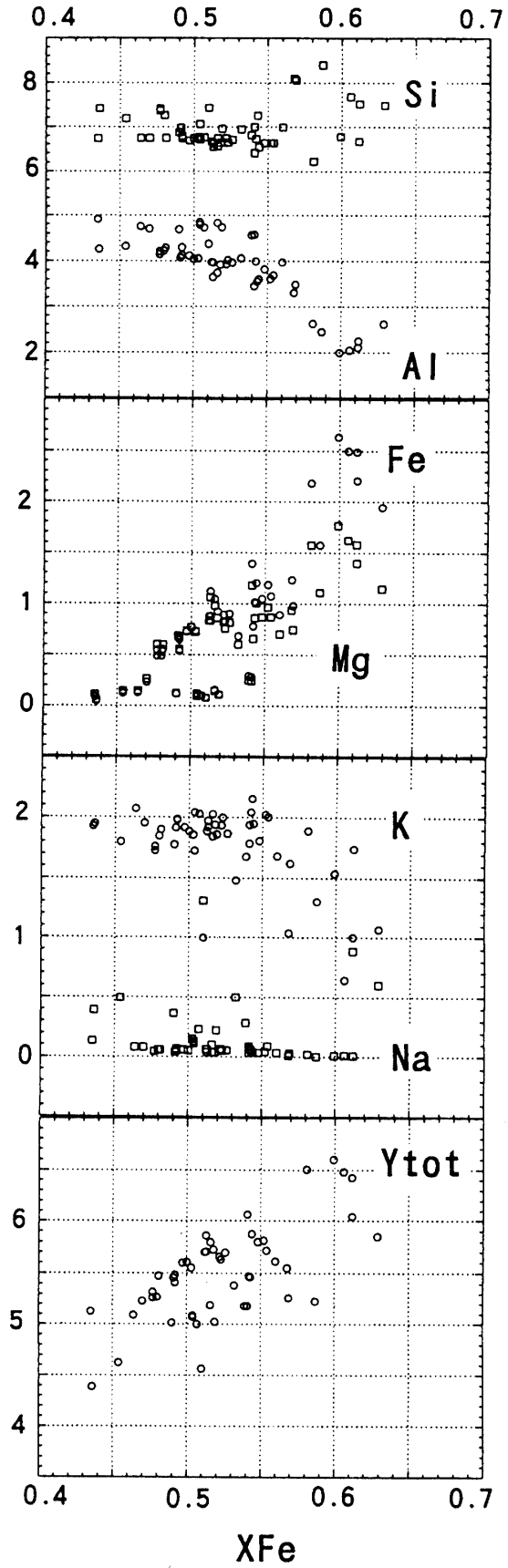


図7 K25の白雲母の化学的諸性質と X_{Fe} との関係。縦軸の単位はafu

極一部に変質したものが含まれると考えられる。

最後の枠は Y_{tot} を示す。 X_{Fe} の値が 0.65 を境にして、 Y_{tot} が 5.0~5.4 afu から 5.6~6.3 afu へと変化している。この変化こそ Di-octahedral→Tri-octahedral 置換を示しているとみることができ。また、この変化は 11 afu を取る緑泥石変質ではないことを示している。

K25 の白雲母の化学的諸性質を X_{Fe} に対してプロットしたものを図 7 に示す。なお、前にも述べたが X_{Fe} は PhT と同じ傾向を示し、PhT の大きなグループは X_{Fe} の大きなプロットに相当する。 X_{Fe} の値の範囲は 0.46~0.66 を示し、これは K96 の白雲母に比べると一層範囲が狭くなっている。

まず、一番上の枠では $^{\circ}\text{Al}$ と Si の変化を示す。 X_{Fe} の値が 0.57 を境にして octahedral site に入る Al の値が 3.4~5.0 afu から 2.0~2.8 afu へと明らかに減少する。この変化は K96 に比べ格段と大きく、また Si の値が 6.4~7.5 afu から 6.6~8.4 afu へと増加している。その結果、典型的なフェンジャイトの Si: Al > 3: 1 には達していないが、それに近い値を示しているのが特徴である。つまり、Tschermak 置換が生じていて、ほとんどフェンジャイトが形成されているといえるのである。

次の枠では Fe と Mg の変化を示す。 X_{Fe} の値が 0.57 を境にして Fe の値が 0.1~1.4 afu から 1.5~2.7 afu へと大きく変化している。この変化は Mg 量の 0.1~1.2 afu から 1.1~1.8 afu への変化を伴っており、Tschermak 置換が生じていることは確かであるが、また、Di-octahedral→Tri-octahedral 置換も生じていることを示している。

その次の枠は K, Na の変化を示す。ここでは Na の値が 0.5 afu を示すものがありパラゴナイト置換を含むものがあることが分かる。K の値が、 X_{Fe} 0.57 を境に 1.7~2.2 afu から 0.6~1.9 afu へと半減している。2.0 afu という値は K がほとんど雲母構造の層間を占めていることを示す理想状態であるから、この減り方は多分一部が緑泥石変質によって置換されたものと思われる。しかし、次に述べるように Y_{tot} の値は低いので、その変質は極一部のもので framework までを代えるものではないと考えられる。

最後の枠は Y_{tot} を示す。 X_{Fe} の値が 0.57 を境にして、 Y_{tot} が 5.0~6.0 afu から 5.8~6.7 afu へと変化している。この変化こそ Di-octahedral→Tri-octahedral 置換を示しているとみることができ。また、この変化は 11 afu を取る緑泥石への変質ではないことを示している。

4. 黒雲母の化学組成

黒雲母については、温度変化に伴う累進的結晶化作用を示す Solidification index (+30 から 0 の方向に結晶化が進行する) が提案された (Lalonde and Bernard, 1993)。Solidification index (以下 Solix と略する) は $[\text{MgO} \times 100 / (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$ と表される。Solix と X_{Fe} の関係について示したのが図 8 である。この図に花崗閃緑岩中の黒雲母 (K97) を

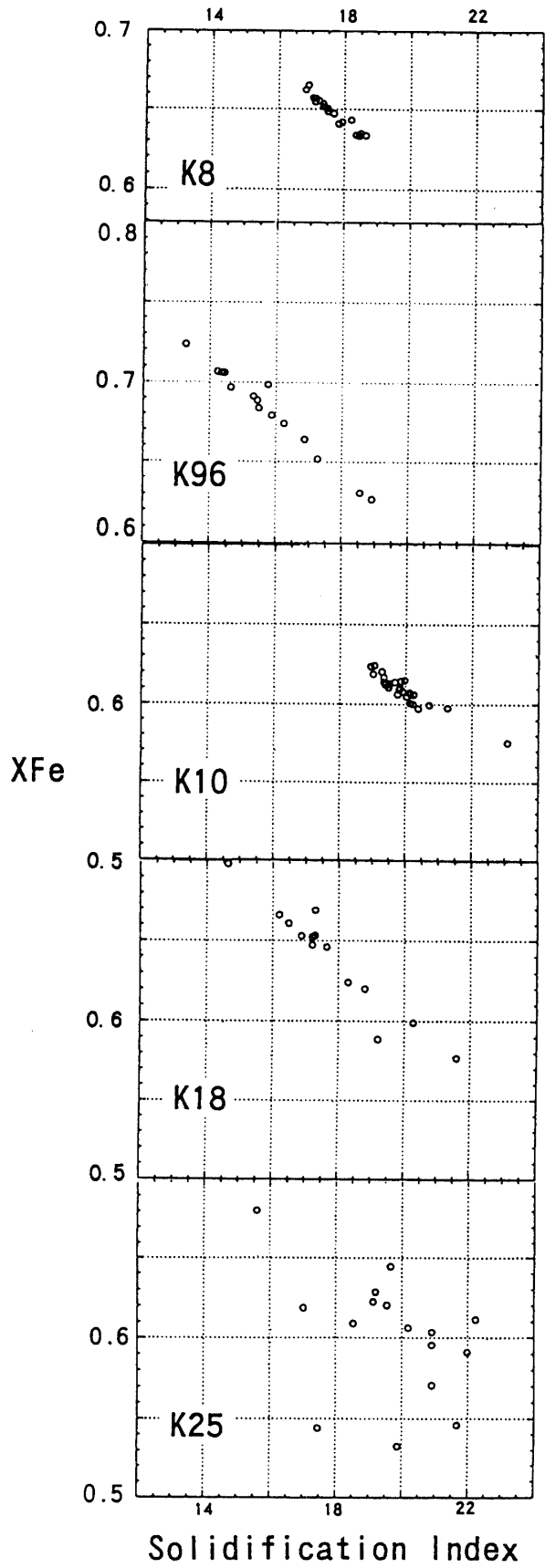


図8 黒雲母の Solidification index と X_{Fe} との関係

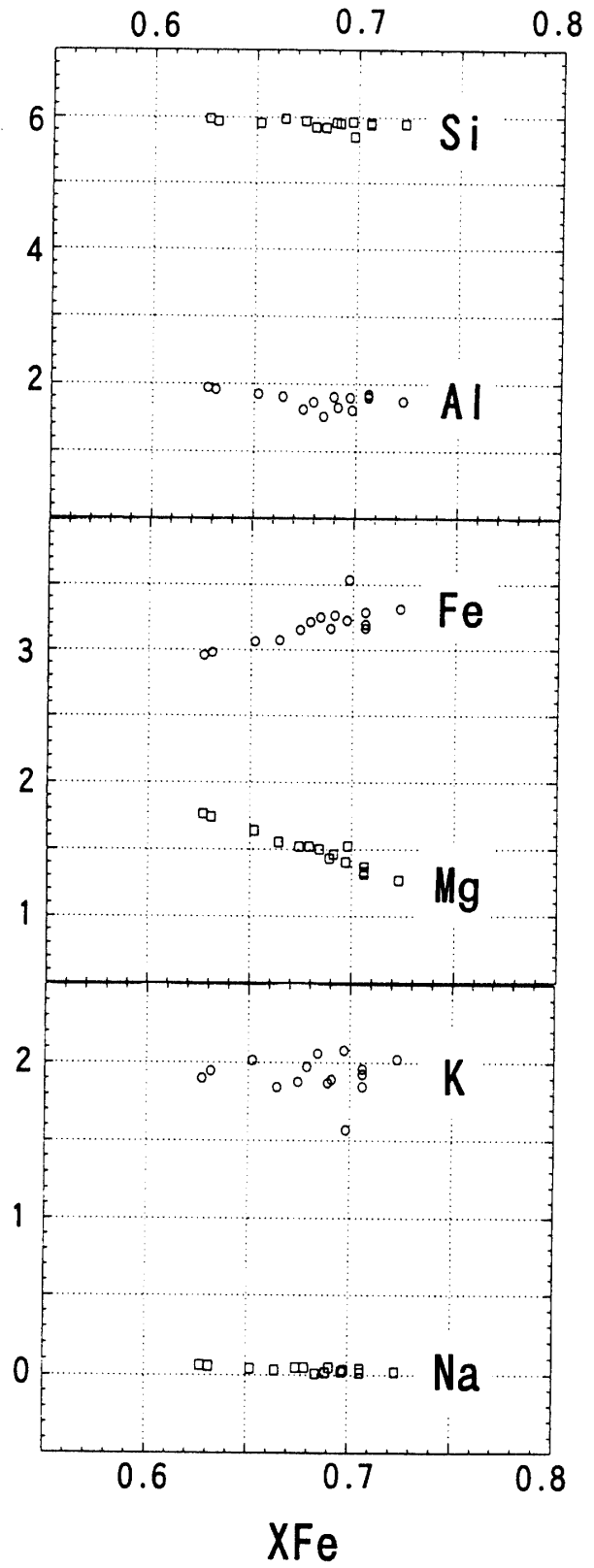


図9 K96の黒雲母の化学的諸性質と X_{Fe} との関係。縦軸の単位はafu

落とすと、Solix は 25~26 と最高値を示した。また、 X_{Fe} の値は 0.52~0.55 と低い値を示した。

Solix の値を高い順に並べると、K10 の 23~18, K18 の 22~14, K25 の 22~15, K14 の 21~16 と続き、つぎに問題の K96 の 19~13 となり、K8 の 19~16 も同じ値で終わる。また、Solix の値が最小となるのは K96 の 13 であり、この事実やさらに Al_{tot} と PhT との関係を示した図 5 で議論したように K96 では 2 段階変成作用が認められたことから、K96 では最後期の結晶作用があったものと判断される。その際、K8 も同時に変質を受けたものと考えられる。つまりこの地域においては、K10 を筆頭にして、K18, K14, K25 と熱源からの距離に比例して変成したことを示している。その際、当然のことながら K96 や K8 も K10 と同じ程度に変成を受けたのであるが、両地点は最後に、再度熱せられて特異な変成をしたものと考えると Solix の分布は上手く解釈できるといえる。K96, K8 を含めて再加熱帯と呼ぶことにする。

以下において、変成の中心のザクロ石帯の代表として K96 の黒雲母と、縁辺部の黒雲母帯の代表として K25 の黒雲母の化学的性質を詳細に検討する。

K96 の黒雲母の化学的諸性質を X_{Fe} に対してプロットしたものを図 9 に示す。なお、ここに扱った X_{Fe} は Solix と同じ傾向を示すことは図 8 で既に証明済みである。K96 の X_{Fe} の値の範囲は 0.62~0.73 を示し、これは花崗岩類の黒雲母に比べると、その基質の黒雲母、つまり後期の晶出に相当するものである。

図 9 の一番上の棒は 6Al と Si の変化を示す。これらの値は X_{Fe} の値に対していずれも直線状に分布し、明らかに一連の晶出物であることを示している。Al は 1.4~2.0 afu の範囲を、Si は 5.6~6.0 afu の範囲でいずれも一定である。二番目の棒は Fe, Mg の変化を示す。いずれも直線的に分布しているので、温度・圧力条件の変化は一定と判断される。Fe は 2.9~3.6 afu と微増し、また Mg は 1.3 から 1.8 afu へと減少している。しかし、Al 量が一定であるから、Mg が減少しても Tschermak 置換はなかったものと判断される。下の棒は K, Na の変化を示す。K は 1.8~2.1 afu とやや散らばる分布を示すが、大局的にはほぼ一定である。これは黒雲母に関しては変質は生じていないことを示している。

K25 の黒雲母の化学的諸性質を X_{Fe} に対してプロットしたものを図 10 に示す。K25 の X_{Fe} の値の範囲は 0.53~0.68 を示し、これは K96 の黒雲母に比べると格段と Fe-poor の範囲を示している。まず、一番上の棒では 6Al と Si の変化を示す。 X_{Fe} の値が 0.58 を境にして変化が見られるが、この境界はほぼ K25 の白雲母にみられたものと同じであり、物理的に意味があると考えられる。ところで、初期の Al の値は 2.6~3.8 afu と著しく Al-rich の特徴を示す。Si も 6~7 afu とやや高い値である。これが X_{Fe} 0.58 を境にして、Al の値は 1.4~2.8 afu へと下がる。値は下がるのであるが、これで K96 の値と同じレベルになったのである。Si は 5.6~7 とあまり変わらない。

二番目の棒は Fe, Mg の変化を示す。 X_{Fe} 0.58 を境にして Fe は 1~2 afu から 2.8~3.4 afu へと段差を付けて増加しているが、実はこれで K96 と同じレベルに達したのである。Mg も 0.8~1.7

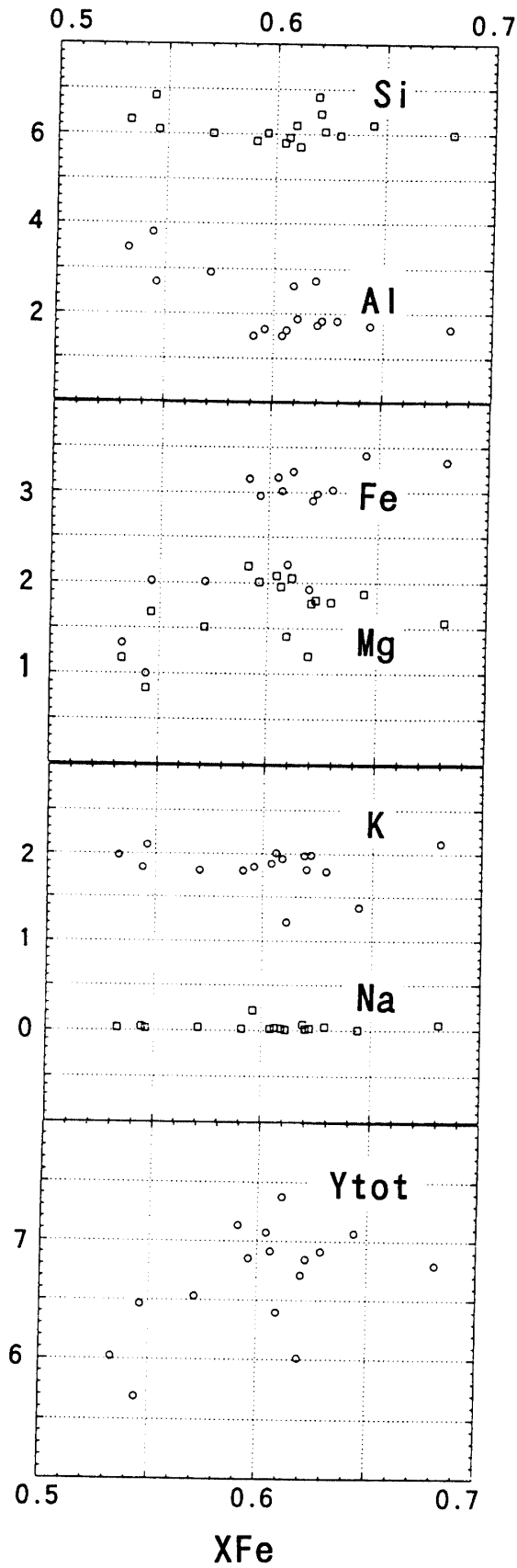


図 10 K25 の黒雲母の化学的諸性質と X_{Fe} との関係。縦軸の単位は afu

afu から 1.2~2.2 afu へ微増している。Al が減って Fe が増加したのであるから、Tri-octahedral 置換が働いたことは確かである。

次の枠は K, Na の変化を示している。K の値は 1.8~2.1 afu とほぼ一定であることから、変質などの変化はなかったものと考えられる。

最後の枠は Y_{tot} を示す。 X_{Fe} の値が 0.58 を境にして、 Y_{tot} が 5.7~6.5 afu から 6.0~7.4 afu へと変化している。この変化は元々 Tri-octahedral であったものが、さらに置換を行って、上限に近い値を示しているとみることができる。

5. 堇青石の化学組成

堇青石に関しては、最近の論文において channel cation (Na+K) の量と $X_{Mg} = [Mg / (Mg + Fe)]$ の値の関係が鉱物共生関係をよく説明すると言われている (Pereira and Bea, 1994)。そこで、堇青石が存在する K10 と K14 のそれぞれの値をプロットして図 11 に示した。なお、同図には飯能層のホルンフェルスの堇青石 (SR) も挙げてある (47p)。これらを見ると、堇青石は X_{Mg} の値によって 3 つのグループに分けられる。まず、 X_{Mg} が 0.1 のグループ、次に 0.4 のグループ、そして 0.5~0.6 のグループである。 X_{Mg} 0.1 は K10 の一部が含まれる。0.4 のグループは K10 の大部分が含まれる。そして、最後の 0.55 のグループには主に飯能層のホルンフェルスのものが含まれるが K10 の一部も含まれる可能性があると読みとれる。 X_{Mg} の値の減少は温度

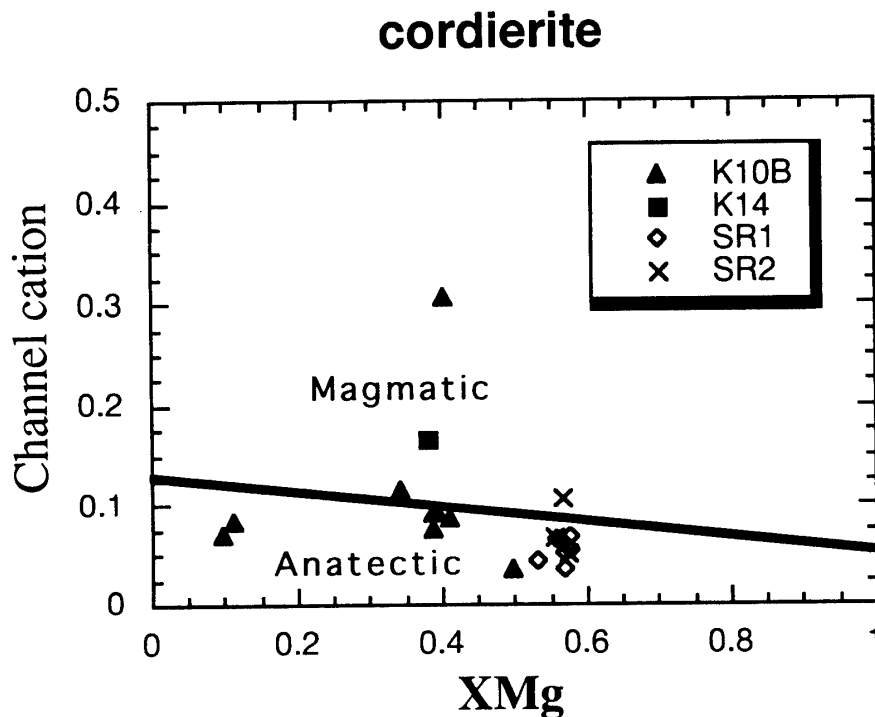


図 11 堇青石の Channel Cation (Na+K) と X_{Mg} の関係
SR は飯能層礫中の堇青石

条件の上昇を示すというから（例えば、馬場，1998），これらの区分は有意義なものと思われる。

次に，channel cation（以下 ChC と略する）から見ると， X_{Mg} 0.4 の堇青石には ChC が 0.3 afu という高い値を示すものもあるが，これは異常値として無視することにする。そうすると，ChC の値は 0.08 afu 位となり，これは Pereira and Bea（前出）のいう magmatic/anatectic 境界線より下に位置する，不完全溶融または変成した堇青石と解釈される。これに対して飯能層の堇青石はこれらに比べかなり低温で形成されたと考えられる。

K14 に含まれる堇青石の量は少なく，また共存する他の鉱物の性質も違うので，K14 の地点を堇青石黒雲母第 1 帯とし，K10 の地点を堇青石黒雲母第 2 帯と区別することにする。

ザクロ石の化学組成と変成温度

ザクロ石には 2 つの固溶体があり，一つは grossular ($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$)-andradite ($Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$) 系であり，もう一つは pyrope ($Mg_3Al_2Si_3O_{12}$)-almandine ($Fe_3Al_2Si_3O_{12}$)-spessartine ($Mn_3Al_2Si_3O_{12}$) 系である。

K96 でのザクロ石の顕微鏡観察に依れば，ザクロ石は明らかに細脈に沿って形成されている。このような産状は後期生成（post generation）を示していると解釈される。そのようなザクロ石の輪郭を見ると一様になっており，組成累帯構造は観察されない。輪郭の状態は円形を呈して再溶融（resorption）したように見えるが，これは再溶融ではなくむしろ，やや高温の状態で volume diffusion によって形成されたものと解釈された（Mposkos and Liati, 1993）。

K96 のザクロ石の化学組成を表 1 に示す。このザクロ石の pyrope 成分は 7.4~9.7%，almandine 成分は 79.6~81.6%，spessartine 成分は 7.5~8.6% である。K96 のザクロ石は pyrope から almandine へと固溶体の変化をしたとして end member を選ぶと，表 1 の分析番号で，No. 1 と No. 8 が初期のグループの代表であり，No. 2 と No. 27 が後期のグループの代表である。初期のものから後期のものに向かって， X_{Fe} の値が増加するのが認められる。

ここで，Spear（1993）のザクロ石-黒雲母地質温度計を使って変成温度を推定してみる。K96 の黒雲母は図 9 で見たように，分析した試料全体が直線に載り，かつ変質などの傾向は見られなかった。ただ，形成の初期と後期は序列的に明瞭に識別されたので，ここでは初期のグループの代表として No. A21 と No. A22 を選び（付表 2，50p），また後期のグループの代表として No. L21 と No. L130 を選んだ。ザクロ石と黒雲母の初期と後期の組み合わせから KD（変成温度に対応する計数值）を計算すると，初期では 0.199~0.203 となり，また後期では 0.250~0.264 となった。この値を Spear（前出）の図に当てはめると，初期では約 600°C であり，後期では約 700°C となった。

この変成温度の解釈として，K10 など落合付近全体が達した変成温度が 600°C であったが，

表 1 K96 地点のザクロ石の化学組成

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	24	26	27	210
SiO ₂	37.85	37.5	37.66	37.46	36.89	36.96	37.45	37.34	37.38	37.26	37.55	37.45	37.15	37.42
TiO ₂	0.03	0.02	0.03	0.06	0	0.01	0.03	0.07	0.08	0	0.05	0.05	0	0
Al ₂ O ₃	20.53	20.33	20.46	20.65	20.55	20.4	20.59	20.57	20.39	20.11	20.48	20.39	20.5	20.61
FeO	36.07	36.53	35.84	35.75	34.98	36.2	36.26	35.46	35.41	36.56	36.12	36.15	35.93	35.15
MnO	3.39	3.73	3.25	3.44	3.4	3.24	3.31	3.33	3.47	3.56	3.4	3.47	3.65	4.32
MgO	2.39	1.96	2.2	2.44	2.37	2.11	2.06	2.35	2.42	2.09	2.34	2.38	1.82	1.98
CaO	0.8	0.84	0.77	0.84	0.92	0.85	0.81	0.82	0.85	0.81	0.84	0.84	0.92	0.92
Na ₂ O	0.01	0.01	0	0.03	0.01	0.02	0	0	0	0.01	0.02	0.01	0.02	0
K ₂ O	0.01	0.04	0	0	0.01	0.02	0.01	0	0	0	0	0.01	0.03	0
Cr ₂ O ₃	0.08	0.02	0.07	0.05	0	0.03	0	0.04	0.02	0.03	0.02	0	0.05	0.01
V ₂ O ₃	0.01	0	0	0	0	0	0	0.01	0.03	0.03	0.01	0.04	0.04	0.03
NiO	0.04	0.04	0	0	0.02	0.03	0	0	0	0.03	0	0	0	0
P ₂ O ₅	0	0.01	0.01	0.06	0.07	0.05	0	0.06	0	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05
Total	101.2	101.03	100.29	100.78	99.22	99.22	100.52	100.04	100.05	100.51	100.86	100.82	100.11	100.48
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Si	6.07	6.06	6.09	6.03	6.03	6.02	6.06	6.05	6.06	6.05	6.05	6.04	6.04	6.05
Ti	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0	0
Al	3.88	3.87	3.9	3.92	3.96	3.92	3.92	3.93	3.9	3.85	3.89	3.88	3.93	3.93
Fe	4.84	4.93	4.84	4.81	4.78	4.93	4.9	4.8	4.8	4.96	4.86	4.88	4.89	4.75
Mn	0.46	0.51	0.45	0.47	0.47	0.45	0.45	0.46	0.48	0.49	0.46	0.47	0.5	0.59
Mg	0.57	0.47	0.53	0.59	0.58	0.51	0.5	0.57	0.58	0.5	0.56	0.57	0.44	0.48
Ca	0.14	0.14	0.13	0.14	0.16	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16
Na	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0
K	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
Cr	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0
Ni	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01
Total	15.98	16.01	15.95	15.99	15.98	16.01	15.98	15.97	15.98	16.02	15.99	16.01	15.99	15.97
Fe ⁺³	0.12	0.13	0.1	0.07	0.04	0.08	0.07	0.07	0.1	0.15	0.11	0.12	0.07	0.07
Fe ⁺²	4.72	4.8	4.75	4.74	4.73	4.85	4.83	4.74	4.7	4.81	4.76	4.76	4.82	4.68
Pyrope	9.69	7.94	9.06	9.85	9.68	8.58	8.37	9.61	9.88	8.48	9.47	9.61	7.42	8.09
Almand	80.06	80.85	81.05	79.65	79.58	81.29	81.58	80.25	79.57	80.85	80.19	79.91	81.22	79.21
Spessar	7.8	8.58	7.6	7.89	7.92	7.49	7.67	7.74	8.05	8.22	7.81	7.97	8.48	10.01
Grosul	2.33	2.43	2.28	2.44	2.72	2.47	2.36	2.4	2.51	2.37	2.45	2.45	2.69	2.7
X _{Fe}	0.81	0.81	0.81	0.8	0.8	0.82	0.82	0.8	0.8	0.81	0.81	0.8	0.82	0.79
X _{Mg}	0.1	0.08	0.09	0.1	0.1	0.08	0.08	0.1	0.1	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08
KD-co	0.199							0.203						
	(A22)							(A21)						
KD-rim		0.25											0.264	
		(L21)											(L130)	

そこにダイクの局地的な貫入があって K96 は 700°C 程度にまで再加熱されたと解釈した。

落合付近のホルンフェルスの分帯

鉱物の共生関係にもとずいて、本地域の熱変成分帯をザクロ石黒雲母帯 (K96)、堇青石黒雲母帯 (K10, K14)、と黒雲母帯 (K25) に分帯した (図 12)。なお、源岩 (K6) の組成も比較のため示した。K96 はザクロ石と正長石の存在によって High grade 熱変成分帯となっている。ただし、K96 は、後退変成作用を受けており、緑泥石が形成されている。この帯はマグマが貫入したことにより周囲より高温になったことが、産状から推定されるし、ザクロ石が細脈に沿って形成されていることは後期生成の証拠と考えられる。

K10 に代表される堇青石黒雲母第 2 帯は、伝導熱によって形成された典型的なホルンフェルスの産状を示す。鉱物組み合わせは堇青石、黒雲母、白雲母で特徴付けられる。ザクロ石帯に比べ黒雲母、白雲母、アルカリ長石が多くなる。黒雲母の性質は、K96 より Solidification index が著しく大きくなり (19 以上になる)、そして X_{Fe} の値は低くなる (0.63 より小さい)。このような特徴は比較的初期の形成に関係していることを示す。つまり、本帯こそ regional な性質を示す変成分帯であったと考えられる。K14 における堇青石の存在は、共生する他の鉱物;斜長石、黒雲母、白雲母などにおいて次の黒雲母帯の特徴を示すことから、これを区別して堇青石黒雲母第 1 帯とした。

次に、黒雲母帯 (K18, K25) であるが、K25 の量比によれば黒雲母より白雲母の方が多くなっ

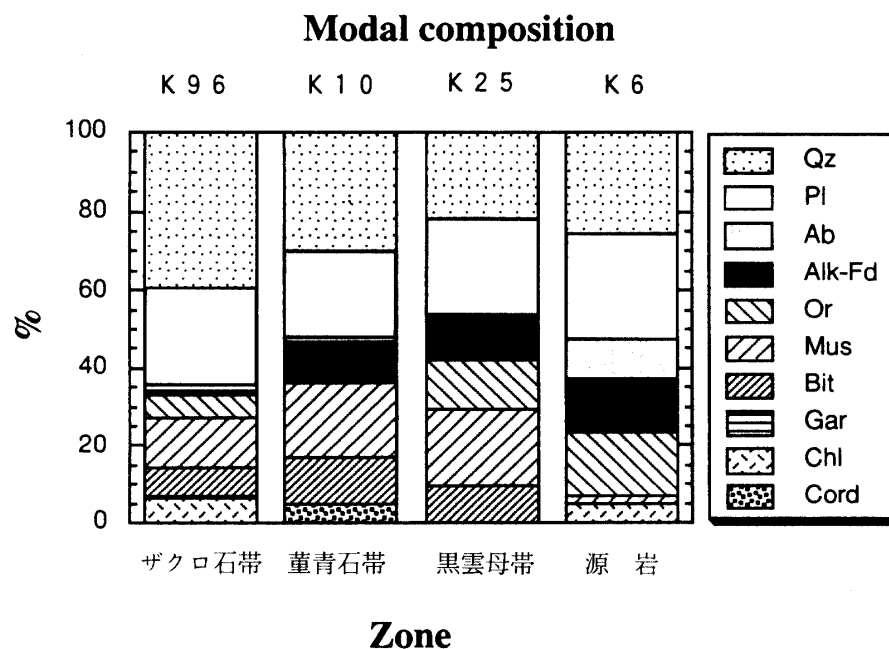


図 12 ホルンフェルスと源岩のモード組成と変成分帯

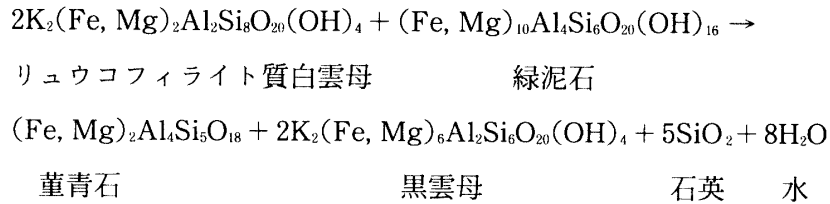
ている。源岩が per-aluminous ないし pelitic であったとみられる。堇青石帯に比べ、白雲母の性質については Phengite trend の値は著しく大きく、つまり堇青石寄りを示している（図 5）。また、黒雲母に関しては Solidification index の値が示すようにより後期の方に延びている。さらに、斜長石の性質に関しては、アルカリ長石、灰曹長石、中性長石の三本立てであることが分かった。源岩の小仏層群丹波層の砂岩と比較すると、源岩の組成を反映したアルバイト、正長石などが多く含まれ、それらが源岩から残存した可能性が考えられる。これらの性質はいずれも熱源から離れていることを示している。

まとめと今後の課題

関東山地の落合付近のホルンフェルスの変成鉱物を化学分析し、その性質を比較することによりザクロ石帯、堇青石帯、黒雲母帯の三帯に区分した。各々の鉱物は次のように識別された。

- (1) アルカリ長石・斜長石の性質から見ると、ザクロ石帯 (K96)、堇青石帯 (K10) では、アルカリ長石と灰曹長石のみからなる、完全に変成が進んだ状態になっている。特に、ザクロ石帯では灰曹長石が卓越し、アルカリ長石には正長石が認められるようになる。
- (2) 白雲母についてはザクロ石帯 (K96)、堇青石帯 (K10) では Al_{tot} の値が 5.2~6.3 の範囲で、 $PhT = [Fe+Mg+Ti+(Si-6)]$ の値が 0.9~2.9 と比較的低い値をとる。しかし、K10 ではそれらが直線に載るのに、K96 では 2 列に分かれて分布し、PhT 値が大きいグループでは黒雲母線に載ってくる。このことから K96 ではダイクの貫入によって、温度圧力条件が急激に変化したものと考えられる。これに対して黒雲母帯 (K18, K25) では、 Al_{tot} の値が 2.3~6.3 つまり Al-poor で、PhT の値が ~5.4 と高くなっているのが特徴で、フェンジャイトーリュウコフィライト固溶体から Tri-octahedral 構造に近づき、特に後期にはそればかりになるのが特徴である。フェンジャイトーリュウコフィライト質白雲母の生成反応には、源岩の緑泥石が係わったものと考えられる。
- (3) 黒雲母については温度変化に伴う累進的結晶化作用を検討した（図 8）。その結果、最初期に結晶化が行われたのは堇青石帯 (K10) で、次に黒雲母帯 (K18, K25) である。最後に再加熱帯の K8 と K96 となる。K96 は白雲母でも観察されたように、ダイクが貫入したことにより再加熱されザクロ石帯となったものと考えられる。ダイクがこの場所に貫入したのは、ここを通る鶴川断層が引き続き活動したためと考えられる。そのことは形成されたホルンフェルス帯が断層運動で変位していることから明らかである。

なお、K10 の黒雲母と堇青石の生成反応には、黒雲母帯のフェンジャイトーリュウコフィライト質白雲母と緑泥石が関与したものと考えられる。この考えは、Yuasa (1976) の式 (3) に示されているが、新しいデータにもとづきここに再確認した。



(4) 堇青石の生成反応についても、上記の関係が成立すると考えている。

さて、図 11 に示したのは、Na+K と X_{Mg} との関係である。1~2 の飛び離れて高いところにプロットされたものは例外と考えると、K10 の大部分の堇青石は、いわゆる anatectic つまり変成起源のものとなり、マグマ性の範疇には入らなかった。

また、 X_{Mg} の値からみると、堇青石は 0.1, 0.4, 0.55 の三つのグループに分かれる。0.55 のグループには飯能層のホルンフェルス礫中にみつかった堇青石のものを比較のために例示した、このグループのものが最も低温側にプロットされることが特徴である。落合付近のものは、0.4 辺りの値を示して明らかに高温側に位置する。堇青石、黒雲母などの組み合わせから、堇青石黒雲母第 1 帯 (K14) と第 2 帯 (K10) を区別した。

(5) 本地域のザクロ石は almandine 79.6~81.6 であったので、ザクロ石—黒雲母地質温度計を使って変成温度を推定した。ザクロ石と黒雲母の生成初期/後期の組み合わせを行い、K D(変成温度に対応する計数値)を計算した。その結果、初期のザクロ石の変成温度は約 600°C、後期の変成温度は約 700°C であった。この温度の解釈として、K10 で代表される落合付近全体が達した平衡温度は 600°C であったが、そこにダイクが貫入して K96 付近の局地的な場所を約 700°C にまで加熱したものと考えた。この解釈は、K96 の白雲母や黒雲母の諸性質とも整合的であった。

(6) 今後の問題として、落合付近のものは飯能層の堇青石とは一致しないので、その本当の供給地を求めて、さらに範囲を広げて検討することにする。

また、黒雲母帯で白雲母が卓越し、かつその性質が (Mg, Fe) を含むフェンジャイト—リュウコフィライト質であることは、その後の黒雲母、堇青石を形成する上に重要であることが確かめられた。この点を地質的・鉱物的にもう少し掘り下げたいと思っている。

謝 辞

本研究を行うに際して多くの方々のご援助を得た。

まず、飯能層研究グループ、特に岡野裕一、力田正一、松本昭二、阿比留稔の諸氏には当初に種々教えていただいたことに対して心からお礼を申し上げる。

EPMA 分析に関しては、東京大学海洋研究所の石井輝秋氏に大変お世話になった。この分析が海洋研の共同利用プログラム No. 40 (1997) によったことを明記し、感謝の意を表す。

関東山地のホルンフェルス情報に関しては、日本大学文理学部地球システム科学科の小坂和夫

氏に教えていただき、大変役に立った。早稲田大学教育学部地学教室の松田達生氏には広瀬花崗閃緑岩に伴う斑状変晶の分布に関する未公表資料を見せていただいた。厚くお礼を申し上げる。甲府花崗岩類の化学組成に関しては山梨大学教育学部地学教室の角田謙朗氏の好意で多くの文献を見せていただき、大変役に立った。心からお礼を申し上げる。京都大学理学部地質学鉱物学教室の田上高広氏には甲府岩体の FT 年代の論文を送って頂いた。董青石に関して岡山大学名誉教授の濡木輝一氏にいろいろご教授頂いた、記して感謝の意を表す。

本論文は角田謙朗、湯浅真人（工業技術院地質調査所海洋地質部海洋地質研究室）の両氏に読んでいただき、多くの示唆に富む指摘を頂戴した。記して感謝の意を表す。

引用文献

- 馬場荘太郎 (1998) 柳井南部地域の領家変成帯からの含十字石泥質捕獲岩の発見とその変成史. 地質学雑誌, 104, 107-121.
- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J. (1982) *An Introduction to The Rock-forming Minerals*. Longman, Harlow, England, 528 p.
- Garcia-Casco, A., Sanchez-Navas, A. and Torres-Roldan, R. L. (1993) Disequilibrium decomposition and breakdown of muscovite in high P-T gneisses, Betic alpine belt (southern Spain). *American Mineralogist*, 78, 158-177.
- Guidotti, C. V. (1984) Micas in metamorphic rocks. in *Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy*, 13, 357-468.
- Ito H., R.B. Sorkhabi, T. Tagami and S.Nishimura (1989) Tectonic history of granitic bodies in the South Fossa Magna region, Central Japan: New evidence from fission-track analysis of zircon. *Tectonophysics*, 166, 331-344.
- 加賀美英雄 (1996) 加治丘陵西部の飯能層と関東山地の接峰面について. 城西大学研究年報 (自然科学編), 20, 59-78.
- 加賀美英雄・谷口英嗣 (1997) 加治丘陵の飯能礫層中のホルンフェルスの化学組成. 城西大学研究年報 (自然科学編), 21, 11-33.
- 加賀美英雄・谷口英嗣 (1997) 関東盆地の飯能層中のホルンフェルス礫と甲府深成岩体に接するホルンフェルスとの岩石学的検討. 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨, 394.
- 加藤祐三 (1968) 山梨県甲府盆地周縁の第三紀花崗岩類について. 岩石鉱物鉱床学会誌, 59, 1, 21-39.
- Lalonde, A. E. and Bernard, P. (1993) Composition and color of biotite from granites: Two useful properties in the characterization of plutonic suites from the Hepburn internal zone of Wopmay Orogen, Northwest Territories. *Canadian Mineralogist*, 31, 203-217.
- 松田達生 (1992) 鶴川断層の熱変成分帯による構造解析. 早稲田大学教育学部理学科地学専修特別研究 (手記), 31p.
- 松田達生・田中秀実・坂 幸恭 (1992) 熱変成分帯による鶴川断層の構造解析. 日本地質学会学術講演会予稿集, 347.
- Mposkos, E. and Liati, A. (1993) Metamorphic evolution of metapelites in the High-pressure terrane of the Rhodope zone, Northern Greece. *Canadian Mineralogist*, 31, 401-424.
- Pereira, M. D. and Bea, F. (1994) Cordierite-producing reactions in the Pena Negra Complex, Avila Batholith, Central Spain: The key role of cordierite in low-pressure anatexis. *Canadian Mineralogist*, 32, 763-780.
- 柴田 賢・加藤祐三・三村弘二 (1984) 甲府北部の花崗岩類とその関連岩の K-Ar 年代. 地調月報, 35, 19-24.
- Shimizu, M. (1986) *The Tokuwa Batholith, Central Japan*. University Museum Bull., Tokyo

University, 28, 146 pp.

Spear, F. S. (1993) Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. Mineralogical Society of America Monograph, Washington, D. C., 799 pp.

Speer, J. A. and Becker, S. W. (1992) Evolution of magmatic and subsolidus AFM mineral assemblages in granitoid rocks : Biotite, muscovite, and garnet in the Cuffytown Creek pluton, South Carolina. *American Mineralogist*, 77, 821-833.

谷口英嗣・小川勇二郎 (1990) 三浦半島に分布するアルカリ玄武岩質岩類とそのテクトニクス上の意義. *地質学雑誌*, 96, 101-116.

角田謙朗 (1988) 甲府北部深成岩類について (その6) —東沢溪谷周辺の地質. 山梨大学教育学部研究報告, 39, 82-88.

角田謙朗 (1989) 甲府北部深成岩類について (その7) —笛吹川上流域の小烏山花崗閃緑岩. 山梨大学教育学部研究報告, 40, 71-76.

角田謙朗・清水正明・石田高 (1982) 甲府東部裂石周辺地域の花崗岩類と鉍化作用. 山梨大学教育学部研究報告, 33, 109-115.

角田謙朗・清水正明 (1984) 甲府北部深成岩類について (その4) —御岳昇仙峡花崗岩中のざくろ石の化学組成. 山梨大学教育学部研究報告, 35, 102-110.

角田謙朗・西戸裕嗣・清水正明 (1992) 甲府盆地周縁の花崗岩類に伴う鉍床の K-Ar 年代. *資源地質*, 42 (3), 147-153.

山梨県地質図編集委員会 (1970) 山梨県地質図, 2 葉, 1 : 100,000.

Yuasa, M. (1976) Contact metamorphic aureole around the Kaikoma-Hoo granodiorite pulton in the northern part of Akaishi Mountains, Central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, 71, 157-176.

(4 月 30 日受付, 5 月 28 日受理)

付表1 董青石

Sam. No. Loc. No. K10	5	99	115	119	149	164	166	175	243	244	254	255
SiO ₂	47.86	46.89	48.18	47.73	47.78	47.94	51.26	47.24	47.92	47.64	47.67	47.67
TiO ₂	0	0	0	0	0	0	0.04	0.03	0.02	0.01	0	0.03
Al ₂ O ₃	32.53	31.00	32.33	32.29	32.25	32.20	29.30	31.75	31.81	32.35	31.85	32.04
FeO	10.22	10.42	10.15	10.34	10.60	10.01	9.49	10.48	10.31	8.63	9.44	10.15
MnO	0.97	0.85	0.92	0.95	0.84	0.98	0.97	0.97	0.94	0.77	1.05	1.00
MgO	6.29	5.23	6.00	6.26	6.28	6.45	5.58	6.03	6.36	5.16	6.48	6.28
CaO	0.01	0.31	0.02	0	0	0.03	0.03	0.03	0.02	0.07	0.03	0.01
Na ₂ O	0.16	0.22	0.22	0.18	0.17	0.19	0.21	0.18	0.19	0.15	0.23	0.23
K ₂ O	0.01	0.07	0.45	0.02	0	0.02	0.02	0.01	0.01	2.08	0	0.02
Cr ₂ O ₃	0	0.01	0	0.04	0.02	0.03	0	0.02	0.01	0	0	0.01
V ₂ O ₃	0	0.01	0	0.04	0.03	0.01	0.03	0	0.01	0.01	0	0
NiO	0	0	0.01	0	0	0	0.05	0.01	0.01	0	0	0.04
P ₂ O ₅	0.04	0.02	0.02	0.01	0	0	0.03	0	0	0.04	0.01	0
Total	98.08	95.02	98.30	97.85	97.96	97.86	96.99	96.74	97.60	96.91	96.75	97.47
O No.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Si	5.00	5.07	5.03	5.01	5.01	5.02	5.37	5.02	05.04	5.05	5.04	5.02
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	4.01	3.95	3.98	3.99	3.98	3.97	3.62	3.97	3.94	4.04	3.97	3.97
Fe	0.89	0.94	0.89	0.91	0.93	0.88	0.83	0.93	0.91	0.76	0.83	0.89
Mn	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.09
Mg	0.98	0.84	0.93	0.98	0.98	1.01	0.87	0.95	1	0.82	1.02	0.98
Ca	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0
Na	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05
K	0	0.01	0.06	0	0	0	0	0	0	0.28	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11.01	10.98	11.03	11.01	11.02	11.01	10.83	11.01	11.01	11.07	11.00	11.02
X _{Mg}	0.52	0.47	0.51	0.52	0.51	0.53	0.51	0.51	0.52	0.52	0.55	0.52
Ch Cation	0.03	0.06	0.10	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.31	0.05	0.05

の 化 学 組 成

Sam. No. Loc. No. K14	187	SR	3	10	24	25	32	35	37	141	149
SiO ₂	49.64		47.02	48.46	47.26	50.27	49.17	49.57	48.28	48.75	48.43
TiO ₂	0.04		0.50	0.06	1.49	0	0.17	0	0.05	0.04	0.03
Al ₂ O ₃	16.10		32.45	32.25	30.56	30.24	30.76	31.71	32.38	31.11	32.1
FeO	22.19		8.48	8.82	9.56	8.27	9.17	8.84	8.62	8.39	8.89
MnO	0.35		0.95	0.93	1.04	0.96	0.88	1.07	1.01	0.97	0.88
MgO	7.64		7.27	7.29	6.75	6.92	7.07	7.30	7.26	7.17	7.26
CaO	0.08		0.07	0.05	0.03	0.02	0	0.04	0.05	0.05	0.02
Na ₂ O	0		0.28	0.21	0.18	0.15	0.16	0.19	0.22	0.13	0.17
K ₂ O	0.85		0.01	0.02	0.01	0.01	0.27	0.50	0.01	0.36	0.05
Cr ₂ O ₃	0		0.08	0	0	0	0	0.05	0.03	0	0
V ₂ O ₃	0.03		0.01	0.06	0.03	0.01	0	0	0.02	0.04	0
NiO	0.04		0	0.03	0.09	0	0	0	0.02	0	0
P ₂ O ₅	0.01		0	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0	0
Total	96.95		97.13	98.19	97.01	96.85	97.64	99.28	97.94	97.00	97.82
O No.	18		18	18	18	18	18	18	18	18	18
Si	5.63		4.94	5.03	5.00	5.25	5.14	5.10	5.02	5.12	5.04
Ti	0		0.04	0	0.12	0	0.01	0	0	0	0
Al	2.15		4.02	3.94	3.81	3.72	3.79	3.84	3.97	3.85	3.94
Fe	2.10		0.74	0.77	0.85	0.72	0.80	0.76	0.75	0.74	0.77
Mn	0.03		0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08
Mg	1.29		1.14	1.13	1.06	1.08	1.10	1.12	1.12	1.12	1.13
Ca	0.01		0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0.01	0
Na	0		0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
K	0.12		0	0	0	0	0.04	0.07	0	0.05	0.01
Cr	0		0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0		0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
P	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11.35		11.04	11.01	10.99	10.9	10.99	11.03	11.01	10.99	11.00
X _{Mg}	0.38		0.60	0.60	0.56	0.60	0.58	0.60	0.60	0.58	0.57
Ch Cation	0.12		0.06	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.04	0.08	0.04

付表 2 黒 雲 母 の

Sam. No. Loc. No. K8	1	2	3	4	6	7	8	9	10	12	13
SiO ₂	35.95	35.40	35.67	36.34	35.59	36.05	36.14	35.53	35.08	34.95	35.81
TiO ₂	4.5	4.71	3.59	3.62	3.86	3.60	4.03	3.89	3.90	3.33	3.55
Al ₂ O ₃	17.01	17.02	18.16	17.2	17.33	18.96	16.88	17.77	17.39	18.01	17.9
FeO	22.38	22.74	21.59	22.09	22.48	20.75	21.94	22.01	22.19	21.39	22.02
MnO	0.20	0.27	0.21	0.23	0.25	0.23	0.26	0.26	0.41	0.46	0.30
MgO	6.75	6.66	6.79	7.17	6.75	6.35	7.13	6.69	6.91	6.93	6.89
CaO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	0.17	0.17	0.20	0.19	0.19	0.14	0.16	0.12	0.16	0.20	0.20
K ₂ O	9.28	9.31	9.50	8.97	9.33	8.65	9.40	9.42	8.66	9.22	9.30
Cr ₂ O ₃	0.02	0	0.03	0.09	0	0	0	0.02	0.02	0.01	0.05
V ₂ O ₅	0.08	0.07	0.13	0.14	0.13	0.13	0.08	0.17	0.09	0.08	0.08
NiO	0	0.03	0.08	0	0	0.10	0	0	0.03	0.06	0
P ₂ O ₅	0.05	0.01	0.01	0	0.04	0	0.04	0.04	0	0.02	0.02
Total	96.38	96.39	95.97	96.04	95.94	94.97	96.05	95.91	94.83	94.65	96.12
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Si	5.99	5.93	5.96	6.05	5.97	6.01	6.04	5.95	5.94	5.92	5.98
Ti	0.56	0.59	0.45	0.45	0.49	0.45	0.351	0.49	0.50	0.42	0.45
Al	3.34	3.36	3.57	3.38	3.34	3.73	3.32	3.51	3.47	3.60	3.52
Fe	3.12	3.18	3.01	3.08	3.15	2.89	3.06	3.08	3.14	3.03	3.07
Mn	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.07	0.04
Mg	1.68	1.66	1.69	1.78	1.69	1.58	1.77	1.67	1.74	1.75	1.71
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.07
K	1.97	1.99	2.02	1.91	2.00	1.84	2.00	2.01	1.87	1.99	1.98
Cr	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0.01
V	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Ni	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0
P	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0
Total	16.77	16.82	16.84	16.77	16.84	16.61	16.81	16.81	16.79	16.87	16.83
Pheng. Tr	5.35	5.36	5.11	5.36	5.30	4.93	5.38	5.19	5.32	5.13	5.20
X _{Fe}	0.65	0.66	0.64	0.63	0.65	0.65	0.63	0.65	0.64	0.63	0.64
Solid Ind.	17.49	17.12	17.84	18.66	17.42	17.68	18.46	17.5	18.21	18.36	17.94
⁴ Al	2.01	2.07	2.04	1.95	2.03	1.99	1.96	2.05	2.06	2.08	2.02
⁶ Al	1.33	1.28	1.53	1.43	1.40	1.74	1.36	1.45	1.41	1.52	1.49
Y _{tot}	6.72	6.76	6.71	6.78	6.76	6.69	6.74	6.73	6.84	6.79	6.76

化 学 組 成

38	39	40	41	42	43	44	45	52	K96	19	20
35.31	33.08	35.34	34.61	35.77	36.14	35.24	35.65	34.79			35.46
3.56	2.18	3.75	3.30	3.72	3.90	3.84	3.88	6.85		2.68	3.25
17.38	18.8	17.21	17.65	16.99	17.29	17.31	17.22	17.1		19.28	18.65
22.12	25.55	22.42	23.24	23.27	22.73	22.57	22.39	21.91		21.82	22.94
0.48	0.39	0.34	0.30	0.30	0.33	0.31	0.36	0.31		0.14	0.06
6.47	7.39	6.63	6.56	6.65	6.66	6.66	6.66	7.07		6.19	5.76
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
0.09	0.07	0.14	0.08	0.11	0.13	0.11	0.10	0.21		0.10	0.15
9.27	6.57	9.56	8.91	9.51	9.32	9.27	9.19	9.01		8.58	8.72
0.03	0	0	0.02	0	0.06	0.01	0	0.01		0.01	0
0.01	0.07	0.06	0.08	0.11	0.11	0.06	0.05	0.12		0.09	0.09
0	0.01	0.02	0.15	0.03	0.02	0.02	0	0.01		0.02	0.05
0	0	0.03	0	0.01	0.01	0	0	0.02		0.03	0.01
94.72	94.12	95.51	94.88	96.48	96.67	95.39	95.49	97.4		94.37	94.33
24	24	24	24	24	24	24	24	24		24	24
6.00	5.68	5.97	5.90	6.00	6.02	5.96	6.00	5.74		5.98	5.90
0.45	0.28	0.48	0.42	0.47	0.49	0.49	0.49	0.85		0.34	0.42
3.48	3.81	3.43	3.54	3.36	3.39	3.45	3.42	3.33		3.83	3.75
3.14	3.67	3.17	3.31	3.26	3.16	3.19	3.15	3.02		3.08	3.27
0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04		0.02	0.01
1.64	1.89	1.67	1.66	1.66	1.65	1.68	1.67	1.74		1.55	1.46
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0.03	0.05
0.03	0.02	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.07		0.09	0.09
2.01	1.44	2.06	1.94	2.03	1.98	2.00	1.97	1.90		1.84	1.89
0	0	0	0	0	0.01	0	0	0		0	0
0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02		0.01	0.01
0	0	0	0.02	0	0	0	0	0		0	0.01
0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
16.82	16.86	16.88	16.88	16.88	16.80	16.84	16.80	16.71		16.69	16.77
5.23	5.52	5.28	5.30	5.39	5.32	5.31	5.32	5.36		4.95	5.05
0.66	0.66	0.65	0.67	0.66	0.66	0.66	0.65	0.63		0.66	0.69
17.05	18.67	17.11	16.9	16.82	17.14	17.24	17.37	18.51		16.87	15.33
2.00	2.32	2.03	2.10	2.00	1.98	2.04	2.00	0.26		2.02	2.10
1.48	1.49	1.40	1.44	1.35	1.41	1.40	1.42	1.07		1.81	1.65
6.78	7.39	6.76	6.89	6.79	6.75	6.80	6.79	6.73		6.52	6.47

付表2 黒雲母の

Sam. No. Loc. No. K96	21	22	32	33	57	130	181	188	K10	24
SiO ₂	35.25	35.51	34.22	35.37	33.24	35.62	34.09	35.11		35.36
TiO ₂	1.58	1.38	2.61	3.43	3.14	2.92	3.66	2.00		3.71
Al ₂ O ₃	20.05	19.89	19.26	18.58	19.38	20.02	18.23	19.87		18.53
FeO	21.17	21.03	22.51	22.45	24.66	22.78	22.72	21.78		20.85
MnO	0.10	0.21	0.20	0.18	0.26	0.36	0.32	0.14		0.21
MgO	6.93	7.02	5.98	6.08	5.97	5.31	5.90	6.53		7.27
CaO	0	0	0	0.03	0.01	0	0	0		0
Na ₂ O	0.18	0.19	0.15	0.15	0.10	0.12	0.03	0.12		0.15
K ₂ O	9.07	8.85	9.06	8.77	7.18	9.10	9.43	9.39		9.33
Cr ₂ O ₃	0.02	0.04	0.01	0.03	0	0.05	0.02	0		0.05
V ₂ O ₃	0.05	0.02	0.12	0.12	0.05	0.11	0.05	0.04		0.08
NiO	0.04	0.04	0	0.03	0.01	0	0	0.08		0.06
P ₂ O ₅	0	0.01	0.01	0.05	0	0	0.01	0		0
Total	94.42	94.27	94.13	95.25	94.00	96.39	94.44	95.06		95.61
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24		24
Si	5.94	5.98	5.85	5.95	5.70	5.92	5.84	5.91		5.90
Ti	0.20	0.17	0.33	0.43	0.41	0.36	0.47	0.25		0.47
Al	3.98	3.96	3.88	3.68	3.92	3.92	3.68	3.94		3.64
Fe	2.98	2.96	3.22	3.16	3.54	3.17	3.25	3.06		2.91
Mn	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.02		0.03
Mg	1.74	1.76	1.52	1.52	1.53	1.32	1.50	1.64		1.81
Ca	0.06	0.06	0.05	0.05	0	0	0	0		0
Na	0.10	0.09	0.10	0.09	0.03	0.04	0.01	0.04		0.05
K	1.95	1.90	1.98	1.88	1.57	1.93	2.06	2.02		1.99
Cr	0	0	0	0	0	0.01	0	0		0.01
V	0.01	0	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01
Ni	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0.01		0.01
P	0	0	0	0.01	0	0	0	0		0
Total	16.87	16.84	16.88	16.73	16.73	16.73	16.88	16.89		16.82
Pheng. Tr	4.86	4.87	4.93	5.06	5.17	4.77	5.07	4.86		5.08
X _{Fe}	0.63	0.63	0.68	0.67	0.70	0.71	0.68	0.65		0.62
Solid Ind.	18.56	18.92	15.87	16.25	15.76	14.24	15.49	17.27		19.34
⁴ Al	2.06	2.02	2.15	2.05	2.30	2.08	2.16	2.09		2.10
⁶ Al	1.92	1.94	1.73	1.63	1.62	1.84	1.52	1.85		1.55
Y _{tot}	6.69	6.73	6.56	6.42	7.12	6.74	6.80	6.82		6.76

化 学 組 成 (つづき)

25	54	57	71	85	86	103	125	140	141	145	147	169
35.30	35.33	35.57	36.84	35.14	35.18	34.84	35.28	35.51	36.22	35.01	35.26	35.89
3.46	3.47	3.87	2.73	4.02	3.84	3.25	4.04	3.87	3.11	3.96	3.53	2.68
18.30	18.85	18.60	19.45	18.58	18.53	19.03	18.52	18.47	20.12	19.1	18.72	19.41
20.83	19.52	19.70	19.07	20.28	20.80	20.63	20.29	20.25	19.3	20.22	20.40	20.18
0.33	0.28	0.32	0.41	0.39	0.37	0.29	0.35	0.27	0.23	0.34	0.34	0.34
7.33	7.39	6.98	6.95	7.01	7.05	7.09	7.17	7.20	6.91	7.14	7.38	7.09
0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0
0.13	0.10	0.15	0.17	0.11	0.10	0.08	0.15	0.10	0.20	0.13	0.14	0.13
8.64	9.27	8.92	9.00	9.46	9.26	8.96	9.38	9.45	9.07	8.82	9.15	8.13
0	0.07	0.05	0.06	0.01	0.05	0.14	0	0.01	0.01	0	0.01	0.02
0.12	0	0.08	0.06	0.06	0.03	0.13	0.10	0.07	0.10	0.16	0.13	0.11
0	0.02	0.01	0.06	0.05	0.03	0	0	0.05	0	0	0.02	0
0.01	0.02	0	0.02	0.03	0.03	0	0	0.01	0	0.05	0	0
94.44	94.32	94.24	94.82	95.14	95.27	94.44	95.28	95.25	95.36	94.93	95.08	93.89
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5.94	5.93	5.97	6.10	5.89	5.89	5.87	5.90	5.93	5.97	5.85	5.90	6.01
0.44	0.44	0.49	0.34	0.51	0.48	0.41	0.51	0.49	0.39	0.50	0.44	0.34
3.63	3.73	3.68	3.80	3.67	3.66	3.78	3.65	3.64	3.91	3.76	3.69	3.83
2.93	2.74	2.76	2.64	2.84	2.91	2.91	2.84	2.83	2.66	2.82	2.85	2.83
0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
1.84	1.85	1.74	1.71	1.75	1.76	1.78	1.79	1.79	1.70	1.78	1.84	1.77
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0
0.04	0.03	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.07	0.04	0.04	0.04
1.86	1.98	1.91	1.90	2.02	1.98	1.93	2.00	2.01	1.91	1.88	1.95	1.74
0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0
0.02	0	0.01	0.01	0.01	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0
16.74	16.76	16.67	16.63	16.79	16.79	16.78	16.79	16.78	16.66	16.71	16.8	16.62
5.15	4.96	4.97	4.79	4.98	5.05	4.97	5.03	5.04	4.72	4.95	5.04	4.94
0.61	0.60	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
19.86	20.38	19.51	19.75	19.02	18.94	19.28	19.39	19.45	19.48	19.67	19.9	19.97
2.06	2.07	2.03	1.90	2.11	2.11	2.13	2.10	2.07	2.03	2.15	2.10	1.99
1.57	1.66	1.65	1.90	1.56	1.55	1.65	1.55	1.57	1.88	1.61	1.59	1.88
6.83	6.73	6.69	6.65	6.71	6.76	6.79	6.72	6.71	6.66	6.76	6.78	6.82

付表2 黒雲母の

Sam. No. Loc. No. K10	204	248	275	280	290	293	296	K14	45
SiO ₂	35.70	35.31	35.65	35.76	35.61	34.98	36.12		34.67
TiO ₂	3.10	3.45	3.91	3.96	3.43	3.96	3.49		3.01
Al ₂ O ₃	19.14	19.04	18.43	18.79	19.23	18.51	19.26		18.44
FeO	19.84	20.63	20.84	19.97	19.93	20.22	19.93		21.83
MnO	0.34	0.23	0.33	0.30	0.27	0.29	0.37		0.28
MgO	7.42	7.29	7.04	7.10	7.44	7.34	7.31		6.40
CaO	0	0	0	0	0	0	0		0.12
Na ₂ O	0.12	0.15	0.12	0.07	0.11	0.08	0.09		0.14
K ₂ O	9.32	9.62	8.96	9.49	9.45	8.83	9.16		8.89
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0.08	0.06	0.04	0.07		0.04
V ₂ O ₅	0.07	0.06	0.11	0.06	0.17	0.10	0.17		0.08
NiO	0.03	0.02	0.05	0.03	0.11	0.09	0		0
P ₂ O ₅	0	0	0	0.03	0.07	0.01	0		0.12
Total	96.06	95.8	95.45	95.63	95.87	94.46	95.95		94.03
O No.	24	24	24	24	24	24	24		24
Si	5.95	5.88	5.94	5.94	5.90	5.88	5.95		5.91
Ti	0.39	0.43	0.49	0.49	0.43	0.50	0.43		0.39
Al	3.76	3.74	3.62	3.68	3.75	3.67	3.74		3.70
Fe	2.76	2.87	2.90	2.77	2.76	2.84	2.75		3.11
Mn	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05		0.04
Mg	1.84	1.81	1.75	1.75	1.83	1.84	1.79		1.62
Ca	0	0	0	0	0	0	0		0.02
Na	0.04	0.05	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03		0.05
K	1.98	2.04	1.90	2.01	1.99	1.89	1.92		1.93
Cr	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02		0.01
Ni	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0		0
P	0	0	0	0	0.01	0	0		0.02
Total	16.79	16.86	16.72	16.73	16.79	16.73	16.70		16.81
Pheng. Tr	4.95	4.99	5.09	4.96	4.91	5.07	4.93		5.03
X _{Fe}	0.60	0.61	0.62	0.61	0.60	0.61	0.60		0.66
Solid Ind.	20.21	19.33	19.06	19.38	20.13	20.12	20.03		17.17
⁴ Al	2.05	2.12	2.06	2.06	2.10	2.12	2.05		2.09
⁶ Al	1.71	1.62	1.56	1.61	1.65	1.55	1.69		1.61
Y _{tot}	6.75	6.76	6.75	6.67	6.70	6.78	6.72		6.46

化 学 組 成 (つづき)

59	13	23	24	K25	85	201	255	277
K18				K25				
35.01	39.72	35.22	34.80		34.00	39.15	39.38	36.67
1.72	0.06	4.01	4.06		2.29	2.09	0.86	1.74
19.43	24.5	18.94	18.92		18.48	16.91	23.62	18.84
20.91	14.83	20.55	20.7		22.19	21.07	16.49	21.57
0.31	0.15	0.27	0.35		0.19	0.20	0.16	0.08
7.51	5.81	6.13	5.96		8.18	7.24	6.69	8.22
0.02	0.01	0	0		0	0	0	0.05
0.21	0.14	0.07	0.09		0.06	0.05	0.07	0.70
8.83	9.49	9.60	9.42		8.68	8.65	9.38	8.83
0.01	0.04	0.03	0.02		0	0	0	0.06
0.03	0	0.08	0.10		0.09	0.04	0.02	0.13
0.03	0	0.01	0.02		0.06	0	0.01	0.01
0	0.03	0.02	0		0	0.01	0.02	0.02
94.02	94.77	94.91	94.42		94.21	95.41	96.69	96.91
24	24	24	24		24	24	24	24
5.92	6.34	5.92	5.89		5.80	6.46	6.23	6.02
0.22	0.01	0.51	0.52		0.29	0.26	0.10	0.21
3.88	4.61	3.75	3.77		3.71	3.29	4.40	3.64
2.96	1.98	2.89	2.93		3.16	2.90	2.18	2.96
0.05	0.02	0.04	0.05		0.03	0.03	0.02	0.01
1.89	1.38	1.53	1.50		2.08	1.78	1.57	2.01
0	0	0	0		0	0	0	0.01
0.07	0.04	0.02	0.03		0.02	0.02	0.02	0.22
1.91	1.93	2.06	2.03		1.89	1.82	1.89	0.85
0	0.01	0	0		0	0	0	0.01
0	0	0.01	0.01		0.01	0	0	0.02
0	0	0	0		0.01	0	0	0
0	0	0	0		0	0	0	0
16.90	16.32	16.73	16.73		17.00	16.55	16.42	16.97
5.00	3.71	4.85	4.83		5.33	5.40	4.08	5.20
0.61	0.59	0.65	0.66		0.60	0.62	0.58	0.60
20.05	19.20	16.87	16.48		20.92	19.55	20.50	20.91
2.08	1.66	2.08	2.11		2.20	1.54	1.77	1.98
1.80	2.95	1.67	1.66		1.51	1.74	2.63	1.66
6.74	6.34	6.63	6.65		7.07	6.71	6.51	6.86

附表 3 白 雲 母

Sam. No. Loc. No.	K8	16	17	18	51	20	21	22	K96	9	55
SiO ₂		46.05	46.6	46.4	46.59	43.93	45.32	45.48		49.02	46.23
TiO ₂		0.02	0.04	0.06	0.02	0.03	0.07	0.21		0.02	0.46
Al ₂ O ₃		34.4	35.18	35.018	35.25	30.08	31.12	30.75		34.76	33.5
FeO		1.83	1.01	1.07	1.28	7.41	5.34	5.24		1.32	2.78
MnO		0	0.07	0.04	0.05	0.12	0	0.03		0.03	0
MgO		1.05	0.61	0.61	0.78	3.27	2.80	2.47		0.78	1.04
CaO		0	0	0	0	0	0	0.02		0	0
Na ₂ O		0.52	0.47	0.54	0.50	0.15	0.25	0.13		0.40	0.28
K ₂ O		10.39	10.65	10.39	10.89	10.91	10.37	10.41		9.77	9.99
Cr ₂ O ₃		0.02	0.01	0	0	0	0	0		0.02	0.06
V ₂ O ₃		0.02	0	0	0	0	0	0.02		0	0.01
NiO		0	0	0.06	0	0	0.06	0		0	0.04
P ₂ O ₅		0	0.01	0	0.04	0	0.02	0		0	0
Total		94.28	94.65	94.35	95.38	95.9	95.34	94.77		96.12	94.39
O No.		24	24	24	24	24	24	24		24	24
Si		6.77	6.80	6.79	6.77	6.62	6.74	6.80		6.98	6.81
Ti		0	0	0.01	0	0	0.01	0.02		0	0.05
Al		5.96	6.05	6.06	6.03	5.34	5.46	5.42		5.84	5.81
Fe		0.22	0.12	0.13	0.15	0.93	0.66	0.66		0.16	0.34
Mn		0	0.01	0	0.01	0.02	0	0		0	0
Mg		0.23	0.13	0.13	0.17	0.73	0.62	0.55		0.17	0.23
Ca		0	0	0	0	0	0	0		0	0
Na		0.15	0.13	0.15	0.14	0.04	0.07	0.04		0.11	0.08
K		1.95	1.98	1.94	2.02	2.10	1.97	1.98		1.78	1.88
Cr		0	0	0	0	0	0	0		0	0.01
V		0	0	0	0	0	0	0		0	0
Ni		0	0	0.01	0	0	0.01	0		0	0
P		0	0	0	0	0	0	0		0	0
Total		15.29	15.23	15.22	15.29	15.78	15.54	15.48		15.04	15.21
Pheng. Tr		1.23	1.06	1.06	1.09	2.29	2.03	2.03		1.31	1.43
X _{Fe}		0.50	0.48	0.50	0.48	0.56	0.52	0.54		0.49	0.60
Solid Ind.		7.59	4.77	4.86	5.79	15.05	14.90	13.55			
⁴ Al		1.23	1.20	1.21	1.23	1.38	1.26	1.20		1.02	1.19
⁶ Al		4.73	4.84	4.85	4.80	3.96	4.20	4.22		4.82	4.62
Y _{tot}		5.19	5.11	5.12	5.13	5.64	5.49	5.45		5.15	5.24

の 化 学 組 成

90	91	165	K10	16	44	69	88	97	114	156	219	242
45.94	48.06	45.93		49.47	46.03	46.02	46.92	46.82	47.92	47.14	47.20	47.31
0.06	0.03	0.07		0	0.06	0	0.31	0	0.03	0	0.05	0.09
36.46	34.55	34.13		36.26	36.02	30.50	35.21	31.38	30.42	31.47	32.13	33.59
1.11	1.32	2.75		0.32	1.30	7.68	1.01	5.96	7.55	8.57	5.54	2.22
0.02	0	0.02		0.02	0	0.74	0	0.23	0.56	0.85	0.14	0.11
0.39	0.70	1.46		0.04	0.66	4.66	0.64	3.20	3.98	4.98	2.45	1.33
0	0	0		0	0	0.06	0	0.09	0.22	0.07	0.04	0
0.47	0.43	0.37		0.46	0.54	0.20	0.82	0.15	0.14	0.19	0.54	0.44
10.28	10.08	10.16		8.65	9.66	3.59	9.86	7.36	4.08	2.19	8.85	10.09
0.01	0	0.01		0	0.02	0	0	0	0.01	0	0	0.05
0.01	0.02	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0		0	0	0	0.02	0.07	0	0.05	0.04	0.06
0.01	0	0.01		0.04	0	0.69	0	0	0	0	0.02	0.04
94.76	95.16	94.94		95.25	94.28	94.14	94.79	95.26	94.9	95.51	96.99	95.31
24	24	24		24	24	24	24	24	24	24	24	24
6.68	6.94	6.73		7.01	6.71	6.74	6.81	6.85	6.96	6.78	6.83	6.88
0.01	0	0.01		0	0.01	0	0.03	0	0	0	0.01	0.01
6.25	5.88	5.90		6.05	6.19	5.26	6.02	5.41	5.20	5.33	5.48	5.75
0.13	0.16	0.34		0.04	0.16	0.94	0.12	0.73	0.92	1.03	0.67	0.27
0	0	0		0	0	0.09	0	0.03	0.07	0.10	0.02	0.01
0.08	0.15	0.32		0.01	0.14	1.02	0.14	0.70	0.86	1.07	0.53	0.29
0	0	0		0	0	0.01	0	0.01	0.03	0.01	0.01	0
0.13	0.12	0.11		0.13	0.15	0.06	0.23	0.04	0.04	0.05	0.15	0.12
1.91	1.86	1.90		1.56	1.80	0.67	1.82	1.37	0.75	0.40	1.63	1.87
0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0		0	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01
0	0	0		0	0	0.09	0	0	0	0	0	0
15.20	15.11	15.31		14.80	15.16	14.87	15.18	15.15	14.84	14.78	15.32	15.22
0.91	1.25	1.40		1.06	1.02	2.69	1.10	2.28	2.74	2.88	2.03	1.44
0.62	0.51	0.51		0.81	0.53	0.48	0.47	0.51	0.52	0.49	0.56	0.48
				0.43	5.42	28.91	5.22	19.21	25.30	31.25	14.11	9.44
1.32	1.06	1.27		0.99	1.29	1.26	1.19	1.15	1.04	1.22	1.17	1.12
4.93	4.82	4.63		5.06	4.90	4.00	4.83	4.26	4.16	4.11	4.30	4.63
5.16	5.13	5.30		5.11	5.21	6.05	5.12	5.72	6.01	6.31	5.52	5.21

附表 3 白 雲 母

Sam. No.	335	16	21	30	31	46	108
Loc. No.	K10	K18				K25	
SiO ₂	46.85	46.21	47.17	46.22	46.66	46.84	49.36
TiO ₂	0.02	0.22	0.22	0.21	0.09	0.44	0.21
Al ₂ O ₃	34.56	35.66	36.03	36.05	36.34	35.89	28.65
FeO	1.97	1.15	0.98	0.83	0.84	1.33	3.98
MnO	0.06	0.02	0.02	0	0	0	0
MgO	1.66	0.74	0.70	0.46	0.47	0.70	2.42
CaO	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	0.52	0.43	0.41	0.45	0.44	0.36	0.21
K ₂ O	10.31	10.30	10.25	10.22	10.14	10.30	9.84
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0	0.01	0.02	0	0
V ₂ O ₃	0	0.01	0	0.04	0	0.01	0.01
NiO	0	0	0	0.01	0	0.03	0
P ₂ O ₅	0.02	0	0	0.01	0	0	0.02
Total	95.99	94.76	95.78	94.52	94.99	95.63	94.69
O No.	24	24	24	24	24	24	24
Si	6.77	6.73	6.77	6.73	6.75	6.74	7.26
Ti	0	0.02	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02
Al	5.88	6.12	6.10	6.18	6.19	6.09	4.97
Fe	0.24	0.14	0.12	0.10	0.10	0.16	0.49
Mn	0.01	0	0	0	0	0	0
Mg	0.36	0.16	0.15	0.10	0.10	0.15	0.53
Ca	0	0	0	0	0	0	0
Na	0.14	0.12	0.11	0.13	0.12	0.10	0.06
K	1.90	1.91	1.88	1.90	1.87	1.84	1.85
Cr	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0
Total	15.30	15.20	15.15	15.17	15.14	15.14	15.18
Pheng. Tr	1.37	1.05	1.06	0.95	0.96	1.10	2.30
X _{Fe}	0.40	0.47	0.44	0.50	0.50	0.52	0.48
Solid Ind.	11.45	5.87	5.70	3.86	3.94	5.64	14.69
⁴ Al	1.23	1.27	1.23	1.27	1.25	1.26	0.74
⁶ Al	4.65	4.84	4.87	4.19	4.94	4.83	4.23
Y _{tot}	5.26	5.17	5.16	5.13	5.15	5.19	5.27

の 化 学 組 成 (つづき)

109	113	118	242	243	245	247	250	251	253	256	262	268	270
43.67	49.82	47.21	44.85	42.41	45.52	43.8	51.00	41.15	45.36	44.12	45.73	47.22	45.81
0.06	0.24	0.32	0.04	0.39	0.11	0.11	0.10	0.11	0.17	0.06	0.19	0.29	0.24
29.98	34.67	28.52	29.82	27.97	31.32	29.43	28.08	27.51	30.10	29.82	31.93	29.54	30.54
6.51	0.84	7.21	7.20	9.35	5.90	8.36	4.54	10.68	5.88	7.34	4.35	5.54	5.24
0.11	0.01	0.05	0.09	0.03	0.07	0.07	0.05	0.12	0.09	0.10	0.05	0.07	0.02
3.33	0.46	3.18	3.64	4.39	3.35	4.40	2.79	5.08	3.27	3.83	2.52	2.74	3.03
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0.43	0
0.17	0.41	0.13	0.19	0.12	0.21	0.12	0.17	0.11	0.53	0.12	0.24	1.75	0.19
10.28	9.56	8.91	9.78	9.91	10.21	10.62	9.55	9.75	9.74	10.09	10.55	7.90	10.46
0	0.02	0	0	0	0	0.03	0.03	0	0	0	0.03	0.01	0
0.04	0.08	0.03	0	0	0	0.02	0	0.02	0	0	0	0.01	0
0	0.03	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0	0.05	0.08
0	0.03	0.01	0	0.06	0	0.01	0	0	0.03	0	0.04	0.04	0
94.15	96.17	95.55	95.61	94.57	96.69	96.98	96.32	94.52	95.19	95.49	95.64	95.58	95.6
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6.65	7.06	7.00	6.71	6.54	6.69	6.56	7.37	6.41	6.77	6.64	6.75	6.94	6.80
0.01	0.03	0.04	0	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03
5.38	5.79	4.98	5.26	5.07	5.43	5.19	4.78	5.05	5.29	5.29	5.55	5.12	5.34
0.83	0.10	0.89	0.90	1.20	0.72	1.05	0.55	1.39	0.73	0.92	0.54	0.68	0.65
0.01	0	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0
0.76	0.10	0.70	0.81	1.01	0.73	0.98	0.60	1.18	0.73	0.86	0.55	0.60	0.67
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0
0.05	0.11	0.04	0.05	0.03	0.06	0.04	0.05	0.03	0.15	0.04	0.07	0.50	0.06
2.00	1.73	1.68	1.87	1.95	1.91	2.03	1.76	1.94	1.85	1.94	1.98	1.48	1.98
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0
15.68	14.93	15.34	15.62	15.86	15.57	15.86	15.13	16.03	15.56	15.7	15.47	15.45	15.53
2.24	1.28	2.63	2.43	2.79	2.16	2.60	2.53	3.00	2.25	2.43	1.86	2.26	2.14
0.52	0.580	0.56	0.53	0.54	0.50	0.52	0.48	0.54	0.50	0.52	0.49	0.53	0.49
16.43	4.10	16.35	17.51	18.49	17.05	18.74	16.37	19.84	16.82	17.91	14.3	15.27	16.03
1.35	0.94	1.00	1.29	1.46	1.31	1.44	0.63	1.59	1.23	1.36	1.25	1.06	1.20
4.02	4.85	3.98	3.97	3.61	4.12	3.75	4.15	3.46	4.06	3.92	4.29	4.06	4.13
5.63	5.07	5.61	5.70	5.87	5.60	5.79	5.32	6.06	5.55	5.72	5.41	5.38	5.48

付表 4 長石類

Sam. No. Loc. No.	23	24	25	26	27	34	35	36	37	14
K8										
SiO ₂	62.04	62.20	56.35	55.72	58.13	62.67	61.33	62.21	61.79	59.69
TiO ₂	0	0.06	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0.92
Al ₂ O ₃	24.19	24.49	28.11	28.77	27.01	24.42	24.95	24.43	24.71	18.28
FeO	0.09	0.05	0.03	0.08	0	0	0	0	0.01	3.95
MnO	0.01	0	0.06	0.03	0.05	0.02	0	0.07	0.04	0
MgO	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01	1.17
CaO	6.12	6.52	10.80	11.54	9.05	5.82	6.23	5.95	6.61	0
Na ₂ O	8.58	8.28	6.10	5.47	6.98	8.79	8.27	8.62	8.42	0.30
K ₂ O	0.24	0.37	0.18	0.16	0.14	0.17	0.21	0.18	0.23	14.14
Cr ₂ O ₃	0.03	0.03	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0
V ₂ O ₃	0	0	0.01	0	0.01	0	0.01	0.02	0.05	0
NiO	0	0.01	0.04	0.03	0	0	0.01	0.04	0.02	0
P ₂ O ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
Total	101.29	102.00	101.69	101.36	101.36	101.92	101.04	101.57	101.88	98.47
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.73	2.72	2.50	2.47	2.57	2.73	2.7	2.73	2.70	2.85
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
Al	1.25	1.26	1.47	1.51	1.41	1.25	1.29	1.26	1.27	1.03
Fe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08
Ca	0.29	0.30	0.51	0.55	0.43	0.27	0.29	0.28	0.31	0
Na	0.73	0.70	0.52	0.47	0.60	0.74	0.71	0.73	0.71	0.03
K	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.86
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	5.02	5.01	5.03	5.01	5.02	5.01	5.01	5.01	5.02	5.04
An	27.91	29.7	49.00	53.35	41.44	26.53	29.06	27.35	29.87	0
Ab	70.80	68.3	50.05	45.77	57.82	72.54	69.76	71.68	68.92	3.13
Or	1.28	2.00	0.95	0.89	0.74	0.93	1.19	0.97	1.21	96.87

の 化 学 組 成

28	29	30	31	K96	11	12	13	14	36	38	39	44
65.61	65.26	64.80	65.48			61.76	59.83	59.58	61.58	63.35	63.14	59.97
0	0.01	0.04	0		0	0.06	0	0	0.01	0	0	0
18.47	18.51	18.44	18.65		24.12	24.77	26.05	24.90	23.73	23.71	25.59	26.00
0.04	0.01	0	0.01		0.06	0.03	0	0.09	0.14	0.20	0.18	0.05
0.03	0.04	0	0		0	0.02	0	0	0.05	0	0	0.02
0	0	0	0.01		0	0	0	0.01	0	0	0	0
0.02	0.04	0	0.03		6.00	6.82	8.03	6.78	5.13	5.32	7.89	8.21
1.89	1.90	1.63	1.99		8.69	7.90	7.55	8.48	9.11	9.17	7.72	7.34
13.11	13.89	14.36	13.67		0.11	0.10	0.08	0.07	0.21	0.25	0.13	0.15
0	0	0	0.07		0	0	0.05	0.01	0	0.01	0.04	0.02
0	0	0	0		0.02	0	0	0	0	0.02	0	0
0.06	0	0.03	0.01		0	0	0.02	0.06	0	0.02	0	0
0.06	0.05	0.06	0.04		0	0	0	0	0	0	0.01	0
99.27	99.7	99.36	99.97		100.76	99.52	101.37	101.97	101.72	101.85	101.53	101.26
8	8	8	8		8	8	8	8	8	8	8	8
3.01	3.00	2.99	3.00		2.73	2.68	2.63	2.69	2.77	2.76	2.64	2.63
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1.00	1.00	1.00	1.01		1.25	1.31	1.35	1.28	1.22	1.22	1.33	1.35
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0.01	0.01	0
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0		0.28	0.33	0.38	0.32	0.24	0.25	0.37	0.39
0.17	0.17	0.15	0.18		0.74	0.69	0.65	0.72	0.77	0.78	0.66	0.63
0.77	0.81	0.85	0.80		0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
4.95	4.99	5.00	4.98		5.02	5.01	5.02	5.03	5.02	5.03	5.02	5.01
0.08	0.21	0	0.17		27.45	32.11	36.86	30.51	23.47	23.96	35.82	37.87
17.95	17.14	14.74	18.1		71.94	67.31	62.70	69.11	75.39	74.69	63.47	61.31
81.97	82.65	85.26	81.73		0.62	0.58	0.44	0.38	1.14	1.35	0.71	0.82

付表 4 長 石 類

Sam. No. Loc. No.	K96	16	23	24	25	29	30	42	43	50	52
SiO ₂		65.95	63.86	64.55	67.61	64.57	68.18	64.79	64.57	63.00	60.98
TiO ₂		0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0	0.01
Al ₂ O ₃		18.29	22.75	18.68	18.93	22.54	19.91	18.24	17.94	21.51	22.52
FeO		0.12	0.09	0.03	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.08	0.11
MnO		0.03	0.01	0.01	0	0.06	0.04	0	0	0.01	0.04
MgO		0.02	0	0.01	0	0.02	0.04	0	0	0	0
CaO		0	4.81	0.92	0.75	4.38	0.90	0	0	3.60	5.17
Na ₂ O		1.05	9.67	7.69	11.56	9.97	11.14	0.91	0.51	6.96	9.00
K ₂ O		14.72	0.12	5.07	0.05	0.14	0.14	15.36	15.73	4.30	0.09
Cr ₂ O ₃		0	0	0.04	0	0	0.02	0.01	0.03	0	0
V ₂ O ₃		0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.03	0
NiO		0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
P ₂ O ₅		0.10	0.02	0.02	0	0.04	0.03	0.08	0.05	0	0
Total		100.29	101.36	97.04	99.01	101.85	100.52	99.53	98.95	99.51	97.93
O No.		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si		3.01	2.80	2.97	2.99	2.81	2.97	3.00	3.01	2.84	2.77
Ti		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al		0.99	1.17	1.01	0.99	1.16	1.02	0.99	0.98	1.14	1.20
Fe		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca		0	0.23	0.05	0.04	0.20	0.04	0	0	0.17	0.25
Na		0.09	0.82	0.69	0.99	0.84	0.94	0.08	0.05	0.61	0.79
K		0.86	0.01	0.30	0	0.01	0.01	0.91	0.93	0.25	0.01
Cr		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		4.96	5.03	5.01	5.01	5.03	4.99	4.99	4.98	5.02	5.03
An		0	21.42	4.41	3.47	19.37	4.26	0	0	16.90	23.99
Ab		9.77	77.97	66.67	96.28	79.88	94.95	8.24	4.66	59.08	75.49
Or		90.23	0.62	28.92	0.26	0.75	0.79	91.76	95.34	24.02	0.52

の 化 学 組 成 (つづき)

62	71	72	73	83	103	104	110	111	114	116	117	118
62.19	64.37	63.14	61.94	63.06	65.79	65.49	62.63	63.02	62.54	62.03	62.69	59.94
0	0	0	0	0	0.05	0	0.04	0.01	0.03	0.02	0.03	0
23.61	20.70	23.45	23.08	23.19	18.46	18.33	23.89	23.65	23.09	23.55	23.67	25.2
0.19	0.05	0.02	0.08	0.14	0.15	0.25	0.07	0.07	0.09	0	0.02	0.08
0	0.02	0	0	0	0.03	0.02	0.02	0	0.02	0.03	0.03	0.02
0.01	0	0	0.03	0.01	0.01	0.04	0	0	0.01	0	0	0
5.36	2.41	5.14	5.26	5.34	0	0	5.39	5.29	5.20	5.82	5.53	7.67
9.25	5.60	8.77	10.45	9.45	1.47	1.45	9.22	9.37	8.96	9.02	8.84	7.93
0.10	7.11	0.54	0.15	0.23	14.81	14.7	0.12	0.12	0.20	0.17	0.15	0.12
0.01	0	0.02	0.03	0	0	0.03	0	0	0	0	0.01	0
0.03	0	0.05	0.04	0	0	0.02	0	0	0.02	0	0	0.03
0	0.09	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.02	0.04	0	0	0	0	0	0
100.75	100.34	101.12	101.04	101.42	100.79	100.36	101.47	101.52	100.15	100.64	100.96	100.98
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2.75	2.89	2.77	2.74	2.77	3.00	3.00	2.75	2.76	2.77	2.74	2.76	2.66
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.23	1.10	1.21	1.20	1.20	0.99	0.99	1.23	1.22	1.21	1.23	1.23	1.32
0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.12	0.24	0.25	0.25	0	0	0.25	0.25	0.25	0.28	0.26	0.36
0.79	0.49	0.75	0.90	0.80	0.13	0.13	0.78	0.80	0.77	0.77	0.75	0.68
0.01	0.41	0.03	0.01	0.01	0.86	0.86	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.04	5.01	5.01	5.11	5.04	5.00	4.99	5.03	5.03	5.01	5.03	5.01	5.03
24.14	11.48	23.74	21.58	23.5	0	0	24.25	23.62	24.03	26.04	25.46	34.59
75.31	48.21	73.31	77.69	75.28	13.12	13.02	75.12	75.74	74.88	73.07	73.72	64.76
0.55	40.32	2.95	0.72	14.22	86.88	86.98	0.63	0.64	1.09	0.89	0.82	0.66

付表 4 長石類

Sam. No. Loc. No.	K96	120	135	139	147	148	150	151	154	157	163
SiO ₂		63.09	61.70	66.59	59.66	59.71	60.75	63.00	64.31	63.17	68.73
TiO ₂		0.01	0.01	0.12	0.04	0	0	0.05	0.03	0	0.02
Al ₂ O ₃		23.53	23.89	18.57	25.28	25.47	24.49	23.5	22.81	23.37	18.48
FeO		0.10	0.05	0.09	0.10	0.08	0.11	0.07	0.09	0.09	5.57
MnO		0	0.05	0	0	0.05	0.01	0.06	0	0	0.10
MgO		0	0.01	0.01	0.01	0	0	0.01	0	0	1.83
CaO		5.11	6.07	0	7.60	7.57	6060	4.95	5.20	5.16	0
Na ₂ O		9.11	8.49	1.06	8.03	7.85	8.47	9.27	9.18	9.26	0.12
K ₂ O		0.25	0.18	15.18	0.11	0.15	0.1	0.32	0.20	0.13	5.15
Cr ₂ O ₃		0	0.01	0.01	0.02	0	0	0	0.03	0	0.05
V ₂ O ₃		0	0	0	0	0.02	0	0	0.01	0.02	0
NiO		0	0	0.07	0.01	0	0	0.02	0.01	0	0.01
P ₂ O ₅		0.02	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
Total		101.21	100.46	101.72	100.85	100.91	100.53	101.23	101.86	101.2	100.05
O No.		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si		2.77	2.73	3.01	2.65	2.65	2.70	2.77	2.80	2.77	3.04
Ti		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al		1.22	1.25	0.99	1.32	1.33	1.28	1.22	1.17	1.21	0.96
Fe		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21
Mn		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12
Ca		0.24	0.29	0	0.36	0.36	0.31	0.23	0.24	0.24	0
Na		0.77	0.73	0.09	0.69	0.67	0.73	0.79	0.77	0.79	0.01
K		0.01	0.01	0.87	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.29
Cr		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		5.02	5.01	4.98	5.04	5.03	5.03	5.03	5.01	5.02	4.63
An		23.36	28.04	0	34.13	34.49	29.95	22.40	23.6	23.38	0
Ab		75.28	70.98	9.57	65.28	64.72	69.51	75.91	75.35	75.91	3.45
Or		1.37	0.98	90.43	0.59	0.79	0.53	1.70	1.05	0.71	96.55

の 化 学 組 成 (つづき)

171	173	174	175	177	179	182	183	186	194	196	198	199
62.21	63.03	62.56	61.75	62.73	64.93	60.81	61.31	61.99	61.19	64.03	6.047	60.32
0.01	0.02	0.02	0.05	0	0.04	0	0	0.01	0	0.04	0.01	0
22.79	23.87	23.36	24.15	23.60	18.25	23.6	23.98	24.60	23.67	18.02	22.42	24.03
0.18	0.13	0.06	0.29	0.12	0.09	0.05	0.15	0.26	0.02	0.08	0	0.03
0.03	0.01	0.03	0	0.01	0	0.01	0.01	0	0.02	0	0.01	0
0.06	0	0	0	0.01	0	0.02	0.01	0.01	0	0	0.02	0.01
5.34	5.25	5.08	5.95	5.21	0	5.46	50.82	5.64	5.73	0.08	5.38	6.55
8.77	9.54	9.20	8.99	9.27	1.35	9.02	8.91	8.98	8.91	1.61	8.45	8.51
0.50	0.12	0.20	0.19	0.20	15.13	0.16	0.12	0.13	0.20	14.22	0.21	0.10
0.02	0	0.08	0	0.02	0.07	0	0	0	0.04	0	0.04	0.02
0.03	0.01	0	0.01	0.04	0	0.07	0.01	0.03	0	0	0	0
0	0	0	0.05	0.03	0	0	0	0	0	0	0.05	0
0	0.04	0	0	0	0.08	0	0	0.06	0	0	0	0
99.92	102.04	100.58	101.44	101.25	99.92	99.20	100.34	101.71	99.76	98.07	97.05	99.57
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2.77	2.75	2.76	2.72	2.76	2.99	2.73	2.72	2.71	2.73	3.00	2.77	2.70
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.20	1.23	1.22	1.25	1.22	0.99	1.25	1.26	1.27	1.25	0.99	1.21	1.27
0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	0.25	0.24	0.28	0.25	0	0.26	0.28	0.26	0.27	0	0.26	0.31
0.76	0.81	0.79	0.77	0.79	0.12	0.78	0.77	0.76	0.77	0.15	0.75	0.74
0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.89	0.01	0.01	0.01	0.01	0.85	0.01	0.01
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.02	5.04	5.03	5.04	5.03	5.01	5.04	5.04	5.03	5.04	5.00	5.01	5.03
24.48	23.18	23.12	26.51	23.46	0	24.85	26.35	25.60	25.94	0.41	25.73	29.68
72.77	76.17	75.78	72.47	75.50	11.91	74.26	72.98	73.73	73.01	14.63	73.11	69.79
2.75	0.65	1.10	1.02	1.04	88.09	0.89	0.67	0.68	1.05	84.97	1.17	0.53

付表 4 長 石 類

Sam. No. Loc. No.	K10	27	30	34	49	50	51	53	56	58	60
SiO ₂		66.99	62.93	62.63	61.55	62.50	62.19	65.87	63.13	62.55	63.35
TiO ₂		0.03	0	0	0	0.02	0	0.01	0	0.03	0
Al ₂ O ₃		21.31	23.05	22.89	23.26	21.8	22.75	21.37	23.04	23.32	23.17
FeO		0.25	0.05	0.14	1.83	1.57	0.07	0.16	0.13	0.08	0.06
MnO		0	0	0	0.03	0.04	0.05	0.02	0.01	0	0
MgO		0.02	0	0	0.66	0.66	0.01	0	0	0.01	0
CaO		3.43	4.26	4.29	3.78	3.97	4.17	2.26	4.19	4.38	4.09
Na ₂ O		9.63	9.62	9.30	9.04	9.18	10.06	10.64	9.61	9.46	9.30
K ₂ O		0.13	0.16	0.16	0.17	0.18	0.16	0.18	0.19	0.20	0.15
Cr ₂ O ₃		0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0
V ₂ O ₃		0	0.04	0	0	0	0.03	0	0.02	0.02	0.01
NiO		0	0	0.05	0	0	0.03	0.03	0.02	0.01	0
P ₂ O ₅		0.08	0.08	0.02	0.02	0.06	0.09	0.09	0.11	0.08	0.04
Total		101.86	100.20	99.47	100.32	100.02	99.60	100.63	100.46	100.12	100.18
O No.		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Si		10.44	9.13	9.21	8.70	9.18	9.04	10.30	9.14	8.99	9.27
Ti		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al		3.91	3.94	3.97	3.87	3.77	3.89	3.94	3.93	3.95	3.99
Fe		0.03	0.01	0.02	0.22	0.19	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Mn		0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0
Mg		0	0	0	0.14	0.14	0	0	0	0	0
Ca		0.57	0.66	0.68	0.57	0.63	0.65	0.38	0.65	0.67	0.64
Na		2.91	2.70	2.65	2.48	2.61	2.83	3.22	2.70	2.63	2.64
K		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
Cr		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni		0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
P		0.01	0.01	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total		17.90	16.48	16.56	16.01	16.59	16.48	17.91	16.48	16.31	16.58
An		16.33	19.49	20.12	18.57	19.10	18.48	10.38	19.22	20.14	19.41
Ab		82.94	79.63	78.97	80.45	79.85	80.69	88.62	79.75	78.75	79.78
Or		0.73	0.88	0.91	0.98	1.05	0.82	1.00	1.04	1.11	0.82

の 化 学 組 成 (つづき)

62	81	82	83	87	101	102	126	129	26	31	35	36
63.24	63.18	62.41	63.44	63.96	62.62	62.78	62.79	63.17	65.58	65.86	65.21	65.17
0	0.02	0	0.04	0	0.01	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0	0.05
22.84	21.42	23.14	22.75	22.52	23.65	21.70	23.59	23.25	18.20	18.04	18.64	18.77
0.19	0.51	0.16	0.58	0.13	0.15	0.37	0.06	0.09	0.13	0.25	0.01	0.11
0.05	0.02	0.02	0	0	0.11	0	0	0	0	0.03	0.04	0
0	0	0.02	0.20	0	0.01	0.09	0	0	0	0	0	0
4.00	4.02	4.41	3.93	3.55	4.26	2.54	4.61	4.34	0	0	0	0
9.58	9.25	9.19	9.52	9.70	9.30	9.71	9.43	9.48	1.74	2.57	2.17	1.65
0.18	0.13	0.21	0.27	0.23	0.34	0.15	0.10	0.18	12.68	12.91	13.44	14.10
0.02	0.02	0.02	0	0	0	0	0.10	0.06	0	0	0	0.04
0	0	0.04	0.05	0	0	0	0.01	0	0.02	0	0.02	0
0	0	0	0	0	0.03	0.02	0	0	0.03	0	0	0.02
0.05	0.06	0.04	0.06	0.09	0.13	0.06	0.04	0.02	0.14	0.14	0.18	0.13
100.14	98.63	99.65	100.83	100.18	100.62	97.45	100.77	100.59	98.55	99.83	99.71	100.03
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9.28	9.73	9.07	9.23	9.54	8.88	9.78	8.93	9.15	12.28	12.12	11.74	11.71
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
3.95	3.89	3.96	3.90	3.96	3.95	3.98	3.95	3.97	4.01	3.91	3.95	3.97
0.02	0.07	0.02	0.07	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01	0.02	0.04	0	0.02
0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0
0	0	0	0.04	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0
0.63	0.66	0.69	0.61	0.57	0.65	0.42	0.70	0.67	0	0	0	0
2.72	2.76	2.59	2.68	2.80	2.56	2.93	2.60	2.66	0.63	0.91	0.76	0.57
0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.06	0.03	0.02	0.03	3.03	3.03	3.09	3.23
0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0.01
0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0	0.02	0.02	0.03	0.02
16.66	17.15	16.38	16.61	16.94	16.15	17.23	16.23	16.50	20.01	20.04	19.57	19.54
18.56	19.24	20.72	18.31	16.61	19.82	12.54	21.15	19.98	0	0	0	0
80.43	80.01	78.12	80.18	82.11	78.32	86.57	78.32	79.02	17.24	23.19	19.67	15.06
1.01	0.75	1.17	1.50	1.28	1.86	0.89	0.52	1.00	82.76	76.81	80.33	84.94

付表 4 長石類

Sam. No. Loc. No. K10	38	78	105	106	123	K14	52	53	54	69	72
SiO ₂	65.10	66.29	68.70	64.96	65.75		53.44	69.65	63.37	50.80	64.35
TiO ₂	0.04	0.02	0	0.05	0.03		0.05	0.03	0	0	0
Al ₂ O ₃	18.54	18.65	19.49	18.50	18.55		29.57	19.51	21.49	29.80	20.59
FeO	0.13	0.26	0.26	0.08	0.02		0.08	0.15	0.06	0.06	0.12
MnO	0	0	0.06	0	0.01		0	0.02	0	0	0
MgO	0.02	0.04	0.09	0	0.01		0	0.06	0	0	0
CaO	0	0	0.20	0	0		13.89	9.25	9.49	14.40	9.41
Na ₂ O	1.67	1.58	10.15	1.81	1.69		4.07	2.88	3.85	3.74	3.56
K ₂ O	14.01	14.07	0.79	14.22	14.18		0.03	0.13	0.02	0.02	0.08
Cr ₂ O ₃	0	0.01	0.03	0.02	0.04		0	0	0.02	0.01	0.07
V ₂ O ₃	0	0	0	0	0		0.03	0.01	0	0.01	0
NiO	0.04	0	0	0	0.01		0	0.01	0.05	0.02	0.01
P ₂ O ₅	0.07	0.08	0.14	0.16	0.16		0	0	0	0	0
Total	99.6	100.98	9.99	99.79	100.46		101.16	101.70	98.35	98.85	98.19
O No.	24	24	24	24	24		24	24	24	24	24
Si	11.88	12.03	11.95	11.72	11.88		7.20	8.95	8.51	7.03	8.63
Ti	0	0	0	0.01	0		0	0	0	0	0
Al	3.99	3.99	3.99	3.93	3.95		4.69	2.95	3.40	4.86	3.26
Fe	0.02	0.04	0.04	0.01	0		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Mn	0	0	0.01	0	0		0	0	0	0	0
Mg	0	0.01	0.02	0	0		0	0.01	0	0	0
Ca	0	0	0.04	0	0		2.00	1.27	1.36	2.13	1.35
Na	0.59	0.56	3.42	0.63	0.59		1.06	0.72	1.00	1.00	0.93
K	3.26	3.25	0.17	3.27	3.27		0	0.02	0	0	0.01
Cr	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0.01
V	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Ni	0.01	0	0	0	0		0	0	0.01	0	0
P	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02		0	0	0	0	0
Total	19.76	19.89	19.67	19.6	19.73		14.98	13.94	14.29	15.04	14.20
An	0	0	1.05	0	0		65.23	63.27	57.60	67.98	59.00
Ab	15.35	14.59	94.14	16.19	15.32		34.62	35.68	42.23	31.90	40.40
Or	84.65	85.41	4.81	83.81	84.68		0.16	1.05	0.17	0.12	0.60

の 化 学 組 成 (つづき)

81	84	85	86	94	112	121	125	131	132	139	141	143
51.37	57.84	53.06	49.97	52.03	53.18	52.83	50.77	55.68	57.98	54.56	51.97	46.18
0	0	0	0.03	0	0.10	0	0.04	0	0	0	0	0.03
28.52	24.64	28.26	29.82	29.08	28.61	28.77	30.93	27.93	25.75	27.31	29.38	24.28
0.10	0.06	0.26	0.15	0.05	0.78	0.08	0.05	0.06	0.18	0.02	0.06	0
0.06	0	0.02	0	0	0.02	0	0.06	0	0	0	0	0.03
0	0.01	0.01	0	0.01	0.27	0	0	0	0.01	0	0	0
13.83	11.84	12.97	15.01	14.18	13.45	13.25	15.32	11.61	9.15	11.69	13.87	18.43
4.00	3.65	4.43	3.15	3.85	3.81	4.30	3.19	5.52	6.43	5.20	4.06	3.76
0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.42	0.06	0.02	0.08	0.54	0.09	0.03	0.93
0.06	0	0	0.01	0	0	0.05	0	0	0	0.04	0	0
0.04	0.02	0.02	0.02	0	0.01	0.02	0.03	0	0.02	0	0	0
0.02	0	0	0	0.10	0.01	0	0.02	0.07	0	0.01	0	0.04
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.55
98.04	98.08	99.08	98.21	99.34	100.65	99.35	100.44	100.93	100.05	98.93	99.38	100.23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7.16	7.91	7.30	6.97	7.15	7.23	7.24	6.93	7.48	7.82	7.48	7.14	6.40
0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
4.69	3.97	4.58	4.90	4.71	4.58	4.65	4.97	4.42	4.09	4.41	4.75	3.96
0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.09	0.01	0.01	0.01	0.02	0	0.01	0
0.01	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0
2.06	1.73	1.91	2.24	2.09	1.96	1.94	2.24	1.67	1.32	1.72	2.04	2.73
1.08	0.97	1.18	0.85	1.03	1.00	1.14	0.84	1.44	1.68	1.38	1.08	1.01
0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.07	0.01	0	0.01	0.09	0.02	0.01	0.16
0.01	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.77
15.03	14.59	15.01	15.00	15.01	15.01	15.01	15.00	15.04	15.02	15.01	15.03	15.05
65.48	64.07	61.62	72.32	66.85	64.53	62.80	72.58	53.51	42.72	55.10	65.27	69.97
34.29	35.77	38.07	27.41	32.88	33.07	36.86	27.31	46.06	54.30	44.37	34.54	25.82
0.23	0.16	0.31	0.27	0.27	2.39	0.34	0.11	0.43	2.98	0.53	0.19	4.21

付表 4 長 石 類

Sam. No. Loc. No. K14	144	145	146	161	171	175	188	189	205	K18	3
SiO ₂	56.12	55.1	58.20	55.66	56.76	51.27	53.40	49.42	60.01		58.68
TiO ₂	0.03	0	0	0.01	0	0	0.02	0.01	0		0.02
Al ₂ O ₃	27.43	28.75	25.43	27.46	25.70	29.85	28.41	30.31	23.5		24.17
FeO	0.05	0.04	0.09	0.08	0	0.01	0.03	0.06	0.10		0.02
MnO	0.03	0	0	0	0	0	0	0.01	0		0
MgO	0.01	0	0	0.01	0	0.01	0	0	0		0
CaO	10.82	11.84	7.93	10.84	9.88	15.14	12.84	15.68	7.24		7.48
Na ₂ O	5.81	5.46	6.02	5.66	6.50	3.27	4.52	3.08	7.90		7.51
K ₂ O	0.13	0.04	1.92	0.12	0.14	0.03	0.06	0.04	0.11		0.14
Cr ₂ O ₃	0	0.04	0.09	0.04	0.01	0	0.02	0.01	0		0
V ₂ O ₃	0.02	0	0	0	0	0.03	0	0	0		0.05
NiO	0	0.07	0	0	0.08	0	0	0	0.02		0
P ₂ O ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Total	100.45	101.35	99.67	99.87	99.08	99.59	99.29	98.62	98.88		98.07
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24	24		24
Si	7.56	7.38	7.89	7.54	7.74	7.04	7.31	6.88	8.13		2.67
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Al	4.35	4.54	4.06	4.38	4.13	4.83	4.58	4.97	3.75		1.30
Fe	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.01		0
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Ca	1.56	1.70	1.15	1.57	1.44	2.23	1.88	2.34	1.05		0.37
Na	1.52	1.42	1.58	1.49	1.72	0.87	1.20	0.83	2.08		0.66
K	0.02	0.01	0.33	0.02	0.02	0	0.01	0.01	0.02		0.01
Cr	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0		0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Ni	0	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0		0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Total	15.03	15.06	15.03	15.02	15.07	14.98	15.00	15.05	15.04		5.01
An	50.34	54.38	37.57	51.09	45.31	71.80	60.89	73.59	33.42		35.24
Ab	48.93	45.39	51.60	48.24	53.93	28.05	38.75	26.17	65.98		63.97
Or	0.73	0.23	10.83	0.67	0.76	0.15	0.36	0.24	0.60		0.79

の 化 学 組 成 (つづき)

97	132	198	216	K25	43	44	45	53	55	56	57	58
56.67	59.41	59.61	65.92		63.39	57.85	59.72	72.53	62.49	66.76	61.50	58.43
0	0	0.02	0.02		0.06	0	0.06	0.02	0.03	0.01	0	0.03
25.74	22.70	23.08	22.27		22.43	26.27	25.27	16.73	23.13	20.51	23.61	26.13
0.09	0.02	—	0.05		0.04	0.03	0.03	0.06	0.02	0.01	0	0.06
0	0	—	—		0	0	0.03	0.02	0.02	0.04	0	0
0	0.0	—	0.02		0	0	0	0	0.01	0	0	0
7.30	4.41	4.73	4.83		3.95	8.59	7.17	2.79	4.63	2.50	5.45	8.02
7.63	10.28	9.66	4.90		9.52	6.64	7.48	7.40	8.93	10.20	8.54	7.14
0.09	0.37	0.12	0.09		0.13	0.10	0.16	0.10	0.24	0.07	0.09	0.14
0.01	0.04	—	0.04		0	0	0	0	0.01	0.02	0	0
0	0	—	0.01		0	0.01	0	0.01	0	0	0	0
0	0.05	0.03	—		0.03	0.01	0.01	0	0.04	0.05	0	0
0	0.07	—	0.01		0	0	0	0	0	0	0	0
97.54	97.35	97.25	98.19		99.55	99.49	99.94	99.66	99.52	100.17	99.19	99.96
24	24	24	24		24	24	24	24	24	24	24	24
7.81	8.19	8.20	8.72		8.45	7.81	7.99	9.41	8.34	8.78	8.25	7.85
0	0	0	0		0.01	0	0.01	0	0	0	0	0
4.18	3.69	3.74	3.47		3.52	4.18	3.99	2.56	3.64	3.18	3.73	4.13
0.01	0	—	0.01		0	0	0	0.01	0	0	0	0.01
0	0	—	—		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	—	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1.08	0.65	0.70	0.68		0.56	1.24	1.03	0.39	0.66	0.35	0.78	1.15
2.04	2.75	2.57	1.26		2.46	1.73	1.94	1.86	2.31	2.60	2.22	1.86
0.02	0.07	0.02	0.01		0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02
0	0	—	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	—	0		0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.01	0	—		0	0	0	0	0	0.01	0	0
0	0.01	—	0		0	0	0	0	0	0	0	0
15.13	15.36	15.23	14.17		15.03	14.98	14.99	14.25	15.01	14.93	15.00	15.03
34.42	18.81	21.14	35.01		18.52	41.19	34.33	17.12	21.99	11.90	25.94	38.00
65.10	79.31	78.21	64.25		80.73	57.95	64.77	82.18	76.68	87.72	73.54	61.19
0.48	1.88	0.66	0.74		0.75	0.56	0.89	0.69	1.33	0.38	0.52	0.80

付表 4 長石類

Sam. No. Loc. No.	K25	59	60	64	68	82	86	90	91	92	102
SiO ₂		63.18	59.21	65.05	68.94	55.28	59.01	66.17	69.10	68.87	62.89
TiO ₂		0.02	0	0	0	0.27	0.15	0	0.04	0	0.01
Al ₂ O ₃		22.30	25.65	17.86	19.02	31.69	27.12	17.29	16.76	19.42	23.42
FeO		0.07	0.08	0.06	0	0.86	0.35	0.14	0	0.09	0.13
MnO		0.05	0.02	0.02	0	0.02	0	0	0	0	0.05
MgO		0.01	0.01	0	0	0.67	0.05	0.01	0.01	0.02	0.08
CaO		4.07	7.42	0	3.86	0	6.94	0	0	3.40	3.36
Na ₂ O		7.50	7.57	0.58	7.50	0.30	7.10	0.55	0.5	6.80	8.80
K ₂ O		2.64	0.14	15.12	0.17	9.45	1.21	14.90	14.34	1.43	0.51
Cr ₂ O ₃		0	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0	0	0	0
V ₂ O ₃		0	0.02	0	0	0.01	0	0	0	0	0
NiO		0.02	0	0	0	0	0	0.02	0.04	0.04	0
P ₂ O ₅		0	0	0	0	0.03	0	0.02	0.04	0	0
Total		99.86	100.14	98.7	99.51	98.60	101.95	99.10	100.83	100.06	99.25
O No.		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Si		8.46	7.93	9.08	9.04	7.58	7.80	9.17	9.34	9.02	8.39
Ti		0	0	0	0	0.03	0.02	0	0	0	0
Al		3.52	4.05	2.94	2.94	5.12	4.22	2.82	2.67	3.00	3.68
Fe		0.01	0.01	0.01	0	0.10	0.04	0.02	0	0.01	0.01
Mn		0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
Mg		0	0	0	0	0.14	0.01	0	0	0	0.02
Ca		0.58	1.06	0	0.54	0	0.98	0	0	0.48	0.48
Na		1.95	1.96	0.16	1.91	0.08	1.82	0.15	0.13	1.72	2.27
K		0.45	0.02	2.69	0.03	1.65	0.20	2.63	2.47	0.24	0.09
Cr		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		14.98	15.04	14.87	14.46	14.70	15.09	14.80	14.62	14.47	14.95
An		19.56	34.88	0	21.92	0	32.71	0	0	19.56	16.90
Ab		65.29	64.32	5.51	76.96	4.60	60.51	5.33	5.01	70.69	80.07
Or		15.15	0.80	94.49	1.12	95.40	6.78	94.67	94.99	9.76	3.03

の 化 学 組 成 (つづき)

123	127	128	132	141	151	152	153	154	156	157	158	159
61.18	60.95	56.62	57.71	62.23	65.41	65.32	60.03	59.25	61.20	59.27	58.86	61.10
0.02	0.01	0.08	0.45	0.02	0	0.01	0	0.01	0	0.02	0.02	0.02
24.37	22.85	28.01	30.42	23.71	18.45	18.41	25.24	25.76	25.00	25.80	26.28	24.58
0.14	0.16	0.29	0.65	0.15	0.02	0.04	0.06	0.08	0.05	0	0.05	0.19
0.01	0.02	0	0	0.01	0.02	0	0	0	0.03	0	0	0.04
0	0	0.04	0.36	0.05	0.01	0	0	0	0	0	0	0.08
5.95	7.09	10.29	1.44	4.11	0	0	7.23	7.58	6.58	8.03	8.16	6.58
8.25	7.90	6.21	5.42	8.50	0.84	0.85	7.67	7.52	7.93	7.32	7.12	8.52
0.23	0.86	0.13	4.09	0.28	15.10	15.28	0.14	0.15	0.09	0.10	0.13	0.11
0	0	0	0.01	0.04	0	0.02	0.04	0	0	0	0	0.05
0.05	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
0.03	0.01	0	0	0.09	0	0	0	0.03	0	0	0	0.01
0	1.22	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0
100.24	101.06	101.66	100.59	99.17	99.85	99.92	100.4	100.38	100.88	100.55	100.62	101.27
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8.15	8.09	7.54	7.68	8.32	9.03	9.02	8.00	7.92	8.09	7.91	7.85	8.08
0	0	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.82	3.57	4.39	4.77	3.73	3.00	2.99	3.97	4.05	3.90	4.05	4.13	3.83
0.02	0.02	0.03	0.07	0.02	0	0	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.02
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.01	0.07	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.02
0.85	1.01	1.47	0.20	0.59	0	0	1.03	1.08	0.93	1.15	1.17	0.93
2.13	2.03	1.60	1.40	2.20	0.22	0.23	1.98	1.95	2.03	1.89	1.84	2.18
0.04	0.14	0.02	0.69	0.05	2.66	2.69	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
0.01	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.02	15.01	15.07	14.94	14.93	14.91	14.94	15.02	15.04	14.98	15.02	15.01	15.10
28.13	31.64	47.46	8.91	20.73	0	0	33.98	35.50	31.29	37.54	38.5	29.74
70.59	63.82	51.83	60.86	77.60	7.75	7.82	65.25	63.68	68.18	61.88	60.78	69.69
1.28	4.55	0.71	30.23	1.67	92.25	92.18	0.77	0.83	0.53	0.58	0.72	0.57

付表 4 長 石 類

Sam. No. Loc. No.	K25	160	161	163	168	171	174	176	181	185	187
SiO ₂		58.50	58.82	60.93	61.09	61.56	63.64	64.99	68.53	69.26	57.87
TiO ₂		0	0.02	0	0.05	0.09	0.45	0	0	0	0.05
Al ₂ O ₃		26.35	25.98	24.57	23.92	28.09	27.93	17.73	19.74	19.96	26.75
FeO		0.05	0.07	0.10	0.69	0.42	0.87	0.03	0.06	0.04	0.12
MnO		0.05	0.08	0.04	0	0.03	0	0.07	0	0.03	0.02
MgO		0	0	0.01	0.38	0.24	0.57	0.02	0	0	0.01
CaO		8.27	7.90	6.40	4.75	2.85	0	0	0.36	0.78	8.35
Na ₂ O		6.89	7.19	8.03	6.85	7.72	0.26	0.54	10.12	11.36	6.82
K ₂ O		0.09	0.10	0.16	1.86	0.65	7.01	15.33	2.05	0.11	0.11
Cr ₂ O ₃		0.04	0	0	0	0	0.03	0	0.05	0	0.03
V ₂ O ₃		0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0.03
NiO		0.03	0	0.04	0	0	0.01	0.02	0.01	0.07	0
P ₂ O ₅		0	0	0	0	0	0.02	0.09	0	0	0
Total		100.25	100.16	100.27	99.57	101.67	100.81	98.32	100.91	101.62	100.16
O No.		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Si		7.83	7.88	8.12	8.21	8.00	8.31	9.07	8.96	8.94	7.76
Ti		0	0	0	0	0.01	0.04	0	0	0	0.01
Al		4.16	4.10	3.86	3.79	4.30	4.30	2.92	3.04	3.04	4.23
Fe		0.01	0.01	0.01	0.08	0.05	0.10	0	0.01	0	0.01
Mn		0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0
Mg		0	0	0	0.08	0.05	0.11	0	0	0	0
Ca		1.19	1.13	0.91	0.68	0.40	0	0	0.05	0.11	1.20
Na		1.79	1.87	2.07	1.78	1.95	0.07	0.15	2.56	2.84	1.77
K		0.01	0.02	0.03	0.32	0.11	1.17	2.73	0.34	0.02	0.02
Cr		0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0
V		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ni		0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0
P		0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
Total		14.99	15.01	15.01	14.94	14.86	14.10	14.89	14.97	14.97	15.01
An		39.68	37.57	30.30	24.53	16.19	0	0	1.71	3.62	40.11
Ab		59.83	61.87	68.80	64.05	79.39	5.35	5.09	86.73	95.78	59.27
Or		0.49	0.56	0.89	11.42	4.43	94.65	94.91	11.55	0.60	0.62

の 化 学 組 成 (つづき)

188	189	192	204	207	212	217	218	221	225	227	266	267
56.71	63.18	58.68	62.48	74.71	59.38	58.59	62.75	59.99	64.55	62.69	78.96	60.11
0.11	0.06	0.05	0	0.17	0.29	0	0	0.03	0.04	0.20	0.06	0.02
26.08	23.14	26.09	23.91	18.49	22.25	25.47	24.20	25.43	21.2	22.47	12.11	24.90
0.14	0.01	0.07	0.03	0.64	3.93	0.10	0.09	0.07	0.27	2.01	4.15	0.09
0	0	0.01	0	0	0.07	0.01	0	0.02	0	0	0.05	0
0.03	0	0	0	0.57	1.41	0.01	0.01	0.01	0.12	1.06	2.10	0
8.80	4.24	8.15	5.28	0	2.82	7.72	5.05	7.10	0	3.30	0	6.91
6.52	9.25	7.05	8.90	0.11	6.57	6.95	8.28	7.49	0.43	7.58	0.06	7.66
0.12	0.13	0.15	0.09	6.17	2.46	0.16	0.54	0.16	14.62	2.03	4.37	0.11
0.01	0	0	0.07	0	0.05	0.04	0.04	0.07	0.01	0	0	0.03
0	0.01	0	0.01	0	0	0	0.02	0	0	0.01	0	0
0	0	0.05	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07	0.04	0.04	0.06	0	0
0.39	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.09	0.01	0	0
98.92	100.03	100.29	100.78	100.89	99.25	99.39	101.03	100.41	101.36	101.43	101.85	99.83
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7.71	8.38	7.85	8.25	9.55	8.14	7.94	8.26	7.99	8.75	8.32	10.03	8.05
0.01	0.01	0	0	0.02	0.03	0	0	0	0	0.02	0.01	0
4.18	3.62	4.11	3.72	2.78	3.60	4.05	3.75	3.99	3.39	3.51	1.81	3.93
0.02	0	0.01	0	0.07	0.45	0.01	0.01	0.01	0.03	0.22	0.44	0.01
0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.01	0
0.01	0	0	0	0.11	0.29	0	0	0	0.02	0.21	0.40	0
1.28	0.60	1.17	0.75	0	0.41	1.11	0.71	1.01	0	0.47	0	0.99
1.72	2.38	1.83	2.28	0.03	1.74	1.82	2.11	1.93	0.11	1.95	0.01	1.99
0.02	0.02	0.03	0.01	1.00	0.43	0.03	0.09	0.03	2.53	0.34	0.71	0.02
0	0	0	0.01	0	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0	0
0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
14.99	15.01	15.01	15.03	13.56	15.11	14.96	14.96	14.98	14.86	15.05	13.42	14.99
42.41	20.07	38.67	24.56	0	16.01	37.69	24.44	34.07	0	16.99	0	33.08
56.88	79.18	60.47	74.94	2.73	67.4	61.39	72.43	65.01	4.27	70.56	1.94	66.31
0.71	0.75	0.86	0.49	97.27	16.59	0.92	3.13	0.92	95.73	12.45	98.06	0.60

Occurrence and Chemical Composition of Metamorphosed
Minerals of Hornfels in the Shimanto
Zone of the Kanto Mountain:
Ochiai, Enzan City in the Central Japan

Hideo KAGAMI¹⁾ and Hidetsugu TANIGUCHI²⁾

Abstract

Thermal metamorphic aureole of the Tokuwa Granodiorite observed near Ochiai, Enzan City is divided into three zones, Biotite hornfels, Cordierite biotite hornfels, and Garnet biotite hornfels zones. Characteristic mineral assemblages are described as follows.

Alkali-feldspar and oligoclase are the feldspathic assemblage in the garnet and cordierite zones. Alkali-feldspar tends to be orthoclase in the garnet zone.

White mica population in the biotite zone has a wide variety ranging from Phengite-leucophyllite series to Tri-octahedral end-member. The phengite-leucophyllite change occurs by the Tschermak substitution and Tri-octahedral end-member change occurs by the FeMg and Fe³⁺Al substitution. The progressive abundance of tri-octahedral end-member in white mica is the characteristic feature of the studied area. The reaction takes place consuming chlorite in the source rocks of the Shimanto belt.

Progressive crystallization of biotites shows that those in the cordierite zone formed first, those in the biotite zone second, and those in the garnet zone last, which indicates that the garnet zone was reheated by local dykes of the Tokuwa Granodiorite. Thermal metamorphic reaction from the biotite to cordierite zones is shown in equation, which was originally proposed by Yuasa (1976).

Cordierite in the studied area has X_{Mg} value of 0.4 and in anatectic origin of their formation, which is apparently higher in metamorphic temperature than that of Hanno Formation. From the reason, hornfels near Ochiai is not considered a supply area of gravels to the Hanno Formation.

Using garnet-biotite geothermometer, it is found that garnets in the early stage are formed at 600°C, and those in the late stage at 700°C. The 600°C may be the regional equilibrium temperature and the 700°C may be the end temperature when local dykes reheated the garnet zone.

1) Institute of Geology, Faculty of Science, Josai University

2) Komazawa University High School