

関東山地の四万十帯のホルンフェルス

——塩山市一之瀬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

この論文はホルンフェルスの研究を始めて三年目の報告である。そこで、今までの経過について若干の説明を加える。城西大学が建っている関東平野西縁の丘陵地帯には、関東堆積盆地を構成する上総層群の基底礫層ないしは縁辺礫層が広範に分布している。この礫層のうち埼玉県坂戸市～飯能市付近に分布する礫層を飯能層または飯能礫層と呼んでいる。飯能層の礫種の内、チャート礫の礫径分布を描くと、この礫が北西方向の関東山地から由来したものであることを示した。北西方向の関東山地には秩父中・古生層が存在しており、チャート礫はそこから由来したとすると理屈に合うといえる。一方、ホルンフェルス礫の礫径分布を描くと、南西方向の関東山地から由来した傾向を示した。その方向に多摩川上流の甲府深成岩とその接触変成岩であるホルンフェルスが存在することから、多摩川起源の可能性が指摘された（加賀美，1996）。

飯能層には、従来から花崗岩類やホルンフェルスの礫が存在することは知られていた。しかし、その詳細な岩石的性質は知られていなかった。そこでそれらの化学組成を EPMA を使って分析したところ、大部分は黒雲母帯のホルンフェルスであるが、堇青石帯のものも存在することが分かってきた（加賀美・谷口，1997；1998）。

そこで、飯能層のホルンフェルス礫が、関東山地の接触変成帯のどの辺りから由来したのか調べようとしたが、関東山地四万十南帯のホルンフェルスについての研究は、甲斐駒ヶ岳の湯浅の報告（Yuasa, 1976）以外は殆ど無かった。しかし、熱変成によって作られた結晶成長の大きさの分布の未発表資料が存在したので（松田，1992；松田ほか，1992），とりあえずその柳沢川流域の場所（塩山市高橋付近）を見学し、サンプルを分析して、報告したのが昨年のものである（加賀美・谷口，1998；前出）。ここにおいて、初めて接触変成帯の実体に触れることが可能になり、やや本格的な報告を今回書くことが出来るようになったのである。今回、報告する場所は多摩川上流河川のうち、本流とみなされるもので、笠取山に端を発する一之瀬川の流域を調べた。

1) 日本第四紀学会 1999 年大会（京都大学）にて講演

2) 駒沢大学高等学校

ここには四万十南帯に属する小仏層群丹波累層の砂岩（一部に礫岩）が分布しており、甲府花崗岩体によって熱変成作用を受けている。

このようにこの研究の目的は、飯能層礫種の研究という極めて限られたものであるが、しかし接触変成岩研究の本質を踏まないと十分な理解が得られないことから、出来る限り通常の変成岩の研究に努めた。ところで、基底礫岩に何故興味があるかということであるが、飯能層は赤色モラッセと呼ばれるもので、関東山地の隆起と深く関係している（加賀美，1996；前出）。関東山地のホルンフェルスはこの問題の基礎知識として極めて重要な鍵を握るものと考えられる。

一之瀬付近の変成鉱物分帯

一之瀬川の上流の一之瀬部落には、甲府深成岩体のうちカミングトン閃石角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布している。これは Shimizu (1986) の徳和岩体であり、また、角田 (1985) の広瀬花崗閃緑岩に当たるので、以後統一して使うときは広瀬花崗閃緑岩と本論では呼ぶことにする。一之瀬の部落で広瀬花崗閃緑岩と接するのが小仏層群下部の丹波累層の砂岩である（山梨県地質図編集委員会，1970）。

花崗閃緑岩との接触部（コンタクト）からの距離に応じて採集地点を並べて簡単な記載をし、変成帯の分帯を試みた。コンタクトから 150 m までがザクロ石を多産する堇青石Ⅱ帯，コンタクトから 750 m までは堇青石が認められる堇青石Ⅰ帯，以下 2500 m までを黒雲母帯として区分した。その一部を図化したものを示した（図 1）。

堇青石Ⅱ帯の鉱物組成は、石英、斜長石、アルカリ長石、黒雲母、ザクロ石、堇青石であり、ザクロ石を多産することがこの帯の特徴である。堇青石Ⅰ帯の鉱物組成は、斜長石、石英、黒雲母、アルカリ長石、白雲母、曹長石、堇青石であり、この帯は堇青石で特徴付けられる。また、黒雲母帯の鉱物組成は、石英、斜長石、曹長石、微斜長石、黒雲母、白雲母、アルカリ長石であり、黒雲母、白雲母を産することが特徴である。なお、この 3 帯を切って北西・南東方向に伸びる鶴川北断層が発達しており、変成作用にも影響していることが知られている（村田ほか，1986）。鶴川北断層は図 1 の K72 から K56 付近を通っているものと判断される。

(1) 花崗閃緑岩

K54：一之瀬川本谷から分かれて北に向かう中川の河床である。二之瀬の寺の脇にあるダムの下に位置する。カミングトン閃石を含む花崗閃緑岩である。この位置をコンタクト 0 m とし、以下地点の後にカッコ内に示した数字はコンタクトからの距離（単位はメートル）を指す。

(2) 堇青石Ⅱ帯

K55 (15 m)：K54 より 80 m 下流の旧河床に平面的に拡がる露頭である。河床であったため

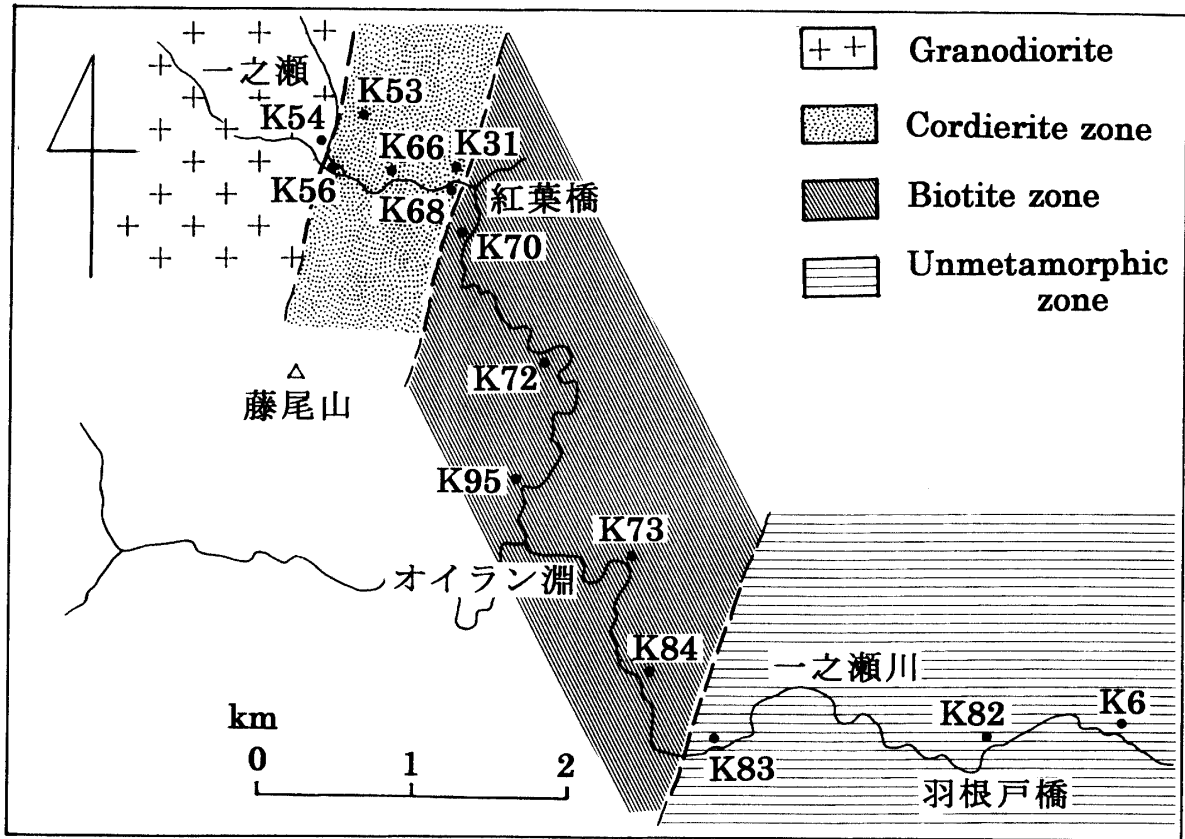


図1 塩山市一之瀬川に沿ったホルンフェルスの採集地点と変成分帯

水磨されサンプリングの難しい所であった。試料は再結晶して粗粒になっているが、元来は砂岩である。全岩分析では SiO_2 79.41 wt%を示し、著しく珩長質である。

K53 (30 m)：一之瀬林道沿いに二之瀬のはずれ近いNEに入る沢の入り口。一見花崗岩状の見掛けを示す、ピンク色を呈する粗粒砂岩である。

K56 (50 m)：中川と一之瀬川本谷の合流点の河床。少々赤味をおびた中粒砂岩である。全岩分析で SiO_2 75.11 wt%を示し、かなり珩長質である。

K57 (140 m)：一之瀬林道を K53 から 300 m 下った地点で K26 と同じ崖の北端の露頭である。中粒砂岩である。

K26 (150 m)：一之瀬部落入口のゲート西側の西に面した崖。石英脈 (4 cm) が走る中一細粒砂岩である。

(3) 堇青石 I 帯

K59 (200 m)：一之瀬部落入口のゲート脇で、K57 から 40 m 林道を下った地点。この辺りにはホルンフェルスに縞目模様がみられるのが特徴である。一種のセグリゲーション現象であろうか。試料は少々赤味をおびた中粒砂岩である。

K58 (240 m)：一之瀬林道を K59 から 30 m 下った崖。試料は暗色の中粒砂岩。

K28 (300 m) : 一之瀬林道を K58 から 50 m 下った崖。試料は細粒の塊状砂岩である。

K66 (440 m) : 石南花橋より上がる七曲がりの所。試料は灰色で極めて新鮮な感じの中粒砂岩である。全岩分析で SiO_2 73.84 wt% を示し、かなり珪長質である。

K67 (500 m) : K66 から一之瀬林道を 50 m あがった七曲がり東端の崖。試料は灰色中粒砂岩。

K31 (680 m) : 石南花橋より北に入る沢入り口の滝の所。試料は灰色中-細粒砂岩。

K68 (700 m) : 石南花橋より 30 m 東の一之瀬林道の崖。赤味をおびた硬い中粒砂岩。全岩分析では SiO_2 76.11 wt% を示し、かなり珪長質である。

K69 (740 m) : 一之瀬林道の竜バミ谷入り口。試料は赤色中粒砂岩である。

(4) 黒雲母帯

K71 (770 m) : 紅葉橋の南 6 m の崖。試料は灰色細粒砂岩である。

K70 (780 m) : 紅葉橋の北 60 m の崖。試料は灰色中粒砂岩である。

K95 (1100 m) : 県道から一之瀬林道に入り、二つ目の西に入る沢の入り口。試料は灰黒色の中粒砂岩である。本試料と K73 は試料の等化学性を考慮して、小仏層群小菅累層の砂岩・泥岩互層のうち、砂岩を選んで採集した。なお、K95 から一之瀬川下流の K82 を結んだ線以南には小仏層群上部の小菅層が分布する。

K72 (1280 m) : 一之瀬林道の犬常木谷入り口。試料は暗灰色の泥薄層を挟む細粒砂岩。全岩分析によると SiO_2 75.71 wt% を示し、かなり珪長質である。

K73 (2100 m) : 県道(青梅街道)が南に大きく曲がる所。試料は灰色の細粒砂岩であるが、とにかく硬い石である。全岩分析によると、 SiO_2 74.60 wt% を示し、かなり珪長質である。

K84 (2700 m) : 県道の南に下る地点。試料は若干泥質である。

(5) 非変成四万十帯

K83 (3100 m) : 県道の東に下る地点。小仏層群上部の小菅累層に属する泥岩。

K82 (4600 m) : 県道(青梅街道)の羽根戸橋下流の河床。小菅層の砂泥互層のうち、暗灰色中細粒砂岩。全岩分析によると、 SiO_2 75.64 wt% を示し、かなり珪長質である。

K6 (5400 m) : 県道(青梅街道)の奥秋の西。丹波層の中粒硬砂岩で、黒色石質破片を含む。本試料については前回の論文で記載した(加賀美・谷口, 1998 前出)。

岩石薄片の顕微鏡観察

本地域の代表的な岩石として、非変成帯(K82)、黒雲母帯(K95, K72)、堇青石 I 帯(K31, K66)、堇青石 II 帯(K56)、および花崗閃緑岩(K54)を選んで、鏡下にみられる主要鉱物の特

徴を示す（図2）。

図2-Aに示したのは非変成帯の岩石（K82）で、小仏層群小菅累層の中粒砂岩である。その構成鉱物のモードは、石英（qz）33%、曹長石（ab）22%、微斜長石（or）12%、緑泥石（chl）11%などである（モード組成の図は22頁に示す）。石英粒子は角ばっており、全体に淘汰度が悪い砂岩である。写真で、基質を構成するなかに、粒状に見えるのが緑泥石である。

図2-Bに示したのは黒雲母帯 K95 の薄片である。このホルンフェルスの構成鉱物のモードは石英30%、斜長石は灰曹長石（ol_g）、中性長石（and）よりなり、合わせて30%となる。斜長石は残存鉱物と考えられる。その他、アルカリ長石15%、白雲母（ms）10%、および黒雲母（bt）5%よりなる。白雲母は写真では棒状の形態を示す大きな結晶と、左上の斑状変晶を埋める微小結晶とがある。黒雲母はチタン量が少ない（<0.1 afu）薄茶色種である。

図2-Cに示したのは黒雲母帯 K72 の薄片である。この試料の構成鉱物のモードは石英30%、斜長石は写真では左端に少し見えるだけであるが、大きな破片が多く含まれ、その量は43%になる。その殆どが中性長石である。斜長石は残存鉱物と考えられる。アルカリ長石（alk）10%、白雲母11%と多く、写真では白雲母が層状に配列しているのが認められる。黒雲母はこの段階ではまだ3%しか作られていない。

図2-Dに示したのは堇青石 I 帯の K31 の薄片である。構成鉱物のモードは石英28%、斜長石は中性長石で13%と少なくなるのに反して、アルカリ長石は20%と多くなる。写真では、微斜長石の斑状変晶が形成されているのがみられる。白雲母は5%で、白黒の写真では区別が難しいが、やや白っぽい上にピンク色を呈し短冊形に粒子が揃っている。黒雲母は3%弱しか作られていないが、薄茶色種が主である。本写真の右端や左下にかすかに見られるのが堇青石（cd）で15%も含まれている。

図2-Eに示したのは堇青石 I 帯の K66 の薄片である。構成鉱物のモードは石英29%、斜長石は灰曹長石が主で25%、アルカリ長石は25%と多い。黒雲母は9%で高チタン種が多い。堇青石は2%と量的には多くないが、写真中央に見られるように、斑状変晶を形成している。

図2-Fは堇青石 II 帯に属する K56-1 の薄片である。この試料の構成鉱物のモードは石英29%、灰曹長石からなる斜長石25%で、写真中央に見られるように斑状変晶を形成しており、灰曹長石は新たに再結晶したものであることは確かである。その他、アルカリ長石は17%、黒雲母は13%で、高チタン種が多い。堇青石は7%ふくまれ、写真では右上や左下に斑状変晶を作っている。ザクロ石（gt）は2%弱含まれている。

図2-Gは堇青石 II 帯に属する K56-2 の薄片である。この試料の構成鉱物のモードは上の写真とほぼ同じである。写真中央にザクロ石の結晶がみられる。斜長石は灰曹長石であり、アルカリ長石は正長石であった。黒雲母は色の濃い高チタン種（0.5 afu）で配列に方向性が認められた。また極一部であるが低チタンの薄茶種（0.1 afu）も存在した。これらはザクロ石・黒雲母地質温度計の計算に使われた。

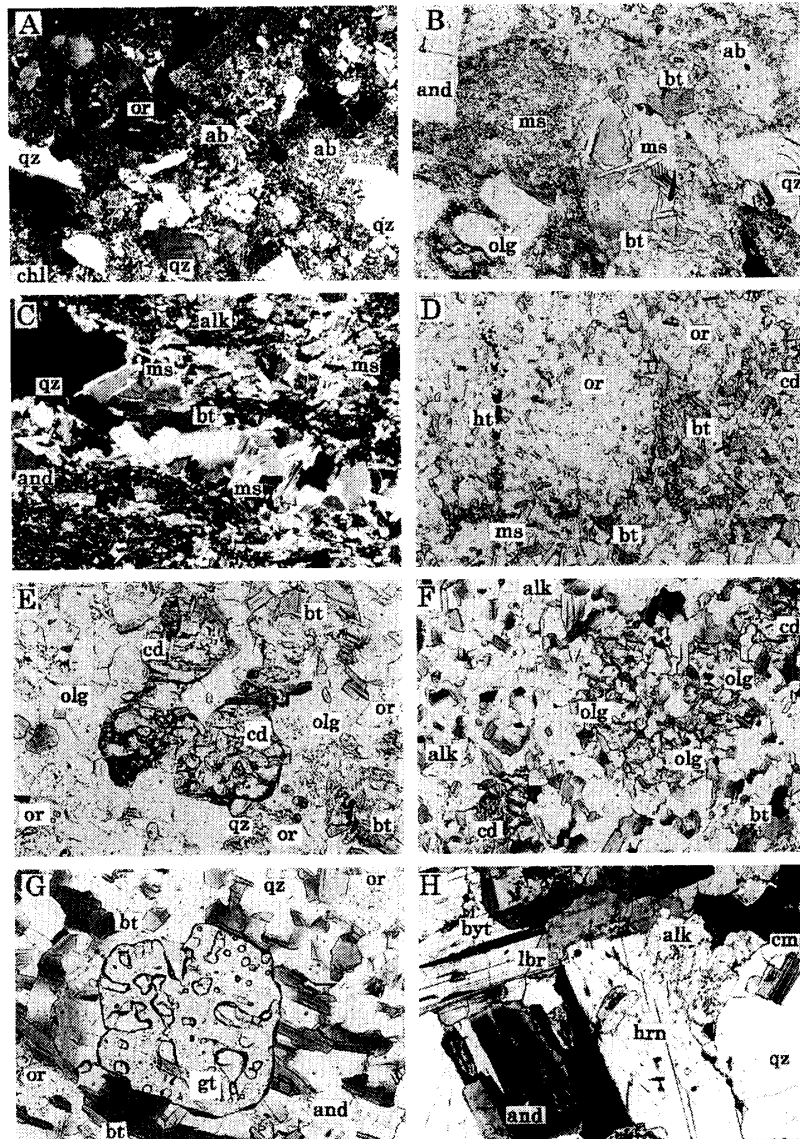


図2 岩石顕微鏡写真

- A. K822 A, クロスニコル横幅 2.1 mm
非変成帯の小仏層群小菅累層の砂岩。アルカリ長石 (or~ab) が多い。緑泥石(chl)が認められる。
- B. K95 B, オープンニコル横幅 0.5 mm
黒雲母帯のホルンフェルス。左上の斑状変晶は白雲母 (ms) の小型短冊結晶の集合体。
- C. K72 B, クロスニコル横幅 0.5 mm
黒雲母帯のホルンフェルス。白雲母が層状に形成されている。源岩から残留した中性長石 (and) がみられる。
- D. K31 A, オープンニコル横幅 0.5 mm
堇青石 I 帯のホルンフェルス。微斜長石 (or) を黒雲母 (bt) が取り囲む斑状変晶が形成されている。右端に堇青石 (cd) の溶け残りの残晶がある。
- E. K66 B, オープンニコル横幅 0.5 mm
堇青石 I 帯のホルンフェルス。中央に堇青石の大きな斑晶がみられる。長石類は灰曹長石 (olg) とアルカリ長石が半々存在する。
- F. K561 B, オープンニコル横幅 1.0 mm
堇青石 II 帯のホルンフェルス。全面に赤味を帯びた褐色の黒雲母が形成されている。中央に灰曹長石の斑状変晶が形成されている。
- G. K562 A, オープンニコル横幅 0.5 mm
堇青石 II 帯のホルンフェルス。全面に高いチタン含量を示す黒雲母が形成され、方向性をもって配列する。中央にザクロ石 (gt) の円形結晶が認められる。
- H. K54 A, オープンニコル横幅 2.1 mm
広瀬花崗閃緑岩に属するカミングトン閃石を含む Hornblende biotite granodiorite。中央にあるのは普通角閃石 (hrn)。左上には曹灰長石 (lbr) や垂灰長石 (byt) がみられる。

図2-HはK54で採取された広瀬花崗閃緑岩の薄片である。写真中央に見られる明色の結晶は普通角閃石である。その左隣にあって累帯構造を示すのは斜長石で、そのリムは中性長石であり、コアは曹灰長石 (lbr) になっている。左上に見える白色の斜長石は亜灰長石 (byt) であり、試料中では最も An-rich である。写真でははっきりしないが、黒雲母も多く含まれる。極少量であるがカミングトン閃石が含まれている。

ホルンフェルス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 JCSA-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^{-18} A およびビーム径 $1 \sim 4 \mu\text{m}$ 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。

代表的な分析結果は、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

各帯の長石類の組成を効率的に示すために、非変成帯の小仏層の砂岩、黒雲母帯のホルンフェルス、堇青石帯のホルンフェルスの順で、各帯から 2 地点ずつを選び出し、その長石類を An-Ab-Or 三角ダイアグラムに表示した (図 3)。

非変成帯の砂岩は、K6 と K82 に代表され、アルカリ長石が大変多いことを特徴とする。その他に、K6 にみられるように An_{10-50} の斜長石が存在することである。

黒雲母帯のホルンフェルスは K95, K72 によって代表される。非変成帯に多数認められた Or_{20-80} の組成域のアルカリ長石は消失してしまい、代わりに Or_{82-98} の組成域の微斜長石が若干みられる。また、K95 の三角ダイアグラムに見られるように、曹長石が若干認められることと、 An_{10-50} の斜長石が観察される。特に、K72 ではこの組成域を持つ斜長石が多い。非変成帯の長石類と比べると、 An_{10-50} の斜長石の大部分は残存鉱物と判断される。

堇青石帯の長石類の性質は、K66 と K56 に代表され、どちらも極めて似ていて、アルカリ長石と、 An_{10-30} の斜長石つまり灰曹長石の領域の 2 つに集中的な分布が見られることが特徴である。図 2-F の K56 の岩石顕微鏡写真にみられるように、灰曹長石の斑状変晶が発達する様子からみて、この組成域の斜長石が新たに形成されたものと判断される。この段階で残留していた斜長石は全て再結晶したものと判断される。また、微斜長石の斑状変晶は図 2-D の K31 の岩石顕

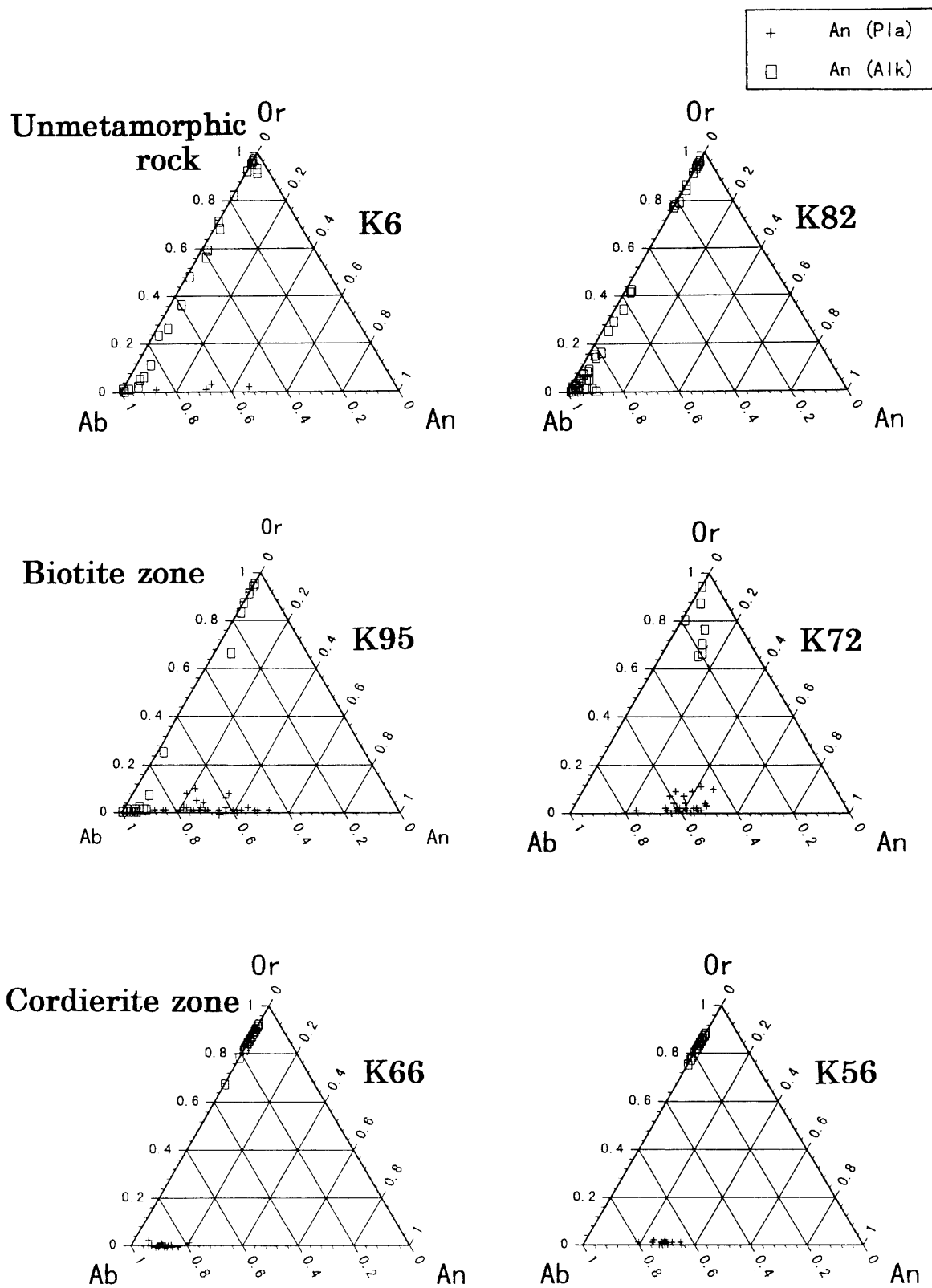


図3 長石類の An-Ab-Or 三角ダイアグラム

微鏡写真に示されている。

なお、堇青石帯において、アルカリ長石が量的に多めに形成されている事実は、A'KF 三角ダイアグラムの項で重要な意味を担うことになるので、それについては後に論ずることとする。

3. 白雲母の化学組成

白雲母 muscovite の化学式は $K_2Al_4Si_6Al_2O_{20}(OH)_4$ と表せる。muscovite は同じ di-octahedral グループの leucophyllite [$K_2Mg_2Al_2Si_8O_{20}(OH)_4$] ~ celadonite [$K_2Fe_2Al_2Si_8O_{20}(OH)_4$] と固溶体関係にある。この間には、



ここで $M = Mg, Fe$ であり、(1)式の置換が生じている。この置換を Tschermak 置換といい、phengite 系の白雲母を形成する。Tschermak 置換のうち、 Mg, Fe に着目すれば、この系は X_{Fe} で記述することができる。

堇青石帯の K56~K68 と、黒雲母帯の K70, K72, K73 の白雲母の X_{Fe} を x 軸にとり、y 軸に構成元素の値 (afu) をプロットすると、堇青石帯と黒雲母帯では明瞭な相異がみられる (図4)。まず X_{Fe} の範囲が両者で異なり、堇青石帯では X_{Fe} が 0.3~0.5 に集中し、黒雲母帯では 0.5~0.7 に集中する。つまり、黒雲母帯では Fe-rich であり、相対的に堇青石帯では Mg-rich となっている。

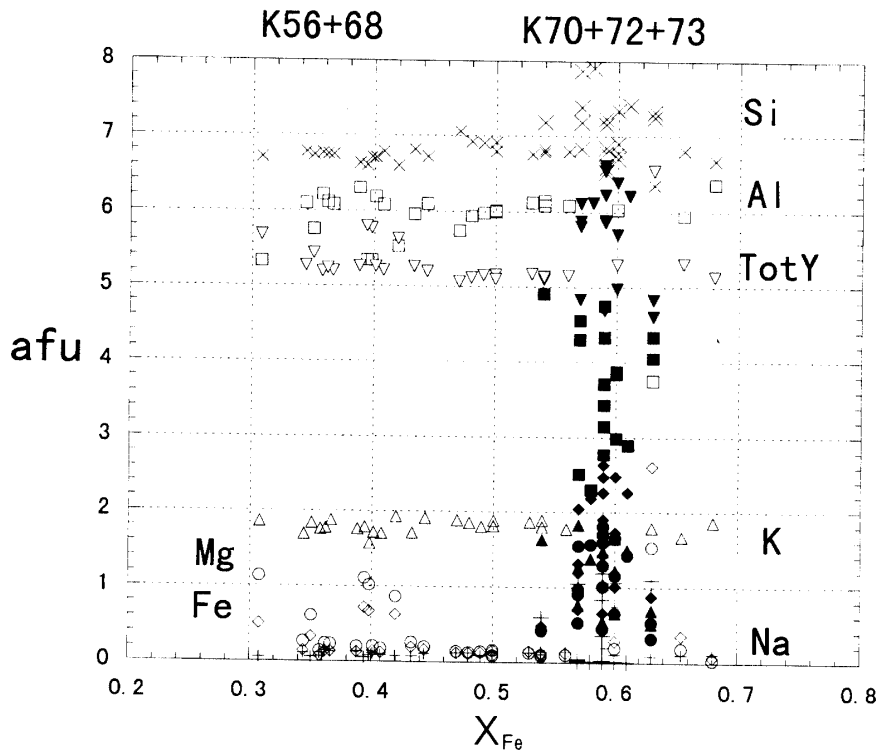


図4 白雲母の X_{Fe} と化学的諸性質との関係

黒雲母帯の K70~K73 の記号は中黒かサイズが大きく示されている。堇青石帯の K68 は化学組成に幅広い性質を示す。図の左側が熱源のコンタクトに近い。

構成元素の分布をみると、 X_{Fe} の増加に対応して Al の減少、Si の若干の増加が認められる。また、K が減少して Na が増加し、Mg、Fe が増加して Al の減少をカバーしている様子がみられる。このような変化は黒雲母帯で生じていることから、低温での変成で形成されたものと考えられる。高温の堇青石帯では、いわゆる白雲母は muscovite に近づいている様子がみられ、特に、 $X_{Fe} < 0.45$ になると Mg も明らかに増加している。なお、 NaK_{-1} の変換は paragonite-muscovite 系の固溶体である。

白雲母にみられる、もう一つの変化は Di-octahedral (白雲母構造) から Tri-octahedral (黒雲母構造) になる Biotite substitution である (例えば, Speer and Becker, 1992)。それは、



と表される。ここで、 \square は octahedral vacant site であり、 $M = Fe, Mg$ である。この置換では tetrahedral layer は Si_3Al の基本組成を変えないが、octahedral site では白雲母構造の 4 配位から黒雲母構造の 6 配位に変化する。

ところで、(1)、(2) 式の Al_{Tot} に着目し、muscovite-leucophyllite と、これに対応する eastonite $[K_2Al_2Mg_2Al_4Si_4O_{20}(OH)_4]$ - phlogopite $[K_2Mg_6Si_6Al_2O_{20}(OH)_4]$ を記述すると、 Al_{Tot} は 2~6.5 afu の範囲内にはいる。これを x 軸にとり、y 軸に Garcia-Casco et al (1993) の Phengite trend [以降 PhT と略する。PhT = Fe + Mg + Ti + (Si - 6)] の値をプロットした (図 5)。ここで、PhT が muscovite-leucophyllite 線上近くにプロットされないのは、 Fe^{2+} の区別が

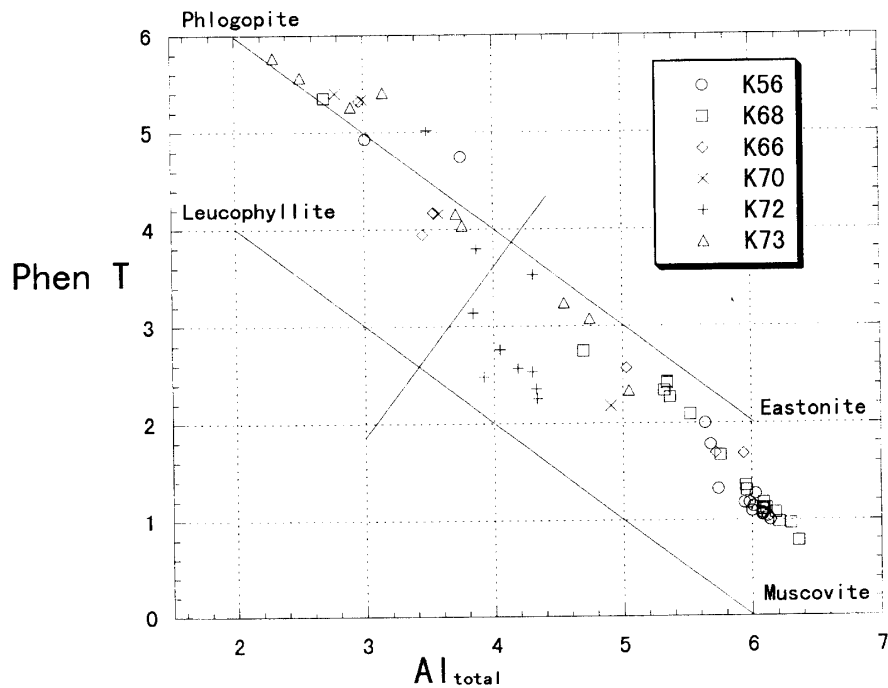


図5 白雲母の Al_{Tot} と Phengite trend との関係
muscovite, leucophyllite, eastonite, phlogopite はエンドメンバーを示す。

されていないためである (Guidotti, 1984)。

この図から、 $Al_{Tot} < 4$ afu では phengite 置換と biotite 置換の両方が生じていること、その殆どが黒雲母帯の試料であるということが示されている。その逆に、正常の muscovite になるのは、K68 や K56 のように董青石帯に限られていることが読みとれる。

4. 黒雲母の化学組成

黒雲母の化学組成は Mg~Fe 固溶体変化に比例して変化する。この変化は X_{Mg} によって記述するのが普通であるが、黒雲母の Solidification Index (例えば, Lalonde and Bernard, 1993; 以下 SI と省略する) と良い対応を示すことから、本論文では SI ($MgO \times 100 / (MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O)$) を用いて記述することにする。SI は元来火山岩などの累進的結晶化作用を示す指数であった。SI を x 軸に、それに対応する黒雲母の化学組成を y 軸にプロットしたのが図 6 である。

まず、SI の値は 14~30 にわたり、幅広く分布している。これを X_{Mg} で示すと、0.3~0.55 の範囲に相当する。SI の値は董青石帯の K56 では 14~18 であり、K66 では 18~20 を示す。そして黒雲母帯の K70 では 20~26 となる。図では K70 の代わりに K68 の値を示した。それは K68 の

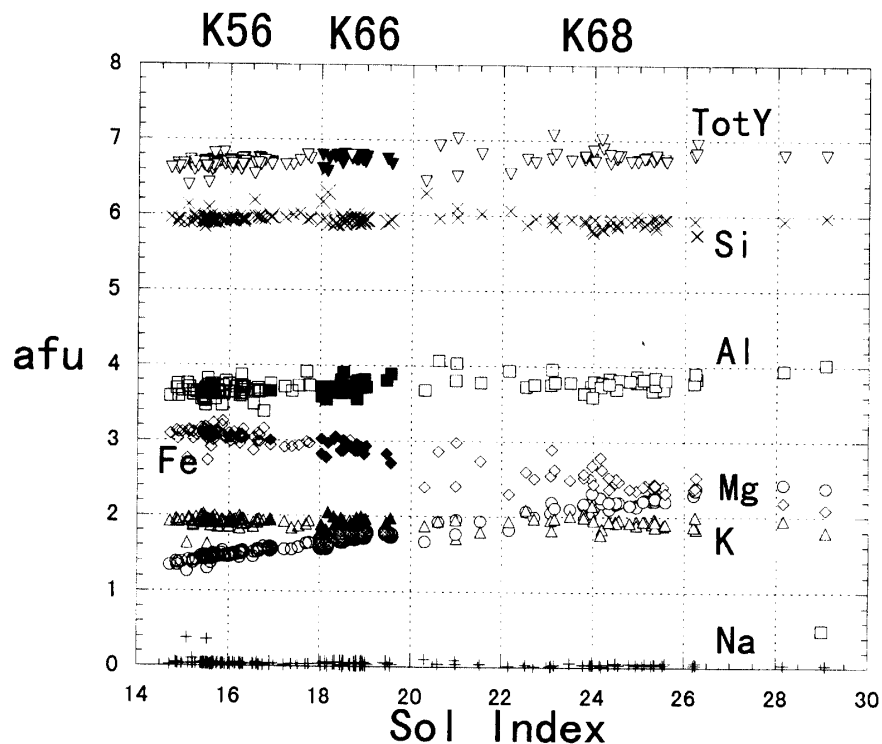


図 6 黒雲母の Solidification Index と化学的諸性質との関係

K68 は SI の値が 20~29 と幅広い範囲に分布している。K56 は SI が 14~18 の範囲に分布する。K66 は SI が両者の中間の値を示すが、中黒の記号か大きな記号をもって示した。なお、図の左側がコンタクトに近い方向である。コンタクトに近づくとも Mg が減少することが分かる。

方が SI に関して 20~30 と異常に幅広く分布し、その間の化学組成の変化を的確に示しているからである。図 6 において最初に指摘することは、Fe と Mg の交差現象である。SI が 26 付近で、Fe と Mg は 2.3 afu の値付近で交差した後、SI のより小さい方で Fe は 3.1 afu まで微増し、Mg は 1.4 afu まで減少する。この事実から、SI が 14~20 の黒雲母を Fe-rich biotite と呼び、SI が 20~30 の黒雲母を Mg-rich biotite と呼ぶことがある。以上の事実は、黒雲母に関しては高温側で annite 成分に振れていることを示す。

その他の変化は、K と Na の微増と、Al の若干の減少である。

以上述べたように、黒雲母ではフレームワークを変えるような大きな組成変化は生じていない。

5. 堇青石の X_{Mg} とチャンネルカチオン (Channel Cation)

堇青石が得られた地点はコンタクト側から数えて K55, K56, K57, K26, K66 の 5 地点である。分析値から X_{Mg} とチャンネルカチオン (Na+K) をプロットしたものを図 7 に示す。このうち最も Fe-rich なのは K56 であり、この地点はザクロ石で論じるように変成温度が高かったと判断される。その次に Fe が多いのは K57 である。

一方、最も Mg-rich の傾向を示すのが K55 である。黒雲母の SI 値分布のところで論じるように、この地点では何らかの理由で Mg が供給された可能性がある。

K26 と K66 の堇青石は Mg に関しては、中間的な値であるが、チャンネルカチオンの量が大変多いという異常を示す。この性質を Pereira and Bea (1994) はマグマ性の影響であるとした

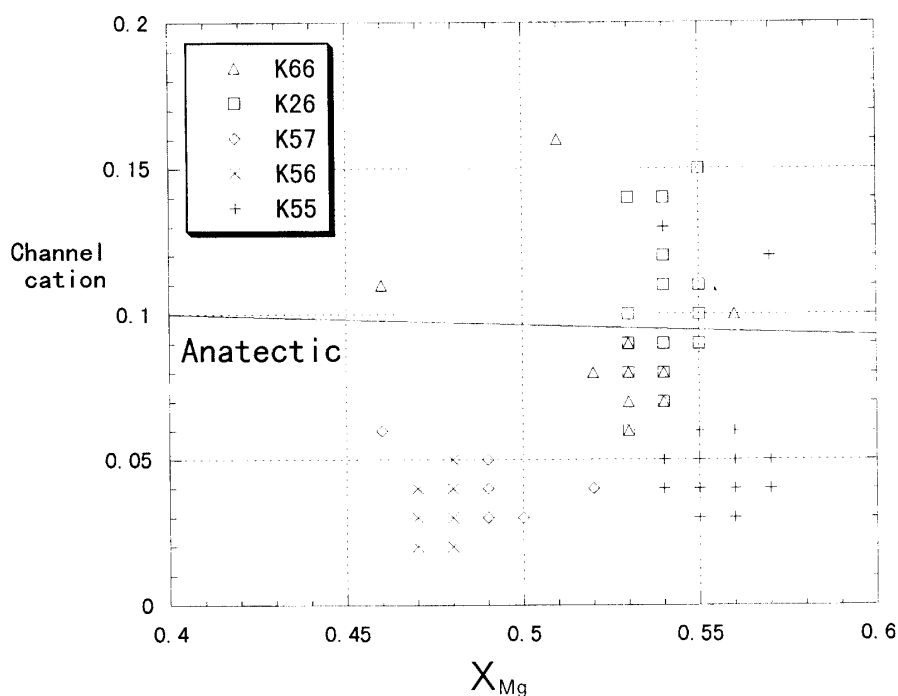


図 7 堇青石の X_{Mg} とチャンネルカチオンとの関係

が、本地域ではそのような地質的事実は認められない。しかし、少なくともホルンフェルスの変成性としては Fe-poor で (K66), P_2O_5 や CaO に富む (K26) 異常なグループであることは確かである。

ホルンフェルスの変成温度と化学組成

1. ザクロ石の化学組成と変成温度

ザクロ石を多産する地点は、花崗閃緑岩接触面から 15 m 離れた位置の K55, 同じく 50 m の K56, 140 m の K57 である。Mn-Fe-Mg 三角ダイアグラムでみると、K55 が最も Fe-poor (64%) で、ついで K56 において Fe (73%) となり、K57 で Fe-rich (82%) となっている (図 8)。ザクロ石のこの変化に対応して、共存している黒雲母の化学組成変化をみると、図 6 に示したものと系統的に反対の傾向を示す。例えば、Mg, Fe の変化をみると、K57 から K55 に向かって、Fe-poor になり、代わって Mg-rich になっている。また、Ti について、Fe と似た動きを示し Ti-poor に系統的に変化している (図 9)。黒雲母は一般的に堇青石帯に入ると赤味を帯びた褐色を呈するが、これはやや TiO_2 に富むためである。しかるに、ここではコンタクトに近づくに従い、再度 Ti-poor に変化している。

コンタクトに近づくるとザクロ石は Fe-poor となり、黒雲母が Mg-rich に変化する傾向を示すのは、一般的にいうと温度が降下することを意味しており、接触変成岩としては正常ではない。Spear (1993) によるザクロ石-黒雲母地質温度計法によりホルンフェルスの変成温度を推定すると、K57 で 690~730°C, K56 で 650~710°C であり、そして K55 で 610~690°C となった (図 10)。つまり、コンタクトに最も近いところにある K55 において温度は逆に低いのである (表 1 参照)。

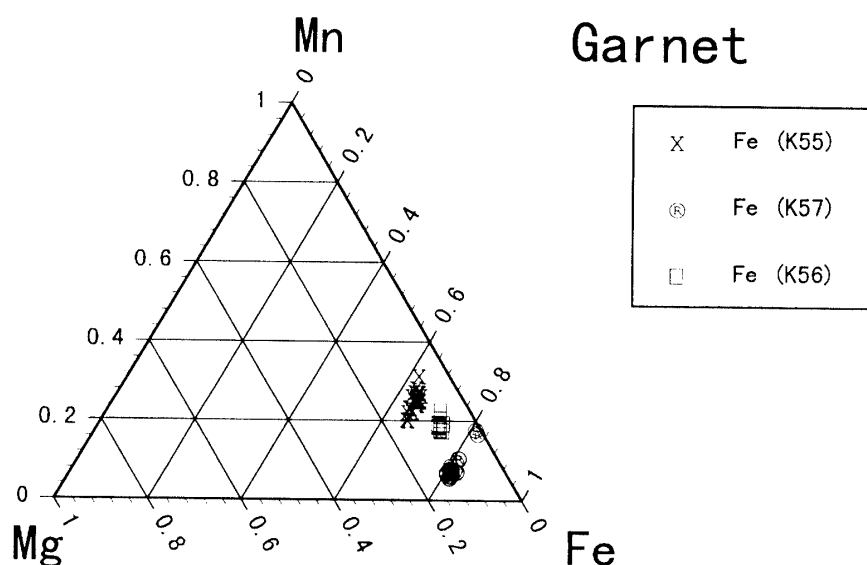


図 8 ザクロ石の Fe-Mg-Mn 三角ダイアグラム

表 1 K56, K57, K55 地点のザクロ石の

No.	K562	228	229	233	255	226	227	232	253	K57	7
SiO ₂		37.27	37.29	37.27	37.48	37.55	37.34	37.22	37.08		37.26
TiO ₂		0.08	0.02	0.03	0.04	0.06	0.00	0.03	0.00		0.00
Al ₂ O ₃		20.86	20.87	20.93	20.56	20.70	20.68	20.59	20.75		20.62
FeO		31.67	31.67	31.63	32.36	31.15	31.78	30.88	30.33		34.95
MnO		7.71	8.26	8.21	7.86	8.38	8.68	9.17	9.84		3.37
MgO		2.01	2.01	2.00	1.93	1.90	1.88	1.59	1.50		2.51
CaO		1.03	1.03	0.95	1.01	0.99	1.03	0.95	1.01		0.95
Na ₂ O		0.03	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01		0.00
K ₂ O		0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01		0.00
Cr ₂ O ₃		0.00	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.05		0.00
V ₂ O ₃		0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.04	0.03	0.01		0.00
NiO		0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00		0.02
P ₂ O ₅		0.04	0.00	0.01	0.07	0.01	0.03	0.05	0.03		0.00
Total		100.75	101.25	100.98	101.42	100.76	101.49	100.58	100.63		99.67
O No.		24	24	24	24	24	24	24	24		24
Si		6.01	6.00	6.01	6.03	6.05	6.01	6.03	6.01		6.05
Ti		0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		0.00
Al		3.96	3.96	3.96	3.90	3.93	3.92	3.93	3.96		3.95
Fe		4.27	4.26	4.26	4.35	4.20	4.27	4.18	4.11		4.74
Mn		1.05	1.13	1.12	1.07	1.14	1.18	1.26	1.35		0.46
Mg		0.48	0.48	0.48	0.46	0.46	0.45	0.38	0.36		0.61
Ca		0.18	0.18	0.16	0.17	0.17	0.18	0.17	0.18		0.16
Na		0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
K		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
Cr		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01		0.00
V		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00		0.00
Ni		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
P		0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00		0.00
Total		15.99	16.02	16.01	16.01	15.97	16.03	15.98	16.00		15.98
Pyrope		8.07	8.02	8.01	7.71	7.63	7.49	6.42	6.05		10.16
Almand		71.15	70.14	70.56	71.36	70.28	69.83	69.62	68.34		79.33
Spessar		17.60	18.71	18.69	17.86	19.18	19.65	21.10	22.57		7.75
Grossu		2.96	2.95	2.75	2.90	2.85	2.94	2.85	2.94		2.76
X _{Mg} Grt		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08		0.11
X _{Fe} Grt		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.92	0.92		0.89
Bt No*		117	218	343	1	152	214	163	22		38
X _{Fe} Bt		0.69	0.70	0.69	0.68	0.59	0.65	0.64	0.64		0.68
X _{Mg} Bt		0.31	0.30	0.31	0.32	0.41	0.35	0.36	0.36		0.32
KD		0.25	0.26	0.25	0.23	0.16	0.20	0.16	0.16		0.27

* 付表1 27, 29, 30 頁参照

化学組成と変成温度

19	93	95	22	88	89	5	K55	12	24	3	3
37.36	37.94	37.48	37.82	38.17	38.20	37.26		36.73	37.10	36.90	36.72
0.07	0.05	0.04	0.11	0.18	0.12	0.01		0.04	0.06	0.03	0.07
20.16	20.66	20.68	20.19	20.71	20.64	20.61		20.39	20.50	20.60	20.46
34.94	35.02	34.78	33.74	34.57	33.79	34.36		27.22	27.61	27.55	27.20
3.37	3.72	3.57	3.16	3.12	3.02	3.39		10.69	10.67	11.15	10.67
2.45	2.32	2.40	2.87	2.96	2.85	2.81		2.25	2.31	2.28	2.26
1.01	1.05	0.96	1.04	0.96	0.96	0.94		1.31	1.24	1.30	1.21
0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.04		0.00	0.00	0.02	0.02
0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01		0.03	0.02	0.00	0.01
0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00		0.07	0.06	0.02	0.08
0.00	0.03	0.02	0.06	0.02	0.05	0.06		0.00	0.05	0.01	0.03
0.01	0.04	0.00	0.02	0.02	0.07	0.00		0.07	0.00	0.03	0.00
0.00	0.00	0.07	0.10	0.06	0.03	0.01		0.01	0.00	0.00	0.00
99.42	100.84	100.03	99.14	100.82	99.72	99.50		98.80	99.61	99.97	98.72
24	24	24	24	24	24	24		24	24	24	24
6.09	6.09	6.06	6.13	6.09	6.14	6.05		6.03	6.03	5.99	6.02
0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00		0.01	0.01	0.00	0.01
3.87	3.91	3.94	3.86	3.89	3.91	3.94		3.94	3.93	3.94	3.95
4.76	4.70	4.70	4.57	4.61	4.54	4.66		3.73	3.76	3.74	3.73
0.47	0.51	0.49	0.43	0.42	0.41	0.47		1.48	1.47	0.53	1.48
0.59	0.56	0.58	0.69	0.70	0.68	0.68		0.55	0.56	0.58	0.55
0.18	0.18	0.17	0.18	0.16	0.16	0.16		0.23	0.22	0.23	0.21
0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01		0.00	0.00	0.01	0.01
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.01	0.00	0.01
0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01		0.00	0.01	0.00	0.00
0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		0.01	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
15.97	15.95	15.95	15.91	15.93	15.88	15.98		15.99	15.99	16.03	15.99
9.96	9.34	9.73	11.79	11.89	11.65	11.38		9.21	9.37	9.57	9.26
79.11	79.11	79.25	77.68	78.02	78.52	77.85		62.02	62.36	61.12	62.23
7.79	8.52	8.23	7.37	7.12	7.00	7.80		24.85	24.59	25.47	24.80
2.94	3.02	2.79	3.06	2.76	2.81	2.74		3.84	3.62	3.76	3.55
0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13	0.13	0.13	0.13
0.89	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.87		0.87	0.87	0.87	0.87
92	117	40	52	72	74	58		219	119	18	195
0.68	0.69	0.67	0.63	0.65	0.65	0.65		0.63	0.62	0.60	0.59
0.32	0.31	0.33	0.37	0.35	0.35	0.35		0.37	0.38	0.40	0.41
0.27	0.26	0.25	0.26	0.28	0.28	0.27		0.25	0.24	0.23	0.21

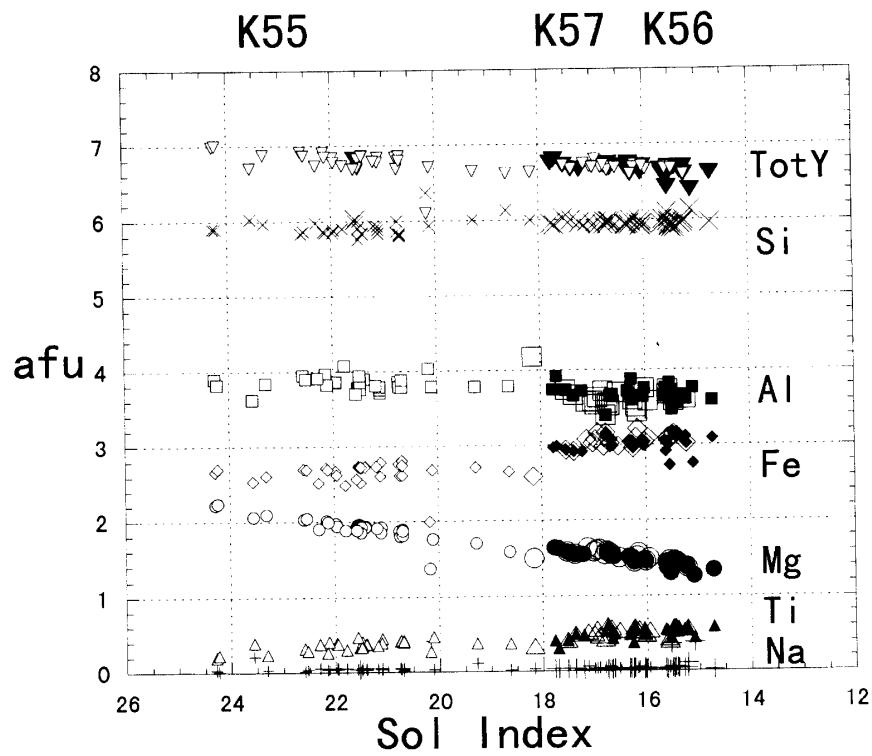


図9 ザクロ石と共存する黒雲母の Solidification Index と化学的諸性質の関係
 図の左側が花崗閃緑岩とのコンタクトに当たる。
 K55 は SI が 18-24 の範囲に分布する。K56, K57 は同じ SI 範囲の 14-18 に分布するが、K57 は大きな記号で示した。K56 は中黒の記号で示し区別した。コンタクトに近づくとも Mg が増加する様子がここでは見られる。

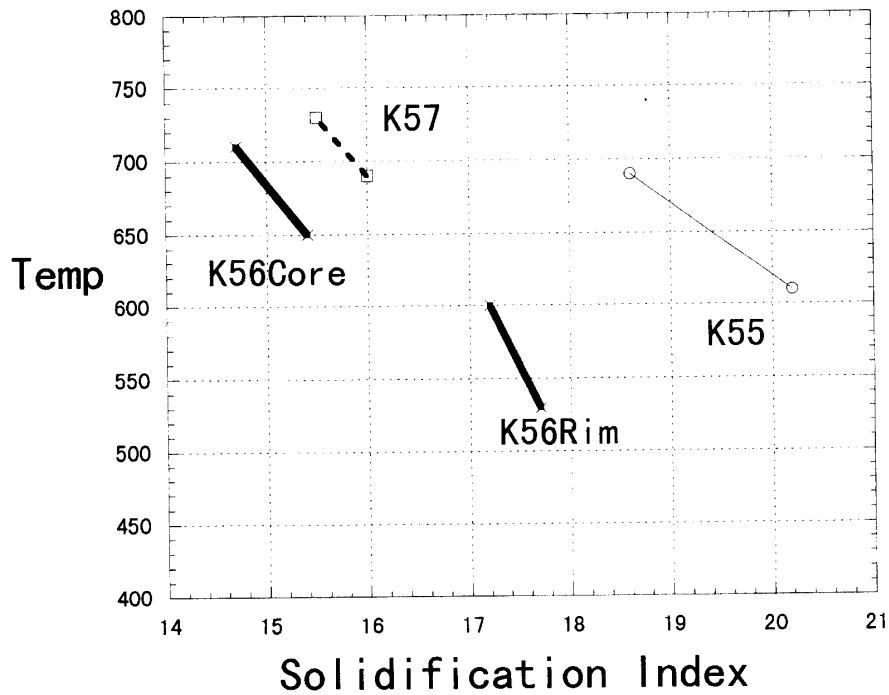


図10 ザクロ石・黒雲母地質温度計で決めた変成温度を Solidification Index 上にプロットした図

K55 に含まれる白雲母の多くが緑泥石に変質していることからみて、K55 の地点は後退変成作用を受け、その時の温度は当初の値より低いものであったと推定される。

この変化を明瞭に示すもう一つの証拠が観察された。K56 に含まれるザクロ石は図 2-G の顕微鏡写真に示されている。このザクロ石のリムとコアの化学組成は、リムにおいて Fe-poor になる (図 11)。地質温度計法により温度推定をすると、コアでは 650~710°C であったが、リムにおいて 530~600°C と温度低下を生じている。

これらの観察から、本地域では堇青石帯の変成作用が長期間にわたり継続することなく、かなり急激に温度低下を生じるような構造的変動があったものと推定される。例えば、村田ほか (1986) はこの付近に鶴川北断層が存在していることを示したが、そのような変動が影響したかも知れない。

2. コンタクトからの距離と黒雲母 SI 値および 白雲母 PhT 値分布

一之瀬地域には小仏層群丹波累層が分布しており、その砂岩層が接触変成しているので、本論で議論するのは主に砂質ホルンフェルスが中心である。コンタクトからの距離 0~2500 m に対して、18 地点の黒雲母の SI 値をプロットしたものを示す (図 12)。コンタクトから 750 m までが堇青石帯であり、そこから図の終わりまでが黒雲母帯である。図中で縦の棒が SI の範囲を示し、そこから小さな横棒が出ているところが最頻値の所在である。

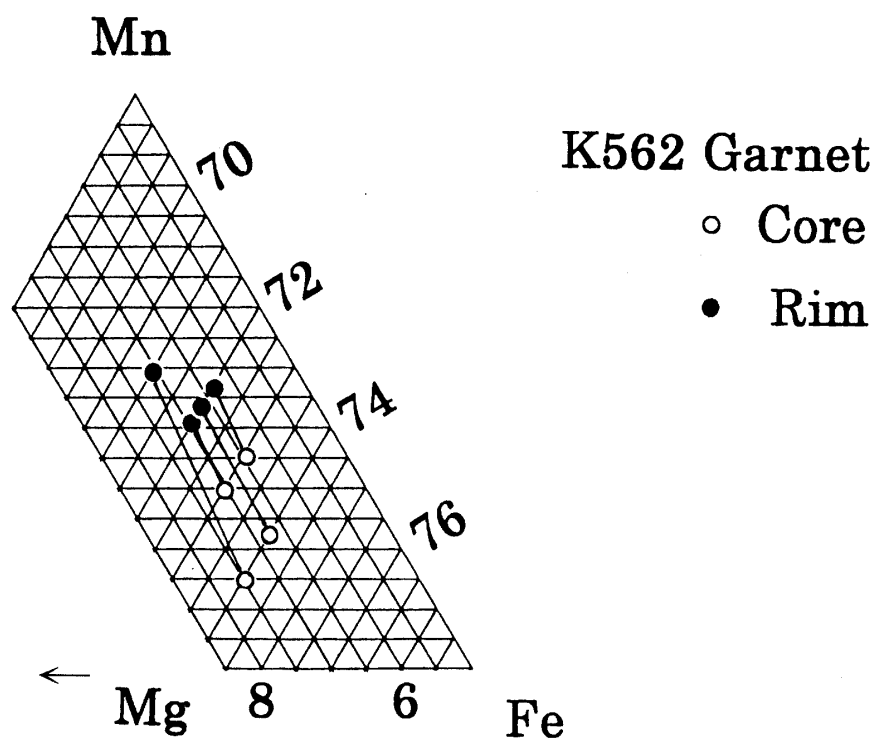


図 11 Fe-Mg-Mn 三角ダイアグラムにプロットした K562 ザクロ石のコア-リムの化学組成

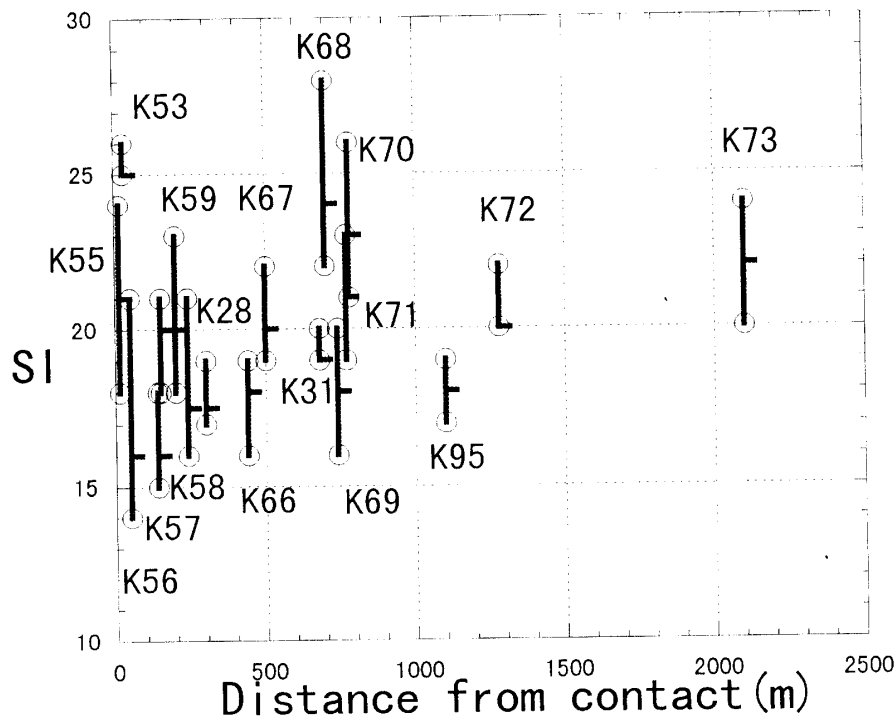


図 12 コンタクトからの距離に対する黒雲母の Solidification Index の変化

黒雲母帯の K71 から K73 までの 5 地点では、一般に SI の値が 20 より大きい。SI の定義から、これは Mg-rich のことであり、変成温度が低かったことを示している。これに対して 董青石帯では SI の下限は 15 と低い値を示している。特に、K56 では 15 を割って最も低い値を示している。これは Mg-poor を示して、変成温度が高かったと解釈される。このように見ると、黒雲母帯の K75 からコンタクト近くの K56 に向かって、SI の値が概括的にみて系統的に低下して行く傾向が読みとれる。ところが、その中でこの傾向に反するところが二カ所存在する。一つは K68 の地点であり、他の一つはコンタクト直前の K55 と K53 の地点である。

さて、上記二地点で SI の値が大勢に反して大きくなることは、その定義から MgO の値が大きくなるということである。特に、K68 付近では SI の値が周囲より突出して大きくなっている。これは変成条件が周囲より異なったという程度の変化なのか、または何か MgO が fluid として特別に供給されたような現象であったのか検討を要する。同様に K55 の地点は花崗閃緑岩とのコンタクトであるから、当然そのような変化が生じたとしても不思議ではない。

次に、コンタクトからの距離に対して、16 地点で得られた白雲母の PhT の動向を示す (図 13)。PhT は Mg, Fe, Al が関係する指標であり、白雲母の化学組成の中で変化が最も激しい性質があるので、これを用いて温度の指標とすることが出来る。この図において、PhT の値が 0~3.5 の領域にあるのが、いわゆる muscovite であり、3~6 の領域にあるのが黒雲母的な白雲母で、phengite と呼ばれるものである。A'KF 三角ダイアグラム上では、このグループは黒雲母の位置にプロットされる。図 13 で実際の分布をみると、黒雲母帯に属する K73~K71 の白雲母の PhT 最

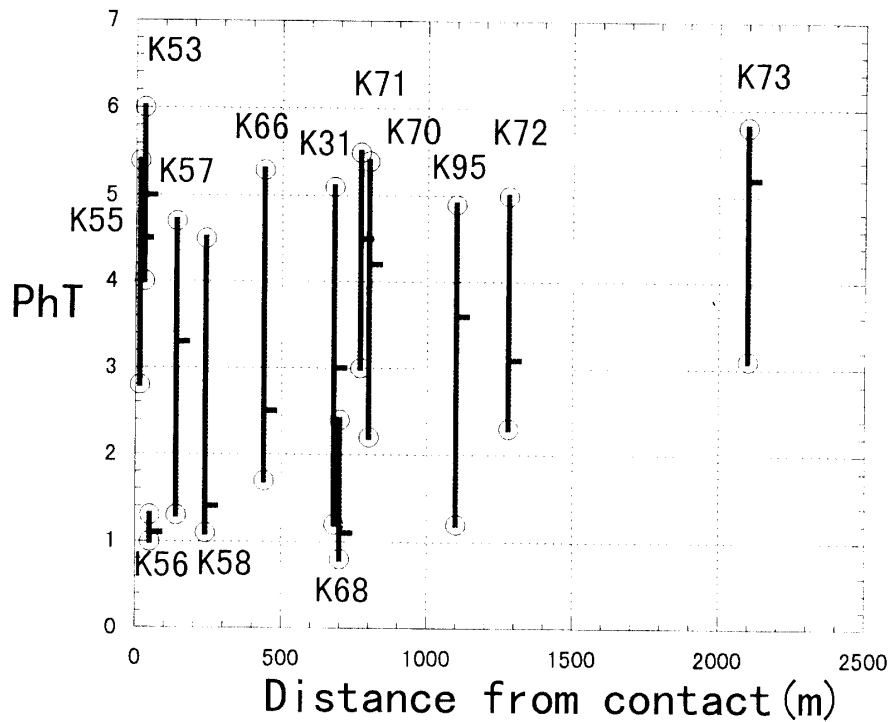


図 13 コンタクトからの距離に対する白雲母の Phengite Trend の変化

頻値は3~3.5以上であり、phengiteに属する。ところが、堇青石帯に属するK68~K56の白雲母のPhT最頻値は3~3.5以下を示しており、正常のmuscoviteであることを示す。特に、K56の白雲母は純粹のmuscoviteであることから、変成温度が高いとmuscoviteになるという考えは正しいと認められる。この一般的な傾向に対して、コンタクトに最も近い位置にあるにも係わらず、K55とK53の白雲母PhTの値は大きく、温度が急低下したことを示している。一般にホルンフェルスの中での熱の流れは熱伝導作用によっていると考えられるが、PhTのパターンから読むと、K55、K53において熱は破断的な原因によって奪い去られ、温度が急低下したものと推定される。

これに対して、K68においては、黒雲母のSIからみて、過剰なMgの供給があったことは事実であるが、白雲母のPhT値は低いことから、温度の低下は生じていないと判断され、従ってMgの供給があったとしても、それはHot fluidによるものであったか、または、他の理由によったものと推定される。

3. A'KF 三角ダイアグラム

多成分系の変成岩の組成を三成分系にまとめて、二次元の三角形にプロットすることにより、相平衡の関係を示すテクニックは古くから行われてきた。A'KF 三角ダイアグラムはEskolaに依って提唱されたもので、雲母類やカリ長石の組成-共生図として相平衡を論ずるのに適している。ここで；

$$A' = Al_2O_3 + Fe_2O_3 - (Na_2O + K_2O + CaO)$$

$$K = K_2O$$

$$F = FeO + MgO + MnO$$

実際の例について計算する。非変成帯は K82 のアルカリ長石，白雲母， クロライトを選び，黒雲母帯では K73 の黒雲母， 白雲母， および K72 の黒雲母について， また堇青石帯については， K55, K56, K57 のザクロ石， K56, K57, K66 の堇青石の A'KF 値を計算し， その値から図を描いた (図 14, 16)。まず非変成帯の岩石の場合であるが， A'は白雲母もしくは粘土鉱物を代表し， Kはカリ長石， Fはクロライトまたはクロライト的白雲母 (注：K82 の白雲母の一部は A'KF 計算をするとクロライトの位置にプロットされる) によって構成される。これらの鉱物が変成時に化学組成とモード比共に可変するものであることは， 鉱物組成のモード分析を示した図からも理解される。モード分析によれば， 黒雲母帯で白雲母， 黒雲母， 石英が増加することは明らかである。そこで， 反応によって phengite 的白雲母と黒雲母が作られたとして， K73 の二つの値をプロットすると， 白雲母—カリ長石—クロライトの三相三角形を分割する形で白雲母—黒雲母共存線が引かれた (図 14)。

ここで各サンプルの全岩分析を， 佐藤ら (1999) の方法でマイクロ蛍光 X 線分析装置 (オミクロン) を使って行った結果について述べる。分析結果を A'KF 三角ダイアグラムに落としたものを示す (図 15)。これによると， 非変成岩 (K82) と堇青石帯のホルンフェルス (K56, K68)

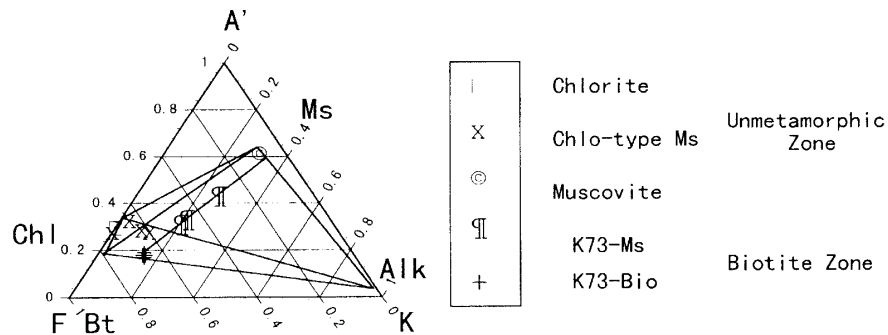


図 14 A'KF 組成—共生図 非変成帯→黒雲母帯

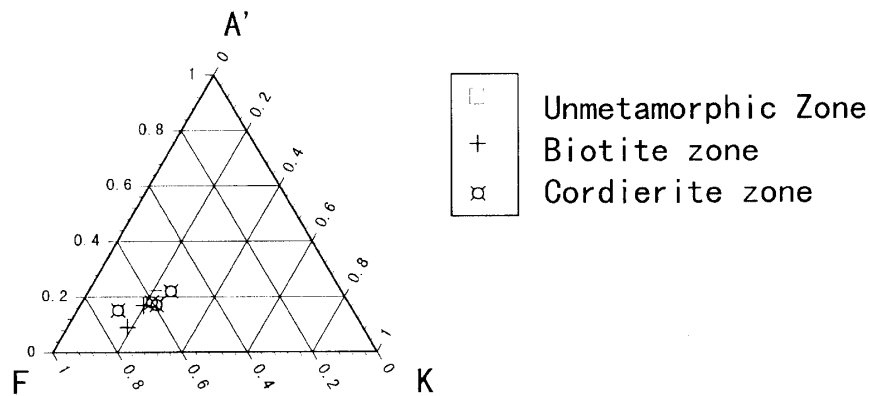


図 15 全岩化学組成の A'KF 組成—共生図

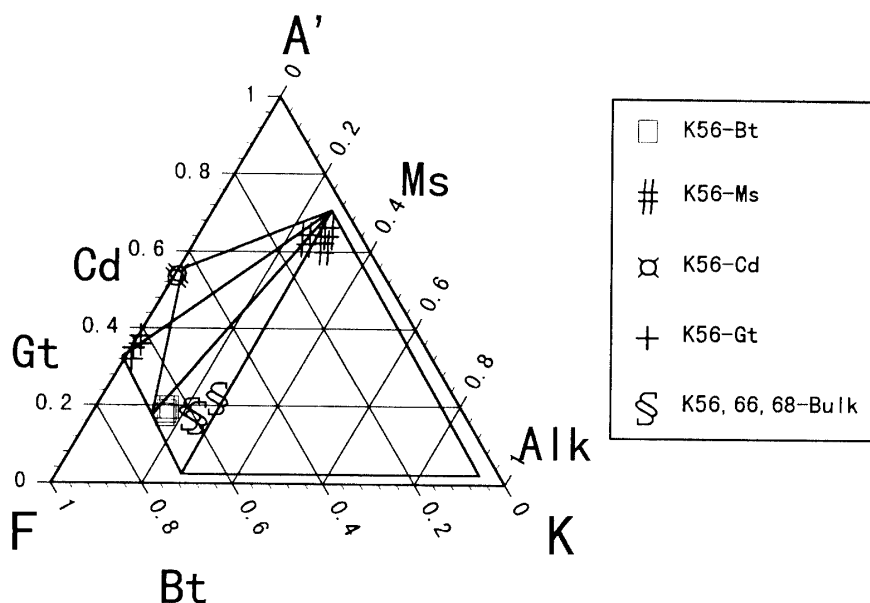


図 16 A'KF 組成—共生図。黒雲母帯→堇青石帯

の全岩分析値は殆ど同じ組成である。それに対して黒雲母帯のホルンフェルス (K72) の全岩分析値は F の値が大きい (Mg-rich) という特徴が見られる。堇青石帯の K55 も K72 と共に F 値が大きいという似た性質を示している。

次に、堇青石帯が作られた反応について A'KF 組成—共生図を見てみる。白雲母—黒雲母共存線を軸に右側にカリ長石が形成され、左側に堇青石とザクロ石が形成された様子がモード分布から考えられる。このことは、白雲母—黒雲母—カリ長石の三相三角形が作られることに、バランスする作用で反対側に白雲母—黒雲母—堇青石の三相三角形と白雲母—黒雲母—ザクロ石の三相三角形が形成されたのである。事実、K56, K68 の全岩分析値をこの A'KF 三角ダイアグラムにプロットすると、黒雲母よりわずかに右側、つまり白雲母—黒雲母—カリ長石の三相三角形の中にプロットされるのである (図 16)。このことは、カリ長石が作られることが堇青石やザクロ石形成のトリガーになったとみて良からう。

反応関係の考察

ホルンフェルス各帯の代表的構成鉱物のモード組成を考察した (図 17)。K6 は丹波山村丹波で採取した砂岩試料で、非変成帯の岩石を代表する。非変成帯から K73 (一之瀬林道入口近くの花魁淵), K72, K71 (一之瀬林道) へと熱変成帯に入ると、chlorite (chl) と alkali feldspar (alk) が減少し、biotite (bt), muscovite (ms), quartz (qz) が増加する鉱物変化が見られたので、黒雲母帯へ変成したと考えられる。黒雲母帯でモード組成が大きいのは、斜長石の 35% である。その内訳は中性長石と灰曹長石で、前者は残留鉱物とみられる。石英は 2 番目

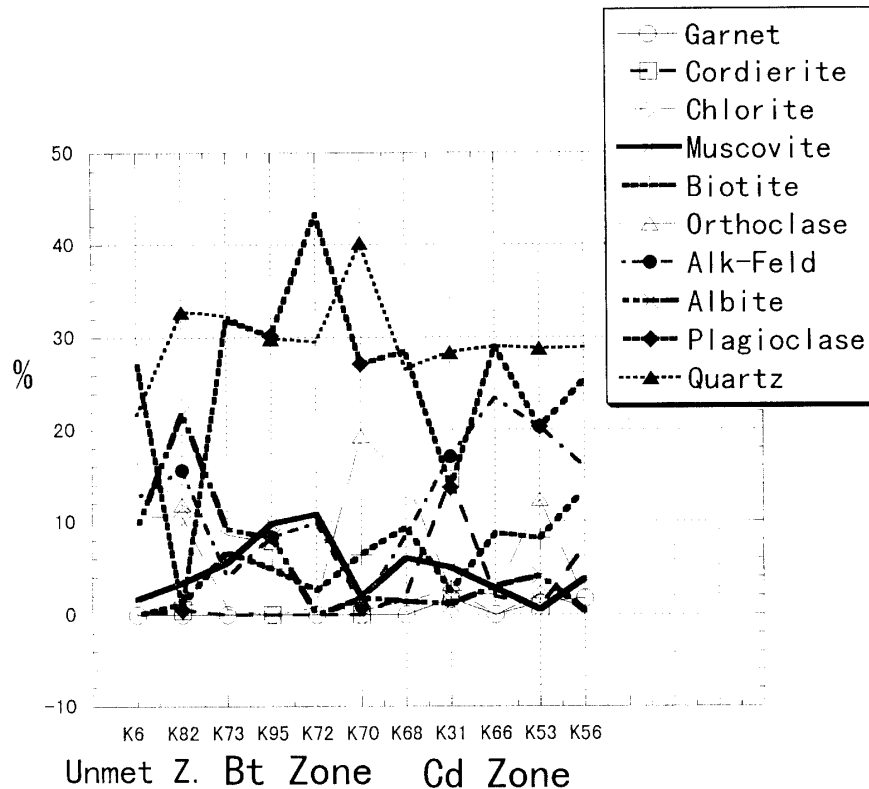
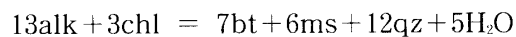


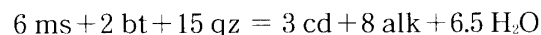
図 17 ホルンフェルス構成鉱物のモード組成の折線図

に多く、30%である。アルカリ長石（曹長石を含む）は非変成岩では34%も含まれていたのに、本帯に入ると激減して15%となる。白雲母は10%、黒雲母は5%弱である。このような共生関係からアルカリ長石、緑泥石や粘土鉱物が白雲母や黒雲母の形成に貢献したものと思われる。この反応を記述するには、スコットランドの Barrow 型累進変成帯でみられた

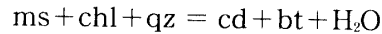


が生じていることは確かであろう（松井・坂野，1992）。なお、alk としたものの一部には粘土鉱物が含まれると考えた方が適切かと思われる。

一之瀬部落に入り、花崗閃緑岩体周辺の K68, K66, K56 に見られる鉱物変化は、ms (phengite 成分)、qz および plagioclase (pl) が減少し、bt, cordierite (cd), garnet (gt), alk が増加するので、これは堇青石帯への変成と考えられる。モード組成では、石英が最も多くて29%である。アルカリ長石と灰曹長石は共に25%である。白雲母は5%以下に減り、黒雲母は反対に13%と増加している。堇青石は10%、ザクロ石は3%含まれる。このような共生関係から、白雲母や斜長石を消費して、黒雲母、アルカリ長石（正長石も多い）、堇青石、ザクロ石が作られた。この鉱物変化を記述するには



のように cd と alk が共生するもの (Pattison and Harte, 1991), または

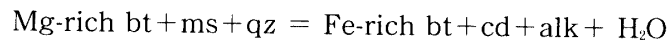


のように cd と bt が共生するもの (Pattison and Tracy, 1991) が考えられる。また,



のように gt と bt が共生する反応が考えられる (Blatt and Tracy, 1982)。上記の 3 式において, qz に加えて pl が反応する式も提案されている (Hokada, 1998)。

なお, biotite の化学組成に着目すると biotite zone では Mg が 2afu 前後, Fe が 2.6afu であるのに対して, cordierite zone では Mg が 1.5afu, Fe が 3afu 前後と変化しており, Fe-Mg 比に関して幅広い固溶体を形成していることを示す。すなわち, Mg-rich biotite から Fe-rich biotite への変化が示された (Hayama, 1964)



の関係も本域に当てはまると考えられる。

一方, muscovite の化学組成に着目すると biotite zone では Mg が 1.8~0.4 afu, Fe が 2.6~0.6 afu であるのに対して, cordierite zone では Mg が 1.2~0.2 afu, Fe が 0.7~0.1 afu となり, 両成分共に減少する。この減少分を Al が 5~3 afu から 6 afu 前後へ増加する, いわゆる Tschermak 置換を行って, 黒雲母帯での phengite から, 堇青石帯での muscovite に変成していることを示している。

今後の課題

以上のような知識を持って飯能層のホルンフェルス礫中の変成鉱物の化学組成を検討すると, biotite は Mg が 2.0 afu (Mg-rich), Fe が 2.5 afu であり, 一方, muscovite は Mg が 1.8~0.4 afu (Mg-rich), Fe が 1.2~0.2 afu, Al が 3.5~6 afu を示した (加賀美・谷口, 1999)。これらは, 上述の分帯の堇青石帯に属するが, phengite 成分を相当量含むことを示しており, 一之瀬地域の熱変成帯の堇青石とは必ずしも同じ性質ではない。しかし, その起源がかなり限定されて来たことは明らかであるので, 次回においては, 泥岩を主体とする小仏層群上部の小菅累層の分帯を行う予定である。

最後に, 一之瀬地域のホルンフェルスの生成温度を検討した結果, 形成後半に大規模な温度降下が生じたことが明らかとなった。このことは本地域の堇青石Ⅱ帯の幅が狭い事実からも推定されていたことではあるが, 重要な点であると考えられる。この原因は, 甲府深成岩体が隆起する後半において, カルデラ式の大崩壊を生じた可能性にあるという魅力ある見方 (例えば, Paterson et al., 1991) も考えられる。

謝 辞

本研究を進めるに際して、多くの方々から貴重なご援助を与えられた。

まず、飯能礫層研究グループ、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) 以降によったことを明記し、感謝の意を表す。また、マイクロ蛍光 X 線分析に際しては同研究所の佐藤暢氏にお世話になった。

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いた。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。甲府花崗岩類の地質や化学組成に関しては山梨大学教育人間科学部自然科学科地学教室の角田謙朗氏に多くの文献を見せていただいた。京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室の小畑正明氏にはホルンフェルスにつき議論していただき、文献の示唆を頂いた。董青石に関して同教室の尾崎淳氏に論文を頂いた。以上の方々に記して感謝の意を表す。

本論文は、角田謙朗と通商産業省地質調査所産学官連携推進センターの湯浅真人、ならびに尾崎淳の各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。しかし、本文の改定については十分な時間がなく、評者の満足いくものになっていないことをお詫びする。

引用文献

- Blatt, H. and Tracy, R. J. (1982) *Petrology*, 2nd ed., Freeman and Co. New York 420-422.
- Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1982) *An Introduction to The Rock-forming Minerals*. Longman, Harlow, England, 528p.
- 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.
- Hayama, Y. (1964) Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano Pref., central Japan. *J. Faculty Sci., Univ. Tokyo, Section 2*, 15, 321-369.
- Hokada, T. (1998) Phase relations and P-T conditions of the Ryoke pelitic and psammitic metamorphic rocks in the Ina district, Central Japan. *The Island Arc*, 7, 609-620.
- 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 (1998) 関東山地の四方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—. 城西大学研究年報 (自然科学編) 22, 23-74.
- 加賀美英雄・谷口英嗣 (1999) 塩山市一之瀬のホルンフェルス分帯と飯能層ホルンフェルス礫との比較. 日本第四紀学会講演要旨集, 29, 114-115.

- 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.
- 松井義人・坂野昇平 (1992) 岩石・鉱物の地球化学. 岩波書店, 201-202.
- 村田明広・小坂和夫・狩野謙一 (1986) 甲府深成岩体との関係からみた鶴川断層の活動時期. *地質学雑誌*, 92, 12, 905-908.
- Paterson, S. R., Vernon, R. H. and Fowler, Jr., T. K. (1991) Aureole Tectonics. in Kerrick, D. M. ed., *Contact Metamorphism*. Mineral Soc. America, 26, 673-722.
- Pattison, D. R. M. and Harte, B. (1991) Petrography and mineral chemistry of pelites. in Voll, G. et al., ed., *Equilibrium and Kinetics in Contact Metamorphism*. Springer-Verlag, Berlin, 135-179.
- Pattison, D. R. M. and R. J. Tracy (1991) Phase equilibria and thermobarometry of metapelites. in Voll, G. et al., ed., *Equilibrium and Kinetics in Contact Metamorphism*. Springer-Verlag, Berlin, 105-205.
- 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.
- 佐藤暢・石井輝秋・金山晋司 (1999) マイクロ蛍光 X 線岩石表面走査法による全岩化学組成—海洋底産噴出岩類を例にして. 日本地質学会第 106 年年会予稿集.
- Shimizu, M. (1986) The Tokuwa Batholith, Central Japan. *University Museum Bull., Tokyo University*, 28, 146pp.
- Spear, F. S. (1993) *Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths*. Mineralogical Society of America Monograph, Washington, D. C., 799pp.
- 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 Cuffy town 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 (1985) 甲府北部深成岩類について (その 5). 山梨大学教育学部研究報告, 36, 69-76.
- 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 pluton in the northern part of Akaishi Mountains, Central Japan. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, 71, 157-176.

(9月20日受付, 10月12日受理)

Biotite

付表1 黒雲母の化学組成 (つづき)

Loc.	K73																							
No.	92	93	94	95	97	102	103	104	107	108	110	111	113	114	117	118	119	120	92	147	7	53	68	
SiO ₂	36.52	36.41	36.31	34.80	35.19	36.29	35.96	35.58	35.55	36.27	35.37	35.76	37.85	35.02	37.37	36.09	35.84	35.51	38.21	36.10	37.02	34.99	35.70	
TiO ₂	2.44	2.54	2.43	1.89	2.17	1.16	1.06	1.09	1.08	1.10	1.20	2.00	1.84	1.80	1.62	1.60	1.68	1.58	1.12	1.96	2.23	2.13	1.66	
Al ₂ O ₃	18.37	17.89	18.06	19.31	18.53	19.43	18.99	18.97	19.30	19.84	18.76	18.92	19.31	18.84	20.06	19.27	18.79	18.79	19.60	18.88	19.06	18.54	19.38	
FeO	20.83	21.00	21.12	22.34	21.55	21.66	20.90	20.93	21.00	20.65	21.41	21.04	19.96	21.12	20.88	21.33	21.11	21.58	20.15	20.76	20.89	21.41	20.66	
MnO	0.34	0.37	0.31	0.40	0.43	0.36	0.42	0.31	0.31	0.34	0.37	0.34	0.32	0.38	0.32	0.36	0.44	0.29	0.44	0.26	0.41	0.41	0.32	
MgO	8.30	8.33	8.58	8.72	7.90	8.50	8.43	8.40	8.49	8.19	8.97	7.99	7.98	8.09	8.57	8.14	8.05	8.64	8.77	8.42	8.24	8.50	8.59	
CaO	0.03	—	0.00	0.10	—	0.06	—	—	—	—	0.08	0.02	0.24	—	0.01	—	—	0.01	0.04	—	—	—	—	
Na ₂ O	0.08	0.06	0.08	0.06	0.09	0.06	0.03	0.05	0.03	0.10	0.08	0.06	0.54	0.04	0.06	0.08	0.06	0.02	0.07	0.05	0.09	0.07	0.08	
K ₂ O	8.50	8.79	8.55	7.50	8.39	7.66	8.42	8.75	8.51	8.35	8.29	8.59	8.50	8.74	8.37	8.61	8.55	8.39	8.38	9.00	8.50	8.42	8.47	
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.02	—	0.06	—	0.07	—	—	—	0.05	0.01	0.02	—	—	—	0.07	0.01	—	—	0.09	0.05	—	
V ₂ O ₅	0.06	0.09	0.05	0.08	0.07	0.04	0.05	0.03	0.02	—	—	0.05	0.02	—	0.04	0.07	0.00	0.05	0.02	0.07	0.07	0.05	0.02	
NiO	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.04	0.00	0.02	—	—	0.05	—	—	—	0.04	0.01	—	0.01	—	
P ₂ O ₅	0.04	—	—	—	0.04	—	—	0.08	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.03	0.01	0.08	0.03	0.00	—	
Total	95.52	95.47	95.51	95.20	94.43	95.23	94.33	94.22	94.28	94.88	94.58	94.80	96.58	94.03	97.36	95.55	94.58	94.92	96.81	95.58	96.62	94.57	94.87	
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Si	6.05	6.06	6.03	5.82	5.94	6.01	6.03	5.99	5.98	6.03	5.95	5.99	6.15	5.93	6.03	5.99	6.01	5.95	6.17	5.99	6.05	5.90	5.95	
Ti	0.30	0.32	0.30	0.24	0.28	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.25	0.23	0.23	0.20	0.20	0.21	0.20	0.14	0.24	0.27	0.27	0.21	
Al	3.59	3.51	3.53	3.80	3.68	3.80	3.76	3.77	3.82	3.88	3.72	3.73	3.70	3.76	3.82	3.77	3.72	3.71	3.73	3.69	3.67	3.68	3.81	
Fe	2.88	2.92	2.93	3.12	3.04	3.00	2.93	2.95	2.95	2.87	3.01	2.94	2.71	2.99	2.82	2.96	2.96	3.02	2.72	2.88	2.85	3.02	2.88	
Mn	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.05	
Mg	2.05	2.06	2.12	2.17	1.99	2.10	2.11	2.13	2.03	2.24	1.99	1.93	2.04	2.06	2.01	2.01	2.16	2.11	2.08	2.01	2.13	2.13	—	
Ca	0.00	—	0.00	0.02	—	0.01	—	—	—	—	0.01	0.00	0.04	—	0.00	—	—	0.00	0.01	—	—	—	—	
Na	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.02	0.17	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	
K	1.79	1.86	1.81	1.60	1.81	1.62	1.80	1.88	1.83	1.77	1.78	1.83	1.76	1.89	1.72	1.82	1.83	1.79	1.73	1.90	1.77	1.81	1.80	
Cr	0.00	0.00	0.00	—	0.01	—	0.01	—	—	—	0.01	0.00	0.00	—	—	—	0.01	0.00	—	—	0.01	0.01	—	
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	—	—	0.01	0.00	—	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	
Ni	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	0.01	0.00	0.00	—	—	0.01	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—	
P	0.01	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	—	
Total	16.75	16.81	16.81	16.85	16.85	16.76	16.85	16.91	16.89	16.79	16.94	16.82	16.74	16.91	16.73	16.84	16.84	16.89	16.70	16.86	16.73	16.90	16.85	
X _{Fe}	0.58	0.59	0.58	0.59	0.60	0.59	0.58	0.58	0.58	0.59	0.57	0.60	0.58	0.59	0.58	0.60	0.60	0.58	0.56	0.58	0.59	0.59	0.57	
S.I.	22.01	21.81	22.38	22.58	20.82	22.43	22.32	22.04	22.32	21.98	23.14	21.20	21.57	21.30	22.63	21.33	21.30	22.36	23.47	22.03	21.86	22.14	22.73	
Tot Y	6.91	6.91	6.97	7.20	6.99	7.10	7.02	7.00	7.06	6.99	7.12	6.95	6.76	7.01	6.97	6.99	6.98	7.07	6.94	6.92	6.90	7.06	7.02	

Biotite

Loc.	K95					
No.	57	88	100	154	206	207
SiO ₂	36.22	35.72	35.80	37.41	38.54	34.02
TiO ₂	2.39	2.21	2.15	1.87	2.05	2.26
Al ₂ O ₃	18.73	18.94	19.31	20.54	19.77	19.03
FeO	21.65	23.08	22.05	22.20	22.01	22.49
MnO	0.57	0.67	0.58	0.46	0.48	0.56
MgO	7.00	6.99	6.91	7.61	6.28	6.87
CaO	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	0.09	0.03	0.15	0.01	0.01	0.09
K ₂ O	8.93	8.87	8.65	8.52	7.85	8.86
Cr ₂ O ₃	0.06	0.05	—	—	0.01	0.02
V ₂ O ₅	0.05	0.06	0.08	0.08	0.03	0.07
NiO	0.08	0.02	—	0.03	0.01	—
P ₂ O ₅	—	—	0.01	0.02	—	0.05
Total	95.76	96.63	95.68	98.73	97.03	94.32
O No.	24	24	24	24	24	24
Si	6.03	5.94	5.97	5.99	6.24	5.81
Ti	0.30	0.28	0.27	0.22	0.25	0.29
Al	3.67	3.71	3.79	3.88	3.77	3.83
Fe	3.01	3.21	3.07	2.97	2.98	3.21
Mn	0.08	0.09	0.08	0.06	0.07	0.08
Mg	1.74	1.73	1.72	1.82	1.51	1.75
Ca	—	—	—	—	—	—
Na	0.03	0.01	0.05	0.00	0.00	0.03
K	1.90	1.88	1.84	1.74	1.62	1.93
Cr	0.01	0.01	—	—	0.00	0.00
V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Ni	0.01	0.00	—	0.00	0.00	—
P	—	—	0.00	0.00	—	0.01
Total	16.79	16.87	16.80	16.71	16.44	16.95
X _{Fe}	0.63	0.65	0.64	0.62	0.66	0.65
S.I.	18.57	17.93	18.31	19.84	17.37	17.93
Tot Y	6.84	6.96	6.90	6.95	6.81	6.97

Cordierite

付表2 董青石の化学組成 (つづき)

Loc.	K56																				K57		
No.	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	49	50	51	53	54	57	73	78	79	80	46
SiO ₂	48.51	48.65	48.94	48.81	48.51	48.30	48.48	48.86	48.30	48.70	48.68	49.03	48.32	52.83	48.50	48.04	48.52	46.89	48.32	48.11	47.94	47.84	49.08
TiO ₂	0.04	—	—	0.01	0.03	—	—	—	0.04	0.05	0.02	—	0.01	0.04	—	0.01	—	—	0.01	0.02	0.04	—	0.01
Al ₂ O ₃	32.28	32.32	32.18	32.35	32.39	31.99	32.30	32.40	32.44	32.37	32.31	32.37	32.49	29.17	32.49	32.27	32.45	32.62	32.06	32.46	31.93	32.13	31.34
FeO	11.06	11.03	11.14	11.06	10.97	10.45	11.30	11.36	10.98	11.01	11.06	11.34	11.45	10.36	11.02	10.85	11.22	11.27	11.36	11.46	11.28	11.48	11.07
MnO	0.67	0.76	0.67	0.70	0.65	0.71	0.69	0.62	0.70	0.62	0.69	0.58	0.67	0.65	0.57	0.70	0.56	0.72	0.65	0.67	0.63	0.74	0.39
MgO	5.68	5.73	5.65	5.64	5.76	5.47	5.86	5.58	5.64	5.66	5.72	5.67	5.60	5.13	5.61	5.57	5.54	5.45	5.67	5.61	5.74	5.62	5.90
CaO	0.04	0.00	0.03	—	0.03	0.18	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01	0.05	0.01	0.04	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.03
Na ₂ O	0.25	0.11	0.12	0.17	0.11	0.15	0.18	0.17	0.15	0.13	0.17	0.16	0.21	0.15	0.15	0.14	0.20	0.14	0.17	0.22	0.17	0.19	0.22
K ₂ O	—	—	—	—	—	0.03	0.03	0.01	0.02	—	—	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	—	0.01	0.03	—	0.00	0.01
Cr ₂ O ₃	—	0.01	0.02	0.01	—	—	0.01	0.01	0.08	0.06	0.00	—	0.02	0.00	—	0.03	—	—	0.00	0.04	—	0.07	—
V ₂ O ₅	0.01	—	0.02	0.01	—	0.02	—	—	—	0.02	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	—	0.03	—
NiO	0.07	—	0.02	0.04	0.03	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.00	—	0.06	0.00	—	0.03
P ₂ O ₅	0.05	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.00	—	0.03	—	—	—	—	—	0.05	0.04
Total	98.65	98.60	98.77	98.80	98.49	97.31	98.88	99.03	98.35	98.67	98.70	99.18	98.80	98.38	98.42	97.66	98.54	97.16	98.34	98.62	97.78	98.19	98.05
ONo.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Si	5.05	5.06	5.08	5.07	5.05	5.08	5.04	5.07	5.04	5.06	5.06	5.08	5.03	5.46	5.05	5.05	5.06	4.97	5.05	5.02	5.04	5.02	5.13
Ti	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00
Al	3.96	3.96	3.94	3.96	3.96	3.98	3.96	3.96	3.99	3.97	3.96	3.95	3.99	3.55	3.99	4.00	3.98	4.07	3.95	3.99	3.96	3.97	3.86
Fe	0.96	0.96	0.97	0.96	0.96	0.92	0.98	0.98	0.96	0.96	0.96	0.98	1.00	0.89	0.96	0.95	0.98	1.00	0.99	1.00	0.99	1.01	0.97
Mn	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.03
Mg	0.88	0.89	0.87	0.87	0.89	0.86	0.91	0.86	0.88	0.88	0.89	0.87	0.87	0.79	0.87	0.87	0.86	0.86	0.88	0.87	0.90	0.88	0.92
Ca	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04
K	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00
Cr	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.01	—
V	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—
Ni	0.01	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—
P	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—
Total	10.98	10.97	10.96	10.96	10.96	10.95	11.00	10.97	10.97	10.96	10.97	10.97	10.99	10.78	10.96	10.97	10.97	11.00	10.99	11.00	10.99	11.00	10.96
X _{Mg}	0.48	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.47	0.46	0.47	0.47	0.48	0.47	0.49
Chanct	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05

Cordierite

Loc.	K57					K66												
No.	66	105	123	154	166	167	168	171	172	174	182	184	185	186	150			
SiO ₂	49.28	48.78	50.42	48.96	48.25	48.24	48.05	48.61	48.88	48.48	49.15	48.49	52.10	49.02	49.06			
TiO ₂	—	0.04	—	0.01	0.04	0.05	—	0.04	—	0.03	—	—	—	—	0.02			
Al ₂ O ₃	32.05	30.84	32.53	30.35	30.75	31.02	30.95	31.78	32.04	31.82	34.75	31.63	35.51	32.19	32.63			
FeO	11.20	11.21	11.10	9.61	10.22	10.10	10.21	10.31	10.17	10.03	8.93	9.97	8.75	10.43	9.96			
MnO	0.71	0.74	0.73	0.46	0.53	0.48	0.48	0.48	0.56	0.44	0.44	0.44	0.33	0.46	0.42			
MgO	6.11	6.06	6.34	6.32	6.41	6.42	6.34	6.39	6.54	6.34	6.47	6.54	5.37	6.56	6.57			
CaO	0.05	—	0.02	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04	—	0.18	0.04	—				
Na ₂ O	0.16	0.17	0.16	0.33	0.30	0.33	0.40	0.39	0.44	0.40	0.49	0.39	0.38	0.46	0.39			
K ₂ O	0.02	0.02	0.01	—	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	—	0.04	—	—			
Cr ₂ O ₃	—	0.04	0.05	—	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
V ₂ O ₅	0.02	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.02	0.01	0.02			
NiO	—	0.03	0.02	—	0.05	—	—	—	—	—	—	0.05	0.06	0.00	—			
P ₂ O ₅	—	0.03	—	0.01	0.03	0.00	0.00	—	—	0.00	0.01	—	—	0.01	0.02			
Total	99.58	97.94	101.38	96.09	96.64	96.67	96.44	98.04	98.65	97.55	100.32	97.50	102.74	99.16	99.09			
ONo.	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18			
Si	5.08	5.12	5.10	5.19	5.11	5.10	5.10	5.08	5.07	5.08	4.98	5.08	5.12	5.06	5.05			
Ti	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00			
Al	3.90	3.82	3.88	3.79	3.84	3.87	3.87	3.91	3.92	3.93	4.15	3.91	4.11	3.92	3.96			
Fe	0.97	0.98	0.94	0.85	0.91	0.89	0.91	0.90	0.88	0.88	0.76	0.87	0.72	0.90	0.86			
Mn	0.06	0.07	0.06	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04			
Mg	0.94	0.95	0.96	1.00	1.01	1.01	1.00	0.99	1.01	0.99	0.98	1.02	0.79	1.01	1.01			
Ca	0.01	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.02	0.00	—			
Na	0.03	0.03	0.03	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.07	0.09	0.08			
K	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—			
Cr	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
V	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00			
Ni	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—			
P	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00			
Total	10.98	10.98	10.98	10.95	10.99	10.99	11.01	11.01	11.02	11.00	11.00	11.00	10.86	11.02	11.00			
X _{Mg}	0.49	0.49	0.50	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52	0.53	0.53	0.56	0.54	0.52	0.53	0.54			
Chanct	0.03	0.04	0.03	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.08			

Feldspar

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K56																			
No.	3	7	9	10	11	12	36	37	43	46	49	50	53	75	77	89	91	96	114	116
SiO ₂	66.95	64.80	66.69	67.14	67.36	66.93	66.02	66.88	66.96	66.71	66.60	66.84	66.87	66.18	66.80	66.65	66.78	66.56	67.13	66.72
TiO ₂	0.02	0.00	0.05	—	0.01	—	0.02	—	—	0.01	—	0.03	0.05	0.06	—	—	0.06	—	0.02	—
Al ₂ O ₃	17.81	17.30	17.77	18.23	18.41	18.27	17.67	17.79	17.95	18.10	17.88	17.86	17.84	17.63	17.78	17.91	18.05	18.19	17.39	18.04
FeO	0.09	0.05	0.01	0.01	0.07	0.06	0.12	0.02	0.06	—	0.11	0.10	0.06	0.16	0.17	0.07	0.12	0.13	—	0.08
MnO	0.07	—	—	—	0.04	0.01	0.04	—	0.00	0.02	0.01	—	—	0.03	0.03	0.01	—	—	—	—
MgO	0.02	0.01	—	0.02	—	—	0.00	0.00	—	0.02	0.02	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
CaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03
Na ₂ O	1.95	1.43	1.77	2.35	2.67	1.59	1.56	1.67	1.51	1.66	1.94	1.58	1.88	1.76	1.53	1.43	1.87	1.50	1.66	2.38
K ₂ O	13.78	14.43	13.99	13.13	12.78	14.18	14.14	14.09	14.37	14.10	13.59	14.19	13.51	13.78	14.16	14.41	13.93	14.20	13.74	13.01
Cr ₂ O ₃	0.04	—	—	0.06	—	0.02	0.02	—	—	0.02	0.03	0.04	—	—	0.05	—	—	—	0.05	—
V ₂ O ₅	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.03
NiO	—	0.05	0.00	—	0.06	—	0.02	—	0.05	0.01	0.04	—	—	—	—	—	0.02	—	0.00	—
P ₂ O ₅	0.15	0.11	0.07	0.10	0.15	0.14	0.09	0.12	0.09	0.07	0.12	0.08	0.15	0.08	0.11	0.05	0.13	0.10	0.12	0.08
Total	100.86	98.18	100.35	101.04	101.54	101.18	99.71	100.58	100.99	100.71	100.33	100.73	100.38	99.68	100.58	100.56	100.96	100.68	100.13	100.38
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.03	3.03	3.04	3.03	3.02	3.02	3.03	3.04	3.03	3.03	3.03	3.04	3.04	3.04	3.04	3.03	3.02	3.02	3.06	3.03
Ti	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—
Al	0.95	0.95	0.95	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.96	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.93	0.97
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00
Mn	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—
Mg	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00
Na	0.17	0.13	0.16	0.21	0.23	0.14	0.14	0.15	0.13	0.15	0.17	0.14	0.17	0.16	0.13	0.13	0.16	0.13	0.15	0.21
K	0.80	0.86	0.81	0.75	0.73	0.82	0.83	0.82	0.83	0.82	0.79	0.82	0.78	0.81	0.82	0.84	0.80	0.82	0.80	0.75
Cr	0.00	—	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—
V	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00
Ni	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	0.00	—
P	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.97	4.98	4.96	4.96	4.97	4.96	4.97	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.95	4.96	4.96	4.96	4.97	4.96	4.94	4.97
An	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15
Ab	17.70	13.10	16.15	21.40	24.08	14.53	14.37	15.27	13.75	15.14	17.81	14.49	—	—	—	—	—	—	—	—
Or	82.30	86.90	83.85	78.60	75.92	85.47	85.63	84.73	86.25	84.86	82.19	85.51	17.49	16.25	14.12	13.14	16.95	13.81	15.49	21.74

Feldspar

Loc.	K56																			
No.	129	137	144	154	180	181	186	187	195	197	201	205	207	220	221	244	245	255	256	257
SiO ₂	66.58	67.30	68.42	67.04	66.96	66.37	66.52	66.50	67.30	66.82	66.68	66.55	65.87	66.73	66.91	66.67	68.08	66.77	67.04	66.95
TiO ₂	0.03	—	0.00	0.02	—	0.04	0.03	—	—	0.11	0.08	0.02	0.03	—	—	—	0.01	0.04	0.00	0.01
Al ₂ O ₃	17.88	18.37	18.62	17.79	17.81	17.65	17.27	17.54	17.85	17.81	18.32	18.29	18.05	18.04	18.17	17.70	18.28	18.09	18.32	18.28
FeO	0.07	0.06	—	0.06	0.13	0.24	0.10	—	0.11	0.26	0.08	0.04	0.30	0.20	0.07	0.02	0.13	0.07	0.01	0.04
MnO	—	—	—	0.04	0.04	—	0.03	0.02	0.02	0.06	—	—	—	0.00	—	—	—	0.02	0.03	—
MgO	—	0.00	0.01	—	—	—	—	0.00	0.01	—	0.01	0.02	0.08	0.01	—	—	—	0.01	—	—
CaO	—	—	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	1.28	2.04	2.06	2.32	1.62	1.56	2.03	1.46	2.07	1.63	1.58	1.57	1.31	1.22	1.51	1.53	1.55	1.40	1.56	1.73
K ₂ O	14.51	13.62	13.16	12.60	14.15	14.09	13.53	14.33	13.83	14.51	13.89	14.18	14.39	14.62	14.23	14.31	14.27	14.10	14.12	13.74
Cr ₂ O ₃	0.02	—	0.03	0.03	—	—	—	—	0.02	0.02	—	—	0.03	—	—	—	—	—	—	0.05
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	0.00	—	0.01	—	0.04	0.04	—	—	0.01	0.01	0.01	—	0.02	—	0.03	0.01	—	—	0.03	—
P ₂ O ₅	0.07	0.07	0.14	0.12	0.08	0.08	0.12	0.12	0.16	0.09	0.11	0.11	0.13	0.09	0.08	0.11	0.07	0.06	0.06	0.10
Total	100.42	101.46	102.54	100.02	100.81	100.07	99.63	99.98	101.38	101.31	100.75	100.78	100.19	100.91	101.01	100.35	102.39	100.56	101.17	100.90
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.03	3.03	3.03	3.04	3.04	3.04	3.05	3.04	3.03	3.03	3.02	3.02	3.01	3.03	3.03	3.04	3.04	3.03	3.03	3.03
Ti	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.96	0.97	0.97	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.95	0.98	0.98	0.97	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97
Fe	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.01	0.00	—	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	—
Mg	—	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.01	0.00	—	—	—	—	—	—
Ca	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.11	0.18	0.18	0.20	0.14	0.14	0.18	0.13	0.18	0.14	0.14	0.14	0.12	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12	0.14	0.15
K	0.84	0.78	0.74	0.73	0.82	0.82	0.79	0.84	0.79	0.84	0.80	0.82	0.84	0.85	0.82	0.83	0.81	0.82	0.81	0.79
Cr	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00
V	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—
P	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.96	4.96	4.93	4.94	4.96	4.96	4.96	4.96	4.97	4.98	4.95	4.96	4.97	4.96	4.96	4.96	4.95	4.95	4.96	4.95
An	—	—	0.53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ab	11.82	18.53	19.08	21.90	14.81	14.40	18.55	13.42	18.53	14.56	14.76	14.37	12.12	11.26	13.89	13.97	14.15	13.12	14.37	16.09
Or	88.18	81.47	80.38	78.10	85.19	85.60	81.45	86.58	81.47	85.44	85.24	85.63	87.88	88.74	86.11	86.03	85.85	86.88	85.63	83.91

Feldspar

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K58																			
No.	114	116	129	42	43	98	107	108	120	126	127	128	130	144	145	155	156	157	159	165
SiO ₂	67.13	66.72	66.58	65.07	65.40	65.74	64.97	64.75	64.63	64.71	65.25	67.73	64.48	67.22	64.95	64.97	65.32	65.07	64.20	63.55
TiO ₂	0.02	—	0.03	—	0.02	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	—	0.04	—	0.01	—	0.00	0.02	0.05	0.01	0.03
Al ₂ O ₃	17.39	18.04	17.88	23.09	23.37	21.24	22.97	23.25	23.46	23.06	22.37	21.47	20.85	21.35	23.23	23.01	23.35	23.51	23.43	22.81
FeO	—	0.08	0.07	—	0.05	0.08	0.09	0.05	0.03	0.08	—	0.02	0.01	0.10	0.14	0.05	0.01	—	0.02	0.44
MnO	—	—	—	—	0.02	—	0.01	0.01	—	0.05	—	0.03	—	—	—	0.00	—	—	0.01	0.01
MgO	0.02	0.00	—	—	0.01	0.01	—	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00
CaO	—	0.03	—	4.18	4.28	2.24	4.14	4.46	4.52	4.11	3.54	2.26	2.33	2.19	4.18	4.03	4.18	4.33	4.43	4.19
Na ₂ O	1.66	2.38	1.28	9.65	9.53	10.88	9.42	9.41	9.37	9.48	9.43	10.84	10.91	10.61	9.53	9.57	9.42	9.57	9.48	9.38
K ₂ O	13.74	13.01	14.51	0.27	0.24	0.20	0.20	0.16	0.32	0.13	0.29	0.18	0.14	0.15	0.22	0.23	0.32	0.23	0.28	0.15
Cr ₂ O ₃	0.05	—	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	—	0.02	—	0.00	0.07	0.01	0.12	0.13	0.03	0.03	—	0.02	0.02
V ₂ O ₅	—	0.03	—	—	0.01	0.03	0.00	—	—	—	0.02	0.01	—	—	0.02	—	—	—	—	0.01
NiO	0.00	—	0.00	0.02	—	—	—	0.00	—	0.06	—	—	—	0.01	0.02	0.02	0.11	—	0.01	—
P ₂ O ₅	0.12	0.08	0.07	0.06	0.01	—	0.07	0.04	0.06	0.01	0.05	—	—	—	0.04	0.05	—	0.04	0.11	0.10
Total	100.13	100.38	100.42	102.35	102.94	100.45	101.89	102.20	102.45	101.70	100.97	102.63	98.74	101.75	102.47	101.96	102.78	102.79	102.01	100.67

O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.06	3.03	3.03	2.81	2.81	2.89	2.82	2.80	2.79	2.81	2.85	2.90	2.88	2.90	2.81	2.82	2.81	2.80	2.79	2.80
Ti	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.93	0.97	0.96	1.18	1.18	1.10	1.17	1.19	1.19	1.18	1.15	1.08	1.10	1.09	1.18	1.18	1.18	1.19	1.20	1.18
Fe	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	—	0.00	0.02
Mn	—	—	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00
Ca	—	0.00	—	0.19	0.20	0.11	0.19	0.21	0.21	0.19	0.17	0.10	0.11	0.10	0.19	0.19	0.19	0.20	0.21	0.20
Na	0.15	0.21	0.11	0.81	0.79	0.93	0.79	0.79	0.80	0.80	0.90	0.94	0.89	0.80	0.80	0.79	0.80	0.80	0.80	0.80
K	0.80	0.75	0.84	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
Cr	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
V	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	0.00	—
Ni	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00
Total	4.94	4.97	4.96	5.01	5.00	5.03	4.99	5.00	5.01	5.00	4.98	5.01	5.05	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.01	5.01

An	—	0.15	—	19.03	19.60	10.10	19.34	20.57	20.65	19.20	16.91	10.24	10.48	10.16	19.28	18.64	19.35	19.75	20.21	19.62
Ab	15.49	21.74	11.82	79.51	79.08	88.83	79.54	78.54	77.58	80.11	81.46	88.80	88.79	88.99	79.49	80.09	78.88	79.02	78.25	79.54
Or	84.51	78.11	88.18	1.46	1.32	1.07	1.12	0.90	1.76	0.70	1.63	0.97	0.73	0.85	1.22	1.27	1.77	1.22	1.53	0.84

Feldspar

Loc.	K58																			
No.	166	172	173	174	175	176	179	180	181	183	184	185	189	192	193	204	23	212	213	214
SiO ₂	65.39	64.49	63.64	63.88	64.24	64.99	64.23	65.44	66.99	64.75	65.34	65.15	65.81	63.07	65.62	65.20	68.40	65.25	62.48	66.40
TiO ₂	—	—	0.00	0.02	0.02	—	0.01	—	—	—	0.05	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.01	0.04	—	0.02
Al ₂ O ₃	23.14	23.53	23.11	22.73	23.06	21.80	23.41	23.08	21.85	23.18	23.03	23.00	23.10	24.26	22.68	22.92	20.64	22.40	20.87	22.02
FeO	—	0.04	0.48	0.01	0.04	0.10	0.02	0.05	—	0.04	0.04	0.01	0.02	0.05	0.03	0.00	0.12	0.07	0.12	—
MnO	—	—	—	—	—	0.04	—	0.01	0.01	—	—	0.06	—	—	—	—	0.02	—	—	—
MgO	0.02	—	0.03	—	0.00	—	0.01	0.00	—	0.01	0.01	0.00	0.02	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
CaO	4.16	4.50	3.59	4.14	4.23	3.41	4.33	4.04	2.67	4.19	4.17	3.93	3.88	5.46	3.65	3.97	1.44	3.90	3.51	3.58
Na ₂ O	9.65	9.14	10.06	9.66	9.38	10.79	9.50	9.87	10.36	9.94	9.77	9.77	9.68	8.72	9.79	9.69	11.04	9.41	9.35	9.93
K ₂ O	0.32	0.13	0.30	0.17	0.23	0.20	0.12	0.17	0.19	0.18	0.21	0.18	0.23	0.18	0.19	0.19	0.12	0.21	1.26	0.16
Cr ₂ O ₃	—	0.01	0.05	0.00	—	—	0.03	—	—	0.05	—	—	—	—	0.00	0.08	0.06	—	0.01	—
V ₂ O ₅	0.05	0.02	—	0.02	0.04	—	0.03	0.04	—	0.02	—	—	—	—	0.04	0.01	0.04	—	—	0.02
NiO	—	0.08	0.03	0.06	—	0.02	—	0.00	0.01	—	0.05	0.03	0.00	0.07	—	0.04	0.05	—	0.02	—
P ₂ O ₅	0.04	0.09	0.04	0.00	0.05	0.75	0.03	0.04	—	0.08	0.06	0.09	0.01	—	0.10	0.06	0.00	0.05	0.12	0.05
Total	102.77	102.02	101.33	100.70	101.28	102.10	101.71	102.74	102.09	102.43	102.71	102.26	102.76	101.83	102.13	102.18	101.94	101.32	97.81	102.19

O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.81	2.79	2.79	2.81	2.81	2.82	2.79	2.82	2.89	2.80	2.81	2.82	2.83	2.75	2.83	2.82	2.94	2.84	2.84	2.86
Ti	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00
Al	1.17	1.20	1.19	1.18	1.19	1.11	1.20	1.17	1.11	1.18	1.17	1.17	1.17	1.25	1.15	1.17	1.05	1.15	1.12	1.12
Fe	—	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
Mn	—	—	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—
Mg	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.19	0.21	0.17	0.19	0.20	0.16	0.20	0.19	0.12	0.19	0.19	0.18	0.18	0.25	0.17	0.18	0.07	0.18	0.17	0.17
Na	0.80	0.77	0.85	0.82	0.79	0.91	0.80	0.82	0.87	0.83	0.82	0.82	0.81	0.74	0.82	0.81	0.92	0.79	0.82	0.83
K	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—
V	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00
Ni	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	5.01	4.99	5.05	5.02	5.00	5.04	5.01	5.01	5.00	5.02	5.01	5.01	5.00	5.00	5.00	5.00	4.99	4.98	5.04	4.99

An	18.90	21.23	16.21	18.97	19.73	14.72
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Feldspar

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K58																			
No.	137	143	146	153	160	177	178	190	191	195	201	209	253	255	258	259	270	288	289	290
SiO ₂	66.41	66.95	64.44	66.51	66.35	65.02	65.62	66.40	67.01	66.75	66.36	66.40	66.35	65.92	66.89	66.69	66.87	67.07	66.90	66.80
TiO ₂	0.04	0.01	0.16	0.04	—	0.03	0.03	0.04	0.02	—	0.07	0.03	0.03	—	0.01	0.01	0.05	0.01	0.02	—
Al ₂ O ₃	18.47	18.76	17.71	18.50	18.82	18.61	18.79	18.43	18.78	18.79	18.49	18.52	18.38	18.26	18.40	18.41	18.51	18.98	18.39	18.78
FeO	0.04	0.07	0.26	0.03	0.02	0.01	0.03	—	0.04	0.02	0.10	0.03	0.05	0.03	0.03	—	0.06	0.01	0.08	0.02
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—	0.01	0.00	—	0.01	0.02	—	—
MgO	—	—	0.02	0.01	0.01	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	0.02	0.00	—	—
CaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—
Na ₂ O	1.03	1.07	0.41	0.99	1.36	1.17	1.03	0.70	1.33	1.26	1.29	1.28	0.75	0.59	1.18	1.26	1.29	1.28	1.36	1.29
K ₂ O	14.87	14.81	14.64	14.67	14.23	14.34	14.60	15.21	14.42	14.19	14.63	14.28	15.45	15.50	14.78	14.70	14.37	14.63	14.68	14.90
Cr ₂ O ₃	—	—	—	0.03	—	—	0.00	—	—	—	0.04	—	0.02	—	—	—	—	0.02	0.01	0.03
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	0.01	0.09	0.05	—	0.08	0.03	0.00	0.04	—	—	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.12	0.13	0.06	—	0.09	0.13	0.08	0.18	0.14	0.13	0.08	0.13	0.21	0.13	0.12	0.13	0.12	0.09	0.07	0.16
Total	100.98	101.88	97.76	100.86	100.99	99.29	100.27	100.92	101.76	101.13	101.12	100.66	101.24	100.42	101.42	101.21	101.33	102.11	101.51	101.97
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.01	3.01	3.02	3.02	3.00	3.00	3.00	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.02	3.02	3.02	3.02	3.01	3.02	3.00
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
Al	0.99	0.99	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00	0.98	0.99
Fe	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—
Na	0.09	0.09	0.04	0.09	0.12	0.10	0.09	0.06	0.12	0.11	0.11	0.11	0.07	0.05	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11
K	0.86	0.85	0.88	0.85	0.82	0.84	0.85	0.88	0.83	0.82	0.85	0.83	0.89	0.90	0.85	0.85	0.83	0.84	0.85	0.85
Cr	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	4.96	4.96	4.94	4.95	4.96	4.96	4.96	4.95	4.95	4.94	4.97	4.95	4.96	4.96	4.96	4.96	4.95	4.96	4.97	4.97
An	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	—	—	—
Ab	9.55	9.90	4.07	9.26	12.65	11.00	9.67	6.53	12.30	11.87	11.80	12.00	6.83	5.43	10.83	11.53	11.95	11.73	12.33	11.60
Or	90.45	90.10	95.93	90.74	87.35	89.00	90.33	93.47	87.70	88.13	88.20	88.00	93.17	94.57	89.17	88.47	87.84	88.27	87.67	88.40

Feldspar

Loc.	K58										K66									
No.	291	293	299	176	177	178	179	180	112	115	119	121	127	133	134	135	136	139	140	
SiO ₂	66.83	66.96	67.49	66.35	62.53	64.25	65.73	65.05	66.67	66.15	66.45	64.04	67.10	67.27	67.32	67.79	67.10	67.29	67.06	
TiO ₂	—	0.01	0.01	0.05	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	—	0.03	0.02	
Al ₂ O ₃	18.53	18.53	18.40	21.60	23.77	22.77	21.83	22.60	21.56	21.84	20.84	21.59	21.53	21.93	21.64	21.75	21.71	22.08	—	
FeO	0.05	0.06	0.06	0.03	0.07	0.01	0.03	0.10	0.01	0.02	0.00	0.25	0.03	0.09	0.03	0.03	—	0.06	—	
MnO	—	0.03	0.05	0.07	0.02	—	—	—	0.04	—	—	0.03	0.01	—	0.02	—	0.00	—	—	
MgO	—	—	0.02	—	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	0.02	—	0.01	—	—	—	0.01	
CaO	—	—	—	2.45	4.82	3.66	3.27	3.45	2.48	2.39	2.35	2.37	2.42	2.31	2.39	2.26	2.33	2.40	2.48	
Na ₂ O	1.22	1.28	1.22	11.48	10.10	10.01	10.69	10.79	10.44	10.49	10.52	9.32	10.46	10.75	10.63	10.78	10.42	10.55	10.57	
K ₂ O	14.81	14.64	14.68	0.07	0.14	0.10	0.11	0.06	0.11	0.19	0.14	0.13	0.16	0.21	0.25	0.17	0.18	0.09	0.16	
Cr ₂ O ₃	0.05	—	—	—	—	—	—	0.06	0.00	—	—	—	—	—	0.04	0.03	—	0.02	0.03	
V ₂ O ₅	—	—	0.02	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	0.01	
NiO	—	0.08	0.05	0.02	—	0.02	0.03	0.04	0.06	0.03	0.01	0.09	—	—	0.05	0.04	0.05	0.00	0.05	
P ₂ O ₅	0.12	0.14	0.18	—	—	—	—	—	0.09	0.06	0.07	0.06	0.03	0.06	0.09	0.03	0.11	0.05	0.14	
Total	101.60	101.74	102.16	102.10	101.49	100.87	101.72	102.16	102.01	100.92	101.39	97.19	101.84	102.22	102.76	102.81	101.94	102.18	102.60	
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Si	3.01	3.01	3.02	2.87	2.75	2.82	2.86	2.82	2.88	2.88	2.89	2.90	2.90	2.88	2.90	2.89	2.89	2.89	2.88	
Ti	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	
Al	0.98	0.98	0.97	1.10	1.23	1.18	1.12	1.15	1.12	1.11	1.12	1.11	1.10	1.09	1.11	1.09	1.10	1.10	1.12	
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	
Mn	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	
Mg	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	
Ca	—	—	—	0.11	0.23	0.17	0.15	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	
Na	0.11	0.11	0.11	0.96	0.86	0.85	0.90	0.91	0.87	0.89	0.88	0.82	0.87	0.90	0.88	0.89	0.87	0.88	0.88	
K	0.85	0.84	0.84	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	
Cr	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	
V	—	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	0.00	
Ni	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
P	0.00	0.01	0.01	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
Total	4.97	4.96	4.95	5.06	5.07	5.02	5.04	5.05	5.00	5.01	5.00	4.96	4.99	5.01	5.00	5.00	4.99	4.99	5.00	
An	—	—	—	10.50	20.74	16.73	14.39	14.96	11.54	11.09	10.92	12.21	11.22	10.49	10.91	10.29	10.87	11.12	11.39	
Ab	11.10	11.73	11.23	89.12	78.54	82.71	85.06	84.71	87.86	87.89	88.29	87.00	87.91	88.35	87.75	88.81	88.11	88.40	87.73	
Or	88.90	88.27	88.77	0.38	0.73	0.56	0.55	0.33	0.60	1.03	0.80	0.80	0.87	1.16	1.34	0.90	1.02	0.49	0.88	

Feldspar

付表 3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K66																			
No.	117	102	104	105	113	124	128	129	138	143	145	146	148	149	153	156	159	160	192	197
SiO ₂	66.50	66.41	66.23	65.70	66.33	65.43	66.63	67.29	65.40	67.56	67.34	67.35	66.94	67.00	67.06	66.91	67.09	66.66	66.40	66.13
TiO ₂	0.02	0.01	0.04	0.04	0.02	—	0.03	—	0.06	0.04	—	0.05	0.04	0.02	0.03	—	—	0.01	0.02	0.01
Al ₂ O ₃	19.81	18.32	18.31	18.55	18.80	18.48	18.67	18.84	18.10	18.86	18.92	18.59	18.61	18.51	18.66	18.69	18.70	18.54	18.53	18.65
FeO	0.01	—	0.05	—	0.11	0.09	0.04	0.04	0.09	—	0.03	0.01	0.08	0.01	0.07	0.08	0.05	0.04	0.11	0.03
MnO	—	0.01	—	—	—	—	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	—	0.05	—	—	0.02	—	—	0.04
MgO	0.01	0.02	0.02	0.01	—	—	0.02	0.00	—	—	—	0.01	—	—	—	—	0.02	0.02	0.05	—
CaO	1.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	10.17	1.06	1.53	1.50	1.66	0.85	1.80	1.70	1.28	2.33	3.70	1.94	1.93	1.19	1.89	1.73	1.63	1.63	1.56	1.53
K ₂ O	1.62	15.27	14.36	14.34	13.96	15.05	13.86	13.96	14.39	13.40	11.70	14.07	13.92	14.91	14.07	14.01	14.26	14.04	14.33	14.38
Cr ₂ O ₃	0.01	0.04	—	—	0.04	0.03	0.01	—	—	—	0.04	—	0.00	—	0.01	—	—	0.02	0.00	—
V ₂ O ₅	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—
NiO	0.04	—	0.07	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	0.01	—	0.01	—	—	0.02	—	—
P ₂ O ₅	0.04	0.01	—	0.05	0.05	0.11	0.05	0.10	0.10	0.21	0.07	0.02	0.02	0.07	0.10	0.10	0.06	0.08	0.03	—
Total	99.30	101.14	100.61	100.18	100.96	100.03	101.12	101.94	99.45	102.34	101.95	102.12	101.53	101.75	101.91	101.51	101.84	101.07	101.04	100.77
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.95	3.02	3.02	3.00	3.00	3.00	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.02	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00
Al	1.04	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
Fe	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—
Ca	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.87	0.09	0.13	0.13	0.15	0.08	0.16	0.15	0.11	0.20	0.32	0.17	0.17	0.10	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13
K	0.09	0.88	0.83	0.84	0.81	0.88	0.80	0.80	0.85	0.76	0.66	0.80	0.80	0.86	0.81	0.80	0.82	0.81	0.83	0.83
Cr	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—
V	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—
Ni	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—
P	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
Total	5.01	4.98	4.98	4.98	4.97	4.97	4.97	4.96	4.97	4.97	4.99	4.97	4.97	4.97	4.97	4.96	4.97	4.96	4.98	4.98
An	4.74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ab	86.23	9.51	13.91	13.67	15.31	7.88	16.46	15.58	11.94	20.89	32.48	17.31	17.37	10.78	16.96	15.78	14.83	15.00	14.20	13.91
Or	9.03	90.49	86.09	86.33	84.69	92.12	83.54	84.42	88.06	79.11	67.52	82.69	82.63	89.22	83.04	84.22	85.17	85.00	85.80	86.09

Feldspar

Loc.	K66																			
No.	211	214	215	223	224	226	230	231	239	243	250	259	265	270	272	280	283	289	290	291
SiO ₂	66.16	66.61	68.99	66.73	66.43	66.46	65.77	67.09	66.95	66.48	66.71	66.41	66.76	66.70	67.26	66.89	66.20	66.80	67.64	63.81
TiO ₂	0.07	0.01	0.05	—	0.04	—	0.03	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.08	0.02	0.01	0.04	—	0.04	0.07	0.03
Al ₂ O ₃	18.73	18.45	16.61	18.66	18.16	18.61	17.93	18.27	18.58	18.69	18.55	18.69	18.67	18.57	18.72	18.75	18.50	18.62	18.74	17.53
FeO	0.18	—	0.03	0.06	0.01	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.15	0.05	0.11	—	0.05	0.09	0.09	0.03	0.05	0.11
MnO	0.00	—	0.05	—	—	0.02	0.03	—	0.02	—	0.02	—	—	—	0.02	0.01	0.04	0.01	0.02	—
MgO	0.01	0.00	—	0.01	—	0.01	—	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	—	—	—	0.02	0.00	—	0.01	0.00
CaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	1.37	1.60	1.28	1.62	1.40	1.62	1.40	1.35	1.62	1.57	1.39	1.99	1.54	1.83	1.48	1.55	1.53	1.18	0.76	1.34
K ₂ O	14.60	14.38	13.17	14.29	14.38	14.37	14.89	14.61	14.29	14.61	14.60	14.00	14.09	13.69	14.45	14.42	14.49	14.74	15.40	14.48
Cr ₂ O ₃	0.04	—	0.05	0.07	—	0.01	0.03	—	—	—	—	0.09	—	0.05	—	—	—	0.02	0.08	0.04
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	0.04	—	0.04	0.05	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	0.02	—	0.04	0.03	0.03	0.04
P ₂ O ₅	0.07	—	0.09	0.06	0.13	0.10	0.04	0.03	0.09	0.17	0.12	0.02	0.17	0.12	0.14	0.13	0.12	0.09	0.03	0.11
Total	101.27	101.06	100.36	101.56	100.54	101.23	100.14	101.42	101.60	101.61	101.58	101.30	101.42	101.00	102.12	101.95	101.00	101.55	102.84	97.44
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.00	3.02	3.11	3.01	3.02	3.01	3.02	3.03	3.01	3.00	3.01	3.00	3.01	3.01	3.01	3.00	3.01	3.01	3.02	3.01
Ti	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00
Al	1.00	0.99	0.88	0.99	0.97	0.99	0.97	0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97
Fe	0.01	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
Mg	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.12	0.14	0.11	0.14	0.12	0.14	0.12	0.14	0.14	0.14	0.12	0.17	0.13	0.16	0.13	0.13	0.13	0.10	0.07	0.12
K	0.84	0.83	0.76	0.82	0.83	0.83	0.87	0.84	0.82	0.84	0.84	0.81	0.81	0.79	0.83	0.83	0.84	0.85	0.88	0.87
Cr	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00
V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—
P	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.98	4.98	4.87	4.97	4.96	4.98	4.99	4.96	4.97	4.98	4.97	4.99	4.96	4.96	4.96	4.97	4.98	4.96	4.96	4.99
An	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ab	12.50	14.47	12.83	14.73	12.85	14.60	12.46	12.34	14.67	14.02	12.65	17.78	14.28	16.90	13.50	14.02	13.83	10.87	6.99	12.31
Or	87.50	85.53	87.17	85.27	87.15	85.40	87.54	87.66	85.33	85.98	87.35	82.22	85.72	83.10	86.50	85.98	86.17	89.13	93.01	87.69

Feldspar

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K66										K68									
	294	295	296	297	299	301	302	306	310	162	163	64	69	71	87	91	93	94	104	108
No.	294	295	296	297	299	301	302	306	310	162	163	64	69	71	87	91	93	94	104	108
SiO ₂	66.34	67.11	67.63	67.58	66.55	66.46	67.12	67.18	66.53	65.36	66.30	62.39	66.60	65.74	69.74	65.09	64.88	64.29	65.86	66.12
TiO ₂	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	—	0.01	0.04	0.05	0.03	—	—	—	0.03	0.01	0.06	0.03	0.03	—	—
Al ₂ O ₃	18.41	18.80	18.73	18.77	18.65	18.57	18.60	18.62	18.72	18.38	18.01	24.61	22.31	20.71	20.23	21.98	22.48	21.72	22.25	22.32
FeO	0.05	0.08	0.10	0.21	0.14	0.01	0.05	0.01	0.34	0.03	0.09	—	0.04	0.21	0.03	0.03	0.03	0.55	0.04	—
MnO	0.02	0.02	—	0.04	—	—	0.04	0.04	—	0.02	0.04	0.04	0.02	0.01	—	—	—	0.04	0.02	0.06
MgO	0.00	—	—	0.01	—	0.00	—	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11	—	—	—	0.01	0.02	—
CaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.16	2.75	1.60	0.36	2.94	3.57	2.93	2.83	2.78
Na ₂ O	1.13	1.40	1.84	1.40	1.29	0.81	1.35	1.44	1.57	3.12	1.52	9.18	10.86	10.85	12.21	10.45	10.08	9.69	10.66	10.54
K ₂ O	14.97	14.64	13.93	14.53	14.59	15.57	14.92	14.60	14.09	12.68	14.53	0.12	0.18	0.18	0.14	0.20	0.13	0.14	0.18	0.26
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	0.06	—	—	—	0.01	0.03	0.02	0.03	—	0.02	—	0.04	0.04	—	—	0.06
V ₂ O ₅	—	0.01	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	—	0.00
NiO	—	—	—	0.05	—	0.07	0.00	0.03	0.04	0.04	0.03	—	—	—	—	—	0.06	—	—	0.05
P ₂ O ₅	0.02	0.04	0.04	0.10	0.15	—	0.05	0.16	0.12	—	0.02	—	0.02	—	—	—	—	—	—	—
Total	100.95	102.12	102.32	102.73	101.44	101.49	102.13	102.11	101.50	99.71	100.57	101.53	102.79	99.47	102.72	100.79	101.32	99.41	101.90	102.18
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	3.02	3.01	3.02	3.01	3.01	3.01	3.01	3.01	3.00	3.00	3.02	2.73	2.86	2.91	2.97	2.85	2.83	2.85	2.85	2.86
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—
Al	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.97	1.27	1.13	1.08	1.02	1.13	1.16	1.14	1.14	1.14
Fe	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	—	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	—
Mn	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	—	—	—	0.00	0.00	—	—
Ca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.24	0.13	0.08	0.02	0.14	0.17	0.14	0.13	0.13
Na	0.10	0.12	0.16	0.12	0.11	0.07	0.12	0.12	0.14	0.28	0.13	0.78	0.90	0.93	1.01	0.89	0.85	0.83	0.90	0.88
K	0.87	0.84	0.79	0.83	0.84	0.90	0.85	0.83	0.81	0.74	0.85	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	—	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	—	—	0.00
V	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00
Ni	—	—	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	—	0.00	0.01	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00
Total	4.97	4.97	4.96	4.96	4.96	4.98	4.98	4.97	4.97	5.01	4.98	5.03	5.03	5.02	5.03	5.03	5.02	5.00	5.03	5.02
An	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.54	12.16	7.48	1.60	13.32	16.27	14.19	12.65	12.55
Ab	10.26	12.71	16.69	12.75	11.80	7.31	12.07	13.02	14.49	27.20	13.71	75.81	86.89	91.52	97.66	85.58	83.04	84.99	86.39	86.07
Or	89.74	87.29	83.31	87.25	88.20	92.69	87.93	86.98	85.51	72.80	86.29	0.64	0.95	1.00	0.74	1.09	0.68	0.81	0.96	1.38

Feldspar

Loc.	K68																			
	114	116	121	124	131	134	138	141	155	156	157	169	36	178	189	194	196	197	198	212
No.	114	116	121	124	131	134	138	141	155	156	157	169	36	178	189	194	196	197	198	212
SiO ₂	65.73	69.60	65.40	64.56	63.07	64.95	63.86	63.76	64.14	61.19	64.05	64.32	65.50	65.98	65.55	66.28	65.01	65.77	65.28	65.12
TiO ₂	—	—	0.04	0.03	0.02	—	0.01	0.01	0.01	0.06	—	—	0.05	0.00	0.00	0.04	0.01	—	0.02	0.04
Al ₂ O ₃	22.44	19.95	22.05	22.09	22.13	22.66	22.54	22.09	21.81	22.55	23.22	22.18	22.54	22.14	22.02	22.19	20.39	22.25	21.67	19.32
FeO	0.08	0.05	0.01	0.11	0.06	0.06	0.07	—	0.03	0.05	0.04	0.06	0.13	0.12	0.13	0.16	0.11	0.52	0.27	0.10
MnO	0.03	0.03	0.01	—	—	—	0.02	0.01	0.02	—	0.02	0.02	0.03	—	—	—	—	0.06	—	—
MgO	—	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	—	—	0.06	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	—	—	—
CaO	2.78	2.72	2.62	2.78	2.88	3.05	2.63	2.74	2.54	2.93	3.47	2.80	3.03	2.79	2.98	2.73	1.91	2.91	2.78	2.86
Na ₂ O	11.08	9.34	10.59	10.30	10.42	10.63	10.81	10.75	11.11	9.73	10.79	10.62	10.00	10.30	10.09	10.37	11.52	10.60	10.68	10.05
K ₂ O	0.18	0.09	0.17	0.11	0.15	0.13	0.18	0.22	0.25	0.76	0.09	0.22	0.13	0.27	0.20	0.07	0.15	0.11	0.12	0.12
Cr ₂ O ₃	—	0.02	—	0.09	0.08	0.00	0.05	—	0.04	0.00	—	0.01	—	0.04	—	0.06	0.03	—	—	0.01
V ₂ O ₅	0.01	0.01	—	—	0.01	—	—	—	—	—	0.00	0.04	0.04	—	—	—	—	0.04	—	0.05
NiO	—	0.02	0.09	—	—	0.02	0.04	—	—	—	0.04	0.01	—	0.04	—	—	0.03	—	—	—
P ₂ O ₅	0.07	0.03	0.07	—	0.05	—	—	0.03	—	0.04	—	0.06	—	0.05	0.05	—	—	0.00	0.09	0.03
Total	102.39	101.85	101.05	100.09	98.87	101.50	100.23	99.60	99.94	97.37	101.71	100.33	101.44	101.75	101.03	101.90	99.19	102.27	100.90	97.68
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.84	2.98	2.86	2.85	2.82	2.83	2.82	2.83	2.84	2.79	2.79	2.83	2.85	2.86	2.86	2.86	2.90	2.85	2.86	2.93
Ti	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00
Al	1.14	1.01	1.13	1.15	1.17	1.16	1.17	1.16	1.14	1.21	1.19	1.15	1.15	1.13	1.13	1.13	1.07	1.13	1.12	1.03
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—
Mg	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—
Ca	0.13	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.12	0.13	0.12	0.14	0.16	0.13	0.14	0.13	0.14	0.13	0.09	0.13	0.13	0.14
Na	0.93	0.78	0.90	0.88	0.90	0.90	0.92	0.93	0.95	0.86	0.91	0.91	0.84	0.87	0.85	0.87	0.99	0.89	0.91	0.88
K	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00
V	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	0.00
Ni	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—
P	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00
Total	5.05	4.90	5.03	5.02	5.05	5.04	5.06	5.06	5.07	5.05	5.07	5.05	5.00	5.01	5.00	5.00	5.07	5.03	5.03	4.99
An	12.06	13.80	11.91	12.92	13.14	13.58	11.76	12.19	11.06	13.65	15.01	12.58	14.23	12.82	13.88	12.64	8.33	13.08	12.49	13.50
Ab	87.01	85.67	87.15	86.49	86.04	85.72	87.29	86.66	87.65	82.11	84.54	86.27	85.06	85.72	85.02	86.98	90.89	86.31	86.86	85.86
Or	0																			

Feldspar

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Loc.	K68																			
No.	213	219	220	240	245	248	254	259	260	261	266	269	270	282	283	284	285	286	289	265
SiO ₂	65.57	66.23	64.95	66.14	64.58	65.89	65.00	66.80	65.65	62.65	65.45	65.71	65.27	65.58	64.77	64.92	64.62	64.99	64.87	66.08
TiO ₂	—	—	—	0.03	—	—	0.02	0.03	0.01	—	—	—	—	—	0.01	0.03	0.05	—	0.00	—
Al ₂ O ₃	22.43	22.58	22.50	22.64	22.18	22.84	22.09	22.29	21.11	22.75	22.60	22.74	21.85	22.67	22.41	22.63	22.72	22.68	19.15	—
FeO	0.03	0.03	0.02	0.01	0.06	0.08	0.23	—	—	0.02	0.07	—	0.01	0.14	0.10	0.09	0.41	0.10	0.17	0.08
MnO	—	0.00	—	—	0.03	—	—	—	0.02	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	—	—	—	—	—	0.01	—	0.01	0.00	0.03	—	0.17	0.04	0.01	0.02
CaO	3.01	3.02	3.01	2.75	3.01	3.17	2.99	2.33	2.71	2.79	2.85	3.01	3.28	2.12	3.06	3.07	2.95	2.88	3.00	0.30
Na ₂ O	10.56	10.17	10.69	10.98	10.40	10.36	10.72	10.96	10.87	10.17	10.72	10.61	10.40	10.93	10.68	10.73	11.07	10.85	10.80	9.09
K ₂ O	0.06	0.10	0.27	0.11	0.20	0.13	0.17	0.18	0.14	0.19	0.17	0.14	0.21	0.13	0.14	0.15	0.30	0.16	0.17	2.62
Cr ₂ O ₃	0.01	0.03	0.03	0.02	—	—	—	—	—	—	0.07	0.03	0.05	—	—	—	0.07	0.03	0.04	—
V ₂ O ₅	0.01	0.00	—	—	—	—	0.01	0.01	0.03	—	0.01	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	—
NiO	0.08	0.07	0.05	—	—	—	—	—	—	0.06	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	0.02	—	—	0.01	—	0.11	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	101.78	102.26	101.52	102.69	100.59	102.48	101.33	102.49	101.78	97.03	102.21	102.13	102.01	100.86	101.54	101.54	102.26	101.88	101.73	97.42
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.84	2.85	2.83	2.84	2.84	2.84	2.84	2.87	2.85	2.85	2.83	2.84	2.83	2.87	2.82	2.83	2.81	2.82	2.82	2.99
Ti	—	—	—	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—
Al	1.15	1.15	1.16	1.15	1.15	1.16	1.14	1.12	1.14	1.13	1.16	1.15	1.16	1.13	1.16	1.15	1.16	1.16	1.16	1.02
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Mn	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14	0.11	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.10	0.14	0.14	0.14	0.13	0.14	0.01
Na	0.89	0.85	0.90	0.91	0.88	0.86	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.87	0.93	0.90	0.91	0.93	0.91	0.91	0.80
K	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.15
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—
V	0.00	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	5.03	5.00	5.05	5.04	5.03	5.02	5.04	5.03	5.04	5.03	5.04	5.03	5.03	5.03	5.05	5.05	5.08	5.05	5.06	4.97
An	13.54	14.04	13.27	12.08	13.66	14.37	13.22	10.41	12.02	13.01	12.71	13.47	14.66	9.62	13.58	13.57	12.64	12.68	13.18	15.0
Ab	86.11	85.44	85.33	87.35	85.27	84.92	85.90	88.66	87.26	85.92	86.41	85.78	84.20	89.69	85.66	85.66	85.85	86.50	85.92	82.81
Or	0.34	0.53	1.40	0.57	1.07	0.71	0.89	0.93	0.72	1.07	0.88	0.76	1.14	0.69	0.76	0.77	1.51	0.83	0.90	15.69

Feldspar

Loc.	K68																			
No.	216	217	128	129	78	56	58	59	60	61	62	66	67	68	65	73	111	112	117	118
SiO ₂	66.26	66.36	65.48	66.00	65.49	66.00	65.92	64.79	65.92	68.80	64.95	66.88	65.55	66.56	65.36	65.62	66.23	64.92	64.82	66.34
TiO ₂	—	0.01	0.02	—	0.02	—	0.04	—	—	—	0.01	0.04	—	—	0.04	0.01	—	0.01	0.01	0.01
Al ₂ O ₃	21.47	19.55	22.19	19.05	21.43	19.17	18.91	19.08	18.98	18.39	19.00	19.34	19.06	19.10	18.35	18.67	19.09	18.56	18.65	19.14
FeO	0.18	0.01	0.04	0.03	0.22	0.08	0.03	0.09	0.06	0.10	0.03	0.13	0.21	0.06	0.04	0.04	0.07	0.07	0.13	0.05
MnO	0.03	—	—	—	0.01	0.06	0.02	—	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	—	—	0.02	0.01	0.02	—	0.00	—	—	0.02	—	0.01	—	0.04	—	—	—	—	—	0.01
CaO	1.79	0.47	2.41	—	1.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
Na ₂ O	10.52	4.87	10.43	5.83	8.52	0.99	1.15	1.01	1.15	1.04	1.22	1.47	1.05	1.68	1.02	1.28	1.34	1.15	1.09	0.97
K ₂ O	1.17	8.85	1.14	8.45	3.31	14.77	14.39	14.81	14.27	14.32	14.83	14.32	14.93	13.98	15.07	14.69	14.88	14.64	15.25	14.65
Cr ₂ O ₃	—	0.02	0.02	—	0.02	—	0.04	—	—	—	—	—	—	0.00	—	0.06	—	—	0.02	0.03
V ₂ O ₅	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	0.01	—
NiO	—	—	0.05	0.04	—	0.04	0.01	0.09	0.09	—	0.09	0.01	—	0.04	0.03	—	—	0.04	—	0.03
P ₂ O ₅	0.06	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.00	0.01	0.20	0.07	0.04	—	0.13	0.18	0.05	—	0.06
Total	101.48	100.13	101.78	99.40	100.47	101.11	100.51	99.87	100.55	102.65	100.15	102.38	100.91	101.51	99.88	100.49	101.80	99.51	100.05	101.30
O No.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.89	2.98	2.85	2.99	2.89	2.99	3.00	2.98	3.00	3.05	2.98	2.99	2.98	3.00	3.01	3.00	2.99	3.00	2.99	3.00
Ti	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00
Al	1.10	1.03	1.14	1.02	1.12	1.02	1.01	1.03	1.02	0.96	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02
Fe	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mn	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00
Ca	0.08	0.02	0.11	—	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.89	0.42	0.88	0.51	0.73	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.13	0.09	0.15	0.09	0.11	0.12	0.10	0.10	0.09
K	0.07	0.51	0.06	0.49	0.19	0.85	0.84	0.87	0.83	0.81	0.87	0.82	0.87	0.80	0.88	0.86	0.86	0.86	0.90	0.84
Cr	—	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—	—
V	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—	0.00
P	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	—	—	0.01	0.01	—	0.00
Total	5.04	4.97	5.05	5.00	5.00	4.97	4.96	4.98	4.96	4.92	4.99	4.96	4.97	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	5.00	4.95
An	8.05	2.36	10.64	—	6.89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ab	85.66	44.50	83.39	51.18	74.14	9.28	10.79	9.35	10.94	9.91	11.09	13.45	9.68	15.47	9.32	11.69	12.06	10.68	9.78	9.16
Or	6.29	53.14	5.97	48.82	18.97	90.72	89.21	90.65	89.06	90.09	88.91	86.55	90.32	84.53	90.68	88.31	87.94	89.32	90.22	90.84

付表3 長石類の化学組成 (つづき)

Feldspar		K68																			
Loc.	K68	136	150	165	167	168	182	183	184	185	191	192	200	201	206	215	222	223	224	226	230
No.		136	150	165	167	168	182	183	184	185	191	192	200	201	206	215	222	223	224	226	230
SiO ₂		64.23	70.70	63.17	63.89	63.95	66.23	65.53	65.44	65.97	67.61	65.34	66.56	65.97	65.21	66.37	65.45	65.69	65.78	63.27	65.29
TiO ₂		0.01	0.00	0.02	0.04	0.01	0.03	—	—	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01	—	0.06	0.03	0.04	0.01	—	—
Al ₂ O ₃		18.77	14.31	18.39	18.66	18.49	18.77	18.64	19.01	18.83	18.78	18.81	18.74	18.76	18.25	22.24	18.83	18.70	18.74	18.39	18.85
FeO		0.06	0.13	0.04	—	0.07	0.03	0.01	0.03	0.02	0.10	0.05	0.02	0.01	0.05	0.11	0.01	0.02	—	0.25	0.01
MnO		—	0.00	0.01	0.02	0.04	—	0.03	—	0.01	0.03	—	—	0.00	—	—	0.04	—	—	0.06	—
MgO		0.02	—	—	0.02	—	—	0.01	—	0.00	—	0.01	—	0.01	0.01	0.01	—	—	0.01	0.25	—
CaO		—	—	—	—	—	—	—	0.18	—	—	—	—	—	—	2.53	—	—	—	—	—
Na ₂ O		1.44	0.37	1.07	1.32	1.53	1.28	1.14	2.21	1.13	0.85	1.30	1.03	1.38	1.01	10.24	0.92	1.09	1.04	0.52	0.69
K ₂ O		14.54	12.57	14.63	14.77	14.48	14.84	14.92	13.71	15.01	15.43	14.88	15.33	14.53	15.47	1.42	15.13	14.91	14.96	15.38	15.68
Cr ₂ O ₃		0.01	—	0.05	—	—	—	—	0.02	0.00	0.10	0.03	0.01	0.00	—	—	—	0.08	—	0.08	0.03
V ₂ O ₅		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	—
NiO		—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	—	0.03	—	—	0.02	—	0.02	—	—	—	—	—	0.01	0.04
P ₂ O ₅		0.11	0.08	0.09	0.16	0.10	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.18	—	—	0.03	—	0.03	—	0.08	0.01	—
Total		99.20	98.19	97.48	98.90	98.67	101.23	100.32	100.64	101.03	102.93	100.63	101.68	100.70	100.03	102.99	100.43	100.52	100.62	98.21	100.59
O No.		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si		2.98	3.23	2.98	2.97	2.98	3.00	3.00	2.98	3.00	3.02	2.98	3.01	3.00	3.00	2.86	2.99	3.00	3.00	2.98	2.99
Ti		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—
Al		1.02	0.77	1.02	1.02	1.02	1.00	1.01	1.02	1.01	0.99	1.01	1.00	1.01	0.99	1.13	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
Fe		0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.01	0.00
Mn		—	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—
Mg		0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	0.00	—	0.02	—
Ca		—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	0.12	—	—	—	—	—
Na		0.13	0.03	0.10	0.12	0.14	0.11	0.10	0.19	0.10	0.07	0.11	0.09	0.12	0.09	0.85	0.08	0.10	0.09	0.05	0.06
K		0.86	0.73	0.88	0.88	0.86	0.86	0.87	0.80	0.87	0.88	0.87	0.88	0.84	0.91	0.08	0.88	0.87	0.87	0.92	0.92
Cr		0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00	0.00
V		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—
Ni		—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	0.00	0.00
P		0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—
Total		5.00	4.77	4.99	5.00	5.00	4.98	4.98	5.00	4.98	4.96	4.99	4.98	4.98	5.00	5.04	4.98	4.98	4.97	5.00	4.99
An		—	—	—	—	—	—	0.89	—	—	—	—	—	—	—	11.11	—	—	—	—	—
Ab		13.11	4.31	9.98	11.97	13.86	11.62	10.42	19.47	10.26	7.72	11.71	9.24	12.61	9.00	81.44	8.43	9.97	9.55	4.87	6.27
Or		86.89	95.69	90.02	88.03	86.14	88.38	89.58	79.64	89.74	92.28	88.29	90.76	87.39	91.00	7.45	91.57	90.03	90.45	95.13	93.73

Feldspar

Feldspar		K70																				
Loc.	K68	231	233	236	238	239	250	279	290	35	41	46	47	53	65	67	68	74	75	80	88	93
No.		231	233	236	238	239	250	279	290	35	41	46	47	53	65	67	68	74	75	80	88	93
SiO ₂		65.72	65.49	65.60	65.63	65.89	63.13	64.31	64.21	63.60	62.26	62.99	62.73	67.65	62.14	62.02	63.22	63.62	62.60	64.20	63.62	67.76
TiO ₂		—	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	—	—	0.01	0.02	—	—	0.02	0.01	0.03	0.03
Al ₂ O ₃		19.26	19.02	18.80	18.69	18.28	18.39	18.62	18.83	22.20	22.10	21.82	21.95	19.84	21.90	21.78	21.76	22.17	22.28	22.44	22.60	21.82
FeO		0.07	0.00	—	0.03	0.07	0.38	0.06	0.18	0.14	0.00	—	0.05	0.01	0.07	—	0.07	0.12	0.04	0.15	0.12	0.15
MnO		0.01	0.03	0.01	0.01	—	0.04	—	—	—	—	—	0.06	0.07	—	—	0.01	0.09	0.06	0.03	0.02	0.02
MgO		—	0.01	—	0.00	0.01	—	—	—	—	—	—	0.00	0.02	—	0.01	0.02	0.00	0.01	—	0.02	0.03
CaO		0.32	—	—	—	—	—	—	—	3.35	3.47	3.36	2.90	0.20	3.39	3.33	2.98	3.63	3.62	3.60	3.59	3.27
Na ₂ O		1.87	1.22	1.16	1.27	0.74	0.38	0.72	0.89	9.56	9.39	9.58	9.86	11.34	9.71	9.78	10.17	9.94	9.55	9.89	9.75	9.25
K ₂ O		13.32	14.88	14.90	14.81	15.24	15.15	15.29	15.38	0.14	0.13	0.09	0.16	0.13	0.16	0.11	0.10	0.15	0.23	0.17	0.20	0.15
Cr ₂ O ₃		0.02	0.00	0.04	—	—	0.00	—	—	0.06	—	—	—	0.01	0.02	0.12	0.03	—	—	0.00	—	0.02
V ₂ O ₅		—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.03	—	—	0.00	0.02	—	0.01	—	—	0.03	—	—
NiO		0.03	—	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	0.01	—	0.02	0.05
P ₂ O ₅		0.00	0.06	—	—	0.01	0.14	0.09	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	—	—	0.00	—	0.01	—	0.02	0.08	—
Total		100.61	100.71	100.59	100.45	100.26	97.62	99.11	99.55	99.12	97.40	97.91	97.74	99.21	97.51	97.08	98.34	99.75	98.41	100.53	100.04	102.55
O No.		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si		2.98	2.99	3.00	3.00	3.02	2.98	2.99	2.98	2.83	2.82	2.84	2.83	2.98	2.82	2.82	2.84	2.82	2.81	2.82	2.81	2.90
Ti		—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00
Al		1.03	1.02	1.01	1.01	0.99	1.02	1.02	1.03	1.16	1.18	1.16	1.17	1.03	1.17	1.17	1.15	1.16	1.18	1.16	1.18	1.10
Fe		0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Mn		0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg		—	0.00	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
Ca		0.02	—	—	—	—	—	—	—	0.16	0.17	0.16	0.14	0.01	0.16	0.16	0.14	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15
Na		0.16	0.11	0.10	0.11	0.07	0.03	0.06	0.08	0.82	0.82	0.84	0.86	0.97	0.85	0.86	0.89	0.86	0.83	0.84	0.84	0.77
K		0.77	0.87	0.87	0.86	0.89	0.91	0.91	0.91	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr		0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	—	0.00	—	—	—	0.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00	—	0.00
V		—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	—	—	0.00	—	—	—	—	—
Ni		0.00	—	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00	—	—	0.00	—	0.00	0.00
P		0.00	0.00	—	—	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	—
Total		4.97	4.99	4.98	4.98	4.96	4.97	4.98	5.00	5.00	5.00	5.00</										

Muscovite

付表4 白雲母の化学組成 (つづき)

Loc.	K72				K73				K95							
No.	113	109	120	127	66	70	106	130	131	165	90	117	130	136	177	
SiO ₂	52.10	44.40	51.25	51.26	41.83	42.66	53.90	47.05	44.45	44.96	41.10	40.02	42.03	46.25	40.15	
TiO ₂	0.76	1.86	1.04	0.89	1.48	0.97	0.97	1.24	1.15	1.10	1.50	1.75	1.65	1.44	2.04	
Al ₂ O ₃	26.71	21.75	22.69	25.98	16.48	26.41	14.60	15.62	20.47	25.41	24.17	20.85	18.13	21.42	21.55	
FeO	5.76	13.68	8.45	6.08	19.51	11.24	16.75	17.09	14.76	10.30	15.33	19.46	18.96	16.05	21.58	
MnO	0.04	0.31	0.04	0.09	0.39	0.21	0.24	0.33	0.11	0.15	0.37	0.35	0.43	0.37	0.47	
MgO	2.21	5.15	3.10	2.53	7.48	4.46	7.11	6.10	5.64	4.30	4.68	5.44	5.36	4.86	6.56	
CaO	6.94	2.75	5.02	5.34	0.05	0.44	—	—	2.01	—	0.12	0.31	—	1.66	0.27	
Na ₂ O	4.46	2.58	3.82	3.85	0.09	1.23	0.07	0.05	2.81	0.16	0.56	0.78	0.04	2.73	1.09	
K ₂ O	3.12	6.35	3.58	4.32	8.10	8.92	6.84	7.45	5.37	9.45	8.78	7.99	7.67	5.63	7.90	
Cr ₂ O ₃	0.06	0.03	0.02	0.01	—	0.02	—	0.01	0.01	0.06	0.03	—	—	—	—	
V ₂ O ₅	—	0.04	0.00	0.06	0.01	0.00	0.04	0.07	0.03	0.03	0.05	0.01	0.08	0.09	0.11	
NiO	—	—	0.01	0.01	—	0.02	0.03	0.00	—	0.04	—	0.07	0.04	—	—	
P ₂ O ₅	—	0.03	—	—	—	0.04	—	—	—	0.01	0.04	—	—	0.06	0.01	
Total	102.19	98.90	99.03	100.41	95.42	96.59	100.55	95.00	96.81	95.96	96.71	97.03	94.39	100.55	101.72	
O No.	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Si	7.16	6.70	7.35	7.19	6.78	6.52	7.87	7.42	6.84	6.83	6.42	6.38	6.82	6.86	6.17	
Ti	0.08	0.21	0.11	0.09	0.18	0.11	0.11	0.15	0.13	0.13	0.18	0.21	0.20	0.16	0.24	
Al	4.33	3.87	3.84	4.30	3.15	4.75	2.51	2.90	3.71	4.55	4.45	3.92	3.47	3.75	3.90	
Fe	0.66	1.73	1.01	0.71	2.64	1.43	2.04	2.26	1.90	1.31	2.00	2.59	2.57	1.99	2.77	
Mn	0.00	0.04	0.01	0.01	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	
Mg	0.45	1.16	0.66	0.53	1.81	1.01	1.55	1.43	1.29	0.97	1.09	1.29	1.30	1.07	1.50	
Ca	1.02	0.44	0.77	0.80	0.01	0.07	—	—	0.33	—	0.02	0.05	—	0.26	0.04	
Na	1.19	0.75	1.06	1.05	0.03	0.36	0.02	0.01	0.84	0.05	0.17	0.24	0.01	0.78	0.32	
K	0.55	1.22	0.66	0.77	1.67	1.74	1.27	1.50	1.05	1.83	1.75	1.63	1.59	1.07	1.55	
Cr	0.01	0.00	0.00	0.00	—	0.00	—	0.00	0.00	0.01	0.00	—	—	—	—	
V	—	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	
Ni	—	—	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	—	0.01	—	0.01	0.01	—	—	
P	—	0.00	—	—	—	0.00	—	—	—	0.00	0.01	—	—	0.01	0.00	
Total	15.46	16.13	15.47	15.47	16.32	16.04	15.41	15.73	16.11	15.70	16.13	16.38	16.04	16.01	16.57	
X _r	0.59	0.60	0.60	0.57	0.59	0.59	0.57	0.61	0.59	0.57	0.65	0.67	0.67	0.65	0.65	
S.I.	14.23	18.56	16.35	15.09	21.27	17.25	23.11	19.87	19.75	17.77	15.95	16.16	16.73	16.61	17.67	
TotY	4.69	5.70	4.98	4.84	6.61	5.86	6.11	6.21	5.89	5.81	6.18	6.45	6.42	5.88	6.64	
PhenTr	2.36	3.80	3.14	2.53	5.41	3.08	5.57	5.26	4.16	3.24	3.68	4.48	4.89	4.09	4.68	

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

Hideo KAGAMI¹⁾ and Hidetsugu TANIGUCHI²⁾

Thermal metamorphic aureole of the Hirose Granodiorite observed near Ichinose, Enzan City is divided into three zones; biotite hornfels zone, cordierite I hornfels zone, and cordierite II hornfels zone. Characteristic mineral assemblages are described as follows.

In the biotite zone, plagioclase of 35% abundance is composed of andesine and oligoclase, the former of which is a relict mineral. Quartz is the second abundance with 30%. Alkali-feldspar (+ albite) decreases drastically from 34% in the unmetamorphic zone to 15%. The alkali-feldspar together with chlorite and other clay minerals contributes to form muscovite of 10–11% and biotite of 5%. The muscovite in the biotite zone has a wide variety ranging from phengite-leucophyllite species to tri-octahedral member. The phengite-leucophyllite change occurs by the Tschermak's substitution and tri-octahedral change occurs by the biotite substitution.

In the cordierite zone, quartz is 28–29%, Alkali-feldspar and oligoclase are both 25% in abundance. Alkali-feldspar tends to be orthoclase in this zone. Muscovite decreases to ~5% and biotite increases to 9–13%. Consuming muscovite and plagioclase, metamorphic minerals such as biotite, orthoclase, cordierite, and garnet are formed in this zone.

Progressive crystallization of biotite and muscovite is well shown by their solidification index and phengite trend, both of which indicate apparent chemical zoning from the contact of the Hirose Granodiorite.

Using garnet-biotite geothermometer, it is found that core of garnet in K56 is formed at 650–710°C, and the rim at 530–600°C. The rapid retrogressive metamorphism may have occurred near the contact by some tectonic disturbance.

Cordierite in the studied area has wide X_{Mg} values and in variety origin of their formation, which is apparently higher in metamorphic temperature than that of Hanno Formation. From these data, the hornfels near Ichinose village is not considered an exact supply area for gravels in the Hanno Formation.

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

2) Komazawa University High School