



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	幌満地方輝石橄欖岩体の周圍に認められる變成現象（超鹽基性火成岩に關連する變成現象の研究）
Author(s)	舟橋, 三男
Citation	Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy, 8(1), 31-64
Issue Date	1948
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/35851
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(1)_31-64.pdf



幌満地方輝石橄欖岩体の周圍に認められる變成現象 (超鹽基性火成岩に關連する變成現象の研究)

第 1 報

舟 橋 三 男

圖 版 3

(昭和 21 年 12 月 28 日 受理)

(北海道大學理學部地質學礦物學教室業績第 363 號)

I. 緒 論

超鹽基性火成岩に關連して形成せられたと見られる變成岩類に就いては餘り多くを知られてゐないのであつて、一般に了解せられるところでは、超鹽基性火成岩は周圍の母岩に對し著しい接觸的變成作用を與へないものとされてゐる様である。花崗岩、閃綠岩の様な酸性火成岩類の多くがその周りにホルンフェルス類を伴ひ、見掛け上その持ち居りたる熱量を母岩中に放散せる結果その様な變成狀態の實現されたものと解せられる如き地質狀態を示すに比較する時、かかる常識の成立するも一應はもつともなるものと考へられる。

併しながら、超鹽基性火成岩體の周りを詳細に尋ねると、小範圍乍ら時に異常な岩相の實現せられ居る事が認められる場合がある。その組成に就いて見ても、又その地質狀態に據つても、この様な岩相は超鹽基性火成岩に由來する變成現象と解するが最も妥當の様である。從來知られ來つた此種の最も著しい例として挙げらるべきは鈴木醇教授に依り屢々報告せられ來つた、北海道神居古潭變成岩類の内に蛇紋岩に附隨して認められる、曹達角閃石、曹達輝石、曹長石等を特質とする岩石の如きものであらう。現在迄に自分の手元にこの種の變成狀態の相互に可なり異なつた形の認められる二三の資料があるのであるが、それらの内には一つの可なり一致した點を認め得る様である。即ち、何れに於てもその變成狀態は超鹽基性火成岩體の周りをめぐつて均等に實現せられてゐるものはなく、極めて限られた狭い範圍の内が甚しい異常な岩相に滿されてゐる形のある事である。この様な變成域は甚しく偏在し、且つ必ずしも火成岩體の接觸部より連續して形成せられるとは限らず、少しく距つた地點に至つて實現せられてゐる場合も多い。併しそれにしても概して火成岩體の近傍と云ひ得る範圍の内に在る。その形から見て、“接觸變成”乃至“熱變成”と云ふ様な言葉の字義通り

に解せられる性質のものではなく、そこに著しく優勢な〃交代作用〃(Metasomatism)の行なわれる形のある點が第一に挙げられなければならない。つまり、嚴密に云へば、Eskola²⁾の定義した“接觸交代作用”(Contactmetasomatism)なる用語を以て云ひ現わし得べきものと思われる。筆者は今後に於て、この様な變成條件の性質が如何なるものか、又それが超鹽基性火成岩の性質と如何なる形に於て關連を有するものであるかに就いて攻究せんと志すものである。この爲には第一に從來殆ど詳細に知られる處のないこの變成相の形が明らかにせられなければならない。又一方にこれに關連ありと考へられる超鹽基性火成岩の性質が充分に知られなければならないであらう。

以下に記述するところのものは、北海道の日高山脈南端部なる様似郡幌滿地方の輝石橄欖岩體の周りに認められるこの種の特異な變成狀態に關するものである。この超鹽基性火成岩の周り5,6の箇所に斜方輝石—堇青石或は斜方角閃石—堇青石を特質とする岩相が見出される。この様な斜方角閃石—堇青石の組合せを示す岩相は單に超鹽基性火成岩に限られる事なく種々なる火成岩に關連し、古期變成岩類の内に廣く各地

1) 鈴木 醇 : —1932

天鹽國產エヂリン輝石藍閃石英片岩に就いて (岩礦 Vol.7 pp.11—19)

〃 : —1932

北海道に於ける藍閃片岩類の原產地. (地質. Vol.39, pp.132—137)

〃 : —1932

本邦產藍閃片岩類に關する二三の新事實に就いて (岩礦. Vol.8, pp.183—190)

〃 : —1933

Aegirite-augite bearing riebeckite quartz schist from kamuikotan and some other localities in Hokkaido, Japan.

(Proc. Imp. Acad. Vol.9, pp.617—620)

〃 : —1934

On some soda-pyroxene and-amphibole bearing quartz schists from Hokkaido.

(Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Series 4, Vol.2, pp.339—353)

〃 : —1934

北海道神居古潭其他より産する含エヂリン輝石リーベカイト石英片岩に就いて.

(岩礦. Vol.12, pp.45—56)

北見國宇津内産紅簾石石英岩礫に就いて. (岩礦. Vol.14, pp.217—221)

〃 : —1936

選擇變成作用に就いて. (科學. Vol.6 pp.147—151, pp.196—198)

〃 : —1938

北海道產變成岩中の曹達角閃石類に就きて. (岩礦. Vol.20, pp.1—13)

〃 : —1938

北海道神居古潭產 Lawsonite 及び Pumpellite に就いて. (岩礦. Vol.20, pp.189—196)

〃 : —1939

A note on soda-amphiboles in crystalline schists from Hokkaido.

(Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Series.4 Vol.4, pp.508—519)

〃 : —1939

御荷鉾系及び神居古潭系の岩石學的研究.

(學振研究抄録 第1輯. pp.7—35)

2) Eskola, P. : —1939

Die Entstehung der Gesteine. p.265

に知られ來つてゐるもので、Fennoscandia の各地に鑛床等に伴われ、英國にも或はアメリカ合衆國、カナダの處々にも全く等しい形が數多く述べられてゐる¹⁾。本邦に於ても亦日立鑛山四近にこの種の岩相の發達ある事廣く知られ來つたところである⁽²⁾。

岩石の變成作用の内に堇青石—斜方角閃石なる組合せが極めて安定である様な特殊の條件があつて、之が探究は岩石に於ける交代作用の重要な中核の問題として發展し來つたのであつた。1914年初めてEskolaに依つてOrijärvi 地方に於けるこの種岩石の極めて詳細な記述が行われた。以來各地より續々と同一岩相の發達の報告せられ、近年に至つてはTilley もこの問題に参加してゐる。何れに於ても、この岩相に到達する爲には激しい物質の添加・除去を伴ふ交代的な變成條件の行なわれた事が結論せられてゐる。この様な交代的變成現象に於ては、唯漠然とその火成岩に由來する殘漿

1) Eskola, P. : —1914

On the petrology of the Orijärvi Region in Southwestern Finland.
(Bull. Comm. Geol. Finland No. 40)

Lindgren, W. : —1925

The Cordierite Anthophyllite mineralization at Blue Hill, and its relation to similar occurrences.
(Proc. Nat. Acad. Sci. Vol. 2, pp. 1—4)

Wilson, M. E. : —1935

Rock alteration at the Amulet Mine, Noranda District, Quebec.
(Eco. Geol. Vol. 30, pp. 478—492)

Tilley, C. E. : —1935

Metasomatism associated with the greenstone Hornfelses of Kenidjacke and Botallack, Cornwall.
(Min. Mag. Vol. 24, pp. 182—194)

Tilley, C. E. : —1937

Anthophyllite-Cordierite Granulite of the Lizard.
(Geol. Mag. Vol. 74, pp. 300—309)

Osborne, F. F. : —1939

Montauban mineralized zone, Quebec.
(Eco. Geol. Vol. 34, pp. 712—726)

Prider, R. T. : —1940

Cordierite-anthophyllite rocks associated with spinel-hypersthénites from Toodyay, Western Australia.
(Geol. Mag. Vol. 77, pp. 364—382)

2) 渡邊萬次郎 : —1920

日立鑛山附近の火成岩と其鑛床に對する關係に就いて。(地質. 第27卷, pp. 441—450)

鈴木富治 : —1929

日立鑛山探鑛に就いて。(日本鑛業會誌. 第45卷, pp. 510—552)

Sugi, K. : —1935

A preliminary study on the metamorphic rocks of southern Abukuma plateau.
(Jap. Jour. Geol. Geogr. Vol. 12, pp. 115—151)

木下龜城 : —1935

七萬五千分之一助川圖幅説明書。

的なものが主要な働きをなすものであらうと信ぜられてゐる様である。併しそれ以上立ち入った考察は全く行なわれてはゐない。ともあれ、各地にこの様な革青石—斜方角閃石なる組合せを持つ異常岩相が火成岩體の周りに限られ數多く見出されてゐる點は、火成岩に關連するこの種性質の交代作用の實在せるものなる事を承認せざるを得ないであらう。

この問題に着手以來終始御懇切なる御指導を頂いた鈴木醇教授へ厚き感謝の意を表するものである。

※ Ⅱ. 變成域の地質狀態

こゝに述べられる超鹽基性火成岩は、兩種輝石を含む橄欖岩で、それは徑 10km に近い廣大な擴りの示されるものである。之は角閃岩層を挾有する黒雲母ホルンフェルス中に迸入するもので岩體の周圍は不規則な出入に富み各所に舌狀となる突出部が認められ、時には少しく離れた位置に同様岩質の小さな岩脈となつて現れてゐるものがある。これは日高變成岩帶の内に位置し、特にその西外側に近く、同様岩質のものが各所から知られてゐる。岩體の周縁で、境界面に近づくと、橄欖岩では岩體の大部分が極めて新鮮であるに對し、かなりの蛇紋岩化が行われてゐる。被迸入母岩の側では、その殆ど大部分が全く變化の認められることなく、更に遠く距たる部分の岩質と異なるものがない。この様な狀態がその接觸部の形として最も普通に認められる處である。

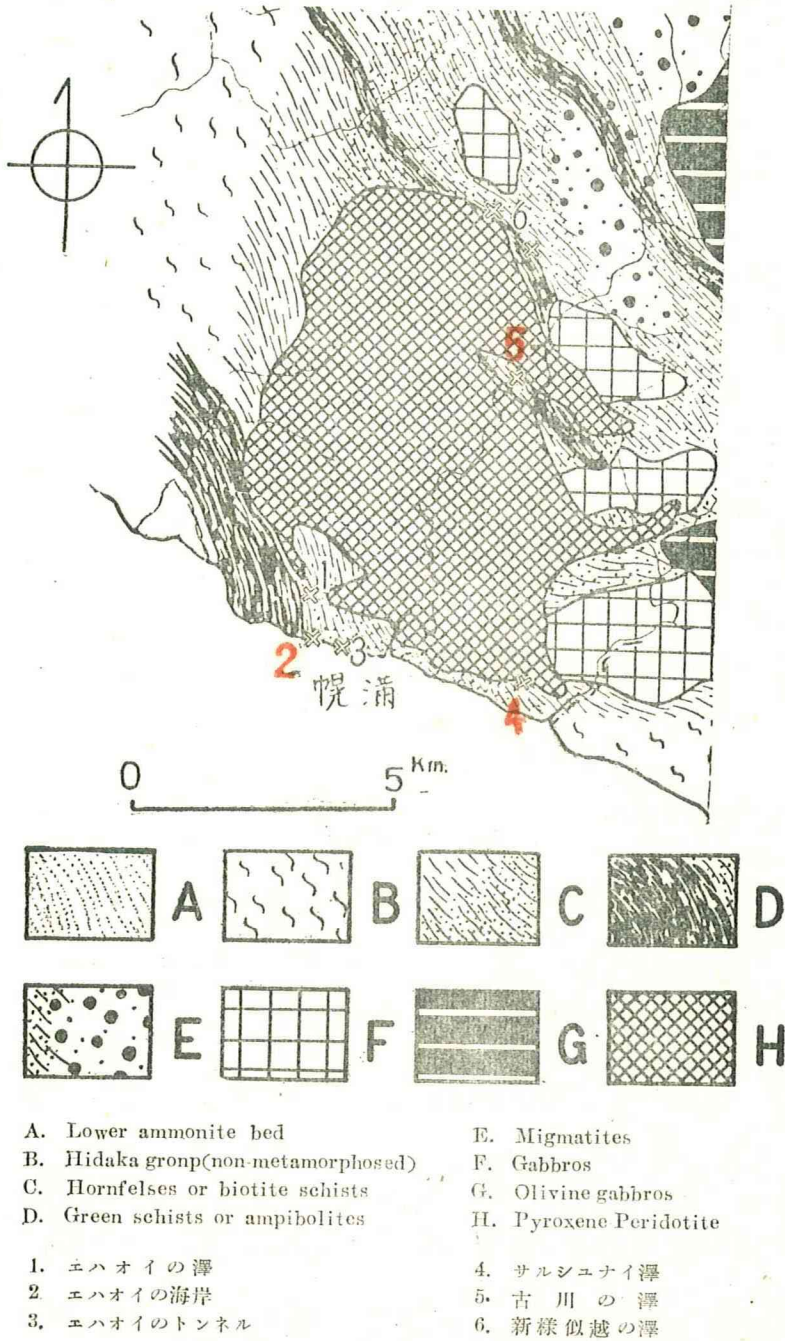
併しながら、被迸入母岩である變成岩の内に、その附近一帯の廣い範圍にわたつて均一に示されてゐる變成傾向とは著しくかけ離れた岩相が、時に橄欖岩の附近に見出されるのである。それは或る狭い範圍が急激に片狀組織を失ひ塊狀岩となり、且つその組成礦物に於ける著しい革變が認められる形のものである。この様なものを現在迄に 6 つの地點に見出し得た。それが橄欖岩との界面より連續して被迸入母岩の内に實現せられあるものは 2 例あるのみで、其の他では橄欖岩とは少しく距つた地點に一つの變成域となつて形成せられてゐる。しかしそれにしてもすべては橄欖岩體との界面より 400m とは距てない地域の内に在つて、日高變成岩帶の膨大な分布範圍より見れば橄欖岩の周りと述べ得る極めて接近した位置に見られる。この様な位置以外に廣く日高變成岩帶の内を尋ねてもかかる岩相を見出し得ないと云ふ事は、それが橄欖岩に關連を有するものである事を示す一つの有力な根據となるべきであると思ふのである。

Ⅲ. 橄欖岩の性質

この橄欖岩には岩體の大なるにもかかわらず可なり均一の岩相が示される。その大部分を占めるものは少量の斑狀をなす橄欖石と輝石を具へる他はすべて橄欖石に埋められ、之に隨伴して少量の尖晶石を見るが普通である。然しこの様な岩相の一部には

※こゝに述べられる特異な岩相に満たされる範圍を便宜上「變成域」と呼び度い「交代域」(metasomatic aureole) と呼んだ方が良いのかも知れない。

Fig. 1. The Pyroxene peridotite of the Horoman Region and its associated metasomatic aureoles.



基性斜長石の伴われる傾向があつて、處々にそれを見出し得る。この斜長石は多くの場合粗粒な橄欖石の間に溜状となつた細粒集合體として見られる。この様な部分には特に尖晶石が著しく伴われ、その溜の内は

橄欖石—斜長石—尖晶石 或は

斜長石—尖晶石—(角閃石)

等の組合せとなつてゐる。

之が橄欖石粒の間に分泌狀の形態を以て形成せられある事には注目せられなければならないと思ふ。それは尖晶石、斜長石で示される様な組成に過剰となつて行く分化傾向の現れであるまいか。その様なものであればこれより述べる變成域の岩相が Mg, Fe 等の組成に富化せられ行く形であるに對し調和するものと云ひ得やう。その他に斜長石が橄欖石、輝石と同様大型に發達し、その組成・構造共に斑瀉岩質となるものもある。その様な部分にはしばしば優白質岩脈の發達がある。それは正長岩或は斜長岩の性質を具へてゐる。これは超鹽基性火成岩の最後期分化產物として最も普通に容認され來つた處で、その形はこの岩體に在つても明らかに認められる。

Ⅲ. 被侵入母岩の性質

日高山脈の中央部に沿ひ、”日高變成岩帶”と名附けられる一つの特色ある地帯の發達がある。これはその南端部より狩勝峠に迄わたる廣範圍の内に蜿蜒帶狀となつて相連らなり、至る處均等な岩相を呈示するものである。この變成岩帶は、その中核部に廣く混成岩類を胚胎し、且つ種々の火成岩體をその内に包括する。その變成岩類に在つては黒雲母片岩或は黒雲母ホルンフェルスを主體とし、之に挾在して角閃岩類の認められるが一般である。それら多くは並行組織が著しいが、部分に依つてはそれを缺き塊狀となりホルンフェルスの構造が示される。

こゝに廣く認められる鑛物組合せの状態には次の様な形を挙げ得る。

- 1) Biotite-plagioclase (An₃₀)-quartz
- 2) Biotite-plagioclase (An₃₀)-cordierite-sericite-quartz
- 3) Plagioclase (An₃₀)-anthophyllite-quartz-(biotite)
- 4) Plagioclase (An₆₀)-green hornblende
- 5) Plagioclase (An₆₀)-green hornblende-quartz, biotite

鑛物相原理 (Mineral Facies Principle) に照せばこの様な組合せは完全に角閃岩相 (Amphibolite Facies) に特有なものである。

Ⅴ. 變成域の形態

橄欖岩に由來すると解せられるこの變成域は多く數十米の狭い範圍の内に示されるに過ぎないが、時に澤沿ひに 300m にもわたる範圍が高度に變成せられてゐるものもある。その擴りは母岩の片理と無關係で、不規則な輪廓ながら略々圓形の範圍が變成せしめられてゐる様である。母岩とこの變成域との移化状態には種々なる形があつて數十米の間に漸移を示し、その間に境界を置き難いものあり、又その様な移化状態が

1m 以内の近距離の内に示される事もある。時にこの両者が極めて明瞭な界面を以て接し、之を境として岩質の急變を見、漸移關係の認められない事もある。そこでは變成部分が母岩の片理を切つて火焰狀に擴るもので、その焰の末端は脈狀網狀となり、それらの間に埋まり不變成部分の捕獲岩片様に散點するものがある。

この變成域は(1) 黒雲母片岩或は黒雲母ホルンフェルスの内に、(2) 角閃岩中に或は(3) 斑靨角閃片岩に發達する場合がそれぞれ觀察せられる。多くその變成域内では剝離性を全く失つた塊狀岩となるが、角閃岩源のものでは、その片狀組織の多少残存する傾向がある。又その變成狀態も少しく原岩の片理に沿つて行なわれる形が認められる。何れの場合も著しく變成の進んだものでは、剝離性のない脂感を持つた塊狀岩である。併しその中にも不明瞭乍ら粗い縞狀組織があつて、之が周圍なる母岩の片理の方向を指してゐる。この縞狀組織に沿つて、屢々石英に富んだ優白質脈が稍々不規則な形で發達する。又大型の柘榴石がその様な脈狀形となり局部的に濃集するものが認められる。

Ⅶ. 變成域の記載

1) エハオイの澤

これは橄欖岩體の南西部に岩體より400m内外距つた地點に在つて、澤沿ひの約300mもの範圍に多様な變成狀態が示されてゐる。多くは黒雲母ホルンフェルスより變成せるものと認められるが、一部には薄層様に角閃岩源のものを挾有し、且つ又その南部には巾70mにも及ぶ斑靨角閃岩が含まれ、共にそれぞれの變成を受けてゐる。

礦物組合せ並びにその相互關係：——域内に見出された岩相に次の様なものがある。

A) 黒雲母ホルンフェルス源

- a) Cordierite-hypersthene-plagioclase-quartz
- b) Cordierite-anthophyllite-plagioclase-quartz
- c) Cordierite-hypersthene-almandine-plagioclase-quartz
- d) Cordierite-hypersthene-biotite-plagioclase-quartz
- e) Plagioclase-cummingtonite-quartz
- f) Plagioclase-cummingtonite-biotite-quartz
- g) Almandine-quartz-(hypersthene, cordierite, plagioclase)
- h) Plagioclase-quartz
- i) Quartz
- j) Albite-chlorite-quartz-(titanite, zoisite)

B) 角閃岩源

- k) Hypersthene-plagioclase-quartz
- l) Diopsid-plagioclase
- m) Diopside-brown hornblende-plagioclase
- n) Diopside-biotite-plagioclase

o) brown Hornblende-plagioclase

p) Cumingtonite-plagioclase-quartz

これらの内 a) より c) にわたる組合せは變成域の北部に廣範圍に示されるもので、密接に相伴ひそれぞれの組成礦物の増減に依り相互に移化し合ひ、且つ縞狀となつて複雑に入り組み合ふ。d) なる組合せはその南部に可なりの範圍にわたり均整な形で示される。カンニングトン角閃石の含まれる e) 及び f) は黒雲母ホルンフェルスと變成域の境界附近（移化帶）にのみ見出されるものである。

これらに對し g) より i) にわたる組合せは主としてレンズ狀、脈狀或は溜狀となつて上述の岩相の織りなす縞狀組織に略々沿つて形成せられある。併し時にはそれが周りの縞狀組織を横切つて分岐支脈の派出せられる事もある。それらの界面は極めて不整であり凹凸出入に富み、兩岩相の組合せに漸移の示される事もある。併しそれは多く顯微鏡的な範圍の内に激變する形のもので、野外に於ては、それを貫ぬくベグマタイト的脈狀體としてより見受けられない。これは主として變成域の内域に著しく示されてゐる。この内でも g) なる鐵礬柘榴石を含む組合せは、周りの岩相に漸移を示す事が他に比べ遙かに多く、a) より b) なる組合せを経て鐵礬柘榴石が急激に濃集せられゆく形が各所に認められる。その甚しい部分では i) なる石英に富んだ優白質部分を伴つて來る事が普通である。j) なる組合せは變成域に接するホルンフェルスの内に網狀となる細脈の内に示されるものである。

角閃岩源のものに於て、その一つは移化帶の内に存し、薄層狀となり、その部分に依り k) ~ n) なる組合せが認められる。o) 及び p) の組合せは上述の a) なる岩相中に含まれる斑靨角閃岩の變成せるものである。

A) 黒雲母ホルンフェルス源

原岩である黒雲母ホルンフェルスの性質：——變成域の周りに廣く分布するものは黒雲母ホルンフェルス乃至黒雲母片岩である。その礦物組合せは

Plagioclase (An₃₀)-biotite-quartz-orthoclase-pyrrhotite, magnetite, (garnet)

で、その斜長石の多くは斑狀の發達をなし、斜長石、黒雲母、石英、正長石が全變晶質の構造 (crystalloblastic structure) を以て之が基質を構成する。その斜長石組成 An₃₀ 乃至 An₃₅ 程度である。黒雲母は濃赤褐色で $T=1.650$ 。正長石の量は極めて少なく、不透明礦物は磁鐵礦の他に磁硫鐵礦が可なり多量に見出される。この他に電氣石、ジルコンが隨伴する。部分に依つては細粒の柘榴石が認められる事もある。多くその構造はホルンフェルスのであるが、時には並行組織の著しい部分もある。組成礦物の量比を一例に就いて見るに、左の様な形が示されてゐる。

Plagioclase		32,3%
Biotite		31,5
Quartz		31,3
Magnetite & Pyrrhotite		3,6
Orthoclase		1,1
Others		0,2

移化帶——ホルンフェルスよりの移化狀

態：——變成域の北端部及び南端部でホルンフェルスとの移化狀態が觀察される。こゝでは變成域に近づくと共に最初に認められる變化はホルンフェルスの内に網狀となる細い割目の發達があつて、紫褐色のホルンフ

エルスが、それに沿つて巾狭く（3m.m内外）灰綠色に變色してゐる。檢鏡すると、この變色部の中央に巾0.5m.m程度の周囲と明瞭に區劃された細脈の形成が認められる。細脈の内は、

j) Albite-chlorite-quartz-(titanite, zoisite)

の組合せで、細粒のモザイック狀集合體となつてホルンフェルスの組織を貫ぬき發達する。この細脈の周りでは全くその構造には變化ないが、唯黑雲母の綠泥石化が著しく行なはれてゐる。

この様な變色部は亦岩石の節理 (joint) に沿つて巾廣く認められる。そしてその節理より分岐して岩石の特定縞狀組織に沿ひこの變化が進行してゐるものが屢々認められる。この様な部分を檢鏡すると、廣い範圍にわたり、その斜長石は汚濁し、その個體の内に斑點様又は網狀に透明な低屈折率の部分を形成し、黑雲母は榴石を放出して綠泥石に變化してゐる。この一部に特に新鮮な黑雲母の集積する領域があつて、それに混在してカンニングトン角閃石が形成せられてゐる。そこに共存する斜長石には上述の様な汚濁は餘り見られず可なり透明な形で組成は An_{55} である。その礦物組合せは

f) Plagioclase-cummingtonite-biotite-quartz

の形を取る。この様になつても原岩たるホルンフェルスの構造は略々保たれる。そしてこの様な状態が約6m内外の範圍に示されてゐる。

より變成域内に近づくと、岩石全體が黑雲母に依る紫褐色を漸次失ひ全体が灰綠色の岩石に移化し、同時に少しく粗粒となつてその組成礦物の一つ一つが肉眼で識別出来る程になつてゐる。檢鏡すると、これには構造の改變が著しく行なわれてゐる。その斜長石は短柱狀の自形性を明らかに現して任意方向に配列せられ、その組成は An_{45} 内外のものが示され、ホルンフェルス又は内域の岩相のそれとは格段の相違が示されてゐる。共存する有色礦物は角閃石で、之も大型の柱狀結晶となつてゐる。石英はホルンフェルスのそれより遙かに大型でモザイック集合をなし、上記諸礦物の間を埋める。黑雲母も之に伴はれるがホルンフェルスに比べると極めて少ない。その組合せは

e) Plagioclase-cummingtonite-quartz-(biotite)

なる形が示される。注目すべきはこのカンニングトン角閃石の中核に斜方輝石の含まれる點で、その様な部分の形は變成域の内域に見られるものと著しい相違がない。

左にその組成礦物の量比を掲げる。

Plagioclase.....	57.4%
Cummingtonite.....	23.2
Hypersthene	0.7
Quartz	16.8
Biotite	0.3
Ore	1.6

この様な岩相に混在して次の組合せが認められる。

c) Plagioclase-cordierite

-anthophyllite-quartz

之は其の構造に於ても殆ど上述の e) なる組合せのものと同様で、その斜方角閃石も

上記カンニングトン角閃石と全く同様の状態を取り、しかもその中核に同じく斜方輝石が含まれる形が認められる。この組合せではその斜長石の組成が An_{22} であつて、上

述の組合せ c) のものと明確な相違が示されてゐる。

内域に示される岩相——

i) 黒雲母ホルンフェルス源

a) Cordierite-hypersthene-plagioclase-quartz-pyrrhotite

b) Cordierite-anthophyllite-plagioclase-quartz-pyrrhotite

c) Cordierite-hypersthene-almandine-plagioclase-quartz-pyrrhotite

これらの組合せには全く一様の構造が示される。即ち、組成礦物はすべて等粒に發達し、大いさ 0.2~0.6mm となり全變晶質構造を構成する。そして何れも一方向に少しく伸長形をなすが普通で長徑:短徑 2:1 時には 4:1 程度となり岩石の縞状組織に沿

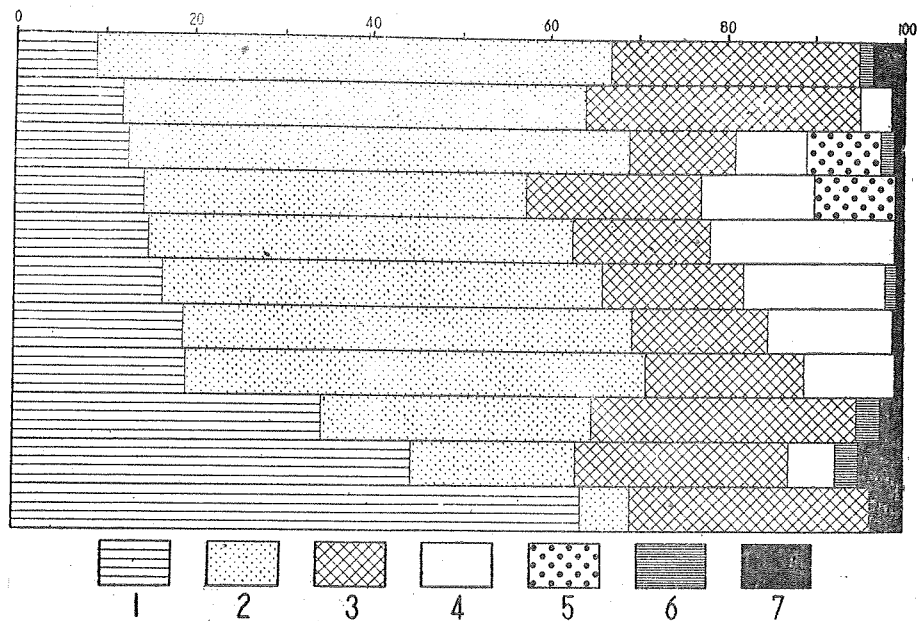


Fig. 2. Volume relations in the Hypersthene-Cordierite Plagioclase rocks.
(Ehaoi metasomatic aureole)

- | | | | |
|----------------|----------------|------------|---------------|
| 1. Plagioclase | 3. Hypersthene | 5. Garnet | 7. Pyrrhotite |
| 2. Cordierite | 4. Quartz | 6. Biotite | |

つて配列せられてゐる。これらの組成礦物の量比は岩石の部分に依つて甚しい變化がある。その相異なるものが縞状となつて交互してゐるのである。この様な交互状態が一つの薄片の内に示されてゐる事も屢々ある。比較的均一と思へる部分を取つて測定して見ると、それぞれの量比に廣範圍にわたる増減が認められる。併し第2圖に見られる様にその間に少しく規則性がある様である。それは斜長石と堇青石の間に見られる量比であつて、大部分は兩者併せて60%より70%の間に在り、しかもこの内に斜長石と堇青石の量が相反關係に在る事が圖の内よりも伺ひ得る。斜長石はその組成 Al_{125}

内外のもので、組合せの變化に従つてその相違を見る様な事は認められず、多くの測定値は An_{20} より An_{50} の範圍に止まる。

d) Cordierite-hypersthene-biotite-plagioclase-quartz

これはこの變成に特有と見られる斜方輝石、堇青石の量に既述の岩相に比べ著しく劣り、黒雲母が多量となつて原岩のホルンフェルスの組成に近縁のものとなつてゐるが組成礦物の大いさ 0.5mm 内外となり岩石の粒度構造には前述のものと大して變るところがない。唯斜長石、斜方輝石、堇青石の各々がより良好な短柱狀の自形性を具へ大型に發達する黒雲母及び石英がその間を埋める傾向が明らかである。少量ではあるが間々鐵礬柘榴石が篩狀の斑狀結晶となつて形成せられるものがある。組成礦物の性質には既述のものと全く一致したものが示される。黒雲母は濃赤褐色で、 $\bar{\alpha}=1.657$ 程度のものである。

脈 狀 部

h) Plagioclase-quartz

i) Quartz

この岩相の形態は既に述べたところである。その組成は斜長石の主體となるものから石英のみに至る迄あらゆる量比のものが見られる。脈狀をなすが、詳細に見ると周りの岩相中に分泌狀の溜りとなつて形成せられ、又はその周りの構成礦物の間隙に廣く滲透狀に擴がつてゐる事も認められる。その様な溜りとなつて形成せられてある部分を見ると、第一に、その範圍に有色礦物並びに堇青石が全く退場し、斜長石、石英のみより構成せられる様になる。その様になると斜長石は急激に大いさを増し柱狀の自形性の優れた形となる。そしてその間隙に石英が伴はれ來るのが普通である。この粗粒化し且つ石英が著しくなる傾向は周りの岩相に對して際立つた相違と云へやう。稀に少量の黒雲母がこの部分に見られる事もある。周りの岩相中に均一に伴はれてゐた磁硫鐵鑛は、この脈狀部に至ると、全く姿をひそめ其の他不透明礦物の認められるものがなくなる。こゝに示される石英は多く共存する斜長石と同程度の大きさに發達する。併しその他に遙かに細粒で基質的なモザイック集合となつて大型の斜長石並びに石英の間を埋めて發達するものがある。石英のみよりなる部分でもこの大小二種の形を取る構造が遍く示されてゐる。

こゝに見られる斜長石は大いさ 1.0mm 程度周りの岩相中のそれに比べ 2~4 倍にもなる。その組成 $An_{20} \sim An_{30}$ 程度で周りのものに比べ 5% 程度の低下が示される。石英は多く伸長形となり脈の方向に配列せられる。

e) Cordierite-hypersthene-anthophyllite-almandine-plagioclase-quartz

この組合せは構造・形態に既述の岩相と脈狀部との中間狀態のものと見られ、a) の組合せ中にレンズ狀となり粗粒に發達するものである。この部分に新らしく見られるは、1) 組成礦物の間隙に多量の石英が加わる事、2) 斜方角閃石大型結晶の發達、3) 鐵礬柘榴石の新生、4) 黒雲母の大型結晶が稀に伴われる事、等々である。この斜方角閃石は大型に發達し他成分を包裹して篩狀になり、既述の様な單に輝石の周りに形成せられるものとは異つた形態を示してゐる。この岩相は一般の脈狀部の形態に類似し

てゐるが、亦それに比べては堇青石、有色礦物を可なり多く伴つてゐる事に周りのa) 組合せのものと大きな距りが認められない。

g) Almandine-quartz-(hypersthene-cordierite, plagioclase)

この組合せは岩石中に柘榴石が急激に濃集する形のもので、その多くは脈狀形態を取つて上述の岩相中に挟在する。e)の組合せに見られる柘榴石は少量であり且つ岩石の内に均一に分布されるが、この形のものでは縞狀組織の特定部に柘榴石のみが著しく多量になる。常に之に伴つて石英の増加する點が著しい。それに對し斜方輝石、堇青石、斜長石等は柘榴石粒間に押し狭められ、甚しく減少する。先に述べた様に、この部分に大型の不規則形をなす磁硫鐵礦が時に著しく伴われ來る事がある。一部にはそれに黃銅礦の伴われる事もある。

脈狀部の周りで見られる變化：——以上の様な脈狀部がその周りの岩相に劃然と境を示す場合は少ないのであつて、その前後にわたり、雙方の要素が混在する事が多い。之は脈狀部で基質的構造をなす細粒の石英集合體が、同様の形態で周りの斜方輝石、堇青石、石英等なす組織間隙を縫つて不規則に擴るものである。この様な部分では、斜方輝石、堇青石等に種々分解變質の事が見られる。そこにはそれぞれの礦物種が脈狀部の周りで、その石英の量の増加する方向と歩調を合せ、それぞれの時期に綠泥石化を行ふ傾向が同はれる。それは 1) 斜長石を主體とする脈狀部の周りでは既存の礦物種の内に分解變化の事は認められない。唯輝石にその位置が斜方角閃石、黑雲母の様なものに代られ易い傾向が示されてゐる。2) 脈狀部が斜長石と石英とよりなるものでは、その周りで堇青石、斜方輝石は綠泥石化する。この時期では斜方角閃石はより安定である様で不變の儘である事が多い。3) 石英の多量な脈狀部の周りでは斜方角閃石の一部がカンニングトン角閃石化せられてゐる。4) 石英が主體となるものの周りでは大部分の礦物種は綠泥石化せられ最も安定に見える斜長石もソーシュライト化が示される。

B) 角 閃 岩 源

k) Hypersthene-plagioclase-quartz

l) Diopside-plagioclase

m) Diopside-brown hornblende-plagioclase

n) Diopside-biotite-plagioclase

これらの組合せは域の北縁近くで移化帯を経て内域の岩相に達した附近に見出されその内に挟在した巾狭い角閃岩に由來するものの様である。極めて不均質で、一標本の内にも數種の組合せが見出される。細粒のもので並行配列性が著しい。楕圓狀の斜長石と粒狀乃至は時に大型となつて斜長石を包み篩狀となる輝石、角閃石を以て構成せられる縞狀となり斜長石輝石類を主體とする部分と輝石角閃石の濃集する部分が區別せられる。

斜方輝石の多くは斜長石粒間を埋める大型の篩狀となる發達を示す。之を見る組合せには石英が可なり伴われ、透輝石を見る組合せと此の點に相違が示される。透輝石は粒狀乃至不定形で、これに褐色角閃石の伴はれる事が多い。その角閃石は透輝石と

共存するが多くは輝石粒を包みその外縁をなし、又は篩状となり多くの輝石粒を包裹する。兩種輝石の混在する事はない様である。斜長石の組成は An_{75} 乃至 An_{50} 程度である。

o) Brown hornblende-plagioclase

p) Cummingtonite-plagioclase-quartz

この二つの組合せは斑角閃岩に由来するものである。o) の組合せでは並行組織が著しく、その形は岩石の色調灰褐色である點を除けば、この地方各所に知られる斑角閃岩と異なるところがない。この岩相が廣い範圍にわたつて連續するが、處々に主としてその並行組織に沿つて優白質となる部分がある。その部分では並行組織を失つた粗粒な岩石となつてゐる。その周りの優黒質部と漸移する形が各所に見られるが、又時には明確な界面を持ち、その並行組織を切つて進入角礫 (intrusive breccia) 様に角稜を示しその片理方位を亂した優黒質部を包含する事がある。この優白質部には p) なる組合せが示されてゐる。

優黒質の部分は伸長形となる斜長石の間を埋め柱状となる多量の角閃石の並行配列をなすもので、その組織は何れの部分にも均一に示されてゐる。その角閃石が他を包裹して發達する様な事は見られない。角閃石は $n_2 = 1.694$ $X =$ 淡褐色 $Y = Z =$ 帶赤褐色で、斑角閃岩中のそれに比べ吸収が大きくその色調により赤褐色を帶び屈折率が高くなつてゐる。時に之が汚濁し無色となつて、カンニングトン角閃石の集合體に變化してゐるものがある。斜長石の組成は An_{60} 程度で、原岩のそれと相違は見られない。

優白質部はその構造が部分に依つて不均一となつてゐる。斜長石に短柱状な自形性の示される傾向が著しい。時に大型に斑状變晶となるものがある。その間隙を埋め細粒の石英が多量に示される。この様なものに見られる角閃石は大部分無色でカンニングトン角閃石の性質を示す ($n_2 = 1.674$) 稀に褐色角閃石も見られるが、それは斜長石粒を多く包裹篩状となり斑状の發達をなすものである。そしてその一部が不規則に無色化してカンニングトン角閃石の變化を示してゐる。その様なものでは共存する斜長石は累帯構造をなしその中核は An_{60} であり周縁では An_{45} なる性質を示してゐる。又稀に透輝石が認められる事がありその周りを包んでカンニングトン角閃石が形成せられてゐる。

2) エハオイの海岸

エハオイの澤變成域より更に南西部へ橄欖岩體を離れ、海岸なる國道沿ひに徑 10m にも満たぬ狭い變成域が認められる。橄欖岩の主要岩體より甚しく遊離した位置ではあるが約 50m 東方に橄欖岩の小さな岩脈が知られてゐる。この變成域の周りは斑角閃岩 (gabbro amphibolite) である。域内には次の様な鑛物組合せが示される。

a) Cummingtonite-plagioclase-(biotite)

b) Cordierite-anthophyllite-plagioclase-quartz

c) Cordierite-anthophyllite-almandine-plagioclase-quartz

d) Quartz-plagioclase

之等は原岩である片狀の明らかな斑角閃岩より 1~2m の狭い距離の間に塊状とな

りb), e)の組合せに移化する。その移化帯に在つては角閃岩の片狀組織に沿ひ不規則にa), b)なる組合せの交互するもので、少しく變成域の内部に入ればカンニングトン角閃石の存在は見られず、堇青石、斜方角閃石等を主體とした岩相のみである。これにはTilleyの記述したCorawall地方の斜方角閃石堇青石岩のそれと極めて一致した形がある。鐵礫石榴石は内域にのみ形成せられるが、その分布は甚しく不均質で局部的に濃集するものが多い。その著しい濃集部には常にd)の石英を主體とする脈狀體が伴われる。之等の組合せは原岩の構造に基づいて縞狀に配列せられる傾向が強い。

斑礫角閃岩の性質：——これは本地域に普通大いさ10~30m程度の岩體となり黒雲母片岩の片理に沿ひ、又時には緩やかに之と斜交し岩脈様の形態となつて數多く見出される。大部分それ自體が周りの岩類同様著しい片狀組織を示し、明らかな變成角閃岩の性質を具ふるものであるが、その低變成状態のものを見ると原岩が進入斑礫岩質岩脈であつた事を推測出来る。その進入固化に際しての地域一帯に行なはれた變成條件に支配せられ特異なる角閃岩として成生したと解釋されるものである。この岩石は斜長石と角閃石とよりなり、その他に僅かに磁鐵礦を伴ふのみである。斜長石は An_{50} 内外、角閃石は一般角閃岩のそれと異なり褐色を帯びるを特色とするがその周縁に従つて綠色を呈するが事が廣く認められる。 $n_g = 1.664 \sim 1.662$ $c\lambda Z = 18^\circ$

a) Cumingtonite-plagioclase-(biotite)

これはその外觀に於て殆ど原岩と區別する事が出来ない。檢鏡すると、構造上の改變は全く認められないが、その褐色角閃石の領域がカンニングトン角閃石の針狀結晶の不規則な集合體——時にこの間に黒雲母を交ゆる事がある——に變化してゐる。斜長石はその形態殆ど變る事なく少しく汚濁の示されてゐる場合もある。然しその構造不變であるに反しその組成は An_{50} 程度に低下してゐる。

b) Cordierite-anthophyllite-plagioclase-(quartz)

a)に比べその構造では大差ないが、組成には原岩との距りの程度が更に著しく示される。その低度のものに在つては斜方角閃石の形態はカンニングトン角閃石のそれと殆ど同様であるが、少しく良好にこれの發達する部分では常にその周りの斜長石の位置に堇青石の形成が認められ、斜長石—斜方角閃石—堇青石の組合せを示してゐる。この様なa)の組合せとb)の組合せが縞狀となつて薄片の内に狭く相交互するものがある。その様な部分でも兩者の礦物組合せは劃然と守られる。兩者その構造略々同様であるが、堇青石の形成ある部分は少しく粗粒となる傾向がある。この形の部分には原岩には全く見出し得なかつた石英が片狀組織に沿つて少しく認められるものがある。又堇青石が局部的に濃集せられてゐる様な事も見られる。時には斜方角閃石が扇狀集合體となり斑狀の發達を示し、之に伴ふ斜長石、堇青石も大型となり、岩石の並行

1) Tilley, C. E. : —1935

Metasomatism associated with the greenstone Hornfelses of Kenidjack and Botallack, Cornwall.

(Min. Mag. Vol. 24, pp. 182—194)

組織が消滅する部分がある。その様な粗粒部が原岩の組織を保存する細粒部の縞に沿つて發達する。斜長石の組成は a) に於けると同様 AN_{22} 内外である。組成礦物の量比は斜方角閃石と斜長石が主體となり、堇青石は常に見られるが少量である。この他に燐灰石が少々目立つ程度に伴はれてゐる。

c) Cordierite-anthophyllite-almandine-plagioclase-(quartz)

之は組合せ b) の内に鐵礬柘榴の斑狀結晶が多量に形成せられるもので、その爲に原岩の面影たる片狀組織は全く擾亂せられ無定位構造の塊狀岩へ變化する。柘榴石の新生に伴つて斜方角閃石、斜長石、堇青石等の斑狀に發達するものがあつて、同種組成の細粒な基質的構造をなすものの内に散点する。

d) Quartz-plagioclase

これはエハオイの澤に於けるものと全く同様である。柘榴石の濃集部に多く伴われ又その周りの岩相中に同様組成礦物の綠泥石化が示されてゐる。

この變成域内の組成礦物の性質に就いて述べると、斜長石は域内のすべてにわたり略々同様の組成を持ち、 AN_{22} より AN_{27} 程度のものが認められる。周りなる斑礬角閃岩のそれは AN_{20} 内外なるに比ぶる時その間に著しく差異が見られる。原岩の角閃石のカミングトン角閃石化、斜方角閃石化と歩調を一にしてこの變化が示されてゐる。形態は多く原岩のそれと全く同様に保たれ、全面に微細の塵埃狀物質を形成してゐるが多く透明な形になつてゐる。

斜方角閃石はこの變成域では扇狀の集合體となる傾向が著しい。原岩に於ける角閃石に比べその量は可なり少なくなつてゐる。屈折率 $\gamma = 1.680 \sim 1.698$ の間に在る。一標本に於いて柘榴石に濃集する部分のものは 1.698 なる値を示し、それを缺いた部分では 1.691 なる値が示されてゐる。廣い範圍にわたつて柘榴石を缺く部分では 1.680 $\sim$ 1.682 程度であるが、柘榴石を伴ふ部分又はその周りでは 1.690 $\sim$ 1.698 なる値が認められる。この兩部分に明らかな相違が在るとして良いであらう。この兩部分に伴われる堇青石ではすべて一様の性質である様で 1.559 乃至 1.562 なる値のものである。

3) エハオイのトンネル

エハオイの國道トンネル西口に橄欖岩の小岩脈があつて、その下盤際のホルンフェルスの中に小範圍の變成域が示されてゐる。その内には薄層の角閃岩を含み之亦同様變成せられてゐる。すべて構造的に略々原岩の形が保存せられてゐる。これに見られる礦物組合せには次の様なものがある。

I) ホルンフェルス源

- a) Plagioclase (AN_{23}) - cordierite-biotite-anthophyllite-quartz
- b) Plagioclase (AN_{46}) - cummingtonite-(quartz)

II) 角閃岩源

- c) Plagioclase (AN_{76}) - cummingtonite
- d) Plagioclase (AN_{76}) - brown hornblende
- e) Plagioclase (AN_{23}) - cordierite-biotite-anthophyllite-quartz

原岩のホルンフェルスは圓粒狀の多量の斜長石の間に埋め石英及び黒雲母片を見る

ものである。變成域内に入るとその黒雲母の集積領域中にそれと混在して細片の斜方角閃石が示される。斜長石の形態はその儘保たれ斜方角閃石、黒雲母がその間を埋め構造には原岩のそれと變るところがない。時に斜方角閃石が大型となり篩狀に斜長石粒に包み長柱狀の斑狀變晶様の發達を示す部分もある。新生の斜方角閃石の量が多くなるに従つて黒雲母が減少する。又それに伴つて斜長石の位置に堇青石が形成せられて来る。この堇青石は量的に斜方角閃石の形成よりは遅れて著しくなる様である。この組合せでは斜長石の組成は A_{122} 乃至 A_{125} なる値が示される。

b) Plagioclase (A_{145}) -cummingtonite-(quartz)

角閃岩源のものと黒雲母ホルンフェルス源のものととの接着部にこの組合せが示されてゐる。それは接着部に沿ふ厚さ數耗の範圍に認められ、その構造より見れば黒雲母ホルンフェルス源の領域と見做される。此の黒雲母にホルンフェルス側にはa)の組合せが示されてゐる。接着部至るとその斜方角閃石の綠泥石化し、斜長石の著しく汚濁を示す帯がある。之に次いでb)なる斜長石—カミングトン角閃石の組合せがあつて、この部分では石英の量に極めて乏しくなつてゐる。その組成礦物は新鮮である。それに隣つて、その構造から見ても角閃岩源と見做し得る斜長石—カミングトン角閃石の組合せがある。より内部(角閃岩源の側)は褐色角閃石—斜長石の組合せとなつてゐる。この帶狀配列は各々數耗の狭い周圍で示されるものではあるが、それぞれの帶に於ける斜長石の組成は嚴密にその礦物組合せに従つて著しい相違が示される。即ち、一薄片中の例を挙げると次の様な形が認められる。

組合せ	a) Anthophyllite -cordierite	汚濁帶	b) Cummingtonite -plagioclase -(quartz)	c) Cummingtonite -plagioclase	d) brown Hornbl- ende-plagiocla- se
斜長石 組 成	An_{25}	An_{25}	(外帶) An_{34} (内帶) An_{46}	An_{75}	An_{76}
構 造	黒雲母ホルンフェルスの			角 閃 岩 的	
巾	←	2m.m	4m.m	7m.m	→

e) Plagioclase (An_{75}) -cummingtonite

d) Plagioclase (An_{76}) -brown hornblende

角閃岩源のものでは e) の組合せは角閃岩の片理に沿ひ薄層狀となり d) の組合せと縞狀となつて交互する。それらの組合せでは石英は全く伴はれず、角閃石類の量が60%にも達し構造的にも型的な角閃岩的なものが示される。之に相伴ふ斜長石はe), d) の組合せ共に A_{1175} 程度である。

4) サルシュナイの澤

橄欖岩體の南東部なるサルシュナイ澤下流に橄欖岩と黒雲母ホルンフェルスとの一つの接觸部が認められる。その界面に沿つて 1m 程の間に堇青石—斜方角閃石—斜長

※これは殘晶と見做すの出来るものである。

石岩が示され、之が 3m 内外の距離の内に色々な中間型を経て黒雲母ホルンフェルスへ移化する。この周囲に見られる岩相には次の様な組合せがある。

- a) Plagioclase-biotite-cordierite-quartz
- b) Albite-biotite-cordierite (quartz)
- c) Albite-anthophyllite-cordierite

變成域の周りは黒雲母ホルンフェルスで、之は既述のエハオイの澤に見られるものと全く同様の形が示される。その様なものに見られる最初の變化は

- a) plagioclase-biotite-cordierite-quartz

1) 堇青石の斑狀變晶狀に形成せられる事、2) それに伴つて黒雲母の細片が相寄り多少均質な大型結晶へ變移する事、3) 石英も同様に相寄り大型となりモザイク集合となる事、4) その爲に全體がより粗粒岩となる。

- b) Albite-biotite-cordierite-(quartz)

その様な傾向が強くなると斜長石の量が著しく増す。之は斜長石 (An_{30}) の周りに曹長石が附加成長をする事に依る。又黒雲母がいよいよ大型且つ均質結晶となつて斜長石と全變晶質構造を以て接するに至る。それに伴ひ石英の領域は漸次狭められ殆ど消失する。この組合せでも堇青石の量は餘り著しくない。この様な形のものの内、その黒雲母の領域の一部が纖維狀の斜方角閃石に變化してゐるものがある。

- c) Albite-anthophyllite-cordierite

この組合せでは b) の黒雲母の位置はすべて斜方角閃石の纖維狀結晶の束狀集合をなすものに代えられる。石英は全く退場し、斜長石の發達著しく、原岩の面影は全く失われる。この斜長石は累帯構造が極めて明らかに示される。 An_{30} 内外の聚片雙晶を示す中核があつてその周りに廣く均質な An_{10} 程度の組成部分が發達する。その中核は原岩の斜長石を思わせる。堇青石は餘り多量とはならず、斑狀變晶となつて發達する。

5) 古川の澤

橄欖岩の東北側幌満川流域なる古川の澤頭附近に一つの變成域が見出される。黒雲母片岩の内に在つて、その構造・組成の改變程度は餘り著しいものではないが、斜方輝石、堇青石、カミングトン、角閃石等この變成に特有な諸礦物の形成が見られる。こゝには次の様な礦物組合せが知られる。

- a) Plagioclase-biotite-cordierite-quartz-(almandine)
- b) Plagioclase-biotite-cordierite-hypersthene-almandine-quartz
- c) Plagioclase-biotite-cummingtonite-quartz

變成域の周りは斜長石 (An_{30}) 黒雲母—石英の組合せを示す黒雲母片岩で、並行構造の明らかなものである。

- a) Plagioclase-biotite-cordierite-quartz-(almandine)

之が變成域に入ると第一に示される變化は岩石の粗粒化で、特に斜長石 (An_{30}) の短柱狀結晶が斑狀變晶様に發達する。之に伴つて鱗片狀であつた黒雲母片が均質の大型結晶となり、次第に岩石の片狀組織が失われて来る。この様な變化に伴われて新に

堇青石が斑状變晶となつて成生せられてゐる。之は包裹物の殆どない均質な自形性をも少しく具へたものである。時には柘榴石も斑状となつて見られるものもある。

b) Plagioclase-biotite-ordierite hypersthene-almandine-quartz

この様な構造の改變が進むと、基質的であつた石英の細粒集合體も大型結晶集合に變り、岩石は全變晶質構造を取る様になる。稀にこの様な形のものに斜方輝石の形成せられてゐるものがある。之は主として黒雲母の集積する部分に伴われてゐる。他組成礦物粒を包み篩状となり明らかな自形性は示されてゐない。その $2V = (-)60^\circ$ 共存する黒雲母は赤褐色で $\gamma = 1.663$ 堇青石は $\gamma = 1.561$ なる性質が示されてゐる。その量比は一例で次の様なものがある。

Plagioclase	35,5%	Hypersthene	3,3%
Biotite	15,5	Almandine	3,9
Cordierite	9,1	Quartz	32,4

e) Plagioclase-biotite-cummingtonite quartz

a) の組合せが域内の大部分を占めてゐるが、この内に石灰質團塊より變成した石灰質珪酸鹽礦物を主体とした團塊が間々見出される。c) の組合せはそれと黒雲母片岩源のa)の岩相との境界面に沿つて實現されてゐるのである。a) 組合せの岩相から石灰質團塊に近づくとき2~3cmの間が可なり細粒組織となつて黒雲母片岩のそれと餘り異ならないものとなつてゐる。この部分では明らかに石英の量に乏しくなり、且つその黒雲母の位置にカミングトン角閃石の形成が示される。之は團塊に近づく程黒雲母に代つて多くなる。こゝに見られる斜長石は相隣る岩相中のそれとは明らかな相違が見られる。それには累帯構造が示され、結晶体の大部分を占める中核部は An_{45} を示し、之を包んで薄膜状に An_{45} なる部分が發達するのである。之に隣つて團塊に屬すべき部分がある。それは基性斜長石—綠色角閃石—石英の組合せである。よりその内部に至れば種々の組合せの累帯配列があるが、それは基性斜長石—透輝石—石英の組合せが主体となつてゐる。それらの組合せは廣くこの變成域外に見られるものと全く同様でありそれに比べ特に變化した様な形は見られない。

6) 新 樽 似 越 の 澤

橄欖岩體の北縁を流れるこの澤沿ひで、その中流部より下流部にわたる二三の箇所
に低度の變成状態が見られる。その變成域は角閃岩中に胚胎せられ、そこに示される
變成状態には上述の諸地點とは少々異なつた形がある。即ち、原岩の綠色角閃石の褐

1) 鈴 木 醇 : —1934

十勝國南部海岸ホルンフェルス中の變成石灰質團塊に就いて。

(地質. 第41卷. pp. 666)

Suzuki, J. : —1934

Metamorphosed calcareous concretions in the hornfels at the southern coast of Tokai province, Hokkaido.

(Journ. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Series 4 Vol. 2. pp. 323—333)

色角閃石化並びにカミングトン角閃石化、透輝石、斜方輝石の形成等が主な組成變化で、堇青石、斜方角閃石の形成はこゝには認められない。これらの變化は角閃岩中に極めて不均質に實現せられ、或るものは片理に薄層狀部分に特に行なはれ、或は又その片理を破碎して網狀・火焰狀となり特殊の岩相が發達する。域内の岩相には次の様な礦物組合せが見られる。

- a) Plagioclase-brown hornblende
- b) Plagioclase-diopside (brown hornblende)
- c) Plagioclase-hypersthene quartz (cummingtonite)
- d) Plagioclase-cummingtonite (biotite, quartz)

原岩である角閃岩は層狀となつて黒雲母片岩中に挟在し、可なり連續性を示すものである。綠色角閃石及び斜長石よりなるもので他に磁鐵礦を伴ふのみであるが、一部には角閃石を減じ石英、黒雲母を之に加えるものも見出される。何れに於てもその組成礦物は著しく伸長形となり並行配列を示す。

- a) Plagioclase-brown hornblende

變成域の大部分はこの形に變化してゐる。多くの場合構造上の改變は殆ど示されず唯その角閃石が濃褐色に變り屈折率の高いものとなつてゐる。 $X = \text{淡黄褐色}$ $Y \approx Z = \text{濃褐色}$ $c \wedge Z = 16^\circ$ $2V = (-) 82^\circ$ $n_z = 1.672 \sim 1.686$ 之に伴ふ斜長石は大部分の場合汚濁してゐる。その組成に原岩との著しい相違は見られない。併し局部的に片理に沿つて又はそれを切つた脈狀となり粗粒優白質部分が示され、その部分の構造には原岩と著しい距りが認められる。即ち、並行組織は失われ、遂かに粗粒となり寄木狀構造 (granoblastic str.) となつてゐる。そして斜長石の増加が著しい。その甚しく優白質になつた部分では石英を見る事がある。角閃石は長柱狀の晶癖を失つて等長 (isometric) となり細粒斜長石を包裹し篩狀となつてゐる。この様なものでは上述のものより更に濃褐色となつてゐる。之に伴われる斜長石は An_{55} である。

- b) Plagioclase-diopside-brown hornblende

透輝石の形成せられてゐるのは上に述べた様な粗粒化せられた部分である。構造もそれと大差なく、斜長石の増加が著しい部分である。透輝石は角閃石の位置に代つて示される。それは自形性の全くない大型に發達するもので、丸味を帯びた不規則な輪廓となる。多くその周りを褐色角閃石に包まれ、又細粒となり褐色角閃石中に多量に包裹せられるものもある。 $2V = (+) 58^\circ$ $c \wedge Z = 38^\circ$ 角閃石は a) 組合せ中のものと同様である。斜長石も同様であり An_{55} 程度のものである。

- c) Plagioclase-hypersthene-quartz (cummingtonite, biotite)

この組合せは a) 組合せ中に挟在し、その片狀組織に沿ひ薄層となつて實現せられてゐる。その周りの岩相に對し著しく優白質となり多量の石英がこゝに導入せられてゐる。斜方輝石は短柱狀の斑狀結晶となつてこの内に散點する。その外縁にカミングトン角閃石の總狀結晶密生するのが普通で、又それに伴つて黒雲母が見られる。共存する斜長石は An_{40} 乃至 An_{45} なる組成を示し、a), b) の岩相のそれとは明瞭な相違が見られる。

a) Plagioclase-cummingtonite (biotite, quartz)

之は組合せa)の内の褐色角閃石がカミングトン角閃石化せられた形のものである。その構造には既述のそれとの相違は殆ど示されてゐない。そのカミングトン角閃石化は褐色角閃石が斑點狀に無色化せられ明らかなカミングトン角閃石の性質を示すに至るのである。c)の組合せに接した周りa)の組合せの岩相中にもこの様な形が廣く伴はれてゐる。このカミングトン角閃石形成に伴つて黒雲母の成生せられる事も屢々見られる。又時にこれに石英が多量に示されてゐる事もある。斜長石は他組合せのものに比べ汚濁する事多く、種々の組成が示されるが、石英を伴はぬものでは A_{n55} 乃至 A_{n40} であるが、石英の多量なものでは A_{n40} 内外の組成が示されてゐる。最下流の變成域の内に角閃岩源のものと共存して黒雲母片岩源のものが見られる。その角閃岩源のものにはa)及びd)の組合せが示されてゐるが、黒雲母片岩源のものには

Plagioclase-biotite cordierite-almandine-quartz

の組合せで古川の澤のそれと同様な形が見られる。

VII. 造岩礦物に就いて

上述の様に相離れた變成域の各々に示されたる形には色々變化があつて相互に隔絶する様に見做されるものもあるが、それは又それぞれの原岩より堇青石—斜方輝石—斜長石乃至堇青石—斜方角閃石—斜長石なる岩相への過渡的な形と解する事をも出来るであらう。これらの變成域中に示される岩相を形造る組成礦物の性質には著しい通有性が見られるのである。以下にそれらの性質並びに相互關係に就いて概観し度い。

1) 斜 長 石：—— これはあらゆる岩相中に主要な構成礦物として認められるものである。充分に粗粒化せられたものでは他組成に比べ自形性の優れた點が容易に見取る事が出来る。そしてこれは一定の晶癖を示す傾向が強く、〔100〕に短柱狀となる形を取る。單晶たる事が多いが亦聚片雙晶が廣く示される。それは多くの例でペリクリン型式のものが著しく優勢で之に附隨して少しくアルバイト型式のものが見られる。併し角閃岩源のもので原岩の性質と左程距りのないものでは、それに比べて餘程アルバイト型式のものが多くなつてゐる。移化帶では多く原岩に見られる形態をその儘保ち乍ら、その組成に甚しい變化を示す事が多く、之が内域に入るに従つて粗粒のものとなつてゐる。之には他組成礦物も同時に粗粒化し結果均一な寄木狀構造に達するものや、原岩の面影を多分に示す細粒部の中に斑狀となつて散點形成せられるものなどがある。

斜長石の組成には極めて敏感にその組成に依る影響が示されてゐる様である。然もその原岩である角閃岩と黒雲母ホルンフェルスに見られる斜長石組成には甚しい距りのあるにもかかわらず、變成域に入るやたちまちにしてその相違は消失し礦物組合せのみに依存する様な形を示す場合が多い。即ち、一つの礦物組合せに相應する斜長石組成はその原岩の如何にかかわらず一定である。その傾向を概括すると次の様な形がある。

1) 褐色角閃石乃至透輝石と組合せになるものでは其 $A_n\%$ 最も高く A_{n60} 乃至 A_{n60}

程度が示されその原岩である角閃岩のそれと同様の組成を示してゐる。

2) カミングトン角閃石との組合せには中位の組成で An_{55} 乃至 An_{45} の組成である。

3) 斜方角閃石又は斜輝方石との組合せでは An_{50} 乃至 An_{20} 時には An_{10} 程度であり最低の $An\%$ が示されてゐる。

角閃岩源のものは多くの變成域で褐色角閃石乃至透輝石形成に止まる事が多い。その斜長石の組成も原岩のそれと大して相違する事はないが、時々その形態より見て充分に褐色角閃石として發達したものがその一部をカミングトン角閃石の集合體に變化したものと思われる例がある。その場合共存する斜長石は An_{45} 程度で或るものではその中核は An_{50} その周縁では An_{45} となつてゐる。之はその中核は變成の主要階梯である褐色角閃石形成に、周縁のそれはカミングトン角閃石化の階梯にそれぞれ相應するものの如くに思われる。角閃岩源のものに斜方角閃石の形成せられる場合原岩の An_{50-60} のものより An_{20} 程度に激減が示される。黒雲母ホルンフェルス源のものに形成せられる角閃石類は斜方角閃石とカミングトン角閃石のみである。原岩のそれは An_{50} 乃至 An_{35} であるが、斜方角閃石の形成を見ると An_{25} 乃至 An_{10} 程度のものとなる。内域に入り組合せの變化があつてもそれとは略々無關係に同様の組成が維持せられてゐる。この組合せ状態には堇青石が伴われるのが特有である。

カミングトン角閃石形成では餘程條件が異なつてゐる。移化帯に見られる時はその斜長石組成は原岩のそれと同様の事もあるが An_{40} 内外に高まつてゐるものもある。内域でカミングトン角閃石の見られるものは、既述の如く石灰により富んだ環境を思わせる部分にのみ限られ、その組成も An_{40} 乃至 An_{35} となつてゐる。こゝにも斜長石の中核は An_{55} で原岩のそれに近くその周縁に至つて An_{50} となる例がある。この組合せには堇青石の加わる事がない。

2) 堇 青 石 :—これは原岩には殆ど示されてゐない礦物種に屬し、この變成に特有なものと見做し得る。充分に發達したものでは c 軸に伸びた短柱状を示すが、その輪廓は他組成に制約せられ充分な自形性の示されてゐないのが普通である。單晶である事が多く、稀に (110) に並行する聚片雙晶が認められるのみで、三連晶型の雙晶に極めて乏しい。均質に發達して居り、細粒礦物を多量に含む篩狀の形は見られない。移化帯に之が形成せられるのを見ると、斜方角閃石の形成に伴はれ斜長石粒と相並び不規則粒狀となつて示される。之は特定部分に多量に見られる様な事が多い。又斑狀變晶様に發達して岩石の内に均一散點せられある事もある。組成礦物の量比より見れば、斜長石の位置に代つて形成せられる様な結果となつてゐる。一般に角閃岩源のものにその量乏しく、黒雲母ホルンフェルス源のものでは最高 63% に迄達するが、然し變成域に依つては極めて乏しい事もある。その屈折率を見ると殆どすべてにわたり $n = 1.560$ 前後の値が示されてゐる。これはどの様にしてその組合せ、量比が異つても常に一定の形がある。この値は變成岩中に産する堇青石のものとしては最高値に屬する。即ちその鐵量に最も富んだ形の現れと見るべきであらう。その光軸角を測ると屈折率の一定であるのに比べ極めて變化多く (一) 80° より (一) 66° 迄の内種々な値が示されてゐる。

3) 透輝石：——これは角閃岩源のものみに限られてゐる。共存する斜長石の組成は原岩のそれと殆ど變りはないのであるが、粗粒且つ優白質化せられた部分にのみ伴はれ、角閃石の位置に代つて形成せられる。共存するは斜長石及び褐色角閃石のみで、それに石英の加わる例は殆ど見られない。自形性の全く示されぬ不規則形となりその輪廓極めて丸味に富んだものである。褐色角閃相石と伴ふ事多く、透輝石の周りを包み廣く角閃石の發達が見られる。時に中核に汚濁した形となつて存し、その周りをカミングトン角閃石の總狀結晶の密生する例もある。

4) 褐色角閃石：——之も角閃岩源のものみに見られる。共存する礦物種は透輝石のそれと全く同様であり、多く石英を見る事がない。原岩では角閃石は褐色を帶びた綠色角閃石でその $n_2 = 1.662 \sim 1.664$ 程度であるが變成域内では之が濃褐色のものとなり屈折率も上昇し、その n_2 は 1.669 より 1.681 の間に在つて色の濃さに従つて高い屈折率が示されてゐる。それに伴われる斜長石の組成も又岩石の組織・構造も原岩のそれと全く同様の事が多いが、粗粒化せられた部分では形態上の改變が著しく、大型の篩狀構造を呈してゐる。その様な大型に發達したものの一部が不規則にカミングトン角閃石化せられる例がある。

5) 斜方輝石：——これは一般に短柱狀形を取るが自形性に乏しく、不規則乃至篩狀となり、甚しいものは他組成の間隙に擴り掌骨狀となつてゐるものもある。斜方輝石—堇青石—斜長石—石英の組合せの下に之が示されるのが最も普通であるが、時に黒雲母が之に加わつて充分な全變晶質構造を以て共存する例も認められる。一般に黒雲母ホルンフェルス源のものに廣く示される。それに反し角閃岩源のものに見られる場合が少なく、それが形成せられても片理に沿ふ薄層狀の優白質となつた部分に僅かに見られるに過ぎず、その場合も周りの岩相に對し新に石英がその組合せ中に加わるが普通である。

その性質は變成域に依つても、又その組合せの差異に依つても著しい差異は示されず略々一定のもの様のである。淡く灰褐色に色付き、薄片の内では多色性が殆ど見られない。その光軸角は (—) 58° から (—) 64° の間に在るのが普通であるが、時々 (—) 72° 内外となるものもある、屈折率は $n = 1.718$ より 1.729 の間に在る。それらから見ると一般火成岩乃至變成岩中に示される斜方輝石としては最も鐵分に富んだ形のものとなふ事が出来る。

之が岩石の内に出現するのは、充分粗粒化せられ、全體の構造が原岩の面影を脱し全變晶質構造を取る様になつて初めて認められる。移化帶に見られる有色礦物は斜方

1) 柴 田 秀 賢：——1936

Graphic intergrowth of cordierite and quartz in pegmatite from
Sasago and Dōse, Province of Kai, Japan.
(Jap. Jour. Geol. Geogr. Vol. 13. pp. 205—227)

Winchell. A. N. :——1937

Cordierite.
(Amer. Min. Vol. 22, pp. 1175—1179)

角閃石、カミングトン角閃石又は黒雲母であるが、その角閃石の中核部にこの斜方輝石が屢々見出される。之が内域に入るに従つてその輝石領域を廣め、遂には僅かにその周縁に角閃石の形成を見る様な形がある。この輝石の周りに形成せられる角閃石は斜方角閃石である事もカミングトン角閃石である事もある。その形態は兩者全く同様であるが、然しそれには他組成との組合せに確然とした區別がある。即ち前者の場合斜長石の A_{1122} のものと堇青石と組合ひ、後者では堇青石を缺いて斜長石の A_{1145} のものと組合ふのである。角閃岩源のものにも輝石の周りにカミングトン角閃石の形成ある同様な累帯構造が示されるものがある。その鑛物組合せにも輝石—斜長石(A_{1145})—石英となつてゐる。之等角閃石、輝石の形成は原岩の黒雲母の位置を置換しそれに代つて形成せられる様である。

6) 斜方角閃石：——この形態には多く長柱狀の晶癖が示される。單獨結晶の斑狀變晶様に發達するもの、扇狀集合體となつて斑狀に擴るもの等の形がある。斜方輝石の周りに纖維狀となつて形成せられるものも多い。堇青石、斜長石、石英との組合せが之の特質であり、特に堇青石と密接に隨伴する傾向が著しい。移化帶で之が現われるのは、それが角閃岩源である場合、岩石の構造に變化を見る事なく、原岩の角閃石の領域がその儘斜方角閃石の針狀結晶集合體となり、それが次第に大型の多少均質なものに變つて行く。黒雲母ホルンフェルス源のものに形成せられる場合は、その黒雲母の集積部の内に混在して細品が形成せられる。之が量的に黒雲母に代つて多量となり遂には黒雲母を缺いた形になる。その屈折率は $\bar{n}=1.676$ より 1.698 程度迄のものがある。 $2V=(+)$ 74°より $(+)$ 81°。多色性著しく $X=$ 無色 $Y \div Z=$ 淡赤褐色。之等の光學性から見ると、極めて鐵組成に富んだ形のもので、共存する斜方輝石、堇青石と共に一般變成岩中に示されるものの殆ど最高値に達するものである。その内でも屈折率の高いものの産狀に注目すべきものがあつて、既に述べた様に鐵礬柘榴石と相伴ふ部分に高く、それを缺く部分には遙かに低い形が見られる。

7) カミングトン角閃石：——移化帶の狭い範圍に又内域ではより石灰に富んだ環境を思わせるあたりに見られるに過ぎず、其の他褐色角閃石の置換變化の結果としても見られる。斜方角閃石と略々同様の形態を示し、針狀結晶の束狀集合乃至は小型の長柱狀結晶となり、大型に發達するものはない。褐色角閃石より變化したものでは原角閃石の形の内を満し柱狀結晶の略々並行に集合するものとなつてゐる。

薄片の内では多色性全く示されず無色のものである。その組合も關係に就いてはこれ迄屢々述べ來つたところである。その成生は、岩石の變成に際してこそ實現せられる化學組成の關係並びにその溫度條件等が重要な因子となり、之に支配せられ斜方角閃石或はカミングトン角閃石の形成せられる形が推測せられるのである。

8) 黒雲母：——主として黒雲母ホルンフェルス源のものに見られ、移化帶並びにこの變成に特有な諸鑛物の餘り多量に形成せられない形の内に著しい。移化帶では原岩の鱗片狀結晶が相寄り多少均質な大型結晶となる場合が多い。併し又それが原岩に見られると同じ形態を持つものの内に新たに角閃石類の細品を形成し、量的にそれに代られて黒雲母の減少して行く形も見られる。又一方斜方輝石の周りに形成される

角閃石類に混在し微片となつて多く伴はれてゐる。角閃岩源のものにも黒雲母の形成が稀に見られる。それは粗粒優白質化された部分で、大型に發達し他と充分な全變晶質構造で相接してゐる。原岩のホルンフェルス中に見られる黒雲母は $r=1.650$ 程度であるが、移化帯に入つて稍粗粒となつた部分では $r=1.657\sim 1.663$ である。一般に帶赤褐で $X=\text{淡黄}$ $Y=Z=\text{濃赤褐色}$ である。カミングトン角閃石と共存するものでは赤味を缺き褐色の勝つたものがある。

9) 鐵礬柘榴石：——この分布は著しく不均一である。多く孤立分散して形成せられ丸味を帯びるが少しく自形性を明らかにするものもある。その形は偏菱二十四面體を示す。大部分細粒に止り、最大のもでも 0.5mm 程度である。その周りに黒雲母の微片を伴ふ事が多い。多く局部的に濃集しむしろ脈狀に近い形がある。周りの岩相中に次第に柘榴石の増加を見この爲に斜方輝石、斜長石、堇青石等が減少する。この様な場合石英が常に多量に伴はれ、一部には石英を主體とする脈狀部が示される。組合せとして堇青石と常に相伴ひ、従つて斜長石の An_{30} 以下のものと共存する。カミングトン角閃石、褐色角閃石又は透輝石との共存は見られない。これは $n_D=1.8181$ $S.G.=4.068$ 淡い桃色を示すもので純粹の鐵礬柘榴石に近い性質を示す。

堇青石—斜方角閃石岩の内に鐵礬柘榴石の形成せられる事に關してはEskolaに依り興味淡きものとして屢々述べられてゐる。これらは共に (Fe, Mg) 礦物であるが斜方角閃石ではその $Mg\sim Fe$ 置換は無制限に行はれるが、それに反し、堇青石ではその $Mg\sim Fe$ 置換に一定の限度のある事が廣く知られ、それに入り得る Fe の量に乏しい。一方にその柘榴石に於ても置換限度があり、それは逆に Mg の量に極めて乏しいのが普通である。この様な爲に岩石の内に $Fe:Mg$ の比が一定の限度越える場合、これらの礦物中 $Mg\sim Fe$ 置換の無制限に行われる時には共存出來得ないものが、その置換限度のある爲に、その堇青石中に含まれる Fe の量の過剰となり之が鐵礬柘榴石の形となつて生成するものと説明せられてゐる。

その相伴ふ諸礦物の性質より見ても、本題の鐵礬柘榴石に對してもこの説明は良好に適用出来る様に見える。即ち堇青石はあらゆる組合せを通じ 1.560 前後の屈折率を示し、之は變成岩中の多くの例から見て殆ど最高値に達したもので、その Fe 置換の極限に至つた形のものとして推定せられる。それに對し斜方角閃石ではその屈折率 $1.676\sim 1.698$ の間に在つて種々の値を取り、且つ又斜方輝石の共存する場合もその $r=1.72$ 前後であり、共に一般變成岩中のものに比べると殆ど最高値に近いもののみである。即ち變成域全般の傾向が鉄に著しく富化せられてゐるものとする事が出来るであらう。先に述べた様に柘榴石と相伴ふ斜方角閃石ではそれを伴わぬ部分に見られるものに比べ遙かに屈折率が高くなつてゐる。しかもその兩部分に見られる堇青石には一定の性

1) Eskola, P. : — 1914

On the petrology of the Orijärvi Region southwestern Finland.

" : — 1942

Die Entstehung d. Gesteine. P. 316, P. 354

質が示されてゐる。之等はその部分の鉄の量が一般岩相部に比べ、共存する斜方角閃石の屈折率にも示される様に、或る限度を越え多量に加わりその過剩組成が初めて鉄摺石榴石として成生したものと解釋出来るであらう。

10) 磁硫鉄鑛：——これは岩石に伴はれる不透明鑛物の大部分を占めるものである。原岩のホルンフェルスの中にも磁鉄鑛と共存し（磁鉄鑛：磁硫鉄鑛=1:2）可なり見出されるが、内域の堇青石—斜方輝石—斜長石岩にはより多量に示されてゐる。それはすべて極めて丸味を帯びた滴狀をなすもので、0.05mm程度の微粒となり、他組成鑛物中に包裹せられ岩石の内に均一に散布せられてゐる。この様なものの他に特に石榴石の濃集部に伴われ、之の集中を見るものがある。そこでは大型の不規則形粒の集合で、時にその部分又はそこに密接に相伴ふ石英脈の中に黄銅鑛を見る事がある。何れに於ても極めて小規模な發達をなすもので、鑛石たり得るものは全くない。

11) 石 英：——これは殆どあらゆる岩相中にその量比には様々なものがあるが、主要な組成として示されてゐる。他形となつて他組成鑛物の間を埋めるのであるが、充分に粗粒となつた岩石では、大型となり全變晶質構造を以て他と相接する。多く岩石中に均等に分布せられるが、時に脈狀、レンズ狀或は溜狀となつて之の集中するものがある。その部分の石英は極めて不規則形を取るのが普通で、時には大型のものとその間を埋める基質的な細粒結晶とに明瞭に分たれるものがある。各地の例を見るとこの様な石英に富んだ部分に硫化鑛物、酸化鑛物が集中せられ、それが鑛床の規模に迄發達するものが多いのであるが、この變成域ではこの石英を主體とする部分に至れば不透明鑛物は殆ど全く姿をひそめるのが普通である。

V 鑛物組合せ並びに變成條件

鑛物組合せ及びその相互關係：——輝石橄欖岩體の周圍に散點する上に述べた變成域の内に見出される岩相の鑛物組合せを列擧すると次の様な形がある。そして、それは變成域内でそれぞれの占める位置或は他組合せに對する關係、その形態等々に基づいて幾つかの次の様な“相”(Facies)に大別出来る様である。

A) 黒雲母ホルンフェルス源

a) 斜方輝石相 (Hypersthene Facies)

Cordierite-hypersthene-plagioclase-quartz

Cordierite-hypersthene-almandine-plagioclase-quartz

Cordierite-hypersthene-biotite-plagioclase-quartz

Almandine-quartz-(cordierite, hypersthene, plagioclase)

b) 斜方角閃石相 (Anthophyllite Facies)

Cordierite-anthophyllite-plagioclase-quartz

Cordierite-anthophyllite-plagioclase, albite

Cordierite-anthophyllite-almandine-plagioclase-quartz

Cordierite-anthophyllite-biotite-plagioclase-quartz

c) カミングトン角閃石相 (Cummingtonite Facies)

Cummingtonite-plagioclase-quartz

Cummingtonite-biotite-plagioclase-quartz

d) 石 英 相 (Quartz Facies)

Plagioclase-quartz

Quartz

e) 鐵礬柘榴石相 (Almandine Facies)

Almandine-quartz-(pyrrhotite)

f) 綠 泥 石 相 (Chlorite Facies)

Albite-chlorite-quartz-(zoisite, titanite)

B) 角 閃 岩 源

a) 斜方輝石相 (Hypersthene Facies)

Hypersthene-plagioclase-quartz

b) 透 輝 石 相 (Diopside Facies)

Diopside-plagioclase

Diopside-brown hornblende-plagioclase

c) 斜方角閃石相 (Anthophyllite Facies)

Cordierite-anthophyllite-plagioclase-quartz

Cordierite-anthophyllite-plagioclase-almandine-quartz

d) 褐色角閃石相 (brown Hornblende Facies)

brown Hornblende-plagioclase

e) カ ミ ング ト ン 角 閃 石 相 (Cummingtonite Facies)

Cummingtonite-plagioclase-quartz

Cummingtonite-biotite-plagioclase-quartz

f) 石 英 相 (Quartz Facies)

Plagioclase-quartz

Quartz

次にそれぞれの岩相の占める位置に就いて述べ度い。

a) 斜方輝石相は黒雲母ホルンフェルスの中に形成せられた變成域中ではその内域を構成してゐる。その内でも堇青石—斜方輝石—斜長石—石英の組合せは原岩との距りとその組成の上でも構造の上でも最も顯著であり且つ最も廣範圍に示される。それに伴はれ黒雲母或は柘榴石をその組合せに加える形のものが見出される。この黒雲母を加えるものは少しく廣い範圍に均一な岩相として見られる。それは黒雲母ホルンフェルスの中に堇青石、斜方輝石を新に形成しこの組合せに漸移する形も見られ一種の移化相とも見做す事が出来る。柘榴石の見られるものは多くそれが特定部分に濃集し脈狀に近い形となつて示される。そしてそれが斜方輝石、堇青石、斜長石等を壓倒して石英と共に多量となつて行く形がある。

b) 斜方角閃石相には堇青石—斜方角閃石—斜長石—石英の組合せが多く示されてゐる。その他に斜方輝石相の内に分泌的なレンズ狀となりその輝石の代りに斜方角閃

石を含むものがあり多くそこに柘榴石が伴われてゐる。又この相はエハオイの海岸、トンネル、又はサルシユナイ澤に示される様に之れのみが主體となつてゐる變成域がある。その周縁では黒雲母の多量に含まれるものが多く、それが斜方角閃石、堇青石を缺いて周りのホルンフェルスに移り變つて行く。

e) カミングトン角閃石相は角閃岩又は石灰質團塊との接着部に形成せられる。その他に黒雲母ホルンフェルスとの移化帯の最初の部分、即ち變成域の最外縁にこの岩相の發達を見るものがある。之が次いで斜方角閃石相に進み内域に至つて斜方輝石相に到達する。

d) 石英相は上述の諸岩相中にレンズ狀脈狀となつて發達する。それは分泌狀の溜となつて他岩相の組成間隙に擴るものもある。その周りの岩相中には之に依る分解變質の事が廣く認められる。

e) 柘榴石相も上述と同様で斜方輝石相中に見られる柘榴石が石英と共に著しく多量となり磁硫鐵礦を多く伴ひ脈狀となるものである。

f) 綠泥石相は變成域の周りのホルンフェルスの内に網狀に發達する巾數耗の細脈を滿たす形で見出される。その周りのホルンフェルスには廣く綠泥石化が示されてゐる。

角閃岩を原岩とするものでは、一定の岩相の廣範圍にわたり均一に示される事少なく、その穴理に沿ひ種々の岩相の縞狀となり相交互する形が著しい。

a) 斜方輝石相は褐色角閃石相の内に薄層狀に粗粒且つ優白質化せられた部分として發達し稀に見出されるのみで、その周りにカミングトン角閃石相を伴つてゐる。

b) 透輝石相も上と略々同じ形態で褐色角閃石相の粗粒化優白質化せられた部分にのみ認められる。時にこの様な岩相が片理に無關係に不規則に擴るものもある。

c) 斜方角閃石相が角閃岩中に發達するのはエハオイの海岸に見られるのみである。こゝではカミングトン角閃石相と相伴ひ、それを外域としその内域にこの岩相が位置する。

d) 褐色角閃石相は量的に最も著しい。多くの場合その組織・構造に殆ど原岩と同様のものが保たれてゐる。併し時にはその粗粒化優白質化した部分にもこの形が見られるそして其處では上述の透輝石相と屢々移化する。

e) カミングトン角閃石相は褐色角閃石相の内に含まれ、その粗粒化した部分の褐色角閃石がカミングトン角閃石化した形のものである。又斜方輝石相の周りにも之が褐色角閃石相と交互して實現せられてゐる。斜方角閃石相のある時はその變成域の外域に限られ、それと薄く交互し内域に近づくと斜方輝石相に代られる。

f) 石英相は黒雲母ホルンフェルスのそれと全く同様である。主として粗粒に優白質化せられた部分を縫つて不規則に擴る。

各岩相の指標礦物間に見られる關係：——上に述べた様な關係で相互に配置されるそれぞれの岩相で、それを構成する組成礦物の内にも、又他岩相のそれに密接な關係が示され、一つの岩相に特有なものが他岩相のそれに移化する傾向の認められるものがある。次にそれを述べる。

a) 斜方輝石は殆ど例外なくその周りに斜方角閃石乃至カミングトン角閃石を伴つてゐる。時にはその様な角閃石類が著しく發達し、その中核の小範圍にのみ之が見出される事もある。黒雲母ホルンフェルスから移化して初めに角閃石類の形成せられるものがあるが、その中核に既に斜方輝石が見出される。これが次第にその領域を擴け斜方輝石相のものとなるものが見られる。この斜方輝石と共存する斜長石は An_{50} 以下のものである。それ以上では斜方輝石は存在せずそこに見出される輝石は透輝石となつてゐる。その斜長石組成 $An_{45}-An_{55}$ である時は輝石の周りにカミングトン角閃石が見られ、それ以下のものでは斜方角閃石が示される。之は斜長石 $An\%$ の大小で示される様な條件下で輝石相ではその An_{50} を境とし單斜輝石と斜方輝石とに分たれるが、角閃石相に移ると、單斜輝石安定の範圍は褐色角閃石に引き繼がれ、それに對し斜方輝石の賦存領域は更に二分せられる。

b) 斜方角閃石が石英の分泌的な集積部の周りで一部分カミングトン角閃石化せられてゐる點から見ると、斜方角閃石は高温の下でより安定でカミングトン角閃石は低温型である事を物語るものではあるまいか。

c) 透輝石相と褐色角閃石相とは密接に相伴ひ、その透輝石の周りが褐色角閃石で包まれる形が廣く認められる。その様なものの中でも組合せ中に石英が導入せられる様になるとその褐色角閃石はカミングトン角閃石化せられ上述の諸岩相の形に近づく。その場合斜長石の周縁に An_{45} 程度の中核より低下した組成が示される。

d) 黒雲母はホルンフェルス中の唯一の $(FeMg)$ 珪酸鹽礦物であるが、角閃石類並びに輝石は之を基として形成せられる形がある。移化帯では多くの場合それらは黒雲母と密接に相伴ひ内域に近づくに従つて黒雲母の量を減じ新生諸礦物の増量する事が見られる。

礦物相の放散・收斂現象：——上に挙げた各々の岩相はそれぞれの變成條件の現れとされるべきであらう。そこに示される様々な形態の内にはこの變成條件が或る方向に連續的に變移する傾向が伺はれる。その各々の岩相は相互に獨立的なものではなく全群を包括する系列的なものが伺はれるのである。その礦物組合せに見られる組成状態の原岩よりの距りの程度並びにそこに認められる礦物成生の順位等を基準にすると、この傾向性なるものは第三圖の様な性質を持つものとならう。

この圖は各岩相中に遍く認められる斜長石の $An\%$ を從軸に取つてある。この様にする事に依つて、それは岩石の内で組成礦物間の平衡に影響を持つ Ca の量に略々比例して配列せられる事にもなるであらう。横軸に諸岩相の野外に於ける配列状態（例へば内域より外域）或はその組成礦物に見られる被覆關係の順位に基づいて配列したものである。中核をなすものは常に圖中の左側の岩相であり、それが外域に至るに従ひ、或はその成生の時期の遅れるに従つて右側の岩相が示されてゐる。そしてその逆の關係は認められてゐない。

量的に最も著しく發達し、主幹となるのは斜方輝石相から斜方角閃石相にわたる一つの系列と、透輝石相から褐色角閃石相に至る系列とである。この他にこの主系列から分岐して特殊組成に濃集して行く系列がある。それは鐵礬柎榴石又は石英に富化せ

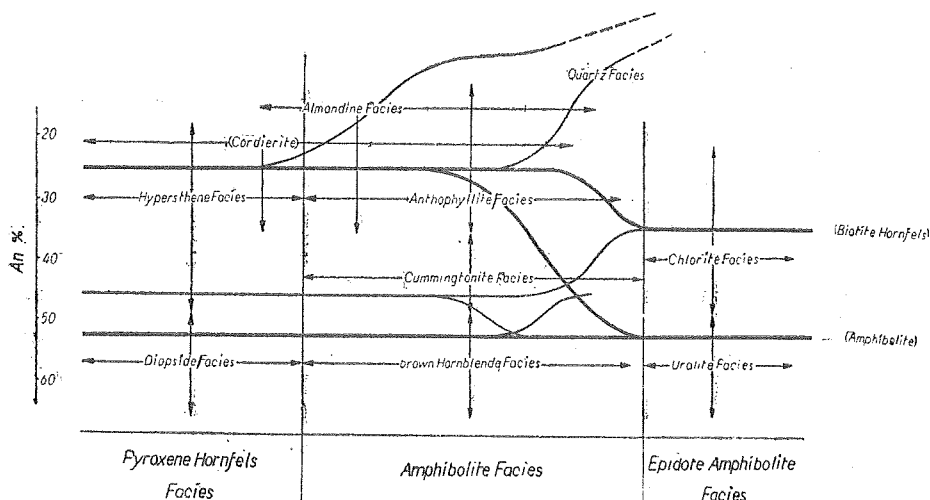


Fig. 3. The serial relation setting in the Cordierite-Hypersthene or Cordierite-Anthophyllite metasomatism of the Horoman Region.

られる方向である。この方向では斜長石の尺度たり得る範囲を脱し極端な方向に進む。柘榴石に伴つて石英の甚しくなる傾向があり、この兩系列は遂には略一致した方向に進むものであらう。

鐵礬柘榴石の形成せられるのは、既に述べた様に、岩石の内にFeの供給が多量となりそれが過剰となつたものの現れと見做されるものであつて、それは斜方輝石相の一部にも形成せられるが、そこでは局部的に集中し、たちまちにして石英を多量に伴ひ斜方輝石相を逸脱する。斜方角閃石相の中では鐵礬柘榴石は斜方角閃石と相伴ひ廣く認められるものでありむしろこの岩相により安定であるものと見做す事が出来るであらう。

石英相は諸岩相中に分泌的に形成せられてゐる。その部分に近づくとき斜方輝石の周りに斜方角閃石、黒雲母の形成が著しくなる傾向がある。斜方輝石相から斜方角閃石相を経て石英に富化せられてゆく形も認められ、且つ脈状部の周りに既存の岩相の分解變化の形から推しても、斜方角閃石相に遅れて實現されるものと見做すものであらう。Orijarviを初め多くの例で、この礬な石英相（所謂“Ore quartzite”）に磁硫鐵礬、黄銅礬の著しい随伴が知られてゐるが、この地域のものは全くそれを缺き、その發達の程度も諸岩相の内に小規模な溜状、レンズ状となつて見られるに過ぎない。こゝに系の外部から多量の珪酸の注入を考へるよりは、むしろ過剰組成の分泌的集積と解した方が適當の様である。

カミングトン角閃石相の形成せられる場合もこの主系列から分岐するもので、多くの場合その共存する斜長石の組成から推される様に、岩石のCa濃度に支配せられるものの様である。之は斜方角閃石相、褐色角閃石相と對等のものであらう。併し、斜方角閃石相に對しその外域を占めて配置せられる事、又斜方角閃石、褐色角閃石の變化

成生物としてこれが形成せらるものより見れば、カミングトン角閃石相の一部はより右側に逆戻せられるべきであらう。岩石がその様な石灰組成條件に在つても、それがより高い(左側の)岩相中にもたせられると之は斜方角閃石相のそれと共に斜方輝石相の下に併合せられてしまうと見て良いであらう。

綠泥石相、ユラライト相は共に上述のものとは條件が異なり變成域外域に接する母岩の内に細脈状となり、むしろ母岩の分解變質の形として見られるものである。

この様にこの變成域では主系列から諸種の岩相が分岐放散せられる形があるが、逆に原岩が改變せられそれぞれの岩相に移り行く経路をたどると、ここにその原岩の性質に甚しい距りのあるにもかかわらず、それから全く同一の岩相に到達してしまう事即ち礦物組合せの收斂現象が認められる。斜方角閃石相は黒雲母ホルンフェルスの斜長石を An_{55} から An_{20} 程度に變え、黒雲母に代つて斜方角閃石を形成し同時に堇青石を生成して到達せられる。之は又他方角閃岩の綠色角閃石を斜方角閃石化し、その斜長石を An_{60} から An_{20} 前後に改變し、同時に堇青石を新に加え同様な斜方角閃石相が實現せられてゐる。これが共に斜方輝石相に連續する。甚しく相違する岩石が一つの變成條件の下に全く同様な形に變容せしめられるのである。

變成條件:— Eskola に依つて ”礦物相原理” (Mineral Facies principle) が述べられ、各地の岩類にその包括する規則性の適當な事が立證せられてゐる。この地域に見られる種々な岩相を礦物相原理に照し合せて見ると、その斜方輝石相並びに透輝石相は ”輝石ホルンフェルス相” に、斜方角閃石相、褐色角閃石相、カミングトン角閃石相、及び鐵礬石榴石相大部分は ”角閃岩相” に、綠泥石相及びユラライト相は ”綠簾石角閃岩相” にそれぞれ良好な一致が認められる。各々の岩相配列の狀態も輝石ホルンフェルス相→角閃岩相→綠簾石角閃岩相の順位となつて居り、これに依つてもこの地域の變成條件は溫度の漸次降下する方向に進むものである事が知られる。原岩である黒雲母ホルンフェルス、角閃岩は型的な角閃岩相の組合せを示すものであり、これの内に變成域が構成せられ、多くその中核部はより高い輝石ホルンフェルス相の狀態に達し、その周縁にわたつて漸次降下を見角閃岩相となつてゐる。又一つの岩石の組成礦物の累帶構造、被覆關係に據つても、その早期はより高温條件に在つて晩期に至つて漸次降下する方向に進んだ形が推測せられる。野外に示される變成域の形態から見ても、又その組成の原岩との相違の程度から見ても、この變成に際しては著しい交代作用の行われた事を認めなければならない。

黒雲母ホルンフェルスから斜方角閃石乃至斜方輝石—堇青石—斜長石岩の生成に際しては、その石灰の或程度の漂白除去と黒雲母の消滅に見られる様な加里の漂白、並びそれに密接に關連して鐵及びマグネシウムの富化が考へられる。これに對し堇青石—斜長石の量が略々一定である事は、岩石中に礬土組成の恒常な事の現れと解せられる。加里の除去はすべてにわたつて優勢に行なはれてはゐない様である。斜方角閃石—堇青石—斜長石—黒雲母—石英の組合せは、この加里の除去の極めて緩やかであつた結果と見らるべきであらう。その角閃石であるか輝石であるかは溫度條件が主要な因子であると考へられる。

角閃岩に對して行なわれた交代作用には幾つかの型が區別せられる。その主要な因子と見るべきは石灰除去の程度であらう。 An_{60} の斜長石が An_{25} に迄低下せられ、それに伴つて斜長石に代つて多量の堇青石の形成が示され斜方角閃石相の成生がある。それが An_{45} 乃至 An_{35} に低下せしめられるものにはカミントン角閃石相が成生する。原岩の斜長石と變らず石灰除去の形跡の認められないものでは透輝石相乃至褐色角閃石相となつてその形は一般ホルンフェルスに見られる變成状態と大して變る處がない。その石灰の除去に伴つて珪酸の導入が認められ、それらに比例して其處にマグネシウム鐵に富化せられた形が現われている。こゝにも石灰除去の著しい部分にはその後期に鐵又は珪酸に甚しく富化せられた鐵礬柘榴石相、石英相の分派せられる形が示されている。

1914 年 Eskola に依つて Orijärvi より記述せられて以來各地に述べられるこの様な堇青石—斜方角閃石交代作用 (cordierite-anthophyllite metasomatism) の例では、そのすべてが“角閃岩相”の状態に止まつてゐるのであるが、この地域に於いて示されるものには更に高い條件に迄持ち來せられて居り、既述の資料に據つても、この種性質の交代作用が斜方輝石—堇青石なる一段と高い組合せに迄進展するものである事を安全に述べ得るであらう。

六ヶ所の變成域の各々は、それぞれ明らかに上述の傾向性に適合する指向性を具へてはゐるが、その物質の除去・添加の程度、及び其處を支配した溫度條件にそれぞれ特有なものが示されてゐる。

VI 結 語

輝石橄欖岩体の周りの黒雲母ホルンフェルス又は角閃岩類の内に、明らかに交代作用の優勢に行なわれた形態を持つ狭い範圍の變成域が散點する。それは様々な岩相に滿されるが、その究極の岩相なるものは斜方輝石乃至斜方角閃石—堇青石—斜長石—石英なる組合せのものであると云ひ得る。この様な岩相は Eskola 以來 Tilley 其の他多數の著者に依つて各地に述べられ來つたもので、斜方角閃石—堇青石交代作用 (anthophyllite-cordierite metasomatism) として岩石に於ける交代作用の中核の問題として發展せしめられ來つたところである。この岩相に達せんが爲には原岩に對する著しい石灰の除去、加里の除去、並びに珪酸の導入、マグネシウム・鐵の富化等々の因子が考へられる。其處に行なはれた變成條件には輝石ホルンフェルス相の状態に迄達するものである。物質の系外よりの添加・除去は様々な程度に行なはれ、それが様々な溫度條件と共に働いてこの様な岩相群を構成した。その形は第三圖に示される様なものである。各地より報告せられ來つた“斜方角閃石・堇青石交代作用”の形の内にはこの様な廣範圍にわたつて系列的に相繼起する“相”に分ち得る事をこゝに強調し度い。石灰の除去の最高度に達したものは斜方輝石相—斜方角閃石相の系列であり、その最も不顯著な形は透輝石相—褐色角閃石相の系列である。その様な系列から分派せられ變成の後半期に入り特殊の組成に濃集してゆく鐵礬柘榴石相、石英相の様なものも認められる。

この様な岩相, この様な變成條件は岩石の内でも極めて特殊なものである。廣範圍にわたつてその分布を見る“日高變成帶”の内を尋ねても, この様な岩相は殆ど見出す事が出来ず, 唯橄欖岩の周りにのみ限られてその賦存を見る點は, その變成條件がこの橄欖岩に由來すると解する以外に考へ得ないものと思ふのである。然しながらその火成岩とこの變成條件がどの様な形で關連するものであるかの問題に對しては未だ何等明らかにする事が出来ない。

Contact metasomatism associated with the pyroxene-peridotite of the Horoman Region, in the
Hidaka metamorphic Zone, Hokkaido.

Studies on the metamorphic phenomena related
to the ultrabasic igneous rocks.

(1st Report)

By

Mituo Hunahasi

Résumé

The “anthophyllite-cordierite problem” that was posed with Eskola’s valuable observations in the Orijärvi region has been developed by Tilley and others as one of the fundamental problems in petrology. A similar rock facies is found in the hornfelses surrounding the pyroxene peridotite of the Horoman region, southern end of the Hidaka mountain range which composes the North-South backbone of Hokkaido. These hornfelses are one of the members of Hidaka metamorphic zone which is regarded as the product of “Hidaka orogeny” (Cretaceous in age). This metamorphic zone consists chiefly of argillaceous hornfelses with intercalating amphibolites; it develops far along the Hidaka mountain range with N-S trend. A vast migmatite area is seen in its central core; it is intruded by various kinds of igneous rocks, such as peridotites, norites, gabbros, and granites. A peculiar rock facies possessing wide differences from the general metamorphic behaviours of the zone is found sporadically in the hornfelses with metasomatic appearances only to a limited extent around the peridotite body. (cf. Fig. 1)

The rock facies that is found in these metasomatic aureoles is composed of many associations of hypersthene, anthophyllite, cordierite, plagioclase and others commingled heterogeneously with each other. The mineral associations found in these aureoles are listed on p. 55; according to their field relations and the structural relations of each rock-forming mineral they can be classified into a few "facies". Each facies seems to have wide differences from the others, but judging from their mutual relations, they can be arranged in series as shown in Fig. 3.

The metasomatism works upon the hornfels (andesine-quartz-biotite) and the intercalating amphibolite (labradorite-green hornblende). The chief characteristics of this metasomatism are the bleaching of lime and potash, and on the other hand, the enrichment of magnesium and iron exceedingly powerful. But these bleaches and enrichments have worked in various degrees in each aureole, consequently such a complicated facies group has resulted. In these metasomatism is found a good example of convergency in metamorphism, viz., in spite of the wide differences between the original hornfels and amphibolite, they are converted into one rock facies as cordierite-anthophyllite or cordierite-hypersthene rocks, when the two undergo the same metasomatism. On the other hand there is the divergency in its declining stage. It is the enrichment of iron or silica as represented by almandine or quartz facies.

That the metasomatism attacks only the hornfelses surrounding the peridotite and can not be found far apart from it, seems suggestive of some connection between peridotite and this metasomatism. But details of such a connection have not yet been clarified.

Dec. 1946.