

## 野母半島長崎変成岩類中のオンファス輝石を含む反応帯

西山, 忠男  
九州大学理学部

宮崎, 一博  
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4495632>

---

出版情報 : 九州大学理学部研究報告. 地質学. 15 (1), pp.89-101, 1987-03-15. 九州大学理学部  
バージョン :  
権利関係 :

## 野母半島長崎変成岩類中のオンファス輝石を含む反応帯

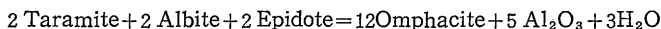
西山忠男・宮崎一博

Omphacite-bearing reaction zone in the Nagasaki metamorphic rocks, the Nomo peninsular.

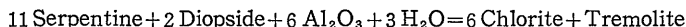
Tadao NISHIYAMA and Kazuhiro MIYAZAKI

### Abstract

This paper describes an omphacite-bearing reaction zone developing between serpentinite and taramite-rich metabasite from Nomo, Nagasaki Prefecture. The reaction zone consists of four subzones: tremolite-serpentine zone, tremolite-chlorite zone, chlorite zone, and omphacite zone from serpentinite towards metabasite. The metabasite is composed of magnesio-taramite, albite, epidote, and minor omphacite. Quartz does not occur both in the metabasite and in the omphacite zone. Clinopyroxene in serpentinite is completely replaced by tremolite around the reaction zone. Modal analysis and textural evidence of the rocks from subzones suggest the reaction:



which is coupled with the reaction:



through diffusion of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Thus, the driving force for the omphacite-formation is the difference of chemical potential of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (not  $\text{SiO}_2$ ) between serpentinite and the metabasite. This idea is supported by the analysis of chemical potential gradient indicating no difference of  $\text{SiO}_2$ -potential between the omphacite zone and the metabasite.

### I. 緒 言

長崎県野母半島に分布する長崎変成岩類中に、オンファス輝石とタラマイト質角閃石を含む特異な反応帯を見出したので、ここに報告する。本論文は長崎変成岩類の変成作用の性格を明らかにする仕事の一環であり、かつ低温高压型成帯に普遍的に産する交代性のアルカリ輝石岩(ヒスイ輝石岩、オンファス輝石岩など石英を伴わない岩石)の成因に関する事例研究である。

長崎変成岩類は高压中間群に属する低温高压型の変成岩類であり、藍閃石やアルカリ輝石の出現で特徴づけられる。アルカリ輝石は西彼杵半島南端の長崎市三重町に分布する緑色岩-蛇紋岩複合岩体中に多量に産する(西山, 1978)。その固溶体組成は ESSENE and FYFE (1967) の分類に従えば、ソーダ質普通輝石からオンファス輝石、クロメラナイト、エジリン質普通

輝石、ヒスイ輝石に至る広い領域を有する(NISHIYAMA et al., 1986)。これらは一般に石英と共存しないが、稀にはヒスイ輝石モル30%のオンファス輝石が石英と共存しているのが見出される。これらのアルカリ輝石は変成ハンレイ岩や曹長岩中にアクチノ閃石の反応縁を伴うレンズ状集合体として産したり。蛇紋岩中にヒスイ輝石岩やオンファス輝石岩などの構造岩塊として産するため、これらがどのような条件下でいかなる反応によって形成されたかについては不明な点が多い。

野母半島で今回見出されたオンファス輝石岩は、タラマイト質角閃石を主とするメタベイサイトと蛇紋岩との間に形成された明瞭な反応帯の一部を構成している。この事例においては、反応物質が特定できるために、オンファス輝石の生成反応や生成過程に関する多くの知見が得られると期待される。尚、本論文では特に断わらない限り、オンファス輝石という名称を ESSENE and FYFE (1967) の分類のソーダ質普通輝石

やクロロメライトをも含む広い意味 (COLEMAN and CLARKE, 1968) で用いる。

謝辞：このささやかな小論を長い間に亘って暖かい御指導と御鞭撻を賜った山口勝教授に捧げたい。また学生時代より常に学問的刺激と激励を与えて下さった勸米良亀齡教授・高橋良平教授にも併せて謝意を表す。柳哮助教授には原稿を読んで頂き、有益な御助言と御批判を賜った。青木義和助教授・中田節也博士には日頃の御指導と討論に感謝したい。広渡文利教授・進野勇助教授には EPMA 使用の便宜を計って頂いた。福岡正人博士・石田清隆博士・赤嶺秀美氏には EPMA 分析に際して御助力を賜った。以上の方々に深く感謝する。尚、本研究は文部省科学研究費奨励研究A (西山：61740476) 及び同特定研究「地球内部の物質移動」(研究代表者：飯山敏道, 61113006) の交付を受けた。記して謝意を表す。

## II. 地質概説

Fig. 1 に長崎県野母半島に分布する長崎変成岩類の

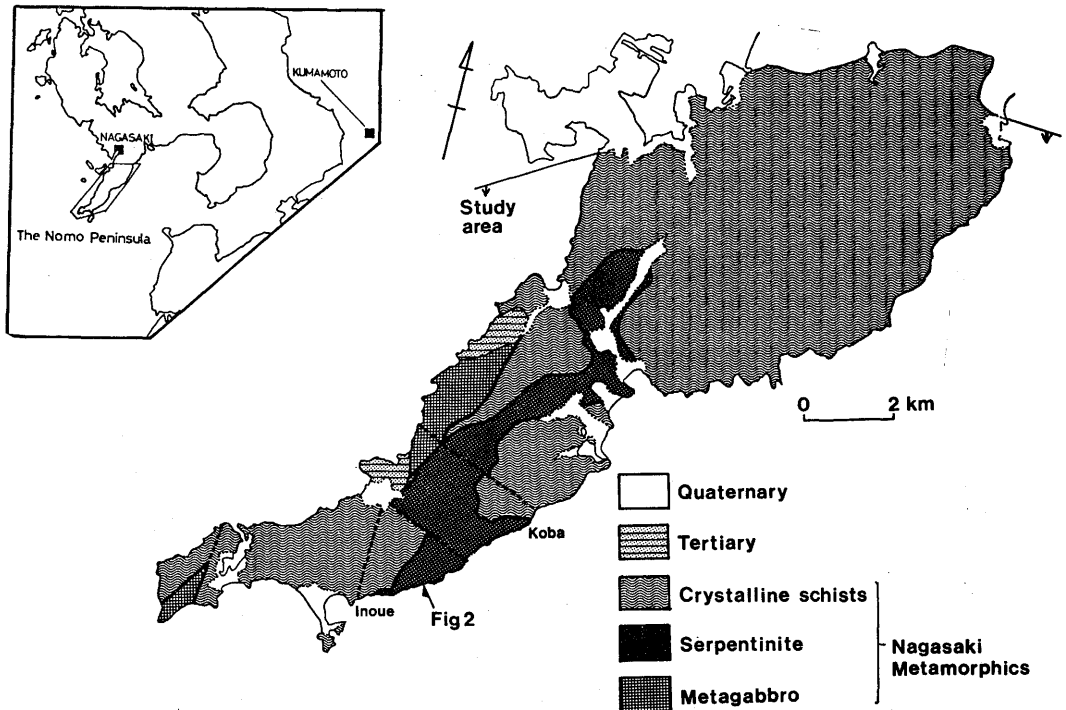


Fig. 1. Geological sketch map of the Nomo peninsula, Nagasaki Prefecture. The Nagasaki metamorphic rocks consist of three lithologic units: crystalline schists, serpentinites, and metagabbros. The arrow with the sign of Fig. 2 indicates the location of the omphacite-bearing reaction zone.

地質概略図を示した。これらの変成岩類は大きく3つの構成単元に分ける事ができる。即ち、結晶片岩類、蛇紋岩類、及び古期変成ハンレイ岩類の3者である。結晶片岩類は塩基性片岩と泥質片岩の互層より成り、断層によってブロック化しているが、全体的には南西部から北東部に向って変成度が上昇している (大島, 1964; 西村, 1983)。その変成相は、パンペリー石・アクチノ閃石相から緑色片岩相を経て緑簾石角閃岩相に達するものと考えられる (宮崎・西山, 1986)。蛇紋岩類は半島中央部に位置し、上位の結晶片岩類とは低角の断層で接している。蛇紋岩類は変成ハンレイ岩や塩基性片岩の小岩体を多数伴う塩基性-超塩基性複合岩体である。

結晶片岩類は泥質片岩の鉱物組み合わせによって、緑泥石帯、ザクロ石帯、黒雲母帯の3帯に区分され、緑泥石帯は塩基性片岩中のパンペリー石の有無によって更に細分される可能性がある (宮崎・西山, 1986)。全ての帯を通じてアルカリ角閃石及びアルカリ輝石は出現しない。この事は砂質片岩や塩基性片岩に普通に藍閃石が出現する西彼半島の長崎変成岩類と対照的

である。一方、野母半島の蛇紋岩類中の塩基性岩類には、クロス閃石やオンファス輝石を含む岩石が少量認められる。しかし、これらはいずれも石英を含まず、結晶片岩類の鉱物組み合わせと直接比較して温度圧力条件の違いを論ずる事はできない。この蛇紋岩類には種々の交代作用の産物が認められる。即ち、変成ハンレイ岩や角閃岩、曹長岩など各種の岩石と蛇紋岩との間に生じている反応帯や、岩脈状及び細脈状のロジン岩などである。今回記載するオンファス輝石を含む反応帯はそのような交代作用の一例である。

### III. 産 状

長崎県西彼杵郡野母崎町井上から同町木場にかけての海岸には、蛇紋岩とそれに伴う塩基性岩類が広く分布している。塩基性岩類は蛇紋岩中に岩脈状～岩珠状岩体として産したり、径数mのブロック（構造岩塊）として産する。岩種は変成ハンレイ岩（ハンレイ岩様組織を残存するもの）、角閃岩（縞状構造を有するもの）、塩基性片岩（パロワ閃石片岩、アルカリ角閃石片岩）を主とする。

井上海岸の蛇紋岩中に含まれる緑黒色の細粒塊状のメタベイサイトは、蛇紋岩との間に複数の鉱物帯より成

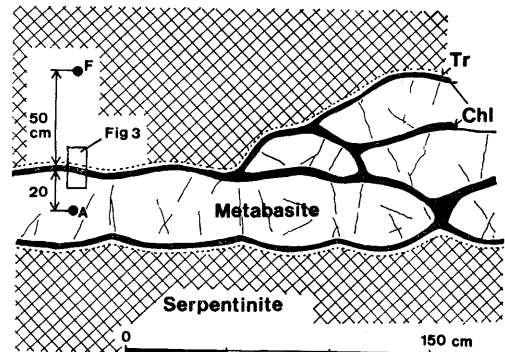


Fig. 2. Sketch showing the occurrence of the taramite-rich metabasite within serpentinite and the development of the reaction zone (Tr: tremolite-rich zones: Chl: chlorite-rich zones) between them. A and F stand for the locations of analyzed samples of metabasite and serpentinite.

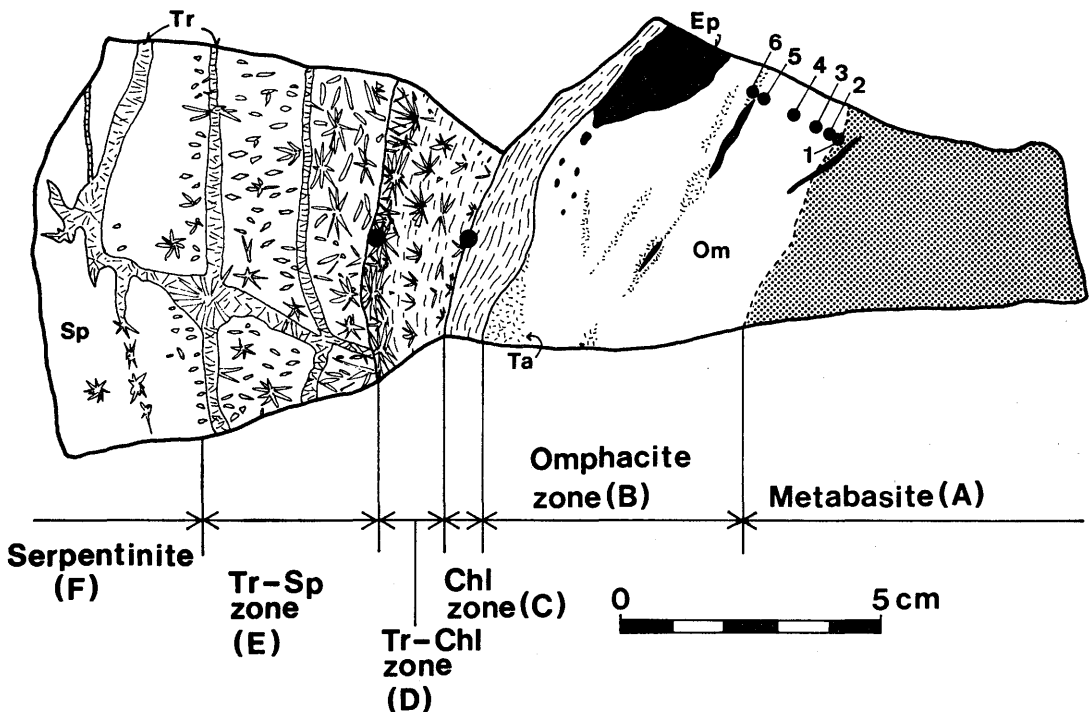


Fig. 3. Sketch showing the texture of the omphacite-bearing reaction zone between metabasite and serpentinite. Solid circles indicate area for EPMA analyses. Sp: serpentine, Tr: tremolite, Chl: chlorite, Ta: taramite, Ep: epidote, and Om: omphacite.

る反応帯を有しており、この中にオンファス輝石が含まれている。このメタベイサイトは厚さ数 10cm~数 m, 延長約 20m の岩脈状であり、薄い部分はブーディン構造を呈する。周囲の蛇紋岩は弱く剪断されているが全体としては塊状であり、メタベイサイトとの境界付近が強く剪断されているという事実はない。即ちこのメタベイサイトは構造岩塊とは考えにくく、変成作用以前に蛇紋岩（或いはその原岩）中に貫入した岩脈を起源とするものと思われる。Fig. 2 にその末端部のスケッチを示す。この末端部は剪断作用とブーディン化によって数個のレンズ状岩塊に分れており、それらの外形に調和的に反応帯が発達している。またレンズ状岩塊同士の間隙は反応帯の一部を構成する緑泥石によって埋められている。この事から、反応帯の形成は岩脈末端部が蒙った剪断作用とブーディン化の後に行われた事が明らかである。

Fig. 3 に反応帯の部分のスケッチを示す。この図に示されているように、反応帯は蛇紋岩からメタベイサイトに向って、透閃石-蛇紋石帯、透閃石-緑泥石帯、緑泥石帯、オンファス輝石帯の順序で配列している。

#### IV. 岩石記載

##### A. 蛇紋岩

蛇紋岩は緑黒色塊状で、径数 mm の白い単斜輝石残晶を斑状に含む堅硬な岩石である。分析した試料 (Fig. 2 の F) では単斜輝石残晶は完全に透閃石の集合体に置換された仮像となっている。しかしながら、本蛇紋岩岩体の他の場所では単斜輝石残晶は安定に存在しており、反応帯近傍のみの単斜輝石が仮像となっている。

透閃石は自形~半自形の柱状結晶として単斜輝石仮像以外の部分にも少量含まれる。透閃石の総量はメタベイサイト周辺で急激に増加する。即ちメタベイサイト側の幅数 cm の部分では透閃石脈が発達し、透閃石の放射状集合体が多数認められる。従ってこの部分を透閃石-蛇紋石帯とし、反応帯の一部を構成する鉱物帯とした。

蛇紋岩は鏡下では蛇紋石質基質と 2 種の鉱物の仮像より成る。基質は極細粒 (~10 μm) の蛇紋石集合体を主とし、墨流し状の細粒不透明鉱物 (磁鉄鉱及び硫化鉱物) を伴う。他形粒状のクロム鉄鉱を少量含む。2 種の仮像のうち単斜輝石仮像以外のものは、径 1mm 前後の短柱状の外形を有する仮像である。この仮像は極細粒蛇紋石の集合体のみより成り、墨流し状の不透明鉱物を全く含まない。これは以下に述べるように斜方輝石仮像と推定される。一般に Mg に富む斜方輝

とカンラン石の間の Fe-Mg 分配は温度に依存せず、Mg は斜方輝石に僅かに多く分配される (例えば GROVER and ORVILLE, 1969)。水や SiO<sub>2</sub> の移動のみによって蛇紋岩化作用が起る場合、形成された蛇紋石が斜方輝石とほぼ同じ X<sub>Mg</sub> 値を持っていたとすると、カンラン石は分解して蛇紋石と Fe の酸化物 (或いは硫化物) の集合体に変化するであろう。この推論が正しければ、上述の組織が説明可能であり、本蛇紋岩はカンラン石を主とし、少量の斜方輝石と単斜輝石を含む超塩基性岩 (ウェールライト或いはレールズライト) を原岩とするものと考えられる。

##### B. 透閃石-蛇紋石帯の岩石

透閃石-蛇紋石帯の岩石は、蛇紋石基質中に自形~半自形の透閃石柱状結晶が散在する岩石で、少量の不透明鉱物を伴う。透閃石は鏡下で無色、最長 5 mm に達する。また本帯には幅数 mm の透閃石脈が多数認められる。

透閃石の含有量は透閃石-緑泥石帯に向って急激に増加し、放射状集合体を成す透閃石の粒間に少量の蛇紋石が埋める組織となる。Fig. 7 には脈以外の部分の本帯の岩石のモード組成を示している。透閃石-緑泥石帯との境界から 5 cm の部分では、透閃石 46%、蛇紋石 53% であるのに対し、同じく境界から約 1 cm の部分では、透閃石 86%、蛇紋石 13% と変化する。肉眼的に定めた蛇紋岩と本帯との境界は透閃石がモードで約 60% の位置に相当する。透閃石には定向配列は認められないが、放射状集合体を成すものは、透閃石-緑泥石帯側から蛇紋岩側に向って成長しているように見える。

##### C. 透閃石-緑泥石帯の岩石

透閃石-緑泥石帯は透閃石と緑泥石のみより成る幅 1~2 cm の鉱物帯で、透閃石-蛇紋石帯とは明瞭な境界を有する。透閃石は半自形柱状結晶の放射状集合体を成す事が多く、その粒間を緑泥石が埋めている。透閃石は鏡下で無色、1~2 mm に達する。緑泥石は無色からごく淡い緑色の多色性を示す。

Fig. 7 に示すように、本帯においてはモード組成の変化が極めて急激に起っている。即ち透閃石-蛇紋石帯との境界付近では、透閃石 88%、緑泥石 12% であるのに対し、緑泥石帯との境界付近では、透閃石 3%、緑泥石 97% となり、緑泥石基質中に少量の透閃石が散在する組織となる。

##### D. 緑泥石帯の岩石

緑泥石帯は葉片状緑泥石の集合体より成り、ごく少量のクロム鉄鉱、硫化鉱物を伴う幅 1 cm 前後の鉱物

帯である。緑泥石は無色から非常に淡い緑色を呈し、 $300\mu\text{m}$ 程度の大きさのものが多く、葉片状結晶は反応帯の境界に平行な定向配列を示す。透閃石—緑泥石帯との境界部では、放射状集合体を成す透閃石の大部分が緑泥石によって置換された仮像となっている。この事は、緑泥石帯が透閃石—緑泥石帯を消費しながら蛇紋岩側に向かって成長している事を意味する。

#### E. オンファス輝石帯の岩石

オンファス輝石帯は緑泥石帯と明瞭な境界で接する幅約5cmの鉱物帯で、緑色堅硬な岩石より成る。Fig. 3に示すように、オンファス輝石帯内部の鉱物の分布は極めて不均一であり、緑簾石は脈やプール状集合体を成す事が多く、角閃石も脈状に濃集する事が多い。オンファス輝石を主とする部分 (Fig. 3のOm) は、モードで69%のオンファス輝石を含み、少量の角閃石 (14%) と緑簾石 (16%) を伴う。ごく少量の緑泥石、スフェーン、曹長石、方解石、不透明鉱物 (硫化鉱物) を含むが、これらの総量は約1%にすぎない。

オンファス輝石帯のオンファス輝石は細粒 ( $100\mu\text{m}$ 以下) 結晶の集合体を成し、角閃石や緑簾石の粒間を埋めている。淡黄色で多色性を示さず、極微粒の包有物のために汚れた外観を呈する。角閃石は自形～半自形の柱状結晶で、 $300\sim 500\mu\text{m}$ 程度の長さのものが多く、稀に1mmに達する。部分的にオンファス輝石に置換されつつある結晶が多い、X=淡黄色、Y=Z=青緑色の顕著な多色性を示し、 $C\wedge Z=25^\circ$ である。緑簾石は半自形～他形の粒状結晶で鏡下で無色である。 $100\sim 200\mu\text{m}$ 前後の細粒結晶が多いが、脈を成す部分では粗粒化して $700\mu\text{m}$ に達する。鏡下では累帯構造は明瞭ではない。

#### F. メタベイスサイト

メタベイスサイトは緑黒色を呈する細粒塊状の岩石で、鉱物の定向配列は認められない。オンファス輝石帯とはモードによって明瞭に識別され、両帯の境界は鮮明である。角閃石 (モードで40%)、緑簾石 (28%) を主とし、少量の曹長石 (8%)、オンファス輝石 (7%)、スフェーン (7%)、方解石 (5%)、緑泥石 (4%) を伴う。結晶片岩類のメタベイスサイトと比較すると、曹長石や緑泥石の含有量が少く、角閃石やスフェーンの量が多い。角閃石は $500\mu\text{m}$ 前後の半自形柱状結晶で、光学的性質はオンファス輝石帯のものと同じである。鏡下では累帯構造は明瞭ではない。緑簾石は $100\sim 200\mu\text{m}$ 程度の細粒の他形結晶で、しばしば不規則な形状の集合体を成す。鏡下では累帯構造は明瞭ではない。緑簾石は $100\sim 200\mu\text{m}$ 程度の細粒の他形結晶

で、しばしば不規則な形状の集合体を成す。鏡下で淡黄色で多色性を示さず、累帯構造は顕著ではない。オンファス輝石は $10\mu\text{m}$ 程度の極細粒の結晶であり、曹長石や方解石の中に包有されているものが多いが、単独で集合体を成して角閃石の粒間を埋めているものもある。鏡下では細粒の緑簾石と良く似ており、光学的方法のみで同定する事はかなり難しい。曹長石には他形で他の鉱物の粒間を埋めているものと、単独で脈を形成するものがある。粒間を埋める曹長石の多くはオンファス輝石の結晶を包有するが、脈を形成する曹長石にはオンファス輝石は包有されない。方解石は脈を成す事が多いが、極めて不規則な形状 (例えば網目状) で他の鉱物の粒間を埋めている事もある。いずれのタイプの方解石にもオンファス輝石の細粒結晶が包有される事がある。

#### V. 鉱物の化学組成

反応帯の代表的岩石、蛇紋岩、及びメタベイスサイトに含まれる鉱物のEPMA分析を行った。分析には九州大学理学部JEOL JXA-5Aと九州大学教養部EDX (JEOL-53CF II とLINK SYSTEMS 860-2-500) とを用いた。

#### A. メタベイスサイト及びオンファス輝石帯の角閃石

Table 1にメタベイスサイト及びオンファス輝石帯に含まれる角閃石の化学組成を示した。角閃石の反射電子線像による観察では、鏡下では明らかではない顕著な累帯構造が見い出された。即ち角閃石の周縁部 (数 $10\mu\text{m}$ 幅) はその核部とは組成が異なり、両者は明瞭な境界で境する。Table 1では核部(c)と周縁部(r)の6対の分析値を示している。LEAKE (1978) の分類に従えば、核部はタラマイト質 (マグネシオ・タラマイト) であり、周縁部はヘスチング閃石質 (マグネシオ・ヘスチング閃石) である。これらの角閃石は全鉄2価で原子比を計算 (酸素数23) した場合、陽イオンの原子比の総和が16を越えるので、その総和が16になるように鉄の2価と3価の比を決定した。ROBINSON et al. (1982) は、 $\text{Na}_2\text{O}$  や  $\text{K}_2\text{O}$  に極めて富む角閃石においては、このように全鉄2価の計算で陽イオンの総和が16を越える場合がある事を指摘し、ヘスチング閃石、カトフォル閃石、タラマイトなどの例を示している。小松 (1986) も新潟県青海に産する変成ハンレイ岩からパーガス閃石—タラマイト系列の角閃石を報告し、陽イオンの計算について同様の事を指摘している。

角閃石核部の組成はメタベイスサイト中のものとオイ

Table 1. Representative analyses of amphiboles from metabasite(A) and omphacite zone(B)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zone	A	A	A	A	A	A	B(2)	B(2)	B(3)	B(3)	B(4)	B(4)
Mineral	Am(c)	Am(r)	Am(c)	Am(r)	Am(c)	Am(r)	Am(c)	Am(r)	Am(c)	Am(r)	Am(c)	Am(r)
SiO <sub>2</sub>	42.38	40.78	42.20	40.73	42.39	41.13	41.66	40.72	41.89	40.73	40.74	40.92
TiO <sub>2</sub>	0.87	0.29	0.20	0.12	0.65	0.34	0.39	0.13	0.48	0.35	0.28	0.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.46	13.96	15.98	13.99	13.89	13.82	15.19	14.62	12.95	13.97	15.83	14.25
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	0.12	0.14	0.08	0.15	0.00	0.00	0.07	0.13	0.03	0.07
ΣFeO	17.72	19.76	18.06	20.73	17.62	20.70	16.85	16.91	17.02	17.82	17.19	17.72
MnO	0.27	0.21	0.14	0.15	0.17	0.19	0.10	0.21	0.21	0.14	0.27	0.10
MgO	8.05	8.00	8.11	7.88	9.21	8.00	8.58	9.40	9.44	8.81	7.57	9.14
CaO	6.42	9.48	7.89	9.41	7.84	9.54	7.95	10.24	7.95	10.31	7.49	9.94
Na <sub>2</sub> O	6.86	5.07	6.30	5.26	6.33	5.20	6.03	4.59	5.81	4.68	6.31	4.90
K <sub>2</sub> O	0.70	0.80	0.59	0.87	0.67	0.85	0.59	0.69	0.66	0.73	0.68	0.66
Total	97.74	98.35	99.59	99.28	98.85	99.92	97.34	97.51	96.48	97.67	96.39	97.81
Si	6.266	6.093	6.137	6.033	6.197	6.061	6.184	6.081	6.283	6.104	6.112	6.097
Al <sup>iv</sup>	1.734	1.907	1.863	1.967	1.803	1.939	1.816	1.919	1.717	1.896	1.888	1.903
Al <sup>vi</sup>	0.787	0.552	0.877	0.476	0.591	0.462	0.842	0.655	0.573	0.572	0.912	0.600
Ti	0.097	0.033	0.022	0.014	0.072	0.038	0.043	0.015	0.054	0.039	0.032	0.013
Cr	0.001	0.000	0.014	0.017	0.009	0.018	0.000	0.000	0.008	0.016	0.004	0.008
Fe <sup>2+</sup>	1.343	1.557	1.383	1.443	1.173	1.521	1.358	1.416	1.292	1.505	1.283	1.398
Fe <sup>3+</sup>	0.849	0.912	0.813	1.124	0.981	1.030	0.733	0.696	0.843	0.728	0.874	0.810
Mn	0.034	0.027	0.018	0.019	0.022	0.024	0.013	0.027	0.027	0.018	0.034	0.013
Mg	1.774	1.781	1.758	1.740	2.007	1.757	1.898	2.092	2.110	1.967	1.693	2.030
Ca	1.017	1.517	1.230	1.494	1.228	1.506	1.264	1.639	1.277	1.655	1.204	1.587
Na	1.967	1.469	1.777	1.511	1.794	1.486	1.736	1.329	1.690	1.360	1.836	1.416
K	0.132	0.153	0.109	0.164	0.125	0.160	0.112	0.131	0.127	0.140	0.131	0.126
O <sup>=</sup>	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0

ソファス輝石帯のものとの間に大きな違いはない。Siの原子比は6.11~6.27の範囲に入り、Na<sub>B</sub>の値は0.82~1.10の範囲である。X<sub>Mg</sub>(Mg/(Mg+Fe<sup>2+</sup>))の値は0.50~0.64の間で変動する。角閃石核部のうち最もNa<sub>2</sub>Oに富むもの(Table 1の1)は、(K<sub>0.13</sub>Na<sub>0.87</sub>)Ca<sub>1.02</sub>Na<sub>1.10</sub>(Mg<sub>1.77</sub>Fe<sup>2+</sup><sub>1.34</sub>)(Fe<sup>3+</sup><sub>0.85</sub>Al<sub>0.79</sub>)Si<sub>6.27</sub>Al<sub>1.73</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>なる組成を有する。これはタラマイト: NaCaNaR<sub>3</sub><sup>+</sup>R<sub>2</sub><sup>+</sup>Si<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>の4つの端成分、フェリ・タラマイト(Fe<sub>3</sub><sup>+</sup>Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>)、マグネシオ・フェリ・タラマイト(Mg<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub><sup>+</sup>)、アルミノ・タラマイト(Fe<sub>3</sub><sup>+</sup>Al<sub>2</sub>)、マグネシオ・アルミノ・タラマイト(Mg<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>)の間の中間的な組成に相当する。

角閃石周縁部の組成はSiの原子比が6.03~6.10と核部に比較して系統的に小さい。また周縁部は核部に比べてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に乏しく、ΣFeOに富む傾向がある。後者の組成差はメタベイサイト中のものにおいて大き

く、オンファス輝石帯の角閃石においては小さい。周縁部のNa<sub>B</sub>の値は0.46~0.67の範囲にあり、X<sub>Mg</sub>の値は0.53~0.60の間にある。

Fig. 4は角閃石の組成の(Na+Al<sup>vi</sup>)-(Ca+Mg+Fe<sup>2+</sup>+Mn)図である。この図にプロットされた分析値の全体は負の相関を示す。また同一粒子の核部と周縁部を結んだ直線には45°に近い勾配を持つものが多い。これらの事は角閃石の核部と周縁部の間でNaAl<sup>vi</sup>⇌CaR<sup>2+</sup>の置換が主に働いている事を示している。核部と周縁部を結ぶ直線の勾配が45°より小さいものについては、NaFe<sup>3+</sup>⇌CaR<sup>2+</sup>の置換が同時に働いており、周縁部の組成のうち横軸の値(CaR<sup>2+</sup>)が5.2を越えるものについては特にこの置換の効果が大きいと考えられる。

メタベイサイト中の角閃石とオンファス輝石帯のそれとを比較すると、核部の組成はいづれもほぼ同じ領域にプロットされるのに対し、周縁部の組成はオンフ

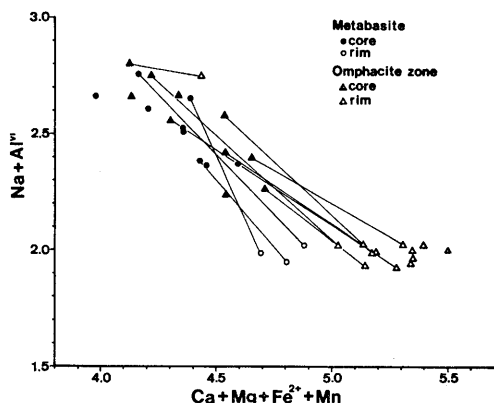


Fig. 4. Plot of  $(\text{Na} + \text{Al}^{\text{IV}})$  versus  $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn})$  for amphiboles from the metabasite (solid and open circles) and the omphacite zone (solid and open triangles). Symbols with the tie-line indicate core (solid) and rim (open) of the same grain.

アス輝石帯のものの方が  $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn})$  値が比較的大きい (5.0~5.55) 領域にプロットされる。

以上述べてきたようにメタベイサイトとオンファス輝石帯に出現する角閃石はタラマイト-ヘスチング閃石系列のものである。従ってこれらは、パーガス閃石 ( $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{AlSi}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ) -ヘスチング閃石 ( $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4\text{Fe}^{3+}\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ) -アルミノ・タラマイト  $\text{NaCaNa}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  -フェリ・タラマイト ( $\text{NaCaNa}(\text{Mg},$

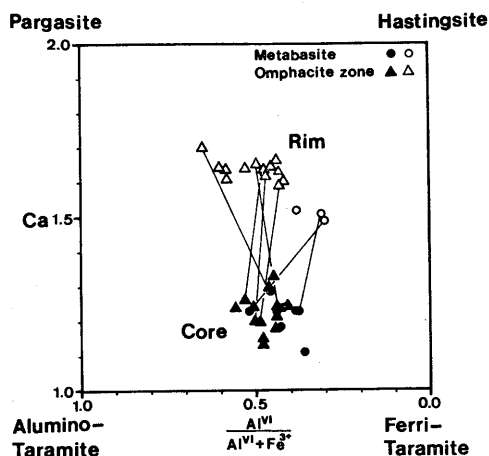


Fig. 5. Plot of amphibole compositions on the pargasite-hastingsite-alumino-taramite-ferri-taramite rectangle. Symbols are the same as those of Fig. 4.

$\text{Fe}^{2+})_3\text{Fe}^{3+}\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ) の4種を端成分とする正方形ダイアグラムに図示する事が可能である。Fig. 5にその結果を示した。この図の縦軸は  $\text{NaR}^{3+} \rightleftharpoons \text{CaR}^{2+}$  の置換を意味し、横軸は  $\text{Al}^{\text{VI}} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$  の置換を意味している。分析値は便宜上縦座標をCa原子比で、横座標を  $\text{Al}^{\text{VI}} / (\text{Al}^{\text{VI}} + \text{Fe}^{3+})$  比でプロットした。ただしSiの原子比が6.20を越える分析値については、縦座標のプロットに用いる原子比の種類に依存してプロット位置が大きく異なるので、この図からは除外している。この図から明らかのように、核部から周縁部への組成変化は連続的ではない。また核部と周縁部の間で  $\text{NaR}^{3+} \rightleftharpoons \text{CaR}^{2+}$  の置換に加えて  $\text{Al}^{\text{VI}} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$  の置換がかなり大きく働いているものがある。メタベイサイト中の角閃石周縁部はオンファス輝石帯のそれに比べて  $\text{Al}^{\text{VI}} / (\text{Al}^{\text{VI}} + \text{Fe}^{3+})$  比が小さい。

## B. 透閃石

蛇紋岩 (F) 並びに透閃石-緑泥石帯 (C-D, D) に含まれる透閃石の化学組成を Table 3 に示した。透閃石-緑泥石帯の中で緑泥石帯に近接する部分の透閃石 (C-D) は、Fe と Mg に関する累帯構造を示し、周縁部が Fe に富む。その他の透閃石はほとんど均質である。Fig. 7 に示したように、 $X_{\text{Mg}}$  値は蛇紋岩中のもので0.94~0.95、透閃石-緑泥石帯 (D) で0.91~0.93、同じく (C-D) で0.88~0.90 (いずれも周縁部の組成) と蛇紋岩からメタベイサイトに向って系統的に減少している。Na<sub>2</sub>Oの含有量は1.5~2.5 wt %程度であるが、これは蛇紋岩からメタベイサイトに向って系統的に増大する。

## C. オンファス輝石

Table 2 にメタベイサイトとオンファス輝石帯に含まれるオンファス輝石の化学組成を示した。Fe<sup>3+</sup>の見積りは陽イオンの総和が4.0になるように行い、 $\text{Jd} = \text{Al}^{\text{VI}} - \text{Al}^{\text{IV}}$ ,  $\text{Aug} = \text{Ca}$ ,  $\text{Ac} = \text{Fe}^{3+}$  と置き、 $\text{Jd} + \text{Aug} + \text{Ac} = 100$  に規格化してヒスイ輝石モル (Jd)、普通輝石モル (Aug)、エリジンモル (Ac) を求めた。その結果を三角図にプロットしたのが Fig. 6 である。メタベイサイトとオンファス輝石帯のいずれのオンファス輝石もほぼ同じ領域にプロットされ、ESSENE and FYFE (1967) の分類ではクロロメラナイトに相当する。即ちこれらのオンファス輝石はヒスイ輝石モルを30%前後、エリジンモルを20~30%含有するアルカリ輝石である。西彼半島にはユーレイトモルを10%前後含むクロムオンファス輝石が産する (NISHIYAMA et al., 1986) が、本地域のものはCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を全く含まない。



Table 2. Representative analyses of omphacite from metabasite(A) and omphacite zone(B)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zone	A	A	A	A	A	A	B(5)	B(5)	B(4)	B(4)	B(3)	B(3)
Mineral	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om	Om
SiO <sub>2</sub>	54.79	54.62	55.33	55.43	55.20	55.82	54.29	54.56	54.04	53.80	54.06	54.38
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.05	0.02	0.22	0.08	0.07	0.18	0.12	0.12	0.05	0.16	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.23	7.91	8.12	8.69	9.68	8.54	8.62	7.25	7.57	7.82	8.24	8.19
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.00	0.04	0.10	0.11	0.14	0.16
ΣFeO	9.51	9.72	8.71	9.53	10.21	9.44	10.90	10.19	9.65	10.17	10.48	9.24
MnO	0.15	0.09	0.16	0.24	0.20	0.05	0.22	0.08	0.19	0.15	0.07	0.05
MgO	7.27	6.99	7.22	6.41	4.95	6.84	5.73	6.82	6.71	6.01	6.25	6.98
CaO	13.19	12.41	12.77	12.12	10.95	12.20	11.11	12.21	12.56	11.34	11.09	12.19
Na <sub>2</sub> O	7.53	8.26	7.87	8.69	8.89	8.47	9.15	7.69	7.15	8.75	8.74	8.18
K <sub>2</sub> O	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
Total	99.74	100.24	100.20	101.36	100.30	101.43	100.20	98.96	98.11	98.20	99.23	99.38
Si	1.973	1.956	1.975	1.959	1.974	1.967	1.947	1.985	1.988	1.967	1.954	1.960
Al <sup>iv</sup>	0.027	0.044	0.025	0.041	0.026	0.033	0.053	0.015	0.012	0.033	0.046	0.040
Al <sup>vi</sup>	0.280	0.290	0.317	0.321	0.382	0.322	0.312	0.296	0.317	0.304	0.305	0.308
Ti	0.002	0.001	0.001	0.006	0.002	0.002	0.005	0.003	0.003	0.001	0.004	0.000
Cr	0.000	0.003	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.004	0.005
Fe <sup>2+</sup>	0.021	0.000	0.009	0.000	0.054	0.000	0.000	0.059	0.103	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>3+</sup>	0.266	0.291	0.251	0.282	0.251	0.278	0.327	0.250	0.194	0.311	0.317	0.278
Mn	0.005	0.003	0.005	0.007	0.006	0.001	0.007	0.002	0.006	0.005	0.002	0.002
Mg	0.391	0.373	0.384	0.338	0.264	0.359	0.306	0.370	0.368	0.327	0.337	0.375
Ca	0.509	0.476	0.488	0.459	0.420	0.461	0.427	0.476	0.495	0.444	0.430	0.471
Na	0.526	0.574	0.544	0.596	0.617	0.579	0.636	0.543	0.510	0.620	0.613	0.572
K	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
O=	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

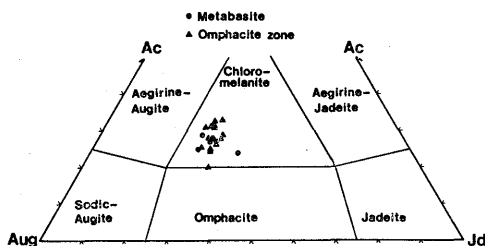


Fig. 6. Compositions of sodic pyroxenes plotted on the aegirine (Ac)—augite (Aug)—jadeite (Jd) diagram. Nomenclatures of sodic pyroxenes are after ESSENE and FYFE (1967).

#### D. 蛇紋石

蛇紋石の代表的分析値を Table 3 に示した。これらは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 2~3wt%, Na<sub>2</sub>O を 1.0~1.5wt% 含有する蛇紋石である。X<sub>Mg</sub> の値は 0.90 であり、分

析した 6 個の粒子の間で全く変動がない。共存する透閃石と比較すると、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は蛇紋石に選択的に含まれている事が分る。

#### E. 緑泥石

緑泥石の代表的分析値を Table 4 に示した。透閃石—緑泥石帯 (C-D, D) のものは、いずれもクリノクロアに近い組成であり、X<sub>Mg</sub> 値は (C-D) で 0.85 前後、(D) で 0.825 前後であり、透閃石の場合と同じく蛇紋岩側からメタペイサイトに向かって有意に減少している。しかしながら、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> や SiO<sub>2</sub> に関しては有意の変化は認められない。オンファス輝石帯の緑泥石はこれらとは全く異なる組成のもので、SiO<sub>2</sub> と MgO に乏しく、X<sub>Mg</sub> 値は 0.54 前後とかなり小さい。

#### F. 緑簾石

オンファス輝石帯の緑簾石の組成を Table 4 に示す。緑簾石は顕著な累帯構造を示さないが、EPMA によ

Table 3. Representative analyses of tremolite(Tr) and serpentine(Sp) from zones D and F

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zone	C-D	C-D	C-D	D	D	D	F	F	F	F	F	F
Mineral	Tr(c)	Tr(r)	Tr(r)	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Sp	Sp	Sp
SiO <sub>2</sub>	56.89	57.35	58.03	57.56	57.79	57.42	57.99	58.28	57.83	40.48	41.18	42.27
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.09	0.13	0.01	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.14	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	0.75	0.58	0.08	0.16	0.22	0.13	0.12	0.04	3.16	2.78	2.11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.25	0.12	0.32	0.18	0.08	0.20	0.13	0.24	0.92	1.01	0.32
ΣFeO	3.45	4.31	5.16	3.56	3.30	3.41	2.68	2.69	2.73	7.37	7.05	7.06
MnO	0.13	0.07	0.12	0.05	0.00	0.13	0.00	0.21	0.12	0.00	0.00	0.02
MgO	22.07	21.84	21.02	22.43	22.85	22.75	22.71	23.09	22.98	35.92	35.24	36.03
CaO	11.57	11.99	11.99	12.00	11.61	11.61	12.24	12.65	12.55	0.05	0.07	0.06
Na <sub>2</sub> O	2.47	2.23	2.04	1.98	2.27	2.21	1.91	1.70	1.48	0.96	1.38	1.51
K <sub>2</sub> O	0.22	0.13	0.12	0.20	0.25	0.18	0.16	0.04	0.07	0.00	0.00	0.00
Total	97.02	99.01	99.31	98.19	98.43	98.01	98.07	98.91	98.04	88.86	88.85	89.42
Si	7.928	7.863	7.941	7.922	7.919	7.904	7.953	7.925	7.930	1.941	1.974	1.971
Al <sup>iv</sup>	0.007	0.110	0.046	0.013	0.026	0.036	0.021	0.019	0.006	0.090	0.059	0.026
Al <sup>vi</sup>	0.000	0.011	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086	0.095	0.090
Ti	0.001	0.009	0.013	0.001	0.002	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001
Cr	0.019	0.027	0.013	0.035	0.020	0.009	0.022	0.014	0.026	0.038	0.012	0.019
Fe <sup>2+</sup>	0.356	0.494	0.591	0.379	0.343	0.342	0.303	0.263	0.275	0.291	0.278	0.276
Fe <sup>3+</sup>	0.046	0.000	0.000	0.030	0.035	0.051	0.004	0.042	0.038			
Mn	0.015	0.008	0.014	0.006	0.000	0.015	0.000	0.024	0.014	0.000	0.000	0.001
Mg	4.583	4.462	4.287	4.601	4.666	4.668	4.642	4.679	4.697	2.526	2.475	2.508
Ca	1.727	1.761	1.758	1.770	1.705	1.712	1.799	1.843	1.844	0.003	0.004	0.003
Na	0.667	0.593	0.541	0.529	0.604	0.590	0.508	0.449	0.394	0.088	0.126	0.137
K	0.039	0.023	0.021	0.035	0.044	0.032	0.028	0.007	0.012	0.000	0.000	0.000
O=	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	7.0	7.0	7.0

ΣFeO:total iron as FeO. (c):core (r):rim

る分析では周縁部がわずかに Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富む。Table 4 の 8 と 9 の例では、ピスタサイトモルは核部で 23.6、周縁部で 22.6% である。

### G. 曹長石

曹長石にはアルバイト式双晶を示すものと示さないものがあるが、いずれの組成も Ab<sub>98-100</sub> のほぼ純粋な曹長石である。

### H. スフェーン

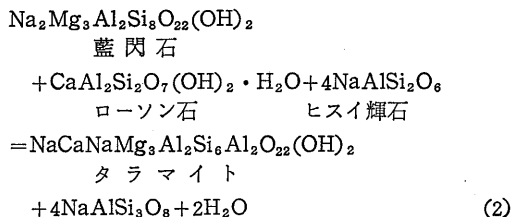
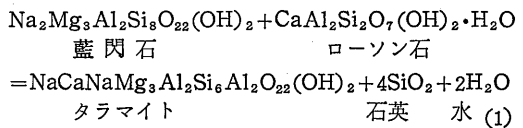
メタペサイト中のスフェーンの分析値を Table 4 に示した。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 2 wt% 前後含む以外は理想化学組成に近い。

## VI. 考 察

### A. タラマイトの安定性

タラマイトは記載例が少なく、その共生関係や安定関係については不明な点が多い。最近 TANABE et al. (1982) は関東三波川帯のメタペサイト中からヒス

イ輝石やオンファス輝石及び藍閃石に伴ってタラマイトが産出する事を報告した。これは曹長石と共存するが石英とは共存しない。またタラマイトの一部は藍閃石に置換されている。タラマイトと藍閃石の間の反応関係を考えると、



などが得られる。同様の関係はリーベック閃石とフェ

Table 4. Representative analyses of chlorite(Chl), epidote(Ep), and sphene(Sph)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zone	C-D	C-D	C-D	D	D	D	B	B	B	B	A	A
Mineral	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Ep(c)	Ep(r)	Ep(c)	Sph	Sph
SiO <sub>2</sub>	30.56	32.00	30.51	29.82	31.12	30.05	26.03	37.86	38.27	38.16	30.54	31.13
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.02	0.12	0.06	0.11	0.00	0.07	0.08	0.05	0.20	37.81	36.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.14	16.91	17.52	17.82	15.32	17.81	19.66	24.25	25.25	24.51	1.78	2.25
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.37	0.22	0.16	1.16	0.57	0.00	0.15	0.14	0.11	0.16	0.04
ΣFeO	9.48	9.36	9.41	10.56	10.30	10.36	24.10	11.75	11.49	12.05	0.47	0.67
MnO	0.01	0.17	0.12	0.10	0.19	0.16	0.30	0.04	0.07	0.15	0.12	0.05
MgO	28.67	29.58	28.87	27.65	28.68	27.53	16.12	0.21	0.18	0.02	0.00	0.01
CaO	0.04	0.11	0.07	0.05	0.00	0.02	0.14	22.90	23.50	22.89	28.94	28.78
Na <sub>2</sub> O	0.94	0.99	0.81	0.93	0.78	0.59	0.61	0.27	0.16	0.16	0.07	0.29
K <sub>2</sub> O	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00
Total	87.98	89.51	87.65	87.15	87.67	87.09	87.11	97.51	99.15	98.28	99.89	100.15
Si	5.902	6.074	5.920	5.859	6.087	5.897	5.515	3.008	2.988	3.008	0.999	1.014
Al <sup>iv</sup>	2.098	1.926	2.080	2.141	1.913	2.103	2.485	0.000	0.012	0.000	0.001	0.000
Al <sup>vi</sup>	2.032	1.858	1.928	1.987	1.620	2.017	2.426	2.272	2.312	2.278	0.068	0.086
Ti	0.006	0.003	0.018	0.009	0.016	0.000	0.011	0.005	0.003	0.012	0.930	0.904
Cr	0.009	0.056	0.034	0.025	0.179	0.088	0.000	0.009	0.009	0.007	0.004	0.001
Fe <sup>2+</sup>	1.531	1.486	1.527	1.735	1.685	1.700	4.270				0.013	0.018
Fe <sup>3+</sup>								0.703	0.675	0.715		
Mn	0.002	0.027	0.020	0.017	0.031	0.027	0.054	0.003	0.005	0.010	0.003	0.001
Mg	8.252	8.368	8.349	8.096	8.360	8.051	5.090	0.025	0.021	0.002	0.000	0.000
Ca	0.008	0.022	0.015	0.011	0.000	0.004	0.032	1.950	1.966	1.934	1.014	1.004
Na	0.352	0.364	0.305	0.354	0.296	0.224	0.251	0.042	0.024	0.024	0.004	0.018
K	0.010	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.022	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000
O=	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	12.5	12.5	12.5	5.0	5.0

ΣFeO: total iron as FeO for chlorite and sphene, and as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for epidote

リ・タラマイトについても成立する。TANABE et al. (1982) が記載した岩石はローソン石を含まないので、この反応でタラマイトと藍閃石の関係を説明する事はできない。しかしながら、反応(1)、(2)の左辺に相当する鉱物組み合わせはフランシスカン帯 (BROWN and BRADSHAW, 1979) やニューカレドニアの高圧変成岩類 (BLACK, 1977) に普通に出現する。平島 (1983) の SCHREINEMARKERS の東の方法による解析では、これらの鉱物組み合わせは、藍閃変成作用の中で最も高圧の条件を示す。

野母半島のメタベイサイトにみられるタラマイトと曹長石の共生は(2)式の右辺に相当する。蛇紋岩類に伴う岩石には典型的な藍閃片岩相の鉱物組み合わせは出現しない事、及び(2)の反応が脱水反応である事を考慮するとタラマイト+曹長石の組み合わせは(2)式の左辺の組み合わせよりも低圧もしくは高温の条件を示すものであ

ろう。(1)と(2)の反応関係から、タラマイトは藍閃変成作用において累進的に形成される可能性があり、その形成には特異な化学的条件を必要としない事が推察される。その意味で今後の藍閃変成作用の研究において注目すべき鉱物である。

#### B. 反応帯内の化学ポテンシャル勾配

Fig. 7 に示したように、透閃石-緑泥石帯において透閃石と緑泥石の  $X_{Mg}$  値は蛇紋岩側からメタベイサイトに向かって有意に減少している。オンファス輝石帯の角閃石周縁部についても Fig. 7 の6から1に向けて僅かであるが  $X_{Mg}$  の減少が認められる。これらの事から FeO と MgO の化学ポテンシャルの変化に対する情報が得られる。SANFORD (1982) は緑泥石と共存する鉱物 ( $\phi$ ) との Fe-Mg 分配を考え、温度圧力一定の条件下で、Fe-Mg 交換成分  $FeMg_{-1}$  (=FeO-MgO) の化学ポテンシャルが

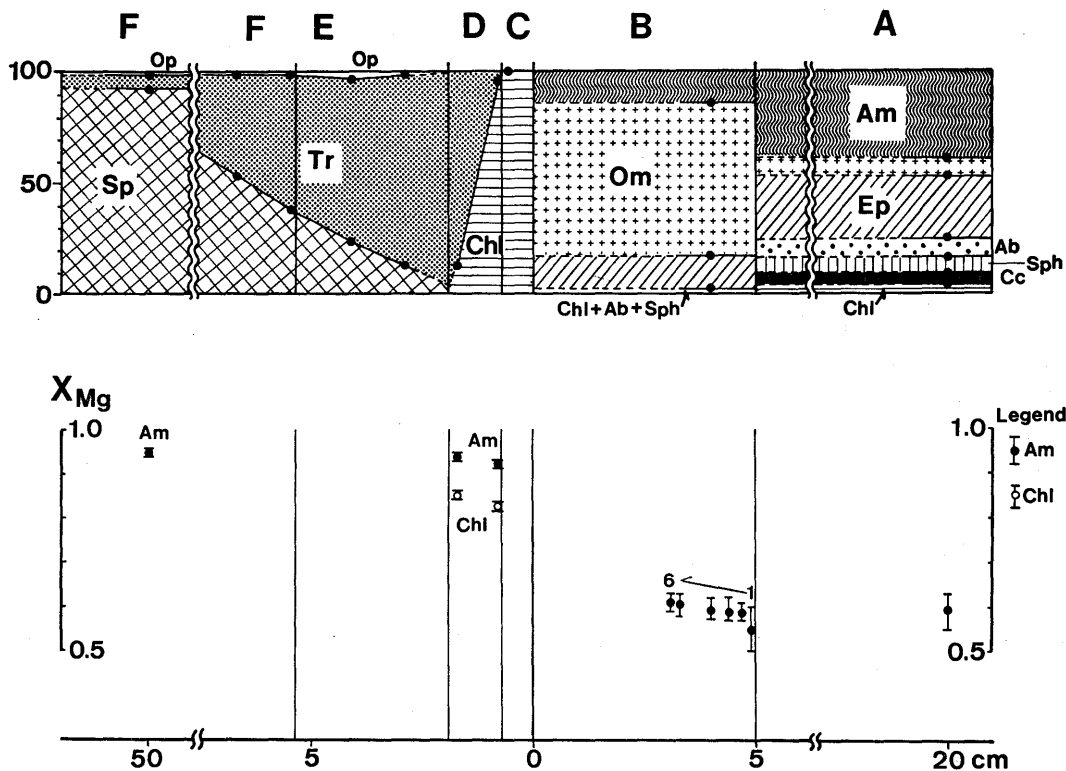
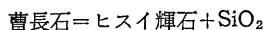


Fig. 7. Modal cross section across reaction zones at Nomo (upper figure). Plot of  $X_{Mg}$  of amphiboles (solid circles) and chlorite (open circles) versus distance (lower figure). Bars indicate the range of  $X_{Mg}$  values, and the circles stand for the averages. Analyses with the signs of 1 to 6 correspond to the analyzed area shown in Fig. 3. Abbreviations are: Op : opaque minerals, Sph : sphene, and Cc : calcite. Others are the same as those in Fig. 3.

$$\frac{\mu_{FeMg-1}}{RT} = \ln K_D^{Chl-\phi} + \ln \frac{X_{Fe, \phi}}{X_{Mg, \phi}} \quad (3)$$

と書ける事を示した。但しこの時、緑泥石中の  $FeMg_{-1}$  成分の標準状態を  $X_{Fe, Chl} = X_{Mg, Chl} = 0.5$  に取っている ( $X_{Fe, Chl} = 0.5$  のとき  $a_{FeMg_{-1}, Chl} = 1$ ,  $\mu_{FeMg_{-1}, Chl} = 0$ )。ここで  $K_D^{Chl-\phi}$  は緑泥石と相  $\phi$  との間の Fe-Mg 分配係数で、本地域の緑泥石-透閃石については約 2.6 の値である。この式によれば上に述べた透閃石-緑泥石帯の緑閃石の  $X_{Mg}$  の変化は、 $\mu_{FeMg_{-1}}/RT$  が -1.71 から -1.55 に変化した事に対応している。この事は FeO と MgO の化学ポテンシャルの差は蛇紋岩側からメタベイサイト側に向かって小さくなっている事を示している。

同様の試みは他の成分についても可能である。例えば



という反応を考える。ここで  $SiO_2$  は流体中の拡散種とする。流体中の  $SiO_2$  の化学ポテンシャル  $\mu_{SiO_2}^{fluid}$  は、

$$\mu_{SiO_2}^{fluid} = (\mu_{Ab}^{\circ} - \mu_{Jd}^{\circ}) + RT \ln \frac{a_{Ab}}{a_{Jd}} \quad (4)$$

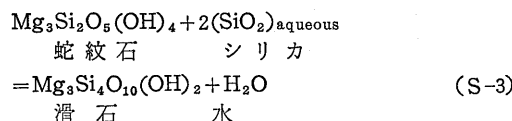
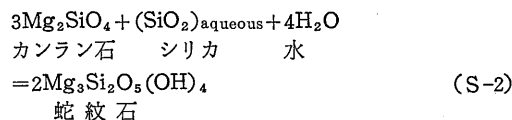
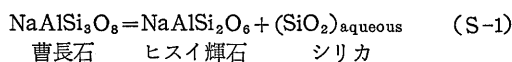
ここで  $\mu_{Ab}^{\circ}$  と  $\mu_{Jd}^{\circ}$  は定温定圧下で定数であるので、曹長石と共存するオンファス輝石の組成から  $\mu_{SiO_2}^{fluid}$  の相対的な大きさを見積る事ができる。Fig. 6 に示したように、メタベイサイト中のオンファス輝石とオンファス輝石帯のそれとはほとんど同じ組成領域を有しているので、メタベイサイトとオンファス輝石帯の間では顕著な  $\mu_{SiO_2}^{fluid}$  の差は存在しなかったと結論される。

### C. オンファス輝石を生じた反応

高圧中間群の変成相系列に属する変成岩類においては、ヒスイ輝石やオンファス輝石は蛇紋岩中に包有された単鉱物岩 (ヒスイ輝石岩, オンファス輝石岩な

ど)として産出する傾向がある。これらの岩石には一般に石英は含まれず、少量の曹長石が伴われる事が多い。即ち、このような単鉱物岩は曹長石の分解曲線よりは低圧側で形成されたと考えられる。その場合どのような反応でアルカリ輝石が形成されたかが問題である。

SHIDO (1958) は新潟県小滝の蛇紋岩中に取り込まれた曹長岩の岩塊の周囲にヒスイ輝石帯とカルシウム角閃石帯の2帯より成る反応帯を記載し、これは次のような反応が  $\text{SiO}_2$  の拡散によって連結する事により形成されたと考えた。



しかし、これらの反応はカルシウム角閃石帯の形成を説明できない。また (S-2) や (S-3) の反応が進行している事を示唆する組織上の証拠 (例えば、反応帯に接する部分の蛇紋岩中においてのみカンラン石が消滅しているというような組織) も挙げられていない。SHIDO (1958) はカルシウム角閃石帯に少量の滑石を記載しているが、ヒスイ輝石が滑石と共存するには高い圧力 (300~600°C で 22~23kb : KOONS (1982)) を必要とする。そのような高圧下では曹長石自身が不安定になってヒスイ輝石と石英に分解する筈であるから、小滝のヒスイ輝石岩が反応 (S-1) と (S-3) によって形成されたとはいえない。

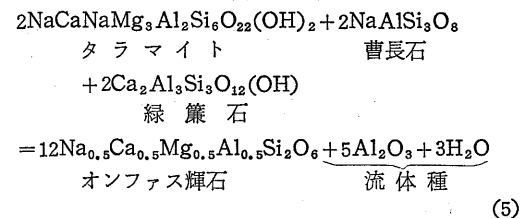
以上のように  $\text{SiO}_2$  の拡散だけでヒスイ輝石岩をつくる事は明らかに不可能であり、どのような反応でヒスイ輝石岩やオンファス輝石岩が形成されたかについては、個々の事例について詳しい検討を行う必要がある。

野母半島のオンファス輝石についても、前項で述べたようにメタベイスサイトとオンファス輝石帯との間で  $\text{SiO}_2$  の化学ポテンシャルに顕著な差が認められない事から、 $\text{SiO}_2$  の拡散がその形成に主要な役割を果たしたとは考えられない。

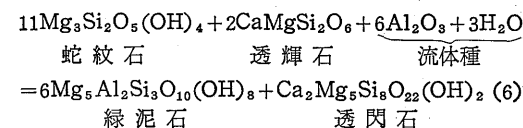
オンファス輝石帯とメタベイスサイトのモードを比較すると、角閃石、曹長石、緑簾石の体積分率はオンファス輝石帯で減少している。低温高圧の変成条件下で

オンファス輝石をつくるような反応は体積減少過程である事が期待される。反応に関与しない相の体積分率は反応の前後で増大する。従って上記の事実は角閃石、曹長石、緑簾石がオンファス輝石を形成する反応に関与している事を示唆する。また曹長石中にオンファス輝石が生じている事、角閃石がオンファス輝石に置換されている事などもこれを支持する。更に角閃石におけるタラマイトからヘスチング閃石への組成変化も、角閃石と粒間流体の間で  $\text{NaR}^{3+} \rightleftharpoons \text{CaR}^{2+}$  の交換が行われて流体中に放出された  $\text{NaR}^{3+}$  成分がオンファス輝石中のヒスイ輝石モル、エジリンモルを形成する反応に使われた事を示唆している。

以上の事から、角閃石 (タラマイト)、曹長石及び緑簾石を消費してオンファス輝石をつくる反応を考える。系を2つの部分系 (蛇紋岩とメタベイスサイト) に分け、各々の部分系に対して反応式を立て、これら2つの反応は流体種の拡散によって連結されているというモデルを考える。モデル反応を考えるに際しての限定条件は、1) 系は  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  の6成分系とする、2)  $\text{SiO}_2$  は拡散しない、3) 全系は水以外の成分に関して閉じている、の3つである。全系を開いた系とするモデルは自由度が多すぎるのでここでは考慮しない。上の条件を満たすものとして、メタベイスサイト側では、

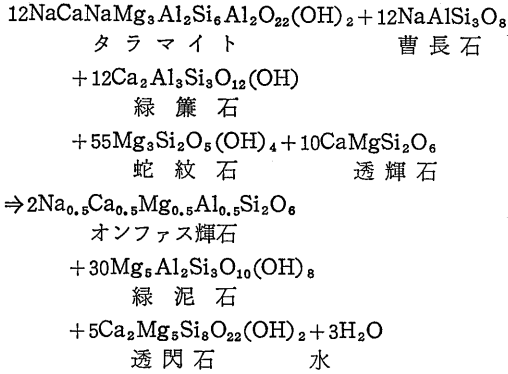


という反応が考えられる。この反応は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が部分系の外に拡散していく場合には自発的に右に進行する。蛇紋岩は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の化学ポテンシャルは低いと考えられるので、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  はメタベイスサイトから蛇紋岩側へ拡散すると期待される。この時蛇紋岩側では、



なる反応によって緑泥石と透閃石が形成されるであろう。反応帯周辺部の蛇紋岩中の透輝石が透閃石に置換された仮像になっている事実は(6)の反応を支持する。即ち、(5)と(6)の2つの反応が  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の拡散を通じて結合しているとすれば、オンファス輝石を含む反応帯の生成を基本的に説明する事ができる。この時全系、

での反応は



と書ける。この反応は相律が許す以上の数の相を含んでいるので、明らかに不可逆反応である。このモデル反応が正しいとすれば、野母半島のオンファス輝石を含む反応帯を形成した駆動力は、メタベイサイトと蛇紋岩の粒間流体の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の化学ポテンシャル差であると結論される。

#### 引用文献

- BLACK, P. M. (1977): Regional high-pressure metamorphism in New Caledonia: phase equilibria in the Ouegoa district. *Tectonophysics*, **43**, 89-107.
- BROWN, E. H. and BRADSHAW, J. Y. (1979): Phase relations of pyroxene and amphiboles in greenstone, blueschist and eclogite of the Franciscan complex, California. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **71**, 67-83.
- COLEMAN, R. G. and CLARKE, J. R. (1968): Pyroxenes in the blueschist facies of California. *Amer. Jour. Sci.*, **266**, 43-59.
- ESSENE, E. J. and FYFE, W. S. (1967): Omphacite in Californian metamorphic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **15**, 1-23.
- GROVER, J. E. and ORVILLE, P. M. (1969): The partitioning of cations between coexisting single- and multi-site phases with applications to the assemblages: orthopyroxene-clinopyroxene and orthopyroxene-olivine. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **33**, 205-226.
- 平島崇男 (1983): SCHREINEMAKERS の東の方法を用いた藍閃変成作用の鉱物共生関係の解析。地質雑, **89**, (12), 679-691.
- KOONS, P. O. (1982): An experimental investigation of the behaviour of amphibole in the system  $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  at high pressures. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **79**, 258-267.
- 小松正幸 (1986): 青海産、巨晶角閃石-ゾイサイト岩の Al, Na に富むパーガサイトについて。西村祐二郎編研究連絡紙「内帯高压変成帯」, (3), 7-11.
- LEAKE, B. E. (1978): Nomenclature of amphiboles. *Mineral. Mag.*, **42**, 533-593.
- 宮崎一博・西山忠男 (1986): 野母半島長崎変成岩類の変成分帯とくに黒雲母帯について。日本地質学会第93年学術大会講演要旨集, 477.
- 西村祐二郎 (1983): 三郡変成岩及び長崎変成岩の放射年代。村上允英・加藤敏郎・西村祐二郎: 研究成果報告書「中国地方の中・古生代火成岩及び含有鉱物の化学的研究」, 29-31.
- 西山忠男 (1978): 西彼杵変成岩類中のヒスイ輝石岩。地質雑, **84**, 155-156.
- NISHIYAMA, T., UEHARA, S., and SHINNO, I. (1986): Chromian omphacite from low-grade metamorphic rocks, Nishisonogi, Kyushu, Japan. *Jour. metamorphic. Geol.*, **4**, 69-77.
- 大島恒彦 (1964): 長崎県野母半島の結晶片岩。九大理研報, [地質], **7**, 39-45.
- ROBINSON, P., SPEAR, F. S., SCHUMACHER, J. C., LAIRD, J., KLEIN, C., EVANS, B. W., and DOOLAN, B. L. (1982): Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrence and theory. VEBLEN, O. R. and RIBBE, P. H. ed. "Reviews in Mineralogy", vol. **9B**. *Mineralogical Society of America*, 1-227.
- SANFORD, R. F. (1982): Growth of ultramafic reaction zones in greenschist to amphibolite facies metamorphism. *Amer. Jour. Sci.*, **282**, 543-616.
- SHIDO, F. (1958): Calciferous amphibole rich in sodium from jadeite-bearing albitite of Kotaki, Niigata Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan.*, **64**, 595-600.
- TANABE, K., TOMIOKA, N., and KANEHIRA, K. (1982): Jadeite-aragonite-bearing rocks from the Sanbagawa metamorphic terrane in the Kanto Mountains. *Proc. Japan. Acad.*, **58**, Ser. B., 199-203.