

## 四国中央部三波川帯瀬場谷地域の塩基性片岩中に 産する累進的エクロジャイト

猶原亮介・青矢睦月

島根大学理学研究科 松江市西川津町1060  
京都大学理学研究科 京都市左京区北白川追分町

### Prograde eclogites from Sambagawa basic schists in the Sebadani area, central Shikoku, Japan

Naohara, RYOSUKE and Aoya, MUTSUKI

*Department of Geology, Shimane University, Matsue 690, Japan*  
*Department of Geology and Mineralogy, Kyoto University, Kyoto 606, Japan*

(Received December 31, 1996)

#### ABSTRACT

In the Besshi district of the Sambagawa metamorphic belt, basic schist layers occur crossing the middle portions of the Seba valley, there are two texture types of prograde eclogites. One is formed by contact metamorphism of emplacement of high grade tectonic-block. They occur in the area that is only a few 10 m from the tectonic-block. They are randomly oriented and have coarse-grained omphasite porphyroblasts. The other type has fine-grained omphasites forming schistosity and lineation. Some eclogites retain eclogite facies mineralogy, and they occur in wide area of the Sebadani area. Therefore there is a possibility that the Sambagawa schist in this area were reached to the eclogite facies P-T conditions.

#### 1. はじめに

四国中央部、別子地域の瀬場谷地域の三波川塩基性片岩中からは、これまでに2種類の累進的エクロジャイト(Takasu, 1986)が報告されている(Takasu, 1984, 高須・加治 1985, 猶原 1995). 一つは瀬場谷変はんれい岩体の周囲に産出するもので、オンファス輝石の斑状変晶が緑簾石角閃岩相の片理と斜交してランダムに成長している組織をもつものである. Takasu (1984)はこの累進的エクロジャイトは瀬場谷岩体の固体貫入に伴う高圧接触変成作用で形成されたと考えた. もう一つは瀬場谷中流域の塩基性片岩層中に点在して産出し、比較的細粒のオンファス輝石がバロウ閃石などの角閃石とともに片理を形成するタイプである. このタイプは三波川広域変成作用によって形成されたと考えられている(高須・加治, 1985, 猶原, 1995).

これまでの著者らの野外調査によってこの地域のかなりの範囲に上記の広域変成作用で形成されたと考えられる累進的エクロジャイトが分布することがわかってきた. このようなエ

クロジャイトの形成条件を明らかにすることは付加体深部でおこなわれた三波川変成作用の実態を解明することや、高压変成岩の形成や上昇のテクトニクスを考えるうえで重要な意味をもつ。この論文では、著者らの研究によって新たに見つかったエクロジャイトの分布と産状について記載する。

謝辞：著者らの指導教官の島根大学理学部地質学教室 高須 晃教授、京都大学理学部地質学鉱物学教室 サイモン・ウォリス博士には修士論文に関わる野外調査、顕微鏡観察など、研究全般にわたって、終始多大なる御助言、激励等を賜った。また、野外調査の際に宿を提供していただいた愛媛県宇摩郡別子山村の仲村孝三氏には多大なる迷惑や心配をかけた。他にも、研究を進めるにあたり多くの方々の御助力を得た。この場を借りて厚くお礼申し上げる。

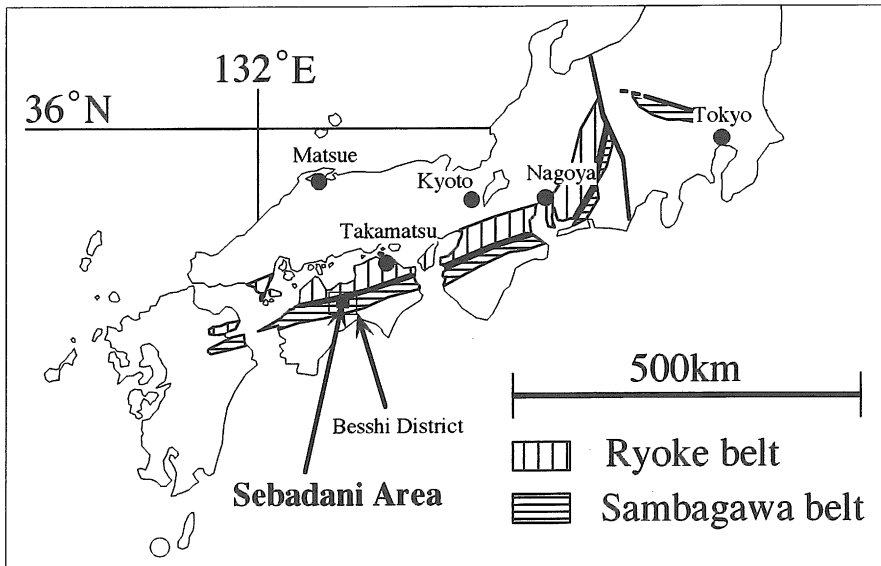
## 2. 地質概説

### (1) 岩 相

瀬場谷地域の三波川変成岩（第1図）は高須・牧野(1980)による岩相層序区分では三縄層上層部に相当し、また Takasu and Dallmeyer (1990) の別子ナップに属する。

この地域の三波川変成岩は主に泥質片岩からなり、高須・牧野(1980)で鍵層とされた連続性のよい塩基性片岩層が数枚、内部に瀬場谷変はんれい岩体および高压接触変成エクロジャイトを擁するレンズ状の分布形態を示す塩基性片岩層、他に珪質片岩層、小規模な砂質片岩層などが泥質片岩層中に挟まれる。

榎並(1982)、東野(1990)は、四国中央部の三波川帯において、泥質片岩中の示標鉱物の出現により、変成温度の低温から高温に向けて緑泥石帯、ざくろ石帯、曹長石-黒雲母帯、



第1図. 西南日本三波川帯における瀬場谷地域の位置

灰曹長石-黒雲母帯の4つに分帯を試みているが、瀬場谷地域ではその大部分が曹長石-黒雲母帯に分帯されている(第2図)。

泥質片岩は炭質物を豊富に含み曹長石点紋が発達した黒色を呈する岩石で、ほぼ全域においてざくろ石を、また、一部で黒雲母および電気石を含む。

層状で連続性のよい塩基性片岩は角閃石、緑簾石、白雲母、緑泥石、ルチル、スフェンなど、緑簾石角閃岩相の鉱物組合せをもち、緑色～暗緑色を呈する。また、白色の曹長石点紋が発達している。

一方、瀬場谷中流を中心に分布し、瀬場谷変はんれい岩体を擁するレンズ状の分布を示す塩基性片岩は、他の層状の塩基性片岩とは違い岩石の色はほぼ黒色に近い。曹長石点紋は少なくほとんどの地域でざくろ石斑状変晶が存在する。今回この論文の記載に関わるところの塩基性片岩は、すべてこのレンズ状の分布を示す塩基性片岩のことをさす。

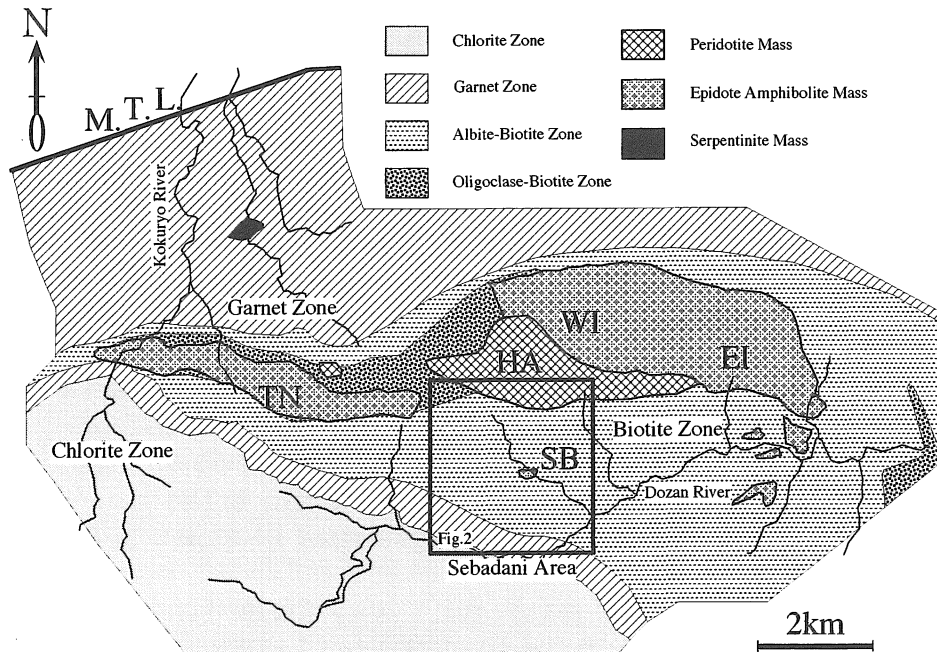
珪質片岩は地質図(第3図)に表わされるもののほか小規模なものがいくつか存在する。石英に富む優白色の岩石で、紅簾石を含むものはピンク色を呈する。

瀬場谷地域における各岩相の分布は第3図に示す。

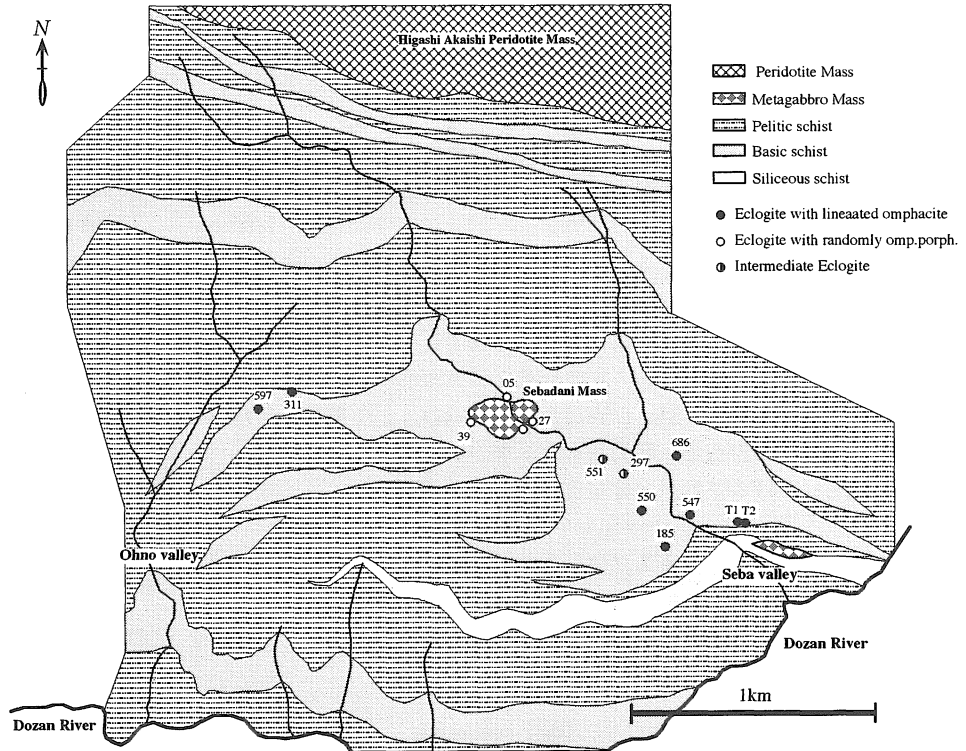
(2) 塩基性片岩中に見られるエクロジャイト相累進変成作用

1. 瀬場谷変はんれい岩体とその周囲の接触変成作用

塩基性片岩層中央付近には、瀬場谷変はんれい岩体というテクトニック・ブロックが胚胎



第2図. 別子地域の変成分帯図(東野, 1990原図)



第3図. 瀬場谷地域の地質図, および累進的エクロジャイトの産出地点

する (Takasu, 1989, Takasu et al., 1994). 瀬場谷変はんれい岩体は 200 m×300 m の規模を持ち, 内部には高温高压の履歴 (720~750°C, 12~20 kbar) をもつエクロジャイトが緑簾石角閃岩相の三波川変成作用を免れて残存していることが報告されている (Takasu, 1984). 岩体の周縁部には幅数 10 m 程度の剪断帯が存在し, 厚さ数 10 cm~4 m 程度の泥質片岩を挟んで塩基性片岩層と接している. 塩基性片岩層中には境界部から数 10 m の範囲に粗粒のエクロジャイト相の斑状変晶が緑簾石角閃岩相の片理構成鉱物を包有しながら生成している (Takasu, 1984). この累進的エクロジャイトは, 瀬場谷変はんれい岩体の固体貫入により接触変成作用をうけて形成されたと考えられており, 柱状の形状をもつ粗粒のオンファス輝石の斑状変晶が片理に対して斜交し, ランダムな方向に成長しているのが特徴である (第5図 A). Takasu(1984) は塩基性片岩層東端 (地点 T1, T2 付近, 第3図) のシート状の小規模な変はんれい岩体の西端部においても, 累進的エクロジャイトを記載している.

## 2. 広域変成作用

塩基性片岩層の西側 (地点311, 第3図) では, 三波川の広域変成作用によって形成されたと考えられている累進的エクロジャイトが記載されている (高須・加治, 1985, 猶原 1995). このエクロジャイトは, 先程の接触変成作用によるものとは違い, オンファス輝石

が細粒で、石基および片理・線構造を形成しているのが特徴である。このエクロジヤイトはざくろ石の核部に  $X_{Mn} (Mn/(Mn+Fe+Mg))=0.9$  程度の濃集を示し、全岩組成における高いマンガン含有量を反映して緑簾石角閃岩相相当の低温で広域的に形成されたと考えられている。

この地域においてこれまでに見い出された累進的エクロジヤイトは上記の2種を含めすべてこのレンズ状の産出範囲を示す塩基性片岩層より報告されている。本論文の報告するエクロジヤイトもこの塩基性片岩層中のものである。

### 3. 瀬場谷地域における累進的エクロジヤイトの産出範囲

塩基性片岩中の累進的エクロジヤイトは、前述した通り粗粒の方向性をもたないオンファス輝石斑状変晶をもつエクロジヤイト、細粒の線構造を形成するオンファス輝石基質もつエクロジヤイトの2種類に大分されるが、今回発見されたエクロジヤイトはすべて組織的に後者に属するものである。

今回発見したエクロジヤイトを含め、瀬場谷地域で産する累進的エクロジヤイトの産出地点を第3図にまとめた。本論文の記載に用いたエクロジヤイト (T1, T2, 547) の他にも今回の調査で新たに確認したエクロジヤイト (551, 550, 686)、猶原 (1995) が報告したエクロジヤイト (297, 185)、高須・加治 (1985) の大野谷支流に産出する広域的エクロジヤイト (311) も示してある。この図から、塩基性片岩層内の比較的広い範囲にオンファス輝石の線構造をもつエクロジヤイト、あるいはそれに近い組織のエクロジヤイトが点在していることがわかる。

### 4. T1, T2 地点のエクロジヤイト

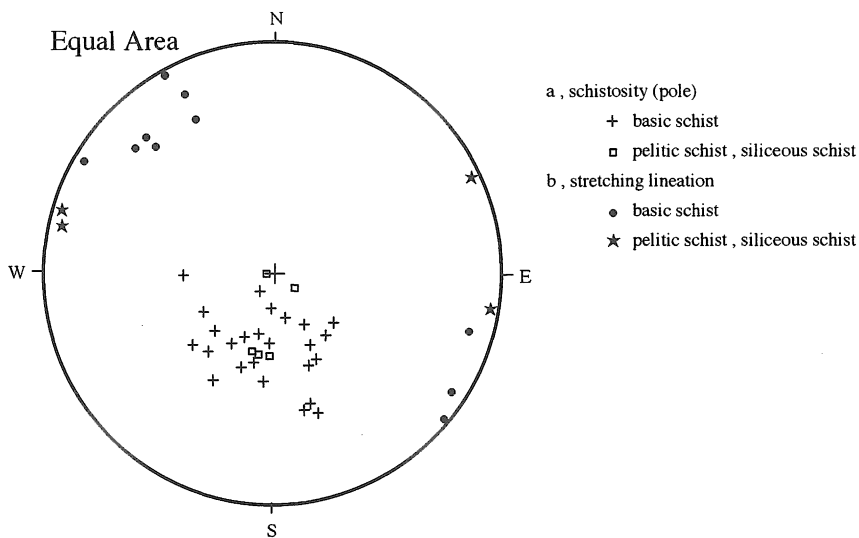
#### (1) 露頭での産状

今回記載したサンプルは第3図の T1, T2 地点から得られたものである。この露頭では、厚さ数 10 cm のエクロジヤイトの層と緑簾石角閃岩層とが互層する。また、この露頭ではしばしば数 cm の薄い泥質片岩の層も挟む。また、露頭中には炭酸塩鉱物の脈 (厚さ 1 cm 程度まで) がよく見られる。エクロジヤイトの部分から緑簾石角閃岩部分へは漸移する。

エクロジヤイト部は、最大粒径 7 mm 程度の濃紅色のざくろ石斑状変晶、および、主にオンファス輝石からなる緑色を呈する細粒の基質によって構成される。

一方、緑簾石角閃岩部にもエクロジヤイト部と同様に粗粒のざくろ石斑状変晶が見られるが、基質は肉眼で黒色に近い暗緑色を呈し、その構成鉱物は主に角閃石、緑簾石、白雲母、あるいは黒雲母で、オンファス輝石を含まない。露頭において、エクロジヤイトと緑簾石角閃岩との区別はオンファス輝石の有無による基質部の色の違いによって認識される。

エクロジヤイト、緑簾石角閃岩のいずれにおいても、基質の構成鉱物は強い片理、および引き伸ばし線構造を形成し、おのおの傾向も同じである (第4図)。



第4図. 地点 T1, T2 周辺の面構造および線構造

第1表. T1, T2 地点より得られたエクログジャイトおよび緑簾石角閃岩のポイントモード. エクログジャイト中に含まれるざくろ岩の粒径をもとに3カ所から抽出したもの.

|                   | eclogite(coarse) | eclogite(middle) | eclogite(fine) | amphibokite |
|-------------------|------------------|------------------|----------------|-------------|
| ompacite          | 31               | 55               | 33             | 0           |
| garnet            | 11               | 13               | 27             | 10          |
| amphibole         | 8                | 2                | 5              | 49          |
| epidote           | 9                | tr.              | tr.            | 2           |
| calcite           | 12               | 7                | 7              | 0           |
| quartz            | tr.              | tr.              | 14             | 9           |
| mica              | 23               | 15               | 8              | 19          |
| sphane            | 4                | 4                | 3              | 2           |
| rutile            | tr.              | tr.              | tr.            | tr.         |
| albite            | 1                | 2                | tr.            | 9           |
| ore               | tr.              | tr.              | 2              | tr.         |
| chlorite, apatite | tr.              | 0                | tr.            | 0           |
| point No.         | 800              | 3000             | 3000           | 3000        |
| <b>grt + omp</b>  | <b>42%</b>       | <b>70%</b>       | <b>61%</b>     | <b>10%</b>  |

## (2) 岩石記載

主としてざくろ石、オンファス輝石より構成され、その他に白色雲母、緑簾石、角閃石、炭酸塩鉱物を含む。また、微量の石英、曹長石、ルチル、スフェン、不透明鉱物を含む。

岩石組織は基質とざくろ石および角閃石の斑状変晶に大別される。基質は主に、細粒のオンファス輝石、緑簾石、白色雲母で構成され、これらの配列による片理が発達する。

斑状変晶としてはざくろ石が最大径 7 mm に及び、角閃石は細粒なものが多いが、しばしば最大径 2 mm 程度の粗粒なものが見られる。また、方解石、緑簾石が斑状変晶状に産することがある。

T1, T2 地点のいくつかのエクロジャイトについて、鉱物のポイントモードを測定したところ、全体に対するざくろ石+オンファス輝石について40%~70%の高い比率が得られた。これらのエクロジャイトと近接した地点の緑簾石角閃岩のモード比は第1表に示す。

塩基性片岩層には、瀬場谷地域一帯の泥質片岩と同様片理、及び引き延ばし線構造がよく発達しているが、T1, T2 地点周辺部の両岩相の境界部においてこれらの構造はほぼ調和的である(第4図)。泥質片岩中の面構造、線構造は三波川帯全体に一貫して見られる東西方向の流動的変形による構造(Wallis, 1990)である。

### ① ざくろ石

ざくろ石の産状は、次の3種類に分けられる。

(a) 粗粒 (3~7 mm) で散在するもの (第5図 B)

(b) 中粒 (1~3 mm) で片理に沿って連なるもの

(c) 細粒 (1 mm~10 μm 以下) で石英に富む層に伴って産し、ピンク色の層を形成するもの (第5図 C)

粗粒の自形斑状変晶はオンファス輝石、角閃石、緑簾石等の基質構成鉱物を多数含む。包有物は直線状からs字状の様々な配列を示し、さらにこの配列が基質の配列と連続的なものと不連続なもの両者が存在する。

組成累帯構造は、Mn が核部から外縁部に向かって減少し、Mg が増加する正累帯構造を示す。最外縁部においてわずかに Mn が増加する逆累帯構造を伴う。ただし組成範囲は  $X_{Fe} (Fe/(Mn+Fe+Mg))=0.8\sim 0.9$  の狭い範囲に限られている。

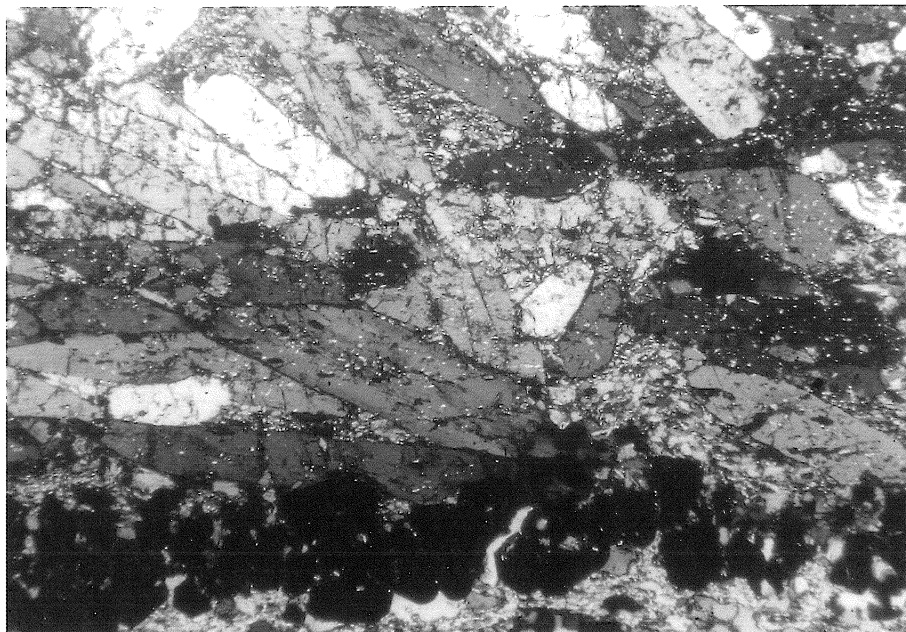
### ② オンファス輝石

長径 1 mm 以内程度の細粒柱状結晶で、鏡下で淡黄緑色を呈する。基質部、あるいはざくろ石斑状変晶中の包有物として存在する。基質を構成するものは強い定向配列を示し、片理を形成する(第5図 B, C)。包有物として産するものは、斑状変晶内部の包有物の配列と並列する。

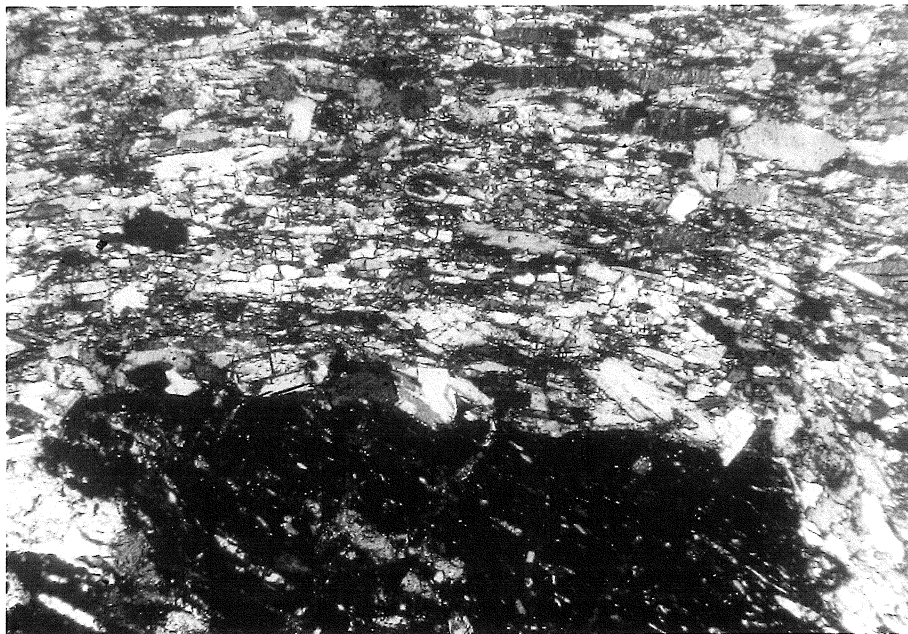
組成は、 $X_{Jd}=0.3\sim 0.4$ ,  $X_{Ac}=0.15$  前後のクロロメラナイトに比較的近いオンファス輝石 (Essene and Fyfe, 1967) である。基質を構成するオンファス輝石の一部は、外縁部に向けて Ac 成分が減少し、Jd 成分、Aug 成分が合わせて増加する組成累帯構造を持つ。

### ③ 角閃石類

最大長径 3 mm 程度の長柱状で、基質中、斑状変晶として、および斑状変晶中の包有物として産する。

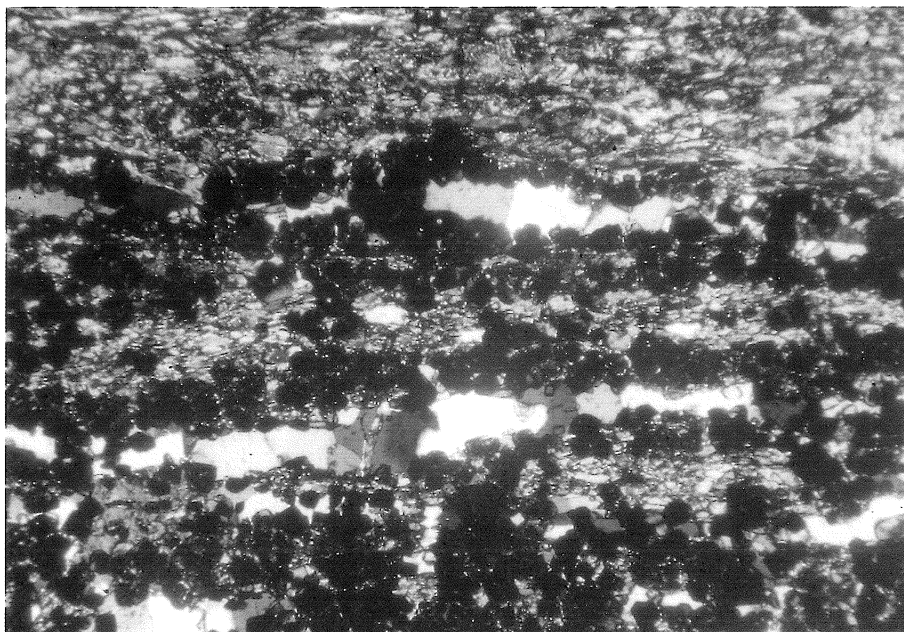


第5図. A・瀬場谷岩体周辺に産する接触変成作用によって形成されたと考えられている累進的エクロジャイト. 方向性をもたない粗粒のオンファス輝石斑状変晶が発達している (写真の横巾 2.3 mm).



第5図. B・T1 地点の粗粒ざくろ石斑状変晶を含む累進的エクロジャイト. 基質の細粒オンファス輝石が線構造を形成している (写真の横巾 2.3 mm).





第5図. C・T2 地点の細粒ざくろ石を含む累進的エクロジャイト. 細粒のオンファス輝石は線構造を形成している (写真の横巾 2.3 mm).

粗粒の斑状変晶状のものは最大径 2 mm 程度で片理とはしばしば斜交し, 核部が青紫色の Na 角閃石 (藍閃石~クロス閃石), 外縁部が青緑色の Na-Ca 角閃石 (バロワ閃石) という累帯構造を持つ. 核部から外縁部へはベッケ線を伴って急激に変化する. 基質中の細粒のものは最大径 1 mm 以内で, 前述した累帯構造を示すもののほか, 緑色を呈する Na-Ca 角閃石のみのものも多い.

#### ④ 緑簾石類

最大長径 1 mm 程度の短柱状で基質を構成する鉱物として, あるいはざくろ石斑状変晶の包有物として産する. 基質を構成するものは片理と平行に配列しているものが多いが, 包有物として産するものはざくろ石の内部において方向性を持たないものも多く産する. また, 炭酸塩鉱物層の付近では長径数 cm に及ぶ粗粒のものも見られ, それらはほぼ緑簾石のみで塊状に集中して産する. いずれの緑簾石もパイリフリンゼンスが外縁部に向けて低下する累帯構造を示す.

#### ⑤ 炭酸塩鉱物

オンファス輝石とざくろ石のエクロジャイト相鉱物に富む岩石において特に多量に存在する. ほとんどが片理と平行な板状あるいは柱状で, ざくろ石の内部に連続するものもある. 炭酸塩鉱物の集合体で形成される大規模な層の厚さは最大 1 cm に達し, 周囲に 1~2 cm に達する粗粒の緑簾石, 石英, 斜長石を伴う場合もある.

炭酸塩鉱物は方解石が主であるが、一部にアンケライトも存在する。

⑥ 白色雲母

白雲母は主に基質構成鉱物として産出し、片理を形成する。他に粗粒ざくろ石中の包有物としても少量存在する。フェンジャイト成分に富み、ごく少量のパラゴナイト成分を含む。

⑦ 黒雲母

黒雲母はごく少なく、ざくろ石を置換するもののほか、特定の層に限って産出する部分がある。

⑧ その他の鉱物

石英は少なく、ざくろ石とともにピンク色の層を形成するか、ざくろ石のプレッシャーシャドウに出るかのいずれかである。

鉄鉱物としては赤鉄鉱が多いが、黄鉄鉱も存在する。

## 6. ま と め

I. 瀬場谷地域の塩基性片岩中に新たに累進的エクロジャイトの露頭が見出された。これらのうち T1, T2 地点に産するエクロジャイトの特徴をまとめると以下のようになる。

i. いずれも線構造をもつ細粒のオンファス輝石からなる基質をもつエクロジャイトである。

ii. 核部が Na 角閃石、外縁部が Na-Ca 角閃石の累帯構造を示す角閃石が存在する。

iii. 粗粒のざくろ石は緑簾石角閃岩相およびエクロジャイト相の鉱物群を包有し、緑簾石角閃岩相から累進的にエクロジャイトが形成されたことを示す。また、化学組成は緩やかながら正累帯構造を示す。

上記の ii, iiiはこのエクロジャイトが藍閃石片岩相、緑簾石角閃岩相を経てエクロジャイト相に達した累進的エクロジャイトであることを示唆している。

なお、Takasu (1984) は T1, T2 露頭に近い小規模な変はんれい岩体の西端付近においてエクロジャイトを記載しており、接触変成を示唆しているが、今回発見されたエクロジャイトは変はんれい岩体から 300 m ぐらい離れた位置にも出現し、また組織は片理の発達した細粒のオンファス輝石による基質をもつタイプである。

II. T1, T2 地点のエクロジャイトを含め、現在までに発見されている片理構造をもつ細粒オンファス輝石基質をもつエクロジャイトの産出範囲はかなり広範囲にわたる (第3図)。

四国中央部別子地域、瀬場谷中流を横断する塩基性片岩層中には一部に累進的エクロジャイトが産出する。それらは組織的に2種類に分けられる。一つはテクトニック・ブロックによる接触変成によって形成されたと考えられているもので、テクトニック・ブロック (瀬場谷変はんれい岩体) の周辺部数 10 m の範囲内に限り産出し、粗粒で方向性を持たないオンファス輝石の斑状変晶で特徴づけられる。一方、もう一つの型は、細粒のオンファス輝石が片理と線構造を形成しているもので、テクトニック・ブロックと位置的には関係を持たない。後者のエクロジャイトは瀬場谷中流域を横切る塩基性片岩中に広範囲にわたって出現する。

## 参 考 文 献

- 榎並正樹, 1982, 四国中央部別子地域・三波川帯の灰曹長石—黒雲母帯. 地質雑, **83**, 887-900.
- Essene E. J. and Fyfe W. S., 1967, Omphacite in Californian metamorphic rocks. *Contr. Mineral. Petrol.*, **15**, 1-23.
- 東野外志男, 1990, 四国中央部三波川帯変成帯の変成分帯. 地質雑, **96**, 703-718.
- 猶原亮介, 1995, 四国中央部三波川帯瀬場谷地域に新しく見いだされたエクログャイト. 鳥根大学地質学研究報告, **14**, 117-125
- 野溝明子, 1992, 四国中央部三波川帯変成帯瀬場谷エクログャイト岩体西部の泥質片岩中に含まれる3種のざくろ石. 地質雑, **98**, 49-52.
- Takasu, A., 1984, Prograde and retrograde eclogites in the Sambagawa metamorphic belt, Besshi district, Japan. *J. Petrol.*, **25**, 619-643.
- Takasu, A., 1986, Resorption-overgrowth of garnet from the Sambagawa pelitic schists in the contact aureole of the Sebadani metagabbro mass, Shikoku, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **92**, 781-792.
- Takasu, A., 1989, P-T histories of peridotite and amphi-bolite tectonic blocks in the Sanbagawa metamorphic belt, Japan. *Geol. Soc. Spec. Pub.*, **43**, 533-538.
- Takasu, A. and Dallmeyer, R. D., 1990,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  mineral age constraints for the tectonothermal evolution of the Sambagawa metamorphic belt, central Shikoku, Japan: A Cretaceous accretionary prism. *Tectonophysics*, **185**, 111-139.
- 高須 晃・加治敦次, 1985, 三波川帯変成帯中のエクログャイト相の存在. (四国, 高越・別子地域より新たに見い出されたエクログャイト.), 日本地質学会第92年学術大会講演要旨, 374.
- 高須 晃・牧野州明, 1980, 四国・別子地域の三波川帯の層序と構造—とくに横臥褶曲構造の再検討—. 地球科学, **34**, 16-26.
- Takasu, A., Wallis, S. R., Banno, S. and Dallmeyer, E. D., 1994, Evolution of the Sambagawa metamorphic belt, Japan. *Lithos*, **33**, 119-133.
- Wallis, S. R., 1990, The timing of folding and stretching in the Sambagawa belt: the Asemigawa region, Central Shikoku. *J. Geol. Soc. Jpn.*, **96**, 345-352.