



Title	兵庫県沼島産結晶片岩について：造岩鉱物ノート
Author(s)	中田, 正次; NAKATA, Shoji; 川原, 鳳策 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 16(1), 45-54
Issue Date	1965-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23244
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(1)_P45-54.pdf



兵庫県沼島産結晶片岩について

—造岩鉱物ノート—

中田正次*・川原鳳策・外崎与之**
(北海道大学水産学部海洋化学研究室)

On the Crystalline Schists from Nushima in Hyôgo Prefecture, With Special Reference to the Notes of the Rock-Forming Minerals

Shoji NAKATA, Hosaku KAWAHARA and Yono TONOSAKI

Abstract

Nushima is a small island which is situated at the southern part of Awajishima in Hyôgo Prefecture. The fundamental rocks of Nushima consist of various kinds of the low grade metamorphic rocks such as crystalline schists and semi-schists belong to the Sambagawa System. The chief crystalline schists of the areas are as follows: (1) actinolite-schists, (2) epidote-chlorite-albite-quartz-schists, (3) garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schists, and (4) piedmontite-muscovite-albite-quartz-schists. Most of the above-mentioned crystalline schists are composed principally of chlorite, epidote, sericite, muscovite, quartz and albite, showing the typical character of the green schist facies. In this present paper, the lithic characters and essential rock-forming minerals are described.

結 言

沼島とは兵庫県淡路島下灘南方2kmの地点に位置する小島(周囲約8km)をいう。沼島の基盤岩類は三波川系変成帯の北限地域に属し、池辺(1961)らによって、その変成帯外帯と称されてきた。筆者らの1人中田正次は兵庫県地学会の地質巡検をかね、数次にわたり、この沼島の変成岩地域を踏査し調査に努めてきた。その結果、当地域は低変成相に属する各種の結晶片岩類及び准片岩類から構成されることが明らかになってきた。しかるにこれらの各岩類の岩質、とくに結晶片岩類においては複雑を極め、かつ、これらが錯綜しあって産出する関係から、地域における層序区分の作製は現在のところ困難な状況にある。したがって、本報告ではこの野外調査の完了に先立ち、結晶片岩類の岩質と鉱物との特徴を記述し、層序決定の基礎資料に供したいと考える。

結晶片岩の岩質

沼島地域の結晶片岩類をこれまで検鏡した結果、大部分の試料では再結晶作用による変成組織を示し、原岩石の残存的な組織(Relict fabric)及び鉱物(Relict minerals)は認めがたいようである。しかしながら、採取した各結晶片岩類の組織、結晶粒度、鉱物共生などに基づいて区分すると、つぎにあげる4種類のもので識別できる。(1)陽起片岩、(2)緑簾石-緑泥石-曹長石-石英片岩、(3)含ザクロ石-白雲母-曹長石-石英片岩、(4)紅簾石-白雲母-曹長石-石英片岩。以下これらの結晶片岩類の岩質を各岩種別に述べてみよう。

* 神戸大学教養部地学研究室

** 北海道学芸大学地学研究室

(1) 陽起片岩 (Actinolite-schists)

本岩類はその色調が青緑色もしくは緑色を帯び、片状構造が発達する細粒の結晶片岩からなる。しかし試料によっては片状構造が弱まるために陽起石岩 (Actinolite-rocks) といえるものも認められる。岩石には油脂光沢があり、岩石表面を指頭でわずかに圧しても中度の脂感を有する。岩石は新鮮な試料においても概して軟かく、かつ、片理面に平行に分離できる程度の脆弱性を示している。岩石中には actinolite の針状ないしせんい状の結晶が肉眼にても明瞭に認められるが、とくに、その片理面上には actinolite 特有の美しい長柱状結晶が観察される。なお片状構造の特定面には黒灰色を帯びる雲母質薄層 (幅 1mm 程度) が生じている。薄片⁽¹⁾を検鏡するに、造岩鉱物のほとんどが actinolite-crystals からなり、これらの結晶粒間に極く少量の quartz-grain が認められる (Plate 1 の Figs. 1・2 参照)。Actinolite-crystals のうち、その大型結晶では伸長方向 (結晶軸 c に相当する) が嗜好的排列を示し片状構造を強調するようになる。Quartz-crystals はプール状 (径 0.8mm 以下) をなし顕著な波動消光を示す。そして quartz-crystals は薄片 $\perp b$ では概して光軸に平行の個体が認められるから、当鉱物は多分にその結晶軸 c の方向を片理面に直立させているもののように見受けられる。副成分鉱物としては極く稀に brown red を帯びる雲母様鉱物⁽²⁾が含まれる。

(2) 緑簾石-緑泥石-曹長石-石英片岩 (Epidote-chlorite-albite-quartz-schists)

岩石は暗緑色ないし濃緑色の片状岩からなり脂感に富む。本岩類には全般に微褶曲構造が発達するから、その小標本においても片理面上には微弱な起伏を有する線構造が認められる。この線構造を注意すると、ほぼその同一平面には、それぞれ magnetite-chlorite 及び epidote-chlorite に富む部分⁽³⁾が縞状に織りあっているが、これらのなかでも magnetite-chlorite layer には若干の光沢を生じ、概して微褶曲面の背斜部にあらわれる傾向がある⁽⁴⁾。そこで構造軸の a と b とにおのおの垂直方向の研磨面を観察したところ、両者はさらに明瞭に識別することができる。すなわち、magnetite-chlorite layer はその色調が pale green を帯びるが、epidote-chlorite layer では dark green ないし brownish green を呈し、これらは相互に縞状に排列する。しかしこれらのなかでも epidote-chlorite layer は概してその幅 (1cm 以上) が厚くあらわれるのにたいし、magnetite-chlorite layer では 3mm 程度の薄層を呈し基地中に streak 状にこむ状態にある。そして、この magnetite-chlorite layer には幅 1mm 以内のうすい優白質縞 (以下 leucocratic layer という) が伴われる。つぎに上述の magnetite-chlorite layer, epidote-chlorite layer 及び leucocratic layer などの検鏡結果について述べる。

(i) Magnetite-chlorite layer: Leucocratic layer の周縁相もしくはその脈中に薄層をなしてあらわれる (Plate 1 の Fig. 3 参照)。この magnetite-chlorite layer には多量の magnetite が chlorite

(1) 本報告に使用した岩石薄片の作製にはつぎに述べる操作を行なった。すなわち、岩石の片理面上に表示される線方向を構造軸 b とし、これに直角に構造軸 a, a 軸と b 軸とを含む平面に垂直方向に構造軸 c をとる。検鏡には上述の各構造軸にそれぞれ垂直な定方位薄片 ($\perp a$, $\perp b$, $\perp c$) を用いた

(2) 雲母質薄層は片理面の特定位置に出現するから、薄片の断面 ($\perp a$, $\perp b$) によってそれが観察されることがある。上述の雲母様鉱物は薄片 $\perp b$ (ac 面) に確認したのであるが、当結晶は微量かつ微細であるから、その光学恒数の測定は不能である。しかし同鉱物の色調、へき開面上の光沢及び結晶外形などの性質から、ここでは金雲母 (Phlogopite) 類似の mica crystal と推定しておく。

(3) 記載の便宜上、本報告では以下 magnetite-chlorite layer 及び epidote-chlorite layer と称して述べることにする。

(4) 片理面上には形成時期のちがいに基づく異質の線構造は認められない。

と密接に随伴し、ときには、chlorite の多くが magnetite に置換される場合も少なくない。岩石が濃色を帯びるのは、主としてこの magnetite 含量に基づくものとみなしてよいであろう。本相中の chlorite にはつぎに述べる epidote-chlorite layer 中のそれと同じく、普通は epidote が伴なわれるのであるが、ときには、epidote 含量が極端に減少するか、あるいは、それを欠くために chlorite は新鮮味を増加するものがある。この種の新鮮な chlorite には leucocratic materials が常に随伴され、これらは基地 (epidote-chlorite layer) の伸長方向に直交し脈状に貫ぬくものがある。Leucocratic layer に伴なわれる chlorite には結晶がしばしば大型に成育し、かつ、鉱物伸長 (X) が基地の縞状方向とほとんど一致している。これらの事実は magnetite-chlorite layer における新鮮な chlorite は leucocratic layer の形成に関与した変成分化作用に基づき基地中の chlorite から誘導され生じたものと思われる。

(ii) *Epidote-chlorite layer*: 光学方向 (伸長性 X) をひとしくする fibrous chlorite が幅 2mm~4mm、ときに 1cm 範囲に密集して産する (Plate 1 の Fig. 4 参照)。本相の chlorite にはいずれも多量の epidote (0.04 mm~0.1 mm) がほぼ均一的に含まれることによって特徴づけられる。この epidote の排列は概ねその結晶長軸 (X' 及び Z') が chlorite の排列によって表示される縞状方向とほぼ平行している。なお、他に epidote-chlorite layer には、ときに quartz · albite の微粒結晶 (0.04 mm~0.06 mm) が認められる。種々の定方位薄片を観察した結果から、quartz の光軸に関しては特定位置の排列傾向は不明であるが、albite はその結晶軸 c を片理面に平行させているもののように見受けられる。

(iii) *Leucocratic layer*: 本相は epidote-chlorite の縞状方向と平行に細脈状 (脈幅 1mm から 3mm) もしくワレンズ状、紡錘形状 (幅 0.1mm~0.4mm) にあらわれる (Plate 1 の Figs. 4・5・7・8 参照)。このレンズ状を示すものは図版からも伺われるように、その大きさ、形態に種々のものがある。鉱物は albite と quartz とを主とし、他の若干の calcite · carbonaceous matter · magnetite · epidote · chlorite などが加わる。これらの鉱物のなかで、albite 及び quartz の一部には、しばしば基地の組織を押しひろげ porphyroblast としてやや大型に成育するものも少なくない。そして、ときにはこれらの porphyroblast の周縁に S 字状構造を留め得るものもあるから、porphyroblast の結晶成長時には一種の廻転運動が行なわれたものと見ることができよう (Plate 1 の Fig. 6 参照)。しかし、これらの porphyroblastic crystals も再結晶作用によって、或程度は光学方向を異にする数個体の粒状結晶に分離されるようになる。つぎに quartz の光軸分布に注意すると、個体のほとんどが光軸を片理面に直立させている。Quartz-grain はいずれも波動消光を有し、かつ、それらの組織においても、圧碎構造に基づくモルタル状 (Mortar texture) を呈するが、局部的にはミロナイト特有の laminated texture をあらわすところもある。なお calcite は量的に少なく、その多くが albite に随伴し、またその結晶粒界に沿って晶出する。この calcite については原岩の plagioclase から遊離されたカルシウムの濃集によって生じたものであろう。

(3) 含ザクロ石-白雲母-曹長石-石英片岩 (Garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schists)

本岩類は灰白色を帯び絹糸光沢を有する中粒質片岩からなる。片状構造はやや顕著、片理面に平行に優白質細脈が見られる。岩石の硬度は高いが、片理方向にはもろく剝理性に富む。特徴的なことは、本岩には点紋が生じていて、その分布はとくに片理面上によく観察される。この種の点紋はいずれも albite からなるが、鉱物には若干の炭質物が加わるために、その含量に富む結晶の色調は黒灰色を帯びようになる (Plate 2 の Figs. 1・2 参照)。したがって、片理面上の特定面に spotted albite が密集する部分では、岩石は黒色を帯び一種の金属光沢を有するようになる。

本岩の薄片を鏡検するに、*lepidoblastic texture* を示す *muscovite-chlorite layer* と *quartz-feldspar* よりなる *leucocratic layer* とが縞状に織りあっている。主成分鉱物は *quartz > muscovite > chlorite > albite* から構成されるが、他に副成分鉱物として *tourmaline · garnet · titanite · magnetite · apatite* などが加わる。*Albite* は大型の *porphyroblast* (最大 2.4mm) として生成しているが、これらの産状にはつぎに述べる注目すべき性質がある。すなわち、*albite* 中に含まれる炭質物は S 字状の構造を留めていたり、あるいは、この種の鉱物が見られる付近の結晶粒は細かく砕け、全体として、その組織が S 字状に褶曲している (Plate 2 の Figs. 1・4 参照)。この事実は前述の *epidote-chlorite-albite-quartz-schist* 中の *albite* と同じく、その鉱物の成長過程に顕著な破碎を伴う廻転運動が行なわれたものと見なすことができるであろう。以下に *chlorite-muscovite layer* と *leucocratic layer* についてその鏡検結果を記載する。

(i) *Chlorite-muscovite layer*: 岩石中では *leucocratic layer* が優越するために、本相は 0.5mm から 1mm 程度の薄層をなして産出する (Plate 2 の 3 参照)。本相は主に *muscovite* からなり、それは針状あるいはせんい状結晶を呈し、鉱物のへき開線 (結晶長軸) を特定位に向け片状構造を強調する。また *muscovite* の一部には、*albite-porphyroblast* の個体周縁部に晶出し、それを押し包むかたちにあられるものがある。*Muscovite* と *chlorite* とは鏡検した範囲からは相互に漸移する関係から、随伴する *chlorite* は *muscovite* の二次的変質によるものと思われる。なお本相中には、しばしば *garnet · tourmaline · apatite · carbonaceous matter* が認められるが、これらの結晶長軸は概して片状方向と一致するものが多い。

(ii) *Leucocratic layer*: 本相は主として顕著な波動消光を呈する *quartz-grain* からなる。これらの結晶粒の方位をたしかめるために種々の薄片を観察したところ、薄片 $\perp c$ では光軸に垂直な面があらわれるから、前述のように、その光軸方位は片理面にほぼ直立するものと見てよいであろう。なお、この種の *quartz-grain* は粒径が 0.4mm 前後の個体からなるのであるが、なかに局所的ではあるが、0.01mm の微粒結晶が集合する部分が認められる (Plate 2 の Fig. 3 参照)。この微粒結晶は圧砕作用に基づくものではなく、原岩石の残存組織と見るのが適当のように思われる。また *albite* は薄片 $\perp a$, $\perp b$ ではその出現頻度が低いのにたいし、 $\perp c$ では割に高く、かつ、その結晶も大型な個体が観察されるようである。したがって、当鉱物が岩石中に配置される状態は、その伸長方向 (結晶軸 c に相当する) が片理面上に伏す関係にある。

(4) 紅簾石-白雲母-曹長石-石英片岩 (*Piedmontite-muscovite-albite-quartz-schists*)

本岩はその色調が淡紅色を帯びる細粒緻密な片状岩からなる。岩石には *muscovite* の微粒片結晶を含むため、特徴ある絹糸光沢をあらわしているが、その度合は片理面 (ab 面) 及び bc 面にとくによく観察することができる。また顕著な片状構造が発達し、その片理面上には鉱物の伸長排列に基づき一方向に明瞭な線構造が認められる。岩石の構成は主に *muscovite · quartz* からなるのであるが、そのなかでも片理面の特定部や *crack* に沿うて *piedmontite* が多量に生じ密集 (このような部分では濃紅色ないし暗紫色を帯びるようになる) するところがある。

鏡検するに、本岩における造岩鉱物のうち、量的には *quartz* が優越しているが、この基地中に *muscovite · piedmontite · albite* などに富む *layer* が縞状に排列する (Plate 2 の Figs. 6~8 参照)。このなかで *piedmontite* と *muscovite* とは、その結晶長軸を伸長させ線構造を強調している。他に副成分鉱物としては *apatite · magnetite · garnet* などが見出される。*Quartz* は顕著な波動消光を呈する 0.2mm~0.4mm 大の微粒結晶からなるが、その特定位に圧砕の形跡を示すところがあり、この部分に限って *piedmontite · albite* などがとくに多量に生じている。*Albite* は *porphyroblast* と

して産出するが、その個体周縁の組織がしばしばS字状に微褶曲し、ときに *piedmontite* などがそれを包囲する状態に晶出している。上述の産状は、*piedmontite* 及び *albite* などの結晶成長が圧砕作用を伴う環境下に促進されたものとも見られ、その形成に関する考察への一助とならう。

結晶片岩の造岩鉱物

造山帯における各種変成岩類の研究には、臨界鉱物 (Critical minerals) もしくは標準鉱物 (Index minerals) に基づく分帯 (Zoning) が最も基本的な、かつ主要な作業とならう。したがって臨界鉱物の性質、とくに、これらの安定関係及び平衡に関する考察は従来とも慎重に検討が加えられてきた。しかし *quartz* や *feldspar* などに代表される *typomorphic minerals* についても、変成作用のちがいが、当然、この種の鉱物類に内包することが期待されるはずである。このような観点から、本文では結晶片岩類に含まれる各種の組成鉱物を記載することにしたい。

(1) 陽起片岩 (Actinolite-schists)

Actinolite: 岩石試料中から *actinolite-crystals* を分離し、その粉末試料を Geiger-flex X 線回折計 (理学電機) を用い、 $2\theta: 1^\circ \sim 70^\circ$ 範囲内の回折像を求めた。X線は $\text{CuK}\alpha$ (Filter-Ni) を使用した。なお X 線回折計の実験条件はつぎの通りである。電圧・電流 35kV, 15mA, Scale factor: 64, Multiplier: 1, Time constant: 1 sec., Divergence slit: 1° , Scattering slit: 1° , Receiving slit: 0.2mm, Scanning speed: $1^\circ/\text{min}$. 得られた結晶の間距離 $d(\text{\AA})$ と比較強度 (I) とは第1表に示した。

Table 1. X-ray data of actinolite in actinolite-schist from Nushima in Hyōgo Prefecture

2θ	$d(\text{\AA})$	I	2θ	$d(\text{\AA})$	I
9.8	9.07	8	33.0	2.71	7
10.5	8.42	45	38.5	2.33	6
17.4	5.09	7	41.6	2.16	6
18.7	4.74	25	45.3	2.00	6
19.5	4.54	7	48.6	1.87	13
27.2	3.27	13	55.6	1.65	7
28.6	3.11	70	58.0	1.58	8
30.3	2.94	7	64.7	1.43	6

Actinolite には自形柱状の *blastoporphyritic crystals* ($2\text{mm} \times 0.6\text{mm}$) とせんい状もしくは鱗片状 ($0.4\text{mm} \times 0.1\text{mm}$) の微粒結晶とがある⁽⁵⁾。結晶はいずれもその色調が特色ある青緑色を帯びるが、ときに個体周縁では淡色化して *tremolite* 様鉱物に移過する部分もある。個体は結晶軸 c に垂直な断面では $(110 \cdot \bar{1}10)$ に顕著なへき開が認められる (Plate 1 の Figs. 1・2 参照)。結晶軸 c 伸長、結晶の伸長方向の光学性正 (Z'), $\text{Retardation}_{(\text{max.})}$ on $(010) = 685\text{m}\mu$ ⁽⁶⁾, $\text{Retardation}_{(\text{max.})}$ on $(110) = 380\text{m}\mu$, 光学方位 $b=Y$, 光軸面 $//(010)$, $c \wedge Z_{(\text{max.})}$ on $(010) = 21^\circ$, $c \wedge Z_{(\text{max.})}$ on $(110) = 15^\circ \sim 12^\circ$, 屈折率⁽⁷⁾ $\alpha = 1.611$, $\beta = 1.625$, $\gamma = 1.634$, 複屈折率 $\gamma - \alpha = 0.023$, 光軸角 $(-)\ 2V = 82^\circ \sim 78^\circ$ (measured), $(-)\ 2V = 77^\circ 28'$ (calculated), 多色性 $X = \text{yellowish green}$, $Y = \text{pale green}$, $Z = \text{bluish green}$, $X'_{(110)} = \text{yellowish green}$, $Z'_{(110)} = \text{pale green}$; 光学的性質から *tremolite* 分子に近い *actinolite* の一種と思われる⁽⁸⁾。

Quartz: 量的に極めて乏しくプール状ないし間隙充填的に産出する。顕著な波動消光を呈する。 $\text{Retardation}_{(\text{max.})} = 237\text{m}\mu$. **Hematite:** 前述の雲母質薄層の粉末試料を検鏡した。当鉱物は褐色も

(5) 肉眼でも明瞭に認められ、ときに長径 2cm に達する結晶もある。

(6) Berek compensator の測定による。

(7) 造岩鉱物の屈折率はすべて浸液法によって測定した (実験室温度 20°C)

(8) *Actinolite* の光学的性質に基づく化学成分の推定には Tröger, W. E. (Parker, R. B. 1961 の文献による) 及び Winchell, N. H. (1927) の成分図表にしたがった。

しくわ黒褐色を帯びる不定形結晶からなる。結晶は actinolite を交替的に置換する場合が少なくない。結晶の外形から推し雲母赤鉄鉱に属する種と思われる。

(2) 緑簾石-緑泥石-曹長石-石英片岩 (Epidote-chlorite-albite-quartz-schists)

本岩の粉末試料を X 線回折計により $2\theta: 1^\circ \sim 70^\circ$ 範囲の回折像を求めたが、その解析値は第 2 表に示してある⁽⁹⁾。

Epidote: Chlorite の基地中に多量に分布する (Plate 1 の Fig. 4 参照)。当鉱物は通常は微粒結晶 (0.04mm) として産出するが、これらのうちでも、quartz-grain と aggregate をなすもの、もしくはわ、それに随伴される epidote は結晶粒がやや大型 (0.2mm) になる。個体は結晶軸 b 方向に伸長、へき開 (001)・(100) にやや完全、光学的方位 $Z \perp (100)$, $Z \wedge \text{trace of } (001) \cong 27^\circ$, 光軸面 // (010)。伸長方向の光学性は (100) に平行になるとき正 (Z'), (010)・(001) に平行となると負 (X') となる。Retardation_(max.) = 935m μ , 複屈折率 $\gamma - \alpha \cong 0.036$ (Compensator に基づく概測値), 光軸角 (-) $2V = 64^\circ$, 多色性 X = lemon yellow, Y = greenish yellow, Z = yellow ~ yellowish green, 吸収性 $Y > Z > X$; common epidote の一種と思われる。

Chlorite: 岩質の項に述べたように、当鉱物中には epidote を混在するものと、magnetite-chlorite layer 中の新鮮な結晶との 2 種類のものがある。前者の chlorite は小鱗片状もしくは微細なせんい状の集合体からなるが、後者のそれは単晶個体の発育がやや良好になっている。結晶はいずれも青緑色を帯び、ときに X = bluish green, Y = green, Z = very pale yellow の多色性を有する。吸収性 $X \cong Y > Z$, 複屈折低く、ほとんど単屈折に近い状態のものもある。個体によつては、ときに古銅色ないし濃紫色の異常干渉色を表示する。Retardation_(max.) = 47m μ , $\gamma - \alpha \cong 0.002 \sim 0.003$ (Compensator による概測値), 屈折率 $\beta = 1.626$ 。

Albite: 当鉱物は leucocratic layer において quartz と随伴し、まれに、これらは mosaic aggre-

Table 2. X-ray data of epidote-chlorite-albite-quartz-schist from Nushima in Hyogo Prefecture

2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals
6.2	14.24	8	Chr	28.3	3.15	7	Ab	45.7	1.98	14	Qz
8.8	10.04	21	Mus	29.9	2.98	9	Mt·Mus	46.9	1.93	6	Ab
12.4	7.13	12	Chr	30.8	2.90	8	Ab	50.1	1.81	32	Qz
17.8	4.97	12	Mus	31.2	2.86	7	Ab·Mus	53.8	1.70	5	Mt
18.7	4.74	11	Chr	31.4	2.84	8	Ab·Chr	54.8	1.67	14	Qz
19.6	4.52	9	Mus	33.6	2.66	7	Ab	55.3	1.65	10	Qz
20.8	4.26	57	Qz	35.0	2.56	7	Ab·Mus	56.5	1.62	5	Mt
24.0	3.70	11	Mus	36.5	2.45	22	Qz	60.0	1.54	21	Qz
25.0	3.55	11	Chr	39.4	2.28	22	Qz	67.6	1.38	15	Qz
26.6	3.34	100	Qz	40.2	2.24	14	Qz	68.1	1.375	18	Qz
27.8	3.20	9	Ab·Mus	42.4	2.13	20	Qz	68.3	1.372	18	Qz

Chr: chlorite, Mus: muscovite, Qz: quartz, Ab: albite, Mt: magnetite

(9) 岩石試料の X 線回折計による実験条件はつぎの通りである。

X-ray: CuK α (Filter-Ni), 電圧・電流: 35kV, 15mA, Scale factor: 64, Multiplier: 1, Time constant: 1 sec., Divergence slit: 1°, Scattering slit: 1°, Receiving slit: 0.2mm, Scanning speed: 2°/min.

gate として産出する (Plate 1 の Figs. 5~8 参照)。鉱物の結晶粒度は quartz-grain にくらべてやや大きく、基底をなす quartz 中に porphyroblastic 状にあらわれている (Plate 1 の Fig. 6 参照)。結晶中には、ときに magnetite · chlorite などの微粒結晶が包有されているが、個体そのものが変質・分解することがないから、結晶体は概して新鮮なものが多くなっている。Albite twinning · Carlsbad twinning などの双晶構造はしばしば認められるが、zonal structure を示す個体はこれまでの検鏡範囲から確認することができなかった。へき開 (001) · (010) にやや明瞭、個体は概して結晶軸 a 伸長の他形粒状結晶からなる。消光角 $X' \wedge \text{trace of } 010_{(\text{max.})}$ in zone $\perp (010)$ in albite law = $13^\circ (\pm)$, $X' \wedge \text{trace of } 010$ on $001 = 3^\circ$, $X' \wedge \text{trace of } 001$ on $010 = 15^\circ$, 屈折率⁽¹⁰⁾ $n_1 D$ on (010) = 1.532, 光軸角 (+) $2V = 82^\circ \sim 78^\circ$, 光学的性質から An 分子の含量 5%~10% 内外の albite と推定することができる。つぎに albite の温度型式を決定するためにつぎの操作を行なった。すなわち、光学的弾性軸 $X \cdot Y \cdot Z$ と (010) 面極との角距離値を測定し、得られた値を光軸面 (光学的弾性軸 Y に垂直) を基円とするウルフ氏網に投影し、宇留野勝敏 (1958) の (010) 面極移動曲線図表によって決定した。その結果、得られた測定値は $X \wedge 010 = 89^\circ$, $Y \wedge 010 = 80^\circ$, $Z \wedge 010 = 10^\circ$ となり低温型式に属することになる。

Quartz: 本鉱物は albite と組み合い epidote-chlorite layer 中に細脈状・レンズ状など種々の形態を示すことはすでに述べた (Plate 1 の Figs. 4 · 5 · 7 · 8 参照)。このように産状のちがいがあってもかかわらず、観察された quartz の性質には結晶粒度に若干の不同性があらわれる以外に、ほとんど見るべき差異がない。これらの quartz は再結晶作用のため光軸方位に分散が認められるが、この現象は Plate 1 の Figs. 7 · 8 から同われる。したがって、quartz の大部分は顕著な波動消光を示し、個々の結晶粒子が識別できぬ程度に細かく破砕し、引き伸ばされるのであるが、なかに波動消光の度合いがいくらか弱まる不定形結晶がある。後者の quartz は albite と同じく porphyroblast として生じたものであろう。**Calcite:** Leucocratic layer 中の albite に随伴して産出する。鉱物は葉片状ないしせんい状結晶 (0.2mm) をなし、ときに albite の間隙的充填結晶として見いだされる。直交ニコル下では個体周縁に本鉱物特有の高屈折率、複屈折現象に基づく顕著なチリメン状構造を呈する。灰~藍の干渉色を示し、ときに一方向に聚片双晶を認め得る。**Magnetite:** Epidote-chlorite layer 中では、本鉱物は carbonaceous matter を随伴し、微細な片状結晶もしくは粉末状結晶 (0.02 mm) として産する。しかし leucocratic layer や magnetite-chlorite layer 中のものでは、その結晶粒度がいくらか大きく (0.1mm) なり、かつ自形性を帯びてくるものも少なくない。

(3) 含ザクロ石-白雲母-■長石-石英片岩 (Garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schists)

本岩における X 線回折の実験数値を第 3 表に掲示した。

Garnet: Muscovite · chlorite に随伴されることもあるが、多くは albite の結晶中に包有されたり、あるいは、その個体周縁にとくに多量に生じている。この事実は既述したように、本岩における albite の生成にはある種の破砕作用が伴なわれていることが推定されることが関連して興味がある。個体はその色調が無色から淡緑色を帯びる粒状結晶 (0.1mm) からなり、通常は単独結晶として産出する。結晶外形は概ね丸味を示すのであるが、なかに粗粒結晶の一部には結晶面が明瞭に識別され、六角柱の外形をあらわすものがある。

Muscovite: 本岩の muscovite は葉片状結晶としてあらわれ数個体が密集することが多い (Plate 2 の Fig. 3 参照)。色調は一般的には無色を示すのであるが、なかに光学的弾性軸 Z にうすい緑色

(10) Plagioclase におけるへき開片 (001) · (010) などの屈折率 n_1 に基づく化学成分の推定には坪井誠太郎 (1959) の成分図表を使用した。

Table 3. X-ray data of garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schist from Nushima in Hyôgo Prefecture

2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals
8.8	10.04	47	Mus	24.1	3.68	11	Ab	32.0	2.79	12	Mt
12.4	7.13	33	Chr	25.1	3.54	33	Chr	34.8	2.57	12	Chr
14.0	6.32	10	Ab	25.5	3.49	12	Mus · Ab	35.3	2.54	9	Mt
15.2	5.82	10	Ab	26.6	3.34	100	Qz	36.5	2.45	18	Mus · Chr
15.7	5.63	10	Ab	26.8	3.32	72	Mus	39.4	2.28	14	Qz
17.8	4.97	30	Mus	27.8	3.20	16	Mus · Ab	42.4	2.13	14	Qz · Mus
18.8	4.71	18	Chr	29.8	2.99	15	Mus	45.4	1.99	30	Qz · Mus
20.8	4.26	29	Qz	30.0	2.97	12	Mt · Ab	50.0	1.82	20	Qz
22.8	3.89	12	Mus	31.2	2.86	13	Mus	60.0	1.54	17	Qz
23.4	3.79	11	Ab	31.6	2.82	13	Chr	68.1	1.37	13	Qz

Mus: muscovite, Chr: chlorite, Ab: albite, Qz: quartz, Mt: magnetite

を帯びるものがある。底面上の干渉色は真珠光沢を有する灰色～淡黄色 (Retardation=304mμ) を呈するが、その面の垂直方向では複屈折つよく、本鉱物独特の赤・青・橙などの高次の干渉色 (Retardation=1072mμ) を有する。また結晶中には微細な鱗片状～せんい状を示し、低屈折率の sericite といえるものも認められる。伸長方向 (へき開線方向) の光学性正 (Z), へき開 (001) に完全、鋭等分線 X 軸は (001) 面にほとんど垂直、光軸面 ⊥ (010), 多色性は認めがたい。(001) 面上の屈折率 β=1.595, 光軸角 (-)2V=43°, 40°, 38°。

Albite: 既述の garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schist 中に含まれる albite のように微細な個体ではなく、すべて大型な porphyroblast (1mm 前後) として産出する (Plate 2 の Figs. 1・2・4 参照)。結晶体中には garnet · clinzoisite · carbonaceous matter · quartz-grain などが包有されている。Albite twinning · Carlsbad twinning は普通に観察されるが、zonal structure が全く認められぬことは注目に値しよう。へき開 (001) · (010) にやや明瞭、結晶軸 c ときに a 伸長の半自形卓状結晶、消光角 X'∧trace of 010_(max.) in zone ⊥ (010) in albite law=14°(±), X'∧trace of 010 on 001=3°~2°, X'∧trace of 001 on 010=13°, へき開面上の屈折率 n_D on (010)=1.530, 光軸角 (+)2V=80°~78°。光学的弾性軸 X · Y · Z と (010) 面の極との角距離 X∧010=88°, Y∧010=80°, Z∧010=10°; 光学的性質から An 含量 3~7% 前後の低温型式に属する albite と思われる。

Tourmaline: 当鉱物は自形的な柱状結晶 (0.2mm×0.02mm) として chlorite 及び quartz に随伴して産する。鉱物の排列には特色があり、全般的に、その結晶長軸を muscovite などの伸長方向 (片理方向) に一致させている。鉱物は褐色種に属し、多色性 E=pale blue, O=dark greenish brown, 吸収性 X<<Z を示す。しかし褐色種のもでも、その個体の一端に青味を帯びるものがあり、また個体によっては yellowish green から bluish green の多色性を呈するものも認められる。当鉱物の出現は同一構造軸の数枚の薄片においても含量に差があり、また観察されぬ場合もあるから、その分布は多分に特定位置に限られるように思われる。

Chlorite: 葉片状結晶として産出し muscovite と密接に随伴する (Plate 2 の Fig. 3 参照)。結晶は黄緑色ないし緑色を帯びるが、その色調がうすれるものもあるからやや複雑になる。また個体には普通はへき開が認められないのであるが、一部に muscovite 特有のへき開を残存するものもある。

またその結晶形態も muscovite と酷似するから、当鉱物は muscovite を母体とする変質鉱物に相当することに間違いはない。多色性微弱 $X=Y=\text{green}$, $Z=\text{yellowish green}$, 直交ニコル下では青紫色の異常干渉色 (Retardation=120~47m μ) を呈する。Quartz: 不規則な結晶形を有するやや大型な個体からなる (Plate 2 の Fig. 5 参照)。顕著な波動消光を有するから、コンスコープ下にて光軸をたしかめたところ一軸性正を示し、圧碎に基づく光学異常は認められない。Clinzoisite: 結晶軸 b 伸長の特徴ある形態を有し通常は muscovite に随伴する。個体はいずれも暗灰緑色を帯び高屈折率を示す。粒径 0.2mm から 0.4mm 前後、へき開 (001) に完全、(100) にまれに葉片双晶を認め得る。100 \wedge 100=68°, 光軸角 (+)2V=71°。

(4) 紅藤石-白雲母-曹長石-石英片岩 (Piedmontite-muscovite-albite-quartz-schists)

本岩の X 線回折の解析値は第 4 表に示してある。Piedmontite については資料の不備から表示しなかった。

Piedmontite: 本岩を特徴づける鉱物種に相当し、albite・magnetite・muscovite などと随伴して産出する (Plate 2 の Figs. 6~8 参照)。個体はいずれも結晶軸 b に伸長し、ときに 2mm に達するものがある。当鉱物はその平均粒度が、延長方向に 0.5mm、幅 0.1mm 前後の自形柱状結晶からなるが、なかには 0.1mm 以下の微晶も少なくない。なお個体には b 軸方位に直交する crack が発達するため、しばしば数個の結晶体に分離されるようになる (Plate 2 の Fig. 6 参照)。結晶は変質することなく、かつ個体中には包有物をほとんど欠くから新鮮味を増している。Piedmontite 特有の高屈折率、 $X=\text{yellow}$, $Y=\text{pink}$, $Z=\text{bright red}$ の顕著な多色性を示している。へき開 (001) にやや良好、 $c\wedge X=7^\circ$, 光軸角 (+)2V=72°。

Albite: 当鉱物はすでにふれたように、圧碎構造を示す部分に porphyroblast (0.5mm 前後) として成長している。この albite 結晶中には、magnetite 及び piedmontite の微晶を多量に包有し、かつ、それらの粗粒結晶とも密接に随伴することが特徴になっている。このことは albite・piedmontite・magnetite などがほぼ同時期に生成されたものと見てよいであろう。結晶は不定形を呈し双晶構造・累帯構造を欠く。へき開不明瞭、光軸角 (+)2V=78°; An 分子の含量 5% 前後の albite と思われる。Muscovite: 本鉱物はその含量乏しく、針状ないしせんい状に晶出し、quartz-grain の結晶粒界に皮膜状に見い出される。個体はほとんどが無色、赤・青の高次の干渉色を示している。光軸

Table 4. X-ray data of piedmontite-muscovite-albite-quartz-schist from Nushima in Hyôgo Prefecture

2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals	2θ	d(Å)	I	Minerals
6.2	14.24	23	Chr	25.0	3.55	50	Ct	35.0	2.56	15	Ct·Ab
12.4	7.13	65	Chr	25.4	3.50	16	Ep	35.7	2.51	14	Mt·Ab
13.8	6.41	16	Ab	26.6	3.34	39	Ab·Qz	36.6	2.45	17	Ep
17.6	5.03	16	Ep	27.8	3.20	66	Ab	39.4	2.28	14	Ct·Qz
18.7	4.74	27	Chr	29.4	3.03	16	Ct	42.4	2.13	15	Qz
22.0	4.03	20	Ab	30.4	2.93	16	Ab	45.0	2.01	15	Ep
22.2	4.00	16	Ep	30.7	2.90	17	Ep	50.1	1.81	17	Qz
23.0	3.86	15	Ct	31.5	2.83	19	Chr	59.9	1.54	14	Qz
23.4	3.79	20	Ab	32.1	2.78	15	Mt	61.3	1.51	13	Ct
24.2	3.67	19	Ab	34.4	2.60	16	Chr·Ep	62.9	1.47	12	Mt

Chr: chlorite, Ab: albite, Ep: epidote, Qz: quartz, Ct: calcite, Mt: magnetite

角 $(-)2V = 39^\circ$ 。

結 語

変成帯における層序及び分帯などの決定には、岩類に含まれる基準鉱物の共生関係、つまり鉱物相がその主要な指標になり得ることは一般に承認されるであろう。しかし同一鉱物相に属する岩類でありながら、その組織、結晶粒度などの性質にかなりの差が生ずることも実際に確認できるところである。この事実は鉱物相そのものが示す定義とは直接的な関係は少ないものの、変成岩類が形成される条件の質的なちがいを表示する意味で注目をひくところとなろう。

本報告ではこの種の問題に関心を払いながら、沼島産結晶片岩類の顕微鏡観察を進めてきたが、期待された結果は必ずしも充分とはいえない。この点に関しては、今後とも鉱物共生の安定領域などに焦点をおく、より精細な検討が望まれる次第である。沼島の結晶片岩類の研究は、得られた成果のもとに現在とも調査が続行中であるから、上述の問題をも含めた総括的な見解はいずれ中田により詳しく報告されるはずである。

終りに臨み、X線実験に御便宜をいただいた北海道大学水産学部石井次郎助教授、野外調査に御協力を受た神戸市立須磨高等学校安藤保二氏、兵庫県立加古川東高等学校後藤博弥氏を初め兵庫地学会会員諸氏にここに改めて謝意を表しておきたい。

文 献

- 1) 池辺展生・外 (1961). 17 万分の 1 兵庫県地質図, 兵庫県地質図作製委員会.
- 2) Parker, R. B., (1961). Rapid determination of the approximate composition of amphiboles and pyroxenes. *Amer. Miner.*, **46**, 892-900.
- 3) 坪井誠太郎 (1959). 偏光顕微鏡, 一透明固態物質の光学的検鏡法一, 293p. 岩波書店.
- 4) 宇留野勝敏 (1958). 東箱アグメロ岩体の斜長石に見られる種々の温度光学性, 岩鉱, **42**, 70-82.
- 5) Winchell, N. H., and A. N. Winchell, (1927). *Elements of optical mineralogy, —An introduction to microscopic petrography—*, Part 2, 425p. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Explanation of Plates

PLATE I

Photomicrographs of the crystalline schists from Nushima in Hyôgo Prefecture.

Figs. 1-2. Actinolite-schist.

The large crystals of actinolite with a small amount of interstitial quartz. Nicols crossed.

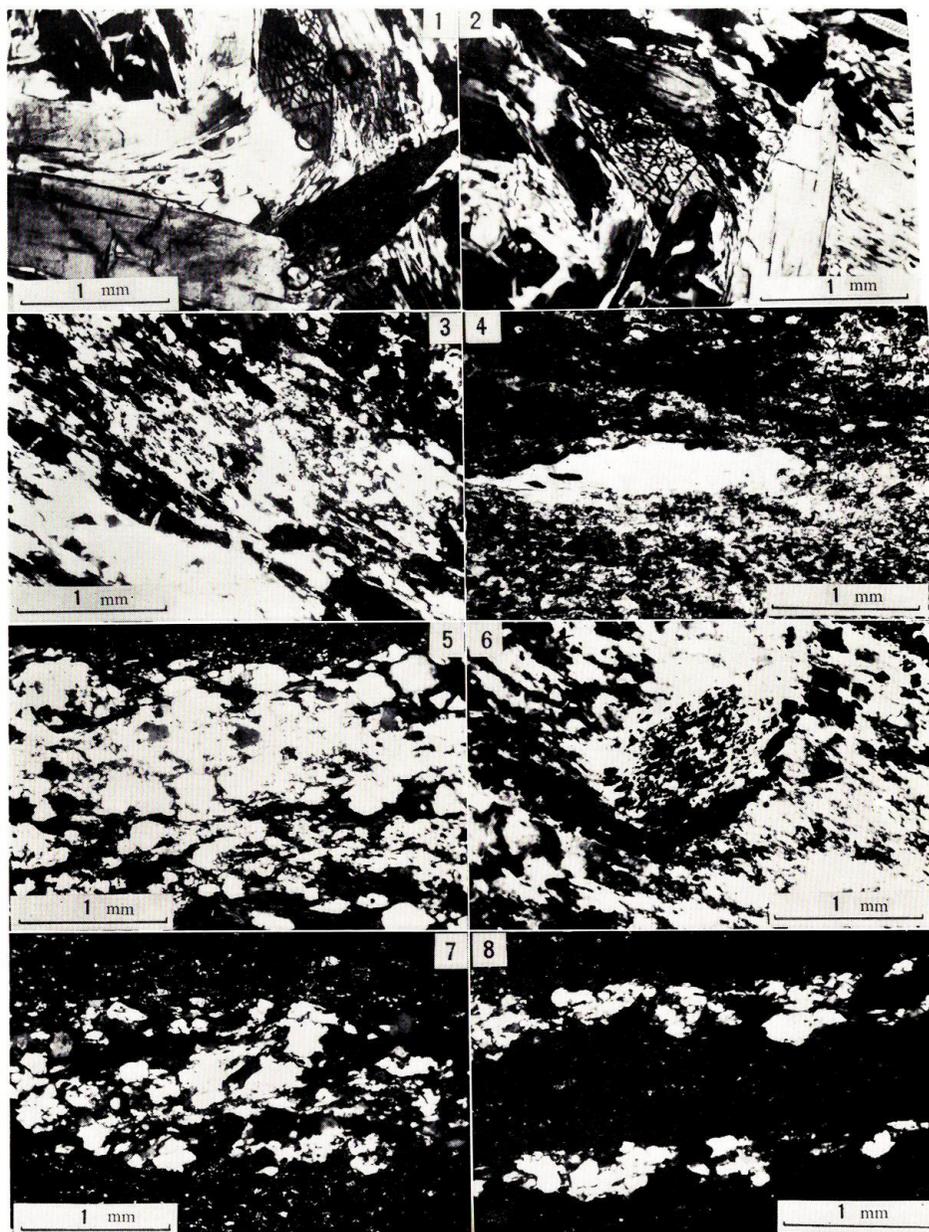
Figs. 3-8. Epidote-chlorite-albite-quartz-schist.

The main constituents are epidote, chlorite, quartz, albite with accessory calcite, magnetite and carbonaceous matter.

Fig. 3. Magnetite-chlorite layer in the epidote-chlorite-albite-quartz-schist. Nicols crossed.

Fig. 4. Epidote-chlorite layer in the epidote-chlorite-albite-quartz-schist. The epidote is embedded in a matrix of chlorite. Lower nicol only.

Figs. 5-8. Leucocratic layer in the epidote-chlorite-albite-quartz-schist. The vein consists mainly of quartz and albite associated with a small amount of magnetite, calcite and carbonaceous matter. Nicols crossed.



Nakata *et al.*: Crystalline schists from Nushima

PLATE II

Photomicrographs of the crystalline schists from Nushima in Hyôgo Prefecture.

Figs. 1-5. Garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schist.

The most abundant minerals in the rock are albite, muscovite, quartz and chlorite while minor accessories are garnet, tourmaline, titanite, magnetite and apatite. Nicols crossed.

Figs. 1-2-4. The porphyroblastic knots of idiomorphic crystals of albite.

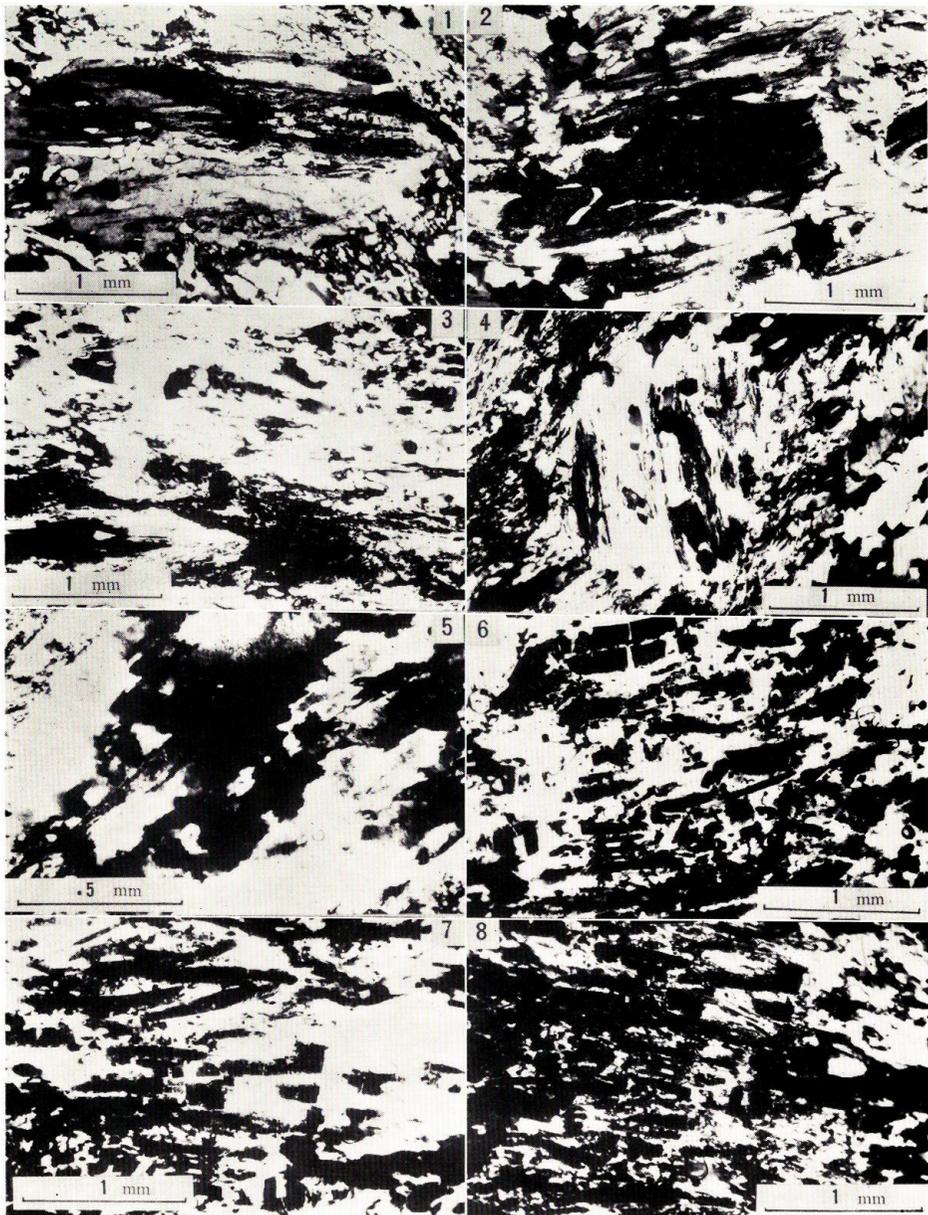
The average grain size of the albite is seen to be about 1.0mm in though individual crystals may reach 2.4mm in diameter.

Fig. 3. Chlorite-muscovite layer in the garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schist.

Fig. 5. Leucocratic layer in the garnet-bearing muscovite-albite-quartz-schist. Essentially composed of quartz grain.

Figs. 6-8. Piedmontite-muscovite-albite-quartz-schist.

The essential compositions are quartz, albite, piedmontite, muscovite and accessory minerals such as magnetite, garnet and apatite. Showing the piedmontite with porphyroblast of albite in a matrix of quartz. Nicols crossed.



Nakata *et al*: Crystalline schists from Nushima