濡木輝一*・唐木田芳文**：徳島県阿南市金石の黒瀬川構造帯から
藍晶石—十字石—ざくろ石—雲母片岩の発見

Terukazu NUREKI* and Yoshifumi KARAKIDA** : Finding of a kyanite-
staurolite-garnet-mica schist from the Kurosegawa tectonic zone
at Kinseki, Anan City, Tokushima Prefecture

徳島市南方の黒瀬川構造帯に属する宮ヶ谷変成岩類(寺野変成岩類)の一部に、ざくろ石—十字石—雲母片岩が含まれることはすでに報告されている(唐木田, 1977a). 唐木田(1976, 1977a)は、この種の雲母片岩は化学組成さえ適当であれば、藍晶石を含むことがあるだろうと予想したが、藍晶石はごく最近まで発見されなかった。濡木は1987年10月の徳島市南方の秩父果帯の巡検の際に、阿南市楠根町金石の露頭から採取した雲母片岩から藍晶石を見いだしたので、その岩石記載学的な特徴を簡単に報告する。

現地をご案内いただいた徳島大学岩崎正夫教授、石田啓祐博士、EPMAによる化学分析をしていただいた九州大学広渡文利教授、赤嶺秀美氏に厚くお礼申しあげ

る。
従来の調査(山下ほか, 1958; 唐木田, 1977a)によると、金石付近の宮ヶ谷変成岩類は、北側と南側を断層で境されて東西に延びる、最大幅約400mのレンズ状岩体である(第1図)。金石付近では、那賀川が南から北へ流れて、このレンズ状岩体を横断している。かつて唐木田(1977a)が報告した十字石—雲母片岩は、那賀川の西岸に沿う金石—奥山ルートの側壁から採取された。唐木田が1976年に作製したルートマップによると、このたび含藍晶石—雲母片岩を採取した露頭は、唐木田が十字石—雲母片岩を採取した露頭と同じ場所らしい。しかし、露頭の状態から推察すると、最近道路が拡張されて、新しい側壁が現出したらしい(第1図)。

金石の宮ヶ谷変成岩類は金石—奥山ルートに沿って約50m連続して露出している。その大部分は角閃岩類で、雲母片岩はわずか数mの範囲に露出しているにすぎない。雲母片岩は珪質で淡褐色に見える部分と、黒雲母に

第1図. 徳島県阿南市金石付近の地質略図(山下ほか, 1958による)。Ⓚは含藍晶石—雲母片岩の産地、1: 秩父果帯北帯中生界、2: 秩父果帯中帯・古生界、3: 秩父果帯南帯中生界、4: 宮ヶ谷変成岩類(=寺野変成岩類)、5: 三滝火成岩類、6: 蛇紋岩類。

富む優黒質な部分からなり、量的には前者が優勢である。雲母片岩の縞状構造は一般に明瞭ではないが、優黒質部では黒雲母の定向配列による片状構造が肉眼でも認められる。含藍晶石—雲母片岩は優黒質で紅色のざくろ石斑状変晶が特徴的な部分を採取したものである。ざくろ石斑状変晶は特に数cm×25cm程度のレンズ状の部分に集中し、この部分には沸石(おもに濁沸石)からなる白い細脈が不規則に発達している。

含藍晶石—雲母片岩はおもに藍晶石、十字石、ざくろ石、白雲母、黒雲母、斜長石、石英からなり、副成分鉱物として磷灰石、イルメナイト、ジルコンなどが認められる。石墨はごくまれに含まれるか欠けている。主要造岩鉱物の化学組成を第1表に示した。唐木田(1977a)が報告した十字石—雲母片岩と、ここで報告する含藍晶石—雲母片岩の鏡下における違いは藍晶石の存否だけなので、以下の記載では重複をできるだけ避けようと思

1987年11月9日受付。1988年1月18日受理。

* 岡山大学教養部。College of Liberal Arts and Sciences, Okayama Univ., Okayama, 700 Japan.

** 西南学院大学。Seinan Gakuin Univ., Nishijin, Fukuoka, 814 Japan.

第1表. 金石産含藍晶石—雲母片岩中の主要造岩鉱物の EPMA 分析値.

	Kyanite	Staurolite	Garnet	Biotite	Muscovite	Ilmenite	Plagioclase
SiO ₂	37.01	29.04	38.00	36.39	46.83	0.02	65.86
TiO ₂	0.03	0.54	0.05	1.81	0.36	50.21	0.00
Al ₂ O ₃	62.34	53.70	21.09	19.30	37.68	0.01	21.51
FeO*	0.50	13.31	33.70	18.30	1.83	47.89	0.08
MnO	0.00	0.18	2.58	0.08	0.02	1.89	0.01
MgO	0.06	1.59	3.96	11.26	0.65	0.03	0.00
ZnO	0.00	0.00	0.05	—	—	—	0.01
CaO	0.02	0.00	1.28	0.00	0.03	0.00	2.22
Na ₂ O	0.01	0.02	0.05	0.62	1.73	0.00	10.45
K ₂ O	0.01	0.02	0.00	8.58	8.39	0.00	0.05
Total	99.98	98.40	100.76	96.34	97.52	100.05	100.19
	O=5	O=23	O=12	O=22	O=22	O=6	O=8
Si	1.001	3.987	3.005	5.418	6.050	—	2.903
Al				2.582	1.950		
Al	1.988	8.690	1.966	0.801	3.780	—	1.118
Ti	—	0.040	0.002	0.203	0.035	1.932	—
Fe	0.011	1.548	2.257	2.276	0.198	2.049	0.003
Mn	—	0.029	0.242	0.010	0.002	0.082	0.001
Mg	0.002	0.325	0.467	2.496	0.125	0.002	—
Zn	—	—	0.003	—	—	—	—
Ca	—	—	0.065	—	0.004	—	0.062
Na	0.001	0.005	0.008	0.179	0.433	—	0.893
K	0.001	0.012	—	1.626	1.381	—	0.009
Total	3.004	14.636	8.015	15.591	13.958	4.065	4.989
		X _{AL} 0.745				X _{AN} 0.064	
		X _{PY} 0.154				X _{AB} 0.926	
		X _{GR} 0.021				X _{OR} 0.009	
		X _{SP} 0.080					

FeO*: Total iron as FeO

Analyst: H. AKAMINE

う.

含藍晶石—雲母片岩では藍晶石, 十字石, ざくろ石がいずれも斑状変晶をなし, 斜長石と石英は等粒状組織をなす(第2図). 斜長石は An₆ なので, 唐木田(1977a)の報告例(An₁₅)より曹長石成分に富む. 両雲母片は混在して定向配列し, 片状構造を示しているが, 斑状変晶に接する付近では変晶の外縁に平行な雲母片が多くなり, 片状構造が乱されている. 藍晶石と十字石の周縁では, 白雲母が著しく少なくなり, 黒雲母だけの場合もある. 斑状変晶の外縁をふちどって, 絹雲母, 緑泥石, ぶどう石などの二次鉱物がしばしば発達している.

十字石は柱状の結晶が長さ 1 cm に及ぶこともあるが, 鏡下では一般にひし形に近い他形か, 丸味のある不定形で, 粒度もまちまちである. 十字石には常に黒雲母, 石英, イルメナイトなどの包有物が含まれる. 十字石の多色性は明瞭で, X=Y=淡黄色, Z=黄金色に変

化し, 2V_Z=90°(α=1.74(唐木田, 1977a)として補正), 光軸分散は弱い. 十字石の定向配列は認められない.

ざくろ石の斑状変晶は一般に球状体で, 大きいものは径 1 cm に達する. ざくろ石には多量の石英と少量の黒雲母が包有され, 特に石英は基質部の片状構造にほぼ平行に連らなって斑状変晶を横切っている. 包有された石英粒は基質部のものに比べて細粒(0.02~0.2 mm)である. また, 基質部の石英と斜長石の一部がざくろ石の中へ細長く湾入したように見える例もある(第2図). ざくろ石の化学組成は, 斑状変晶の中核部と周縁部の間であまり差がなく, X_{PY}=0.15 を含むアルマンディンである.

藍晶石は一般に半自形の斑状変晶で, 長径は 0.5~2 mm の範囲で変化し, 定向配列を示さない(第2図). 藍晶石はふつう黒雲母のマットに埋まっているが, まれに外縁の一部が基質部の珪長質鉱物と接する例もある. 藍

第2図. 金石産藍晶石-十字石-ざくろ石-雲母片岩 (平行ニコル). A, Bは1標本から作製した別の岩石薄片. K: 藍晶石, S: 十字石, G: ざくろ石, KP: 80%近く絹雲母に交代された藍晶石の仮像(中央を交代性細脈が貫く). 葉状鉱物は黒雲母と白雲母.

晶石には包有物がほとんど含まれず, 含まれる場合は黒雲母と微粒の不透明鉱物に限られる.

藍晶石は無色, 多色性なく, (100)に平行な劈開が顕著に発達し, これに高角度で交わる裂開がよく発達している. (100)を双晶面とする双晶がしばしば認められる. $2V_x = 83^\circ$ (ただし, $\gamma = 1.72$ と仮定して補正), 光学的弾性軸ZとYは(100)にほぼ平行である. したがって, 光軸面は(100)にほぼ直角である.

藍晶石の劈開(100)と裂開, 特に後者に沿って, 交代性の二次鉱物がしばしば発達しており, また, 結晶を囲む幅 0.02~0.1 mm の交代性絹雲母からなる帯が常に認められる. ある岩石薄片では, 藍晶石は比較的に新鮮で, 交代性の細脈に横切られた粒だけが交代されてい

る(第2図AのKP)に過ぎないが, これはむしろ特例であるらしく, 藍晶石と十字石が仮像として認められる標本が多いので, この2鉱物の発見がむずかしいであろう.

上述のように, 金石の含藍晶石-雲母片岩の鏡下における特徴は, 各造岩鉱物が互いに共生関係にあることを暗示している. その鉱物組合せは Barrovian zones の藍晶石帯に相当している. しかし, 十字石と藍晶石を含む鉱物組合せの接触変成岩の産出例も複数の地域から報告されている(例えば, PITCHER & BERGER, 1972). 十字石の出現はともかくとして, 藍晶石の出現は, たとえそれが接触変成作用の産物であっても, 比較的高圧条件を示唆している. ただし, 接触変成岩に藍晶石が含まれる場合は, なぜか, 常に他の Al-珪酸塩と共生しており, 藍晶石だけが単独で出現する例を私たちは知らない. 金石の含藍晶石-雲母片岩は, 藍晶石以外の Al-珪酸塩を含まず, 雲母の定向配列による片状構造が二次的な構造運動によって作られた特徴を示さず, 初源的なもので, 広域変成岩の一部と考えてよいであろう.

藍晶石-十字石-雲母片岩と十字石-雲母片岩のちがいはどのような要因によって生じるのか, まだ定説はないようである. 金石の雲母片岩の場合は数 cm の範囲でこれらの組合せが変わっているのので, 従来一般に指摘されているように, 全岩化学組成の変化が1つの重要な要因であろう.

金石の含藍晶石-雲母片岩の各主要鉱物が共生関係にあると仮定して, その生成の温度と圧力を見積もり, 第2表に示した. 圧力の計算は GHENT *et al.* (1979) の提案に従い, Al-珪酸塩として藍晶石が出現する場合の計算式(同上, eqn. (8a))を利用した. 計算によると, 含藍晶石-雲母片岩は約 600°C , 7 kb の条件下で形成されたことになる. いま 2% 程度の分析誤差があると仮定しても, この岩石を中圧型の変成帯と考えて矛盾はない.

藍晶石と十字石を含む雲母片岩あるいは雲母片麻岩の産出は日本ではたいへん珍しく, 宇奈月地域(石岡, 1949; ISHIOKA & SUWA, 1956; 小林・小林, 1951; 広井, 1978, 1980)や阿武隈地域(KANO & KURODA, 1968)からの報告があるくらいで, しかも, それらの大部分が複変成岩化したものである. 宇奈月泥質片岩は約12.5億年前に中圧型広域変成作用を受けた(広井, 1978)と考えられているが, 他地域の岩石の生成年代については議論が多い. 金石の含藍晶石-雲母片岩と宇奈月泥質片岩の地質学的関係を考える直接の資料はまだない.

黒瀬川構造帯からは, 多量の蛇紋岩に伴われて, 大きさ, 形, 岩石種, 放射年代などのまちまちな多数の岩

第2表. 金石産含藍晶石—雲母片岩中の黒雲母, ざくろ石, 斜長石の化学組成と地質温度・圧力

x_{Fe}^{bi}	x_{Fe}^{ga}	x_{GR}^{ga}	x_{AN}^{pl}	ln K	log Ks	T1	T2	T3	P1	P2
0.477	0.829	0.021	0.064	1.671	-1.45	611	598	592	7.3	6.9
$K = x_{Fe}^{ga} \cdot x_{Mg}^{bi} / x_{Mg}^{ga} \cdot x_{Fe}^{bi}$; $Ks = (x_{GR}^{ga})^3 / (x_{AN}^{pl})^3$										
T1, T2 and T3: Temperature calculated from THOMPSON (1976), FERRY & SPEAR (1978) and HOLDAWAY & LEE (1977) at 5 kb, respectively.										
P1 and P2: Pressure calculated from GHENT et al. (1979, eqn. 8a) at T1 and T3 respectively, using log K = -0.4 (K : activity coefficient) as proposed by GHENT et al. (1979).										

塊が産出する。橋本(1985)はこの帯から産する藍閃石片岩(MARUYAMA *et al.*, 1978)を重視して, この帯を“第2の型の藍閃変成帯”と呼んだ。唐木田(1977b)は蛇紋岩以外の岩塊を6種のグループにわけ, そのうちの3—グループが広域変成岩で, さらに2つの変成相系列にわけられる可能性を指摘した。1つは, 緑れん石角閃岩相から白粒岩相へおよぶ中圧型, 他は藍閃石片岩類の高圧型の変成相系列である。前者は花崗岩と混じりあって産し, 400~445 Ma(丸山・植田, 1975; 橋本, 1985), 後者は208~240 Ma(MARUYAMA *et al.*, 1978)なので, 年代にかなり差がある。この両者がどういう関係をもつ地質体なのか, あるいは西南日本の他の地質体とどう関連しているのかは, まだよくわかっていない。少なくとも, これら両者は“対の変成帯”を形成する地質体の断片ではない(橋本, 1985)ことは明らかである。

文 献

- FERRY, J. M. and SPEAR, F. S., 1978 : Experimental caribration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **66**, 113-117.
- GHENT, E. D., ROBBINS, D. B. and STOUT, M. Z., 1979 : Geothermometry, geobarometry, and fluid compositions of metamorphosed calc-silicates and pelites, Mica Creek, British Columbia. *Amer. Mineral.*, **64**, 874-885.
- 橋本光男, 1985 : 日本の藍閃変成帯の2つの型。岩鉱, **80**, 113-117.
- 広井美邦, 1978 : 飛騨変成帯宇奈月地域の地質。地質雑, **84**, 521-530.
- , 1980 : 飛騨帯・宇奈月泥質片岩の岩石記載。金沢大教育紀要, 自然科学編, no. 28, 69-87.
- HOLDAWAY, M. J. and LEE, S. M., 1977 : Fe-Mg cordierite stability in high-grade pelitic rocks based on experimental, theoretical, and natural observations. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **63**, 175-198.
- 石岡孝吉, 1949 : 富山県黒部川下流宇奈月付近の staurolite と kyanite. 地質雑, **55**, 156.
- ISHIOKA, K. and SUWA, K., 1956 : Metasomatic development of staurolite schist from rhyolite in the Kurobe-gawa area, central Japan. A preliminary report. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **4**, 123-140.
- KANO, H. and KURODA, Y., 1968 : On the occurrence of staurolite and kyanite from the Abukuma plateau, northern Japan. *Proc. Japan Acad.*, **44**, 77-82.
- 唐木田芳文, 1976 : 八代地方のいわゆる角閃岩類。島弧基盤, no. 3, 67-68.
- , 1977a : 黒瀬川構造帯宮ヶ谷変成岩類から発見された十字石-雲母片岩。地質雑, **83**, 670-672.
- , 1977b : 黒瀬川構造帯の変成岩類における変成相系列。地質研専報, no. 20, 103-105.
- 小林英夫・小林直樹, 1951 : 飛騨変成帯の研究(其の1) 富山県下新川郡宇奈月付近の変成岩, 特に含十字石片岩について。地質雑, **57**, 121-134.
- 丸山茂徳・植田良夫, 1975 : 四国東部の黒瀬川構造帯に伴う超塩基性岩岩体中の結晶片岩とその K-Ar 年代。岩鉱, **70**, 47-52.
- MARUYAMA, S., UEDA, Y. and BANNO, S., 1978 : 208-240 m.y. old jadeite- glaucophane schists in the Kurosegawa tectonic zone near Kochi city, Shikoku. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, **73**, 300-310.
- PITCHER, W. S. and BERGER, A. R., 1972 : *The geology of Donegal : A study of granite emplacement and unroofing*. John Wiley & Sons, Inc., pp. 258-295.
- THOMPSON, A. B., 1976 : Mineral reactions in pelitic rocks : II. Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *Amer. Jour. Sci.*, **276**, 425-454.
- 山下 昇・須鎗和己・中川衷三・平山 健, 1958 : 7万5千分の1阿波富岡図幅および徳島県富岡・日和佐図幅説明書。徳島県, 徳島。