



日高山脈南部目黒西方域における変成帯に関する研究 (III)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 外崎, 与之 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001147

日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅲ)

外 崎 与 之
北海道学芸大学函館分校鉱物学研究室

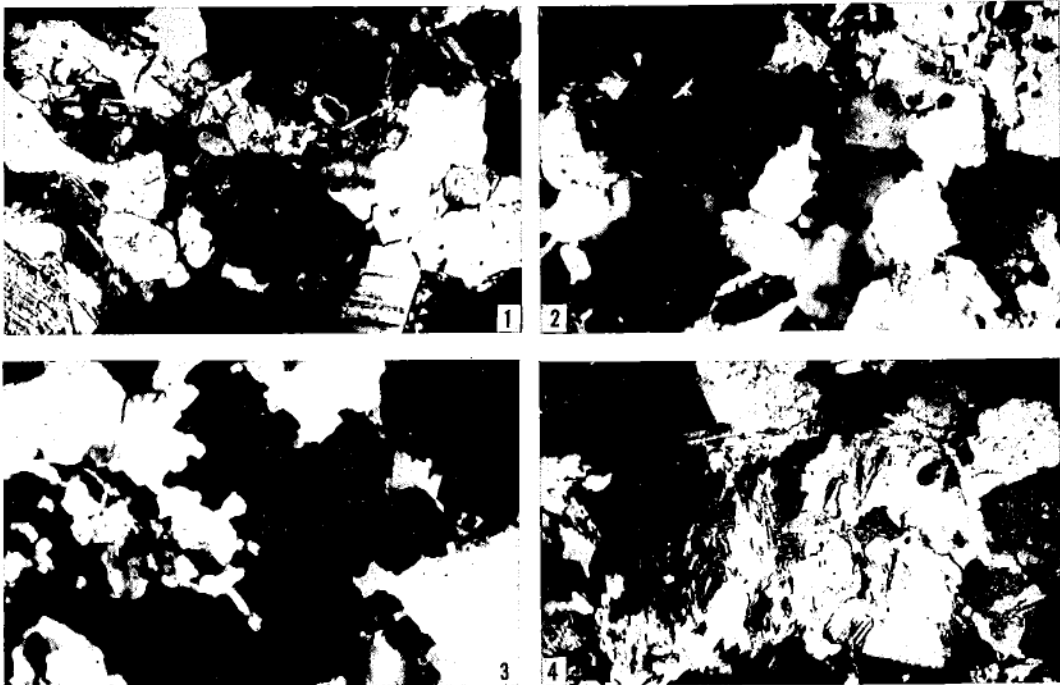
Studies on the Petrography of the Metamorphic Zones in the Western Areas
of Meguro in the Southern Hidaka Mountains, Hokkaido (Ⅲ)

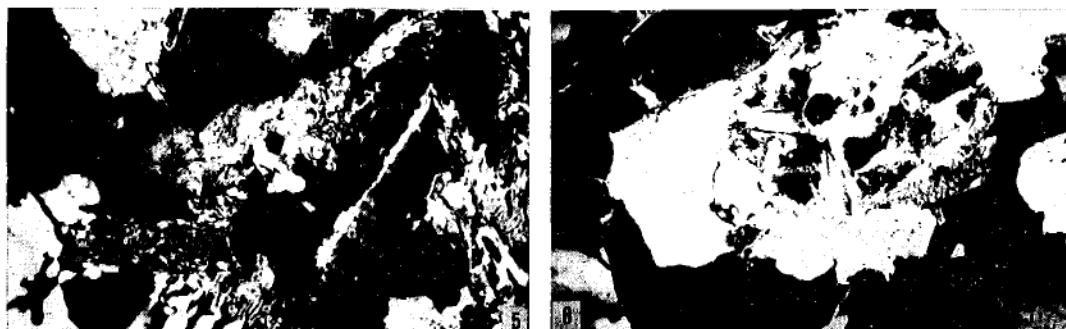
Yono TONOSAKI

Mineralogical Laboratory, Hokkaido Gakugei University, Hakodate

表題地域では堇青石ミグマタイトの岩帯中に広く分布する珪礬質変成岩を片麻岩質ミグマタイトと称しているが、この構成岩類は大型の sillimanite・cordierite を含む縞状片麻岩からなる。なお本岩帯には岩脈状に斑禿岩・閃緑斑岩・輝緑岩などが貫入している。前報告(外崎, 1964)には、この片麻岩質ミグマタイト帯における諸岩類のうち片麻岩質ミグマタイトの 1 部について記述した。片麻岩質ミグマタイト帯の岩石はすでにふれているように、これらの産状及び岩質の相異に基づき、粗粒片麻岩とそれに伴われる塊状岩及び細粒質片麻岩などに区分できる。本報告では、粗粒質片麻岩のうち前報告(Ⅱ)では未記載に終わった c) 堇青石-黒雲母片麻岩, d) 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩の顕微鏡観察, ならびに塊状岩の 1 部について述べてある。

c) 堇青石-黒雲母片麻岩 (Cordierite-biotite gneiss) 本岩類の主成分鉱物は plagioclase>quartz >biotite>cordierite などからなり、これらの鉱物は granoblastic 状ないしは parallel texture に





第1図 片麻岩質ミグマタイト帯における粗粒質片麻岩の顕微鏡写真(倍率70, 真交ニコル) 1・2: 堇青石-黒雲母片麻岩, 3. 堇青石-黒雲母片麻岩における石英結晶の縫合組織, 4~6: 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩

組み合っている(第1図の1及び2参照). おもな副成分鉱物としては muscovite・apatite・zircon・sillimanite・ore minerals などが見いだされる. 本岩類における主成分鉱物の容量比 (Vol. %) とその資料から計算した推定化学成分とは第1表に掲げてある. つぎに主成分各鉱物の光学的性質について記載しよう.

第1表 堇青石-黒雲母片麻岩の鉱物容量比* (単位 Vol. %) とその推定化学成分

Spec. No.	Qua	Kfs	Pla	Bio	Mus	Crd	Others	Qua+Kfs	Σsalic	Color index
55005	31.2	0.0	32.7	25.6	0.2	10.0	0.3	31.2	63.9	36.1
55010	26.7	0.0	44.8	16.5	0.0	11.7	0.3	26.7	71.5	28.5
55011	34.9	0.0	45.3	16.5	0.0	3.0	0.3	34.9	80.2	19.8
55012	32.9	0.0	29.3	31.7	0.3	5.5	0.3	32.9	62.2	37.8
55018	31.5	0.0	39.8	23.0	0.0	4.3	1.4	31.5	71.3	28.7
55020	34.7	0.0	32.8	23.5	0.9	7.6	0.5	34.7	67.5	32.5
55029	27.4	0.0	51.3	16.1	0.0	4.2	1.0	27.4	78.7	21.3
55030	22.4	0.0	39.0	20.0	0.0	18.0	0.6	22.4	61.4	38.6

Spec. No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Σ
55005	62.9	0.8	17.0	0.8	6.3	4.0	2.1	3.0	1.9	1.0	0.2	100.0
55011	68.3	0.5	16.0	0.7	3.5	2.2	3.0	3.8	1.2	0.6	0.2	100.0
55012	62.7	1.0	16.3	1.0	6.4	4.2	1.9	2.7	2.3	1.2	0.3	100.0
55020	65.0	0.7	16.0	1.1	5.6	3.5	2.0	3.0	1.8	1.0	0.2	99.9
55030	59.5	0.6	19.2	1.0	7.1	4.0	2.5	3.3	1.4	0.9	0.2	99.7

Spec. No.	Si	qz	al	fm	c	alk	mg	k	c/fm
55005	184	(+) 36	29	52	7	12	0.33	0.30	0.13
55011	287	(+)107	39	28	13	20	0.49	0.17	0.46
55012	224	(+) 64	34	44	7	15	0.51	0.35	0.16
55020	246	(+) 82	36	40	8	16	0.49	0.28	0.20
55030	193	(+) 37	36	41	9	14	0.47	0.22	0.22

Spec. No.	Q	C	or	ab	an	Σsalic	en	fs	il	mt	Σfemic	H ₂ O	Σ
55005	23.5	6.2	11.1	25.1	10.6	76.5	10.0	9.6	1.5	1.2	22.3	1.2	100.0
55011	29.5	3.0	7.2	32.0	15.0	86.7	5.5	5.2	0.9	0.9	12.5	0.8	100.0
55012	23.6	5.9	13.3	23.1	9.4	75.3	10.5	9.2	2.0	1.4	23.1	1.5	99.9
55020	27.5	5.5	10.5	25.2	10.0	78.7	8.8	8.2	1.4	1.6	20.0	1.2	99.9
55030	18.5	7.7	8.3	27.8	12.5	74.8	10.0	11.2	1.2	1.4	23.8	1.1	99.7

* 鉱物容量比及びノルム鉱物における鉱物名の記号は下記の通りである (以下同表の関係記号はおなじ).

Qua: Quartz, Kfs: Kali-feldspar, Pla: Plagioclase, Bio: Biotite, Mus: Muscovite, Crd: Cordierite, Q: Quartz, C: Corundum, or: Orthoclase, ab: Albite, an: Anorthite, en: Enstatite, fs: Ferrosilite, il: Ilmenite, mt: Magnetite

Muscovite: 本鉱物は biotite と密接に随伴し、両鉱物は plagioclase・quartz などの結晶粒界面に晶出することが多い。また muscovite と biotite とは光学的弾性軸 X (ともに結晶軸 c にはほぼ一致する) を共有する一種の連晶構造を示している。色調は概して無色を示すが、ときには、うすい緑色を帯びることもある。劈開 (001) に完全、結晶の柱面・軸面上では複屈折強く、かつ muscovite 特有の干涉色藍・赤をあらわす。直消光, $R_{(Max.)}=1072 \text{ m}\mu^{(1)}$, 劈開線の伸長方向正 (Z')。Biotite に随伴する muscovite の光軸角 $(-)2V=40^\circ$, 単晶として産する muscovite $(-)2V=43^\circ$ 。
Biotite: 岩石組織のちがいが本鉱物のあらわれかたに反映して、それらのあいだには若干の差異を生じさせている。つまり片麻状構造が顕著な試料中に含まれる biotite は数個体が葉片状に聚合し定方位配列を示しているのにたいし、片麻状構造が弱まると biotite の定方向性は失なわれ勝ちになる。このような傾向は本岩類のなかでも比較的細粒状の岩石、とくに原岩石の relict minerals が見られるときによく観察することができる。Biotite crystals は半自形ないしは他形結晶を呈し、これらは葉片状、クロットを示すが、岩石がいくらか圧砕作用の影響を受け初めると、biotite は plagioclase・quartz などの結晶粒界に晶出するようになる。Biotite の包有鉱物としては titanite・zircon (pleochroic halo が認められる) 及び magnetite grain がある。Biotite の結晶粒度⁽²⁾を測定した結果は第 2 表に示されている。結晶は概して新鮮、褐色種に属し X=brownish yellow~strawish yellow, Y=yellowish brown, Z=reddish brown~dark red brown の顕著な多色性を

第 2 表 堇青石-黒雲母片麻岩産黒雲母の粒度組成*(粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55005	0.21	0.35	0.56	0.40	2.2	0.18	1.63	0.96	55018	0.24	0.38	0.63	0.44	2.6	0.20	1.62	1.05
55010	0.30	0.38	0.51	0.42	2.1	0.11	1.30	1.06	55020	0.34	0.49	0.66	0.51	1.6	0.16	1.39	0.93
55011	0.23	0.33	0.49	0.37	1.6	0.13	1.46	0.97	55029	0.31	0.44	0.58	0.45	1.4	0.14	1.37	0.93
55012	0.30	0.30	0.75	0.54	4.7	0.23	1.58	1.06	55030	0.34	0.43	0.56	0.45	1.7	0.11	1.28	1.03

* 鏡下における鉱物粒度の測定方法は本報告 (1) (外崎, 1963, pp. 51-52) を参照されたい。なお粒度組成の関係記号は下記の通りである (以下同表の記号はおなじ)。Q₁: 上四分位数, 75% (First quartiles), Md: 粒径中央値, 50% (Median diameter), Q₃: 下四分位数, 25% (Third quartiles), M: 粒径平均値 (Mean diameter), Max: 結晶粒子の極大値 (実測値), QDa: 四分偏差 $Q_3-Q_1/2$ (Arthmetical quartile diviation), So: 陶汰係数 $\sqrt{Q_3/Q_1}$ (Sorting coefficient), Sk: 歪度 Q_3-Q_1/Md^2 (Skewness)

有する。しかし cordierite に随伴する biotite の 1 部には、その色調がうすれ、多色性の度合も弱まるものがある。R_(Max.)=1070 mμ~1145 mμ, 劈開面上の屈折率 $n_{\gamma(Max.)}=1.640\sim 1.637$ on (001), 光軸角 $(-)2V=0^\circ$ 。**Sillimanite-needle:** 当鉱物の産状は前報告 II の片麻岩質ミグマタイトにおける biotite gneiss, muscovite-biotite gneiss 中に含まれる結晶と同じく plagioclase の個体中央部⁽³⁾に magnetite・biotite・muscovite などの微粒結晶を随伴してあらわれる。このように plagioclase 中に含まれる場合、sillimanite-needle は plagioclase の特定の結晶面とは限らず、それらは任意の結晶面に分布するものようである。他に同様の sillimanite-needle は、cordierite からの変質生成物と思われる biotite, muscovite (pinitic mica のこともある) の聚合体 (2 mm×1 mm) 中にも密集して産することがある。結晶は無色に近いが、ときにはうすい青味を帯びるものもある。劈開不明瞭, R_(Max.)=530 mμ, 直消光, 伸長方向の光学性正 (Z'), 多色性を欠く。**Plagioclase:** 粒状の他形結晶からなるが、なかには平行配列を示す biotite, もしくは leucocratic part に伴われる plagioclase の 1 部では、結晶は自形性に富む大型個体 (長径 2.4 mm, ときに 5 mm×2 mm) とな

- (1) Retardation (以下 R と称す) の測定はいずれも Berek Compensator による。
- (2) 各結晶粒度における quartile system の統計処理は Twenhofel, W. H. and Tyler, S. A., (1941) にしたがった。
- (3) 累帯構造を示す個体ではその basic core に相当する。

日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅲ)

第3表 堇青石-黒雲母片麻岩産斜長石の形態頻度* (単位 %)

Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm
55005	0.19	-	4.8	95.2
55012	0.32	2.1	4.8	93.1
55018	0.21	-	11.9	88.1
55029	0.50	-	11.7	88.3

* Md: 斜長石結晶の粒度(粒径中央値),
Im: 自形結晶, Hm: 半自形結晶,
Xm: 他形結晶

る。鉱物の形態頻度と粒度組成とを測定した結果が第3表・第4表にそれぞれ示してある⁽⁴⁾。個体は概して結晶軸c伸長⁽⁵⁾、ときに結晶軸a伸長、(001)・(010)の劈開顕著、不規則方向に裂開がある。まれではあるが、(100)面上には微弱な mottled extinction を認め得る。R_(Max.)=205m μ, 消光角 X'∧trace of 010 on 001=(-)4°, X'∧trace of 001 on 010=(-)4°, X∧trace of 010_(Max.) in zone ⊥ 010 in albite law=(+)18°~16°, 光学的弾性軸 X・Y・Zと(010)面の極との角距離 X∧010=87°, Y∧010=72°,

第4表 堇青石-黒雲母片麻岩産斜長石の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55005	0.11	0.19	0.43	0.28	1.7	0.16	1.98	1.31	55018	0.13	0.21	0.35	0.25	0.7	0.11	1.64	1.03
55010	0.14	0.24	0.46	0.30	2.8	0.16	1.81	1.12	55020	0.18	0.33	0.62	0.40	1.6	0.22	1.86	1.02
55011	0.17	0.30	0.52	0.34	1.3	0.18	1.75	0.98	55029	0.26	0.50	0.67	0.46	1.8	0.21	1.61	0.70
55012	0.19	0.32	0.62	0.40	2.9	0.22	1.80	1.15	55030	0.10	0.14	0.24	0.18	1.3	0.07	1.55	1.23

Z∧010=19°, 劈開面上の屈折率 n₁D=1.547~1.545 on (010), 光軸角 (-)2V=88°~85°, 低温型式の acidic andesine (andeclose) に属する種と思われる。なお plagioclase には双晶構造⁽⁶⁾と累帯構造とが認められるが、これらの関係頻度は第5表に示してある。双晶構造の型式には albite,

第5表 堇青石-黒雲母片麻岩産斜長石の双晶構造と累帯構造との関係頻度* (単位 %)

spec. No.	C ₂	C ₃	C ₄	ΣC	A	U	An%	Zn/C	Zn/A	Zn/U	ΣZn	Md	M	So	X ₁	X ₂
55005	0.0	0.7	0.0	0.7	62.3	37.0	31	0.0	4.0	0.0	2.5	0.19	0.28	1.98	m	s
55011	0.0	2.2	0.0	2.2	50.5	47.3	32	0.0	1.4	3.1	2.2	0.30	0.34	1.75	m	ms
55012	1.4	0.6	0.0	2.0	60.0	38.0	30	15.0	5.0	0.8	0.9	0.32	0.40	1.80	c	vs
55018	1.1	1.1	0.0	2.2	54.5	43.3	31	0.0	0.0	1.4	0.6	0.21	0.25	1.64	f	ms
55020	0.0	4.6	0.0	4.6	66.6	28.8	29	0.0	1.2	0.0	0.8	0.33	0.40	1.86	c	ms
55029	0.4	0.9	0.0	1.3	41.0	57.7	32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.50	0.46	1.61	f	mw
55030	1.1	1.8	0.0	2.9	42.2	54.9	31	80.0	23.7	30.6	29.1	0.14	0.18	1.55	m	mw

* 双晶構造と累帯構造との関係頻度の記号は下記の通りである (以下同表の記号はおなじ)。

C₂: 単式 C-双晶, C₃: 複雑式 C-双晶, C₄: 透入式 C-双晶, ΣC: C-双晶個体の総和, A: A-双晶, U: 単晶 (無双晶個体), Zn/C: C-双晶群のなかで累帯構造を示す頻度, Zn/A: A-双晶群のなかで累帯構造を示す頻度, Zn/U: 単晶群のなかで累帯構造を示す頻度, ΣZn: 累帯構造を示す斜長石における結晶個体の総和, Md: 斜長石結晶の粒度 (粒径中央値), M: 斜長石結晶の粒度 (粒径平均値), So: 斜長石結晶の淘汰係数, X₁: 岩石試料の粒度 (vc, 極く粗粒, c, 粗粒, m, 中粒, f, 細粒, vf, 極く細粒), X₂: 岩石試料における片状構造の程度 (vs, 極く強い, s, 強い, ms, やや強い, w, 弱い, mw, やや弱い, vw, 極く弱い, m, 塊状)

pericline polysynthetic twinning などが高頻度を占め、他に若干の Carlsbad, Carlsbad-albite, penetrate 式が観察される。また個体のなかで累帯構造 (normal type) が表示される結晶面の頻度は概して (100) に高くあらわれるようである。Apatite: 産出は一般には稀であるが、岩石によっては biotite・plagioclase などに包有される大型結晶を見ることがある。結晶体はその外形が丸味を帯びるが、ときに結晶軸cに垂直な面上では不規則な六角形を有する。鏡下では無色ないしは

(4) 縞状組織を示す岩石中には、原岩の残存結晶がしばしば保存されている関係上、含まれる plagioclase, その他の鉱物粒度には顕著な差異があらわれている。したがって、この種の岩石中の plagioclase は分級度が不良となり、粒度組成に表示される淘汰係数 (So) の値が大きくなる。

(5) Porphyroblastic 状の大型個体が概して結晶軸c伸長を示す傾向がある。

(6) 双晶構造の型式区分は牛来正夫 (1951) の双晶法に基づく。

灰緑色，高屈折率，弱い複屈折を示す。延長性 (//c) 負 (X')。R_(Max.) = 120 mμ，一軸性負号結晶。Quartz: 岩石が比較的細粒質なものでは quartz-crystals は粒状他形の斑点状結晶からなるが，岩石が粗粒になると個体は概して interstitial crystals となる傾向がある。この interstitial crystals は光軸方位を異にする数個体が相寄り⁽⁷⁾，それぞれの結晶粒界は鋭い鋸歯状構造を示している (第1図の3参照)。波動消光は結晶体全般に強く，とくに biotite の葉片状配列に基づく縞状組織が著しい岩石中のもものでは，その傾向がなお一層よくあらわれるようになる⁽⁸⁾。波動消光については，quartz がその光軸に平行するものと垂直なものとは，表示される消光現象が若干ちがって観察されることがある。つまり前者の薄片では，波動消光が結晶の Z' 方向に波及的に規則的な消光を行なうのにたいし，後者の結晶では特定方向への消光は認めがたい⁽⁹⁾。R_(Max.) = 237 mμ。Quartz-crystals の粒度を測定した結果は第6表に示されている。Cordierite: 含量が比較的に多

第6表 董青石-黒雲母片麻岩産石英の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55005	0.46	0.69	0.96	0.70	2.2	0.25	1.43	0.93	55018	0.52	0.81	1.20	0.88	3.8	0.34	1.52	0.95
55010	0.50	0.70	0.96	0.74	2.2	0.23	1.39	0.98	55020	0.58	0.86	1.24	0.92	2.8	0.33	1.46	0.97
55011	0.60	0.94	1.34	0.98	2.7	0.37	1.49	0.91	55029	0.50	0.79	1.20	0.86	4.6	0.35	1.55	0.96
55012	0.49	0.59	0.90	0.64	4.1	0.21	1.36	1.27	55030	0.40	0.72	1.16	0.79	2.3	0.38	1.70	0.89

く，ときには 18% に達する試料もある。Cordierite の大型結晶 (径約 2 mm 大) は biotite の葉片状配列による縞状組織を押し拡げるように産出する。一般に個体は変質が著しく，なかには，そのほとんどが biotite・muscovite の聚合体，もしくは chlorite・cordierite pinitite などに置換交代されている⁽¹⁰⁾。(010)・(100) に裂開明瞭，双晶構造を欠く。直消光，R_(Max.) = 205 mμ ~ 237 mμ。伸長性負 (X')，多色性は認めがたい。光軸角 (-) 2V = 64° (大型個体); (-) 2V = 60° (小型個体)。

d) 董青石-白雲母-黒雲母片麻岩 (Cordierite-muscovite-biotite gneiss)

本岩の主成分鉱物は quartz > plagioclase > biotite > cordierite ≥ muscovite からなり，cordierite・muscovite 含量に富むことによって特徴づけられている。これらの鉱物のうち，plagioclase・quartz・cordierite などは granoblastic 状に組み合い，その基地中に biotite・muscovite が散在している。副成分鉱物としては apatite・sillimanite-needle・garnet・magnetite・chlorite その他の鉱

第7表 董青石-白雲母-黒雲母片麻岩の鉱物容量比 (単位 Vol. %) とその推定化学成分

Spec. No.	Qua	Kfs	Pla	Bio	Mus	Crđ	Others	Qua+Kfs	Σsalic	Color index
55000	43.9	0.0	21.4	20.0	7.2	7.2	0.3	43.9	65.3	34.7
55002	25.5	0.0	32.6	36.7	1.5	2.5	1.2	25.5	58.1	41.9
55009	38.5	0.0	32.2	15.1	5.4	8.0	0.8	38.5	70.7	29.3
55022	30.0	1.0	19.0	15.0	10.1	24.4	0.5	31.0	50.0	50.0
55027	40.9	0.0	38.0	10.1	5.3	5.4	0.3	40.9	78.9	21.1

Spec. No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Σ
55000	68.6	0.6	15.1	0.9	5.0	3.1	1.5	1.6	2.3	1.1	0.2	100.0
55002	68.4	0.5	15.9	0.8	3.3	2.0	2.6	3.3	1.9	0.9	0.2	99.8
55009	67.3	0.5	16.0	1.0	4.0	2.6	2.2	2.6	2.8	0.9	0.1	100.0
55029	71.3	0.3	15.3	0.7	2.9	1.8	2.3	3.2	1.4	0.7	0.1	100.0

- (7) この極端なときには光軸に平行する個体と光軸に直立する個体とが組み合っている。
- (8) Quartz-crystals の光軸は概して biotite の葉片状配列 (伸長方位) にたいし直交している。
- (9) 一般的に結晶の伸長は Z'・X' のいずれの方位にも認められるが，上述の場合には，個体は X' 方向に伸長することが多い。
- (10) この場合でも個体は cordierite 特有の卵形を保持することから，その変質生成物であることが推定できる。

日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (III)

Spec. No.	Si	qz	al	fm	c	alk	mg	k	c/fm
55000	300	(+)144	38	41	7	14	0.48	0.50	0.17
55002	300	(+)124	41	28	12	19	0.27	0.47	0.43
55009	279	(+)107	39	33	10	18	0.41	0.50	0.30
55027	338	(+)162	43	26	12	19	0.22	0.49	0.46

Spec. No.	Q	C	or	ab	an	Σsalic	en	fs	il	mt	Σfemic	H ₂ O	Σ
55000	39.4	7.2	13.3	13.6	7.5	81.0	7.8	7.3	1.2	1.4	17.7	1.3	100.0
55002	31.5	3.8	11.1	27.8	12.8	87.0	5.0	4.6	0.9	1.2	11.7	1.1	99.8
55009	30.1	4.7	16.7	22.0	10.8	84.3	6.5	5.8	0.9	1.4	14.6	1.0	99.9
55027	37.6	4.3	8.3	27.3	11.4	88.9	4.5	4.2	0.6	0.9	10.2	0.8	99.9

物が認められる (第1図3・4・5参照). 主成分鉱物の容量比とその資料から計算した推定化学成分とは第7表に示してある.

Muscovite: 本鉱物は cordierite・biotite に伴なわれるもの、もしくは単晶として産出するものなどがある. 前者の muscovite は概して鱗片状を呈するが、後者のそれでは大型の板状結晶からなる. 結晶のなかには X'=colourless, Z'=slightly pale blue の微弱な多色性をあらわすものがある. この多色性の度合は cordierite からの変質産物 (多くは chlorite) に伴なわれる個体ほど顕著になっている. なお岩石が粒状化作用や緑泥石化作用を受けた試料中に含まれる muscovite は一般の muscovite にくらべ干渉色が低下 (R=475 mμ) し、かつ、その屈折率の度合もいくらか弱まる傾向がある. Muscovite-crystals は劈開線の伸長方向正 (Z'), 最大屈折率 $n\gamma_{(Max)}=1.601$ on (001), 光軸角 (-)2V=44°. **Biotite:** 普通は葉片状結晶として産し岩石の片理構造を強調している. Biotite-crystals の粒度組成は第8表にあげている. 結晶は多色性顕著 X=light yellow, Y=Z=reddish brown の軸色を有する. R(Max.)=1072 mμ, $n\gamma_{(Max)}=1.641$ on (001). 多色性に

第8表 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩産
黒雲母の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55000	0.20	0.26	0.42	0.32	2.4	0.11	1.45	1.24
55002	0.22	0.38	0.64	0.44	2.3	0.21	1.71	0.98
55009	0.16	0.26	0.46	0.32	1.3	0.51	1.70	1.09
55022	0.33	0.48	0.71	0.52	1.8	0.19	1.47	1.02
55027	0.33	0.50	0.69	0.52	2.2	0.18	1.45	0.91

関しては、緑泥石化作用を受けし岩石中に含まれる biotite あるいは muscovite・cordierite などに伴なわれるものの1部では、その度合がいくらか弱まる傾向がある. また muscovite と biotite とが接するときには、両鉱物はしばしば光学的弾性軸Xを共有する型式の連晶関係を示している. なお結晶中には包有物として zircon が認められるが、この結晶のやや大型な

個体では、その光軸を biotite の (001) 面に直立させ、双方の結晶軸cがほぼ平行的な関係にあるものを確認できることがある. **Sillimanite-needle:** 当鉱物の分布は本岩が最も普遍的に見られる. 個体は微細な針状晶子よりなり、普通は plagioclase の個体中央部、とくに累帯構造を示すものでは、その basic core 中に産する. 注意されることは、この sillimanite-needle は plagioclase の (010) 面に概して多量に包有され、かつ、その面上に見られる結晶は sillimanite-needle の長軸がよく観察されるのになら、(010) に垂直な晶帯に属する結晶面では結晶の産出が僅少となり、個体粒子もより微細になっている. 結晶は直消光、伸長方向正 (Z'). **Plagioclase:** 結晶個体の大部

第9表 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩産
斜長石の形態頻度 (単位%)

Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm
55000	0.28	-	1.6	98.4
55002	0.28	0.5	11.0	88.5
55009	0.19	-	3.8	96.2
55027	0.38	-	7.4	92.6

第10表 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩産斜長石の粒度組成
(粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55000	0.17	0.28	0.50	0.34	2.2	0.17	1.72	1.08
55002	0.16	0.28	0.52	0.34	1.4	0.18	1.80	1.06
55009	0.13	0.19	0.34	0.24	2.2	0.11	1.62	1.22

分が他形の粒状結晶からなる。結晶の形態頻度と粒度組成とを測定した結果は第9表・第10表にあげている。Plagioclase-crystalsは概して結晶軸c伸長、劈開顕著、まれに聚片双晶の条線が折り曲げられ撓曲を受けし形跡をとどめるものがある。 $R_{(Max.)}=230\text{ m}\mu$, 消光角 $X'\wedge\text{trace of 010 on 001}=(-)4^\circ$, $X'\wedge\text{trace of 001 on 010}=(-)6^\circ$, $X'\wedge\text{trace of 010}_{(Max.)}$ in zone $\perp 010$ in albite law $=(+)20^\circ\sim 18^\circ$, 光学的弾性軸 X・Y・Z と (010) 面の極との角距離 $X\wedge 010=80^\circ$, $Y\wedge 010=71^\circ$, $Z\wedge 010=18^\circ$, 劈開面上の屈折率 $n_1D=1.548\sim 1.546$ on (010), 光軸角 $(-)2V=87^\circ$. 低温型式の acidic andesine (andeclase) に属する。なお個体には双晶構造と累帯構造とが認められるから、これらの関係頻度を測定した結果が第11表に掲げられている。累帯構造はそのほとんど

第11表 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩産斜長石の双晶構造と累帯構造との関係頻度 (単位 %)

Spec. No.	C ₂	C ₃	C ₄	ΣC	A	U	An%	Zn/C	Zn/A	Zn/U	ΣZn	Md	M	So	X ₁	X ₂
55000	0.0	0.0	0.0	0.0	55.9	44.1	32	0.0	0.0	2.3	1.0	0.28	0.34	1.72	c	m s
55002	0.0	1.2	0.0	1.2	56.0	42.8	32	0.0	12.6	12.1	12.3	0.28	0.34	1.80	c	m s
55009	0.5	1.3	0.0	1.8	47.9	50.3	34	0.0	2.0	2.3	2.2	0.19	0.24	1.62	m	s
55027	1.2	0.7	0.0	1.9	55.1	43.0	30	0.0	1.6	4.4	2.8	0.38	0.46	1.90	m	m w

が normal type に属するが、ときに alternating type が認められる。Apatite: Biotite や plagioclase に包かされて産する。個体は結晶軸c伸長の短柱状 (0.6 mm x 0.3 mm), 僅かにうすい青味を帯びる。光軸に平行の結晶断面では干涉色第1次の灰, $R_{(Max.)}=120\text{ m}\mu$, 不規則方向に裂開や (0001) に不完全な劈開が認められる。直消光, 伸長性・光学性とも負。Quartz: 粗粒質片麻岩における各岩類の quartz と同じく鉱物は porphyroblast, interstitial crystals として産する。個体には顕著な波動消光が認められ、とくに光軸に平行する個体にはその構造がより明瞭にあらわれている。なお結晶軸cにはほぼ垂直な結晶体には、ときに光軸方向に直交して聚片条線が認められることがある。 $R_{(Max.)}=340\text{ m}\mu$. Quartz の結晶粒度を測定した結果は第12表に掲げている。

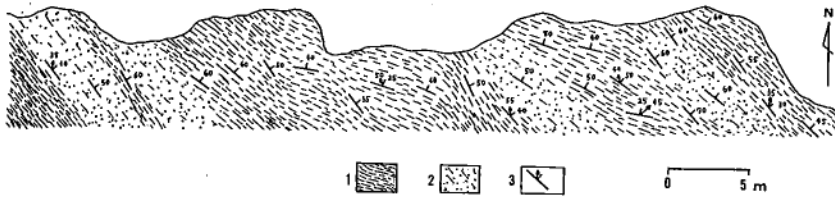
Cordierite: 本岩相における試料のなかでも cordierite 含量にそれぞれ差異があり、その増加するときには容量比が 24 % に及ぶものがある。鉱物粒度は結晶軸c方向に平均 0.5 mm~0.7 mm 大を示すが、ときに 3 mm に達するから plagioclase・quartz などと同じくその粒度はかなり不均質になっている。

第12表 堇青石-白雲母-黒雲母片麻岩産石英の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55000	0.36	0.52	0.74	0.56	1.3	0.19	1.43	0.95
55002	0.80	1.38	2.36	1.59	6.3	0.78	1.72	0.99
55009	0.56	0.83	1.20	0.89	3.3	0.32	1.46	0.97

個体は概して結晶軸c伸長の晶へきを有する。結晶によっては cordierite 固有な卵形状の外形を有せず、径 2 mm 大に interstitial に拡がり、一見したところ alkali-feldspar と類似するものもあるが、消光現象や複屈折などの相異からそれと識別することができる。この種の cordierite 中に包有される plagioclase の個体周縁部には、部分的に mylmekite 状の構造が生じている (第1図5参照)。変質せし個体は他の岩類に含まれるものと同じく, pale green の chlorite や muscovite・biotite の集合体に置換交代されている (第1図6参照)。変質程度が弱いものでは劈開 (とくに 001) 面に平行に cordierite pinite を生じている。新鮮な結晶においても多色性や (110)・(130) を双晶面とする双晶構造を欠く。伸長性負 (X'), $R_{(Max.)}=237\text{ m}\mu$, 光軸面 $\parallel (100)$, 光軸角 $(-)2V=78^\circ$ (大型個体), $(-)2V=70^\circ$ (中型個体), $(-)2V=60^\circ$ (小型個体)。

(ii) 粗粒質片麻岩に随伴する塊状岩 塊状岩は先に記述した猿留川本流及び豊似川下流域に分布する粗粒質片麻岩に密接に随伴する。本岩の産状は、一般的には粗粒質片麻岩の片理面に平行に塊状化したものであるが、この規模は数 cm のこともあり、また 50 m 以上にわたる範囲が一様

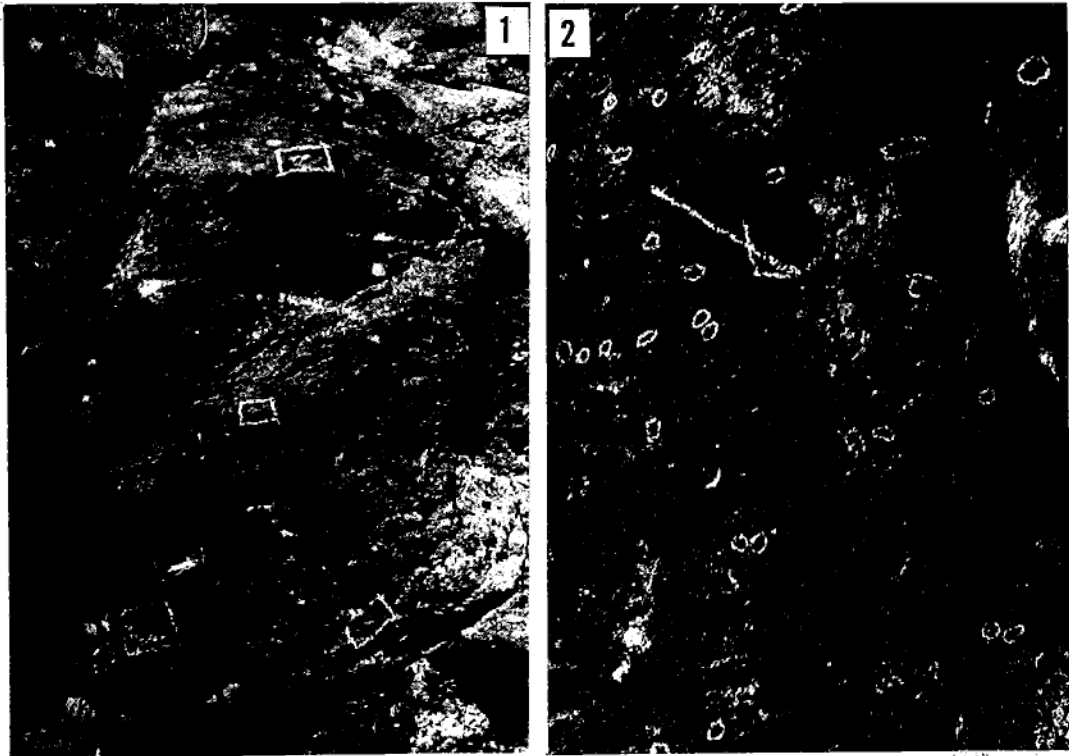


第2図 片麻岩質ミグマタイト帯における粗粒質片麻岩と随伴する塊状岩との関係を示す露頭(豊似橋付近にてスケッチ)。片理面の走向とその傾斜、線構造の落しの構造要素に変異性があることに注意。
1. 粗粒質片麻岩, 2. 塊状質岩石, 3. 片理面の走向と傾斜, 及び線構造の方位とその落し

に塊状岩となることがある。第2図には粗粒質片麻岩と塊状岩との関係を示す露頭の1例をあげているが、このような部分に見られる粗粒質片麻岩は小範囲の地域にもかかわらず、その片理面の走向・傾斜及び線構造の落しとも変異性に富むことがその1つの特徴といえる。塊状化した部分の岩石には節理面の発達が目立ち、その方向性も片麻岩における節理面にくらべてやや規則的になる傾向がある。そして岩石には、ときに径数 cm の円形状を有する quartz 溜が伴なわれ、また plagioclase・quartz は自形度が強い porphyroblast として生じていることから、本岩は一見したところ、堇青石ミグマタイト帯の岩石に類似しているのであるが、これらの岩石を細かく見ると、塊状岩には片麻状組織を留める程度が顕著なことなどから、その差異を見出すことができる。つぎに粗粒質片麻岩や塊状岩に観察される sillimanite・cordierite 大晶の産状について述べる。これらの岩相に含まれる sillimanite には、大型斑状変晶になるものと、すでに記述したように毛状結晶を呈するものがあり、これらはともに共存して産出する。Sillimanite-needle は結晶の色調、形状及び粒度などが堇青石ミグマタイト帯やホルンフェルス帯から移過する縞状片麻岩帯の岩石に含まれる毛状結晶と酷似している。

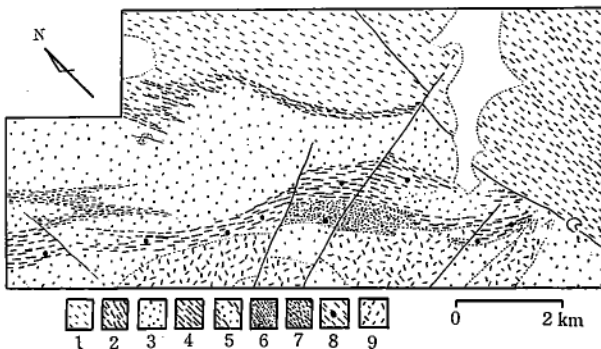
Sillimanite (3 cm × 1 cm) は日高山脈の北部・中部地域における変成岩には、これまでその存在が報告されてはならず(舟橋, 1957, 長谷川・酒匂, 1958, 木崎, 1953, 1959), 大晶の産出は南端部の片麻岩質岩石に限られておるようである(広田, 1960, 春日井, 1957, 外崎, 1956~1964)。この sillimanite 大晶の産状については、すでに本報告Ⅱ(外崎, 1964)に述べてあるから、ここでは重複をさけるが、とくに付記しておきたいことは、sillimanite 大晶の長軸(結粒軸 c 方向に相当する)が概して片麻岩の構造軸 b-線方向に平行している点である。そして片麻岩質岩石のなかでも粗粒質片麻岩中には sillimanite は比較的少量に観察されるのにたいし、塊状岩ではその岩質の相異によって sillimanite の産出にかなりの増減があることに注目する必要がある。すなわち、片麻岩の片理面に沿う数 cm 範囲の塊状質部分の岩石中には、sillimanite 大晶は勿論のこと、sillimanite-needle をも鏡下においては見出すことが困難な程度に僅少になっている。また幅 50 m 以上の範囲が塊状化している岩相のなかでも、塊状程度の完全な部分の岩石中には、大型の sillimanite・cordierite の産出が極端に減少するか、もしくはそれをほとんど欠く場合も少なくない⁽¹¹⁾。しかしながらこの塊状岩のなかでも、原岩による片麻状組織が残存し、その構造要素が強い岩相ほど大型の sillimanite が異常に濃集している(第3図参照)。このような場合、sillimanite の含量は粗粒質片麻岩における sillimanite の量にくらべていくらか劣ってはいるものの、当鉱物の結晶粒度は逆に大型に成長する傾向がある。この1例として、豊似橋上流の川岸に分布する塊状岩の露頭では、現に筆者は、7 cm × 3 cm 大の sillimanite 大晶を見出ししており、また記念沢中流にて、転石中ではあるが、同質塊状岩中には長径 9 cm に達する大晶を観察したことがある(外

(11) この種の岩相に sillimanite 大晶を欠く場合でも、岩石薄片中には sillimanite-needle や径 1 cm 前後の cordierite を見出すことができる。



第3図 写真は粗粒質片麻岩に伴われる塊状岩(第2図における塊状岩の1部)を示している。岩石には顕著な節理が発達することに注意されたい。産出する sillimanite 大晶には白チョークで印を付してある

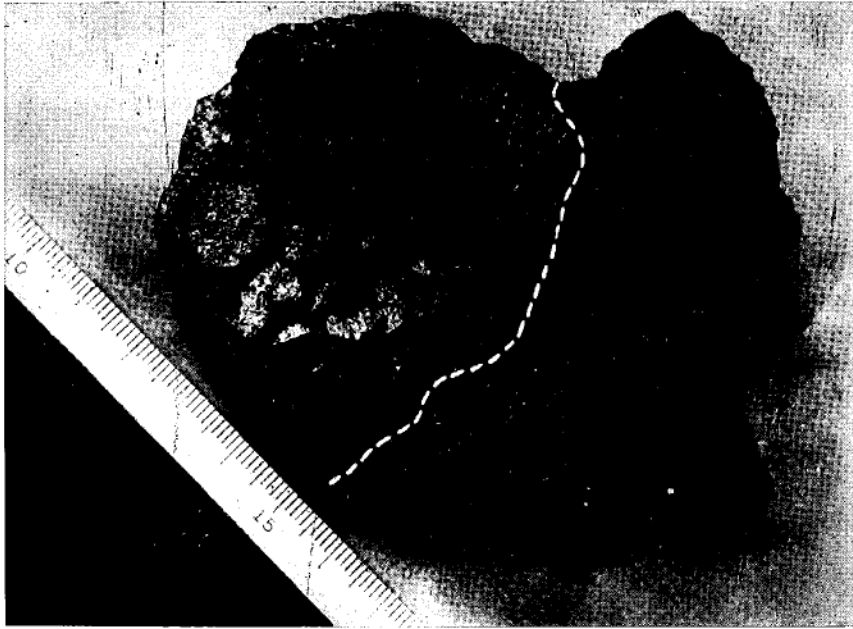
崎, 1957)。なお sillimanite 大晶についてその分布を注意して見ると、結晶は片麻岩質ミグマタイト帯のいたるところにすべて均等に含まれるわけではなく、実は当結晶は岩帯のなかでもある特定の位置に限られていて、その部分にはとくに産出が豊富なように見受けられる。そこで sillimanite 大晶の分布状況を地図上にあらわして見ると第4図のようになるが、この結果からも sillimanite 大



第4図 片麻岩質ミグマタイト帯における sillimanite 大晶の分布図。1. ホルンフェルス帯及び片状ホルンフェルス帯、2. 縞状片麻岩帯、3. 堇青石ミグマタイト帯、4~7. 片麻岩質ミグマタイト帯、4. 粗粒質片麻岩、5. 塊状岩、6. 粗粒~中粒質片麻岩、7. 細粒質片麻岩、8. 片麻岩質ミグマタイト帯における sillimanite 大晶の主な産地、9. 花崗岩質ミグマタイト

晶の産出は概して堇青石ミグマタイト帯に接近する周縁の岩相にとくに濃集する傾向があるものようである。Cordierite はその分布が sillimanite と同じく粗粒質片麻岩のある部分にはとくに多量に産するのであるが、この場合、sillimanite 大晶が多産するところでは cordierite 含量はいくらか減少する傾向にある。また cordierite が多量に含まれる岩相では、sillimanite 大晶は逆に減少していることから、両鉱物の出現に関しては一般的に相反的な関係が伺われるようである。塊状岩中に含まれる cordierite は、さきの sillimanite 大晶の産出と同じく、粗粒質片麻岩中の cordierite にく

らべその含量は減少しているが、出現する結晶個体はむしろ大型になっている。第5図には記念沢中流の塊状岩中から採取した7 cm×5 cm 大に及ぶ cordierite 大晶を掲げてある。



第5図 猿留川支流記念沢産片麻岩質ミグマタイト(塊状岩)から産出した cordierite 大晶(単晶)。同大晶は筆者が採取したものを北大理学部橋本誠二教授に寄贈したものである。現在北大理学部地質学鉱物学教室に保管。写真撮影は北大理学部木崎甲子郎助教授による

塊状岩は色調が青灰色を帯び、その1標本に関する観察では、堇青石ミグマタイト帯の細粒質岩

第13表 南部日高目黒産片麻岩質ミグマタイトの粗粒質岩石に伴なわれる塊状岩の化学成分(分析者: 下田信男*)

(1)		(2)		(3)	(4)	(5)	(6)		(7)		
SiO ₂	65.80	Si	22.07	Si	62.26	58.28	124.52	Si	278	Q	34.92
Al ₂ O ₃	20.07	Ti	0.22	Ti	0.63	0.59	1.26	q	(+)110	C	10.40
Fe ₂ O ₃	1.25	Al	7.93	Al	22.36	20.93	33.54			or	17.24
		Fe ⁺³	0.32	Fe ^{III}	0.91	0.85	1.37			ab	17.29
FeO	1.01	Fe ⁺²	0.28	Fe ^{II}	0.79	0.74	0.79			an	8.62
MgO	2.66	Mn	0.02	Mn	0.06	0.06	0.06	al	50.0	Σsalic	88.47
CaO	1.90	Mg	1.35	Mg	3.80	3.56	3.80	fm	24.9		
		Ca	0.68	Ca	1.93	1.81	1.93	c	8.6	MgSiO ₃	6.60
Na ₂ O	2.09	Na	1.37	Na	3.80	3.56	1.90	alk	16.5	il	1.06
K ₂ O	2.88	K	1.25	K	3.46	3.24	1.73	Σ	100.0	mt	1.86
H ₂ O ⁺	1.17	H	2.62	OH	(3.69)	(3.45)				tn	0.59
H ₂ O ⁻	0.17	O	61.89	Σ	100.00	93.62	170.90				
TiO ₂	0.84	Σ	100.00		or or (OH) . . .	-3.69		mg	0.68	Σfemic	10.11
P ₂ O ₅	0.00					o . . .	167.21	k	0.48	H ₂ O	1.34
MnO	0.07	R/Si = 0.73				(OH) . . .	+7.38				
Total	99.91					Anions pro 10.000 cations. . .	174.59	c/fm	0.34	Σ	99.92

* 室蘭工業大学教授

(1) 各酸化物の重量比(%), (2) 各元素の原子百分率(%), (3) カチオン値(%), (4) 標準セル中におけるカチオンの数, (5) 酸素の数, (6) =グリ値, (7) 重量ノルム値(%). 分析試料 YT-55428, 分析試料の採取位置: 猿留川本流豊似橋約200 m 上流

石に酷似し、鏡下でもそれぞれの薄片における差異点を容易に認め難いようである。塊状岩のなかで最も代表的と思われる試料を化学分析した結果を第13表に掲げておく。なお第13表には、その分析結果から計算して求めた原子百分率、カチオン値、標準セル中におけるカチオンの数、ニグリ値、重量ノルム値の資料をも併記してある。また塊状岩はその主成分鉱物の組成状況から、a) 黒雲母塊状岩、b) 白雲母-黒雲母塊状岩、c) 堇青石-黒雲母塊状岩、d) 堇青石-白雲母-黒雲母塊状岩などの各岩相を区分することができる。以下各岩類のおのおのについて造岩鉱物の光学的特徴を記述することにしよう。

a) 黒雲母塊状岩 (Biotite-quartz-plagioclase rock) 本岩類の主成分鉱物は plagioclase > quartz > biotite > alkali-feldspar からなり、これらの造岩鉱物は granoblastic 状に組み合っている (第6図1~4参照)。随伴される副成分鉱物としては、muscovite・cordierite・apatite・garnet・chlorite・titanite・zircon・magnetite その他がある。本岩類における主成分鉱物の容量比と、その資料から計算した推定化学成分 (ノルム値・ニグリ値併記) とは第14表に掲げてある。

第14表 片麻質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) の鉱物容量比 (単位 Vol. %) とその推定化学成分

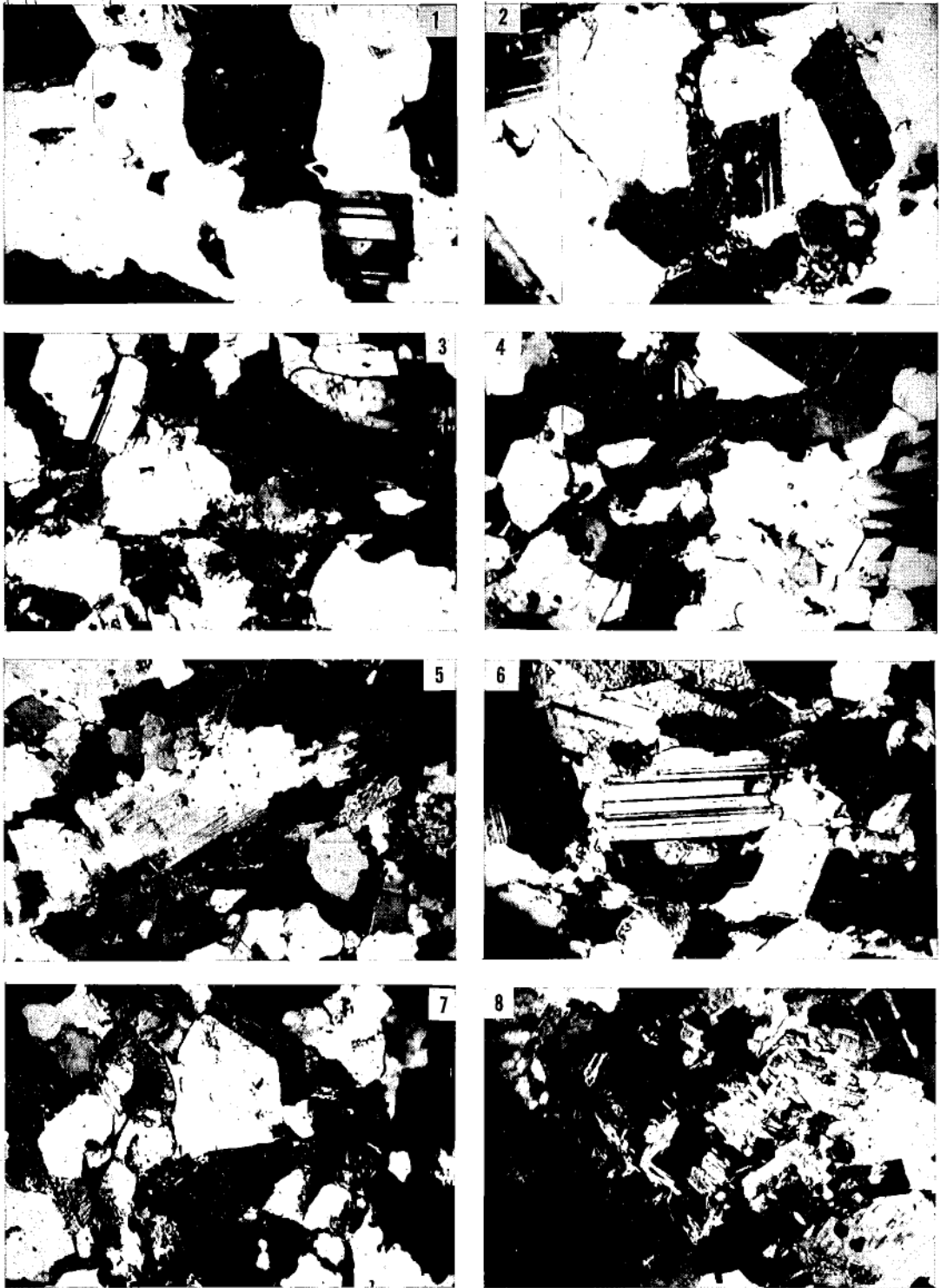
Spec. No.	Qua	Kfs	Pla	Bio	Mus	Crd	Others	Qua+Kfs	Σsalic	Color index
55402	29.8	0.0	48.9	17.8	0.0	1.7	1.8	29.8	78.7	21.3
55405	10.3	2.6	62.2	24.7	0.0	0.0	0.2	12.9	75.1	24.9
55410	23.7	0.0	59.9	14.6	0.3	0.0	1.5	23.7	83.6	16.4
55412	27.7	0.0	46.0	23.4	2.0	0.0	0.9	27.7	73.7	26.3
55419	28.9	0.0	53.7	15.0	0.3	0.0	1.5	28.9	82.6	17.4
55422	17.3	0.0	27.7	50.5	0.0	0.0	4.5	17.3	45.0	55.0
55434	25.1	0.0	55.9	18.0	1.0	0.0	0.0	25.1	81.0	19.0
55437	29.4	7.5	44.6	17.9	0.1	0.0	0.5	36.9	81.5	18.5
55441	31.4	0.0	48.5	18.1	1.2	0.0	0.8	31.4	79.9	20.1

Spec. No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Σ
55405	56.7	0.7	21.9	0.8	4.3	2.9	4.3	5.0	2.2	0.9	0.2	99.9
55412	62.8	0.7	17.8	1.7	4.4	2.7	3.2	3.7	1.9	0.9	0.2	100.0
55434	64.5	0.5	18.8	0.2	3.0	2.1	3.9	4.5	1.4	0.8	0.2	99.9
55437	66.3	0.5	17.7	1.1	3.3	2.1	2.9	2.7	2.5	0.7	0.2	100.0

Spec. No.	Si	qz	al	fm	c	alk	mg	k	c/fm
55405	175	(-) 1	40	27	14	19	0.51	0.11	0.52
55412	226	(+) 58	38	33	12	17	0.45	0.25	0.36
55434	242	(+) 66	42	23	16	19	0.52	0.17	0.70
55437	264	(+) 96	42	30	11	17	0.42	0.38	0.37

Spec. No.	Q	C	or	ab	an	Σsalic	en	fs	il	mt	Σfemic	H ₂ O	Σ
55405	2.9	3.5	12.8	42.4	21.4	83.0	7.3	6.1	1.4	1.1	15.9	1.1	100.0
55412	20.6	3.9	11.1	31.4	15.8	82.8	6.8	5.4	1.4	2.5	16.1	1.1	100.0
55434	19.1	2.7	8.3	38.3	19.5	87.9	5.3	4.6	0.9	0.2	11.0	1.0	99.9
55437	29.3	5.2	15.0	23.1	14.4	87.0	5.3	4.3	0.9	1.6	12.1	0.9	100.0

Muscovite: 柱状結晶として biotite に随伴、あるいはそれらの数個体が不規則状に聚合して産する。僅かに多色性を有し、とくに chlorite に伴う個体ではその度合がいくらか強くなる。X=colourless~very pale yellow, Y=Z=pale greenish blue~pale brown。劈開線の伸長方向正 (Z'), R_(Max.)=1072 mμ~805 mμ, 光軸角 (-)2V=41°~39°。 Apatite: 試料によってはかなり多量に含まれることがある。この場合、結晶は単晶もしくは結晶軸c方位を異にする数個体結晶が聚合して産する。形態は光軸にほぼ垂直なものでは不規則な六角形 (粒径約 0.4 mm) を有し、また光軸に平行する個体では柱状結晶 (0.8 mm×0.4 mm) となる。鏡下ではほとんど無色、ときにうすい青味を帯びる。劈開は柱面・底面にやや完全、他に裂開が発達する。伸長性負 (X'), 直消光、複屈折は低い。R_(Max.)=120 mμ, 一軸性負、光学異常は認めがたい。 Biotite: 本鉱物の産状には



第6図 片麻岩質ミグマタイト帯における塊状岩の顕微鏡写真(倍率70, 直交ニコル)
1~4: 黒雲母塊状岩, 5~8: 白雲母-黒雲母塊状岩

plagioclase の結晶粒界, もしくは plagioclase 中に包有されるもの, 及び単晶として認められるものがある。これらは結晶の形状, 粒度などにそれぞれ差異があらわれているが, その色調及び多色性の度合には顕著な差異がない。粒状化を受けている岩石中の biotite はしばしば chlorite に変質する。個体には zircon が包有され, その周縁に pleochroic halo をあらわす。他に apatite・garnet・magnetite その他の微粒結晶を包有する。底面 (001) 上には, ときに (110) を双晶面とする双晶構造が認められる。(001) 劈開, 及び多色性顕著, X=yellow, Y=reddish brown, Z=red brown, 屈折率 $n_{r(\text{Max.})}=1.644$ on (001)。個体の結晶粒度を測定した資料は第 15 表に掲げてある。Chlorite: Biotite から 2 次的に変質したものであり, その形状は鱗片状もしくはせんい状集合

第 15 表 片麻岩質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) 産黒雲母の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55402	0.32	0.43	0.62	0.47	1.7	0.15	1.39	1.07	55419	0.24	0.34	0.46	0.36	1.4	0.11	1.38	0.96
55405	0.36	0.52	0.68	0.53	1.3	0.16	1.37	0.91	55422	0.32	0.43	0.57	0.45	1.2	0.13	1.33	0.99
55410	0.22	0.28	0.44	0.34	1.2	0.11	1.41	1.23	55425	0.33	0.47	0.70	0.52	1.8	0.19	1.46	1.05
55412	0.26	0.39	0.56	0.42	1.3	0.15	1.47	0.96	55434	0.22	0.30	0.48	0.35	1.2	0.13	1.46	1.17

体となって産出する。結晶には biotite の分解に基づき magnetite が付着している。鏡下では無色, 多色性は認めがたい。複屈折低く, 青・紫の干渉色を呈する。延長性正 (Z')。 Garnet: Biotite 含量に富む細粒状岩石 (hornfels 状構造を有する) 中に比較的少量に認められる。結晶粒径は 0.4 mm~1.0 mm 大の不規則な形状をなすが, このやや大型の個体では結晶面が明瞭に識別される。結晶には (110) に不規則状の裂開が認められる。個体はほとんど無色, 僅かに青味を帯びることもある。複屈折を示す光学異常は認めがたい。 Plagioclase: 造岩鉱物のなかでも主要部を占め, その含量 62% に及ぶものがある。結晶の形態頻度と粒度組成とを測定した結果は第 16 表・第 17 表

第 16 表 片麻岩質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) 産斜長石の形態頻度 (単位 %)

Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm	Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm
55402	0.50	-	3.6	96.4	55422	0.37	-	4.1	95.9
55405	0.43	-	3.4	96.6	55425	0.27	-	11.1	88.9
55412	0.18	-	9.0	91.0	55434	0.20	-	15.6	84.4
55419	0.20	-	5.4	94.6	55437	0.54	-	14.5	85.5

第 17 表 片麻岩質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) 産斜長石の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55402	0.29	0.50	0.70	0.52	2.1	0.21	1.55	0.81	55419	0.14	0.20	0.37	0.26	1.3	0.12	1.63	1.30
55405	0.24	0.43	0.72	0.49	2.1	0.24	1.73	0.95	55425	0.17	0.27	0.48	0.32	3.2	0.16	1.68	1.12
55410	0.22	0.39	0.60	0.42	3.3	0.19	1.65	0.87	55434	0.11	0.20	0.40	0.26	1.4	0.15	1.91	1.10
55412	0.12	0.18	0.32	0.22	1.8	0.10	1.63	1.19	55437	0.29	0.54	0.88	0.59	3.9	0.30	1.74	0.88

に掲げてある。結晶は劈開顕著, 不規則方向に裂開がある。個体は概して結晶軸 c 伸長, $R_{(\text{Max.})}=340 \mu\text{m} \sim 237 \mu\text{m}$, 消光角 $X' \wedge \text{trace of } 010 \text{ on } 001 = (-) 2^\circ$, $X' \wedge \text{trace of } 001 \text{ on } 010 = (-) 5^\circ$, $X' \wedge \text{trace of } 010_{(\text{Max.})} \text{ in zone } \perp 010 \text{ in albite law} = (+) 18^\circ$, 光学的弾性軸 X・Y・Z と (010) 面の極との角距離 $X \wedge 010 = 88^\circ$, $Y \wedge 010 = 76^\circ$, $Z \wedge 010 = 14^\circ$, 劈開面上の屈折率 $n_1 D = 1.545$ on (010), 光軸角 $(-) 2V = 84^\circ$ 。低温型式の acidic andesine (andeclass) に属する。なお plagioclase は双晶構造に富むが, なかでもその C-双晶頻度が 20% に及ぶものがある。このように C-双晶が増加するような岩石では, その組織が深成岩状の火成岩組織を有するようになる (第 6 図 1, 2 参照)。包有物としては sillimanite-needle・apatite・magnetite・garnet などがある。累帯構造と双

晶構造との関係頻度を測定した結果が第 18 表に示されている。Alkali-feldspar: 含量少なく、かつその分布はある程度選択的に存在するものようである。観察された個体では quartz と同じく、

第 18 表 片麻岩質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) 産斜長石の双晶構造と累帯構造との関係頻度 (単位 %)

Spec. No.	C ₂	C ₃	C ₄	ΣC	A	U	An%	Zn/C	Zn/A	Zn/U	ΣZn	Md	M	So	X ₁	X ₂
55402	0.5	4.5	0.0	5.0	67.3	27.7	32	0.0	9.0	6.5	7.8	0.50	0.52	1.55	m	m w
55405	2.3	0.5	0.0	2.8	62.5	34.7	34	21.4	4.6	8.3	6.4	0.43	0.49	1.73	m	v w
55410	0.0	1.1	0.0	1.1	83.8	15.1	33	0.0	1.2	0.0	1.0	0.39	0.42	1.65	f	m w
55412	0.8	0.8	0.0	1.6	65.5	32.9	34	0.0	3.5	0.9	2.6	0.18	0.22	1.63	f	m w
55419	1.0	2.6	0.0	3.6	66.0	30.4	32	0.0	1.2	4.3	2.2	0.20	0.26	1.63	f	v w
55422	0.0	0.0	0.0	0.0	43.0	57.0	31	0.0	0.0	1.6	0.9	0.37	0.44	1.80	f	m
55425	2.3	9.0	1.1	12.4	47.6	40.0	31	30.0	17.6	20.7	20.4	0.27	0.32	1.68	c	m
55434	0.0	1.7	0.8	2.5	54.9	42.6	34	0.0	0.0	6.0	2.5	0.20	0.26	1.91	m	m w
55437	2.6	16.1	2.1	20.8	60.7	18.5	32	90.0	31.9	40.5	45.7	0.54	0.59	1.74	m	m

plagioclase の結晶粒間を充たしている。Alkali-feldspar と plagioclase との接触部では plagioclase 側に小範囲ながら mylmekite を生じている (第 6 図 2 参照)。個体は光学的弾性軸 Y にほぼ垂直な面上では、光学的弾性軸 Z 方向に伸長、双晶構造は認められない。単斜晶系、 $R_{(Max.)} = 120 \mu$ 、光軸角 $(-)2V = 75^\circ$ 。Orthoclase の 1 種と思われる。Sillimanite-needle: Plagioclase の個体中央に包有されている。結晶は概して針状結晶 (結晶軸 c 伸長、0.1 mm ~ 0.3 mm) からなるが、なかには、せんい状集合体になっていて一種の fibrolite といえるものも存在する。鏡下ではうすい青味を帯び、かつ微弱な多色性をあらわす。X' = very pale yellow, Z' = pale blue, 劈開 (010) • (001) にやや明瞭、直消光、高複屈折 $R_{(Max.)} = 575 \text{ m}\mu \sim 525 \text{ m}\mu$ 。光軸角 (2 V 値) の測定には、結晶断面が不利であった関係上、測定には坪井誠太郎 (1937) の方法にしたがった。得られた結果は $(+)2V = 28^\circ$ である。Quartz: 片麻状岩石中の quartz とちがって、本岩中には leucocratic part を欠き、また quartz の産状についても interstitial よりも、むしろ porphyroblastic 状にあらわれる傾向が強い。Quartz-porphyroblast は不規則な円形状を有し、その粒度は同一試料においても相当に不均一になっている。Quartz-crystals の粒度を測定した結果は第 19 表にあげてある。波

第 19 表 片麻岩質ミグマタイト (黒雲母塊状岩) 産石英の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55402	0.59	0.83	1.16	0.90	2.7	0.25	1.40	0.99	55420	0.42	0.56	0.76	0.60	1.8	0.17	1.35	1.01
55410	0.56	0.74	0.98	0.78	2.3	0.21	1.32	1.00	55425	0.49	0.82	1.35	0.94	5.2	0.43	1.66	0.98
55412	0.48	0.68	0.94	0.73	2.8	0.23	1.39	0.98	55434	0.58	0.70	0.90	0.75	1.6	0.16	1.25	1.07
55418	0.70	0.94	1.19	0.96	4.1	0.25	1.30	0.94	55437	0.74	0.94	1.22	0.98	2.8	0.24	1.28	1.02

動消光は試料のちがいによる差異があり、岩石が粒状化作用を表示するものではその度合が顕著にあらわれている。Cordierite: 当鉱物はその含量少なく、観察された個体に関しても、そのほとんどが黄緑色を帯びる chlorite や、muscovite • biotite の集合体に変質している。個体は微細な卵形状 (0.8 mm × 0.6 mm)、円形状を有し、その変質個体の中央部にはしばしば cordierite の残晶をとどめることがある。

b) 白雲母-黒雲母塊状岩 (Muscovite-biotite rock) 本岩類の主成分鉱物は plagioclase > quartz > biotite > muscovite などからなり、他に少量の cordierite • apatite • zircon • sillimanite-needle • chlorite • magnetite その他の鉱物から構成されている。鉱物容量比とその資料から計算した推定化学成分とは第 20 表に示してある。

第 20 表 片麻岩質ミグマタイト (白雲母-黒雲母塊状岩) の鉱物容量比 (単位 Vol. %) とその推定化学成分

Spec. No.	Qua	Kfs	Pla	Bio	Mus	Crd	Others	Qua+Kfs	Σsalic	Color index
55400	27.8	0.0	48.1	20.1	3.0	0.0	1.0	27.8	75.9	24.1
55404	37.4	2.0	33.1	23.6	3.2	0.0	0.7	39.4	72.5	27.5
55407	28.5	0.5	49.0	17.5	3.5	0.0	1.0	29.0	78.0	22.0
55408	35.1	0.5	41.5	15.8	4.6	0.0	2.5	35.6	77.1	22.9
55409	30.9	3.1	38.1	12.8	14.2	0.0	0.9	34.0	72.1	27.9
55413	26.8	6.7	33.9	26.5	4.9	0.0	1.2	33.5	67.4	32.6
55414	28.5	11.3	28.8	17.9	11.4	0.0	2.1	39.8	68.6	31.4
55417	22.5	14.2	40.0	18.1	4.0	0.0	0.8	36.7	77.1	22.9
55423	43.3	0.0	33.7	17.5	5.2	0.0	0.3	43.3	77.0	23.0
55424	43.1	10.2	20.7	11.3	14.1	0.0	0.6	53.3	74.0	26.0
55428	39.4	3.0	25.7	23.9	7.0	0.0	1.0	42.4	68.1	31.9

Spec. No.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	Σ
55409	65.5	0.4	18.6	1.3	2.6	1.5	2.4	3.1	3.2	1.1	0.1	99.8
55417	62.8	0.6	18.4	1.3	3.5	2.1	2.7	3.3	4.0	0.8	0.2	99.7
55423	70.6	0.5	14.8	0.7	3.1	2.1	2.4	2.8	1.9	0.9	0.2	99.9
55424	71.3	0.3	15.2	1.0	2.3	1.3	1.3	1.8	4.2	1.1	0.1	99.9

Spec. No.	Si	qz	al	fm	c	alk	mg	k	c/fm
55409	273	(+) 85	46	22	10	22	0.42	0.40	0.45
55417	237	(+) 53	41	27	11	21	0.44	0.44	0.41
55423	232	(+) 160	41	29	12	18	0.49	0.30	0.42
55424	265	(+) 173	46	24	7	23	0.42	0.61	0.30

Spec. No.	Q	C	or	ab	an	Σsalic	en	fs	il	mt	Σfemic	H ₂ O	Σ
55409	26.4	5.6	18.9	26.2	12.0	89.1	3.8	3.0	0.8	1.9	9.5	1.2	99.8
55417	17.6	3.8	23.4	27.8	13.3	85.9	5.3	4.4	1.2	1.9	12.8	1.0	99.7
55423	37.0	3.8	11.1	23.6	12.0	87.5	5.0	4.4	0.9	0.9	11.2	1.1	99.8
55424	38.6	5.3	25.0	15.2	6.4	90.5	3.3	2.8	0.6	1.6	8.3	1.2	100.0

Muscovite: 産状には卵形状を示し, 明らかに cordierite から変質したものの, plagioclase の結晶粒間に晶出するせんい状結晶, 及び板状結晶として単独に晶出するものなどがある. 前二者の muscovite は普通は biotite に随伴し, それらの数個体が密集しているのであるが, これらのなかには淡緑色を帯び, やや顕著な多色性をあらわすものがある. X' = colourless~pale green, Z' = pale bluish green~greenish brown. 後者の muscovite はその結晶粒度が鱗片状小結晶から, 自形的な 3 mm × 2 mm 大に達するものがあり, 個体はかなり変異性に富む. 板状の大型結晶中には quartz が篩状にみだされていることがある. (001) 劈開顕著, 劈開線方位の延長性正 (Z'), R_(Max.) = 1145 mμ, 光軸面 ⊥ (010), (001) 面上の屈折率 n_β = 1.596, 光軸角 (-) 2V = 44°~41°.

Apatite: Biotite に随伴し極く稀に産出する. 劈開顕著, 光軸に垂直な結晶面上では不規則な六角形を呈する. 光学異常は認めがたい. 直消光, 一軸性負号結晶. Biotite: 個体のほとんどが板状~柱状結晶としてあらわれ, 他に若干の個体では muscovite と随伴したり, あるいは plagioc-

第 21 表 片麻岩質ミグマタイト (白雲母-黒雲母塊状岩) 産黒雲母の粒度組成

(粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55400	0.43	0.56	0.74	0.60	1.8	0.16	1.31	1.01	55414	0.24	0.36	0.54	0.40	0.8	0.15	1.48	1.00
55404	0.30	0.43	0.61	0.46	1.1	0.16	1.43	0.99	55417	0.26	0.40	0.54	0.40	1.9	0.14	1.44	0.88
55407	0.26	0.36	0.47	0.37	1.2	0.11	1.34	0.94	55423	0.24	0.34	0.48	0.38	1.8	0.12	1.41	0.99
55408	0.30	0.43	0.64	0.48	1.7	0.17	1.46	1.04	55424	0.24	0.36	0.57	0.40	1.2	0.17	1.54	1.06
55409	0.29	0.40	0.58	0.44	1.1	0.15	1.41	1.05	55426	0.36	0.54	0.70	0.54	1.6	0.17	1.39	0.86
55413	0.36	0.52	0.81	0.59	1.8	0.23	1.50	1.08	55428	0.24	0.34	0.54	0.40	1.7	0.15	1.50	1.12

日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅲ)

lase・quartz の結晶粒界もしくはそれらの結晶体中に包有されてあらわれる。Plagioclase 中に包有されている biotite の 1 部には、ときにその底面(劈開面)が規則正しい六角形を示すことがある。Biotite の結晶粒を測定した結果が第 21 表に示されている。結晶はいずれも褐色種に属するが muscovite に伴われるものや、あるいは粒状化される試料中に含まれるものでは、その色調や多色性の度合がうすれ、この極端なときには、biotite は chlorite に変質するようになる。一般的に多色性顕著、X=pale yellow, Y=reddish brown, Z=deep red brown の軸色を有する。劈開顕著、直消光、(001) 面上の最大屈折率 $n_{r(\text{Max.})}=1.643$ を有する。Plagioclase: 粒状他形結晶からなり、この形態頻度と粒度組成とは第 22 表・第 23 表にそれぞれ示してある。個体はほとんど結晶

第 22 表 片麻岩質ミグマタイト(白雲母-黒雲母塊状岩)産斜長石の形態頻度(単位 %)

Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm	Spec. No.	Md (mm)	Im	Hm	Xm
55400	0.54	-	4.8	95.2	55414	0.24	-	10.0	90.0
55407	0.40	-	3.9	96.1	55417	0.46	3.0	10.0	87.0
55408	0.46	-	4.0	96.0	55423	0.20	-	7.4	92.6
55409	0.30	-	6.8	93.2	55426	0.44	-	0.9	99.1
55413	0.32	-	3.5	96.5	55428	0.74	-	11.1	88.9

第 23 表 片麻岩質ミグマタイト(白雲母-黒雲母塊状岩)産斜長石の粒度組成

(粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55400	0.15	0.54	0.96	0.62	1.8	0.41	2.53	0.50	55414	0.15	0.24	0.44	0.29	1.6	0.15	1.71	1.15
55404	0.14	0.20	0.41	0.28	2.1	0.14	1.71	1.44	55417	0.28	0.46	0.64	0.48	1.3	0.18	1.51	0.85
55407	0.24	0.40	0.60	0.43	1.8	0.18	1.58	0.90	55423	0.13	0.20	0.39	0.26	2.3	0.13	1.73	1.27
55408	0.26	0.46	0.66	0.47	1.3	0.20	1.59	0.81	55424	0.24	0.44	0.82	0.54	0.8	0.29	1.85	1.02
55409	0.18	0.30	0.47	0.33	1.2	0.15	1.62	0.94	55426	0.24	0.44	0.80	0.52	1.7	0.28	1.83	0.99
55413	0.18	0.32	0.54	0.36	2.9	0.18	1.73	0.95	55428	0.49	0.74	0.99	0.76	2.1	0.25	1.42	0.89

軸 c 伸長、劈開顕著、 $R_{(\text{Max.})}=304 \text{ m}\mu$ 、消光角 $X' \wedge \text{trace of } 010 \text{ on } 001 = (-)3^\circ$ 、 $X' \wedge \text{trace of } 001 \text{ on } 010 = (-)5^\circ$ 、 $X' \wedge \text{trace of } 010_{(\text{Max.})} \text{ in zone } \perp 010 \text{ in albite law} = (+)18^\circ \sim 20^\circ$ 、光学的弾性軸 X・Y・Z と (010) 面の極との角距離 $X \wedge 010 = 88^\circ$ 、 $Y \wedge 010 = 73^\circ$ 、 $Z \wedge 010 = 18^\circ$ 、劈開面上の屈折率 $n_1 D = 1.547 \sim 1.545$ on (010)、光軸角 $(-)2V = 87^\circ$ 。低温型式の acidic andesine (andeclase) に属する。双晶構造には albite・pericline、若干の Carlsbad-albite 式が認められる。双晶構造と累帯構造との関係頻度は第 24 表に示してある。Alkali-feldspar: 当鉱物には porphyroblast と

第 24 表 片麻岩質ミグマタイト(白雲母-黒雲母塊状岩)産斜長石の双晶構造と累帯構造との関係頻度(単位 %)

Spec. No.	C ₂	C ₃	C ₄	ΣC	A	U	An%	Zn/C	Zn/A	Zn/U	ΣZn	Md	M	So	X ₁	X ₂
55400	6.5	9.7	0.0	16.2	62.5	21.3	34	34.0	34.7	36.1	34.9	0.54	0.62	2.53	m	m
55404	7.2	2.7	0.0	9.9	49.6	40.5	31	0.0	11.9	0.0	5.9	0.20	0.28	1.71	m	v w
55407	1.9	0.8	0.0	2.7	61.9	35.4	34	18.5	3.0	2.5	3.3	0.40	0.43	1.58	m	m w
55408	4.6	1.0	0.0	5.6	67.6	26.8	33	0.0	0.6	3.3	1.3	0.46	0.47	1.59	c	m w
55409	3.0	1.9	0.0	4.9	57.5	37.6	32	0.0	3.0	2.1	2.5	0.30	0.33	1.62	f	m w
55413	0.0	0.5	0.0	0.5	74.1	25.4	32	0.0	16.1	16.6	16.1	0.32	0.36	1.73	m	m
55414	1.6	0.5	0.0	2.1	64.9	33.0	31	0.0	0.0	6.0	2.0	0.24	0.29	1.71	f	m
55417	0.0	0.7	0.0	0.7	58.5	40.8	33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.46	0.48	1.51	f	m w
55423	1.0	1.0	0.0	2.0	49.0	49.0	30	0.0	7.1	4.5	5.7	0.20	0.26	1.73	f	m
55424	5.0	2.2	0.0	7.2	38.5	54.3	29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.44	0.54	1.85	m	w
55426	3.6	0.8	0.0	4.9	56.6	38.5	28	41.0	6.2	15.6	11.5	0.44	0.52	1.83	f	m w
55428	2.0	3.4	0.0	5.4	55.1	39.5	30	22.2	6.3	4.6	6.5	0.74	0.76	1.42	m	m

interstitial になるものとの二種類の産状がある。前者の結晶では、その平均粒径 0.5 mm の他形結晶からなる。この種の個体には微弱な microcline structure, moiré appearance を認め得る。光軸角 $(-)2V=60^{\circ}\sim 44^{\circ}$ を示し anorthoclase の一種と思われる。Interstitial に産出する alkali-feldspar は 2 mm ときに 4 mm 大に拡がり、plagioclase・quartz などの結晶粒間をうずめている。光軸角 $(-)2V=70^{\circ}$ にて orthoclase に属する種と思われる。Quartz: 個体のほとんどが円形状の porphyroblast として産する。結晶は概して波動消光が強く、この度合がとくに著しい個体では光軸方位を分散させるようにする。Quartz の結晶粒度を測定した結果は第 25 表にあげてあ

第 25 表 片麻岩質ミグマタイト (白雲母-黒雲母塊状岩) 産石英の粒度組成 (粒径単位 mm)

Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk	Spec. No.	Q ₁	Md	Q ₃	M	Max	QDa	So	Sk
55400	0.62	0.92	1.30	0.96	3.2	0.39	1.45	0.95	55414	0.57	0.74	0.96	0.78	1.7	0.20	1.30	1.00
55407	0.74	0.88	1.04	0.90	2.4	0.15	1.19	0.99	55417	0.58	0.86	1.16	0.89	2.3	0.29	1.41	0.91
55408	0.98	1.46	2.10	1.56	5.6	0.56	1.46	0.97	55423	0.46	0.76	1.07	0.78	2.8	0.31	1.53	0.85
55409	0.82	1.22	1.82	1.33	4.1	0.50	1.49	1.00	55424	0.50	0.72	1.02	0.76	1.6	0.26	1.43	0.98
55413	0.54	0.82	1.26	0.90	3.3	0.36	1.53	1.01	55426	0.62	0.88	1.19	0.92	3.4	0.29	1.39	0.95

る。Cordierite: 含量少なく、また見出しされる個体でも、そのほとんどが黄緑色の chlorite もしくは muscovite・biotite の集合体に変質置換されている。結晶の形態は cordierite 特有の卵形状・紡錘状をなし、その平均粒度は 0.4 mm ときに 1 mm 大のものがある。Sillimanite-needle: 試料によってはその含量の少ないこともあるが、岩石中に muscovite 含量が増加すると sillimanite 量も増加する傾向にある。産状にはこれまで記述した他の岩類中の結晶と同様に、plagioclase の個体中央部に包有されている。この場合、sillimanite-needle は magnetite・biotite・muscovite などの微粒結晶を随伴するものと、それを欠き、sillimanite-needle は単独に包有されるものがある。結晶はいずれも毛状・針状、ときにせんい状を呈し、これらの結晶長軸が特定方位に配列するものや放射状になるものなどが認められる。

引用文献

- 1) Gorai, M.: Petrological studies on plagioclase twins. *Amer. Miner.*, 36 (1951), 884-901.
- 2) Hunahashi, M.: Alpine orogenic movement in Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. 4*, 9 (1957), 415-469.
- 3) 長谷川 潔・酒匂純俊: 5万分の1地質図幅「神威岳」(釧路一第62号)及び同地質説明書, 北海道開発庁 (1958), 53.
- 4) 広田正一: 北海道日高南部幌満川上流地域の黒雲母片麻岩類およびミグマタイト類について, 地質雑, 66 (1960), 517-537.
- 5) 広田正一: 日高変成帯南部の幌満川流域における花崗岩化作用, 一第1部 岩石の記載とくに化学成分について一, 地質雑, 69 (1963), 82-98.
- 6) 春日井昭: 日高変成帯南端, 豊岳周辺のミグマタイトの構造 (I)・(II), 地質雑, 63 (1957), 465-474, 527-540.
- 7) 木崎甲子郎: 日高帯札内川上流の変成岩及びミグマタイト類について (第1報), 地質雑, 59 (1953), 203-215.
- 8) 木崎甲子郎: 日高変成帯におけるミグマタイトの研究, 北大理学部地鉱教室 (1959), 128.
- 9) 坪井誠太郎: 結晶の光軸面に平行なる薄片にて光軸角を求むる方法, 地質雑, 44 (1937), 503-504.
- 10) Twenhofel, W. H. and S. A. Tyler.: Method of study of sediment. *McGraw-Hill*, 1941, 183.
- 11) 外崎与之: ひだか猿留川域の珪線石・堇青石の斑状変晶を含む片麻岩質ミグマタイト, 地質雑, 62 (1956), 114-115.
- 12) 外崎与之: 南部日高猿留川地方の片麻岩類, 岩鉱, 41 (1957), 107-116.
- 13) 多崎与之: 日高帯猿留川地域のミグマタイト及び片麻岩に産する珪線石・堇青石, 北海道地質要報, 35 (1957), 13-20.

日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅲ)

- 14) 多崎 与之：南部日高産ミグマタイト類にみられる珪線石，地質雑，64 (1958)，159—160.
- 15) 外崎 与之：日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅰ)，北海道学芸大学紀要，第Ⅱ部B，13 (1963)，98.
- 16) 外崎 与之：日高山脈南部目黒西方域の変成帯に関する研究 (Ⅱ)，北海道学芸大学紀要，第Ⅱ部B，15 (1964)，49—59.