九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

北部北上山地白亜紀花巌岩質岩中の長石の構造状態 (AL/Si秩序無秩序)

青木, 義和 九州大学理学部

https://doi.org/10.15017/4706153

出版情報:九州大学理学部研究報告.地質学.12(1), pp.51-56, 1974-10-15.九州大学理学部 バージョン: 権利関係:

北部北上山地白亜紀花崗岩質岩中の長石の構造状態

(Al/Si 秩 序 無 秩 序)

青 木 義 和

Structural state (Al/Si order-disorder) of feldspar minerals in the Cretaceous granitic rocks, the northern Kitakami mountains

Yoshikazu AOKI

Abstract

Structural state (Al/Si order-disorder) determination has been made with an X-ray diffractometry on some alkali-feldspars and plagioclases in the Cretaceous granitic rocks of the northern Kitakami mountains.

The feldspar minerals were divided into three groups from the relations between Al/Si order-disorder and Or content of alkali-feldspars, and the Al/Si order-disorder relations between coexisting alkali-feldspars and plagioclases. The results suggest that at least three types of granitic masses exist in this province.

I. ま え が き

北上山地に露出する白亜紀花崗岩質岩類は,多数の 独立岩体から構成されているが,その岩質は,苦鉄質 一珪長質,深成岩質一半深成岩質と比較的変化に富み, 化学組成上もアルカリに富むものや乏しいものなど, 岩体により,部分により,さまざまな岩相が発達する. 岩体のスケールもいろいろな大きさのものがある.ま た,貫入後,現在までの間にあまり地殻変動の影響を うけていないこと,それらをおおう,より新期の岩層 が比較的少ない,などの特徴をもつ (片田ら, 1971).

片田らは,化学分析値を中心に,野外における観察, 顕微鏡観察などの資料に基いて,それらを8帯に区分 したが,後に6帯に改め,そのうち北部北上山地の花 崗岩質岩類については,4帯に分帯した(吉井・片田, 1974). 金谷・石原(1973)は,日本の花崗岩質岩石 の帯磁率を測定した際,北上山地の試料についての結 果は,片田らの分帯と必ずしも一致しないと述べてい る.また,石原(1973)は,鉱物容量比から,カリウ ム長石>石英型と石英>カリウム長石型に2大別した.

花崗岩質岩類は種々の鉱物から構成されており,そ れら構成鉱物はいろいろな観点から鉱物学的岩石学的 に調べられている. 特に,長石の Al/Si 秩序無秩序 は,生成温度(圧力)によって連続的に変化するので,

1974年6月29日受理



第1図 北部北上山地白亜紀花崗岩質岩体 の分布と試料採取位置.

斑点を施した部分は岩体を,番号は採取試料番号 を表わす.

岩体名は, KK (久喜), FG (二子), KS (小袖), HG (階上), TS (滝の沢), KG (川口), ON (太田名部), MI (茂市), HO (荻生), MM (松 前沢), OM (乙茂), TG (天狗), US (牛が沢), HR (戸呂町), HN (平庭), HH (一戸), HM (日神子). 点線は吉井・片田 (1974) による I ~ IV帯の分帯区分を示す. (吉井・片田, 1974 原図). 生成条件を知る1つの手段として多数の研究者によっ て調べられており,かなりの程度明らかにされている. 近年,特に多量のデータが処理できるように,X線粉 末法による決定の努力がなされている(GOLDSMITH・ LAVES, 1954; STEWART・RIBBE, 1969; WRIGHT, 1968; 正路, 1972; RIBBE, 1972; KROLL, 1973 な ど).

筆者は、X線粉末法によって北部北上山地の白亜紀 花崗岩質岩に含まれる長石の Al/Si 秩序無秩序状態 を検討したので、吉井・片田 (1974)の分帯にしたが って、ここにそのデータを記載したい.

Ⅱ. 測 定 試 料

測定試料は、片田から提供された北部北上山地の花 崗岩質岩22個で、各岩体に典型的な岩石である。岩石 の主体は、いわゆる花崗岩質岩石であるが、はんれい 岩・閃緑岩なども含まれている(第1表). 試料採取 地点を、各岩体の分布とともに第1図に示した. それぞれの試料は、粉砕後、100~150メッシュにふ るい分けし、フランツ・アイソダイナミックセパレー ターにかけ、苦鉄質鉱物を除去した. さらに、カリ長 石と斜長石を濃集させるために、ヨウ化メチレン液を 比重2.582~2.598、2.641~2.643の2段階に調整し、 重液分離した. その結果、各試料は比重のちがいによ って3段階に分けられた. すなわち、最も比重の小さ い部分に主にカリ長石が濃集し、最も比重の大きな部 分では、石英、あるいは斜長石+石英が、また、中間 の部分では、斜長石、あるいは斜長石+石英(それに 少量のカリ長石)が濃集した.

Ⅲ.実験方法

長石の Al/Si 秩序無秩序の決定はX線粉末法によった.

カリ長石の場合, CuKa₁を用いたX線粉末回折の 20000 と20204との値を、WRIGHTの図(WRIGHT, 1968, p. 91, Fig. 2)に点示することにより、その構造状態

分帯 ^{&)} 区分	岩体名	z b)	試料番号 b)	備	考的
I	(久) (久) (京) (二)	喜 { 子 {	7-134 67006 7-102A 7-122	} 花崗閃緑岩. } 花崗閃緑岩. プロトクラスチ	ック組織を示す.
	(小	袖	71K357	カリ長石に富み(石英閃長岩質	(),角閃石を欠く.
П	○ (田野畑) ○ (田田野畑) ○ (田田野畑) ○ (田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田田	上	71K361 71K362 72K528 72K522A 72K515 72K525 72K525 72K541 72K529-2 72K531	花崗閃緑岩. カリ長石が少なく(トロニエム 花崗閃緑岩.やや細粒. アダメロ岩(斜長石≫カリ長石 石英閃緑岩.強い片理をもち, トロニエム岩質岩.比較的カ トロニエム岩質岩.比較的カ アダメロ岩.やや細粒.ざく、 のプロトクラスチック組織をす トロニエム岩質岩.粗粒で角	岩質),角閃石も少ない. 石). 角閃石に富む.半深成岩質 ⁽⁾ . リ長石に乏しい. リ長石に乏しい. ろ石・白雲母を含み角閃石を欠く.軽度 示す. 閃石を欠く.カリ長石が少ない.
Ш	天 牛 戸 平	約 が沢 S町 庭	64053 5-111 71K352 10-128	黒雲母かんらん石普通輝石斑 花崗閃緑岩 細粒 花崗閃緑岩 比較的細粒で角 普通輝石普通角閃石斑粝岩	栃岩.カリ長石を含む. 閃石を欠く. カリ長石を含む.
IV	 日;	戸 { 神子 {	71K334 71K335 71K343 71K338	かんらん石黒雲母普通輝石ア, が多い。 石英閃長岩〜アダメロ岩。黒 花崗閃緑岩。 かんらん石黒雲母普通輝石ア, 質 ⁰ 。	ルカリ斑粝岩(ケンタレン岩).カリ長石 雲母を欠く.半深成岩質 ^{d)} . ルカリ斑粝岩(ケンタレン岩).半深成岩
			T (1074) >= 3		

第1表 採取試料の簡単な記載表

註: a) 吉井・片田 (1974) による.

b) 第1図参照.

c) 吉井・片田(1974)の記載から抜萃略記した.

d)「半深成岩質」とは、石基と斑晶が組織の上から若干区別できることを意味する.

を決定できる.しかし,正路(1972)によって提案された構造パラメーター7は,組成には無関係で構造にのみ関係する因子となるので,7を用いることにより比較的簡単に構造状態を決定することができる.したがって,2 θ_{000} と2 $\theta_{\bar{2}04}$ を精密測定し,7値を算出した. CuK α_1 による2 θ_{000} と2 $\theta_{\bar{2}04}$ の精密測定には,内部標準試料としてシリコンを用いた.

カリ長石の組成は、 $2\theta_{201}$ とOr (wt.%)の直線関係^{*1} を利用して決定した. この場合は、あらかじめシリコ ンで補正した KBrO₃ を内部標準試料とし、CuK α に よる $2\theta_{201}$ の値を精密測定した.

斜長石のうち, 灰長石一低温型曹長石系列について

第	2	表	カリ長石の 2 0 ₂₀₁ と組成 Or(wt.%), お	
			よび2θ ₀₆₀ , 2θ ₂₀₄ と構造パラメーター γ値	

No.	$2\theta_{\overline{2}01}^{*}$	Or(wt.%)	$2\theta_{060}^{**}$	$2\theta_{\overline{2}04}^{**}$	η
7–134	21.013	90.5	41.672	50.691	0.48
67006	21.026	89.4	41.666	50.698	0.32
7-102A	21.030	89.0	41.676	50.722	0.21
7-122	21.040	88.1	41.656	50.703	0.21
71K357	20.952	95.9	41.747	50.684d	(0.96)
71K361	21.042	87.9	41.700	50.700	0.53
71K362	21.032	88.8	41.706	50.685	0.68
72K528	21.058	86.5	41.682	50.694	0.46
72K522A	21.070	85.4	41.685	50.701	0.42
72K515					
72K525	21.046	87.6	41.684	50.696d	(0.45)
72K541	21.042	87.9	41.690	50.668	0.70
72K529-2	21.074	85.1	41.702	50.671	0.76
72K531	21.040	88.1	41.690	50.678	0.63
64053	d		d	d	
5-111	21.025	89.4	41.710	50.640	1.04
71K352	21.030	89.0	41.680	50.668	0.63
10-128	21.006	91.1	41.716	50.643	1.06
71K334	20.992	89.0	41.821	50.856	0.18
71K335	21.030	92.4	41.743	50.600d	(1.56)
71K343	21.026	89.4	41.722	50.619	1.28
71K338	21.030	89.0	41.657	50.757	-0.18

d: diffused peak. (): low accuracy. --: unmeasurable.

Or (wt. %) = $-89.1 \times 2\theta_{\overline{2}01} + 1962.77$

 $\eta = 6.68 \times 2\theta_{060} - 7.44 \times 2\theta_{\overline{204}} + 99.182$ EBB (1972).

* CuKa radiation.

** $CuK\alpha_1$ radiation.

*1 Or(wt. %) = $-89.1 \times 2\theta_{\overline{2}01} + 1962.77$ (正路, 1972).

は, RIBBE (1972) の第2表から,

 $(\varDelta 2\theta = 2\theta_{131} - 2\theta_{\bar{1}31})$

という関係式が得られる. 斜長石では、 $Alt_{1m} \simeq Alt_{20}$ $\simeq Alt_{2m}$ であるから、上式から、Al の T_1O site への 濃集状態が簡単にわかる. したがって、 $2\theta_{131}$ と $2\theta_{1\overline{3}1}$ の値を、シリコンを内部標準試料として精密測定し、 ΔAl を求めた.

斜長石の組成は、SMITH and GAY (1958) によっ て与えられた $\Gamma = 2\theta_{131} + 2\theta_{220} - 4\theta_{1\overline{3}1}$ の図を用いて求 めた、 $2\theta_{220}$ の精密測定には、前記の KBrO₃ を内部標 準試料とした.

なお,上記各回折線の精密測定は,理学電機製X線 回折装置により行なった.測定条件は次の通りである. 対陰極:Cu.フィルター:Ni.電圧30KV. 電流10mA. ゴニオメーター回転速度: 1/2°/min. チャート送り 速度:20mm/min.

IV. 実験結果と考察

得られた結果を第2表および第3表に示す.そのう ち,試料72K515はカリ長石を含まず,試料64053のカ リ長石は回折線が著しく broad なため,測定困難で あった.また,斜長石の場合,累帯構造をなすものが あり,鋭い回折線が得られない試料があった.特に, I 帯およびII帯の試料に多くみられた.しかし,試料 7-134,71K357 および72K522A のように,重液に よって分離できるか,または回折線が明瞭に2つに分 けられるものもあった.それらはそれぞれ試料番号末 尾にa, bを付して区別した.

第2図は、カリ長石の組成 Or(wt.%) と構造パラ メーター η の関係を示したものである. この図で、 η 値が大きいほど そのカリ長石の Al/Si はより 秩序化 していることを意味する.

I帯のカリ長石は、7-122から 71K357 まで非常に よく一直線上にのり、Ⅱ帯は Or (wt.%) が 85.1~ 88.8、7値が0.42~0.76の範囲におさまる.また、Ⅲ, IV帯のカリ長石の7値は、かなり巾広い変化を示す. これらを全体的に見れば、I帯のカリ長石の直線的分 布、Ⅱ帯のものがある限られた範囲内におさまる傾向、 およびⅢ, IV帯のものが1つのグループと見なしても いいような分布状態をもつこと、の3点が大きな傾向 として認められる.したがって、カリ長石の η-Or と いうパラメーターからは、I帯、I帯、およびⅢ, IV 帯に属するカリ長石という3つにおおよそ区分けされ るといえる.

第3図は,共存する斜長石とカリ長石の間の Al/Si 秩序無秩序の関係を示したもので, *A*Alとアの値が大 きい程,斜長石およびカリ長石が,それぞれ,より秩 序化していることを表わす.

III, IV帯のものは, 斜長石の *d*A1 の変化は小さく, カリ長石の ?値がかなり大巾に変化しているが, それ に比べて II帯のものは, カリ長石の ?の変化が小さく, 逆に斜長石の *d*A1 の変化の方が目立つ.また, I帯 のものはその両方とも変化し, II帯と, III, IV帯の中 間的傾向をもっている. 上記の結果から、II帯に属する長石は,他帯のもの に比べて,斜長石よりもカリ長石がかなり一定した構 造状態を保てるような条件下で生じたものと思われる. 一方,III,IV帯のものは,斜長石の構造状態がかなり 安定し,カリ長石の方が岩体によって大きく変化する ような条件下で生成したものであり,それらの中間的 な存在がI帯のものといえるであろう.

以上,長石の構造状態を中心に述べてきたが,最後
に岩石の化学組成,特に K₂O とカリ長石の Or(wt.
%)との関係について,興味ある事実を記しておく.
岩石中の K₂O(wt.%)の測定は,採取した I,Ⅲ

第	3	表	斜長石の 2	$\theta_{220}, 2\theta_{220}$	$1\overline{3}_{1}, 2\theta_{131}$	と,そ	れらか	ら導	き出き	された組成
			An(wt.%)	および	Al/Si 秩	序無秩序	事を表;	bす.	⊿A1	値

No.	2 0 [*]	20 [*] ₁₃₁	$2\theta_{131}^{*}$	Г	An(wt. %)	∆2 θ	⊿A1
7-134 a	28.338	29.847	31.408	0.052	28	1.561	0.501
7-134b	28.338	29.760	31.434	0.252	34	1.674	0.422
67006	28.351	29. 573d	31. 457d	(0.662)	(63)	(1.884)	(0.275)
7-102A	28.368	29.665	31.442	0.480	55	1.777	0.350
7-122	28.342	29.683	31.422	0.398	52	1.739	0.377
71K357 a	28.308	29.633	31.393	0.435	54	1.760	0.362
71K357b	28.352	29.620	31.405	0.517	57	1.785	0.345
71K361	28.344	29.645	31. 441	0. 495	56	1.796	0.337
71K362	28.335	29.789	31.404	0.161	31	1.615	0.464
72K528	28. 325	29.700d	31.441	(0.366)	(46)	(1.741)	(0.375)
72K522Aa	28.355	29.763d	31.400	(0.229)	(33)	(1.637)	(0.448)
72K522Ab	28.306	29.695d	31.426	(0.342)	(37)	(1,731)	(0. 382)
72K515	28.371	29.630	31.451	0.562	59	1.821	0.319
72K525	28.360	29.646	31.435	0.503	56	1.789	0.342
72K541	28.289d	29.721d	31.405d	(0.252)	(34)	(1.684)	(0. 415)
72K529-2	d	29.891d	31.318	—		(1. 427)	(0. 595)
72K531	28.290	29.800	31.386	0.076	28	1.586	0.484
64053	28.490	29.539	31.523	0.935	73	1.984	0.205
5-111	28. 353	29.716d	31.410d	(0.331)	(36)	(1.694)	(0.408)
71K352	28, 348	29.670d	31.429	(0.437)	(54)	(1.759)	(0.363)
10-128	28.346	29.645	31.440	0.496	56	1.795	0.338
71K334	28.390	29.633	31.461	0.585	59	1.828	0.314
71K335	28. 335	29.718	31.410	0.335	36	1.692	0.410
71K343	28.328	29.680	31.437	0.405	52	1.757	0.364
71K338	28.377	29.636	31.463	0.568	59	1.827	0.315

d: diffused peak. (): low accuracy.

 $\Gamma = 2\theta_{131} + 2\theta_{220} - 4\theta_{1\overline{3}1}$ SMITH and GAY(1958).

 $\Delta 2\theta = 2\theta_{131} - 2\theta_{1\overline{3}1}$.

 $\Delta AI = \langle Alr_1 o \rangle - \frac{1}{3} \langle Alr_1 m + Alr_2 o + Alr_2 m \rangle \qquad RIBBE(1972).$

* CuKa radiation.

帯の全試料およびII,IV帯の一部の試料につき,吉井 ・片田(1974)が原子吸光法で,また,II,IV帯の全 試料およびI,II帯の一部の試料につき,金谷(1974) が 7 スペクトロメトリー法で,それぞれ行なっている. 両者のデータを比較すると,7スペクトロメトリー法 の方が多少大きく出る傾向にあるが,よい一致を示し ている.したがって,一つの帯の中の全試料を分析し ているという点から,I,II帯は吉井・片田のデータ を,II,IV帯は金谷のデータを引用し,第2図の() 内に記した.

岩石中の K₂O は, IV帯のものが2.08~5.19%と多 く,Ⅲ帯は1.05~1.87%と少ない.また,Ⅰ帯とⅡ帯 は,それぞれ2.68~5.45%,1.39~4.47%とかなりの 巾をもっている.

しかし,注目すべきことは、 I 帯のカリ長石の Or (wt.%)が増加するにつれて,岩石中の K₂O も増加 の傾向にあるのに対し,Ⅱ帯のものは,全く逆の傾向 にあるという事実である*².すなわち,Ⅱ帯を階上花 崗岩と田野畑花崗岩の2つに大きく分けると(第1表



第 2 図 カリ長石の構造パラメーター η と 組成 Or (wt.%) との関係.

A, B, C, D はそれぞれ吉井・片田 (1974) による
I, II, III, IV帯を示す.
()内の数字は I, III帯は原子吸光法 (吉井・片)

(1) 1974), Ⅱ, Ⅳ 帯は京ナ吸九法(言弁・月 田, 1974), Ⅱ, Ⅳ 帯はアスペクトロメトリー法 (金谷, 1974) による岩石中の K₂O wt.%值.

*2 この事実は、地質調査所片田正人氏の指摘による.



図中の印については第2図の説明文参照.

参照), 階上花崗岩は 71K361(2.89) \rightarrow 71K362(1.39), 田野畑の場合は 72K529-2(4.47) \rightarrow 72K541(1.82) と いうように, カリ長石の Or 成分の増加とは逆に岩石 中の K₂O は減少している. これは, I帯とII帯の花 崗岩の形成条件および形成過程の相違のためと考えら れるが, ここでは, 事実を述べるだけに止めておきた い.

なお,Ⅲ帯のものもこの傾向が認められるが,10-128 は斑粝岩であること,試料数が少ないことなどの 理由から,まだ断定はできない.

上記のごとく、主に長石の Al/Si 秩序無秩序という 観点から岩石の分帯区分をながめてみた. 片田(1974) は、北部北上山地では、I - III - IV帯という一連の帯 列中にII帯が割り込んでいるという推定が成り立つ、 と述べているが、今回の2、3の結果は、この記述を 一部支持している.しかし、花崗岩体の迸入機構や規 模の大きさなどが、その冷却速度に関係し、ひいては 長石の Al/Si 秩序無秩序にも影響をおよぼすので、 その検討も詳しく行なう必要があるであろう.また、 最後に述べた岩石中の K_2O 量とカリ長石の Or 成分 との関係も興味ある問題であるが、これらは今後の問 題とし、ここでは中間報告として測定結果を公表して おく次第である. 辞

本研究の一部は、1973年8月筆者が研究員として地 質調査所に招かれた際に行なわれたものである.事務 手続その他の労をとられた地質調査所大町北一郎部長, 佐々木昭課長に厚くお礼申し上げる.

また,本研究を進めるにあたり,貴重な試料を提供 していただいた同所片田正人氏,X線回折装置を使わ せて下さった同所九州出張所の高井保明所長はじめ所 員の方々,および粗稿の校閲をしていただいた九州大 学白水晴雄教授,桃井斉助教授および地質調査所片田 正人氏に心から感謝する.

文 献

- GOLDSMITH, J. R. and LAVES, F. (1954): The microcline stability relations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 5, 1-18.
- 石原舜三 (1973): Mo-W 鉱床生成区と花崗岩岩石区. 鉱山地質, 23, 13-32.
- 金谷弘・石原舜三 (1973): 日本の花崗岩質岩石にみ られる帯磁率の広域的変化. 岩鉱, 68, 211-224.
- (1974):北上山地の花崗岩類. V. カリウム・トリウム・ウランおよび帯磁率.地質調報(印刷中).

片田正人・大貫仁・加藤祐三・蟹沢聡史・小野千恵子

・吉井守正 (1971): 北上山地, 白亜紀花崗岩質岩 類の帯状区分. 岩鉱, 65, 230-245.

- (1974):北上山地の花崗岩類、IV. 南部北
 上山地の花崗岩類,および北上山地花崗岩類の分帯
 区分.地質調報(印刷中).
- KROLL, H. (1973): Estimation of the Al, Si distribution of feldspars from the lattice translations Tr (110) and Tr (110). I. Alkali feldspars. Contr. Mineral. Petrol., 39, 141-156.
- RIBBE, P.H. (1972): One-parameter characterization of the average Al/Si distribution in plagioclase feldspars. J. Geophys. Res., 77, 5790-5797.
- SMITH, J.V. and GAY, P. (1958): The powder patterns and lattice parameters of plagioclase feldspars. II. *Min. Mag.*, **31**, 744-762.
- STEWART, D.B. and RIBBE, P. H. (1969): Structural explanation for variations in cell parameters of alkali feldspars with Al/Si ordering. Am. J. Sci., 267A, 444-462.
- 正路徹也 (1972): X線粉末回折法によるアルカリチ ョウ石の組成および構造 (Al/Si 秩序無秩序)の決 定. 鉱物雑, 10, 413-425.
- WRIGHT, T.L. (1968): X-ray and optical study of alkali feldspars: II. An X-ray method for determining the composition and structural state from measurement of 2θ values from three reflections. *Amer. Mineral.*, 53, 88-104.
- 吉井守正・片田正人 (1974):北上山地の花崗岩類. II.北部北上山地の花崗岩類.地質調報(印刷中).