

## 北部北上山地白亜紀花巖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.

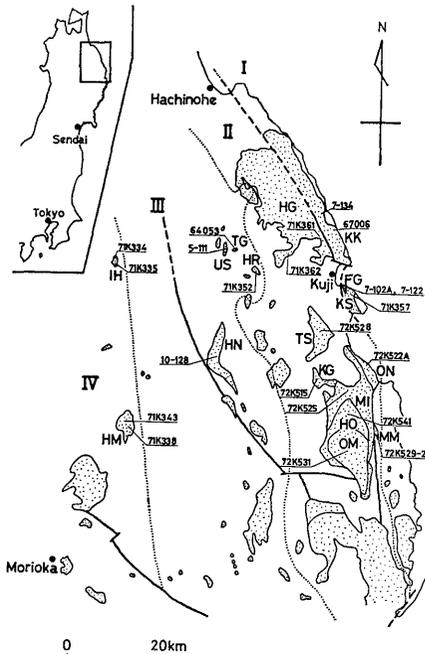
The feldspar minerals were divided into three groups from the relations between Al/Si order-disorder and Or content of alkali-feldspars, and the Al/Si order-disorder relations between coexisting alkali-feldspars and plagioclases. The results suggest that at least three types of granitic masses exist 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变化に富み、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受けていないこと、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、



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 (萩生), MM (松前沢), OM (乙茂), TG (天狗), US (牛が沢), HR (戸呂町), HN (平庭), IH (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、粉碎後、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で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、 $\text{CuK}\alpha_1$  を用いたX線粉末回折の  $2\theta_{000}$  と  $2\theta_{204}$  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

第1表 採取試料の簡単な記載表

分帯区分 <sup>a)</sup>	岩体名 <sup>b)</sup>	試料番号 <sup>b)</sup>	備考 <sup>c)</sup>
I	久喜 (久喜) 小袖	7-134 67006	花崗閃緑岩。
		7-102A 7-122	
		71K357	
II	階上 (田野畑) 滝の沢 太田名部 川口 茂市 萩生 松前沢 乙茂	71K361	花崗閃緑岩。
		71K362	カリ長石が少なく(トロニウム岩質)、角閃石も少ない。
		72K528	花崗閃緑岩。やや細粒。
		72K522A	アダメロ岩 (斜長石>>カリ長石)。
		72K515	石英閃緑岩。強い片理をもち、角閃石に富む。半深成岩質 <sup>d)</sup> 。
		72K525	トロニウム岩質岩。比較的カリ長石に乏しい。
		72K541	トロニウム岩質岩。比較的カリ長石に乏しい。
72K529-2	アダメロ岩。やや細粒。ざくろ石・白雲母を含み角閃石を欠く。軽度のプロトクラシック組織を示す。		
72K531	トロニウム岩質岩。粗粒で角閃石を欠く。カリ長石が少ない。		
III	天狗 牛が沢 戸呂町 平庭	64053	黒雲母かんらん石普通輝石斑岩。カリ長石を含む。
		5-111	花崗閃緑岩。細粒。
		71K352	花崗閃緑岩。比較的細粒で角閃石を欠く。
		10-128	普通輝石普通角閃石斑岩。カリ長石を含む。
IV	一戸 (日神子)	71K334	かんらん石黒雲母普通輝石アルカリ斑岩(ケンタレン岩)。カリ長石が多い。
		71K335	石英閃緑岩~アダメロ岩。黒雲母を欠く。半深成岩質 <sup>d)</sup> 。
		71K343	花崗閃緑岩。
		71K338	かんらん石黒雲母普通輝石アルカリ斑岩(ケンタレン岩)。半深成岩質 <sup>d)</sup> 。

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  $\eta$  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、 $\eta$  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、 $2\theta_{080}$  と  $2\theta_{204}$  を精密測定し、 $\eta$  値を算出した。

CuK $\alpha_1$ による $2\theta_{080}$ と $2\theta_{204}$ 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KBrO<sub>3</sub>を内部標準試料とし、CuK $\alpha$ による $2\theta_{201}$ の値を精密測定した。

斜長石のうち、灰長石—低温型曹長石系列について

第 2 表 カリ長石の  $2\theta_{201}$  と組成 Or (wt. %)、および  $2\theta_{080}$ 、 $2\theta_{204}$  と構造パラメーター  $\eta$  値

No.	$2\theta_{201}^*$	Or (wt. %)	$2\theta_{080}^{**}$	$2\theta_{204}^{**}$	$\eta$
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.

$$\left. \begin{aligned} \text{Or (wt. \%)} &= -89.1 \times 2\theta_{201} + 1962.77 \\ \eta &= 6.68 \times 2\theta_{080} - 7.44 \times 2\theta_{204} + 99.182 \end{aligned} \right\} \text{正路 (1972).}$$

\* CuK $\alpha$  radiation.

\*\*CuK $\alpha_1$  radiation.

\*1 Or (wt. %) = -89.1 × 2θ<sub>201</sub> + 1962.77 (正路, 1972).

は、RIBBE (1972) の第 2 表から、

$$\begin{aligned} \Delta \text{Al} &= \langle \text{Al}_{\text{T}_1\text{O}} \rangle - \frac{1}{3} \langle \text{Al}_{\text{T}_1\text{m}} + \text{Al}_{\text{T}_2\text{O}} + \text{Al}_{\text{T}_2\text{m}} \rangle \\ &= -0.700 \times \Delta 2\theta + 1.594 \end{aligned}$$

$$(\Delta 2\theta = 2\theta_{131} - 2\theta_{131})$$

という関係式が得られる。斜長石では、 $\text{Al}_{\text{T}_1\text{m}} \approx \text{Al}_{\text{T}_2\text{O}} \approx \text{Al}_{\text{T}_2\text{m}}$ であるから、上式から、Al の T<sub>1</sub>O site への濃集状態が簡単にわかる。したがって、 $2\theta_{131}$  と  $2\theta_{131}$  の値を、シリコンを内部標準試料として精密測定し、 $\Delta \text{Al}$  を求めた。

斜長石の組成は、SMITH and GAY (1958) によって与えられた  $I' = 2\theta_{131} + 2\theta_{220} - 4\theta_{131}$  の図を用いて求めた。 $2\theta_{220}$  の精密測定には、前記の KBrO<sub>3</sub> 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  $\eta$  の関係を示したものである。この図で、 $\eta$  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、 $\eta$  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  $\eta$  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で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  $\eta$ -Or というパラメーターからは、I 帯、II 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、 $\Delta Al$  と  $\eta$  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  $\Delta Al$  の変化は小さく、カリ長石の  $\eta$  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  $\eta$  の変化が小さく、逆に斜長石の  $\Delta Al$  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  $K_2O$  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  $K_2O$ (wt. %) の測定は、採取したⅠ, Ⅲ

第3表 斜長石の  $2\theta_{220}$ ,  $2\theta_{131}$ ,  $2\theta_{131}$  と、それらから導き出された組成 An(wt. %) および Al/Si 秩序無秩序を表わす  $\Delta Al$  値

No.	$2\theta_{220}^*$	$2\theta_{131}^*$	$2\theta_{131}^*$	$T$	An(wt. %)	$\Delta 2\theta$	$\Delta Al$
7-134a	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
71K357a	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.

$$T = 2\theta_{131} + 2\theta_{220} - 4\theta_{131} \quad \text{SMITH and GAY(1958).}$$

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

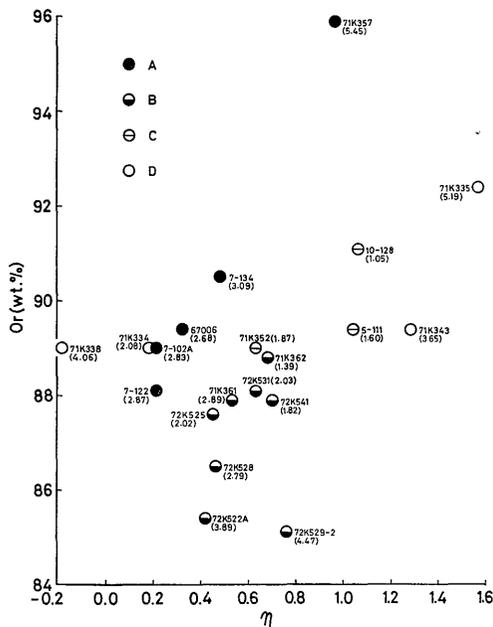
$$\Delta Al = \langle Al_{T_1} \rangle - \frac{1}{3} \langle Al_{T_1m} + Al_{T_2o} + Al_{T_2m} \rangle \quad \text{RIBBE(1972).}$$

\* CuK $\alpha$  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, III帯の一部の試料につき, 金谷(1974)が $\gamma$ 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,  $\gamma$ 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, III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  $K_2O$  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。

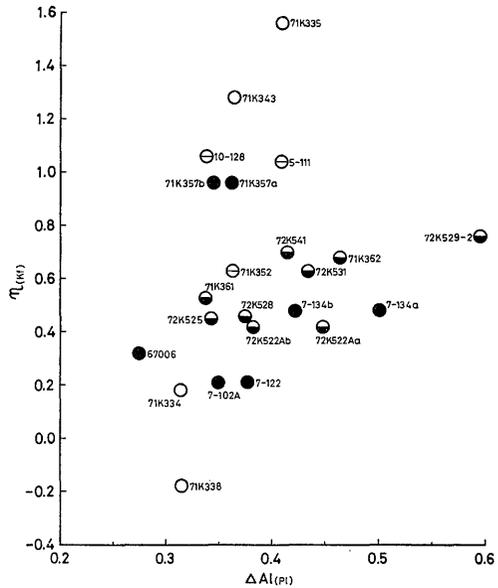
しかし, 注目すべきことは, I帯のカリ長石の Or (wt.%) が増加するにつれて, 岩石中の  $K_2O$  も増加の傾向にあるのに対し, II帯のものは, 全く逆の傾向にあるという事実である\*2。すなわち, II帯を階上花崗岩と田野畑花崗岩の2つに大きく分けると(第1表



第2図 カリ長石の構造パラメーター $\eta$ 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・片田, 1974), II, IV帯は $\gamma$ スペクトロメトリー法(金谷, 1974)による岩石中の $K_2O$  wt. %値。



第3図 斜長石のAl/Si秩序無秩序 $\Delta Al_{(P1)}$ と共存するカリ長石の構造パラメーター $\eta$ (wt.%)との関係。

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)→71K362(1.39), 田野畑の場合は72K529-2(4.47)→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 $K_2O$ 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, 花崗岩体の進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。

\*2 この事実は, 地質調査所片田正人氏の指摘による。

## 謝 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变化。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 [1 $\bar{1}$ 0]. 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ヨウ石の組成および構造 (Al/Si 秩序無秩序) の決定。鉱物誌, **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  $2\theta$  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)。