

領家帯一山陽帯白亜紀花崗岩類及び日高変成帯 第三紀花崗岩類の斜長石双晶様式

高橋裕平*

Yuhei TAKAHASHI (1999) Twinning laws of plagioclase in Cretaceous granitoids of the Ryoke-Sanyo Belts and Tertiary granitoids of the Hidaka Metamorphic Belt. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 50 (11), p. 711-718, 5 figs., 1 table.

Abstract: Plagioclase twinning laws were investigated for the granitoids of Ryoke-Sanyo Belts in Kinki district and Hidaka Metamorphic Belt in Hokkaido. Those data were compared with the data of the granitoids in Antarctica and Mongolia.

Frequency of C-twins, which are defined as all type of twins except albite and pericline twins, is high in discordant intrusive type granitoids and low in concordant intrusive type granitoids. Frequency of pericline twin of the granitoids in Antarctica is less than in Ryoke-Sanyo Belts and Hidaka Metamorphic Belt. This may be resulted from difference of shear stress at intrusion of the granitoids.

要 旨

近畿地方領家一山陽帯及び北海道日高変成帯の花崗岩類中の斜長石双晶様式を明らかにした。さらにその結果を東南極やモンゴルの花崗岩類と比較し検討した。

アルバイト双晶やペリクリン双晶以外の双晶(C双晶)の頻度は調和的な貫入形態の花崗岩類よりも非調和的な花崗岩類で多い。ペリクリン双晶の頻度は領家一山陽帯や日高変成帯の花崗岩類に比べ南極の花崗岩類では少ない。このことは花崗岩類貫入時の剪断応力の違いで説明できる。

1. ま え が き

斜長石の双晶様式の産出頻度は、しばしば岩石の地質学的な産状とよく対応しているために花崗岩類や変成岩類の議論によく利用されてきた(例えば Gorai, 1951; Suwa, 1956; Tobi, 1961)。Smith(1974)はこのような研究を踏まえ、斜長石双晶と岩石の地質学的な背景との経験則的な関係を系統的に追試することの重要性についてふれている。そこで、筆者は斜長石双晶様式の光学的決定法の再検討を行うとともに、各地の花崗岩類や変成岩類中の斜長石双晶について記載してきた(高橋・西岡, 1994; Takahashi *et al.*, 1996, 1997, 1998)。

小論では、はじめに花崗岩類の地質学的産状と斜長石双晶様式について、これまでの議論と問題点を簡単に整

理する。その上で変成岩や非変成岩にさまざまな様式で貫入する近畿地方の領家帯と山陽帯の白亜紀後期花崗岩類(第1図)及び北海道の日高変成帯の第三紀花崗岩類(第2図)における斜長石双晶様式を検討し、これまでに公表してきた南極やモンゴルの花崗岩類で得た結果との比較を行う。

2. 斜長石双晶の岩石学的な概略と研究の目的

斜長石双晶様式を天然の岩石について調べる研究は、Gorai(1951)や Suwa(1956)など、わが国の研究者を中心にして1950年代から1960年代にかけて多く研究された。そして、一般には次のように理解されている(例えば、黒田・諏訪, 1983)。

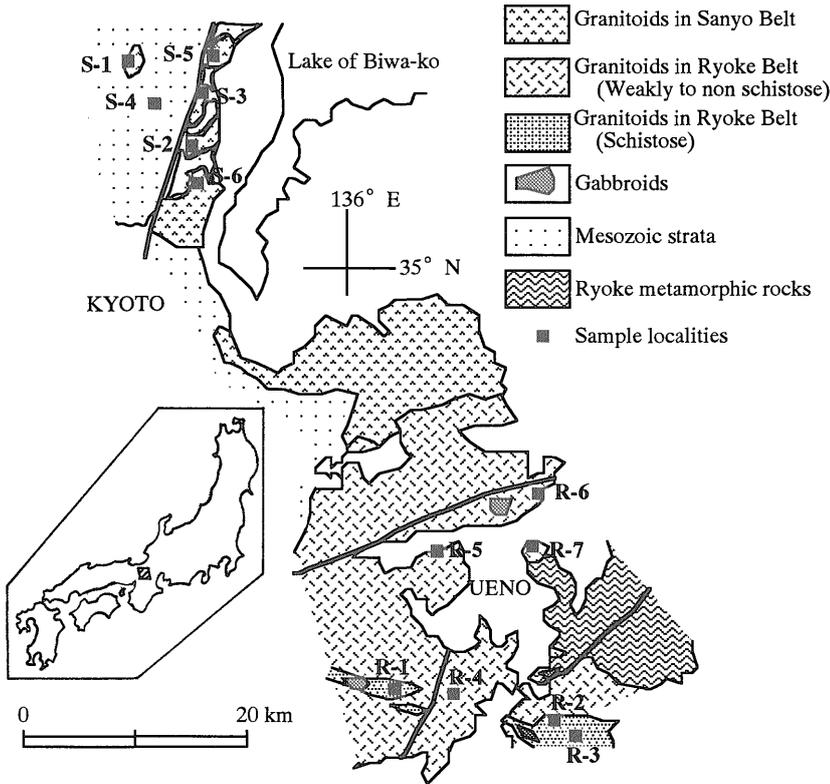
(1)アルバイトやペリクリン双晶以外の双晶(C双晶, Gorai, 1951)は、火成岩によく出現するが変成岩にはほとんど出現しない。花崗岩類のうち、バソリス-ストック状あるいは岩脈や岩床として産する花崗岩類はC双晶をよく含むが、注入片麻岩の lit-par-lit 脈と呼ばれていた、変成岩中に縞状に産する花崗岩質岩類や飛驒地方のネピュライト状花崗岩はほとんどC双晶を含まない(Gorai, 1951)。

(2)双晶の接合面の多くは(010)面である(Suwa *et al.*, 1974; 坪井ほか, 1977)。

以上の研究を踏まえた上で、今回どんな観点から斜長石双晶を検討したかを次に述べる。

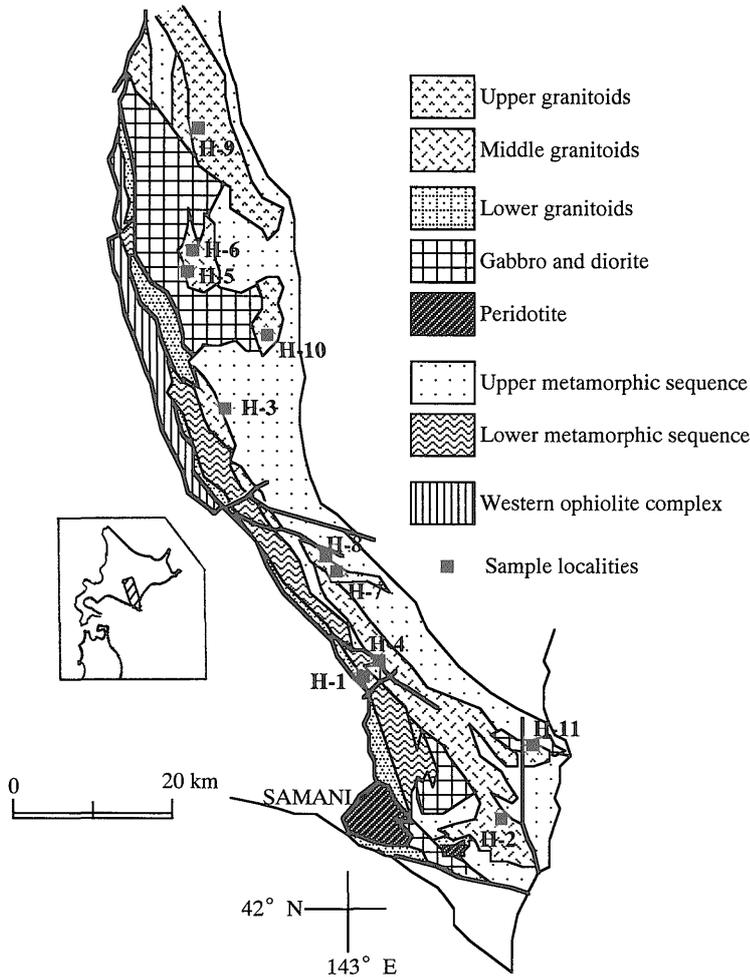
* 北海道支所 (Hokkaido Branch, GSJ)

Keywords: Ryoke, Sanyo, Hidaka, Granitoids, Plagioclase, Twinning



第1図 領家帯—山陽帯花崗岩類の試料採集地点。
地質図は、河田ほか(1986)、川辺ほか(1986)、西岡ほか(1998)、木村ほか(1998)に基づき簡略化したもの。

Fig. 1 Sample localities of the granitoids in Ryoke and Sanyo Belts. Geologic map is simplified on the basis of Kawada *et al.* (1986), Kawabe *et al.* (1996), Nishioka *et al.* (1998) and Kimura *et al.* (1998).



第2図 日高帯花崗岩類の試料採集地点。
地質図は、小松ほか(1986)及び Owada *et al.* (1997)に基づき簡略化したもの。

Fig. 2 Sample localities of the granitoids in Hidaka Belt. Geologic map is simplified on the basis of Komatsu *et al.* (1986) and Owada *et al.* (1997).

(1)でC双晶をごく普通に含むとされたバソリス-ストック状あるいは岩床状の花崗岩類の中には、変成岩の面構造と調和的な面構造を有し、変成岩との境界付近で変成岩の構造に調和的な形態をなして貫入している、一般に調和的な花崗岩と呼ばれてきたものがある。領家帯で“古期”花崗岩、日高変成帯で中・下部花崗岩類(トータル岩)と呼ばれているものである。これに対して被貫入岩類の構造を切って貫入し、花崗岩体中の面構造があまり明瞭でなく、一般に非調和的な花崗岩と呼ばれてきたものがある。領家帯では新期花崗岩、日高変成帯では上部花崗岩類と呼ばれているもので、山陽帯の花崗岩類も同様の産状を呈する。このような花崗岩体の産状の違いで斜長石双晶様式にどのような違いがあるのか。

(2)に対して、(010)面を接合面としないペリクリン双晶がごく普通に出現することが明らかになってきた(例えば、高橋・西岡, 1994)。ペリクリン双晶は機械的な変形で生じるとされており(例えば Putnis, 1992)、ペリクリン双晶の産出頻度の違いが花崗岩貫入時のテクトニクスの違いを反映するかもしれない。

これらの問題意識をもって地質学的な検討がよく進んでいる近畿地方の領家帯と山陽帯ならびに北海道中軸部の日高変成帯の花崗岩体中における斜長石双晶について検討を行ってみた。

3. 対象地域の地質概略

3.1 領家-山陽帯

対象地域は近畿地方中一東部で、領家帯の花崗岩類として1/5万地質図幅「上野」及び「名張」地域(川辺ほか, 1997; 西岡ほか, 1998)、山陽帯の花崗岩類として1/5万地質図幅「京都東北部」(木村ほか, 1998)に分布するものから選んだ。

近畿地方の領家帯の花崗岩類は、花崗岩類相互の貫入関係、領家変成岩類に対する貫入様式(調和的か非調和的か)、片状構造の有無、岩質、岩体の規模などから第1期から第4期に分けられている(田結庄, 1985)。このうち第1期花崗岩は従来の区分による古期花崗岩、第2-4期花崗岩は新期花崗岩である。地質概略図(第1図)では第1期花崗岩を Schistose granitoids, 第2期及び第4期の花崗岩類を Weakly schistose to non schistose granitoids としてある。第1期花崗岩として片状構造の顕著な城立トータル岩、第2期花崗岩に弱い片状構造を持つ柳生花崗岩及び信楽花崗岩、第4期花崗岩として小規模なストック状の荒木花崗閃緑岩を対象とした。

近畿地方の山陽帯の花崗岩類は、丹波帯の中古生層に非調和的に貫入してそれらに熱変成作用を及ぼしている。ここでは木村ほか(1998)の仰木トータル岩、花脊石英閃緑岩、霊仙花崗閃緑岩、比叡花崗岩を対象とした。地質概略図(第1図)ではこれらを山陽帯の花崗岩類として一

括した。

3.2 日高変成帯

日高変成帯の基本構造は、逆転した西帯オフィオライトの上に主帯の島弧もしくは大陸性地殻が衝上したものである。このうち日高変成帯主帯は基本的に厚い変成岩層とこれに貫入した深成岩よりなり、両者とも西下位、東上位の鉱物学的・化学的性質を示す(宮下, 1982; 小松ほか, 1986; 小山内ほか, 1986)。

日高変成帯主帯の深成岩類は、はんれい岩-閃緑岩及び花崗岩類に大きく分けられる。変成岩層序の層準によって、深成岩類の性質には明瞭な違いがあるため、深成岩は貫入の場となっている変成岩類の変成度(深度)の違いに対応して区分されている(小松ほか, 1986; 志村, 1992)。すなわち、花崗岩類について言うと、グラニュライト相から角閃岩相の変成岩類に貫入している最下部-下部トータル岩、いわゆる中軸部のミグマタイト(Kizaki, 1964)にあたる中部トータル岩-花崗閃緑岩、弱変成岩類ないし非変成堆積岩類に貫入し、日高帯の花崗岩(舟橋ほか, 1967)と称されてきたものに相当する上部花崗閃緑岩-花崗岩からなる。地質概略図(第2図)では最下部-下部トータル岩を併せて下部花崗岩類、中部トータル岩-花崗閃緑岩を中部花崗岩類、上部花崗閃緑岩-花崗岩を上部花崗岩類としてある。

4. 斜長石の双晶様式

斜長石双晶を光学的に決定する方法はいろいろあるが、ここでは既に高橋(1995)で紹介した方法によった。すなわち Suwa *et al.* (1974)や Suwa (1978)の方法を整理簡便化したもので、接合面を決定後、双晶片同士の消光角の変化を利用して双晶様式を決定した。近畿地方の領家帯と山陽帯の花崗岩類及び日高変成帯の花崗岩類中に含まれる斜長石の双晶様式を第1表と第3図に示す。以下それぞれについて述べる。

4.1 領家帯と山陽帯

領家帯と山陽帯の花崗岩類ではアルバイト双晶(38-76%)、アルバイト-カールスバド双晶(4-42%)、アルバイト-ペリクリン双晶(10-32%)が主に含まれ、マネバツハ双晶やペリクリン双晶が少量(最大数%)認められ、まれにカールスバド双晶やアルバイト-アラ双晶が出現する。第4図にアルバイト双晶やペリクリン双晶以外の双晶(C双晶)とペリクリン双晶の頻度の関係を示した。ここでのペリクリン双晶頻度とはペリクリン双晶単独のものやアルバイト双晶などに重複しているものの合計である。C双晶の頻度は4%から44%、ペリクリン双晶の頻度は8%から38%である。領家帯の花崗岩類のうちいわゆる古期(第1期)と新期(第2-4期)で著しい違いは認

第1表 斜長石双晶様式の頻度.

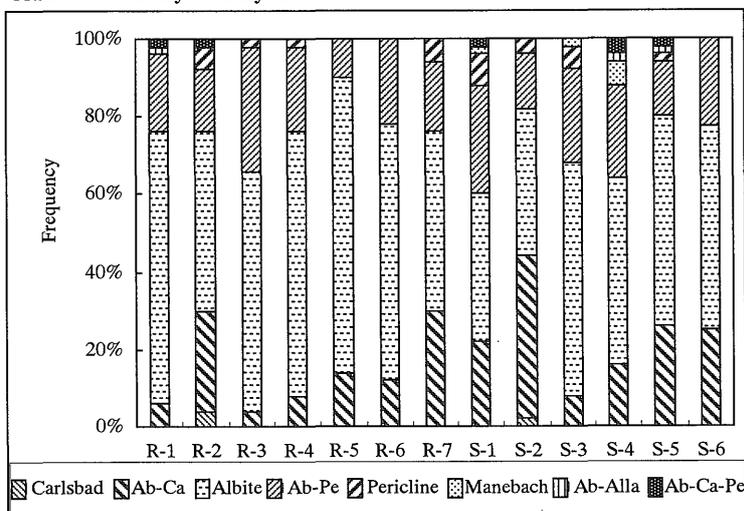
Table 1 Frequency of plagioclase twinning laws (number of measurement).

	Granitoids in Ryoke Belt							Granitoids in Sanyo Belt					
	Foliated			Weakly to none foliated				S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7						
Carlsbad	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ab-Ca	3	13	2	4	7	6	15	11	21	4	8	13	10
Albite	35	23	31	34	38	33	23	19	19	30	24	27	21
Ab-Pe	10	8	16	11	5	11	9	14	7	12	12	7	9
Pericline	0	3	1	1	0	0	3	4	2	3	0	1	0
Manebach	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0
Ab-Alla	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Ab-Ca-Pe	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0
Total	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	40

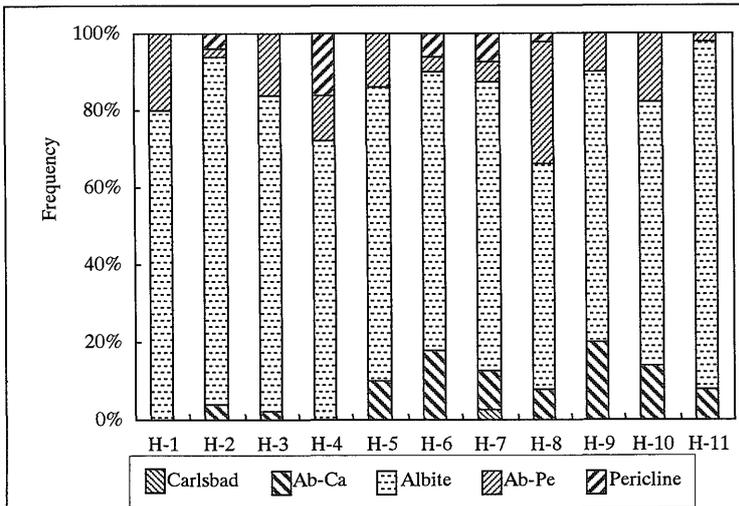
	Granitoids in Hidaka Belt										
	Lower		Middle					Upper			
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7	H-8	H-9	H-10	H-11
Carlsbad	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ab-Ca	0	2	1	0	5	9	4	4	10	7	4
Albite	40	45	41	36	38	36	30	29	35	34	45
Ab-Pe	10	1	8	6	7	2	2	16	5	9	1
Pericline		2		8		3	3	1	0	0	0
Total	50	50	50	50	50	50	40	50	50	50	50

Abbreviation: Ab-Ca; albite-carlsbad, Ab-Pe; albite-pericline, Ab-Alla; albite-alla, Ab-Ca-Pe; albite-carlsbad twinning overlapped by pericline twinning

Granitoids in the Ryoke-Sanyo Belts



Granitoids in the Hidaka Belt



第3図 領家-山陽帯及び日高帯の花崗岩類の斜長石双晶様式の頻度.

Fig. 3 Frequency of plagioclase twinning laws of the granitoids in Ryoke and Sanyo Belts and Hidaka Belt.

められず、それらをあわせた領家帯の花崗岩類と山陽帯の花崗岩類で違いが認められる。すなわち、C双晶の頻度が20%未満のものは大半が領家帯の花崗岩類であるが、20%を超えるものの過半は山陽帯の花崗岩類である。すなわちC双晶は巨視的には領家帯の花崗岩類より山陽帯の花崗岩類で多くなる。

4.2 日高変成帯

日高変成帯の花崗岩類(第1表及び第3図)ではアルバイト双晶がもっとも多く(58-90%), アルバイトペリクリン双晶(最大32%)やアルバイトカールスバド双晶(最大20%)が次に多い。ペリクリン双晶は単独にも出現する(最大16%)。その他の双晶は稀である。まとめるとC双晶が0-20%、ペリクリン双晶が2-34%の範囲である(第4図)。C双晶の頻度が5%未満の岩石は中・下部花崗岩類であるが、5%を超えるのは上部花崗岩類が過半である。すなわちC双晶は大局的に中一下部花崗岩類より上部花崗岩類で多くなる。

5. 他地域との比較

以上まとめると、花崗岩類の斜長石双晶でC双晶の頻度は近畿地方領家一山陽帯の花崗岩類で4-44%、日高変成帯の花崗岩類で0-20%である。ペリクリン双晶の頻度は両地域とも数%から40%の範囲に入り大きな違いはない。これらの結果をこれまで筆者が公表してき

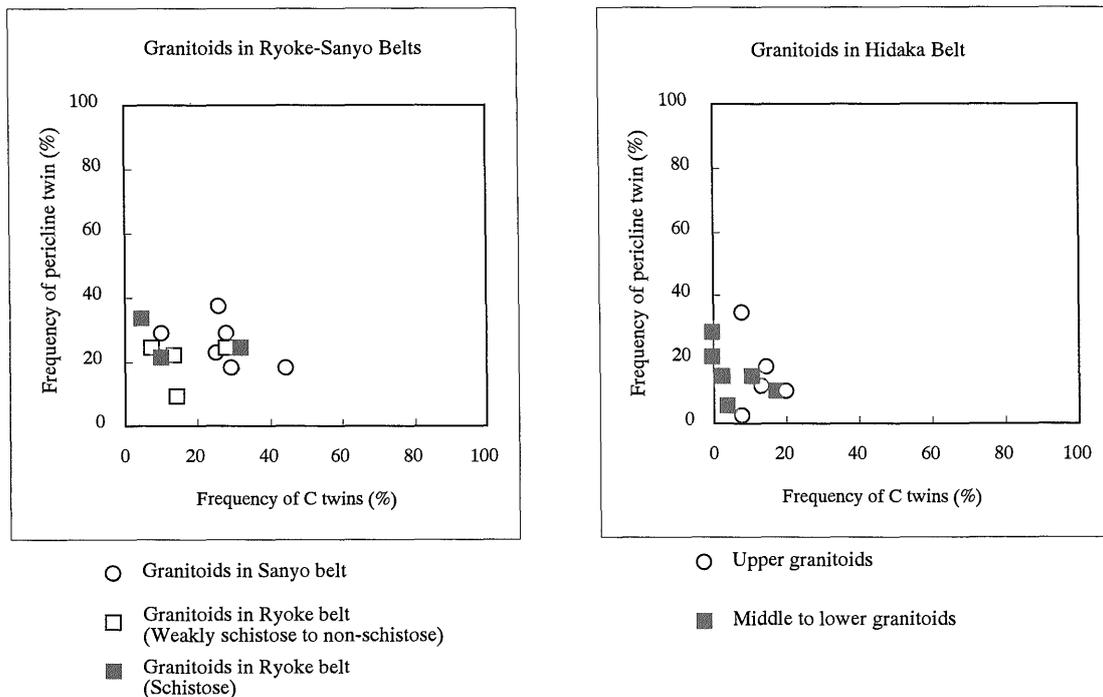
た地域の花崗岩類と比較してみた(第5図)。

5.1 東南極セールロンダーネ山地の花崗岩類との比較

東南極セールロンダーネ山地には角閃岩相からグラニュライト相の変成岩に調和的ないし非調和的にさまざまな貫入形態を呈して花崗岩類が貫入している。放射年代値は500 Ma前後である(例えばTainosho *et al.*, 1992)。これらの花崗岩類中の斜長石の双晶様式(Takahashi *et al.*, 1997)をみると、調和的な貫入様式を呈する花崗岩類のC双晶の頻度は0-10%、非調和的な貫入様式を呈する花崗岩類では10-25%である。ペリクリン双晶頻度は、1試料を除き、0-5%と今回の領家一山陽帯及び日高変成帯の花崗岩類に比べ少ない。

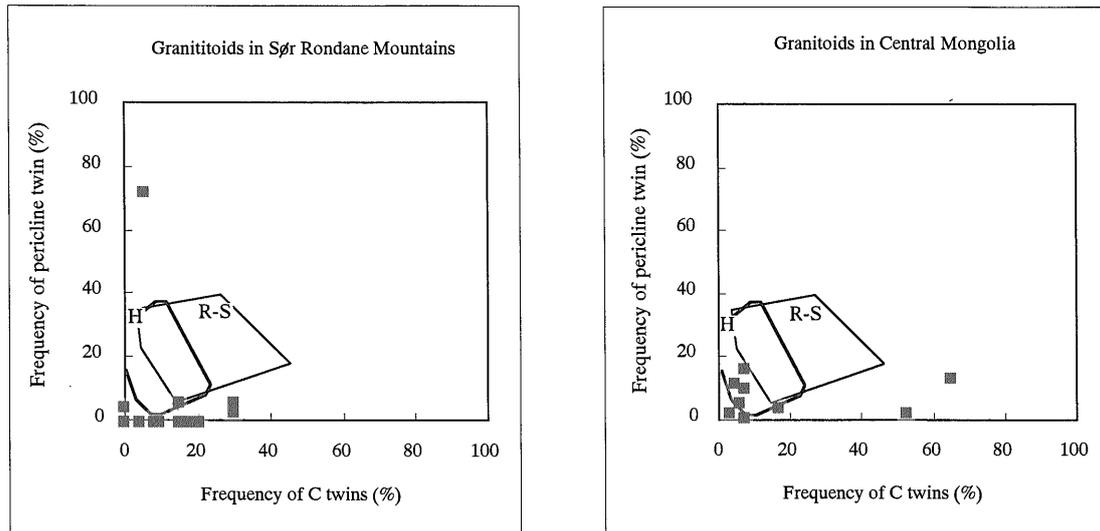
5.2 モンゴル中央部の花崗岩類との比較

モンゴル中央部にリフェアン(先カンブリア時代後期)から中生代初めにかけて活動した花崗岩類が広く分布する。リフェアン及び古生代前期の花崗岩類は原生代的高度変成岩類に調和あるいは非調和に貫入している。片状構造は一部顕著だが一般には弱い。古生代後期と中生代前期の花崗岩類は古生代前中期の付加堆積物(栗本, 1997)に貫入している。これらの花崗岩類について斜長石の双晶様式を調べたところ、リフェアン、古生代前期、古生代後期の花崗岩類の順に、3%、7%、6-65%とC双晶の頻度が大きくなる(Takahashi *et al.*, 1998)。ペリクリン双晶の頻度は20%以下で、領家帯や山陽帯及び



第4図 領家一山陽帯及び日高帯の花崗岩類におけるC双晶とペリクリン双晶頻度の関係。

Fig. 4 Relationship for frequency of C twins and pericline twin in the granitoids of Ryoke and Sanyo Belts and Hidaka Belt.



第5図 東南極セルロンダーネ山地及びモンゴル中央部の花崗岩類におけるC双晶とペリクリン双晶頻度の関係。

R-S; 領家一山陽帯の範囲, H; 日高帯の範囲。

Fig. 5 Relationship for frequency of C twins and pericline twin in the granitoids of Sør Rondane Mountains in East Antarctica and Central Mongolia.

R-S; area in the Ryoke and Sanyo Belts, H; area in the Hidaka Belt.

日高帯の花崗岩類のそれに比べ小さい(第5図)。

5.3 考察

以上のように領家一山陽帯及び日高変成帯の花崗岩類の斜長石双晶様式を明らかにした上で東南極やモンゴルの花崗岩類と比較した。ここで特にペリクリン双晶の頻度の違いについて考察してみる。

調和的な花崗岩類から非調和的な花崗岩類が典型的に産する領家一山陽帯と日高変成帯の花崗岩類のペリクリン双晶の頻度はおおむね同程度だが、南極セルロンダーネ山地の花崗岩類のそれは全く異なり小さな値である。ペリクリン双晶は動力学的な変形機構で生成する典型的な双晶で、例えば高温の剪断応力下で容易に生じることが確認されている(Borg and Heard, 1970)。領家一山陽帯並びに日高変成帯の花崗岩類は沈み込み帯に伴われる火成活動(Kinoshita, 1999; 前田, 1986)であるが、セルロンダーネ山地の花崗岩類はリフト的な火成活動(大和田ほか, 1992)であるとされている。このようなテクトニクスの違いのため、領家一山陽帯並びに日高変成帯の花崗岩類は花崗岩類貫入時に比較的強い剪断応力を受けていたが、セルロンダーネ山地の花崗岩類では領家一山陽帯や日高変成帯に比べて剪断応力が弱かったためにペリクリン双晶頻度の違いに反映しているのかもしれない。なおモンゴルの花崗岩類については地質学的な位置づけにまだ大いに議論の余地がある(高橋, 1999)ため、テクトニクスに絡めて解釈するに至らない。

6. まとめ

変成岩—非変成岩が連続する地域に貫入する花崗岩類の斜長石双晶の特徴を知るために、近畿地方領家一山陽帯と日高帯の花崗岩類について検討した。さらにその結果を東南極やモンゴルと比較してみた。その結果明らかとなったことは次の通りである。

- (1) 領家一山陽帯の花崗岩類の斜長石双晶についてみると、C双晶の頻度は4%から44%、ペリクリン双晶の頻度は8%から38%である。このうちC双晶は巨視的には領家帯の花崗岩類より山陽帯の花崗岩類で多くなる。
- (2) 日高変成帯の花崗岩類の斜長石双晶では、C双晶が0-20%、ペリクリン双晶が2-34%の範囲で、C双晶は大局的に中—下部花崗岩類より上部花崗岩類で多くなる。
- (3) 東南極セルロンダーネ山地の花崗岩類では、調和的な貫入様式を示す花崗岩体から非調和的な貫入様式を示すものへとC双晶の頻度が大きくなる。ペリクリン双晶頻度は1試料を除き0-5%と今回の領家一山陽や日高帯の例と比べはるかに小さい。
- (4) モンゴル中央部の花崗岩類ではC双晶頻度が0-20%と60%前後である。ペリクリン双晶頻度は、20%以下で領家一山陽帯や日高変成帯の花崗岩類に比べ小さい。
- (5) 領家一山陽帯並びに日高変成帯の花崗岩類とセルロンダーネ山地の花崗岩類におけるペリクリン双晶頻度の違いは、テクトニクスの場を反映した花崗岩類貫入時の剪断応力の違いを反映しているのかもしれない。

謝辞 本論文をまとめるにあたり、神戸大学田結庄良昭先生には拙稿の段階で御校閲していただいた。日高帯の花崗岩類の一部は、南極地域観測隊訓練で小山内康人博士(現岡山大学)及び大和田正明博士(現山口大学)の案内により採集されたものである。地質調査所の久保和也地質部長からは原稿の改良に御助言をいただいた。以上の方々にお礼申し上げます。

文 献

- Borg, I. Y. and Heard, H. C. (1970) Experimental deformation of plagioclases. *In* Paulitsch, P. (ed.), *Experimental and Natural Rock Deformation*. Springer-Verlag, 375-403.
- Gorai, M. (1951) Petrological studies on plagioclase twins. *Amer. Mineral.*, **36**, 884-901.
- 川辺孝幸・高橋裕平・小村良二・田口雄作(1996) 上野地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 99p.
- 舟橋三男・橋本誠二・金 詰祐(1967) 北海道中軸帯の花崗岩質岩石について。柴田秀賢教授退官記念論文集, 1-13.
- 河田清雄・宮村 学・吉田史郎(1986) 20万分の1地質図幅「京都及大阪」。地質調査所。
- 木村克巳・吉岡敏和・井本伸広・田中里志・武蔵野実・高橋裕平(1998) 京都東北部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 89p.
- Kinoshita, O. (1999) A migration model of magmatism explaining a ridge subduction, and its details on a statistical analysis of the granite ages in Cretaceous Southwest Japan. *The Island Arc*, **8**, 181-189.
- Kizaki, K. (1964) On migmatites of the Hidaka Metamorphic Belt. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, **12**, 111-169.
- 小松正幸・宮下純夫・在田一則(1986) 日高変成帯の構成。地団研専報, no. 31, 189-203.
- 栗本史雄(1997) モンゴル草原, バヤンホンゴルを訪ねて。地質ニュース, 509, 49-58.
- 黒田吉益・諏訪兼位(1983) 偏光顕微鏡と岩石鉱物(第2版)。共立出版, 343p.
- 前田仁一郎・末武晋一・池田保夫・戸村誠司・本吉洋一・岡本康成(1986) 北海道中軸部の第三紀深成岩類。地団研専報, no. 31, 223-246.
- 宮下純夫(1983) 日高変成帯西帯におけるオフィオライト層序の復元。地質雑, **89**, 69-86.
- 大和田正明・豊島剛志・白石和行・小山内康人・田結庄良昭・高橋裕平・先山 徹・松本 徂夫(1992) 東南極, セールロンダーネ山地中部の深成岩類。松本徂夫教授記念論文集, 507-514.
- 西岡芳晴・尾崎正紀・山元孝広・川辺孝幸(1998) 名張地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 72p.
- 小山内康人・宮下純夫・在田一則・番場光隆(1986) 大陸地殻-海洋地殻接合衝上体における変成作用と温度・圧力構造-日高変成帯・西帯の例-。地団研専報, no. 31, 205-222.
- Owada, M., Osanai, Y. and Kagami, H. (1997) Rb-Sr isochron ages for hornblende tonalite from the southeastern part of the Hidaka metamorphic belt, Hokkaido, Japan: Implication for timing of peak metamorphism. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 47, 21-27.
- Putnis, A. (1992) Introduction to mineral sciences. Cambridge Univ. Press, 457p.
- 志村俊昭(1992) 花崗岩質マグマの進入と日高変成帯の衝上テクトニクス。地質雑, **98**, 1-20.
- Smith, J. V. (1974) Feldspar Minerals 2 (Chemical and Textural Properties). Springer-Verlag, 690p.
- Suwa, K. (1956) Plagioclase twinning in Ryoke metamorphic rocks from the Mitsue-mura area, Kii peninsula, central Japan. *J. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **4**, 91-122.
- Suwa, K. (1978) Plagioclase twinning in Precambrian anorthosites. *The National Geographical Jour. India*, **24**, 107-120.
- Suwa, K., Mizutani, S. and Tsuzuki, Y. (1974) Proposed optical method of determining the twinning laws of plagioclase. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 11, 167-250.
- 田結庄良昭・弘原海 清・政岡邦夫(1985) 近畿地方における白亜紀~古第三紀火成活動の変遷。地球科学, **39**, 358-378.
- Tainosho, Y., Takahashi, Y., Arakawa, Y., Osanai, Y., Tsuchiya, N., Sakiyama, T. and Owada, M. (1992) Petrochemical character and Rb-Sr isotopic investigation of the granitic rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *In* Yoshida, Y. et al. Eds., *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, TERRAPUB, Tokyo, 45-54.
- 高橋裕平(1995) 斜長石双晶法の再検討とその地質学的応用。地質調査所月報, **46**, 527-536.
- 高橋裕平(1999) モンゴルの地質と調査研究活動。地質調査所月報, **50**, 279-289.
- 高橋裕平・西岡芳晴(1994) 三重県津西部地域, 領

- 家変成岩の斜長石双晶様式。岩鉱, **89**, 261-268.
- Takahashi, Y., Khan, T., Takahashi, Y., Kausar, A. B. and Kubo, K. (1996) Mode of plagioclase twinning of two plutonic bodies in Kohistan terrane, northern Pakistan. *J. Min. Petr. Econ. Geol.*, **91**, 242-249.
- Takahashi, Y., Tainosho, Y., Osanai, Y. and Tsuchiya, N. (1997) Relationship between geological occurrences and twinning laws of plagioclase in granitic and metamorphic rocks in the Sør Rondane Mountains, Antarctica. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **48**, 305-312.
- Takahashi, Y., Oyungerel, S., Naito, K. and Delgertsogt, B. (1998) Mineralogical characteristics of feldspars of the granitoids in Bayankhongor area, central Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **49**, 439-446.
- Tobi, A. C. (1961) Pattern of plagioclase twinning as a significant rock property. *Proc. Koninkl. Nederl. Akad. V. Wetenschap., Ser. B*, **64**, 576-581.
- 坪井誠太郎・水谷伸治郎・諏訪兼位・都築芳郎 (1977) 斜長石光学図表。岩波書店, 175p.

(受付: 1999年8月12日; 受理: 1999年10月6日)