

日高変成岩類中の斜長石双晶型式

高橋裕平¹

Yuhei TAKAHASHI (2002) Plagioclase twinning laws in the Hidaka metamorphic rocks. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 53 (1), p. 37-41, 3 figs., 1 table.

Abstract: Plagioclase twinning laws were investigated for the pelitic metamorphic rocks of the Hidaka Metamorphic Belt in Hokkaido. The frequency of pericline twinning law is low in green-schist to low amphibolite facies and low to high in high amphibolite to granulite facies. Tonalitic mylonite and sheared metamorphic rocks show high frequency of pericline twinning law. These are explained by the experimental data that the pericline twinning is resulted from the mechanical deformation under high temperature.

要 旨

日高変成帯の泥質岩起源変成岩中の斜長石双晶を調べ、変成作用との関係を検討した。その結果、ペリクリン双晶の頻度が、II帯(緑色片岩相から低度角閃岩相)とより変成度が高いIII-IV帯(高度角閃岩相からグラニュライト相)で大きな差があり、前者で0-20%、後者で6-52%ある。加えて、トータル岩起源のマイロナイトや剪断帯近くの変成岩ではペリクリン双晶の頻度が著しく大きい。これらは、III帯以上の高温下で機械的変形を受けるとペリクリン双晶が生じると解され、このことは既存の室内実験結果からも支持される。

1. ま え が き

斜長石の双晶型式の産出頻度の違いは、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形成条件の議論に用いられてきた。例えば、Gorai (1951) は、アルバイト双晶やペリクリン双晶(A双晶)は火成岩類や変成岩類のいずれにも普通に産出するのに対して、カールスバド双晶やアルバイト-カールスバド双晶など(C双晶)は火成岩類には産するが変成岩類では稀であることを指摘した。諏訪(1968)は、斜長石双晶の接合面(010)面の頻度が変成作用の温度の上昇とともに低くなると指摘した。斜長石双晶で、接合面を(010)面としない双晶のほとんどはペリクリン双晶であるから、諏訪の指摘は、変成作用の温度の上昇とともにペリクリン双晶が多く産すると言い換えることができる。その後の変形実験などから、ペリクリン双晶は高温で大きな剪断応力を受けると生成することがわかった(例えば、Borg and Heard, 1970; Olsen and Kohlstedt, 1985)。

最近の地質学的な研究の進展、特にテクトニクスや岩

石の履歴に関する研究の精密化などを踏まえ、斜長石双晶と岩石の地質学的背景を新たに論じることを目的に、筆者は各地の花崗岩類や変成岩類の斜長石双晶を系統的に検討している。今回、詳細な変成分帯が行われている日高変成帯において、変成度と斜長石双晶型式の関係を検討した。比較のために変成岩類に密接に伴っているマイロナイト化したトータル岩や東南極ナピア岩体の輝石グラニュライトについてもあわせて報告する。

2. 地質概説と変成分帯

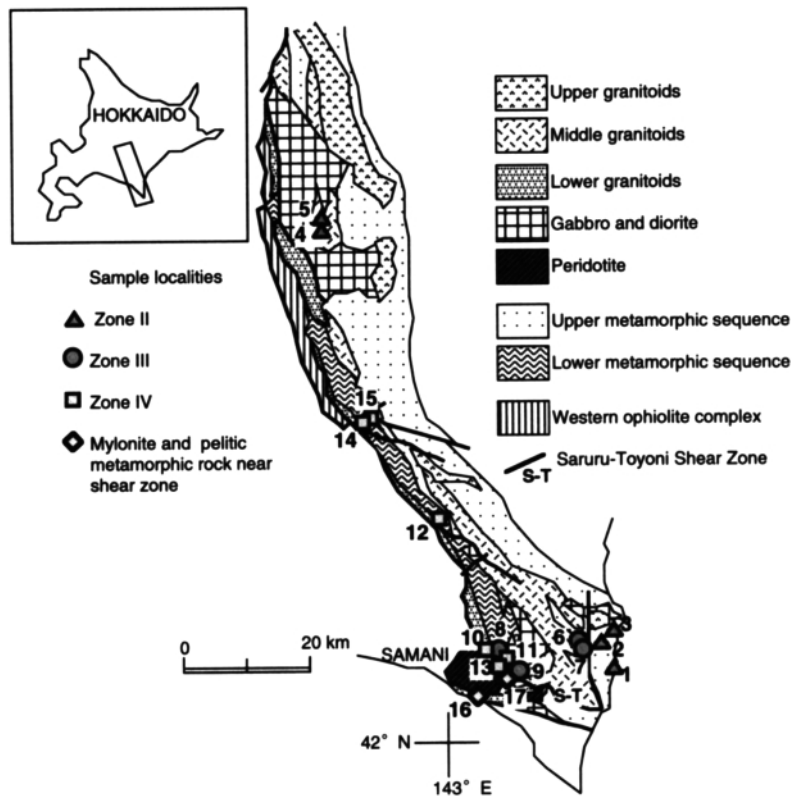
日高変成帯の基本構造は、逆転した西帯オフィオライト(宮下, 1983)の上に主帯の島弧もしくは大陸性地殻が衝上したものである(第1図)。このうち日高変成帯主帯は、基本的に厚い変成岩層とこれに貫入した深成岩からなり、両者とも西下位、東上位の鉱物学的・化学的性質を示す(小松ほか, 1986; 小山内ほか, 1986)。

Osanai *et al.* (1991) は日高山脈中央部の日高変成帯主帯について、変成度の低いものから高いものへ順にIからIVの変成分帯を行った。泥質岩類の変成鉱物組合わせは、I帯: 緑泥石, フェンジャイト, II帯: 黒雲母, 白雲母, (紅柱石, ザクロ石または堇青石), III帯: 黒雲母, ザクロ石, 珪線石, (堇青石またはカリ長石), IV帯: ザクロ石, 堇青石, カリ長石, (珪線石または黒雲母)である。

一方、Shiba (1988) や柴ほか(1992)は、日高変成帯南部で変成度の低いものから高いものへ順にAからFの変成分帯を行った。泥質岩類の変成鉱物組合わせは、A帯: 緑泥石, 黒雲母, 白雲母, B帯: 堇青石, 黒雲母, 白雲母, C帯: 堇青石, カリ長石, 黒雲母, D帯: 珪線石または紅柱石, カリ長石, 堇青石, 黒雲母, E帯: ザクロ石, 堇青石, カリ長石, 黒雲母, F帯: 斜方輝石, 堇青石,

Keywords: Hidaka, metamorphic rocks, plagioclase, twinning, pericline twin

¹地球科学情報研究部門 (Institute of Geoscience, GSJ)



第1図 地質概略図 (小松ほか, 1986 を簡略化).
 Fig. 1 Outline of Geology. Simplified from Komatsu *et al.* (1986).

カリ長石, 黒雲母である。さらに接触変成作用によるC帯: フィプロライト, 堇青石, 白雲母, (カリ長石)を設けてある。

Osanai *et al.* (1991) のI帯, II帯, III帯, IV帯は, Shiba (1988) や柴ほか (1992) のA帯, B-C帯, D帯, E-F帯にほぼそれぞれ順に対応する。変成鉱物組合わせの微妙な相違は, Shiba (1988) や柴ほか (1992) の泥質岩には, Osanai *et al.* (1991) が砂質岩としている岩石も一部含まれていることによるらしい。本報告ではOsanai *et al.* (1991) の変成分帯名 (II-IV帯) を使う。

苦鉄質岩の鉱物組合わせ (Osanai *et al.* 1991) も加味して変成相で表すと, I帯 (A帯) とII帯の一部 (B帯) は緑色片岩相, II帯の一部 (C帯) とIII帯 (D帯) は角閃岩相, IV帯 (E-F帯) はグラニュライト相となる。Osanai *et al.* (1991) は緑色片岩相と角閃岩相の間に過渡的状態も指摘している。以下ではII帯の角閃岩相を過渡的状態も含め低度角閃岩相, III帯の角閃岩相を高度角閃岩相とする。

3. 試料と解析方法

本研究では上記に基づき, 変成分帯が行われている地域の砕屑岩起源変成岩類 (主に泥質岩) の斜長石双晶を検討した。日高変成帯中央部及び南部の, II帯から5個,

III帯から4個, IV帯から6個の試料を解析した。さらに日高変成帯南部の主要な構造線である猿留-豊似剪断帯 (猪木・秦, 1956) の延長上で, 広域的な分帯ではIV帯に属するにもかかわらず, 細粒で白雲母を含み, 後退的変成作用を受けたと解釈できるような片状の泥質変成岩及びToyoshima (1991) がトータル岩を原岩とするマイロナイトと解釈した岩石各1試料も解析した。比較のために東南極ナピア岩体から輝石グラニュライト相に属する石英長石質片麻岩3個も解析した。

筆者が用いている双晶同定法について, これまでに何度か紹介している (例えば, 高橋, 1995)。要はSuwa *et al.* (1974) が提唱した消光角の変化を利用するものである。この手法を利用するため, あらかじめさまざまな双晶について消光角変化曲線を用意する必要がある。Suwa *et al.* (1974) などで公表されている図に加え, 高橋 (2001) により, 結晶方位の座標角を入力するだけで市販の表計算ソフトウェアからさまざまな場合の消光角変化曲線を得ることができる。

4. 結果と解釈

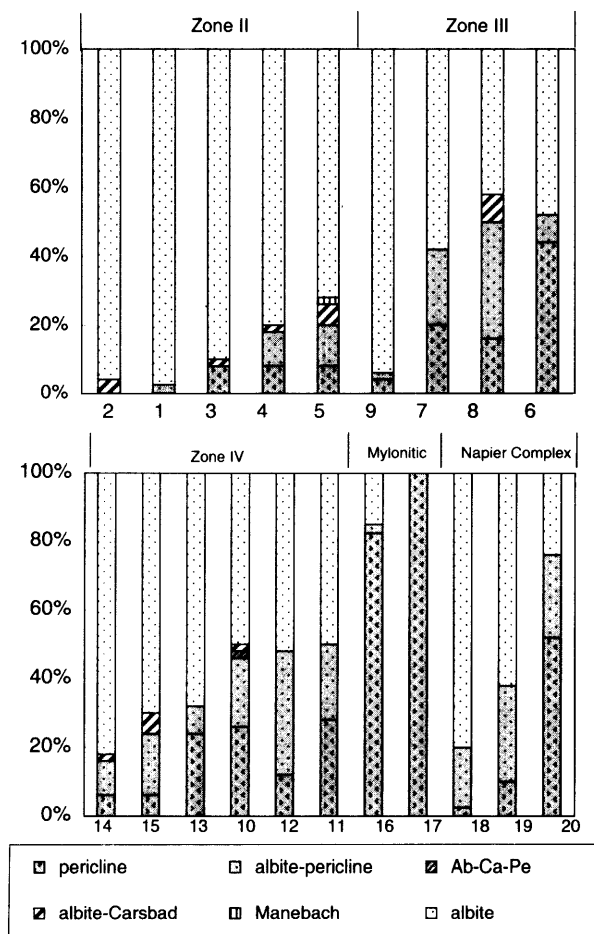
日高変成岩類の斜長石双晶型式の頻度を第1表と第2図に示した。全般に言えることは, 双晶はアルバイト双晶, ペリクリン (単独) 双晶, アルバイト-ペリクリン双

第1表 斜長石双晶形式の頻度.

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

Zone	Zone II (Greenschist to Amphibolite facies)					Zone III (Amphibolite facies)				
	B	B	B-C			D-E	D	D-E	D	
Zone in South										
Locality	Meguro	Meguro	Meguro	Bibairo R.	Bibairo R.	Kipuchi R.	Saruru R.	Fuchimi R.	Kinen-bashi	
Sp.no.	99102202	00SM-6	99102201	95081603	95081602	99102105	94061501	99102102	99102203	
No. in Fig. 1 and 2	2	1	3	4	5	9	7	8	6	
Number of measurements										
pericline	0	0	4	4	4	2	10	8	22	
albite-pericline	0	1	0	5	6	1	11	17	4	
Ab-Ca-Pe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ab-Ca-Pe: albite-Carsbad twin overlapped with pericline twin
albite-Carsbad	2	0	1	1	3	0	0	4	0	
Manebach	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
albite	48	39	45	40	36	47	29	21	24	
Total	50	40	50	50	50	50	50	50	50	
All crystals having pericline twinning (%)	0.0	2.5	8.0	18.0	20.0	6.0	42.0	50.0	52.0	

Zone	Zone IV (Granulite facies)						Mylonite near Shear Z		Qtz Fd-gneiss in granulite facies		
			E	F	F			F			
Zone in South											
Locality	Sashibichar	Sashibichar	Rubeshube R	Oizumi	Pirikanupuri	Kipuchi R.	Horoman	Kipuchi R.	Napier Complex in Antarctica		
Sp.no.	89071803	89071805	99102104	99102101	86072905	99102103	00SM-3	94061402	T90021404	AT90021702	AT90021701A
No. in Fig. 1 and 2	14	15	13	10	12	11	16	17	18	19	20
Number of measurements											
pericline	3	3	12	13	6	14	33	50	1	5	26
albite-pericline	5	9	4	10	18	11	1	0	7	14	12
Ab-Ca-Pe	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
albite-Carsbad	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Manebach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
albite	41	35	34	25	26	25	6	0	32	31	12
Total	50	50	50	50	50	50	40	50	40	50	50
All crystals having pericline twinning (%)	16.0	24.0	32.0	48.0	48.0	50.0	85.0	100.0	20.0	38.0	76.0



第2図 斜長石双晶頻度図。試料番号及び双晶略号は第1表と同じ。

Fig.2 Frequency of plagioclase twinning laws. Sample number and abbreviation of twinning laws are same as Table 1.

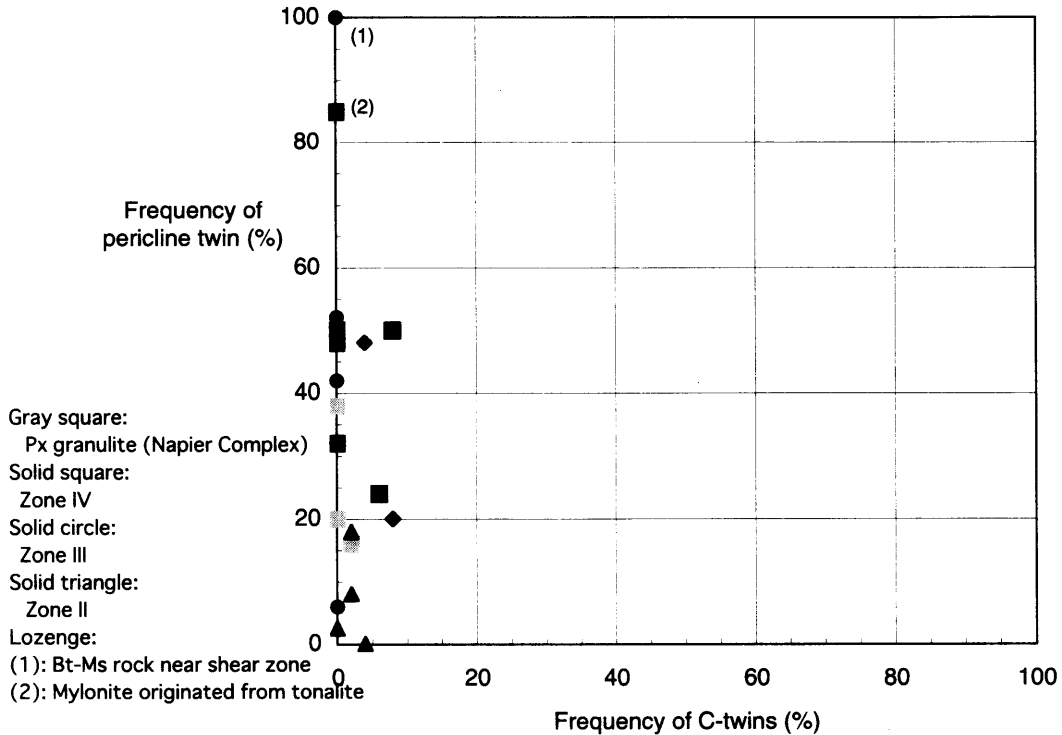
晶からなり、試料中の頻度は小さいが、およそ半数の試料でアルバイト-カールスバッド双晶を産する。

以下、議論で用いるペリクリン双晶の頻度とはペリクリン双晶を生じている結晶を総じた値である。すなわち、ペリクリン双晶単独からなるもの、アルバイト-ペリクリン双晶、アルバイト-カールスバッド双晶にペリクリン双晶が重なっているものの総数である。

大部分の試料で、アルバイト双晶の頻度はペリクリン双晶の頻度より大きい。しかしながら、剪断帯近傍の岩石やトータル岩起源のマイロナイトでは、ペリクリン双晶の頻度が著しく大きい。全体の傾向がわかるように第3図にペリクリン双晶とC双晶(アルバイト双晶, アルバイト-ペリクリン双晶, ペリクリン(単独)双晶以外の双晶)を生じている結晶の頻度の関係を示した。

変成度とペリクリン双晶出現の頻度との関係でみると、II帯で0-20%(5個の平均9.7%), III帯で6-52%(4個の平均37.5%), IV帯で16-50%(6個の平均36.3%)で、IV帯に前出の剪断線近傍の岩石を含めると最大100%である。ペリクリン双晶の産出頻度は、II帯では概して小さいが、III-IV帯では小さな値から大きな値まで幅が広い。なお、参考試料の東南極ナピア岩体の輝石グラニュライト相の石英長石質片麻岩では20-76%である。

諏訪(1968)は変成温度と双晶の接合面との関係に言及しているが、まえがきで述べたように、諏訪の指摘は変成作用の温度の上昇とともにペリクリン双晶が多く産すると言い換えることができる。今回の結果は諏訪(1968)の指摘をより詳しく言及したことになる。すなわち、緑色片岩相から低度角閃岩相のII帯と高度角閃岩相-グラニュライト相のIII-IV帯でペリクリン双晶の産



第3図 C双晶とペリクリン双晶頻度の関係。
Fig. 3 Relationship for frequency of C twins and pericline twin.

出頻度が異なる。

Borg and Heard (1970) はアルバイト双晶やペリクリン双晶が 800°C, 8-10 kbar で新たに生じることを示した。この時の歪み速度は 2×10^{-5} /sec である。それよりも低温低圧では (010) 面のすべりは観察されるが、あらたな双晶は生じていない。変形ですべり面だけでなく双晶を生じるのは、剪断応力でおおよそ 1 kbar からである。Wenk (1969) はもともとアルバイト双晶からなる斜長石を 5-15 kbar, 800-1000°C の条件で実験を行い、840°C より高温でペリクリン双晶が新たに生じることを示した。これらなどを踏まえ、Smith and Brown (1988) はペリクリン双晶が高温下の機械的変形で生じるとした。

Borg and Heard (1970) の実験でペリクリン双晶が生じた温度 800°C は、天然の岩石が経た変成作用や剪断作用の温度よりも高い。天然の岩石は斜長石以外の鉱物も含むとか、実験での歪み速度や剪断応力の違いがあることなどから、定性的に比較的変成温度が高い場合にはペリクリン双晶ができやすいと言えるにすぎない。

これらのことから日高変成岩類のうち、変成温度が高い III-IV 帯の岩石では、ある程度の剪断応力を受けたものではペリクリン双晶を容易に生じ、その頻度が大きい。変成温度の低い II 帯の岩石では、たとえ剪断応力を受けるものがあってもペリクリン双晶を多数生じるに至らなかったものと解することができる。

以上のような日高変成岩類から得られた結果と解釈に基づけば、かつて筆者らが報告した三重県東部の領家変

成岩類中のペリクリン双晶の頻度の地域差 (高橋・西岡, 1994) を説明できる。当該地域の広域的領家変成作用では、高度角閃岩相に至る高温下にあったが、剪断応力は弱く、そのためペリクリン双晶を多く産するに至らなかったが、その後の非調和的花崗岩体 (加太花崗閃緑岩) の貫入により、花崗岩体の周辺では接触変成作用を新たに被るとともに機械的変形でペリクリン双晶を多数生じたと解釈できる。

5. ま と め

日高変成岩類中の斜長石双晶を検討し、変成度との関係を議論した。参考のため、より変成度の高い東南極の片麻岩のデータも示した。さらにかつて報告した領家変成岩類の双晶の地域差の解釈も行った。

- (1) 日高変成岩類では、II 帯 (緑色片岩相から低度角閃岩相) と III-IV 帯 (高度角閃岩相からグラニュライト相) でペリクリン双晶の頻度が明瞭に異なり、前者は小さいが、後者は小さいものもあるが概して大きな値のものが多い。
- (2) 剪断帯近くの岩石やトータル岩起源のマイロナイトではペリクリン双晶出現頻度は著しく大きい。
- (3) この結果は、高温下で機械的変形を受けるとペリクリン双晶が生じるという実験結果から定性的に説明できる。
- (4) 以上の日高変成岩類の結果と解釈から、三重県東部

の領家変成岩類地域における双晶の頻度の地域差を説明した。高度角閃岩相の変成作用を受けた地域で非調和的花崗岩体の貫入により、その花崗岩体の周辺ではペリクリン双晶を多数産するに至ったと解釈できる。

謝辞 小論を草するにあたり、高橋 浩氏には粗稿の段階で御校閲をしていただいた。佐藤卓見氏には岩石薄片を作成していただいた。編集委員会の松久幸敬氏と平野英雄氏からは小論の議論の質の向上に多大なる御指導をいただいた。ここに記してお礼申し上げます。

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.
- 猪木幸男・秦 光男 (1956) 5 万分の 1 地質図幅「猿留」及び同説明書。地質調査所, 28 p.
- 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.
- 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.
- Olsen, T.S. and Kohlsledt, D.L. (1985) Natural deformation and recrystallization of some intermediate plagioclase feldspars. *Tectonophysics*, **111**, 107-131.
- 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.
- Osanaï, Y., Komatsu, M. and Owada, M. (1991) Metamorphism and granite genesis in the Hidaka Metamorphic Belt, Hokkaido, Japan. *Jour. Metamorphic Geol.*, **9**, 111-124.
- Shiba, M. (1988) Metamorphic evolution of the southern part of the Hidaka belt, Hokkaido, Japan. *Jour. Metamorphic Geol.*, **6**, 273-296.
- 柴 正敏・川村 淳・大貫 仁 (1992) 日高変成帯南部のグラニューライト相変成作用。月刊地球, **14**, 300-305.
- Smith, J.V. and Brown, W L. (1988) *Feldspar Minerals (vol. 1) second revised and extended ed.* Springer-Verlag, 828p.
- 諏訪兼位 (1968) 斜長石ノート-特に斜長石双晶について-。地球科学, **22**, 156-163.
- 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.
- 高橋裕平 (1995) 斜長石双晶法の再検討とその地質学的応用。地調月報, **46**, 527-536.
- 高橋裕平 (2001) 表計算ソフトウェアを利用した消光角変化曲線の求め方。岩石鉱物科学, **30**, 247-249.
- 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.
- Toyoshima, T. (1991) Tectonic evolution of the Hidaka Metamorphic Belt and its implication in Late Cretaceous-Middle Tertiary tectonics of Hokkaido, Japan. *Science Reports of Niigata Univ., Ser. E, Geology and Mineralogy*, no. 8, 1-107.
- Wenk, H.R. (1969) Annealing of oligoclase at high pressure. *Amer. Mineral.*, **54**, 95-100.

(受付: 2001 年 11 月 5 日; 受理: 2002 年 1 月 31 日)