関東山地東部の三波川変成岩類中の緑閃石

Actinolite in the eastern part of the Kanto Mountains

関 陽 太 郎 (Yôtarô Seki)*

Abstract : Glaucophanitic regional metamorphic terrain in the eastern part of the Kanto Mountains can be divided into the following two parts; pale coloured actinolite zone and greenish blue actinolite zone. Though the greenish blue actinolite is only found in the highest grade part of the terrain; "spotted schist zone", pale coloured actinolites are chiefly distributed in the non-spotted schists, phyllites or weakly metamorphosed Paleozoic formation. These two kinds of actinolite can be easily discriminated to each other by their optical properties (Figure 1).

Chemical, optical and X-ray data of these two actinolites are also given in this paper.

1. 緒 言

1938 年、堀越が発表した四国別子地方の三波川変成岩類の中にある角閃石族の研究¹⁾は、当時の三波川変成帯研究にとって新しい方法であり、又、注目すべき結果であつた。そして、三波川変成岩の造岩鉱物の研究として、この堀越の研究に十分肩を並べうるものは、それ以後 1957 年頃まで報告されることがない。筆者は、関東山地東部の三波川変成岩類の岩石学的研究を進める過程で、これらの変成岩類の中の mafic 火山噴出岩および貫入岩を源岩とする緑色変成岩に、きわめて普遍的にみられる緑閃石 (actinolite) の光学的・化学的性質と産状とに注目した。その結果は、上にあげた堀越の四国の三波川結晶片岩で出した結果および彼がその論文で関東山地の三波川変成岩中の緑閃石に就いて述べたことに、ほぼ近いものであつた。関東山地の三波川変成岩類の中には、mafic な火山噴出物または貫入岩の、火成段階での、褐色～褐緑色～緑色の普通角閃石 (hornblende) が残晶としてしばしば見出されるが、変成作用にともなつて出来た角閃石としては普通角閃石と考えられるものはない。もつとも屈折率の高いものでも、後に述べる如く、緑閃石と称さるべきものである。斜方角閃石はまだ見出されることがない。

この研究では、東京大学都城秋穂および紫藤文子氏から、有益な助言を得た。X-線粉末データをうるにあつては、紫藤文子氏を通じて、東京大学理学部地質学教室岩石学研究室より多くの援助を得た。以上の各氏にふかく感謝する。

2. 緑閃石の分布と鉱物組合せ

関東山地に於ける三波川変成岩類の中での緑閃石の分布範囲の層序的な上限は、前に述

* 埼玉大学文理学部地学教室

1) 堀越義一：地質，45，290～301，1938.

べたリーベカイトまたはマグネシオリーベカイト成分に富むアルカリ角閃石のそれ¹⁾にほぼ近く、弱変成古生層中の“チャート及び碎屑岩層”の中部又は上部である(文献1)の第1図参照) 緑閃石はそれ以下、この地域の最下部層である点紋片岩層にまでの間の、mafic な火山噴出岩および貫入岩源の変成岩の中に広く分布する。このような緑閃石を鏡下で見る時、これらの緑閃石が層序的な上下によつて、ほぼ二種にわけられうることに気付く。それは、点紋片岩層内の緑色片岩に限られて見出される比較的濃い青緑色の多色性を示すものと、無点紋片岩層およびそれ以上の層準の緑色変成岩類の中にある無色又は、淡緑・淡黄緑色の多色性のものとである。両種の緑閃石の分布の境は、決して確然たるものではないし、又、その境が点紋・無点紋の片岩層の境(これも決して一つのきまつた面で表わされうるものではないが)に常に一致するものでもない。例えば寄居町西部では、淡緑色緑閃石が無点紋片岩層の下限より点紋片岩層の中にまで広く見出されている。しかし、点紋片岩層中に安定にある緑色片岩の緑閃石が主として、青緑色緑閃石であり、又、青緑色緑閃石は、点紋片岩層の中でのみ安定に見出される(弱変成古生層のなかのmafic な貫入岩で、褐色普通角閃石を囲んで青緑色緑閃石の出来ていることがあるけれども、これらの緑閃石は常に、無色ないし淡緑色の緑閃石によつて囲まれている)。これらの緑閃石のうち、青緑色緑閃石は緑泥石・チタナイト・スティルブノメレーン・白雲

第 1 図

(a) 関東山地東部の変成岩中の緑閃石の光軸角と β との関係

- : 点紋結晶片岩層の緑閃石
- : 無点紋片岩層およびそれ以上の層準の閃緑石

(b) 青海地方の結晶片岩中の緑閃石の光軸角と β との関係

- : 緑泥石帯の中の変成度のたかい部分の緑閃石
- : 緑泥石帯の中の変成度のひくい部分の緑閃石
- ◐ : 黒雲母帯の青緑色普通角閃石

(ハッチした部分は、阿武隅山地の角閃岩〜エビドート角閃岩中の普通角閃石のフィールドを示す)

1) 関 陽太郎 : 岩鉱, 42, 128~135, 1958.

母・エビドート・石英・曹長石・稀にザクロ石と安定に共存する。無色～淡色緑閃石は、エビドート・パンベリー石・緑泥石・チタナイト・スティルプノメレーン・白雲母・石英・曹長石・稀にローソン石と安定に共存する。これらの緑閃石とアルカリ角閃石との関係は、すでに報告した通りである¹⁾が、その中、点紋片岩層にあるアルカリ角閃石(リーベカイト又はマグネシオリーベカイト成分に富む)は、常に不安定な形で青緑色緑閃石につつまれていることは注目すべき事実である。

3. 光学恒数について

上に述べたような分布を示す緑閃石の β と $2V_x$ を幾つか測定して、それらの値を、それぞれ横、縦両軸とする図にプロットすると第1図(a) のようになった。即ち先に無色ないし淡色緑閃石と呼んだものと、青緑色と呼んだものとは、光学的性質によつて相当はつきり区別されうる。之を、先にあげた堀越のデータと比較すると、堀越が四国別子地方で green schist と呼んだものの中の緑閃石が、関東山地での青緑色緑閃石に、同じく堀越が green phyllite と呼んだものの中の緑閃石が、関東山地での無色～淡色緑閃石にほぼ相当するものであるらしい。多色性もそれぞれ極めてよく一致するし、又、この論文の第1図は堀越の論文の第7図(堀越は β でなく、劈開片上に於ける $N_{2D}(=\gamma)$ をはかつた)とよく一致する。

このような区別は、上に述べたように四国の三波川変成岩類にも通用するらしいが、更に他の広域変成域の変成度への分帯にも用いられうるらしい。例えば、筆者が調べた限りでは、青海地方の結晶片岩地域で坂野が緑泥石帯とよんだもの²⁾は、第1図のBのフィールドに入る光学的性質の緑閃石をもつ緑色片岩がある部分と、Aのフィールドに入る緑閃石で特徴づけられる緑色片岩をもつ部分とに二分され得る(第1(b)図)。前者は、坂野の黒雲母帯に移行し、坂野によるとその中に藍閃石片岩がないが、後者には、藍閃石片岩を介在するという。

4. 化 学 成 分

第1図のA、Bの2つのフィールドに落ちる光学的性質を持つ緑閃石をそれぞれ1つづつ、緑色片岩からアイソダイナミックセパレーターとクレリシ液を用いて分離した。不純物としてごく僅かのチタナイトが入つて居るのを除いては、分離結果はほぼ満足すべきものであつた。それらのサンプルの化学組成は第1表に示されて居る通りである(光学的性質も付記した)。

第1表から青緑色緑閃石(II)は無色緑閃石(I)に較べて Fe^{2+}/Mg 比が大きく、且つAlの多いことがわかる。このことは、それらの光学的性質からも大体推定され得ることであり、又、再結晶の程度その他の点³⁾⁴⁾より考えて、青緑色緑閃石で特徴づけられる点紋片岩層は、緑閃石で特徴づけられる無点紋片岩層およびそれ以上の層準の部分よりも、おそらく変成度が高い(少くともより高温で変成された)であろうと思われる事とよく一致する。

1) 関 陽太郎：前出，1958.

2) Banno, S. : Jap. Jour. Geol. Geogr. (in press)

3) 関 陽太郎・加藤千草：岩鉱，43，57～63，1959.

4) Miyashiro, A. and Seki, Y. : Am. Jour. Sci., 256, 423～430, 1958.

第1表 関東山地東部の緑閃石の化学成分と光学的性質

	I	II		I	II
SiO ₂	56.06	50.55	O	23	23
TiO ₂	n. d.	n. d.	Si	7.93	7.42
Al ₂ O ₃	2.14	6.51	Al	0.07 } 8.00	0.58 } 8.00
Fe ₂ O ₃	2.22	5.40		0.28	0.54
FeO	8.97	11.58	Fe''	0.24	0.60
MnO	0.23	0.32	Fe''	1.06 } 5.01	1.42 } 4.94
MgO	16.11	10.72	Mn	0.03	0.04
CaO	10.28	9.77	Mg	3.40	2.34
Na ₂ O	1.36	1.46	Ca	1.55	1.54
K ₂ O	0.00	0.18	Na	0.37 } 1.92	0.41 } 1.98
H ₂ O+	2.42	2.89	K		0.03
H ₂ O-	0.17	0.31	H ₂ O	1.14	1.45
Total	99.96	99.69			

	I	II
α	1.626	1.648
β	1.634 } ± 0.002	1.661 } ± 0.002
γ	1.640	1.669
$\gamma-\alpha$	0.014	0.021
(-)2V	76°-80° (average 78°)	61°-68° (average 65°)
c $\wedge$ Z	24°	30°
X	colourless	pale yellowish brown
Y	pale yellow	pale bluish green
Z	pale brownish yellow	pale greenish yellow
orientation	b=Y	b=Y

I: 緑閃石・エビドート・緑泥石・チタナイト・石英・曹長石片岩中の淡色緑閃石(埼玉県東秩父村白石), 原子比は H₂O を除いた時に 0=23 として計算された。(分析者, 関・加藤千草)。

II: 緑閃石・エビドート・緑泥石・チタナイト・絹雲母・スティルブノメレーン・石英・曹長石片岩中の緑青石緑閃岩(埼玉県東秩父村大内沢), 原子比は, H₂O を除いた時に 0=23 として計算された。(分析者, 関・加藤千草)。

5. X-線解析値

Philips ガイガー計数管 X-線 diffractometer (Cu-K α) を用いて得られたデータをもとにして, これらの緑閃石の格子恒数を算出し指数化を試みた結果は, 第2表に示されて居る。これら2種の緑閃石には, 前に述べたような, 化学組成上の差があるにもかかわらず, 格子恒数などに関しては, 両者の間に全くといってよい程差がない。

単斜角閃石の X-線データによる指数化は, 1954 年に, 人工透角閃石について Comefero と Kohn とによつて発表されており¹⁾, 第2表の値は, Comefero らによる

1) Comefero, J. E. and Kohn, J. A. : Am. Min., **39**, 537~548, 1954.

第2表 関東山地東部の緑閃石の X-線データと格子恒数 (CuK α)

I, II は, 第1表の I, II にそれぞれ対応する

Indices	I		II	
	2 θ	Intensity	2 θ	Intensity
020	9.7	15	9.7	9
110	10.4	100	10.4	100
130	17.38	14	17.39	9
111	18.07	19	17.99	15
200		...	18.69	8
040	19.57	23	19.61	16
220	21.02	9	21.02	9
131	22.83	15	22.80	10
{ 131	26.24	40	26.24	30
{ 041				
240	27.12	40	27.16	46
310	28.69	80	28.72	80
221}	30.30	36	30.32	20
151}				
330	31.83	16	31.86	17
331	32.70	22	32.69	24
151	33.01	73	33.00	70
061	34.52	19	34.48	29
202	35.32	23	35.29	23
350	37.63	15	37.65	10
351	38.40	29	38.41	40
312	39.56	10	39.56	5
261	41.63	22	41.62	10
202	44.26	9	44.16	8
351	44.80	13	44.85	9
461	55.53	17	55.53	14
a	9.86 Å		9.86 Å	
b	18.13 Å		18.10 Å	
c	5.28 Å		5.31 Å	
β	75° 20'		75° 20'	

ものによく一致する。

6. 討 論

この論文および筆者による関東山地の三波川変成岩類に関する今迄の一連の論文¹⁾²⁾³⁾⁴⁾から、関東山地では、不変成ないし弱変成古生層より点紋結晶片岩層までの間に、全体として、一連の増進変成作用があつたと容易に結論され得る。そして、関東山地に於ける増進変成作用の最高度の部分を示すと思われる所に第1表 II にあげた青緑色緑閃石が出来たのである。

1) 関 陽太郎 : 岩鉱, 41, 155~163, 1957.

2) " : 岩鉱, 41, 227~235, 1957.

3) " : 前出, 1958.

4) 関 陽太郎・加藤千草 : 前出, 1958.

堀越が四国別子地方の三波川変成岩中の角閃石の研究の結果を報告した時に、次のような注目すべきことを述べているのをこゝで想起しなくてはならない。“関東山地の結晶片岩区域中には、別子附近で筆者が含黒雲母あるいは含ザクロ石片岩帯とせる部に相当する岩石は見当らない。岩石の見掛けも、角閃石の性質も、関東山地の大部分の結晶片岩は、別子附近の岩石と較べると、一般的用語を用うるならば、その変質度の低き部に相当すると考えられる”。堀越の推論をそのまゝ考えると、関東山地の最高変成度を示すと思われる点紋岩層より更に変成度の高い部分がもしあつたとすれば、それは、別子附近の頁岩・砂岩源の結晶片岩の中に黒雲母の出来ていることで特徴づけられる堀越の含黒雲母片岩帯又は最近の坂野の研究による黒雲母帯¹⁾でなくてはならない。又、坂野によつて研究された青海地域の黒雲母帯²⁾に対応するものであるかも知れない。前にこの論文の中で述べたように、緑閃石の光学的性質からすると関東山地の点紋片岩帯とそれ以上の層準の部分とは、青海に於ける緑泥石帯の変成度のたかい部分と、それより低変成度の部分とに、それぞれ対応する。又、筆者の調べた範囲では、青海で坂野が黒雲母帯とした、頁岩・砂岩源の結晶片岩に黒雲母が普遍的に見られる部分に介在する緑色変成岩(エビドート角閃岩と言うべきものであろう)の中の角閃石は、関東山地の緑色片岩の中にはまだ見出されたことがない、いわゆる普通角閃石と言うべきものであり、第1図C部分に入る光学的性質をもつ(第1(b)図)。又、前にあげた別子地方の、含黒雲母片岩帯の中にあり、堀越が“spotted hornblende schist”とした岩石のなかの普通角閃石の光学的性質は、上に述べた青海の黒雲母帯の中の緑色岩のなかの普通角閃石の光学的性質と類似する。

このような、角閃石族の吟味から、関東山地、青海、別子の三地域の同じように藍閃石質の広域変成作用の間に第3表のような変成度の対比が可能ではないかと思われる。

第3表 関東山地東部、青海地方、および別子地方の、変成度の概略の対比

関東山地東部		青 海 地 方		別 子 地 方			
緑 泥 石 帯	無色緑閃石帯 ¹⁾	緑 泥 石 帯	無色緑閃石帯 ²⁾	緑 泥 石 片 岩 帯	green-phyllite ³⁾	緑 泥 石 帯	I ⁴⁾
	青緑色緑閃石帯	緑 泥 石 帯	青緑色緑閃石帯	緑 泥 石 片 岩 帯	green-schist	緑 泥 石 帯	II
	欠 除		黒 雲 母 帯	含片 黒雲 母	spotted hornblende schist	黒 雲 母 帯	III

1) 本論文 2) S. Banno, 前出, 1958 3) 堀越義一, 前出, 1938

4) Miyashiro, A. & Banno, S. 前出, 1958

勿論、筆者は、堀越がかつて述べたように、“角閃石のみからかゝる結論を下すことは、むしろ乱暴であるが、”結晶片岩中に広く分布する角閃石が重要な意義を有する事は確かである”とも考えるので、あえて、こゝに、筆者の考えを提した次第である。

1) Miyashiro, A. and Banno, S. : Am. Jour. Sci., 前出, 1958.

2) Banno, S. : Jap. Jour. Geol. Geogr., 前出.