む す び

以上の考察から、つぎのことが要約される。

1. 花崗岩質ミグマタイトおよび堇青石ミグマタイト内には、産状、岩質が類似する堆積岩源包有岩が存在するが、これらは、すべてホルンフェルス帯がミグマタイト化された際の残存岩石である。

2. 花崗岩質ミグマタイト、堇青石ミグマタイト内にみられる珪礫質包有岩の多くは、石灰質包有岩がミグマタイト化作用にともなう交代作用をうけたことによつて生成したものとおもわれる。

3. 花崗岩質ミグマタイト内の斑斕岩質包有岩、および堇青石ミグマタイト内の角閃岩質包有岩は、ともに、ミグマタイト化作用がおこなわれる以前、つまり、片状ホルンフェルス帯の時期に岩脈状に存在していたが、その後のミグマタイト形成によつて生成された一種の残存岩脈と考えられる。

4. 堆積岩源包有岩および斑斕岩質包有岩からみると、花崗岩質ミグマタイトは堇青石ミグマタイトにくらべ、ミグマタイト化作用のつよさが、はげしかつたことが堆定できるが、その成因に近縁性のあることが考察される。

おわりにあたり、ご指導とご校閲の労をとられた、舟橋三男助教授、橋本誠二助教授、牛来正夫助教授にたいし、ふかく感謝の意を表する。なお、ご批判と助言をよせられた日高研究グループの方々に、あつくお礼を申しあげる。この研究には、北海道地下資源調査所の調査費及び文部省の科学研究費を使用したことを記し、当局に深謝の意を表する。

インド石結晶に関する一考察：反論

On the indialite crystal : a discussion

都 城 秋 穂 (Akiho Miyashiro)*

飯 山 敏 道 (Toshimichi Iiyama)**

1. ま え が き

本誌第40巻第3号(1956年6月)に、杉浦孝三、寺田召二両氏は「インディアライト結晶に関する一考察」という論文を発表された。ところが、不幸にして私たちは、その論文の内容に対して根本的に反対である。そこで、それに対する私たちの意見を簡単にのべておきたいと思う。

私たちの意見をのべるための便宜上、はじめに、堇青石とインド石(インディアライト)についての私たちの研究の現状を説明しておくことにする。

2. 私たちの堇青石とインド石の研究の現状

私たちおよび協同研究者(山崎正男氏、都城タミ氏、三本杉巳代治氏)の堇青石、大隅石、インド石の研究は、1951年頃から始まつて現在に及んでいる。その間に書いた論文

* 東京大学理学部地質学教室

** 東京医科歯科大学歯科材料研究所

を、三つの種類に分けることができる。第一の種類¹⁾は大隅石に関する論文で、1953年に書かれた。第二の種類²⁾は堇青石とインド石に関する1954~1955年春の論文で、第三の種類³⁾は堇青石とインド石に関する1955年夏以後の新しい研究である。本稿に関係があるのは、主として第三の種類のものであるから、以下にそれを簡単に解説する。

1954年~1955年春の論文で、私たちは六方晶系の新鉱物インド石を発見し、それが堇青石と同質多像関係にあり、しかも結晶構造も似ていることを明らかにした。幾何学的には、インド石と堇青石との間には、いろいろな中間的な構造状態をもつ結晶が存在する可能性はあると当時から考えていたが、まだ実際には、そのようなものを見出してはいなかった。ところが1955年の夏になつて、三本杉巳代治氏が福島県須釜のベグマタイトから見出された堇青石様の鉱物が、そのような中間的な構造状態にあることに私たちは気づいた。まもなく私たちは類例をたくさん発見し、その年の末までには、堇青石と六方晶系のインド石との間には、あらゆる中間的な構造状態をもつ結晶が存在することを明らかにした。人工的にも中間的な結晶を容易に作りうるということがわかつた。堇青石とインド石との関係は、近年 Mackenzie, Laves, Goldsmith などによつて明らかにされたカリ長石の同質多像関係(微斜長石とサニディンとの関係)に極めてよく似ている。

実験的には、たとえばX線 $\text{CuK}\alpha$ に対して、ふつうの堇青石の粉末廻折曲線は第1図の左図に示す如く、 $2\theta = 29^\circ - 30^\circ$ の範囲に少くとも3つの明瞭なピーク A, B, D を示す。(これらの指数はそれぞれ 511, 421, 131 である。) 堇青石の構造がしだいに変化して、インド石に近くなると、この3つのピークは互に接近し、第1図の中央の図に示す如く、まず A と B が合して見掛上1つになる。インド石では、第1図の右図に示す如く、この3つのピークは完全に合して1つの単一のピークになつてしまう(その指数は 1231 である)。X線 $\text{CuK}\alpha_1$ に対して、次の値、 $\Delta = 2\theta_D - 1/2(2\theta_A + 2\theta_B)$ を求めると、これはインド石では 0° で、堇青石ではそれより大きく、最大 0.31° までの間のさまざまな値を示す。したがつて、この仮の大小によつて、問題の堇青石の構造が、インド石の六方晶系構造から、どれくらい外れているかを定量的に示すことができる。この Δ を、私たちは distortion index とよんでいる。

1954年~1955春の論文では、私たちは、インド石はしばしば甚しい光学異常を呈するものだと考えていた。しかし、上述のように堇青石とインド石との間の連続的な移過関係が見出されると同時に、私たちはその見解が誤りであることに気づいた。すなわち、前に光学異常を呈するインド石だと考えていたのは、実際は、インド石に近い構造状態にある(すなわち Δ の小さい) 堇青石であつた。光学異常は全く存在しないか、または、たとえ存在しても僅かである。光軸角も屈折率も、構造の変化に応じて親則正しく変化する。堇

- 1) Miyashiro, A.; Proc. Jap. Acad., **29**, 321-323, 1953
Miyashiro, A.; Amer. Min., **41**, 104-116, 1956.
- 2) Miyashiro, A., & Iiyama, T.; Proc. Jap. Acad., **30**, 746-751, 1954.
Iiyama, T.; Proc. Jap. Acad., **31**, 166-168, 1955.
Miyashiro, A., Iiyama, T., Yamasaki, M., & Miyashiro, T.; Amer. Jour. Sci., **253**, 185-208, 1955.
- 3) Miyashiro, A.; Amer. Jour. Sci. (in press), 1956.
Iiyama, T.; Miner. Jour. (in press), 1956.
Sambonsugi, M.; (in press), 1956.

第 1 図

X線 $\text{CuK}\alpha$ に対する堇青石とインド石との粉末廻折記録の一部。左は米国 Laramie Range産の典型的堇青石で、右は合成インド石。中央は米国 Haddam産の堇青石で、左右両者の間の中間的な構造を示す。(都城秋穂, 1956.)

青石の構造がインド石の構造に近くなるにつれて、光軸角 $2V_x$ は小さくなり、インド石ではほとんど、または完全に 0° (一軸性負) になるのである。 Δ と $2V_x$ との間の関係を、第2図に示す。

3. 杉浦・寺田両氏の試料とその光学的性質

杉浦, 寺田両氏はインド石が六方晶系でないことを示そうとし、両氏がインド石だと考えて研究された試料が光学的に二軸性であることを強調された。しかし前述の如く、私たちの新しい研究によれば、真のインド石は一軸性またはそれにごく近いものであつて、明瞭に二軸性でしかも光軸角の大きいものはインド石ではなくて堇青石なのである。そこで、杉浦, 寺田両氏が用いられた Bokaro 炭田地方の鉱物 ($2V=44^\circ-58^\circ$) は、明瞭に堇青石であつて、インド石ではない。私たちの新しい研究によれば、Bokaro 炭田の熔融水成岩のなかには、インド石 ($\Delta=0^\circ$, $2V=\text{ca. } 0^\circ$) から典型的な堇青石 ($\Delta=0.3$, $2V=80^\circ-90^\circ$) までの間のいろいろな中間状態のものが含まれている¹⁾。両氏も、お使いになつた Bokaro 炭田の試料を良いガイガー管 X線廻折計にかけて、4分間に 1° くらいの速さで注意深く検査されれば、ピーク A, B, D が互に分離しかかっていることを見出されるであろう。(私たちは、Bokaro 炭田のある試料について、そのことを見出した。)

両氏の用いられた合成試料 ($2V=8^\circ$) も、真にインド石であるか否かは疑わしい。しかしこの方は、多分 Δ が 0° でないとしても大へん小さいであろうから、X線的にもインド石であるか、それに近い構造をもつ堇青石であるかを決定することは至難であろう。

4. 杉浦・寺田両氏の X線的研究

杉浦, 寺田両氏は、上記のような疑わしい合成試料の X線粉末写真をとり、それに指数をつけられた。その大部分の廻折線は、私たちと同じ六方晶系単位格子 ($a_0=9.78$, $c_0=9.36 \text{ \AA}$) によつて指数がつけられた。しかし、350時間以上の露出によつてやつと両氏が撮影された極めて弱い4本の線だけは、それでは指数がつかなくつた。そこで両氏

1) 杉浦, 寺田両氏は、Bokaro 炭田の結晶の光軸角の値が3群に分れると記されているが、もつと多くの試料について測定されれば、それ以外の値もあることを見出されるであろう。

は、それらの線は超格子の存在によつて生じたものかもしれないと考えて、指数をつけることを試みられた¹⁾。そして、単位格子のc軸方向の稜の長さを9倍にして、実に84Å以上の巨大な超格子($a_0 \approx 9.78$, $c_0 \approx 84.2$ Å)を用いれば、ほぼ指数をつけられることを見出された。そして、両氏は、もしこのような超格子を構成するならば、“その結果として、それは厳密な意味においては、必ずしも、六方格子に属さない”(p.129)という結論に達せられたのである。

おそらく誰でも、これを理解するに苦しむであろう。この結論は全く論理を無視して、無理にこじつけられたものである。何故ならば超格子をつくるか否かは六方晶系であるか否かということと、全く無関係な別なことである。超格子をつくつても、つくらなくても、それとは独立に、六方晶系であることもあり、ないこともありうる。超格子をつくるから、“その結果として”，必ずしも六方晶系に属しないという両氏の論法は全く不可解である。その上、両氏は一稜が84Å以上の巨大な超格子を仮想して指数をつけられたけれど、一般にX線粉末写真というものは、このように巨大な格子をもつて少し試みれば、いつでも何とか指数をつけられるものである。従つて、超格子の存在自体も、極めて疑わしい。一た、その指数のつかない4本の線が、真にその試料結晶の廻折線なのか否かも明らかではない²⁾。不純物による廻折線ではないか、またはカメラの構造が悪いために生ずる線ではないかを検討すべきである。

要するに、杉浦、寺田両氏の結論は全く根拠がない。杉浦氏の書かれたその他の論文についても、私たちはいろいろ言いたいことがあるが、それは他の機会にゆずる。

第2図

• Unheated sample
+ Heated sample

堇青石とインド石の Δ と光軸角との間の関係。インド石は一軸性である。堇青石ではその Δ の値が大きくなるにしたがつて、光軸角も 0° から連続的に大きくなる。堇青石の光軸角は、その化学組成とはほとんど無関係で、主として構造状態によつてきまる。(都城秋穂, 1956)

1) 両氏は“このような(弱い4本の)廻折線のあらわれる原因として、先ず考えられるのは、該結晶格子中に超格子または格子歪みの存在することである”(p.129)。“格子歪み”の意味について杉浦氏に直接尋ねたが、明瞭な答えはえられなかった。極めて微小な歪みによつて、単位格子の形はほとんど変らないが対称だけが変わるような場合には、指数のつかないような新しい線は出現しない筈であるから、ここでは、“格子歪み”は超格子をつくるような歪みを意味する解說的な言葉と解しておく。

2) 私たちのとつたX線粉末写真には、それらの線は出現していない。