

たか眼石及び虎眼石※

八 丁 直 義※※

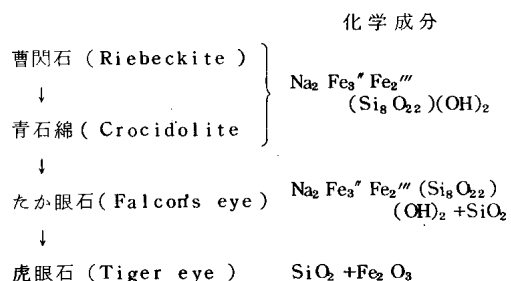
1 序 言

最近に於ける科学の発達は貴石及び半貴石の世界に少なからぬ影響を与え、天然石の加工、再製、合成の各方面にわたって著しい進歩を見せ、これ等貴石類の鑑定を一層困難にしている。一方貿易の自由化に伴い、これらの宝石類の輸入も日を追って増加してくる傾向にあり、日頃意見を求められることも多いのでここ数年間に集めた資料を整理し、各位の参考に供すると共に私自身の知識を整理することにする。尚本報告を書くに当って、大阪大学の桐山教授、小泉教授、当関分析室の達家清明、資料を提供頂いた小玉辰美の諸氏に感謝の意を表する。

2 たか眼石及び虎眼石

2.1 たか眼石及び虎眼石

曹閃石の石綿である青石綿 (Crocidolite) は下記の過程を経て虎眼石 (Tiger eye) に変化する。



この中で半貴石として使用されるものは、たか眼石及び虎眼石で虎眼石には黄色乃至黄褐色のものと、赤虎眼と呼ばれる茶褐色のものがあるが、これらの違いは虎眼石の繊維構造の中に含まれる鉄分の量によるもので、通常の虎眼石と赤虎眼との間には本質的な差異は認められない。淡紅色の虎眼石も時折見かけるが之は染色したものであって石を二つに割ってみると、染色部は石の表面部に限られ内部は白色に近い。一方たか眼石の中にも青石綿がまだ残っているものと青石綿が既になくなってはいるが、青石綿中の鉄がまだ+2の状態にあるために灰青色を示すものとあり、後者を青虎眼と呼ぶこともある。石英猫眼石は別稿にゆづる

青石綿 分析例

青 石 綿		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	Ig Loss	Total
	南阿 グ リ ク ラ ン ド 産	53.11	1.01	20.62	16.75	—	1.77	6.16	1.58	101.00
	南阿 ベ エ ス ト 産	51.22	—	34.08		0.03	2.48	7.07	4.50	99.38

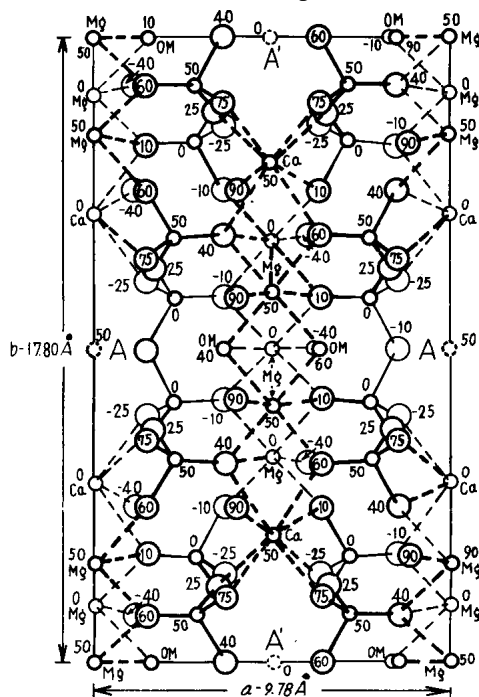
※ 本稿を「貴石及び半貴石、(第一報)」とする。

※※ 大阪税関分析室：大阪市港区3条通4-55

2.2 石英及び青色綿の構造

たか眼石及び虎眼石に含まれる SiO₂ は、網状構造のα石英で水晶と同一であり、たか眼石に含まれる青石綿は鎖状構造を有するけい酸塩 (Inosilicate) でこれが C

軸方向に繊維状に成長したもので Unit Cell に於ける C 軸の長さは $5.3 \text{ \AA}$ である。(Fig 1 参照)



- Tremolite(OH)₂Ca₂Mg₅Si₈O₂₂ の (001) 面への投影
- AA' は Hornblende の場合に Na・or K 原子の占める位置
- 青石綿は Tremolite の Ca を Na で Mg を Fe で置換したものである。

3 偏光顕微鏡による観察

3.1 青石綿

完全な繊維状で消光位は 180° , C 軸に平行である。へきかれは C 軸方向に完全である。

3.2 たか眼石

へきかれは繊維軸に平行で注意深く行えば繊維状の試験片が得られるが割に大きい試験片では繊維軸と消光位とは一致せずその差は所によって $3^\circ \sim 4^\circ$ から大きい所では $60^\circ \sim 70^\circ$ に及ぶことがある。小さい試験片を注意深く観察すると、可成り透明な石英の中に未変化の青石綿が残っているのが見られ青石綿の繊維方向とたか眼石の繊維方向は平行である。(Fig 2) この青石綿を取り出して顕微鏡で観察すると 3.1 の青石綿と全く一致する。

たか眼石

400 倍

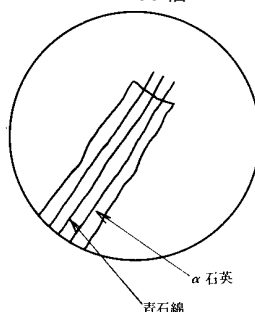


Fig. 2

虎眼石

400 倍

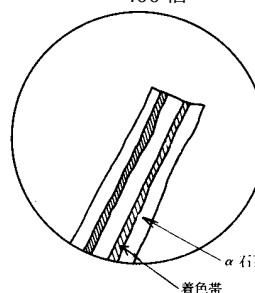
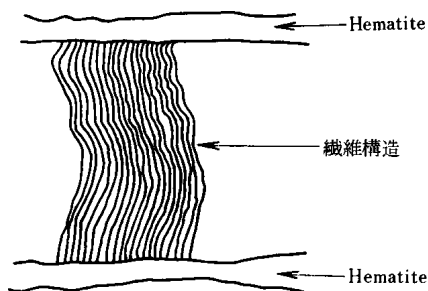


Fig. 3

虎眼石の断面図



3.3 虎眼石

虎眼石の偏光顕微鏡下に於ける状態はたか眼石のそれと同一であるが、虎眼石には青石綿は見出せない。面白いことは虎眼石の着色は全面が一様に着色しているのではなく Fig 3 に示すように虎眼石の繊維方向と平行な縞状の着色帯が見られその他の部分は無色透明である。

4 回折X線による測定結果

青石綿, amosite 等は殆んど同一回折図を与えるが, たか眼石及び虎眼石の回折図は α 石英と同一で, たか眼石の場合でも青石綿の回折線は全く認められない。この事は前述のたか眼石の検鏡結果とは一致しないが, 石英の回折線は非常に強く, 又青石綿の量も少ないこと等が原因と考えられ, 又振動写真(後述)からも考えられるように青石綿の結晶が可成りこわれ或る程度 amorphous になっていることによると考えられる。

5 振動写真による測定結果

5.1 青石綿

明りような層線が得られ又各層線間の距離よりみて, 青石綿のC軸方向と繊維軸の方向が一致している事が確認出来た。

文献によるC軸の長さ $5.3\text{\AA}$

測定結果= $5.295\text{\AA}$

5.2 虎眼石

石英の回折線は非常に強いので比較的短時間の露出ではっきりした振動写真が得られた。振動写真と偏光顕微鏡による検鏡結果は一致し, 虎眼石中の石英のC軸と消光位は一致し振動写真によるC軸の長さの実測値は

$5.390\text{\AA}$ で, Brazil 産石英の $5.405\text{\AA}$ (at 25°C) と良く一致している。

5.3 たか眼石

石英の回折像と青石綿の回折像とが同一フィルム上に現れ, 石英の回折像は明りようであるが青石綿の回折像は可成りぼやけて居り各 Spot が可成りブロードである。更に虎眼石と同じ測定条件では青石綿の回折像は得られず露出時間を3倍, X線強度を約1.5倍にして始めて可成りブロードな青石綿の回折像が得られることよりみて, たか眼石中の青石綿は可成り amorphous に近い状態になっているものと考えられ, Diffracto meter による測定で青石綿による回折線の認められなかったこともうなずける。

尚たか眼石及び虎眼石の振動写真を取るに当っては, 非常に細い結晶を取り出さないと回折像が数多くフィルムに現れ, 以後の解析が困難になることを附記しておく。

6 考 察

青石綿のもととなる曹閃石は前にも述べた様に $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_\infty$ 正しくは周期性を考えて $(\text{Si}_8\text{O}_{22})$ の帯状部(環状鎖)が1次元的にのびたもので, 青石綿は曹閃石がC軸方向に生長したのと考えられ Unit Cell に於けるC軸の長さは約 $5.3\text{\AA}$ である。

青石綿はたか眼石の過程を通して虎眼石になると考えられるが虎眼石は已に完全に α 石英に変化してしまっ

Table 2 青石綿等の測定結果

	青 石 綿	た か 眼 石	虎 眼 石
組 成	青 石 綿	青石綿 + α 石英	α 石 英
着 色 原 因		+ 2 価の鉄	+ 3 価の鉄
繊 維 の 方 向	青石綿のC軸に一致	青石綿のC軸に一致 α 石英のC軸に傾斜	α 石英のC軸に傾斜
傾 斜 角	0 度	青石綿 $\rightarrow$ 0 度 α 石英 $\rightarrow$ 30 ~ 60 度	10 ~ 70 度
消 光 位	青石綿のC軸に一致	青石綿及び α 石英のC軸にそれぞれ一致する	α 石英のC軸に一致
Diffracto meter α による測定	青石綿のみ検出	α 石英のみ検出	α 石英のみ検出
振 動 写 真	青石綿のみ検出	α 石英及び青石綿を検出	α 石英のみ検出
結 晶 度	良 好	青石綿 $\rightarrow$ 可成り乱れる α 石英 $\rightarrow$ 良好	良 好

おり青石綿は全く認められない。又石の中の鉄分は+3に変化してしまっているが青石綿の持っていた繊維構造はそのまうけついでいる。しかし虎眼石の繊維軸方向と虎眼石中の α 石英のC軸方向とは石の各部に於いてまちである。しかも振動写真は粉末像が得られない点よりみて、各結晶が非常にこまかな単位で夫々自由な向きに並んだ鑄込状の金属と同様な状態になっているとは考えられない。従って或る程度の大きさの単結晶乃至は双晶が或る程度の制約のもとに成長したものと考えられ、繊維方向にそったへき開面を利用して、細い試験片を取れば単結晶も得られる程度の大きさである。

たか眼石の石英部分は虎眼石と全く同一と考えて良いが石英中の鉄分は+2の状態にあり、更に繊維軸と平行に成長した青石綿が1部残存している。このたか眼石中の青石綿の振動写真がぼやけていることよりみて、青石綿が α 石英に変化する場合、青石綿の繊維構造はそのまうけついでいくが、 SiO_4 面体の鎖状構造は変化の過程で1度たち切られamorphousの状態となり、青石綿の $\text{Na}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})$ の中2NaOHがぬけ下記の様な化学変化が起り、分離した鉄分がたか眼石や虎眼石の $\text{Na}_2\text{Fe}_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2=2\text{H}_2\text{O}+8\text{SiO}_2+\text{Fe}_2\text{O}_3+3\text{FeO}$ 着色の原因となり鉄分の電価によって灰青石乃至は黄褐色を呈するものと思われる。

着色の原因として考えられるのは鉄分であるが、これは青石綿の内部に含まれているもののみによるのか、又はそうしたものの外に外部から更に鉄分が加わって来るのか明らかでないが、虎眼石の上面及び下面には厚さ数ミクロンに及ぶHematiteの層がみられる。しかし、虎眼石のDiffraction meter及び振動写真による測定結果からは Fe_2O_3 の回折線ないしは回折像が得られない事よりみて、虎眼石中の鉄分は微量であり変化の途中に於いて析出した鉄分が虎眼石の繊維軸にそって押し出され、虎眼石の上面及び下面にHematiteを生じたと見る方が良いと思われる。

又青石綿はC軸方向には SiO_4 4面体が密につき、そのつながりも強いがC軸と直角な方向に対しては原子のつながり具合も疎であり、鉄原子もC軸にそって並んでいることよりみて、青石綿が1度amorphousの状態になった時を考えると青石綿のC軸に平行に SiO_4 4面体の密な部分と疎な部分が縞状に並び SiO_4 4面体の疎な部分に鉄、ナトリウム、及びOHがこれも青石綿のC軸に平行に並び、 SiO_4 4面体の密な部分で α 石英が形成されるにつれ余分のNa、OH及び鉄分等が疎な部分を通して青石綿の上、下面に押し出されてくるものとみられ、石英の形成が1部ないし大部分に及び、鉄が+3迄に酸化さ

れていないものがたか眼石で、この段階ではamorphous化のおそい青石綿はその周囲が α 石英になった後もまだ青石綿の形でのこり、NaOHの溶出も不十分なため青石綿に類似した灰青色を示し、石英化が更に進み青石綿がなくなり又NaOH、や鉄分等が繊維組織の外に押し出され、残った微量の鉄分が+3に酸化されると虎眼石の美しい黄褐色を呈するものと考えられる。

虎眼石及びたか眼石の繊維軸は途中でしばしば曲折しており、これは青石綿に高い圧力及び温度が加わったため青石綿の繊維軸が折れ曲ったもので、その圧力と熱が青石綿のamorphous化、石英化に与っているものとみられたたか眼石より虎眼石の方が繊維軸の折れ曲りの多いのもこのためと見て良いであろう。

文 献

- 1) 桐山良一“構造無機化学III”共立全書86(1963)
- 2) 吉本文平“鉱物工学”技報堂(1959)

☆

Falcon's eye and Tiger eye

NAOYOSHI HAT TCHO

(Osaka Customs Laboratory

4-55, Sanjo-dori, Minatoku Osaka City)

(Received Aug. 19, 1965)