

四面体による石英の結晶構造模型

安田 俊一¹⁾

1. はじめに

石英の内部欠陥と結晶面との関連を直感的に理解するために、低温型石英の結晶構造模型を自作してみようと思立った。しかし何分にも素人のことゆえ結晶構造屋さんにご相談に乗ってもらったところ、これは少々腕に自信のある人でもそう簡単に作れるものではないことを知った。その代りに四面体(第1図)による模型の組立を奨められた。手探りではあったがこれに挑戦した結果は予想以上の出来栄であったのでその概略を紹介する。

2. 四面体

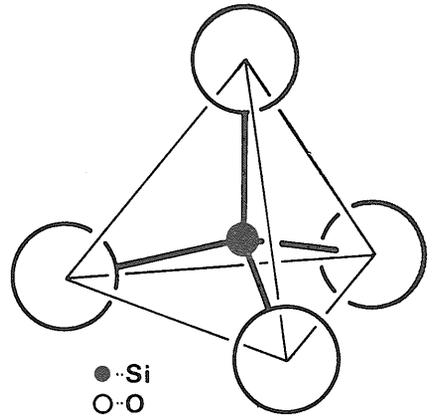
模型の基本要素である四面体は、市販の玩具の中で何か適当なものを探してこれを使おうと考えたが、満足出来るものが見つからずまずこれから自作することにした。

材料はパステース(0.4mm厚)。B4のパステースのプラスチック板に三角ダイヤグラム用のグラフ用紙を下敷にし、定規と折刃式カッターの刃と背の両方を交互に使って三角マス目にキズをつける(第2図)。そして刃でつけたキズを山折りにするとプラ板は簡単に折れてきれいに裁断された三角板が出来る。ついで三角板に残った刃の背の方のキズを今度は谷折りにすれば四面体になる。四面体の大きさは試作の結果一辺を20mmとした。

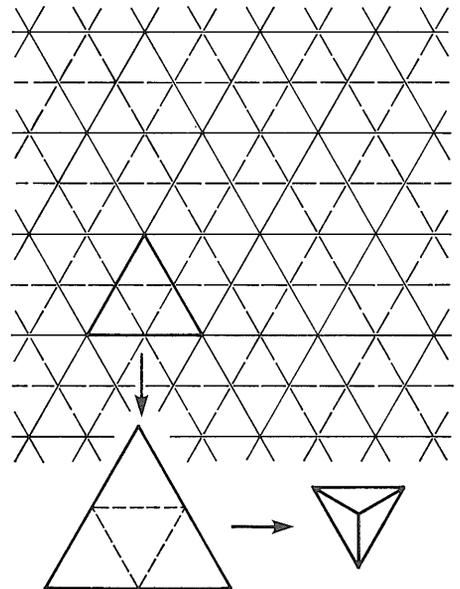
3. 接着剤

組立てにあたって市販の瞬間接着剤の使用を前提としたが、通常の瞬間接着剤は空気に触れる状態ではなかなか固化せず、その上その間に発生するガスによってプラスチックが曇ってしまい使用に適さない。価格も少々高く二度手間になるが補助液付きのものが市販されている、これを使用した。

四面体には作業能率上と美的理由から接着のための“のり代”をとらなかった。裁断面をぴったり合せ、合せ目に出来る溝に接着剤付属の細いノズルを使って接着剤を素早く流すときれいに接着する。三稜接着すれば強度も充分である。



第1図 SiO₄四面体模式図。



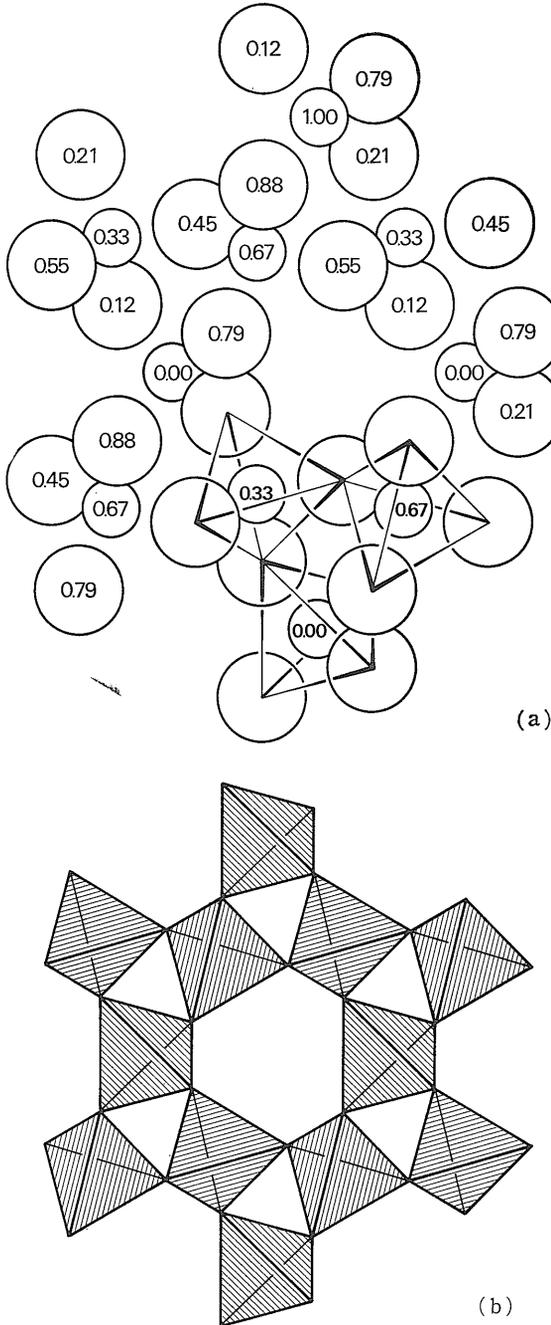
第2図 プラスチック板裁断模式図。

1) 地質調査所 鉱物資源部

4. 組立て

1) 手順

DANA の図をはじめ 2, 3 の図を参考に SiO_4 四面体を要素とした結晶構造図の底面 (第 3 図) および側面立



第 3 図 低温型石英, (0001) 面立体投影図,
(a)原子配置横式図, (b)四面体配置図.

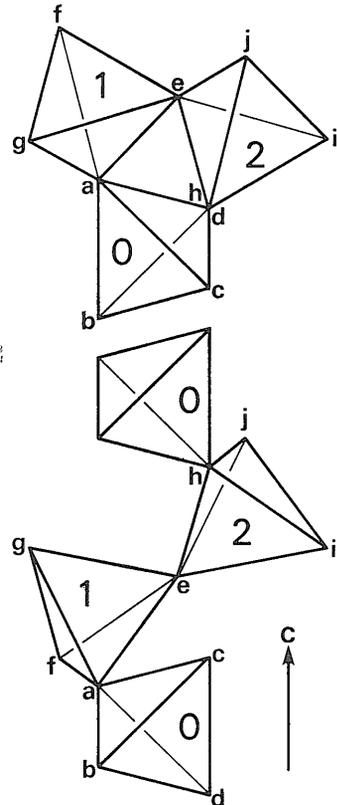
体投影図を作り, (ここでは DANA の図に合せて左水晶とした), これに合せて模型の概略をつかむために少数の四面体を油粘土で固定しながら接合し試作の結果, 次の作業手順を見出した.

第 3 (b) 図を分解していずれか隣り合う 3 個の四面体に着目すると (第 4 図), これらは一点でかつ一定角度で接しながら 0-1-2-0 の順序で C 軸方向に左回転でらせん型に積重なり, 3 個で丁度単位格子分の高さになる. このことから 2 個の四面体をこの位置関係で接合する方法を考えこれを繰返せば, 四面体が丁度つる巻きばね状に連なったものが作れる. そしてこれの適当な長さのものを一定角度で束ね合せれば模型が出来上ることになる.

2) つる巻きばね

ここでつる巻きばねの製作は, 机上にあった小さな金属製の字型のブックエンドを利用した. これを倒して側面を水平面とし側面にある打抜き穴を利用して接合台を工夫した. 繰返し作業の容易さを第 1 に考えて次の様な方法をとった.

第 4 図 a b c 面を上向きに, a e f 面を下向きに保持出来るようにして a で接合する. 次に e f g 面を a b c



第 4 図 四面体つる巻きばね状連結模式図, 上図 (0001) 面投影, 下図 (1010) 面投影.

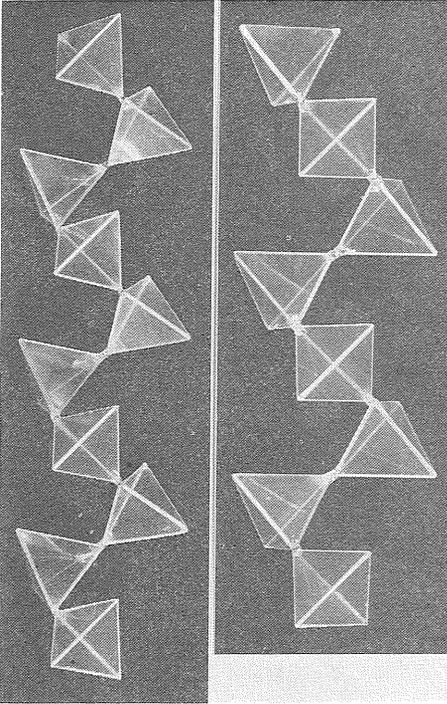


写真1 四面体つる巻きばね状連結, (左) 低温型 (右) 高温型

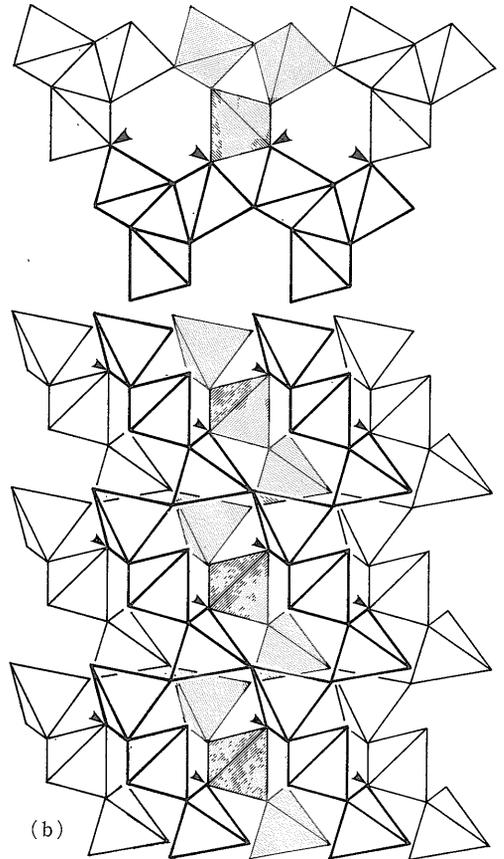
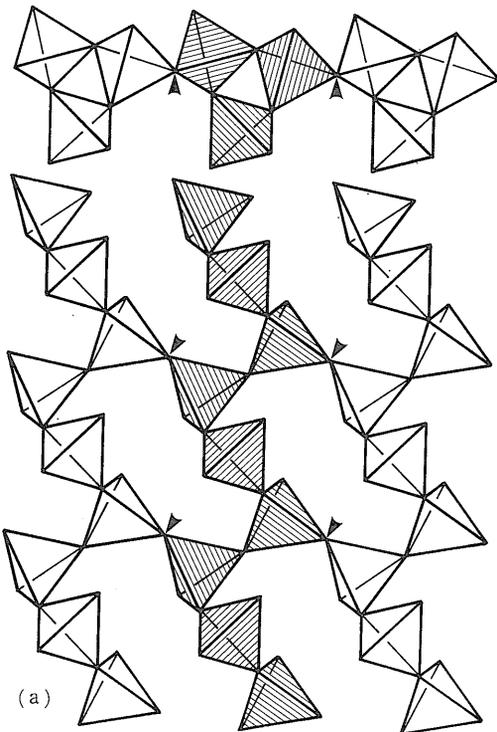
面の位置に移し e h i 面を a e f 面のあった位置に置いて e で接合する. これで四面体 3 個の連結が出来上る. あとはこの作業を繰返せばつる巻きばねはいくらでも長く出来る. 写真1はこのつる巻きばねの例である.

作業の流れから見て完成品の良し悪しはこのつる巻きばねの仕上りにかかっているが, この程度の組立作業であり四面体の手作りによる精度のばらつきとの相乗作用から接合角度にはあまり細かな注意は払わなかった. 四面体配置の傾向が理解出来ればそれで良しとした.

3) 仕上げ

あらかじめ模型の完成時の大きさを決め, これに合せて必要な長さのつる巻きばねを必要本数用意し, 要は第3(b)図の形になる様に束ねればよいのだが, 1本1本束ねていったのでは非効率で歪も避けられない. 次(第5図)の組立手順は模型の柱面に平行なスライスを先ず作り, これを重ね合せると考えればよい.

つる巻きばねを2本机上に並べて接合角度をきちんと



第5図 組上げ順序図, 上側(0001)面投影, 下側(10 $\bar{1}$ 0)面投影, 矢印の位置を接着シレースのカーテン状に組立てる(a), これを重ねて同様に接着する(b).

した上で矢印の所を接合し、これに順次つる巻きばねを接合して丁度レースのカーテン状のものを作る(第5(a)図)。これを重ね合せて(第5(b)図)同様に矢印の所を接合する。これを繰返せば基本的には完成である。

写真2が完成品である。この模型は結晶の自然面との関連が理解出来るよう錐面と柱面が面として認識出来る大きさに作った。高さは約30cm中心にあるつる巻きば

ねは四面体22個の連結, 外形を整えるためにつる巻きばね以外に外縁部には四面体の単体も接合し, 全体で約540個の四面体を使用した。

組上げて行く過程で並びの悪い四面体が2, 3生ずるのはある程度避けられない。この様な箇所は接合部を1ないし2ヶ所小型ニッパーで切断し修正しながら再接合するか, 四面体を交換するとすっきりする。四面体をあまり小さく作ると後のこの修正作業が困難になる。

5. 高温型石英

低温型模型の予想以上の仕上がりに気を良くして高温型石英の模型も作ってみた。こちらは構造が単純なので(写真1(右))事前の準備もなしに低温型と全く同じ手順で作った(写真3)。構造の単純な分組立ても修正も至って楽であった。これも結晶外形(いわゆるソロバン玉)に合せた。模型中央の一番長いつる巻きばねは四面体19個の連結, 約27cmの高さである。模型は一度組上ってしまうとこれがつる巻きばねから成立っていることをなかなか理解してもらえないので1本だけ薄く着色してある。

6. おわりに

完成した2個の作品を並べて眺めていると色々面白いことが見えて来る。例えば転移点における結晶構造の変化と四面体の一軸回転との関連や(第6図), これに伴うドフィーネ双晶発生の機構等々模型を見ていて直感的に理解出来るのは四面体による三次元模型の利点である。本稿ではこれらの詳細は割愛したが, 或いは教育の場などでこの模型のこうした面からの利用価値もあるかもしれない。

個人用に, 公表する考えもなく始めた作業だったために, 記録を残すことをしなかった。このため記述に舌足らずの箇所があるのは少々悔やまれる。が四面体を使ったお陰でプラモデル製作の面白さも充分味わえた模型作りであった。

読者も冬の夜のひとときを音楽でも聞きながら四面体を少しずつ作り溜めておいて, 珪酸塩鉱物等の組立てを種々工夫してみるのも一考かと思う, いかがであろうか。

謝辞: 本小文を書くにあたって, 金沢康夫, 佐藤興平および月村勝宏の3氏には種々御協力を賜った。深く感謝します。

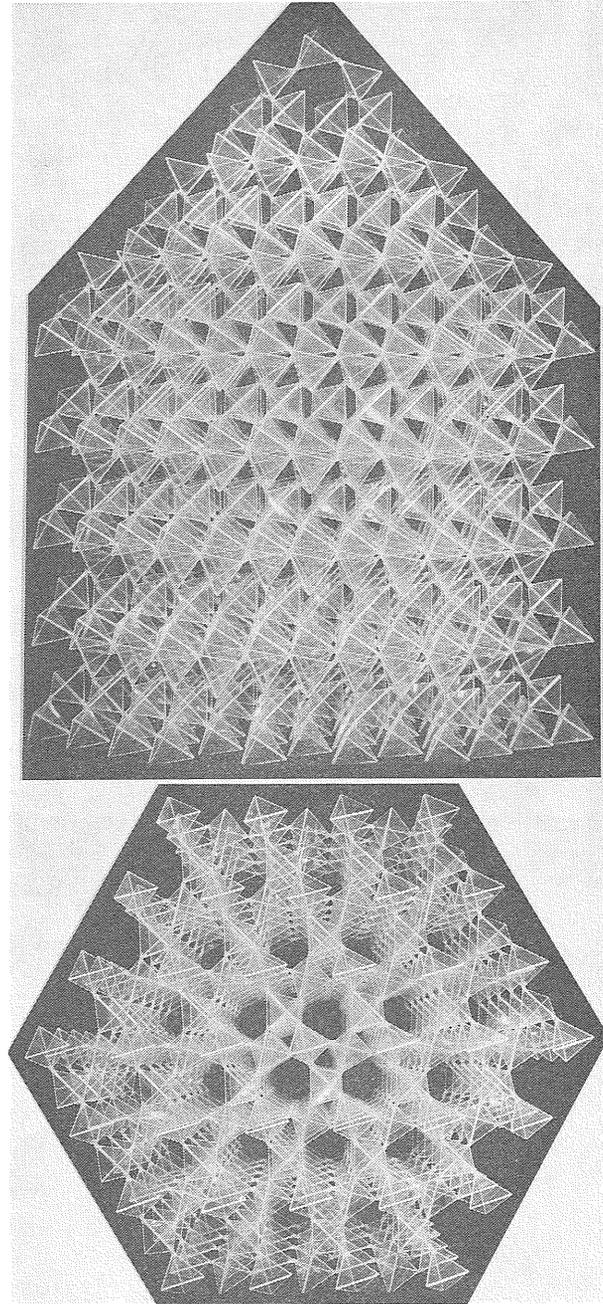


写真2 低温型石英構造模型, (上)側面?(下)底面。

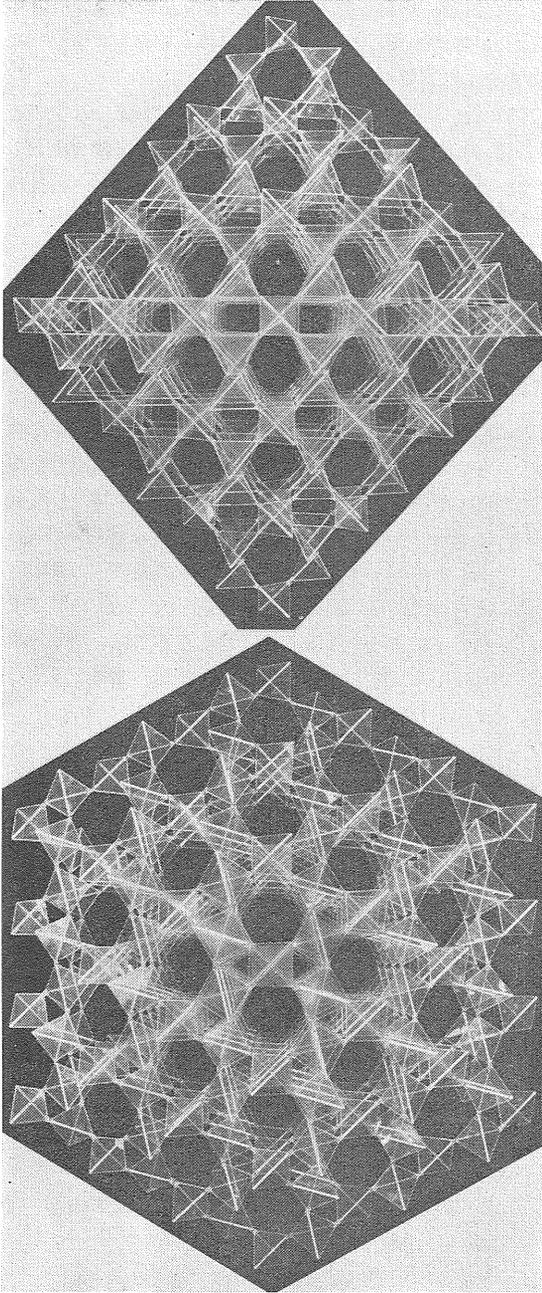
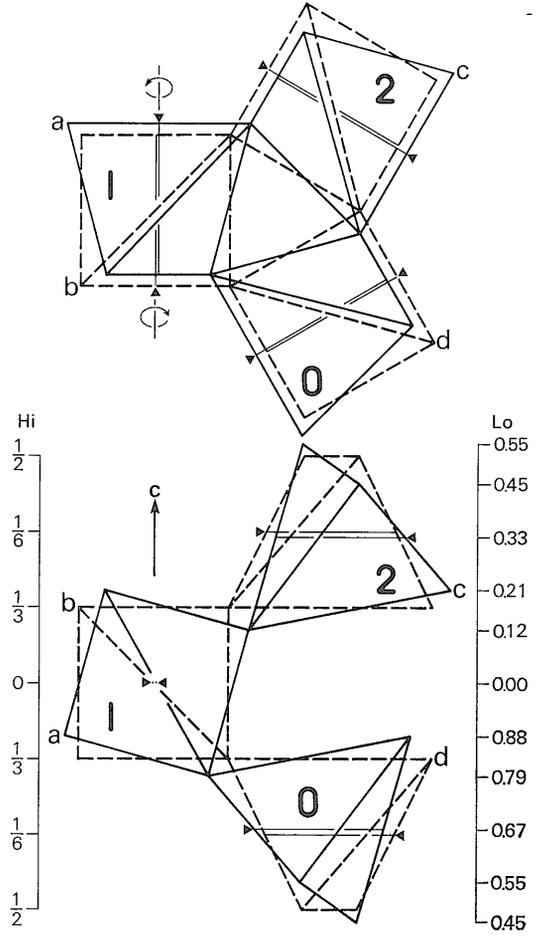


写真3 高温型石英構造模型, (上)側面 (下)底面.



第6図 四面体回転模式図, 破線:高温型, 実線:低温型, ▲: 回転軸, 上図(0001)面投影, 下図(1120)面投影.

参考文献

DANA, J.D. (1962): The System of Mineralogy, Ed. 7, Vol. 3; rewritten by C. Frondel: New York John Wiley.

YASUDA, Toshikazu (1990): Quartz structural models using Si-O tetrahedra.

<受付: 1990年10月5日>