

〈第 61 回 鈴木賞 正賞〉

3. 鉱物結晶における多様性の研究 Part 2

浜松市立曳馬中学校

3 年 山田蓮

1 動機

7 年間にわたる鉱物採集をきっかけとした「オイラーの多面体の定理は鉱物結晶に適用できるのか」という研究は、昨年、様々な多面体から関係性を探るところで終わった。その内容は非常に興味深いものであり、ここで終わらせることなく継続して研究を続けたいという意欲もあって続けることにした。この「オイラーの多面体の定理は鉱物結晶に適用できるのか」という疑問を追及するとともに、自然界にありながらとても精巧であり神秘的な鉱物の結晶について調べていくことにした。なかでもこれまで多くを採集してきた黄鉄鉱は、結晶の多様性が豊かで、研究対象として興味があり、詳しく研究したいと考えた。

2 研究の経過

- (1) 黄鉄鉱やガーネットなどの結晶を細かく観察し、定理や正・半正多面体との関係性を探る。
- (2) 発泡スチロールを利用して、辺や点、面などを結んだり、ある程度で切断したりして、完成した多面体と鉱物結晶とを観察し、比較した。
- (3) 沸石や方解石の劈開に関する研究も併せて行った。

3 研究方法

- (1) 現地調査・採集を行う。
- (2) 専門の先生に尋ねる。
- (3) 多面体の模型を作り、詳しく調べ鉱物の結晶と比較する。

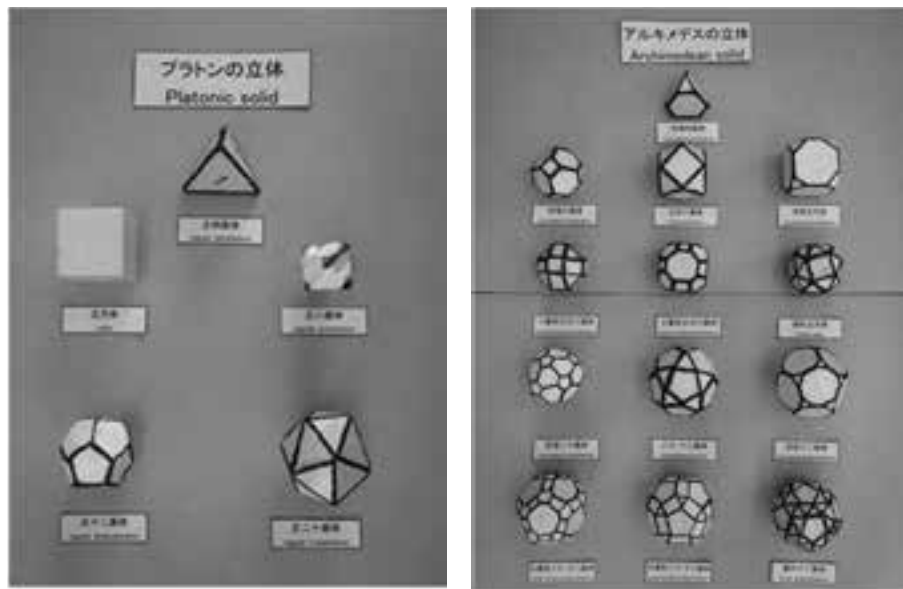
4 研究の結果

実験 3 切頂することで、立方体から、正八面体や立方八面体などの多面体を作り出せることが分かった。また、切頂する大きさを変えることで全く異なる多面体ができることが分かった。

実験 4 実際に双対の関係にある多面体同士を、切頂と面の中心で切るにより確認した。また、プラトンの立体同士のそれぞれの関係を、面、辺、頂点の数や実際の切り出しから調べた。

実験 5 立方体を二面角 45° で切り出すと正十二面体ができるのではないかと、という仮説にもとづき切り出したら、菱形十二面体ができ、予想と違う結果となった。

実験 6 菱形十二面体について模型をつくって検証し、立方体の 6 面は菱形十二面体の頂点に変化して、残りの 8 個の頂点は、立方体を 8 等分してできる立方体の中心にできることが分かった。



今回制作した多面体の模型

実験 7 二面角を変えることによって、立方体から切り出される多面体の変化を調べた。

二面角を変えることにより出てくる多面体には、辺における変化が見られた。

- ① 二面角 90° 元の点が頂点となった。→ 菱形十二面体
- ② 二面角 100° 頂点部分が左右に広がり稜線となった。
- ③ 二面角 116° 稜線が広がり、できた五角形と他の辺との長さが等しくなった。
→ 正十二面体
- ④ 二面角 135° 稜線がさらに広がり、五角形が崩れている。

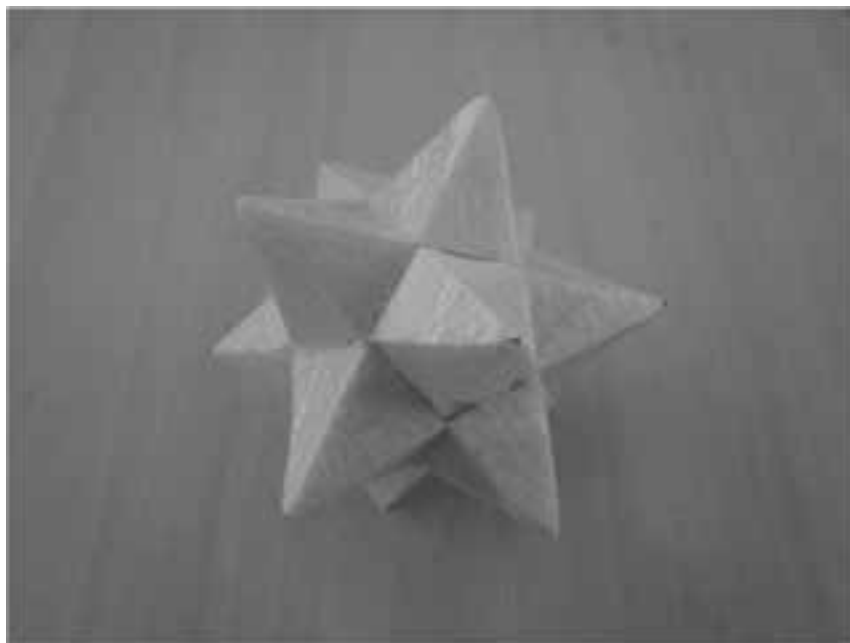
実験 8 正十二面体の模型を作成し詳しく調べた。

- ① 正十二面体が外接する立方体の 1 辺の長さは、正十二面体の正五角形の 1 辺と対角線の長さの合計に等しいことが分かった。



作成した正十二面体と小星形十二面体の模型

実験9 切り出しの角度を 45° からさらに 13° プラスして、 58° で立方体を切り出せば、四角形から三角形に面の形が変化するのではないか、という仮説をたて、できる多面体を切頂十二面体かねじれ十二面体と予想し切り出した。すると、ケプラーの多面体のひとつである小星型十二面体ができ、予想とは、違う結果となった。



作成した小星形十二面体

実験10 模型を使った検証を行い、面が貫入していることと、オイラーの多面体の定理が適用できないことを確認した。

- ① 黄鉄鉱の貫入結晶について調べ、採集した 1500 個以上の中から分類し、観察を行った。そして 1500 個のうち完全な立方体は 71 個であり、全体の約 4.7% にすぎない。
- ② 黄鉄鉱の貫入結晶の観察では 3 タイプにおいて行い、オイラーの多面体の定理を照らしあわせ、貫入結晶においては、定理があてはまらないことを確認した。
- ③ これまでに採集した鉱物結晶の代表的なもの 14 種をオイラーの多面体の定理に当てはめ確認を行った。結果、全てが当てはまることを確認した。

5 まとめと感想

今回の研究は、まず、立方体を切頂することから研究を始めた。すると、切る大きさを変えらることのできる多面体が、黄鉄鉱の結晶に、良く似た形が存在している事に気が付いた。そこで、黄鉄鉱の最も代表的な立方体の結晶を、結晶が成長する 1 つのゴールと仮定した場合、正八面体や立方八面体などは、その結晶の成長過程ではないのか、という仮説をたて、観察し、共通点を探ることにした。

次に、視点を変えて、頂点を切るのではなく、辺を切る（切辺する）とどうなるか、ということを実際に立方体を切って調べた。すると、予想と異なる結果となったため、模型を作製したり、実測図を描いたりすることで、より詳しく、より正確に検証することを試みた。

切り取る面を色の異なる輪ゴムを使って表現したり、内面にできる多面体を厚紙を使って

作製したりすることで、本来は大きくても10～15mm程度の黄鉄鉱の結晶を、420mmの大型模型で検証し、今まで気づかなかった色々な発見につなげることができた。また、それらの発見を理解するには、実測図による検証と計算が不可欠となることも少なくなかった。さらに、そのためには、黄金比や、正五角形に含まれる多くの情報を理解する必要性にもせまられ、なかなか大変な作業であったが、その結果得られた様々な発見は、こうした苦労を忘れさせてくれるほどの喜びを伴うものであった。

紙面上の計算と、自然が作り出した結晶という産物の比較において、予想以上の共通性が見られ、結晶が成長する過程に、何か大きな法則のような存在を感じる結果となった。はたして、その法則がどんなものなのか、まだはっきりと答えることはできないが、今後の大きな課題となっていることには違いない。

この2年間、黄鉄鉱の結晶を通して、自然を理解することに挑戦したが、確かに分かったことは、自然の法則性のようなものを発見する過程とその結果に対する喜びである。こうした経験を生かして、今後も自然の一部を読み解くことにチャレンジしたいと考えている。

6 謝辞

昨年に引き続き、今回の研究においても、学校の先生方をはじめ、多くの方々に大変お世話になりました。もちろん両親も含め、皆様の協力のおかげでできた研究です。

中学生最後の研究として、なんとか、これまでの研究をまとめ上げることができ、心より感謝致しております。本当にありがとうございました。

7 参考文献

多面体木工 佐藤郁郎 中川宏

プラトンとアルキメデスの立体 ダウト・サットン著 創元社

鉱物結晶図鑑 松原聰監修 野呂輝雄編著 東海大学出版会

ブログ 石の華

http://science.wao.ne.jp/experiment/recipe.php?contents_no=51396

<http://www.h7.dion.ne.jp/kagaku/polyPaperCraft/polyhedraPaperCraft.html>

http://www004.upp.so-net.ne.jp/s_honma/polygon.htm