

ヒオウギガイの貝殻の色の不思議に迫る

熊本県立天草拓心高等学校マリン校舎 生活科学部

1 動機・目的

希北町の特産品に色鮮やかな貝殻が特徴のヒオウギガイがある。その貝殻は、赤・橙赤・黄・褐色と全く異なる色を呈している。ヒオウギガイがなぜ個体によってこのような色を呈するのか、その謎はまだ解明されていない。そこで、色の見える原理や貝殻について詳しく調べる中で、貝殻の色はその構造によるもの、また色素によるものがあるということがわかった。主成分である炭酸カルシウムがどのような結晶となるのか、また貝殻はどのような構造をしているのか調べた。色素については、貝殻に存在する色素を調べたり、ヒオウギガイの貝殻から色素の抽出を試みたりした。

2 昨年分かったこと

昨年はアジサイなどの花弁に含まれる植物色素であるアントシアニンと同じ原理なのではないかと仮説を立てて研究を行った。アントシアニンについては液性により赤色～青色を呈するが、金属イオンと錯体を作り色調を変化させる。しかし、ヒオウギガイの貝殻の色は、生まれた時から遺伝的に決定していることが分かり、アジサイの花のように土壤中に低まるアルミニウムイオン濃度や土壌のpHによって、決まるものではないということが分かった。また、二枚貝は、外套膜で貝殻を作るということも分かった。

3 仮説

ヒオウギガイの貝殻の色を決めているのは、貝殻の構造または貝殻の中に生体色素が存在するためではないか。

4 色が異なって見える原理

(1) 色の見える原理



色は光が物体に反射して見える反射光のことで目を通じて入ってきた光を認知して人の脳で作られている。光は電磁波というエネルギーの一種で、波長の違いで性質が異なる。その中でのごく一部の、約380nm～780nm(10億分の1m)の波長の電磁波に人間は色覚を感じる。波長の短いものから青紫・青・緑・黄・橙・赤と連続した構造(スペクトル)で放射される。

たとえば、赤いハートの印が赤に見えるのは、放射された可視光線のうち、赤のみが反射され、その光を目でキャッチして認識するからである。

(2) 貝殻の色の違い

貝殻にはいろいろな色彩や模様をもつものが多いが、それは色素によるものと構造色によるものがある。前者は、多様な物質からなる生体色素の一種で、殻形成時に外套膜縁の腺から分泌される。炭酸カルシウムそのものは白色で、貝殻の色は炭酸カルシウムの結晶が貝殻となって沈着するとき(殻皮の場合はタンパク質膜ができる)に、殻の成長に伴って、貝殻が成長する

縁にそって色素と一緒に沈着することで殻の色が生れていくと考えられる。これらの色素の多くはコンキオリンと緊密に結合しているため、分離が難しいと言われている。コンキオリンで知られるピンクガイのピンク色など、一部の色はポリフィリンであるとも言われている。

構造色とは真珠などに見られる七色の色彩で、これは水平に何重にも重なった結晶の層間で反射した光が互いに干渉することによって現れるが、層々の結晶自体は原則として無色透明である。ただ、真珠層を構成する基質に種々の色素があったり、結晶構造の微細な違いや微小な物質の含有などによりさまざまな真珠層ができあがる。

5 貝殻の成分・構造について

(1) 貝殻の成分について

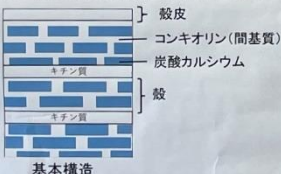
ヒオウギガイは、二枚貝綱イタガイ目イタガイ科の一種である。イタガイ科にはイタガイやホタテガイが属する。

イタガイ目貝殻の成分	
炭酸カルシウムCaCO ₃	98.10%
SiO ₂	0.50%
炭酸マグネシウムMgCO ₃	0.20%
リン分(無水リン酸P ₂ O ₅ として)	0.20%
その他	1.00%

(2) 貝殻の構造

貝殻の形態を見る場合に、巨視的なレベルの観察とミクロなレベルの観察では眼前に見える構造は全く異なる。ミクロな構造は、顕微鏡、特に電子顕微鏡で見るスケールの構造であり、貝殻の場合は、貝殻微細構造と呼ばれる。貝殻は炭酸カルシウムの結晶でできており、結晶間あるいは内部に有機物が含まれている。

貝殻は生物がつくる鉱物(生体鉱物)の1種である。生体鉱物を持つ生物は非常に多いが、貝類の貝殻の特徴を一言で表現するならば、ペニヤ板のように強化された合板である。微細構造から明らかに、貝殻は陶器のように均質なものではなく、複数の異なる層(殻層)が重なり合っていて、性質の異なる層を重ね合わせることは、貝殻全体の強度を増す工夫であり、他の生物には成し得ない極めて高度な外骨格の形成様式である。



基本構造

上図のように全ての貝は複数の殻層からできている。ひとつひとつの殻層は、細かな結晶と有機物でできており、それはレンガとモルタルの関係にたとえられる。

貝殻の主成分は炭酸カルシウムであり、カルシウム、炭素、酸素からなる。炭酸カルシウムには構造的多型があり、貝殻はアラゴナイト(殻石)と

カルサイト(方解石)の2種類の組み合わせからなる。アラゴナイトとカルサイトは密度(重さ)や溶解に対する抵抗性が異なるため、両者の選択は貝類の生存戦略と関係があると考えられる。例えば、殻を同じ厚さで少しでも軽くしたい場合には、カルサイトの比重を増やす方が有利になる。二枚貝は主にカルサイトで構成されていると言われている。

炭酸カルシウムの結晶構造による性質の違い

	カルサイト	アラゴナイト	ベトライト
結晶構造	三方晶	斜方晶	六方晶
結晶化した鉱物	方解石	ありね石	ほとんどの貝殻に多い
硬度	3	3	3
比重	1.49~1.49	1.53~1.49	1.56~1.56
比重	2.7	2.9	2.3~2.6

カルサイト

アラゴナイト

カルサイトの結晶構造
六方晶系

(3) 貝殻の微細構造

真珠構造	薄い板状の結晶が重なり合っている。板状の結晶の間には厚い有機物があり、結晶を強く結びつける役割をもつ。
稜柱構造	柱状の構造。断面は様々であるが結晶の成長方向に沿って細長く伸びる。殻の最も外側に位置することが多く、殻の溶解を防ぐ重要な機能をもつ。
交差板構造	隣り合う板状の結晶が互いに異なる角度を定ながら成長する。巻貝、二枚貝など、軟体動物において最も重要な構造のひとつ。
葉状構造	カルサイトからなる真珠構造によく似た構造である。二枚貝の翼足類の一部に見られる構造。貝類全体から見れば少数派である。
均質構造	小さい顆粒状の結晶の集合であるため、どの面からみても粒上の結晶が見える。この構造は比較的薄い層であることが多い。

(4) 貝殻の断面と粉砕後の色

貝殻の内部が有色であるのか、また細かくなった状態でどのような色を呈するのか調べる。



貝殻の断面図

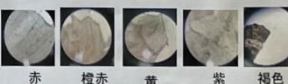
貝殻をハンマーで割り、内部の構造を観察すると、どの色の貝殻も内部まで同じ色を呈しており、層をなして貝殻を形成していることが分かった。



粉砕後の色と貝殻の色の比較

貝殻をハンマーで砕いた後、乳鉢と乳棒で貝殻をすりつぶした。粉末状にした後も、貝殻の元の色と変化はなかった。

(5) 顕微鏡での観察(倍率15×40)



600倍で貝殻の破片を観察した。うすうすとした色を呈しているものもあった。異色の貝殻での構造の違いを光学顕微鏡では見つけることができなかった。ヒオウギガイの貝殻は、葉状構造や交差板構造などさまざまな構造で形成されていることがわかった。

6 色素について

色素を抽出し、薄層クロマトグラフィーで色素の確認ができなかったと考え、色素の抽出を試みた。

(1) 酸への溶解

貝殻の成分を溶かし出すために酸と反応させた。

(7) 濃塩酸



濃塩酸と溶を激しく出し反応した。反応後は観察すると、どれも無色透明であった。

(イ) 食酢にクエン酸を加え3%にしたもの

貝殻は非常によく溶けた。しかしながら、食酢は有色であったので、溶解後の液体の色の違いを確認することができなかった。

(ウ) 酢酸にクエン酸を加え3%にしたもの

無色透明の酢酸にクエン酸を混ぜ、貝殻を溶解した。溶解後はどれも無色透明であり、特に溶液の色の違いはなかった。

(2) 有機溶媒での色素の抽出

左より
メタノール(橙赤)
エタノール(黄)
アセトン(紫)
石油エーテル(赤)

4種類の有機溶媒に、それぞれの貝殻の粉末を溶かしたが、特に溶媒の色が変化するものはなかった。貝殻を低温で加熱すると、溶け出す色素があることを知り、貝殻を加熱した。

(3) 貝殻の加熱

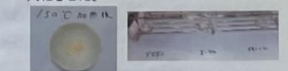


加熱前(赤) 加熱後



貝殻の粉末を10分間加熱すると、赤い貝殻も橙赤の貝殻もどちらも色が消失した。そこで、貝殻の色素が何℃で消失するのか、放射温度計を用いて計測した。すると、200℃を超えると貝殻の色が消失することが分かった。

(4) 150℃で5分間加熱を行い、有機溶媒に溶かした後、溶け残った貝殻をろ過し、有機溶媒を気化させた。



有機溶を常温で気化させた後の蒸発皿を観察すると、メタノールにおいて微量の白い物質を確認することができた。これが色素であるかどうかは不明である。

7 まとめ

貝殻の色には、色素によるものと構造によってその色が変わるものがあることが、今年度の研究では分かった。貝殻の主成分である炭酸カルシウムは、カルサイトやアラゴナイトのように、構造が異なるだけで全く異なる色を呈する。

貝殻を粉末状にしても貝殻の色には変化はなかった。ヒオウギガイの貝殻の色は色素によるものではないかと考えるが、原子レベルの構造を研究する必要もある。

色素に関しては、貝殻より抽出することができず、色素によってヒオウギガイの鮮やかな貝殻の色が消失しているとも断言はできない。

8 今後の課題

貝殻の原子レベルでの構造の解析や、様々な方法で色素の抽出を試みていきたい。

9 参考文献

発色原理が異なる色一構造色一 木下修一
ROCK and GEM 岩石と宝石の大図鑑 翻訳 青木正博
貝殻からの重光物質の新規抽出方法とその応用 米沢晋
貝殻微細構造 佐々木延智