

貝殻の真珠層表出研究

～化学的に美しく表出させるには～

宮城県仙台第三高等学校

一部の種類の貝には殻の内側に真珠層と呼ばれる多層膜構造を持ち、その表面には干渉色が見られるものがある。表面の反射の美しさからインテリアやお土産に利用されているが、真珠層を表出させるには稜柱層と呼ばれる外殻を削る必要があり技術が求められる。そこで本研究では、化学的処理による真珠層表出の容易な手法を確立することをめざし実験を行った。実験においてはサザエの貝殻を使用し、酸によって稜柱層の炭酸カルシウムをとかし真珠層を表出させた。使用する酸の種類や貝殻のとかす割合の条件を変え、それぞれの表面の様子や外見を評価した。表面の光沢や反応後の貝殻の様子から使用に適している酸は弱酸で、貝殻全体の40～50%をとかすことで完全な形を保ったまま真珠層が取り出せると考えられる。これは真珠層表出の効率化につながる発見である。

1 背景

一部の種類の貝は殻の内側に真珠層と呼ばれる構造を持つ。真珠層は炭酸カルシウムの結晶層とたんぱく質層からなる堆積構造で、サザエやアワビ、夜光貝といった貝に見られる(図1)。先行研究より真珠層は多層膜構造であり干渉色を有することが知られている^(1,2)。表面の反射の様子が美しいためインテリアや装飾品として利用され、南九州ではふるさと納税の返礼品⁽³⁾になるなど人気がある。しかし真珠層を全面的に表出させるには稜柱層という炭酸カルシウムからなる外殻を除去する必要がある。現在はその大半が切削や研磨など手作業の物理的処理によって取り除かれているが、この処理には手間がかかることに加え、技術が求められる。結果真珠層を利用した装飾は希少性の高いものとなり、真珠層を持つ貝殻も使い道がなく捨てられている。

そのため私たちはこの研究を通して真珠層を表出させる、より容易で高効率な手法を確立し、貝殻の活用法の幅を広げることを目的として研究を行った。これを実現させることで、現在廃棄されている

貝殻に新たな価値を与えられると考える。真珠層表出の手法には手作業の処理の他に、塩酸を含む洗剤によって炭酸カルシウムの外殻をとかす方法が存在する。この方法は、物理的処理を行う場合に比べ、人の手によって行われる工程が少なく作業時間が短い、あくまでも現象の観察を目的とした方法であり、酸の定量化や塩酸以外の酸を用いた研究は行われていない。そこで私たちは化学的処理に着目し適切な貝殻のとかす割合や酸の種類を研究した。

化学反応のみを用いた真珠層表出が可能であり、貝殻と反応させるのに適切な酸の量があるという仮説を立て、多い場合は貝殻が欠け、少ない場合は外殻がとけ残ると考えた。



図1.貝の構造模式図⁽⁴⁾

2 材料と方法

実験1

サザエの貝殻(約55g), 塩酸(11.3 mol/L), 純水, 砂, コーキング材 を使用した。実験1では外殻の炭酸カルシウムは塩酸と反応する。



はじめに貝殻のとかす割合を決める。とかす部分に含まれる炭酸カルシウムに対し, 過不足なく反応するような塩酸の物質量を計算する。その塩酸と純水(貝殻が沈む程度の量)を混ぜ, 算出した物質量の塩酸を含む溶液をつくる。

次に貝殻の中に砂を詰めコーキング材で蓋をする(図2)。蓋をした貝殻を塩酸の溶液に沈め, 5日が経過するか, 溶液のpHの値が5~7に到達したとき溶液から取り出し洗う。

コーキングを剥がし貝殻を計量する。①反応後の貝殻に欠損がなく②真珠層が全面に表出している, という条件で外見を評価する。



図2.コーキング後の貝

実験2

貝殻, 塩酸, 純水, 送風機を使用した。材料の条件は実験1と同様である。ただし貝殻のコーキングはしない。

貝殻の全質量と反応する量の塩酸を含む溶液を, 実験1と同様の方法でつくり, 貝殻を溶液に沈める。図3に示す間隔で取り出し, 水で洗い流し, 濡れた状態の貝を撮影する。水気を拭き取り送風機で乾かした後, 再度撮影し, 質量を量り溶液に戻す作業を繰り返す。

時間の経過に伴う貝殻の表面の様子と色の変化を観察する。

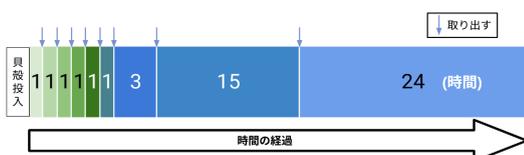
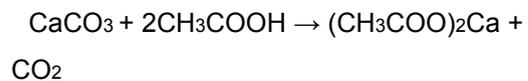


図3.取り出す時間間隔

実験3

サザエの貝殻(約55g), 酢酸(17.5 mol/L), 純水を使用した。実験3では外殻の炭酸カルシウムは弱酸である酢酸と反応する。



貝殻の質量の55%をとかす塩酸の溶液をつくり, 貝殻を沈めた。実験1と同様の条件で貝殻を取り出す。貝の表面の様子や乾燥後の変化を観察する。

3 結果と考察

実験1

貝殻のとかす割合を全質量の30,40,50,58%に設定し, それぞれ貝殻を二個ずつ用いた。

30%をとかした貝殻は外殻がとけ残り全面に真珠層が表出しなかった。(図4)

40%をとかしたとき, 片方の貝殻は条件①②を満たし干渉色が見られたが(図4), もう一方の貝殻は先端部が大きく欠けた。

50%をとかした貝殻は薄く, 表面には穴が生じた。50%における表面の光沢は他の割合のものよりも強かった。(図4)

58%をとかした貝殻は大きく欠けた。(図4)

すべての貝殻で乾燥後に貝殻の表面が白や茶に変色し, 表面の劣化が見られた。(図5)

実際にとけた量は目標より少なかった。(表1)



30%



40%

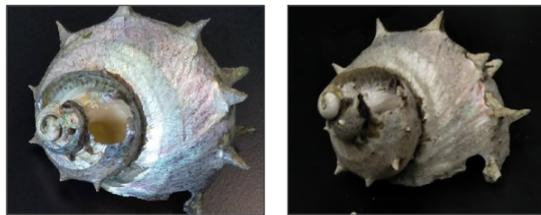


50%



58%

図4.反応後の貝殻の様子



反応直後

乾燥後

図5.変色の様子

* 表は次頁に記載する

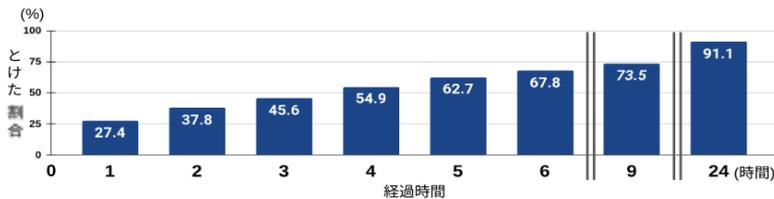


図6.とけた割合と時間の関係

検証

考察 (実験1)

40%をとかした貝殻において片方のみ大きな欠けが生じたのは、貝の個体差によるものだと考えられる。真珠層の厚さや形が個体によって異なることが推察される。

実験2

全質量の約38%がとけたときに真珠層が全面に表出し、約54%がとけたときに穴が生じ始めた。この実験においては三個の貝殻で同時に実験し、撮影は三方向から行った。下記の図にはそのうち最も違いが目視しやすいものを採用し、記載した。な

お24時間後以降は変化がごく微量となったため省略する。(図6)

考察 (実験1,2)

貝殻の40~50%をとかしたときに形を保ったまま真珠層が全面に表出したことから、貝殻の適切なたかす割合は45%前後であるといえる。また、とかす割合が少ないほど干渉色が強いことから、貝殻が厚いほど干渉色が強く、薄いほど干渉色が弱まると考えられる。

貝殻の表面が乾燥後に変色した要因は、強酸である塩酸によって表面の物質が劣化したためと考えられる。また実験2で、短時間で取り出し乾燥させた際には表面の変色が見られなかったことから、貝殻を酸につける時間が長いほど変色しやすくなると推測される。

乾燥後に貝殻の表面が変色する問題を防ぐため、反応直後の貝殻をオリーブオイルと爪用のトップコートを用いコーティング⁶⁾した。結果として、コーティングの処理をした貝殻の表面はどちらも光沢を保持した。特にオイルでコーティングしたものは強い光沢と干渉色を持っていた。(図7)



処理前

オリーブオイル

トップコート

図7

実験3

二個の貝殻で実験を行った。55%をとかず計算で溶液を用意したが、実際にとけたのはどちらの貝殻においても40%台前半にとどまった。(表2) 反応後の貝殻の表面は塩酸を用いたものよりも凹凸が少なくつやがあり、乾燥後の変色が小さかった。また、貝の表面に白い粉状の物質が付着していた。(図8) この物質を削り水に混合した溶液は弱塩基性を示した。

考察 (実験3)

塩酸と比較し光沢が強いのは、酢酸処理したものの表面に塩酸処理のものに比べ凹凸が少なかったためであると考えられる。またこのことから、弱酸は強酸よりも真珠層に与える影響が小さいと推測され、目的に適しているといえる。そして実際にとけた質量が目標より10%以上小さかったことの原因は、表面に白い物質が付着し反応を阻害したことだと考えられる。白い物質は水溶液が弱塩基性であったことから、中和反応の過程で生じた塩

左: 図6. 質量と様子の変化

下: 図8. 酢酸

$[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}]$
が真珠層のタンパク質に付着したものであり、乾燥後
の乾燥後

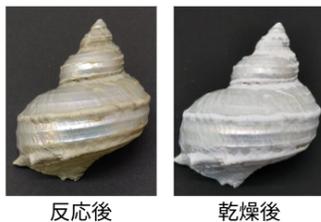


表1. 実験1における質量の変化

	反応前(g)	反応後(g)	とけた割合(%)
30%	57.30	40.58	29.2
	56.70	40.44	28.7
40%	58.35	35.86	38.5
	59.36	35.19	40.7
50%	55.22	29.26	47.0
	57.80	30.60	47.1
58%	52.35	29.63	43.4
	52.68	30.86	41.4

表2. 実験3における質量の変化

	反応前(g)	反応後(g)	とけた割合(%)
55%	52.35	29.63	43.4
	52.68	30.86	41.4

4 まとめ

実験により、真珠層は化学反応のみを用いた表出が可能であり、貝殻をとかず適切な割合は45%前後であると判明した。

また、酢酸で処理した貝殻の表面が磨いて表出させたものの様子に近く、酢酸は弱酸であり塩酸よりも安全性が高いことから、物理的処理に代わる容易な手法の確立を目指すという本研究の目的には、酢酸が合致しているという結論が導き出された。

5 展望

本研究で適していると発見した酢酸を使用し、さらなる実験を行いたい。酢酸の実験において貝殻の表面に付着した白い物質の成分の特定も大きな課題である。また、現在実験で行っている方法では反応に長い時間がかかってしまうため、反応の効率を向上させる触媒を用いることを考えている。処理後の貝殻の洗浄や変色

を防ぐための工夫も化学的に行う手法を研究したい。

6 参考文献

- (1. 宮下知幸 JAXA「真珠層の形成機構」
JAXA宇宙教育センターホームページ
(最終閲覧 2022.07.05)
<https://edu.jaxa.jp/contents/other/if/curriculum.html>

- (2. 佐々木猛智 東京大学総合研究博物館「貝殻微細構造」東京大学総合研究博物館ホームページ (最終閲覧 2022.07.05)
https://www.um.u-tokyo.ac.jp/web_museum/ouroboros/v24n2/v24n2_sasaki2.html

- (3. 夜光貝ランプ 鹿児島県喜界町
ふるさとチョイス (最終閲覧 2022.07.05)
<https://www.furusato-tax.jp/product/detail/46529/4574385>

- (4. 天成真珠「真珠層のテリについて」
(最終閲覧 2022.07.05)
<https://www.tenseipearl.jp/aboutteri>

- (5. 戸田至「全面真珠層化貝殻」公開特許
2010-120357 (2010)