

第15回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0528

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : カタツムリの研究 パートⅧ ~殻をきれいに保つワケ~

学校名 : 島根県 出雲市立第三中学校

学年 : 3年生

代表者名 : 片岡 嵩皓

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

カタツムリの研究 パートⅧ ～殻をきれいに保つワケ～

たかひろ

島根県 出雲市立第三中学校 3年 片岡 嵩皓

カタツムリを ㊦ と書くことにする

1. 動機

過去7年間の研究で、㊦の体のつくりや行動の特徴、粘液や触角の役割などを調べてきた。研究中いつも体がきれいで汚れていない、ということに気づき、ずっと不思議に思っていた。殻で体を守っているのに、常にきれいに保つ必要はどこにあるのか？ と疑問に思い、文献やTV特集等を調べたが、防汚の立体構造は先行研究が多数あるが、必要性については未だ説明されていない、とのことだった。そこで、ぜひ自分の力で突きとめたい。

2. 目的 「なぜ殻をきれいにする必要はあるのか？」を突きとめる。

3. 仮説 殻に汚れ(泥や、土壌中・空気中の有害物質)が付着すると、

- 殻皮または殻が破壊される。
- 体温が変化してしまう。
- 殻の中に光が入らず、体調が悪化してしまう。

だから身を守るために、きれいにする必要はあるのではないか。

4. 調べること・方法

(1) 殻が汚れる場面 殻が汚れるのはどんな場面か、いろいろな天候の日に、24時間密着して観察する。

(2) 殻の表面の構造 殻の表面を顕微鏡で観察。また、汚れが落ちる様子を観察する。

(3) 殻の主成分の代用品を泥に置いた時の変化

キトサン、カルシウム、ケイ素を 泥の上に置き、20分ごとに24時間、変化を観察する。

(4) 殻に汚れが付着した時の温度変化

※ 事前実験として、外気温と 汚れていない殻との 温度の差を測っておく。→温度差は無かった。

(4-①) 霧吹きで湿らせた㊦の殻に、土をふりかけて 殻に付着させる。天候・気温・湿度・風速の条件を変え、30分ごとに、非接触赤外線温度計で、㊦の殻の温度とケース(フタ開放)の温度差の推移を測定する。

(4-②) (後で気化熱という現象に気付いて追加した実験)

泥汚れ、水ぬれ、比較用、気温の推移との差を、無風の条件下で、㊦の胴体の温度を一斉に測定する。



(5) 殻を遮光した時の温度変化と粘液の変化

① 黒く塗ったラップで殻を包み、包む前と、24時間後の殻の温度を、赤外線温度計で計測する。

② 透明のラップも①と同様

③ ①②の粘液の変化を顕微鏡で観察する。



(6) 殻の主成分の代用品に、有害な物質カドミウムを付着させた時の変化

① 【事前実験】カドミウムレッド(油性・水性)絵具の適する濃度を見つける。

② ①を、キトサン、カルシウム、ケイ素、比較用ケースに、綿棒で塗布する。

③ 塗った瞬間、10分後、1時間後、1日後、1週間後 の変化を観察する。

④ 水道水を100cc垂らし、付着物が流れはがれた様子を顕微鏡で観察する。



(7) 殻の主成分の代用品を、有害な気体ベンゼンの中に置いた時の変化

※ 条件：気圧913～1113 hPa・直射日光なし・室温30℃・湿度60%に保つ。

① 対象物 各10gを容積91×61×64mmのプラスチック容器に入れてふたを閉じ、ベンゼンを含む線香の煙を5分間充満させる。

② 煙の対流、密度、色等の変化を観察する。

(8) (7)で気体中に残留したベンゼンの量

① (7)を2分間放置 ② 気体採取器で煙を採取する 100ml×5回=500ml

③ 気体検知管の数値や色を読み取る。



(9) 【事前実験】pH測定するために、アントシアニン液で指標を作っておく

(10) (7)の対象物のpHの変化 殻など対象物(煙の付着物)に、それぞれpH液を垂らし、pHを測定する。

(11) (7)の対象物の表面の変化 線香の煙でいぶした後の対象物の表面の変化を、顕微鏡で観察する。

(12) ㉞以外の貝類には溝があるか

- ① 海で生息する貝(バイ貝・アサリ)の殻には、㉞の殻と同様の溝が連なっているか？ 顕微鏡で観察する。
- ② 甲羅の汚れをすぐ落とす甲殻類(ダンゴムシ・ワラジムシ等)とも比較する。

(13) ㉞以外の貝類の各 pH

海で生息する貝の殻の各 pH を調べる

(14) ㉞以外の貝類の汚れの落ち方

- (14-①) 油性ペンで殻に印をつけ、100cc の水を一気にかけ、ティッシュで軽く5秒間こすり、印が落ちたかを顕微鏡で観察する。
- (14-②) (後で粘液が重要だということに気づき追加した実験)

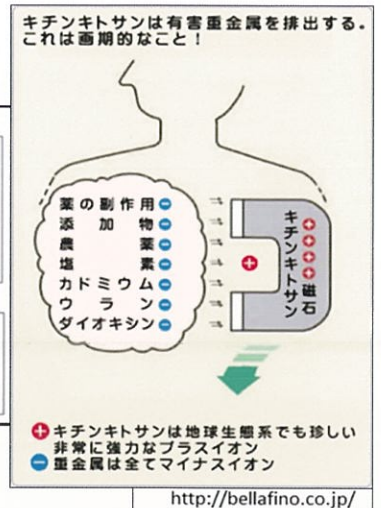
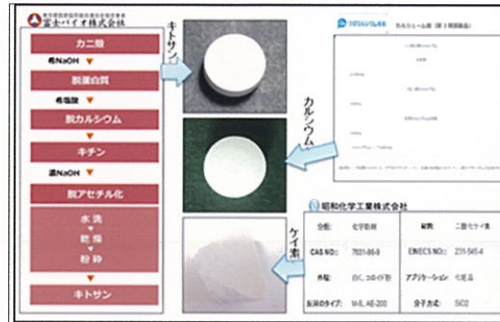
㉞の粘液をすべての殻に塗り、10 分後乾いた殻の表面に①と同様に。

- ※ (3)と(6)~(11)は、生きている㉞に害を与えないよう、死んだ㉞の殻や、殻の主成分(厚生労働省 HP):キトサン、カルシウム、ケイ素で代用する。

- ※ (6)~(11)日常の土壌や大気に含まれる有害物質(環境省 HP): 家庭で入手できるものを探し、油彩・水彩「カドミウム」絵の具、及び、線香の煙に含まれる「ベンゼン」を用いる。

- ※ (4),(5)は、粘液や行動などの体調が変化した時点で、すぐに中断する。

- ※ 各実験、少なくとも 10 匹・10 回以上、変化の様子や傾向がつかめるまで何回も繰り返す。

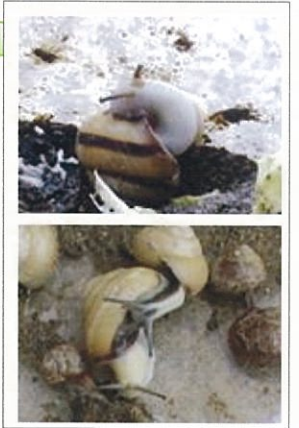


特定有害物質の種類	
第一種特定有害物質 (第一種指定有害物質)	クロロエチレン 四塩化炭素 1,2-ジクロロエタン 1,1-ジクロロエチレン 1,2-ジクロロエチレン 1,3-ジクロロプロペン ジクロロメタン テトラクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン 1,1,2-トリクロロエタン トリクロロエチレン ベンゼン
第二種特定有害物質 (第二種指定有害物質)	カドミウム及びその化合物 六価クロム化合物 シアン化合物 水銀及びその化合物 セレン及びその化合物 鉛及びその化合物 砒素及びその化合物 ふっ素及びその化合物 ほう素及びその化合物
第三種特定有害物質 (第三種指定有害物質)	シマジン チオベンカルブ チウラム ポリ塩化ビフェニル (PCB) 有機りん化合物

5. 結果

(1) 殻が汚れる場面 ★雨が降ればきれいになるが、雨が降らなければ自分できれいにするのか？

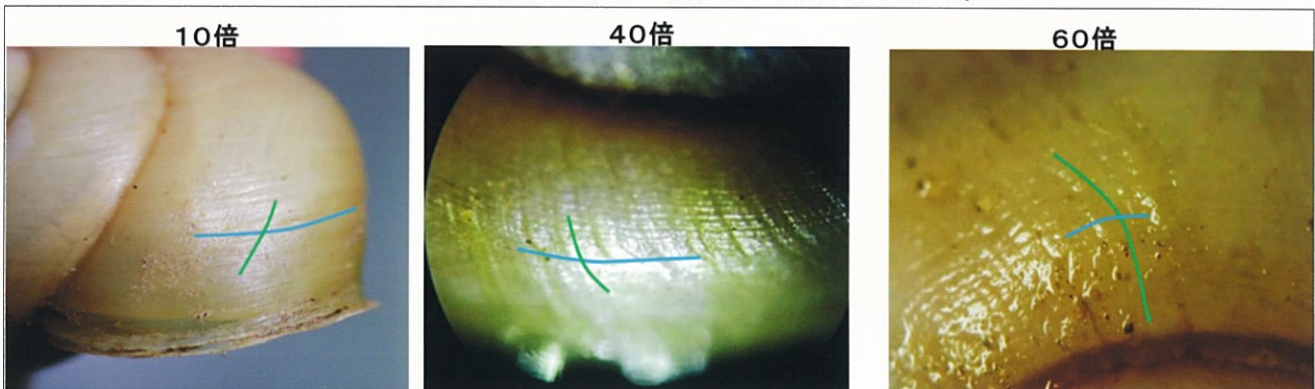
- ・今年もいろいろな天候の日に24時間密着観察したが、泥まみれになる場面はなかった。
- ・自分で頭が届く部分は、なめてきれいにした。届かない部分は他の㉞がなめてきれいにした。そして、きれいになってから活動を始めた。
- ・きれいにする程度には 個体差があり、少々汚れは気にしない㉞もいれば、殻を振り回したり、葉にこすりつけたりする㉞もいた。



- ★汚れによって殻が痛むのを防ぐために、汚れを落とす必要があったのでは？
- ★まずは、殻がどんな痛み方をするのかをみってみる

(2) 殻の表面の構造

- ・縦と横それぞれ凹凸溝が一面にあった。
- ・汚れはこの溝の凸部分に乗るだけで、凹部分にはつかない。溝に水が流れると、乗っていた汚れが浮き流される。
- ・㉞の殻に穴が開いても、3日後には縦横に繊維が張り、1週間で修復する。

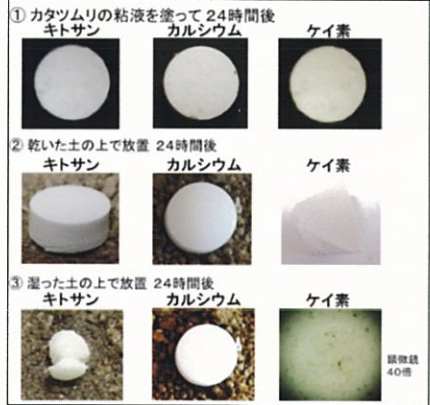


カタツムリの殻には、肉眼で見てわかるほどはっきりと縦と横の溝が一面に広がっていた。よく見ると、汚れは溝の凸部分に乗っているだけで、凹部分は水分で潤っていた。



(3) 殻の主成分の代用品を泥に置いた時の変化

- ・錠剤が水分を吸収しただけだった。(右図)
- ▲成分の代用品では、殻そのものの自体の変化はわからない。
- ↓ 別の実験へ



(4) 殻に汚れが付着した時の温度変化

(4-①) 天候・気温・湿度・風速の条件を変えて測定

- ・「ケースの温度(外気温)」と「殻の表面温度」は、ほぼ平行に推移し、汚れた殻の方が、温度が0.5℃～3℃低かった。
- ・ケースも殻も温度が急に下がった時は、急に風が吹いた時だった。

気づき:

実験4-①で、急に体温が下がった時は急に風が吹いたときだったので、汚れていたら表面積が広いから「気化熱」が影響するのでは、と考えられた。
しかし!
雨上がり等ぬれた場面でも「気化熱」で体温が下がるので、「泥汚れ」と「水濡れ」とではどちらが、体温が下がるのか?を確認しておく必要がある。

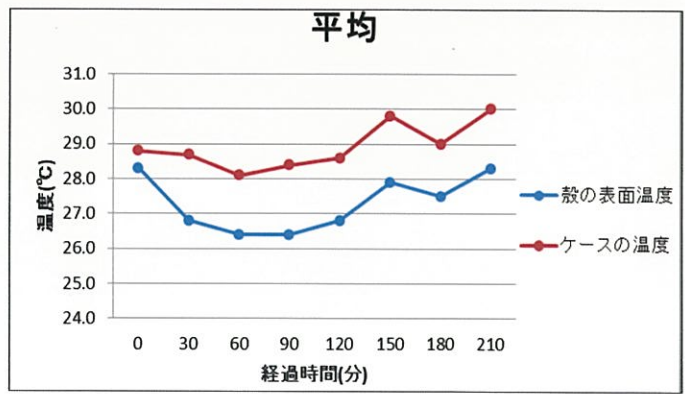
ちなみに...小学3年生の時の研究より

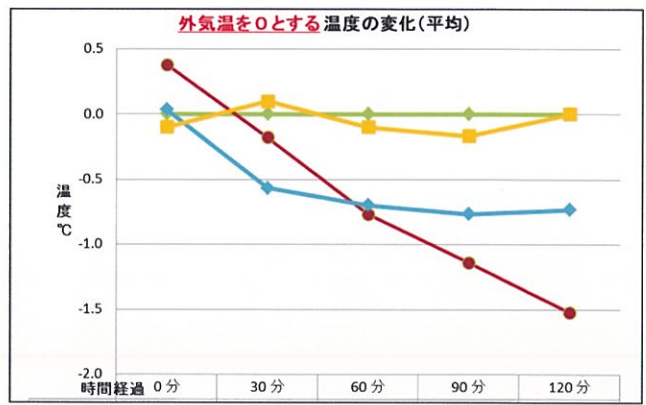
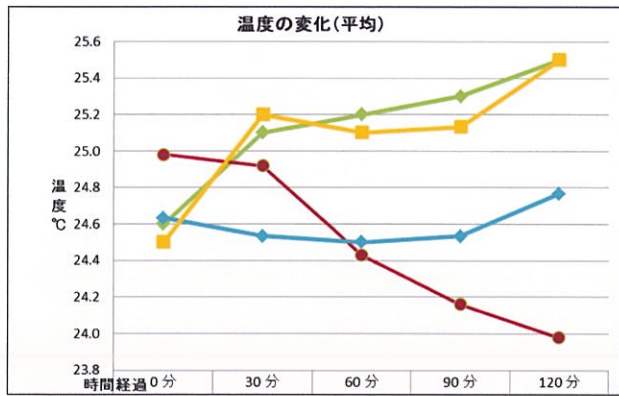
カタツムリは雨に濡れるのをすごく嫌がる!
その理由 ● 粘液が溶け出してしまうから。
● 呼吸をする穴が水で濡れたら呼吸ができなくなるから。
なので、カタツムリは、雨に濡れないように、雨が上がった後で外出する。



(4-②) 気化熱に着目し、泥汚れ・水ぬれ・比較用・気温の推移との差を無風の条件下で一斉に測定

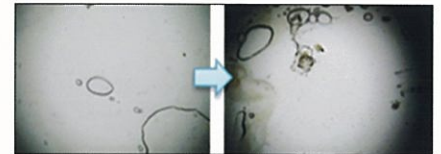
- ※ 120分時点で粘液や行動が鈍化したので中断した。
- ・室温と比較用は、ほぼ同じ温度だった。
- ・水ぬれは、最初30分で約0.6℃下がったが、後そのまま比較用と平行に推移した。
- ・泥汚れは、初めは泥を嫌い動いて体温が少し高かったが、その後は30分ごとに約0.5℃ずつ下がっていった。
- ・泥汚れは、室温・比較用・水ぬれのような平行な推移はみられなかった。





(5) 殻を遮光した時の温度変化と粘液の変化

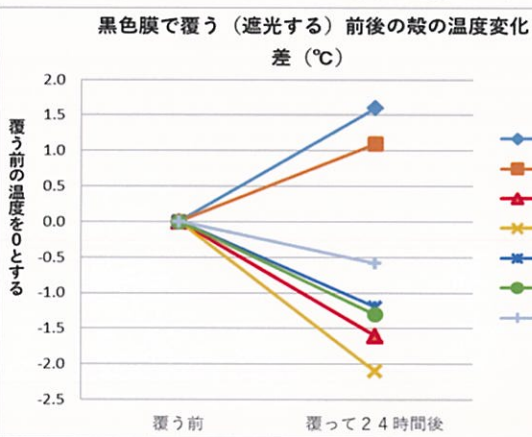
- 膜で覆うと、分泌粘液が粘っこくなった。特に黒い膜の方が、粘度が強かった。
→ 分泌する水分を抑えるのか、仮眠の膜を張るためか、反応が起きている。
- 黒い膜で包む(遮光)方が、透明膜で包む(採光)よりも温度変化が大きかった。
→ 光が入らないと、温度変化しやすい。



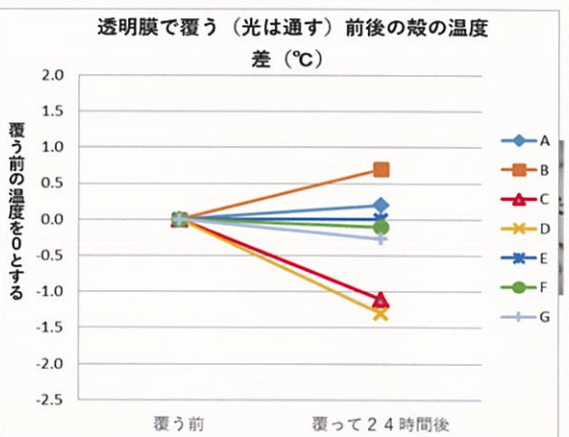
A,Bは温度上昇、その他は温度下降した。

→ 個体A,Bは殻を揺らし続けたが、その他はずっと殻にこもったので、運動量の違いがありうる。

黒色膜で覆う(遮光する)前後の殻の温度の差(°C)



透明膜で覆う(光は通す)前後の殻の温度の差(°C)



(6) 殻の主成分の代用品に、有害な物質カドミウムを付着させたときの变化

- 水性と油性との差:ケイ素以外はあまり違いがなかった。
- 時間の経過による変化:すべての種類でみられなかった。
- 中に浸みこむか:切断して断面を見たが、浸みこんでいるものはなかった。
- 水滴を垂らした結果、ケイ素と比較用以外は、すぐにほとんど流された。

→▲有害なカドミウムと赤い顔料とが、中で分離したかどうか不明。

→▲塗る量・水で流れた量ともに、量る手段がなく、数値データとしては表せない。

結果	水性カドミウムレッド			油性カドミウムレッド		
	塗った時の表面	塗って1分後の表面(顕微鏡100倍)	水滴を垂らした表面(顕微鏡100倍)	塗った時の表面	塗って1分後の表面(顕微鏡100倍)	水滴を垂らした表面(顕微鏡100倍)
カタツムリの殻						
キトサン						
カルシウム						
ケイ素						
比較用						

気づき: 有害物質から体を守るために、殻をきれいしておく必要があったのでは?

カタツムリの殻は、

仮説A: 殻が有害物質を吸着してしまうのでは?

仮説B: 殻が有害物質を撥ね除けるのでは?

仮説C: 殻が有害物質と化学反応するのでは?

仮説D: 殻が触媒になって、有害物質は分解されるのでは?

→殻は有毒に、吸う空気も有毒になる

→殻はきれいだが、吸う空気は有毒なまま

→反応を起こした殻を、はがし落として修復する必要がある

・修復できれば、殻はきれい、吸う空気もきれいになる

・修復できなければ、殻は有毒、吸う空気も有毒なまま

→殻はきれいなまま、吸う空気も無害になる」

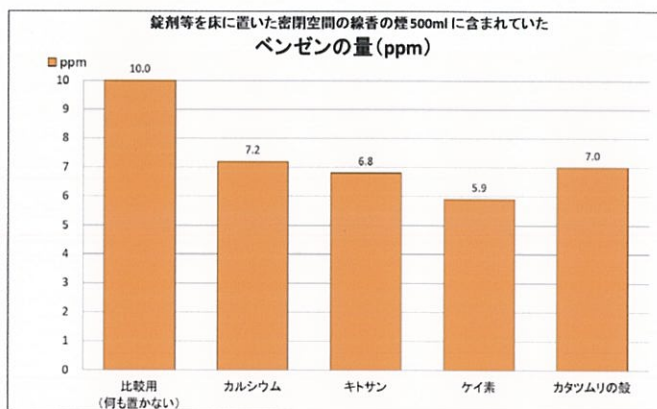
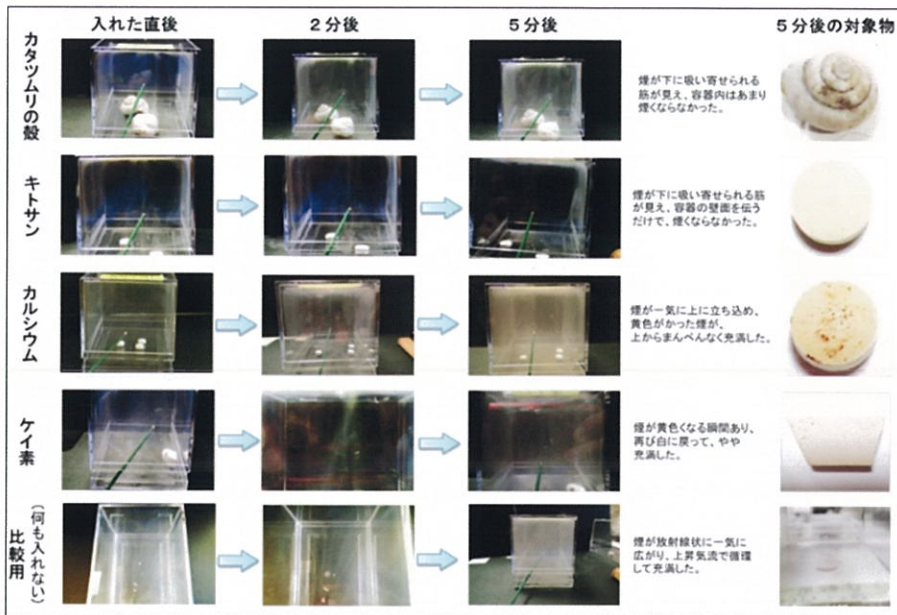
仮説A B C Dのいずれかであることを調べたい!

(7) 殻の主成分の代用品を、有害な気体ベンゼンの中に置いた時の変化

- ・㊸とキトサンは、煙が下へ吸い寄せられる筋が見え、容器内は煙くならなかった。
- ・カルシウム、ケイ素、比較用は、煙が一気に立ち込めた。
- ・ケイ素は、線香から出た煙が、ケイ素の上に煙が吸い寄せられている様子だった。

(8) (7)で気体中に残留したベンゼンの量

- ・比較用空箱は、計量上限 10ppm を超える量を検知したが、対象物を置いた箱では その約6~7割だった。
- ・残留したベンゼンが最少だったのはケイ素で 6.9ppm。
- ・㊸の殻は、残留したベンゼンは 7.0ppm で カルシウムやキトサンとほぼ同量、反応の濃さはキトサンと同様、管口の変色はケイ素とキトサンの間、クロム酸の変色はケイ素と同様だった。

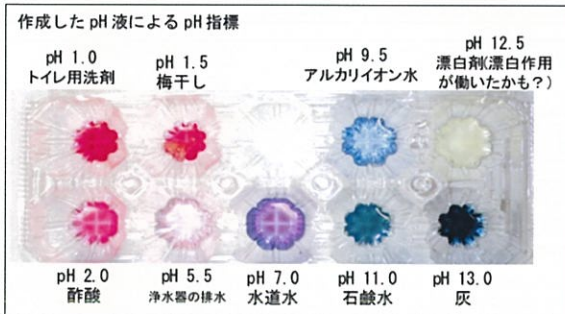


(9) 【事前実験】 pH 測定するために、pH 液で各部位の指標を作っておく

※各部位の pH も調べておく

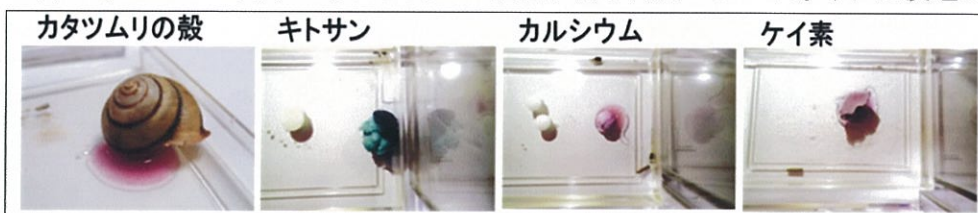
(10) (7)の対象物 pH の変化

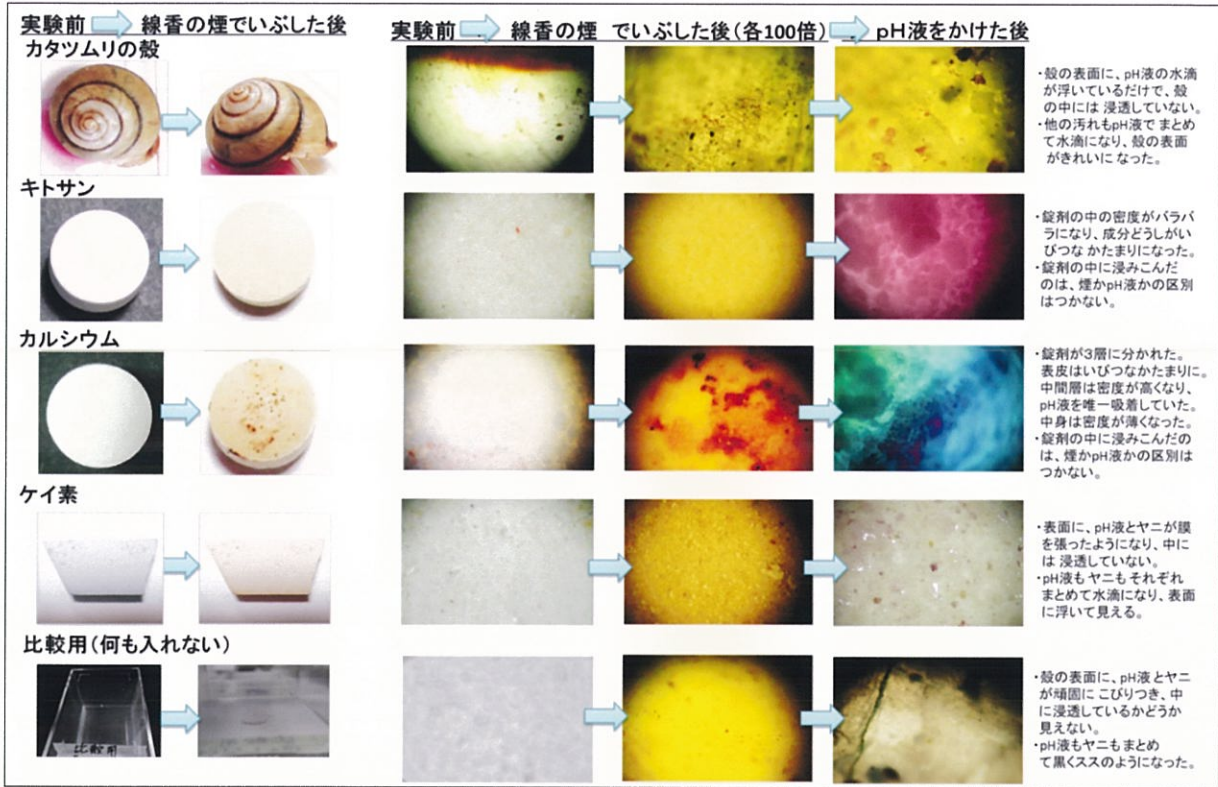
- ・㊸殻・カルシウムの錠剤・ケイ素の表面は弱酸性 (pH 約4) になった。
- ・天井に pH 液を垂らしたら、㊸は5種類のうちで唯一、pH 液の表面張力が強く、隣の水滴と合体しなかった。他は、ヤニの部分をつたって隣の水滴と合体した。



(11) (7)の対象物の表面の変化

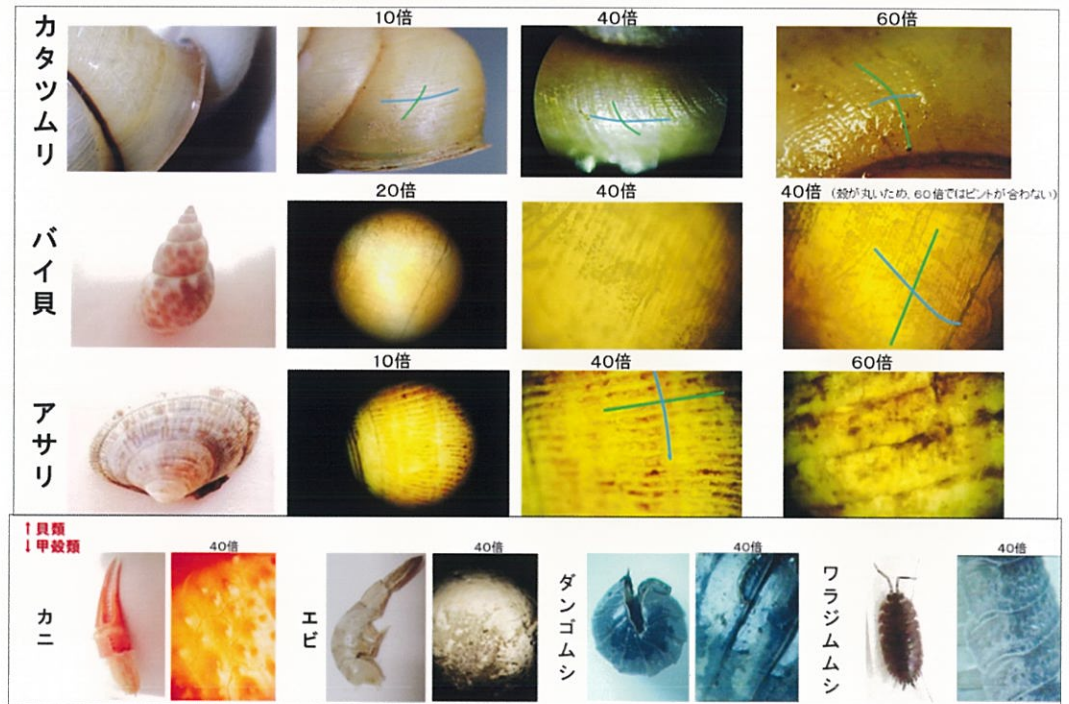
- ・全ての対象物の表面に、ヤニの茶色やススの黒色がビッシリ積もっていた。
- ・pH 液をかけると、㊸の殻とケイ素は、pH 液とヤニが水滴のようにまとまって表面に浮き、流れていった。中には浸透していなかった。キトサンとカルシウムは、錠剤の密度がバラバラになり、錠剤の中に浸みこんでいったのは pH 液かヤニなのか区別がつかない。





(12) ㊦以外の貝類には溝があるか

- ・巻き貝のバイ貝にも、2枚貝のアサリにも、縦横 両方の溝があった。ただし、溝の幅や深さは異なっていた。甲殻類には、貝類のような溝はなかった。
- ・海の貝類と同様な溝を、陸の㊦も持っている。海の甲殻類と同様な殻を、陸上のダンゴムシ・ワラジムシももっている。
- ・貝類はどれも(特に㊦)、表面に水の膜が張った感じで、甲殻類はどれも、表面に油膜が張ったような感じだった。



→ ●貝類の溝でも、甲殻類の殻でも、どちらにも、汚れを落とす機能がある、という可能性がある。

(13) ㊦以外の貝類の各 pH

- ・㊦の殻皮は弱酸性、殻は弱アルカリ性だった。
- ・㊦以外の貝はどれも、殻皮を剥ぐことができないので、放置していたら、殻の中の成分が溶け出し、次第に pH がアルカリ性の方へ変化していった。
- ・貝類も、甲殻類も、同じような pH を示した。また同じような変化をした。



気づき: そういえば、

- 貝にはすべて多数の溝が連なっている！と気づいた。
- 兄はダンゴムシの個体識別のために、油性ペンで甲羅に色分けしてたけど、翌日には取れてしまっていて、目印が定着しなくて困っていた。



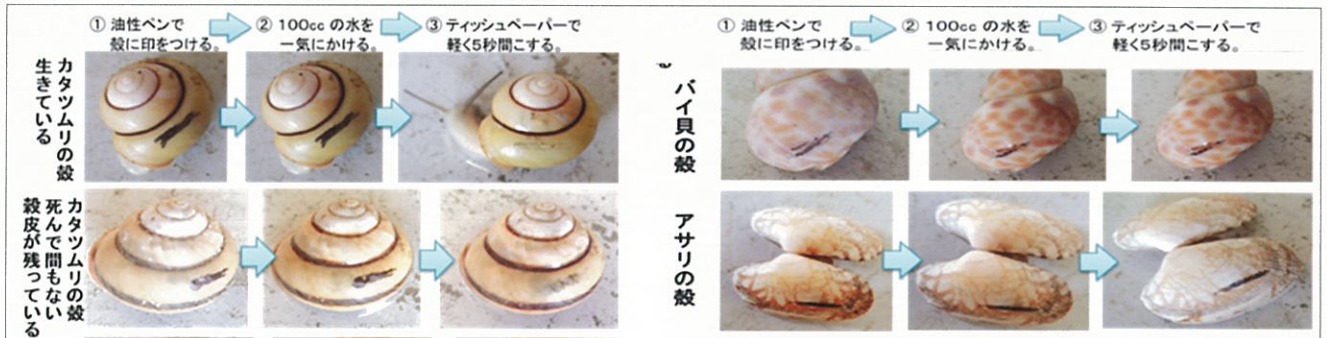
仮説:

殻の防汚機能は、カタツムリに限ったことではなく、他の貝類の殻にはもともと多数の溝が連なっていて、汚れを落とす機能があるのでは？

(14) ⑦以外の貝類の汚れの落ち方

(14-①) 貝殻の表面の汚れはすぐに落ちるか？

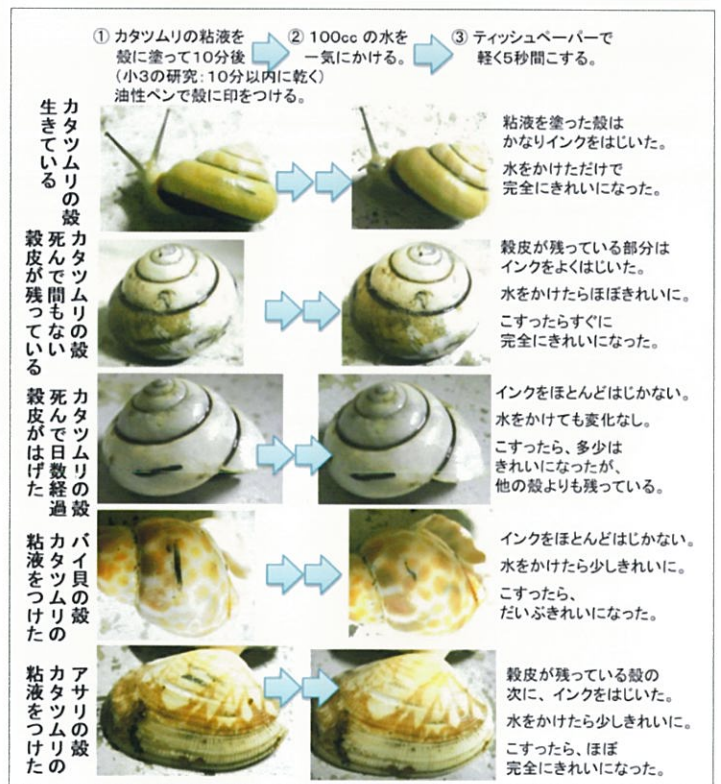
- ・どの貝も、溝の凸だけにインクが付いた。
 - 溝の凸の部分だけに汚れが乗るのは、⑦にも貝類にも共通なことだった。
- ・どの貝も、水をかけると、インクがややとれた。しかし、⑦ほど完全ではない。
 - 溝の構造だけでは、汚れを完全に落とすことはできない。
- ・きれいになった順は、生きた⑦の殻 > 死んだ⑦の殻皮+粘液 > アサリ+⑦の粘液 > バイ貝+⑦の粘液 > 死んだ⑦の殻皮 > アサリ > バイ貝だった。
- ・死んだ殻でも、⑦の殻皮が残っている部分は、汚れにくく、即きれいになった。
- ・殻皮がなくても、⑦の粘液をわざとつけたものは、汚れにくく、即きれいになった。
 - 溝の深さ+殻皮の新鮮さ+粘液の3条件がそろそろほど、汚れをよくはじいた。
 - ●カタツムリの殻皮のように、殻の表面をコーティングしている膜が防汚していたが、完全にきれいになったわけではない。もっと何か必要では？



↓ 次の実験へ

(14-②) 貝殻の表面に、カタツムリの粘液を塗ったら、汚れはすぐに落ちるか？

- ・きれいになった順は、生きた⑦の殻 > 死んだ⑦の殻皮+粘液 > アサリ+⑦の粘液 > バイ貝+⑦の粘液 > 死んだ⑦の殻皮 > アサリ > バイ貝だった。
- ・死んだ殻でも、⑦の殻皮が残っている部分はきれいになった。
- ・殻皮がなくても、⑦の粘液をつけたら、きれいになった。
 - ●溝の深さ + 殻皮の新鮮さ + 粘液の3条件がそろそろほど、汚れをよくはじいていた。



6. 考察

●⑦の殻が汚れる生活場面：(1)(2)(11)(14)より

- ・殻は、雨が降れば自然に汚れが落ち、雨が降らなければ、自分でなめたり仲間になめたりしてもらい、きれいになったら活動を始める。
- ・汚れる場所へはなるべく行かない。
- ・個体差で、少々の汚れは気にしない⑦もいれば、殻を振り回したり葉にこすりつけたりして、もっときれい

にしたがる㊦もいる。

●㊦の殻に汚れがつきにくい構造：(2)(11)(12)(14)より

- ・殻には縦横の凹凸溝が一面にある。
- ・汚れは、溝の凸部分にひっかかり、凹部分には接地しない。水が流れると汚れが流される。

●汚れによって殻が傷むか：(3)(6)(7)(10)(11)より

- ・生きた㊦に被害を与えたらいけないので、死んだ殻や 殻の主成分の代用品を用いたが、殻の構造までは再現できないのでリアルな実験はできなかった。
- ・成分ごとにわかったことは一覧表(次のページ)の通り。
- ・殻の主成分いずれも、いずれの汚れに触れても、悪影響があった。
→●殻が痛んでいく、といえる。

●汚れによって体調が悪くなるか：(3)(4)(5)より

- ・殻に汚れがつくと、㊦の体温は30分に約0.5℃下がり、気温より約-1.5℃で粘液が粘り、動きも鈍くなる。
→●免疫力が下がった可能性がある。
- ・気温、湿度、降水量よりも、風速によって、外気と殻との温度差が生じる。殻が汚れたらさらに体温が下がる。
→●水濡れの時気化熱は一定だが、泥汚れでは表面積が広がるので余計に気化熱で体温を奪われる。
→●雨上がりでも風の吹く日は外で見ない(小1,2年研究)の説明がつく。
- ・殻に光が入らないと温度変化しやすい。
→●殻が汚れたままだと、体温が変動しやすく、変温動物には致命的な体調の変化(タンパク質の変性や免疫力の低下、㊦は粘液の変化と行動の鈍化も)の可能性もある。
- ・個体A,Bはラップで包むと温度上昇、他の個体は下降した。A,Bはラップが嫌で殻を揺らし続けていたが、他の個体は殻にこもって動かずにいたので、運動量や摩擦熱の違いかもしれない。
→●体力の消耗や、活動量にも、影響している可能性がある。
- ・ラップ(特に黒い膜)で覆うと、分泌する粘液の粘り気が強くなった。
→●分泌する水分を抑えたいのか、仮眠の膜を張りたいのか、どちらかの反応が起きている。
→●ラップで覆われたら蒸発を抑えられるのに、さらに粘液の水分量を減らすのはなぜだろう。

●有害物質を、吸着?撥ね退け?化学反応?触媒になって分解?いずれか：(6)(7)(8)(10)より

- ・有害物質として用いたカドミウムレッドは、塗る量、減った量、ともに量る手段がなく、数値データは表せなかったが、気体として用いた線香の煙の中のベンゼンは、きちんと数値化できた。
- ・カドミウムは水性、油性ともに、殻、キトサン、カルシウム、ケイ素の中まで浸みこみはしなかった。特にケイ素以外はカドミウムを撥ね退けていた。
- ・ベンゼンは、対象物を入れた箱では、比較用空箱10.0ppmの約6~7割に減っていた。㊦の殻のベンゼン残留量は7.0ppmでカルシウムやキトサンとほぼ同量だった。
- ・各成分によって、残留ベンゼンが反応する項目や様子が異なっていた。
→●考察結果は一覧表(次のページ)で傾向がつかめた。

●水中の貝類との比較検討：(12)(13)(14)より

- ・「溝」は、すべての貝類にあった。汚れは溝の凸部分に乗っているだけだった。しかし、海の貝は、㊦ほどには汚れを落とせなかった。
→●溝だけではきれいにならない。
- ・「殻皮」は、㊦の殻皮は照りがあり剥けるが、海の貝は照りがないし剥けない。死んだ殻でも、㊦の殻皮が残っている部分はきれいになった。また、㊦の殻はアルカリ性なのに、殻皮は弱酸性。
→●酸性雨や排気ガスから殻を守っていたバリアの証しともいえる。
- ・「粘液」の膜が、殻皮のはじきやすさに大きくかかわっていた。
→●死んだ殻でも、殻皮がない部分でも、㊦の粘液を塗ったら汚れをはじいた。
→●「溝」の深さ+「殻皮」の新鮮さ+㊦の「粘液」のバリアの3条件がそろえば、汚れをよくはじくことができる、といえる。

	殺	キトサン	カルシウム	ケイ素	比較用	他の貝類
実験1～3 汚れたら 殻や殻皮が破壊されるのでは？	対象あり ●自分で届く範囲をなめる ●世帯にためてもらう ●汚れる場所に行かない ●細かい溝で汚れを溜かせる ●雨が降ればきれいになる	水分に弱い	水分には強い	水分には強い		●水の中なので、 汚れが溜ることはまずない ●泥やエソソリは、溝に入り込まないので 落とすやすい。 ▲硬度がわかると川ほど汚ってない。ので カマツムリほどの洗浄機能はない
実験4 汚れたら 体温が悪化してしまうのでは？	強い ▲体温が0.5～3℃下がってしまう ▲風が吹くと酸化熱でおい下がる 対策あり ●雨上がりの曇りが吹く日は外へ出ない					●身をを守るワザは ●行動の工夫 ●掃除の工夫 にあつた！
D 実験6 水性の物質	中には浸みこまない きれいに洗い流せる	中には浸みこまない きれいに洗い流せる	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る		●身をを守るワザは ●汚れを工夫すればよい ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
E 実験6 油性の物質	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る	中には浸みこまない 少し洗い流せるが、少し残る		
F 実験7 煙の充填の様子	比較用よりも煙が薄い	ほとんどヤニがない	黄色い煙が充填した	煙が一部黄色がかったが、すぐに消えた 比較用よりも煙が薄い	(この煙の量を基準とする)	
G 実験7 表面の茶色い付着	少し茶色が付いた	かなり一番ヤニが付いた	少し茶色が付いた	2番目にヤニが付いた	(このヤニの様子を基準とする)	
H 実験8 気体に残留したベンゼンの量	3. 0ppm 分 気体からベンゼンが消えた	3. 2ppm分 気体からベンゼンが消えた 残留ベンゼンが薄い	2. 8ppm分 気体からベンゼンが消えた 残留ベンゼンが薄い	4. 1ppm分 気体からベンゼンが消えた 残留ベンゼンが少し少ない	(このベンゼンの量を基準とする)	
I 実験8 気体に残留したベンゼンの反応	検知管の反応が弱いので、 ベンゼンは気体中にあまり残っていない	検知管の反応が一部がないので、 ベンゼンは気体中にあまり残っていない	検知管の反応が一部しかないので、 残留ベンゼンが薄い可能性	検知管の反応が少ないので、 ベンゼンは気体中にあまり残っていない カマツムリの痕と同じレベル	(この反応の強さを基準とする)	
J 実験10 煙にいさされた殻のpH	殻は弱酸性 pH6.5 殻は弱アルカリ性 pH 10 → 弱酸性へ	弱アルカリ性 pH 11 → 弱酸性へ	弱酸性 pH 6 そのまま	弱アルカリ性 pH 11 → やや酸性へ		
K 実験10 煙にいさされた天井のpH	pH液が一番変化なし 弱酸性	弱酸性	天井のヤニも弱酸性 pH液が濁った	天井のヤニは弱酸性 pH液に一番大きく反応して酸性に近くなった	天井のヤニは弱酸性 pH液が濁った	
L 実験10 煙にいさされた天井にヤニが付着	ヤニが水と一緒に洗い流されて 表面残りが大	ヤニが水をほんの少しはじいて表面強力が ややであった	ヤニをほとんどはじかない	ヤニをほとんどはじかない	ヤニをほとんどはじかない	
M 実験11 顕微鏡で表面を観察	ヤニが表面に残っているだけ	素材の密度がバラバラになった	素材の密度がバラバラになった	ヤニが表面にかささついているだけ	ヤニがこびりついた	
N 実験11 顕微鏡でpH液をかけた表面を観察	水溜りになってきれいになされた	ヤニがpH液の中に浸みこんだ	ヤニがpH液の中に浸みこんだ	ヤニがpH液が混ざって表面に膜を張った	ヤニがpH液がこびりついた	



殺	キトサン	カルシウム	ケイ素	比較用	他の貝類
殻が有害物質を 吸着するのでは？	F, G, H, I, J, K, L, M, N から可能性がある				
殻が有害物質を 捕らえるのでは？		F, H, I, K, M, N から可能性がある			
殻が有害物質と 化学反応するのでは？			F, H, I, J から可能性がある		
殻が有害物質と 化学反応するのでは？				F, G, H, I, K, M, N から可能性がある	
殻が 破壊となって 有害物質は分解されるのでは？	F, H, I, K, L, M, N から可能性がある				

→	殻が有毒に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
→	殻が有害に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
→	殻が有害に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
→	殻が有害に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
→	殻が有害に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも
→	殻が有害に	空気は有害に	→	身をを守るワザは ●掃除の工夫 ●粘着を減らすことが 身をを守る反応かも

7. まとめ

結論

- 「㊦の殻の防汚機能」は、汚れを凸部分に乗せる「溝」の構造と、海の貝にはない汚れをはじく「殻皮」と、なめて付ける「粘液」のバリアの、3条件が鍵だった。
特に、㊦の殻皮は、陸上で刺激から身を守るために獲得したと考えられる。
- 「なぜ殻をきれいにする必要があるのか？」
 - 汚れたままでは、体温低下、体温変動、粘液が粘っこくなる、免疫力低下、日光不足、有害物質にさらされる、体力消耗など、生きていくうえで悪影響が起きてしまい、生命存続の危機となり得る。それを防ぐために、殻をきれいに保っておく必要がある。
 - 水中から陸に上がった㊦は、大気や土壤の汚染にさらされることになるが、㊦特有の殻皮を獲得することにより、身を守り生き続けられたのだろう。
- 「殻をきれいに保つための行動の工夫」も多数している。汚れを自分や仲間同士が粘液でなめあう、汚れる場所に行かない、風が吹く日は外へ出ない、殻を振り回したり、こすりつけたりする等、身を守るための行動を工夫している。

今後の課題と展望

- 最終的に、海で生活していた時代からあった「溝」、陸上生活の刺激から殻を守るための「殻皮」、さらに行動の工夫で「粘液」を常に塗った状態にするの3条件と、「行動の工夫」に至った。
 - 実験後、「なぜ必要があるのか」や「3条件+行動」の観点で、先行研究や参考文献の有無を、電話およびWeb検索で問い合わせた（国立国会図書館、日本貝類学会、日本応用動物昆虫学会、日本環境動物昆虫学会、軟体動物多様性学会、国立科学博物館、J-STAGE、CiNii）。
 - 現時点（2020.8.20時点）ではすべての機関が、発表や文献はない、とのことだった。
 - 「溝」の先行研究は多数あるが、「殻皮」「粘液」「行動の工夫」も揃えたものは、現時点では新たな発見かもしれない。
- 死後の殻や、殻の主成分の代用品のことしか言えないが、有害物質を、A吸着？B撥ね退け？C化学反応？D触媒の役目として分解を促す？の傾向を、一覧表にすることでつかめた。
 - 殻の成分によってA B C Dの役目が異なるので、各成分を合体した殻を再現できない限り、どの役目が優性か、まではわからない。
 - でも、㊦の殻の成分はいずれかがA B C Dをもっていて、合体すると全部揃うので、㊦は既にA B C Dを活かしているかもしれないし、これから進化するかもしれない。
 - もし上記A B C Dの長所をあわせもつ素材があれば、自分自身も清潔を保てるし、外気もきれいにしてあげられる。そんな両方を活かした素材を開発してみたい。
- ㊦の健康のバロメーターである粘液は、殻に光が当たらないと粘っこくなる。これは身を守るための事前反応か、それとも体調が悪化した事後反応か、その両方か、そのタイミングを解明したら、人間の免疫力にも応用できる可能性がある。
- ㊦と同じ祖先の貝類に凹凸溝があったので、溝は殻をきれいにする以外の役割もあるはず。今後調べる。殻を体内に入れ進化したナメクジが、溝の役割の代替策をどうしているかも調べてみたい。