

左上一箇所でホチキス留め

受付番号: SE0700  
エントリーID: 1361

筑波大学

朝永振一郎記念

## 第19回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SE0700

応募部門 : 小学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : 変形菌の回避行動パターンから考えられること

学校名 : 大阪府 高槻市立桃園小学校

学年 : 6年生

代表者名 : 片岡 習

※ 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。

# 変形菌の回避行動パターンから考えられること

桃園小学校 6年1組 片岡習



**目的：変形菌に嫌いなものが近くにあった場合避けるパターンが3つあり、その行動の意味を考える。**

**紹介：**変形菌とは粘菌ともいわれる生きもので、原生生物のアメーバの仲間である。変形菌は、約1億年前の化石が見つかったため、少なくとも1億年以上前には存在していたことが分かる。カビやキノコ、バクテリアなどの分解者を食べているといわれているが、正確にはわかっていない。昨年の研究では、キセルガイやキノコバエの幼虫も食べていることがわかってきた。朽ち木などを分解する速度を遅らせて虫や小さな生きものの住処を守る役割があり森のバランスを取っているともいわれている生物だ。変形体は、1時間に数ミリ～1センチほどの速さで動いている。その仕組みは原形質流動といい、原形質（核や細胞質）などを流して動いている。約1分間に1回ほど流れる方向が反対になり 進んで止まる→進んで止まるを繰り返して動いている。世界では約1000種、日本では約600種が見つかった。ただ分類は今後も変わるのでこの数字も変わることが考えられる。

僕は兄の影響で4才から変形体を飼育し始めた。現在では僕が担当しているものはタッパー20箱、20体を飼育している。家では60箱飼育し毎日世話をしている。僕が育てているうちの14個程は飼育するのが難しいアカモジホコリを安定的に増やすことに成功していて、大阪芸術大学の教授に増やした分を提供している。すでに30箱程提供した。

去年の「変形菌が食べるものを調べて原木栽培のキノコを守る方法を考える。」研究により、イタモジホコリがポリフェノールが嫌いなことがわかった。これまでに誰も発表したことのないものだと思う。この研究成果をキノコ農家さんに伝えたところ感謝され、いろんなポリフェノールで試してみると連絡をもらった。解決につながれば嬉しく思う。

**変形菌の生き方：**子実体から飛んだ胞子が湿気のある地面などに落ちると、胞子から一匹の粘菌アメーバが生まれる。粘菌アメーバは、分裂を繰り返し、やがて異性と出会って接合すると大きくなり変形体となる。変形菌には性別が数百種類あるといわれている。変形体は、乾燥が進んだり寒くなると固い壁を作り菌核と呼ばれる休眠状態になる。バクテリアやカビ、キノコなどのエサが少なくなったり光などを浴び、ここから逃げ出したいとなるとツブツブになり子実体に変身し、胞子を作って飛ばす。変形体から子実体への変化は半日から一日程度で完成する。この変身スピードも虫たちに比べるととても速いことで知られている。このライフサイクルの期間は種により異なると思われる。2年前に大発生した種が翌年にはほとんど見かけないこともあるので、数年に一回のサイクルで動いている種もあるのかもしれない。

**実験方法：**昨年の研究で、変形菌の好きなもの、嫌いなものを調べ気づいたことがある。それはカメムシの卵を置いたときのイタモジホコリの行動がこれまでと違った反応だったことだ。右から来たイタモジホコリはカメムシの卵に触れると、左からやってきた変形体（同一個体）と一緒に左の方向に下がっていった。この間、右からやってきた変形体は左からやってきた変形体に、危険なものがあると情報を伝えたようにみえた。危険なものがある場合引き返すという行動が見られ、これが一番最短で危険なものから離れる行動ではないかと考えた。よってこの逃げる行動についてこれまで動画撮影したものをすべて見直してみることにした。また、新たに嫌いなものを置いて実験を行った。

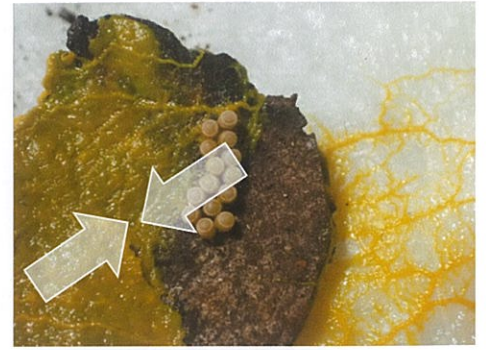
## 〈カメムシの卵〉



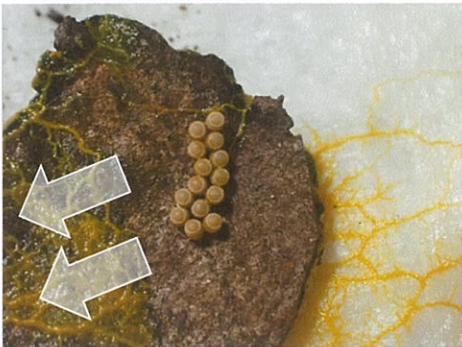
〈①右から来た変形体がカメムシの卵に触れる〉



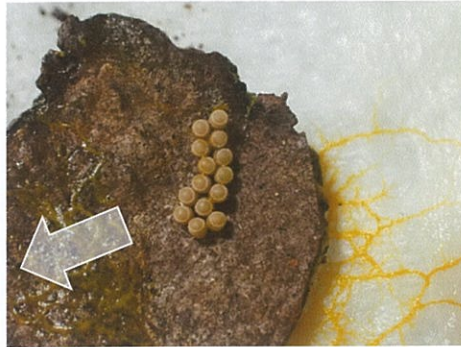
〈②左から同一個体の変形体がやってきた〉



〈③右から来た変形体と左から来た変形体が変わった〉



〈④1つになった変形体が左に下っていった〉



〈⑤完全に卵から離れてその後近寄ることはなかった〉



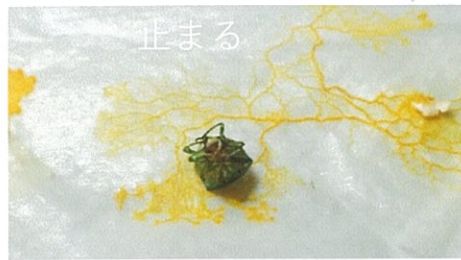
〈⑥卵からカメムシの赤ちゃんが生まれた〉

右から来た変形体はカメムシの卵に触れ、左から来た同一個体に危険なことを教えてそのまま同じ方向に最短距離で下がっていったようにみえた。この一緒に逃げる行動は初めて見た。右から来た変形体がすぐに後ろに下がらなかったのは、卵の殻で危険だと判断するのに時間がかかったのかもしれない。変形体の中で危険だという情報を伝える仕組みはまだ今も解明されていないそう。危険だと感じた時だけ何かで伝えているのかもしれない。変形体は多核単細胞で一つの細胞の中で核だけが分裂を繰り返している。体内で情報を伝える仕組みについては面白そうなので今後研究したいと思う。今回は最短距離で逃げるという行動のみの実験を行なう。後日このカメムシの卵からカメムシは孵化した。

## 〈カメムシの成体〉



〈①カメムシに向かって右から変形体が来た〉



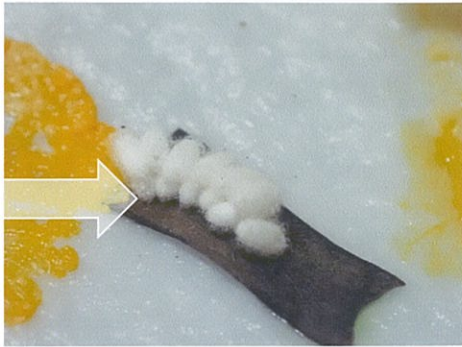
〈②カメムシに触れ、少し進んだが右に下がっていった〉



〈③完全に下がり、その後戻ってくることはなかった〉

次にカメムシの成体を使って実験をしてみた。カメムシの卵も成体の時も、変形体は後ろに下がって最短距離で離れるという行動をとっていた。カメムシは外敵から襲われたとき臭い匂いを出して身を守る。変形体が避けていくのはその匂いが関係している可能性が高い。この成分は変形体にとってとても危険なものでもすごい嫌いなものかもしれない。ちなみにカメムシを袋に入れて刺激すると自分の匂いで気絶するそうだ。人間も嫌いだしそんな強力なら変形体も嫌いだろう。

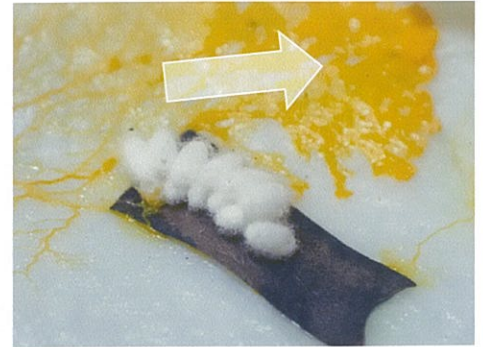
## 〈コマユバチの繭〉



〈①コマユバチの繭に向かって左から変形体が来た〉



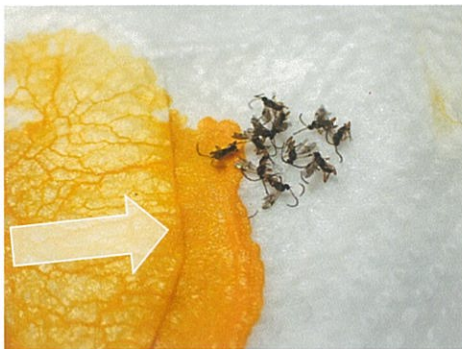
〈②変形体がコマユバチの繭に触れた〉



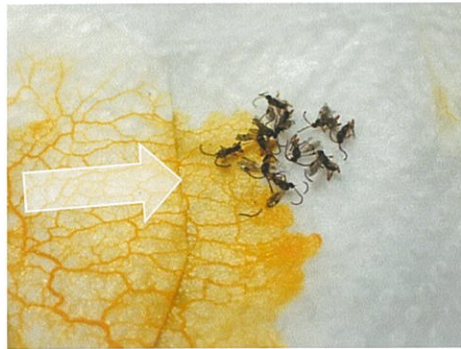
〈③触れると覆おうとせずに離れていった〉

左からやってきた変形体は、コマユバチの繭（まゆ）に触れたが繭は繊維でできているためか、食べ物だと判断せず、または変形体が嫌うコマユバチの匂いを感じたのか、離れていった。これは最短経路で直線的に後ろに下がるという逃げ方ではなかったため、あまり危険ではないと感じたのだろう。

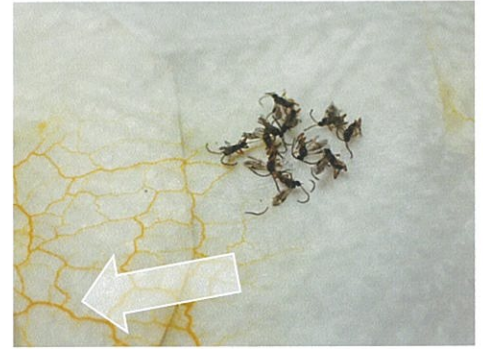
## 〈コマユバチの成体〉



〈①コマユバチがいる方向に変形体が向かった〉



〈②変形体がコマユバチに触れた〉



〈③触れるとすぐにコマユバチから最短距離で離れて行った〉

コマユバチの繭から成体が出てきたため成体を変形体に与えて実験をしてみた。左からやってきた変形体が、コマユバチに触れるとすぐに最短距離で下がっていった。カメムシと同じような反応だった。コマユバチは変形体が嫌う何らかの成分を持っていると思う。このコマユバチの繭は変形菌を探しているときに見つけたもの。普段でも遭遇している可能性は高い。変形体は、コマユバチの繭に会ったときは、回避行動をとることがわかった。

## 〈カレー粉〉



〈①変形体がカレー粉の方向に動き出した〉



〈②この場所でしばらく止まっていた〉



〈③カレー粉に少し近づいた〉



〈④カレー粉に触れずに最短距離で離れていった〉



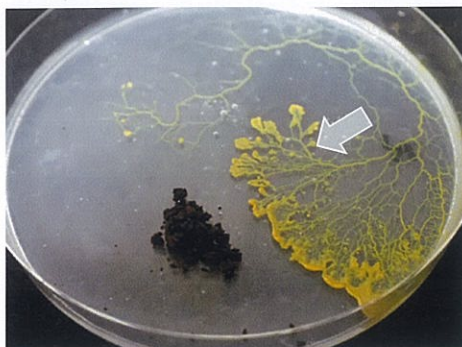
〈⑤カメムシなどと同じように来た方向に戻って行った。戻ってくることはなかった〉

カレー粉を置いたところ、左の方から変形体はカレー粉に向かって動き出した。しかし②で動きが止まった。その理由は、カレー粉を食べに行くか迷っていたのだと思う。この行動はとても面白く、後の考察部分で触れることにする。そして、再びカレー粉に近づいたが、カレー粉には触れずにカメムシやコマユバチと同じように来た方向に一目散に下がっていった。その波のように下がっていくスピードが速く近くまで近づいたときにかなり危険だと判断したようだ。

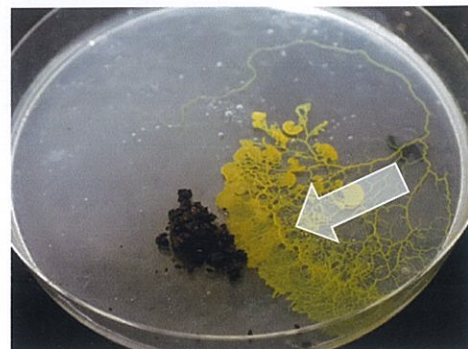
### <コーヒー豆>



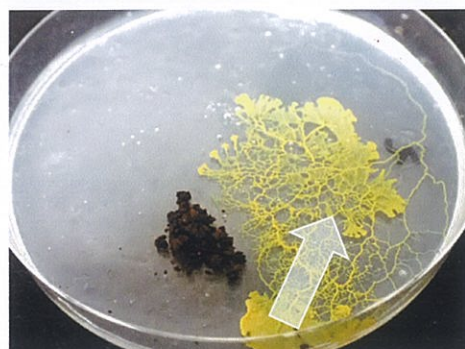
<①コーヒー豆を置くと変形体は左右に分かれた>



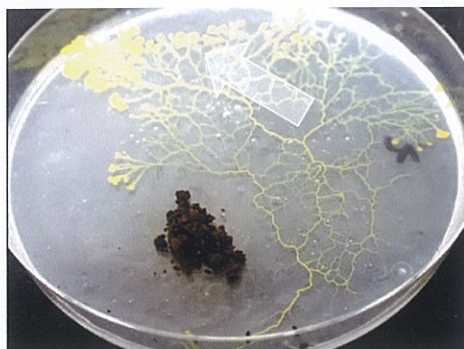
<②砕いたコーヒー豆を変形体に与えた>



<③砕いたコーヒー豆に変形体は少し触れた>



<④触れた瞬間すぐに最短距離で離れていった>



<⑤砕いたコーヒー豆から逃げていき完全に離れていった>

①のようにコーヒー豆を一粒与えてみた。すると、左右に別れて離れていった。これは最短距離で下がったのではなく避けていった。次に砕いたコーヒー豆を与えてみたところ、後ろに下がるという最短距離で砕いたコーヒー豆から離れていった。コーヒーにはクロロゲン酸というポリフェノールの一種が含まれており昨年の実験で、これを嫌っていることが分かっている。①でコーヒー豆を与えた時は最短距離での逃げ方ではなかったが、砕くと後ろに下がり最短距離での逃げ方だった。その理由は、おそらくコーヒー豆一粒だと皮があるためにポリフェノールが染み出す量が少なく、コーヒー豆を砕くとポリフェノールが多く染み出してきたため最短距離で逃げたのだと思う。

### <セミノハリセンボン（冬虫夏草）>



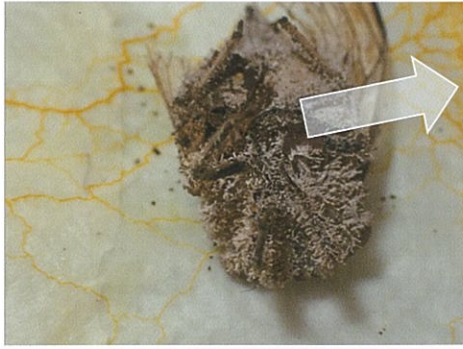
<①セミノハリセンボンの方向に変形体は近づいた>



<②セミノハリセンボンに変形体が触れた>



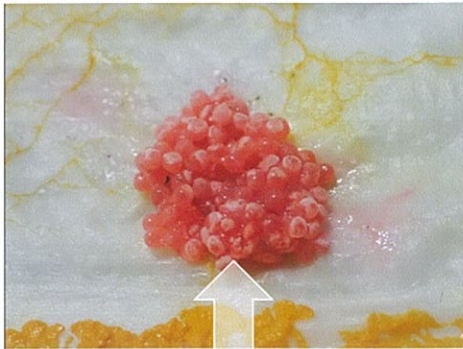
<③触れたが覆おうとはしなかった>



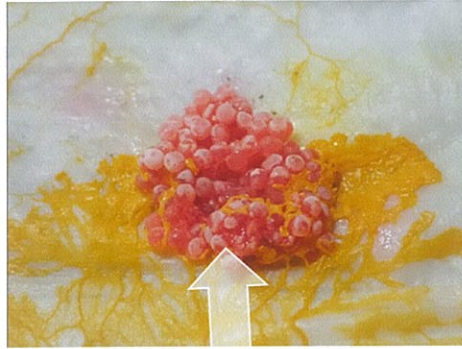
④セミノハリセンボンを通り過ぎて戻ってくることはなかった

セミノハリセンボン(冬虫夏草)は、昆虫の中に菌が入り込むと養分を吸収し、キノコが出てくる。そのキノコのことを冬虫夏草という。セミノハリセンボンがあったため、持って帰り変形体にあげることにした。変形体は、セミノハリセンボンに触れ少し上り始めたが、やめて離れていった。イタモジホコリの変形体は普通キノコを食べるがセミノハリセンボン(冬虫夏草)は食べなかった。セミだけでも試したところ避けていった。セミノハリセンボンも避けていったためどちらを嫌っているかは今のところは分からないが、セミノハリセンボン(冬虫夏草)が変形体の嫌いな成分をだしている可能性もある。

### 〈ジャンボタニシの卵〉



①下から卵に向かって変形体が来た



②少し触れたが覆おうとはしなかった



③そのまま通り過ぎ、戻ってくることはなかった

最初にジャンボタニシの卵をそのまま与えたところ下からやってきた変形体は、通り過ぎて食べなかった。殻があると食べ物と判断しない。次に殻を割って与えてみた。そうすると変形体は、近づいてきて、ジャンボタニシの卵の上を登ったが結局食べなかった。嫌いではあったがカメムシなどよりは嫌いではないことがわかった。ジャンボタニシの卵には毒があると言われている。さらに、卵の白身には抗菌作用があるためそれらを嫌ったのだろう。

### 〈イシクラゲ〉



①イシクラゲに向かって変形体が右から来た



②少し触れたが覆いに行こうとはしなかった



③結局食べずに離れていった

実家の庭にイシクラゲがあったので持ち帰り変形体に与えてみた。イシクラゲはクラゲの仲間でもなく、キノコの仲間でもないラン藻類(藍藻)の一種だ。約27億年前にイシクラゲは誕生している。変形菌よりも先に誕生している。東アジアで長い間、人間の食用とされてきたものである。イシクラゲに似ているので食べるのではないのかと思って与えてみた。変形体が右からイシクラゲに近づいてきた。そして、変形体はイシクラゲに触れたが、覆いに行こうとしなかった。その後食べることはせず離れていった。この後十分水を含んだのと小さく切ったものを与えてみたが触るものの結果は同じだった。変形体にいろいろ与えていると食べようとするけど酵素で溶かせないときでも覆うことはする。今回の場合は触れはするが、離れていったので変形菌が嫌う物質を持っている可能性が高いと思う。

## 〈巨峰の皮〉



〈①巨峰の皮に変形体が向かう〉



〈②オートミールを食べようとはするが食べに行けない〉



〈②のアントシアニンを避けている拡大図〉



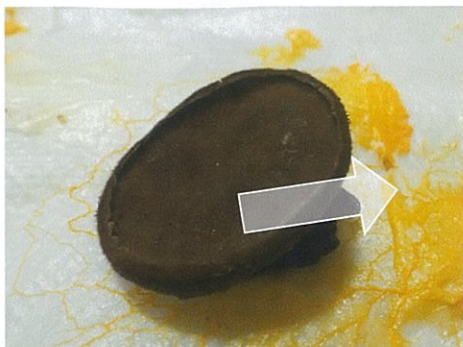
〈③巨峰の皮の間にポリフェノールが染み出し変形体がその隙間に入れにくいところ〉



〈④最終的に巨峰のまわりを回っていたがオートミールを食べることはなかった〉

変形体はポリフェノールが嫌いということが前回の実験結果で分かっているためポリフェノールの一つアントシアニンを持っている巨峰の皮で試したが、カメムシなどのように、最短距離で戻ることはなかった。他にアントシアニンの成分が含まれるもので試しても巨峰の皮と同じような反応をしていた。ポリフェノールは嫌いでもカメムシなどより危機を感じるほどではないのだろう。

## 〈オオゴムタケ〉



〈①外側の皮がゴムのようになっていて食べれなかった〉



〈②刻んだオオゴムタケに変形体が近づいてきた〉



〈③変形体が刻んだオオゴムタケを覆った〉



〈④外側がゴムのようでも切れれば変形体はオオゴムタケを食べた〉

オオゴムタケを与えたところ外側のゴムのような厚い皮が邪魔をして変形体は、食べ物として認識せずに通り過ぎてしまった。次にオオゴムタケを切って与えてみると覆いに行った。オオゴムタケは外敵や虫などから守るため、皮をゴムのようにするという進化をしたのだろう。それにより、変形体も食べ物だとは気づかなかった。これは、避けたわけではなく、食べ物だと気づかないだけだったので回避パターンとは別だ。

## 〈甘 酒〉



〈①甘酒がある方向に変形体が向かう〉



〈②変形体が二手に分かれていった〉



〈③甘酒を完全に取り囲んだ。食べようとしているが食べれてはいない〉



〈④変形体が甘酒を取り囲んでいる様子〉

手作りの甘酒を置いてみた。変形体は左から甘酒の方向に行き、2手に分かれ取り囲むような形になり、その状態が2日ほど続いた。変形体は食べようとはするが食べられない状態になっている。その理由を調べてみると麹菌にはイーストサイジンという抗菌物質を持っていることが分かった。変形体にこの物質を出して食べられないようにして、攻防が続いているのだと考えられる。やがて麹菌は弱り変形体に食べられてしまった。変形体は麹菌に回避させられた状況だがこれも回避パターンの1つとした。

## 〈ハチミツ〉



〈①ハチミツに向かって変形体が進む〉



〈②二手に別れハチミツを取り囲もうとしている〉



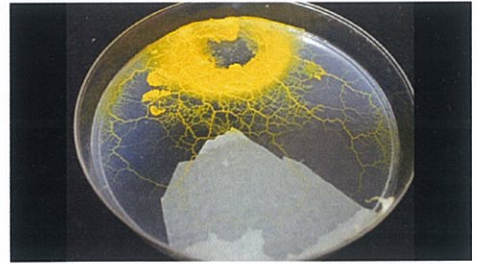
〈③ハチミツを完全に取り囲んだ〉



〈④ハチミツを食べようとするがまだ食べることは出来ない〉



〈⑤ハチミツを少し食べることができた〉



〈⑥⑤よりもさらに穴が小さくなった。でもこれ以上覆うことはなかった〉

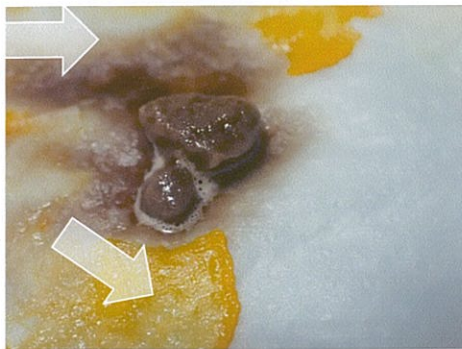
変形体に糖度約80パーセントのハチミツを与えてみると、甘酒と同じように二手に分かれて、円を作るという行動が見れた。この時点ではハチミツの糖度が高すぎるのか、ハチミツに変形体が嫌いな成分があるのかわからなかった。そこで、ハチミツを10倍に水で薄めてみることにした（寒天で少し固めた。）。すると、やはり、円になり糖度約8パーセントにしても覆うことはなかった。糖度12パーセントのスイカは時間をかけてでも食べたので糖度の問題ではなく、ハチミツに変形体が嫌うものが入っていることがわかった。コマユバチは最短距離で逃げる行動をしたため、変形体が嫌う成分は蜂にあるのかもしれない。



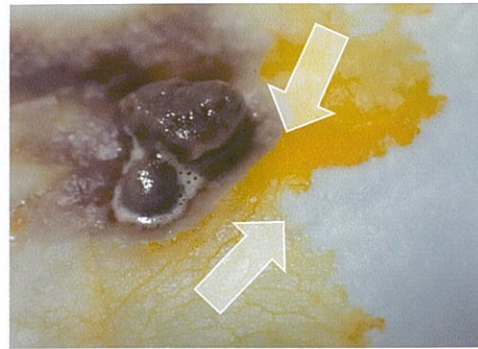
## 〈黒砂糖〉



〈①左から変形体が黒砂糖に向かってきた〉



〈②左右に別れた〉



〈③再び一つになった〉



〈④食べることは出来ず、離れていった〉

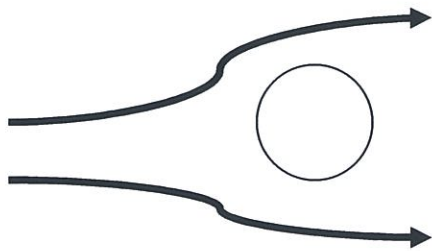
変形体は左から黒砂糖を食べにきた。二つに分かれてこれも円になるかと思ったが、通り過ぎて行った。黒砂糖の塊を与えたので糖度が高すぎたことが考えられる。そして、甘酒のように取り囲もうとしたが砂糖がどんどん溶けていき回りの糖度も上がっていくため、最終的に食べることは出来ず離れていったんだと思う。変形体の身体はほとんど水分で出来ているためナメクジの身体に塩をかけるのと同じで、濃い砂糖や塩を吸収すると水分が体から出て行ってしまふ。変形体は濃い砂糖を吸収すると死んでしまうので食べることは出来ずに離れていった。

## 考察とまとめ

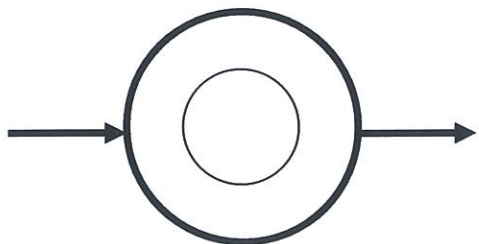
回避行動パターンを図にして大きく三つに分けた。



- ①最短距離で回避するパターン  
①は命に関わるほどの危険さを持つ物にはこの回避パターンをする。



- ②横を通って回避するパターン  
①ほどは危険ではないが、嫌いなものにはこの回避パターンをする。



- ③取り囲んで回避するパターン  
食べたいものがあるが食べられない理由がある時はこの回避パターンをする。

※回避行動パターンは大きく三つに分けたが1つ1つの中には少し異なる行動がある。例えば、②の行動パターンはポリフェノールには、完全に避ける行動をとったがジャンボタニシの卵やイシクラゲは触ったり登ったりした後に避けていったりする。他にもポリフェノールが少ししかなければ覆ってしまうときがある。これらの行動にはあいまいさがあるが、1つの行動パターンのグループに入れている。

・変形菌が嫌いなものの中から三つの回避パターンに分けてみた結果、下記に記すようなグループに分けられた。

- |                |                                                                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①最短距離で回避するパターン | カメムシ、カメムシの卵、コマユバチ、カレー粉、<br>コーヒー豆、納豆、熊の胆のう                                                                                             |
| ②横を通して回避するパターン | セミノハリセンボン、ジャンボタニシの卵、イシクラ<br>ゲ、オオゴムタケ、巨峰の皮、にんにく、カカオマス、<br>とうがらし、バナナ、バタフライピー、ジャンボタニ<br>シ、キウイ、クマゼミ、アブラゼミ、ポンカン、ブ<br>ラックペッパー、ホタテ、クミン、ゴーヤなど |
| ③取り囲んで回避するパターン | 甘酒、米麴、ハチミツ、黒砂糖                                                                                                                        |

①の最短距離で回避するパターン 変形菌を探すときに、コマユバチの繭やカメムシの卵などを見つけた。これらは森で変形体と合う可能性がある。これらの昆虫は繭や卵の殻を強化したり、嫌な臭いを付けることによって攻撃されないように外敵から守っている。変形体はこれらをととても嫌がっていることが分かった。

子実体や変形体を探しているとき、マルヒメキノコムシやトビムシ、キセルガイ、その他の虫に食べられているところを見かける。また飼育しているタッパーの中にも顕微鏡で見ると線虫やダニ、トビムシなどがいる。子実体は虫に食べられることによって胞子を運んでもらうことがあるので、変形菌と虫の関係は単純なものではない。変形体にはダニや線虫などの虫が住み着いており、その虫から食べられることもある。変形体がキノコバエの幼虫を食べたところを確認もした。自然の中では、食べたり食べられたりしている。虫と変形体の関係も今後調べたいと思う。

香辛料は防腐剤として使われ抗菌作用があり、変形体にとっては命に関わるほど刺激が強いことが分かった。変形体にカレー粉を与えたが食べることはなかった。しかし変形体はカレー粉に向かって動き出した後、一度止まるという行動が見られた。この止まるという理由を考えると、きっとカレー粉の中の成分のことをすべてが嫌いなわけではなく、食べられるものがカレー粉の中にあり、立ち止まって判断しようとしていたのではないかと思う。その後さらにカレー粉に近づいたがすぐに回避行動をとった。この行動も初めて見たものだったので驚いた。

コーヒー豆についても、昨年の結果からポリフェノールが嫌いなことが分かったためその続きも調べてみた。コーヒー（クロロゲン酸）渋柿（タンニン）ほうれん草（フラボノイド）カカオハスク（カカオポリフェノール）カラスマメ（アントシアニン）シャインマスカット（レスベラトロール）これらのポリフェノールの成分が含まれるものはすべて回避行動をとったが、クロロゲン酸以外は②の横を通して回避するパターンに分けられた。

もう一つ回避行動をとったものがあり、それは熊の胆のうだ。北海道に住む知り合いの人に変形体に与えてほしい、と言われてもらった。熊の胆のうはとにかく苦いものだった。また、ゴーヤも②のパターンのように回避行動をとった。苦みがあるものは変形体にとって嫌いなんだろう。よって、クロロゲン酸と苦みがあるコーヒー豆は特に嫌いなので①に含まれたのだと思う。

②の横を通して回避するパターンの回避行動については、触りながらよけていく場合や触れずに避ける場合も含まれている。変形体に色々ものを与えてみたが好きなものの中に嫌いなものが少し混ざっている程度だと覆ってしまうことがある。これは変形体の身体の高さにもより、嫌いなものと好きなものの割合を判断できるということが分かった。なので、嫌いな成分が少ないなら覆うが、多ければ避けることもある。

③の取り囲んで回避するパターンは食べたいけど食べれないときにできる。これは、嫌いなものと好きなものの割合が同じなため、このようになっているのだろう。これも面白い行動パターンだと思う。

変形菌には、「知性の始まり」という研究がある。これは単細胞から多核単細胞、多細胞の中のどこかで知性が生まれたのではないかということ調べる研究だそうだ。今回調べた行動パターンは大きく3つに分けたが、回避行動パターンが多いということは、そこに何かの判断があるということだと思う。本来回避するパターンは1つあれば問題はないと思うが、複数あるということは行動が複雑になっていて知性の始まりということも理解できそうだ。また、カレー粉を与えたときに一度止まるという行動は、人間のようでやはり知性を疑ってしまった。今回、回避行動のみを調べたがいろいろ食べさせていくうちに、食べ方にもいくつかのパターンがあると思った。好きなもの場合は動きが大きくなるということも確認した。これらの行動の中にも曖昧な動きがあり、その曖昧な動きは、まさに人間のように感じる。人間が持つ知性の根源は変形菌にあるのかもしれないと僕も思った。更に研究を続けていく。

## 今後実験してみたいこと

・昨年からはじめたイタモジホコリに好きなものや嫌いなものを食べさせていくという研究は今後も続けていきたいと思っている。(他の種でも試してみる。)

・カメムシの卵を与えたときに変形体が同一個体に「危険」という情報を伝えて、一緒に下がっていくという行動が見れた。この情報を交換するという仕組みはまだ解明されていないのでこれも調べてみたいと思う。でも今のところその方法は思いついてはいない。

・昨年キノコ農家さんへ変形体を取りに行ったときに変なマメホコリがあった。ヘラでつついてみると中から小さな虫が大量に出てきて飛んで行った。専門家の先生に聞いたところ、それはキノコバエの仲間に変形菌のみにつく新種かもしれないとのことだった。狙って探して見つけることはないが会うことがあればキノコバエと一緒に採取してみたいと思っている。



〈マメホコリの中からキノコバエがでてきたあと〉



〈触るとキノコバエが大量に出てきた〉

・オートミールを食べる変形体の種類はそこまで多くはなく、食べない変形体の方が多い。そのオートミールを食べない変形体は長期飼育が出来ないため研究が進んでいない。その研究が進んでいない種類の食べるものを調べ、長期飼育できる方法を作りたいと思っている。そのまだ調べていない変形体からなにか面白いものがきっと見つかると思う。

僕は7年間変形体を飼育していて、今後も飼育して実験も続けていきたいと思う。〈終わり〉