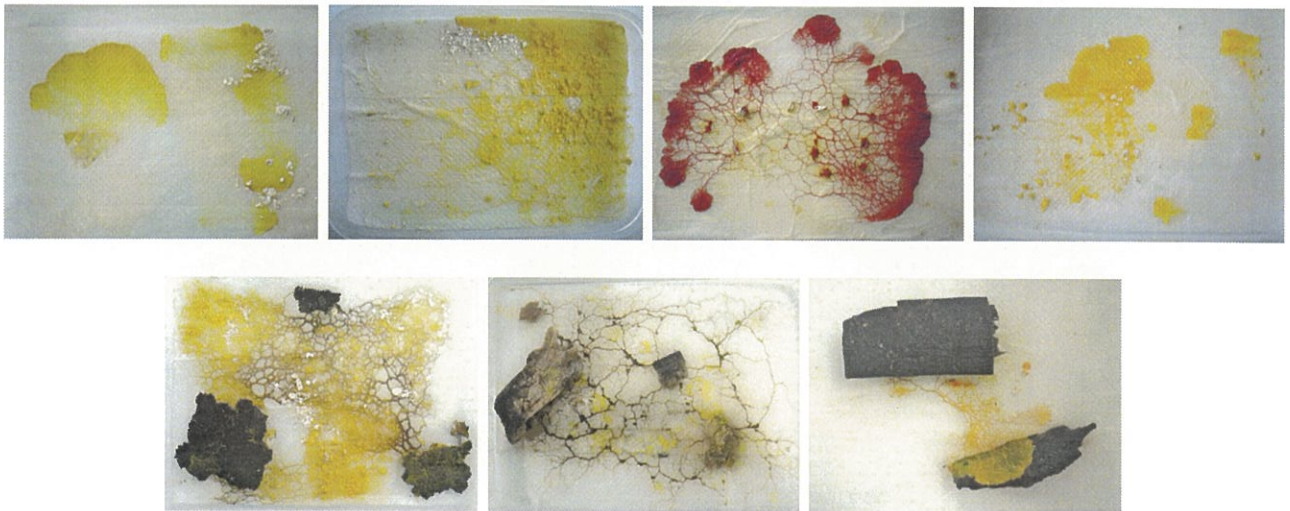


変形菌の研究 2008～2014年  
変形体の「自他」を見分ける力とカギ



2014年9月  
東京都立小石川中等教育学校1年  
増井真那

# 目次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 第1章 変形菌の研究について (2008~2014年)         | 1  |
| 第2章 変形体どうしが出会うと何が起きるのか (2010~2014年) | 1  |
| 2-1 実験方法                            | 1  |
| 2-2 実験結果:5つの場合                      | 2  |
| 2-3 分析と考察                           | 3  |
| 第3章 変形体が自他を判断するカギは何か (2013~2014年)   | 4  |
| 3-1 仮説:粘液鞘(はいあと)で「自他」の関係を見分けている     | 4  |
| 3-2 実験方法                            | 5  |
| 3-3 実験結果:4つの場合の比較分析                 | 6  |
| 3-4 種の比較分析:種によって異なる可能性              | 8  |
| 3-5 考察                              | 9  |
| 第4章 結論と課題                           | 10 |
| 4-1 結論                              | 10 |
| 4-2 課題                              | 10 |
| 引用文献                                | 10 |

研究を進め、この論文を書くにあたって、下記の方々にお世話になりました。

筑波大学の出川洋介先生、福井県越前町立福井総合植物園の松本淳先生、広島大学の泉俊輔先生、国立科学博物館の細矢剛先生、日本変形菌研究会の山本幸憲先生、山形県立博物館の川上新一先生、筑波大学大学院生命環境科学研究科 菌学研究室の瀬戸健介さん、日本変形菌研究会の皆さん、神奈川県立生命の星・地球博物館の菌類ボランティアの皆さん、国立科学博物館かはく教育ボランティア変形菌・きのこグループの皆さん、グループの今村知世子さん、日本変形菌研究会の佐藤拓さん、茨城県自然博物館の宮本卓也さんから、たくさんのご指導、ご支援をいただきました。両親も協力してくれました。皆さん、ありがとうございました。

表紙写真:長期飼育に成功し、実験で使った変形体たち

上段左から:博物館で実験用に培養されたモジホコリ(2012年10月29日)、野生種のイタモジホコリ(2010年12月23日)、アカモジホコリ(2011年3月20日)、シロジクキモジホコリ(2011年11月3日)。

下段左から:チョウチンホコリ(2012年7月13日)、ススホコリ(2013年6月22日)、キカミモジホコリ(2013年10月22日)

## 第1章 変形菌の研究について (2008~2014年)

変形菌とは動物でも植物でもなく、「菌」とつくが菌類でもない、アミーボゾアに属する生物で、動き回り栄養をとる変形体が子実体に変身し、そこから胞子を飛ばして増えていく。

野生種の変形体は見つけにくく、飼育も困難と言われているが、7年間で7種の人工培養に成功した。小学1年生の時に、飼っている変形体たちの動きが違うような気がしてきたのが実験を始めたきっかけだった。「動き」への興味からテーマを発展させながら、7年で19回の実験を行った。

1. えさを探す競争 (実験1・2 2008年) で変形体の動き方に違いがあることがはっきりした。それがどう違うのかを調べるために 2. えさを探す時の動き方の研究 (実験3~7 2009~2010年) を行い、動き方は種ごとに決まっていることがわかった。3種 (モジホコリ、イタモジホコリ、アカモジホコリ) は全てモジホコリ属だが、体の特徴を生かした独特の動き方を持つ。そこから変形体の動きと考えの関係を知りたくなり、3. 変形体どうしが出合うと何が起きるかの研究 (実験8~16・18 2010~2014年) を始めた。その中で、変形体の「自他」を見分ける力というテーマを発見し、4. 変形体が自他を判断するカギの研究 (実験17・19 2013~2014年) を始めた。

本稿では、第2章で3.の成果を、第3章で4.の成果について説明する。

研究の材料として、博物館で培養されているモジホコリ1株、野外調査で採集し長期飼育に成功した野生種の変形体5種18株 (イタモジホコリ9産地、アカモジホコリ3産地、シロジクキモジホコリ3産地、キカミモジホコリ、チョウチンホコリ2株)、計6種・19株を使った。

## 第2章 変形体どうしが出合った時に何が起きるのか (2010~2014年)

出合う相手によって行動が違ふと仮説を立て、変形体どうしを寒天培地の上で出合わせる実験を、2010年から2014年にかけて計291シャーレを行った。

### 2-1. 実験方法

[別種どうし]、[1つの個体から分かれた変形体どうし]、[菌核にして変形体に戻した個体の場合]、[同種世代違いどうし]、[同種産地違いどうし] の5つの場合に分けて出合わせた (表1)。

どの実験もオートミール上の個体をピンセットで2%寒天培地に置き、変形体どうしが出合ったときの行動を観察した。

表1. 5つの場合の実験 (2010~2014年)

| 5つの場合                | 実験   | 実験材料 → 実験方法 (出合わせ方)  |
|----------------------|--|--|
| 別種どうしの場合             | 実験8 (2010年)                                    | モジホコリ, イタモジホコリ, アカモジホコリ → 3種同時                               |
|                      | 実験9 (2010年)                                    | モジホコリ, イタモジホコリ, アカモジホコリ → 1対1                                |
|                      | 実験16 追加実験                                      | イタモジ2産地, チョウチン, モジまたはキカミモジ → 4個体同時                           |
| 1つの個体から分かれた変形体どうしの場合 | 実験12 (2011~2012年)                              | モジホコリ, イタモジホコリ → 1対1 (分けてから1・2・4・8・16・30・60・90日後・約5ヶ月後・約半年後) |
|                      | 各実験の対照実験 (2011~2014年)                          | モジホコリ, イタモジホコリ, アカモジホコリ, シロジクキモジホコリ, チョウチンホコリ → 1対1          |
| 菌核にして変形体に戻した個体       | 実験13 (2011~2012年)                              | モジホコリ, イタモジホコリ → 1対1 (菌核にして24日後・約1年後)                        |
| 同種世代違いどうしの場合         | 実験14 (2012年)                                   | チョウチン第3世代まで, シロジクキモジ第2世代まで → 1対1                             |
|                      | 実験15 (2013年)                                   | チョウチンホコリ第5世代まで → 1対1   |
|                      | 実験15 追加実験                                      | 同地点産・採集年違いのチョウチンホコリ → 1対1                                    |
| 同種産地違いの場合            | 実験10 (2010年)                                   | イタモジホコリ4産地 → 4個体同時   |
|                      | 実験16 (2013年)                                   | イタモジ/シロジクキモジ/アカモジ各3産地 → 1対1                                  |
|                      | 実験16 追加実験                                      | 融合した産地違い3個体 (シロジクキモジホコリ) → 3個体同時                             |
|                      |  | イタモジホコリ3産地, アカモジホコリ3産地 → 3個体同時                               |
|                      | イタモジホコリ2産地, チョウチンホコリ, モジホコリまたはキカミモジホコリ → 4個体同時 |  |
|                      | 実験18 (2014年)                                   | イタモジホコリ3産地 (産地間の距離600km以上) → 1対1                             |

## 2-2. 実験結果：5つの場合

### ■第1の場合：別種どうし

2010年(実験8・9)と2013年(実験16追加実験)に5種(モジホコリ、イタモジホコリ、アカモジホコリ、キカミモジホコリ、チョウチンホコリ)で試し、**どの組み合わせでも融合せず避け合う**ことがわかった(n=19シャーレ)。相手に触れてから避ける、上を乗り越える、からみ合ってから別れるといった行動をする(図1)。**相手の直前で止まって考え込むような行動はしない。**

図1. 別種どうしの場合。2種がからみ合ってから別れていった例。  
イタモジホコリ-キカミモジホコリ(実験16追加実験3シャーレ2・2013年11月4日)



### ■第2の場合：1つの個体から分かれたものどうし

2014年6月までに5種(モジホコリ、イタモジホコリ、アカモジホコリ、シロジクキモジホコリ、チョウチンホコリ)、計175シャーレについて実験でき、**最終融合率**(最終的に融合して1つの個体となったシャーレの割合)は**93%**(n=175シャーレ)となった(図2)。

変形体には「**複数に分かれた自分**」から「**1つの自分**」に戻る力があることがわかった。ただし、288回の出会いのうち27.1%は融合せず避けたので、(最終的に融合する場合でも)出合えば必ず融合するわけではない。**1つの個体への判断は常に同じとは限らない。**

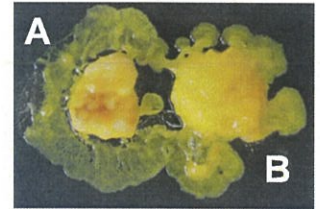


図2. 1つの個体から分かれたものどうし・実験12イタモジホコリ8日後・シャーレ12・5時間19分後(2011年8月24日)

### ■第3の場合：菌核にしてから変形体に戻した個体

**菌核**とは、変形体が好まない環境から身を守る休眠状態で、人工的にも変身させることができ、それを起こして変形体に戻せる。2011~2012年に2種(モジホコリ、イタモジホコリ)について試した(実験13)。菌核になったら「自分」のことを忘れて融合できなくなると予想したが、結果は**最終融合率100%**(n=25シャーレ)となった(図3)。菌核でいる期間が24日間、約1年間の場合を試して比較したが、違いはなかった。

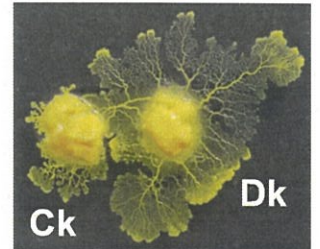


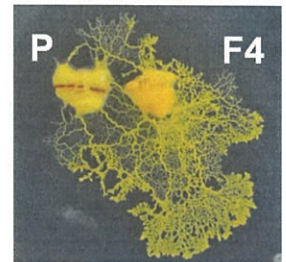
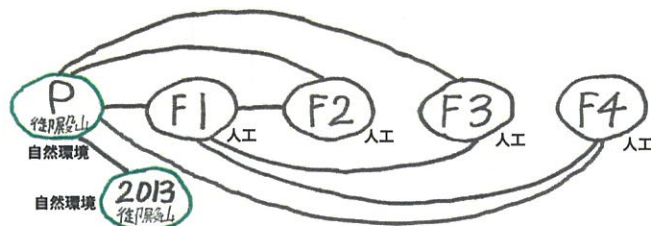
図3. 菌核にしてから変形体に戻した個体どうしの場合・実験13・1年後・モジホコリCk-DKシャーレ1・7時間後(2012年11月18日)

### ■第4の場合：同種世代違い

実験を続けてきて、**変形体はどの関係までが融合して「自分」になれるのか、どこからが「他人」なのか**が知りたくなり、世代間の関係を確かめる実験を考えた。その準備として、野生の変形体では成功例がほとんどないという**継代培養**を、シロジクキモジホコリ第2世代、チョウチンホコリ第2~第5世代で成功させた(特にチョウチンホコリは**前例がない**ようだ)。

結果(実験14・15)はシロジクキモジホコリ2世代間(P, F1)、チョウチンホコリ5世代間(P, F1~F4)で試した全組み合わせで**最終融合率100%**(n=27シャーレ)となった(図4)。**親は新しい体を持つ子を残すのだから、親子が融合しては意味がない**と考えていたので、**意外**だった。

図4. 左: 実験14・15 チョウチンホコリの結果。試した全組み合わせ(各世代を結ぶ線)で100%融合した。Pと同じ切り株から翌年採集された個体「2013御殿山」(Pと世代のつながりがあると考えられる)も、Pと融合できた。  
右: 実験15・チョウチンホコリP-F4・シャーレ3 7時間18分後(2014年8月28日)



## ■第5の場合：同種産地違い

全体で**最終融合率 51%** (n=45 シャーレ) となった。ただし、**融合する組み合わせ** (イタモジホコリ、アカモジホコリ、シロジクキモジホコリ各3産地 (実験 16))、**最終融合率 0%の組み合わせ** (イタモジホコリ 4産地 (実験 10)、イタモジホコリ 600km 以上離れた産地 (実験 18)) に**結果が大きく分かれた** (図5・図6)。どちらの場合も、**相手から 0.1mm 以下の距離でじっと止まっていることが多い**という特徴があった。

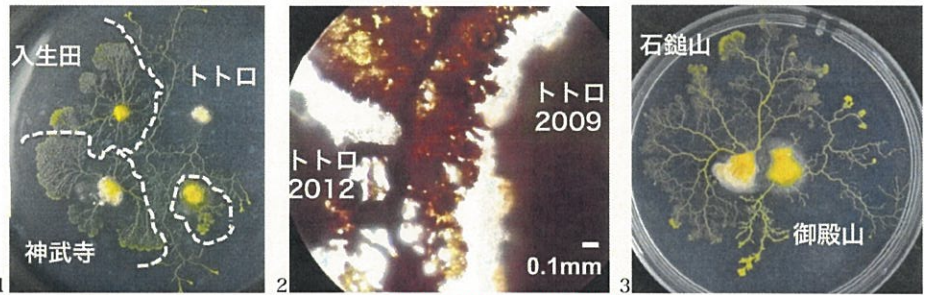


図5. 同種産地違いの場合。写真1:融合せず住み分けた例。(実験10 イタモジホコリ4産地シャーレ1・23時間後・2010年11月8日) 写真2:0.1mm以下で30分止まった例。その後、別の場所で融合した。100倍(実験16 アカモジホコリ・トトロ 2009-2012・シャーレ2・7時間42分後・2013年7月29日) 写真3:6回出合ったが融合しなかった例。(実験18 イタモジホコリ石鐘山-御殿山シャーレ2・13時間21分後・2014年5月12日)

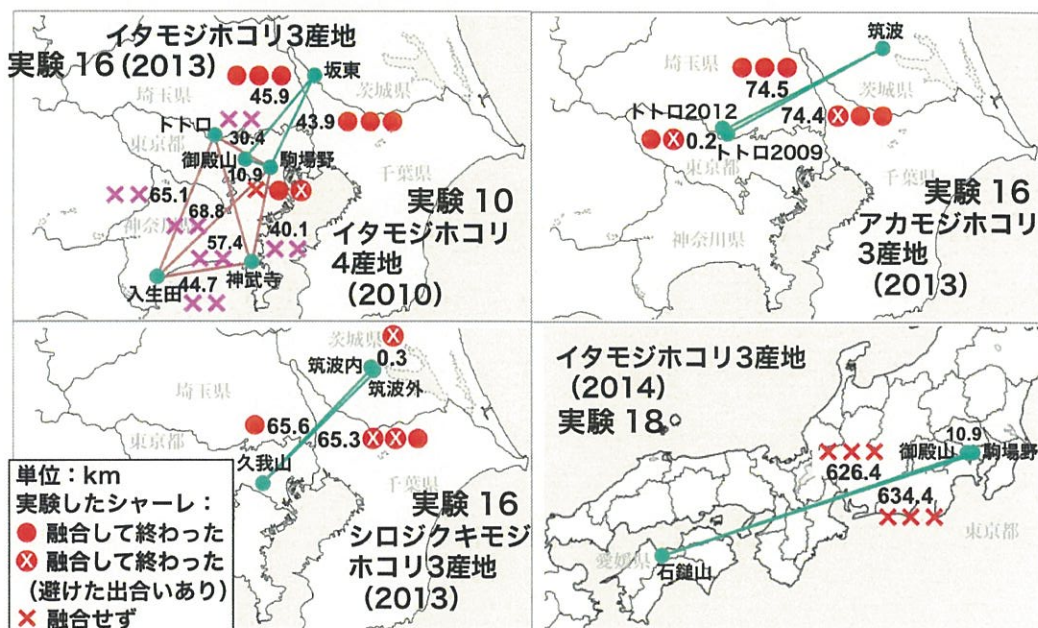


図6. 同種産地違い(実験10・16・18)の実験結果。実験したシャーレごとの結果を記号で表した。

## 2-3. 分析と考察

実験結果を簡単にまとめれば「同種は融合でき、別種はできない」となるが、[産地違い]の行動が同種どうしの場合にひとくくりにはできるとは思えなかった。[1つの個体]の最終融合率が93%、[菌核]と[世代違い]が100%に対して、[産地違い]は51%と大きな差があり、相手から0.1mm以下の距離で長時間じっと止まることが多く、全く融合しない例があることがその理由だ。

このことをはっきりさせるために、5つの場合合計291シャーレ、出会い526回の実験結果について「融合しにくさ」と「判断のしにくさ」を比較した。「融合しにくさ」は、相手を避けた回数を出合った回数で割った「避けた出会い率」を使った。「判断のしにくさ」は、相手から0.5mm以下の距離で30分以上止まってから行動を決めた回数を出合った回数で割って計算した「30分以上止まってから行動を決めた率」を使った。

分析の結果、5つの場合が3グループに分かれた(図7)。Aの【別種】は、すぐに行動を決めて避ける「わかりやすい他人」の関係。Bの【1つの個体】、【菌核】、【世代違い】は、ほとんどの場合融合し(「自分」になれる)、あまり止まらない「わかりやすい自分」の関係。Cの【産地違い】は融合する場合もあるが、判断に時間がかかる傾向がある「わかりにくい自分」の関係だと言える。

種別に見た散らばりは **C** が最も大きいですが、縦軸「止まってから行動を決めた率」は 50% 前後にまとまる（融合できる関係だとしても、判断はしにくい）。このことから B グループと比べて「産地違い」は **〈わかりにくい自分〉** の関係だということが、さらにはっきりする。

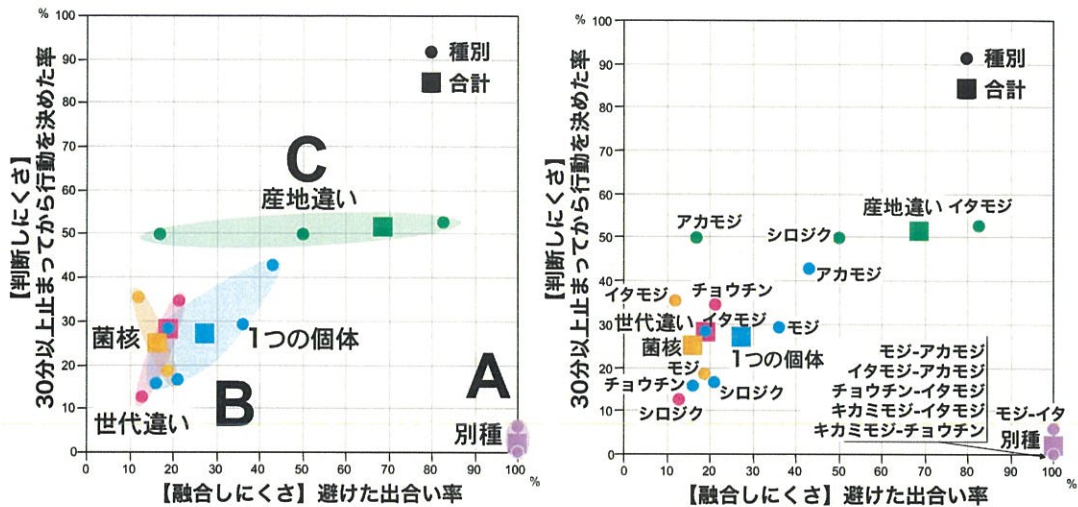


図 7. 5つの場合について、融合しにくさと判断しにくさを比較

「産地違い」の結果について、研究発表の場で「産地間の距離（地理的隔離）との関係は？」という質問を多くいただいた。変形菌の胞子は、子実体のそばに落ちることも、風に乗ってどこまでも飛ぶこともあるので、融合できる／できないの違いと距離は関係がないはずだ。実験結果からは、600km 以上離れた遠距離実験では融合しなかったものの、全く融合しない例は数十 km 台でも見られた（図 6）ので、**「産地違い」の融合しにくさは距離ではなく、個体間の相性によると**考えている。他の産地と 600km 以上離れたイタモジホコリ石鎚山を採集された川上新一先生にうかがったところ、採集地は海拔約 1450m の高地で、採集後は暗闇で 3 年以上飼育されていたそうだ。半透明のケースに入れて室内で飼育してきた他の個体（イタモジホコリ御殿山、駒場野など）とは産地の環境も飼育環境も大きく異なる。**環境の違いが、相手との融合の条件（近さ／遠さ）を変えている可能性がある**と考え始めた。

ここまでの結果から、**変形体は出合った相手を「自分」になれる可能性があるかどうかを判断できる**ことがわかった。変形体は「**自他**」の判断をするためのカギを探していると考えられるが、それは（相手に触れずに行動を決めた例も多かったので）**相手に触れないでも判断できるもの**だろう。

「**自他**」の判断の行動パターンは 3 つに分けることができる。このことから、新しい仮説として、**変形体の自他の関係は「融合する／しない」の 2 つに分かれるのではなく、「近い関係／遠い関係」があるのではないか**と考えている。

### 第 3 章 変形体が「自他」を判断するカギは何か（2013～2014 年）

#### 3-1. 仮説：粘液鞘（はいあと）で「自他」の関係を見分けている

前章から出てきた課題、**変形体の自他の関係に「近い／遠い」が本当にあるのか、それはどのような違いなのかをはっきりさせたい**。また、**変形体が自他を判断するカギは何か**を調べたい。

カギの候補を**粘液鞘**（図 8）と考えた。変形体は自分で出したねばねばで透明な粘液鞘で自分の体を覆って動き回る。変形体がもし何かと出会うなら、**最初に触れるのは透明な粘液鞘だ**。飼育経験や実験の成果から、**カギは、相**

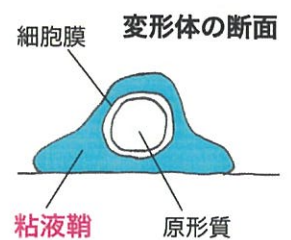


図 8. 変形体の断面図

手に触れずに判断しているように見えるものだと言える。粘液鞘は肉眼ではほとんど見えず、もし変形体がそれに触れて判断しているのなら、「触れずに判断している」ように見えるはずだ。変形体が様々な個体の粘液鞘に対して違う反応をするのなら、カギの正体に大きく近づけるし、反応の違いから関係の「近い／遠い」も測れるのではないかと考えた。

変形体の表面の粘液鞘を集めるのは難しいが、変形体が移動した後に残る、脱ぎすてられた粘液鞘としての「はいあと」ならば、集めて実験に使える(図9)。

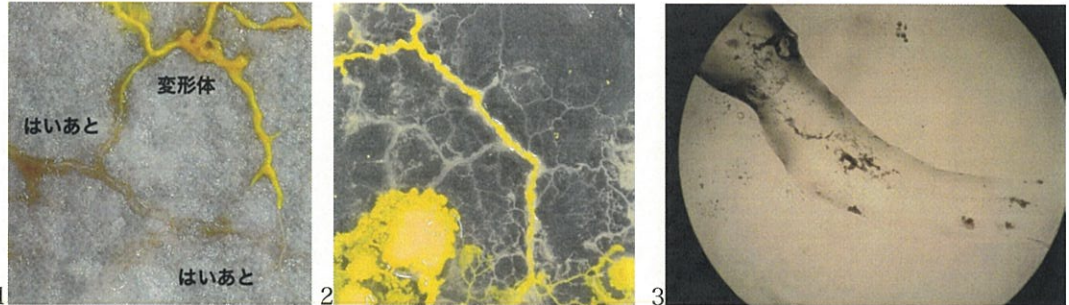


図9. 変形体のはいあと 写真1:ススホコリのはいあとは、うす茶色でとても目立つ。チューブ状に残っているのがわかる。(2014年5月9日) 写真2:チョウチンホコリのはいあとは白っぽい。(2014年9月6日) 写真3:モジホコリのはいあと。幅約0.8mm。ピンセットでつまみ上げられる。40倍(2014年9月5日)

Chris R. Reidら(2012)によると、モジホコリの変形体は自分のはいあとを避け、環境に自分の「はいあと」がたくさん存在する状況では、はいあとの判断をしなくなるようだ。

自分でやったこれまでの実験でも、元々は同じ株の変形体のはいあとに対して、変形体が確かめるように止まり、その後ははいあとの上をたどるように進んでいった例が見られた(図10)。



図10. 実験13(1年後)イタモジホコリ Ck-Dk シャーレ3 13時間16分後、右から約2mm伸びたDkのはいあとにCkの脈が触れた。この写真の後、はいあとに触れたままCkは進もうとせず、触れてから約2時間後にCkはDkのはいあとの上を進み出した。CkとDkは、元々は1つの個体だった。(2012年11月16日)

以上のことから、変形体ははいあとに何らかの反応をして行動することがわかる。これを手がかりに、変形体がはいあとに出合ったらどのように反応するかについての実験を行った。

- 仮説：変形体のはいあとは、出合った相手に対する自他の判断に関係している。
- 仮説：はいあとと出合った時の変形体の反応は、変形体どうしを出合わせた場合と同じようになる。例えば、産地違いのはいあとと出合ったら、動きを止めた後、はいあとを避ける。

### 3-2. 実験方法

はいあとを使うテストとして実験17(2013年11月)を行った。イタモジホコリ御殿山の変形体を【自分】、【産地違い】、【別種】の3つのはいあとで取り囲んで出合わせた(図11)。4シャーレの実験結果から、変形体は、はいあとに触れて止まったり避けたりすることがわかった。

改良点もわかった。1) 変形体とはいあとを一对一で出合わせる方がよい(準備と結果の判定のしやすさ)。2) ある程度変形体の進む方向を制限するが、そのルートからそれることもできる方法がよい(取り囲む配置は、Reidら(2012)の言う「環境に自分のはいあとがたくさんあると判断をしなくなる」状態にあてはまる可能性がある)。

実験17の改良型として、変形体とはいあとを一对一で出合わせる実験19を行った。変形体どうしの実験(実験8~16・18)と同じように、オートミールに乗った変形体を2%寒天培地の上に置き、約3mm離れた場所にはいあとを置き、

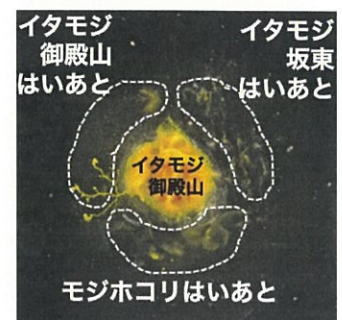


図11. 実験17・シャーレ4・15時間56分後。坂東と御殿山の間にはいあとを伸ばした脈はしぼみ、御殿山(自分)側へ進んだ。(2013年11月20日)

その周囲を自作の実験用シートで取り囲んだ（図 12）。

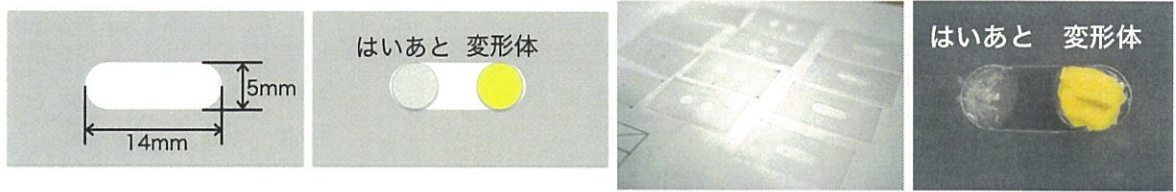


図 12. 実験 17 の反省から自作した実験用シート。厚さ 0.2mm のポリプロピレン製シートを長方形に切り取り、長さ 14mm、幅 5mm の穴を開けた。事前に試した結果、湿気がなく、0.2mm の段差があるため、変形体の進む方向をある程度制限して、はいあとへ向かわせられた。段差は変形体が登れる高さなので、はいあとを避けていく場合も観察できる。写真右端は実験 19 の初期配置。[イタモジホコリ石鎚山はいあと-イタモジホコリ駒場野変形体]シャーレ 4(2014 年 9 月 12 日)

変形体とはいあとの組み合わせは、**変形体どうしを出合わせた場合と比較**するため、**4つの場合**に分けて考えた（表 2）。[同種産地違い]については、変形体どうしの実験で、イタモジホコリ駒場野と融合できた筑波と、融合できなかった石鎚山を選んだ。各組み合わせについては、例えば変形体 A と B の場合、「はいあと A-変形体 B」と「はいあと B-変形体 A」の両方を行うようにした。組み合わせごとに 5 シャーレをそろえることを目標にして、今回は**合計 81 シャーレ**の実験を完了することができた。

表 2. 実験 19 でやった実験の一覧

[菌核]については、実験 12・13 の結果から、[1つの個体]と同じ(「同じ株」に含まれる)と判断して、実験 19 では行わなかった。

| 場合                              | はいあと        | 変形体         | n | 実験日                 |
|---------------------------------|-------------|-------------|---|---------------------|
| 別種                              | イタモジホコリ駒場野  | モジホコリ       | 5 | 2014/09/05~06・15    |
|                                 | モジホコリ       | イタモジホコリ駒場野  | 5 | 2014/09/05~07       |
|                                 | イタモジホコリ駒場野  | チョウチンホコリ P  | 5 | 2014/09/06~09       |
|                                 | チョウチンホコリ P  | イタモジホコリ駒場野  | 5 | 2014/09/06~07       |
| 同じ株<br>(自分自身)                   | イタモジホコリ駒場野  | イタモジホコリ駒場野  | 5 | 2014/09/15~16       |
|                                 | イタモジホコリ石鎚山  | イタモジホコリ石鎚山  | 5 | 2014/09/02~04・08~10 |
|                                 | イタモジホコリ筑波   | イタモジホコリ筑波   | 5 | 2014/09/08~10・15    |
|                                 | モジホコリ       | モジホコリ       | 5 | 2014/09/08~09・15    |
|                                 | チョウチンホコリ P  | チョウチンホコリ P  | 5 | 2014/09/02~04       |
|                                 | チョウチンホコリ F4 | チョウチンホコリ F4 | 5 | 2014/09/02~04・19    |
| 同種世代違い                          | チョウチンホコリ P  | チョウチンホコリ F4 | 5 | 2014/09/01~02       |
|                                 | チョウチンホコリ F4 | チョウチンホコリ P  | 5 | 2014/09/01~02       |
| 同種産地違い<br>(筑波は融合できる。石鎚山は融合できない) | イタモジホコリ駒場野  | イタモジホコリ筑波   | 6 | 2014/09/07~10       |
|                                 | イタモジホコリ筑波   | イタモジホコリ駒場野  | 5 | 2014/09/07~08・19    |
|                                 | イタモジホコリ駒場野  | イタモジホコリ石鎚山  | 5 | 2014/09/12~13       |
|                                 | イタモジホコリ石鎚山  | イタモジホコリ駒場野  | 5 | 2014/09/12~13・15    |

### 3-3. 実験結果：4つの場合の比較分析

4つの場合について、はいあとを避けた率（図 13-a）、はいあとに触れて止まった率（図 13-b）、はいあとを覆った最大面積比率（図 13-c）を中心に比較する。

- **はいあとを避けた率**：変形体がはいあとに触れて引き返したか、はいあとに乗ったが広がらず／とどまらず脈を引いた例は「変形体がはいあとを避けた」と判定した。引いた後に、はいあとに登り直して広がった場合は「避けた」に含めない。全体では **26.0%** (n=81)。
- **はいあとに触れて止まった率**：変形体がはいあとに触れてから次の行動に移るまでの時間が 0 でなかったシャーレ数を全シャーレ数で割った値。全体では **21.0%** (n=81)。
- **はいあとを覆った最大面積比率**：変形体がはいあとに登って何%を覆ったか。最も広い面積の時の値を計算した(実験写真に格子を乗せてマスを数えた)。全体平均は **41.3%**(n=81)。



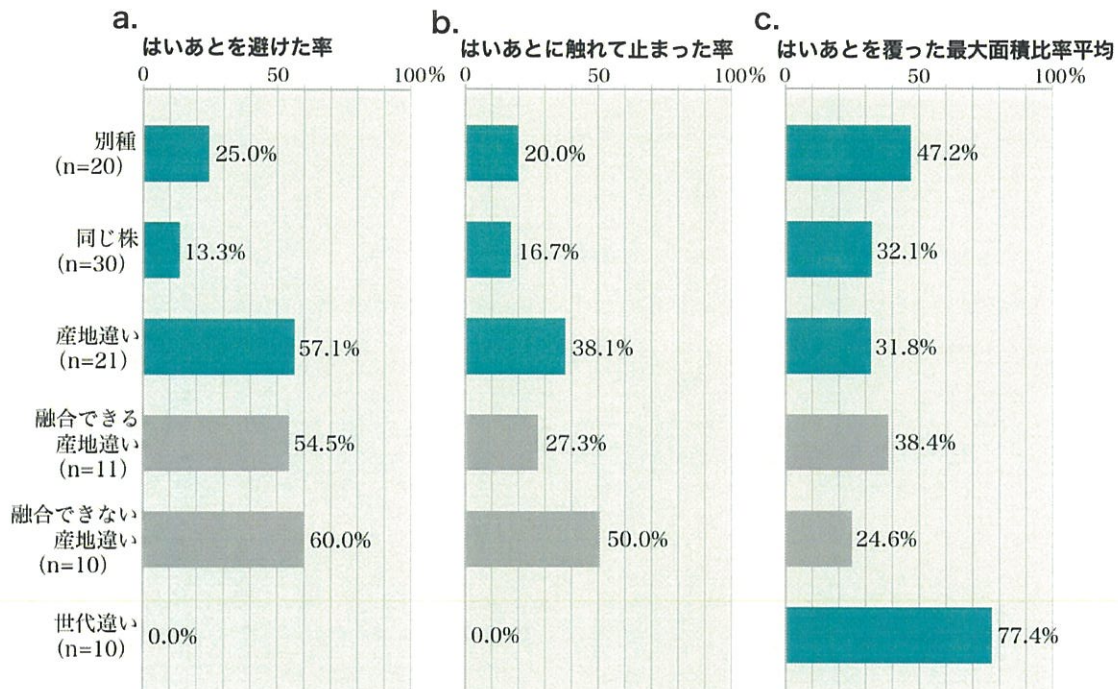


図 13. 実験 19 はいあとに対する反応と行動

### ■同じ株（自分自身）のはいあとの場合

4つの場合の中では**はいあとを避けない傾向が最も強い**（図 13-a）。観察していても、変形体の脈がはいあとに侵入していき、脈の先端を発達させて探っている様子が多く見られた（図 14）。この結果は、変形体が出合った**相手（はいあと）を融合できるととらえている**（融合しようとしている）からだと推測できる。さらに、**はいあとに触れても動きを止めない傾向が最も強い**（図 13-b）のは、**相手を判断して次の行動に移るのが早い**ということだから、変形体どうしの場合での**〈わかりやすい自分〉**の関係に当てはまることを示していると考えられる。

チョウチンホコリ変形体は避けず、止まらず、5例が覆いつくす（n=10）という特徴があった。

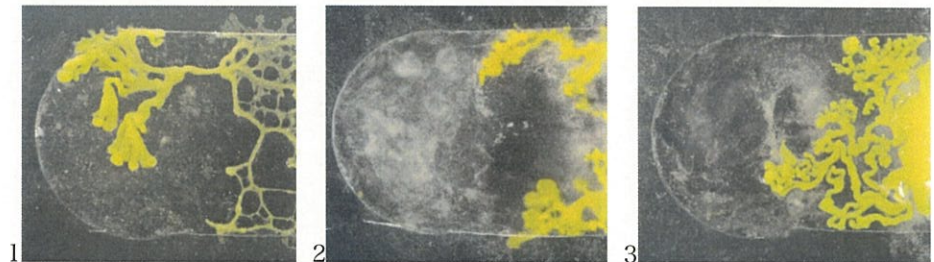


図 14. 実験 19 同じ株(自分自身)の例 写真 1: イタモジホコリ駒場野はいあと-イタモジホコリ駒場野変形体・シャーレ 1 脈の先端をふくらませ、はいあとを探っている。5時間 14 分後(2014 年 9 月 15 日) 写真 2: イタモジホコリ石鎚山はいあと-イタモジホコリ石鎚山変形体・シャーレ 4 はいあとに接してじわじわ探り続ける。35 時間 58 分後(2014 年 9 月 2 日) 写真 3: イタモジホコリ筑波はいあと-イタモジホコリ筑波変形体・シャーレ 2 ゆっくりとはいあとの中を動いて探った。6 時間 2 分後。(2014 年 9 月 9 日)

### ■同種産地違いのはいあとの場合

4つの場合の中では**はいあとに触れて止まる傾向も最も強く**（図 13-b）、**【融合できない産地違い】**は、この傾向が特に強い。これは、相手が**融合できるかどうかの判断が決まりにくい**ことを示していると推測できる。さらに、**はいあとを避ける傾向が最も強い**（図 13-a）。観察でも、変形体がはいあとに沿って移動しながら（避けながら）小さな脈をはいあとに向けて出したり引っ込めたりする様子が見られた（図 15）。このことも、**判断の決まりにくさ**を示すと考えられる。相手が融合できる関係だとしてもそれがわかりにくかったり、融合できない関係としてもまだ確かめ続けている可能性がある。触れて止まり、避けながらも何度も確かめるという行動は、変形体どうしの場合での**〈わかりにくい自分〉**の関係に当てはまると考えられる。さらに、**【融合できない産地違い】**は

《わかりにくい他人》という、前章では考えなかった新しい関係である可能性がある。

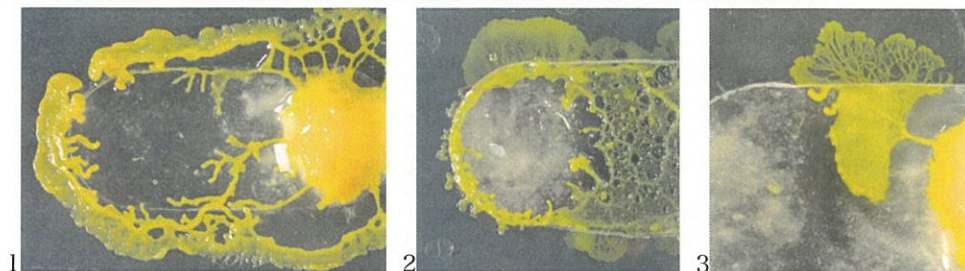


図 15. 実験 19 同種産地違いの例 写真 1:【融合できる】イタモジホコリ駒場野はいあと-イタモジホコリ石鎚山変形体・シャーレ 2 内側を探りつつ外へ。11 時間 13 分後(2014 年 9 月 13 日) 写真 2:【融合できる】イタモジホコリ筑波-イタモジホコリ駒場野・シャーレ 6 内側を探りつつ外へ。8 時間 8 分後(2014 年 9 月 19 日) 写真 3:【融合できない】イタモジホコリ駒場野はいあと-イタモジホコリ石鎚山変形体・シャーレ 1 発達した脈はいあとに触れてすぐに外へ。3 時間 46 分後(2014 年 9 月 13 日)

### ■別種のはいあとの場合

4 つの場合の中では**値が中間程度**になった(図 13)。これは、サンプルごとに**様々な行動が見られ、ひとつの強い傾向がでしなかつた**ことを示していて、はいあとを覆う、通り過ぎるなど、いろいろなパターンが見られた観察結果と合っている(図 16)。変形体どうしでの[別種]の実験結果は、相手に触れてから避ける、登ってから降りる、通り過ぎる、からみ合うなど様々だった。はいあとの場合の行動もこれに近く、**《わかりやすい他人》**の関係にあてはまると言えそうだ。[別種]の場合、「**強い傾向がないこと**」が、**完全ではないが仮説の証拠のひとつになる**と考えている。

チョウチンホコリ P 変形体は、7 例 (n=10) がはいあとを覆いつくすという、[同じ株]の場合と似た特徴があった。

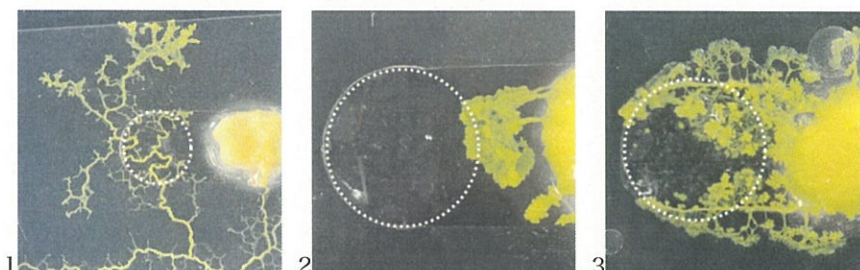


図 16. 実験 19 別種どうし(2014 年 9 月 6 日) 写真 1:イタモジホコリ駒場野はいあと-モジホコリ変形体・シャーレ 5 止まらず通り過ぎた。動きが早い。8 時間 52 分後 写真 2:モジホコリはいあと-イタモジホコリ駒場野変形体・シャーレ 2 避けた。348 分止まった。5 時間 52 分後 写真 3:モジホコリはいあと-イタモジホコリ駒場野変形体・シャーレ 4 止まらず乗っていく。5 時間 3 分後

### ■同種世代違いのはいあとの場合

最も極端な結果となった。**はいあとを全く避けず**(図 13-a)、**触れても全く止まらない**(図 13-b)。そして、**覆いつくす傾向が非常に強い**(図 13-c・図 17)。この傾向は、**変形体どうしの場合の「よく融合する(融合率 100%)」傾向と一致する**ように見える。だけど、これが[世代違い]の特徴だと言い切ってよいかという、疑問がある。[世代違い]はチョウチンホコリだけで実験しているが、チョウチンホコリの[同じ株]だけでなく[別種]もこれと近い傾向が見られ、**【世代違い】の傾向というよりも、チョウチンホコリの傾向なのではないか**と思えるからだ。

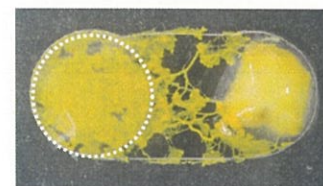


図 17. 実験 19 チョウチンホコリ P はいあと-チョウチンホコリ F4 変形体・シャーレ 2 変形体がはいあとを覆いつくし、右側のオートミールから乗り移った。19 時間 30 分後(2014 年 9 月 2 日)

## 3-4. 種の比較分析：種によって異なる可能性

この実験の目的である 4 つの場合の比較に加えて、種の比較分析を行う。その理由は、実験 19 全体で**チョウチンホコリが目立って違う動き**を見せたからだ。モジホコリ、イタモジホコリ、チョウチンホコリの 3 種が実験 19 で同じ傾向だったかを比べるために、**【同じ株(自分自身)】の場合**(はいあとも変形体も同種・同株)を種別に集計した(表 3)。

表 3. 実験 19 同じ株(自分自身)の場合の結果:3 種での比較

| 種                | モジホコリ<br>モジホコリ属 (n=5) | イタモジホコリ<br>モジホコリ属 (n=15) | チョウチンホコリ<br>チョウチンホコリ属 (n=10) |
|------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
| はいあとを避けた率        | 60.0%                 | 6.7%                     | 0.0%                         |
| はいあとに触れて止まった率    | 20.0%                 | 26.7%                    | 0.0%                         |
| はいあとを覆った最大面積比率平均 | 19.9%                 | 19.3%                    | 57.3%                        |

モジホコリは「避けた率」が他の 2 種に比べ大幅に高いが、モジホコリとイタモジホコリは「触れて止まった率」と「覆った最大面積比率平均」の値が近いので、**モジホコリ属 2 種は、はいあとに対する反応について共通性を持つ**と言える。一方、**チョウチンホコリ**は 3 つの値全てについて、他の 2 種とは全く異なる傾向となった。チョウチンホコリははいあとを避けず、触れても止まらず、広い面積を覆う傾向が強い。分類学上、チョウチンホコリ属を 1 種だけで形成している**チョウチンホコリは、多種と大きく異なる性質を持つ可能性がある**。

モジホコリが自分のはいあとを避ける傾向が強いという点は、Reid ら (2012) の説と合っているが、実験結果では常に避けるわけではない (4 割は避けない) のだから、完全にその説を裏付けるとまでは言えない。他の 2 種の結果も含めて考えると、**「変形体は自分のはいあとを避ける」という説はモジホコリだけにしか通用しない可能性もある**。

広島大学の泉俊輔先生がご協力くださり、実験 19 で使った株の**はいあとの成分を、質量分析** (分子量を正確に測定して、サンプル中の物質を同定する方法) で調べることができた。はいあと (粘液鞘) は糖タンパクでできているが、今回は糖タンパクの (タンパク質の特徴や役割を決めている) 糖鎖の成分を調べた。酵素 PNGase F (Peptide-N-glycosidase F) を使って糖鎖の切断を行った結果、**チョウチンホコリ P と F4 では共通する糖鎖が示された (切断できた) が、モジホコリ属 3 株は切断できなかった (図 18)**。このことは、**チョウチンホコリ P と F4 のはいあとは同じ個性を持ち、モジホコリ属 3 株のはいあとはチョウチンホコリとは全く異なる個性を持つ**ことを表している。

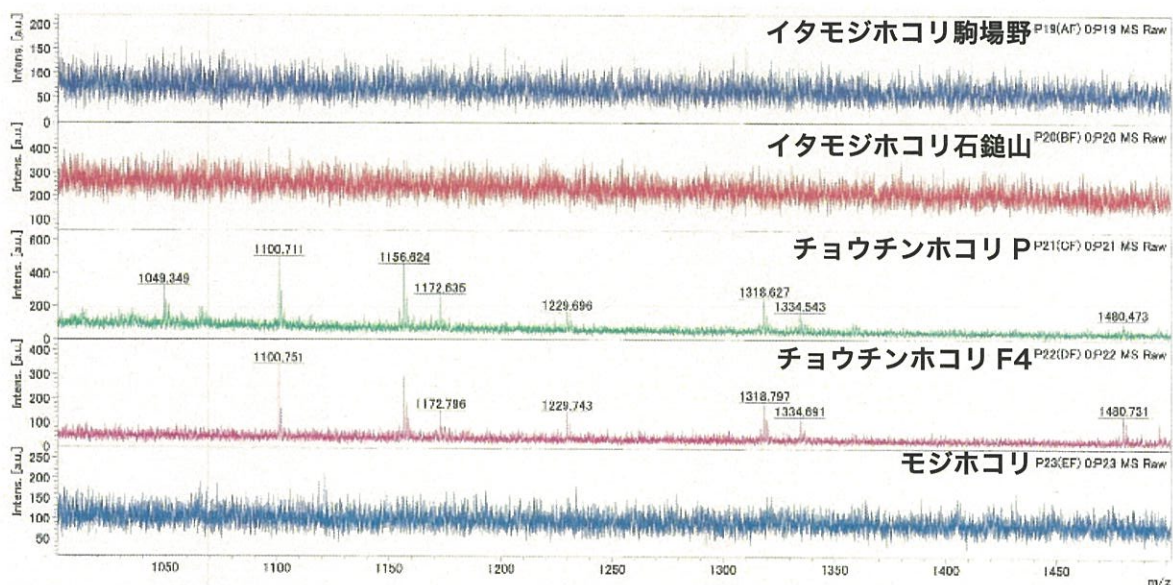


図 18. はいあとの質量分析結果(マスペクトル)。横軸は  $m/z$  値、縦軸はイオン強度。酵素 PNGaseF で糖鎖が切断・検出できた 2 サンプルはチョウチンホコリ P と F4 で、とてもよく似たスペクトルが得られた。(2014 年 8 月 23 日)

この質量分析結果と実験 19 の結果を考え合わせると、**チョウチンホコリ属とモジホコリ属では、変形体のはいあとに対する反応、自他を見分ける仕組みが異なる可能性が高い**。

### 3-5. 考察

4 つの場合は、はいあとに対する反応や行動の仕方が違った ([同種世代違い] については再検

討が必要で、チョウチンホコリ以外について調べていきたい)。4 つの場合で傾向が同じにならなかったこと自体が、**変形体ははいあと（粘液鞘）を見分けている**ことを意味しているはずだ。

変形体ははいあと（粘液鞘）に対して、場合によって「わかりやすい相手」として行動したり、「わかりにくい相手」として行動したりする。特に [同じ株（自分自身）]、[同種産地違い] については、変形体どうしの場合に得られた〈わかりやすい自分〉〈わかりにくい自分〉仮説を支える行動が見られた。[融合できない産地違い] は、〈わかりにくい他人〉であるという解釈も新しく生まれてきた。[別種] についても、完全ではないが〈わかりやすい他人〉であることが推測できた。

だから、**変形体の自他の関係は4つに分けてとらえる**ことができそうだ（表4）。

表4. 変形体の自他の関係(新しい仮説)

|              | 融合できる「自分」               | 融合できない「他人」               |
|--------------|-------------------------|--------------------------|
| わかりやすい（近い）相手 | 〈わかりやすい自分〉<br>同じ株（自分自身） | 〈わかりやすい他人〉<br>別種         |
| わかりにくい（遠い）相手 | 〈わかりにくい自分〉<br>融合できる産地違い | 〈わかりにくい他人〉<br>融合できない産地違い |

## 第4章 結論と課題

### 4-1. 結論

- **変形体には「自他」を見分ける力がある**（出会う相手によって行動のパターンがあるから）。同じ相手に対して、出会うたびに行動が違う場合があるのは、変形体がその都度相手のことを判断していることを示している。
- **変形体の「自分」は、個体の判断と行動によって変化するものである**（自分が切れて「たくさんの自分」になったり、再融合して「ひとつの自分」に戻ったり、遺伝子的には「他人」のはずの世代違いと融合して「自分と他人が混ざった自分」にもなれる）。
- **変形体の自他は「融合する／しない」で2分されるのではなく、関係の「近い／遠い」がある**（「わかりやすさ」の度合いがかけ合わさった自他）。変形体の「自他」は、自と他の2つに分けるだけでは表せない、人間などとは違う独特なものだ。
- **変形体の「自他」の判断には、変形体の粘液鞘が関係している**（はいあとへの行動パターンが、変形体どうしの行動パターンと近い）。

### 4-2. 課題

- **変形体が持つ独特の「自他」のあり方の見極めと、判断する仕組みの解明**。属／種で異なる可能性が高い。さらに、変形体の「自他」は環境の影響で変化しているのではないか（個体の判断のブレ、判断するカギの場所や時間の偏りがあるのでは？ それは何によって変わるだろうか？）。粘液鞘に含まれる糖鎖が自他の判断にどう関わっているかがポイントになると考えていて、そのために生体の行動観察と質量分析の両方を深めて、両面から分析していきたい。

### 引用文献

Chris R. Reid, Tanya Latty, Audrey Dussutour and Madeleine Beekman 2012. Slime mold uses an externalized spatial “memory” to navigate in complex environments. Proceedings of the National Academy of Sciences. October 23, 2012. vol.109 no.43