

## 13 『ダンゴムシによる枯葉の分解の観察』

### 1 研究の動機

平成17年9月に授業で生態系の学習をしたとき、生物の遺体や排泄物は分解者によって、分解され、無機物質になり再び生産者に取り込まれ食物連鎖を流れていくことを学んだ。その学習の中で、シャーレに入れられた5匹のダンゴムシが、ろ紙の上に置かれた落ち葉や生きた葉を食べていく様子を生物室のパソコンで動画として見せてもらった。

日に日に減っていく葉の面積の様子を見ていて、分解者の驚くべき働きと能力に興味を持ち調べたいと思った。

### 2 目的

そこで、シャーレに入れられたダンゴムシがどのような速さで葉を分解していくかを調べることにした。最初に、限られた空間の中(観察ケース)で、ダンゴムシが数日間(3～15日間)生存し、葉を分解できるような環境をつくる工夫をした。

⇒①(実験1)

次に、ダンゴムシが葉を食べたとき、その面積を正確に記録し、計測できるような装置、方法を工夫することにした。

⇒②(実験2)

さらに、“不定形で穴だらけの葉の面積”を正確に効率よく計測するための方法を考え、実際にその方法で分析することにした。⇒発展実験

以上ことから次の実験項目を設定して調べることにした。

- ・実験1『ダンゴムシの飼育環境について調べる』
- ・実験2『ダンゴムシの、葉の分解過程の分析を試みる』

### 3 方法

実験1『ダンゴムシの飼育環境について調べる』

①ダンゴムシをプラスチック水槽に多数入れ、いろいろな枯葉、生きた葉を入れた。一定期間(2日～15日)してから水槽を観察し、虫食いの跡のある葉を調べた【予備観察】。②予備観察の結果を参考に、次に直径10cmのシャーレに4.5cm四方に切断したクヌギの枯葉(黒色)や、中庭にあるい

ろいろな生きている葉(緑色)をシャーレにいれた。③次に、動きの活発なダンゴムシ5匹を入れた。④クヌギの枯葉以外に、シダの生葉、ツユクサの生葉、アサガオの枯葉などで実験を行った。葉の大きさは適当な大きさのものを使った。(何回かの試行錯誤で、十分な湿気がないとダンゴムシは死んでしまうことがわかったので、シャーレの底にろ紙を5枚重ね、そこに十分な水を湿らせる方策を考えた)⑤下側のシャーレの縁に3箇所Uの字型にした針金をかけ、隙間を作った状態(通気性を確保し酸欠を防ぐ為)でシャーレの上ぶたをした。⑥そのふたの上方からPCカメラで5分間隔毎に葉の形の変化を録画した。1枚の画像のデータ量は10～50KB程度に設定した。(しかし、しばらく撮影するとシャーレ内の水分が蒸発し、上ぶたの内側を曇らせることがわかった。そこで何回かの試行錯誤で、上ぶたの内側にあらかじめ台所用の中性洗剤を薄く塗ることで曇りを防ぐ方法を改良した)⑦記録は、24時間行うために、1W程度の小型ライトをシャーレの斜め上方にセットした。夜間の照明はこの程度の明るさで十分であることがわかった。

(ライトは100円ショップで購入した。1個100円)

実験2『ダンゴムシの、葉の分解過程の分析』

詳細な記録と分析は、a:クヌギの枯葉、b:シダの生葉、c:アサガオの枯葉、d:ツユクサの生葉、を材料として行った。(ツユクサは全く分解されなかったので分析記録はない)

①録画した画像は、画像閲覧ソフト(VIX)を使い、0.1秒間隔の提示速度で、動画風に観察した。このときの観察結果から5分毎に撮影した画像の中から30分毎の静止画像を選び出し、A4用紙1枚に8枚の画像としてプリントアウトした。②

プリントアウトした画像の“測定対象となる落ち葉の部位”は、トレッシングペーパーにシルエットとして写し取った。③また、プリントした写真の、“測定対象の葉の部分”に1平方ミリメートルの方眼が示されたOHPシートを、適当な大きさに切断

し、葉の上に貼り付けた。そして、葉の部分に重なるマス目をカウントすることで面積を測定した。



写真1 観察容器



写真2 PCカメラとライト

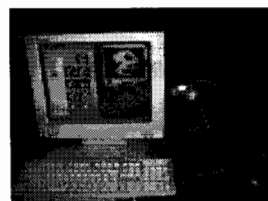


写真3 PCによるモニター

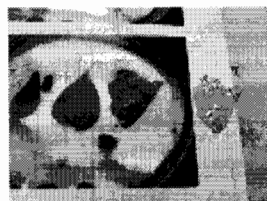


写真4 面積測定操作



写真5 葉の形の変化の写し取り操作

※写真2：100円で購入した照明用ライト(左)、3脚で固定したPCカメラ(右)。いろいろな落ち葉や生きた葉を入れて、ダンゴムシが食べる葉を調べた。

※写真3：画像の取り込みは、フリーソフト“LiveCapture”で行い(右上のウィンドウはそのモニター画面)、フォルダに保存されていく画像は“Vix”でモニターした。また、高速提示で動画風に変化を観察するときにもこのソフトを利用した。

※写真4：出力したカラープリント上に、方眼OHPシートを重ね、測定する葉(例:右のアサガオの枯葉)の部位(茶色)のマスを青ペンでマークした。その後、マスを手作業でカウントし、面積を求めた。

### 3 結果

実験1『ダンゴムシの飼育環境について調べる』の結果

①ダンゴムシは、乾燥に弱く、十分な湿り気が必要とする。②ダンゴムシには、食べる葉と食べない葉がある。③食べる葉:クヌギの枯葉、アサガ

オの枯葉、シダ(小型の葉の薄いもの)の生きた葉、食べない葉:ツルクサの生きた葉

④ダンゴムシは、比較的暗いところを好む、また、比較的暗い方が活動量も多い。⑤直径10cmのシャーレでも、2週間程度なら、ダンゴムシを生存させておくことができる。

以上のことが予備実験からわかった。

### 実験2『ダンゴムシの、葉の分解過程の分析』の結果

この論文で扱った測定面積は出力プリント画像上の面積である。画像上でシャーレの直径を計測すると70mmであったので、実際の長さや面積に換算する場合は、次の比例式を使い実測値を求める。

【プリント画像上の長さ:実長さ=7:10】

※実際の長さは、プリントの1.5倍程度

【プリント画像上の面積:実長さ実面積=49:100】

※実際の面積は、プリントの2倍程度

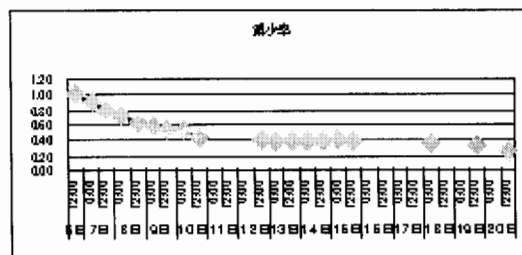
※計測した葉の面積減少は、測定した数値(プリント上の面積)でグラフに示すとともに、測定開始時の面積を“1”としたときの、相対値のグラフも作成して分析した。

PCカメラの記録画像は、面積減少の分析を可能とする十分な画質であった。方眼OHPシートを使った葉の面積の計測方法は、正確ではあったが、作業が非常に大変であった。⇒ 発展実験へ

#### A クヌギの落ち葉の場合

2005.7.6 12:00-2005.7.20 12:00

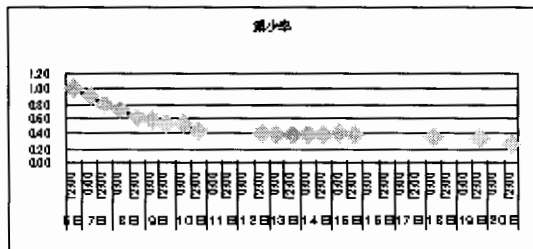
※面積:プリント上での面積(単位:mm<sup>2</sup>)



グラフ1 葉の面積の減少 単位:mm<sup>2</sup>

・最初の4日間で大きく減少する。・次の7日間は面積の減少がほとんどない(しかし、ダンゴムシは生きている)。・次の3日間は少ない率だが面積が減少する。・最高で1日100 mm<sup>2</sup>の面積減少

が見られる。

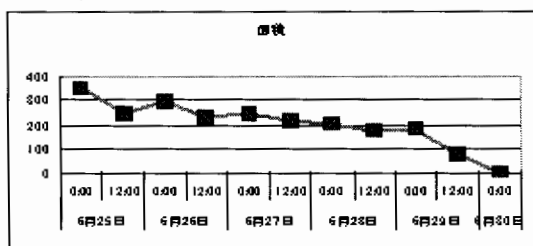


グラフ2 葉の面積の減少率(最初の面積を1)

面積が、最初の4割程度に減少したとき、面積の減少が一時止まる。面積が1/2になるのに3.5日かかる。

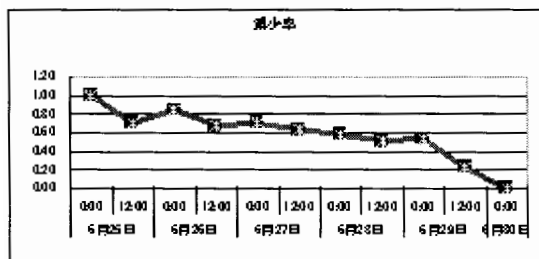
B シダの生きた葉の場合

記録期間：2005.6.25 0:29-2005.7.1 12:18



グラフ3 葉の面積の減少 単位：mm<sup>2</sup>

・最初の4日間は比較的減少量が少ない。・次の1.5日は急に減少する。・最高で1日に180 mm<sup>2</sup>の面積減少が見られる(クヌギの葉の約1.8倍)。

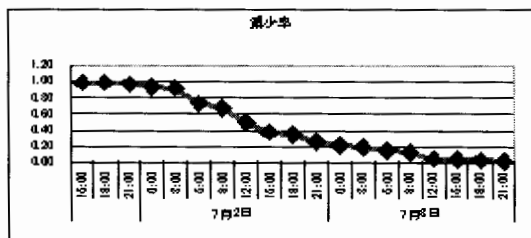


グラフ4 葉の面積の減少率(最初の面積1)

・面積が5割程度に減少したとき、減少速度が加速した。・面積が1/2になるのに約3.5日位かかる。

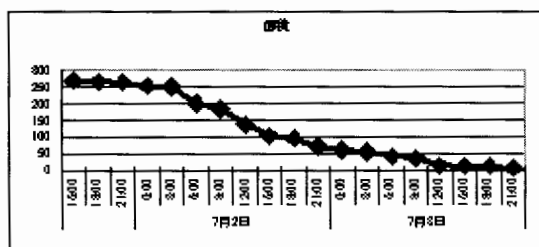
C アサガオの枯れた葉

2005.6.25 0:29-2005.7.1 12:18



グラフ5 葉の面積の減少 単位：mm<sup>2</sup>

・最初の半日は比較的減少量が少ない。・次の1.5日は急に減少する。・最高で1日に200 mm<sup>2</sup>の面積減少が見られる(クヌギの葉の約2倍)。



グラフ6 葉の面積の減少率(最初の面積を1)

・面積が1割程度に減少したあと、面積の減少速度が加速した。・面積が1/2になるのに約2.1時間位かかる。

#### 4 結論

実験1『ダンゴムシの飼育環境について調べる』

- ①ダンゴムシは、乾燥に弱く、十分な湿り気を必要とする。ろ紙を敷き、十分な湿り気を保つ。
- ②ダンゴムシには、食べる葉と食べない葉がある。食べる葉はクヌギの枯葉、アサガオの枯葉、シダ(小型の葉の薄いもの)の生きた葉である。
- ③ダンゴムシは比較的暗い方が活動量も多く、飼育環境として好ましいことがわかった。
- ④直径10cmのシャーレでも、2週間程度なら、ダンゴムシを生存させておくことができる。

実験2『ダンゴムシの、葉の分解過程の分析』

A【クヌギの落ち葉の場合】

・クヌギの葉の面積減少速度は、最初速く、後半は遅くなる。・最高で1日100 mm<sup>2</sup>の面積減少が見られる。・面積が1/2になるのに3.5日かかる。

B【シダの生きた葉の場合】

・シダの葉の面積減少速度は、最初遅く、後半は速くなる。・最高で1日に180 mm<sup>2</sup>の面積減少が見られる(クヌギの葉の約1.8倍)。・面積が1/2になるのに約3.5日位かかる。

C【アサガオの枯れた葉の場合】

アサガオの葉の面積減少速度は、最初遅く、後半は速くなる。(シダの分解過程に似ている)・最高で1日に200 mm<sup>2</sup>の面積減少が見られる(クヌギの葉の約2倍)。・面積が1/2になるのに約1日位かかる。

## D【その他】

・ダンゴムシには、食べる葉と食べない葉がある。・葉によって、分解のされ方が違う。

## 5 考察・発展

①「葉による分解のされ方の違いについて」：クヌギの葉は、最初に面積が大きく減少したが、これは葉脈以外の比較的柔らかい部分であった。その柔らかい部分を食べつくすと周辺の細い葉脈を食べるように観察された。急激な減少が終わったあと面積の減少の見られない時期が長かったが、ダンゴムシは確実に何かしらか食べているので、食べてはいるがその減少量がPCカメラに写らなかったのかもしれない。葉は何層もの構造からできているので、その表面の層だけを食べているのかもしれない。今後ダンゴムシの葉の食べ方を、超接写を使って記録分析してみたい。

シダの葉の場合は、最初減少速度が遅かったが、最後に急激に葉が減った。これは、生きていたシダの葉が数日経つと何らかの働きで枯れる(または腐敗する)ような変化が起こったのかもしれない。その結果、ダンゴムシによる摂食が早く進んだのかもしれない。今後は同じ種類の葉でも新鮮なままのもの、枯れさせたもの、腐敗させたものを用意しておいて、それぞれをダンゴムシに摂食させるような実験もしてみたい。

②「ダンゴムシの食べる葉と食べない葉について」：本実験で、ダンゴムシが生きている葉を食べたのは驚きだった。教科書では枯葉を食べるとなっていた。また、ツユクサの葉は全く食べないことにも驚いた。ダンゴムシが食べない葉は、何が原因で食べないかを調べてみたい。ツユクサは広く分布しているのでこれらが分解されていないはずはない。ダンゴムシ以外の生物に分解されているのか、または、枯れたり腐敗したりすると摂食されるのかを調べることも、今後の課題にしたい。さらに、日常使用している紙や木屑などもダンゴムシによって分解できるのか、ダンゴムシの分解が、他の生物(他の虫、菌類、バクテリア)と関係があるのかについても調べてみたいと思った。

③「カビが生えなかった！」：締め切った、湿ったシャーレの中に、ダンゴムシや葉が2週間以上いれられたままだった。このような条件下では通常、紙1枚にでもカビが生えてくる。しかし、何回か

行った長期間の観察ではカビは全く生えなかった。これは、ダンゴムシか、他の生物かが、カビの生育を抑制するような効果を持っているのかもしれない。興味深い現象だと思う。今後調べてみたい。

④「不定形の図形の効果的な面積測定の開発について」：今回の実験で、とても苦労したことはプリント上で葉の面積を計測することだった。透明シート上の方眼を1mm<sup>2</sup>のマスキングテープに正確に印を付け、それを数える作業が大変だった。現在、PC画面上で効率よく面積を測定する方法を開発している。

【ここで、現在までの発展分析を紹介する】

6 発展実験：『PC(パソコン)を利用した不定形の葉の面積を測定する方法の工夫』

方法：①フォトタッチソフトを用いて、シャーレ内の測定対象(葉)の色を青にする(青は普通記録画像に含まれない色である)。青に着色した部分だけを残し、他の部分を消去する。②同じ倍率で1円玉を撮影する(1円玉の面積は100mm<sup>2</sup>)。③残された青の部分(葉の形)の面積を、1円玉の画像を基準として、面積測定用フリーソフト(“TenTen”)を使い、計測する。

結果：実際に試行してみた過程を紹介する。

A：フォトタッチソフトでアサガオの枯葉の茶色を指定して、その茶色を青に変化する処理をした。その結果はアサガオの葉は青くなったが、不思議なことにツユクサの緑の葉も青くなってしまった。これは、一見緑に見えるツユクサの葉にも茶色の成分が含まれていたために起こったものと考えられる。

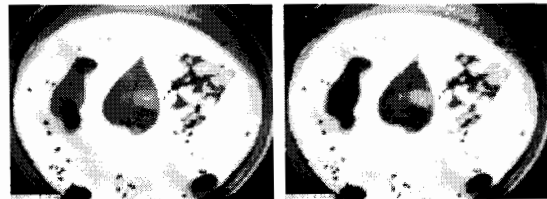


写真6 ソフトでアサガオの茶色を青に変換：右(カラー画像でない場合は、わかりにくい)

B：面積計測フリーソフト“TenTen”を利用した測定の試行

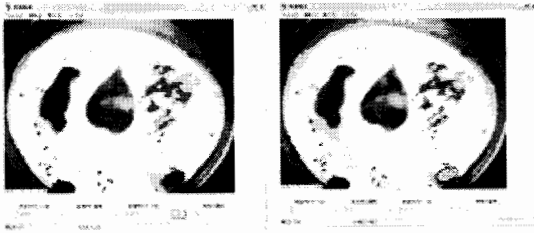


写真7 アサガオの葉の残り(右)をダンゴムシの面積を基準(例:1.2cm<sup>2</sup>)に求める。(右上写真、右下のダンゴムシを認識させそれが何ドットになるか表示させ、ドット数とダンゴムシの面積を関連付ける)

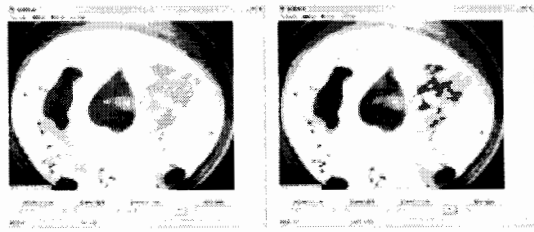


写真8 アサガオの葉の部位をソフトに認識させ、基準を元に葉の面積を計算させる。

(アサガオの枯葉を認識させそれが何ドットになるか表示させる。ここでは、アサガオの葉は12cm<sup>2</sup>となった)

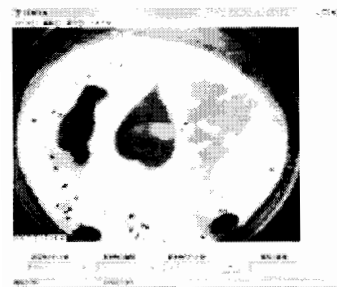


写真9 ↑ソフトの設定を変えた時の葉の認識範囲の変化

(問題点:ソフトの設定で葉と見なされる部位の範囲が変化する。また、肉眼で判断される部位とソフトが認識する部位は必ずしも一致しない)  
・今後の改良

ソフトに頼って、人の目を見たように画像を選択することは難しいので、パソコン画面上で、方眼フィルムを写真に当てて、葉の部分塗りつぶしたように処理し、その塗りつぶしたマス目のカウントをパソコン上のソフトに行わせることができると、処理の正確さと作業効率が高まるものと思われる。今後はそのような工夫をしてみたい。

写真10のようにP C画面上で面積測定対象の葉の上に、格子をかけて、葉の部位をマウスで塗りつぶし、そのマス目の数をソフトでカウントさせることができると思う。

(実際のマス目はもっと細かくしたい)

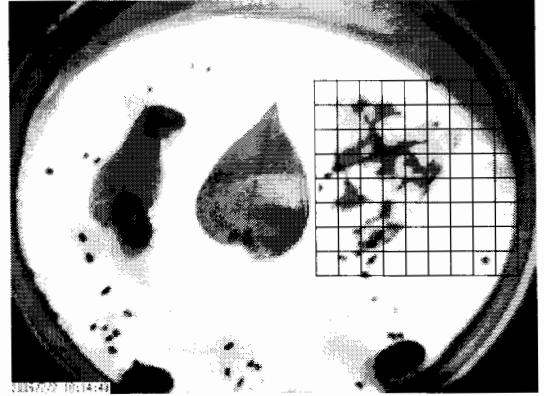


写真10 P C画面上で格子を使った面積測定のためのイメージ画像

## 7 研究後の感想

ダンゴムシが、一見栄養にもならない、枯れた葉を食べて、こんなにも長く生きられることに驚いた。また、枯葉の面積は一定の割合で減少していくと予想していたが、実際には葉の種類によって減少の仕方に様々なパターンがあり、面白いと思った。

葉のような不定形の面積を正確に測定することは難しく、大変な作業だった。しかし、この研究で、東部や県の研究発表会での発表を通して、貴重な体験ができてよかった。また、山崎賞という荣誉ある賞をいただくことができ、大変感謝している。

## 6 参考文献

『身近な自然を生かした生物教材の研究』国理科教育センター研究協議会編  
『図解実験観察大辞典(生物)』(東京書籍)監修 小泉貞明・水野丈夫