ダンゴムシの葉の選択性を調べるための実験と観察

松良　俊明[1)]

Experiments and Observation to Examine Preference of Leaves in an Isopod, *Armadillidium vulagare*（Latreille）

Toshiaki MATSURA

抄　録：身近な生きものであるダンゴムシが陸上生態系の中で重要な役割を果たしていることを，中学校の生徒たちに認識させるための諸実験を開発した。ダンゴムシの餌である枯葉を用い，摂食量の違いを比較することで，ダンゴムシがどのような枯葉を好むのかを調べさせる比較的簡単な実験プログラムである。彼らは腐食・分解のすすんだ柔らかい葉を特に好んだが，このことは，ダンゴムシと土壌表面に落下した枯葉という単なる二者の関係ではなく，枯葉・微生物（細菌や菌類）・ダンゴムシという三者関係でお互いが結ばれていることを示唆する。その結果，植物が落とした枯葉が無機栄養物として再び植物に利用されるのであり，これらの実験は，ダンゴムシが生態系内における物質循環において，一定の役割を果たしていることを生徒たちに考えさせる糸口となろう。

キーワード：理科実験，ダンゴムシ，枯葉，陸上生態系，物質循環，

はじめに

ダンゴムシ *Armadillidium vulagare*（Latreille）は自然度の高い環境下よりも都市化のすすんだ環境下の林地や草原あるいは家の庭先などの方がむしろ多い甲殻類（等脚目）である。世界に広く分布する種であるが，日本には江戸末期から明治期に侵入してきたといわれ（渡辺 2001），我々にとって比較的目新しい生きものだといえる。しかし旺盛な繁殖力と，枯葉や腐葉というどこにでも大量に存在するものを餌としていることから，ほぼ日本全国，特に関東地方から沖縄まで（布村昇氏による私信）の都市部に普通に見られ，幼児から大人まで馴染みのある，一口で言えば身近な生きものの代表格といえよう。

容易に入手ができ，飼育がたやすく，また噛みついたり刺したりすることもない “安全な” 小動物ゆえ，小学校や中学校の理科教材としてしばしば用いられてきた。たとえば中学校理科では，2 分野下の単元「自然と人間」（あるいは「生物と環境」）中において，落ち葉のゆくえに重要な役割を果たしている動物としてダンゴムシが取り扱われている（『未来へひろがるサイエンス』）。

確かにダンゴムシは枯葉を食べてボロボロにし，押し固めた枯葉屑のような小さな糞粒を排

1）京都教育大学

出することで，枯葉が最終的に無機物へと変化するプロセスに一役買っている。教科書には説得力のある写真が掲載されているが，やはり生徒たちに実際飼育させ，どう変わってゆくのかを実感させたい。ただ単に枯葉を与えるのでなく，さまざまな種類の樹木が学校内に植えられているだろうから，どの種の葉もダンゴムシは食べるのか，どんな葉をより好むのかも同時に調べさせ，さらにもし選好度に差異が見られたら，それはなぜかを考察させるべきだろう。

以上のような視点から，筆者は次に述べるような実験を行い，ダンゴムシの葉の選好性について若干の知見を得た。これらの結果は，中学生らが実験や観察を行う際の目安となり得ると考え，ここに小論としてまとめることにした。

実験方法

より詳細な方法はそれぞれの項目において述べるが, ここでは各項目で共通する方法を記す。

用いたダンゴムシは体長 11 〜 16 mm の大型個体であり，京都教育大学構内から採集したものである。雌雄の区別はしなかった。

透明な円筒形プラスチック容器（直径 10 cm，高さ 5.5 cm）の底に石英砂（オーストラリア，クインズランド州産。業者から購入）を 1 cm 程度の深さまで敷き，5ml の水道水をスポイトで万遍なく滴下することで湿気を与えた。並べた容器の上に段ボール紙を置き，乾燥を防ぐとともに，光を遮断した。実験室の温度や日長は制御しなかった。

1. 樹木の枯葉を用いた実験

2006 年 6 月 5 日に大学構内においてクスノキ，アオギリ，マテバシイ，フウ，クロマツ，サクラ（ソメイヨシノ), モウソウチク, ツバキの枯葉を集めた。その前の数日間は雨が降らず，よって枯葉はいずれもよく乾燥していた。

枯葉を約 1 時間水に漬けて水分を含ませた後，各 1 枚から 2.5 cm 四方の面積をハサミで切り取った。葉の部位によりダンゴムシの摂食度合が違うと予想されたこと，および効率よくかつ正確に切り出すために，あらかじめ 2.5 cm × 2.5 cm のポリエチレン板を準備し，それを葉の中央から前方部にかけてあてがいながらハサミで切った。この作業により，四角に切り取られた各葉のサンプル中央に主脈が通り，かつ葉の厚みも標準化された。ただし，クロマツやモウソウチクは細長い葉であるため，適当な長さに切りそろえた。

ダンゴムシを各容器（直径 10 cm, 高さ 6 cm のプラスチック円筒容器）に 10 匹ずつ入れ（写真 1a），段ボール紙で蓋をし，1 週間の間一定時刻に葉の変化をデジタルカメラ（Panasonic 社, LUMIX-FX9）で撮影した。この間の平均室温は 23.9℃（最高気温 25.5℃，最低気温 22.4℃）であった。

結　果

実験開始 1 日後，葉の厚みの薄い樹種であるアオギリはほぼ食べつくされていた（写真 1b)。サクラとモウソウチクも少し食われたため葉の一部が欠失していた。ツバキとフウはごく少しだけ摂食を受け，周囲がギザギザになっていた。マテバシイ・クスノキ・クロマツは全

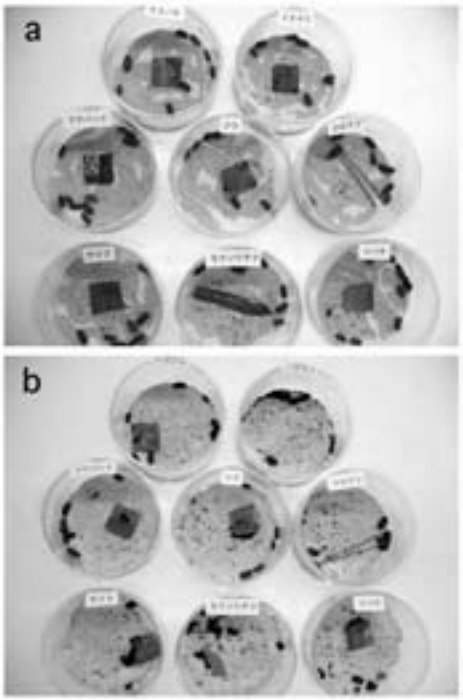

写真 1　さまざまな樹種の枯葉をダンゴムシに与えたときの摂食量の違い。実験開始時（a）と開始 1 日後（b）の様子。各写真の最上段（左から）はクスノキ，アオギリ，中段はマテバシイ，フウ，クロマツ，下段はサクラ，モウソウチク，ツバキ。クロマツとモウソウチクを除き，いずれも 25 mm 四方の正方形に枯葉を切りそろえた。

く食われていなかった。

これらの葉が 1 週間の間にどのようになったかを記録し，摂食量の違いを視覚的に感知するため，次のような方法をとった。

容器の底に残された葉の残骸をピンセットで丁寧につまみ出し，それらをスキャナー（Cannon, MP500）のガラス面に並べ形状を読み取らせた（写真 2）。アオギリの葉はほぼ完全に食べつくされたので，この写真には撮影されていない。フウ・サクラ・モウソウチクの葉はアオギリに次いでよく食われたことがわかる。クスノキやマテバシイはごくわずか摂食痕が残っているが，クロマツは全く食われていない。クスノキ・マテバシイ・クロマツの葉に共通していることは葉が分厚くて堅いことであろう。この物理的特性がダンゴムシの選好性に大きく作用しているものと考えられる。

2. 草の“枯葉”を用いた場合

ダンゴムシは木本性の枯葉のみを摂食している訳ではなく，草本性の枯葉もよく食べている。そのため除草した雑草を一カ所に数日集めておくと，腐食し出した雑草の山の下には，多数のダンゴムシが集まっていることがしばしば観察される。樹木の葉と異なり草の葉の分解は，葉の厚みが薄いこともあり，一般にきわめて速い（Hassall and Rushton 1983）。野外から一定量の



写真２　さまざまな樹種の枯葉をダンゴムシに与えたときの摂食量の違い（開始１週間後）。スキャナーで食べ残しの枯葉を記録した。アオギリは全量が食べられたため，映っていない。

同種からなる枯葉を採取することはむつかしいので，草の葉に対するダンゴムシの選好性を調べるにあたり，あらかじめ新聞紙と重石を使って押し葉を作製し，それらを与えることにした。

2006 年 7 月 4 日に大学構内から十分生長した 7 種（イタドリ，エノコログサ，クズ，セイタカアワダチソウ，セイヨウタンポポ，シロツメグサ，ドクダミ）の葉を採取し，葉が反るのを防ぐためそれらをさく葉標本にした。2 週間後，これらの乾燥葉を約 2 時間水に漬け，底に石英砂を敷いた容器に置き，ダンゴムシに摂食させた。草の葉は腐食しやすいため，樹木葉のように摂食痕の比較から相対的に摂食量を把握する手段をとることは難しい。そこでダンゴムシの実験期間前後での体重変化から摂食量の比較を試みた。ダンゴムシの背側に色の異なるペイント（三菱ペイントマーカー PX20）でスポットを打つことで，個体識別を行い，各容器あたり 6 匹のダンゴムシを入れた。なお，飼育期間中に死亡した個体は遺骸を除去したが，補充は行わなかった。ダンゴムシの体重は電子天秤（A&D 社，ER-182A）で 0.1 mg まで測定し，飼育開始から 11 日間経過後にも再び測った。また容器からダンゴムシと食べ残した葉を除去し，石英砂上に散らばった糞の様子をデジタルカメラで撮影した。

結　果

表 1 は各食草におけるダンゴムシの体重増加量を多かった食草順に並べたものである。最も体重増加量が多かった草はクズやドクダミで，逆に少なかったのはエノコログサやセイタカアワダチソウであった。体重増加量の平均値には食草間で違いが見られたが，有意な差はなかった（分散分析，F=1.802，P=0.1324）。このことは，個体間における変異の大きさや，初期体重に対する体重増加量の比率が数％以下と小さかったことが影響しているのだろう。全く摂食が見られなかったエノコログサ区のダンゴムシでも体重減少はごくわずかであった。

表 1. 各種の草を与えたときの 11 日間でのオカダンゴムシの体重増加量

草の名前	個体数	体重増加量（mg；平均値）	S.D.	相対体重増加量 *（%）
クズ	5	4.70	3.41	5.3
ドクダミ	6	4.38	3.81	5.2
タンポポ	5	3.14	3.83	3.5
クローバ	6	2.67	2.47	2.9
イタドリ	5	2.48	2.80	2.4
セイタカアワダチソウ	6	0.85	1.36	0.9
エノコログサ	4	-0.17	1.36	-0.2

* 平均体重増加量の初期体重に対する比率

草の場合は微生物による分解が激しく，木の葉の場合と異なり，摂食痕から摂食量を推量することはできなかった（写真 3）。草を多量に摂食した場合，ダンゴムシによる糞の排出量も多いのではと推測されたが，全く摂食が見られなかったエノコログサでは糞の排出は皆無に近いものの，各食草における体重増加量と糞の排出量との間には相関が認められなかった（写真 4）。すなわち糞の排出量が多かった食草は，イタドリ＞＞クズ・クローバ・セイタカアワダチソウ・タンポポ＞ドクダミ＞＞エノコログサのような順になっているように思われた。

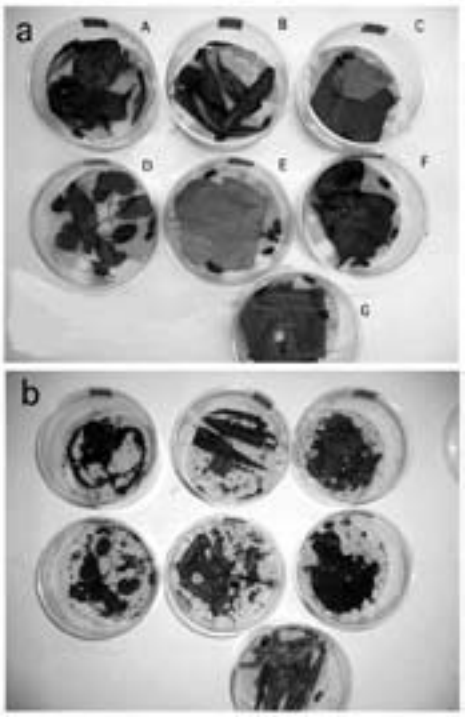

写真３　草本類の乾燥葉を与えたときのダンゴムシによる摂食の様子。実験開始時（a）と開始１週間後（b）。A：タンポポ，B：セイタカアワダチソウ，C：クズ，D：クローバ，E：イタドリ，F：ドクダミ，G：エノコログサ。

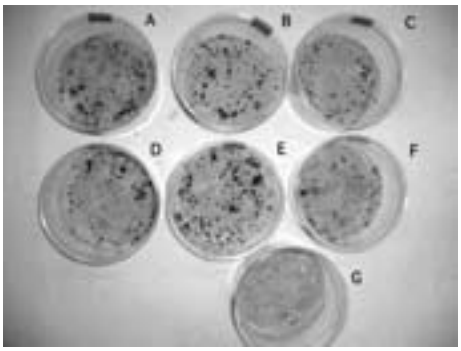

写真４　草本類の乾燥葉をダンゴムシ６匹に１週間食べさせたとき，砂上に残った糞の量の違い。記号は写真３に同じ。

3. 新しい枯葉と腐食した枯葉との比較

ダンゴムシはサクラ葉のような柔らかい葉の枯葉をよく摂食することがわかったが，同じ枯葉であっても，落葉直後の枯葉から，落葉後長い月日が経過した古い枯葉まで，様々な腐食段階のものがあろう。枯葉の腐食度合いは土壌微生物が作用する強さおよびそれらに曝されている期間に関係する。土壌表面を生息場所とするダンゴムシにとって，土壌表層に落下した枯葉の腐食度合いは，餌の供給量という観点から非常に現実的な問題であろう。そこで，腐食レベルを調整した同じ種の枯葉を用い，ダンゴムシの摂食量を調べることにした。

本実験を行った 2006 年から約 1 年半さかのぼる 2004 年 11 月 29 日に，京都教育大学構内において落葉直後のサクラ（ソメイヨシノ）の枯葉を採取し，研究室において乾燥保管した。2006 年 5 月 9 日にこの落葉を 10 枚ずつ, 袋状にした目の細かなナイロンゴースで 2 重に包んだ。そのような袋を 3 袋準備し，野外のオープンな草地上に置き，風で吹き飛ばされないように 4 隅に石を置いた。設置場所は露天であるため，枯葉は布を通してではあるが，雨や日光に直接曝されるという状態であった。枯葉をゴースで包んだ理由は，野外に生息する様々な落葉食性の動物に食われないようにするためであった。同時に，織り目を通して菌類の胞子やバクテリアが侵入し，枯葉を分解するように仕向けた。

3 袋はそれぞれ 1 週間後，1 ヶ月後，3 ヶ月後に回収し，ダンゴムシによる摂食実験に用いた。袋から取り出した枯葉を, 上の実験 1 で述べたのと同じ要領で 25 cm 四方の正方形に切り取り，プラスチック円筒形容器（直径 10 cm，高さ 6 cm）の底に敷かれた石英砂の上に置いた。腐食葉の摂食度合を比較するため，室内で乾燥保管した枯葉を腐食葉と同様にハサミで正方形の切片を切り取った。各実験は同年 5 月 16 日（1 週間放置の腐食葉），6 月 7 日（約 1 ヶ月放置の腐食葉），8 月 9 日（3 ヶ月放置の腐食葉）に行い，それぞれの実験では腐食葉を入れた容器を 2 個，コントロールの枯葉を入れた容器を 2 個用意し，いずれも 10 匹の大型ダンゴムシを入れて一定期間摂食させた。用いた枯葉は水分を与えるため実験開始前の数時間水に漬けたものを用いた。また，砂に適度な水分を含ませるため，ピペットで水道水を適当量滴下した。

結　果

野外に 1 週間放置したサクラの枯葉と室内で保管した枯葉（対照区）をダンゴムシに摂食さ

せた場合，摂食期間 1 日間ではどちらの葉もほとんど食われなかったので，さらに 6 日間すなわち合計 1 週間の間摂食させたところ，いくばくかの差が出た（写真 5）。1 週間放置した葉は色が黒ずみ，摂食量も対照区の枯葉より若干多いことが見て取れよう。

次に野外に 1 ヶ月放置した枯葉を与えた場合，摂食期間 1 日だと実験区・対照区とも摂食痕がほとんど認められなかったが，1 週間放置葉の場合と異なり，摂食開始 2 日間後にはすでに切り取った枯葉の大部分の面積が消失した（写真 6a）。さらに 1 日間摂食させたところ，枯葉はすべて食べつくされた。繰返しを実験区・対照区ともども 2 個用意したが，対照区ではどちらも全く摂食を受けなかった。

最後に，3 か月放置した枯葉では，前 2 者より摂食開始が早く，たった 1 日間でほぼ食べつくされた（写真 6b）。このように，枯葉の野外における放置期間が長いほどダンゴムシはそれらを速やかに摂食した。

考　察

以上に述べた 3 種類の実験の結果から，ひと口にダンゴムシは枯葉を摂食するといっても明瞭な選好性が存在し，薄く柔らかい葉でかつ腐食度合いの進んだ枯葉を好むということが判明した。ダンゴムシのようなデトリタス食者はデトリタスをそのまま食べて利用できるわけでなく，微生物による分解を受けたものを利用し，さらに消化管において，体内にいる微生物による酵素の作用を受けることでデトリタスを分解・吸収している（金子 2007）。すなわち，菌類や細菌のような微生物の存在なしにダンゴムシは正常な摂食活動を維持できない。枯葉は土壌表面に大量に存在するといっても，栄養価が乏しく，大部分の成分はセルロースやリグニンといった難分解性の炭水化物であるため，動物が消化・吸収するには大変な困難をともなうやっかいな食べ物だといえる。そのためダンゴムシは微生物の助けを受けながら生活しているので



写真 5　野外で 1 週間放置したソメイヨシノの枯葉（上）と室内で保管したソメイヨシノの枯葉（下）をダンゴムシ 10 匹に与えたときの摂食量の差違（1 週間摂食させた）。枯葉はいずれも 25 mm 四方の正方形に切りそろえて与えた。

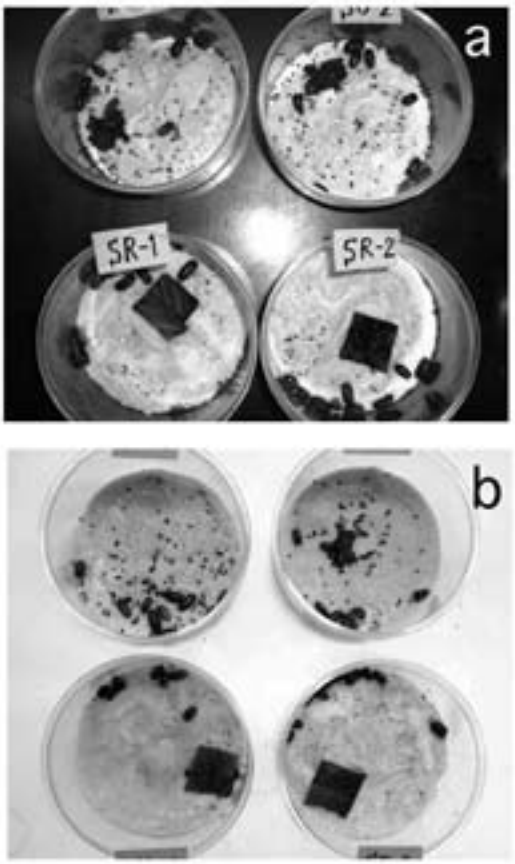

写真６　野外で１ヶ月間放置したソメイヨシノの枯葉（写真ａの上段容器）と室内で保管したソメイヨシノの枯葉（写真ａの下段容器）をダンゴムシ 10 匹に与えたときの摂食量の差違。摂食期間は２日間。またｂは野外で３ヶ月放置した枯葉を用いた結果。摂食期間は１日間と短かったが，すでに二つの容器とも枯葉は食い尽くされている。どちらの写真とも，室内保管した枯葉はほとんど食われていないことに注目。

ある。

枯葉を採集するために京都教育大学構内を歩いて気づいたことは，構内には多種類の樹木が生育しているにもかかわらず，地面に堆積している落ち葉のうちでクスノキの占める割合が圧倒的に高いことである。構内に生育しているクスノキの密度が高いこと，それらの多くが大木化していて大量の落葉を供給していることがその理由の第一であろう。クスノキの葉には防腐・防虫効果をもつカンフル（樟脳）が含まれ，腐食しにくいこと，また本実験からも示されたようにダンゴムシはクスノキの枯葉をほとんど摂食しないことが，大量蓄積の理由ではないだろうか。地表部にはダンゴムシのみならず，各種ワラジムシ，微小なトビムシやダニなど腐食した枯葉を食べる動物がたくさんいるが，それらもダンゴムシ同様クスノキの葉に対する利用度も低いと考えられる。ワラジムシは口器も小さく，ダンゴムシ以上に薄く柔らかい枯葉しか摂食できない（大石 2007）。クスノキほどではないが，ウラジロガシ・ウバメガシなどのカシ類

の葉も構内の地面に多く堆積している。これもまた, 本実験結果の 1 からも類推できるように, 土壌動物による摂食を受けにくいことが影響していよう。

これらの樹木とは逆に，比較的数多く植えられているにもかかわらず，その落葉の蓄積が少ないのはソメイヨシノである。大学内のサクラの木の葉は，他の広葉樹に先駆けて落下し，冬の到来ともに枝からほとんどの葉が落下していく。サクラの葉は分解が速いためか, 翌春に残っている枯葉は外形を留めていない黒ずんだ葉が多い。ダンゴムシは腐食したサクラの枯葉を特に好むことが本実験から明らかになった。大学構内に広範かつ高密度に生息しているダンゴムシが，サクラの落ち葉の分解に大きく貢献していることは間違いなかろう。

このように落ち葉はダンゴムシのようなデトリタス食者によって砕片化され，それらの破砕物および排出された糞は菌類や細菌に利用される。最終的にはこの土壌微生物により無機物へと変化させられる。土壌に蓄積した無機物はやがて植物の根から栄養物として吸収され，光合成により再び植物生産に使われる。ダンゴムシはこの生態系内での物質循環において，落ち葉の砕片化により表面積を増大化させ微生物の作用を受けやすくするという役割とともに，それらが排出する大量の糞粒も植物にとって栄養的に有効であることが，ウキクサを用いた実験で明らかにされた（松良，印刷中）。

このようなダンゴムシの餌と枯葉との関係に関する実験を通して，落ち葉のゆくえ，土壌にいる様々な小動物のこと，樹木の生長など，陸上生態系における物質循環について考えることまで生徒たちを導くことができるとすれば，ダンゴムシについての諸実験は有意義な理科教材となり得るだろう。

謝　辞

本研究を行うにあたり，寺田美奈子博士および布村昇・富山市立科学博物館館長からはダンゴムシに関した有意義なご教示を頂き，感謝申し上げます。なお本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 C（平成 18 〜 20 年度，課題番号 18500663）の補助を受けて行ったものである。

引用文献

金子信博（2007）土壌生態学入門．東海大学出版会，東京.

松良俊明（印刷中）ダンゴムシの摂食活動が植物生産に与える正の効果．環動昆.

大石麻美子(2007)ワラジムシの生息場所環境の選好性．京都教育大学総合科学課程環境学コース卒業論文.

Hassall, M. and S. P. Rushton（1983）Feeding behaviour of terrestrial isopods in relation to plant defences and microbial activity. Symp. zool. Soc. Lond. 53:487-505.

中学校理科教科書，『未来へひろがるサイエンス 2 分野（下)』（2005）新興出版社啓林館．大阪.

渡辺博之（2001）日本にいなかったダンゴムシ．かながわの自然，63:14 − 15.