

雪・森・農のめぐみとつながりを考えるシリーズ①

森を支える小さな戦士

～落ち葉の下の生き物たち～



編著

十日町市立里山科学館 十のこ。
越後松之山「森の学校」

助成 農林水産省 農業用水水源地域保全対策事業
(雪・森・農のめぐみとつながり研究と保全プロジェクト)

目次

落ち葉の下をのぞいてみよう！

- 土壌動物って？・・・2
- 土壌動物の大きさ・・・2
- 土壌動物の体の特徴・・・3
- 土壌って？・・・3
- 森を支える命のつながりー土の中の食物連鎖ー・・・4

森を支える土壌動物ー土壌動物の生態的機能ー

- 土壌動物の働きーその1. 落ち葉を粉碎ー・・・6
- 土壌動物の働きーその2. 微生物との協同作業による落ち葉の分解ー・・・7
- 土壌動物の働きーその3. 土を耕すー・・・8
- 土壌動物の働きーその4. 水を貯えるー・・・9
- 土壌動物の働きーその5. 炭素を貯える？ー・・・10

土壌動物ミニ図鑑

- 原生動物門（アメーバ・ゾウリムシ）・・・12
- 線形動物門（センチュウ）・・・12
- 緩歩動物門（クマムシ）・・・13
- 環形動物門（ミミズ）・・・14
- 扁形動物門（ウズムシ・コウガイビル）・・・14
- 軟体動物門（カタツムリ）・・・15
- 節足動物門 クモ綱（クモ・カニムシ・ザトウムシ・ダニ）・・・16ー17
- 節足動物門 甲殻綱（ソコミジンコ・ワラジムシ・ヨコエビ）・・・18
- 節足動物門 ヤスデ綱・・・19
- 節足動物門 ムカデ綱、コムカデ綱・・・20
- 節足動物門 エダヒゲムシ綱、内顎綱（カマアシムシ・トビムシ）・・・21
- 節足動物門 昆虫綱・・・22ー23
- 脊椎動物門 両生綱、爬虫綱、哺乳綱・・・24ー25

コラム：雪国の土壌動物・・・26

土の中の生き物を調べてみよう！

- ハンドソーティング法・・・28
- ピットホールトラップ法・・・29
- ツルグレン法・・・30
- ベールマン法・・・31
- 土壌動物の標本をつくってみよう！・・・32
- 土の環境を調べよう！・・・33
- 土壌動物で環境を診察してみよう！・・・34
- 土壌動物による自然の豊かさ調べ・・・35
- 土壌動物の名前を調べてみよう！・・・36ー37
- 落とし穴トラップによる環境診断・・・38

土の中の生き物を育ててみよう！

- どんなものを食べるかな？ー土壌動物のお食事観察ー・・・40ー41
- ダンゴムシの落ち葉のこなごな実験・・・42
- カブトムシのウンチのパワー・・・43
- カブトムシの土を耕すパワー・・・44
- 土壌動物の子育て観察・・・45

コラム：土壌動物を展示する・・・46

水と土の関係を調べてみよう！

- 水を浄化する土の働き実験・・・48
- 水を貯える土の働き実験・・・49

参考文献・・・50

謝辞・・・51



落ち葉の下をのぞいてみよう!

森を歩くあなたの足の下にはどれぐらいの生き物がいるでしょう?

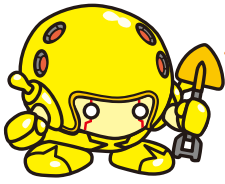
なんとたった片足分の土の中でさえ、8万匹もの小さな生き物たちが暮らしているのです。

土の中には、どんな生き物がいて、それらはどんな生活をし、私たちとどんな関わりがあるのでしょうか?

さあ、知られざる土の世界を探検してみよう!



土壌動物って？



土の中で暮らしている動物のことを「土壌動物」と呼ぶんだ。だけど、「土の中にいる」だけでは土壌動物の仲間ではないんだ。土の中で、「暮らしている」こと、つまり、「生活している」ことが重要で、冬眠のためだけ土の中を利用する動物は、土壌動物とはいえないんだ。



モリアオガエル

冬眠のため土の中に数ヶ月間いますが、土の中で活動はしていないので、土壌動物ではありません。



クロサンショウウオ

幼体は水の中で生活していますが、成体になってからは一生のほとんどを落ち葉の下でワラジムシやミミズを食べて暮らします。



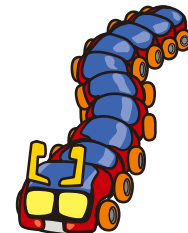
カブトムシ

成虫は、木の上にもいますが、幼虫の時は、土の中で落ち葉や土の微生物を食べて大きくなります。

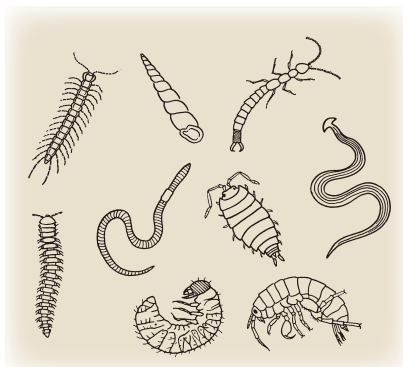
土壌動物の大きさ

ひとくちに土壌動物といっても、哺乳類のモグラから肉眼では見ることもできない小さなアメーバまでいるんだ。

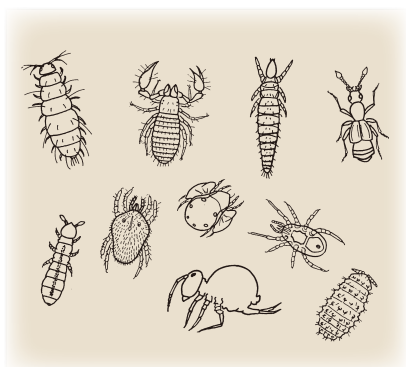
あまりにもたくさんの種類があるので、大きさによって土の中の生き物たちは大きく3つのグループに分けられているんだ。



イラスト：青木（1973）より



大型土壌動物（体長 2 mm 以上）
土壌動物の世界では、2 mm を超えると「大型」なのです。
(モグラ・サンショウウオ・ヘビ、ミミズ・クモ・ダンゴムシ・ヤスデ・ムカデ・アリなど)



中型土壌動物（体長 0.2 ~ 2 mm）
人がやっと見分けられる程度の小さな動物でも土の中では「中型」なのです。
(ダニ・トビムシ・コムカデ・エダヒゲムシ・カニムシなど)



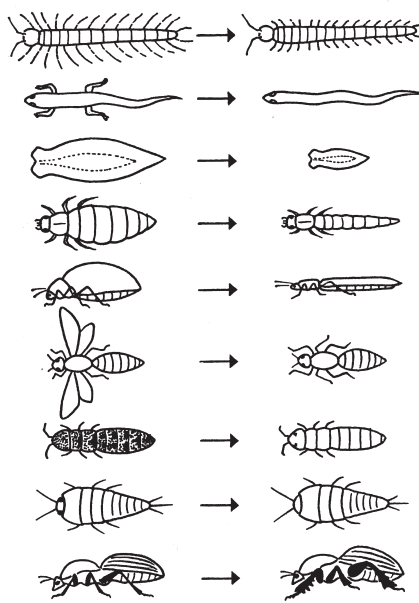
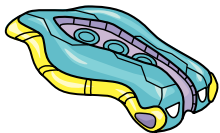
小型土壌動物（体長 0.2 mm 以下）
人目では、見分けられないほど小さな動物たちで、微小土壌動物とも呼ばれています。
(クマムシ・ウズムシ・センチュウ・ソコミジンゴ・アメーバなど)

土壌動物の体の特長

土壌動物は、落ち葉の下や土の中のわずかなすき間をぬうようにして移動するため、小さくてスリムな体型をしているものが多いのだ。

また、土の中は光がほとんど届かない暗闇の世界なので、目が退化したり、色を持たないものが多いのだ。

土壌動物を見つけたら、体のつくりをじっくり観察してみよう。



あし
脚が短い
あしが
あしがない
体が小さい
体が細い
体が平たい
はね
翅がない
色が薄い
目がない
穴掘り用の脚が発達している

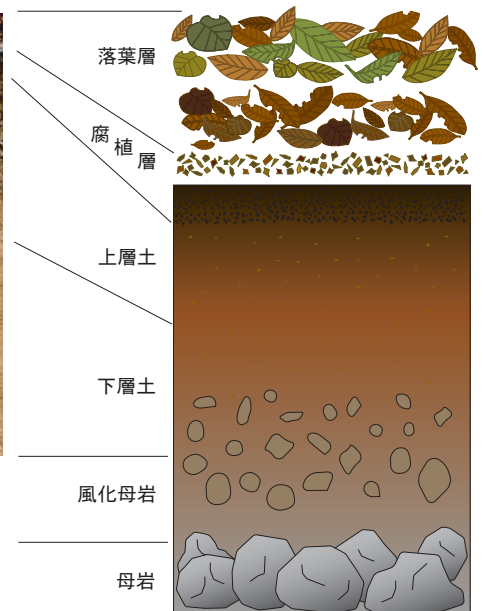
青木（1973）を改変

土壌って？



「土壌」とは、いわゆる「土」のこと。土とは、岩が砕かれて粉々になったものと、落ち葉などが砕かれて粉々になったものが合わさってできているんだ。落ち葉からできた土は茶色で、岩からできた土は白や灰色をしていることが多いんだ。

ボクたち土壌動物は、ほとんど茶色の土の中に住んでいるんだ。



土には、いわゆる土のほか、落ち葉や枯れ木などの植物の死んでしまったものや動物の糞や死体なども含まれるのだ。

萩野（1999）を改変

校庭や畑にある
ようないわゆる土

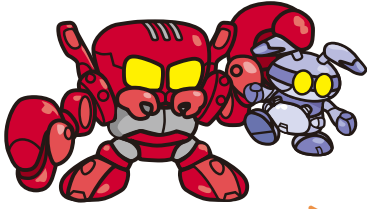
落ち葉、枯れ枝、倒れた木などの
植物の遺体

動物のうんち

動物の死体

森を支える命のつながり

—土の中の食物連鎖—

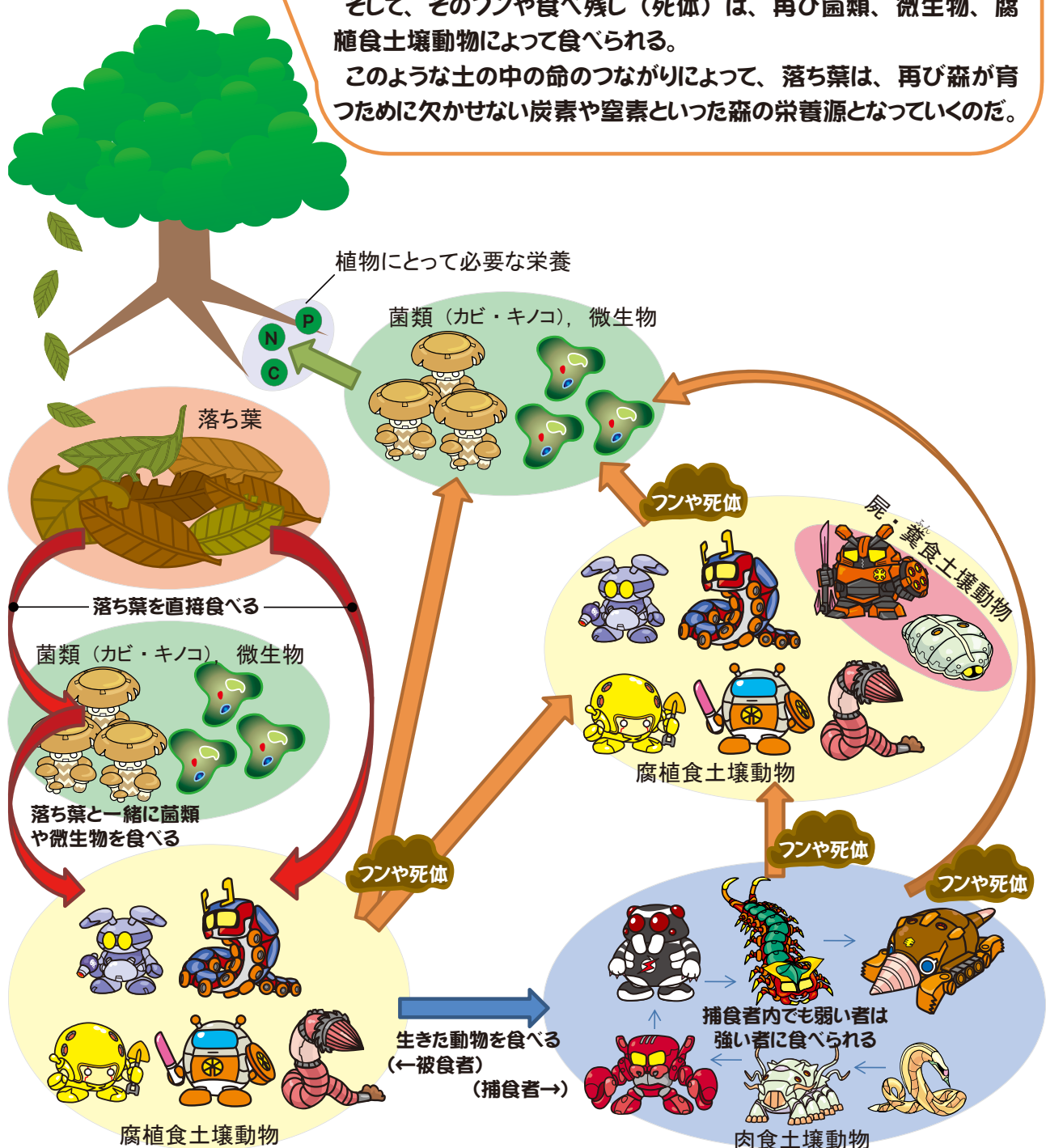


土の中には、たくさんの生き物がいて、それらは「食う・食われる」の関係によって複雑につながっているのだ。

地面に落ちた木の葉は、菌類や微生物と共にトビムシやミミズなどの腐植食土壌動物（落ち葉を食べる土壌動物）によって食べられる。腐植食土壌動物は肉食土壌動物のエサとなりそれらの命を支えている。また、肉食土壌動物同士でも弱い者は強い者のエサとなってしまう厳しい弱肉強食の世界でもある。

そして、そのフンや食べ残し（死体）は、再び菌類、微生物、腐植食土壌動物によって食べられる。

このような土の中の命のつながりによって、落ち葉は、再び森が育つために欠かせない炭素や窒素といった森の栄養源となっていくのだ。



森を支える土壌動物

土壌動物の森での働き

森は水を貯える働きをするため「緑のダム」と呼ばれています。しかし、実は、水を貯えているのは木よりも土の方なのです。また、森の木々は、土から水だけでなく栄養ももらっています。

命の源である水と栄養を守り育てる土、その土をつくっているのが土壌動物です。一匹一匹は目にも見えないほど小さな生き物ですが、彼らこそ森を支える立役者なのです。

土壌動物の働き

—その1. 落ち葉を粉碎—



地表に降り積もった落ち葉は、土壌動物に食べられることによって細かく^{ふんさい}粉碎されるんだ。細かくなった落ち葉は、より小さな土壌動物によってさらに細かく^{ふんさい}粉碎されるんだ。
小さく^{ふんさい}粉碎された落ち葉は、菌類、微生物などが利用しやすいため、落ち葉の分解速度を早めているんだ。



新しい落ち葉はきれいな茶色です。



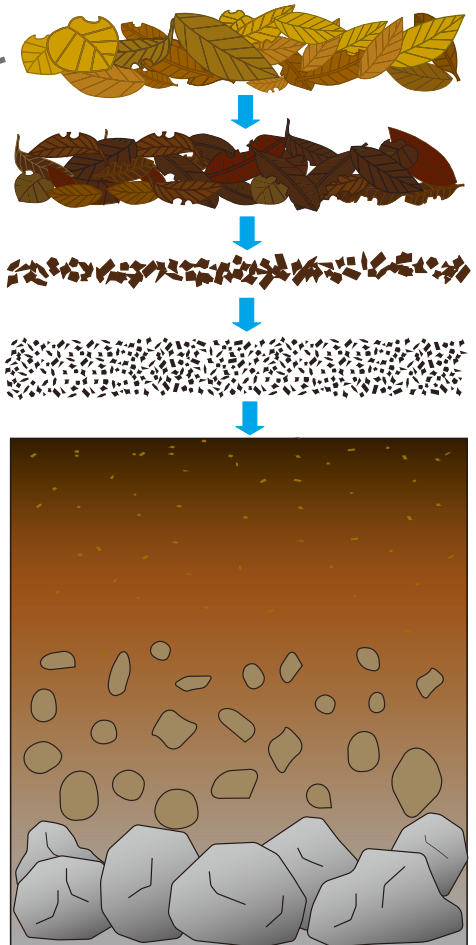
落ち葉にはキノコやカビが生えて変色します。



落ち葉は土壌動物により^{ふんさい}粉碎されて細かくなります。

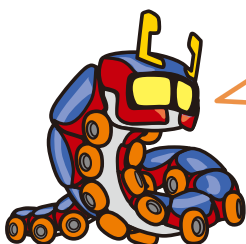


落ち葉はさらに土壌動物によって細かくなり、フンと混じり黒っぽい色となります。



この粉々になった落ち葉と土壌動物のウンチがいつぱいの土を「腐植^{ふしよく}」と呼ぶんだ。

腐植は植物にとっての栄養がたっぷり貯えられているため、植物の多くはこの腐植層に根を張るんだ。

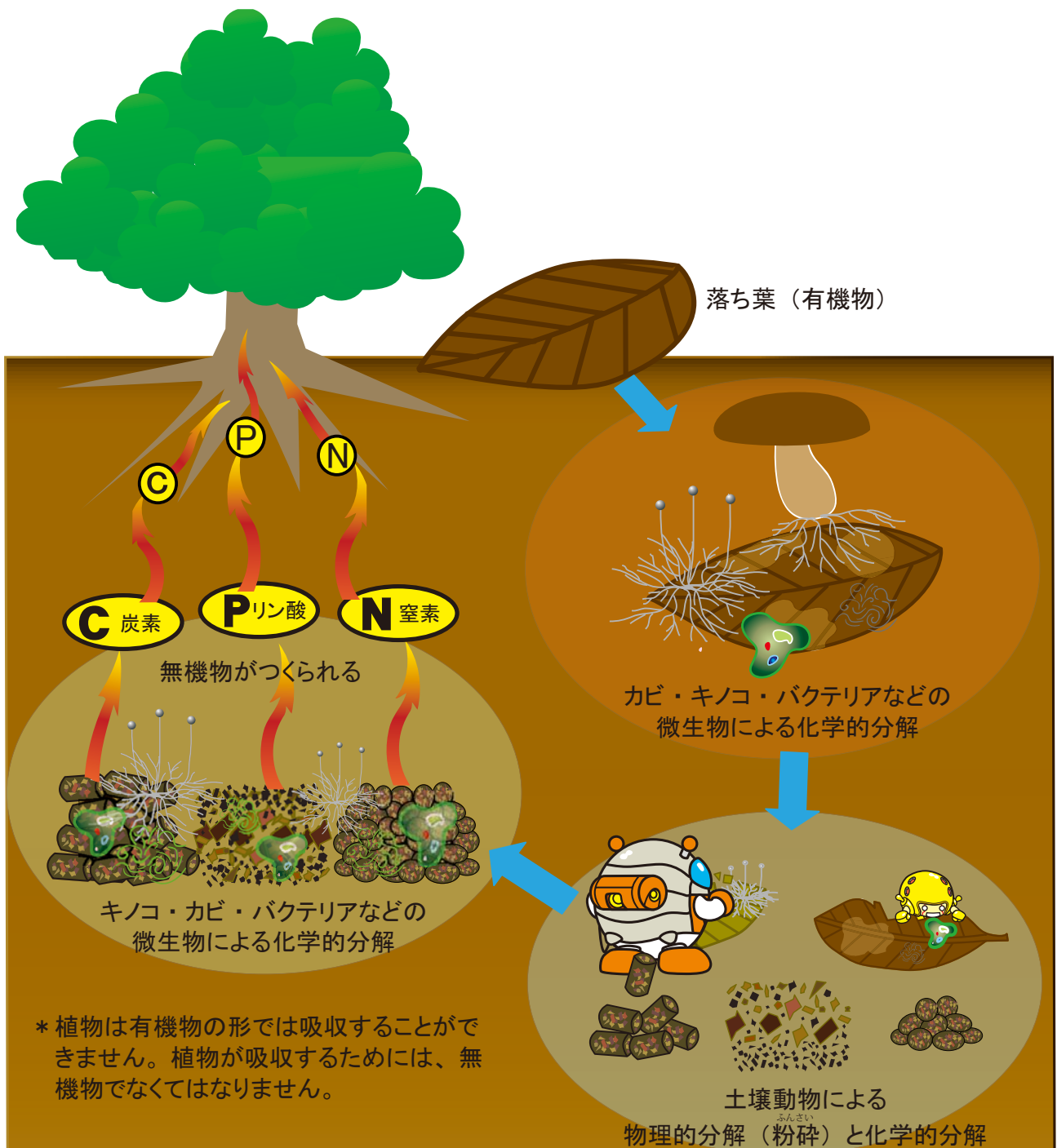
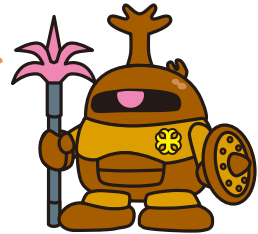


毎年秋になると、森はたくさんの葉を落とすよね。ブナの森は1ヘクタール当たり1〜2トンの落ち葉を毎年落としているんだ。それでも、ブナの森が落ち葉で歩けないってことはないよね。それは、ボクたちがせっせと落ち葉を食べてはウンチをして、土にかえているからなんだぜ。

土壌動物の働き

—その2. 微生物との協同作業による落ち葉の分解—

落ち葉は、土壌動物による「ふんさい粉碎（物理的分解）」と菌類などの微生物による「化学的分解」によって、植物が利用できる栄養となるんだ。だけど、どちらか一方だけの働きでは、はなかなか分解は進まないだ。つまり、落ち葉の分解は、土壌動物と微生物の協同作業が必要なんだ。

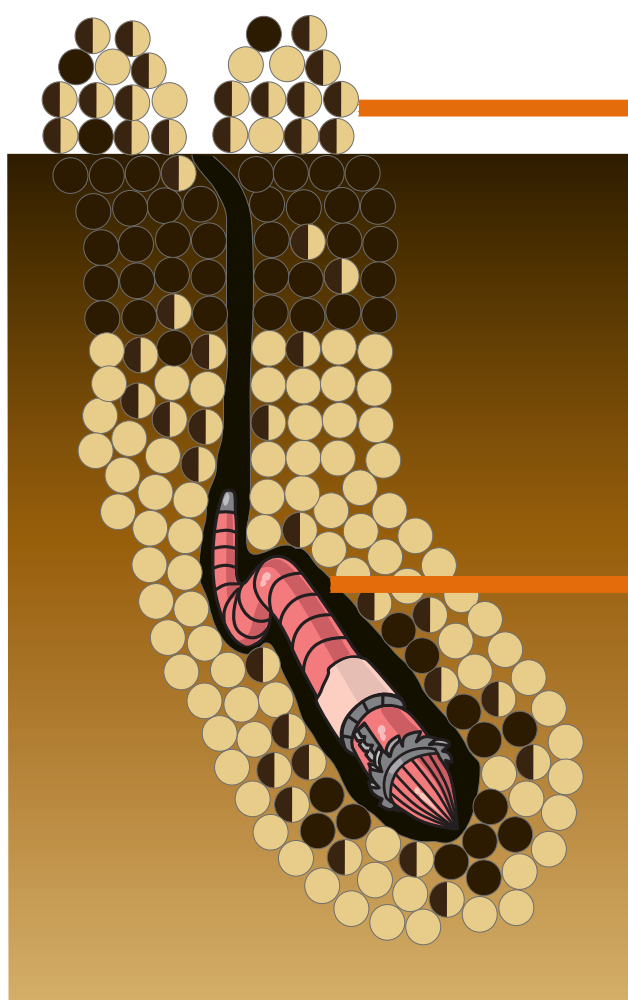
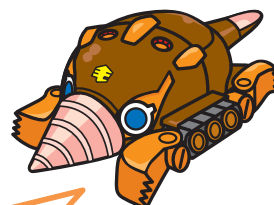


土壌動物の働き

—その3. 土を耕す—

畑の土はお百姓さんが鍬や耕耘機で土を耕し、土を小さく、柔らかくしているんだけど、森では、この働きを土壌動物たちがやっているんだ。

ミミズ、アリやモグラなどは土の中を上下左右に掘り進みながら、エサを食べたり、巣をつくったりしてるんだ。この時、土の中ではトンネルができたり、下の土が上に運ばれたり、上と下の土が混ざりあったり、土が適度な塊（団粒構造）となったりということがおこなわれているんだ。



耕耘（上の土を下に、下の土を上にも運ぶ）

ミミズやモグラは掘ったトンネルの土を地表面に運び上げます。また、地表付近でエサを食べ、そのフンを地中深くですることにより、土を上下に移動させ、地表の有機物と地中の無機物を混ぜ合わす。

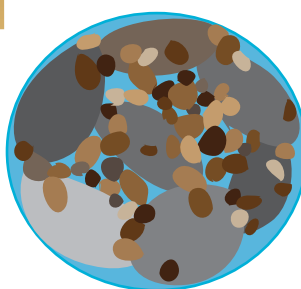
日本では1年間に1ヘクタールあたり300トン近くもの土を動かし、熱帯地方では、3000トンもの土を動かすと言われています。

トンネルを掘る

土壌動物の掘ったトンネルは空気や水の通り道としてとても重要なのです。

土壌動物のトンネルがたくさんある土に水4リットルを流すと5秒で水は土の中に浸みこんでいきますが、このトンネルを踏み固めてしまうと、水の浸み込み時間は1分（12倍）以上もかかってしまうのです。

土を混ぜ合わせ団粒構造をつくる



ミミズのフンをさらに細かく見てみると、落ち葉の食べ残し（有機物）と鉱物（無機物）が混ざりあって団子状になっています。

この団子にはすき間がいっぱいで、このすき間には水や養分が溜まっています。

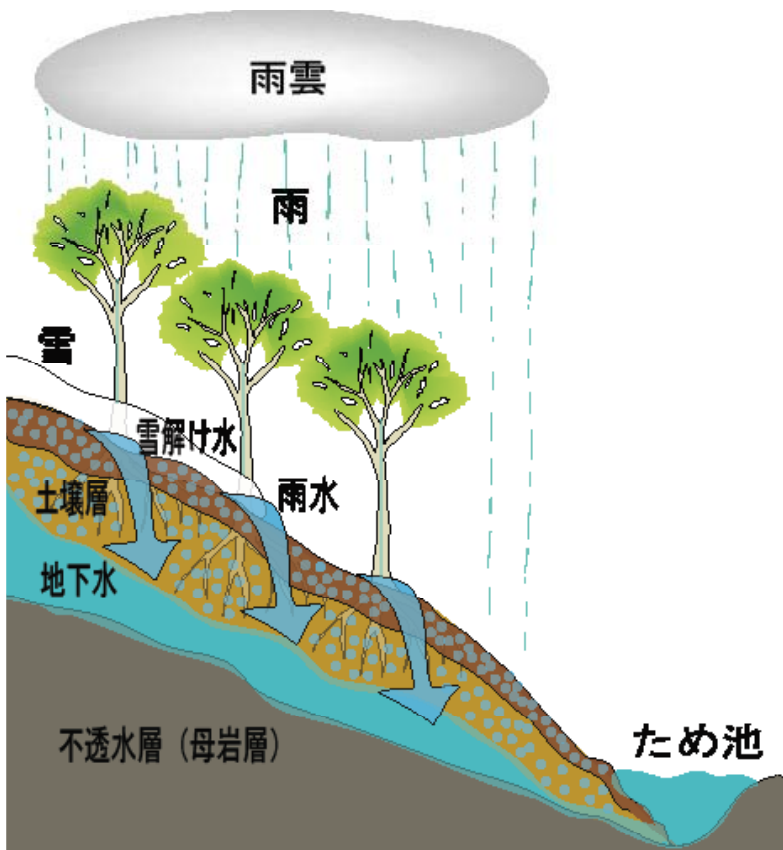
また、このすき間はたくさんの小さな生き物のすみかともなっています。

- 有機物を多く含んだ土（もともとは地表近くにある土）
- 無機物を多く含んだ土（もともと地中深くにある土）
- 有機物を多く含んだ土と無機物を多く含んだ土が混ざり合った土

土壌動物の働き

—その4. 水を貯える—

「森は緑のダム」って呼ばれているけど、水の大部分は、植物よりも、土に貯えられているんだぜ。つまり、本当は「森の土は茶色のダム」って呼ぶのが正しいんだぜ。



土壌動物がつくる団粒構造やトンネルは、土をスポンジのような状態にし、たくさん水を土にしみ込ませ、貯えることを可能にします。

また、土は水を貯めるだけでなく、水を浄化する働きもあります。水は土の粒子によってろ過され、良質なおいしい地下水となります。

もちろん、森（植物）だって水を貯える上で大切な働きを持っています。それは、土の主原料である落ち葉を供給することと、根や落ち葉で土が雨や風で流されないようにすることです。



森の土も踏み固められてしまうと、ダム機能を失い、降った雨は、土に染み込まずに、土の表面を川となって流れ去ってしまうようになる。

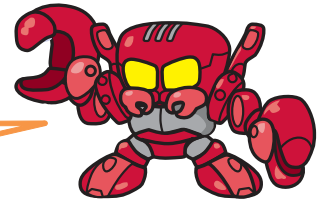
水を守るためには、森と土と土壌動物のそれぞれの働きを守る必要があるんだ。



土壌動物の働き

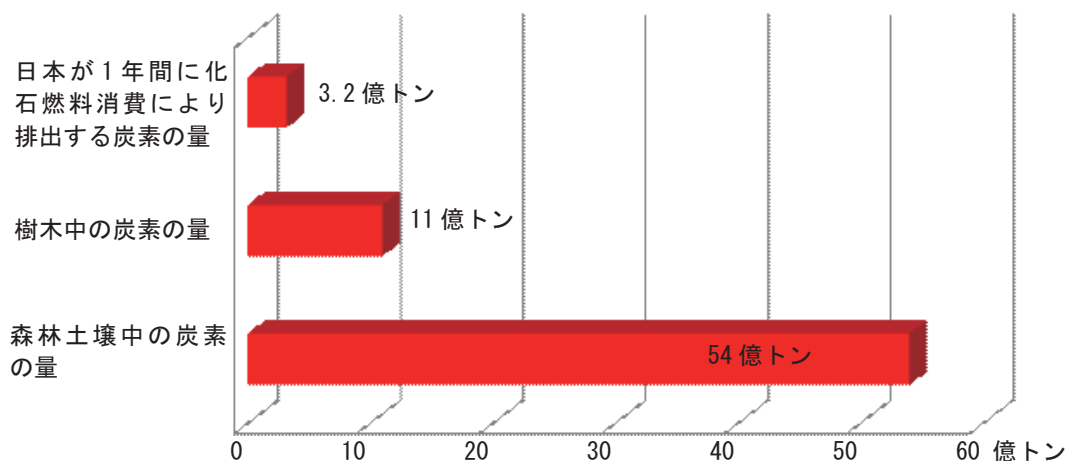
—その5. 炭素を貯える?—

土は地球温暖化の主な原因とされている炭素(C)を溜め込む働きを持っているのだ!



植物の身体を形成している物質の大部分は炭素ですから、落ち葉や落ち枝、倒木などはみんな炭素の塊と言っても過言ではありません。また、それらが分解されてできる黒々とした土にもたくさんの炭素が貯えられています。この黒い土の色は腐植という炭素を主成分とした有機物です。腐植は非常に安定した物質で、そこに森がある限り、毎年毎年、どんどん蓄積していきます。そのため、貯蓄炭素量は地上の樹木よりも土の方がはるかに多いのです。

土壌動物は、落ち葉を分解して炭素を空气中に放出しているので地球温暖化を加速させてしまう働きをしているのですが、一方で腐植をつくって土の中に炭素を溜め込む重要な働きもしています。



日本の森林内に蓄えられている炭素量の計算値（太田誠一，1998）

土の中の炭素しらべ

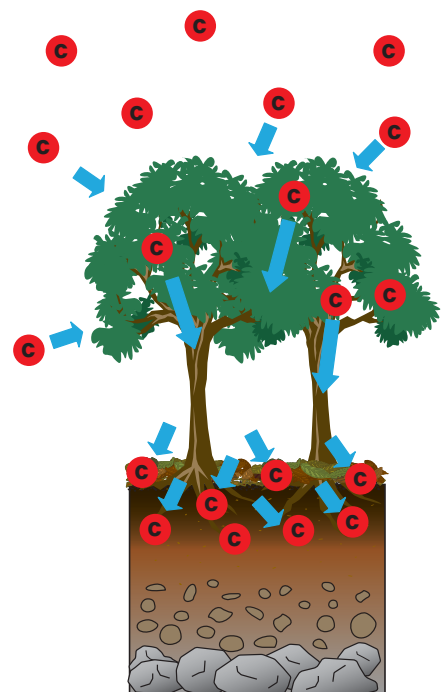
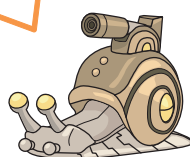
土を焼いてみよう! 土の黒っぽい色は、墨や炭と同じで炭素が含まれているからだ。ガスバーナーなどで土を高温に熱すると、土の中の炭素を燃やすことができるんだ。土に含まれている炭素を燃やすと何色になるでしょう?



焼く前の土の色



焼いた後の土の色



土壌動物三図鑑



土は地球上で最も多種多様な生き物が暮らしている空間です。しかし、土壌動物のほとんどは目に見えないほど小さかったり、いつもどこかに隠れていたりと身近にいながら見慣れない者ばかりです。

そんな日陰者達の土壌動物たちに光を当てて見てみましょう。

単細胞でもバカにできない 原生動物



有殻アメーバ類の一種（体長約 50 μm）走査電子顕微鏡像（着色）
島野智之 撮影

原生動物門

Protozoa

体長：数マイクロメートルから数ミリ。

採集方法：ベールマン法

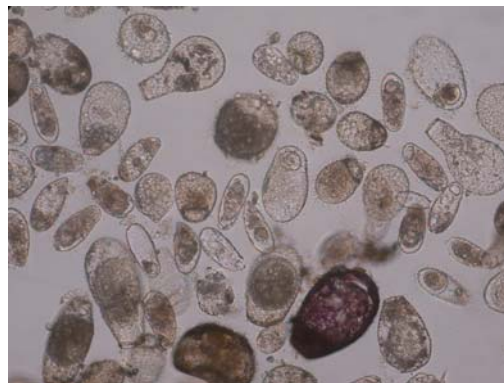
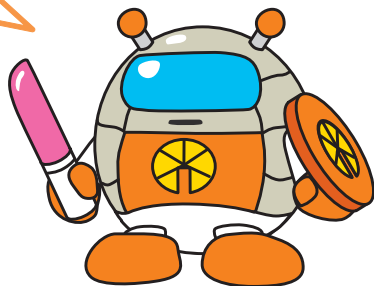
原生動物とは、鞭毛虫綱（ミドリムシなど）や繊毛虫綱（ゾウリムシなど）などの単細胞動物の通称で、現在、正式な生物分類単位としては、使われなくなってしまいました。

水中で暮らす種類が多いですが、土の中にもたくさん原生動物が暮らしており、その数は1gあたり数万から数十万匹にもなることがあります。

土中の原生動物は、土のすき間のわずかな水の中に住んでいます。

捕食者・分解者・エサとして土の世界にはなくてはならない存在です。

たった1gの土の中にも数万から数十万匹の原生動物がいるんだ。



有殻アメーバ類（体長約 100 μm）島野智之 撮影

ミクロな巨人 センチュウ



クジアネマ科の一種 位相差像組み写真 荒城雅昭 撮影

線形動物門 双器・双線綱

Nematoda

Adenophorea, Secementea

体長：0.5 ~ 2mm

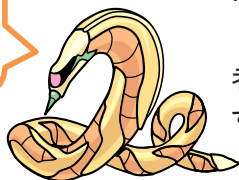
採集方法：ベールマン法

小さくてほとんどの種類は肉眼では見えませんが、土の中にはものすごい数のセンチュウがおり、なんと地球上のバイオマス（生き物の重さ）の15%を占めているともいわれています。

土だけでなく、水中・植物・動物の体内に住むものもあります。人間の体内に住むセンチュウは寄生虫と呼ばれ、ギョウチュウなどもセンチュウの仲間です。農作物に病気を起こす種類もありますが、そのような悪さをする種類は、数万種もいるセンチュウのほんの一握りでしかありません。

センチュウは森の生態系の中では捕食者や分解者として、またさまざまな生き物のエサとして目立たず役に立って生きています。

森の土をひとつかみすれば、その中には数万匹のセンチュウがいるのだ。



宇宙からやってきた！？ クマムシ



世界最強の動物は？ ライオン？ 不正解！ 世界最強の動物はおいらクマムシなんだ。昔の生物学者は、おいらのあまりの強さに驚いて、おいらを宇宙からやってきた生物ではないかと思ったんだ。



おいらが世界最強といわれるわけ

- ・ 75000 気圧の中でも生きている。
(普通の動物の細胞は 3000 気圧で死滅する)
- ・ 151℃でも -273℃でも生きている。
(人は± 40℃ぐらいが限界)
- ・ 強い放射線を浴びたって生きている
(人の致死量は 500 レントゲン、クマムシは 570000 レントゲン)。

と、どれをとっても桁外れの生命力・忍耐力を持った不思議な生き物なのだ。

世界最強の生き物のおいらだけど、最強なのはクイプトビオシスという休眠モードに変身したときだけ。
このモードへの変身には 10 時間ほどかかり、通常モードの時は弱っちいのだ。



かんぽ 緩歩動物門 Tardigrada

体長： 0.05mm ～ 1.7mm

採集方法：ベールマン法

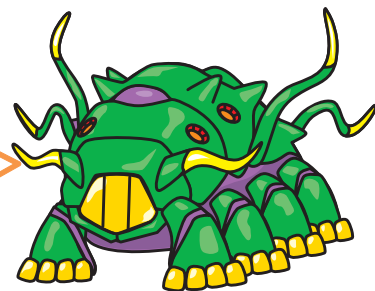
爪のはえた 4 対の脚でゆっくりと動く様子がクマに似ていることから「クマムシ」と呼ばれています。ミミズなどの環形動物と昆虫などの節足動物の両方の特徴が見られる独特の体のつくりをしており、世界で 750 種以上いることが知られています。

熱帯から南極・北極の寒帯、海水、淡水、陸上、樹上、さらには氷河や温泉の中のような極限環境まで、さまざまな環境に生息しています。

エサはセンチュウなどの小型動物で、ストローのような針を獲物に刺し、体液を吸い取ります。



センチュウを食べるリヒテルスチョウメイムシ(体長約 650 μm)
伊藤雅道 撮影



クイプトビオシスへの変身中のクマムシ
写真提供 Wikipedia



ダーウィンも愛した ミミズ

シーボルトミミズ（体長 30-45mm）/ 皆越ようせい 撮影



日本のミミズは6ヶ月で1ha
(100m × 100m) あたり、
38000Kgの土を動かし、熱帯
の大型ミミズでは 100000 kg
も土を動かすと言われています。



小さく無色のヒメミ
ミズ。これでも立
派な成体です。



環形動物門 貧毛綱 Annelida Oligochaeta

体長：1mm ～ 60cm

採集方法：ベールマン装置（小型ミミズ類）とハン
ドソーティング（中型・大型ミミズ類）

ミミズは土の中にトンネルを掘り、土といっしょに落
ち葉や枯れた根を食べ、そこから栄養を吸収した後、
糞として排出します。

ミミズが穴を掘ること、そしてたくさんの糞をすること
で、ミミズのいる土は保水力に優れ、植物が吸収
しやすい栄養分に富んだ土になります。このミミズが
土をつくる能力に最初に目をつけたのが、生物進化
論で有名なあのチャールズ・ダーウィンです。ダー
ウィンは晩年の数年間、ミミズの研究に没頭し、ミミ
ズの本まで出しています。

ヒメミミズは体長1mm ～ 2cm 程度の小さな白いミミ
ズです。水生の種と陸生の種とがあり、氷河から熱
帯雨林まで広く分布しています。世界では 594 種以
上いることが知られていますが、日本での分類は進
んでおらず 15 種が知られるのみです。ヒメミミズの中
には、有性生殖によって増える種の他に、体が
いくつかに分裂し、それぞれがまた一匹のミミズに
成長するという、無性生殖によって増える種もいま
す。



ヒルの仲間ではありません コウガイビル

コウガイビルの名は女性の髪飾りの簪
に由来しており、公害とは無関係です。
名前はヒルですが、実はウズムシ（プ
ラナリア）の仲間です。

扁形動物門 ウズムシ綱 Platyhelminthes Turbellaria

体長：2 cm ～ 100cm

採集方法：ベールマン装置（小さいウズムシ類）
とハンドソーティング（コウガイビル類）

コウガイビルは、粘膜に包まれた紐状の動物で、
半月～錨型の頭部をもっています。世界には160
種が知られ、東南アジアには多数の種が見つかっ
ています。日本では分類が遅れていますが、数種
類がいるとされています。

乾燥に弱く、湿った環境を好み、夜間に徘徊して、
ミミズ・ナメクジ・カタツムリ等を捕食します。

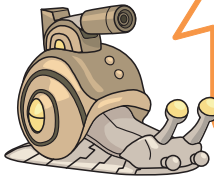
良く知られているプラナリアは、水生のウズムシの
仲間です。



恋の悩みはありません カタツムリ



クリイロベッコウ（殻径7mm）皆越ようせい 撮影



ゆっくりとしか動けないカタツムリは、オスとメスが出会う確率が低いため、1匹がオスとメスの両方の性を持っているのだ。

カタツムリは繁殖期に2個体が出会うと、写真のようにお互いに精子を交換し合って受精をする雄雌同体の生き物なのです。



軟体動物門 腹足綱 Mollusca Gastropoda

体長：1mm ～ 15cm

採集方法：ハンドソーティング

カタツムリやデンドロムシというのは正式な生物の名前ではなく、陸上で暮らす貝類のあだ名のようなもので、学術的には陸産貝類という通称が一般的です。

土の中には1ミリにも満たない小さな貝やたばこの葉巻やキセルのような巻き貝が多くみられます。

ナメクジも陸産貝類の仲間なのですが、ナメクジは貝の主成分となっているカルシウム不足の環境でも生きていくために貝を脱ぎ捨てたといわれています。カタツムリ類は、落ち葉や落ち葉に付いた菌類などを食べては糞をして、ゆっくりと森の成長を助けているのです。



ナミギセル（殻高2.6cm）

皆越ようせい 撮影



タワラガイ（殻高3.1mm）

古野勝久 撮影



コシダカコベツマイマイ（右巻き）



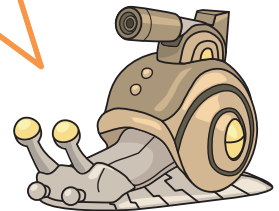
ヒタリマキマイマイ（左巻き）

巻き方に秘められた謎

カタツムリに右巻きと左巻きがあるって知ってる？

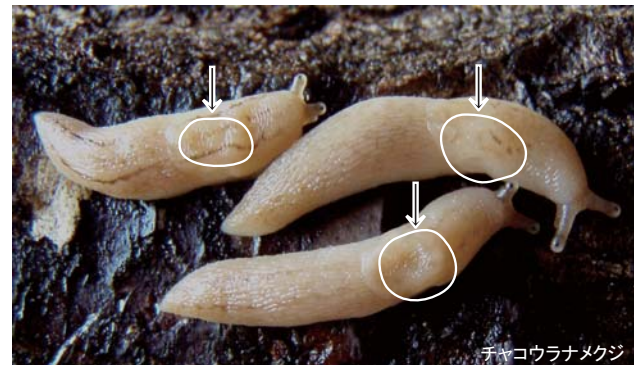
殻の表側を上にして、殻の口が右側にあれば右巻きで、左側にあれば左巻きなんだ。

ほとんどのカタツムリは右巻きで、左巻きのカタツムリは、昔の右巻きカタツムリの突然変異から進化（分化）した種といわれているんだ。カタツムリは巻き方が違うと交尾できないので、たった1回の突然変異で種が分れてしまうんだ。



貝を捨てたカタツムリ ～ナメクジの真実～

ナメクジは貝を捨てたカタツムリ。その証拠に、コウラナメクジの仲間の背中には貝殻のあとが残っているのだ。



チヤコウラナメクジ

八あし・八目のハンター クモ



ガザミグモ 青木由親 撮影

節足動物門 クモ綱 クモ目 Arthropoda Arachnida Araneae

体長：10 ～ 30mm

採集方法：ハンドソーティング・ツルグレン

クモはお尻から糸を出して巣を張り、虫を捕えて食べるということは、みなさんもお存じのことでしょう。しかし、クモの中には地面を走りまわってエサを捕らえる種類、地面に掘った穴に身を潜めてエサを待つ種類、土の中に糸を使って巣をつくる種類などさまざまなクモがあり、地表から土の中までたくさんのクモが暮らしているのです。



8本の脚、8つの眼、糸、毒牙などの武器を巧に操り、獲物を捕まえる恐ろしい肉食動物なのだ。

土の中の小さなサソリ カニムシ



ミツマタカギカニムシ（体長約 4mm）皆越ようせい 撮影

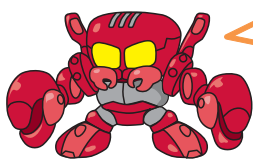
節足動物門 クモ綱 カニムシ目 Arthropoda Arachnida

体長：1mm ～ 5mm

採集方法：ハンドソーティング・ツルグレン

カニムシは、サソリに近い節足動物で、カニのような大きなハサミを持っています。このハサミには毛が生えていて、この毛に動物が触れるとハサミが閉じ、獲物をとらえるしくみになっています。このハサミを使ってトビムシやヒメミズ、ダニなどの小動物を捕え、エサとして暮らしています。また、ハサミを使ってネズミやモグラの毛につかまって移動し、毛の間に棲んでいるダニなどを捕えてエサとすることもあります。

湿度の高い森林土壌に多く、良好で安定性の高い環境を指標する生物です。



クモの仲間^{なかま}で、ハサミから糸を出し、巣をつくる種類もいるのだ。

森の妖怪 ザトウムシ



節足動物門 クモ綱 ザトウムシ目 Arthropoda Arachnida Opiliones

体長：1 ～ 7 mm

採集方法：ハンドソーティング・ツルグレン

一見クモのようですが、ザトウムシは頭胸部と腹部との間がくびれていません。細長い前足^{つえ}を杖のようにユラユラと振りながら歩くことからザトウムシ（座頭虫）、別名メクラグモと呼ばれています。

ザトウムシは世界で 4000 種ほど知られており、中にはあしが短く、ダニのような形のものもあります。か弱そうですが、肉食で虫などを捕らえて食べます。

嫌われ者で結構です ダニ



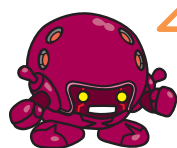
アカケダニ（体長約 3mm）皆越ようせい 撮影

節足動物門 クモ綱 ダニ目 Arthropoda Arachnida Acari

体長： 0.2 ～ 2 mm

採集方法：ツルグレン

「街のダニ」といわれるように、ダニは嫌われ者の代名詞です。確かに、ダニの仲間には人の血を吸うものやアレルギーの原因となるものもありますが、それは2万種を超すダニの仲間のほんのごく一部です。土の中のダニの多くは、センチュウなどをエサとする捕食性のダニや落ち葉や菌類を食べる腐植食性のダニで、いずれも土の中の生態系に欠かせない生き物です。

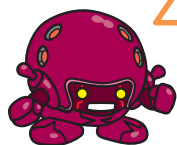


一つ 人の生血をすする

マダニやツツガムシのように人の血を吸う種類はごく少数だけど、多くのダニは他の動物を捕まえて食べたり、体液を吸ったりして生きているんだ。



吸血するシュルツェマダニ（体長約 5mm）青木由親撮影

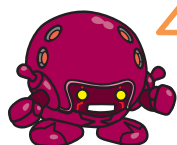


二つ 不埒な悪行三昧!?

コナダニの仲間には、小麦粉や砂糖やキノコなどの害虫となったり、家に住み着いてアレルギーやぜんそくの原因となる種もいるんだ。ツツガムシはリケッチアという病原体を媒介してツツガムシ病を引き起こすから要注意。



ハウスダストの原因となるコナダニ類（体長約 0.5mm）青木淳一 撮影



三つ 見事なはびこり能力

ダニの仲間は多様性が高く、森・草原・土や水の中、そして家の中まで、ありとあらゆる場所をすみかとしてるんだ。ダニの「はびこる」能力は、お見事だ。



スギタテハエダニ（体長約 0.8mm）萩野康則 撮影

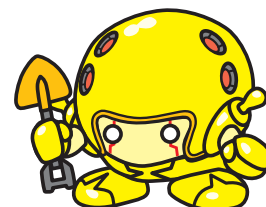
森の掃除屋さん ササラダニ



ヤマトオオイカダニ（体長約 1.3mm）皆越ようせい 撮影

ササラダニ亜目のダニは、落ち葉や菌類を食べながらひっそりと暮らす森の掃除屋さんです。このグループは 10cm³ の森の土の中に数百から数千匹もあり、トビムシと並んで土のプランクトンと呼ばれています。

日本だけでも 800 以上もの種があり、形も厳つい者からかわいらしいものまでさまざまです。





節足動物門 甲殻綱 ソコミジンコ目

Arthropoda Crustacea Harpacticoida

体長： 0.5 ～ 1.5 mm

採集方法：ベールマン

ソコミジンコは、主に海や湖などの水底で暮らす生き物ですが、陸生のももいます。陸上では落ち葉の下^{しつじゅん}の湿潤な環境に多く見られます。

寒い環境を好むため、夏になると体表から粘液を出して繭^{まゆ}のようなものを作り、寒くなるまでの間、寝て過ごします。



節足動物門 甲殻綱 ワラジムシ目

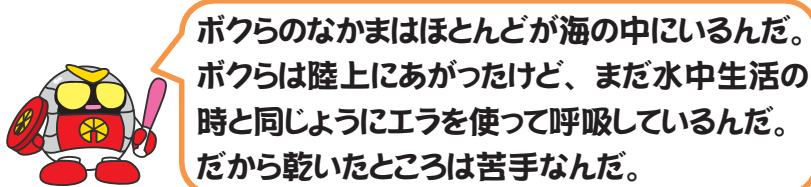
Arthropoda Crustacea Isopoda

体長： 3 ～ 60 mm

採集方法：ハンドソーティング・ツルグレン

落ち葉や植木鉢の下で見かけるダンゴムシやワラジムシ（ワラジムシ類と呼びます）は、実はエビやカニと同じ甲殻類^{なかま}の仲間です。世界で 15000 種以上、日本では 140 種以上が見つっています。

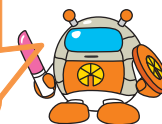
多くの種類は良好な自然環境に棲んでおり、私たちが家や畑のまわりでよく目にするオカダンゴムシとワラジムシはヨーロッパ原産の帰化動物です。



尾のような突起から水を吸い上げて、エラを湿らせて呼吸をしているんだ。



ダンゴムシのように丸まることができないけど、ずばやく動けるんだ。



節足動物門 甲殻綱 ヨコエビ目

Arthropoda Crustacea Amphipoda

体長： 7 ～ 20 mm

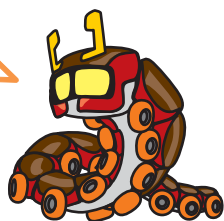
採集方法：ハンドソーティング

水中の石の下では体を横にして生活し、エビのような体を横にして泳ぐので、ヨコエビと呼ばれます。多くは海岸で見られますが、一部の種は森林内にまで勢力を拡大しています。折り曲げた腹部をバネのようにはじいてのジャンプ力は抜群で、体の数十から 100 倍の高さにまでとび跳ねることができます。

あしの数では世界一 ヤスデ



おとなしい性格だけど、いじわるをされると毒ガス攻撃で敵を追い払うんだ。



節足動物門 ヤスデ綱

Arthropoda Diplopoda

体長 0.5 ～ 7cm (世界最大は 30 cm を超す)

採集法：ハンドソーティング、ピットホールトラップ

ヤスデはムカデとよく似た形をしています。肉食のムカデと違って腐った落ち葉やキノコなどを食べて生きるおとなしい動物です。

ムカデの方があしが多そうですが、ヤスデの方が倍以上も多く、なんと 750 本のあしを持つヤスデもいます。これは、地球上の生物の中でも 1 番です。

種類も多く、現在名前のついているものだけで世界で 1 万種 (日本で約 300 種) 以上もあり、研究が進めば 8 万種を超えと言われています。



ムカデとヤスデの見分け方 その1.

ムカデは肉食ですが、ヤスデは落ち葉やキノコなどを食べます。この食べ物の違いが外見にも表れています。頭部の写真をよく見て下さい。

- ①ムカデは獲物を捕まえるための鋭い牙 (顎肢) がありますが (矢印)、
- ②ヤスデにはそれがありません。



ムカデとヤスデの見分け方 その2.

あしの写真をよく見て下さい。

- ①ムカデは1つの体節から左右1本ずつの2本しかあしがありませんが、
- ②ヤスデには1体節から左右2本ずつあしがあります。

そこのけそのこけヤスデが通る 車を止めるヤスデ

キシヤスデというヤスデは、時に何十万ものすごい大群となることがあります。この大群が通った後、森の落ち葉は食べ尽くされてしまい、土の生態系が変わってしまうほどです。このヤスデの大群が車の路線を占領して、車を止めてしまうこともたびたびあります。そこからキシヤスデという名が付けられました。

このヤスデは、成長するまでに 8 年間かかるため、大発生も 8 年後ごとに起こります。



キシヤスデ 菅越ようせい 撮影

百本足（？）の狩人 ムカデ



ムカデの毒針（毒牙）は、歯ではなく、
あしに変形したものだ。って。
あしを毒針に変えた動物は、世界で
もムカデだけなんだ。



ムカデの仲間には、
母親が卵を大切に
育てる種類もいるん
だ。母ムカデは、敵
を追いかたり、卵
についたカビを取り
除いたりしてるんだ。



卵を抱えるトビズオオ
ムカデの母



卵を舐める
トビズムカデの母



節足動物門 ムカデ綱 Arthropoda Chilopoda

体長 0.5 ～ 20cm

採集法：ハンドソーティング

「百足」と書いてムカデと読みますが、多くのムカデのあしは 30 ～ 46 本しかありません（ジムカデ目の中には 382 本の種類もあります）。性格は獰猛なハンターで、夜間に這いまわっては虫などの小動物を捕えて食べます。大型のムカデになるとカエルやネズミも食べてしまいます。口元には毒牙があり、これで獲物に噛みつき、麻痺させてから食べます。

ムカデの仲間
には 変な形
のものたちが
いっぱいいた。



タカナガズジムカデ（体長約 6cm）
皆越ようせい撮影

あしが多いジムカデ



あしが長いオオゲジ

落ち葉を食べる小さなムカデ コムカデ



ヤサコムカデ属の一種（体長約 8mm） 皆越ようせい 撮影

節足動物門 コムカデ綱 Arthropoda Symphyla

体長 10 mm 以下

採集法：ツルグレン・ハンドソーティング

見た目が小さなムカデのようなのでコムカデという名前が付けられましたが、ムカデとは大きく異なるグループです。

色白で、体長は 1 cm 以下と小さく、成体のあしの数が 24 本（12 対）であることで他のムカデと名のつく虫たちと区別することができます。

土の中では、落ち葉を食べて生活しています。世界中に分布し、日本中どこの土でも見られるのですが、研究が進んでなく、日本ではたった 3 種しか名前が付いていません。

枝角をもつ謎の生物 エダヒゲムシ



ヨロイエダヒゲムシ科の一種（体長約 1.5mm）渡辺秀明撮影

節足動物門 エダヒゲムシ綱 Arthropoda Pauropoda

体長 0.5 ～ 2 mm

採集法：ツルグレン

枝のようなヒゲ（触角）を持つことからエダヒゲムシという名が付けました。生まれたときのあし（足）の数は 6 本（3 対）ですが、脱皮するたびにあしが増え、成虫では 18 本（9 対）から 22 本（11 対）になります。

こんなにあしが多くても、ムカデやヤスデに比べれば少ないので少脚類（しょうきやくるい）とも呼ばれます。世界中の土壤に生息しており、日本でも 30 種ぐらいいますが、生態はほとんどわかっていません。

カマの肢が触角替わり カマアシムシ



節足動物門 内顎綱 Arthropoda Entognatha

体長 0.06 ～ 2 mm

採集法：ツルグレン

カマアシムシは土壤中に住む小型の虫で、触角がなく、鎌状に曲がった前脚（まえあし）を触角の代わりにしています。また腹部の体節数が成長によって増加するという、ムカデ類と同じ性質も持っています。

菌類をエサとしており、口器を菌糸内部に突き刺して、菌糸の内容物を吸引して栄養源とします。日本では 63 種が見つかっています。

土の中のプランクトン トビムシ



シママルトビムシ（体長約 2mm）
皆越ようせい撮影

節足動物門 内顎綱 Arthropoda Entognatha

体長 0.3 ～ 7 mm

採集法：ツルグレン



腹部にある肢をバネにしてジャンプするため、トビムシと名付けられました。体長が 1 ～ 2mm 以下と小さく、一握りの土の中（約 10cm³）に数百匹も住んでいて、さまざまな動物のエサになることから、土の中のプランクトンとも呼ばれています。

微生物やキノコなどを食べて暮らしており、日本では約 360 種、世界では 3000 種が見つかっています。

カマアシムシやトビムシのなかまは、昔は原始的な昆虫のなかまと考えられていたんだけど、最近では昆虫とは違うグループにされてしまったんだ。



100万種類の大派閥 コンチュウ



カナヘビの死体を食べるアオオサムシ

100万種を超える昆虫のほとんどが土と関係して生きている。多様な昆虫のおかげで、植物、糞、死体といったいろいろなものが土になるのだ

昆虫の目レベルの分類

○は土壌動物を含むグループ

×は含まないグループ

○イシノミ目：イシノミ

○シミ目：シミ

×カゲロウ目：カゲロウ

×トンボ目：トンボ

○ゴキブリ目：ゴキブリ・シロアリ

×カマキリ目：カマキリ

○ハサミムシ目：ハサミムシ

○シロアリ目：シロアリ

×カワゲラ目：カワゲラ

○バッタ目：コオロギ・ケラ・バッタ

×ナナフシ目：ナナフシ・コノハムシ

○シロアリモドキ目：コシロアリモドキ

○ジュズヒゲムシ目：日本にはいません

○ガロアムシ目：ガロアムシ

○マントファスマ目：アフリカのみ分布

×咀嚼（そがく）目：シラミ・チャタテムシ

○アザミウマ目：アザミウマ

○カメムシ目：セミ・アブラムシ・カメムシ

○ラクダムシ目：ラクダムシ

○ヘビトンボ目：ヘビトンボ

○アメカゲロウ目：ウスバカゲロウ

○コウチュウ目：ゲンゴロウ・カブトムシ

×ネジレバネ目：ネジレバネ

×シリアゲムシ目：シリアゲムシ

×ノミ目：ノミ

○ハエ目：カ・ガガンボ・ハエ・アブ

×トビケラ目：トビケラ

○チョウ目：チョウ・ガ

○ハチ目：ハチ・アリ

節足動物門 昆虫綱 Arthropoda Insecta

体長 0.5 ~ 20cm

採集法：ハンドソーティング、ピットホールトラップ、ツルグレン

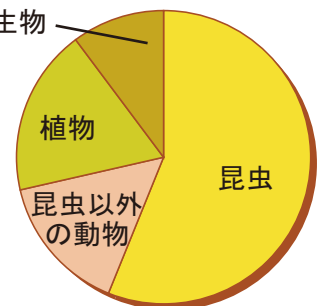
地球上の生物種の2/3を占める昆虫。その種類は100万種を優に超え、さらに毎年数千種の新種の昆虫が見つかっています。

キョロロの森でも2005年にマツノヤマヒメコケムシという新種の昆虫が発見されました。

たくさんの種類がいる昆虫は、生息環境や生活史もさまざまですが、土を掘ったり、落ち葉を食べたりと多くの昆虫は土と深く関わり合って暮らしています。



その他の生物



生物種の種類の割合
Hammond (1995) より作成



皆越ようせい 撮影

イシノミ（ヤマトイシノミ）
保護色をしており、見つかりにくいですが、森の中にはよくいる。



皆越ようせい 撮影

ゴキブリ（サツマゴキブリ）
ゴキブリのほとんどの種類は森に暮らし、落ち葉や朽ち木などを食べている。



皆越ようせい 撮影

シロアリ（ヤマトシロアリ）
日本では家屋害虫と嫌われているが、森ではシロアリが木の分解に大きな力を発揮している。



皆越ようせい 撮影

ハサミムシ（オオハサミムシ）
一部のハサミムシの母親は子育てを行い、自分の子に自分の体を食べさせることが知られている。



ケラ
大きな前足で土の中を掘り進み、植物の根やミミズなどを食べている。土の中で「ジージー」と鳴く珍しい昆虫だ。



ハエの幼虫
ハエの仲間も幼虫・蛹の時は土で暮らしている種類がたくさんいるのだ。



皆越ようせい 撮影

アリ (クロオオアリ)

アリは熱帯から寒帯までアリとあらゆるところに暮らしており、66億いる人より数はもちろん、バイオマス (合計体重) だって大きいのだ (アリは人の5万分の1以下の体重)。

地中に大きな巣をつくり、巨大な群れとなることもある。まさに土の中の覇者^{はしや}といった感じの生き物だ。



皆越ようせい 撮影

ガロアムシ

眼も小さく、翅もなく、土の中の生活に適した体をしている。その特徴から生きた化石と呼ばれている。



カメムシ (ツチカメムシ)
ツチカメムシは植物の種を土の中に埋めて子育てを行う変わったカメムシだ。

写真撮影者から許可



センチコガネ
(コガネムシ科)

青木由親 撮影



ミイデラゴミムシ
(オサムシ科)



コガネムシ科
の幼虫



ハンミョウ
(ハンミョウ科)

青木由親 撮影



ハネカクシ科の幼虫



ヨツボシモンシ
(シデムシ科)



ゴミムシ科
の幼虫



マツノヤマヒメコケムシ
(コケムシ科)

コウチュウ

硬い甲に覆われた甲虫はなんと世界で40万種類もいます。地表を走り回る種類、土の中を深く潜り、一生を土の中で暮らす種類など、種によって土との関わりはさまざまです。エサも種によって異なり、クワガタは枯れ木、カブトムシは土、センチコガネは動物の糞、シデムシは動物の死体を食べて成長します。

生活もエサもみんな違いますが、食べたものはみんな糞となり土に戻されます。



(c) 橋本典久
+ SCOPE

アミカゲロウ (ウスバカゲロウ) の幼虫: 別名 アリジゴク

幼虫時代は、乾いた砂地に落とし穴状の巣をつくり、落ちた獲物を捕らえる。

一生の9割以上は土の中 サンショウウオ



クロサンショウウオ（体長約12～18cm）



脊椎動物門 両棲綱 Vertebrata Amphibia

体長 6 ～ 20cm

採集法：ピットフォールトラップなど

サンショウウオは、幼生時代を水中で暮らした後、上陸し、その後はほとんどの時間を森の土の中で暮らします。土の中では、ミミズやダンゴムシなどをエサとします。イモリも同様で、水から上陸した後、大きくなるまで森の土の中で3年以上を土壤動物を食べて過ごします。

日本ではオオサンショウウオを除く小型サンショウウオ18種とイモリ3種は土の中の生活が長いため、立派な土壤動物といえるでしょう。外国には土の中に潜って、シロアリを食べて暮らすカエルもいます。

イモリやサンショウウオは水の中で幼生時代を過ごし、それ以降は森の土の中で暮らすんだ。だから水辺と森の両方の環境がそろっていないと生きていけないんだ。



地下世界の覇者 ヘビ



ジムグリ（体長約70～100cm）青木由親 撮影

脊椎動物門 爬虫綱 Vertebrata Reptilia

体長 16 ～ 100cm

採集法：野外踏査による捕獲

日本に生息する爬虫類の多くは地表性ですが、中には土の中で活動する種もいます。

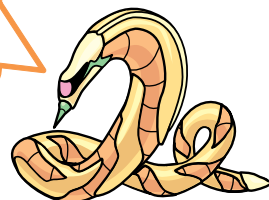
ジムグリは地中で活動し、ネズミやモグラ等の小哺乳類を捕えます。タカチホヘビは土壌中でミミズ類をエサとして生活しています。

沖縄には海外からの移入種のブラーミニメクラヘビがあり、シロアリ等をエサとしています。

土の中の生活に適応したヘビでは、目が小さくなり、体長も小型で、首と尾までが短くなり、ミミズに似た形になるんだ。ミミズは土の中で生活する究極の形なのかもしれないね。



ブラーミニメクラヘビ（体長約18cm）
島羽通久 撮影



地下世界の大怪獣 モグラ



自慢の大きな前足を使って土を掘り進み、暗闇の中だつて鋭い嗅覚で獲物を探し当てるんだ。

食いしん坊で、1日に自分の体重と同じぐらいのエサ（ミミズ 60 匹程度）を食べるんだ。

脊椎動物門 哺乳綱 Vertebrata Mammalia

頭胴長 4.5 ～ 18.5cm

採集法：ピットフォールなど（捕獲には自治体等の許可が必要です）

土の中を主な生活の場所とする哺乳類の代表はモグラで、一生のほとんどを土の中で過ごします。ヒミズ・トガリネズミ類とネズミ類なども土の中に暮らしていますが、彼らは地上と地中を行き来する半地中生活者です。モグラやトガリネズミ類は肉食性が強く、主なエサはミミズや昆虫ですが、時にはカエルやネズミも襲って食べ、小さな生き物ばかりの土の中では大怪獣のような存在です。ちなみに、畑で野菜をかじって悪さをしているのはモグラではなく、モグラの穴に入り込んだ雑食性のネズミたちで、ハタネズミが主な犯人です。



地中で暮らすための適応



アズマモグラ（地中性）



ヒミズ（半地中性）

地下で生活する哺乳類は、土という環境でうまく生きていくため、

- 1) 目が小さくなる。
- 2) 耳が小さくなる。
- 3) あしが短くなる。
- 4) しっぽが短くなる。

傾向があります。

モグラもヒミズも外から見えないほど目と耳が小さいです。また、半地中性（地上と地下の両方で生活）のヒミズよりも地中性モグラの方が前足は大きく、尾は短くなり、より地中生活に適した体つきとなっています。ハタネズミは主に地中で生活しているネズミで、地上に暮らすハツカネズミよりも小さな目、短い尾、ずんぐりとした体つきをしています。



ハタネズミ（地中性）



ハツカネズミ（地表性）

コラム ～雪国の土壌動物～

原生林というイメージの強いブナの森、また、森に詳しい方ならブナの森は落ち葉がふかふかと降り、と積もっているイメージも持っているだろう。

しかし、豪雪地帯である十日町市のブナ林はそんなイメージとはちょっと違う。まず、ブナは里山の森なのである。田んぼの脇にブナ林という風景がよくみられ、人はブナの森から里山のめぐみを受けながら共に暮らしている。また、落ち葉でふかふかというイメージも十日町市のブナ林にはそぐわない。ブナは落葉樹なので、秋のブナ林はさすがにふかふかとした落ち葉に地面は覆われるが、それ以外の季節は、以外と落ち葉の層が厚くないのである。

なぜだろう？と最初に十日町市のブナの森を歩いた時に思った。その謎は、一冬をここで暮らし分かった。雪である。十日町市松之山の平均降雪量は、10mを超し、積雪量は3mを優に超す。それも湿った重たい雪である。秋に降り積もった落ち葉は、春の雪解け後には、雪に押し潰されて僅か1cmほどになってしまうのである。この地の落ち葉は、ふかふかの絨毯というより、ペラペラのカーペットといった感じなのである。

そのせいであろうか、十日町市松之山のブナ林で行った土壌動物相の調査では、太平洋側の広葉樹林の同様の調査結果よりも明らかに種類も個体数も少ない。

もう一つ興味深いことに、ここでは、広葉樹林（ブナ林）よりもスギの植林地の方が土壌動物の多様性

が高いのである。これにも豪雪と関係があるように感じている。雪の降らない地域のスギ林と違い、このスギ林は管理放棄されても林床が、極端に暗くならないのである（小雪地域の管理放棄されたスギ林では林床が暗くなり過ぎて林床植生の崩壊と土壌流出が問題となっている）。そのため、どのスギ林においても林床は植物に覆われている。これは、おそらく、雪のため、スギの横枝の張り出しが制限されているためではないかと推測している。また、スギは冬でも全ての葉を落とすことのない常緑樹であること、さらに、その落葉は細く、厚みがあり、また、枝ごと落ちるため、雪の圧力を落葉樹よりも受けにくいと考えられる。

そのせいであろうか、十日町市松之山のスギ林の土壌動物相はブナ林よりも種数、個体数共に高い値を示す。

これらの結果は、今まで主に太平洋側で蓄積された土壌動物理論、ひいては里山理論や生物多様性理論の考え方と大きく異なってくる。本誌34、35頁でも紹介した青木（1995）は、土壌動物の環境評価手法としては、最も広く使われているが、これも主に太平洋側でつくられた評価指数であるため、実は当地域では当てはまりが悪いのである。

つまり、雪国では、雪国ならではの土壌動物理論、里山理論、生物多様性理論を築き上げていかなければならないのであろう。



秋、ブナ林で地面を覆い尽くすほど大発生するホソムラサキトビムシの集団。これも雪国ならではの現象か！？



土の中の生き物を 調べてみよう！



土の中の生き物たちは、体が小さいものが多く、その上、みんなひっそり隠れるように暮らしています。そんな地味な生き物たちに出会うための方法とその方法を使った楽しい調査法・実験法を伝授しましょう。

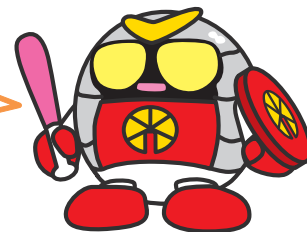
きっと見たこともない生き物に出会えるはずです。
さあ、スコップを持って外に出かけよう！

右の上から、トビムシ、アリ、ジムカデ、コガネムシの幼虫

左の上から、イレコダニ、イカダニ、アオイボトビムシ、ゴミムシダマシの幼虫

ハンドソーティング法 (手で捕まえる方法)

ハンドソーティングは土の中の虫たちを 1 匹 1 匹採集する方法で、基本中の基本とも言うべき調査方法だ。体の大きさが 1mm 以上の動物がターゲットで、それ以下の動物はツルグレン装置を使おう!



■採集対象：

目で見える土壌動物（大型土壌動物）
(ミミズ、ヤスデ、ダンゴムシなど：p2 参照)

■必要な道具：

- スコップ：根堀りでもよい。
- ふるい：園芸用の直径 30cm、網目 5mm のものが使いやすい。
- 白のビニールシート：白の防災シートが破れにくく、使いやすい。4 人用 1.5m × 1.5m ぐらいが目安。
- ピンセット：先のとがったタイプがよい。
- ビン：50cc 前後の口が広いビンが使いやすい。
- ビンの転倒防止用の台：発砲スチロールなどの真ん中をビンの外径と同じサイズでくり抜いて作成。
- アルコール：80%ぐらいのエチルアルコール。調査前にビンの中に半分ぐらい入れておく。
- 調査枠（割箸 4 本を一定の長さの紐で結んで正方形の枠を作成しておく。枠の 1 辺は 25cm もしくは 50cm がいい。＊方法1の調査時のみ必要。
- ビニール袋（45 ℓ以上の丈夫なもの）＊方法1の調査時のみ必要。
- 時計（タイムウォッチ）＊方法2の調査時のみ必要。

■あったら便利な道具

- 吸虫管：小さな虫を吸い取って採集する道具。
- 蚊取り線香とライター：1 カ所に数十分留まって作業するため、野外作業ではあった方がよい。



ハンドソーティング調査道具一式



総合学習の中でのハンドソーティング調査

■方法1：定量調査（調べる土の量が一定）

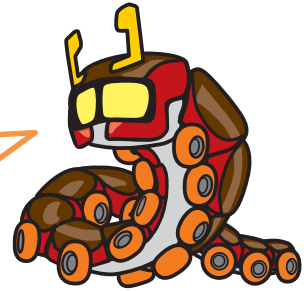
- ①調査する場所を決め、調査枠を設置する。
- ②すばやく落ち葉を手でつかんで袋に入れ、その後、深さ 5cm 程度までの土も一緒に袋に入れます。このとき、虫を見つけても一緒に袋に入れてしまいます。
- ＊ここから後の作業は、その場で行っても、持ち帰って別の場所で行ってもかまいません。
- ③白いビニールシートを地面に敷きます。
- ④袋に入れた落ち葉と土を一つかみか二つかみ、ふるいの上にのせてます。
- ⑤ビニールシートの上でふるいます。
- ⑥ふるった土をじっと見つめて、虫を見つけたらピンセットで採集し、アルコールの入ったビンの中に入れます。（吸虫管を使う場合は、最後にまとめてビンに入れます。）
- ⑦紙に鉛筆かシャープペンシルで調査した日時、場所、人（班）の名前などを記入します。1 カ所で複数地点調査する場合は、調査地点番号を書き入れ、その紙をビンの中に入れます。（＊ボールペンやサインペンで書くと文字が消えてしまうことがあるので要注意）
- ⑧調査した土と落ち葉を元の場所に戻します。
- ⑨虫の名前調べは、その場で行っても、持ち帰って後で行っても構いません。

■方法2：定時間調査（調べる時間が一定）

- A. ビニールシート、ビン、ピンセットなどの道具を準備し、調査時間を決めます。20 ～ 30 分ぐらいが適当です。
- B. 環境（樹木の樹種など）が同じ場所の範囲を決めて、その範囲にある好きな場所の土、落ち葉をふるいの上にのせて、ビニールシートを敷いた場所に持って行きます。
- C. 上の「方法1」の⑤、⑥の作業を行います。
- D. 持ってきた土を一通り見終わったら、B、C の作業をくり返し行います。
- E. 時間になったら探す手を止め、「方法1」の⑦、⑧、⑨の作業を行います。

ピットホールトラップ法 (落とし穴トラップ法)

ほとんどの土壌動物は、^{はね}翅を持っていないため、落とし穴に落ちたら最後、そこから逃げ出せないのだ。そんな土壌動物の特徴を利用して考えられた方法が、このピットホールトラップ法だ。



■採集対象：

地面を歩きまわる動物（地表徘徊性大型土壌動物：昆虫、ワラジムシ、ヤスデなど）

■必要な道具：

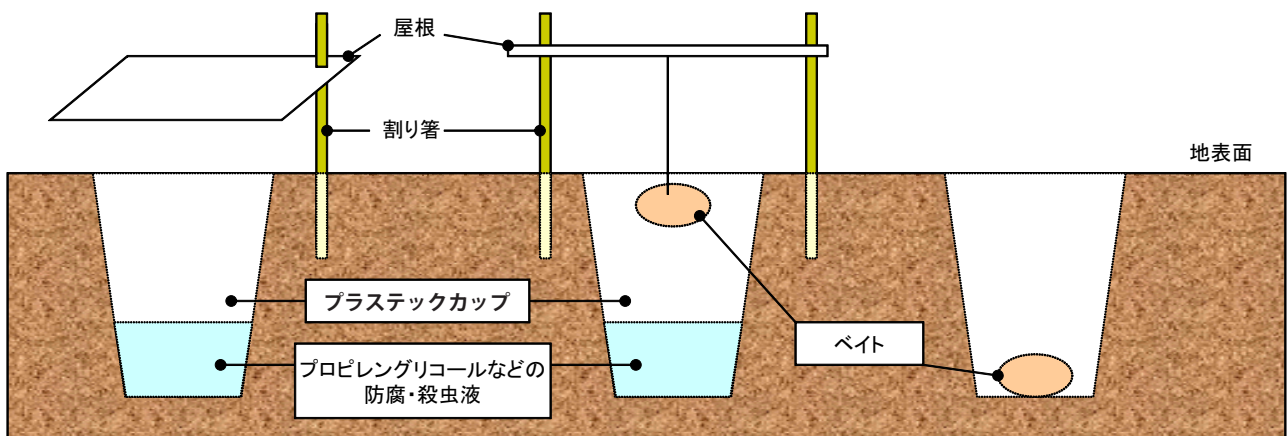
- スコップ：根掘りでもよい。
- プラスチックコップ：350ml 以上のものがよい。空き缶上部を缶切りで外して使ったりしてもよいが、切り口には気をつけること。また、500ml のペットボトルの 1/3 程度の部分で切り取って使ってもよい。
- 割り箸、□厚紙、□サインペン
- ビニール袋（もしくはコップの蓋）

■あったら便利な道具

- 防腐剤（1 週間以上トラップを仕掛ける時）：プロピレングリコールやエチレングリコール
- ベイト（エサ）：オサムシ＝すしのこ（お寿司用粉末）、サナギ粉（釣りの餌エサ）、シデムシ＝生肉、アリ類＝糖蜜、ナメクジ＝ビール

■方法

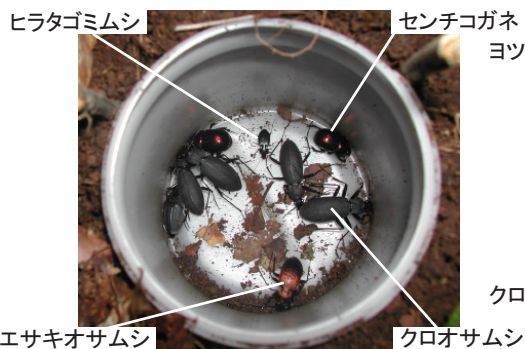
- ①土を掘り、プラスチックコップの口が地面と同じ高さになるまで埋める。
* 雨が降りそうな時は、雨水がトラップに貯まらないように 2mm 程度の水抜き穴を空けておく。
- ②屋根を付け、厚紙にトラップ番号を記入する：
* 15cm × 15cm 程度の大きさの厚紙、もしくは、ラミネートされた紙を屋根とし、それを割り箸を柱としてトラップの上部に取り付ける。
* 厚紙やラミネートされた紙は割り箸では貫通しないので、前もって割り箸を通す穴を空けておくこと。
- ③必要に応じ、トラップに防腐剤やエサを入れる。
- ④1 日～3 日後、コップを土から掘り出し、トラップ番号を書いた紙をコップの中に入れ、それを袋に入れて持ち帰る。* 掘った穴は埋め戻すこと。
- ⑤バットにトラップの中の虫を出し、虫の名前を調べる。* 必要に応じ、標本をつくる。



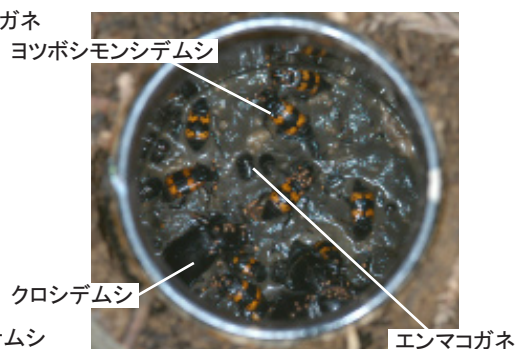
ピットホールトラップ

ベイトトラップ（ベイト吊り下げ式）

ベイトトラップ（ベイト底置き式）



ピットホールトラップで採集された虫たち



トリ肉ベイトトラップで採集された虫たち

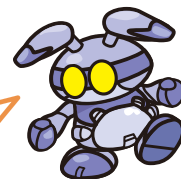
エサを変えると集まる虫の種類も違ってくぞ



ツルグレン法

(ツルグレンさんが発明した中型土壌動物採集法)

ダニやトビムシ等の小さな土壌動物は手では捕まえにくいので、土壌動物を集める仕組みが必要なんだ。ツルグレン装置は、身のまわりのもので簡単に作れるから、ぜひチャレンジしてみてね!

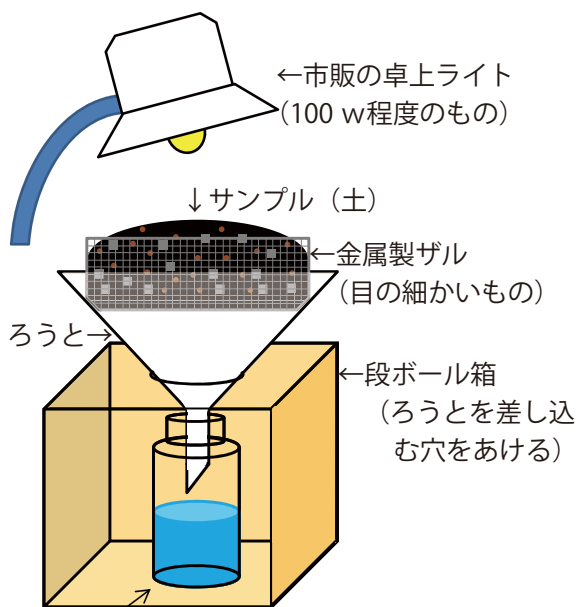


■採集対象：

土の中の0.2～5mm程度の小さな土壌動物
(中型土壌動物と大型土壌動物の一部)

■必要な道具：

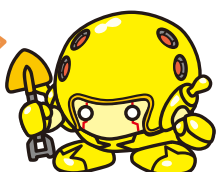
- 採土管：一定量の土をきれいに堀抜く道具。
ない場合は、缶コーヒーの缶の上を切り取って使う
か、500ml以下の定量容器で代用。
- 木づち：採土管をたたき、土を掘り抜く時に使う。
- 根堀り：スコップでもよい。
- 紙封筒：採土管の土が入るサイズ
- ふるい：茶こしや金属製のざる
- ろうと：適当なサイズがない場合は、ツヤ紙製のカレンダーなどで作成してもよい。
- 台：ダンボール等で作成する。
- ビン：20ml程度のものが使いやすい。ろうとの先の直径よりも大きいこと。
- アルコール：80%程度の濃度のエチルアルコール
- 照明器具：白熱球（蛍光灯はダメ）



ガラス瓶（標本として保管する場合はアルコールを入れる / 生きた状態で観察する場合は水を入れる）

簡易ツルグレン抽出装置の作成例

土壌動物たちは、光ではなく、乾燥を嫌って、下へ下へと移動するのだ。



■方法：

- ①ツルグレン装置をつくる。*左の図参照
- ②野外で土を採集し、袋に入れます。
 - ・採土管がある場合は、採土管の上部が地面と平行になるまで木槌を使って採土管を土に埋め込みます。*この際、木槌で採土管内の土をたたかないように注意すること。
 - ・採土管がない場合は、定量容器を使って決まった量の土を採集する。*この際、掘る土の深さも一定になるように心がけます。
- ③採取した土をツルグレン装置にセットする。
 - *セットする時、土が塊になっていたら軽くほぐします。
 - *セットした後は、ツルグレン装置を揺らさないようにしましょう。
- ④ラベルをビンの中に入れる。
 - *ラベルには調査日、調査地、調査者、サンプル番号など必要事項を鉛筆かシャープペンシルで記入します。
- ⑤24時間は、そのままにしておきます。
- ⑥24時間後、電球を灯します。
- ⑦1日1回、ビンのアルコール量を確認し、減っていたら注ぎ足します。
- ⑧36時間以上経ったら、ビンに蓋をします。
 - *36時間～168時間の範囲で自由設定していいですが、比べるサンプルで、設置時間に差がないように心がけます。
- ⑨必要に応じて標本をつくり、顕微鏡を使って名前を調べます。



ツルグレン装置で採集された虫たち

ベールマン法

(ベールマンさんが発明した小型・中型湿性土壌動物採集法)

クマムシやセンチュウ等の土壌動物は、土の中に浸みこんだ水の中で生活しているため、水がないと身動きできないんだ。ベールマン装置は土を水浸しにして土壌動物を集める仕組みなんだ。

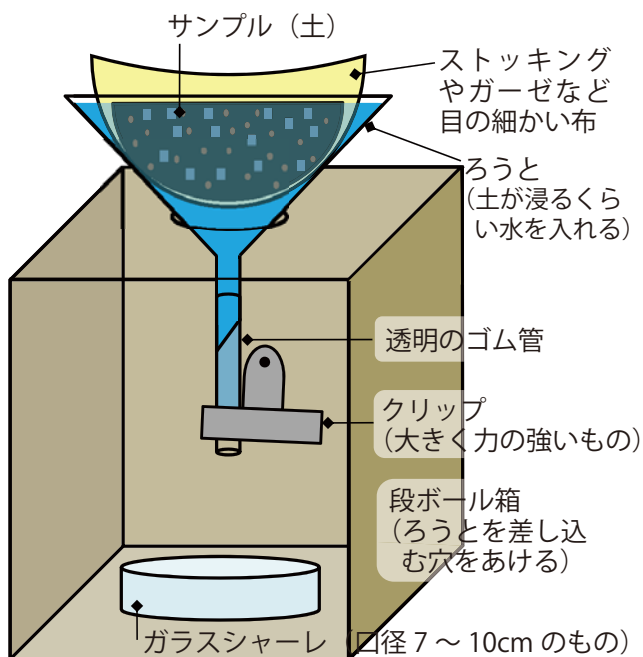


■採集対象：

土の中の 0.1 ～ 1mm 程度のとても小さな土壌湿性動物（クマムシ、センチュウなど）

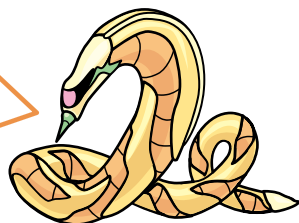
■必要な道具：

- ろうと（直径 10cm ぐらいのもの）
- ナイロンストッキングや木綿のハンカチ
- ゴム管（長さ 10cm ぐらいのもの）
- ピンチコックかクリップ（1 セットに 2 つ）
- 台：段ボール等で作成（高さ 30cm ぐらいのもの）
- シャーレ：口径 7 ～ 10cm 程度のもの
- ツルグレン法の必要道具と同じ、○採土管、○木槌、○根堀り、○紙封筒、○アルコール、○照明器具



簡易ベールマン抽出装置の作成例

土壌動物たちは、土の中から水中へと泳ぎ出し、底の方に溜まっていくのだ。



■方法：

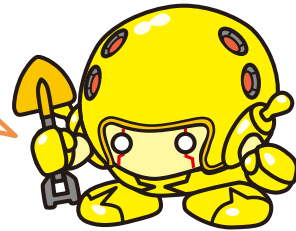
- ①ベールマン装置をつくる。＊左の図参照
- ②野外で土を採集し、袋に入れます。
＊ツルグレン法の時と同様の方法（前ページ参照）
- ③採取した土をベールマン装置にセットする。
③－1：クリップでゴム管の下部をしめます。
③－2：水をろうとに入れて水がたれないことを確認します。
③－3：水の中に土を入れます。
＊セットする時、水に土が浸るようにします。
＊セットした後は、できるかぎりベールマン装置を揺らさないようにしましょう。
- ④ラベルをシャーレの中に入れます。
＊ラベルには調査日、調査地、調査者、サンプル番号など必要事項を鉛筆かシャープペンシルで記入します。
- ⑤1 時間以上そのままにしておきます。
- ⑥クリップをゆるめてゴム管にたまった動物を水と共にシャーレに注ぎ入れます。
- ⑦顕微鏡を使って観察し、必要に応じてスポットで採集して標本をつくり、名前を調べます。



ベールマン装置で採集された虫たち

土壌動物の標本をつくってみよう!

小さな土壌動物を採集したら、プレパラート標本をつくってみよう。肉眼や普通の顕微鏡(実体顕微鏡)では違った土壌動物の素顔が見えてくるよ。



■液浸標本をつくろう

ハンドソーティング法とツルグレン法は、採集時にアルコールの入ったビンに入れてしまえば、もうここでアルコール液浸標本は出来上がりです。しかし、ピットホールトラップ法やベールマン法で採集された土壌動物は、それらを容器の中からピンセットなどを使って取り出して、アルコールの入ったビンに入れなくてはなりません。また、ミミズはアルコールではなくホルマリンに浸けて標本にしますし、昆虫類の多くは、液体に浸けずに針を刺して乾燥標本にします。

アルコール標本をつくる際のアルコール濃度は70～80%が適当です。また、数センチの土壌動物のアルコール標本の場合、数日後にアルコールを取り替えた方がいいでしょう。

■プレパラート標本をつくろう

土壌動物は小さいものが多く、アルコール標本だと普通の顕微鏡(実体顕微鏡)では、何の種類か見分けられないことがよくあります。そのような時には、プレパラート標本をつくります。プレパラート標本にするとより高倍率の光学顕微鏡(生物顕微鏡)で土壌動物を観察することができ、実体顕微鏡では見えなかった特徴が見えてきます。

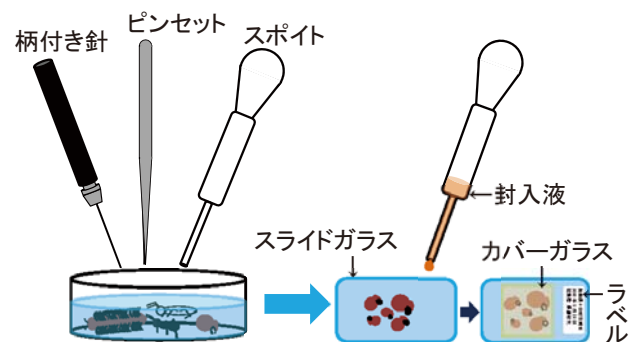
プレパラート標本にする・しないの分かれ目は、土壌動物の体長2mmで、これ以下だとプレパラート標本にした方がいいでしょう。

■必要な道具:

□実体顕微鏡、生物顕微鏡、光源、先の尖ったピンセット、スポイト、柄付き針、シャーレ、スライドガラス、カバーガラス、ろ紙、封入液(ガムクロラルール、もしくはホイヤー氏液)

■方法

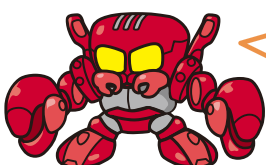
- ①ビンの中身をシャーレにあけます。ビンの中に虫を残さないように注意しましょう。
- ②実体顕微鏡の下で、アルコールの中から虫をピンセット、柄付き針、またはスポイトで吸い取り、スライドガラスの上に移します。動物をつぶさないよう、気をつけましょう。
- ③動物をスライドガラスの中央に集め、動物が乾かない程度にアルコールを蒸発させるか、ろ紙で吸い取ります。
- ④動物の上に封入液を1、2滴に垂らします。この時、動物の姿勢を整えるときれいな標本ができます。
- ⑤静かにカバーガラスをかぶせます。
- ⑥ラベルを張って、平らな場所で封入液を乾かします。
- ⑦封入液が乾いたら(常温では1か月近くかかります)、完成です。プレパラートの整理箱の中に保管します。



虫をスポイトや柄付き針、ピンセットを使って拾い上げ、スライドガラスの上にのせていきます。



スライドガラスの上にのせた虫の上に封入液を垂らしてカバーガラスをかぶせ、プレパラートとします。



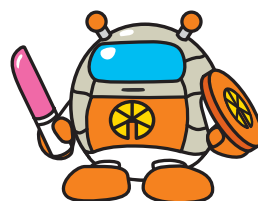
標本、サンプルには必ずラベルをつけよう!

ラベルには、「採集日、採集場所、採集者」の3つが必ず書か

ラベルがないと、立派な標本も学術的にはゴミ扱いされてしまうんだ。

土の環境を調べよう!

土壌動物は、移動能力が小さいので、ちょっとした環境の変化にも敏感に反応する生き物たちなのだ。環境と土壌動物の関係をすることで、生態系のつながりが見えてくるぞ。



■落ち葉の量を調べよう：

落ち葉の量を調べるには、p28の方法1の調査枠を使い、一定面積の落ち葉の量を調べます。採ってきた落ち葉は、日当りのいい場所で乾燥させた後、その重さを計ります。



調査枠内の落ち葉を採取する様子

■土の中の水の量（水分含有量）を調べよう

簡単に土の水分含有量を調べるには、採土管を使い、一定の体積の土を採り、その重さをできるだけ早く計ります。その後、その土を日当りのいい場所で、乾燥させ、乾燥した土の重さを計ります。その差が土の水分含有量です。

水分含有量 = (乾燥前の土の重さ) - (乾燥後の土の重さ)



採土管を使った土壌採取

■土の硬さを調べよう

土の硬さ（土壌硬度）を調べるには、土壌硬度計というものを使うと簡単に調べることができます。土壌硬度計にもいろいろありますが、山中式土壌硬度計というのがよく使われています。



土壌硬度による土の硬さ調べ

■土のpHや化学成分を調べよう：

正確さはやや劣りますが、pHを簡単に調べるには、1) 乾燥させた土を定量の純水で溶かし、土壌 pH 試験紙で色の変化を計る方法と、2) 園芸用の土壌 pH メータで調べる方法があります。

1) と同様の方法で、試験紙を変えると、窒素量やリン酸の量などさまざまな化学成分量を測定できます。

■土の色を調べよう：

土の色は400色以上に分けられており、それを調べると、土の有機物量や母岩などの大まかな成分組成などを知ることができます。これを調べるには標準土色帖が必要で、それを見ながら土の色相、明度、彩度の3つを基準に調べていきます。

■土の温度を調べよう：

温度計を土の中に入れば、その時の地温は調べられますが、土の中でも一日の時間帯や季節によって変化があります。そのため、長い時間、温度を測り続けてくれる温度自動測定器（データロガー）があるとより正確な土の温度を調べることができます。



pHメーターによる土壌 pH 調べ



この他にも、土壌動物はエサや天敵の数、落ち葉（植物）の種類などいくつかの環境によって、いる・いない、多い・少ないが決まってくるのだ。

土壌動物で環境を診察してみよう

土壌動物は、土さえあれば、どこだって見つかることができるけど、よく調べてみると、環境によって、その顔ぶれは違っているんだ。つまり、土壌動物の顔ぶれ（種類）を調べることで、環境の良い、悪いなどを診断することができるんだ。



自然の豊かさ指数では（隣のページを参照）、良好な（成熟した）森林環境で見られる土壌動物には 5 点、いい環境でも悪い環境でもいる土壌動物は 1 点といった具合で土壌動物に点数が付けられています。そして、捕まえた土壌動物の点数の合計がその地点の自然の豊かさ指数になります。

今回の結果は、ハンドソーティング法によって、一定体積（約 3000cm³）の土の中にいる土壌動物を一定時間（2 人で 30 分）探した結果です。

調査地



【須山】

太いブナの天然林で、人による攪乱は少なく、下草も多く生えています。いわゆる森林環境です。



【美人林】

細くて樹高の高いブナの純林です。有名な観光地で、毎年 7 万人近い観光客がこの森を訪れます。公園のような環境です。



【ブナの苗畑】

10cm 程度のブナの幼木がまばらに植栽されており、落ち葉はほとんどなく、畑のような環境です。

自然の豊かさ指数

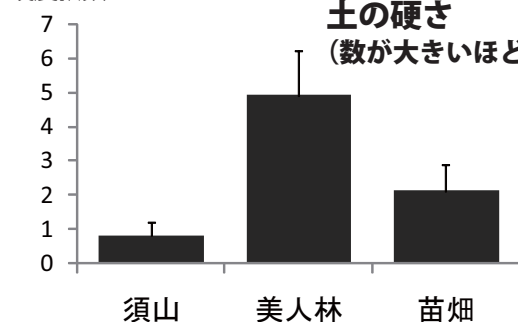
虫の名前	指数*	須山	美人林	苗畑
ザトウムシ	5		●	
ヒメフナムシ	5	●		
ジムカデ	5	●		
ミミズ	3	●	●	
イシムカデ	3	●		
カニムシ	3	●		
ゴミムシ	3			●
カメムシ	3			●
甲虫（幼虫）	3	●	●	●
ガの幼虫	3	●		
ヒメミミズ	1	●	●	
クモ	1	●		●
ダニ	1	●	●	
トビムシ	1	●	●	●
アリ	1	●	●	
ハネカクシ	1	●		
ハエ・カ（幼虫）	1	●	●	
合計点数		32	15	11

*土壌動物を用いた「自然の豊かさ」評価（青木 1995）

硬度指数

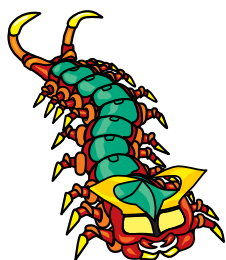
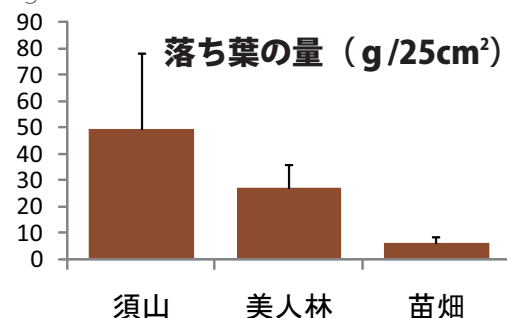
土の硬さ

（数が大きいほど硬い）




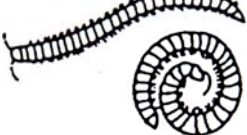




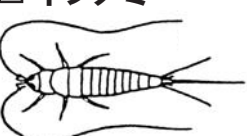
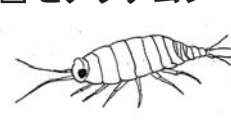
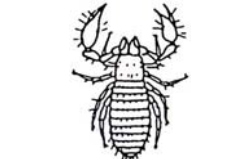
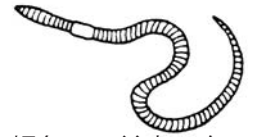
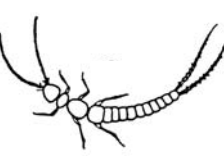
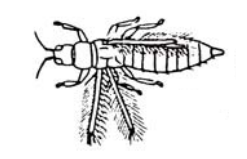

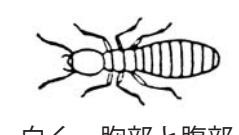

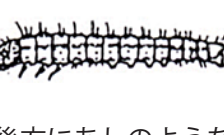
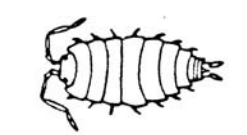
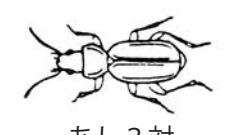









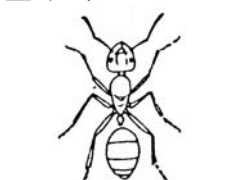

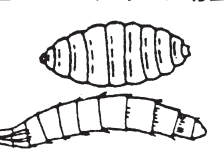


(g)

落ち葉の量 (g/25cm²)



調査の結果、同じブナ林でも、須山と美人林とでは、土壌動物の顔ぶれは大きく違って、美人林の「自然の豊かさ指数」は、須山の半分以下の点数になってしまった。つまり、美人林の自然は、須山の自然に比べて豊かではないといえるね。このような「自然の豊かさ指数」の違いは、右のグラフから「土の硬さ」や「落ち葉の量」の違いと関係がありそうだ。落ち葉が少なく、硬い土は土壌動物にとって住みにくい環境のようだね。

名前		場所						
調査日	年 月 日	環境						
5 点 グ ル ー プ	いい環境にいる虫たち	<input type="checkbox"/> ザトウムシ  あし 4 対, クモよりもあしが細長い	<input type="checkbox"/> オオムカデ  あしは 21 か 23 対	<input type="checkbox"/> 貝・ナメクジ 	<input type="checkbox"/> ヤスデ  1 体節からあし 2 本	<input type="checkbox"/> ジムカデ  あしは 31 対以上		
		<input type="checkbox"/> アリヅカムシ  ごつごつした体つきはねが半分しかない	<input type="checkbox"/> コムカデ  体長 1 cm 以下, 白色あしは 12 対以下尾突起あり	<input type="checkbox"/> ヨコエビ  左右に扁平ピョンピョン跳ねる	<input type="checkbox"/> イシノミ  尾の数 3 本	<input type="checkbox"/> ヒメフナムシ  丸くならない尾は枝状		
		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-right: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">種 × 5 点 =</div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-left: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">点</div> </div>						
		3 点 グ ル ー プ	そこそこいい環境にいる虫たち	<input type="checkbox"/> カニムシ  大きなハサミがある	<input type="checkbox"/> ミミズ  褐色で、前方に白っぽい帯がある	<input type="checkbox"/> ナガコムシ  尾突起 2 本	<input type="checkbox"/> アザミウマ  はねに毛がある	<input type="checkbox"/> イシムカデ  あしは 15 対以下尾突起なし
				<input type="checkbox"/> シロアリ  白く、胸部と腹部のくびれがない	<input type="checkbox"/> ハサミムシ  お尻にハサミがある	<input type="checkbox"/> ガの幼虫  後方にあしのようなものがある	<input type="checkbox"/> ワラジムシ  丸くならない	<input type="checkbox"/> ゴミムシ  あし 3 対触角はまっすぐ
				<input type="checkbox"/> ゾウムシ  頭部は尖り、腹部は丸い	<input type="checkbox"/> 甲虫  体表が硬い	<input type="checkbox"/> 甲虫の幼虫  あしは前方に 3 対、後方のあしはない	<input type="checkbox"/> カメムシ  口がストロー状	
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-right: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">種 × 3 点 =</div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-left: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">点</div> </div>								
1 点 グ ル ー プ	悪い環境にもいい環境にもいる虫たち			<input type="checkbox"/> ヒメミミズ  白色で体長 2 cm 以下	<input type="checkbox"/> ダンゴムシ  丸くなる	<input type="checkbox"/> クモ  あし 4 対、胸部と腹部のくびれあり	<input type="checkbox"/> ダニ  あし 4 対、胸部と腹部のくびれなし	<input type="checkbox"/> トビムシ  あし 3 対、はねない体長 2 ミリ以下
				<input type="checkbox"/> アリ 	<input type="checkbox"/> ハネカクシ  細長くはねが半分しかない	<input type="checkbox"/> ハエ・アブの幼虫  頭もあしもない	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; margin-right: 10px;">合計</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 80px; margin-right: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">点</div> </div>	
		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-right: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">種 × 1 点 =</div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 30px; margin-left: 10px;"></div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">点</div> </div>						

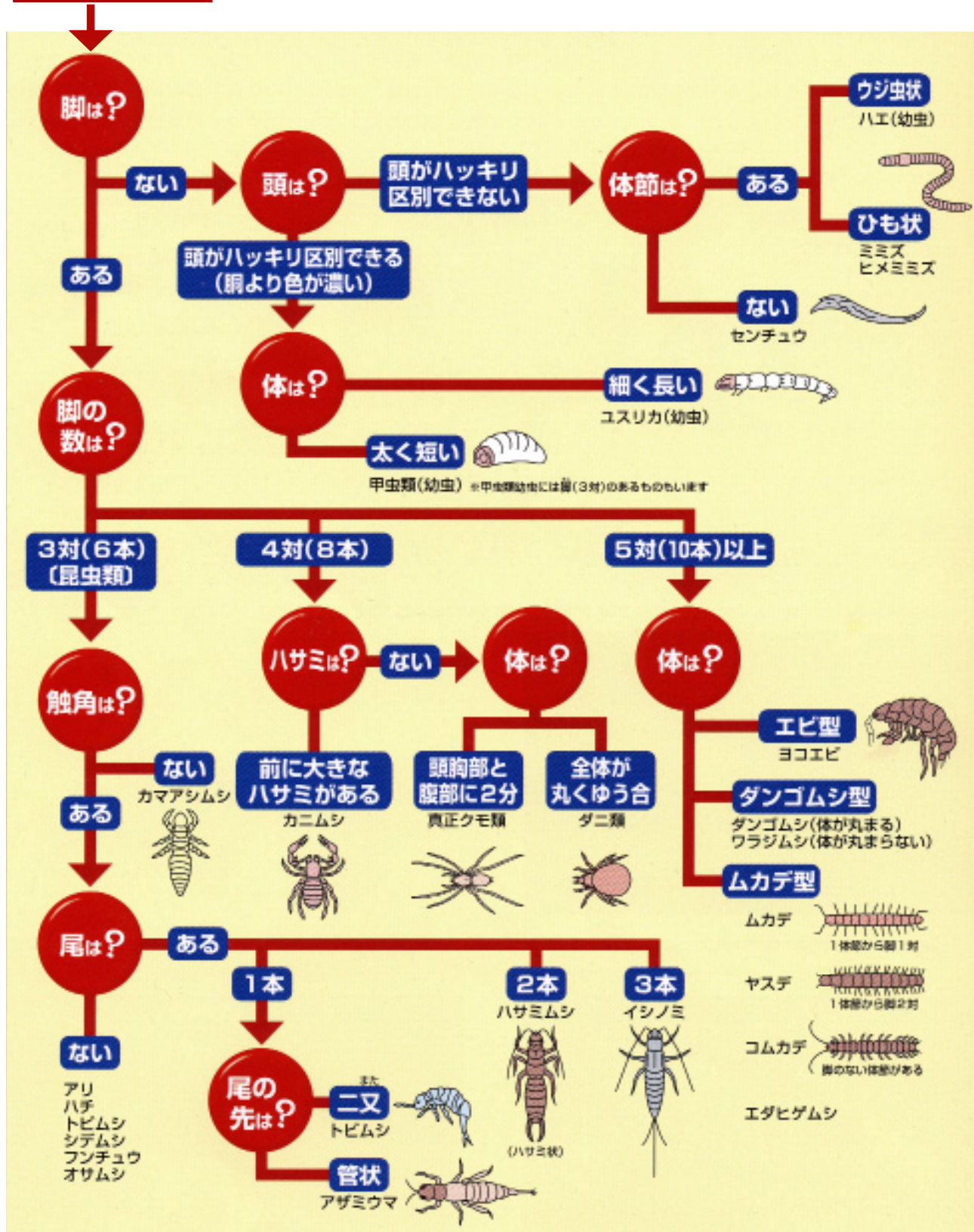
土壌動物を用いた「自然の豊かさ」評価（青木 1995）を改変。

*「種類数」をかけて下さい。つまり、アリを 100 匹捕まえても 1 点です。 *形態の特徴の記述には例外もあります。

土壌動物の名前を調べてみよう!

—湯本式土壌動物検索表—

スタート



湯本 (2007) を改変

一青木式土壤動物検索表一

青木 (1985) を改変

37

落とし穴トラップを使ったシデムシ類による環境診断



見た目ではわかりにくい環境の違いを虫が教えてくれるぞ。

右の図は、森の大きさとシデムシ科の昆虫たちとの関係を調べたものだ（永野，未発表データ）。1地点のトラップの数は10個で、中にはトリ肉を入れ、設置期間は7日間（普通は2-3日でよい）。調査期間は、3月から11月の9ヶ月間で、毎月1回この調査を行った。

図1は、採集されたシデムシ類の個体数と種数の関係を示している。個体数では、森の大きさとの関連はみられないが、種類数をみると、大きな森の方が多くの種類が生息していることが分かる。また、各環境で採れたシデムシ類の種類ごとの割合（種組成）を見てみると、大きな森ではヨツボシモンシデムシ、マエモンシデムシ、クロシデムシが多いのに対し、小さな森では、コクロシデムシやオオヒラタシデムシの割合が高くなっている。

環境を測る法則というものもある。多様度というものだ。多様度とは、生き物の種類の多さに加えて、その種類のバランスも考慮した値である。例えば、10種の虫が合計100個体いる場合でも、10種類とも10個体ずついる環境と、1種類が91個体いて、残り9種は1個体ずつしかない場合では、多様度は違ってくる。当然、10種類とも10個体ずついる環境の方がバランスのいい、多様度の高い環境といえる。

この多様度を測る数式はいくつもあるのだが、ここではシン普森の多様度指数を紹介しよう。少し難しいかもしれないが、足し算、掛け算、割り算だけで計算できるので、チャレンジしてみよう。

$$SID = 1 \div \sum (N_i \div N)^2$$

SID… シン普森の多様度指数の略記号

Σ（シグマ）… 全部足すという記号

N_i… i 番目の種の合計個体数、N… 全種の合計個体数

【例】

X 地点で、A 種の合計個体数が10、B 種の合計個体数が20、C 種の合計個体数が300、全種の合計個体数330の時、

$$\sum (N_i \div N)^2 = (10 \div 330) \times (10 \div 330) + (20 \div 330) \times (20 \div 330) + (300 \div 330) \times (300 \div 330) = 0.83$$

$$1 \div \sum (N_i \div N)^2 = 1 \div 0.83 = 1.20 \dots \text{これが X 地点の SID の値である。}$$

十日町市に生息するシデムシ類



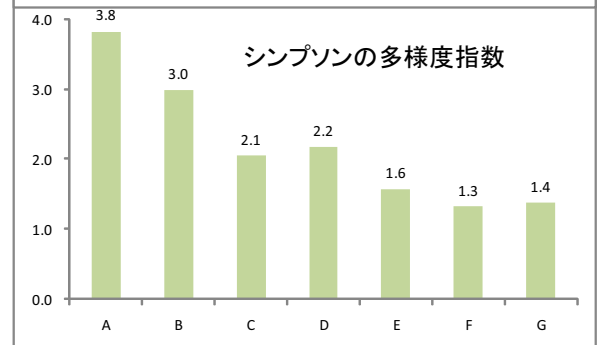
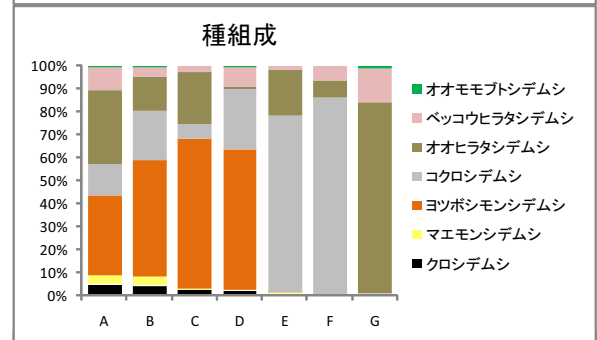
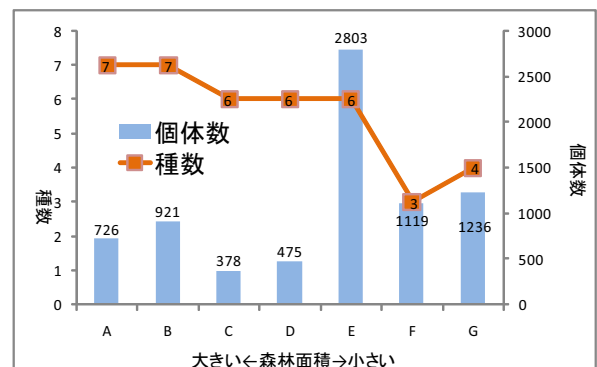
クロシデムシ



マエモンシデムシ



ヨツボシモンシデムシ



【調査表の例】

1) 調査地: **キヨロの森**

2) 環境: **ブナ林**

3) 森林面積: **40ha**

4) 調査日: **2009年7月14日(12:00) - 7月16日(13:00)**

5) 天気: **7/14 晴れ、7/15 曇り時々雨、7/16 晴れ**

6) 誘因物: **トリ肉**

7) 設置したトラップの数: **5個**

採集された虫の名前	トラップ No.					合計個体数
	①	②	③	④	⑤	
クロシデムシ	5	1	4	3	10	23
マエモンシデムシ	10	0	5	6	9	32
.....
.....
合計個体数	30	19	27	9	46	131
合計種数	7	6	3	3	9	14

トラップの設置時期、設置個数、誘因物の種類を揃えないと比較できないぞ!



土の中の生き物を育ててみよう



シママルトビムシ（体長約 2mm）
皆越ようせい撮影

生き物を育ててみると、いろいろな驚き・発見があります。

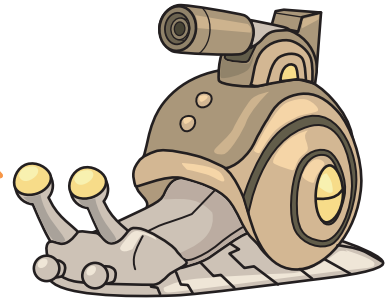
また、飼育とあわせて実験をしてみると、土壌動物の生態系での機能や役割も見えてくるでしょう。

好きな土壌動物を楽しく育て、観察してみよう。

どんなものを食べるかな？ —土壌動物のお食事観察—

カタツムリ・ナメクジのお食事観察

カタツムリやナメクジの食べ物の好みを実験してみよう！ エサとなる植物やキノコの種類、また、エサの新鮮度合いなどを変えて調べてみると意外な発見につながるかも？



カタツムリの飼育のようす
飼育のポイント

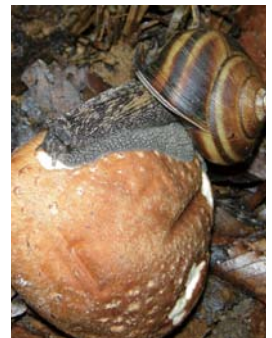
- ①カタツムリは湿った場所が好きなので、毎日、霧吹きをしてあげましょう。
- ②床には、落ち葉やティッシュペーパーを敷いてあげよう。ティッシュペーパーはカタツムリのエサにもなるよ。
- ③カタツムリは垂直なガラスもへっちゃらで登ってしまうので、蓋が必要です。
- ④カタツムリには細菌がいっぱいいます。触ったら必ず石鹸で手を洗おう。



白菜を食べている
ヤマナメクジ



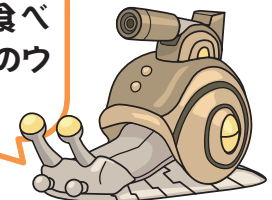
葉っぱに付いた藻類を食
べているツムガタギセル



キノコを食べるヒダリ
マキマイマイ

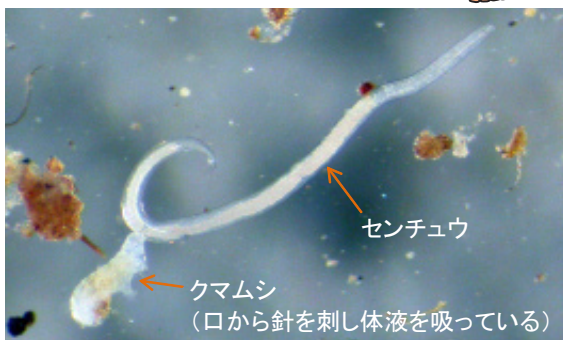


カタツムリは、植
物の色素を分解で
きないため、食べ
たものと同じ色のウ
ンチをするんだ。



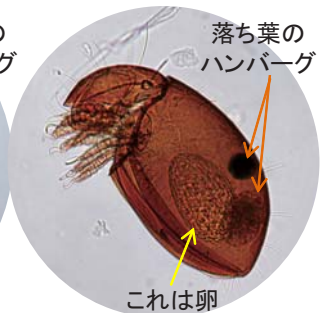
クマムシのお食事観察

0.5mmの世界にも食う食わ
れるの厳しい掟があるのだ。



ベールマン法でクマムシとセンチュウを見つけたら
じっくり観察してみよう。

ササラダニのお食事観察

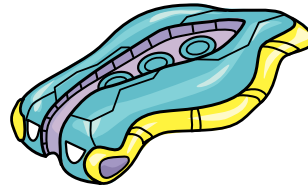


お腹の中に丸いものが見えるよ
ね。これは、通称、落ち葉のハン
バーグといってササラダニのウンチ
だ。ちなみにトビムシでは落ち葉
のソーセージと呼ばれているよ。

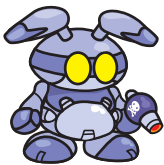


コウガイビルのお食事実験

肉食性のコウガイビルの食べ物の好みを調べて見よう!
カタツムリ、ナメクジ、ミミズのどれから先に食べるかな?



トビムシのお食事観察



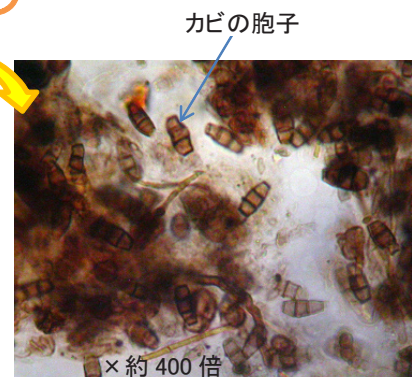
小さな土壌動物が何を食べているかを調べる方法に胃の中を覗いてみる方法もあるのだ。顕微鏡をどんどん拡大していくとその秘密が見えてくるぞ。



実体顕微鏡で見た生きたトビムシ (コシマルトビムシ)

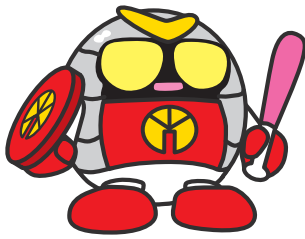


プレパラート標本にしたコシマルトビムシ



落ち葉の破片と一緒に、たくさんのカビの胞子を発見

ダンゴムシの落ち葉こなごな実験



土壤動物が落ち葉を^{ふんさい}粉碎する働きを、ダンゴムシにいろいろな落ち葉をあげて実験してみよう!

葉っぱの種類を変えてダンゴムシの^{ふんさい}粉碎実験



オカダンゴムシ 30 匹と 3 種類の落葉した葉っぱを湿らせたテッシュペーパーの上に置きます。
* 毎日霧吹きをして乾燥しないように注意しよう。



5 日後：クリの葉っぱに穴が空いてきました。ブナとミズナラの葉っぱにはあまり変化がありません。



30 日後：クリの葉っぱは葉脈を残し、ほとんど食べられてしまいました。ミズナラの葉っぱも半分ぐらい食べられ、ブナの葉っぱは少しか食べられてません。
この実験でオカダンゴムシの好みは、クリ>ミズナラ>ブナの順であることがわかりました。

葉っぱの腐り度合を変えてダンゴムシの^{ふんさい}粉碎実験

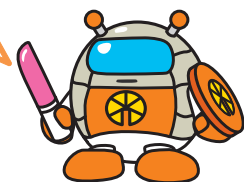


オカダンゴムシ 30 匹と少し時間が経ったクリの落ち葉（落葉 3 日後ぐらい）と新鮮なクリの落ち葉（落葉 1 日ぐらい）でどっちをよく食べるかを実験。

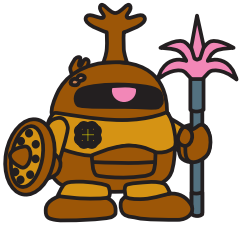


5 日後：オカダンゴムシは古い落ち葉の方を好んで食べました。おそらく、古い落ち葉には新鮮な落ち葉よりもいっぱい微生物が付いていたのでしょう。

葉っぱには炭素や窒素などの栄養分だけでなく、セルロースやタンニンなど、いろいろなおいしくない化学成分が含まれているのです。それらの種類や量は、植物の種類や落葉してから時間によって違うんだ。
それらの違いが、ボクらの好き嫌いを決めているんだ。



カブトムシのウンチのパワー!



虫のウンチとなめちゃいけない!
ウンチのパワーで野菜やお花を育ててみよう!



森の近くに落ち葉を集めて放っておくと
(1年以上放っておく)



そこにはカブトムシの幼虫がいっぱい

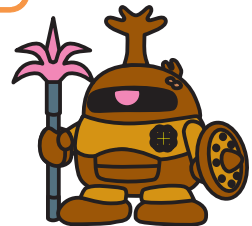


カブトムシの幼虫は落ち葉や土をもりもり
食べ、1年で約1万個のウンチをします



カブトムシ、ミミズ、ヤスデなどの土壌動物
がつくった完熟堆肥

ウンチのパワー
を思い知ったか!

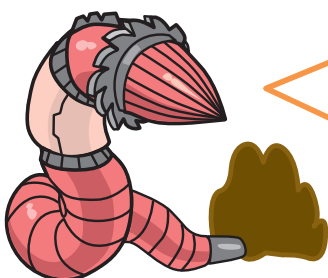


土壌動物のうんちパワー実験



植物によっては、カブトムシ堆肥は栄養が
あり過ぎて、逆効果になることもあります。
普通は、カブトムシ堆肥と土を1:1~1:2
ぐらいの割合で混ぜます。割合は土の栄養
状態によって変えましょう。もし、市販の培
養土を用いる場合は、堆肥と混ぜずに、苗
の周囲に1cmぐらいの厚さで敷きつめるの
が効果的です。

ミミズのウンチパワー!



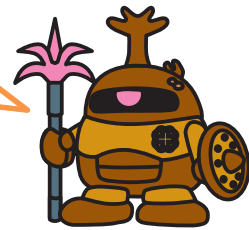
ミミズのウンチパワーだってすごいんだ。
シマミミズの仲間なんて、コンポストワ
ーム(堆肥ミミズ)という呼び名がついて
いるぐらいなんだ。ボクらのすごいところは、
家庭の生ゴミだってバクバク食べて、ブリ
ブリ堆肥に変えちゃうとこなんだ。



シマミミズ

カブトムシの土を耕すパワー!

カブトムシのすごいのは、落ち葉を栄養に変えるだけではないのだ。
土と落ち葉を混ぜ合わせ、土を耕しているのだ!
それをこんな実験でみてみよう。



土と落ち葉を半分ずつ入れた容器にカブトムシの幼虫を一匹入れて観察。



6 時間後
あまり変わっていません。



72 時間後
すっかり土と落ち葉が混ざり合いました。



24 時間後
だいぶ土と落ち葉が混ざってきています。

萩野康則 実験・撮影

もっとすごい!? ミミズの土を耕すパワー



栄養たっぷりの黒土と栄養のあまりない赤土とミミズを入れて3日後、ミミズの働きによって、
①赤土の中にミミズがトンネルをつくり、
②黒土が赤土の層に運び込まれ、
③黒土全体が団粒化して、大きな空間が形成されました。



こうやって、ボクらは、1ヘクタールあたり、年間38トンもの土を耕しているのだ。



土壌動物の子育て観察



土の中の動物たちは、種類も多けりや、子育てのしかたもいろいろ。じっくり観察して、土壌動物の親子関係を調べてみよう!



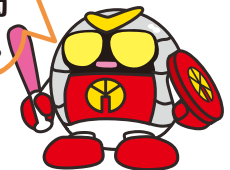
私は、卵を産みっぱなしの放任主義。だから、産まれた子どもたちは、産まれてすぐから自分の力でエサを探し、たくましく生き抜く力があるのよ。

ほとんどの土壌動物は産みっぱなしです。



卵は動けないから、簡単に敵に食べられてしまったり、乾燥して死んでしまったりと危険がいつぱい。だから、私たちは卵が孵るまでの間大切に卵を守っているのよ。

ヤスデ類、ムカデ類、ダンゴムシ類、昆虫類、クモ類の一部。



産まれた後だって危険はいつぱい。その上、動物の死体、硬い木など特殊なエサに特化し、子どもだけで大きくなるのが大変な種類は、子どもが蛹になるまで面倒をみるのよ。

哺乳類、シデムシ類、ツチカメムシ類、ゴキブリ類の一部。



アリとシロアリの仲間は、親子だけでなく、姉妹や親戚など血縁のあるものたちが、大きな家族をつくって子どもを育てるのよ。

アリ、シロアリ類。



コラム ～土壌動物を展示する～

人が生きていくために必要な水と空気を生み出す森。その森を支える土、その土をつくる土壌動物たち。森と土、そして、そこに暮らす生物たちは一体となり、守り育てていかななくてはならないものである。

このことを一般の方々へ知って頂くため、十日町市立里山科学館「森の学校」キョロロでは、本誌と同じタイトル「森を支える小さな戦士ー落ち葉の下の生き物たちー」と題し、土と土をつくる土壌動物についての企画展を開催した。

土壌動物は、小さな生き物であるため、そのまま標本を並べても、迫力がないどころか肉眼で見ることもすら出来ないものがほとんどである。そのため、展示には色々な工夫を凝らした。

土壌動物の解説パネルの前には顕微鏡などを使って出来る限り実物を展示した。一番人気だったのが、顕微鏡を使い、クモの頭部全面をドアップで見せたものであった。また、それとは別に土壌動物覗き穴パネルもつくり、約20台の顕微鏡を使って、土壌動物の多様性を展示した。顕微鏡をはめ込んだパネルのキャラクターの効果もあり、楽しみながら土壌動物の多様性を理解していたようである。

また、土壌動物の数の多さを体感してもらう展示として、光りのトンネルコーナーを作成した。トンネルの前は、カーテンで仕切り、その前に一つまみ

程度(約30cm²)の土を入れ、「この土の中にどれぐらいの動物がいるでしょう?」と質問を投げかけてトンネルに入ってもらおう。トンネルの中には約3000個の発光ダイオードが点滅しており、この光りの数が土壌動物の数であると説明する。この展示により、感覚的に土の中にはものすごくいっぱい土壌動物がいることを理解してもらえたようである。

また、その他にもミミズやダンゴムシ、アリジゴクなどを触れる土壌動物ふれあいコーナー、世界の土壌動物飼育展示コーナー(ウデムシ、サソリ、巨大ヤスデなど)、クイズボックス、拡大精巧模型、超拡大段ボール模型、研究道具コーナー、土壌動物図書コーナーなども設けた。この中でも、地味に人気を博していたのが、ツルグレン装置で抽出された土壌動物を顕微鏡で見てみるコーナーであった。ここでは、抽出された土壌動物を水で受けていたため、生きたままの状態で見ることができるよう工夫した(水の表面張力によって小さな土壌動物は沈まない)。

また、当館では、青木淳一先生、福山研二先生、金子信博先生、皆越ようせい先生による土壌動物関連の講演会を開催したり、一般のお客さんを対象とした自然観察会、小中学校の総合学習やその教員に向けての研修会などを実施し土壌動物の魅力と重要性を伝えている。





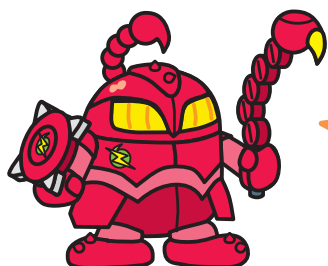
水と土の関係を調べてみよう!

土は、森の落ち葉と土壌動物から生まれる。
その土は、水を貯え、森を育てる。

この森と土と水の命の循環こそ、生態系、そして、
私たちの生活の基盤と言えるでしょう。

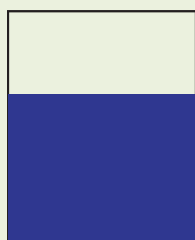
土と水との関係を調べ、土に秘められた力を考えて
みましょう。

水を浄化する土の働き

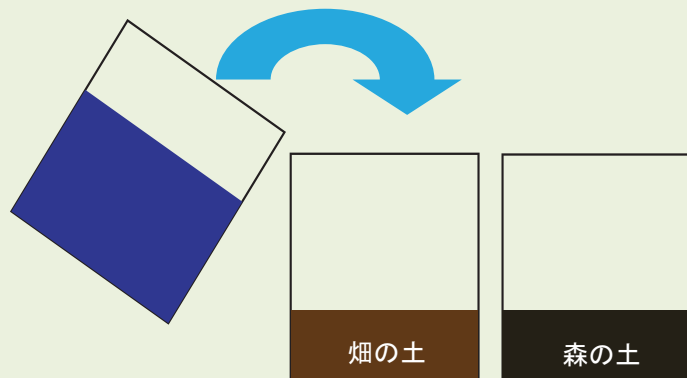


地下水が安全でおいしいのは、土が水に溶けている様々な物質を取り除いてくれるからなんだよ。
土の浄化能力を実験してみよう。

土の浄化能力実験



1】500mlの水に青インクを3～5滴入れ、青色の水をつくります。



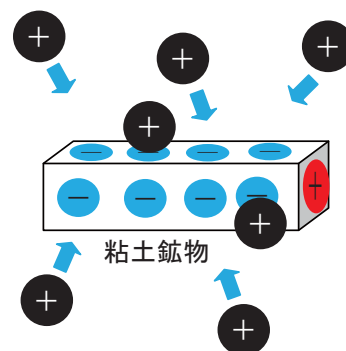
2】つくった青色の水を、土を入れた容器に入れ、棒でよくかき混ぜ、そのまま放置します。



3】時間の経過とともに青色の濃さが変化していきます。
早く色が薄くなる土ほど浄化能力の高い土といえます。
いろいろな土でチャレンジしてみよう！

土の中に含まれているとても細かい粘土鉱物の粒子は、平面部分にマイナスの電気を帯び、端にプラスの電気を帯びるため、プラスの電気やマイナスの電気を帯びた様々な物質を吸着します。これは、ちょうど磁石が鉄を引き寄せてくっつけるのと同じ原理です。

このようにして、さまざまな物質を吸着し、水をきれいにしていくのです。



粘土鉱物が物質を吸着する仕組み

土が物質を吸着する能力を空いているイスの数と例えると、良い土（浄化能力の高い土）は、たくさんの空いた椅子を持っているので、たくさんの物質を吸着でき、悪い土は空いたイスを少ししか持っていないので、吸着できる物質が少なのだ。



水を貯える土の働き

森が「緑のダム」と呼ばれるのは、土壌動物がつくった土が水を貯えているからなんだ。

土にどれぐらいの水を貯える力があるか実験で調べてみよう!



土の保水力実験



- 1) 同じ高さで切った同じ大きさのペットボトルの底に水抜き用の穴をあけ、キッチンペーパーを4つに折って底に敷きます。
- 2) この状態（容器＋キッチンペーパー）の重さを計ります。
- 3) 容器に調べる土を同じ高さになるように入れます。
* 砂や土は十分に乾燥させたものを使います。
- 4) この状態（容器＋キッチンペーパー＋土）の重さを計ります。



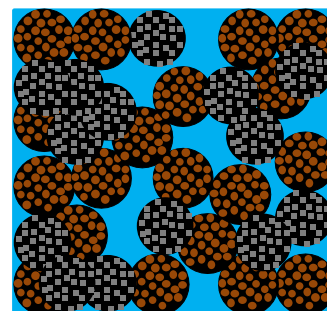
- 5) 土を入れた容器を、水を張ったトレイに入れて1晩放置します。
- 6) 容器を水から出し、底の穴から水が滴らなくなったら「容器＋キッチンペーパー＋土」の重さを計ります。
- 7) 土1gあたりの吸水力（保水力）を計算します。
計算式は、
(実験後の土の重さ－実験前の土の重さ) ÷ 実験前の土の重さ
です。

今回の実験では、土1gあたり
砂 0.2g、畑の土 0.6g、森の土 1.5g の水を
吸い上げていました。

砂や校庭の土に比べて、森の土はたくさん水を吸収できることがわかったと思います。この実験を行うために土を掘った時に土の堅さや感触、その場所のようすなども記録しておき、参考にしながら、なぜこのような結果になったのか考えてみましょう。



ミミズやヤスデなど土壌動物が落葉や土を食べ、粒粒の糞として排出することで団粒構造ができあがり、さらに土壌動物がトンネルを掘ることで、土の中に空気や水の通り道ができていきます。土壌動物が少ない上に足で踏み固められた校庭の土では水はなかなか浸みこみません。



団粒は土や砂の粒と落ち葉の破片などの有機物を材料に、腐植と言う接着剤で固められたものです。団粒が多いと、たくさんの空間ができて、水や空気をたくさん含むことができます。

フンがつくる団粒構造、そしてボクらが動き回ることによって掘られた空間、そのおかげで森の土は水を貯える能力が高いのだ。



参考文献

【土壌動物の名前を調べる参考文献】

日本産土壌動物・分類のための図解検索, 青木淳一 編著, 1999, 東京大学出版会。
土の中の小さな生き物ハンドブック, 皆越ようせい文・写真, 2005, 文一総合出版
改訂 校庭のクモ・ダニ・アブラムシ, 浅間茂・石井規雄・松本嘉幸 共著, 2001, 全国農村教育協会
日本産幼虫図鑑, 志村隆 編, 2005, 学研
日本産アリ類全種図鑑, 伊藤年一 編, 2003, 学研
原色日本陸産貝類図鑑, 東正雄 著, 1982, 保育社
原色日本クモ類図鑑, 八木沼健夫 著, 1986, 保育社
写真日本クモ類大図鑑, 千国安之輔 著, 1989, 偕成社
日本動物大百科 8 昆虫Ⅰ, 日高敏隆 監 石井実・大谷剛・常喜豊 編, 1996, 平凡社
日本動物大百科 9 昆虫Ⅱ, 日高敏隆 監 石井実・大谷剛・常喜豊 編, 1997, 平凡社
日本動物大百科 10 昆虫Ⅲ, 日高敏隆 監 石井実・大谷剛・常喜豊 編, 1998, 平凡社

【土壌動物の研究法・役割に関する参考文献】

だれでもできるやさしい土壌動物のしらべかた―採集・標本・分類の基礎知識, 青木淳一 著, 2005, 合同出版
森を支える土壌動物, 新島淳子・伊藤雅道 著, 1996, 林業科学技術振興所
土の中の生き物―観察と飼育のしかた―, 青木淳一・渡辺弘之 監, 1995, 築地書館
土壌生態学入門 土壌動物の多様性と機能, 金子信博 著, 2007, 東海大学出版会
土壌動物学への招待 採集からデータ解析まで, 日本土壌動物学会 編, 2007, 東海大学出版会
トビムシの住む森 土壌動物から見た森林生態系, 武田博清 著, 2002, 京都大学出版会
だれでもできる 楽しいミミズの飼ひ方 ミミズに学ぶ循環型社会, グローバル・スクール・プロジェクト 編・中村好男 監, 2003 合同出版
多足類読本 ムカデとヤスデの生物学, 田辺力 著, 2001, 東海大学出版会
ミミズ 嫌われものの はたらきもの, 渡辺弘之 著, 2003, 東海大学出版会
ありんこアントの大冒険―土の中の生き物を探せ!― (ミュージアムパーク茨城自然博物館 第39回企画展展示解説書), 湯本勝洋 編著, 2007, あけぼの印刷社。

【土に関する参考文献】

土壌動物による土壌の熟成, 新島淳子・八木久義 訳・監, 1992, 博友社
ミミズと土, Ch. ダーウィン 著 渡辺弘之 訳, 1994, 平凡社
森林立地調査法 森の環境を測る, 森林立地調査法編集委員会編, 1999, 博友社
「地球の虫」とはたらき ミミズと土と有機農業, 中村好男 著, 1998, 創森社
そだててあそぼう 土の絵本 ①土と遊ぼう, 日本土壌肥料学会 編, 2002, 農文協
そだててあそぼう 土の絵本 ②土のなかの生きものたち, 日本土壌肥料学会 編, 2002, 農文協
そだててあそぼう 土の絵本 ③作物をそだてる土, 日本土壌肥料学会 編, 2002, 農文協
そだててあそぼう 土の絵本 ④土がつくる風景, 日本土壌肥料学会 編, 2002, 農文協
そだててあそぼう 土の絵本 ⑤環境をまもる土, 日本土壌肥料学会 編, 2002, 農文協

【土壌動物に関する児童書】

土の中の動物を調べよう, 渡辺弘之 著, 1986, さ・え・ら・書房
土にそだてられる虫たち, 松山史郎・小川宏 著, 1993, 大日本図書
土をつくる生きものたち 雑木林の絵本, 谷本雄治 文・盛口満 絵, 2005, 岩崎書館
みんずかん・かんじるずかん 地面の下のいきもの, 松岡達英 絵・大野正男 文, 1988, 福音館書店
おちばのしたをのぞいてみたら, 皆越ようせい 写真・文, 2000, ポプラ社
ミミズのふしぎ, 皆越ようせい 写真・文, 2004, ポプラ社
ダンゴムシみつけたよ, 皆越ようせい 写真・文, 2002, ポプラ社
ハサミムシのおやこ, 皆越ようせい 写真・文, 2008, ポプラ社
森の新聞⑩ モグラの地中, 今泉吉晴 著, 1998, フレーベル館
あなたの知らない ミミズのはなし, 中村方子 監, 2007, 大月書店
たくさんのふしぎ傑作集 ダーウィンのミミズ研究 ミミズの研究, 新妻昭夫 文・杉田比呂美 絵, 1996, 福音館
やあ! 出会えたね ダンゴムシ, 今森光彦 文・写真, 2002, アリス館
新日本動植物えほん③ ありのごちそう, 高橋博成 文・横内襄 絵, 1979, 新日本出版社
かこさとし大自然のふしぎえほん モグラのもんだいモグラのもんく, かこさとし 著, 2001, 小峰書店
子ども科学図書館 ダンゴムシのいくつものふしぎ 日かげ虫の研究, いぬいみのる 著, 1991, 大日本図書
自然の観察辞典⑬ カタツムリ観察辞典, 小田英智 文・久保秀一 写真, 1997, 偕成社

【土壌動物に関する学会】

日本土壌動物学会

【土壌動物に関する展示のある博物館】

十日町市立里山科学館キョロロ (新潟), ミュージアムパーク茨城県自然博物館 (茨城), 栃木県立博物館 (栃木), 千葉県立中央博物館 (千葉), 国立科学博物館 (東京), 神奈川県立生命の星・地球博物館 (神奈川), 相模原市博物館 (神奈川), 富山市科学博物館 (富山), 浜松市科学館 (静岡), 琵琶湖博物館 (滋賀県)

謝辞

本誌の制作にあたり、以下の方々には多大なご協力、ご支援をいただきました。
心より厚く御礼申し上げます。

青木淳一（横浜国立大学名誉教授／校閲，写真提供，イラスト提供，研究成果提供），
青木由親（写真提供），荒城雅昭（農業環境技術研究所，写真提供），伊藤雅道（駿
河台大学／写真提供），稲葉剛（作品提供），金子信博（横浜国立大学／資料提供），
佐々木健志（琉球大学／資料提供），佐藤一善（十日町市立里山科学館「森の学校」
キョロロ／写真提供），佐藤信輔（九州大学／資料提供），島野智之（宮城教育大学／
写真提供），鈴木誠治（長岡技術科学大学／資料提供），田辺慎一（国際アウトドア専
門学校，写真提供），玉置淳（作品提供），鳥羽通久（日本蛇族学術研究所／写真提
供），豊崎観自（イラスト制作），永野隼太郎（資料提供），西浩孝（豊橋市自然博物
館／調査協力），新島溪子（元森林総合研究所／校閲，写真提供），布村昇（富山市
科学博物館／資料提供），萩野康則（千葉県立中央博物館／写真提供，イラスト提供，
研究成果提供），橋本典久（武蔵野美術大学／作品提供），久松正樹（ミュージアムパー
ク茨城県自然博物館／資料提供），福山研二（森林総合研究所／資料提供），古野勝
久（栃木県立博物館／写真提供），保科英人（福井大学／資料提供），丸之内淳介（写
真提供），皆越ようせい（写真提供），宮沢育（調査協力），八巻明香（横浜国立大学
／調査協力），湯本勝洋（ミュージアムパーク茨城県自然博物館／イラスト提供，研究
成果提供），渡辺秀明（写真提供）

＜五十音順，敬称略＞

本誌は、農林水産省農業用水水源地域保全対策事業の助成、
ならびに、日本土壤動物学会の協力を受けて制作されました。

雪・森・農のめぐみとつながりを考えるシリーズ① 森を支える小さな戦士 ー落ち葉の下の生き物たちー

2009年3月1日発行

発行者 十日町市

発行所 サンタ・クリエイトシステム

〒948-0072

新潟県十日町市西本町2丁目下川原ビル3階
tel.025-752-6920 fax.025-752-6939

編著者 永野昌博（十日町市立里山科学館 越後松之山
「森の学校」キョロロ 学芸員／工学博士）
澤島拓夫（十日町市農林課 農業用水水源地域
保全対策事業専門員／農学博士）

執筆者 永野昌博（上に記載）
澤島拓夫（上に記載）
大脇淳（十日町市立里山科学館 越後松之山
「森の学校」キョロロ 研究員／理学博士）
深沢知里（十日町市立里山科学館 越後松之山
「森の学校」キョロロ 研究員／人間・環境学博士）
三上光一（十日町市立里山科学館 越後松之山
「森の学校」キョロロ 研究員／学術博士）
西浩孝（十日町市立里山科学館 越後松之山
「森の学校」キョロロ 研究員／理学博士
／現 豊橋市自然史博物館 学芸員）

写 真 皆越ようせい，他（謝辞に記載）

イラスト 豊崎観自，他（謝辞に記載）

本誌の無断転用を禁じます。転用する場合は、十日町市里
山科学館「森の学校」キョロロの許可を得てください。

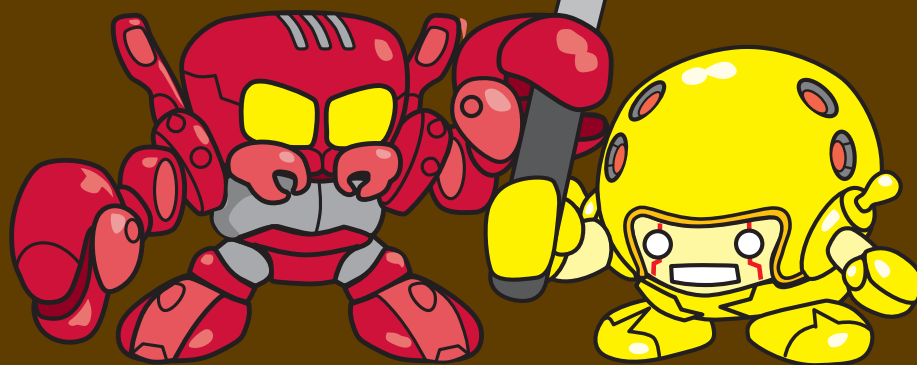
雪・森・農のめぐみとつながりを考えるシリーズ①

森を支える小さな戦士

～落ち葉の下の生き物たち～



顕微鏡で見た落ち葉の
下の生き物たち



カニムジャ(カニムシ)

ササラン(ササラダニ)

森を支える戦士のキャラクターの紹介



トビッコ(オドリコトビムシ)



ミミドリル(フトミミス)



センチ(ゼンチュウ)



ウズムヒ(ウズムシ)



ヤステライナー(ヤステ)



ドムカテム(オオムカデ)



クマム(クマムシ)



ウジャロー(ハエの幼虫)



アーリー(アリ)



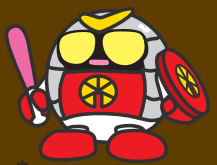
モンテム(ヨツボシモンシテムシ)



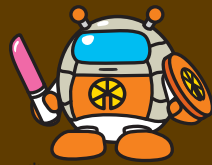
デンデン(カタツムリ)



モグタンク(モグラ)



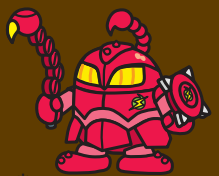
*ダンゴム(ダンゴムシ)



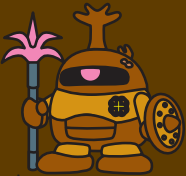
*ワラジム(ワラジム)



*ハエトラ(カラスハエトリ(クモ))



*ドクサス(タイオウサンリ)



*カフトム(カフトムシ)



*ノコボ(ノコギリクワガタ)

*は、豊崎観自さんの「ダンゴム」シリーズのオリジナルキャラクター(友情出演)です。 *以外は、キョロロのオリジナルキャラクター(作:豊崎観自)です。

訂正のお願い

本書をお読み頂きありがとうございます。内容について、下記の通り訂正がありました。謹んでお詫び申し上げます。

- ・ pp 4 : 『菌類（カビ・キノコ）、微生物』から樹木のイラストに向かう矢印の『植物にとって必要な栄養』に「K」（カリウム）を追加。
- ・ pp 7 : 『無機物がつくられる』から樹木のイラストの根に伸びる矢印に、「K（カリウム）」を追加。
- ・ pp 7 : 『無機物がつくられる』から樹木のイラストの根に伸びる矢印のうち、「C（炭素）」は根に向かわず、葉に向かう。

（2025 年 11 月 26 日）