

学校構内の表土に生息する土壤生物

学校法人静岡理工科大学 静岡北高等学校
科学部土壤班 2年 神谷優季 他5名

要旨

静岡市では、クロバネキノコバエが初夏の雨が降った次の日などに大量発生する。私たちの学校でも大量に発生して、非常に困っていた。私たち班員は、このコバエがどこから発生しているのかに疑問を持ち、クロバネキノコバエの幼虫の生息場所を文献で調べると、土の中に生息しているとあった。そして、土の中ではさまざまな生物が独自の生物相を形成していることを知り、土の中の生物に興味を持った。そこでまず、学校構内の土壤環境と土壤生物相を調査することにした。また土壤の pH 濃度と土壤中の粒子の大きさの割合、有機物の量を測定し性質を調べた。その結果、構内の土壤中にはトビムシ類、ダニ類が多く生息し、生物の個体数が多く生息した土壤の特徴は、土壤 pH は中性よりやや高めであり、すべての粒径をまんべんなく持ち、0.5～1 mm の礫の割合がやや高めであり、落ち葉が多く含まれていることが確認できた。

1. 序論

この研究を志したきっかけは、毎年初夏から夏にかけて静岡市内では体長 1～6mm 程度のキノコバエ科に属する比較的小さなハエの一種であるクロバネキノコバエが、雨が降った次の日などに大量に発生しているため、これを抑えたいと考えたためである。このハエは、人に危害を及ぼすことはないが、市内では、毎年



Fig.1 クロバネキノコバエの成虫と幼虫

大量に発生して家の中や学校の校舎内に侵入し、人の口や鼻、目に入り不快感を与えている。私たちは、このクロバネキノコバエが毎年突然大量に発生していることを不思議に思い、発生していると考えられる幼虫の生息場所について興味を持ち、生態について文献を調べてみると、幼虫は土壌中に生息しているとあった。そこで、学校の構内の土壤を調査してみたところ、クロバネキノコバエの幼虫は構内の腐葉土の中に生息していることがわかった。このとき、このコバエの幼虫の他にも様々な生物が土壌中に生息しており、中庭の腐葉土が多い場所や植え込み、運動場の周りなどの土壌中には各地点で様々な生物が生息していた。そしてこれらの土壤生物相は場所によって特徴があり、生息する生物もさまざまであった。そこで私たちは、土壌中に生息する生物の多様性に驚き、土壌中の生物によって作られている食物連鎖はどのようになっているのか、腐食連鎖にかかわる生物相について非常に興味を持った。

土壤生物は、物質の循環の上でも大切な生物であり、生態系を維持していくうえで非常に重要な要素である。そして、土壤生物には節足動物、環形動物、線形動物、原生動物、真菌類、細菌

類等が含まれ、物質循環や土壌の様々な性質を決める、きわめて重要な役割を果たしている。土壌生物による土壌有機物の分解は土壌の肥沃度、植物の成長、土壌構造、炭素・窒素の貯留にはかりしれない影響を与えている。生物間の食物連鎖は植物に窒素化合物等を土壌生物が与えて有機物が作られる事から始まり、フンや遺骸の有機物を分解者である土壌生物が無機物に分解して終わる。土壌動物の生息状況を調べることは、その地域の有機物量を反映しており、生物相や生態系を調べるにあたって重要な要素であり、豊かな生態系をこれからも維持するため、また損なわれてしまった生態系を回復するためには必要な情報であると言える。そこでまずは自分たちが通っている静岡北中学校・高等学校構内の、土壌生物の生息状況と土壌の粒径、その分布、土壌に含まれる有機物などの環境要因を調べることにした。

2. 目的

土壌生物群集と土壌環境の関係を明らかにするため、土壌に生息する生物群集と生息環境である土壌の特徴をまず私たちに通っている静岡北中学校・高等学校の構内の土壌をモデルとして調査を行った。構内の10地点において土壌生物の生息状況と土壌の性質及び環境を調査し、土壌生物の生息する条件を考察する。その条件をもとに、土壌の性質から、そこに生息している土壌生物を推測できるようにすることを目的としている。



3. 方法

Fig.2 静岡北高等学校構内の調査地点 (Google マップより)

調査地点は、Fig. 2 の静岡北高等学校構内の10地点①～⑩を選び行った。土壌の採集は、異なる環境の要素を持つ地点を選び、調査を行った。各地点の環境的特徴を下に示す。

- ① グラウンドの北端。樹木、下草が生え、落ち葉なども多くみられる。
- ② グラウンドと構内道路の間。車もよく通り。樹木は生えているが下草は少なく、落ち葉も少ない。
- ③ 体育館の北側裏。草本のみが生えている。
- ④ 中庭。構内東側にあたり樹木、下草ともに多い。落ち葉も多くなっている。
- ⑤ 構内南東側で日当たりもよく非常に植物が多い。④地点との違いは、樹木よりも下草の方が多点異なる。

- ⑥ グラウンドの端にあり、キイロシリアゲアリの巣がある。樹木（カイズカイブキ）は一定の間隔で植えられており、下草はなく、落ち葉もない。よく清掃されている。
- ⑦ 樹木はなく、一面にカイズカイブキの葉が落ちている。
- ⑧ 西日が当たり、礫が多く、土壌が固くしまっており、土壌を採集することがなかなかできない。樹木も多く、樹木の根が張り、落ち葉も多い。
- ⑨ 構内西側の端。土壌が固くしまっており、落ち葉もほとんどない。
- ⑩ 構内南側。周囲に樹木が多く、樹木の根がはり、落ち葉が多い。

運動場は人工芝で、運動場の周囲①、②、⑥、⑦、⑨は、ゴムチップや石灰などが紛れ込んでいる。

土壌動物の採取には私たちが製作したツルグレン装置を用いた。ツルグレン装置とは、Fig. 3のように装置の上部に土をセットし、上から白熱電球の光を当て、乾燥や熱、光が苦手な生物を、漏斗を通して下の70%アルコールを入れた入れ物に落とし、土壌に生息する生物を採取する装置である。私たちは、ツルグレン装置をペットボトルと金網（メッシュ5mm）を用いて10個製作し、実験に用いた（Fig. 3）。

土壌生物の採集は、次のように行われた。学校内においてFig. 2の図に示された①～⑩の10カ所の土壌を採取した。採取する際は、アルミ缶の底をくりぬき、地面に対し上からアルミ缶を押し込み、スコップで掬い取ることで一定の深さから100mlの土を採取した。採取した10カ所の土はそのまま自作したツルグレン装置の上部にそれぞれセットした。ツルグレン装置の下部には70%アルコールを入れたペットボトルを置いた。気化したアルコールによって生物が土壌中で死滅しないようにするため上部に糸を取り付けつるして、上部の漏斗部分と下部のアルコールを入れた部分の間に隙間を開けた。アルコールをつぎ足しながら4日ほど置いたのち回収し、土壌動物を実体顕微鏡で観察し、写真を撮った。その後、土壌生物はアルコールを入れたスクリーン管で保存した。上部の土は、土壌粒子の大きさを図るためそのまま光を当て続け、乾燥させた。



Fig. 3 自作ツルグレン装置

土壌の性質の測定方法

私たちは、土壌の性質や土壌生物が多く生息するための条件を比べるために pH 濃度、50ml の質量、粒子の大きさ別の質量、有機物の量、の4つの観点から土壌の性質を調べた。土壌調査は、次の手順で行った。

1. 採取した土壌を、土壌ダイレクト pH テスターを用いて pH 濃度を測定した。
2. 採取した土壌を新聞紙の上に並べ、上から白熱電球を当て乾燥させた物から、体積が 50ml となるように分けた物の質量を計測した。
3. 2で測定した 50ml の土壌をふるいにかけて、2 mm 以上、1 mm 以上 2 mm 以下、0.5 mm 以上 1 mm 以下、0.25 mm 以上 0.5 mm 以下、0.25 mm 以下の粒子の大き

さごとに5サンプル分け、土壌の質量を計測した。

4. 3で分けた5サンプルを、電気マッフル炉を用いて強熱減量法で有機物を燃やし、中に含まれた有機物の量を調べた。

採取する前の土壌をツルグレン装置にセットする前に、採取した後の袋に入れられた土壌に直接土壌ダイレクト pH テスターを投入し、土壌の pH 濃度を測定した。

PH 濃度を測定し、ツルグレン装置を用いて土壌中の生物の種類を調べた後、残土から 50ml 採取し、ツルグレン装置の上部に設置されている漏斗の中でそのまま乾燥させた。この時、漏斗の下の口は土がこぼれないようにテープでふさいだ。そしてそのまま2日ほど放置し、乾燥させた。

乾燥させた土壌サンプル 50ml を網目の大きさがそれぞれ 2mm、1mm、0.5mm、0.25mm の4つのふるいをかさね、隙間から土壌がこぼれないようにテープでしっかりと固定し、上から乾燥させた土壌を投入し、十分に振った後、上から1つつふるいを取っていき、シャーレに入れ質量をはかった。このような手順で順次 2mm 以上、1mm 以上 2mm 以下、0.5mm 以上 1mm 以下、0.25mm 以上 0.5mm 以下、0.25mm 以下の粒子の大きさごとに5サンプルに分け、その質量を測定した。

上記の手順で5つに分けた土壌サンプルを蒸発皿にとり、水分を完全に飛ばすため 110°C で約 10 時間以上定温乾燥機で乾した後、室温にまで冷却した。その後、るつぼの中に土壌試料を入れ、電気マッフル炉で加熱度 400°C ~ 500°C まで徐々に上げた後、700°C ~ 800°C に上昇させ、1 時間ほどそのままの 800°C の温度に保ち 1 時間おいた後、温度を下げていき、常温になったところで、柄付き白金線で注意深く内容を観察した。試料に黒色部位分が残っていれば有機物が残留しているということで、さらに過熱し、黒色部分が認められなくなるまで加熱を繰り返し、有機物とみられるものがなくなるまで加熱を行った。有機物部分がなくなったら、100°C 以下までそのまま放置し、ふたを開けて数分間放置した後、るつぼごとデシケーターに移して室温まで冷却する。その後、試料とるつぼの合計質量を測定する。電気マッフル炉に入れる前に量った質量と加熱後に量った質量の差が土壌中に含まれた有機物量であるとした。

4. 結果

① 土壌生物の種類

今回の調査では、Fig. 4 に記された通り、トビムシが 5 種類、ダニが 15 種類、その他の土壌

学名分類	
トビムシ類	(1) ツチトビムシ科 4種
	(2) ムラサキトビムシ科 3種
	(3) シロトビムシ科 3種
	(4) マルトトビムシ亜目 3種
	(5) ミジントビムシ科 1種
ダニ類	(6) コナダニ亜目 3種
	(7) トゲダニ亜目 1種
	(8) ヒワダニ属 1種
	(9) ツツハラダニ属 3種
	(10) ホコダニ属 3種
	(11) タマゴダニ属 1種
	(12) ダルマタマゴダニ科 2種
	(13) ツヤタマゴダニ科 3種
	(14) ハラミゾダニ科 2種
	(15) ウデナガダニ科 1種
	(16) イレコダニ科 2種

生物が 8 種類、合計 28 種類の土壌生物を採取することが

できた。それに加えて、分類が難しく種が特定できなかったものが 9 種類見つかった。①~⑩の各地点から採取できた生物の種類と個体数は下の Fig. 5 のようになっている。

これらの結果から、土壌生物は①、②、④、⑦に多く生息し、⑨では土壌生物は少ないことが読み取れる (Fig. 5)。

個体数も①、②、④、⑦で多く、⑨で少なかった。ダニとトビムシに焦点を当ててみると、①、⑤、⑧ではダニが多くトビムシが少なくなっていた。逆に③、⑥ではトビムシ

が多くダニが少なくなっていた。結果から、土壌生物は 10 地点中 4 地点で多く見つかり、ダニとトビムシが最も多

	(17)	キツネダニ科 1種
	(18)	ダルマダニ科 1種
	(19)	エリナシダニ科 1種
	(20)	ヨツクボダニ 1種
その他	(21)	ツチカメムシ科 1種
	(22)	キセル貝科 1種
	(23)	キイロシリアゲアリ 1種
	(24)	キノコバエ科 2種
	(25)	クロバネキノコバエ科 1種
	(26)	ショウジョウバエ科 1種
	(27)	イシムカデ目 1種
	(28)	ジムカデ目 1種
	(29)	ヒラタヤスデ科 2種
	(30)	ヤケヤスデ属 1種
	(31)	コムシ目 2種
	(32)	ナガコムシ上科 1種
	(33)	ゴミムシダマシ科 1種
	(34)	カイガラムシ上科 2種
	(35)	ハネカクシ科 3種
未同定	(36)	ムカデ綱
	(37)	ゴミムシ類
	(38)	アリ類
	(39)	トビムシ類
	(40)	ダニ類
	(41)	ハエ類
	(42)	コムカデ綱
	(43)	コウチュウ
	(44)	センチュウ類
	(45)	ダンゴムシ
	(46)	ワラジムシ
	(47)	完全不特定

く見られた。また、ほとんどの地点で最も多く見つかったのは、ツツハラダニ、コナダニとシロトビムシ、ツチトビムシであった。このことから、これらの生物は、比較的どんな状態の土壌にも生息することができると考えられる。最も多様性の高い4地点では、10種から12種見られた。なお、土壌生物の種類が多かった地点では同じように生物の個体数も多かった。逆に、あまりとれない地点もあり、最も採取数が少なかったところは個体数が3、種類数が2という結果になった。落ち葉を多く確認できた土壌は比較的土壌生物が多く見つけられた。



図3 ツチトビムシ



図4 シロトビムシ



図5 ツツハラダニ



図6 コナダニ

Fig. 5 学校内の土壌動物の分布											
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
種類	A.C.F.G I.J.N.O .O.W.X. e	A.B.C.F .H.I.J.K. P.Q	A.B.C. H.f.j. k.h	A.C.D. I.K. W.Y.Z. a.j	A.FG.I. J.K.L.j	B.C.D.E .FJ.L.a.h	A.CE. F.I.L.M.N .R.T.b.g	C.F.I. M.S.d.h. m	C.e		A.B.F P.U.V
個体数	14	15	10	15	11	9	15	9	3	7	
種類数	11	10	8	10	8	9	12	8	2	6	

下に記されてある図9にあるように、pH濃度は、8.2~6.6と中性から弱アルカリ性だった。これは、採取した土壌に石灰が多く含まれているからだと考えられる。土壌生物の種類が多かった4地点では、pH濃度が8.2~6.9と安定していなかった。土壌生物の種類が最も少なかった地点9ではpH濃度は7.4だった。このため、土壌生物が低い地点は、pH濃度も低いわけではないということが分かった。落ち葉を多く確認できた場所は、pH濃度が高い所から低いところまであったため、落ち葉はpH濃度の高低にそこまで影響していないと考えられる。ただし、①、②の結果も含めてグラウンドの近くの土壌は石灰がまかれている可能性があると考えられる。

Fig. 6 学校構内の土壌 pH 濃度

地点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
平均	8.1	8.2	7.7	6.9	6.6	6.8	7.3	6.7	7.4	7.0

② 土壌中の粒子の大きさ

全体的な特徴として、2 mm以上の粒子の他に 1~0.5 mmの粒子の割合も高かった。1~0.5 mmの粒子の割合が最も多かったのは⑦番であり、全体の約 30%を占め大きさが 2 mm以上の粒子の割合よりも高かった。土壌生物の種類が比較的多かった 4 地点では、上記の性質が顕著に現れており、逆に土壌生物の種類が最も少なかった地点 9 では上記の性質はあまり見られず、2~1 mmの粒子の割合が他と比べて高かった。落ち葉が多く確認できた地点では、⑤番だけは異端であるものの、それ以外は上記の性質が多くみられた。

Fig.7 粒径ごとの平均土量

地点/大きさ	≥2mm	1~2mm	0.5~1mm	0.25~0.5mm	≤0.25mm
①	39.1%	12.5%	25.8%	10.8%	11.8%
②	29.6%	21.1%	29.5%	8.8%	11.1%
③	35.3%	12.1%	25.9%	12.0%	14.7%
④	50.1%	15.1%	21.6%	8.6%	4.6%
⑤	21.3%	61.6%	9.6%	4.9%	2.6%
⑥	34.3%	13.5%	27.2%	10.3%	14.7%
⑦	30.2%	22.3%	30.3%	8.9%	8.3%
⑧	64.6%	9.4%	14.7%	5.0%	6.3%
⑨	53.1%	16.9%	17.5%	4.9%	7.6%
⑩	55.8%	13.3%	21.0%	6.1%	3.8%

③ 土壌中の有機物の量

強熱減量については時間上の都合のため、1カ所の土壌しか調べることが出来なかったため、とれた土壌生物が一番少なかった⑨の土壌を調べた。その結果、有機物量 (g) は 2mm以上が一番多く、有機物含有量は 0.25mm以下が、一番割合が高かった。全体で有機物が 2.63 g 含まれており、全体の割合は 4.47%だった。この土壌は生物が一番少なかったため、有機物量の割合は他の地点よりも少なかったと考えられる。

5. 考察

土壌生物が多く見られたところは、中性からアルカリ性の土壌であるため静岡北中学校・高等学校構内に生息している土壌生物は、中性からアルカリ性土壌を好む傾向がある可能性があった。さらに、種類数や個体数が多いところは粒径が 1~0.5 mmの土の割合が高いといえる。ただし、粒径が 1~0.5 mmの土の割合が高い場所が必ずしもアルカリ性だというわけではない。逆に、土壌生物の採取された数が少なかったところは、pH濃度も、粒径が 1~0.5 mmの土の割合も平均的であったため、何か別の要因が関係していると考えられる。また、土壌生物の一番少なかった⑨は、有機物量が 2.63 g で少ないわけではなかった。⑨の地点は、有機物量に直結する土壌生物があまり生息しておらず、土も固く締まっており、植物の根も少なく、それに加えて落ち葉が少なかったため、有機物量は他の地点に比べて大幅に少なかったと考えられる。そのことから、他

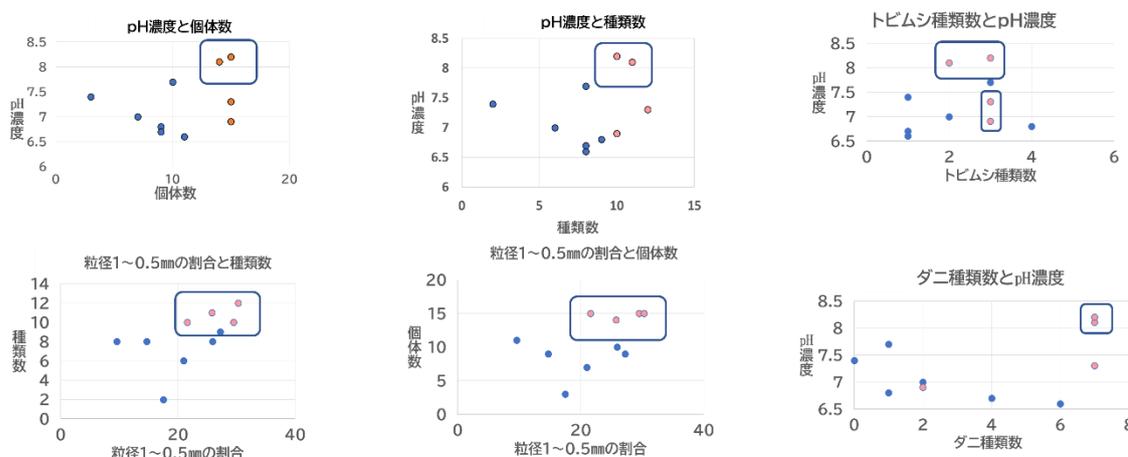
の地点の土壌はもっと多くの有機物が含まれると考えられる。また、有機物含有量は粒径が 0.25 mm以下の土が、一番割合が高かった。⑨地点は他の地点の土と比べて粒径 1~0.5 mmの土の割合が少なかったが、他の地点では有機物含有量は粒径 1~0.5 mmの土の割合が高いことから、この粒子の大きさの土の割合が土壌生物の生息条件に関係する可能性は十分あると考えられる。

① ダニ、トビムシに焦点を当てた場合

土壌に生息する分解者として中心となる存在のダニ、トビムシに焦点をあてると、ダニが多く取れたところは pH 濃度が高いところが多く、トビムシが多く取れたところは pH が高いところから中性に近いところと、生息する pH の範囲が広いと考えられ、トビムシ類とダニ類の生息環境が異なり、トビムシの方が環境への対応力が高いと考えられる。逆に、ダニが取れなかったところは、粒径 1~0.5mmの土の割合が少なく、トビムシが取れなかったところは、粒径 2~0.5mmの土の割合が多い場所だったため、ダニとトビムシの好まない土の粒子の大きさも別だと考えられる。また、上記で示した通り、地点⑨はダニやトビムシの種類数も個体数も少なかったので、他の地点の土壌はもっと多くの有機物が含まれると考えられる。

粒子の大きさ	焼く前 (g)	焼いた後 (g)	有機物量 (g)	有機物含有量 (%)
2 mm <	34.11	32.97	1.14	3.34
2~1mm	8.12	7.71	0.41	5.04
1~0.5mm	9.4	8.86	0.54	5.74
0.5~0.25mm	2.89	2.7	0.19	6.57
0.25 mm ≥	4.31	3.96	0.35	8.12
合計	58.83	56.2	2.63	4.47

fig9 pH 濃度・個体数、pH 濃度・種類数、粒径・種類数、粒径・個体数の散布図



その後、学校構内での調査と並行して、畑、果樹園、人工林、自然林、耕作放棄地等より多くの環境で土壌サンプルを採取し、調査していくことにした。調査した場所は、学校の近く、竹林、川上、川中、川下、である。結果は以下の通りになった。

各地点ごとの pH濃度 (2022/12/24)									
地点	長尾川								
	上流1①	上流2②	上流3③	中流1④	中流2⑤	中流3⑥	下流1⑦	下流2⑧	下流3⑨
pH濃度	6.48	6.05	7.49	7.63	7.34	6.98	6.78	7.36	6.98

各地点ごとの pH濃度 (2022/12/24)						
梶原山		南沼上	麻機遊水地	近隣地域		
放置竹林⑩	山頂⑪	放置竹林(枯)⑫	麻機遊水地⑬	ミカン畑1⑭	ミカン畑2⑮	ミカンの木⑯
6.58	6.03	6.37	6.17	5.67	6.28	5.91

私たちが土壌調査をした静岡北中学校・高等学校は周りを山に囲まれているため、人為的な場所と自然の場所が混在している地域だといえる。この環境を利用し、学校の近くにある山の土壌と静岡北中学校・高等学校の土壌、さらに町中にある土壌に生息している土壌生物の種類や量、土壌の性質や海や川など水に近い場所等の場所的条件を比べることで、人が手を加えた土壌と自然の土壌の違いを知ることができるのではないかと私たちは考える。まだサンプルは少ないが、多くのデータが集まれば、豊かな生態系を維持、回復させられると考えている。

6. 今後の展望

今後、学校の構内においては、より多くの土壌サンプルを採取し、深く、正確なデータを取るよう調査していきたいと考えている。また、粒径や pH 値以外にも様々な要因が考えられる。その為、土壌中の水分量、土壌中の重要な成分であるリンの含有量、pH 濃度に大きな影響を及ぼす石灰の含有量、有機物である植物の根の量等の土壌の性質以外にも、日射量、日照時間などの環境要素も調べていこうと考えている。また、有機物量の測定は、土壌動物があまり採取できなかった⑨しか調べられなかったため、すべての採集地点において調べていく予定である。さらに、今回土壌動物を採取したのは春から初夏にかけてだったため、それ以外の季節ではどうなっているのかより長い期間、すべての季節を調査することも今後の目標である。

7. 参考文献

- ・青木淳一 日本産土壌動物分類のための図解 東海大学出版会 1999年3月1日 1076p.
十日町市立里山科学館越後松之山「森の学校」キョロロ 森を支える小さな戦士 十日町市 2009年3月1日 51p.
- ・萩原康夫 吉田譲 島野智之 土の中の美しい生き物たち—超拡大写真で見る不思議な生態 朝倉書店 2019年12月10日 172p.
- ・浅間茂 松本嘉幸 石井規雄 校庭のクモ・ダニ・アブラムシ 全国農村教育協会 2001年7月1日 230p.
- ・日本土壌動物学会編 東海大学出版会 土壌動物学への正体—採取からデータ解析まで—金子信博 金田哲 豊田鮎 共立出版株式会社
- ・生態学フィールド調査法シリーズ10 土壌動物の多様性と機能解析 宮崎毅 西村拓 編 東京大学出版会 土壌物理実験法
http://plankton.image.coocan.jp/Acari-Collembola_index.html 土壌動物の画像集