

京都教育大学
平成 30 年度 修士論文

土壌動物の採集と観察を通じて分解者の
多様性と関わりあいに気付く授業の開発

教科教育専攻 理科教育専修

菅原 嵩

指導教員 今井 健介

指導教員 梶原 裕二

目次

I. はじめに	3
II. 材料と方法	
II-1. 調査地	6
II-2. 実験対象の樹種について	7
II-3. 方法	8
III. 基礎研究 京都教育大学構内において採集できた土壌動物について.....	11
III-1. 目的	11
III-2. 材料と方法	11
III-3. 結果	15
III-4. 考察	26
IV. ツルグレン装置を用いた土壌動物の採集方法の検討.....	29
IV-1. 目的	29
IV-2. 材料と方法	29
IV-3. 結果	31
IV-4. 考察	31
V. 落葉の埋設によって創出されるビオトープの検討.....	32
V-1. 目的	32
V-2. 材料と方法	32
V-3. 結果	34
V-4. 考察	38
VI. 土壌動物から得られる気づきの調査	39
VI-1. 目的	39
VI-2. 授業実践 1、2 について	39
(1) 授業実践実施日時及び実施場所	39
(2) 実践対象	39
(3) 実践 1 と 2 の内容	40

(4) 実践 1 と 2 の結果	43
(5) 実践 1 と 2 の考察	46
VI-3. 授業実践 3 について	47
(1) 授業実践実施日時及び実施場所	47
(2) 実践対象	47
(3) 実践 3 の内容	48
(4) 実践 3 の結果	52
(5) 実践 3 の考察	56
VII. 土壌中の食物連鎖への気づきを促す授業の開発と実践	58
VII-1. 目的	58
VII-2. 実践 4 について	58
(1) 授業実践実施日時及び実施場所	58
(2) 実践対象	58
(3) 実践 4 の内容	59
(4) 実践 4 の結果	63
(5) 実践 4 の考察	66
VII-3. 実践 5 について	67
(1) 授業実践実施日時及び実施場所	67
(2) 実践対象	67
(3) 実践 5 の内容	71
(4) 実践 5 の結果	74
(5) 実践 5 の考察	76
VIII. 総合考察	78
IX. 謝辞	78
X. 引用及び参考文献	79

I. はじめに

本論文では土壌動物の研究や教育実践を通じて、教育上重要なテーマである「非日常に目を向ける姿勢」に取り組む。ここでは、「非日常」とは、普段過ごしていく日常の中だけでは認知出来ない事物や現象を指す。「非日常に目を向ける姿勢」とは、「日常の中で触れることのない事物があることを知り、それに興味を持ち、探求する姿勢」である。これは例えば、自分たちが普段踏みしめている土を見た時に、単に「目の前に土がある」という事実を認めるだけでなく、「土の中」はどうなっているのかと中身に興味を持ったり、「土の中には見たことがない世界が広がっているのではないか」などと背景に疑問を持ったりといった姿勢である。このような姿勢は、普段目にしている事象を違う角度や見方で考えてみたいという考え方を子どもたちに身につけさせ、子どもの知的好奇心の発達や、探究する力の育成に繋がる。

このような姿勢の育成は学校教育においても重要視されている。平成 20 年に改訂がなされた現行の「中学校学習指導要領 理科」において、「理科」という科目は、子どもたちに対して『自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。』ことを教科の目標としている。また、「中学校学習指導要領解説 理科編」では、「理科の改善の基本方針」の項目において、『身近な自然の事物・現象について生徒が自ら問題を見だし解決する観察・実験などを一層重視し、自然を探究する能力や態度を育成するとともに、科学的な知識や概念を活用したり実社会や実生活と関連付けたりしながら定着を図り、科学的な見方や考え方、自然に対する総合的なものの見方を育てることを重視する』としている。後者に「身近な自然の事物・現象について（中略）探究する能力や態度」とあるのは、本論文で言うところの「日常の中に隠れた非日常に目を向ける姿勢」と同義のものと捉えられる。

しかし、現状の教育では、日常の中の事物や現象を観察・実験することにとらわれ、「日常の中に隠れた非日常に目を向ける」ような探究活動が足りていない。例えば、本論文の材料である土壌動物は小学校の「身近な自然の観察」や「生物と環境」の学習、中学校の「自然と人間」の学習、高校の「生態系とその保全」の学習などで取り扱われている。これらの学習において土壌動物の取り扱い、土壌動物が「自然界の中での土壌動物が果たしている役割」について学ぶものであり、土壌動物そのものの性質を観察し、彼らの持っている「非日常に目を向ける姿勢」を養うには不十分である。

私達は、身近にある土の中に多くの土壌動物が生息していることに、普段気づかない。カップ 1 杯の土壌中にさえ、見慣れない様々な分類群の動物（例：カニムシ類、ヤスデ類、フナムシ・ワラジムシ類など）を見つけることが出来、身近に多様な生物が存在していたことを知る感動がある。また、土壌動物は、よく親しまれている昆虫とは違った形態を持つ動物、例えば、脚の数が 6 本より多い多足類節足動物（ムカデ類やヤスデ類）や、同規体節性をと

り脚や外骨格のない貧毛類環形動物（ミミズ類）などが含まれており、動物の形態の多様性を知るきっかけとなる。彼らの生態も、食性（生きた動物を食べる食性、腐植食性...）、生息場所（土壌の落葉落枝層（L 層）から岩盤である D 層まで）、大きさ（0.2mm 以下のマイクロファウナから 20mm 以上のメガファウナまで）などきわめて多様であり、かつまだまだ解明されていないことが多い。生きた土壌動物を教材として活用することで、これらの動物たちがどのような形態や生態をしているのかに興味を持ち、探求する姿勢が養われると考える。本論文では基礎的な生態研究と授業実践を実施し、土壌動物の教材としての運用法を研究した成果を報告する。

本研究の扱う教科内容

本研究では、生きた土壌動物を用い既存の教科内容を学習することで、身の回りにある非日常である土壌の世界に目を向けることを目指す。既存の教科内容において、土壌動物と関わりのある分野は以下の通りである。

①生物の多様性

小学校理科の「生命・地球」における「身近な自然の観察」では 土壌動物の形態の多様性を学ぶ。

②物質の循環

中学校の「自然界のつり合い」では、土壌動物が果たす分解者としての役割を学ぶ。

③ 食物連鎖

高等学校の「生態系とその平衡」では、自然界における動物間の被食-捕食関係について学ぶとともに、それぞれの動物が他の動物どのように関わりあっているかを学ぶ。

本研究では特に「①生物の多様性」と「③食物連鎖」の分野の学習において、生きた土壌動物を活用する方法を検討する。

土壌動物の教材化する上での課題

現行の教科書において、上記の教科内容の学習時には、生きた土壌動物はそれほど活用されていない。物質が分解者や消費者によって自然界で循環が起きていることを示す図の中に小さく表記されている程度でしか言及されていなかったり、教科書の中には、「消費者や分解者の定義の説明において名前だけを挙げてある」ことに留まっているものもある。

身近に豊富に存在する生きた土壌動物が教科に活用されにくい理由として、先行研究により次の三つが挙げられている。

- a. 種の同定方法や生物学的特徴についての知見が十分蓄積されておらず、また既存の知見も教育現場に紹介されていない。（日本土壌肥料学会土壌教育委員会，2009）
- b. 適切な採集方法についての知見が十分手に入らない（金子，2007）。
- c. 教員や児童生徒にある「土が不衛生であり、忌避すべきである」という意識（綿井，2005）

本研究では a の課題については土壌動物学の専門的研究者である青木の開発した簡易な同定法（青木，2009）を活用し、また教育現場で活用可能な生物学的知見の発掘を行う。

b の課題については、野外実験を行い、土壌採集方法や、採集のためのツルグレン装置の活用方法や、落葉落枝を人為的に埋設することで土壌動物を移住させる人工ビオトープの効果検証を行う。

c については、大学生・大学院生を対象とした授業実践からのフィードバックに基づき、解決に資する教案を提案する。

本論文の構成

第Ⅱ章では、本研究の調査場所および調査手法の概略を述べる。第Ⅲ章では土壌動物の生息場所および餌資源としての樹木の葉がどのような生態学的影響をおよぼすかを明らかにする。このために 5 種の樹木下の土壌動物相、および、これら 5 種の葉を約半年間土壌中に埋設した際に住み着いた土壌動物相の調査を行った。第Ⅳ章ではツルグレン装置の最適な設置方法を実験によって検討する。第Ⅴ章では前述の埋設した落葉に人工のビオトープとしての利用価値があるのかを、青木の提唱する自然の豊かさ指数等で検討する。第Ⅵ章では、大学生及び大学院生を対象とした土壌動物の観察授業実践について報告し、子ども達が土壌動物観察からどのような学びや気づきを得るのかを明らかにする。第Ⅶ章では、現行の理科教育では取り扱いの少ない土壌中の食物連鎖に気づかせる授業を提案し、その実践の成果報告、評価を行う。第Ⅷ章では第Ⅶ章までの結果を総合し、「非日常に目を向ける姿勢」の重要性やその育成に向けた課題を論じる。

Ⅱ. 材料と方法

Ⅱ-1. 調査地

調査地は、京都教育大学藤森キャンパスである。京都市の伏見区内に位置する。

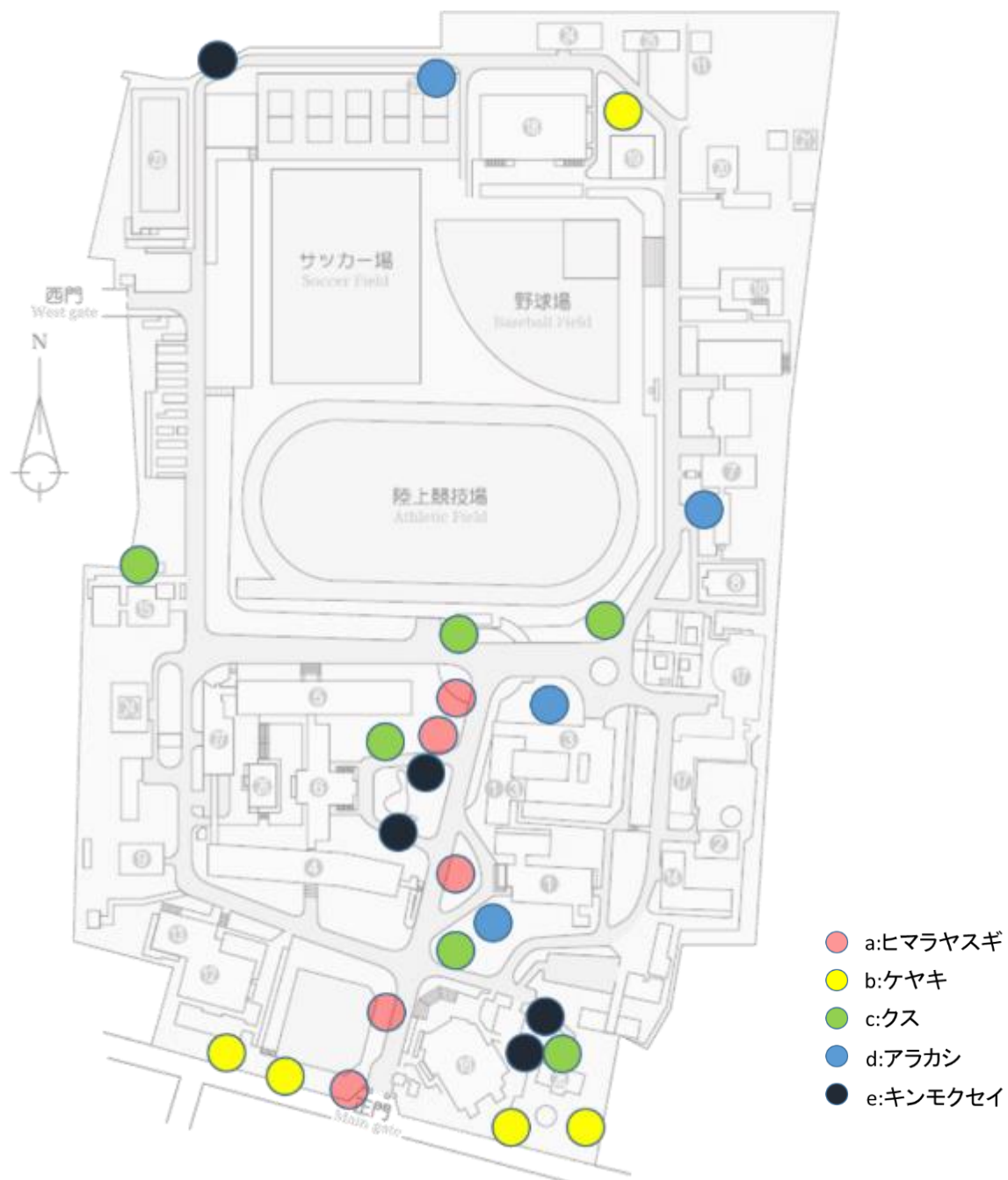


図 1. 本研究の調査地点

各色の○印は調査地点に生育している樹木の種を表す

Ⅱ－2. 実験対象の樹種について

a：ヒマラヤスギ（学名：*Cedrus deodara*）

分類：マツ科ヒマラヤスギ属

常緑樹

針葉樹であり、幹は茶色から灰褐色。葉は硬く、やや三角形の断面をしている。

b：ケヤキ（学名：*Zelkova serrata*）

分類：ニレ科ケヤキ属

落葉樹

広葉樹で、幹は灰褐色をしている。葉にのこぎり状の突起が存在するのが特徴。

c：クス（学名：*Cinnamomum Camphora*）

分類：クスノキ科クスノキ属

常緑樹

広葉樹で、幹は褐色からやや暗褐色。葉の形は、先のとがった楕円形をしている。

d：アラカシ（学名：*Quercus glauca*）

分類：ブナ科コナラ属

常緑樹

広葉樹で、幹はやや暗褐色に近い。葉の形は、先端部付近にはのこぎり状の突起がある。

e：キンモクセイ（学名：*Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus*）

分類：モクセイ科モクセイ属ギンモクセイ変種

常緑樹

広葉樹で、幹は灰褐色。葉は長い楕円形をしており、表側にははっきり光沢がある。

Ⅱ－3. 材料と方法

① 土壌の採集法

土壌動物を含んだ土壌は雨が降っていない日に採集した。土壌は調査場所の地表から 15 cm までの深さを、落葉落枝層ごと採集した。この際、採土管の代わりに市販の採土器（浅香工業製 FG 球根植器；図 2a）を用いた。採集した土壌のおおよその量は、採土器を差し込んだ回数から推定した。

採集した土壌はプラスチックの円筒容器に入れ、研究室に持ち帰って実験に用いた。採土から実験までの時間は最大 1 時間で、その間、土壌には蓋をせず、乾燥していないかつ風通しの良い場所に保管した。

② ツルグレン装置による土壌動物の採集

試料中の動物をツルグレン装置で採集する際は、ヤガミ社製の簡易ツルグレン装置である簡易土壌動物採集器（図 2b）を用いた。この装置の上部のかご（目合い 2 mm、直径 130 mm（底部 90 mm）、深さ 50 mm）にそれぞれの実験に必要な量の土壌等を入れ、15cm 上方においた 40W の白熱球スタンドで照らした。漏斗部の下には、50%エタノールを入れたプラスチックカップを置き、乾燥や熱から逃れようとした土壌動物が落下し、固定されるようにした。採集方法の詳細は、実験により異なるため、それぞれの章で述べる。

(a)



(b)



図 2. 実験に用いた (a) 採土器と (b) ツルグレン装置

③ハンドソーティング法による土壌動物の採集

すべての授業実践ではハンドソーティング法を用いて動物を採集した。210 mm×300 mm の白色のプラスチックバットに試料の土を広げて、動いた動物をピンセットでつまむ、あるいはエタノールに浸した濾紙片に吸着させて捕らえた。

捕らえた土壌動物は、生かしたまま観察する場合は空のプラカップ（直径 80 mm、深さ 45 mm）に入れ、固定して観察する場合は 70%エタノールを注いだシャーレに入れた。

④土壌動物の同定

採集した動物を同定する際はエタノールで固定してシャーレに入れ、肉眼、あるいは倍率 8 倍もしくは 15 倍のルーペ、もしくは実体顕微鏡で観察し、同定した。

基礎研究の同定は青木の円盤検索表（青木 2009）に従って 45 グループに分類し、教育実践では青木の自然の豊かさ評価表（青木 2009）に従って 32 グループに分類した。なお、基礎研究で同定した昆虫はエタノール標本にして、研究室で冷蔵保管した。

⑤土壌動物の特性の調査

土壌動物の特性（食性、生息場所、サイズ）はそれぞれ青木（1973）の記述内容を用いて分類した。

食性は青木（1973）では植食者、腐食者、微生物食者、肉食者に分類されている。植食者は生きている植物体や新鮮な落葉・落枝を食べるものを指す。腐食者は、植物の枯死体や動物の死体、糞を食べるものを指す。微生物食者は、菌類以下の下等生物を食べるものを指す。肉食者は、他の動物を補食したり、寄生したりするものを指す。本調査では、「土壌動物学」の他の記述内容も参考にして、各動物グループが生きた動物食、動物遺体食、落葉落枝食、菌食の性質を有するか否かを評価した。1 グループの動物が複数の食性を持つことが多かったが、グループに食性の異なる種が含まれているためか、そのグループでは一種が複数の食性を示すためであるのかは区別できなかった。それぞれの食性ごとにデータを解析する際は、複数の食性を示すグループのデータは、それぞれの食性のデータに重複して含めた。

青木（1973）では生息場所は LFHABCD の 7 層に分類される。生息場所の L 層は落葉落枝層と呼ばれ、L 層は新鮮な落ち葉や枯れ枝によって構成されている。F 層は腐葉層と呼ばれ、腐りかけて形が崩れた落ち葉で構成されている。H 層は腐植層と呼ばれ、黒っぽい粉上に細かくなった土で構成されている。A 層は上層土と呼ばれ、きめが細かい茶色の土で、B 層は下層土と呼ばれ、A 層よりもさらに明るい茶色の土で構成されている。C 層は風化母材と呼ばれ、岩石が砕かれた礫で構成されている。D 層は岩盤である。

土壌動物のサイズは Fenton(1947)や Drift(1951) によって 4 つに分類されている。ミクロファウナは体長 0.2 mm 以下の微少な動物で鞭毛虫などが分類される。メソファウナは体長 0.2~2 mm のもので、カニムシやカマアシムシ等が分類される。マクロファウナは体

長 2 mm~20 mm のもので、ヤスデやアリ等が分類される。メガファウナは体長 20 mm 以上のもので大型の甲虫等が分類される。

⑥多様度および自然の豊かさ指数

試料中の土壌動物の多様度はシンプソン指数 ($1/D$) とシャノン=ウィーバーの指数 (H') を用いて計測した。これらの指数は群集の組成の複雑さを数値化するための指数であり、種数が多く、かつそれぞれの種の個体数が均等であるほど大きくなる。また、試料中の動物相を青木 (2009) の「自然の豊かさ指数」で評価した。これは、土壌動物を A、B、C の 3 グループに分け、わずかな環境変化にも敏感な種のグループの集まりを A 群、劣悪な環境にも耐えられるグループの集まりを C 群、その中間のグループの集まりを B 群とした。A 群の動物が 1 グループいるごとに 5 点、B 群の動物が 1 グループいるごとに 3 点、C 群の動物が 1 グループいるごとに 1 点を加算して、その合計点を算出してその土地の環境の状態を判断する。「自然の豊かさ指数」が高い土壌動物相ほどその土地はあまり人の手が入らずに自然が良い状態で保たれている環境であると判断される (青木, 2009)。

⑦ 土壌動物群集の類似度に関する解析

各試料の土壌動物群集同士の類似性を Jaccard の類似度指数 (Jaccard, 1912) および Horn の類似度指数 (Horn, 1966) を用いて評価した。また、同じ樹種あるいは同じ調査場所の群集同士ほど類似度が高くなるかをノンパラメトリック多変量分散分析 (NPMANOVA; Anderson, 2001) で検定した。また、試料同士の類似関係は非計量多次元尺度構成法 (NMDS) を用いて、平面上に投影した。これらの類似度の解析は、解析ソフト R3.5.1 (R core team, 2018) の Vegan パッケージ (Oksanen, 2018) を用いて行った。

⑧ そのほかの統計解析

観察個体数、観察グループ数 (分類群数)、自然の豊かさ指数、種多様度指数が樹種間で有意に異なるかを検定するため、一元もしくは二元配置の分散分析を用いた。解析には統計パッケージ JMP9.0 (SAS institute) を使用した。

Ⅲ. 基礎研究 京都教育大学構内において採集できた土壤動物について

Ⅲ-1. 実験目的

土壤動物群集の生態学的知見、特に土壤動物相と環境の関係についての知見は多くの先行研究があるにもかかわらず、十分に蓄積されているとはいえない。土壤動物の多くは落葉落枝を起点とした腐食連鎖を構成し、また堆積した落葉落枝の間隙等を住处としている。このことから、ある地点の土壤動物相は、植物から供給される落葉落枝の性質の違いによって左右されることが考えられるが、そのような関係を定量的に示した先行研究は多くない。

本研究では京都教育大学キャンパス内によくみられる 5 種の樹木下の土壤動物相を比較し、落葉落枝の供給源である樹木が土壤動物相に及ぼす影響を明らかにする。また、樹木が作り出す環境（形成済みの土壌や被陰など）と落葉落枝そのものの性質の影響を分離して検討するため、5 種の樹木下に 5 種のそれぞれの落葉落枝を埋設し、そこにどのような土壤動物相が形成されるかを検討した。

Ⅲ-2. 実験材料と実験方法

調査樹種の選択と特性の比較

京都教育大学藤森キャンパスに 5 株以上生育している樹種から、5 種の樹木、ヒマラヤスギ、ケヤキ、クス、アラカシ、キンモクセイを選定し、それぞれ 5 株を無作為に選び出した。また、それぞれの樹種の特徴を学内で採集した落葉の実物および第Ⅱ章に挙げた文献から読み取って、常緑・落葉の別、葉の硬さ、表面積を最大 5 段階で評価した。参考のため、2018 年 11 月 27 日に野外で落葉を採集して、落葉の葉面積を葉長と葉幅の積として測定し、葉の硬さとして虫ピンで葉を貫通した際の最大荷重をデジタルフォースゲージ (FGJN-5、日本電産シンボ製) で測定した。

土壤動物相の比較実験

2018 年 5 月 26~28 日に計 25 の調査株 (図 1) の下の地面から、第Ⅱ章で述べた方法で土壤サンプルを約 450ml ずつ採集した。この土壤サンプルをツルグレン装置に設置し、24 時間の間、土壤動物を抽出した。ツルグレン装置に設置する前に、土壤サンプルを 2 mm 目のザルで充分ふるい、落下したものをツルグレン装置のザルに設置した。ザルに残った土壌の塊は、手で崩し、ザルの目を通過させた上でツルグレン装置に設置した。また、ザルに大型の土壤動物が残った場合は直接採集した。ツルグレン装置が 10 基しかないため、実験は 3 回に分けた。まず、5 月 26 日はヒマラヤスギの樹下の 5 地点分とケヤキの樹下の 5 地点分の土を採集し、その土をツルグレン装置に設置し、24 時間後に動物を回収した。その後、5 月 27 日にクスの樹下の 5 地点分とアラカシの樹下の 5 地点分の土を、5 月 28 日にもキンモクセイの樹下の 5 地点分の土を同様に採集して土壤動物を抽出した。

採集した動物を Nikon 製実体顕微鏡 SMZ1000 で観察、撮影し、青木 (2009) の円盤検

索引表にしたがって分類した。土壌サンプル毎に観察された土壌動物グループの名称とその個体数を記録した。土壌動物のサンプルは、エタノールで液浸して冷蔵保管した。

落葉の埋設実験

2018 年 1 月 22 日に上記 5 樹種の比較的新しく乾燥した落葉を藤森キャンパス内で採集し、大型のビニール袋に入れて室温で保管した。1 月 27 日に、各樹種の葉をそれぞれ 5 つのステンレス製ザル（直径 13 cm、目は 2 mm）に入れ、葉がこぼれないようにザル全体をビニール製の三角コーナーの網（1 mm 目）で包んだ。葉の量は、網とザル、落葉の総重量が約 100 g となるよう葉の量を調整した。

ザルの埋設は 2018 年 1 月 28 日～1 月 29 日に行った。5 樹種から最も根元が掘削しやすい 1 株ずつを選び（図 3）、5 樹種の葉を入れたザルを 1 つずつ埋設した。図 4 のように 5 つのザルは至近距離で隣り合うように埋設し、同一の環境条件にさらされる様にした。樹木に最も近くなるザルの種類はそれぞれの埋設地点で一定にならない様に設定した。ザルを埋めた後、1 m 四方のビニール被覆付き金網（1.5 cm 目）で 5 つのザルの上方を覆った。金網の四方は、金属製のペグを打ち込んで地表に固定した。

設置から 215 日後にあたる 2018 年 8 月 31 日に、ザルの内容物を回収し、ツルグレン装置に 1 日間設置した。抽出された動物は土壌動物相の比較実験と同様にして観察、同定し、保管した。

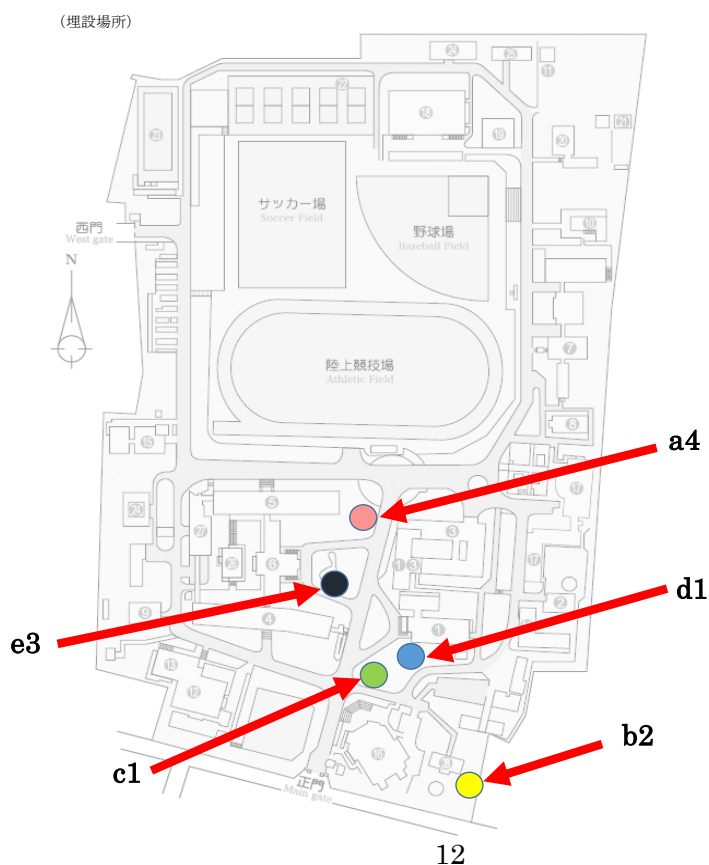


図 3 落葉の埋設場所



図 4 埋設する落ち葉の位置関係(右下)と埋設場所(左上)

A~Eの五角形はそれぞれ、(A) ヒマラヤスギ、(B) ケヤキ、(C) クス、(D) アラカシ、(E) キンモクセイの樹下に埋めた5つのザル配置を示す。樹木は五角形の上方に位置する。小文字のa~dはそれぞれ、(a)ヒマラヤスギ、(b)ケヤキ、(c)クス、(d)アラカシ、(e)キンモクセイの落ち葉の入ったザルの位置を示している。

データ解析（土壌動物相の比較実験）

各サンプルから採集された土壌動物の総個体数、総グループ数、種多様度の平均値と95%信頼区間を求め、一元配置分散分析で検定した。また、個体数と総グループ数を食性の分類ごとに集計して、各樹種の平均値と95%信頼区間を求めた。この際、複数の分類にまたがるグループは、両方の分類に含めて解析した。同様に、生息場所で分類した場合の平均値と95%信頼区間、体サイズで分けた場合の平均値と95%信頼区間、青木の自然の豊かさ指数のA~C群で分けた場合の平均値と95%信頼区間も求めた。この際、複数の食性グループ

にまたがるまた、25 のサンプル間の土壌動物相の類似度行列を作り、同一樹種で採集した動物相同士が有意に類似しているかをノンパラメトリック多変量分散分析で分析し、その類似関係も求めた。また類似関係を非計量多次元尺度構成法で平面上に投影した。

データ解析（落葉の埋設実験）

各サンプルから採集された土壌動物の総個体数と総グループ数、種多様度がサンプルの埋設場所と埋設した葉の種類によって異なっているかを、二元配置分散分析で解析した。また、25 のサンプル間の土壌動物相の類似度行列を作り、埋設場所と埋設した葉の種類が違うサンプル間で類似度が低くなるかを二元配置のノンパラメトリック多変量分散分析で検定した。サンプル間の類似関係は土壌動物相の比較実験と同様に、非計量多次元尺度構成法で平面上に投影した。

Ⅲ－3. 実験結果

樹種の特徴

ヒマラヤスギは、マツ科に分類される針葉樹である。硬さを測ってみると、平均で 1.43 N を示し、調査した 5 樹種の中で最も硬かった。葉の厚みは、平均で 0.74 mm だった。ただ、針葉樹故か、表面積は平均で 24.94mm² と調査した 5 樹種の中では最も小さい値となった。葉の先端は鋭く、茶色い葉はもろくくずれやすい葉が多かった。

ケヤキは、ニレ科に分類される広葉樹である。硬さを測ってみると、平均で 0.56 N を示した。葉の厚みは、平均で 0.36 mm だった。表面積は平均で 1305.30 mm² だった。ケヤキの葉は、硬さはあるものの、力を加えると簡単に割れてしまうため、弾力性に乏しかった。

クスは、クスノキ科に分類される広葉樹である。硬さを測ってみると、平均で 0.48 N を示した。葉の厚みは、平均で 0.38 mm だった。表面積は平均で 3549.65 mm² だった。クスの葉は 5 樹種の中で表面積は最も大きい。

アラカシは、ブナ科に分類される広葉樹である。硬さを測ってみると、平均で 0.54 N を示した。葉の厚みは、平均で 0.59 mm だった。表面積は平均で 2359.60 mm² だった。アラカシは弾力性があるが、葉は切れ込みを入れやすかった。

キンモクセイは、モクセイ科に分類される広葉樹である。硬さを測ってみると、平均で 0.38 N を示した。葉の厚みは、平均で 0.69 mm だった。表面積は平均で 1641.28 mm² だった。

以上の内容を踏まえて比較すると、以下の表のように 5 段階評価が出来た。

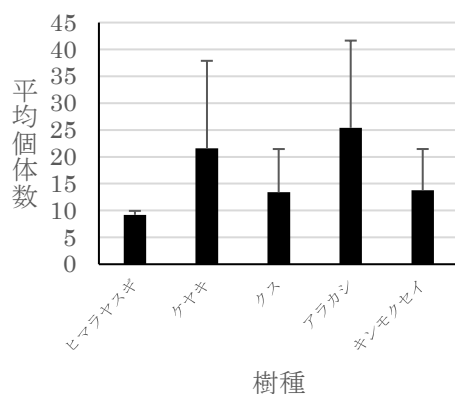
表 1 実験に使用した 5 樹種の特徴

	全体的な 硬さ	表 皮 の 厚 み と 変 形 し にくさ	葉全体の 厚み	表面積	常緑／落葉
ヒマラヤスギ	5	5	5	1	常緑
ケヤキ	4	1	1	2	落葉
クス	2	2	2	5	常緑
アラカシ	3	3	3	4	常緑
キンモクセイ	1	4	4	3	常緑

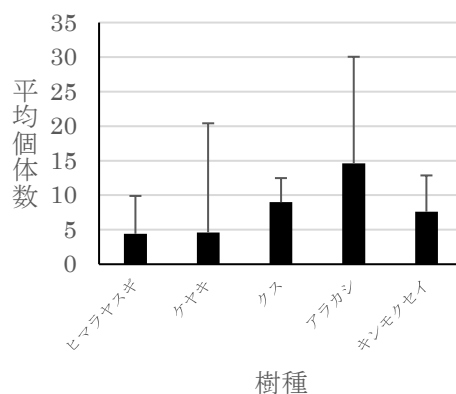
土壌動物相の比較実験

それぞれの食性の動物の個体数を樹種間で比較すると、生きた動物を食べるもの、死んだ動物を食べるもの、菌類を食べるものはアラカシで、落葉落枝を食べるものはケヤキで最も多く確認された(図 5)。クスは、4 種の動物すべてで、広葉樹の中で最も数値が低かった。

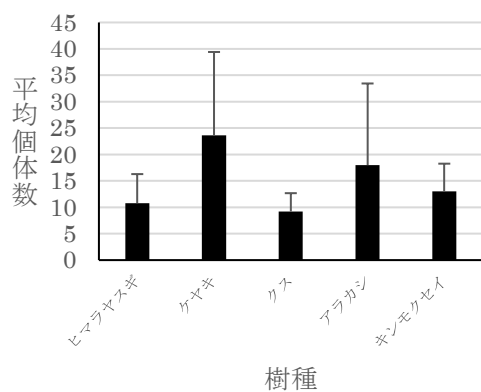
(a) 生きた動物を食べるもの



(b) 死んだ動物を食べるもの



(c) 落葉落枝を食べるもの



(d) 菌類を食べるもの

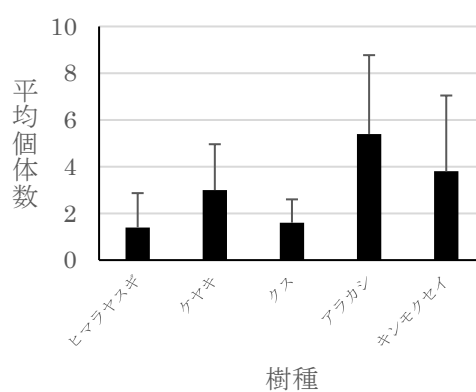
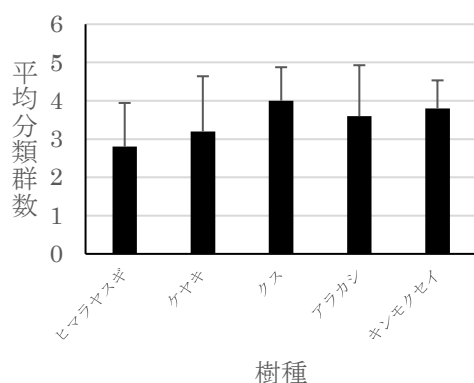


図 5 各食性の動物の平均個体数と樹種の関係 (エラーバーは 95%信頼区間)

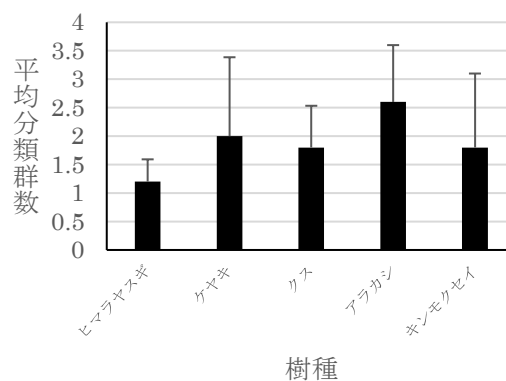
複数の食性に分類された動物の個体数は、複数のグラフに含まれている。

それぞれの食性の動物の分類群数を樹種間で比較すると、死んだ動物を食べるもの、落葉落枝を食べるもの、菌類を食べるものはアラカシが、生きた動物を食べるものはクスが最も分類群の数が多かった(図 6)。4 種の動物すべてにおいて、ヒマラヤスギの分類群数の値は最も低かった。

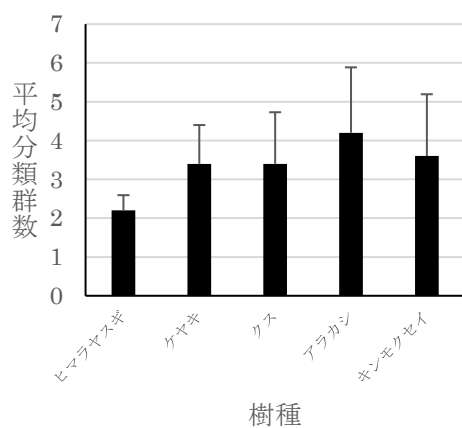
(a) 生きた動物を食べるもの



(b) 死んだ動物を食べるもの



(c) 落葉落枝を食べるもの



(d) 菌類を食べるもの

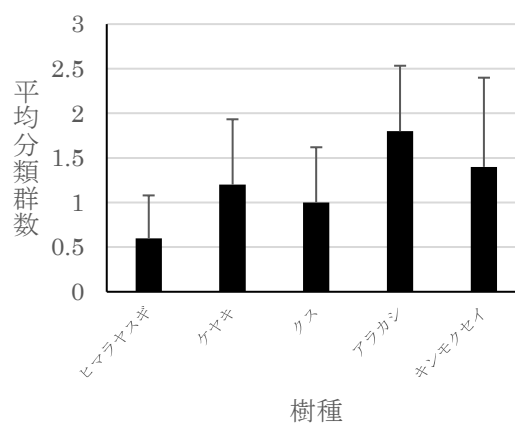


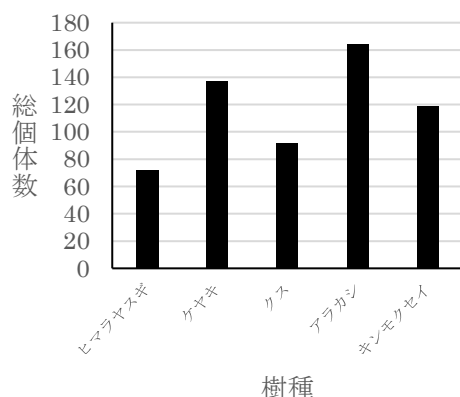
図 6 各食性の動物の平均分類群数と樹種の関係 (エラーバーは 95%信頼区間)

複数の食性に分類された動物の個体数は、複数のグラフに含まれている

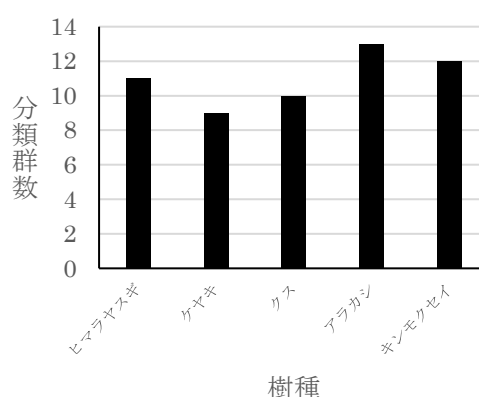
全調査地点（各樹種 5 地点）で確認できた土壌動物の総個体数、分類群数を樹種間で比較すると、総個体数も分類群数もアラカシが最も高い数値となった(図 7a-b)。また、広葉樹の中では、クスの総個体数が最も低かった。ヒマラヤスギは、総個体数の値が低くとも、分類群の数がやや多いという結果となった。しかしながら、一元配置分散分析で解析すると、樹種間にはサンプルあたりの個体数、サンプルあたりの分類群数の有意差は検出されなかった（いずれも $p>0.3$ ）

土壌動物の多様度指数を樹種間で比較すると、いずれの多様度もクスおよびキンモクセイの樹下から得たサンプルで多様度が高かった（図 7c-d）。一元配置分散分析では、シャノン=ウィーバー指数（ $F=1.99$, $P=0.135$ ）、シンプソン指数（ $F=2.1131$, $P=0.117$ ）と、樹種間に有意に近い差が検出された。

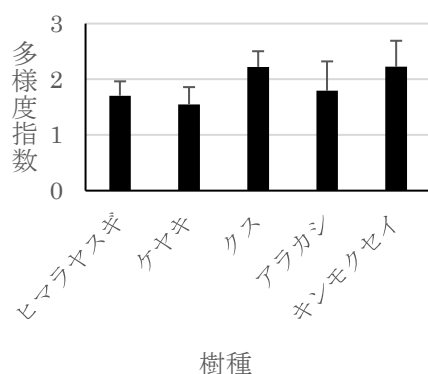
(a) 土壌動物の総個体数



(b) 土壌動物の分類群数



(c) シャノン=ウィーバーの多様度指数



(d) シンプソンの多様度指数

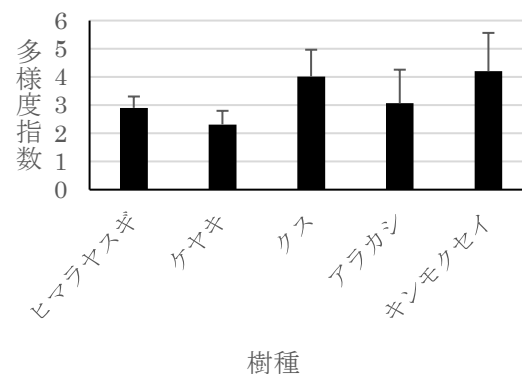
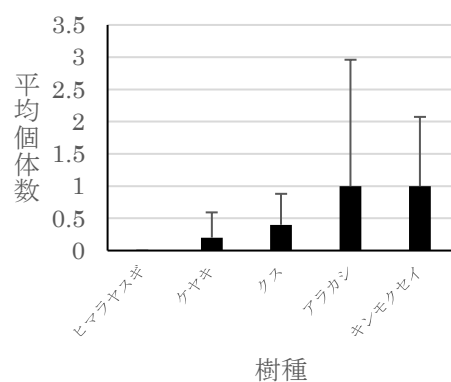


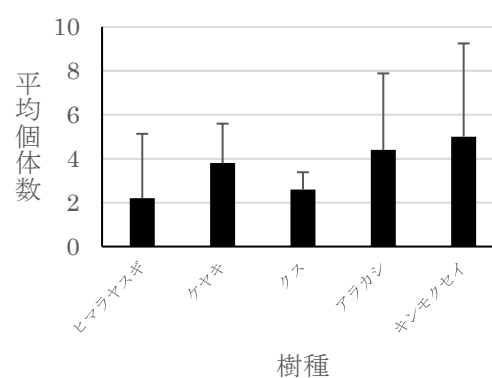
図 7 各樹種の 5 地点全体で確認できた土壌動物の(a)総個体数、(b)総分類群数、(c)シャノン=ウィーバーの多様度指数 H' 、(d)シンプソンの多様度指数 ($1/D$)。エラーバーは 95%信頼区間

自然の豊かさ指数に関する土壌動物の3群（Ⅱ章参照）の観察個体数を、樹種間で比較すると、A群の動物はヒマラヤスギ付近では確認できなかった(図8)。C群の動物はアラカシで最も多く確認できた。ヒマラヤスギは、A～Cすべての群で、個体数が5樹種中最低であった。

(a) A群の動物



(b) B群の動物



(c) C群の動物

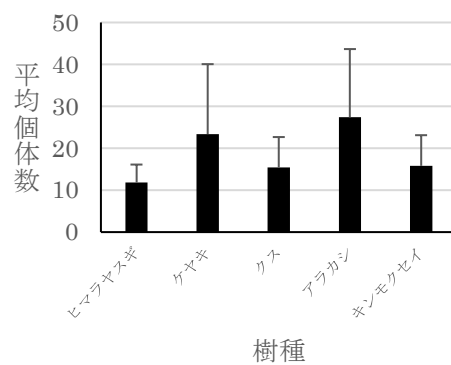
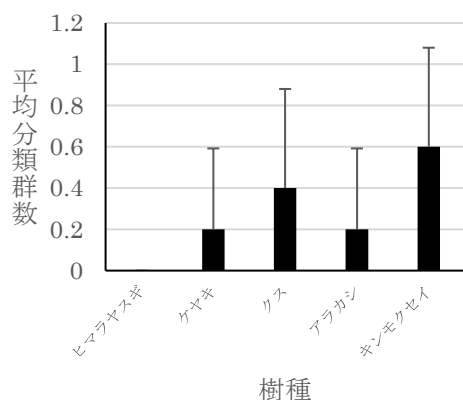


図8 各群の動物の平均個体数と樹種の関係（エラーバーは95%信頼区間）

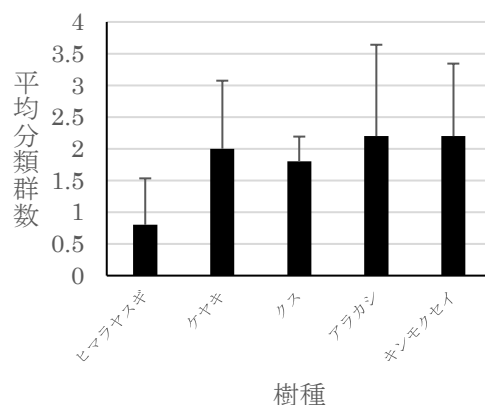
自然の豊かさ指数に関する土壌動物の各群（Ⅱ章参照）の観察グループ数を、樹種間で比較すると、C 群の動物の分類群数の値が最も高いのがクスであった（図 9a-c）。

全調査地点（各樹種 5 地点）で採集された全動物を集計して豊かさ指数を算出すると、アラカシの樹下で最も豊かさが高い結果となった（図 9-d）。また、ヒマラヤスギが最も低い結果となっている。広葉樹の中では、クスが最も自然の豊かさ指数が低い。

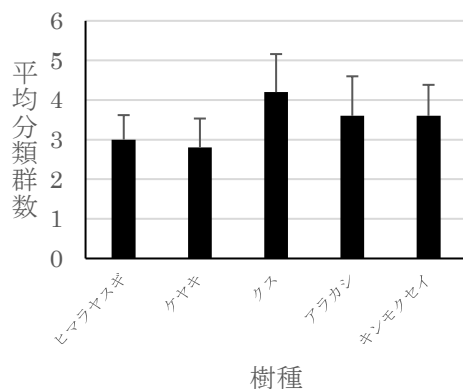
(a) A 群の動物



(b) B 群の動物



(c) C 群の動物



(d) 自然の豊かさ指数

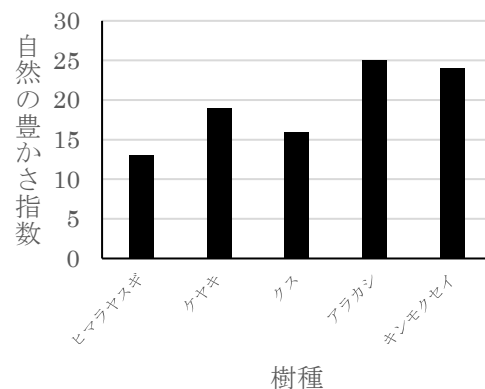
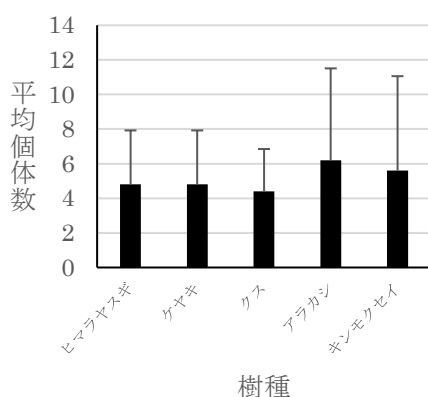


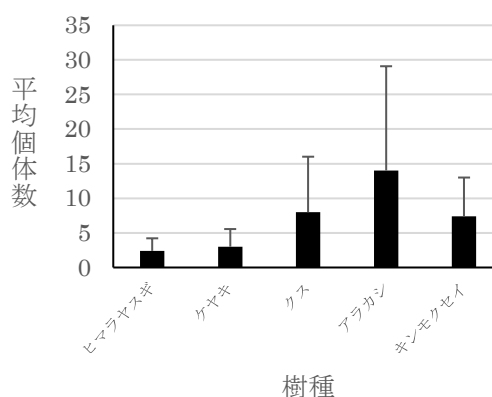
図 9 各群の動物の平均分類群数と樹種の関係（エラーバーは 95%信頼区間；a～c）と各樹種の 5 地点全体で確認できた土壌動物全体での自然の豊かさ指数（d）

動物の大きさごとに分類（Ⅱ章参照）し、それぞれの個体数を樹種間比較すると、マクロファウナに分類される動物、メソファウナ～マクロファウナの間の大ききの動物はアラカシで最も多く確認された（図 10a-c）。ヒマラヤスギ、ケヤキ、キンモクセイではメソファウナが、クスとアラカシではメソファウナからマクロファウナの間の大ききをしてる動物が最も多くの割合を占めていた（図 10d）。ヒマラヤスギ、ケヤキ、キンモクセイではメソファウナが、クスとアラカシではメソファウナ～マクロファウナの間の動物が最も多くの割合を占めていた。

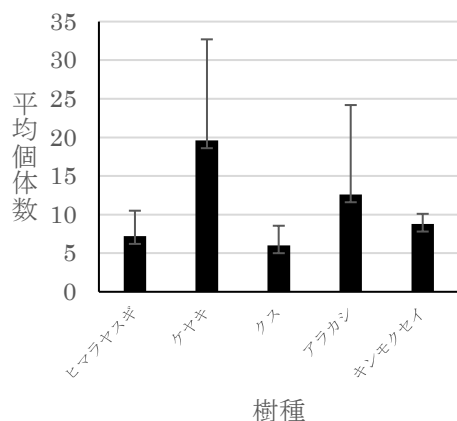
(a) マクロファウナ



(b) メソファウナ～マクロファウナ



(c) メソファウナ



(d) サイズ別の割合

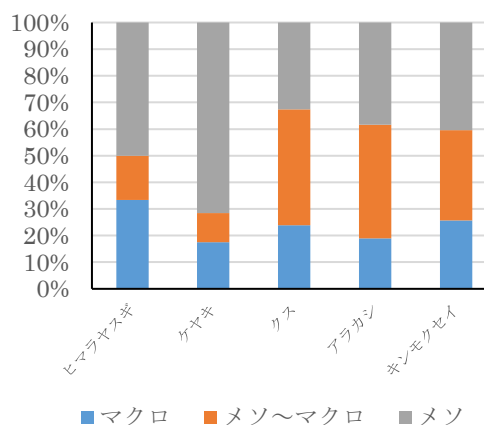
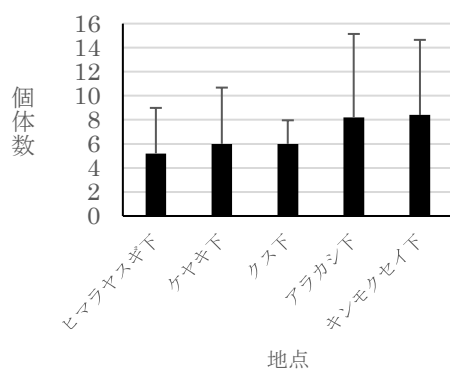


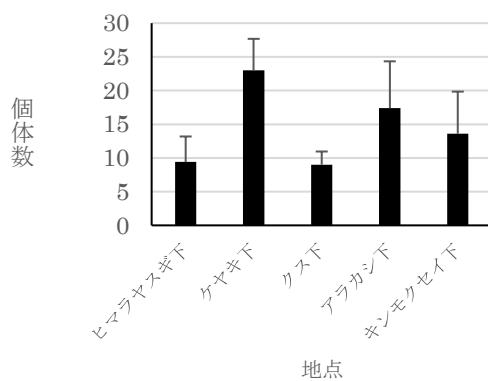
図 10 土壌動物のサイズごとに分類されたグループの個体数と樹種の関係（エラーバーは 95% 信頼区間；a-c）と各グループの占める個体数割合と樹種の関係（d）

生息場所（深さ）の違う動物（Ⅱ章参照）の個体数を、樹種間で比較すると、F 層に生息する動物の個体数が、全体を通じて割合が一番多かった(図 11f)。5 種の樹全てにおいて、F 層に生息する動物の割合が最も多いことは同じだが、その占める割合が違う。H 層 A 層に生息する動物は、すべて H 層と A 層の両方に生息する種であった。また、クスにおいては H・A 層に生息する動物が確認できなかった。B 層に生息する動物は、今回確認できた動物はアリの 1 グループのみであった。しかしアリは確認できた個体数が他の動物に比べ多いため、個体数割合に極端に大きな影響を与えていた。

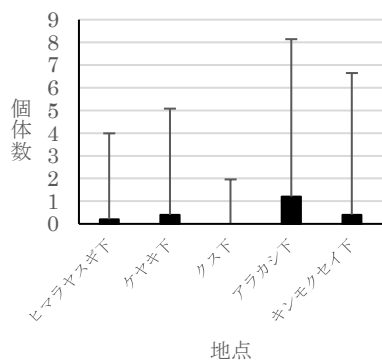
(a) L層に生息する種



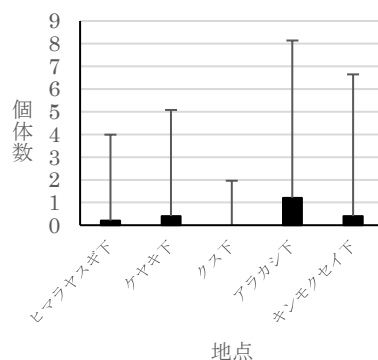
(b) F層に生息する種



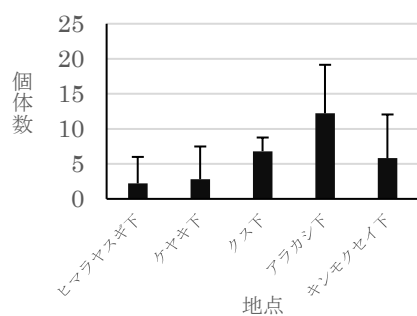
(c) H層に生息する種



(d) A層に生息する種 (図 11c と同一)



(e) B層に生息する種



(f) 生息層別の個体数比率*

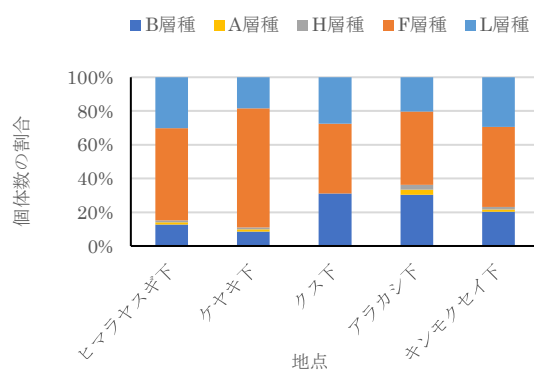


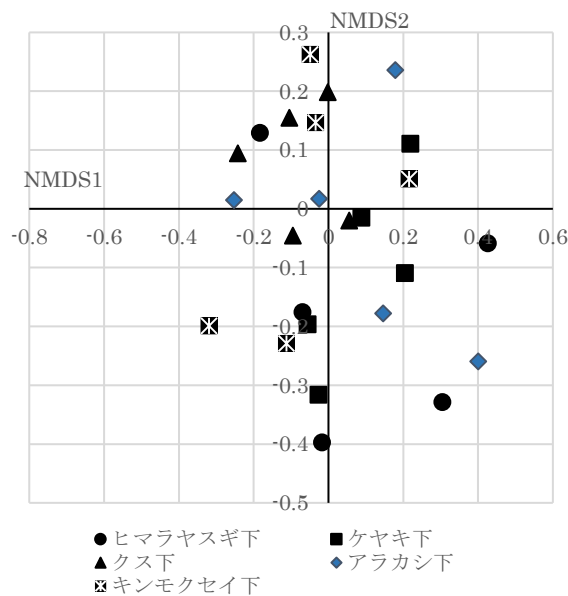
図 11 土壌動物の生息する層ごとに分類されたグループの個体数と樹種の関係 (エラーバーは 95%信頼区間; a-e) と各分類の動物の個体数割合と樹種の関係 (f) *.

*複数の生息場所で観察されるグループの個体数は、両方の生息場所のデータに含めた。

各樹種下の土壌動物の種構成の違い

ノンパラメトリック多変量分散分析の結果、同じ樹種下で採取した土壌サンプル同士は、異なる樹種下で採取した土壌サンプル同士よりも、土壌動物の種構成がやや似通う傾向が検出された（Jaccard の類似度指数、 $F.model=1.641$ 、 $P=0.106$ ；Horn の類似度指数、 $F.model=2.5843$ 、 $P=0.09169$ ）が顕著ではなかった（図 12）。

(a) Jaccard 指数



(b) Horn 指数

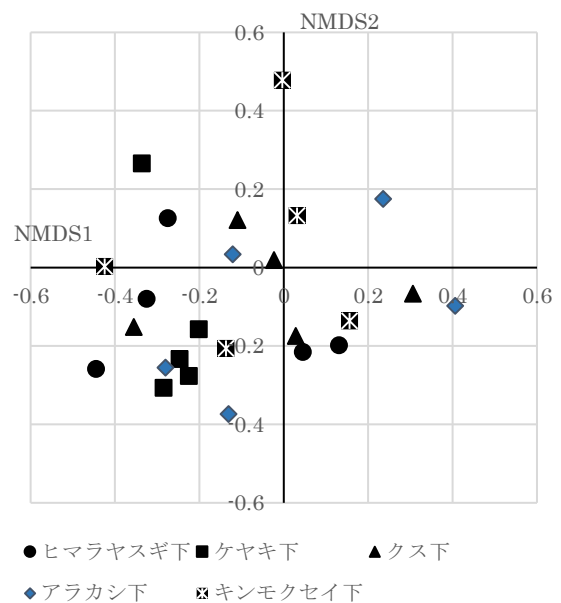


図 12 (a)Jaccard と(b)Horn 類似度指数による 5 樹種下の群集の NMDS 座標づけ結果と採集地点の関係

それぞれのマーカーは、1 つのサンプルから採集された土壌動物を示す。マーカーが近くにあるほど、2 つのサンプルから採集された土壌動物の類似度が高いことを示している。

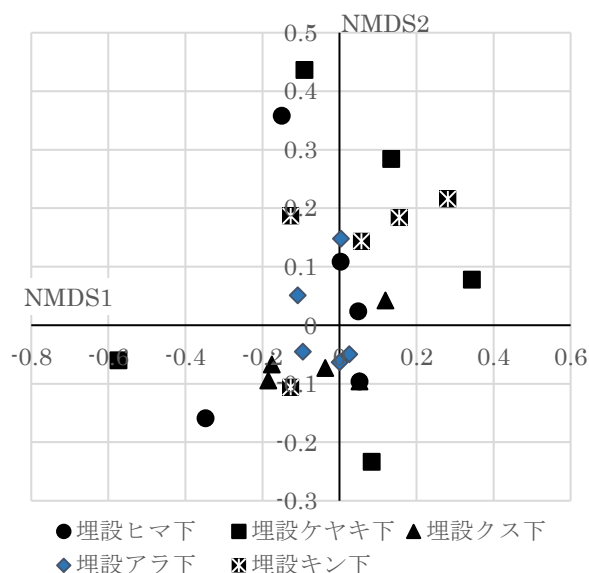
落葉の埋設実験

埋設場所により、埋設した落葉から採集された土壌動物の個体数は有意に異なった ($F=3.15$, $p=0.04$ 、二元配置分散分析)。一方、埋設した葉の種類により、採集された土壌動物の個体数は変化しなかった ($F=1.58$, $p=0.23$ 、二元配置分散分析)。観察グループ数は、埋設場所 ($F=0.78$, $p=0.55$ 、二元配置分散分析)、葉の種類 ($F=0.68$, $p=0.62$ 、二元配置分散分析) の影響を受けなかった。

シンプソンの多様度指数は、埋設場所 ($F=1.91$, $p=0.15$ 、二元配置分散分析)、葉の種類 ($F=2.04$, $p=0.14$ 、二元配置分散分析) により若干変化する傾向があったが有意ではなかった。シャノン=ウィーバーの多様度指数は、埋設場所によって有意に異なった ($F=3.30$, $p=0.04$ 、二元配置分散分析) が、葉の種類による違いはなかった ($F=1.75$, $P=0.19$ 、二元配置分散分析)。

Jaccard の類似度指数 (図 13a) は、埋設場所が同じサンプル間 ($F_{\text{model}}=0.03$, $p=0.72$ 、NPMANOVA) でも、埋設した葉が同じサンプル間 ($F_{\text{model}}=0.03$, $p=0.78$ 、NPMANOVA) でも高くならなかった。一方 Horn の類似度指数 (図 13b) は、埋設場所が同じサンプル間 ($F_{\text{model}}=6.21$, $p=0.008$ 、NPMANOVA) でも、埋設した葉が同じサンプル間 ($F_{\text{model}}=4.40$, $p=0.02$ 、NPMANOVA) でも高くなった。

(a) Jaccard の類似度指数



(b) Horn の類似度指数

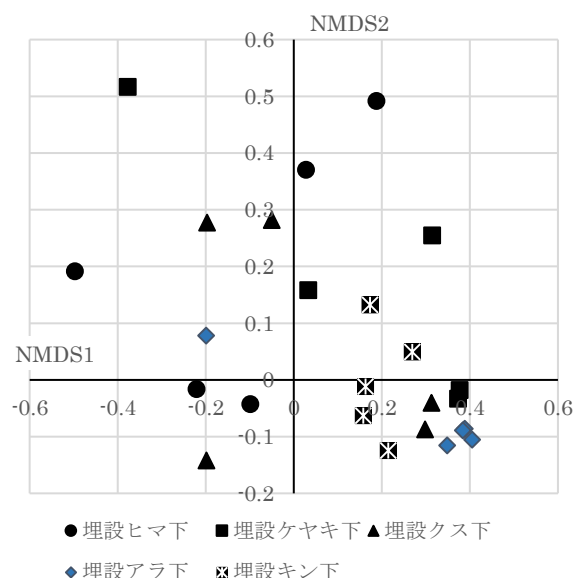


図 13 (a) Jaccard の類似度指数と (b) Horn の類似度指数に基づく NMDS 座標づけと土壌採集場所の関係

それぞれのマーカーは、1つのサンプルから採集された土壌動物を示す。マーカーが近くにあるほど、2つのサンプルから採集された土壌動物の類似度が高いことを示している。同一マーカーは、同一の樹種の下から採集されたサンプル群を示す。

Ⅲ-4. 考察

土壌動物の多様性と樹種の関係

土壌動物相の比較実験では、青木の円盤検索表（2009）に示された 45 グループのうち 19 グループが採集され、その総個体数は 574 個体であった。

土壌動物の多様度は、クスとキンモクセイの樹下で高くなる傾向があった（図 7cd）。しかし、総個体数や総分類群数が高かったのはアラカシ、ケヤキ、キンモクセイなどであった（図 7ab）。アラカシ、ケヤキ、キンモクセイでは少数の分類群の個体数だけが多い一方で、クスやキンモクセイでは総個体数や分類群数は多くなくとも、それぞれの分類群の個体数がまんべんなく生息していた結果であると推測できる。

5 樹種の中でクスは樟腦の成分を分泌しており、個体数と分類群数が少なかったのかもしれない。一方、クスで多様度指数が高くなったのは、未解明の課題として残されている。

また、キンモクセイとアラカシで個体数や分類群数が多かったことについては、樹下の未分解の落葉量が多かったことが関係しているのかも知れない。未分解の落葉が、土壌動物に大きな住みかを提供していたのかも知れない。自然の豊かさ指数（図 9d）がアラカシとキンモクセイで高かったことから、これらの樹木の下で落ち葉の堆積した森林的環境が再現されていたことを示唆している。

ヒマラヤスギの葉は硬く、表面積が小さく、厚みがあり（表 1）、また、揮発成分を思わせる香りがすること、堆積しても隠れ場所を提供しない形状をしていることから、個体数と多様度指数が低かったのかも知れない。一方で、分類群数が多かったことについては、さらなる検討が必要である。

食性と樹種の関係について

捕食者の個体数と調査地点に生育している樹種の関係は、落葉落枝食者の個体数と樹種の関係に類似した傾向があった（図 5a,c）。落葉落枝食者の数が、その地点に住むことができる捕食者の数を決定している可能性を示唆している。また、死肉食者と菌食者は別の、お互いに類似した出現傾向を示した（図 5b,d）。動かない死体や菌類由来のタンパクを餌とするという共通点のためにこのような傾向が見られるのかも知れない。これらの傾向は分類群数を樹種間で比較した場合にも観察された（図 6）。

豊かさ指数のグループと樹種の関係について

A 群の動物は自然の豊かさ指数が高いアラカシとキンモクセイの樹下に集中して見られる（図 8a、図 9a）、B 群の動物も A 群ほどではないがアラカシとキンモクセイに偏って見られた（図 8b、図 9b）。一方で C 群の動物は必ずしもアラカシとキンモクセイでは多くなかった（図 8c、図 9c）。C 群の動物は、自然度の低いところに出現しにくい種というよりも、

自然度と無関係に出現する種として捉えた方が良いのかも知れない。

土壌動物の大きさと樹種の関係について

マクロファウナに分類される動物は、アラカシとキンモクセイという比較的表皮が発達してよく形を保ち、大きな葉を持つ樹木の下でよく観察された（表 1, 図 10a）。これらの樹種の落葉が、大型種の餌や生息空間として好適である可能性がある。

メソファウナ～マクロファウナの動物は、アラカシとキンモクセイに加え、クスでも多くの個体が見られた（図 10b）。クスの葉は常緑樹の中では比較的葉の寿命が短く、アラカシやキンモクセイほど表皮が発達していないが、厚みがあって、表面積が大きく（表 1）、このような中型種に利用可能な餌や生息空間として好適である可能性がある。

観察された中で最も小さなグループであるメソファウナでは、上記の様な葉の大きさ、表皮の発達との関連は見いだせない（表 1, 図 10c）。しかし、もっとも多くメソファウナの動物が見られるケヤキは、5 樹種の中で最も薄い葉を持っている（表 1）。このような葉はメソファウナの多くを占めるダニ類にとって、良い餌、あるいは良い生息環境であるのかも知れない。

深さの好みと樹種の関係について

採集された動物の中では、F 層に生息する動物の個体数が最も多く、土壌動物の多くが F 層に多い落葉落枝を餌もしくは住みかとして活用していることが予想できる。また、H 層と A 層では、確認できた土壌動物のグループは全く同じであり、グラフが同じ値になっている。このことから H 層と A 層は土壌の特徴において大きな差がないことが予想できる。

アラカシの樹下では、どの層を好む動物も多数観察された（図 11a-e）。一方、キンモクセイでは深い層を好む種が少なかった（図 11d-e）。クスの樹下では B 層に生息するアリを除いて、深い層を好む動物が観察されなかった。

深い層を好む種が少なかった樹種では、土壌を採集した地表 10cm までの深さに、H 層や A 層が発達していない可能性がある。これは、落葉の供給が分解による消失よりも速く L 層や F 層が厚かったためとも、分解が極めて速く H 層や A 層が薄かったためとも、分解が起こらず H 層や A 層が形成されなかったためとも解釈可能であり、今後土壌の調査などを実施して解明すべきである。

種構成の類似度と土壌を採取した場所に生育している樹種の関係について

同じ樹種の下から採取した土壌サンプルは、土壌動物の種構成が似ていた。これは、これまで述べたように、樹木の下には、その樹木の葉を餌や住みかとして使用できる土壌動物が生息しているということを示唆している。しかしながら、葉の性質以外にも、樹木が作り出す陰や、その他の理由で土壌動物の種構成が影響される可能性も否定できない。

埋設した葉および埋設場所と土壌動物相の関係

これらの樹種間の群集の差は、5種の落葉落枝を人為的に埋設した際にも一部再現された。

落葉の埋設実験においては、埋設場所が土壌動物相（個体数、シンプソンの多様度指数、シャノン＝ウィーバーの多様度指数、Hornの類似度指数）に大きな影響を与えた。このことは、落葉以外の要因も樹種下の土壌動物相の違いをつくりだしていることを示している。周囲に形成されている土壌の性質や埋設地点周囲の土壌動物相、樹木の作り出す陰等の環境要因の影響についても検討する必要がある。

一方、埋設する葉の種類も、土壌動物相に少なからず影響した（シンプソンの多様度指数、Hornの類似度指数）ことが明らかになった。樹種下の土壌動物相の違いが、落葉落枝の質の違いによって起こっている可能性も示唆された。

残念ながら、本実験では、各樹種の葉の質や各樹種下の環境が、どのような動物を定着させやすいのかを解析することはできず、さらなる解析が必要である。

なお、本実験で回収した落葉を改めたところ、分解が十分とは考えられなかった。本実験の215日以上の特期間の埋設後の土壌動物相も調べるべきであろう。

IV. ツルグレン装置を用いた土壌動物の採集方法の検討

IV-1. 実験目的

授業等において、ツルグレン装置を用いた土壌動物観察が失敗する原因として、①多くの土壌動物を抽出できないこと、②土壌粒子が抽出物のシャーレに混入し、土壌動物を探しにくくなることが重要である。①については、サンプル中の土壌が十分ほぐれておらず、固まっていることが一つの原因と考えられる（青木，2009）。この場合、内部にすむ土壌動物が乾燥や高温にさらされないので、ツルグレン装置では抽出できない。②については、土壌の目が細かく、あるいはツルグレン装置の網が土壌を支えるには粗く、土壌粒子の混入につながる可能性がある。また、大型の土壌動物が装置中で動き回ることも、土壌の落下原因となる。

本章の実験では、①および②の軽減のために、土壌サンプルを事前に振るっておくことで、土壌がほぐれ、また大型土壌動物を前もって抽出することの有効性を確かめる。また、②の軽減のために、ツルグレン装置の網上に三角コーナーの網を設置することの有効性を確かめる。

IV-2. 実験材料と実験方法

下表のような4つの処理区を設定し、それぞれの処理区で5樹種のそれぞれから土壌サンプル1つを採集し、抽出の効率を比較した。

表2 処理A～Dの概要と繰り返し回数

	ふるい	三角コーナーの網	繰り返し回数
処理A	有	有	5樹種から各1
処理B	有	なし	5樹種から各1
処理C	なし	有	5樹種から各1
処理D	なし	なし	5樹種から各1

① 土壌の採集

2018年3月17日（A処理とC処理）および2018年3月26日（B処理とD処理）に、Ⅱ章で落ち葉を埋設した5地点（ヒマラヤスギ、ケヤキ、クス、アラカシ、キンモクセイの樹下）で約450 mlのカップ2つ分ずつ土の採集を行い、それぞれ採集したその日のうちに、以下の処理を施した。

② ふるいの処理

処理 A と処理 B では、ツルグレン装置にかける前の土壌を 2 mm のざるで 10 分間ふるった。その際にふるいに残った土壌は細かくしてから、ツルグレン装置に設置した。ふるいにのこった土壌動物は捕獲し、エタノール標本にした。

③ 三角コーナーの網の設置処理

処理 A と処理 C では、土壌をツルグレン装置のかごに直接設置するのではなく、かご内にビニール製の三角コーナーの網を敷いてから設置した。

④ ツルグレン装置での動物の抽出時間はいずれも 24 時間とした。

⑤ 抽出後の土壌と土壌動物を含むシャーレから、15 分間で、できるだけ多くの土壌動物を採集した。

⑥ 採集した土壌動物を同定し、その個体数、および種数を比較した。個体数とグループ数を、樹種、ふるい処理の有無、三角コーナーの網の有無、およびふるいの有無と三角コーナーの網の交互作用を独立変数とした二元配置分散分析で解析した。

IV-3. 実験結果

15 分間でシャーレから採集できた土壌動物の個体数は、ふるいの有無、三角コーナーの網の有無によって左右されなかった（いずれも $p > 0.20$ 、二元配置分散分析の主効果）。しかし、いずれも設置していない処理（セット D）では、個体数が多くなる傾向が見られた。（図 14a： $p < 0.10$ 、二元配置分散分析の交互作用）。

15 分間でシャーレから採集された土壌動物のグループ数は、ふるいの有無、三角コーナーの網の有無、その相互作用によって、有意に影響されなかった（いずれも $p > 0.20$ 、二元配置分散分析の主効果及び相互作用：図 14b）。しかし、個体数と同じ様に、グループ数もふるいと三角コーナーの網の無い処理区で若干多かった。

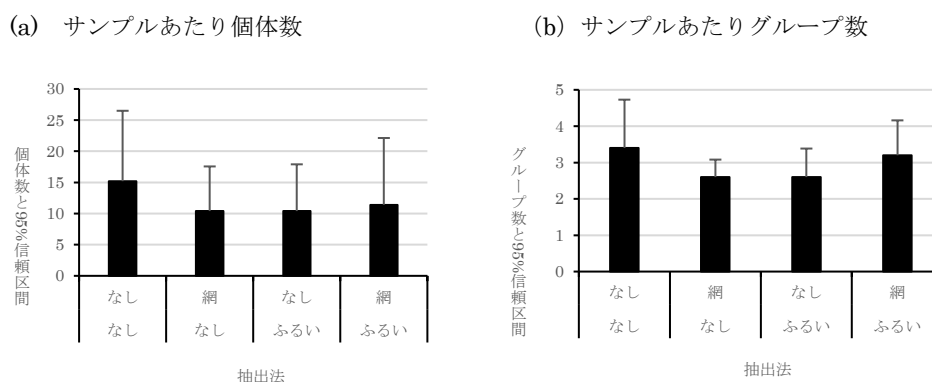


図 14 各抽出法で採集された土壌動物の個体数 (a) とグループ数 (b)

IV-4. 考察

ふるいによる処理、および三角コーナーの網の設置は、15 分間でシャーレから発見できる土壌動物の数やグループ数を増加させず、むしろ若干減少させた。本結果は「ふるいの必要性がない」「三角コーナーの網を被せる必要もない」ことを示唆している。

シャーレを目視したところ、三角コーナーの網を設置すると、シャーレ中に落下する土壌の量は期待通り減少していた。このことから、今回の実験設定の下では、シャーレに落ちる土壌が減るというプラスの効果よりも、装置内の土壌動物が光や熱を避けて下方へ移動するのを妨げるというマイナスの効果が大きいことがわかる。

ふるいによる処理で、期待通り大型の土壌動物は事前に回収され、シャーレに落下する土壌が減ったことが目視できた。また、ふるいによる処理で、大きな土の塊を砕き、細かくすることができた。しかしながら、シャーレから採集できた土壌動物の個体数が少なかったのは、ふるい処理により土壌動物が、傷ついたり、余分の乾燥にさらされたりして弱り、光や熱を避けて下方へ移動できなかった可能性が考えられる。

V. 落葉の埋設によって創出されるビオトープの検討

V-1. 目的

土壌動物観察が学校教育で実施されにくい理由の一つは、学校構内に豊かな森林土壌が形成されにくいことであろう。学校構内の落葉落枝は通常、構内から持ち去られて処分されてしまうので、土壌動物相の形成や土壌の形成の余地がない。また、土壌の供給源としては、花壇などの圃場の土壌があげられるが、このような農用の土壌では土壌動物相が発達しないことが知られている（金子ら, 2007）。

本章ではこのような状況解決策として、樹木下に落葉落枝を埋設し、人工のビオトープとし、土壌動物の定着を促す方法を提案し、その有効性を検討する。第3章でも解析した2つの実験の結果を再解析し、埋設したビオトープに、自然に生息しているのと同程度に多くの土壌動物個体がやってくるのか、同程度に多くのグループがやってくるのか、動物の多様度は同程度なのかを検討する。また、ビオトープの土壌動物の種構成が、埋設場所の周囲に自然に生息している土壌動物の種構成と異なっているかを解析する。加えて、特定の種の葉を埋設したビオトープの土壌動物の種構成が、自然状態でその葉のある場所に見られる土壌動物の種構成と異なっているかを解析する。

V-2. 材料と方法

再解析のため、第Ⅲ章の「土壌動物相の比較実験」で調査した5種×5株下の自然の土壌動物相と、同じ章で「落ち葉の埋設実験」で観察され5樹種下に5種の葉を埋めた場合の土壌動物相を比較した。それぞれの土壌動物の個体数、グループ数、シンプソンの多様度指数、シャノン＝ウィーバーの多様度指数が有意に異なるか、また、実験が異なるサンプル同士では、類似度が有意に小さくなるかを解析した。通常の統計モデルでは十分な解析ができないため、以下のような代替的方法で解析を行った。

まず、各サンプルを、どの樹種下から得たサンプルか、どの樹種の葉がある（埋設した）ところから得たサンプルか、Ⅲ章のどちらの実験で得たサンプルかで分類した。

ことなる実験のサンプルで、土壌動物相に差異が見られるかを、以下の二つの統計モデル①と②で解析した。どちらのモデルでも差異が検出された（されなかった）場合にのみ、実験法の影響を論じることとした。

モデル①

50サンプルを同じ樹種下（埋設場所）のサンプルにわけ、それぞれの中で実験法による差を解析した。その際、葉の種類の影響を無視した。

モデル②

50サンプルを同種の葉があった場所のサンプルにわけ、それぞれの中で実験法による

差を解析した。その際、どの樹種下（埋設場所）のサンプルであるかは無視した。

実験法により土壌動物の個体数、グループ数、シンプソンの多様度指数、シャノン＝ウィーバーの多様度指数が異なるかどうかは、どの樹下か（モデル①）もしくは葉の種類（モデル②）のどちらかと実験法を独立変数とした二元配置分散分析で解析した。

実験法によって土壌動物の種構成が変わるかどうかを解析するため、土壌動物の Jaccard の類似度指数および Horn の類似度指数を従属変数とし、どの樹下か（モデル①）もしくは葉の種類（モデル②）のどちらかと実験法を独立変数としたノンパラメトリック多変量分散分析を用いた。またサンプル間の類似関係を非計量多次元尺度構成法による投影を行って図示した。

V-3. 結果

個体数は埋設実験のサンプルで多かった（モデル①の実験法の効果 $F=7.0026$ 、 $p<0.10$ ；モデル②の実験法の効果 $F=5.6994$ 、 $p<0.10$ ）。モデル①では個体数は埋設場所に有意な影響を受けており、ビオトープのアラカシの場所で個体数が多く確認された（ $F=3.6687$ 、 $p<0.10$ ）。モデル②では個体数は、葉の種類には有意な影響を受けていないことが分かった（ $F=0.9387$ 、 $p>0.20$ ）。

グループ数は実験法による差はなかった（モデル①の実験法の効果 $F=1.52$ 、 $p=0.22$ ；モデル②の実験法の効果 $F=1.40$ 、 $p=0.24$ ）。モデル①の埋設場所の効果（ $F=1.36$ 、 $p=0.26$ ）、モデル②の葉の種類の効果（ $F=0.35$ 、 $p=0.85$ ）はいずれも有意でなかった。

シンプソンの多様度指数は実験法による違いは無かった（モデル①の実験法の効果 $F=0.02$ 、 $p=0.88$ ；モデル②の実験法の効果 $F=0.02$ 、 $p=0.89$ ）。モデル①ではシンプソンの多様度指数は埋設場所に有意な影響を受けていた（ $F=2.14$ 、 $p<0.10$ ）。モデル②では個体数は、葉の種類には有意な影響を受けていないことが分かった（ $F=0.19$ 、 $p>0.94$ ）。

シャノン＝ウィーバーの多様度指数は実験法による差はなかった（モデル①の実験法の効果 $F=0.001$ 、 $p=0.97$ ；モデル②の実験法の効果 $F=0.0008$ 、 $p=0.98$ ）。モデル①ではシャノン＝ウィーバーの多様度指数は埋設場所に有意な影響を受けていた（ $F=3.17$ 、 $p=0.02$ ）。モデル②では個体数は、葉の種類には有意な影響を受けていないことが分かった（ $F=0.18$ 、 $p=0.95$ ）。

Jaccardの類似度指数は、実験法の影響を受けなかった（モデル①の実験法の効果 $F_{\text{model}}=1.1807$ $P=0.3142$ ；モデル②の実験法の効果 $F_{\text{model}}=1.1807$ $P=0.3142$ ）。そのため図 15-16 では二つの実験のマーカーが重複して分布している。モデル①では埋設場所に有意な影響を受けていた（ $F_{\text{model}}=1.1855$ $P=0.3024$ ）。モデル②では個体数は、葉の種類には有意な影響を受けていないことが分かった（ $F_{\text{model}}=0.9702$ $P=0.4675$ ）。

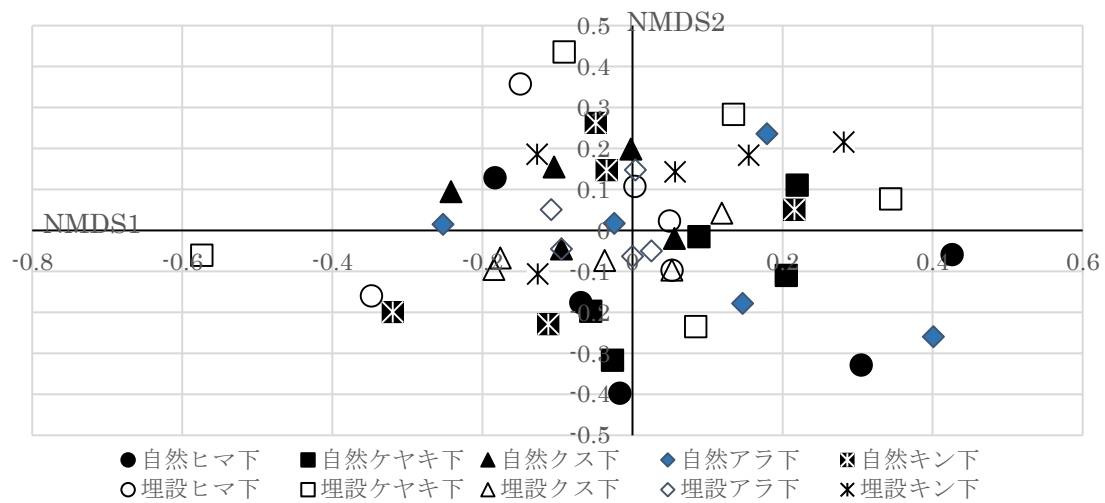


図 15 Jaccard の類似度指数に基づく NMDS 座標づけと土壌採集場所の関係

それぞれのマーカーは、1つのサンプルから採集された土壌動物を示す。マーカーが近くにあるほど、2つのサンプルから採集された土壌動物の類似度が高いことを示している。同一形状のマーカーは、同一の樹種の下から採集されたサンプル群を示す。塗りつぶしたマーカーは、その樹種下に自然に生息していた土壌動物を、白抜きにしたマーカーは、その樹種下に埋設したピオトープで採集した土壌動物を示す。

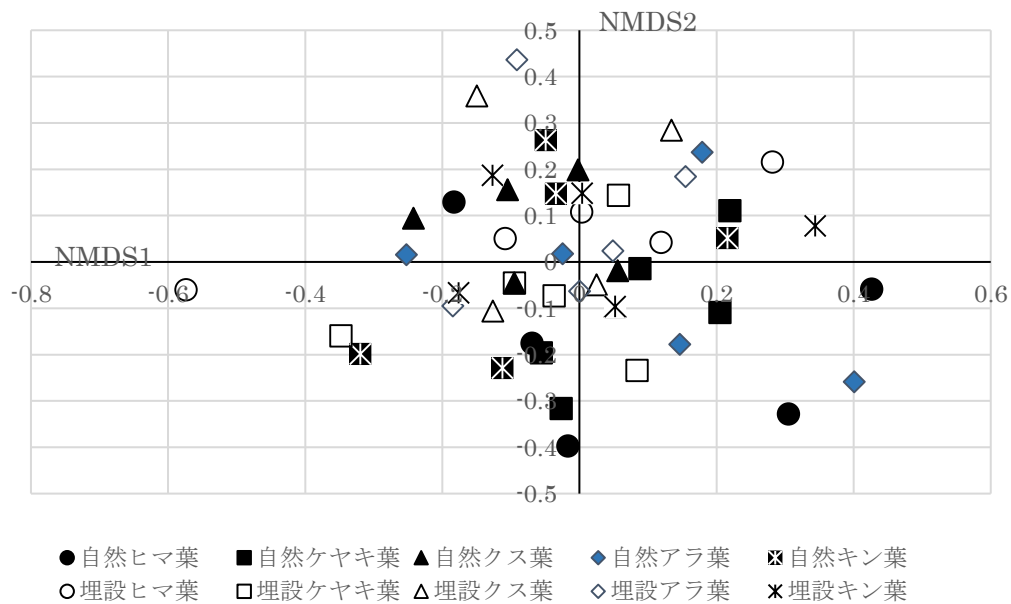


図 16 Jaccard の類似度指数に基づく NMDS 座標づけと葉の種類の関係

図 15 のマーカーを置き換えたものである。本図では、同一形状のマーカーは、同一の樹種の葉があるところから採集されたサンプル群を示す。塗りつぶしたマーカーは、その樹種下に自然に生息していた土壌動物を、白抜きにしたマーカーは、その樹種の葉を埋設したピオトープで採集した土壌動物を示す。

Horn の類似度指数は、実験法の影響を受けた（モデル①の実験法の効果 $F_{\text{model}}=0.0718$ $P=0.0147$ ；モデル②の実験法の効果 $F_{\text{model}}=0.1487$ $P=0.0010$ ）。図 16-17 では白抜きのマーカーが図の右上に集中する傾向が見られ、実験法による群集の違いがあることを示している。モデル①では埋設場所に有意な影響を受けていた（ $F_{\text{model}}=9.4420$ $P=0.0004$ ）。モデル②では個体数は、葉の種類には有意な影響を受けていることが分かった（ $F_{\text{model}}=3.9867$ $P=0.0223$ ）。

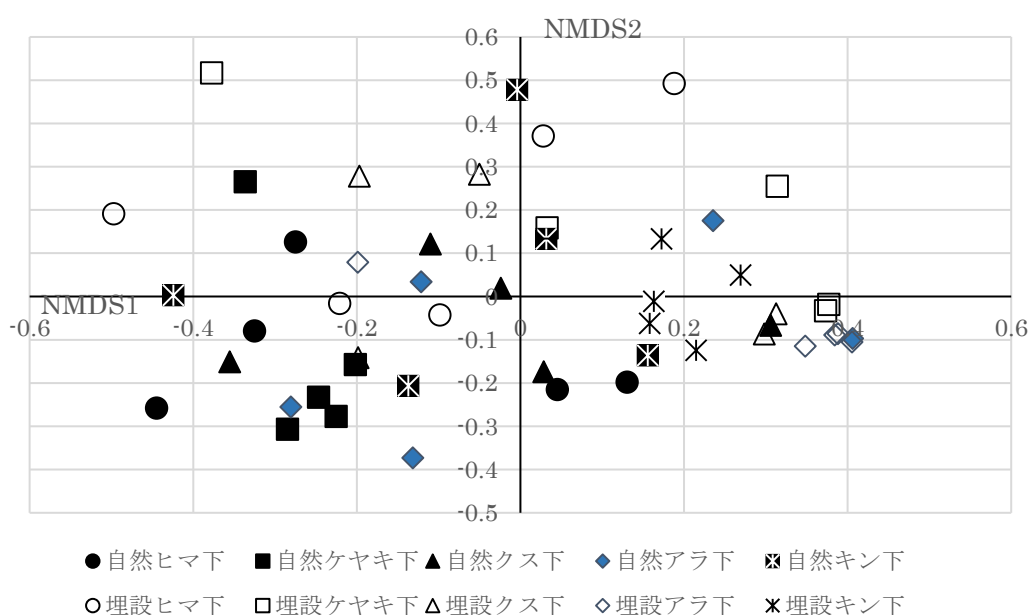


図 16 Horn の類似度指数に基づく NMDS 座標づけと土壌採集場所の関係

それぞれのマーカーは、1 つのサンプルから採集された土壌動物を示す。マーカーが近くにあるほど、2 つのサンプルから採集された土壌動物の類似度が高いことを示している。同一形状のマーカーは、同一の樹種の下から採集されたサンプル群を示す。塗りつぶしたマーカーは、その樹種下に自然に生息していた土壌動物を、白抜きにしたマーカーは、その樹種下に埋設したビオトープで採集した土壌動物を示す。

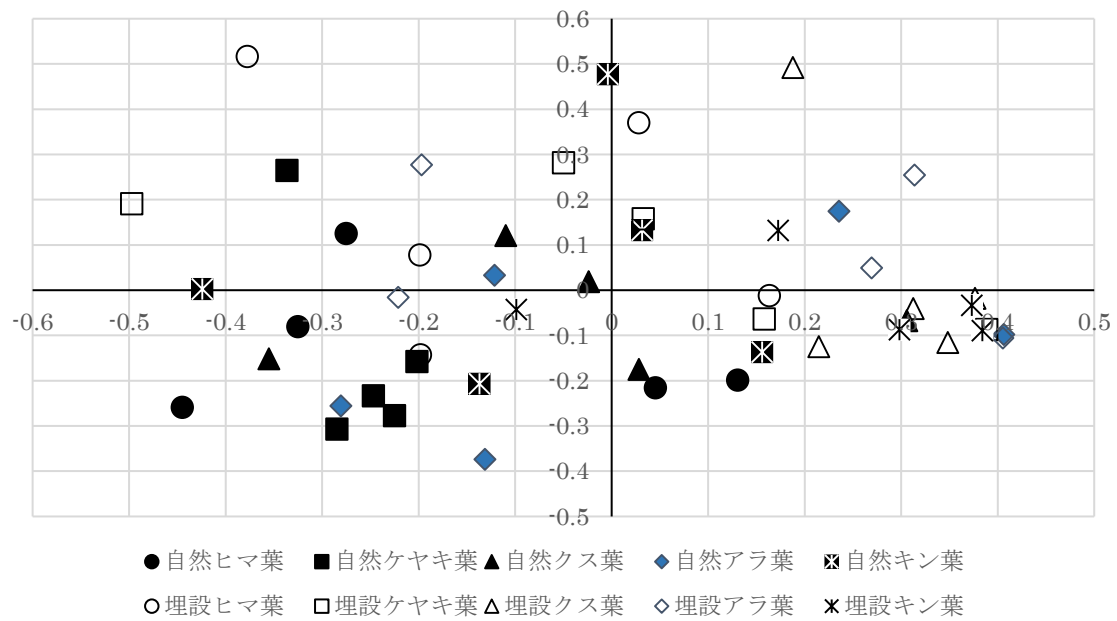


図 17 Horn の類似度指数に基づく NMDS 座標づけと葉の種類の関係

図 16 のマーカーを置き換えたものである。本図では、同一形状のマーカーは、同一の樹種の葉があるところから採集されたサンプル群を示す。塗りつぶしたマーカーは、その樹種下に自然に生息していた土壌動物を、白抜きにしたマーカーは、その樹種の葉を埋設したビオトープで採集した土壌動物を示す。

V-4. 考察

本研究の結果から、落葉を埋設すると、土壤動物を誘致できることが分かった。ビオトープには、その周囲と同様に多様な土壤動物が誘致されたことが結果（個体数、グループ数、多様度指数）から分かる。個体数を勘案しない Jaccard の類似度指数は、実験法によって影響されず、誘致された土壤動物の群集の構成は自然に存在する土壤動物の群集と同様であったといえる。ただし、個体数を勘案する Horn 指数の解析では、実験法による違いが検出されており、さらなる検討が必要である。

どのような条件下であれば土壤動物が効率的にビオトープに誘致できるかは今後検討や実験していくことが必要である。ビオトープを作るに当たって、本研究では落葉を本来リター層がある深さまで埋設したが、より深くまで埋めることで、リター層よりも深い地層で生息している動物がより誘致しやすくなるかもしれない。深さによる差があるのか、検証する必要がある。また、埋める葉の種類について、本研究では 5 種を用いて実験を行ったが、顕著な誘致性を示す葉を確認できなかった。ビオトープを作成するのに適した樹種を探すことが望まれる。埋設する葉の量についても、埋設量の多寡による土壤動物の誘致の効果の検証が望まれる。埋設する場所においても、本研究では調査対象となる樹種の根元に埋設したが、他に埋設に適した場所が無いか検証する必要がある。

VI. 土壌動物から得られる気づきの調査

VI-1. 目的

本章では土壌動物から「非日常に目を向ける姿勢」が養われる可能性を検証するために、大学生および大学院生を対象とした土壌動物観察実習を行い、その中で「非日常に目を向ける姿勢」につながるような「気づき」が現れるのか、またそれはどのような「気づき」であるのか、その「気づき」がどんな体験によって引き起こされるのかを検討する。

VI-2. 授業実践 1、2 について

(1) 授業実践実施場所時及び実施日時

実施場所

京都教育大学構内（A 棟 3 階 307 号室「生物学共通実験室」）

実施日時

実践 1：2018 年 6 月 12 日（火）18 時～19 時 30 分

実践 2：2018 年 6 月 21 日（木）8 時 45 分～10 時 15 分

(2) 実践対象

実践 1：京都教育大学大学院の授業である「理科教育実践特別演習 I」の受講生

（理科教育専修 修士 1 回生 11 名）

実践 2：京都教育大学教育学部の教養科目「生物学」受講生 8 名

（理科領域専攻 5 名、そのほか 3 名。8 名中 6 名は 4 回生）

(3) 実践 1 と 2 の内容

本時の展開

○主なる指示・発問 ■評価

区分	学習活動と内容 (予想される児童の反応)	指導上の留意点・支援・評価 (教師の活動)	準備物・ 資料等
導入 10分	身の回りの現象に土壌動物が関わっていることがあることを知ろう		・授業用 PPT ・授業プリント ・PC ・プロジェクター
	「葉っぱの色が違う」 「落ち葉があつたりなかったり」 「季節が違うよ」	・PPTで秋と夏の街路樹の様子を表示する。 ○「2枚の写真を見て、違うところを見つけよう」 ・生徒の意見を受けて、種明かし（答え合わせ）をする。 「皆が言ってくれたとおり、落ち葉がなくなってますね」	
	落ち葉の分解に土壌動物が関わっていることを知ろう		
	「溶けた！」 「風で飛んでった」 「吹き散らされたんじゃないの？」 「動物に踏まれた！」	○「落ち葉はどこへ行ったのか」 ・細かく分解されてしまったことを説明する。 ○「落ち葉がなくなった理由は？」 ・分解には土壌動物が関わっていることを説明する。	

展 開 3 5 分	土壌動物に対するイメージの共有をしよう		・実体顕微鏡 ・土入りのカップ ・ピンセット ・プラカップ ・70%エタノール入りのチューブ ・バット ・ポリ手袋
	「モグラ！」 「ダンゴムシ！」 「アリ！」 「そう言われたら、よくわかんない」 「まだいそうだなあ」	○「土壌動物ってどんなものをイメージするか？」 ・ここでミミズ、ダンゴムシの画像を示す。そして、土壌の中にすんでいる動物について、問いかけを行う。 ○「さっき皆が出してくれた例や、ここに写真で示した動物だけが土の中にすんでいるのでしょうか？」	
	実際に観察してみよう		
	「なんか小さいのが沢山いる」 「捕まえづらいなあ」	○「実際に土を観察することで土壌動物を採集してみましょう」 ・実験器具の配布と用途の説明、そして実験手順の説明、注意点の説明を行う。 ○「それでは、15 分間採集しましょう」	
	実際に観察してみよう		
	「なんか足がいっぱいついたやつがいる」 「なんか見慣れないなあ」	○「観察が終わったら、採集した動物を実体顕微鏡で見てください。」 ・観察しながら、プリントに採集出来た動物を記録させる。	

		・記録が終わったら、班で共有させる。(5分)	
	採集結果からわかることを知ろう 「点数低かったらどうしよう」	○「採集結果から、今から説明する方法で点数を計算してみましょう。」 ・班での採集結果から、土の豊かさがわかることを説明する。 ・今日調べた土がどこで採れた土なのかの種明かしをする。	
まとめ 5分	今日やったことをまとめよう	・今日の授業で扱った内容をまとめる。	

(4) 実践 1 と 2 の結果

授業後に回答してもらったアンケートの問いとその結果の内容について述べる。なお、それぞれの意見については原文のまま記載する。

質問 1「土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？」に対する回答は実践 1、実践 2 では授業を受ける前から土動物に興味を持っている人数が全体の半分以下であった（図 18）。

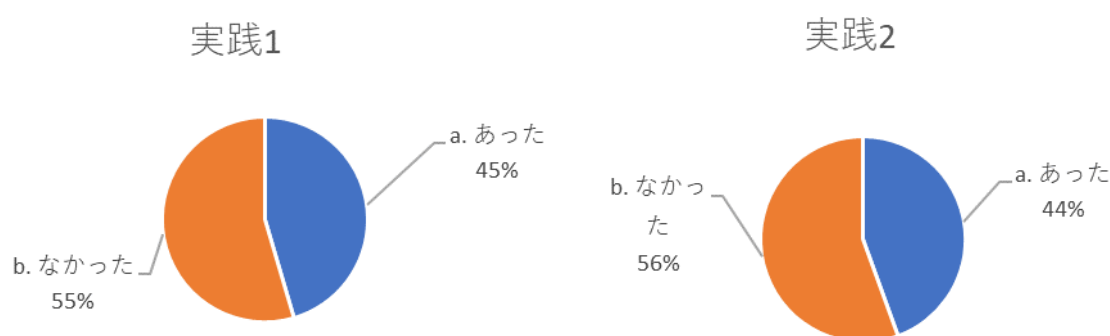


図 18 アンケートの質問 1 に対する実践 1 および実践 2 の受講者の回答

実践 1 と 2 の質問 1 で a を選択した受講者からは、「アリなどの存在は認知していたが、調べる機会が無かった」「地面の下に何かいないのか気になっていた」「純粋に未知の世界だから知りたかった」などの回答理由の記述を得た。実践 1 では「好きだから」「興味深い（面白い）から」という理由が挙げられたが、その中でも、「知りたい」「見たい」という内容を示唆するものが半数（3/5）以上であった。実践 2 ではすべて（4/4）が「興味があった」という内容であったが、その背景が異なっていた。背景としては、「幼いころの経験に起因するもの」「純粋に小さな動物へ興味があった」「栽培に関わっているから興味があった」「友人が授業で扱っていた」というものに分けられた。

実践 1 と 2 で b を選択した受講者の自由記述からは、「興味が無い」「暗くて気持ち悪いと感じてしまう」「そもそも土に触りたくない」などの回答理由の記述を得た。実践 1 では回答は「嫌い」「興味がない」という内容のものに分けられた。その中で、「（虫類が）嫌い、気持ち悪い」といった内容の表記が 3 票、「興味がない」という内容の表記は 2 票であった。また、観察の機会の有無について言及している表記は、この問いの回答全体で 3 票あった。実践 2 では b の回答理由は、「身近に感じないということに起因することからの無関心」が占めていた（4/4）。

質問 2「授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？」に対する回答は、実践 1 では土壌動物に興味が薄れた生徒はおらず、土壌動物に興味を持つようになった生徒が 73%を占めた。実践 2 では土壌動物に興味が薄れた生徒はおらず、土壌動物に興味を持つようになった生徒が 87%を占めた。(図 19)。

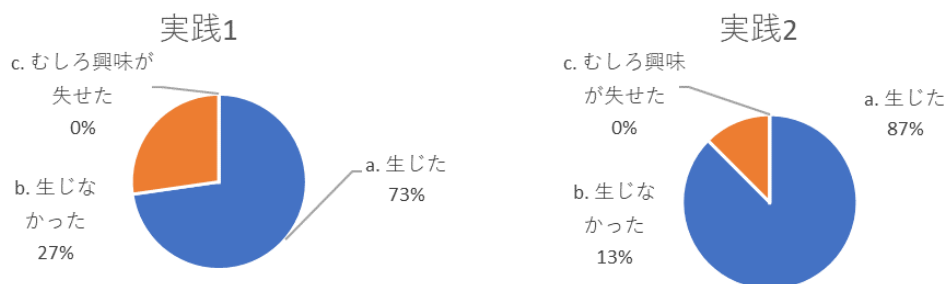


図 19 アンケートの質問 2 に対する実践 1 および実践 2 の受講者の回答

a を選択した受講者の回答理由の自由記述には、普段見られない物を見られたことで新鮮さを感じた」「じっくり観察することが面白かった」「宝探しみたいで楽しい」という意見があった。実践 1 で得たの 8 つの回答は「意外性（驚き）を感じた内容」と「関心・意欲についての内容」に分けられた。「意外性（驚き）を感じた内容」は 3 票、「関心・意欲についての内容」は 5 票だった。実践 2 で得た 6 つの回答は「観察の経験に起因する喜び」の内容が 5 票、「自然度に指標として動物が関わっていることへの驚き」が 1 票だった。

b を選択した受講者があげた回答理由には、「探す手間がしんどい」「途中で飽きる」

「そもそもムシが嫌いな人には苦痛」という意見があった。実践 1 の回答（3 件）では「嫌悪感を示す内容」が 2 票、「実験に対する意欲」が 2 票（重複を含む）であり、実践 2 の回答（1 件）では「自分の暮らしへのかかわりが見いだせない」という内容だった。

質問 3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容はありますか？あれば、理由とともに記載してください。」に対する回答では、実践 1 は、「観察に関する内容」が 7 票、「分解に関する内容」が 1 票、「自然の豊かさに関する内容」が 2 票見受けられた。「観察に関する内容」においては、土壌動物を自分で見つけられた喜び、土や土壌動物を観察する機会を得られたことに関する喜び、土壌動物の動作や体のつくりに関する興味の内容に分けられた。実践 2 は、無回答が 1 票あった。「土壌動物を採集・観察する時間」という内容は 3 票あった。「自然度」に関わる内容は 4 票あり、その内訳は、「興味のきっかけとして自然度が挙げられる」（1 票）「自然度の意味への疑問」（2 票）「作物や農業への影響」（1 票）の 3 つに分けられた。

「土や動物をじっくり観察したことが無かったので楽しかった」という意見が多い反面、

「観察する時間があまりなくて残念」という意見も見られた。観察することに対して興味を持ったと同時に、時間をもっとかけて観察したいと感じているように読みとれる。

質問4「授業において、楽しいと感じたり、充実感があつたと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。」に対する回答では、実践1は、「土壌動物を観察（採集）している時」が10票、「班で共有する時」が1票であった。「土壌動物を観察（採集）している時」に関しては、「動物を見つけられた喜び」「実顕顕微鏡で動物を観察できた喜び」「自分の手で動物を探せた喜び」に分けられた。実践2は、「採集」に関わる内容が6票、「自然度の点数」に関する内容が2票（「採集」の項目との重複含む）、「同定している時」が1票（「採集」の項目との重複含む）だった。「自分で動物を見つけられた（捕まえられた）時」という意見が大多数を占めていた。土壌動物を捕まえると言う体験を得ることで充実感を生徒が得られていた。

質問5「授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。」に対しては、「採集に対する苦勞や不満」が3票、「動物の同定」が5票、「土を自分で取りたかった」という内容が1票、「点数に関する疑問」が2票だった。「採集に対する苦勞や不満」は、「小さな動物を捕まえるのに苦勞した」という内容で占められていた。「動物の同定」は、「表との照合に関しての疑問」で占められていた。実践2は、「ない」という内容の表記が1票。「授業の流れに関する疑問や意見」が2票、「実験方法に対する意見」が3票、「実験で苦勞したこと」が2票だった。中でも、土壌動物を捕まえる際に、ピンセットでは取りにくい・もしくは（動物を）殺してしまうという意見が見られた。

中でも、「土壌動物を捕まえること」という意見が目立った。そして、「自然の豊かさ指数の計算の意味がわからない」という意見もあった。つまり、土壌動物を捕まえることが技術的に難しいと考えている生徒もいた。「自然の豊かさ指数の計算の意味がわからない」という意見については、自然の豊かさ指数を調べる意義について理解できなかった生徒もいたことが分かる。自然の豊かさ指数を調べる意義や方法についての説明に、例示をするなどのまだまだ改善の余地があることが分かった。

(5) 実践1と2の考察

質問1「土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？」について

半数以上の大学生は、もともと土壌動物への興味・関心を持っていなかった。このことは土壌動物を用いて普段目にしない「非日常」の世界を体験させ、さまざまな「非日常」に視線を向ける姿勢を養うという、本研究の狙いが妥当であることを示している。

また半数弱の大学生は土壌動物に興味関心があったことは、授業中に興味関心のある生徒と無い生徒との交流の機会を設けたり、共同作業をさせたりするといった協同学習が可能であることを示唆している。

質問2「授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？」について

実践1では73%の生徒が、実践2では87%の生徒が土壌動物に興味を持つようになった。この授業で土壌動物に目を向けるようになった生徒が出たことがこの結果から分かる。

また、生じたと答えた学生が70%以上と多かったことは、元々土壌動物に興味関心があった半数弱の学生達にとっても、土壌動物に触れることには新奇性があり、「非日常」の世界を垣間見ることができたことを示唆している。

関心が生じなかった学生は、捕獲などの労力と技術的な困難さ、土壌動物への嫌悪感を挙げており、これらの障壁を取り払う配慮をさらに加えることで、さらなる改善が行えると考えられる。

質問3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？あれば、理由とともに記載してください。」について

土の観察に対する興味や積極性を示した回答が多かったことは、本授業の有効性を示している。また、より授業において多くの観察時間を割くことが有効な改善策と考えられる。

質問4「授業において、楽しいと感じたり、充実感があつたと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。」について

土壌動物の採集について多くの回答があり、観察に加えて採集が重要な要素であることがわかった。これは、「捕獲することそのものが楽しい」のか、それとも「自分が見たことがない動物を見つけられて楽しい」のかは明らかでなかった。アンケートを改善し、他の動物でなく、新奇な土壌動物を対象としたことの学習効果を明らかにすることが必要である。

質問5「授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。」について

質問3で明らかになったように、土壌動物を捕まえることに、技術的に困難であり、採集法の改善が重要であることがわかった。

Ⅵ-3. 授業実践 3 について

(1) 授業実践実施日時及び実施場所

実施場所

京都教育大学構内（A 棟 3 階 307 号室「生物学共通実験室」）

実施日時

2018 年 7 月 20 日（金）12 時 50 分～16 時 5 分

(2) 実践対象

京都教育大学の「生物学実験」受講者（理科領域専攻 2 回生 14 名）

(3) 実践 3 の内容

本時の展開

○主なる指示・発問 ■評価

区分	学習活動と内容 (予想される児童の反応)	指導上の留意点・支援・評価 (教師の活動)	準備物・ 資料等
導入 10分	身の回りの現象に土壌動物が関わっていることがあることを知ろう		・授業用 PPT ・授業プ リント ・PC ・プロジ ェクター
	「葉っぱの色が違う」 「葉の色とか生え方が違う」 「落ち葉??」	・まず3班に分けておく。 ・PPTで秋と夏の街路樹の様子を表示する。 ○「2枚の写真を見て、違うところを見つけよう」 ・生徒の意見を受けて、種明かし（答え合わせ）をする。 「よく見ると、後の写真では落ち葉がなくなってますね」	
	落ち葉の分解に土壌動物が関わっていることを知ろう		
	「溶けた！」 「風で飛んでった」	○「落ち葉はどこへ行ったのか」 ○「落ち葉はどこへ行ったのか」 ・細かく分解されてしまったことを説明する。 ・「分解」の言葉の意味と、土壌動物の定義について説明する。 ・分解には土壌動物が関わっていることを説明する。	

展 開 8 0 分	土壌動物に対するイメージの共有をしよう		・スコップ ・カップ ・軍手 ・水分補給用の飲み物、帽子 ・実体顕微鏡
	「ダンゴムシ！」 「アリ！」 「モグラ！」 「ムカデ！」 「もっといるんじゃないの??」 「細かいのがもっといそう」	○「土壌動物ってどんなものをイメージするか？」 ・ここでミミズ、ダンゴムシの画像を示す。そして、土壌の中にすんでいる動物について、問いかけを行う。 ○「さっき皆が出してくれた例や、ここに写真で示した動物だけが土の中にすんでいるのでしょうか？」	
	今日のテーマ：実際に観察してみよう		
		○「実際に土を観察することで土壌動物を採集してみましょう」 ○「そのためにまず、実際に土を採ってきましょう」 ・土の採集地点や採集の仕方、採集するための準備物を説明する。	
	採集に行こう		
		・班ごとにそれぞれの採集地点に土を採集に行く（先生も引率者として一緒に行く）。 ・採集から帰ったら一旦休息を取る。 <u>(ここで3限目終了)</u> ----- <u>(以下4限目)</u>	

	採集した土から土壌動物を見つけよう	
「なんか動いてる！」 「なんか細かいのがいる。」	・実験器具の配布と用途の説明、そして実験手順の説明、注意点の説明を行う。 ○「それでは、15 分間採集しましょう」	・採集が終わったら、一旦手を止めさせる。 ・ここで、実体顕微鏡を使うための練習を行う。練習内容として、生徒に自分の指紋を実体顕微鏡で観察させる。 ○「それでは、5 分間自分の指紋をみてみましょう」
「なんか足がいっぱいついたやつがいる」 「なんか見慣れないなあ」	・練習が終わったら、採集した動物を実体顕微鏡を用いて観察させる。このとき、記録用紙も配布する。 ・観察しながら、記録用紙に採集出来た動物を記録させる。 ○「それでは、15 分間採集した動物を観察してみましょう。そして、観察出来た動物を記録用紙の表に記録しましょう」	・記録が終わったら、班で共有させる。(7 分)

	採集結果からわかることを知ろう 「あれ、落ち葉も他の動物も両方食べるやつがいる。」 「落ち葉食べるやつだけじゃないのか。」	○「捕まえられた動物について、それぞれの食べ物はどうなっているでしょうか？」 ・記録用紙に付属してあるプリントを用いて調べさせる。 ・種によって食べ物が違うことから、土壌の中でも食べ物の循環が起きていることに気づかせる。	
まとめ 5分	今日やったことをまとめよう	・今日の授業で扱った内容をまとめる。	

(4) 実践3の結果

事前アンケート質問1「土壌動物に関して、現段階において、興味・関心がありますか？」に対する回答は、「わからない」と回答している生徒が半数を占めた（図20）。これにより、土壌動物について考えたり、観察したりする時間や機会が無かった可能性が考えられた。

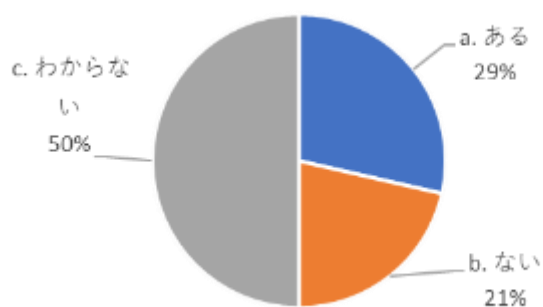


図20 事前アンケートの質問1に対する実践3受講者の回答

結果をまとめると、aが4票、bが3票、cが7票となった。aについては、「土壌動物についてあまり知らない」「土の中に何がいるか知らない（だから知らない）」という内容だった。bについては、「そもそも土壌動物について知らない」「虫が苦手」「普段見ないから」という内容のものが確認された。cについては、「よく知らない（知識がない）」「興味がない（あるのかがわからない）」「普段関わりがないからわからない」という内容に分けられた。

事前アンケート質問 2「次の設問を読み、自分の考えに近いものを a～eの中から 1 つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」についての回答をまとめると、土壌動物を学ぶことに意義を感じている人が約 80%、土壌動物を自分の目で観察したい人が 50%、土壌動物が日々の暮らしに関わっており、学ぶことは日常生活に役立つと考えている人が約 60%、土壌動物が不気味に感じる人が約 80%、土壌動物について積極的に学びたいと考えている人が 50%であった（図 21）。土壌動物を自分の目で観察したいという意思がある人は多いことが分かる。

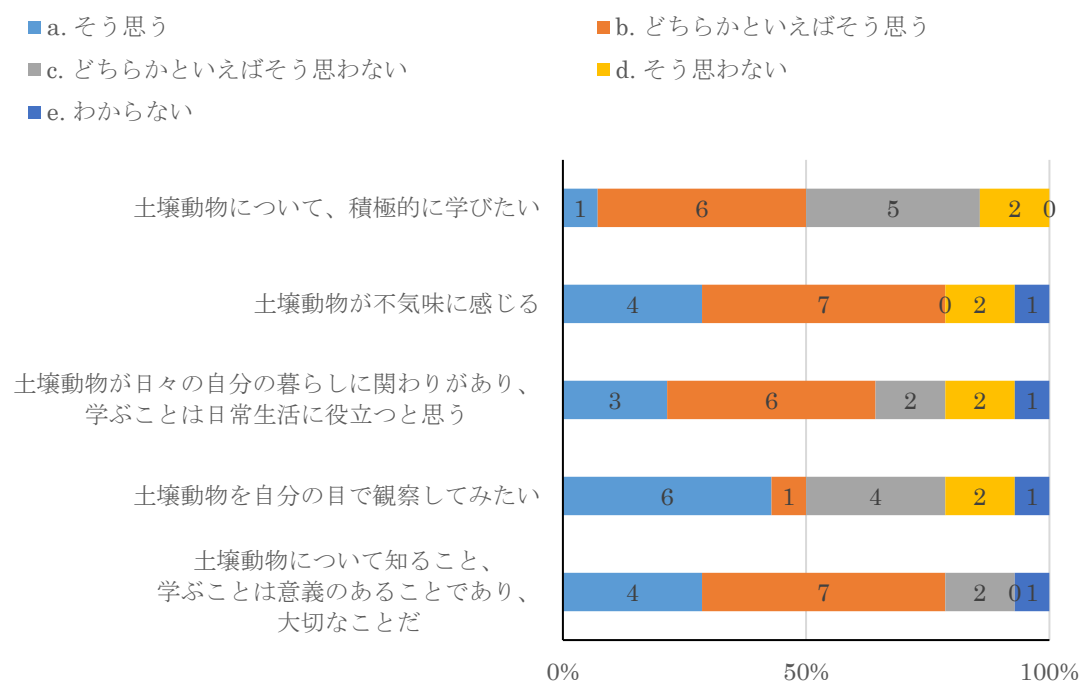


図 21 事前アンケートの質問 2 の各問に対する実践 3 受講者の回答

事後アンケート質問 1「土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？」に対する回答については、a が 4 票、b が 10 票だった。a の回答理由の自由記述については、「普段見ない」という意見が a のすべての意見の根底にあった。b の回答理由の自由記述については、「普段見ない（よく知らない）」と、a での意見と酷似しながら興味をもてない意見が 6 票あった。また、「興味がない（よく知らない）」、「土壌動物には気持ち悪い印象しかない」、「虫が嫌い」などといった意見が見られた。これらのことから、授業前には土壌動物に興味がないと感じていたと考えている生徒が多いことがわかった（図 22）。

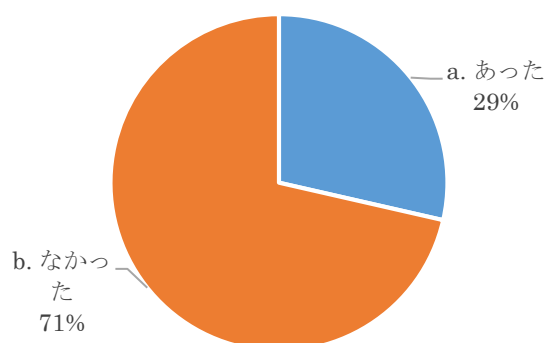


図 22 事後アンケートの質問 1 に対する実践 3 受講者の回答

事後アンケート質問 2「授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？」に対する回答は、a が 13 票、b が 1 票となり、圧倒的に a の票に偏っていることが見て取れる（図 23）。a の回答理由の自由記述には、「土壌動物の形態の不思議、意外性」、「土壌内で生物を観察できたことへの喜び・驚き」「もっと土壌動物を知っていきたいという意欲」という意見が多く見られた。b については、もともと知っている範囲を超えなかったという意見があった。

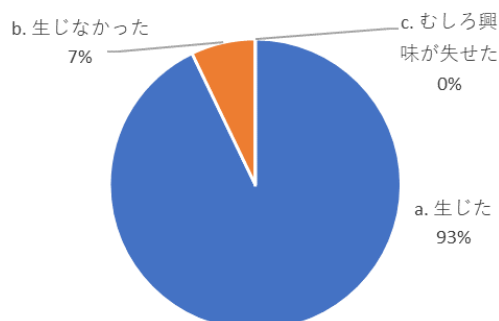


図 23 事後アンケートの質問 2 に対する実践 3 受講者の回答

事後アンケート質問 3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？あれば、理由とともに記載してください。」についての回答（自由記述）は「採集・同定の場面」を挙げている意見が 9 票を占めていた。4 票は、「生態系についての気づきや考えた経験」について挙げられていた。講義の内容について言及している内容は 1 票あった。

事後アンケート質問 4「授業において、楽しいと感じたり、充実感があったと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。」についての回答（自由記述）は「採集・同定の内容」が 11 票あり、かつ、「授業の流れや指示についての言及」が 3 票あった。「採集・同定の内容」は、「動物をつかまえる時間」「観察をする時間」に大きく分けられた。「授業の流れや指示についての言及」の内容は、授業者の授業での工夫についての感想を述べてくれていた。ただ、質問 3 での回答内容とは別に、「講義で知らないことを聞いた時」という意見が新たに出てきた。

事後アンケート質問 5「授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。」に対する回答は、「採集・同定での苦勞」の内容が 9 票、「なし」が 3 票、「無回答」が 2 票だった。プリントに載っていない動物をどう処理してよいかわからない、答え合わせが欲しいという意見もあった。また、回答の中には「時間を区切りすぎて集中出来ない」「目が疲れる」「土に堀り方についての説明や実演がもっとほしかった」と言う意見があった。

事後アンケート質問 6「過去に土壌動物や土壌を調査したり、学んだ経験はありますか？あればどのような機会だったか記載してください。」に対しては、「ない」が 7 票、「無回答」が 1 票あった。経験があるとした回答の中では、「高校の授業で扱った」が 2 票、「自由研究でやった」が 1 票、「学校の教室で育てた」が 1 票、「普段の生活で探した」が 2 票だった。

(5) 実践3の考察

事前アンケート質問1「土壌動物に関して、現段階において、興味・関心がありますか？」について

「興味・関心がある」を選ばなかった学生が多かったことは、実践1と2からの考察や事後アンケートの質問1と同様に、土壌動物を用いて「非日常」を体験させることの有効性が示唆している。実践1と2に比べて、「興味・関心がある」を選ばなかった学生が多かったことは興味深い。本実践の受講者は理科教育のなかでも生物を専攻し、授業内で生物学の自由研究を遂行している学生達であり、その原因を追及することが重要であろう。

事前アンケート質問2「次の設問を読み、自分の考えに近いものをa～eの中から1つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」について

土壌動物に対して重要性を認めているが、嫌悪感から興味が持てず、観察に積極的でない学生が多いのではないかと推測できる。

事後アンケート質問1「土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？」について

事前アンケート質問1と同様のことを示唆している。

事後アンケート質問2「授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？」について

上記のように授業前に興味が無く、嫌悪感を感じている学生であっても、本授業を受けることで土壌動物への興味関心が喚起されたと考えられる。この興味関心の喚起が、学生達が土壌動物に「非日常」を感じたためであるかをさらに分析する必要がある。

事後アンケート質問3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容はありますか？あれば、理由とともに記載してください。」について

実践1と2と同様に採集の重要性が示唆される。土壌の野外採集を授業内容としたことについても、肯定的な回答が多かったことは重要であろう。

事後アンケート質問4「授業において、楽しいと感じたり、充実感があったと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。」について

実践1と2の考察内容に加え、「講義で自分の知らない話を聞いた時」に楽しく充実したという回答が見られたことは、実践において単なる観察だけでなく、教科内容の教授を盛り込み、実験対象についての基礎知識を学ぶことによる相乗効果がある可能性を示唆している。講義の内容や時間、タイミングなどは改めて見直す必要がある。

事後アンケート質問 5「授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。」について

生物を専攻する学生にとっても、今回の実践に技術的困難を感じる可能性が示唆された。

事後アンケート質問 6「過去に土壌動物や土壌を調査したり、学んだ経験はありますか？あればどのような機会だったか記載してください。」について

学びの現場や普段の生活の中で、非日常に目を向けられていないことが浮き彫りとなった。今回の授業のような非日常に目を向ける時間を、授業という形で用意することが必要であることがあらためて示唆された。自ら疑問を持つ姿勢を生徒に持たせるための時間を設定する必要がある。

VII. 土壌中の食物連鎖への気づきを促す授業の開発と実践

VII-1. 実践目的

本章までの研究により、土壌動物を適切に観察することで「非日常に目を向ける」姿勢につながるような気づきが得られることが明らかになった。本章では、既存の教科内容である食物連鎖を土壌動物を使って学ぶための教材を開発した結果を報告する。授業記録をもとに、この授業の中で、生徒に食物連鎖への気づきや興味喚起があったか、また、「非日常に目を向ける姿勢」につながる気づきがあったかを評価する。

VII-2. 実践4について

(1) 授業実践実施日時及び実施場所

実施場所

京都教育大学構内（A棟3階307号室「生物学共通実験室」）

実施日時

2018年10月31日（水）15時30分～17時

(2) 実践対象

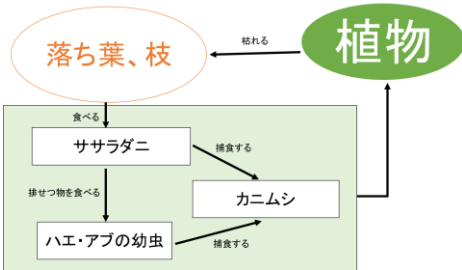
京都教育大学大学院 教科教育専攻 国語教育専修の有志3名

(3) 実践 4 の内容

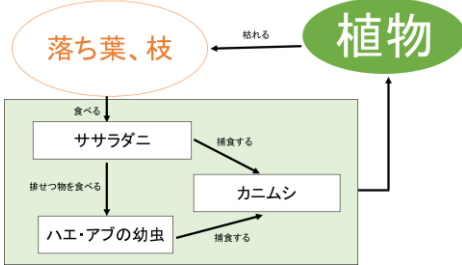
本時の展開

○主なる指示・発問 ■評価

区分	学習活動と内容 (予想される児童の反応)	指導上の留意点・支援・評価 (教師の活動)	準備 物・ 資料
導 入 1 0 分	まず、身近で起こっている現象に目を向けよう		・授 業 用 P P T ・授 業 プ リ ン ト ・ P C ・プ ロ ジ ェ ク ター
	・ P P Tで秋と夏の街路樹の様子の写真を見てどんな変化があったのかを考える。 「溶けた！」 「風で飛んでった」 ・ 生物の死体の時間経過による変遷を考える 「なくなる！」 「骨だけになる！」 ・ 身近な落ち葉や動物の遺体が、時間経過とともになくなっていることをまず認識する。	・ まず3班に分けておく。 ・ P P Tで秋と夏の街路樹の様子を表示する。 ○「2枚の写真を見て、違うところを見つけよう」 ○「落ち葉って、1年中残ってるかな？」 ○「落ち葉はどこへ行ったのか」 次に、ヘビの移り変わりの様子を見せる ○「ヘビの死体が時間が経つとどうなるだろうか？」 ・ 細かく土壌動物に分解されてしまったことを説明する。	
	落ち葉や有機物の分解に土壌動物が関わっていることを知ろう		
	土壌動物に対するイメージの共有をしよう		
	「ダンゴムシ！」「アリ！」 「モグラ！」「ムカデ！」	・「分解」の言葉の意味と、土壌動物の定義について説明する。 ○「土壌動物ってどんなものをイメージするか？」 ・ ここで土壌動物の画像を示す。	

導 入	 「カニムシのところで矢印は止まってしまうの？」 「幼虫たちの排泄物はどこに行くの？」	・ここで土壌動物の画像を示す。 ・分解には土壌動物が関わっていることを説明する。 ・土壌動物が分解の中で関わり合っている関係を図で示す。 ○「土壌中で起こっている分解について携わっている動物同士の関係の一例を示します。」 ○「土壌中では、図で示した動物たちだけが関わり合っているのでしょうか??？」 ○「さっき皆が出してくれた例や、写真や図で示した動物が実際の姿はどうなっているのでしょうか？」 ○「そして、土壌の中で生活している動物は、果たして示された動物だけなのでしょうか??？」
----------------	--	--

展 開 3 5 分	今日のテーマ：実際に観察してみよう 採集した土から土壌動物を見つけよう 「なんか動いてる！」 「なんか細かいのがいる。」 「なんか足がいっぱいついたやつがいる」 「なんか見慣れないなあ」	○「実際に土を観察することで土壌動物を採集してみましょう」 ・実験器具の配布と用途の説明、そして実験手順の説明、注意点の説明を行う。 ○「それでは、10 分間採集しましょう」 ・採集が終わったら、一旦手を止めさせる。 ・ここで、実体顕微鏡を使うための練習を行う。練習内容として、生徒に自分の指紋を実体顕微鏡で観察させる。 ○「それでは、5 分間自分の指紋をみてみましょう」 ・練習が終わったら、採集した動物を実体顕微鏡を用いて観察させる。このとき、記録用紙も配布する。 ・観察しながら、記録用紙に採集出来た動物を記録させる。 ○「それでは、10 分間採集した動物を観察してみましょう。そして、観察出来た動物を記録用紙の表に記録しましょう」	・カ ップ ・ル ーペ
----------------------------------	---	--	--------------------------------

	・記録が終わったら、班で共有させる。(7分) 採集結果からわかることを知ろう	・もう一度、以下の図を見せる。  ・種によって食べ物が違うことから、土壌の中でも食べ物の循環が起きていることに気づかせる。 ○「観察出来た土壌動物は、いったい何を食べているのでしょうか？」 「あれ、落ち葉も他の動物も両方食べるやつがいる。」 「落ち葉食べるやつだけじゃないのか。」	
まとめ 5分	今日やったことをまとめよう	・観察実験を経て学んだ経験をまとめる。 ・土壌動物が分解において相互的に関わっていることを改めて説明する。 ・	

(4) 実践 4 の結果

事後アンケート質問 1「土壌動物について、授業を受ける前に比べて興味・関心はわきましたか？」に対する回答は受講者全員が興味関心が生じたと回答していた（図 24）。選択肢の選択の内訳は、a が 3 票だった。回答理由の自由記述には講義内容が興味を引いたという内容や、自分で虫（土壌動物のこと）を捕まえる経験ができたことへの喜びについての記述が見られた。

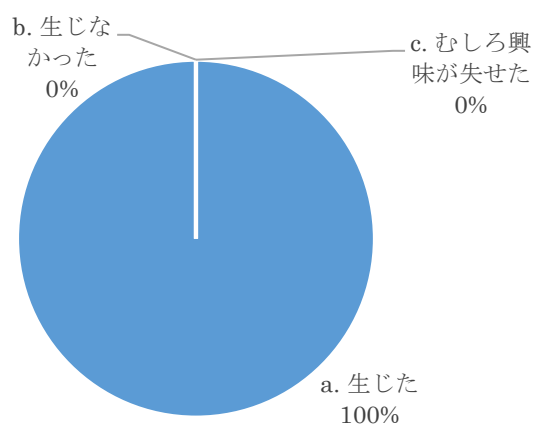


図 24 事後アンケートの質問 1 に対する実践 4 受講者の回答

事後アンケート質問 2「次の設問を読み、自分の考えに近いものを a～e の中から 1 つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」に対する回答は、以下のようになった(図 25)。①は b に集中しており、②は a に集中していた。③は「そう思わない」にも 1 票あった。④は a、b に分かれており、どちらも「そう思う」に分類される内容であった。⑤は、c への回答が 2 票のことから、観察に対する意欲はあると考えられる。

以上のことから、土壌動物を学ぶことの重要性については、本受講生は十分認識していたが、土壌動物と日常生活との関わりはあまり感じていないことが読み取れる。また、動物を採集して殺すことへの若干の忌避感も読み取れる。

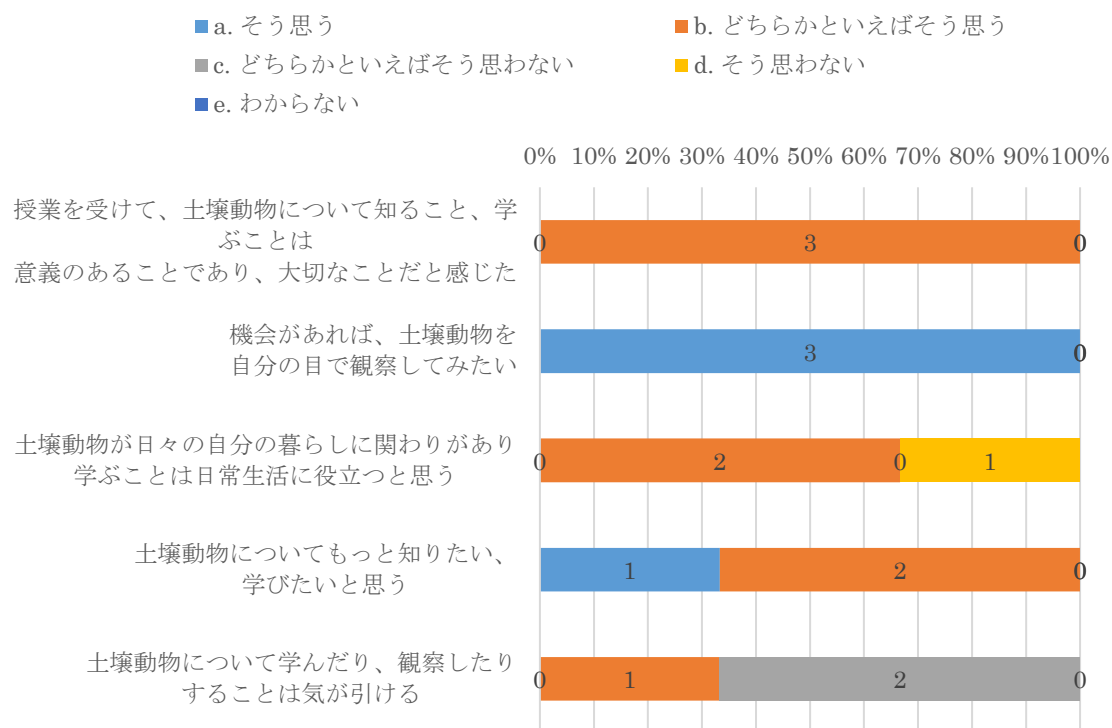


図 25 事後アンケートの質問 2 の各問に対する実践 4 受講者の回答

事後アンケート質問 3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？」に対する回答は、受講者全員が「実験中」と答える結果となった（図 26）。選択肢の選択の内訳は、b が 3 票だった。回答理由の自由記述には、採集・観察のことについて言及している意見が多いが、同時に今まで学んだ内容（教科書など）の内容と比較しながら意見を述べた回答も見られた。

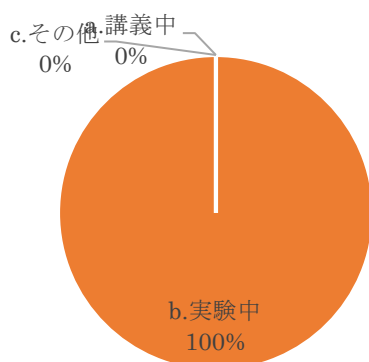


図 26 事後アンケートの質問 3 に対する実践 4 受講者の回答

事後アンケート質問 4「授業の感想や考えたことなどを書いて下さい。」に対する回答は実験中に起こる事態やの説明に対する以下のような意見があった。「導入から一貫して土壌動物についての説明や土壌動物の行動についての講義などが丁寧に作られていたように思う反面、虫が苦手な人への配慮が内容に思う。」「実験の際に命を奪う時間と機会があることを生徒に事前に知らせるべきではないか？」「分解の定義の説明をもっと中学生にとってわかりやすい例や言葉にできないか？」という記述があった。

授業内容については、楽しい、それに類する肯定的な内容が多く見受けられた。その反面、土壌動物にあまり触れた経験のない生徒への配慮や、土壌動物の観察後の扱い方などについての考察がなされていた。

(5) 実践4の考察

事後アンケート質問1「土壌動物について、授業を受ける前に比べて興味・関心はわきましたか？」について

理科を専攻していない学生であっても、土壌動物の採集・観察体験を通じて興味関心が喚起されたことがわかる下記のように、生物を扱うことに忌避感のある学生であっても、興味関心が喚起されることが明らかになった。しかしながら、興味関心をもった内容（教科内容、土壌動物の機能、土壌動物の新奇性など）を明らかにするような精査が必要であろう。

事後アンケート質問2「次の設問を読み、自分の考えに近いものをa～eの中から1つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」について

授業後の学生は、理科を専攻していない学生であっても、土壌動物の働きについて学ぶことを有意義だと判断し、土壌動物についての実験を自分からしたいと考えており、授業の効果が読み取れる。一方で、生物を材料とすることの忌避感も読み取れるため、生物を専攻しない生徒を含む、実際の学校授業では十分な配慮が必要である。

事後アンケート質問3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？」について

これまで述べた実践と同様に、実物を用いて実験・観察することの意義が示唆された。

事後アンケート質問4「授業の感想や考えたことなどを書いて下さい。」について

「導入から一貫して土壌動物についての説明や土壌動物の行動についての講義などが丁寧に作られていたように思う反面、虫が苦手な人への配慮が内容に思う。」という記述があり、実験中に、虫が苦手な生徒は無理に採集に参加させず、班での最終結果をまとめるなどの役割の振り方などの配慮の必要性が示唆された。

「実験の際に命を奪う時間と機会があることを生徒に事前に知らせるべきではないか？」という記述があり、授業者が予め標本などを用意しておき、それを見せるなどといった配慮の必要性が示唆された。ただ、その場合は、生きた土壌動物の処遇（保存）のしかたを考慮する必要がある。

「分解の定義の説明をもっと中学生にとってわかりやすい例や言葉にできないか？」という記述については、理科学習としての意義を損なわない範囲で平易に説明した上で、難解な部分については自主学習をさせるような指導を行うことが重要であると考えられる。

Ⅶ-3. 実践 5 について

(1) 授業実践実施日時及び実施場所

実施場所

京都教育大学構内（A 棟 3 階 307 号室「生物学共通実験室」）

実施日時

2018 年 11 月 6 日（金）12 時 50 分～14 時 20 分

(2) 実践対象

京都教育大学の「植物分類形態学」受講生（理科領域専攻 26 名）
理科領域専攻

(3) 実践 5 の内容

②本時の展開

○主なる指示・発問 ■評価

区分	学習活動と内容 (予想される児童の反応)	指導上の留意点・支援・評価 (教師の活動)	準備 物・資 料等
導入 10分	まず、身近で起こっている現象に目を向けよう		
	・ P P Tで秋と夏の街路樹の様子の写真を見てどんな変化があったのかを考える。 ○「2枚の写真を見て、違うところを見つけよう」 ○「落ち葉って、1年中残ってるかな？」 ○「落ち葉はどこへ行ったのか」	・ まず7班に分けておく。 ・ P P Tで秋と夏の街路樹の様子を表示する。	
	落ち葉や有機物の分解に土壌動物が関わっていることを知ろう		
	「溶けた！」 「風で飛んでった」 ・ 身近な落ち葉が時間経過とともになくなっていることをまず認識する。	・ ここで実験することを伝える。 ・ ワークシートを配布する。	
	土壌動物に対するイメージの共有をしよう		
	○「土壌動物ってどんなものをイメージするか？」 「ダンゴムシ！」 「アリ！」 「モグラ！」 「ムカデ！」	・ ここで土壌動物の画像を示す。	

導 入 1 0 分	・ササラダニ、ハエ・アブの幼虫、カニムシの画像を表示する。 ○「これらの動物は、何を食べてると思う???」 「落ち葉じゃないの？」 「土も食べるんじゃない？」 ○「以上のように、土の中の動物は様々なものがあります。では、他の土の中の動物は何を食べているのでしょうか？」 採集した土から土壌動物を見つけよう ○「実際に土を観察することで土壌動物を採集してみましょう」 ○「それでは、10 分間採集しましょう」 ○「では、採集できた動物をルーペで 10 分間観察してみましょう」 採集結果からわかることを知ろう ○「表で探し終わったら、次は班で、7 分間結果を共有しましょう。」	・ここで、それぞれの動物が食べているものを示す。 ・ここで実験の準備のための画像を表示する。 ・ポリ手袋のアナウンスを再度行う。 ・実験方法の説明を行う。この際、手元の実験道具を用いて実演しながら説明する。 ・採集が終わったら、一旦手を止めさせる。 ・このとき、特徴を探しながら観察することを呼びかける。 ・観察が終了したら、ワークシート中の表で採集した動物を探させる。 ・次に、改めて問題を提起する。同時に、プリントを配布する。	
---------------------------------------	--	---	--

	○「採集出来た土壌動物は何を食べているのでしょうか？5 分間班で予想してみましょう」 「こいつの口から、なんかかじるんじゃない？」 「このムシのあごは、なんでこんな形をしているんだろう？」 ○「予想した内容がどうだったのか、表で5分間調べてみましょう。」	・分類が終わり次第、食べ物の表を配る。 ・調べおわったら、以下の図を示す。	
まとめ 5 分	今日やったことをまとめよう	・観察実験を経て学んだことをまとめる。 ・土壌動物が分解において相互的に関わっていることを改めて説明する。 ・後片付けを指示する。	

(4) 実践 5 の結果

事後アンケート質問 1「土壌動物について、授業を受ける前に比べて興味・関心はわきましたか？」への回答は a が 22 票、b が 3 票と圧倒的に a の意見が多かった。a については、「知らないことを知れた」「意外性を伴う喜び」「土壌動物の形態や動きに関する興味」といった内容が多くを占めていた（21 票）。b については、「そもそも興味がない」という内容が 2 票を占めていた(図 27)。

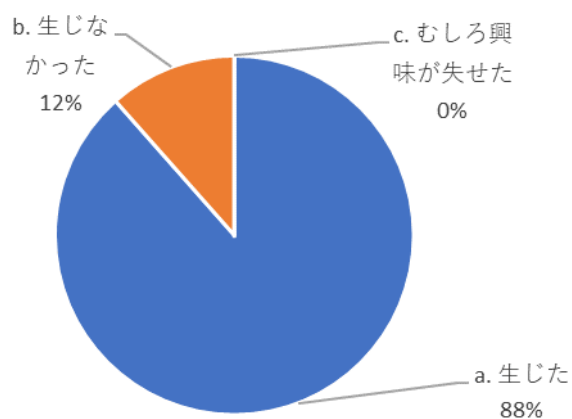


図 27 事後アンケートの質問 1 に対する実践 5 受講者の回答

事後アンケート質問 2「次の設問を読み、自分の考えに近いものを a～e の中から 1 つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」についての回答は以下の通りであった（図 28）。

①は、a、b が圧倒的多数を占めていた。土壌動物を学ぶ意義を考えている生徒が多いことが読み取れる。②は、18 票が a、b に集まった。機会がない故に、土壌動物の観察ができていない可能性が見て取れる。③は、b の割合が全体 25 票のうちの 15 票を占めていることを考えてみると、もしかしたら質問への回答について漠然とした考えしか思い浮かばなかった可能性も考えられる。④は、21 票が a、b に集中していることから、意欲的に土壌動物について学ぼうとしていることが見て取れる。⑤は、25 票のうち 16 票が土壌動物の採集・観察に拒絶の意志は示していないことが分かった。

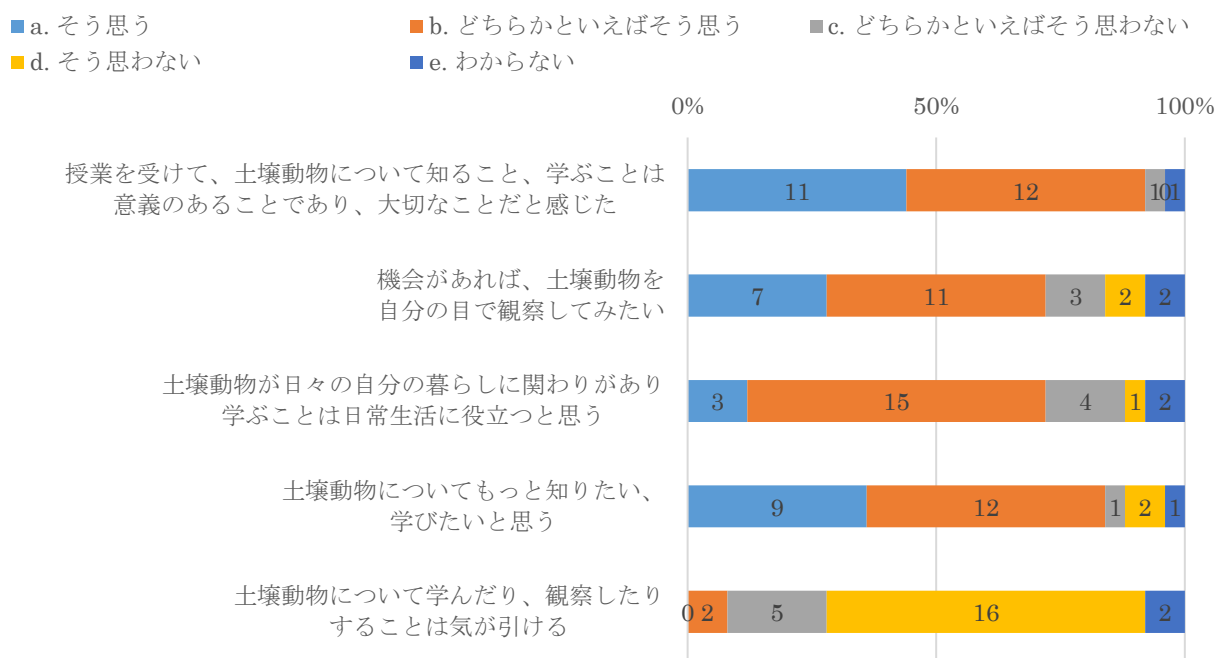


図 28 事後アンケートの質問 2 の各小問に対する実践 5 受講者の回答

事後アンケート質問 3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？」に対する回答について、実験中に興味関心を喚起されたと答えた生徒がほとんどであった（75%、図 29）。a の自由記述（14 件）では、土壌動物の生態、特に食べ物（循環）について知れたことを挙げる回答が多かった（3 票）。b の自由記述（15 件）については、普段見られていない動物を観察できた経験を挙げる回答が共通していた。c の自由記述（1 件）については、他者と採集出来た土壌動物の情報を共有できたことが挙げられていた。

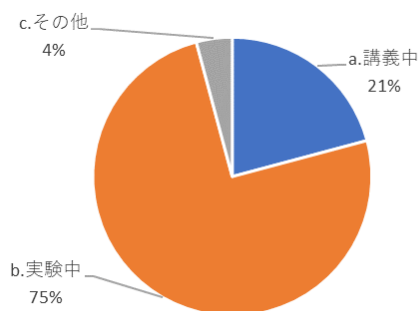


図 29 事後アンケートの質問 3 に対する実践 5 受講者の回答

事後アンケート質問 4「授業の感想や考えたことなどを書いて下さい。」に対する回答について、無回答が 4 票あった。それ以外においては、授業の内容に対し楽しいという感想を持った受講者が多く、もっと採集・観察の時間が欲しいという意見もあった。一方、中には「生命を扱う意味を考えるべき」という意見をくれている内容もあった。

(5) 実践5の考察

事後アンケート質問1「土壌動物について、授業を受ける前に比べて興味・関心はわきましたか？」について

関心がわいたと答える学生が多く、その理由としても土壌動物の新奇性を答えている学生が多く、土壌動物を用いて「非日常」を体験することの重要性を示唆している。

また「土壌動物を観察したり、土に目を向ける機会に恵まれていない」ということがあらためて浮き彫りとなった。今回の授業のように、非日常に目を向けるには、やはり授業などの、外部からのはたらきかけが必要であると確認された。

事後アンケート質問2「次の設問を読み、自分の考えに近いものをa～eの中から1つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。」について

授業を受けることで土壌動物について学ぶことに対する意義を生徒がそれぞれ自分なりに見出したと判断し、またそのことが「機会があれば、土壌動物を自分の目で観察してみたい。」「土壌動物が日々の自分の暮らしに関わりがあり、学ぶことは日常生活に役立つと思う。」の結果からも読み取れる。これから土壌動物について自ら学んでいこうとする姿勢を持ったことが分かった。土壌動物に対する先入観が、この授業実践を経るにより変化したと考えられる。

事後アンケート質問3「授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？」3について

実感を伴う実験の時間が最も興味関心が喚起されたと感じた生徒が多いことが確認できた。b（実験を選択）の理由の中に、「普段見れない物が見れた」という、日常にない体験ができたことから学びにつなげていこうとする姿勢が見られたように思う。ただ、a（講義を選択）を選んだ理由の中には、「新しい知識を得ることが学んでいると実感できる」という意見が見られた。このことから、講義と実験の兼ね合いをより工夫していかなければならないと考える。

以上を踏まえると、非日常を認識するための手段として講義を用い、確認するための方法として実験が必要ではないかと考える。

事後アンケート質問4「授業の感想や考えたことなどを書いて下さい。」について

肯定的な意見には「意外と」という文言が多く含まれており、「非日常」を観察させ、肯定的に捕らえさせ、その他の「非日常」にも目を向けさせるという、本実践の目的は果たされていると考えられる。土壌動物が得体のしれない不気味な存在から、そうでないかもしれない存在へと捉え方が変わったことが重要である。非日常を受け入れる、認知するための姿勢をこの授業で持たせることが少しでも出来たと思われる。

一方、否定的な回答として、「生命はおもちゃじゃない」という解答があったことは、今後の課題である。生物の実験において対象を殺すことを避けるのは難しい。奪われた「生命」からの学びがあったことを、生徒が理解できるように授業を計画する必要がある。

VIII. 総合考察

本研究では「非日常に目を向ける姿勢」を生徒に身につけさせるために基礎的な生態研究と授業実践を実施した。

土壌動物の生息場所および餌資源としての樹木の葉がどのような生態学的影響をおよぼすかを明らかにし(第III章)、土壌採集場所に生育している樹種、葉の物理的性質によって、土壌動物相が変化することがわかった。樹木が個々の土壌動物の生活を大きく左右していることを示している。また、学校において土壌動物観察実験を行う際に、採集地点を十分吟味することが必要であることがわかった。また、土壌動物のサイズ、生息場所、食性等により分布が異なっており、個々の土壌動物の性質をその動物の分布と関連付ける課題研究などに活用可能であると考えられる。

実物の土壌動物を用いた授業を容易にするための応用的研究として、ツルグレン装置の活用法(IV章)および落葉を埋設するビオトープの作成(V章)に取り組んだ。

IV章ではツルグレン装置を用いて土壌動物の採集方法について検討した。本研究では「ふるいの必要性の有無」「三角コーナーの網の有無」について検討した結果、「ふるいの必要はない」「三角コーナーの網は不要」ということが分かった。このことから、ツルグレン装置を用いて土壌動物を採集するに当たり、特別な手間や道具をかける意必要はなく、教材として用いる場合でも特別な手間や準備をすることなく活用できることが分かった。

V章では、落葉を埋設することで人工的に作成したビオトープが、土壌動物を誘致することが出来ることが分かった。ただし、どのような条件下であればより土壌動物を誘致できるかは、まだまだ検討の余地がある。

土壌動物を活用した教育実践として、土壌動物の採集と観察の授業(VI章)と土壌動物の採集と観察を通じて地中の食物連鎖に気づく授業(VII章)を実践した。

VI章では、「非日常に目を向ける姿勢に繋がる気づき」がどのような気づきなのか、どのような体験から気づきなのかを授業実践を行うことで検討した。それによって分かったのは、「土壌動物を生徒自身の手で採集する経験をするすることで、生徒自身が今まで認知できていなかった非日常の一例である土壌動物の存在を認知することが出来た」ということである。受講前に土壌動物に対して興味関心を持てていなかった生徒が、土壌動物の採集の実験を経験することで興味を持つようになる傾向があることが分かった。

VII章では、食物連鎖の関係が土壌動物の間でも成り立っていることに気づく授業を展開した。その結果、「食物連鎖の存在を認知するだけでなく、土壌動物そのものの存在について認知することがまず必要だった」ことが見えてきた。土壌動物を例とする非日常の世界に日常生活において目を向ける機会や時間を人が十分に確保できていないことが可能性として見えてきたので、授業という形で非日常に目を向ける時間や機会を用意することが必要であると考ええる。

これらの成果から、土壌動物の生態には探求に値する「非日常」の生態的現象があり(III

章)、方法を選べば簡易に観察でき(Ⅳ、Ⅴ章)、その採集・観察から有効な「非日常」への気づきが得られ(Ⅵ章)、食物連鎖などの生態的現象の学習学校教育でも「非日常」に触れることができる(Ⅶ章)が可能性が示唆された。これまでに述べた種々の課題を解決し、教材としての活用を進めていきたい。

IX. 謝辞

指導教員である今井健介先生、梶原裕二先生をはじめ、授業実践において実践の場と時間の提供をして下さった藤浪理恵子先生、そして授業実践のみならず本研究に携わって下さった全ての方々に、ここに厚く御礼申し上げます。

X. 引用及び参考文献

- Anderson, M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austr. Ecol*, 26: 32–46.
- 青木淳一 (2005)「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・分解の基礎知識」 合同出版
- 青木淳一 (1973)「土壌動物学—分類・生態・環境との関係を中心に」 北隆館
- Horn, H. S. (1966). Measurement of "Overlap" in comparative ecological studies. *Ame. Nat.* 100:419-424.
- Jaccard, P. (1912) The distribution of the flora in the alpine zone. *New Phytol.* 11: 37–50
- 金子信博 (2007)「土壌生態学入門 土壌動物の多様性と機能」 東海大学出版会
- 金子信博・鶴崎展臣・布村昇・長谷川元洋・渡辺弘之 (2007)「土壌動物学への招待 [採集からデータ解析まで]」 東海大学出版会
- 日本土壌肥料学会土壌教育委員会 (2009)「土をどう教えるか〈上、下巻〉—現場で役立つ環境教育教材」 古今書院
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs and H. Wagner (2016). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-1. URL : <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R Core Team (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- 綿井博一、他 6 名 (2005)「理科離れが進む初等・中等教育における土壌教育の実践」 農業土木学会全国大会講演要旨集 pp.648-649
- 菱拓雄・池崎翔子・榎木勉 (2009)「福岡県御手洗水流域ヒノキ不成績人工林における下層植生の違いがササラダニの種多様性に与える影響」 *Edaphologia* 84: 11–20.

付録

落葉埋設実験の埋設状況写真	81
第1回、第2回 実践配付資料・ワークシート・アンケート用紙	82
第3回 実践配付資料・ワークシート・アンケート用紙	86
第4回、第5回 実践配付資料・ワークシート・アンケート用紙	93
採集した土壌動物の目録	97
学内で発見された土壌動物の写真（実験外で採集されたものを含む）	98
I 環形動物 ヒメミミズ類	98
II ムカデ綱	98
II-1 ムカデ綱 イシムカデ類	
II-2 ムカデ綱 オオムカデ類	
II-3 ムカデ綱 ジムカデ類	
II-4 不明なムカデ綱	
III ヤスデ綱	100
IV クモ綱	101
IV-1 クモ綱 カニムシ類	
IV-2 クモ綱 クモ類	
IV-3 クモ綱 ダニ類- ササラダニ類	
IV-4 クモ綱 その他のダニ類	
IV-5 クモ綱 ザトウムシ類	
V 甲殻綱 ワラジムシ・フナムシ類	105
VI 六脚上綱 内顎綱 トビムシ類	106
VII 昆虫綱 ハチ目 アリ科	107
VIII 昆虫綱 コウチュウ目	109
IX 昆虫綱 カメムシ目	110
X 昆虫綱 ハエ目	111
XI 昆虫綱 トビケラ目？ もしくはコウチュウ目？	112
XII 昆虫綱 ハサミムシ目	112
実践における生徒の発言	113
授業実践スライド	120～
各授業実践での授業アンケートの回答	137～

落葉埋設実験の埋設状況写真(Ⅲ章)



本時のテーマ：土壌動物を探してみよう

第 1－2 回実践

1. 実験

(準備物)

バット：1 人あたり 1 つ

ピンセット、シャーレ、プラカップ：1 人あたり 1 つ

土の入ったカップ：1 人あたり 2 つ

実体顕微鏡、50%エタノール入りのチューブ：班に 1 つ

ポリ手袋：1 人 1 組（使うかどうかは自由）

(方法)

- ① バットの上に土を広げる。なるべく全体に平らに。
- ② 土をジーンと見つめ、動く小動物をピンセットで捕まえ、シャーレ（またはプラカップ）に入れる。
- ③ 採集したら、採集した動物を顕微鏡で観察する。
- ④ 採集したら、プリントの表に採集出来た動物をチェックし、班で共有する（丸で囲む）。

2. 採集結果

(自分が見つけた動物)

図 (省略、青木 2005 から抜粋)

(班で見つけられた動物)

図 (省略、青木 2005 から抜粋)

(図・表の引用元:『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, 2005 年 合同出版)

(課題)

表を参照し、採れた土壌動物を確認。確認したら、班で点数を計算する

※計算方法は説明をしっかりと聞くこと。

計算結果: _____ 点

授業を受けたうえで、以下のアンケートにご協力ください。氏名の記入は不要です。
なお、このアンケートで記載された内容は、修士論文研究以外の目的では使用致しません。

(興味・関心について)

1. 土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？

- a. あった b. なかった

(その理由) ※書ける範囲で結構です

--

2. 授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？

- a. 生じた b. 生じなかった c. むしろ興味が失せた

(その理由) ※書ける範囲で結構です

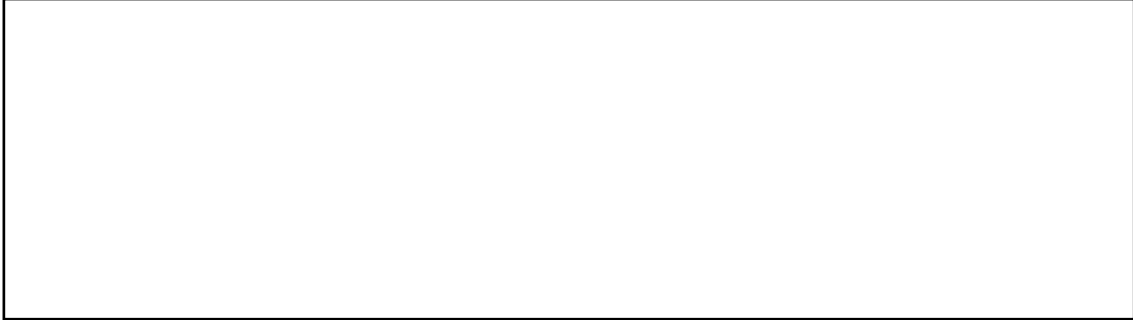
--

3. 授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？あれば、理由とともに記載してください。

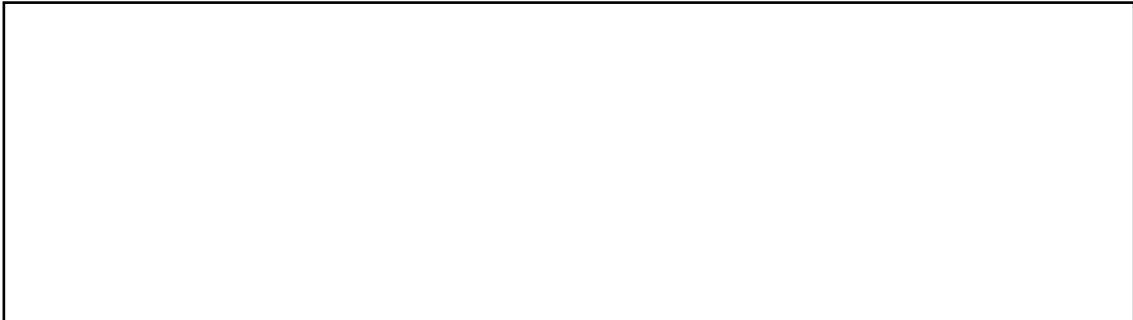
--

(授業について)

4. 授業において、楽しいと感じたり、充実感があつたと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。



5. 授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。



ご協力ありがとうございました。

本時のテーマ: 土壌動物を探してみよう

(第3回実践)

1. 実験①: 土を採集しよう!

(準備物) ※確認したら□の中にチェック✓を入れよう。

☐ スコップ: 班の人数分

☐ カップ: 1人2つ

☐ 水分補給用の飲み物、帽子: 各自で準備

☐ 軍手: 1人1組

☐ 筆記用具、授業プリント No.1: 各自で準備

(方法)

・地表の土を、地表の落ち葉なども含めてスコップにすくいカップに入れる。

(採集地点については右ページに地図を記載)

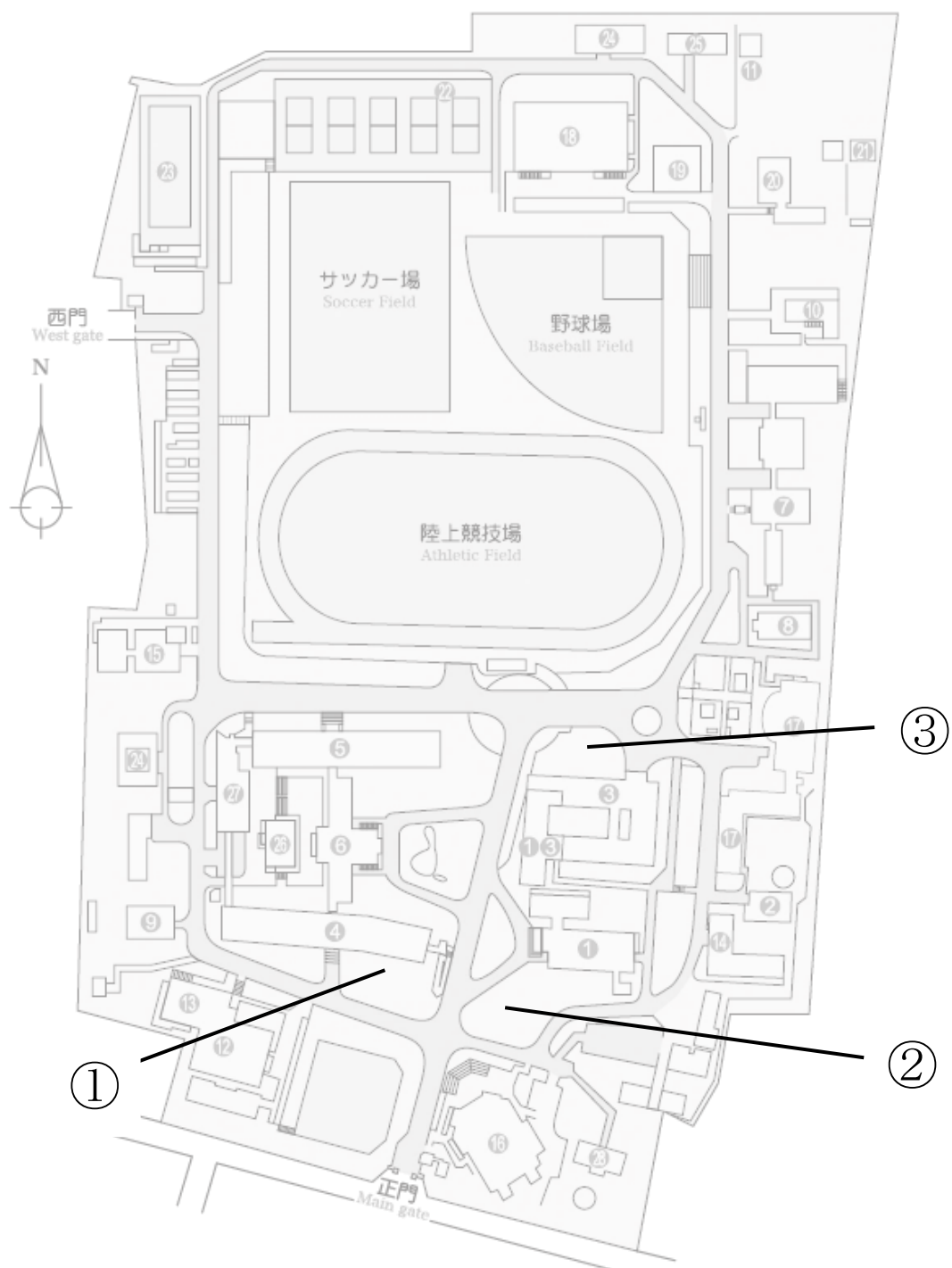
※採集のコツ

・地表に落ち葉などがあればそれごと採集する。土だけを採集するわけではない。

・スコップを垂直に約 10 cm ほど差し、それをそのまま引き起こしてカップに土を運び入れる。土が硬い場合、地表の土を落ち葉ごとすくうようにとる。決してかき回さないように!

(観察メモ)

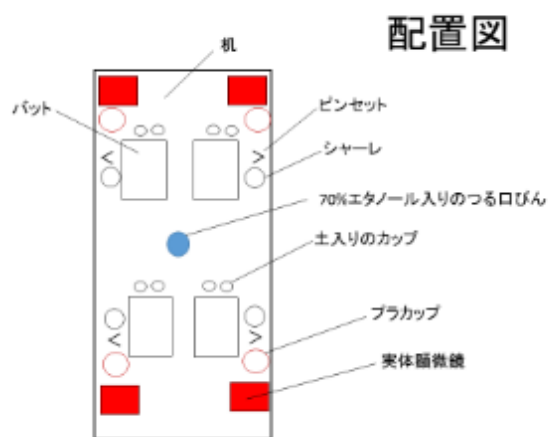
(採集地点)



2. 実験②：採ってきた土を調べよう！

(準備物) ※確認したら□の中にチェック✓を入れよう。

- ☐ バット（コピー用紙付き）：1人あたり1つ
- ☐ ピンセット、シャーレ、プラカップ、実体顕微鏡、ろ紙片：それぞれ1人1つ
- ☐ 採集した土の入ったカップ：1人あたり2つ
- ☐ 70%エタノール入りのつる口びん：班に1つ
- ☐ ポリ手袋：1人1組（使うかどうかは自由。手にケガをしている人は要着用。）



(方法)

- ① バットの中にコピー用紙を敷き、土を広げる。なるべく全体に平らに。
- 1 カップ分ずつやるとやりやすい。また、シャーレにエタノールを容積の半分ほど入れる。プラカップには、生きた土壌動物を入れる（見たい人は）。
- ② 土をジューッと見つめ、動く小動物がいたらピンセットで捕まえ、シャーレに入れる。ピンセットで捕まえにくい場合は、ろ紙片の先端をエタノールにつけ、そこに動物をくっつけて捕まえてみよう。
- ③ 採集したら、採集した動物を顕微鏡で観察する。

- ④ 採集したら、記録用紙の表に採集出来た動物をチェックする。(丸で囲む)
(観察メモ)

3. 採集結果

- ・自分で捕まえた動物を記録したら、班で共有しよう！何種取れただろうか。

☆班で捕まえた動物について・・・

それぞれの動物の_____について調べてみよう。

→種によって_____。

→土の中でも_____がおこっている。(_____)

実践 3 事前アンケート

大学院の修士論文研究の一環である授業実践に関して、以下のアンケートにご協力ください。氏名の記入は不要です。なお、このアンケートで記載された内容は、修士論文研究以外の目的では使用致しません。

1. 土壌動物に関して、現段階において、興味・関心がありますか？

- a. ある b. ない c. わからない

(その理由) ※書ける範囲で結構です。

2. 次の設問を読み、自分の考えに近いものを a～e の中から 1 つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。

- a. そう思う b. どちらかといえばそう思う c. どちらかといえばそう思わない
d. そう思わない e. わからない

- ① 土壌動物について知ること、学ぶことは意義のあることであり、大切なことだ。()
② 土壌動物を自分の目で観察してみたい。()
③ 土壌動物が日々の自分の暮らしに関わりがあり、学ぶことは日常生活に役立つと思う。
()
④ 土壌動物が不気味に感じる。()
⑤ 土壌動物について、積極的に学びたい。()

実践3 事後アンケート

ご協力ありがとうございました。授業を受けたうえで、以下のアンケートにご協力ください。氏名の記入は不要です。

なお、このアンケートで記載された内容は、修士論文研究以外の目的では使用致しません。

(興味・関心について)

1. 土壌動物について、授業を受ける前から興味・関心はありましたか？

- a. あった b. なかった

(その理由) ※書ける範囲で結構です

--

2. 授業を受けて、土壌動物について興味・関心は生じましたか？

- a. 生じた b. 生じなかった c. むしろ興味が失せた

(その理由) ※書ける範囲で結構です

--

3. 授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？あれば、理由とともに記載してください。

--

(授業について)

4. 授業において、楽しいと感じたり、充実感があったと考えられる瞬間はありましたか？あれば記載して下さい。

5. 授業を受けていて、苦勞した点やわかりにくかった点等があれば遠慮無く記載して下さい。

6. 過去に土壌動物や土壌を調査したり、学んだ経験はありますか？あればどのような機会だったか記載してください。

ご協力ありがとうございました。

(第 4-5 回実践)

本時のテーマ： **土の中の色々な動物を探してみよう**

1. 実験

(準備物) ※1 人分を表記

- ・ バット (コピー用紙付き) : 1 人あたり 1 つ
- ・ ピンセット、シャーレ、プラカップ、ルーペ、ろ紙片 : 1 人あたり 1 つ
- ・ 採集した土の入ったカップ : 1 人あたり 1 つ
- ・ ポリ手袋 : 1 人 1 組 (使うかどうかは自由)

(方法)

- ① バットの中にコピー用紙を敷き、土を広げる。なるべく全体に平らに。
 - ② シャーレにエタノールを半分ほど入れる。プラカップには、生きた土壌動物を入れる (見たい人は)。
- 土をじっくりと見つめ、小動物がいたらピンセットで捕まえ、シャーレに入れる。ろ紙片の先端をエタノールにつけ、そこに動物をくっつけて捕まえてみてもよい。
- ③ 採集した動物をルーペで観察する。
 - ④ 記録用紙の表の中で、見つけた動物を丸で囲む。

2. 採集結果

- ・自分で見つけた動物は、○で囲みましょう。
- ・班の他の人が見つけた動物は、□で囲みましょう。

(見つけた動物)

図 (省略、青木 2005 から抜粋)

授業を受けたうえで、以下のアンケートにご協力ください。氏名の記入は不要です。

なお、このアンケートで記載された内容は、修士論文研究以外の目的では使用致しません。

(このアンケートは、表・裏の2ページにわたって設問があります。忘れずに回答して頂きますようよろしくお願いします。)

(土壌動物とは？)

「土壌中で生活する生物」の総称。土壌中において、有機物の分解等の活動を行っている。身近な物では、アリやダンゴムシ、ミミズなどが挙げられる。

(興味・関心について)

1. 土壌動物について、授業を受ける前に比べて興味・関心はわきましたか？

- a. わいた b. わかなかった c. むしろ興味が失せた

(その理由) ※書ける範囲で結構です

--

2. 次の設問を読み、自分の考えに近いものを a～e の中から 1 つ選んで、設問文の後にある括弧内に記号を記入して下さい。

- a. そう思う b. どちらかといえばそう思う c. どちらかといえばそう思わない
d. そう思わない e. わからない

- ① 授業を受けて、土壌動物について知ること、学ぶことは意義のあることであり、大切なことだと感じた。()
- ② 機会があれば、土壌動物を自分の目で観察してみたい。()
- ③ 土壌動物が日々の自分の暮らしに関わりがあり、学ぶことは日常生活に役立つと思う。()
- ④土壌動物について、もっと知りたい、学びたいと思う。()
- ⑤土壌動物について学んだり、観察したりすることは気が引ける。()

(授業について)

3. 授業において、最も興味・関心が喚起された内容がありますか？

a. 講義中 b. 実験中 c. その他 ()

(その理由) ※書ける範囲で結構です

--

4. 授業の感想や考えたことなどを書いて下さい。

--

ご協力ありがとうございました。

採集した土壌動物の目録

青木による グループ名	青木の ABC 群	推定される食性	主なサイズ	主に生息 する深さ	観察個体数	
					樹種比較	埋設実験
アリ	C	捕食・屍食	メソ～マクロ	B	149	572
イシムカデ	B	捕食	マクロ	F	17	26
カニムシ	B	捕食	メソ	L	11	21
ガの幼虫	B	落葉食	マクロ	?	3	0
カマアシムシ	—	?	メソ	HA	1	0
クモ	C	捕食	メソ～マクロ	LF	19	28
甲虫	B	捕食・屍食・落葉食・菌食	マクロ	?	3	10
甲虫の幼虫	B	捕食・屍食・落葉食・菌食	マクロ	HA	8	6
ザトウムシ	A	捕食・屍食	メソ～マクロ	LF	1	0
ジムカデ	A	捕食	マクロ	HA	1	2
ダニ	C	捕食・落葉食	メソ	F	206	112
ダンゴムシ	C	屍食・落葉食	マクロ	L	35	23
トビムシ	C	落葉食	メソ	LF	53	85
ハエ目の幼虫	C	屍食・落葉食	メソ～マクロ	F	5	4
ユスリカの幼虫	C	?	ミクロ	?	1	4
ハチの仲間	—	?	メソ	L	1	4
ハネカクシ	C	捕食	マクロ	F	1	0
ヒメミミズ	C	落葉食	マクロ	LFHA	48	104
フナムシ・ワラジムシ	B	落葉食	マクロ	LF	11	7
ヤスデ	A	落葉食	マクロ	F	0	2

略号については 2 章参照。動物の性質は青木（1973, 2005）による。

学内で発見された土壌動物（実験外で採集されたものを含む）

I 環形動物 ヒメミミズ類



II ムカデ綱

II-1 ムカデ綱イシムカデ類



Ⅱ-1 ムカデ綱イシムカデ類 (続)



Ⅱ-2 ムカデ綱オオムカデ類



Ⅱ-3 ムカデ綱ジムカデ類



Ⅱ-4 不明なムカデ綱

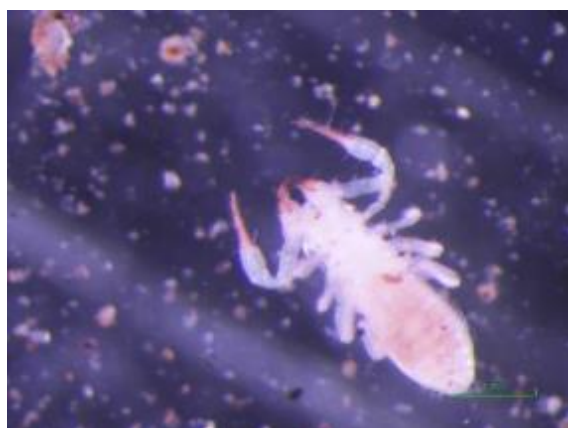
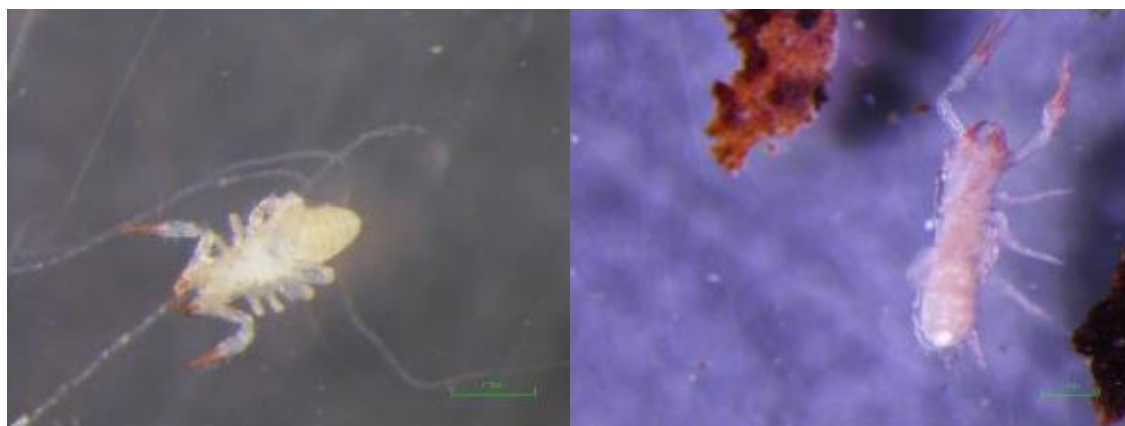
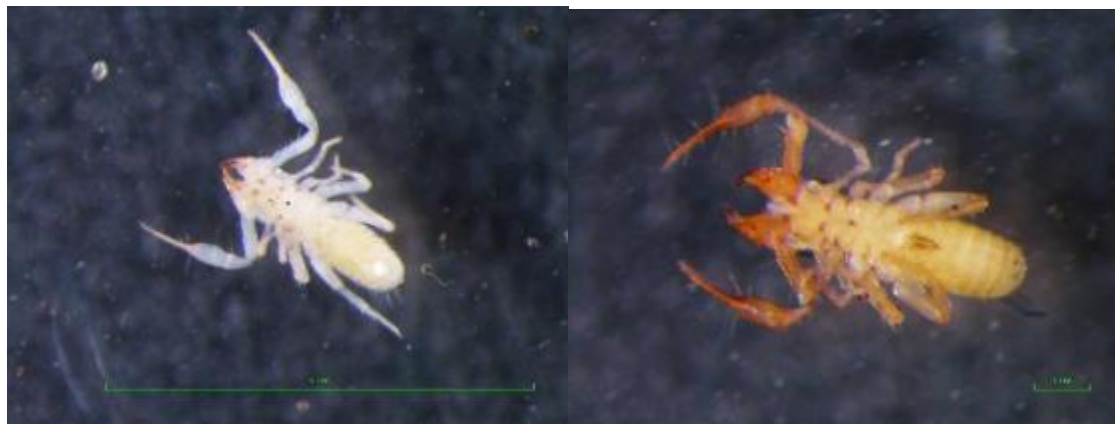


Ⅲ ヤスデ綱



IV クモ綱

IV-1 クモ綱カニムシ類



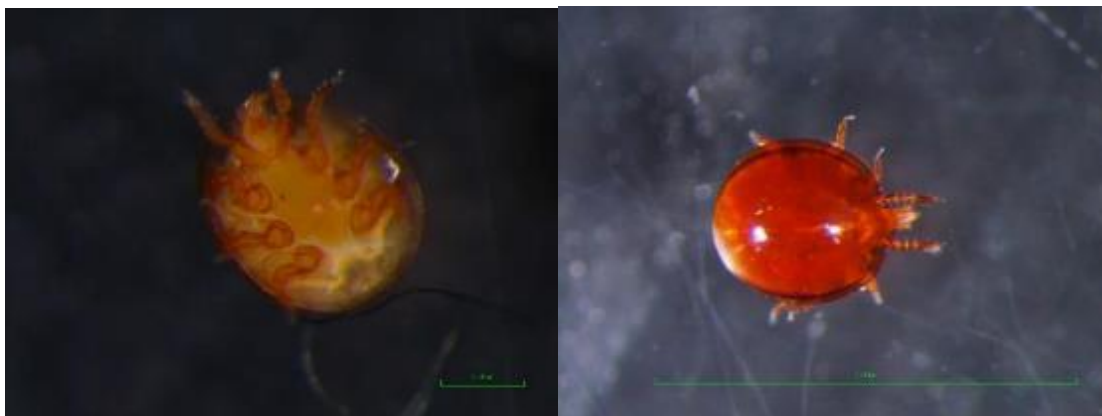
IV-2 クモ綱クモ類



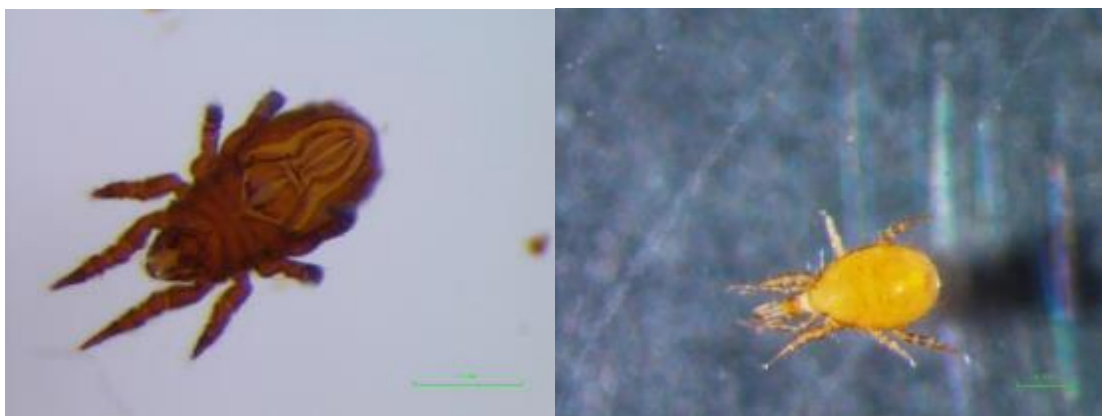
IV-2 クモ綱クモ類 (続)



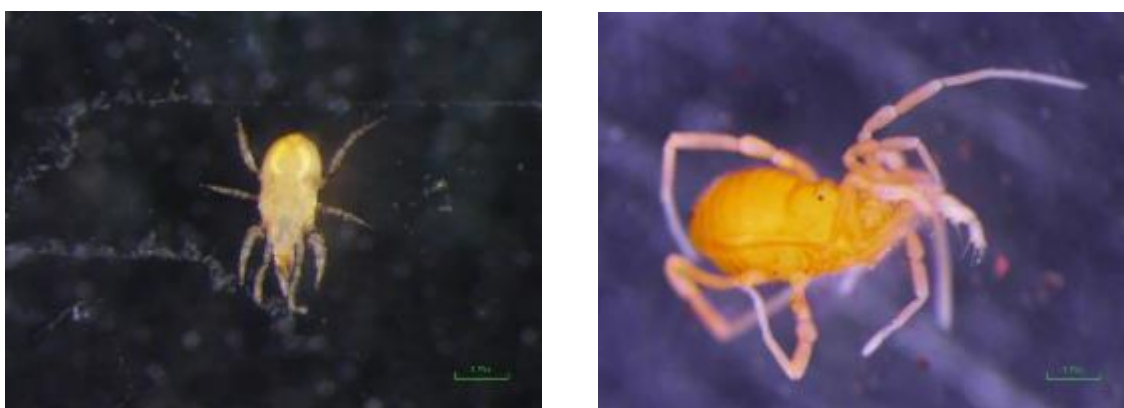
IV-3 クモ綱ダニ類- ササラダニ類



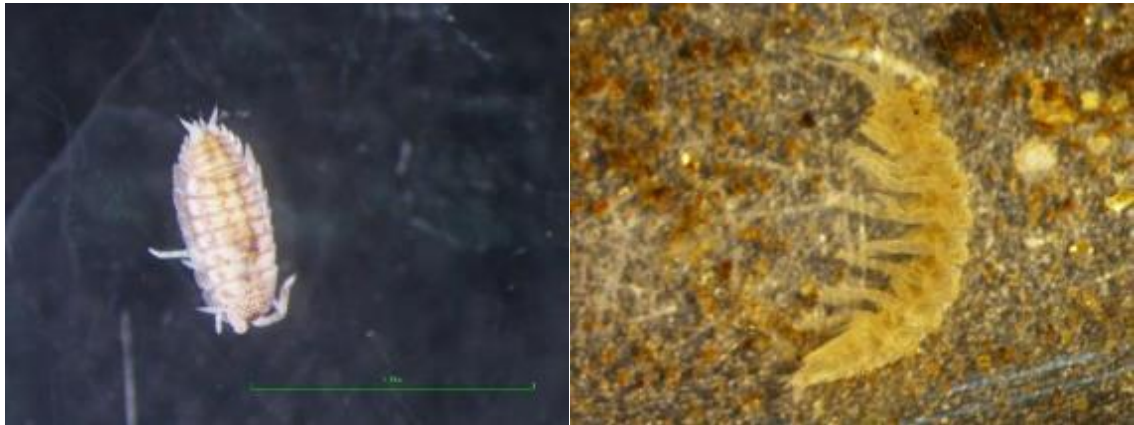
IV-4 クモ綱その他のダニ類



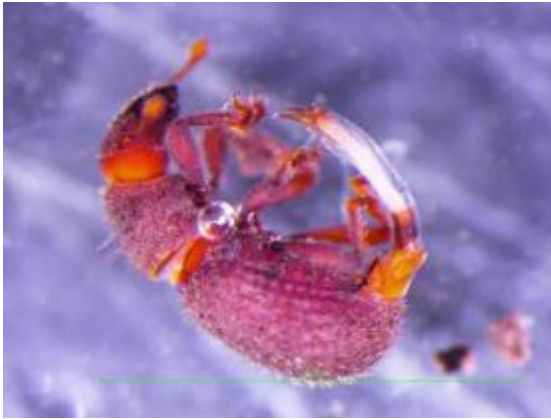
IV-5 クモ綱 ザトウムシ類



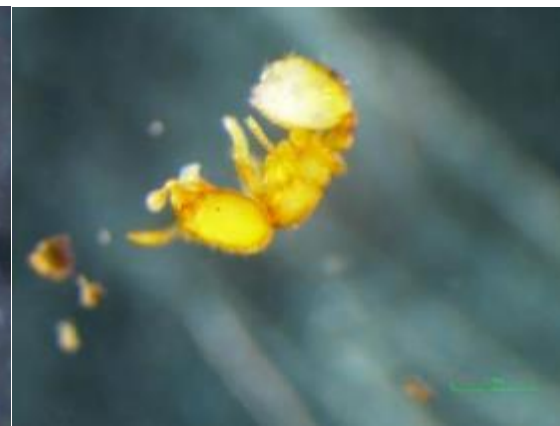
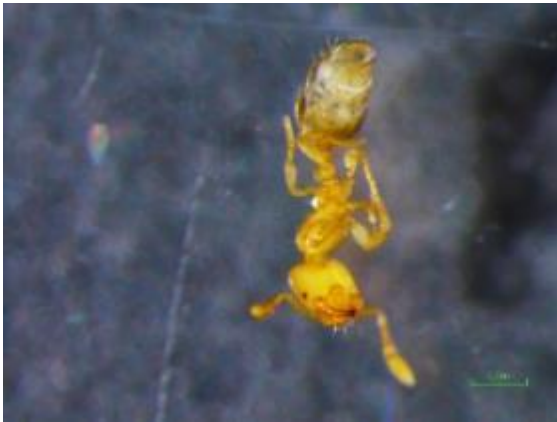
V 甲殻綱 ワラジムシ・フナムシ類



VI 六脚上綱 内顎綱 トビムシ類



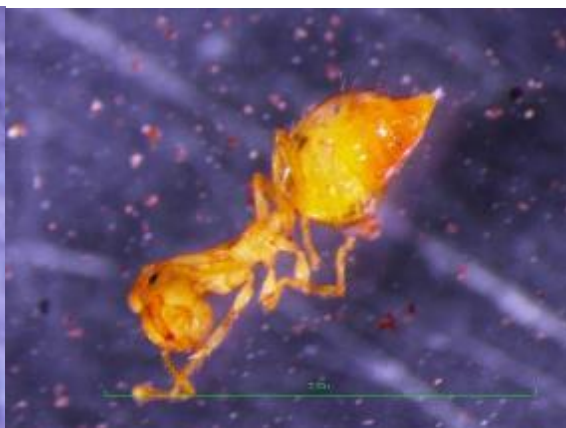
VII 昆虫綱ハチ目アリ科



VII 昆虫綱ハチ目アリ科 (続)



(ハリアリ属?)



(シリアゲアリ属)



(画面右：ウロコアリ属)

VIII 昆虫綱コウチュウ目



ハネカクシ類



ハネカクシ類



ハナノミ類



VIII 昆虫綱コウチュウ目（続）



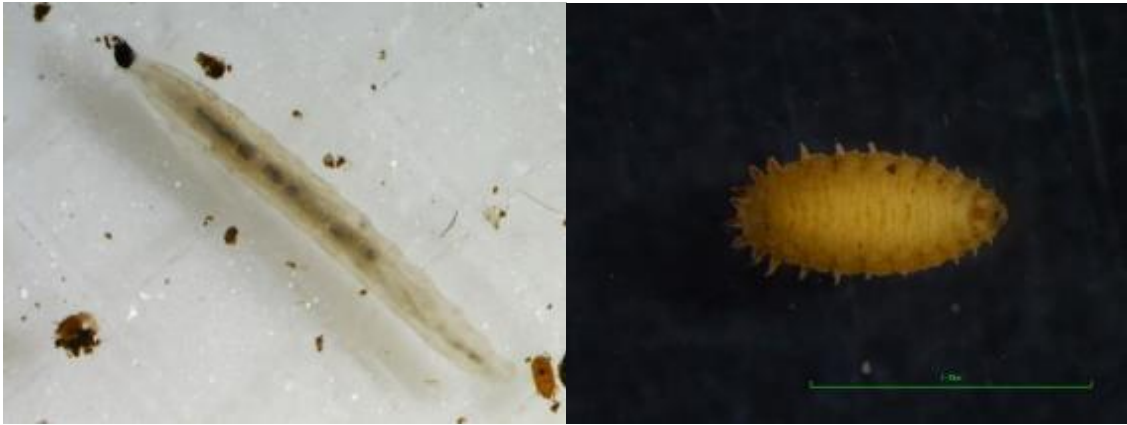
ハナノミ類幼虫？

ハナノミ類幼虫？

IX 昆虫綱 カメムシ目



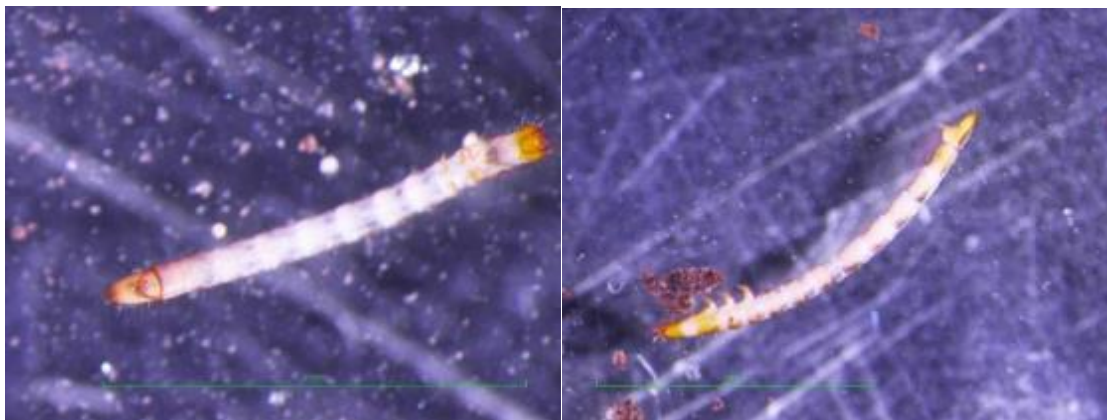
X 昆虫綱 ハエ目



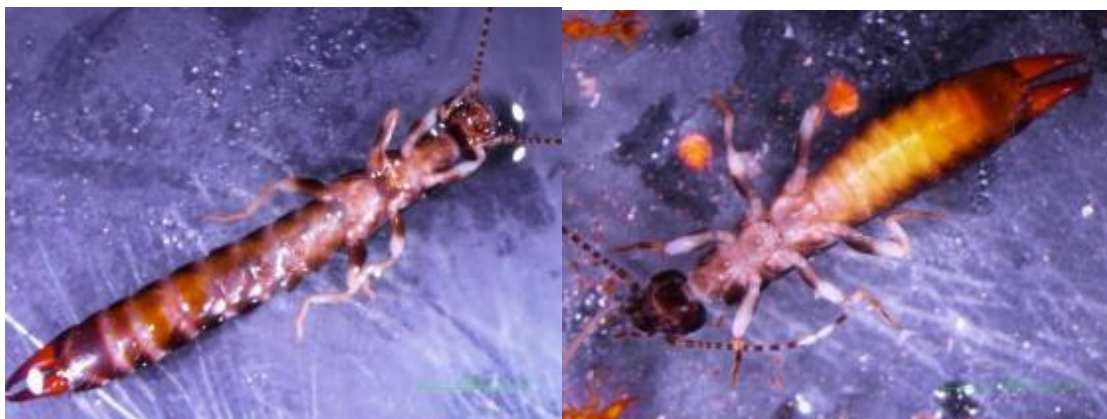
ユスリカ科



XI 昆虫綱 トビケラ目? もしくはコウチュウ目?



XII 昆虫綱 ハサミムシ目



第1回実践 6月12日

録音機(ID)	発言	時間
①	うお、でけえ！ミミズや！ 楽しい！ アリにも赤いのと黒いのがおるなあ どこにおったん？って感じで出てくる よく見たらモゾモゾしとるわ	5:43 7:45 8:40 11:09 25:38:00
②	うにゆうにゆしたやつおる アリや！ 白いくねくねしてるやつがいる めっちゃとぶやつがいる ムカデのちっこいのがいる 案外割というなあ	5:43 5:49 7:07 16:01 17:03 28:01:00
③	意外なところから出てくるなあ 意外にすばしっこい！ 意外と小さいのばっか 意外と土の塊割ったら出てくる こいつのおなかに何はいつてんの？	5:36 6:12 7:34 12:02 25:43:00

第2回実践 6月21日

録音機(ID)	発言	時間
①		
②	こいつら住処って一緒なん？ 自然度が高かったら、動物って絶対おるんか？	35:04:00 42:07:00
③		

第3回実践

録音機(ID)	発言	時間
①	あ、ありんこ！	0:37
	え、これかき混ぜて良いのかな？	1:04
	死骸でも良いのか？	1:14
	うすく広げた方が良いのかな？	1:23
	固まってるときは崩しても良いのかな？	1:28
	なんかじっと見たらなんかいる	6:06
	なんかドングリの中を開けてみたい	8:07
	意外に楽しい	8:51
	(雑談、および授業の説明)	
	精神力が削られる	13:27
	これどうやって使うん？	28:08:00
	指紋って案外バッキバキなんやなあ	32:02:00
	番号に当てはまるやつがないねんけど	38:27:00
	ドアップでみたら意外と気持ち悪い	41:12:00
②	俺ゴキブリ観察したくないなあ	2:49
	あ、動いてる！	3:33
	え、ミミズもしかして！？	3:35
	もーほんまに嫌やー	3:57
	嫌や、気持ち悪い！！	4:18
	でっかいムシはエタノールに入れちゃっていいですか	6:01
	もうつぶしたい……	6:11
	死骸でもいいんすか??	11:02
	キメ細かいわあ	30:20:00
	面白いけどやっぱりフォルムが気持ち悪いなあ	39:13:00
	えー、すごい。俺もみたい	53:46:00

第3回実践(続)

録音機 (ID)	発言	時間
③	あ、ありんこ！	1:50
	あ、なんかおった！	3:59
	ちっちゃいのは捕まえにくいなあ	11:35
	なんかこの硬い粘土の中におりそう	14:44
	あ、なんかおったよ、隙間に	14:49
	ちっちゃくなって出てきた	16:39
	なんか寄生虫みたいなんがいっぱいおるわ	19:07
	こんなんってんねや	33:36:00
	なんか変な臭いせーへん？	39:21:00
	気持ち悪！これムカデやん！	42:36:00
	なんか草履みたいなやつおるなあ	44:46:00
④	これ薄く広げた方がいいのかなあ	1:21
	固まってるときって崩していいのかなあ	1:32
	これ場所によるよね？	5:11
	ちょーちっさすぎて無理やったわ	9:31
	これ精神力が削られる	13:26
	1匹捕まえたらもうギブ	15:40
	こーやってシミって広がるんや	29:56:00
	こんな指紋って割れてんの？	31:54:00
⑤	これ手で捕まえるのはありなんですか？	7:49
	え、ケータイってこう見ると汚いなあ	32:31:00
⑥	うおっ、死骸がある！	2:30
	キモい！！	4:10
	よっしゃあ、捕まえたあ！	7:35
	なんかめっちゃ楽しい	10:30
	なんかカブトムシの幼虫みたいなんおるわ	14:57
	うわ、ムカデやん！！	42:42:00

第4回実践 10月31日

録音機(ID)	発言(口調から感じる感情)	時間
①	崩したほうが良いのですか？(疑問)	1.14
	でかいミミズが・・・(困惑)	1.25
	これって土壤動物に含めて良いのですか？(困惑)	1.34
	うわ、いっぱいいる！(驚愕)	1.54
	土壤動物、全部同じに見える(楽しそうに)	2.01
	ミミズを殺すのに抵抗があるのですが、このままでも大丈夫ですか？	2.18
	とれた！(喜び)	2.28
	わ、なんか逃げてる！(驚き)	2.44
	動きが速い・・・	2.49
	でっかい！(驚きとやや喜び？)	3.13
	これ・・・クモじゃないよな・・・？(疑問)	3.51
	なんかこれ・・・塊が・・・崩れない(困惑)	4.01
	うお！ナニコレ！(驚き)	4.19
	これ・・・ミミズなんかな？(困惑)	4.44
	きれいになったら見えていたような・・・(喜び？)	5.29
	先生ムシがくっつかないです(困惑)	5.49
	土っていうより石が多いなあ・・・(困惑)	6.32
	あ！逃げてる(驚き)	6.39
	これ根っこです(困惑)	7.13
	これフナムシみたいです(やや喜び？)	7.16
	さっき捕まえたアリがいないんですけど・・・(困惑)	7.22
	アリいっぱいいる！(喜び)	7.32
	いない・・・(悲哀)	8.37
	なんか抜け殻が入ってました！(驚き)	9.05
	なんか出てきた！(驚き)	9.47
	ミミズが元気良すぎるんですけど・・・(困惑と喜び？)	9.51
	あ、なんかいた！(喜び)	9.54
	ほんとにびっくりしました(驚き)	9.58
	この赤いのは何ですか？	9.59
	クモの巣出てきた(困惑)	10.25
	なんかいないです(困惑)	10.57
	学習してる(楽しそうに)	11.14

第3回実践 10月31日（続）

録音機(ID)	発言(口調から感じる感情)	時間
	逃げ出しそうです(楽しそうに)	11.44
	おっきいのとちっさいのがあるんですが・・(疑問)	13.58
	捕まえた覚えのないものが・・・(困惑)	15.36
	なんかカニっぽい奴が・・・	16.23
	この中に似てるのがいっぱいありすぎて・・・(困惑)	17.11
	なんかもじゃもじゃしている奴がいる・・(困惑?)	19.39
	アリって羽の生えてるやつと生えてないやつがいるんですか?(疑問)	20.43
	毛虫みたいなんがいて・・・(困惑)	23.31

第 5 回実践(2018 年 11 月 6 日)

録音機(ID)	発言(口調から感じる感情)	時間
①	おるってほどはおらんなあ(落胆?)	1.36
	エタノール漬けにしたったわ(楽しそうに)	2.02
	そんなおらへんなあ(落胆?)	2.27
	うぜえこいつ(怒り?)	2.39
	勝負しようぜ(不敵)	2.57
	死んでるやつどうすんの?	3.09
	全然おらんねんけど!(いらだち?)	4.02
	ダンゴムシ足はよい!(驚き)	4.32
	すばしっこいなあ(驚き)	5.07
	え!飛んでんけど!(驚き)	5.13
	でかめのやつがおらんなあ(落胆)	7.31
	おら一ん!(いらだちと焦り?)	8.25
	なんか巻貝おる(驚き)	8.43
	土がいっぱいはいっても一たわ(楽しそうに)	14.17
	もっと観察のしがいのあるやつおらんかな(期待)	15.47
	なんかジャンプするやつおる(驚き)	19.47
	エビみたいな形のやつおるで!(驚き)	20.17
	だまになってる土多いなあ(若干のいらだち?)	21.26
	巻貝あるやん!(驚き)	24.58
	何こいつ!?(驚き)	31.33
	カニムシおるやん!(驚き)	33.17
	食べ物って段階で変わらんのん?(疑問)	40.51
	リクガイってそんなんいんの!?(驚き)	48.28
②	ムカデみたいなやつ 2 匹おんねんけど(驚き?)	0.21
	ミールワームみたいなやつおるな(驚き?)	1.17
	ダンゴムシみたいなんおった(喜び)	4.11
	めっちゃあしはよい(驚き)	4.19
	キモイ(困惑)	5.05
	めっちゃ飛ぶやん(驚き)	5.53
	巻貝あんねんけど!(驚き)	8.33
	ルーペの見方がわからん(困惑)	15.04
	カニムシがおらん(悲しみ)	16.46

第5回実践（2018年11月6日）（続）

録音機(ID)	発言(口調から感じる感情)	時間
	巻貝あるで(歓喜)	24.43
	触角で見分けてみる?(期待)	26.25
	貝!?ええなあ(羨望?)	30.01
	カニムシが見たい(期待)	31.02
	トビムシってなんのために飛ぶんやろう?(疑問)	41.58
	ヤスデってこんな見た目で草食ってんのか(驚き)	45.58
	リクガイが落ち葉やとは思わなかったわ(驚き)	46.07
③	白いのいっぱいおる(歓喜と驚き)	1.36
	白いのこっちはあんまおらんなあ(落胆)	1.57
	なんか赤いやつおる(無感情)	10.14
	ムカデほしいなあ(願望)	10.28
	ジムカデ見つけた!(歓喜)	21.21
	<u>ムカデはほかの動物食べれるでしょ!(疑問)</u>	<u>40.01</u>
④	なんかプルプルしてるやつがいる(驚き)	5.59
	めっちゃ赤いやつおったわ(驚き)	9.13
	生命力すごい!(驚き)	9.44
	昆虫って足出てんのは胸からやっけ?	19.24
	カニムシおったわ!(喜び)	31.31
	この白いのと黒いのが見つかったよ!(喜び)	31.49
⑤	木の根と動物がわかりにくい(困惑)	14.53
	赤い奴なんやこれ?(困惑)	17.45
	探し方の工夫とかでけんの?(疑問)	35.13
	アリはほかの動物くうやろ(無感情)	42.45
	ダニがわからん(困惑)	42.52
⑥	めっちゃとぶやんこいつ(驚き)	5.39
	ハチの幼虫おるわ(驚き)	15.24
	うおう、ミミズや!(驚き)	21.07
	赤色の虫がおったよ(喜び)	29.54
	でか!きも!(恐れ)	30.41
	いっこいっこ分けていこう!(希望)	39.42

第 1～2 回実践スライド資料 (1)

土壌動物を探してみよう

授業実践第1回
授業内容想定：中学3年生

Q1. 落ち葉はどこへ行ったのか？？？

→ 腐かく分解されてしまった。

Q2. 落ち葉が無くなった理由は？？？

→ 土壌動物によって分解された。

突然ですが・・・



土壌動物とは？

・土壌動物とは、「土壌中で生活する生物の総称」である。

→ 土壌の中で生活し、生態系を形成している。

・2つの写真の違いは？(季節以外で)

→ 落ち葉が無くなっている！

土壌動物の例



ミミズ



ダンゴムシ

♪ 2人5組で観察し、2分間の観察メモ

第 1～2 回実践スライド資料 (2)

実験:実際に観察してみよう

- ・土壌動物を捕まえてみよう!

実験手順

- ①バットの中にコビー形紙を置き、土を盛り上げる。なるべく全面に空気に、1カップ分ずつやるとやりやすい。また、シャーレにエタノールを底層の半分ほど入れる。ブラカップには、当きた土壌動物を入れる(見たいい人は)。
- ②土をグーッと見つめ、動く小動物がいいたらピンセットで捕まえ、シャーレに入れる。

実験の準備(5分)

- ① バット:1人あたり1つ
- ② ピンセット、シャーレ、ブラカップ:それぞれ1人1つ
- ③ 土を入ったカップ:1人あたり2つ(例:1皿の人(※①)のカップを2つずつ)
- ④ 虫体顕微鏡、25mlエタノール入りのチューブ:1班に1つ
- ⑤ 観察玉袋:1人1個(使うかどうかは自由)

実験手順

- ③ 採集したら、採集した動物を顕微鏡で観察する。
- ④ 採集したら、配用紙の表に採集出来た動物をチェックする。(丸で囲む)

配置図



注意点

- ・ピンセットでバットの底をガリガリ掘らないように(傷がついてしまう)
- ・動物を逃くつまみすぎないこと(つぶれてしまう)

第 1～2 回実践スライド資料 (3)

実験開始！(15分)

班で共有(5分)

- ・自分で採った動物を記録した。
- 班でどんな動物が見つかったか共有してみよう。

観察開始(10分)

- ・気体透過器の代わりにルーペを用いても良い
(ルーペは中央テーブルの全面のバット内にある。1人1つ)

採集結果に注目して

- 採集結果を記録したら、今から示す表を用いて、班で見つけた土壌動物についての点数の計算をしてみよう。

採集結果

- ・どのような動物が観察出来たか？
- 観察出来た動物をプリントに記録してみよう！

グループ (15分)	グループ (15分)	グループ (15分)

第 1～2 回実践スライド資料 (4)

計算例

点数を計算してみよう(3分)



計算した点数で何が分かるか？

・プリントの裏から分かる点数の意味は何だろう？

→ 採れた動物で、

「自然の豊かさ」

が分かる。

計算方法

Aグループの採れた種が2種、Bグループの採れた種が3種、Cグループの採れた種が1種

→ $5 \times 2 + 3 \times 3 + 1 \times 1 = 20$ (点)

つまり何がわかるのか？

・点数が高ければ高いほど、「自然に手が入っていない」ことがわかる。

(目安)

60～75点: 自然が保たれた自然林・神社林

55～60点: 成熟した雑木林

35～45点: 人工林

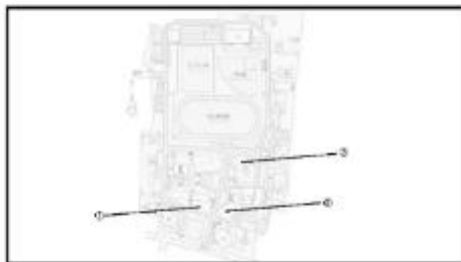
25～35点: 公園、人家の庭

15～20点: 町中の緑地込み

第 1～2 回実践スライド資料 (5)

種明かし

- ・それぞれの土について
- ♪ どこで採った土なのか？



第 1～2 回実践スライド資料 (6)



参考・引用文献

- ・『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』
青木洋一, 2009年 合同出版



アンケートにご協力お願いします

まとめ ～今回やったこと～

- ・土壌動物の働きについて整理する
- ・実際に土壌動物を観察する経験を積む
- ・土壌動物の有無から、その土壌の自然の豊かさがの違いがあることに気づく。

第3回実践スライド資料 (1)

土壌動物を探してみよう

調査実践21回
調査対象地: 中学1年生

Q. 落ち葉はどこへ???

- ・いつの間にか季節が変われば落ち葉は消えている。
- どこに消えたのか??
- 細かく分解されてしまった。

突然ですが...



分解とは?

- ・地上や土中の有機物(落ち葉や生物の死骸など)を、土中に生息する土壌動物が食べて細かくする。

- ・2つの写真の違いは? (季節以外で)
- 落ち葉がなくなっている。

土壌動物とは?

- ・土壌動物とは、「土壌中で生活する生物の総称」である。

第3回実践スライド資料 (2)

分解とは？

・地表や土中の有機物(落ち葉や生物の死骸など)を、土中に生息する土壌動物が食べて壊かくする。

→ その動物が糞をしたり、死骸となったりすることで、栄養素が土中に分散・循環し、土壌中の栄養が豊かになる(土が肥える)。

実験①: 土を採集しよう！

土壌動物の例



ミミズ



ダンゴムシ

→ 小さな動物を多く見つけることができます

採集地点

今日のテーマ: 実際に観察してみよう

・土壌動物を探してみよう！



第3回実践スライド資料(3)

班での準備物

- ① スコップ: 班に人数分
- ② カップ: 1人1つ
- ③ 水分補給用の飲み物、帽子: 各自で準備(熱中症に注意!!)
- ④ 養生: 1人1紙(安全確保のため)
- ⑤ 筆記用具、探索プリントNo.1: 各自で準備

採集から戻ったら

- ・軍手は箱のポリ袋に入れる。
- ・手を洗おう。

土の採集方法

- ・地表の土を、地表の落ち葉なども含めてスコップですくいカップに入れる。
- ・スコップを地面に約10cmほど差し、それをそのまま引き起こしてカップに土を運び入れる。土が硬くて道具が刺さらない場合、浅いところの土を落ち葉ごとすくうようにとる。**かき混ぜないように!**

いったん休憩しよう(10分)

採集に行こう!

- ・それぞれの地点に陣取り行く。

実験②: 土壌動物を採集しよう!

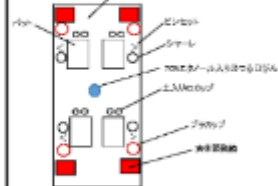
第3回実践スライド資料 (4)

実験の準備(7分)

- ① パンとカレーは値段が1人あたり1つ
② ビンヤード、シャール、プリアップ、金魚旗、金魚旗、それぞれ1人1つ
③ 原稿したものを1人あたり1人あたり1つ
④ 2人あたり1人あたり1人あたり1つ
⑤ 料理手は1人1人
(使わなければならない、手に分けて持っている人は必要、)

実験開始！（15分）

配置図



土壌動物の名前を調べる手順

- ② 記号用紙の巻の中で、見つけた動物を丸で囲む。

動物の採集の手順

- ① ノートの中にコピー用紙を敷き、まきおける。なるべく金皿にせに。
1カップ分ずつやりやう。また、シャーレにエタノールを適量の半量
ほど入れる。プラカップには、生きた土壌動物を入れる(見た人はい)。
- ② エタノールとつけたて、動く小動物がいたらピンセットで捕まえ、シャーレに
入れる。ピンセットで捕まえにくい場合は、足指の皮膚をエタノールにつけ、
そこに動物をくっつけて捕まえよう。

実体顕微鏡を使う練習をしよう

第3回実践スライド資料 (5)

※実体顕微鏡について

- ・種類によっては、倍率が変えられないものがある。
 - 観察しにくい場合は、班内で他の顕微鏡を交代で使って観察するよう協力を。
- ・ライトが付随していない顕微鏡もあるので、その顕微鏡を使うときには台の下からライトを持ってくるように。

採集結果

いったん練習しよう(5分)

- ・自分の指紋を実体顕微鏡で見よう。
- ピントの合わせ方を練習しよう。

班で共有(7分)

- ・自分で採った動物を記録した。
 - 班でどんな動物が見つけたか共有してみよう。
 - 何種取れたかな？

観察開始(15分)

班で捕まえた動物について

- ・それぞれの動物の食べ物を記録用紙についているプリントから調べよう。

第3回実践スライド資料 (6)

- 種によって食べ物が異なる！（落ち葉を食べる種だけじゃない！）
- 土の中でも食べ物の循環がおこっている。（生態系が形成されている）

後片付け

- ・バットは班で重ねて持ってくる。コピー用紙は別でまとめる。
- ・ピンセットは中央の机のカップ内に先を上に入れて入れること。
- ・シャーレやブラカップも班でバット内に入れて持ってくる。

まとめ ～今回やったこと～

- ・土壌動物の働きについて整理する。
- ・実際に土壌動物を自分で観察する経験を積む。
- ・土壌動物の食べものの観点から、生態系の形成について知る。

参考・引用文献

- ・『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, 2009年 合同出版

第 4～5 回実践スライド資料 (1)

ワークシートを配ります



土の中の動物の例



動物の採集の手順

- ① バットの中にコピー用紙を敷き、土を広げる。なるべく全体に平らに。
- ② シヤーレにエタノールを半分ほど入れる。ジラカップには、生きた土
居動物を入れる(見たい人は)。

実験の準備(5分)

- ・土をじっくりと見つめ、小動物がいたらピンセットでつまみ、シヤーレ
に入れる。ろ紙片の先端をエタノールにつけ。そこに動物をくっつけ
てつまみ、みてもいい。

第 4～5 回実践スライド資料 (2)

はじめに

- ・今日は実験を行います。土を直接触りたくない人、もしくは手にけがをしている人は、実験室の窓際にあるポリ手袋を準備してください。
- ・机の上の実験道具はまだ乾らないでください。

2つの写真の違いは？(季節以外で)




落ち葉が消えた！

班分け

○ ①	○ ③	○ ⑤	○ ⑦
○ ②	○ ④	○ ⑥	○ ⑧

どこへ行ったのだろう??

- ・落ち葉はどこへ行ったのだろう??
- ・土の中の動物に食べられてしまったのではない??

土の中の色々な動物を探してみよう

授業実習係

授業実習室 中学3年生

実験: 色々な土の中の動物を採集・同定する

第 4～5 回実践スライド資料 (3)

採集結果について ・捕まえた土壌動物は、 何を食べてるのか？	プリントを配ります
プリントを配ります	配布された表で調べてみよう(5分) ・予想と比較して、どうだったかな？
食べ物で分類してみよう！！(5分) ・どんな食べ物を食べているのか予想してみよう。 → 班で1枚のシートに予想をまとめてみよう！	採集した動物に注目して ・土の中には、 ① 落ち葉を食べる動物 ② 動物の糞を食べる動物 ③ 動物の糞の排泄物を食べる動物 が存在する。

第 4～5 回実践スライド資料 (4)

実験開始！(10分)

- ・質問がある場合は挙手しましょう。

土壌動物の名前を調べる手順

- ④ 記録用紙の表の中で、見つけた動物を丸で囲む。

土壌動物の名前を調べる手順

- ③ 採集した動物をルーペで観察する。

採集結果を班で共有しよう(7分)

- ・自分が見つけられなかった動物が班内であれば、見せてもらおう！

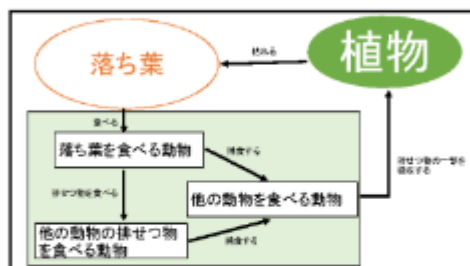
観察開始(10分)

- ・動物たちの体はどんな形をしているだろうか？どんな特徴があるだろうか？
- ・質問がある場合は挙手しましょう。

採集結果を振り返ろう

- ・どんな動物が観察出来たか？

第 4～5 回実践スライド資料 (5)



本日の授業はこれにて終了です
ご協力ありがとうございました。

土の中の動物の関わり合いについて
これからくわしく勉強していくことになります。

授業後のアンケートにご協力ください
解散後、手を洗うようよろしくお願いします。

後片付け

- ・バット内の土は1つのバットにまとめる。
- ・ピンセットやシャーレやブラカップ、ろ紙片など、使った道具ごとに1つのバットにまとめる。

各授業実践での授業アンケートの回答

・第1回実践（6月12日）

問	回答
1	b 虫が嫌いなので。モグラとかは好きです。
	b 気持ち悪いイメージがあるから。
	a 土を掘ったらいろいろな動物がウヨウヨしていたのは経験上知っていたから。単純に生き物が好き。
	a 自分のあまり知らない分野だったから。
	b 普段目にすることがないし、小さい虫とかに興味がないから。
	b 観察の機会があまりなかった。知らない虫ばかりで判別が難しそう。普段目に入らない。
	b 普段あまり目にしないため。
	a 昔から土の中の生き物を見たり正直気持ち悪い動物を見たりすることに抵抗はなかったから。普段意識しないと見ない小さな動物を見たかったから。
	a 見ていて面白いアリとかをよく見る。気持ち悪いけど見たい、というような感情がある。
	b 汚いモノがあまり好きでなかったから。遠くから見るのは好きだが、土壌より木にいる虫とかの方が興味がある。
	a 生物学特論で土壌動物について調べていたため
2	a リクガイとか虫以外にも存在するのか！という発見があった。意外に多くの生き物がすんでて面白かったです。
	b やっぱ気持ち悪いから
	a 知らない動物がたくさんいたから。土によっている種類が違ったのが面白いと思ったから。
	a 自分の思っていたよりも多様な形態の生物がいたから。
	b もっと探したいとは思わなかったから。小さすぎて、実体顕微鏡を使ってもよくわからなかったから。
	a 環境との関連に興味があった。点数の得点がどのような規準でついているのか知りたくなった。紙コップ2杯でこんなにたくさんの生物が見ることができた。
	b 見つけることがひとくろう。土の近くに住む生き物であると認識に変化がない。見てて気持ちの良いものではなかった。
	a 普段見ない生き物を見れたから。顕微鏡を使って詳しく構造を見て面白いと思ったから。もっと他の土壌動物の形を見てみたい。

	a 思っていたより数・種類ともに多くの動物を見つけられて驚いたから。
	a 自然の豊かさにはこういった土壌動物の種などによって目安として決めることができるのだなと関心を持ちました。
	a もっと大きくて気持ち悪いと思ったけど、予想と反して細かい生物ばかりで印象が変わったから。
3	自分の手で土壌生物を見つけられた！スライドも見やすかったです。
	あんまり土をじっくりと見たことがないからいろいろな動物がいるとわかった。自然の豊かさにつながるのは面白かった。身近に感じる虫がいらないかなーと探すのは楽しかった
	生き物探しは楽しいです。今回見つけられなかった生物も見つけてみたい。
	実際に自分で生物を探し出すこと。自分で発見して動いているのを見るのはワクワクする。
	落ち葉がなくなるメカニズムを詳しく知りたい（数日おきの定点カメラの写真を見たりしたくなった）。落ち葉がなくなるのはなぜかという問いに対し、土壌動物を探すだけで終わったから
	顕微鏡でもっと観察したくなった。判別が難しい分、スケッチして特徴を整理して観察結果を周りとゆっくり共有したくなった。土壌動物＝分解者のイメージが強いけどミミズなどの生物しか知らなかったから興味が持てた
	土壌に住む動物のそれぞれの役割や特徴について。動物につけられた点数の基準について説明がなかったため、素朴な疑問ですが・・・。
	土を広げて、出てきた動物を捕まえたところ。エタノールに入れて、かわいそうだけれど生き物をじっくり見る時間や動きを見る時間があつたこと。
	土壌動物の姿が面白いと思った。
	自然の豊かさの話のおかげで土壌動物の種の違いまで目が行くようになりました。今までひとくくりにしてしか考えていなかった。
	(無回答)
4	動きがはやい動物をつかまえたとき、うれしかった。実物を見るってやっぱりいいなあと思いました。班の点数関係ないよー、て声かけ安心しました。
	動物が見つかった時。顕微鏡で見えた時。
	動物が見つけられた瞬間。肉眼だと体の構造がはっきりわからない生き物を拡大して見た瞬間。点数の意味を知ったとき。
	大きめの生物を見てつかまえられた時。実体顕微鏡で細部を観察した時。

	探してる間は楽しかった。点数として自然の豊かさ、人の手の入ってなさがわかることは面白かった。
	あった！班員と共有する時に自分と違う生物を見た時。
	色んな動物がたくさんいて、一匹一匹すばやくつかまえるのが大変だった。見れない虫が見られて良かった。
	土をあさぐって生き物を自分で探したこと。班で共有して自分ではつかまえることができなかった生き物を観察することができたこと。
	新しい動物を発見できたときや、顕微鏡を使って細かい部分を見れた時。
	手を動かして土壌動物を探せたこと。自分で観察できたこと。
	観察の時、自分のバットから生物が見つかるとうどんなのがいいたのかとか気になる！みたいになった時。
5	図と本物の生き物を見比べるのが難しかったです。(足が多いものは特に見分けがつかなかったです。) コツとか教えて欲しいです。
	土を自分でとってくるほうがおもしろいと思った。「ここでとってきました。」だけだとふうんで終わってしまいそう。
	トビムシのように捕まえられない動物をどうしたらよいのか。死んでる動物はどうしたらいい。もっと時間欲しい。土半分で良い気もする。
	見つけた生物の同定(図の縮尺がわかりにくい)。ほかの班でどんな動物が見つかったのか共有したかった。(班によって採取地が違うのであればなおさら)
	どの土壌動物なのか判断しかねた(小さすぎて)。棒をカチャカチャしてるのが気になって集中するのに苦労した。
	生物の判別。大体でいいのはわかるけど表の中では似たものも多いので難しかった。自分のプリントには色や特徴を積極的に示して班員と共有することにした。
	小さい動物が捕まえられなかった。説明が長かったです。
	小さな生き物をつかまえること、見つけることに苦労した。
	表に書かれていない動物をチェックする際、判断が難しい動物がいた。点数を出してから、自然の豊かさが土壌の状態(落ち葉の多さなど)によることを気づかせるために採取場所の写真を見せてから子どもに考えさせてもよかったのではないかと思った。
	楽しかったです。なぜ種によって5点、3点、1点という違いがあるのかの証明が軽ーくあったらよかったなと思いました。個人的に気になったので。
	見つけられた動物で25や26は3匹で25,26なので点数の加え方に最初戸惑った。

・第2回実践（6月21日）

問	回答
1	a ダンゴムシなどには幼い頃から興味をもっていたから
	a アリなどどこにでもいるような生き物には興味があった。しかし肉眼では見えにくい生き物は存在自体知らなかった
	b 特に気にかける理由がない。最近土をいじることもなかった。
	b あまり土の中に生き物がいる実感がなかったから。
	b 特に関わりがないから。
	b 目に見えるところないから。
	a 栽培に関する勉強をしていたので土や土壌動物には興味があった。
	a 教育実習で友人が授業をやっているのを見た時に興味をもった。
2	a 自分の知らない土壌動物がたくさんいることがわかったから
	a 多様な生き物が観察できたから
	b 特に大きな変化はなかった。もう少し、自分の生活に沿ったきっかけがあれば興味をもったかもしれません。（自分の地域の豊かさを知ろう。みたいな）
	a 意外にたくさんの生き物がいたから
	a 自然度の指標となっているのは面白い。
	a たくさんの種類がいて、それぞれ生きていることを実感したから。
	a 無回答
	a 見た目は静かに見える土も実際に広げて見てみると、多くの生き物が動いている様子を観察することができ、そのギャップがおもしろかった。
3	土壌動物を探す時間。見つけてつかまえられる時のうれしさ。もっと見てみたいという気持ちになった。
	生き物を探す、観察することが楽しかった。
	はじめは、なぜ動物を探すのかぴんと来なかった。「こんなものもいるのか」ぐらいの意識しかなかった。しかし、最後に点数が出て興味がわいた。初めに自然度の話をしたほうが中学生も話す意欲が上がりそう。
	土壌動物の点数→なぜその点数がその生き物に与えられたのか気になったので。
	土壌動物が自然度の目安となっていること。人の手が入っているか否かで生物の様相が変化するのは面白いと思う。
	土壌に生物が多いほど豊かであるということ。→作物や農業に影響がありそう

	無回答
	あるグループの自然度が高いこと
4	土壌を探す時。先生の話し方がユニーク。計算することで自然度の高さがわかることを知ったとき。
	同定しているとき。生き物を見つけたとき。
	点数が出たとき。それまでは何のためにしているのかわからなかった。
	土壌生物をつかまえられた時。
	生物が見つかったとき
	採集。
	とても小さい生物に気付いた時。
	コツコツ見つける作業が宝探しのようで楽しかった。
5	見通しが持ちやすい。机上の配置図等、指示の仕方が丁寧。手を叩いたりするなど切り替えがしやすい。エタノールにつける理由の説明があれば。注意点の項目順。ありがたいという必要はないと思う。
	ピンセットで小さな生き物をつかまえたこと
	おそらく最後にまとめとして、全ての知識や種明かしを持ってきたのかもしれませんがこのまとめが本日一番興味のわく内容でした。これが導入にあったほうがもっとワクワクして授業に参加できたかなと思います。
	ありません
	小さい動物はピンセットでも取りにくい
	ピンセットで捕れる生物の大きさには限界があること。ルーペを使うのが難しかったこと。場合によっては全く生物がないことがあること。手袋の準備はありがたかったです。
	ルーペでは観察できないサイズの生物が多かったので。顕微鏡は1人1台で良いのでは。
	ピンセットで土壌動物を殺してしまっただけでその後に動いているのが見られなかったのが少し残念だった。

・第3回実践（7月20日）

（事前アンケート）

問	回答
1	b 土壌動物がそもそもどんなのかわからない。モグラとかあってみたいけど虫は苦手。興味があるのはほかの分野だったりする。
	a 見えない場所で生きている生物がどのように生活しているか知りたい。
	a 普段あまり注意してみることはないが、その分あまり知識がないため、どんな生物がいるか、どのようなことをしているか気になる。
	a 何があるかよくわからないから。
	a 普段、土の中を見る機会が少なく、土壌動物についてあんまり知らないから。
	c よく知らないから。
	c どのようなものがあるか知識がまったくないから。
	c 小さい頃は、ダンゴムシやゲジゲジなどをよく集めていましたが、最近は触ってないのでわかりません。ちょっと気持ち悪い気がします。
	b 昆虫などが苦手だから。
	b 普段土の中にいて見かけることがあまりないため。
	c そこまであるわけでもなく、全く関心がないということもないので、a と b の中間あたりの c にした。土壌動物を詳しく見たことがないのでわからない。
	c 土壌動物に関しての知識が乏しいので、あるのはありますが、ミミズとゲジゲジがどうしても苦手なので間を取らせて頂きました。
	c 土壌動物と普段関わりがないから興味があるのかわかりません。
	c これといって特別興味があるわけではないが、ダンゴムシとかは好きなので興味がないわけではない。

問	a	b	c	d	e
2					
①	4	8	1	0	1
②	6	3	2	2	1
③	3	6	2	2	1
④	4	7	0	2	1
⑤	1	6	5	2	0

(事後アンケート)

問	回答
1	b 土壌動物にかかわりがないからわからなかった。
	b 小さくて日常生活で見えなかったり色が土と同じ色で目立たなかったりするから。
	b 虫が苦手。
	b 特に気にしたこともなかった。
	a 見えない場所で生きる動物がどのように生きているか知りたかったから。
	b 土壌内の生物には気持ち悪い印象しかなかったから。
	a 動物に関心がある。普段見れていないものを見るのが面白そう。
	b 土壌動物について考えることがなかったから。
	b 虫が好きじゃないから。特に土壌動物について考えたことがなかったから。
	b 普段見かけることがないため。カラスとかの方が興味があります。
	b よく知らなかったから。
	a 普段見ているわけではないがどんな生物がいるかわからないから。
	b 虫が嫌いだったから。土壌動物に関する知識が乏しかったから。
	a 普段見ないから。
2	a 可愛いと思いました。
	a 見たこともない生物を見てもっと見たら自分の知らない生物をたくさん知れると思ったから。また、落ち葉もどの種類の葉っぱとか、どんな生物を食べているのかとか気になった。
	a 人すくいの土にあんなに土壌動物がいるなんて面白い。
	a 想像していた以上に小さく、見つけることにとても労力が必要でしたが、小さな世界で連鎖が行われていることを再確認すると興味が持てました。
	a 見たこともない生物がたくさん見られて、それらにどのような性質があるのか気になったから。
	a 土壌内でも生物は多様であることがわかったから。
	a 実体顕微鏡でのぞくと鉗を持っていたり、足に毛が生えていたり、目で見えない部分見れて面白かったから。
	a 気づかないだけで足元には様々な動物がいることが知れたから。
	a 想像していたよりも多くの土壌動物がいること、また、それらの働きなどを知ってもっと細かいことまで勉強すると面白そうだなと思ったから。

	a 意外と色々な種類の土壌動物がいるのだなと目で見て知ることができたため。
	b 中学生を対象としていたこともあるかもしれないが、全体として元々知っていた範囲を出なかったから。
	a 他班のつかまえた生物がどんなものかは知らないが、分布の違いなども分かると思ったので調べるのも楽しいかなと思った。
	a おもしろかった。
	a 変わった形をしている動物など様々な生き物がいたから。
3	土の中から虫を探して観察するところ。硬い土だったけど、案外に虫がいて驚きました。
	すごい小さい生物だけど生物の生態系が形成されていて面白いなと思った。
	自分で土壌動物を見つけられたから。どの絵と一致するか調べるのも面白かった。
	それぞれ食べ物が異なっていて必ずしも同じものを食べるわけではないということ
	土壌動物を探す場面
	地中内における食物連鎖は何が頂点になっているのか気になった。
	顕微鏡での観察
	野外活動
	どんな形態かわからないくらい小さな土壌生物を実体顕微鏡で見たままにわかる様々な形態が面白くその活動が楽しかった。
	今井先生が個人的に話して下さった足のように見えて足でない器官のお話
	自分で生物をつかまえる
	顕微鏡で見た時に見たことないのがたくさんいたのはわくわくした。
	同定する場面。採集する場面。
4	虫を探すのは楽しいです。だんだん目が疲れてきたので 15 分で区切ってやったのもよかったです。あとは、班で一番たくさんの虫が取れました。
	土から生物を探すのが面白かった。また、見つけた生物を同定するのも正体がわかっていく感じで楽しかった。目で見えた生物を実体顕微鏡で見た時と見え方がちがくて面白かった。
	1 人 1 人道具があつてなおかつ与えられていてワクワクした。みんなで外に出るのも楽しかった。指示がわかりやすかった。
	土壌動物を探していた時。なかなか見つけれなかったが、見つけた時は楽しいと感じた。
	〇〇の時間が始まる際に～時までと終了時間を書いて手を叩いてくれたので、今何

	をする時間なのかを理解しながら作業を進められた。
	土壌生物の観察が楽しかった。
	顕微鏡での観察
	土堀
	顕微鏡で今まで知らなかった様々な種類の土壌生物の形態を観察した時
	観察は楽しかったです。軽めの同定を行って班で共有を行えたのは充実感がありました。
	ピンセットで捕まえるとき
	生物を探すとき。同定している時が楽しかった。
	全体的に導入から最後までとても楽しかったです。特に採集の時間が楽しかったです。ありがとうございました。
	採集
5	特にないです。でもいちいち全部を時間で区切ってやる必要はないと思いました。
	絵の中にいない生物がいた時はどうすればいいかわからなかった。土が硬くてあまりとれなかった。
	図に○をするのはわかりやすく良いけど、どれかわからなかった。また名前を確認したら、間違っていたりもした。答え合わせなんかがあったらと思う。何種類かだけでなく名前も出してまとめたらほかの場所でどんな生物がいたか知ることができる。
	カップ2つでバットの中に入れて、土壌動物を観察しましたが、なかなか見つからなかったのもっと見つけたかったと感じました。
	無回答
	土が固いと深くまで掘れず土の採集に苦勞する。
	教室が寒かった。表にのっていない動物の同定が難しかった。
	目が疲れた
	ないです
	虫が嫌いなので捕りに行くとなるとどうしてもモチベーションが低下してしまいました。
	ピンセットで捕まえるのが難しかった。
	無回答
	すごい気持ち悪い虫を見た時
	なし

6	おじいちゃんちで虫が大量に発生しているのでその時にありをめっちゃ殺してました。げんかだけでなく風呂場とかティッシュ箱に巣を作っていることもありました。
	無回答
	ないです
	ダンゴムシの観察でどのように大きくなるのか。や、落ち葉はどのようになるのかと気になって小4の夏休みに自由研究で行った。いろんなところのダンゴムシを持ってきて緑の落ち葉や去年の落ち葉を拾ってきてずっと観察していた。
	ない
	高校の課外授業で山と海の生態研究ということでとある大学と連携で地元の山の地中の生物と海や川の生物について調べた。
	小学生のころにダンゴムシをクラスで育てた。
	なし
	ないです
	SSH の 1 年の課題研究でアイズプラントが耐塩性を獲得するに至る経緯や条件を対照実験を行って調べた際に塩類土壌について少々学びました。
	特にないです。
	特にない。
	ダンゴムシ探しをしました。
	なし

・第4回実践（10月31日）

問	回答
1	a 講義・実験を通して普段見ることのできない土の中の世界を知ることができました。学習内容において見えないものを明らかにするという中身にとっても興味をもちました。
	a 実際に自分で捕まえて観察したことで生物をじっくり見ることができたから。やはり生きた姿を見れることは大きいと思います。
	a 自分で虫をつかまえる体験をしたから。エタノールで固めることも初めて知った。

問	a	b	c	d	e
2					
①	0	3	0	0	0
②	3	0	0	0	0
③	0	1	0	2	0
④	1	2	0	0	0
⑤	0	1	2	0	0

問	回答
3	b 実際に土壌動物を自らの手で見つけ出すという活動がとても楽しく、見つけられた時の喜びや採集した土壌の様子など、副産物の学びも多くありました。
	b 生きた生物を見たことで、教科書を見る以上に生物を深く知ることができたから。何より、予想以上の生物がいたので言葉は悪いがつかまえることが面白かったから。
	b いろいろな虫がいたから。なかなか虫を観察する機会が少ないので楽しかった。
問	回答
4	授業はとても楽しく、導入から一貫してぶれない授業だったと思います。ただ、やはり虫が苦手・土が身体的理由で触れないといった子どもにとっては50分ないしは45分の授業が苦痛を感じるものになってしまうのではないかと思います。配慮はたくさんされていましたが、子供の学びを保護するためにも考えなければならないことがたくさんあると思いました。
	とても面白く興味がひかれる授業でした。大きなミミズをつかまえましたが、自分ですえも驚いてしまったので女子中学生は少し気持ち悪がってしまうのではないかと感じてしまいました。ただ、動きを見る生きた姿を見るという点で教室にい

	ながらこのような活動ができるのであれば、とても意義深いと思います。ありがとうございました。お疲れ様です。
	※追記。グループメンバーのつかまえた動物を見る活動があってもよいかと思いました。中学生はおそらく勝手に見合うと思いますが。時間的、環境的な面で難しかったのであればすみません。互いの成果物を見合うことで場所（土の授業）の違いと生物の違いを感覚的に気づくチャンスになると思ったからです。
	分解の定義で説明が難しかった。定義の説明をしてから、わかりやすい言葉で言ってくれるともっと興味がわくと思う。最後のスライドの①②の説明が難しかった。「その」がわかりにくくしていると思う。最初に説明したことの繰り返しでその証明になっている気がして、日常や生活とつながるような意識を持ちにくかった。ダニなど家にもいるとか、人間にとっても分解が役に立ったり、無縁ではない身近であるイメージがつくと分解を学ぶ意義をもっと感じられると思う。虫がいることを知れたのは良かったけど、実験するまで意義が伝わり切れてない気がした。

・第5回実践（11月6日）

問	回答
1	a 最初、土を広げて観察した時は虫がどこにいるかわかりませんでしたが、詳しく観察していくとものすごく小さな生物がいて面白いと思いました。
	a 見たことない、知らなかった動物を知ることができたから。
	a 普段ほとんど目にすることがない動物の動きや自然の中での役割を知れたから。
	a 無回答
	a そんなに土を見たことがなかったから。
	a 知らないことを知ることができたから。
	a あえて注目したことが今までなかったの。もっと目に見えない小さいものだと思っていたので観察できて楽しかった。
	b 元々興味がないわけではなかったの。特に変化はなかった。
	a つかまえる中で動物の動きをじっくり見たいから。
	a まず、土壌動物の一覧というのを見て大体こんなのがいるんだ、というイメージがつかめた。次に、食べるという捕食・被捕食の関係がわかって世界が広がったように感じた。
	b そもそも生物に全く興味がないから。
	a 落ち葉が消えたのはなぜかというところからの導入からが面白かった。
	a 思ってた以上に色々いたので面白かった。
	a 意外にもいろんな種類の生物に目に見える大きさで生きていることがわかったから。
	a アリやムカデなど改めて見ると可愛く感じたので。
	a 土壌動物には知らないものが多く、いろんな生物がいるんだなと思った。
	a 動物の動きとかを見ていると楽しかったから。
	a かなり小さい動物が多くて見にくかった。
	a 多様な種類の動物がいるとわかったから。
	a 普段見過ごしている土の中に予想以上に豊富な種類の虫が見られたから。
	a 自分の知らなかった生き物が多く発見できた。
	a 食べるものの意外性や姿、形の多様性が面白かった。
	b おもしろかったし、好奇心もわくと思う。ただ、どうしても虫が無理です。
	a 自分が思っていた以上に土壌動物はたくさんいる上にたくさんの種類がいて楽しかった。

	a 見たことのない生物がいることがわかったし今日は一種の生物しか見つけられなかったから。
--	--

問	a	b	c	d	e
2					
①	11	7	3	9	0
②	12	11	15	12	2
③	1	3	4	1	5
④	0	2	1	2	16
⑤	1	2	2	1	2

問	回答
3	b 実際に自分で土の中から生物を見つけるのは興味深くて面白かったです。
	b 無回答
	a 何を食べているか知れたから。
	b 虫と接している時。
	無回答
	b 普段やらないことができたから。
	b 初めて見たものが多く面白かった。お気に入りを見つけられた。
	b 色々な動物を探して面白い。
	b 土の中をじっくり見る。
	a 知識を直接を得る方が学んでいる感があるから。
	b どのような土壌動物がいるか。
	b ルーペでの観察は少し難しかったですが、土壌動物をつかまえるのは楽しかったです。
	b 見たことなかった生物がたくさんいたから。
	c (情報交換) サラサラの土の中にはダニしかおらず、湿った土の中にはたくさん生物がいたので。
	b 落ち葉を食べる動物だけじゃないことに驚いた。
	a 土壌の生態系のサイクル
	b 土がはずれだった。虫がいなかった。
	b 自身で目で見ることができたから。
	b 実験前に説明で聞いたカニムシやダニの仲間が実際に見られたから。

	b 見たことのない生物を発見できた。その生物が食べるものを予想してあった時と間違っていた時。
	a 集中の集め方。手を叩いたり合図を取るなどの起点。
	a 内容として、とても面白かった。循環が見れたのは良かった。
	b 土壌動物は身近で子供のころから知っているつもりだったけれどももっとも自分か思っていた以上にたくさんいて、たくさんの種類がいて新しい生物に出会えた。
	無回答
4	土の中にもものすごく小さな微生物がいて探していて楽しかったです。ただただ話を聞くだけでなく、実際に自分の目で見ることによって理解が深まると思いました。
	楽しかったです。
	小さな土壌中の生物も大自然の大きな循環について関わっていることがわかって面白かった。
	無回答
	無回答
	楽しかったです。
	自分で進められる楽しい授業でした。ルーペで見ても細かい部分はわかりにくかったので（口の中とか）生物の食べているものを予想するのは難しかったです。
	最初の2つの絵の違いで場所が違うのが気になった。
	食べ物を予想する時、1つの食べ物につき1つだと思って予想していました。
	この土を先生が持ってこられた時、ムカデなど、毒のあるものについては何か工夫なさったのかと思った。
	生命を扱うことにおいて注意が必要。生命は遊びに使うものではない。
	展開がスムーズで時間配分もちょうどよくて面白かったです。
	最初のスライドで、場所自体が違う所になっているように見えたのが少し気になりました。ほかのところはすべて丁寧でわかりやすかったです。
	「風で落ち葉が飛んで行った」などの授業の本筋と離れた発表が出た時のフォロー、コメントが上手だと感じた。
	とても楽しかったです。
	無回答
	意外と虫でも観察してると楽しかった。
	中学生を相手にするには、先生のテンションが上がりすぎていたと思います。

	探す時間、調べる時間をもっと増やしたほうが良いと思った。
	楽しみながら抵抗感を感じることなく虫に親しむことができた。
	とても楽しい授業でした。実験の流れを「エタノールを入れてからバットに土を入れる」という流れの方がよいと感じた。実体顕微鏡でも見たいと思った。
	土を集めた場所や深さを教えて欲しかった。
	気持ち悪いものもいたが、内容は面白いし、授業も聞きやすかったです。
	楽しかった。あと時間の配分がしっかりしていたのでスムーズに授業が進んでいたと感じました。
	無回答