

土壌の観察・実験テキスト
-土壌を調べよう！-

(社) 日本土壌肥料学会
土壌教育委員会

2006年7月20日

はじめに

土壌教育委員会委員長 福田 直

21世紀は「環境の世紀」と言われています。現在、環境破壊・汚染の広がりは地球規模であり、自然環境の保護・保全の必要性が叫ばれています。1962年にレーチェル・カーソンが「沈黙の春」を発表し、1969年に国連事務総長が環境の危機を訴えました。1987年にはオゾン層保護に対するモントリオール議定書、1992年にブラジルで開催された国連環境サミットでは「持続可能な開発」が提唱されました。また、2005年には地球温暖化防止対策として京都議定書が発効されました。その一方で、近年発展途上にある国々の産業発展は飛躍的に伸びており、資源・エネルギーが大量消費され始めました。今日、世界人口は65億人を越えており、森林伐採や資源等の消費増大による環境悪化が今後一層進むことが懸念されています。

1972年ストックホルムで国連人間環境会議が開催され、「人間環境宣言」が採択されました。そして、その中に環境教育の必要性が明記されました。1977年に採択されたトビリシ宣言には関心、知識、態度、技能、参加が環境教育の目標段階として示されました。1997年のテサロニキ宣言では持続可能な概念として環境、貧困、人口、健康、食糧、民主主義、人権、平和をあげています。これらの環境教育の目的を踏まえて、各国は積極的に環境教育に取り組み始めました。我が国でも学校教育における環境教育への取り組みが討議され、1977年の学習指導要領改定に伴い、自然環境の保全に関する態度の育成などが位置づけられました。また、1998年の改訂では「総合的な学習の時間」が創設され、横断的、総合的な課題として環境を学習することができます。その結果、全国各地の学校で環境教育を積極的に推進するようになりました。

そのような中で、日本土壌肥料学会は1982年に土壌教育の普及啓発を目的として土壌教育検討会を発足させました。当会では発足当初小学校や中学校における土壌教育の実態調査や教科書に見られる土壌記載内容の調査などを実施しました。その結果、学校での土の取り扱いが消極的であること、教科書に記載されている土の内容の一部に不適切な表現があることなどが明らかになりました。土壌教育検討会はその後土壌教育委員会と名称変更され、さらに学校現場における土壌教育の実際と課題を調べました。そして、子ども達が土に関心が薄く、知識も乏しいことがわかりました。また、現場教師の土の指導が不十分であることも明らかとなりました。また、生涯学習の観点から広く土壌を普及啓発していくことが重要であることに気づきました。そして、土壌教育委員会は1998年に「土をどう教えるか—新たな環境教育教材」(古今書院)、2002年には「土の絵本」全5巻(農文協)を刊行しました。また、2004年と2005年にSPP事業による小・中・高等学校教員等対象の土壌研修会を開催しました。さらに、1999年から毎年全国各地の自然観察の森

で土壌観察会を開催しています。

わずか 1 g の土の中に数億近くの生物が生息しています。この地球の表面を覆っている土の層は薄く、数十 cm～数 m くらい（地球の半径は 6378km）です。この土は落ち葉や動物の死骸などを分解して植物に養分を与えます。この植物を動物が食べるので物質循環が生じます。土は、物質循環の要となります。土は養分や水分を蓄えたり、様々な生き物たちを育みます。また、土は有害物質を分解したり、水質を浄化する働きや環境の急変を和らげる働きなどをします。そして、私たちにとって大切な食糧を生産したり、森を作るのも土です。土は陶磁器やセラミックス、化粧品などの原料ともなります。このように自然の中で重要な役割を担っている土が森林伐採後の洪水によって流されたり、廃棄物などによって汚染されたりしています。土の侵食や流出は砂漠化の原因となります。地球上の大切な土壌資源を保全して失われないようにしていくことが必要です。そのためには、多くの人たちが土に関心を持ち、土の性質や働きを知って土の重要性に気づくことが土を保全していく第一歩となります。

このテキストは児童・生徒、教師、一般成人向けにジャンル分けされています。また、観察・実験を数多く取り上げており、体験的に土を学習できるようにしました。執筆者一同は、このテキストを使って積極的に授業や観察会、研修会などを実践して土壌を普及啓発していただきたいと考えております。

執筆者（所属）	<五十音順>	執筆分担
伊藤豊彰	（東北大学農学部）	第 4.2, 4.3 章, 第 5.1 章
菅野均志	（東北大学農学部）	第 7.1 章, 第 8.1 章, ページレイアウト
坂本一憲	（千葉大学園芸学部）	第 4.1 章
佐々木絵里	（エッペンドルフ（株））	第 7.3, 7.4 章
田中治夫	（東京農工大学農学部）	第 7.1 章
田村憲司	（筑波大学応用生物化学系）	第 1 章, 第 2 章, 第 7.1 章, 第 8.2 章
橋本 均	（北海道立中央農業試験場）	第 2 章, 第 5 章, 第 6 章, 編集統括
東 照雄	（筑波大学応用生物化学系）	第 1 章, 第 2 章
平井英明	（宇都宮大学農学部）	第 2.3 章, 第 4.2, 4.3 章, 第 7.1, 7.5 章, 第 8.1 章
深野基嗣	（愛媛県新田青雲中等教育学校）	第 1 章
福田 直	（埼玉県川越工業高校）	第 3 章, 第 7.2, 7.3, 7.4 章
古川信雄	（東海大学菅生中学校）	第 7.3, 7.4 章
オリジナルイラスト作画		
浅野真希	（筑波大学大学院生）	表紙, 第 1 章の挿絵

所属は 2006 年 7 月 20 日現在のもの。◀印は土壌教育委員会委員。第 5 章・第 6 章は参考文献に記載した「土壌調査ハンドブック」の構成・内容を参考にして記述した。

目次

第Ⅰ部	土壌を調べよう <児童生徒向け>	1
第1章	児童生徒のための土壌観察ガイド	3
1.1	幼児用	5
1.2	小学生用	10
1.3	中学生用	16
1.4	お話	22
1.5	実験	25
第Ⅱ部	土壌を知る <高校生・一般成人向け>	33
第2章	土壌（どじょう）とは何か	35
2.1	土壌はなぜ大切か	35
2.2	土壌とは何か	35
2.3	日本にはどんな土壌があるのか	38
2.4	土壌の層位分化	38
2.5	大切な表土	38
第3章	土壌の生き物	41
3.1	土壌生物	41
3.2	土は微生物の宝庫	42
3.3	土壌生物の働き	42
第4章	土壌の性質	45
4.1	土壌呼吸とその確認のための実験法概説	45
4.2	土壌の吸着能とその確認のための実験法概説	47
4.3	土壌のpH緩衝能とその確認のための実験法概説	50

第 III 部	土壌の観察・実験 <高校生・一般成人向け>	53
第 5 章	土壌を観察する－土壌の断面観察－	55
5.1	野外での土壌観察の目的と概要－なぜ、どこを、なにをみるか－	55
5.2	土壌の観察面（土壌断面）の作成法	56
5.3	土壌の層分けと層位命名（土壌の外見特徴の記号化）	58
5.4	各層についての観察・記載	58
第 6 章	土壌を記録する－土壌断面の記載－	59
6.1	層の分け方・記入方法	59
6.2	各層の観察項目とその判定・記入方法	62
第 7 章	土壌の生き物や性質を調べる	77
7.1	土壌を採取する	77
7.2	土壌の生き物を調べる	79
7.3	土壌の呼吸を調べる	82
7.4	土壌の吸着能を調べる	85
7.5	土壌の緩衝能を調べる	88
第 8 章	土壌の標本（モノリス）を作る	91
8.1	現地における土壌断面採取の実際	92
8.2	採取した土壌断面による土壌標本製作の実際	94
8.3	土壌標本の展示例	96

第1部

土壌を調べよう

第1章

児童生徒のための土壌観察ガイド

はじめに*1

みなさん、1年間にどれくらい「土壌」に触れますか？最近「土壌」に触れる機会が少なくなっているのではないのでしょうか。

最近、いろいろな環境問題が叫ばれていますが、これらの問題の重要な部分に「土壌」が関係しています。いくら文明が発達しても「土壌」をないがしろにしては、明るい未来は見えてきません。

「土壌」は、かけがえのない資源であり、陸上生態系の基盤であり、陸上のあらゆる生物にとって欠くことのできないものです。また、「土壌」は、様々な環境因子の影響を受けてできたもので、その場の環境の鏡とも言えます。このような特徴をもつ「土壌」を知ることがいかに重要であるかは言うまでもありません。

でも、私たちはどの程度「土壌」について知っているのでしょうか？私たちのまわりにはどんな「土壌」が分布して、どのような働きをしているかについてはほとんど理解されていません。また、環境教育においても動植物に比べて「土壌」はほとんど扱われておらず、教材化も普及していません。

このテキストは、もっと「土壌」のことを知って欲しいと思い、作成しました。「土壌」の観察方法を中心に、実験なども載せてありますので、いろいろと活用していただけたら嬉しいかぎりです。

本章では、できるだけ気軽に「土壌」に接して欲しいと思い、「土壌」を「土」と表記してあります。したがって、本章で用いた「土」は「土壌」の意味で使っていると考えてください。また、「土」と「土壌」の違いについては本章を読み、理解して下さい。

*1 この章は、筑波大学土壌環境化学研究室が2003年8月に発行した小冊子「土壌を調べよう！」（編集：東 照雄・田村憲司・深野基嗣，挿絵：浅野真希）を収録した。

もくじ

- 幼児用 (5 ページ～)
 1. 土を見よう！
 2. 土をさわろう！
 3. おちばをめくってみよう！
 4. おちばと土のにおいをかごう！
 5. 上の土と下の土のちがいを見よう！
- 小学生用 (10 ページ～)
 1. 土の色をしらべてみよう！
 2. 土のかたさをしらべてみよう！
 3. 土のつぶの形をしらべよう！
 4. 根の量の分布をしらべよう！
 5. 石 (レキ) の量と形をしらべてみよう！
 6. 土をぼう状にのばしてみよう！
- 中学生用 (16 ページ～)
 1. 土と土壌の違いを考えてみよう！
 2. 落ち葉の分解具合を観察してみよう！
 3. 土壌断面を層位分けしてみよう！
 4. 層位ごとの土性の判定に挑戦！
 5. 土壌孔隙を見つけてみよう！
 6. レキの風化具合を観察しよう！
- お話 (22 ページ～)
 1. 土って何だろう？
 2. 土はどうやってできるの？
 3. 土の役割は何だろう？
- 実験 (25 ページ～)
 1. 土のつぶと有機物を調べよう！
 2. 土の中の宝石をさがそう！
 3. 土壌呼吸量の測定
 4. 土壌の吸着能力の測定
 5. 土壌の保水能力の測定
 6. 土壌の分解能力の測定
 7. 土壌 pH の測定
 8. 活性アルミニウムテスト

1.1 幼児用

1. 土を見よう！

- 「土」をちゅういして見たことがあるかな？
- 土も、水や空気のようにあるのが当たり前で、とくにいきしたことがないかもしれないね。
- がっこうの土、にわの土、山の土、畑の土、みんなのまわりにはどんな土があるのかな？
- 土にはふしぎがたくさんつまっているよ。よ～くじっくりと見てごらん！！



2. 土をさわろう！

- 土にさわったことはあるかな？
- がっこうのグラウンドの土、林の中の土、畑の土、すなばの土、いろいろさわってみよう！
- どんなかんじよくがしたかな？
- どの土がかたかったかな？
- ふかふかしていた土はどれかな？
- 手だけじゃなくて、足でも土を感じてみよう！



3. おちばをめくってみよう！

- なるべく人が入っていないばしょをえらんでね。
- おちばを上からめくると、どうなっていくかな？
- いちまい、いちまいていねいにめくってね！
- いきものがいたかな？
- おちばが多いところはどんなところだろう？
- いろいろなばしょでしらべてみよう！



4. おちばと土のにおいをかごう！

- さっきめくったおちばをじゅんばんににおいをかいでみよう。
- 目をとじるとにおいがわかりやすいよ。
- どんなことがわかるかな？
- 土のにおいはどんなにおいがするかな？
- いろいろな土のにおいをかいでみよう！



5. 上の土と下の土の ちがいを見よう！

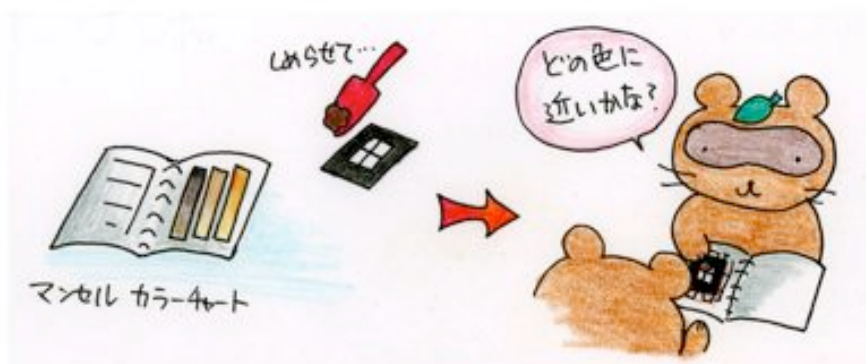
- 土を横から見てみると、いつもとちがった顔が見えるよ。
- どうろのわきやあながあったら、土のよこがおを見てみよう！
- 車にはちゅういしてね！
- そうのちがいが分かるかな？
- 上の土と下の土はどこがちがうのだろう？
- 上の土と下の土をさわって比べてみよう！



1.2 小学生用

1. 土の色をしらべてみよう！

- 土がかわいている時は、少しめらせてあげると色がはっきりするよ！
- まず、土のかたまりを少しとって、台紙の上におこう。
- 次に、どしよくちょうを使って土のかたまりの色に近いものをさがそう！
- いろいろな土をしらべてみよう！
- 色のちがいは何がげんいんだらう？



2. 土のかたさをしらべてみよう！

- 土のかたさをしらべる時は、どじょうこうどけいを使う方法とおやゆびでしらべる方法があるよ。
- どちらの方法も、土に対して直角に押し込むよ。
- 上の土と下の土ではどっちがやわらかいかな？
- いろいろな土をしらべてみてね！
- かたい土のとくちょうとやわらかい土のとくちょうを考えよう！



3. 土のつぶの形をしらべよう！

- 土のかたまりを取って、スコップの上でかるくはたいてみよう。そうすると土のかたまりがこまかくなっていくよ。
- どんな形をしているのかな？
- どんな大きさになったかな？
- 虫めがねがあるとべんりだよ！
- 上の土と下の土ではちがうのかな？
- 何で土のつぶの形が変わるのかな？



4. 根の量の分布をしらべよう！

- 土を1mぐらい掘って、横から見ると、根っこが出ているのがよくわかるね。
- 根っこはどこに多いのかな？
- 太い根っこと細い根っこの分布にはちがいがああるかな？
- 根っこの多いところの土は何色かな？
- 根っこの多いところの土のかたさは？
- 根っこの他にもなにか生き物はいたかな？



5. 石(レキ)の量と形をしらべてみよう!

- 大きさが2mm以上の石をレキと呼ぶんだよ。
- 土の中に石(レキ)があるかな？
- 上の土と下の土ではどっちが多いかな？
- 石(レキ)の形はどうなっているだろう？丸い？四角い？
- 石(レキ)は元々どこにあったのだろう？



6. 土をぼう状にのばしてみよう！

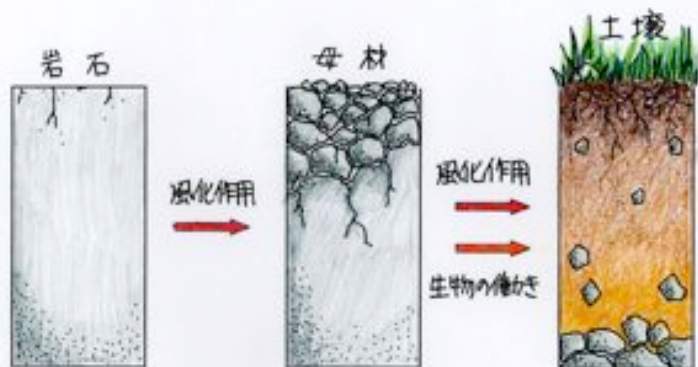
- 土をのばす前に、土をちょこっと水でぬらしてあげよう。
- どこまでのばせたかな？
- 上の土と下の土ではちがいがあったかな？
- 細くのばせる土はどんな土だろう？
- ぼう状にのばせない土はどんな土だろう？



1.3 中学生用

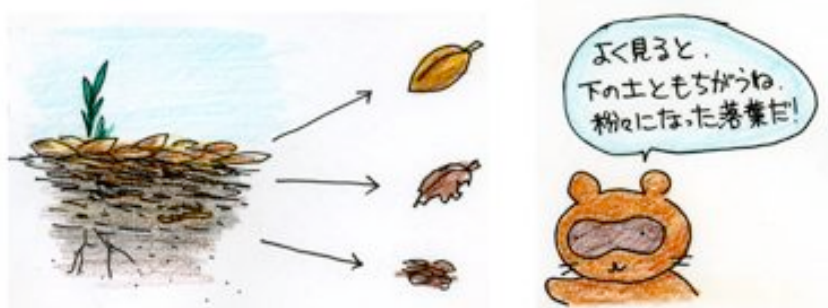
1. 土と土壌の違いを 考えてみよう！

- 土と土壌って違うの？
- 土は、岩石が風化作用によって細かくなったものを含むよ。でも、土壌ができるためには、岩石の風化物に、**生物**をもととする有機物(落ち葉や動物の死がいなど)や、**生物の働き**が加わる必要があるんだ。
- 土は土壌を含む広い意味として使われ、土壌は生物がいて初めてできるものなんだよ。
- だから、月には「土」はあっても「土壌」はないんだよ。
- このテキストでは、土と土壌について区別していないけど、本当は意味が全然違うことを覚えておいてね！
- さて、土はどれくらいの深さまであるのだろう？



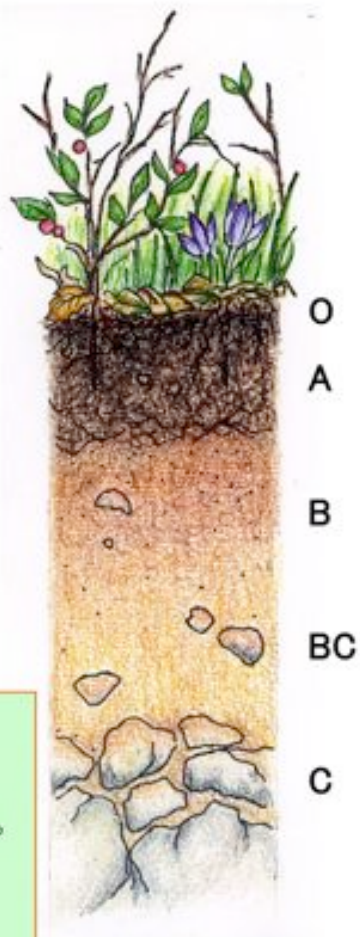
2. 落ち葉の分解具合を 観察してみよう！

- 落ち葉は大きく3つに分けることができるよ。一番上にある、未分解の落ち葉。次にその下にある、形は残っているけど、穴があいたりしているもの。最後に、一番下にある粉々になったものだよ。
- こうやって徐々に土になっていくんだね！
- 誰が落ち葉を粉々にしているんだろう？
- では、もう一つの土の材料である岩石が、粉々になるにはどれくらいの時間がかかるかな？
- そうすると、土ができるにはいったいどれくらいの時間がかかるのだろう？



3. 土壌断面を層位分けしてみよう！

- 土壌を観察するために、1 mくらいの穴を掘るか、道路の切り通しなどを利用して、土壌を横から見てみよう！
- 観察の準備ができたなら、土壌を層に分けてみよう！
- 層を分けるコツは、色の違い、硬さの違い、手触りの違い、根の量の違いなどを、よ〜く観察することだよ！
- 土壌にも様々な個性があるんだよ！色んな土壌を観察しよう！



O層：落ち葉の層。

A層：生物の影響を最も強く受けている層。黒っぽい色をしている。

B層：A層とC層の中間の性質をもつ層。色々な特徴をもつ。

C層：風化した岩石の層。

4. 層位ごとの土性の判定に挑戦！

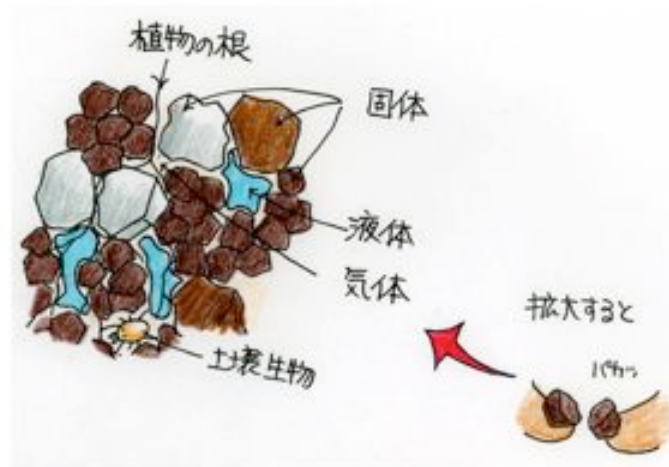
- 土性というのは、土壌を構成しているいろいろな大きさの粒子の割合のことだよ。
- 親指と人差し指の間で土壌をこねて、砂の感触の程度や粘り具合などを調べよう！
- 砂が多い土壌なのか、粘土が多い土壌なのか判定してみよう！
- どうして土壌によって感触が違うのかな？



判定方法	土性
ほとんど砂ばかりで粘り気を全く感じない。	砂土(さど)
砂の感じが強く粘り気はわずかしかない。	砂壤土(さじょうど)
砂と粘土が同じくらいに感じられる。	壤土(じょうど)
砂はあまり感じずサラサラしている。	シルト質壤土(しるとしつじょうど)
わずかに砂を感じるが、かなり粘る。	埴壤土(しよくじょうど)
ほとんど砂を感じないで、よく粘る。	軽埴土(けいしよくど)
砂を感じないで、非常によく粘る。	重埴土(じゅうしよくど)

5. 土壌孔隙を見つけてみよう！

- 孔隙(こうげき)は、土壌の中にあるすき間のことだよ。
- 土壌には、固体・液体・気体が全て含まれているんだ！
- 今回は、その中の気体の部分を探すんだね。
- 土壌のかたまりを手にとって、パカッと割ってみよう！
- 孔隙(こうげき)が多いところはどこだろう？
- 誰が孔隙(こうげき)を作っているのだろう？



6. レキの風化具合を 観察しよう！

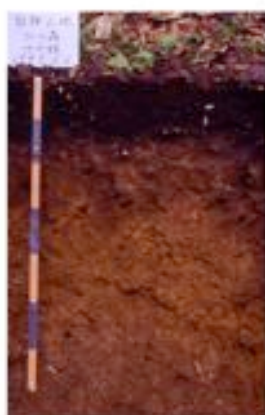
- レキの量や形はさっき調べたね。今回は、レキの風化具合を調べてみよう。
- つまり、どれだけポロポロになっているかを調べるんだ！
- レキを手にとって、手で割れるかな？
スコップで削れるかな？
- それとも、とっても硬いかな？色は変化しているかな？
- 表面のレキの色と、レキを割った中の色は違いがあるかな？



1.4 お話

1. 土って何だろう？

- みんなは土ってなんだと思う？「土」ってどんなイメージがあるかな？
- 土(ここでは土壌の意味)は普通、生き物や有機物、水、空気、岩石の成分のすべてを含んでいるんだ。つまり、土は地球上の大気圏・水圏・岩石圏・生物圏のいずれにも交わっているから、物質の交差点になっているんだよ。それを**土壌圏**というんだ！
- また、土は、**岩石(母材)・気候・生物・地形・時間・(人為)**の間に生じる複雑な相互作用によって地表に生成した、**歴史的天然体**と言えるんだ。簡単に言うと、土は長い時間がかかってできる天然物だよ。
- そして、時間が経つにつれて、土は層に分かれてくるんだよ。



褐色森林土



ポドゾル性土

2. 土はどうやってできるの？

- みんなは、土がどうやってできるか考えた事あるかな？
- 土は、岩石が風化作用を受け、細かくなりながら、落ち葉などの有機物が加わって、微生物などの働きで土ができてくるんだ！
- 場所にもよるけど、1cmの土ができるには、どれくらいの時間がかかると思う？
- 実は、百年～数百年という年月が必要なんだよ。
- ということは、今ある土はどれくらいの年月がたっているのだろう？



黒ぼく土



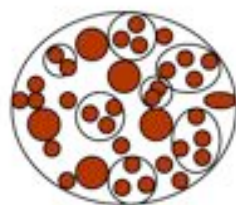
泥炭土

3. 土の役割は何だろう？

- 土は普段あまり目立たないけど、とても重要な役割をしているよ。
- もし土がなかったらどうなるだろう？
- 植物が育つためには養分や水が必要だよ。その養分や水は主に土から与えられているんだ。土は養分や水を保持できるんだよ。
- 秋になると落ち葉がたくさん積もるけど、夏になると無くなるよね。それは、土に住む動物たちが食べてくれるからなんだ。土は生き物の住みかなんだよ。
- 大雨の後、グラウンドでは水たまりがなかなか消えないけど、森林の水たまりはすぐに消えるね。これは、森林の土に多い土壌構造(特に団粒構造)のおかげだよ。団粒構造というのは、土のつぶがたくさん集まってできたもの(粒団)で、そのつぶはさらに小さいつぶの集まりになっていて、大小さまざまなすき間がたくさんある構造だよ。



赤色土



団粒構造

1.5 実験

1. 土のつぶと有機物を調べよう！

- 土を透明な容器に入れて、ふたをしてから振り混ぜよう。
- 土のつぶを調べる場合には、そのままそっと置いておこう！
- 土はどのように沈むかな？
- 有機物を調べる場合には、にごった水を捨てて、また水を入れてかきまぜよう！
- 土の中の有機物が浮いてくるよ。浮いた有機物を取り出して、観察してみよう！



2. 土の中の宝石をさがそう！

- 茶わんに大さじ一杯の土を入れて、水を加えてドロドロにかきまぜよう。
- 指を使って、茶わんのかべに土をよくすりつけて、土のかたまりをつぶそう。
- 水を足して、砂つぶが沈むまで10秒ほど待とう。次に、にごった水を捨てる。これをくり返すと砂つぶだけが残るよ。
- この砂つぶだけを取り出して、ルーペや顕微鏡で観察しよう！



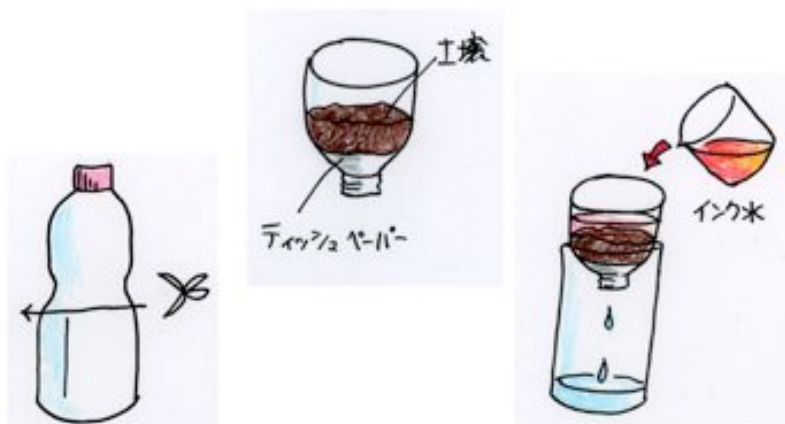
3. 土壌呼吸量の測定

- 土の中には生き物がたくさん住んでいるよ。生き物は呼吸をしているから、人間と同じように、二酸化炭素を出すんだね。
- まず、透明な密閉できる容器を土の中に差し込む。
- ろ紙に薄い水酸化ナトリウム溶液とフェノールタレイン溶液をしみこませる。
- しみこんだろ紙を土の中に差し込んだ容器の中に入れて、赤く染まっているろ紙が白くなる時間を測定する。



4. 土壌の吸着能力の測定

- 植物に必要な養分を保持する能力のことだね。
- ペットボトルを半分に切って、上の方をさかさまにして下の方に入れる(ロートの代わり)。
- ペットボトルの上の方にティッシュペーパーをつめ、その上に土を入れる。
- 上から赤か青などの薄いインクを少しずつ入れる。
- 色々な土を使ってやってみよう!



5. 土壌の保水能力の測定

- 4の実験で使ったペットボトルを2セット用意する。
- それぞれ違う土を入れて、上から同じ量の水を入れる。
- 下から出てくる水の量や早さを調べよう。
- 色々な土で調べてみよう！
- 保水力が強い土はどんな土かな？



6. 土壌の分解能力の測定

- プラスチックの糸で編んだ網の袋に落ち葉を入れて、重さをはかろう。
- 落ち葉を袋の中で薄く広げて、林の中の地面において落ち葉をかけておこう。
- 半年後に回収して、乾かしてから重さをはかってみよう。
- 色々な土を使って比べるとおもしろいよ！

生ゴミのネット袋なんか
便利です。



半年おやすみ



この中には微生物がたくさんいるよ！！

7. 土壌pHの測定

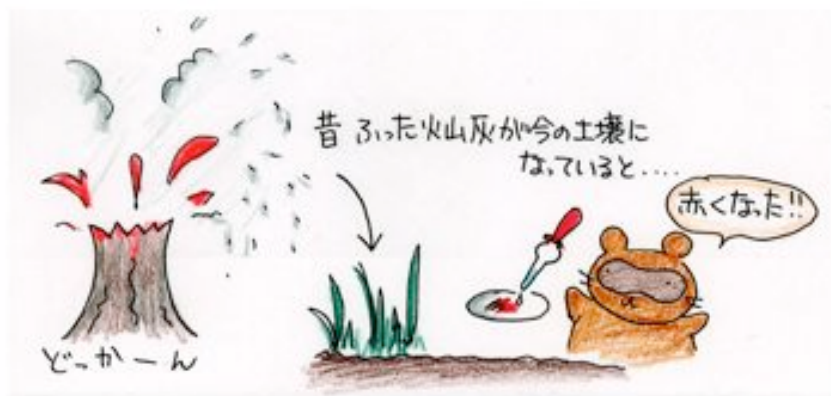
- ・ pHというのは、酸性かアルカリ性を計る単位のことだよ。
- ・ pHが低いほど酸性が強く、高いほどアルカリ性が強いんだ。pH7が中性だよ。
- ・ 酸性雨はpHが5.6より低い雨のことだよ。
- ・ 容器に土と水を入れて、pHメーターかpH試験紙で測定してみよう。
- ・ 塩酸を入れるとどうなるかな？
- ・ 色々な土のpHを計ってみよう！



pH試験紙の判定表

8. 活性アルミニウムテスト

- このテストは、土が火山灰からできたものかどうかを調べるものだよ。火山灰中には活性なアルミニウムが多く含まれているから、その含量を測定して判定するんだよ。
- フェノールフタレイン溶液をつけておいた乾燥したろ紙に、土をこすりつけ、ろ紙を軽くはたいて余分な土を払ったあとに、フッ化ナトリウム溶液をつける。
- 活性なアルミニウムがある時は、ろ紙が赤くなるよ。つまり、火山灰からできた土だってことだね。
- 最後に一つ注意。アルカリ性の土でも赤くなってしまうから判定には注意してね！



第II部

土壌を知る

第2章

土壌（どじょう）とは何か

2.1 土壌はなぜ大切か

生態系を根底から支える土壌

花も草も木も，虫も鳥も動物も，土壌が無ければ存在し得ません。普段はあまり目につかない地味な存在ですが，土壌は陸上生態系の基盤です。雨も雪も土壌があつてこそ地表にしみ込み，川に流れ込み，飲み水や水田の用水となるのです。日本の土壌は世界に誇れる「資源」です。土壌観察によって土壌の見方，仕組みやその大切さを理解しましょう。

土壌の三大機能

土壌には私たちの生活との関わりから考えると，生産，分解（浄化），養水分保持という三つの大きな働きがあります。

植物の生産機能 太陽光と二酸化炭素と土壌からの養水分の供給で植物は育ちます
分解（浄化）機能 落ち葉，虫・動物の死骸などの分解，あるいは水の浄化をします
養分，水分の保持機能 植物が吸う栄養分，水を土壌の中に蓄えます

2.2 土壌とは何か

2.2.1 土壌とは

土壌とは，岩石の風化物や火山灰が，長い年月の中で気候や生物などの影響を受けながら堆積してできた，自然生態系の構成物の一つです。気候，生物，人為などの影響で現在もその性質は変化し続けています。植物が根を張り，虫や動物が生息する場であると共に，土壌それ自体が変化し続ける「生き物」ともいえます。月や火星の表面には土壌はな

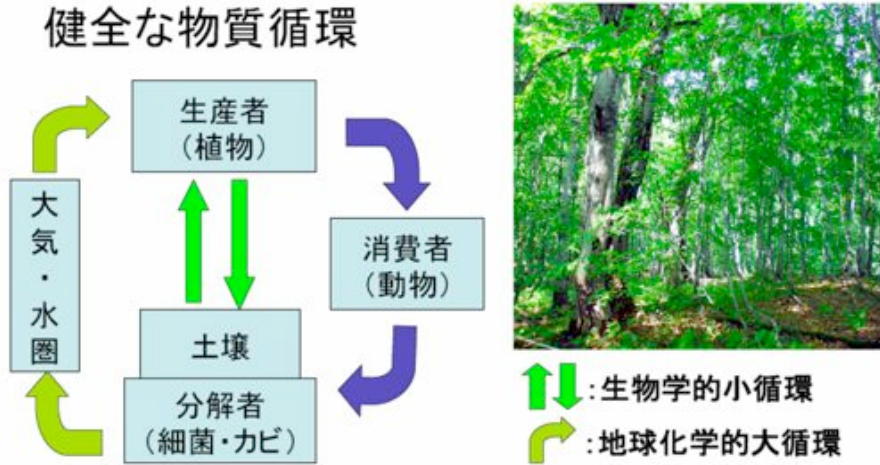


図 2.1 森林生態系の持続性を支える土壌



図 2.2 土壌は物質の交差点 (S. MATTSON (1938))

く、岩石の風化物があるにすぎないのです。

2.2.2 土壌はどうやってできる？

土壌を成り立たせているのは、岩石・気候・生物・地形・時間・人為などです。その中でも以下の2点はあまり意識することはありませんが重要です。

- 土壌が出来るためには生物要素が加わる必要があります。
- 土壌が出来るためには長い年月を必要とします。

岩石（母岩）は雨や風、気温の変化と言った風化作用を受け細かくなり、土壌の無機的材料（母材）となります。そこに、落葉・落枝や動物の遺体などの有機物が加わり、微生物等の働きで生じた腐植などが少しずつ無機鉱物に混じり合い、初めて土壌が出来るのです。場所や条件にもよりますが、1cm の表層土が出来るには、100～数百年という膨大な時間がかかると言われます。また、生物がさらに増え、有機物が豊富に混ざり合ってくると土壌はいくつかの層に分かれて発達してきます。このように、いくつかの層に分かれて発達した土壌になるには、数千から数万年という、長い時間がかかっているのです。

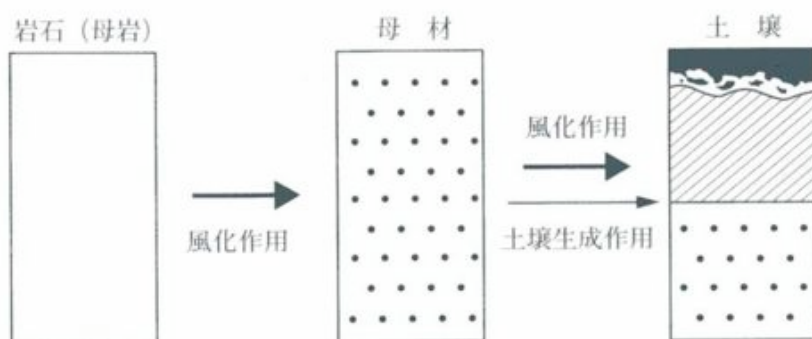


図 2.3 土壌のできかた（風化作用と土壌生成作用）（大羽・永塚（1988））

2.2.3 「土」と「土壌」の違い

通常「土」と「土壌」は明確な使い分けをせずに用いていますが、本書で私たちが対象とするものは「土壌」と呼ばれるものです。前節で説明したとおり、「土壌」は単なる岩石の風化物（細かくなったもの）ではなく、それらに生物の働きが加わってできたものです。漢字の「裏（じょう）」は、「中にまぜこむ、割りこむ」という意を含みますが、「裏」を含む言葉には、「お嬢様、醸造、豊穰」などが思い浮かびます。これらに共通する意は、“手塩にかけて大切に育てると豊かな稔りが得られる”となるようです。「土壌」はまさに、岩石（の風化物）などに生物（の働き）が長い年月まぜこまれて大切に醸成されてきたもので、その結果として植物や動物を育む力を備えるようになったといえるでしょう。一方、「土」は「土壌」を含む広い意味での「大地・地面」を指す言葉ですので、「土壌」や「風化生成物」を含む言葉として「土」を用いても間違いではないのです。しかし、生物の存在が確認されていない月の場合を考えてみますと、“月の土壌”という表現は、厳密には不可能なのです。

2.3 日本にはどんな土壌があるのか

日本の自然土壌は大まかに以下の種類に分けられます。

1. 沖積土壌 河川の氾らんで土砂が堆積して出来た土壌。全国的に水田利用が多い。
2. 泥炭土壌 湿地の植物遺体が腐らずに堆積して出来た土壌。特に北海道に多い。
3. 黒ボク土壌 火山灰が堆積し、風化して出来た土壌。全国の火山帯周辺に分布する。
4. 暗赤色土壌 主に石灰岩が風化して出来たアルカリ性の土壌。南西諸島に多い。
5. 赤黄色土壌 主に西南日本の山地、丘陵地にある、土色が赤い土壌。
6. 褐色森林土壌 山地、丘陵地に普通に見られる土壌、北海道と本州に多い。
7. 停滞水成土壌 台地、丘陵地に見られる、湿性で土色が灰色の土壌。
8. 未熟土壌 全層砂又は石礫からなるか、あるいは表土が薄く直下に基岩が出る土壌。

2.4 土壌の層位分化

植物根が伸びている1~1.5mの深さまでを土壌として観察します。発達した土壌はO, A, B, C, Rと言った層位に分けられませんが、必ずしも全層位があるとは限りません。

- O層 最も地表側にあつて、落葉などの堆積有機物のみで出来ている層（未耕地のみ）。
- A層 腐植化が進んだ有機物質と無機物質が混ざり合つて出来ている層。表土と言う。
- B層 A層とC層の間にあつて中間的性質を示す層で、一般に下層土と言われている。
- C層 風化した岩石の破片からなり、A層やB層が出来るとの母材の部分で、ほとんど生物の影響を受けていない。
- R層 風化作用を受けていない基盤となっている岩石の層。

2.5 大切な表土

大切な土壌の層のうちでも特に重要な働きをしているのが「表土」です。作物生育の場、土壌生物の住みか、有機物の分解の場、団粒構造で水や空気を保持している場です。表土、つまりO層とA層が生き物の生活の基盤であり、最も大切な部分です。ところが、この長い年月をかけて出来た大切な表土が、人間の活動が原因となって壊され、失われてきています。

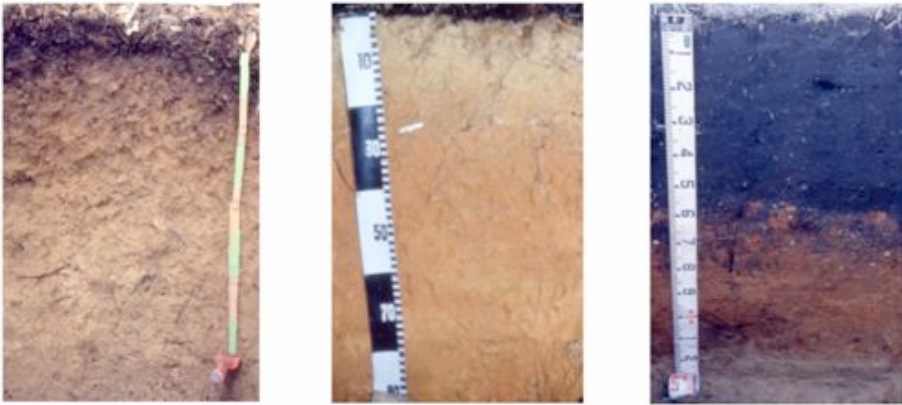


図 2.4 日本の主な土壌（左から、褐色森林土，赤黄色土，黒ボク土）

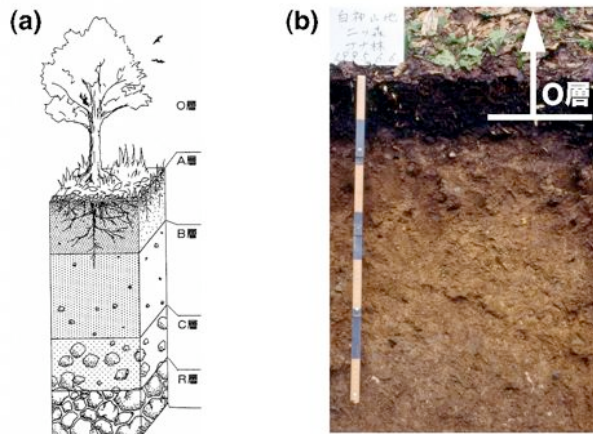


図 2.5 土壌の層位分化：(a) 土壌の層の模式図，(b) 白神山地の土壌の厚いO層

第3章

土壌の生き物

はじめに

土は、生態系を構成する重要な要因の1つです。土の中には無数の生物が生息し、活動しています。これらの生物は落葉・落枝や動物の遺体・排泄物などを粉碎・分解する働きをしています。土に入った落葉枝などは土壌動物により細かく碎かれ、やがて土壌微生物により最終的には無機物まで分解され、再び植物に吸収・利用されます。その結果、植物（生産者）～動物（消費者）～微生物（分解者）の間で物質循環が生じています。土が生まれ、熟成するには土中生物の存在は欠かせません。土中では、動物の機械的な粉碎や耕うんなどと微生物の化学的な分解が協調して行われることにより土壌生成が円滑に進んでいるのです。

3.1 土壌生物

私たちはふだん土中に目をやることはほとんどありません。そのため、土の中の生物に関心を持つこともあまりありません。しかし、土の中には驚くほどたくさんの生物が住んでいます。原生動物のアメーバやミドリムシ・ゾウリムシなどをはじめ、扁形動物のウズムシ、袋形動物のセンチウ、軟体動物の陸産貝類、環形動物のミミズ、節足動物のムカデやヤスデ・ダンゴムシ・ハサミムシ・ワラジムシ・ダニ・トビムシ・様々な昆虫の幼虫、脊椎動物のモグラやヘビ・ネズミ・カエルなど実に多種多様です。この他にも膨大な量のバクテリアやカビの仲間が住んでいます。

土に住む生物は、土壌動物と土壌微生物に大別され、これらを合わせて土壌生物と呼んでいます。土壌動物とは生活史の一部を土中で過ごす動物を指しています。からだの大きさは数ミクロンから数メートルと様々です。一般に20mm以上を巨形土壌動物（メガファウナ）、2–20mmを大形土壌動物（マクロファウナ）、0.2–2mmを中形土壌動物（メソファウナ）、0.2mm以下を小形土壌動物（マイクロファウナ）と呼んでいます。一方、

土壌微生物は顕微鏡を使わないと見えないくらい小さい生物で約 0.2mm 以下の大きさであり、細菌類や菌類、藻類（以上ミクロフロラ）及び原生動物（ミクロファウナ）から成ります。なお、土壌動物の観察実験の様子は第 7.2 章（79 ページ～）に記載していますので参照して下さい。

3.2 土は微生物の宝庫

土中には多種多様な生物が数多く生存しています。特に、微生物は豊富で細菌はその数が最も多くわずか 1 g の土に数億から数十億匹もいます。次いで放線菌と糸状菌でそれぞれ細菌数の数十分の 1、数百分の 1 です。藻類は数千、原生動物は数百のオーダーです。まさに土は「微生物の宝庫」です。彼らは物質循環のにない手として、土中に入った生物の遺骸や排泄物を分解しています。土壌生物の大半は地下 20cm 以内に住んでいます。細菌の中には数千 m の深さで活動しているものも見い出されています。植物根の周りには根圏微生物フロラが形成され、各種有機物が分泌されています。植物はそれを利用していきます。

土の生成には土壌動物や微生物の働きが欠かせません。しかし、近年開発等のため大切な表土を削り取ったり、土に農薬を多量散布したりするため、土壌生物の生存に少なからぬ影響を及ぼし、土の破壊や汚染の原因となっています。私たちの足の下には一体どのくらいの土中動物がいるのでしょうか。青木（1983）が明治神宮の森の土を調べたところ、片足の下の中土中に、センチウ 74,810 匹、ダニ 3,280 匹、ヒメミズズ 1,845 匹、トビムシ 479 匹、ハエ・アブ幼虫 103 匹、ウズムシ 48 匹、クマムシ 12 匹、ワラジムシ 11 匹、ムカデ 1.8 匹、ヤスデ 0.5 匹がいました。また、雑木林土の 1m 四方で深さ 4 cm の中にいる土壌生物を調べたところ、ミズズ・ムカデ・ゴミムシ・ダンゴムシなどの大形土壌動物が約 260 匹、ダニ・トビムシ・クモなどの中形土壌動物（センチウ・ヒメミズズを除く）が約 28 万匹、微生物が約 15 兆匹いることがわかりました（福田,1987）。

3.3 土壌生物の働き

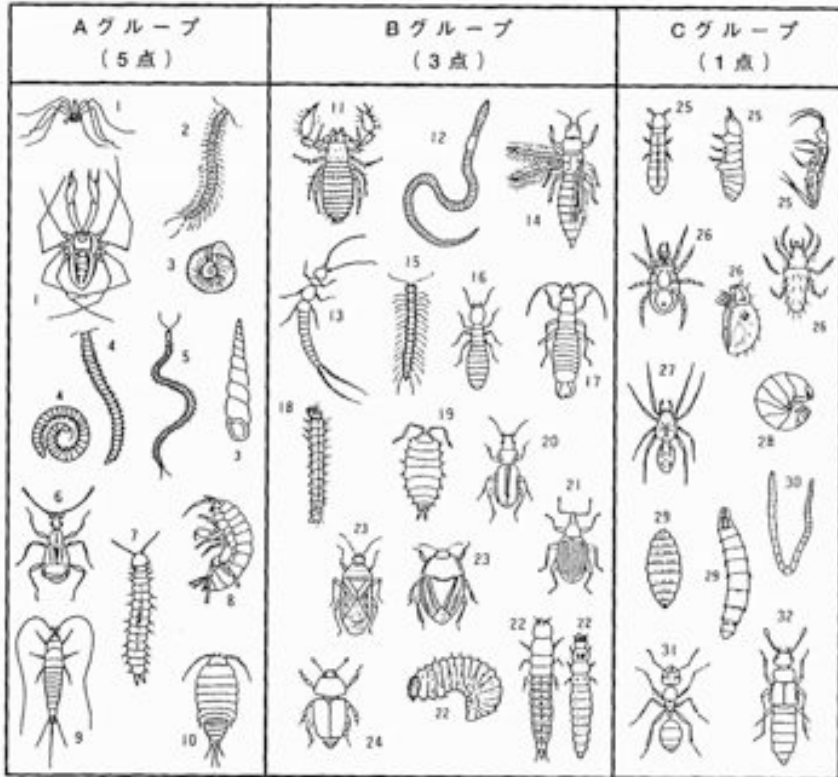
毎年、秋になると雑木林の林床は落ち葉などで埋めつくされます。それが、翌年の夏頃になるとその多くが消失しています。落ち葉などはどこに行ってしまうのでしょうか。落葉枝などから成るリターフォール量は気候帯により異なり、寒帯で 1.0 t/ha・年、冷温帯で 3.5 t/ha・年、暖帯で 5.5 t/ha・年、熱帯で 10.9 t/ha・年です（堤,1989）。この大量の植物遺体を土壌生物はせっせと摂食・粉碎し、分解しています。そして、最終的には二酸化炭素となって大気中に放出されたり、アンモニウムや硝酸、リン酸、カリウム、カルシウムなどに分解され土中に還元されて再び植物に吸収・利用されます。

落葉枝などはミズズやヤスデ・ワラジムシなどの大形の土壌動物に食われ、一部は同化

されますが大方は糞として排泄されます。ミミズは落ち葉などと一緒に泥を食べるので、それらが消化管を通過する時消化液と混じり合い、小さな土の粒子を多数結びつけます。その結果、たくさんの土のかたまりである団粒が形成された糞塚をつくります。この糞はさらに微生物の働きによって、さらに団粒構造の発達した土がつくられます。ミミズは日中は土中にいますが、夜になると地面に出てきて腐りかけた落ち葉などを探して穴に引き込んで食べます。そして、糞は地表面に排泄されます。

ダーウィン【Charles Robert Darwin(1809–1882):「種の起源」を著し自然選択説を唱えたイギリスの博物学者。1881年には論文「ミミズの作用による栽培土壌の形成及びミミズの習性観察」を発表した】はミミズの糞塚に興味を持ち、地表に出される糞量を調査した結果、1エーカー(約40.5万m²)に年間排泄する糞量は実に10トン以上にも達することを明らかにしました。これは、100m²当り2.5kgに相当します。また、ミミズは土中を盛んにはい回る習性があるので、土を耕うん・混合・反転したり、たくさんの縦横の空道をつくります。この空道は空気や水の通り道となるため、孔隙に富んだ肥えた土をつくることになります。

この粉碎などの主役であるミミズは温帯地域の広葉樹林下では普通に見られますが、亜寒帯の針葉樹林下ではミミズに代わってダニやトビムシ、熱帯樹林下ではアリやシロアリなどが主役となっています。また、倒木や朽木などの粉碎には甲虫類やその幼虫などが当たっています。そして、それらの生物の糞や死骸には細菌類や菌類が繁殖し、様々な化合物にまで分解する働きをしています。



- | | | |
|--|---|--|
| <p>1. ゼトウムシ (3~5mm)</p> <p>2. オオムカデ (4~13cm)</p> <p>3. 陸 貝 (2mm~3cm)</p> <p>4. ヤスデ (1~5cm)</p> <p>5. ジムカデ (3~5cm)</p> <p>6. アリツカムシ (1~3mm)</p> <p>7. コムカデ (4~7mm)</p> <p>8. ココエビ (3~10mm)</p> <p>9. イシノミ (1~1.5cm)</p> <p>10. ヒメフナムシ (4~7mm)</p> | <p>11. カニムシ (2~4mm)</p> <p>12. ミミズ (3~40cm)</p> <p>13. ナガコムシ (3~4mm)</p> <p>14. アザミウマ (1.5~3mm)</p> <p>15. イシムカデ (1.5~2.5cm)</p> <p>16. シロアリ (3~8mm)</p> <p>17. ハサミムシ (1~3cm)</p> <p>18. ガ(幼虫) (5~30mm)</p> <p>19. ワラジムシ (3~12mm)</p> <p>20. ゴミムシ (0.5~2cm)</p> <p>21. ソウムシ (4~8mm)</p> <p>22. 甲虫(幼虫) (3mm~3cm)</p> <p>23. カメムシ (2~6mm)</p> <p>24. 甲 虫 (1.5~20mm)</p> | <p>25. トビムシ (1~3mm)</p> <p>26. ダ ニ (0.3~3mm)</p> <p>27. タ モ (2~10mm)</p> <p>28. ダンゴムシ (5~13mm)</p> <p>29. ハエ・アブ(幼虫)(2mm~2cm)</p> <p>30. ヒメミミズ (3~15mm)</p> <p>31. ア リ (2~10mm)</p> <p>32. ハネカクシ (3~10mm)</p> |
|--|---|--|
- ※各動物名のあとの()内は
およその体長を示す。

図 3.1 土壌動物を用いた「自然の豊かさ」評価 (青木, 1995)

第4章

土壌の性質

はじめに

土壌が示す様々な性質から、土壌呼吸、土壌の吸着能と緩衝能^{*1}について紹介します。また、土壌呼吸、吸着能および緩衝能を確認する簡単な実験は、それぞれ第7.3章(82ページ～)、第7.4章(85ページ～)および第7.5章(88ページ～)にも掲載しました。

4.1 土壌呼吸とその確認のための実験法概説

土壌の中には、たくさんの微生物(細菌、カビ)、トビムシやダニなどの動物がいて盛んに呼吸しています。呼吸とは、酸素を吸って二酸化炭素を出すことを言います。生物は食べたものを酸素で燃やしてエネルギーを得ていますが、燃やされた食べ物は二酸化炭素となって排出されます。二酸化炭素は、無色の気体なので目には見えないので、土壌が呼吸をしているかどうかを確認するためには、少し工夫が必要となります。まず、アルカリ性の溶液(水酸化ナトリウム溶液)に浸したろ紙を用意します。アルカリ性の溶液は、二酸化炭素を良く溶かしますが、二酸化炭素が水に溶けると酸性になりますので、中和が起こります。アルカリ性では赤色、中性もしくは酸性では無色を示す薬品(pH指示薬:フェノールフタレイン)をアルカリ性の溶液に加え、その溶液と土壌から出た二酸化炭素を反応させて、土壌から二酸化炭素が出ているかどうかを確認する実験法を紹介します。なお、実験の様子は第7.3章(82ページ～)に記載していますので参照して下さい。

^{*1} 2004年9月8日、九州大学農学部附属福岡演習林において開催されたSPP事業(教員研修)「土壌教育ワークショップ(主催:土壌肥料学会)」において実施された実験資料に加筆・修正。

準備するもの

300mL 透明ポリ容器, ろ紙 (1cm x 4cm の大きさに裁断)*², 針金で作った台, ホッチキス, ピンセット, 0.01 mol/L (以下, M と記す) NaOH 溶液, フェノールフタレイン指示薬, 発泡スチロール

測定手順

以下の操作は室外で行う

1. ポリ容器に土壌試料*³を 1/3 程度入れる (約 100mL)。
2. ろ紙を二つ折りにして針金台にぶら下げ, ホッチキスで留める。
3. ろ紙を, 指示薬を加えた 0.01M の NaOH 液に浸す。
4. 針金台の下端を容器内の土壌に挿入して固定する。
5. 容器の蓋を閉める。土壌を入れない容器を準備し, 発泡スチロールを土壌の代わりとして, 同様の操作を行う。

これからの操作は, 室内で行う

1. 室内でも同様に, 発泡スチロールを台にして, 容器に入れる以外は, 上記と同様の操作を行う。つまり, 指示薬を加えた NaOH 液に浸したろ紙を室内で放置することになる。
2. 指示薬の赤色が消えるまでの時間を計る。

予備実験の結果

- 千葉大学園芸学部内の森林土壌を用いた場合, 約 20 分で赤色が消失。対照は 40 分以上放置しても色に変化がなかった。なお, 室温は, 23 °C であった。
- NaOH 溶液の濃度は 0.01M が適当。0.005M では対照の色が 30 分で消失。0.05M では土壌試料を入れ 50 分放置しても色が消えなかった。理想的には, 土壌呼吸の試験を行う場所において, NaOH の濃度を決定することが望ましい。短時間に変わってしまうと, 発泡スチロール区と土壌区の差異や A 層 (表層土壌) と B 層 (下層土) の差異が認められなくなるので注意が必要である。

*² 硬質ろ紙の使用は避ける。予備実験ではワットマン No.42 (Toyo No.5C がこれに相当する) を使用した。

*³ 重要: 野外で採取した土壌はなるべく早く実験に用いる。土壌呼吸量自身は以外と少なく, 土壌気相にまだ二酸化炭素が溜まっている間に測定した方が³, 結果がきれいに出る。

本実験で作用している化学反応

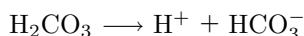
大気中に存在する炭酸ガスおよび呼吸により放出された炭酸ガスと水酸化ナトリウムの化学反応は、次式で表される。



さらに、この炭酸水素ナトリウムと水が反応すると次式で表される。



ここで CO_2 濃度が増大すると、 H_2CO_3 の濃度が上昇するので、上記の平衡反応は、ルシャトリエの法則により、左方向に進むので、ろ紙上の NaOH は炭酸水素ナトリウムの形となり解離しない。このため次式に示す炭酸の解離によりろ紙上の水の pH が支配されるようになる。



大気中の炭酸ガスが溶解した水の pH は 5.6 であることが知られているが、土壌入りの密閉容器中の炭酸ガス濃度は大気中の炭酸ガス濃度よりも高くなるため、上記の化学平衡は、右に偏り、ろ紙上に存在する炭酸を溶解した水の pH は、5.6 以下となる。フェノールフタレインの変色域は pH 8.3 付近であるので、その変色域よりろ紙上の水の pH は低いので、ろ紙は無色となる。

4.2 土壌の吸着能とその確認のための実験法概説

土壌の吸着能の意味

土壌は単なる岩石が細かく砕けた粒子でできているわけではありません。土壌は岩石が溶解し、溶出した Al や Si などが結合して非常に小さな粒子（粘土，2 ミクロン以下）ができ、さらに生物遺体を原料にして土壌有機物（腐植，と呼ばれる）ができた有機-無機複合系です。粘土と有機物の表面は負に帯電（一の電気を帯びている）していることが多く、ある粘土は一部が正に帯電しています。そのために、土壌は陽イオン（カルシウムイオンなど）や陰イオン（硝酸イオンなど）を保持することができます。また、帯電していない部分でも粘土表面の Al に酸が付いたり、土壌有機物には疎水結合によって農業などの有機物が付いたりします。このような能力を“吸着能”といいます。後述する pH を安定化させる機能（pH 緩衝能）も、水素イオンの吸着によるもので、広い意味での吸着能です。

土壌が吸着能を持つことによって、植物が必要とするカルシウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウムイオンなどの養分が雨によって地下深くに溶脱することを防ぎ、過剰

な銅、亜鉛、カドミウムなどの重金属や農薬が植物に吸収されにくく（さらに、地下水に流れこむ（汚染）ことを防ぐ）しています。地球表面に土壌が無く、単なる砂だけだったら、これほどまでに陸地に生物が繁栄することは無く、また安定した生態系を保つことは不可能です。土壌の吸着能は、自然生態系や農地における植物の高い生産力を支えるばかりでなく、生態系に対する酸性雨の影響を緩和し、水質保全に深く関わっています。土壌の吸着現象を理解することは、分かりにくい土壌の特性を理解し、土壌を環境教材として用いることへの一歩となるでしょう。

土壌がイオンや有機物を吸着する仕組み

土壌の負荷には2種類（一定負荷電と変異負荷電）あり、正荷電は特別な条件でのみ現われます。有機物は土壌中の有機物と疎水結合などで土壌に吸着します。また、正の電気を持つ有機イオンは、無機陽イオンと同じように土壌の負荷電に引き寄せられ、また、負の電気をもつ有機イオンは、無機陰イオンと同じように土壌の正荷電に引き寄せられ吸着します。

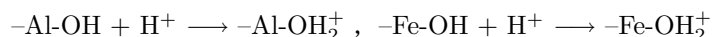
1. 土壌の一定負荷電

- 2 : 1 型鉱物などの構造中の同形置換 (Si→Al, Al→Mg, Fe) による負荷電の発現。その量は、パーミキュライトとスメクタイトのような粘土鉱物で最も大きい。
- 外溶液の pH や溶質濃度に影響されない。1 価陽イオン (K^+ , NH_4^+) の選択性が強い。酸性障害の原因となる Al^{3+} イオンを保持する。

2. 土壌の変異負荷電 (pH 依存性負荷電)

- 1 : 1 型鉱物、酸化物の粒子縁辺部の $-Al-O^-$, $-Si-O^-$, 腐植の $-COO^-$ による負荷電の発現、その量は腐植で最も大きい。
- 外溶液の pH や溶質濃度に影響され、pH が高いほど、濃度が高いほど負荷電の発現量は多くなる。1 価陽イオンより 2 価陽イオン (Ca^{2+} , Mg^{2+}) を強く保持する。 H^+ , 重金属イオンの選択性が非常に強い (吸着力が強い)。酸性障害の原因となる Al^{3+} イオンを保持しない。

3. 土壌の正荷電：アロフェン・イモゴライトや鉄鉱物は、pH が低い（酸の添加）条件で正荷電を発現する。



正荷電の発現→硝酸イオンの吸着→畑土壌における窒素養分の保持（しかし、通常耕地土壌で見られる pH 範囲では、ほとんど発現しない。ただし、リン酸の吸着は、硝酸イオンと異なり、通常耕地土壌で見られる pH 範囲でも、吸着が起こることが

知られている。この現象を特異吸着現象と呼んでいる。)

土壌の吸着能を調べる

土壌にカルシウムイオンやリン酸イオンが吸着され、加えた溶液から除去される実験が考えられますが、これらのイオンの分析は多少専門的なので、色の付いた有機物と土壌の反応から吸着作用を調べることにします。なお、実験の様子は第 7.4 章 (85 ページ～) に記載していますので参照して下さい。

1. 土壌を風乾させ、2mm のフルイを通したものを用意する。
2. 青インク (カートリッジやインクピンのどちらも可、色素の一つにアニリンブルーがある (図 4.1 参照)) や食用色素 (溶液の場合) を水で 1000 倍に薄めた溶液を作る。野菜の絞り汁 (ニンジンのオレンジ色 (カロチン), ブルーベリーの紫色 (アントシアニン)) を使っても楽しい。この場合は、そのままか 10 倍くらいの希釈で良いと考えられますが、予備実験をする必要があります。
3. ピーカーにいろいろな所から採取した土壌または砂を 2g (または 4g) 取り、色素溶液 (1000 倍希釈液) を 10mL 加える。
4. ガラス棒で攪拌し、5 分間放置し、No.6 のろ紙で濾過する。
5. 土壌に添加した色素溶液を 2 倍, 10 倍, 100 倍, 1000 倍に薄めた溶液を作る。
6. ろ液の色と希釈色素溶液の色を比較して、土壌との反応後にどの程度溶液中に色素が残っているかを測定する。(色が薄いほど吸着量が多い。)
7. 砂と土壌の比較, 土壌の種類による比較, 添加した有機物の種類による比較を行い、なぜかを考える。

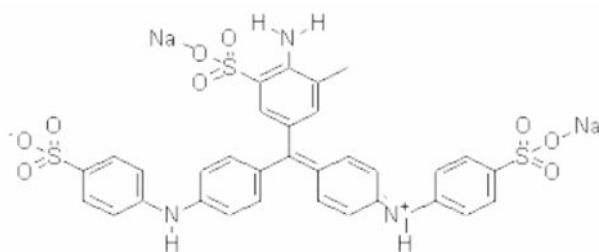


図 4.1 青インクの色素 (アニリンブルー) の構造

4.3 土壌の pH 緩衝能とその確認のための実験法概説

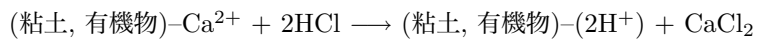
土壌の pH 緩衝能とは

水に酸やアルカリが加わると、その水の pH（水素イオン、 H^+ の濃度を表す）は変化します*4。それに較べて土壌に酸やアルカリが加わった時の pH は変化しにくい。このような土壌の pH が変化しにくい作用を“pH 緩衝能”と言います。土壌が緩衝能を持っていて pH が急激に変化しないことは、植物が生育したり、微生物が活動するのに良い性質です。

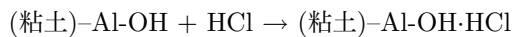
酸性雨は地球環境問題の一つです。土壌に酸性雨が降っても、緩衝作用によって pH が大きく変化することはありません。しかし、強い酸性雨が長期間降り注ぐと、土壌の緩衝能が限界に達して、アルミニウムイオンなどの有害物質が溶け出し、植物の成長を阻害するなど悪影響がでます。

土壌の pH 緩衝能の仕組み

- 土壌塩基の交換反応：土壌に酸（例：塩酸溶液）が加わると、土壌の粘土と有機物のマイナス荷電に吸着しているカルシウムなどのアルカリ成分と酸（水素イオン、 H^+ ）が交換して、酸（ H^+ ）が中和されるために pH の変化は小さくなります。



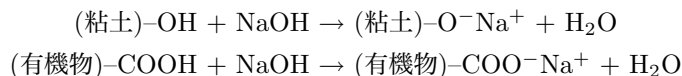
- 酸吸着：特殊な粘土（アロフェンなど）の表面のアルミニウムには水素イオンが吸着し、酸に対する緩衝能を示します。（酸吸着と言われます。）



- 土壌中の遊離の炭酸塩（炭酸カルシウム）との反応や長い時間では土壌鉱物（アルミニウムやケイ酸からなるので、アルミノ珪酸塩と呼ばれています）の溶解によって酸は中和されます。
- 生物による酸の消費：硝酸イオンや硫酸イオンは植物による吸収や微生物による吸収によって消費され、また水田では硝酸イオンは窒素ガス（ N_2 ）に、硫酸イオンは硫化水素に変換され、酸が除去されます。
- 土壌にアルカリ（例：水酸化ナトリウム溶液）が加わると、普段は酸として働かない粘土の酸（ $-\text{Si}-\text{OH}$ ）や有機物の酸（ $-\text{COOH}$ ）と水酸化イオン（ OH^- ）が反応

*4 pH は溶液中の水素イオン濃度を表す指数。pH7 を中性として、これより小さい場合を酸性、大きい場合をアルカリ性、と言います。

して、中和されるために、pH の変化は小さくなります。



土壌の pH 緩衝能を調べる

ここでは土壌に酸を加えた時の pH の変化、土壌の種類によって pH の変化に違いがあるかどうかを調べます。なお、実験の様子は第 7.5 章 (88 ページ～) に記載していますので参照して下さい。

1. 土壌を風乾させ、2mm のフルイを通したものを用意する。
2. 塩酸の標準溶液 (1M) を水で薄めて (希釈)、1/1000M の塩酸溶液を作る。
3. 1/1000M の塩酸溶液を 2 倍、5 倍、10 倍、100 倍、1000 倍に薄めた溶液を作る。
1/1000M 塩酸溶液は pH3.0 に、各希釈溶液は 3.3, 3.7, 4.0, 5.0, 6.0 に相当します。
4. ビーカーにいろいろな所から採取した土壌または砂を 2g と 4g 取り、1/1000M の塩酸溶液を 20mL 加える。
5. ガラス棒で攪拌し、5 分間放置し、上澄み液または No.6 のろ紙で濾過したろ液を得る。
6. ろ液とほぼ同じ量の標準希釈溶液を同じ形のビーカー (または試験管) に取り、pH 指示薬 (メチルオレンジなど) を添加する。
7. 試験ろ液と標準希釈溶液の色を比較し、試験ろ液の pH を測定する。pH を pH 試験紙 (または pH メーター) で測定する。
8. 同様にして、加えた塩酸溶液の pH を測定する。
9. もともとの塩酸溶液と土壌と反応した溶液の pH を比較する。土壌の種類による pH の変化を比較し、なぜかを考える。

第Ⅲ部

土壌の観察・実験

第5章

土壌を観察するー土壌の断面観察ー

5.1 野外での土壌観察の目的と概要ーなぜ、どこを、なにをみるかー

土壌観察の大切さ

土壌は生態系を根底から支え、この地球を生きものの楽園にしている基盤です。私たち人間はこの土壌と空気、水と植物-動物のつながりから生産される食べものによって生き続けることができます。また、土壌は人間の寿命とは比較にならないくらいに長い時間がかかってできたものです。土壌を壊すことは簡単ですが、作ることはできないのです。自然環境を守り、これからもずっと安全な食べものを生産するためには、土壌を守り、大切に使うしかありません。

第 2.2.2 章 (36 ページ～) で説明されているように、土壌は、気候条件、生物の作用 (特に植物の量や種類)、地形の影響、土壌が作られる岩石などの材料の性質などによって個性的なものになります。土壌の個性を知り、生態系保護や農業での土壌の役割を理解するためには、野外での土壌観察が必要です。

土壌観察の流れ

1. 土壌観察のために最初にすることは、「土壌断面の作成 (穴を掘ること)」です。できれば、その前に地形図で調査地点付近の地形の特徴や地質図で土壌の材料となった岩石の性質を調べておきます。また、周辺の植物相も観察しておきます。
2. 土壌断面ができたら、場所を書いたプレートとスケールをつけて、「写真」を取ります。
3. 次に「土壌の層分け」を、土壌の色、硬さ、粘土の多さ (土性) などの違いを利用して行います。

4. 分けた層に地表面に近い層（上）から順に決まりに従って、「層位命名（名前付け）」を行います。（可能な方は層間の境界の鮮明さや形も）
5. 次からは、分けた層ごとに調査していきます。まず、断面を崩さないうちに、「ち密度（土壌硬度）」を測定します。土壌硬度計がある場合はこの器械で土壌硬度を測定します。
6. 次に、土色帳を使って「色（土色）」を観察します。
7. 土を湿らせてから指の間でこねて、「土性（粘土や砂の割合）」を決めます。（可能な方は2mmより大きな礫の量や形も観察します。）
8. スコップで大きめに土壌を掘り出して、その時に割れる「土壌構造（土壌のかたまり）」の形や大きさを観察^{*1}します。

5.2 土壌の観察面（土壌断面）の作成法

準備するもの

穴掘り用 スコップ、剪定バサミ、小型のこ、ブルーシート（ビニールシート 2×3 m 程度）

観察用 移植ゴテ、土色帳、硬度計、折れ尺、化学試薬、カメラ、断面観察記載帳

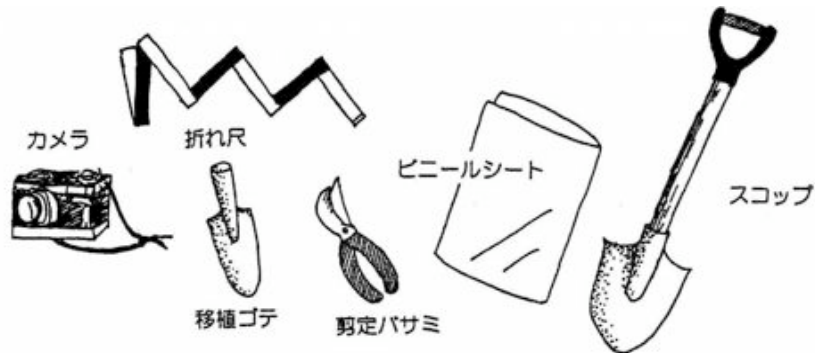


図 5.1 土壌の観察用具

^{*1} 興味のある方は、土壌構造をみる時に土壌のかたまりを割りながら「斑紋（水の影響を示す鉄の集積や消失）」の形や色を見たり、土壌のかたまりを手で握って「湿り具合」を感じたり、「植物根などの生物の影響」を見たりすることもできます。

観察地点の選定

試坑（穴）を掘れない場合 自然観察林等で林内に穴を掘れない場合は、遊歩道（登山路）脇ののり面を削ります。表面を軽く削るだけでは不十分で、ある程度削り込む必要があります。

穴を掘れる場合 付近に大きな樹木がない場所。微地形により土壌の湿り具合、表土の厚さなどが異なるので、十分検討して決めます。北斜面と南斜面では一般に北斜面の方が表土が厚いです。

穴掘りの方法

1. スコップを用いて、幅 1m × 長さ 1.5-2m、深さ 1-1.5m の穴を掘ります。土壌観察面を垂直にして整形し、その反対側を 1-2 段の階段状にします。傾斜地では、斜面上方の斜面と垂直な面を観察面とします。観察面の直上地表部はかく乱しないよう注意して掘ります。特に、写真を撮る場合は観察面の直上に土は置かないようにします。
2. 掘り上げる土の量はかなりの量になるため、穴の両側に積み上げておきます。この際にブルーシートを敷いておくと、便利です。森林土壌であれば、最表層の O 層をまずはがして、以下、掘り上げた各層の土をそれぞれ別々に盛り上げておき、戻すときもその順で埋め戻します。草地土壌であれば、根茎の発達している最表層（深さ約 5-10cm）をブロック状に掘り取り、シートの上に順序よく並べます。そして、以下各層ごとにそれぞれ別々に盛り上げます。耕地土壌も同様にします。
3. 試坑を掘り終えたら、土壌観察面の整形を行います。草木の根は剪定ばさみ、小型のこで切りとります。コテで観察面をある程度平らにします。注意点は、
 - 上層から順に整形し、最下層まできれいに削ります。
 - 上層の土が下層に付着させたままにしておかないようにします。
 - 観察面は真っ平らにはせず、土の質感（石礫、構造、土性など）がわかるようにやや荒削りにしておきます。
 - 石礫は表面の汚れを取る程度にして、そのまま残しておきます。
 - 植物根も全てを切らず、数 mm ほど残しておきます。
4. 観察面の整形が終わったら、写真撮影を行います。まず、折り尺またはポール（あらかじめマジックインキ等で、10cm 間隔で色を塗っておく）を観察面の左側に立てかけ、調査地点、日付を記入した用紙を立てかけます。観察面と周囲の景観（植生、地表の状態、露岩など）の写真を撮ります。以下の点に注意します。
 - 観察面に当たる直射日光は原則として避けます。どうしても当たる場合には、

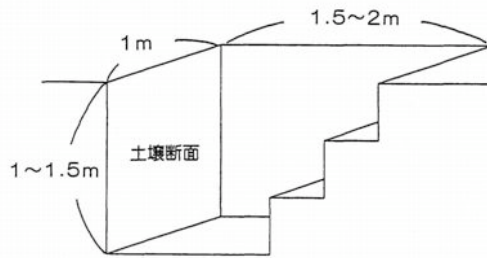


図 5.2 土壌断面模式図

傘，シート，人垣などによって直射日光を遮ります。

- 土壌構造が識別しづらくなるので，ストロボ（フラッシュ）撮影は極力避けます。
- 観察面を穴の上から撮影する場合は，極力低い位置で（極力観察面に対面して）カメラを構えます。かつ，穴の底は表層に比べて暗くなるので，露出に注意します。

5.3 土壌の層分けと層位命名（土壌の外見特徴の記号化）

地表面から約 1m の深さまでを，土の色，斑紋などの肉眼観察と，土の硬さ，土性，湿り具合などにより複数の層（3-6 層）に分け，それぞれに「層位命名」を行います。層位命名が分からなくとも，とにかく土の性質の違いを判断して複数の層に分けるようにします。詳細は第 6.1 章（59 ページ～）で解説します。

層位命名は，例えば，第 1 層目の地表の黒い層を A 層，第 3 層目の褐色の層を Bw 層などします。これは，その土壌の出来かた（生成過程）を簡潔に表すための記号群です。

<例> A/Bw/Cg の土壌，A/Cg の土壌，などという。

5.4 各層についての観察・記載

堆積有機物，腐植，土の色，斑紋，土性，石礫（れき），構造などについて観察し，その結果を記載します。この観察結果により，層の分け方を変更する場合があります。必要なら土の試料を採取します。一般の観察項目は以下のようなものです。詳細は第 6.2 章（62 ページ～）で解説します。

- 堆積有機物，腐植，土色，斑紋，土性，石礫，構造，土壌硬度（ち密度），根の分布，
- 水分状況，化学反応，粘着性・可塑性，キュータン，孔隙性，生物の影響

第6章

土壌を記録する - 土壌断面の記載 -

6.1 層の分け方・記入方法

土壌の層分けの方法

1. 外見上の判断，大まかな調査により，1～1.5m の深さまで，地表から下方に向かって順に，3～6 程度の層に分けます。各層の境界の形状にも留意します。続く詳細調査の結果により，層区分を変更することもあります。
2. 分ける基準は，土の色，はん紋，根の分布など（肉眼判定），および硬さ，土性，湿り具合，土壌構造など（素手や移植ゴテによる触感判定）によります。

層位命名の方法*¹

1. それぞれの層に層位名を付けます。層位はO層，A層，B層，C層，R層のうちどれかをあてはめます。R層は無い場合が多いです。耕地土壌の場合はO層はなく，A層は人為的に形成された場合が多いです。層位名が分からなければ，後で考えても良いです。
2. 層位は性質により更に細区分されます。これによって，各地の異なる土壌が統一的基準により記号化され，比較が可能となります。

<記入例1> O/A/Bw/BC/C 全5層からなり，マツの落葉が主のO層は厚い。B層の上部(Bw層)は黄色で構造の発達がよく，下部(BC層)はC層への移行層。C層はほとんど風化していない。

<記入例2> Ap/A1/A2/Bw1/2Bw2 全5層からなり，A層は3層に細分され，表層は耕作されているAp層，次は耕作されていないA1層，A2層で，土色と水分状況が異なっ

*¹ 層位命名法の詳細は参考文献（土壌調査法）をご覧ください。

ている。その下のB層は2層に細分され、黄褐色のBw1層と、上部と異なる母材からなる2Bw2層からなる。

<記入例3> A/Bt1/Bt2/C1/C2 全5層からなり、B層は、構造の発達程度の違いにより上下2層に細分され、C層はその土性の違いにより上下2層に細分される。

■層位の区分法

- O 層 落葉・落枝、虫の死骸などが未分解のまま堆積した層。1~5cm程度。
 - A 層 一般に言う表土。O層がさらに分解・変質した有機物(腐植)が溜まっており、色は黒い。植物の根が伸びており、柔く、ぼろぼろとしている。養分もある。
 - B 層 腐植は少なく、色は褐色~灰色で、はん紋が出る場合がある。A層から溶脱した腐植や無機成分(鉄、ケイ酸など)が集積しており、硬く、土壌構造が見られる。
 - C 層 母材(原材料)の性質が強く、A層、B層ほど成分の移動・集積がない。河原や山地では礫が出ることが多い。
 - R 層 主に山地に見られる、C層の元になった岩石(基岩)。
- その他 泥炭層をH層、強還元状態のグライ層をG層という。また、O層、H層を有機質層、他を無機質層と総称する。

■層位の細分(副記号(添え字)をつける)とその記載例-主なもの

- a 落ち葉や植物遺体がよく分解した有機物。例：Ha, Oa
- b 埋没した層。元々あった土壌の上に、更に新たに母材が堆積して土壌が生成した場合に、古い方の土壌の層に付ける。黒ボク土の場合によく見られる。例：Ab
- e 分解が中程度の有機物。例：He, Oe
- g 酸化物の斑紋を生じた層。例：Bg
- h 腐植の集積。例：Bhs
- i 分解の弱い有機物。例：Hi, Oi
- p 耕起による表層の攪乱。例：Ap
- s 酸化物(鉄、アルミニウム)の移動集積。例：Bs
- t ケイ酸塩粘土の集積。例：Bt
- w 色または構造の発達。例：Bw
- ir 鉄斑紋の集積。例：Cgir, Bgirmn
- mn マンガン斑・結核の集積。例：Bgmn, Cgmn

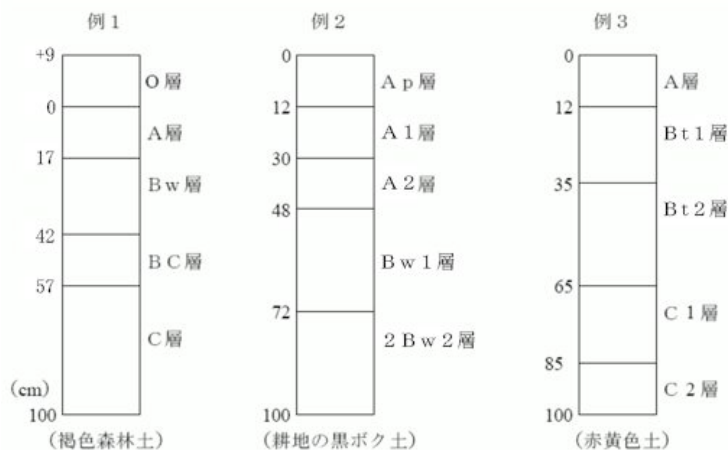


図 6.1 層位の模式図

層界（層の境界）の明瞭さ・記入方法

層界の記述は、地表からの深さ（上端と下端）、境界の形状、境界の明瞭度の3項目について判定します（表 6.1 参照）。

<記入例> 平坦明瞭，平坦判然，波状判然，不規則明瞭，平坦漸変

表 6.1 層界の記載方法

深 さ	例， 1 層目は A 層（0～18cm）， 2 層目は Bg 層（18～45cm）， 3 層目は Cg 層（45～70cm）などと記入する。
形 状	平 坦：ほとんど平ら 波 状：凸凹の深さがその幅より小さい 不規則：凸凹の深さがその幅よりも大きい 不連続：層界が不連続
明瞭度	画 然：層界の幅が 1cm よりも小さい（線のようにはっきり） 明 瞭：層界の幅が 1～3cm（はっきりしている） 判 然：層界の幅が 3～5cm（ぼんやりしている） 漸 変（ぜんぺん）：層界の幅が 5cm 以上（すごくあいまいな状態）

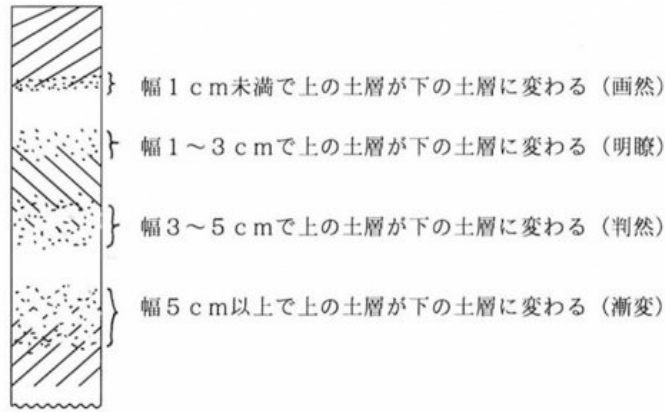


図 6.2 層界の形状の模式図

6.2 各層の観察項目とその判定・記入方法

堆積有機物 (O層, H層のみ)

表土 (A層) の保護, 生物の住みか, 表土への養分供給などの役割を持ちます。枯れ枝, 落葉, 昆虫遺体など生物の死がいの種類, 量, 分解程度を判定します。

Oi層 最表層に位置し, ほとんど未分解の落葉・落枝からなる層

Oe層 原形は失われているが, 肉眼で葉や枝などの元の組織が認められる程度の分解状態のものからなる層

Oa層 肉眼では元の組織の判別が出来ない程度まで分解が進んだものからなる層

腐植 (土壌有機物)

養分供給, 分解・浄化, 養水分保持などの重要な役割を持ちます。堆積有機物が分解し, さらに化学的に分解・変質して土壌中に黒褐色の腐植物質として集積したものです。一般に土色が黒いほどその量は多く, 土色を参考に判定します (表 6.2 参照)。正確には機器分析により定量します。

土性

植物の保持, 養水分保持, 分解・浄化などの重要な役割を持ちます。一般に言う砂土, 壤土, 埴土 (粘土) などの区分を言います。湿った状態で手で触って区分します。

表 6.2 腐植（土壌有機物）の記載方法

区 分	有機物量（腐植 %）	土色の明度
あり	2% 未満	5～7（明色）
含む	2～5% 未満	4～5（やや暗色）
富む	5～10% 未満	2～3（黒色）
すこぶる富む	10～20% 未満	1～2（著しく黒色）
有機質土層	20% 以上	2 以下（軽くて真黒色）

土性とは、細土（2mm 未満）を構成している、砂（粗砂、細砂）、シルト、粘土の各粒径物質の重量割合の違いで区分されます。正確な土性の決定は、実験室における粒径分析の結果を基にしなければなりません。野外では、手触りや観察によっておおよその判定を行うことができます。

野外で土性を判定するには、各層から採取した土の塊に少量の水を加えたのち、親指と人差し指の間でこねて、砂の感触の程度、粘り具合などを調べ、以下の表に従って判定します。日本では一般に、5段階区分（農学会法）か12段階区分（国際法）が用いられます*2。表 6.2 は、国際法12区分を7区分に代表させて表示したものです。

表 6.3 野外土性の判定方法

土性（国際法）	判定方法
砂土（S）	ほとんど砂ばかりで、粘り気を全く感じない
砂壤土（SL）	砂の感じが強く、粘り気はわずかしかない
壤土（L）	ある程度砂を感じ、粘り気もある。砂と粘土が同じくらいに感じられる
シルト質壤土（SiL）	砂はあまり感じないが、サラサラした小麦粉のような感触がある
埴壤土（CL）	わずかに砂を感じるが、かなり粘る
軽埴土（LiC）	ほとんど砂を感じないで、よく粘る
重埴土（HC）	砂を感じないで、非常によく粘る

*2 補足：正式な土性区分は、以下の通りです。

農学会法は5区分：砂土、砂壤土、壤土、埴壤土、埴土

国際法は12区分：S, L S, S L, S i L, L, S i C L, S C L, C L, S C, S i C, L i C, H C

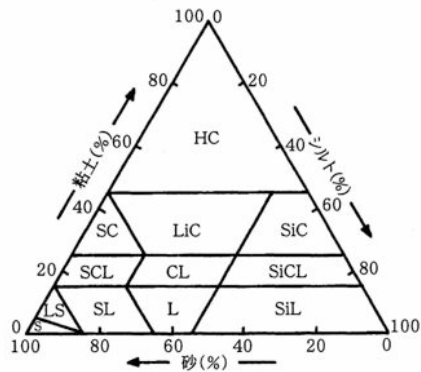


図 6.3 土性の区分 (国際法)



水
土を少量の水でしめらし指の感じによって粘土と砂の量をきめる



水

現地で粘土と砂との割合の感じ方	分析による粘土%	記号	区分	粘土細工で土性を判定
サラサラとほとんど砂だけの感じ	12.5%以下	S	砂土	棒にもハシにもならない
大部分(70~80%)砂の感じでおずかに粘土を感じる	12.5~25.0	SL	砂壤土	棒にはできない
砂と粘土が半々の感じ	25.0~37.5	L	壤土	鉛筆くらの太さに見える
大部分粘土で一部(20~30%)砂を感じる	37.5~50.0	CL	地壤土	マツチ棒くらの太さに見える
ほとんど砂を感じないでヌルヌルした粘土の感じが強い	50%以上	C	埴土	コヨリのように細長くなる

図 6.4 土性の区分と現場判定法 (農学会法)(前田ら,1980「図解土壌の基礎知識」より)

石礫 (レキ)

植物の根張り，土壌の水分保持能に関係します。耕地の場合は量が多ければ問題となります。土壌に含まれる直径 2mm 以上の鉱物粒子は石礫として調査します。調査においては，岩質，風化の程度，大きさ，形状，含量を記入します (表 6.5)。岩質は，土壌に含まれている石礫は多少とも風化変質しているのので，ハンマーで砕いて新鮮な面を露出さ

表 6.4 構成粒子の名称と粒径区分 (国際法の場合)

粒径区分	粒 径	特 徴
礫 (レキ)	2mm 以上	水をほとんど保持しない
砂ー粗砂	2~0.2mm	孔隙 (粒子間の隙間) に水が保持される
砂ー細砂	0.2~0.02mm	肉眼で見える限界
シルト	0.02~0.002mm	集まって土の塊を形成する
粘 土	0.002mm 未満	コロイド的性質 (水で濁る) を持つ

せ、ルーペで岩石中の鉱物を観察して岩石の種類を判定します。

<記入例 1> 花崗岩質・風化・中・亜角礫・富む

<記入例 2> はんれい岩質・腐朽・大・円礫・あり

■主な石レキの種類

火成岩

深成岩 花こう岩, 閃緑岩, 斑れい岩, かんらん岩 (蛇紋岩含む)

半深成岩 石英斑岩, 粗粒玄武岩

火山岩 流紋岩, 安山岩, 玄武岩

堆積岩 礫岩, 砂岩, 泥岩, 石灰岩, チャート, 凝灰角礫岩, 凝灰岩

変成岩 ホルンフェルス, 角閃岩, 結晶片岩, 片麻岩

■主な鉱物の種類 金, 銀, 白金, 石墨, 硫黄, 鶏冠石<ヒ素>, 閃亜鉛鉱, 磁硫鉄鉱, 辰砂<水銀>, 方鉛鉱, 黄鉄鉱 (パイライト), 黄銅鉱, 磁鉄鉱, 赤鉄鉱 (ヘマタイト), 銅玉, 針鉄鉱 (ゲータイト), 方解石, 菱マンガン鉱, 石膏 (ジプサム), 燐灰石 (アパタイト), かんらん石, ざくろ石, 角閃石, 輝石, 滑石, 雲母, 石英, 斜長石, 正長石, 沸石 (ゼオライト)。



図 6.5 石レキの形状

表 6.5 石礫 (レキ) の記載方法

調査項目	区 分	判定基準
風化の程度	未風化	もとの岩石の硬さと色を保つもの
	半風化	多少風化変質しているが、なお硬さを保つもの
	風 化	手でかろうじて壊すことができるもの
	腐 朽	スコップで簡単に割れる程度のもの
大 小 ざ	細 礫	直径 0.2~1cm
	小 礫	直径 1~5cm
	中 礫	直径 5~10cm
	大 礫	直径 10~20cm
	巨 礫	直径 20~30cm
	巨 岩	直径 30cm 以上
形 状	角 礫	角が鋭くとがっているもの
	亜角礫	角が削れて丸みをおびるもの
	亜円礫	角がほとんど無くなっているもの
	円 礫	球形に近いもの
含 量	な し	断面割合 0%
	あ り	断面割合 0~5%
	含 む	断面割合 5~10%
	富 む	断面割合 10~20%
	すこぶる富む	断面割合 20~50%
	礫 土	断面割合 50% 以上

土の色

土の色はその土壌の母材の性質、生成過程、水分状況を反映します。土の色の差は見た目にも分かり易く、その違いは主に有機物（腐植）や鉄化合物の量、形態に依っています。腐植含量の多少、鉄が集積した層か抜けた層か、還元的な層か酸化的な層か、土壌が湿性か乾性か、などの判断の目安となります。

土色は専門の土色帳を用いて、色相（色：赤、黄、青など）、明度（色の明るさ、暗さ）、彩度（色の強さ、鮮やかさ）の3要素で表記します。また、土色名は通常、以下の7種の土色名に区分して併記します。完全な表示は、土色名、色相、明度/彩度、の順に並べます。
<記入例> 黄色 7.5YR5/6, 黄褐 10YR4/4, 灰色 5Y5/1

■土色の判定法

1. 土色を調べようとする層位の中で代表的な色の土をひとかけらとって、台紙の上ののせます。土色が暗いときは黒い台紙を、明るいときは白い台紙を用います。
2. 台紙上の土の色に最も近い色相のページを探し、土の色と一致する色を探します。このとき、直射日光や薄暗いところは避けて、明るい日陰で行うことが望ましいです。
3. 土の色が土色帳と一致せず、中間的な場合はその中間の値を記述します。例えば、色相が2.5YRと5YRの中間ならば3.75YR、明度が3と4の中間ならば3.5、彩度が2と3の中間ならば2.5と小数を用いて記述します。
4. 斑紋・結核（土壌中にある成分の不均一な分布によって出来たもの。水の影響が強く働く低地土壌に多く見られる。）などがある場合には、色を分けて記入します。
5. 土色、特に明度は水分状況によって変化するので、土の水分状況（後述）を同時に記入する必要があります。特に、土が乾いている場合には全体に白っぽくなって土壌の特徴的な色が現れないので、このような場合には土を水で湿らせてから判定し、乾土と湿土の色を両方記入します。
6. 土色帳は土が付着して汚れやすいので、調査後は布などできれいにしておきます。

■一般的な土色名による区分

赤色 色相が5YR～2.5YR～10Rで、明度>3かつ彩度 \geq 3、ただし、明度/彩度が4/3、4/4を除く。

暗赤色 色相が5YR～2.5YR～10Rで、明度 \leq 3かつ3 \leq 彩度 \leq 6、および明度/彩度が4/3、4/4。

黄色 色相が5YRより黄色(7.5YR～10YR, 2.5Y～7.5Y)で、明度 \geq 3かつ彩

度 ≥ 6 、ただし明度/彩度が3/6, 4/6を除く。

黄褐色 色相が5YRより黄色(7.5YR~10YR, 2.5Y~7.5Y)で、明度 ≥ 3 かつ $3 \leq$ 彩度 < 6 、および明度/彩度が3/6, 4/6。

灰色 色相が10Yより黄色または赤く(10R~10YR, 2.5Y~7.5Y)で、明度 ≥ 3 かつ彩度 < 3 、または、色相が無彩色(N)で明度 ≥ 3 。

青灰色 色相が10Yかそれよりも青い(10Y, 2.5GY~10GY, 2.5G~10G, 2.5B~)。

黒色 5YR~2.5YR~10R以外の色相について、明度が3未満。

■土壌の色の補足説明

黒色 落葉や落枝、動物の糞などの有機物が分解・変質した「腐植」が集積すると黒くなります。

褐色 酸化状態の鉄が多いと褐色になります。

赤黄色 酸化された鉄が長い年月をかけて乾燥、再溶解などを経て出来た、ある種の酸化鉄が非常に多い場合になります。

白、灰色 長い年月の間に鉄が溶脱してしまった場合の色です(つまり、土の原料の砂や鉱物の色)。また、水田や沖積土壌の灰色は、山から運ばれた酸化鉄が多い褐色の土壌が水の中で還元され、鉄が溶けて出てこなくなったためです。

青灰色 主に沖積土壌で、排水不良で土壌の還元状態が強い場合に、溶けた二価鉄が流されずに残留し、青灰~青緑色となります。



図 6.6 標準土色帳

斑紋・結核

斑紋とは、土壤中で鉄化合物がある部分に濃縮，または除去されて，色が周りと区別されるものを言い，湿性程度の目安となります。結核とは，斑紋が乾燥して硬くなったものです。いずれもその量（観察面中の面積割合）で判定します。

斑紋・結核は土壤の湿性程度，鉄・マンガンなどの集積程度を表します。これらは土壤中で新たに生成したもので，土壤生成の大きなヒントになります。礫や炭などは斑紋・結核とは言いません。斑紋は鮮明度，形状，色，量，大きさを，結核は形状，色，量，大きさ，硬さを記入します（表 6.6 参照）。

鮮明度はどれくらい際立っているか，形状はどのような形をしているか，色は土色帳と同じ，量は断面に占める割合で，大きさは直径または内径を，硬さは結核の硬さを調べます。

<記入例> 鮮明な糸根状斑鉄 (5YR4/4) 富む (16 %)



雲状



管状



糸根状



膜状

図 6.7 斑紋の形状

■斑紋の生成形態からみた種類

灰色斑と色模様 孔隙が水で飽和されて、その付近の鉄やマンガンが還元溶脱されると、灰色になります。これを灰色斑といいます。

斑鉄及びマンガン斑 遊離の鉄やマンガンが土層中の特定の部位に濃縮したものを斑鉄およびマンガン斑といい、鉄質のものは黄褐～赤褐色、マンガンのものは黒褐～黒色になります。マンガン斑はテトラベース（TDDM）試薬で確認します。

表 6.6 斑紋の記載方法

調査項目	区 分	判定基準
鮮明度	不鮮明	注意して観察したら見分けられる
	鮮 明	はっきりとわかる
	非常に鮮明	非常に目につく
形 状	糸根状	稲の根の跡などに沿った線状のもの
	膜 状	割れ目などを覆っている膜状のもの
	管 状	生成は糸根状と同じだが、太くてパイプ状のもの
	不定形	形が定まっていないもので、孔隙から広がっているもの
	糸 状	細かい孔隙に沿った糸状のもので、網状に広がっている
	点 状	斑点状になっているもので、たいてい黒褐色のマンガン斑
	雲 状	輪郭が不鮮明で不定形。孔隙に近づくにつれ薄くなるもの
色	土色帳により判定する	
量	な し	断面割合 0%
	まれにあり	断面割合 0～2%
	あ り	断面割合 2～5%
	含 む	断面割合 5～15%
	富 む	断面割合 15～40%
	すこぶる富む	断面割合 40% 以上
大きさ	点状斑、結核は直径（または長径、短径）を記入する 糸根状、糸状、管状斑は内径を記入する	
結核の 硬さ	硬	（指でつぶれないもの）
	軟	（指でつぶれるもの）

土壌の構造

透水性，通気性，根の伸長などに関係する重要な性質ですが判定は定性的です。スコップで土の塊を掘り上げた時に，その塊が粒状に崩れるもの，やや大きな塊に崩れるもの，ほとんど崩れないもの，等様々です。これらは土壌構造の違いに起因しているのです。

土壌構造とは，植物の根や土壌動物，乾燥や湿潤の繰り返しなどによって，砂や粘土などの土壌構成粒子が形成する集合体（ペッド）のことです。このようにしてできる土壌構造は，土壌の生成環境をよく反映しているもので，生産力とも密接な関係があります。

土壌構造の調査では，発達程度，大きさ，形状を記入します（表 6.7 参照）。構造が発達していないものは無構造として区別します。

<記入例> 小・粒状構造・発達中度，大・角塊状構造・発達強度

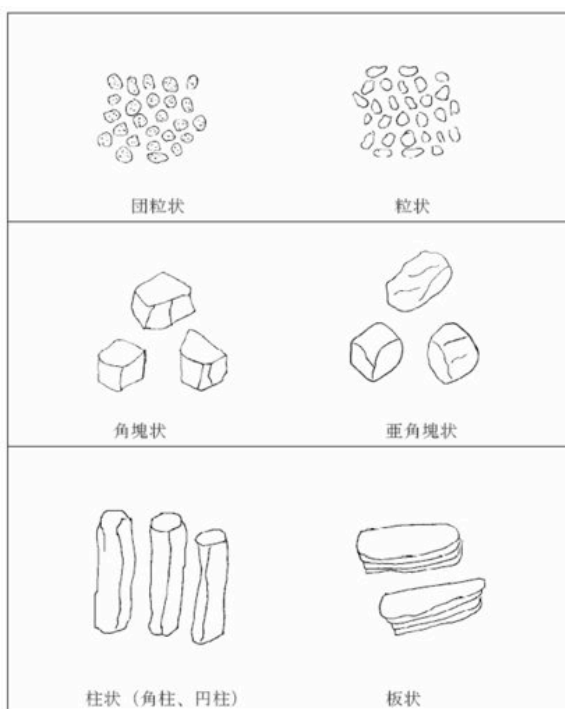


図 6.8 土壌構造の形状

表 6.7 土壌構造の記載方法

調査項目	区 分	基 準			
発達程度	弱 度	土層内でかろうじてペッドを識別できる 断面から土塊を取り出すと、ペッドの大半が壊れる			
	中 度	土層内ではペッドはあまりはっきりはしないが、土塊を取り出すと、かなり安定で明瞭なペッドが見られる			
	強 度	土層内でペッドが極めて明瞭に認められ、ほとんどが完全なペッドに分けられる			
大きさ		粒状	塊状	柱状	板状
	細	< 1	< 5	< 10	< 1
最小径 (mm)	小	1~2	5~10	10~20	1~2
	中	2~5	10~20	20~50	2~5
	大	5~10	20~50	50~100	5~10
	極大	≥ 10	≥ 50	≥ 100	≥ 10
形 状	粒 状	丸くて、孔隙が少なく、ち密で硬い			
	団粒状	丸くて、指で簡単につぶせて、孔隙が多い			
	角塊状	ブロック型で角がとがっているもの			
	亜角塊状	ブロック型で、角が丸みのあるもの			
	円柱状	柱のように長く、柱の頭が丸い			
	角柱状	柱のように長く、角張っている			
	板 状	平らに発達した構造で、普通水平に配列し、重なり合っている			
無構造	単粒状	砂のように各粒子がバラバラになっているもの			
	壁 状	土層全体がち密に重なって、一定の構造を認められないもの			

土壌硬度 (ち密度)

土性や土壌構造と関係し、根の伸張、透水性に関係します。ち密度の判定には、土壌硬度計による方法と親指の貫入程度による方法があります (表 6.8 参照)。硬度計による方法は、平らに整えた土壌断面に直角に硬度計を押し込み、その貫入の深さをmm単位で読みとります。この操作を数回繰り返して、最大頻度値を代表値とします。

<記入例> ち密度 中 (19mm)

表 6.8 土壌硬度の記載方法

調査項目	区分	基準	
硬度計	極疎	≤ 10 mm	ほとんど抵抗無く指が貫入する
	疎	11~18 mm	やや抵抗はあるが貫入する
	中	19~24 mm	第一関節まで貫入する
	密	25~28 mm	指あとはずつが貫入しない
	極密	≥ 29	指あともつかない
親指貫入程度	すこぶるしょう	ほとんど抵抗無く指が貫入する	
	しょう	指が土層内にたやすく深くはいる	
	軟	はっきりと深い指のあとが容易にできる	
	堅	強く押しても指の跡がわずかしか残らない	
	すこぶる堅	強く押しても指の跡が残らない	
	固結	移植ゴテによってやっと土壌を削れる	



図 6.9 土壌硬度計 (上:プッシュコーン式, 下:山中式)

水分状況 (湿り具合)

土の色，植物生育に関係します。水分状況は調査前の降雨状況にも影響を受けるので，調査日や調査前の天候についての記入を忘れないようにします。水分状況の判定は，土の乾湿と地下水面によります。野外での土壌の乾湿は，表 6.9 をもとに土塊を手で握った時の感触により区分します。地下水面は，湧水（わき水）の上昇がほぼ停止した位置までの深さを測り，記入します。

表 6.9 土壌水分の記載方法

区 分	基 準
乾	土塊を強く握っても手のひらに全く湿り気が残らない
半乾	湿った色だが，土塊を強く握った時に湿り気をあまり感じない
半湿	土塊を強く握ると手のひらに湿り気が残る
湿	土塊を親指と人差し指で強く押すと水がにじみ出る
多湿	土塊を強く握ると水滴が落ちる
過湿	土塊を手のひらにのせると自然に水滴が落ちる

生物の影響

植物や動物，微生物などの生物も土壌の生成や性質に影響を及ぼしています。野外調査では，肉眼もしくはルーペで観察できるものについて観察します。

1. 植物根は，表 6.10 に基づき，太さ（直径）と量（100cm² 当たりの根数）について記入します。
2. 土壌動物は，落葉落枝を細かくしたり，土壌をかき混ぜたりして，微生物が食べ易いようにしています（青木，1991）。
 - 哺乳動物（ネズミ，モグラなど）
 - 大型土壌動物（体長 \geq 2mm，ミミズ，クモなど）
 - 土壌小形節足動物（体長 0.2~2mm，トビムシ，ダニなど）
 - 土壌小形湿性動物（体長 0.2~2mm，ヒメミミズ，線虫など）
 - 微小土壌動物（体長 < 0.2mm，原生動物，ワムシなど）
3. 生物的特徴は，生物の活動によってもたらされた土壌中の形態的特徴の種類と量（なし，あり，含む，富む）によって区分します（FAO/ISRIC, 1990）。
 - 先史時代の遺物

- ウサギ，モグラなどの穴
- ミミズの穴
- 土で充填された細管
- シロアリ，アリの巣穴
- その他の昆虫の活動
- 炭

<記入例> 細根富む，中根あり，ミミズの穴富む

表 6.10 植物根の記載方法

調査項目	区 分	基 準
太 さ	細	直径 < 0.5mm
	小	0.5~2mm
	中	2~5mm
	大	≥ 5mm
細根・小根 の分布量	なし	0 本/100cm ²
	まれにあり	1~20
	あ り	20~50
	含 む	50~200
	富 む	≥ 200
中根・大根 の分布量	なし	0 本/100cm ²
	まれにあり	1~2
	あ り	2~5
	含 む	5~20
	富 む	≥ 20

■補足:菌糸束および菌糸層について 土壌中には，細菌類や菌類，地衣類などが生息しており，落葉落枝などの有機物の分解者として重要な働きをしています。しかし，微生物（細菌や菌類）は肉眼での観察が困難なので，通常の土壌調査では菌糸束や菌根について色や形状，分布状態についてのみ記入します。菌糸層は菌糸束が層状に広がったもので，水をはじく性質が非常に強く，土壌の乾性化の原因となるので，菌糸層の発達は，土壌の乾性化の指標として重要です。

第7章

土壌の生き物や性質を調べる

はじめに

第3章で述べた土壌中に住んでいる様々な動物は、簡単な装置を使うことによって実際に観察することができます。また、第4章で説明されている土壌呼吸・吸着能・緩衝能のような性質は、簡単な化学実験によって確かめることができます。

ここでは、土壌の生き物や性質を調べるための手段として、使用する土壌の採取および土壌動物の観察、土壌呼吸や土壌の吸着能・緩衝能を調べる実験の一例を紹介します。

7.1 土壌を採取する

土壌の性質を確認する実験を行う際に、使用する土壌の採取は、どのような場所の、どのような位置から、どのような手順で採取すればいいのでしょうか。第5章で説明されているように、「土壌は、気候条件、生物の作用（特に植物の量や種類）、地形の影響、土壌が作られる岩石などの材料の性質などによって個性的」になっており、垂直方向にも層位分化しているために層位毎の個性も多様です。そのため、実験に使用しようとする土壌の採取場所や採取位置（層位・深さ）には注意を払う必要があります。また、このような土壌の多様性に着目し採取場所や採取位置の異なる土壌を数種類用意して実験を行うことで、土壌の性質に関する理解を更に深めることができます。土壌を採取する際は、可能な断面をよく観察・記載し、実験の目的に応じた試料を採取するように努めて下さい。

ここでは、日本の温帯域に広く認められる褐色森林土を例に、土壌を呼吸や吸着などの実験に用いる際の注意点*1を説明します。

日本の温帯域に広く認められる褐色森林土の土壌断面形態（図7.1(a)）は次のようなも

*1 この資料は、2004年9月8日に九州大学農学部附属福岡演習林で実施されたSPP事業教員研修「土壌教育ワークショップ」において実施された研修プログラムをもとに、2006年4月に作成されたものである。写真：東京農工大農学部 田中治夫

のです。A層では、生物活性が高く、有機物の土壌動物・微生物による分解がおり、その残渣は腐植物質となり暗い色を呈し、無機成分と混じりあって団粒構造を形成します。一方、B層では、岩石に含まれる鉱物の風化により粘土生成と鉄の遊離が起り、それに有機物が混じりあって褐色で粘り気のある塊状構造を形成します。

試料の採取は断面観察・記載が終わった後に、A層とB層を別々に移植ゴテを用いてビニール袋に採取します(図7.1(b))。土壌動物の観察や呼吸の実験は生土を用い(図7.1(c))、緩衝能や色素の吸着実験については、土壌を乾かして、2mmの篩いで篩ったもの(図7.1(d))を用います。なお、土壌の中の生き物や呼吸を調べるときには、O層も用いることができます。

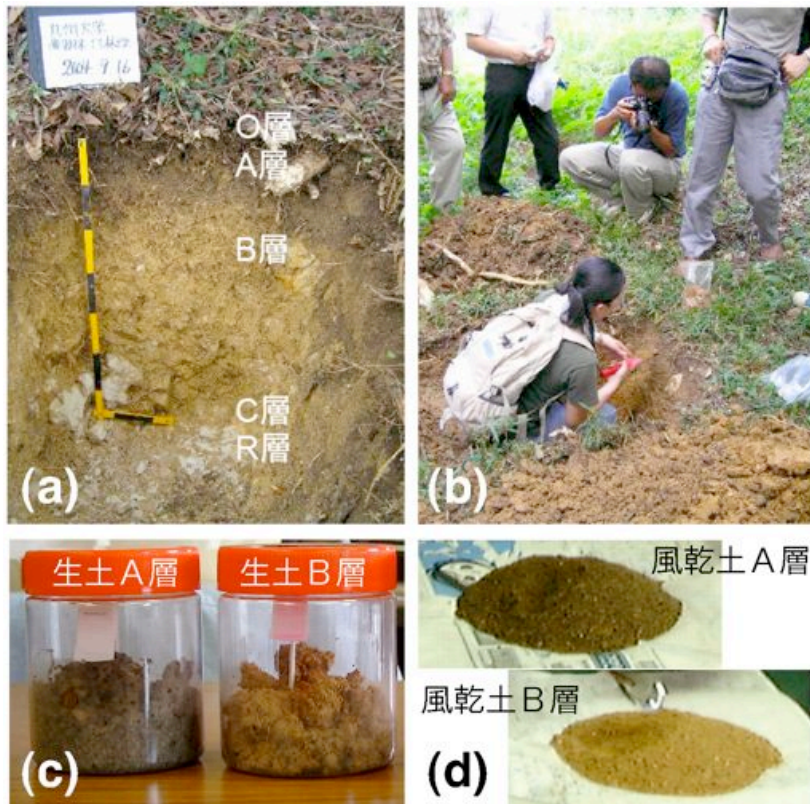


図7.1 土壌試料の採取：(a) 褐色森林土の断面形態，(b) 土壌試料採取の様子，(c) 土壌断面から採取した直後の土壌－生土試料（A層，B層ともに「塊」になっている様子が観察できます。A層をよく観察すると、その塊がB層よりも小さく、かつ粒状（団粒状と呼びます）になっている様子がわかります。），(d) 生土を乾燥させた後に2mmの篩を通した風乾土試料（A層とB層の色の違いが良くわかります。乾燥する過程でよく手でもみほぐして、篩にかけて調製します。)

7.2 土壌の生き物を調べる

土壌中には数多くの様々な動物が住んでいます。地面をはっている動物や土中の大きな動物（大形動物）は比較的に見つけやすいですが、土中にいる小さな動物（小形動物）は見つけるのが難しいです。なお、土壌生物については第3章（41ページ～）を参照して下さい。

大形動物の観察〔ハンド・ソーティング法〕

地表に50cm四方の方形枠を置き、その範囲の落葉枝を集め、次いで土を5cmまで採取し、それぞれ大形バットに入れます。採取した落葉枝及び土を明るい場所で少しずつ崩しながら大形動物をピンセットで取り出し、それぞれ70%エタノールが入った容器に入れます。大形動物をシャーレに移して双眼実体顕微鏡で検鏡し、検索表を見ながら種類を確認し、個体数を調べます。

小形動物の観察〔ツルグレン抽出法、ベールマン抽出法〕

大形動物を収集し終わった落葉枝及び土をビニール袋に入れて持ち帰ります。持ち帰った落葉枝または土をツルグレン装置（図7.2）に入れ、60W電球で半日～1日光を照射します。エタノール中に落ちた小形動物をシャーレに移して双眼実体顕微鏡で検鏡し、検索表（図7.3）を見ながら種類を確認し、個体数を調べます〔定量的に調べる場合は土に空き缶を打ち込み、缶中の土をツルグレン装置に入れる〕。

なお、ツルグレン装置は乾生場所、ベールマン装置は湿生場所で生活している動物を抽出するために使用する装置です。ツルグレン装置は簡単に自作できるので作ってみましょう。古いカレンダーやボール紙を丸めてメガホン状にしてセロテープで貼り付けます。その口に網をつけたら、図のようにスタンドに固定します。その上部に60W電球、下部に70%エタノール（市販の消毒用アルコールを薄めたもの）を入れた空きビンを設置すれば完成です。

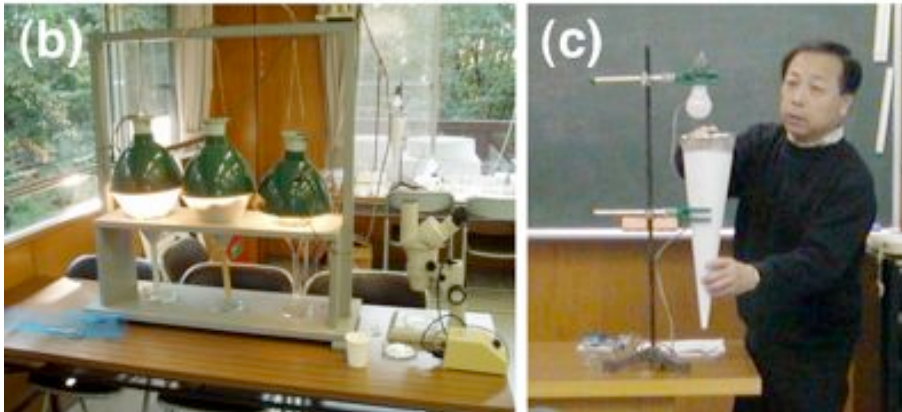
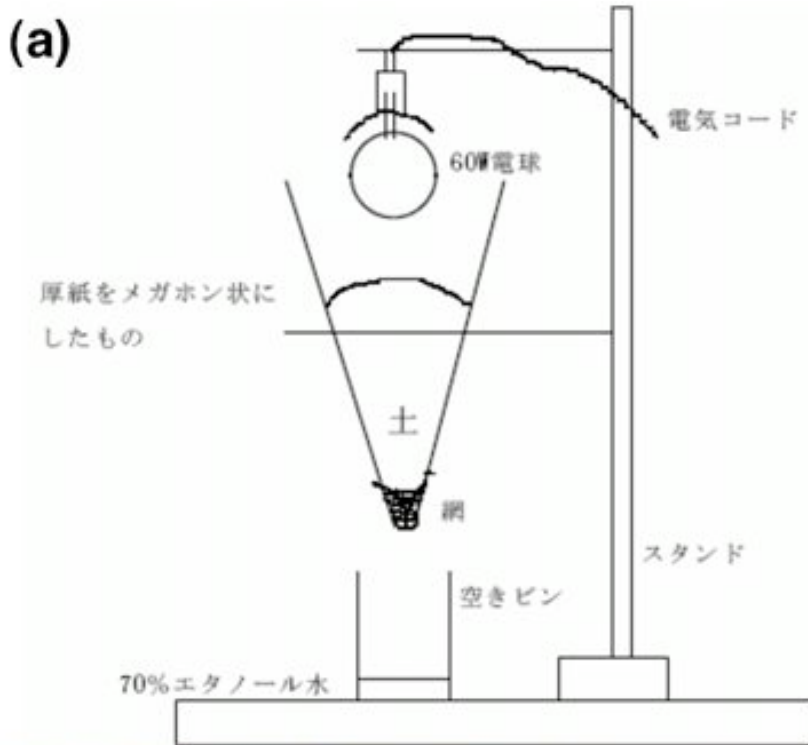


図7.2 ツルグレン装置：(a) ツルグレン装置の自作例，(b) ツルグレン装置（左）と実体顕微鏡（右），(c) 自作したツルグレン装置（写真提供：愛知県農業総合試験場 瀧勝俊）

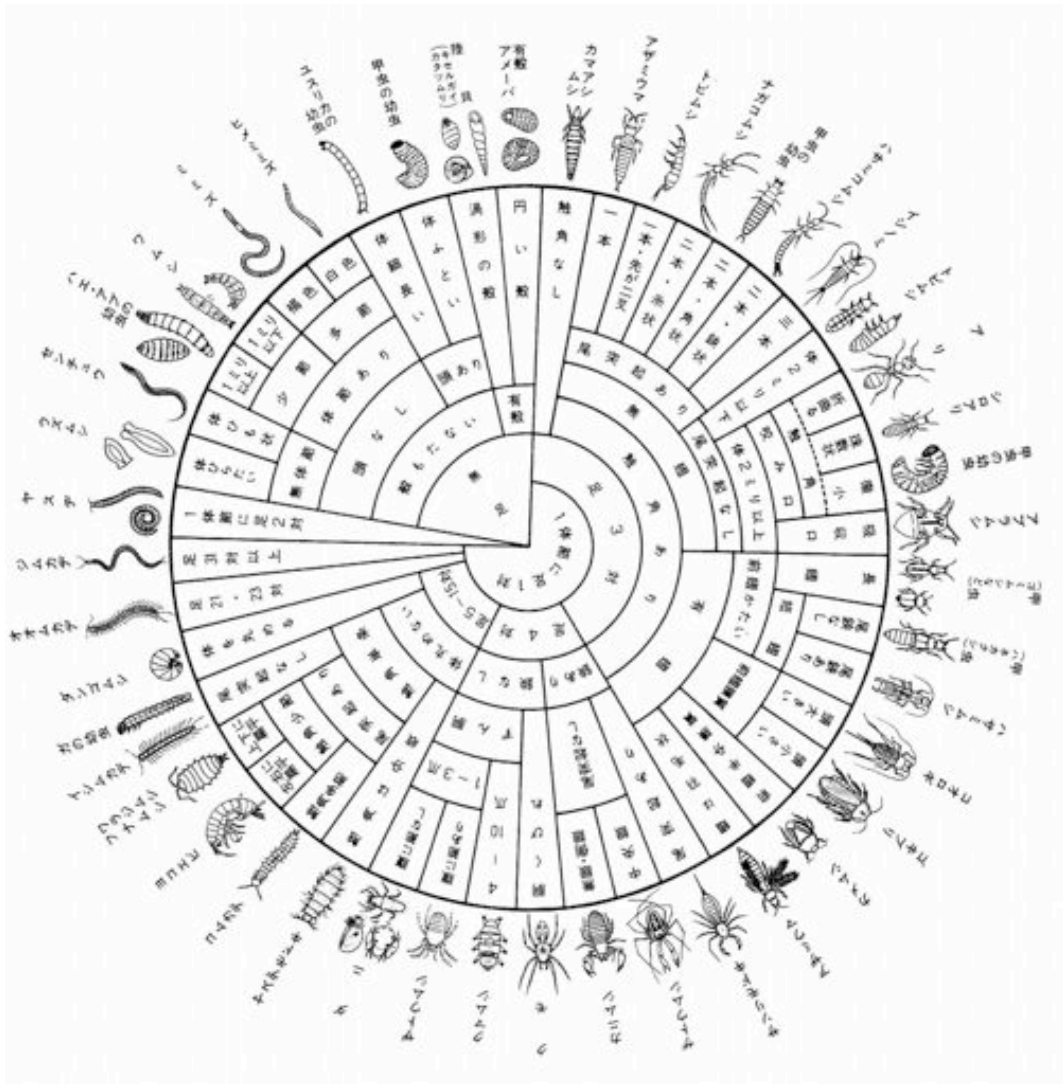


図 7.3 土壌動物のおおまかな分類のための円盤検索表 (青木, 1983)

7.3 土壌の呼吸を調べる

土壌呼吸の定性的実験方法*2の一例を紹介します。詳しい原理については、第4.1章(45ページ～)を参照して下さい。

土の呼吸を観察しよう！

私たちは毎日息を吸ったりはいたりしています。これを「呼吸」といいます。呼吸によって私たちは酸素を吸って二酸化炭素をはいています。土の中にもミミズやムカデ、目に見えないカビや細菌など、たくさんの動物が住んでいます。彼らも私たちと同じように呼吸をしています。動物たちがたくさんいる元気な土はたくさん呼吸をし、動物たちのいない元気がない土はあまり呼吸をしていません。フェノールフタレインは、二酸化炭素に反応して赤から透明に変化します。この薬品を使ってかんたんな実験をしてみよう！

1. ろ紙をアルカリ溶液とフェノールフタレインを混ぜた液に浸す。
2. 土の入ったビンにそのろ紙を入れる。もう一方のビンには発泡スチロールを入れ、その中にろ紙を入れる。
3. ろ紙の色が白くなる時間を計る。

■クエスチョン 土の入ったろ紙と発泡スチロールの入ったろ紙ではどちらの方が早く白くなったでしょう？

■やってみよう 砂場の砂や畑の土、山の土など、色々な土でろ紙が変化する時間を比べてみよう。同じ土でも朝、昼、夜など時間によって土の呼吸量が変わります。色々な時間に土を採って呼吸量を比べてみよう！

*2 2004年9月8日、九州大学農学部附属福岡演習林において開催されたSPP事業(教員研修)「土壌教育ワークショップ(主催:土壌肥料学会)」において実施された土壌呼吸実験より。講師(資料作成):千葉大学園芸学部 坂本一憲



■実験実施上の留意点

- ・土壌から発生する二酸化炭素を吸収するアルカリ溶液（水酸化ナトリウム溶液、水酸化カリウム溶液）は実験直前に作ることが望ましい。また、溶液の保存には密閉性の高い容器を用いる。
- ・左図では、濾紙をアルカリ溶液に浸した後にフェノールフタレイン液をつけるように描かれているが、実際には両者の混合液を使った方が楽である。
- ・アルカリ溶液を濾紙に吸収させる場合、しみ込ませる程度とすると良い。
- ・土壌呼吸速度の大きさは土壌の種類や地温、有機物量、含水量などに影響される。特に、地温の影響は大きい。すなわち季節変動が大きい。土壌呼吸速度は夏に大きく、冬に小さい。そのため、アルカリ濃度を調節することが重要である。
- ・予備実験を行い、事前に土壌呼吸速度を測定しておきたい。
- ・濾紙片の変色（赤色→無色）により土壌呼吸現象を捉える化学的な説明をする。フェノールフタレインはアルカリ性で赤色、酸性で無色となる指示薬である。この変色は土壌の呼吸により生じる二酸化炭素が濾紙片の水酸化ナトリウム（アルカリ性）と反応し、pHを下げる現象であることを説明したい。

図 7.4 土壌呼吸を調べる実験の手順



図 7.5 土壌呼吸を調べる実験の様子：(a) 屋外で実験開始（人間の呼気による炭酸ガスの影響を少なくするため実験は野外で行います），(b)8分経過（実験開始後容器を室内へもって入り，容器に入れないろ紙片も対照区として観察します），(c)16分経過（「A層」と「容器なし」のろ紙片が白色に変化しているけれども発泡スチロールのろ紙片はほとんど変色していない様子が観察されます）

7.4 土壌の吸着能を調べる

土壌の吸着能の定性的実験方法の一つである「インク・色素吸着実験」を紹介^{*3} します。詳しい原理については、第 4.2 章（47 ページ～）を参照して下さい。

土の吸着性を観察しよう！

土には物質をくっつける性質があります。この性質を「吸着性」といいます。雨水など、濁った水や色のついた水が土の中を通るとききれいな水になったり、畑にまいた肥料が雨で流れ出さずに作物に吸収されたりするのも、この吸着性のおかげです。

この吸着性を、青インクや赤い色素を溶かした水を使って観察してみよう！

1. ろ紙を四つ折にしてろうとに入れ、その中に土を入れる。
2. 青インクを溶かした水を上から入れる。

■クエスチョン 土を通して出てきた水の色は何色だったでしょう。はじめに入れた水の色とどっちが濃いでしょうか。

■やってみよう 校庭の砂利や花壇の土、砂場の砂などを使って吸着性を比べてみよう。土は深さによっても性質が変わります。同じ場所で、浅いところにある土と深いところにある土で吸着性を比べてみよう。

^{*3} 2004 年 9 月 8 日、九州大学農学部附属福岡演習林において開催された SPP 事業（教員研修）「土壌教育ワークショップ（主催：土壌肥料学会）」において実施された吸着実験より



■実験実施上の留意点

- ・青インクの土壌による吸着の実験は左図に示した方法の他に、土に青インク液を加えて振とうせずに静置する方法もある。
- ・対照として砂を用いる場合、川砂または海砂を用いるとうまくいく。砂場の砂を用いると雑菌が繁殖しており物質吸着が生じることがある。
- ・土壌粒子あるいは腐植（有機物）の表面が負に帯電しているため、陽イオンのアンモニアやカリウム、カルシウムなどが吸着される原理を説明したい。また、一部正に帯電している部分にリン酸などの陰イオンが吸着する。なお、青インクは色素が錯イオン化（錯イオンとは金属イオンに陰イオンや中性の分子が配位結合しているイオンをいう）しており、吸着現象が生じていることにも触れたい。

図 7.6 土壌の吸着性を調べる実験の手順

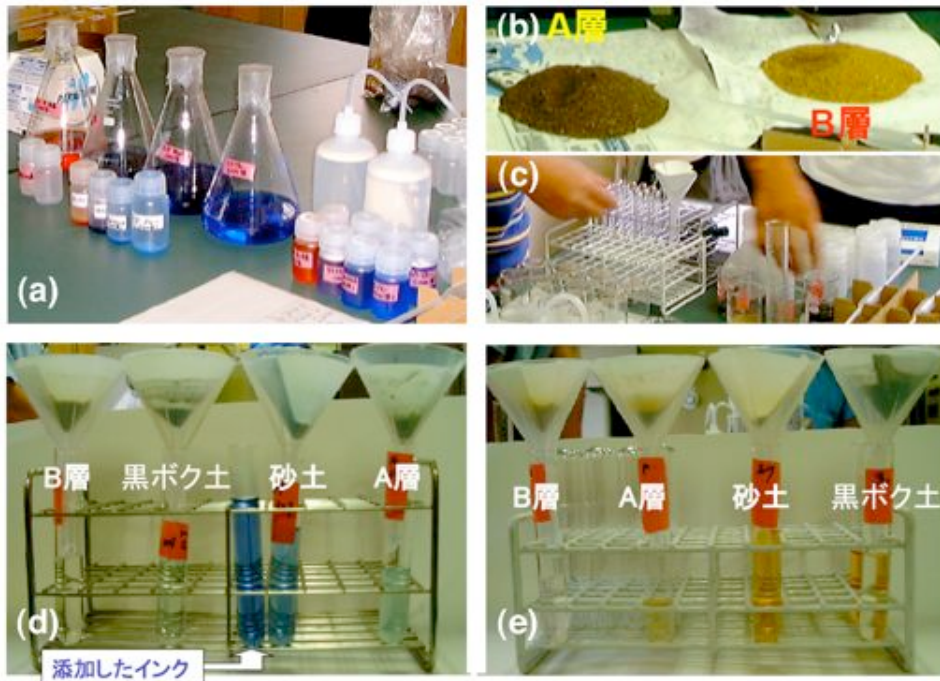


図 7.7 土壌の吸着性を調べる実験の様子：(a) 実験に用いた色素（アニリンブルー，青インクとクチナシ），(b) インク吸着実験に用いた土壌（この他に对照土壌として，黒ボク土と砂土を用いた），(c) 土壌とインクの希釈液との反応実験の実際，(d) 青インクの結果（青インクの吸着力が土壌の種類によって変化し，B層>黒ボク土≒A層>砂土であることがわかる），(e) 赤色素の結果（赤色素の吸着力も土壌の種類によって変化し，B層≒黒ボク土>A層>砂土であることがわかる）

7.5 土壌の緩衝能を調べる

土壌の緩衝能の定性的実験方法の一つである「酸緩衝（中和）能実験」を紹介します。詳しい原理については、第4.3章（50ページ～）を参照して下さい。

酸緩衝（中和）能に関する定性的実験の概要と観察

土壌に酸性の雨が降ったときに、土壌はどのような働きをするのかについて、実際に実験を行って学ぶことにしたいと思います。準備するものは、30 ml 程度のサンプルビンと pH 指示薬のメチルオレンジと様々な濃度の塩酸溶液です。この塩酸溶液は、その濃度を変えることによって図7.8(a)のように pH が変化します。そこに pH 指示薬であるメチルオレンジを添加するとオレンジ色から黄色まで色鮮やかに溶液の色が変化します。この溶液の製法について少し触れておきます。

■溶液の製法 市販の 1M の塩酸溶液を購入して、それを次のように順次薄めて行きます。

1. pH 2.0 溶液：1M 溶液を 1/100 に希釈します。
2. pH 3.0 溶液：pH 2.0 溶液を 1/10 に希釈します。
3. pH 3.3 溶液：pH 2.0 溶液を 1/20 に希釈します。
4. pH 3.7 溶液：pH 2.0 溶液を 1/50 に希釈します。
5. pH 4.0 溶液：pH 3.0 溶液を 1/10 に希釈します。
6. pH 4.3 溶液：pH 3.0 溶液を 1/20 に希釈します。
7. pH 4.7 溶液：pH 3.0 溶液を 1/50 に希釈します。
8. pH 5.0 溶液：pH 4.0 溶液を 1/10 に希釈します。
9. メチルオレンジ溶液は、メチルオレンジ 0.1 g を水（脱イオン水）100 ml に溶かし、濾過する。

図7.8(b)にも示していますように、pH 3.3 もしくは pH 3.7 の溶液を用いて、土壌 2.0 g に対して 20 ml を添加して、1 時間ガラス棒でよくかき混ぜます。その後濾過をして口液を得ます。この実験は、実際に酸性の雨が土壌に降ったことを考えて行っていることに注意して下さい。用いている土壌ですが、赤黄色土（沖縄県）、褐色森林土（石川県）、黒ボク土（石川県）の3点です（図7.8(c)参照）。土壌の種類が違うと、異なる反応性を示すことが知られているために、性質の異なる試料を用意しました。実際に身近な土壌試料を用いる場合は、森林、畑、水田の土をある程度乾かして、よく手でほぐして、2 mm のふるいでふるって、試料とします。

ろ過した溶液 (図 7.8(e)) を 30 ml 容のサンプルビンにとってメチルオレンジを駒込ピペットによって 3 滴から 4 滴加えてよく攪拌し (図 7.8(f) 参照), 溶液の色の変化を観察します。その溶液の色と土壌を全く加えない濃度の異なる塩酸溶液にメチルオレンジを加えたサンプルビンの溶液の色 (図 7.8(g) 参照) を照らし合わせて pH を推定します。赤黄色土, 褐色森林土, 黒ボク土に pH 3.3 および pH 3.7 の溶液を加えてろ過した口液にメチルオレンジを添加した左の写真を見ると, 赤黄色土が最もオレンジ色が強く, 黒ボク土が最も黄色が強くなります。下の写真を見ると, 赤黄色土が最も pH が低く (pH 3.7), 褐色森林土が中間 (pH 3.7-4.0) で, 黒ボク土が最も高い値 (pH 4.3 付近) を示すことがわかるでしょう。

この実験で得られた結果を考える前に, pH について少し説明をしておきます。pH とは, 分かり易くいえば酸性の原因物質である水素イオンの数の逆数で, pH が高くなると, 水素イオンの数が減り, 逆に pH が下がると水素イオンの数が増えます。自然に降る雨の pH は約 5.6 であるとされていて, この pH 5.6 より低い雨は, 酸性雨と呼ばれています。通常酸性雨の pH は 4.0 から 5.0 であることが多いので, 今回用いました pH 3.3 や pH 3.7 の塩酸溶液は, 実は酸性雨よりも水素イオンの数が多いのです。さてここで, この実験から得られた結果を考えてみましょう。赤黄色土, 褐色森林土, 黒ボク土ともに塩酸溶液の pH を高くする働きがあることがわかります。しかし, その程度は異なって, 酸性雨が降ったときには, 黒ボク土壌が最もその緩和能力が高く, 赤黄色土壌は最も緩和能力が低いことがわかります。もし, この実験に興味を持った人がいましたら, 早速試してみてください。

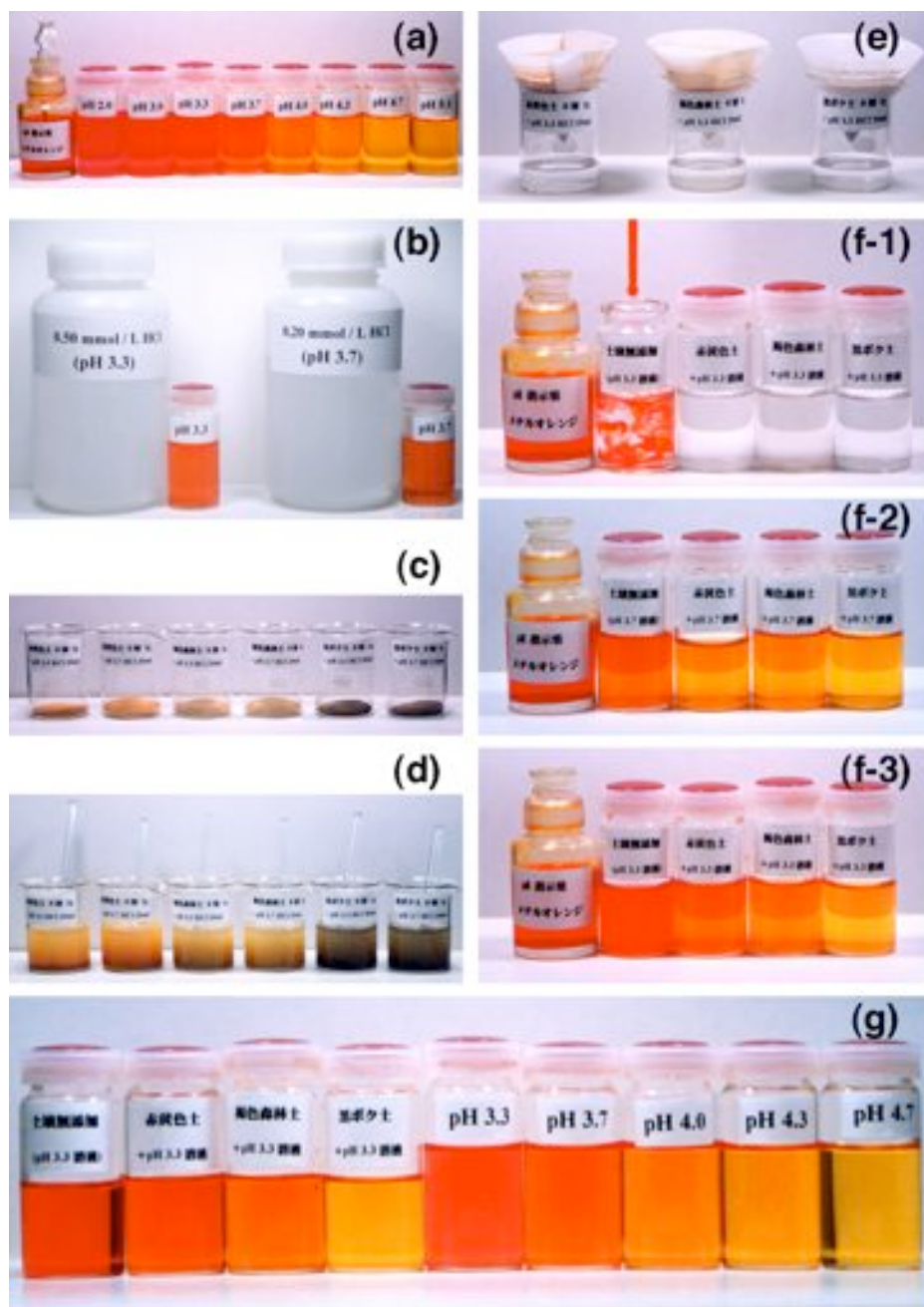


図 7.8 土壌の緩衝能を調べる実験の様子：(a)pH の異なる溶液へのメチルオレンジの添加による色の変化，(b)pH3.3 と pH3.7 溶液の塩酸濃度，(c) 使用した日本産土壌，(d) 塩酸溶液添加・かくはんの様子，(e) 懸濁液のろ過，(f-1,2,3) ろ過した溶液にメチルオレンジを加える様子，(g) 結果

第8章

土壌の標本（モノリス）を作る

土壌断面の標本のことを土壌モノリスといいます。ここではモノリス製作の実際^{*1}を紹介합니다。

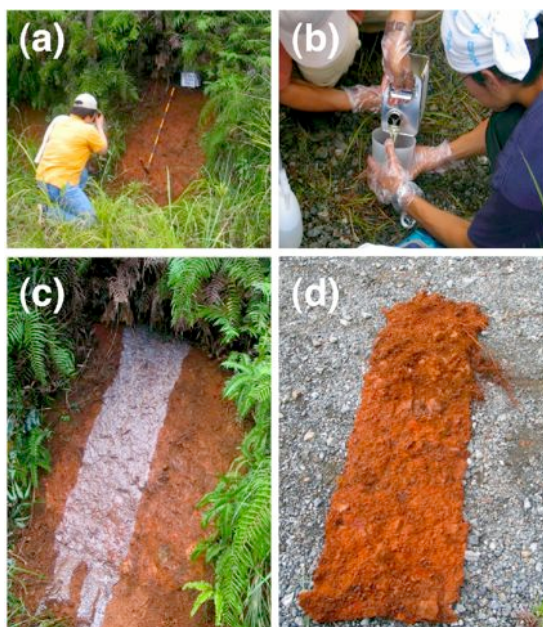


図 8.1 モノリス製作の概要：(a) 代表的な土壌断面の選択，(b) 接着剤の注入，(c) 接着剤の塗布，(d) 剥ぎ取り終了後の土壌の様子（これを板に貼り付けて，スケールをつけ，完成させる）

^{*1} 2004年9月8日，九州大学農学部附属福岡演習林において開催された SPP 事業（教員研修）において実施されたモノリス製作研修より（講師：筑波大学 田村憲司，東北大学 菅野均志）。モノリス製作キット等が市販されている（問い合わせ先：(株)三恒商事文化財課 電話：06-6538-0571，Fax：06-6535-1292，住所：大阪市西区新町1丁目10番2号）。

8.1 現地における土壌断面採取の実際



図 8.2 モノリス製作の詳細（その1）：(a) 土壌断面の表面をできるだけ平らに整形する，(b) 接着剤を塗布している様子（塗布するポイントは，土壌断面に角度を付けることです。土壌断面の上から接着剤を流すときは流しすぎに注意する。）(c) 接着剤を流しすぎると下部に接着剤がたまるので注意が必要（土壌断面下部より，刷毛で土壌断面上部に向かって，接着剤を塗布する方法もある），(d) 接着剤を固化させるために霧吹きを用いて水を吹きかける



図 8.3 モノリス製作の詳細（その2）：(e) ガーゼまたは寒冷紗をその上から貼り付け、その上から接着剤を塗布して、さらに水を吹き付ける（あまり幅を広げることがないように気をつける）、(f) 昼食を食べながら接着剤と水が反応して固化するのを待ち、約1時間後に貼り付けたガーゼに沿って切り目を入れる、(g) ガーゼの両端に切込みを入れた後、土壌断面の上方から剪定ばさみで土壌表層に密集している根を切りながら、下方に徐々に剥いでゆく、(h) 切り取りを入れた後、手で徐々に剥いでゆく（土壌を剥ぎ取るので、かなり力が必要となる）

8.2 採取した土壌断面による土壌標本製作の実際



図8.4 モノリス製作（その1）：(a) モノリスの枠を用意します（ベニヤ板と角材で作製しますが、今回はアルミ版を使用しました），(b) はがしとった土壌断面フィルムを枠にあわせてカッターナイフでゆっくり切る，(c,d) 枠にはめながら，ゆっくり切っていきます，モノリス製作協力（筑波大学大学院生 梅原温）

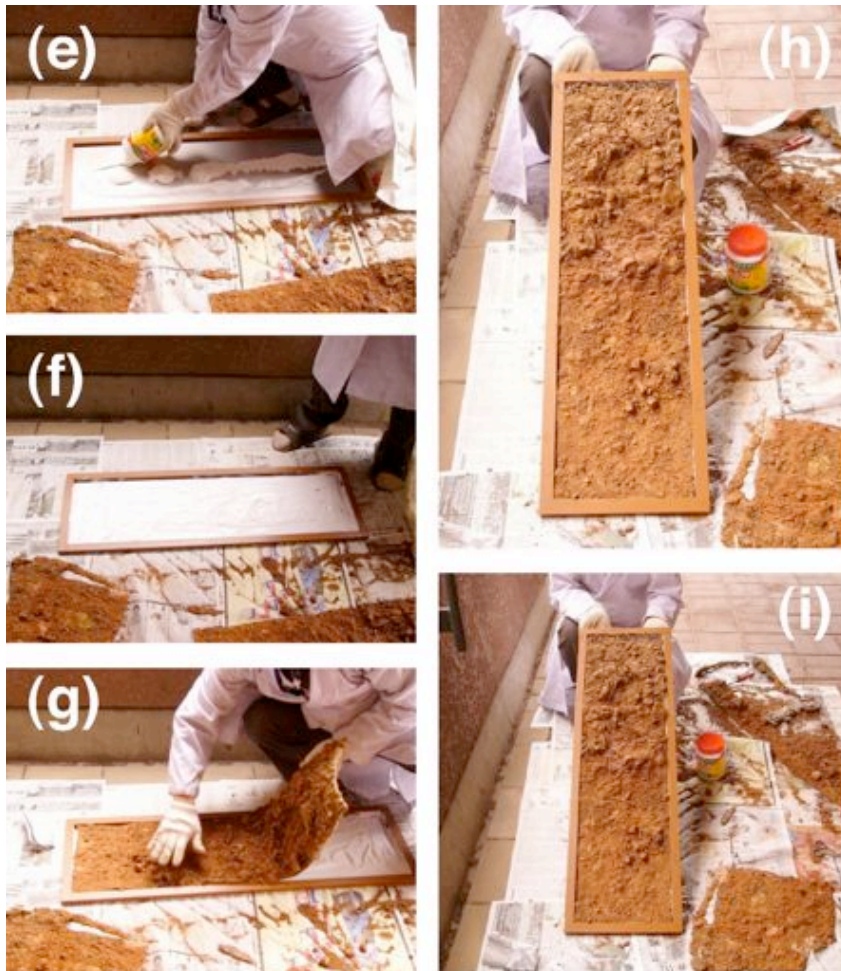


図 8.5 モノリス製作（その2）：(e-g) 木工用ボンドを枠内全面に塗布します，(h,i) ゆっくりと枠に貼っていきます（わくにぴったりと貼ったら，4～5日重しをして，ボンドにより完全にくっいたら出来上がりです）

8.3 土壌標本の展示例



図 8.6 モノリスの展示例（写真提供：愛知県農業総合試験場 瀧勝俊）

参考文献

児童向けあるいは一般向きに分かり易く書かれた市販書

1. 塚本明美・岩田進午 (2005) : だれでもできるやさしい土のしらべかた, 合同出版, 東京
2. 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, 合同出版, 東京
3. 日本土壌肥料学会編 (2002) : そだててあそぼう第8集 土の絵本 (全5巻), 農山漁村文化協会, 東京
4. 「土の世界」編集グループ編 (1990) : 土の世界-大地からのメッセージ-, 朝倉書店, 東京
5. 松尾嘉郎・奥園壽子 (1990) : 絵とき ヒトの命を支える土, 農山漁村文化協会, 東京
6. 松尾嘉郎・奥園壽子 (1990) : 絵とき 地球環境を土から見ると, 農山漁村文化協会, 東京
7. 日本林業技術協会編 (1990) : 土の100不思議, 東京書籍, 東京
8. 松尾嘉郎・奥園壽子 (1989) : 絵とき 生きている土の世界, 農山漁村文化協会, 東京
9. 西尾道徳 (1989) : 土壌微生物の基礎知識, 農山漁村文化協会, 東京
10. 大角泰夫他編 (1988) : 森林の100不思議, 日本林業技術協会, 東京
11. 地学団体研究会「シリーズ・自然にチャレンジ」編集委員会編 (1987) : さぐれさぐれ土のひみつ, 大月書店, 東京
12. 倉林三郎 (1986) : 生きている土, 古今書院, 東京
13. 前田正男・松尾嘉郎 (1974) : 図解 土壌の基礎知識, 農山漁村文化協会, 東京

教師向けおよび実験法に関するもの (専門誌含む)

1. 日本土壌肥料学会土壌教育委員会編 (1998) : 土をどう教えるか-新たな環境教育教材-, 古今書院, 東京
2. 福田 直 (1998) : 土壌呼吸速度の教材性と環境教育的効果に関する検討. 環境教育, 7-1, pp.2-11

3. 福田 直 (1995) : 土壤呼吸を探求的に調べる. 科学教育研究, 19-2, pp.121-129
4. 福田 直 (1989) : 土壤を使った観察・実験-土壤呼吸-, 遺伝, 42-4, pp.105-110, 裳華房
5. 福田 直 (1996) : 基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」V. 土の機能-土の浄化能および緩衝能-. 理科の教育, 45-5, pp.52-56
6. 福田 直 (1994) : 土を使った観察・実験 (2)-土による養分吸着および保持. 遺伝, 48-11. pp54-60, 裳華房
7. 福田 直 (1987) : 土壤の教材化に関する研究-土壤教育のあり方と土壤を使った観察・実験の開発・検討-, 須賀印刷, pp.1-108

土壤調査法, 土壤動物に関するもの (専門的なもの含む)

1. 日本ペドロロジー学会編 (1997) : 土壤調査ハンドブック (改訂版), 博友社, 東京
2. 森林土壤研究会編 (1993) : 森林土壤の調べ方とその性質 (改訂版), 林野弘済会, 東京
3. 土壤調査法編集委員会編 (1978) : 土壤調査法, 博友社, 東京
4. FAO/ISRIC(1990) : Guidelines for Profile Description 3rd ed., Rome
5. 大羽 裕・永塚鎮男 (1988) : 土壤生成分類学, 養賢堂, 東京
6. 青木淳一 (2005) : だれでもできるやさしい土壤動物のしらべかた, 合同出版, pp.102 東京
7. 青木淳一 (1999) : 日本産土壤動物-分類のための図解検索, 東海大学出版会, 神奈川県
8. 青木淳一・渡辺弘之監修 (1995) : 土の中の生き物, 築地書館, 東京
9. 青木淳一 (1991) : 日本産土壤動物検索図説, 東海大学出版会, pp.201, 神奈川県
10. 青木淳一 (1989) : 土壤動物を指標とした自然の豊かさの評価. 「沼田眞編, 都市化・工業化の動物影響調査法マニュアル」(千葉県環境部環境調整課), pp.127-143
11. 堤 利夫 (1989) : 森林生態学, 朝倉書店, pp.166, 東京
12. 青木淳一 (1983) : 自然の診断役 土ダニ. 日本放送出版協会, pp.244, 東京

モノリスの作成法

1. 浜崎忠雄 (1986) : 土壤断面標本の採取と作製. 1986年度第33回ペドロジスト野外見学会「多摩丘陵の歴史と土壤 -土壤標本(モノリス)の作製-, pp.114-122

おわりに

この本に目を通していただいたみなさん、ありがとうございます。心よりお礼申し上げます。土は、地球上の陸地のどこにでもあって、いろいろな横顔をもち、水や養分をためるはたらきや汚れた水をきれいにするはたらき等、さまざまなはたらきがあります。植物、動物、人間にとってなくてはならない縁の下の働き者なのですね。でも、一度なくなると再生がとても難しい存在であるので、大切にしてほしいという願いをこめてこの本は作られています。

私たち執筆者は、多かれ少なかれ小さい頃から、泥んこ遊びをして土に親しんだり、田んぼや畑で土にまみれながら作物を育てたり、森の中でふかふかした地面をけって走り回ったり、お父さん、お母さん、学校の先生から、土は、水や空気と同じで、かけがえのない存在であると教えられたりして育ちました。それが頭のどこかに残っていたのでしょうか、「土がなくなったり、元気がなくなったりすると、“もったいない”から、“生活の基盤がゆらぐ”から、大切に育ててあげないといけないなあ」となんとなく感じるようになるようになりました。これからもそんな感性をもった子供たちが多く育ってほしいと願ってこの本を作ったのです。

このテキストは、人の成長の段階にともなって、章を立てられています。幼児から大人まで、年齢や経験に応じて参考にしていただけるように工夫しました。これは、長年、土の教育に携わっている人々が、土の観察会や研修会を実施するおりに、児童生徒・一般成人や教員の方々に土の大切さを伝える方法について少しずつ研究を重ねてきた結果、でき上がったものなのです。もちろん、その観察会や研修会は、行政機関、法人や自然観察の森等のご支援とご協力がなければ実施できませんでした。最後に、お世話になりましたそれらの方々のお名前を記しまして、心からのお礼の言葉とさせていただきます。

■ご支援・ご協力をいただいた機関等 文部科学省（平成18年度 科研費（研究成果公開促進費）、平成16・17年度 SPP 事業（教員研修））、福岡県教育委員会、島根県教育委員会、九州大学農学部附属演習林、島根大学、独立行政法人国立オリンピック記念青少年総合センター（子どもゆめ基金）、牛久自然観察の森、横浜自然観察の森、桐生自然観察の森、油山自然観察の森、太白山自然観察の森、豊田市自然観察の森、栗山町いきものふれあいの里

本書は、文部科学省科学研究費補助金（研究成果公開促進費）「研究成果公开发表 (B)」の助成（シンポジウム名：「土のふしぎ！－わくわく ドキドキ 土体験－」）により，作製しました。

土壌の観察・実験テキスト－土壌を調べよう！－

2006年7月20日発行（非売品）

編集：(社) 日本土壤肥料学会 土壤教育委員会

委員会 HP (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jssspn/edu/>)

発行：(社) 日本土壤肥料学会

〒113-0033 東京都文京区本郷 6-26-10-202

電話 (03)-3815-2085 FAX (03)-3815-6018

学会 HP (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jssspn/>)

E-mail (jssspn@wwwsoc.nii.ac.jp)

印刷所：(株) アイワード

札幌市中央区北 3 条東 5 丁目 5-91 電話 011-241-9341