

論文 土壌動物のはたらきの教材化に関する素材研究
 ——ミミズとダンゴムシが土壌に与える影響を中心として——

奥村 裕之* ・ 北野 日出男* *

* 大阪教育大学大学院教育学研究科

* * 東京学芸大学教育学部理科教育

Experimental Studies on the Function of Soil Animals with Special Reference to
 the Development of Teaching Materials for Environmental Education.

Hiroyuki OKUMURA* and Hideo KITANO* *

* Department of Science Education, Faculty of Education, Osaka Kyouiku University,

* * Department of Science Education and Biology, Faculty of Education, Tokyo Gakugei University,

(受付日1994年7月12日・受理日1994年8月9日)

A simple experimental method is described which allows secondary school pupils to observe how soil animals such as earthworm, *Eisenia foetida*, and pill-bug, *Armadillidium vulgare*, function as litter feeders and also to understand how they are good for soil amendment. The result of this experiment indicates that the soil animals may serve as one effective teaching material for environmental education as regards the function of soil animals.

Key words : earthworm, environmental education, material development, pill-bug, soil animal.

1. はじめに

生態系概念の理解を通して、自分の行為が生態系にどのような影響を与えるかを常に考えて行動することの出来る人々の育成が期待されるという鈴木(1990)の指摘は、環境教育の重要な指針の一つに挙げられる。生態系概念の理解は環境教育を行っていくうえでその科学的基礎として重要であり、学校教育においては主に理科教育の場を通じて理解の形成がはかられている。

生態系概念は1935年にTansleyが初めて提唱した概念であり、生物的要素だけでなく、非生物的な要素も含めた環境要因の総体を一つのシステムとして捉える考え方である。生態系概念は様々な低次概念から成り立っているが、それらの低次概

念の理解なしには、最高次概念である生態系概念の理解には到達できない。土壌概念はその中でも重要な低次概念の一つに挙げられ、物質循環という視点からも児童・生徒には理解してほしい概念の一つである。

しかし、土壌概念に対する小・中学生の理解度は低く、児童・生徒が土に対する直接経験の機会をあまりもたず、表面的な理解しかしていないという秦(1993)や、太陽・水・空気といった他の環境要因と比較しての理解度が低いという菅原(1992)の報告にその一端をうかがうことが出来る。その原因の一つには、初等・中等学校理科教育における学習内容の不十分さが挙げられるが、教育現場では、土壌に関する教育が学習指導要領に指導された内容よりも工夫され教えられている(木内、

1987)。

土壌概念の理解を深化させるための副次的な教材として、土壌動物が用いられることは多い。自然界における土壌動物のはたらきは多様であり(渡辺, 1990), その活動を通して土壌や他の生物に様々な影響を与える存在である。そうした土壌動物の中でも、児童・生徒に身近であり、採集・飼育及び観察の容易なミミズやダンゴムシを土壌に関する学習教材として取り上げた先行研究例は多い。

ミミズの飼育を通じた教材としては、小学校低・中学年を対象とした池井(1982), 五十嵐(1981)や、中学校第3学年を対象とした田中(1984)等の先行実践例がみられる。これらの例においては、ミミズを教室内の透明な容器内で2~4週間程度の期間飼育し、児童・生徒にその生態を観察させている。

ダンゴムシは児童・生徒が親しみやすい素材であり、特に小学校低・中学年においては必ずしも土壌に関わりのある生物としてではないが教材化されることが多い。その飼育を通じた教材としては、小学校低学年対象の池井(1982), 河端(1986)や、中学校レベル対象の沢柿(1983), 小泉・水野(1988), 末永(1990)等がある。

以上挙げてきた先行例などによって、土壌動物のはたらきを教材化する上でのミミズとダンゴムシの有効性はすでに論じられてきた。しかし、これらの実践では、飼育の期間は1ヵ月程度であり、そうした短期間ではミミズやダンゴムシが土壌や他の生物に与える影響は明確ではなく、それを量的変化として報告した研究例はみられない。

本研究では、土壌動物のはたらきの教材化に関する素材研究として、同定の容易なシマミミズ *Eisenia foetida* (以下ミミズと略記) とオカダンゴムシ *Armadillidium vulgare* (以下ダンゴムシと略記) を素材に、その飼育を通して土壌や他の生物への影響を実験的に検証し、その測定結果を基に、小・中学校理科教育での実践を念頭に置き、土壌概念の理解を深化させる上での土壌動物の教材性について検討したのでここに報告する。

II. 材料及び方法

1. 土壌概念に関する小・中学校理科の教科書調査

はじめに、現行学習指導要領に基づいた理科教育カリキュラム上における土壌に関する学習内容の位置付けを明らかにするために、現在使用されている小・中学校理科の教科書(5社)について調査を行った(表1)。調査項目として各教科書で取り扱われている土壌に関わる単元、土壌動物の種類及び実験・観察を取り上げ、その調査を行った。なお、土壌動物には無脊椎動物だけを取り上げた。

2. 土壌動物が土壌や他の生物に与える影響に関する実験

表1; 土壌に関する学習内容を調査するために使用した小学校及び中学校理科教科書

出版社	小学校*	中学校* *
教育出版 東京書籍 学校図書 大日本図書 啓林館	新版 理科 新しい理科 小学校理科 たのしい理科 理科	新版 中学理科 新しい科学 中学校理科 中学校理科 理科

* 平成3年度文部省検定済

** 平成4年度文部省検定済

1) 材料

材料の収集及び採集は1993年3月下旬から4月上旬にかけて行った。実験で使用した土壌試料には有機物含量の低い黒ぼく土壌の下層土(乾土1kgあたり有機炭素含有量及び全窒素含有量それぞれ14.66g, 1.38g)を、落葉には落葉広葉樹のものを選り、ミミズ・ダンゴムシとともに東京学芸大学構内より採集した。

飼育用の容器には市販飲料用のペットボトル(2l容量, 角型)を青梅市リサイクルセンターより入手し、使用した。ペットボトルは蓋底より5cmの部分を取り取り、半田ごてで各側面に3箇所と底面に1箇所の穴を開け、それぞれにネットをかけて通気孔として飼育

表2：土壌動物及び落葉の有無が土壌試料の呼吸量、保水性、有機物含量に与える影響を検証するための実験群の種類

実験群	土壌動物	落葉
第1群	+	+
第2群	-	+
第3群	+	-
第4群	-	-
野外群*	+	+

+；容器内に存在する

-；容器内に存在しない

* 容器に蓋をしていない

用容器に用いた。

2) 実験系の設置と管理

本実験では、5条件計45サンプルの実験群を設定した(表2)。室内実験群は4月10日に黒の模造紙で光を遮断したプランターボックス内に設置し、野外実験群は4月25日に東京学芸大学野外教育実習施設内の雑木林林床下に、容器の最上部が地表面と同じ高さになるようにして設置した。

飼育用容器には4mm画のふるいで分画した土壌試料を1.2kg投入した。室内実験群には条件別に落葉・土壌動物を入れ、飼育期間中は水分状態の管理と土壌動物の観察を続けた。落葉は室内で10日間風乾させたもの9g(風乾重)を、蒸留水中で十分に湿らせて投入し、厚さ2cmほどの落葉層をつくった。土壌動物はミミズを5個体ずつ、ダンゴムシを雌雄各2個体ずつを絶食条件下で24時間糞を排出させ、それぞれに投入した。水分の供給には、透明で5mlごとに印をつけた霧吹き(Richell社製、ジョイスプレーB型)を使用して、3日に1回、5mlずつ行った。野外実験群は、はじめに容器内に落葉、土壌動物は入れずに、蓋の部分にネットをかけずに落葉や土壌動物の出入りが自由な状態にして、飼育期間の終了まで放置した。7月下旬の時点で、室内実験群における土壌動物の生存状

況が、ミミズは第1群のみ18個体、ダンゴムシは両群合わせて雄9個体・雌1個体になったため、8月7日に設定条件と同じく、土壌動物の再供給を行った。

3) 土壌試料の分析

土壌動物の飼育は10月13日に終了し、落葉と土壌動物を容器内から取り出して、土壌試料の分析を開始した。分析項目とその測定方法は以下のとおりである。

a. 土壌呼吸量

土壌呼吸とは、土壌中の生物による酸素の吸収と炭酸ガスの放出(稲松, 1991)を意味し、好氣的な微生物の呼吸によるものが主であり、土の有機物分解力を評価する手段(稲松, 1991)の一つである。土壌動物は、摂食、排出、土中の移動などの活動を通して、微生物の繁殖を助ける(渡辺, 1990)。土壌呼吸量の測定には密閉吸収法がよく用いられ、長谷川(1984)やその簡便法である濾紙法を考案した福田(1987)等によってその教材化が試みられている。しかし、土壌動物と微生物の相互作用を意識させた例はみられない。本実験では、高校での課題研究における使用も視野に入れ、プロダクトメーターによる測定を行った。

プロダクトメーターによる生物の呼吸量測定は片山・横浜・古谷(1986)によって試みられている。測定は10月20日から24日にかけて行った。供試試料は、25℃、全暗期の恒温器内に水分を毎日5ml霧吹きで供給しながら1週間静置した飼育用容器の土壌試料表面から、葉さじで湿重5gを採取した。測定は5分間の予備振とう後に5分間隔で1時間行った。

b. 土壌保水性

土壌保水力とは、土壌が水分を保持する力を意味し、土壌の持つ養分の溶媒としての能力を表す。土壌動物は、その活動を通して土壌中に孔隙や団粒構造を形成し、その結果として土壌の保水性を高めている(渡辺, 1990)。

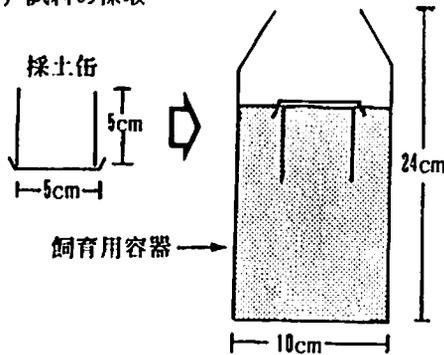
土壤の保水性は、小学校理科(第3学年)で取り上げられており、福田(1987)等の先行教材例がみられるが、土壤動物との関連を意識させた例はみられない。

土壤の保水性を示す恒数のひとつとして圃場含水量がある。圃場含水量とは、「野外で下層に不浸透層などが存在していない場合に多量の降雨ないし灌水によって土壤が重力水を有する状態に達した後に、重力水の下方移動がほぼ終わった時の含水状態」(河田, 1989)を示す。圃場容水には、土壤水のうち土壤粒子に強く付着した吸着水及び膨潤水と、植物が利用可能な状態の毛管水が含まれている。本研究では、毛管水保有量を土壤試料の保水性を示す指標として

用い、その測定を行った。実験は11月4日から12月11日にかけて行った。実験方法を図1に示す。土壤試料表面に蓋をした面を上にして採土管(直径5cm, 高さ5cm)を静かに挿入し、土壤の構造を壊さないように取り出す。

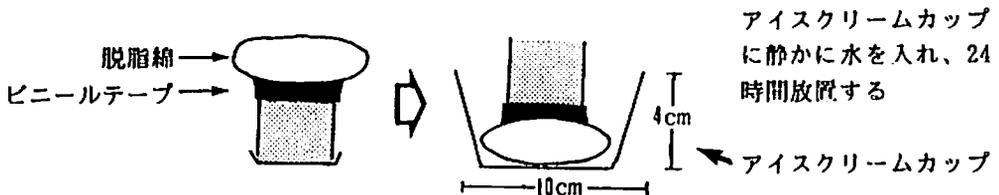
試料の重量を測定後、採土管の開口面をガーゼとビニールテープでふさぐ。管を反転させて蓋を取り、ガーゼ面を下にしてアイスクリームカップに入れて静かに水に浸す。24時間後、開口面に蓋をして管を反転させ、ガーゼとビニールテープを取り除き重量を測定する。その後は、採土管を25℃全暗期の恒温器内に放置し、風乾させながら1日1回の重量測定を行った。測定は、

(1) 試料の採取



採土缶を上層の構造が壊れないように静かに取り出し、まわりの土を取り除く

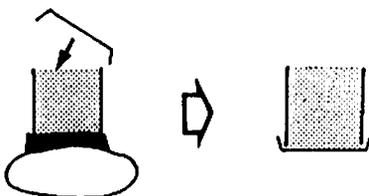
(2) 試料を水に浸す



アイスクリームカップに静かに水を入れ、24時間放置する

アイスクリームカップ

(3) 水分蒸発重量の測定



脱脂綿を除去し、重量を測定する

25℃、全暗期の恒温器内に入れる

16日間、毎日1回の重量測定を行う

図1: 土壤の保水性に関する実験方法

土壌試料からの水分蒸発重量が十分に少なくなつた時点での累積重量を土壌試料の毛管水保有量とみなし、全ての試料において水分蒸発重量が0.5g以下となつた16日後まで行った。

c. 土壌有機物含量

土壌有機物とは、土壌表面あるいは土壌中の植物、動物、微生物などの遺体が土壌微生物などによって分解されたもの(嶽塚, 1984)を意味する。土壌動物はその活動を通して地表や土中の有機物や無機物を垂直、水平方向に「耕耘」させる(渡辺, 1990)。

土壌動物と土壌有機物の関係を意識させた教材例としては、小学校中学年を対象として赤土をミミズの飼育用の土壌として用いて、その黒土化を観察させた試み(池井, 1982)や、中学校第3学年を対象として、ミミズの飼育を行った土壌とコマツナの生育状態について比較実験を行わせる例(小泉・水野, 1988)などがみられる。しかし、土壌の有機物含量の変化を実際に測定した例はみられない。

本研究では、本学野外教育実習施設所有のNCアナライザー(住化分析センター製, NC90-A)を使用して、12月14日に土壌試料中の有機炭素含量及び全窒素含量の測定を行った。供試試料は、土壌表面より葉さじで採取し、105℃の乾燥機内で24時間乾燥させた後に、粉碎機(ITOH社製, LA PO-1)で粒径0.05mm以下にして測定を行った。

Ⅲ. 結果及び考察

1. 教科書調査

1) 平成元年度改訂版学習指導要領について

平成元年度に改訂された学習指導要領を調査した結果、土壌に関する学習内容を直接教材として取り扱う単元は小・中学校ともわずかであった。

小学校においては、主にA及びC領域で取り扱おうるが、土という言葉が出てくるのは第3学年C領域(1)と第6学年C領域(2)だけ

である。その内容としては、粒径の違いや水のしみ込み方の違いといった土の特性、大地の構成物としての土が扱われている。

生物学的なA領域においては、主に植物との関連で取り扱おうると考えられる。しかし今回の改訂において、内容の関連性や発展性の乏しいもの、取り扱いが抽象的になりがちなものとして旧学習指導要領・第5学年の「発芽の条件・土」という単元が削除され、土という言葉は姿を消してしまった。その代わりに、第5学年(1)で植物の成長条件としての「肥料」が扱われるが、土壌との関わりでの取り扱いではない。第4学年(1)(2)や第6学年(3)などでは、生物と環境の関連という意味から土壌を取り扱うことは可能であろう。

中学校においては、主に第2分野で取り扱おうる。実際に土壌に関する事柄が出てくるのは、第2分野(5)ウの(イ)・(6)ウの(ア)やその内容の取り扱いの部分と(6)イの(ア)の3単元である。これらの単元では、生物界における分解者や土壌動物の役割、風化作用、地球という惑星における生物の重要な生存条件としての土、等を内容としている。

2) 小・中学校理科に関する教科書調査

a. 小学校について

小学校理科の教科書を通して土壌に関わる単元は、A及びC領域に限られ、C領域を中心として扱われているのが特徴的である。A領域では、植物との関わりで扱われることが多く、土は「種をまく場所」「根を通して水とそれに溶けた養分を吸収する場所」として取り上げられている。第5学年「植物の成長」単元では「肥料」が取り扱われているが、自然界における肥料の由来や土壌との関わりに言及した教科書はみられなかった。

土壌生物は、教科書中に扱われていないといえる。ダンゴムシが1社で取り上げられているが、土壌との関わりではない。他には、幼虫が育つ場所であることからカブ

トムシなどの昆虫が4社で扱われている。

土壌に関する実験・観察は、C領域に限られ、地温や粒径、透水性などの土の特性を調べるものなどがほぼ全ての教科書に取り上げられている。A領域には、植物の成長と肥料の関係を調べる実験が全社で取り上げられているが、土との関わりではない。1社で「落葉や石の下の虫の様子を観察」がある程度である。

5社の教科書を通して描かれる土壌の姿は、次の3パターンに大別できる。

- ①生物が生活する場としての土
- ②保水性(透水性)などの特性を有する土
- ③風化、堆積など時空間的に大きなスケールで自然から作用をうけ生成する土

b. 中学校について

中学校理科の教科書を通して、土壌に関わる単元は第2分野に限られていて、各社とも学習指導要領に準拠した単元を提示している。

小学校理科との最も大きな違いは、分解者概念が扱われるようになることであり、それに伴い分解者の補助的な役割を担う存在としての土壌動物が数多く取り上げられている。無脊椎動物に限定すると、土壌動物は5社あわせて23種類が取り上げられている。取り上げる種類は社によって差が大きく、共通に取り上げられているのは教育出版の教科書を除くと、ミミズ、昆虫(幼虫)、トビムシ、ダニ、カニムシ、センチウウの6種類であった。これらのほとんどは「生物界のつながり」単元に出てきたものであるが、1社で「動物の仲間」単元においてミミズの耕転作用についての言及がみられる。

土壌に関する実験・観察は、「生物界のつながり」単元で主に取り扱われていて、全て土壌生物に関わりのあるものである。その多くは、分解者としての微生物のはたらきを調べることを目的としているが、ツルグレン装置やダンゴムシの飼育を取り上

げる教科書もみられた。

5社の教科書を通して描かれる土壌の姿は、次の4パターンに大別できる。

- ①生物が生活する場としての土
- ②有機物が生物のはたらきで分解される場としての土
- ③風化・堆積など時空間的に大きなスケールで自然から作用をうけ生成する土
- ④生物圏において生物の生存条件として重要な要因である土

3)教科書調査に関する考察

以上の調査から、小・中学校理科教育カリキュラムを規定した現行学習指導要領及び教科書において、土壌が科学的に明確な形で取り扱われていないことが示唆された。小・中学生の持つ土に対する固定的・静的な認識は根強い(秦, 1993)。土が静的ではなく、日々生成されているダイナミックな存在であることを理解させるためには、土壌生成のプロセスが認識されなければならない。しかし、現行カリキュラム上では機械的風化作用についての学習は行われるが、土壌生成作用が明確には提示されていない。

小学校第5学年の「植物の成長」単元で取り上げられている肥料は、自然界でどのようにして供給されているかに言及することで、生物と非生物との循環的なつながりを通した土壌のダイナミクスを意識させるのに適した素材である。しかし、理科教育カリキュラム上における肥料の位置付けは、「植物が発芽後成長するために必要な養分」であり、肥料と土壌の関連についてはほとんど触れられていない。

生物的作用は、土壌生成において必須の作用である。土が生物的作用無しには生成されないことをより明確に扱うことで、児童・生徒に土壌のダイナミクスをわかりやすく意識させることができるのではないだろうか。

こうした問題の根源には、理科教育カリキュラムにおける土壌の扱いにくさがあると考えられる。土壌を学習対象とするには、生物学

や地学などの内容を包含する学際的な学習内容に必然的に発展していく。しかし、従来の理科教育カリキュラムでは、土壤に関して領域的・系統的な関連性はほとんど意識されておらず、生物学的領域、地学的領域で別々な観点で扱われている。この学習内容としての曖昧さが、土壤の取り扱いを難しくしている。現行理科教育カリキュラムに従って土壤を学習内容として扱うためには、教育現場においてカリキュラムに捉われない学際的な教材の使用が求められよう。

2. 土壤試料の分析

約6ヵ月間の飼育を通して、土壤動物の生息状況は落葉の有無により異なる様相を呈した。ミミズは、第1群では繁殖が2例観察されるなど落葉層に定着し、その多くが飼育終了まで生存していた。第3群では土壤中を縦横に動き回っている様子が盛んに観察されたが、6月上旬には全滅してしまい、8月の再投入後も乾燥の進んだ土壤に定着できずに3日以内に全滅してしまった。ダンゴムシは、繁殖が両群で数例ずつ観察されるなど生息状況はミミズと比べて両群の間に大差はなく、落葉を供給しなかった第3群においても飼育終了まで生存していた個体がみられた。繁殖個体は、第3群では3～4週間で全滅してしまい、第1群では4匹が飼育終了まで生存していた。

野外実験群では、容器内に落葉や土壤動物が入りこみ、土壤試料は室内実験群と比べて明らかに団粒化が進んでいる様子が観察された。土中から取り出した容器の側面にはミミズの這い跡が縦横に付着し、容器を取り出した時点でミミズ以外にはワラジムシ、クモ、ムカデ、トビムシ、ダニ、巻貝などの土壤動物が容器内に入りこんでいた。

こうした生息状況の中、第1群の土壤や落葉は団粒化、細片化など、土壤動物の影響を受けている様子が観察された。これらの現象が実験的に検証できたであろうか。図2から図5に土壤分析実験の結果について、実験群毎の平均値とその95%信頼限界を示した。室内実験群では土壤呼吸量、保水性、有機炭素含量及び全窒素含量について第1群のサンプルから最も高い平均値が得られた。

野外実験群からは、呼吸量実験及び保水性実験において室内実験群に近い平均値が、有機物含量実験において室内実験群よりも明らかに高い平均値が得られた。

土壤呼吸量実験では、図2に示されているように室内実験群において、第1群と他の実験群との差が他の実験と比べ最も顕著であり、第1群の平均値は土壤呼吸について他の実験群よりも有意に高く、明らかな土壤微生物の活性の高まりを観察することができた。第2群の平均値は第3・4群よりも高いが、これは微生物を付着したまま容器内に入れられた落葉の影響が大きいと考えられる。野外実験群からは、第1群に近い平均値が得られた。

土壤保水性実験では、図3に示されているように室内実験群において、第1群の平均値が他の実験群との間に有意差が検出されるほどではなかったが、保水性について最も高いという結果が得られた。呼吸量実験と同じく落葉のある実験群の平均値が高かったが、これも土壤表層を覆っていた落葉の影響が大きく、落葉層が土壤の乾燥を和らげる結果として土壤の構造が保持されたため差が生じたと考えられる。土壤表層で団粒化が観察された第3群と、観察されなかった第4群との間に差があまりみられないこともそのあらわれと考えられる。野外実験群からは第1群に近い平均値が得られた。

土壤有機物含量実験では、図4及び5に示されているように室内実験群において、第1群の平均値が有機炭素含有量及び全窒素含量について他の実験群よりも高い結果となり、もとの土壤試料と比べて有機物含量が増加した様子が観察された。落葉の有無で考えると、土壤動物の存在する第1群及び第3群の平均値がそれぞれ第2群及び第4群よりも高く、有機物含量の増加には土壤動物の死体なども関与していることが示唆された。増加の割合は窒素と比べ炭素の方が大きく、全窒素含量では第1群と第2群との間に有意差が検出されるに留まった。野外実験群は、室内実験群に比べ増加量が多く、平均値は両項目とも第2～4群よりも有意に高く、第1群と比べても明らかに

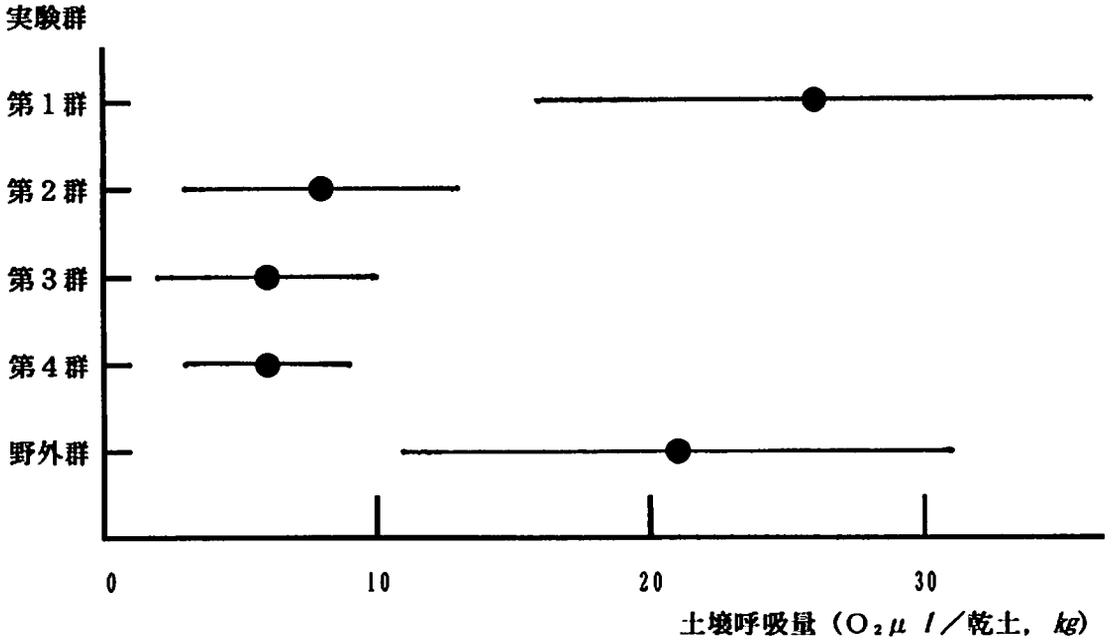


図2；各実験群における土壤呼吸量の平均値の比較 (●平均値±9.5%信頼限界)

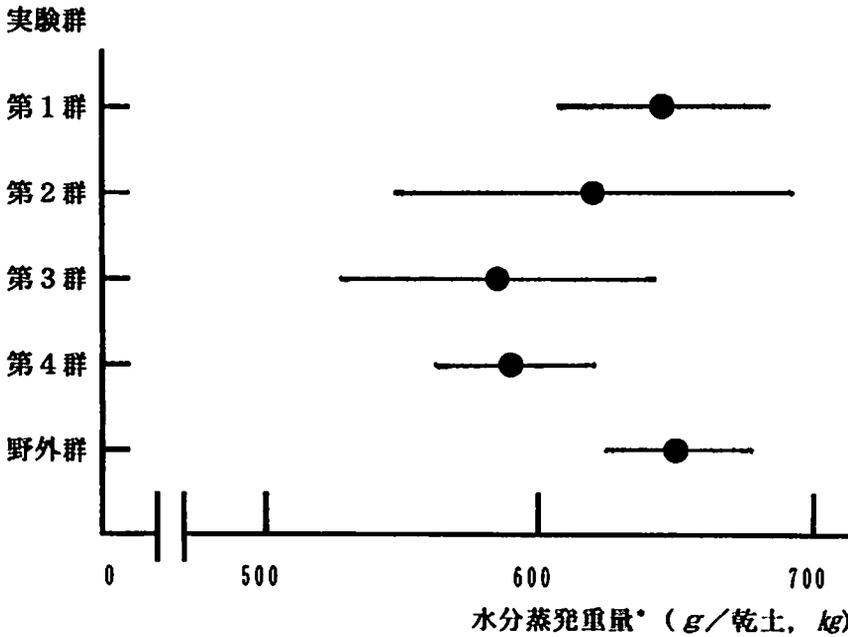


図3；各実験群における保水性の平均値の比較 (●平均値±9.5%信頼限界)

* 土壤試料の保水性は、実験開始16日後における、試料からの水分蒸発累積重量 (毛管水保有量) で示した。

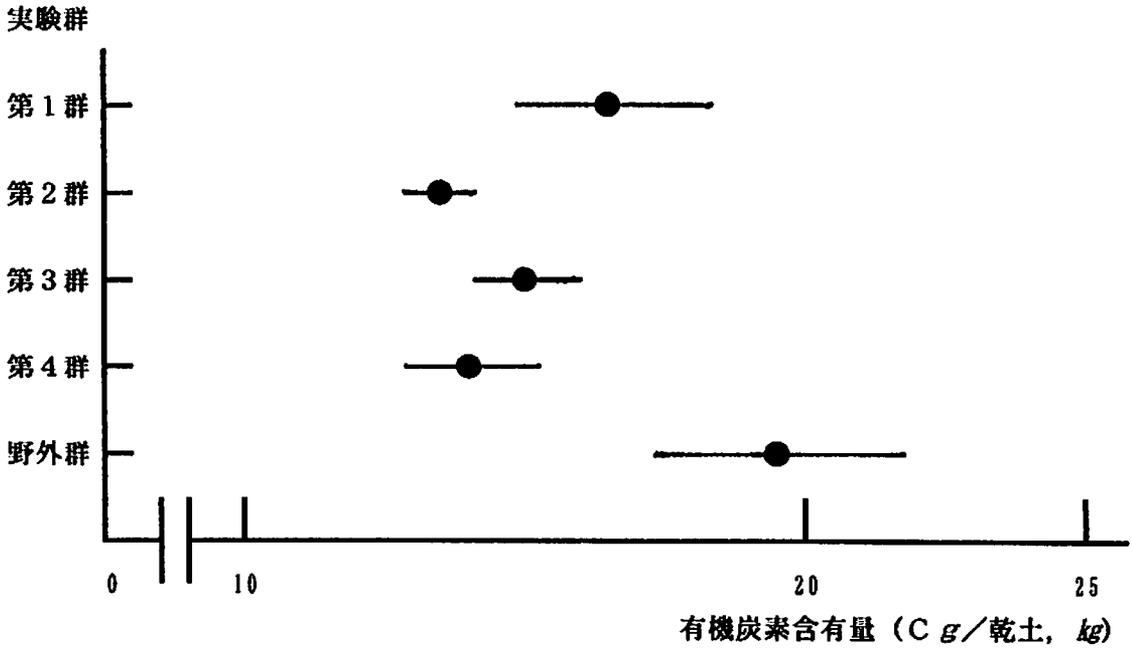


図4；各実験群における有機炭素含有量の平均値の比較 (●平均値±95%信頼限界)

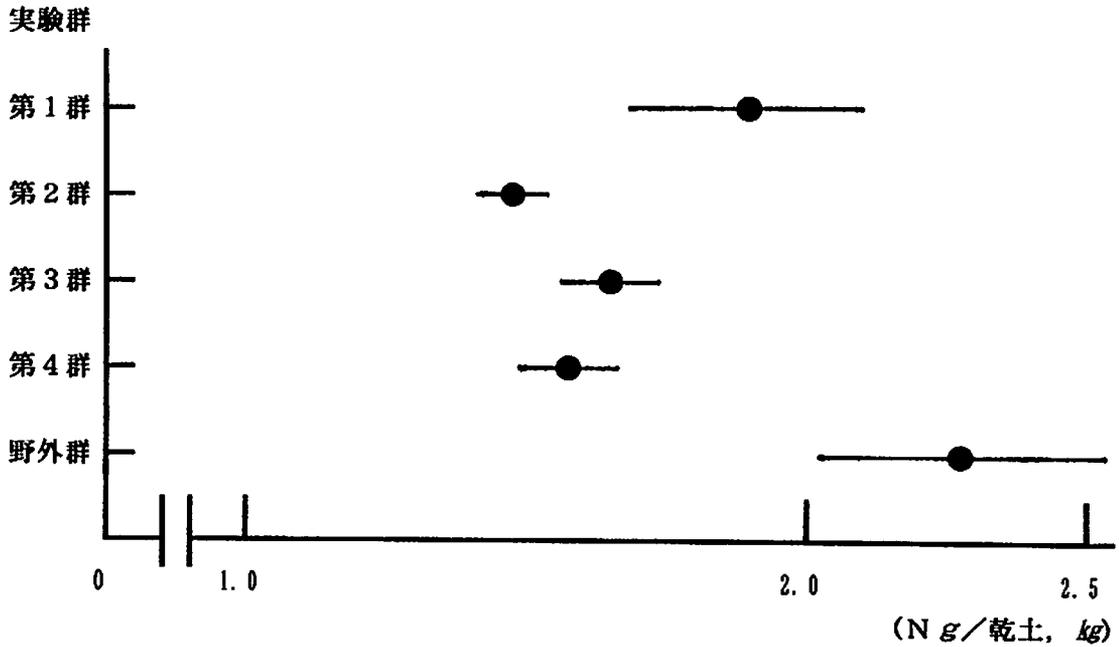


図5；各実験群における全窒素含有量の平均値の比較 (●平均値±95%信頼限界)

高い値が得られた。

以上の実験から、ミミズとダンゴムシを半年間飼育することにより、黒ぼく土壌下層土の土壌呼吸、保水性、有機物含有量が高まることが示唆された。これらの結果から、飼育を通じた非自然的環境下においても、土壌動物が土壌や微生物に好影響を与えることが示唆され、土壌動物の教材化に際して先行教材を支援するとともに、いくつかの新たな提案を行いうるデータが得られたといえる。次に、これらの実験結果を基に、各実験において用いた素材の教材性について検討する。

土壌呼吸量実験では、土壌動物の影響により土壌微生物が活性化されるという結果が得られた。土壌呼吸に関しては先行教材例もあり、理科教育カリキュラム上も中学校教科書(2社)でBTB溶液や石灰水を用いて教材化されている。本実験のデータからは、それらの教材を発展させ、土壌動物と土壌微生物の相互作用を、土壌呼吸という現象を用いて比較的容易に扱いうることが示唆される。自然界における分解という現象は、土壌微生物と土壌動物の相互作用を通して進行していく。それは、土壌動物の教材化を考える上で欠かせない視点であるといえよう。

土壌保水性実験では、土壌動物の土壌の保水性へ影響は明らかではなかった。しかし、本実験で取り上げた素材は、土壌という学習内容を理科教育カリキュラム内に「学際的」に取り入れるための一つの視点を示唆する。その一例を挙げれば、小学校第3学年の地学的内容を含むC領域に「土と石」単元があり、土への水のしみ込み方が学習内容として提示されているが、この単元に、本実験で行った土壌動物の影響による土壌の保水性の向上という生物学的内容を導入させることも可能であろう。そうした試みを通して「学際的」な土壌概念の理解をより深化させることができるのではないだろうか。なお、本実験で用いた採土管は、市販飲料用のスチール缶から作製することが可能であり、スチール缶を用いれば小・中学校においてもその実践は可能である。

土壌有機物含量実験では、土壌動物の影響による土壌中の有機物含量の増加という結果が得られ、

先行教材を実験的に検証できたといえる。河端(1986)は、黒土を燃やし土の色を赤く変化させることで土壌中の有機物を児童に意識させる試みを行っているが、その際に土の重量の変化を測定すれば有機物の増減は容易に測定できる。この取り上げ方ならば、小学校第6学年B領域「物の燃え方」単元に「学際的」に土壌に関する学習内容を導入することも可能であろう。

全ての実験を通して、野外実験群から得られたデータからは、室内実験群よりも強く生物の影響を受けている様子が認められ、観察を実証する結果となった。この結果から、容器を野外に設置することの利点として、飼育の手間をかけずに明確に土壌の変化を観察できることが挙げられる。この実験を室内と野外で並行して行えば、飼育活動を通して土壌動物のはたらきを学びながら、飼育を通じた人工的環境下と比べより効率的に機能している、自然環境下における生物的分解作用を理解させることも可能であろう。

以上論じてきたデータは土壌動物の飼育開始後6ヵ月の時点で得られたものである。土壌動物の飼育を取り上げた先行教材のほとんどにおいて、その飼育期間は1ヵ月以内であり、本実験をそうした短期間の飼育後に行ったとしても同様の傾向をもったデータが得られるとは限らない。実際に飼育開始後3ヵ月目の7月中旬に行った土壌呼吸量実験の予備実験では、第3群が第4群よりも土壌呼吸量について高い平均値を示すことがわかり、落葉がなくても土壌動物が土壌呼吸に影響を与えていることが示唆されるなど、10月下旬に行った実験とは異なる傾向が認められた。このように、本研究で行った実験はその実施時期により異なる傾向のデータが得られる可能性があり、土壌呼吸量実験に関しては飼育開始後3ヵ月の時点(7月中旬)でのデータの方が土壌動物と土壌呼吸との関係をよく反映していた。しかし、他の2つの実験項目については自然界においても長い年月を経て顕現化する現象であり、飼育の容易な土壌動物を6ヵ月程度飼育した後に、または野外実験を併用しながら行うことが望ましい。

土壌動物の生息状況と実験結果の関連を考える

と、土壤動物が長く生存していた第1群において、各実験項目ともその高まりは明らかであった。第3群では、測定を行った時点での変化は少なかったが、これはミミズが全滅してから測定までの期間が長期にわたったことに起因すると考えられる。両群間に土壤動物の生息状況の差が生じた最大の原因は落葉層の存在にある。落葉層は土壤動物の餌として、その飼育を水分以外は供給せず閉鎖的に行うために設定したものであるが、土壤からの水分の蒸発を和らげ、それ自体に水分を保持するという意義もある。しかし、土壤動物の生態を観察するには落葉層のない方が容易であることから、教材化に際しては土壤からの水分の蒸発が著しくならないよう、土壤表面に落葉を一層敷きつめる程度の供給量で飼育を行うことが望ましい。

本研究で用いた飼育用容器は、土壤動物に着目したミニ生態系として教室内などで容易に作製し扱われることを意図したものである。本実験を通して得られたデータが、土壤動物のはたらきを教材化する上での基礎データとして利用されることを期待している。そして、ミミズやダンゴムシといった普段は軽視されがちな生物の、自然界で果たしている役割を認識することにより、自らの足元の自然を見直し、環境教育の一つのキーワードである「循環」という発想が児童・生徒に育まれることを期待している。

IV. 引用文献

- 福田直(1987)土壤の教材化に関する研究, 昭和62年度埼玉県教育委員会長期研修教員報告.
- 長谷川治夫(1984)土壤ピオトープ実験装置と土壤微生物の教材化, 日本理科教育学会研究紀要, 25(1):51-57.
- 秦明德(1993)学習者の「土」の理解に関する一考察, 日本理科教育学会研究紀要, 34(2):53-60.
- 五十嵐寿(1981)ミミズのいる土, 理科教室, 24(9):102-103.
- 池井睦美(1982)ミミズの学習, 理科教室, 25(10):42-45.
- 稲松勝子(1991)土をはかる(改訂3版), 110pp, 日本規格協会, 東京.
- 片山舒康・横浜康継・古谷庫造(1986)プロダクトメーターによる海藻の光合成測定, 遺伝, 40(3):22-26.
- 河田弘(1989)森林土壌学概論, 399pp, 博友社, 東京.
- 河端尚子(1986)黒い土は生物によってつくられる, 理科教室, 29(13):28-33.
- 木内知美(1987)小・中学校における土壤に関する教育のあり方および実態とそれに関する2・3の考察, 科学教育研究, 11(3):120-129.
- 小泉貞明・水野丈夫(1983)図解実験観察大事典 生物, 388pp, 東京書籍, 東京.
- 楯塚昭三(1984)IV. 土壤の有機成分〔久馬一剛他著, 新土壌学, 271pp, 朝倉書店, 東京〕
- 沢柿教誠(1983)自由試行をとり入れた指導計画とその評価 中学校「分解者のはたらき」を例として, 理科の教育, 32(1):25-27.
- 末永幹夫(1990)生物界における分解者, 理科の教育, 39(6):53-55.
- 菅原究美(1992)児童・生徒の環境認識に関する研究, 1992年度東京学芸大学修士論文.
- 鈴木善次(1990)理科における環境教育のあり方, 理科の教育, 40(8):8-11.
- 田中謹司(1984)継続観察をとり入れた指導事例 中学校「ミミズ」, 理科の教育, 33(5):29-34.
- 渡辺弘之(1990)土壤動物の生態と観察, 146pp, 築地書館, 東京.