

小学校理科「生命」「地球」における循環の学習に関する一考察と 有機物の分解を理解するための実験方法の検討

森 圭子 (川の博物館)

はじめに

日本土壌肥料学会土壌教育委員会は日本の初等中等教育における土壌の扱いを検討するために設立され、土壌教育の必要性を訴えてきた。近年では2015年に文部科学省へ「土壌教育に関する要望書」を提出している(平井ほか, 2015)。最新の改訂版である平成29年の学習指導要領には「雨水の行方と地面の様子」が新設され、「土の粒」が取り上げられた。しかしながら生命にとって重要な「土」について小学校で十分に取り上げられていないのが現状である。これを背景に、日本土壌肥料学会の2018年神奈川大会では「いま改めて問う、土をどう教えるか—土壌教育の再設計と未来の学習指導要領—」と題した公開シンポジウムが行われた。その総合討論の中で、栽培と関連した有機的な土壌の取扱いや、水の中での食う・食われるの関係を発展させ、サイクル(循環)という見方を働かせているいろいろな場面に応用することについて

言及された(平井 et.al., 2019)。土壌の本質を理解する上で、有機的な土壌の性質の知識は欠かせないが、生命の循環の一部である「有機物の分解」と「養分の保持(供給)」は土壌が深く関わる部分である(Mori, et.al., 2019)。シンポジウムでは生命の循環という概念の重要性とそこに果たす土壌の役割について認識されたと考える。

本稿では小学校理科の学習指導要領を生命の「循環」をキーワードに俯瞰し、小中学校理科のテーマのひとつである「生物と環境の関わり」における土壌の役割について述べ、その学習のための観察・実験方法について検討する。

小学校学習指導要領の理科「生命」の学習内容

小学校の教育内容は学習指導要領に基づいて構成され、理科教育は第3学年から始まる。現行の学習指導要領(文部科学省, 2018a)の理科の学習内容は、小学校学習指

表1. 小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編(文部科学省, 2018b)より抜粋

学年	生命			地球		
	生物の構造と機能	生命の連続性	生物と環境	地球の内部と地表面の変動	地球の大気と水の循環	地球と天体の運動
小学校	3	身の回りの生物 ・身の回りの生物と環境との関わり ・昆虫の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり			太陽と地面の様子 ・日陰の位置と太陽の位置の変化 ・地面の暖かさや湿り気の違い	
	4	人の体のつくりと運動	季節と生物 ・動物の活動と季節 ・植物の成長と季節	雨水の行方と地面の様子 ・地面の傾きによる水の流れ ・土の粒の大きさと水のしみ込み方	天気の様子	月と星
	5	植物の発芽、成長、結実 ・種子の中の養分 ・発芽の条件(水・空気・温度) ・成長の条件(日光・肥料など) ・植物の受粉、結実	動物の誕生 ・卵の中の成長 ・母体内の成長	流れる水の働きと土地の変化 ・流れる水の働き ・川の上流・下流と河原の石 ・雨の降り方と増水	天気の変化	
	6	人の体のつくりと働き 植物の養分と水の通り道 ・でんぷんのでき方 ・水の通り道		生物と環境 ・生物と水、空気との関わり ・食べ物による生物の関わり (水中の小さな生き物を含む) ・人と環境	土地のつくりと変化 ・土地の構成物と地層の厚がり(化石を含む) ・地層のでき方 ・火山の噴火や地震による土地の変化	
中学校	1	省 略				
	2					
	3	生物の成長と殖え方 遺伝の規則性と遺伝子 生物の種類の多様性と進化	生物と環境 ・生物界のつり合い ・自然環境の調査と環境保全 ・地域の自然災害	自然環境の保全と科学技術の利用		

(本論に関わる箇所は太字、本論に関わらない箇所は一部省略)

導要領（H29告示）解説理科編（文部科学省,2018b）によると、小中学校を通して「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の柱を軸に構成されており、循環の学習に関わる「生命」と「地球」はそれぞれ3つのテーマに分

けて構成される（表1）。第6学年では「生物と環境」として生物と水・空気・食べ物との関りを詳しく学習するので、学習指導要領の該当箇所を抜粋して下記に記す。

第6学年理科のB生命・地球

(3) 生物と環境

生物と環境について、動物や植物の生活を観察したり資料を活用したりする中で、生物と環境との関わりに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 生物は、水及び空気を通して周囲の環境と関わって生きていること。

(イ) 生物の間には、食う食われるという関係があること。

(ウ) 人は、環境と関わり、工夫して生活していること。

イ 生物と環境について追究する中で、生物と環境との関わりについて、より妥当な考えをつくりだし、表現すること。

内容の取扱い

アの(ア)については、水が循環していることにも触れること。

アの(イ)については、水中の小さな生物を観察し、それらが魚などの食べ物になっていることに触れること。

循環に関わる学習の流れ

小学校では、地球環境の中の「循環」のコンセプトを「地球」の中の「地球の大気と水の循環」というテーマの中で学習する。「太陽と地面の様子」（3年）、「天気の様子」と新設された「雨水の流れと地面の様子」（4年）、「天気の変化」「流れる水の働きと土地の変化」（5年）が単元として含まれる。加えて、「地球」の中の「生物と環境」（6年）でも水の循環について言及されている。

生命の循環については、まず小学校3年生の「身の回りの生物」の中で、どこにどのような生物がくらしているか、動物は何を食べているか（食う・食われるの関係）について学習する。具体的には身近な昆虫のすみかは種類によって異なることや、モンシロチョウの幼虫はキャベツの葉を食べて育つことなどである。4年生の「生物と環境」は無機物的な環境を扱うので、有機的な内容は次に6年生で学習する（上記枠内）。小学校学習指導要領（H29告示）解説理科編（文部科学省,2018b）には“ここでは、児童が、生物と水、空気及び食べ物との関わりに着目して、それらを多面的に調べる活動を通して、

生物と持続可能な環境との関わりについて理解を図り、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、主により妥当な考えをつくりだす力や生命を尊重する態度、主体的に問題解決しようとする態度を育成することがねらいである。”とある。また、新学習指導要領では「主体的・対話的で深い学び」を実現させる鍵として「見方・考え方」を働かせることが重要である、としている。“生物と水、空気及び食べ物との関わりに着目して、それらを多面的に調べる”際に、見方・考え方を働かせることが求められているといえる。見方・考え方を働かせると、水の中の生き物同士の関係は陸の生き物の場合に広げて考えることができ、また食う・食われるの関係の頂点にたつ動物も、植物も、枯死した後はどうなるのか、という考えに発展させることができるのではないだろうか。水や大気の循環と同じように生命の要素も循環することに気づくことは、豊かで深い学びにつながると考える。生命は枯死すると分解され、分解されたものは次の生命に利用される。この生命の循環は地球上の自然の仕組みを理解する上で欠かせない。この際に陸上の生命にとっ

て「土」は重要な分解の場である。さらには水・空気・食べ物の循環すべてに土が関わってくるのである。5年生では植物の成長に必要な条件について学ぶが、この時に、分解されて新たに供給される栄養（養分）が関わる。分解について学習すると、この学習も生命の「循環」の一部ととらえられ、生物のつながりを理解することができる。小学校で有機的な循環や土について学習の機会が充実すれば、生命の様々な学習要素とつながりをもつことができるだろう。これはさらに中学校3年生の「生物と環境」につながっていく。裏を返せば、小学校で生命の循環について学ばなければ、中学校3年生まで学習する機会がない。3年生から6年生のいずれかの学年で分解と生命の循環について学ぶ機会を設けることは、見方・考え方を働かせた深い学びにつながる。

現在の小学校理科教育では、生物同士の関わりや生物と無機的な環境との関わりについては学習するが、分解については殆ど触れられないのが現状である。原因の一つとして、陸域の分解が土壌と深く関わり、普段は目にする機会が少なく、また教員の土壌に関する知識も少ないことが考えられる。

小学校低～中学年ではダンゴムシなど身近な生物を使って、落ち葉を食べる様子などを観察することも有機物の分解を理解することに役立つ。本稿では「土をどう教えるか(上)」((社)日本土壌肥料学会土壌教育委員会, 2009)で提案された、微生物がはたす有機物の分解を理解するための一つの方法について再検討する。

寒天培地を用いた分解の実験

土の中で有機物を無機物に分解する過程で主体となるのは微生物である。この微生物の働きを確かめる方法として「土をどう教えるか(上)」(ibid.)で提案されている寒天培地を用いた方法を改変して、手に入りやすい材料・道具の使用に留意して実験を行った。この方法は寒天培地のデンプンが土壌中の微生物によって分解されるとヨウ素デンプン反応がおこらない(色は元の褐色のまま)ことで微生物のはたらきを簡易的に検証する方法である。予備実験において、寒天培地の作り方

と電子レンジによる滅菌の時間によって結果が異なることがわかったので、それらの比較・検証を含めた実験を行った。

方法：

1. デンプン、寒天、水道水をナベに入れ、かきまぜて溶かす。あたためながら溶かすが沸騰しないように注意する。デンプン(片栗粉)、寒天、水道水の割合は順に①1.25g・2.5g・250ml、②1.5g・3g・200ml、③3g・3g・200mlとした(③は((社)日本土壌肥料学会土壌教育委員会, 2009)に掲載のもの)。
2. ガラスシャーレ(複数)を電子レンジにかけて滅菌し(滅菌済プラスチックシャーレの場合は不用)、1の寒天培地を静かに流し込む。
3. 培地が冷めて固まったら、生土、滅菌のため電子レンジで加熱処理した土(各試料25gを1分から10分)、砂などをスプーン(小さじ)に1杯ずつ取って培地の上に置く(同じシャーレに3～6の試料)。
4. シャーレに蓋をして24時間静置する(実験時の日中最高気温は20度前後)。
5. 培地上にヨウ素ヨウ化カリウム溶液(イソジンで代用)を添加し、変化を記録する。供試土壌は埼玉県小川町の畑の土(沖積地・有機栽培)、同寄居町の林(沖積地)、砂(市販を水洗いしたもの)である。電子レンジは家庭用の500wのものを用いた。

結果と考察：

結果を表2および図1に記す。ヨウ素液が浸み込んで、分解の進んでいない培地部分に到達すると青くなるため、結果は溶液を添加

表2. 試料の別と処理によるヨウ素溶液の色の変化

試料の別と処理	培地①	培地②	培地③
畑 生	褐色	褐色	青
風乾	褐色	褐色	青
風乾後レンジ1分	褐色	褐色	青
レンジ4分	薄く褐色	やや褐色	青
レンジ6分	青	青	青
林 生	褐色	褐色	青
レンジ5分	薄く褐色	僅かに褐色	青
レンジ7.5分	青	—	—
レンジ10分	青	僅かに褐色	青
砂 やや湿	薄く褐色	僅かに褐色	青
レンジ1分	薄く褐色	薄く褐色	青

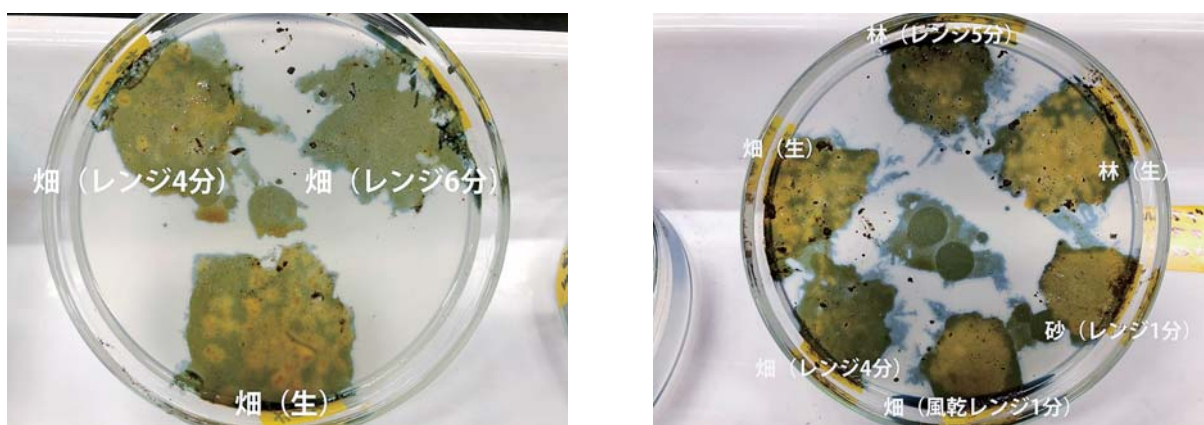


図1. 培養一日後の記録写真 中央は土壤試料がなかった部分（培地のみ）

して数秒で確認した。今回の実験では、培地③はデンプンの分解がいずれの試料でも見られなかった。寒天に対するデンプン濃度が①と②の倍であり、デンプンの濃度が高いと分解が十分に進まないのかもしれない。今後改訂の機会があればデンプンの濃度を含め、詳細に検討する余地がある。①と②では結果に顕著な違いは見られなかった。畑や林の土のように構造の発達あるいは凹凸のあるものはまだらに褐色になる様子が観察され、褐色の色は土の接触面においてみられた。電子レンジによる滅菌は、いずれの試料も6分以上程度の加熱でヨウ素デンプン反応が殆ど見られなくなり、微生物の存在の有無による分解の差異を検証することができた。畑の試料のみであるが、乾燥（風乾）と短時間の加熱では微生物の死滅は十分でなかった。比較的長い時間加熱すると試料がかなり熱くなるが、滅菌のためには試料の乾燥に加えて十分な加熱時間が必要であることがわかった。

別の実験でフェノールフタレイン溶液と水酸化ナトリウムを用いて土壤呼吸を比較したところ、砂では林や畑の土に比べて呼吸がわずかであり、砂は土と比べて微生物が少ないことが予想された。しかし洗ったのみの砂にはデンプンを分解する微生物が存在し、畑と林の土壌と砂の微生物の働きについて差異を表すことができなかつた。したがってこの方法は土壤試料のそのままの（生の）状態と微生物を死滅させた場合の状況からデンプン分解の有無について検討できるが、試料の違いによる差異の検討には不向きかもしれない。

この検討では定性的な実験のみであった。

色の変化の程度と微生物の量や、滅菌による微生物の死滅の程度など、定量的な裏付けの必要がある。一方で、結果は見やすく、また準備及び結果の観察は2日で実施できること、6年生で消化を調べる活動でヨウ素液によるヨウ素デンプン反応が推奨されている（文部科学省，2018b）ことから、本実験は微生物による有機物の分解を理解する方法として6年生で扱うことが最適と考える。

引用文献

- 平井英明，赤羽幾子，福田 直（2015）学習指導要領の次期改訂に向けた「土壤教育に関する要望書」の文部科学省への提出の背景と経緯. 土肥誌, 86(6) : 595-598.
- 平井英明，鳴川哲也，福田 直，森 圭子，村野宏達，赤羽幾子・白戸康人・江口定夫（2019）いま改めて問う，土をどう教えるか—土壤教育の再設計と未来の学習指導要領—土肥誌, 90(2) : 171-176.
- （社）日本土壤肥料学会土壤教育委員会（2009）土をどう教えるか—現場で役立つ環境教育教材—. 129pp., 古今書院.
- Mori, K., Hirai, H., Toma, M., Akahane, I., Asano, M., Kosaki, T. (2019) EGU2019 abstract. https://egu2019.eu/abstracts_and_programme
- 文部科学省（2018a）小学校学習指導要領（平成29年告示）.
- 文部科学省（2018b）小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編.