

## ティーバッグを使った分解実験の小学校理科教育における有用性の検討

森 圭子（川の博物館）

### はじめに

本誌前号（森，2021）で、小学校理科教育における循環の学習について述べ、有機物の分解を理解するための方法について、「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）で提案されている寒天培地を用いた方法の再検討を行った。

現行の学習指導要領では第6学年理科の生命・地球（3）生物と環境で、生物が周囲の環境と関わって生きていること、生物の間には食う、食われるの関係があることなどを学ぶ。また、この学習指導要領では「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。このことから、「循環」をキーワードに、水や大気の流れと同様に生命も循環すること、循環の要として生命が枯死すると「分解」されることを学ぶことは、現行の学習指導要領に沿った深い学びになる。そして「分解」について学習することは、地球の自然環境を理解する上でも重要であることを論じた。

ここで改めて「分解」を学習する意義を述べる。有機物の分解は地球上の生命が循環する上で欠かせない過程である。陸域の自然環境中の生命は枯死すると土壤中で分解される。生命を構成する有機物は微生物によって分解されると二酸化炭素として空気中に放出され、分解が遅いものは有機物として土壤中に留まる。全地球の土壤中の炭素量は大気中の2倍と推計されており、土壤中の有機物量と分解量は地球の大気環境に深く関わる。つまり、土壤中の有機物分解の進み方が、大気中の二酸化炭素量、ひいては地球温暖化の問題に直接的に関わるのである。また、有機物が分解される際には、無機物が土壤中に放出される。放出された無機物は、土壤中に養分として保持されて植物の成長に利用されたり、水に溶けて河川等の水質に関わったりしており、生命や物質の循環に深く関わる。したがって、生命が枯死すると「土壤中で分解される」こ

とを学ぶことは、地球環境や生態系について学ぶ中学校以降の学習の基本として重要である。土壌教育の重要性は国際的にも指摘され（Kosaki *et al.*, 2020）、国内では日本土壌肥料学会で土壌教育の国際ガイドライン作成に関するシンポジウムで議論された中にも、小学校の理科教育で「分解」を含めることが提案として盛り込まれている。

そして前報では分解を理解するための学習として、寒天培地を用いた方法を取り上げた。この方法は数日で実験が完了し、季節をあまり問わずに実施できる実験であるため、学習のスケジュールに取り入れやすい。一方で、寒天培地を用いるため、自然界で実際の分解が起こる「土」をイメージしにくい。

一方、有機物の土壤中における分解過程を調査研究する方法として、リターバッグを用いた方法が古くから使われている。これはナイロンメッシュなど土壤中で分解されにくく、水の動きや微生物などの活動を阻止しない素材を袋状にして、その中にリター、つまり落ち葉などを封入し、一定時間後の重量や化学組成を調べる方法である。この方法のひとつとして近年利用されているのがティーバッグである。ティーバッグ（テトラバッグ）を使った分解実験は、世界中で分解の指標として利用できるとしてKeuskampほか（2013）が提案している。分解の指標物質として、均質な（セルロースなど）の分解実験も行われているが、実際に自然界において落葉などが分解する際の状況に近似し、また世界中で手に入るナイロンメッシュのティーバッグを指標として世界規模で分解速度の評価を行おうというものである。

日本の学校において世界の中の指標として分解実験を行う必要はない。しかし、どこの学校でも手に入り、分解実験にすぐに使える試料としてティーバッグは有効ではないかと考えた。そこで、国内で入手可能な大手メーカーのティーバッグと、容易に入手できる道

具を用いた実験が、分解を学ぶために有用であるかどうかを検討した。具体的には、実験の手順と、ティーバッグの種類、時期（5月開始と7月開始）について、実験で小数点以下一桁の秤で顕著な分解（重量減少）が見られるかどうかを検討した。

#### 方法：

テトラバッグタイプのティーバッグは伊藤園の「おいお茶プレミアムティーバッグ 玄米茶（以降、玄米茶）」と緑茶、及びリプトンの「イエローラベル（以降、紅茶）」を用いた（写真1）。両者とも全国に展開するブランドで入手が容易かつ安価であり、伊藤園はナイロンメッシュバッグが、リプトンは不織布が使われている。また、いずれも紐の部分は化学繊維が使われている。ナイロン

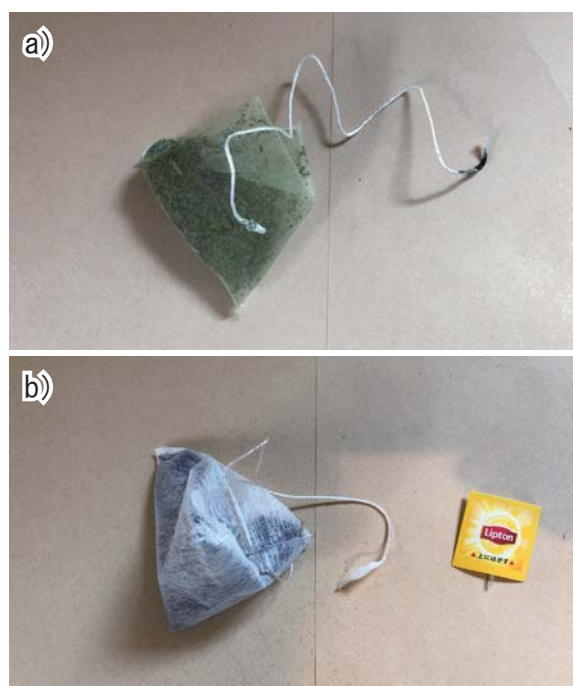


写真1 実験に用いたティーバッグ a) 緑茶 b) 紅茶

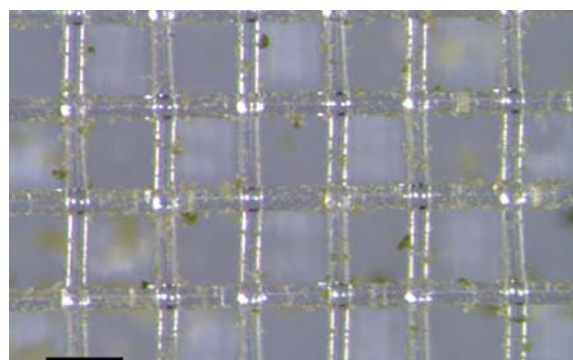


写真2 ナイロンメッシュ パーは0.2mm

メッシュバッグのすき間はおよそ0.17mmで（写真2）、このサイズは大型土壌動物の侵入は防ぐが、小型土壌動物と微生物の侵入を妨げない。

実験は2020年に季節を変えて行い、5月開始の実験では玄米茶と紅茶、7月開始の実験では玄米茶と緑茶を用いた。

持ち手の紙の部分を取除いたのティーバッグ1袋あたりの重量（g）は、いずれのものも小数点以下1桁で、均一ではなかったため、初期重量をひとつひとつ記録した。ティーバッグは2個を一組として割りばしに糸の先をビニールテープで固定した（写真3）。回収の時に埋設場所がわかるようわりばしの先が地上に見えるようにして、地上に見えている部分に初期重量がわかるように印をつけた。それらを埼玉県比企郡小川町の個人宅の庭に8cmほどの深さに、互いに接触しない程度の



写真3 わりばしに固定した状態のティーバッグ(埋設前) 間隔で埋設した（写真4）。5月に実験開始の玄米茶は、2、5、8、10、12週後、紅茶は、5、10週後、7月に実験開始の玄米茶は1、2、3、4、6、8週後、緑茶は、2、4、6、8週後に4袋ずつ回収した。

初期の風袋重（メッシュバッグまたは不織布バッグおよび紐）はいずれも0.1gであった。回収後に数日間室温で乾燥させた後の重さ（g）を測定し、 $(\text{測定重量}-0.1)/(\text{初期重量}-0.1) \times 100 (\%)$  で初期重量%を計算した。

なお、気象庁の公開データで小川町に最も近い寄居町のデータによると、2011年～2020年の年平均気温は14.4℃、年降水量は1,307mmであった。また、各実験開始後2か月の平均気温と降雨量は5月開始で21.6℃、381mm、7月開始で26.5℃、311mmであった。

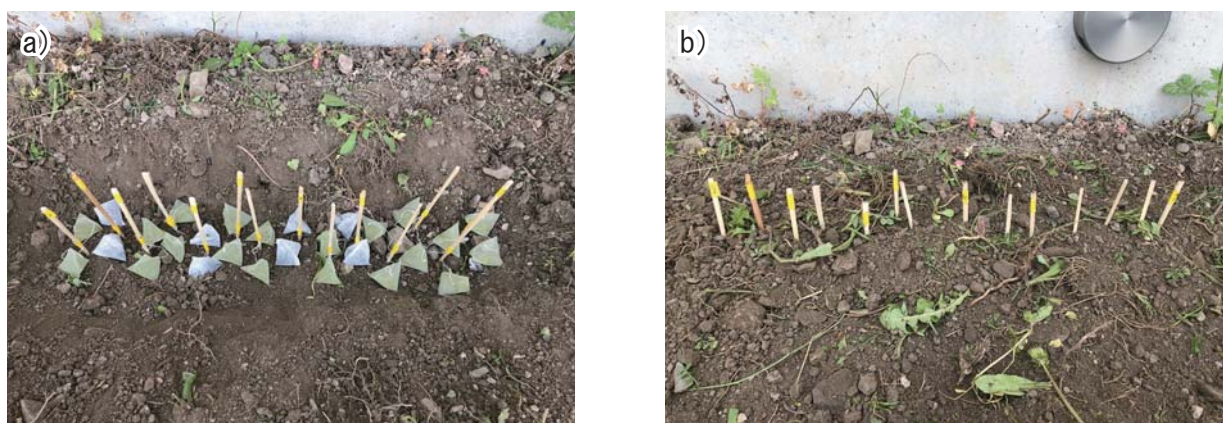


写真4 埋設の様子 a) 埋設前 b) 埋設後

### 結果と考察

結果を図1に示す。いずれのティーバッグも数週間で明瞭な重量減少が確認できた。初期重量が2g程度と量が少ないが、小数点以下一桁の秤があれば、十分に重量の減少を捉えることができる。わりばしは実験期間内では目立って腐朽した様子はなく、使用に問題はなかった。

紅茶の重量減少は5週目で約74%、10週目でも73%にとどまり、玄米茶と緑茶に比べ、分解速度が遅い。玄米茶は数週間で初期重量の25%程度まで、緑茶は40%程度まで減少した。植物体の重量減少は、大きく易分解性の有機

物（水溶性の有機物、セルロース、ヘミセルロース）が分解される分解初期と、難分解性のもの（リグニン）が残存し、分解速度が鈍化する分解後期に分けられる（Berg and McClaugherty, 2003）。今回の実験においても、同様の分解過程が見られたといえる。また、紅茶以外のティーバッグについて、重量が顕著に減少した後の分解後期に、程度の違いはあるものの、重量の増加が見られた。この時期は易分解性のものはほぼ消失していると考えられる。難分解性の有機物を分解する微生物の成長は遅いが、これらの微生物が一時的に増加したことが一因と考えられる。いずれ

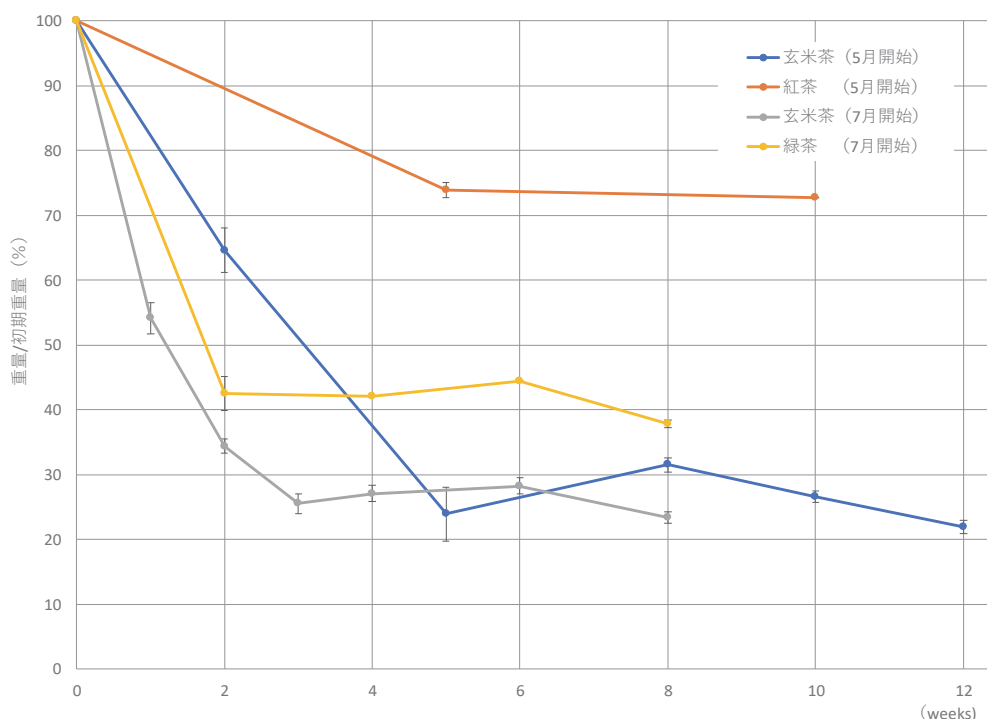


図1 ティーバッグの重量減少率 バーは標準誤差を示す



写真5 埋玄米茶ティーバッグの中身 (40倍) a) 埋設前 b) 埋設3週後

も重量の増加の後にわずかに減少傾向となっている。

同じ時期に実験した玄米茶と紅茶 (5月開始)、玄米茶と緑茶 (7月開始) の分解速度の違いは、それぞれの分解されやすさの違い (化学組成や硬さなど) と考えられる。また、玄米茶は、5月開始に比べ7月開始の方が初期の重量減少が速く、これは主に温度の影響によると考えられる。分解の速さは温度 (地温) によって異なり、同じ物・環境であれば温度が適度に高いと微生物活性が高まり分解が速くなる。また、微生物の活動は湿度にも影響されるが、実験期間中の降雨状況からは大きな違いはないと考えた。

重量減少の測定に加え、重量減少がほぼ底をついた7月開始の玄米茶について、3週間後に回収したティーバッグの中身を実体顕微鏡で観察した。玄米は原型をとどめず、葉は黒色化し (写真5)、茎部分はあまり変化がないこと、菌糸がはびこる様子や土壤動物によると思われる摂食痕や糞が観察できた。

いずれのティーバッグでも、実験開始から1~3週間ほどで顕著な重量減少が見られ、0.1gまで測定できればその様子を捉えることができる。ただし、紅茶は分解が遅いことから、冷涼な地域の学校では、玄米茶などの方がよいかもしい。

この実験から、入手の容易なティーバッグなどを使った実験は、枯れた植物が土の中で分解され、見た目になくなることを実感として学習するために有用であるといえる。さらに発展学習として、ティーバッグを埋設した土壌中の土壤動物を観察することで有機物の

分解に対する理解を深めることも可能である。また、2か月ほど実験を続けることができれば、水に溶けやすく、分解されやすいものは、他の生物がすぐに利用することができ、一部分はなかなか分解しないものとして土に残ること、つまり植物の一部分は有機物 (炭素) として残ることを考察することができる。これは中学校以上で、生態系内の炭素や養分の循環についての学習につながるものである。

#### 引用文献

- Berg, B. and McLaugherty, C. (2003) *Plant Litter*. 286pp., Springer, New York.
- Kosaki, T., Lal, R., Sanchez, L.B.R.(Eds) (2020) *Soil Sciences Education: Global Concepts and Teaching*. 198pp. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- Keuskamp, J.A., Dingemans, B.J.J., Lehtinen, T., Sarneel, J.M., and Hefting, M.M.(2013) *Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems*. *Methods in Ecology and Evolution*, 4: 1070-1075.
- (社) 日本土壌肥料学会土壌教育委員会 (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.
- 森圭子 (2021) 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. 紀要, 21: 5-8.