

生分解性プラスチックを用いた環境教育における授業提案

原田信一^{*1}・山本ほのか^{*2}・寺石政義^{*3}

Environmental Education Lesson Proposal for Using Biodegradable Plastic

Shinichi HARADA, Honoka YAMAMOTO, Masayoshi TERAISHI

抄 録:本研究では、プラスチックごみ問題を手がかりに生分解性プラスチックを題材とした環境教育における授業提案を行うことができた。具体的には、生分解性プラスチックに関する知識の習得だけでなく、実際に土壌分解実験を取り入れ体験的な学びを通して生分解性プラスチックの特性について理解し、そのうえでプラスチック問題と自分たちの暮らしを照らし合わせ、自分なりに課題と向き合い解決策を考えられるようにした。また、小学校教員から、本授業提案は探求的な学習活動につながる授業を構築することができるという評価を得ることができた。

キーワード:環境教育, 生分解性プラスチック, 授業提案

I. はじめに

私たちの住む地球は地球温暖化をはじめ、オゾン層破壊、酸性雨（霧）、海洋汚染、生活型公害など様々な環境問題を抱えている。今や「環境問題」は、一刻の猶予もできない状態になっている。特に、海洋プラスチックごみ問題は、近年メディアや論文でも数多く取り上げられ、環境省はダボス会議（H28年1月）において、2050年までに海洋中に存在するプラスチックの量が魚の量を超過する（重量ベース）との試算が報告されたことを明らかにしている。このような課題を背景とし、我が国では、2020年にレジ袋の有料化が施行された。プラスチックごみ問題は、私たちの暮らしの中でも大きな変化を与えており、プラスチックごみが及ぼす影響は、私たちにとって身近な環境問題の一つであると言える。消費者庁は、「プラスチックはその機能の高度化を通じて、産業界の発展と共に社会的課題の解決に寄与してきた一方で、化石燃料の消費や海洋プラスチックごみ問題などの問題をはらんでいる面もある」としている。さらに、消費者庁はこのような課題を踏まえて、プラスチックの3R（発生抑制[reduce]、再使用[reuse]、再生利用[recycle]）を推進すると共に、解決に向けた対策案としてバイオプラスチックの利用促進を掲げている。バイオプラスチックとは、微生物によって生分解される「生分解性プラスチック」及びバイオマスを原料に製造される「バイオマスプラスチック」の総称である。一定の管理された循環システムの中でそれぞれの特性を生かすことで、プラスチックに起因する様々な問題の改善に幅広く貢献できる。

本研究で取扱う生分解性プラスチックは、日本バイオプラスチック協会により次のように定義

^{*1} 京都教育大学教育学部

^{*2} 元京都教育大学教育学部（学生）

^{*3} 京都大学大学院農学研究科

されている。「生分解とは、単にプラスチックがバラバラになることではなく、微生物の働きにより、分子レベルまで分解し、最終的には二酸化炭素と水となって自然界へと循環していく性質をいう」。また、生分解性プラスチックは、通常のプラスチックと同様に扱うことができ、食品残渣などを生分解性プラスチックの収集袋で回収、堆肥化・ガス化することにより、食品残渣は堆肥やメタンガスに再資源化され、収集袋は生分解されるため、廃棄物の削減につながる。実社会におけるその他の利用例として、農業現場で扱われるマルチフィルムを生分解性プラスチックにすることで、作物収穫後にマルチフィルムを畑に鋤き込むことで、廃棄物の回収が不要となり、発酵抑制に繋がる（図1）。



図1 生分解性マルチフィルムの分解の様子（出典：日本バイオプラスチック協会）

生分解性プラスチックには種類があり、プラスチックの種類によって生分解性を示す環境は異なる。環境には、コンポスト（高温多湿）、土壌環境、水環境の3つあげられるが、本論では、土壌における生分解性に注目して行うものとする。

文部科学省は環境教育について、「現在、温暖化や自然破壊など地球環境の悪化が深刻化し、環境問題への対応が人類の生存と繁栄にとって緊急かつ重要な課題となっている。豊かな自然環境を守り、私たちの子孫に引き継いでいくためには、エネルギーの効率的な利用など環境への負荷が少なく持続可能な社会を構築することが大切である。そのためには、国民が様々な機会を通じて環境問題について学習し、自主的・積極的に環境保全活動に取り組んでいくことが重要であり、特に21世紀を担う子どもたちへの環境教育は極めて重要な意義を有している。」と示されている。学校図書において、小学校理科には海岸にうちあげられた大量のごみと共に映るウミガメの写真や中学校公民の教科書にはビニール袋をついばむ海鳥の写真と共に「大量のプラスチックごみが海に流れ出し、誤って体内に取り込んで犠牲となったクジラや鳥の報告があい次いでいる。」と記載されている。また、中学校技術の教科書には生分解性プラスチック製のテープやゴミ袋が記載され、問題解決のための新たな材料として紹介されている。しかし、このようなプラスチック問題に関する現状や取組み、及び問題解決のための工夫や技術について、児童に詳しく教授される場面は少ない。また、プラスチックごみ問題をはじめ、生分解性プラスチックの特性や私たちの暮らしの中でどのように利用されているのかについて、繋がりを持ちながら理解している児童は少ないと考えられる。さらに、本論で扱う生分解性プラスチックの一種であるポリ乳酸は、児童にとって馴染みの薄いものであると思われる。

環境教育に対して、有田（1993）は「具体的な事例で示すことが大切だ」としている。さらに

有田は、このために「可能な限り、身近な事例を授業化する」ことが必要であることを指摘している。環境教育におけるプラスチックごみ問題をテーマとして取扱うことは、これまでも述べてきたように重要視すべき環境問題の一つであるということと、プラスチックは児童にとっても身近に感じやすく、誰もが知っている材料であることから授業化することに意義があると考え。それらを踏まえて、本研究では、環境教育の中でも特に生分解性プラスチックに関する教材研究を目的に以下の実験と調査を行い、教材研究を基に生分解性プラスチックの土壌分解実験を取り入れた授業提案を行う。

事前調査として、学校給食で提供される牛乳の残乳調査を実施し、カゼイン樹脂合成時に使用する牛乳に関して、給食残乳の活用の可能性や有用性を検討する。土壌分解実験Ⅰでは島田(2020)が研究課題としてあげている、夏季におけるカゼイン樹脂の土壌分解実験を行い、分解の程度を考察することを目的とする。また、土壌分解実験Ⅱでは、既製品のカゼインプラスチックを対照とした自家製カゼイン樹脂との分解の違いと、未殺菌培養土と殺菌培養土における各カゼイン樹脂の分解の差異を確かめることを目的とする。そして、本教材を生かした環境教育として、総合的な学習の時間における課題解決のための探究活動を目的に、カゼイン樹脂を題材として扱った授業提案を行う。

Ⅱ. 調査・実験方法

2.1 事前調査

2.1.1 残乳調査の背景と経緯

農林水産省の報告によると平成30年度における日本の食品ロスの量は、平成30年度は600万トンであると報告されている。これを1人あたりに換算すると、年間1人当たりのコメの消費量(約54 kg)に相当すると指摘している。食品ロスの現状を知る中で、筆者らは、学校給食における残乳に着目した。そこで、学校給食を取り入れている京都府内の小中一貫校で働く現職教員に学校給食における残乳の状況について聞いた。毎日約30パックほど未開封の牛乳パックがあるという回答だった。また、残った牛乳を教員らが飲み消費することもあるが、すべてを消費期限内に飲み切ることはできず、最終的には捨てているのが現状である。このような現状を背景に、牛乳を用いたカゼイン樹脂の合成において、学校給食の残乳を活用できないかと考えた。しかし、学校給食における残乳量を報告している文献はなく、学校給食における残乳が実際にどの位の量があるのか明らかではなかった。そこで、京都府内の学校給食を取り入れている学校を対象に、残乳量の調査を行った。

2.1.2 調査対象と調査時期及び方法

調査は京都府内の国立A小中学校第5学年95名、第6学年94名、第7学年91名を対象に、生徒の給食における残乳量の調査を実施した。実施時期は、2021年6月28日～2021年9月30日である。なお、実施期間のうち土日祝日を含む、遠足などにより学校給食がなかった日は調査を行っていない。また、京都教育大学附属京都小中学校技術科 小澤雄生教諭の助言を参考に作成した調査シートを用いて、対象校の残乳パック数の調査を実施した(表1)。調査シートは給食用配膳台

に設置した。加えて、日毎の調査シートへの記入は、容器具などの回収に来る給食センターの職員に依頼した。

2.1.3 残乳調査結果

残乳調査の結果、5年生は、最も残乳量が少なく、1日当たり約0.7パック分の残乳量であった。6年生は、1日当たり約6.5パックの残乳量であった。最も残乳量の多かった7年生は、1日当たり約21パックの残乳量であった。学年によって残乳量に大きな差があった。また、高温期において、全学年に共通して残乳量が減る傾向にある。全学年の合計より日当たり残乳量が最も少なかった7月で日平均24パックの残乳パックが確認された。7月の日当たり残乳量を内容量であらわすと、1パック当たり200mlであるから、日当たり4.8Lの牛乳が廃棄されていることが分かった。

2.2 自家製カゼイン樹脂の合成

土壌分解実験に用いる自家製カゼイン樹脂は、先行研究の制作方法及び手順を参考に合成した。制作方法及び手順は次の通りである。

- ① 電子レンジを用いて、牛乳を50℃以上に加温する。この時、急激に加温すると牛乳中のタンパク質が変性してしまう。そのため、500wで1分程度の加熱を繰り返し行い、50℃以上となるようにする。
- ② 牛乳を温めることができたなら、牛乳の量に対して10分の1の量の酢を加え、攪拌する。真っ白だった牛乳が黄色味を帯びた透明の水（ホエー）と固形物（タンパク質）に完全に分離したら、厚めのキッチンペーパーもしくはガーゼなどを敷いたザルに取り出し、固形物のみ取り出す（図2）。



図2 攪拌時の分離の様子

- ③ キッチンペーパーで余分な水分を取り除く。
- ④ スケールを用いて必要な分量にとりわけると。分量のとりわけについて、予備実験を行ったところ、乾物重1gの自家製カゼイン樹脂が必要な場合は、制作のとり分ける段階で2倍の重さの2gにするとよい。
- ⑤ 好みの形に整形する。この時、厚みがありすぎると中心部までの乾燥に時間がかかりカビの発生などの原因になるため、薄め（1mm程度）にするとよい。
- ⑥ 整形したカゼイン樹脂を風通しの良い場所に設置し、3日ほど風乾させれば、自家製カゼイン樹脂が完成する（図3）。

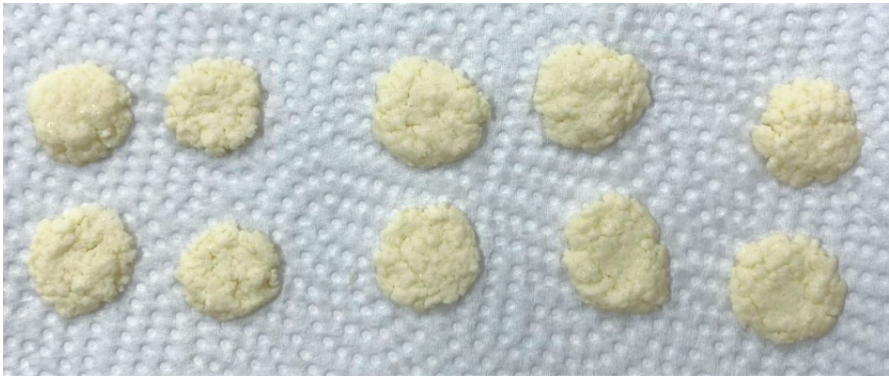


図3 風乾後の様子

2.3 土壌分解実験 I

土壌分解実験 I では、夏季におけるカゼイン樹脂の土壌分解の程度を確かめることを目的に実施した。実験の手順について、次の通りである。

- ① プランターに培養土（商品名：園芸培養土，DCM）を8分目まで入れる。
- ② 一定の間隔をあけて，バランスよく自家製カゼイン樹脂を配置する（図4）。



図4 設置の様子

- ③ 自家製カゼイン樹脂を埋めるため，培養土の深さ2分の1程度を目安に培養土を掘り出す。
- ④ 掘り出した穴に自家製カゼイン樹脂を設置し，覆土する。
- ⑤ カゼイン樹脂を掘り出すときに混乱しないように，自家製カゼイン樹脂を埋めた場所に印となるラベルを設置する（図5）。

その後の管理について，1週間毎に1つ取り出した後，完全に乾燥させた自家製カゼイン樹脂の重さを計量した。供試材料は全部で5つあり，土壌には最短で1週間，長いもので5週間分解期間として設置し，反復区は設けていない。また，培養土が乾燥しないようにするため適宜灌水を行った。なお，本実験は2021年7月27日～2021年8月31日に行った。



図5 管理中の様子

2.4 土壌分解実験Ⅱ

土壌分解実験Ⅱでは、既製品のカゼインプラスチックを対照とした自家製カゼイン樹脂との分解の違いと、未殺菌培養土と殺菌培養土における各カゼイン樹脂の分解の差異を確かめることを目的に行った。

自家製カゼイン樹脂は、一般に流通しているカゼインプラスチックよりも分解されやすいと予想することができる。そのため、比較対象として製品化されているカゼインプラスチックを用いた土壌分解実験を行った。供試材料には自家製カゼイン樹脂（1g）と市販のカゼイン樹脂には株式会社アイリスのカゼイン樹脂製ボタン（LH1193）を用いた。試験区は以下の通りである（表1）。

表1 実験Ⅱの試験区について

| | 自家製樹脂 | 市販樹脂 |
|--------|-------|------|
| 未殺菌培養土 | 試験区A | 試験区C |
| 殺菌培養土 | 試験区B | 試験区D |

実験Ⅱに用いる培養土の殺菌については、次のように行った。

- ① フライパンの7分目を目安に培養土をいれ、強めの中火で加熱する。
- ② 適宜フライ返して天地返しや攪拌を行いながら5分程度加熱を続ける。
- ③ 一度火を止めて、瞬間温度計で中心部の温度を測定する。
- ④ 95℃以上を確認したら、さらに5分加熱する。

なお、加熱中は適宜フライ返して攪拌し続けた。実験Ⅱでは培養土中のカゼイン樹脂を取り出し計量した後、再び埋めて、分解を観察するため風呂用排水溝ネットに自家製カゼイン樹脂と市販のカゼイン樹脂の2種類各1つずつを入れ、殺菌・未殺菌の培養土に埋めた。設置後は週に1回取り出し、計量し、取り出した供試材料は再度土に埋め、合計5週間観察した。また、試験区は各5反復設けた。さらに、土壌分解実験Ⅰと同様に、培養土が乾燥しないように、適宜灌水を行った。また、土壌分解実験Ⅱにおいて、殺菌土壌を比較対象として用いることから、これから示す2点を目的に土壌分解実験Ⅰとは異なる管理を行った。1つ目に、実験中、極力微生物をはじめとする土壌生物の殺菌土壌への侵入を防ぐ必要があること。2つ目に、11月末の低温期での土壌分解実験であるため、日中の日差しを効率よく活用し、微生物活動を促す必要があること。以上2

点を踏まえて、プランターをポリ袋に入れて開口部を縛ることで、保温性と外部からの生物の侵入に対する防除性を高めた。なお、本実験は2021年10月27日～2021年12月3日に行った。

Ⅲ. 結果・考察

3.1 土壌分解実験 I

土壌分解実験 I における自家製カゼイン樹脂の質量変化の様子は以下の通りである（表 2）。4 週目以降における実験後のデータが示されていないのは、カゼイン樹脂が完全に分解されたため、計量できなかったためである。

表 2 分解前後の質量変化

| 期間 (週) | 質量 (g) | |
|-----------|--------|------|
| | 実験前 | 実験後 |
| 1 | 0.76 | 0.50 |
| 2 | 0.53 | 0.20 |
| 3 | 0.48 | 0.01 |
| 4 | 0.45 | — |
| 5 | 0.70 | — |

土壌分解実験 I では、自家製カゼイン樹脂の合成において同量に取り分ける作業をしていなかったため、実験前の各自家製カゼイン樹脂における質量に大小があるものの、実験後の自家製カゼイン樹脂の質量変化について、土壌の設置期間が長いほど、質量変化の割合が大きく、元の質量との差が大きくなった。また、観察時における自家製カゼイン樹脂の状態について、1 週目時点で自家製カゼイン樹脂の色は黄色味を帯びた乳白色から黒灰色に変色した。形状についても整形時の円状を維持しておらず、培養土との激しい癒着がみられた。2 週目時点では、自家製カゼイン樹脂は整形時のひと塊ではなくなり、ボロボロと細かく割れている状態になった。3 週目時点では、自家製カゼイン樹脂は米粒の約半分ほどの大きさとなり、培養土中から見つけ出すことが困難となった。4 週目では、ついに培養土中から自家製カゼイン樹脂を見つけ出すことができず、取りだすことができなくなった。設置後 3 週間までの分解の様子について、分解前は、黄色味を帯びた乳白色だったのが、1 週目で色と形状共に変化し、2 週目以降はかなり細かく、ボロボロになり形状を維持していない様子を確認することができた（図 6）。

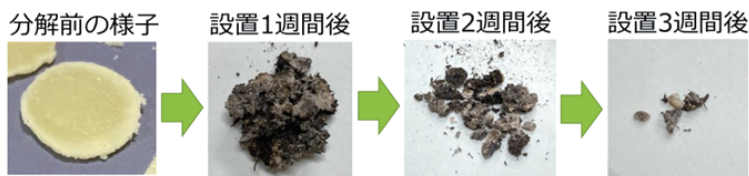


図 6 カゼイン樹脂分解の経過の様子

3.2 土壌分解実験Ⅱ

土壌分解実験Ⅱにおける各カゼイン樹脂の質量変化を以下に示す(表3)。表中の試験区A(自家製, 未殺菌区)において, 一部データが示されていない箇所があることについて, 供試材料が軟化し取り出せる状態でなかったり, 土との癒着が激しくカゼイン樹脂のみでの計量が困難であったりしたことを表している。

表3 実験Ⅱにおける各カゼイン樹脂の質量変化について

| 試験区 | 質量 (g) | | | | | 試験区 | 質量 (g) | | | | |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 1週目 | 2週目 | 3週目 | 4週目 | 5週目 | | 1週目 | 2週目 | 3週目 | 4週目 | 5週目 |
| A (自家製, 未殺菌) | 1.5 | — | 1.2 | 0.9 | 1.2 | C (市販, 未殺菌) | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.5 |
| | 1.6 | — | 1.0 | — | — | | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1.6 | — | 1.3 | 1.6 | 1.9 | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.5 |
| | 1.7 | — | 3.5 | — | — | | 1.4 | 1.5 | 1.1 | 1.5 | 1.5 |
| | 0.9 | — | — | — | — | | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| B (自家製, 殺菌) | 1.5 | 1.8 | 2.7 | 2.8 | 2.5 | D (市販, 殺菌) | 1.4 | 1.2 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1.3 | 1.7 | 3.4 | 3.3 | 3.0 | | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.5 |
| | 1.2 | 1.8 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 1.5 | 1.5 |

実験前における供試材料の重量について, 自家製カゼイン樹脂は約 1g, 市販カゼイン樹脂は 1.5g であった。

土壌分解実験Ⅱにおける各カゼイン樹脂(自家製, 市販)の質量変化について, 試験区A(自家製, 未殺菌区)において, 1週目は全体的に質量が増加していることが分かる。これは, 乾燥した自家製カゼイン樹脂が培養土中の水分を吸収したためと考える。また, 同試験区において, 2週目以降, 全体的に質量が減少傾向になった。さらに, 早いもので2週目及び4週目には, 激しい土との癒着がみられ, 計量困難となった。

2週目において, 試験区A(自家製, 未殺菌)ではすべての供試材料が軟化し計量困難になった原因について, 1週目に与えた水の量が多かったのではないかと考える。もしくは, ポリ袋にプランターを設置していたため, ポリ袋内が高湿多湿な環境となりプラスチックの分解が進んだのではないかと考える。

試験区B(自家製, 殺菌区)において, 設置3週目まで全反復区の質量増加がみられた。質量増加の原因について, 自家製カゼイン樹脂は風乾により乾燥していた状態だったが, 土壌水分や, 土壌の乾燥防止のために施用した水を吸水したためと考えられる。また, 3週目以降, 増減を繰り返していることについても土壌の水分条件によるものであると考える。市販カゼイン樹脂について, 殺菌, 未殺菌のC・D両試験区において質量の変化がみられなかった。

各カゼイン樹脂(自家製, 市販)の観察時における状態について, 自家製カゼイン樹脂を供試材料とした殺菌, 未殺菌の試験区A・B共に1週目は柔らかく軟化している状態であったが, 形状は整形時の円状を維持していた。自家製未殺菌区において2週目は形状を維持せず, 土と癒着し軟化したため取り出して計量することが困難になった。自家製殺菌区において, 5週目まで形状

は変化せず、整形時の円状を維持していた（図7）。市販カゼイン樹脂を供試材料に用いた試験C・D区は期間中に見た目や感触など状態の変化はみられなかった。生分解性プラスチックは高温多湿な環境において、生分解性を発現しやすい特性を持っていることから、実験期間中の10月末～12月上旬では分解に必要な温度環境に届かず、試験期間中に変化がみられなかったのではないかと推察される。

全体を通じて、自家製カゼイン樹脂について、プラスチックの質量以外に水分や若干の土の付着もあることから分解の程度を質量の変化から考察することは困難である。しかし、殺菌区・未殺菌区との試験区との違いにおける分解途中の外観的な特徴は明らかな違いがあり、自家製未殺菌区では微生物による分解が進んでいると捉えることができる。

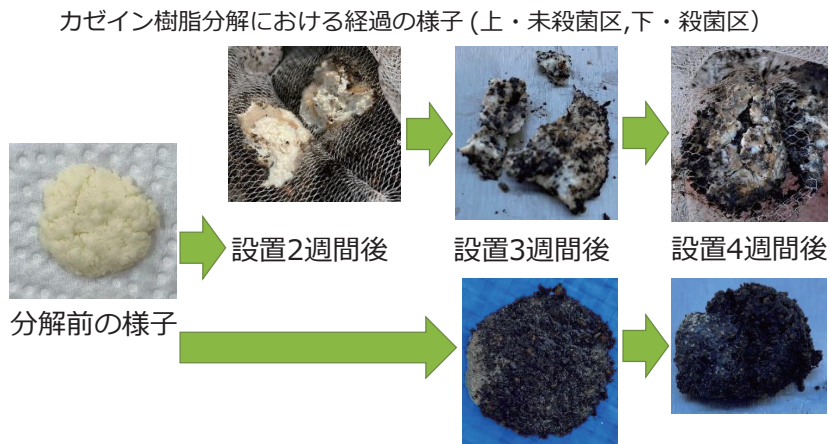


図7 土壌の違いによる分解の差異

IV. 授業提案

環境教育について、藤岡（2007）は「学校での環境教育を構築するためには、今日、必要とされる知識やスキルの習得だけでなく、長期的な視野の中で、学校教育ではどのような人材の育成の観点が必要か、そのためにはどのような教育活動が必要かが論じられており、これらを見捨てることはできない。」と指摘している。また、「その中で、今後、環境教育として、取扱うべき具体的な教育内容、教育方法などを、特に『総合的な学習の時間』とのかかわりを意識しながら検討する必要がある。」とも述べている。小玉は、「総合的な学習の時間における学習内容について、各学校では、児童の発達段階を考慮しながら、教科・道徳・特別活動・総合的な学習の全体を関連付けたいうえで環境教育を実践する」と述べている。

文部科学省（平成25年度）の報告によると「総合的な学習の時間」における学習活動について、小学4・5学年では「横断的・総合的な課題」や「地域や学校の特色に応じた課題」を主に取扱っているという報告がある（表4）。さらに、「総合的な学習の時間」における学習内容で環境をテーマに取扱っているのは全国的に小学4・5学年で特に多いことが報告されている。

表4 文部科学省の調査による報告

小学校における総合的な学習の時間の具体的な学習内容（平成25年度計画）

（複数回答）

| 学年 | 学習内容 | 国際理解 | 情報 | 環境 | 福祉・健康 | 地域の人々の暮らし | 伝統と文化 | 防災 | その他 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| 第3学年 | | 37.8% | 51.3% | 45.7% | 36.9% | 80.6% | 49.0% | 11.2% | 15.2% |
| 第4学年 | | 37.6% | 51.7% | 66.0% | 60.3% | 53.1% | 34.7% | 16.9% | 22.3% |
| 第5学年 | | 28.6% | 57.1% | 65.3% | 40.9% | 52.5% | 42.0% | 14.3% | 24.8% |
| 第6学年 | | 43.6% | 58.3% | 35.4% | 38.7% | 47.2% | 60.8% | 14.3% | 35.3% |
| ※実施学校 | | 65.8% | 67.8% | 89.9% | 84.4% | 89.5% | 80.7% | 26.5% | 42.7% |

さらに、社会科において4年生では小単元「ごみのゆくえ」、5年生では小単元「環境とわたしたちの暮らし」を学習することから、児童の思考の足場が整っている小学5年生が適していると考えた。学習の過程については、探究的な学習とするために文部科学省が発行している「今、求められる力を高める総合的な学習の時間の展開（小学校編）」を参考に検討した。学習過程は次の通りである。加えて、この①～④の学習過程を課題解決スパイラルと呼ぶ（図8）。

① 課題の設定

体験活動などを通して、課題を設定し課題意識を持つ。

② 情報の収集

必要な情報を取り出したり収集したりする。

③ 整理・分析

収集した情報を、整理したり分析したりして思考する。

④ まとめ・表現

気づきや発見、自分の考えなどをまとめ、表現する。

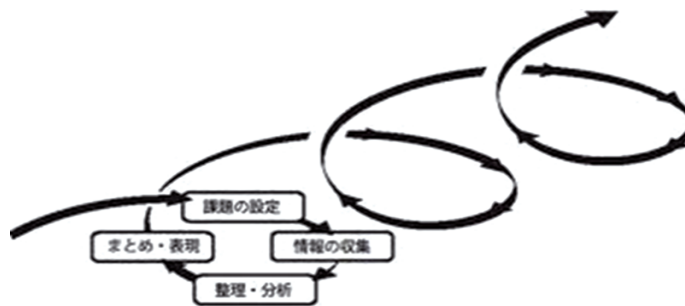


図8 課題解決スパイラル

なお、①～④の学習過程は順序良く繰り返されるわけではなく、順番が前後することもあるし、1つの活動の中に複数のプロセスが一体化して同時に行われる場合もある。また、この学習過程は何度も繰り返されるとしている。

同書では、①～④の指導に関するポイントを次のようにまとめている。

① 課題の設定

総合的な学習の時間にあたっては、児童が実社会や実生活に向き合う中で、自ら課題意識をもち、その意識が連続発展することが欠かせない。また、人、社会、自然に直接かかわる体験活動を重視し、学習対象とのかかわり方や出会わせ方などを工夫すること」としている。

② 情報の収集

設定した課題を基に、児童は、観察、実験、見学、調査、追体験などを行う。

③ 整理・分析

様々な方法で収集した多様な情報を整理したり、分析したりして、思考する活動へと高めていく。集めた情報は、児童自身が比較したり、分類したり、関連付けたりして情報の整理を行う。

④ まとめ・表現

分析を行った後、それを他者に伝えたり、自分自身の考えとしてまとめたりする学習活動を行うことで、一人一人の児童の考えが明らかになったり、課題がより一層鮮明になったり、新たな課題が生まれたりしてくる。このことが、学習として質的に高まることであり、表面的ではない深まりのある探究的な学習活動を実現することとなる。

以上より、検討した結果、本論で提案する授業は特に小学5年生を対象とした授業提案を行う。また、授業教科は「総合的な学習の時間」とし、探究課題は「横断的・総合的な課題（現代的な諸課題）」における「身近な自然環境とそこに起きている環境問題（環境）」とする。授業時数は「総合的な学習の時間」の年間70時間の授業時数のうち10時間を想定し行うものとする（表5）。

表5 授業提案の流れ

| 時数 | 小単元名 |
|----|--------------------------|
| 2 | わたしたちの身の回りにある環境問題を探そう |
| 4 | プラスチックごみ問題の現状と解決策を探ろう |
| 2 | 生分解性プラスチックについて知ろう |
| 2 | プラスチックごみ問題とわたしたちのこれからの生活 |

4.1 授業の流れ

1・2時間目は、課題解決スパイラルの流れに当てはめると「課題の設定」にあたる。プラスチックごみ問題について児童の気付きを促すことができるように、ゴミ拾い活動を行う。拾ったゴミを種類別に分類することで、プラスチックごみの多さについて児童自ら気付くことができるようにする。また、ゴミをゴミ箱に捨てることや分別することの大切さにも気付けるようにする（表6）。

3～6時間目は、課題解決スパイラルの流れに当てはめると「情報の収集」「まとめ・表現」にあたる。プラスチック問題が引き起こしている環境への影響について考える時間を設ける。また、自分の考えを基に調べ学習を行うことで、自分の思っていた考えと調べて分かった事項の相違に児童自身から気付くことができるようにする。具体的には学校図書を活用しプラスチックごみ問題に関する情報を集め、気になったことや深く知りたいと思ったことをICTなどのインターネットを用いて調べる。さらに、調べ学習から気付いたことをグループ発表などを通して伝える場面を設定し、友達の気付きを知ることで、より深い自分なりの考えをもてるようにする。

7・8時間目は、課題解決スパイラルの流れに当てはめると「情報の収集」にあたる。生分解性プラスチックの特性など知識面の授業を行い、土壌分解実験を実施し、児童の興味関心を高められるようにする。また、実験結果の予想をたてるなど、グループでの話し合いを取り入れ、協働的な学びの時間を設ける。この時、殺菌土壌を比較の試験区として設ける場合は、事前に殺菌土壌を準備する必要がある。さらに、児童が土壌の殺菌作業を行う場合は、フライパンの高温によるやけどの恐れがあるので、事前の安全指導を行ったうえで教員は作業中の児童から目を離さないこと、軍手や長袖着用などを指示することが必要になる。さらに、培養土の素焼きにより土を焼く匂いや煙が発生するため、風通しの良い換気のできる場所で作業を行うようにする必要がある。

9・10時間目は、課題解決スパイラルの流れに当てはめると「まとめ・表現」「課題の設定」にあたる。土壌分解実験を通して生分解性プラスチックに対する考えを交流し、プラスチックごみを減らすために自分たちが今から始められることは何かを交流し、課題解決的な考えを深めていく。

評価についてはポートフォリオを用いて児童の変容を評価する他、「プラスチックごみを減らすために自分たちが今から始められること」をテーマに自分の考えを記述させて評価したいと考える。

表6 授業計画

○本時の目標 ゴミ拾い活動を通して、身近な環境問題に気付く。

○本時の展開

| 区分 | 学習活動と内容 (○教師の指示・発問 「」予想される生徒の反応) | 指導上の留意点・支援・評価 (・留意点◇教師の支援 ■評価の観点と方法) | 準備物 ・ 資料など |
|-----------|---|--|---------------------------------------|
| 導入 5分 | 1. 本時の学習内容を確認する。 わたしたちに身近な環境問題を探そう 2. 環境問題に対する知識を問う。 ○環境問題と聞いて、何を連想しますか。 「地球温暖化」 「砂漠化」 | ◇本時の学習に見通しを持つて取り組めるようにする。 ◇自分たちの知っている知識から繋げることで、環境問題に対する意識をもてるようにする。 ・児童の発言を板書する。 | 黒板 |
| 展開 30分 | 3. ゴミ拾いをして、身近な環境問題を探してみよう。 ○どのゴミが一番多いと思うか予想してみましょう。 「燃えるゴミ」 「缶、ビン」 4. 拾ったゴミを分別してみよう。 | ・ゴミ拾いの結果を予想させることで、積極的にゴミ拾いに参加する意欲へ繋げる。 ・ゴミ拾いをするすることで、街中にゴミが溢れていることや、ポイ捨てなどは地域を汚す原因になることに気付かせる。 ・ゴミにはさまざまな種類に種類があり、処理の仕方の違いから分別の大切さを気付かせる。 ・社会科の単元「ごみの行方」との関連性をもたせながら展開する。 | 軍手 ポリ袋 火バサミ 分類カード ポリ袋 |

| | | | |
|----------------------------|---|--|--------|
| ま と め 1 0 分 | <p>5. ゴミの分類をして、どのゴミが一番多かったか検証する。</p> <p>○ゴミ拾い・分別をして、意外だったことや気付いたことを発表しましょう。</p> <p>6. 次回の学習内容を告知する。</p> | <p>・気付きを共有することで、一人の意識や考えを全体で考えられるようする。</p> <p>■身近な環境問題に気付くことができ、解決のための手段を考えることができる。</p> <p>・次回の学習内容の告知をする。</p> | ワークシート |
|----------------------------|---|--|--------|

4.2 授業に対する評価

4.2.1 評価方法

大阪府及び京都府内の公立小学校、国立大学附属小学校の現職教員（以下、小学校教員）から、本授業提案に対する意見や評価についてアンケートを用いて調査を行った。調査内容は、小学校の総合的な学習の時間の授業で扱う内容として、対象学年や授業の流れについて現場で取り入れやすい内容になっているかなどの内容を中心に評価を依頼した。

4.2.2 評価報告

以下に評価の内容を示す（表7）。授業内容について高い評価を得ることができ、本授業提案の実践は子どもたちにとって意義のあるものだと感じる事ができた。また、対象学年は4・5・6年生で実践が可能であることが分かった。授業時数について、小学校教員の助言を参考に10時間で学習の流れを検討、改善を行った。

表7 評価内容

| 肯定的な意見 | 改善点 |
|--|---|
| <p>授業提案の内容はとても面白い内容だと思う。本当にこのまま実践できるような内容である。</p> <p>対象学年については5年生でも十分実施できる内容に感じる。</p> <p>対象学年は思考の土台がある程度揃う5年生で可能な実践だと思う。5年生での実施が困難であれば6年生でもできる実践だと思う。</p> <p>子どもたちの生活経験や今回のような体験から学習をスタートすることが非常に大切で、良い導入だと思う。今回の導入で子どもたちがどんな発見をして、どのような課題意識をもち、課題設定をするのか興味深い。</p> <p>本授業提案の学習展開は探求的な学習につながっていくと感じる。</p> | <p>対象学年は4年生で学習する「ごみのゆくえ」とリサイクルに関連する流れで子どもたちもイメージしやすいので4年生が適切だと思う。</p> <p>授業時数は子どもたちに身に付けさせたい力を考慮し最低10時間は確保するべきである。</p> <p>評価は記録に残す評価と指導に生かす評価の使い分けが必要だと思う。</p> <p>課題解決的な学習を志向するうえで、授業時数が4時間というのは短いと感じた。子どもたちのゴミ拾いから、問題意識がでてきて、その問題があるとどんな影響があるのかをしっかりと情報収集して整理し、課題の解決に向かえるとより良いと思う。</p> |

V. まとめ

環境教育の基本的な考え方の一つに「知識の習得だけに止まらず、技能の習得や態度の育成をめざす。」とある。授業提案において、生分解性プラスチックに関する知識の習得だけでなく、実際に土壌分解実験を取り入れ体験的な学びを通して生分解性プラスチックの特性について理解し、そのうえでプラスチック問題と自分たちの暮らしを照らし合わせ、自分なりに課題と向き合い解決策を考えられるようにした。また、ごみの正しい分別など、これからの生活に応用できる活動を取り入れることで児童が学習したことを活かすことができるようにした。情報は、できるだけ実物を観察・実験を通して収集することが大切である。授業提案において、情報を集める段階として、ゴミ拾いという体験をきっかけに児童に自ら課題発見する場を設定した。さらに、土壌分解実験など自分で確かめられる場を設定したことは児童の学びを深めるために有効であると考えられる。

本研究を通じて、プラスチックごみ問題を手がかりに生分解性プラスチックを題材とした環境教育における授業提案を行うことができた。また、小学校教員から、本授業提案は探求的な学習活動につながる授業を構築することができるという評価を得ることができた。今後は、小学校に限らず、中学校や高校にも環境教育は必要な教育であることから、中高生を対象とした授業の展開についても検討し、児童生徒の探求的な活動へとつなげる授業を確立していきたい。さらに、学校現場における残乳を活用できる環境に優しい教材として多くの教員や学校現場に認知してもらえるよう土壌分解実験の方法やカゼインプラスチックの合成方法の更なる検討を重ねていきたい。そして、実際に学校現場で授業実践を行い、児童の反応やアンケート調査などによるデータを基に、本授業提案の有用性を検証していきたい。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 20K03273 の助成を受けたものです。

引用・参考文献

- 有田和正, 1993, 「追求の鬼」を育てるシリーズ①, 「環境問題」の教材開発と授業, 明治図書
- 藤岡達也, 2007, 総合的な学習の時間における環境教育展開の意義と課題, 日本環境教育学会, 環境教育 vol. 17-2, pp. 26-37
- 古谷成司, 関谷紳吾, 瀬尾悠太, 2020, 食品ロス削減に関する授業プログラムの開発, 授業実践開発研究第13巻, pp. 103-112
- 環境省, レジ袋有料化にかかわる背景について, <https://www.env.go.jp/recycle/y0313-03/s1.pdf> (2022年11月14日参照)
- 小玉敏也, 2007, 環境を主題とした総合的な学習の時間における授業実践上の論点, 埼玉県入間市立藤沢南小学校, 環境教育, 日本環境教育学会, vol. 17-2, pp. 65-68
- 三菱総合研究所, 廃棄プラスチックによる環境問題, 2.3 生分解性は環境によって異なる, <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20190408.html> (2022年11月14日参照)

未来社会を切り拓く確かな資質・能力の育成に向けた探究的な学習の充実とカリキュラム・マネジメントの実現

文部科学省, 環境教育, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kankyou/index.htm (2022年11月14日参照)

文部科学省検定済教科書, 小学校理科用, 61啓林館, 理科606

文部科学省検定済教科書, 中学校社会科用, 17教出, 公民902

文部科学省検定済教科書, 中学校技術・家庭科用, 6教図, 技術702

文部科学省検定済教科書, 小学校社会科用, 116日文, 社会404

文部科学省検定済教科書, 小学校社会科用, 116日文, 社会504

文部科学省, 令和3年3月, 今, 求められる力を高める総合的な学習の時間の展開 (小学校編)

日本バイオプラスチック協会, 生分解性プラスチックの定義, <http://www.jpabweb.net/gp/>

農林水産省, 平成30年, 日本の食品ロスの状況

プラスチック資源循環戦略小委員会, 平成30年, バイオプラスチック概況, 日本バイオプラスチック協会, 資料5

生活・総合的な学習の時間ワーキンググループ, 平成27年, 総合的な学習の時間について, 教育課程部会, 資料6

<https://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/kankyoi/210427.html> (2022年11月14日参照)

島田秀昭・桑田康平, 2020, 生分解性プラスチックの合成及び分解に関する教材研究, 熊本大学教育学部紀要, 第68号, 191-194

消費者庁, 第1部 第2章 第3節 (1) プラスチックごみの問題の現状,

https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_research/white_paper/2020/white_paper_135.html (2022年11月14日参照)

全国小中学校環境教育研究会, 2001, 実践 環境教育で取り組む「総合的な学習」