

論文

持続発展教材としてのペットボトル教材の改訂と 大学での試行

Revision of “Plastic Bottle and 3R’s” Educational Material Unit Aiming at
Education for Sustainable Development and Trial in University

松原 静郎*・宮内 卓也¹
岩間 淳子²・寺谷 徹介³

* 桐蔭横浜大学名誉教授 ¹ 東京学芸大学次世代教育研究センター
² 青山学院大学教育人間科学部 ³ 東京学芸大学名誉教授

(2019年9月13日 受理)

I. はじめに

持続可能な開発（以降SDと記す）の概念は1987年に登場以降深化・拡充し、2001年にはミレニアム開発目標MDGsが示されるようになった。2015年にはMDGsの総括と、2030年を目途にした持続可能な開発目標SDGsが示され、17の目標が設定された。

我々は1990年代より持続可能な開発教材（持続発展教材）を開発してきたが、その目的を、SDの定義を基として、「私たちと子孫の生活の質向上のための学び——社会や経済、環境、文化も考えに入れて——」と考えた。この目的を、理科から見た場合の一視点として、科学技術と環境の関係を中心に生活の質の向上を追求していくことと捉えた。この理科におけるSDの枠組みとして、次の三つの目標を挙げ、教材に組み込むようにしてきた（松原他、2007）。

① 利害の二面性を理解すること

- ② 科学技術者の努力を知ること
科学技術に前向き意識を持つこと
- ③ 科学技術に関連する事象を自ら判断・
意思決定し活動する意欲を示すこと

これまで持続発展教材の一つとしてペットボトル教材を開発してきた。本教材は高等学校での実践から、身近なペットボトルの様々な工夫や歴史を知り、ペットボトルの改良に取り組み続けている例を知る機会となるものであり、生徒はSDの重要性や3R、課題解決のために科学者・技術者が行ってきた努力などを理解し、自ら学ぼうとする意欲を高める効果が認められた。

一方、学校によっては生徒にとって難易度が高い教材であった（松原他、2018）。そこで、生徒に難しい用語や語句について調査し、書き方を変えるなど、改訂版を作成した（松原、宮内、寺谷、2019）。

また、近年プラスチックごみの問題が指摘され、いろいろな場で議論されている。そこで、マイクロプラスチックを中心に、ペット

* MATSUBARA Shizuo: Professor Emeritus, Toin University of Yokohama. 1614, Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

¹ MIYAUCHI Takuya: Associate Professor, Tokyo Gakugei University

² IWAMA Junko: Lecturer, College of Education, Psychology and Human Studies, Aoyama Gakuin University

³ TERATANI Shousuke: Professor Emeritus, Tokyo Gakugei University

ボトルを含むプラスチックの課題として本教材にもこの問題を加えることとした。本教材にプラスチックの課題を加えることは、利害の二面性をより深く理解し、自らの判断・意思決定に結び付けていく機会として重要であると考えた。その一方、学生の中にはプラスチックの害の側面が強く印象づけられることも考えられる。学生の反応がどのようなものになるか、今回の試行において調べることにした。

本報では、2大学で試行した結果について示す。

II. 教材の改訂

1. 難解語の易化

実践時に障害となっていた、難易度の高い用語や語句を調査した。その結果、20の用語や語句が生徒から挙げられた。難しいとされた用語や語句には、単にその用語や語句の意味が理解できないとするだけでなく、文脈の中での意味がわからないとするものが多く見受けられた。

難解とされた用語・語句とそれを易化し、改訂版で記載し直したものを表1に示す。

例えば、「ニーズ」は文献の引用部分であるため、「(需要や要求)」と括弧書きでその意味を付した。また、「循環型社会形成推進基本法」や「再生資源利用促進法」などは法令の名称であり、それ以上かみ砕くことは難しいので、法律である旨明記することとした。「(使う) エネルギー」については物理で学習するエネルギーとの区別を明確にするため、「(使う) エネルギー資源の量」とした。「意義」についてはその文脈により「価値」または「利点」とし、「有効利用」も多くはそのままとして、変更が適当であると思われる文脈により、一部「利用」に変更した。

2. プラスチックの課題の内容

本教材の改訂においては、2019年6月開

表1 難解とされた用語・語句とその易化

改訂前	改訂後
ニーズ	ニーズ (需要や要求)
利便性	便利さ
享受していく	受け入れ実感していく
環境保全を一層進めるため、わが国では循環型社会形成推進基本法が制定されました。	環境保全を一層進めるための法律、循環型社会形成推進基本法が制定されました。
廃棄容器	廃棄した容器
(使う) エネルギー	(使う) エネルギー資源の量
行政	国や地方自治体の機関
資源の有効利用を図るために、1991年に再生資源利用促進法	資源の有効利用を図るための法律、「再生資源利用促進法」が1991年
「常温無菌充填」…内容物を冷やし、あらかじめ殺菌した容器に無菌室で充填します。	「常温無菌充填」…飲料などを冷やし、殺菌した容器に無菌室で詰めます。
意義	価値、または、利点*
業界内で自主設計ガイドラインを設定	リサイクルしやすい製品作りのガイドラインを業界内で自主的に設定
底部にとりつけるベースカップ	底部にとりつけていたカップ
ポリエチレンまたはポリプロピレンを主材とした密度 1.0 g/cm ³ 未満の素材を使用	ポリエチレンまたはポリプロピレンなど密度が 1.0 g/cm ³ 未満の素材を使用
ペレット (融かして粒状にしたもの)	とろかして粒状にしたもの (ペレット)
中間原料のビスヒドロキシエチルテレフタレートに戻して	削除
再び PET 樹脂	再びポリエチレンテレフタレート
アルカリ洗浄工程	アルカリで洗浄する工程
物理的高度処理	高度処理
物理的再生法 (メカニカルリサイクル)	メカニカルリサイクル (物理的再生法)
有効利用	利用*

*) 文脈によって記述を変えたもの

催の G20 大阪サミットでも議題となり、現在世界的な課題となっているプラスチックごみやマイクロプラスチックに関する話題を加え、ペットボトルなどのプラスチックが自然界で分解されないことの害の側面について考える機会として、学習5を新設した(表2及び表3参照)。

学習4では、持続可能な社会を実現するために考えておく必要のある「人間活動によって排出される汚染に対する自然のシステムの処理能力の問題」に関連して、ペットボトル本体の素材である「ポリエチレンテレフタレートは化学的に安定な(長持ちする)性質を持っているため、そのまま捨てると、自然界にそのまま残って溜まって」しまうことにも言及しているが、主として資源の有効利用の観点で扱っているため、学習5で改めて扱うこととした。

表2 教材の学習項目および課題、資料

学習1：ペットボトルの利用

課題：ペットボトルが広く普及したのは、なぜだと思いますか。資料1と資料2を読んで考えをまとめてみましょう。

【資料1】プラスチックとは

【資料2】ペットボトルの普及と利便性

学習2：いろいろなプラスチック

課題：前提条件を基に、考えられる実験方法の概要を各自箇条書きで書いてみましょう。

【資料3】主なプラスチックの性質と特徴

(課題の参考として、4種のプラスチックの密度、燃焼性、その他の特徴をまとめた表で示す)

学習3：(実験) プラスチックを区別しよう

<実験案1>

課題(1) 方法1の液体を測定した結果を記入しよう。

方法1 水、20%食塩水(塩化ナトリウム水溶液)、エタノールの質量と体積をそれぞれ測定し、各液体の密度を算出する。

課題(2) 方法2の素材サンプルの浮き沈みの様子を観察し、測定した結果を記入しよう。

方法2 エタノールに素材サンプル、ペットボトル本体、キャップの各小片を入れ、20%食塩水を加えていき、浮き沈みの様子を観察する。また、サンプルが浮いた時の溶液の密度を算出し、資料3のプラスチックの密度と比較しプラスチックの種類を同定する。

<実験案2>

課題(1) 方法1の液体を測定した結果を記入しよう。

方法1 水、20%食塩水(塩化ナトリウム水溶液)、エタノールと水の混合液(質量比1:1で混合したもの)の質量と体積をそれぞれ測定し、各液体の密度を算出する。

課題(2) 方法2の素材サンプルの浮き沈みの様子を観察した結果を記入しよう。

方法2 各液体に素材サンプル、ペットボトル本体、キャップの各小片を入れ、浮き沈みの様子を観察する。また、浮き沈みの様子と、資料3のプラスチックの密度および方法1で算出する各液体の密度とを比較する。

注) 下線部は実験案1と実験案2で異なる主な内容を示す。

(以下、実験案1、実験案2共通)

課題(3) 方法2の浮き沈みから、ボトル本体とキャップの素材が何かを検証しよう。

課題(4) ボトル本体とキャップの素材はどんな工夫を考えて決められたと思いますか。

学習4：ポリエチレンテレフタラートの有効利用

「持続可能」という理念と3R

(1) 3Rを推進するために

○ 投入するエネルギーが大きいとどんな不都合があるか考えてみよう。

(2) 3Rを推進するための技術開発やシステムづくりの例

① ペットボトルの軽量化

課題：ペットボトルを軽量化する意義は何だと思いますか。

② 容器の再使用

○ 容器を再使用する利点は何か、考えてみよう。

③ 有効利用のためのリサイクル技術1 ~再生プラスチックを支える規格の統一~

課題：このような規格の統一はどのような利点があるか考えてみよう。

④ 有効利用のためのリサイクル技術2 ~素材の再利用 そして ボトルからボトルへ~

課題：ペットボトル素材を商品化やボトルからボトルへと再利用する価値は何ですか。

学習5：プラスチックの課題(新設)

○ ペットボトルなどのプラスチックが自然界で分解されないことにより、どのようなよい面と悪い面があるか、考えてみよう。

課題：これからのペットボトルの利用について、SDの考えから、あなたはどうすればよいと思いますか。あなたの考えを書いてください。

表3 学習5で新たに扱うことにした内容

- ・マイクロプラスチックが世界中の海で見つかっていること
- ・マイクロプラスチックに付いた有害物質が生物濃縮される可能性があり、マイクロプラスチックの発生を減らす取り組みが始まっていること
- ・マイクロプラスチックの発生源として廃棄されたペットボトルや合成繊維の繊維くずなどが考えられていること
- ・サミットなどでプラスチックごみの回収などの促進が示されていること
- ・これらの課題解決への努力が科学技術者にも一般市民にも求められていること

III. 教材の実施

1. 方法

(1) 調査対象

- A 大学（初等教員養成系学科）2019年度第3学年 43名
- B 大学（看護師養成系学科）2019年度第1学年 53名、合計 96名。

(2) 実践の流れ

テーマ ペットボトルの有効利用を考えよう

1 限目 学習1で環境問題の歴史とSDGs、ペットボトルの利用とその廃棄について簡単な説明をした後、学習2として4種のプラスチックの区別について資料を基に考えさせた。

学習3で、密度でプラスチックを分類することを伝え、まずエタノール、水、20%食塩水の密度を測定させた（表2実験案1）。次にエタノールに4種のプラスチック小片とペットボトル本体及びキャップの小片を入れ、20%食塩水を加えていき、小片が浮かんできたときの溶液の密度を定量することで小片の密度を推定させた。

2 限目 1限目の実験では十分な結果を得られず、学習3の実験方法を変更して再度実験から入った（表2実験案2）。まず、水、20%食塩水、エタノールと水の質量比1：

1 混合液の密度を測定させた。次にそれぞれの液体に4種のプラスチック小片とペットボトル本体及びキャップの小片を入れ、それぞれの浮沈により、定性的にペットボトル本体とキャップのプラスチックを推定させた。その後、教材を読み進めていく形で、学習4の持続可能な開発の理念と3R、学習5のプラスチックの課題について学ばせた。

評価方法 一枚ポートフォリオ評価法（堀他、2006）を使った。

2. 結果と考察

(1) 1限目の実験（実験案1）の結果と考察

1限目の実験では多くのクラスで十分な結果が得られなかった。最後に授業を実施したクラスA大2組（この日は全3班）では少人数であったこともあり、全班で実験を終えることができた。

ここで、液体の体積については駒込ピペット、質量は電子天秤を用いて測定した。各液体を10 mL採取するのにホールピペットを使わず、駒込ピペットを使用した理由は、多くの学生がホールピペットを使用したことがなく、安全ピペットの使用で戸惑うことが想定されたためである。一方、駒込ピペットについては使用経験のある学生もおり、また、使用方法についてその場でも説明をした。

表4-1に3種類の液体について10 mL採取してその質量を測定し、密度を算出したA大2組の全3班の結果を示す。

表4-1の通り、密度の値は文献値と比較的よい一致を示していた。

表4-1 密度の測定結果（A大2組、実験案1）

班	密度 g/cm ³		
	水	20%食塩水	エタノール
1	1.0	1.11	0.8
2	1	1.17	0.78
3	0.98	1.08	0.8
文献値 (室温)	1.00	1.15	0.79

注) 数値の表記は提出物の表記によった。

表 4-2 密度による物質の推定 (A 大 2 組)

班	浮き順											
	1			2			3			4		
	色	密度 g/cm ³	種類	色	密度 g/cm ³	種類	色	密度 g/cm ³	種類	色	密度 g/cm ³	種類
1	青	0.83	PP	赤	0.89	HDPE	水色	0.89	PS	黄	0.91	PET
2	青	0.98	PP	水色	1	HDPE	赤	1	HDPE	黄	1.07	PS
3	青	0.88	PP	水色	0.93	キャップ	赤	0.97	HDPE	黄	1.02	PS

注) 各プラスチックの密度の文献値は次の通りである。
PP: 0.90~0.91 g/cm³, HDPE: 0.94~0.96 g/cm³, PS: 1.05~1.07 g/cm³

注) 表中の種類は、プラスチック素材は色、キャップはその密度から推定する

表 4-2 には、ペットボトル本体 (透明) とキャップ (水色) の種類を推定するため、溶液の密度を測定したときの数値を示す。この実験では、ボトル本体とキャップの各小片をプラスチック素材の小片 (HDPE: 赤、PP: 青、PS: 黄、PET: 白) とともにエタノール中に入れ、食塩水を加えて順次小片が浮き上がってきた時点で密度を測定している。この際、溶液の密度は浮かんたプラスチックの密度と同じと見なしている。なお、このときのキャップ (水色) は HDPE 製である。

小片が浮き上がった際の密度の測定については、3 種の液体の密度測定に比べ、精度がかなり下がっていた。その数値は 1 班、2 班、3 班の順に大きくなっており、溶液の採取方法や目盛の読み方など計測の仕方に偏りや手違いがあったことも考えられる。また、浮かび上がった時点の判断も難しかったようであり、初めて使用した器具が多かったことも、測定に影響したと考えられる。この実験での定量は、一般学生にとって難しいと思われる。

一方、キャップ (水色) がどのプラスチックからできているか、その種類の推定 (表 2-2 参照) では、2 班のみが正答を記載していた。1 班では浮き順 2 の HDPE とほぼ同じ浮き順 3 のキャップを PS、水より密度が小さく出た浮き順 4 の小片を PET と推定しており、密度の数値が考慮されていなかった。また、3 班ではプラスチックの種類を「キャップ」と答えており、問題の意図が伝わって

いなかったと考えられる。

上記等を踏まえ、その他のクラスで十分な実験結果が得られなかった理由としては、実験目的やプラスチック小片の浮沈と密度の関係の理解が不十分だったこと、学生が駒込ビペットや電子天秤の風袋消去の操作に不慣れだったこと、一部のクラスで電子天秤が不足したこと等が重なったと考えられる。

(2) 2 限目の実験 (実験案 2) の結果と考察

2 限目の実験では、駒込ビペット等の実験操作に慣れてきたこと、風袋消去ボタンを使わずに計算で容器の質量を減じたこと、定性的な実験を基にした物質の推定に変更したことで、学生の理解が進んだものと考えられ、ほとんどの班で正しい結果を得られた。ただし、資料を参考に密度の値に言及した例はなかった。

表 5 に各クラスの密度測定結果を示す。平均測定値とは、各班が測定した密度の数値をクラスごとに平均した値である。また、測定値のばらつきを標準偏差も記した。

多くの平均測定値の標準偏差は 0.05 g/cm³ 以下であるが、B 大 2 組のエタノール混合液では 0.09 g/cm³ を示している。これには、一つの班が密度 0.66 g/cm³ という他の班に

表 5 密度の測定結果 (実験案 2)

組 班数	項目	密度 (g/cm ³)		
		水	20%食塩水	エタノール 混合液
A1* 7 班	平均測定値	0.99	1.12	0.91
	標準偏差	0.02	0.02	0.03
A2 4 班	平均測定値	1.00	1.12	0.89
	標準偏差	0.01	0.03	0.02
B1 6 班	平均測定値	0.99	1.17	0.89
	標準偏差	0.01	0.05	0.03
B2 7 班	平均測定値	0.99	1.15	0.86
	標準偏差	0.01	0.02	0.09
文献値 (室温)		1.00	1.15	(~0.9)**

*) 例えば A1 は A 大 1 組を示す。

**) 目安の数値

比べ大きく異なる数値を算出していたことが影響していた。この班では、空の容器の質量が11.08 gとなっていたが、他の6班では9 g前後であり、この測定が異なっていたと思われる。この班を除く6班での平均測定値は0.89 g/cm³、標準偏差0.02 g/cm³であった。

浮き沈みの結果については、一つの班で水にPSが浮かんだと報告されていたが、それ以外は望ましい解答であった。ただし、実験中に机間指導していた際に、プラスチックの小片に細かい泡がついて浮かんでいたり、他の小片と重なって沈んでいたりするなど、実験において留意すべき点が見出された。今回の物質推定の結果は、留意点について机間指導した結果であることを付け加えておく。

(3) 内容の結果と考察

一枚ポートフォリオ評価法に基づく学習履歴シートから、「はじめに」に示した本教材の目標の①利害両面の理解、②ペットボトル等での工夫や科学者・技術者等の努力の認識、③判断・意思決定に基づく行動への意欲について記述がみられた。

表6に学習履歴シートの振り返り及び感想に記述された内容を、三つの目標とともに複数の記述が認められた学習方法及び知識が増えたとする記述に分類した結果を示す。なお、A大では全般的に記述量が多く、また複数の分類にわたる記述もかなりあった。

表6 学習履歴シートへの記載内容の分類

A大 N=43	振返	感想	計	B大 N=53	振返	感想	計
利害両面	15	12	27	利害両面	7	3	10
工夫努力	9	3	12	工夫努力	3	5	8
意思決定	11	13	24	意思決定	12	15	27
学習方法	5	10	15	学習方法	0	0	0
知識獲得	12	10	22	知識獲得	29	22	51
その他	0	1	1	その他	2	4	6
無回答	0	1	1	無回答	0	4	4
計	52	50	102	計	53	53	106

注) 振返は振り返り、感想は感想として記述された内容
 注) 利害両面、工夫努力、意思決定は、目標の1、2、3に対応する記述
 注) 学習方法は、教材や一枚ポートフォリオに関する記述
 注) 知識獲得は、自分にとって新しい知識を得たとする記述
 注) 複数の分類に当てはまる記述は、両方の分類に集計されている。

数の分類にわたった場合は両方に集計した。今回、教材にプラスチックの害の面を示すマイクロプラスチック等の問題点を加えており、目標①の利害両面を知ることができたとする記述は、A大では2割以上、またB大でも1割程度みられた。

①利害の二面性についての記述例

「学習前はプラスチックは便利な物であり、簡単にリサイクルすることができると思っていましたが、リサイクルするために多くのエネルギーを使うことがあることを学び、製造するエネルギーよりもリサイクルするエネルギーをおさえることが大切だと思った。(A大)」や「私たちの身近にあふれているプラスチックの形は様々であり、工夫やその悪影響について知ることができました。特に、名前だけ知っていたマイクロプラスチックでは、その原因や現在の課題など、私たちの体に関係のあることを詳しく学ぶことができました。ペットボトルについての見方が変わり、便利だけでもその処理や環境への影響を考えなくてはいけないと感じました。(B大)」などプラスチックにも短所があることがわかったとする記述が認められた。

その一方、「プラスチックはただ聞くと、環境汚染の代表のように思っていた部分もあったけれど、プラスチックにもたくさんの種類があり、それを生かして問題を解決する動きがあることがよく分かった。良い点をしっかり生かして、環境への負担を少なく便利に使えばよいなと感じた。(A大)」など、少数ではあるが、もともと短所を知っており、問題を解決する動きがあることがわかったとする記述もあった。

②科学技術者の工夫や努力に関する記述例

「3Rはきいたことがあったけれど、それ以外の科学者の努力を知り、すごいと思ったし、世界的課題ならば自分もできることはやらないといけないと思った。(A大)」や「私達が身近で使っているプラスチックは様々な工夫が施されている。一つ目は、分別しやすいようにペットボトルの本体とキャップの浮き

沈みが違うことである。二つ目は、プラスチック類は3Rされ再利用することができる。だが、マイクロプラスチックの問題はまだ改善されていない。プラスチックは試行錯誤された結果生み出されたのだなと思いました。(B大)」のほか、「有効利用のためのリサイクル技術に『マテリアルリサイクル』『ケミカルリサイクル』『メカニカルリサイクル』があることを学んだ。こういった高度な技術はどんどん発展して欲しいと思ったが、費用との兼ね合いや、投入するエネルギーの大きさという点でバランスが難しく課題は多いのかなと思った。持続可能な社会を作るために、まず自分でも始められるようなところから3Rに取り組んでいこうと考えた。(A大)」など、科学技術への期待や課題を認識しその解決等に前向きな記述が見られた。

③判断・意思決定や活動意欲などの記述例

「持続可能な社会を目指すためには、私たち一人一人が、3Rを実践していかなければならないと感じました。ペットボトルをごみとして出さない努力や洗って再利用することも出来ます。一人一人の努力が積み重なれば、大きな成果となり、持続可能な社会の実現が現実的なものになると思います。(A大)」や「ペットボトルのフタと本体の素材を別にして理由を初めて知りました。リサイクルができる様に自分もゴミの分別をきっちりやっっていこうと思った。昔と比べてペットボトルがペコペコになった事は気づいていたが3Rのために軽量化していたことは知らなかった。将来、自分の子ども達も地球ですごせるように小さな努力をおしまないようにしたいです。(B大)」など、多くが使う側として自分でも使用量の削減や分別廃棄に努めていこうとする前向きな記述であった。

問題点に関連しては、「プラスチックについてあまり知識がなかったが、実験や文でいろんな取り組みや工夫を学んで自分も3Rなど環境のために何が出来るか考えて行動したいです。これからプラスチックよりもっと環境にやさしくゴミにならない材料が開発され

てほしいです。(B大)」など、将来の科学技術の進歩を求める記述もあった。

④学習方法に関する意見の記述例

本教材や実験活動に対して、次のような記述も見られた。「科学者、技術者などの専門家に任せきりにしてしまうプラスチックをめぐる課題を自分事として捉える機会となった。毎日当たり前のように使っているプラスチックについて知識をほとんど知らないということを経験前に自覚させる。学習では、興味深い実験を通してプラスチックの基礎知識を身につける。その後、プラスチックの資源やごみに着目し、それらの問題点を挙げたり、専門家の取り組み、歴史を挙げたりする。私たちはプラスチックを自分事と捉え、課題に対して責任をもった行動をするべきだと徐々に思える展開だった。(A大)」

⑤知識が増えたとする記述例

「学習前は、こんなにもプラスチックに種類があるということを知らなかったため、まずそこに驚いた。また、見た目では分からないその種類を、密度の違いを利用した実験でこんなにも簡単に分けることができることに感動した。(A大)」など密度測定を通じたプラスチックの区別に言及し、プラスチックにいろいろな種類があることを知ったとする学生が多数いた。これは中学生や高校生を対象とした実践とは異なった反応であった。

これまでの中・高等学校での実践では、プラスチックに関連する学習の一環として本教材を実施しており、生徒は本教材実施の前または後にプラスチックについて学んでいた。しかし、今回の調査対象者には、中学校での実験経験が少なかったり、高等学校で「化学基礎」や「化学」を履修していなかったりする学生もいた。そのため、プラスチックに種類があることを知ったとする反応が多かったと考えられる。

一方、対象が大学生ということもあるが、初版でみられた教材の難易度が高いとする記述はなかった。改訂により平易な説明になったものと考えられる。

IV. 教材の成果と課題についての総括

本教材の試行を基に、次のような成果と課題が見出された。

- (1) 教材の難易度に関する記述は一切なかった。今回は大学生対象であるが、B大は第1学年であり、年齢的には大差なく、改訂により平易な説明になったと考えられる。
- (2) SD教材の枠組みとして挙げた三つの目標に関して、学習履歴シートの振り返り及び感想に記述があり、多くが科学技術に対して肯定的な内容であった。大学生にも、SDや3Rの重要性、科学者・技術者の努力などを理解し、自ら進んで活動しようとさせる効果があると考えられる。
- (3) 学習5においてプラスチックごみやマイクロプラスチックについて扱った影響では、前述Ⅲ2(3)の①利害の二面性の記述例のように、害の側面として理解していたが、害の側面が強く印象づけられることは少なかった。この話題は利害の二面性をよりよく理解するのに役立つと思われる。
- (4) 本教材を使用しての学習方法については、A大の学生による記述があり、「要約が大変だった」といった記述もあったが、結果的に良かったとする肯定的な意見であった。
- (5) 実験に関して、1限目の実験案1ではうまく操作できず、結果も得られなかった。実験目的が十分理解されてなかったこと、初めて扱う器具が複数あり、操作に手間取ったことなどが重なったと考えられた。
- (6) 2限目に行った実験案2では、実験目的も理解し、器具の扱いにも慣れ、結果も良好であった。学生もよい反応を示していた。簡単な実験操作でも慣れが大きく関わり、予備実験などの必要性が示唆される。

V. おわりに

わが国の高校生は化学など理科の学習を大

切だと思っている割合が少ないが、「理科の勉強が自然や環境保護のために必要」と考えていることが調査で明らかになっている（国立教育政策研究所編、2007）。

次期高等学校学習指導要領解説理科編（文部科学省編、2018）には、理科の目標(3)の後半に「自然環境の保全や科学技術の利用に関する問題などでは、人間が自然と調和しながら持続可能な社会をつくっていくため、（中略）科学的な根拠に基づいて多面的に捉え、総合的に判断しようとする態度を身に付ける必要がある」とある。

このように、理科で自然環境の保全や科学技術の利用に関する問題等を扱うことは生徒も必要と考え、授業で扱うことの要請もされている。本教材もそれに対応したものとして、試行を踏まえ、高等学校での実践に進めていきたい。

本論文は、日本理科教育学会第69回全国大会（2019）で口頭発表した内容を加筆・修正したものである。

【引用文献】

- 堀哲夫，進藤聡彦，巖中学校（2006）『一枚ポートフォリオ評価』日本標準
- 国立教育政策研究所編（2007）『質問紙調査集計結果』『平成17年度教育課程実施状況調査（高等学校）Vol.2』国立教育政策研究所教育課程研究センター
- 松原静郎，清田三郎，高野裕恵，寺谷敏介（2007）「理科におけるESD教材の枠組み」日本科学教育学会年会論文集，31，pp.447-448
- 松原静郎，大平和之，北野賢一，宮内卓也（2018）「持続発展教材としてのペットボトル教材の開発」日本科学教育学会年会論文集，42，pp.291-294
- 松原静郎，宮内卓也，寺谷敏介（2019）『理科における持続発展教材と定型モデル化学習の実践』桐蔭横浜大学出版会，pp.140-149