

プラスチックに関する学習の現状と新しい学習教材 - 実験教室の事例から -

岳川 有紀子*

概要

プラスチックは私たちにとって日常にあふれる身近な素材のひとつである。ところが、学校教育の現状を調査すると、学校においてプラスチックは高等学校の理科総合Aと化学で扱われるのみで、学習の機会是非常に少ないことがわかった。そのため手法にバラエティのある学習教材の開発も発展途上と言える。この現状を踏まえ、プラスチックに関する実験と実物資料を交えた実験教室を企画・実践した。プラスチックの多様性を網羅し、あらゆる年代で楽しみながら学ぶために有効な教材として提案したい。

1. はじめに

プラスチックは、私たちの日常生活に深く浸透している物質である。プラスチックのない暮らしは不可能とさえ言えるだろう。こうしたプラスチックは、多様な優れた性質を持つ反面、原料資源や消費、廃棄の問題など、長所と短所の両面の性質を背中合わせに持つ矛盾を抱えた物質である。特に短所は、消費者ひとりひとりの知恵と行動によって解決に向かうと考えられ、可能な限り早い段階から学び始めること、そして年齢に関わらず多くの人々が学べるのが重要だと考える。

にもかかわらず、プラスチックとは何かについて化学(理科)として学ぶ機会は、現行の学習指導要領においては高校生になるまで出会うことがない^[1]。

本論文では、学校教育においてプラスチックの扱いについて調査した現状と結果・分析、それらを踏まえた実験と実物資料を交えて新たに企画、実践した実験教室型の学習プログラムを提案する。

2. 学校教育で扱われるプラスチック

ここでは、学校でプラスチックをどのように学習しているのかを、学習指導要領および教科書からみていくことにする。

2-1. 高等学校

現行の学習指導要領によると、高等学校では理科総合Aと化学でプラスチックが扱われている(表1)。理科以外(国語、地理歴史、公民、数学、保健体育、芸術、外国語、家庭、情報)では扱われていない。

表1. 高等学校理科学習指導要領(関連部分のみ抜粋)

理科総合A
(3)物質と人間生活
身の回りの物質は原子、分子、イオンから成り立ち、それらの粒子の結び付きの変化で物質の性質が変わることやエネルギーの出入りがあることを理解させる。
イ 物質の利用 (ア)日常生活と物質
人間生活とかかわりの深い物質の特性と利用及び物質の製造にエネルギーが必要であることについて理解させる。
<内容の取扱い>イの(ア)については、半導体、磁性体、金属、セラミックス、 <u>プラスチック</u> の中から二つ又は三つの事例を選び扱うこと。
化学
(2)生活と物質
日常生活と関係の深い食品や衣料、 <u>プラスチック</u> 、金属、セラミックスを観察、実験などを通して探究し、それらの性質や反応を理解させ、身の回りの物質について科学的な見方ができるようにする。
イ 材料の化学 (ア) <u>プラスチック</u>
<内容の取扱い>イの(ア)については、代表的な <u>プラスチック</u> の構造、性質、合成及び用途を扱い、燃焼にかかわる安全性にも触れること。

ところで、実際にはどの程度の割合の高校生が理科総合Aと化学を履修しているのだろうか。まず高等学校への進学率であるが、平成18年の進学率は97.7%(平成18年5月1日現在 文部科学省)である。また高等学校での理科は、11種目が用意され選択制である。各種目の履修率についてはデータが発表され

*大阪市立科学館 学芸課 学芸員
E-mail:takegawa@sci-museum.jp
http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/ takegawa/

表2. 高等学校理科履修率

種目	履修率(%)
理科基礎	10
理科総合A	86
理科総合B	43
物理	32
物理	16
化学	60
化学	23
生物	71
生物	17
地学	8
地学	1

ていないので、文部科学省で公表されている生徒数(平成19年度学年別生徒数の全日制と定時制の合計)^[2]と教科書需要冊数(平成20年度)^[3]から履修の割合を計算した。その結果、理科総合Aと化学の履修率はそれぞれ86%、23%であることがわかった(表2)。ただし理科総合Aでは、表1より「半導体、磁性体、金属、セラミックス、プラスチックの中から二つ又は三つの事例を選び扱う」とあることから、実際にプラスチックについて学ぶ生徒の割合は、履修率より下がることが予想される。

またすでに高校を卒業している成人については、在学していた時期によって学習指導要領が異なる。例えばひとつ前の平成元年の学習指導要領(施行は平成6年4月)では、プラスチックは「化学A」でのみ扱われていた(表3)。ただし化学Aも選択制であり、全員

表3. 平成6年施行の「化学A」指導要領(抜粋)

<p>化学 A</p> <p>(3) 身近な材料 ア <u>プラスチック</u></p> <p>内容の(1)から(5)までのうち、(1)及び(5)はすべての生徒に履修させ、(2)、(3)及び(4)についてはそれらの中から1以上を、生徒の興味、関心などに応じて選択させること。</p> <p><内容の取扱い> 内容の(3)の<u>ア</u>については、その成分の違いや特徴及び用途を中心に扱うこと。また、燃焼にかかわる安全性にも触れること。</p>
--

表4. 昭和31年度改訂版の「化学」指導要領(抜粋)

<p>化学 (1)5単位の内容</p> <p>生活および産業に関係の深い物質</p> <p>日用品の材料</p> <p>陶磁器、ガラス、ゴム、<u>プラスチック</u>、日用の金属、写真、顔料</p>

が履修したわけではない。また表3のとおり、化学Aを履修してもプラスチックを学習しない可能性もある。

さらに前の昭和31(1956)年度の理科編改訂版は、平成6(1994)年に施行された指導要領まで実に38年という長きに渡り使われていた。プラスチックは「化学」の5単位での内容で扱われており、3単位の内容ではプラスチックという単語は出ていない。なおこの当時は、「化学」をさらに分けた種目はなかった(表4)。こうした学習指導要領の内容を踏まえると、現在の児童生徒だけでなく、すでに学校を卒業した大人も学校教育においてプラスチックを学んだ割合は高くないと言える。

では実際に、現在の高校生が使う教科書を見てみよう。理科総合Aでは、教科書の出版社によって多少異なるが、プラスチックの性質と利用、原料と合成、リサイクル(課題研究のとり組みを含む)を中心に3~5ページで取り上げられている。多様な性質を網羅できるよう上手くまとめているとも言えるが、教養としての内容で化学というほどではない。また興味を持たせるという狙いや、深く掘り下げた学習、発展的な話題は教科書だけでは難しいと思われる。

化学では、プラスチックを高分子化合物のひとつとして繊維やゴムと関連させながら、分類や合成、特長を、分子式や化学反応式を用いて紹介している。熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の違いにも触れ、高分子化合物の分子量測定や樹脂合成の実験も含まれている。さらにプラスチック利用の拡大と環境問題についても扱われる。理科総合Aと内容はよく似ているが、合成や分子構造などプラスチックを化学的に捉えている。

2-2. 中学校・小学校

中学校では、現行の理科の学習指導要領に「プラスチック」という単語は出てこない。理科以外(国語、社会、数学、音楽、美術、保健体育、技術・家庭、外国語、および道徳)でも扱われていない。また小学校でも同様に「プラスチック」という単語は出てこず、理科以



写真1. 小学3年の教科書「電気を通すもの、通さないもの」(啓林館「わくわく理科3上」p68, p69)

外(国語、社会、算数、理科、生活、音楽、図画工作、家庭、体育、および道徳)でも扱われていない。

では、実際の教科書を見てみることにしよう。

小学校の場合、前述のとおりプラスチックの単元は存在しないが、3年生「電気を通すもの、通さないもの」において、電気を通さない素材の例として文房具などいくつかのプラスチック製品の絵が描かれており、まとめの説明で「紙やビニルなどは電気を通しません」とある(写真1)。プラスチックではなくビニルという単語を使う意図はわからないが、「ビニル(プラスチック)は電気を流さない」という重要な性質のひとつを、この時点で学習していると言える。

中学校の場合も、プラスチックの単元は存在しないが、第1分野2単元「身のまわりの物質」において「非金属」の物質のひとつとしてPETを示している。またポリエチレンと紙の燃焼の違いを提示して、「加熱したときの变化で物質を区別できるか」と問っている(写真2)。

7単元「科学技術と人間」では「吸水性高分子」や「形状を記憶する樹脂」を、巻末資料では「限りある資源の節約 リデュース・リユース・リサイクル」としてペットボトルのリサイクルなどを紹介している。さらに「日本が誇る最先端技術」として導電性高分子と白川英樹博士を紹介している(写真3)。このように、プラスチック



写真2. 中学第1分野「身のまわりの物質」(啓林館 理科1上 p44, 45)



写真3. 中学校第1分野「科学技術と人間」(左)「限りある資源の節約」(右)「日本が誇る最先端技術」(いずれも啓林館 理科1下 p123, p127)

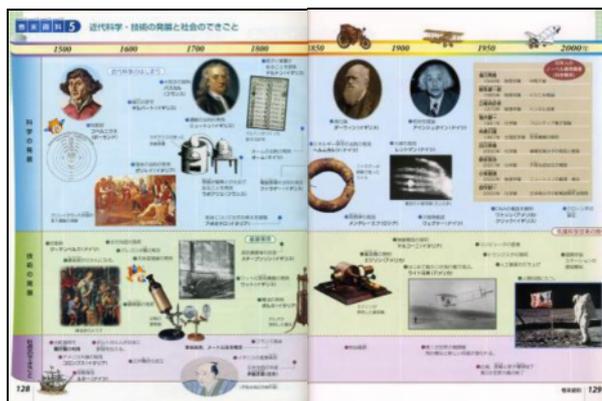


写真4. 中学校第1分野 巻末資料(啓林館 理科1下 p128, p129)

が単に成型素材というだけでなく、機能を持った物質にまで進化していることを紹介し、普及したゆえの課題となっている消費・廃棄問題にも触れ、プラスチックの多面的な性質を伝えようという姿勢が感じ取れる。なお巻末資料には近代科学・技術の発展と社会のできごとが年表となっているが、1900年代の発明として「プラスチック」は掲載されていない(写真4)。

このように、プラスチックそのものの単元がなくても、教科書を詳しく見ていくことで、関連する話題に触れたり資料として掲載したりすることによって、学ぶ機会があることがわかった。ただし実際の学校現場では、教科書の資料的な部分を授業時間内に解説することは必須ではないことから、実質的な学習量としては、やはりあまり期待できないのかもしれない。

2-3. 新しい学習指導要領

- 中学3年で新たにプラスチックが登場の予定

2008年3月28日、新しい小学校学習指導要領及び中学校学習指導要領が文部科学省から公示された。改定に伴い小・中学校では平成21年度からの移行措置を行うための案が提示されている段階である。

この新しい学習指導要領によれば、中学校第1分

表5. 新しい中学の学習指導要領(抜粋)

(2) 身の回りの物質

身の回りの物質についての観察、実験を通して、固体や液体、気体の性質、物質の状態変化について理解させるとともに、物質の性質や変化の調べ方の基礎を身に付けさせる。

ア 物質のすがた

(ア) 身の回りの物質とその性質

<内容の取扱い>

ア アの(ア)については、有機物と無機物との違いや金属と非金属との違いを扱うこと。また、代表的なプラスチックの性質にも触れること。

野(おおそ中学3年)で、身の回りの物質としてプラスチックの性質に触れられることになる予定である(表5)。

学校での教育内容は、時代や環境の変化などによって変わっていくものだと思うが、プラスチックに関してもようやく学校教育が追いついてきたものと言える。今回の改定では、プラスチックが現代の生活になくはない物質であり、その化学的性質や課題を理解することが義務教育として必要であることが認められたものと判断できる。今後、プラスチックに関する学習教材の開発が、急務になることであろう。

3. プラスチックの学習教材の企画

- 多様性を網羅する実験教室として

3-1. コンセプトとプログラム

このように学校では学習の機会が少ない現状と、それによってパラエティのある学習教材が発展途上である背景を踏まえ、科学館を活用するプラスチックの新しい学習教材を企画することとした。これまで筆者は、プラスチックの学習のために、演示実験(30分間の実験ショー、子どもから大人向け)^[4]やレクチャー(大人向けに計6時間)^[5]、企画展示とその特別解説^[6]、などを勤務する大阪市立科学館にて企画、実施してきた。しかし、学習者が実験をしながら学ぶという方法は検討してこなかったため、体験・体感できる実験教室の開発の検討を進めた。

学校での学習と異なり、単元との関わりを考慮する必要がないことや、実物資料を活用できること、あらゆる年代の人々を対象として設定できることが科学館のメリットと言えるだろう。特にあらゆる年代に対応できることは、学習人口の拡大を図る上で重要なポイントとなる。逆に、長い時間をかける学習や繰り返し学習は、科学館における学びのスタイルとしてはあまり馴染まない。

このような背景を踏まえ、かける時間は90分とし、1回限りの実験教室として、プラスチックの一般的な性質から多様性、そして課題について実験を体験しながら考えを進めるプログラムを考案した。つまりプラスチックの、長所と短所の性質を背中合わせに持つ矛盾を抱えた物質であることについて、参加者がリアルに考えるための材料を提供する実験教室である。これは、プラスチックの理解は「教えられる」だけでは不十分で、実験教室をとおして各自が発展的に「学ぶ」ことや「考える」ことが、理解を深めるために必要なことと考えているからである。

以上のような条件を課し、特長として、実験を取り入れて楽しみながら学べて(論より証拠、体験で印象的に)、子どもから大人までを対象範囲として(プラスチックを学習する機会がないのは子どもも大人も)、

表3. 企画した実験教室のプログラム

実験教室タイトル:プラスチックのひみつをさぐる	
対象:小学高学年~おとな 年齢によって言葉遣いや 例などのアレンジを行う	実物資料との関連: 大阪市立科学館の展示資料、 形状記憶樹脂製品など
展開スケジュール	
学習活動と目的	留意点
全体の説明 プラスチック製品を探して書き出す プラスチックの概要説明 100年の歴史,100以上の種類などを紹介 ^{[7][8]}	・プラスチックに意識を傾け身近なことに気付くように。 ・他の素材に比べ短い時間で急速に発展したことが伝わるように。
プラスチックを作る 発泡ポリウレタンを合成する 	・実験においては通常の理科の注意点とおなじ ・プラスチックの原料と合成を経験、観察して、化学反応を実感できるように。 ・高分子のイメージがつかめるように、くさりを使って説明を工夫する
プラスチックを加熱してみる 熱可塑性(フィルムケース、ストロー)と熱硬化性(レンゲ、プラグ)をアルコールランプで加熱して、様子をくらべる 	・融ける,燃える,融けずに焦げるものを用意する。 ・熱に対する性質がワンパターンではないこと、適材適所で身のまわりで使われていることを、例を挙げて考えてみる。
プラバン プラスチックコップを使って 	・実験の熱可塑性樹脂とのつながりも。 ・成型とプラスチックの性質、温度の関係を考えながら、多くの子どもが既に遊んだことのある「プラバン」との関連を説明。
形状記憶プラスチック 機能性プラスチックの例を体験 	・「記憶力がよい」という賢い機能を持つプラスチックが登場していること。 ・温めて柔らかくなる性質を上手く利用した例。 ・実用品も実物で紹介。
吸水性ポリマー 機能性プラスチックの例(その2) 	・おむつでおなじみ。高分子の仲間として。 ・水が消えるマジックも可 ・リサイクルや消費、廃棄について考える。 ・PETボトルや発泡スチロールのデータや他のリサイクル方法なども提示。
発泡スチロールにリモネンをかけて溶かす (新しいリサイクルを体験) 	・リサイクルや消費、廃棄について考える。 ・PETボトルや発泡スチロールのデータや他のリサイクル方法なども提示。
まとめ、課題の説明	参考資料なども紹介

コンパクトにまとめた 実験教室として検討、企画したものが(表3)のプログラムである。

4. 実験教室の実践と評価

4 - 1. 実践

企画した実験教室は、2007年10月に高校生(1, 2年)、2008年2月に小学生(4~6年)、2008年3月に親子(小学4~6年の子どもとその親の2名1組)、それぞれ40人、計120人を対象に、各90分間で実践を行った。

実験は、4~8名がひとつのグループを作り、小学生と高校生の場合はひとりずつ、親子の場合は親子2名で実験を行なった。これは、実験を見ているだけの“お客さん”がないようにするためである。

あらゆる年代で実践を行なったのは、プラスチックを学習するには、どの程度の年齢が相応しいかを見極めたかったためである。なお中学生での実践がないのは、中学校の協力が得られなかったことと、普段より科学館の利用が少ないため募集の困難が想定されたためである。

また、対象の年齢に応じて説明の方法や言葉遣い、例の挙げ方の工夫を行なった。さらに、実験については企画の段階から特に技術が必要ない簡単なものを選んだこともあり、実際小学生でも容易に実験できたが、中でも火を使う実験については子どもの場合に限り演示実験に変更するなどの配慮を行なった。そうすることで、最年少となる小学4年でも安全に実験を行なえることがわかった。

4 - 2. 評価

90分間の実験教室で参加者たちは、どのようなことを学び、印象に残ったのだろうか。それぞれの実践後に自由記入してもらったコメントから読み取ってみたい。

プラスチックの歴史について... プラスチックがどのように発明されたかということが興味深かった(高校生) プラスチックは100年前にできたということがわかった(小学6年)

プラスチックの種類について... プラスチックと言っても、たくさんの種類があることを知った。またそれぞれの条件に合ったプラスチックを使うことが大切だと思った(高校生) プラスチックにはたくさんの種類があり、性質も多様だということに感動した。変化の様子を見るのは楽しかった(高校生) プラスチックにはとけたりとけなかったりするものがある(小学4年)

プラスチックの実験について... プラスチックは液体同士を混ぜることによってできてびっくりした(高校生) あのプラスチックコップが、熱を加えると平らな板になったことが、一番驚いた。またリモンで発泡スチロールがとけるのもすごかった(高校生) お湯につけると形が変えられるプラスチックが

おもしろかった(高校生) 新しく発見された電気を通すプラスチックに興味深かった(高校生) もう一度プラパンの実験をしたい(小学4年) 今日はいろんな実験をやってめっちゃ楽しかった(小学5年) またプラスチックの実験をやりたい(小学4年) かがくはんのうをもっと見たい(小学5年)

将来の進路について... 理数系に行きたい気持ちが強くなった(高校生) 将来の夢は幼稚園の先生なので、今日のように子どもに化学のおもしろさを伝えてあげたいなあ...と思いました(高校生) 私は純文系なので理系はあまり好きではないけど興味は持てた(高校生)

学校とのちがいについて... 小学校の理科は行事の練習等でつぶれてしまうので、すごく少ないし先生もあまり熱心ではないので内容がうすい。悲しい...。学校外で理科の深め学習をしている感じ(親)

展開のヒントについて... 今日は初めてでしたがとても楽しかった。ええ大人もたのしかった(親) 大人には講義内容(おはなし)がよくわかりおもしろいのですが、こどもにとっては少し難しく、長いような気がする。でもたのしかった(親) 子ども向けにはクイズ形式がうけると思う(親)

こうした言葉から、もっと実験をしたいと思うくらい実験を楽しめたこと、プラスチックの化学や歴史の新しいことを学び印象に残ったこと、将来の進路を考えるきっかけになったこと、など今回の実践がさまざまな影響を与えたことがわかる。こうした多様な感想は、プラスチックの多様な性質に起因するところもあるが、参加者それぞれで印象に残る事柄が違うことも、プラスチックの多様性を広範囲に渡って伝えることがいかに大切かということに繋がるであろう。また、本プログラムに適した年齢であるが、今回は小学4年から大人と幅広い層で実践を行なった。実践中の発言や手際、実践後のアンケートなどから、今回のプログラムが多少の配慮やアレンジを加えることで、小学高学年から大人まで、プラスチックの化学を学習するプログラムとして有効だと言えるだろう。

今回の実践は、協力校や科学館の都合により90分の1回限りとしてスケジュールを組み、エッセンスを短い時間で学ぶというスタイルになった。3度の実践によって、最低90分あれば本プログラムの多様なプラスチックの性質を、実験をまじえながら学習することが可能であることが確認できた。このことは、集中的に学ぶという点でインパクトが強い反面、時間内に参加者が充分自分の意見を考えたり、意見交換をしたりという機会が持てないという面で今後の工夫が必要な点であると思われる。また、親子を対象とした実践では、他の回と明らかに異なり親子のやり取りが学習の相乗効果をもたらしているシーンが何度も見られた(写真5)。これは学校を卒業した大人が実験に参加できるということと、親



写真5.親子では親が子どもの興味を引き出したり、着眼点を教えたり、子どもが親にたのしむことを遠慮なくさせたり、質問しあったり、と、子どもだけ親だけでは成し得ない効果がさまざま見受けられた。

子で経験や知識を共有したり、親子で互いを牽引したり、ということが可能なことが大きくはたらいっているのではないかと思われる。

このような評価から、本実験教室のプログラムは、多様にアレンジによって可能性が広がるものとする。例えば、学校の授業として活用する場合、今回の実践例のように90分での実施も可能ではあるが、総合的な学習の時間などを利用して数時間に渡り各実験にじっくり取り組んだり、調べたり、自分の考えをまとめ、意見交換したりすることで、より学習が深まり、効果的なプログラムへの成長が可能である。また学校であっても、子どもだけでなく親と一緒に参加することで、子どもだけでは得られない効果が期待できるものである。

6. むすび

今回のプログラムの実践に参加していただいた120名のアンケートの中で、「プラスチック」を知らない人は、誰一人としていなかった。しかしこの中でプラスチックを「本当に知っている」人はどれくらいいたのだろうか。

プラスチックが身近な素材であることは誰もが認める事実だろう。学習指導要領を越え、プラスチックの理解と考える力を持つためのひとつの方法として、本プログラムをここに提案する。ぜひこの学習教材をベースにして、年齢と時間に合ったアレンジをしていただき多くの実践があることを期待している。

謝辞

高等学校の理科履修率については、文部科学省初等中等教育局 川上新吾氏にご助言をいただきました。また本プログラムの実践にあたり、奈良教育大学

准教授(現広島大学大学院教授)中田聡先生、奈良教育大学教授 森本弘一先生にはご指導ご助言をいただきました。奈良教育大学 宮崎和也さん、川田紘平さん、石橋久美佳さん、今西亜里沙さん、中野可奈恵さんには、実践の際のアシスタントとしてご尽力いただきました。ここに記し感謝の気持ちを表します。

本論文中において、高校生を対象にした実践は、平成19年度サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(SPP)講座型学習活動(プランB)奈良教育大学 - 奈良県立平城高等学校「科学 - わからないところが魅力です - 」(講B大 2005)、小学生および親子を対象にした実践は、科学技術振興機構(JST)平成19年度地域科学技術理解増進活動推進事業機関活動支援による「科学館と教員養成系大学との連携による科学探求」(企画 No.19338)の助成を受けて行った。

参考資料

- [1]文部科学省 現行学習指導要領 http://www.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm
- [2]文部科学省 学校基本調査 - 平成19年度 - 初等中等教育機関 専修学校・各種学校編 統計表 高等学校 学年別生徒数 http://www.mext.go.jp/b_mu/toukei/001/08010901/003.htm
- [3]文部科学省 教科書の種類数・点数・需要冊数(平成20年度用) http://www.mext.go.jp/a_menu/sho_tou/kyoukasho/gaiyou/04060901/017.htm
- [4]岳川有紀子「サイエンスショー『プラスチックってなんだろう?』実施報告」大阪市立科学館研究報告 17号(2007)p141
- [5]岳川有紀子のホームページでレクチャーの内容を公開している <http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/takegawa/pla100/ALpla100.html>
- [6]岳川有紀子「企画展示『プラスチック100年 - 化学とライフスタイル - 』実施報告」大阪市立科学館研究報告 17号(2007)p75
- [7]岳川有紀子「『プラスチック100年』に関する調査報告(1) - 1907年前後のプラスチックに関係する8つの文献 - 」大阪市立科学館研究報告 16号(2006)p41
- [8]岳川有紀子「『プラスチック100年』に関する調査報告(2) - 1907年前後のプラスチックに関係する16点の資料と利用 - 」大阪市立科学館研究報告 16号(2006)p49