

簡易なプラスチック油化装置の開発

- 日常生活と化学をつなぐ -

三木 勝仁

今日、体験的な学習を通して、持続可能な社会の実現に向けた具体的な行動に結びつける資質を育てることが求められている。また、理科教育においては日常生活との関連を図った学習が重視されている。「簡易なプラスチック油化装置の開発」は、生徒が実験を通してプラスチックリサイクルについて学ぶことができ、中学校理科第1分野「科学技術と人間」、高等学校化学の高分子の学習において活用できる。

[キーワード] 持続可能な社会 中学校理科 高等学校化学 プラスチック リサイクル

はじめに

日本でプラスチック製造が工業化されたのは、昭和30年代後半である。軽くて強く、耐久性に優れ、透明性がよく、着色が容易、水分、ガス、電気を通さないなどの長所から、新しい材料としてその生産量を急速に増やしてきた。生産量が増えるにつれ廃プラスチック量も増え、その処理の仕方が問題となった。廃プラス

チックの多くは焼却され、熱エネルギー源として利用されてきたが、焼却に伴う二酸化炭素の発生による地球温暖化への影響、さらにプラスチックの主原料である石油資源の有効利用の観点から、廃プラスチックのケミカルリサイクル（表参照）の実用化が研究されてきた¹⁾²⁾。本稿では、「油化」の簡易な実験方法、及びプラスチックについての授業の効果を報告する。

表 容器包装リサイクル法^{*1}に示されているプラスチック・リサイクルの手法

分類（日本）	リサイクルの手法	ヨーロッパでの呼び方
マテリアルリサイクル （材料リサイクル）	再生利用 ・プラスチック原料化 ・プラスチック製品化	メカニカルリサイクル (Mechanical Recycle)
ケミカルリサイクル	原料・モノマー化	フィードストックリサイクル (Feedstock Recycle)
	高炉還元剤	
	コークス炉化学原料化	
サーマルリサイクル （エネルギー回収）	油化・ガス化	エネルギーリカバリー (Energy Recovery)
	セメントキルン原燃料化 ごみ発電 RDF ^{*2} , RPF ^{*3}	

*1：容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（平成7年6月16日公布）

*2：Refuse Derived Fuel（生ゴミや可燃ごみ、廃プラスチックなどからつくられる固形燃料）

*3：Refuse Paper & plastic Fuel（古紙と廃プラスチック類を原料とした高カロリーの固形燃料）

1 プラスチックのケミカルリサイクル(油化)準備

空き缶, アルミニウムのボトル缶及びふた(飲料水用), 砂, 銅管(はてな型, 直径10mm), 耐熱パテ, 三脚, ガスバーナー, 試験管, 鉄製スタンド, ガスマッチ, 蒸発皿, 廃プラスチック, ポンチ, 三角架

方法

- (1) アルミニウムのボトル缶のふたの内側についているパッキンを剥がす。
- (2) 方法(1)のふたの中央に, ポンチを使ってはてな型銅管の直径大の穴を開ける。
- (3) 方法(2)の穴に銅管を差し込み, ふたと銅管を耐熱パテを付けて密着させる。
- (4) 方法(3)の耐熱パテを付けた部分をガスバーナーで熱しパテを硬化させる。
- (5) アルミニウムのボトル缶に廃プラスチックを入れ, 方法(4)のはてな型銅管付きのふたを閉める。
- (6) 空き缶に深さ5mm程度になるよう砂を入れ, その上に方法(5)の廃プラスチックの入

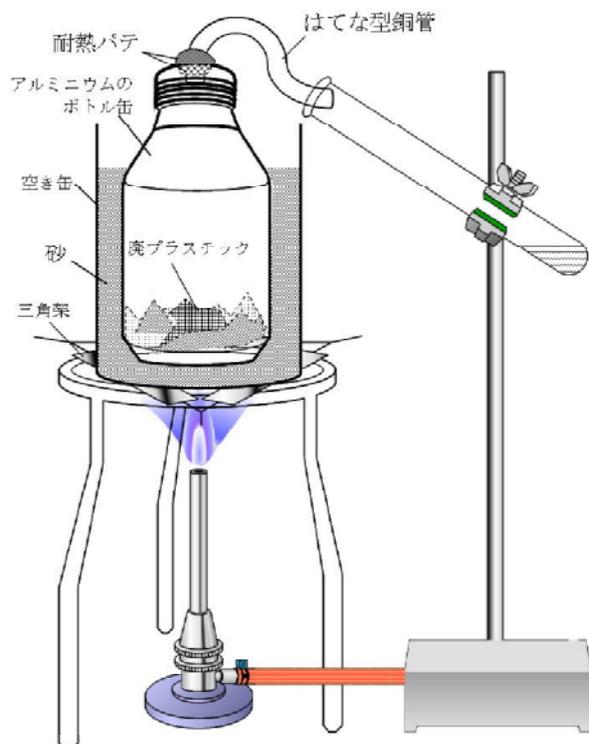


図1 廃プラスチックの油化装置

ったアルミニウムのボトル缶を入れ, 空き缶とアルミニウムのボトル缶との隙間に砂を入れる。

- (7) 三脚の上に三角架を置き, その上に方法(6)の空き缶を置く。
- (8) ガスバーナーで, 空き缶の底全体を加熱する(図1)。
- (9) 銅管から白煙が出てきたら, ガスマッチの火を近づけ, 白煙を燃やす(図2)。



図2 プラスチックのガス化

- (10) 銅管の先を試験管の口が覆うように, 試験管を鉄製スタンドに固定する。
- (11) 銅管から出る白煙を方法11の試験管に入れ, 白煙が冷却され油になることを確認する(図3)。



図3 油化したプラスチック

参考

- (1) 銅管（はてな型）は、床暖房用の配管部材としてホームセンターで販売されている。銅管を曲げて自作してもよい。
- (2) 耐熱パテは自動車の補修部材として、ホームセンターや自動車部品の量販店で販売されている。

留意事項

廃プラスチックとして使用するものは、ポリエチレンとポリプロピレンのみとする。

これら2種のプラスチックは、本装置で加熱、分解しても有害なガス等はない。しかし、廃プラスチック中にポリ塩化ビニルやポリ塩化ビニリデンが混じると、熱分解によりダイオキシン発生の可能性がある。また、ポリスチレンやABS樹脂からは、臭素化合物が生成する。ポリ塩化ビニルやポリ塩化ビニリデン、ポリスチレンやABS樹脂も含めて、分解ガスや分解油を得るためにはハロゲン（Cl, Br）成分を除去する装置が必要となる。

2 生徒実験に見られたプラスチックについての授業効果

(1) 指導計画

平成19年2月2日、北海道旭川東高等学校定時制2年生17名を対象として本実験を行った。以下にその概略を示す。

単元名 プラスチックと環境（3時間）
単元の展開

第 1 時	身近にあるプラスチックを分類してみよう。 リサイクルマークに見られるプラスチックの種類 プラスチック製品の分類 汎用プラスチックとエンジニアリングプラスチック 汎用プラスチックの生産比率 汎用プラスチックの燃え方の違い バイルシュタインテスト
-------------	---

	汎用プラスチックの特性と製品
第 2 時	比重勾配管を作り、比重の違いでプラスチックを分類してみよう。 ケミカルリサイクルに挑戦 高炉還元剤としてのプラスチック
第 3 時	プラスチックの油化 まとめ ・感想発表

(2) 生徒の感想

- ・プラスチックには何種類もあることを始めて知りました。プラスチックに対する考え方が変わったような気がしました。
- ・プラスチックから油がとれること、酸化銅が還元されて黒から銅色に変わっていくのはおもしろくもあり、不思議でもあった。
- ・自分の周りにプラスチック製品がこんなに多いとは思わなかった。
- ・プラスチックは普段から身近にあるものだがあまり関心の無い物なので、今回の実験を通して、今までより一層の分別を心がけようと思いました。少しのプラスチックでもたくさんの油が出ることがわかった。
- ・実験を通して、ケミカルリサイクルの重要性はわかったが、コストとの関係が気になった。効率的にリサイクルができるようになるには、あとどれほどの時間がかかるのだろうか。
- ・プラスチックが油になったときは、とても興味深かった。プラスチックのリサイクルなど考えたこともなかったが、この実験を通して関心をもった。
- ・プラスチックを油化することより、もう一度プラスチックに戻すことの方が難しいと思った。プラスチックにもいろいろな種類があり、ポリ塩化ビニルはさまざまに活用できる。
- ・バイルシュタインテストで、ポリ塩化ビニルの炎色が緑色になって感動した。また、比重で分類できることにも驚いた。

(3) 効果

学習後に書かれた生徒の感想から、身近に多くのプラスチック製品があるが、あまり意識されていないこと、ましてや、その種類やリサイクルについては考えたこともなかった、という学習前の実態がうかがうことができる。リサイクルについては、多くの場で、その重要性が語られているが、実感を伴った理解とはなっていないと考えられる。

しかし、プラスチックの種類による燃え方の違い、還元剤としての働きや熱分解による油化の実験を行うことにより、自分の身のまわりを振り返り、リサイクルについての意識を高めることにとどまらず、費用対効果について考えるに至った。また、授業中の生徒の発言から、プラスチックと油脂とのかかわりやその構造、炎色反応等、化学に対する関心を高めることができることも明らかとなった。



図4 プラスチック油化実験の様子

3 プラスチックについての授業の成果と課題

(1) 成果

- ・環境に配慮した行動、特にリサイクルについての意識を高めることができた。
- ・比重の違いによる物質の分離やプラスチックによる金属の還元により、既習事項を確認するとともに、理科の学習への意欲を高めることができた。
- ・科学が日常生活を便利なものになっていると

もに、持続可能な社会を実現するために有効であるという意識を高めることができた。

(2) 課題

- ・プラスチックに関わる実験により、生徒の物質についての理解を深め、科学的に考える力を高めるために、中学校理科第1分野、高校化学のカリキュラムとのかかわりをより一層研究する必要がある。
- ・得られた油の分子量や組成、引火点等を調べる実験など、プラスチックの油化に関連する指導計画を充実する必要がある。
- ・プラスチックの熱分解により得られる油の均一化、現在の方法で回収されていない物質を回収する方法の開発など、さらに実験方法を工夫する必要がある。

謝辞

プラスチックについての授業を行うに際し、北海道旭川東高等学校萬木貢教諭をはじめ諸先生方に多大な協力をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) プラスチック油化処理（再商品化）システムの流れ
http://www.city.sapporo.jp/seiso/gaiyou/ecotown_file/ecotown_spr.html（札幌プラスチックリサイクル）
- 2) 3 R 政策（METI/経済産業省）
http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h16fy/160629-1_drmi.html（経済産業省）

（みき かつひと 化学研究室研究員）