

浮遊法によるプラスチックの密度測定とその同定

植田 和利

1 はじめに

密度の違いによるプラスチックの分別は、理科の観察・実験として多く取り上げられている。たとえば中学校理科第1学年では、浮上試験によるプラスチックの識別実験がよく行われている¹⁾。また、いくつかのプラスチックを種々の密度の液体に順次入れていき、浮き沈みの状態から識別する実験²⁾や、既知の密度の水溶液を用いてプラスチックのおおよその密度を調べる実験³⁾、プラスチックの密度から水溶液の大まかな密度を求める実験⁴⁾なども報告されているが、プラスチックの密度を正確に測定する実験活動はほとんど報告がない。プラスチックの密度は既に示されており、その値を求めさせる実験は、科学的な合理性に議論の余地はあるものの、物理的・化学的性質の同一性を根拠とした物質の同定において密度が重要な物理量となることを学ぶ格好の場面になる。また、密度の概念は体得されにくいという報告⁵⁾も見られることから、密度測定の実験を通して密度の概念を定着させることは教育的な点から意義深い。

密度測定にはピクノメーター法やアルキメデス法などいくつか方法があるが、固体の密度測定をスモールスケールで実施する場合は浮遊法が適している。浮遊法は液相中で浮遊するときその固体は液相と同じ密度をもつことを利用した測定法⁶⁾であり、この方法による密度測定としては、1,2-ジプロモエタンとクロロホルムを用いた食塩やホウ酸の密度測定⁷⁾などがある。本稿では、浮遊法によるプラスチックの密度測定を生徒が理解した後に、密度測定から3種類のプラスチック（ポリエチレンPE・ポリスチレンPS・ポリエチレンテレフタレートPET）を同定する探究活動の具体と結果について報告する。

2 実験

2.1 浮遊法によるポリスチレンの密度測定

2.1.1 準備

試薬：PS（CD ケースの小片）、10% 食塩水（密度 1.07 g/cm^3 ）⁸⁾、純水

器具：試験管（30 mL）、三角フラスコ（50 mL）、メスピペット（1 mL）、ホールピペット（5 mL）、安全ピペッター、ガラス棒、ピンセット、電子天秤（最小表示 10 mg）

2.1.2 実験操作

- ① 試験管に 10% 食塩水 5 mL を入れ、この中に PS の小片を入れると、小片は浮く。このとき、小片に気泡が付かないように注意する。
- ② ①の試験管にメスピペットで純水約 0.5 mL を加えて、静かによく振り、静置して食塩水中の小片の状態を確認する。小片が浮くようであれば、この操作を繰り返し、小片が食塩水の中心付近を浮遊するようにする（図 1）。なお、加える純水の量は浮遊状態に応じて加減する。
- ③ 50 mL 三角フラスコを電子天秤に載せ、電子天秤のゼロボタンを押す。
- ④ 三角フラスコを電子天秤から下ろし、②の試験管内の食塩水 5 mL をホールピペットでとって三角フラスコに入れ、その全質量を電子天秤で量る。
- ⑤ ④で測定された質量と体積（5 mL）から食塩水の密度を求める。その値が PS の密度に等しいとする。

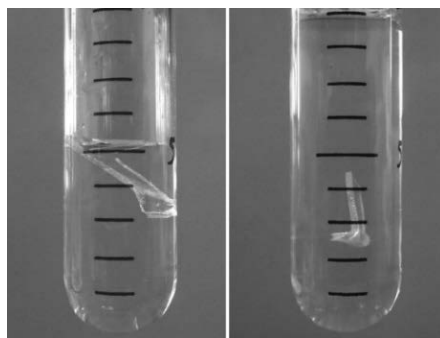


図 1 食塩水中の PS の小片（左：浮かんだ状態、右：水溶液中に浮遊した状態）

2.2 密度測定によるペットボトル容器を構成するプラスチックの同定

2.2.1 準備

試薬：ペットボトル容器のふた・容器・ラベル*の各小片、エタノール（密度 0.789 g/cm^3 ）⁹⁾、10% 食塩水、40% 炭酸カリウム水溶液**（密度 1.41 g/cm^3 ）⁸⁾、純水

器具：試験管（30 mL）、三角フラスコ（50 mL）、メスピペット（1 mL）、ホールピペット（1 mL）、安全ピペッター、ガラス棒、ピンセット、電子天秤（最小表示 10 mg）

2.2.2 実験操作

- ① 3本の試験管それぞれに純水 3 mL を入れ、これらにペットボトル容器のふた・容器・ラベルの各小片をそれぞれ入れる。
- ② ①で小片が浮いた試験管 1本について、2.1.2と同様の操作で、エタノールを少しずつ加えて小片が水溶液中に浮遊するようした後、エタノール水溶液 1 mL の質量を量り、密度を求める。
- ③ ①で小片が沈んだ 2本の試験管について小片を取り出す。別の試験管 2本を用意し、それぞれに 10% 食塩水 3 mL を入れた後、その中に小片をそれぞれ入れる。

2018年11月受付

Kazutoshi UEDA 広島市立沼田高等学校 教諭
[連絡先] 731-3164 広島県広島市安佐南区伴東 6-1-1

- ④ ③で小片が浮いた試験管 1 本について、②と同様の操作で、純水を少しずつ加えて、小片が水溶液中に浮遊するようにした後、食塩水 1 mL の質量を量り、密度を求める。
- ⑤ ③で小片が沈んだ試験管について小片を取り出す。別の試験管 1 本を用意し、40% 炭酸カリウム水溶液 3 mL を入れた後、小片を入れる。小片は浮くので、②と同様の操作で、純水を少しずつ加えて、小片が水溶液中に浮遊するようにした後、炭酸カリウム水溶液 1 mL の質量を量り、密度を求める。
- ⑥ 3 種類のプラスチックの密度の値 (PE : 0.91~0.92 g/cm³, PS : 1.04~1.09 g/cm³, PET : 1.34~1.39 g/cm³)¹⁰⁾ を示し、測定値と比較することで、ペットボトル容器を構成するプラスチックが PE, PS, PET のそれぞれいずれであるかを同定する。
- 実験操作①~⑤のフローチャートを図 2 に示す。

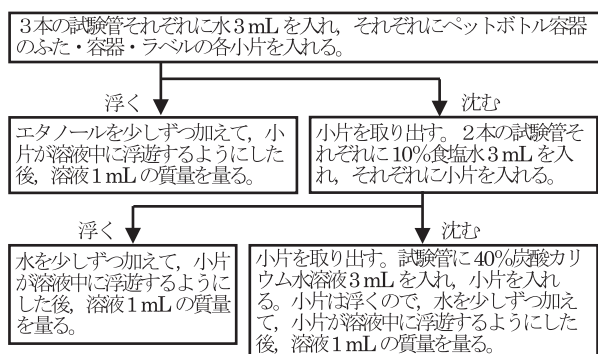


図 2 ペットボトル容器を構成するプラスチックの密度測定のプロフローチャート

2.3 授業実践

2.1 と 2.2 の探究活動を取り入れた授業実践を、高等学校 3 年生 (文系, 化学基礎選択者 30 名, 8 班) を対象に、2 時限 (50 分×2) を使って行った。授業実践にあたっては、1 限目にポリスチレンの密度測定 (2.1 の内容) を行って浮遊法の原理と操作を習熟させた後、2 限目にペットボトル容器を構成するプラスチックの同定 (2.2 の内容) を実施した。

3 結 果

3.1 浮遊法によるポリスチレンの密度測定

8 班の測定結果は、食塩水 5 mL の質量が 5.13~5.27 g、密度が 1.03~1.05 g/cm³ となり、よい精度で PS の密度が決定できた。

生徒の感想には、「塩分濃度で浮き沈みが変わることが面白かった」「プラスチックが真ん中に浮いたのが面白かった」など、浮遊状態に興味を示した者が多かった。また、「密度の計算ができた」「密度のイメージがつかめた」などの感想もあり、密度の概念を習得させるには一定の効果があつたと認められた。

3.2 密度測定によるペットボトル容器を構成するプラスチックの同定

8 班が求めた密度の値は、ふた 0.92~0.93 g/cm³, ラベ

ル 1.02~1.04 g/cm³, 容器 1.29~1.35 g/cm³ となり、よい精度で 3 種類のプラスチックの密度を決定できた。そして、いずれの班も、「ふた: PE, 容器: PET, ラベル: PS」と同定することができた。

生徒の感想には、「ペットボトルには 3 種類のプラスチックが使われているのがわかった」「実験によってプラスチックの種類が違うことがわかり、分別して捨てる理由もわかった」「溶液中に浮遊させるのが難しかった」などがあった。また、「密度が理解できたか」および「プラスチックに興味が高まったか」と問うたところ、どちらも 90% の生徒が「理解できた」および「高まった」と回答した。この実験を通して、生徒は密度の理解とプラスチックへの興味を高めたことが伺われた。

4 おわりに

浮遊法によって PS の密度がよい精度で測定できることを確認させた後に、ペットボトル容器を構成する 3 種類のプラスチックの密度測定を行う実験活動を通じてそれらを同定する探究活動を考案し、授業実践を行った。

浮遊法によるプラスチックの密度測定は、安価で入手しやすい試薬を用い、かつ簡単な操作で精度よく値を得ることができる。ペットボトル容器を構成するプラスチックを同定する活動においては、生徒が把握・共有した実験方法を活用して素材を探究する場面を設定でき、期待される結果を導き出すことができる。そして、プラスチックの浮き沈みの観察だけではなく、物性値としての密度の値を実際に算出することにより密度の概念の定着を図ることができたといえる。

密度測定によるプラスチックの同定は、ペットボトル容器の他にも、建築材料の波板の素材であるポリカーボネートとポリ塩化ビニルの比較などにも適用できる。また、従来からよく行われている燃焼実験やバイルシュタインテストなどの化学的性質を調べる実験とあわせて実施すれば、プラスチックのより深い学習につながることを期待される。

参考文献

- 1) 例えば、岡村定矩, 藤島 昭ほか 49 名, 新編 新しい科学 1, 東京書籍, 2018, pp. 88-89 など。
- 2) 守本昭彦, 梶山正明, 化学と教育 1996, 44, 112.
- 3) 実験で学ぶ化学の世界 3, 日本化学会 編, 丸善, 1996, pp. 169-172.
- 4) 守本昭彦, 化学と教育 2002, 50, 268.
- 5) 後飯塚由香里, 化学と教育 2014, 62, 498.
- 6) 鮫島実三郎, 物理化学実験法 増補版, 裳華房, 1989, pp. 155-156.
- 7) 長谷川正, 山崎裕子, 化学と教育 1995, 43, 516.
- 8) 理科年表, 平成 16 年版, 国立天文台 編, 丸善, 2005, p. 373.
- 9) 理科年表, 平成 16 年版, 国立天文台 編, 丸善, 2005, p. 370.
- 10) 理科年表, 平成 16 年版, 国立天文台 編, 丸善, 2005, p. 524.

注 釈

- * ラベルは薄く、また気泡も付きやすいため、そのままでは密度を求めにくい。そのため、ホットプレートで加熱し収縮させたものを用いるとよい。
- ** 塩基性水溶液なので、実験用手袋や保護眼鏡を着用して扱いに注意する。