

新学習指導要領に対応した教材研究 I (プラスチック)

(化学教室) 大橋 淳史

Development of Teaching Materials in Chemistry Adapting to the New Course of Study (I) Application of the Plastics

Atsushi OHASHI

(平成23年6月10日受理)

欧文抄録

This study performed teaching materials development added in new guidelines of the junior high school science of plastic. The teaching materials can use the widespread learning teaching materials including "the constitution of the material", "general learning" as well as plastic. The teaching materials of this study are the superior teaching materials got the understanding with the actual feeling from in various scenes.

キーワード

プラスチック, 新指導要領, 分子模型
plastics, new course of study, molecular models

1. はじめに

これまでプラスチックは、高校での理科総合Aと化学IIのみで扱われてきており、それ以外で学ぶことはなかった。しかし、平成20年に改定された新学習指導要領の中学校理科第1学年 ア 物質のすがた、(ア)身のまわりの物質とその性質でプラスチックが新たに追加された。プラスチックは、我々の生活に非常に身近な物質であり、第1分野の粒子に関して実感をともなった理解をさせるのに優れた領域である。中学校理科に対応した新たな教材の開発が期待されている。

また、(ア)身のまわりの物質とその性質の中では、プラスチックと同時に状態変化と熱の粒子のモデル・粒

子の運動、物質の溶解の粒子のモデルを学習する。ここで学ぶ物質の粒子性は、新指導要領の中でも非常に重要な位置づけとなっており、新指導要領では、小学校から物質の粒子性を念頭に置いて、水の三態や空気と水の性質を学習する。そのため多くの児童・生徒は物質が、目に見えないほど小さな粒子によって構成されていることを知識としては知っている。しかし、私たちの身のまわりにあるすべての物質が、目に見えないほど小さな粒子からできており、その粒子の性質が、目に見える大きさの物質の性質や色を決定していることへの理解はおぼろげである。

物質の粒子性への理解度の事前調査として、愛媛大学教育学部で小学校理科の実験を行うプログラム、理科実験体験プログラムに参加した40名を対象に理解度を調査したところ、空気が酸素や窒素、二酸化炭素といった目に見えない粒子(分子)から構成されていることを理解できている学生は40%(12名)であり、水が粒子でできていることを理解している学生は70%(22名)であった。大学生は知識としては物質が分子からできていることは知っているが、その知識が日常的に接する物質へ敷衍されていないことが明らかとなった。このプログラムは単位の修得とは関係のない有志による参加プログラムであることを考えると、空気や水の粒子性に関する理解度の実際はもっと低いと推測される。

生徒に粒子の概念を習得させるために有効な教材として、空間充填型(以下CPKと略す)分子模型がある。

分子模型にはいくつかの種類があり、もっともポピュラーなのはCPK分子模型とボール&スティック型分子模型、そしてモルタロウである。これらの分子模型の中でもCPK分子模型は、分子のリアルな形を表現しているため、中学校、高校の教科書では分子はすべてCPK分子模型で表現されており、分子の構造を理解に非常に有効な分子模型である。しかし、CPK分子模型は高価で学校現場では十分な数を準備することが難しい。そのためCPK分子模型を市販の発泡スチロール球を使って製作する試みもなされているが¹⁾、市販の発泡スチロール球は非常に軽く、軟らかいため、耐久性に問題があった。

そこで本研究では、プラスチックの教材開発に注目し、同じ身のまわりの物質の中で学習する、状態変化と熱の粒子のモデル・粒子の運動、物質の溶解の粒子のモデルでも利用できる新しい教材開発を行うことを計画した。具体的には、プラスチックの中で発泡スチロールに注目し、発泡スチロールの溶媒に対する溶解と再形成を通して、プラスチックの性質とリサイクルについて学び、再形成によって作り出した分子模型を使って、物質の粒子性の授業運営を行うことを計画した。新指導要領でのプラスチック、物質の粒子性を学習し、さらに総合的学習の時間で学習するプラスチックリサイクルについての学習も可能な汎用性の高い教材であると期待される。

2. 発泡スチロールの溶媒を使ったリサイクル方法の検討

プラスチックは、炭素原子を中心とした分子である単位構造体（モノマー）が繰り返し繋がった高分子構造体（ポリマー）をしている。プラスチックの性質は、モノマーとなる分子や分子の繋がった数、規則性などによって異なっている。

本研究では、プラスチックとして、スチレンをモノマーとする発泡スチロール（ポリスチレン）を使って、溶解と再形成の実験を検討した。発泡スチロールの溶媒への溶け方と再形成の方法を検討するため、溶媒としてアセトンとリモネンを用いて、発泡スチロールの各溶媒に対する溶け方の比較と、一度溶媒に溶かした発泡スチロールを再形成する実験を行った。

溶媒としてアセトンとリモネンを選んだ理由は、アセトンはマニキュアの除光液などに含まれている身近な物質であること、リモネンは工業的にも発泡スチロールのリサイクルに使われており、さらに愛媛の特産品であるみかんに含まれている物質であるためである。

2.1 発泡スチロールの溶解

プラスチックは様々な形に加工することができることが特徴である。これを可塑性とよぶ。プラスチックを変形しやすくする物質は可塑剤とよばれる。可塑剤はプラスチックを構成する高分子の鎖をほどいて、プラスチックを軟らかくして、成型を容易にするのである。この可塑剤として、アセトンとリモネンを使って、発泡スチロール（ポリスチレン、図1aはモノマー）の溶け方の違いを調べた。

シャーレに2 mLの溶媒を入れ、そこに発泡スチロールを0.05 gずつ入れていき、溶けなくなるまでこれを繰り返した。その結果、アセトンはリモネンの1.7倍の発泡スチロールを溶解することが明らかとなった。

また、溶解の仕方は、溶媒によって異なり、リモネンは、溶解速度は遅く、透明な粘性の低い液体になるが、アセトンは、溶解速度が速く、発泡した粘性のある液体となった。

溶解後の溶液の性質は、それぞれの溶媒と発泡スチロールの分子構造の相似性が関係している。リモネン（図1b）は発泡スチロールの単量体のスチレンと似た構造をしているため、発泡スチロールに入り込み、ポリスチレン鎖を伸ばす働きがあり、ポリスチレン鎖と可視光が干渉しなくなり透明に見える。一方、アセトン（図1c）は、スチレンとは分子構造が似ていないため、発泡スチロールを、樹脂の状態を維持したまま溶かしている。そのため溶かす前と同様に可視光が干渉して白く発泡して見える。これらの事実から、溶解性や溶解後の物質の性質が、分子の構造と関連していることを学ぶことも可能である。

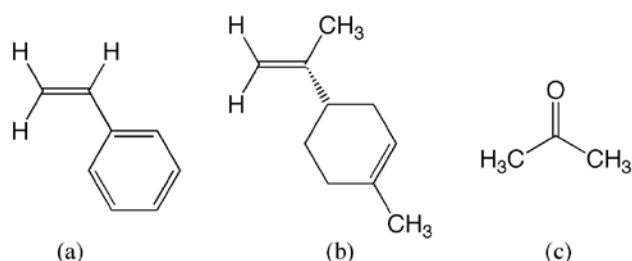


図1. (a)スチレン, (b)リモネン, (c)アセトン

2.2 発泡スチロールの再形成条件検討

ポリスチレン溶液を沸騰したお湯に入れ、溶媒を除去して、再形成を試みた。いずれの溶媒でもポリスチレンの再形成を行うことができることが明らかとなったが、溶媒によって得られたポリスチレンの形状は異なっていた。リモネンから取りだした再形成ポリスチレンは薄く硬い形状をもち、アセトンから取りだした再形成ポリスチレンは大きく発泡した発泡スチロール形状であった。

ポリスチレンを再形成する際に発泡させて、発泡スチロールとするためには、溶媒が沸騰して気泡が発生する必要がある。これはパン生地を酵母が産生する二酸化炭素によって膨らませるのと同じ原理である。しかし、リモネンは高沸点化合物で水との共沸で取り除かれるため、揮発速度が遅く、気泡が小さく、再発泡させることが困難であった。また、得られた再形成ポリスチレンにはリモネン由来の薄い黄色がついており、再形成ポリスチレンの質量からもリモネンを完全に除去できていないことが明らかとなった。リモネンは愛媛名産品のみかんからも取れるため、教材としては興味深いが、本研究は、学校現場でも使える簡便な実験が目的であるため、値段が高く、溶解できる発泡スチロールの量が少なく、かつ発泡の難しいリモネンを諦め、安価で発泡スチロールの溶解する量の多い、アセトンを利用することとした。

アセトンはマニキュアの除光液にも含まれるが、除光液そのものはアセトンの濃度が低いため、発泡スチロールの溶解には使えないことが明らかとなった。また、アセトンは可燃性液体であるため、加熱して揮発させることによる火災が危惧されたが、水への溶解性が高く、蒸気は水に吸収されるため火災などの危険性はない。ただし、溶媒としてのアセトンは可燃性であるため裸火に注

意する、吸入でめまい、頭痛などが起こる可能性があるため換気に十分な注意が必要である。

2.3 発泡スチロールの再形成

2.3.1 再形成用の型の準備

原子はそれぞれ大きさが決まっているため、CPK分子模型を作るためには異なる大きさの球を用意する必要がある。そこで溶解したポリスチレンを大きさの異なる球として再形成しなくてはならない。そのための型として、身近でかつ安価に入手できる、ガシャボンと球型の製氷皿を選んだ。この型を使うことによってCPK分子模型に必要な大きさの異なる球を得ることができた。

2.3.2 再形成の方法

球を作製するにあたって、型を2つ貼り合わせて最初から球を作製するのは困難であることがわかった。中に入れるポリスチレンの量が多すぎると型が押し広げられて球にならず、少なすぎると球の形にならないためである。そこで、より簡便に球を作製する方法として、半球を作製して貼り合わせる方法を検討した。

半球ごとに作製し、余分な発泡をカッターなどで切りそろえることで簡便に半球を作製することができた。作製した半球同士をアセトンで接着して、球の作製に成功した(図2)。同様の方法で、製氷皿でも大きさの異なる球を作製した。

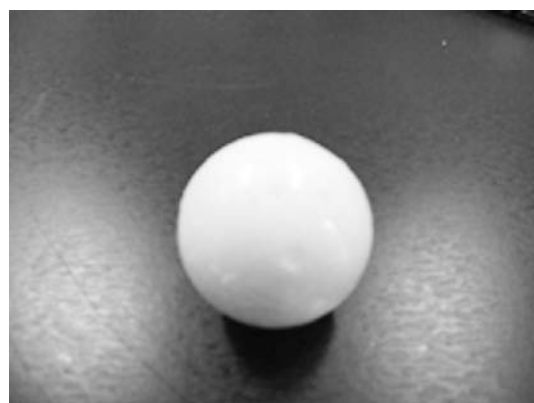


図2. 完成した再形成球

今回作製した発泡スチロール球を、市販されている発泡スチロール球と比較した。その結果、本研究で作製し

た発泡スチロール球は、半径1.6 cmで4.8 gであり、市販の発泡スチロール球1.5 cm, 0.4 gに比べて、密度が10倍であった。市販の発泡スチロール球は、密度が低いために非常に軽く、軟らかい。そのため、作製した分子模型が非常に壊れやすいという難点があり、生徒に実際に手に取らせて扱わせることが難しい教材であった。一方、本研究で作製した発泡スチロール球は、密度が高いために硬く、壊れにくい。また、市販に比べて力をかけても形が崩れないため、分子模型の作製も容易であった。この発泡スチロール球であれば、生徒自身に分子模型を作製させることが可能である。

2.3.4 分子模型の作製

分子模型の作製については先行研究を参考にして行った¹⁾。本研究で作製した2種類の球で製作したポリスチレンのモノマー、スチレン(図3)と水(図4)の分子模型を示す。



図3. スチレン



図4. 水

分子模型の着色は先行研究に従ってアクリル絵の具を用いたが、作製した発泡スチロール球は表面にも気泡があるため、着色が容易で色落ちしにくかった。この点も市販の発泡スチロール球に比べて優れている点である。

3. 指導案例

新学習指導要領ではプラスチックについて「日常生活や社会の中で使用されている代表的なプラスチックとして、ポリエチレン(PE)やポリエチレンテレフタレート(PET)などを例に挙げ、その性質、用途などについて触れる」と記述されている。そこで、代表的なプラスチックの一つに発泡スチロールを上げ、その性質を学習に本教材を扱うことができる。また、この分子模型を使うことによって、視覚的に分子の構造からその物質の性質をイメージすることができる。つまり、生徒の漠然とした分子・原子のイメージを、分子模型によってより具体的なものにすることができる。そこで、分子模型を有効に使用した指導例の提案を行った。

プラスチックは様々な形に加工することができることが特徴である。ただし、製品となって私たちの身近にあるプラスチックを、そのまま望むように変形させることは難しい。そこで、加熱したり加圧したりして、プラスチックの物理変化を起こしやすくする作業が必要となる。プラスチックの成型、そしてリサイクルの際に、この可塑性を使った作業を行っている。

本指導案ではプラスチックの特徴的な性質である可塑性を、可塑剤としてアセトンを用いることで実感し、プラスチックの成型、リサイクルでどのようなことが起こっているのかについて学習する。

指導例

○指導意図・留意点, ◇評価

単元名: 身のまわりの物質

主 題: 発泡スチロールで分子模型をつくる

ねらい: 使用済み発泡スチロールから分子模型を作ることによって、プラスチックの性質を理解する。分子のリアルな形を理解し、分子の構造によって物質の性質が決定することを知る。

導入 (15分) : 発泡スチロールのリサイクル方法を学習する。

○プラスチックの性質について理解し、溶剤を用いたリサイクルに注目させる。

◇発泡スチロールのリサイクルについて理解できている。

実験 (50分) : リモネンとアセトンの発泡スチロールの溶かし方を比較する実験と使用済みの発泡スチロールから水の分子模型の作製を行う。

○アセトンの扱いに注意する。

考察 (20分) : なぜ、リモネンとアセトンでは発泡スチロールの溶かし方が違うのか、それぞれの構造式を比較して考える。

○リモネンとスチレンの構造が似ているということに注目させる。

まとめ (15分) : リモネンとアセトンの発泡スチロールの溶かし方が違うように分子の構造によって、物質の性質が決まることを理解する。作製した水の分子模型を用いて、水と氷を再現し、水の状態変化で体積変化が分子の構造によるものであると理解する。

◇分子の構造によって物質の性質が決定することを理解する。

• 水の状態変化

水の三態をCPK分子模型であらわすことによって、水の状態変化による体積の変化を視覚的に理解することができる。液体と固体のCPK分子模型を見比べると、固体では水素原子と隣の水分子の酸素原子との水素結合によって、分子間に隙間ができていることがわかる。隙間ができることによって単位体積当たりの質量、つまり密度は氷の方が低くなり、氷は水に浮くという原理が理解できる。実際の指導では、同じ数の水のCPK分子模型を使って、水と氷をつくり、どちらの体積が大きいかを比べることで、密度の概念を簡単に学ぶことができる。また氷～水の状態変化の間は、温度が一定であることを学習する際にも、氷の立体構造でそれぞれの水分子が繋がっている部分を切って、水にするためにエネルギーが使われるために、温度が上がらないという潜熱の概念を実感できる。



液体

固体

• 空気のモデル

空気は窒素と酸素でできているという知識があったとしても、空気は、あまりにも我々の身近にあるため、そこに何かがあるのかを考える機会は少ない。そこで、CPK分子模型を使って空気を再現することによって、気体の粒子性について実感することができる。

透明の箱の中に窒素と酸素の分子模型を4 : 1の割合で入れ、空気の状態を再現する。

○作製した酸素と窒素の分子模型を透明なケースの中に入れる

○ケースを振ることで、分子がぶつかり合っている空気の状態を表現することができる。

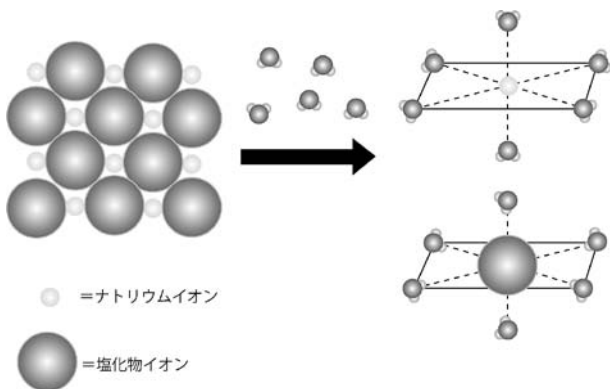
この後の展開として、さらに水分子を中に入れて、水蒸気と湯気の関係について考察させることができる。気体の水、水蒸気は目に見えないが、湯気は目で見ることができる。ケース内に入れて、ふっている水分子は水蒸気であり、目に見えない。そこで、ケースを激しく降るのをやめると、水分子は集まって一塊になる。これを水蒸気と湯気の関係に当てはめると、水分子が冷えて運動速度が遅くなり一塊になると、目に見える大きさになるのである。このように目に見えない分子の振る舞いを、“目で見える”ことで実感をともなった理解をすることができる。

• 食塩の分子構造

食塩の分子構造を分子模型で再現することによって、劈開性の説明ができる。また、原子を着脱できるようにしておくと食塩が水に溶けたときのモデルを再現することができる。

食塩を水に溶かすと、食塩は見えなくなる。しかし、それによって食塩がなくなるわけではなく、食塩を構成する原子がバラバラになって水溶液中に分散しているのである。目で見えるより小さくなるので、見た目は透明に見えるが、食塩を構成するナトリウムイオンと塩化物イオンは、バラバラになっただけでそのままそこにいる。この内容に関しては小学校第5学年「ものの溶け方」で学習するが、その復習や、さらに中学校の新指導要領で復活したイオンを学習するために、食塩のCPK分子模型利用できる。

食塩NaClは、何故水に溶けるかという点、ナトリウムイオン Na^+ や塩化物イオン Cl^- が水分子に取り囲まれているからである。CPK分子模型を使えば、溶解についても実際に手で触って感じることができる。



・化学変化

分子模型の原子を着脱できるようにし、授業で化学変化が出るたびに化学反応式を分子模型で説明することができる。化学変化は“結合の組み換え”であることが容易に理解でき、化合、分解が一定の法則性に則っていることを実感できる。

4. まとめ

本研究では、新指導要領で追加されたプラスチックについて学習し、総合的な学習でのリサイクル、プラスチックと同時に学ぶ物質のすがたでの学習へも応用が可能な、汎用性の高い教材開発に成功した。この実験はアセトンを利用する点に注意が必要であるが、安価かつ簡便な実験であるため、学校現場でも利用が可能である。

本研究で作製したCPK分子模型は、保管しておき、その後の中学校理科の実験で折に触れて生徒に使わせることで、物質の粒子性と分子の構造と性質の関係について生徒に実感をともなった理解をさせることが可能となる。また、生徒に持ち帰らせて、生徒に常に分子の構造と性質にどのような関係があるのかを考察させることもできる。

第1分野の化学は、目に見えない粒子の振る舞いをどのように説明するかが重要であるため、目に見えない粒子をどのように“目に見える”ようにイメージさせるかが極めて重要である。そのため市販の発泡スチロールを用いたCPK分子模型については、様々な先行研究があるが、本研究は、自分の家にある発泡スチロール片からCPK分子模型を作るため生徒がより実感を持ちやすいこと、市販発泡スチロール球は大きなものは高価であるが、本研究の手法は球型さえ用意できればどのような大きさの球も安価に作り出せること、作製した球が頑丈で着色しやすいこと、生徒に自分自身でCPK分子模型を作らせることができることなどの特徴がある。中学校理科の新指導要領では発展の内容だが、ボアの原子モデルもこの手法で作製することができる。

以上の理由により、新指導要領のプラスチックに対応した教材として本研究は極めて優れた教材である。しかしながら、発泡スチロール製のCPK分子模型は、着色や耐久性に改善の余地がある。今後は、より耐久性が高く、物質の粒子性を理解しやすく、より安価かつ簡便なCPK分子模型の開発を行う予定である。

本研究で明らかのように、教科書や指導要領では、化学の内容は範囲毎に区切られているが、それらの内容を突き詰めると、その本質は同じ事象を表していることが多い。現在、理科の学習において、ある範囲はわかるけれども別の範囲はわからないという生徒が多いが、これは化学の本質を理解せず、表層的な現象だけを暗記しようとするからである。どんな現象が起こるのかを覚えることには意味はなく、何故その現象が起こるのかを考察しなければならない。現象が起こるにはきちんとした理由があるのである。そして、本質的に何が起きている

のかを理解させるために、目に見えない分子の振る舞いを“見る”ことが非常に重要である。想像力によって“見えないものを見る”ことができることを生徒に理解させることで、化学の楽しさが理解できるようになる教材の開発を今後も目指す予定である。

謝辞

本研究は山下裕貴君の尽力による。

引用文献

- 1) a) 小樽分子模型の会, b) This is の田の実験集
発泡スチロール球で分子模型

