

1 発表題

発展学習としての、「イオン」の学習で利用される演示用モデルの開発と、それをを用いた授業モデルの設定

発表者	牛田 博明 (学校改善)	USHITA,H
	有木 秀樹 (授業開発)	ARIKI,H

2 はじめに

平成8年7月の、中央教育審議会第一次答申以来、子供たちの「生きる力」を育成することをめざし、学校現場では、「ゆとり」ある教育環境を実現するために、新しい学習指導要領が、平成14年度より完全実施された。その中の、中学校理科教育での考え方には、4本の柱があり、目的意識をもって観察、実験を行うこと 自然を探究する能力や態度を育成すること 日常生活と関連づけた理解を図ること 科学的な見方、考え方や自然に対する総合的なものの見方を育成すること、と述べられている。

「ゆとり」ある学習指導要領の編成からは、中学校1分野では、「比熱、電気量、イオン、中和反応の量的関係、力の合成と分解、仕事等」などの内容が、高等学校へ移行や統合された。

その結果、中学校化学の内容では、1年生では、水溶液の性質、気体の区別、酸、アルカリ、中和、塩を定性的現象としてとらえ、2年生では、ドルトンやアボガドロの原子や分子の考え方、化学変化、化学式、化学反応式の、特に単純なものを学習する。ここでは、簡単な物質の概念の構成を行っている。

3年生では、化学に関しての内容は、化学変化とエネルギーについて、これも定性的に学ぶ内容しかでて来ない。

単元配列においては、直接観察、実験できる事象から、次第に目に見えない事象への追求、総合的な見方を育てる学習へと、発展的に組まれているようである。最初の段階の、直接的な経験から規則性を見いだす内容については、ある程度成功を見せている感じもするが、しかしながら、問題を解決する力、知識を総合化する力等、前記の4本の柱を最終的に達成するには、配列的に見ても、内容的に見ても、乏しい感がある。

一般的な「学力低下論争」の、学力低下論を全面的に肯定するわけではないが、生徒が真に主体的に学習を進める環境が整っているとはいいいがたいわけである。そのために、中高一貫における中等理科カリキュラムとして、イオンを中学校で学習させたり、発展的学習の中で、「・・・程度にとどめる」内容の突破をめざし、密度の学習を進めたりする内容の検討がなされている。

本研究では、中学校から完全移行された、「イオン」の単元を、発展学習、選択学習の中で取り上げ、生徒の主体的学習態度を育成したり、思考力、創造力を高めたりするために、教材を的確に選択し、わかりやすく与えることが重要であることを提案したい。

そこで、まず、「イオン」の概念を深め、理解させるモデルの作成や、従来行われていた塩化銅の実験の再検討を行い、それらを授業においてどのように生かすか、指導案を中心に検討を進め、提案したいと考えている。

3 研究の方法

(1) モデルの検討

従来、中学校の教科書で説明に利用されていたモデル図をもとに、その図のわかりやすさを検討し、より良いモデル図を模索する。

(2) モデル作り

モデルの検討を基にして、立体的モデル作りを、検討を加えながら進める。

(3) 生徒実験開発

モデルを生かすための、塩化銅の生徒実験に関して、実験方法を開発する。

(4) 指導案作りと、教材の再考

発展学習、選択授業の2通りに関して、指導案作りを行い、その面から教材を再評価する。

(5) まとめと成果や課題

今後の展望を探る。

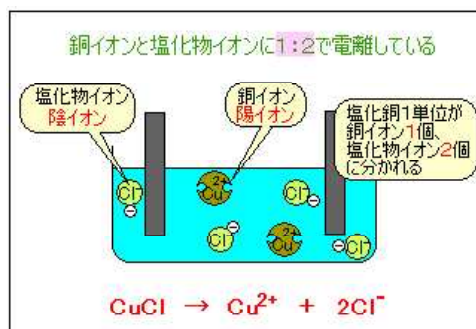
4 研究実践

(1) モデルの検討

従来のモデル

イオンに関しては、前々回の指導要領改訂までは、2価のイオンが取り扱われており、説明においては、図1のようなモデル図が利用されることが多かった。内容的には、水溶液に溶けるイオンの粒の様子や、複数の電子のやりとりなどの概念を構成する訳であり、生徒の探求心をかきたてるには好都合の教材であったが、基礎・基本が定着していない生徒においては若干難しい内容ともいえる。特に、電子の原子構造上の位置まで説明が及ぶと、理解する努力を放棄する生徒が多数出ていた。このように、突き詰めると内容として深みに入りやすい教材であることから、イオンは高校の指導内容に移動したと考えられる。

図1 イオンの説明図の一例



わかりやすいモデルのために

基本的には、従来の図と大きく変更させることは考えなかった。ただ、A、説明のためのモデルの数は少なく。 B、モデルは大きめに（モデルとして扱っていることの説明は必要。） C、イオンはそれぞれ面上を動く D、電子については補助的な説明にとどめる。ことを確認した。

興味・関心を引き出すために

言葉で説明するよりも、モデルにすることにより、生徒の概念構成は強化される。そのために、できるだけ大型のモデル図を利用する。色分けなどに工夫をする。親しみやすい形にする。物語性を持たせる。わからないから1価のものを利用するのではなく、さらに発展させるために2価のものを利用することを考え提示する。などの工夫をすることを確認した。

説明のために

教師が説明をするための補助教材の視点としては、大きめで、モデルが動いて、などの上記と重なる部分が多くあるが、それ以外に、準備しやすいこと、丈夫であること、設置しやすいこと、指し示しやすいことなどがあげられる。

教材として

教材としては、理科授業で利用されなくてはならない。どの教員も用意が可能で、安価であることを追求した。

実際の現象に近づけるために

モデルの大きさ等、実際の現象を説明するためのモデルの責任について追及した。

(2) モデル作り

上記1の平面モデルの検討をもとに、さらに視覚に訴える立体化モデルを作ろうと

計画した。特に、立体化することにより、生徒の興味・関心を高め、明確に視覚に訴えることによる概念構成の深まりを期待した。

準備物

- 1 塩ビ板 180cm×90cm 3077円 とんとん を購入
- 2 スチロール球 大 1個300円程度 中 一個80円程度
小 10円程度
- 3 その他 枠用の合板 釘 押しピン 天蚕糸 セロテープ 画用紙 適宜用意
- 4 プラスチック粘土 喜多先生より寄付して頂く。

モデルの製作

A 枠作り 立体モデルのための枠を作る。塩ビ板を張るために、頑丈なものを作成する。ただ、後で材料等をモデル内に挿入するために、上側を開ける用に設計変更した。そこで、上側の板をのけ、そこに強度を確保するために、塩ビ製トライアングル（机の角を保護する棒材）を挿入した。



B 面の検討 面は、外側から見え、なおかつ説明用に裏側まで光を透過させる予定で、両面を塩ビ板にする予定であった。しかし、塩ビ板（1mm厚）は、スチロールを止める磁石の磁力の効力を生かすには厚すぎ、かつ、硬質なのでスチロールを動かすときの振動も気になる。そこで、薄い紙や新聞紙で実験したところ、強度に問題があることが判明した。最終的には、画用紙をしっかりと張り、裏側の面とすることにした。画用紙は黒色の物を利用することにより、モデルがさらに浮き出て観察できるようになった。なお、表の塩ビ板は、サランラップ等でも、張り方によっては代用することもできるが、その場合は、装置の経年使用性に問題がでてくると考えられる。しかし、サランラップでも、4, 5年の耐用性があることは、他の装置の保存結果から明らかになっている。



C 磁石の検討 磁石は、できるだけ安価なもの、小さい形でめだたないものと考え、多くの種類を確かめてみた。一般的に激安ショップで売られている磁石は、磁力が弱い。また、磁石シートや、ゴム磁石等でも、磁力が弱いことが確認された。発砲スチロール自体を、地面に垂直につすことは、スチロール自体が軽いこともあり、どの磁石でも可能であるが、これを画用紙に垂直に固定すると、スチロールの直径にかかるモーメントにより、予想以上に力が磁石の部分にかかり、使用が不可能であった。そこで、ホームセンターで売られている、4個250円程度の、フェライト磁石でも強力なものを購入し、利用したところ、それらのフェライト磁石の中では、一番小さくて実用性があることが判明した。



D 水の分子の検討 水は、ここでは一つの分子であること、および、水素と酸素が化合してできていることを確認しておき、このモデルではあえて一つの粒として見なしていることを説明しておく。水の分子は、当初は塩ビ板に直接貼り付けておく予定であったが、動きがあった方が生徒理解には良い

だろうと、それぞれを天蚕糸でつなぎ、微妙に揺らぎができるようにした。なお、天蚕糸は、できるだけ見えず、発泡スチロール球が支えられるだけの、細い物を採用した。



E 使い勝手の検討 全体は箱形であるので、持ち運びに便利で、なおかつ、理科室、教室のそれぞれの教卓に利用できるように、横幅80cmとした。また、全体的な大きさは、7m教室の最後方から、スチロール球がどの生徒にも確認できる状態にセッティングした。ただ、利用する場合は、教卓の周りに生徒を集めることが、より効果的であろう。

F 色の検討 銅は赤色、塩素は黄色として、水溶液外での色に近いものを現在採用している。ただ、今後、研究を重ね、色の変化に関して説明ができるシステムができれば、銅は青色にしたい。



G 電極は、現在、モデルとして、+極、-極を表示している状態に留めている。

H 電極での電子のやりとりによって発生する現象に関しては、次のようなモデルのしかけを制作し、現在対応中である。

a 特に、銅イオンの色の変化を明確にするために、単色で、青赤への色の変更がわかりやすいようなしかけを考えた。



b そこで、発泡スチロール球を覆うような薄膜を作り、それを速やかに退けることにより、色の変化が反映されるような工夫を考えた。



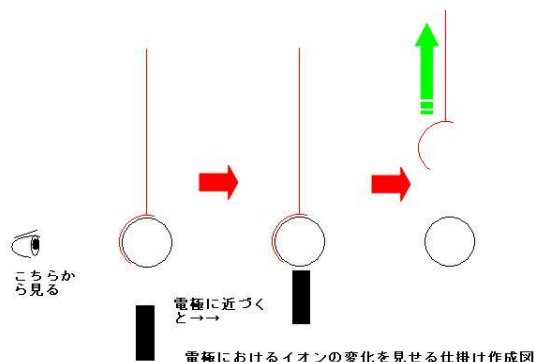
c 薄膜については、セロハン、布、プラスチック等、多くの材料で考えてみたが、球面の設定やいろのり、細工等の関係で、完成の方向性が見いだせないものばかりであった。

d そこで、発想を転換し、変形しやすいもので薄膜を形成することを考えた。すると、その中では、紙粘土が一番使いやすいことが判明した。

e 紙粘土を発泡スチロールで覆い、薄膜を形成し、それに色を塗る。次に、上部に天蚕糸をつけておくことにより、後から薄膜を引き退けることが可能になる。つまり、天蚕糸を引っ張れば、銅イオンは変身することになる。



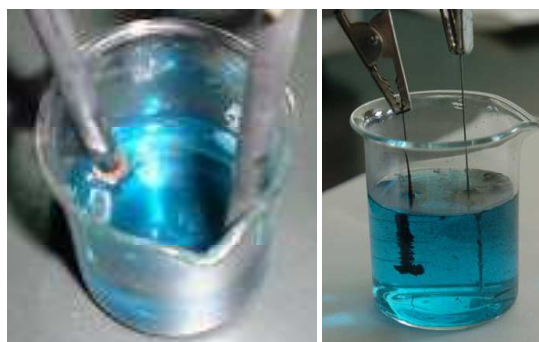
f モデルとしてはほぼ完成したが、それをさらにスムーズに退けられるように、現在研究中である。



H 全体として モデルとしては、立体的にすることにより、生徒にはかなりわかりやすいものできたと考えている。なお、塩素の粒は理論上銅よりも大きい。

(3) 生徒実験開発

A 従来の基本的な方法 塩化銅水溶液の電気分解では、炭素棒を両極に用い、陽極から陰極へ電圧をかけることによって、陽極から塩素が、陰極から銅が発生する。東京書籍の教科書では、炭素棒同士の接触を防ぐため、発泡スチロール製の留め具を利用する。また、過大電流を防止するため、回路に直列に豆電球をさしこむ。別法として、個別実験に対応させるため、電極をシャープペンシルの芯で代用し、実験させることもある。今回の実験では、炭素棒を用いたが、その方法を変えてみた。



B 塩素の毒性 塩素の毒性は高い。従来の実験では、通電時間等を調整し、ガスの発生を押さえたり、窓を開放し、換気をよくするなどに対応した。今回は、塩素ガスを試験管でためる方法で対応して、閉鎖系での純粋な塩素のにおいを、注意してかがせる。余分なガスを外に出さない。

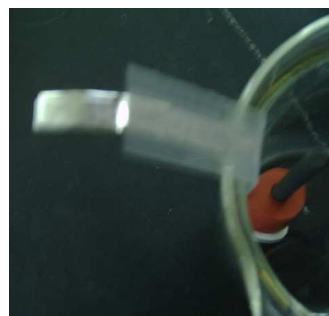
別の電極ではガスは発生しない。等の改善を考えてみた。現在は、試験管の口を下向きにして、捕集する方法を試している。これでは、実験中に、塩化銅水溶液が生徒の手についてしまうので、簡単に操作できる装置の開発を考えたい。



C 個別実験への可能性 できるだけ簡便な道具を使い、1人1実験が可能な状態の実験器具をそろえた。電源として、9V積層電池が使用できることも確かめた。

D 簡便さのために 炭素棒に接するわに口クリップ型の導線は、生徒の利用により、誤って液に触れる場合が多く、実験後、腐食する物が絶えなかった。そこで、炭素棒に接する電極として、アルミを利用した端子を作り、導線と炭素棒との間に距離を置いた。アルミは安価なものなので、使い捨てである。また、炭素棒の設置には、プラスチック粘土を利用した。これはかなり強度があり、水溶液をいれることによる浸潤もない。

E 実際の実験では 炭素棒がピーカーの下から伸びているので、液量を少なくすることが可能となった。また、電極の変化の様子に集中して見ることができるようにな



った。

(4) 指導案作りと、教材の再考

発展学習

発展学習に関しては、水の電気分解（2年）における生徒の疑問、例えば「どうして水に水酸化ナトリウムを混ぜると電気がながれるの」「どのようにして水素と酸素が発生するの」というような問いに対して、自ら学ぼうとする姿勢に答えるために、一つのヒントを与えることとして、「塩酸の電気分解」や「塩化銅の電気分解」を実験させるのが良いのではないかと考えられる。

学習指導課程

学習活動	指導上の留意点
1 水の電気分解に対して疑問を出す。 2 課題設定を行う。 水溶液に電流が流れるのはなぜか。 3 実験の説明を聞く 4 実験を行う 5 結果の発表を行い、意見をまとめる。 6 析出した物質はどこから現れたのかを考える。 7 イオンの説明を聞く。	・ 生徒の状態を見ながら、過去の実験材料を見せるなどの支援を行う。 ・ 実物を用いて、説明を行う。 ・ 塩素の処理について留意する。 ・ この時点より実態モデルを用いる。 ・ イオンを動かしながら説明を行う。イオンがあるので電流が流れる程度の説明に留めておく。

選択理科としては

二年生で習う、「水の電気分解」や化学変化全体のまとめ、さらに一年生で習う「酸・アルカリ・中和」からの発展系として、「なぜ水溶液に電流が流れるの」という疑問を主発点に、選択理科の1単元として、5時間程度の授業を展開することが考えられる。但し、ここまでには、別単元として「電流のしくみ」を学習しているものとする。

単元の指導計画

- 1・2年で学習した水溶液の実験に関して、いろいろな疑問を出し、まとめる。
- 水の電気分解を行い、復習をする。
- 塩化銅の生成の実験を見て、塩化銅水溶液に電圧をかける実験を行う。
- イオンについて、モデルを用いてまとめる。（本時）
- 塩酸の電気分解を行い、学びを確認する。

学習指導課程

学習活動	指導上の留意点
1 塩化銅水溶液の両極に現れた物質に関して復習を行う。 2 物質はどこから現れたのかを考える。 どのようにして銅や塩素は電極に現れたのだろう。 3 塩化銅を水に溶かしたときのモデルを考えさせる。 4 立体モデルをもとに、電圧をかけたときの粒の流れを考えさせる。 5 水に溶けている粒は「イオン」と名付	・ ワークシートに記入させる。 ・ イオンの粒を入れていない立体モデルを見させて考えさせる。 ・ 生徒の出すモデルはそれぞれ大切にす る。 ・ 粒はばらけることを押さえておく。 ・ 電荷については説明を行う。

<p>けられていることを知る。</p> <p>6 銅が付着すること、塩素が空気中に出ていくしくみを学習する。</p>	<p>・1時間の授業に限定せず、理解の様子を見ながら説明を行う。</p>
--	--------------------------------------

教材の再考 どちらの場合でも、時間を短く設定し、手短かにイオンをまとめている。従って、より説明的要素を付加したモデルの構築が必要だと考えられる。詳しくは授業実践の中で検討したい。

5 まとめと成果や課題

(1) 成果

視覚的に優れたモデルが完成し、立体的な演示が生徒に好影響を与えることが予想できたこと。

教材開発が、理科授業の根幹の一部であることを再認識したこと。

生徒に考えさせる姿勢を持たせるためには、やはり教材そのものやその配列が大切であることが確信できたこと。

(2) 課題

塩ビ板等、予想外に高価な材料を使用せざるを得なかったこと。

発展課題や選択理科における授業設計には、生徒の目標規準も含めて、さらに考えを進めなくてはならないこと。

電子の受け渡しの部分など、モデルにはさらに改良の余地があること。

(3) 今後は

今後は、モデルと平面図との関わり、授業展開例の深化、モデルと、それを用いての授業設計について、さらに考えを進めたい。なお、モデル自身にも、さらに考えなくてはならない部分が多く存在するようである。例えば、イオンの粒子的移動は、ごく限られた部分だけであり、電子の収受は、分子の運動性に負うところが大きい、などである。

6 謝辞

なお、本課題研究を行うにあたり、喜多 雅一助教授・武田 清助教授に助言をいただいたので、記して感謝する。

7 参考文献、参考にしたホームページ

- 文部省(1999)中学校学習指導要領解説 理科編 大日本図書
 中学校理科教科書 「新しい科学 上・下」(2002) 東京書籍
 原 英俊(2003)「中高一貫校における中等理科カリキュラム」 理科の教育 4
 p22 ~ p24
 益田 裕充(2003)「理科教師の責任」理科の教育 5 p22 ~ p24
 中学理科の攻略 <http://www.max.hi-ho.ne.jp/lylle/>
 理科の授業記録 福地孝宏 <http://onl.net/~taka1997/>

