

# 指導資料



鹿児島県総合教育センター

## 理科 第242号

- 中学校，盲・聾・養護学校対象 -

平成16年5月発行

### 粒子概念の育成を目指した「化学変化と原子，分子」の指導

中学校理科の果たすべき一つの役割は，具象と抽象とを無理なくつなぐことである。言い換えると，目に見える具体的な事象を理解する上で，目に見えない抽象的な考え方を使って「うまく説明できるなあ」と実感したり，新たに出会った事象にその考え方を適用したりすることができるようにすることである。

粒子概念は，具象を説明するために，人間が長い年月をかけて築き上げてきた抽象的な概念である。抽象的であるが故に，つい単なる教え込みになりがちな概念でもある。

そこで，本稿では中学校で育てるべき粒子概念を明確にするとともに，「化学変化と原子，分子」においてどのような指導が必要であるかについて述べる。

#### 1 中学校で育てるべき粒子概念

『中学校学習指導要領解説 - 理科編 - 』では，化学的領域のねらいを次のように示している。

物質とその変化に関する様々な化学的な事物・現象の観察，実験を行うことを通して，基礎的な技能と知識を習得させるとともに，目に見える物質の性質や反応を，目

に見えない原子，分子の考え方で統一的に説明できることを学ばせ，科学的なものの見方や考え方を養うこと。

(下線は筆者加筆)

「原子，分子の考え方で統一的に説明できる」という部分が，中学校で育てるべき粒子概念を示している。具体的には，次のようなことである。

自然界のすべての物質が，原子という粒子で構成されている。

その原子は，種類によって固有の大きさと質量をもっており，なくなったり新しくできたりしない。

物質の様々な変化は，原子や分子の運動の変化及び原子の組合せの変化によって説明することができる。

このような見方や考え方は，自然の様々な事物・現象を解釈する上で欠くことのできない基本的な見方や考え方である。

#### 2 「化学変化と原子，分子」の指導の進め方

上述したような見方や考え方を育てる上で中心となる単元が，「化学変化と原子，分子」である。

原子，分子の考え方は極めて抽象的で

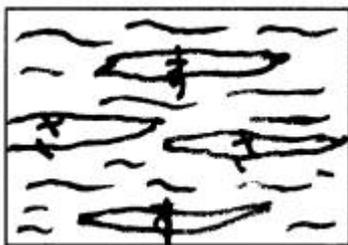
あるため、考えさせるべきことと教えるべきことのバランスを取りながら、指導を進めていくべき単元である。原子、分子の存在を認識させ、原子、分子の考え方の有効性を実感させながら、ドルトンの原子説が正しいならば実験結果はこうなるはずだという、仮説演繹的<sup>えんえき</sup>な学習へと展開していくことによって概念形成を図ることが重要である。

### 3 原子、分子の存在を認識させる指導

中単元「ア 物質の成り立ち」では、物質の分解を取り扱い、生成した物質から元の物質の成分を推定させる。推定した結果をよりどころとして、ドルトンの原子説、アボガドロの分子説といった粒子概念が導入される。

生徒は、分解によって生成した物質が元の物質の中にあつたことは容易に指摘できる。しかし、分解によって生成した物質がどのように元の物質の中に存在していたかについてのイメージは様々である。そこで、以下、筆者の指導過程を述べる。

水の電気分解によって水素と酸素が発生する現象から、水をイメージさせるところ、次のような描画が多くみられた。



- 生徒の考え -  
水素や酸素は気体だから、水の間に入り込んでいて、普段は目に見えない。

このような状況で、水の組成について議論させても、「水は、水素の粒と酸素の

粒が2：1の割合で結び付いたものである」という考えは生まれにくい。

そこで、物質の粒子性を認識させるため、二つの物質を混合すると、総質量は変わらないのに総体積が減少してしまう現象を次の順に観察させ、考察させた。

メスシリンダーに砂糖50cm<sup>3</sup>をきつく詰め、そこに水50cm<sup>3</sup>を入れる。その後、よく混合して体積変化と質量変化を調べる。

水を注ぐと、空気の大い泡が出るため、初め「砂糖粒の間の空気が押し出されて、体積が減った」という意見が出された。しかし、砂糖をきつく詰めた割には、減少する体積が大きい(約30cm<sup>3</sup>の体積減)ので、「それだけではなさそうだ」という意見が出され、「何が起きているのだろう」という問題意識が形成されていった。

メスフラスコに水50cm<sup>3</sup>を入れる。そこに着色したエタノール50cm<sup>3</sup>をゆっくりと流し込む(写真1)。その後、よく混合して体積変化(写真2)と質量変化を調べる。

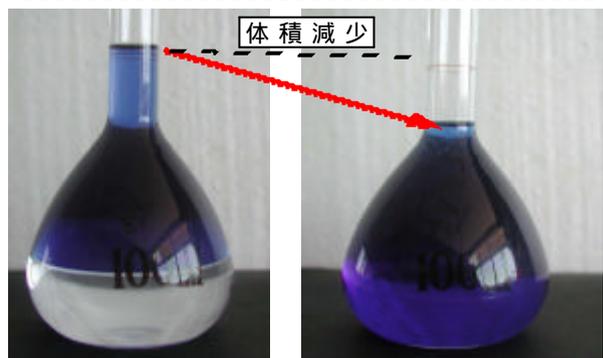


写真1 混合前

写真2 混合後

とは違い、二つの物質ともすき間はないように見えるので、生徒たちは体積が減ったという事実に驚きの声を上げ、目に見えない世界を意識するようになった。

メスシリンダーに大豆50cm<sup>3</sup>とゴマ50cm<sup>3</sup>を入れる。その後、よく混合して体積変化と質量

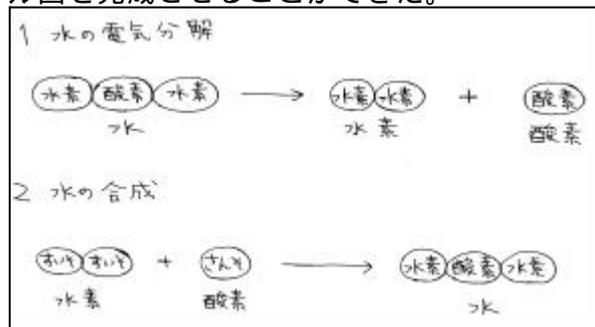
変化を調べる。

でも体積が減少したことから、生徒たちは、の結果と関連付け、次のような結論に達した。

体積が減ったのは、粒と粒が互いにそのすき間に入り込んだからである。

見た目にはすき間がないように見えても、物質にはすき間がある。

この後、水の合成実験を行った。「水素2体積と酸素1体積の混合気体からは水しかできない」という事実を基に、次のようなモデル図を完成させることができた。

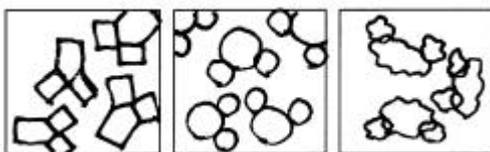


このような流れを経て、デモクリトスの「アトム」の考え方、ドルトンの原子説、アボガドロの分子説を導入したことにより、生徒の理解は深まった。

しかし、このように粒子の考え方を自分たちで導き出しても、分子運動論を扱わないと、物質の三態変化について、次の図のように誤ったイメージをもつ生徒が出てくるので気を付けなければならない。

#### 生徒のもつ誤ったイメージ

日常見ている状態を、直感的に分子の形の違いとして表現したもの

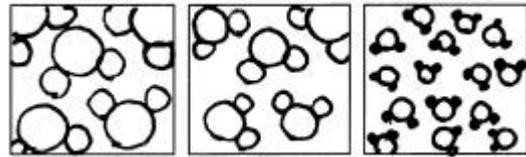


氷

水

水蒸気

通常、目に見えるか見えないかを粒の大きさの違いで表現したもの

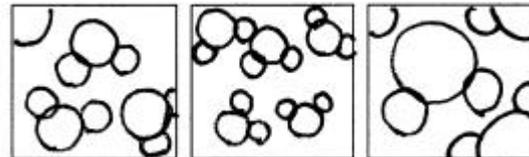


氷

水

水蒸気

状態変化による体積変化を、分子の大きさの違いで表現したもの



氷

水

水蒸気

#### 4 原子、分子の考え方の習熟を図る指導

原子、分子の考え方を学んだ後であっても、誤ったイメージをもつ生徒も存在する。次の図は、その一例である。



このように、実際に目の前で鉄が燃える現象を観察すると、巨視的な見方に戻ってしまう生徒がいる。これは、生徒が目に見える変化や形などにとらわれた感覚的な見方をする傾向があることを示している。教師はこのことを「間違い」として処理するのではなく、生徒が主体的に自分の考えを修正していきながら、原子、分子の考え方に習熟していくような指導を行うことが大切である。

そこで、中単元「イ 化学変化と物質の質量」前半では、次のような流れで指導を行った。

化合や燃焼の実験をする。

燃焼によって、質量が減少する物質と増加する物質があることに気付かせる。

燃焼によって起こった変化を、原子・分子レベルでイメージした図で表現させる。(個人)

個々が描いたの図を、原子説や分子説と矛盾しないように修正させる。(グループ)

の図を基に、質量が減少する物質と増加する物質がある理由を考察させる。(グループ全体)

～ の過程で、生徒は原子の基本的な性質と描かれた図との整合性を検討しながら、図を修正していった。では燃焼によって質量が減少した炭素や有機物は、すべて気体が発生しているという事実から、「原子や分子の出入りのない空間(閉鎖系)で実験すれば、質量の増減はない」という質量保存の法則の考え方に気付いていった。

このことを実証するための実験では、容積の変わらない容器を使用しなければならないが、事故防止のため、丸底フラスコや炭酸飲料用のペットボトルなどを使用しなければならない。

写真3のようにビニール袋を使った装置では、気体の増減によって浮力が変化し、電子てんびんの示す値が反応前後で変わってしまうので使用することはできない。



写真3

## 5 原子、分子の考え方の定着を図る指導

本単元の最後は定比例の法則を導く実験である。「原子の質量は種類によって決まっており、原子同士は一定の個数の割合で結び付くならば、化合する二つの物質

の質量比は一定になるはずだ」という生徒の予想を確かめさせるために、銅やマグネシウムの酸化による質量変化を調べさせる。

しかし、マグネシウムの酸化によるデータが理論値から大きくかけ離れてしまい、予想を検証できない場合が多い。

そこで、スプレー缶入り実験用酸素を使い、酸素を供給しながら(写真4)マグネシウムリボンを燃焼させると、酸化率が100%になることから、生徒は自分たちの考えが正しかったことを立証し、原子、分子モデルの有効性や合理性を実感することができる。



写真4

詳しい実験方法については、当センターWebページ内「中学校理科Q & A」を参照

このような学習を踏まえた上で、走査型トンネル顕微鏡で撮影された原子の写真を見せると、生徒は原子、分子の存在を確信することになるのである。(http://www.jsf.or.jp/sIn/huusen\_J\_master/jump01/jump01\_01.htm)

自らの力で原子、分子のモデルをつくり上げていくためには、生徒は粘り強く、論理的に思考を積み重ねていく必要がある。その結果、獲得したモデルは、生徒にとって確固たるものになり、自然事象をモデルで解釈しようとする科学的な見方や考え方が育成されるのである。(教科教育研修課)