

■ 論文 ■

化学変化における化合物に対する中学1年生の物質観

佐藤 勝洋

(1990年1月20日受理)

Katsuhiro SATO

Views of Substance of First Year High School Students on Compounds Made Through Chemical Changes

中学校1年生の理科に「物質と変化」という単元がある。ここでは物質や化学変化について学習する。筆者は「燃焼」を教材とした化学変化の学習指導の後、「酸化鉄」について生徒はどのようなイメージを持ったのかを調査した。特に鉄と化合した酸素についてどんな姿をイメージしたかについて、興味ある結果が得られたので、紹介してみたい。

〔キーワード〕 酸化鉄、酸素、粒子モデル、粒子的見方、物質観

1 はじめに

物質についての学習は、物質固有の性質を知ることである。その1つが物質の持つ化学的な性質である。物質相互の化学的な反応のしかたについて物質の持つ固有な性質である。このような物質が持つ性質は、外に現れるマクロな面で観察できる。それぞれの物質のもつ性質が固有なものであることや他の物質と共通性を持つことの理由を理解するには、物質を粒子のモデルで見る必要がある。その物質を構成している分子・原子さらには電子などミクロな面で見ると、様々な物質が持つ多様性も単純化され、多種多様さの中に統一性を見出すことができる。

中学1年で学習する物質や化学変化の学習は、中学校理科のはじめに学習するところである。物質やその変化を原子・分子モデルで考えていけばよいといったところで、粒子概念が形成されていないこの段階では無理である。この段階では物質や化学変化を粒子概念

〔表1〕

〔「燃焼」の学習指導〕	(酸素に焦点を当てながら探究的に学習を進めた。)
<p>学習の展開は以下に挙げるような課題を設定して、仮説を立て、検証方法を考え実験で確かめながら燃焼ということの化学的意味を明らかにしていく。</p>	
<p>① 燃える物質は燃焼後、どうなるのか？ 消えてなくなるのか？</p>	<p>▷消えてなくなるように見えるのは、見えない気体になるから。</p>
<p>② 物が燃えた後、二酸化炭素以外の物質は出てこないのか？</p>	<p>▷ろうそくやエタノールが燃えると水も出てくる。</p>
<p>③ 燃える物質はどんなものでも二酸化炭素が出てくるのか？</p>	<p>▷スチールウールやマグネシウムでは二酸化炭素は出てこない。</p>
<p>④ スチールウールは燃焼後どんな物質ができるのか？</p>	<p>▷黒っぽい物質、燃えない。 ※燃焼後に質量が増えている。</p>
<p>⑤ [燃えた後、別の物質が出てくるのをどう説明したらいいのか？]</p>	
<p>▷「燃える」とは？</p>	
<p>・ろうそくの火にびんをかぶせると火が消えるのは？</p>	<p>▲出てくる二酸化炭素に火を消す性質がある？ ▷スチールウールは二酸化炭素を出さないが、びんの中では火が消える。</p>
<p>※(二酸化炭素のない)窒素の気体の中でも火は燃えない。</p>	
<p>▷燃えないのは酸素がないからなのだ</p>	
<p>⑥ 物質が燃えるのに酸素を必要とすることはわかるが、酸素は燃えるものの周りに在ればよいのか、酸素は使われるのに必要なのか？</p>	<p>※▷酸素の中でスチールウールを燃やして調べる実験から、燃える時酸素が使われる。</p>
<p>⑦ 燃焼で使われた酸素はどこへ行ったのか？</p>	<p>▷燃焼後に質量が増えることと、燃焼で酸素が消費されることから、燃焼後の生成物にある。〔酸化物〕</p>

で学習するのではなく、物質について、あるいは化学変化を調べる過程で粒子概念を、特にその土台を形成していくことが大切であると考える。

化学変化を学習する教材としては「燃焼」を扱う。物質の燃焼は身近なものであり、かつダイナミックな変化が観察できるので生徒にとって大変興味をひく現象でもある。

筆者は、生徒が物質観や粒子概念の土台をどのように形成していくのか、ということに関心があった。そこで、そのことを知る手がかりを得るための調査を行ってみた。調査は「燃焼の化学変化」について、実験を通して探究的に学習を進めた後に行ったものである。

2 調査内容

調査は本校の中学1年生(39名)を対象にして次のような方法で行った。

「燃焼」についての学習指導は別表〔表1〕のような内容で進めた。仮説を立てて実験による検証・推論を繰り返しながら、「物質の燃焼は物質と酸素とが化合する酸化反応である」との結論を疑う余地のないところまで確かめた後で、「酸化鉄の中身——特に酸素のその後の姿——」についてのイメージを図と説明で描いてもらう。

なお、この調査は1989年6月に行ったものである。

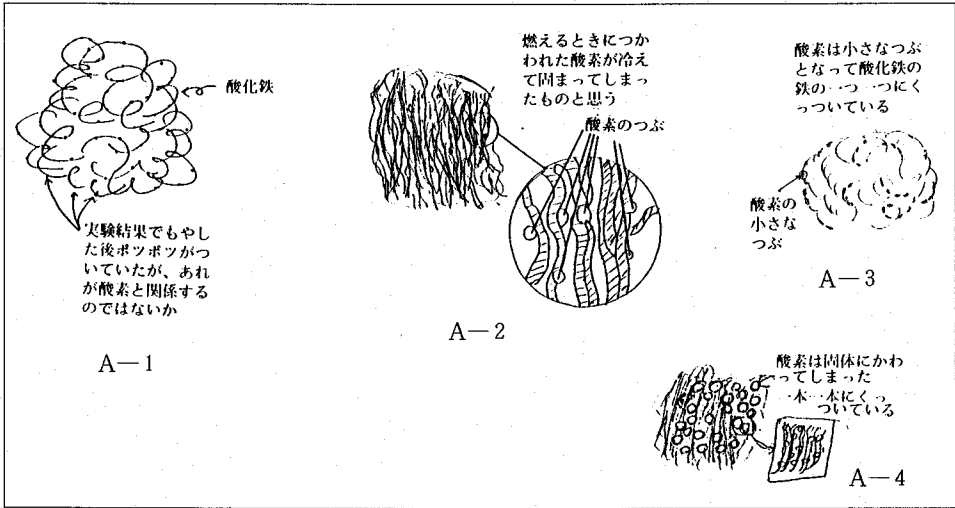
3 調査結果

生徒が図解した「酸化鉄についてのイメージ」を、特に酸化鉄の中の酸素の姿に着目して分類した。次に分類した5つのグループそれぞれについて述べる。

〔Type A〕 (9名)

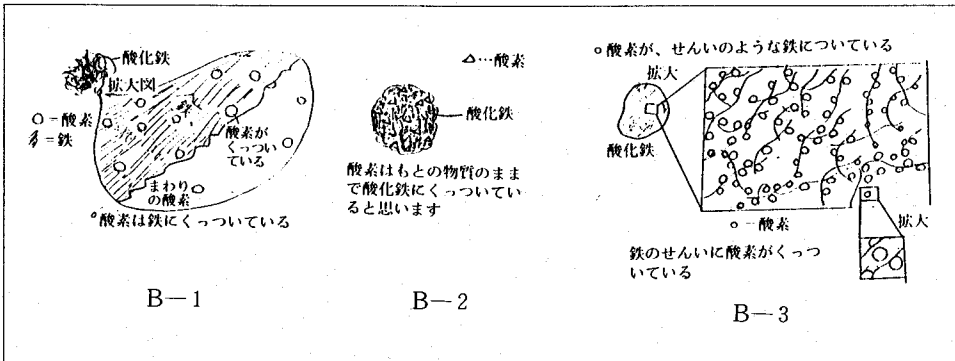
酸素は粒状に固まって鉄についた。その場合の粒は肉眼で観察できる程度のものをイメージしている。

スチールウールが燃焼すると、熱によって溶けて直径1mmくらいの粒になって所々に付着しているのが実験のとき観察されていた。この粒を酸素が変化してできたものと考えたことが、図や説明から読み取れる。



〔Type B〕 (10名)

酸化鉄の中で、酸素はスチールウールの鉄の繊維に付着している。酸素を粒の形にかき表しているが大きさについては、はっきりしない。Aと異なるのは、最初から酸素を粒からできていると考え、粒子モデルで表している。



〔Type C〕 (7名)

酸素は酸化鉄の中にくっついているという点で Type B と類似するが、図や説明には特に粒子の形ではかき表されていない。鉄の中の酸素を気体のまま（固体や粒とは違うものとして）の酸素と考えているようである。したがって、酸素を粒から成るとは考えていないと思われる。

酸素が燃焼によってつかわれるので、それが

酸素は燃焼につかわれてスチールウールにくっついていく

C-1

① 上のように酸素と合体して、本当に一つのものになったと思う。

② 酸素は気体のままじゃないひとつひとつと合わさると思う。

C-2

〔Type D〕 (8名)

酸素は鉄と結びついたあと酸素とは違う別の物質に変わって鉄についている。その物質が粒状であるのかどうかは不明。

このモデルは「燃焼のできる酸化鉄は点火しても再び燃えない」という実験事実から解釈されたものと思われる。

・酸素は鉄と同じような物質になった
(鉄の中へ入りこんで)

D-1

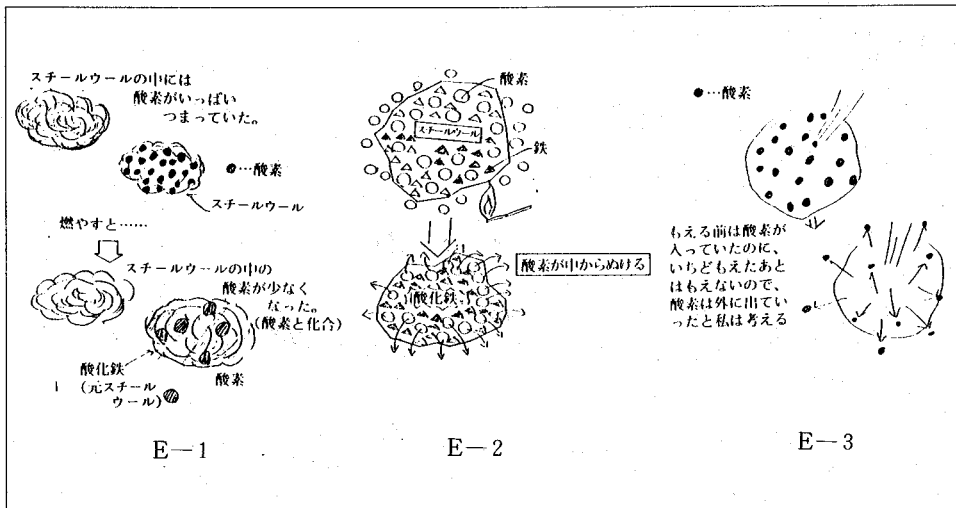
D-2

D-3

〔Type E〕 (5名)

その他。

ここにまとめたのは、酸化鉄は燃えないという実験事実から解釈されたと思われるものが目につく。しかし、スチールウールの燃焼について実験結果の解釈に誤りがあるもの、課題を思い違いをして捉えたと考えられるものなども目につく。



4 結果の分析

生徒が酸化鉄について持ったイメージは、ここで分類した5つの区分の中においても、それぞれ少しずつ違いが見られる。紙面の都合により全てのサンプルを載せることはできないが、39人で数十通りもそれぞれ異なる図解をしている。このことから生徒が化合物についてミクロな見方をするのは、今回がはじめてであると考えてよい。

したがって、この酸化鉄のイメージは実験事実を手がかりとして考えた生徒一人一人のオリジナルなものであるといえる。

生徒の描いたサンプルで見えていくと、酸化鉄の中の酸素を考えるために、直接の手掛かりとなった実験事実はこのものであることがわかる。

(「燃焼の化学変化」の一連の実験のなかで)

- ① スチールウールを燃焼させたら元の物質とは性質の違う物質ができた。(点火しても燃えない)
- ② スチールウールを燃やしたら質量が増えた。
- ③ 酸素の中でスチールウールを燃やしたら、酸素がみるみるうちに減少していった。

このうちの②と③とから、燃焼で使われた酸素が燃焼後にできた物質(酸化鉄)にあるとした生徒が Type A, B, C のグループと考えられる。また Type D と E では①の結果を重視して解釈をしたのではないかと考えられる。

生徒への問いかけは前述したように「酸化鉄の中身一特に酸素の姿は？」と酸素にしぼって推論させているので Type A～E の解釈と酸素のイメージが出てくる条件を次のように考える。

▷ [Type A]

酸化鉄は固体の物質として観察されるのであるから鉄と化合したあとの酸素は固体になっている。またスチールウールが燃えたあとにできた酸化鉄のところどころに小さな粒ができていた。酸素はこの小さな粒状の固体となってスチールウールのところどころに附着している。

▷ [Type B]

鉄（スチールウール）と結びついた酸素そのものは変化していない。酸素は小さな粒なので直接観察されないがスチールウール全体にまんべんなくついている。

▷ [Type C]

スチールウールと酸素が結びついた。酸素を粒子的モデルではとらず、気体の酸素がそのままスチールウールにくっついたと考えているようである。

▷ [Type D]

このタイプは、酸化鉄の性質を調べた①の実験事実（スチールウールが燃えてできた物質に点火しても燃えない、という実験事実）からでてきたものと思われる。

▷ [Type E]

このタイプにも酸化鉄の性質①を解釈しようとして考えたと思われるものがある。

[物質の粒子モデル]

生徒が図解の中に描いた粒子は具体的にどんなものを意味し、イメージしているのかをサンプルの図からだけでは特定することはできない。しかし、図解に添えられている説明と合わせて見ていくと粒子が意味するところのイメージを次のように推論し、分類できる。

- ① 物質は微小な粒が集まってできている。したがって物質を構成している最小単位のものにまで分ける（分解する）ことができる。最小単位の粒は他の異なるもの（物質）に変化することはない。
- ② 物質は小さな粒子が集まってできている。しかしその物質が変化（化学変化）するときは、その粒子自体が他の違う物質に変化する。
- ③ 物質を粒子のように表しているが、それが意味するところの実体はマクロな観察でみる物質の姿そのものを意味している。つまりこの場合は固体の鉄や気体の酸素をそれぞれ単純に粒状の形にかき表しただけで、とくにそれは物質が粒子から成るということの意味しているわけではない。

「粒子の大きさ」

今回生徒に求めた「酸化鉄の中の酸素の姿」では、粒子モデルがでてきても、粒子自体

の大きさを問題にする必要は特にないため、粒子の大きさをどの程度に考えたかは説明には出てこない。それでも、サンプルの図解から生徒がその粒子をどのくらいの大きさに考えたのか、ある程度は推定ができる。それを次に述べる。

- ① 酸化鉄についての酸素が固体の小さな粒となっているとした生徒の場合、スチールウールの繊維1本の直径よりやや大きめの粒をイメージしている。これは前にも述べたように、燃焼熱でできた酸化鉄の小さな玉を観察しているところから想定されたものであろう。
- ② スチールウールの繊維の中に収まってしまう程の小さな粒。
- ③ 酸素はスチールウールの繊維1本1本のへりに着いていると考えるが、実際肉眼では観察されなかったから、肉眼では見ることができない大きさの微小な粒。

5 まとめ

ここでの学習指導において、粒子モデルを使った説明や解釈は行っていない。それゆえ、酸化による化合物（酸化鉄中の酸素の姿）に対する生徒のイメージは多様に出てきたものと思われる。

この調査結果から得られたことのうち、特に次の2点に注目したい。

- ① 物質を粒子的なモデルでみる見方が生まれてくる1つの条件。
- ② 粒子概念を形成していくための学習指導で考えるべきこと。

①について――

物質の燃焼を探究する一連の実験事実を解釈し説明しようとする場合に、必然的にでてくるアイディアの1つではないかと思われる。このことは人間がたどった科学史のなかで出てきた粒子モデルによる物質観と同質、あるいはそれに近いものではないかと想像される。

②について――

今回の調査結果は次のことを示唆している。化学変化を学習する初期の段階において、教師が原子・分子を想定した粒子モデルを○や▲でかき示したとしても、受け取る側の生徒は教師が意図したように受け取るとは限らない。それどころか、おそらくは教師が想定したものと生徒が受け止めるイメージとの間には全くかけ離れた別物といえるようなものが多くあるのではないか、ということが想像される。このことは「物質とその変化」の単元に限ったことなのではなく、物質を原子・分子のレベルのミクロな見方や解釈をしていく場合や電流についての粒子的な考え方へ進む様な時にも起こり得るのではなからうか。

中学校理科の1分野における学習指導では、粒子的物質観の形成が基本的な指導目標と

なっている。特に化学領域では、中学校の3年間を通して粒子的な物質観を形成するような教材構造になっており、物質の粒子的見方・考え方は基本概念の中でもよりベーシックなものとなっているのである。粒子概念の形成には、その下地となるところを無理のない段階を踏んで充分に実証的に習得させていく必要があることを感じさせられる。

6 おわりに

理科の教師なら常識、あるいは常識以前のこととして意識にも止めないで、話をしたり使ったりしていることでも、はじめて学習する生徒にとっては常識ではないのだということを、改めて考えさせられたことである。