

中・高理科の「原子」の学習

理科(化学) 石 井 朋 子

1. はじめに

現行の理科の教育課程の問題点が様々に指摘されている。化学分野では、定量的な概念や粒子概念を中心に、中学校での削減項目が大変多く、これらが高等学校に押し上げられた。このことにより、中学校での理科は物質の本質が見えないつまらないものになり、高等学校での化学は内容の重い益々難しいものになっている。平成15年度には、「イオン」、「酸・塩基・塩」を中心に中・高の接続を考えた高等学校における化学Iの指導について、実践し、報告した。(文献1)今年度は、化学では最も基本的な概念である「原子」について取り上げた。

現行の中学校理科における「原子」の扱いはドルトンの原子説が登場するにとどまり、原子構造や原子の種類の違いには全くふれていない。旧課程の教科書には

- ・ 原子は+の電気を帯びた粒と-の電気を帯びた粒からなる。
- ・ -の電気を帯びた粒を電子という。
- ・ 原子は電子を受け取ったり、失ったりする。
- ・ 金属原子をつくっている電子を自由電子という。
- ・ 電流の正体は自由電子の移動である。

などの記述があったが、現行ではすべて削除された。また、周期表も教科書から姿を消した。中学生に理解しやすいようにという配慮からこれらが削られたということであるが、このような内容の空洞化がかえって全体像の理解を困難にすると共に、理科好きな生徒にとってはまったく食い足りないつまらないものになっているように思われる。佐藤・細矢らの調査(文献2)によれば、世界的にみても日本の中学校理科における「原子」の扱いの軽さは他に例をみない。

「原子」の学習を中・高で系統的に効率よく行うにはどのような指導法が有効かを考え、実際に中学生への指導を試みた。この実践をもとに、若干の考察を加えたので、ここに報告する。

2. 中学生向け体験授業・化学コース「原子の実像にせまる」

今年度で第8回となる中学生向け体験授業で、「原子の実像にせまる」というテーマを取り上げた。受講生は東京および近県の国・公・私立の中学生20名で、学年別には1年生3名、2年生6名、3年生

11名であった。授業時間は約2時間、45分授業で3コマ分に相当する。

資料1が用いたテキストである。「原子」の学習を次の①～⑤段階と系統的にとらえ、授業を組み立てた。テキストの項目1～9との対応は以下のである。このうち、現行の中学校理科で扱っているのは①のみで、高等学校では①～⑤すべてを扱っている。

- | | | | |
|-------------|-------|------------------------|-----------------------------|
| ① ドルトンの原子説 | | 1. 原子説の歴史 | |
| ② 原子構造 | | { 2. 原子の大きさ | |
| | | { 3. 原子を電子顕微鏡で見る (ビデオ) | |
| | | { 4. 原子の構造 | |
| ③ 原子番号と電子数 | | { 5. 原子の種類の違い | |
| | | { 実験1 原子番号11番のナトリウムの性質 | |
| | | { 実験2 原子番号17番の塩素の性質 | |
| | | { 6. ナトリウムと塩素の性質のまとめ | |
| ④ 電子配置と価電子数 | } | | { 7. ナトリウムと塩素の反応 (ビデオ) |
| | | | { 8. ナトリウムと塩素の性質の違いは何によるものか |
| ⑤ イオンの生成と結合 | } | | { 9. 原子を走査型電子顕微鏡で見る (ビデオ) |

また、実際に授業を行うに当たり、指導上留意した点は上記の系統的な学習を確保することに加え、次のA～Cの3点である。テキストの項目1～9との対応は次のようである。

- | | | |
|---------------|---|---------------------------|
| A ミクロな視点のモデル化 | { | 2. 原子の大きさ |
| | | 3. 原子を電子顕微鏡で見る (ビデオ) |
| | | 9. 原子を走査型電子顕微鏡で見る (ビデオ) |
| B 実験の有効活用 | { | 5. 原子の種類の違い |
| | | 実験1 原子番号11番のナトリウムの性質 |
| | | 実験2 原子番号17番の塩素の性質 |
| | | 7. ナトリウムと塩素の反応 (ビデオ) |
| C 作業による概念の定着化 | { | 5. 原子の種類の違い |
| | | 8. ナトリウムと塩素の性質の違いは何によるものか |

Aとしてはビデオによる映像を利用した。Bとしては2つの生徒実験を用意した。Cとしては、5. で原子番号から各原子の陽子数や電子数を表に記入したり、8. で各原子の電子配置を表にしたりする作業を取り入れた。全体の時間が短く、8. の説明がかなり駆け足になってしまった。

3. 結果

体験授業のテーマとしては例年に比べ地味なもので、果たして中学生の受講者が集まるだろうかと心配したが、予想に反して申し込み受付開始早々に定員が埋まった。「原子」についてもっと知りたいと

いう中学生の欲求が高いことが伺えた。

体験授業終了後、受講者に対して自然科学や体験授業についてアンケート調査を行った。その結果を資料2に示す。(1)の結果から、受講生は全体に自然科学への興味・関心が高く、探究心が旺盛な生徒たちであることがわかる。また、(2)の結果から、②原子構造、③原子番号と電子数、④電子配置と価電子数の段階について9割の生徒が「よく理解できた」または「まあまあ理解できた」と答えており、中学生にもこのレベルまでの理解は十分可能であることがわかる。なお、この結果について、学年の差はあまり見られなかった。

(3)、(4)、(5)の結果からは、今回の授業が役に立つかについてはやや評価が低い、楽しく興味をもてたかについては高い評価が得られた。

(6)の「よくわかったところ」「面白いと感じたところ」の自由記述では、②原子構造、③原子番号と電子数の段階については、かなり理解されたことがわかる。逆に(7)の「難しかったところ」、「わかりにくかったところ」の自由記述では、④電子配置と価電子数、⑤イオンの生成と結合の段階があがっている。また、指導上留意した点については、B実験の有効活用が最も評価が高く、Aビデオの利用も有効だったようである。

授業終了後、何人かの生徒と雑談した。複数の生徒から、「原子について疑問がわいてもう少し知りたいと思っても、中学校の教科書からは何の解答も得られなくてつまらない。それで今日の授業に期待してきた。いろいろわかって楽しかった。」という主旨のことを聞いた。興味・関心が高く、探究心が旺盛な生徒の知的好奇心を伸ばせるような学習の場が不足しており、このような場を提供する必要性を痛感した。

4. 考察

これらの実践の結果を踏まえ、「原子」の学習を中・高で系統的に効率よく行うにはどのような指導法が有効かを考えてみる。まず、系統的な流れの中で、区切りを明確にする必要がある。一方で、接続をスムーズにするためには、部分的な重複と繰り返しの学習も必要である。さらに生徒の発達段階と理解度を考慮すると、1つの私案はつぎのようになる。中学校では③原子番号と電子数までを扱えば、原子の種類の違いがわかり、性質の違いとしてもとらえられよう。個々の原子に深入りせず、全体像が理解できるレベルで十分ではないか。周期表を復活すればその意味もはっきりする。ただし、質量数と中性子についてはふれなくてもよいのではないか。高等学校では②原子構造と③原子番号と電子数は中学校の学習の確認程度に軽く扱い、②原子構造には質量数と中性子数を加えて、同位体、原子量へと発展させる。③原子番号と電子数は④電子配置と価電子数や⑤イオンの生成と結合、周期表へと発展させる。当然個々の原子の違いも明確になる。さらに付け加えると、高等学校での「原子」の学習は有機化合物の構造や性質をよく理解するために、また、高・大の接続を考えると、電子雲などの量子的な扱いも一部導入を計りたい。

学習段階	現行	私案
(ア)ドルトンの原子説	中・高	中
(イ)原子構造	高	中・高
(ウ)原子番号と電子数	高	中・高
(エ)電子配置と価電子数	高	高
⑤イオンの生成と結合	高	高

生徒の学力低下が叫ばれる中、2006年度の教科書の改訂では、削減されたもののうちいくつかは復活するとの情報もあるが、振幅が大きくならなければよいかと危惧される。生徒の実情を正しく認識し、実践に根拠をおいた十分な議論が望まれるところである。

5. 参考文献

- (1) 石井朋子「お茶の水女子大学附属高等学校研究紀要」49号（2003年）
- (2) 佐藤明子、細矢治夫「化学と教育」51巻8号（2003年）

資料 1

第 8 回高校理数への招待－1 日体験授業テキスト

2004, 12, 19

化学コース 原子の実像にせまる

お茶大附属高校

1. 原子説の歴史

(1) デモクリトス (460-370B.C. ごろ) の原子説

「すべてのものは『原子 (アトモス)』と『真空』からできている」

「何物も無から生まれず、無に滅びない」

(2) ドルトンの原子説 (1803)

「物質はすべてそれ以上分割できない小さな粒子である原子からできている」

- ・原子は化学変化によって、それ以上分割することができない
 - ・種類によって、質量や大きさや性質が異なる
 - ・化学変化によって他の種類の原子に変わったり、なくなったり、新しくできたりすることはない
- ←ラボアジエの質量保存則 (1774) 「化学変化の前後において、物質の質量の総和は変わらない」
- ←プールの定比例の法則 (1799) 「同じ化合物では、成分元素の質量の比は一定である」

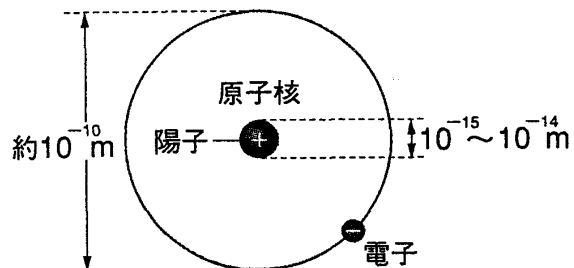
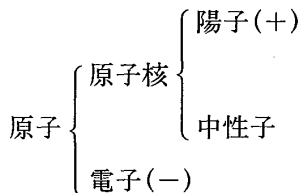
2. 原子の大きさ (ナノメートルの世界)

1 m		
1 cm	=0.01m	10^{-2}m
1 mm	=0.001m	10^{-3}m
0.1mm	=0.0001m	10^{-4}m
0.01mm	=0.00001m	10^{-5}m
0.001mm = $1\ \mu\text{m}$	=0.000001m	10^{-6}m
0.1 μm	=0.0000001m	10^{-7}m
0.01 μm	=0.00000001m	10^{-8}m
0.001 μm = 1 nm	=0.000000001m	10^{-9}m
0.1nm	=0.0000000001m	10^{-10}m おおよそ原子 1 個の大きさ

3. 原子を電子顕微鏡で見る

ビデオ NHKスペシャル「ナノスペース①」

4. 原子の構造



5. 原子の種類の違い

陽子の数 = 電子の数 = 原子番号 1 ~ 109 原子の種類により固有

原子番号	元素の名称	元素記号	陽子の数	電子の数
1	水素	${}_1\text{H}$		
8	酸素	${}_8\text{O}$		
11	ナトリウム	${}_{11}\text{Na}$		
17	塩素	${}_{17}\text{Cl}$		

陽子1個がもつ正の電荷 $+e$
 電子1個がもつ負の電荷 $-e$ } 正の電荷の合計 = 負の電荷の合計

→ 「原子は電氣的に中性である」

元素の周期表

6. ナトリウムと塩素の性質と反応のまとめ

(1) ナトリウムの性質

ナトリウムの反応

(2) 塩素の性質

塩素の反応

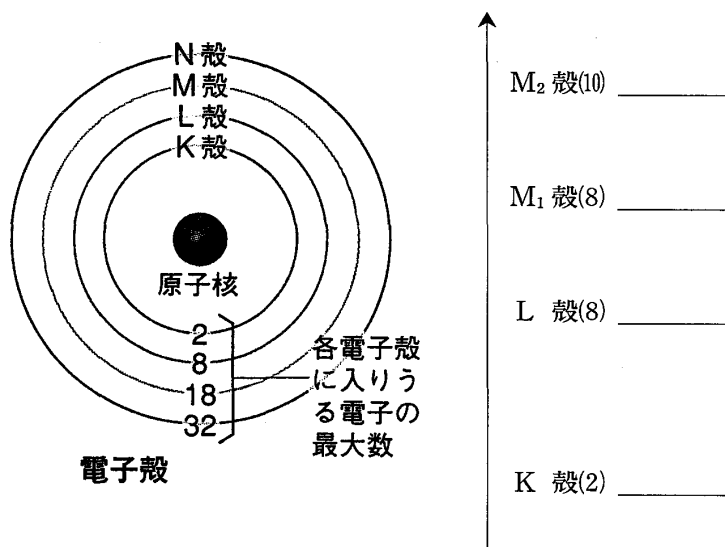
7. ナトリウムと塩素の反応

ビデオ 岩波化学ライブラリー「ナトリウムと塩素の不思議」

8. ナトリウムと塩素の性質の違いは何によるものか

電子はいくつかのエネルギー状態に分かれて存在している……電子殻

電子殻への電子のつまり方……電子配置



原子番号	元素の名称	元素記号	陽子の数	電子の数	電子配置		
					K(2)	L(8)	M(8)
1	水素	${}_1\text{H}$					
8	酸素	${}_8\text{O}$					
11	ナトリウム	${}_{11}\text{Na}$					
17	塩素	${}_{17}\text{Cl}$					

9. 原子を走査型電子顕微鏡で見る

ビデオ NHKスペシャル「ナノスペース①」

実験1 原子番号11番のナトリウムの性質

目 的 ナトリウムの性質をしらべる。

試 薬 ナトリウム フェノールフタレイン溶液

器 具 ピンセット ナイフ 試験管 蒸発皿 ろ紙 ビーカー ガラス板
安全メガネ 手袋

注 意 *安全メガネと手袋を着用すること

*ナトリウムは、直接手でさわらないこと。また、反応中は近くでのぞきこんだりしないこと。

方 法 (1) ナトリウムは石油中に保存してある。これをピンセットでとりだし、大豆粒の大きさに切ったものを用意する。石油をろ紙でふきとり半分に切り、切り口の様子、変化を観察する。

(2) ナトリウムの半分を乾いた蒸発皿に入れ加熱する。ナトリウムがとけても、さらに加熱を続け、ナトリウムに火がついて燃焼が始まったらガスバーナーの火を消す。蒸発皿が冷えてから、生じた淡黄色粉末に水を1～2滴加えてみる。さらに、フェノールフタレイン溶液を1～2滴加えてみる。

(3) 残りのナトリウムをさらに半分に切って、水数mlを入れた試験管に入れる。ガラス板で軽くふたをし、発生する気体が水素であることをナトリウムが反応しおわってから調べなさい。また、フェノールフタレイン溶液を1～2滴加えてみる。

(4) 水で充分しめらせたろ紙を100mlビーカーの底を完全におおうようにしき、残りのナトリウムを入れて、すばやくガラス板でふたをする。反応がおきたら、フェノールフタレイン溶液を1～2滴加えてみる。

実験2 原子番号17番の塩素の性質

目的 さらし粉と濃塩酸の反応で塩素をつくり、塩素の性質をしらべる。

試薬 さらし粉 濃塩酸 銅粉

器具 ろ紙 色紙 花びら 集気ビン ガラス板 安全メガネ 手袋

注意 *安全メガネと手袋を着用すること

*塩素の観察が終わったら、集気ビンをドラフトにもってくる。

- (1) ろ紙を水でぬらし、少量の銅粉をつける。これを集気ビンの内側の壁にはりつける。水でぬらした色紙、花びらも同様にはり付ける。
- (2) さらし粉を集気ビンに入れる。
- (3) 集気ビンに濃塩酸を 5 ml 入れ、直ちにガラス板でふたをして、変化を観察する。

資料 2

体験授業化学コース アンケート集計結果

(1) 自然科学について次の質問の当てはまるものに○をつけて下さい。

(ア) 自然や科学に対して興味がありますか。

①自然や科学に対して興味がありますか。

②私たちの身のまわりにはたくさんの物質や自然現象があり、それらにはたくさんの不思議なことがあります、できるならその秘密を解明したいと思いますか。

③いろいろな物質の性質から、物質を調べたり、見分けたりしたいと思いますか。

	ある	どちらかといえばある	どちらかといえばない	ない	合計
①	13	6	1	0	20
②	10	8	2	0	20
③	15	5	0	0	20

(2) 今日の授業の内容の理解について

①原子の構造については理解できましたか。

②原子の種類の違いについては理解できましたか。

③原子の性質の違いは何によるものか理解できましたか。

④全体として今日の授業はよくわかりましたか。

	よく理解できた	まあまあ理解できた	どちらともいえない	あまり理解できなかった	全く理解できなかった	合計
①	11	8	1	0	0	20
②	11	7	1	1	0	20
③	10	8	0	2	0	20
④	16	4	0	0	0	20

(3) 授業は楽しかったですか。

(4) 内容に興味をもちましたか。

(5) これからの自分のために役に立つ授業だと思いますか。

	とても	まあまあ	普通	あまり	全く	合計
(3)	17	1	2	0	0	20
(4)	16	4	0	0	0	20
(5)	12	5	3	0	0	20

(6) 今日の授業で、よくわかったところ、面白いと感じたところがあれば、具体的にあげて下さい。

1 年・原子の構造（陽子・電子の数等が一緒）が分かって良かった。

・実験でしっかり性質、反応がわかった。危険な気体でも実験が楽しい。原子番号のことがわかったり、結合などの複雑なことも少しわかった。

- ・NaやClの性質、反応を実験によって知ることができて良かったです。原子によって、陽子、電子の数が違うことに、今まで以上に興味をもてました。

2年・原子の大きさを「nm」という単位で表すこと。原子核がとても小さくて、固いこと。結合の種類がたくさんあること。なぜ危険な塩素とナトリウムが反応すると安全な塩になるのか、ということ。

- ・実験は普段はできないのでとてもおもしろかった。原子の性質の違いなどもよく知らなかったもので、授業を受けてよくわかった。原子の結合にも、色々な種類があるのがわかった。
- ・実験がおもしろかった。実験を2人ずつでやるという考えもよかったと思う。
- ・中学で原子が最小の単位だと学んだけれど、それよりもっと小さいものがあることを知って少し驚いたし、面白いと思った。実験が面白かった。原子の性質が電子の数によって違うことがよくわかった。
- ・原子の大きさがとても小さいことや、ビデオで、原子で文字を書いていたのが面白いと思いました。
- ・原子というものの自体よくわからなかったので、授業を受けて原子がどういうものなのかよくわかった。

3年・ナトリウムと塩素の実験。塩化ナトリウムがどうしてできるかがしっかりとわかることができてよかったです。

- ・実験をする前になにをするのかがよく説明されたので、実験を目的を持って行うことができた。原子の小ささについて考えたら、笑えてきてしまって面白かった。
- ・原子はとても小さいものだということは知っていたけど、 10^{-10}m 程だとは知らなかった。その小さな小さな原子で文字を書いてしまうということにも驚いたし、その発想も面白いと思った。原子についてよく知れたし、もっと知りたいとも思った。
- ・普段扱えないナトリウムや塩素について、写真や映像だけでなく、実際に使えたのがよかった。ナトリウムを切るのが面白かった。
- ・実験で物質の性質を見たところ。
- ・陽子や電子のこと。ナトリウムが金属なのに水にとけたり、発熱するため燃える。
- ・中学校ではやらない実験ができたことがすごく楽しかったです。原子はどこがちがうのかがよくわからなかったなので、この授業をうけてそこがよくわかってよかったです。
- ・イオンがどうやって発生(?)するのかかわかった。塩素もナトリウムも普段の実験材料じゃないので、実験できてよかった。
- ・ナトリウムの実験がとてもおもしろく、ナトリウムがどのような性質かがよくわかった。とても不思議なものだと思った。原子のしくみがよくわかり、化学反応するときには電子が動くこともよくわかった。

- ・ナトリウムがさまざまな変化をすること。電子がいごちが悪いと移動してしまうことで反応が起こること。ビデオも実験も内容が濃くてよかったです。

(7) 今日の授業で、難しかったところ、わかりにくかったところがあれば、具体的にあげて下さい。

1年・原子の電子配置の数が少しわかりにくかったです。

- ・原子は実際肉眼に見えないので、想像しづらい。
- ・最後の結合のところが難しかったです。

2年・電子殻の部分が全体的に少し難しかったです。

- ・Naの単体、Clの単体などの説明。
- ・塩素とナトリウムが結びつくところが少し難しかった。
- ・電子殻のことや、金属結合、共有結合、イオン結合のことが難しかった。

3年・難しい、初めて知ることが多々ありましたが、とてもわかりやすく説明してくれたので、特にありません。

- ・説明がとてもわかりやすかったけれど、内容が濃いので、授業の中身をいっぺんに頭にいれきれなかった。だから“理解”をするのは難しいけれど、原子についていろいろなことを楽しんで“知る”ことができた。
- ・学校での理科の実験はあまり進んではやっていなかったもので、今日の実験では少してこずってしまった。でも、2人と少人数だったので、たくさんできたし、こんど中学でやるときにも役立ちそうだった。
- ・(高校分野だからまだだろうけど) イオンや結合のところがややこしかった。けれどももっとやってみたいと思った。
- ・電子殻のところが少し難しく感じた。
- ・中性子がよくわからなかった。(あまりおしえてもらってないけど)
- ・ナノメートルなどの小さい単位が難しかったです。