

新指導要領における中・高の接続を考えた化学Iの指導

—「イオン」、「酸・塩基・塩」を中心に—

石井朋子

1. はじめに

平成15年度より、高等学校でも新指導要領での学習がスタートした。今回の改訂では中学校で扱う内容に大幅な精選・削減が加えられ、それらが高等学校に押し上げられた形となっている。化学分野では「イオン」がその一つである。高等学校ではこれらの変更を踏まえ、中学校での学習との接続をきちんととった新たな指導法が必要になった。「イオン」、「酸・塩基・塩」を中心に、平成15年度に1年生の化学の授業で行った新たな指導法をまとめ、今後に向けていくつかの考察を加えたい。なお、現在このテーマについて、附属中学との連携研究を行っているところである。

2. 中学校新指導要領の内容

「イオン」、「酸・アルカリ」を中心に、中学校の新・旧の指導要領の内容を比較したものを表1に示す。表中の下線部分が変更点である。荷電粒子としての「イオン」を扱わないことで、「酸・アルカリ」の内容が大きく変わっている。酸性の物質、アルカリ性の物質、塩である物質として取り扱う物の種類は増えているようだか、化学式はいっさい扱っていない。今回の変更を要約すると次の2点にまとめられる。

- ① 物質についてのミクロな視点（粒子概念）の排除
- ② 定量的な概念の排除

どちらも高等学校の化学では中心となる概念である。

3. 本校1年生の中学校における学習状況調査

本校の平成15年度入学生120名のうち、約6割を占める附属中学出身者は、新指導要領実施後も中学校で旧課程に沿った「イオン」「酸・アルカリ」の学習を行った生徒たちである。残りの約4割の生徒の出身は様々で、中学校における理科の学習についていろいろな状況が予想される。高等学校での「イオン」「酸・塩基・塩」の学習の前に、中学校における学習状況の事前調査を行った。調査の内容を資料1に示す。調査の結果を資料2、資料3、資料4にまとめた。いずれも附属中学出身者を内部、それ以外を外部とし、区別して集計している。

表1 「酸・アルカリ」分野 中学校教科書新課程・旧課程対照表

新 講 程 程 (単元: 身のまわりの物質-水溶液の性質)		旧 課 程 程 (単元: 物質とイオン-水溶液とイオン、酸・アルカリ・塩)	
酸性の水溶液	<ul style="list-style-type: none"> 青色リトマス紙を赤色に変える 緑色のBTB溶液を入れると黄色に変わる マグネシウムボルボンを差すと水素を発生する (・フェノールフタリン・万能試験紙) 	<ul style="list-style-type: none"> 青色リトマス紙を赤色に変える 緑色のBTB溶液を入れると黄色に変わる マグネシウムボルボンを差すと水素を発生する (・フェノールフタリン) 青色リトマス紙を青色に変える 緑色のBTB溶液を入れると青色に変える フェノールフタリン 	
アルカリ性の水溶液	<ul style="list-style-type: none"> 赤色リトマス紙を青色に変える 緑色のBTB溶液を入れると青色に変わる (・フェノールフタリン) 水溶液にしたとき、酸性を示す物質 水溶液にしたとき、アルカリ性を示す物質 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせてそれぞれの性質を互いに打ち消し合う反応 	<ul style="list-style-type: none"> 赤色リトマス紙を青色に変える 緑色のBTB溶液を入れると青色に変わる (・フェノールフタリン) 水溶液にしたとき、電離して水素イオンとなるHを持つ化合物 水溶液にしたとき、電離して水酸化物イオンとなるOHを持つ化合物 水素イオンH⁺と水酸化物イオンOH⁻が結びついて水H₂Oを作る反応 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$: $H^+ : OH^- = 1:1$ 酸の陰イオンとアルカリの陽イオンとが結びついてできた化合物 	
酸		<ul style="list-style-type: none"> 塩酸 硫酸 	<ul style="list-style-type: none"> HCl H₂SO₄
アルカリ		<ul style="list-style-type: none"> 水酸化ナトリウム水溶液 アソモニア水 	<ul style="list-style-type: none"> 水酸化カルシウム水溶液 石灰水 (水酸化カルシウム水溶液)
中和 (量的関係)		<ul style="list-style-type: none"> NaOH Ca(OH)₂ NH₃ 	
塩		<ul style="list-style-type: none"> NaCl 	
酸性の物質 (名称)	<ul style="list-style-type: none"> 塩酸 酢酸 (食酢) 炭酸水 硫酸 硝酸 … 	<ul style="list-style-type: none"> 物質に電流を流して分解すること→イオンの移動と電子の授受 	
酸性の物質 (化学式)			
アルカリ性の物質 (名称)	<ul style="list-style-type: none"> 水酸化ナトリウム水溶液 水酸化バリウム水溶液 水酸化カリウム水溶液 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質水溶液と金属 	
アルカリ性の物質 (化学式)		<ul style="list-style-type: none"> 原子が電気を帯びたもの 	
塩である物質		<ul style="list-style-type: none"> 原子がプラスの電気を帯びたもの 	
電気分解	<ul style="list-style-type: none"> 水 (水酸化ナトリウム水溶液) 	<ul style="list-style-type: none"> 水に溶けて陽イオンと陰イオンに分かれる物質 	
電池	<ul style="list-style-type: none"> 化学変化を利用して電気エネルギーを取り出す装置* 	<ul style="list-style-type: none"> 電解質の水溶液に電気が流れるのは、電気を帯びているイオンが移動するから 	
イオン			
陽イオン			
陰イオン			
電解質			
水溶液の電気伝導性			
電子 (自由電子)			
陰極線、電流			

単元2 身のまわりの物質 (1分野上巻)
 2章 水溶液の性質
 *1 単元4 化学変化とイオン
 *2 単元6 エネルギー 2章物質どうしの化学変化

単元4 化学変化とイオン (1分野下巻)
 1章 水溶液と電流
 2章 酸・アルカリ・塩

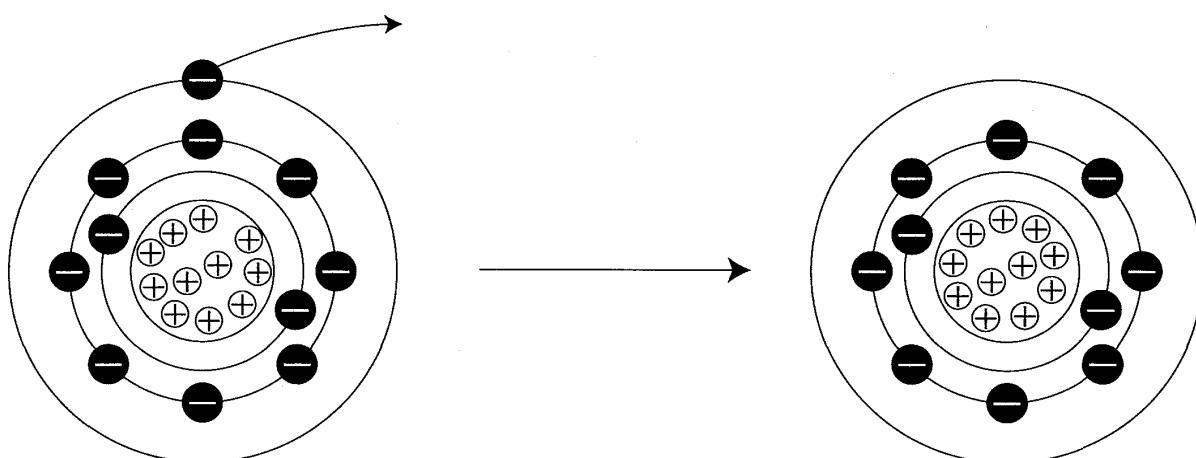
外部生の8割は「イオン」について全く学習していないか、していてもごくわずかであった。また、学習した生徒も系統だった学習にはなっていない状況が伺え、一から教えてほしい、もう一度基礎からしっかり学びたいという希望が殆どだった。また、内部生についても、中学校では原子構造を学習しないので、電子の授受によるイオンの生成など、根本的な理解を困難にしている状況が伺える。また目に見えないので理解しにくい、イメージがつかみにくいなどのマイナス面、実験が楽しかった、印象に残ったなどのプラスの面が読みとれる。これらの調査結果から、高等学校での指導において留意するポイントとして次の3点があげられるのではないかと思われる。

- ① 系統的な学習の確保
- ② ミクロな視点（粒子概念）のモデル化
- ③ 実験の有効活用

4. 「イオン」の指導

「イオン」の単元の指導案を資料5に示す。新たに取り上げた実験5のプリントを資料6に示す。

原子の構造・電子配置を基礎として、電子の移動によってイオンが生じること、移動する電子の数によりイオンの価数が決まること、典型元素では価電子数や族番号と生成するイオンの価数に関連が深いこと、遷移元素のイオン生成の特徴など、指導の内容は従来と大きく変わってはいない。留意した点は、原子の構造からの理論的な系統性を十分に説明しようとしたこと、ミクロな荷電粒子であるイオンのイメージを具体化しようとしたことである。原子構造の学習から、イオンの学習の間に夏休みを挟んでしまったので、イオンの学習に先立ち、原子構造の復習を意識的に組み込んだ。ミクロなイメージについては、原子核と電子殻を模式的に書いたマグネットシートと、陽子と電子に見立てたマグネットボタンを用いた。原子番号20番までのイオンになりやすい原子についてほぼ網羅的に電子の動きを示した。以下にその例を図示する。



「イオン」の学習についての事前調査

2003. 7 化学（石井）

昨年度から、中学校理科の学習内容が大きく変化しました。高校で2学期はじめに学習する「イオン」の領域もその一つで、中学校では全く扱わなくて良いことになりました。そこでみなさんの中学校における「イオン」の学習について調査し、高校での学習方法の研究ための資料としたいと思います。この調査の結果が、高校での化学の学習成績に組み入れられたりする事はありませんので、教科書や参考書などを使うことなく、ありのままに解答してください。ご協力よろしくお願ひします。

第1部 「イオン」の学習についての調査

- 1 中学校の理科の授業で「イオン」についてどのように学習しましたか。1つだけ選んで下さい。ただし、「電気分解」、「電池」「酸・アルカリ」なども「イオン」と関連させて学習した場合には、その時間も含めて下さい。ただし、()内の時間はおよそその目安です。
① 全く学習していない。 ② 少し学習した (1~3時間程度)
③ 学習した (5時間程度) ④ かなりくわしく学習した (10時間以上)
⑤ その他 ()
- 2 中学校の授業以外に受験等に向けて自分で学習しましたか。1つだけ選んで下さい。
① 全く学習していない。 ② 少し学習した
③ 学習した ④ かなりくわしく学習した
⑤ その他 ()
- 3 中学校の授業以外に受験等に向けて塾・予備校等で学習しましたか。1つだけ選んで下さい。
① 全く学習していない。 ② 少し学習した
③ 学習した ④ かなりくわしく学習した
⑤ その他 ()
- 4 「イオン」の学習について、中学校の先生や塾・予備校の先生などに言われたことがあれば、それはどのようなことか、具体的に書いて下さい。
例：教科書にはないが、受験には必要、学習するが、覚えなくて良い……など
- 5 中学時代の「イオン」の学習について、感じていたことがあれば、具体的に書いて下さい。また、高校の「イオン」の学習について、希望があれば書いて下さい。

第2部 「イオン」についての知識の調査

1 次の言葉の意味を説明して下さい。

- ① イオン
- ② 陽イオン
- ③ 陰イオン
- ④ 電解質

2 知っている電解質の名前をできるだけたくさん答えて下さい。

3 イオンはどのようにしてできますか。説明して下さい。

- ① 陽イオン
- ② 陰イオン

4 次のイオンをイオンの記号で表して下さい。

- ① アルミニウムイオン
- ② 塩化物イオン
- ③ カリウムイオン
- ④ 水酸化物イオン
- ⑤ 水素イオン
- ⑥ 鉄イオン
- ⑦ 銅イオン
- ⑧ ナトリウムイオン
- ⑨ マグネシウムイオン

5 次のイオンの名前を答えて下さい。

- ① Ba^{2+}
- ② Ca^{2+}
- ③ CO_3^{2-}
- ④ NH_4^+
- ⑤ NO_3^-
- ⑥ SO_4^{2-}

6 次の物質が水溶液中で電離する変化をイオンの式を使って表して下さい。

- ① $\text{HCl} \rightarrow$
- ② $\text{NaOH} \rightarrow$
- ③ $\text{CuCl}_2 \rightarrow$
- ④ $\text{CuSO}_4 \rightarrow$

7 次のことと「イオン」という言葉を使って説明して下さい。

- ① 電気分解
- ② 電池
- ③ 水溶液の電気伝導性
- ④ 酸
- ⑤ アルカリ
- ⑥ 中和
- ⑦ 塩

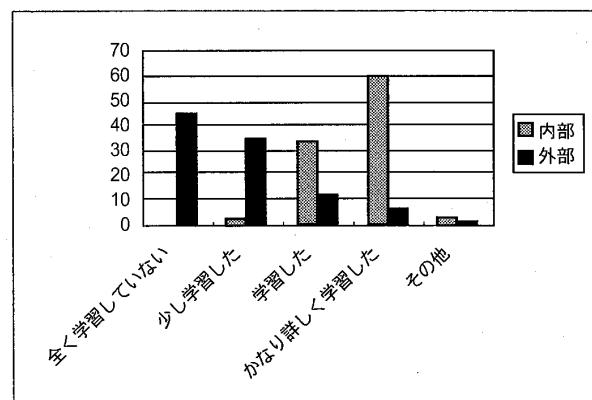
資料 2

「イオン」の学習についての事前調査の集計(1)

第1部「イオン」の学習について(数字は%)

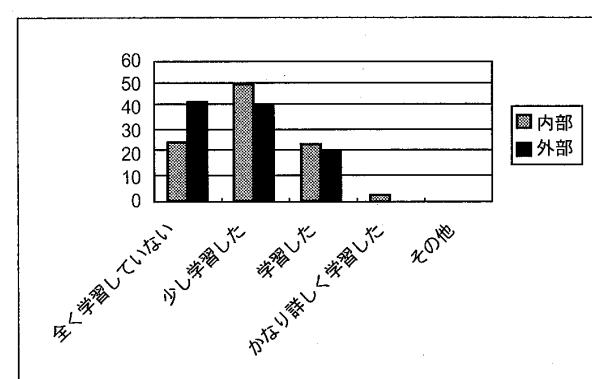
1 中学での学習

	内部	外部
全く学習していない	0	45
少し学習した	2	35
学習した	34	12
かなり詳しく学習した	61	6
その他	3	2



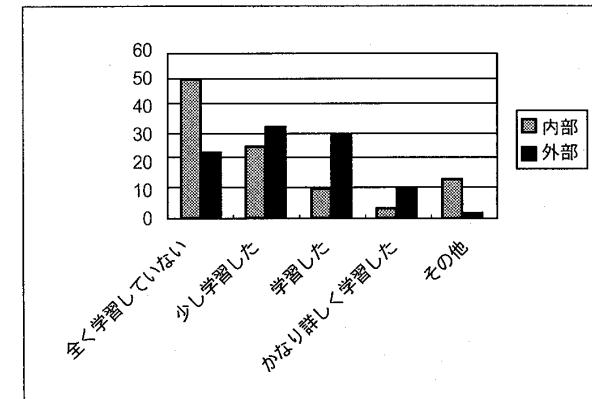
2 自自分で学習した

	内部	外部
全く学習していない	25	41
少し学習した	49	39
学習した	23	20
かなり詳しく学習した	3	0
その他	0	0



3 塾・予備校での学習

	内部	外部
全く学習していない	49	23
少し学習した	25	33
学習した	10	29
かなり詳しく学習した	3	10
その他	13	2



4 先生に云われたこと(別紙)

5 「イオン」の学習で感じたこと、希望(別紙)

「イオン」の学習についての事前調査・自由記述のまとめ

4 「イオン」の学習について、中学校の先生や塾・予備校の先生などに言わされたことがあれば、それはどのようなことか、具体的に書いて下さい。

例：教科書にはないが、受験には必要、学習するが、覚えなくて良い……など

内部 中学の先生からいわれたこと

- ・本当はやらなくていいけれど、知っておいた方がいいので授業でやります。(2)
- ・いざれは必要になるから今のうちに勉強しておくとよい。(3)
- ・やらなくてもよいところと聞いた。(2)
- ・授業で詳しくやったほど受験にはでない。

塾・予備校の先生からいわれたこと

- ・導入があれば出る可能性はある。
- ・受験には出ない。
- ・イオンの学習はとても重要な内容で、ここがわからないと大部分のところが中途半端になる。(母にいわれたことがある。)

外部 中学の先生からいわれたこと

- ・高校で学習するからいまは勉強しなくてよい。(3)
- ・一応やっておくが覚える必要なし。(4)
- ・教科書にはないが、他の分野をよく理解するには学習すべき。(3)
- ・教科書にはないが面白いからやる。
- ・指導要領にはないが、絶対必要な内容なので、ちゃんとやろう。(3)

塾・予備校の先生からいわれたこと

- ・指導要領が変わったので、県立・国立では受験に出題されないのであろうから、勉強しなくてよい。(6)
- ・知っていた方が理解しやすいが、受験に出題されることはないので、余裕があればやるという程度でよい。
- ・多分テストには出題されないと思うが、一応やっておく。(9)
- ・受験で出題される可能性があるので、基本的なことはわかっているように。(10)
- ・公立ではないが、私立では出題される。私立の受験校があったので、結構勉強させられた。(4)
- ・受験には出題されることはないが、高校の勉強を理解するために知っておいた方がよい。(4)

5 中学時代の「イオン」の学習について、感じていたことがあれば、具体的に書いて下さい。また、高校の「イオン」の学習について、希望があれば書いて下さい。

内部 感想

- ・イオンはすごいと思った。
- ・面白いなあとと思っていたような気がします。
- ・イオンについて忘れていることも多いのですが、原子なんかを学習した延長にあるものだと思っていたし、授業自体はとても楽しかったです。
- ・一番印象に残っているのは電気分解。
- ・複雑だけれど面白いなあと感じました。(3)
- ・目に見えないけれど、+と-でずいぶん違うなあとと思いました。
- ・実験などを図にかけて考えたので、電子の移動などがすごくわかりやすくなつてよかったです。(2)
- ・イオンは最初理解しづらかったが、一度理解すれば、簡単で面白いものになった。パズルのような感覚。高校では結びつかないイオンどうしについて、それらがなぜ結合しないのかを学びたい。
- ・難しかった記憶があるが、実験を多くやったので楽しかった。(2)
- ・難しかったけどわかると楽しかった。

- ・イオンの電気分解などイオンが移ったり動いたりするのがよくわからなかった。
- ・イオンの記号を覚えるのが大変だった。(2) 電離式の計算なども難しかった。
- ・イオンには+とーがあると聞いていたが、見えるものでないので不思議だった。(2)
- ・電離する・しないや酸とアルカリについての実験ができ、身のまわりのものもけつこう使った気がする。また、中学では「電子をもらう」「電子を失う」とか、「電子」というものが何度もでてきたものの、高校で習ったような「原子の構造」はさらへっとしか学習していなかつたので、「電子っていうのがあるんだってさ」という感じで、「電子をもらう・失う」のイメージを持つのが難しかつた。
- ・陽イオンと陰イオンの違いがよくわからないのでくわしく教えてほしいです。
- ・イオン式が未だにめちゃくちゃ (2)
- ・イオンは難しかつた。(7)
- ・数字やら記号やらがたくさんでてきてよくわからないなというのが正直な感想です。
- ・イオンはすごく細かい単位で、「複雑で難しい」というイメージで好きになれませんでした。(2)
- ・あまり理解できなかつた。(3)
- ・いきなり+がとかーがとか言われて、最初は正直何が何だかわからなかつた。
- ・イオンの「+」や「-」の組み合わせが難しかつた。
- ・化学反応式だけでも難しいのにそれに電子を受け取つたり放出したりしてイオン式にあらわすのはますます難しく、よく理解できなかつた。「イオン」は「難しい」というイメージしかない。
- ・目に見えないものの反応だから、とてもわかりにくくて嫌い。(2)
- ・実感しにくくて苦手でした。

希望

- ・実験を沢山やってみたいです。(6)
- ・もうほとんど忘れてしまつたので、高校ではまた最初から学びなおしたい。(6)
- ・図とか模型を使ってほしい。
- ・易しくゆっくりわかりやすくやってほしい。(3)
- ・「覚える」のではなく、「理解できる」ようになりたい。

外部 感想

- ・覚えるのは大変そうだけど、楽しいなと思ってました。
- ・選択でやつたので、何となくしか理解できなかつたが、たくさん実験をして楽しかつた。
- ・なぜイオンが新課程で勉強しなくてよいというふうになつたのかわからません。結局高校で勉強することになるのだから、いくら中学で学習する量を減らしてもその分高校で大変になるだけだと思っていました。中学では表面的なことを勉強しただけで、イオンについて全然理解できていないので、しっかり理解できるようにしたいです。
- ・過去問をやるとよくでてきて訳がわからず、やらなくて良いと言われたが気になつた。
- ・学習したけれどよく覚えていない。忘れた。(4)
- ・「イオン」って何?
- ・イオンは嫌い。
- ・イオンは難しいと思った。(2)
- ・イオンはよくわからないというイメージ。
- ・一応勉強したがしくみがよくわからない。

希望

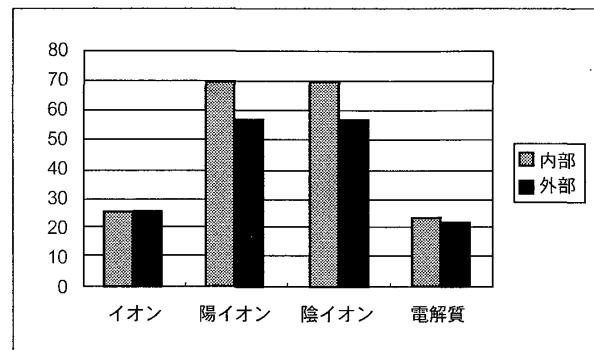
- ・実験をたくさんしたい。
- ・中学での勉強が少し物足りなかつたので、やや難しい反応や実験にもチャレンジしたい。
- ・何も知らないので一から教えてほしい。(10)
- ・もう一度基礎からしっかり学びたい。(17)
- ・図で説明してほしい。

「イオン」の学習についての事前調査の集計(2)

第2部「イオン」についての知識の正解率(数字は%)

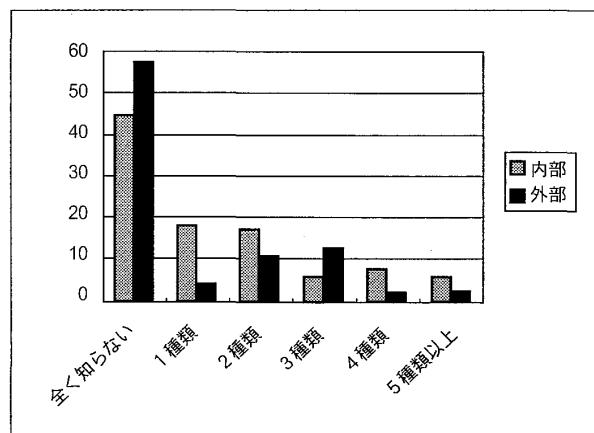
1 言葉の意味

	内部	外部
イオン	25	25
陽イオン	69	57
陰イオン	69	57
電解質	23	22



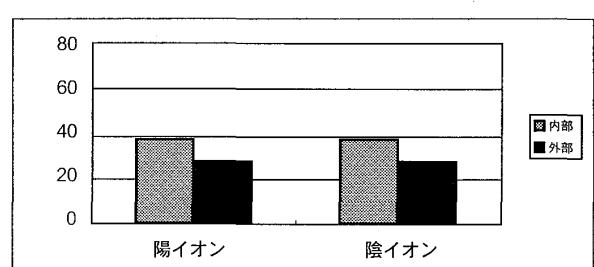
2 知っている電解質の名称の数

	内部	外部
全く知らない	45	57
1種類	18	4
2種類	17	11
3種類	6	13
4種類	8	2
5種類以上	6	2



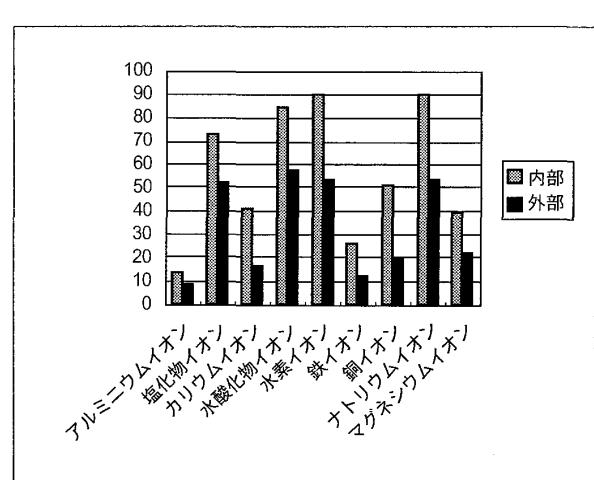
3 イオンのでき方

	内部	外部
陽イオン	38	27
陰イオン	38	27



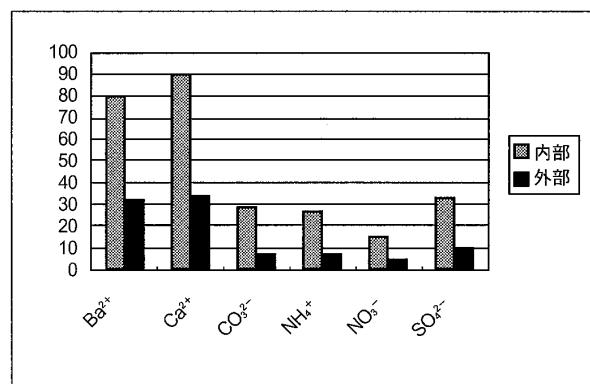
4 イオン式

	内部	外部
アルミニウムイオン	13	8
塩化物イオン	72	51
カリウムイオン	41	16
水酸化物イオン	84	57
水素イオン	90	53
鉄イオン	26	12
銅イオン	51	20
ナトリウムイオン	90	53
マグネシウムイオン	39	22



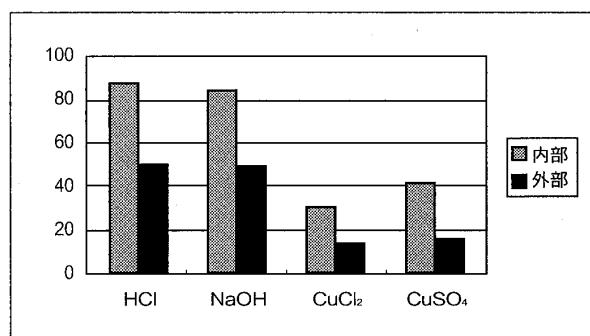
5 イオンの名称

	内部	外部
Ba^{2+}	80	31
Ca^{2+}	90	33
CO_3^{2-}	28	6
NH_4^+	26	6
NO_3^-	15	4
SO_4^{2-}	33	10



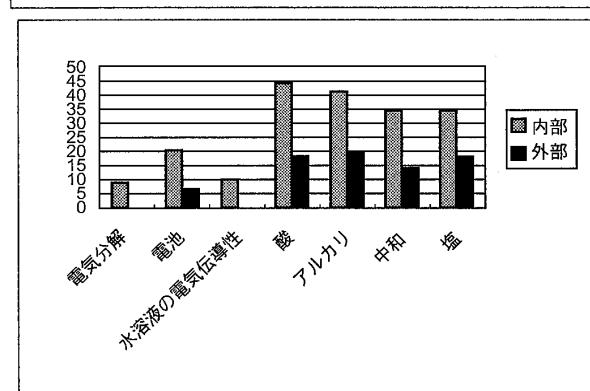
6 イオンへの電離の式

	内部	外部
HCl	87	49
NaOH	84	49
CuCl_2	30	14
CuSO_4	41	16



7 イオンを使って説明

	内部	外部
電気分解	8	0
電池	20	6
水溶液の電気伝導性	10	0
酸	44	18
アルカリ	41	20
中和	34	14
塩	34	18



「イオン」学習指導案

(1) 教科書：三省堂 高等学校化学 I

(2) 単元：第1編 物質の構成 第3章 物質の構成粒子 2 イオン

(3) 単元の目標：原子構造や電子配置、元素の周期性を基礎として、イオンの存在やイオンの生成を体系的に学習し、イオンの性質をミクロな視点で理解できるようにする。

(4) 指導計画 授業時間：4時間（3章全体13時間）

時 間	項 目	指 導 内 容
1 時限 ～ 5 時限	1. 原子 A. 原子の構造 B. 電子配置 C. 元素の周期表 D. 元素の分類	◎原子核と電子、原子番号と原子の種類、質量数と同位体 ◎電子殻と電子配置、希ガスの電子配置と閉殻、価電子 ◎周期表の成り立ちと元素の分類 ☆実験4 アルカリ金属の性質
6 時限 ～ 9 時限	3. 分子 A. 分子 B. 分子からなる物質 C. 分子をつくらない物質	◎共有結合と分子の生成、分子の種類と分子の表し方 ◎分子間に働く力と分子の状態 ◎共有結合の結晶、金属結合と金属結晶
10 時限	2. イオン A. イオンの存在 B. イオンの生成	◎原子構造の復習 ◎電子の移動と陽イオン・陰イオンの生成 ☆マグネットモデルの使用 ◎イオンの価数とイオン式 ◎単原子イオンと多原子イオン ◎典型元素の単原子イオンの生成
11 時限	2. イオン B. イオンの生成	◎典型元素の単原子イオンの電子配置 ◎遷移元素の単原子イオンの生成と電子配置 ☆マグネットモデルの使用 ◎多原子イオンのイオン式と名称 ◎イオンの名称 ◎イオンになり易さ
12 時限	2. イオン C. イオンからなる物質	◎イオン結合とイオン結晶 ◎イオン結晶の化学式と組成式の組み立て ◎イオン結晶の名称
13 時限	2. イオン D. 電離	◎結合と結晶のまとめ ☆実験5 A 結晶の性質 ◎電解質と非電解質の分類 ◎電解質の分類と電離 ☆実験5 B 電解質と非電解質

実験 5 結晶の性質・電解質と非電解質

目的 共有結合の結晶、イオン結晶、金属結晶、分子結晶の電気伝導性、水溶性などの性質を調べ、比較する。また、水溶液の伝導性を調べ、電解質と非電解質の違いについて知る。

試薬 二酸化ケイ素、黒鉛、塩化ナトリウム、硝酸カリウム、アルミニウム、水銀、ショ糖、水、濃硫酸、塩化アンモニウム、水酸化カルシウム、エタノール

器具 ステンレス電極、リード線、電灯（電気伝導性を調べる装置）、ビーカー、ガスバーナー、金網、三脚、二また試験管、試験管、穴あきゴム栓、曲がり管

方法 A 結晶の性質

- (1) ステンレス電極、リード線、電灯を接続して電気伝導性を調べる装置を組み立て、電源につなぐ。
- (2) 二酸化ケイ素、塩化ナトリウム、硝酸カリウム、アルミニウム、ショ糖、氷の結晶の電気伝導性を調べる。
- (3) 硝酸カリウム、水銀、水の液体状態の電気伝導性をしらべる。
- (4) 塩化ナトリウム、硝酸カリウム、ショ糖の水溶液の電気伝導性を調べる。
- (5) 黒鉛の電気伝導性を調べる。

B 電解質と非電解質

- (6) 二また試験管の一方に塩化ナトリウム、もう一方に濃硫酸を入れ、穴あきゴム栓と曲がり管を接続する。濃硫酸を塩化ナトリウムに加え、これをおだやかに加熱して、発生してくる塩化水素の気体を下方置換で試験管に捕集する。
- (7) (6)の塩化水素を水に溶かし、この水溶液の電気伝導性を調べる。
- (8) 試験管に塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を入れ、穴あきゴム栓と曲がり管を接続する。試験管をおだやかに加熱して、発生してくるアンモニアの気体を上方置換で試験管に捕集する。
- (9) (8)のアンモニアを水に溶かし、この水溶液の電気伝導性を調べる。
- (10) エタノール少量を水にとかし、この水溶液の電気伝導性を調べる。

結果 (1) 実験 B の結果をまとめなさい。

	化 学 式	水溶液の電気伝導性
塩化水素(塩酸)		
アンモニア		
エタノール		

実験日 月 日
1年 組 番 氏名

(2) 実験 A の結果を下の表にまとめなさい。

結晶の種類	物質例	固体	液体	水溶液
共有結合の結晶	二酸化ケイ素 (SiO_2)		—	—
	黒鉛 (C)		—	—
イオン結晶	塩化ナトリウム (NaCl)		—	
	硝酸カリウム (KNO_3)			
金属結晶	アルミニウム (Al)		—	—
	水銀 (Hg)	—		—
分子結晶	ショ糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)		—	
	水 (H_2O)			—

考 察 (1) イオン結晶は固体の状態で電気伝導性がないのはなぜか、説明しなさい。

(2) イオン結晶は液体や水溶液の状態で電気伝導性があるのはなぜか、説明しなさい。

(3) 金属結晶は固体の状態でも液体の状態でも電気伝導性があるのはなぜか。説明しなさい。

(4) A・B の実験で水溶液の電気伝導性を調べた物質を、電解質と非電解質に分類しなさい。(塩化ナトリウム、硝酸カリウム、ショ糖、塩化水素、アンモニア、エタノール)

電解質：

非電解質：

また、イオン結合、イオン結晶の指導にも、タイプの異なる結晶構造模型を数種示した。

実験としては、金属、共有結合の結晶、分子結晶も含め、イオン結晶の性質として、固体・液体・水溶液の電気伝導性を調べる演示実験（実験5A）を行い、イオンの移動と電気伝導性について、電球の点灯という事実で示した。また、「酸・塩基・塩」との接続も考え、塩化水素、アンモニアを実験室で調製し、水溶液として、電気伝導性を調べる演示実験（実験5B）を行った。実験5Aの内容と併せて、電解質と非電解質について理解を深めさせるようにした。

5. 「酸・塩基」の指導

「酸・塩基・塩」の単元の指導案を資料7に示す。旧指導要領のもとでは行わなかったが、新指導要領のもとで新たに取り上げた実験8、実験9のプリントを資料8、資料9に示す。

1時限目にはまず、酸・塩基（アルカリ）のマクロな性質を中学校の学習の復習として取り上げ、共通な性質のもととしてアレーニウスの定義を示し、 H^+ (H_3O^+)、 OH^- を登場させた。ブレンステッドの定義は簡単な説明と例示にとどめた。続いて実験8のAを演示実験として行い、酸・塩基が電解質であり、その水溶液が電気伝導性を示すことを電球の点灯で確かめた。ここでは強酸、強塩基のみを用いた。さらにBではメチルオレンジとフェノールフタレインを用いて酸と塩基の水溶液の電気泳動を行い、酸に共通なイオンとして陽イオンである H^+ 、塩基に共通なイオンとして陰イオンである OH^- の存在を具体的にすることを試みた。これらの実験の内容は従来中学校で扱っていたものである。

2時限目は酸・塩基の価数、酸・塩基の強弱を説明し、実験8のC、Dを演示実験として行った。Cは従来から高校で行っていたものである。Dでは弱酸・弱塩基の水溶液の電気伝導性を強酸・強塩基の水溶液の電気伝導性と比較し、電灯の点灯の明るさの違いから、酸・塩基のもととなる H^+ と OH^- の量が具体的なイメージになるよう試みた。

3時限目は従来と変わっていない。ただし、新指導要領では水のイオン積は化学Iからは省かれているが、扱った。

4時限目は従来であれば中和反応の化学反応式とモル濃度とから中和の量的関係を表す $n \times C \times v = n' \times C' \times v'$ を導入して中和滴定の実験にはいるところである。しかし中学校で中和の化学反応式および量的関係をやっていない生徒たちにとっては展開に飛躍がありすぎるだろうと思われたので、従来中学校でやられていたようなラフな中和反応の実験（要するにホールピペットやビュレットは使わない）を生徒実験として実施することにした。実施するうえで留意した点は次のことである。中学校では、酸やアルカリの濃度は%濃度であったが、前述の量的関係の式を導くために、モル濃度を用いた。また、中学校では従来からも扱われていなかった、酸・塩基の価数や強弱と中和反応の関係を実験的に確かめさせるために、酸は塩酸、硫酸、酢酸の3種類を用意した。指示薬は高校ではフェノールフタレインが一般的であるが、中学校で使い慣れているBTB溶液の両方を用意した。さらに、酸・塩基の濃度と体積がどのような関係にあるか、実験をやりながら感覚としてつかめるよう、最も基本的な量関係を

「酸・塩基・塩」学習指導案

(1) 単元：第2編 物質の変化 第2章 酸と塩基の反応

(2) 単元の目標：小学校、中学校での酸・アルカリの学習を基礎として、酸・塩基の性質や反応をミクロな視点で理解し、定量的な扱いができるようとする。

(2) 指導計画 授業時間：11時間

時 間	項 目	指 導 内 容
1 時限	1. 酸と塩基 A. 酸と塩基の性質	◎酸・塩基の性質 ◎アレーニウスの酸・塩基の定義 ◎ブレンステッドの酸・塩基の定義 ☆実験8 酸と塩基の性質 A・B
2 時限	1. 酸と塩基 B. 酸と塩基の強弱	◎酸・塩基の価数 ◎酸・塩基の強弱、電離度 ☆実験8 酸と塩基の性質 C・D
3 時限	2. pH A. 水の電離と酸・塩基 B. pH 3. 中和反応と塩 A. 中和反応	◎水の電離と水のイオン積 ◎水溶液の酸性・中性・塩基性 ◎水素イオン濃度とpHの定義 ◎中和反応の定義 ◎中和反応のイオン反応式
4 時限	4. 中和滴定 A. 中和反応の量的関係	☆実験9 中和反応の量的関係 (生徒実験)
5 時限	4. 中和滴定 A. 中和反応の量的関係 B. 中和滴定とその操作	◎実験9のまとめと考察 ◎ $n \times C \times v = n' \times C' \times v'$ の導入 ◎中和滴定の原理と方法
6 時限	4. 中和滴定 B. 中和滴定とその操作	☆実験10 中和滴定(生徒実験)
7 時限	4. 中和滴定 B. 中和滴定とその操作	◎実験10のまとめと考察
8 時限	4. 中和滴定 C. 中和反応と滴定曲線 2. pH C. 指示薬とpH 3. 中和反応と塩 B. 塩(塩の分類)	◎酸・塩基の強弱と中和滴定曲線の関係 ◎指示薬の働きと変色域 ◎塩の分類
9 時限	2. pH C. 指示薬とpH 3. 中和反応と塩 B. 塩	☆実験11 紅いもの色素とpH (生徒実験)
10 時限	2. pH C. 指示薬とpH 3. 中和反応と塩 B. 塩(塩の水溶液の性質)	◎実験11のまとめと考察 ◎指示薬の色とpHの関係 ◎酸・塩基・塩の分類 ◎塩の水溶液の性質と加水分解
11 時限	2. pH C. 指示薬とpH	◎酸性雨発生のメカニズムと対策 ☆実験12 $\text{NO}_2 \cdot \text{SO}_2$ の発生と酸性雨

実験 8 酸と塩基の性質（演示実験）

実験 A 酸と塩基の水溶液の電気伝導性 I

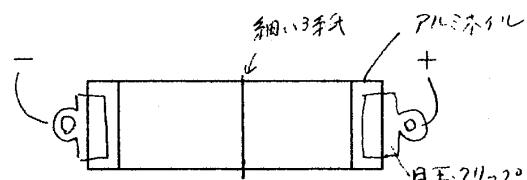
- (1) ステンレス電極、リード線、電灯を接続して電気伝導性を調べる装置を組み立て、電源につなぐ。
 - (2) 塩酸、硝酸、硫酸の水溶液の電気伝導性を調べる。
 - (3) 水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液、水酸化カルシウム水溶液の電気伝導性を調べる。
- * 水溶液の濃度は水酸化カルシウム水溶液以外はいずれも 1.0mol/l

結果

名称	化学式	電気伝導性	名称	化学式	電気伝導性
塩酸			水酸化ナトリウム		
硝酸			水酸化カリウム		
硫酸			水酸化カルシウム		

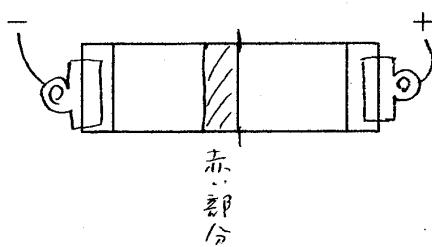
実験 B 酸と塩基の水溶液のろ紙電気泳動

- (1) スライドガラス、ろ紙、アルミホイル、目玉クリップを用い、右のような装置を組み立てる。
- (2) ろ紙にメチルオレンジを加えた硝酸カリウム水溶液をしみ込ませる。さらにろ紙を細く切ったものに塩酸をしみさせ、ろ紙の中央におき、目玉クリップの両端に 12 V の電圧をかけ、変化の様子を観察する。
- (3) 同様な装置を組み立て、ろ紙にフェノールフタレイン溶液を加えた硝酸カリウム水溶液をしみ込ませる。さらにろ紙を細く切ったものに水酸化ナトリウム水溶液をしみさせ、ろ紙の中央におき、目玉クリップの両端に 18 V の電圧をかけ、変化の様子を観察する。

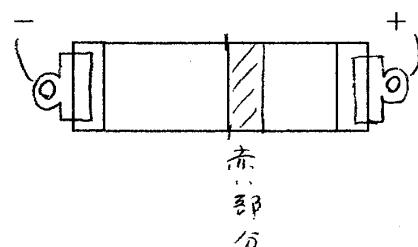


結果

塩酸（メチルオレンジ）



水酸化ナトリウム（フェノールフタレイン）



実験 C 酸と金属との反応

- (1) 1 mol/l の塩酸と 1 mol/l の酢酸水溶液を試験管に少量ずつとり、それにマグネシウムリボンの小片を加え、反応の速さを比較する。
- (2) 反応が終わったら火がついたマッチを近づけて反応の様子を比較する。

実験日 月 日
 1 年 組 番 氏名 _____

結果		Mg との反応の様子
	mol/l の塩酸	
	mol/l の酢酸水溶液	

実験D 酸と塩基の水溶液の電気伝導性 II

- (1) 氷酢酸（純粋な酢酸）、蒸留水の電気伝導性を調べる。
- (2) 蒸留水 100ml をよくかき混ぜながら、氷酢酸 6 ml を少しづつ加えてゆき、電気伝導性の変化を調べる。（酢酸の最終濃度は約 1 mol/l）
- (3) 1mol/l の塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水の電気伝導性を調べ酢酸水溶液と比較する。

結果		電 気 伝 導 性
	氷 醋 酸	
	蒸 留 水	
	酢 酸 水 溶 液	
	塩 酸	
	水 酸 化 ナ ト リ ュ ム 水 溶 液	
	アンモニア水	

考 察 A 酸は電解質か、塩基は電解質か

B 酸の元になるイオンは陽イオンか陰イオンか。
 化学式から、共通のイオンのイオン式を答えなさい。

塩基の元になるイオンは陽イオンか陰イオンか。
 化学式から、共通のイオンのイオン式を答えなさい。

C 同じ濃度の塩酸と酢酸水溶液では、Mg との反応の速さに違いはあったか。
 この違いは何から生じているか。

D 同じ濃度の酸または塩基の水溶液の電気伝導性に違いはあったか。

実験9 中和反応の量的関係

目的 固体の水酸化ナトリウムを水に溶かして、約 1 mol/l の水溶液を調製する。塩酸、硫酸、酢酸と反応させて、指示薬の色が変わるために加えられたこの水溶液の体積を計り、中和反応における酸と塩基の濃度、体積、強弱、価数の関係を調べる。

試薬 固体水酸化ナトリウム、 1 mol/l 塩酸、 1 mol/l 硫酸、 1 mol/l 酢酸、BTB溶液、フェノールフタレン(P-P)溶液

器具 天秤、薬さじ、ガラス棒、 200 ml ピーカー、 100 ml コニカルビーカー、目盛り付き試験管、駒込ピペット

- 方法**
- (1) 200 ml ピーカーに固体の水酸化ナトリウムを _____ g 計りとり、蒸留水を加えて 100 ml の約 1 mol/l 水溶液を調製する。
 - (2) 1 mol/l 塩酸 10 ml を目盛り付き試験管で計りとり、 100 ml コニカルビーカーに入れる。
 - (3) 指示薬として BTB 溶液を 3~4 滴または P-P 溶液 1~2 滴を加える。溶液をよく振り混ぜながら、駒込ピペットで水酸化ナトリウム水溶液を 1 ml ずつ加える。指示薬の色が変わるために加えられた水酸化ナトリウム水溶液の体積を調べる。
 - (4) 1 mol/l 塩酸、 1 mol/l 硫酸、 1 mol/l 酢酸について、薄めて濃度を変えたり、反応に用いる水溶液の体積を変えたりして、指示薬の色が変わるために加えられた水酸化ナトリウム水溶液の体積を調べる。

結果 データ用紙に記録された指示薬の色の変化からちょうど中和反応が完了した点（中和点）までに加えられた水酸化ナトリウム水溶液の体積を調べなさい。

	酸の種類 価数 : n	酸の濃度 $\text{mol/l} : c$	酸の体積 $\text{ml} : v$	NaOHの 価数 : n'	NaOH水溶液の濃度 $\text{mol/l} : c'$	NaOH水溶液の 体積 $\text{ml} : v'$
実験①						
②						
③						
④						
⑤						
⑥						
⑦						
⑧						

実験日 月 日 共同実験者

1 年 組 番 氏名

考 察 (1) 水酸化ナトリウムのモル質量は () g/molである。
1 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液 100ml をつくるのに必要な水酸化ナトリウムは何 mol か。またこれは何 g か。(有効数字 3 桁、4 桁目を四捨五入)

式 _____ mol

_____ g

(2) 1 mol/l の水溶液 1 ml に溶けている溶質の物質量は何 mol か。

(3) C mol/l の水溶液 v ml に溶けている溶質の物質量は何 mol か。

(4) (強酸・弱酸) の塩酸と (強酸・弱酸) の酢酸を比較して、同じ濃度・同じ体積の水溶液を中和するときに必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積に違いはあるか。ある場合はどのように違うか。

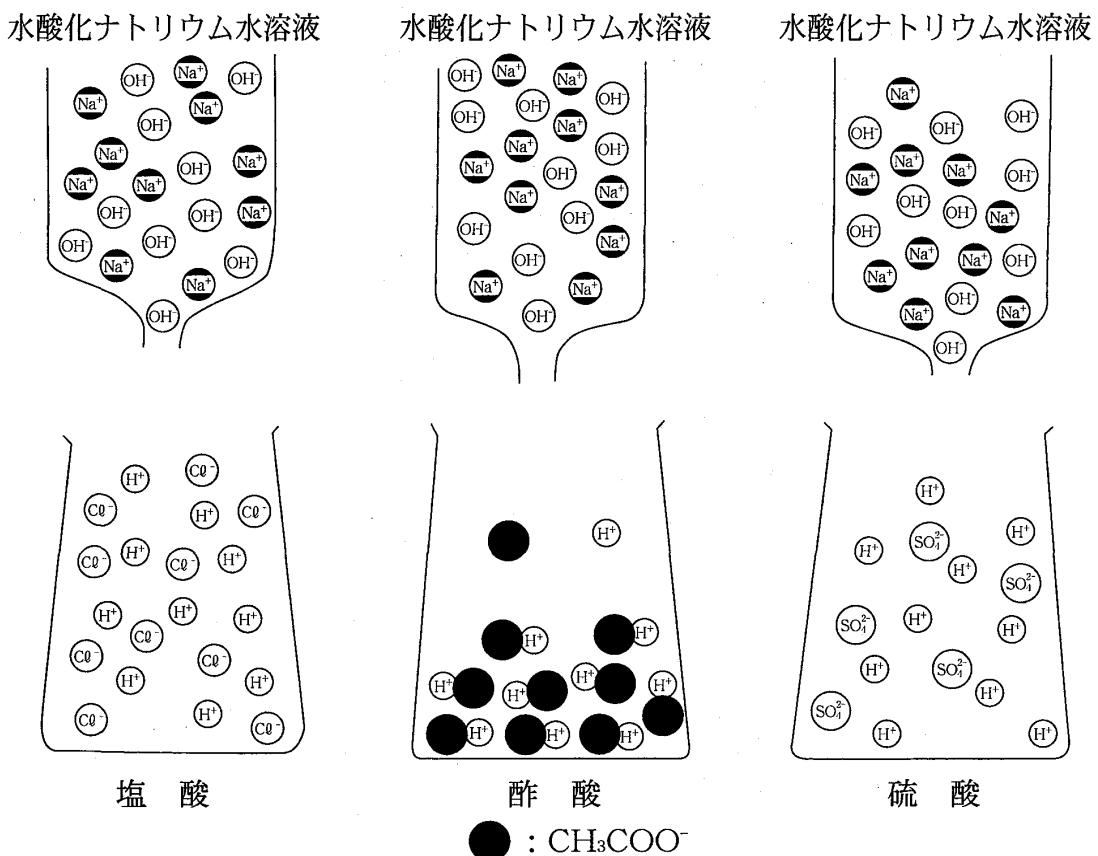
(5) (1 倍・2 倍) の塩酸と (1 倍・2 倍) の硫酸を比較して、同じ濃度・同じ体積の水溶液を中和するときに必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積に違いはあるか。ある場合はどのように違うか。

(6) 中和に用いる酸の価数 (n) 、濃度 (C mol/l) 、体積 (v ml) と塩基の価数 (n') 、濃度 (C' mol/l) 、体積 (v' ml) の間にはどのような関係があるか。

感 想

求める実験だけを指示し、それ以外は酸・塩基の水溶液の濃度と体積を各班で自由に設定できるようにした。最低限の3種類の実験だけで1時間が終わってしまった班もあったが、多いところでは8種類の実験を行っていた班もあった。

5時限目は各班の実験結果から中和反応の量的関係を表す式を導いた。実験プリントの結果欄と同じものを拡大して用意して黒板に貼り、各班の結果を書き入れさせた。どの水溶液でも1mol/lの水溶液1ml中には0.001molの溶質が溶けていることを確認し、塩酸の実験から、反応するH⁺の物質量(=濃度×体積)がOH⁻の物質量に等しくなっていることに気づかせた。また、酢酸の実験から、酸・塩基の強弱は中和の量的関係に影響しないことを気づかせた。さらに硫酸の実験から、H⁺、OH⁻の物質量は(価数×濃度×体積)で表せることに気づかせた。これらからすべての酸・塩基に当てはまる関係はn×C×v=n'×C'×v'であることを導いた。また、それぞれの酸の中和の様子をマグネットシートとマグネットボタンを用いてモデル化し、弱酸の電離の様子、2価の酸の電離の様子などミクロな認識が持てるよう工夫した。その様子を以下に図示する。



6～10時限目の内容は従来通りである。ただし、新たに実験8・9を組み入れたために使われた時間は中和滴定の実験を2時間使わずに1時間で行うことで調整した。

本校は平成15年度より3年間、環境教育実験校の指定を受けているので、酸・塩基の最後の時間に酸性雨発生のメカニズムと対策の講義とモデル実験を行った。

酸化還元反応の単元については中学校の内容に大きな変化はないので、従来通りの計画で授業を行った。

6. 「イオンの学習」についての事後調査

「イオン」「酸・塩基」「酸化還元反応」の学習後、学習内容について、事後調査を行った。調査内容を資料10に示す。調査の集計結果を資料11、資料12に示す。

「高校での学習を通じてイオンについての理解が進んだか」の間に對して、中学時代にイオンを学習していない割合が高い外部生では「かなり進んだ」が最も多かったが、中学時代に一通り学習している内部生では「進んだところとそうでないところがあった」が多い。十分理解が進んでいない事實が読みとれる。「理解が進んだ内容」については、外部生に「中学校で全くやっていないのですべて」というのが特徴的である以外は内・外であまり差はなく、「酸・塩基の定義」、「中和反応と塩」、「酸化・還元の定義」、「電気分解」などである。「理解が進まなかった内容」と「わかりにくかった内容」はかなりいろいろな内容に広がっているが、おおよそ重なっており、「酸化剤・還元剤の反応と反応式」、「電池」、「電気分解」など一連の授業の後ろの方の内容ほど挙げた人数が多くなり、授業についてこれずに脱落している事實が読みとれる。

マグネットモデル、演示実験、生徒実験の有効性の評価では、ほとんどの項目で「大変有効」または「まあまあ有効」と答えた割合が70%を超えており、有効であったと評価してよいようである。後の感想にも「演示実験より生徒実験の方が効果的だった」とあるようにやはり生徒実験の方が評価が高い。特に中学で経験してこなかった外部生の評価が高くなっている。

授業の感想は生徒の生の意見が現れ、興味深い。授業の中で新しい発見があったり、内容を理解できることで充実感が得られ、更なる興味がわいてくるというよい循環になっているパターンと、難しい・解らない・つまらないという悪循環になっているパターンがあるのがよくわかる。よい循環パターンに載せていくためのヒントもいろいろ挙げられている。

2部「イオン」についての知識の調査は比較のため、事前調査と全く同じ内容である。「イオンの書き方」、「イオン式」、「イオンの名称」、「イオンへの電離の式」などは事後調査の方が正解率は上がっているが、重要な語句の説明を書かせる問題では正解率はほとんど上がってないか、下がっているものもあるほどである。基礎・基本がきちんとおさえられていない現実が見え、大きな反省点である。

7. 考 察

1年間の実践や調査を通じて、新年度に向けて授業を行ううえでのいくつかの改善点が明らかになった。

今年度留意したポイントについてみてみる。①実験の有効活用については、指導の目的にあった実験を取り入れることは大変有効である。特に生徒実験に生徒の評価が高いが、授業の流れにきちんとのせて実施しなければ効果は上がらないし、授業時間数の問題や、指導者側の準備等の負担などから、自ずと数は限定されるだろう。扱う内容の吟味がますます重要になろう。また、演示実験も使い方の工夫や、見やすく提示するなどの改善の余地があろう。

「イオン」の学習についての事後調査

2004. 2 化学（石井）

第1部 「イオン」の学習についての調査

1 高校での「イオン」の学習を通じて、「イオン」についての理解や認識が中学生のときと比較してどのように変化しましたか。「酸・塩基」「電池」「電気分解」、なども「イオン」と関連した学習として含めて考えてください。

- ① かなり理解が進んだ
- ② 少し理解が進んだ
- ③ 理解が進んだところとそうでないところがあった
- ④ あまり理解は進まなかった
- ⑤ ほとんど理解は進まなかった

2 理解が進んだのはどのような内容でしたか。具体的にかいてください。

3 理解が進まなかったのはどのような内容でしたか。具体的にかいてください。

4 高校での「イオン」の授業全体について評価してください。ただし「酸・塩基」「電池」「電気分解」なども「イオン」と関連した学習として含めて考えてください。

- ① とてもわかりやすかった
- ② まあまあわかりやすかった
- ③ わかりやすいところとそうでないところがあった
- ④ ややわかりにくかった
- ⑤ とてもわかりにくかった

5 わかりにくかったのはどのような内容の授業でしたか。具体的にかいてください。

6 次①～⑯の項目のうち、高校での「イオン」の学習の中で、理解を進めるのに効果があったかどうか、次の5段階でそれぞれ評価してください。

1 大変有効 2 まあ有効 3 どちらともいえない

4 あまり効果なし 5 ほとんど効果なし

A マグネットモデル ①イオン生成 () ②中和の量的関係 ()

B 演示実験 ③実験5結晶の性質・電解質と非電解質 ()

④実験8酸と塩基の性質 () ⑤実験12酸性雨の発生 ()

⑥実験13酸化還元反応 () ⑦実験14酸化剤・還元剤 ()

⑧実験15電池の働き () ⑨実験17ファラデーの法則 ()

C 生徒実験 ⑩実験9中和の量的関係 () ⑪実験10中和適定 ()

⑫実験11紅いもの色素 () ⑬実験16電気分解 ()

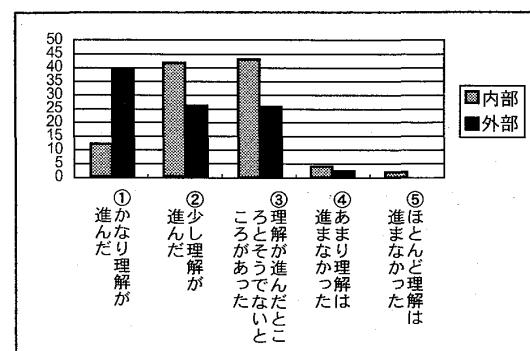
7 「イオン」の学習を中心に化学の授業の感想を書いてください。

「イオン」の学習についての事後調査の集計(1)

第1部 「イオン」の学習について(数字は%)

1 高校での学習を通じての「イオン」についての理解や認識

	内部	外部
① かなり理解が進んだ	11	40
② 少し理解が進んだ	41	26
③ 理解が進んだところとそうでないところがあった	43	26
④ あまり理解は進まなかつた	4	2
⑤ ほとんど理解は進まなかつた	2	0



2 理解が進んだのはどのような内容でしたか。具体的にかいてください。

内部 53人 外部 46人

・中学校で全くやっていないのですべて	5
・基本的な知識全体	2
・中学校で一度やっている内容	1
・新しく学んだ部分	1
・ミクロな視点でものを見る	1
・計算	1
・イオンとはどのようなものか	5
・イオンの生成	6
・イオン結合とイオン結晶	7
・電離	1
・酸・塩基の定義	1
・酸・塩基の値数	1
・酸・塩基の強弱	1
・p H	1
・中和反応と塩	2
・中和適定	0
・酸性雨	6
・酸化・還元の定義	5
・酸化数	4
・酸化剤・還元剤の反応と反応式	3
・イオン化傾向	1
・電池	7
・電気分解	1

3 理解が進まなかつたはどのような内容でしたか。具体的にかいてください。

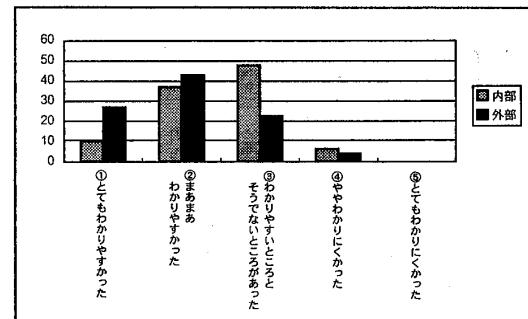
内部 53人 外部 46人

・前の授業の内容が覚えられず次がわからなくなる	1	2
・全体の流れ	1	
・新しい概念や言葉		1
・演示実験が記憶に残りにくい	1	
・物質量の考え方	1	
・計算	3	
・電子の移動	1	
・イオンのとはどのようなものか	1	1
・イオンが実感できない	3	

・イオン結合・結晶	1	1
・電離	1	1
・酸・塩基の定義	1	1
・水の電離	1	
・塩	3	3
・中和適定	1	2
・酸性雨	1	
・酸化・還元の定義	1	2
・酸化数	2	1
・酸化剤・還元剤の反応と反応式	6	6
・イオン化傾向	3	
・電池	1 3	1 8
・電気分解	1 0	1 0

4 高校での「イオン」の授業全体に対する評価

	内部	外部
①とてもわかりやすかった	9	26
②まあまあわかりやすかった	37	43
③わかりやすいところとそうでないところがあった	48	23
④ややわかりにくかった	6	4
⑤とてもわかりにくかった	0	0



5 わかりにくかったのはどのような内容の授業でしたか。具体的に書いてください。

内部 53人 外部 46人

・全体の流れ	1	
・細かいところ	1	
・後半進度が速く大変		2
・新しい言葉を忘れている		1
・板書が速い		1
・授業から実験へのつながり	1	
・演示実験が見にくい	1	1
・数式や計算	4	
・電子に対するイメージ、電子の動き	1	
・値数に規則性のないイオン		1
・イオン結合・結晶	1	1
・酸と塩基の定義	2	
・酸・塩基の強弱	1	
・中和反応と塩	3	5
・中和適定		1
・酸化・還元の定義	1	1
・酸化数		1
・酸化剤・還元剤の反応と反応式	1 3	9
・電池	1 0	1 4
・電気分解	1 0	1 1

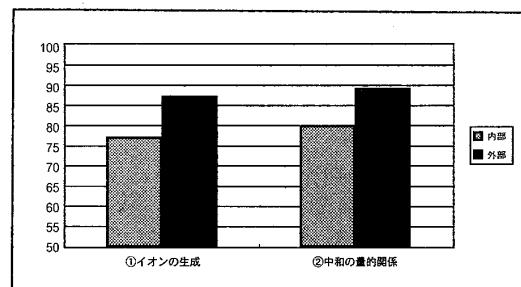
6 次の①～⑯の項目のうち、高校での「イオン」の学習に効果があったかどうかの評価
各項目ごとに(大変有効十まあ有効)の%を表示

A マグネットモデル

- ①イオンの生成
- ②中和の量的関係

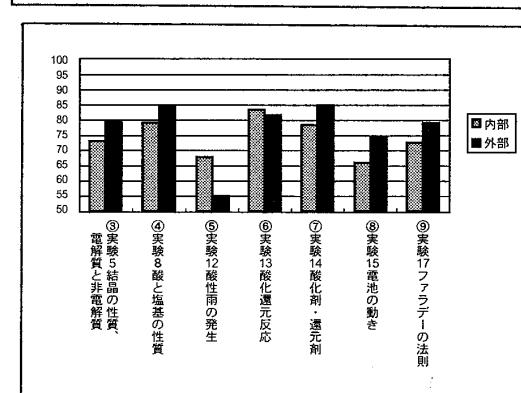
内部 外部

77	87
80	89



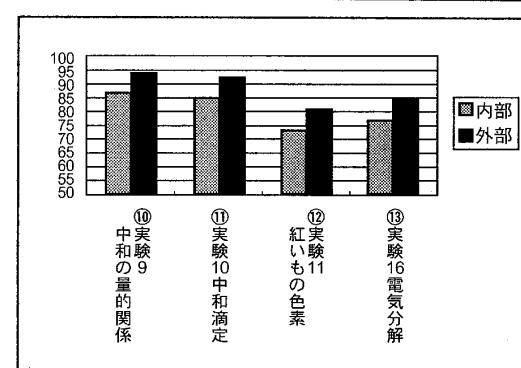
B 演示実験

	内部	外部
③実験5結晶の性質、電解質と非電解質	73	79
④実験8酸と塩基の性質	79	85
⑤実験12酸性雨の発生	67	55
⑥実験13酸化還元反応	83	81
⑦実験14酸化剤・還元剤	78	85
⑧実験15電池の働き	66	75
⑨実験17フーラデーの法則	72	79



C 生徒実験

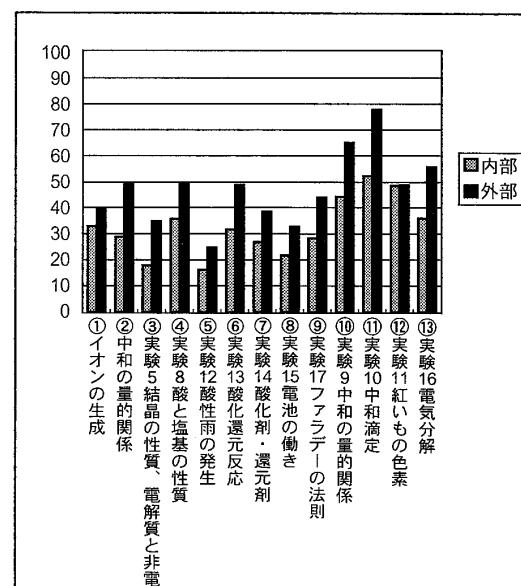
	内部	外部
⑩実験9中和の量的関係	87	94
⑪実験10中和滴定	85	92
⑫実験11紅いもの色素	73	81
⑬実験16電気分解	76	85



6* 次の①～⑯の項目のうち、「大変有効」、「まあ有効」のみを表示

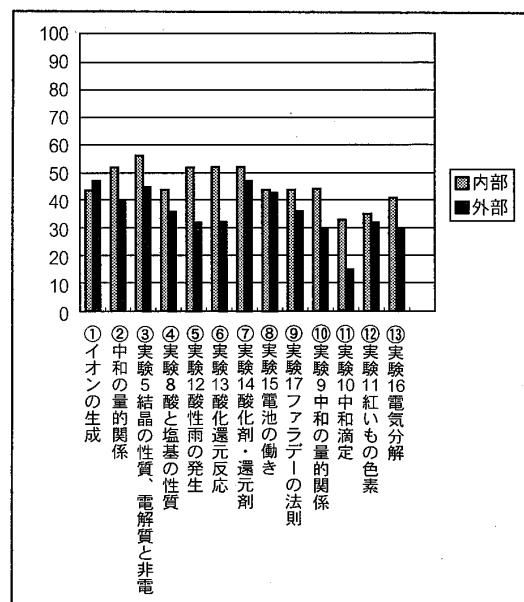
(1)大変有効

	内部	外部
①イオンの生成	33	40
②中和の量的関係	28	49
③実験5結晶の性質、電解質と非電解質	17	34
④実験8酸と塩基の性質	35	49
⑤実験12酸性雨の発生	15	23
⑥実験13酸化還元反応	31	49
⑦実験14酸化剤・還元剤	26	38
⑧実験15電池の働き	22	32
⑨実験17フーラデーの法則	28	43
⑩実験9中和の量的関係	43	64
⑪実験10中和滴定	52	77
⑫実験11紅いもの色素	48	49
⑬実験16電気分解	35	55



(2)まあ有効

	内部	外部
①イオンの生成	44	47
②中和の量的関係	52	40
③実験5結晶の性質、電解質と非電解質	56	45
④実験8酸と塩基の性質	44	36
⑤実験12酸性雨の発生	52	32
⑥実験13酸化還元反応	52	32
⑦実験14酸化剤・還元剤	52	47
⑧実験15電池の働き	44	43
⑨実験17フーラデーの法則	44	36
⑩実験9中和の量的関係	44	30
⑪実験10中和滴定	33	15
⑫実験11紅いものの色素	35	32
⑬実験16電気分解	41	30



7 「イオン」の学習を中心に化学の授業の感想を書いてください。

内部

- 中学で習ったことが次々と覆されたり、深く掘り下げられて、「すごい！」の連続でした。電子や原子のつぶつぶを見たことがあるわけではないのに、自分の手で反応式をたて、つぶたち(?)の動きを知ることができるもの楽しいです。
- 物質が存在していることに対する理解が深まりました。
- どうしてこうなるのかということが分かってよかったです。
- 中学よりも深い内容だったので少し難しい部分もありましたが、自分たちで実験をやりながら学んでいくのは楽しかったです。イオンは中学でも少しやったけれど、高校ではもっと広い範囲に繋がっていて、自分たちの生活に関わっている部分も多いことに気づき、今までの「難しい」という固定観念が少し抜けました。
- イオンは中学時の理科の内容をより深め、それにより納得し新たに習得した知識の幅が広がるきっかけとなった。理解をするのは難しかったけど理解できるとうれしかったので、がんばったと同時に楽しめました。
- 中学のときに比べてとても詳しく、一段と難しい内容となつた。イオンや電子などは目に見えないので、理解するのが難しいところもあるが、その目に見えないものを説明していくのもいろいろ面白いこともあり楽しかった。
- 中学とは少し変わるところがあったので最初は少しとまどつたけれど、より細かく詳しくなつたので、面白かったです。(2)
- 中学でもイオンを学習したが、中学ではイメージとしての認識が大きく、高校ではそのイメージを理論的に解説されたような感じだった。定義が明確になり、理解が進んだところもあったが、その定義に基づいた実際の現象を理解するのが難しかった。

- ・1つ1つの授業では受けるたびに発見があって、とにかくこの1年はいろいろと自分の思ってたことががらりと変わりました。でも授業と授業のつながりがあまり理解できず、頭が混乱したこと多かったです。実験などからも、高校の化学は深いところまで追求していくのだと改めて感じ、難しかったけれど、中学のときより興味がわき、楽しかった。
- ・小・中では水溶液の性質などについて習っていた。高校の「化学」の授業でその詳細を習い、全体的な感じが見えてきたような気がしました。
- ・すごくわかりやすかったです。化学のような前の内容がわかっていないと次の内容もわからないような教科は専門家で復習しなければいけないんだと思いました。
- ・家で授業でやったことを復習していると、さらにわかりやすくなつてよかったです。
- ・中学である程度習っていたので理解しやすかったです。中学では深くやらなかつたことがくわしくわかり、また少し混乱し、でも実験が面白く、内容もわかりやすかったです。演示より生徒自身がやつたほうが印象に残りやすいと思います。
- ・実験をする機会が多く、自分の目でちゃんと確かめられてよかったです。(2)
- ・実験を実際に自分たちでやることによって理解を深めることができました。
- ・今までにやつたことのない実験ばかりで面白い。
- ・化学は内容がすべて関連しているから、大変でした。でも学習が進むにつれて化学の本質に迫るようで楽しかったです。
- ・授業でいろいろ考えても限度があるので、実験がとても役立つと思います。法則を使った計算が出てきたときは何問か授業で取り上げて説明してもらえたらしいなあと思いました。(2)
- ・授業を受けて、その後はすごくわかつたつもりでも、後で考えるとあれ?となってしまうことが度々ありました。(5) けど、実験でやつたことはすごく印象に残っているので、実験がたくさんあったのがよかったです。(2)
- ・習つたことをどんどん忘れてしまうので毎回調べ直さないと授業についていけなかった
- ・中学の学習の中でもイオンは苦手な分野だったので、高校の化学も難しかった(2)
- ・原子や電子など、肉眼で見ることのできないものを考えることは難しかった。(2)
- ・中学と比べて、すごく難しく感じました。しかし、実験は楽しかったし、とてもためになりました。(2)
- ・中学と比べ原子やイオンの見方・とらえ方が大分変わった。
- ・実験で見ることはできても 原子やイオンの動きは目に見えないので頭でイメージしづらかった。(5)
- ・計算が多いし、覚えることも結構あって大変です。(2)

外部

- ・中学ではぼんやりとしか分からなかつたことを高校で詳しく勉強できて、化学がとても面白くなりました。(3) ただ、1つ1つの内容の関係を理解し、全体の流れをつかむことが結構難しかった。
- ・中学の勉強だけでは納得できなかつたことがイオンを勉強して納得できた。いくつかの単元に分けてイオンを勉強してきたが、整理するとそれらが頭のなでつながつてより理解を深めることができた。(6)
- ・実験が多く楽しかった。(6)
- ・中学ではほとんどやっていなかつたので、物質のミクロな面が詳しく分かってよかったです。(2)
- ・化学という世界は普段身近なものではないので正直理解しづらいことも多々あったが、その分興味深く聞ける授業だった。
- ・中学の実験で視覚的に理解していたものが、数字で証明され、筋道は理解できたが、数字だけの計算になると今度は像を思い浮かべることができなくなるので難しいと思った。

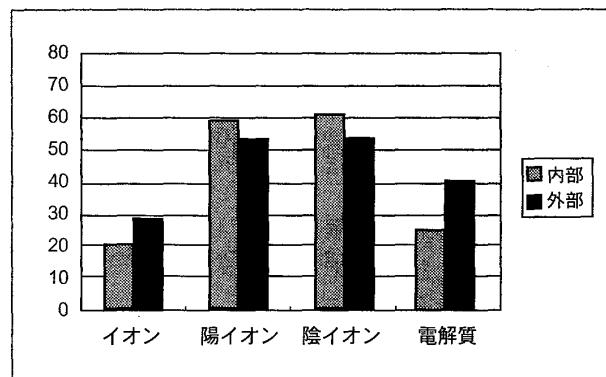
- ・「イオン」というと難しいというイメージを抱いていたが、モデルや実験を通じて理解が次第に深まっていったよかったです。(3)
- ・モデルを用いた授業や実験をかさねていくうちに「世の中はイオンであふれている」と思えるようになった。
- ・実験をたくさんやって理解を深めようと云うのはとてもよいことだと思う。(2)
- ・実験をやってから考察することで理解が深まった。(2)
- ・実験も結果につながりがあつたきれいだと思った。
- ・実験は演示より自分でやる方が効果があると思う。(2)
- ・新しい言葉がたくさん出でくるのでその場では分かったつもりでも応用に進むときについていけなくなる。応用に進むときに少し復習が入るか、宿題プリントでの復習などがあるとよい。
- ・一度遅れるとその後の理解も曖昧なものになってしまふので、復習が大切だと思った。(2)
- ・分かったと思っていたら忘れていたことが多かった。復習が必要。(3)
- ・授業のスピードが速いので、家で復習して理解しているようにしている。
- ・授業中にモデルや図で説明されても、その後自分で理解するまでに時間がかかったことが多かった。
- ・イオンは幅が広くてすべてに関わってくるので頭がついていかず大変だった。
- ・「中学で習ったときと定義が変わる」ことになかなか頭がついていきませんでした。
- ・イオンについて覚えることが多くて大変。
- ・最低限覚えるものがはつきりしているとよい。
- ・最初のモルでつまずいてしまい苦手意識を持った。中学とは比べものにならない程難しくてなかなか理解できなかった。
- ・イオンについてのとらえ方が難しい。
- ・イオン式が出るととまどってしまう。
- ・とても難しかった。(2)

「イオン」の学習についての事後調査の集計(2)

第2部「イオン」についての知識の正解率(数字は%)

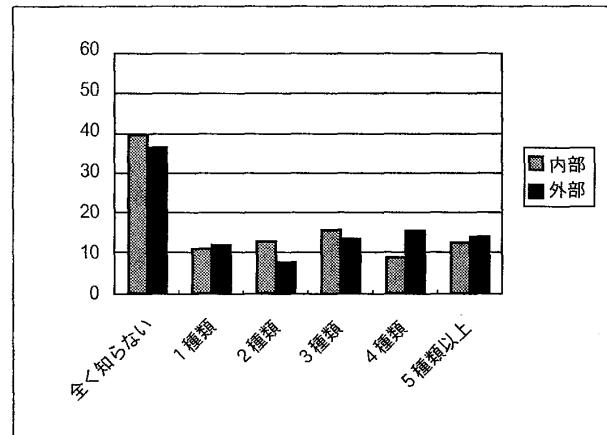
1 言葉の意味

	内部	外部
イオン	20	28
陽イオン	59	54
陰イオン	61	54
電解質	25	40



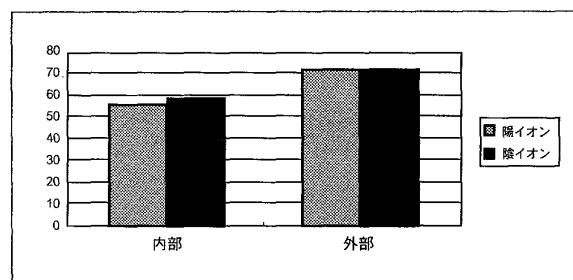
2 知っている電解質の名称の数

	内部	外部
全く知らない	39	36
1種類	11	12
2種類	13	8
3種類	16	14
4種類	9	16
5種類以上	13	14



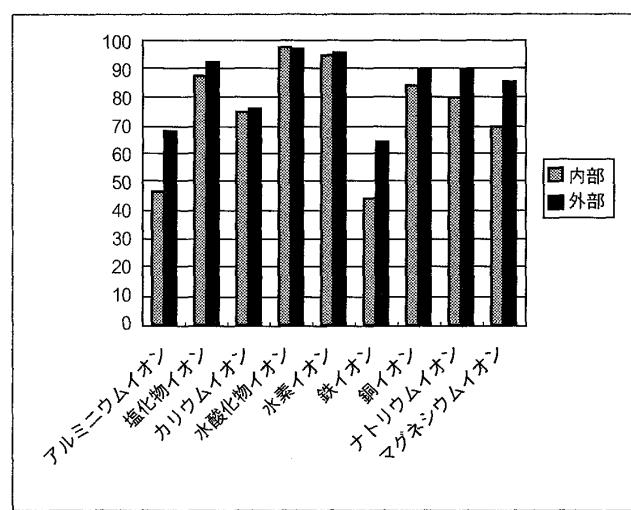
3 イオンのでき方

	内部	外部
陽イオン	55	72
陰イオン	58	72



4 イオン式

	内部	外部
アルミニウムイオン	47	68
塩化物イオン	88	92
カリウムイオン	75	76
水酸化物イオン	98	98
水素イオン	95	96
鉄イオン	44	64
銅イオン	84	90
ナトリウムイオン	80	90
マグネシウムイオン	70	86

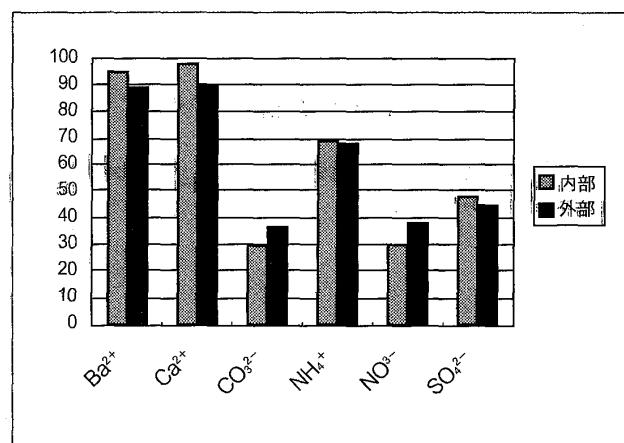


5 イオンの名称

Ba^{2+}	
Ca^{2+}	
CO_3^{2-}	
NH_4^+	
NO_3^-	
SO_4^{2-}	

内部 外部

94	88
97	90
30	36
69	68
30	38
48	44

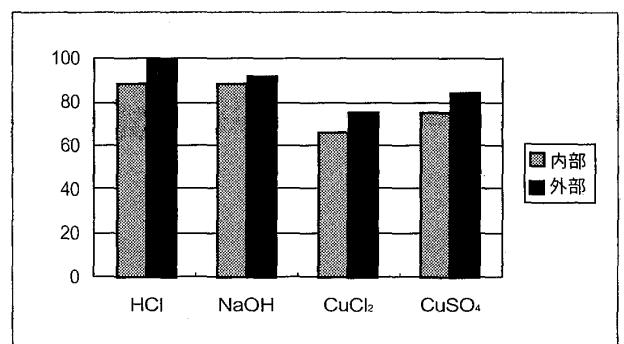


6 イオンへの電離の式

HCl	
NaOH	
CuCl_2	
CuSO_4	

内部 外部

89	100
89	92
66	76
75	84

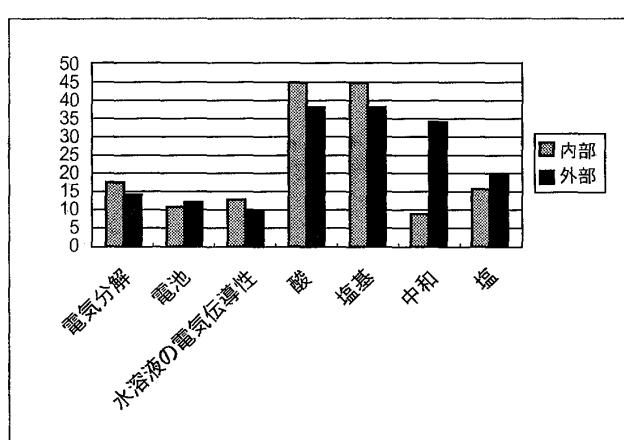


7 イオンを使って説明

電気分解	
電池	
水溶液の電気伝導性	
酸	
塩基	
中和	
塩	

内部 外部

17	14
11	12
13	10
45	38
45	38
9	34
16	20



②ミクロな視点（粒子概念）のモデル化は一応の成果は上げているが、まだ十分とは言い難い。「目に見えないのでイメージしにくい」、「とらえ方が難しい」などの感想もある。もっと身近に感じイメージしやすくするためには、繰り返しモデルなどを提示して、「慣れる」ということが必要であろう。視覚化、モデル化だけでなく、言葉がイメージを作る媒介を考えると、言葉に慣れるということも有効なのではないかと思われる。その点では、最低限覚えるという作業を入れていくことも考えた方がよいようである。

③系統的な学習の確保については、十分配慮して授業を進めてきたつもりであったが、授業が進むにつれて系統性の確保が難しくなった。1つ1つの内容を確実に蓄積していくなければ、新たな内容が入らない。2単位の授業では、授業の間隔も間遠になり、前時とのつながりが曖昧になる。生徒からの指摘も多かったように、復習にもう少し重きを置き、基本的な事項の確認、それまでのつながりを確認してから次に進むと云うことが必要である。

以上のように指導に当たって改善点はあるが、1年間実践をしてみて、中学校から押し上げられた内容があまりに大きく多く重たいものであることを実感した。佐藤、細矢らは、世界各国の前期中等教育（日本では中学校に相当）で扱われている教科書の内容の比較研究を行っているが（文献3）、ほとんどの国で原子構造やイオンを扱っている。また、新指導要領下で小学校で学習する酸・アルカリの水溶液の内容（文献4）と中学校で学習する酸・アルカリの水溶液の内容はほとんど同じで、生徒の発達段階に合わせて学習する内容が発展するというふうにはなっていない。そのため高等学校で積み上げるべきものが非常に多く、系統的に積み上げる階層が何段階にもわたり、積み木崩し状態が出現しかねない。時間をかけたきめ細かい指導が要求されているが、小・中同様、高等学校でも授業時間の増加は望めない。平成14年11月に実施された教育課程実施状況調査（旧課程）の報告でも調査が実施された4教科7科目中、化学は「授業が分からぬ」が最も多い科目という結果が出ている。新課程になりこの傾向にさらに拍車がかかるのは必至であろう。日々の実践のなかで指導者が工夫・努力を重ねるのはもちろんのことであるが、教育課程そのものの見直しが不可欠なことも明らかである。

教育課程についてやその指導法の検討とは別に、原子やイオンのような抽象的な概念を理解する能力がどのように育成されるのか、そのような能力は一般に云われるように男子に比べ女子では劣っているのかという研究課題も設定していたが、そこまで研究が及ばなかった。今後の課題である。

8. 参考文献

- (1) 中学校学習指導要領
- (2) 東京書籍「新しい科学」1分野上・下（中学校教科書）
- (3) 佐藤明子、細矢治夫「化学と教育」51巻8号（2003年）
- (4) 大日本図書「たのしい理科」6下（小学校6年教科書）