

「化学変化とイオン」の模擬授業から

根津正二郎（波佐見町立波佐見中学校、

前長崎大学大学院教育学研究科教職実践専攻）

森下浩史（前長崎大学教育学部）

古賀雅夫（長崎大学教育学部）

星野由雅（長崎大学大学院教育学研究科）

1. はじめに

中学校理科におけるイオンに関する学習については、平成 10 年告示の学習指導要領でなくなり、平成 20 年告示の学習指導要領で復活した。著者の一人（根津）は、現職の中学校の教員であるがイオンに関する指導の記憶がない。それも無理はない、昭和 62 年度に 1 度しか教えていないのである。平成 2 年に島嶼部に転勤してから、平成 14 年に理科の教員に復帰するまでの 12 年間技術科の教員として働いていたためである。

著者の一人（根津）は、昨年度長崎大学大学院教育学研究科の教職実践専攻（教職大学院）で学ぶことができ、大学院のプログラムである学校教育実践実習Ⅱで「化学変化とイオン」について実習先（中学校）の生徒と共に取りくむことができたが、課題も多く残った。今回、理科教材開発 A の一環で大学生等を対象として模擬授業を行う機会を得たので、その成果をここに記すことにする。

2. イオンに関する質問紙調査

24 年ぶりのイオンに関する指導について、学校教育実践実習Ⅱを行うにあたって、実習校の中学生に対してイオンに関する既存の知識や考えを調査した。調査の対象は長崎市内の中学校 1 学級 32 名であったが、それに先がけて教育学研究科教職実践専攻の大学院生 11 名（23 歳～50 歳）にも協力してもらった。また、模擬授業に参加してくれた教育学部の小学校教育コース及び中学校教育コース理科専攻の学生 11 名（1 年生～4 年生）にも質問紙調査に協力してもらった。

〈 表 1 イオンに関する既存の知識や考えの調査 〉

番号	質問内容	回答	中学生 (32名)	大学生 (11名)	大学院生 (12名)
1	イオンという言葉 を聞いたこと がありますか。	○ある ○ない	32名(100%)	11名(100%)	12名(100%)
2	1で「ある」と 答えた人は、い つどこで聞きま したか。	○TV ○CM ○マイナスイオン ○電気製品 ○中学校の理科授業 ○高校の授業(化学・理科総合) ○学校 ○プラズマ	11名(34%) 7名(22%) 6名(19%) 3名(9%) 2名(6%)	3名(27%) 2名(18%) 3名(27%) 5名(45%) 3名(27%)	2名(17%) 3名(25%) 5名(42%) 3名(25%) 2名(17%) 1名(8%)

		○除菌 ○店		1名(9%)	1名(8%)
3	イオンには性質やはたらきがありますか。	○ある ○ない ○わからない	10名(31%) 22名(69%)	9名(82%) 2名(18%)	7名(58%) 5名(42%)
4	「ある」と答えた人は、どんな性質やはたらきがあると思いますか。	○空気をきれいにする ○リフレッシュ効果 ○脱臭 ○熱が発生する ○電気を帯びている ○エネルギー的な性質 ○酸・塩基となる ○電流を流す ○体に良い ○結合 ○親水性・疎水性	2名(6%) 2名(6%) 1名(3%) 1名(3%)	2名(18%) 3名(27%)	2名(17%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
5	イオンはどんなものからできていると思いますか。	○空気 ○水(水蒸気) ○酸素 ○木(森) ○原子 ○粒子 ○プラズマ ○化学物質 ○電子 ○酸 ○陽イオン・陰イオン ○分子の結合 ○電気を帯びた分子	8名(25%) 8名(25%) 4名(13%) 4名(13%) 2名(6%)	1名(9%) 1名(9%)	2名(17%) 2名(17%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
6	イオンには大きさがあると思いますか。	○ある ○ない ○未回答	16名(50%) 14名(48%) 2名(6%)	9名(82%) 2名(18%)	10名(83%) 2名(17%)
7	「ある」と答えた人は、どれくらいの大きさだと思いますか。	○具体的数字で回答 ○分子レベル ○原子レベル ○見えない粒 ○霧ぐらい ○砂粒ぐらい ○とても小さい ○種類によって異なる	5名(16%) 2名(6%) 1名(3%) 1名(3%) 1名(3%) 1名(3%)	2名(18%) 1名(9%) 1名(9%) 2名(18%) 2名(18%) 1名(9%)	2名(17%) 4名(33%)
8	イオンには形があると思いますか。	○ある ○ない	20名(63%) 12名(37%)	10名(91%) 1名(9%)	10名(83%) 2名(17%)
9	「ある」と答えた人は、どんな形だと思いますか。	○球 ○決まった形はない ○霧みたいな感じ ○実際に絵をかいて説明 ○きれいな形 ○種類によって異なる ○分子の構造による	13名(41%) 3名(9%) 1名(3%) 1名(3%)	6名(55%) 1名(9%)	2名(17%) 3名(25%) 1名(8%) 1名(8%)

		○立方体		1名(9%)	
10	イオンには重さがあると思いますか。	○ある ○ない	23名(72%) 9名(28%)	7名(64%) 4名(36%)	10名(83%) 2名(17%)
11	「ある」と答えた人は、どれくらいの重さだと思いますか。	○具体的な数字で回答 ○気体との比較 ○とても軽い ○物質との比較 ○原子レベル ○分子レベル ○種類による	8名(25%) 6名(19%) 2名(6%) 2名(6%) 1名(3%)	3名(27%) 1名(9%) 1名(9%) 1名(9%)	6名(50%) 1名(8%)
12	イオンには色があると思いますか。	○ある ○ない ○未回答	14名(44%) 18名(56%)	4名(36%) 7名(64%)	5名(42%) 6名(50%) 1名(8%)
13	「ある」と答えた人は、どんな色だと思いますか。	○青色(水色含む) ○紫色 ○黄色 ○半透明 ○無色透明 ○色はあると思うが… ○イオンによって異なる ○見たことがない ○いろいろ ○原子や分子と同じ色	7名(22%) 1名(3%) 1名(3%) 1名(3%) 1名(3%)	2名(18%) 1名(9%)	2名(17%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
14	イオンは温度と関係があると思いますか。	○ある ○ない ○未回答	22名(69%) 10名(31%)	4名(36%) 7名(64%)	7名(58%) 3名(25%) 2名(17%)
15	「ある」と答えた人は、どんな関係だと思いますか。	○低くなるとできる。 ○高すぎるとなくなる。 ○高くなるとできる。 ○比例関係 ○湿度が高いとできる。 ○温度変化によって運動量が変わる。 ○流れが速くなる。 ○温度からエネルギーを受けとる ○温度変化によって壊れる	7名(22%) 6名(19%) 4名(13%) 1名(3%) 1名(3%)	1名(9%) 1名(9%) 1名(9%)	1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
16	イオンをつくるには、どうしたらよいと思いますか。	○水関係 ○植物関係 ○物質を混ぜる。 ○機械を使う。 ○電気分解(水中に電流を流す) ○水に溶かす。 ○酸をあたためる。 ○何かを分解する。 ○化学変化	4名(13%) 3名(9%) 2名(6%) 2名(6%) 1名(3%)	3名(27%) 3名(27%) 3名(27%)	1名(8%) 1名(8%) 2名(17%) 3名(25%) 1名(8%) 1名(8%)
17	まとめていうと、イオンとは	○空気についてふれている ○水の粒	11名(34%) 4名(13%)		

	何だと思いきいますか。自分なりに説明してください。	○安らぎを与える ○電気 ○化学物質 ○マイナスイオン ○電気を帯びた原子 ○何か結晶のようなもの ○気体 ○物質の一つ ○原子や分子を結合するもの ○電氣的な何か ○液体の性質を左右する ○電氣的な何か	1名(3%) 1名(3%) 1名(3%) 1名(3%)	2名(18%) 1名(9%) 2名(18%) 1名(9%) 1名(9%) 1名(9%)	4名(33%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
18	イオンは原子とどのような関係がありますか。	○原子との関係にふれている ○電気を帯びた原子がイオン ○原子のもとになっているのがイオン ○イオンの力で原子の電氣的性質が決まる ○安定か不安定か ○+と-の何か ○結合	4名(13%)	1名(9%) 3名(27%) 3名(27%)	3名(25%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)
19	イオンは分子とどのような関係がありますか。	○分子との関係にふれている ○イオンが結合して分子になる ○電気を帯びた分子がイオン ○いくつかの分子が集まってできる ○分子のもとがイオン ○結合したら何かができる	2名(6%)	2名(18%) 3名(27%)	2名(17%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%) 1名(8%)

3. 模擬授業の指導案

(1) 単元について

本単元は、化学変化についての観察・実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う単元である。

新学習指導要領では、小学校第6学年で「水溶液の性質」について、中学校では、第1学年で「身のまわりの物質」について、第2学年で「電流とその利用」、 「化学変化と原子・分子」について系統的に学習するようになっている。これらの学習をふまえて、本単元では、水溶液の電氣的な性質と酸とアルカリの性質についての観察・実験を行い、結果を分析して解釈し、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させ、イオンのモデルと関連付けてみる微視的な見方や考え方を養うことが主なねらいである。

ここで扱う事象は実験室の中だけで起こっているものではなく、日常生活や社会の中で見られることに気づかせ、物質や化学変化に対する興味・関心を高めるようにするとともに、身のまわりの物質や事象を新たな見方や考え方でとらえさせるという点で価値のある単元である。

(2) 生徒観

イオンに関する質問紙調査から、対象学級の生徒は 100%の生徒がイオンという言葉は知っていた。(学年全体では 93%) 情報源は、テレビ番組などのマイナスイオン効果や、電気製品に使われているマイナスイオン発生装置、スポーツドリンクやアルカリイオン水の表記などである。またイオンの性質やはたらきについては、ほとんどの生徒が知らないことがわかった。記述してあっても「空気をきれいにする」、「リラックス(癒し)効果」、「イオンはからだに良いもの」といった誤った概念としてとらえていた。ただし、項目によっては中学生の方が、大学生や大学院生より良いものもある。

本単元の学習内容との関連では、生徒は第2学年の「化学変化と原子・分子」において、水の電気分解について学習し、純水では電流が流れ難いこと、水酸化ナトリウムを水に混ぜることで、電流が流れ易くなることを確認している。また、化学変化は原子の組み合わせが変わることで起こることを粒子モデルで学習している。

また、同じ第2学年の、「電流とそのはたらき」において、電流が自由電子の移動により生じる現象であることを学んでいる。

本単元では、イオンを粒子モデルとしてとらえ、現象を徹視的な視点で、科学的に説明できる生徒を育てるとともに、学習を日常生活において生かせるように指導していきたい。

(3) 指導観

上記の単元観、生徒観を踏まえ、次のことに留意して学習活動を行いたい。

「原子が、電子を失ったり、受けとったりすることで、電気を帯びた粒子である陽イオンや陰イオンになる」や「電子のやりとり」という概念を与えて、単元内のさまざまな事物・現象について、「電子のやりとり」の概念を図やモデルを使って考察させていく。

また、考察の説明や発表などの活動を通して、イオンに対しての見方や考えだけでなく、思考力や表現力も育成したい。

(4) 単元の目標

化学変化についての観察、実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。

(5) 単元の指導計画

- | | |
|--------------------|-----------|
| ①水溶液には電流が流れるか | 2時間 |
| ②イオンと原子のなり立ち | 5時間 |
| ③化学変化と電池 | 3時間 |
| ④水溶液の酸性，アルカリ性 | 6時間 |
| ⑤酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる | (本時6/6時間) |

(6) 模擬授業(50分)

- ① 模擬授業の題材：「どのくらい水で薄めれば良いのだろうか。」
- ② 模擬授業の目標：酸性・アルカリ性の水溶液は、水で薄めても、なかなか酸性度・アルカリ性度

が小さくならないことを理解する。

③ 観点別評価規準

- (7) 1 mL の酢酸に精製水を加えて、pHを2上げることができたか。(観察・実験の技能)
- (イ) 酸性の水溶液は、水で薄めても、なかなか酸性度が小さくならないことを理解できたか。(自然事象への知識・理解)
- (ウ) 環境問題について考えようとしたか。(自然事象への関心・意欲・態度)

〈準備〉 □ビーカー300mL □食酢 □ガラス棒 □保護めがね □pHメーター (万能pH試験紙)

学 習 活 動	形態	指 導 上 の 留 意 点
1. イオンについてのアンケートを実施する。	全体	
2. 食酢のpHを計る。	全体	<ul style="list-style-type: none"> ・化学実験の時は、安全めがねを着用すること。
3. 1 mL の食酢をビーカーに用意する。		
4. 予想する。	個人	
<div style="border: 2px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> このpHの値を2上げるためにはどのくらいの水が必要だろうか </div>		
5. 予想を発表する。		<ul style="list-style-type: none"> ・予想をワークシートに記入させる。(今回は、学部生、院生が対象なので発表させない。) ・水の加え方は班に任せる。 ・加えた水の量は、ワークシートに記録させる。 ○ホワイトボード ○液晶プロジェクター ○教材提示装置 ・思いついたことをとにかくたくさん書かせる。 ・仲間分けし、順位をつけさせる。順位をつけた理由も考えさせる。 ・級友のどんな考えも非難しないように伝える。 単元「科学技術と人間」に関連させる。
6. 1 mL の食酢に水道水を加えて、pHを2上げる。	班	
7. 加えた水の量を発表する。	全体	
8. 消費活動や生産活動で生じた不要物を廃棄したいと思います。どうのことを考えて廃棄すれば良いですか。「化学変化とイオン」で学習したことも参考にして考えてください。		
(1) 個人で、問題を考える。	個人	
(2) 班で、個人の考えを交流し、考えをまとめていく。	班	
(3) 班のまとめを発表する。	全体	

(7) 模擬授業の事後調査

〈表2 模擬授業の事後調査〉

番号	質問	回答	人数(割合)
1	水溶液の性質を調べる方法を書いてください。	○リトマス紙 ○BTB 溶液 ○pH 試験紙 ○紫キャベツの煮汁 ○薬品と混ぜて沈殿させる ○蒸発凝固させる	6名(75%) 3名(38%) 2名(25%) 1名(13%) 1名(13%) 1名(13%)
2	pH メーターを使った経験を教えてください。	○初めて ○2・3回	7名(87%) 1名(13%)
3	pH メーターの調整をした感想を書いてください。 ○難しい(3名) ○面白かった。 ○1回1回使うたびにこんな調整をしなくてはいけないのだと思いました。 ○簡易の pH メーターだったので、中学生でも簡単にできる内容だと思った。 ○説明書があったので、調整できた。 ○先輩がしたので、見ていただけですが、要領を覚えたら使いやすそうでした。		
4	pH の意味はわかりますか。	○わかる ○どちらかといえばわかる ○どちらかといえばわからない ○わからない	4名(50%) 2名(25%) 1名(13%) 1名(13%)
5	1mL の食酢の pH の値を 2 上げる作業は苦勞しましたか。	○苦勞した。 ○どちらかといえば苦勞した。 ○どちらかといえば苦勞しなかった。 ○苦勞しなかった。	2名(25%) 2名(25%) 2名(25%) 2名(25%)
6	○塩基性の物を使ったら、酸性の物を加えて、中和してから廃棄する (2名) ○つぶす (2名) ○ろ過などでゴミなどを除く→微生物で分解→塩素等で殺菌→pH 調整→海や川へ流す。 ○人がいない島に廃棄する。 ○ゴミに出す。土に埋めて肥料にする。		
7	○久しぶりに受けた理科の授業は面白かったです。 ○pH メーターを初めて使ったので新鮮だった。あまり実験の仕方を教えずにする授業だったので、考える分、時間がかかると思いました。 ○蒸留水などでなく水道水を使えば簡単にできました。 ○発展的内容として個人的に面白いと思いました。pH メーターも使えた。中学生がおもしろいと感じるかどうかわかりませんでした。 ○模擬授業を観て、教師として生徒とコミュニケーションのとり方や授業の構成の仕方など勉強になりました。 ○自分のこれからの参考になりました。楽しく授業を受けることができたので、私も生徒が興味・関心を持ってくれるような授業がしたいです。 ○先生が、最後に pH の値を 2 上げる作業をして苦勞することを感じてほしかったとおっしゃる意図がちょっと私には見えにくかったです。 ○実験など興味をひかれたのでよかったです。		

4. まとめ

今回の模擬授業は、著者の一人（根津）が考えた中和と中性についての指導案が実際に中学生に使えるのかを検証するものであった。教育学部中学校教育コース理科専攻学生を対象としたのでpHメーターの調整を兼ねた授業展開にした（中学生対象の場合は事前に教師が調整しておく）。しかし、実際の参加者の専攻がバラバラで、pHメーターの調整の仕方をマニュアルに任せたので時間がかかってしまった。この関係で、予定していた指導案の「8. 消費活動や生産活動で生じた不要物を廃棄したいと思います。どうのことを考えて廃棄すればいいですか。「化学変化とイオン」で学習したことも参考にして考えてください。」まで授業を進めることができなかった。それでも、模擬授業を行ったおかげで、現場での授業のための貴重な経験を得ることができた。以下、改善案を挙げてみることにする。

① 全体を通して

指導案では、実験を行った後に話し合い活動を計画した。模擬授業に参加してくれた学生の実験の様子から、中学校の実験現場では実験のみに集中して、とにかくpHの値を中性に近づけるにはたくさんのお水が必要であることを体験させたい。話し合い活動については、単元「科学技術と人間」において、この実験の成果と我々の身の回りで起こっている科学的事象と関連させながら、時間をかけて行いたいと考えている。

② 食酢のpHを計る。

授業で使用できるpHメーターの台数には限りがあるので、ICT機器を利用して、pHの値を全生徒に読み取らせるなどの工夫が必要である。

③ 「1mLの食酢に水道水を加えて、pHの値を2上げる。」実験

模擬授業での最大の落度は、机の上に精製水を前日より放置しておいたことである。模擬授業では水道水（pH7程度）を加えてpHの値を上げる予定であったのに、あるグループは精製水を使用したことにより望ましい結果を得ることができなかった（精製水のpHはだいたい5.6であること、酸性雨の定義がpH5.6より小さいこと）。また学生の感想の「あまり実験の仕方を教えずにする授業だったので、考える分、時間がかかると思いました。」は、この授業のねらいを指摘している。たとえ時間がかかっても、pHの値を2上げることができなくても、中学生自身が考えて実験を行うことに意味がある。たった1mLの食酢のpHの値を2上げるのに、水の量も時間もかかることを体験することに意味がある。

5. おわりに

模擬授業を行うにあたって協力をいただいた学生の皆さんに感謝を申し上げたい。著者の一人（根津）が、中学校の教育実践現場に戻る前にこのような貴重な経験ができたことは幸いであった。これからは、現場で活かせる理科学習授業案の提供を積極的に行っていきたい。

参考文献

- 1) 高橋和光「酸・アルカリ・中和」滝川洋二代表編集『授業に生かす理科のおすすめ実験』, 2001, 東京法令出版
- 2) 堀哲夫「学ぶ必然性を引き出す授業づくり」堀哲夫・西岡加名恵共著「授業と評価をデザインする理科」, 2010, 日本標準