

中学校理科「イオン」の理解を深める 教授学習過程の構成とその有効性の検討 —「統合概念」による新たな教材とテキスト開発—

西本 保宏 / 黒岩 督

1 研究目的

本研究の目的は、統合概念の観点から「縦断的関連づけ」の理論（工藤ら、2005）に検討を加え、それをもとに中学校理科「イオン」に関係する単元を対象に新たな教材とテキストを開発し、これらを導入して構成した教授学習過程の有効性を実践によって検討することである。

2 研究方法

1) 調査対象

静岡県内の中学校に在籍する第3学年生徒120名を対象とした。そして、それぞれ1学級ずつ実験群1（男子20名、女子20名）、実験群2（男子21名、女子19名）、統制群（男子20名、女子20名）に割り当てた。3つの学級間の等質性を確認するために、1学期に行った理科テストの得点について分散分析を行った。その結果、3つの学級間に有意差は認められなかった（ $F_{(2,117)}=0.10, n. s.$ ）。以上の結果から、3群等質とみなして今後の研究を進めることとする。

2) 手続き

中学校理科における「電流とその利用」単元と「水溶液とイオン」単元と「酸・アルカリとイオン」単元の縦断的関連づけを行った指導を試みた。これらの単元について「粒子概念」という文脈（統合概念）のもとで単元相互の関連づけを促進する教授学習プログラムを開発し、授業を行ってその有効性を検討する。

具体的には、①イオンという電気を帯びた粒の存在を意識化できる教材の開発、②イオンに関係する最終単元である「酸・アルカリとイオン」の授業後に、テキスト「電子の通り道」を用いた授業を行った。

①の教材開発においては、広岡（1988）を参考に、1人1実験が可能で、かつ、イオンが電気を帯びた粒であるということを視覚的に検証できるような教材の開発を試みた（図1）。

②のテキストは、電気の流れ＝「電子という粒がどのように移動するか」という文脈を利用して、電解質水溶液の電気分解と電池における電子の流れという視点から、電気分解では「陽極から陰イオンに起因する気体が発生し、陰極から陽イオンに起因する気体（水素）が発生する」ということと、電池では「+極から陽イオンに起因する気体（水素）が発生する」ということを、学習者が統合的に関連づけを比較・検討できるように構成する。

テキストの作成においては、以下3点に留意した。（ア）粒子概念を活用することが有効であるという実感を生徒が持てるようにする。（イ）単に既習単元の復習という課題ではなく、粒子概念を意識した追究的な課題にするとともに発展的な学習内容を含む課題にする（図2）。

1 準備

スライドガラス，クッキングペーパー，寒天粉末，
硝酸ナトリウム，目玉クリップ（小）リード線，
9V電池，ろ紙，リトマス紙

2 実験方法

(1) 寒天溶液をクッキングペーパーにしみこませる。

- ・寒天粉末 1 g と硝酸ナトリウム 1 g を 80℃ くらいの水 100 ml に溶かして寒天溶液をつくる。

・大きさ 20×30 cm のクッキングペーパーに寒天溶液を染み込ませたうえで，スライドガラスの上に乗せ，乾燥させる。

(2) リトマス紙の上に，塩酸または水酸化ナトリウム水溶液を染み込ませたろ紙に乗せる。

- ・スライドガラスの上の乾燥したクッキングペーパーに 2 滴ほどの水で湿らせる。
- ・青色リトマス紙をクッキングペーパーの上に乗せ，1 滴ほどの水で湿らせる。
- ・2 mm 幅に切ったろ紙に塩酸を染み込ませて資料としてリトマス紙の上に乗せる。

(3) 電流を流す。

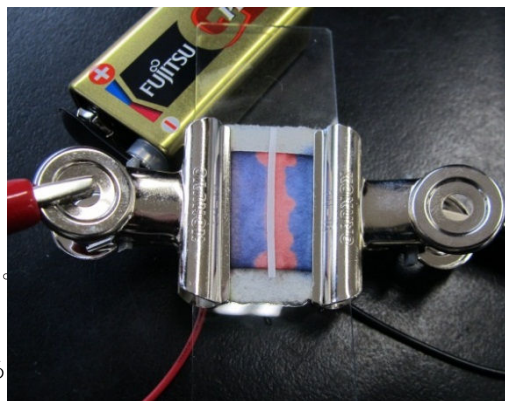


図 1 イオンの存在を確かめる教材の開発

電池と電気分解

3年 組 番

テキスト

1 電気の正体は・・・J.J.トムソンの功績

3 電極とはどの部分を指すだろうか。この場合，それぞれの電極は+，-のどちらになるのだろうか？

ア イ ウ

4 さとう水が入ったビーカーAと食塩水が入ったビーカーBを用意しました。2つの水溶液の違いに注意して粒を使ったモデルで表しなさい。

A (砂糖水)

B (食塩水)

図 2-1 粒子概念を意識したテキスト A

5 図のような装置を使って実験を行った時，①電極や電極付近の様子，②水溶液の様子をモデル図で表しながら，電気分解と，化学電池の違いについて説明をしてみよう。

図 2-2 粒子概念を意識したテキスト B

また，実験群 1，実験群 2，統制群の違いは，実験群 1 は，「化学変化とイオン」の単元について，通常の授業を行った後，開発した教材を利用した授業を 1 時間+テキスト A

を使った授業 1 時間+テキスト B を使った授業を 1 時間行い、その後、単元テストを実施した。実験群 2 では、通常の授業を行った後、開発した教材を利用した授業を 1 時間+テキスト B を使って 1 時間行い、その後、単元テストを実施した。統制群については、通常の授業を行った直後に単元テストを行った。それぞれの処遇をまとめたものを示す（表 1）。

表 1 各群の処遇の違い

	通常の授業	開発教材実験	テキスト A	テキスト B
実験群 1	○	○	○	○
実験群 2	○	○	—	○
統制群	○	—	—	—

3 結果と考察

1) 開発した教材の有効性

① 授業者の観点から

本校主催の理科教員の自主的な勉強会で、本教材を紹介した（図 3）。その時の感想は以下のとおりである。

- とても簡単で、かつ安全に実験ができるのがよい。ぜひ、学校で試してみたいと思った。
- 実験結果が明確にわかってよい。
- これならば、比較的安価で一人 1 実験できる。

② 実際の授業から

実際に教材を用いて授業を行った。生徒は、これまで電解質水溶液の学習や電気分解の学習などを通して、「電気を帯びた粒」の存在を確認できた（図 4）。

2) テキストを用いた授業実践

① テキスト A を使った授業

まず、2 年次に学習した内容であった陰極線について作成したテキスト A にそって復習を行った。電気の正体が電子という粒であるということ意識化させた（図 5）。その後、3 年で学習した「イオン」という電気を帯びた粒の存在について、「電解質水溶液・非電解質水溶液」の説明を通して知識の確認を行っ



図 3 教員の自主的な勉強会の様子

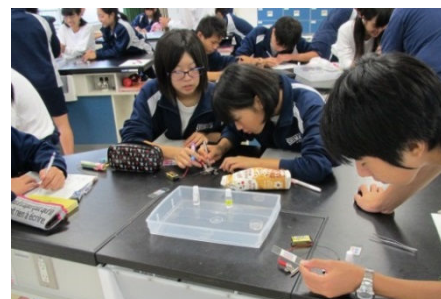


図 4 開発教材を使用した授業



図 5 テキスト A の授業

た。

② テキスト B を使った授業

「図のような装置を使って、①電極や電極付近での様子、②水溶液の様子をモデル図で表しながら、電気分解と、化学電池の違いについて説明をしてみよう。」という課題を提示し、個人学習→小集団学習→一斉学習と学習形態を変えながら追究を深めてさせた。

実験群 1 では、前時に電極の位置や電解質水溶液のことについて、粒子概念

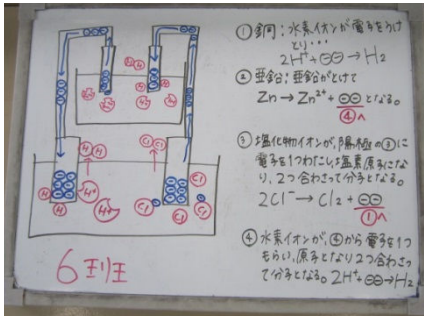


図 6 小集団作成したモデル

をもとに復習していることもあり、電気分解と化学電池の仕組みの違いを、電子という粒の動きに着目して説明することができた (図 6)。

実験群 2 では、上と下の液体がいずれも塩酸であることもあり、装置の意味を理解するのに時間がかかったが、小集団追究や一斉学習の中で、「異なる 2 種類の金属」と「炭素棒」の違いから、化学電池と電気分解の違いに気づくことができた。

3) テキストの記述から

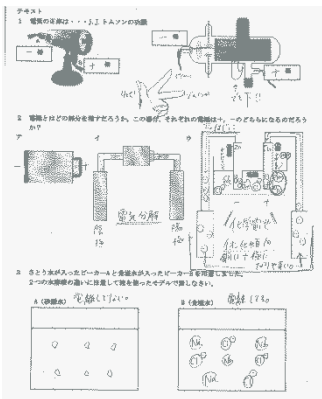


図 7 テキスト A の記述

テキスト A では、課題そのものが粒を使って考えさせる内容であるため、すべての生徒が粒のモデルで記述して考えることができた (図 7)

テキスト B においても、電極と導線内および、塩酸の状態について、すべての生徒が粒のモデルを使って概念を使って説明をすることができた (図 8)。

授業後に、このテキストを使った授業の感想を記述させたところ、以下のような記述が見られた。

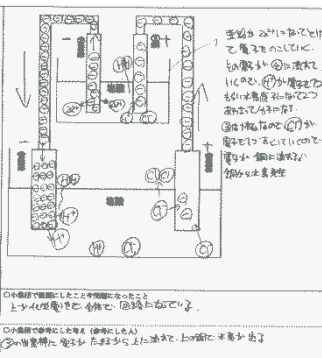


図 8 テキスト B の記述

- 一見複雑そうに見える装置でも、一つ一つの電子の動きをモデルで表していけば、実はそうでもなく、電池と電気分解の役割をしていることがわかった。
- イオン化傾向の異なる二種類の金属板を塩酸に入れて導線でつなげば電池ができるし、電池の正極、負極に炭素棒をつないで塩酸に入れたら電気分解ということが改めて整理できたので理解が深まった。
- 同じ塩酸という液体でも、方法を変えればいろいろな使い方ができるということが改めてわかった。+極、-極、陰極、陽極についても区別することができ、今までの学習を振り返ることができたのでよかった

4) 単元テスト結果

電気分解と電池の仕組みについての概念獲得を測定するために、単元テストを実施した。このテストは、静岡県出版文化会が作成しているテストで、テスト内容としては、化学電池に関する問題が8問、電気分解に関する問題が3問で構成されている。

3群のテスト結果について、1要因分散分析を行ったところ主効果が認められた ($F(2, 117) = 23.79, p < .05$)。そこで、下位検定を行ったところ、実験群1と統制群、実験群2と統制群に有意差があることが明らかとなった ($P < .05$)。

4 まとめ

本研究によって、以下3点が明らかとなった。

- ① 身近な材料をもとに、イオンの存在を視覚化する教材を開発し1人1実験させたことで、電気を帯びた粒の存在について実感の伴った理解をすることができた。
- ② 統合概念の観点から再検討したテキストを使用して、「電気分解」と「化学電池」の仕組みを粒子概念を用いて説明させたことで、イオンに関する学習の定着が高まった。
- ③ 粒子概念を利用して考えることが、論理を構築する際の有効な手段として実感できた。

5 今後の課題

今回の実践では、実験群1（テキストA、テキストBの両方を使用した場合）と、実験群2（テキストBだけを使用した場合）では、量的検討において明確な差が見られなかった。しかし、授業での生徒の表れを見ると、実験群1のほうが、授業中の生徒の反応がよく、生徒の思考に即していたように感じた。更なる授業展開の工夫をしていくことで、より一層の学習の定着が図れるのではないかと考えている。

参考文献

- ・ 工藤与志文・宇野忍・白井英明・荒井龍弥, 2005, 小学生の植物単元学習における単元間の「横断的関連づけ」の効果, 教授学習心理学研究, pp76-88
- ・ 広岡外茂次, 1988, 化学と教育, pp204
- ・ 西本保宏・藪崎正人・丹沢哲郎, 2012, 統合概念に基づいたカリキュラム開発と理科授業, 第62回日本理科教育学会, pp349
- ・ 藪崎正人・西本保宏・丹沢哲郎, 2012, 中学校理科の統合概念に基づくカリキュラム構成と概念育成の評価, 静岡大学教育学部センター紀要
- ・ 静岡県出版文化会, 2012, 化学変化とイオン(1)(2)
- ・ 中野博幸・田中敏, 2012, js-STARでかんたん統計データ分析, 技術評論社