

高等学校における教科指導の充実

理 科
《 化学領域 》

科学的な思考力・表現力を身に付ける
化学の授業を目指して〔電池〕

栃木県総合教育センター

平成22年3月

ま え が き

総合教育センターでは、基礎・基本の確実な定着を図る教科指導の在り方について研究するとともに、その成果を普及することで生徒の学力の向上に資することを目的に、平成17年度より、「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」に取り組んでいます。

近年の教育課程実施状況調査や学力に関する国際的な調査では、日本の児童生徒の学力の状況や学習に対する意識などが明らかにされ、文部科学省等からも学力向上のための様々な対策が打ち出されたり提言がなされたりしています。平成19年12月に公表された、OECD生徒の学習到達度調査（PISA2006年）では、科学的リテラシーをはじめ、数学的リテラシー、読解力のそれぞれについて問題点が指摘されています。平成20年12月には、国際教育到達度評価学会（IEA）が行った国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（TIMSS2007）の結果が公表され、学力低下に歯止めがかかったという分析がある一方で、パターン化された指導の弊害とも見られる結果も一部に見られ、思考力の育成に課題があることも指摘されています。

これらの調査の分析結果を踏まえて、中央教育審議会答申で改善の方向性が示され、平成21年3月には、高等学校の新学習指導要領が告示されました。数学と理科が平成24年度から、国語、地理歴史、公民、外国語が平成25年度から学年進行で実施されます。今回の改訂の主な改善事項として、「言語活動の充実」、「理数教育の充実」が示されました。これらは、先に挙げた各種調査で、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式の問題、知識・技能を活用する問題に課題が見られたことなどに対する改善策でもあります。

今年度の調査研究においては、新学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査の結果から指摘されている課題の解決を図るための授業改善について、国語科、地理歴史科、数学科、理科、外国語科（英語）の各教科で取り組みました。調査研究を進めるにあたり、御協力いただきました研究協力委員の方々に、深く感謝申し上げます。

今後、研究の成果をまとめた本冊子を有効に御活用いただければ幸いです。

平成22年3月

栃木県総合教育センター所長

瓦 井 千 尋

目 次

はじめに	1
研究の概要	3
演示実験・生徒実験 金属のイオン化と析出を考えよう	4
演示実験・生徒実験 いろいろな金属の反応性を調べよう	18
演示実験・生徒実験 電池の原理を確かめよう	28
おわりに（アンケート調査による本調査研究に対する評価）	40

※本資料は、栃木県総合教育センターのホームページ「とちぎ学びの杜」内、「調査研究」と「教材研究のひろば」のコーナーにも掲載しています。

「とちぎ学びの杜」 <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>

はじめに （調査研究の背景）

平成21年3月9日に、新しい高等学校学習指導要領が告示された。今回の改訂のポイントとして、次のように、**言語活動の充実、学習習慣の確立**が挙げられる。

<高等学校学習指導要領 第1章 総則（抜粋）>

第1款 1 学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、生徒に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。その際、生徒の発達段階を考慮して、生徒の言語活動を充実するとともに、家庭との連携を図りながら、生徒の学習習慣が確立するよう配慮しなければならない。

第5款 5 教育課程の実施等に当たって配慮すべき事項

(1) 各教科・科目等の指導に当たっては、生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、生徒の言語活動を充実すること。

新学習指導要領の改訂に際しては、「OECD生徒の学習到達度調査（PISA調査）」や、文部科学省が小学校第6学年と中学校第3学年を対象に行った「全国学力・学習状況調査」など、各種の調査から明らかにされた、次のような課題が反映されている。

- ①思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題（無答率が高い）が見られる。
- ②読解力で成績分布の分散が拡大（成績中位層が減り、低位層が増加）している。
- ③家庭での学習時間の減少など、学習意欲、学習習慣・生活習慣に課題が見られる。
- ④自分への自信の欠如や自らの将来への不安、体力の低下といった課題が見られる。

特に、教科の指導においては、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させること、知識及び技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等を育成することが重視されている。その実現のためには、「**習得・活用・探究**」の**バランスを取った学習活動の展開**が重要である。このことについて、新学習指導要領には、改訂の基本方針として次のように述べられている。

<高等学校学習指導要領解説 第1章 総説 第2節 改訂の基本方針（抜粋）>

②知識・技能の習得と思考力・判断力・表現力等の育成のバランスを重視すること。

確かな学力を育成するためには、基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させること、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむことの双方が重要であり、これらのバランスを重視する必要がある。

このため、各教科において基礎的・基本的な知識・技能の習得を重視するとともに、観察

・実験やレポートの作成，論述など知識・技能の活用を図る学習活動を充実すること，さらに総合的な学習の時間を中心として行われる，教科等の枠を超えた横断的・総合的な課題について各教科等で習得した知識・技能を相互に関連付けながら解決するといった探究活動の質的な充実を図ることなどにより思考力・判断力・表現力等を育成することとしている。

また，これらの学習を通じて，その基盤となるのは言語に関する能力であり，国語科のみならず，各教科等においてその育成を重視している。さらに，学習意欲を向上させ，主体的に学習に取り組む態度を養うとともに，家庭との連携を図りながら，学習習慣を確立することを重視している。

なお、学習指導要領の改訂に先立って発表された中央教育審議会答申には、言語に関する能力を育成するための、各教科における言語活動として、以下のような具体例が示されている。

<平成20年1月中央教育審議会答申（抜粋）>

- ・観察・実験や社会見学のレポート作成において，視点を明確にして，観察したり見学したりした事象の差異点や共通点をとらえて記録・報告する。（理・社）
- ・比較や分類，関連付けといった考えるための技法，帰納的な考え方や演繹的な考え方などを活用して説明する。（数・理）
- ・仮説を立てて観察・実験を行い，その結果を評価し，まとめて表現する。（理）
- ・体験活動を振り返り，そこから学んだことを記述し，まとめたものを発表し合う。
(特別活動・総合的な学習の時間)
- ・討論・討議などにより意見の異なる人を説得したり，協同的に議論して集団としての意見をまとめたりする。（特別活動・総合的な学習の時間）

これらのことから、学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査等から指摘されている課題について、その解決を図るための教科指導の工夫改善を目指して調査研究に取り組んだ。3回の調査研究委員会を通して、評価の観点を踏まえた教科指導の在り方について、各教科ごとに研究協議を行った。本書はそれらの取り組みについて、授業実践を中心に報告するものである。

※本冊子の中では、平成11年3月に告示された学習指導要領を「現行の学習指導要領」、平成21年3月に告示された学習指導要領を「新学習指導要領」として記す。

研究の概要

平成17年度教育課程実施状況調査（高等学校）の結果によると、「原子、分子、イオン」、「酸・塩基、中和」、「酸化と還元」で、学習内容が十分身に付いていない状況がみられる。これらはすべて「イオン」に関する学習内容であり、現在高等学校に在籍する生徒が、中学校までに学習しなかった内容であることに原因があることに着目した。平成22年度入学生からは、新学習指導要領の下で「イオン」や「電池の電極上の反応」を中学校で学習してくることから、前述の問題が多少改善される可能性はある。しかし、高等学校における指導内容があまり変わらないとすれば、「電池」や「電気分解」の原理を「酸化と還元」の概念で自身の表現で説明できる生徒や、さらに定量的で論理的な思考を展開できる生徒が顕著に増加することは期待できない。それは、「酸化・還元反応」、「電池」、「電気分解」はそれぞれの小単元の内容の独立色が強いため、教師がそのことを意識しないで授業を進めると、生徒は単元間のつながりを実感しにくいことが予想されるからである。ましてや、平成24年度から先行実施される新学習指導要領の下では、「酸化・還元反応」は科目「化学基礎」において、「電池」と「電気分解」は科目「化学」において学習することになり、これまで以上に単元間のつながりが希薄になることが懸念される。環境問題やエネルギー問題の解消にむけて、リチウムイオン電池や燃料電池をはじめとする化学電池の果たす役割に対する期待が大きいのにもかかわらず、新学習指導要領の下で多くの生徒が学習するであろう科目「化学基礎」や科目「科学と人間生活」において「電池」を殆んど扱っていないのは残念である。

そこで今年度は、昨年度の調査研究「酸化還元の指導法」を踏襲し、導線を介した酸化・還元反応である「電池」を中心に取り上げ、この分野の指導の充実を目指して調査研究を行った。前述の課題と新学習指導要領の理念に対応するために、以下の4点に主眼をおいて調査研究を行った。

- ① 「(i) 演示実験→(ii) 指導内容の提示と検証事項の提起→(iii) 生徒実験→(iv) 学習内容の確認と新たな課題の提起→(i)」の4サイクルでの指導展開を検討する。
- ② 極力使用する物質を限定し、同じ物質を用いて各単元の実験・観察を実施する。
- ③ 「言語活動の充実」を図るための授業展開や教材・実験素材の開発を行う。
- ④ 見えない粒子をイメージ・表現できる教材の工夫を図る。（前年度までの調査研究の継続）

①と②により、単元間のつながりを実感できるとともに、実験・観察のねらいが明確に伝わることを期待できる。また、①の展開の中では③の言語活動を通じた科学的表現力の育成の場面も設定しやすい。さらに、④により、イオンを中心とした見えない粒子と実験・観察を通して目に見える現象が結びつき、③の論理的な言語表現力の育成が可能になると考えられる。本報告書では、①～③を明確にするために、演示実験のワークシート例（破線 ----- で囲んでいる）と生徒実験のワークシート例（実線 ———— で囲んでいる）を項目ごとに切って並べ、両者のつながりや比較がしやすいような紙面構成にしてある。また、今回はそれぞれの事例の「参考」の項目において、発展的な教材や手法を提案しているのでご覧いただきたい。

今回報告する演示実験・生徒実験の素材のほとんどは、各学校でこれまで行われてきたオーソドックスな実験である。それらの実験素材がもつ教育的効果が高く、様々な点で使い勝手が良かったからこそ長く行われてきたはずである。本調査研究において、それらの素材に様々な角度から工夫を加えることにより、新学習指導要領に対応した教材にした。特別な準備なしに実施できるものがほとんどであり、実験考察例（発問例）も充実させることに努めたので、各学校の生徒や教育課程等の実情に合わせて、必要な部分を適宜活用していただけると幸いである。

〈研究協力委員〉

栃木県立高根沢高等学校 教 諭 河又 美保子

〈研究委員〉

栃木県総合教育センター研修部 指導主事 今井 和彦

演示実験・生徒実験 金属のイオン化と析出を考えよう

1 実験のねらい・留意点

- 演示実験と生徒実験を通して、異なる金属、或いは金属と水素の間に還元力の違いがあり、単体からイオン、イオンから単体へ相互変化が起こることをしっかりと確認させる。
- 演示実験の観察結果を検証するための実験方法を考え、協議させることにより、これまでの学習内容を生きた知識にするとともに、科学的リテラシーを養わせる。

■実験プリント例

【演示実験】

[目的]

- (1) カルシウムと塩酸の反応、及び銅と硝酸銀水溶液の反応を観察し、金属が溶けたり、析出したりする現象を考える。
- (2) これまでの学習で身に付けた知識・技能を利用し、(1)の反応における反応物・生成物の検出を行うための実験を計画する。

【生徒実験】

[目的]

- (1) 実験計画に基づいて、演示実験の観察結果を検証する。
- (2) 金属のイオン化と析出が酸化・還元反応であることを理解する。
- (3) 金属によって酸化されやすさ、イオンへのなりやすさの違いがあることを確認する。

2 展開例と指導上の留意点（工夫）

	学習内容	学習活動（☆言語活動）	指導上の留意点（★言語活動を支援）
1 時 間 目	○イオン （復習） ○金属の イオン化 ○金属結晶 ○金属イオン水溶液 ○演示実験	○イオンの性質や水溶液中のイオンと水分子の相互作用について復習する。 ○金属結晶と金属イオンとの間の変化を電子の授受で理解する。 ○金属結晶とイオンの水溶液の違いを粒子モデルで確認する。 ○塩酸にカルシウム片を入れたときの現象を観察する。 ○硝酸銀水溶液に銅線を入れたときの現象を観察する。	○酸化・還元の見直しに連れ、金属のイオン化との対応を確認させる。 ○できるだけ、これまでの単元で用いた粒子モデルで表現する。 ○銅線を溶液に入れてから2週間程度経過したものと、入れる前のものをそれぞれ提示する。

	<p>○ 演示実験結果の考察</p> <p>○ 実験計画</p>	<p>○ 生成物が何かを、「イオン化」の知識を利用して予想する。</p> <p>○ 生成物の検出方法を検討する。</p> <p>☆ 生成物を確認するための実験操作方を班で話し合っ、実験計画を立ててみる。</p>	<p>○ 微速度撮影した銀樹形成の映像を提示する。</p> <p>○ 水素イオン濃度と酸性度の関係や特定の金属イオンについての検出方法を復習させる。</p> <p>★ 銅(Ⅱ)イオン水溶液の色についてなど、必要に応じて助言し、円滑な話し合いを促す。</p>
2 時 間 目	<p>○ 生徒実験</p> <p>○ 結果の確認・考察</p> <p>○ 協議・発表</p>	<p>○ 前時の演示実験と同様の変化を起こし、実験計画に基づいて確認実験を行う。(炎色反応で生成した金属イオンを検出したり、酸性度や沈殿反応を利用してイオンの増減を調べる。)</p> <p>☆ 実験結果から論理的に反応のメカニズムを説明する。</p> <p>○ それぞれの変化をイオン反応式で表現する。</p> <p>☆ 実験の廃液に着目し、その処理や廃液を減らす工夫を話し合う。班で協議した後、全体で発表する。 (結論的なものがなくてもよい。)</p>	<p>○ 提示する検出方法以外の方法を考えた班があれば、申し出させて、可能な方法であれば行わせる。</p> <p>★ 金属のイオン化・析出を酸化・還元で説明することを促す。</p> <p>○ それぞれの金属や水素で酸化されやすさが異なることに気付かせる。</p> <p>★ 重金属の人体への影響や公害問題など、適宜話題提供する。</p> <p>○ できれば、廃液中の物質の再利用まで話を展開させたい。</p> <p>○ 次に行うマイクロスケールでの生徒実験方法につなげる。</p>

3 準備(留意点)

- 演示実験は、CCDカメラ(またはデジタルカメラ)とプロジェクターを用いて提示するとよい。(「7 参考」のページを参照。)
- 生徒実験では、生徒が計画した検出方法が実施可能なものであれば試薬や器具を適宜用意する。

■ 実験プリント例

【演示実験】

[準備]

(1) 試薬類

2mol/L塩酸、カルシウム片、硝酸銀、銅線、寒天

(2) 器具類

試験管(×3)、試験管立て、ピンセット、ビーカー、ガラス棒、三脚、金網、ガスバーナー、ガスマッチ

【生徒実験】

[準備]

(1) 試薬類

カルシウム片、銅片、1mol/L塩酸、 1×10^{-4} mol/L塩酸、0.5mol/L硝酸銀水溶液、
BTB溶液

(2) 器具類

試験管 (× 5)、試験管立て、ゴム栓、シャーレ、駒込ピペット、ピンセット、
ステンレス網、ガスバーナー、ガスマッチ

4 実験方法 (留意点)

- 演示実験では、硝酸銀水溶液に銅線を入れて作った銀樹は観察中の少しの衝撃で崩れてしまうことがあるので、約1%の硝酸銀・寒天ゲルに銅線をさし込んだものを使用する。
- 上記の方法の他に、寒天ゲルに銅線をさし込んでから硝酸銀の結晶をゲルの上に乗せてもよい。この場合、2週間ほど放置すると銀樹がはっきりと観察できる。
- 演示実験においては、プロジェクター、スクリーン、CCDカメラ (または、デジタルカメラ + ビデオキャプチャー + PC) を用いるとよい。
- 事前に、硝酸銀・寒天コロイド液内の銅線の変化の様子をデジタルカメラを用いて微速度撮影し、銀樹の成長過程を見せる。(「7 参考」のページを参照。)
- 生徒実験では、塩酸に溶かすカルシウム片が少ないと、BTB溶液の色の変化を顕著に見ることができない。
- 生徒実験で銀イオンの検出に用いる塩酸は薄いほど違いが分かる。

■実験プリント例

【演示実験】

[方法]

(A)

試験管Aに1mol/L塩酸を入れ、さらにカルシウム片を2つ入れる。

(B)

- (1) 寒天1gに純水100mLを加え、さらに硝酸銀1gを加えて加熱して完全に溶かす。
- (2) (1)の溶液を2本の試験管に移し、放冷してゲル状にする。
- (3) (2)の試験管のうちの1本 (試験管B) に、銅線をさして放置する。
(もう1本 (試験管C) は試験管Bの変化を確認するためのものである。)

【生徒実験】

[方法]

☆他の方法を考えた班は、先生に相談して行うこと！

* (B) の操作(1)と(2)を最初に行うと効率がよい。

(A)

(1) 試験管 A 1 に塩酸を 3mL、別の試験管 A 2 に塩酸を 2mL とる。

(試験管 A 2 の塩酸を基準液とする。)

(2) 試験管 A 1 にカルシウム片を入れる。

(3) 試験管 A 1 の溶液から発生した気体を上方置換法で試験管 A 3 に集める。反応が終わったら試験管 A 3 にゴム栓をしておく。(試験管 A 1 の溶液を反応液とする。)

(4) ピンセットでステンレス網を基準液に浸し、ガスバーナーの炎であぶり、炎色反応を見る。

(5) ピンセットでステンレス網を反応液に浸し、ガスバーナーの炎であぶり、炎色反応を見る。

(6) 試験管 A 3 に着火してみる。

(7) 基準液 (試験管 A 2) に BTB 溶液を 2~3 滴たらす。

(8) 反応液 (試験管 A 1) に BTB 溶液を 2~3 滴たらす。

(B)

(1) 試験管 B 1 に硝酸銀水溶液を 3mL、別の試験管 B 2 に硝酸銀水溶液を 2mL とる。

(試験管 B 2 の硝酸銀水溶液を基準液とする。)

(2) 試験管 B 1 に銅片を入れる。(15分程度放置する。)

(3) 試験管 B 1 の溶液から金属片を取り出し、シャーレにのせて観察する。

(試験管 B 1 の溶液を反応液とする。)

(4) 基準液と反応液の色の違いを観察する。

(5) ピンセットでステンレス網を基準液に浸し、ガスバーナーの炎であぶり、炎色反応を見る。

(6) ピンセットでステンレス網を反応液に浸し、ガスバーナーの炎であぶり、炎色反応を見る。

(7) 基準液 (試験管 B 2) に $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 塩酸を 1 滴たらす。

(8) 反応液 (試験管 B 1) に $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 塩酸を 1 滴たらす。

5 結果・考察等のまとめ (留意点)

- カルシウムを塩酸に入れたときに起こるカルシウムと水との反応にはここでは触れず、金属のイオン化傾向に関する演示実験の中でまとめる。

■実験プリント例（ゴシック体は、生徒の記入例）

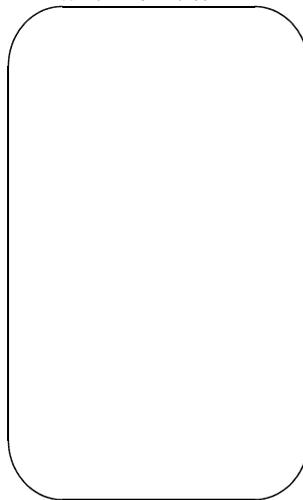
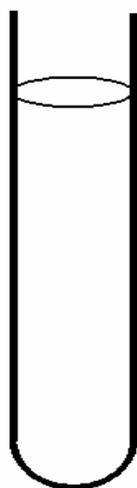
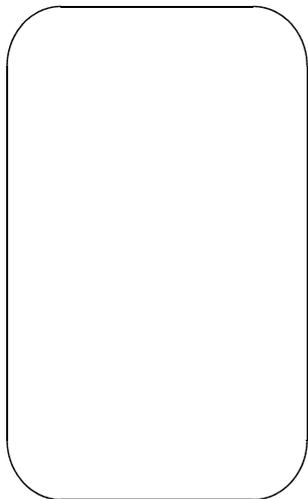
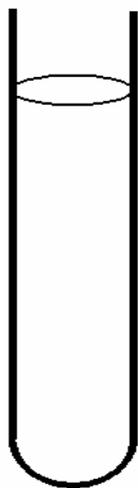
【演示実験】

[結果]

* 変化を観察し、試験管をスケッチするとともに、現象をメモしよう。

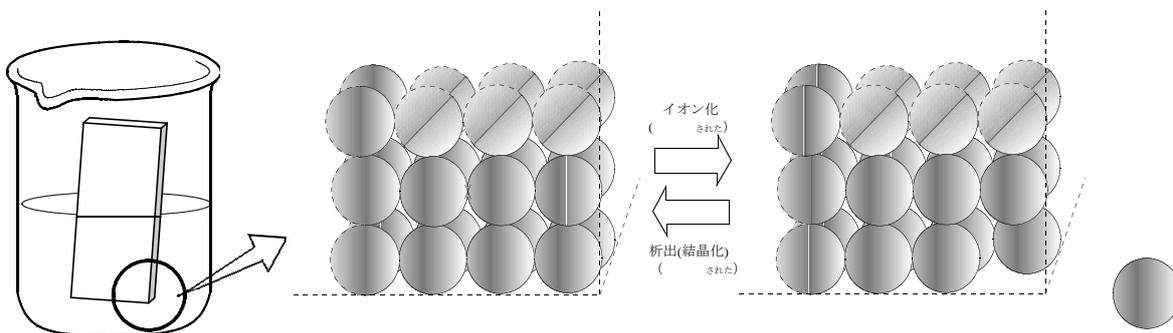
(A) 金属カルシウムと塩酸

(B) 銅線と硝酸銀水溶液（銀樹）



[復習]

* 金属のイオン化とはどのような現象かを粒子モデルで表現してみよう。



[考察・予想]

(1) 実験(A)では、カルシウムと塩酸（水素イオン）がそれぞれどんな物質に変化したかを予想しよう。

カルシウム：

塩 酸：

(2) 実験(B)では、銅と硝酸銀（銀イオン）がそれぞれどんな物質に変化したかを予想しよう。

銅 ：

硝 酸 銀：

(3) (1)と(2)の予想が正しいかどうかを検証するために、反応に関係がありそうな物質やイオン固有の性質や検出方法を思い出したり調べたりして整理しよう。

(A)	金属カルシウム	
	水素イオン	
	カルシウムイオン	
	水素	
(B)	銅	
	銀イオン	
	銅(II)イオン	
	銀	

(4) (3)のどの検出方法を用いたらよいか、そのためにはどのような器具を用意したらよいか、さらにはどのような手順で実験を行ったらよいかなどを、班で話し合ってみよう。

【生徒実験】 <例1> 語句の穴埋めと論述の混在型

[結果]

実験結果をまとめてみよう。

(A)の実験について

塩酸にカルシウム片を入れたところ、()。炎色反応を試したところ、基準液では変化は見られなかったが、反応液の炎は()色を発した。このことから、試験管の中の⁽ⁱ⁾()は()に変化したことが確認できた。

一方、発生した気体を試験管に集め、ガスマッチで着火してみたところ、()ので、気体は()と考えられる。また、BTB溶液を加えてみたところ、基準液は黄色なのに対し、反応液は()色だったので、酸性から()性に変化し、()は(減少・増加)したことが確認できた。このことから、試験管の中の⁽ⁱⁱ⁾()は()に変化したことが確認できた。

(B)の実験について

硝酸銀水溶液に銅片を入れたところ、水溶液が()色に変化していった。炎色反応を試したところ、基準液では変化は見られなかったが、反応液の炎は()色を発した。このことから、試験管の中の⁽ⁱⁱⁱ⁾()は()に変化したことが確認できた。

一方、15分経過後、銅片を観察してみたところ、表面に()。また、基準液と反応液に薄い塩酸を加えてみたところ、基準液は()のに対し、反応液は()。このことから、試験管の中の^(iv)()は()に変化したことが推測できた。

[考察]

実験結果を、電子がどのように移動しているかに着目して、説明してみよう。

(A)の実験について

下線部(i)では、カルシウムが()に変化しており、イオン反応式で表現すると、



となる。一方下線部(ii)では、水素イオンが()に変化しており、イオン反応式で表現すると、



となる。以上のことから、この実験では()。この変化をイオン反応式で表現すると、①式と②式を利用して、



となる。そして、カルシウム原子は(酸化・還元)され、水素原子は(酸化・還元)されており、カルシウムと水素では、()の方が酸化されやすく、陽イオンになりやすいと言える。

(B)の実験について

下線部(iii)では、銅が()に変化しており、イオン反応式で表現すると、



となる。一方下線部(iv)では、銀イオンが()に変化しており、イオン反応式で表現すると、



となる。以上のことから、この実験では()。この変化をイオン反応式で表現すると、④式と⑤式を利用して、



となる。そして、銅原子は(酸化・還元)され、銀原子は(酸化・還元)されており、銅と銀では、()の方が酸化されやすく、陽イオンになりやすいと言える。

《以下、<例2>の[考察](6)と同様》

【生徒実験】 <例2>完全論述型

[結果]

(A)の操作について

(1)炎色反応

基準液：

反応液：

(2)発生した気体に着火したときの変化

(3)BTB溶液をたらした溶液の色

基準液：

反応液：

(B)の操作について

(1)反応後の金属片の様子(銅片のまわりの様子)

(2)溶液の色

基準液：

反応液：

(3) 炎色反応

基準液：

反応液：

(4) 薄い塩酸をたらしたときの溶液の変化

基準液：

反応液：

[考察]

(A) の結果について

(1) 実験結果(1)～(3)から考えられるカルシウムと水素の変化をそれぞれ説明してみよう。

結果(1)より、反応によってカルシウムイオン (Ca^{2+}) が生成したことが分かった。カルシウム片が溶けてしまったことから、カルシウムの単体 (Ca) がカルシウムイオン (Ca^{2+}) に変化したと考えられる。

また、結果(2)より、反応によって同時に水素 (H_2) が発生したことが分かった。さらに結果(3)より、反応にともなって水素イオン (H^+) の濃度が減少したことが分かったので、水素イオン (H^+) が水素の単体 (H_2) に変化したと考えられる。

(2) (1)の説明を、「電子の授受」と「酸化・還元」に着目して、カルシウムと水素イオンの反応として、さらに深く説明してみよう！

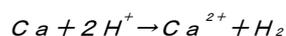
1 molのカルシウムの単体 (Ca) が、2 molの電子を放出して1 molのカルシウムイオン (Ca^{2+}) に変化した。一方、2 molの水素イオン (H^+) が2 molの電子を受け取って1 molの水素の単体 (H_2) に変化した。この反応で、カルシウム原子は酸化され、水素原子は還元された。

(3) (2)の説明を、カルシウムと水素について、それぞれイオン反応式で表現してみよう。

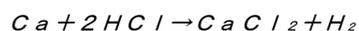


(4) (3)のイオン反応式を利用して、カルシウムと水素イオンの反応をイオン反応式で表し、さらに、この変化を酸化還元反応式で表してみよう。

2つのイオン反応式を足し合わせると、やり取りをした電子が消去でき、次式が得られる。



さらに両辺に Cl^- を2つずつ加えて整理すると酸化還元反応式が得られる。



(B)の結果について

(1)実験結果(1)～(3)から考えられる銅と銀の変化をそれぞれ説明してみよう。

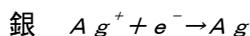
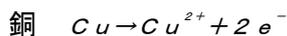
結果(2)及び結果(3)より、反応によって銅(II)イオン (Cu^{2+}) が生成したと考えられる。銅片が溶けているかは未確認であるが、銅の単体 (Cu) が銅(II)イオン (Cu^{2+}) に変化したと推測できる。

また、結果(1)より、反応によって銀の単体 (Ag) が析出したことが推測できる。さらに結果(4)より、反応にともなって銀イオン (Ag^+) の濃度が減少したことが分かったので、銀イオン (Ag^+) が銀の単体 (Ag) に変化したと考えられる。

(2)(1)の説明を、「電子の授受」と「酸化・還元」に着目して、銅と銀イオンの反応として、さらに深く説明してみよう！

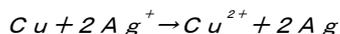
1 molの銅の単体 (Cu) が、2 molの電子を放出して1 molの銅(II)イオン (Cu^{2+}) に変化した。一方、1 molの銀イオン (Ag^+) が1 molの電子を受け取って1 molの銀の単体 (Ag) に変化した。この反応で、銅原子は酸化され、銀原子は還元された。

(3)(2)の説明を、銅と銀について、それぞれイオン反応式で表現してみよう。

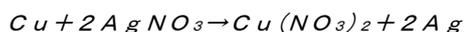


(4)(3)のイオン反応式を利用して、銅と銀イオンの反応をイオン反応式で表し、さらに、この変化を酸化還元反応式で表してみよう。

銀についてのイオン反応式の両辺を2倍して銅についてのイオン反応式と足し合わせると、やり取りをした電子が消去でき、次式が得られる。



さらに両辺に NO_3^- を2つずつ加えると酸化還元反応式が得られる。



(5)以上の結果をまとめて、改めてカルシウムと水素、銅と銀を比較し、酸化されやすさ、イオンへのなりやすさを説明してみよう。

カルシウムは水素よりも電子を放出しやすいので酸化されやすく、陽イオンになりやすい。また、銅は銀よりも電子を放出しやすいので酸化されやすく、陽イオンになりやすい。

(6) 今回の実験で残った(B)の溶液(廃液)は下水に流してはいけない。その理由を考えよう。
また、この廃液の処理や廃液を少なくする対策を話し合ってみよう。

理由 ○金属イオンの水溶液が有毒だから。川や海などの生態系に拡散してしまう。
○下水に流すと、金属が沈殿して下水管が詰まってしまうから。
○下水を処理するのに、余計にお金がかかってしまうから。
○銀や銅を流してしまうのはもったいないから。

対策 ○廃液を回収して再利用する。
○実験で使う量を減らす。

6 授業での留意点、生徒の反応等

(1) 実施して気付いた留意点

【演示実験】

生徒の認識としては「金属の単体がイオン化する」ことは「溶ける」現象であり「電子の移動がある」ことがつながりにくい。また、「溶ける＝無くなった」と考えがちである。そこで、目に見えない現象をイメージしやすいように、モデル図を描く回数を増やし、その際は電子の動きを意識させるように説明していった。

演示実験において、生徒は何もない状態から[考察・予想]の文章中の空欄を埋めたりモデル図を描いたり検証方法を考えることが難しい様子だったので、(B)銀樹の生成反応を例にして少し説明・記述の仕方のヒントを与えた後、(A)カルシウムと塩酸の反応の方を生徒自身で考えるように指示した。

理解力の高い生徒にも、予想の文章については電子の授受は答えられても「変化後の物質は何か」までは答えられない、モデル図については電子の動きは理解できてもそれをどのように表現したらよいか分からないなどの様子が見られた。

また、後日寒天から取り出した銀(写真1)と部分的に細くなっている銅線(写真2)を見せたところ、銀イオンと銅の変化に対する驚きの反応があり、イオン化の理解も深まった。



写真1



写真2

【生徒実験】

検証実験であるので、反応前と反応後の変化を確実に比べられるように実験手順を考えた。

反応前後を並べて観察することができるように、溶液を2本の試験管に取り分けた。見比べることで正確に結果を確認することができたが、操作手順が多くなったことで時間に余裕がなくなってしまった。時間配分に注意が必要である。

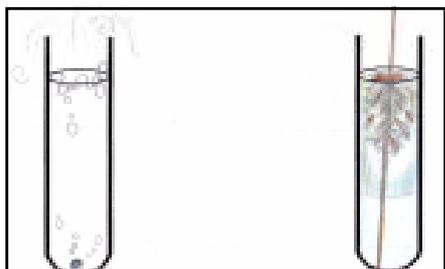
炎色反応をより見えやすくするために目の細かいステンレス網を使用した。網目に溶液をしつ

かりとつけることができるので、炎色が長時間はっきりと確認できて大変効果的だった。安価であることも魅力である。しかし、網に炎色反応を調べたイオンが残りやすいので、ステンレス網は使い回さないほうがよい。

B T B 溶液で水素イオン量の変化を見たところ、カルシウムの量が少ないと反応後の溶液は青く変化しないことがあるので、使用するカルシウムの量をあらかじめ示しておく必要がある。

色が変わる、音が発生するなど、はっきりとした変化が見られたので、生徒は活発に実験へ取り組んでいた。結果の部分も、生徒自身の言葉で埋めることができていた。しかし、「以上のことから、この実験では（ ）」の（ ）に入る文を考えて書くのは難しかったようで、自力で記述できた生徒は少なかった。

(2) 授業の様子



生徒が描いたスケッチ



生徒実験風景

7 参 考

○ 「ビデオキャプチャー」の利用について

(1) ビデオキャプチャーとは

ビデオキャプチャーは、8mmビデオやVHSビデオテープの映像をP Cに取りこみ、DVD-Video化するツールとして市販されているツールである。(写真1)

販売価格はメーカーによって多少の幅はあるが、3,000円から5,000円程度であり、必要なOSは、一般にWindows XP以降である。また、一般の家電量販店が扱っている商品では、付属品としてビデオキャプチャーのドライバーの他にDVD作成ソフトもついてくる。

(2) ビデオキャプチャーの一般的な使用目的

A Vケーブル(コンポジットケーブル)を通して送られる情報をビデオキャプチャーによりデジタル化し、U S Bケーブルを介し、専用のドライバーを通してデータをP Cに取り込んで処理するというものである。

これまで撮影した8mmビデオテープや録画したVHSビデオテープに記録された映像をP Cに取り込み、DVD等のデジタル媒体に記録し直せることを特長としている。



写真1 ビデオキャプチャー

(3) 「ビデオキャプチャー+デジタルカメラ」のできること

ビデオキャプチャーに付属しているソフトを用いると、デジタルスチルカメラやデジタルムービーのファインダーに投影されている画像を、そのままPCのディスプレイに投影できる。(勿論、AVケーブルを用いてプロジェクターに接続すれば投影はできるが。)そして、必要に応じて、投影している映像を動画としてコンピュータに保存でき、様々な加工がし易いという利点がある。そして得られた動画を簡単にDVDに焼き付けることができ、プロジェクターだけでなく、テレビモニターなどにも映像を投影できる。

HDMI端子を備えたデジタルカメラでは、映像データを直接PCに取り込めるが、比較的低価格のデジタルスチルカメラや一世代前のデジタルムービーや8mmビデオカメラ等ではHDMI端子を備えていないものが多い。そのような機器でも、AVケーブルを通してPCに直接画像データを送り込めるので、手元にあるデジタルカメラや8mmビデオカメラを有効に利用することができる。さらに、現在はまだ一部であるが、携帯電話機種の中にもAV出力できるものも販売されており、これらの機種のカメラを利用することもできる。

(4) 微速度撮影とフリーソフト「SlowCAM」について

フリーソフト「SlowCAM」は、一般のデジタルカメラとPCを使用して微速度撮影をするためのツールであり、栃木県総合教育センターの様々な研修の中でも紹介されているので、既に広く知られていると思われる。

「微速度撮影」とは、被写体の動きを実際よりも速く見せるための撮影方法であり、一定間隔の時間 Δt_1 秒で被写体の像を記録し、それらを短い間隔の時間 Δt_2 秒($< \Delta t_1$)で連続再生する手法である。「SlowCAM」においては、撮影間隔 Δt_1 は「撮影速度」とよばれ、また再生間隔の代わりに「フレームレート」 N_2 ヘルツ

($=1/\Delta t_2$)を設定することになる。その結果、 $\Delta t_1/\Delta t_2 = \Delta t_1 \cdot N_2$ 倍速の動画が得られる。今回の寒天コロイド中の銀樹の生成のように、長時間で徐々に変化する現象を撮影して(写真2)、短時間で再生・演示するのに大変適している。

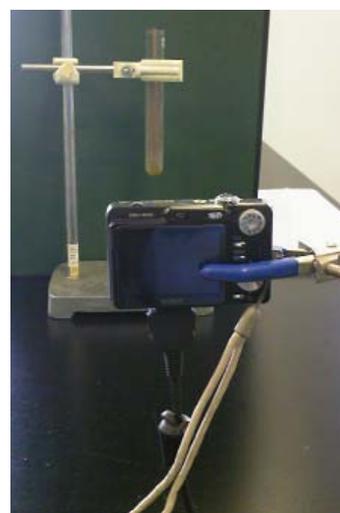


写真2 デジタルスチルカメラを使用した微速度撮影

(5) 「ビデオキャプチャー+デジタルカメラ+フリーソフト「SlowCAM」」のできること

上記の(3)と(4)より、手元にある古いデジタルカメラや8mmビデオカメラを用いて微速度撮影ができる。そのとき、PCのHDの容量さえ確保されれば長時間の撮影が可能であり、カメラの記録媒体は特に必要がないという特長をもつ。

(6) 微速度撮影の手順

- ①デジタルカメラを接続したビデオキャプチャーをPCに接続する。
- ②ビデオキャプチャー付属のソフトを立ち上げ、ビデオキャプチャーのドライバーをPCに認識させる。
- ③「SlowCAM」を立ち上げ、ビデオソースを、接続しているビデオキャプチャーのドライバーに設定する。(図1)
- ④デジタルカメラの電源をONにする。



図1

*通常なら、「SlowCAM」ウィンドウ上に、カメラのファインダーに投影された像と同じ像が現れる。

④撮影速度とフレームレートを設定する。(図2)

⑤保存先・ファイル名を設定する。

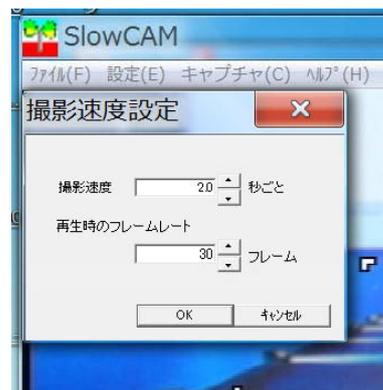
⑥「キャプチャー開始」をクリックすると、撮影が開始される。

*カメラとPCが双方向で通信するので、カメラの電源が自動的にOFFになることはない。

*AVI形式のファイルが一定時間間隔で保存・更新され続ける。

⑦「キャプチャー終了」をクリックすると撮影が終了する。

⑧保存されているファイルを開き、必要に応じて編集・加工する。 図2



(7) 補足

もともと「SlowCAM」の動作環境OSはWindows 2000とMeである。Windows XPでもほとんど問題なく使用できるが、Windows Vistaとの相性がXPに比べるとあまり良くない。条件によっては「SlowCAM」の画面上で撮影している映像が表示されない場合もある。それでも、ハードディスクにはデータがきちんと保存されている。

また、Webカメラの機能をもつビデオカメラ等があれば、フリーソフト「LiveCapture2」を使用しての微速度撮影も可能であり、このソフトはWindows XPに確実に対応している。詳しくは、岩手県立総合教育センターのホームページを参考にさせていただきたい。

8 参考文献等

○ 谷川直也 化学と教育, 45, 539(1997)

○ SlowCAMダウンロードページ

<http://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/hardware/se166448.html>

○ 岩手県立総合教育センターホームページ・情報教育ウェブ「微速度撮影の方法」

http://www1.iwate-ed.jp/tantou/joho/it_use/bisokudo/index.html

演示実験・生徒実験 いろいろな金属の反応性を調べよう

1 実験のねらい・留意点

- 前時までの実験結果と考察内容を踏襲した演示実験を行い、金属の反応性（還元力）の違いとイオン化傾向の概念を学習・定着させる。
- 生徒実験でイオン化傾向を調べる金属は、この後に学習する単元「電池」で扱われている金属を中心に選んでいる。（リチウムも扱いたいですが、本実験方法では危険が伴うので除いた。）
- マイクロスケールに近い実験方法による生徒実験を通して、天然金属資源の有効利用や環境問題の観点から廃液の処理について生徒に考えさせたい。

■実験プリント例

【演示実験】

[目的]

ある金属を別の金属イオンの水溶液に浸すことにより、2つの金属の反応性（水溶液中での「陽イオンへのなりやすさ」）を比較できることを確認する。

【生徒実験】

[目的]

- (1)身の回りの金属（亜鉛、カルシウム、銀、鉄、銅、鉛）と水素について、陽イオンへのなりやすさ（反応性）の違いを調べ、その序列を決定する。
- (2)使用する試薬の量や種類が必要最小限になるように、実験計画をしっかりと立てて実験を行う。

2 展開例と指導上の留意点（工夫）

	学習内容	学習活動（★言語活動）	指導上の留意点（★言語活動を支援）
1 時 間 目	○演示実験 ○演示実験の結果のまとめ ○イオン化傾向	○次の組み合わせで見られる反応（見られない反応）を観察する。 $\cdot \text{A g}^{+}\text{aq} + \text{C a}$ $\cdot \text{H}^{+}\text{aq} + \text{C u}$ $\cdot \text{H}^{+}\text{aq} + \text{A g}$ $\cdot \text{C a}^{2+}\text{aq} + \text{C u}$ $\cdot \text{C u}^{2+}\text{aq} + \text{C a}$ ☆金属の組み合わせを変えてもイオン化の起こりやすさの序列は変わらないことまでを導きだし、文章で表現する。 ○イオン化傾向の概念を理解する。	*前時の実験の補充と次時の実験計画のための演示 ○塩酸に溶けない金属があることに気付かせる。 ○カルシウムと硫酸銅(II)水溶液との反応を通して、還元力が大きい金属は、水と反応することに気付かせる。 （必要なら、カルシウムと水の反応も見せる。） ○イオン化傾向とイオン化エネルギーの違いにも言及する。

	○実験計画の検討	☆反応を確かめる金属と水溶液の最小限の組み合わせ（10通り以内）と確かめる組み合わせの順番を班ごとに話し合いながら検討する。	★前時の生徒実験と本時の演示実験で決定したイオン化傾向の最大・最小の金属と比較することから始めることを助言する。
	▼下記の生徒実験を省略する場合は、「イオン化列」をまとめ、次の単元へ。		
2 時 間 目	○生徒実験	○金属と金属イオン水溶液の反応より、Ca、Zn、Fe、Pb、H、Cu、Agのイオン化傾向を序列づけする。 ・各班の実験計画に従って金属と水溶液の反応を確認する。 ・前時までの演示実験・生徒実験結果と本時の結果の情報を統合し、序列づけする。	○デイスコ反応板を用い、最小限の組み合わせで確認実験を行う意義を考えさせながら、実験を進めさせる。
	○結果の確認・考察	☆各班が得た情報を全体に発表する。 また、各班で不足している情報を適宜質疑応答により収集する。 ☆マイクロスケールの実験の意義について考え、文章にまとめる。	★班ごとに結果を発表させ、序列づけできなかったものを他の班の結果から補完させる。
	○イオン化列	○実験結果をもとにイオン化列の表をまとめる。	○酸化力をもつ酸との反応や、高温の反応については、無機化合物の単元で詳しく扱う。

3 準備（留意点）

- 生徒実験で使用する各水溶液は、あらかじめ点眼瓶に入れておく。（硝酸銀水溶液のみ褐色のスポイト瓶に入れておく。）水溶液のセットを班の数だけ用意する。
- 一般に硝酸塩の水溶液と鉄は反応しにくいので、酢酸鉛(II)水溶液を用いる。
- 演示実験は、CCDカメラ（またはデジタルカメラ）とプロジェクターを用いて提示するとよい。

■実験プリント例

【演示実験】

[準備]

(1) 試薬類

○金属：カルシウム片、銅片

○水溶液：0.1mol/L硝酸銀水溶液、0.1mol/L硫酸銅(II)水溶液、2mol/L塩酸

(2) 器具類

試験管（×3）、ピンセット

【生徒実験】

[準備]

(1) 試薬類

○ 金属：亜鉛片（×6）、スチールウール（鉄）、鉛片（×6）

○ 水溶液：1mol/L塩酸、0.1mol/L硝酸カルシウム水溶液、0.1mol/L酢酸鉛(II)水溶液、
0.1mol/L硫酸亜鉛水溶液、0.1mol/L硫酸銅(II)水溶液、0.1mol/L硝酸銀水溶液

(2) 器具類

ディスポ反応板（10穴）、ピンセット、ルーペ、点眼瓶（×5）、スポイト瓶（褐色）、
色鉛筆、サンドペーパー

4 実験方法（留意点）

- 前時の生徒実験の結果・考察をもとに予想を立てさせてから演示する。
- 演示実験において、硫酸銅(II)水溶液にカルシウム片を入れたとき〔方法〕(B)－(2)、銅の析出とともに発生する水素を捕集して、水素の検出実験を行ってもよい。
- 演示実験は、CCDカメラ（またはデジタルカメラ）とプロジェクターを用いて提示するとよい。
- 生徒実験において、鉛片（板）を光沢がでるまで磨かないと鉛を塩酸に入れたときの変化が分かりにくい。（ルーペを通して見ると、表面が少し白色に変化していることが確認できる。）

■実験プリント例

【演示実験】

[方法]

(A) 生徒実験で行わなかった組み合わせでの反応の確認

(1) 試験管A 1に硝酸銀水溶液を入れ、さらにカルシウム片を入れる。

(2) 試験管A 2に塩酸を入れ、さらに銅片を入れる。

(3) 試験管A 1の溶液（上澄み液）を捨て、塩酸を加える。

(B) カルシウムと銅の組み合わせに関する追実験

(1) 試験管B 1に硝酸カルシウム水溶液を入れ、さらに銅片を入れる。

(2) 試験管B 2に硫酸銅(II)水溶液を入れ、さらにカルシウム片を入れる。

【生徒実験】

[実験計画]

亜鉛、カルシウム、銀、鉄、銅、鉛及び水素のイオン化傾向の序列を決定するために、用意されている金属（3種）と水溶液（6種）の組み合わせの中で、確かめなければならない最小限の組み合わせと調べる順番を考えよう！（最大10通りの組み合わせで結論が導けるように計画すること。）

*これまでの実験結果でイオン化傾向の大小関係が分かっている金属を考慮しよう。

*フローチャートで表現しておくのもよい。[方法]

1番目に調べる組み合わせ：

☆ 実験計画に従って、ディスポ反応板に金属をのせ、点眼瓶に入っている水溶液を滴下して変化のようすを観察する。

5 結果・考察等のまとめ（留意点）

- 演示実験において、カルシウムと硫酸銅(Ⅱ)水溶液との反応で銅の析出とともに見られる水素の発生の現象に注目させ、カルシウム等のイオン化傾向の大きな金属と水との反応に触れる。
- 生徒の実態に応じて、変化が見られない金属と水溶液の組み合わせに対して、可逆反応における正反応と逆反応の反応速度を用いた考え方を紹介し、金属の反応性の違いを説明するとよい。
- 生徒実験において、スチールウールと酢酸鉛(Ⅱ)水溶液の変化はほとんど観察されないので(わずかに鉄の表面を鉛が覆う)、鉄と鉛のイオン化傾向の大小関係については何らかの説明や演示を加える必要がある。

〈演示例1〉精製水と酢酸鉛(Ⅱ)水溶液に、それぞれスチールウールを入れて1日放置する。精製水中のスチールウールは多少酸化し水溶液が黄色に変化するが、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液中のスチールウールは鉛に覆われているために水溶液の色が変化しない。

〈演示例2〉スチールウールと炭素棒を電極として酢酸鉛(Ⅱ)水溶液に浸して電極間の電流の向きを調べる。炭素電極からスチールウール電極に電流が流れる。ただし、時間の経過とともに電流値は小さくなる。炭素棒及びスチールウールが鉛で覆われるためと考えられる。(この演示は、[考察](1)をまとめる際に行うのも効果的である。)

*鉛が水溶液中で安定であることや、鉛が不溶性の塩を生成しやすいことを印象づけることで「鉛蓄電池」の理解を促すものと考え、あえて鉛を生徒実験の中で扱うことにした。

■実験プリント例（ゴシック体は、生徒の記入例）

【演示実験】

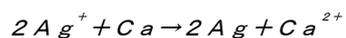
[結果] *それぞれの結果を文章で表現しよう！

(変化が見られたものは、前回のようにイオン反応式で表してみよう。)

(A)

(1) 硝酸銀水溶液 (Ag^+aq) + カルシウム片 (Ca)

(気体を発生しながら) カルシウム片が溶け、灰色の物質 (おそらく銀) が大量に析出した。



(2) 塩酸 (H^+aq) + 銅片 (Cu)

変化が見られなかった。

(3) 塩酸 (H^+aq) + _____ ()

変化が見られなかった。

(B)

(1) 硝酸カルシウム水溶液 (Ca^{2+}aq) + 銅片 (Cu)

変化が見られなかった。

(2) 硫酸銅(II)水溶液 (Cu^{2+}aq) + カルシウム片 (Ca)

気体を発生しながら徐々にカルシウム片が溶け、赤色の物質 (おそらく銅) が析出した。

(発生した気体を上方置換で捕集して点火すると爆発した。)

[考察]

- (1) 前回の実験結果と今回の演示実験結果(A)-(1)と(B)-(2)から、カルシウムの陽イオンへのなりやすさを、銀、水素、銅と比較して説明しよう。

カルシウムは、銀イオン、水素イオン、銅(II)イオンいずれのイオンへも電子を与えてカルシウムイオンに変化したので、最も陽イオンになりやすい。

- (2) 考察(1)を踏まえ、演示実験結果(B)-(1)から言えることを説明しよう。

イオン化傾向が大きい金属の陽イオンの水溶液にイオン化傾向が小さい金属を浸しても、変化が見られない。

- (3) 考察(2)を踏まえ、前回の実験結果と演示実験結果(A)-(2)から、銅の陽イオンへのなりやすさを、カルシウム、銀、水素と比較して説明しよう。

銅は銀よりも陽イオンになりやすいが、カルシウムと水素よりも陽イオンになりにくい。

- (4) 考察(2)を踏まえ、前回の実験結果と演示実験結果(A)-(2)から、水素の陽イオンへのなりやすさを、カルシウム、銀、銅と比較して説明しよう。

水素は銅と銀よりも陽イオンになりやすいが、カルシウムよりも陽イオンになりにくい。

- (5) 以上のことから、カルシウム、銀、水素、銅の陽イオンへのなりやすさを序列づけるとともに、改めて、特定の組み合わせでその序列が変わらないことを確認しよう。

カルシウム、水素、銅、銀の順に陽イオンになりやすい。そして、どの組み合わせの反応においても序列は変わらなかった。

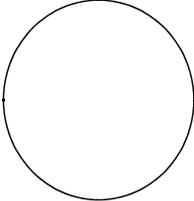
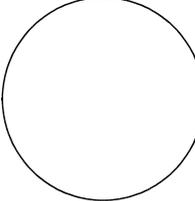
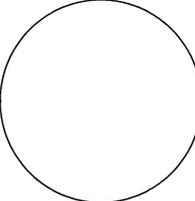
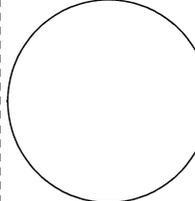
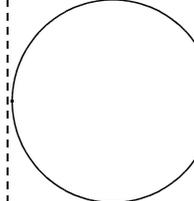
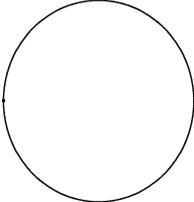
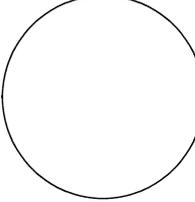
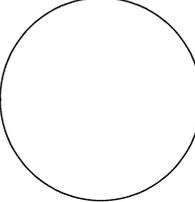
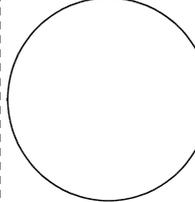
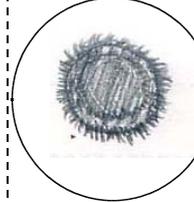
- (6) 硫酸銅(II)の水溶液にカルシウム片を入れたときに、銅とともに生成した気体は何だろうか。また、その気体の物質は、何が変化して生じたのかを考えてみよう。

発生した気体は水素である。硫酸銅(II)には水素が含まれていないので、水がカルシウムと反応して水素が発生したと考えられる。

【生徒実験】

[結果]

(1) 変化の様子をスケッチするとともに、気付いたことを書き込もう。そして、イオン化傾向の大小関係を結論づけよう。

<p>① <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>② <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>③ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>④ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>⑤ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>
<p>⑥ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>⑦ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>⑧ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>⑨ <u> </u> + <u> </u> aq</p>  <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">></p>	<p>⑩ $Zn + Pb^{2+} aq$</p>  <p style="text-align: center;">亜鉛の表面に黒い結晶が析出した。</p> <p style="text-align: center;">結↓論</p> <p style="text-align: center;">$Zn > Pb$</p>

(2) 6種類の金属と水素のイオン化傾向の大小関係のうち、断定できたものをまとめよう。

(3) 大小関係が断定できなかった組み合わせ（不足していた情報）があれば書いておこう。

(4) 他の班の結果から、不足していた情報を補おう。

____ 班の結果より、イオン化傾向は _____ > _____ の関係があることが分かった。

また、

(5) 6種類の金属と水素を、イオン化傾向の大きい順に並べよう。

>	>	>	>	>	>
---	---	---	---	---	---

[考察]

(1) 簡単な道具を用いることにより、イオン化傾向が大きい金属からイオン化傾向が小さい金属へ電子が移動する過程を確認する方法はないだろうか。

(電子が移動することによって生じる物理的な日常現象を思い出そう。)

--

→ 次回授業でやってみます！

(2) 今回の実験方法（ディスポ反応板を使い、10通り以内の組み合わせという制約を設けたこと）のメリットを考え、文章でまとめよう。

- | |
|--|
| <p>○使用する金属イオンの水溶液と金属片が少量ですんだので、経済的だと思う。</p> <p>○廃液の量を減らせたので、環境にやさしい実験になった。</p> <p>○反応しない金属を回収でき、再利用できる。</p> <p>○組み合わせを事前に考えることで、実験の目的がはっきりとした。(頭の体操にもなった。)</p> |
|--|

6 授業での留意点、生徒の感想等

(1) 実施して気付いた留意点

【生徒実験】

前回の生徒実験のまとめで、廃液の扱いや公害病の話をしてスモールスケールで行う実験をする意義を伝えてから実験に臨ませた。

実験計画として実験材料を考えさせること自体が初めての試みだったためか、生徒は自分たちで「金属と水溶液の組み合わせ」を選ぶことに最初は戸惑いがあったようだ。そこで、まずは個人で組み合わせを10通り選ばせた後、班に分かれてから決めさせたところ、従来になく積極的に話し合っていた。

試験管よりもディスポ反応板の方が観察がしやすそうで、いつもよりも丁寧に観察しスケッチしている生徒が多く見られた。また、必要のない組み合わせばかりを選んでしまう班があったので、そのような班には追加の実験させた。



ディスポ反応板上での
反応の様子

(2) 生徒の感想

・あまり変化のないものもあったけれど、亜鉛は色々な試薬と反応したので、イオン化傾向が大き

いことがわかった。面白かった。

- ・同じ金属と水溶液同士は変化がなかったので、違うもの同士で実験すべきだった。
- ・イオン化傾向に沿って金属は反応することがわかった。「同じ物質が入っていないから」という理由で選んだけれど、それは間違いなんだと知ることができてよかった。
- ・ひとつひとつの細かい変化がよく見られました。イオン化傾向が実感できたと思います。他の組み合わせも知りたいです。
- ・塩酸を入れるとしゅわしゅわするという予想はついていたけれど、それ以外のものは意外なものが反応したりしなかったりで驚いた。
- ・変化があるときとないときの差が大きかった。特に亜鉛と酢酸鉛の変化がすごかった。

7 参 考

○ 生徒実験で鉄を入れた理由

「実験のねらい」で述べたとおり、生徒実験では、実用電池で利用されている金属を中心に選んでおり、その中で鉄は異質かもしれない。しかし、鉄は世界最古（紀元前3世紀）の電池と推測されている「バグダッド電池」（或いは「トラッパエ電池」とも呼ばれている）の電極に用いられている。銅の筒に何らかの電解液（酢や葡萄酒など）を入れ、鉄の棒を浸し、電流を生じさせたのではないかと考えられている。この電池を直列にいくつも接続し、金や銀のメッキに利用されていたという説もある。実験のまとめの際には、話題として触れるのもよい。

○ 生徒実験でリチウムを使わないもう一つの理由

「実験のねらい」の中で、危険性を理由にリチウムを扱わないと述べているが、もう一つの理由がある。それは、本単元で、リチウムとナトリウム・カリウムとのイオン化エネルギーの大小関係によるイオンへのなりやすさの関係と、イオン化傾向の大小関係の違いによる混乱を与えたくなかったからである。イオン化エネルギーは、金属蒸気（気体）が電子を放出して金属イオン蒸気に変化するときに必要なエネルギーであり、イオン化傾向は、金属の結晶（固体）が水溶液中で電子を放出して金属イオン水溶液に変化するときに必要なエネルギーの大小関係である。リチウムのイオン化エネルギーはナトリウムよりも大きくイオンになりにくい、ナトリウムよりもかなり水和しやすい（イオン化エネルギーと昇華熱の差も打ち消すくらいに水和エネルギーが大きい）ので、結果的にはリチウムの方がナトリウムよりもイオン化傾向が大きく、イオンの水溶液にはなりやすい。

無論、イオン化エネルギーとイオン化傾向の違いについては、生徒の実態に応じて最後には理解させなければならない。

○ ディスポ反応板を用いたマイクロスケール化学実験について

10枚で500円程度で市販されているが、反応板やウエルセルの代わりに「うずらの卵ケース」を利用した実験方法が富山県総合教育センターのホームページで紹介されている。環境教育の観点から、他にも適切な器具や方法が多く存在する。

また、スモールスケール化学実験の実践においては、荻野和子氏（東北大学医療短期大学部名誉教授）らが多くの報告をしており、その中には電池や電気分解の実験などの紹介もある。

○ 補足実験「2種類の金属間の電子の授受に伴うエネルギー変化」

(1) ねらい

スチールウールと硫酸銅(Ⅱ)水溶液の反応の際に発生する熱による系の温度上昇を確認する。次時に電池について学習する計画になっており、その際に酸化還元反応の前後の化学エネルギーの差が電気エネルギー等に変換されることをスムーズに理解させたいためである。

(2) 準備

- ①試薬類 スチールウール (0.5g程度)、0.5mol/L硫酸銅(Ⅱ)水溶液 (4mL程度)
- ②器具類 試験管、棒温度計、スタンド

(3) 方法

- ①硫酸銅(Ⅱ)水溶液の温度を測定する。
- ②温度計を洗った後、棒温度計の液球部をスチールウールで包み込み、温度を測定する。
- ③②の状態温度計とスチールウールを試験管の底まで押し込む。
(写真)
- ④硫酸銅(Ⅱ)水溶液を③の試験管に注ぎ、温度変化を観測する。



実験装置

(4) 結果

- *スチールウールがみるみる赤変するとともに、30秒ほどで10℃前後温度が上昇する。
- *15分程度で、水溶液の色はほぼ無色になる。

(5) 考察 (発問例)

- ①温度変化から、反応前の鉄と銅(Ⅱ)イオンがもっていた化学エネルギーと反応後の鉄イオンと銅がもっている化学エネルギーではどちらが大きいか。
- ②この反応で、鉄から銅へ電子が移動するとともにエネルギーを放出しているか、それとも吸収しているか。
- ③この酸化還元反応の際の化学エネルギーの変化を有効に活用することはできないか。

(6) 補足

この反応の際、少し時間が経過すると盛んに気体の発生が始まる。気体を調べると、主に水素が発生していることが分かる。おそらく鉄と水の反応によって発生したと考えられる。反応後の水溶液が褐色にならなかったのは、発生した水素の還元力により鉄(Ⅱ)イオンまでしか酸化されなかったからではないか。本来高温の水(水蒸気)としか反応しないとされているが、鉄と銅(Ⅱ)イオンとの反応で発生した反応熱によるのか、析出した銅や反応中間体が触媒として作用したためか、原因は判明できなかった。鉄板を用いて同様の実験を行うと、銅(Ⅱ)イオンとの反応もおだやかであり、気体の発生はわずかであった。興味・関心を抱いた生徒とともに、この反応のメカニズムを追究するのも面白いのではないか。

8 参考文献等

- 梅尾義之「新しい電池の科学」(講談社・ブルーバックス)
- 富山県総合教育センターホームページ・デジタル理科室
「化学実験のスモールスケール化」<http://rika.el.tym.ed.jp/cms/>
- 荻野和子 化学と教育, 49, 348(2001)他
- 卜部吉庸 化学Ⅰ・Ⅱの新研究(三省堂)

演示実験・生徒実験 電池の原理を確かめよう

1 実験のねらい・留意点

- 演示実験を通して、前時までに学習した2種類の金属間の酸化・還元反応やイオン化傾向の概念を化学電池の仕組みと結び付ける。また、化学電池の特長や歴史についても触れたい。
- 生徒実験を通して、電極上での反応をはじめ、電極間の導線中の電子の移動や電池の電解液中の電荷としてのイオンの移動のメカニズムを理解させる。
- 生徒の実情に応じて、生徒実験後に過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水の酸化還元反応を利用した電池の放電を演示して考察させ、さらに次の三点の目的の達成を図る。(ただし、演示実験プリントは、補助プリント程度にとどめる。)
 - (1) 単元「酸化剤・還元剤」と単元「電池」の学習内容を結びつける。
 - (2) 正極活物質が酸化剤、負極活物質が還元剤であることを改めて理解させる。
 - (3) 活物質になる物質が金属や金属の化合物だけでないことを認識させる。

■実験プリント例

【演示実験】

[目的]

- (1) 導線と不活性な導体を用いることで、ある金属Aの板を、金属Aよりもイオン化傾向が小さい金属Bのイオンの水溶液に浸したとき、導線を電子が移動して、AとBのイオンがそれぞれ酸化・還元されることを確認する。
- (2) 導線中の電子の移動と電流の関係を理解する。
- (3) ボルタの電池を知るとともに化学電池の歴史に触れる。

【生徒実験】

[目的]

- (1) 塩橋を用いたダニエル電池をつくり放電させることで、実用電池の構造上の特長を学習する。
- (2) イオン反応式や電池に関する用語・表現方法でダニエル電池の特徴を説明する。
- (3) 特に電池の正極での反応をしっかりと理解する。

2 展開例と指導上の留意点 (工夫)

	学習内容	学習活動 (☆言語活動)	指導上の留意点 (★言語活動を支援)
1 時 間 目	○演示実験	○炭素電極と導線を介して、ある金属のイオン化と別の金属イオンの結晶化が起こる現象を確認する。 ○炭素電極を銅板に交換し、ボルタの電池を学習する。	○特に正極の反応に注視させ、電極付近の溶液が還元されることを押さえさせる。

	<p>○ 演示実験結果のまとめ</p> <p>○ 電池</p> <p>○ 実用電池にするための工夫の検討</p>	<p>○ 図を用いて、金属板と炭素電極付近の反応や電子の移動を表現する。</p> <p>○ 化学電池の基本的なしくみと電池に関する化学的表現や用語を整理する。</p> <p>○ ボルタの電池や電池の歴史を知る。</p> <p>☆ 演示実験の電池の問題点とその改善方法を班ごとに協議し、文章で表現する。</p>	<p>○ 導線中の電子の移動の向きと電流の向きの関係を確認させて、電極間の電流の向きを理解させる。</p> <p>○ 負極・正極の反応と酸化・還元反応を結びつけさせる。</p> <p>(演示実験で取り上げた素材の一つを用いて、電池式等の表現を学習させる。)</p> <p>★ イオン化傾向や負極で起こる副反応の存在を示唆し、協議を深めさせる。(必要に応じて半透膜等の紹介をする。)</p>
2 時 間 目	<p>○ 生徒実験</p> <p>○ 結果の確認・考察</p> <p>○ 演示実験</p> <p>○ 一次電池のまとめ</p>	<p>○ 亜鉛板と銅板を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸して電流を生じさせる。</p> <p>○ 亜鉛板を硫酸亜鉛水溶液に、銅板を硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸し、両液を塩橋でつないで電流を生じさせる。</p> <p>(ダニエル電池)</p> <p>○ イオン反応式を書き、酸化還元反応と電池の関係を改めて確認する。</p> <p>○ 電池及び回路中の電子の動きを図示しながら整理する。</p> <p>○ 塩橋の役割を通して、電池内の電荷の動きを正しく理解する。</p> <p>○ 過マンガン酸カリウムと過酸化水素の酸化還元反応を利用した電池を観察する。</p> <p>☆ 自身の言葉で、電池の原理を文章にまとめる。</p>	<p>○ イオン化傾向を確認させる。</p> <p>○ 極板の表面の変化を細かく観察させる。</p> <p>○ 電圧計の針の振れで、負極・正極の判断をさせる。</p> <p>○ イオンの反応や移動に着目させて電池の電解液中で起こっている現象を考えさせる。</p> <p>○ エネルギー変換について気付かせる。</p> <p>○ 塩橋と同様の目的で利用されているものも確認させる。</p> <p>○ 両極付近の物質が酸化剤、還元剤としてはたらき、それらの中で電子が移動することで電池となることを理解させる。</p> <p>★ 図でまとめたことを文章化することを促す。</p>
3 時 間 目	<p>○ 二次電池</p> <p>○ 実用電池</p> <p>○ 物理電池</p>	<p>○ 鉛蓄電池</p> <p>○ 乾電池</p> <p>○ 燃料電池</p> <p>○ 光電池</p>	<p>○ 二次電池や燃料電池の学習内容が電気分解の単元につながるように配慮する。</p>

3 準備（留意点）

- 演示実験で用いる水溶液の濃度が高すぎると、起電力が十分に上がらない傾向がある。
- 生徒実験で用いる塩橋は、事前に用意しておく。
- 塩橋のチューブを固定するS字フックは、100円ショップで「ステンレスピュアフック」や「フリーハンガー」として販売されている。S字の長さが約9cmのものがちょうどよい。

■実験プリント例

【演示実験】

[準備]

(1) 試薬類

亜鉛板、銅板（ともに15cm×5cm程度）、スチールウール、0.1mol/L硫酸銅(Ⅱ)水溶液、0.1mol/L硝酸銀水溶液、0.1mol/L塩酸

(2) 器具類

200mLビーカー（×3）、炭素電極（×3）、電極板ホルダー（×3）、リード線（×3組）、電圧計、電子オルゴール

【生徒実験】

[準備]

(1) 試薬類

寒天、塩化カリウム

亜鉛板（×2）、銅板（×2）、0.05mol/L硫酸亜鉛水溶液、0.1mol/L硫酸銅(Ⅱ)水溶液

(2) 器具類

200mLビーカー（×3）、シリコンチューブ（内径8mm、長さ22cm）、電極ホルダー（×3）、S字フック、リード線（×2組）、電圧計、LED、電子オルゴール、サンドペーパー

*以下は、塩橋を作成するために用いるので、本時は使用しない。

50mLビーカー、500mLビーカー、ガラス棒、三脚、金網、ガスバーナー

4 実験方法（留意点）

- 演示実験では、炭素電極に銅や銀が析出するまで多少時間がかかるので、その間に電池の仕組みや、電池に関する用語をまとめる。
- 演示実験は、CCDカメラ（またはデジタルカメラ）とプロジェクターを用いて提示するとよい。
- この実験では、塩化カリウムではなく硫酸カリウムの方が電極の反応を考える際に余計なイオン（塩化物イオン）を考える必要がないため、塩橋に用いる塩として適している。しかし実際に硫酸カリウムを用いると、塩橋中の硫酸イオンの伝搬があまりスムーズでないため十分な電流値を得られないので、塩化カリウムを用いる方がよい。

■実験プリント例

【演示実験】

[方法]

- (1) ビーカーAに硫酸銅(Ⅱ)水溶液150mLを、ビーカーBに硝酸銀水溶液150mLを、ビーカーCに塩酸150mLをそれぞれ入れる。
 - (2) 電極ホルダーAにスチールウール(棒状に振ったもの)と炭素棒を、電極ホルダーBに銅板と炭素棒を、電極ホルダーCに亜鉛板と炭素棒を取り付ける。
 - (3) (2)のそれぞれの炭素棒に赤色のリード線を、金属に黒色のリード線を接続する。
 - (4) ビーカーAの水溶液に電極ホルダーAの金属と炭素棒を浸し、電圧計を接続する。
 - (5) 電圧計をはずし、電子オルゴールを接続する。
 - (6) 電子オルゴールをはずし、リード線同士を接続して放置する。(ショートさせておく。)
 - (7) ビーカーBと電極ホルダーB、ビーカーCと電極ホルダーCの組み合わせについても、(4)～(6)と同様の操作を行う。
 - (8) 電極ホルダーCの炭素棒をはずして銅板に付け替え、(4)～(6)と同様の操作を行う。
- * 電極ホルダーA～Cの金属と炭素棒を水溶液に浸したときの装置を、それぞれ「装置A」、「装置B」、「装置C」と呼び、Aの炭素棒を銅板に付け替えたものを「装置D」と呼ぶ。

【生徒実験】

[方法]

○塩橋を作成する。(今回は、事前に作成済み。)

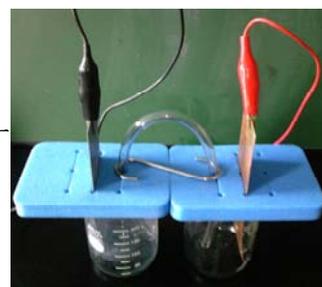
- (1) 寒天0.6gを塩化カリウム飽和水溶液20mLに加え、おだやかに加熱して完全に溶かす。
- (2) 500mLビーカーの内壁に沿ってシリコンチューブをU字型に両端の高さをそろえて固定し、(1)の溶液を溢れるまで注ぎ込む。
- (3) 放冷して、溶液が固まらせる(ゲル化させる)。

(A) 電池A

- (1) 亜鉛板と銅板をサンドペーパーでよく磨く。
- (2) ビーカーAに硫酸銅(Ⅱ)水溶液150mL程度を注ぎ、電極ホルダーに亜鉛板と銅板を取り付けて水溶液に浸す。亜鉛板と銅板には導線を接続する。
- (3) 導線を電圧計に接続し、起電力[V]を測定する。(負極・正極の金属板が特定できる。)
- (4) 導線をLEDに接続する。(負極・正極の接続が逆の場合、点灯しないので注意!)
- (5) 導線を電子オルゴールに接続する。(")

(B) 電池B (ダニエル電池)

- (1) ビーカーB 1に硫酸亜鉛水溶液150mL程度を注ぎ、電極ホルダーに亜鉛板を取り付けて水溶液に浸す。亜鉛板に導線を接続する。
- (2) ビーカーB 2に硫酸銅(Ⅱ)水溶液150mL程度を注ぎ、電極ホルダーに銅板を取り付けて水溶液に浸す。銅板に導線を接続する。
- (3) ビーカーB 1の水溶液とビーカーB 2の水溶液に塩橋をかける。(塩橋のチューブを電極ホルダーを通し、S字フックで固定する。)
- (4) (A) - (3)～(5)と同様の操作を行う。
- (5) 塩橋を外し、導線を電圧計に接続し、起電力[V]を測定する。



ダニエル電池の装置

5 結果・考察等のまとめ

■実験プリント例（ゴシック体は、生徒の記入例）

【演示実験】

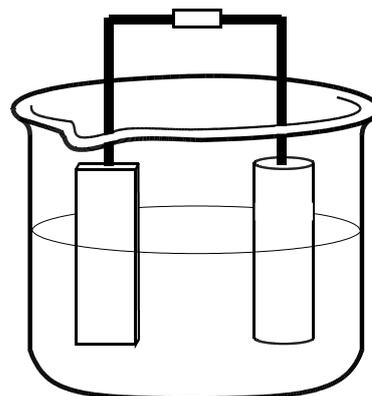
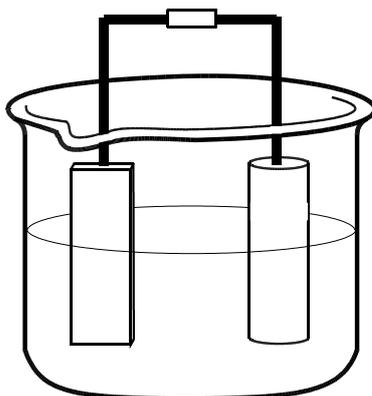
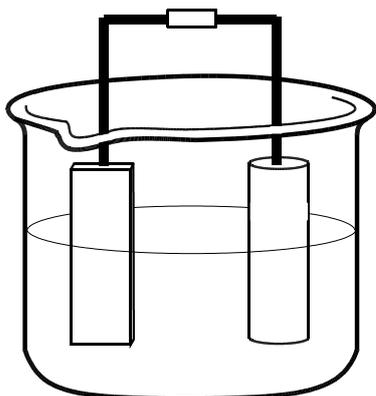
[結果]

(1) 炭素棒のまわりの変化のスケッチと、金属と炭素棒間の電圧の値を記入しよう。

装置A

装置B

装置C



() V

() V

() V

(2) 装置Dの亜鉛板と銅板の間の電圧の値と銅板のまわりの様子を記録しておこう。

--

(3) 導線の電流は、金属と炭素棒（Dは銅板）のどちらからどちらへ流れていたか。

A	B	C	D
→	→	→	→

[考察]

(1) A～Dについて、金属と炭素棒（Dは銅板）の表面で起こったことを、「電子の授受」と「酸化・還元」に着目して、それぞれ説明してみよう。

装置 A	Fe	鉄が電子を放出し、酸化されて鉄イオンが生成した。(銅(II)イオンが酸化されて銅が析出した。)
	C	銅(II)イオンが電子を受け取り、還元されて銅が析出した。
装置 B	Cu	銅が電子を放出し、酸化されて銅(II)イオンが生成した。
	C	銀イオンが電子を受け取り、還元されて銀が析出した。
装置 C	Zn	亜鉛が電子を放出し、酸化されて亜鉛イオンが生成した。
	C	水素イオンが電子を受け取り、還元されて水素が発生した。
装置 D	Zn	亜鉛が電子を放出し、酸化されて亜鉛イオンが生成した。
	Cu	水素イオンが電子を受け取り、還元されて水素が発生した。

(2) 導線中を電子は、金属と炭素棒（Dは銅板）のどちらからどちらへ移動していたか。

A	B	C	D
→	→	→	→

(3) 装置A～Dは、身近にある装置と同じ原理で電流を生じさせている。その装置とは何だろうか。

(4) 装置A～Dが(3)の装置として、負極（－極）と正極（＋極）が、金属と炭素（Dは銅）のどちらになっているかをまとめてみよう。（化学式を書き込む。）

装置A	装置B	装置C	装置D
負極 正極	負極 正極	負極 正極	負極 正極

(5) (4)をもとに、装置A～Dの電池を化学式で（電池式で）表してみよう。

A : (-) (+)	B : (-) (+)
C : (-) (+)	D : (-) (+)

(6) 装置Dの負極の表面と正極の表面で起こった変化を、イオン反応式で表してみよう。
また、酸化されているか、還元されているかを判断しよう。

負極：	(された)

正極：	(された)

* 装置Dで塩酸の代わりに希硫酸を用いたものが () 電池であり、基本的に、
電池で起こっている反応は同じである。

(7) Dの電池で金属板の組み合わせは変えず、水溶液や装置の構造を工夫して、さらに大きな電圧を生じさせるためにはどのような工夫をすればよいだろうか。話し合っ、文章で説明してみよう。

①水溶液について

- 極板での反応が進みやすいように、水溶液の濃度を高くする。
- 正極で銅が析出するので、銅(II)イオンが溶けた水溶液を使う。
- 亜鉛の表面で水素が発生しないように、酸でない物質の水溶液を使う。
- 塩酸に含まれる塩化物イオンが酸化される可能性があるため、塩酸の代わりに希硫酸を用いる。

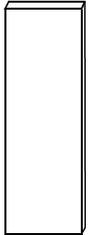
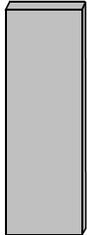
②装置の構造について

- 亜鉛板を、塩酸に直接接触させないようにする。
- 銅版を塩酸に、亜鉛板を塩酸以外の水溶液に浸すために、負極側の容器と正極側の容器をわける。

【生徒実験】

[結果]

○電池Aと電池Bについて、結果を次表にまとめよう。

	電池A		電池B (ダニエル電池)	
起電力	V		V	
電流の向き	板 → 板		板 → 板	
LED				
電子カルゴール				
放電時の 金属板の 表面の様子	亜鉛板	銅板	亜鉛板	銅板
				
電池Bの塩橋を外したときの起電力			V	

[考察]

(1) 電流の向きから、負極と正極がそれぞれどちらの金属板かを判断しよう。

負極		正極
----	--	----

(2) 負極と正極の活物質がそれぞれ何かを判断しよう。

負極		正極
----	--	----

(3) 放電時の負極と正極付近での活物質の変化をイオン反応式で表そう。また、それぞれの活物質の酸化・還元を判断しよう。

負極：	(された)
正極：	(された)

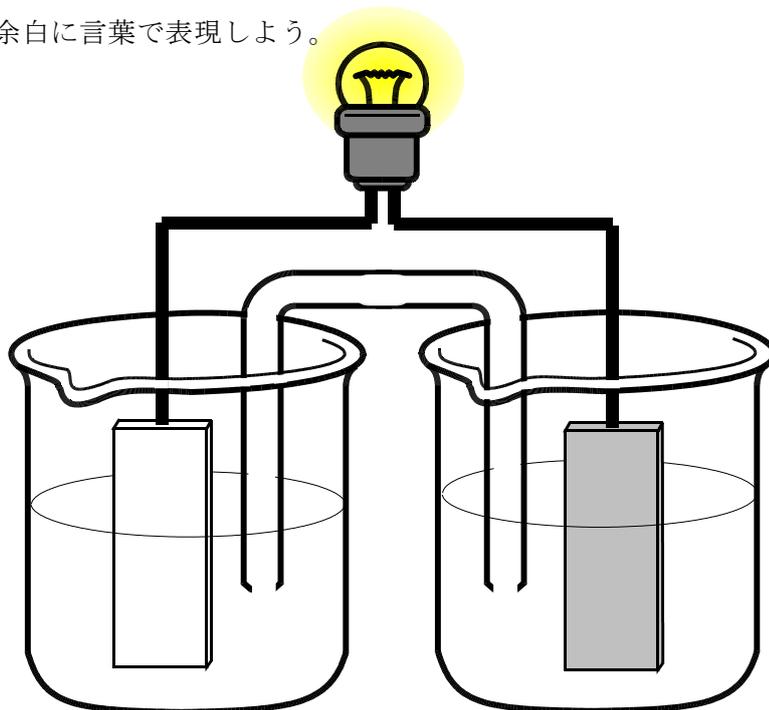
(4)電池Bを化学式で（電池式で）表してみよう。



(5)「 $Zn + Cu^{2+}$ 」がもっている化学エネルギーと「 $Zn^{2+} + Cu$ 」がもっている化学エネルギーの大小関係を判断しよう。また判断できる理由を説明しよう。

$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ が起こって電流が生じたのだから、「 $Zn + Cu^{2+}$ 」がもっていた化学エネルギーの方が大きかった。そして、「 $Zn^{2+} + Cu$ 」に変化することで減少した化学エネルギーが、電気エネルギーなどに変換されたと考えられる。

(6)電池Bについて、放電時の電子やイオンの移動を書き込んでみよう。また、図示しにくい内容は、余白に言葉で表現しよう。



(7)塩橋はどのような役割を果たしているか、文章を完成させてみよう。

塩橋を使用せず、 Zn 板と Cu 板を導線でつなげば、導線を通じて e^- が（ ）板から（ ）板の方向へ移動し続けることが予想されるが、実際には電圧計の針が（ ）ので、 e^- は（ ）。その理由は、わずかに起こった e^- の移動と酸化・還元により、 Zn 板の周りには（ ）が多くなり、 Cu 板の周りには（ ）が多くなり、電気的バランスが（ ）。そして、 Zn 板の周りのイオンと e^- との間の（ ）力、 Cu 板の周りのイオンと e^- との間の（ ）力により、 e^- の移動を妨げてしまうからである。

塩橋で溶液どうしをつなぐことにより、電圧計の針が（ ）ので、 e^- が導線を（ ）板から（ ）板のほうへ移動したことが確認される。これは、導線を通じて e^- が移動したときに、 Zn 板の周りの（ ）と Cu 板の周りの（ ）が、塩橋を通して互いの溶液に（ ）ことによって、電気的バランスが（ ）からである。

まとめると、塩橋は（ ）役割をするのである。

(8) 乾電池やリチウム電池等の実用電池では、塩橋の代わりにどのような部品を利用しているか、調べてみよう。

○乾電池では、セパレーターと呼ばれる隔膜で正極活物質と負極活物質を隔てている。マンガン乾電池では、正極活物質である酸化マンガン(II)と電解液がデンプンのりで練り合わされており、正極の電解液が負極に接触しにくい構造になっている。

(9) 改めて、一般的な電池（一次電池）の仕組みについて、自分の言葉でまとめてみよう。

○イオン化傾向の大きな金属が金属イオンとなって溶け出し、生じた電子が導線を通してイオン化傾向が小さい金属に向かって流れることにより電流が発生する。
○亜鉛板の方が銅板よりイオン化傾向が大きい。亜鉛が溶けるとき亜鉛は電子を放出して亜鉛イオンになる。放出された電子は金属である導線に流れて銅板側に移動する。そして、硫酸銅(II)水溶液中の銅(II)イオンが電子を受け取り銅になる。このとき、導線を電子が移動して電流が流れたので電池になる。

6 授業での留意点、生徒の感想等

(1) 実施して気付いた留意点

【生徒実験】

従来、ダニエル電池は素焼き容器や半透膜を使用して実験を行っていた。しかし、以下の二点から別の方法で行った方が効果的ではないかと考えた。

①化学 I のこの単元以前には、半透膜の性質を十分に学習していないということ。

②生徒は素焼きの板は仕切る役割をしているのに小さな穴があることに矛盾を感じると予想されること。

そこで、以下の三点の理由から塩橋を使用する実験を計画・実施した。

①溶液を別々のビーカーで用意することで、硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(II)水溶液が混合しないように仕切られていることが理解しやすいこと。

②塩橋の形が、イオンが移動する通路になるイメージを与え、両液間を必要な量だけ陽イオンや陰イオンが移動することが考えやすいこと。(ただし、数種類のイオンが存在するので、実際の移動は複雑である。)

③実際に塩橋を外すと電流が流れないことが確認でき、電流が流れ出すと溶液内のイオンの状態や電氣的なバランスをとる必要があることが理解しやすいこと。

実験は、結果だけを見るのではなく、電子の動きを意識するように注意を加えて行った。電極板に大きな変化は見られなかったが、電子オルゴールのメロディーが鳴って本当に電流が流れたので驚いた生徒もいたようだ。加えて正極は、銅板よりも炭素棒の方が電圧が高くなったことが印象に残ったようである。

ボルタ電池の説明を詳しく行った後で実験を行ったクラスでは、イオン化傾向とビーカーB1とB2それぞれの溶液中のイオンを確認して班で協議しながら考察の図を描かせてみたところ、水素の発生を図示した班もあった。また、複雑な表現はできなくても電子が亜鉛板から銅板へ動く矢印のみを書き込むなど、何も書けない生徒はみられなかった。

また、生徒の実験プリントから、「電子が動くことがわかった」という生徒の感想が多く見られたので塩橋の効果があったと感じた。一方で、「寒天があると電流が流れてすごい」と誤解をしている生徒が数名おり、寒天中の電解質溶液の影響を実験前に伝える必要があったかもしれない。

(2) 生徒の感想

- ・極板にあまり変化はなかったが、音が流れることによって電子が動いていることが分かり、楽しかった。
- ・1Vもあるなんてびっくりした。銅板を炭素棒に交換してメロディーを流したら音が大きくなった。
- ・電池の中で、実験のことが起こっているんだなと思いながら、断面図の電子の移動を考えると、なんだか忙しい。
- ・昔の人は電池をよく作ったものだと思った。今の電池があるのは昔の人のおかげ。LEDが発光しなかったのが残念だった。
- ・ボルタ電池の仕組みを聞いたときは全然分からなかったが、実験をして、イオン化傾向や電池の仕組みが少し分かった気がする。同じような実験を10回くらいやったら分かるようになるかも。
- ・電子の動きを見るのは難しいことだけど、銅板などの変化が見られてよかった。

7 参 考

○ 「過マンガン酸カリウム-過酸化水素電池」の作成・放電について

(1) 準備

①試薬類

- 0.1mol/L過マンガン酸水溶液、31%過酸化水素水、
- 0.1mol/L硫酸

②器具類

- 炭素棒 (10cm)、炭素棒用ターミナル (電極端子)、
- シリコン栓 (1号)、
- 透析用セルローズチューブ (直径1.4cm、平面幅3.2cm)、
- プラスチックロート (100円ショップにて「吸盤付きロート」として販売されている。写真1参照)、導線

*以上は各2 (1組)

- 木綿糸、洗濯ばさみ、300mLビーカー、電圧計、光電池専用モーター (プロペラ付き)、電子オルゴール等



写真1 使用器具の一部

(2) 方法

- ①透析チューブの一端を糸でしっかりと縛って閉じ、他端を写真1のようにロートの先に被せ、糸でしっかりと止める。(2つ用意する。)
- ②炭素棒をシリコン栓に通し、電極端子を取り付ける。(2つ用意する。)
- ③写真2のように、2つのロートを洗濯ばさみで密着させて、ビーカーにのせる。
- ④片方のロートに過酸化水素水を約8 mL、他方のロートに過マンガン酸水溶液を約8 mL注ぎ、それぞれのロートの穴に炭素電極を差し込む。
- ⑤それぞれの炭素電極に導線を接続し、電圧計につないでおく。
- ⑥希硫酸を約200 mLビーカーに注ぐ。(放電が始まり、約1 V程度の起電力が生じる。)
- ⑦両極付近の変化の様子をよく観察する。(過マンガン酸カリウムは2段階でゆっくりと変化する。)
- ⑧光電池モーターや電子オルゴール等を接続してみる。



写真2 組み立てた装置

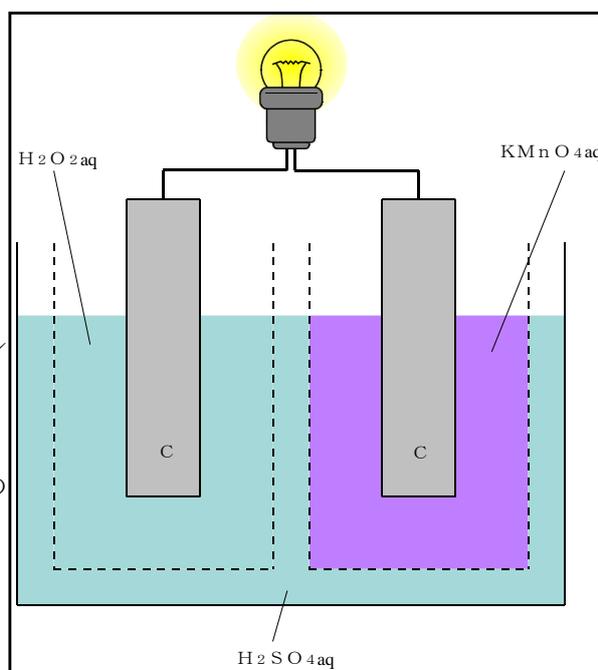
(3) 補助プリント例 (記入欄は省略)

[結果]

- 電流の向きは？
- それぞれの電極付近の変化の様子は？

[考察]

- 負極と正極は？
- 負極活物質と正極活物質は？
- 負極付近と正極付近の変化をそれぞれイオン反応式で表すと？
- ◎負極活物質・正極活物質と酸化剤・還元剤の関係は？
- 右図に、電子やイオンの移動の様子を表現しよう！



おわりに (アンケート調査による本調査研究に対する評価)

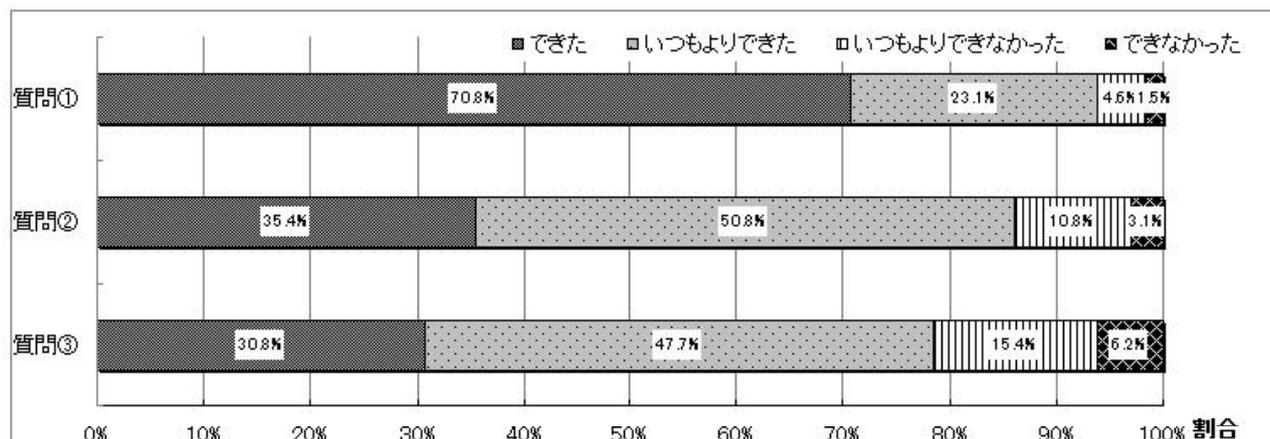
本報告書で紹介した展開により「イオン化傾向・電池」の単元を実施し、最後にアンケートによる1～4の調査を行い、回答内容を分析した。調査対象は、普通科3学年2クラスの生徒65名である。以下にその結果を報告する。

1 実験授業における目標の達成度に関する調査

質問① 同じ班の人と相談しながら実験ができたか。

質問② 実験結果を細かく書くことができたか。

質問③ 結果に対する考察や実験から分かったことを自分の表現でまとめることができたか。



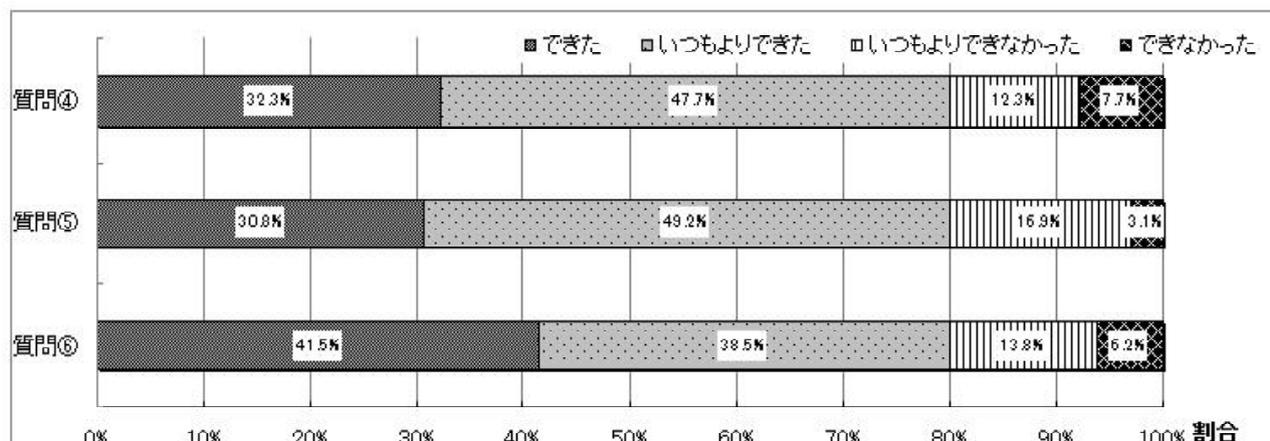
思考過程が進むにつれて達成度は下がるものの、8割近い生徒が自身の表現でまとめることができたと評価している。その要因の一つは、実験の際に、班員間でコミュニケーションを十分に図ることにより、互いの知識を補い合うことができたり、課題解決を図るための材料を見出せたことにあると考えられる。

2 学習内容の理解度に関する調査

質問④ 酸化・還元の利用してそれぞれの現象を考え、原理を理解することができたか。

質問⑤ 酸化還元反応とイオン化傾向が関係あることを理解できたか。

質問⑥ イオン化傾向と電池の仕組みが関係あることを理解できたか。



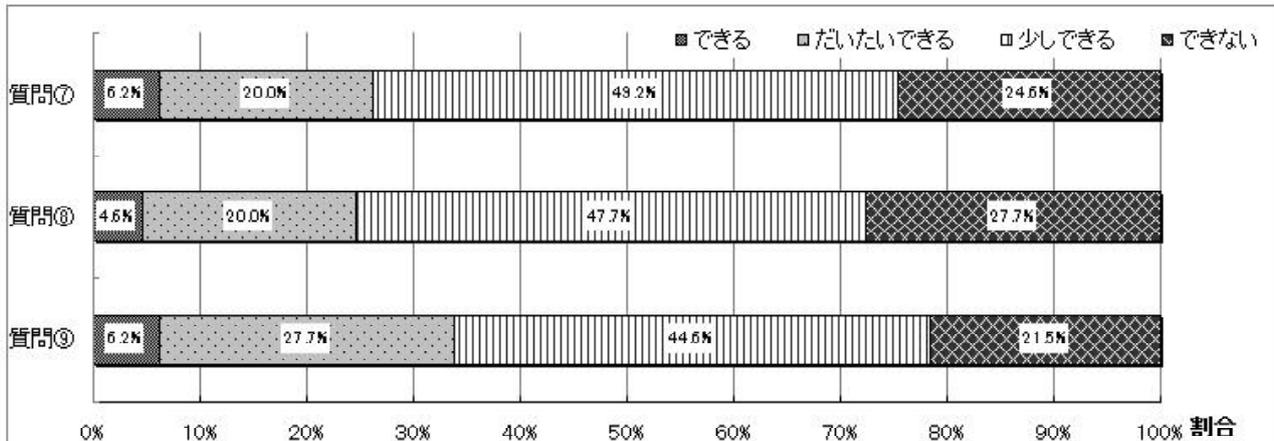
ちょうど8割の生徒がそれぞれの小単元の内容を理解できたと評価している。特に、質問⑥では、4割を超える生徒が自信を持って内容を理解することができたと回答している。演示実験と生徒実験が互いに補完し合っていたことと、一貫性をもった素材を用いて実験を行ったことが要因として挙げられるのではないかと考えられる。

3 学習内容を説明する技術・表現力に関する調査

質問⑦ 金属がイオンに変化する現象を図で説明できるか。

質問⑧ イオン化傾向について自分の言葉で説明できるか。

質問⑨ 電池の仕組みを図で説明できるか。



残念ながら、7割前後の生徒が、理解したことを図や言葉で説明することが十分にできないと回答している。特に、金属のイオン化といった目に見えにくい抽象的概念を説明するためのスキルは身に付いていない。電池の仕組みの説明について他より若干到達感が上がったのは、経験を重ねた結果と捉えることもでき、言語活動を伴った実験・観察を継続的に行っていくことが重要である。

4 自由記述による調査

<ねらいが達成されたと判断できる回答>

- ・実験を通して、班で話し合うことができてよかった。自分の考えだけではなく、人の意見を聞けるのは貴重だと思った。
- ・今までの実験とは違い、考えたり相談したりすることによって知識を身につけることができた。
- ・理解をしながら実験することができた。絵を詳しく描くように努力をしたし、言葉でも表現できた。今までの実験よりも実験らしくて楽しかった。
- ・図や式を使って、分かりやすくまとめられた。また、自分で考えることにより想像力が豊かになり、復習にもなってやりやすかった。
- ・今まで習ったことの知識を使えてとても良い勉強になった。また、今回は自分で考えて書く質問などが多く、自分の考えがきちんと出せたような授業だった。
- ・いつもよりも自分の言葉で表現しようとしたので、頭の中に実験の内容が残っていて、きちんと知識として吸収できた。

<課題を提起する回答>

- ・実験は楽しく内容は分かったが、文章にすることが難しい。
- ・考えることはできたが、まとめることがあまりできなかった。
- ・化学反応式や図に描いたりするのは難しい。

5 授業担当者の評価

アンケートの調査結果から、今回の実践のような指導の工夫により、生徒は表現力を身に付けられる傾向があることがわかった。授業の中で自分で考えたり友達と相談したりする機会が多いほど、生徒の興味を引き出せるだけでなく、知識の定着や思考力を養うことにもつながると言える。一部の生徒には、自力で文章や図に表現するのが難しい様子が見られたが、同様の機会を増やすことで少しずつ表現できるようになることが期待できる。

6 まとめ

新学習指導要領においては、「観察、実験などの結果を分析し解釈して自らの考えを導き出し、それらを表現するなどの学習活動を充実すること」が求められている。そこで本調査研究では、一つの単元の中で様々な取組を行い、生徒がどの程度「科学的な思考力・表現力」を身に付けることができたかの評価・分析を行った。

「演示実験・生徒実験 金属のイオン化と析出を考えよう」においては、教師が行った演示実験で示した現象の原理を、生徒実験でどのように検証すればよいかについて生徒に議論させることを試みた。これは、観察した現象に対する科学的アプローチの手段を議論を通して検討させることで、生徒に論理的思考を促すことがねらいであった。教師側のねらいが十分に達成できたとは言えなかったものの、実験の目的を十分に理解させて主体的に実験を進めさせることができた。また「演示実験・生徒実験 いろいろな金属の反応性を調べよう」においては、演示実験でイオン化傾向を比べるための方法と原理を確認した上で、数種類の金属のイオン化傾向を比べるための合理的な方法について生徒同士で話し合わせ、各班ごとの計画により実験を進めさせた。さらに、マイクロスケールでの生徒実験を通して環境問題についても様々な角度から検討し、生徒自身が見出した課題を、生徒自身の言葉で文章に表現させたり、口頭で発表させることを試みた。この活動では、自班だけでなく他班の実験結果や考察の発表をもとに、結論を導き出すための科学的な視点での情報の整理・活用を行わせることもできた。さらに「演示実験・生徒実験 電池の原理を確かめよう」においては、それまでの試みによって科学的な思考力・表現力がどの程度定着したかを確かめることも視野に入れ、演示実験と生徒実験で得られた結果とそれに対する考察をもとに、電池の原理を文章と図で表現させることを試みた。この活動では生徒自身の思考により現象を解釈し、培った知識・技能を活用して表現することを要求した。個々の生徒の実験レポートからは、科学的表現力の定着が十分に図れたと判断はできなかったが、理解していることを「自分なりに表現してみよう」という意欲や科学的探究心及び思考力は着実に身に付きつつあることが確認できた。

一方で、科学的な思考力・表現力の定着のためには、必ずしも「言語活動の充実」を図るための授業展開や教材、実験素材の開発を行うことから出発する必要がないこともわかった。本調査研究での各実践に対する評価結果は、各単元で達成すべき目標を明確にし、目標達成のために生徒実験と演示実験の位置づけや指導展開、実験・観察の素材を再検討する過程で、必然的に「言語活動」の場面が設定されていくことも示唆していた。そのことを念頭に置いて、プレゼンテーションなどの一歩進んだ表現活動も積極的に加えていくべきである。

また科学的な思考力・表現力の定着のためには、新学習指導要領解説で「配慮すべき事項」として示されているように、「年間の指導計画を見通して、観察や実験などを十分に行い、生徒が結果を分析して解釈するための機会やそれらを行うための時間を確保すること」が必要である。限られた指導時間の中でも、これまでに扱ってきた教材に思考力・表現力を磨く場面を従来の授業展開に適切に組み込むことにより、生徒の「科学的な思考力・表現力」は着実に身に付いていく。今回の学習指導要領の改訂を機に、これまでの自身の指導方法を、これまでとは異なる視点で見直し、より充実した教科指導を実践するべきである。

高等学校における教科指導の充実
理科《 化学領域 》
科学的な思考力・表現力を身に付ける
化学の授業を目指して[電池]

発行 平成22年3月
栃木県総合教育センター 研究調査部
〒320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町1070
TEL 028-665-7204 FAX 028-665-7303
URL <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>