

理科教育法の改善を図るマイクロスケール実験の導入 —新たな授業展開と「考える力の育成」を目指して—

佐 藤 美 子

理科教育の大きな目標として、児童・生徒の「科学リテラシー」の涵養がある。科学・技術の発展と普及が著しく、また同時に変化の激しい時代において、理科教育の充実は急務であり、学校現場だけでなく地域社会や家庭との連携も踏まえて「科学リテラシー」の涵養が求められている。この実現のための有効な手段として、新しい実験方法のひとつであるマイクロスケール実験について解説し、様々な事例を紹介する。マイクロスケール実験により可能になった個別実験が、児童・生徒の「考える力」の育成に寄与し、さらに科学的思考力・表現力の育成につながることを、大学における学生指導の具体例も示し、新しい理科教育法のあり方として提案する。

キーワード：理科教育 マイクロスケール実験 考える力の育成 個別実験 科学リテラシー

はじめに

小学校理科の学習指導要領（文部科学省c：2008）では、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てる」、「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」ことが目標とされている。そして、中学校理科（文部科学省b：2008）では「見通しをもって」取り組み、その上で「目的意識をもって」観察・実験を行うことへと発展し、「科学的に探究する能力の基礎と態度を育て、科学的な見方や考え方を養う」ことが目標となる。高等学校理科（文部科学省a：2008）では、さらにその目標が、「科学的な自然観」の育成へと広がっていく。

理科教育において、観察・実験の授業は、自然との接し方を学び、探究心や生命を尊重する心を養う上で、各学校種を通して重要な活動であることは言うまでもない。しかし、限られた授業時間の中でどのような活動を行えば「実感を伴った理解」や「探究する能力」が得られるのか、さらには問題となっている「理科離れ」の改善にどう対応するのか。このような自からの問いに対する1つの解決策として、筆者は「マイクロスケール実験」を授業に取り入れることに至った。最近では、この「マイクロスケール実験」と呼ばれる実験方法が、学校現場における理科授業の改善に役立つとして、少しずつ注目を浴びてきている。

マイクロスケール実験とは、できるだけ簡単な手順により、小型の器具と少量の試薬を用いて一人ひとりが手軽に実施できる実験方法である（佐藤美子、芝原寛泰：2009、日本化学会編：2003）。従来のグループ実験の方法と比較した場合、次のような特徴が挙げられる。

- ①用いる試薬の少量化とそれに伴う廃液量の大幅な削減
- ②少量の試薬による反応完了までの時間及び、操作の簡略化に伴う実験時間の短縮
- ③児童・生徒の力に応じた2人、あるいは1人で行う個別実験

歴史的には、化学分析に必要な試料の量を少なくする目的で、1960年代に米国で提案された「セミマイクロ法」に端を発する（Weisbruch：1955）。日本でもいち早く「セミマイクロ化学実験法」（新海勝良：1962）として紹介され、理科教育への応用も提唱されていた。その後、1980年代に公害が社会問題化して、にわかに環境問題が指摘され、大学の研究室でも使用する試薬量の削減等に意識改革が求められた。そこで、①の廃液量の削減を特徴とするマイクロスケール実験は、環境への負荷を減らそうという“グリーン・サステナブル・ケミストリー（GSC）”（例えば、Paul T. Anastas, John C. Warner：1999）の考え方を反映した理科実験として普及していった。このような考えに基づいて開発されたマイクロスケール実験の手法が、小学校から高等学校にいたる学校現場の理科教育にも活用され、世界中に広まった。このあたりの経緯と日本への導入については、文献（佐藤美子、芝原寛泰：2011、日本化学会編：2003）に詳しい。しかし、「環境にやさしい」だけではなく、特徴の②、③により、短時間で個別実験を行い、その個々の結果をもとに小集団で話し合うことが可能であるため、「環境にやさしい実験」から「考えさせる実験」を目指す有効な手段として、マイクロスケール実験の導入は大きな学習効果が期待できる。

筆者は、主にこの2つの特徴である実験の時間短縮と個別実験を可能にする手段としてマイクロスケール実験を捉え、教材開発とその実践方法について研究を進めている。しかし、すべての理科実験をマイクロスケール実験で実施するのではなく、個別実験に適した内容であるかどうかを検討した上で、実験の導入を考慮し、マイクロスケール実験を、学習指導要領で謳われている「コミュニケーション能力の育成」や「実感をともなった活動」、「実験の技能の習得」を促すことができる、新しい「理科教育法」の実践的研究と位置付けている。

本稿では、マイクロスケール実験による様々な教材実験の具体的な事例と、それらを使った実践活動の様子を紹介する。また実践活動の際に行ったアンケート結果も踏まえ、マイクロスケール実験を理科教育の改善につなげるための今後の課題についてもまとめることにする。尚、本稿で扱う実践活動は、小学校から高等学校にいたる授業での実践、大学での講義、ゼミ活動、科学館や児童館などでの実験教室、その他の様々なイベントでの活動も含めている。

1. マイクロスケール実験による科学リテラシーの涵養

前述のようにマイクロスケール実験の導入により、小学校から高等学校にいたる理科授業、および大学での講義において、あらたな授業展開が期待できる。一般に実験を含む授業では、実験方法の説明と実施が授業時間の大半を占めるため、実験結果の十分な考察に時間を割り当てるのが難しく、教科書に記載された実験結果を確認するだけにとどまることも多い。一方、マイクロスケール実験では、スケールを小さくすると共に、安全で取扱いが簡単な器具を用いるため、実験操作も簡略化され、安全性を確保しながら実験時間の短縮が実現する。実験時間の短縮により、実験後の結果のまとめや考察、グループ内での討論、クラス全体での振り返りな

どの時間の確保が可能となり、児童・生徒の能動的（アクティブ）な実験活動を促すことができる。

次に、児童・生徒の能動的な実験活動に関連して、理科教育の大きな目標である「科学リテラシー」の涵養について述べる。科学リテラシーとは「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」（文部科学省d：2005）であり、言い換えると、「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質や能力である」（国立科学博物館「科学リテラシー涵養に関する有識者会議：2008」）。すなわち、自然現象を科学的にとらえるための「科学的思考力」、自分の意見や考え方を説明する「科学的表現力」さらにそれらに基づく合理的な判断と行動を伴う「科学的実践力」を身に付けることが目標とされる。そこで、各学校では、理科だけでなく他教科との連携の下、知識・技能を活用して課題を解決するための思考力・

判断力・表現力等の育成に取り組んでいる。このような状況において、筆者は、児童・生徒がこれらの力を獲得するための基礎となる「考える力の育成」に注目して実験活動を行い、学習指導要領で謳われる「個々の児童が主体的に問題解決活動を進めるとともに、学習の成果と日常生活との関連を図り、自然の事物・現象について実感を伴って理解できるようにすること」（文部科学省c：2008）を目指している。

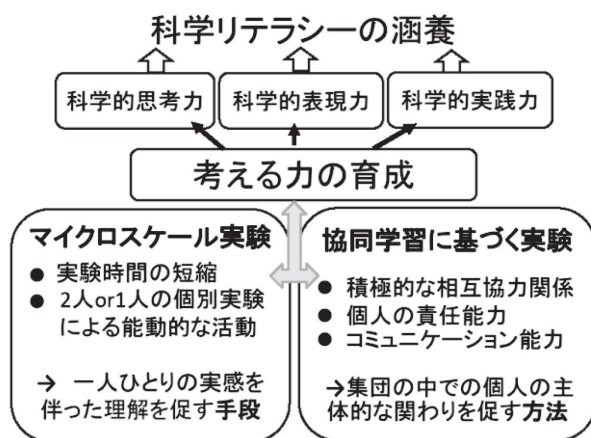


図1 科学リテラシーとマイクロスケール実験の関係

理科において、この目標を達成するためには、「考える力の育成」につながる「実験活動の充実」が不可欠であり、実験形態についても従来の教師による演示実験、4～5人から成るグループ実験だけではなく、1人あるいは2人による「個別実験」も導入し、多様な実験形態を取り入れ、児童・生徒が主体的に問題解決活動を実践できる状況を設定することが必要である。図1は、科学リテラシーの育成につながる様々な活動の相互関係を示している。ここでは単なる個別実験ではなく、グループでの協力体制の下で行う「協同学習」の手法を取り入れた実験活動を実施する。協同学習は、①相互協力関係 ②対面的－積極的相互作用 ③個人の責任 ④協同の技能 ⑤グループの改善手続き の基本的構成要素を活用した指導法で、理科の実験観察や授業において実施する有効性が証明されている（杉江修治：2011、大黒孝文・稲垣成哲：2006）。このようなグループでの協力を前提とした個別実験が実現すると、図1に示すように、児童・生徒どうしの相互協力、個人の責任能力、さらにはコミュニケーション能力の向上につながり、グループ全体としての学習に対する意欲も高まり、集団の中での個々の主体的な取り

組みが発揮される活動となる。

以上より、マイクロスケール実験の導入は、実験器具の小型化（省スペース）、実験時間の短縮により、個別実験とあらたな授業展開の実現を可能にする。すなわち、科学リテラシーの涵養を目指す中で、理科教育では重要かつ基本的な「考える力の育成」という目標を実現する有効な手段として、マイクロスケール実験を位置づけることができる。

以下に、筆者が今まで開発してきたマイクロスケール実験による教材の例およびアンケート調査の分析結果を示す。実験方法の手順やワークシートおよび実験内容の解説は、拙著「マイクロスケール実験－環境にやさしい理科実験」(佐藤美子、芝原寛泰:2011)をご覧いただきたい。

2. マイクロスケール実験による教材開発の例

2.1 「だ液のはたらき」の教材実験

毎日の食事の中で、食べた物がどのように消化されるのか、「だ液のはたらき」については、小学校6年「人の体のつくりと働き」の単元で学習する。だ液によりデンプンが別のものに変化することに気づき、理科の学習を最も身近に感じる実験である。グループでの実験では誰がだ液を提供するのか、ということで準備に手間取ることも多い。マイクロスケール実験を導入すると、児童らは自分のだ液を使って個別実験を行うため、スムーズに実験を進め、だ液の有無でどのような違いが見られるのか、高いモチベーションをもって取り組むことができる。

図2では、24セルプレートの各セルに必要な試薬等を入れ、綿棒の一方に赤い印をつけて（図3）、綿棒を真ん中で二つに折り曲げている。赤い印を付けた綿棒の先を口にくわえて十分にだ液を、他方の先は純水を含ませる。続いて、綿棒の両先にデンプンのり水溶液をしみこませる。なお、デンプン水溶液は、デンプンを原料とする工作用のりを水に溶かすことで準備を簡略化している。だ液に含まれる消化酵素（アミラーゼあるいはジアスターゼ）は、体温に近い約40℃で最も活性化することも学習するが、その際に用いる熱湯はセラミックヒーターを用いて簡単に準備することができ、実験上の安全面にも配慮している。次に図4のように綿棒の両端をアルミ箔で包み、2つ折にしたままセル中の熱湯に約3分間つける。図5は、綿棒の先の色の変化を示す。セル中のヨウ素液につけると、だ液を含まない場合はデンプンのままであり、ヨウ素デンプン反応により黒紫色（図5の左）を示し、だ液によりデンプンが変化した場合（図5の右）との色の比較を行う。このような対照実験によって、児童は基礎的な科学的手法を体験し、習得していく。以上の実験は約15分で結果がでるため、実験上の注意事項、結果の観察、考察さらにはグループやクラス全体での討論をする時間的余裕が生まれ、新たな授業展開の工夫が期待される。また自分の結果に納得がいかない児童は、時間の許す範囲内で自ら進んで再実験を要望し、実施できることも実践をとおして経験してきた。

また、中学校理科では、だ液の働きについて「動物の体のつくりと働き」の単元で学習し、デンプンがだ液により糖に変化することをベネジクト反応により確かめるが、これもミニ試験管等もちいたマイクロスケール実験が可能である（佐藤美子、芝原寛泰:2011）。

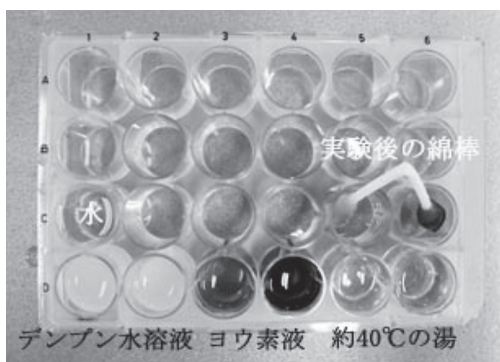


図2 セルプレートにおける試薬の配置

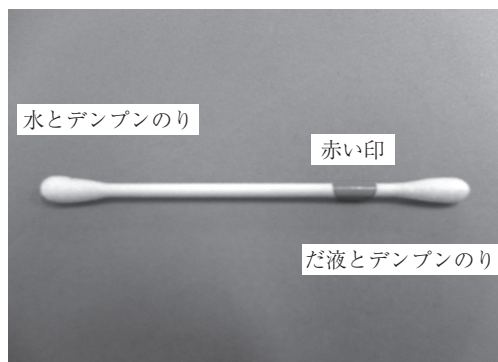


図3 綿棒にだ液とデンプン水溶液をつける



図4 綿棒の両端をアルミ箔でつつむ



図5 ヨウ素液につけた結果

2.2 シュリーレン現象の観察

小学校5年の単元「ものの溶け方」では、いろいろな物質を水に溶かして、溶け方の違いを観察する。その際、①物質による違い ②温度による違い ③水の量による違い 等に注目して実験により学習する。重要なことは、「ものは溶けるとなくなる」という誤概念を実験により克服させることである。その点で、食塩や砂糖の粒が水に溶けていく瞬間の様子を観察できるシュリーレン現象の実験は最適である。グループ単位や教卓上でのシュリーレン現象の実験では、大きなビーカーを用いるため大量の食塩や砂糖を消費するだけでなく、溶ける様子の詳細な観察は難しい。児童一人ひとりが観察できることが重要である。図6（左）は、シュリーレン現象をプラスチック製の分光セル（ $1 \times 1 \times 4$ cm）を使って、本学学生が観察しているところである。観察しやすくするために、色のついたコーヒーシュガーを用い、溶けてできた溶液も少し色がついているため、溶けたものがどうなったのか、色々と想像するきっかけともなる。また図6（右）では、横からの照明等により滝のように流れる様子が観察しやすく工夫されている。

本教材は「ものが溶ける」という身近な現象を、個別実験により目の前で詳細に観察するという単純な作業ではあるが、ものが溶ける瞬間の様子から、「溶けたものはどうなるのか」「どこへ行ったのか」など、各児童が溶ける現象の不思議さに気づくことができる。

2010年から完全実施された学習指導要領では、単元の学習内容が4つの柱(粒子、エネルギー、生命、地球)に分類され、さらに、小学校・中学校・高校にまたがる学習の連続性が明確に示されている。例えば「ものの溶け方」の単元は、4つの柱の「粒子」に分類され、さらに「粒子の保存性」に関連付けられている。「粒子」は、いわゆる「粒子概念」による取扱いを意味するが、小学校理科で導入すべきかどうかの長年にわたる議論の結果、新しく学習指導要領に組み入れられた経緯がある。ここで紹介した「シュリーレン現象の観察」は、児童にとって「粒子概念」を獲得するきっかけとなる重要な実験・観察である。また、個別実験の意義が大きいと考えられ、小学校の現場において積極的に取り入れて欲しい教材実験である(佐藤美子、芝原寛泰:2011)。



図6 左:分光セルを用いたシュリーレン現象の観察
右:照明によりシルエットで観察

2.3 アンモニアの噴水実験

アンモニアは、中学校理科で扱う気体の一つで、その性質について実験を通して学ぶことは重要である。その代表的な実験として「アンモニアの噴水実験」がある。アンモニアのもつ性質、すなわち、①水に溶けやすい ②空気より軽い ③水溶液はアルカリ性を示す の3点について



図7 大学生によるアンモニア
噴水実験の体験

で学習する実験として最適であり、また溶液が噴水になって色が変わるという現象は視覚的にも楽しく、生徒にとっても最も印象に残る。しかし、生徒実験の際、操作を誤るとアンモニアの刺激臭が大量に漏れる可能性があり、そのため教員による教卓上での実験を生徒が遠くから眺めることに終始するケースが多い。マイクロスケール実験により、試薬量の削減と操作の簡略化を図り、短時間でアンモニアの性質を実感しながら視覚的にも楽しく実施できる教材実験を開発した(佐藤美子、

芝原寛泰：2014)。

図7は、開発した教材を用いて、大学生が授業の中で「アンモニアの噴水実験」を体験しているところである。入れた指示薬の種類により、フェノールフタレイン溶液では無色から赤色、BTB溶液では緑色から青色に一瞬のうちに変化する。アンモニアの気体発生には1 mL程度の濃アンモニア水を用いるが、密閉した試験管に入れて準備を行い、実験後も開封しないため、刺激臭はきわめて少ないが、わずかな「アンモニア臭」により、アンモニアの存在を確かめることができる。用いた丸底フラスコも従来の10分の1と小さく、一人で操作できる大きさである。噴水が観察できた瞬間には、小学生から大人まで、すべての受講生が歓声をあげている。

アンモニアのような有毒な気体も、必要以上に大量に発生させないように、また漏れない工夫をすれば、生徒実験でも安全に取り扱うことができる。事故を恐れて机上の学習にとどまれば、物質概念の形成が妨げられることになる。実験・観察による概念形成は、理科学習において最も重要であり、アンモニアのような有毒な気体も、マイクロスケール実験により安全に扱うことができる。

2.4 水溶液の仲間分け

水溶液は、性質により酸性、中性、塩基性に分類される。小学校、中学校理科では、溶液として水溶液だけを扱うので、塩基性ではなく「アルカリ性」の用語を用いる。私たちの身の回りには、色々な水溶液が存在している。それらを「指示薬」を使って、酸性、中性、アルカリ性に「仲間分け」をする学習が小学校6年「水溶液の性質」の単元である。分類に使用する指示薬として、小学校理科ではリトマス試験紙、BTB溶液が用いられ、中学校理科では、フェノールフタレイン溶液が加わる。さらに、身近なものでも指示薬の働きをする例として、ムラサキキャベツなどのアントシアニンの色素を含む材料が使われる。また、トイレ洗浄剤、カビ取り洗浄剤、食酢など、家庭にある身近な水溶液の液性を確かめ、実生活との関連にも気づかせる。以上のような実験を、マイクロスケール実験で行った実験結果の例を図8に示す。

左の図8は本学の学生が授業の中で行った実験結果である。専用のワークシートを用いてセ

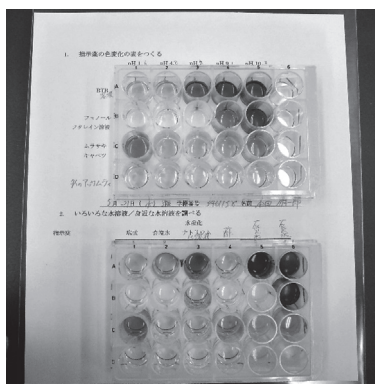


図8 指示薬による水溶液の変化をセルプレートにより確認



図9 科学の祭典における中学生の活動

ルプレートを配置し、用紙には使用した試薬名も記入できるようになっている。調べたい水溶液に指示薬をいれた瞬間の色の変化を観察することは貴重な体験である。セルプレートにおける縦と横の関係から、実験結果を論理的に考察することで、思考力を高めていく非常に有効な手段である。

また、図9は、中学生が「科学の祭典」において小学生を相手に、実験の説明をしているところである。このような形のレクチャーが設定できるのも、マイクロスケール実験において、簡単な操作による安全性を優先した改善の成果といえる（佐藤美子、芝原寛泰：2009）。

2.5 家庭でもできるペーパークロマトグラフィー実験

混合物の分離方法のひとつとして、中学校理科や高等学校化学でペーパークロマトグラフィーの実験が紹介されている。ここでは身近な水性ペンの色素を、身近な材料を用いたペーパークロマトグラフィーにより簡単に分離できることを、小学生の児童でも体験できるように工夫した。黒いインクが3～4種類の色に分かれていく様子は視覚的にも楽しく、児童の実験に対する興味・関心を喚起できる。小学生を対象にした地域の実験教室、学童保育での実験体験、科学の祭典等における実験の改善を重ねてきた。図10のように、直径5cmの円形ろ紙の中央を、六角ナットを使って切り取り、6色の水性ペンをスポット上につけ、展開液につける。展開液としてエタノール液を用いると分離が早くなるが、安全性を優先して純水を用いても可能である。展開後の様子を示す図10では、例えば黒の水性ペンには、紫や緑色の色素が含まれており、緑の水性ペンからは青色が現れてきたことがわかる。短時間で結果が明瞭にだけでなく、身近な水性ペンを使って科学的な手法により混合物の分離を体験できることに本実験の有用性がある。また図11は、近隣の科学館での親子サイエンスにおいて実施した様子である。写真のペットボトルの中には展開液として水を深さ2センチほど入れ、細長いろ紙の下部にメーカーの異なる別の黒ペンでスポットをつけ、ろ紙の下部が少し水に浸る状態で放置しておいた。じょじょにろ紙に水が染み込み、一色の黒ペンから写真のように数種類の色が分離し、現れてきた。ろ紙の代わりに、コーヒーフィルターペーパーを用いても可能であり、家庭でもいろんな種類の水性ペンを用いて簡単に調べてみるができる。

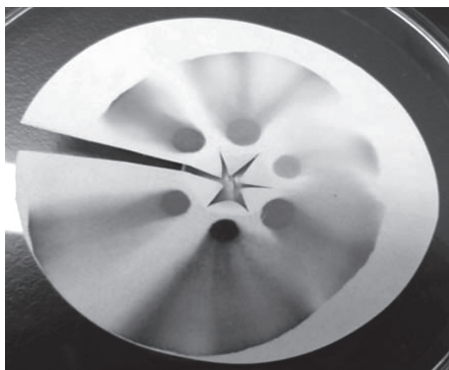


図10 ろ紙を用いて水性ペンの色素を分離

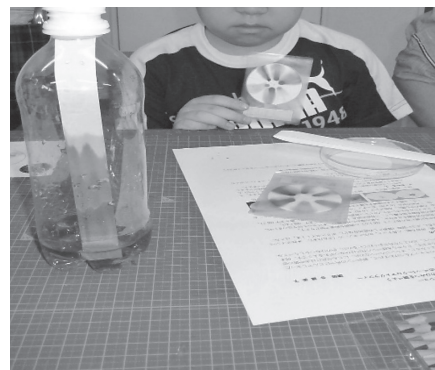


図11 児童対象の実験教室での活動

2.6 備長炭電池の作製

エネルギー問題は、これからの社会で活躍する児童・生徒にとっては、様々な体験を通した学習が求められる課題である。最も身近な「電池」を題材にした実験を通して、児童・生徒がエネルギー問題に関心をもつことを期待している。「電気はどこから来るの?」「電気はつくれるの?」という素朴な質問から、さらにエネルギーの有効活用に至るまで、「電池」の実験は色々な学習場面で取り上げることができる。ここでは、誰でも簡単につくれる「備長炭電池」の作製をテーマとした。これは、エネルギー学習の中でも重要な「エネルギー変換」について体験を通して学ぶことができる教材である。すなわち、化学反応によるエネルギーを電気エネルギーとして取り出し、「使えるエネルギー」に変換できることを、電池の作製から体験することになる。

ウバメガシの堅い木を高温で炭化して作ったのが備長炭で、電気伝導性が高いことで知られている。この備長炭を約 5×2 cm に切り、食塩水をしみ込ませたティッシュペーパーと、さらに長さ約 10 cm のアルミ箔を、備長炭に巻きつける (図12)。アルミ箔が負極、備長炭が正極になり電池が完成する。得られる電圧は約 1.1 V で、電子オルゴールやプロペラモータを動作させることができる (図13)。実験後に、使ったアルミ箔に小さな穴があいていることに気づかせ、アルミ箔のアルミニウムイオンが消費されている様子に注目させることもできる。



図 12 備長炭電池の組み立て

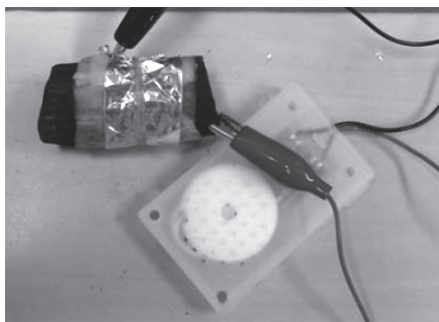


図 13 完成した備長炭電池

通常の備長炭電池の作製では、15～20 cm 程の備長炭を用いるが、本教材では、個別実験が可能になるように全体にマイクロスケール化を試みたが、十分な性能を確認することができた。実際の授業では、作製した備長炭電池の2つを使い、直列につなぎ電圧が2倍になることも、実験前の予想と結果で確認する。このように「考える力の育成」につながる授業展開も可能となる。

本学の授業においても備長炭電池の作製を体験した大学生の感想として「備長炭は電流を通すことが



図 14 教員研修での体験講座
(備長炭電池2個の直列つなぎ)

わかった。いろいろなものを代用して電池にする授業はきっと子どもたちも楽しめるだろうなと思いました。」、「理科の授業は実際に実験を行って、目で見て確かめたり、様々な予想を立てて試してみたりすることが大切だ」などがあり、実験による体験を通して、子どもたちに伝えたいことを意識していることがわかる。図14は、中学校理科の教員を対象とした教育センター主催の教員研修において、作製した備長炭電池で、隣の人と協同して直列につなぎ、プロペラモータの回転の様子を確かめているところである。

3. 受講生のアンケート調査による分析と評価

マイクロスケール実験を体験した受講生に対し、様々なアンケート調査を行い、理科教育におけるマイクロスケール実験の導入の効果について検証を試みた。

ここでは比較的最近、授業実践をとおしてその検証を試みた例として、「気体の発生と性質」の学習でのアンケート調査の結果を紹介する（佐藤美子、芝原寛泰：2014）。「気体の発生と性質」は中学校理科2年の単元で、2.3でも述べた「アンモニアの噴水実験」も含む実験授業であり、その他、酸素と二酸化炭素の発生実験も含んでいる。

授業後のアンケート調査では次の質問項目を設けた。

- 1) マイクロスケール実験の器具は使い安いですか
- 2) 実験結果はわかり安いですか
- 3) 通常スケールの実験と比較して、使い安さはどうでしたか
- 4) やりやすい実験形態（1人、2人、グループ）はどれですか
- 5) マイクロスケール実験についての感想

アンケート調査の分析結果の詳細は、文献（佐藤美子、芝原寛泰：2014）に記載されているが、ここでは、4）と5）について紹介する。

調査項目4）の回答では、「やりやすい実験形態」について、個別実験（1人あるいは2人による実験）を8割以上が支持し、グループ実験を大きく上回った。特に、個別実験の中でも2人で行う形態を支持する割合が6割に達した。尚、受講生は通常スケールによるグループ実験の経験を元に、実験形態について回答をしている。やりたい実験形態として2人をあげた理由については、「1人では不安で、2人なら達成感もある」、「4人でやるとどうしても頼るから」、「実験に確実に参加できる。成功感が大きい」、「自分でできることが多く楽しい」、「4人では自分のやることが決まってしまう。1人では楽しくない」、「すべてに集中でき、じっくり観察できるから」、「1人だとわからない時に困るから」、「2人で大変だったけれど方法も覚えられた」、「自主的に行動できた」などの記述があった。

いずれもグループ実験と個別実験を比較して、そのメリットと問題点を体験的に感じていることがわかる。その中でも、実験に能動的にかかわる「生徒参加型」の授業における実験・観察をとおして、興味・関心が高まり、考えるきっかけを与えたことは注目すべきである。マイクロスケール実験の導入により、短時間に集中して実験に取り組み、さらに考えさせる授業の展開が可能になったことを示唆している。図15は、中学生が授業後に記した感想の例である。

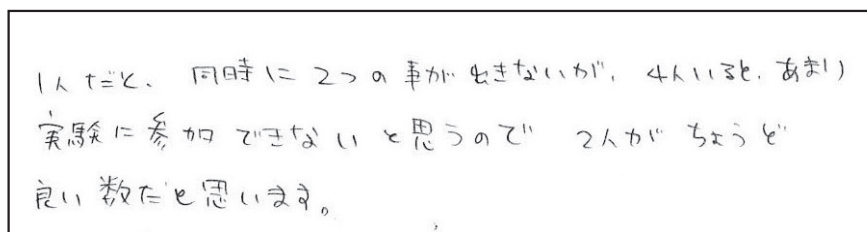


図15 中学生の授業後の感想で、2人実験の形態を指示している

本学の授業「理科」において、授業後にアンケート調査を行った。感想の中には「この講義では、理科が苦手な人でも楽しいと思える実験ができ嬉しかったです。将来、教師になった時には、子どもたちに、理科に対して興味を持ってもらえるように教えたいと思います。大学生になって、改めて「理科」という科目を見つめ直し、今まで苦手だと思って、あまり関心が持てなかった理科だったけれども、何が苦手だったのか忘れてしまいそうになりました。自分が苦手だった時の気持ちも忘れずに、子どもたちに教えてあげられるようにこれからも頑張ります。」「実際に実験をして、児童も楽しいだろうなとか、どのように教えるべきか、考えるのが楽しかった。そして自分も楽しんで学んでいた。」などがあり、観察・実験の実体験が非常に大切であることを、教師志望の学生にも伝えられたと考えている。

まとめにかえて

「はじめに」でも述べたように、実験を含む理科授業における新たな実験方法と授業展開を目指したマイクロスケール実験の概要を、様々な教材実験の具体的な事例と実践活動の様子を合わせて紹介した。

マイクロスケール実験の導入を検討する際、特に2つの点を重視している。1点目は、マイクロスケール実験により、児童・生徒が能動的に取り組み、短時間で効果的な実験を実施し、その結果として、表面的ではなく、実感を伴った理解が得られること、2点目は、児童・生徒が自ら得た実験結果をもとに、考えたことをグループやクラスの中で積極的に伝え合う学習形態を提供できることである。仲間との相互作用を通してものの見方や考え方が明確になっていく過程で、集団の中での主体的な個々の関わりを促し、最大限に一人ひとりの力が発揮できる学習形態を取り入れることが重要である。

今後、本学の学生を対象にした理科の教科指導に関連する授業での活用には注目していきたい。現行の教科書に記載されている実験テーマの技能の習得を踏まえて、さらに学習効果が高く、かつ安全性が高いマイクロスケール実験の体験は、教員志望の学生にとっても大きな意義があると考えている。

一方、マイクロスケール実験の学校現場での普及には、器具にかかる費用の削減や実験方法のさらなる改善、有効な授業展開の検討などが課題として残されている。実験器具の開発、および現場での実践と検証により、さらに効果的な教材実験を活用した授業展開のあり方について研究を進めていきたい。

引用文献

- Anastas P.T.、Warner John C. (1999)：日本化学会、科学技術戦略推進機構訳編、渡辺正
北島昌夫訳、「グリーンケミストリー」丸善
- Weisbruch F.T. (1955)：「Semimicro Laboratory Exercises in High School Chemistry」、2nd Ed. D.C. Heath & Co.
- Obendrauf, V (2006)：Proceedings of the 19th International Conference on Chemical Education、5
- 国立科学博物館 科学リテラシー涵養に関する有識者会議 (2008)：
「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～ (中間報告)
- 佐藤美子、芝原寛泰 (2009)：「環境にやさしい理科教育実験－中学校理科におけるマイクロスケール実験
の実践例－」京都教育大学環境教育実践年報、第17号、pp. 15-27
- 佐藤美子、芝原寛泰 (2012)：「パケット容器を用いたマイクロスケール実験による電池・電気分解の
教材開発と授業実践－考える力の育成を図る実験活動を目指して－」理科教育学研究、Vol.53、No.1、
pp. 61-67
- 佐藤美子、芝原寛泰 (2014)：「マイクロスケール実験による実感を高める「気体の発生と性質」の教材実
験－個別実験と時間短縮を目指して－」科学教育学研究、Vol.38、No.3、pp. 168-175
- 芝原寛泰、佐藤美子 (2011)：「マイクロスケール実験－環境にやさしい理科実験」オーム社
- 新海勝良 (1962)：「セミマイクロ化学実験法」(理科実験法の革新〈第2〉) 明治図書
- 杉江修治 (2011)：「協同学習入門」、pp. 144－145、ナカニシヤ出版
- 大黒孝文、稲垣成哲 (2006)：「中学校の理科授業における協同学習の導入とその学習効果の検討：ジョ
ンソンの協同学習論を手がかりとして」理科教育学研究、日本理科教育学会、Vol.47、No.2、pp.1-12
- 日本化学会編 (2003)：マイクロスケール実験の広場
- 文部科学省a (2009)：「高等学校学習指導要領解説理科編」実教出版社
- 文部科学省b (2008)：「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書
- 文部科学省c (2008)：「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書
- 文部科学省d (2005)：「PISA調査 (科学的リテラシー) 及びTIMSS調査 (理科) の結果分析と改善の方向」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/siryo/05020801/027.htm

参考文献

- 植田一博、岡田猛編著 (2006)：「協同の知を探る：創造的コラボレーションの認知科学」共立出版
- ケニスK.K (2014)：マイクロ実験セットカタログNo.860、pp.536－538
- 杉江修治他訳 (2008)：「学習の輪：アメリカの協同学習入門」二瓶社
- NaRiKa (2014)：マイクロスケール実験シリーズ、総合カタログ、Vol.53、pp.38－41
- 藤田裕子、廣野喜幸編 (2008)：「科学コミュニケーション論」東京大学出版会