

マイクロスケールケミストリーを活用した研修事業 －コロラド州立大学との共同研究活動を通して－

高木由美子
(香川大学教育学部)

Pragmatical Approach to Small Scale Chemistry in Teacher Training Project
-Promote and Implement of Joint Research with Colorado State University

Yumiko TAKAGI

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1, Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

要 旨

マイクロスケール実験を通してアメリカコロラド州立大学との教員研修事業を実施した。そこで小中高及び大学での授業内容を再検討すると共に、マイクロスケール実験を日本で展開する場合についての検討を行った。また、経費、利便性を考慮し、インターネット回線を用いた双方向での遠隔教育を実施した。一方、地域社会との連携を目的として地元企業との共同研究を行って新しいソフトウェアの開発研究にも取り組み、試作品が完成した。さらに、コロラド州立大学から研究者を招聘し、現場の教員、香川県教育委員会委員、大学生、教員スタッフを交えて、マイクロスケール実験を実施した。本研究を進めることにより学部学生の科学的知識及び意識改革を行い、香川県教育委員会との連携強化、アメリカコロラド州立大学との交流、環境に優しいマイクロスケール実験の普及を図ることができた。

キーワード 国際共同研究、Small Scale Chemistry、マイクロスケールケミストリー、教員研修、遠隔教材

はじめに

理科離れや、理科基礎科目の学力低下は大学に入学する以前に顕著化している。¹⁾ 効果的な中等教育改革を行い、理科好きの生徒の数を増やすと共に、大学の基礎課程終了時まで専門教育を受けるのに必要な気力、学力を養成するためにはどうすればいいだろうか？着目したのはマイクロスケール実験^{2,3)}である。マイクロスケール実験とは単に実験の規模を小さくしたものではなく、コンセプトそのものをとらえ直すものである。従来の実験室や実験器具は必要でなく、どこでも実験することが出来る。使う試薬量が少ないため、実験に伴う事故が軽減でき、実験廃棄物を極少で抑えられることである。現在、初等・中等教育現場で行われている実

験はスケールが大きいことが多く、廃棄薬品の問題は無視できない。そのため、実験を行わずに説明だけで済ませてしまうことも多いという声を聞く。しかし、生徒が自ら手を動かし実験をすることは理科教育の基盤である。マイクロスケール実験は実験結果を生徒が素早く確認することができるとともに、実験スケールが小さいため、適切な教材キットあるいは教材マニュアルさえできれば、多くの教師が容易に導入できる。一方、香川県教育委員会では、教員研修で海外視察研修を行っていたが、予算削減の昨今、幅広く国際交流事業を展開することは困難である。そこで米国コロラド州立大学との共同研究を実施することを計画した。

本研究を推進することによって得られる効果は以下のことが期待できる。

① 学術効果

学部学生及び中・高等学校教員を対象に行う、インターネットを用いた世界初の科学実験の日米同時教育実践への試みである。マイクロスケール実験は、中等教育で行われる科学の導入から最先端のナノテクノロジーや、分子生物学への掛け渡しをする技術手法である。

② 教育的効果

学部学生及び中・高等学校教員の科学に対する基礎的技術の向上、並びにインターネットを用いた交流事業を通じて、科学や国際交流に関する効果的な意識改革が見込める。

③ 社会的効果

香川県教育委員会と連携研修教育を行うことで地域貢献が出来るとともに、日本・米国の教育システムを相互に紹介することにより交流事業の推進も図ることが出来る。

実施内容

従来、化学実験は「化学実験室」で行われてきた。ところが我が国の初等・中等教育の教育現場の実験室はドラフト設備が充分ではなく、実験中の化学実験室にカメラやコンピューターを持ち込むことは躊躇される。しかし、マイクロスケール実験であればそれが可能になる。学部学生、現場の教員の科学的知識及び環境に対する意識改革を行い、香川県教育委員会との連携強化、アメリカコロラド州立大学研究者・学生との交流、環境に優しいマイクロスケール実験の普及を図ることを目的に研究に着手した。実施した内容は以下の通りである。

1) インターネットシステムの構築

Flashは双方向的なモバイルコンテンツ制作等を行うのにすぐれており、Web上で多用されている。⁴⁾ Flash ライブコミュニケーションサービスを利用し、地元企業との共同開発を実施し、試験的にマイクロスケールケミストリーを実施するための改良版を作成した。インターネットに接続したパソコン相互間でTV電話、ホワイトボード、チャット、スライドなどのコミュニケーションツールを利用してミーティング・インターネットTV会議を自由に使えるように工夫した。また、カメラの精度や音声プロトコルの差異を確認するため、最も汎用的に使用されているPOLYCOM社のテレビ会議システムを利用して、それぞれテスト事業を行った。

2) 研修活動の実施

平成17年度から、香川大学教育学部では香川県教育委員会と連携して「香川大学10年研修」を実施している。平成18年から講師として参画している。実施内容は、地域貢献に寄与することを目的に我が国の初等・中等教育現場の教員が容易に導入できるマイクロスケール実験をコロラド州立大学と合同で開発し、理数系教員向上講座において、Colorado State University から講師を招いて実践研究の実施、香川大学10年研修事業にて世界初のインターネット回線を用いたマイクロスケール実験授業を開催した。

インターネットシステムの構築

現在では様々なタイプのテレビ会議システムが開発され、大まかに分けて会議室などで利用する専用機を利用するもの、もうひとつは、パソコンを使って個人で利用するパーソナルタイプであり、こちらはPC 会議システムともよばれている。専用機タイプは遠隔講義システムとして本学でも導入されている SCS (Space Collaboration System) など、テレビ電話タイプとしては Skype のような無料タイプのものまで数多くが存在している。⁵⁾ 特に Skype が、2008 年から Windows 上で簡単に操作できるようになり活用されやすくなった。しかし、本研究に着手した2005年の段階では、本学内でも4種類以上の異なったタイプのテレビ会議システムが導入されており、標準が決まっている状態ではなかった。⁶⁾ そこでインターネットシステムを構築する際に、1. 初期投資 2. 拡張性 3. 利便性を考慮して Flash Live Communication Service (FLCS) を採用することにした。⁷⁾



図1 Flash Live Communication Service 概要

「FLCS」は、インターネットに接続したパソコン相互間でTV 電話、ホワイトボード、チャット、スライドなどのコミュニケーションツールを利用してミーティング・インターネットTV 会議、セミナールームを利用することが出来るサービスである。システムに必要な機器はインターネットに接続可能なパソコンと、USB カメラと、あればヘッドセットを準備するだけでよい。図2に香川大学版FLCSの画面を示す。中心のホワイトボードはパワーポイントなどで作成したファイルを自動的に変換後、簡便に提示したり、作成したパワーポイントファイルを upload することもできるし、通常ホワイトボードとして文字を表記したり、図形を表示することができる。通常の一斉配信システム的な使用方法も可能である。また、システムを提示するのは教師側のみができるなど教材提示用に工夫されている。また、あらかじめ撮影しておいた画像を各自が何度も確認できる Movie 共有や、教師側が説明した内容をすぐに upload して内容の確認を行う Live 共有、簡単なアンケートを授業者が授業中に一斉に取り瞬時に集計することによってフィードバックをしながら授業を進めることができるなどの機能も掲載されている。カメラは3箇所を同時につなぐことが出来、つながっているかどうかは確認画面で

調べることができる、また、これらのシステムを使うときには従来は画像の乱れや音飛びなど通信回線の安定性が問題になることが多く、ストレスが高いことが多かったが、そのときの通信速度を調べることで、原因解明を助けることなども可能である。授業者および受け手の PC の操作の説明は初期画面に掲載してある。



図 2 FLCS の表示例

FLCSを利用して実施する授業は、マイクロスケール実験を取り入れることにした。欧米ではマイクロスケール実験に対する理解は深く、全米の高等学校では既に半数以上、オックスフォード大学やUCバークレー校などでもマイクロスケール実験は導入されている。また、タイや韓国などアジアでもCSUでの研修実績があり、広がりを見せつつある。日本では、東北医療技術短期大学名誉教授の荻野和子先生らのグループが先駆的なお仕事を展開されているが、日本の小中高および大学で定常的にマイクロスケール実験を取り入れているところはまだ少ない。

本研究を進めることにより学部学生の科学的知識及び意識改革を行い、香川県教育委員会との連携強化、アメリカコロラド州の高等学校教員との交流、環境に優しいマイクロスケール実験の普及を図ることが出来る考えた。



図 3 FLCS の login 後の画面

マイクロスケールケミストリー

マイクロスケール実験（米国では Small Scale Chemistry と呼ばれる）はスケールを小さくした適切な反応系を設定することで、①反応時間が短縮できる、②生徒一人一人が実験に参加できる、③試薬と経費の節約と廃棄物の少量化を図ることができる、④実験結果が一目瞭然である等の利点がある。さらに、場所を選ばず実験を行うことができるため、従来の実験室や実験器具は必ずしも必要でなく、実験のコンセプトそのものをとらえ直すことのできる方法として様々な方面から注目を浴びてきている。そこで、香川大学10年研修並びに理数系教員能力向上研修は新たな教育効果を期待できるマイクロスケール実験教材を開発することで、中学校や高等学校の教育現場において、理科への興味・関心を喚起できるような授業設計に役立てることをねらいとして企画した。具体的には、環境問題などの自然現象を問題解決的に考察することができる「環境調和型マイクロスケール実験」をとおして、基礎知識を習得するとともに、実験・実習の技能を高め指導力の向上を図る。また、現在、文部科学省特定領域研究に採択され、その特徴ある物性が注目されているイオン液体を用いた「生徒体験型イオン液体実験」では、最先端の研究成果を体験することにより、資質の向上を図り、理科教育の重要性の認識を深める。マイクロスケール実験を通じて学生・中等教育担当教員に会得できると考えている

マイクロスケール実験について最初に説明を行った。内容概要は以下の通りである。

1. マイクロスケール実験の原理と技術
2. マイクロスケール実験を実施することにおける効果 マイクロスケール実験は、スケールが小さいために試薬代などのコストがかからず、気体の発生量なども少ないためより安全性が高く、反応時間や、教師側の準備の時間を節約でき、重金属廃棄物などを大幅に減少できるため環境に優しい点など。
3. 身近な材料を用いて創意工夫がこらされた器具をすべての生徒が自ら手を動かして実験することを通じて、学生の創造性、発明、問題解決能力、科学的思考能力を育てる技術
4. 教師が実験を通じて学生の到達状況を的確に評価する方法
5. 進路を決定する中等教育の時期に実践及び適切な評価を受けることにより、科学的なものの考え方が創造され、理科ばなれの解消の一助になりうる手法。

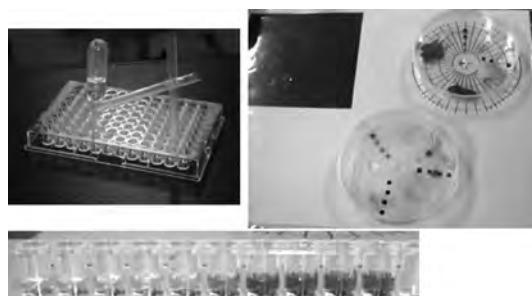


図4 マイクロスケールケミストリーの実験例

香川大学10年研修としての実施

香川大学教育学部は、平成14年5月30日に香川県教育委員会と「香川大学教育学部と香川県教育委員会との連携協力に関する覚書」調印式を行った。これは四国で初めての調印であり、これからの教員養成の充実、教員の資質・能力の向上及び教育上の諸課題への対応のため、相互に連携協力して香川の教育の充実・発展を図ることを目的としたものである。この成果を受け、香川大学教育学部では香川県教育委員会において実施される「教職10年経験者研修」の充実に寄与するため、2005（平成17）年度より「香川大学10年研修」を試行的に実施してきた。教職10年経験者研修は、授業力・学級経営力の深化、組織マネジメント能力の育成、教科指導や生徒指導、多様な体験研修を通して、教員としての資質能力の一層の向上をめざす目的で開設されている。香川大学教育学部では香川県教育委員会において実施される「教職10年経験者研修」の充実に寄与するため、2005（平成17）年度より「香川大学10年研修」を試行的に実施してきた。本講座の特徴は以下の通りである。⁸⁾

- ① 大学院レベルの高い専門性をもった研修講座。
- ② 講義ではなく、演習・実習を中心。（受講者数の上限：10人程度）
- ③ 各自の教育実践の省察や研修課題の追究を支援。
- ④ 大学教員の専門性を活かし、今日の学校教育課題に即した講座を開設。

研修事業で行う実験は、酸塩基滴定実験、陽イオン定性分析実験、イオン液体実験などを実施している。⁹⁾ 使用する試薬はおおむね一滴（0.025ml=25μl）で実験を行う。図5にマイクロスケールケミストリーの実施例である大気汚染モデル実験のひとつであるSO_xの発生実験を示した。シャーレの中心には、亜硫酸ナトリウム（Na₂SO₃）を4滴配置し、そこに硫酸（H₂SO₄）を4滴滴下することにより、SO_xを発生させる。亜硫酸ガスは、やや強い刺激臭があり、酸性で脱色作用を有し、細胞壁、細胞膜を通り抜けて液胞まで達して細胞にダメージを与える有害な気体である。SO_x発生後は、BCG等の試薬の色が変化していく様子や花びらの色が脱色し、ボロボロになっていく様子を観察することができる。¹⁰⁾

平成20年度には諸外国における遠隔教育で教育を行う実態と、それを取り巻く国の規制や関与の実態に関する調査研究を実施する際に導入した遠隔テレビ会議システム（POLYCOM社製 HDX 8004）を利用して研修事業を実施した、^{11,12)} 平成18年度実



図5 SO_x発生後の変化の様子



図6 POLYCOMを使用した様子(CSU側)

施の香川大学10年研修の受講者の満足度は受講者アンケート結果によると「大変適切である」、57%「ある程度適切である」迄含めると96%と非常に高く、実施効果が一定以上あると評価された。¹³⁾ また、マイクロスケールケミストリーの研修の様子は斬新的な取り組みとして地元新聞にも紹介されている。現在、遠隔テレビ会議システムは香川大学の全ての学部と、海外拠点校2箇所を設置済みであり、学内研修事業、国際会議など利用されている。今後海外教育拠点や、インターナショナルオフィスに常備する予定であり、今後ますますの活用が期待される。

今後の展開

マイクロスケール実験の良さをまず現場の教師達に実感してもらい、それと同時並行でインターネットケミカル支給システムを構築したい。また、よんでんメディアワークスと共同でソフトウェアをより利便性の高いものにする。双方向のインターネット回線を用いたシステムは完全に軌道に乗れば、興味ある大学教員はだれでも独自の専門性を生かした研修事業や、研究開発を行うことが出来、化学教育の分野のみならず各教員の専門性を生かした様々な研究交流を行うことが可能である。インターネットが普及してきている現状であれば、これらのシステムは時間、場所、相手を特に限定しなくても実施することが出来、これからの国際交流や研修事業のモデルケースになるものと思われる。

謝 辞

本研究は、文部省科学研究費補助金、課題番号 19500746 基盤研究 C「インターネットを活用した環境調和型マイクロスケール実験授業及びその教材開発」と、平成20年度香川大学社会連携・知的財産センター萌芽的研究助成金「インターネットを活用した遠隔教育プログラムの研究開発」の支援を頂いた。

スモールスケールケミストリーの実験開発は、コロラド州立大学のステファン・トンプソン教授、バリー・キャロループプログラムコーディネータとの共同研究である。インターネットのシステム開発にはよんでんメディアワークス社磯野倫章氏に全面的に協力頂いた。研修事業は香川県教育委員会および香川県教育センターとの協力で実施した。本学教育学部西原浩教授、佐々木信行教授、高橋智香教務職員には様々な面で尽力頂いた。この場をかりて深謝する。

参考文献

- 1) 川勝 博；北林雅洋；高橋尚志；磯田誠；西原 浩；高木由美子；佐々木信行；金子之史；末廣喜代一；森征洋；松村雅文；大浦みゆき；高橋智香；稗田美嘉；藤原佳代子．香川大学教育実践総合研究、2007、14、101－115.
- 2) Chemtrek : Small-Scale Experiments for General Chemistry, Stephen Thompson, Prentice-Hall, 1990.
- 3) 日本では、従来小スケールで行う実験を総称して「マイクロスケール実験」という標記がなされ、活発に研究されている。スケールは、アメリカ型実験の方が1／10ほど小さい。例えば、マイクロスケール化学実験－マイクロスケール実験の広場から－荻野和子編、日本化学会、2003.

- 4) Flash とは、Adobe Systems 社による、音声や動画、ベクターグラフィックスのアニメーションを組み合わせる Web コンテンツを作成するソフトウェア群や規格。また、それによって作成され、ブラウザで再生されるファイルやコンテンツを指すこともある。解説書も多く出版されている。
- 5) <http://www.code.u-air.ac.jp/> (放送大学 ICT 活用・遠隔教育センター) 旧メディア教育開発センターの業務は現在放送大学 ICT 活用・遠隔教育センターが引き継いでいる。
- 6) <http://www.skype.com/intl/ja/> (Skype ホームページ) Skype (スカイプ) とは、ルクセンブルクに籍を置く Skype Technologies 社が提供する P2P 技術を利用したインターネット電話サービスである。
- 7) <http://flcs.ymw.co.jp/> (よんでんメディアワークスホームページ)
- 8) 平成18年度日本化学会中国四国支部化学教育研究会要旨集 20p
- 9) 理数系教員指導力向上研修 [教教き2001] 実施報告書 環境に優しい化学、監修 高木由美子、2007.9.
- 10) 理数系教員指導力向上研修 [教教き82002] 実施報告書 イオン液体、監修 高木由美子、2008.12
- 11) www.polycom.co.jp/ (ポリコムホームページ) アエスラ (aethra)、ビデオ (Vidyo) タンバーク (TANDBERG) ライフサイズ (LifeSize) ポリコム (POLYCOM) ソニー (SONY) ラドビジョン (RADVISION) 等数多くのメーカーが製品を提供している。
- 12) 諸外国における遠隔教育で教育を行う実態と、それを取り巻く国の規制や関与の実態に関する調査研究、文部科学省「先導的大学改革推進委託事業」実施報告書、2009.3
- 13) 平成18年度香川大学教育学部と香川県教育委員会との連携に関する実績報告書、監修 香川大学教育学部／香川県教育委員会、61－62p、2006.