

タブレットPC支援によるマイクロスケール実験

—「水溶液の性質を調べる実験」の教材開発と実践を例に—

本 菌 宏香・杉本 浩子*・芝原 寛泰

(京都教育大学大学院生・京都教育大学附属高等学校・京都教育大学)

Microscale Experiments aided by Tablet Computer to the Chemical Education
-Development and Practice of “An experiment to determine the nature of the aqueous solution”-

Hiroka MOTOZONO, Hiroko SUGIMOTO, Hiroyasu SHIBAHARA

2008年11月28日受理

抄録：環境に配慮したマイクロスケール実験を取り上げ、この実験方法をさらに効率よく行うため、タブレットPCを活用させたマイクロスケール実験教材を開発した。水溶液の性質を調べる実験では、マイクロスケール実験にタブレットPCを活用した実験方法により、今までにない授業展開の可能性を引き出すことができた。今後、情報のユビキタス化や環境問題など、様々な社会の変化に伴った新しい理科の実験方法になると期待される。

キーワード：マイクロスケール実験，タブレットPC，水溶液の性質，個別実験

I. はじめに

現代は科学技術の発展により情報化社会が加速され、さらにIT化から情報のユビキタス化へと変化する一方で、温暖化などの環境問題も懸念されている。このような社会状況に伴い、教育現場でも様々な対策や研究がなされている。情報化社会に対応するため、学校現場にコンピュータ機器を導入するプロジェクトが実施され、現在ほとんどの学校にコンピュータが設置されている。また、環境問題に関しては、環境に配慮して化学実験での廃液量を少なくするため、従来よりも実験のスケールを小さくしたマイクロスケール実験¹⁾の研究が積極的に行われている。平成20年に改訂された中学校の学習指導要領の解説²⁾には、資源の有効利用や環境保全の観点から、マイクロスケール実験の導入が推奨されており、学校現場でのマイクロスケール実験の実施が必要となってきた。

マイクロスケール実験とは、グリーンケミストリーの概念³⁾に基づくものであり、試薬・廃液および経費の節減、省資源・省エネルギー、実験時間の短縮など様々な利点があり、現在では、学校現場で広がりつつある。また、小・中・高等学校の理科において様々なマイクロスケール実験の教材開発、実践報告がある⁴⁾。

マイクロスケール実験の研究が進む一方で、マイクロスケール実験の持ついくつかの問題点も指摘されている。マイクロスケール実験を行うことで個別実験が可能になるが、教師による生徒の実験状況の把握が複雑になり、さらに生徒同士のコミュニケーションが低下するなどの問題もある⁵⁾。また、時間内に複数の実験が可能になるため、実験方法の説明も複雑化する。さらに、スケールが小さくなることから、観察を容易にするための工夫も必要となる。そこで、最近、様々な教育効果が期待されている手書き機能をもつタブレットPCをマイクロスケール実験に活用した⁶⁾。OSとして、標準機能にタブレット機能が搭載されているWindows Vistaを使用した。標準機能という点から、これからの教育現場では、タブレットPCを活用しやすい状況にあると期待される。本研究では、中学校理科における「水溶液の性質を調べる実験」⁷⁾を取り上げ、タブレットPCの機能を積極的に活用し、実験方法だけでなく、教師による実験状況の把握と生徒同士のコミュニケーションを図る工夫を検討し、指摘された問題点の改善と実践を行った^{8, 9, 10)}。

*現在：京都府立東宇治高等学校

Ⅱ. マイクロスケール実験の教材開発

中学校理科の「水溶液の性質を調べる実験」を取り上げた。実験・記録・考察の各方法について具体的に示す。

1. 実験準備

(1) 試薬および指示薬

中学校理科の教科書で頻繁に取り上げられる試薬や指示薬を主に用いた。試薬は、塩酸、硫酸、酢酸、塩化ナトリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水の6種類を使用し、指示薬として、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液、ムラサキキャベツの抽出液を用いた。さらに、「金属を酸性の溶液に入れると気体が発生する」ことを確認するため、マグネシウムリボンを使用した。

「身近な水溶液の性質を調べる実験」では、できるだけ上記の試薬と関係づけるため、食酢、セッケン水、カビトリ洗浄剤（市販品（カビキラー）を1/10にうすめる）、炭酸水、植物の灰を水に溶かした水溶液、スポーツドリンク、トイレ洗浄剤（市販品（サンポール）を1/10にうすめる）、水道水の8種類を使用した。

(2) 実験器具

マイクロスケール実験では、スケールを小さくするため、通常とは異なる実験器具を用いる。試験管や試験管立て、駒込ピペットの代わりに、プラスチック製のセルプレートや点眼ビン、ポリスポイトを使用した。セルプレートを活用することで、数多くの試験管や試験管立てを使用する必要がなく、省スペースで実験を行うことができる。

セルプレートにはセル（穴）の数が異なる様々な種類があるが、今回の「身近な水溶液の性質を調べる実験」には、24セルプレート（図1）とフタを、滴下にはポリスポイトと点眼ビンを使用した。点眼ビンには、透明のものと褐色のものがああり、試薬の種類によって使い分けができる（図2）。また、実験で使用したポリスポイトは、滴下する1滴の量を少なくするため、ポリスポイトの先をのばしさらに細くした（1滴が約0.01mL）（図3）。

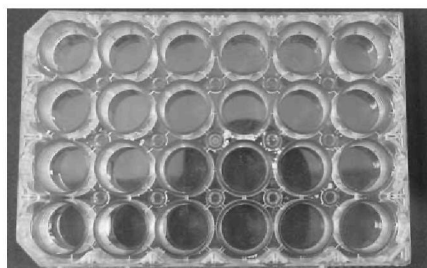


図1 24セルプレート



図2 点眼ビン（透明と褐色ビン）

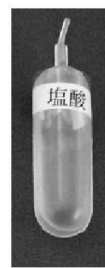


図3 先を細くしたポリスポイト

2. タブレットPCの活用

(1) タブレットPCの特徴

今までに報告されているタブレットの教育効果¹¹⁾として以下があげられる。

- ・迅速な手書き入力（メモ書き）
- ・操作の繰り返しと反復学習
- ・学習範囲の拡大（インターネットの活用）
- ・データの共有が可能（LANの活用）

しかし、報告されているタブレットPCを使った教材や実践は、国語や算数・数学が対象であり、理科に関するものはほとんどない。

(2) 理科実験におけるタブレットPCの活用方法

タブレットPCは、モニターを水平に倒すことが出来るため、水平なモニター上での操作が可能になる。また、センサーやWebカメラ、さらにLAN環境などの様々な機能を簡単に加えることができるため、実験の学習形態の幅が広がることが期待される。また、タブレットPCの操作についても、自動化することで、グラフ作成な

どの時間を短縮することができる。

本実験では、モニターの照明効果を有効に活用した。すなわち、通常よりスケールが小さいマイクロスケール実験をタブレットPCのモニター上で行うことで、指示薬による色の変化を鮮明に観察できる。また、通常の実験では、白・黒の台紙を用意し、溶液や沈殿の色を観察しやすくしていたが、タブレットPCのモニター画面の色を切り替えることで、白・黒だけでなく自由に色を変えることも可能になった。今回の実験では、図4のようなモニター画面を作成し、これを実験の台紙として使用した。さらに、実験ノートとしても、タブレットPCを活用した。すなわち、キーボード入力だけでなくモニター上での手書き機能により、実験観察・記録・考察を効率良く行うことが可能になり、実験ノートの替わりとなる。また、結果を記録する場合、Webカメラを活用すると、画像として実験結果を残すことも可能になる(図5)。Webカメラで保存した画像を参考にして実験をすることも可能である。水溶液の性質を調べる実験では、事前に水溶液の液性の指標を作成しWebカメラで画像として保存する。作成した指標を基に、身近な水溶液の性質を調べることもでき、実験結果の活用につながる。

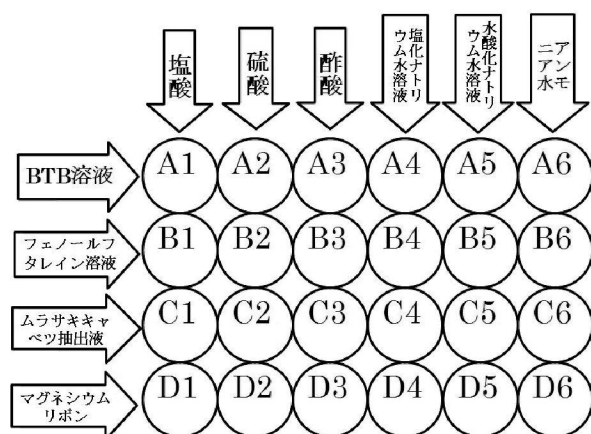


図4 実験で用いる台紙(背景色が白)

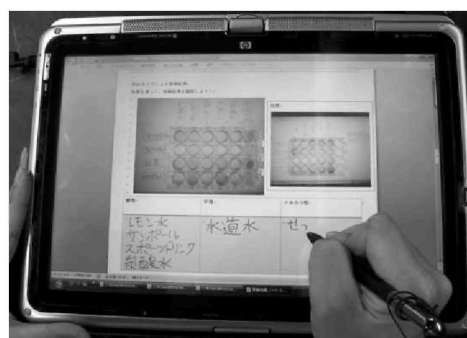


図5 タブレットPCを使った実験結果の記録

3. 実験方法

(1) 指示薬の変化を観察する実験

タブレットPC(HP Pavilion Notebook PC tx1000/CT:Windows Vistaを使用)のモニター上に、試薬の滴下から保護するための透明シートを敷く。透明シートは、吸着性のある画面保護用シートと透明度が良いシートを併用した。また、下からの照明による乱反射により、試薬を滴下すると、液滴が虹色に見える場合がある。そのため、さらに、片面だけに細かい凹凸があるシートを敷き観察を行った。モニターに表示した指示に従い、縦の列に塩酸、硫酸、酢酸、塩化ナトリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水の各試薬を、先を細くしたポリスポイトでモニター上に1滴滴下する(図6)。次に、横の行に指示薬としてBTB溶液、フェノールフタレイン溶液、ムラサキキャベツの抽出液をそれぞれの試薬に加えて変化を観察する。また、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の場合には、マグネシウムリボンを加え、気体の発生の様子を観察する。観察時は、虫メガネを使用すると、気体の発生の様子が観察しやすくなる。

この実験では、揮発性の試薬(塩酸・酢酸・アンモニア水)を図6のようにモニター上に直接滴下するため、他の液滴に対する影響を考えなければならない。そのため、揮発性の試薬の場合、 0.01mol/L の濃度にして、さらに滴下する位置を調整してある。表1に試薬の濃度と配置を示す。

以上の方法は、通常のマイクロスケール実験に用いる試薬量よりも、さらに少量の1~2滴で実験結果を得ることができる。試験管を使った実験の試薬量と比べると、約1/25になる。また、モニター上にセルプレートのをせて滴下すると、試薬の量を増やして実験することも可能である。この場合、滴下も容易で、揮発性の溶液の影響は小さいため、使用する試薬の濃度はすべて 0.1mol/L で、より明瞭な実験結果を得ることができる。

表1 試薬の濃度と滴下する位置関係

試薬	滴下するセルの位置, 濃度
塩酸	A1~D1; 0.1molL^{-1}
硫酸	A2~D2; 0.1molL^{-1}
酢酸	A3・B3; 0.01molL^{-1} 及びC3; 0.1molL^{-1}
塩化ナトリウム水溶液	A4~D4; 飽和水溶液
水酸化ナトリウム水溶液	A5~D5; 0.1molL^{-1}
アンモニア水	A6・B6; 0.01molL^{-1} 及びC6; 0.1molL^{-1}



図6 モニター上に滴下する様子

(2) 身近な水溶液の性質を調べる実験

(1)の実験では、直接モニター上に少量の試薬を滴下したが、身近な水溶液の性質を調べる場合、指示薬による色の変化を明瞭にするため、水溶液の量を増やした。そこで、本実験では、24セルプレートを使用した。

24セルプレートをタブレットPCのモニター上に置き、モニター画面(図7)の指示に従って、点眼ビンを用いて身近な水溶液を横の行にそれぞれセルの1/3程度入れる(図8)。さらに、各々の水溶液に、指示薬として、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液、ムラサキキャベツの抽出液を数滴ずつ加える。実験操作の後、(1)の実験と同様に、タブレットPCの手書き機能やWebカメラ、キーボードを使用して、記録を行う。

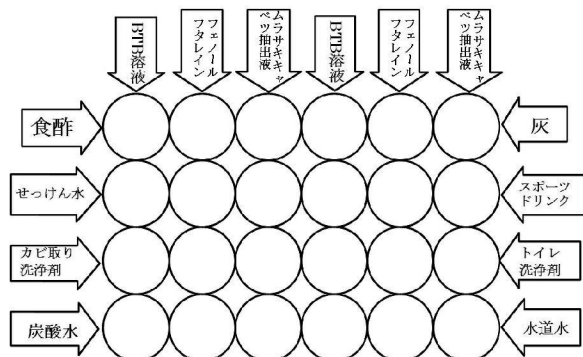


図7 モニター画面



図8 点眼ビンによる滴下の様子

4. 実験結果

(1) 指示薬の変化を観察する実験

タブレットPCのモニター上に試薬を滴下した結果を図9に示す。1滴で指示薬による試薬の色の変化が観察可能であった。また、モニターの照明効果により、色の変化・気体の発生の様子・沈殿の色を鮮明に観察できた。観察時には、例えばモニターの背景色を黒にした場合は、金属との反応による水素の発生の様子(図10)や、水酸化バリウム水溶液と硫酸の中和反応で生成する硫酸バリウムなどの白色沈殿が観察しやすくなる。滴下する量も少なく、操作も単純化されるので、実験時間を短縮できることもわかった。

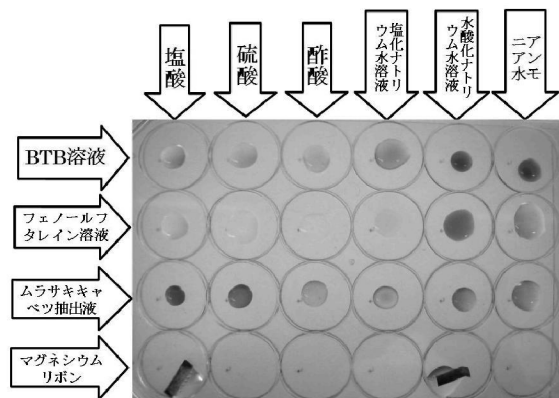


図9 直接滴下による実験結果

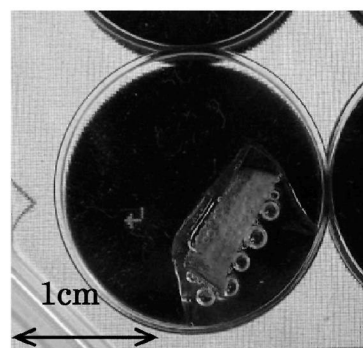


図10 気体の発生の様子(背景色が黒)

(2) 身近な水溶液の性質を調べる実験

「身近な水溶液の性質を調べる実験」の結果を図 11 に示す。セルプレートを用いることにより、多種類の実験結果を一目で確認し、縦と横の関係を比較しながら観察ができた。また、モニター上の照明効果により、色の濃さの違いまで鮮明に観察でき、同じ性質を示す溶液の液性の強弱まで確認できた。さらに、カビ取り洗浄剤のような漂白作用を持つ溶液では、指示薬による色が漂白される様子も観察することができる。セルプレートを使用するため、数多くの試験管を準備する必要がなく、また短時間で片付けも可能になることがわかった。

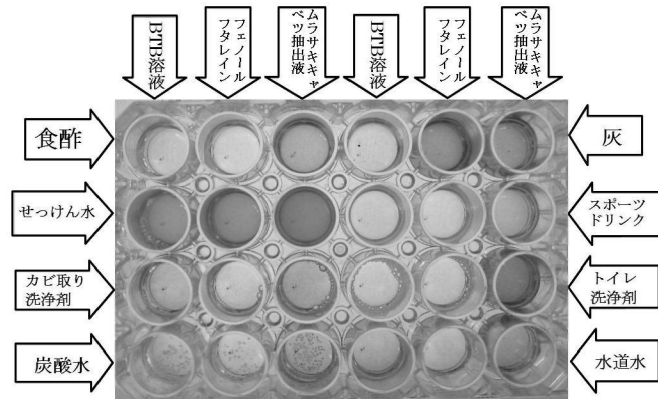


図 11 身近な水溶液の実験の結果

Ⅲ. マイクロスケール実験の授業実践

1. 授業実践の目的

授業実践は、「マイクロスケール実験 —タブレットPCを利用した水溶液の性質の実験—」というテーマで行った。この授業実践を通して、タブレットPCを用いた新しい実験方法を実施し、その可能性を探る。また、マイクロスケール実験のデメリットがタブレットPCの支援により改善されるかを検証し、さらに、タブレットPCの実験ノートとしての可能性も検討した。以上のことを本実践の目標とした。さらに、授業の目標は、生徒に水溶液の性質を酸性・中性・アルカリ性を復習させ、発展的に身近な水溶液の性質と関連づけることとした。

2. 実践対象

(1) 授業実践校

日時：平成 19 年 11 月 16 日 16:30～18:00 90 分間
京都教育大学附属高等学校 スーパーサイエンスクラブ

(2) 生徒観

対象とする生徒は、化学を履修していない高校 1 年生の 4 名で、生徒は中学校から情報の学習を行っており、コンピュータの活用の経験もある。実践では、生徒は Windows Vista の使用経験はなく、タブレットPCを導入するにあたって、その基本的な操作を学習する必要があった。

生徒は、中学校で水溶液の性質については学習しているため、水溶液は酸性・中性・アルカリ性の 3 種類に分けられることは既に理解している。しかし、高校に入学してからは化学が未履修のため、それ以上の水溶液の性質について学習は進んでいない。そこで、今回は、中学校での学習内容を中心に復習という位置づけで授業を行った。

3. 実践内容

実践授業の展開と、具体的な内容を以下に示す。

(1) 授業実践での準備

- ・タブレットPC
- ・Webカメラ

- ・保護シート
- ・テキスト（プリントを配布するのではなく、その内容をタブレットP Cのモニター上に表示した）
用いたテキストを以下に示す。

- ①パソコンの操作方法記載（プリント配布）・・・生徒用
→ 授業で説明した基本的なパソコン操作が記載されたプリントを配布
- ②タブレットP Cの使い方.pptx・・・教師が生徒に提示
→ 生徒一斉にタブレットP Cの使い方を学習する時の説明用パワーポイント
- ③水溶液の性質の実験.pptx・・・教師が生徒に提示
→ 全体のペースを合わせて実験をする場合の説明用パワーポイント
- ④水溶液の性質の実験.docx・・・生徒用
→ 生徒が実験中に使用する台紙（セルを置く場所、滴下する位置などを記載）
- ⑤ワークシート.docx・・・生徒用
→ W e bカメラで撮影した結果を自動で貼り付け、考察を行うためのもの
- ⑥身近な水溶液の性質.pptx・・・生徒用
→ 生徒のモニターに表示し、個別で実験を行うための実験方法を示したパワーポイント
- ⑦W e bカメラ.pptx・・・教師が生徒に提示
→ 一斉に生徒がW e bカメラの使い方を学習するための説明用パワーポイント

※. pptx, . docx は各々パワーポイント及びワードのファイルを示す

(2) 試薬及び実験器具、実験方法

今回は、中学校の復習という位置づけで「実験1：水溶液の性質を調べる実験」と、さらに発展として、「実験2：身近な水溶液の性質を調べる実験」の2つの実験を行った。使用する試薬・器具に関しては、ほとんどⅡ、教材開発の3、実験方法(1)(2)で紹介した実験器具と方法で行った。しかし、実験1の直接滴下については、安全面を考え、保護シート上に直接滴下するのではなく、セルプレートのフタを裏にして、モニター画面に合わせて置き、先を細くしたポリスポイトを用いて滴下した。

(3) 授業の展開

生徒は初めてマイクロスケール実験とタブレットP Cを体験するため、最初の15分間は、マイクロスケール実験の紹介とタブレットP Cの基本操作を学習し、その後に実験を行った。2つの実験はそれぞれ約30分間で行い、考察を含めて75分間で実施した。2つの実験は、それぞれ異なる方法で説明・実験方法で行った。説明に関しては、実験1ではスクリーンで表示し、全体のペースをあわせ（図12）、実験2では、P Cのモニター上に実験方法を表示し、各自のペースで進めていくようにした（図13）。また、実験中や考察時には、手書き機能だけでなく、W e bカメラやキーボードによる入力で実験の記録を行った（図14）。

W e bカメラで記録した画像は、ワードのマクロを使用し、画面上に自動的に貼り付けられる。その結果をもとに、各自で実験考察を行った。通常の実験では、指示薬の色の変化を表現することも学習の一つになる。今回は、復習という位置づけで行ったため、W e bカメラの画像で実験結果を記録し考察を進めた。さらに、身近な水溶液の性質を調べる実験においては、実物の容器に記載された成分表と結果を比較しながら考察を深めた。さらに、実験後にアンケート調査を実施し、マイクロスケール実験にタブレットP Cを活用させることの有用性を検証した。



図12 全体のペースを合わせた説明

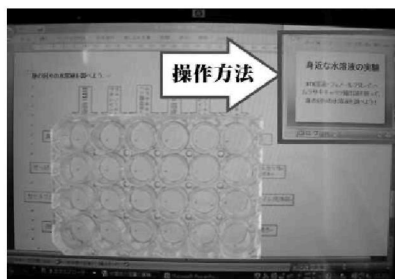


図13 各自で実験をするときの様子



図14 W e bカメラと手書き機能による記録

表2 実践授業の指導案

過程	指導内容	指導形態	主な学習活動	指導上の留意点	教材・教具・説明に用いたファイル名	評価
導入 15分	・マイクロスケール実験の紹介 ・本時の実験の説明 ・タブレット PC の説明 ・マウスとペン機能の対応の説明 ・デジタルペンで名前を書く練習 ・Web カメラの使い方の説明 ①起動 ②保存 ③撮影 ④実験中の Web カメラの位置	一斉 個別	・マイクロスケール実験についての説明を聞く ・タブレット PC の操作の仕方を学習 ・デジタルペンで自分の名前を書く ・Web カメラの使い方の練習	・ペンは強く押して使うように指示する ・ファイルの指定の仕方が分からない場合は、ファイルの位置と指定の仕方から説明をする	・タブレット PC ・タブレット PC の使い方. pptx ・プロジェクト ・Web カメラ .pptx ・タブレット PC の操作説明のプリント	・Web カメラの操作, モニター上での配置が分かっている
実験 1 30分	・蒸留水で滴下の練習を行う ・パワーポイントを使って実験方法の説明と同時に進行で実験を行う ・ワークシートを開く ・マクロの使い方の説明 ・結果を確認 ・ワークシートの保存の仕方の説明	一斉 一斉 ・説明 個別 ・実験 一斉 個別 一斉	実験課題 「酸性・中性・アルカリ性の水溶液を調べよう」 ・セルの蓋に蒸留水を1滴滴下する ・水溶液の性質は「酸性・中性・アルカリ性」の3つに分けられることを思い出し，確認する. ・指示薬による酸性・中性・アルカリ性の色の変化を調べる ・ワークシートを開く ・キーボードを出し，マクロを実行する ・Web カメラで撮った実験結果から，調べた水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分ける. ・ワークシートの名前を変えて，日付と実験者の名前を入れてデスクトップに保存する	・直接滴下時の注意(PCへの保護など) ・全員の進度が合うように進める ・実験中に気づいたことがある場合は，デジタルペンを使って記録するように伝える	・水溶液の性質の実験.pptx(教師) ・水溶液の性質の実験.docx(生徒) ・塩酸 ・硫酸 ・酢酸 ・塩化ナトリウム水溶液 ・水酸化ナトリウム水溶液 ・アンモニア水 ・蒸留水 ・セルの蓋 ・ワークシート .docx	・1滴の量をコントロールしながら滴下することができる ・実験で調べた水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分けることができる

			実験課題 「身近な水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分ける」			
実験 2 35 分	・実験の進め方の説明	一斉	・実験の進め方について説明を聞き、モニター画面のワード・パワーポイントの位置を操作する	・キーボードを出している状態で説明を行う	・身近な水溶液の性質. pptx ・水溶液の性質の実験. docx	
	・実験器具を出させる ・身近な水溶液の性質を予想させる	一斉 個別	・実験器具を出す ・身近な水溶液の性質を予想し、ワークシートにキーボードから記入する		・トイレ洗浄剤 ・食酢 ・炭酸水 ・水道水 ・カビ取り洗浄剤 ・セッケン水 ・スポーツドリンク ・灰を溶かした水	・モニターの説明を見ながら実験を進めることができる ・身近な水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分けることができる ・成分表から実験1で調べた試薬が含まれていることを確認し、生活と化学が関連していることを認識する
	・キーボードをしまい、実験を行う	一斉	・キーボードをしまい、モニターを見ながら実験を行う			
	・Web カメラでの結果を記録	個別	・実験1と同様の方法で行う	・実験1と同様に、キーボードをだして考察を行うが、PCの操作を忘れた場合は「タブレットPCの操作方法」のプリントを見るように指示	・日付・実験者の名前. docx	
	・実験1の結果を参考にして、身近な水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分ける	個別	・身近な水溶液の実験結果から酸性・中性・アルカリ性に分ける			
	・実験に使用した水溶液の成分を提示し、さらに考察を行う	個別	・実験に使用した水溶液の成分表示を見て、さらに考察を行う	・どんな試薬が含まれているか注目させる	・実物（カビ取り洗浄剤、トイレ洗浄剤、スポーツドリンク、セッケン）	
	・ワークシートを保存	一斉	・上書き保存する	・ファイル名が日付と実験者の名前になっていることを確認		
	・片付けの仕方の説明	一斉	・片付けを行う			
	・アンケート調査	一斉	・アンケートに答える		・アンケート	

IV. 実践結果

授業実践後に以下のようなアンケート調査を実施した。今回は、少人数ということもあり、生徒一人ひとりの意見を重視し、今後の多人数による実験に生かすことをねらいとした。

1. アンケートの内容

- (1) 今回の実験で「水溶液の性質」について理解が深まりましたか
(よく分かった・分かった・普通・分からなかった・全然わからなかった)
- (2) モニター上で見る指示薬による色の変化は通常と比べて見やすかったですか
(見やすかった・普通・見にくかった)
- (3) マイクロスケール実験についてあなたはどのように思いますか
- (4) マイクロスケール実験をパソコンのモニター上で行うことについてどのように思いますか
- (5) タブレットPCを実験ノートとして使うことについてあなたはどのように思いますか

(6) 実験方法の説明仕方には2通りありました。

- ① スクリーンに表示して説明する方法
- ② 個人のパソコンのモニターに実験方法を表示して各自で実験する方法

どちらの方が実験しやすかったですか。

(①の方・②の方・①②両方実験しやすかった・①②両方実験しにくかった)

上の答えを選んだ理由があれば、書いてください。

(7) Webカメラで実験結果を撮影して、考察を行うことについてあなたはどのように思いますか

(8) タブレットPCを化学の実験に使うとしたら、どんな活用法があると考えますか

2. アンケートの結果

各々の生徒の回答を記載する。

(1) 今回の実験で「水溶液の性質」について理解が深まりましたか
ほとんどの生徒は、「よく分かった」と答えた。
(2) モニター上で見る指示薬による色の変化は通常と比べて見やすかったですか
「見やすかった」と答えたのが2人、「普通」と答えたのが2人であった。
(3) マイクロスケール実験についてあなたはどのように思いますか
・中学校の実験では班で行っていたので、個人で行うマイクロスケール実験は達成感があり良かった。 ・環境に良く、少量の実験材料で済むのでとても良いと思う。 ・面白いと思う。しかし、沈殿や物質を加熱する実験では難しいと思う。 ・経費もかからず、環境にも良いため、良いと思う。
(4) マイクロスケール実験をパソコンのモニター上で行うことについてどう思いますか
・マイクロスケール実験やタブレットPCはどちらも使用したことがなかったため、これらを組み合わせると面白い実験ができ、楽しめた。 ・水溶液を機械上に落とさないように気をつけなければならない。 ・危険だと思う。 ・すぐにパソコンが使えて記録等は便利だが、危険であると思う。
(5) タブレットPCを実験ノートとして使うことについてあなたはどのように思いますか
・紙だと実験で濡れたり、燃えたりしてしまうが、タブレットPCを使用すると、省スペースになる。 ・ペンの力加減が難しく、時々触れている部分と違う部分にポイントがあり戸惑うこともあった。 ・紙に書く方がやりやすい。しかし、写真で記録が残せるのは便利である。 ・保存も簡単で、コンパクトなパソコンなら便利であると思う。
(6) 実験方法の説明仕方について
・「両方実験しやすかった」の選択者・・・1名 →・パワーポイントを使用すると理解しやすい。また、タブレットPCでは文字をすぐに打ち込めるのが便利である。 ・「スクリーンに表示して説明する方法」・・・1名 →・個人のパソコンに表示する場合と比べて画面を記憶しやすい。また画面も大きく表示されるので見やすい。 ・「個人のパソコンのモニターに説明を表示する方法」・・・2名 →・前で説明を行うと見落としがある時、事故につながる可能性があるため手元で表示される方が良いと思う。 →・前で表示する場合と比べて、手元で表示される方が見やすかった。
(7) Webカメラで実験結果を撮影して、考察を行うことについてあなたはどのように思いますか
・すぐに画像を見ることができ、実験操作のスピード化ができたと思う。 ・今以上に精度が高いものが使用して鮮明な画像が残せると、記録としても良いものが残せると思う。 ・時間がたっても結果がそのまま残るので良いと思う。しかし、臭いや動きまでは残せないため、実験後の考察の場合は、視覚だけの考察になると思う。 ・瞬時に画像を保存して使えるため、実験には便利であると思う。
(8) タブレットPCを化学の実験に使うとしたら、どんな活用法があると考えますか
・グラフ作成に使用し、その画像に書き込み・保存ができる。 ・数多くの実験をする場合に手際よく進められると思う。 ・様々なデータに書き込んでいき、効率よく実験を進められる。

3. 考察

アンケート調査の結果より、実験の操作に関しては、タブレットPCのモニター上で試薬を滴下することに違和感をもつ感想もあったが、実験結果に関しては、モニターの照明効果により鮮明に観察できるとの意見もあった。また、実験の説明方法・記録に関しては、反復して操作方法を確認できることや、記録された結果をもとに、授業時間外においても考察ができるという期待の声もあった。また、今後のさらなるコンピュータの機能の発展を期待し、授業への活用の可能性を広げられるという意見もあった。以上のことから、授業実践に参加した生徒たちは、これからのマイクロスケール実験の必要性和情報化社会に伴い、実験にコンピュータ機器を活用することに興味を示していると考えられる。実際に、研究レベルでは学校現場にタブレットPCが活用されており¹¹⁾、理科の授業としての活用も大きく期待されていることから、マイクロスケール実験においても、今までの活用例以上のものが考えられる。また、実験前にマイクロスケール実験の意義・目的についての説明を聞き、環境問題について考えるきっかけとなったという意見もあり、環境に対する興味関心を引き出す教材実験としても効果的であった。

V. まとめ

社会の変化に対する教育現場の変化も必要になっており、その一つの方法として、マイクロスケール実験とタブレットPCを取り上げ、この2つを組み合わせ、将来の教育現場を想定した教材を開発し、さらに授業実践を行った。今回の授業実践から、マイクロスケール実験の特徴である個別実験の可能性、操作時間の短縮、環境問題への意識向上を確認することができた。また、タブレットPCをマイクロスケール実験に活用することで、色の変化や沈殿の色をモニターの照明効果によって鮮明に観察することができた。さらに、Webカメラの活用により、今まで以上の実験結果の記録が簡便になり、考察時間を確保できる結果となった。以上の結果から、これからの理科の実験では、マイクロスケール実験やタブレットPCが有効に活用できるのではないかと考える。

今後の課題としては、LAN環境を利用することにより、教師が生徒の実験状況を逐時把握し、さらに教師及び生徒同士の実験結果の共有が可能になり、議論を活発にすることがあげられる。また、今後は、タブレットPCをマイクロスケール実験に用いることにより、定量的な実験にも活用できると期待できる。

尚、本研究は科研費（基盤研究C 課題番号 20500753、代表者 芝原寛泰、基盤研究C 課題番号 19500716、代表者 荻野和子）により実施された。

参考文献

- 1) 日本化学会（編）「マイクロスケール化学実験」pp45, 日本化学会, 2003
「マイクロスケール化学実験」MCE (<http://science.icu.ac.jp/MCE/>, 代表：荻野和子)
京都マイクロスケール実験研究会 (<http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~shiba/html-KMSchem/index.html>, 代表：芝原寛泰)
- 2) 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 理科編 平成 20 年 9 月, p110
- 3) 荻野和子, 「スモールスケール化学実験のすすめ—学園におけるグリーンケミストリー」, 化学と教育, 46:516-517, 1998
- 4) 川本公二, 坂東舞, 芝原寛泰, 「高等学校化学における金属陽イオン分析と未知試料分析のマイクロスケール実験教材」, 化学と教育, 54:548-551, 2006
- 5) 芝原寛泰, 坂東舞, 川本公二, 「授業実践等によるマイクロスケール実験の有用性の検討—理科教育におけるマイクロスケール実験の普及をめざして—」, 京都教育大学教育実践研究紀要第7号, 31-40, 2007
- 6) National Small-Scale Chemistry Center <http://www.smallscalechemistry.colostate.edu/>
(コロラド州立大学, Stephen Tomphson 主宰), Small Scale Chemistry at Delta Collage
<http://www.delta.edu/slme/ssc2.html>
- 7) 坂東舞, 芝原寛泰, 「中学校理科における中和反応のマイクロスケール実験—中和熱の測定, 電気伝導度の変化—」理科の教育, 659号: 62-65, 2007
- 8) 本菌宏香, 芝原寛泰, 「タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発Ⅰ—中学校理科の教材実験を例に—」, 日本理科教育学会全国大会論文集, p329, 2007
- 9) 本菌宏香, 芝原寛泰, 「タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発Ⅱ—中・高理科の化学教材を例に—」, 日本理科教育学会近畿支部大会講演要旨集, p21, 2007
- 10) 本菌宏香, 芝原寛泰, 「タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発Ⅲ—中和滴定の定量実験を例に—」, 日本理科教育学会全国大会論文集, p402, 2008
- 11) 財団法人 コンピュータ教育開発センター, <http://www.cec.or.jp/e2a/15cdrom/05/05.PDF>