

小学校理科における マイクロスケール実験導入の試み

特別研修員 化学 大竹 茂（伊勢崎市立広瀬小学校）

《研究の概要》

小学校6年生「動物のからだのはたらき」「植物のからだのはたらき」及び「水よう液の性質とはたらき」の学習において、教室で児童一人一人が実験に取り組めるように、マイクロスケール実験を導入し、どの教員でも活用できるように指導案とワークシート及び指導上の留意点を作成した。授業実践を行った結果、児童一人一人が実験器具を使用したり実験器具にあわせたワークシートを活用することで実験の方法や結果のまとめ方がよく分かり、一人一人の児童が意欲的に学習に取り組むことができた。

キーワード 【理科-小 環境問題 学習改善 マイクロスケール】

I はじめに

先行研究の中に実験のスケールを従来の方法よりはるかに小さくするマイクロスケール実験の研究がある。特に、中学校や高等学校の化学分野では研究が進んできている¹⁾。マイクロスケール実験には次のようなメリットがある²⁾。

- (1) 試薬と経費の節減
- (2) 実験廃棄物の少量化
- (3) 危険が少なく、事故の防止に役立つ
- (4) 実験環境の改善
- (5) 省資源、省エネルギー
- (6) 実験時間の短縮
- (7) 少量しか使わないので、高価あるいは希少な試料を実験に使うことが可能

また、これらに加えて個々の生徒が自分で実験できる³⁾、という長所もあげられている。

今まで行ってきた多くの実験は、実験器具の都合上、理科室での班別実験が多かった。しかし、マイクロスケール実験を導入することにより、一人一人が教室で実験をすることができる。また、加熱方法を工夫することにより教室においても実験することができるようになる。

児童にとっては、自分で行った実験の結果を知るといふ実感が持てると同時に、結果について考える時間をじっくりとすることもできる。さらに、使用量が少ないので繰り返し実験しても今までの実験に使用・廃棄していた薬品の量より少ないといえる。

そのため、児童が実験結果に疑問をもったりよく分からなかった場合には、繰り返して実験することができると思える。

マイクロスケール実験のために使用しなかった実験器具の使い方は、表1に示すように他の単元ですでに学習しており、習熟不足になることはないと考えられる。

表1 各単元で扱う実験器具について

単元名	学年	器具名
もののかさと温度	4	試験管
水のすがたとゆくえ	4	
もののがたまりかた	5	
もののかさと温度	4	アルコールランプ
もののがたまりかた	4	
もののとけかた	5	
もののとけかた	5	ピペット
もののとけかた	5	蒸発皿
水のすがたとゆくえ	4	ろうと
もののとけかた	5	ろうと・ろ紙
もののとけかた	5	ガラス棒

そこで、小学校理科において、マイクロスケール実験を通して教室でできる実験器具の工夫をしていきたいと考え、本研究主題を設定した。

II 研究の内容

1 実験器具の工夫

(1) 研究題材

マイクロスケール実験が教室で実施可能であると考えられる6年生の「動物のからだのはたらき」「植物のからだのはたらき」及び「水よう液の性質とはたらき」の学習から、表2に示すように8つの題材を設定した。

表2 題材名

番号	動物のからだのはたらき
1	○でんぷんがだ液によって変化するか、調べる方法
2	植物のからだのはたらき
	○エチルアルコールで葉の緑色をぬいて調べる方法

3	水よう液の性質とはたらき
	○水溶液を観察し、蒸発させる実験方法
4	○水溶液をリトマス紙につけて色の変化を調べる実験方法
5	○身のまわりのいろいろな水よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べる実験方法
6	○うすめた塩酸にスチールウールとアルミニウムはくがとけるかを調べる実験方法
7	○うすめた水酸化ナトリウム水溶液にスチールウールとアルミニウムはくがとけるかを調べる実験方法
8	○うすめた塩酸にアルミニウムはくがとけた液を蒸発させて出てくるものを調べる実験方法

(2) 実験内容について

設定した8つのマイクロスケール実験について

実験方法や従来の方法と比較して工夫した点などを表3に示した。

表3 実験内容

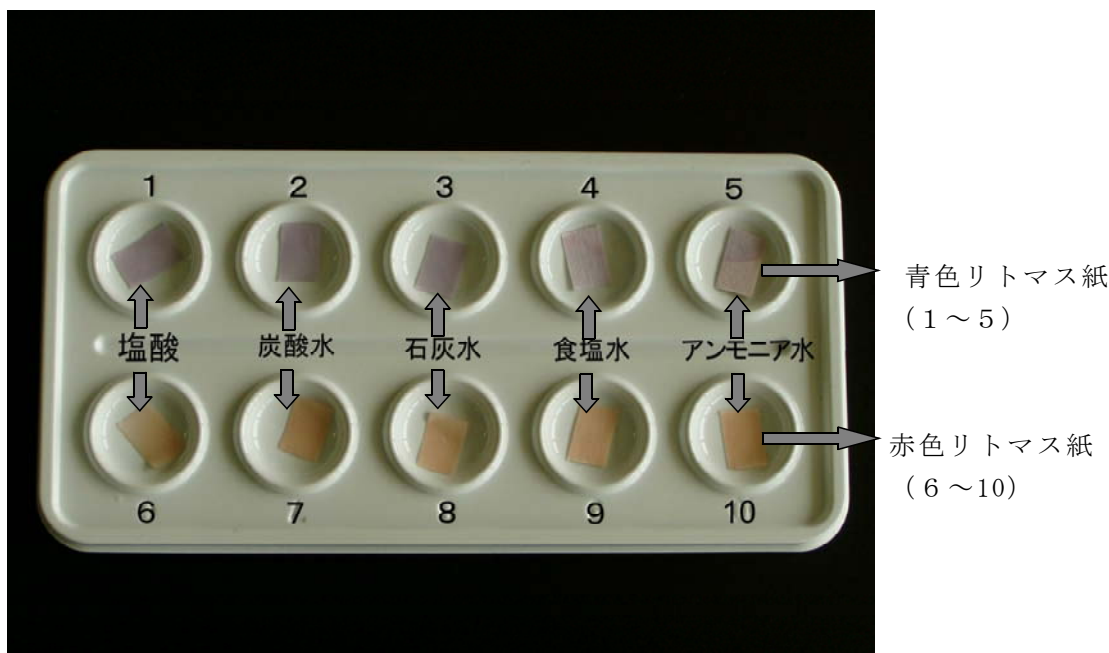
番号	準備するもの	実験方法	従来の方法との比較
1	点眼びん3つ(図1) 製氷板(図2) アルミホイル2つ ポット ストロー	<p>○でんぷんがだ液によって変化するか、調べる方法</p> <p>①ごはんつぶを湯にもみだした液を点眼びんから(ア)、(イ)2つのアルミホイルで作った容器に入れる。</p> <p>②2つのアルミホイルのうち(イ)に入れる方にストローからだ液を入れる。</p> <p>③製氷板の(1)、(2)の中にポットから約40℃のお湯を入れ、(1)に(ア)、(2)に(イ)のアルミホイルを置き、約10分間あたためる。</p> <p>④アルミホイルの中の液に点眼びんからヨウ素液を入れて、色の変化を見る。</p> <p>図1 点眼びん 図2 製氷板</p> 	ビーカーと試験管を使う方法に比べて、加温に用いるお湯の量が少なくすむので、教室でも実験が可能になる。
	点眼びん3つ アルミホイル2つ カタバミの葉2枚 ピンセット	<p>○エチルアルコールで葉の緑色をぬいて調べる方法</p> <p>①カタバミの葉(日光をよく当てたものと当てないもの)を準備する。</p> <p>②(1)、(2)、(3)に70~80℃のお湯を入れ、葉を</p>	ビーカーと試験管を使う方法に比べて、加温に用いるお湯やエチルアルコールの

2	製氷板 (図3) セロハンテープ ポット	湯の入った(1)につけて、やわらかくする。 ③(4)には点眼びんからヨウ素液を入れておく。 ④日光をよく当てた葉と当てなかった葉をそれぞれアルミホイル(ア)と(イ)に入れる。 ⑤アルミホイル(ア)、(イ)のそれぞれの中に点眼びんよりエチルアルコールを加え葉の緑色をとかし出す。その後、それぞれの葉について(1)のお湯で洗ってからヨウ素液の入った(4)にひたす。 ⑥それぞれの葉について色を比較する。	量が少なくてすむので、教室でも実験が可能になる。	
図3 製氷板				
番号	準備するもの	実験方法	従来の方法との比較	
3	点眼びん5つ(セット) (図4) ディスポ反応板(図5) スライドガラス5枚 ホットプレート(図6) 色シール (図7)	○水溶液を観察し、蒸発させる実験方法 ①点眼びんに入った塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水の水溶液をそれぞれ反応板の1～5に5～6滴入れ、においをかいだり、水溶液を観察する。 ②点眼びんに入った塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水の水溶液をそれぞれ自分の出席番号が書かれたスライドガラスに1滴落として、ホットプレートの上で蒸発させる。蒸発後、持ち帰るときに、図7に示すように蒸発した溶液を表す色シールをはる。	ビーカー、試験管、アルコールランプと蒸発皿を使う方法に比べて、ピペットを1回ずつ洗う水を使わず、アルコールランプやマッチも使わずにすむので、教室でも実験が可能になる。	
図4 点眼びんセット		図5 ディスポ反応板	図6 ホットプレート	図7 色シール
				
	リトマス紙青・赤色 (長さ約1cm各5枚) 点眼びん5つ(セット) ディスポ反応板(図8)	○水溶液をリトマス紙につけて色の変化を調べる実験方法 ①反応板の1～5までに青色リトマス紙、6～10までには赤色リトマス紙を小さく切って置く。 ②塩酸を1と6、炭酸水を2と7、石灰水を3と8、	ビーカー、ガラス棒を使う方法に比べて、水溶液につけたガラス棒を1回ずつ洗う水を使わず、そのガ	

食塩水を4と9、アンモニア水を5と10に点眼びんから滴下し変化を観察する。

ガラス棒を拭き取るために布も使わずにすむので、教室でも安全に実験ができる。

図8 リトマス紙及び各溶液を入れたディスポ反応板



4

番号	準備するもの	実験方法	従来の方法との比較
5	リトマス紙青・赤色 〔長さ約1cm各5枚〕 点眼びん5つ(セット) (酢用、カビとり液用、 台所用漂白剤用、トイレ 用洗浄剤用、その他 の液) ディスポ反応板(図8)	○身のまわりのいろいろな水よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べる実験方法 ①実験4と同様。 ②酢を1と6、カビとり液を2と7、台所用漂白剤を3と8、トイレ用洗浄剤を4と9、その他の液(児童が持ってきた水溶液)を5と10に点眼びんから滴下し変化を観察する。	ビーカー、ガラス棒を使う方法に比べて、水溶液につけたガラス棒を1回ずつ洗う水を使わず、そのガラス棒を拭き取るために布も使わずにすむので、教室でも安全に実験ができる。
6	スチールウール(鉄) 〔約0.1gで小さく丸める〕 アルミニウムはく(1cm角に切ったもの) 点眼びん1つ(塩酸用) ディスポ反応板(図8) ピンセット	○おすすめの塩酸にスチールウールとアルミニウムはくがとけるかを調べる実験方法 ①反応板の1にスチールウールを入れ、5にはアルミニウムはくを入れる。 ②反応板の1と5に点眼びんの中のおすすめの塩酸を入れ、観察する。	ビーカーと試験管を使う方法に比べて、ピペットを1回ずつ洗う水を使わずにすむので、教室でも安全に実験ができる。
7	スチールウール(鉄) 〔約0.1gで小さく丸める〕 アルミニウムはく(1cm角に切ったもの) 点眼びん1つ(水酸化ナトリウム水溶液用)	○おすすめの水酸化ナトリウム水溶液にスチールウールとアルミニウムはくがとけるかを調べる実験方法 ①反応板の1にスチールウールを入れ、5にはアルミニウムはくを入れる。 ②反応板の1と5に点眼びんの中のおすすめの水酸化ナトリウム水溶液を入れ、観察する。	ビーカーと試験管を使う方法に比べて、ピペットを1回ずつ洗う水を使わずにすむので、教室でも実験ができる。

	ディスポ反応板(図8) ピンセット	
8	点眼びん3つ スライドガラス ホットプレート、 ディスポ反応板(図8) フィルムケース 葉さじ	<p>○うすめた塩酸にアルミニウムはくがとけた液を蒸発させて出てくるものを調べる実験方法</p> <p>①点眼びんに入った液(アルミニウムはくがとけた液をろ過した液)を1滴スライドガラスにとり、アルミホイル板にのせ、それをホットプレートの上に置いて蒸発させる。</p> <p>②アルミニウムはくがとけた液からでてきたものが、アルミニウム(金属)かどうかを調べるために塩酸に入れたら、もう一度あわを出してとけるか調べる。また、水に入れるとどうなるか調べる。そのために、液を蒸発させて出てきたものをフィルムケースから葉さじを使って反応板の1と5に入れ、1にうすめた塩酸、5に水を点眼びんから入れ、変化を観察する。</p>

2 指導案の作成とワークシートの工夫

8つの実験・観察の学習指導案を作成するとともに、その中に器具の写真を入れ、実験のイメージ化を図った。図9に作成した指導案の一部を示す。また、児童が使うワークシートには実験・観

察をスムーズに行えるように、ディスポ反応板や製氷板などの絵を入れ、水溶液やヨウ素液を入れたりするとき、児童が入れやすいように場所を指定して方法を説明した。図10にワークシートの一部を示す。

図9 指導案の一部

理科学習指導案

1. 題材名 ごはんつぶには、でんぷんがふくまれている。でんぷんがだ液によって変化するか、調べよう。

2. 目標 食いや物に含まれている成分は、どのようにして体内に取り入れられるのかに興味を持ち、ごはんつぶのだ液によって調べ、口を通る間に消化されると考えることができる。

3. 本時の学習

学習活動	時間	教師の支援	評価項目
<p>○ごはんつぶのだ液によって変化するか、調べよう</p>  <p>○実験で調べる。</p>  <p>○ワークシートに結果を記入する。</p>		<ul style="list-style-type: none"> 点眼びん3 (ごはんつぶを湯にもみだした液2つ、ヨウ素液1つ)、ストロー、アルミホイルの牛乳パックの中に入れておき一人一人の児童にもたせる。 製氷板も持たせる。 実験の方法を説明しながら、お湯の温度を約40℃にする理由やだ液を入れたものと入れないものを用意する理由を考えさせる。 ワークシートを見ながら実験に取り組みさせる。 2つのアルミホイルに、ごはんつぶを湯にもみだした液をそれぞれ入れ、さらに右のアルミホイルの中にストローを使った液を入れさせる。 左右の両端にお湯を約半分入れその中にアルミホイルをのせて約10分間あたためて、その後ヨウ素液を両方に入れさせる。 	
		<p>・でんぷんがだ液によって変化することをまとめさせる。</p> <p>技術・表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ごはん粒を用いて、だ液がでんぷんを消化するはたらきを調べ、結果をまとめることができる。 (行動観察・記録) 	


図10 ワークシートの一部

番号:1 ごはんつぶには、でんぷんがふくまれている。でんぷんがだ液によって変化するか、調べよう。

準備:点眼びん3 (ごはんつぶを湯にもみだした液2つ、ヨウ素液1つ)、製氷板、アルミホイル2、ポット、ストロー

方法:①ごはんつぶを湯にもみだした液を点眼びんから(ア)、(イ)2つのアルミホイルで作った容器に入れる。
②2つのアルミホイルのうち(イ)に入れる方にストローからだ液を入れる。
③製氷板の(1)、(2)の中にポットから約40℃のお湯を入れ、(1)に(ア)、(2)に(イ)のアルミホイルを置き、約10分間あたためる。
④アルミホイルの中の液に点眼びんからヨウ素液を入れて、色の変化を見る。


(ア)



(アルミホイル)

↓ 中に入れる

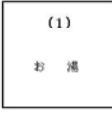
(イ)



(アルミホイル)

↓ 中に入れる


(1)



↑ (約10分後)

ヨウ素液を入れる

(2)



↑ (約10分後)

ヨウ素液を入れる

(製氷板)

結果:ヨウ素液の反応 (青紫色に変わった○ 変わらない×)

	反応
(ア) ごはんつぶを湯にもみだした液のみ	
(イ) ごはんつぶを湯にもみだした液とだ液	

○ヨウ素液はでんぷんを青紫色に変える。

わかったこと:

3 指導上の留意点一覧表の作成

一般の理科室でのグループ実験との違いを考慮

し、教室で児童一人一人が実験できるようにするための留意点を一覧表として作成した。

Ⅲ 指導経過

伊勢崎市立広瀬小学校 6年3組 36名

番号	時数	ねらい	学習活動	児童の様子
1	1	○食べ物に含まれている養分はどのようになって体内に取り入れられるかに興味をもち、ごはんつぶとだ液によって調べ、口を通る間に消化されると考えることができるようにする。	○食べ物にふくまれている養分(でんぷん)は、どのようになって体内にとり入れられるか、ごはん粒で調べた。	○初めて点眼びんからヨウ素液を滴下したので緊張しているようであった。一人一人が教室で行う実験でとまどっている児童も多かった。予定時間を少し過ぎてしまった。
2	2	○葉に日光が当たるとでんぷんができるのではないかという予想をもとにして、日光に当てた葉と当てなかった葉をとって、でんぷんがあるかどうかを調べ、結果を記録することができるようにする。	○身のまわりの植物も、葉に日光が当たるとでんぷんをつくるのかを調べた。	○ワークシートを見ながらカタバミの葉をエチルアルコールにつけて葉の緑色をうまくぬくことができた。特に2日目は前日と同じ要領なのでスムーズに実験できた。
3	1	○水溶液にとけているものに興味を持ち、水溶液のにおいをかいだり、蒸発させたりして、水溶液には固体や気体とけているものがあることを、とらえることができるようにする。	○塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水には、どんなものがとけているか、蒸発させて調べた。	○アンモニア水のにおいを最後にかぎ、よくわかるようにした。塩酸のにおいは分からない児童が多かった。点眼びんからスライドガラスに滴下する方法が苦手な児童が多かったので指導した。
4	1	○水溶液はとけているもの以外に、リトマス紙の色の変化で分けられることを知り、リトマス紙にいろいろな水溶液をつけて、色の変わり方を調べることができるようにする。	○いろいろな水溶液をリトマス紙につけて、性質を調べた。	○ワークシートのリトマス紙を置く場所や水溶液を滴下する位置をよく確認していた。結果もすぐにワークシートに書いている児童が多かった。
5	1	○いろいろな水溶液の性質を調べたことをもとにして、身のまわりにある水溶液の液性を調べることができるようにする。	○身のまわりの水溶液にリトマス紙をつけて、性質を調べた。	○台所用漂白剤はつけて数十秒後にはリトマス紙の色を白くしてしまい色がわからなくなってしまった。滴下してすぐに記録するようにして再度実験した。
6・7	2	○金属の表面が雨水で変化していることや、金属製品には酸性やアルカリ性の洗剤を使ってはいけないことなどから、水溶液は金属を変化させるはたらきがあるかどうかを調べ	○水溶液(うすめた塩酸・水酸化ナトリウム水溶液)には、金属を変化させるはたらきがあるか調べた。	○塩酸の水溶液へのアルミニウムの溶け方が遅いので児童が溶けないと思っているようであったが、授業の最後にあわが表面についたので溶けていることが分かったようであ

		ることができるようにする。 (うすめた塩酸・水酸化ナトリウム水溶液使用)		った。水酸化ナトリウムはアルミニウムが溶ける様子が見えなかった。
8	1	○水溶液には、金属を質的に変化させる働きがあること、水溶液によって変化させる金属が異なることを、実験の結果からまとめることができるようにする。	○塩酸にアルミニウムはくがとけた液を蒸発させて、出てくるものを調べた。	○フィルムケースから塩化アルミニウムを葉さじで少量とり出すのが難しく、多くとってしまう児童が見られた。とり出した塩化アルミニウムを反応板に置き、点眼びんからの水を滴下したが量が少ないため、溶けるように葉さじでかきまわしていた。

IV 結果と考察

(1) マイクロスケール実験の効果

- それぞれの実験について、実際に自分で実験をやったという実感を持てた。
- 図11に示すように、実施後に行ったアンケートの結果、マイクロスケール実験が楽しく、またやりたいと答えた児童が多く、やりたくないと答えた児童はいなかった。
- 点眼びんに入れた水溶液は、キャップをあけただけではあまりにおいがしない。そのため、反応板にそれぞれの水溶液を滴下したにおいがかいだが、液量が少ないため、教室においが充満することもなく普通の教室と変わらなかった。換気扇のない教室でも有効な方法であると実感した。
- 加熱する方法として、アルコールランプの代わりに、ホットプレートを使用したため、アルコールランプを使用しないで済み、危険が少なかった。
- 必要な溶液は、点眼びんに入っているのでビーカーからとり分ける必要もない。図12に示すように、多くの児童がアンケートの中で「やり方が単純で簡単である」と答えた。
- リトマス紙はデイスポ反応板に入れて色の変化を観察している。リトマス紙を画用紙にはり付けて記録する方法と比べて、色の変化がよく分からなかった場合には、何度でもやり直すことができた。

図11 マイクロスケール実験をまたやりたいか

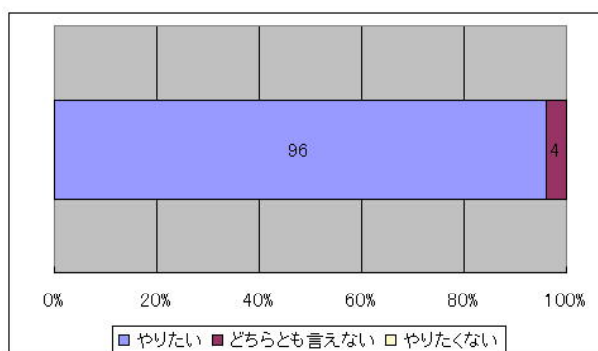
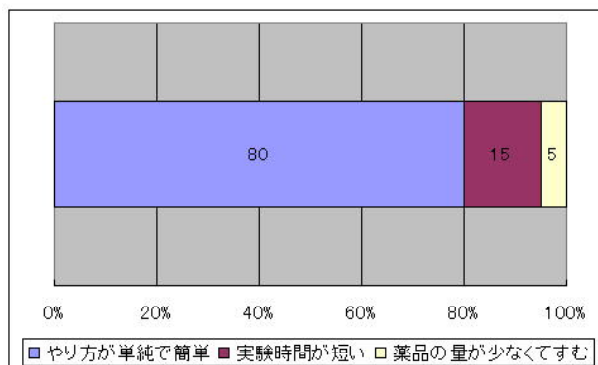


図12 マイクロスケール実験のよいところ



- マイクロスケール実験にすることにより「水よう液の性質とはたらき」で使用したうすめた塩酸の量は表4で示したように、班別実験の約1/4であった。

表4 実験による塩酸の使用量

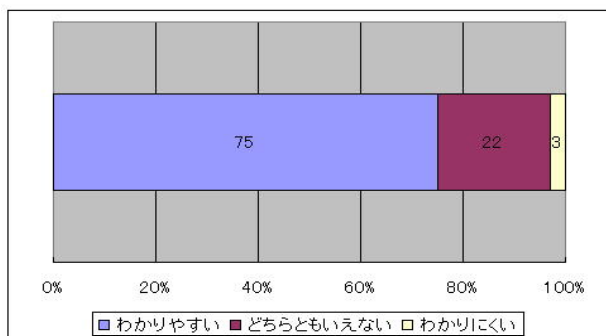
実験の種類	塩酸の使用量
班別実験(1学級8班×4学級)	1600ml
マイクロスケール実験(個別)	400ml

(2) ワークシート活用の効果

- 図13に示すように、作成したワークシートは

マイクロスケール実験を行う際に、実験のイメージをふくらませ、方法と結果がわかりやすかったと思う。

図13 ワークシートの分かりやすさ



V まとめと今後の課題

本研究の成果と課題としてつぎのようなことが明らかになった。

(1) 成果

- 教室でマイクロスケール実験を安全に行うことができ、従来の実験方法で行った結果と同等の結果が得られることが分かった。
- マイクロスケール実験を行うことにより、一人一人の児童が意欲的に実験に取り組むことができた。また、従来の班別実験では積極的に実験に参加することができなかった児童も主体的に実験に取り組むことができた。
- マイクロスケール実験を行うことにより、繰り返し実験をすることができ、児童の理解を深めることができた。
- 1回の実験に使う水溶液の量は少ないため、一度点眼びんに入れた水溶液は補充することなく、4クラス使用できた。
- イメージをふくらませやすいワークシートを活用することにより、今までノートに書くのを面倒に思っていた児童も、実験と同時に結果を書くことができた。
- 今までの実験では、実験終了後にガラス器具を洗ったりする時間や手間がかかっていた。また、その時に机の上がぬれてしまう事もあった。今回の実験では量が少ないため簡単にバケツの中の水で洗うことができ、そのまま置いておけば乾燥することができる。
- 一人一人の机上で実験を行っているので、他の児童とぶつかったり、溶液をこぼしたりする

ことがない。また、点眼びんを横に倒してしまってもほとんど溶液はこぼれず安全であることが分かった。

- 安全めがねを使用しているが、点眼びんから滴下した溶液が、ディスポ反応板から安全めがねに跳ね返ってくることはなく、安全にマイクロスケール実験を行うことができることが分かった。

(2) 課題

- 教室でホットプレートを使用して水溶液の蒸発実験を行う場合、電源や場所の都合により2台が限度である。また、教師1人では指導が大変になるため、TTにするか方法をさらに工夫する必要がある。

《参考文献》

- ・ 東京書籍株式会社 『新編 新しい理科 教師用指導書 資料編』(2005)
- ・ 日置 光久 編著 『基礎・基本が身につく理科単元プラン』 東洋館出版社(2002)
- ・ 日本化学会 化学教育協議会 『化学と教育 マイクロスケール実験』(2003)
- 1) 荻野 和子 著 『化学と教育46、P516』 日本化学会(1990)
- 2) 荻野 和子 著 『マイケルスケール実験の広場P2』(2003)
- 3) 中川 徹夫 『群馬大学教育学部説明会における理科模擬授業の取り組み』 群馬大学教育実践研究別冊第21号(2004)

(担当指導主事 田島 公基)