

マイクロスケール実験の広場 (その3)

高校化学スモールスケール実験のアンケート調査¹⁾

A Questionnaire Study on Small Scale Experiments for High School Chemistry

はじめに

中学校、高等学校での化学の学習においては「探求の過程」が重要で、生徒自身の実験的観察、測定に基づく学習が望まれる。ところが高校の化学実験は激減の傾向にあり、それが近年の「理科離れ」の原因の一つとなっている。実験を取り入れにくい理由として「授業時間不足」、「授業進度を優先しなければならない」、「教師が多忙で準備、片付けの時間がない」などがあげられている^{2,3)}。したがって短時間で、簡単に実施でき、生徒の興味と理解に効果的な実験の開発は急務である。

このような実験として、昭和63年以来、私達は日本の高校学習指導要領の範囲のテーマをとりあげて簡単にできるスモールスケール実験を開発してきた⁴⁻⁶⁾。このような実験は廃棄物を激減させるので環境にやさしいという利点もある。

われわれのスモールスケール実験の評価のために、1997年秋に教員に授業での実施、また、生徒および教員対象のアンケートを依頼した。

試行依頼

1. 試験実施校

試験実施校は宮城県内5校(公立3校、私立1校、国立高専1校)、宮城県外4校(すべて公立校)で、「教師のための化学講座」のスモールスケール実験ワークショップ⁶⁾参加者から募集した。

2. 実験項目

代表者らが開発した実験の多くはプレートを使うが、使用法は大別すると次の4種類に分けられる。

①プレートの縦・横にそれぞれ試薬を設定し、12セルプレートでは4×3(24セルプレートでは6×4)とおりの組み合わせの反応や変化をコンビナトリアルケミストリー式にみる。

②プレートのセルごとに試薬の量を変えて、混ぜ合わせる。通常は試験管1本で見る反応のいろいろな段階を静止画面のように再現する。

③混合して反応させる前の溶液と反応後のものをそれぞれ別のセルに、とっておけるので変化が明白にみられる。

④プレートは倒れる心配がないので、電極などをセットする実験に便利である。

これらのうち①の使用法は明白で、試行しなくても利点ばかりやすいので、主として②~④の特色を活用する4テーマ

ア. 金属イオンの反応

イ. ルシャトリエの法則

ウ. 強塩基による強酸と弱酸の中和滴定

エ. 電気分解⁶⁾

を取り上げた。各教員には希望した1テーマの実施を依頼した。

3. 送付したセットの内容

いずれの実験でも、12穴または24穴セルプレートと試薬溶液用スポイトびんを用いる。実験器具をキット化し、1校あたり12セットを送った。試薬は、原則として送らなかった。それらの器具にマッチした生徒用ワークシートと教師用の実験の説明を添付した。

アンケート結果

アンケートの集約数は教師14名、生徒840名である。

表1 生徒アンケート結果。

学校 (テーマ)	学年	性別	実験はおもしろかったか				実験の内容は理解できたか				実験の操作はどうか			実験結果をまとめることができたか		
			とても	やや	普通	つまらない	完全に	大体	半分	できない	簡単	普通	難しい	わかりやすくまとめられた	普通	うまくまとめられなかった
A (イ)	2年	男子	12	31	59	20	9	58	44	11	103	16	2	20	89	12
B (ウ)	1年	女子	69	53	27	4	8	71	62	12	78	57	18	22	109	22
B (ウ)	3年	女子	24	25	10	0	6	34	17	2	35	21	3	7	38	14
C (エ)	2年	女子	42	41	11	2	11	53	29	3	66	30	0	22	68	5
D (エ)	1年	男子	15	32	29	5	15	53	10	2	64	15	1	11	57	10
D (エ)	1年	女子	22	31	21	5	9	37	27	6	56	20	3	4	61	12
D (ア)	3年	男子	10	5	6	0	5	8	6	2	14	6	1	2	14	4
E (エ)	2年	男子	2	6	18	9	8	13	8	6	23	10	1	4	23	5
E (エ)	2年	女子	0	2	2	1	0	2	2	1	2	3	0	0	4	0
F (ア)	1年	男子	1	10	12	10	1	10	15	7	25	7	1	4	21	8
F (ア)	1年	女子	13	13	8	5	3	12	19	5	34	5	0	4	32	3
F (ア)	1年	男子	1	4	3	0	1	5	3	0	6	1	1	0	5	2
F (ア)	1年	女子	10	12	6	3	0	15	13	2	20	11	0	3	26	3
G (ア)	3年	男子	5	9	0	1	2	11	2	0	12	3	0	1	13	1
G (ア)	3年	女子	9	4	0	0	1	9	3	0	7	5	1	2	9	2
H (エ)	2年	男子	1	2	1	0	1	2	1	0	3	1	0	2	2	0
H (エ)	2年	女子	2	5	8	2	0	6	9	2	15	2	0	1	14	0
I (エ)	2年	男女	10	9	10	0	7	18	2	2	20	9	0	0	0	0
人数			248	294	231	67	87	417	272	63	583	222	32	109	585	103
百分率			30%	35%	27%	8%	10%	50%	33%	7%	70%	26%	4%	14%	73%	13%

1. 生徒アンケートの結果

生徒アンケートは、実施した実験について4設問、数行の自由記入欄のみの簡単なものである。設問は4つの選択肢から一つを選ぶ形式である。集約した結果を表1にまとめた。各項目の百分率は表1の最下行のとおりである。実施した学級数は多くないので学年別、系別には解析しなかった。

1) 「実験は面白かったか」

「とてもおもしろかった」35%、「ややおもしろかった」30%とおもしろいと感じる生徒が多かった。男女別の集計(図1)では、女子の方が評価が高かった。

2) 「実験の操作はどうか」

「簡単」70%、「普通」26%と簡単と回答した生徒が圧倒的で、「むずかしい」は4%で少なかった。男女別集計(図2)では、この項目も女子の評価が高かった。

3) 「理解できたか」

この設問については、表1にみられるように学校(実験の種類による)差が大きい。「完全に理解できた」と「大体理解でき

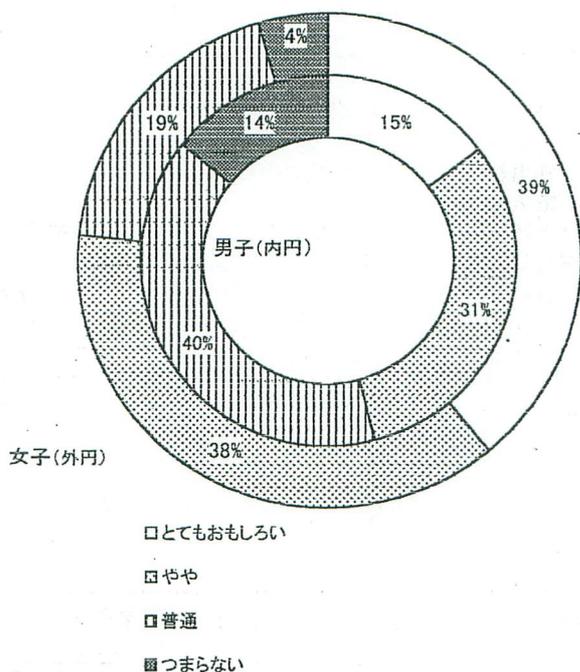


図1 実験はおもしろかったか(男女別)。

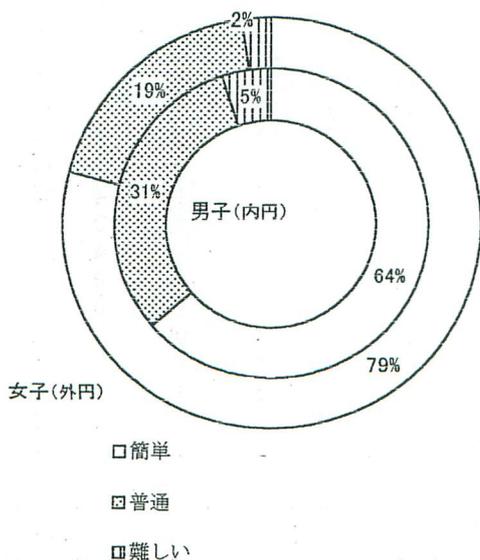


図2 実験の操作はどうか(男女別)。

た」が60%、「理解できなかった」は7%であった。

4) 「まとめかた」について

表1の最下行のように「普通」が多かった。

5) 自由記入の感想

数行の自由記入欄の記入例をいくつか示す。

①薬品、廃液の量について

「薬品が少なくてもわかりやすい」、「廃液が少ないのでよい」、「環境によくするのはよいことだと思う。なんでそんなことを今まで考えなかったのだろう」と環境にやさしいことを評価するものが多数ある。

②片付けについて

「溶液ごとにビーカーや試験管を洗ったり違うものに替えたりする必要がないので、便利な器具だと思った」、「実験後の片付けがたいへんだと思っていたが、今回はめっちゃくちゃ楽だった」と片付けの簡単なことを評価する感想が多数あった。

③その他

生徒の記述は、アンケートの項目とは関係なくさまざまなものがあつた。「今までの実験で一番わかりやすく簡単だった」、「器具がとても気に入った。反応式などごちゃごちゃしていたわりかたにくわかったけれどそれほど嫌いではなくなった」、「あたりまえのことですが、反応式のとおり気体が反応したり銅が析出したりすごいものだった」と理解が深まったことを喜ぶものが目だつた。

「ルシャトリエの法則」の実験では「比較するものがなければ、色の違いがわからないという当たり前のことを学んだ」、「とても微妙な色の変化がよく観察できた」、「結果が比較しやすく、まとめるのが簡単だった」とプレート使用法③の利点を指摘する記述もあつた。

「薬品の色がきれいで感動した」、「ただの溶液から電気分解で金属が析出してくるのが手品みたいでおもしろかった」、「操作がとてもわかりやすく、説明も理解できスムーズにできてとてもよかった」、「(電気分解で電極に)シャープペンの芯をつかってみた。楽しかった」など楽しさ面白さを述べた者も多い。

「今まで1種類の溶液でしか電気分解をしなかったが、今回は4種類やれてよかった。」と短時間にできるスモールスケール実験の長所を指摘したものもあつた。

「小さくて見づらい」、「操作が簡単過ぎてあまりおもしろくなかつた」、「もっとすごい実験をしたい」と物足りなさを記入した生徒もいる。

2. 教師アンケートの結果

回答した教員の年齢は20代1人、30代3人、40代7人、50代3人である。同種の実験を通常スケールで「やったことがある」と答えたのは7人、「やったことがない」と答えたのも7人で電気分解の実験を実施した教員は全員「やったことがない」と答えた。

教師アンケート結果を表2にまとめた。実施した実験について、9項目を2~4段階で評価する形式とした。

ここでは、回答番号1-4のうち、1がもっとも評価が高く、4が低い。4段階評価の項目で、4番の評価は0人であった。また1と3以外の項目で3番目の評価もなかつた。いずれの点でも教師の評価は極めて高い。

各項目ごとの自由記入欄の記入例は次のようなものがあつた。

1) 生徒の取り組み

- ①これまでの4人1組の実験と異なり、他人まかせにできないということもあつたか、積極的に取り組んだ。
- ②2人1組の実験だったので全員が主役になる必要があつた。
- ③よく考えながら進める余裕ができた。
- ④実験時に落ち着いた雰囲気保てるので一人ひとりよく考えられる様子であつた。
- ⑤操作が簡単で失敗してもすぐやり直せるので、間違いに臆することなくやっていた。
- ⑥何をどうするか明確で安全なので、ほとんどの生徒が一生懸命取り組み、今までになく静かに実験ができた。
- ⑦生徒の実験に取り組む姿勢が今までになく一生懸命で集中し

表2 教師アンケートの結果。

試薬の準備		生徒の取り組み		生徒の興味		指導のしやすさ	
1 簡単だった	11	1 積極的だった	13	1 非常におもしろかった	2	1 指導しやすかった	12
2 普通	2	2 普通	1	2 かなりおもしろかった	10	2 普通	2
3 めんどく	1	3 消極的だった	0	3 普通	2	3 指導しにくかった	0
				4 興味をもたなかった	0		

生徒の理解度		実験に要する時間	生徒の片づけ時間	教師の片づけ時間	廃液の量		
1 非常によく理解した	2	1 短時間	7	1 短時間	13	1 少なくてよい	13
2 大部分の生徒はよく理解した	12	2 普通	7	2 普通	1	2 普通	3
3 一部の生徒はよく理解した	0	3 長時間	0	3 長時間	0	3 長時間	0
4 ほとんどの生徒は理解できなかった	0					2 気にしない	1

ており、うろろうする生徒は一人もなく驚いてしまった。

2) 生徒の興味

① スモールスケールの実験が初めてだったので新鮮に感じたと思う。

② 男子にはやや物足りないようだ。

③ 女子には好評だが男子はもっとダイナミックな実験を求めているようである。

3) 指導のしやすさ

① 試薬等が実験台ごとに用意されており生徒の移動が少なく、動きがよく把握できた。

② 落ち着いた雰囲気の中で実験がすすんだ。

③ シートにより説明しやすかった。

④ 操作の説明が簡単で生徒もすぐ理解でき、とても集中して取り組み非常に指導しやすかった。

⑤ 授業の流れの中で手軽にやることができた。

4) 生徒の理解度

① 実験前後に十分説明することができた。

② 反応の違いを比較するのが容易。

③ 電気分解の総整理でやったが理解できたと思う。

④ 沈殿生成や溶解が同時に観察できたので理解しやすかった。

⑤ とても能率がよく生徒も理解しやすい。

⑥ 少量でできるという反面、反応が見づらい。

5) 実験に要する時間

① 試薬びんが小分けしてあり、ピペットも使わないので取り違えることなくスムーズに進んだ。

② ウェルの使用により電極の固定が容易。

③ 変化が明瞭にすぐ出る。

6) 実験の片づけ

① 洗うべき器具が少なく短時間で終了した。

② 生徒は試験管のときよりもむしろいねいに洗うように心がけていた。

③ 廃液の回収が容易で、プレートの洗浄も簡単。

まとめと今後の課題

生徒用のアンケートは回答が短時間で済むように質問を多くしなかったが、自由記入欄では、試薬・廃液が少なく済むことを評価するものが多く、生徒の環境問題への関心の高さを反映している。

教員のアンケート各項の評価は非常に高いが、自由記述では「落ち着いた雰囲気の中で非常に静かに実験ができた」が目立った。試行参加教員の多くが、同様あるいは類似のスモールスケール実験を行うために、プレート、試薬びんなどスモールスケール実験用器具を自校で購入して、活用していると書いている。マイクロ/スモールスケール実験により、生徒実験の回数を多くし、楽しい効果的な化学の授業にできるのではないかと考える。

今回の研究により、マイクロ/スモールスケール実験の長所は明らかになった。

マイクロ/スモールスケール実験の長所は論文を読んだだけではわかりにくい。普及のためにはワークショップなどを組織的に行い、教師が体験する機会をつくる必要がある。

実験によっては、小スケールでは観察しにくい場合があり、また、迫力の点では通常スケールの実験に及ばないことも多い。スモールスケールと通常スケールの実験の双方が中等教育では必要であろう。これらの効果的な実施については、さらに組織的な研究が必要である。

わが国高校教育の特徴として、大学入試の大きな影響があり、入試に効果的な授業が求められる。マイクロ/スモールスケール実験を普及させるには、化学教育界で広く論議し、ある程度の共通の理解を確立することが必要である。

謝 辞

本研究は文部省科学研究費09680184により行ったものである。試験実施に参加し、アンケートに答えてくださった先生方に感謝します。

文献と註

- 1) 本研究はマイクロスケール研究会(代表:荻野和子)の活動として行ったものである。
- 2) 東北地区における高校化学教育の現状調査のためのアンケート,東北地区化学教育現状調査会(1996) pp. 1~63.
- 3) K. Ogino, K. Hanaya, Y. Ikegami, I. Otsuki, K. Sasaki, K. Shoji, T. Tanaka, *Bull. Coll. Med. Sci. Tohoku Univ.*, 6, 49 (1997).
- 4) 高校化学におけるスモールスケール実験の開発, 荻野和子, 東海林恵子, 金 和宏, 田嶋智子, 藤川卓志, 平成9年度東レ理科教育賞受賞作品集, 東レ科学振興会(1998) pp. 35~37.
- 5) 荻野和子, 化学と教育, 46, 516 (1998).
- 6) 荻野和子, 東海林恵子, 化学と教育, 46, 742 (1998).
- 7) 荻野和子, 「いくつかの高校化学のスモールスケール実験」, 教師のための化学教育講座(日本化学会東北支部, 同化学教育協議会主催), 1997年, 仙台市.

- *荻野和子 OGINO Kazuko
(東北大学医療技術短期大学部)
東海林恵子 SHOJI Keiko
(仙台育英学園高校)
金 和宏 KON Kazuhiro
(宮城第三女子高校)
田嶋智子 TAJIMA Tomoko
(聖ドミニコ学院高校)
藤川卓志 FUJIKAWA Takuji
(仙台第一高校)
高橋匡之 TAKAHASHI Masayuki
(盛岡第一高校)

*[連絡先] 980-8575 仙台市青葉区星陵町2-1(勤務先)。

