

# 高等学校における生徒主体型学習による 「化学反応の量的関係」のマイクロスケール実験の 開発 III

## A Development of a Microscale Experiment of Stoichiometry by Active Learning in High School, Part 3

平井俊男<sup>a)</sup>, 青田鏡広<sup>b)</sup>, 是澤日向<sup>b)</sup>, 山崎海空<sup>b)</sup>,  
板倉将志<sup>c)</sup>, 浅井一慶<sup>d)</sup>, 岡原正直<sup>e)</sup>, 中川徹夫<sup>f)</sup>  
HIRAI Toshio <sup>a)</sup>, AOTA Akihiro <sup>b)</sup>, KORESAWA Hyuga <sup>b)</sup>,  
YAMASAKI Noa <sup>b)</sup>, ITAKURA Masashi <sup>c)</sup>, ASAI Ikkei <sup>d)</sup>,  
OKAHARA Masanao <sup>e)</sup>, NAKAGAWA Tetsuo <sup>f)</sup>

a) 大阪府立長尾高等学校 非常勤講師

Osaka Prefectural Nagao High School

hirai@nagao.osaka-c.ed.jp

b) 大阪府立長尾高等学校卒業生

Osaka Prefectural Nagao High School, Graduate

c) 大阪府立長尾高等学校3年生

Osaka Prefectural Nagao High School, Third Year

d) 大阪府立長尾高等学校1年生

Osaka Prefectural Nagao High School, First Year

e) 大阪府立佐野工科高等学校定時制 常勤講師

Osaka Prefectural Sano Technical High School, Night Part Time Program

f) 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科教授

Department of Biosphere Sciences, School of Human Sciences, Kobe College

## 要旨

この研究の目的は、高等学校新学習指導要領で謳われている主体的・対話的で深い学びを生徒に保障するための、一連のマイクロスケール実験の開発である。大阪府立長尾高等学校では、理科研究部を中心に、市販の安価な小型電子天秤（測定精度：0.01 g）を用いた、従来よりも少量かつ安価で実施可能なマイクロスケール実験を開発してきた。とりわけ、化学基礎の教科書の「化学反応の量的関係（炭酸カルシウムと塩酸との反応）」の実験に着目した。2021年2月、測定精度が0.001 gの市販の安価な小型電子天秤を用いて、前述実験のマイクロスケール化に生徒主体型学習で継続して取り組むに当たり、理科研究部員が有志生徒を交えてブレイン・ストーミング（KJ法を含む）を約90分間実施した。1/5、1/6スケールなどの独創的な発想が得られたが、新型コロナウイルスの感染拡大のため、2021年度に入っても通常の部活動ができなかった。そこで、実験で用いる器具の操作や扱う生成した二酸化炭素の最小質量の相対誤差等を検討し、斬新な発想のうちホールピペットを用いた1/6スケール（前述相対誤差：1.4%）でのみ検証実験し、その妥当性を確認した。さらに、前述のブレイン・ストーミング（KJ法を含む）、並びにマイクロスケール実験の開発という生徒の探究過程は、高等学校新学習指導要領で謳われている主体的・対話的で深い学びそのものであると確信する。

キーワード：高等学校、生徒主体型学習、マイクロスケール実験、化学反応の量的関係、ブレイン・ストーミング

## Abstract

The objective of this study is to improve the microscale experiment of stoichiometry in high school, which was developed in a previous work. We tried to make the microscale experimental errors smaller by active learning. Active learning is a new and key concept of the revised Course of Study defined by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology-Japan in 2018. The developed microscale experiment using a small electronic scale with  $\pm 0.01$  g precision, which uses small quantities of reagents, includes the reaction of calcium carbonate with hydrochloric acid to form carbon dioxide. It is a scale-down 1/4 model of the normal scale experiment described in a textbook of “Basic Chemistry” in the Course of Study mentioned above. In January of 2021, we obtained new small electronic scales with  $\pm 0.001$  g precision and in

February, the project team of four students conducted brainstorming, including using the KJ method, to get new ideas. Through the brainstorming process (for about 90 minutes), we got original solutions, such as 1/5 scale, 1/6 scale and so on, which the science club members had never known. Because of the COVID-19 pandemic, we had spent too little time on the club activities. We could only choose the “1/6 scale experiment” solution from what we got, as students can easily use tools of the experiment and the relative error of 1.4 % (carbon dioxide) of the measure of the scale in the case of 1/6 scale experiments is sufficiently small. We verified the idea by experiment. As a result of the experiments, it is concluded that the 1/6 scale experiment of stoichiometry using a volumetric pipette and the electronic scale with  $\pm 0.001$  g precision is good enough. We are also convinced that the brainstorming including using the KJ method, and the improved microscale experiment work well for active learning in high school chemistry classes.

Key words: high school, active learning, microscale experiment, stoichiometry, brainstorming

## 1 はじめに

これまでに大阪府立長尾高等学校では、理科学研究部を中心に、市販の安価な小型電子天秤（測定精度：0.01 g）を用いた、従来よりも少量かつ安価で実施可能なマイクロスケール実験を開発してきた<sup>1) - 4)</sup>。そのうちの文献 2) - 4) は、高等学校新学習指導要領の主体的・対話的で深い学び<sup>5)</sup>（当初はアクティブ・ラーニングと言われていたが、ここでは生徒主体型学習を用いる）を視野に入れて、化学基礎の教科書の「化学反応の量的関係（炭酸カルシウムと塩酸との反応）」の実験<sup>6)</sup>のマイクロスケール化に取り組んだものである。

2021 年 1 月、著者の一人である平井が主顧問をしていた理科学研究部では、次年度の部員が新 3 年生 1 名になることが確実となった。また、測定精度が 0.001 g の市販の安価な小型電子天秤の使用が可能となった。今後、精度がよくなった天秤を用いて、前述実験のマイクロスケール化に生徒主体型学習で継続して取り組むに当たり、1 名だけで研究するのではなく、初めて課題研究に取り組む参加者を交えてブレイン・ストーミング（KJ 法を含む）をすることで、斬新な発想が得られることを期待して、在校生に有志を募集した。1 月下旬に学年に広報し、最終的に 3 名の参加者を得た。

2 月の放課後、測定精度が 0.001 g の市販の安価な小型電子天秤を用いることができ

るならば、前述実験のマイクロスケール化はどの程度（例えば、教科書に記載された通常スケールの 1/8 スケール）まで可能かを 4 名（理科研究部員 1 名、有志参加生徒 3 名）でチームを編成し、自らがブレイン・ストーミング（KJ 法を含む）で検討（約 90 分間）し、1/5、1/6 スケールなどの独創的な発想を得られた。

しかし、新型コロナウイルスの感染拡大のため、2021 年度に入っても部活動ができない状態が続いた。そこで、50 分間の一斉授業における生徒実験を念頭に置き、実験で用いる器具の操作や扱う生成した二酸化炭素の最小質量の相対誤差等を検討した。その結果、斬新な発想のうち相対誤差が 0.15 % のホールピペットを用いた 1/6 スケール（前述最小質量の相対誤差：1.4 %）でのみ検証実験し、その妥当性を確認した。

本稿では、ブレイン・ストーミング（KJ 法を含む）の検討過程と 1/6 スケールの実験の妥当性について報告する。

## 2 ブレイン・ストーミング（KJ 法を含む）

### 2-1 ブレイン・ストーミングと KJ 法

ブレイン・ストーミングとは「自由な雰囲気、他を批判せずにアイデアを出し合い、最終的に一定の課題によりよい解決を得ようとする方法」<sup>7)</sup>とされている。

同様に、KJ 法とは思いついたことをカードに書き、カードをグループごとにまとめて、図解し、カードの内容を文章にまとめていくという、川喜田二郎が編み出した発想法である<sup>8)</sup>。

### 2-2 実施方法

最初に、平井が共著者の生徒に、生徒主体型学習で取組むことと教科書の実験の目的を約 5 分間で話した。続いて、著者の一人である青田が、1/4 スケールが最適であるとの結論に至った先行研究<sup>4)</sup>に関して、スライドを用いて約 10 分間説明した。その概略は、「教科書の実験のマイクロスケール化において、1/8、1/4、1/2 スケールの実験では、相対誤差が 0.15 % のホールピペットを用いて塩酸を量り取る必要がなく、相対誤差が 2.0 % のメスシリンダーで十分である。そのため、市販の安価な小型電子天秤（測定精度：0.01 g）を用いる本実験のマイクロスケール化では、メスシリンダーを用いた 1/4 スケールが最適である」というものであった。

次に、ブレイン・ストーミング（以下、KJ 法を含む今回のものをブレイン・ストーミングと称する）の理念と実際の方法について、平井がポスターをもとに過去の理科研

究部での取り組み（下記の手順）を約 10 分間解説し、最後の手順のまとめた文章の入力は理科学研究部員がすることを伝えた。それをもとに、今後、実験で検証する予定であることとそれへの参加を依頼し、下記の手順でブレイン・ストーミングを約 60 分実施した。なお、★は、今回の実践についての注である。

\*\*\*\*\*

- 1) 班員が均等（人数・学年など）になるように分ける。★4 名のためのため、一つの班で実施した。
- 2) テーマから自由連想し、思いついた考え（以下、アイデアと呼ぶ）を付箋 1 枚につき一つ、各自が 5 枚以上書く。★勘違いして 1 枚に複数書いた生徒がいた。
- 3) 付箋に書かれたアイデアを、概念が似ているものどうしでグループを作り、グループ名をつけて、大きな紙（模造紙など）に貼る。
- 4) それらをながめて相互の関係などについて協議しつつ再配置し、文章にまとめる。
- 5) 各班が付箋の貼られた紙を示して内容を発表し、全体で共有する。★一つの班のためのため、実施しなかった。
- 6) 各自で活動を振り返る。
- 7) 班別に、まとめた文章を入力する。★帰宅後、理科学研究部員が入力した。

\*\*\*\*\*

一連のブレイン・ストーミングには、約 90 分を要した。

なお、ここで実践されたブレイン・ストーミングは、2011 年に平井が実際に大学の教員とのワークショップ<sup>9)</sup>で体験した方法をもとにしたものである。

チーム 4 名のうち理科学研究部員 1 名のみが、2020 年に本ブレイン・ストーミングを一度だけ経験している。

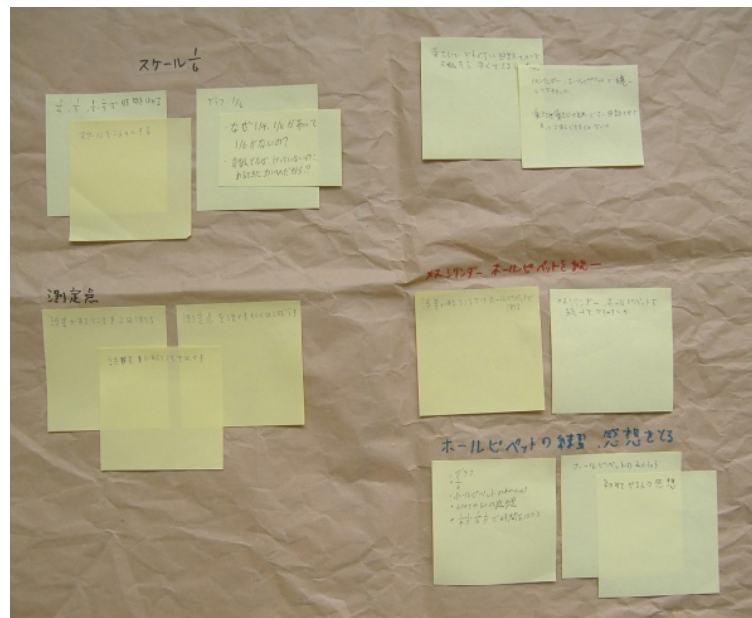


図 1 付箋を大きな紙に貼付した様子

## 2-3 結果と考察

付箋を大きなサイズの紙に再配置して貼り付けた様子を図1に、まとめた文章（太字がグループ名）を表1に示す。

表1のグループ名が**スケール**をみると、先行研究<sup>4)</sup>の1/2、1/4、1/8スケールの分母が2の階乗という固定観念を破る1/5、1/6スケールという発想がみられる。同様に、**塩酸の体積**では「誤差が大きいところだけ、ホールピペットで量る」とある。また**測定点**では「誤差があるところを外す」とある。

他の記述を含め、これらの斬新な考えは、過去の理科研究部の活動では見られなかったものである。つまり、これらはすべて、理科研究部員でない有志生徒が入ったチームによるブレイン・ストーミングの貴重な成果である。

表1 まとめた文章（太字がグループ名）

<b>スケール</b>	<b>測定点</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1/4、1/5、1/6、1/7 で時間をはかる</li> <li>・ なぜ 1/4、1/8 があって 1/6 がないのか</li> <li>・ スケールを細かくする</li> <li>・ なぜ偶数で測っているのか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 誤差の大きいところを2回測る</li> <li>・ 測定点を増やす</li> <li>・ 誤差があるところを外す</li> </ul>
<b>塩酸の体積</b>	<b>作業効率</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メスシリンダーとホールピペットで試す</li> <li>・ 誤差が大きいところだけ、ホールピペットで量る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 薬さじ何杯かわかれば、早く量れるのでは</li> <li>・ ホールピペットでの練習をする</li> <li>・ 初めてする人の感想を取る</li> </ul>

## 2-4 検証実験のスケールの決定

新型コロナウイルスの感染拡大のため、2021年度の新学期に入っても通常の部活動ができない状態が続いた。学校現場では経験したことがない厳しい規制がかかっていたので、限られた時間で検証実験をするために、1/5、1/6、1/7スケールの3種類に限定して検討した。

検証実験は感染予防のため、「生徒4人が一緒にならないように原則休日に時差登校し、実験室の入退室時には各自が手指を消毒し、マスクを着用した状態でお互いが離れた位置の実験机（総数は12）をひとりを使い、会話をしないという形態で、生徒の滞在時間は2時間以内に収めるという制限のもとで実施する」ということで事前に管理職の許可を得たうえで、そのように実施した。

50 分間の一斉授業における生徒実験で片付けまで終わらせることを念頭に置き、チームで、測定精度が 0.001 g の小型電子天秤でごく少量の試薬を量り取る操作を繰り返したり、10 mL の塩酸を量り取る器具の使いやすさを確認したり、実験の所要時間を測ったりした。また、検定証印付き 10 mL のメスシリンダーとホールピペットの相対誤差<sup>4)</sup>と各スケールで扱う最小質量の相対誤差の関係、さらに生徒指導の観点からも検討し、スケールを決定した。その検討過程は以下の通りである。

スーパーサイエンスハイスクールなどの指定を受けたことがない、ごく普通の学校である本校の実験室は、半世紀を経過してかなり劣化している。その換気がよい実験室の安定性のよくない木製の実験机の上で、風防のない測定精度が 0.001 g の小型電子天秤を用いて、mg のオーダーまで理論値通りに量り取るには時間がかかるというチームの意見から、炭酸カルシウムの秤量については、理論値 $\pm 0.003$  g を許容した。それは、その値を実際の値として記録し計算で使うことで、50 分の授業の枠内で通常の生徒実験を効率よく実施するためである。

10 mL の塩酸を量り取る器具として用いやすいのは、駒込ピペットによるメスシリンダー（相対誤差：2.0 %）ではなくて、ピペットポンプによるホールピペット（相対誤差：0.15 %）であるというチームの意見から、電子天秤の精度と関係なくホールピペットを採用した。

1/5、1/6、1/7 スケールで生成する二酸化炭素の最小質量の相対誤差はそれぞれ 1.1%、1.4%、1.6%で、検定証印付き 10 mL のメスシリンダーとホールピペットで 10 mL を量るときのそれぞれの相対誤差は 2.0 %と 0.15 %である。上述したように、使い勝手がよいからとホールピペットを採用したため、どのスケールを選んでも電子天秤による相対誤差の方が大きくなっている。

ここで、先に述べた本校の化学実験室の老朽化した施設・設備の環境が問題となる。生徒には息を止めて、体は動かさず、静かに測定するよう指導していた。電子天秤の使用環境が風のない安定したストーンテーブル上であれば、最小秤量値の 0.001 g の最後の桁の変動（最大で 0.005 g）もある程度防げたかもしれないが、実際に量っていると毎回ではないが変化することがあった。このことを考慮して、試薬の節約量が大きい 1/7 スケールは誤差が増える可能性があるため、候補から除外した。

実験結果をもとにデータを処理してグラフ（後述の図 2-3）を書かせる際に、わかりやすい測定点が一点でもあれば、一斉指導をするうえでかなり教員の負担が減るとともに、生徒の理解も（協同学習の意味での仲間内の助け合いを含めて）一層進み、学習効果が大きいことを過去経験してきた。この視点からすると、グラフ（後述の図 2-3）の

横軸で数値としてはっきり示される 1/6 スケールの第三の測定点(次項で記述する炭酸カルシウムの ③ 1.000 g) は大きな価値をもつことになる。この点と 1/5 スケールにおける試薬の節約量が小さいことを考えると、最終的に 1/6 スケールを検証実験の対象とすることに決まった。

### 3 1/6 スケールの検証実験

#### 3-1 検証実験の背景

炭酸カルシウムと塩酸の反応により、二酸化炭素が生成する。これは次の化学反応式で表される。



この反応式の係数をみると、反応する炭酸カルシウムと生成する二酸化炭素のそれぞれの物質量は等しい。また、係数関係から、用いた塩酸のモル濃度を算出できる。さらに、炭酸カルシウムと塩酸中の塩化水素のいずれかが不足すれば、それ以降の二酸化炭素の生成量は一定となる。

以上を確認することが本実験の目的である。

前述の教科書<sup>6)</sup>記載の試薬量を用いた通常スケールでは、約 6.0 mol/L 塩酸を 20 mL、炭酸カルシウムを 2.00 g (0.020 mol)、4.00 g、6.00 g、8.00 g 用い、その準備と方法については文献 3)と同様である。

#### 3-2 検証実験 1

ねらいは、生成する二酸化炭素の物質量が一定になることを 3 つの測定点で明瞭に示すことである。

そのため、実験結果がグラフ(図 2)のような形(炭酸カルシウムと反応する塩化水素が不足しだす点が 4 つの測定点の内の第一と第二の間)になるように、用いる塩酸の濃度と体積を計算して、約 1.3 mol/L、10 mL とした。

##### 3-2-1 実験方法

1/6 スケールにおける試薬の量など、通常スケールと異なるのは以下の通りである。



\*\*\*\*\*

### 【準備】

1.28 mol/L 塩酸、50 mL ビーカー (4 個)、電子天秤 (測定精度 : 0.001 g)、10 mL ホールピペット、ピペットポンプ

### 【方法】

1 較正済の電子天秤に薬包紙をのせ、風袋引き (TARE を押す) してから、炭酸カルシウムを次の各質量 (理論値) に近い値 ( $\pm 0.003$  g) で量り、実際の値を結果の表に記入する。

① 0.333 g    ② 0.666 g    ③ 1.000 g    ④ 1.333 g

2 1.28 mol/L 塩酸を、ピペットポンプを用いてホールピペットで 10.0 mL 量り取り、ビーカー4 つにそれぞれ入れる。

\*\*\*\*\*

### 3-2-2 結果と考察

延べ 7-10 回の実験結果による、生成した二酸化炭素の物質質量と炭酸カルシウムのそのの量的関係を図 2 に示す。

図 2 をみると、1/6 スケールにおいても先行研究と同様に、生成する二酸化炭素の物質質量は塩酸が不足するまでは、

原点を通る炭酸カルシウムの物質質量との比例関係が、そして不足してからは一定となり横軸と平行になっていることが明らかである。

得られた実験結果と理論値とのずれは、次の検証実験 2 で言及するような事例を除

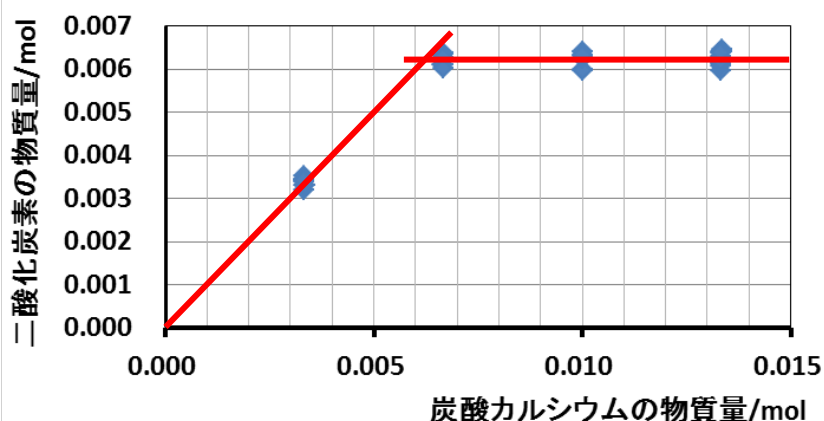


図 2 生成した二酸化炭素の物質質量

き、どの測定点でもおおむね約 5%までとなっている。

準備した塩酸のモル濃度は 1.28 mol/L であった。図 2 から求めた塩酸のモル濃度は 1.25 mol/L となり、生徒実験としては十分な値と思われる。

### 3-3 検証実験 2

この実験は著者の一人の中川の発案で、そのねらいは生成する二酸化炭素の物質量が第二の測定点まで正比例することを明瞭に示すことである。

そのため、実験結果がグラフ (図 3) のような形 (炭酸カルシウムと反応する塩化水素が不足しだす点が 4 つの測定点の内の第二と第三の間) になるように、用いる塩酸の濃度と体積を計算して、約 1.7 mol/L、10 mL とした。

#### 3-3-1 実験方法

1/6 スケールにおける試薬の量など、通常スケールと異なるのは以下の通りである。

\*\*\*\*\*

#### 【準備】

1.70 mol/L 塩酸、50 mL ビーカー (4 個)、電子天秤 (測定精度 : 0.001 g)、10 mL ホールピペット、ピペットポンプ

#### 【方法】

- 1 較正済の電子天秤に薬包紙をのせ、風袋引き (TARE を押す) してから、炭酸カルシウムを次の各質量 (理論値) に近い値 ( $\pm 0.003$  g) で量り、実際の値を結果の表に記入する。  
① 0.333 g    ② 0.666 g    ③ 1.000 g    ④ 1.333 g
- 2 1.70 mol/L 塩酸を、ピペットポンプを用いてホールピペットで 10.0 mL 量り取り、ビーカー 4 つにそれぞれ入れる。

\*\*\*\*\*

### 3-3-2 結果と考察

2022 年 9 月末から 10 月にかけて、高等学校で初めて化学実験をする者 1 名、この実験を初めてする者 1 名を含む 3 名が、各 1 回だけ実験した結果を図 3 に示す。

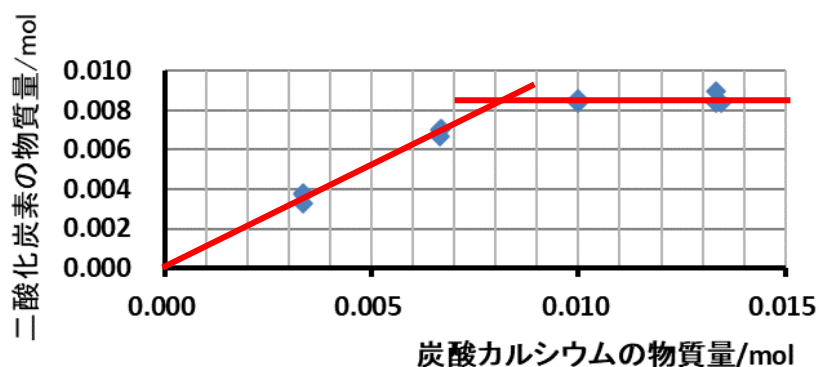


図 3 生成した二酸化炭素の物質量

図 3 をみると、1/6 スケールにおいても先行研究

と同様に、生成する二酸化炭素の物質量は塩酸が不足するまでは、原点を通る炭酸カルシウムの物質量との比例関係が、そして不足してからは一定となり横軸と平行になっていることが明らかである。

得られた実験結果が理論値から大きくずれたものは第一の測定点で、約 10%に及んだ。通常は気づいた時点でやり直すが、その時間がなかったなので、そのまま図 3 に載せている。他の測定点のずれは約 5%までとなっている。

その大きな誤差の要因として、前述した天秤の最後の桁の変動（最大で 0.005 g）、時間制限のあるなかでの実験という焦りと操作などに不慣れなために、反応に際して薬包紙によるふたが遅れ、二酸化炭素生成時の発泡による飛沫が外部へ飛んだことやビーカー内の塩酸に薬包紙をつける際に用いるピンセットに想定を超える塩酸が付着した可能性などが考えられるが、その解明は今後の課題である。

特に、天秤の最後の桁の変動に関しては、ていねいな較正作業（偏置誤差、直線性、繰り返し性）<sup>10)</sup>が必要と思われる。

準備した塩酸のモル濃度は 1.70 mol/L であった。図 3 から求めた塩酸のモル濃度は 1.71 mol/L となり、1 回だけの実験としてはよい値と思われる。

### 3-4 まとめ

以上の 2 つの検証実験から、ホールピペットと測定精度が 0.001 g の市販の安価な小型電子天秤を用いれば、1/6 スケールでも通常スケールと同じ実験結果が得られることが判明した。これより、本マイクロスケール実験は妥当である。

## 4 おわりに

高等学校新学習指導要領の主体的・対話的で深い学びを保障するための、マイクロスケール実験の開発とその過程について述べた。

50 分間の一斉授業における生徒実験を念頭に、開発したホールピペットを用いた 1/6 スケール実験のみを検証し、その妥当性を確認した。

さらに、ブレイン・ストーミング (KJ 法を含む)、並びにマイクロスケール実験の開発という生徒の探究過程は、高等学校新学習指導要領で謳われている主体的・対話的で深い学びそのものであると確信する。

天秤の最後の桁の変動に関するていねいな較正作業(偏置誤差、直線性、繰り返し性)は、今後の課題である。

## 謝 辞

英文抄録にご助言をいただいた A. Kirkham 氏に感謝します。本研究は、JSPS 科研費 基盤研究 C,17K00991 の助成を受けたものである。

## 付 記

本研究の一部は、令和 3 年度全国理科教育大会 (2021 年 8 月 11 日にオンラインで開催) にて、口頭発表した。

## 文 献

- 1) 笹部純史、平井俊男、伊藤悠太、中原広晴、原陽宏、大槻奏空、岡島拓未、河合陽菜乃、河内脩作、山口嵩斗、中川徹夫、第 18 回近畿地区化学教育研究発表会(2016)
- 2) 平井俊男、鶴田修平、石本結花子、大國結希、田澤拓斗、田中翔太、前川泰貴、中川徹夫、第 20 回近畿地区化学教育研究発表会(2018)
- 3) 平井俊男、中川徹夫、神戸女学院大学教職センター研究紀要、第 4 巻、pp.17-25(2021)
- 4) 平井俊男、青田鏡広、豊島瑠菜、西川輝、中山頼子、中川徹夫、同上書、第 4 巻、pp.27-34(2021)
- 5) [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/201](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/201)

- 8/07/11/1384661\_1\_2\_1\_1.pdf (2021 年 5 月 5 日現在)
- 6) 山内薫ほか、高等学校 改訂 新化学基礎、pp.114-115、第一学習社(2016)
  - 7) <https://www.weblio.jp/content/%E3%83%96%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%9F%E3%83%B3%E3%82%B0> (2021 年 5 月 5 日現在)
  - 8) 川喜田二郎、発想法 改版 創造性開発のために、中央公論新社(2017)
  - 9) STS NetworkJapan 主催のワークショップ「東日本大震災にまつわる諸問題を考える」(2011 年 5 月 22 日、大阪大学中之島センター) : <http://blog.stsnj.org/2011/04/sts-networKJapan.html> (2021 年 5 月 5 日現在)
  - 10) <https://www.vibra.co.jp/assets/pdf/checking.pdf> (2022 年 8 月 5 日現在)