

# 生徒主導の学び合いによる二段階滴定実験

伊藤 宇飛

滴定実験の発展的な学習内容として扱われる二段階滴定実験を、生徒主導の学び合いに基づく主体的・対話的な学習活動で実施した。その結果、多段階の思考を要する本実験に生徒が主体的に無理なく取り組むことができ、その理解度を向上させることができた。

[キーワード] 二段階滴定実験 主体的・対話的で深い学び 生徒主導の学び合い

## はじめに

高等学校学習指導要領（平成30年3月告示）では、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善が求められ<sup>\*1)</sup>、現在までにも様々な取組が報告されている。筆者はかねてから実験活動において生徒が主体的・対話的に取り組む手法について検討を重ね、「生徒主導による学び合いに基づく実験」についていくつかの実験テーマで取り組んできた<sup>\*2,3)</sup>。本実践では、多段階の思考を要する二段階滴定実験に対してこの方法を適用した。本手法により発展的な実験に生徒が主体的に無理なく取り組み、理解度を高めることができたので、ここに報告する。

## 1 実験内容

本実験は「未知試料の二段階滴定実験」として、炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合物の物質質量比を求める実験とした。未知試料としてはA ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaHCO}_3 = 1 : 1$ ・市販のセスキ炭酸ソーダ)、B (1 : 2)、C (2 : 1)の3種類の試料を用意し、生徒にはその組成を事前には示さなかった。このA～Cの未知試料の物質質量比を二段階滴定によって求めさせた。

なお、本実験では班でA～Cの未知試料から任意の1つを選択し、選んだ未知試料0.5 gを水100 mLに溶かした水溶液を試料溶液とした。この水溶液を0.20 mol/Lの塩酸で滴定し、第1中和点ではフェノールフタレインの色変化（赤から無色）、第2中和点ではメチルオレンジの

色変化（黄から赤色）でそれぞれの中和点を判断した。滴定で得られた「第1中和点までに要した量」及び「第2中和点までに要した量から第1中和点に要した量を減じた量」から、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ と $\text{NaHCO}_3$ の物質質量比を算出した。

## 2 実践内容

### (1) 対象

北海道帯広柏葉高等学校 普通科

3年A・B組 医進類型選択者 25名

※ 医進類型とは本校理型選択者のうち、医学部医学科及び選抜性の高い国公立大学への進学を希望する生徒が選択するコースのことである。

### (2) 実施方法

本実験では、実験及びレポート作成を生徒役生徒に対して主導的に進める「インストラクター役生徒」と「生徒役生徒」に分けて実施した。インストラクター役生徒は、成績等には無関係に希望制で募り、昼休みに20分～25分程度の事前指導を1回（希望者には2回）行い、滴定実験の基本的な手技や理論及び予備実験、考察の方法について教員側から指導した。実験当日は、滴定器具の準備以外の全ての実験及びレポート作成を、事前指導で理解した内容を踏まえて、インストラクター役生徒が生徒役生徒に教えながら、主導的に取り組んでもらった。

なお、実施に当たってはマスク着用、手指消毒など新型コロナウイルス感染症対策を徹底した。

### 3 実験の様子

インストラクター役生徒に対する事前指導では、どのインストラクター役生徒も実験当日に生徒役生徒に教えることができるよう、予備実験やレポートの作成方法について、熱心にメモを取るなどしながら主体的に取り組んだ。また、中には自分が実験している様子をスマートフォンで録画し、予備実験後再度見直す生徒もいた。

実験当日は、インストラクター役生徒は与えられた役割を理解し、事前指導された内容に基づき生徒役生徒にしっかりと教えようと、おのおのが工夫し努力していた。また、生徒役生徒もインストラクター役生徒の説明に耳を傾け、実験や考察に協力的に取り組んでいた。班によっては、50分の時間内に若干収まらなかった班もあったが、二段階滴定という発展的な実験内容を1授業時間の中で実施することができた。



図1 実験の様子

(矢印の生徒がインストラクター役生徒)

### 4 事前・事後アンケートの分析

本実践では実験前に事前アンケート、実験後に事後アンケートを行い、生徒の理解度等を分析した。

#### (1) 本実験手法について

インストラクター役生徒による実験手法に対する生徒の捉え方について調査した。

事前アンケートでは、インストラクター役生徒に実験を進めてもらうことについて、「おもしろい（興味深い）」と答えた生徒は17名(74%)であり、「どちらかといえばおもしろい（興味深い）」と答えた生徒も合わせると22名(96%)が「おもしろい（興味深い）」と回答しており、生徒にとっては肯定的に捉えられる実験であると考えられる(表1)。

表1 インストラクター実験に対する受け止め  
(事前アンケート, N = 23)

- Q5. 今回、実験をインストラクター役にも進めてもらうことについて
- ① おもしろい（興味深い）ことであると思う
  - ② どちらかといえばおもしろい（興味深い）ことであると思う
  - ③ どちらかといえば不安なことであると思う
  - ④ 不安なことであると思う

選択肢	①	②	③	④
人数	17	5	1	0

同様の傾向は事後アンケートにおいても見られ、今後このような実験をすることについて「良いと思う」と答えた生徒は18名(78%)、「どちらかといえば良いと思う」という生徒も合わせると100%であることからいえる。

また、実験全体の満足度を10点満点で採点した場合その平均点は8.09点(表2)となり、筆者が過去実施した他の主体的・対話的で深い学びの要素を取り入れた実験と比べても遜色なかった。したがって、本実験のようなインストラ

クター役による二段階滴定実験は生徒にとって満足できる内容であったと考えられる。

表 2 実験全体の満足度の度数分布

(事後アンケート, N = 23)

Q10. 今回の実験全体を10点満点で採点すると、その満足度は何点になりますか。

点数	0	1	2	3	4	5
人数	0	0	0	0	0	1
点数	6	7	8	9	10	平均
人数	1	2	11	7	1	8.09

(2) 理解度について

実験前後での「二段階滴定実験」に対する理解度について調査した。

事前アンケートでは、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>の二段階滴定実験に関する演習問題を示した上で、この実験内容に対する理解度を問うた。その結果、「よく理解できている」、「どちらかといえばよくできている」と肯定的に答えた生徒は8名(35%)、「どちらかといえば理解できていない」、「理解できていない」と否定的に答えた生徒は15名(65%)であった。加えて、この理解度を10点満点で採点したときの平均点は4.83点で、上記の傾向を裏付けた。

一方、事後アンケートで同様に理解度を問うたところ、肯定的に答えた生徒は22名(96%)、否定的に答えた生徒は1名(4%)であり(表3)、10点満点で採点したときの平均点は7.61点となり、理解度が大きく向上した。このことは、縦軸に事前アンケートにおける10点満点で採点したときの理解度、横軸に事後アンケートにおける10点満点で採点したときの理解度をとった相関表(図2)において、右上シフトしている群(事前に比べ事後の評価が高くなった群)が20名(87%)いることからいえる。

さらに、事後アンケートでは事後の理解度に対するインストラクター役の寄与について問う

たが、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」との肯定的な回答は19名(83%)であったこと(表3)から、本実験のような「生徒主導による学び合いによる実験」によって、思考力を要する二段階滴定実験についての理解度が有意に高まったといえると考えられる。

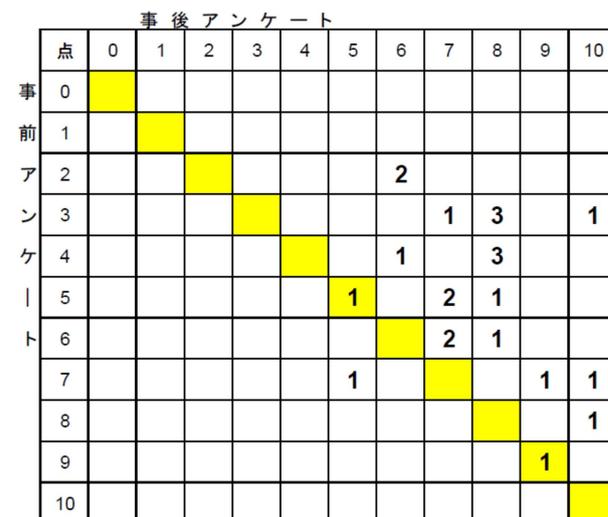


図 2 事前・事後アンケートでの二段階滴定実験に対する理解度変化(N = 23)

表 3 理解度に対するインストラクターの寄与

(事後アンケート, N = 23)

Q 5. この「二段階滴定実験」について、あなたの理解度は

- ① よく理解できた
- ② どちらかといえばよく理解できた
- ③ どちらかといえば理解できていない
- ④ 理解できていない

Q 7. Q 5 の理解度について、この結果はインストラクター役の実験を進めてもらうこのような実験形式によるものであったからであると思いますか。

- ① そう思う
- ② どちらかといえばそう思う
- ③ どちらかといえばそう思わない
- ④ そう思わない

〈Q 5 の回答〉

選択肢	①	②	③	④
人数	11	11	1	0

選択肢	①	②	③	④
人数	6	13	2	2

〈Q 7 の回答〉

(3) レポートや考察への取組状況

事後アンケートにおいて、レポートや考察課題への取組状況について問うた。レポートや考察課題に「しっかりと取り組むことができた」と回答した生徒は18名(78%)であり、「どちらかといえば取り組むことができた」と回答した生徒と合わせると22名(96%)が肯定的な回答をした。したがって、インストラクター役生徒の取組により、効果的にレポート作成や考察を行うことができたと考えられる。

5 生徒の感想

実験自体に関するものについては、「二段階滴定について理解を深めることができた」という理解度が高まったという記述や、「色の変化がかなり微妙で分かりにくかった」という二段階滴定実験操作の難しさについて記述されたものがあつた。また、「コミュニケーションが大事だと分かった」というような対話的な学びの大切さや、インストラクター役生徒の感想の中には「人に教えることによって理解がより深まった」という他の生徒主導による実験と同様、主体的な取組による効果が感じられる記述が見られた。

おわりに

本実践では、二段階滴定実験においてインストラクター役生徒による生徒主導の学び合いを取り入れ実験を行うことで、生徒が主体的・対話的に実験に取り組み、二段階滴定実験に対す

る理解度が向上した。

今後の課題としては、この手法において多くの生徒にインストラクター役に取り組んでもらうことである。事後アンケートによれば、今回インストラクター役の生徒はまたインストラクター役をやってみたいかという問いには全員肯定的に回答している一方、「生徒役生徒」だった生徒の場合、肯定的な回答は半数程度であった。「インストラクター役生徒」は実際に取り組んだことで、インストラクター役の意義を理解し、その有用感を実感しているようであるが、「生徒役生徒」にはその意義が十分に浸透していないのかもしれない。この傾向は過去の実践とも大きく変わらず、この手法の課題であると感じる。今後もこの課題の改善に向け、「インストラクター役生徒」への事前指導内容や方法、適切な実験テーマの検討を行っていきたい。

謝辞

本実験を行うにあたり、北海道深川西高等学校教頭（前北海道立教育研究所附属理科教育センター主査）伊藤崇由先生に御指導、御協力いただきました。この場を借りて、御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 高等学校学習指導要領（平成30年3月告示）「総則」第3款，文部科学省，pp. 28, 2018.
- 2) 伊藤宇飛，PIEの手法によるメチルオレンジマイクロスケール合成実験の実践，北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第28号，pp. 92-97, 2016.
- 3) 伊藤宇飛，部分的PIEを取り入れた中和滴定実験，北海道の理科64，pp. 19-22, 2021.

(いとう ひろと

北海道帯広柏葉高等学校教諭)