

1 はじめに

平成30年告示新学習指導要領では「主体的・対話的で深い学びに向けた授業改善」を行うことが求められており、生徒が受け身ではなく自ら主体的に学ぶ姿勢を養うことが重視されている。¹⁾ 私はかねてから、主に実験活動における主体的・対話的で深い学びを含む授業展開のあり方について検討を行ってきた。とりわけ、グループ実験²⁾や簡易的PIE³⁾を取り入れた実験を実践してきた。本セミナーでは、昨年度より本校が指定を受けたSCRUMで私が取り組んだ内容について述べる。

2 簡易的PIEによる中和滴定実験及び振り返り学習⁴⁾

PIE (Peer Instructing Education) とは「クラス内で成績に関係なく数名の教師役を決め、事前に生徒と教師のディスカッションや予備実験を行った上で教師役に生徒実験を実践してもらう授業」のことである。教師役生徒が事前に実験方法や考察方法について学習した上で、本実験で生徒役生徒に教師役生徒が指導することにより、生徒の主体的な学びを促し、教科内容の理解を図ろうとするものである。しかしながら、実際にPIEを行う場合、本番の実験までに教師役生徒の選定の他、数回の放課後における教師役生徒の予備実験指導を行う必要があり、放課後の課外講習や部活動がある状況ではなかなか実践しづらい。そのため、私は生徒の主体的な活動を促すPIEの要素を生かしながら、予備実験指導を簡略化した「簡易的PIE」について、1年次化学基礎「中和滴定実験」への導入を検討した。

本実験は生徒の中和滴定実験に対する主体的な取組の促進、ならびに教え合い学び合いという対話的な学びによる中和滴定の定量的な概念の習得を目的として実施した。

本校において、簡易的PIEを取り入れるにあたり、本校は進学講習や部活動が盛んな学校であるため時間的制約という課題があった。そのため、昼休みという短時間に複数回の指導を行うことで、その課題を解決しようとした。

本実験における簡易的PIEは次の流れで実施した。この実験では従来のPIEで言われる「教師役生徒」は「インストラクター」という呼称を用いた。

- | |
|---|
| <p>① 教師役生徒（インストラクター）の選定・事前アンケート（0.2時間）</p> <p>② 事前指導・簡単な予備実験（昼休み20分間×2回）</p> <p> 【1回目】 中和滴定の流れの理解（VTR視聴）・実験器具の説明・器具の使い方</p> <p> 【2回目】 実験結果の処理の仕方・器具の使い方・レポートの書き方</p> <p> ※ 当日欠席者は別日に同様の内容を個別に実施している。</p> <p> ※ 1学級については、先行実施の1学級の様子を踏まえ、上記の他に20分ほど補足説明と確認を行っている。</p> <p>③ 本実験（1時間）</p> <p>④ レポート回収・事後アンケート（0.2時間）</p> <p>⑤ レポート返却・実験の振り返り（本時・1時間）</p> |
|---|

この取組により本来 PIE では数時間の指導が必要であるが、事前に指導すべきことを精選し、事前指導を合計で40分～60分程度でできるようにした。

当日の実験では、インストラクターの生徒は事前指導の内容を踏まえ、しっかりと他の生徒（生徒役生徒）に伝えようと努力していた（図1）。どの班も50分間の授業で、必ず1回以上正確な滴定データを得て滴定実験を行うことができた。ただ、実際に実施してみると中和滴定実験は細かい実験上の注意もあり、すべてを網羅するのは事前指導の40分では難しかった部分もあった。



図1. 簡易的 PIE による中和滴定実験の様子

(左) インストラクターがビュレットを操作し、他の生徒に教えている様子

(右) インストラクターが他の生徒に実際の滴定を教えている様子

本実験の前後でアンケートを実施し、生徒の理解度等について検討した。事後アンケートの結果より、簡易的 PIE 実験を通し「中和滴定」の内容について理解を深めることができた生徒が多かったと考えられる。特に、理解度に対するインストラクターの寄与については、約8割の生徒が肯定的な回答をしており、簡易的 PIE の手法が効果的に働いているものと考えられた（表1）。また、このような PIE 実験を行うことについては9割以上が肯定的な回答をしており、また実験の満足度については平均 7.5 点程度であったため、他の実験とも遜色なく生徒にとって受け入れられる実験であることが示された。

また、事前アンケート（Q3）と事後アンケート（Q5）での「中和滴定実験」の理解度について検討したところ、事前に比べ事後の理解度が上昇した群（相関表の左シフト）が65%程度見られ、約3分の2の生徒が PIE 実験により理解度が向上したことが明らかとなった（表2）。この結果から簡易的 PIE 実験が生徒どうしの教え合いや学び合いを促し、結果として主体的・対話的で深い学びにつながっているものと考えられる。

さらに、本実験後には生徒同士の教え合い及び学び合いによる知識・技能のさらなる定着を目的として振り返り活動を実施した。振り返り活動では、中和滴定を教員側で実験を録画した振り返り VTR を視聴し、実験と同一のグループで各自のレポートを参照しながら振り返り、実験操作や実験内容の妥当性について発表させた（図2）。

本実験後には、生徒同士の教え合い及び学び合いによる知識・技能のさらなる定着を目的として振り返り活動を実施した。振り返り活動では、中和滴定を教員側で実験を録画した振り返り VTR を視聴し、実験と同一のグループで各自のレポートを参照しながら振り返り、実験操作や実験内容の妥当性について発表させた（図4）。

今後の課題としては、複雑な操作が多い中和滴定を短時間の指導で効率よくインストラ

3 実験計画立案を意識した実験授業の実践⁵⁾

生徒が実験に対して見通しを持って取組み、主体的に実験活動に取り組むことは生徒に身につけさせたい資質の1つである。身につけさせるための方法の1つとして、自ら実験計画や実験手法を立案し実験をすることが大切であると考えている。しかしながら、時間等の制約もあり、実験のすべてを生徒自身に計画させ、実施することは課題であった。そのため、実験のうち一部を生徒自身に計画して考えるようにし、主体的に実験に取り組む、実験内容について深い学びが得られるように工夫する取組を行った。

実験の題材としては生徒にとって操作が難しい実験を選定することとし、「セッケンの合成実験」で実施することとした。実験の概要については、次のとおりである。

- | |
|--|
| <p>① 実験の前時（授業教室で実施）
3人または2人のグループごとに、実験手順のうち、一部を「実験デザイン」（けん化～塩析までの実験手順）として生徒自身に考えさせた。その後、レポートを回収し内容については実験手順として危険なものがないかどうか確認した。なお、この時間で実験内容やレポート課題の予習もグループで行っている。</p> <p>② 実験の当日
①で回収したレポートを返却し、班ごと途中までは指示された同じ実験手順で進み、実験をデザインした部分は班ごとに決めた手順で実験を進めた。</p> <p>③ 実験後
レポートは通常の実験と同様に返却し、簡単な講評を行った。</p> |
|--|

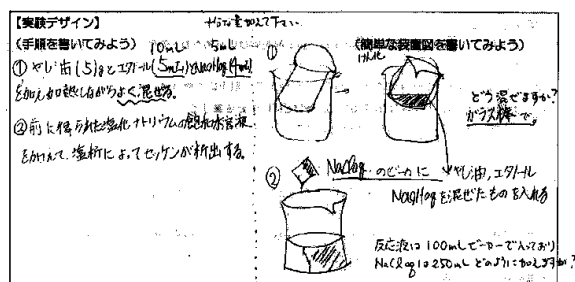


図3. 生徒の実験デザインの例

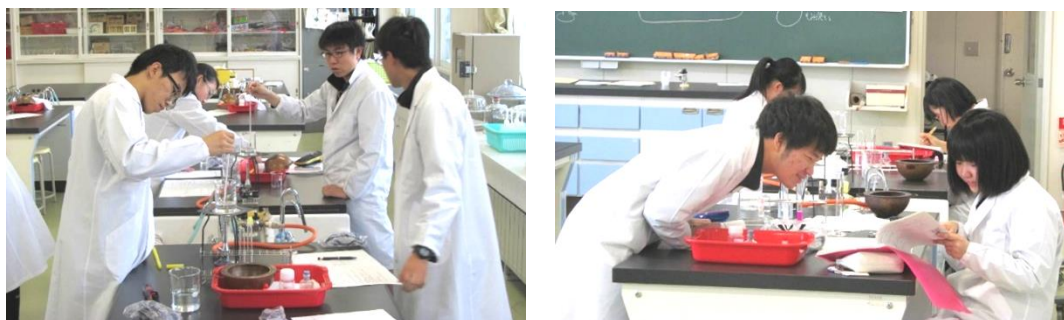


図4. セッケン合成実験の様子

けん化から塩析までの実験計画を生徒に立てさせると、使用する器具の実物を提示してもなかなかイメージがわかず苦勞していたが、グループワークを通じてデザインを完成させることができた（図3）。また、実験当日はグループごと協働的に作業を進め、時にはデザインした内容の手順やその妥当性なども確認しながら熱心に取り組んでいた（図4）。

実施後のアンケート調査から、けん化やセッケンの合成について理解が深まったと肯定

的に回答した生徒が全員であり、またこのような班での実験についても全員が肯定的な回答をした。本実験は3年次の医学部医学科及び選抜性の高い国公立大学を志望する「医進類型」で実施したものであるが、今後は医進類型を選択していない生徒（非医進類型）に対しても実施を検討していきたいと考えている。

4 通常授業での主体的・対話的で深い学びを取り入れた授業

いわゆる座学の授業において、主体的な取組を促すために、演習でグループワークを取り入れる例は多い。通常授業でのグループワークを通じて、私は他者と協働して主体的に学ぶ態度や集団での課題解決を通じて課題解決に至るプロセスを考える思考力を生徒に身につけさせたいと考えた。1年次の化学基礎における「物質量」の単元は、一般的に「物質量」の概念は生徒にとって理解が進みづらいと言われているため、この単元において継続的にグループワークを実施した。

従来、ホワイトボードを利用する手法は数多く行われてきたが、コスト面及び準備面を考慮し簡単な方法として自作「ミニ黒板」を利用した(図5)。この「ミニ黒板」を利用して物質量の問題に対するグループワークでの協議内容を端的にまとめ、それを班の考えとして黒板に張り出す取組を通し、生徒がグループのみだけではなく、クラス内の他の考えに触れ、自らの考えを深めることができるのではないかと考えた。



図5. 化学基礎「物質量」の単元におけるグループワークの様子

この単元のグループワークの最後に行ったアンケートによれば、ルーブリックで取組状況 A 評価以上、理解度 A 評価以上であった生徒は 74 %であり、多くの生徒がグループワークにしっかりと取組み、物質量に関する理解を深めたと考えられる(表3)。また、単元の間と単元末で同一のアンケートを実施し、生徒の理解度を見た。単元の間と比べ、後半の方が扱う内容の難易度は高くなったため、全体としての理解度は下がってしまった。しかしながら、相関表で見た場合 70 %程度の生徒は理解度を維持しており、難易度が上がっても一定水準の理解度を保つことができていることが分かった(表4)。したがって、グループワークを通じ、物質量の概念や考え方を理解させることができたと考えられる。グループワークの実施そのものに対する生徒のとらえ方は肯定的な意見が大半であるため、今後は生徒の理解度を維持するだけでなく、さらに向上するためのグループワークのあり方について検討していく必要があると感じている。

表3. グループ学習後の生徒自身のルーブリック評価

評価	S	A	B	C
グループワーク	グループワークに自ら積極的に取り組み、十分な協議ができた	グループワークに積極的に取り組み、話し合いを進めることができた	グループワークにある程度取組むことができ、ある程度話し合いもできた	あまりグループワークに取組むことができず、話し合いが不十分であった
人数	8	21	9	1
物質量の理解度	物質量について十分理解し、反応式を立てて、計算問題を自分で解くことができる。	物質量について理解し、反応式を見ながら計算問題を自分で解くことができる。	物質量についてある程度理解し、教科書等を調べたりしながら計算問題を解くことができる。	物質量についてあまり理解ができておらず、調べても計算問題は自分で解くことができない。
人数	6	23	9	1

表4. 単元の間及び単元末でのアンケート結果

Q4. 物質量の理解について、あなた自身の理解度を5点満点で採点すると何点ですか。
 ① 1点 ② 2点 ③ 3点 ④ 4点
 ⑤ 5点 ⑥ 0点

Q5. 今回は「物質量の計算」に関してグループワークを行いました。このことについて
 ① 良かった
 ② どちらかといえば良かった
 ③ どちらかといえば悪かった
 ④ 悪かった

【Q4の相関表】

単元末 Q4	5			①	①	②		
	4			④	⑫	1		
	3		①	①	6	1		
	2			2	1			
	1			1				
		1	2	3	4	5		
中間Q4								

【単純集計】 ※ 欠席者等の関係で、人数が一致しない。

Q4

選択肢	①	②	③	④	⑤	⑥	計	平均点
中間	0	2	9	23	4	0	38	3.76
単元末	1	4	10	20	4	0	39	3.56

Q5

選択肢	①	②	③	④	計
中間	32	6	0	0	38
単元末	30	9	0	0	39

5 天然有機化合物の同定実験

北海道立教育研究所附属理科教育センターの実験パック「天然有機化合物の同定実験」を利用し、探究型グループ実験を実施した。探究的な実験活動を通し、私は実験に対して見通しを持って主体的に取り組む姿勢や化学現象を分析し判断する力を身につけさせたいと考え、次のとおり実施した。

- ① 実験の前時（授業教室で実施）
 3人または2人のグループごとに、アミノ酸やタンパク質の性質について授業で学んだ内容を整理し、未知試料6種の同定の方法を検討させた。また、本年度（2019年度）については前述の「ミニ黒板」を利用した発表活動を行った。
- ② 実験当日
 班ごとに決めた実験手順に従い実験を行った。実験を行っている過程で生徒が追加で必要と考える実験があれば、追加で実施した。
- ③ 実験後
 実験内容について、通常の実験と同様、レポートの返却に合わせ簡単な振り返りを実施した。

生徒自身が未知試料を同定するという実験はあまり取組んだことがなく、生徒は事前学習やグループワークを通じ既習の事項について再確認し、最小手数で実験を終了する方法についてよく考えていた。実験の当日もおおのおおが考えた方法に従って実験をすることで、1つ1つの実験操作の意味をよく考え、実験全体を見通し主体的に実験に取り組むことができていた(図6)。このことは、本年度のグループワーク及び実験計画の立案に関するルーブリック評価でA以上となる生徒は多数であることからいえる(表5)。



図6. 天然有機化合物同定実験の様子(左上は事前学習、他は当日の様子)

表5. 2019年度実験実施後のルーブリック評価

評価	S	A	B	C
グループワーク	グループワークに自ら積極的に取り組み、十分な協議、考察ができた	グループワークに積極的に取り組み、話し合いを進めることができた	グループワークにある程度取組むことができ、ある程度話し合いもできた	あまりグループワークに取り組むことができず、話し合いが不十分であった
人数	16	18	0	1
実験計画立案	グループで満足できる適切な実験計画を立てることができた	グループでしっかりとした実験計画を立てることができた	グループでやや不十分な内容であるが、実験計画を立てることができた	グループで実験計画を立てることができなかった
人数	16	19	0	0

さらに、天然有機化合物に関する理解度について問うたところ、全体の平均点が7.35点(10点満点)となり、実験を通じて天然有機化合物について理解が深まったと考えられる(表6)。また、このようなグループワークに対する生徒の意見としては肯定的なものが多く、このような実験は生徒にとって受け入れやすいものであると考えられた。

