

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：99999
研究種目：奨励研究
研究期間：2020～2020
課題番号：20H00901
研究課題名 高等学校化学実験における実験計画立案が及ぼす効果の研究

研究代表者

北川 輝洋 (Kitagawa, Teruhiro)

千葉県立千葉東高等学校・・千葉県立千葉東高等学校教諭

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 350,000円

研究成果の概要：高校の化学基礎における「実験計画の立案」を意識した教材の開発を行なった。化学結合の「結晶の同定」を題材に、実験計画の立案を含む授業を行ったところ、実験への取り組みが積極的になり、95%以上の生徒が報告書を提出した。また多くの考察記述では、根拠として実験結果がしっかりと述べられていた。事後アンケートの結果では「自分で計画した実験を行うことは達成感があった」と回答した生徒は9割にのぼった。実験計画立案の導入は、生徒の心をくすぐる効果があり、探究的な学びの教材となることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高校理科では自らの考えを導き出す探究活動の充実が重点目標に置かれているが、具体的な指導法はほとんど示されていない。生徒の問題解決能力・問題発見能力育む必要性を強く感じ、これまで高校3年生の化学で実験授業を行う際の実験計画の立案を実践し、実験への取り組みの改善、考察記述の変容をもたらすことがわかった。ここでは高校1年生の化学基礎「結晶の同定」で実践を行い、実験計画の立案が、資質能力を育成するための高校化学教育の教材の一つとして有用であることがわかった。また本実践を通して、物質の密度について苦手意識を持っている生徒が多いことが明らかになり、今後の課題と感じた。

研究分野：化学教育

キーワード：実験計画の立案 結晶の同定 探究 密度

1. 研究の目的 当研究は「高校化学の実験授業における実験計画の立案に特化した教材」の開発・検討をすることを目的とした。化学基礎の結晶の同定実験において、自らの考えを導き出す探究的な学びの一つとなるべく、実験計画の立案という課題発見的活動を導入した教材開発を行い、立案された実験計画や考察記述の内容を調べ、生徒のどのような資質・能力を育むか、という観点で分析・検証した。
2. 研究成果 ここでは「結晶の同定実験」において、生徒による実験計画の立案・実験結果・考察記述をもとに、1. 研究結果、2. 研究のまとめ、を研究成果として報告する。

2-1 研究結果

(1) 相互評価を利用した考察記述の書き方指導 (高校1年生化学基礎)

考察記述の書き方を意識させるために「リベッツヒ冷却管の水を下から上に流す理由を説明する」の記述において、相互評価を行った。過去の実践からは、多くの生徒が「考察記述に必要な根拠を挙げない」ことが、明らかになっている。今回の相互評価では、根拠を挙げることの必要性を意識させることが目的であったが、従来の相互評価と同様に生徒は必要な根拠が挙げることについての意識が低く、「蒸気を冷却する」ことについて挙げている割合は最初の記述で20名程度(6%)であった。相互評価後の書き直しにおいて192名(60%)程度に上昇したことより、根拠の必要性の意識づけには効果があったと考える。

(2) 結晶の同定における実験計画の立案および実験 (高校1年生化学基礎)

化学結合のまとめとして「6つの結晶を特定しよう」を設定した。結晶は水晶、ショ糖、食塩、ポリエチレン、ポリプロピレン、スズとし、6つの結晶を同定するためにはどのような情報が必要かを考え、実験を計画し、その実験を実施する、という流れで、ワークシートを利用しながら実施した。ここでは、プラスチックであるポリプロピレンとポリエチレンの二つは密度の違いによる分別が可能であるが、どちらも水に浮いてしまうことで密度(体積)が測定しにくい点を「仕掛け」として設定した。

(ア) 生徒が立案および実施した内容

生徒の立案および実施した実験内容を図1に示す。最も多くの生徒が実施したのは「結晶に電気が通るか調べた」で175名であった。電気伝導性については初めからワークシートに記載してあったが、授業内で行わなかったため、実施した生徒が多かったと考えられる。次に「水に対する浮き沈みを調べた」が多く、半数以上の171名の生徒が密度に関する実験を行ったことになる。

図1 生徒の立案した内容 (全305名複数回答)

No	実験内容	人数
1	結晶に電気が通るか調べた	175
2	水に対する浮き沈みを調べた	171
3	結晶が水に溶けるかどうか調べた	159
4	結晶や溶液の密度を計算して求めた	102
5	結晶の融解のしやすさを調べた	86
6	結晶の水溶液に電気が通るかどうか調べた	78
7	他の溶液に対する浮き沈みを調べた	64
8	結晶の割れかたを調べた	46
9	その他の実験を行った	36

これは授業内の実験で確定できなかったポリエチレン・ポリプロピレンの密度を調べる比較する手段の一つである。ただし実際にはどちらも水に浮いてしまうので、この方法だけでは密度の比較ができず他の方法が必要になる。3番目に多かった実験は「結晶が水に溶けるかどうか調べた」で、これはショ糖や食塩など2つ目の証拠を得るために行ったものと考えられる。「結晶や溶液の密度を計算して求めた」は2や7の浮き沈みの結果を受けて密度を求めようとしたものである。「融解のしやすさを調べた」はプラスチックの軟化点を比較しようとしたもの、「他の溶液に対する浮き沈みを調べた」は水に対する浮き沈みでは判断つかないので、エタノールを用いて行なったもので、実施した64名は正解者数65名にほぼ等しい。その他の実験として「硬度計を用いた硬度の計測」「圧電効果による水晶の確認」「太陽光によるプラスチックの劣化の比較」などがいた。エタノールを用いて密度を比較した計画の例として、生徒aの実験計画と結果を挙げる。生徒aは最初に全ての結晶を水の中に沈めて体積を計測しようとしたが、2つのプラスチックが水に沈まなかったため、水より密度の小さいエタノールを用いて両者を沈めてから少しずつ水を加えていき溶液の密度を上げ、先に浮いたものを密度が小さい方とすると計画されている。

(イ) 考察記述の内容 6種の結晶の同定の正解数

提出された305名の考察で、水晶、ショ糖、食塩、スズの正解率は100%であった。しかし、ポリプロピレン、ポリエチレンの正解率は低く、理由まで正確に書かれていたものは図2に示すとおり65名中、約20名であった。ここでは、エタノールなどの溶液を用いて密度を比較した、円柱であることを利用して体積を求め、それを利用して密度を求めたもの、重りを用いて水に沈めて体積を求めたものが含まれる。誤答の内容を分析してみると、密度が正確に測れていない、方法は工夫されていたが正しく計測できていない、計算が間違っている、など水による浮き沈みまではたどり着くが、その後のポリプロピレン、ポリエチレンの識別を誤ってしまった例がほとんどであった。特に軟化点での識別・色での識別のみで判断した生徒が200名以上と大多数おり、さらに

図2. 正解した生徒の実験方法(人)(全65名)

エタノール-水混合液	33
エタノールに水	17
水にエタノール	3
エタノールに沈めて体積・密度	5
重石で沈めて体積・密度	5
水を加熱して密度を小さくする	1
円柱の体積から密度	1
正解した生徒(合計)	65

ほとんどはポリエチレンとポリプロピレンを逆に判断していた。またこの方法でも、結果的には正解となる判断を下した生徒が65名いたが、実験方法が正確ではいとして誤答に含めた。先に述べた正解65名以外の80%が正解にたどり着けなかったことになる。

(ウ) 事後アンケートより(対象307/全320名)

報告書の提出後、生徒対象にアンケート調査を実施した。調査内応は、探究的な活動について自由記述を含め(1)～(6)の6項目で、結果を図4に示す。「(3)自分で計画した実験を行うことは達成感があった」「(5)このような課題はやりがいがあった」に関して「とてもそうだ」・「まあそうだ」と回答した生徒は9割程度にであり、探究的な活動に関して、多くの生徒が肯定的に捉えているということがわかった。ただし「(2)実験を計画することが楽しかった」に関しては、60名(2割ほど)の生徒が「あまりそうでもない」・「そうでもない」と否定的な回答をした。探究的な活動には関心があるが実験計画を立てることについて苦手意識を持つ生徒が多いことが改めてわかった。

図4. アンケート結果 探究的な活動について

	(1)一生懸命取り組んだ		(2)実験を計画するのは楽しかった		(3)計画した実験をするのは達成感		(5)やりがいがあった		(6)またやりたい	
	人	%	人	%	人	%	人	%	人	%
とてもそうだ	164	53	73	24	149	49	142	46	89	29
まあそうだ	134	44	174	57	122	40	141	46	179	58
あまりそうでもない	9	3	57	19	35	11	23	7	38	12
そうではない	0	0	3	1	1	0	1	0	1	0
	307	100	307	100	307	100	307	100	307	100

資料1. アンケート結果 自由記述

- ・今回の実験ではスズが見ただけで判別できてしまったのもう少し判別の難しい物質を比べたい。
 - ・判別する物質がプラスチック以外は簡単すぎたように感じた。もう少しレベルの高い判別もやってみたい。おもしろかった。
 - ・目的を自分で考えてから行う実験だったので難しかったが、その分やりがいを感じた。
 - ・自分で実験内容を考えるのは初めてで、難しかった。
 - ・プラスチックの見分けがつきませんでした。次にこのような活動をするときはもう少し実験の種類を増やそうと思いました。
 - ・あまり自分だけで計画を立てるといことはなかったので失敗はあったが自分でできるようになったら楽しいだろうし良い機会だと思った。
 - ・とても大変でしたがやりがいを感じました。
 - ・今回の探究課題では、たくさんの実験を行い、様々な視点から各々の物質について調べられてよかったです。貴重な実験をすることができて楽しかったしとても勉強になりました。
 - ・これまでの実験よりもはるかに集中して神経を使って取り組めた実験でした。しかしこれが本当の実験だと思うので、次はもっと他の物質でも挑戦したいです。
 - ・もっと早くから実験に取り組めばよかった。そうすればさらに多くの実験ができたのではないかと思います。2年生の夏もし探究の活動があったら今回よりもっと深く探求したい。
 - ・従来の探究とは違い、自分で思考し実験をすることが今までに経験なかったので、このような経験を積み重ねることが自分の知識を深めることにつながると感じました。
 - ・難しかったが発見したこともあったためまた探究的な活動に取り組んでみたい。
 - ・CとDの物体の体積を円柱の公式を使って求められることがわかったときとても嬉しかった。
 - ・自分で一から計画を立てて実験する難しさを実感しました。失敗を恐れないようにしたいです。
- 今までやった課題の中で一番やりがいを感じました。
- ・結晶の融解のしやすさを熱湯を用いて調べた実験では失敗となってしまったが、ポリエチレンには種類があることなどのより深い知識を得ることにつながったためよかった。
 - ・初めて自分で一からどのような実験をするか考え行こうことができたのでとても興味深かったです。

2-2 研究のまとめ

「自分自身で実験計画を立案・実験実施・結果の処理」という経験を通した「実験計画を改善・再実験」という探究的な活動は、時間的な都合で実施が難しいのが現状である。これまで「結晶の性質を調べる」では、ショ糖や岩塩など結晶2、3種類を用いた簡易的な実験であったので確認実験としての扱いが多かった。しかし今回の様に金属やプラスチックを含めて結晶の種類を増やすことで、密度や融点などの性質の幅が広がり、検証方法も多岐にわたる。そのことが「どのような検証をして、その結果をどう結論づけていったのか」に重点を置くことができるようになるので、探究的な活動が行いやすくなったと考える。事後アンケートや報告書を通して、今回のような探究的な実践が十分に生徒の心をくすぐることができたことがわかった。「探究的な活動に対して食欲な生徒が多いこと」を再認識することができたことは大きな収穫であった。さらに実験計画の立案が苦手な生徒が多かったこと、また考察記述では数値を用いずに見ただけで判断して結論づける生徒が多かったこと、密度に関しては苦手意識が強いこと、など教員のみではなく生徒に対しても現状を把握できるきっかけになった。科学的に立証するには数値が必要であることをこのような実践を通して実感できる良い機会となる。日頃の実験授業では、時間的制約を理由に探究的な活動から遠ざかってしまっているが、今回のような実践を年に数回でも取り入れることができれば、日頃の授業改善につながると考え、方法等を改善しながら続けていきたい。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 北川輝洋
2. 発表標題 遠隔授業での相互評価の活用 自宅学習期間における化学実験授業での実践と分析
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
後藤 顕一	(Goto Kenich)