

実践報告 3 化学分野における授業モデルの提案 2

－化学分野における「三つの視点」を踏まえた授業改善－

1 はじめに

平成 28 年 12 月 21 日に次期学習指導要領等改訂の基本的な方向性と、各学校段階、各教科等における改訂の具体的な方向性を示した中央教育審議会の答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」が示された。この中で特に注目されるものの一つが、「主体的・対話的で深い学び」（「アクティブ・ラーニング」の視点）である。

高校理科における「主体的な学び」としては、学習内容に興味や関心をもち、既習の知識等を活用しながら見通しをもって粘り強く観察・実験に取り組むとともに、結果等を振り返りながら考察を深め、次の学習につなげる活動が考えられる。

また、高校理科における「対話的な学び」としては、観察・実験等で目にした現象について自分の考えをまとめるとともに、それを基に他者と意見交換や議論をすることで、新しい考えを導きだし、自分の考えをより妥当なものにする活動が考えられる。

さらに、高校理科における「深い学び」としては、観察・実験の取り組み方や結果、他者との討議の内容を踏まえて自分の課題を見だし、その解決を目指して新たな学習に取り組んでいく活動が考えられる。あわせて、さまざまな観察・実験の経験を基に目的、場面、状況等に応じて発揮すべき技能を判断したり、他者とのよりよい関わり方を学んだりすることも「深い学び」につながる。

本研究では、上記の考え方に沿う形で「化学基礎」「化学」の各単元において授業改善に取り組んできたが、本稿では、「化学」における「金属イオンの沈殿反応」を題材としたパフォーマンス課題「金属イオンを含む廃液を処分する方法を見いだす」によるアクティブ・ラーニングの実践について、報告する。

2 研究の目的

本研究で授業改善に取り組むに当たって、「既習の知識を組み合わせるパフォーマンス課題を工夫することで、生徒は主体的に課題に取り組み、思考力・判断力・表現力を発揮するであろう」と考えた。また、「生徒同士で協働的に学習する機会を設定することで、生徒は自分の理解や考えを深めることができるであろう」と考えた。これらを達成する手だてとして、パフォーマンス課題の中に日常生活や実社会に関わる内容を含めたり、授業展開において個で考える場面とグループで考える場面を設定したりするなど、教材と授業展開の両方から、生徒の実態に合わせた工夫をするようにした。

そこで本研究では、パフォーマンス課題の内容に応じて次に示す視点から、「主体的な学び」「対話的な学び」「深い学び」の実現を目指した。

(1) 「主体的な学び」の実現に向けて

班ごとに異なる 2 種類の金属イオンの分析を担当することにして、それぞれの班で、割り当てられた金属イオンが沈殿を生成する条件を求める実験に取り組んだ。実験後に、全ての班が実験室の黒板の指定された箇所に結果を記入し、全 6 種類の金属イオンに関する結果が揃ったところで「工場や水処理施設では重金属イオンをどのように処分しているか」という課題について個々の生徒で考察し、結論をまとめる時間を設けた。

このように、協働して実験を行った後に自分の力で考察し結論をまとめる活動を通して、生徒の「主

体的な学び」の実現を目指した。

(2) 「対話的な学び」の実現に向けて

本実践のパフォーマンス課題では、ワークシートに実験手順を示さず、班ごとの協働的な活動を通して実験方法を考えるようにした。「産業廃棄物である金属イオン廃液がどのように処分されているのか」という問いについて生徒同士で自分の意見を示しながら話し合い、それを踏まえて実験方法を考える時間を設けた。意見交換を通して自らの考えをより妥当なものにする学習場面を設定することで、「対話的な学び」の実現を目指した。

(3) 「深い学び」の実現に向けて

パフォーマンス課題を通して生徒に身に付けさせたい力を定めるとともに、化学を学ぶ意義や有用性を感じ、今後の学習への意欲の向上につながるパフォーマンス課題を考えた。本稿で紹介するパフォーマンス課題では、講義形式の授業で学習した「金属イオンから沈殿が生成する反応の仕組み」が、そのまま環境保全対策として世界的に活用されている事実に基づいて、実験に取り組み考察した。このように、既習の知識を日常生活と結び付けて活用する場面を設定することで、「深い学び」の実現を目指した。あわせて、他の実験を通して身に付けた観察・実験の技能を発揮することで、「深い学び」の実現を目指した。

3 研究の方法

(1) 学習内容

3年生生理系の3クラスを対象に、「化学」の「金属イオンの沈殿反応」において、下記のようなパフォーマンス課題を考え、実践した。

多くの教科書には「金属イオンと電解質水溶液を混合すると沈殿が得られることを確認する実験」と「未知の金属イオンを含む水溶液を生徒に与え、実験を通じてそのイオンの種類を特定する探究活動」が記載されているが、これらの実験や探究活動に取り組むことによって、生徒は教科書で学習した知識を確認することはできても、実験結果を日常生活や実社会と関連付けて考えることはできない。したがって「主体的・対話的で深い学び」を実現させるには、この実験に取り組むだけでは不十分であると考えた。

そこで、産業廃棄物業者が環境保全として行っている「 $pH=9\sim 10$ の条件で金属イオンを水酸化物として沈殿させ、その固形物を地下に埋め立てる処理工程」を授業で活用することにより、生徒が既習の内容を実社会と結びつけて考え、興味関心をもって実験に取り組むことができるようにすることを狙った。

(2) パフォーマンス課題

水溶液に含まれる金属イオンが沈殿する最適条件を実験により確認し、その結果を基に廃液中に含まれる金属イオンの効果的な処理方法を考察する。さらに、工場や水処理施設では重金属を含む廃液をどのような方法で処分しているのか考える。

(3) 実施計画

- | | |
|----------------------------|----------|
| ① 典型元素の性質 (Na, K, Ca など) | 3時間 |
| ② 両性元素の性質 (Al, Zn, Sn, Pb) | 3時間 |
| ③ 遷移元素の性質 (Fe, Cu, Ag など) | 3時間 |
| ④ 金属イオンの沈殿反応のまとめ | 1時間 |
| ⑤ パフォーマンス課題による探求的な活動 | 1時間 (本時) |

(4) 本時の展開 (50分)

学習段階	学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入 (5分)	前時までの学習内容の確認 本時の学習内容の確認	<ul style="list-style-type: none"> 本時の目標および活動の流れを理解する。 何をまとめ、何を考察するのか確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の到達目標について、共通理解を得ることができるようにする。
展開 (35分)	① 班での話し合い (4分) ② 実験の確認 (4分) ③ 実験と記録 (20分) ④ 考察と発展 (7分) ⑤ 自己評価	<ul style="list-style-type: none"> 実験の手順を班ごとで考える。 実験手順の留意点について考える。 班ごとに、2種類の廃液を担当し最適な沈殿条件を探す。 実験条件と結果を、黒板の指定された箇所に書く。 6種類の実験結果を基に、一人で考察する問いに取り組む。 主体的に課題に取り組めたかどうか、自己評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> 主体的に参加するように促す。 薬品を扱う際の留意点は、丁寧に説明する。 錯イオンに留意し、実験の流れの見通しを立てるよう促す。 積極的に意見を出すよう促す。 必要に応じて、実験をうまく進められない班を支援する。 実験結果に基づいてワークシートに記述するよう促す。
まとめ (10分)	本時の学習内容のまとめと後片付け	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習内容を確認する。 試験管を片付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 金属イオンを含む水溶液は、流しに廃棄せず全量を回収することを指示する。

(5) 授業の様子

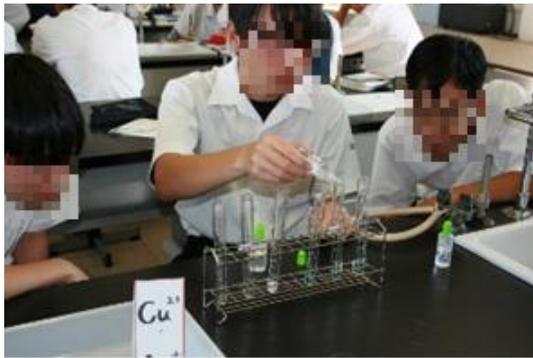
大きなトラブル等もなく、上記の展開に沿って授業を実施することができた。既習の内容を再確認した上で、生徒にこのパフォーマンス課題に取り組む目的を伝え、見通しをもって実験に取り組むよう工夫したため、どの生徒も指定された時間を有効に活用して、積極的に実験と考察に取り組むことができた。全ての班の結果を確認してから、生徒は一人で考察する問いに取り組んだが、実験時と同様に意欲的に考察し、まとめることができた。



パフォーマンス課題の目的を説明



既習の金属イオンの反応のまとめ



実験の手順を協議して考える様子



実験に取り組む様子



実験結果を黒板にまとめる様子



個別に結果をまとめ、考察する様子

(4) ルーブリックを用いた評価

本実践のパフォーマンス課題では、次のようなルーブリックを用いて評価を行った。それぞれの評価のポイントで50%以上の生徒がレベル2以上になることを期待して、評価の判断の基準を定めた。なお、一人で考察する問いのレベルについては、30%から50%程度の生徒が正しい考え方を導くことが期待できる内容にした。

評価のポイント	評価の観点	レベル3 (十分に満足)	レベル2 (おおむね満足)	レベル1 (努力を要する)	評価の資料
①実験を正確に行い、金属イオンを沈殿させるための適切な条件を見つけることができたか。	【観察・実験の技能】	最適な沈殿条件を導くことができ、実験ノートに詳細に記録することができた。	大まかな沈殿条件を導くことができ、実験ノートに記録することができた。	目的の理解が不十分であり、適切な実験操作を行うことができなかった。	授業者の記録 実験プリント
②班で協力して実験課題を行い、各班の結果を総合的に踏まえ科学的な根拠に基づいて考察できたか。	【思考・判断・表現】	得られた情報に基づいて、他者が読むことを前提として科学的な表現で考察をまとめることができた。	得られた情報に基づいて自分の言葉で考察をまとめることができた。	結果に基づいて考察することができなかった。	実験プリント

4 研究の結果

(1) 評価の分析

本パフォーマンス課題への生徒の取組をルーブリックにより評価した結果と、一人で考察する課題について「 $pH=9\sim 10$ 程度」という正しい考えを導くことができた生徒の割合を、次に示す（資料1）。

【資料1 本パフォーマンス課題の評価の結果】

評価のポイント・観点	評価のポイント① 【観察・実験の技能】	評価のポイント② 【思考・判断・表現】	正しい考えを導くこと ができた生徒の割合
レベル3の割合	88.0%	26.8%	37.0%
レベル2の割合	8.3%	34.3%	
レベル1の割合	3.7%	38.9%	

評価のポイント①（観察・実験の技能）については、レベル3となった生徒が88.0%であった。多くの生徒が実験内容を理解し、金属イオンを沈殿させる適当な条件を見つけることができた。知識の定着と学習への意欲に課題がある本校生徒が初めて取り組むパフォーマンス課題の内容としては、ほぼ適切なレベルであったと思われる。

一方、評価のポイント②（思考・判断・表現）については、レベル3となった生徒は26.8%にとどまった。レベル2となった34.3%の生徒は文章で考察を書いているが、科学的な裏付けが十分示されていない。レベル1の38.9%は未記入または「わかりません」という回答であった。この理由として、実際の授業では指導案の計画よりも実験に多くの時間を要したため、生徒が考察する時間を十分確保できなかったことが挙げられる。生徒の実態を踏まえ、班での実験と個別の活動のそれぞれについて、適切な時間配分を考える必要があると感じた。

総括すると、評価のポイント①は予想を大きく上回るよい結果となり、評価のポイント②はレベル3の割合がやや低かったものの、レベル3とレベル2を合わせると60%を超えていた。いずれも、ルーブリックを作成したときに期待した「50%以上の生徒がレベル2以上になること」を達成できた。また、一人で考察する課題について「正しい考えを導くことができた生徒の割合」は37%であり、事前に想定した期待の範囲内であることから、パフォーマンス課題のレベルは、生徒の実態を踏まえた適切なものであったと考える。

次に、評価のポイント②でレベル3、レベル2と評価した生徒の考察の一部を示す。

<レベル3>

- ・ 水酸化ナトリウム水溶液、またはアンモニア水で水溶液の pH を9から10ぐらいにして、イオンを沈殿させて処理する。
- ・ $pH=9\sim 10$ の間なら全て沈殿して再溶解しないので、 $pH=9\sim 10$ の間になるようにしてから沈殿をろ過する。
- ・ 重金属の廃液の pH を9ぐらいにすると、すべての重金属が沈殿するので、処分できる。
- ・ pH が10になるまでアルカリを加え、ろ過をして有害なものを分ける。

<レベル2>

- ・ pH を12に近づけて、沈殿以外の液体を除く。
- ・ アンモニア水を加えることによって、廃液を処分している。
- ・ 塩基性の液体を使って処分する。
- ・ アンモニアを入れて埋め立てる。

(2) ルーブリックによる評価結果と1学期の成績順位との関係について

参考として、本パフォーマンス課題に関するルーブリックによる評価結果を数値化したものと、定期考査を主とした成績との間に相関関係があるかどうかを、確認した。

ルーブリックを用いた評価において、ポイント①、ポイント②それぞれの評価レベルの数値を点数化すると、生徒は合計で最高6（ポイント①、②の評価がいずれもレベル3の場合）から最低2（ポイント①、②の評価がいずれもレベル1の場合）までの「評価ポイント」を得ることになる。縦軸にその「評価ポイント」を、横軸に1学期の「化学」の総括的評価の判断基準となる順位（定期考査の結果、課題点等をまとめたもの）をとってグラフにするとともに、その回帰分析の結果を示す（資料2）。

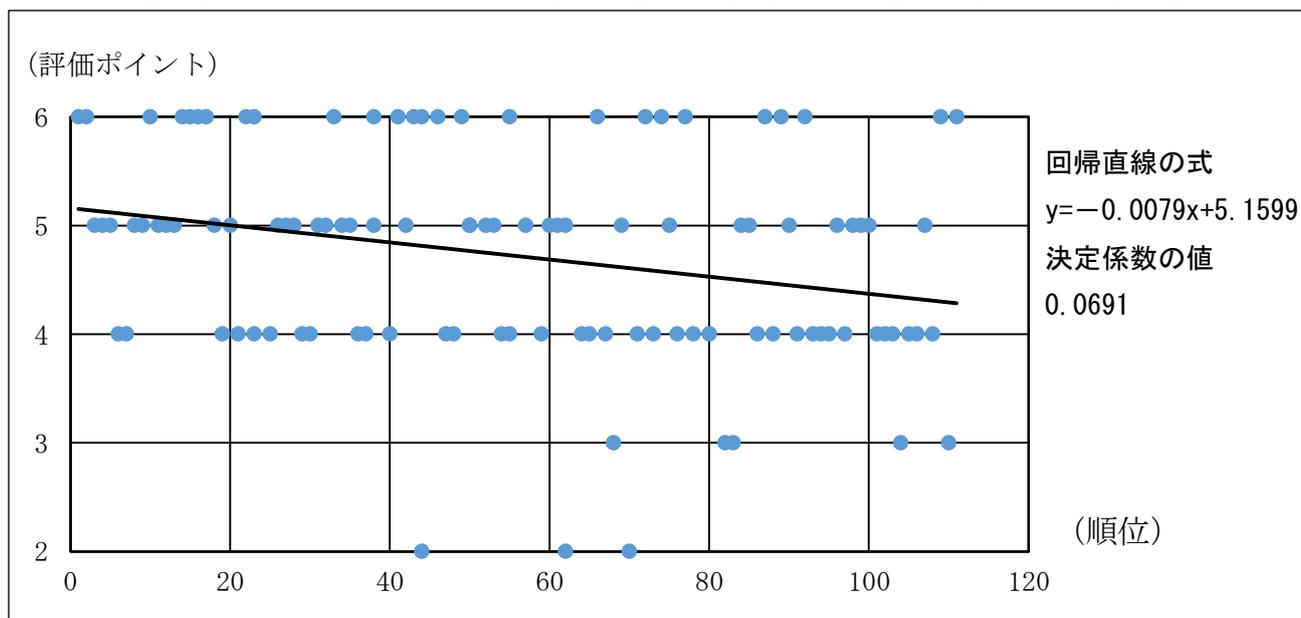
仮に「評定5の生徒の評価点が6、評定4の生徒の評価点が5、評定3の生徒の評価点が4、評定2の生徒の評価点が3～2をとる傾向がある」という仮説が成り立つのであれば、回帰分析によりそれを回帰式（一次方程式 $Y = aX + b$ の形をとる）で表現したときの決定係数の値は1に近くになるはずである。しかし、この「評価点」と「化学」の考査の順位のグラフから得られた結果を、表計算ソフトを用いて分析したところ、決定係数の値は0.0691という0に近い値となった。つまり、本校の生徒にこのパフォーマンス課題を行ったときのルーブリックによる評価の結果と、定期考査を中心とした「化学」の順位との間に明確な相関を見いだすことはできなかった。

当然、1回のパフォーマンス課題の取組と1学期の成績だけで「両者に明確な関係はない」と結論づけることはできないし、あくまで参考としての結果であるが、それでも大変興味深い結果が得られた。

※回帰分析：関係があると思われる二つの変数のうち、一方の変数から将来的な値を予測するための予測式（回帰直線）を求める手法

※決定係数：回帰式が実際のどの程度データ全体に近いのかを示す係数で、一般的に0から1までの値をとる。各データが回帰直線の近くにあるほどその値は1に近づき、高い相関があることを示すが、逆にほとんど相関がない場合、その値は0に近づく。

【資料2 ルーブリックによる「評価点」と1学期の「化学」の成績順位との関係】



5 研究のまとめ

(1) 生徒アンケートの内容

本研究で実践したパフォーマンス課題の効果を検証するために、全員の生徒から次のような質問項目

からなるアンケートをとり、その結果をまとめた。

質問 1 1 今回は、一斉に実験を行わず、みなさんに自分で考えて実験を進め、結論を導いてもらいました。このような実験を、どのように思いましたか。

- ①とても興味をもてた ②まあ興味をもてた
③あまり興味をもてなかった ④興味をもてなかった

2 今回の実験について、自由に書いてください。

質問 2 1 今回の実験の難易度を、あなたはどのように思いましたか。

- ①とても難しい ②難しい
③ちょうどよい ④易しい

2 今回の実験の難易度について、自由に書いてください。

質問 3 金属イオンの沈殿反応の実験では、黒板に記した結果に基づき、一人で考察をしました。今回のような課題実験は、一人で学ぶことに興味や関心をもち、一人で粘り強く取り組むことにつながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

質問 4 今回の実験では、班で話し合っ実験を進めました。今回のような班で行う課題実験は、仲間の考え方から「自分の考え方を深める学び」につながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

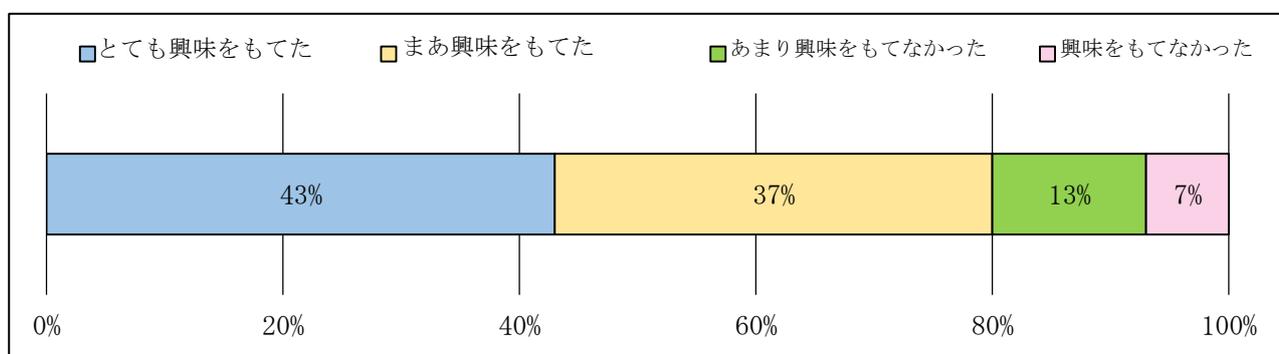
質問 5 今回の実験では、学習した内容がどのように社会で役立っているかを学びました。今回のような課題実験は、単なる暗記ではない「あなたの考えに変化を与える学び」につながると思いませんか。

- ①よくわからない ②つながらない
③少しつつながる ④つながる

(2) 質問 1 の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題への生徒の興味・関心に関する質問 1 では、次のような結果が得られた(資料 3)。

【資料 3 パフォーマンス課題への興味】



80%の生徒が「とても興味をもてた」「まあ興味をもてた」と回答した。多くの生徒が、これまで取り組んできた実験の授業とは異なる生徒の自由度の高い展開を好意的に受け止め、意欲的に活動することができたようである。

次に、この質問の 2 で生徒が記述した感想の一部を示す。

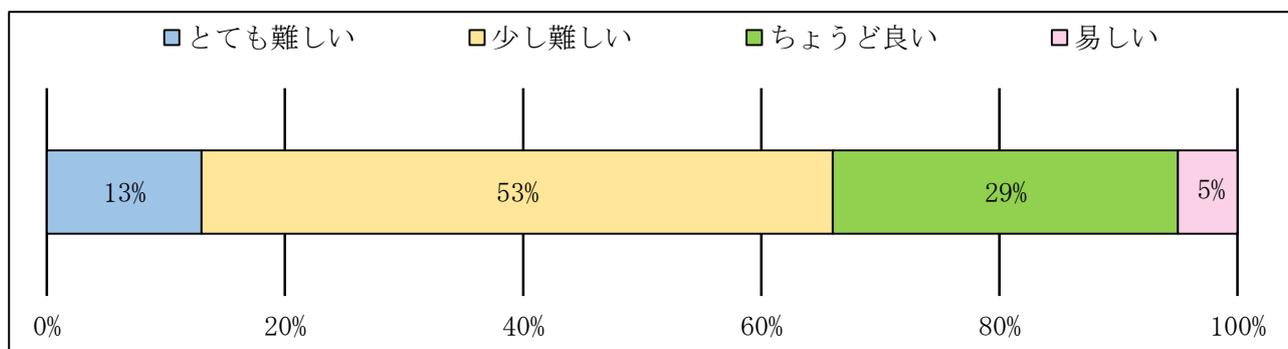
- ・ これまでの実験は、先生の指示を聞きながら取り組んで、答えも全部先生が教えてくれるというイメージだったけど、今回の実験は自分で考えて頭に内容が残るものだった。
- ・ 結果が分からない実験なので、ワクワクする。みんな、いつもよりやる気になっていた。
- ・ 班で協力して答えを出す活動は楽しかったし、記憶にも残った。
- ・ 全部の班の結果を集めてから自分で考えて結論を導く活動は、とても意味があると思いました。
- ・ このような自分たちで考える実験を、これからしてほしい。

これまでさまざまな実験の授業に取り組んできたが、上記の結果や感想から、パフォーマンス課題に取り組むことに、今までにない手応えを感じた。知識の定着に課題のある本校の生徒にとって、このように知識を生きたものとして活用する経験は、大変意義深いものであると感じた。今後も、各単元の探究活動でこのようなパフォーマンス課題を導入し、生徒の化学の学習に対する意欲を高めるとともに、引き続き思考力・判断力・表現力と観察・実験の技能を伸ばす指導法を考えていきたい。

(3) 質問2の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題の難易度に関する質問2では、次のような結果が得られた(資料4)。

【資料4 課題の難易度】



70%近い生徒が「とても難しい」「少し難しい」と回答した。探究的な活動の実験では、それを支える基礎的基本的な知識が必要とされるので、今回のような課題は本校の生徒にとってはやや難しかったと考えられる。

しかし、先に述べた質問1の結果からも分かるように、多くの生徒がこのような課題を好意的に受け止め意欲的に活動できているので、パフォーマンス課題はむしろやや高い難度に設定して、生徒の「挑戦してみよう」という意欲を掻き立てるようにした方がよいのではと考える。

次に、この質問の2で生徒が記述した感想の一部を示す。

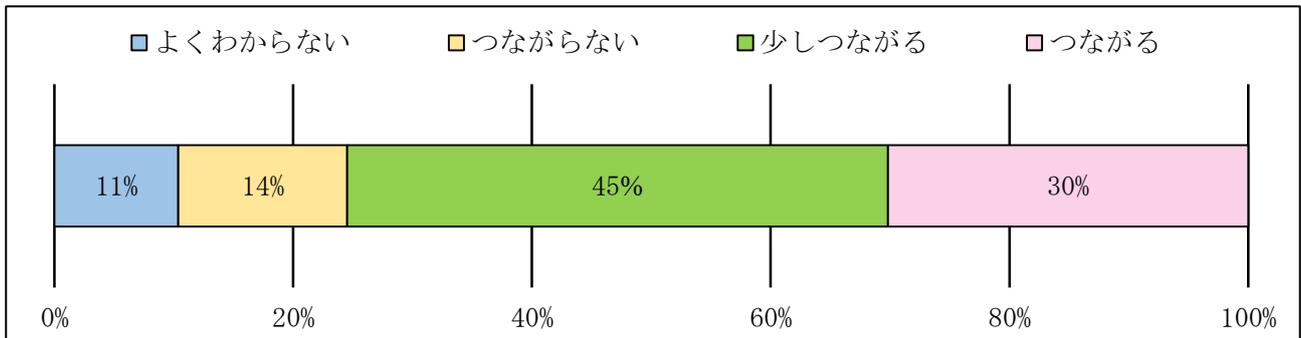
- ・ 先生から事前に「難しいよ」と説明を受けてから実験をやることは、とても楽しかった。
- ・ 決して難しいとは思わなかったが、1時間では時間が短く、バタバタしてしまったのが悔しい。
- ・ あまり分からなかったが、みんなで協力して実験をすることができた。
- ・ 金属イオンの色や変化の仕組みを覚えていないと、やはり難しいと思った。

質問1及び質問2の結果を合わせると、課題の難度をもう少し高くしてもよかったかもしれないが、生徒がある程度パフォーマンス課題の経験を積むまでは、扱う知識の量があまり多くならないようにして、じっくり実験に取り組める内容にした方がよいと思った。今後、教科書の学習が進み、生徒がさまざまなパフォーマンス課題を経験することとあわせて、より幅広い内容を扱う課題に取り組むことができるようにしたい。

(4) 質問3の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒が学ぶことに興味や関心をもち、一人で粘り強く取り組む主体的な学びにつながっていたかどうかを確認する質問3では、次のような結果が得られた(資料5)。

【資料5 一人で粘り強く取り組む主体的な学び】

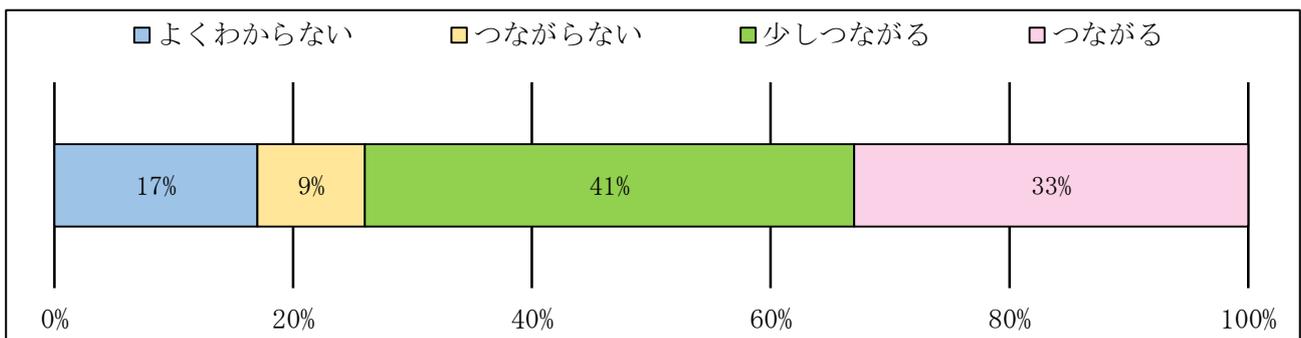


この質問では、予想を大きく上回る肯定的な結果が示された。「つながる」「少しつながる」の回答を合わせると75%に、「つながる」という回答だけでも30%に達した。質問1の生徒の記述にも、生徒同士で協働的に活動することだけでなく、全体の結果をまとめて自分で考える活動の大切さを実感しているものがあったが、パフォーマンス課題を用いた授業ではグループ活動のみに取り組むのではなく、「まず個で考える。次に、それを生かしてグループでの活動に取り組む。そこで得られた知見や気づきを踏まえ、再度個に戻って考え直す。」という三段階の展開が大切であると感じた。メタ認知的な活動の重要性もさまざまなところで言われているが、パフォーマンス課題では、まさにメタ認知的な活動を主体的な学びに結び付けることができるように授業展開を工夫しなければならないと感じた。

(5) 質問4の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒の考え方を深める対話的な学びにつながっていたかどうかを確認する質問4では、次のような結果が得られた(資料6)。

【資料6 生徒の考え方を深める対話的な学び】

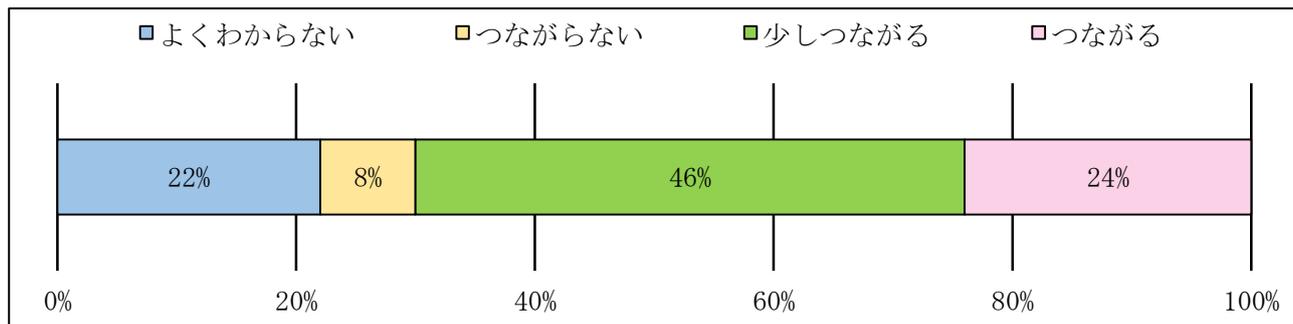


この質問でも、予想を大きく上回る肯定的な結果が示された。「つながる」「少しつながる」の回答を合わせると74%に、「つながる」という回答だけでも33%に達した。これは、自由度の高い活動を通して生徒同士で話し合ったり意見交換したりした経験を、生徒が有意義なものと感じたためであると思われる。経験を重ねることで、より活発なコミュニケーションが期待できそうなので、今後は実験以外の授業でもこのような取組を導入する方法を考えていきたい。

(6) 質問5の回答結果及び分析

本実践のパフォーマンス課題が、生徒の考えに変化を与える深い学びにつながっていたかどうかを確認する質問5では、次のような結果が得られた(資料7)。

【資料7 生徒の考えに変化を与える深い学び】



質問3、4と同様に、この質問も「つながる」「少しつながる」という肯定的な回答をした生徒の割合が、予想を大きく上回った。1回の実験だけで70%の生徒が肯定的な回答をしたことから、今回のパフォーマンス課題の取組が、生徒にとって単に楽しいものであるだけでなく、知識を活用して新しい学びを得る意義やおもしろさを実感できるものであったことを示していると感じた。ただし、質問3、4の結果と比べると「少しつながる」が多く、「つながる」が少ないことから、「初めて取り組むパフォーマンス課題に新鮮な印象を受けたため、肯定的な回答をした」ともとれる。また、「よくわからない」の割合が22%であり、質問3、4、5の中で最も高かったことから、一部の生徒が自分の学びの深まりを実感できていない様子が見えてきた。今後は他の単元でも同様の取組を続け、「つながる」の割合を高くできるようにしたい。

6 今後の課題

次期学習指導要領の改訂に向けた動きを踏まえ、本研究ではアクティブ・ラーニングの視点で授業改善を行うため、既習の知識を組み合わせる取り組みパフォーマンス課題を、観察・実験の授業に導入した。本校のように自己肯定感が低い生徒や、知識・理解の定着に課題を抱える生徒が多い学校でも、パフォーマンス課題には多くの生徒が主体的に興味をもって取り組んだ。また、生徒たちの活動を的確に評価するために導入したルーブリックを用いることにより、「ペーパーテストでは測ることができない見えにくい学力を可視化する」ことを実際に体感できたのは、大変貴重な体験であった。

驚くほどに肯定的だった生徒のアンケート結果が、決して物珍しさから来る興味だけで示されたものではないということを今後の同様の取組を通して証明しなければならないと思っている。今後も各単元の探究的な活動で大小さまざまなパフォーマンス課題に取り組むとともに、ルーブリックの内容の精度を高めたい。あわせて、パフォーマンス課題を取り入れた授業を充実させるために、ふだんの実験以外の授業にも改善の余地がないか検討したい。

参考文献等

- R. ドラン他（古屋光一監訳）『理科の先生のための新しい評価方法入門』北大路書房
- 堀哲夫、西岡加名恵『授業と評価をデザインする 理科』日本標準
- 文部科学省『高等学校学習指導要領』平成21年3月公示
- 中央教育審議会『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』平成28年12月

【資料】

化学実験「重金属を含む廃液をどう処分するか」

【背景】

さまざまな工場や水処理施設では、何トンもの重金属を含む廃液を処分している。河川に捨てることは環境保全に関する法律で厳しく禁じられている。

では、廃液はどのように処分されているのだろうか。班で話し合い、考えたことを記入する。

【課題】

次の廃液（水溶液）を、すべて処分したい。使用できるものは、枠内に示された水溶液と器具だけである。

これらを用いてどのような処理をすればよいか。班で話し合い、処理（実験）の手順を考える。

廃液 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液(), $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液(), FeCl_3 水溶液(),
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 水溶液(), CuCl_2 水溶液(), AgNO_3 水溶液()
※班で指定された2種類の水溶液の()内に○を付けること

<水溶液> 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液 (NaCl aq)
1.0 mol/L アンモニア水 (NH_3 aq, pH = 約 11)
2.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH aq, pH = 約 13)

<器具> 試験管、ピペット、pH 試験紙

【実験の手順】

指定された2種類の水溶液を処分できる条件を検討し、どのような実験を行えばよいか記入する。

【実験ノート】

廃液	加える水溶液	沈殿物色・特徴	沈殿物ができた pH ~ 再溶解した pH
	NaCl 水溶液		
	NH ₃ 水溶液 (pH = 約 11)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaOH 水溶液 (pH = 約 13)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaCl 水溶液		
	NH ₃ 水溶液 (pH = 約 11)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>
	NaOH 水溶液 (pH = 約 13)		<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14</p>

【個別に考察】 上記の結果をふまえ、工場や水処理施設では重金属を含む廃液をどのように処分しているのか、考える。

【発 展】 社会問題となっている福島第一原発の放射性セシウム廃液 (Cs⁺) には、この方法は使えない。その理由を考える。

【自己評価】

- *主体的に実験に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >
- *主体的に役割に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >
- *主体的に考察に取り組めたか
 < できた ややできた あまりできなかつた 全くできなかつた >

組 番 氏名
