

### Ⅲ 理数教育の推進

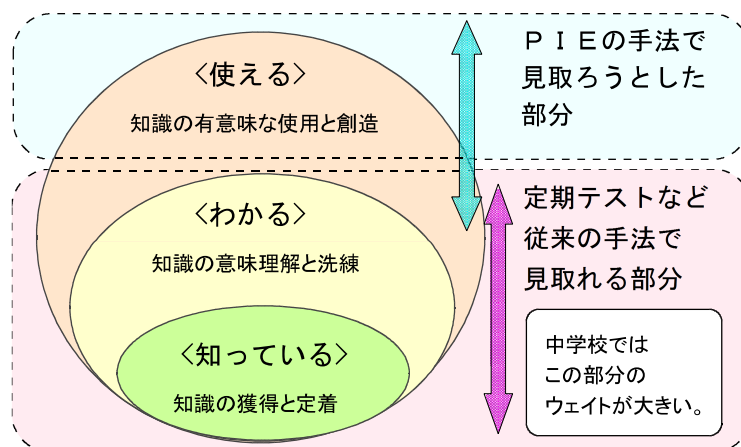
#### 第4章 P I E（生徒主導型の授業）によるA Lの視点からの授業づくり 【中学校理科】

##### 1 基本的な考え方

平成29年7月に公示された中学校学習指導要領の総則では「主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を通して、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する」ことを通して、「生徒に生きる力を育むことを目指す」とある。更に理科の目標としては「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力」の育成が必要であるとしている。学校における観察、実験は科学の現象や法則を確認するために行うことが多いが、主体的・対話的で深い学びを成立させるためには、科学的な探求活動を行い、既習の知識をつかって自分たちで設定した目標に近付こうとして、意見を出し合いながら納得解を導き出すことが必要ではないかと考えた。

また、平成29年度の全国学力・学習状況調査学校質問紙調査の結果から「授業の中で目標を示す活動を計画的に取り入れ了吗か」という質問に対し「よく行った」と回答した奈良県の中学校の割合は全国平均の65.4%と比較して36.2%と低く、「授業の最後に学習したことを振り返る活動を計画的に取り入れ了吗か」においても全国平均の43.2%と比較して25.7%と低かった。文部科学省によると、授業の冒頭でめあてやねらいといった目標を示す活動や授業の最後に学習したことを振り返る活動を積極的に行った学校ほど全国学力・学習状況調査の平均正答率が高く、学習意欲も高いと報告されていることから、日々の授業における目標の確認や振り返りを充実させるための取組が必要であると考えた。

そこで本研究では、①科学的な探求活動の中で、生徒が自分の資質・能力を発揮し、主体的に活動できるための授業展開、②生徒が起点となって広げていく、生徒間の対話を増やすための工夫、これらに加えて、③充実した観察、実験の振り返りによって、学びを深めることを目標に、中学3年生の理科において研究を進めた。具体的な方策として、その単元の学習で得た知識を基に、有意義な文脈の中で活用するようなパフォーマンス課題に取り組むことが、振り返りに有効であると考え、実践を行った。石井(2015)によると、教科内容に関する学びの深さ（学力・学習の質）は、個別の知識・技能の習得状況を問う「知っている」のレベル、概念の意味理解を問う「わかる」レベル、現実世界の文脈における知識・技能の総合的な活用力を問う「使える」レベルの三つがあり、学びの深さを考えるとき、「どのレベルの考える力を育てるのか」ということを意識して考えていくことが重要であると述べている。本研究では、パフォーマンス課題の内容を設定する際、使えるレベルの中から、創意工夫を生かした教育活動を展開し、その評価を基に実践の効果を



『新しい教育評価入門—人を育てる評価のために』石井(2015)より一部抜粋

図1 能力の階層性（質的レベル）を捉える枠組み

分析しようと考えた（図1）。そこで近年の理科教育に関する先行研究の調査を行った結果、高等学校の指導研究において、クラス内で数名の教師役チームを決め、教員とのディスカッションや予備実験を踏まえた上で、教師役のチームに授業を実践してもらおう「Peer Instructing Education」（以下「PIE」という。）教授法が研究されていることが分かった。柳澤（2013）によると、PIEはアクティブ・ラーニングの視点の中でも主体性の向上や対話の充実の手立てとして各地で実践例が報告され、学習効果についても、意欲の向上や学習内容の定着に効果が見られたと報告している。そこで、本研究では、先行研究を基にした中学校におけるPIEのモデル（図2）をつくり、昨年度の研究から明らかになった課題である「付けたい力の明確化」と深い学びを見取る「評価の見通し」に重点を置きながら、実践を行った。

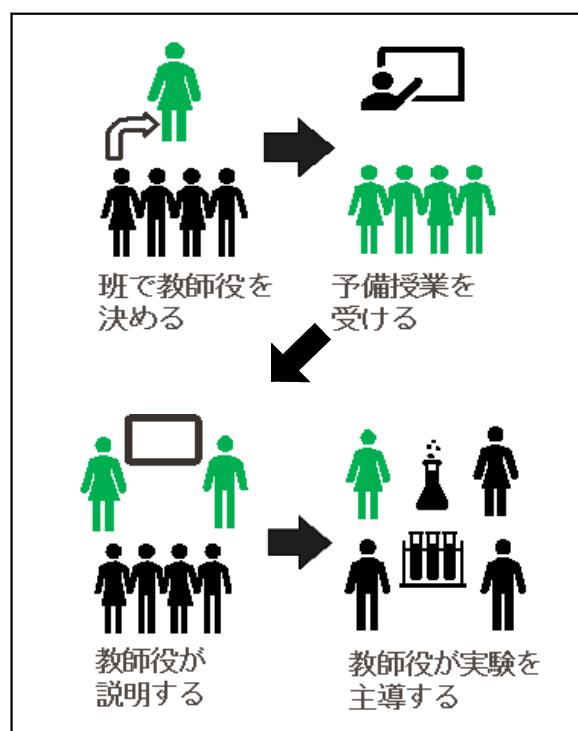


図2 今回実践したPIEのモデル

## 2 研究目的

生徒に付けたい力を意識しながら、深い学びとその見取りに重点を置き、生徒が主導する授業、すなわちPIEでパフォーマンス課題に取り組む。その活動を通してアクティブ・ラーニングの視点からの授業づくりを充実させる方法について探る。

また今回の研究では、研究員が指導する中学3年生の生徒たちの課題を基に、付けたい力を明確にし（表1）、「評価の具体的な方法」として、ワークシートを工夫したり、生徒レポート・感想文に書かれた文章や言葉を読み取ったりすることで「生徒にどのような力がついたのか」ということと、学びの深まりについて見取る手立てを明らかにする。

表1 実践前の生徒の課題と今回の取組で付けたい力

生徒の課題	付けたい力
①指示待ちの生徒が多く、自ら行動を起こし活動の中心になろうとする生徒が少ない。	①自分のもっている力を発揮し、主体的に活動しようとする力
②学習中の発言が少なく、多様なものの見方や、気づきが共有されにくい。	②他人の考えから情報を収集したり、活発に自分の考えを発信したりする力
③観察、実験の結果に関心が低く、失敗しても原因を追究する生徒が少ない。	③観察、実験の結果を記録するだけでなく、結果を考察し考えを深める力

## 3 研究方法

### (1) アクティブ・ラーニングの視点と評価

今回の研究を進めるに当たり、研究員が中学校理科授業づくりにおいて使いやすいスタイルの

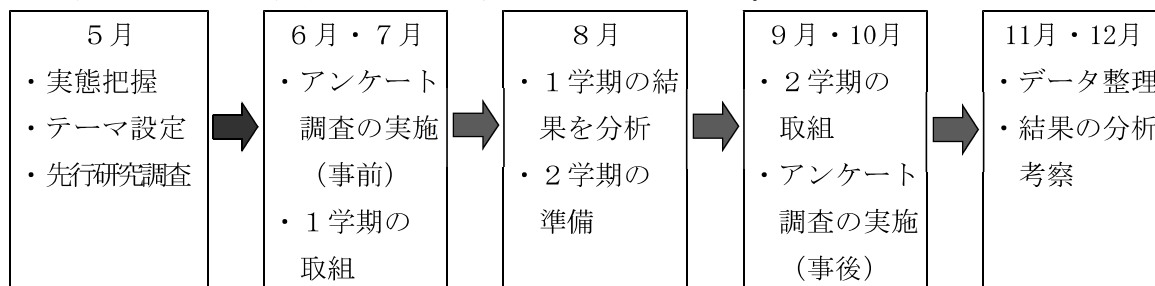
ALプランニングノート（図3）を作成し、授業を進める上での授業構想に生かした。ALプランニングノートは、汎用性の視点から研究員が作成した指導計画表をベースとして作成した。そこにはアクティブ・ラーニングの視点から「主体的」「対話的」「深い学び」の3項目を明示し、これらに関連する学びを記入することを通して、各時間の重点を意識できるようにした。取組後の評価については、客観テスト、授業で使用したノート、制作物に加え、毎時間提出するワークシートの記録や感想文を回収してそこに書かれた文章や言葉から、学びの深まりにつながるような表現について分析した。

中学校3年 理科 アクティブ・ラーニング プランニングノート		単元名	運動とエネルギー	記載日			
3	生徒	観察や実験において説明された通りに行動はできるが、めあてを十分理解し、主体的に設定された課題を解決するところまで意識が高まっていない生徒が少なくない。目の前で起きている事象に対して、多角的な視点から記録し、分析するスキルが不足している。ICTを活用し、自分が得た情報を共有しながら行う授業を体験したことが少ない。		2017/8/7			
3	目標	先立役の生徒が中心となって、課題解決のために主体的に実験を行う。 先立役の生徒が中心となって、円滑に対話を進めながら課題を解決する。 差別的な実験を行うことにより、学習の知識を基に深い学びを得る。					
★はPIE（生徒主導型授業）							
単元名	時	内 容	主 体 的 対 話 的 深 い	ア ク テ ィ ブ ・ ラ ー ニ ン グ の 視 点	開 意 態	思 判 表	扶 知 理
1章	1	力のつり合い 1力がつり合うための条件【実験の】	○	力がはたらいたときの物体の運動に興味をもつ、運動のしかたなどを調べようとする。	○		
	2	2力がつり合う条件を実験によって見いださせる。				○	○
	3	3力がつり合う条件【実験よとの】					○

図3 2学期用の「ALプランニングノート」

## (2) 研究計画

研究計画については以下のフローチャートのとおりである。



実践の最初と最後には、全国学力・学習状況調査の学習に関する生徒質問紙調査の内容を基に作成したアンケートを実施した。回答方法は「4：よくあてはまる」「3：どちらかといえばあてはまる」「2：どちらかといえばあてはまらない」「1：あてはまらない」の4件法とした。集計結果については記入忘れや誤記入について確認した後、4から1の回答を4点から1点に点数化し、学年全体における取組前後の点数の平均値に関して、変化の大きさや、統計学的に有意な差の有無について分析した。さらに、アンケートの裏面には「他の教科で役立つことはあるか。」や「自分ができるようになったことは何か。」等、いくつかの質問に対して、文章で自由に記述できる欄を設け、質問項目以外の意識の変化について調査した。

## (3) 1学期のPIEによる実践

1年生の時から理科の実験は4人班を基本に行っているので、4人をA～Dの4グループに分けて、順番にPIEの教師役として実践を行った（図4）。教師役の生徒の説明のしやすさに配慮して、PIEの授業で用いる資料は、教員が事前にパワ

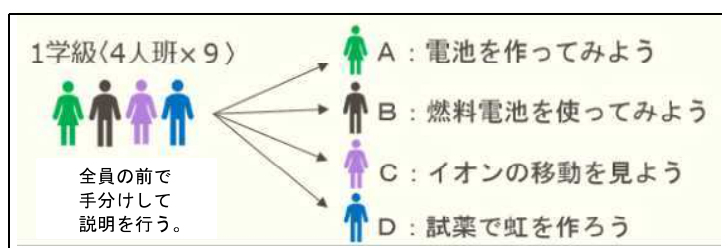


図4 1学期PIEによる指導方法を行った内容

ーポイントで作成したものを電子黒板に提示して説明させた。PIEの授業を行う数日前には、教師役の生徒を理科室に集め、授業のめあてや全体の流れを伝え、各自が説明するパートの役割分担や、各班での実験における注意事項等についての確認を演習実験や予備実験を通して行った。

### ア PIEによる実践事例①

#### 【電池を作ってみよう】（Aグループ担当）

<アクティブ・ラーニングの視点>

**深い学び** モーターがよく回る電池を作るには、どのような工夫をすればよいのか条件を変えながら実験し、知識を相互に関連付けて理想の方法を見付ける。

<授業の様子>

教科書では演習実験として設定されている電池を作ってモーターを回す実験を各班で生徒実験として行った。既習の電池の仕組みと身近なものから電池を作る実験を組み合わせることで二つの課題に取り組ませた。「課題①：電解質水溶液の濃度と電極の大きさが電流の大きさに与える影響は？」と「課題②：手作り電池から得られる電流の大きさを最大にする方法は？」について、どの生徒も教師役の生徒の説明をよく聞き、進んで実験していた（図5）。

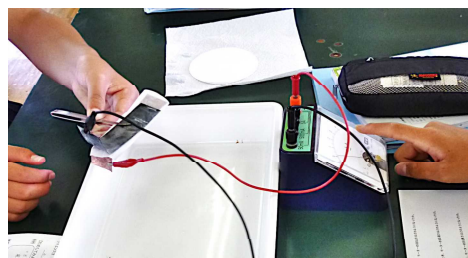


図5 理想の手作り電池

教師役の生徒の中には、事前のレクチャー後に理科室で自主的に予備実験をした生徒もいた。工夫次第で電池の性能が変化するので、予想を基に理想の結果が得られるように、実験中も試行錯誤する姿が見られた。

### イ PIEによる実践事例②

#### 【燃料電池を使ってみよう】（Bグループ担当）

<アクティブ・ラーニングの視点>

**深い学び** 燃料電池を通して現在の環境問題に目を向け、解決策を考えたり、実社会での新たな活用法について創造したりする。

<授業の様子>

水素と酸素から電気を生み出す燃料電池は、教科書において実用化された最新技術の例として紹介のみになっている。しかし今回は燃料電池の長所や実用化に向けての課題について実験を行い、新しい科学技術の有用性について、ワークシートやノートにまとめる等の活動を通して再確認させた（図6）。

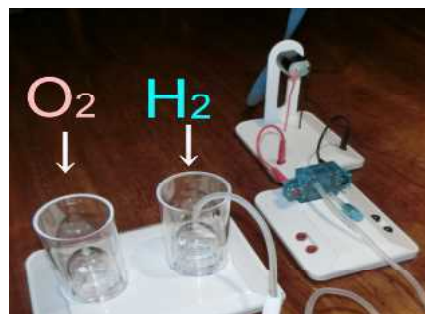


図6 燃料電池実験装置

生徒たちは事前に化学の実験用の電気分解装置では、電流を通しやすくするために、取扱いの難しい水酸化ナトリウムを加える必要があることを学んだ。しかし、燃料電池実験装置では、水のみを原料として安全に電気分解を行い、燃料の水素を供給し続けられ、水だけを排出しながら安定して電気エネルギーを取り出せることに驚いていた。また、欠点として水素の発生のために多くのエネルギーが必要とすることや、発生した水素は引火しやすく非常に軽い気体なので保管が難しいことを実際に体験しながら主体的に学んでいた。

### ウ PIEによる実践事例③

#### 【イオンの移動を見よう】（Cグループ担当）

### <アクティブ・ラーニングの視点>

**対話的な学び** 教師役の生徒を中心として、自分たちが持ち寄った身近な素材を用いて協働的に実験に取り組み、対話を通して自己の考えを深める。

### <授業の様子>

各自が様々な液体を家庭から持ち寄り、それらが酸性であるかアルカリ性であるか活発に意見を出し合いながら実験を行い、それぞれの液体の性質や用途について分類し、考察することで法則性を導き出す実験を行った。指示薬も理科室の薬品ではなく食品として売られているムラサキイモの粉を使った。ムラサキイモの粉はそのままでは容器の底に沈んでしまうので、寒天に混ぜストローに充填したものを大量に用意して実験を行わせた。

生徒たちは、実験の素材が食材なので食べられることに驚いていた。最後のまとめでは、実験を通して、肌に直接触れるものは中性が多く、食材には酸性のもの、台所用や洗濯用の洗剤にはアルカリ性のものが多いことから、分類の目安として「安全性」「保存性」「汚れの種類」など、気付いたことを出し合いながら考えを整理することができた。

授業の後、ワークシートの記述から、「家庭でも様々な液体について調べてみたい」等、自分の身近な物の性質に関心が高まった生徒がいた(図7)。

### エ P I Eによる実践事例④

#### 【試薬で虹の模様を作ろう】(Dグループ担当)

### <アクティブ・ラーニングの視点>

**主体的な学び** 既習の学習内容を活用しながら、与えられた課題に対して、自分たちの想定した結果を求めて、見通しをもって粘り強く取り組む。

### <授業の様子>

この单元では水溶液が指示薬の色の変化によって酸性度を見分けられることを学習した。そこで、この单元で身に付けた実験のスキルや知識を活用し、指示薬にムラサキキャベツの煮出し汁を用いて、試験管の中に指示薬の変色を利用して虹の模様を作るには、どのような方法で行えばよいのかを考える授業を行った。

図8にある方法は教師役の生徒が班の仲間に教え、分量や手順については自由に班で考えさせた。最初はどの班も酸やアルカリを多く入れすぎて、どちらかの液性に偏ってしまい多色に分かれた層を作ることはできなかった。しかし、この実験は可逆的な化学反応のため、何度でもやり直しができるので、試行錯誤しながら美しい模様に近付いていくことに喜びを感じ、主体的に取り組むことができた。

今回の実験では課題の虹の模様を作る過程を通して、新たな発見をしたり、全く予想もしなかった方法を考え出したりする生徒が現れた。その一例として、実験の過程で気泡が発生する事例

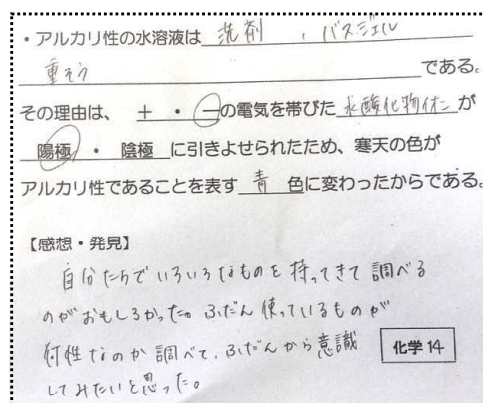


図7 ワークシートの記述の一例

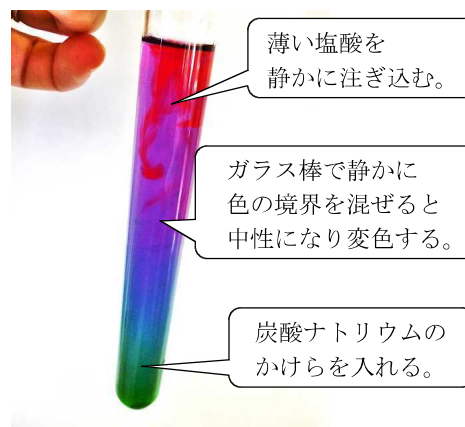


図8 虹の模様を作った様子

について原因を推測したり、一定の厚みをもった中性の層を作るのは難しいので、別の容器で中性の状態を作り試験管内に注ぎ込んで虹を作ろうと試みたりしていた。

#### (4) P I E の効果を高めるために行った実践

これらパフォーマンス課題に取り組んだ後には、P I E を効果的に実施するために、P C を用いた情報収集と発表資料の作成を、教師役の生徒が中心になって進めた。具体的な取組としては、学習した内容についてもっと知りたいことや、関連情報等を調べ、グループで発表し合う時間をもった(図9)。生徒の発表資料は取組後の評価に生かすため、生徒の感想も書き加えて、ネットワーク経由で提出させた。



図9 PCを用いて発表資料の作成

これらの取組の結果、授業で学習した科学の法則や技術が実生活でも数多く利用されていることを知り、理科の勉強は大切だと感じる生徒が増えた(資料6参照)。インターネットで調べることに慣れている生徒が多かったが、文書作成ソフトで資料を作成することには慣れている生徒と慣れていない生徒の差があった。教室の授業では教えられる側になることが多い生徒も、P C の操作に関しては教える側になることも多く、各自の長所を生かして教え合う場面が多く見られた。

#### (5) 2学期のP I Eによる実践

1学期の実践を通して、教師も生徒も授業時間以外に時間を作り出すことが難しいこと、全員の前での発表が苦手な生徒が多いこと、教師役の生徒の口頭による説明だけでは班によって安全面での注意事項の伝達や観察のポイントの伝達に課題があることが課題として見えてきた。また、生徒間で「自己の考えを広げ深める」という点において、グループ活動を更に活発にできるように感じた。そこで、2学期は、教師役の生徒が全員の前で授業を進める方法ではなく、班ご

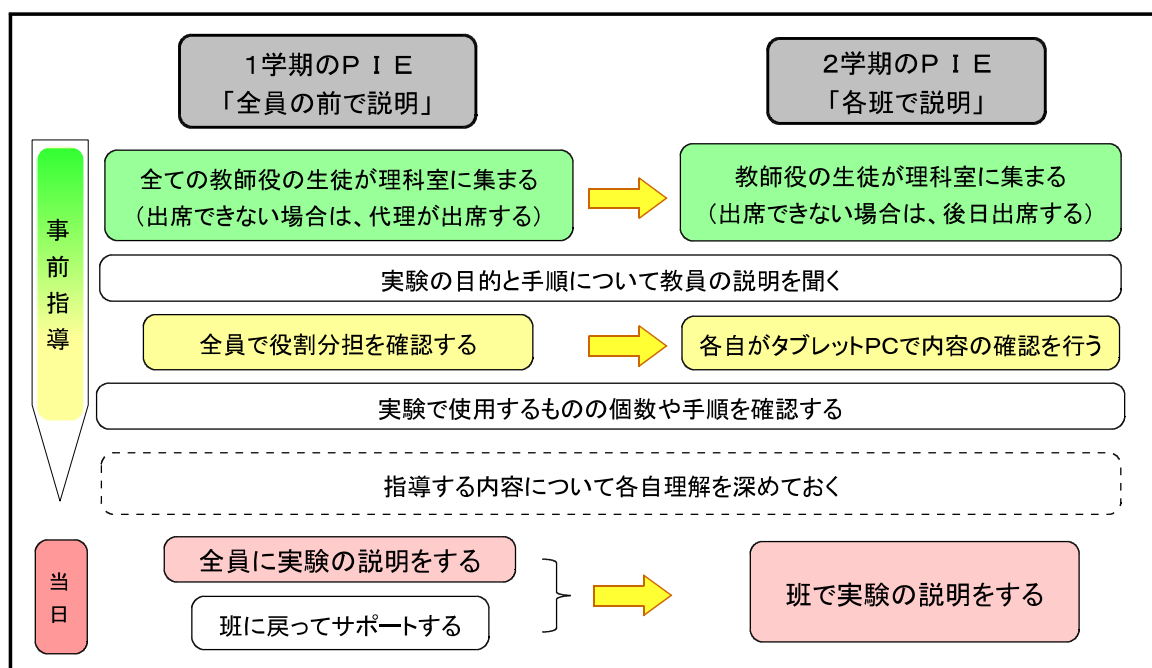


図10 P I Eでの指導における2学期の変更点

とに教師役の生徒が進めていく方法に変更した。また、重要な内容の伝達漏れをなくすために、班ごとにタブレットPCを用意して指導に役立てた（図10）。

これらの改善の結果、以下のような変化が見られた。

### ①【教師役の生徒の精神的負担感が軽減された】

PIEでの指導を一斉指導から班ごとの指導に切り替えたことにより、教師役の生徒は、クラス全体の前で話をするという緊張感から解放された。声が小さいと言われたらどうしようという不安や、クラス全員の前で間違えたら恥ずかしいという気持ちに悩まされていた生徒も、班の数名に伝えることには比較的抵抗が小さいので、あまり声が小さくならず説明することができていた（図11）。



図11 班ごとに説明する様子

また、班ごとに指導する場合、一斉指導の場面における説明の順番やパート等の役割分担について、教師役の生徒を一同に集めて話し合う必要がなくなったので、教員と生徒の時間的な負担を軽減することができた。

### ②【実験の流れがスムーズになった】

2学期は各班の教師役の生徒が、一人で全ての実験行程を説明することにしたため、教師役の生徒は、「自分が全体の流れを理解しておかなければならない。」という意識が高まり、事前に予習や予備実験を行うなど、きちんと理解した上で班のメンバーに説明できていた（図12）。そのため教師役以外の生徒も内容について理解しやすくなったことで、実験の流れがよりスムーズになったのではないかと考える。

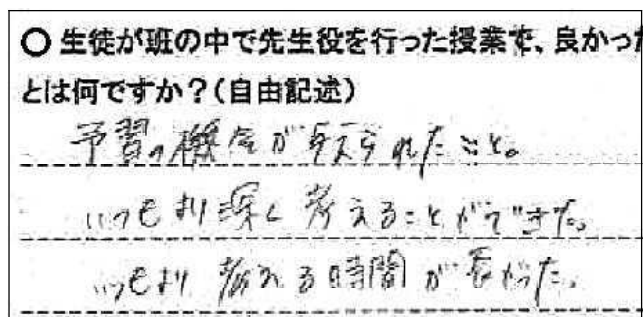


図12 PIE実践後の感想①

### ③【観察、実験のめあてや視点が明確になった】

班ごとにタブレットPCを用いて、必要なときには説明のスライドを前に戻し、再確認をしながら、生徒の理解度に合わせて観察、実験を進めることができた。また、説明のスライドの中に観察する際には気付いて欲しいポイントや、学びにつながる発問を盛り込んだので、よい学習の流れが生み出された。生徒から意見がたくさん出て時間が長引いても、ポイントを得た説明を行うことで時間が短縮され、どの班も実験を時間内に終えることができた。

### ④【意見交換が活発になった】

大人の教員ではなく、教師役の生徒が自分の班で説明してくれることや、少人数での活動が増えたため、1学期より質問しやすくなったことで、活発な意見交換が短時間でできるようになった（図13）。また、タブレットPCで動画記録等を行い、実験結果を静止

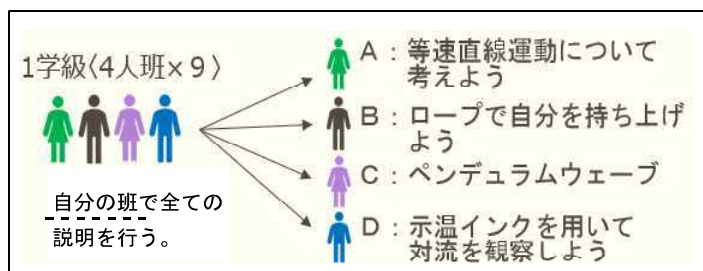


図13 2学期PIEによる指導方法を行った内容

画やスローで再確認できるようになったことで、結果のまとめや考察等の場面において、多様な視点から話し合うことができた。

## ア P I Eによる実践事例⑤

【等速直線運動について考えよう】（Aグループ担当）

＜アクティブ・ラーニングの視点＞

**深い学び** 予想と現実の違いから、どうしてそうなったのかを情報を精査して考えたり、問題を見いだして解決策を考えたりする。

＜授業の様子＞

風船から吹き出る空気で床との摩擦抵抗を無くし、等速直線運動をする教材「簡易ホバークラフト」を全員に作らせた後、動いている様子を連続撮影できるアプリで班ごとに記録させた（図14）。今回は全員が一つずつ自分用の教材を作り実験するので、教師役の生徒の中には自主的に理科室で教材作りの練習をする生徒もいた。上手に作ることができれば、手を離すと等間隔で板の上を移動する様子が撮影されるのだが、等間隔に撮影されない生徒の教材もあり、その原因を映像の分析から自分たちで考え、何度も実験を繰り返すことで深い学びの過程が実現されていたと考える。



使わなくなったCDに、穴を開けたペットボトルのキャップを貼り付ける。

図14 モーションショットで撮影

教材作りを生徒が行う授業では、通常の授業よりも作業にかかる時間が増大しがちだが、教師役の生徒が教材を作る過程で困りそうなポイントを事前に把握し適切に支援することで、他の生徒はスムーズに教材作りを行うことができていた。

早く実験の準備ができたことで、納得するまで何度も予想と実験を繰り返したり、仲間と同時に実験をして比較したりすることで考えを深めていた（図15）。

また、動く物体のみを連続して記録し合成してくれるソフト（モーションショット）等のICTの活用は、物理の運動に関する実験において、視覚的な理解を高めることができるため、生徒の興味・関心を引き出していた。

2学期はP I Eの手法にICTの活用を組み合わせることで、どのような相乗効果があるのか注目しながら生徒の行動観察や成果物の分析を行った。

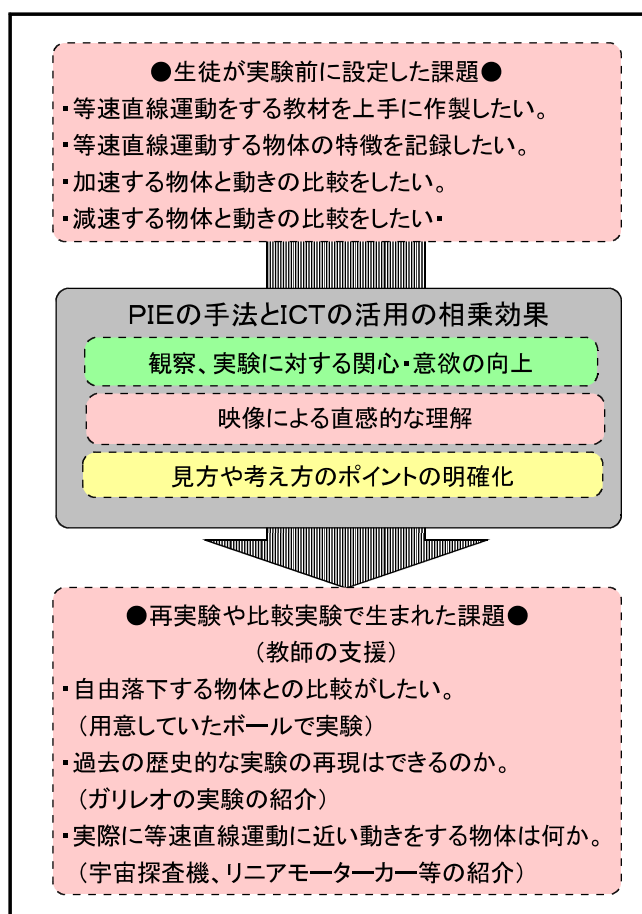


図15 深い学びの過程



そこで見られた変化の一つとして、タブレットPCの説明資料の中に生徒に付けたいものの見方や考え方についてヒントを入れたり、安全面での配慮事項について書き入れたりしておくことで、課題意識の低い生徒の課題意識を高め、安全に取り組めていたことが行動観察や授業プリントから読み取れた。タブレットPCに入っていた課題をこなすだけでなく、既習の知識を活用して様々な視点から実験をしてみようとする姿勢が生まれたのは、教師役の生徒を中心に自由に考えることができる雰囲気があり、生徒の主体性が高まっていたからだと考える。

実際に観察や実験だけを行っても、生徒に理科の学習の有用性を意識させるのは難しいが、学習の振り返りの中で、Webで調べる学習と組み合わせる授業を行ったことで、社会における科学技術の活用や自分が将来就きたい職業と理科で学んだ知識との関連等について、意識させることができるのではないかと考えさせられる場面があった。中学校では教科担任制であり学習内容も多いため時間的な制約が多いが、広く情報を収集し、多角的に情報を分析する力も、理科の授業を通して身に付けさせたいと考える。

### イ P I Eによる実践事例⑥

#### 【ロープで自分を持ち上げよう】（Bグループ担当）

<アクティブ・ラーニングの視点>

深い学び 科学的な「見方・考え方」を働かせながら、実体験と知識を相互に関連付けてより深く理解する。

<授業の様子>

これまでのP I Eの実践は屋内であったが、屋外での実験においてもP I Eの手法が効果的に行えるかという点に留意しながら実践を行った。実験については教科書の指導書の記述を基にした。動滑車を用いると自分で自分をロープで持ち上げられるという実験であるが、より安全に実験を進めるため教師役の生徒にはこれまで以上の責任感が求められた。そのため、この実験においては、事前に教師役の生徒を運動場に集め、上手に体を持ち上げるコツや安全に実験する方法について理解させた。実際に班で実験する際には、タブレットPCを用いて実験の手順や安全面での注意事項を伝えた後で取り寄せた（図16）。



図16 滑車の役割を体感する実験

理科室での実験との違いに加え、自分自身の体が実験の対象になっているということに、生徒たちは関心をもって実験に取り組んだ。実際にはロープと鉄棒の間の摩擦が大きく、自分の体を持ち上げるのは大変だった。生徒たちは摩擦力の予想外の大きさと、動滑車という道具のありがたさを実感していた。道具を用いることで必要な力は少なくなるが、力を加える距離や時間が長くなるという仕事の原理の一つを自分の体の感覚でとらえて、直感的に理解することができた。

後日この実験から理科的な深い学びを引き出すことを目的として、身近な場面で滑車等の道具が使われている例について、インターネットでの調べ学習を行った。

### ウ P I Eによる実践事例⑦

#### 【ペンデュラムウェーブ】（Cグループ担当）

<アクティブ・ラーニングの視点>

対話的な学び 生徒同士が協働して正確に実験を行い、仲間との対話や実験結果から、自己の考

えを広げ深める。

<授業の様子>

振り子の性質は小学校での学習内容であるが、力学的エネルギーの学習に関連して、振り子のもつエネルギー保存の法則や、振り子の動きを左右する条件についての学習を行った。発展的な学習の教材として、18個の振り子が規則的に美しい動きを見せる「ペンデュラムウェーブ」を取り上げ、その仕組みについて考えさせた。その手順はペンデュラムウェーブを分解し、班ごとに分担してそれぞれの振り子が振れる周期について正確に計測させた(図17)。そ



図17 振り子の周期測定

こで得られたデータを基に一齐に振り子を動かしたとき、どのような動きをするのか、また、振り子はどのタイミングで動きがそろうのかについて予測させた。九つの班の結果を基に科学的に予想している生徒が多かった。実際に全ての振り子を集めてペンデュラムウェーブの観察を行い、予想と実験結果を比較した。さらに、もう一つ振り子を加えるとしたら、どんな条件で作るかを考えさせることで、「わかる」から「使える」へと学びが深められると考えた。ペンデュラムウェーブの仕組みを理解することを通して、実験結果から法則を導き出し、得た知識を活用するというところに効果的な教材であった。班の中で、協力して実験することに加え、学級で活発に話し合いをすることができた実験であった(図18)。この実験は本実践で取り組んだ中で、最も正確さや思考力が必要とされる難しい課題であったが、教師役の生徒が振り子周期測定のポイントを確認し、分かりやすく説明したおかげで、どの班も課題を解決することができていた。

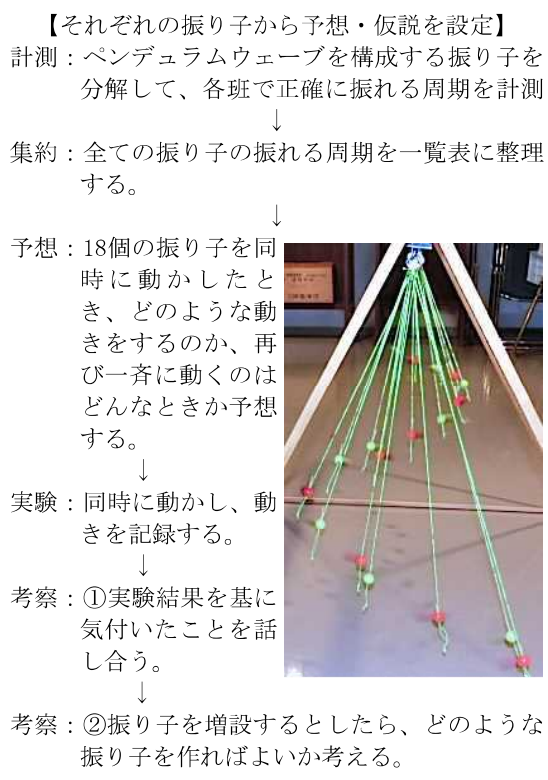


図18 振り子の実験の流れ

### エ P I Eによる実践事例⑧

【示温インクを用いて対流を観察しよう】(Dグループ担当)

<アクティブ・ラーニングの視点>

主体的な学び 教員役の生徒を中心として自分たちで教材を作り、学ぶことに興味や関心をもつ。また、単元の学習を振り返り、次の学習につなげる。

<授業の様子>

40度で色が青からピンクに変わる示温インクを混ぜたアルギン酸ナトリウム水溶液を、塩化カルシウム水溶液と反応させる



図19 対流の実験

ことで人工的にイクラのようなカプセルを作ることができる。それを用いて水の温まり方（対流）について学ぶ実験を行った（図19）。班全員で協力して作った人工イクラを集めて実験に使うことにより、主体的に観察することができると考えた。作るのも観察するのも楽しい実験であったが、そのような実験ほど、教師役の生徒においては積極的に内容を理解し、他の生徒に対し楽しさも含めて実験のポイントを伝えようと努力する様子が見られた。しかし、楽しさが先行してしまうと実験のねらいを見失ってしまうことになりかねないので、教師役の生徒にねらいをしっかりと認識させたりすることは当然ながら、観察のポイントをタブレットPC等で視覚的に提示したりすることが重要である。

## 4 研究結果と考察

### (1) アンケートの分析結果

102名のうち回収できた99名のアンケートを用いて、取組の前後における生徒の意識の変化を、4段階評価で比較することで確かめた。その際、「t検定（事前事後の平均値の差の検定）」を用いた（資料6参照）。また、各質問項目についてt値を基準に変化の大きかったものから並べ替え、以下にその結果及び考察を記す。なお、分析にはSPSS for Windowsを使用した。その結果、32の質問項目において、有意な差があると認められた25の項目のうち、20項目は向上し（表2）、5項目においては低下（表3）しており、7項目においては有意差無し（表4）、との結果が得られた。表2において、上位10項目のうち濃い網掛けの32・13・29は、当初の研究目的において生徒に付けたい力に関係のある項目である。中でも「自分がもっている力を十分に発揮したい」や「観察、実験の結果をもとに考察している」において、平均値が約1ポイント向上した。生徒が教師役を行う際には、各自が抱く責任感から、事前に調べて理解を深めたり、班で説明するために実験の結果をより深く考察するようになったりしたものとする。また、自らが説明を行うため予習に主体的に取り組んだことで、班での学びに貢献できたことを再認識し、達成感を感じたこともよい経験となり、「自分がもっている力を十分に発揮したい。」という意識の向上につながったのではないかと考える。さらに、上位10項目のうち薄い網掛けの10・3・2は、教科として付けたい力に関係する項目である。教師役の生徒の活躍により観察や実験が充実したものになったり、パフォーマンス課題への取組を通して、生徒の知的好奇心を刺激したりしたことで、教科及び観察実験に対する好意度を高めたのではないかと考える。

表2 取組後に結果が向上した上位20項目

No.	質問項目 (網掛けのNo.は上位10項目)	平均値			t 値	有意 確率 p
		① 1学期	② 2学期	差 (②-①)		
20	理科の授業では、自分の考えを発表する機会が与えられている。	1.88	3.13	+1.25	11.62	***
26	授業では友達と協力して学ぶことが多い。	1.99	3.32	+1.33	11.43	***
23	授業で分からないことがあると、同じ班の仲間に聞くことができる。	1.92	3.38	+1.46	11.04	***
10	観察や実験を行うことは好きですか。	1.83	3.32	+1.49	9.91	***
32	自分がもっている力を十分に発揮したい。	1.87	3.25	+1.38	9.85	***
21	理科の授業では、学級の友達との間で話し合う活動をよく行っている。	2.08	3.19	+1.11	9.06	***
3	理科の授業の内容はよく分かりますか。	2.11	3.14	+1.03	8.94	***
27	テストがあれば、計画を立てて勉強する。	2.00	3.05	+1.05	7.49	***

13	理科の授業で、観察や実験の結果をもとに考察していますか。	2.10	3.04	+0.94	6.90	***
29	授業では友達と話すことで、より深く考えることができる。	2.32	3.07	+0.75	6.49	***
2	理科の勉強は大切だと思いますか。	2.11	2.99	+0.88	6.48	***
25	先生は学習のことについてほめてくれる。	2.33	3.04	+0.71	6.19	***
22	授業で分からないことがあると、先生に質問できる。	2.26	3.04	+0.78	6.00	***
4	自然の中で遊んだことや自然観察をしたことがありますか。	2.20	3.09	+0.89	5.73	***
24	クラスは発言しやすい雰囲気である。	2.27	2.93	+0.66	4.96	***
19	友達と話し合うとき、友達の話の要点をおさえて聞くことができる。	2.41	2.87	+0.46	3.78	***
14	理科の授業で、観察や実験で失敗したときに原因について考えましたか。	2.38	2.87	+0.49	3.51	***
1	理科の勉強は好きですか。	2.36	2.89	+0.53	3.48	***
6	理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つと思いますか。	2.36	2.83	+0.47	3.37	**
16	理科の授業の復習をしていますか。	2.51	2.87	+0.36	2.48	*

\*\*\* :  $p < 0.001$  , \*\* :  $p < 0.01$  , \* :  $p < 0.05$  , n.s :  $p \geq 0.05$

今回の取組前には、教師の指示に対して教科書のとおり観察、実験を行えるが、内容まで深く考えて取り組んでいない生徒が少なからずいる、という実態があった。以前から指導する教員としては、生徒が実験で失敗しても「どうして失敗したのか。」「失敗しないためにはどうすればよかったのか。」と、考えを巡らすことで失敗から多くのことを学んで欲しいという願いがあった。その思いに関しては、PIEの実践を行うことで、子ども同士であるがゆえの心理的・時間的にリトライすることへのハードルが下がり、失敗しても再度実験を行い考察を深める様子が見られた。これについては、質問No.14の結果からも、仲間と情報を交換し、考察を深めようとする意識に一定の向上が見られたことが分かった。

表3 取組後に結果が低下した下位5項目

No.	質問項目	平均値			t 値	有意確率 p
		① 1学期	② 2学期	差 (②-①)		
18	友達に伝えたいことを図や表を用いて伝えることができる。	2.97	2.42	-0.55	-4.24	***
17	理科の授業では、本やインターネットを使って、グループで調べる活動をよく行っている。	3.36	2.73	-0.64	-5.44	***
7	将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思いますか。	3.23	2.09	-1.14	-6.74	***
31	勉強面では友達から頼られていると思う。	3.14	2.12	-1.02	-7.07	***
9	理科の授業で、自分の考えや考察をまわりの人に説明したり発表するのに自信がありますか。	3.21	2.07	-1.14	-8.24	***

\*\*\* :  $p < 0.001$  , \*\* :  $p < 0.01$  , \* :  $p < 0.05$  , n.s :  $p \geq 0.05$

今回の実践では、全ての生徒が各学期に1回は教師役を経験できるように班の中で役割分担を決め、教師役として説明を行った(図20)。そのため事後のアンケートにおいて、「発表する機会が与えられている」や「友達との間で、話し合う活動をよく行っている」と回答する生徒が増えた。しかしそれが各個人が自分の情報発信能力に自信をもてるレベルに達したとはいええず、かえって自己表現や情報伝達を行う活動に対する苦手意識を一部の生徒に与えてしまったものと考えられる。表3の網掛けで示したように、「友達に伝えたいことを図や表を用いて伝えることができ

る」「理科の授業で、自分の考えや考察をまわりの人に説明したり発表するのに自信がありますか。」といった質問のように、「できる」「自信がある」というレベルまで自己肯定感を引き上げるためには更なる工夫が必要であると考えます。

将来の職業に関する質問項目の平均値が下がってしまった理由は断定できないが、実際のところ理科や科学技術に関係する職業というものの自体が具体的に想像できていないという現状が見られる。今後は、更に理科教育におけるキャリアにかかわる教育を充実させる必要があると感じた。現にPC室での調べ学習で自分の将来就きたいと考えている自動車関連の職業に関連して、今回の学習した物理の運動法則と自動車に関連する情報を収集し、自主学習としてレポートを提出するなど、自分の将来に関する意識を高めていた事例が見られた。



図20 教師役の生徒による説明

表4 有意な差が見られなかった項目

No.	質問項目	平均値			t 値	有意確率 p
		① 1学期	② 2学期	差 (②-①)		
8	理科の授業で、自分の考えや考察をまわりの人に説明したり発表したことがありますか。	2.62	2.87	+0.25	1.87	n. s
28	理科の学習の中で分からないことは自主的に調べている。	2.56	2.71	+0.15	1.16	n. s
15	理科の授業の予習をしていますか。	2.78	2.76	-0.02	-0.14	n. s
11	観察や実験を行うことは得意ですか。	2.63	2.61	-0.02	-0.15	n. s
30	友達に質問されたら、答えることができる。	2.65	2.59	-0.06	-0.48	n. s
12	理科の授業で、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てていますか。	2.74	2.61	-0.13	-1.16	n. s
5	理科の授業で学習したことを普段の生活の中で活用できないか考えますか。	2.85	2.63	-0.22	-1.61	n. s

\*\*\* :  $p < 0.001$  , \*\* :  $p < 0.01$  , \* :  $p < 0.05$  , n. s :  $p \geq 0.05$

## (2) 生徒の行動や提出物等の分析結果

PIEの取組中に、生徒の行動観察から見取ることのできた、主体的な行動の主なものを以下の6点に整理した。

- ① 普段の授業では、協力的で無かったり、見ているだけのことが多かったりした生徒も、全ての実験において積極的に参加していた。
- ② 班で活発に相談して、自らの考察をまとめるようになった。
- ③ 授業前に「今日は何するの?」と聞いてくる生徒が少し増えた。
- ④ 教師役でなくても、理科室を訪れる生徒が増えた。
- ⑤ 自分が教師役のときは、しっかりやらねばという責任感をもって取り組む生徒が多かった。
- ⑥ 多くの生徒がしっかりと教師役の生徒の話を聞くことができた。顔を上げ前を向いている生徒が増えた。

小单元ごとのテストにおいて、PIEによる実践事例⑧で教師役であったDグループのある生

徒は、理科が苦手なため普段の実験において消極的で、常に支援が欠かせない面があった。学習のまとめとして行っている小テストも無解答が多かったが、教師役の後に行った小テストでは、説明で用いた理科的な用語に関する問いにはきちんと答えることができていた。先行研究においても示されているように、P I Eの手法で行う授業は内容の理解の向上にも関連があると考えられる。

### (3) A Lの視点からの分析

A Lの視点から見てP I Eの実践を行うことで得られた成果の一つは、教師役の生徒も、それ以外の生徒も主体的に授業へ参加しようとする意識の高まりが見られたことである。アンケートや行動観察により、グループ内での会話が増えたことや、実験操作を誰か一人が行うのではなく、教師役の生徒の指示を聞いて役割分担が明確にできていたことから、生徒の中に意識の変化が生まれた様子が見られた(図21)。

また、教師役の生徒からは「しっかり説明しようと準備した。」その他の生徒からは「分からないところが聞きやすかった。」等の意見がよく聞かれた(資料7参照)。

これらのことから、P I Eの手法を用いることで、従来の教師から生徒だけでなく、生徒間の双方向のつながりが強まったことも成果の一つであると考えられる(図22)。

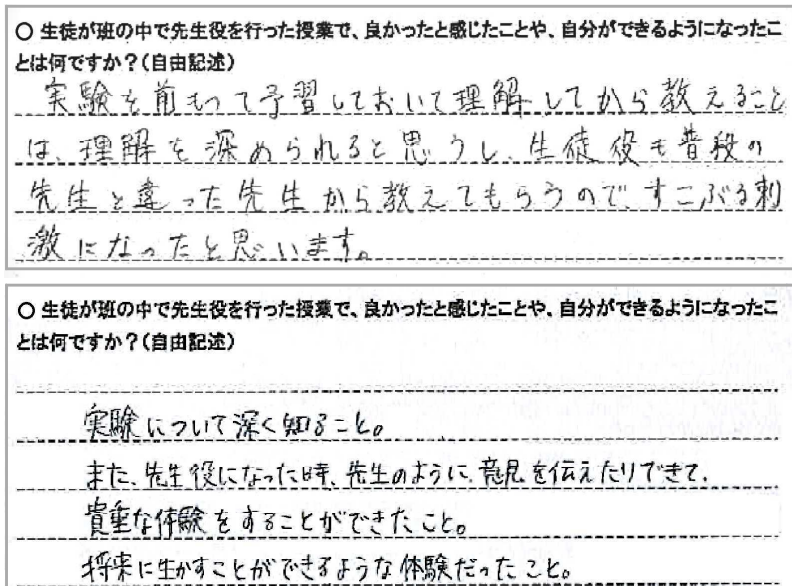


図21 P I E実践後の感想②

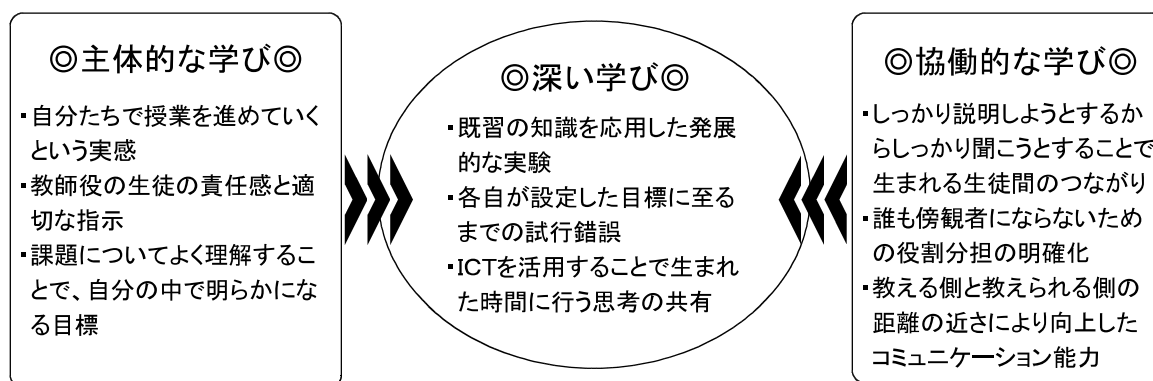


図22 本研究におけるP I Eの実践とA Lの視点

## 5 成果と課題

本研究では、生徒に付けたい力を意識しながら、深い学びとその見取りに重点を置き、A Lプログラミングノートを用いて、P I Eをどこに入れるのがよいのか検討しながら研究に取り組ん

だ。その結果、全員が一人1回はPIEの教師役となって、パフォーマンス課題に取り組むことで、石井(2015)が指摘する能力の階層性において高いレベルとされる「使える」レベルに関して見取ることができた。その手法としては、ことあるごとにワークシートやレポートとして文章表現させた。特に事後の感想を自由に書かせることで、「わかる」から「使える」レベルに向上したときのサインを言葉によって見取ることができた。ただ、客観的な数値で測る方法ではないので、今後は理科的な学びの視点を加味したルーブリックを作成し、個人の成長を見取っていくことが重要であると考える。

また、PIEは従来より取り組まれている指導法であるが、今回ICTとの組み合わせで、効果を高められると確認できたことも、本研究の成果であると考える。最後に本研究を振り返って見たとき、常に課題であったことは、時間数の不足であった。単元の内容を指導し終えた後に、PIEの手法によるパフォーマンス課題に取り組ませようとしても、他教科との調整を行い活動時間を捻出することに労力を要した。しかし、PIEの実践は生徒の感想にも見られるように、大変有意義なものであったと考える。だからこそ取り組む際には、ALプランニングノートを用いて、他の授業や行事との調整を綿密に行い、学習計画の立案を計画的に行うことが大変重要であると考える。

## 参考・引用文献

- (1) 文部科学省（平成29年）『中学校学習指導要領』
- (2) 西岡加名恵・石井英真・田中耕治 編(2015)『新しい教育評価入門一人を育てる評価のために』有斐閣
- (3) 柳澤秀樹他（2013）「PIE の発案と実践」日本理科教育学会第 52 回関東支部大会研究発表要旨集 p. 42
- (4) 平成26年度大阪府教育センター研究フォーラム 研究発表要旨  
「生徒主導型実験(PIE)の実践報告」北野 賢一（府立伯太高等学校）
- (5) 日本理科教育学会全国大会要項「生徒主導型実験の実践」北野賢一(代表) 柳澤秀樹 後藤頭一 寺谷徹介 松原静郎（2015）
- (6) 伊藤宇飛（2016）「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
- (7) 柳澤秀樹他（2016）「生徒主導型授業（PIE）の実践と生徒の変化」第23回化学教育フォーラム「化学教育におけるアクティブ・ラーニング」 化学と教育64巻7号 p. 324