

高 等 学 校

平成 30 年度

教育研究員研究報告書

理 科

東京都教育委員会

目 次

I	研究主題設定の理由	1
II	研究の視点	3
III	研究仮説	6
IV	研究方法	6
V	研究内容	8
VI	研究の成果	23
VII	今後の課題	24

研究主題	理科において求められる「資質・能力」を育むためのルーブリック評価を使った授業改善
------	---

I 研究主題設定の理由

1 研究主題設定の背景

今の子供たちやこれから誕生する子供たちが、成人して社会で活躍する頃には、我が国は厳しい挑戦の時代を迎えると予想される。生産年齢人口の減少、グローバル化の進展や絶え間ない技術革新等により、社会構造や雇用環境は大きく、また急速に変化しており、予測が困難な時代となっている。また、急激な少子高齢化が進む中で成熟社会を迎えた我が国にあっては、一人一人が持続可能な社会の担い手として、その多様性を原動力とし、質的な豊かさを伴った個人と社会の成長につながる新たな価値を生み出していくことが期待される。

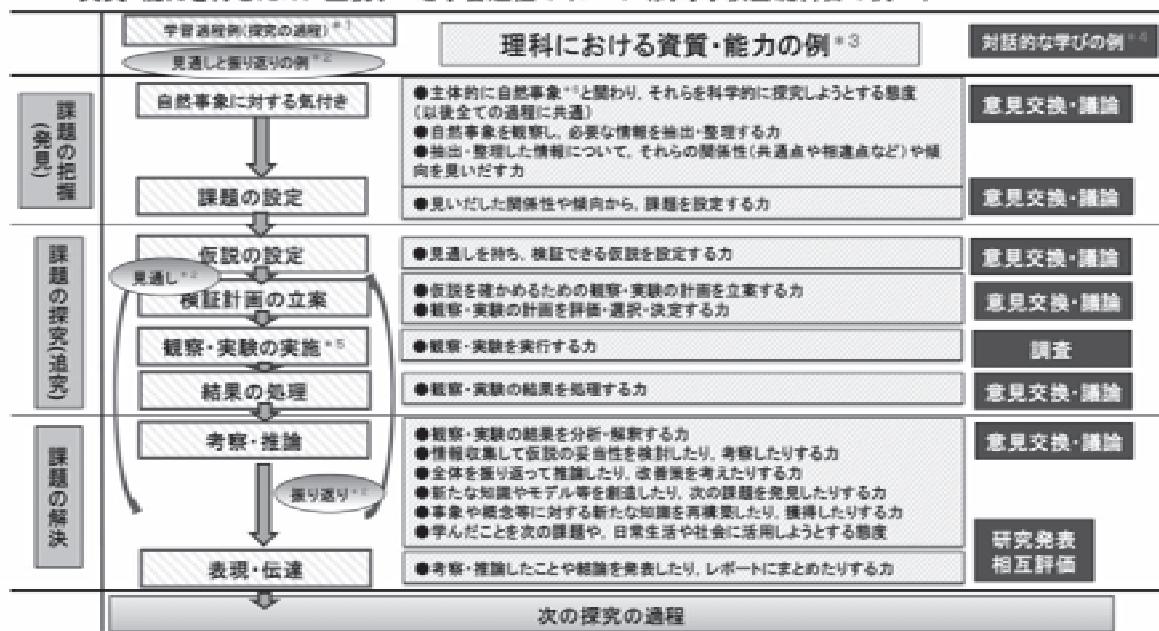
このような時代にあって、学校教育には子供たちが様々な変化に積極的に向き合い、他者と協働して課題を解決していくことや、様々な情報を見極め、知識の概念的な理解を実現し、情報を再構成するなどして新たな価値につなげていくこと、複雑な状況変化の中で目的を再構築することができるようになることが求められている。このような背景において、平成30年3月告示の高等学校学習指導要領は、以下に示す基本的な考え方に基づき、改訂された。

- ① 教育基本法、学校教育法などを踏まえ、これまでの我が国の学校教育の実践や蓄積を生かし、生徒が未来社会を切り拓くための資質・能力を一層確実に育成することを目指す。その際、求められる資質・能力とは何かを社会と共有し、連携する「社会に開かれた教育課程」を重視すること。
- ② 知識及び技能の習得と思考力、判断力、表現力等の育成とのバランスを重視する平成21年改訂の学習指導要領の枠組みや教育内容を維持した上で、知識の理解の質を更に高め、確かな学力を育成すること。
- ③ 道徳教育の充実や体験活動の重視、体育・健康に関する指導の充実により、豊かな心や健やかな体を育成すること。

中でも、育成を目指す資質・能力については、「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21日 中央教育審議会）（以下、「答申」と表記。）において、学習する子供の視点に立ち、「何を知っているか、何ができるか（個別の知識・技能）」「知っていること・できることをどう使うか（思考力・判断力・表現力等）」「どのように社会・世界と関わり、よりよい人生を送るか（学びに向かう力、人間性等）」の三つの柱に整理するように提言された。そしてこのことを踏まえて「高等学校学習指導要領解説理科編理数編（平成30年7月）」（以下、「解説」と表記。）では、これらの資質・能力の育成にあたって以下のように述べている。

個別の知識・技能を育成するにあたっては、自然の事物・現象についての観察、実験などをを行うことを通じて、自然の事物・現象に対する概念や原理・法則の理解を図るとともに、

資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ(高等学校基礎科目の例^{*7})



- * 1 探究の過程は、必ずしも一方向の流れではない。また、授業では、その過程の一部を経ってもよい。
- * 2 「見通し」と「振り返り」は、学習過程全体を通してのみならず、必要に応じて、それぞれの学習過程で行うことにも重要である。
- * 3 全ての学習過程において、今までに身に付けた知識・能力(既得の知識及び技能など)を活用する力が求められる。
- * 4 意見交換や議論の際には、あらかじめ個人で考えることが重要である。また、他者とのかかわりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められる。
- * 5 単元内容や教材の範囲で観察・実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である。さらに、学びに向かう力、人間性等を育成するにあたっては、生徒の学習意欲を喚起し、生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、主体的に探究しようとする態度を育てることが重要であると示している。つまり、これから時代を担う子供たちに対して、高等学校理科では図1に示した学習の過程を通して、「科学的に探究するために必要な力」という資質・能力を育成することが求められている。
- * 6 自然事象には、日常生活に見られる事象も含まれる。
- * 7 小学校及び中学校においても、基本的には高等學校の例と同様の流れで学習過程を捉えることが必要である。

図1 資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ(「解説」より)

科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けることが重要である。また、思考力、判断力、表現力等を育成するにあたっては、自然の事物・現象の中に問題を見いだし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である。さらに、学びに向かう力、人間性等を育成するにあたっては、生徒の学習意欲を喚起し、生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、主体的に探究しようとする態度を育てることが重要であると示している。つまり、これから時代を担う子供たちに対して、高等学校理科では図1に示した学習の過程を通して、「科学的に探究するために必要な力」という資質・能力を育成することが求められている。

2 研究主題設定の理由

答申によると、授業に観察・実験や探究的な活動が十分に取り入れられておらず、授業者による教授型の知識・理解を偏重した指導や知識量のみを問うペーパーテストの結果が重視される評価が多いという現状が報告されている。そのため、図1で示したような探究の過程の中で身に付けることのできる資質・能力を十分に伸長できていないことが示されている。

さらに、平成30年度全国学力・学習状況調査(文部科学省)の結果からは、小学校理科では「予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想する場面」に、中学校理科でも「自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画すること」に課題が見られる。また、本部会の研究員からは、探究の過程の中で「課題を踏ま

えて仮説を設定する」場面や、「仮説に基づき、検証計画を立案する」場面が十分に設けられていないという意見があった。これらのこととは、小・中・高で共通して「仮説の設定」や「検証計画を立案する」時に必要な資質・能力の育成に課題があることを示唆している。

また、資質・能力を評価するためには、ペーパーテストだけではなく、多様な評価が必要である。総則・評価特別部会資料6-2(平成28年1月)によると、生徒の資質・能力の評価方法の一例として、レポートや報告書などのパフォーマンス課題とループリックによる評価が挙げられている。しかし現状では、指導する上で効果的なパフォーマンス課題の示し方や、ループリックの評価規準及びその指導上の活用方法は高等学校理科では十分に検討されていない。

そこで、本研究では研究主題を「理科において求められる『資質・能力』を育むためのループリック評価を使った授業改善」とし、探究の過程における「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の場面における、資質・能力を育成するための授業方法の研究を行うこととした。

II 研究の視点

本研究では、以下に示す視点に立って仮説の設定を行い、研究の方法を計画した。

1 「仮説の設定」と「検証計画の立案」の場面を含む指導計画の検討

理科において求められる「資質・能力」は、探究の過程を踏まえた学習の中で身に付けることができるとしている。探究の過程では、「自然現象に対する気付き」や「課題の設定」の後に「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。そこで、本研究では「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の前に、課題に関連した実験を行い、自然事象に対する気付きを誘導した後で課題の提示を行うこととした。

また、「解説」では、理科においては科学的に探究する学習活動を通して「主体的・対話的で深い学び」の実現を図るようにすることが重要であるとしている。中でも「対話的な学び」は、あらかじめ個人で考え、その後、意見交換したり、科学的な根拠に基づいて議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする学習となっているかなどの視点から、授業改善を図ることが考えられるとしている。そこで、本研究でも「仮説の設定」及び「検証計画の立案」は個人で行う場面を作った後にグループで行うようにした。

さらに、平成24年度の教育研究員研究報告書によると、授業の中で自己評価と授業者による評価とフィードバックを加えることで、生徒は自己と授業者の評価の違いに気付くとともに、授業者による適切なアドバイスによって意欲が高まり、自己の不十分な点を改善していくことができるという考察がなされている。そこで、本研究においても、「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を作成した後に、ループリックを生徒に示し、自己評価を行う場面と指導者からのフィードバックを受ける場面を設けることとした。

また、本研究では、ループリックの活用方法を明示したワークシートの作成も行い、指導の中で活用した。実際に行った指導計画の概要は図5(P7)に示した。

2 ルーブリックに示す評価規準（図2を参照）

(1) 仮説の設定について

「解説」では、仮説の設定の場面において育成できる資質・能力の例として、「見通しをもち、検証できる仮説を設定する力」を挙げている。そこで本研究では評価規準の一つとして「実際に検証できる仮説であること」を設定した。また、理科においては「理科の見方・考え方」を働かせて、探究の過程を通して学ぶことにより、資質・能力を獲得できるとしている。中でも仮説を設定するほとんどの場面で「原因と結果」・「関連付ける」とい

探究の項目	評価規準	A	B	C	D
仮説の設定	①理科の見方・考え方を使って書いている。	3	2	1	0
	②仮説に根拠がある。				
	③実際に検証できる仮説である。				
検証計画の立案	①理科の見方・考え方を使って書いている。	3	2	1	0
	②実験道具、実験装置、実験手順、分析方法が詳しく書いてある。				
	③得られる結果を予想している。				

①～③の評価規準には上下関係がないため、A～Dの評価は評価規準を満たしている数で判断した。

図2 仮説の設定及び検証計画の立案の部分のルーブリック

う見方・考え方を使う。そこで二つ目の評価規準として「仮説に根拠があること」を設定した。また「原因と結果」・「関連付ける」以外の理科の見方・考え方も使っていた場合、更に上位の評価となるように評価規準を設定した。

(2) 検証計画の立案について

「解説」では、検証計画の立案の場面において育成できる資質・能力の例として「仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力」と「観察・実験の計画を評価・選択・決定する力」を挙げている。「仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力」が身に付いているかどうかを判断するための条件として「実験道具、実験装置、実験手順、分析方法が詳しく書いてある」ことを評価規準として設定した。また「観察・実験の計画を評価・選択・決定する力」が身に付いているかどうかを判断する条件として「得られる結果を予想している」ことを条件に設定した。また、理科においては「理科の見方・考え方」を働かせて、探究の過程を通して学ぶことにより、資質・能力を獲得できるとしているので、「理科の見方・考え方」を働かせていることを評価規準に含めた。

(3) 実際の評価の場面でのルーブリックの活用方法について

ルーブリックの評価規準に基づき、4段階（A～D）で評価することとした。部会の研究員同士の話し合いの中で、評価規準に上下関係を付けることは難しいという判断に至ったので、A～Dの評価は評価規準を満たす数で判断することとした。

3 理科の見方・考え方の具体化

「理科の見方」とは、量的・関係的な視点、質的・実体的な視点、共通性・多様性の視点、時間的・空間的な視点、原因と結果、部分と全体、定性と定量という見方のことと指す。また、「理科の考え方」とは、比較、関連付け、条件制御、多面的に考えるという捉え方のことを指す。本研究では、仮説と研究計画を立案する場面で生徒が使用できるように、各科目において「理科の見方・考え方」を具体化した表を作成及び提示し、「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の過程で育まれる資質・能力の向上を支援することとした（図3を参照）。

見方	理科の見方・考え方 マトリックス			
	比較する	関連付ける	条件を制御する	多面的に考える
量的・関係的				
質的・実体的				
共通性・多様性				
時間的・空間的				
原因と結果				
部分と全体				
定性と定量				

図3 生徒に示す理科の見方・考え方のマトリックス表（例）

4 ルーブリックの活用方法を示したワークシートの作成

ルーブリックを「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を改善するために活用することを促すワークシートの作成を検討した。作成にあたっては、「仮説の設定」及び「検証計画の立案」をした後に、評価規準を満たしているかどうかを確認し、評価規準を満たしていない項目については、再度検討することを促すことができるよう工夫した（図4を参照）。

研究の過程を学ぶ～仮説の設定と検証方法の立案～				
年　級　教　科　名				
項目	自己	他者	授業	課題
課題：		/	/	/
仮説：				
検証計画：				

提出前チェック「仮説の設定」について

理科の見方・考え方を使って書かれている。

今回使った「理科の見方・考え方」に丸を付けてください

理科の見方	理科の考え方
① 量的・関係的な視点で現象を捉える	A) 比較する
② 原因と結果という視点で捉える	B) 関連付ける
③ 部分または全体という視点で捉える	C) 条件を制御する
④ 定性または定量という視点で捉える	D) 多面的に考える

仮説の構成が書かれている。

実際に検証できる仮説である。

提出前チェック「検証計画の立案」について

理科の見方・考え方を使って書かれている

今回使った「理科の見方・考え方」に丸を付けてください

理科の見方	理科の考え方
① 量的・関係的な視点で現象を捉える	A) 比較する
② 原因と結果という視点で捉える	B) 関連付ける
③ 部分または全体という視点で捉える	C) 条件を制御する
④ 定性または定量という視点で捉える	D) 多面的に考える

実験道具、実験装置、実験手順、分析方法が詳しく書いてある。

得られる結果を予想している。

図4 ルーブリックの活用方法を示したワークシート（例）

III 研究の仮説

本研究では、前述した「II 研究の視点」を踏まえて、「探究の過程を踏まえた授業の中で、『仮説の設定』及び『検証計画の立案』を生徒に要求するパフォーマンス課題に個人及びグループで取り組み、その後、ループリックによる自己評価を行った後に、ループリックの活用方法を示したワークシートを使い再度課題に取り組むことで、『仮説の設定』及び『検証計画の立案』に必要な力を育成することができる」と仮説を立てて研究を行った。

IV 研究の方法

検証授業及び検証計画の概要について図5に示した。

1 検証授業について

以下に検証授業における学習活動と指導内容について記す。なお、下の表中の番号は図5の番号と対応している。

番号	生徒の学習活動	指導内容
(1)	課題と関連する実験技術を習得する。	課題に関連する実験技術を習得する中で、自然事象に対する気付きを得ることを促す。
(2)	課題を確認する。	理科の見方・考え方を働かせて、根拠をもって仮説を設定し、実現可能な検証計画の立案が可能な課題を提示する。
(3)	課題に対する仮説・検証計画を立案する。 (個人)【指導者による評価I】	個人で考える場面を設定した後に、同一内容についてグループで対話しながら個人で作った仮説や検証計画を加筆・修正していく場面を提供する。
(4)	課題に対する仮説・検証計画を立案する。 (グループ)【指導者による評価II】	ループリックを配布し、必要に応じて内容を説明する。特に理科の見方・考え方については図3のマトリックスを使い、重点的に説明する。
(5)	ループリックの内容を理解し、説明を受ける。	個人で作り、グループでの議論の中で加筆・修正した仮説や検証計画を、ループリックを使い、客観的に把握し、自己的課題を明確にする。
(6)	自己評価を行う。	個人で作り、グループでの議論の中で加筆・修正した仮説や検証計画を、ループリックを使い、客観的に把握し、自己の課題を明確にする。
(7)	指示されたワークシートを活用する。	仮説や検証計画を改善するためにどのような視点で考えていいのかを提示したワークシートを使い、対話的な学びの中で試行錯誤を行い、改善していく。
(8)	課題に対する仮説・検証計画を立案する。 (グループ)【指導者による評価III】	(3)、(4)及び(8)で作成した生徒の「仮説」及び「検証計画」を(8)の後で評価し、必要に応じてコメントを付けて返却する。
(9)	指導者による評価I、II、IIIを踏まえて、フィードバックを受ける。	(3)、(4)及び(8)で作成した生徒の「仮説」及び「検証計画」を(8)の後で評価し、必要に応じてコメントを付けて返却する。

2 検証方法について

(1) 生徒が提出したプリントによる検証

「1 検証授業について」で示した表中の(3)、(4)及び(8)で作成した生徒の「仮説」及び「検証計画」を、指導者がループリックを用いて評価し、結果を集計する。指導者による評価ⅠとⅡを比較し、グループ活動による「仮説」及び「検証計画」の内容の変容を分析する。また、指導者による評価ⅡとⅢを比較し、ループリックによる自己評価とワークシートの活用による「仮説の設定」及び「検証計画」の変容を分析する。

(2) アンケート調査による検証

「1 検証授業について」で示した表中の(1)「課題と関連する実験技術の習得」の前と(9)「指導者による評価Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを踏まえてフィードバック」の後で、どのような働き掛けが仮説の設定や検証計画を立案する上で有効な支援になったのか、また、探究の過程を取り入れた指導により理科に対する興味・関心の深まりの程度の変容を調査・分析する。

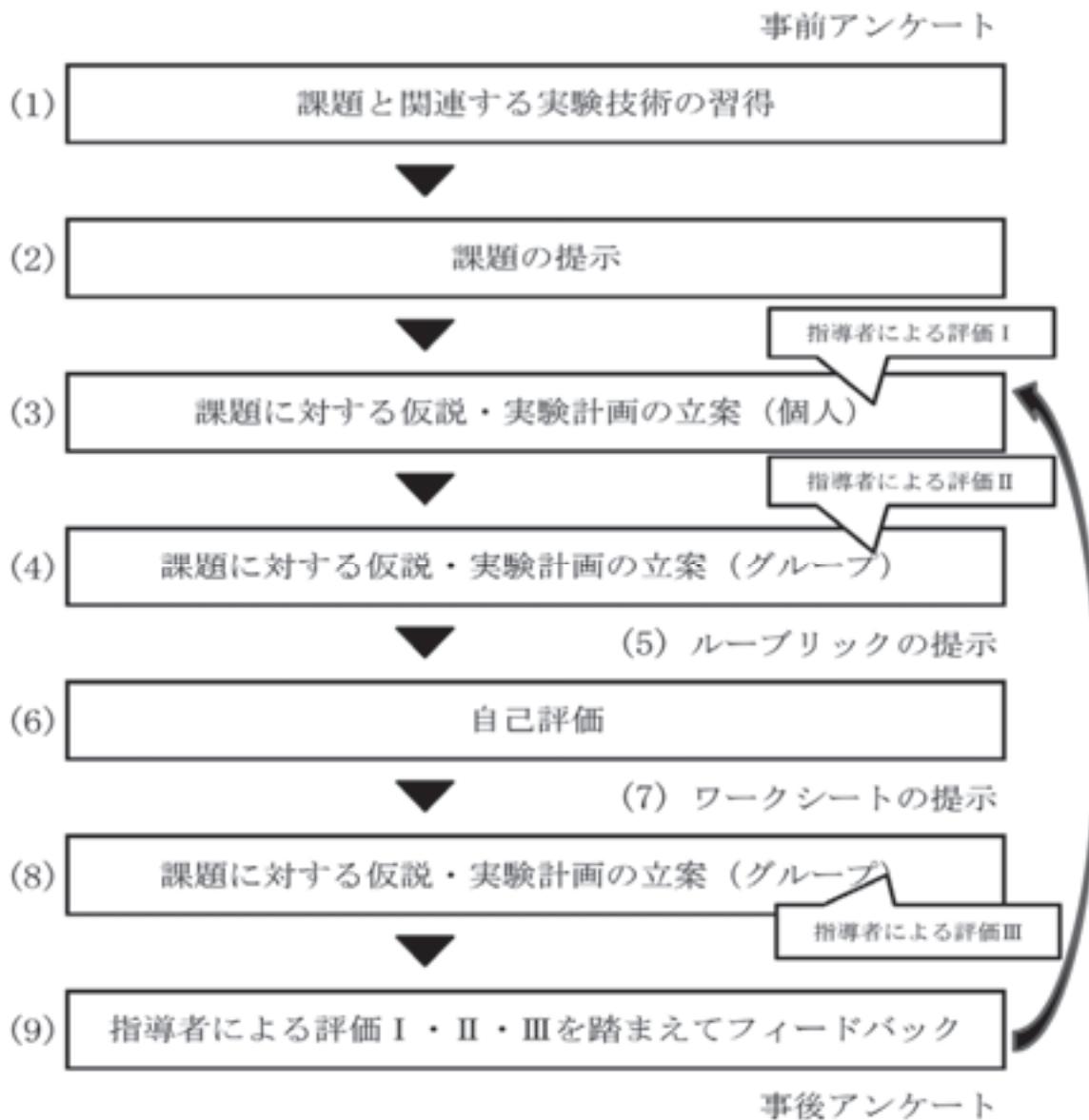


図5 仮説及び検証計画の立案の過程で育まれる資質・能力を育成するための指導の流れ

V 研究の内容

全体テーマ 「『主体的・対話的で深い学び』の実現に向けた授業改善」

高校部会テーマ 「これからの時代に求められる『資質・能力』を育むための授業改善と学習評価の充実」

理科において求められる「資質・能力」について

探究の過程を踏まえた学習を進める中で身に付けることができる、科学的に探究するために必要な力。

- (1) 知識及び技能・・・自然事象の仕組みに関する知識・理解。観察・実験などに関する技能
- (2) 思考力、判断力、表現力等・・・自然事象の中から課題を発見する力。見通しをもって仮説を設定し、実験計画を立案する力。観察・実験により、得られた結果を分析し、解釈する力。仮説の妥当性や改善策を検討する力。科学的な根拠を基に考え方を表現する力
- (3) 学びに向かう力・人間性・・・主体的に自然事象に関わり、科学的に検討・考察・活用しようとする態度。新たなものを創造しようとする力

高校部会テーマにおける現状と課題

【現状】

- (1) 指導者主導の教授型の知識・理解を偏重した指導が多く行われており、探究の過程を踏まえた思考力、判断力、表現力等の育成を目指す指導が十分に行われていない。
- (2) 評価では知識量を問うペーパーテストの結果が重視されることが多く、科学的に探究するために必要な力を適切に評価できていない。

【課題】

- (1) 主体的・対話的な学習の中で、生徒自身が観察・実験を中心とした探究の過程を通じて課題を解決したり、新たな課題を発見したりする経験を通じて、科学的に探究するために必要な力をバランスよく育成する必要がある。

- (2) 探究の過程を通じて得られた学習効果をペーパーテストにとらわれず、多面的・多角的な評価を行う必要がある。

【テーマ設定のための着眼点】

- (1) 多面的・多角的な評価を行うための課題と評価方法の例として、パフォーマンス課題とループリックによる評価を挙げることができる。しかし、科学的に探究するために必要な力をパフォーマンス課題とループリックを活用して育成する方法は確立されていない。

- (2) 科学的に探究するために必要な力を評価するためのループリックの評価規準は確立されていない。

- (3) 探究の過程の「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の場面に必要な資質や能力は、小中高で共通して十分に育成できていない。

- (4) 「仮説の設定」が見通しをもって行えているかは「検証計画の立案」をみることで判断するので、二つの過程は同時に進行する必要がある。

高等学校理科部会主題

理科において求められる「資質・能力」を育むためのループリック評価を使った授業改善

－探究の過程における「仮説の設定」「検証計画の立案」の場面を中心に－

仮説

探究の過程を踏まえた授業の中で、「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を生徒に要求するパフォーマンス課題に個人及びグループで取り組み、その後、ループリックによる自己評価を行った後に、探究の過程における「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の場面においてループリックの活用方法を示したワークシートを使い課題に取り組むことで、理科の見方・考え方等において求められる必要な力を育成することができる。

具体的な方策

- (1) 「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の育成を目指したパフォーマンス課題を評価できるループリックを作成する。ループリックの評価規準の一つである「理科の見方・考え方」を具体化し、生徒が理解し、活用できるように提示する。

- (2) 授業では、最初に「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行うパフォーマンス課題を提示し、生徒は課題に対して個人で取り組む。次に、グループで話し合いを行いながら個人で作った答えを改善する。改善した答えを、ループリックを使い自己評価を行う。最後にループリックの活用方法を示したワークシートを使い、グループで話し合いながら答えを更に改善する。

- (3) ループリックは自己評価と指導者による評価の両方で利用する。

- (4) 「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を改善するために、ループリックを活用するための手助けとなるワークシートを作り、提示する。

検証方法

- (1) 生徒は個人で課題に取り組んだ後、グループで課題に取り組み、ループリックによる自己評価を行う。その後、ループリックの活用方法を示したワークシートを利用し、再度課題に取り組む。生徒個人、グループ、再度課題に取り組んだ後の合計3回の生徒の「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の内容を、ループリックを使い指導者が評価する。3回の評価の変遷を見ることで「ループリックによる自己評価とループリックの活用方法を示したワークシート」による教育効果を検証する。

- (2) 検証授業の前後で生徒にアンケートを行い「ループリックによる自己評価とループリックの活用方法を示したワークシートの効果」を検証する。

1 実践事例 物理基礎 第3学年

(1) 単元名、使用教材（教科書、副教材）

ア 単元名 (1)物体の運動とエネルギー (①様々な力とその働き ⑦様々な力 (ばねの弾性力) ④力のつり合い)

イ 使用教材 教科書「改訂 新編 物理基礎」東京書籍

(2) 単元の目標

ア 物体の運動とエネルギーを日常生活や社会と関連付けながら、物体に様々な力が働くことや、物体に働く力のつり合いについて理解する。

イ 日常に起こる物体の運動についての観察、実験を通して、知識と技能を身に付ける。

ウ 物体の運動と様々なエネルギーに主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を身に付ける。

(3) 単元の評価規準

ア 知識及び技能	イ 思考力、判断力、表現力等	ウ 主体的に学習に取り組む態度
① 日常生活や社会と関連付けながら、物体に様々な力が働くことを理解している。 ② 日常生活や社会と関連付けながら、物体に働く力のつり合いについて理解している。 ③ 実験の基本操作を習得している。	① 実験で得られた結果から、規則性や関係性を見いだすことができる。 ② 科学的な根拠を基に考えを表現することができる。 ③ 仮説の妥当性や改善策を検討することができる。	① 主体的に実験を行うことができる。 ② 物体の運動に対して主体的に関わり、科学的に探究しようとしている。 ③ 他者と対話をしながら、自分の考えを改善しようとしている。

(4) 単元の指導と評価の計画（5時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点			評価規準 (評価方法など)
		ア	イ	ウ	
第1時	・力の働きと力の3要素を理解する。 ・力の単位としてニュートン（記号N）を用いることを学ぶ。	●			ア-①(発問に対する発言、授業ノート)
第2時	・力はベクトル量であり、矢印で表すことができるることを理解する。 ・物体に働く2力のつり合う条件を理解する。 ・事前アンケート	●			ア-②(発問に対する発言、授業ノート、ワークシート)
第3時	・実験を通して、ばねの弾性力と自然長からの伸びが比例関係にあることを見いだす。(フックの法則に気付く) ・2本のばねを用いた時のばね定数に関する課題について、個人で「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。評価I	●	●	●	ア-③(行動観察、ワークシート) イ-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) ウ-①(行動観察、ワークシート)
第4時 (本時)	・第3時と同じ課題について、グループで取り組み、ループリックを用いて自己評価を行う。 ・第3時と同じ課題について、ループリックの活用方法を示したワークシートを用いながら、取り組む。評価II・評価III	●	●	●	ア-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) イ-③(ワークシート) ウ-②(ワークシート) ウ-③(ワークシート)

第 5 時	・第4時までのワークシートの評価を確認する。 指導者によるフィードバック	●	●	●	ア-③（行動観察、ワークシート） イ-①（ワークシート） ウ-①（行動観察、ワークシート）
	・実験を通して、2本のばねを用いた時のばね定数の特徴を理解する。 ・事後アンケート				

(5) 本時（全5時間中の4時間目）

ア 本時の目標

- (ア) 2本のばねを用いた時のばね定数について、並列と直列の違いを含めて考えることで、ばねの弾性力について理解を深める。
- (イ) 課題に対して仮説を立て、その検証計画を立案することを通して、理科において求められる資質・能力を高める。

イ 仮説に基づく本時のねらい

本時は、IV 研究の方法における(4)～(8)の過程を行う。前時で、「2本のばねにおもりを1つ吊るしたとき、ばね1本の時と比べて、伸びやすさはどうなるか。(ばね定数はどう変わるか)」という課題について、個人でループリック及びマトリックスの活用方法を示したワークシートを使わずに取り組んでいる。本時では、グループ活動の中で同じ課題に取り組み、ループリック（図2を参照）及びマトリックス（図6を参照）を用いて自己評価をすることで、自身の記述を見直す時間を設ける。さらに、ループリックの活用方法を示したワークシート（図4を参照）を用いながら同じ課題に取り組むことで、理科において求められる資質・能力が向上することをねらいとする。

ウ 本時の展開

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準・方法
5分	前回のワークシートを確認する。 グループを作る（1グループ2～4人程度）。	前回のワークシートを返却する。	
10分	課題 2本のばねにおもりを1つ吊るしたとき、ばね1本の時と比べて、伸びやすさはどうなるか（ばね定数はどう変わるか）。	対話を通じて、加筆・修正していくことを促す。	ア-①（ワークシート） イ-②（ワークシート） ウ-②（ワークシート） ウ-③（ワークシート）
8分	ループリックとマトリックスで評価規準を確認する。	ループリックの使い方を説明する。理科の見方・考え方は具体的な例を挙げながら説明する。	
2分	自己評価を行う。	ループリックに基づき評価するように説明する。	イ-③（ワークシート）
15分	ループリックの活用方法を示したワークシートとループリックを参考しながら、対話的な活動の中で、同じ課題に取り組む。 評価III	ループリックの活用方法を示したワークシートについて説明する。（提出する前に自分の答えを見直すためのものである。各項目にチェックが入れば、高い評価が得られることが期待できる。）	ア-①（ワークシート） イ-②（ワークシート） イ-③（ワークシート） ウ-②（ワークシート） ウ-③（ワークシート）

5分	各自の考えをまとめ、提出する。次回に、実験をして検証する必要があることを確認する。	あくまでも仮説であり、次回の実験で確かめなければいけないことを説明する。	イ-③(ワークシート)
----	---	--------------------------------------	-------------

(6) 本時の振り返り

ア 評価の変容

課題に対する「仮説の設定」及び「検証計画の立案」について、評価Ⅰ、評価Ⅱ、評価Ⅲをまとめたものを図7、8に示した。

(ア) 仮説の設定

図7より、評価Ⅰと評価Ⅱを比較すると、D評価の人数が約半数に減少した。

これはグループでの対話的な活動の中で、分かる生徒が分からぬ生徒を教えることによって、クラスの理解度が底上げされたためであると考えられる。

また、評価Ⅱと評価Ⅲを比較すると、A評価は2.1%から34.9%に増加し

た。これはルーブリック（図2を参照）及びマトリックス（図6を参照）を提示し、目指すべき到達点が明確になったことで、生徒の取組が活発になったためであると考えられる。また、ルーブリックの活用方法を示したワークシート（図4を参照）を活用して、常に自分の考えを客観的に見ながら活動できたことも、変化の一因であると考えられる。

提出されたワークシートより、評価Ⅰでは仮説に根拠がある生徒が2割程度であったのに対して、評価Ⅲでは6割以上の生徒の仮説に根拠の記述が見られるようになった。これは、ルーブリック（図2を参照）に「仮説に根拠がある。」という評価規準があるため、評価Ⅲ段階では、多くの生徒が仮説に根拠をもつことを意識し取り組んだためであると考えられる。一つ例を挙げると、評価Ⅰでは「伸びにくい。重さ

「理科の見方・考え方の具体的な例」(物理基礎)【補練は、理科の見方の部分を示している。】				
理 科 の 考 え 方		比 括 す る		
理	科	の	考	え
比 括 す る	理 想 付 け る	条件を制御する	多 面 的 に 考 え る	
例：凸レンズの物 体を凸レンズの 焦点距離の位置に おいて位置（位置）、 大きさ（大きさ）、 形状（形状）と、 物体から凸 レンズまでの距離と、 物体の位置や大きさの関係を見いだす。	例：力の概念 「ゴムの伸びと力 の関係」を開拓付けながら、 実験を通して力の大きさ（位置）、 伸び（伸び）と、 伸び（伸び）と、 大きさ（大きさ）を比べることで、 物体から凸 レンズまでの距離と、 物体の位置や大きさの関係を見いだす。	例：ゴムの力の面倒 が、ゴムで引っ張る実験で、ゴム を操作して、ゴム なら直角の直角の 実力（大きさ）がどう変化するか（傾向）するか調べてみる。この時、 大きさ（大きさ）が 同じゴムを使うよ うにする。	例：電流・電圧・抵抗 抵抗を正値以上（電流） つないだ回路には、 回路開路と並列回路があるが、 それについて、 並列、直列と、 電流と電流の関係を考えてみる。	
理 想 と 対 比	例：光の性質 光の直進性の日光 が直線となるところと、 曲がらないところとを比べてみると、 日光が曲らるところの方が曲がるからだと、 このことから、 日光が曲らる（原因）、 と物が曲くなる（結果）、「原因」と「結果」と考えられる。	例：電離現象 金属の中やベルを 握ったまま、電離現象と感じた（傾向）のは、 電離によって生じた電離が 体や頭にたまることで起こる（原因）、 ことに気付く。	例：電離の性質 金属の中やベルを 握ったまま、電離現象と感じた（傾向）のは、 電離によって生じた電離が 体や頭にたまることで起こる（原因）、 ことに気付く。	例：三つの力が働いて 物体が動かない（結果）。 またその条件（原因）について、 グループ内で互いの予想や意見を出し合いかながら、 それを確かめる方法を考える。
細 分 と 全 体	例：力の概念 電気力、摩擦力、 電磁力、 電気の力（部分）などが動く様子を比べてみると、 どの力（家全体）も物体の動きを変える働きがあることに気がつく。	例：光の屈折 光の上昇に入れたス 上昇一が水面で折れ曲がったようにな りました。白いレンズで光を聚めること ができるから、紙が生じる現象（部分）は、 どれも光の屈折（家全体）に關係していることに気がつく。	例：電離の性質 電離を用いた実験で、 手の長さ（大きさ）、 電離を強さ（強さ）、 条件を制御しながら変えて 現象を発生させ、 現象の大きさが現れる条件（家全体）を見いだす。	例：力学的エネルギー 実際の運動では摩擦力や空気抵抗のため、 力学的エネルギー（動量）は保存されない。しかし、熱など走査的 な全てのエネルギー（「実体」）として考えると、 その総量は保存されることに気がつく。
実 想 と 実 実	例：力の概念 「重たさ」「重い」「重い」「重い」「重い」の違いを、 ばねばかり（定義）を使って比べてみる。	例：二者の性質 電流の高低（定性）、 と、 電流計（定量）と開拓付けて考える。	例：回路と電流・ 電圧 回路で電電池を壊やすと並列回路が明るくな（定性）ことについて、 電流計や電圧計を用いて、 回路に流れる電流を抵抗に加わる電圧の測定（定量）を行う。	例：力と運動 運動の変化の様子について、 走査タブーによる無差別無投票（定性）だけでなく、 物体の運動の様子を直接投票（実体）して、 その傾向を捉える。

図6 理科の見方・考え方のマトリックス表（物理基礎）

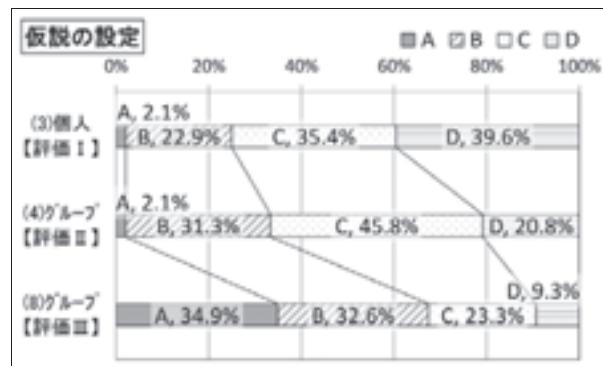


図7 「仮説の設定」評価の変容

はばねが2本の場合減少される。」(C評価)と記述していた生徒が、評価Ⅲでは「伸びにくい。ばねが1本よりも2本の方が、力が分散されるから伸びにくいと思う。元のばねの長さを10cmとして、ばねが1本だった場合20cmになり、2本だった場合15cmになると思う。」(A評価)と、仮説に根拠をもたせようという変化が見られた。

(イ) 検証計画の立案

図8より、評価Iと評価IIを比較すると、変化が見られなかった。これは、検証計画の立案についてはグループでの対話がほとんど見られなかつたためであると考えられる。生徒が課題を難しいと感じる場合、対話的な活動だけでは、評価の変化はあまり見られない場合があると考えられる。

また、評価IIと評価IIIを比較すると、評価IIでは79.2%がD評価であったのに対し、評価IIIでは60.5%に減少した。これは、ループリック(図2を参照)及びマトリックス(図6を参照)を提示し、「検証計画の立案」の評価規準が明確になったことで、生徒の取組が活発になったためであると考えられる。また、ループリックの活用方法を示したワークシートを活用して、常に自分の考えを客観的に見ながら活動できたことも、変化の一因であると考えられる。

提出されたワークシートより、評価Iでは検証計画の中に、得られる結果を予想している生徒が3人(6.3%)であったのに対して、評価IIIでは9人(20.1%)の生徒が検証計画の中に、得られる結果を予想する記述が見られた。これは、ループリック(図2を参照)に「得られる結果を予想していることが分かるように記述してある。」という評価規準があるため、評価IIIでは得られる結果を予想することを意識して取り組んだ生徒が増えたためであると考えられる。

また、「検証計画の立案」では、評価IIIが評価IIに比べて低くなった生徒が3人いた。生徒に確認したところ、評価IIIの段階では時間が足りなくて、書きたい内容を書ききれなかつたことが原因であることがわかつた。ただし、この3人は「仮説の設定」では評価IIIが評価IIに比べて高くなつており、評価II段階では時間に余裕があつたが、評価III段階では課題に対して明確な到達点をもつてより深く思考しながら活動したため、時間が足りなくなり、そのため「検証計画の立案」の評価が低くなつたと考えられる。このように、資質・能力が向上している可能性があるにもかかわらず、過小な評価になつた生徒がいた。

イ アンケートの変容

本単元の学習の前後にアンケートを行つた。その結果から、探究の過程を取り入れた学習による理科に対する興味・関心の程度の変容(図9、10を参照)と、どのような働きかけが仮説や検証計画を立案する上で有効な支援になつたのかを分析した。

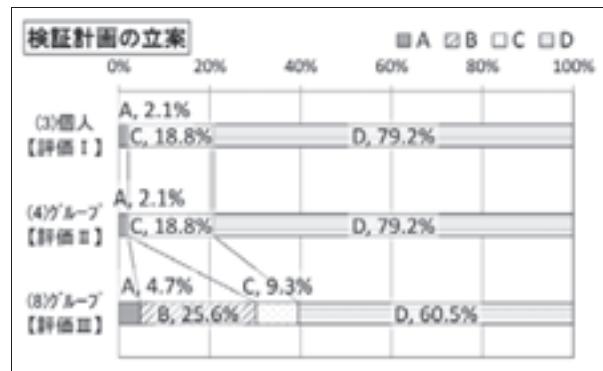


図8 「検証計画の立案」評価の変容

(ア) 理科に対する興味・関心の程度の変容

図9より、「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒が、事前アンケートでは25.4%であるのに対して、事後アンケートでは46.2%に上昇した。また図10より、「理科は楽しいと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒が、事前アンケートでは60.0%であるのに対して、事後アンケートでは77.5%に上昇した。どちらも肯定的な意見の割合が上昇しており、探究の過程を取り入れた学習によって、理科に対する興味・関心が高くなつたことが読み取れる。

(イ) 仮説や検証計画を立てる上で、生徒が感じる効果的な支援

事後アンケートで、本研究で使用したループリック、マトリックス、又はループリックの活用方法を示したワークシートが、「効果的だと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒は、「仮説の設定」ではそれぞれ56.4%、53.8%、76.9%であった。同様に、「検証計画の立案」ではそれぞれ59.0%、56.4%、74.3%であった。どれも半数以上の生徒が効果的であると感じ、特にワークシートが最も効果的と感じているようである。このことから、生徒にループリックを示すだけではなく、生徒自身の記述をどのような流れで変更していくかを確認しながら進められるような工夫が、生徒の理解を助けると考えられる。

ウ 他校における評価の変容

本実践事例の他に複数の高等学校で、同単元の同課題について検証授業を行い、評価の変容を分析した。

(ア) 仮説の設定

評価Iと評価IIを比較するとD評価が23.2%減少しており、評価IIと評価IIIを比較するとA評価が12.9%増加していた。どちらも本実践事例と同様の考察ができる結果が得られた。

(イ) 検証計画の立案

評価IIと評価IIIを比較するとD評価が16.5%減少していた。評価IIと評価IIIの比較について、本実践事例と同様の考察ができる結果が得られた。

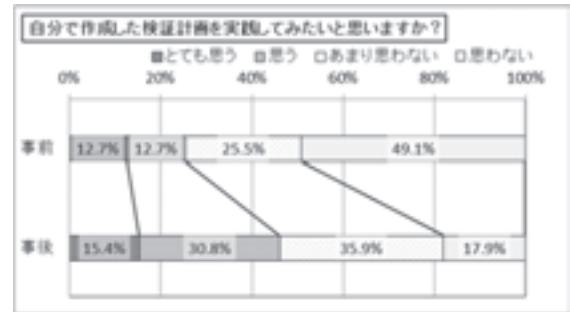


図9 「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」の回答の変容

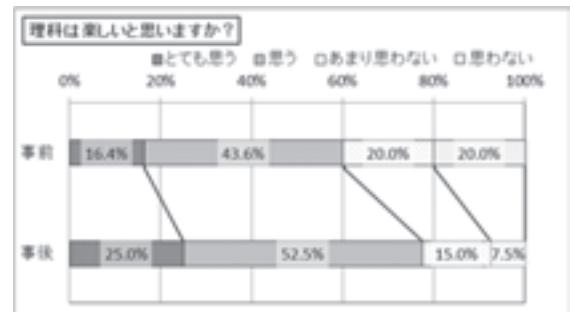


図10 「理科は楽しいと思うか」の回答の変容

2 実践事例 化学 第2学年

(1) 単元名、使用教材（教科書、副教材）

ア 単元名 (4)有機化合物の性質 (ア)有機化合物 ⑦炭化水素

イ 使用教材 教科書「改訂 化学」東京書籍

(2) 単元の目標

ア 有機化合物に関する事物・現象について関心をもち、理科の見方・考え方を働かせて、主体的にそれらの理解や探究に取り組むとともに、科学的な自然観を身に付けている。

イ 有機化合物に関する事物・現象の中に問題を見いだし、観察、実験などを通じて、その技能を習得するとともに、有機化合物に関する事物・現象を科学的に探究する方法を身に付け、それらの過程や結果及びそこから導き出した自らの考えを的確に表現できる。

ウ 有機化合物に関する事物・現象についての基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

(3) 単元の評価規準

ア 知識及び技能	イ 思考力、判断力、表現力等	ウ 主体的に学習に取り組む態度
① 有機化合物の特徴についての知識や理解を深め、それらに関する実験の基本操作が身に付いている。	① 有機化合物の特徴について観察や実験の過程、結果から導き出した自らの考えを的確に考察・表現できる。	① 有機化合物の特徴について観察や実験を計画するとともに、それらを日常生活と関連付けて主体的に探究しようとする。

(4) 単元の指導と評価の計画（6時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点			評価規準 (評価方法など)
		ア	イ	ウ	
第1・2時	・有機化合物の特徴を学ぶ。 事前アンケート ・次回以降に使う実験技術を習得する。	●			ア-① (行動観察)
第3時	・有機化合物の特徴を確認する実験を個人で考える。探究の過程における「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。 評価 I			●	ウ-① (ワークシート)
第4時 (本時)	・第3時と同じ課題について、グループ活動の中で考える。その際に、ループリックやワークシートを使いながら、探究の過程における「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。 評価 II・III			●	ウ-① (ワークシート)
第5・6時	・第4時の「仮説の設定」及び「検証計画の立案」について実験を行い、確認する。 指導者によるフィードバック ・検証した実験計画について結果とともに発表する。 事後アンケート	●	●		ア-① (実験) イ-① (発表)

(5) 本時（全6時間中の4時間目）

ア 本時の目標

(ア) 理科の見方・考え方を働かせて有機化合物の特徴について主体的に探究する。

(イ) 理科において求められる資質・能力を高める。

イ 仮説に基づく本時のねらい

本時では、IV 研究の方法における(4)～(8)の過程を行う。前時で、「有機層と水層からなる二層を見分ける方法（どちらが有機層（水層）かを特定する方法）を考えよう」という課題について、個人でループリック（図2を参照）及びループリックの活用方法を示したワークシート（図4を参照）を使わずに取り組んだ。本時では、グループ活動の中でループリックを用いて自己評価をすることで、各自の記述を見直す時間を設ける。さらに、ループリックの活用方法を示したワークシートを用いながら同じ課題に取り組むことで、理科において求められる資質・能力が向上することをねらいとする。

ウ 本時の展開

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準・方法
2分	<ul style="list-style-type: none"> ・前回のワークシートを確認する。 ・1グループ4人程度のグループを作る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・前回どのようなことに取り組んでいたかを思い出させる。 	
課題 有機層と水層からなる二層を見分ける方法を考えよう			
15分	<ul style="list-style-type: none"> ・前時に個人で考えた課題に対する「仮説の設定」と「検証計画の立案」の内容を、グループ内で共有し、話し合いを経て、その内容をさらに具体的に分かりやすくできるように改善する。 ・ワークシートに改善した「仮説の設定」と「検証計画の立案」の内容を記入する。評価II 	<ul style="list-style-type: none"> ・対話がなかなか進まないようなグループには、対話が活発になるようなヒントを与えて対話を促す。 	ウー① (ワークシート)
10分	<ul style="list-style-type: none"> ・ループリックとマトリックスで評価規準を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ループリックの使い方を説明する。 ・理科の見方・考え方は具体的な例を挙げながら説明する。 	
3分	<ul style="list-style-type: none"> ・自己評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ループリックに基づき自己評価を行うように説明する。 	

15 分	<ul style="list-style-type: none"> ループリックの活用方法を示したワークシートとループリックを参考にしながら、対話的な活動の中で、同じ課題に取り組む。評価Ⅲ 	<ul style="list-style-type: none"> ループリックの活用方法を示したワークシートについて説明する。(提出する前に自分の答えを見直すためのものであることを説明する。) 	ウー① (ワークシート)
5 分	<ul style="list-style-type: none"> 各個人の考えをまとめてループリックの活用方法を示したワークシートを提出する。 次回、実際に計画した実験を行うことを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 次回はループリックの活用方法を示したワークシートに基づいた実験を行うことを伝える。(危険性のない実験のみを行う。) 	

(6) 本時の振り返り

ア 評価の変容

課題に対する「仮説の設定」及び「検証計画の立案」について、評価Ⅰ、評価Ⅱ、評価Ⅲをまとめたものを図11、13に示した。

(ア) 仮説の設定

図11より、評価Ⅰと評価Ⅱを比較すると、D評価は46.9%から13.3%に減少した。これはグループ活動の対話により、何をどう書いたら良いのかが分からなかった生徒が大きなヒントを得る機会になったためと考えられる。その証拠として、D評価が大きく減少しているにもかかわらず、A評価は増えていない。ある程度理解している生徒にとっては評価を高める機会にはならなかったと考えられる。また、評価Ⅱと評価Ⅲを比較すると、A評価は0.0%から8.0%に、B評価は23.9%から33.6%に増加した。これはループリック及び図12に示したマトリックスを提示したことで、何を書けば高い評価が得られるのかが明確になったためと考えられる。また、ループリックの活用方法を示したワークシートがあったことで、自分の記述に足りないことは何かを照らし合わせながら仮説を設定できることも、評価が上昇した要因と考えられる。具体的には、「二つの溶液を分けて、それぞれを燃焼させてみる。」と記述していた生徒が、仮説に根拠をもたらせるために「二つの溶液を分けてそれを燃焼させてみる。有機層は炭素を含むので、すすが出ると考えられるが、水層からはすすが出ない。」と、仮説に根拠をもたらすようという変化が見られた。ほかにも、「純水を加えて層が増えた方が水層」とした記述が、「水は極性分子であるのに対して、有機化合物は無極性のものが多い。そのため、水は有機層に溶けないことをを利用して、二層を含む試験管に純水を加えれば、

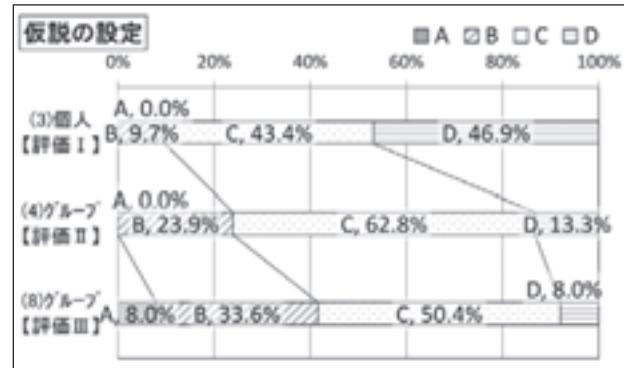


図11 「仮説の設定」における評価の変容

水層が増え、有機層は変わらないという結果が得られるのではないか。」という理科の見方・考え方や仮説の根拠を意識した記述に変化した。

(1) 検証計画の立案

図 13 より、評価 I と評価 II を比較すると、D 評価は 39.8% から 15.9% に減少した。これは「仮設の設定」の時と同様に、グループ活動の対話により何をどう書いたら良いのかが分からなかった生徒

が大きなヒントを得る機会になったため

と考えられる。その証拠として、「検証計画の立案」においても D 評価が大きく減少しているにもかかわらず、A 評価は増えていない。ある程度理解している生徒にとっては評価を高める機会にはならなかったと考えられる。また、評価 II と評価 III を比較すると、A 評価は 0.0% から 4.4% に、B 評価は 9.7% から 28.3% に増加し

た。これについても「仮設の設定」のときと同様に、ループリック及びマトリックス、ループリックの活用方法を示したワークシートが「検証計画の立案」に必要な内容を明確化しており、より高い評価の獲得へとつながったものと考えられる。具体的には、評価 II では実験道具、実験手順について図のみの記述にとどまっていた生徒が大半であったが、実験道具について「準備する器具」など項目立てて記載したり、実験手順を「①、②、③・・・」と順序立てて記載したりするなどの工夫が見られた。例えば、次のような変化が挙げられる。評価 II 段階では、「冷凍庫に入れて、0 °C で凍ったら水層と分かる。」という記述が、評価 III 段階において、「用意するもの：氷、塩水、試験管（水層 + 有機層）、

『理科の見方・考え方の具体的な例』（化学）【破線は、理科の見方の部分を示している。】

理 科 の 考 え 方			
比 較 す る	関 連 付 け る	条 件 を 制 御 す る	多 面 的 に 考 え る
理 科 の 実 体 的	例：金属イオン 電解質水溶液に金属板を入れると、金属の種類によって液は、やすさ（質）に違いがある。これは、金属の種類によってイオン化のなりやすさ（質）が異なることによるものであることに気付く。	例：化学変化と電池 2種類の金属を電解質水溶液に浸して導線つなぐと、電流が流れ（質）。これは、電極で金属がイオン化することで電子を生じ、その電子が導線を通り電池の金属に向かって流れ（質）。だからでることに気付く。	例：化学変化と熱 カイロは空氣と遮断されていると熱くなりないが、空氣に触れると熱くなる（質）。これは、カイロ内の鉄が空氣中の酸素と反応し発熱する（実体）。ためであることを理解する。
理 科 の 原 因 と 結 果	例：片の回りの物質とその性質 同じ白い固体である砂糖と食塩（有機物と無機物）（原因）を燃焼させ、発生する煙体を比較すると、砂糖の燒成体（無機化合物）が、食塩の燒成体（有機化合物）が、灰飛したが、食塩の燒成体は灰飛しなかった（結果）。に気付く。	例：様々な物質とその利用 プラスチックは私たちの生活を支えているが、化學的に完全に自然資源とは分解されにくいため、プラスチックの大規模使用は環境に負荷をもたらす（結果）。ことを理解する。	例：化学変化 鉄鉱石はコーカスを入れて熱する（原因）。ことで、鉄と化合した酸素を還元できる。硫酸を得る（結果）。ことを理解する。
理 科 の 見 分 と 全 体	例：中和と塩 虫や鼠にあつて生産する虫（全体）には、塩化ナトリウムのような水に溶ける鹽（部分）。もあれば、硫酸バリウムのような水に溶けてない鹽（部分）もあることを理解する。	例：原子・分子 炭素原子からダイヤモンドや墨鉛が作られるのと同じように、同じ錯歎原子（全体）からなる物質でも、その組み合わせる数によって、硫酸（部分）にもオゾン（部分）にもなることを理解する。	例：物質の融点と沸点 原油（液体）に含まれる様々な物質の沸点の違いを利用して、石油だけ（部分）を分離することができる。ことを理解する。
理 科 の 性 質 と 定 量	例：物質の分離 水を電気分解すると、えん機の氣体（水素と酸素）（定性）が得られるが、水素は酸素の2倍の体積（定量）で生成することを理解する。	例：質量変化の規則性 銅とマグネシウムはどちらも金属であるため銷びる（定性）。が、同質量の銅とマグネシウムに燃焼する（定性）。は異なることを理解する。	例：水溶液 物が水に溶ける量は、溶かし物の性質（定性）や水の温度（質）によって異なることを理解する。

図 12 理科の見方・考え方（化学）

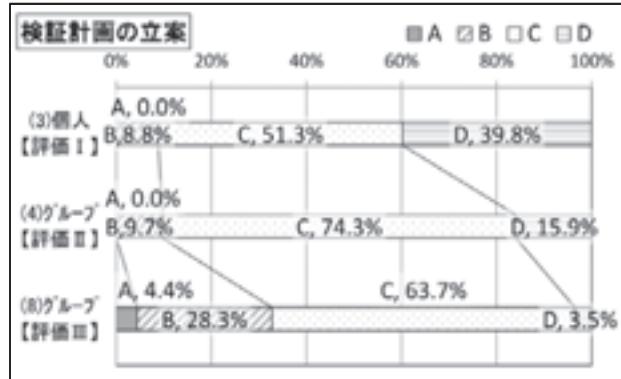


図 13 「検証計画の立案」における評価の変容

温度計 実験手順：①0℃の氷水を用意する。②試験管を氷水に入る。③しばらく凍らせる。④仮説より、先に凍った方が水層と判断する。(凍らない方が有機層である。)⑤終了後、試験管の中身は先生の指示に従い処理する。⑥氷水を捨てる。⑦空の試験管はよく洗い、純水で流す。」という詳細な記述に変化している。

イ アンケートの変容

本単元の学習の前後にアンケートを行った。その結果から、探究の過程を取り入れた学習による理科に対する興味・関心の深まりの変容と、どのような働き掛けが仮説や検証計画を立案する上で有効な支援になったのかを分析した(図14、15を参照)。

(ア) 理科に対する興味・関心の程度の変容

「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒が、事前アンケートでは31.2%であるのに対して、事後アンケートでは64.9%に上昇した。また「理科は楽しいと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒が、事前アンケートでは67.8%であるのに対して、事後アンケートでは73.3%まで上昇した。どちらのアンケート結果も肯定的な意見の割合が上昇しており、この結果を踏まえると、探究の過程を取り入れた学習によって、理科に対する興味・関心が高くなつたと考えられる。

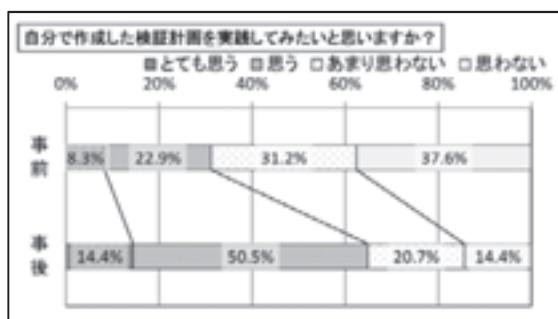


図14 「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」の回答の変容

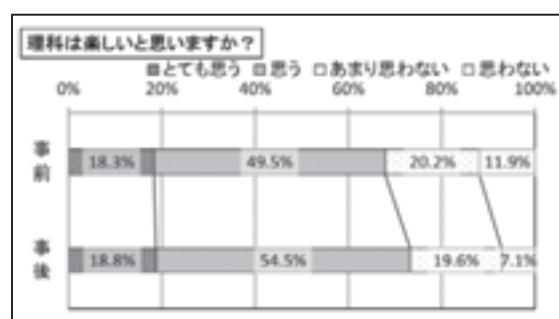


図15 「理科は楽しいと思うか」の回答の変容

(イ) 仮説や検証計画を立案する上で、生徒が感じる効果的な支援

事後アンケートで、本研究で使用した「ループリック」「マトリックス」「ループリックの活用方法を示したワークシート」が、「効果的だと思うか」という項目に「とても思う」又は「思う」と回答した生徒が、「仮説の設定」ではそれぞれ75.4%、74.5%、85.4%であった。同様に、「検証計画の立案」ではそれぞれ74.8%、73.9%、81.1%であった。どの教材も70%以上の生徒が効果的であると感じ、特にループリックの活用方法を示したワークシートが最も効果的であるという結果が読み取れた。このことから、生徒にループリックを示すだけではなく、生徒自身の記述をどのような流れで変更していくべきかを確認しながら進められるような工夫が、生徒の理解を助けると考えられた。

3 実践事例 生物基礎 第1学年

(1) 単元名、使用教材（教科書、副教材）

ア 単元名 (1)生物の特徴 (ア)生物の特徴 ⑦生物の共通性と多様性

イ 使用教材 「改訂 生物基礎」東京書籍

(2) 単元の目標

ア 生物は多様でありながら共通性を持っていることを理解する。

イ 生物の共通性は起源の共有に由来することを理解する。

ウ 細胞の観察、実験を通して、知識と技能を身に付ける。

エ 主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を身に付ける。

(3) 単元の評価規準

ア 知識及び技能	イ 思考力、判断力、表現力等	ウ 主体的に学習に取り組む態度		
① 生物は多様でありながら共通性を持っていることを理解している。 ② 生物の共通性は起源の共有に由来することを理解している。	① 実験で得られた結果から、共通性や多様性を見いだすことができる。 ② 科学的な根拠を基に考えを表現することができる。 ③ 仮説の妥当性や改善策を検討することができる。	① 主体的に実験を行うことができる。 ② 科学的に検討・考察・活用しようとしている。 ③ 他者と対話をしながら、自分の考え方を改善しようとしている。		
評価の観点	ア	イ	ウ	評価規準 (評価方法など)
第1時	・タマネギとヒトの細胞を顕微鏡で観察し、細胞の構造を比較し、考察する。	●	●	イ-①(ワークシート) ウ-①(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第2時	・植物及び動物細胞の構造を学習する。 ・LB寒天培地で指のスタンプ培養を行う。	●	●	ア-①(ワークシート) ア-②(ワークシート) イ-①(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第3時	・事前アンケート ・LB寒天培地を観察し、原核生物を顕微鏡で観察する。 ・個人で「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。 評価I	●	●	イ-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) ウ-②(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第4時 (本時)	・第3時と同じ課題について、グループで取り組み、ループリックを用いて自己評価を行う。 ・第3時と同じ課題について、ループリックの活用方法を示したワークシートを用いながら取り組む。 評価II・評価III	●	●	ア-①(ワークシート・ループリック) ア-②(ワークシート) イ-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) イ-③(ワークシート) ウ-②(ワークシート・ループリック) ウ-③(ワークシート・行動観察)

(4) 単元（題材）の指導と評価の計画（6時間扱い）

時間	学習活動	評価の観点			評価規準 (評価方法など)
		ア	イ	ウ	
第1時	・タマネギとヒトの細胞を顕微鏡で観察し、細胞の構造を比較し、考察する。	●	●	●	イ-①(ワークシート) ウ-①(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第2時	・植物及び動物細胞の構造を学習する。 ・LB寒天培地で指のスタンプ培養を行う。	●	●	●	ア-①(ワークシート) ア-②(ワークシート) イ-①(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第3時	・事前アンケート ・LB寒天培地を観察し、原核生物を顕微鏡で観察する。 ・個人で「仮説の設定」及び「検証計画の立案」を行う。 評価I	●	●	●	イ-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) ウ-②(ワークシート) ウ-③(ワークシート)
第4時 (本時)	・第3時と同じ課題について、グループで取り組み、ループリックを用いて自己評価を行う。 ・第3時と同じ課題について、ループリックの活用方法を示したワークシートを用いながら取り組む。 評価II・評価III	●	●	●	ア-①(ワークシート・ループリック) ア-②(ワークシート) イ-①(ワークシート) イ-②(ワークシート) イ-③(ワークシート) ウ-②(ワークシート・ループリック) ウ-③(ワークシート・行動観察)

第5時	<ul style="list-style-type: none"> ・第4時までのワークシートの評価を確認する。[指導者によるフィードバック] ・事後アンケート ・立案した検証計画に基づいて実験する。 		●	●	イ-① (ワークシート) ウ-② (ワークシート) ウ-③ (ワークシート)
第6時	<ul style="list-style-type: none"> ・第5時に行った実験結果を考察し、クラスにおいてその情報を共有する。 ・議論を通じて、生物の共通性と多様性について整理していく。 	●	●	●	ア-① (ワークシート) ア-② (ワークシート) イ-① (ワークシート) イ-② (ワークシート) イ-③ (ワークシート) ウ-① (ワークシート) ウ-③ (ワークシート)

(5) 本時 (全6時間中の4時間目)

ア 本時の目標

- (ア) 生物は多様でありながら共通性を持っていることを理解する。
 (イ) 課題に対して仮説を立て、その検証計画を立案することを通して、理科において求められる資質・能力を高める。

イ 仮説に基づく本時のねらい

- (ア) ループリックの評価規準を示したワークシートに記載することで、生徒自身が学習の自己調整を行う。
 (イ) ループリックの評価規準を示したワークシートを用いることで、理科において求められる資質・能力が向上することをねらいとする。

ウ 本時の展開

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準・方法
5分	・返却されたワークシートで前時の内容の確認をする。	・前時に個人で仮説及び検証計画が記述されているワークシートを返却する。	
課題 微生物はどこに存在するか。			
10分	・グループになり、個人が考えた仮説・検証計画の内容を共有する。 ・他者の意見を参考に、再度、課題に対しての仮説・検証計画を検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ・グループで他の生徒と対話しながら前時と同様の課題にに対して再検討するように指導する。 ・生徒同士で意見を共有させ、参考になる意見を踏まえて、前時に考えた内容を変更してもよいことを伝える。 	ア-① (ワークシート) ア-② (ワークシート) イ-① (ワークシート) イ-② (ワークシート) イ-③ (ワークシート) ウ-② (ワークシート) ウ-③ (ワークシート)
10分	・仮説と検証方法及びループリック評価の説明を聞き、具体的な評価方法を確認する。 ・理科の見方・考え方について具体例の説明を受け、理解する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ループリック評価の各観点について説明する。 ・理科の見方・考え方の具体的な例のプリントを配布し説明する。 ・ループリック評価に基づいた評価を各自で行うように指示する。 	ウ-② (ワークシート・ループリック) ウ-③ (行動観察)

5分	・自らが立てた仮説・検証計画について自己評価をする。 評価II	・自己評価の方法が分からない生徒に対して個別にアドバイスを行う。	
10分	・理科の見方・考え方、及びループリック観点のチェックリストが付いたワークシートを使い、仮説・検証計画を再検討し、議論する中で、ワークシートに記述していく。	・見方・考え方、及びループリック観点のチェックリストが付いたワークシートを配布し、説明する。	ウ-① (ワークシート)
5分	・各自でワークシートをまとめ、提出する。 評価III	・次回、実験を行うことを指示する。	ア-① (ワークシート・ループリック)

(6) 本時の振り返り

ア 評価の変容

課題に対する「仮説の設定」及び「検証計画の立案」において、用いた理科の見方・考え方のマトリックス表を図 16 に示した。

また、評価 I、評価 II、評価 III のまとめたものを図 17、18 に示した。

(ア) 「仮説の設定」

図 17 より、評価 I と評価 II を比較すると、D 評価は減少し、B 評価、C 評価及び A 評価が増加した。物理、

化学と同様、生徒同士の対話の中でクラス全体の理解度と達成度が促進されたと考えられる。グループワークを行うことで、仮説を立てる具体的な視点を増やせたと思われる。

また、評価 II と評価 III を比べると、D 評価が 0.0% になり、C 評価は減少、B 評価と A 評価が上昇した。評価 I では A 評価が 0.0% であったが、評価 III では 62.4% にまで上昇した。これも物理、化学と同様に、ループリック(図 2)及びマトリックス(図 16)を提示し、授業の目標として目指すべき到達点が明確化されたことにより、生徒の取り組む方向に迷いがなくなったと考えられる。そしてループリック及びワークシートを活用することで、何が足りていないか、何が達していないかが一目瞭然となっている。また生徒自ら

「理科の見方・考え方の具体的な例」(生物) 【縦線は、理科の見方の部分を示している。】			
理 科 の 見 方		考 え る 方	多 面 的 に 考 え る 方
比 較 す る 事 件	関 連 付 け る 事 件	条 件 を 制 御 す る 事 件	多 面 的 に 考 え る 事 件
共通性と多様性	例：脊椎動物 脊椎動物では、五つの仲間の間に、魚類・両生類・爬虫類(は)虫類は変温動物、魚類・両生類・爬虫類(は)虫類は卵生、魚類・両生類・爬虫類(は)虫類・鳥類・哺乳類は全て脊椎を持つというように段階的に共通性が見られることに気付く。	例：季節と生物 昆蟲の成長過程や、種が聞く時期、サクラの開花や葉の色、落葉など、動物と植物について季節の変化に關係づけられる共通性と多様性を見いだす。	例：植物の発芽、成長、結果、種子繁殖等子に適当な温度下で水を与えると、種子は水を吸い、根や芽を出し、発芽するという共通性がみられることに気付く。
統一性と統一性	例：進化 現存の生物や化石(構造)の比較などをみると、現存の多様な生物が長い時間の経過の歴史で進化(原因)して生じてきたものであることを体のつくりと関連付ける。	例：刺激と受容 動物が外界の刺激(原因)に、適切に反応(結果)している。その仕組みを感覚器官、神経系及び運動器官のつくりと関連付ける。	例：植物の体の共通点と相違点 同じ種類の植物であれば、生息する場所(原因)などによって形や大きさに違い(結果)があり、体内外などの行方及び葉で養分をつくる働きに着目して、生命を維持する働きを多面的に調べる。
細分化と全体	例：細胞 生物の細胞などの観察を行い、生物の(全体)が細胞(部分)からできていることを見いだす。	例：細胞分裂 細胞の数が増えるだけではなく、細胞全体が伸長、肥大するなど、細胞の分裂や成長(部分)と生物の成長(全体)とを関連付ける。	例：生物の増え方 生物が有性生殖で増えていくときに、親の配質(全体)の一部が子(部分)に伝わることを見いだしして理解する。
定性と定量	例：遺伝の規則性と遺伝子 メンデルの交配実験の結果(定性・定量)を分析して解釈し、子や孫の形質の表れ方と親の組合せ方を比較することで規則性があることに気付く。	例：環境保全 野生生物の生息状況、大気汚染、河川や湖沼の水質(定性・定量)など、自然と人間との関わり方を関連付けて考察する。	例：植物の養分と水の通り道 気温が高い晴れた日(条件)には、蒸散により排出される水の量(定量)は多く、植物によつてはしほれたり、枯れたり(定性)することに気付く。

図 16 理科の見方・考え方のマトリックス表 (生物基礎)

が学習到達度を常に客観的に評価することができるため、自己調整を可能としている。

提出されたワークシートから、評価Ⅰの時点で生徒が書いてくる「仮説の設定」にはほとんど根拠がなく、また「検証計画の立案」では予想される実験結果まで記述できた生徒はいなかった。評価規準が常に生徒の目に触れると、生徒自身による自己調整を促進していることが分かった。

生徒のワークシートを見ると、評価Ⅰの段階では「スマホ」や「トイレ」、「床」、「土」といった語句のみでの解答が目立ち、完成した文章で仮説を記載する生徒がほとんどいなかった。しかし、ループリック評価と理科の見方・考え方のワークシートを配布した後では、「ネズミの排せつ物に腸内細菌がいることが前回の実験で分かったので、カイコの排せつ物にも腸内細菌はいるだろう。」のように生徒の仮説に根拠が入り、腸内細菌という共通性、及び異種による多様性の「理科の見方」を用い、比較という「理科の考え方」を行っており、マトリックスの表の項目を十分に活用していた。また「手を水で洗っただけの場合には細菌がまだ残っているが、石鹼を使って洗い流した場合は細菌がないだろう。」のように石鹼の有無による条件を制御する考え方で、細菌数が減るだろうという、量的・関係的な見方が用いられていた。両仮説とも結果を予測しており、見通しを持った仮説が立てられていた。このことからも、ループリック評価や理科の見方・考え方のマトリックス表を使って実験の仮説を検討することで、より具体的かつ多面的に捉えて予測することができるようになったと言える。

(イ) 検証計画の立案

図18より、評価Ⅰと評価Ⅱを比較すると、D評価が18.1%減り、C評価が8.3%増えていた。評価Ⅰでは0.0%であったA評価及びB評価が評価ⅡではA評価は1.5%、B評価は8.3%に増えていた。仮説と同様グループでの生徒同士の対話や意見交換によって深まったことが考えられる。しかし評価Ⅱと評価Ⅲを比較すると、D評価が71.8%減少と大幅に減り、A評価は42.9%増加の44.4%、B評価35.3%増加の43.6%であった。生徒のうち90%以上の評価が上がった。仮説の設定で測定した評価Ⅰ、評価Ⅱ、評価Ⅲと比較しても、検証計画の立案はゼロベースで具体的に考え、結果の見通しをもつことが生徒にとって困難であったことが示されている。しかし、ループリック評価や理科の見方・考え方を示すことで、90%以上の生徒に効果的に働いており、仮説の検証計画の見通しを立てられるようになったことを示している。個人で検討した時点の評価Ⅰ、及びグループで検討した時点

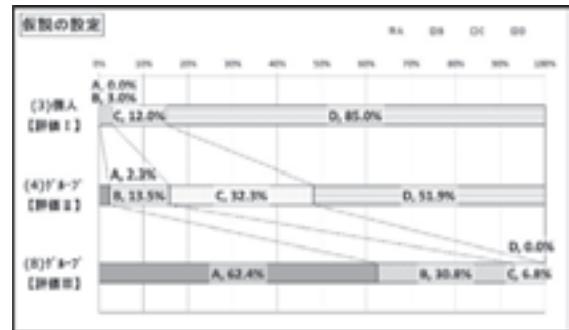


図17 「仮説の設定」の評価の変容

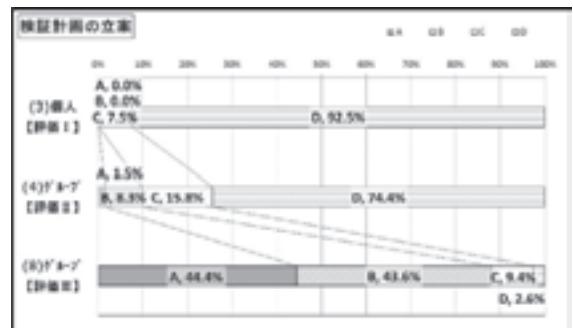


図18 「検証計画の立案」の評価の変容

の評価Ⅱでの生徒の検証計画の立案には、「真空にする」「寒天を使う」など簡単な文章しか記載されていなかった。しかしループリック評価や理科の見方・考え方のマトリックス表、及びワークシートを使うことで、より具体的な検証計画が書かれるようになった。「洗わない指をポジティブコントロールとして、水で手洗い又は石鹼で手洗いした後、風で乾かし、指とともにLB寒天培地にスタンプし、37℃で16時間インキュベートする。寒天培地上のコロニーの数を数えて比較する。コロニーの数は「洗わない」>「水洗い」>「石鹼で手洗い」の順と推測される。」のように、条件を制御する考え方を用い、量的・関係的見方で比較をする計画を立てており、実験結果も予測立てていた。理科の見方・考え方は検証計画の立案のヒントとなり、比較や条件の制御など、生徒が忘れがちな対照実験の存在を思い出させた。また実験結果の予測に、既習知識の活用を必要としており、振り返りになっていた。

イ アンケートの変容

本単元の学習の前後にアンケートを行った。アンケート結果は図19、20に示す。

(ア) 「学びに向かう力・人間性」の育成

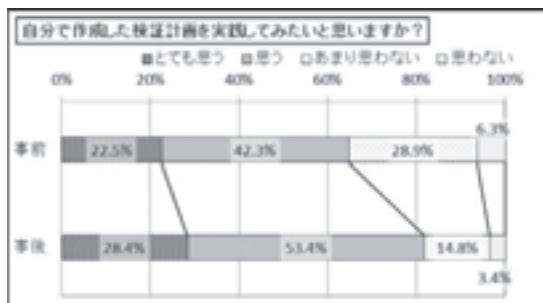


図19 検証計画の実施に関する問に対する回答の変容

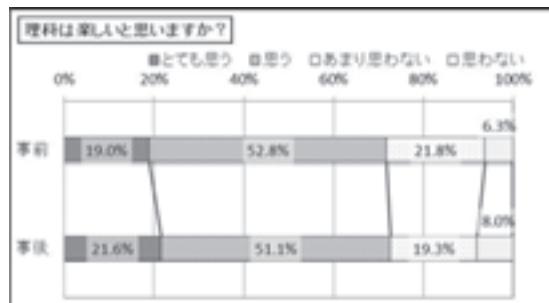


図20 理科の興味・関心に関する問に対する回答の変容

全体的に好印象である「とても思う」「思う」の数値が、図19「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」では17.0%増の81.8%に増加した。図20「理科は楽しいと思うか」では0.9%増の72.7%に変容した。このことから、探究的な学習を行うことにより、生徒の学びに向かう力が向上していることが推察できる。

VI 研究の成果

理科において求められる「資質・能力」の高まりについて、次の成果が得られた。

1 グループ活動を行うことで、生徒間の対話により深化し、「仮説の設定」や「検証計画の立案」に必要な「最低限の資質・能力」を高めることができると考えられる。

対話を行う前の評価（評価Ⅰ）と対話を行った後の評価（評価Ⅱ）を比較すると、「仮説の設定」においては、D評価について物理、化学、生物では18.8%、33.6%、33.1%と減少した。また、「検証計画の立案」においては、D評価について化学、生物では23.9%、18.1%と減少した。これらのことから、対話を行うことは「仮説の設定」及び「検証計画の立案」の場面において、記述することができない生徒層の資質・能力を高める有効な手段の一つであると考えられる。

- 2 ルーブリックを使った自己評価を行い、ワークシートを活用することにより、「仮説の設定」や「検証計画の立案」に必要な資質・能力を高めることができると考えられる。

ルーブリックを示す前の評価（評価Ⅱ）とルーブリックを示した後の評価（評価Ⅲ）を比較すると、A及びB評価が増加している。その数値としては、「仮説の設定」の場面では各科目で 17.7%～77.4%増加、また「検証計画の立案」の場面では各科目で 23.0%～78.2%増加がみられた。これらのことから、ルーブリックを使い自己評価を行い、さらにワークシートを活用することは、指導者が求める資質・能力を生徒自身が把握し、改善することにつながり、その結果として、生徒の資質・能力を高めることができると考えられる。

- 3 「ルーブリックの活用方法を示したワークシート」が「仮説の設定」や「検証計画の立案」を行ううえで特に有効な支援になったと考えられる。

今回使用した教材に関する生徒のアンケート結果から、特に「ルーブリックの活用方法を示したワークシート」が効果的であると感じている生徒は、いずれの科目においても 70%を超えており、高い値を示している。このことから、「ルーブリック」をただ生徒に示すだけでなく、それを生徒が理解し、振り返り、形成的評価に結び付けるための手立てを指導者が工夫することが大切であると言える。

- 4 「仮説の設定」や「検証計画の立案」を行うことは興味・関心を高めることに効果がある。

アンケート結果に着目すると、授業前後で「自分で作成した検証計画を実施してみたいと思うか」という項目に「とても思う」「思う」と答えた生徒が、各科目で 17.0%～33.7%増加していることが分かった。また、「理科は楽しいと思うか」という項目に「とても思う」「思う」と答えた生徒が、各科目で 0.9%～17.5%増加していることが分かった。これらのことから生徒が自ら仮説を立て、検証計画を立案するという探究の過程を取り入れた指導を行うことで、主体的に自然現象に関わり、科学的に検討しようとする態度を高められると考えられる。

VII 今後の課題

次の 2 点が今後の課題として考えられる。

- 1 今回提示した指導の流れ（図 5）が、探究の過程の全てにおいて応用可能な指導方法であるかどうかを検証する。

今回提示した指導の流れ（図 5）が、探究の過程の「観察・実験の実施」、「結果の処理」及び「考察・推論」の中で理科において求められる資質・能力を育成できる方法であるかどうかは検証に至っていない。今後は、これらの場面で求められる資質・能力を精査した、ルーブリックを作成し、図 5 に示した指導の流れを精査するとともに、授業実践を通して指導の流れ（図 5）の有効性について検証していく必要がある。

- 2 複数の分野において、主体的に取り組むことができ、議論が進みやすい探究の過程における課題を、開発していく。

正解が一つに定まらないなど課題の難易度を適切に設定することは、生徒の主体性を引き出し、生徒間の議論の活性化を促し、生徒を深い理解へと導く。今後はそのような課題を複数の分野で考案していく必要がある。

平成 30 年度 教育研究員名簿

高等学校・理科

学 校 名	職 名	氏 名
東京都立浅草高等学校	主任教諭	中野 英樹
東京都立世田谷泉高等学校	教 諭	篠崎 良介
東京都立国際高等学校	教 諭	佐野 寛子
東京都立町田高等学校	教 諭	天野 究
東京都立山崎高等学校	主任教諭	四関 大輔
東京都立富士森高等学校	主任教諭	中込 壮則
東京都立立川高等学校	教 諭	◎ 岩船 浩孝
東京都立東久留米総合高等学校	教 諭	瀧谷 祐輝

◎ 世話人

[担当] 東京都教育庁指導部高等学校教育指導課
課長代理 石川 真理代

平成 30 年度

教育研究員研究報告書
高等学校・理科

東京都教育委員会印刷物登録

平成 30 年度 第 135 号

平成 31 年 3 月発行

編集・発行 東京都教育庁指導部指導企画課

所 在 地 東京都新宿区西新宿二丁目 8 番 1 号

電話番号 (03) 5320-6849

印刷会社 康印刷株式会社

リサイクル適性(A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。