

既有知識と中学校理科の学習内容を関係づける授業デザイン

吉川 久美子（教育実践コース）

1 はじめに

令和の日本型学校教育において、生徒が資質・能力を発揮し、主体的・対話的で深い学びへ向かうことが求められている。田村(2018)は「深い学び」について次のように述べている。『『深い学び』とは、子どもたちが習得・活用・探究を視野に入れた各教科等の固有の学習過程（プロセス）の中で、それまでに身に付けていた知識や技能を存分に活用・発揮し、その結果、知識や技能が相互に関連付けられたり組み合わせられたりして、構造化したり身体化したりしていくこと。』また、大島・千代西尾（2019）は「調べたり、試行錯誤したりする経験を蓄積することは、知識を関係するいくつかの知識のグループに整理して構造をもった一つの集まりを作る作業といえる」と述べている。そこで、本研究では「深い学び」について、知識が様々な知識とつながりをもち構造化することが鍵となると考え、中学校理科の授業においてこれを可能にする授業デザインについて検討する。

2 既有知識と授業における学習内容を関係づけることの必要性

中学校段階で田村（2018）が言う「それまで身に付けた知識・技能」とは、小学校までの学習経験や日常経験、見聞による知識（以上、すべて既有知識）が含まれている。これらの知識や技能を「存分に活用・発揮」し、「調べたり、試行錯誤したりすること」で、既有知識と新しく学習する内容を関係づけながら整理し直すことができると考えられる。

長沼(2015)は「理屈が難しい」など教科としての難しさから小学校5年生を境に学年の進行に従って、科学への関心が急激に低下していることを指摘している。この要因として原田・坂本・鈴木（2018）は、自然体験の減少や科学技術のブラックボックス化を挙げている。こうしたことが、生徒の既有知識と授業における学習内容の関係づけをより困難にしていると考えられる。

こうした時代背景からも本研究では生徒が既有知識と授業における学習内容を関係づける姿を目指す授業デザインを検討することは必要不可欠であると考えられる。

3 生徒の授業観と筆者の授業スタイルの省察

(1) 目的

授業デザインの検討の資料とするために、授業実践（実践1）に基づいて自身の授業スタイルを省察し、さらにそこでの生徒の反応から生徒の学習観の実態を把握する。

(2) 方法

授業実践で見られた生徒の行動観察や、振り返りの記述から生徒の学習観を検討する。また、生徒の反応に対する自身の捉えから見出した自身の授業スタイルについて省察する。その際、既有知識と授業における学習内容の関係づけの観点から検討し、それを踏まえて、本研究が目指す授業デザインを明確にする。

中学1年「力」の単元において授業実践（実践1）を行った。主に課題の提示、ICTを活用した実験内容の可視化、問いの結論を蓄積するポートフォリオ型の振り返りシートを用いた。

(3) 結果と考察

自身の授業スタイルと生徒の学習観ともに、課題の結論のみに意識が向く構造となっていた。

生徒が自分で学習を進めたり、具体的な内容の援助要請をしたりできた場面は、実験操作、比例の関係を見つけた場面である。実験操作は、教師が示した手順通りに行った。比例の関係を見つけた場面は、ICTを使い視覚的に写真からグラフを想起させた。どの活動も手順が明確であるがゆえに、生徒の考えが入りにくく限定的な知識と知識のつながりとなっていた。

これに対して生徒の学習活動が止まり、援助要請がしにくかった場面は、まとめや振り返りを書く場面である。「ばねののびのきまりは何か」という問いに対して上記のような知識のつながりが限定的な活動をした後では、多様な視点が生まれにくく、「どう書いたらよいか分からない」などの質問があった。これは、振り返りの記述内容には決められた結論があることを想起し、決められた結論を正確に書く方法が分からないと訴えていると推測できる。限定を外して多様な視点から「自分なりに、自由に記述すること」は決められた結論とは異なってしまい、不正解になることを懸念し、逆に自由に書けない状況になっていたと考えられる。

このような生徒の反応から自身の授業スタイルを省察すると、生徒が自由に考えた内容を取り入

れにくく、生徒が決められた結論を見つけることに関心を向けやすい構造になっていることが分かった。ここから見出される生徒の学習観は、次のように推測される。理科の学習は決められた結論（例えば教科書の太字の用語）を暗記し、一問一答的に答えることであり、決められた結論そのものが何なのかを見つけることである。このような学習観のもとでは、結論を出すためにその根拠となる情報を集めて、比較したり関係づけたりして解釈することに意識が向きにくい。教科書の太字をしっかりと頭の中にインプットできたかを確かめるために、ワークや問題集を解いて繰り返し取り出す練習をすることが理科の学習だと考えていると推測できる。これは、観察・実験の内容や既有知識との関係が薄く、他の知識との関係づけがなされにくいいため、忘れやすく取り出しにくい知識を生み出してしまおうと考えられる。

このような生徒の学習観や、筆者の授業スタイルの場合、田村（2018）が言う「それまでに身に付けていた知識や技能を存分に活用・発揮」することにつながる。大島・千代西尾（2019）が指摘する「調べたり、試行錯誤したりする経験を蓄積することで、考えを広げていく」活動を計画する必要がある。生徒の学習観の重点が「結論そのものを暗記すること」から「結論を出すための材料（その一つが既有知識）の探索や関係づけ」へと変化すると、既有知識との関係づけが起こり、対話や振り返りの記述で、多様な視点から考えが表出され、既有知識との関係づけが起こりやすくなると考えた。

4 課題解決過程の材料を提示する実践

(1) 手立て（目的）

生徒の意識を結論そのものから結論を出すための既有知識の探索へ向けることをねらって実践2を行い、生徒の反応から既有知識と授業における学習内容の関係づけが生じたかを検討する。実践2の手立てとして、知識構成型ジグソー法を用いて、メイン課題の材料となる小課題を、小グループに分かれて学習し、これを用いてメイン課題の解決に向かう授業を計画した。

(2) 方法

課題の追究場面や課題の解決場面で、生徒の探索的な対話に注目した。探索的な対話とは、自信がなくなるとだどしく語る言葉で、完結していないが、新たな考えや意味に向けて開かれた会話（一柳，2014）である。だどどしい語りとその応答をくり返すことで、既有知識と新しい知識の整合性を確認したり、既有知識と新しい知識を整理し

たりして考えを固めていくと考えられる。探索的な対話やそれによって多様な表現で振り返りが記述されたかをもとに、手立ての有効性を検討する。

中学2年「原子分子と化学変化」の単元において授業実践を行った。「燃焼の共通点は何か」というメイン課題に対し、その課題の部品となるような小課題①「スチールウールはなぜ燃焼後に重くなったか?」、小課題②「木はなぜ燃焼後に軽くなったか?」についてグループに分かれて学習した後、再びもとの班に戻り、メイン課題について考えた（実践2）。この様子を抽出班の分析により検討する。

(3) 結果と考察

授業で生徒がこれまでの知識・技能を存分に発揮する既有知識を授業者が整理して焦点化すること、生徒が課題の追究場面で用いた知識が振り返りに反映できる形式を工夫する必要があることが分かった。

小課題①に関係する知識は、鉄（スチールウール）は燃焼するとボロボロになってかさが小さくなること、空気中の酸素原子が鉄に付加することを原子モデルで示すこと、付加しているのかさが小さくなっていることの3点である。小課題②に関係する知識は、木は燃えるとボロボロになって灰になり軽くなること、木の原子モデルを一度バラバラにして二酸化炭素や水に組み替えること、高温下では二酸化炭素や水は気体になり空気中に逃げることの3点である。

小課題①に取り組んだ班は、原子モデルを想起して空気中の酸素を付加させて、その後活動が停滞してしまっただけで、付加しているのに重くなることの結論は見いだせたが、見た目がボロボロになっているのに質量が大きくなることとの矛盾点や、小課題②への関心にはつながらなかった。小課題②に取り組んだ班は、原子モデルを組み替える場面で探索的な対話が生まれた。続いてなぜ軽くなるかについて状態変化を想起したが、これらの話し合いの内容は記述されず、班のワークシートの理由の欄に「化学変化した」という結論が記述された。

小課題①の班では、スチールウールが燃焼した後にボロボロになっている様子があまり印象に残らず、酸素が付加しているのかさが小さくなっていることに意識が向かなかった。このため、日常生活で木や紙が燃えると灰になって軽くなることとの矛盾点が注目されず、小課題②と比較して、メイン課題「燃焼の共通点」を見いだして、「燃焼」について一般化するような知識の整理の必要性を

感じにくかった。小課題②の班では、木が燃えると二酸化炭素や水が発生することや、高温下では状態変化により二酸化炭素や水は気体になって逃げるなど、課題解決のために用いた知識がワークシートや振り返りに記述されなかった。生徒の既有知識を用いて新しい知識を説明できる形式のシートを工夫する必要があることが分かった。小課題①の班では、用いる既有知識（日常的に目にするものが燃えるときにかさや質量が小さくなること）の確認が弱く、小課題②の班では生徒が用いた既有知識（木が燃焼後二酸化炭素や水ができることや、これらが状態変化によって気体になって逃げること）を記述などにより確認することに課題があると感じた。

5 既有知識を明確にして提示する実践

(1) 手立て（目的）

課題解決に用いる既有知識について授業者が整理して提示することで、生徒が課題解決場面でこの既有知識を用いて、田村（2018）がいう「これまでに身に付けていた知識や技能が存分に活用・発揮」できるように次の3つの手立てを考えた。

- ①授業に関係する生徒の既有知識を整理して、用いる知識を焦点化して提示する。
- ②焦点化した既有知識を存分に活用・発揮して、学習内容とつながられる場面を設定する。
- ③課題の追究場面で考えたことを整理するために、実験による変化が起こる前の1場面を取り出したワークシートを使用する。振り返りはオープンエンドな形式を用いる。

①～③の手立てを入れて授業を計画し（実践3）、生徒の反応から既有知識と授業における学習内容が関係づいたか検討する。

(2) 方法

上記の手立てを用いた授業実践を行い、課題の追究場面での発話を検討することで、既有知識と学習内容の関係を調べる。また対話の内容が振り返りの記述に現れたかどうかも検討する。

中学2年「生物のからだのつくりとはたらき」の単元において、「植物の呼吸」の授業（実践3）を行った（図1）。植物の呼吸に関する事前アンケートや、文献を参考にして、課題解決に用いる知識を焦点化した。

外山（2020）によると、生物学専門の教授でさえ、動くものを生き物と見なす「誤り」がヒトの知性の奥深くに根差している。このことから、生徒は動かない植物を生物として捉えることは難しいと考えられる。したがって、生命活動の一つである「呼吸」を植物が行っていることについて、

小学校での既習事項だからと言って、田村（2018）が言うような「存分にはつきできるこれまで身に付けた知識」を担っている可能性は低いと考えた。一方、幼児でさえもヒトを生物の代表中心事例として捉え、その生物学的特徴をよく知っていることが示されている（外山，2020）。そこで生徒がもつであろう「ヒトの呼吸」についての既有知識を活用して、植物と比較検討することで学習内容とつなげていくことにした。ヒトの呼気を石灰水に通じる実験（既有知識の確認）と、暗所においた豆苗の袋の気体を石灰水に通じる実験（授業における学習内容）を対応させ、どちらも白く濁る結果から呼吸運動がない植物でも二酸化炭素の排出（呼吸）が起こることを確かめた。これを補足する実験として豆苗とは別の種類のオオカナダモについても確かめた。BTB 溶液に呼気を吹き入れると黄色（二酸化炭素の発生により酸性になる）に変化する実験（BTB 溶液は酸性下で黄色に変化する。中1の既習事項）と、BTB 溶液入りの水に入れたオオカナダモを暗所に置くと黄色に変化することを対応させて考える。最後にオープンエンドな振り返りの記述（植物の呼吸について分かったことや最初のイメージと変わったことを書こう）を行った。

(3) 結果と考察

① 既有知識の整理

植物の呼吸に関する事前アンケートを行うと、「植物が行っていると思う活動」を選択する設問に対し、「呼吸」を選択した生徒が46%（50人回答）に留まった。「植物の呼吸は二酸化炭素を吸収し、酸素を出すこと」を選択した生徒が62%（50人回答）いた。植物が呼吸していると考えていない生徒が半数近くであり、「呼吸」のはたらきを光合成と混同している生徒が約6割みられた。教科書では呼吸を酸素と二酸化炭素のガス交換で説明しているが、生徒はヒトが行っている横隔膜を動かして肺に空気を出し入れする呼吸運動を呼吸と見なしていることが懸念された。このことは日常的に生徒が目にする植物には動きがないことから、複数年をかけて繰り返し了解されていると考えられ、教師が呼吸の定義を教えても、生徒の考えを変えにくいと考えられる。また、光合成と混同し「呼吸」とは、ガス交換でいうと植物は二酸化炭素を取り入れて酸素を出すこと、ヒトでは酸素を取り入れて二酸化炭素を出すこと言う風に、呼吸の定義を変化させて受け入れていると考えられた。課題の追究場面で用いる既有知識を「ヒトの呼吸」

として、改めて呼吸の定義について整理し直すことをねらった。

② 既有知識を存分に活用・発揮して、学習内容とつなげる場面の設定

ヒトの呼吸を石灰水に通じる実験（既有知識の確認）では、多くの生徒が石灰水の変化をよく観察していた。小学校時代に経験があり、すでによく知っていることとして、退屈に感じる恐れがあったが、顔をビーカーに近づけてしっかりと観察していた。BTB 溶液に呼吸を吹き入れる実験は、呼吸に含まれる成分が個人特有のものでないか確認しようと他の班を見回す行動が見られた。BTB 溶液を中1で扱っているが呼吸との反応を確かめた経験がなかったため、自然と他班の結果とも比較し、正確にその変化を捉えようとしていたと考えられる。続いて暗所に置いた豆苗の袋の中身を石灰水に通じる実験では、石灰水が白く濁ると「おおー」などの声が上がった。これは、これまで植物は呼吸をしていない、あるいはヒトとは異なる呼吸（二酸化炭素を吸収して酸素を出すはたらき、ヒトの呼吸とは逆の反応）として捉えていたが、ガス交換において同じ働きがあると一致したためと考えられる。生徒が提示された既有知識を用いながら、課題の追究を行い、知識を新しく整理し直していたと考えられる。

③ 既有知識と学習内容を整理して記述すること

実験での変化前を取り出したワークシートの記入を通して、ヒトの呼吸による石灰水の反応と比較しながら考えを整理した。最後に分かったことを振り返りに記述すると、自分の言葉を用いて既有知識と学習内容を関係づける記述が見られた（図2）。1枚目のワークシート（暗所に置いた豆苗の袋の気体を石灰水に通じる実験）については、記述する際の発話は確認程度の短時間で記入を済ませた。振り返りに「小学校の時に（植物の呼吸について）学習はしていたが、（実験で確かめられるか）信じがたかった。実験で確かめて納得がいった。」と記述する生徒が見られたことからとも言える。既有知識であるヒトの呼吸との対応関係がはっきりしていて、生徒はすぐに理解できたものと考えられ2枚目のワークシート（オオカナダモの実験）については探索的な対話が起り、他領域の知識と関係させようとする姿が見られた。抽出生徒Aから、オオカナダモを入れて暗所に置いた試験管が黄色（酸性）になったことで、その黄色の意味について問う発話があった。生徒Jが応答し、光合成との関係や、酸性と酸化の違いなどに

ついて話が及んだ。抽出生徒Cは1枚目と2枚目のワークシート行き来しながら、記入をした。振り返りには触れられていなかったが、植物が酸素を吸収して二酸化炭素を出している事実を受け入れると、ヒトが吸収する酸素が無くなってしまいが、実際はそうならないことから、光合成との関係を示唆する発言があった。

6 総合考察

(1) 既有知識と中学理科学習内容を関係づける授業デザインについて

有効な手立てとして、①既有知識を整理して提示する、②既有知識を存分に発揮して学習内容とつなげる場面の設定、③オープンエンドな形式で振り返りを記述し、知識を整理する。の3点が挙げられる。①について、実態をより正確に把握する必要がある。小学校での学習内容であるからと言って、生徒が使いやすい知識とは限らない。授業者が既有知識を整理して学級で共通で使う知識として提示する必要がある。①がしっかりと整理されることで②の活動が円滑に進む。続いて②の活動が充実することで、生徒が関係づける知識が増え、既有知識と学習内容の知識の整理が進み、それが表出されると振り返りの記述が多様なものになる。

(2) 今後の展望

知識の整理の仕方については課題がある。生徒が発話し、考えた内容が記述に現れ、さらに生徒の見方・考え方を学習指導要領にあるような理科の見方・考え方で整理し直すことで、より科学的な知識構造へとつながると考えられる。

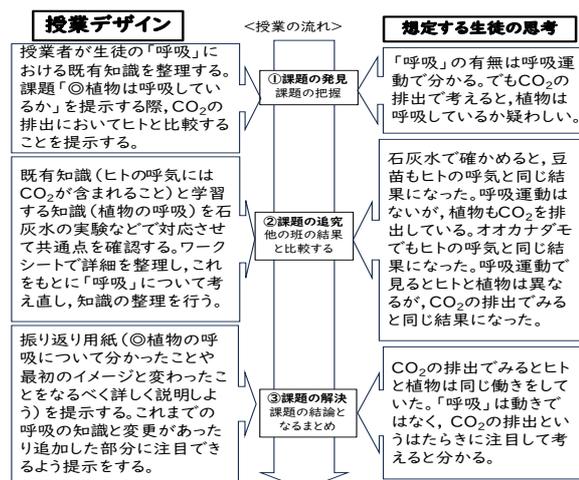


図1 実践3の流れ（計画）



図2 ワークシート（左・中央）と振り返り