

理科の見方・考え方を働かせた科学的に探究する学習指導の在り方

—概念形成状況の把握を基盤とした仮説検証型授業の開発—

高知大学大学院総合自然科学研究科教職実践高度化専攻 指導教官 楠瀬 弘哲
四万十市立中筋中学校 教諭 若松 柚似

【研究の概要】

本研究は、中学校学習指導要領(平成 29 年度告示)解説理科編に示された「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」の具現化を目指し、ラーニング・プログレッションズ(以下 LPs)の手法を参照した生徒の概念形成状況の把握を基盤とする仮説検証型授業の開発を行った。科学的な探究は生徒の主体性のもと、遂行される。そこで教師が生徒の概念変化の流れを想定し、生徒自身が問題意識を持つことができるような手立てを講じた。この手立てについて①課題の把握(発見)、②課題の探究(追究)、③課題の解決のそれぞれの場面で実践的に検証し、その有効性を明らかにした。この結果、LPs に基づく仮説検証型授業により、生徒は主体的な課題設定のもと、仮説を設定し、既有的見方・考え方を働かせながら、科学的な探究の過程を通して科学概念を形成することができた。

【キーワード】 中学校理科学習指導法 科学的な探究の過程 LPs 仮説検証型授業

1 研究の目的

本研究の目的は、生徒が自然の事物・現象の中に問題を見出し、科学的探究の過程を通して理科の見方・考え方を働かせながら、科学概念を形成する中学校理科学習指導法を開発することである。このとき重視すべきは、科学的探究のそれぞれの過程(「課題の把握」、「課題の探究」、「課題の解決」)における指導の要点を教師が自覚するための手法を開発することである。教師はそれぞれの過程で生徒がどのような資質・能力を身に付けるのか、そのためにどのように見方・考え方を働かせるのかを明確にし、授業デザインをする必要がある。このとき重要なのは、1 時間ごとの授業展開においてそれらを構想することのみならず、単元や学年などのまとまりを通して、長期的な視点で、それらを自覚的に指導に組み入れることである。

本研究における実践では、教師は生徒の素朴概念を想定し、授業デザインを行う。このとき、LPs の手法を参照しながら、仮説検証型授業を構成した。仮説検証型授業では、生徒の素朴概念に依拠しながら科学的探究の過程に沿って学習が遂行される。これを、中学校学習指導要領解説理科編において示された「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」と重ねるとき、以下の共通点が見えてくる。即ち、「理科の見方・考え方を働かせること」「見通しをもって問題を解決すること」「科学的に探究すること」「資質・能力を育成すること」である。

2 研究の方法

本研究では、LPs の知見に基づき構成した仮説検証型授業の実践における生徒の概念形成の過程の分析を通して、その有効性を取組Ⅰにおいて検証した。さらには、学習内容に応じた中学校理科学習指導法の在り方を取組Ⅱにおいて模索した。

(1) 取組Ⅰ LPs に基づく仮説検証型授業の開発とその有効性の検証

ア 方法

山口他(2011)は、「LPs は適切な教授が行われた場合に実現する個々の学習テーマについて比較的

様式 4

長期にわたる概念変化や思考発達をモデル化するものである」としている。これを受け、黒田他(2018)は、日本の理科教育に則したLPsの分析の過程を4つの段階にまとめている。①カリキュラムにおける到達を目指す学習内容の同定、②カリキュラムの内容に即した「到達を促進する知識と認知的技能」の分析、③「到達を促進する知識と認知的技能」をアセスメントする方法の分析、④「到達を促進する知識と認知的技能」を指導する順序の決定である。

前述したLPsの知見に基づき、仮説検証型授業を構成するために3段階で授業進行計画を作成した。本研究では、LPs一覧表、教師用OPPA、本時の学習展開案を作成し、授業実践を行った。以下にその作成手順等を示す。

【第1段階：LPs一覧表の作成】 LPs一覧表の作成にあたっては、小学校・中学校の学習内容を系統立てたつながりで整理した。これは、比較的長期にわたる概念変化をモデル化するためである。具体的には、小学校及び中学校学習指導要領解説理科編を参照し、各領域における各学年で獲得する科学概念を整理した。

【第2段階：教師用OPPAの作成】 指導と評価の一体化を図るためのOPPA(堀、2019)を援用し、生徒自身が思考の流れを自覚できるための生徒用OPPAを活用した。本研究においては、教師自身が単元構想を一覧できるようにするために教師用OPPAを作成した。本実践で用いた教師用OPPAとは、単元を貫く問いを設定し、単元を学習する前の生徒の既有的知識や考え、単元を学習した後に生徒が獲得する知識や考えをLPs一覧表から転記したものである。加えて、毎授業で設定される課題や仮説、到達を促進する生徒の素朴概念、学習後に形成される科学概念を想定し、記述した。これにより単元のまとまりにおける、科学的探究の流れを具体的に想定した。

【第3段階：本時の学習指導展開案の作成】

単元構想を基に生徒の思考の流れを想定し、本時の展開における主要な発問等の具体的手立てを記述した学習指導展開案を作成した。

このようにして作成した授業進行計画に基づき授業実践を行った。それを録画・録音しプロトコル分析を行った。

イ 授業実践 1

(7) 方法

本報告では第1学年「水溶液」における学習内容「溶解度と再結晶」での実践を例に、LPsに基づいて構成・実施した授業の概要について述べる。図2、図3は本実践に関わる教師用OPPAである。

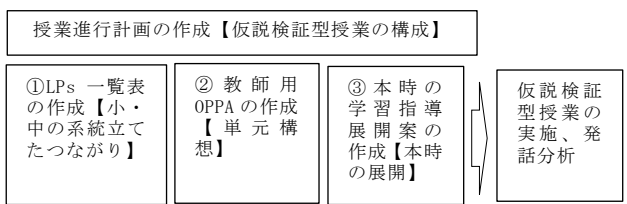


図1. LPsに基づく仮説検証型授業構成・実施の流れ

〈学習前〉
 ・物質が水に溶けるときの決まりにはどのようなものがありますか。
 ・物が水に溶けても、水と物を合わせた重さ是不変である。(小5)・物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違う。この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができる。(小5)・水溶液の温度が上昇すると、溶ける量も増える。(小5)・高い温度で物を溶かした水溶液を冷やすと、溶けた物が出てくる。(小5)・水溶液の水を蒸発させると、溶けた物が出てくる。(小5)・水溶液の中では、溶けている物が均一に広がる。(小5)・水溶液には気体が溶けているものがある。(小6)

図2. 教師用OPPA (単元の学習前後の概念形成状況の想定)

〈学習後〉
 ・物質が水に溶けるときの決まりにはどのようなものがありますか。
 ・物質の水への溶解を粒子のモデルを用いて徹視的にとらえる。(物質が水に溶けると、集まっていた物質の粒子がばらばらに分かれ、水の粒子の間に入り込んでいくため、目には見えなくなる。)
 ・水溶液の濃さは質量パーセント濃度で表すことができる。
 ・溶質の種類によって溶解度が決まっており、温度によって変化する。
 ・再結晶は少量の不純物を含む物質から溶解度の違いを利用して純粋な物質を得る方法である。

③一定の水に溶ける物質の量の違いや温度によって溶ける物質の量の違いを利用して、水溶液から溶質を取り出すことができるだろうか。(課題把握)
 仮説 物質ごとの水に溶ける量や温度によって溶ける量をもとにすれば、水溶液から溶質を取り出すことができるのではないかと。
 ◎小学校で学習したこと(物質が水に溶ける量)を思い出し、水が溶ける量を表すグラフと関連付けて、溶質を取り出す方法を主体的に考えている。(態)
 ★物が溶ける量には限度がある。(小5)
 ★物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違う。この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができる。(小5)★水溶液の温度が上昇すると、溶ける量も増える。(小5)
 ★高い温度で物を溶かした水溶液を冷やすと、溶けた物が出てくる。(小5)
 ★水溶液の水を蒸発させると、溶けた物が出てくる。(小5)

④一定の水に溶ける物質の量の違いや温度によって溶ける物質の量の違いを利用して、水溶液から溶質を取り出すことができるだろうか。(課題探究・課題解決)
 結論 温度変化によって、溶ける量の変化が大きい物質は、冷やすことで取り出せるが、温度変化による溶ける量の変化が小さい物質は、水の量を減らす必要がある。
 ◎物質には、一定量の水に溶ける物質の最大の量(溶解度)が決まっている。(知)
 ○一度溶けた物質を再び結晶として取り出すことを再結晶という。(知)

図3. 教師用OPPA (本時の概念形成状況の想定)

様式 4

本授業は、以下のような手順で実施した。まず、授業実施前に作成した教師用 OPPA を基に、水溶液に関する生徒の既存の概念等を想定した。続いて、この想定に基づき、学習の展開における主要な発問を決定し、授業を構想した。そのうえで、授業では本時の課題「一定量の水に溶ける物質の量が決まっていること、温度によって溶ける物質の量が決まっていること」を利用して、水溶液から溶質を取り出すことはできるだろうか」を生徒との話し合いで設定する。その後、水溶液から溶質を取り出す方法の概要を仮説として生徒が設定し、具体的な方法を立案するまでを 1 時間の学習内容とした。

(イ) 結果

期日：2020 年 10 月 7 日

対象：第 1 学年 5 名

内容：「溶解度と再結晶」

導入において、前時での学習内容「水溶液の粒子モデル」を生徒に振り返らせ、その内容と合わせて、小学校での学習内容「物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと及びこの性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること」を振り返らせた。その後、「一定量の水に溶ける物質の量が決まっていること、温度によって溶ける物質の量が決まっていること」を利用して、水溶液から溶質を取り出すことはできるだろうか」という課題が設定された。この課題に対して、生徒は「①一定量の水に溶ける物質の量が決まっていること、②温度によって溶ける物質の量が決まっていること、の 2 つを利用すれば水溶液から溶質が取り出せる」と仮説を設定し「ミョウバンは②、塩化ナトリウムは①と②を利用するといいのではないかと」と検証方法の概要を立案した。

具体的な検証方法は班ごとに既習のグラフをもとに立案した。例えば、1 班は表 1 の生徒の発言 S102、106、108 のように条件制御に着目した検証方法を立案した。その後、それぞれの立案した検証方法に対して、S119～S123 のような対話を通して、それぞれの検証方法の目的を確認し合う姿が観察された。

この授業で立案した検証方法で実施した実験後の振り返りを生徒は生徒用 OPPA に記述した。図 4 はある生徒の生徒用 OPPA である。この生徒は、仮説の設定の場面で確認された「一定量の水に溶ける量は決まっている」「温度によって溶ける量は決まっている」ことを基に、「条件をそろえようとしたことで溶解度と設定した量の差が小さかったため実験が失敗した」と検証方法を振り返っている（図 4 参照）。

表 1. 立案した検証方法を全体で共有している様子

No.	発話内容
S102、106、108 (1 班)	ミョウバンは 10g、100g の水に入れます。そして、温度は 20℃です。塩化ナトリウムも同じく 10g で、水は 100g で温度も 20℃です。で、溶質を取り出す方法は、ミョウバンは 0℃まで冷やします。結果が出なかったときは、熱します。塩化ナトリウムも同じようにします。※1 班は条件制御に着目した検証方法を立案した。
S110 (2 班)	私たちが水溶液を作るときは、水は 100g で先生が 30g までは使っても良いということだったので、(グラフを示して) この 23g くらいで 40℃にしました。塩化ナトリウムはどれもほぼ同じだったので、水 100g で 35g で 20℃にしました。で、溶質を取り出すときは、ミョウバンは氷水で 40℃未満 0℃以上にします。塩化ナトリウムは、ガスバーナーで加熱し、水を蒸発させて取り出します。※2 班は各物質の性質に着目した検証方法を立案した。
S119 (1 班)	<u>私たちのチームは、条件をそろえるために、ミョウバンと塩化ナトリウムの質量などをそろえたけど、そろえてくれないのかな。</u>
S120 (2 班)	<u>これは、2 つを比べるためではなくて取り出すだけだから、条件をそろえる必要はないかなと思ったので、そうしました。</u>
S121 (2 班)	ちゃんと取り出せたか分かるように 10g だけだったら取り出せるのがちょっとかもしれないから、分かりやすいように多めにしました。
S122 (1 班)	量を、溶かす量と同じにしておかないと、多い方は取り出せたけど、少ない方は取り出せなかったとかがつてなると、量の違いで比べられなくなるんじゃないかな。
S123 (2 班)	温度の違いで決まっているから、こっちはこれだけで溶けて、こっちはこれだけで溶ける温度が変わらなくて、入れる量も変わらなかつたら、溶けやすさも変わってくるかもしれんけん、そこはまあ、失敗したときは失敗したときです。



図 4. 生徒用 OPPA (本時の概念形成状況)

様式 4

図 5 は単元を学習する前と後に記述した、ある生徒の生徒用 OPPA である。5 名全ての生徒が、単元を貫く問い「物質が水に溶けるときの決まりにはどのようなものがありますか」に対して、学習前の記述に加えて学習後には、「物質は水に溶けるとき拡散する」「物質によって溶解度が決まっている」「溶解度を利用して再結晶ができる」「水溶液の濃さは質量パーセント濃度で表せる」が記述され、精緻化された科学概念の形成が見られた。

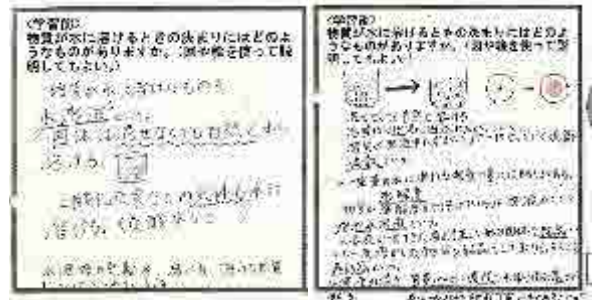


図 5. 生徒用 OPPA (単元の学習前後の概念形成状況)

(ウ) 考察

授業実践を通して生徒は、素朴概念に依拠した事象への気付きから課題意識を持った。この課題意識に基づき、生徒は自ら課題を設定し、仮説を立てることができた。そして、明確な目的意識を持ち、その仮説を検証する方法を立案することができた。

生徒の概念形成状況の把握を基盤とした仮説検証型授業の実践により、生徒が理科の見方・考え方を働かせた科学的に探究する学習指導を具現化することができた。授業の進行計画の作成に基づく仮説検証型授業は、特に課題設定や仮説設定の場面で有効であると言える。

ウ 授業実践 2

(ア) 方法

仮説検証型授業は、生徒の問題意識のもと、仮説を設定し検証する学習の過程を通して、科学概念を形成する理科授業である。ここでは、課題の把握の場面で、生徒自身が問題を発見し、課題を設定することが重要である。しかし、生徒だけでは、問題の設定までに至らないことが多い。そこで、教師は LPs に基づき、生徒が具体と抽象を往還しながら、生徒自身で問題を発見し問題意識を持つことができるよう発問を準備し、授業を実施する。本報告では、第 2 学年「電流と回路」における学習内容「電流・電圧の関係と抵抗」での実践を例に述べる。

(イ) 結果

期日：2020 年 11 月 27 日

対象：第 2 学年 9 名

内容：「電流・電圧の関係と抵抗」

本実践では、まず、導入段階で、生徒に問題発見を促した。具体的には、3.8V 用豆電球を用いた回路の様子を見せ、既習事項である「電圧が大きくなれば、電流も大きくなる」を確認した上で、2.5V 用豆電球を用いた回路の様子を見せ、「豆電球への電流の流れやすさが異なることで、明るさが異なっている」ことを捉えさせた。このとき、教師の働きかけとして、生徒の事象への気付きに対して、「T14: 下の方 (b の豆電球の方) が明るい。ということは、下の方 (b の豆電球の方) は電流の大きさは？」「T15: 流れる電流が大きい (というのは) 電流が流れやすいか、流れにくいかで言うと？」と発問した。この教師の働きかけにより、生徒は具体的な事象について、表 2 の S14 のように既習の概念を用いて説明し、S15 のように未習の概念について推測した。生徒が電流の流れ

表 2. 課題把握の場面での対話

No.	発話内容
S13	下の (回路の) 方が明るい。
T14	下の (回路の) 方が明るい。ということは、下の (回路の) は？
S14	下の (回路の) 方が電流が大きい。
T15	(下の回路の豆電球の方が) 流れる電流が大きい。電流が流れやすいか、流れにくいかで言うと？
S15	(下の回路の豆電球の方が) 流れやすい。
T17、	この 2 つの回路は、電圧の大きさは同じだよ
T18	ね。ただ、これらは流れる電流の量が違うんやね。これって、グラフにしたときにどんなグラフになりそうとかイメージできますか？電圧を徐々に大きくしていったら電圧はどんな風に変化していくか。
S17	比例。
S18	(黒板に電圧の目盛りを書いて) 例えば、電圧が 1V のとき、電流が 1A だったら、2V のとき 2A になるような感じですか。
S21	(黒板にグラフを書いて) だいたいこんな感じですか。仮にこれが、流れにくい方だったら、こっち (流れやすい方) は、もう少し傾きが大きくなるんじゃないかと思いました。

様式 4

やすさについて考えることは、本時に目標として設定した科学概念である「抵抗の概念」への気付きへとつながる。こうして新たな概念を構築するための概念の表出を促したのである。

さらに、この概念を共有するために、グラフにしたときのイメージを話し合わせた。これにより、課題「回路を流れる電流と回路に加わる電圧の大きさは、比例するのだろうか」が設定された。図 6 は、課題設定に向けて話し合われた時の板書の記録である。この後、課題に対して仮説を設定した。生徒が設定した仮説は、表 3 の生徒の発言 S32、S34 である。

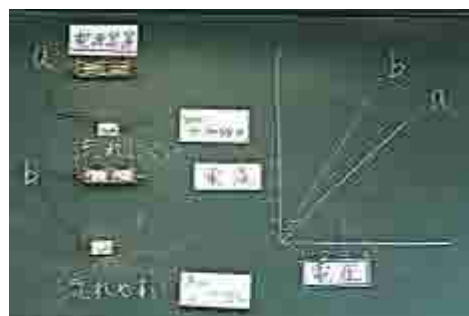


図 6. 課題設定に向けて話し合われた時の板書の記録

表 3. 仮説設定の場面での対話

No.	発言内容
S32	※課題「回路を流れる電流と回路に加わる電圧の大きさは、比例するのだろうか」を板書し、仮説を設定する時間をとった。そして、個々が設定した仮説を全体で共有した。 僕が立てた仮説は、 <u>比例にはならないけど関数にはなると思うので、関数というのはxが決まればyも決まるという風な感じで、そのyが決まればxも決まる、その数値が、例えば、電流の大きさアンペアとか無限に上がるとかはないと思うので、関数になっても比例にはなりにくいのではないかと思います。</u>
S34	僕の仮説は、 <u>比例するんじゃないかな</u> と思いました。理由は電流も電圧も言葉自体、電流とは電気の流れる量のことで、電圧とは電気を流すはたらきのことになるため、電圧が高くなることで、流れる電気の量は変わってくると思ったからです。

(ウ) 考察

実践例 2 での仮説検証型授業における生徒の概念形成の過程を図 7 のように整理した。

科学的な探究が行われるとき、生徒は具体的な事象と抽象的な概念を往還した。

また、目標とする新たな科学概念を形成するために、教師が課題把握の場面で既存の概念から新たな概念を構築するための概念を促すことは、生徒が新たな概念を形成するために有効であった。

(2) 取組Ⅱ 中学校理科学習指導法の在り方の模索

中学校理科における科学的探究では、一般的に、生徒の素朴概念や観察を通して見出された現象を基に、自然の事象に対する気付きを促す。この気付きを基に課題が設定され、生徒は仮説を設定する。直接、実験や観察が可能な場合、生徒は、設定した仮説を検証するために、その方法を立案し、結果を予想した上で、観察・実験を行い、主体的な探究が実行される。この探究の形態を本研究では可視レベルの科学的探究とした。

一方、検証のための実験や観察が可能ではない場合は、生徒はモデルを用いて可視レベルでの実験や観察の結果との整合性を検討しながら、主体的な探究が実行される。この探究の形態を本研究では不可視レベルの科学的探究とした。可視レベルでの科学的探究と不可視レベルでの科学的探究では、それぞれの在り方に特徴があり、生徒が働かせる理科の見方・考え方も異なる。教師は、探究の特徴に着目した働きかけを行う必要がある。

例えば、可視レベルあるいは不可視レベルの科学的探究について、川崎他(2017)は、科学法則と科学理論を「子どもに構築させていく際の問題解決や指導方法は区別するべきである」と指摘している。また、米盛(2007)は、アブダクションによって形成される仮説を概ね 4 つに整理し、可視レベルと不可視レベルでは仮説設定の区別をすることの重要性を示唆している。

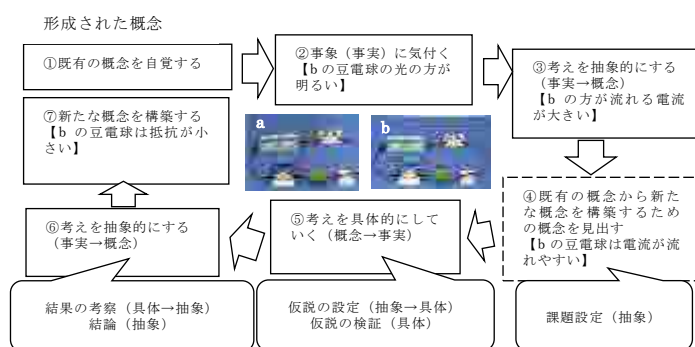


図 7. LPs に基づく仮説検証型授業における生徒の概念形成の過程【学習内容「電流・電圧の関係と抵抗」】

様式 4

本研究では、これら 2 つのレベルでの科学的探究の特徴及び教師の働きかけの特徴の違いを意図した授業実践を通して、中学校理科学習指導法の在り方を模索する。

ア 可視レベルと不可視レベルにおける教師の働きかけの特徴

可視レベルの科学的探究では、生徒自身に問題を発見させ、課題や仮説を設定させる教師の働きかけが重要である。不可視レベルの科学的探究では、根拠となる事実を既有的概念と照らし合わせたり、因果関係を整理させたりすることで、モデルとして表現させる教師の働きかけが重要である。

本研究では、中学校理科の粒子領域に関する学習内容に関して、可視レベルで科学的探究を行うものと不可視レベルで科学的探究を行うものを区別した上で、LPs に基づく仮説検証型授業を構成・実施し、録画・録音する。そのプロトコル分析により、その有効性を検証する。具体的には第 3 学年「化学変化とイオン」での実践を例に、仮説設定の場面での探究について報告する。図 8 は第 3 学年「水溶液とイオン」の学習内容に関して、可視レベルと不可視レベルでの科学的探究に区分した概要である。

可視レベルでの科学的探究		不可視レベルでの科学的探究
<p>現象に関して問題を発見し、課題・仮説を設定する <1・2 時間目> 水溶液は溶けている溶質によって、電流の流れ方が異なることを学習する。 →電解質水溶液にはどのような化学変化が起こっているのか問題意識を持つ。</p> <p>→電解質水溶液に電流が流れるとき、陰極と陽極に決まった化学変化が起きるのではないかと仮説を設定する。</p>	<p>検証により現象の規則性を見出す <3・4 時間目> 仮説「電解質水溶液に電流が流れる時、陰極と陽極に決まった化学変化が起きるのではないか」を検証する具体的な方法を立案し、検証する。 →塩化銅水溶液は陰極に銅、陽極に塩素が発生することを検証する。 →塩酸は陰極に水素、陽極に塩素が発生することを検証する。実践例 1</p>	<p>現象のしくみを推論する <5 時間目> <u>検証結果を基に、電解質水溶液ではどのようなしくみで電流が流れるのか問題意識を持ち、仮説を考える。モデルで表現をする。実践例 2</u> <6・7 時間目> 原子の構造を学び、イオンのでき方を考える。 <8 時間目>イオンの表し方を学習する。</p>

図 8. 可視レベルと不可視レベルの科学的探究に区分した単元の概要【中学校第 3 学年 単元 4、1 章『水溶液とイオン』(全 8 時間)】

イ 可視レベルでの科学的探究における授業実践

期日：2021 年 10 月 8 日

対象：第 3 学年 9 名

内容：「電解質の水溶液に電流が流れているときの变化」

可視レベルにおける科学的探究での教師の働きかけは、まず、到達を促進する素朴概念を生徒自身に自覚させる発問により、課題を設定させる。次に検証可能な仮説を生徒自身に設定させる。

生徒は、前時までに設定された課題「電解質の水溶液に電流が流れるとき、どのような化学変化が起こっているのだろうか」に対する仮説「陽極と陰極に発生する物質は決まっている」を設定した。これを検証するため、前時は塩化銅水溶液の電気分解を実施した。本時は、塩酸の電気分解で検証する 1 時間とした。まず導入段階で、前時に実施した塩化銅水溶液の電気分解の結果を振り返った。この時、教師は一般化を目指す課題

表 4. 想定した主な科学概念

到達を促進する素朴概念
【既習事項】
・塩化銅水溶液に電圧を加えたとき、陰極に銅が析出し、陽極側に塩素が発生した。
・塩化水素は、塩素原子と水素原子からできている。
到達を目指す科学概念
【生徒自身で仮説を設定し検証することで見出すもの】
・電解質水溶液に電圧を加えると、電解質によって、陰極側と陽極側には決まった化学変化が起こる。
・塩酸の場合は、電圧を加えると陰極側に水素が発生し、陽極側に塩素が発生する。

表 5. 仮説を設定している場面での対話の様子

No.	発話内容
S14	※前時の学習内容である課題「電解質の水溶液に電流が流れる時、どのような化学変化が起こっているのだろうか」の検証 1 (塩化銅水溶液の電気分解) を振り返り、検証 2 として塩酸の電気分解に関して仮説を設定するように指示をした。
S18	仮説は陽極と陰極に発生する物質は決まっているという仮説で、昨日やったのは塩化銅水溶液で、陰極側には銅が発生して、陽極側には塩素が発生したことが分かっています。これを基にしてもいいので、塩酸には、塩酸が、何と何に分解されるか分かる人はいませんか？
S19	化学式まででいいですか？
S20	何か、えーと、たぶんですけど、 2HCl になると思っています。それを分解すると、えーと、 2Cl とプラス H_2 。
S22	H_2 と Cl_2 ?
S27	陽極に Cl_2 で、陰極に H_2 です。

様式 4

に対して設定された仮説「陽極と陰極に発生する物質は決まっている」を意識させる発問をした。生徒は、この仮説を意識した上で、塩酸の化学式を振り返った。その後、塩化銅水溶液と水の電気分解の観察結果を根拠とし、仮説「塩酸の場合は、陰極に水素、陽極に塩素が発生する」を設定した。表 5 は仮説を設定する際の話し合いの様子である。こうして設定された仮説により、生徒は、仮説に基づき検証方法を立案し、検証を行った。

可視レベルで科学的探究を行う学習内容では、仮説の設定に向けて、生徒の素朴概念を自覚させる手立てを講じることで、生徒は既存の見方・考え方を働かせて仮説を設定した。この検証可能な仮説により、生徒は仮説を検証するための方法を立案し、主体的な検証を行うことができた。

ウ 不可視レベルでの科学的探究における授業実践

期日：2021年10月12日、19日

対象：第3学年9名

内容：第3学年「電解質の水溶液に電流が流れるしくみ」

現象のしくみを推論する不可視レベルでの科学的探究では、①現象のしくみの根拠となる可視レベルでの既存概念を生徒自身に自覚させること、②不可視レベルでの現象についてモデルを用いて思考・表現させること、③設定する仮説は事実である現象と整合性があるかどうかを検討させることが手立てとなる。

まず、導入段階で、気付きを促すために既習事項である「電解質水溶液を電気分解したときに各極に発生する物質は決まっている」「例えば塩酸の場合は、陰極に水素が発生し、陽極に塩素が発生すると決まっている」ことを生徒と確認した。これらは、電解質の水溶液では、どのようなしくみで電流が流れるのかを説明するための根拠となる可視レベルでの既存概念である【①の手立て】。その後、電解質水溶液である塩酸を電気分解した様子を生徒と対話しながら振り返った。この時、意図的に既習の粒子モデルを使って表現し、全体で問題のイメージを共有した【②の手立て】。図 9 はその時の板書である。そして、課題「電解質の水溶液では、どのようなしくみで電流が流れるのだろうか」を板書した。

課題に対する仮説の設定の場面では、図 10 の既習の粒子モデルのカードを各グループに配布した【②の手立て】。生徒は、この粒子モデルを用いながら現象のしくみを推論した。この時のグループの話し合いの様子を表 7 に示す。

表 6. 想定した主な科学概念

到達を促進する素朴概念
【可視レベルでの既存概念（経験的事実）】
・電解質水溶液を電気分解したときに各極に発生する物質は決まっている。
・例えば塩酸の場合は、陰極に水素が発生し、陽極に塩素が発生する。
【不可視レベルでの既存概念（粒子モデル）】
・塩酸の電気分解の場合、塩素分子と水素分子が発生している。
到達を目指す科学概念
【生徒自身で見出すもの（仮説の設定）】
・電解質は水に溶けて、+の電気を持つ粒子と-の電気を持つ粒子に分かれる。
【教師が補足する必要があるもの】
・電解質は、陽イオンと陰イオンに電離する。

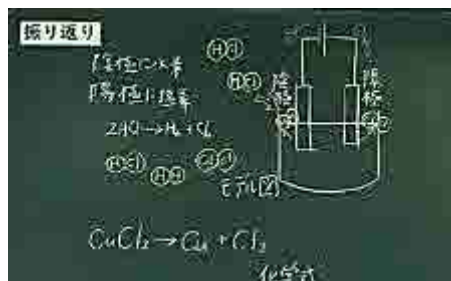


図 9. 課題設定に向けた振り返りの板書



図 10. 生徒に配布した粒子モデル

様式 4

このようにして、個々が仮説を設定した後、設定する仮説は事実である現象と整合性があるかどうかを検討する時間をとった【③の手立て】。この全体での仮説の検討により、仮説「(電解質は) 水の中で+と-に分かれて、電流が流れるのではないか」が設定された。

【①の手立て】により、生徒は、観察・実験で見出された可視レベルでの現象の規則性を基に、その現象のしくみについて課題意識を持ち、課題を設定した。そして、【②の手立て】により、現象に関して不可視レベルでの見方・考え方を働かせることができた。対話の時間を確保する【③の手立て】により、生徒は事実である現象と粒子モデルによる仮説の整合性を改めて検討することができた。

表 7. グループ (2 班) での対話の様子

No.	発話内容
S-A6	※生徒は塩化銅水溶液の電気分解を例に、粒子モデルを取り出して、銅にはプラスの性質があって、塩素にはマイナスの性質があるのではないかと話し合っている。
S-A7	このときに、電気が加わったときに、また分解されるとする。 <u>そしたら、(Cl₂のモデルを示しながら) マイナスと (Cu のモデルを示しながら) プラスやん。</u>
S-B7	うん、うん、ん？Cu がマイナスやないっけ？
S-A8	いや、Cu はプラスよ。
S-B8	え？
S-A9	Cl はマイナスなが。
S-A10	違う、くつつく方はそうで。B が言うように。でも、 <u>普通の物質としては、(Cu のモデルを示しながら) プラス、(Cl₂のモデルを示しながら) マイナスとするやん。</u>
S-B10	なんで？
S-A11	都合上よ。
S-B11	なんでプラス、マイナスを都合上決めるが？
S-A12	<u>都合上、(Cu のモデルを示しながら) プラスと (Cl₂のモデルを示しながら) マイナスを設定したら、(一部省略) プラスの銅はべたって陰極にくつつくやん。マイナスの塩素は陽極にべたってくつつくやん。これで納得？</u>
S-B14	マイナスの性質のが陽極に…
S-C2	そうそう。

3 研究のまとめ

本研究では、LPs に基づく仮説検証型授業を可視レベルと不可視レベルで区別して構成・実施することにより、生徒が自然の事物・現象の中に問題を見出し、科学的探究の過程を通して理科の見方・考え方を働かせながら、科学概念を形成することを目指した。そこでは、教師が生徒の概念形成状況を想定した。生徒の素朴概念に基づいた自然事象への気付きを促す準備ができたのである。これにより、生徒の主体に基づく課題設定を促すことができた。こうして生徒が設定した課題のもと、生徒は理科の見方・考え方を働かせながら仮説を設定、検証し課題解決を遂行したのである。本研究で開発した、科学概念形成状況の把握を基盤とした仮説検証型授業では、生徒が自然の事物・現象の中に問題を見出し、科学的探究の過程を通して理科の見方・考え方を働かせながら、科学概念を形成する姿が実現された。

科学的な探究の過程の根底には生徒の表現がある。教師は、生徒の表現を引き出すことで、対話を成立させる。さらに、生徒が表現したその見方・考え方を教師が価値づけ励ますことで、対話が深まり学びは深化する。ここに、理科の見方・考え方を働かせ、科学的な探究による学習が成立する。そのためにも、生徒の科学概念形成状況の把握は、教師にとって重要な手立てとなる。

引用・参考文献

- 文部科学省(2017)『中学校学習指導要領解説 理科編』学校図書株式会社
- 山口悦司・出口明子(2011)「ラーニング・プログレッションズ-理科教育における新しい概念変化研究-」『心理学評論』第 54 巻、第 3 号、358-371.
- 黒田篤志・森本信也(2018)『深い理解を生み出す理科授業とその評価』学校図書株式会社、28-34.
- 堀哲夫(2019)『一枚ポートフォリオ評価 OPPA 一枚の用紙の可能性』東洋館出版社、37-47.
- 川崎弘作・中山貴司・雲財寛(2017)「「理論」の構築過程に基づく小学校 理科学習指導に関する研究-粒子領域固有の認識方法の獲得と人間性の育成に着目して-」『日本教科教育学会誌』第 40 巻、第 3 号、47-58.
- 米盛裕二(2007)『アブダクション-仮説と発見の論理-』勁草書房、98-101.