

# 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—

若松 柚似<sup>1)</sup>, 楠瀬 弘哲<sup>2)</sup>, 古市 直樹<sup>2)</sup>

1) 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院生

2) 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

## The Way of Teaching Learning to Inquire Scientifically by Using the Way of Seeing and Thinking in Science —Development of a Hypothesis-Experiment Class Based on the Understanding of Concept Formation—

WAKAMATSU Yuni<sup>1)</sup>, KUSUNOSE Hiroaki<sup>2)</sup>, HURUICHI Naoki<sup>2)</sup>

1) Kochi University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Professional Schools for Teacher Education,  
Graduate Student

2) Kochi University Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Professional Schools for Teacher Education

### 要 約

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、生徒は主体的な問題設定のもと、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. はじめに

学習指導要領が平成29年に告示され、中学校理科授業の在り方も大きく変容しようとしている。今後の中学校理科授業には、科学的探究の過程の充実が求められているのである。そのような状況の中で、「理科教師は、生徒が無自覚・無批判のまま科学概念を受け入れるという態度を改める機会を提供しなければならない」と楠瀬

他（2017）は提起している。中学校で実施される理科授業の多くは、事象提示の後、課題を設定し、簡単に予想を話し合い、教師が実験方法を提示する。そして、実験結果から分かることをまとめるという授業スタイルである。このような授業からは、今回の学習指導要領が育成を求める資質・能力の柱の一つである生徒の主体性は保証されない。これからの理科授業実践においては、生徒が自ら理科の見方・考え方を働かせ、課題解決に取り

組む姿の実現を目指したい。そのためには、まず生徒の主体性を保証し、生徒が問題を発見する、即ち自分がまだ分かっていないことがあることに気付くことから学習を始めることが肝要である。主体性もとの探究は、まさに「生徒が無自覚・無批判のまま科学概念を受け入れるという態度を改める機会を提供」するものである。

## 2. 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。

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において検証する。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において模索する。

## 3. 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

### 3.1 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の分析の過程を以下の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】 粒子領域におけるLPs一覧表の一部を資料1に示す。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。

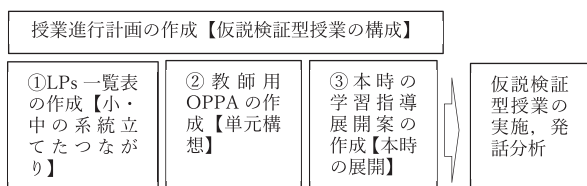


図1. LPsに基づく仮説検証型授業構成・実施の流れ

### 3.2 授業実践1

#### (1) 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」での実践を例に述べる。図2, 図3は本実践に関わる教師用OPPAである。

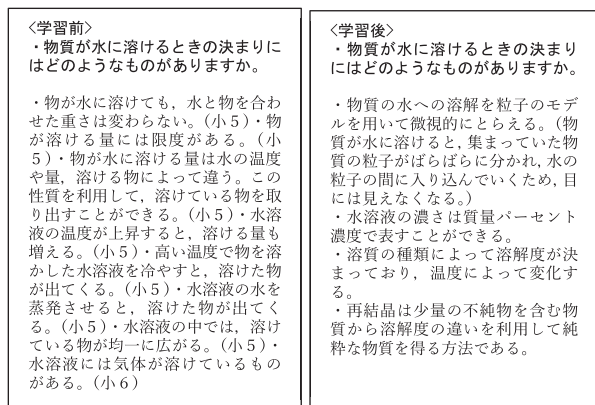


図2. 教師用OPPA(単元の学習前後の概念形成状況の想定)

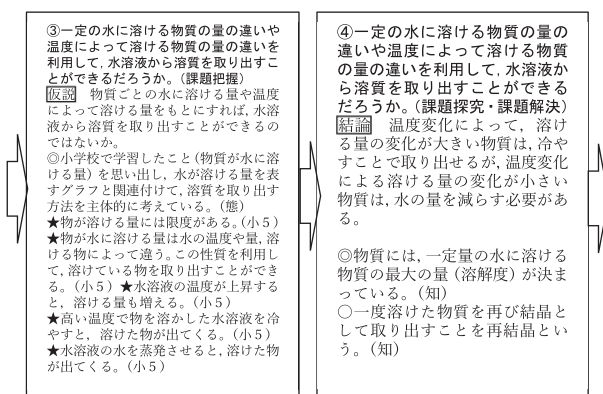


図3. 教師用OPPA(本時の概念形成状況の想定)

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。

#### (2) 結果

期日：2020年10月7日

対象：高知県内の公立中学校第1学年5名

内容：第1学年「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立案し、例えば、1班は「ミョウバン10gを温度20°Cの水100gに溶かし、その後0°Cまで冷やす。取り出せない場合は加熱する。塩化ナトリウムも10gを温度20°Cの水100gに溶かし、ミョウバンと同じように実験を行う」と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:自分たちの班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をそろえたけど、そろえなくていいのかなと思いました」「S120: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と思いました」「S121:ちゃんと取り出せたか分かるように、分かりやすいように多めにしました」等の対話を通して、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。

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°Cです。塩化ナトリウムも同じく10gで、水は100gで温度も20°Cです。で、溶質を取り出す方法は、ミョウバンは0°C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。
S110	※1班は条件制御に着目した検証方法を立案した。 私たちが水溶液を作るときは、水は100gで先生

(2班)	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°C 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°C にしました。で、溶質を取り出すときは、ミョウバンは水で 40°C 未満 0°C 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)	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、そろえなくていいのかな。
S120 (2班)	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だけで、そうしました。
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、溶かす量を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違ってなると、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ないけど、そこはまあ、失敗したときは失敗したときです。

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)。

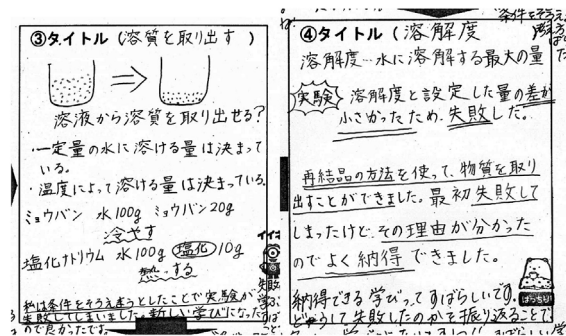


図 4. 生徒用 OPPA (本時の概念形成状況)

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 名すべての生徒が、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。

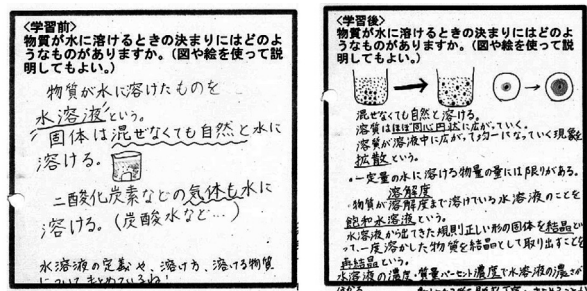


図 5. 生徒用 OPPA (単元の学習前後の概念形成状況)

### (3) 考察

実践例 1 において、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もった。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。

今回実施し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。

## 3.3 授業実践 2

### (1) 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。そこでは、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。

### (2) 結果

期日：2020 年 11 月 27 日

対象：高知県内の公立中学校第 2 学年 9 名

内容：第 2 学年「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。電流の流れ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、この抽象的な概念を共有するために、グラフにしたときのイメージを共有させた。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2の生徒の発言 S32, S34である。

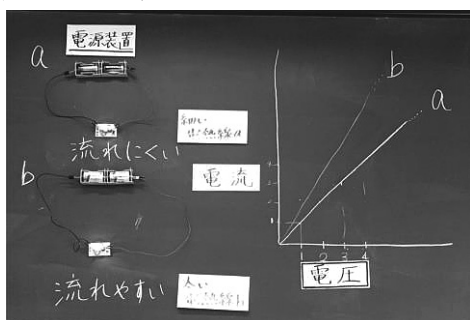


図6. 課題設定に向けて話し合われた時の板書

表2. 課題把握から仮説設定の場面までの対話

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) 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? (下の回路の豆電球の方が) 流れやすい。
S15	この2つの回路は、電圧の大きさは同じだね。
T17	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
T18	だ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。
S21	(黒板にグラフを書いて) だいたいこんな感じです。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。
T27, 28	(中略) 今まで調べてきた電流の大きさと電圧の大きさとかは、今までの実験の様子を見よったら、こんな(比例の)関係にありそうだということやね。
	※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

S32	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。
S34	僕が立てた仮説は、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無いと思うので、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した。
	僕の仮説は、比例するんじゃないかなと思いました。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、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。

### (3) 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。

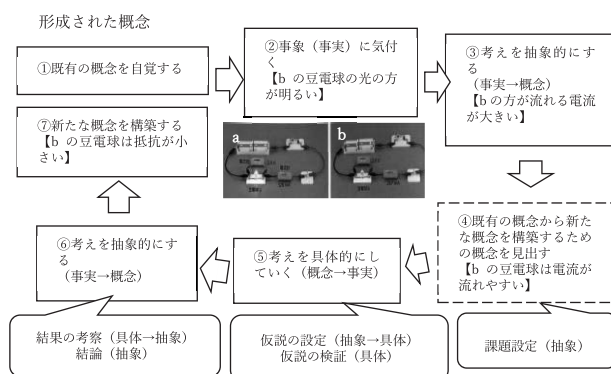


図7. LPsに基づく仮説検証型授業における生徒の概念形成の過程【学習内容「電流・電圧の関係と抵抗」】

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有的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。

## 4. 取組Ⅱ 中学校理科学習指導法の在り方の模索

### 4.1 方法

川崎(2017)によれば、「真正な科学に基づく学習内容を目指すためには、理論や法則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べきである」とされる。本研究ではこの指摘に基づき、中学校理科の学習内容に関して、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、それらの授業構成の特徴を検討した。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。この時、仮説は可視レベルの学習内容においては、アブダクション的推論に基づき設定される。そして、その仮説に基づき、検証を行う。一方、不可視レベルの学習内容における科学的探究では、可視レベルの探究において導き出した結論を基に、その現象のしくみを推論し、課題が設定される。この時、生徒は観察された事実を基に仮説を考案するのである。教師は、これら探究の仕方の特徴に着目した働きかけを行う必要がある。また、教師は各領域の見方・考え方の特徴を踏まえた授業構成をする必要がある。

中学校理科における可視レベルで科学的探究を行う学習内容での教師の重要な働きかけは、取組Ⅰで考察したように、生徒が問題を発見できるようにし、生徒自身に課題や仮説を設定させることである。そして、課題の探究の場面では、生徒は課題に対して設定した仮説を検証するために観察・実験を行う。そこでは、教師は仮説との整合性のある結果の予想を生徒に促すことが指導の要点になる。生徒は、結果の予想をすることで、検証の目的を再度自覚し、検証の際に具体的な視点を持ち、検証を行うことができるのである。本報告では、第2学年「電流と回路」における学習内容「電流の大きさ」での実践を例に述べる。このエネルギー領域は、自然の事象、現象を主として量的・関係的の視点で捉える特徴がある。そこで、新たな科学概念として「 $\bigcirc\bigcirc$ と $\triangle\triangle$ の関係は同じになる」や「 $\bigcirc\bigcirc$ と $\triangle\triangle$ の関係は比例になる」等の関係的な視点で捉えさせる学習内容については、仮説の検証の前の結果の予想の場面で、誤差を考慮する等の量的な視点を持たせることを重視し実践した。

不可視レベルで科学的探究を行う学習内容での教師の働きかけの要点は、根拠となる事実を既存の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ことである。現象のしくみを推論する学習では、①現象のしくみの根拠となる可視レベルでの既有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。本研究では、LPsに基づいて、①～③に関する具体的手立てを準備し、授業を構成・実施した。本報告では、第3学年「化学変化とイオン」における学習内容「電解質の水溶液と電流」での実践を例に述べる。

## 4.2 可視レベルで科学的探究を行う学習内容における授業実践

期日：2020年11月17日

対象：高知県内の公立中学校第2学年9名

内容：第2学年「電流の大きさ」

表3. 想定した主な科学概念

到達を促進する素朴概念	目標とする科学概念
<b>【既習事項】</b> ・回路を流れる電流の向きは、電源の+極から-極に入る向きと決められている。 ・電流には大きさがある。	・電流は、回路の中の途中で増えたり減ったりしない。

本実践では、生徒が設定した仮説「豆電球を光らせた前後で電流（の大きさ）は変わらない。もしくは、光らせた後に電流が小さくなる」を検証する前に、班ごとに操作による誤差を考慮した結果の予想を行うように促した。考察の場面での生徒の発言 S45 は「1班の結果は、ア（豆電球を光らせる前の電流）が220mAでイ（豆電球を光らせた後の電流）が215mAになりました。で、誤差は±5mAとしていて、それは誤差に入ると思ったので、アとイを流れる電流は同じだと考えました。」である。すべての班が、同様の話し合いを行った。

表4. 検証前後の全体の場面での対話

No.	発話内容
S5	前回設定した仮説は2パターンあって、電流アとイは変わらない、もしくはイの部分はアの部分より小さくなるです。  ※仮説を検証するために、電流計の使い方を復習した。
T23	（班員が同じ回路をつくってそれぞれ電流を測定して同じ値にならない結果について）この違いつて、どう考えますか？
S37 ~40	誤差、接続のときに…、あてていた場所とかじゃないですか、電池の違い
T26	電池の違いということは、他の班の結果は比べられないということやね。（中略）電流アとイが同じになる仮説の場合、イはどれくらいの範囲内の誤差だったら、自分らが許せそうか予想を持った上で、イを測って下さい。（中略）電流アからイにかけて電流が減るといふ仮説の人は、どれくらい減ったら減ったとみなすか予想して検証して下さい。  ※各班で検証をした。その後、考察を全体で共有した。
S45	1班の結果は、アが220mAでイが215mAになりました。で、誤差は±5mAとしていて、それは誤差に入ると思ったので、アとイを流れる電流は同じだと考えました。

教師が仮説との整合性のある結果の予想を生徒に促すことで、生徒は具体的な検証の視点を持つことができた。生徒は検証中に各領域の見方・考え方を働かせながら、科学的な探究を遂行した。ここに、結果を予想させることの意義が認められる。

### 4.3 不可視レベルで科学的探究を行う学習内容における授業実践

期日：2021年10月12日，19日

対象：高知県内の公立中学校第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」

表5. 想定した主な科学概念

到達を促進する素朴概念	目標とする科学概念
<p>【可視レベルでの既有概念(経験的事実)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> <p>【不可視レベルでの既有概念(粒子モデル)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<p>【生徒自身で見出すもの(仮説の設定)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul> <p>【教師が補足する必要があるもの】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>電解質は、陽イオンと陰イオンに電離する。</li> </ul>

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有概念である【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8はその時の板書である。

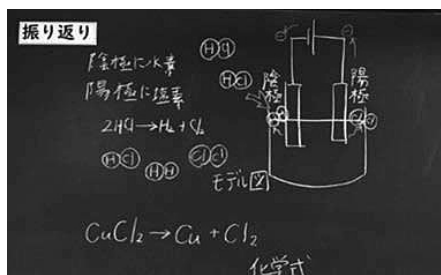


図8. 課題設定に向けた振り返りの板書



図9. 生徒に配布した粒子モデル

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9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6に示す。

表6. グループ(2班)での対話の様子

No.	発話内容
	※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-A6	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。
S-A7	そしたら、(Cl <sub>2</sub> 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。
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。Bが言うように。でも、普通の物質としては、(Cuのモデルを示しながら) プラス、(Cl <sub>2</sub> のモデルを示しながら) マイナスとするやん。
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	都合上、(Cuのモデルを示しながら) プラスと (Cl <sub>2</sub> 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?
S-B14	マイナスの性質のが陽極に…
S-C2	そうそう。

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】。表7にその時の対話の様子を示す。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。

表7. 現象のしくみに関して全体で仮説を設定している場面での対話の様子

No.	発話内容
T4	※どう考えたら今までの実験の現象をうまく説明できそうか、これだどつつまが合うということについての話し合いを指示した。
S15	じゃあ、3つの班で共通していたことはありますか?
S18	(中略) 電気が、+、-っていうのは全班に共通して出てきたかなと思います。
S21	(中略) もともと違うけど、水中に入ると変化するっていう点は一緒だと思います。
S25	(中略) だいたいこの班が水の中で変化が起こっているというのが共通にあがっているのでそれを仮説に考えたらいいと思います。
S31	(中略) じゃあ、水の中でどんな変化が起こったのかまで分かる人はいいますか? この物質からこの物質に変わったみたい。
S36	(中略) 例えば、塩酸の方だったら、陽極の方にこっちと同じように塩素がついて、陰極の方に水素が

<p>ついていたことから、+と-は陽極の方が+で、陰極の方が-になるので、水中で何らかの現象が起こって、+と-の電気をもつのだったら、Clの、何だっけ、塩素が-の電気を持つんじゃないかなと思いました。</p>
--

【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もち、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のである。

## 5. 研究のまとめと今後の課題

本研究では、LPsに基づく仮説検証型授業を構成・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づ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し検証方法を立案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により、対話が深まり学びは深化するのである。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のである。

本研究では中学校理科の粒子領域、エネルギー領域における授業実践を行い、LPsに基づく仮説検証型授業を検証した。今後は、生命領域、地球領域に関してLPsに基づく仮説検証型授業を実践し、中学校理科授業における、領域の特性に応じた科学的な探究の在り方を模索する。

## 6. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、授業実践にご協力いただいた四万十市立中筋中学校の教職員の皆様、生徒の皆様に、心より感謝申し上げます。

## 引用文献

- 楠瀬弘哲・国沢亜矢・中城満・蒲生啓司(2017)「自己の思考を自覚する子どもを育成するための具体的手法の開発-誤概念からの脱却による「てこの規則性」の獲得-」『高知大学学術研究報告』第66巻,11-17.
- 文部科学省(2017)『小学校学習指導要領解説 理科編』東洋館出版社
- 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.



資料1 LPs一覧表【粒子領域（粒子の保存性）】 ※文部科学省（2017）「小学校学習指導要領解説 理科編」 「中学校学習指導要領解説 理科編」より引用

粒子	小3	小5	小6	中1	中2	中3
粒子の保存性	<p>物と重さ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物は、形が変わっても重さは変わらない(知)</li> <li>・物は、体積が同じでも重さは違うことがある(知)</li> <li>・てんびん、自動上皿はかりを用いて重さを数値化し、重さを比較しながら調べ、結果を表に整理する(技)</li> <li>・物の形や体積と重さとの関係を追求する中で、差異点や共通点を基に、物の性質についての問題を見だし、表現する(思)</li> <li>・主体的に問題解決しようとする(態)</li> <li>・重さの単位(算数)</li> </ul>	<p>物の溶け方</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物が水に溶けても、水と物を合わせた重さは変わらない(知)</li> <li>・物が溶ける量には、限度がある(知)</li> <li>・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(知)</li> <li>・水溶液の温度が上昇すると、溶ける量も増える(知)</li> <li>・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(知)</li> <li>・水の量が増えると溶ける量も増える(知)</li> <li>・水溶液の水を蒸発させると、溶けた物が出てくる(知)</li> <li>・物が水に溶ける量や変化は、溶かす物によって違う(知)</li> <li>・水溶液の中では、溶けている物が均一に広がる(知)</li> <li>・メスシリンダーや電子てんびん、ろ過器具、加熱器具、温度計などの器具の適切な操作(技)</li> <li>・水の温度や量などの条件を制御しながら、物の溶け方の規則性を調べる(思)</li> <li>・物の溶け方について追及する中で、物の溶け方の規則性について予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現する(思)</li> </ul>	<p>水溶液の性質</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水溶液には、気体が溶けているものがある(知)</li> <li>・水溶液を振り動かしたり温めたりすると、気体を発生するものがあり、発生した気体は再び水に溶ける(知)</li> <li>・水溶液を加熱すると、溶けていた気体が出ていく(知)</li> </ul>	<p>水溶液</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物質の水への溶解を粒子のモデルを用いて微視的に捉える(知)</li> <li>・粒子のモデルで均一になる様子について説明する(知)</li> <li>・水溶液の濃さの表し方がある(知)</li> <li>・質量パーセント濃度がある(知)</li> <li>・溶解度と関連付けて、水溶液の温度を下げたり、水を蒸発させたりすることにより結晶を取り出すことができる(知)</li> <li>・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(知)</li> </ul> <p>状態変化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・状態変化は物質が異なる物質に変化するのではなく、その物質の状態が変化するもの(知)</li> <li>・状態変化によって物質の体積は変化しない(知)</li> <li>・沸点の違いを利用して混合物から物質を分離できる(知)</li> </ul>	<p>化学変化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・化学変化の前後では原子の組み合わせが変わる(知)</li> <li>・化学変化と物質の質量</li> <li>・化学変化の前後で物質の質量の総和は等しい(知)</li> <li>・気体が発生する化学変化では、生じた気体の質量も合わせて測定しないと質量の総和が等しくならない(知)</li> <li>・化学変化の前後における物質の質量を測定する(技)</li> </ul>	<p>水溶液とイオン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中和反応によって塩が生じることをイオンのモデルを用いて説明する(知)</li> <li>・中性にならなくても中和反応は起きている(知)</li> </ul>