

広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要  
 (第46号 2019.3)

## 理科におけるアクティブ・ラーニング型授業の構造化 (2)

樋口 洋仁 井上 純一 内海 良一 梶山 耕成  
 杓脱 侑記 佐々木康子 杉田 泰一 平松 敦史  
 浅海 詩織 磯崎 哲夫 竹下 俊治 松浦 拓也

**Abstract:** The purpose of this study is to organize active learning models in science classes. Through classroom practice from elementary school to upper secondary school, we observed the following: 1) the “reciprocal of internalization and externalization,” which means collaborative and cooperative learning, is the key to active learning in science lessons; 2) by creating a “subject skeleton,” teachers can gain clarity regarding the promotion of deep learning and organize active learning models in science classes.

### 1. はじめに

新学習指導要領では、「よりよい学校教育を通じてよりよい社会を創る」との目標の実現にかかわり、「何を学ぶか」に加え「どのように学ぶか」「何ができるようになるか」の視点の重要性とともに、学習過程を質的に改善する方略として主体的で対話的で深い学び（アクティブ・ラーニング）が示された。「深い学び」とは、「各教科等で習得した知識や考え方を活用した『見方・考え方』を働かせて、学習対象と深く関わり、問題を発見・解決したり、自己の考えを形成したり、思いを基に構想・創造したりする」過程と定義され、教科ごとの「見方・考え方」が示されている<sup>1)</sup>。

中央教育審議会初等中等教育分科会の教育課程部会・理科ワーキンググループは、新学習指導要領の審議の取りまとめ<sup>2)</sup>において、理科における「見方・考え方」として、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなど、科学的に探究する方法を用いて、多面的に考えること」と掲げている。本校の理科では、それらを基に、「深い学び」を、(1)自然の事物・現象の理解を深めるために、既存の知識や技能を関連付けたり組み合わせたりすることができる、(2)課題を見いだし、その課題解決のために科学的に探究することがで

きる、(3)メタ認知を理解し、他者との協働を通してメタ認知能力を高めることができると定義し、教材開発および授業実践を行っている。

### 2. 研究の目的・方法

本研究は、小・中・高と異なる校種をもつ附属学校の特徴を活かし、各発達段階で同一の領域や内容を扱いながら、「内化と外化の往還」を取り入れた教材開発および授業実践を行い、得られた知見をもとにアクティブ・ラーニング型授業の方略を「構造化」し、授業方略を整理することを目的としている（表1参照）。

表1 研究計画

年次	研究計画
第1年次 (2016年度)	「内化と外化の往還（内化－外化－内化）」を取り入れた授業デザインの具体化、およびその実践
第2年次 (2017年度)	「内化と外化の往還（内化－外化－内化）」を取り入れた授業デザインに基づく実践、および構造化
第3年次 (2018年度)	「ディープ・アクティブラーニング」に基づく授業デザインの構築、実践、評価方法の提案

第1年次の成果については、平松・磯崎ら

Hirohito Higuchi, Junichi Inoue, Ryoichi Utsumi, Kosei Kajiyama, Yuki Kutsunugi, Yasuko Sasaki, Taiichi Sugita, Atsushi Hiramatsu, Shiori Asaumi, Tetsuo Isozaki, Shunji Takeshita and Takuya Matsuura:  
 Organizing of Active Learning Models in Science Classes (2)

(2017)<sup>3)</sup>で報告済みであるため、本稿では第2年次・第3年次の研究成果について報告する。

なお、本研究では、「アクティブ・ラーニング」を、溝上(2016)による「一方的な知識伝達型講義を聴くという(受動的)学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。」<sup>4)</sup>という定義に準拠している。また、「内化」とは知識の理解と獲得、「外化」とは知識を活用するプロセスで行うパフォーマンス<sup>5)</sup>(書く・話す・発表するなど)とした。

研究の方法として、第2年次では第1年次に引き続き理論的なバックグラウンド確立のための文献研究ならびに情報収集を行い、「内化と外化の往還」を取り入れた授業デザインに基づく実践、および構造化に向けた実践例の蓄積を行った。第3年次では、第1・2年次の研究成果と課題をふまえ、本校の理科における「深い学び」を定義し、松下(2018)<sup>6)</sup>が提起する「深さ」の系譜、「深い学び」の契機や「深い学び」のステップについて整理を行い、「深い学び」をどのように実現するのかの見取り図として「教科スケルトン」を作成し、授業実践を行った。

### 3. 授業実践の記録および実践成果と課題

授業実践は小学校・中学校・高等学校の各校種で行った。以降、それぞれの校種での授業実践例(教科スケルトンと指導案)を紹介する。

#### 3-1. 小学校での実践

小学校での実践は、5年生「流れる水のはたらき」の単元で行った。本単元のねらいは、流水実験や雨の日の地面の観察からわかった流れる水の働きを実際の川で確かめるなどの活動を通して、流水の働きと土地の変化の関係についての考えを持つようにすることである。流水実験で見いだしたきまりをもとに、川の流れと河原の様子などを関係づけて調べ、流水には土地を変化させる働きがあることをとらえさせる。また、川の上流と下流の河原の石の大きさや形を調べ、その大きさや形の違いに気づかせるとともに、その形状の違いは、流れる水の働きに関係していることをとらえさせる。

平松・磯崎ら(2017)<sup>7)</sup>でも指摘したように、小学校理科で行っている学習活動はすでに内化と外化の往還がいたるところに取り入れられて

おり、アクティブ・ラーニング型学習の要素を多分に含んでいると考えられる。本実践では、曲がった川を再現したモデルに配置する粒子の種類や大きさを工夫し、流量をコントロールする仕組みを施すことで、侵食・運搬・堆積という流れる水の働きを可視化しやすくした教材を開発した。この教材を用いてモデル実験を行うことで、児童が内化と外化の往還を通じて時間的・空間的な視点を獲得できたかを検討した。実践授業に関連する指導計画を以下に示す。

第一次	地面を流れる水のはたらき	4時間
第二次	川の水のはたらき	3時間
第三次	川の流れと土地の変化	3時間
第1時	流れる水は、どのようなときに地面の様子を大きく変えるのか調べよう	
第2時	川の災害を防ぐ為の人々の工夫をみてみよう	
第3時	水の流れから地形の変化について考えよう(本時)	

実践授業は、単元10時間のまとめとなる時間に該当する。この授業について設定した教科スケルトンを表2に示した。

表2 小学校5年「流れる水のはたらき」

「学びの深さ」を実現するための実践(仮説)	
学習目標	流れる水と土地の変化との関係を、仮説を立て条件制御しながら実験し、土地の様子の変化について理解する。
学びを深めるステップ	学習活動
コンフリクト	実験の結果から、流水の勢いや運ばれる土砂の大きさと、土砂の堆積や地形の変化との関係に疑問をもつ。
内化	実験を見る視点を持って、モデル実験で変化させる条件を考え、結果についての仮説をたてる。
外化	仮説や考察について全体で共有するため、意見を発表し、自分の班と他人の班との共通点や相違点を確認する。
リフレクション	自然の川(写真)とモデル実験とを比較し、流れる水の働きによって、土砂は侵食・運搬・堆積するが、土砂の粒の大きさや水の速さによって堆積する場所に違いがあることをまとめる。

また、実践授業の学習過程は次のとおりである。

## 実践授業の学習過程

学習活動	指導意図と手だて	評価の観点
[導入] ・前時までの復習  [展開] ・流れる水は土砂をどのように変化させるか。  【実験】  ・実験結果の考察と共有  [終結] ・結果のまとめ	○前時までの学習を振り返り、本時の学習を確認させるために、既習事項を話し合い、本時の問題を伝える。  ○事前に作った水路の状況から既習事項を使い、水を流した後の様子を予想させる。 ○土砂には礫や砂、泥が混ざっていることを確認するために土砂を触らせる。 ○実験を行うときの視点や土と川を関係についてどのように考えられているのかを児童に問う。 ○自分の考えと他者との考えを比較させるために、自分一人で予想させた後、クラス全体で共有する。  ○流れる水の働きを流れる水の速さでも確認するため、水はゆっくり流すように指示する。 ○実験を見る視点を持って、実験できているかを確認するため、机間指導しながら、どんな変化が起こっているかの声掛けを行う。  ○自分の言葉で表現させるため、結果や考察を一人で書く時間を設ける。 ○クラス全体で結果を共有するために時間を設け、自分の班との共通点や相違点を確認させる。 ○モデル実験の結果と自然の川を比較させるために自然の川の写真を見せる。  ○流れる水の働きによって、土砂は侵食・運搬・堆積するが、土砂の粒の大きさや水の速さによって堆積する場所に違いがあることをまとめる。	○砂粒の大きさと侵食・運搬・堆積を関係づけて考え、表現できているか。  ○砂粒の大きさと堆積した位置の関係がわかるよう結果を記述しているか。  ○砂粒の大きさと堆積する場所の違いから自分の考えを記述できているか。  ○問題に対する自分の答えをもつことができているか。

モデルを見て実験の仮説を立て【内化】、それを学級全体で共有したり【外化】、水の流速を変えて実験を行うことで流れる水のはたらきの違いを見出し【内化】、運搬作用と堆積作用についての確認と考察を行ったりする【外化】ことで、内化と外化の往還を繰り返しながら流水の作用についての理解を深めることができた。開発した教材については、川がカーブする内側の部分での侵食・運搬・堆積作用について言及した児童が多く、空間的視点の獲得に一定の効果があったと考えられる。また、2018年7月に広島を襲った土砂災害など、自然災害のような社会的な事象にも目を向けさせ、流れる水が土地や生活を大きく変化させる場合があることに気づかせるきっかけという意味でも、本実践は意義深いものになったと考える。

### 3-2. 中学校での実践

中学校での実践は、第1分野の「状態変化」の単元で行った。中学校では、「粒子」の概念を導入する際に、物質を構成する原子や分子といった目に見えない粒子を、モデルを使って表

すという方法が用いられる。しかし、「その粒子モデルが何を表しているか」を意識しながらモデルを扱うことは、多くの生徒にとって実感がわかない作業になりがちであり、「粒子＝原子・分子・(イオン)」というイメージの定着には至っていないと考えられる。そこで本実践では、状態変化が粒子の運動の様子の変化であることを理解させるために、粒子モデルを用いて目の前の事象を説明する活動の中に内化と外化の往還を取り入れることで、状態変化と粒子モデルの理解の深化が促される展開となるよう試みた。実践授業に関連する指導計画を以下に示す。

第一次 状態変化の観察と理解	1 時間
第二次 状態変化と温度	4 時間
第1時 物質の沸点を調べる	
第2時 融点の違いを利用して物質を見分ける	
第3時 物質の温度の変化と状態変化	
第4時 融点、凝固点は同じ温度になるか	
	(本時)
第三次 状態変化の利用と混合物の分離	2 時間

実践授業は、物質の状態変化と温度との関係について実験を通して確認する内容の最終時に該当する。この授業について設定した教科スケルトンを表3に示した。

表3 中学校2年 第1分野「状態変化」

「学びの深さ」を実現するための実践(仮説) 中学校	
学習目標	物質の状態(三態)を観察し、その変化のようすを粒子モデルを用いて考え、説明できる。
学びを深めるステップ	学習活動
コンフリクト	温度変化に伴う物質の状態変化を観察し、温度が変化しないところがあることを確認する。

内化	三態の粒子モデルと実際の温度変化、物質のようすを対応させながら、状態変化中のモデルを考える。
外化	グループごとに考えた粒子モデルを発表し、互いに説明しあいながら齟齬がないか確認する。
リフレクション	教科書のモデルや教師の説明と自分が考えたモデルを照らし合わせ、物質の状態変化について粒子的な観点から理解する。

また、実践授業の学習過程は以下のとおりである。

### 実践授業の学習過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点(◇評価)
<p>〔導入〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・前時までの復習</li> <li>・物質の三態に対応する粒子モデルの確認</li> <li>・純物質を加熱した際の温度変化の確認</li> </ul> <p>〔展開〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・純物質を冷却していくと、状態と温度はどのように変化するだろうか</li> </ul> <p>【実験】</p> <p>セタノール(1-ヘキサデカノール)の状態変化を観察し、物質のようすを説明しよう</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験結果の整理と分析</li> <li>・実験中に観察されたそれぞれの状態を、粒子モデルを用いて表現する。</li> <li>・実験結果と考察の共有</li> </ul> <p>〔終結〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本時のまとめ</li> <li>・次時の予告：混合物を加熱すると、どのような変化が起こるか実験で確認してみよう</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○物質には気体・液体・固体の3つの状態があること、それぞれの状態が粒子モデルでどのように表現できるか確認する。</li> <li>○純物質の融点、沸点は一定の値であったことを確認する。</li> <li>○純物質の融点と凝固点は同じになるか、異なるかを個人で予想する。</li> <li>○融点、凝固点での物質の状態に着目して実験を行う。</li> <li>○教卓に準備されたセタノールを各班に持ち帰り、攪拌しながら湯浴で一旦融解させ、その後攪拌を続けながら自然冷却する。 その際、加熱および冷却に伴う ①温度 ②状態(見た目・手ごたえ)の変化を観察し、記録する。</li> <li>○記録された温度変化をグラフにプロットし、状態変化のようすとあわせて、セタノールのようすを粒子モデルで表現する。</li> <li>○各班の結果と粒子モデルをホワイトボードに記入し、クラス全体で共有する。</li> <li>○物質を加熱した際と同様に、物質を冷却した際も固体と液体が混在し、温度が一定になるとき(凝固点)があり、純物質であれば融点と凝固点は同じ温度になることを確認する。</li> <li>○ワークシートやこれまでの学習内容の振り返りをもとに、三態の粒子モデルの確認と状態変化中の粒子の様子を想起する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○板書や教科書を用いた確認程度にとどめる。</li> <li>○既習である温度上昇に伴う状態変化をもとに、温度低下に伴う状態変化について予測させる。</li> <li>○試薬に直接触れないよう注意する。</li> <li>○過冷却がみられた場合は、前後の温度変化に着目させて考えさせる。</li> <li>◇純物質の凝固についての実験を安全に行い、温度変化を適切に記録し、グラフ化している。 (知識・技能/ ワークシートによる評価)</li> <li>◇純物質が凝固する際に見られる変化を、既習の内容をもとに粒子モデルで説明している。 (思考・判断・表現/ 机間指導・ホワイトボードで評価)</li> <li>○班の説明を聞き、自分の班の粒子モデルとの共通点、相違点を確認させる。代表的なモデルを教班、発表させる。</li> <li>○凝固に伴って熱が発生する(凝固熱)ことについては、粒子の運動の様子が変わることについて触れる程度にとどめる。</li> </ul>

本実践では、授業開始時にこれまでに得た状態変化に関する知識や、物質のそれぞれの状態についての粒子モデルをワークシートで確認、整理することで本時の実験目的を明確にし【外化】、それを意識しながらセタノールの状態変化の実験を行うことで、温度変化に伴う状態変化についての新たな情報(物質の様子や手ごたえ、温度変化の度合いなど)を知覚し【内化】、状態変化中の物質の様子について、新たに得られた情報を用いながら粒子モデルを用いて表現する【外化】ことで、内化と外化の往還のなかで、物質を構成する原子や分子といった粒子についての既存の知識や技能を関連付けたり組み合わせたりする学習活動を展開できる構造とした。

実験において「物質のようす」の観察と「物質の温度」の測定をもとに、状態変化中の物質のようすを粒子モデルを用いて説明することで、状態変化および粒子モデルについての理解を深めることができた。

特に、実験の結果をモデルで説明する活動を通して、状態変化が起こっても同じ物質は同じ粒子からできている(今回の実践の場合は固体も液体もセタノールの粒(分子)からなっている)ことを意識しながら、温度の変化に伴ってその粒子の集まり方の様子に変化していくことを、図1、図2のように化学的に確からしいモデルとして表現することができた。

このことは粒子モデルの理解を深めると同時に、高等学校化学の「物質の三態」分野における固体と液体の相転移および二相間の平衡の概念へ通ずる「深い学び」を実現することができたと考えている。

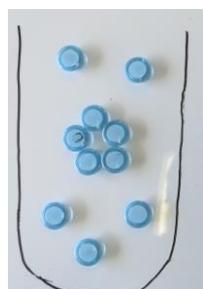


図1 生徒が描いたモデル①

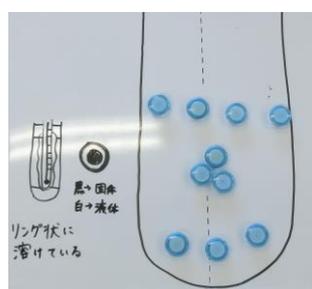


図2 生徒が描いたモデル②

### 3-3. 高等学校での実践①

高等学校生物での実践は、「代謝」の単元における「同化」の探究活動として、薄層クロマトグラフィー(Thin Layer Chromatography,

以下、TLC)を用いた光合成色素の分析を行った。TLCを用いた光合成色素の抽出実験では、哇(2003)<sup>8)</sup>に代表されるように、TLCの展開結果を進化の観点から考察させる授業実践がよく知られている。本実践では、光の波長と光合成色素の共通性と多様性という観点から、藻類の生活環境について考察させることを目的とした。まず、陸上の緑色植物について、TLCによる光合成色素の抽出を行い、TLCの原理および吸収スペクトルと作用スペクトルについて学習した。それらの内容をふまえ、探究課題として、「なぜ、緑色光で作用スペクトルが0にならないのか」という課題を提示した。指導計画は以下のとおりである。

第一次 代謝とエネルギー代謝	1時間
第二次 異化	4時間
第三次 異化に関する探究活動	2時間
第四次 同化	5時間
第五次 探究活動	5時間

- 第1時 緑色植物を試料とした TLC
- 第2時 課題の提示と仮説の設定
- 第3時 藻類を試料とした TLC(本時)
- 第4時・5時 3時間目の考察とその共有

この授業について設定した教科スケルトンを表4に示した。

表4 高等学校2年 生物「同化」

「学びの深さ」を実現するための実践(仮説) 高等学校	
学習目標	光合成色素の共通性と多様性には、生物的・非生物的要因が互いに関与し、関連があることを考察することができる。
学びを深めるステップ	学習活動
コンフリクト	TLCの結果から、藻類の種類によって含まれる光合成色素が異なることを確認する。
内化	既習の内容と各種資から、光合成色素の共通性と多様性について考察する。
外化	グループ内で自分の考えた考察を発表し、互いに説明・質問しあいながら考察を共有する。
リフレクション	資料や他グループの説明と自己の考察を照らし合わせ、光の波長と光合成色素の共通性と多様性という観点から、藻類の生息する環境について理解する。

また、実践授業の学習過程は次のとおりである。

実践授業の学習過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点（◇評価）
<p>〔導入〕</p> <p>〔展開①〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験方法の確認</li> <li>・実験の準備</li> </ul> <p>【実験】</p> <p>〔展開②〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・結果の考察</li> </ul> <p>〔展開③〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・考察の共有</li> </ul> <p>〔終結〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・まとめ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○課題と仮説の再確認</li> <li>○実験方法を確認し、実験への見通しを持つ。</li> <li>○実験材料・器具を準備する。</li> <li>○各材料について TLC を行い、光合成色素の抽出を行う。</li> <li>○Rf 値を求める。</li> <li>○各自で考察を行った後、グループ内で共有し、ホワイトボードシートにまとめる。</li> <li>○各グループの考察を発表する。</li> <li>○期待される内容 <ul style="list-style-type: none"> <li>・光合成を行う生物は、緑色光を吸収する光合成色素をもつ。</li> <li>・藻類は、多くの色を吸収することで、光の届きにくい水中でも光合成を行うことができる。</li> </ul> </li> <li>○問いに対する答えを、各自でまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○本時の学習内容・活動に対する見通しを持たせる。</li> <li>○実験の注意事項を再度確認させる。</li> <li>○グループ内での役割分担を確認させる。</li> <li>○実験中の安全メガネの着用を徹底する。</li> <li>○安全指導を中心に机間指導を行い、質問は、グループ内で解決するよう促す。</li> <li>◇正しく Rf 値を求めることができる。（観察・実験の技能／机間指導・ワークシートで評価）</li> <li>○適宜メモを取るよう促す。</li> <li>◇これまでの学習内容と実験結果などを正しく結びつけ、科学的に説明できている。（思考・判断・表現／ワークシートで評価）</li> </ul>

本実践では、探究活動の流れとして、①本時の問いとして挙げた「なぜ、緑色光で作用スペクトルが0にならないのか」に対する仮説を各自で考える【内化】→②グループで意見を共有し、クラス共通の仮説を設定する【外化】→③実験を行い、その結果から仮説の検証を各個人で行う【内化】→④グループで検証結果を共有し、意見をまとめる【外化】→⑤他グループに自分たちのグループの意見を発表する【外化】→⑥個人で再度問いに対する自分の考えをまとめ、理解を深める【内化】とした。これらの内化と外化の往還のなかで、光合成や TLC についての既存の知識や技能を関連付けたり組み合わせたりする学習活動によって「深い学び」を実現できる展開を試みた。

本実践において、TLC を通じた光合成色素の共通性と多様性という観点から、各種の藻類の光を巡る生活環境の違いについて考察し、さらに陸上の植物との違いについてまで考察を深めることができた。また、授業時間の関係で実践にはいたらなかったが、TLC で抽出できる色素が脂溶性のもののみであることに着目し、水溶

性の光合成色素の存在を確かめる必要性を指摘する考察もあった。今回の実践では、課題の設定や資料は教師が準備したものであったため、今後は、生徒自身による課題の設定や資料の収集に取り組む必要がある。また、本探究活動は最終的に5時間かかり、限られた授業時間の中で、生徒の深い学びをどのように担保していくかについても今後の課題としたい。

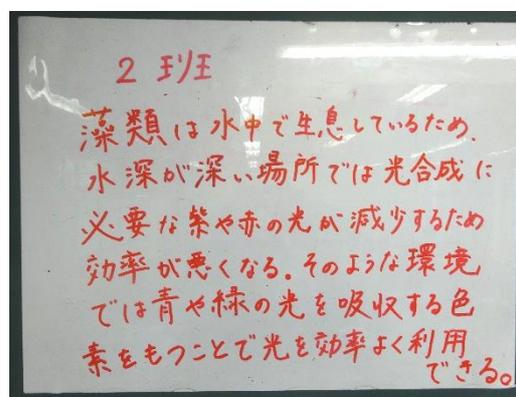


図3 生徒の考察の例

### 3-4. 高等学校での実践②

高等学校での実践の2例目は、物理分野「波動」の単元における探究活動として、波の干渉を利用して空気の温度を求める実験の計画と実施を行った。

波の諸性質（波の表し方、波の独立性、重ね合わせの原理、回折、干渉等）は、多様な波動現象を説明するための基本的な知識である。こうした知識を用いて新しい現象（今回の実践事例は音の干渉）を説明する際、獲得した知識をどのように活用するか、また、自分の考えを他者へ伝える、または他者の考えを理解するといった協働学習に伴う内化と外化の往還を通して、どこまで自分の考えを内省的に振り返り理解を深めることができるかに注目するとともに、教師がファシリテーターとしての役割を果し、生徒による協働学習、学習する集団を形成できるような授業展開ができるよう試みた。

指導計画は以下のとおりである。

- 第一次 波の基本的な性質の理解 4時間
- 第二次 波の干渉 2時間
  - 第1時 干渉条件
  - 第2時 干渉の具体的な例(本時)

#### 実践授業の学習過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点（◇評価）
〔導入〕 ・前時までの復習 波の基本的な性質	○これまでの波の性質について学習した内容を振り返る。	○具体的な事物等を提示しながら簡潔に、また網羅的に確認する。
〔展開〕 ・本時の学習の提示 音の干渉現象の探究	○課題の提示 「振動数が分かる音源装置、スピーカー2台、巻き尺、これらを用いて空気の温度を測定する方法を考えなさい。このとき、どの程度の誤差の範囲になるか、計算して示しなさい」 ○生徒どうしの話し合い ○生徒の考えた実験による演示実験	○はじめは、生徒2人1組で考えさせる。 ○続いて生徒数を4人（または3人）のグループに拡張する。 ○適切な資料が活用できるよう支援する。 ◇資料を適切に使い、自らの考えを他者に説明できているか（知識・技能/観察による評価）
〔終結〕 ・振り返り 理解した内容、課題解決のための基本となる考え方のまとめ	○本時で学習した事柄を各自でノートにまとめる。	○全員が理解すべき学習内容を簡潔に説明する。 ◇学習した内容について、既習内容と結びつけながら的確にまとめられているか（知識・理解、思考・判断・表現/対話や生徒記述による評価）

### 第三次 定常波の例とその性質 4時間

この授業について設定した教科スケルトンを表5に示した。

表5 高等学校2年 物理「波 音の性質」

「学びの深さ」を実現するための実践(仮説) 高等学校	
学習目標	自分の知識や理解した事柄を整理し、他者に伝えると共に、協働学習を通して自分の考えを振り返ることができる。
学びを深めるステップ	学習活動
コンフリクト	与えられた課題を理解し、どうすれば課題を解決できるか思考する。
内化	これまでの波の性質に関する知識を用いて、音の干渉現象を説明する。
外化	音の性質の知識と組み合わせ、他者との協働学習を通して課題を解決するプロセスを共有する。
リフレクション	実験を行うことによって何が課題かを明らかにし自分の考えを深める。

また、実践授業の学習過程は以下のとおりである。

本時の展開では、まずはじめに音の干渉に関する「2つのスピーカーと巻き尺を用いて、温度が分かるか」という課題を提示した。事前学習では温度と音速の関係は説明しておらず、教科書や資料を用いて自分自身が必要と考えた知識や情報を自ら調べることを期待した。さらに、測定には誤差が出るということに気づき、個人→2人→4人で考えることを通して思考が深まることを期待した。このような展開のなかで、音の干渉を説明するための知識の理解と説明を個人で行い【内化】、協働学習を通じた課題解決のためのプロセスを共有する【外化】中で、生徒がこれまで学習してきた知識や経験を確認し【内化】、コミュニケーションをとる中で他者に説明ができる【外化】ようにし、さらにその説明ができることで、本人の理解がさらに深化していく【内化】という内化と外化の往還を目指した。

また今回の実践では、オシロスコープを用いて波形の様子を観察させたり、生徒自ら干渉による音の強弱を実際に体験させたりするなど、音に関する様々な現象について実感を伴って理解することを通して、主体的な学習を促す活動を重視した。

終結における振り返りの時間として、全員で意見を出し合い学びあう機会は時間の都合であまり提供できず、また個人で十分納得できていない生徒への指導が行き届かなかった部分はあるが、学びあう集団を形成させた授業形態としての実践事例を示すことができたと考えている。次の目標として、このような課題解決の学習を通して、科学と社会の関係を意識し、日常生活の文脈で科学を捉え直す活動を授業展開に取り入れることがあげられる。日常生活と関連付けて考える際、測定するときには必ず誤差が生じること、さらにその誤差が許容範囲かどうか、という判断が重要である点に気付かせたい。

#### 4. 成果と課題

第1年次の研究では、内化と外化の往還を取り入れた授業実践を行うなかで、1) 学習内容の定着が図られる、2) 発展的な内容や未習内容を生徒が主体的に理解することが可能である、3) 協働的な学びの場面を加えることで理解の深化が図られる、4) どのような課題に取り組みせるのかといった課題の設定がカギである、5) アクティブ・ラーニングであるか否か

を判断するための要素を明らかにする必要がある、などの成果と課題が明らかとなった。

第2年次では、第1年次の成果と課題をふまえ、「内化と外化の往還」を取り入れた授業デザインに基づく実践、および構造化に向けた実践例の蓄積を行った。その結果、1) 理科におけるアクティブ・ラーニングにおいて、教師は生徒の各段階や授業の意図に応じて、いろいろなレベルでファシリテーターとしての役割を果たすこと、2) このとき、学習内容が生徒にとって学ぶ価値がある課題・問いであるかを示す必要があること、3) 「内化と外化の往還」は、生徒のつぶやきなどの授業の実際の場面に応じて臨機応変に変更していくこと、が必要であることが明らかとなった。

第3年次では、第1・2年次の研究成果と課題をふまえ、本校の理科における「深い学び」の定義を基に、どのように構造化するかの見取り図として「教科スケルトン」を作成し、授業実践を行った。得られた成果は、1) 適切な課題やループリックを設定することによって、内化と外化の往還を通じ、自分の思考や学習をモニタリングし、コントロール（メタ認知）ができれば、学習の転移が可能となること、2) アクティブ・ラーニングを評価する際にはループリックが有効であり、その作成を、生徒とともに行うことで、生徒自身が授業目標を設定することが容易になること、3) 課題の設定においては、生徒にとってリアルな文脈（日常生活とのかかわりがあるか、自分にとって考える必要があることか）の課題であるかどうかが大切であること、4) 内化と外化の往還を取り入れ、深い学びを実現するためには、「科学的な探究活動＝観察・実験」だけではなく、その結果や考察についての論証活動を入れていく必要があること、5) グループ活動はアクティブ・ラーニングを促進しやすい要因の一つであり、個人とグループやクラスとの往還を企図する際に、学習活動における出発点・終着点とともに個人であることが重要であることが明らかとなった。

これらの研究結果より、理科におけるアクティブ・ラーニングには「2つの往還」がキーワードになっていると考えられる。1つは、個人における内化と外化の往還であり、もう1つは、個人とグループとの往還（協同的・協働的学び）である。学習の動機となる課題に対して、問題の認識と認知的葛藤（コンフリクト）を抱

き、個人で内化するところから始まり、グループや教室全体での共有という集団での活動を通して、人に伝えるために外化し、さらに個人で思っていた考えと異なる考えを内化し、最終的に日常生活の中で意思決定ができるところまで個人で内化していくという、個人と集団との往還が非常に重要であるといえる。

松下（2018）が指摘しているように、「深い学び」を促すためには、「上り下り（事實的知識・事例と概念・原理の間を上り下りしながら概念・原理を理解していく）」、「転移（他の単元、教科・科目、日常生活にも意図的に適用する）」、「協働（教員だけでなく、生徒同士や学校外の人々からも支援を受けながら、他者と協働する）」3つのポイントがある<sup>9)</sup>。教科スケルトンを作成することによって、授業者がその3つのポイントを明確に意識し、授業の展開にどう取り入れるかを吟味した上で授業を行うことが可能となった。アクティブ・ラーニング型授業の方略を「構造化」するために教科スケルトンはきわめて有効であるといえる。

今後の課題としては、授業実践を更に蓄積することでアクティブ・ラーニングであるかどうかを判断（評価）する要素を抽出し、ルーブリックを中心とした評価方法の検討・開発を行い、教科スケルトンと対応させることで、実践と評価が一体となったアクティブ・ラーニング型授業の提案を行っていくことが挙げられる。

## 引用・参考文献

- 1) 文部科学省(2017)「中学校学習指導要領(平成二十九年告示)」  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1384661\\_5\\_4.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1384661_5_4.pdf)
- 2) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会理科ワーキンググループ「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて(報告)」  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/\\_\\_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/__icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf)
- 3) 平松敦史, 磯崎哲夫他(2017)「理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化」『広島大学学部・附属共同研究紀要』第45号, pp.77-87.
- 4) 溝上慎一監修, 溝上慎一編(2016)「アクティ

- ブラーニングシリーズ4 高等学校におけるアクティブラーニング:理論編」東進堂
- 5) 溝上慎一監修, 安永悟・関田一彦・水野正朗編(2016)「アクティブラーニングシリーズ1 アクティブラーニングの技法・授業デザイン」東進堂
  - 6) 松下佳代(2018)「なぜ「深さ」が重要なのかー能力・学習・評価のつながりから考えるー」『中等教育研究開発室年報』第31号, pp.34-48.
  - 7) 同掲書3)
  - 8) 畦浩二(2003)「光合成色素の定性分析から植物進化を考察する実践的研究」『生物教育』第44巻, 第1号, pp.2-9.
  - 9) 同掲書6).
- ・広島大学附属中・高等学校 中等教育研究会(2017)『平成29年度 中学校・高等学校教育研究大会要項』, p.33.
- ・広島大学附属中・高等学校 中等教育研究会(2018)『平成30年度 中学校・高等学校教育研究大会要項』, p.43.