

理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化

平松 敦史 佐々木康子 志田 正訓 井上 純一
内海 良一 大方 祐輔 梶山 耕成 加藤 祐治
岸本 享子 杉田 泰一 樋口 洋仁 磯崎 哲夫
木下 博義 古賀 信吉 竹下 俊治 葛岡 孝則
松浦 拓也 三好 美織 山崎 博史

1. はじめに

2016年8月に、文部科学省の中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会の「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ」¹⁾において、次期学習指導要領の方向性が提示され、従来までの「何を学ぶか」という視点に加えて、「どのように学ぶか」、「何ができるようになるか」という新たな視点が加わった。この新たな視点のうち、「どのように学ぶか」においては「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指した学習過程を質的に改善する方略として「アクティブラーニング」が示された。また、この学習過程の質的な改善を通じて資質・能力を育むとともに、生涯にわたってアクティブに学び続ける「アクティブ・ラーナー」を育成することも示された。さらに、「深い学び」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、新たな各教科等の見方・考え方が示されるとともに、総体的観点からの教育課程の構造上の工夫も要請されることとなった。

2. 研究の目的・方法

研究の目的は、理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化であり、本研究は表1の3年計画で実施し、今年度はその第1年次に当たる。

研究の方法として、第1年次は、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

に情報収集を行うとともに、「内化と外化の往還」を取り入れた授業デザインとその実践に取り組み、第2年次の研究計画である「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、及び構造化に向けた実践例の蓄積を行う。

表1 3か年の研究計画

年次	研究計画
第1年次	「内化と外化の往還」を取り入れた授業デザインの具体化、及びその実践
第2年次	「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、及び構造化
第3年次	「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

なお、アクティブラーニングにはさまざまな考え方があり、本研究においては、溝上慎一の学術的な定義である「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。」²⁾に依拠している。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³⁾（書く・話す・発表するなど）と捉えている。

紙幅の関係から、次項では第1年次の成果として主に実践例を中心に示す。

3. 小学校・中学校・高等学校における実践

(1) 小学校における実践

小学校におけるアクティブラーニングの授業デザインについて、内化と外化をキーワードに実践例とともに述べる。

本研究における内化とは知識の理解と獲得のことを示し、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のことを示すものとしている。この内化と外化という視点で小学校理科を捉え直したとき、小学校理科では、授業のあらゆる場面で、知識の理解や獲得をしたり、活用をしたりしている。

知識の理解や獲得という点について例を挙げれば、少なくとも次の二つの場面が考えられる。一つ目として、実験に対する知識を理解する場面である。第5学年の振り子の学習では、単に振り子の長さを変えれば周期が変わるということを理解することだけが目標ではない。そのような知識とは別に重視することの一つとして、振り子の周期を求めるための実験の条件制御について理解していくことが挙げられる。つまり、振り子に関する諸条件の中で、変える条件と変えない条件を明らかにしながら実験計画を立てる学習活動を通じて、児童は条件制御について理解していく。二つ目として、実験結果から考察を導き出す場面が挙げられる。先述の振り子の学習で例示をするならば、数々の実験の結果から、振り子の周期が、振り子の長さを変えることで変化するという結論を明らかにする学習活動が、実験結果から考察を導き出す場面といえる。

一方で、知識を活用する場面としては、次のような二つの場面が考えられる。一つ目として、問題について予想をする場面において、生活経験を活用することが考えられる。例えば、第4学年の物の温まり方について学習する際、金属の温まり方について予想をする時、児童は生活経験の中で、料理の際にフライパンを熱したときのことを想起しながら考え、熱したところから徐々に熱が広がっていくと考えることがある。二つ目としては、既習事項を生活経験の中に活用する場面が考えられる。上述の第4学年の物の温まり方の学習で例示すれば、風呂にためた湯は上の方が温かく、下の方が冷たくなり、それらをまぜることでちょうど良い温度になる現象を説明するために、水の温まり方で学習した、温かい水が上の方に移動するということ

を用いて説明することが考えられる。

このように、小学校理科では内化と外化の往還はいたるところに見られるものであり、このようなことを繰り返しながら、児童は学習を進めている。つまり、小学校理科で行っている学習活動は既にアクティブラーニングであると捉えることが可能である。しかし、ここでは、中央教育審議会教育課程企画特別部会でも論じられているように、小学校理科における学びの質的な深まりを重視し、それを実現するための手立ての一つとして、アクティブラーニングを捉え⁴⁾、アクティブラーニングにおける内化と外化の往還やその他の要素がどのように小学校理科の学習の質的な深まりに寄与できるのかという視点からさまざまな実践に取り組んだ。そして、アクティブラーニングにおける内化と外化以外の要素として協働的な学びを加えたい。たとえば、武村は、アクティブラーニングの充実のために、他者との協働とそれによる価値の創造の必要性を指摘している⁵⁾。そこで、小学校理科において、協働的な学びを取り入れ、内化と外化の往還の中で、より深い学びを実現することはどのような授業によって可能なのかという点について、第5学年の電磁石の学習における実践例を通して述べる。

①実践例1

実施期間 平成28年12月～平成29年1月

場所 広島大学附属小学校理科室

学級 第5学年 63名（男子32名、女子31名）

単元 電磁石

指導計画（全10時間）

第一次 電磁石と永久磁石（4時間）

（本時3～4/4時間目）

第二次 電磁石を強くするには（6時間）

小学校理科における電磁石の学習では、普段目にしない電磁石に初めて触れるため、電磁石の性質について理解するために、永久磁石との性質の比較を通して学習が進められる。そのような学習を通して、電磁石には極があることや、永久磁石と同じように、鉄を引き付けることなどを学習していく。本時では、「電磁石と永久磁石の似ているところはどこか」という問題の設定をし、児童の予想に基づく実験を行っていった。児童は、電磁石にも永久磁石にも極があることや、鉄を引き付けることを予想し、それらを確認する実験の計画についても比較的容易に立てることができた。このまま計画に沿って実

験を行い、得られた結果から、電磁石の性質についてまとめるといった授業は、従来のような授業である。しかし、本時では、そこに協働的に活動する実験を取り入れ、電磁石のことにとどまらず、科学そのものも学習の対象とするという意味での深い理解を目指した。この科学そのものを含めた科学の本質を学習の対象とする点については山下、磯崎らの研究⁶⁾、土井、磯崎らの研究⁷⁾や樋口、磯崎らの研究⁸⁾でその必要性や実践の在り方について明らかにされてきた。本時では、科学の本質の中でも、Abd-El-Khalick が小学校段階で指導すべきであると指摘している、科学的知識が自然事象の観察や実験から得られたデータを根拠として明らかになったものであるという点⁹⁾を取り扱えと考へた。そこで、この点について、内化と外化の往還、そして、協働的な学びを通じて学習する具体的な手立てや授業の実際について述べる。

具体的な手立てとして、実験計画を立てた際、実験により得られるであろうデータの数に着目させた。つまり、グループによる実験で、データの数が多ければ、それだけ得られた科学的知識を立証する根拠が豊富であることに気付かせ、グループで協働し、可能な限り多くのデータを集める必要性に気付かせていった。合わせて、実験の時間を十分に取って、電磁石の学習キットを一人一個配付することで、協働で実験できる場を確保した。児童は、各個人で実験するのではなく、グループで同じ実験を行い、そこから得られたデータをグループ内で足し合わせて、百を超える実験結果(図1)から、電磁石の性質について、永久磁石との比較から明らかにすることができた。このような協働的な学びを通じて、児童は電磁石に関する科学的知識が多くのデータに基づいて明らかにされているという科学についての知識を獲得する、つまり内化を行うことができたと考へる。そして、この学習の次にある、電磁石を強くするための条件について学習する場面でも、実験から可能な限りデータをたくさん取る必要性に気付くことができ、既に学んだことを活用して考へ、外化をする児童の姿を見ることができた。

第5学年の事例では、協働的な実験を通じて、データの数を足し合わせ、科学についての理解を含めたより深い学びについて述べた。次に協働的な学びを取り入れた第3学年の事例を挙

げ、より適切な実験を計画する学習について述べる。

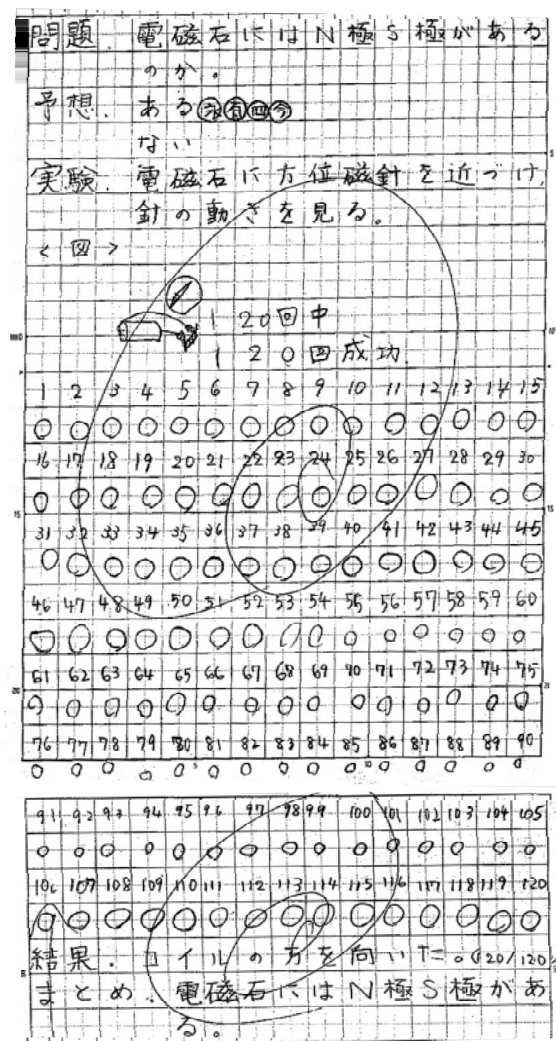


図1 第5学年の児童のノート

②実践例2

実施期間 平成28年6月～平成28年7月

場所 広島大学附属小学校理科室

学級 第3学年 64名(男子32名, 女子32名)

単元 光の性質

指導計画(全8時間)

第一次 鏡で光を反射させる (4時間)

(本時3～4/4時間目)

第二次 虫眼鏡で光を集める (4時間)

本単元では、太陽の光を反射させたり、集めたりして、物の温度が上昇したり、紙が焦げたりする事象を通して、太陽の光が熱をもっていることや、それにより、物の温度を変えることができることについて学習する。本時は、鏡1枚で光を反射させ、日かげの壁に当てることで、反射させた部分の温度が上がっていくことを学習した次の段階として、「鏡を増やすと、物の温

まり方は変わるのか」という問題意識をもたせ、解決を目指していく場面である。

第3学年の児童は、理科において様々な自然事象に触れる中で、比較などをさせたりしながら問題を見だし、実験を通じて、見出した問題を解決していく。その際、適切な実験方法については、個人で考えることは難しい段階であると考えている。そこで、集団におけるグループでの話し合い活動を通じた協働的な学習を通じて、適切な実験方法を考えられることを目指し、実践を行った。



図2 鏡1枚で光を反射させた壁の図
(図中の2点を比べれば、鏡で反射したところが温まったということが分かるということを学習済み)



図3 鏡2枚で光を反射させた壁の図

具体的には、図2のように、鏡1枚で壁を温める実験を通じて、鏡で反射させた太陽の光は、物を温めるという学習を行った後で、図3のように、鏡を増やして、壁を温める実験を行う際、壁にある3点の中でどの部分の温度を測定すれば問題を解決することにつながる実験なのかを話し合いを通じて明らかにしていくことを目指した。このような学習の際に、全ての児童が適切な2点を選び出し、その理由を含めて説明できることは難しい。したがって、このような場面で、グループの話し合いによる協働的な活動を設定することで、意見を共有し、多くの児童が適切な実験を考えられるようになることを目指した。その際、児童は、図2に示す場面で学習した比較することを、図3において活用するという点で外化しているといえ、その実験計画に基づいた実験から、明らかにすることができた、鏡が増えれば温まり方も変わるという知識を獲得する、つまり、内化することができた。

このように、必要に応じて、グループでの話し合いを入れるといった協働的な学習活動を通じて、実験の計画に関するより深い学びを実践

することができると考えている。

(2) 中学校における実践

中学校における実践例として物理・化学・生物・地学領域を示す。なお、物理領域は実践例1として詳細に、他の3領域は実践例2としてまとめて簡易に示す。

①実践例1

実施日 平成28年10月15日(土)

場所 広島大学附属中・高等学校第2物理教室

学級 中学3年A組39人(男子19人,女子20人)

単元 運動とエネルギー(運動の規則性)

目標 1. 物体の運動についての観察, 実験を行い, 運動には速さと向きのある要素があることを理解する。

2. 物体に力が働く運動及び力が働かない運動についての観察, 実験を行い, 力が働く運動では運動の向きや時間の経過に伴って物体の速さが変わること及び力が働かない運動では物体は等速直線運動をすることを見いだす。

3. 観察・実験を通して基礎的な技能を身につける。

4. 自然現象の中に問題を見いだして見通しをもって課題や仮説を設定する力, 科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力を身につける。

指導計画(全12時間)

第一次	運動の表し方	1時間
第二次	位置の変化と速さ	2時間
第三次	斜面の運動	2時間
第四次	落下運動	5時間(本時2/5)
第五次	慣性	2時間

授業について

中学理科ではニュートンの運動の法則のうち第1, 第3法則は学習するが, 第2法則(運動の法則)については, 力と速さの変わり方についての関係のみに留まっている。本授業では, 既習の知識を再構成し, 理科の見方・考え方を働かせて, 発展的内容である第2法則について, 「速さの変化する割合(以下, 加速度)」を変化させる量が, 物体に働く力だけではなく, 物体の質量にも依存していることに気づかせることをねらった。本時までには実験Ⅰ(力学台車を手で押し出したときの運動), 実験Ⅱ(力学台車の斜面上での運動)に取り組み, 考察を通して物体に力が働き続けると速度が変化すること, また, その力が大きいほど加速度が大きいことを理解している(内化)。さらに, 実験Ⅲでは質量

の異なる物体を自由落下させ、結果の考察を行った(外化)。本時では、実験Ⅲから得られた知識を、実験Ⅰ・Ⅱから得られた知識と比較し、課題の発見を行い(内化)、課題の共有を行う(外化)。次に、質量が異なる物体であっても自由落下運動の加速度は等しいことを説明する仮説を考え、さらに仮説の検証方法を考える(内化)。個々で考えた内容を表現し、他者に説明し(外化)、互いの意見をすり合わせてまとめること(内化・外化)で、主体的・対話的で深い学びを目指す。

本時の題目 力と物体の運動

本時の目標

1. 物体に力が働く運動では、時間の経過に伴っ

- て、物体の速さが変化することを理解する。
 2. 物体に働く力が大きいほど、物体の速さの変化の割合が大きいことを理解する。
 3. 既習の知識を整理し、実験結果の考察、仮説の設定、検証方法の考案を論理的に行う。
- 本時の評価規準(観点/方法)

実験Ⅲの考察の場面

- ・既習の知識を整理し、比較、検討している。(科学的な思考・表現/ホワイトボードへの記述)
- ・図や表を用いてわかりやすく説明している。(科学的な思考・表現/ホワイトボードへの記述)

仮説の設定の場面

- ・論理的な仮説を立てている。(科学的な思考・表現/ホワイトボードへの記述)

表2 本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
導入 ・実験結果の確認	○実験Ⅲ(自由落下運動)の考察を振り返る。	○ノートの記述を各自確認する。(内化)
展開1 ・物体に働く力と速度の変化の割合との関係	○実験Ⅲ・実験Ⅱの比較をする。 <物体に働く力と速さの変化の割合の関係> ・実験Ⅲ…物体に働く力が大きいほど、速さの変化の割合は大きい。 ・実験Ⅱ…物体に働く力(重力)が異なっても、速さの変化の割合は同じ。	○個人で比較した内容をホワイトボードに書いた後、グループで共有する。(外化) ・実験Ⅰ, 実験Ⅱ, 実験Ⅲからわかったことを整理し、比較、検討できているか。 ・図や表を用いてわかりやすく説明しているか。 【ホワイトボードへの記述】
展開2 ・課題の発見	○実験Ⅱの考察に基づくと、実験Ⅲでは、各物体に運動の向きに働く力が異なるのだから、速さの変化の割合は異なるはずではないか。 ○実験Ⅲにおいて、質量の異なる物体を自由落下させたとき、速さの変化の割合が等しいのはなぜか。	○個人で仮説をホワイトボードに書いた後、グループで意見交換し、まとめる。(内化⇔外化) ・仮説は論理的であるか。 【ホワイトボードへの記述】
・仮説の設定 ・仮説の共有	・仮説の設定と共有(予想される仮説) ・質量が大きい方が空気抵抗をより強く受けているから。 ・質量が大きいことが加速を妨げる要因となっているから。	
・仮説を検証する方法の考案	○仮説を検証するための方法(実験, 資料検索)を考える。	○個人で検証方法をホワイトボードに書いた後、グループで意見交換し、まとめる。(内化⇔外化) 【ホワイトボードへの記述】
まとめ ・検証方法の共有	・検証方法の考案と共有	
備考	教科書:「未来ひろがるサイエンス3(啓林館)」 副教材:「カラーブック理科資料広島県版(とうほう)」 準備物:ホワイトボード(39), iPad Air(10), スマートボード(1)	

実践結果と成果・課題

○課題の設定について

主体的・対話的で深い学びを実現するためには、取り組む課題が適切である必要がある。本授業の主発問は「質量の異なる物体を自由落下させたとき、加速度が等しいのはなぜか。」で

あった。一見矛盾する2つの実験の考察を比較し、物体の質量に着目させ、加速度を変化させる量が、物体に働く力だけではなく、物体の質量にも依存していることに気づかせることがねらいであった。しかし、考察の比較について手がかりがつかめない生徒(グループ)が見られ、

主発問に取り組むためのレディネスが整うまでに時間を要した。

原因として自由落下実験の考察におけるつまずきがある。前時に行った自由落下運動の考察では、授業者が表3に示すループリックのうち評価1～4を提示した後、各自が考察をホワイトボードに自由に記述した。本時において、ループリックに基づ

表3 ループリック

5	下記の①～③について記述があり、さらに斜面上の物体の運動との比較をして記述している。
4	下記の①、②について記述があり、さらに③「運動の向きにはたらく力」と、「速さの変化の割合(加速度)」の関連について記述している。
3	考察の内容に次の①、②の項目が述べられている。 ①自由落下運動している物体の「時間と速さの関係」について ②物体の質量の違いによる「速さの変化の割合」の違いについて
2	上記の①、②のいずれかについて述べられていない。
1	上記の①、②のすべてについて述べられていない。

き、他己評価を行ったところ、半数の生徒が評価3、残りの半数が評価4であった。なお、教師による事後評価とのずれはほとんどみられなかった。評価4の考察では2つの実験の相違点に注目したもの(図4)と、共通点に着目したもの(図5)の2パターンの表現がみられた。いずれも既習内容に基づいて考察しているが、図5のように共通点について述べているグループは、2つの実験の矛盾点に気づきにくく、つまずきが見られた。

自由落下運動をしている物体の時間と速さのグラフは、一次関数のグラフになっている。
物体の質量が変わっても、加速度は変わらない。
↓
運動の向きにはたらく力が変わっても、加速度は変わらない。
↓
物体が重い方が加速度は大きくなると思っていたので、予想と違った。

図4 評価4の考察 相違点パターン

時間がたつにつれて、一定の割合で速さが大きくなる。
・ ぶもりの重さが違っても、加速度は同じ
・ 運動の向きにはたらく力(重カ)が一定だから加速度も同じ 4

図5 評価4の考察 共通点パターン

本時の他己評価の後、授業者がループリックの評価5を全体に提示し、既に評価5の内容を記載しているグループもあることに触れた。本時の最終のホワイトボードへの記録を授業者が評価したところ、9割の生徒が評価5に到達していた。評価5に到達した時点で主発問に取り

組むための共通認識ができたことになる。

○事後の展開について

当初、運動の向きに働く力、質量、加速度の3変数について、それぞれの関係を見いだすには、条件統一が必要であることに気づき、実験を考案することを計画していた。しかし、課題把握に十分時間をかけることにし、実験については授業者のほうから提案した。提案した実験は物体に加える力を同じにして、運動させる物体の質量のみを変化させる実験である。この実験結果の考察と、一連の学習内容を統合して、課題の答えを記述させた(図6)。質量のはたらきについて、個々が説明することができ、思考の深まりが見られた。慣性について触れた生徒も見られた。また、学期末の定期テストにも関連の問いを出題し、定着を確認した。

9球
★反省: 手で引、張ると誤差が大きくなる。
結果: 誤差は大きくなるが、1kgと2kgの時では、1kgの方が加速度は大きくなる。
→運動の向きにはたらく力が同じ時、軽いほど加速度は大きくなる。重いほど加速度は小さくなる。
斜面実験では質量が同じでも、Tのためにはたらく加速度が変わる。
自由落下では、質量と力が共に2倍するから、加速度は変わらない。
自由落下は、質量と力が共に2倍するから、加速度は変わらない。

図6 課題についての考察

②実践例2

○化学領域: 第1学年の「いろいろな気体とその性質」における実践例

卵の殻に食酢を加えたときに発生する気体など、身のまわりのさまざまなものから発生させた気体の性質を調べる探究活動を行った。既習内容である酸素や二酸化炭素などの気体を区別する方法を確認し(内化)、実験計画書を作成させた(外化)。生徒は実験結果を既習の知識と比較して関連付け(内化)、発生させた気体の種類を同定し、レポートにまとめた(外化)。

○生物領域: 第1学年の「花のつくりと働き」における実践例

被子植物の花は葉からできていることを学習するため、外見上の特徴だけでなく、ABCモデルを用いた遺伝子レベルでの発展的な理解を目的とした。まず、ABCモデルの基本的な内容について一斉授業で学習したのち(内化)、アサガオの様々な変異体についてどの遺伝子の変異

によるものかを各自で考察したのち(内化),グループ学習で共有(外化),各自によるまとめ(内化)を行い,学習内容の深化を図った。

○地学領域:第2学年の「地層の重なりと過去の様子」における実践例

同地域における露頭の模式図を4つ提示し,それらを比較,関連付けて,ブロック・ダイヤグラムに統合して地層の広がりを示させた(外化)。その後,既習の知識を活用して地層のでき方を推測し(内化),時系列に沿って説明させた(外化)。その際,1つの模式図だけでは十分な推測ができず,他の模式図で推測したことも必要になるように工夫し,対話的で深い学びを促した。

(3) 高等学校における実践

高等学校における実践例として「化学基礎」,「物理基礎」,「生物基礎」での実践について示す。「化学基礎」は実践例1として詳細に,他の2つは実践例2としてまとめて簡易に示す。

①実践例1

実施期間 平成28年10月中旬

場所 第2化学教室

学級 第1学年3クラス(各クラス40名程度,男女比ほぼ1:1)

単元 酸・塩基

- 目標
1. 酸や塩基,中和反応,塩に関する基本的な概念や法則を理解する。
 2. 中和反応に関与する物質の量的関係について理解する。
 3. 酸や塩基,中和反応,塩に関する基本的な実験操作を習得する。
 4. 実験結果をもとに,酸や塩基,中和反応,塩に関する現象について科学的に説明する。
 5. 日常生活や社会において酸や塩基と関連づけられる事物・現象について科学的に探究する。

指導計画(全14時間)

第一次 酸と塩基 3時間(本時2/3)

第二次 水の電離とpH 3時間

第三次 酸・塩基の中和と電離 8時間

授業について

酸と塩基の強弱や中和反応,塩の水溶液の性質を理解するためには,水溶液中において酸や塩基がどのような状態(イオンなのか,分子なのか)で存在しているのかを理解していなければならない。そのため,単元の学習が開始され

た早い段階において水溶液中での状態について理解を深めておくことが重要である。そして,水溶液中での状態を理解しておくことは「化学」での電離平衡や塩の加水分解を理解するためにも不可欠である。そこで,本時においては,理解深化のために,次のような内化と外化の往還を取り入れた授業を展開した。濃硫酸・酢酸の実験に取り組む(外化)→マグネシウムと反応しないという酸の性質とは異なる結果から,なぜそうなるのか,その解決のために既習内容に立ち返る(内化)→考察1に取り組む(内化)→わからないことがあれば教え合い・学び合う(外化)→考察1を確認するための実験に取り組む(外化)→考察2(内化・外化)→考察3(内化・外化)→考察3の解答を共有し,理解を深める(内化)。

また,本校の化学では従前より,主体的・協働的な学びが深まるよう「協調学習テキスト」という補助教材を単元ごとに自作し,授業を行っている。小単元ごとに基本的な知識等を学び取らせた後,それらを活用する課題や実験を行わせるという構成にしている。教師主導型の時間をできるだけ減らし,課題の解答は必要最小限にとどめることで,生徒が主体的・協働的に課題解決を行うための時間を確保してきた。つまり,これまでも主体的な学びのための実践を行っており,そこに内化と外化の往還という視点を取り入れて授業構成を改めて捉え直すことで,主体的・対話的な学びが一層推進されることをねらいとして実践を行った。なお,主体的・対話的な学びが成立するための一つの方略として,西川純の名札を使用する方法¹⁰⁾を導入している。本校では名札の代わりに,スマートボード上に映し出したエクセルのセル内の自分の名前を,スマートボード上でダブルクリックして,セルの色を変える方法を用いている。これにより,教師も生徒もともに課題の達成状況を確認でき,できていない生徒はできた生徒のところへ教えてもらいに行ったり,できた生徒はできていない生徒のところへ教えに行ったりすることができる。

本時の題目 酸の電離

本時の目標

1. 酸の水溶液中での電離についてオキシニウムイオンと関連付けて理解する。
2. 酸の水溶液中で存在する物質について化学式を用いて表す。

本時の評価規準（観点／方法）

1. 酸の水溶液中では水の存在によりオキソニウムイオンが生じていることを、化学反応式を用いて説明している。（知識・理解／協調学

習テキストへの記述）

2. 電離度について理解し、強酸と弱酸の違いについて化学式を用いて表現している。（思考・判断・表現／協調学習テキストへの記述）

表 4 本時の学習過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点・評価
導入 ・実験 1 ・結果 1	○濃硫酸と酢酸(氷酢酸)にマグネシウムを入れる。 ○ともにほとんど反応しない。(外化)	○濃硫酸と酢酸の取り扱いに注意させる。 ○安全メガネの着用を徹底する。
展開 1 ・考察 1	○どのようなことを行えば反応するのか。なぜそのように考えたのか。化学反応式を用いて説明せよ。(内化) → (外化) ○期待される解答 ・水を加えれば、電離し、オキソニウムイオンが生成する。 ・ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	○班ごとに取り組みさせる。 ○考察ができた班から名前を黄色にする。 ○オキソニウムイオンの生成について理解している。【知識・理解】
・実験 2 ・結果 2	○1 mol/L に希釈した硫酸と酢酸で実験を行う。 ○ともに反応するが、濃硫酸の方が反応が激しい。(外化)	
展開 2 ・考察 2	○なぜ、硫酸の方が反応が激しかったのか。(内化) → (外化) ○期待される解答 ・電離度が異なる。 ・硫酸の方が電離度が大きい。	○電離度について理解している。【知識・理解】
・考察 3	○水溶液中での強酸・弱酸の違いはどのように表すことができるのか、化学式を用いて示せ。(内化) → (外化)	○ホワイトボードに考察 3 の解答を書き、黒板に貼る。 ○水溶液中での酸の強弱について、化学式を用いて表している。【思考・判断・表現】
終結	○考察 3 の解決 (内化)	
備考	教科書：「化学基礎（啓林館）」 副教材：「協調学習テキスト 5 酸・塩基」, 「スクエア最新図説化学 四訂版（第一学習社）」 準備物：濃硫酸, 酢酸(氷酢酸), マグネシウムリボン, 駒込ピペット, 試験管など	

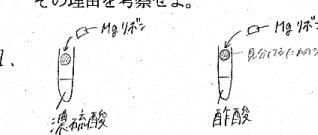
実践結果と成果・課題

実践は3クラスで行った。2クラスは、考察1においておよそ半分の班（全部で10班，1班4人）の生徒の名前が黄色になった時点で、班を越えて互いに教え合いが始まり、およそ20分程度で実験2にうつった。1クラスは、25分程度経過しても、ある1班の4名の名前のみが黄色になったにすぎず、結局はこの班の考察を全員で共有してから実験2にうつった。ただし、共有する際に、水で希釈することを、この班の生徒が説明したとき、それはわかっているという声があちこちからした。確かに、考察1に取り組んでいる際に、授業者が机間指導したときも複数の班で水で希釈することを協調学習テキストに書いていた。授業後に生徒に尋ねたところ、水で希釈するといった単純な解答であるはずがないと考えていたようである。実験2の考

察2の解決までにおよそ20分を要したため、3クラスとも考察3を提示するところで授業時間が終了となり、考察3は次時に行った。

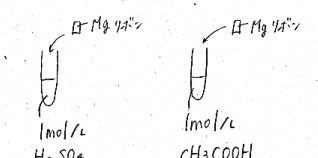
図7は、「協調学習テキスト 5 酸・塩基」において本実践で取り上げた実験と考察が示されているページである(テキスト上は[課題4]として実施)。テキストは各単元の終了時に回収してチェックしており、図7は望ましい解答を記している生徒のテキストである。考察1, 2は生徒同士で教え合って解決し、考察3は班ごとに解答をホワイトボードに書き、黒板に貼り、全員で各班の解答を共有した。

【課題4】 試験管2本に濃硫酸(97%), 酢酸(99%, 別名:氷酢酸)をそれぞれ2mLずつとり、それぞれにマグネシウムリボンを入れたときの様子を観察せよ。なぜ、このような結果になるのか、その理由を考察せよ。

1. 

組 どちらも水に反応しなかった。

考察1 どうすれば反応するの? なぜそう考えたのか? 化学反応式を用いて説明せよ。
 → 分子のほららまで活発化させて電離させやすくなる
 水で希釈して、温度を上げる
 濃度を小さくする。H₂OがH⁺を受け取って、初めはオキソニウムイオンができるから
 濃度が小さくなる中は、電離度は大きくなるから
 水がないと水素イオンが発生しないから
 (課題3①より) $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

2. 

組 どちらも反応した。硫酸の方がはげしく反応した。

考察2 なぜ硫酸の方が激しく反応したのか?
 H₂SO₄は強酸で、CH₃COOHは弱酸だから
 電離度が大きい 電離度が小さい

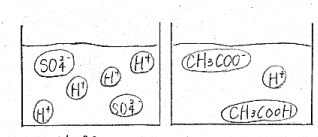
考察3 強酸と弱酸の違いを水溶液中のようすをモデル図で示せ。
 (H₂SO₄) (CH₃COOH)
 モデル図で示せ。

 H₂SO₄ CH₃COOH
 強酸は電離が容易でH⁺が多い。
 弱酸は、電離しても分子の状態のものがある。

図7 協調学習テキスト

考察3ではモデル図が修正できていなかったり、ホワイトボードからテキストに転記できていない生徒が各クラスに数名いた一方で、生徒たちだけで取り組んだ考察1と2はほぼ全員が期待通りの解答を記しており、生徒同士の教え合いのみで解答にたどり着けることが明らかになった。もちろん、中には写しているだけの生徒がいるかもしれないが、教師が板書したものを写すよりは、生徒同士によるコミュニケーションが一つでも増える方が大切であると考える。考察2の電離度は未習内容であり、次時で学習する内容であるが、生徒は正しく解答していた。こちらも考察1と同様に、本質的な理解には到達しおらず、教科書に書いていることをそのまま写している場合もある。そのために、次時以降においても、電離度を活用するための実験(強酸・弱酸のpHと電離度の関係)やpHの計算などと関連付け、理解の深化を図っている。

このように、内化と外化の往還という視点から授業を捉え直すことで、生徒だけで課題解決を行い、さらには未習内容についても課題解決

に活用するなど、主体的・対話的に授業が進行し、一定の成果が得られた。

課題は、1クラスが予定したよりも考察1に時間がかかったことである。どのクラスでも実践可能な汎用性の高い適切な課題の設定がカギであると言える。また、授業中の教え合いの様子からアクティブな活動の確認はできるが、たとえば、考察1において、水を加えることで電離し、オキソニウムイオンが生じ、その結果、マグネシウムと反応して水素が発生するという連続した理解に至っているのかどうかは、テキストに正しい解答が記されていることだけでは断定できない。課題に取り組んでいる際に、ボイスレコーダーなどを用いて、生徒がどのような対話を通して課題解決を行っているのかなどの確認が必要である。

②実践例2

○物理基礎：第2学年の「光の速さの測定」における実践

科学史上、科学者は光の速さにどのように迫っていったのかについて、代表的な観測方法・実験方法を理解することを目的とした。4人の科学者がとった観測方法、実験方法について、各自1人を選び、学習を行い(内化)、異なる科学者を選んだ生徒に自分の調べた内容を資料やiPadを用いて説明し(外化)、聞き取った内容を各自でまとめ(内化)を行い、学習内容の定着を図った。

○生物基礎：第1学年の「生物の体内環境」における実践

体内の血液循環における血管系の特徴と機能について理解することを目的とした。まず、体内の血管の総断面積・血液量・血圧に関するグラフから、動脈と静脈の総断面積は同じにもかかわらず、静脈の方が血液量の多い理由について各自で考察し(内化)、グループ学習で共有したものを全体に発表し(外化)、各自によるまとめ(内化)を行い、学習内容の定着を図った。

おわりに

本研究では、小学校、中学校、高等学校の理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化に向けて、内化と外化の往還という視点を取り入れた授業実践の蓄積を行った。紙幅の関係ですべての実践を提示することはできなかったが、複数の実践例を紹介するとともに、一部を詳細に取り上げ、成果について検討した。小・中・高という発達の段階の違いによるアプローチの違いはあるものの、内化と外化の往還を取り入れることで授業構成が捉え直され、生徒の主體的・対話的な学びが促進される点については一定の成果が得られた。一方で、小学校の項で述べたように、小学校理科では内化と外化の往還がいたるところで見られ、理科は既にアクティブラーニングであると捉えられるように、従前より理科においてはグループによる観察・実験など、アクティブラーニングといえる実践が行われてきたという背景がある。しかし、これまでの授業実践がアクティブラーニングの視点から省察されることは少なかった。その理由の一つとして、アクティブラーニングであるか否かという判断をするための指標が示されずに実践されてきたためであると考えられる。たとえば、Chickering と Gamson は、大学教育におけるアクティブラーニングの良い実践に向けての原理・原則を7つ挙げている。それらは、①学生と教員との積極的なコンタクト、②学生同士の相互作用と協働の促進、③アクティブラーニングのテクニックの活用、④迅速なフィードバック、⑤学習課題のための時間の確保、⑥学生へのより高い期待、⑦能力及び学習の方法の多様性の尊重¹¹⁾、である。そこで、次年度は、第2年次の研究計画である「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、及び授業の構造化に加えて、Chickering と Gamson の原理・原則を参考にしながらアクティブラーニングであるか否かを省察するための指標(要素)についての検討も行う。

参考・引用文献

- 1)「中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会 次期学習指導要領等に向けた審議のまとめ」 http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/09/1377021_1_1_11_

- 1.pdf
- 2) 溝上慎一 (2014)「アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換」東信堂, p.7
- 3) 溝上慎一監修 (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」東信堂, p.103
- 4)「中央教育審議会教育課程企画特別部会 論点整理」 p.17. http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/12/11/1361110.pdf
- 5) 武村重和 (2016)「社会に開かれた学校の教育課程」『学校教育』No.1189, pp.6-13
- 6) 山下雅文, 磯崎哲夫他 (2014)「新しい科学観を取り入れた理科カリキュラムの開発の研究:『科学の本質』の視点に基づく小・中・校の理科カリキュラムの再構築」『広島大学学部・附属共同研究紀要』第42号, pp.87-96
- 7) 土井徹, 磯崎哲夫他 (2015)「新しい科学観を取り入れた理科カリキュラムの開発の研究(Ⅱ):『科学の本質』の視点に基づく小・中・高の理科カリキュラムの再構築」『広島大学学部・附属共同研究紀要』第44号, pp.173-182
- 8) 樋口洋仁, 磯崎哲夫他 (2016)「新しい科学観を取り入れた理科カリキュラムの開発の研究(Ⅲ):『科学の本質』の視点に基づく小・中・高の理科カリキュラムの再構築」『広島大学学部・附属共同研究紀要』第44号, pp.85-93
- 9) Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of science in science education: Toward a coherent framework for synergistic research and development. In *Second international handbook of science education* (pp.1041-1060). Springer Netherlands.
- 10) 西川純 (2016)「アクティブ・ラーニングのはじめ方」東洋館出版社や「高校教師のためのアクティブ・ラーニング」東洋館出版社などで紹介されている。
- 11) Chickering, A. W., & Gamson, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. AAHE Bulletin. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED282491.pdf>

要 約

理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化

研究の第1年次に当たる本年は、理科におけるアクティブラーニング型授業の構造化に向けて、内化と外化の往還を取り入れた授業デザインとその実践に取り組み、具体的実践の蓄積を行った。小学校、中学校、高等学校それぞれで実践を行ったところ、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、などの一定の成果と課題が明らかになった。

Active Learning Models in Science Classes

The purpose of this study is to create active learning models in science classes. As the first-year research, the authors designed the classes which would include a round trip between externalization and internalization, and put them into practice. The designed models were adopted in elementary, junior high and senior high school classes. What have become clear are as the following; 1) Students' acquisition of the learning contents can be promoted, 2) Students can understand advanced contents proactively, 3) Students' learning can be deepened by adding collaborative activities, 4) The success or failure to active learning may depend on the quality of the tasks which students work on, 5) It is necessary to clarify the factors to determine active learning.