

公 益 財 団 法 人

下中記念財団

The Shimonaka Memorial Foundation

下中科学研究助成金取得者研究発表

研究発表一覧は下記からご覧いただけます。

<https://www.shimonaka.or.jp/3s-grant-contest/>

高校地学における実験を取り入れたアクティブ・ラーニング授業の実践及び検証

沖縄県立コザ高等学校
永井 秀行

1. 研究の背景及び目的

文部科学省（2015）は、次期学習指導要領改訂において、アクティブ・ラーニング（以下 **AL**）の視点からの授業改善について強く提言してきた。しかし、現在、研修等で実施されている **AL** は、知識の定着を目的とした学び合い等の一般的な **AL** が主流であり、知識の活用を目的とした高次の **AL** はほとんど見られない。

地学（「地学基礎」を含む、以下同様）で扱う現象は、地震・火山・気象など日常の実生活との関わりが深い上、ニュース性が高く生徒の関心も強い。これらの特徴から、地学は **AL** との親和性が高い科目であると言える。

地学における知識の活用を目的とした高次の **AL** 授業には、単元の1コマ内で生徒自身が既存の知識を用いてモデル実験をデザインしたり、モデル実験を通して現象の仕組みを発見したりするタイプ（「1コマ完結型 **AL**」と呼ぶ）や、単元の集大成として知識を総動員した課題解決を行うタイプ（「集大成型 **AL**」と呼ぶ）などが考えられる。

一方で、地学の履修率は、平成15年の推定値が5～6%（2009 佐藤）と非常に低く、この頃は「地学は絶滅危惧種」と地学教員の中で話題となった（2009 鳥潟）。しかし、理科3領域必修となった現行学習指導要領下の平成27年の履修率は、27.7%（2015 文部科学省）と大幅に増加している。

ところが、地学の全国での新規教員採用数は、平成20年度数名、平成24年度10名程

度（2012 中井）にとどまっている。

これらのことから、地学を専門とする教師数の不足は解消されておらず、多くの学校で、地学を専門としない教師が地学を教えている現状が推察できる。さらに、今後、地学を専門とする教師の大量退職が予想され、ノウハウの消失も懸念される。

地学で扱う現象は、時間・空間スケールが広大で、他科目の理科教師からは「地学は実験・実習に向かない科目」とも言われている。実験開発に関する研究の経験値が高い地学専門教師による、地学を専門としない教師への支援が急務であると言える。

そこで、本研究では、平成34年度に実施される高等学校の次期学習指導要領改訂を先取りして、より多くの学校への普及が期待できる、地学における実験を取り入れた高次の1コマ完結型 **AL** のモデル授業（「**AL** 実験」と呼ぶ）を開発・実践し、その効果を検証することを目的とする。

なお、2017年2月14日公示の次期学習指導要領改訂案から、「アクティブ・ラーニング」の用語が消え、「主体的・対話的で深い学び」という言葉に代わった。これは、「アクティブ・ラーニング」と銘打って、学び合いなどの「特定の学習や指導の方法の型」を追求する書籍や研修などが散見され、本来意図する「学習に対する姿勢や能力」からかけ離れていることが原因とも言われている。

本研究において目指す **AL** 実験は、「主体的・対話的で深い学び」を育む授業に他ならない。従って、本稿においては、次期学

習指導要領からは使用されない「アクティブ・ラーニング」という用語の使用を継続することにした。

2. 研究計画

既に、以下に挙げる(1)～(3)のオリジナル実験を開発・実践し、実験としての効果は検証済みである。本研究では、これらオリジナル実験を取り入れた **AL** 実験を計画している。本稿では、現時点で実施済みの(3)の実験を取り入れた実践についてのみを研究経過として報告する。

(1) 台風の接近通過と風の変化再現モデル 実験装置

平成10年に開発した実験教具である。方位磁針の **N** 極が棒磁石の **S** 極に向くことを、気圧傾度力が台風中心に向くことに見立て、モデル化した教具である。台風の経路と周辺観測点の風の回り方の関係を机上で一目瞭然に再現できる。本教具を使用し実験することで、風向変化に関する問題の正答率は通常授業比2倍、正答者の解答所要時間は30%短縮する効果が得られた。なお、本教具は、平成29年全国教職員発明考案懸賞コンテストにおいて、奨励賞を受賞している。

(2) 炭酸飲料を用いた火山噴火モデル実験

平成18年に開発した実験である。炭酸飲料の発泡をマグマの発泡に見立てた実験である。ペットボトル入りの炭酸飲料の上に土を盛って火山をつくり、炭酸飲料にキャンディーを投下して強制発泡させ、モデル噴火させる実験である。本実験実施後、86%の生徒が「実験と実際の火山噴火のイメージが重なった」、93%の生徒が「実験で火山噴火の原理が分かった」と回答するなど、火山噴火の原理理解を深めるとともに、関心を高める効果が確かめられている。なお、本実験は、

平成18年、東レ理科教育賞において佳作を受賞、平成29年度以降の教科書「新編地学基礎」(数研出版)に掲載されている。

(3) 海洋の鉛直循環モデル実験

平成23年に開発した実験である。高緯度における海洋の冷却により鉛直循環が生じる様子を、ミニ水槽内の水面を氷入りのピーカーで冷却することで再現する。冷却の開始・停止を自由に操作し試行錯誤することが可能である。沖縄県地学教育研究会編の地学実習帳に掲載されている。

3. 海洋の鉛直循環モデル実験～開発目的

高緯度域の表層水が沈み込むメカニズムは、北大西洋と南極海では異なる。北大西洋の場合、蒸発が盛んな赤道域から高塩分水がガルフストリーム(メキシコ湾流)によって運ばれて、それが高緯度の冷気によって冷やされることでさらに重い水(北大西洋深層水)となり、深層まで沈み込む。一方、南極海では高塩分水が運ばれて来ないため、高緯度の冷気による冷却だけでは表層水は沈み込まず、海水が冷却により形成される際に塩分が排出され高塩分水(南極底層水)となることで、深層まで沈み込む。ただし、高校の教科書では、海域毎の沈み込むメカニズムの違いには、触れられていない(図1)。

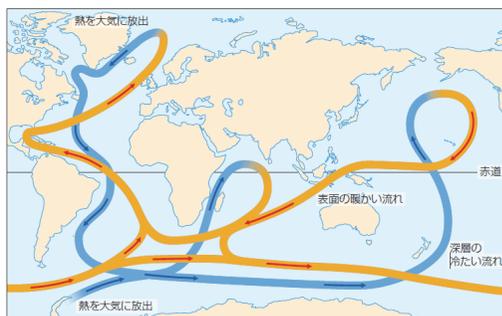


図1 海洋の大循環を示す図(啓林館「地学」)

「海洋の鉛直循環に関する実験」の教科書掲載の有無を調べたところ、「地学基礎」では啓林館、「地学」では数研出版のみが掲載していた。先ず、「地学基礎」（啓林館 地基308）では、「やってみようよう水の上下運動を観察しよう」のタイトルで、インクで着色した氷から溶け出す着色水の流れを観察する実験が掲載されていた(図2)。

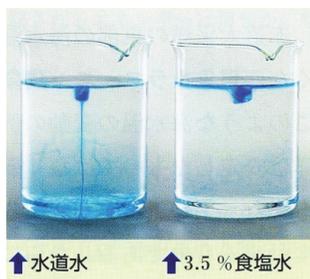


図2 教科書の実験①

水道水と3.5%食塩水で実験を行い、流れを比較する。しかし、この実験では、沈み込んだ理由が冷水だからなのか、着色水で密度が大きいためなのか不明である。本来再現すべき、冷却による沈み込みや海水形成時の塩分排出による沈み込みは観察できない。逆に、「海水が融解するとき融解した水が沈み込む」のような正反対の誤ったイメージを植え付けるおそれもある。

次に、「地学」（数研出版 地学302）では、「海洋の深層循環のモデル実験」のタイトルで、9%食塩水と真水の2層を実験水槽につくり、そこに5%食塩水や50%砂糖水を注ぎ、広がる様子を観察する実験が掲載されていた(図3)。この実験は、密度の高い方が沈み込むことしか観察できず、本来再現すべき、冷却による沈み込みや海水形成時の塩分排出による沈み込みは観察できない。そこで、安価な材料を用い、簡単な準備と手順で、実際の北大西洋と同様に海面からの冷却により沈み込みが発生する様

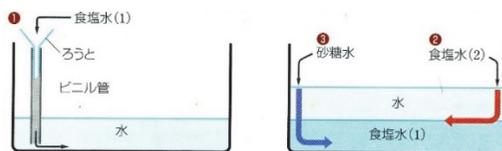


図3 教科書の実験②

子を確実に観察できるモデル実験方法を考案した。

4. 海洋の鉛直循環モデル実験～実験方法

(1) 準備

①次の物を各班で準備する。

ミニ水槽1個、マールリングインク2色、100 mL ビーカー1個、1/2割り箸2本、輪ゴム2本、L型仕切板1個、背景紙1枚



図4 購入した物

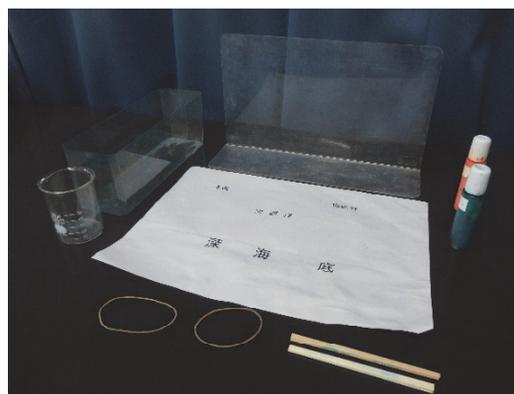


図5 各班に必要な物

ミニ水槽は、コレクションボックスミニとして100円ショップで販売されているものを使用した。マーブリングインクは、画材店等で6色入1,000円程度で入手可能である(図4)。他の物品は、校内にあるもので準備できた(図5)。L型仕切板は、10枚1,500円程度で通販サイトから入手可能である。

- ②輪ゴムを利用して、1/2割り箸2本でピーカーを挟む(図6)。※準備時間短縮のため、教師側で準備する。
- ③水をミニ水槽に約7割、ピーカーに深さ数mm入れる。
- ④③の水槽の一端で②のピーカーの底面が水面に接するようにセットする。水槽内の水流が停止するまで約5分放置する。



図6 ピーカーを割り箸で挟む

(2) 実験1：極の冷却がない場合

作業 水槽内の水の流れを可視化するために、インク2色をピーカー寄りと中央の2カ所に1滴ずつ垂らす(図7、上から1枚目)。

観察 水の流れを観察する。

結果 大きな流れは観られない。

(3) 実験2：極の冷却がある場合

水槽の水は赤道から極地方までの大西洋、氷水入りピーカーによる冷却は極

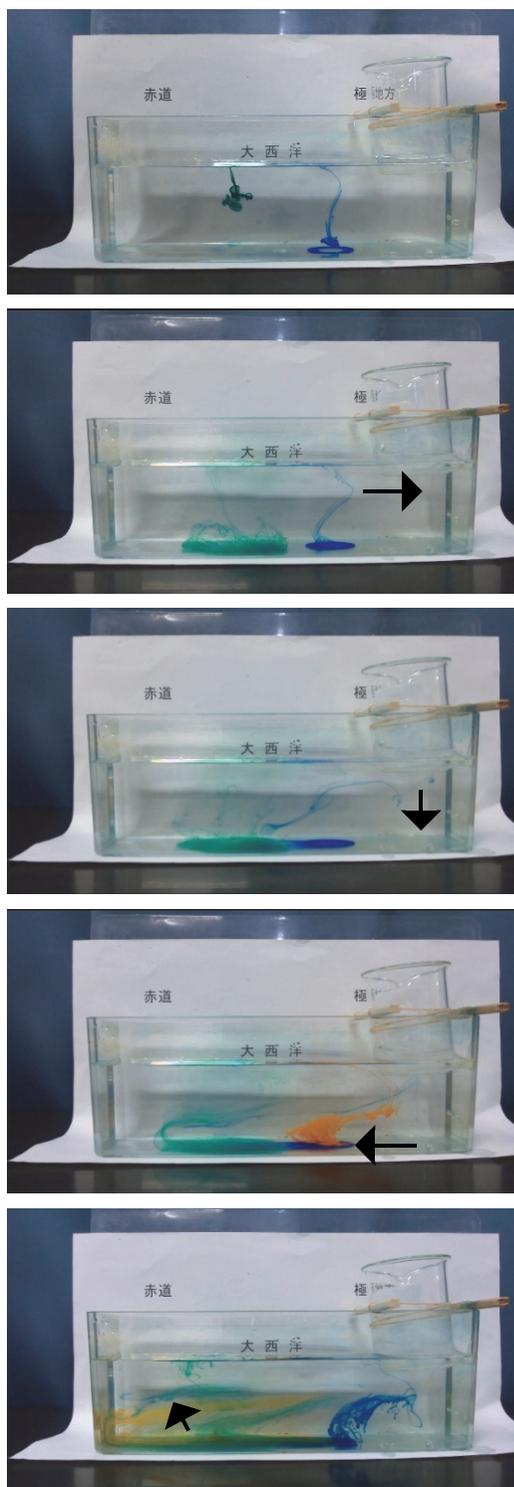


図7 実験で観察できる水の流れ(約2分)

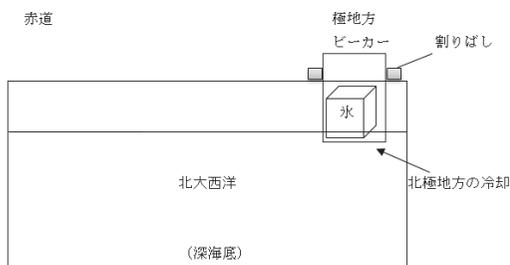


図8 モデルと実際との対比

地方の冷却に見立てる(図8)。

作業 ビーカーに1辺数 cm の水1個を入れ、水槽の水を水面から冷却する。

観察 水の流れを観察する。

結果 水面付近のインクがビーカーの下方に引き込まれ(図7,同2枚目)、ビーカーの下で細い線の様になって沈み込む(図7,同3枚目)。これは、冷却による沈み込みに相当する。底に達したインクは、水面付近の水と反対方向へ這うように流れる(図7,同4枚目)。これは、深層海流に相当する。赤道側では、古いインクが新しいインクによって押し上げられる(図8,同5枚目)。なお、インクは、適宜追加する。

5. 海洋の鉛直循環モデル実験を取り入れたAL授業

(1) 実験とアクティブ・ラーニング

文部科学省(2017)は、初等中等教育分科会(第100回)配付資料「新しい学習指導要領等が目指す姿」の中で、「学びを通じた子供たちの真の理解、深い理解を促すためには、主題に対する興味を喚起して学習への動機付けを行い、目の前の問題に対しては、これまでに獲得した知識や技能だけでは必ずしも十分ではないという問題意識を生じさせ、必要となる知識や技能を獲得し、さらに試行錯誤しながら

ら問題の解決に向けた学習活動を行い、その上で自らの学習活動を振り返って次の学びにつなげるという、深い学習のプロセスが重要である。また、その過程で、対話を通じて他者の考え方を吟味し取り込み、自分の考え方の適用範囲を広げることを通じて、人間性を豊かなものへと育むことが極めて重要である。」と述べている。

① 深い理解を促す仕掛け

AL 実験においては、「主題に対する興味を喚起して動機付けを行う」ことが最も重要である。地学のモデル実験では、モデル化したものが実際の何に対応しているかが分からなければ、興味を喚起することができず、実験が単なる作業で終わってしまう懸念がある。そこで、本実験では、モデルと対応する実際の部分の名称(「北大西洋」「赤道」「極地方」「深海底」など)を背景紙に予め印刷することで、モデルと実際の対応を明瞭にした(図5)。

「対話を通じて他者の考え方を吟味し取り込み、自分の考え方の適用範囲を広げる」ために、「個人思考」と「グループ思考」の時間を設定し、合意形成を必須とした。その中で思考・判断・表現を促すプリントを準備した(資料1)。なお、グループ人数は、最も効果的であると多くの研究者が証明している4人(津田2015)を採用した。

「自らの学習活動を振り返って次の学びにつなげる」ために、「リフレクション」の時間を設定し、自らの学習活動を振り返って次の学びにつなげる時間を確保した。

② 思考時間確保の工夫

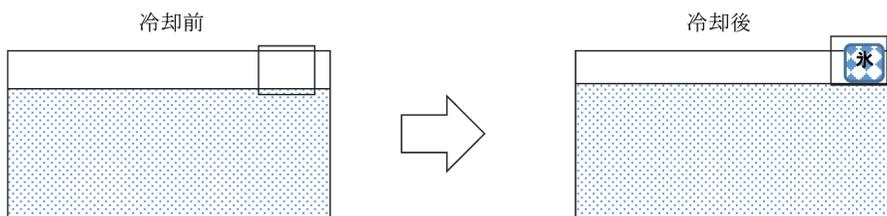
資料1 授業プリント

地学基礎 海洋の鉛直循環(教科書 p.129)

- 目標 海洋に鉛直方向の循環が起こる原因を理解する。
- 課題 ミニ水槽に水を入れ大西洋に見立てる。一方を赤道、他方を極地方に見立てる。
極地方の水面を冷却し、水の動きを確かめる。どのような動きが起こるだろうか？科学的に考えてみよう。

自分の考え	グループの考え
	

- 実験結果 どんなことが起こったか？2コマで表現しよう。



- 考察 大気大循環の原因の文章を参考に、海洋の鉛直循環の原因を考察しよう。

大気大循環の原因	海洋の鉛直循環の原因
低緯度の地球表面が太陽放射により加熱 → 低緯度の下層大気が暖まる → 密度が小さくなる → 上昇流 → 大気大循環	()緯度の海面が冷気により() → ()緯度の海面付近の海水が()る → 密度が()くなる → ()流 → 海洋の鉛直循環

- リフレクション 今回の授業を振り返ろう。

【理解できたこと】	【理解できなかったこと】
【感想】	

年 組 番 氏名

AL 実験では、思考時間を十分に確保する必要がある。従来の実験がメインの授業では、実験器具の組み立てを含む準備や片付け、手順説明等の思考を伴わない作業で授業時間の半分程度を費やしていた。そこで、器具の組み立てなどの作業は教師側で予め終え、受け取ったらすぐに実験できる状態で生徒に配布し、片付けも受け取った状態で返却することにした。さらに、詳しくなり、時間が長くなりがちな説明なども、必要最小限で簡潔なものとなるように心がけた。その結果本 **AL** 実験における準備などの思考を伴わない作業時間は9分まで短縮でき、思考時間が41分（授業時間の82%）確保できた。

(2) 実験器具以外の準備物

AL 実験をスムーズに進行させるために、次の物品の活用を推奨する。

① プロジェクター & 大型スクリーン

教材を提示する際に利用する。本校の地学教室には、天井吊り下げスクリーンが常設されているが、教室右前方にあるため座席の位置によっては見辛い。そこで、黒板中央に大型スクリーン（ローリング式）を貼り付けて利用した。

② 書画カメラ

手元にある物をそのままカメラで写し、拡大表示できる。生徒に発表させる際に利用した。

③ タブレットPC & タッチペン

画面縮小拡大、表示範囲移動などは、パソコンのマウス環境よりも、タブレット **PC** のタッチ操作の方が簡単である。画面に描画する際も、マウスよりもタッチペンが使い易い。授業の流れを妨げない点で、パソコンよりもタブレット **PC** & タッチペンが優れている。

④ 無線ミラーリング機器

タブレット **PC** の画面を無線でスクリーンにミラーリング（複製）する。タブレットを持って移動しながら授業ができる。タブレット **PC** 搭載のカメラを用いて、生徒の実験の様子を生中継で大画面表示することも可能となる。

(3) AL実験の流れ

① 実験準備(グループ活動)…5分

実験器具を準備する順序を実演し、実験器具、プリント(資料1)を準備させる。

② 課題の共有(個人思考)…3分

教卓の実験器具を指し示しながら、次のように課題を示す。「ミニ水槽に水を入れ大西洋に見立てます。左が赤道、右が極地方です。このビーカーに氷を1個入れ、極地方の水面を冷却し、水の動きを確かめます。どのような動きが起こるだろうか?」

この授業の課題を共有させることが、授業に対するモチベーションを保つことにつながる。出来るだけ簡潔な言葉で課題を与えることがポイントである。

③ 個人思考(個人思考)…5分

「自分の考え」欄に個人の考えを矢印や文字で表現させる。

④ グループ討議(グループ思考)…5分

「自分の考え」を全員が発表後、疑問点を質問するなどして、お互いに主体的に学び合いながらグループの考えを1つに合意形成し「グループの考え」欄に表現させる。

⑤ グループ発表(グループ思考)…5分

数グループを指名し、代表者を前に出させて、書画カメラを用いて発表させる(図9)。

⑥ 検証実験(グループ思考)…10分

予想した結果を踏まえながら、実験を

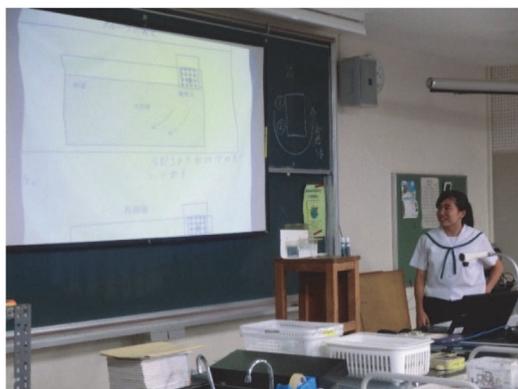


図9 グループ思考の結果を発表

行わせる。全グループの実験が成功するように、次のような簡潔な指示を実演しながら行う。

「まずは、極地方の冷却がない場合の水の動きを確認します。ビーカーに氷を入れずに、このようにビーカーの横と水槽中央に色の異なるインクをそれぞれ1滴落として観察します。では、インクを落として下さい。」

インクを落とすと、真下へインクが沈んでいく様子が観察できるが、横方向への大きな動き等は観られない(図10)。

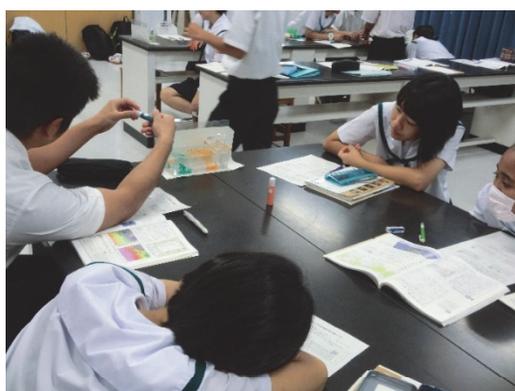


図10 インクを入れ流れを観察(冷却なし)

「次は、このように氷1つをビーカーに入れて極地方の水面を冷却します。教卓

から氷を1つ取ってビーカーに入れて、水の動きを観察して下さい。では、どうぞ。」氷を入れると水が動き出す(図11)。

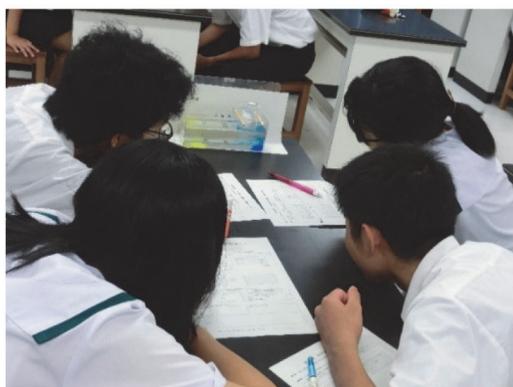


図11 インクを入れ流れを観察(冷却あり)

水槽内の水の動きを観察し、対話や議論を通じて現象を理解し、協力しながら実験結果を2コマの図で表現させる。

⑦考察(グループ思考)…5分

既習の「大気大循環の原因」の文章を提示し、それと対比させる形で「海洋の鉛直循環の原因」を考察させる。

⑧考察の発表(グループ思考)…3分

数グループを指名し、代表者に書画カメラを用いて発表させる。

⑨リフレクション(個人思考)…5分

「理解できたこと」「理解できなかったこと」を整理してまとめ、「感想」を記入させる。

⑩片付け(グループ活動)…4分

実験器具を片付けさせる。

6. 海洋の鉛直循環～AL実験の効果

(1) 効果の検証方法

2018年7月、2年生5クラス、3年生1クラスを対象に本単元の授業を実施した。

先ず、教科書や準拠ノートを用いた実験を行わない講義授業を実施した。こ

れを「通常授業」と呼ぶ。次の時間に、本実験を取り入れたAL授業を実施した。これを「AL実験」と呼ぶ。

それぞれの授業の理解度を、生徒に5段階(1 まったく理解していない、2 あまり理解していない、3 半分程度理解している、4 まあまあ理解している、5 ほぼ理解している)で自己評価を行わせた。両授業の理解度の比較等を行うことで効果を検証する。また、授業プリントのリフレクション感想欄への記述内容も参考に用いた。

なお、通常授業は193名、AL実験は216名が出席した。自己評価の回収率は100%であった。理解度の比較については、両方の授業を受けた185名で行った。

(2) 理解度自己評価結果と考察

①単純集計

【結果】

理解度自己評価結果を単純集計した(表1、図12)。カイ2乗検定を行った結果、 $\chi^2(4)=205.5$ 、 p 値<0.05となり、回答には有意差が認められた。

表1 理解度自己評価結果(人)

理解度	1	2	3	4	5	計
通常授業	24	73	64	21	3	185
AL実験	1	3	24	88	69	185

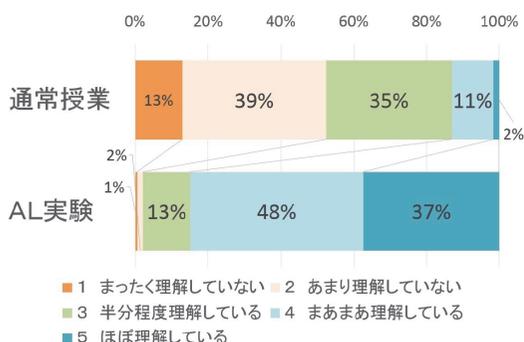


図12 理解度自己評価結果

通常授業では、理解度「2 あまり理解していない」が73人(39%)で最も多く、次に「3 半分程度理解している」の64人(35%)が多かった。「理解していない」を示す理解度「1」「2」の合計は、97人(52%)であった。通常授業の理解度平均は2.5であった。

AL実験では、理解度「4 まあまあ理解している」が88人(48%)で最も多く、次に「5 ほぼ理解している」の69人(37%)が多かった。「理解している」を示す理解度「4」「5」の合計は、157人(85%)であった。AL実験の理解度平均は4.2であった。

【考察】

AL実験において「理解している」を示す理解度「4」「5」の合計85%は、通常授業の13%に比べて72ポイント高かった。また、AL実験の理解度平均値4.2は、通常授業の2.5に比べて1.7高かった。これらの結果から、AL実験は通常授業に比べて、理解度を向上させる効果が極めて高いと言える。

②クロス集計

【結果】

次に、通常授業の理解度毎にAL実験の理解度別人数を集計した(図13)。横軸は通常授業の理解度、縦軸はAL実験の理解度である。原点を通る斜線上は「理解度変化なし」、斜線より上の領域は「AL実験の方が理解度高い」、斜線より下の領域は「AL実験の方が理解度低い」を示す。

通常授業で理解度「1 まったく理解していない」生徒は、24人であった。同じ生徒がAL実験では、理解度「1」0人(0%)、「2」2人(8%)、「3」5人(21%)、「4」10人(42%)、「5」7人(29%)であった。「理解している」を示す理解度

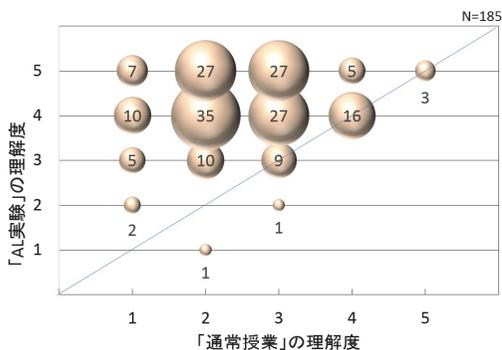


図13 「通常授業」「AL実験」の理解度(人)

「4」「5」の合計は、17人(71%)であった。

通常授業で理解度「2 あまり理解していない」生徒は、73人であった。同じ生徒がAL実験では、理解度「1」1人(1%)、「2」0人(0%)、「3」10人(14%)、「4」35人(48%)、「5」27人(37%)であった。「理解している」を示す理解度「4」「5」の合計は、62人(85%)であった。

通常授業で理解度「3 半分程度理解している」生徒は、64人であった。同じ生徒がAL実験では、理解度「1」0人(0%)、「2」1人(2%)、「3」9人(14%)、「4」27人(42%)、「5」27人(42%)であった。「理解している」を示す理解度「4」「5」の合計は、54人(84%)であった。

通常授業で理解度「4 まあまあ理解している」生徒は、21人であった。同じ生徒がAL実験では、理解度「1」「2」「3」0人(0%)、「4」16人(76%)、「5」5人(24%)であった。「理解している」を示す理解度「4」「5」の合計は21人(100%)であった。

通常授業で理解度「5 ほぼ理解している」生徒は、3人であった。同じ生徒がAL実験では、理解度「5」3人(100%)となった。

【考察】

<理解度低下の可能性について>

まず、AL実験の方が理解度が低い生徒2人(1%)について、感想欄の記述内容を調べた。通常授業理解度「2」でAL実験理解度「1」の生徒の記述欄には、「分かりやすくなった」とあった。これから推察すると、この生徒は、理解度「1」と「5」を間違えて選択した可能性がある。次に、通常授業理解度「3」でAL実験理解度「2」の生徒の記述欄には、「循環の原因を知ることができたけど、まだ理解していないことが多い」とあった。この生徒は、実験を通して自分の知識が十分ではないという問題意識が芽生えたため自己評価が厳しくなったと推察できる。

AL実験の方が理解度が低い生徒は、全体の1%であることと、上記の考察から、AL実験で理解度が低下する可能性は無いと言える。

<理解度を高める効果について>

通常授業で理解度「1 まったく理解していない」の生徒の71%がAL実験では「理解している」を示す「4」「5」の自己評価であった。また、通常授業で理解度「2 あまり理解していない」の生徒の85%、「3 半分程度理解している」の生徒の84%が、AL実験で「理解している」の自己評価であった。このことから、AL実験は、通常授業の理解度の低さに関係なく、理解度を大幅に向上させる効果があると言える。特に、理解度が低い層に対する効果は、顕著である。

(3) 生徒の感想と考察

授業プリント末尾に設けたリフレクションの感想欄に記述された内容を分類し、次期学習指導要領改訂案が目指す「主体的・対話的で深い学び」が実現できているかを検証した。以下に表記はそのまま

に記述内容の抜粋を記す。

【記述内容】

①グループ活動に関する記述

- ・1人1人の意見をだすことで、グループの考えをまとめやすくなったと思う。見るだけでなく、文字にしたり絵を描いたりして理解が深まった。
- ・グループ内で自分の案を出し合い、そこでグループの案をつくり、実験にとりくめて、実験結果がわかりやすく知れた。
- ・グループで私以外予想が当たっていたから何で分かるの？ってびっくりした。
- ・グループ発表したとき、同じ意見の人もいたし、自分と違う意見の人もいて、考えを理解し合うことができた。
- ・グループ学習をしてとても楽しくてわかりやすかったです。

②実験に関する記述

- ・予想が当たっているかなと思いながら実験をするのが楽しかった。
- ・身近な物を使って地球のものに見立てたのでしっかり理解できた。
- ・大きな地球の動きを、こんなに小さいもので実験できることにビックリしました。
- ・可視化して循環を見ることで印象に残りやすい授業になった。
- ・とても分かりやすい実験だったし、とてもおもしろかったです。
- ・このやり方は失敗しないから良いと思った。
- ・予想通りに鉛直循環がおきてくれてうれしかったです。
- ・冷気だけでこんなに動くのがすごいと思いました。またやりたいです。
- ・表面と底の所で流れが違うとは思ってなくて、実験すると流れが違いびっくりした。

③理解の深まりに関する記述

- ・最初はまったく分からなかったけど、実験をして全てを理解することができた。
- ・教科書を読んでもあまり理解できなかったが、ミニ水槽を使って実験したので理解しやすかったし、どんな循環なのか目で見て知ることができてよかった。
- ・教科書の図や文字だけではあまり理解出来なかったけど実験したことでどういう風に冷えた水が下降するのかをちゃんと知ることができた。
- ・大気大循環と海洋の鉛直循環では、逆のことが起きているのが面白いと思った。

④実際の海へ思いを巡らした記述

- ・色のついた水が下へ行って、下にいたほかの色がもちあげられているところをみて、すごかったし、海の中でも同じことがおきていることに、びっくりしました。
- ・実際の海ではこの海洋の鉛直循環が1500年かけておこなわれていて、とてもすごいと思った。
- ・これが本当の海だったら、循環するのにけっこう時間がかかるな、と思った。
- ・本物の海をこんなって考えたらすごいなって思いました。

⑤新たな疑問に関する記述

- ・もし、地球温暖化が進んで極地方の氷がとけていったら、水の循環はどうなるんだろうと思った。
- ・地球温暖化が進むと、海洋の循環も今まで通りじゃなくなるのか疑問に思った。

【考察】

- ①グループ活動に関する記述からは、会話を手掛かりに考えることを通じ、自

己の考えを広げ、深める「対話的な学び」が実現できている様子が読み取れる。

- ②実験に関する記述からは、見通しを持って実験に取り組み、自己の予想と対比しながら「主体的な学び」が実現できている様子が読み取れる。
- ③理解の深まりに関する記述、④実際の海へ思いを巡らした記述、⑤新たな疑問に関する記述からは、探究活動の中で、地学的な見方・考え方はたっかかせながら、知識を相互に関連付けて、より深く理解し、自らの学習活動を振り返って次の学びにつなげようとする「深い学び」が実現できている様子が読み取れる。

以上より、本 **AL** 実験は、次期学習指導要領が目指す「主体的・対話的で深い学び」を実現する効果があると考えられる。

7. まとめ

高校地学における実験を取り入れた **AL** 授業として、海洋の鉛直循環モデル実験の1コマ完結型 **AL** のモデル授業 (**AL** 実験) を開発・実践した。その結果、通常の講義型授業と比較して、理解度が大幅に向上する効果が検証できた。特に、理解度が低い層に対する効果は、顕著であった。また、次期学習指導要領が目指す「主体的・対話的で深い学び」が実現する効果も見られた。

本稿で報告したモデル授業案が、多くの高校で普及し、それぞれの学校で工夫や改善がなされることを期待する。

謝辞

本研究は、第56回下中科学研究助成金(公益財団法人下中記念財団)の支援を受けた。ここに記し、心より感謝申し上げる。

【参考文献等】

- ・文部科学省「教育課程企画特別部会における論点整理について(報告)2015
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/sonota/1361117.htm
(平成30年8月1日閲覧)
- ・佐藤昇「高等学校での地学教育の現状」2009
<http://www.diges.net/edu/2009genjyou.pdf>
(平成30年8月7日閲覧)
- ・鳥潟幸男「絶滅危惧種の『地学』」2009
<http://www.ne.jp/asahi/weather/yt/CCP033.html>
(平成30年8月7日閲覧)
- ・中井均「高等学校地学教員採用の状況」2012
https://www.jstage.jst.go.jp/article/geosocabst/2012/0/2012_105/_pdf
(平成30年8月7日閲覧)
- ・文部科学省「第100回初等中等教育分科会配付資料<新しい学習指導要領等が目指す姿> 2017
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryu/attach/1364316.htm
(平成30年8月1日閲覧)
- ・津田ひろみ「協働学習の成功と失敗を分けるもの」(『リメディアル教育研究』第10巻第2号) 2015
http://www.jstage.jst.go.jp/article/jade/10/2/10_143/_pdf
(平成30年8月7日閲覧)
- ・磯崎行雄ほか「地学基礎 改訂版」(平成28年検定済教科書高等学校理科用) 2017 啓林館 135p.
- ・浅野俊雄ほか「地学」(平成25年検定済教科書高等学校理科用) 2016 数研出版 156p.



永井 秀行先生
(ながい ひでゆき)

<略歴>

- 1962年 兵庫県生まれ
- 1986年 大阪教育大学教育学部 特別教科
(理科)教員養成課程 地学専攻 卒業
- 1990年 沖縄県立豊見城高等学校
- 1993年 沖縄県立久米島高等学校
- 1997年 沖縄県立豊見城高等学校
- 2000年 沖縄県立普天間高等学校
- 2005年 沖縄県立美里高等学校
- 2010年 沖縄県立球陽高等学校
(2013年4月～SSH研究主任)
- 2016年 沖縄県立コザ高等学校
(現在に至る)

<所属学会等>

- 2012年 日本地学教育学会入会
- 2013年 公益社団法人 日本気象学会入会
(現在に至る)
- 2014年 公益社団法人 日本気象学会
沖縄支部 理事(現在に至る)
- 2015年 一般社団法人 日本気象予報士会
沖縄支部長(現在に至る)
- 2015年 公益社団法人 日本気象学会 第38
期評議員

<受賞歴>

- 1990年 PC ソフト「走時曲線 simulation」
第1回 findout 大賞 優秀賞(福武
書店 [現ベネッセホールディング
ス])
- 1991年 PC ソフト「モロロビッチ君」第
2回 findout 大賞 努力賞 (福武書
店[現ベネッセホールディングス])
- 1992年 PC ソフト「惑星の運動」第3回
findout 大賞 金賞 (福武書店 [現
ベネッセホールディングス])
- 1993年 PC ソフト「震源はどこだ!？」第
4回 findout 大賞 大賞 (福武書店
[現ベネッセホールディングス])
- 1995年 PC ソフト「こちら気象台・地震班」
第6回 findout 大賞 金賞 (ベネッ
セコーポレーション [現ベネッセ
ホールディングス])
- 2005年 『気象教育の危機的状況をどう乗
り切るかー誰もが実践可能な「リ
アルタイム気象情報表示システム」
の有効性と構築の提案』気象に関
する懸賞論文 優秀賞 (財団法人
日本気象協会)
- 2006年 第28回 沖縄青少年科学作品展 指
導者奨励賞 (株式会社 沖縄電力)
- 2007年 「炭酸飲料を用いた火山噴火モデル
の実験」第38回 東レ理科教育賞
佳作(東レ科学振興会)
- 2013年 「気象情報の活用場面を通じた気
象への興味・関心を高める工夫」
第20回 教育実践研究論文 最優秀
賞(公益社団法人 日本教育公務員
弘済会 沖縄支部)
- 2014年 全国高校生理科・科学論文大賞 指
導教諭賞(神奈川大学)
- 2014年 「気象情報の活用場面を通じた気
象への興味・関心を高める工夫」
第19回 日教弘教育賞個人部門 奨

- 2014年 励賞(日本教育公務員弘済会)
 日本地学教育学会 渡部景隆奨励賞
 (日本地学教育学会)
 2014年 日本気象学会 2014年度 奨励賞(公
 益社団法人日本気象学会)
 2015年 全国高校生理科・科学論文大賞 指
 導教諭賞(神奈川大学)
 2015年 平成27年度 沖縄気象台長表彰(団体)
 2015年 「最新気象情報の利活用をスター
 トとする実学的気象防災教育の普
 及と発展」第5回 気象文化大賞大
 賞(一般財団法人 WNI気象文化創
 造センター)
 2016年 全国高校生理科・科学論文大賞 指
 導教諭賞(神奈川大学)
 2017年 「台風の接近・通過による風向変
 化再現装置」全国教職員発明考案
 コンテスト 奨励賞(株式会社 内
 田洋行)
 2017年 平成29年度 沖縄気象台長表彰(個人)
 2018年 平成30年度 気象庁長官表彰(個人)

<研究歴>

- 1996年 「パソコンを活用した地学の授業
 改善」科学研究費補助金 奨励研究(B)
 2011年 「気象情報を活用した「課題研究」
 モデルケースの作成～部活動を通
 して～」武田科学振興財団 2011年
 度 高等学校理科教育振興奨励
 2011年 「水路型津波実験装置の開発～リ
 ーフが津波に与える影響を調べる」
 琉球新報社「サイエンスクラブ」(科
 学系部活動研究助成)
 2012年 「学校気象観測データ校内表示シ
 ステムの構築を通じた気象や科学
 への興味関心を高める取り組み」
 日本教育公務員弘済会沖縄支部 学
 校研究助成
 2015年 「日常生活における最新気象情報

の利活用を通じた気象防災教育」
 科学研究費補助金(奨励研究)

- 2015年 「最新気象情報の利活用を通じた
 実践的な防災気象教育の研究」武
 田科学振興財団 2015年度 高等学
 校理科教育振興奨励

<著書>

- 1992年 「モホ面発見！君たちは地震学者
 だ」(『NEW 教育とマイコン10月
 号』・学習研究社) pp.127-129
 1995年 「沖縄の地震観測網の弱点と津波
 予報の難しさを知ってほしい」
 『NEW 教育とコンピュータ11月
 号』・学習研究社、pp.76-81
 2004年 「地学 I 研究ノート」(博洋社)(共
 著)
 2006年 「図説 学力向上につながる理科の
 題材ー『知を活用する力』に着目
 して学習意欲を喚起するー 地学
 編」(東京法令出版)(共著) pp.130
 -145 pp.170-173
 2012年 「地学基礎研究ノート」(博洋社)(共著)
 2017年 「火山噴火をシミュレーションし
 てみよう」実験提供(『新編地学基
 礎』・数研出版) 50p
 2017年 「火山噴火のモデル実験」実験写
 真提供(『新科学と人間生活』・数
 研出版) 135p

<勤務校>

沖縄県立コザ高等学校
 〒904-0011 沖縄県沖縄市照屋5-5-1
 電話 098-937-3563