

高校理科における主体的・対話的で深い学びを実現する授業デザインの考案 －「学び方についての学び」に着目して－

池川 潤也¹⁾, 小田 通²⁾

1) 高知大学大学院総合人間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人間自然科学研究科教職実践高度化専攻

Devising a lesson design that realizes active, interactive, and deep learning in
high school science :

Focusing on “learning about how to learn”

IKEGAWA Junya¹⁾, KODA Michi²⁾

1) Program for Advanced Professional Development in Teacher Education,
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University, Graduate student

2) Program for Advanced Professional Development in Teacher Education,
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

要 約

本研究では、高等学校理科の授業において主体的・対話的で深い学びの実現を目指した授業デザインを考案し、「内容についての学び」と「学び方についての学び」の2つの側面から効果検証を行った。自然現象の気付きから課題を設定し、対話を通して学び合う場面を設けることで、学びが深まることをねらった。生徒の経験則から形成される素朴概念から、より抽象度の高い原理原則である科学概念へ概念変化が引き起こされたときを深い学びが生じた状態であると定義し、効果検証を行った。本研究から、「課題の設定」と自分の考えを「表現（外化）する」場面の設定に着目することは、高校理科の授業において有用であることを示唆する結果が得られた。

キーワード：深い学び、内容についての学び、学び方についての学び、概念変化

1. はじめに

高等学校における授業では、従来の知識伝達型の授業から脱却し、育成すべき資質・能力を主体的・対話的で深い学びを通して育成することが求められている（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）（中央教育審議会、2018））。しかし、「高等学校におけるアクティブラーニングの視点に立った参加型授業に関する実態調査2017報告書（中原他2018）」において、高等学校の生徒参加型授業の取り組み状況（複数選択）は、「教科全体として参加型学習の推進に関する具体的な計画を策定している」が22.3%であり、主体的・対話的で深い学びが教科・学校全体をあげた取り組みになっていないことが示唆されている。その要因としては、生徒参加型授業の実践

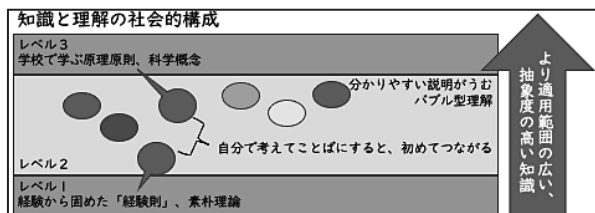
において、理科教科主任の否定的回答が「授業の進度が遅くなる」の項目で64.9%、「授業準備のための時間が足りない」の項目で80.0%となっていることがあげられる。反面、教員を対象としたアンケートでは、生徒参加型授業の効果として「生徒の自分の考えを言語で表現する力が高まった」の項目で肯定的回答が55.6%、「生徒に主張・傾聴・討論などのコミュニケーション力が身についた」の項目で肯定的回答が57.4%と、有用性を感じている教員が過半数を占めている。

以上のことから、生徒参加型授業により主体的・対話的で深い学びを実現する授業改善は、高等学校理科において非常に重要なものと捉えられる。

また、著書「対話力」のなかで白水（2020）は、深い学

びについて図1のように知識と理解の社会的構成を3段階にして論じている。

【図1】知識と理論の社会的構成(白水2020)をもとに筆者作成



子どもが周囲のものに触れ、体験し経験をまとめて予測のための経験則を作る。この段階が図のレベル1である。そして、経験則とはかなり違う「新しい考え方」に触れることになる。例えば、物質に一定の質量があるとき、一定の力を加えると物質は等速運動をする。子どもの経験ではこのようなことは起こらないが、これが子どもが「学ばなければならない」レベル3の科学概念であり、このレベル3に引き上げるには、より適用範囲の広い抽象度の高い知識が必要になる。この二つをつなぐのが、レベル2で起きる学習過程である。このレベル2の段階で、レベル3に位置する教師が行う分かりやすい説明は、子どもに図1のようなバブル型の理解を生む。子どもたちが自分の言葉にすることで初めて理解が繋がり、対話によってレベル3に引き上げられる。その学習過程の中で協調学習が有効であると白水は述べている。

よって本研究では、この素朴概念から科学概念へ概念変化が引き起こされることを学びが深まった状態であると定義づけ、授業実践において、学びの変容を見取っていく。

2. 目的

本研究の目的は、高等学校理科における主体的・対話的で深い学びが実現される授業デザインを考案し、授業実践を経て生徒の学びの深まりが見取られるデザインであるかを検証することである。本授業デザインを参考に、高等学校において主体的・対話的で深い学びを実現する授業が広く実践されることを期待する。

本授業デザインは、資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ(高等学校学習指導要領平成30年告示理科編理数編)に基づき「課題の把握(気づき、課題の設定)」、「課題の探究(課題の追究、協調学習)」、「課題の解決(共有、表現)」の流れで構成している。よって、研究仮説として、「科学的に探究する過程において「課題の設定」や生徒が自分の考えを「表現(外化)する」場面を設定した授業デザインを開発することで、主体的・対話的で深い学びを実現する。」と設定した。

3. 研究方法

学びは主に「内容についての学び」と「学び方についての学び」に大別される。「内容についての学び」は、授業者がこの授業・単元ではこれを学んでほしいという中核的な中身について、子ども一人ひとりが理解できることである。また、「学び方についての学び」は、他者とかわりながら、問題を解き、理解を深めて知識をつくり、次の問いを産むことができるようになることである(白水2020)。

以上のことから、学びの変容は「内容についての学び」と「学び方についての学び」の2つの側面で見取っていく。

(1) 内容についての学び

「内容についての学び」の変容を見取る方法として、ルーブリック基準表をもとに生徒の記述を分析する授業前後理解比較法(CoREF2016)を用いる。授業前後理解比較法は、一連の授業前後に同じ課題を提示し、解を比較検討する手法である。授業の知識に関する課題への答えを、まず授業開始時に一人ひとり表現させ、授業後にもう一度同じ課題への答えを求めることにより、生徒の記述の変容を評価する。その評価にはルーブリック評価を用い、授業者が求める内容を理解している段階をB基準とし、生徒自身の考えを論理的に表現している段階をA基準、B基準に満たない段階をC基準とした3段階で設定した。また、このルーブリック基準表は生徒に提示し、自己評価できるようにした。池川他(2023)において、本授業デザインに基づく授業実践では、「内容についての学び」の変容について一定の成果が見られている。

(2) 学び方についての学び

「学び方についての学び」の変容を見取る方法として、生徒の発話を分析する多面的対話分析法(CoREF2016)と国際バカロレア(以下、IBと言う)のATL(Approaches to learning)を基に作成したアンケートを用いる。

多面的対話分析法は、学び合いにおける生徒の問いに対して生起する発話を予測し、協働スキル、批判的思考力、問題解決能力などの指標を用いて評価するものである(CoREF2016)。

また、IBのATLは、次の表1に示すように5つのスキルのカテゴリーに分類され、発達に応じた10のスキルクラスターとして示されている。

ATLは「学び方を学ぶ」スキルとして、IBにおいて生徒と教師の共通言語であり、汎用的なスキルと学習分野ごとのスキルを含む。これらの獲得は、すべての教科や学習活動に応用されるものであり、心身ともに生徒の成長を促すことにつながる(東京学芸大学附属中等教育学校2017)。

本研究では、前述の ATL スキルのうち「協働スキル」と「クリティカルシンキングスキル」に着目して生徒の発話を IC レコーダーで記録し、発話プロトコルを作成して発揮されたスキルをカウントしていった。

【表1】 ATL スキル

ATL スキルのカテゴリー	ATL スキルクラスター
コミュニケーション	コミュニケーションスキル
社会性	協働スキル
自己管理	整理整頓するスキル
	情動スキル
	振り返りスキル
リサーチ	情報リテラシースキル
	メディアリテラシースキル
思考	クリティカルシンキングスキル (批判的思考スキル)
	創造的思考スキル
	転移スキル

また、ATL アンケートについては、「IB ガイド MYP ; 原則から実践へ 付録1: ATL スキル枠組み」を参照し、以下の項目及び選択肢で調査を行った。

○項目

「協働スキル」

- ・他者の成功のために手助けをする
- ・他者の見解や考えに積極的に耳を傾ける
- ・リーダーシップを発揮し、集団の中でさまざまな役割を引き受ける

「クリティカルシンキングスキル (批判的思考スキル)」

- ・議論を形成するために関連する情報を集め、整理する
- ・合理的な結論や一般論を導き出す
- ・事実に基づき、時事的で、概念的な、議論の余地のある問題を提起する

○選択肢

- ・熟達者「自己制御」: 必要な時を自ら判断してスキルを有効に使う、周りにスキルを上手に教えられる
- ・実践者「実演」: 周りから求められればスキルを効果的に発揮する、周りのサポートは必要でない
- ・学習者「模倣」: 周りをまねしてスキルを使ってみる、周りのサポートを少し必要とする
- ・初心者「観察」: スキルがどのようなものか知っている、周りのサポートを多く必要とする

4. 授業実践

A 高等学校全日制普通科(以下、A 校と言う)の、1 年生

8 1 名、2 年生 3 1 名、3 年生 2 7 名を対象として授業実践を行った。1 年生は「物理基礎 いろいろな力: 浮力、力学的エネルギー」, 「生物基礎 ホルモンによる調節」, 2 年生は「物理基礎 力の分解と合成」, 3 年生は「地学基礎 探究 緊急地震速報の仕組み」の単元で授業実践を行い、得られた生徒の記述を、授業前後理解比較法(CoREF2016)によって分析した。また、協調学習場面における生徒の対話を IC レコーダーで録音し、発話プロトコルを作成して発揮された ATL スキルを多面的対話分析法(CoREF2016)によって分析した。

ATL アンケートについては、授業実践前一週間以内、実践後一週間以内のプレ・ポストで調査し、比較している。授業の前後に QR コードを載せた質問紙を生徒に配布し、Google Forms によって回答を求めた。回答結果は理科成績評価に関係ないこと、また個人を特定しないことを生徒に伝えた。研究の遂行並びに、調査データの掲載については、学校長の許可を得ている。

(1) 実践1 物理基礎: 力の分解・合成

①授業の概要

生徒の学習活動
①課題の設定 力の分解についての課題を把握する。 目標: 力の分解・合成の実験を通して、課題に対する考えを、ベクトルを用いて表現する
課題: 物体を二人で協力して持つ時、物体にかかる重力より持つ力が大きくなることはあるでしょうか、無いでしょうか。理由とともに、ベクトル・図を用いて説明しましょう。
②課題 (授業前) について自身の考えを記述する。
③課題の探究のために必要な知識 (力の合成・分解、ベクトル) について学習する。
④実験を行う。 ・バネばかりに物体を吊り下げ、働く重力を計測する ・バネばかりを2本に増やし、物体に働く重力を計測する ・少しずつバネばかりを離し、バネばかりにかかる分力の変化をみる ・物体に働く重力と分力が等しくなったとき、力の作用線となす角が何度になるか調べる
⑤表現 (外化) 各班で結果を分析し、考察をホワイトボードに記入し、全体共有する。(ICレコーダーで録音)
⑥課題 (授業後) について自身の考えを記述する。
⑦ループリック評価表に基づき、自己評価をする。

⑤表現 (外化) の場面では、物体に働く重力と分力が等しくなる角度を見つけ、その仕組みをベクトルを用いてホワイトボードに記入したものを全体共有した。⑥の場面では個人で解答させ、⑦の場面で表2に基づき、自己評価さ

せた。

【表2】ルーブリック評価Bの解答例

力の作用線となす角が 60° になるとき、右図のようになって張力の分力のベクトルは、重力と同じ大きさになる。
 なす角が 60° を超えると重力より分力が大きくなるため、二人で荷物を持っても重くなる場合がある。

(力の作用線となす角に着目して、ベクトルを用いて説明している)

本実践では、図2のようにベクトルを図示して論理的に表現しているA基準の生徒は23名中13名であった。

【図2】授業実践1 生徒の解答

課題 (授業後個人) 物体を二人で協力して持つ時、物体にかかる重力より持ち力が大きくなることはあるでしょうか、無いでしょうか。理由とともに、ベクトル図を用いて説明しましょう

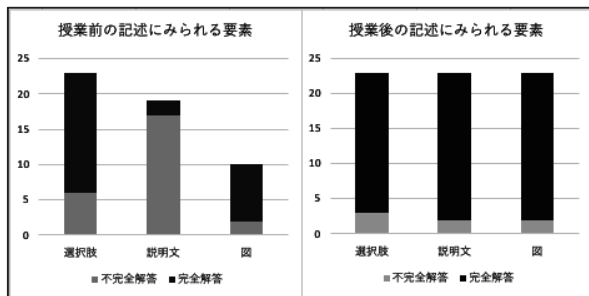
力の作用線と持ち力が 60° を超えたと、物体にかかる重力より持ち力が大きくなる。
 $OD = OB = AO = OC = AB = BC$
 \rightarrow 重力 = 張力 = 分力 と同じ、ベクトルが同じあるとき、 (60°) 物体を1人でもつときと、二人で持つときの力の大きさは変わらない。

評価A 課題に対する考えを、ベクトル図と言葉を用いて論理的に表現している。	評価B 課題に対する考えを、ベクトル図と言葉を用いて表現している。	評価C 課題に対する考えを表現している。
--	--------------------------------------	-------------------------

②授業前後理解比較法

授業前後の理解の変化をみると、図3が示すように不完全解答から多くの生徒が完全解答に移行している。このような変化は本研究における全ての授業実践で見られた。

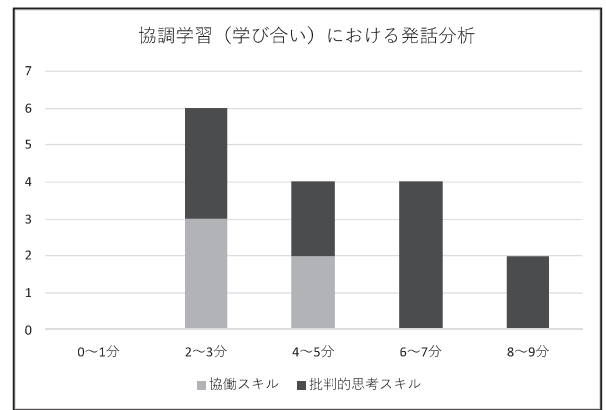
【図3】実践1の授業前後理解の変化 (単位は人, N=23)



③多面的対話分析法

多面的対話分析法による発話の変化をみると、図4で示すように、生徒は協調学習場面前半では「協働スキル」を発揮しており、後半の課題解決に向かうにつれて「クリティカルシンキングスキル」を発揮する傾向にあることが分かる。この「クリティカルシンキングスキル」を発揮する直前には、授業者から課題を解決するポイントを再確認する声が行っていた。このような変化は本研究におけるほとんどの授業実践でも見られた。

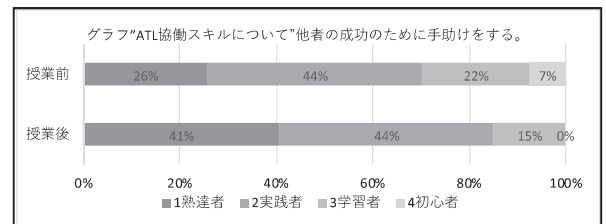
【図4】実践1 発揮されたATLスキル (単位は回, N=3)



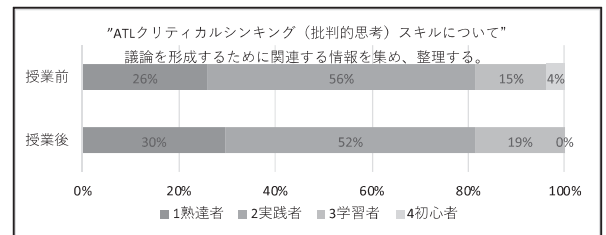
④ATL アンケート

ATL アンケートの授業前後の変化について、「協働スキル」と「クリティカルシンキングスキル」の6項目全てにおいて、熟達者と実践者を合計した割合が増加している。図5及び図6にその一部を示す。このような変化は全ての授業実践で見られた。

【図5】実践1授業前後のATL協働スキルの変化 (N=27)



【図6】実践1授業前後のATLクリティカルシンキングの変化 (N=27)



(2) 実践2 生物基礎：ホルモンによる調節

①授業の概要

生徒の学習活動
①課題の設定 ホルモンについての課題を把握する。 目標：ホルモンによる情報の伝達を、自律神経系と比較して表現する
課題：ホルモンによる情報伝達にはどのような特徴があるか自律神経による情報伝達と比較して説明しましょう
②課題（授業前）について自身の考えを記述する。
③問1～問3について、自身の考えを記述する。 問1. どのようにしてホルモンは全身に運ばれるか説明しましょう 問2. なぜホルモンは全身に運ばれるのに、特定の細胞にのみ作用することができるのか説明しましょう 問3. 「フィードバック調節」とはどのような調節か、チロキシンを例に説明しましょう
④表現（外化） 発展課題について、自身の考えを班で共有して班の考えをまとめる。（ICレコーダーで記録）
発展課題：細胞の情報伝達を行うための、自律神経による情報伝達（自律神経系）とホルモンによる情報伝達（内分泌系）について、これらのシステムの共通点と相違点を考えましょう。また、このような全身性の異なるシステムを持つ意義について考察しましょう。
⑤発展課題に対する考察を全体で共有する。
⑥課題（授業後）について自身の考えを記述する。
⑦ルーブリック評価表に基づき、自己評価をする。

生徒は前時までに自律神経による調節を学んでおり、ホルモンによる調節と比較することで、次時の血糖の調節につなげるよう留意した。④の場面で発展課題として「細胞の情報伝達を行うための、自律神経による情報伝達（自律神経系）とホルモンによる情報伝達（内分泌系）について、これらのシステムの共通点と相違点を考えましょう。また、このような全身性の異なるシステムを持つ意義について考察しましょう。」という課題を提示しグループで考察させ、全体で共有した。解答が一つではない発問を生徒に問いかけることで、生徒間での解答に差異を生じさせて対話することの意義をもたせることがねらいであった。また、⑥の場面では個人で解答させ、⑦の場面で表3に基づき、自己評価させた。

【表3】ルーブリック評価Bの解答例

自律神経系、内分泌系ともに不随意の反応であり、恒常性の維持にとっても重要な役割を果たしている。自律神経系については、器官や細胞に直接つながっているのに対し、内分泌系はホルモンを血流に乗せて全身に運び、標的細胞に影響を与えている。自律神経は局所的に早く作用するのにに対し、内分泌系は全身にじっくり作用する。（自律神経と内分泌系による調節を比較し、共通点と相違点を表現している）

授業実践2については、筆者（授業者X）と協力者（授業者Y）の複数の授業者でそれぞれ実践し、授業前後の学びの深まりを見取ることにより、授業デザインの汎用性の検証を行った。

本実践において、表4及び表5のように具体例をあげて表現しているA基準の生徒は、授業者Xの実践で34名中10名で、授業者Yの実践で36名のうち11名であった。またB基準及びC基準である生徒の割合も同様に、両者で相違は見られなかった。

【表4】実践2（授業者X） 生徒の解答

ホルモンによる情報伝達は、瞳孔や内臓などある器官のみにすばやくはたらきかける自律神経による情報伝達と違って片足だけでなく両足、片手だけでなく両手が数ヶ月ほどかけて発達するといった具合に全身に情報を送り、意識外での変化をゆっくり時間をかけながらもたらし。

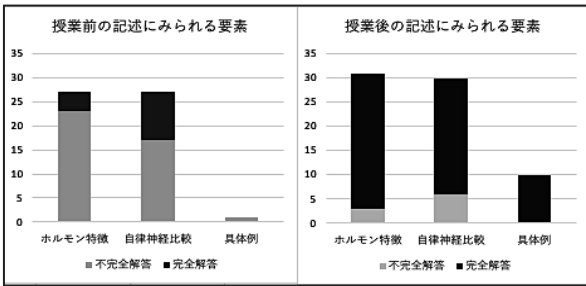
【表5】実践2（授業者Y） 生徒の解答

ホルモンによる情報伝達は、血液を介して行われている。なので自律神経の電気的な信号に比べて伝達がゆっくりだが、ホルモンは非常に少ない量で大きな作用を示すことができる。そのため、血液中のホルモン量が正確になるように分泌量を正確に調整する仕組みもある。例えばチロキシンは、寒冷という刺激を受けたときに代謝を上げて体温を調節するが、この刺激に対する応答がいき過ぎないように視床下部や脳下垂体前葉にはたらきかけ、ホルモンの分泌を抑制している。

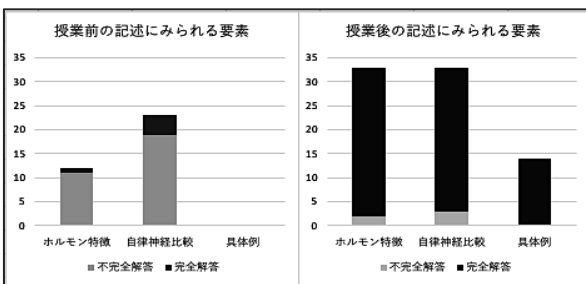
②授業前後理解比較法

授業前後理解比較については、図7及び図8で示すように、両者ともに授業前後で不完全解答から多くの生徒が完全解答に移行している。

【図7】 授業者X：実践2 授業前後の理解の変化（単位は人、N=34）



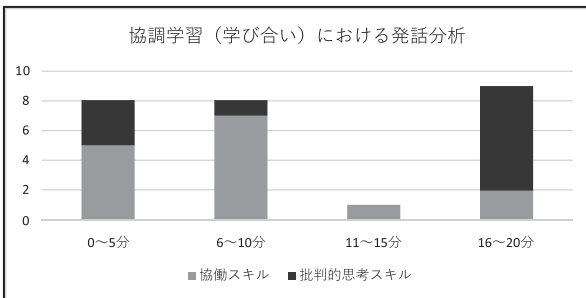
【図8】 授業者Y：実践2 授業前後の理解の変化（単位は人、N=36）



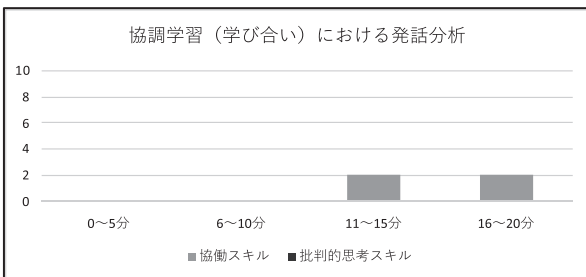
③多面的対話分析法

多面的対話分析については、図9及び図10で示すように、授業者Xでは課題を解決していくにつれてクリティカルシンキングスキル発揮の増加傾向が見られたが、授業者Yではそのような傾向は見られなかった。

【図9】 授業者X：実践2 発話で発揮されたATLスキル(単位は回、N=3)



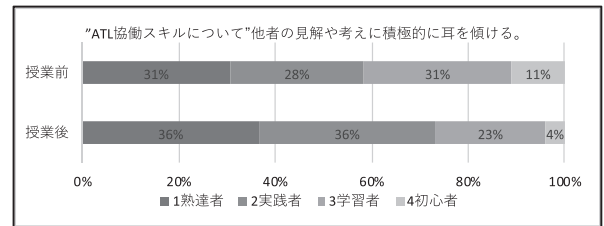
【図10】 授業者Y：実践2 発話で発揮されたATLスキル(単位は回、N=3)



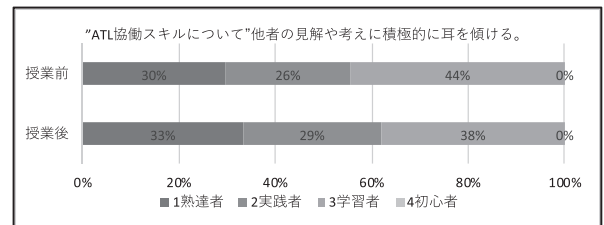
④ATL アンケート

ATL アンケートの授業前後の変化について、両者の実践において「協働スキル」と「クリティカルシンキングスキル」の6項目全てにおいて、熟達者と実践者を合計した割合が増加している。図11～図14にその一部を示す。

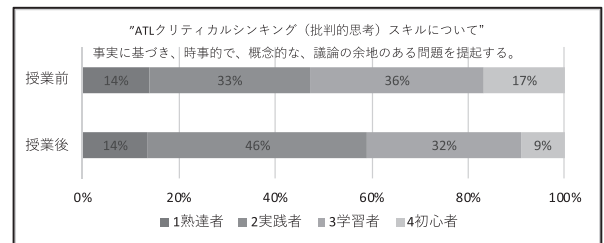
【図11】 授業者X：実践2 授業前後のATL協働スキルの変化（N=36）



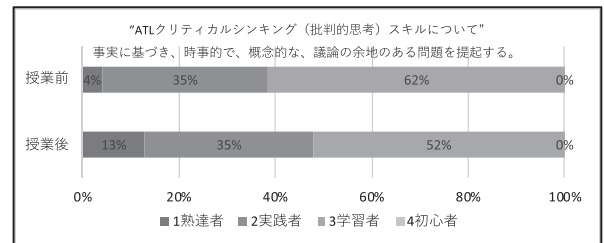
【図12】 授業者Y：実践2 授業前後のATL協働スキルの変化（N=38）



【図13】 授業者X：実践2 授業前後のATLクリティカルシンキングスキルの変化（N=36）



【図14】 授業者Y：実践2 授業前後のATLクリティカルシンキングスキルの変化（N=38）



5. 考察

(1) 内容についての学び

本研究において、授業前後理解比較法(CoREF2016)の結

果は、授業前で多数占めていた不完全解答から授業後は多くの生徒が完全解答に移行した。このような傾向は、授業者を問わず全ての授業実践で見られた(図3, 図7, 図8)。このことから、本授業デザインでは、授業者が生徒に理解してほしい「内容についての学び」において、全ての実践で概念変化が引き起こされたと考える。よって、自然現象や事象から「課題の設定」を行うことや、「表現(外化)する」場面を設けることで「内容についての学び」の深まりが実現できたと捉える。

(2) 学び方についての学び

多面的対話分析法(CoREF2016)の結果から、生徒は協調学習場面の前半で「協働スキル」を発揮しており、後半の課題解決に向かうにつれて「クリティカルシンキングスキル」を発揮する傾向にあることが分かった(図4, 図9)。このことから、生徒が協調学習の場面で他者と関わりながら問題を解き、理解を深めるために必要なATLスキルを発揮する過程で、ATLスキルの変容が見られたと考える。また、複数の教員による授業(実践2)において、授業者XではATLスキルの変容が見られたが、授業者Yでは見られなかった(図9, 図10)。しかし、ATLアンケートでは「学び方についての学び」に一定の変容は見られた。

ATLアンケートの結果から、本研究の全ての実践において「協働スキル」と「クリティカルシンキングスキル」の向上が見られた(図5, 図6, 図11~図14)。このことから、多面的対話分析と同様に、生徒が協調学習の場面で他者と関わりながら問題を解き、理解を深めるために必要なATLスキルを発揮する過程でATLスキルの向上が見られたと考える。よって、自然現象や事象から「課題の設定」を行うことや、「表現(外化)する」場面を設けることで「学び方についての学び」の深まりが実現できたと捉える。

また、本授業デザインを複数の教員で実践することにより、「内容についての学び」及び「学び方についての学び」について生徒の学びの変容が見られた(図7, 図8, 図11~図14)。このことから、「課題の設定」及び「表現(外化)する」場面に着目した本授業デザインの汎用性も一定の示唆を得たと考える。

6. 終わりに

本実践において主体的・対話的で深い学びが実現され、生徒の学びの深まりが見取られたことで一定の成果があったと考える。しかし、本授業デザインの有用性を検証するためには、サンプル数(科目, 実践協力者等)が少ないことが課題である。

高等学校理科において主体的・対話的で深い学びが日々の授業で広く実現されるためには、今後多くの授業デザインを作成し実践・検証する必要がある。また効果検証として、統計的処理をするための尺度開発も重要であると考ええる。

本研究を遂行するにあたり、授業実践や質問紙調査にご協力をいただきました調査協力校の生徒の皆様、および教職員の皆様には深く感謝申し上げます。

引用文献

- ・中原淳, 木村充, 村松灯, 田中智輝, 町支大祐, 渡邊優子, 吉村春美, 高崎美佐(2018): 立教大学経営学部寄附型研究プロジェクトー日本教育研究イノベーションセンター共同調査研究 高等学校におけるアクティブラーニングの視点に立った参加型授業に関する実態調査2017報告書. P133-140
- ・白水始(2020): 対話力「人はいかに学ぶのか?」AI時代だからこそ見失ってはいけない. 東洋館出版社.
- ・三宅なほみ(2016): 協調学習とは 対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業. 北大路書房
- ・東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 CoREF(2016): 平成27年度高等学校における『多様な学習石あの評価手法に関する調査研究』事業報告書. 第2部, 2, (2), (3).
- ・文部科学省(2019): 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編.
- ・東京学芸大学附属国際中等教育学校(2019): ルーブリックで変わる探究的な理科の授業ー創造的・批判的思考を育てるー.
- ・池川潤也, 春日裕之, 小田通(2023): 高知県の理科授業における現状と課題を踏まえた授業づくりー課題設定を工夫した授業実践ー. 高知大学学校教育研究第5号