

素朴概念を科学的概念に変容させるための授業づくり

教職実践専攻・教科領域実践コース

学籍番号 22GP307 氏名 土田 康裕

1 はじめに

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編において、教科の目標として「自然の事物・現象に関わり，理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって観察，実験を行うことなどを通して，自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成することを目指す」ことが示された。また，育成を目指す資質・能力については「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の 3 つの柱に沿って明確化された。このうち，特に「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」に関わる問題として，理科で学習した知識や思考力などが日常生活との結びつきが弱いのではないかと考えた。

この問題について，堀（1998）は，子どもは学習前に「すでに日常の生活経験を通して形成・獲得してきた自分なりの素朴概念」を持っており，それらをもとに授業や学習に臨んでいるため，「教員の予想を超えた固有の解釈や説明をしていることを示している」と述べている。また，もともと持っている知識や考え方と「新しく学習する内容との連続性を見い出しえず，納得できずに学習を終えることが多い」ことについても示している。

このことから，本研究では「科学的な成否にかかわらず，子どもが授業や学習以前に，日常の生活経験や教育などを通して培ってきた知識や考え方」を素朴概念と定義し，素朴概念を科学的概念に変容させるための授業づくりについて検討していく。

2 研究の概要

（1）素朴概念と科学的概念について

堀（1998,2021）によれば，素朴概念から科学的概念に至るまでの過程において，思考や認知過程の内化・内省・外化が行われ，習得する力，活用する力，探究する力が形成・獲得されるとしている。

（2）仮説の設定

生徒自身に素朴概念を認知させ，学習内容との矛盾に気付かせる学習を通して，思考や認知過程において内化・内省・外化の過程を踏まえた学習を行わせることができ，素朴概念を科学的概念へと変容させることが出来ると考えた。

3 実践1. 令和 4 年度の実践

沖野，松本（2011）は，運動の第 2 法則（運動方程式）をよりどころとして「力を捉え直す」という立場からの授業を展開し，教授方法として「メタ認知的支援」を行うことによって MIF 的素朴概念（“motion implies a force” misconception 〈物体は動かしている方向に力がかかっている，とする素朴概念〉）から科学的概念へと有効に転換できることを示している。令和 4 年度の実践では以下の方法で素朴概念を変容させる授業が可能かについて検討を行った。

① 実践内容

青森県内の A 高等学校物理基礎選択者 16 名を対象とし，沖野，松本（2011）の実践で使用された調査問題全 4 問について，力と質量と加速度の関係性についての学習前後で調査を行った。なお，力と質量と加速度について学習したあと，問 3 をもとに，「運動している物体は必ずしも運動方向に力がかかっているわけではないこと」，「そのように考えてし

もう原因として、運動している物体の『勢い』を力として考えてしまうこと」などを取り上げ、素朴概念の認知と科学的概念への変容を試みた。集計したデータをもとに、前後どちらかの調査問題を受けなかった9名を除いた計7名のデータを授業前後での回答がどのように変化しているかについて、「ともに誤答」「誤答から正答」「正答から誤答」「ともに正答」の4つに分類し、表にまとめた。

② 結果

表1より、全体を通して大きく変化した箇所は問3のみである。この結果に関しても、誤答から正答に変化した生徒の割合はそれほど大きくない。また、問2に関しては誤答から正答への変化はなく、正答から誤答への変化が見受けられる。

③ 考察と課題

問2の誤答が増えた要因として、問3を例に解説を行った結果、類する問題である問2と混同してしまったことが考えられる。以上のことから、今回の実践において、力と加速度と質量の関係性をもとにした力の捉え直しは効果が十分でなかったと考えら

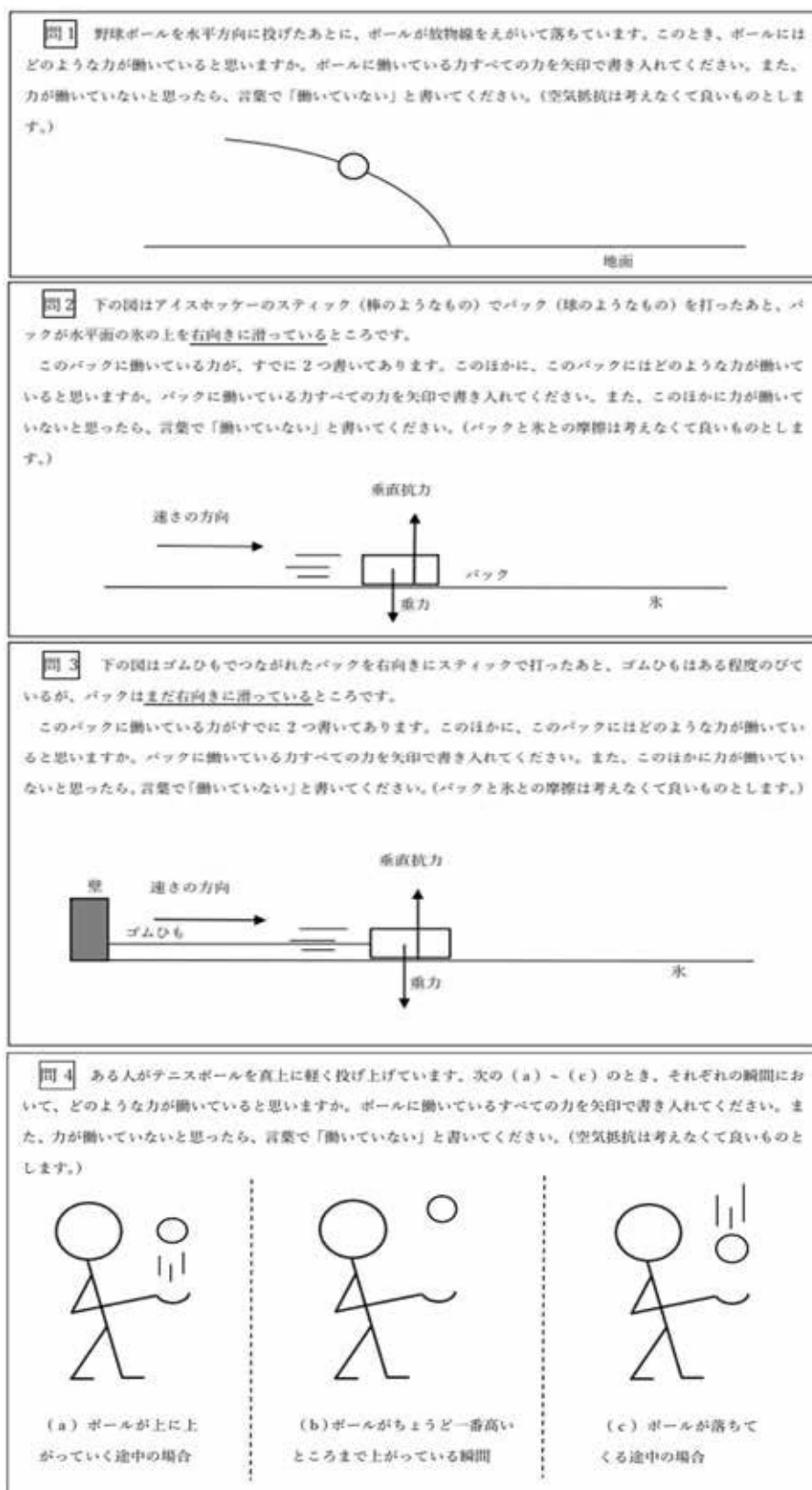


図1 調査問題(沖野, 松本(2011)「科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発一高等学校「物理1」におけるMIF的素朴概念の克服のための指導法一」をもとに、筆者が作成)

れる。原因として、1. 生徒の素朴概念の把握が十分でなかったこと、2. 生徒自身に学習内容の「内化・内省」を行う場面を十分に設けることが出来なかったこと、3. 学習内容が断片的知識として定着してしまったため、の3点が考えられる。

1 点目の「生徒の素朴概念の把握」について、事前テストで生徒の理解度の確認を行ったが、自身の回答に対する信頼度などについての調査は行わなかった。山縣（2005）は「堅固な素朴概念をもっている場合には、その素朴概念に合うように関連する現象の理解を歪めてしまう場合もある」としている。これより、今回の調査問題では生徒自身の問題への考え方は測定できたが、その堅固性などについての調査が不十分であったと言える。また、山縣（2005）は、「科学的概念を納得した場合でも、関連する現象の解釈には、自分の持っている素朴概念によって判断をしてしまう」とも述べている。

2 点目の「生徒自身に内化・内省を行う場面を十分に設けることが出来なかった」点について、事実の伝達と、なぜそのように考えてしまうのかについての発問を行ったが、生徒からの発言が十分でなかったことから、意図を理解できていなかった可能性が考えられる。今回の授業実践では十分な時間を設けることが出来なかったことなどから、今後は十分な時間を設けるとともに、ICT 機器の活用などを行い、生徒自身の考えを自由に記述できるように工夫を行っていく必要がある。

3 点目の「知識が断片的にしか定着していない可能性」について、村山（2013）は、素朴概念と科学的概念の問題について、「科学的概念の獲得によって、たとえ根本的な概念変化が起きたとしても、p-prims の総入れ替えは生じない」としている。この p-prims とは、phenomenological primitives という、「物理的世界の現象の観察を通して獲得される、単純な要素知識」である（村山,2013）。このことより、授業で取り扱った内容が科学的概念として定着していたとしても、要素知識が入れ替わらなかったことによるものであると考えられる。

今回の実践においては、有意な結果を得ることが出来なかったが、今後の課題については以下のようにまとめることができる。

- 1, 生徒が科学的概念を獲得するにあたり、その堅固性についての検証
- 2, 生徒自身に「内化・内省・外化」の過程を行わせる工夫の導入
- 3, 断片的知識を視野に入れた学習内容と日常生活との接続

表 1 授業前後での調査問題の正誤比較

	誤→誤	誤→正	正→誤	正→正
問 1	5	0	0	2
問 2	4	0	3	0
問 3	3	2	1	1
問 4	7	0	0	0

4 令和 5 年度の実践

本年度は弘前市内の B 中学校第 3 学年を対象に、以下の三つの実践を行った。それぞれ実践 2, 実践 3, 実践 4 とする。

(1) 実践 2. エネルギー領域「運動の規則性」において、運動の第 2 法則（運動方程式）をよりどころとした MIF 的素朴概念を科学的概念に変容させるための授業づくり

① 研究対象及び実施回数

B 中学校第3年2クラス75名 各クラス全4時間

② 実施内容

中学校理科「運動の規則性」において、昨年度使用した沖野，松本（2011）の調査問題をもとに，問2，問4のみを抜粋，一部修正し，新たに「運動している物体には力がはたらいているといえるだろうか？」という設問と，各設問にどの程度自信があるかを答えさせる尺度を加えた調査用紙を作成し，学習前，学習後，学習から約一ヶ月後にそれぞれ事前調査，事後調査，遅延調査として実施した。なお，事前調査，事後調査においては，堀（2021）のOPP（One Page Portfolio,一枚ポートフォリオ）を参考に授業ごとに授業内容を振り返ることができるよう，「今日の授業で一番大切だと思うことを書いてみましょう。」という記入欄を設けた調査用紙とポートフォリオを兼ね備えたワークシートとした。また，慣性の法則の学習内容の授業の中で「力がはたらいていないように感じる物体が，実際には等速直線運動をしない理由はなぜか」について考えさせる活動を行い，実際には摩擦力や空気抵抗がはたらいていることについて気付かせ，素朴概念と学習内容の矛盾に気が付けるといえる工夫を施した。なお，事後調査実施後に調査問題についての解説を行った。

③ 結果

2クラスにおいて，事前調査と事後調査において大きな変化は見られなかった。また，事後調査と遅延調査では遅延調査のほうが正答率の上昇が見られた。一方，それぞれの回答における理由の妥当性については顕著な変化は見られなかった。また，事前調査と事後調査では，事後調査のほうが自信の尺度は上昇傾向にあるものの，各設問の正答率と自信の尺度についての関係性は見られなかった。

また，振り返りの欄に関しては，はじめは文章で学習内容に関して簡潔に記述する生徒が多かったが，図やグラフを用いて記述している生徒の記入例を模範として紹介したところ，その後の記述量の増加や図やグラフを用いる生徒の増加などの効果が見られた。

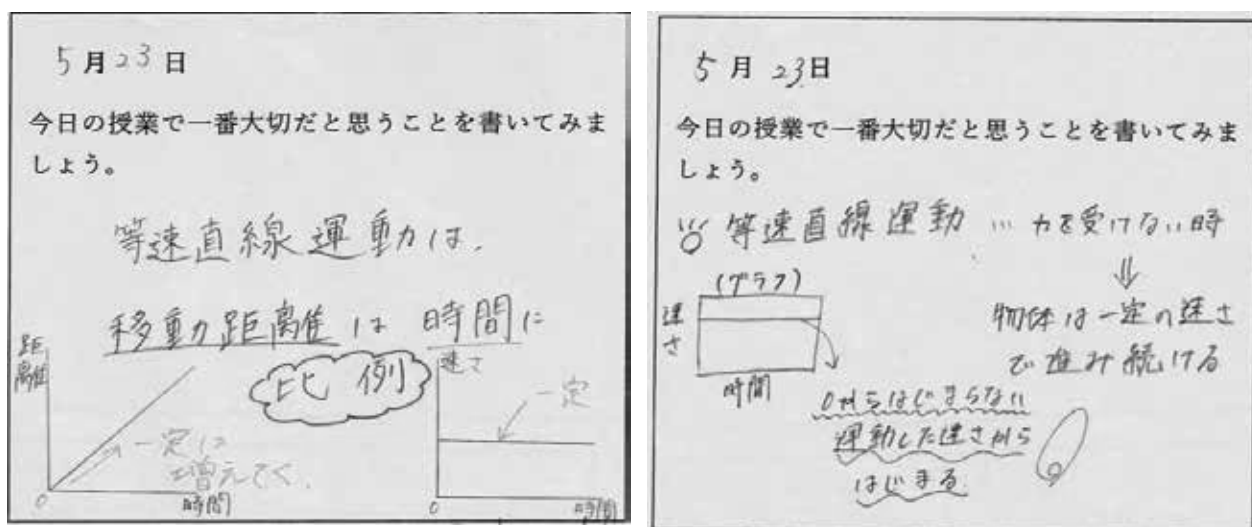


図2 実践（1）におけるOPP部分の模範記述例

④ 考察と課題

事後調査と比較して遅延調査のほうが問題の正答率の上昇が見られた一方，理由の妥当性についての顕著な変化が見られなかったことから，事後調査後の解説により知識のみが

定着したと考えられる。また、このことに加え、事前調査と事後調査で問題の正答率に大きな変化が見られなかったことから、OPP を参考にしたポートフォリオの活用における生徒の素朴概念の変容に対する効果は見られなかったと考えられる。この理由として、本来単元全体を通して活用すべきである OPP シートを筆者が担当した 4 回分の授業のみでしか活用しなかったことや、生徒が OPP シートに対して不慣れであり、記入や活用方法が不明瞭であったためであると考えられる。

(2) 実践 3. 生命領域「生物と環境」において、生物量と生物量のつり合いに関する予想と考察をもとにした素朴概念を変容させるための授業づくり

① 研究対象及び実施回数

B 中学校第 3 学年 4 クラス 150 名 各クラス全 2 時間

② 実施内容

中学校理科「生物と環境」において、生物量と生物量のつり合いについてどのようなになっているかについて予想を立てさせ、議論させる活動を取り入れた。また、学習内容を生徒自身の言葉や図などを使って表現させ、まとめさせた。

③ 結果

生物量について、食物連鎖との関係についてあまり言及しなかったクラスでは様々な予想が出ていたが、食物連鎖との関係について言及したクラスではほぼすべての生徒がピラミッド型になると予想していた。また、生物量のつり合いにおいて、「ある階層の生物が大発生するとその後の生物量はどのようになるか」という問いに対して、生物量との関係性についてあまり言及しなかったクラスでは「戻らない」と予想する生徒が多かった一方、生物量との関係性について言及したクラスでは「ある階層の生物が大発生してもその後再び生物量のつり合いは保たれるようになる」と予想した生徒が多かった。また、ワークシートの感想の欄では、予想と事実が異なっていた生徒ほど「驚いた」などの感想を多く抱いていた。

④ 考察と課題

加藤、定本(2019)の研究では、生物量のつり合いに関しては、中学校第 2 学年の「学習前グループ」よりも中学校第 3 学年の「学習後グループ」のほうが適切なモデルを選択できている割合が高いことが示されている。このため、今回の内容においては学習内容と素朴概念の矛盾が生じず、知識が適切に学習者に理解されたと考えられる。そのため、関連する学習内容との関係性を示すほど正しい予想を立てることが出来たのではないかと考えられる。

(3) 実践 4. 地球領域「太陽と星の見かけの動き」における OPP シートを活用した授業実践

① 研究対象及び実施回数

B 中学校第 3 学年 1 クラス 37 名 全 7 時間 (うち筆者の授業実践 2 時間)

② 実施内容

堀(2021)を参考に、OPP シートを作成、活用。学習前後に「本質的な問い」として、

③ 結果

1) 学習前

学習前の「本質的な問い」に対する回答として、「地球が回っているから」「地球が自転しているから」「地球が自転と公転をしているから」などの回答が多く見られた。また、「太陽が動いている」や、「地軸がだんだん傾くから」などの回答も一部見られた。

2) 学習過程

授業ごとの「大切だと思うこと」の欄には生徒が自分の言葉や図で学習内容をまとめることができていた。また、一部の生徒ではあるものの授業の中でわからなかったことや疑問に思ったことについて記入しているものも見られた。教員からのフィードバックに対しては、追記で回答をしている生徒は多くなかったが、授業回数が増えるにしたがって記述量が増加している様子や文章のみで記入していた生徒が図などを用いるようになったなどの変化が見られた。また、教員からのフィードバックに対する返答をしているものも見られた。

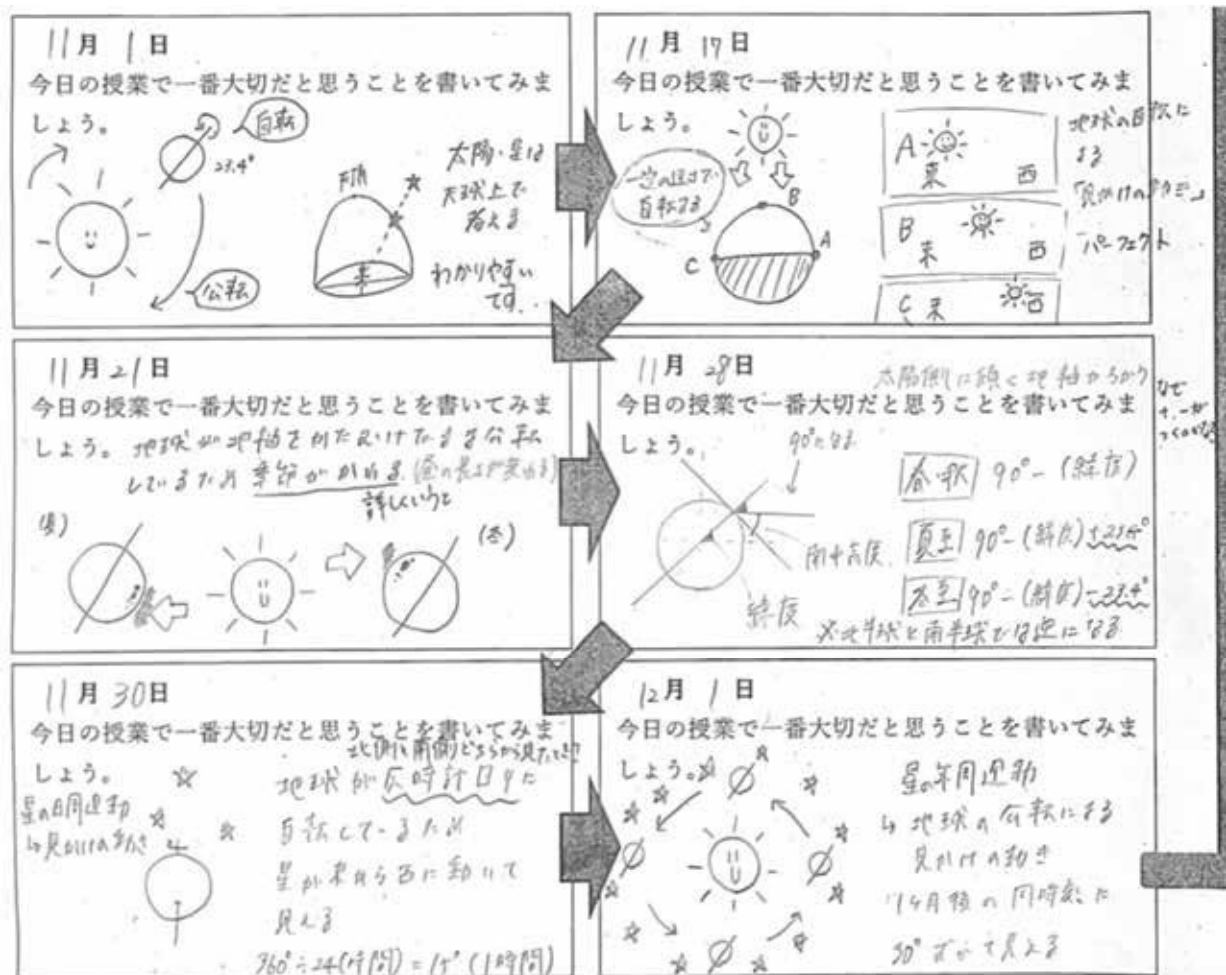


図4 生徒の学習過程

3) 学習後

学習後の「本質的な問い」に対する回答としては、地球の自転・公転と太陽や星の位置

関係を図や文章で表現できている回答が過半数であった。そのほかの回答でも、地球の公転に関する記述は見られないものの、地球の自転と太陽や星の見かけの動きについての関係性を、図を用いて示している回答が多かった。また、南中高度や地軸の傾き、星が見える角度が一日や一ヶ月でどの程度変化するかなどに関する記述も見られた。なお、学習前後の生徒の回答については対象学級 39 名のうち、回収できた 31 名を対象に表 3 にまとめた。

表 3 学習前後の生徒の回答

内容	学習前		学習後	
	人数 (人)	割合 (%)	人数 (人)	割合 (%)
「地球が回っている」	5	16.1	0	0.0
自転のみ	6	19.4	11	35.5
公転のみ	4	12.9	0	0.0
自転、公転両方	9	29.0	16	51.6
その他	4	12.9	3	9.7
無記入	3	9.7	1	3.2
合計	31	100	31	100

4) 学習後の生徒の自己評価

学習後の自己変容についての記述について、

- ・「星や星座は形や見える場所がそれぞれ変わると学習前は思っていたのでおどろきました。」
- ・「今まで星は 1 日で実際に動いていると思っていたのですが学習しそれが自転によるものだとなった。」
- ・「星や太陽が動いているのではなくて、地球が自転しているから、星や太陽が動いて見えることがわかった。あと地球が西から東に動いていると星は東から西に動いているように見えることがわかった。」

など、自身の概念の変容を自覚している記述が見られた。また、

- ・「地球の動き方を学び、なぜ一日や一年で太陽や星の動きが変わるのかを、自分の頭で天体の動きを想像して考えることができるようになった。」

など、これまで知識として定着していたものが、具体的なイメージを持って考えることができるようになったという記述も見られた。

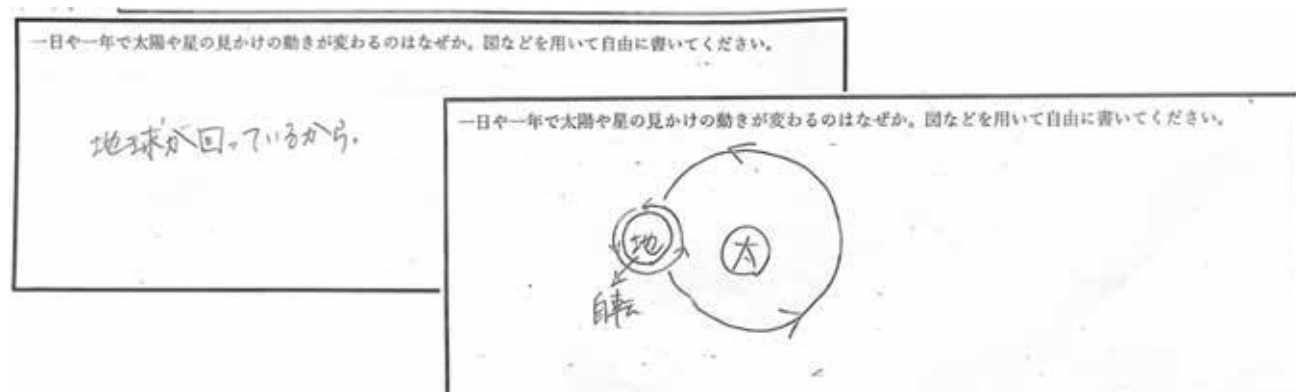


図 5, 図 6 学習前後での「本質的な問い」への回答の変容

④考察と課題

学習前の段階では、「地球が回っている」とだけ回答した生徒や、自転、公転のどちらか片方についてのみしか記述していなかった生徒について、一日での変化と一年での変化の違いについての差を理解できていなかったのではないかと考えられる。このことについて、これまでの学習や生活経験の中で、「地球が回っていることが太陽や星の見かけの運動と関わっている」とする素朴概念であったと考えられる。一方、学習後においては、少なくとも太陽や星の見かけの運動と地球の自転との関わりを見いだせていることから、「地球が自転していることにより、相対的に太陽や星が動いて見える」ことを理解したと考えられる。また、学習後の生徒の自己評価から、学習前は不正確であったり曖昧であったりした概念が、学習を通して適切な概念へと修正されていったのではないかと考えられる。

今回の実践では、複数の教員で同じ学級の授業を分担して実践を行なったが、OPPシートの活用を通して生徒の実態をとらえて把握することができたというメリットもあったと考えられる。

また、「本質的な問い」において、筆者の想定では「図を用いながら文章で論述する」ことを目的とした課題設定としていたが、学習前は文章のみでの記述が多く、学習後は図のみでの記述が多く見られた。このことから、学習前は具体的なイメージはなかったものの、学習を通して具体的なイメージが定着したと考えられる。一方、課題として、文章での記述と図のみでの記述についてどちらが正確に示しているかを測定することは難しく、また、図のみの場合の生徒の理解度を正確に把握することが困難である。そのため、必要に応じて追加での調査や生徒への聞き取りなどを行うことが望ましいと考えられる。

5 成果と課題

これまで複数の方法で生徒の素朴概念を科学的概念に変容させるための授業を実践してきたが、生徒が思考や認知過程において内化・内省・外化を適切に行うことができたと考えられる実践はOPPシートを用いた実践4.のみであり、また、同実践が素朴概念を科学的概念に変容させる上で最も効果的な手法であったと考えられる。このことから、素朴概念を科学的概念に変容させるための授業において必要な要素は

1. 生徒の素朴概念を教員が適切に見とること
2. 生徒が自身の素朴概念と学習内容を照らし合わせ、適切に修正できるような工夫がなされていること
3. 単一の授業ではなく、複数の授業に渡り中・長期的に概念の修正が行なわれていること

であると考えられる。これまでの実践の中で、思考や認知過程において内化・内省が行なわれなかった実践と比較し、思考や認知過程において内化・内省が行なわれた実践4.では生徒が科学的概念を獲得できており、また、自身の変容について自覚できている生徒もいたことから、2.においては思考や認知過程の内化・内省が最も重要な要素であると考えられる。

今後の課題として、今回の実践ではエネルギー領域、生命領域、地球領域の三領域で実践を行なったが、それぞれの学習内容により生徒の素朴概念の堅固性に差があると考えられる。そのため、MIF的素朴概念に代表されるようなより強固な素朴概念に対して、生徒が適切な概念の修正が行うことができる「本質的な問い」の設定が必要である。また、今回の実践では行わなかった粒子領域においても、実際の化学現象を目で見ることや体験することが難しいと考えられることから、より効果的な「本質的な問い」の設定が必要であ

ると考えられる。

6 謝辞

本研究を進めるにあたり協力いただいた実習校の教職員・生徒の皆様並びに教職大学院の先生方に心から御礼申し上げます。

引用・参考文献

- ・文部科学省中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編
- ・堀哲夫（1998）「問題解決能力を育てる理科授業のストラテジー—素朴概念を踏まえて—」明治図書出版
- ・堀哲夫（2021）「新訂 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
- ・沖野信一，松本伸示（2011）「科学の基礎概念の形成をめざした理科授業開発—高等学校「物理 1」における MIF 的素朴概念の克服のための指導法—」理科教育学研究 Vol. 52 No. 1, 1—12
- ・山縣宏美（2006）「科学的概念と素朴概念の統合に影響する知識の教授の効果の検討：中学生の電気概念の獲得プロセス」京都大学大学院教育学研究科紀要，360—372
- ・村山功（2013）「断片的知識論とその教授活動への示唆」愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻，55—64
- ・加藤伸明，定本嘉朗（2019）「生態系の物質循環に関する学習者の理解とその特徴」理科教育学研究 Vol. 60 No. 2, 309—316
- ・藤田彩伽，堀哲夫（2015）「OPPシートを活用した中学校理科の授業改善に関する研究」教育実践学研究 20, 255—263.