

理科授業設計マトリックスの有用性の検討

－小学校5年生「ふりこのきまり」「電磁石のふしぎ」の2実践から－

浪越 一浩

生駒東小学校

Evaluation of Usefulness of Matrix to Design Science Lessons

-Through Two Practices “Laws of the Pendulum” “Wonder of the electromagnet” for 5th Graders-

Kazuhiro Namikoshi

Ikomahigashi Elementary School

〈あらまし〉 小学校理科において、問題解決の能力を中心とした資質・能力を育成するためには、学習者が学習課題を自分事として捉え、主体的に問題解決に取り組む授業が求められる。そこで筆者は、学習者の自分事の問題解決を促進する授業について考えるためのツール「理科授業設計マトリックス」(浪越, 2018)を開発した。本研究は、筆者がそれを活用して授業実践を行い、その効果を検証する探索的研究の1事例である。5年生単元「ふりこのきまり」「電磁石のふしぎ」において実践を行い、質問紙調査の結果を定量的に分析した結果、理科授業設計マトリックスが、自分事の問題解決を目指す授業に役立つことが分かった。

〈キーワード〉 理科授業設計マトリックス 授業設計 自分事 問題解決 小学校理科

1. はじめに

新学習指導要領は、資質・能力の育成を目指して、主体的・対話的で深い学びの視点で授業改善を行うことを強く求めている。海野(2001)は、主体性は、まず行動を起こすための内発的なものである自発性が最初にあり、そこから行動を起こす中でのいろいろな課題解決に必要な自己決定を行い、それらを自己の中にとどめておくのではなく、外界に向けて表現するという対社会的な活動をするということであると述べている。村山(2013)は、学習者が問題解決のプロセスにおいて、論理的思考・批判的思考・実践的思考を働かせる時に「自分事の問題解決」が実現するとし、その一番の決め手になるのは、「問題を見出す場面」であると述べている。自分事とは、他人事の対義語で、「自分にとっても関わりのある事」という意味である。つまり、小学校理科では、単元の導入において教師が学習者の興味関心や疑問を引き出し、それを集約・類型化しながら学習課題を設定する事

で、学習者に課題解決に取り組みたいと思わせるよう、工夫することが重要である。これを本研究では、「学習課題を自分事として捉えさせる」と定義づける。さらに、学習者が主体的に問題解決を行うようにするためには、問題の解決まで学習意欲を持続させる工夫も求められる。そのためには、問題解決の各場面において、学習者が自分で考え、決定し、表現する機会を設けることが必要となる。また、森本(2013)は、子どものイメージを通して意味を協働的に一つ一つ吟味しながら構築していくとき、その意味が明らかにされ、同時に客観性の意味も獲得されるとし、対話の重要性について述べている。

これらをまとめると、主体的・対話的で深い学びをしている学習者の姿は、「学習課題を自分事として捉え、問題解決の過程で対話をしながら、自分で考え、決定し、表現する姿」と言える。そして、その姿を目標として、授業を行うことが学習者の科学概念の構築・問題発見能力や問題解決能力な

どの思考力の育成につながると考えられる。

後藤(2015)は、理科教育は、学習プロセスを重視することで、求める資質・能力の育成を目指してきた教科であるとし、学習プロセスを捉えるためには、1時間の授業(短期)から見出される学習の変化もあり得ようが、単元全体、1学期間、1年間といった期間(長期)の全体や個人の変容を捉える視点も求められるとしている。さらに、「問題解決評価観」を基にしたカリキュラムマネジメントに基づき、行った実践や学習評価を検証・再構成していくことが求められると述べている。指導と評価の一体化については、山下(2010)による、OPPシートを活用した授業のグランドデザインに関する研究があるが、これは、学習者がシートに記述した内容から、学習者の思考・判断・表現力の高まりを評価するものであるため、問題解決能力育成の視点からは活用しづらいと考える。また、長期の全体や個人の変容を捉えることは難しいと予想される。

そこで、浪越(2018)は、これらの先行研究に基づき、「自分事の問題解決」を、学習者が学習課題を自分事として捉え、主体的に問題解決に取り組む過程で、資質・能力を向上させたり獲得したりすることと定義づけた上で、それを促進する支援について考えるためのツール「理科授業設計マトリックス」、学年・単元・問題解決のプロセスと身につけさせたい資質・能力の関係を示した「問題解決能力育成マトリックス」を開発している。理科授業設計マトリックスは、10の問題解決の各プロセスに設定した目標の達成に向けて、必要となる学習者のレディネスや教師の支援を明らかにし、学習者の主体的な活動と教師の介入のバランスについて考えるためのツールである。表1は、理科授業設計マトリックスを用いて授業設計を行う際の手順を示したものである。実践の見通し・学習者の実態把握・指導の具体化の3つの段階を、8つの手順で構成している。

2. 研究の目的と方法

2.1. 研究の目的

理科授業設計マトリックスを活用した授業が、学習者の自分事の問題解決を促進することを明らかにし、その有用性を示すことを目的とする。

2.2. 研究の方法

奈良県生駒市内のA小学校第5学年A組の35名の児童を対象に実践を行う。エネルギー領域の2単元「ふりこのきまり」「電磁石のふしぎ」において、筆者が表1の手順に沿って理科授業設計マトリックスを活用して授業を設計し、実施・評価する。また、学級担任はT2として主に特別な支援を要する児童の支援を行う形で授業に関わる。

筆者の授業が学習者の自分事の問題解決を促進したかどうかを検証するために、実践前後に質問紙調査を行う。質問紙は、関心・意欲・態度、問題発見に関するステージ1(以下よりステージをSとする)、問題解決の見通しに関するS2、実験の計画と実施に関するS3、結論の導出に関するS4の4つのステージと対話、達成感・満足感の計7つのカテゴリー全20問からなる児童質問紙(浪越, 2018)を用いる。各質問項目は、各プロセスにおける活動時に、自分で考え、決定し、表現したかを問う内容になっている。4件法(4:そう思う~1:そう思わない)で実施し、その結果を比較することで学習者の自分事の問題解決への意識の変容を定量的に測る。測定は、エクセル統計2012を用いて対応のあるt検定を行う。その後、有意差の見られた項目について、筆者の行った支援と学習者の考察・振り返りを照らし合わせながら考察する。

3. 実践1 ふりこのきまり(全10時間)

本実践の対象者は、A組の児童34名である。実践は2016年10月初旬から中旬の約2週間行う。

3.1. 学習者の実態把握

文部科学省(2017)は、学習指導要領解説理科編において、「ふりこのきまり」は、エネルギーの領域に属しており、「エネルギーの捉え方」の概念を身に付けさせる単元であることを示している。3年生の「風やゴムのはたらき」での学習内容がこの単元につながる既習事項にあたる。「風やゴムのはたらき」では、ゴムの数やゴムを引いた時の長さ、風の強さを変えることで、ものを動かす力(エネルギー)が変わることを学ぶ。その過程で、比較や条件制御を行う力を身につけていることが期待される。また、5年生の学習者は、この学習を通して、生活経験により形成された「エネルギーの見方」に関する素朴概念を深化・拡張させていると考えられる。それは、学習者がゴムの数・ゴムを引く量・風の強さなどの独立変数を量的に捉え、その増加に伴って従属変数

表1 理科授業設計マトリックス活用の手順

| 実践の見通しを持つ | |
|---------------|---|
| 1 | ・学習指導要領の確認 |
| | ・教材研究 |
| | ・レディネステスト・質問紙の作成 |
| | ・レディネステスト・質問紙の実施 |
| 学習者の実態を把握する | |
| 2 | ・レディネス・学習者の自分事の問題解決への意識の分析 |
| | ・自分事の問題解決の前提となるものの豊かさについて判断し、マトリックス上に反映 |
| 指導の具体について検討する | |
| 3 | ・教師の支援の力点について判断し、マトリックス上に反映 |
| | ・指導案の作成 |

であるエネルギーが大きくなるという概念である。

日置・星野(2007)は、ふりこの周期を決める要因が何かを問う調査を、未習の5年生358名を対象に行い、「糸の長さによって決まる」と考えた学習者が41%、「おもりの重さによって決まる」と考えた学習者が58%であったとし、さらに、ふりこの往復する速さはおもりの重さだけに関係すると考えている学習者が多いことを示している。これらのことから、本実践においても、ふりこの周期におもりの重さが関係しているという誤概念をもつ学習者が多いことが予想される。そこで、本実践ではレディネステストは実施せず、仮説生成時に自分の考えとその根拠を記述させることで、学習者の生活経験や既習事項からなる素朴概念の傾向をつかみ、授業に生かすことにした。

次に、学習者の理科授業への関心や意欲、見通し・学び方などに関する意識を把握するために、質問紙調査を行った。筆者が質問項目を読み上げ、その内容を説明した後4件法で実施した。図1は各項目の平均点を示したもので、縦軸は平均点(満点は4点)、横軸は質問項目である。得点の低い3項目を以下に示す。

「9 理科の時間に、自分の考えたことをつたえることは楽しいですか」

「17 理科の時間に振り返りを書くことが楽しい」

「13 結果を表やグラフを用いながら自分でまとめますか」

これらは、3点以下の項目であり、否定的に回答した学習者が他項目よりも多い。これまでの理科の授業において、対話をしたり、結果や自分の考えをまとめたりする経験が十分でなかった、または、興味関心が高まらず、学習意欲を継続して持ち続けるような授業が展開されてこなかったことが予想される。そのため、本実践では、話し合い活動を充実させ、学習後に達成感や満足感を得られるような、また、結果や自分の考えを学習者自身でまとめさせる機会を設けるなどの支援を行うことが求められる。

3.2. 授業設計について

学習者にとって身近なふりことしては、ブランコやメトロノームなどが挙げられるが、学習者はこれらを「おもりの重さ」「ふれはば」「ふりこの長さ」からなる「ふりこ」と捉えてはいない。学習者の自分事の問題解決を促進するためには、ふりこの3要素に気づかせ、どの要素がふりこの周期に関わっているか調べたいという意欲をもたせられる事象提示を行う必要がある。そのため、指導事例を収集し、教材研究を行い、単元計画を作成した。次に、学習者の実態・単元計画・筆者による学習者の観察や学級担任からの聞き取りを踏まえて理科授業設計マト

リックス(表2)を作成した。以下に設計した授業について述べる。

第1次の学習課題は、「ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さ・おもりの重さ・ふれはばのどの条件と関係しているのだろうか」である。目標は、ふりこの周期に関わる3つの独立変数について理解させること・周期と独立変数の関係について仮説を立てさせることである。ここでは、S1とS2に関わるプロセスを実施し、主にS1において学習者の知識を引き出す支援を行う。まず、Aの引き出す支援として、2人の学習者にブランコをこがせて、ブランコの動きが違うのはなぜか考えさせ、ふりこの周期に関わる独立変数に気づかせる。次に、Dの引き出す支援として、人が乗った2つのブランコの動きをシンクロさせるにはどうすれば良いか考えさせ、実験させることでふりこの独立変数についてより明確な視点を与える。さらに、Fの引き出す支援として、3つの独立変数が異なる、周期が少し違う2種類のふりこを用意し、観察させる。このように体験と観察の2段階で事象提示を行うことで、ふりこの3つの独立変数に注目させ、学習者の既有知識や素朴概念と目にした事象との間にズレを生じさせる。

第2次の学習活動は「ふりこの1往復する時間は、ふれはばに関係するのだろうか」で、目標は、ふりこのふれはばはふりこの周期に関係がないことを理解させることと、実験方法やデータ処理の方法を身につけさせることである。そのため、主にS3とS4に関わるプロセスにおいて教える指導を行う。まず、J・Qの実験方法や結果のまとめ方について教える支援を、教師と学習者の対話によって進めていく。具体的には、科学的に実験を進めるために必要な条件制御や、独立変数であるふれはばを変化させる量・正確にデータをとる方法について考えさせるようにする。また、Oの引き出す支援としては、実態把握の際に、学習者に丁寧に実験する態度や技能が身につけていると判断しているが、本単元の実験や結果の整理は学習者にとって馴染みのない方法であるため、活動の様子を観察し、フィードバックを

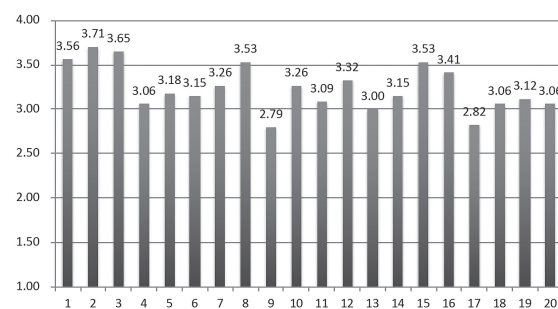


図1 実践1前の学習者の自分事の問題解決への意識

適切に行うことが求められる。

第3次の学習活動は、「ふりこの一往復する時間は、おもりの重さに関係するのだろうか」で、目標は、おもりの重さはふりこの周期に関係がないことを理解させることである。S3とS4に関わるプロ

セスを指導するが、ここでは、前次での学びにおいて学習者の技能が高まっていると判断し、それをJ・O・Qの内容で引き出す支援を行うようにする。Mについては、おもりに何をを用いるのか、おもりをどのようにつなぐのかについて教師が学習者と対話

表2 理科授業設計マトリックス（ふりこのきまり）

| 問題解決のプロセス | 目標(評価) | 自分事の問題解決の前提となるもの | 教師の支援の内容 | | | | | | | | | | 1次 | 2次 | 3次 | 4次 | |
|-----------|--|------------------|----------|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | | | 知識 | | 技能 | | | | 学びに向かう力 | | | | | | | | |
| | | | 生活経験 | 事前 | 概念 | 操作 | 記録 | 分析 | 表現 | 関心 | 意欲 | 態度 | | | | | |
| 10のプロセス | 身に付けさせたい資質・能力 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1関心を促して対象と関わる事ができる。 2対象との関わりを通して、気づきや疑問、やってみたいことを表現することができる。 3気づきや疑問を交流する中で課題を設定し、学習の取組しをもつことができる。 4生活経験や学習事項、ステージでの対象との出会いを基にして自分なりの仮説を表現することができる。 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 5仮説を証明するための実験方法を質的・量的・時間的変化に着目して考えられること。 6複数の実験方法を考え、その中からより良い方法を導くことができる。 7立てた計画について説明することができる。(使用するもの、条件制、回数、結果の予想) 8正しい方法で観察・実験をすることができる。 9複数の実験方法を試したり、何度も実験したりして結果の妥当性を追求することができる。 10グラフ・表・図などを用いてわかりやすく結果をまとめることができる。 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 11自分の観察・実験結果からわかったこと、自分の考えや気づきをまとめることができる。 12原因や規則性、関係性を多面的に分析して結論を得ることができる。 13次の学習への課題をさらに深めたいことを考え、追求することができる。 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 新たな課題を見つける | | | | | | | | | | | | | | | | |

 は、各ステージにおける必要となる前提となるもの
  は、教える支援
  は、引き出す支援
  は、うながす支援

をしながら考えさせるようにする。また、結論の導出に関わるプロセスにおいては、その方法を前次に経験し、習得していると判断できるため、それを促す支援を行う。

第4次の学習活動は、「ふりこの一往復する時間は、ふりこの長さに関係するのだろうか」で、目標は、ふりこの長さのみ、ふりこの周期に関係することを理解させることである。ここでは、条件制御だけ確認した後、今までの学習で身につけた知識と技能を活用させて実験に取り組み、教師の介入を極力減らすようにする。最後にWの支援として、「1秒ふりこを作ろう」の学習課題を設定する。ここでは、学習した「ふりこの周期にはふりこの長さだけが関係していること」を用いて早く1秒ふりこを作成させるように促す。

3.3. 結果と考察

実践後に質問紙調査を行い、実践前後で平均点の比較を行った結果、15を除く全ての質問項目において平均値が上昇した。質問紙の20項目における平均値について、事前・事後間で対応のあるt検定を行った結果を表3に示す。「意欲(1・19)」「S1(4)」「対話(7・9)」「S3(6・10・11・12)」「S4(14)」「満足・達成感(17・20)」の12項目において、平均値が事前・事後間で有意に向上した。

次に、t値が大きい5項目に注目し、考察する。

「17理科の時間に振り返りを書くことが楽しい」は、学習者の知的好奇心が満たされたためではないかと考える。それは、2段階で行った事象提示が、学習者に思考のズレを生じさせ、問題意識が、単元を通して持続したからであると考えられる。つまりこれは、学習課題を自分事と捉えさせることに効果的

であったことを意味していると言える。また、最後の振り返りに、約32%の学習者がふりこの長さのみがふりこの周期に関係することへの驚きについて記述しており、50%の学習者が1秒ふりこの作成についての感想を記述しているため、結果が自分の仮説と違うことへの驚きや、ものづくり活動において一秒ふりこを完成させることができた達成感などもこの結果に関与していると考えられる。また、「19理科の勉強に関することで、興味を持ったことについて自分から調べようとしていますか」の項目に有意差が生じていることから、単元を通して学習者の興味関心を高め続けることができたと言える。

「11実験をするときは、一回ではなく何回も行っていきますか」は、ふりこの10往復する時間のデータをとる際、妥当なデータが3つ揃うまで繰り返し実験することを指導したためであると考えられる。

「9理科の時間に自分の考えたことを伝えるのは楽しいですか」は、質問紙の結果から、対話項目の得点が高い学級であることが分かっていたため、第1次でそれを生かす導入としてブランクをシンクロさせる方法について考えさせ、検証させる事象提示を適用したことが、話し合い活動を促進したためであると考えられる。

「7理科の時間に、友達の見解と自分の見解を比べながら聞いていますか」は、第1次で思考のズレを作った後に、仮説の根拠について交流する活動を設けたり、その後の課題解決においても、おもりの重さ・ふれはば・ふりこの長さを班によって変えることで各班の実験結果が異なる状況を作ったりしたことが、他班の見解に関心をもたせ、聞く意識を高めたためであると考えられる。

「4理科の授業で、疑問に思ったことから調べた

表3 実践による学習者の自分事の問題解決への意識の変容

| カテゴリー | 項目 | 実践前 | | 実践後 | | t値 | p値 |
|--------------|---|------|------|------|------|------|----|
| | | M | SD | M | SD | | |
| 意欲 | 1 理科の勉強が好きですか。 | 3.56 | 0.75 | 3.82 | 0.63 | 2.18 | * |
| | 2 理科の授業でものを作るのは好きですか。 | 3.71 | 0.80 | 3.76 | 0.74 | 1.00 | |
| | 3 理科の授業で様々な道具を使うのは好きですか。 | 3.65 | 0.77 | 3.76 | 0.70 | 1.68 | |
| S1 | 18 理科の勉強に関することで、わからないことについて自分から調べようとしていますか。 | 3.06 | 0.92 | 3.26 | 0.93 | 1.49 | |
| | 19 理科の勉強に関することで、興味を持ったことについて自分から調べようとしていますか。 | 3.12 | 1.09 | 3.41 | 0.89 | 2.54 | * |
| S2 | 4 理科の授業で、疑問に思ったことから調べたいことを考えることができますか。 | 3.06 | 0.78 | 3.47 | 0.93 | 3.66 | ** |
| 対話 | 5 課題に対して、自分で予想や仮説を立てるのは楽しいですか。 | 3.18 | 0.90 | 3.38 | 0.85 | 1.75 | |
| | 7 理科の時間に、友達の見解と自分の見解を比べて聞いていますか。 | 3.26 | 0.86 | 3.65 | 0.73 | 3.69 | ** |
| | 8 理科の時間に、友達の見解や自分の見解が正しいかどうか考えながら聞いていますか。 | 3.53 | 0.66 | 3.56 | 0.66 | 0.27 | |
| S3 | 9 理科の時間に、自分の考えたことを伝えるのは楽しいですか。 | 2.79 | 1.04 | 3.29 | 0.94 | 4.12 | ** |
| | 6 予想や仮説が正しいかどうかを調べるため、観察や実験の方法を自分で考えるのは楽しいですか。 | 3.15 | 0.93 | 3.50 | 0.83 | 2.80 | ** |
| | 10 観察や実験中に、すすめ方や考え方が間違っていないかを振り返って考えるようにしていますか。 | 3.26 | 0.86 | 3.59 | 0.89 | 2.24 | * |
| | 11 実験をする時は、一回ではなく何回も行っていきますか。 | 3.09 | 0.97 | 3.82 | 0.52 | 4.19 | ** |
| | 12 実験をする時は、同じ方法だけでなく、違う方法を試していますか。 | 3.32 | 0.88 | 3.65 | 0.60 | 2.15 | * |
| S4 | 13 結果を表やグラフを用いながら自分でまとめていますか。 | 3.00 | 0.85 | 3.26 | 0.93 | 1.95 | |
| | 14 観察や実験の結果を基にしてわかったことを自分でまとめていますか。 | 3.15 | 0.93 | 3.71 | 0.68 | 3.51 | ** |
| | 15 予想と結果が違った時は、なぜか考えていますか。 | 3.53 | 0.83 | 3.53 | 0.86 | 0.00 | |
| | 16 観察や実験の結果から、さらに疑問が出てくることがありますか。 | 3.41 | 0.89 | 3.62 | 0.82 | 1.65 | |
| 満足・達成 有用感 | 17 理科の時間に、振り返りを書くことが楽しい。 | 2.82 | 0.83 | 3.47 | 0.75 | 4.65 | ** |
| | 20 理科学習が終わった後に、自分は深く考えられたと実感できていますか。 | 3.06 | 0.98 | 3.53 | 0.79 | 3.48 | ** |

P 値 *：P<0.05 **：P<0.01

いことを考えることができますか」は前述した通り、第1次において、学習者の疑問を学習課題に設定したためであると考えられる。

本実践では、理科授業設計マトリックスを用いて授業設計し、主にS1とS3に支援の力点をおいて授業を行った。その結果、S1やS3だけでなく、多くのカテゴリーで学習者の自分事の問題解決への意識の変容が見られ、期待以上の効果が得られた。具体的には、S1において2段階の事象提示を行ったこと、S3において教師と学習者との対話によって実験方法を決めたり、学級全体で協力しながら正しいデータをたくさん収集する活動を設定したりしたことが、学習者同士の対話を促進し、学習への意欲や満足感・達成感を高めたということである。つまり、本実践において、問題解決の入口である導入と学習形態において工夫をしたことが、学習者の自分事の問題解決への意識を向上させたということである。

4. 実践2 電磁石のふしぎ (全11時間)

本実践の対象者は、A組の児童35名である。実践は2017年2月中旬から3月初旬の約3週間行う。

4.1. 学習者の実態把握

文部科学省(2017)は、学習指導要領解説理科編において、「電磁石のふしぎ」はエネルギーの領域に属しており、「エネルギーの変換と保存」の概念を身に付けさせる単元であることを示している。

3年生の「磁石の性質」「電流の通り道」、4年生の「電流の働き」での学習内容がこの単元につながる既習事項にあたる。ここで学んだ、磁石の極の性質、電流を大きくする直列つなぎの理解が、本単元での学習の前提となる。また、これらの学習の過程で、比較や関係づけなどのものの見方・考え方が身に付いていることも期待される。さらに、筆者の指導経験から、5年生の学習者は、生活経験により形成された素朴概念にこれらの学習で得た概念を加え、エネルギーを電気や光・力などと捉えていると考えられる。

日置・星野(2007)は、鉄くぎに導線を巻いた電磁石のどこにクリップがつくかを問う調査を、未習の5年生358名を対象に行い、「くぎの両端に付く」と答えた学習者が78%、「くぎの先にしか付かない」と考えた学習者が11%であったとし、既習事項の定着が十分でない可能性があることを指摘している。また、乾電池2個と豆電球を用いた4つの回路図から直列つなぎと並列つなぎを選択させる調査を、既習の4年生538名を対象に行い、直列つなぎの正答率が53%、並列つなぎの正答率が38%であったことから、学習者にとって直列つなぎと並列つなぎ

を区別することはとても難しいことだとも述べている。さらに、誤答分析の結果から、直列つなぎと並列つなぎを、乾電池のつなぎ方ではなく、乾電池の並び方で区別している学習者が多いことや、乾電池の+極と-極の向きを意識していない学習者もいることを示している。しかし、これらは、磁石や電気の既習事項の一部分の定着を測ったに過ぎず、学習者の正確なレディネスを把握するには、より詳しい調査が必要となる。そこで、本実践では、レディネステストを磁石・電気・電磁石のレディネスを測るように作成し、実施した。なお、レディネステストの被験者は34名であった。表4は、レディネステストの結果をまとめたものである。

永久磁石の性質について知っていることを自由に記述させた結果、5つの性質に分類された。性質と記述した学習者の割合は「異極で引き合う」は約85%、「同極で退け合う」は約65%、「鉄を引きつける」は約53%、「自由に動けるようにすると南北を向く」は24%、「鉄を磁化する」については約9%であった。このことから、学習者の磁石の「極の性質」についての全ての既習事項は、いつでも引き出せる状態ではないということが分かった。

電流計のつなぎ方の技能を習得しているかを確認する問題では、正答者は9%であった。電流が多く流れるつなぎ方とその名称を答える問題では、つなぎ方の正答者は約68%で、正しい名称を答えられ

表4 磁石・電気・電磁石のレディネス

| レディネス | 主な記述 | 人数 |
|-------|-------------|------|
| 磁石 | 異極で引き合う | 29 |
| | 同極で退け合う | 22 |
| | 鉄をひきつける | 18 |
| | 南北を向く | 8 |
| | 鉄を磁化する | 3 |
| 電気 | 電流計を含む回路の作成 | 3 |
| | モーターが速く回る回路 | 23 |
| | 電流の流れる向き | 32 |
| | 電流を通すもの | 22 |
| 電磁石 | 電磁石について | 6(5) |

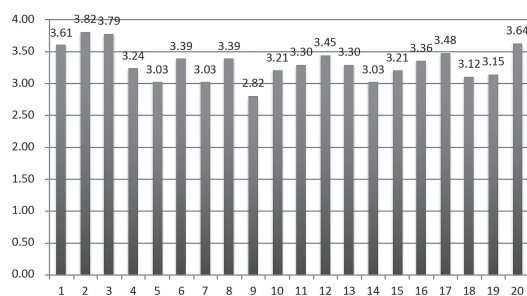


図2 実践2前の学習者の自分事の問題解決への意識

たのは約47%であった。これらの結果から、直列つなぎとそのつなぎ方、電流計の使い方については、実践の中で、丁寧に復習をする必要があることが分かった。乾電池と電流の向きに関する問題では、約94%が正答しており十分に理解していると言える。電流を通すものに関する問題では、正答した学習者は約65%であったが、金属と答えられた学習者は、全体の約17%で、非常に低かった。

電磁石についての先行知識の有無を調査する問題では、6名が知っていると答え、そのうちの5名が電磁石の性質を正しく記述することができていた。ほとんどの学習者は電磁石について知らないという状況であることが分かった。

次に、学習者の理科授業への関心や意欲、見通し・学び方などを把握するために、質問紙で事前調査を行った。筆者が質問項目を読み上げ、その意味を説明した後、4件法で実施した。なお、本実践では、教師の支援が学習者の自分事の問題解決への意識の変容に寄与したかどうかをより詳細に分析するため、大学教員2名、現職の教職大学院生2名と協議し、質問項目の修正を行った。図2は、各項目の平均点を示したもので、縦軸は平均点（満点は4点）、横軸は質問項目である。まずは、得点の低い5項目を以下に示す。

「9 理科の時間に、自分の考えたことを伝えていただけますか」

「5 たくさんの意見の中から解決すべき課題は何かを考えていますか」

「7 予想や仮説を立てる時は、そう考えた理由を書いていますか」

「14 結果を表やグラフを用いながら自分でまとめていますか」

「18 理科の時間に、振り返りを書くことが楽しいですか」

9以外の項目は、全て3点を超えているため、肯定的に回答した学習者が多く、自分事の問題解決への意識が高い学習集団であると考えられる。5はS1、7はS2、14はS3、18はS4のカテゴリーの質問項目で、各ステージに得点の低い項目があるため、これらの改善を見据えた授業設計を行う必要がある。特に、5・7は課題設定・仮説生成に関わる項目で、自分事の問題解決の基盤となるプロセスにおける問いであるため、特に力点を置いて指導する必要があると考えられる。また、9や5の得点が低いことから、自分の考えを話すことに抵抗を感じている学習者への手立てや、学習者が話し合う意義を感じられるような授業設計が求められる。14や18については、実践1前の結果よりは改善されているものの、得点が低いため、学習者自身で結果をまとめさせる工夫や、学習後に達成感や満足感をもたせ

られるような授業設計をする必要がある。

次に得点の高い5項目を示す。

「2 理科でものを作るのは好きですか」

「3 理科の授業で様々な道具を正しく使うことができますか」

「20 理科で学習したことは生活や今後の学習に役にたつと思いますか」

「1 理科の勉強が好きですか」

「17 観察や実験の結果から、さらに調べたいことを考えていますか」

これらの結果から、A組の学習者は全体的に、理科学習への関心や意欲が高く、それをより高められるような支援を行うために、ものづくり活動や様々な道具を使って各自で実験する活動を充実させることが、自分事の問題解決を促進すると考えられる。

4.2 授業設計

実践1と同様に、学習者が自分事として学習課題を捉えられるようにするためには、事象提示を工夫することが重要であるため、指導例を収集し、教材研究を行い、単元計画を作成した。

質問紙調査の結果から、理科学習への関心・意欲が高く、有用感を感じている学習者が多いことが分かっているため、学習内容に関心をもたせることは比較的容易だと考えられる。そこで、教科書に掲載されている電磁石を引っ張り合う活動を採用し、天井に吊るした電磁石にぶら下がる活動を加えることにした。磁力の強さを体感する活動を通して、電磁石の構造に目を向けさせるようにした。しかし、S1での学習者の自分事の問題解決への意識が他のカテゴリーより低いため、学習者に疑問をもたせたり、追求したいという思いをもたせたりすることがより一層求められる。そこで、事象提示を行った後、鉄くぎ・ストロー・エナメル線・クリップ・電池で電磁石を作成させ、それを用いて自由に活動させる時間を設けることにした。さらに、理科学習への満足感・達成感を高めるために、単元末にものづくり活動として「コイルモーターを作ろう」を行うことにした。

次に、学習者の実態・単元計画・筆者による学習者の観察や学級担任からの聞き取りなどをもとに理科授業設計マトリックス（表5）を作成した。以下に設計した授業について述べる。

第1次の学習課題は、「電磁石はどんな性質をもっているのだろうか」で、目標は、電磁石の構造を理解させることと電磁石への興味関心を高め、学習を進めるために必要な課題を設定することである。ここでは、S1にかかわるプロセスを実施し、主に学習者の電磁石への関心を高め、既有知識を引き出す支援を行う。まず、A・Bの引き出す支援として、

上述した通り、電磁石を引っ張ったり、電磁石にぶら下がったりする活動を通して、電磁石に興味をもたせ、その構造に目を向けさせる。そして、電磁石を作成させて自由に活動させる中で疑問や追求したいという思いをもたせるようにする。次に、E・Fの

引き出す支援として、学習者がもった様々な気づきや疑問を、教師と学習者の対話を通して、集約・類型化しながら電磁石の性質に目を向けさせ、課題設定を行う。課題は、「電磁石は本当に磁石になっているのだろうか」「電磁石には永久磁石にはない特別

表5 理科授業設計マトリックス（電磁石のふしぎ）

| 問題解決のプロセス | 目標(評価) | 自分事の問題解決の前提となるもの | | | | | | | | | | 教師の支援の内容 | 1次 | 2次 | 3次 |
|-------------|---|------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|-----------|-----------|-----------|
| | | 知識 | | | | | 技能 | | | | | | | | |
| | | 生活経験 | 既習事項 | 概念 | 計画 | 操作 | 記録 | 分析 | 表現 | 関心 | 意欲 | | | | |
| 10のプロセス | 身に付けさせたい資質・能力 | [Pattern] | | | | | | | | | | うながす・引き出す・教える | [Pattern] | [Pattern] | [Pattern] |
| 1 事象と出会う | 1 関心を持って事象と関わるができる。 2 事象との関わりを通して、気づきや疑問、やってみたいことを表現することができる。 3 気づきや疑問を交流する中で課題を設定し、学習の意欲しもつことができる。 | [Pattern] | | | | | | | | | | A 単元の特徴・学習者の好みやディバイスにあった事象との出会いを演出する。 B 学習者の関心や学習内容に引きつける。 C 学習者が考えることと予め予想しておく。 D 事象との出会いで思考のズレを作り意欲を与える。 E 多様な事象を認めながら目指す学習課題へと目を向けさせる。 F 意見を集約、類型化し、学習者の関心を課題につなげる。 | [Pattern] | [Pattern] | [Pattern] |
| 2 予想・仮説を立てる | 4 生活経験や既習事項、ステップ1での事象との出会いを基にして自分事な仮説を表現することができる。 5 仮説を証明するための実験方法を質的・量的・時間的変化に着眼して考えることができる。 6 複数の実験方法を考え、その中からより良い方法を選ぶことができる。 7 立てた計画について説明することができる。(使用するもの・条件・手順・回数・結果の予想) | [Pattern] | | | | | | | | | | G 仮説を立てさせるために、前提となるものを想起させる。 H 仮説の根拠を明らかにさせる。 I 多様な仮説を認め、検証したいという意欲をもたせる。 J 変えるものと変えないものを意識させ、実験方法を考えさせる。 K 複数の実験方法を考えさせ、交流させる中でその妥当性について検証させる。 L 実験・観察のポイントを明らかにさせ、見通しをもたせる。 M 実験器具提供の力を指導する。または、選択させる。 N 学習意欲や実験・観察技能を高めるため、学習形態を工夫する。 O 正しく実験ができているか確認する。 P 実験手順を設定し、様々な実験方法を試させたり繰り返し実験させたりする。 Q 結果のまとめ方を指導する。または、選択させる。 | [Pattern] | [Pattern] | [Pattern] |
| 3 実験・観察をする | 8 正しい方法で観察・実験をすることができる。 9 複数の実験方法を試したり、何度も実験をしたりして結果の妥当性を追求することができる。 10 グラフ・表・図などを用いてわかりやすく結果をまとめることができる。 | [Pattern] | | | | | | | | | | R 課題・仮説に立ち返ってまとめさせる。 S 結果とわかつたことを接続語でつなげて書かせる。 T 実験中の気づき・疑問、やってみたいことについて書かせる。または発表させる。 U 考察(結果)を交流し、結論に導くようにする。 V 知識の日常化・一般化を回り科学概念を構築させる。 W ものづくり活動やレポート課題など追求させる活動、ハワーマンス課題を記入できるようにする。 X 未解決・新形の疑問から次の課題を明らかにするようにする。 | [Pattern] | [Pattern] | [Pattern] |
| 4 結果をまとめる | 11 自分の観察・実験結果からわかつたこと、自分の考えや気づきをまとめることができる。 12 原因や規則性、関係を多面的に分析して結論を得ることができる。 13 次時への課題やさらに深めたいことなどを考え、追求することができる。 | [Pattern] | | | | | | | | | | [Pattern] | [Pattern] | [Pattern] | |

[Pattern] は、教える支援 [Pattern] は、引き出す支援 [Pattern] は、うながす支援

な性質があるのだろうか」となるようにする。

第2次の学習課題は、「電磁石は本当に磁石になっているのだろうか」「電磁石には永久磁石にはない特別な性質があるのだろうか」である。目標は、電磁石にも極があることを理解させることと、極を入れ替えることができることを理解させることである。ここでは、S2・S3・S4にかかわるプロセスを実施する。K・Lの引き出す支援は、まず、磁石になっているかどうかを証明する方法を考えさせる。学習者は、磁石は異極で引き合い、同極で退け合うこと・磁石を自由にすればN極が北、S極が南を向くこと・鉄を引きつけることなどの既有知識を活用して様々な実験方法を考えると予想される。しかし、レディネステストの結果から既習事項の定着が十分ではないことがわかっているため、授業中に、これらを想起・確認させる場を設定し、どのように実験すれば良いのか、結果はどうなるのかなどの見通しをもたせる支援が必要であると考え。N・O・P・Qの引き出す支援は、一人一人が主体的に問題解決に取り組む環境を整えるために、一人一つの電磁石をもたせ、自分で実験の順番を決めさせたり、結果をまとめさせたりする。学習者の実験技能は高いと判断しているが、一人で実験し、まとめる経験は乏しいため、机間指導を丁寧に行い、適切な支援を、個別、または学級全体に行う必要がある。R・T・Uの教える支援は、複数の実験を学習者自身で行い、その全ての結果を踏まえて考察を書くことは難しいため、まとめ方を教える必要がある。また、全ての学習者が正しく実験を行っているとは限らないため、一人一人の実験結果や考察を交流させ、実験から何がわかって何がわからなかったのかを確認しながら、結論に導く指導が必要になる。

第3次の学習課題は、「電磁石には永久磁石にはない特別な性質があるのだろうか」で、目標は、電流を強くすることやコイルの巻き数を増やすことで、磁力を強くすることができることを理解させることである。ここでは、S2・S3・S4に関わるプロセスを実施し、主に学習者の知識や技能を引き出す支援を行う。まず、G・H・Iの引き出す支援として、電磁石を構成する3つの要素（鉄心・コイルの巻き数・電流）のどれをどのように変化させるか考えさせる。鉄心やコイルの長さ・太さ・材質などを変えるとという意見が出されると予想される。意見交流する際は、多様な考えを認めながらも、実現可能な実験に導く支援が求められる。次にJ・L・Mの支援については、班でどれをどのように変えると、電磁石の磁力が変わると考えられるか、有力な候補を4つ決めさせ、実験の担当を決めさせる。そして、磁力が変わったことを何で測るのか考えさせる。ここでは電流計を用いるが、電流計の使い方の定着が不十分であるため、復習する時間を設ける。次にN・O・P・Qの引き出す支援として、ジグソー法を取り入れ、同じ実験をする学習者同士で確認し合いながら活動させるようにする。電流計を用いて、正しく実験を進めているか注視する必要があるが、ここでは、教師の介入を最小限にとどめたい。最後にR・U・Vの引き出す支援として、元のグループに戻り、自身の実験結果をまとめ考察させた後、それを交流させ、個人が行った全ての実験結果をふまえて、総合考察を書かせる。さらに、各班の総合考察を交流しながら、教師と学習者で結論を出すようにする。

第4次の学習課題は、「コイルモーターを作ろう」で、コイルモーターの仕組みや作り方を教師が教え

表6 学習者の自分事の問題解決の意識の変容

| カテゴリ | 項目 | 実践前 | | 実践後 | | t値 | p値 |
|--------------|---|------|------|------|------|-------|----|
| | | M | SD | M | SD | | |
| 意欲 | 1 理科の勉強が好きですか。 | 3.61 | 0.70 | 3.82 | 0.53 | 2.94 | ** |
| | 2 理科の授業でものを作るのは好きですか。 | 3.82 | 0.53 | 3.79 | 0.70 | -0.37 | |
| | 3 理科の授業で様々な道具を正しく使うことができますか。 | 3.79 | 0.48 | 3.73 | 0.57 | -0.57 | |
| S1 | 4 理科の授業で、疑問に思ったことから自分の調べたいことを考えていますか。 | 3.24 | 0.83 | 3.42 | 0.75 | 1.23 | |
| | 5 たくさんの意見の中から解決すべき課題は何かを考えていますか。 | 3.03 | 0.81 | 3.45 | 0.67 | 3.24 | ** |
| S2 | 6 課題に対して、自分で予想や仮説を立てていますか。 | 3.39 | 0.79 | 3.61 | 0.56 | 1.65 | |
| | 7 予想や仮説を立てる時は、そう考えた理由を書いていますか。 | 3.03 | 0.92 | 3.21 | 0.93 | 1.14 | |
| 対話 | 8 理科の時間に、友達の意見や自分の意見が正しいかどうか考えながら聞いていますか。 | 3.39 | 0.86 | 3.76 | 0.56 | 2.99 | ** |
| | 9 理科の時間に、自分の考えたことを伝えていますか。 | 2.82 | 1.07 | 2.97 | 1.07 | 1.41 | |
| | 10 予想や仮説が正しいかどうかを調べるため、観察や実験の方法を自分で考えていますか。 | 3.21 | 0.89 | 3.33 | 0.78 | 0.85 | |
| S3 | 11 観察や実験中に、すずめ方や考え方が間違っていないかを振り返って考えるようにしていますか。 | 3.30 | 0.88 | 3.30 | 0.81 | 0.00 | |
| | 12 実験をする時は、一回ではなく何回も行っていますか。 | 3.45 | 0.71 | 3.85 | 0.44 | 3.21 | ** |
| | 13 実験をする時は、同じ方法だけでなく、違う方法を試していますか。 | 3.30 | 0.88 | 3.45 | 0.87 | 1.41 | |
| | 14 結果を表やグラフを用いながら自分でまとめていますか。 | 3.03 | 0.88 | 3.64 | 0.60 | 3.87 | ** |
| S4 | 15 観察や実験の結果を基にしてわかったことを自分でまとめていますか。 | 3.21 | 0.99 | 3.42 | 0.79 | 1.75 | |
| | 16 予想と結果が違った時は、なぜか考えていますか。 | 3.36 | 0.82 | 3.58 | 0.61 | 1.75 | |
| | 17 観察や実験の結果から、さらに調べたいことを考えていますか。 | 3.48 | 0.83 | 3.48 | 0.80 | 0.00 | |
| 満足・達成 有用感 | 18 理科の時間に、振り返りを書くのが楽しいですか。 | 3.12 | 0.93 | 3.21 | 0.89 | 0.68 | |
| | 19 理科学習が終わった後に、自分は深く考えられたと実感できていますか。 | 3.15 | 0.94 | 3.06 | 0.90 | -0.62 | |
| | 20 理科で学習したことは生活や今後の学習に役に立つと思いますか。 | 3.64 | 0.90 | 3.64 | 0.74 | 0.00 | |

P 値 **：P<0.05 **：P<0.01

る。コイルモーターを作成する前に、モーターの中に電磁石が入っていることを確認させ、モーターが多く電気製品に用いられていることを理解させることで、電磁石が身近であることを実感させるようにする。

本実践では、学習者の気づきや疑問を協議、集約しながら課題を設定したり、考察を交流し結論につなげたりする過程を大事にし、学習者の前提となるもの（特に知識の量や質において）の差をなくすように支援を行った。また、学習者は多様なデータを分析し考察することには慣れていないため、教師の適切な介入を心がけた。

4.3 結果と考察

実践後に質問紙調査を行い、実践前後の学習者の自分事の問題解決の意識の変容についてまとめたものが表6である。得点が下降した項目は、19・3・2で3項目、点数が変化しなかった項目は、11・17・20で3項目、それ以外の14項目において得点が向上した。14項目の内、「意欲(1)」「S1(5)」「対話(8)」「S3(12・14)」の5項目において、平均値が事前・事後間で有意に向上した。

次に、有意に向上した5項目に注目し、考察する。「5 たくさんの意見の中から解決すべき課題は何かを考えていますか」は、主に第1次の電磁石を引っ張り合っても、天井に吊るした電磁石にぶら下がっても外れない体験・電磁石の作成・作成した電磁石を用いた自由試行の活動が学習者の関心を高め、様々な気づきや疑問を生んだためであると考えられる。実際に、第1次の振り返りには、「電磁石や永久磁石を電磁石に近づけてみたい」などの、電磁石の極の存在について調べたいという内容の記述が約41%、「磁力を強くしたい」「磁力をON・OFFできるか試したい」など電磁石の特性について調べたいという内容の記述が約49%、「鉄心の代わりに他の金属を入れてみたい」などの電磁石の仕組みについて調べたいという内容の記述が約3%得られ、以後の学習課題設定の際の重要な意見となった。「12 実験をする時は、一回ではなく何回も行っていきますか」は、第2次の電磁石の性質を確かめるために複数の実験方法で多面的に検証させた活動や、第3次の電磁石の磁力の変化を測る際に、繰り返し実験させたことが得点の向上につながったと考えられる。「8 理科の時間に、友達の見解や自分の見解が正しいかどうか考えながら聞いていますか」「14 結果を表やグラフを用いながら自分でまとめていますか」は、主に第2次で電磁石が極をもつのか検証するために実験方法を考えさせ、一人一人に実験方法を選ばせ、結果をまとめさせたことや、第3次で電磁石の強さを変えることができるのか検証するため

に、実験計画や結果のまとめ方を考えさせた後、グループで各自の計画が適切であるか話し合っ確認させたり、各結果をもとに班で話し合いながら考察させたりした活動を設けたためであると考えられる。このように、学習者の興味・関心を引き出しながらそれにもとづいて授業を展開したことや、適切に教師の支援を行った結果が「1 理科の勉強が好きですか」の得点の向上につながったと考えられる。

次に、得点の下がった項目に注目する。「19 理科学習が終わった後に、自分は深く考えられたと実感できていますか」は、主に第3次において自分の力で実験計画を立てられなかった学習者や、考察に自分の考えを書けなかった学習者が、学習に自信をもてなかったためではないかと予想される。「3 理科の授業で様々な道具を正しく使うことができますか」は、主に第3次で電流計を含む回路図が書けなかったり、電源装置や電流計を正しくつないで実験を行うことができなかつたりした学習者がいたためであると考えられる。「2 理科の授業でものを作ることは好きですか」は、主に第4次で、授業時間内にコイルモーターを完成できなかった数名の児童が、もの作り活動を肯定的に捉えられなかったためではないかと考える。しかし、これらの3項目は有意に下降したわけではないため、学習者の自分事の問題解決の意識に大きな影響を与えるものではないと考ええる。

本実践では、特にS1・S3に支援の力点において授業設計し、実践を行った。その結果、S1やS3だけでなく、意欲や対話のカテゴリーにおいても学習者の自分事の問題解決への意識の変容が見られ、期待以上の効果が得られたことがわかる。具体的には、S1において事象提示から電磁石の作成・自由試行の活動を経て課題設定をさせたこと、S3において教師が学習者との対話を通して実験方法や手順を決めたり、協力して正しいデータを収集する活動を行わせたりしたことが、学習者同士の対話を促進し、学習への意欲を高めたということである。理科授業設計マトリックスを活用して授業を行うことで学習者の自分事の問題解決の意識を高めることが明らかになった。

5. 成果と課題

本研究では、理科授業設計マトリックスを活用して授業を設計、実施することが、学習者の自分事の問題解決を促進することを明らかにするために、5年生のエネルギー領域の2単元において実践を行った。その結果、学習者の自分事の問題解決の意識が向上した。このことから、理科授業設計マトリックスが、学習者の自分事の問題解決を促進する授業に役立つことが分かった。しかし、実践が、5年生の

エネルギー領域2単元に留まっていることから、その有用性は限定的であると考えざるを得ない。また、学習者の自分事の問題解決の意識を高めただけでは、問題解決の能力を中心とした資質・能力を育成できたと判断することはできない。今後は、他学年・多領域におけるさらなる実践の積み上げと、実践によって身に付けさせたい資質・能力の育成が図られたかどうかを評価する方法を考える必要がある。

参考文献

- 浪越一浩 (2018) 小学校理科における自分事の問題解決を目指す理科授業設計マトリックスの開発. 奈良教育大学教職大学院研究紀要.10,5, pp.41-51.
- 浅海健一郎、野島一彦 (2001) 臨床心理学における「主体性」概念の捉え方に関する一考察.九州大学心理学研究.2, pp.53-58.
- 村山哲也 (2013) 「自分事の問題解決」をめざす理科授業. 図書文化社
- 森本信也 (2013) 考える力が身につく対話的な理

科授業. 東洋館出版社

- 後藤顕一、松原憲治 (2015) 主体的・協働的な学びを育成する理科授業研究の在り方に関する一考察—カリキュラムマネジメントに基づく理科授業研究モデルの構想—. 理科教育学研究.56, 1, pp.17-32.
- 山下晴美、堀哲夫 (2010) OPPシートを活用した授業のグランドデザインに関する研究-小学校6年「ものの燃え方と空気」の単元を事例にして-. 山梨大学教育学部附属教育実践研究指導センター研究紀要.15, pp.20-42.
- 日置光久、星野昌治 (2007) シリーズ日本型理科教育2「子ども」はどう考えているか—とらえやすい自然認識と科学概念—. 東洋館出版
- 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領解説理科編
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afiedfile/2018/05/07/1387017_5_1.pdf

