

理科学習への意欲を高め科学的概念の適用力を向上させる 単元展開モデルの開発 —小学校第4学年「とじこめた空気と水」及び 第6学年「てこのはたらき」における授業実践を通して—

神田周愛 さいたま市教育委員会生涯学習部生涯学習振興課
小倉康 埼玉大学教育学部自然科学講座理科分野

キーワード: 科学的概念の理解、科学的概念の適用、職業との関連付け、
理科学習への意欲

1. 問題の所在

1-1 「活用できる知識」としての科学的概念

IEA 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2015) (国立教育政策研究所、2017) では、理科の得点が小学校第4学年で47か国・地域中3番目、中学校第2学年で39か国・地域中2番目と、国際的に高い水準にある。このことは、今日までの我が国の理科教育は、科学的概念の理解に一定の成果を挙げていることを意味している。

一方、平成29年告示の学習指導要領では、未来に向けて急速に変化する社会的状況を見据え、育成すべき資質・能力が、「知識及び技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の3つの柱に再整理された。特に、「知識及び技能」の習得については、「学習内容の深い理解と個別の知識の定着を図るとともに、社会における様々な場面で活用できる知識として身に付けていくことが重要となる」とされている (中央教育審議会、2016)。つまり理科教育においては、科学的概念が「活用できる知識」となるよう、一層の指導の工夫が求められているといえる。

1-2 理科学習への意欲と科学的概念の適用

中央教育審議会の答申では、理科を学ぶことに対する関心・意欲や意義・有用性に対する認識について、諸外国と比べると肯定的な回答の割合が低い状況にあることも指摘されている (中央教育審議会、2016)。TIMSS2015 (国立教育政策研究所、2017) では、「理科が好きな程度」について、「理科がとても好き」または「理科が好き」と肯定的なカテゴリーに分類された児童生徒の割合が、小学校第4学年の90%に対して中学校第2学年では63%と大きく低下し、国際平均の81%と比較しても低い水準となっている。また、同調査で中学生の「理科に価値を置く程度」においては、理科に強く価値を置く生徒の割合が、国際平均の40%に対して日本では9%と、著しく低い状況にある。

小倉 (2016) は、平成27年度全国学力・学習状況調査の児童生徒質問紙から、科学的リテラシーを簡易的に把握するために有用な以下の5つの項目を抽出し、それぞれの項目に関する児童生徒の意識の実態を示している。

- 1 理科の授業の内容はよくわかる
- 2 理科の勉強は好きだ
- 3 理科の勉強は大切だ

4 理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役に立つ

5 将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたい

この報告からは、学年が上がると 5 項目全てに対する意識が低くなることや、項目 5 の意識が極めて低く、次いで項目 4 の意識が項目 1、2、3 と比べてやや低い傾向にあることなどが読み取れる（図 1）。なお、小倉（2016）は、学習動機に関する「期待－価値理論」（Wigfield & Eccles、2000）（この理論の詳細については後述する）において、これら 5 項目が学習意欲に影響を与えるとし、また、項目 1 は「自己効力感」、項目 2 は「興味」、項目 3 は「重要性」、項目 4 は「有用性」、項目 5 は「長期的な目標」の意識に相当すると述べている。

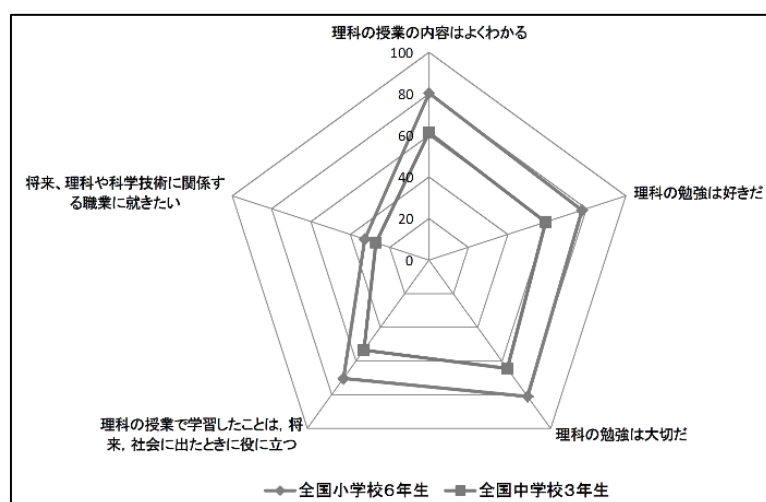


図1 平成27年度全国学力・学習状況調査から算出した科学的リテラシー指標値^(注1)の結果
出所：小倉（2016），p.40-45

リベルタス・コンサルティング（2014）によって示された「全国学力・学習状況調査の結果を用いた理科に対する意欲・関心等が中学校段階で低下する要因に関する調査研究」では、「理科の授業で学習したことを普通の生活で活用できないか考える」習慣がないと、「理科の勉強は大切」「理科の授業は、社会に出たときに役に立つ」といった意識が低くなってしまっていることが明らかになった、と報告されている。国立教育政策研究所（2013）によって、下線の意識は、小学校における活用の枠組み（適用・分析・構想・改善）の中の「適用」に分類されていることから^(注2)、学習したこと（科学的概念）を実際の自然や日常生活に当てはめて用いることができなければ、理科の有用性や重要性を認識しにくくなると考えられる。理科を学ぶことに対する意識を改善させるためにも、日常生活の中で科学的概念を適用する習慣を付けさせなければならない状況であるといえる。

以上から、理科を学習する過程で、児童生徒に科学的概念を理解させ、身の回りの事物・現象に適用させるとともに、理科を学ぶ有用性や重要性、理科学習と職業との関わりを実感させ、学習意欲を高めることができる単元展開の効果的方法が必要といえる。しかし、これらを包括して実現できる単元展開の手法に関する研究成果は、これまで報告されていない。

2. 研究の目的

第一執筆者が小学校教諭であることから、本研究は、小学校段階で児童の科学的概念を身の回りの事物・現象に適用させる力を育てるとともに、理科学習への意欲を向上させることを包括した単元展開モデルを開発し、授業実践を通してその効果を検証することを目的とする。

3. 単元展開モデルの開発

3-1 科学的概念の理解と適用力

科学的概念を身の回りの事物・現象に適用させるためには、科学的概念を理解させることが前提となる。森本（1989）や沖野・山岡・松本（2016）は、手法は異なるものの、科学的概念を形成（構築）させるためには、既存の考え（ミスコンセプションや素朴概念）と事象との間の矛盾に学習者自身が気付くことが必要であると主張している。また、森・家野・黒田（1988）は、認知的不協和（Festinger、1957）、概念的葛藤（Berlyne、1965）などの理論を参考に、矛盾を喚起して問題意識を誘発し学習活動に内発的に動機付けさせようと試みている。

これら先行研究から得られた知見により、科学的概念の理解を促すためには、矛盾を喚起して問題意識を誘発させ、興味・関心を高める必要があるといえる。科学的概念を形成させるための手法については、多くの研究によりその成果が報告されていることから、本研究ではそれらの研究手法を援用することとする。

そして、中央教育審議会（2016）が「基礎的・基本的な知識を着実に習得しながら、既存の知識と関連付けたり組み合わせたりしていくことにより、学習内容（特に主要な概念に関するもの）の深い理解と、個別の知識の定着を図るとともに、社会における様々な場面で活用できる概念としていくことが重要」と指摘するように、理科において既存の知識と関連付けたり組み合わせたりしていく学習を意図的に設定することで、科学的概念の適用力の育成を図ることができると考える。

3-2 「期待×価値理論」と学習意欲

鹿毛（2013）は、「期待」とは「主観的に認知された成功の見込み（確率）」を意味し、「価値」とは「当人が課題やその達成に対してどの程度価値を認識しているか」という要因を指しているとしている。そして、「期待×価値理論」では、動機付けが「積」として表現され、「期待が高くても価値が見出せない場合や、価値がある行為であっても期待がもてないと思っている場合には、行為が生起しないばかりか、その場を避けようとさえする。」と述べている。

小倉（2016）は、理科学習における「自己効力感」は「期待」に、理科が「好きだ」「大切だ」「役に立つ」という意識は「価値」に相当するとし、学習意欲に直接影響するものとしている。また、「理科や科学技術に関係する職業に就きたい」という意識は、「期待」や「価値」に影響を与える背景要因として、学習意欲にも影響すると述べている。

つまり、小倉（2016）の示している各意識を高い状態で維持もしくは向上させることで、理科に対する学習意欲が喚起されると期待できる。

3-3 科学的概念の理解と自己効力感

「内容はよくわかる」という意識は、学習者の、自分がうまく学習を遂行できるという有能感がある状態を示唆するもので、「自己効力感」を反映すると考えられる（小倉、2016）。この「内容はよくわかる」という意識は、科学的概念を理解したという経験が元になっているため、科学的概念の理解を促すことで「自己効力感」を高い状態で維持することにつながると考えられる。

3-4 職業とのつながりと学習意欲

平成 29 年度告示の小学校学習指導要領総則では、「児童が、学ぶことと自己の将来とのつながりを見通しながら、社会的・職業的自立に向けて必要な基盤となる資質・能力を身に付けていくことができるよう、特別活動を要しつつ各教科等の特質に応じて、キャリア教育の充実を図ること」としている。また、そのための授業改善の視点として、「学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しをもって粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげる主体的な学び」を求めている（文部科学省、2017a、2017b）。以上より、理科教育においても児童に学ぶことと将来の職業とのつながりを実感させることで、主体的な学習への意欲を高めることが期待されているといえる。

中学校の事例ではあるが、清水（2010）は、中学校の生徒を対象に行った授業において、科学と職業との関わりを紹介したところ、科学を使う仕事をしたいとする生徒の割合が一年生では 2 割程度しかいなかったのに対し、三年生になると約 8 割に増えたという事例を紹介している。また、小倉（2016）も、理科がありとあらゆる職業生活に関係していることを解説し納得させることで、理科への学習意欲の喚起につながると述べている。

以上のことから、理科で学んだこと（科学的概念）と職業とのつながりを授業の中で解説し納得させることで、主体的な学習への意欲を向上させることができると考えられる。

3-5 本研究で目指す児童の姿

以上により、本研究で目指す児童の姿を整理すると、「科学的概念の理解にとどまらず、理科に対する興味・関心をもち、その有用性や重要性に気付き、科学的概念を身の回りの事物・現象に適用して考えようとする状態」となる。本研究では、このような状態を「科学的概念を感得^(注3)」した状態と捉え、その状態に接近させるための手立てを講じることで、科学的概念を身の回りの事物・現象に適用させる力を育てるとともに、理科学習への意欲を向上させることを試みる。

3-6 研究仮説と単元展開モデル

科学的概念を感得した状態に児童を導くことができるように単元を展開するためには、科学的概念を理解させることが前提となる。そこで、先行研究から得られた知見により科学的概念の理解を促した後、さらに手立てを講じることで科学的概念を感得した状態に導くことができるであろうと考え、以下のように仮説を設定し、図 2 の単元展開モデルを設計した。

仮説：科学的概念の理解を促した後、科学的概念を身の回りの事物・現象や職業に適用させる場を設定することで、科学的概念の適用力を高めることができるとともに、理科学習への意欲を向上させることができるであろう。

設計した単元展開モデルにより、科学的概念の理解と理科学習への意欲の向上、並びに科学的概念の適用力が向上すると考える。なお、本研究では理科学習への意欲の向上を、理科学習への「自己効力感」「興味」「重要性」「有用性」「長期的な目標」に関する意識の高まりとしてとらえる。

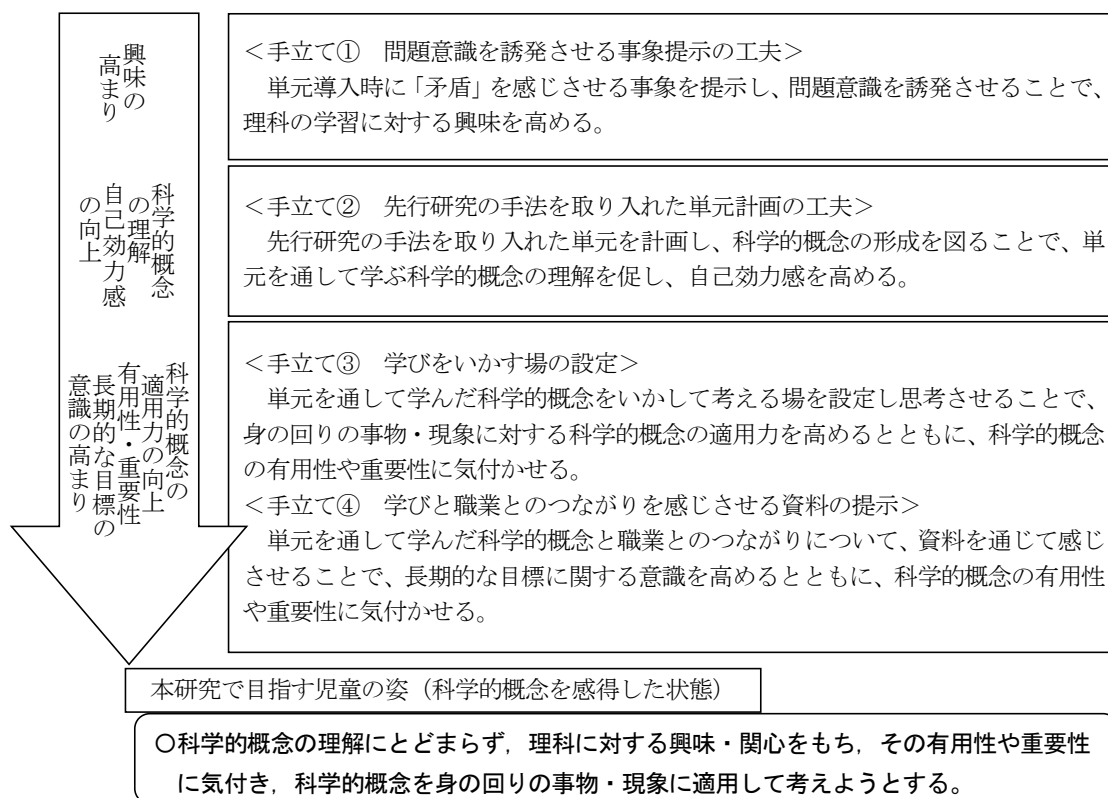


図2 単元展開モデル

4. 検証の方法

4-1 検証単元と指導内容

研究仮説に基づいて設計した単元展開モデルの効果を検証するため、小学校第4学年「とじこめた空気と水」及び小学校第6学年「てこのはたらき」を検証単元とし授業を行った。それぞれの学年で単元展開モデルの効果を検証するとともに、単元展開モデルを用いない場合の第4学年と第6学年の理科学習への意欲の違いが、単元展開モデルを用いることでどのように変化するかについても検証する。

授業者は、授業者の違いによる影響を避けるため、いずれの学年も主著者とした。

各学年の検証単元の流れを表1・2にそれぞれ示す。1単位時間は45分である。表中におけるA群B群の違いについては後述するが、授業の内容と手立て①～④は同一である。手立て①～④の具体的な内容を、次項に述べる。

表1 第4学年における検証単元の流れ

時間	内容	備考
第0時	・事前の意識調査（質問紙）に取り組む。（ホームルーム約10分）	
第1時	・「言葉つなぎ（概念地図作り）」の練習	手立て②
第2時	・ビニル袋に空気を入れ、空気の存在や圧したときの手ごたえを実感する。 ・塩ビ管を用いた空気でっぼうを使って玉を飛ばす。	手立て①
第3時	・透明アクリルパイプを用いた空気でっぼうを使って玉を飛ばし、空気でっぼうの玉が飛ぶ理由について考える。	
第4時	・とじこめた空気に力を加えたときの体積変化と手ごたえについて調べ、実験結果からわかる空気の性質について「概念地図作り」でまとめる。	手立て②
第5時	・空気でっぼうの玉が飛ぶ理由について、空気の性質を踏まえて説明する。 ・とじこめた水に力を加えたときの体積変化について調べる。	
第6時	・実験結果からわかる水の性質について「概念地図作り」でまとめる。 ・空気と水の両方をとじこめて力を加えたときの空気や水の様子について、それぞれの性質を踏まえて説明する。	手立て②
第7・8時	・調査問題と質問紙に取り組む。（A群） ・「フィルムケースロケット」を高く飛ばす方法を考え、試行実験を行う。 ・「ペットボトルの噴水」において、空気をおし縮めると水が出てくる理由について考え、実際に確かめる。 ・学習したことと、職業とのつながりについて知る。 ・調査問題と質問紙に取り組む。（B群）	手立て③ 手立て④

表2 第6学年における検証単元の流れ

時間	内容	備考
第1時	・一人の力で乗用車を持ち上げるにはどのようにしたらよいか、疑問をもつ。 ・1本の棒を使って、重たい物を楽に持ち上げることに興味をもつ。	手立て①
第2時	・てこを使って重い物を楽に持ち上げるにはどのようにすればよいか予想し、実験方法を計画する。	
第3時	・てこを使って楽に物を持ち上げるには、作用点の位置や力点の位置をどのようにしたらよいか調べ、てこを傾けるはたらきの変化を調べる。 ・てこを使って楽に持ち上げる方法を用いて、乗用車を持ち上げる。	手立て②
第4・5時	・てこを使って物を持ち上げるときの決まりに興味をもち、実験用てこを使って左右のおもりの位置と重さについて定量的に調べる。	手立て②
第6時	・てこが水平につり合うときの決まりに興味をもち、実験用てこを使って左右のおもりの位置と重さについて定量的に調べる。 ・乗用車のタイヤが水平の高さまで上がったとき、何kgの力を加えていたのか考える。	手立て②
第7時	・てんびんの仕組みに興味をもち、上皿てんびんや棒で物の重さのつり合いを調べる。	
第8時	・身の回りにおけるてこを利用した道具と、てこのはたらきとを関係づけて考える。	
第9・10時	・てこの規則性を利用して、未知の重さの物を量る。 ・てこの規則性を利用して、校庭の釘を抜く。 ・学習したことと、職業とのつながりについて知る。 ・調査問題と質問紙に取り組む。	手立て③ 手立て④

(1) 小学校第4学年「とじこめた空気と水」で講じた手立て
＜手立て①＞

単元導入時に、塩ビ管を用いた空気であらうに新聞紙の玉を詰めて飛ばす活動を行う(図3)。中が見えない筒(塩ビ管)と新聞紙の玉を用いることで、児童の中に以下のような「矛盾」が生じると考えられる。



図3 塩ビ管を用いた空気であらう

- ・新聞紙を詰めて棒で押せば飛ぶと思ったのに、水で濡らさないと飛ばないのはなぜか。
- ・水で濡らせば新聞紙の玉は飛ぶはずなのに、玉が飛ぶ場合と飛ばない場合があるのはなぜか。
- ・筒の中は何もないのに、なぜ玉は飛ぶのか。

これらの「矛盾」を喚起させることで、空気であらうで玉が飛ぶ仕組みに興味をもたせ、問題意識が誘発されるようにする。

＜手立て②＞

福岡・笠井(1992)は、概念地図作り(Concept Mapping)を学習ツールとして使用することは、科学的概念の形成に有効であるとし、この活動を無理なく授業中に行うために、観察・実験に概念地図作りを導入した学習方法を開発している。そこで、ここでは福岡・笠井(1992)、福岡(2002)等の先行研究を援用し、「概念地図作り(Concept Mapping)」を取り入れて単元を計画した。児童には概念地図作りを「言葉つなぎ」として紹介し、「言葉つなぎ練習用紙」を用いて概念地図作りの練習を行う。その後、実験結果からわかるとじこめた空気と水の性質について概念地図を用いてまとめさせることで、科学的概念の理解を促す。

＜手立て③＞

本単元で学んだ科学的概念を適用して考えさせるため、以下の2つの活動を計画した。

- (ア)「フィルムケースロケット」を高く飛ばすためにはどのように工夫するとよいか。
- (イ)「ペットボトルの噴水」はどのような仕組みで水が出てくるのか。

とじこめた空気は押し縮められると元の体積に戻ろうとして押し返すが、水は押し縮められないという性質を適用して考えさせることで、科学的概念の適用力を高めるとともに、科学的概念の有用性や重要性が感じられるようにする。

＜手立て④＞

学んだ科学的概念とつながりのある職業を例示し、そのつながりについて理解させる。ここでは以下の2つについて例示する。

- (ア)「サッカー選手」は、グラウンドの状態に合わせてボールの中の空気の量を変え、ボールの弾み方を調整している。
- (イ)パティシエ・パティシエールは、卵白を泡立てる際、中の空気の量を調整している。空気の量が少ないと、スポンジ等の膨らみが悪くなり、多すぎるとひびが入ってしまう。

学んだ科学的概念が職業とつながっていると理解させることで、長期的な目標に関する意識を高めるとともに、科学的概念の有用性や重要性を感じさせる。

(2) 小学校第6学年「てこのはたらき」で講じた手立て

＜手立て①＞

「乗用車など、人力だけでは持ち上げられない物を持ち上げる」という非日常的な課題を提示し、生活経験や既習事項だけでは解決できないという認知的葛藤を生じさせ、てこの規則性

を学習する内発的動機付けを高める。

<手立て②>

ここでは、和田ら（2015）の先行研究を援用し、「活動的表象（乗用車を持ち上げる）」「映像的表象（支点・力点・作用点の位置関係とてこを傾けるはたらき）」「記号的表象（式による一般化）」の往復を図ることで、科学的概念の理解を促す。

表象形式の相互変換を活性化させるため、以下の活動を単元計画に位置付けた。

(ア) 支点・力点・作用点の位置とてこを傾けるはたらきの関係（映像的表象）について調べた後、車を持ち上げる方法（活動的表象）について考える。

(イ) 実験用てこを用いて支点・力点・作用点の位置に伴うてこを傾ける働きの変化（映像的表象）を調べ、その規則性を式により一般化（記号的表象）する。

(ウ) てこを傾けるはたらきについて式による一般化（記号的表象）をした後、持ち上げた車には何 kg の力が加わっていたのか（活動的表象）について考える。

このように、表象が往復する過程を通してそれぞれの表象どうしのつながりを明確化することで、科学的概念の理解を促した。

<手立て③>

本単元で学んだ科学的概念を適用して考えさせるため、以下の2つの活動を計画した。

(ア) 校庭の釘を、もう一本の釘を使って抜くとき、どのようにすると楽に抜くことができるか。

(イ) 10 g のおもり1つで、物の重さを量ることはできるか。

支点から力点・作用点のそれぞれの距離を変えることで、小さな力で大きな仕事ができたり、物の重さを比べたりすることができることを適用して考えさせることで、科学的概念の適用力を高めるとともに、科学的概念の有用性や重要性が感じられるようにする。

<手立て④>

学んだ科学的概念とつながりのある職業を例示し、そのつながりについて理解させる。ここでは以下の2つについて例示する。

(ア) 「パン職人」は「さおばかり」を使い、さおが水平になると重さが同じという性質を利用して、素早くパン生地の重さを量っている。

(イ) 「介護士」は体を「てこ」として考え、体の一部を支点にして、てこのはたらきを上手に使って力を加えることで、自分よりも体が大きな人を起こしたり向きを変えたりしている。

第4学年と同様、学んだ科学的概念が職業とつながっていると理解させることで、長期的な目標に関する意識を高めるとともに、科学的概念の有用性や重要性を感じさせる。

4-2 調査対象と調査時期

さいたま市公立小学校第4学年4学級（152名）及び第6学年4学級（152名）を対象とし、2017年9月から11月にかけて検証授業を行った。

4-3 効果の検証

(1) 理科学習に関する意識の変容

検証授業前後の理科学習に関する意識の変容を把握するため、質問紙法による意識調査を事前と事後に実施した。調査内容は、小倉（2017）の研究で用いられている質問5項目に、本研究に関わる意識を1項目追加した6項目である（表3）。いずれも4肢（1当てはまる、2ど

ちらかといえは当てはまる、3 どちらかといえは当てはまらない、4 当てはまらない) の選択項目とした。なお、事前の意識調査は単元導入前の9月に実施した。

表3 理科学習に関する意識調査の項目

項目	ラベル
1 理科の授業の内容はよくわかる	自己効力感
2 理科の勉強は好きだ	興味
3 理科の勉強は大切だ	重要性
4 理科の勉強をすれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ	有用性
5 将来、理科や科学技術に関する職業に就きたい	長期的な目標
6 理科の授業で学習したことをふだんの生活の中で活用できないか考える (追加)	実生活への適用

本研究では、第4学年4学級及び第6学年4学級を、質問紙法による事前の意識調査の結果と1学期業者テストの平均点について2群の差がそれぞれ小さくなるように学級を組み合わせ、A群・B群に分けた。その後、A群では手立て③④を講じる前に、B群では手立て③④を講じた後に調査を行うことで、両群の結果を比較し、効果の検証が行えるようにした(表4)。つまり、第4学年は第1時から第6時まで、第6学年は第1時から第8時までは手立て①②による同じ指導を行っている。本研究で設計した単元展開モデルにより、項目1~2は両群とも高い水準の意識を維持できると期待され、項目3~6はA群よりもB群に意識の向上が起ると期待される。

表4 各群の事後調査の方法

【第4学年】7・8時		【第6学年】9・10時	
A群(76名)		B群(76名)	
調査問題・質問紙(15分)		手立て③④を講じた授業(75分)	
手立て③④を講じた授業(75分)		調査問題・質問紙(15分)	

(2) 科学的概念の適用力

検証授業後における科学的概念の適用力を把握するため、単元を通して学んだ科学的概念を適用して答える問題を用いた調査を実施した。本研究では、前述のA・B群における正答率を比較し、効果の検証を行うこととした。第4学年で行った調査問題を図4に、第6学年で行った調査問題を図5に示す(括弧内は正答)。調査問題の作成に当たっては、手立て③④における科学的概念の適用の学習の有効性を把握できる内容を検討した。本研究で設計した単元展開モデルにより、第4学年の調査問題については、各設問の正答者数が手立て③④を講じることによって増加することが期待される。また、第6学年の調査問題については、「第1種てこ」「第2種てこ」を含む2種類以上のでこの使い方を解答できる児童数が増加することが期待される。

「とじこめた空気と水」の学習で学んだ、空気や水のせいしつが関係していると思うものに○を、関係していないと思うものに×をつけましょう。

自転車の図	エアバッグの図	扇風機の図	花瓶の図
ア. 自転車のタイヤ (○)	イ. 自動車のエアバッグ (○)	ウ. せんぷうき (×)	エ. 花びん (×)
食パンの図	風車の図	緩衝材の図	墨汁の入れ物の図
オ. 食パン (○)	カ. 風車 (×)	キ. かんしょう材 プチプチ (○)	ク. 墨汁の 入れ物 (○)

図4 第4学年科学的概念の適用に関する調査問題

足のついた花だんの下に、ボールがはまってしまい、取れなくなりました。棒でつついても動かないため、花だんを持ち上げてボールを取ることにしました。

あなたなら、どのようにして花だんを持ち上げますか。考えられる方法を、できるだけ多くかきましょう。

図5 第6学年科学的概念の適用に関する調査問題

4-4 結果と考察

(1) 理科学習に関する意識の変容について

まず、質問紙調査で得られた各項目の値について Tukey の多重比較検定を行い、事前における両群の有意差について分析を行った。検定結果を表 5・6 の中央列にそれぞれ示す。なお、「事前平均」は児童が選択した4肢(1当てはまる、2どちらかといえば当てはまる、3どちらかといえば当てはまらない、4当てはまらない)の平均値であり、数値が低いほど肯定的にとらえていることを表している。また、検定において有意水準 1%で有意な差が見られたときは** ($p < .01$)、有意水準 5%で有意な差が見られたときは* ($p < .05$) として示す(以下同様)。

表5 第4学年意識調査におけるA群(N=76)とB群(N=76)の比較(Tukeyの多重比較検定)

第4学年		事前平均	事前A群と事前B群		事後平均	事前A群と事後A群 (事前B群と事後B群)	
			t 値	p 値		t 値	p 値
項目1	A群	1.23	-2.13	.03 *	1.26	-0.53	.60
	B群	1.37			1.42	-1.07	.29
項目2	A群	1.46	-0.08	.94	1.39	1.53	.13
	B群	1.47			1.48	-0.31	.76
項目3	A群	1.28	2.01	.05 *	1.38	-2.12	.04 *
	B群	1.16			1.22	-1.18	.24
項目4	A群	1.43	1.99	.05 *	1.61	-3.50	.00 **
	B群	1.30			1.19	2.18	.03 *
項目5	A群	2.72	-1.15	.25	2.51	2.39	.02 *
	B群	2.85			1.89	11.32	.00 **
項目6	A群	1.78	-0.98	.33	1.80	-0.18	.85
	B群	1.88			1.64	3.16	.00 **

(p 値 **:1%有意 *:5%有意) 各 t 値の検定では無回答や欠席者により標本数が若干異なるものがある。

表6 第6学年意識調査におけるA群(N=76)とB群(N=76)の比較(Tukeyの多重比較検定)

第6学年		事前平均	事前A群と事前B群		事後平均	事前A群と事後A群 (事前B群と事後B群)	
			t 値	p 値		t 値	p 値
項目1	A群	1.34	2.38	.02 *	1.37	-0.69	.49
	B群	1.20			1.34	-3.31	.00 **
項目2	A群	1.56	-0.05	.96	1.61	-0.91	.36
	B群	1.57			1.59	-0.58	.56
項目3	A群	1.48	1.35	.18	1.49	-0.31	.76
	B群	1.38			1.36	0.60	.55
項目4	A群	1.54	1.19	.23	1.59	-1.01	.32
	B群	1.45			1.34	1.93	.06
項目5	A群	3.09	1.29	.20	2.90	3.05	.00 **
	B群	2.93			2.74	3.10	.00 **
項目6	A群	2.07	0.17	.86	1.89	2.82	.00 **
	B群	2.05			1.70	5.41	.00 **

(p 値 **:1%有意 *:5%有意) 各 t 値の検定では無回答や欠席者により標本数が若干異なるものがある。

検定の結果、いずれの学年も事前調査で一部の項目について有意水準 5%で有意な差が見られるものの、一貫してどちらかの群の値が高いということではない。そのため、両群に本調査に影響を与えるほどの差はないと判断した。

次に、手立ての有効性を検証するため二元配置分散分析を行い、さらに項目ごとに Tukey の多重比較検定を行った。検定結果を表 5・6 の右列にそれぞれ示す。なお、「事後平均」も前述の「事前平均」と同様、数値が低いほど肯定的にとらえていることを表している。

事前・事後の変化（標本内因子）と A 群・B 群の差（群）の交互作用については、第 4 学年の項目 4（F 値 8.05、自由度 1、 $p=.0052$ ）及び項目 5（F 値 19.9、自由度 1、 $p<.0001$ ）のみで有意であり、B 群の平均値の上昇の程度が A 群よりも有意に大きくなった。検定結果に基づく考察は、以下の通りである。

【項目 1】理科の授業の内容はよくわかる（自己効力感）

事前・事後ともに高い意識の状態を維持している。このことから、手立て①②によって、自己効力感を高い状態で維持することができたことがわかる。ただし、第 6 学年 B 群においては、事後に意識が有意に低下している。この結果より、手立て③で設定した課題の難易度によっては、自己効力感を低下させる可能性があると考えられる。

【項目 2】理科の勉強は好きだ（興味）

両群とも概ね高い意識の状態を維持している。このことから、手立て①②によって、理科に対する興味を概ね高い状態で維持することができたことがわかる。

【項目 3】理科の勉強は大切だ（重要性）

第 4 学年 A 群では事前から事後にかけて意識が有意に低下し、B 群では有意な差は見られず高い意識の状態を維持している。第 6 学年の両群では事前と事後に有意な差は見られず、高い意識の状態を維持している。このことから、手立て③④によって、理科学習の重要性の意識を高い状態で維持することができたことがわかる。

【項目 4】理科の勉強をすれば、私のふだんの生活や社会に出て役立つ（有用性）

第 4 学年 A 群では事前から事後にかけて意識が有意に低下し、B 群では有意に上昇している。前述したように、統計的な有意な交互作用が認められる。また、第 6 学年の両群では事前と事後に有意な差は見られないものの、B 群は上昇傾向にある。このことから、手立て③④によって、理科学習の有用性の意識を高める可能性が高いことがわかる。

【項目 5】将来、理科や科学技術に関する職業に就きたい（長期的な目標）

第 4 学年及び第 6 学年の両群とも、事前から事後にかけて有意に意識が上昇しており、特に第 4 学年 B 群での上昇がより顕著である。前述したように、統計的な有意な交互作用が認められる。このことから、手立て③④によって、少なくとも第 4 学年では、理科学習に関する長期的な目標の意識を向上できる可能性が高いといえる。A 群においても意識が有意に上昇した理由については、事前調査において両群の児童とも長期的な目標について問われたことによって、それに対する意識が喚起された可能性があると考えられる。

【項目 6】理科の授業で学習したことをふだんの生活の中で活用できないか考える

（実生活への適用）

第 4 学年 A 群では事前と事後の意識に有意差は見られず、B 群では事前から事後にかけて意識が有意に上昇している。また、第 6 学年の両群では事前から事後にかけて意識が有意に上昇しており、B 群の上昇がより顕著である。このことから、手立て③④によって、学んだことを実生活へ適用しようとする意識を向上できる可能性が高いといえる。

(2) 科学的概念の適用力について

図4・5に示した調査問題を用いて、検証授業後における児童の科学的概念の適用力を測定した。

第4学年については、頻度の差に関するフィッシャーの直接確率検定を用いて、各設問についての正答者数がA群とB群で有意に異なるかを調べた。また、1問を1点としたときの全8問の合計点については、t検定を用いてA群とB群の平均値に有意差があるかを調べた。その結果を表7に示す。

表7 第4学年 調査問題におけるA群とB群の比較

設問	正解者数		p 値	
	A 群 (N=74)	B 群 (N=73)	**:1%有意 * :5%有意	
ア	74	69	.06	
イ	74	71	.24	
ウ	50	65	.00 **	
エ	68	60	.09	
オ	6	65	.00 **	
カ	50	56	.27	
キ	72	69	.44	
ク	30	52	.00 **	
合計点	平均値		t 値	p 値
	5.75	6.99	6.57	.00**

第4学年では、設問ウ・オ・クの3問についてB群がA群よりも正解者数が有意に多く、その他の5問については同程度の正解者数となった。8問の合計点についてもB群の平均値が有意にA群を上回った。このことから、手立て③④を講じたことによって、児童の科学的概念の適用力が高まる可能性があるといえる。

第6学年についてはフィッシャーの直接確率検定を行い、花壇を持ち上げる方法のうち、「第1種てこ」「第2種てこ」を含む2種類以上を解答した人数、及びそれ以外（1種類を解答、もしくは誤答）の人数がA群とB群で有意に異なるかを調べた。その結果を表8に示す。

表8 第6学年 調査問題におけるA群とB群の比較

	2種類以上	左記以外	p 値
			**:1%有意 * :5%有意
A 群	0 (0.0%)	71 (100%)	.00 **
B 群	17 (23.0%)	57 (77.0%)	

第6学年では、「第1種てこ」「第2種てこ」を含む2種類以上を解答できた児童数が、B群でA群よりも有意に多くなる傾向が見られた。このことから、手立て③④を講じることによって、児童の科学的概念の適用力を高める可能性があるといえる。

5. まとめと今後の課題

本研究の目的は、小学校段階で、児童の科学的概念を身の回りの事物・現象に適用させる力を育てるとともに、理科学習への意欲を向上させることを包括した単元展開モデルを開発し、この効果を検証することであった。本研究の結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 質問紙調査の結果、手立て③④の実施にかかわらず、A・B両群において、項目1及び項目2に関して概ね高い水準で意識を維持することができた。また、項目3～6に関して、手立て③④を実施したB群において理科学習に関する重要性の意識を高い状態で維持し、有用性の意識を高め、長期的な目標の意識を向上させ、学んだことを実生活へ適用しようとする意識を高める傾向が見られた。
- (2) 調査問題の結果、第4学年においては、手立て③④を講じたB群で、科学的概念を適用して考える問題全8問のうち3問の正解者数がA群よりも有意に多くなり、合計点の平均値においても、有意に上回った。第6学年においても、期待された解答ができた児童数が、B群でA群よりも有意に多くなった。

以上により、本研究で設計した単元展開モデルは、理科学習に関わる「自己効力感」「興味」「重要性」「有用性」「長期的な目標」の意識を向上もしくは高い状態で維持させるとともに、科学的概念の適用力を高める可能性があることが示唆された。つまり、仮説として設定した「科学的概念の理解を促した後、科学的概念を身の回りの事物・現象や職業に適用させる場を設定することで、科学的概念の適用力を高めることができる」とともに、理科学習への意欲を向上させることができる」ことが概ね支持されたことから、本研究で設計した単元展開モデルは、児童をより「科学的概念を感得」した状態に導く手法である可能性が示された。

ただし、第6学年においては、単元展開モデルの実施によって、「理科の授業の内容がよくわかる」という意識（自己効力感）を高い状態に維持しながらも有意な低下が見られた。このことは、設定した課題の難易度がやや高いと感じた児童がいたことを示しており、単元を通して学んだ科学的概念を適用して思考させる際、児童に困難さを感じさせないための課題設定の工夫についてさらに検討することが今後の課題である。

また、単元展開モデルによって科学的概念の適用力を高める可能性があることについて、本研究では、単元を通して学んだ科学的概念を直後の授業で適用する問題への正解者数の増加から判断したため、内容の異なる科学的概念について適用力が高まるかについては知見を与えるものではない。且つ、本研究で見られた効果についても時間の経過に伴って消失しうる可能性も否定できない。さらに、他の授業者がこの単元展開モデルを用いた場合や本研究で実施した以外の単元や他の学年においても同様の効果が見出せるかは不明である。今後の研究において、これらの疑問点に答えることが課題である。また、本単元展開モデルを用いるために必要な授業時間数をどの学年でどの程度設定できるかについて、他教科との連携も含めて今後検討を行いたい。

注

1. (1当てはまる、2どちらかといえば当てはまる、3どちらかといえば当てはまらない、4当てはまらない)の4肢選択の回答結果から、全員が(1当てはまる)を選択した場合は指標値が100に、全員が(4当てはまらない)を選択した場合は指標値が0となる。
2. 国立教育政策研究所(2013)では、「適用」を「活用の枠組み」の一つとして示しており、「理科で学んだ

自然の事物・現象の性質や働き、規則性などに関する知識・技能を、実際の自然や日常生活などに当てはめて用いること」としている。本研究においても、「適用」を同意として捉えている。

3. “感得”とは、「奥深い道徳や真理などを感じ悟ること」（大辞泉）という意味であり、児童が「科学的概念」を理解するだけでなく、身の回りの事物・現象を感じ取る「感性（興味・関心）」と「科学的概念」とを統合的にはたらかせながら物事を捉えることができる状態を表す言葉として用いる。森（1992）は、子どもの「わかる」を「理解している」レベル、「理解する」レベル、「感得する」レベルの3つに大別し、いわゆる「目から鱗が落ちる」型のわかり方を「感得する」と述べた。本研究における「感得」の定義とは異なるが、科学的概念の深い理解を求める点は共通している。

引用文献

- Berlyne, D.E. (1965) . *Structure and direction in thinking*: John Wiley. 橋本七重・小杉洋子（訳）（1970）『思考の構造と方向』明治図書
- 中央教育審議会（2016）『幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について』
Retrieved from http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf (accessed 2018.03.20)
- Festinger, L. (1957) . *A Theory of Cognitive Dissonance*: Row, Peterson and Company. 末永俊郎監訳（1965）『認知的不協和の理論』誠信書房
- 福岡敏行編著（2002）『コンセプトマップ活用ガイド』東洋館出版社
- 福岡敏行・笠井恵（1992）「観察・実験に導入する概念地図作り（CONCEPT MAPPING）に関する一考察～「水溶液」概念に関する課題において～」『日本理科教育学会研究紀要』第32巻，第3号，81-89.
- 鹿毛雅治著（2013）『学習意欲の理論 動機づけの教育心理学』金子書房，39-42.
- 国立教育政策研究所（2013）『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【小学校】』
Retrieved from <https://www.nier.go.jp/science-rpt/pdf/primary.pdf> (accessed 2018.03.20)
- 国立教育政策研究所編（2017）『TIMSS2015 算数・数学教育／理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の2015年調査報告書』明石書店，8，及び229-233.
- リベルタス・コンサルティング（2014）『平成25年度「学力調査を活用した専門的な課題分析に関する調査研究」「全国学力・学習状況調査の結果を用いた理科に対する意欲・関心等が中学校段階で低下する要因に関する調査研究」調査報告書』
Retrieved from http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2015/08/24/1361058_02.pdf (accessed 2018.03.20)
- 文部科学省（2017a）『小学校学習指導要領（平成29年告示）』，東洋館出版社，23-24.
- 文部科学省（2017b）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説総則編』，東洋館出版社，77.
- 森一夫・家野等・黒田篤志（1988）「内発的動機づけによる理科学習意欲の向上に関する教育方法学的研究」『大阪教育大学研究紀要』第37巻，第2号，321-332.
- 森一夫（1992）「発達と自然認識」『理科教育講座2 発達と科学概念形成』日本理科教育学会編，東洋館出版社，83-84.
- 森本信也（1989）「理科授業における学習者の Preconception の変容に関する一考察 - 「水の状

- 態変化」を事例として-」『日本理科教育学会研究紀要』第30巻，第2号，1-7.
- 小倉康（2016）「科学コミュニケーション社会における学校理科教育—学校と社会との効果的な連携のための実行可能な手法の提案」『日本サイエンスコミュニケーション協会誌』第5巻，第1号，40-45.
- 小倉康（2017）「中核的理科教員を活用した地域理科教育の改善 (1)科学的リテラシー指標値の利用」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』第15号，153.
- 沖野信一・山岡武邦・松本伸示（2016）「科学的概念の形成をめざした理科授業開発—作用・反作用の法則に関する指導法に焦点化して—」『理科教育学研究』第57巻，第2号，103-114.
- 清水誠（2010）「活用に向けた理科授業の改善」『理科の教育』第59巻，第691号，15.
- 和田一郎・長沼武志・森本信也（2015）「子どもの理科学習における表象移行を促進する教授方略に関する事例的研究」『理科教育学研究』第56巻，第2号，235-247.
- Wigfield. A. and Eccles.J.S. (2000) . Expectancy-value theory of motivation, *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68-81.

(2020年3月31日提出)

(2020年4月10日受理)

Development of a Unit Planning Model to Improve Positive Attitudes Toward Studying Science and to Enhance Ability to Apply Scientific Concepts Through Practices in Elementary School's 4th Grade "Enclosed Air and Water" and 6th Grade "Leverage"

KANDA, Michiyoshi

Lifelong learning promotion division, Department of lifelong learning,
Board of education, saitama city

OGURA, Yasushi

Faculty of Education, Saitama University

Abstract

This study aimed to develop a unit planning model to improve positive attitudes toward studying science and to enhance ability to apply scientific concepts into surrounding matters and events at elementary school level. The model is composed of four steps:

- a. presenting an event that makes pupils feel questions and be interested
- b. facilitating conceptual understanding by using teaching strategies
- c. presenting problems to be solved by applying learned scientific concept
- d. presenting stories that connect learning with careers

Experiment lessons were carried in units of 4th grade "Enclosed air and water" and 6th grade "Leverage" at an elementary school. Questionnaire surveys before and after the series of lessons to investigate the change of their attitudes toward studying science and tests of ability to apply learned scientific concept to surrounding matters and events were conducted. As the results, it was suggested that the unit planning model can improve the level of positive attitudes toward studying science and the ability to apply scientific concepts.

Key words : conceptual understanding, application of scientific concept, connection with careers, positive attitudes toward studying science