

博士論文

理科における学習の転移に関する研究

—中学生の実態を中心として—

堀田 晃毅

## 目次

序章 研究の背景と目的.....	4
第1節 学習の転移 .....	5
第2節 教育における学習の転移の課題と本研究の目的.....	9
第1章 先行研究のレビュー及び本研究のリサーチクエスチョン .....	11
第1節 理科が関わる学習の転移に関する国内の先行研究の整理.....	12
1—1 研究の収集.....	12
1—2 研究動向.....	12
1—3 国内の研究動向のまとめ.....	14
第2節 学習の転移に関する海外の先行研究の整理.....	15
2—1 研究の収集及び分析方法.....	15
2—2 コーディングスキーマに基づく分析結果と考察.....	19
2—3 学習の転移研究で行われた指導法.....	26
第3節 問題の所在 .....	31
第4節 本研究のリサーチクエスチョン (RQs) と論文の構成.....	32
4—1 本研究のリサーチクエスチョン (RQs) .....	32
4—1 本論文の構成と RQs の対応関係.....	32
第2章 学習の転移の捉え方の規定.....	34
第1節 本研究における学習の転移の定義.....	35
第2節 学習の転移における文脈の規定.....	37
2—1 転移で扱う文脈に関する理論的検討.....	37
2—2 本研究で扱う理科における学習の転移の文脈.....	42
第3章 調査方法の開発.....	44
第1節 検討する学習の転移が生じる条件と先行研究における課題.....	45
第2節 調査方法の考案.....	46
第3節 予備調査の問題作成と実施.....	47
第4節 予備調査の結果.....	51
4—1 基礎集計.....	51
4—2 転移課題の解答の記述分析.....	52

4—3 振り返り問題の結果.....	57
第5節 調査問題の改良.....	57
第4章 調査の実施 .....	62
第1節 調査の実施概要.....	63
第2節 文脈の違いによる学習の転移の実態.....	63
第3節 学習の転移と知識・気づきの関係.....	67
第4節 躰きの質的検討.....	71
4—1 転移課題の解答の記述分析.....	71
4—2 面接調査の実施.....	77
第5節 調査のまとめ.....	84
5—1 文脈の違いによる学習の転移の実態.....	84
5—2 学習の転移と知識・気づきの関係.....	84
5—3 転移課題を解決する際の思考過程と躰き .....	84
第5章 学習の転移を促す指導法への示唆.....	86
第1節 指導法への示唆.....	87
第2節 指導法への示唆を踏まえた授業展開の考案.....	91
終章 本研究の総括と今後の課題.....	97
第1節 本研究の総括.....	98
第2節 今後の課題 .....	100
引用文献 .....	101
巻末資料 .....	109
資料1 予備調査で使用した調査用紙（中学校第1学年） .....	110
資料2 予備調査で使った調査用紙（中学校第2学年） .....	115
資料3 本調査で使った調査用紙（A冊子） .....	124
資料4 本調査で使った調査用紙（B冊子） .....	132
資料5 第4章で使用したRのコード.....	140
謝辞 .....	143

## 序章 研究の背景と目的

## 序章 研究の背景と目的

### 第1節 学習の転移

学習の転移とは、以前に学習した知識やスキルが、新しい知識やスキルの学習およびそれらを実践することに影響を与えることであり (Cormier & Hagman, 1987), 経験したことがある問題の解決方法を次の問題解決に適用, 促進することである (服部, 2016; 犬塚, 2018)。人の学習を対象とした研究領域における学習の転移の捉えは、文献によって表現は異なるものの、学習者の習得した知識や技能、解決方法を異なる場面に活かすという点は共通であると考えられる。

学習の転移がどのようにして生じるかについては、多様な立場で理論が整理されている。20世紀初頭までは、形式陶冶説が中心的な考えであった。中谷 (1985) によると、この説では、心は記憶や推理、注意などいくつかの基本的な能力から成り立っており、この基本的な能力を鍛えておけば、さまざまな学習が可能となり、種々の問題に効果的に対処できるようになると考えられた。しかし、その後、こうした転移は常に生じるとは限らないとする結果も報告されるようになってきた。

形式陶冶説に代わり影響力を示し始めたのが、学習した内容と解決する課題で扱われる内容は同一でなければならないという、Thorndike と Woodworth が提唱した同一要素説である。また、「転移」(transfer) という用語は彼らが初めて認知研究に持ち込み、調査を実施したとされている (白水, 2012)。Thorndike and Woodworth (1901) は、20世紀初頭に中心的な考えであった形式陶冶説には科学的証拠がないことに注目し、形式陶冶説に基づく教育は限定的で特殊な能力を身に付けさせるだけで、様々な課題に応用可能な「一般的スキル」や「基礎的知力」の獲得には役立たないことを明らかにした (National Research Council, 2000)。

同一要素説と近い年代に登場したのが、ある場面において経験されたことが一般化され、それが別の場面に適用されるとき転移が起こるという Judd が提唱した「一般化説」である。Judd (1908) は、小学校第5・6学年の児童を2組に分け、水中12インチのところにある的に矢を射させる実験を行った。統制群は教師側からの介入を行わず、単に練習させ、実験群は、光の屈折の原理に関する説明を行い、矢を射させる実験との関係性を児童に理解させた上で練習させた。練習が終わった後、的に水中4インチのところへ移動し、再度的に当てるよう児童に指示したところ、実験群のほうが統制群よりも的中率が高いことが確認され

た。Judd は、実験群が説明された原理を一般化することができたため、別の場面に応用できたと考えている。

Thorndike と Woodworth が提唱した同一要素説に反対するもの（木村，1985）として、形態移調説も登場した。この説は、ゲシュタルト心理学者たちが提唱したものである。転移の重要な要因は同一の要素ではなく、2つの場面の形態の類似によるというものである（辻村，1979）。教育心理学事典（辰野，1956）では、形態移調説についてケーラー（Köhler, W）の実験を例に挙げ、次のように説明している。

鶏を、二つの灰色の中で暗い方に反応し、明るい方には反応しないように訓練したあとで、この暗い方の灰色と、それよりもっと暗い色とを提示したところ、鶏は多くの場合、新しい方の、より暗い灰色を選んだことから、反応はここの刺激の絶対的特質に対して行われるのではなく、刺激場面の全体的特質（形態）に対して行われるものであると考えた。したがって、二つの刺激の相互の関係（ここでは暗いという関係）が変わらなければ、たとえ個々の刺激の明暗は変わっても前と同じように反応すると考えた。（辰野，1956, pp. 57-58）

ケーラーの実験の場合、2つの場面の類似とは、「明るい色と暗い色の存在」を指す。鶏は、暗い灰色に反応し、明るい灰色には反応しないという訓練を通して「色」という絶対的な性質ではなく、「明暗」という関係性を学習した。そのため、事後の実験において、事前の訓練で暗い灰色として提示したものを明るい灰色とし、更に暗い灰色を（事後の実験における）暗い灰色として示したとき、鶏が後者に反応したという結果になったのは、「明暗」という形態に刺激を受けたからということになる。

同一要素説、一般化説、形態移調説は20世紀初頭に登場した理論であり、学習の転移が生じる代表的な理論とされている（木村，1985；辰野，1973；辻村，1979）。その後、20世紀の半ばから後半にかけて、Harlow（1949）の学習の構え、Gick and Holyoak（1980）の転移を類推として捉える立場も登場した。

Harlow（1949）は、サルを対象に、2つの異なる物体のうち、1つを選択すると報酬（餌）がもらえる実験を行った。サルは実験を繰り返すうちに、新たな問題においても急速に正反

応率が高くなる結果となった。これは、ある種の問題を学習する方法（学習の構え）が形成されたため、ある問題から異なる問題への転移が生じたとしている。

Gick and Holyoak (1980) の研究は、認知心理学者が行った転移研究のうち、最も著名なものであるとされている（白水, 2012）。Gick and Holyoak は、転移（類推）が生じる過程を3つに整理している。

- 参照する情報とターゲット問題の表現を構築する。
- 参照する情報の表現とターゲット問題の表現を対応させる。参照する情報とターゲット問題の領域が異なる場合、2つの間に類似したシステムを発見することで、ターゲット問題へのマッピングが始まる。
- マッピングを通して、解決策を導出する。

以上で述べたように、学習の転移は1世紀に渡り多くの研究がなされており（Barnett & Ceci, 2002）、様々な議論が展開されていることが窺える。その一方、転移に関して否定的な立場を取っているものもみられる。例えば Lave (1988) は、転移という考え方自体を捨てることを主張している。Lave は、スーパーマーケットやそれを模した実験で、買い物客が学校で教えるような形式的数学とは異なる計算をしていることを明らかにしている。このような事例から、具体的文脈から切り離された抽象的な推論の方略を、日常生活の問題解決に役立てるのは難しいという意見も見られる（National Research Council, 2000）。

また、転移は領域固有性（domain specificity）か、領域一般性（domain generality）かについて議論が分かれている。領域固有性は、認知が色々な領域に区切られていて、それぞれが独自の特徴や構造を持つとする立場、領域一般性は知識や推論をあらゆる領域に適用可能な汎用性を持つものとして解釈する立場であり（池田, 2012）、領域一般性の転移に関しては生じない可能性が高いことを指摘している（Sala & Gobet, 2017）。例えば、Tiruneh, et al. (2016) は、大学生を対象とした物理学の授業を通して、領域固有的な批判的思考と領域一般的な批判的思考の両方を育成する授業実践を行った結果、領域固有的な批判的思考は育成することができた一方、領域一般的な批判的思考の育成には効果がなかったことを報告している。

さらに、学習の転移は、必ずしも良い方向に繋がるとは限らない。先行経験が、後の学習を促進することを正の転移というが、先行経験が後の学習を妨害するという負の転移というものもある（崎濱, 2010）。負の転移の事例として最も広く引用されているもの（Woltz,

Gardner, & Bell, 2000) として, Luchins (1942) が挙げられる。Luchins は大学院生を対象に, 3つの水差しを組み合わせ、指定された水の量を測定するという題材を用いて転移の実態を調査している。表 0-1-1 に3つの水差しの組み合わせ, 指定された水の量を示す。

表 0-1-1 水差しの組み合わせ, 指定された水の量

問題	水差し A	水差し B	水差し C	指定された水の量
例題	29	3	—	20
1	21	127	3	100
2	14	163	25	99
3	18	43	10	5
4	9	42	6	21
5	20	59	4	31
6	23	49	3	20
7	15	39	3	18

※Luchins (1942) を和訳・一部抜粋

まず, 例題, 問題 1 を用いた指導を通して, 指定された水の量を得るために3つの水差しをどう使えばよいか考えさせる。次に, 問題 2 から問題 7 を大学院生自身に一通り解かせるという流れで調査が実施された。問題 1 から問題 7 は, いずれにおいても「水差し B - 水差し A - 2 × 水差し C」という操作をすることで指定された水の量を測定することが可能となっている。また, 問題 6 は「水差し A - 水差し C」, 問題 7 は「水差し A + 水差し C」のように, 共通の測定方法よりも簡単な方法で測定することが可能である。しかし, 被験者の大学院生 11 名全員が, 問題 1 を用いた指導で触れた「水差し B - 水差し A - 2 × 水差し C」という測定方法を全問に適用しており, 問題 6, 7 においても簡単な方法を用いていなかったことが明らかになった。問題 1 を通しての指導, 問題 2 から問題 5 で考えた測定方法が, 問題 6, 7 の簡潔な測定方法に気づくことを妨害していることが窺える。

以上のように, 学習の転移という理論に懐疑的な立場をとる研究者も見られること, また, 学習者にとって良い影響を与えるとは限らないことを念頭に置きつつ, 転移研究を行う必要がある。



## 第2節 教育における学習の転移の課題と本研究の目的

学習の転移は教育においても重要とされており (Perkins & Salomon, 1994), 往々にして引き起こすべき教育目標として使われる (白水, 2012)。例えば, 平成 28 年 12 月 21 日の中央教育審議会答申では, 学習指導要領の改訂にあたって, 学習する子供の視点に立ち, 育成すべき資質・能力を「知識・技能」「思考力・判断表現力」「学びに向かう力・人間性」という3つの柱で整理し, このうち, 「知識・技能」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概念としていくことが重要であると述べている (中央教育審議会, 2016)。転移について直接言及しているわけではないが, 学習内容を異なる場面へ活かすという点では同義であることが窺える。このように, 教育者は生徒が学習した内容を他の学習場面や異なる学年, そして家庭, 職場へと転移させることを望んでいる (National Research Council, 2000)。

しかし, これまでの認知研究において, 学習の転移は生じにくいことが指摘されている (例えば, Bransford & Schwartz, 1999 ; 白水, 2012)。例えば, Gick and Holyoak (1980) は, 大学生を対象に, ターゲットとして放射線問題, ベースとして要塞問題を用いた類推の調査を実施し, 実験実施者からのヒントがない状況で, 要塞問題で学習した内容を放射線問題の解決へ転移させることが可能か検討している。その結果, 要塞問題で学習した考え方が放射線問題の解決に使えることに気づいた者は 15 名中 3 名のみであり, ベースとターゲット間の類似性に気づくことができず, 転移に失敗していることが報告されている。

理科教育においても同様の課題が報告されている。例えば, 萩原・西川 (1999) は, 理科の学習において公式, 法則, 解法を一度教わっただけで解けるような問題は限られており, 学習場面と異なる状況の場合は解決不能となることが多いと述べている。また, 藤田 (2012) は, 大学生を対象に気圧を題材にした調査を行った結果, 科学的概念自体の基本的な理解が形成された (記憶として保持された) としても, その知識の転移が成立することは容易ではないことを明らかにしている。さらに, 学習の転移に直接言及してはいないものの, 中山・大場・猿田 (2004) の研究では, TIMSS1995 の中学校理科の結果を分析し, 「ロウソクの消える理由」課題の正答率は高い一方, 「二酸化炭素と消火器」課題の正答率は低いことを指摘している。両問とも, 小学校第5学年で学習する物の燃え方に関する知識を適用することで解決できるものである。しかし, 正答率が異なることから, 学習した知識を転移させることが場面によって困難な場合もあることが示唆される。

以上のように、理科で学習した内容を異なる場面へ転移させることに課題があるものの、近年では、アメリカの Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013) やドイツの科学スタンダード (Kultusministerkonferenz : KMK, 2020a, 2020b, 2020c), 経済協力開発機構の科学的リテラシーの定義 (OECD, 2016) などにおいて、科学教育の中心的な目標として、生徒が学習したことを応用して自然界や工学的な世界の現象を幅広い文脈で理解できるようにすることを求めている (Kubsch, et al., 2020)。このような現状を踏まえると、日本においても理科教育を通して学習の転移を促進することが重要であり、そのための研究を深める必要がある。

そこで、本研究の目的を、「理科における学習の転移の実態を明らかにし、学習したことを授業のみならず、日常生活等の場面でも転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法への示唆を導出する」とした。なお、本研究では理科で学習する知識の転移を扱う。

目的を達成するために、第1章では、先行研究のレビューを行い、先行研究の成果と課題を明確にし、その結果を基に研究全体のリサーチクエスチョン (RQs) を設定する。第2章以降は、それぞれの RQ に対応する理論的検討及び調査を実施し、終章にて総括を行う。

## 第 1 章 先行研究のレビュー及び本研究のリサーチクエスチョン

## 第1章 先行研究のレビュー及び本研究のリサーチクエスチョン

本章ではまず、理科に関わる学習の転移に関する国内外の先行研究を整理する。そして、これらの整理をもとに、問題の所在を明らかにし、本研究の目的を設定する。

### 第1節 理科に関わる学習の転移に関する国内の先行研究の整理

#### 1-1 研究の収集

理科に関わる学習の転移について、国内における先行研究を整理するためにシステマティックレビューを実施した。国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) が運営する電子ジャーナルプラットフォーム J-STAGE を用いて、心理学教育学系分野の査読あり論文を対象とし、タイトルあるいはキーワードに「転移」、そして文章内で「理科」という用語が使われているものを抽出した。2020年6月に検索を実施した結果、16件が該当し、内容を確認したところ、転移の実態やそれを促す要因の検討を目的とした研究は3件であった。これに加え、先述の条件は満たしているものの、検索時点では J-STAGE に未掲載のため表示されなかった2件を追加した計5件を分析対象として収集した。

#### 1-2 研究動向

該当した5件の研究内容を確認し、研究対象、学習内容と転移先、転移課題の実施時期、転移を促す4観点で整理した。その結果を表1-1-1に示す。

表 1-1-1 国内の転移研究の概要

研究	対象	学習内容 →転移先の文脈	調査の実施時期	転移を促す要因
I. 萩原・西川 (1999)	小5・6	生物の受精 →他の生物	指導直後	教材と転移させたい生物が同一のカテゴリーであることを認識させる。
II. 有川・丸野 (2000)	中1	てこの原理→工具(押し切り等)の操作	指導直後	原理の理解, 道具を用いた実践
III. 植阪 (2010)	中2 女子1名	学習方略(数学)→数学・理科の学習	経過観察(5か月に渡り9回の指導)	学習成果が表れたことによる学習観の変容
IV. 石井・橋本 (2013)	中1	数学(平面図形の作図)⇔理科(光の反射の作図)	指導した翌日	学習内容・解法の共通性, 関連付け
V. 石井・橋本 (2016)	中1	数学(作図)・理科(作図)→エアホッケー(作図)	指導から約1か月後	数学・理科の教師間の連携指導

調査対象に着目すると、小学校高学年が1件(I)、中学生が4件(II~V)見られた。学習内容と転移先の文脈との関係に着目すると、転移先として想定されている内容や文脈は多様であることが窺える。この関係については3つ見られた。1つ目は、授業時に扱った題材と異なる題材への転移(I, III)である。例えば、萩原・西川(1999)は、特定の動物で「受精」に関する内容を学習した後、他の動物でも、「受精」に関する内容を転移させることができるか調査を行っている。

2つ目は、異なる教科間での転移(III, IV, V)である。植阪(2010)は、1名の中学生に着目し、認知カウンセリングを実施する中で、「教訓帰納」という学習方略を数学の文脈

で指導し、数学の他の題材や理科の文脈へ転移が生じるプロセスを検討している。石井・橋本（2013, 2016）は、理科で学習する「光が鏡に反射して目に入るまでの作図」と数学で学習する「最短距離を求める作図」の共通点に気づき、理科での作図方法を数学の課題に転移させることができるか、あるいは数学での作図方法を理科の課題に転移させることができるか検討している。

3つ目は、教科での学習から日常生活で見られる現象への転移（Ⅱ, Ⅴ）である。有川・丸野（2000）は、「てこの原理」が関わるくぎ抜ききの操作学習を通して、同じ原理でも見た目が異なる押し切りなどの工具の操作の改善にも繋がるか検討している。また、石井・橋本（2016）は、石井・橋本（2013）の調査で扱った内容を、理科、数学それぞれの担当教師が連携して指導を行い、教科間での転移は生じるかに加え、日常生活で見られる、エアホッケーのバックの動きを考えることができるかを検討している。

調査の実施時期に着目すると、4件（Ⅰ～Ⅳ）が指導してから間もない時期に調査を実施しており、1件（Ⅴ）が指導してから約1か月後に実施していた。

転移が生じる要素としては、①学習内容の共通性に気付かせる（Ⅰ・Ⅳ・Ⅴ）、②原理を説明した後、その原理が関わる道具を実際に使用させる（Ⅱ）、③学習観の変容（Ⅲ）の3つがみられた。

### 1-3 国内の研究動向のまとめ

国内の研究を整理した結果、3つのことが明らかになった。1つ目は、学習の転移に着目し、その実態や生徒に学習の転移を促す指導法の検討をしている研究が少ないことである。今回整理した結果を踏まえると、転移を促す要因としては、①学習内容の共通性に気付かせる（Ⅰ・Ⅳ・Ⅴ）、②原理を説明した後、その原理が関わる道具を実際に使用させる（Ⅱ）、③学習観の変容（Ⅲ）の3つが見られた。先述の転移先の文脈と併せてみると、教科間、単元内の転移は①③、日常生活への転移は①②の指導法が有効である可能性があることが示唆された。しかし、研究数が少ないため今後も検証を重ねていく必要がある。

2つ目は、学習の転移の定義が明確にされないまま、研究が行われていることである。5件のうち学習の転移の定義について述べているものは、萩原・西川（1999）、植阪（2010）の2件のみであり、他の研究においては定義に関する言及は見られなかった。

3つ目は、調査方法が適切ではない可能性があることである。特に転移課題の実施時期に着目すると、I・II・IVでは、指導を行ってから時間を空けずに課題を出題しており、学習した内容を用いて考えればよいと学習者が気付いてしまう可能性がある。転移研究における実践では、授業後の転移課題の解答に際し、直前の授業で学んだことの使用を生徒に暗に示していることになり、転移が生じているか適切に調査できていないという指摘もあるように (Detterman, 1993)、授業実践と転移課題実施の間隔を開けるといった調査デザインが必要であると考えられる。

## 第2節 学習の転移に関する海外の先行研究の整理

第1節では、国内の先行研究を整理したが、数が限られており、学習の転移の研究動向を把握するためには諸外国の研究についても分析する必要がある。本節では、諸外国の研究動向を分析することにより、我が国の理科教育研究において学習の転移に関する研究を充実させる際に留意すべき点を導出することを目的とする。

### 2-1 研究の収集及び分析方法

#### 2-1-1 分析対象とする研究の選定と検索の基準

理科が関わる学習の転移について、諸外国における先行研究を整理するためにシステムティックレビューを実施した。分析対象の研究を収集するにあたり、第1段階として2020年6月に論文検索プラットフォーム「Web of Science」を用いて、次の基準を満たす主として英語で公開された査読論文を収集した。

第1の基準は、教育分野の論文タイトルに「transfer」というワードが含まれているかどうかである。この時点で1562件の論文が抽出された。第2の基準は、研究内容が理科(科学)教育に関連しているかどうかである。トピック検索で「science」というワードを指定して検索を行った結果、192件が該当した。この192件の中には、理科教育に関連がない、あるいは「transfer」を学習の転移という意味合いで使用していない論文も含まれていた。しかし、システム上、これ以上のスクリーニングを行うことが難しいため、第2段階以降は筆者が個別に論文を確認して選択を行った。選択する際の基準は次の通りである。

- 理科教育に関連しているか。

- 学習者の転移の実態把握や、学習者に転移を促すことを主目的として研究を行っているか。

なお、第2段階の抽出論文には、科学的概念の獲得を目的としており、概念の定着度を確認するために転移課題を用いて実態調査を行っている研究が含まれていた。しかし、本研究の目的には合致しないため、このような論文は除外することにした。

以上の手続きに基づいて論文の収集を行った結果、最終的に31件が分析対象の論文として抽出された。

### 2-1-2 コーディングの手順と分析方法

学習の転移に関する国内の研究のレビューでは、研究に際して想定されている転移の文脈、対象、調査手法は多様で個々の研究によって異なっていた。諸外国の転移研究においても、同様の傾向があると考えられるため、抽出した論文の分析に際しては、転移研究を行っている文脈を把握する「学習時の文脈」及び「転移させる時の文脈」、転移研究の対象や調査方法を把握する「研究対象者」、「測定手法」、「測定時期」を設定した。さらに、研究目的（研究タイプ）及び、学習の転移をどのように捉えているかを把握する必要があると考え、上記5つに「研究目的（研究タイプ）」「転移の捉え方」の2つを加え、合計7つのカテゴリーを設定した。下位カテゴリーについては、今回抽出した31件の論文をコーディングする過程で不足が生じた場合、その都度追加するという手続きを用いた。最終的なコーディングスキーマの一覧を表1-2-1に示す。なお、同一の論文内で学習の転移に関する研究目的や測定手法などが複数ある場合は、重複してカウントすることにした。以上の手順に基づき、31件の論文をコーディングした。全コーディングの結果は表1-2-2に示す。



表 1-2-1 分析のためのコーディングスキーマ

カテゴリー	下位カテゴリー
研究目的 (タイプ)	1.学習の転移に関する理論的検討 2.学習の転移の評価・測定 3.学習の転移を促進させる実践
転移の捉え方	1.学習内容を他の文脈へ適用すること, 2.類推的思考, 3.学習内容の再解釈, 4.その他, 5.明確な捉え方なし
学習時の文脈	1.物理領域, 2.化学領域, 3.生物領域, 4.地学領域, 5.手続き的知識に関する内容, 6.数学, 7.工学, 8.社会科学 (理科の学習内容が関わる), 9.その他
転移させる時の文脈	1.物理領域, 2.化学領域, 3.生物領域, 4.地学領域, 5.手続き的知識に関する内容, 6.数学, 7.工学, 8.社会科学 (理科の学習内容が関わる), 9.その他
研究対象者	1.未就学児, 2.小学生, 3.中学生, 4.高校生, 5.大学生
測定手法	1.質問紙, 2.面接, 3.行動観察, 4.学習記録
測定時期	1.授業終了後, 2.1週間以内, 3.1か月未満, 4.1か月以上, 5.継続的

表 1-2-2 収集した論文のコーディング結果

著者	研究目的	転移の捉え方	学習時の文脈	転移させる時の文脈	研究対象者	測定方法	転移課題の実施時期
Andreucci, Chatoney, & Ginestie (2012)	2	5	7	1	4	1	1
Brookes, Ross, & Mestre (2011)	2	5	1	1	5	1	2
Chase, Malkiewich, & Kumar (2019)	3	1	7	1	5	1	2
Chase et al. (2019)	3	5	9	1	3	1,3	2
Christopher Smith & Villarreal (2015)	3	5	2	2	5	1	4
Engle, Meyer, & Nix (2012)	1	5	-	-	-	-	-
Falloon (2020)	2	3	1	1	1	2,3	2,3
Foong & Daniel (2013)	3	1	8	5	3	1	2,3
Georghiades (2000)	1,3	4	1	1	2	1,2	3,5
Gilbert, Bulte, & Pilot (2011)	1	4	-	-	-	-	-
Gomez Ferragud, Solaz-Portoles, & Sanjose (2015)	2	2	2	2	3	2	4
Keiler (2007)	2	1	5	7	3,4	2,3,5	6
Khishfe (2014)	3	1	5,8	5,9	3	1,2	2
Khishfe (2013)	3	1	5,8	5,9	4	1,2,3	2
Khishfe (2019)	3	1	4,5	2,4,5	3	1,2	2
Kubsch et al. (2020)	3	1	1	1	3	1,2	4
Lachner, Ly, & Nuckles (2018)	3	3	7	8	5	1	2
Lin & Singh (2013)	2	1	1	1	5	1,2	1
Malkiewich & Chase (2019)	2	1	7	1	5	1,3	2
Nakakoji & Wilson (2018)	2	1	6	1,2,3,8	5	1	1
Nietfeld (2020)	3	5	9	9	2	1,5	2
Norman (2009)	1	1	-	-	-	-	-
Orton, Anggoro, & Jee (2012)	3	5	3	3	5	1	2
Penuel et al. (2019)	2	5	3	3	4	1	2
Piksööt & Sarapuu (2014)	3	1	3	3	4	1	2
Potgieter, Harding, & Engelbrecht (2008)	2	1	6	2	5	1	1
Rosen (2009)	3	1	2,4	2,4	2,3	1	2
Sadler & Fowler (2006)	2	4	3	5	4,5	2	1
Sasson & Dori (2015)	2	4	1,2	1,2,3	3,4	1	2
Solomon (1994)	2	2	2	2	4	1	5
Ucar (2014)	3	1	4	4	5	1	2

分析においては、コーディングの結果に基づき、カテゴリーごとに研究の分類、集計を行う。そして、カテゴリー内で割合が大きい項目、あるいは特色のある項目を中心に事例を確認しながら研究の動向を把握することを試みる。

### 2-1-3 導出，調査が行われた指導法の分析方法

学習の転移に関する理論的検討，あるいは調査によって導出された指導法や実践を通して効果検証を行った指導法を収集，整理することで学習の転移を促す際に有効な指導法の検討を行う。また，授業実践によって検証されている指導法については，学習前後や統制群との比較を通してどの程度効果があるか検討するために各研究の効果量を収集し，効果量が示されていない場合は統計量を基に筆者が効果量の算出を行い，効果量に基づいた検討を行う。これは，考案された指導法の効果について量的指標に基づいて確認することにより，転移の困難性についても考察することを意図している。

### 2-2 コーディングスキーマに基づく分析結果と考察

最初に，抽出した論文数の経年変化を把握する。図 1-2-1 に示すように，抽出した論文の発行年が最も古いものは 1994 年であり，経年変化を 6 年刻みで概観すると 2012 年から 2017 年が 12 件と最も多かった。学習の転移に関する研究の歴史は長いものの，理科が関わる研究については，2000 年前後よりも近年の方が多くなっていることが窺える。

以下，コーディングスキーマのカテゴリーごとの分析結果と考察について述べる。

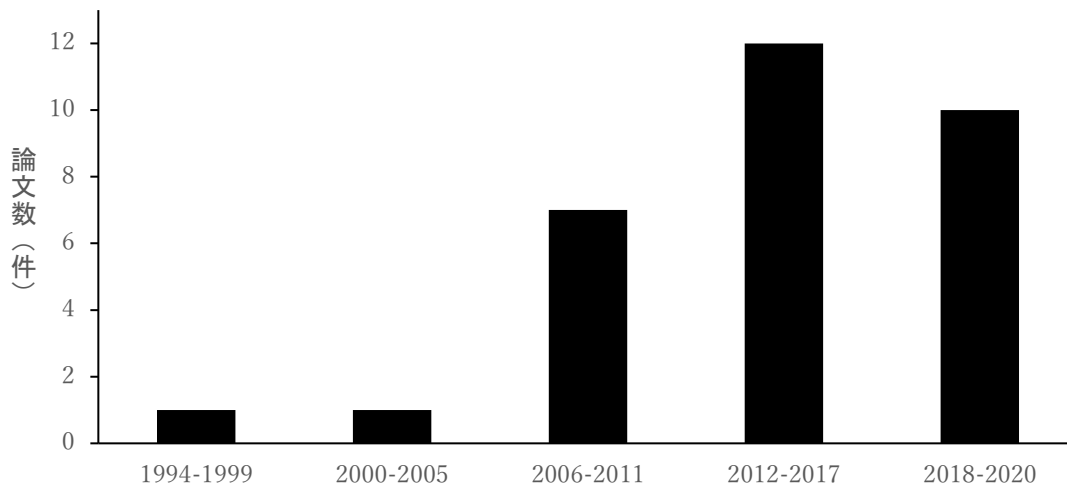


図 1-2-1 論文数の経年変化

### 2-2-1 着目している学習の転移の側面

研究目的を分類した結果、3つに大別することができた。その内容と結果を表 1-2-3 に示す。

表 1-2-3 研究目的のタイプ別の件数と割合

研究目的	件数	割合 <sup>注</sup>
1. 学習の転移に関する理論的検討	4	12.9
2. 学習の転移の評価・測定	13	41.9
3. 学習の転移を学習者に促進させる実践	15	48.4

注) 件数は重複カウント，割合 (%) は収集した研究数を分母としたため合計は 100 を超える。

1つ目は、理論的検討を通して、学習の転移を促す条件を検討することを目的とした研究である。例えば、Norman (2009) は、心理学における学習の転移に関する文献のレビューを通して、学習の転移を促す条件や阻害する要因を考察している。これらの研究は、学習の転移を促す指導方法を提言しているものの、実践には至っていない。また、理論的検討を踏まえて実践を研究内で行っているものも見られたが、基礎集計の報告に留まり、効果検証までには至っていない。

2つ目は、学習の転移の評価・測定に関する研究である。授業中における学習者の活動の様子を観察し、学習の転移が生じる要因を検討している研究（Malkiewich & Chase, 2019）や、学習者の転移の実態を把握するための調査の枠組み、問題を開発する研究が見られた（Penuel, Turner, Jacobs, Van Horne, & Sumner, 2019 ; Sasson & Dori, 2015）。

3つ目は、学習の転移を促進させる授業実践を通して、その効果を検証することを目的とした研究である。ICTを用いた指導や、複数の事例提示を行う授業実践を通して学習の転移を促すことができたかどうかを検討している。これに関する詳細は後述する。

### 2-2-2 学習の転移の捉え方

収集した31件の論文における学習の転移の捉え方を分類した結果を表1-2-4に示す。

表 1-2-4 研究における学習の転移の捉え方

学習の転移の捉え方	件数
類推的思考	2
学習内容の再解釈	2
学習内容を他の文脈へ適用すること	15
その他	4
明確な捉え方なし	8

まず、転移の捉え方が明確に示されているものとして、類推的思考と学習内容の再解釈がそれぞれ2件見られた。前者は、現在取り組んでいる課題と今まで学習した内容との間にある類似性を手がかりに考えるというものであり、学習の転移を類推的思考と捉えているSolomon（1994）は、ベースとなる内容を教える際、文脈の種類や形式の違いによってターゲット問題の成績に影響を及ぼすかを検討している。後者は、知識を単純に適用するのではなく習得した知識を解釈し直し、その中から課題に適用できる情報を見つけて考えるというものであり、Lachner and Nuckles（2018）は、文章による説明と口頭による説明の違いが学習の転移に影響を及ぼすかどうかを検討している。

一方、転移の捉え方が明確になっておらず、学習内容を他の文脈に適用するという一般的な表現に留まっているものが15件で最も多かった。これらの研究では、転移の捉え方が類推的思考や学習内容の再解釈といったレベルで具体化されておらず、学習内容をどのように適用するのかについて具体的には言及されていない。なお、適用する文脈も研究によって異なるため、学習の転移における文脈の影響を検討するためには、研究において用いた文脈の種類を明確にしておくことも重要である。

### 2-2-3 学習と転移の文脈

収集した論文のうち、学習時の文脈と転移させる時の文脈について記載が見られたのは28件であった。なお、1つの研究で複数の実験を実施し、その実験ごとに学習時の文脈と転移させる時の文脈を設定しているものもあるため、本項で示す件数は重複カウントである。

今回収集した論文は大きく3つに大別される。1つ目は、学習時の文脈と転移させる時の文脈を同じ領域内で想定した17件である。その中で物理が5件と最も多かった。これらの研究は、ある題材で解法や考え方を学習し、それを他の題材に用いて考えることができるか調査することを目的としている。

2つ目は、学習時の文脈とは異なる文脈における転移を想定した8件である。例えば、今回3件見られた工学から物理の文脈への学習の転移の例として、工学の授業でレゴブロックを用いたカンチレバー（一端を固定、他端は自由とした構造）の製作を通して、その構造に関わる物理の重心に関する知識を学習し、物理の文脈に関する課題へ学習したことを転移させることができるか調査している（Malkiewich & Chase, 2019）。

3つ目は、化学、地学の学習内容とともにその内容に関する知識がどのように生み出されるかに関する知識である手続き的知識（例えば、独立変数や従属変数の概念、変数制御の方略など）を授業で扱い、そこで得られた知識・考え方を転移させることを目的とした研究である。これに関しては3件とも Khishfe (2013, 2014, 2019) が行ったものである。地学や社会科学に関する授業の中で、科学についての知識である Nature of Science（以降は NOS と記載）の指導を行い、他の題材の課題においても NOS の知識を用いて解決することができるか調査している。

以上のように、研究で扱う文脈は多岐に渡っていることが窺える。しかし、学習時の文脈と転移させる時の文脈との間にどのような関係があるかについて理論的検討を行っているものはあまり見られなかった。学習時と転移させる時の文脈の関係を明示的に検討し、論文中に記載すべきであると考ええる。

#### 2-2-4 研究対象者

調査や教育実践などを実施している 28 件に着目し、各研究が対象としている校種をまとめた結果を表 1-2-5 に示す。なお、同一研究内における研究対象が複数の校種になっている場合、重複してカウントした。表 1-2-5 に示したように、未就学児から大学生まで幅広い年齢層を対象として研究が行われていることが窺える。

表 1-2-5 研究対象者

研究対象者	件数	割合 <sup>注</sup>
未就学児	1	4.0
小学生	3	10.7
中学生	9	32.1
高校生	9	32.1
大学生	10	35.7

注) 件数は重複カウント、割合 (%) は収集した研究数を分母としたため合計は 100 を超える。

特に、中学生以降を対象としたものが多く見られ、最も多かったのは大学生の 10 件であった。一方、小学生、未就学児を対象としたものは少なかった。学習した知識等を別の文脈へ転移させることに主たる関心がある転移研究では、低年齢を対象とした場合、転移を想定した学習内容の設定や評価の難しさなどが影響していると考えられる。

### 2-2-5 測定手法

学習の転移の測定を行っている 28 件の研究についてコーディングした結果、調査用紙を用いた測定、面接調査、行動観察、学習記録の 4 種類が抽出された。抽出結果を整理したものを表 1-2-6 に示す。今回最も多かったのは調査用紙を用いた測定で 24 件、次点で面接調査が 10 件であった。

表 1-2-6 測定手法

測定手法	件数	割合 <sup>注</sup>
調査用紙を用いた測定	24	85.7
面接	10	35.7
行動観察	5	17.9
学習記録	2	7.1

注) 件数は重複カウント、割合 (%) は収集した研究数を分母としたため合計は 100 を超える。

調査用紙を用いた測定としては、学習した文脈とは異なる文脈で問題を出題し、学習者が学習内容を転移させて解決できるか測定しているものが多く見られた。例えば、工学の授業で重心に関する知識を学習し、物理の文脈に関する課題へ学習したことを転移させることができるかを調査している Malkiewich and Chase (2019) は、物理の問題として、紙で作った鳥を枝の上で安定させるためにどの部分の紙を切り取ればよいか、地震が来たときに丈夫な建物の構造を考えさせる問題を出題している。調査用紙を用いた測定は多くの学習者に学習の転移の実態を調査することが可能だが、Penuel et al. (2019) の研究結果から、学習前後の成績の伸びが題材や使用する問題の組み合わせによって異なることが明らかになっている。問題の内容や出題順によって、学習者の実態が変動してしまうことに留意する必要があると考える。

面接調査を実施している研究として、Sadler and Fowler (2006) は、遺伝子治療を実施することについて被験者に意見や反論を述べることを求め、その際、学習した遺伝に関する内容を転移させて述べるができているかを評価している。面接調査は学習者の課題を解



決する際の思考の様相を把握することに適しているが、1 調査あたりに時間がかかるため、多くの人数を対象に実施することが難しい。

一方、測定手法を複数用いて学習者の実態を把握しているものも見られた。Kubsch et al. (2020) は、面接調査を用いて学習者が持っている知識をどのように整理しているかを把握し、調査用紙で転移課題を出題している。そして、2つの結果を組み合わせ、知識を整理している学習者の方が転移課題の成績がよいかを検討している。調査項目が多くなるため、対象者への負担は大きくなるが、複数の調査方法の組み合わせによってより詳細な学習者の実態把握に繋がると考える。

#### 2-2-6 測定時期

学習の転移の測定を行っている 28 件の研究について測定時期別にコーディングした結果を表 1-2-7 に示す。測定時期として今回多く見られたのは、授業終了後に調査を実施したもので 17 件である。

表 1-2-7 測定時期

調査の実施時期	件数	割合 <sup>注</sup>
授業終了後	17	60.7
1 週間以内	3	10.7
1 か月未満	3	10.7
1 か月以上	2	7.1
継続的な調査	1	3.6
明確な記載なし	5	17.9

注) 件数は重複カウント、割合 (%) は収集した研究数を分母としたため合計は 100 を超える。

一方、複数の段階で調査を実施しているものや年間を通して転移の実態を測定しているものも見られた。前者の例として、Georghiades (2000) は、電気分野に関する知識を転移させて解決する課題を授業終了後から 1 週間後、2 か月後 (学期末)、8 か月後 (学年末) の

3段階で実施している。Georghiades (2000) はメタ認知活動を取り入れた指導が学習の転移を促すかを検討しており、調査の結果から効果があることを明らかにしている。後者の例として、Keiler (2007) は、データ分析に関する技能を、他の学習内容へ転移させることができているかを授業観察や面接を通して継続的に調査し、学習者のデータ分析に関する実態を明らかにしている。

測定時期は研究ごとに異なるが、Detterman (1993) は、転移研究における実践では授業後の転移課題の解答に際し、直前の授業で学んだことの使用を生徒に暗に示していることになり、転移が生じているか適切にできていないと指摘している。これを踏まえると、測定時期は単元や授業終了後だけではなく、Georghiades (2000) や Keiler (2007) のように間隔を開けたり、継続的に調査を実施したりするといった考慮も必要であると考えられる。

## 2-3 学習の転移研究で行われた指導法

### 2-3-1 検証している指導法

学習の転移を促す条件や指導法の効果を検証した研究は20件みられた。その内訳を表1-2-8に示す。

表 1-2-8 検証している条件や指導法

指導法	件数	割合
ICT を用いた指導	5	25.0
複数の事例提示	4	20.0
知識の体系化を促す	3	15.0
転移させたい内容の明示的な指導	3	15.0
教師側の指導の工夫	3	15.0
メタ認知を促す指導	1	5.0
他教科の理解度	1	5.0

表 1-2-8 に示すように、検証している指導法は多岐に渡っており、検証している指導法で最も多かったのは ICT を用いた指導で5件、次点は複数の事例提示で4件であった。

ICT を用いた指導としては、月の満ち欠けの様子をコンピューター・シミュレーションで学習し、その学習内容に基づいて他の天体の満ち欠けを考える (Ucar, 2014)、アニメーションを用いて固体が溶けて液体になる様子を学習し、その学習に基づいて溶解に関する問題を解決する (Christopher Smith & Villarreal, 2015) といった実践が行われている。

複数の事例の提示では、学習させる内容と関連する事例をいくつか提示し、それを関連付けながら学習することで生徒に転移を促すことができるかを検討している。例えば、Orton, Anggoro, and Jee (2012) は、生物の進化の学習においてテキストを用いなかった場合、複数のテキストを段階的に見せた場合、複数のテキストを関連付けながら一緒に見せた場合という3つの指導を実施し、学習者の転移課題の成績に違いがあるか調査している。

理論検討、実態調査の結果を踏まえて指導法への示唆を導出している研究は8件見られた。その結果を表 1-2-9 に示す。

表 1-2-9 導出された指導法の示唆

指導法	件数	割合 <sup>注</sup>
指導する際の文脈の考慮	3	37.5
教師の指導の仕方	3	37.5
批判的思考を促す指導	2	25.0
スキルや知識の十分な理解を促す	2	25.0
問題解決への参加	2	25.0
その他	5	-

注) 件数は重複カウント、割合 (%) は収集した研究数を分母としたため合計は 100 を超える。

指導法への示唆として多かったのは、指導する際の文脈の考慮、教師の指導の仕方それぞれ3件であった。学習する際の文脈について、例えば Gilbert, Bulte, and Pilot (2011) は、知識を転移する能力を促進するようなものでなければならないとし、学生の興味と密接したものを選択する必要があることを指摘している。また、Engle, Lam, Meyer, and Nix (2012) は、教師が授業を、生徒が二度と使うことのない何かを学ぶという一度きりの場とするか、あるいは生徒が生涯にわたって積極的に関わっていく問題の最初の議論の場として構成す

るかで学習の転移が促されるかどうかは左右され、前者は限定された文脈であることから学習の転移を妨げる傾向があるが、後者はそれを推奨する傾向があることを述べている。これらを踏まえると、学習者に学習の転移を促進させるためには、授業で扱う文脈の検討が重要であると考えられる。

教師の指導の工夫については、学習者が転移させる際に必要となる知識や技能を十分に理解しているかを把握した上で指導を行うこと (Keiler, 2007) や単に課題の解決方法を教えるのではなく、生徒に実際に考えさせ、解決方法に含まれる様々な原理の適用可能性を考えさせる指導を行うこと (Lin & Singh, 2013) が挙げられる。

これらの研究で導出された指導法は示唆に留まっているため、授業実践を通して効果検証を行っていく必要があると考える。

### 2-3-2 授業実践で検討した指導法の効果量

研究目的 3.の学習の転移を促進する実践研究に着目し、指導法がどの程度有効であったかを分析するために効果量を確認し、報告されていないものについては統計量を基に算出した。なお、どのような転移を想定するかは研究によって異なるため、本結果のみから学習の転移に有効な指導法を一般化することは難しく、本比較は参考であることに留意したい。

ハッティ (2018) は、教育に関するメタ分析研究を広く収集し、それらの平均効果量が  $d = 0.40$  であることを明らかにしている。本研究においても  $d = 0.40$  を基準とし比較を行う。研究目的 3.に該当する 16 件のうち、10 件は効果量が記載、あるいは効果量の算出に必要な統計量が記載されていた。統計量が記載されていたものについては、山田・井上 (2015, pp. 103-117) を参考にして効果量を算出した。効果量を整理した結果を表 1-2-10 に示す。なお、1 つの研究内で複数の調査を実施しているものがあるため調査数は重複カウントである。

表 1-2-10 各指導法の効果量 ( $d$ )

指導法	比較対象	実践で扱った文脈 (内容)	調査数	平均効果量 ( $d$ )
ICT を用いた指導	学習前後 <sup>a</sup>	化学 (物質), 地学 (天体)	3	1.02
	別の指導方法 <sup>b</sup>	地学 (天体)	1	0.52
	統制群 <sup>b</sup>	化学 (融解と溶解, 物質), 地学 (天体)	4	0.41
教師の足場かけ	学習前後 <sup>a</sup>	生物 (発現・遺伝)	2	0.50
	別の指導方法 <sup>b</sup>	工学 (内燃機関)	1	0.67
	統制群 <sup>b</sup>	生物 (発現・遺伝)	2	0.27
複数の事例提示	1つの事例提示 <sup>b</sup>	工学 (重心), 生物 (進化)	2	0.54
	統制群 <sup>b</sup>	工学 (重心), 生物 (進化)	2	0.85
転移させる知識の明示的な指導	統制群 <sup>b</sup>	社会科学 (遺伝子工学・水道水) ※授業で扱った題材と関連している	6	0.81
		社会科学 (遺伝子工学・水道水) ※授業で扱った題材と関連していない	6	0.86
		地学 (プレート)	2	0.96
		化学 (原子構造)	2	0.69
		授業では地学の内容を扱い、課題では複数の題材を出題 地学 (恐竜)	3	0.61
		社会科学 (地球温暖化)	2	0.47
		社会科学 (遺伝子工学)	2	-0.05
全体平均 [95% CI] (被験者間 <sup>b</sup> , $n = 35$ )				0.62 [0.43, 0.81]
全体平均 [95% CI] (学習前後 <sup>a</sup> , $n = 5$ )				0.81 [0.08, 1.54]

注: a 同一被験者による学習前後の比較, b 異なる被験者間の比較

表 1-2-10 に示したように、本比較に含まれる指導法は ICT を用いた指導、教師の足場かけ、複数の事例提示、転移させる知識の明示的な指導の 4 つであった。効果量の範囲は  $d = -0.05 - 1.02$ 、各研究の誤差を被験者レベルの標本誤差と研究レベルの標本誤差の 2 つで捉える変量効果モデルに基づく全体平均は群間比較の調査の場合、 $d = 0.62$ 、学習前後の調査の場合、 $d = 0.811$ ) であり、基準とした  $d = 0.40$  を下回っているものは 2 件であった。このた

め、検証された指導法の多くは学習の転移を促す際に有効である可能性が高いと考えられる。

効果量の値が負になっているものは、転移させる明示的な指導を地学の授業で実施し、社会科学（遺伝子工学）に転移させるという文脈のものである。学習内容の明示的な指導は、授業で扱った文脈と関連度が高いものに転移させたいときには有効な指導法であり、関連度が低いものについては他の指導法を検討の方が望ましい可能性がある。

平均効果量は正の値であるものの、個別の研究に着目すると負の値を示したものが、ICTを用いた指導・統制群との比較の中で見られた。負の値が見られたものは、大学生を対象に、融解と溶解に関する内容をアニメーションで提示しながら授業を行うものである。一方で、小学生を対象に月や太陽といった天体に関する授業、中学生を対象に原子モデル、化合物といった化学に関する授業を行ったものは正の値を示していることから、アニメーションを用いた指導で学習の転移が促進されるかどうかは学習内容や対象者の発達段階に依存する可能性がある。

また、中村・山根・西内・雲財（2019）は、テクノロジーを使うこと自体が資質・能力の育成に影響するのではなく、テクノロジーの活用の仕方が資質・能力の育成に影響することを指摘している。例えば、大学生を対象に月の満ち欠けの授業を実践した Ucar（2014）は、シミュレーションソフトを地球、月、太陽の相対的な位置や月の満ち欠けを観察するために用いており、使用する前に講義形式で月と地球の軌道に関する指導を行っている。口頭やテキストのみでなく、シミュレーションソフトを用いて天体を俯瞰的に見る活動を通して理解を深めることで、異なる文脈への転移に繋げることを試みている。テクノロジーをただ利用するのではなく、その利用が学習者の転移を促す際にどのような意図があるかを明確にした上で、授業の中に組み込む必要がある。

以上のことから、学習の転移の促進や困難性について議論する際は、「近い転移」または「遠い転移」といった転移課題の特性や、指導方法の妥当性についても考慮した検討が必要になると考える。

### 第3節 問題の所在

国内外のレビュー結果（第1節，第2節）から，問題点は2つ挙げられる。1つ目は，研究における学習の転移の捉え方が明確にされていないことである。学習の転移の捉え方として最も多く見られたのは，「学習内容を他の文脈へ適用する」というものであるが，「他の文脈」が「学習した文脈」とどの程度違うのかについては研究ごとに異なる。効果量の分析結果が示しているように，同じ指導法でも文脈の違いによってその効果が異なる可能性があるため，どのような文脈への転移を想定した研究とするのか明確にしておく必要がある。

なお，転移の文脈と指導法の関係については，第1節において，異なる教科間，同じ領域内で転移を促す際には，学習内容の共通性に気づかせるための複数の事例提示や学習者の学習観を変容させることが有効である可能性が示唆されている。また，日常生活への転移は，複数の事例提示や原理を説明した後，その原理に関わる道具を実際に使用させる活動を設けることが有効である可能性が示唆されている。表 1-2-10 に示した効果量の比較から，単一の領域内での転移を促す際には，4つの指導法は有効である可能性が示唆できるものの，ある領域で学習した内容を，異なる領域や日常生活へ転移を促す際に有効であるかの検証の数は少ないため，更なる調査の蓄積が必要である。

2つ目は，学習の転移の実態を把握する際の調査方法が適切ではない可能性がある。海外の研究のレビューから，題材が異なる問題を数種類準備しておくことや出題順，調査を実施する時期の考慮が必要であることが窺える。本研究で収集した研究の中で多く見られた調査手法は調査用紙を用いた測定であったが，出題内容や順序が生徒の実態把握に影響を及ぼすことが報告されている（Penuel et al., 2019）。特に，学習者の転移の実態を授業前後で比較する際，授業前後で使用する調査問題の題材を共通にするのか，または変更するのか，それぞれの長所や短所について考慮する必要がある。また，測定時期についても一考する必要があり，Detterman (1993) の指摘を踏まえると，授業実践と調査を実施する時期の間隔を開けるといった考慮をすることが望ましいと考える。

## 第4節 本研究のResearch Questions (RQs) と論文の構成

### 4-1 本研究のResearch Questions (RQs)

学習したことを、学校内のみならず日常生活等の場面においても転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法を提案するために、本章では国内外の先行研究を詳細にレビューし、転移研究における成果と課題を明確にした。その結果、先行研究においては、理論検討、実態調査、授業実践を通して転移を促す要因を様々な文脈で検討していることが明らかになった。一方、第3節で述べたように、これらの研究は、①学習の転移の捉え方、特に、学習時の文脈と転移の文脈の関係が明確にされていない、②学習の転移の実態を把握する際の調査方法が適切ではない可能性があるという課題が残る。この2点の課題を解決しない限り、生徒の学習の転移の実態を正確に把握することはもちろん、学習したことを学校内のみならず、日常生活等の場面でも転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法を提案することは難しい。

以上のことを踏まえ、本研究のRQsを次の4つに整理した。

RQ1：理科における学習の転移の捉え方はどのようなものか

RQ2：学習の転移の実態をどのように評価すればよいか

RQ3：生徒の学習の転移に関する実態はどのようなものか

RQ4：生徒が学習したことを自発的に転移できるよう、どのように指導をすればよいか

以上のRQsを検討することで、本研究の全体の目的である、「学習したことを学校内のみならず、日常生活等の場面においても転移させることができる生徒の育成を目指した有効な指導法を提案すること」の達成を目指す。

### 4-1 本論文の構成とRQsの対応関係

本研究では、4つのRQを順に検討する。RQ1を通して、学習の転移の捉え方、特に学習時の文脈と転移させるときの文脈の関係を明確にすることで、RQ2の調査方法の開発へ繋がる。RQ3では、RQ2を通して開発した評価方法を用いることで、学習の転移の実態を明確にすることが可能になる。そして、先行研究やRQ1~RQ3を通して明らかになった学習の



転移に関する生徒の実態を踏まえることにより、RQ4における指導法への示唆の導出に繋がる。これらのRQと本論文の章の構成の関係を整理すると、図1-4-1のようになる。次章以降、これらの構成に従い研究を進める。

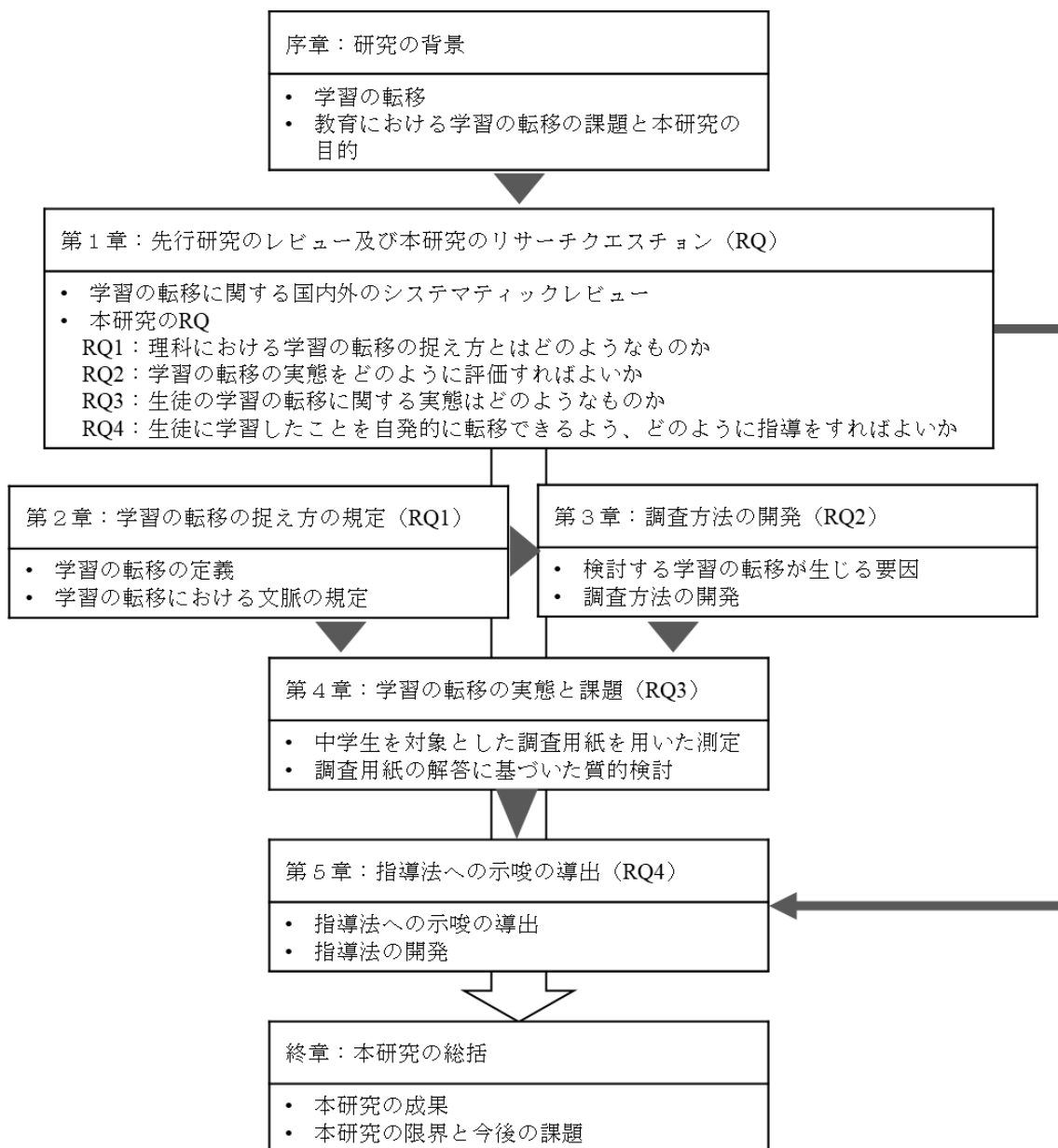


図 1-4-1 本論文の構成と各章における検討課題

## 第2章 学習の転移の捉え方の規定

## 第2章 学習の転移の捉え方の規定

第1章で、国内外の理科に関わる先行研究を収集・整理した結果、問題点の1つとして、学習の転移の捉え方が明確にされていないまま、研究が行われていることが明らかになった。本章では、この問題を解決するために、文献、先行研究を基に本研究における理科の学習の転移を規定し（第1節）、本研究で扱う転移の文脈を検討する（第2節）。

### 第1節 本研究における学習の転移の定義

心理学における学習の転移の定義を整理し、それを基に理科における学習の転移を規定する。まず、学習の転移の定義について述べている文献を概観し、整理したものを表 2-1-1 に示す。

表 2-1-1 心理学の文献における学習の転移の定義

著者	定義
古畑 (1973)	先行の学習や訓練が後続の別の学習または作業に影響を及ぼすこと。
辻村 (1979)	以前学習したことがらが、後の学習に影響を及ぼすこと。
木村 (1985)	ある学習が他の学習にもたらす影響。
中谷 (1985)	ある学習がその後の別の学習に影響を及ぼすこと。
Cormier & Hagman (1987)	以前に学習した知識とスキルが、新しい知識とスキルの学習と実行の方法に影響を与えること。
芝田・森井・岡部 (1988)	先行学習が後続学習に影響を与えること。
ガニエ (1989)	新しい状況における知識の活性化と適用である。
National Research Council (2000)	ある文脈で学習したことを別の新しい文脈で活かすこと。
吉田 (2004)	先行する学習が後の学習に影響を及ぼすこと。
崎濱 (2010)	先に経験したことが後の学習に影響を与えること。
服部 (2016)	先に経験した問題解決行動が、後続する問題解決を促進すること。
犬塚 (2018)	経験した解決方法を次の問題解決場面に適用すること。

表現は文献ごとに異なるものの、「先行学習が後続学習に影響を与える」という定義が多く見られる。しかし、「先行学習」「後続学習」「影響を与える」という表現は抽象的であるため、研究を遂行するにあたり、具体的にすることがある。

まず、「先行学習」については、知識やスキル (Cormier & Hagman, 1987)、問題解決の方法 (服部, 2016 ; 犬塚, 2018) といったように、学習を通して獲得するものを具体的に述べているものも見られる。

次に、「後続学習」については、問題解決場面 (犬塚, 2018) や新しい文脈 (National Research Council, 2000) を指しているものも見られ、学習の場面に限定していないものも見られる。

最後に、「影響を与える」については、活性化や適用 (ガニエ, 1989), 活かすこと (National Research Council, 2000) というように、学習内容を活かすという見解を持っているものがみられる。

以上の内容を踏まえ、本研究における学習の転移の定義を「学習した知識や技能を学習したときと異なる文脈で活かすこと」と規定した。しかし、第1章の内容を踏まえると、今回の定義における「異なる文脈」が「学習したときの文脈」とどの程度違うのかについては明確にできていない。転移を促す同じ指導法でも、文脈の違いによってその効果が異なる可能性があるため、どのような文脈への転移を想定しているか明確にしておく必要がある。

## 第2節 学習の転移における文脈の規定

### 2-1 転移で扱う文脈に関する理論的検討

第1節で述べたように、「異なる文脈」が「学習した文脈」とどの程度異なるのかについての説明が不足しているという課題が残る。そこで、文脈について具体的に説明をしている研究を整理し、本研究で扱う文脈の種類を明確化する。

学習の転移で扱う文脈について先行研究を概観したところ、該当する研究が3件見られた。1件目は、Barnett and Ceci (2002) である。Barnett and Ceci は、区別が曖昧とされる近い転移と遠い転移の違いを明確にするために、「何が転移するのか」及び「文脈」の2つを考慮する必要性を述べており、特に文脈については次の6つの視点があるとし、表2-2-1のような具体例を示している。

- ① 知識領域...知識が適用される領域はどこか。学習したときと同じ領域への転移であれば近い、学習したときは異なる領域への転移であれば遠いとする。
- ② 物理的文脈...転移させる場所が学習したときの場所と同じか、あるいは異なる場所か。学習したときと同じ場所での転移であれば近い、学習したときとは異なる場所での転移であれば遠いとする。
- ③ 時間的文脈...学習内容を転移させる時期が授業内かあるいは、授業終了後から時間が経ってからか。学習直後に学習内容を転移させる場合は近い、学習からしばらく経過してから学習内容を転移させる場合は遠いとする。

- ④ 機能的文脈...学習や転移が学術活動の一環であるか、あるいは、日常生活における活動の一環であるか。学術的な活動間の転移であれば近い、学術的な活動から日常での遊びへ転移させる場合は遠いとする。
- ⑤ 社会的文脈...個人学習の後、個人で学習内容を転移させるか、あるいは複数人と協力して学習内容を転移させるか。個人で転移させる場合は近い、複数人と協力して転移させる場合は遠いとする。
- ⑥ 調査形式...学習時や転移させる際、課題がどのような形式で出題されるか。学習したときと同じ形式で転移させる場合は近い、学習したときとは異なる形式で転移させる場合は遠いとする。



Barnett and Ceci によると、指導者側は生徒に教えた内容が、異なる知識の領域、学校外の物理的な文脈、数年後の一般的な文脈に転移することを望んでいることを踏まえ、教育においては①、②、③が重要であることを述べている。

2件目は Dori and Sasson (2013) である。Dori and Sasson も近い転移と遠い転移の違いを明確にするために、3次元転移スキルの枠組みを考案している(図 2-2-1)。

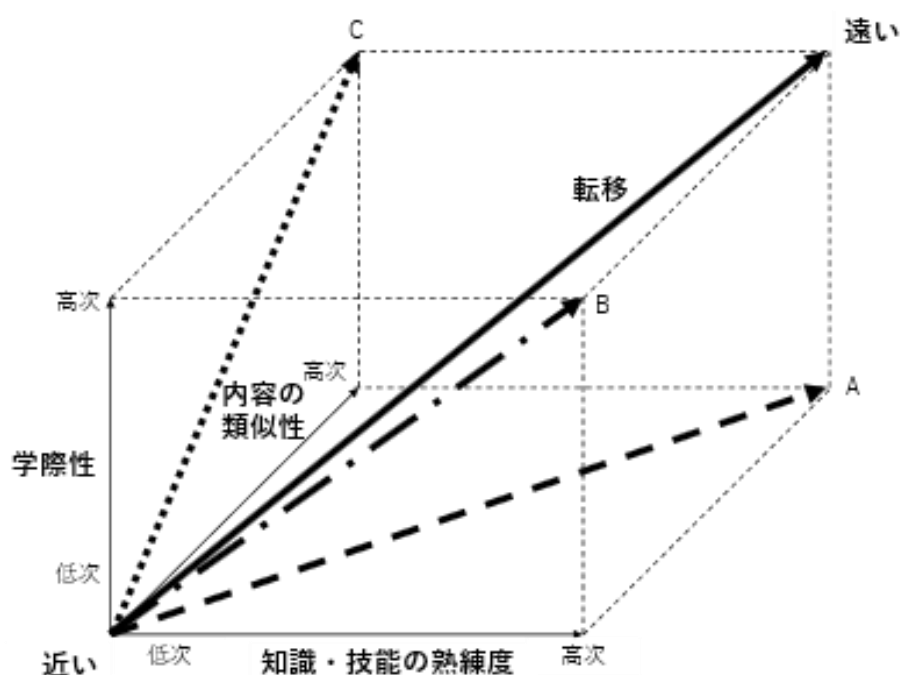


図 2-2-1 3次元転移スキルの枠組み

※Dori & Sasson (2013) を基に著者が翻訳

Dori and Sasson は、学習の転移を学習内容の類似性、知識や技能の熟練度、学際性(課題を考える際に必要となる内容領域の幅広さ)の3つの属性に分けて分類を行っている。そして、化学の内容と関連付けて、それぞれ例を挙げている。1つ目の学習内容の類似性については、類似性の高いものから、類似性がないものまでの範囲を持つ。化学教育の分野では、塩化ナトリウムの構造を学んだ後、塩化カリウムの構造を説明することが類似性の高いものとなる、一方、類似度が低いものとして、塩化ナトリウムの構造を学んだ後、黒鉛の構造を説明することが挙げられる。



2つ目の知識や技能の熟練度は、記憶する、想起するといった低次の思考スキルから、質問をする、調べる、グラフを描く、批判的思考といった高次の思考スキルまでの範囲をとる。

3つ目の学際性は、有機化学、生化学、量子力学などから始まり、最終的に、物理学と社会科学、生物学と哲学など、異質な領域の学問を統合するまでに至る。

以上の3つの属性を踏まえると、単一の領域で学習した内容と類似度が高く、低次の知識・技能で解決できる問題は近い転移、複数の領域がかかわり、学習した内容と類似度が低く、高次の知識・技能を必要とするものは遠い転移ということになる。

一方、Simons (1990, 1999) は、学習の転移を、近い、遠いではなく、学習者の学習展開に基づき、次の3つに分類している。

- ① 事前の知識とスキルから新しい学習への転移：(例) 英語で書かれた文章の読み方を学習するときに、自分が普段使用している言語に関する知識を使用する。
- ② 学習した知識とスキルから新しい学習への転移：(例) WordPerfect というテキスト処理プログラムの使用法を学んでおり、後に Microsoft Word の使用法を学ぶこととなっている。可能な限り簡単に Word の使用法を学習できるよう、WordPerfect の使用法を学習する。
- ③ 新しい知識とスキルから仕事や日常生活への転移：(例) 授業でフランス語での会話を学習し、フランス語を話すゲスト招いたときに、実際にフランス語で話してみる。

①と②は、先行学習で習得した知識やスキルを後続学習へ転移させるという点では共通であるが、先行学習が後続学習の内容を加味して行われているかどうかで異なる。③は、学習を通して習得した知識やスキルを日常生活の場面へ転移させるものとなっている。

Barnett and Ceci (2002) や Dori and Sasson (2013) は、学習時の文脈と転移させる際の文脈間の差異点に着目し、その差異の大きさによって近い転移と遠い転移を明確にすることを提案しているのに対し、Simons (1990, 1999) は、学習展開に着目して学習の転移を捉えることを提案している。

## 2-2 本研究で扱う理科における学習の転移の文脈

転移の文脈について説明している研究を概観すると、Barnett and Ceci (2002) や Dori and Sasson (2013) は、転移研究で捉え方が曖昧とされていた「近い転移」「遠い転移」を判断するための観点を設けることで、転移させる文脈を明確にしたものである。しかし、各次元における「近い」「遠い」を判断する基準は明確になっていないという課題がある。一方、Simons (1990, 1999) は、学習展開に着目した分類方法であるため、転移課題においても具体的な違いを明確に設定できるため、文脈の違いを比較可能な枠組みであると考えられる。しかし、Simons の具体例は文脈ごとに設定している学習場面が異なるため、理科の学習場面で整理できるか検討する必要がある。

そこで、実際に小学校第6学年理科で学習する「物の燃え方」を、それぞれの文脈に当てはめて検討した。検討結果について、Simons (1990) が示した例と併せて表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 「物の燃え方」の事例

転移の種類	Simons (1990) の事例	理科で想定される場面
事前の知識とスキルから新しい学習への転移	母国語の知識→英語の学習	既習内容→ 新しい単元の学習 (中2「化学変化・燃焼」)
学習した知識とスキルから新しい学習への転移	ソフト A の使い方→ ソフト B の使い方 (B を使えるように A を学習する)	単元内の学習 (各気体の性質→ ふたを閉めた集気びんの中でろうそくを燃やすとどうなるか)
学習した知識とスキルから日常生活への知識	フランス語の学習→ 人との会話	単元の学習→日常生活 (消火器が火を消す仕組み)

まず、事前の知識とスキルから新しい学習への転移について、Simons は母国語の知識を英語の学習へ転移させることを例として挙げている。「物の燃え方」の場合、学習した知識

を、中学校第2学年で学習する「化学変化・燃焼」に関する内容へ転移させることが想定される。

次に、学習した知識とスキルから新しい学習への転移について、Simons はソフト A の使い方をソフト B の使い方へ転移させることを例として挙げている。「物の燃え方」の場合、各気体の性質を学習した後、ふたを閉めた集気びんの中でろうそくを燃やすとどうなるか考える学習へ転移させることが想定される。

最後に、学習した知識とスキルから日常生活への転移について、Simons は、フランス語を学習した後、実際にフランス語を用いて人と会話することを例として挙げている。「物の燃え方」の場合、学習した各気体の性質を、二酸化炭素を用いた消火器が火を消す仕組みなどを考える際に転移させることが想定される。

以上の検討から、Simons の枠組みは、理科の学習場面においても適用することができる判断した。したがって、本研究の理科における学習の転移は Simons の捉え方を採用し、以下の3つの文脈に分けて設定した。

### 1. 単元内の転移

ある単元で学習した内容を用いて、同一単元の次の学習内容を考える。

※先行学習が後続学習の内容へ繋がる内容となっているため、Simons の枠組みでは、②に相当する。

### 2. 新しい学習への転移

ある単元で学習した内容を用いて、未習の異なる単元の学習内容を考える。

※1.と異なり、先行学習が後続学習の内容と繋がっていないため、Simons の枠組みでは、①に相当する。

### 3. 日常生活への転移

ある単元で学習した内容を用いて、日常生活で観察される現象を考える。

※Simons の枠組みでは③に相当する。

以上の規定を基に、3章では学習者の転移の実態を明らかにするための調査方法を考案する。

### 第3章 調査方法の開発

### 第3章 調査方法の開発

本章では、学習の転移の実態を把握するための調査方法の開発を行う。まず、調査で検討する学習の転移が生じる条件と先行研究における課題を述べる（第1節）。次に、第1節で整理した内容を踏まえ、調査方法を考案する（第2節）。そして、考案した調査方法で予備調査を実施し（第3節）、予備調査の結果を踏まえた改善を行う（第4節）。

#### 第1節 検討する学習の転移が生じる条件と先行研究における課題

学習の転移が促進される条件の1つとして、学習内容と転移課題間にある共通の原理・構造への気づきが挙げられる（例えば、石井・橋本，2013；Malkiewich and Chase，2019）。Malkiewich and Chase（2019）は、高校生を対象に工学の授業で扱った重心の知識を理科の文脈に転移させるための条件を検討するために、授業中の学生のペアでの活動を観察し、転移が成功した学生の特徴として、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造を見出していることを明らかにしている。このため、共通の原理・構造を見出すための活動を授業中に設けることが重要であるとしている。

しかし、第1章の内容を踏まえると、上記の研究に関して2つの問題がある。1つ目は、転移の定義の曖昧さである。石井・橋本（2013）は、解決方法が共通しているという理由から、理科で学習する「物体からの光を鏡が反射するときの光の通り道」と数学で学習する「最短距離の求め方」の転移について双方向の文脈から検討している。また、Malkiewich and Chase（2019）は、工学の授業で学習した重心に関する内容を工学以外の文脈へ転移させることを意図して理科が関わる内容を設定している。これらの研究は、学習の転移を促す条件について検討しているという点で共通しているものの、学習した文脈と転移させる文脈がどの程度異なるのかについて明確な言及がなされていない。

2つ目は、学習の転移を評価する調査方法である。多くの研究は転移の基盤となる学習を扱う授業の実施後、短期間のうちに学習の転移を評価する調査を行っている。しかし、Detterman（1993）が指摘しているように、このような転移研究における実践では転移課題の解答に際し、直前の授業で学んだことの使用を生徒に暗に示していることになるため、転移の評価としては課題が残る。このため、学習者の転移を適切に評価するためには、評価の時期と転移課題で扱う題材について、丁寧に検討する必要がある。

以上の内容をまとめると、学習の転移が生じる条件の1つとして、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきの重要性が示唆されていると考えられる。しかし、これらの先行研究では、学習した文脈と転移させる文脈がどの程度異なるのか十分な検討がなされていないため、転移させる文脈と転移が生じる条件の関連について十分に調査できているとは言い難い。そこで本研究では、学習の転移における共通の原理・構造への気づきの有効性について、学習した文脈と転移させる文脈との関係も踏まえて、検討することができる調査方法の考案を行う。

## 第2節 調査方法の考案

第1節で述べた、1点目の問題点については、第2章で学習の転移、転移で扱う文脈の規定を行った。この規定を基に調査方法を考案することで、転移させる文脈と転移が生じる条件の関連について把握することが可能になると考える。

2点目の問題点については、まず、調査対象者を検討した。本研究で扱う学習の転移の特性上、転移させる知識等を学習済であること、その知識等を前述した3つの文脈に展開できること、という2つの条件をクリアする必要がある。理科の学習指導要領や教科書に基づいて考えると、調査対象を小学生とした場合、転移させる学習内容の設定が難しく、3つの文脈に展開する課題を設定できない、高校生以上とした場合、理科の科目選択の影響を考慮する必要が生じるとともに、新しい学習への転移に関する課題が難しくなる可能性がある。以上を踏まえ、中学生を調査対象とすることが望ましいと判断した。中学生を対象とした場合、小学校で学習した内容を転移させて考えることができる単元が複数あるため、新しい学習への転移に関する課題設定が可能となる。

また、調査の形式について、先行研究においては、被験者にある事象を提示し、その事象が生じる仕組みや原因を既習の内容を用いて考えさせる問題（転移課題）を用意し、調査用紙を一斉配布して実施しているものが多い（例えば、石井・橋本，2013；Penuel et al., 2019）。本研究も、多くの生徒を対象に転移の実態を把握することが可能である調査用紙を用いた方法で学習の転移を評価することにした。また、複数の異なる文脈への転移において、学習内容と共通の原理・構造への気づきを把握する必要があることから、転移課題に加え、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造に気づいていたか振り返る設問、転移させる知識等を理解しているか確認する設問を加えることにした。

### 第3節 予備調査の問題作成と実施

学習の転移を評価する調査問題を開発することを目的とした Penuel et al. (2019) の研究において、問題の内容や出題順が転移課題の正答率に影響を与えることが示されている。そこで、問題冊子の作成に際し、異なる題材を2つ選定し、出題順が異なる2種類の問題冊子を作成した。作成した転移課題の概要を表 3-3-1 に示す。

表 3-3-1 転移課題の概要

扱う題材	物の燃え方 (小学校第6学年で学習)	圧力 (中学校第1学年で学習)
転移させる知識	酸素には物を燃やすはたらきがある。 二酸化炭素には物を燃やすはたらきがない。	圧力は、力の大きさ (N) ÷ 面積 (m <sup>2</sup> ) で求めることができる。
単元内の転移	集気びんの中に火をつけたろうそくを入れ、しばらくした後に観察される現象とその現象が生じる理由 (ろうそく問題)。	大気圧が大きいのは、標高が高いところか、低いところか。また、そのように考えた理由 (大気圧問題)。
新しい学習への転移	集気びんの中に火をつけたスチールウールを入れ、しばらくした後に観察される現象とその現象が生じる理由 (スチールウール問題)。	水を入れたペットボトルの側面に穴を開けたとき、一番水が勢いよく出るのはどの部分か。また、そのように考えた理由 (水圧問題)。
日常生活への転移	二酸化炭素を用いた消火器が火を消すことができる理由 (消火器問題)。	かんじきを用いることで雪の上を歩くことができる理由 (かんじき問題)。

1つ目の題材は、小学校第6学年で学習する物の燃え方に着目したものであり、「酸素には物を燃やすはたらきがある」「二酸化炭素には物を燃やすはたらきがない」という知識を転移させる。単元内の転移の文脈では、小学校第6学年で学習する「集気びんの中でろうそ

くを燃やしたときの反応」, 新しい学習への転移の文脈では, 中学校第2学年で学習する「鉄の酸化反応」, 日常生活への転移の文脈では, 「二酸化炭素を用いた消火器」を取り上げた。

2つ目の題材は, 中学校第1学年で学習する圧力に着目したものであり, 「圧力は, 力の大きさ(N) ÷ 面積(m<sup>2</sup>)で求めることができる」という知識を転移させる。単元内の転移の文脈では, 中学校第1学年で学習する「標高の違いによる大気圧の違い」, 新しい学習への転移では, 中学校第3学年で学習する「水深による水圧の違い」, 日常生活への転移では「雪の上を歩くために用いるかんじき」を扱っている。

転移課題の評価基準は, 各文脈の問題において, 観察される現象, 及びその現象が生じる理由を正しく記述しているものを1点, そうでないものを0点として評価することにした。なお, 各問題の1点の評価基準を物の燃え方は表3-3-2, 圧力は表3-3-3に示す。



表 3-3-2 転移課題の評価基準（物の燃え方）

転移課題	得点	基準
ろうそく問題 (単元内の転移)	1	酸素の割合に着目して解答することができる。 現象) 火が消える。 理由) 酸素の割合が小さくなったからろうそくの火が消えた。
	0	上記以外の解答。
スチールウール問題 (新しい学習への転移)	1	酸素の割合に着目して解答することができる。 現象) 火が消える。 理由) 酸素の割合が小さくなったからスチールウールの火が消えた。
	0	上記以外の解答。
消火器問題 (日常生活への転移)	1	酸素の割合に着目して解答することができる。 (酸素の割合を小さくするために、物を燃やすはたらきがない二酸化炭素を利用していることに気づくことができる。) 解答例) (物を燃やすはたらきがない二酸化炭素を吹きかけることで,) 酸素の割合を小さくすることができるから。
	0	上記以外の解答。

表 3-3-3 転移課題の評価基準（圧力）

転移課題	得点	基準
大気圧問題 (単元内の転移)	1	圧力の知識を用いて解答することができる。 大きくなる場所) 標高が低い地点を選択。 理由) 空気の層を物体とみたとき、空気の層が厚いほど、物体の大きさは大きく、その分地面に加わる力が大きくなるから。
	0	上記以外の解答。
水圧問題 (新しい学習への転移)	1	圧力の知識を用いて解答することができる。 水の勢いが強い場所) ペットボトルの底に近い場所 理由) 水を物体としてみたとき、底に近いところほど、水の量が多い=物体の大きさが大きいとなり、その穴に加わる力が大きくなるから。
	0	上記以外の解答。
かんじき問題 (日常生活への転移)	1	圧力の知識を用いて解答することができる。 解答例) 地面に接するところの表面積を大きくすることで、地面に加わる力を小さくすることができるから。
	0	上記以外の解答。

振り返り問題は3問設けた。1問目は、物の燃え方、圧力についての知識を自由記述式で列挙させるものである。転移させる知識を被験者が理解しているか確認するために設けている。2問目は、1問目で挙げた知識を使えることに気づいたか、「はい」「いいえ」の二択で答えさせるものである。既習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきが、転移課題の正誤に影響するか検討するために設けている。3問目は、2問目の質問への回答結果によって問いを変えた。「はい」と回答した場合、1問目に挙げた知識が使えると気づいた理由、「いいえ」と回答した場合、どのような知識を用いて考えたかを自由記述式で回答させるものである。

予備調査は、令和2年7月に広島県のA大学附属中学校第1学年78名、第2学年79名を対象に実施した。なお、学習進捗の関係上、第1学年の生徒に圧力の問題は出題していない。調査時間は、第1学年で20分から25分、第2学年で35分から40分程度であった。

## 第4節 予備調査の結果

### 4-1 基礎集計

予備調査の分析にあたっては、調査問題が転移課題として適切に機能しているか、被験者自身の気づきを把握することができるか確認した。

まず、基礎集計として表3-4-1に、表2に示した評価基準に基づいて評価した予備調査の結果を示す。

表3-4-1 予備調査で1点の生徒の人数及び割合（％）

扱う題材	物の燃え方 (N=157)		圧力 (N=79)	
単元内の転移	ろうそく	87 (55.4)	大気圧	19 (24.1)
新しい学習への転移	スチールウール	48 (30.6)	水圧	45 (57.0)
日常生活への転移	消火器	42 (26.8)	かんじき	52 (65.8)

物の燃え方に関する転移課題が1点（正答）であった被験者の割合は、単元内の転移においては半数以上、新しい学習への転移及び日常生活への転移においては約3割であった。一方、圧力に関する転移課題では、新しい学習への転移及び日常生活への転移において5割以上であるのに対し、単元内の転移においては約2割という結果になり、物の燃え方の問題とは対照的な結果となった。単元内の転移課題は、転移させる知識を学習したときの単元の中で扱っている題材から出題しているため、新しい学習、日常生活への転移課題より1点を獲得する生徒が多くいることを想定していた。しかし、単元内の転移課題として出題した大気圧問題の正答率が低い結果となったことから、圧力を題材とした問題が転移課題として適切に機能していない可能性がある。この可能性を検討するため、生徒の解答の記述分析を行った。

#### 4-2 転移課題の解答の記述分析

各転移課題の解答にどのような傾向が見られたか記述分析を行い整理した。まず、物の燃え方を題材とした転移課題に着目し、ろうそく問題（単元内の転移）の解答類型を表 3-4-2 に示す。

表 3-4-2 ろうそく問題（単元内の転移）の記述分析（ $N = 157$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	酸素の割合が少なくなる	62	39.5
	空気の入れ替えが行われない	22	14.0
	日常生活の経験から	3	1.9
0	説明は正解であるものの、生じる現象の解答が不正解	8	5.1
	酸素がなくなる	36	22.9
	二酸化炭素が多くなる	15	9.6
	その他	11	7.0

ろうそく問題が 1 点（正答）であった人数の割合は、55.4%であった。1 点の生徒の解答を確認すると、酸素の割合が少なくなる、空気の入れ替えが行われないといった解答が多く見られた。これらの解答は、小学校第 6 学年で学習する「物の燃え方」で学習する内容であり、学習した知識を転移させていることを確認することができた。また、0 点（誤答）であった生徒に着目すると、多くの生徒が「物の燃え方」に着目した解答となっていた。正誤に関わらず、「物の燃え方」に関する知識を転移させていたことが窺える。

スチールウール問題（新しい学習への転移）の解答類型を表 3-4-3 に示す。

表 3-4-3 スチールウール問題（新しい学習への転移）の記述分析（ $N = 157$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	酸素の割合が少なくなる	26	16.6
	酸化に関する知識を用いて	17	10.8
	空気の入れ替えが行われない	4	2.5
	日常生活の経験から	1	0.6
0	説明は正解であるものの、生じる現象の解答が不正解	7	4.5
	鉄の性質に着目した解答	41	26.1
	集気びんの中が酸素で充満されていると解答者自身で場面を設定して解答	30	19.1
	二酸化炭素が発生する	10	6.4
	誤った酸化の認識	3	1.9
	その他	18	11.5

スチールウール問題が1点（正答）であった人数の割合は、30.6%であった。1点の生徒48名の解答を確認すると、酸素の割合が少なくなる、空気の入れ替えが行われないといった解答をした者は30名見られ、半数以上の生徒が小学校第6学年で学習する「物の燃え方」で学習する内容を転移させていることを確認することができた。なお、17名の生徒は、中学校第2学年「化学変化」で学習する酸化に関する知識を用いて解答していた。そのうち、13名は中学校第2学年の生徒で、既習内容であるため、物の燃え方に関する知識を転移させてではなく、酸化に関する知識をそのまま用いて考えた可能性が高い。0点（誤答）に着目すると、一番多く見られたのが、鉄の性質に着目した解答で41名であった。スチールウールの火が消える理由を考えさせる課題であるものの、鉄が燃えた後、どのようなものに変化するか、あるいは、鉄が燃えるかどうかに着目した解答であった。この原因の1つとして、今回作成した課題は、見られる現象も解答させるものであったため、火が消えるという現象より、火が付いたことによるスチールウールの反応に着目してしまったためだと考える。

消火器問題（日常生活への転移）の解答類型を表 3-4-4 に示す。

表 3-4-4 消火器問題（日常生活への転移）の記述分析（ $N = 157$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	酸素の割合を少なくして火を消す	41	26.1
	日常生活の経験から	1	0.6
0	二酸化炭素は物を燃やすはたらきがない	48	30.6
	二酸化炭素は火を消す性質がある	34	21.7
	生徒自身が持つ消火器のイメージを基に	10	6.4
	その他	23	14.6

消火器問題が1点（正答）であった人数の割合は、26.8%であった。1点の生徒42名の解答を確認すると、酸素の割合を少なくして火を消すと解答をした者は41名見られ、小学校第6学年で学習する「物の燃え方」で学習する内容を転移させていることを確認することができた。また、0点だった生徒に着目すると、多くの生徒が「物の燃え方」に着目した解答となっていた。正誤に関わらず、「物の燃え方」に関する知識を転移させていたことが窺える。

次に、圧力を題材とした転移課題に着目し、大気圧問題（単元内の転移）の解答類型を表3-4-5に示す。

表 3-4-5 大気圧問題（単元内の転移）の記述分析（ $N = 79$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	空気の層＝物体の大きさと考え、圧力の知識を用いて	16	20.3
	日常生活の経験を用いて（ポテトチップスの袋）	3	3.8
0	説明は正解であるものの、生じる現象の解答が不正解	1	1.3
	大気圧に関する誤った知識を用いて （標高が高いほど大気圧は大きくなる）	29	36.7
	標高が高いと空気が薄くなる	19	24.1
	日常生活の経験の誤った適用	6	7.6
	その他	5	6.3

大気圧問題が1点（正答）であった人数の割合は、24.1%であった。1点の生徒の解答を確認すると、空気の層を物体の大きさとみなし、その大きさが大きいほど、地面に加わる力が大きくなる、すなわち、大気圧が大きくなると解答していた。これらの解答は、中学校第1学年で学習する「圧力」で学習する内容であり、学習した知識を転移させていることを確認することができた。一方、0点（誤答）だった生徒に着目すると、大気圧に関する誤った知識（標高が高いほど、大気圧が大きくなる）、標高が高いと空気が薄くなるといった解答がそれぞれ、29名、19名と多く見られた。圧力の知識を転移させて解答したものではないため、圧力を題材とした転移課題で機能していない可能性が高い。

水圧問題（新しい学習への転移）の解答類型を表3-4-6に示す。

表 3-4-6 水圧問題（新しい学習への転移）の記述分析（ $N = 79$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	水の量＝物体の大きさと考え、圧力の知識を用いて	23	29.1
	水圧の知識を用いて	22	27.8
0	圧力、あるいは水圧に関する誤った知識を用いて	16	20.3
	水の動き、質量のみに着目した内容	8	10.1
	摩擦、重力に着目した内容	6	7.6
	その他	4	5.1

水圧問題が1点（正答）であった人数の割合は、57.0%であった。1点の生徒の解答を確認すると、水の量を物体の大きさとみなし、その大きさが大きいほど、ペットボトルに開けた穴に加わる力が大きくなると解答した者が23名見られた。一方、水圧の知識を用いて解答している者も22名見られた。本来、圧力の知識を転移させる課題として作成したものであるが、水圧に関する知識を用いて解答する生徒が多く見られたことから、圧力の転移課題として適切に機能していない可能性が高い。

かんじき問題（日常生活への転移）の解答類型を表3-4-7に示す。

表 3-4-7 かんじき問題（日常生活への転移）の解答類型（ $N = 79$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1	圧力の知識を用いて	52	65.8
0	生徒自身が持つかんじきのイメージを基に	19	24.1
	その他	8	10.1

かんじき問題が1点（正答）であった人数の割合は、65.8%であった。1点の生徒の解答を確認すると、全ての生徒が圧力の知識を用いて、地面に接する面積を大きくすることで、足が雪に埋もれないようにするという解答をしていた。圧力の知識を課題に転移させていることが窺え、圧力の転移課題として適切に機能していると考えられる。

各転移課題の記述分析を行った結果、「物の燃え方」を題材とした転移課題では、正誤に関わらず、「物の燃え方」で学習する知識を転移させて課題に解答していることを確認することができた。したがって、転移課題として適切に機能していると考えられる。

改善点として、問題の形式を見直す必要があると考える。例えば、スチールウール問題（新しい学習への転移）に着目したとき、誤答の多くで、鉄の性質に着目するものが多く見られた。原因として、今回の転移課題では、見られる現象も考えさせる設問を設けていたことが挙げられる。本来、火が消えると解答させることを想定して設問を設けていたが、多くの生徒が鉄に火をつけることで、鉄がどう変化するかに着目していた。火が消えることを生徒に考えさせるために、問題文に見られる現象を提示しておき、その現象が見られる理由だけを考えさせる形式にすれば、筆者が想定する解答を得ることができると考える。

「圧力」を題材とする転移課題では、かんじき問題（日常生活への転移）は、転移課題として適切に機能していることが窺えるが、大気圧問題（単元内の転移）、水圧問題（新しい学習への転移）は適切に機能していない可能性があることが明らかになった。大気圧問題の場合、表 3-4-5 に示すように、0点（誤答）で多く見られた解答は、大気圧に関する誤った知識（例えば、標高が高くなるほど大気圧が大きくなる）を用いたものであり、既習内容である大気圧に関する理解が不十分のまま大気圧問題を考えていた可能性がある。大気圧問題は圧力の知識を転移させることを想定した問題であったが、（誤った）大気圧に関する知識を直接適用して解答しているケースが多く見られたことから、圧力の転移課題としては適していない。水圧問題の場合、大気圧問題と同様、水圧に関する知識（例えば、水深が深



いほど、水圧は大きくなる)、あるいは誤った知識を直接適用して解答しているケースが多く見られたことから、圧力の転移課題として適していない。

以上の内容を踏まえると、本調査に向けて、次の改良を行う必要があることが明らかになった。

- 「物の燃え方」に関する転移課題では、出題形式を修正し、問題文に見られる現象を提示し、その現象が生じる理由を説明させる設問のみを設ける。
- 「圧力」は、転移課題として扱う題材が適していない可能性があるため、異なる題材で転移課題を作成する。

#### 4-3 振り返り問題の結果

1問目は、物の燃え方、圧力についての知識を自由記述式で列挙させるものである。しかし、予備調査を実施した結果、多くの生徒が物の燃え方や圧力とは関係ない知識、単語のみの列挙といった回答をしており、生徒が正しい知識を持っているかどうかの判断が困難であった。このため、1問目の回答が影響する、2問目の問い「1問目で挙げた知識が転移課題を解決する際に必要であることに気づけたかどうか」、3問目の問い「どのように解いたか」を回答させる問題の分析を適切に行うことが難しい。したがって、問い方を全体的に見直す必要があると判断した。

#### 第5節 調査問題の改良

予備調査では、物の燃え方、圧力に関する転移課題を作成して実施した結果、圧力の問題は学習の転移を評価する題材として適していないこと、全体的に出題形式を見直す必要があることが明らかになった。そして、振り返り問題については全体的な見直しを行う必要があることが明らかになった。

これらの結果を踏まえ、調査問題の改良を行った。調査問題の改良に際し、公立中学校の理科担当教諭2名に改善点について意見を求め、主に振り返り問題についてアドバイスを得た。以下、具体的な改良点を述べる。

まず、転移課題については、題材を圧力から水の状態変化に変更することにした。また、予備調査問題では、単元内・新しい学習への転移課題においては観察される現象と理由を解答させるのに対し、日常生活への転移問題では理由のみを解答させるという問題構造であ

った。前者は、観察される現象も考える必要があるため問題の難易度が後者と比べて高くなっている可能性があったため、全ての設問で問題構造を統一した。表 3-5-1 に、上記の 2 つを踏まえて改良した調査問題の概要を示す。

表 3-5-1 改良した調査問題の概要

扱う題材	物の燃え方 (小学校第 6 学年で学習)	水の状態変化 (小学校第 4 学年で学習)
転移させる知識	酸素には物を燃やすはたらきがある。 二酸化炭素には物を燃やすはたらきがない。	水（液体）は温められると水蒸気（気体）になり、冷やされると氷（固体）になる。
単元内の転移	集気びんの中に火をつけたろうそくを入れ、しばらくした後に火が消える理由（ろうそく問題）。	湿った地面の上にプラスチックのコップを逆さまに置き、放置すると内側に水滴ができる理由（コップ問題）。
新しい学習への転移	集気びんの中に火をつけたスチールウールを入れ、しばらくした後に火が消える理由（スチールウール問題）。	夜や朝方に霧ができる理由（霧問題）。
日常生活への転移	二酸化炭素を用いた消火器が火を消すことができる理由（消火器問題）。	寒い日の朝、窓ガラスに水滴がつく理由（結露問題）。

1 つ目の題材は、予備調査と同じ小学校第 6 学年で学習する物の燃え方に着目したもので、問題も同じものを使用している。ただし、観察される現象は問題文中に提示し、その現象が観察される理由を解答させる形式に変更した。

2 つ目の題材は、小学校第 4 学年で学習する水の状態変化に着目したものであり、「水は温められると水蒸気になり、冷やされると固体になる」という知識を転移させる。単元内の転移の文脈では、小学校第 4 学年の水のゆくえで学習する、「逆さまにしたコップを湿った

地面にしばらく置いたときに見られる様子」，新しい学習への転移では，中学校第2学年の天気で学習する「霧ができる仕組み」，日常生活への転移では「結露」を扱っている。

評価基準は，物の燃え方の転移課題については予備調査と同じとした。新たに作成した水の状態変化の転移課題の評価基準については，水の状態変化に関する知識（水蒸気は冷やされると水に変化する）を用いて解答できていれば1点とし，それ以外は0点とした。詳細は表3-5-2に示す。

表 3-5-2 転移課題の評価基準（水の状態変化）

転移課題	得点	基準
コップ問題 (単元内の転移)	1	状態変化の知識を用いて解答している。 解答例) 地面から水が蒸発して，それが冷やされることでコップの内側に水滴ができた。
	0	上記以外の解答。
霧問題 (新しい学習への転移)	1	状態変化の知識を用いて解答している。 解答例) 空気中の水蒸気が冷やされることで，小さな水滴となり，それが空気中にただよっている。
	0	上記以外の解答。
結露問題 (日常生活への転移)	1	状態変化の知識を用いて解答している。 解答例) 空気中の水蒸気が，窓ガラス付近で冷やされることで水滴となり，それが窓ガラスにつく。
	0	上記以外の解答。

振り返り問題は，予備調査の結果を踏まえて問い方を大幅に修正し，図3-5-1に示すような形式にした。

- 次の(1)および(2)の項目について答えてください。
- (1) 各問題について、①その問題に解答するとき、理科に関するどのような知識を使って考えたか、②①で書いた知識は問題文のどの部分を見たとき使えると考えたか、それぞれくわしく説明してください。
- (2) 「ものが燃えることと、次に示す気体（酸素・二酸化炭素）の関係」について、説明してください。

図 3-5-1 振り返り問題の概要（物の燃え方）

具体的には、まず(1)において、各問題でどのような知識を用いて考えたか、そしてその知識を使おうと判断したのは、問題文のどの部分を見たときか尋ねることにした。これらの記述を基に、既習内容と転移課題間の共通の原理・構造に気づいているか判断する。評価基準は、転移課題を解決に必要な知識を明記することができていれば1点、そうでないものを0点とした。

次に(2)において、転移させる知識を理解しているか尋ねることにした。予備調査では、関係のない内容や単語のみを挙げたケースが多く見られたことを踏まえ、本調査では問題文に具体的な内容を提示し、その内容をどのように理解しているか記述させる形式にした。物の燃え方の場合、図2に示したように、物の燃え方と各気体（酸素・二酸化炭素）の関係について説明を求めた。また、水の状態変化の場合は、その現象を具体的に説明するよう求めた。評価基準は、転移課題の解決に必要な理解ができていれば2点、正しい理解はできていないものの転移課題の解決には関係のないものを挙げていれば1点、理解が不十分であれば0点とした。各問題の評価基準を表3-5-3に示す。

表 3-5-3 (2) 知識問題の評価基準

得点	物の燃え方（酸素・二酸化炭素）	水の状態変化
2	物の燃え方における各気体の性質を正しく書いている。	水の三態を、温度変化を踏まえながら正しく書いている。
1	各気体の性質を正しく書いているが、転移課題の解決には関係のない内容を書いている。	正しいが、転移課題の解決には関係のない内容を書いている。
0	上記以外の解答。	上記以外の解答。

なお、問題冊子は予備調査と同様、2種類用意した。また、時間的制約や生徒の認知負荷を考慮し、転移課題6問は全員に課すものの、振り返り問題については一方の題材に関する問題のみを出題した。水の状態変化の振り返り問題を掲載したものをA冊子、物の燃え方の振り返り問題を掲載したものをB冊子としている。

第4章では、本章で開発した調査問題を用いて、本調査を実施した結果を述べる。

## 第4章 調査の実施

## 第4章 調査の実施

本章では、第3章で開発した調査問題を用いて、本調査を実施した結果を述べる。第1節で調査の実施概要を述べ、第2節で、文脈の違いによる学習の転移の実態、第3節では、学習内容と転移課題間の共通性への気づきが、学習の転移において重要な役割を果たすか量的検討を行う。そして、第4節では、生徒の解答の記述分析や面接調査による質的検討を行い、生徒が学習内容を他の文脈へ転移させる際の躓きの要因を明らかにする。最後に、第5節で調査のまとめを行う。

### 第1節 調査の実施概要

本調査の対象は、転移課題で扱う題材の特性上、中学校第2学年で学習する化学変化、気象に関する内容を未習であることが条件である。この条件を踏まえ、広島県のA大学附属中学校第1学年75名、公立B中学校第2学年152名の計227名（A冊子：111名、B冊子：116名）を対象として、前者は令和3年3月中旬、後者は5月上旬に実施した。

### 第2節 文脈の違いによる学習の転移の実態

まず、作成した評価基準を基に被験者の解答を評価し、文脈の違いによる学習の転移の差異を明らかにした。なお、分析にあたっては統計ソフトR (ver3.6.3)を用い、追加のパッケージとしてはrstan (ver2.19.2)を使用した。分析は解答に不備のあった6名を除く221名（A冊子：107名、B冊子：114名）で行った。

転移課題が1点（正答）であった生徒の人数・割合を表4-2-1に示す。

表 4-2-1 各問題が1点の被験者の人数及び割合（%）（N=221）

扱う題材	物の燃え方		水の状態変化	
単元内の転移	ろうそく	74 (33.5)	コップ	86 (38.9)
新しい学習への転移	スチールウール	57 (25.8)	霧	49 (22.2)
日常生活への転移	消火器	44 (19.9)	結露	69 (31.2)

表 4-2-1 に示したように、正答率は 2 割から 4 割と全体的に低い傾向であった。問題の特性上、転移課題は学習した知識を単に当てはめるだけでは解決できない問題であるため、中学生にとって難易度が高かったことが窺える。

文脈の違いに着目すると、物の燃え方、水の状態変化の両方において、単元内の転移は、新しい学習、日常生活への転移より正答率が高い傾向が見られた。そこで、文脈間の難易度を比較するために、豊田 (2016) を参考にベイズ統計に基づく 3 つの 2 項分布による比率の推測を行った。本分析では、2 (正・誤) × 3 (文脈) のクロス表の推測をするため、データ生成分布として 2 項分布を用いる。事前分布については、各要素の出現確率の総和が 1 となる必要があることから、範囲が 0 から 1 までの一様分布を利用する。事後分布は Stan を用い、ハミルトニアンモテカルロ法によって近似した。具体的には、ソフトウェア R 上で rstan を実行し、長さ 21000 のチェーンを 5 つ発生させバーイン期間を 1000 とし、MCMC 法によって得られた 100000 個の乱数で事後分布、予測分布を近似した。分析の結果、各母数の Rhat はすべて 1.1 を下回ったので事後分布へ収束していると判断した。表 4-2-2～表 4-2-5 にそれぞれの母数の事後分布及び予測分布の数値要約 (EAP 推定) を示す。



表 4-2-2 EAP 推定値 (事後分布・物の燃え方)

	EAP	post.sd	2.5%	97.5%
$p_{\text{単}}$	0.336	0.032	0.276	0.399
$p_{\text{新}}$	0.260	0.029	0.205	0.319
$p_{\text{日}}$	0.202	0.027	0.152	0.257

表 4-2-3 EAP 推定値 (事後分布・水の状態変化)

	EAP	post.sd	2.5%	97.5%
$p_{\text{単}}$	0.390	0.033	0.327	0.455
$p_{\text{新}}$	0.224	0.028	0.172	0.281
$p_{\text{日}}$	0.314	0.031	0.254	0.376

表 4-2-4 EAP 推定値 (予測分布・物の燃え方)

	EAP	sd	2.5%	97.5%
$x_{\text{単}}^*$	74.4	9.9	56	94
$x_{\text{新}}^*$	57.5	9.2	40	76
$x_{\text{日}}^*$	44.6	8.4	29	62

表 4-2-5 EAP 推定値 (予測分布・水の状態変化)

	EAP	sd	2.5%	97.5%
$x_{\text{単}}^*$	86.3	10.2	67	107
$x_{\text{新}}^*$	49.6	8.7	33	67
$x_{\text{日}}^*$	69.3	9.7	51	89

要素間の差の検討については、「研究仮説 $U_{p_j < p_i} : p_i$ は $p_j$ よりも大きい」が正しい確率 $p(p_j < p_i)$ を、生成量のEAPで評価した。

$$U_{p_j < p_i}^{(t)} = \begin{cases} 1 & p_j^{(t)} < p_i^{(t)} \\ 0 & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

その結果を表4-2-6、表4-2-7に示す。そして、各要素が1点の被験者の割合が、「単元内の転移>新しい学習への転移・日常生活への転移」の関係になるという連言命題の確率を算出したところ、物の燃え方は96.1%、水の状態変化は95.5%であった。したがって、本調査で用いた既習内容、文脈の違いで比較した場合、単元内の転移より、新しい学習及び日常生活への転移の方が難易度が高いと解釈できる。

表 4-2-6 列のカテゴリが行のカテゴリより大きい確率（物の燃え方）

文脈	$p_{\text{単}}$	$p_{\text{新}}$	$p_{\text{日}}$
$p_{\text{単}}$	0.000	0.039	0.000
$p_{\text{新}}$	0.961	0.000	0.071
$p_{\text{日}}$	1.000	0.929	0.000

表 4-2-7 列のカテゴリが行のカテゴリより大きい確率（水の状態変化）

文脈	$p_{\text{単}}$	$p_{\text{新}}$	$p_{\text{日}}$
$p_{\text{単}}$	0.000	1.000	0.045
$p_{\text{新}}$	1.000	0.261	0.983
$p_{\text{日}}$	0.955	0.017	0.000

### 第3節 学習の転移と知識・気づきの関係

振り返り問題の結果に基づき、転移課題と既習内容の理解や、既習内容との共通の原理・構造への気づきの関係を検討した。なお、分析にあたっては統計ソフト R (ver3.6.3) を用い、追加のパッケージとしては polycor (ver0.7.10) を使用した。分析は解答に不備のあった 20 名を除く 207 名 (A 冊子 : 102 名, B 冊子 : 105 名) で行った。まず、基礎集計として、振り返り問題の(1)が 1 点, (2)が 1 点以上であった被験者の人数・割合について、冊子 A (水の状態変化) を表 4-3-1, 冊子 B (物の燃え方) を表 4-3-2 に示す。

表 4-3-1 冊子 A の振り返り問題で 1 点以上の生徒の人数及び割合 (N = 102)

設問	得点	人数	割合 (%)
(1)コップ	1	71	69.6
(1)霧	1	52	51.0
(1)結露	1	57	55.9
(2)水の状態変化	1	1	1.0
	2	73	71.6

表 4-3-2 冊子 B の振り返り問題で 1 点以上の生徒の人数及び割合 (N = 105)

設問	得点	人数	割合 (%)
(1)ろうそく	1	63	60.0
(1)スチールウール	1	44	41.9
(1)消火器	1	63	60.0
(2)酸素	1	5	4.8
	2	87	82.9
(2)二酸化炭素	1	19	18.1
	2	38	36.2

水の状態変化においては、表 4-3-1 に示すように、文脈が異なっても 5 割から 7 割の生徒は水の状態変化に関する知識を用いて考えられることに気づいており、水の状態変化に関する理解も 7 割の生徒が正しいものであった。多くの被験者は、水の状態変化について

正しく理解した上で転移課題に取り組んでおり、その際、水の状態変化に関する知識を用いれば良いことに気づいていたと考えられる。

物の燃え方においては、表 4-3-2 に示すように、単元内の転移のろうそくに関する問題及び日常生活への転移の消火器に関する問題については6割の被験者が物の燃え方に関する知識を用いて考えられることに気づいた。一方、新しい学習への転移のスチールウールに関する問題では4割に留まっており、他の課題と比べて低い傾向が見られた。また、物の燃え方について解決に必要な正しい理解をしている2点の被験者は、酸素の場合8割と多いのに対し、二酸化炭素の場合は4割弱に留まった。多くの生徒が、転移課題を考える際に必要となる二酸化炭素に関する理解が不十分であった可能性がある。

次に、転移課題と振り返り問題の相関分析を行い、その結果を冊子 A（水の状態変化）について表 4-3-3、冊子 B（物の燃え方）について表 4-3-4 に示す。なお、相関係数の大きさの目安については、水本・竹内（2008）を基に、.10 を弱程度、.30 を中程度、.50 以上を強程度と解釈した。

表 4-3-3 冊子 A の転移課題, 振り返り問題の相関 (n = 94)

	①	②	③	④	⑤	⑥
①コップ	—					
②霧	.57[.41, .69]	—				
③結露	.79[.69, .85]	.59[.44, .71]	—			
④気づき (コップ)	.67[.55, .77]	.85[.78, .90]	.71[.60, .80]	—		
⑤気づき (霧)	.41[.23, .57]	.71[.59, .79]	.45[.27, .59]	.73[.61, .81]	—	
⑥気づき (結露)	.55[.39, .68]	.74[.63, .82]	.54[.38, .67]	.74[.63, .82]	.76[.66, .83]	—
⑦知識 (状態変化)	.42[.24, .58]	.80[.72, .87]	.36[.17, .52]	.42[.24, .58]	.27[.07, .45]	.45[.28, .60]

表 4-3-4 冊子 B の転移課題, 振り返り問題の相関 (n = 94)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
①ろうそく	—						
②スチールウール	.89[.84, .93]	—					
③消火器	.51[.34, .65]	.54[.38, .67]	—				
④気づき (ろうそく)	.37[.18, .53]	.45[.27, .60]	.23[.03, .41]	—			
⑤気づき (スチールウール)	.38[.19, .54]	.62[.47, .73]	.28[.08, .46]	.79[.70, .86]	—		
⑥気づき (消火器)	-.02[-.22, .19]	.28[.08, .46]	.25[.05, .43]	.61[.46, .72]	.55[.39, .68]	—	
⑦知識 (酸素)	.28[.08, .46]	.22[.02, .41]	.86[.79, .90]	.28[.08, .46]	.16[-.04, .35]	.05[-.16, .25]	—
⑧知識 (二酸化炭素)	.29[.09, .46]	.37[.18, .53]	.22[.02, .41]	.20[-.01, .38]	.20[-.01, .38]	.11[-.10, .30]	.27[.07, .45]

注) 相関係数は polycor パッケージを用いて算出。[ ]内は 95%CI を示している。

まず、転移課題間 (①～③) に着目すると、水の状態変化、物の燃え方共に強程度の相関 ( $r = .51-.89$ ) が見られた。ある文脈で学習の転移を成功させた被験者は、他の文脈においても転移を成功させる傾向が強いと考えられる。

また、転移課題 (①～③) と知識 (⑦または⑧) の相関に着目すると、水の状態変化は中～強程度の相関 ( $r = .36-.80$ )、物の燃え方は弱～強程度の相関 ( $r = .22-.86$ ) と課題と知識の組み合わせ次第で幅広い値を示した。当然の前提として、学習の転移を成功させるためには既習内容の正しい理解が必要であるものの、水の状態変化における②霧と⑦知識 ( $r = .80$ )、物の燃え方における③消火器と⑦知識 (酸素) ( $r = .86$ ) のように強い相関を示すケースは少ないことから、知識以外の側面についても考慮する必要がある。

そこで、転移課題 (①～③) とその課題に対応する気づき (④～⑥) との相関に着目する。水の状態変化では強程度の相関 ( $r = .54-.71$ )、物の燃え方では中～強程度の相関 ( $r = .25-.62$ ) が見られた。また、知識 (⑦または⑧) と気づき (④～⑥) との相関に着目すると、水の状態変化においては、中程度の相関 ( $r = .27-.45$ ) が見られた。一方、物の燃え方においては、④気づき (ろうそく) と⑦知識 (酸素) に中程度の相関 ( $r = .28$ ) が見られたのみで、それ以外は 95%CI に 0 が含まれていることから無相関と判断した。

これらの結果から、どの文脈における転移においても、既習内容が使えることへの気づきと転移の成功に関連があることが示された。この結果は、気づきの重要性が述べられている石井・橋本 (2013) や Malkiewich and Chase (2019) の主張を補強するものである。また、文脈の違いによる差異についての明確な判断は難しいものの、2つの題材に共通するものとしては、新しい学習への転移の文脈において気づきとの相関が大きくなっており ( $r = .71$  と  $r = .62$ )、日常生活への転移の文脈では相関が相対的に小さくなる ( $r = .54$  と  $r = .25$ ) 傾向が示されている。

一方、知識と気づきの相関は題材の違いによる差異が大きいため、既習内容が転移課題の解決に使えることに気づくか否かは、文脈の違いよりも題材の違いの影響の方が大きい可能性がある。

#### 第4節 躰きの質的検討

第2節、第3節では、量的検討を通して、文脈の違いによる学習の転移の実態、学習の転移と知識・気づきの関係を明らかにした。本節では、転移課題の解答の記述分析、調査用紙の解答に基づく面接調査を通して、学習内容を異なる文脈の課題へ転移させる際の課題を明らかにする。

##### 4-1 転移課題の解答の記述分析

各転移課題の解答にどのような解答が見られたか整理した。まず、物の燃え方を題材とした転移課題に着目する。ろうそく問題（単元内の転移）の解答類型を表4-4-1に示す。

表4-4-1 ろうそく問題（単元内の転移）の解答類型（ $N = 221$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1点	酸素の割合が少なくなる	50	22.6
	燃焼に必要な酸素が外部から取り入れられない	22	10.0
	今まで経験した内容（アルコールランプの火の消し方）	2	0.9
0点	酸素がなくなった	53	24.0
	二酸化炭素の量が増えて消えた	53	24.0
	二酸化炭素は空気よりも重い	5	2.3
	空気がなくなる	5	2.3
	他の気体が入った	5	2.3
	二酸化炭素は火を消すはたらきがある	4	1.8
	その他・無回答	21 (内7無回答)	9.5 (3.2)

1点（正答）の生徒は74名（33.5%）であり、その中で多く見られた解答は酸素の割合に着目した解答で50名（22.6%）であった。小学校第6学年「物の燃え方」で学習した酸素の性質を、ろうそく問題に転移させて解答していた。次に多く見られたのは、燃焼に必要な

な酸素が外部から取り入れられないという解答で 22 名 (10.0%) であった。「物の燃え方」では、気体の性質に加え、物が燃え続けるためには空気が入れ替わる必要があることを学習している。今回出題した問題では、集気びんにふたをして密閉状態となっていることから、空気の入れ替わりが生じないことに着目した生徒が、このように解答したと考える。

0 点 (誤答) の生徒は 147 名 (66.5%) であり、主な誤答類型として 2 つ挙げられる。1 つ目は、酸素がなくなったから火が消えたという解答で 53 名 (24.0%) であった。これらの生徒は、酸素は物を燃やすはたらきがあるという知識は持っており、その知識をろうそく問題に転移させていることが窺える。しかし、これらの解答は集気びんの中の酸素が全部使われてなくなったと考えており、一定の酸素の割合を下回ることによって火が消えるという理解まで至っていない状態でろうそく問題へ転移させている可能性がある。2 つ目は、二酸化炭素の量が増えて火が消えたという解答で、1 つ目の解答と同じ 53 名 (24.0%) であった。本来、酸素の割合で物が燃えるかどうかが決まるものの、二酸化炭素の増加は火の消火と関係あると考えている生徒が多い可能性がある。

スチールウール問題 (新しい学習への転移) の解答類型を表 4-4-2 に示す。

表 4-4-2 スチールウール問題 (新しい学習への転移) の解答類型 (N = 221)

得点	類型	人数	割合 (%)
1 点	酸素の割合が少なくなる	44	19.9
	燃焼に必要な酸素が外部から取り入れられない	13	5.9
0 点	酸素がなくなった	44	19.9
	二酸化炭素の量が増えて消えた	46	20.8
	鉄の反応に着目した解答 (赤く光る, 黒くなる)	19	8.6
	その他・無回答	34	15.4
		(内 30 無回答)	(13.6)

1 点 (正答) の生徒は 57 名 (25.8%) であり、その中で多く見られた解答は、酸素の割合に着目した解答で 44 名 (19.9%)、次点で燃焼に必要な酸素が外部から取り入れられないという解答で 13 名 (5.9%) であった。これらの解答は、「物の燃え方」で学習した知識を転移させて解答したと考える。



0点（誤答）の生徒は164名（74.2%）であり、誤答として多く見られた解答は、ろうそく問題のときと同様、酸素がなくなったから火が消えたという解答で44名（19.9%）、二酸化炭素の量が増えて火が消えたという解答で46名（20.8%）であった。ろうそく問題で出なかった解答として、鉄が赤く光るや黒くなるといった、鉄の反応に着目した解答が見られた（19名、8.6%）。スチールウール問題は、スチールウールにつけた火が消える理由を考えさせる問題であるものの、スチールウールが火をつけたときの様子がどうなるかに着目したことがこのように解答した原因であると考えられる。また、無解答者が30名（13.6%）と、ろうそく問題や消火器問題と比較すると多く見られた。

消火器問題（日常生活への転移）の解答類型を表4-4-3に示す。

表4-4-3 消火器問題（日常生活への転移）の解答類型（ $N = 221$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1点	酸素の割合が少なくなる	41	18.6
	燃焼に必要な酸素が外部から取り入れられない	2	0.9
	今まで経験した内容(アルコールランプの火の消し方)	1	0.5
0点	酸素がなくなった	2	0.9
	二酸化炭素の量が増えて消えた	20	9.0
	二酸化炭素は物を燃やすはたらきがない	52	23.5
	二酸化炭素は火を消す性質がある	57	25.8
	粉末で消す	18	8.1
	その他・無回答	28 (内14無回答)	12.7 (6.3)

1点（正答）の生徒は44名（19.9%）で、物の燃え方を題材とする転移課題の中では、最も正答率が低い結果となった。正答で多く見られた解答が、酸素の割合に着目した解答で41名（18.6%）であった。消火する際、酸素の割合を少なくすればいいことに気づくことができていたことが窺える。

0点（誤答）の生徒は177名（80.1%）であった。誤答として多く見られたのが、二酸化炭素は火を消す性質があるという解答で57名（25.8%）、二酸化炭素には物を燃やすはたらきがないという解答で52名（23.5%）であり、次点で、二酸化炭素の量が増えて消えたと

いう解答で20名(9.0%)であった。物の燃え方に関する他の転移課題と比較すると、二酸化炭素に着目した解答が多く見られた。消火器問題で二酸化炭素に着目した解答が多かった原因として、問題文中に「二酸化炭素を利用している」という文言があったことが挙げられる。消火器問題の問題文を図4-4-1に示す。

消火器は、中に入れる消火剤の違いにより様々な種類があります。例えば、消火剤として二酸化炭素を利用している消火器は、電子機器などの火災を消火するために用いられています。この消火器を用いることで、なぜ火を消すことができると考えますか。その理由を学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

図4-4-1 消火器問題（下線は筆者が加筆）

二酸化炭素という文言が見られたことから、多くの生徒は二酸化炭素が消火と関係があると判断し、二酸化炭素に着目して解答したと考える。しかし、物が燃えるかどうかは酸素が重要であり、本問題における二酸化炭素の役割は、物が燃えるために必要となる酸素を燃焼物に触れさせないようにすることである。二酸化炭素自体に消火能力はなく、今回多く見られた「二酸化炭素は火を消す性質がある」という解答は誤った考え方である。「物の燃え方」に関する学習において、二酸化炭素の性質を十分に理解することができておらず、今回の消火器問題にその知識を転移させてしまった可能性がある。

次に、水の状態変化を題材とした転移課題に着目する。コップ問題（単元内の転移）の解答類型を表4-4-4に示す。

表4-4-4 コップ問題（単元内の転移）の解答類型（ $N = 221$ ）

得点	類型	人数	割合 (%)
1点	状態変化に着目した解答	86	38.9
	蒸発したから	67	30.3
	温度差が生じたから	29	13.1
0点	水蒸気が密集してできた	12	5.4
	その他・無回答	27	12.2
		(内8無回答)	(3.6)

1点（正答）の生徒は86名（38.9%）で、正解者全員が小学校第4学年で学習する「水のゆくえ」、中学校第1学年で学習する「状態変化」に関する知識を転移させて解答していた。

0点（誤答）の生徒は135名（61.1%）であった。誤答として多く見られたのが、蒸発したからという解答で67名（30.3%）、次点は、温度差が生じたからという解答で29名（13.1%）であった。前者は、状態変化で学習する蒸発に関する知識を転移させることができていたが、蒸発した後、どのようにコップに水滴がつくかの言及までは見られなかった。後者は、温度差のみの言及に留まっており、温度差が生じたことでなぜコップに水滴がついたかまでの説明は見られなかった。

また、誤答の中には水蒸気が密集してできた（12名、5.4%）も見られ、水蒸気が目に見えるものであると誤った考え方をしている者も見られた。

霧問題（新しい学習への転移）の解答類型を表4-4-5に示す。

表 4-4-5 霧問題（新しい学習への転移）の解答類型（ $N = 221$ ）

得点	類型	人数	割合（%）
1点	状態変化に着目した解答	49	22.2
0点	蒸発したから	33	14.9
	温度差が生じたから	30	13.6
	水蒸気が密集してできた	28	12.7
	雲がとけてできた	9	4.1
	空気が冷やされたから	8	3.6
	湿度差でできた	5	2.3
	その他・無回答	59	26.7
		(内 35 無回答)	(15.8)

1点（正答）の生徒は49名（22.2%）で、水の状態変化に関する転移課題の中では正答率が最も低い結果となった。正解者全員が小学校第4学年で学習する「水のゆくえ」、中学校第1学年で学習する「状態変化」に関する知識を転移させて解答していた。

0点（誤答）の生徒は172名（77.8%）であった。誤答として多く見られたのが、コップ問題と同じく、蒸発したからという解答33名（30.3%）、次点は、温度差が生じたからという解答30名（13.1%）で、それに加え、水蒸気が密集してできたという解答（28名、12.7%）も見られた。霧ができる仕組みを考える際、「水のゆくえ」や「状態変化」の知識を転移さ

せて考えていることは窺えるものの、水蒸気は目に見えるという誤った考え方をする生徒が増加していることが明らかになった。

また、無解答者が 35 名 (15.8%) と、コップ問題や結露問題と比較すると多く見られた。

結露問題（日常生活への転移）の解答類型を表 4-4-6 に示す。

表 4-4-6 結露問題（日常生活への転移）の解答類型 (N = 221)

得点	類型	人数	割合 (%)
1 点	状態変化に着目した解答	69	31.2
	蒸発したから	5	2.3
	温度差が生じたから	68	30.8
	水蒸気が密集してできた	16	7.2
0 点	状態変化に関する誤った知識で解答（温度が上がると水滴ができる）	15	6.8
	空気が冷やされたから	8	3.6
	その他・無回答	40	18.1
		(内 14 無回答)	(6.3)

1 点（正答）の生徒は 69 名 (31.2%) で、全員が「状態変化」に関する知識を転移させて解答していた。

0 点（誤答）の生徒は 152 名 (68.8%) で、誤答として多く見られたのが、温度差が生じたからという解答で 68 名 (30.8%) であった。水の状態変化に関する他の転移課題と比較すると、温度差に着目する解答が多く見られた。次点で見られたのが、水蒸気が密集してできた (16 名, 7.2%), 状態変化に関する誤った知識での解答 (15 名, 6.8%) で、状態変化に関する知識を転移させて考えてはいたものの、その知識が誤っていたため不正解となっていた。

各転移課題の記述分析を行った結果、正誤に関わらず、各転移課題と関連がある知識や経験を転移させて解答する者が多く見られたことが明らかになった。しかし、新しい学習への転移（スチールウール問題、霧問題）については、他の転移課題と比較すると無解答者が多く見られた。新しい学習への転移として出題したスチールウール問題、霧問題については、それぞれ中学校第 2 学年で学習する、「化学変化」「大気とその変化」で扱う題材である、今回調査対象とした生徒にとっては未習の内容であり、考えたことのない問題である。これま

で学習した内容で解決可能ではあるものの、未習だから解決できないと判断した可能性がある。

関連する知識を転移させて解決を試みているものの、その知識が誤っている可能性があることも明らかになった。物の燃え方では、「二酸化炭素には火を消すはたらきがある」、水のゆくえでは、「水蒸気は目に見えるもの」と捉えている生徒が一定数見られた。また、このような誤った知識が課題の文脈次第で表出されやすくなるケースがあることも明らかになった。例えば、「物の燃え方」の場合、単元内の転移、新しい学習への転移の課題では、「二酸化炭素が火を消すはたらきがある」という旨の解答をしたものはあまり見られなかったが、日常生活への転移課題では、約4分の1の生徒がそのような解答をしていた。問題文中に二酸化炭素という文言があるため、二酸化炭素の性質に関する内容が想起されやすい状況にあったことも一因であると考えられる。

#### 4-2 面接調査の実施

転移課題の記述分析を通して、どのような解答が見られ、誤答となった原因を検討した。しかし、調査用紙を用いた測定・分析であるため、生徒が解答中にどのような思考をしているか、そしてどの段階で躓いたため誤答となったのか明らかにすることは難しい。そこで、調査用紙の結果を踏まえた面接調査を実施し、学習の転移における思考の検討を行った。この調査で得られた知見は、調査用紙の結果の解釈に繋がると考える。

##### 4-2-1 面接協力者の選出及び調査の概要

令和3年3月中旬、広島県のA大学附属中学校第1学年75名を対象に実施した調査用紙の結果に基づいて計8名（A冊子…4名、B冊子…4名）の生徒を選出した。まず、8名の筆記調査の結果を表4-4-7に示す。

表 4-4-7 面接協力者の調査問題の結果

生徒	題材	単元内の転移	新しい学習への転移	日常生活への転移
A	物の燃え方	×	×	×
B		○	○	○
C		○	○	×
D		○	×	×
E	水の状態変化	×	×	×
F		○	×	○
G		○	○	×
H		○	○	○

(○…正解, ×…不正解)

注) 各文脈の課題は、左から順番に次の通り

物の燃え方：ろうそく問題，スチールウール問題，消火器問題

水の状態変化：コップ問題，霧問題，結露問題

なお、今回選出した面接協力者全員が、転移に際して必要な知識を持っていることを振り返り問題の結果から把握している。

面接調査は質問紙調査を実施した1週間後に実施した。面接調査の流れは次の通りである。

- ① 当該生徒の調査用紙を提示し、解答した際の考え方について想起を促す。
- ② 各転移課題において、どのように解いたかについて説明を求める。
- ③ 面接実施者から、振り返り問題の解答状況を踏まえた質問を行う。

#### 4-2-2 転移課題を解決する際の思考過程

生徒の思考過程を検討するにあたり、まず、面接協力者が転移課題をどのように解いたかの説明や面接時の質問に対する回答を基に、生徒の思考過程を次の6つの区分に基づいてコーディングした。

- I. 問題文中の特定のキーワードに着目
- II. 知識の想起
- III. 小学校でした実験の想起
- IV. 想起した内容を基に考える
- V. 類似した他の転移課題を想起
- VI. 日常生活で経験した内容の想起

次に、面接協力者が転移課題の解答を導出するまでに、どのような過程を経たか整理した。その結果を表4-4-8に示す。

表 4-4-8 面接協力者の思考過程

生徒	題材	単元内の転移	新しい学習への転移	日常生活への転移
A	物の燃え方	I→II→IV	I→V→II→IV	I→II→IV
B		I→II→IV	I→III→II→IV	I→II→IV
C		I→III→II→IV	I→V→II→IV	I→II→IV
D		I→III→II→IV	I→II→IV	I→II→IV
E	水の状態変化	I→II→IV	I→II→IV	I→VI→II→IV
F		I→II→IV	I→VI→II→IV	I→V→II→IV
G		I→II→IV	I→VI→II→IV	I→II→IV
H		I→II→IV	I→II→IV	I→VI→II→IV

注) 各文脈の課題は、左から順番に次の通り

物の燃え方：ろうそく問題，スチールウール問題，消火器問題

水の状態変化：コップ問題，霧問題，結露問題

まず、「物の燃え方」の転移課題に着目する。ろうそく問題（単元内の転移）では、4名全員が問題文中の「ろうそく」「火が消える」という文言に着目し、その文言から知識や小

学校の実験で経験したことを想起していた。想起の仕方としては2つ確認した。1つ目は、「物の燃え方」に関する知識そのものを想起、2つ目は、小学校第6学年「物の燃え方」で行った、燃えているときの空気の流れを確かめる実験や、各気体を集気びんに充満させたときのろうそくの燃え方を確かめる実験を想起し、そのときの結果を踏まえ、物の燃え方に関する知識を思い出したというものである。その後、想起した内容を基に考え、解答を導出していた。

スチールウール問題（新しい学習への転移）では、ろうそく問題と同様、特定のキーワードの着目、経験・知識の想起、想起した内容を基に考えるという過程を経て解答を導出していた。4名のうち、1名の生徒は、スチールウールの燃焼という生徒にとって未習の題材であるものの、課題の内容が単元内の転移課題として出題したろうそく問題と類似していることを踏まえ、物の燃え方に関する知識を用いて解決していた。

消火器問題（日常生活への転移）では、生徒全員が特定のキーワードに着目、関連する知識の想起、想起した内容を基に考えるという流れで解答を導出していた。

次に、「水の状態変化」の転移課題に着目する。コップ問題（単元内の転移）では、4名全員が問題文中の特定のキーワードに着目する、知識の想起、想起した内容を基に考えるという過程を経て解答を導出していた。

霧問題（新しい学習への転移）も、4名中2名がコップ問題と同様、特定のキーワードの着目、経験・知識の想起、想起した内容を基に考えるという過程を経て解答を導出していた。2名の生徒は日常生活で経験した内容を想起し、そこで生徒が獲得した情報を基に課題を考えていた。

結露問題（日常生活への転移）も、コップ問題と同様、特定のキーワードの着目、経験・知識の想起、想起した内容を基に考えるという過程を経て解答を導出していた。途中の段階で、他の問題と類似していることに気づいた上で、その問題と同じ知識を想起した生徒や、日常生活の経験から知識を想起している生徒も見られた。

面接調査の結果を踏まえると、どの題材、転移課題においても共通の思考過程が見られた。今回の調査で確認できた過程は次の通りである。

1. 問題文中の特定のキーワードに着目する（Ⅰ）。
2. 1.で着目したキーワードと関連する知識・経験を想起する（Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ）。
3. 想起した知識を転移課題に当てはめて考える（Ⅳ）。



2.の段階については、学校での実験や日常生活における経験、類似した他の転移課題と関連付けてから知識を想起する者も見られた。

#### 4-4-3 躓きの要因の検討

不正解だった生徒に着目し、思考過程のどの段階で躓いたか検討を行った。表 4-4-8 に転移課題の正誤、そして、発話記録から、躓いた段階と考えられる箇所を下線で示したものを表 4-4-9 に示す。

表 4-4-9 正誤及び躓いた段階

生徒	題材	単元内の転移	正誤	新しい学習への 転移	正誤	日常生活への転移	正誤
A	物の燃え方	I→ <u>II</u> →IV	×	I→V→ <u>II</u> →IV	×	I→ <u>II</u> →IV	×
B		I→II→IV	○	I→III→II→IV	○	I→II→IV	○
C		I→III→II→IV	○	I→V→II→IV	○	I→ <u>II</u> →IV	×
D		I→III→II→IV	○	<u>I</u> →II→IV	×	I→II→IV <u>(記述)</u>	×
E	水の状態変化	I→II→IV <u>(記述)</u>	×	I→ <u>II</u> →IV	×	I→VI→II→IV <u>(記述)</u>	×
F		I→II→IV	○	I→VI→ <u>II</u> →IV	×	I→V→II→IV	○
G		I→II→IV	○	I→VI→II→IV	○	I→II→IV <u>(記述)</u>	×
H		I→II→IV	○	I→II→IV	○	I→VI→II→IV	○

(○…正解, ×…不正解)

注) 各文脈の課題は、左から順番に次の通り

物の燃え方：ろうそく問題，スチールウール問題，消火器問題

水の状態変化：コップ問題，霧問題，結露問題

まず、「物の燃え方」の転移課題において、躓き方は3パターン見られた。1つ目は、着目した問題文中のキーワードが問題の解決に関係ないものであったため、問題の把握が適切にできなかったというものである。これは表 4-4-9 の I に該当する。スチールウール問題

(新しい学習への転移)で見られた。スチールウール問題では、火をつけたスチールウールがしばらく燃えた後、消える理由を考えさせる問題であったが、スチールウールが燃えるところに着目したため、スチールウールが燃えたときの様子を考えた解答となっていた。

2つ目は、考えている内容は正解であるものの、調査用紙の解答に反映されていないというものである。これは表 4-4-9 の (記述) に該当する。生徒 D の消火器問題の解答として、「二酸化炭素は火を燃やすのをとめる性質があるから」と記載していた。調査問題の評価基準に則った場合、酸素の割合の増減に着目した解答ではなかったため、誤答として扱っていた。しかし、面接調査の該当生徒の発話に基づくと、酸素の割合に着目し、正しい解答を導出していることが明らかになった。そこで、記述内容と発話内容が異なる理由を尋ねたところ、火を燃やすのを止める性質の中に、面接時に話した内容の意味合いを含めていると発言した。調査用紙に解答を記述する際、生徒が考えた内容を抽象的に表現したため、不正解になった可能性が高い。

3つ目は、想起した内容が誤概念であり、それを解答する際に用いたために不正解となったものである。これは表 4-4-9 の II に該当する。「二酸化炭素には火を消すはたらきがある」という誤概念を、全ての転移課題に転移させてしまったため不正解となった生徒、消火器問題のみ誤概念を基に解答した生徒が見られた。振り返り問題の結果から、今回選出した生徒は、解決に必要な正しい知識を所持していることを確認していたが、誤概念を基に解答している生徒が見られたことから、課題の文脈次第で正しい知識が適切に想起されない可能性がある。

次に、「水の状態変化」の転移課題において、躰き方は2パターン見られた。1つ目は、考えている内容は正解であるものの、調査用紙の解答に反映されていないというものである。これは表 4-4-9 の (記述) に該当する。生徒 E、生徒 G の解答として、「温度差が生じるから」と記載していた。調査問題の評価基準に則った場合、水の状態変化に着目した解答ではなかったため、誤答として扱っていた。しかし、面接調査の該当生徒の発話に基づくと、水の状態変化に着目し、蒸発した水蒸気が冷やされることでできると考えており、正しい解答を導出していることを確認した。そこで、記述内容と発話内容が異なる理由を尋ねたところ、「物の燃え方」の転移課題時と同様、調査用紙に解答を記述する際、生徒が考えた内容を抽象的に表現していたことが明らかになった。

2つ目は、想起した内容が誤概念であり、それを解答する際に用いたために不正解となったものである。これは霧問題（新しい学習への転移）で見られ、表 4-4-9 のⅡに該当する。生徒 E の場合、「水蒸気は目に見える」という誤概念を基に解答した。生徒 F の場合、霧は森の中で発生するという経験から、蒸散の知識を想起し、霧は蒸散によって植物から出てきた水蒸気であると解答しており、生徒 E と同じ誤概念を持っていることが明らかになった。

「物の燃え方」と同様、選出した生徒は、解決に必要な正しい知識を所持していることを確認していたが、誤概念を基に解答している生徒が見られたことから、課題の文脈次第で正しい知識が適切に想起されない可能性がある。

面接調査を通して、躓きの段階、及び原因を検討した結果、3パターンを確認することができた。

- (1) 問題の把握の段階…着目した問題文中のキーワードが問題の解決に関係ないものに着目している。
- (2) 関連する知識・経験の想起の段階…誤概念、関係ない知識を基に解答している。
- (3) 調査問題における表現の段階…考えた内容を抽象的に記述している。

## 第5節 調査のまとめ

第2節から第4節にかけて、調査の結果を整理してきた。本節では、調査全体のまとめを行う。

### 5-1 文脈の違いによる学習の転移の実態

Simons (1990, 1999) の枠組みを基に、転移が生じる文脈を単元内、新しい学習、日常生活の3種類に設定し、「物の燃え方」「水の状態変化」の題材を用いて中学生を対象に質問紙調査を実施した。

調査の結果、転移課題の正答率が4割を切っており、中学生にとって、学習して獲得した知識を転移させることはどの文脈においても難易度が高いと考えられる。

また、単元内の転移、新しい学習への転移、日常生活への転移の正答率を比較すると、「物の燃え方」「水の状態変化」共に、単元内の転移>新しい学習への転移・日常生活ということが明らかになった。この結果自体は驚くべきものではないものの、転移の成否を転移させる文脈と関連づけて示した点が本分析の特徴であると考えられる。

### 5-2 学習の転移と知識・気づきの関係

石井・橋本 (2013) や Malkiewich and Chase (2019) が述べている、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきの重要性について、単元内、新しい学習及び日常生活という3つの異なる転移の文脈全てにおいて確認された。一方、解決に必要な学習内容の理解が、転移課題との共通の原理・構造への気づきに繋がるとは一概に言えないことが明らかになった。今回の調査では、水の状態変化は、全ての問題で相関が見られたが、物の燃え方は、酸素の知識とろうそく問題以外に相関が見られなかった。このことから、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきやすさは題材に依拠する可能性が示唆された。

### 5-3 転移課題を解決する際の思考過程と躓き

質問紙調査の結果を踏まえて面接調査を実施した結果、全ての課題において、(1)問題文中の特定のキーワードに着目、(2)着目したキーワードと関連する知識や経験の想起、(3)想起した内容を課題に当てはめて考えるという思考過程が見られた。また、躓いた段階として、

(1)の段階で解決に関係のないキーワードに着目する、(2)の段階で関係ない、あるいは誤概念を想起する、考えている内容は適切であるものの、調査用紙への解答が抽象的であるために不正解という3パターンを確認した。

今回、面接調査を実施した人数は一部であるものの、調査用紙の記述分析の結果と併せて検討すると、今回確認した3つの段階で躓いた生徒は多いことが窺える。まず、(1)の段階で躓く生徒が見られたのは、スチールウール問題（新しい学習への転移）である。記述分析の結果から、火が消える理由ではなく、燃えた後の鉄がどうなるかに着目した解答が見られたことから、問題の把握が適切にできていなかった可能性が高い。

次に、(2)の段階で躓く生徒は、今回出題した転移課題全てで見られた。「物の燃え方」を題材とした転移課題の場合、二酸化炭素が火を消すはたらきがある、「水の状態変化」を題材とした転移課題の場合、水蒸気は目に見えるという誤概念を基に考える生徒を確認した。

最後に、調査用紙への解答が抽象的であるために不正解になった生徒は、水の状態変化で多く見られた。今回の面接調査の結果から、「温度差で水滴ができた」という解答に、蒸発や凝結の意味合いを含んでいると発言した生徒を確認した。実際に調査用紙の記述分析の結果を確認すると、同様の解答をしている生徒が一定数見られたことから、解答を表現する際、抽象的な表現をしてしまう可能性が高い。

以上の結果を踏まえ、学習の転移を促す指導法への示唆を次章で考案する。

## 第5章 学習の転移を促す指導法への示唆

## 第5章 学習の転移を促す指導法への示唆

本章では、第1章のレビュー、第4章の調査から見えてきた課題を踏まえ、学習の転移を促す指導法への示唆を導出する（第1節）。そして、指導法への示唆を踏まえ、実際の学習場面に当てはめた指導法の提案を行う（第2節）。

### 第1節 指導法への示唆

第4章の調査から、生徒が学習内容を転移させる際、主に次の課題があることが明らかになった。

課題1：学校で学習した知識を学習時と異なる文脈の課題へ転移させることは難易度が高い。

課題2：解決に必要な知識を持っていたとしても、転移課題を考える際、気づくことができない。

課題3：転移課題を考える際、既習の知識が使えると気づいたとしても、誤った理解をしていることにより結果として誤概念を想起してしまう。

以上の課題を踏まえ、学習の転移を促す指導法への示唆の導出を行う。まず、課題1について、National Research Council（2000）は、文脈を超えた転移を生じさせるために、学習の際に複数の文脈を用いたり、他の類似文脈での適用例を示したりするのが効果的であると述べており、具体的な方法として、次の3点を挙げている。

1. ある特定の事例を課題として与え、その後その事例と類似した課題を追加する。
2. ある課題を特定の文脈で学習させた後、「もし～だったなら」と質問をして考えさせる。  
この方法を用いることで、理解の柔軟性が高まり、転移が促進される。
3. 1つの問題に限定するのではなく、他の問題にも関連するような一般化した形式の課題を与える。

一方、平成28年12月21日の中央教育審議会答申では、これまで重視されてきた学習活動を学びの過程として捉え直し、各教科等における学習過程のイメージとして示されている（中央教育審議会、2016）。理科においては、探究の過程を基盤とした学習過程のイメー

ジが示されていることから、このような理科（探究）の学習過程に National Research Council が挙げている上述の活動を組み込むことで、日本の学校文脈に即した指導法に繋がると考える。

次に、既習内容と転移課題間に共通した原理・構造への気づきと、転移の成功に関連が見られたという結果を踏まえると、授業で転移課題を扱う際、既習内容との共通の原理・構造に気づかせる活動を取り入れることが望ましいことが窺える。しかし、その活動を取り入れるだけでは、今回の調査で明らかにしたように、解決に必要な知識を持っていたとしても、気づくことができない（課題2）、②気づけたとしても、誤概念を想起してしまう（課題3）可能性がある。したがって、2つの可能性を考慮した教師側の手立てが必要となる。

まず、課題2について、Whitehead (1929) は「不活性知識 (inert knowledge)」と呼び、問題視している。このことを踏まえ、工藤 (2005) は、不活性知識にならないようにするため、解決する問題に合わせて知識表象の形を変えていく、すなわち知識表象を適応的に「操作」することの重要性を述べている。工藤は数学の文脈で、平行四辺形の周長を固定したまま、角度を変えて変形した場合の面積判断を求める等周長問題（図 5-1-1）を題材とした調査を通して知識操作の重要性を明らかにしており、解決過程における知識操作例を図 5-1-2 に整理している。

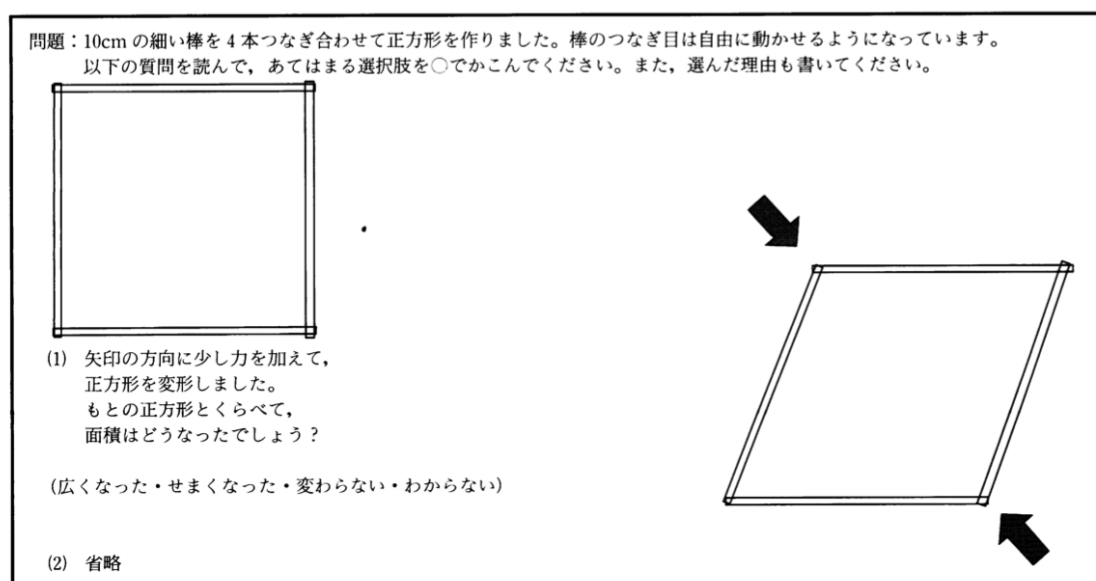


図 5-1-1 等周長問題（工藤，2005 より抜粋）



① 平行四辺形の面積は底辺と高さをかけ合わせたものに等しい。

↓

② 底辺が同じ場合、面積は高さのみで定まる。

↓

③ 底辺が同じ場合、高さが低ければ面積は小さくなる。

↓

④ よって、等周長問題では変形後の方が面積は小さくなる。

図 5-1-2 等周長問題の解決過程における知識操作例（工藤，2005 より引用）

図 5-1-1 の等周長問題は、平行四辺形の周長が一定である場合、平行四辺形の面積は形を変えると面積は小さくなるということに気付けるかという問題である。これは、図 5-1-2 の(1)に示す、平行四辺形の面積を求める公式（底辺×高さ）を操作し、(3)のように変形することができれば、解決できる。工藤が大学生を対象に調査を実施した結果、知識の操作水準が高い学生は、等周長問題が解決でき、知識の操作水準が低い学生は、ヒントを提示しても解決に至らないことが明らかとなった。

理科の文脈における転移でも、知識操作の有効性が報告されている（例えば、藤田，2012；小林，2017；植原，2018）。小林（2017）によると、学習した内容に関する知識表象の柔軟な変形は自発的には生じにくいいため、教師側からの知識操作を促す発問や学習者同士の説明し直す活動を設ける必要があり、小学校第5学年「電流の働き」の実践授業を通してその有効性を述べている。小林は、教師側からの知識操作を促す発問として、児童が授業中に「コイルの中に鉄心を入れて電流を流すと、鉄心が磁石のようになる」という知識を獲得した後に、「鉄心を銅にしても磁石のようになるか」というものを挙げている。この発問は鉄心であることの重要性に注意を向け「鉄心以外は磁石のようにならない」を導くはたらきがある。そして、説明し直す活動については、新しい知識を獲得する度に、自分の言葉で記述するよう児童に求めている。

植原（2018）は、知識操作を促すために、授業時に操作的思考課題を取り入れることの有効性を報告している。植原は、中学校第1学年を対象に状態変化に関するルール（粒子の動きが変化すれば、物質の状態は変化する）を教示し、状態変化ルールに即した操作的思考を促すために図 5-1-3 に示すような、操作的思考課題を行わせた。

1. 「状態変化のルール」が正しいとき、次の①～③のことは正しいかどうかききましょう。

	粒子の動きが変化する	粒子の動きが変化しない
状態変化する 物質は	「状態変化のルール」 粒子の動きが変化すれば、物質の状態は変化する。	①粒子の動きが変化しなくても、物質は状態変化する。 正しい・正しくない ●理由
状態変化しない 物質は	②粒子の動きが変化しても、物質は状態変化しない。 正しい・正しくない ●理由	③粒子の動きが変化しなければ、物質は状態変化しない。 正しい・正しくない ●理由

2. あとの問①～④に答えましょう。

①液体が固体になると、粒子の動きは（強くなる・弱くなる・変わらない）。

②固体が気体になると、粒子の動きは（強くなる・弱くなる・変わらない）。

③固体の食塩を熱すると、固体の食塩は（液体になる・変化しない）。

なぜならば、物質を熱すると粒子の動きが（強くなる・弱くなる・変化しない）からです。

④気体の酸素を冷やすと、気体の酸素は（液体になる・変化しない）。

なぜならば、物質を冷やすと粒子の動きが（強くなる・弱くなる・変化しない）からです。

図 5-1-3 状態変化ルールに関する操作的思考課題（植原，2018 より抜粋）

問 1 では「粒子の動きが変化すると、物質は状態変化する」を教示したときに、「粒子の動きが変化しなくても物質は状態変化する」や「粒子の動きが変化しても、物質は状態変化しない」、「粒子の動きが変化しなければ、物質は状態変化しない」の妥当性を判断させている。問 2 では、状態変化ルールに即して、前件の値と後件の値を入れ替えた上で、前件の値を「液体が固体になる」などのように示し、後件の値を「強くなる・弱くなる・変わらない」から選択させたり、前件の値を「熱する」などのように示した上で、後件の値を「液体になる・変化しない」から求めさせたりしている。このような活動を取り入れることで、転移問題に答える場面で、科学的知識の構造を変化させ、それを適用することが可能になると報告している。

以上の内容を踏まえると、生徒が授業時に新しい知識を獲得した際、その知識を操作する習慣を身に付けさせることが、学習時と異なる文脈への転移の成功に繋がると考える。授業時、生徒に知識操作を促すためには、教師側からの知識操作を促す発問、理解したことを説明し直す活動、操作的思考課題を取り入れるという 3 つの方法が有効であることが窺える。

次に、課題3については、生徒が知識を転移させる以前に、学習した内容の理解が不十分だったために生じた原因だと考える。この解決策として、当然ではあるが、誤概念が生じないような指導をすることが挙げられる。今回の調査では、「物の燃え方」では、二酸化炭素には火を消すはたらきがある、「水の状態変化」では、水蒸気は目に見えるものといった誤概念を所持している生徒が多く見られることが明らかになった。教師は、授業を通して、このような誤概念を獲得してしまう可能性があることに留意しながら、指導法を考案する必要がある。

次節では、以上の指導法への示唆を踏まえた授業展開を考案する。

## 第2節 指導法への示唆を踏まえた授業展開の考案

第4章の調査結果では、日常生活への転移課題として出題した、二酸化炭素を用いた消火器が火を消す理由を考える問題（消火器問題）の正答率が低かったことから、多くの生徒が「物の燃え方」に関する知識を消火器問題に転移させることに課題があることが窺える。調査結果を踏まえると、転移させる際に必要となる、小学校第6学年で学習する「物の燃え方」の理解ができていない、あるいは不十分であることが一番の要因であると考えられ、小学校の段階から指導を行っていく必要がある。そこで、小学校第6学年「物の燃え方」の単元を事例に、学習の転移を促すための指導法を考案し、最終的に二酸化炭素を用いた消火器が火を消す仕組みを生徒自身で考えられるようにする。

まず、表5-2-1に単元計画を示す。なお、単元計画については、新しい理科6指導編（朱書）（東京書籍、2020）を引用し、筆者の加筆部分については下線で示す。

表 5-2-1 「物の燃え方」の単元計画

次	内容	時間	主な学習活動
1	物が燃え続けるには	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 物を燃やし続けるにはどうすればよいか考え、物の燃え方について問題を見いだす。</li> <li>● 集気びんの中でろうそくを燃やし続けるにはどうすればよいか調べる方法を考える。</li> </ul>
		1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 集気びんの中でろうそく燃やし続ける方法を調べる。</li> <li>● 実験結果を基に、物が燃え続けるにはどのようなことが必要といえるか考える。</li> <li>● 物が燃えるためには空気が必要であることをまとめる。</li> <li>● <u>知識操作の活動を取り入れ、異なる知識表象に変形させることができることに気づかせる…①</u></li> <li>● 空気の成分について知る。</li> </ul>
2	物を燃やすはたらきのある気体	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 窒素、酸素、二酸化炭素のうち、物を燃やすはたらきがある気体はどれかを調べ、まとめる。</li> <li>● <u>知識操作の活動を取り入れ、異なる知識表象に変形させることができることに気づかせる。…②</u></li> </ul>
3	空気の変化	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 物が燃える前と物が燃えた後の空気の変化について、石灰水や酸素センサー、気体検知管で調べる。</li> </ul>
		1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実験結果を基に、物が燃える前と物が燃えた後の空気の変化について考える。</li> <li>● 物が燃えると、空気中の酸素の一部が使われて、二酸化炭素ができることをまとめる。</li> </ul>
		1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 物が燃えるときの空気の働きについて、学んだことをまとめる。</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>知識操作の活動を取り入れ、異なる知識表象に変形させることができることに気づかせる。…③</u></li> </ul>
<u>4</u>	<u>パフォーマンス</u> <u>課題の実施</u>	<u>1</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>「物の燃え方」で学習した知識を用いることで、説明できる技術・現象を紹介し、その原理を考える。</u></li> </ul>

本単元計画のポイントは2つある。1つ目は、単元の最後にパフォーマンス課題を実施し、学習したときと異なる文脈で、単元を通して獲得した知識を転移させる機会を設けることである。課題1に対する解決策であり、National Research Council (2000)の「ある特定の事例を課題として与え、その後その事例と類似した課題を追加する」という知見を基に設けている。この活動を繰り返すことで、転移させるという方略や考え方を定着させることを狙う。

2つ目は、知識操作を行う活動を取り入れていることである。課題2に対する解決策であり、学習の転移を促す授業として、この活動を随時取り入れることが一番重要と考える。4章の調査結果から、解決に必要な知識を所持していたとしても、解決する際にその知識が想起されないことが明らかになった。この原因として、「物の燃え方」学習した知識が、不活性知識となってしまっていることが挙げられる。知識操作を通して、学習した知識表象を変形させる習慣を設けることで、不活性知識になることを防ぎ、学習時とは異なる文脈にも転移させることが可能な知識になると考える。「物の燃え方」の場合、知識操作を設ける場面は3つあると考える。表5-2-1の①～③が該当する。それぞれの場面で学習する知識と、知識操作を通して知識表象を変形させたときの例を表5-2-2に示す。

表 5-2-2 学習する知識と知識操作の例

場面	学習する知識	知識操作の例
①	物が燃え続けるためには, 常に空気が入れ替わる必要がある。	火が消えるためには, 空気の入れ替わりが生じない。
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 酸素には, 物を燃やすはたらきがある。</li> <li>● 窒素, 二酸化炭素には物を燃やすはたらきがない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 酸素がないと物は燃えない。</li> <li>● 窒素, 二酸化炭素があると物が燃えない。</li> </ul>
③	物が燃えると, 空気中の酸素の一部が使われて, 二酸化炭素ができる。	空気中の酸素の一部が使われると火が消える。

知識操作の活動では, ②の場面に細心の注意を払う必要があると考える。第4章の結果から, 火が消える理由として, 「酸素がないから」「二酸化炭素が増えると火が消える」という解答が多く見られた。表 5-2-2 を踏まえると, ②の知識操作の得られる知識表象は正しいものとは言えず, 転移課題で多く見られた, 「酸素がないから」「二酸化炭素が増えると火が消える」という誤答に繋がってしまう可能性がある。これは, 課題3と関連する。解決策として, 誤概念が生じないような指導をすることが挙げられる。「物の燃え方」の場合, 表 5-2-1 の第3次の授業が該当する。ここでは, 酸素の割合, 二酸化炭素の割合に着目した実験を通して, 「物が燃えると, 空気中の酸素の一部が使われて, 二酸化炭素ができる」を学習する。気体の割合と性質を結び付けた指導を意識することが重要になると考える。

次に, 授業展開を考案する。今回は, 第4次に着目する。第4次は, パフォーマンス課題の実施を通して, 知識を転移させる方略や考え方を定着させることを狙いである。授業展開を表 5-2-3 に示す。

表 5-2-3 第4次の授業展開案

授業展開	指導上の留意点
1. 二酸化炭素を用いた消火器が火を消す仕組みを考える問題の提示	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 二酸化炭素を用いた消火器が火を消す様子を動画等で提示する。</li> </ul>
2. 児童自身で考え, その考えを他の児童へ説明	<ul style="list-style-type: none"> <li>● どのような知識を用いて考えているか把握する。</li> <li>● 4章での調査結果から, 二酸化炭素に着目し, 「二酸化炭素は火を消すはたらきがある」という誤概念に基づいて解答する可能性がある。</li> </ul>
3. 提示した課題と既習内容との共通の原理・構造に気づかせる活動の実施…(1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 気づくことが難しい児童には, ヒントを与える。例えば, 解決に関連のある実験や知識を提示する(集気びんの中に入れて, 燃やした時の空気の割合等)。</li> </ul>
4. 転移させた知識の確認を行う…(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 二酸化炭素に着目した解答が多く見られる可能性があるため, 二酸化炭素の増加が消火と直接関係しているわけではないことに気づかせる。</li> <li>● 「酸素には物を燃やすはたらきがあり, 一部の酸素が使われる」という知識を操作し, 「酸素が不足すると, 物は燃えない」ということに気づかせる。</li> </ul>

<p>5. 4.の活動を踏まえ、再度2.の問題を再考、再考した考えを他の児童へ説明</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 酸素に着目して、解答することができるか確認する。</li> <li>● 自分の考えを、具体的に述べているか確認し、説明が不足している場合は、その不足部分を補う発問を行う。</li> </ul>
---	---

本授業展開のポイントは2つある。1つ目は、提示した課題と既習内容との共通の原理・構造に気づかせる活動を設けていることである。これは、表 5-2-3 の(1)に該当する。第4章の結果から、学習内容と転移課題間の共通の原理・構造への気づきが転移において重要であることを明らかにしている。共通の原理・構造に気づかせる習慣を身に付けさせるために、児童自身にその活動を行わせることが重要であると考え。

2つ目は、転移させた知識の確認を行うことである。これは、表 5-2-3 の(2)に該当する。第4章の調査を踏まえると、二酸化炭素に着目した解答、あるいは、誤概念に基づく解答が想定される。このような解答が生じる原因として、「物の燃え方」に関する本質的な理解がこれまでの指導では不十分であることが挙げられる。その際、二酸化炭素の増加が消火と直接関係しているわけではない、「酸素には物を燃やすはたらきがあり、一部の酸素が使われる」という知識を操作し、「酸素が不足すると、物は燃えない」ということに気づかせる指導が必要になると考える。

今回は「物の燃え方」に着目した授業展開を考案したが、学習内容を転移させることが生徒の育成を目指すためには、他の単元でも、単元の最後にパフォーマンス課題を実施し、学習したときと異なる文脈で、単元を通して獲得した知識を転移させる機会を設ける、知識操作を行う活動を取り入れることを継続的にしていく必要がある。



## 終章 本研究の総括と今後の課題

## 終章 本研究の総括と今後の課題

本章では、本研究の総括と今後の課題を述べる。第1節で、本研究の総括を述べ、第2節で、今後の課題を述べる。

### 第1節 本研究の総括

序章では、学習の転移に関する議論がどのように行われてきたか、そして、教育における学習の転移の重要性及び、理科教育における課題を整理した。

第1章では、本研究の目的を設定するために、国内外の理科に関わる転移研究のシステムティックレビューを行った。その結果、理科における転移研究の課題として、

- ① 研究における学習の転移の捉え方が明確にされていないこと。
- ② 学習の転移の実態を把握する際の調査方法が適切ではない可能性があること。

が明らかになった。そこで、上記の課題を踏まえ、RQsとして4つを設定した。

RQ1：理科における学習の転移の捉え方はどのようなものか

RQ2：学習の転移の実態をどのように評価すればよいか

RQ3：生徒の学習の転移に関する実態はどのようなものか

RQ4：生徒が学習したことを自発的に転移できるよう、どのように指導をすればよいか

第2章では、RQ1を解決するため、心理学における学習の転移の定義を概観、整理した上で、本研究における学習の転移を、「学習した知識や技能を学習したときと異なる文脈で活かすこと」と規定した。そして、Simons (1990, 1999) の知見を踏まえ、転移先の文脈として、次の3つを設定した。

1. 単元内の転移

ある単元で学習した内容を用いて、同一単元の次の学習内容を考える。

2. 新しい学習への転移

ある単元で学習した内容を用いて、未習の異なる単元の学習内容を考える。

3. 日常生活への転移

ある単元で学習した内容を用いて、日常生活で観察される現象を考える。

第3章では、RQ2を解決するため、第2章で規定した捉え方を基に、調査方法の考案を行った。本研究では、中学生を対象に、学習内容と転移課題間にある共通の原理・構造への気づきが学習の転移に有効であるか検討する調査方法を考案した。

第4章では、RQ3を解決するため、第3章で考案した調査を実施した結果を述べた。中学生を対象に調査を実施した結果、次の実態が明らかになった。

- 学校で学習した知識を異なる文脈の課題へ転移させることは生徒にとって難易度が高い。特に、新しい学習・日常生活への転移に課題が見られる。
- 既習内容と転移課題間の共通の原理・構造の気づきと転移の成功に関連が見られた。しかし、気づけるかは、文脈、題材次第である。
- 転移課題を解答する際の思考過程は、面接調査の結果から次のように整理された。
  1. 問題文中の特定のキーワードに着目する。
  2. 着目したキーワードと関連する知識や経験を想起する。
  3. 想起した内容を課題に当てはめて考える。
- 調査用紙の記述分析、面接調査の結果から、躰きとして次の3パターンを確認した。
  - (1) 問題の把握をする際、解決に関係のない問題文の情報に着目している。
  - (2) 解決に必要な知識を想起する際、適切な知識が想起されない。文脈次第では誤概念を基にした解答が生じる可能性がある。
  - (3) 課題に対して解答する際、考えていた内容を抽象的に表現する可能性がある。

第5章では、RQ4を解決するため、第1章のレビュー、第4章の調査結果を踏まえ、学習の転移を促す指導法への示唆の導出を行った。文献、先行研究の知見、調査結果を踏まえると、次の3つの活動を取り入れた授業を行うことが望ましいと考える。

- 学習時に扱った事例と類似する事例を提示し、その仕組みを考える活動を取り入れる。
- 学習時に獲得した知識表象を変形させる活動を設ける。
- 誤概念が生じない、あるいは誤概念を所持している場合は、それを修正する指導を行う。

## 第2節 今後の課題

今後の課題としては、次の3つがあると考ええる。

- ① 本研究は、学習の転移の中でも、知識の転移に着目した研究である。理科の場合、学習時に獲得するのは知識だけではなく、実験の技能も含まれる。このため、実験の技能についても、転移が生じるか検証を重ねる必要がある。
- ② 今回の調査では、学習内容と転移課題間にある共通の原理・構造への気づきが学習の転移に有効か、2つの題材（物の燃え方、水の状態変化）で検討したものの、他の題材でも本研究で得られた結果と同様の傾向になるか検証する必要がある。また、共通の原理・構造の気づき以外にも転移を促す要因はいくつか見られるため、他の要因と転移の関係についても検証を進める必要がある。
- ③ 今回の調査を通して得られた知見を基に、指導法への示唆を導出したが、導出した示唆が転移に有効であるかは明らかにできていない。授業実践を通して、検証する必要がある。

## 引用文献

- Andreucci, C., Chatoney, M., & Ginestie, J. (2010). The systemic approach to technological education: Effects of transferred learning in resolving a physics problem. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 281–296.
- 有川誠・丸野俊一（2000）「原理に対する理解及び操作体験が工具操作能力の改善に及ぼす効果」『教育心理学研究』48(4), 501–511.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637.
- Bransford, J., & Schwartz, D. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education*, 24, 61–100.
- Brookes, D. T., Ross, B. H., & Mestre, J. P. (2011). Specificity, transfer, and the development of expertise. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(1).
- Chase, C. C., Malkiewich, L., & Kumar, A. (2019). Learning to notice science concepts in engineering activities and transfer situations. *Science Education*, 103(2), 440–471.
- Chase, C. C., Marks, J., Malkiewich, L.J., & Connolly, H. (2019). How teacher talk guidance during invention activities shapes students' cognitive engagement and transfer. *International Journal of STEM Education*, 6(1).
- Christopher Smith, K., & Villarreal, S. (2015). Using animations in identifying general chemistry students' misconceptions and evaluating their knowledge transfer relating to particle position in physical changes. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 273–282.
- Cormier, S. M., & Hagman, J. D. (Eds.). (1987). *The educational technology series. Transfer of learning: Contemporary research and applications*. Academic Press.
- 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（答申）』。
- Detterman, D. K. (1993). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 1–24). Ablex Publishing.
- Dori, Y. J., & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I: Establishing the model and its relation to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 363–375.

- Engle, R. A., Lam, D. P., Meyer, X. S., & Nix, S. E. (2012). How does expansive framing promote transfer? Several proposed explanations and a research agenda for investigating them. *Educational Psychologist*, 47(3), 215–231.
- Falloon, G. (2020). From simulations to real: Investigating young students' learning and transfer from simulations to real tasks. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 778–797.
- Foong, C. C., & Daniel, E. G. S. (2013). Students' argumentation skills across two socio-scientific issues in a confucian classroom: Is transfer possible? *International Journal of Science Education*, 35(14), 2331–2355.
- 藤田敦 (2012) 「科学的知識の転移可能性と概念操作の関係」『日本教育心理学会総会発表論文集』第 54 号,79.
- 古畑和孝 (1973) 「第 2 章 学習」山下俊郎・澤田慶輔 (編著) 『教育心理学』光生館.
- ガニエ, E. D. (1989) 『学習指導と認知心理学』赤堀侃司・岸学 (監訳) パーソナルメディア.
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119–139.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306–355.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2010). Concept Development and transfer in context - based science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817–837.
- Gomez Ferragud, C. B., Solaz Portolés, J. J., & Sanjosé López, V. (2015). Effects of topic familiarity on analogical transfer in problem-solving: A think-aloud study of two singular cases. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 875–887.
- Harlow, H. F. (1949) The formation of learning sets. *Psychological Review*, 56, 51–65.
- ハッティ, J. (原著) (2018) 山森光陽 (翻訳) 『教育の効果: メタ分析による学力に影響を与える要因の効果の可視化』図書文化. (Original work published 2009)
- 服部雅史 (2016) 「第 8 章 思考」御領謙・江草浩幸 菊地正 (共著) 『最新 認知心理学への招待: 心の働きとしくみを探る [改訂版]』サイエンス社.
- 萩原浩・西川純 (1999) 「小学校生物(動物)領域における学習転移に関する研究」『理科教育学研究』40(2), 41–50.

- 池田まさみ (2012) 「4章 発達と認知」石口彰 (監修) 池田まさみ (編著) 『認知心理学演習 言語と思考：基礎・理論編Ⅱ』オーム社.
- 犬塚美輪 (2018) 『認知心理学の視点: 頭の働きの科学』サイエンス社.
- 石井俊行・橋本美彦 (2013) 「教科間における学習の転移を促す条件に関する考察とその提言：理科『光の反射』と数学『最短距離』の作図を通して」『科学教育研究』37(4), 283–294.
- 石井俊行・橋本美彦 (2016) 「理科・数学教師間の連携の強さが学習の転移に及ぼす影響：類推的問題解決能力の向上を目指して」『科学教育研究』40(3), 281–291.
- Judd, C. H. (1908). The relation of special training and general intelligence. *Educational Review*, 18(4), 28–42.
- 金子書房 (1956) 『教育心理学事典』.
- Keiler, L. S. (2007). Students' explanations of their data handling: Implications for transfer of learning. *International Journal of Science Education*, 29(2), 151–172.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation instruction in the context of socioscientific issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974–1016.
- Khishfe, R. (2013). Transfer of nature of science understandings into similar contexts: Promises and possibilities of an explicit reflective approach. *International Journal of Science Education*, 35(17), 2928–2953.
- Khishfe, R. (2019). The transfer of nature of science understandings: a question of similarity and familiarity of contexts. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1159–1180.
- 木村裕 (1985) 「第Ⅱ章 学習理論の理論と実際 第1節 心理学に見た学習の概念と理解」辰見敏夫・木村裕 (編集) 『要説 教育心理学』実務教育出版.
- 小林寛子 (2017) 「知識操作と説明活動を取り入れた授業による理解の促進：『電流の働き』の事例的検討」『東京未来大学研究紀要』11, 77–86.
- Kubsch, M., Tuitou, I., Nordine, J., Fortus, D., Neumann, K., & Krajcik, J. (2020). Transferring knowledge in a knowledge-in-use task—Investigating the role of knowledge organization. *Education Sciences*, 10(1), 20.
- 工藤与志文 (2005) 「概念的知識の適用可能性に及ぼす知識操作水準の影響：平行四辺形求



- 積公式の場合」『教育心理学研究』53(3), 405–413.
- Kultusministerkonferenz. (2020a). *Bildungsstandards im fach biologie für die allgemeine hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Kultusministerkonferenz. (2020b). *Bildungsstandards im fach chemie für die allgemeine hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Kultusministerkonferenz. (2020c). *Bildungsstandards im fach physik für die allgemeine hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Lachner, A., Ly, K. T., & Nückles, M. (2017). Providing written or oral explanations? Differential effects of the modality of explaining on students' conceptual learning and transfer. *The Journal of Experimental Education*, 86(3), 344–361.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge University Press.
- Lin, S. Y., & Singh, C. (2013). Using an isomorphic problem pair to learn introductory physics: Transferring from a two-step problem to a three-step problem. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2).
- Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving. *Psychological Monographs*, 54, (Whole No. 248).
- Malkiewich, L. J., & Chase, C. C. (2019). Focusing processes: Potential pathways for transfer of science concepts from an engineering task. *International Journal of Science Education*, 9(2), 1–21.
- 水本篤・竹内理 (2008) 「研究論文における効果量の報告のために：基礎的概念と注意点」『英語教育研究』31, 57–66.
- Nakakoji, Y., & Wilson, R. (2018). First-year mathematics and its application to science: Evidence of transfer of learning to physics and engineering. *Education Sciences*, 8(1), 8.
- 中村大輝・山根悠平・西内舞・雲財寛 (2019) 「理数科教育におけるテクノロジー活用の効果—メタ分析を通じた研究成果の統合—」『科学教育研究』43(2), 82–91.
- 中谷隆 (1985) 「第3章 学習過程と学習指導」堂野佐俊・堂野恵子・中谷隆・松崎学・中谷久美子 (著) 『教育心理学要論』北大路書房.
- 中山迅・大場裕子・猿田祐嗣 (2004) 「科学理論と現象を関係づける力を育てる教育課程の

- 必要性-酸化・燃焼に関する TIMSS 理科の論述形式課題に対する回答分析から-」『科学教育研究』第 28 卷, 第 1 号,25-33.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. National Academies Press.
- Nietfeld J. L. (2020). Predicting transfer from a game-based learning environment. *Computers & Education, 146*.
- Norman, G. (2009). Teaching basic science to optimize transfer. *Medical Teacher, 31*(9), 807-811.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: science, reading, mathematics and financial literacy*. OECD Publishing.
- Orton, J. M., Anggoro, F. K., & Jee, B. D. (2012). Mutual alignment comparison facilitates abstraction and transfer of a complex scientific concept. *Educational Studies, 38*(4), 473-477.
- Penuel, W. R., Turner, M. L., Jacobs, J. K., Horne, K., & Sumner, T. (2019). Developing tasks to assess phenomenon - based science learning: Challenges and lessons learned from building proximal transfer tasks. *Science Education, 103*(6), 1367-1395.
- Perkins, D.N., & Salomon, G. (1994). Transfer of learning. *International Encyclopedia of Education, Second Edition*. Oxford, England: Pergamon Press. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/2402396\\_Transfer\\_Of\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/2402396_Transfer_Of_Learning) (accessed 2020.11.23)
- Piksööt, J., & Sarapuu, T. (2014). Supporting students' knowledge transfer in modeling activities. *Journal of Educational Computing Research, 50*(2), 213-229.
- Potgieter, M., Harding, A., & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(2), 197-218.
- Rosen, Y. (2009). The effects of an animation-based on-line learning environment on transfer of knowledge and on motivation for science and technology learning. *Journal of Educational Computing Research, 40*(4), 451-467.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education, 90*(6), 986-1004.
- 崎濱秀行 (2010) 「第 2 章 行動論から見た学習」西口利文・高村和代 (編著) 『教育心理学』

ナカニシヤ出版.

Sala, G., & Gobet, F. (2017). Does far transfer exist? Negative evidence from chess, music, and working memory training. *Current Directions in Psychological Science*, 26(6), 515–520.

Sasson, I., & Dori, Y. J. (2015). A three-attribute transfer skills framework – part II: applying and assessing the model in science education. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 154–167.

芝田不比人・森井康幸・岡部毅（1988）「第8章 学習相互作用」羽生義正（編著）『現代学習心理学要説』北大路書房.

白水始（2012）「認知科学と学習科学における知識の転移」『人工知能学会誌』27(4), 347–358.

Simons, P. R. J. (1990). Transfervermogen. [Transfer-ability] *Inaugural lecture*. Nijmegen: Quick Print.

Simons, P. R. J. (1999). Transfer of learning: Paradoxes for learners. *International Journal of Educational Research*, 31(7), 577–589.

Solomon, I. (1994). Analogical transfer and “functional fixedness” in the science classroom. *The Journal of Educational Research*, 87(6), 371–377.

辰野千壽（1973）『教育心理学総説』金子書房.

辻村英夫（1979）『教育心理学：その理論と実践』高文堂出版社.

Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions (I). *Psychological Review*, 8(3), 247–261.

Tiruneh, D.T., Weldeslassie, A.G., Kassa, A. et al. (2016). Systematic design of a learning environment for domain-specific and domain-general critical thinking skills. *Education Tech Research Dev*, 64, 481–505.

東京書籍（2020）『新しい理科6 指導編（朱書）』東京書籍.

豊田秀樹（2016）『はじめての統計データ分析：ベイズ的<ポスト p 値時代>の統計学』朝倉書店.

Ucar, S. (2014). The effects of simulation-based and model-based education on the transfer of teaching with regard to Moon phases. *Journal of Baltic Science Education*, 13(3), 327–338.

植原俊晴（2018）「科学的知識の理解に対する操作的思考課題を導入した中学校理科の授業の効果：『知識の3水準』を観点として」『科学教育研究』42(3), 201–209.

植阪友理 (2010) 「学習方略は教科間でいかに転移するか:『教訓帰納』の自発的な利用を促す事例研究から」『教育心理学研究』58(1), 80–94.

Whitehead, A. N. (1929). *The aims of education*. New York: Macmillan.

Woltz, D. J., Gardner, M. K., & Bell, B. G. (2000). Negative transfer errors in sequential cognitive skills: Strong-but-wrong sequence application. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(3), 601–625.

山田剛史・井上俊哉 (2012) 『メタ分析入門』東京大学出版会.

吉田辰雄 (2004) 『最新 教育心理学』文化書房博文社.

卷末資料

## 理科の学習内容に関する調査

### 調査の趣旨とお願い

1. この調査は、理科教育の改善に資するデータを得るために実施しています。
2. 結果は統計的に処理するため、個人が特定されるような形式で公表されることは一切ありません。
3. 調査の結果は、学校の成績には一切関係ありません。落ち着いて文章をよく読み、あなたの考えを素直に答えてください。
4. 答えはこの用紙に直接記入してください。また、消しゴムは使用せず、一度書いた内容を消したいときは二重線で消して下さい。
5. ページを一度めくったら、前のページには戻らないでください。

調査実施者  
広島大学大学院教育学研究科  
科学教育方法学研究室 堀田晃毅

年 組 番 ( 男 ・ 女 ・ その他 )

1. ろうそくに火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、ろうそくの火はどのようなになるか説明して下さい。また、あなたがそのように考えた理由について、学校や日常生活で学んだ知識を使いながらくわしく教えてください。

(ろうそくの火はどのようなになるか)

(そのように考えた理由)

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

2. 集気びんの中にスチールウール（綿のような細かい鉄でできたたわし）に火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。この後、スチールウールはどのようになるか説明してください。また、その現象が見られる理由をあなたが学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

(見られた現象)

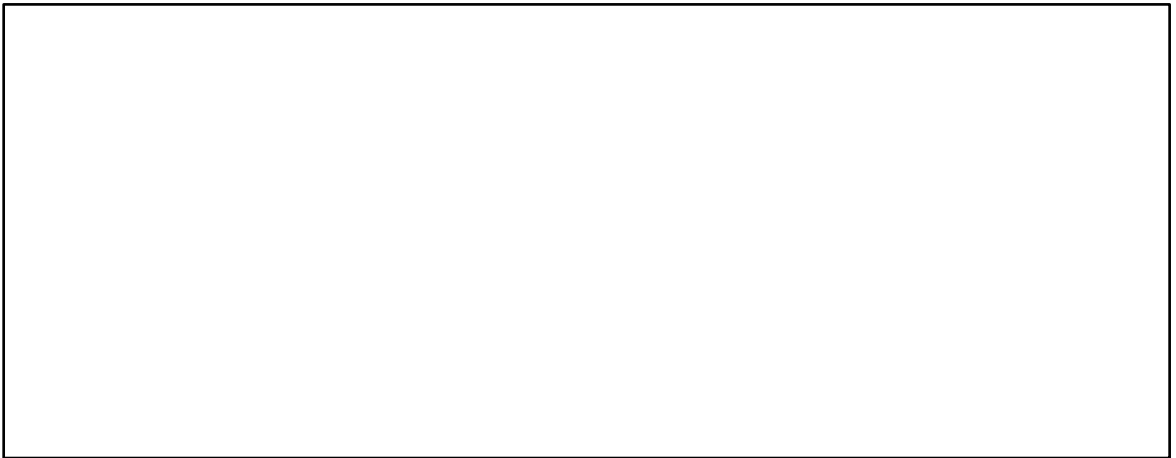
(その現象が見られた理由)

次のページに進んでください。



前のページにはもどらないでください。

3. 消火器は、中に入れる消火剤の違いにより様々な種類があります。例えば、消火剤として二酸化炭素を利用している消火器は、電子機器などの火災を消火するために用いられています。この消火器を用いることで、なぜ火を消すことができると考えますか。その理由を学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

このページを見たら、前の問題は書き直さないでください。

4. 次の(1)~(3)の項目について答えてください。

(1) 「ものの燃え方 (キーワード: 酸素, 二酸化炭素など)」について小学校や中学校で学んだ知識をできるだけたくさん書いてください。

--

(2) 1. ~ 3.の問題に解答する時, 上記 (1) で書いた知識を使いましたか。 各問題について, 当てはまる記号に○をつけてください。

- |                        |       |        |
|------------------------|-------|--------|
| <u>1.の問題 (ろうそく)</u>    | ア. はい | イ. いいえ |
| <u>2.の問題 (スチールウール)</u> | ア. はい | イ. いいえ |
| <u>3.の問題 (消火器)</u>     | ア. はい | イ. いいえ |

(3) 1.~3.の各問題について, 上記(2)で,

ア. を選んだ場合: ① (1)の知識を使おうと考えた理由, ②(1)の知識を使って考える時に工夫したことをくわしく書いてください。

イ. を選んだ場合: ①問題に解答する時どのような知識を用いたか, ②①の知識を使おうと考えた理由をくわしく書いてください。

1.の問題 (ろうそく)	2.の問題 (スチールウール)	3.の問題 (消火器)
①	①	①
②	②	②

これで調査は終わりです。ご協力, 有り難うございました。

## 理科の学習内容に関する調査

### 調査の趣旨とお願い

1. この調査は、理科教育の改善に資するデータを得るために実施しています。
2. 結果は統計的に処理するため、個人が特定されるような形式で公表されることは一切ありません。
3. 調査の結果は、学校の成績には一切関係ありません。落ち着いて文章をよく読み、あなたの考えを素直に答えてください。
4. 答えはこの用紙に直接記入してください。また、消しゴムは使用せず、一度書いた内容を消したいときは二重線で消して下さい。
5. ページを一度めくったら、前のページには戻らないでください。

調査実施者  
広島大学大学院教育学研究科  
科学教育方法学研究室 堀田晃毅

年 組 番 ( 男 ・ 女 ・ その他 )

I. 次の1. ～6. の問題に答えてください。

1. 消火器は、中に入れる消火剤の違いにより様々な種類があります。例えば、消火剤として二酸化炭素を利用している消火器は、電子機器などの火災を消火するために用いられています。この消火器を用いることで、なぜ火を消すことができると考えますか。その理由を学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

2. 集気びんの中にスチールウール（綿のような細かい鉄でできたたわし）に火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。この後、スチールウールはどのようになるか説明してください。また、その現象が見られる理由をあなたが学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

(見られた現象)

(その現象が見られた理由)

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

- ろうそくに火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、ろうそくの火はどのようになるか説明して下さい。また、あなたがそのように考えた理由について、学校や日常生活で学んだ知識を使いながらくわしく教えてください。

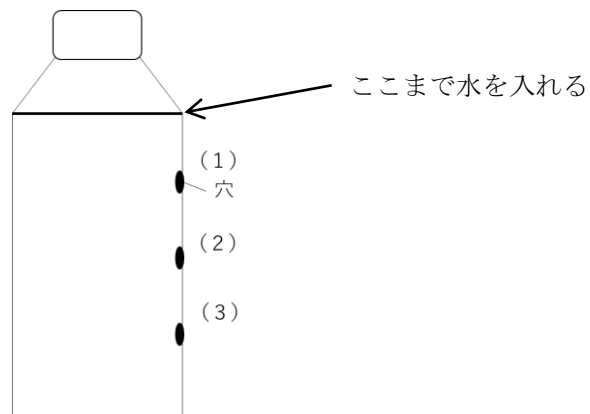
(ろうそくの火はどのようになるか)

(そのように考えた理由)

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

4. 下図のように、500mL のペットボトルに同じ大きさの穴(1)～(3)をあけ、線の所まで水を入れました。



穴(1)～(3)のうち、ふき出す水の勢が一番強いのはどれでしょうか。当てはまる番号に○をつけてください。また、そのように考えた理由を学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

<番号>

(1) ・ (2) ・ (3)

<理由>

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

5. 標高 3000m の山があります。地点 A (標高 100m), 地点 B (標高 1500m), 地点 C (標高 3000m) の 3 地点のうち, 大気圧が最も大きくなるのはどの地点でしょうか。当てはまる地点に○をつけてください。また, そのように考えた理由を学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。ただし, 「大気圧は標高によって変わるから」という説明では不十分です。

<地点>

地点 A ・ 地点 B ・ 地点 C

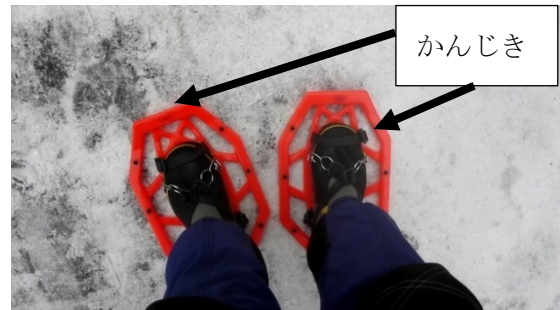
<理由>

次のページに進んでください。



前のページにはもどらないでください。

6. 雪道を歩くとき、「かんじき」というものが使われることがあります。この「かんじき」は右図のように、くつの下につけて使います。これを使うことで、雪深い道を歩くときに足が雪に埋もれることなく歩くことができます。「かんじき」を使うと、なぜ雪に埋もれずに歩くことができると考えますか。その理由を学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

ここからは、前のページを見て回答してもいいですが、書いた内容は書き直さないでください

II. 問題 1. ～ 3. についての質問です。

(1) 「ものの燃え方 (キーワード: 酸素, 二酸化炭素など)」について小学校や中学校で学んだ知識をできるだけたくさん書いてください。

--

(2) 1. ～ 3.の問題に解答する時, 上記 (1) で書いた知識を使いましたか。 各問題について、当てはまる記号に○をつけてください。

- |                        |       |        |
|------------------------|-------|--------|
| <u>1.の問題 (消火器)</u>     | ア. はい | イ. いいえ |
| <u>2.の問題 (スチールウール)</u> | ア. はい | イ. いいえ |
| <u>3.の問題 (ろうそく)</u>    | ア. はい | イ. いいえ |

(3) 1.～3.の各問題について、上記(2)で、

ア. を選んだ場合: ① (1)の知識を使おうと考えた理由, ②(1)の知識を問題に当てはめて考えるときに工夫したことをくわしく書いてください。

イ. を選んだ場合: ①問題に解答する時どのような知識を用いたか, ②①の知識を使おうと考えた理由をくわしく書いてください。

1.の問題 (消火器)	2.の問題 (スチールウール)	3.の問題 (ろうそく)
①	①	①
②	②	②

次のページに進んでください。

III. 問題 4. ～6. についての質問です。

(1) 「圧力」について、中学校で学んだ知識をできるだけたくさん書いてください。

--

(2) (1)の知識があれば、4. ～6.の問題を考えることができるということに気づきましたか。当てはまる記号に○をつけてください。

4.の問題 (ペットボトル)      ア. はい                  イ. いいえ

5.の問題 (山)                  ア. はい                  イ. いいえ

6.の問題 (かんじき)      ア. はい                  イ. いいえ

(3) 4.～6.の問題について、(2)で

ア. を選んだ場合：①その問題で(1)の知識を使おうと判断した理由，②(1)の知識を問題に当てはめて考えるときに工夫したことをくわしく書いてください。

イ. を選んだ場合：①その問題でどのような知識を用いたか，②①の知識をその問題で使おうと判断した理由。また、その知識を使おうと思った理由をくわしく教えてください。

4.の問題 (ペットボトル)	5.の問題 (山)	6.の問題 (かんじき)
①	①	①
②	②	②

これで調査は終わりです。ご協力、有り難うございました。

## 理科の学習内容に関する調査

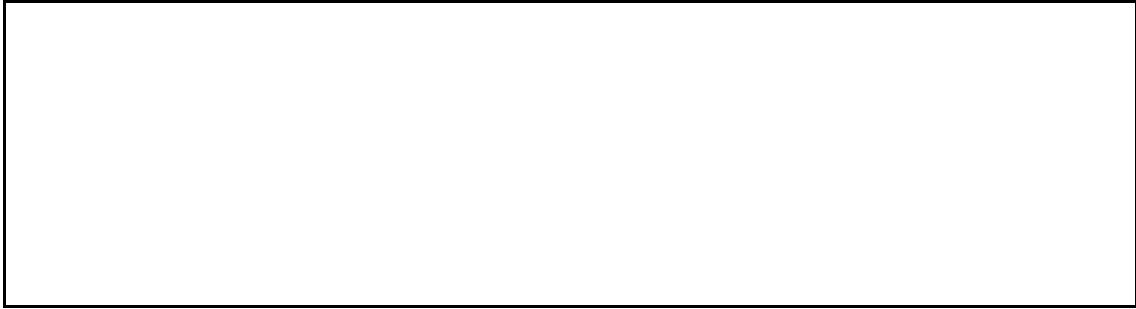
### 調査の趣旨とお願い

1. この調査は、理科教育の改善に資するデータを得るために実施しています。
2. 結果は統計的に処理するため、個人が特定されるような形式で公表されることは一切ありません。
3. 調査の結果は、学校の成績には一切関係ありません。落ち着いて文章をよく読み、あなたの考えを素直に答えてください。
4. 答えはこの用紙に直接記入してください。また、消しゴムは使用せず、一度書いた内容を消したいときは二重線で消して下さい。
5. ページを一度めくったら、前のページには戻らないでください。

調査実施者  
広島大学大学院教育学研究科  
科学教育方法学研究室 堀田晃毅

年 組 番 ( 男 ・ 女 )

1. ろうそくに火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、ろうそくの火はやがて消えました。このような現象が見られる理由について、学校や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

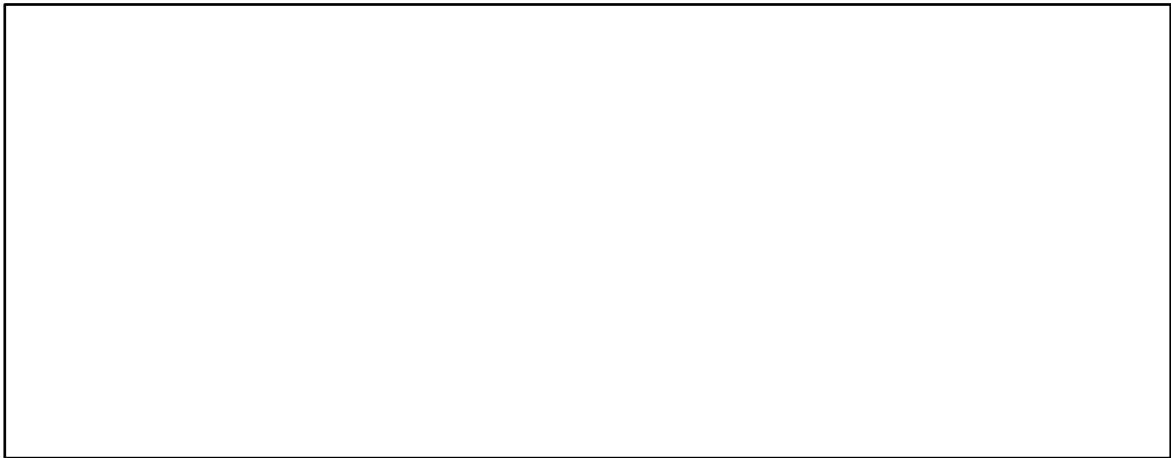
前のページにはもどらないでください。

2. 集気びんの中にスチールウール（綿のような細い鉄でできたたわし）に火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、スチールウールにつけた火はやがて消えました。このような現象が見られる理由をあなたが学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

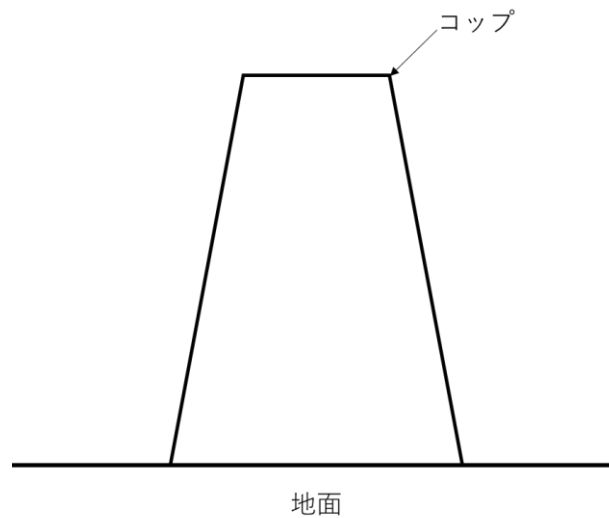
3. 消火器は、中に入れる消火剤の違いにより様々な種類があります。例えば、消火剤として二酸化炭素を使用している消火器は、電子機器などの火災を消火するために用いられています。この消火器を用いることで、なぜ火を消すことができると考えますか。その理由を学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

4. 晴れた日の正午頃、日なたの湿った地面に下の図のように透明のプラスチックのコップを置きました。そして、その日の夜にコップの内側を観察すると、水てきがついていました。このような現象が見られる理由を、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。なお、この日は昼から夜にかけて気温は低くなっていました。

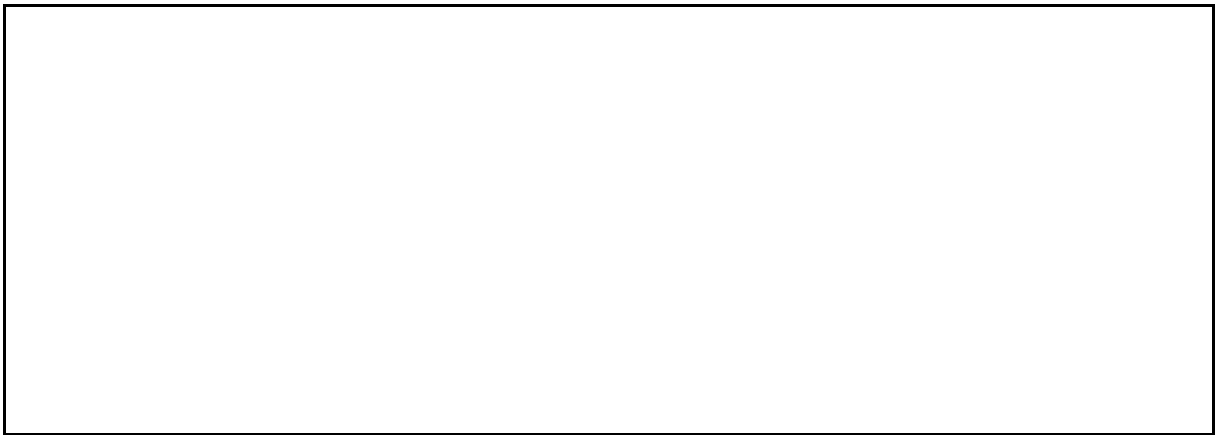


次のページに進んでください。



前のページにはもどらないでください。

5. 夜や明け方などの時間帯に、霧（きり）という白い煙のようなものが地表付近で発生することがあります。この霧が発生する仕組みを、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

6. 寒い日になると、部屋や車、電車の窓ガラスの内側がくもり、やがて水てきができることがあります。このような現象が起こる仕組みを、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

ここでは前のページを見てもかまいませんが、書いている内容の変更はできません。

7. 次の(1)および(2)の項目について教えてください。

(1) 4.～6.の各問題について、①その問題に解答するとき、理科に関するどのような知識を使って考えたか、②①で書いた知識は問題文のどの部分を見たとき使えると考えたか、それぞれくわしく説明してください。

4.の問題（コップの中の水てき）

①	②
---	---

5.の問題（霧ができる仕組み）

①	②
---	---

6.の問題（窓ガラスがくもる仕組み）

①	②
---	---

(2) 「水の状態変化」について、説明してください。

--

これで調査は終わりです。ご協力ありがとうございました。

## 理科の学習内容に関する調査

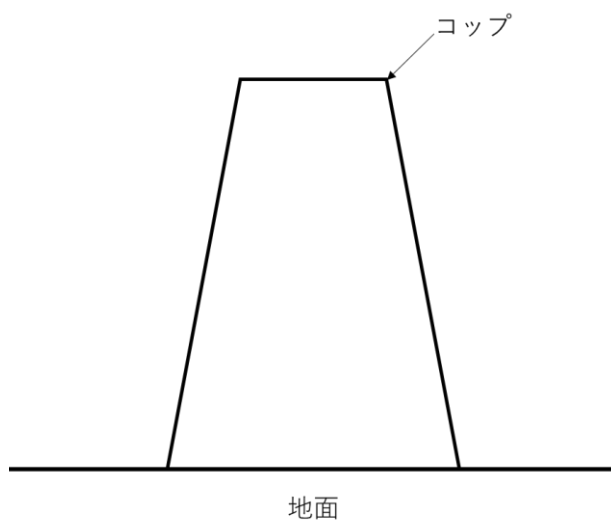
### 調査の趣旨とお願い

1. この調査は、理科教育の改善に資するデータを得るために実施しています。
2. 結果は統計的に処理するため、個人が特定されるような形式で公表されることは一切ありません。
3. 調査の結果は、学校の成績には一切関係ありません。落ち着いて文章をよく読み、あなたの考えを素直に答えてください。
4. 答えはこの用紙に直接記入してください。また、消しゴムは使用せず、一度書いた内容を消したいときは二重線で消して下さい。
5. ページを一度めくったら、前のページには戻らないでください。

調査実施者  
広島大学大学院教育学研究科  
科学教育方法学研究室 堀田晃毅

年 組 番 ( 男 ・ 女 )

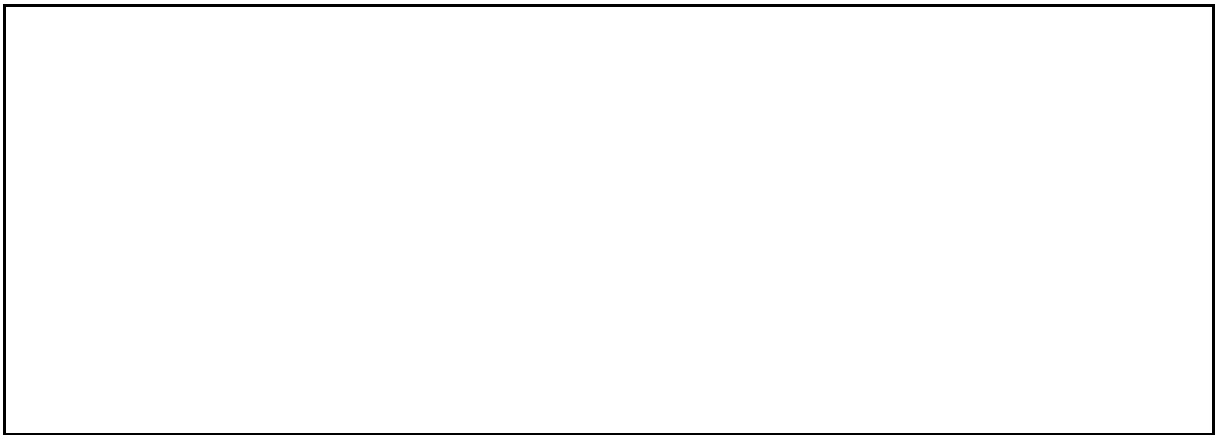
1. 晴れた日の正午頃、日なたの湿った地面に下の図のように透明のプラスチックのコップを置きました。そして、その日の夜にコップの内側を観察すると、水てきがついていました。このような現象が見られる理由を、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。なお、この日は昼から夜にかけて気温は低くなっていました。



次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

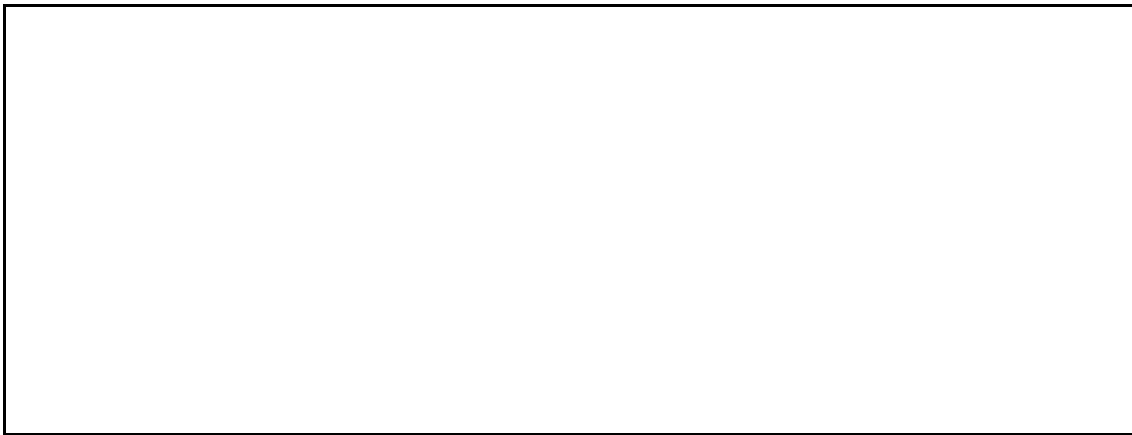
2. 夜や明け方などの時間帯に、霧（きり）という白い煙のようなものが地表付近で発生することがあります。この霧が発生する仕組みを、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

3. 冬の寒い日になると、部屋や車、電車の窓ガラスの内側がくもり、やがて水てきがで  
きる場合があります。このような現象が起こる仕組みを、学校の授業や日常生活で学  
んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

4. ろうそくに火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、ろうそくの火はやがて消えました。このような現象が見られる理由を、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。



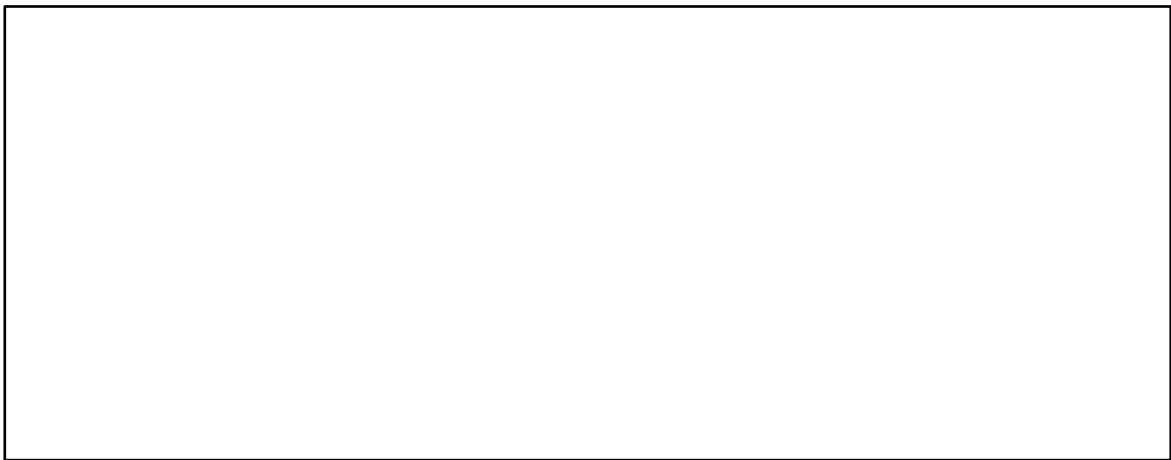
前のページにはもどらないでください。

5. スチールウール（綿のような細い鉄でできたたわし）に火をつけて集気びんの中に入れ、ふたをしました。集気びんにふたをした後、スチールウールにつけた火はやがて消えました。このような現象が見られる理由を、学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。

次のページに進んでください。

前のページにはもどらないでください。

6. 消火器は、中に入れる消火剤の違いにより様々な種類があります。例えば、消火剤として二酸化炭素を利用している消火器は、電子機器などの火災を消火するために用いられています。この消火器を用いることで、なぜ火を消すことができると考えますか。その理由を学校の授業や日常生活で学んだ知識を使いながら書いてください。



次のページに進んでください。

ここでは前のページを見てもかまいませんが、書いている内容の変更はできません。

7. 次の(1)および(2)の項目について教えてください。

(1) 4.～6.の各問題について、①その問題に解答するとき、理科に関するどのような知識を使って考えたか、②①で書いた知識は問題文のどの部分を見たとき使えると考えたか、それぞれくわしく説明してください。

4.の問題（ろうそく）

①	②
---	---

5.の問題（スチールウール）

①	②
---	---

6.の問題（二酸化炭素を用いた消火器）

①	②
---	---

(2) 「ものが燃えることと、次に示す気体の関係」について、説明してください。

酸素	
二酸化炭素	

これで調査は終わりです。ご協力ありがとうございました。

資料5 第4章で使用したRのコード

#第4章で使用したコード

#データの読み込み####

```
total <- read_excel("result20210616.xlsx",
                    sheet = "total_analysis", na = "99")
fire <- read_excel("result20210616.xlsx",
                  sheet = "total_nennshou", na = "99")
water <- read_excel("result20210616.xlsx",
                   sheet = "total_mizunoyukue", na = "99")
```

#記述統計####

```
library(psych) #psych パッケージ使用
describe(total)
describe(fire)
describe(water)
```

#正答率の差の検討(燃焼に関する問題)####

```
library(rstan)
source('myfunc/myfunc.R') #豊田(2016)が作成した関数の読み込み
x <- c(74,57,44); n <- c(221,221,221) #正反応数とデータ数
ddd<-Bi03(x,n, fi=NA) #g 個の2項分布に関する推測
print(ddd,3)
#連言命題が正しい確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,2),c(2,3))) #1>2>3 となる確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,3),c(2,3))) #1・2>3 となる確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,3),c(1,2))) #1>3・2 となる確率
```

#正答率の差の検討(水のゆくえに関する問題)####

```
x <- c(86,49,69); n <- c(221,221,221) #正反応数とデータ数
ddd<-Bi03(x,n, fi=NA) #g 個の2項分布に関する推測
print(ddd,3)
#連言命題が正しい確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,3),c(3,2))) #1>3>2 となる確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,2),c(3,2))) #1・3>2 となる確率
printIJ(ddd$U2,3,IJ=rbind(c(1,3),c(1,2))) #1>3・2 となる確率
```

```
#相関係数の算出####
```

```
#データの型の変更
```

```
total$F1=as.factor(total$F1)
total$F2=as.factor(total$F2)
total$`F3`=as.factor(total$`F3`)
total$`W4`=as.factor(total$`W4`)
total$`W5`=as.factor(total$`W5`)
total$`W6`=as.factor(total$`W6`)
```

```
fire$F1=as.factor(fire$F1)
fire$`F2`=as.factor(fire$`F2`)
fire$`F3`=as.factor(fire$`F3`)
water$`W4`=as.factor(water$`W4`)
water$`W5`=as.factor(water$`W5`)
water$`W6`=as.factor(water$`W6`)
```

```
fire$Q1_notice=as.factor(fire$Q1_notice)
fire$Q2_notice=as.factor(fire$Q2_notice)
fire$Q3_notice=as.factor(fire$Q3_notice)
fire$Q4_1total=as.numeric(fire$Q4_1total)
fire$Q4_2total=as.numeric(fire$Q4_2total)
```

```
water$Q1_notice=as.factor(water$Q1_notice)
water$Q2_notice=as.factor(water$Q2_notice)
water$Q3_notice=as.factor(water$Q3_notice)
water$Q4_total=as.numeric(water$Q4_total)
```

```
#相関分析で使う変数の抽出
```

```
dat_cor_fire= data.frame(Q1=fire$`F1`,
                          Q2=fire$`F2`,
                          Q3=fire$`F3`,
                          Q1n=fire$Q1_notice,
                          Q2n=fire$Q2_notice,
                          Q3n=fire$Q3_notice,
                          k1=fire$Q4_1total,
                          k2=fire$Q4_2total)
```

```
dat_cor_water= data.frame(Q4=water$`W4`,
                          Q5=water$`W5`,
                          Q6=water$`W6`,
                          Q1n=water$Q1_notice,
                          Q2n=water$Q2_notice,
                          Q3n=water$Q3_notice,
                          k=water$Q4_total)
```

#相關分析

```
library(polycor)
hetcor(dat_cor_fire,ML=T)
hetcor(dat_cor_water,ML=T)
```

## 謝辞

本論文が完成するまでに、ご指導頂きました皆様方に心より厚く御礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、主任審査委員の広島大学大学院人間社会科学研究科・磯崎哲夫教授には、主任審査委員を引き受けて下さり、数多くの懇切丁寧なご指導、ご助言頂きました。ここに改めて心より厚く御礼申し上げます。

副審査委員の広島大学大学院人間社会科学研究科・山崎博史教授、古賀信吉教授には、研究の価値や方向性などについて、数多くのご指導、ご助言を頂きました。ここに改めて心より厚く御礼申し上げます。

主任指導教員の広島大学大学院人間社会科学研究科・松浦拓也准教授には、研究計画から完成に至るまでの多くのご指導、ご助言を頂きました。松浦拓也先生には、5年間という長い間、本論文の内容のみならず、研究に対する考え方や取り組み方など、多くのご指導、ご助言を頂きました。多大なるご心配とご迷惑をおかけしたことを深くお詫びするとともに、これまでの5年間の全てのご指導に深く感謝申し上げます。

広島大学大学院人間社会科学研究科・木下博義准教授には、常日頃からの的確なご指導、ご助言を頂きました。木下博義先生には、広島県内の校内研修会に連れて行ってくださり、研究者として貴重な経験をさせていただくことができました。ここに改めて心より厚く御礼申し上げます。

また、本論文の調査においては、広島大学附属三原中学校、東広島市立八本松中学校の先生方、子供達に多大なご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

そして、私の研究生活を支えて下さった科学教育方法学研究室の諸先輩方、同級生、後輩諸君に深く感謝いたします。最後に、私の進む道を温かく見守り、精神的、経済的支えてくれた両親に深く感謝いたします。

2022年1月

堀田 晃毅