

児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が 「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に与える効果 — 算数の反比例の知識に基づいて —

山田 貴之*・小林 辰至**
(平成28年6月6日受付；平成28年11月11日受理)

要 旨

本研究の目的は、算数の反比例の知識に基づいて、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることである。

この目的を達成するために、“The Four Question Strategy” (4QS) に基づく「仮説設定シート」を用いて、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数が反比例の関係にあることを意識しながら実験を行い、自らの仮説を演繹的に検証した実験群36人と、4QSを用いず授業終末に2変数の関係を教授された統制群37人を対象とした授業実践、及び学習前後の調査問題の分析を行った。

その結果、実験群の方が、「てこの規則性」に関する科学的知識を高い割合で理解し維持できることが明らかとなった。この結果を踏まえ、算数の知識を理科の課題解決に関連付けるためには、その活用を児童が意識しながら実験を行うことが大切であるという示唆を得た。

KEY WORDS

変数の同定 Identify Relevant Variables, 仮説設定 Formulate Hypotheses, てこの規則性 Regularity of a Lever, 算数 Arithmetic, 反比例 Inverse Proportion

1 問題の所在

小学校第6学年の「てこの規則性」の学習は、「おもりの重さとおもりの位置」という2種類の意味の異なる数値を扱ったり、これらの関係を定式化したりするなど、抽象度が高いため、児童にとって理解が難しいことが指摘されている(小林・楠木, 2011)⁽¹⁾。具体的には、平成20年告示の小学校学習指導要領解説理科編(文部科学省, 2008a)⁽²⁾において、「力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性があること」(以下、「てこの規則性」に関する科学的知識と表記)を学習する。その際、算数の反比例の学習と関連を図ることが明記されている。

また、観察・実験を行う前に、児童が見通しをもつことの重要性が示されており(文部科学省, 2008b)⁽³⁾、てこ実験器を使った実験において、児童が「おもりの重さとおもりの位置」の2変数を試行錯誤的に変化させていくのではなく、これらが算数で学習した反比例の関係にあることを認識し、それを言語化した予想や仮説をもって意図的に働きかけていくことが重要であるといえる。

以上のことから、「てこの規則性」の学習では、算数で習得した反比例の知識に基づく授業展開が効果的であると考えられる。これまで、中学校における理科と数学を関連付けた研究はいくつか報告されている。例えば、理科における計算能力の文脈依存性に関する研究(西川, 1994)⁽⁴⁾、数学と理科との関連を図った指導に関する研究(石井・箕輪・橋本, 1996)⁽⁵⁾、課題解決の手段として数学との関連が最初から明示された理科授業の効果(湯澤・山本, 2002)⁽⁶⁾、理科と数学の論理的思考の共通化の必要性に関する意識調査(安藤・小原, 2010)⁽⁷⁾、理科から数学への学習の転移を促す条件や相互補完の授業の必要性(石井・橋本, 2013)⁽⁸⁾、圧力の授業に数学の反比例の学習を活かした指導の効果(石井, 2015)⁽⁹⁾などがある。これらの研究では、理科と数学が深く関わり合っている内容については、両者を関連付けた指導が科学的な理解を深める上で効果があるとしている。

一方で、発達段階の異なる小学校においては、理科と算数を関連付けた研究はほとんど見当たらず、「てこの規則性」の学習において、算数で習得した反比例の知識に基づいた授業展開、及び効果的な指導方法の蓄積は未だ十分とはいえない。

そこで本研究では、「おもりの重さとおもりの位置」という2変数の因果関係を踏まえた仮説を児童自らに設定させる段階において、算数の反比例の知識を理科の課題解決に関連付けることを明示し、自らの仮説を演繹的に検証させるといった指導方法が、「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に有効ではないかと考えた。

因果関係を踏まえた仮説設定については、小林・永益(2006)⁽¹⁰⁾が、“The Four Question Strategy”(Cothron, Giese & Rezba, 2000)⁽¹¹⁾を基に考案した仮説設定シート(以下、4QSと表記)を採用することとした。4QSは、児童生徒に自ら仮説を設定させる指導方略、及びそれを具体化したワークシートであり、教員が設定したStep 1からStep 4までの4つの問いと、仮説を言語化させるStep 5で構成されている。具体的には、Step 1は、変化する事象を従属変数として同定させる段階である。Step 2は、従属変数に影響を及ぼす独立変数に気づかせる段階である。Step 3は、Step 2で挙げた独立変数を実験条件として、どのように変化させるかを考えさせる段階である。Step 4は、Step 1で同定した従属変数を数量化させる段階である。最後のStep 5は、Step 3とStep 4を関連付けて、「…すれば、…は、…になる。」といった仮説を文章として記述させる段階である。

4QSを用いることで、従属変数と独立変数の正しい認識と、2変数の因果関係に基づく仮説の導出が可能となる(金子・小林, 2010, 2011⁽¹²⁾ (13); 山田・寺田・長谷川・稲田・小林, 2014⁽¹⁴⁾)ことから、本研究のような仮説演繹型の授業に適していると考えられる。

2 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、算数の反比例の知識に基づいて、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることを目的とした。

3 研究の方法

3.1 調査の対象

授業及び調査問題を、岐阜県内の公立小学校第6学年の全学級(2学級73人)を対象に実施した。4QSを用いた1学級36人を実験群、用いなかった1学級37人を統制群とし、条件の異なる両群を比較検討することで、本研究の指導方法に関する効果を明らかにすることとした。

3.2 対象校のカリキュラム

両群ともに、算数の単元「比例と反比例」を2013年10月上旬から10月下旬にかけて12時間で実施した。理科の単元「てこの規則性」を同年10月中旬から11月上旬にかけて10時間で実施した。授業者は、両群の理科と実験群の算数が筆頭著者であり、統制群の算数が同学年の担任であった。

算数については、授業進度や指導内容に関する事前の打ち合わせを十分に行い、授業者による差が極力出ないようにした。そして、10月下旬に実施された「比例と反比例」の単元テスト(150点満点)では、実験群の平均点(標準偏差)が133.8点(11.2)、統制群のそれが134.5点(10.5)であり、両群の平均点の差を t 検定したところ、群間に有意な差は認められなかった($t(71) = .24, n.s.$)。

3.3 本単元の概要

本単元は10時間で構成されている(表1)。第1次で、棒を使って重いおもりを持ち上げる活動を通して、棒を工夫して使うと重い物を楽に持ち上げられることを体感させた。第2次で、てこを傾ける働きが「おもりの重さやおもりの位置」によって、どのように変化するかをてこ実験器を使って調べさせた。第3次で、てこのきまりを利用して、物の重さを比べたりはかたりする方法を考えさせたり、てこ実験器を使って調べさせたりした。第4次で、てこを利用した道具を調べることを通して、てこのきまりが日常生活の中でどのように使われているかを考えさせた。

3.4 授業及び調査問題の実施計画

本研究の対象となる授業を第5時に実施した(表1)。両群の児童に対して、まず、「左のうでの3の位置におもりを4個(1個10g)、右のうでの6の位置におもりを2個つるし、水平につり合ったてこ」を提示した。次に、「左の

うでの『おもりの重さと位置』はこのまま固定させておきます。右のうでのおもりの位置を変えていくと、おもりの重さはどのように変わっていくと思いますか。もちろん、てこは水平につり合った状態です。」と発問した。その後、教師は本時の学習課題（おもりの位置を変えると、おもりの重さはどのように変わるのだろうか。）を板書した。学習課題の提示後、実験群では、教師から反比例の知識を課題解決に関連付けることを促す、「『おもりの重さとおもりの位置』は反比例の関係にあり、てこが水平につり合うときは、『おもりの重さ×おもりの位置』の数值は等しくなります。この規則性を使って、ワークシートに自分の考えを記入していきましょう。」という指導を行った（表2）。その後、4QSを用いて児童自らがStep 1 からStep 4 までの変数の同定と、Step 5 の仮説設定を行った。そして、グループや学級全体で互いの仮説が検証可能であるのか否かについて検討を加えた後、実験を行った。

図1に、このような指導過程を経て、実験群の児童が記述した4QSの例を示す。4QSの記述内容については、本単元実施前に共同研究者によって検討がなされており、児童の思考の自由度を保障しつつ、検証可能な問題にするための適切な指導助言が想定されている。なお、図中のグラフは仮説を設定させる段階において、児童がイメージとして描いたものであり、正確な反比例のグラフにはなっていないことを付記しておく。4QSへの記述にあたっては、制御する2変数（おもりの重さとおもりの位置）の特性上、「Step 2 →Step 1 →Step 3 →Step 4 →Step 5」の順に4QSへの記述を促した。

一方、統制群では、教師が「前時、左のうでの『おもりの重さと位置』を変えないとき、右のうでに加える力の大きさは、力を加える位置を変えることで変わる、という規則性を学習しました。この規則性を使って、右のうでの『おもりの重さとおもりの位置』について、どのような関係がありそうか、自分なりの仮説を考えてください。」という実験の目的や変数に関する指導を行った。その後、仮説についてグループや学級全体で話し合わせた結果、児童から「おもりの位置を1から1つずつ増やしていくと、おもりの重さはだんだん小さくなるだろう。」「おもりの位置を支点から遠くすればするほど、おもりの重さはどんどん小さくなっていくだろう。」「おもりの位置を2倍の距離にすると、おもりの重さは1/2の重さで、てこは水平につり合うだろう。」などの意見が出された。そこで、教師がこれらの仮説を黒板に整理し、児童のノートに記述させた後に実験を行わせた。

最後に、第5時のまとめとして、両群ともに「おもりの重さとおもりの位置」の積が左右で等しくなるとき、てこが水平につり合うことを確認させた。統制群においては、各グループの実験結果に基づき、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数が反比例の関係にあることを併せて教授した。

表1 本単元の指導計画

単元の進行	時	主な学習内容
第1次（3時間） 棒で重い物を持ち上げよう	①	てこの支点、力点、作用点について知る。
	②	おもりの重さや力を加える位置を変えると、手ごたえがどう変わるかを予想して調べる。
	③	てこを使っておもりを持ち上げる場合、小さな力で持ち上げられるのは、どのようなときかまとめる。
第2次（3時間） てこの働きには、どんなきまりがあるか	④	てこを傾ける働きと、力の大きさと力を加える位置との関係を考える。
	⑤	左のうでの「おもりの重さとおもりの位置」を固定したてこを使い、てこを傾ける働きの大きさが左右で等しくなるのはどんなときか調べ、その結果を表に整理し、てこが水平につり合うときのきまりについてまとめる。
	⑥	左のうでの「おもりの重さとおもりの位置」をいろいろと変えて調べたときの結果を表に整理し、前時（第5時）との共通点や規則性についてまとめる。
第3次（2時間） てこが水平につり合うときのきまりを使って物の重さを調べよう	⑦	てこのきまりを利用して、物の重さを比べたりはかったりする方法を考え、てこ実験器を使って確かめる。
	⑧	てこやてんびんを利用したはかりをつくり、物の重さをはかる。
第4次（2時間） てこを利用した道具をさがそう	⑨	身のまわりには、どんなてこを利用した道具があるかがし、てこの働きについて考える。
	⑩	てこの働きについて、学習したことをまとめる。

表2 実験群における変数の同定と仮説設定の指導過程

指導過程	教師の発問と児童の記述例
反比例の知識の明示	◎算数で反比例の学習をしました。「この規則性」において、「おもりの重さとおもりの位置」は反比例の関係にあります。このきまりを使って、ワークシートに自分の考えを記入していきましょう。
Step 2	◎Step 2に、実験によって変えていく条件を書いてください。 ・おもりをつるすおもりの位置
Step 1	◎Step 1には、Step 2の「おもりをつるすおもりの位置」を変えていくことで影響を受ける条件を書いてください。 ・おもりの重さ
Step 3	◎Step 2の「おもりをつるすおもりの位置」をどのように変化させていくか考えてください。 ・てこ実験器の「1」の位置から1つずつ増やしていく。
Step 4	◎Step 1の「おもりの重さ」は、どのようにすれば変えられるか考えてください。 ・てこが水平につり合うように、おもりの重さを変えていく。
Step 5	◎Step 3とStep 4を関連付けて、「…すると、～は～になるだろう。」という仮説の文章を書いてください。 ・おもりをつるすおもりの位置を1, 2, 3, …と1つずつ増やしていくと、おもりの重さは120g, 60g, 40g, …と減っていくだろう。

注) ◎は教師の発問, ・は児童の記述例を示す。

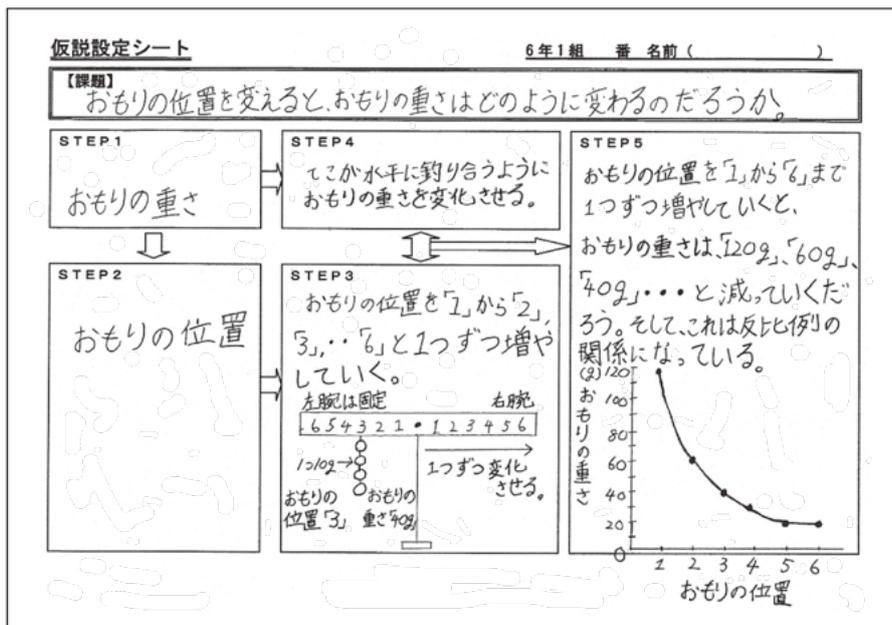


図1 実験群の児童が記述した4QSの例

従って、本授業における両群の条件の差異は、「おもりの重さとおもりの位置」は反比例の関係にあることを教授したタイミングと、児童自らが変数の同定と仮説設定を行ったか、それとも教師の指導によって仮説を設定したかである。なお、統制群の児童に対しては、1度も4QSを導入していないが、実験群の児童には、1学期に実施した理科の単元「燃焼の仕組み」において4QSの記述方法が教授されているため、本研究では特別な指導を行っていない。

調査問題については、2013年10月中旬（事前調査）、10月下旬（事後調査）、12月下旬（遅延調査）に同一の質問紙を用いて15分間ずつで行った。事後調査については、本研究の対象となる第5時の授業を行った日の帰りの会で実施することとした。

3. 5 調査の方法

本研究で用いた調査問題は、平成22年文部科学省検定済みのX社の理科教科書（毛利・黒田ら，2013）⁽¹⁵⁾に記載さ

れている単元末問題を参考に、自由記述形式で回答させる3つの設問で構成した(図2)。

設問1では、『てこの規則性』を見いだせるように、表に整理してまとめることができるか否か』についての理解度を調査した。回答は、てこが水平につき合うときの「おもりの重さとおもりの位置」の2変数の組み合わせを過不足なく4通り抽出し、その結果を表に整理している記述を正答とした。

設問2では、「てこを使うと、小さい力でも重い物を動かすことができる理由を『てこが水平につき合うときのきまり』を使って説明することができるか否か』についての理解度を調査した。回答は、「てこを傾ける働きが大きさは、「おもりの重さ×おもりの位置」できまるから、おもりの位置を支点から遠くするほど、小さい力で済むから。」といった記述を正答とした。

設問3では、『てこの規則性』について、数値処理を行うことなく定性的に説明することができるか否か』についての理解度を調査した。回答は、「左右の重さが同じでも、右のうでは針金を曲げた分だけ、おもりの位置が支点から近くなったので、右のうでのてこを傾ける働きが小さくなったから。」といった、左右のてこを傾ける働き大きさに着目した記述を正答とした。

3. 6 分析の方法

3. 6. 1 設問全体の理解度に関する分析

上述した正答例に従って、まず、事前・事後・遅延の各調査問題における正答に1点を付与し、個人の合計得点(3点満点)の平均値と標準偏差をそれぞれ算出した。次に、これらの得点を用いて、群と調査時を要因とした2要因分散分析を行った。

3. 6. 2 設問ごとの理解度に関する分析

まず、事前・事後・遅延の各調査問題における設問ごとの正答者と、それ以外の非正答者(誤答者および無回答者)とに分類した。次に、両群の正答者数と非正答者数について2×2のクロス集計を行い、直接確率計算(両側検定)を用いて検定した。

「てこのはたらき」事前調査問題

1. 実験用てこの左のうでに、図1のように、1個10gのおもりを2個つりました。このとき、右のうでに1個10gのおもりをつるして、てこを水平につき合わせるつし方は、何通りありますか。また、そのときのおもりの重さと支点からのきよりの組み合わせを表にかき入れましょう。

図1

() 通り

おもりの重さ	支点からのきより

2. 図2のア、イを例にして、てこを使うと、小さい力でも重い物を動かすことができる理由を、「てこが水平につき合うときのきまり」を使って説明しよう。

図2

3. 図3のように、水平につき合っている針金の右のうでだけを曲げたとき、左右のつり合いは、どうなるでしょうか。また、そのように考えた理由も書きましょう。

図3

図2 調査問題

4 結果と考察

4. 1 設問全体の理解度

表3は、事前・事後・遅延の各調査問題において、設問ごとの正答に1点を付与し、個人の合計得点（3点満点）の平均値と標準偏差をそれぞれ算出したものである。また、両群の平均値の推移を図3に示す。

2要因分散分析を行った結果、群と調査時の交互作用が有意であった（ $F(2,142) = 14.98, p < .01$ ）。そこで、まず、群ごとに調査時の単純主効果を検定したところ、両群ともに有意な差がみられた（実験群 $F(2,142) = 163.63, p < .01$ ；統制群 $F(2,142) = 70.91, p < .01$ ）。多重比較の結果、実験群では事前から事後で有意に上昇したが、事後から遅延については有意でなかった（ $MSe = .34, p < .05$ ）。統制群では事前から事後で有意に上昇したが、事後から遅延については有意に下降した（ $MSe = .34, p < .05$ ）。次に、調査時ごとに群の単純主効果を検定したところ、事前では有意な差がみられなかったが（ $F(1,71) = 1.43, n.s.$ ）、事後と遅延では実験群の方が統制群よりも有意に平均値が高かった（事後 $F(1,71) = 10.46, p < .01$ ；遅延 $F(1,71) = 27.87, p < .01$ ）。

このことから、実験群の児童は、「てこの規則性」に関する科学的知識を理解し、定着したと考えられる。一方、統制群では、事後においてはある程度の科学的知識を理解することができていたが、授業内容を十分に理解することができていなかったため、知識の確実な定着に至らなかったと推察される。併せて、統制群の平均値は実験群のそれと比べて相対的に低く、本研究の指導方法の有無による差がそこに表れていると考えられる。

表3 設問全体の理解度（3点満点）

	事前	事後	遅延
実験群 (N=36)	.22 (.48)	2.47 (.79)	2.25 (.86)
統制群 (N=37)	.11 (.31)	1.73 (1.11)	1.08 (1.01)

注) 表内の数字は平均値（標準偏差）を示す。

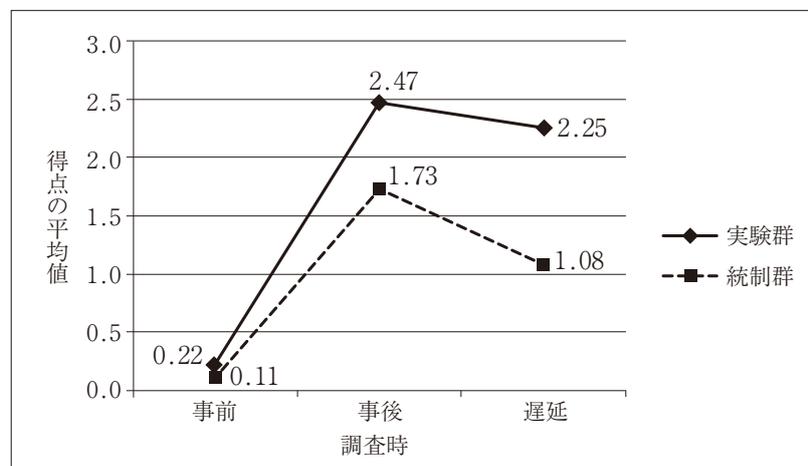


図3 両群の平均値の推移

4. 2 設問ごとの理解度

4. 2. 1 設問1について

設問1では、「『てこの規則性』を見いだせるように、表に整理してまとめることができるか否か」についての理解度を分析した。表4に示したように、両群の正答者数は、事前と事後では有意な差がみられなかったが、遅延では実験群の方が統制群よりも有意に多いことが示された。設問1は、てこが水平につり合うときの「おもりの重さとおもりの位置」の2変数の組み合わせを過不足なく抽出するという問題であるため、上述した正答例には、組み合わせの規則性や順序性について示されていない。しかしながら、これら2変数の組み合わせを抽出するとき、算数で習得した反比例の知識に基づくならば、「おもりの位置を2倍、3倍、…にすると、力の大きさは1/2、1/3、…になる。」といった科学的知識を適用すると考えられる。

そこで、反比例の知識に基づき、2変数の組み合わせを規則的に表に整理している人数とそれ以外の人数的について2×2のクロス集計を行い、直接確率計算(両側検定)を用いて検定した(表5)。その結果、2変数の組み合わせを規則的に表に整理することができた人数は、事前では群間に有意な差がみられなかったが、事前と事後では実験群の方が統制群よりも有意に多かった。

このことから、本研究の指導方法は、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数の組み合わせを過不足なく抽出させるとともに、反比例の知識を適用し、2変数の組み合わせの規則性を意識しながら表に整理させることに効果があると考えられる。

これに対し、反比例の知識の適用が明示的な目標とされなかった統制群では、てこが水平につき合うことを確かめることが授業の目的となるため、「おもりの重さとおもりの位置」を試行錯誤的に変化させていく中で、結果的にてこがつり合うといった表面的な捉えに留まっていたり、2変数の連続的な変化の認識が低かったりしたことが要因として考えられる。このように、統制群では、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数の測定値が無作為に記録されたことから、これらの組み合わせに過不足がみられたり、数値を規則的に表に整理することが困難であったりしたと考えられる。

表4 設問1における正答者数と群間の有意差

	事前	事後	遅延
実験群 (N=36)	3 (8.3)	29 (80.6)	30 (83.3)
統制群 (N=37)	1 (2.7)	27 (73.0)	22 (59.5)
p値	.3575 n.s.	.5814 n.s.	.0377*

注) 単位は人, () 内の数字は正答率を示す。* $p < .05$

表5 2変数の組み合わせを規則的に表に整理できた人数と群間の有意差

	事前	事後	遅延
実験群 (N=36)	3 (8.3)	29 (80.6)	29 (80.6)
統制群 (N=37)	1 (2.7)	17 (45.9)	15 (40.5)
p値	.3575 n.s.	.0034**	.0007**

注) 単位は人, () 内の数字は正答率を示す。** $p < .01$

4. 2. 2 設問2について

設問2では、「てこを使うと、小さい力でも重い物を動かすことができる理由を『てこが水平につき合うときのきまり』を使って説明することができるか否か」についての理解度を分析した。表6に示したように、両群の正答者数は、事前と事後では有意な差がみられなかったが、遅延では実験群の方が統制群よりも有意に多いことが示された。統制群では、授業直後であったならば暗記した知識(例:「おもりの重さ×おもりの位置」が左右で等しいときに、てこは水平につき合う。)を再生することができたが、時間の経過と共に記憶が曖昧になり正答率が著しく低下したと考えられる。

このことから、本研究の指導方法は、授業の約2ヶ月後においても、小さな力で重い物を動かすなどのてこの仕組みや働きについて、てこを傾ける働きの大きさが、「おもりの重さ×おもりの位置」できまり、両側のてこを傾ける働きの大きさが等しいときにつき合う、といった定式化された科学的知識を使用して考えたり説明したりするのに効果があることが示された。

表6 設問2における正答者数と群間の有意差

	事前	事後	遅延
実験群 (N=36)	0 (0.0)	22 (61.1)	20 (55.6)
統制群 (N=37)	0 (0.0)	18 (48.6)	7 (18.9)
<i>p</i> 値	1.0000 <i>n.s.</i>	.3497 <i>n.s.</i>	.0016**

注) 単位は人, () 内の数字は正答率を示す。 ** $p < .01$

4. 2. 3 設問3について

設問3では、「『てこの規則性』について、数値処理を行うことなく定性的に説明することができるか否か」についての理解度を分析した。表7に示したように、両群の正答者数は、事前では有意な差がみられなかったが、事後と遅延では実験群の方が統制群よりも有意に多いことが示された。設問3は、「『てこの規則性』について、数値処理を行うことなく定性的に説明することができるか否か」を調査する問題である。そのため、「てこを傾ける働きの大きさ」を「おもりの重さとおもりの位置」の積で表される式として暗記するのに留まるのではなく、上述した正答例のように、これら2変数の因果関係、及び反比例の知識に基づく本質的な仕組みの理解が求められる。

そこで、事前調査における両群の児童一人一人の理解度の状態を把握するために、個々の回答に分析を加えたところ、実験群36人中24人、統制群37人中25人に「針金を折り曲げた分だけ重くなりそうだから右に傾くと思う。」といった直感に基づく記述が、残りの実験群12人中9人、統制群12人中4人に「粘土の形を変えても重さは変わらなかったから、水平につり合ったままだと思う。」といった既有知識の誤った適用に基づく記述がみられた。従って、事前調査においては、このような誤概念を保持している児童が実験群で約90%、統制群で約80%存在することが示された。

しかしながら、表7に示したように、事後・遅延調査においては、統制群の正答者数は実験群のそれと比べて相対的に少なく、両群で有意な差が認められた。こうした背景には、児童が保持する誤概念を科学的知識へと変換できたか否かに要因があると考えられ、本研究の指導方法の有無による差がそこに現れていると推察される。「おもりの重さとおもりの位置」の2変数が反比例の関係にあることを自らの仮説として言語化した実験群では、児童が学習に対する見通しをもって実験を進めたり、結果を解釈する視点を明確にしたりすることができたと考えられる。その一方で、「どこに着目し、どのような手順で実験を進めていけばよいのか」、「実験の結果をどのように分析して解釈すればよいのか」といった理論的枠組みを保持することができていなかった統制群では、事前調査で示された誤概念が根強く残った可能性があるため、構造化された科学的知識を獲得するには至らなかったと考えられる。

このことから、本研究の指導方法は、仮説の設定からその検証に至るまで一貫して自らの活動であるという認識と理論的枠組みの保持を促し、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数の因果関係、及び反比例の知識に基づく本質的な仕組みの理解に効果があると考えられる。

表7 設問3における正答者数と群間の有意差

	事前	事後	遅延
実験群 (N=36)	0 (0.0)	32 (88.9)	29 (80.6)
統制群 (N=37)	0 (0.0)	15 (40.5)	10 (27.0)
<i>p</i> 値	1.0000 <i>n.s.</i>	.0000**	.0000**

注) 単位は人, () 内の数字は正答率を示す。 ** $p < .01$

5 まとめと今後の課題

本研究の目的は、算数の反比例の知識に基づいて、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に与える効果を明らかにすることであった。これまで述べてきたように、事前・事後・遅延の各調査問題によって児童の理解状態を分析したところ、本研究の指導方法が、「てこの規則性」に関する

る科学的知識の理解とその維持に有効であることが示された。以下では、本研究の指導方法と科学的知識の理解との関連性について述べる。本研究では、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導方法として4QSを用いた。4QSを用いることで、従属変数と独立変数との因果関係を客観的に捉え、自分の仮説を言語化することができる。実験群では、4QSを用いた仮説の設定段階において、算数の反比例の知識を理科の課題解決に関連付けることが明示され、「おもりの重さとおもりの位置」の2変数が反比例の関係にあることを意識しながら実験を行い、自らの仮説を演繹的に検証することで、科学的知識の理解とその維持を促したと考えられる。一方、統制群では、授業の終末段階において、教師から「おもりの重さとおもりの位置」が反比例の関係にあることを教授された。しかしながら、この授業では実験結果から規則性を帰納するとき、どのように解釈するべきか困惑していたり、不適切な折れ線グラフを作成していたりする児童が多くみられた。つまり、教師が正答を教授したとしても、児童は科学的知識を必ずしも理解できるようになるわけではないということを裏付ける結果になったといえる。

以上のことを踏まえ、算数の知識を理科の課題解決に関連付けるためには、その活用を児童が意識しながら実験を行うことが大切であり、仮説設定から結果の解釈までの思考過程を首尾一貫させる教師の適切な指導が必要であるという示唆を得ることができた。今後、本研究の指導方法を「てこの規則性」以外の抽象度が高く、理解が困難とされる力学領域においても適用し、その効果を検証していくことが望まれる。

引用文献

- (1) 小林寛子・鐘木良夫 (2011) 「抽象度の異なる複数の説明の教授が『てこの規則性』の理解に及ぼす影響」『日本教育心理学会 第53回総会発表論文集』p.26.
- (2) 文部科学省 (2008a) 「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp.58-59.
- (3) 文部科学省 (2008b) 「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp.7-11.
- (4) 西川 純 (1994) 「理科における計算能力の文脈依存性に関する研究～オームの法則を事例として～」『日本理科教育学会研究紀要』第35巻, 第1号, pp.53-58.
- (5) 石井俊行・箕輪明寛・橋本美彦 (1996) 「数学と理科との関連を図った指導に関する研究～文脈依存性を克服した指導への提言～」『科学教育研究』第20巻, 第4号, pp.213-220.
- (6) 湯澤正通・山本泰昌 (2002) 「理科と数学の関連付け方の異なる授業が中学生の学習に及ぼす効果」『教育心理学研究』第50巻, 第3号, pp.377-387.
- (7) 安藤秀俊・小原美枝 (2010) 「数学と理科の関わりについての意識調査」『科学教育研究』第34巻, 第2号, pp.207-219.
- (8) 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』第37巻, 第4号, pp.283-294.
- (9) 石井俊行 (2015) 「中学理科の圧力の理解を深めさせる指導に関する一考察－数学の反比例の学習を活かして－」『科学教育研究』第39巻, 第1号, pp.42-51.
- (10) 小林辰至・永益泰彦 (2006) 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望－小学校教員志望学生の子どもの頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価－」『科学教育研究』第30巻, 第3号, pp.185-193.
- (11) Cothron, J.H., Giese, R.N., & Rezba, R.J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall / Hunt Publishing Company, pp.21-35.
- (12) 金子健治・小林辰至 (2010) 「The Four Question Strategyを用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果－質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例として－」『理科教育学研究』第50巻, 第3号, pp.67-76.
- (13) 金子健治・小林辰至 (2011) 「The Four Question Strategyに基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究－中学校物理領域『力の大きさとばねの伸び』を例として－」『理科教育学研究』第51巻, 第3号, pp.75-83.
- (14) 山田貴之・寺田光宏・長谷川敦司・稲田結美・小林辰至 (2014) 「児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果－第6学年『ものの燃え方と空気』を事例として－」『理科教育学研究』第55巻, 第2号, pp.219-229.
- (15) 毛利 衛・黒田玲子ら (2013) 「新しい理科6」東京書籍, pp.112-129.

The Effects of the Teaching Method of Asking Students to Identify Relevant Variables and Formulate Hypotheses by Themselves on Their Understanding of Scientific Knowledge of the “Regularity of a Lever”

– Based on the Knowledge of Inverse Proportion in Arithmetic –

Takayuki YAMADA* · Tatsushi KOBAYASHI**

ABSTRACT

The purpose of this research is to clarify the effects of the teaching method of asking students to identify relevant variables and formulate hypotheses based on the knowledge of inverse proportion in arithmetic on the understanding of scientific knowledge of the “regularity of a lever.”

For this purpose, students were divided into two groups – an experimental group composed of 36 students who conducted experiments with an awareness of an inverse relation between the weight of a weight and its position using a “hypothesis formulation sheet” based on the Four Question Strategy (4QS) and a control group composed of 37 students who were taught about the relationship between these two variables at the end of class. Then, they were analyzed before, during, and after class.

The results clarified that an experimental group was more likely to understand and maintain scientific knowledge on the “regularity of a lever.” This result suggested that it is important for pupils to conduct experiments with an awareness of its task in order to associate the knowledge of arithmetic with the task solution of science.