

[理 科]

小学校中学年段階における科学的な問いをつくる力を 育成する継続的な指導

－変数と因果関係に着目した仮説から科学的な問いをつくる自作ワークシートの活用－

新田 和也*

1 問題の所在と主題設定の意図

平成29年告示の小学校学習指導要領解説理科編¹⁾では、「課題の把握，課題の探究，課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い，それぞれの過程において，資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ること」と示している。その中でも，特に「気付きから疑問を形成し，課題として設定することができるようになることを重視すべきである」としている。また，第3学年では，「問題を見いだす力」の育成に重点が置かれている。さらに，令和4年度全国学力・学習状況調査の結果（小学校理科）²⁾では，気付いたことを基に分析して適切な問題を見いだすことに課題があるため，自分や他者の気付きを基に問題を見いだす場面を設定することが大切であると報告されている。

しかし，筆者のこれまでの理科授業では，教師が問題を提示してしまったり，問題を見いだす場面を設定しても，児童が「なぜ電気はあるのだろうか？」などの抽象的かつ実験で検証不可能な問題を考えてしまったりすることがあった。現在担任する第4学年の児童においても，科学的な事象・現象に対して気付いたことや疑問を発言することはできるが，実験で検証可能な問題を見いだして表現できているとは言い難い。以上を踏まえると，小学校中学年段階において，児童自身が科学的な事象・現象から「問題を見いだして設定する力」を育成する指導の重要性が示唆される。

これまで，「問題（以後，科学的な問いとする）の設定」に関する研究が行われてきた。坂本ら（2016）³⁾や河原井・宮本（2020）⁴⁾の先行研究を踏まえると，「科学的な問い」とは，「観察・実験を通して実証可能な問い」や「変数の抽出と因果関係の同定を行っている問い」であると捉えることができる。また，河原井・宮本は，気付きや疑問から問いを生成させるプロセスで科学的な問いが生成されやすく，気付きや疑問に「変数の抽出」や「因果関係の同定」が内包されていることが重要であると報告している。

近年の研究で，川崎・吉田（2021）⁵⁾は，疑問から問いへの変換過程の中に仮説形成と同質の思考過程があるとして，「疑問の認識→仮説の形成→問いの設定」の流れの有効性を提唱し，授業実践を行っている。しかし，川崎・吉田は，仮説の形成をどのように行うかを今後の課題としており，「変数」や「因果関係」に着目した仮説の形成は行っていない。

そこで，山田ら（2020）⁶⁾の原因と結果の因果関係を基にして仮説を設定する実践に着目した。原因を「独立変数（何を）」と「その変化のさせ方（どうすると）」，結果を「従属変数（何が）」と「その変化の仕方（どうなる）」で表し，仮説を設定するものである。本研究では，川崎・吉田と山田らの研究を踏まえ，児童が変数と因果関係に着目した仮説を設定し，その仮説を基にして科学的な問いをつくるための手立てを講じる。そして，科学的な問いを「変数と因果関係に着目した実験で検証可能な問い」と定義し，継続的な指導を行うことで科学的な問いをつくる力の育成を目指す。

2 研究の目的

変数と因果関係に着目した仮説を設定し，その仮説を基にして科学的な問いをつくるための指導を継続して行うことで，小学校中学年段階において児童の科学的な問いをつくる力を育成することができるかを検証する。

3 研究の方法と内容

(1) 実践期間，調査対象児童，実践対象の単元

令和5年5月から9月にかけて，4年生1学級計26名を対象にして，授業実践を実施し，検証を行った。実践対象の単元を第4学年理科「空気と水」，「電気のはたらき」，「自然の中の水」，「水の3つのすがた」とした。この4つの単元

*長岡市立関原小学校

の中の実験には、山田ら (2021)⁷⁾が明らかにしている通り、「仮説設定、変数制御」の視点が含まれており、変数と因果関係に着目した仮説を基にして科学的な問いをつくるための指導や手立てを効果的に仕組むことができると考えた。

(2) 本研究の手立てと期待する効果

① 変数と因果関係に着目して設定した仮説から科学的な問いをつくる自作ワークシートの作成と活用

山田ら (2020)⁶⁾は、原因と結果の因果関係の見方・考え方が仮説を設定する際の重要な視点であるとしている。原因を構成する要素を「独立変数(何を)」と「その変化のさせ方(どうすると)」、結果を構成する要素を「従属変数(何が)」と「その変化の仕方(どうなる)」として仮説を設定するワークシートを考案し、有効性を報告している。本研究では、山田らの実践と川崎・吉田 (2021)⁵⁾が提唱する「疑問の認識→仮説の形成→問いの設定」のプロセスを参考にして、「変数」と「因果関係」に着目した仮説設定を行い、設定した仮説を基にして科学的な問いをつくる自作ワークシート「?シート」を作成・活用した(図1)。表1に示す通り、5つの構成要素を①~⑤の流れで記述していく。科学的な事物・現象に対する自分と他者の気付きや疑問、関連する生活経験・既有知識を踏まえながら、段階的に変数と因果関係に着目して、仮説を設定する。その後、仮説の文章を科学的な問いの文章に変換する。

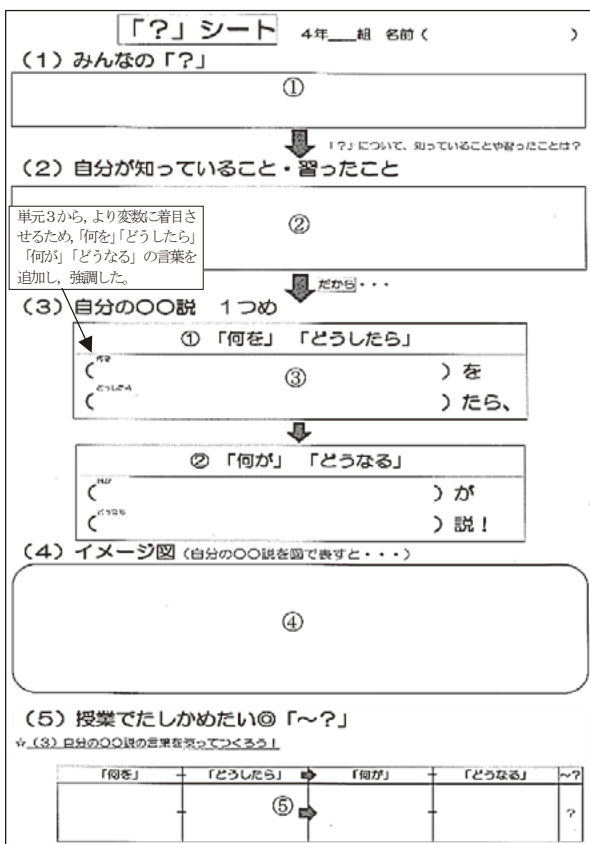


図1 作成した自作ワークシート「?シート」

② 自作ワークシートを導入するまでのプロセス
自作ワークシートを導入するまでのプロセスを示す(表2)。単元導入の2時間分の授業で①~③のプロセスと自作ワークシートの活用を行う。変数と因果関係に着目する機会、仮説を設定する機会、問いをつくる機会を明確に位置付ける(表2の下線部)。

4 研究の検証方法

(1) 調査問題の作成と分析

科学的な問いをつくる調査問題を作成し(図2)、実践前後に実施する。問題は、第3学年「ゴムのはたらき」の実験を基に作成した。児童が体験済の実験を扱うことで、既有知識や生活経験によって内容理解にできる限り差が生まれ

表1 ?シートの構成要素と内容, 指導方法と期待する効果

構成要素	内容	指導方法と期待する効果
①学級全体で解決したい単元を貫く問い「みんなの?」	科学的な事物・事象に対する疑問を抽出して設定する単元や学習内容の要点に関わる問い	・学級全体で多く出された疑問を基にみんなで決める問いであること、単元の最後にはこの問いの答えを説明できるようになってほしいことを伝える。 ・変数や因果関係が想起される問いになるように配慮する。 ・単元全体の見通しやゴールを意識させる。
②生活経験・既有知識	①の問いに関わって想起した生活経験・既有知識(既習事項)	・①の問いに関して、知っていることや習ったことはないか問いかける。想起した生活経験・既有知識は、仮説を設定する際の根拠になることを説明する。 ・学級全体で共有する。
③仮説「〇〇説」	原因 「独立変数(何を)」「その変化のさせ方(どうしたら)」 結果 「従属変数(何が)」「その変化の仕方(どうなる)」	・観察・体験、気付きや疑問の意見交流、生活経験・既有知識で出された言葉を使って、「何を」「どうしたら」「何が」「どうなる」という文型に当てはめて記述するように指導する。 ・①の問いに対する仮の答え「〇〇を〜したら、〇〇が〜なる説」を考えさせる。 ・実際に実験をしてその仮説が確かめられそうか考えてから記述するように指導する。 ・記述した仮説は学級全体で共有する。 ・変数と因果関係に着目した仮説を設定することで、⑤の問いが記述しやすくなる。
④仮説のイメージ図	③の仮説をイメージ図で表したもの	・記述した仮説をイメージ図に表すことを指導する。 ・仮説をより視覚的に認識させる。
⑤問い「〇」	③の仮説を基にして記述する問い	・③に記述した仮説の文章を文末が「〜?」につながるように書き替えることを指導する。 ・変数と因果関係に着目した実験で検証可能な問いの記述が期待できる。

表2 自作ワークシートを導入するまでのプロセス

順番	プロセスの内容	教師の支援
①	科学的な事物・現象と出会う。(観察・体験)	児童の身近な事物・現象を時間をかけて観察させたり、実際に何度も体験(自由試行)させたりする。
②	観察・体験を通して気付いたことや、「なぜだろう?」「どうして?」などの疑問を言語化する(疑問の認識)。	観察・体験を通して気付いたことや疑問を書かせたり、話させたりする。既有知識、感覚、他者の考えとのズレを生じさせたり、現時点で分からないことに気付かせたりすることにより、疑問をもたせる。
③	気付いたことや疑問の意見交流を行い、他者と比較・共有する。変数や因果関係に気付く。	意見交流の中で、原因や結果に関する問い返し(どうしてそうなると思う?何がどうなると思う?)を行い、変数や因果関係に気付かせる。
↓		
自作ワークシート「?シート」の活用「仮説設定・問いをつくる」		


ないように配慮した。回答欄には、「仮説」と「問い」を記述させる。実践対象となる単元によって、仮説や問いの記述難易度に差が出る想定し、同一の調査問題を実践前後に行う。また、実践前後における仮説と科学的な問いのつくり方や書き方の理解度を検証するために、調査問題に2つの質問項目を設ける。4件法の回答を1～4で点数化し、実践前後の平均値の差を検討するためにt検定を行う。

(2) 「仮説」と「問い」の記述の評価・分析

調査問題と自作ワークシートに記述させた「仮説」と「問い」は、共通の方法で評価する。山田ら(2020)⁶⁾を参考にして、図3のように変数の4要素に対応した記述があるかを評価し、4点満点で点数化する。そして、実践前後の調査問題と自作ワークシートにおける仮説と問いの点数の平均値と4要素それぞれを記述した人数を算出する。実践前の調査問題・4つの単元の自作ワークシート・実践後の調査問題の平均値の変化を検討するためにt検定を行う。

なお、「原因→結果」ではなく、「結果→原因」のように因果関係が逆の記述であっても、4要素すべてに対応する記述であれば4点満点とする(問いの例:わゴムカーを遠くまで進ませるためには、わゴムの太さを太くすればよいのだろうか?)。また、独立変数やその変化のさせ方が複数含まれる記述については、1点として、従属変数とその変化の仕方を記述した人数のみに含める(問いの例:わゴムの本数を増やして、太さを太くすれば、わゴムカーは遠くに進むのだろうか?)。実験で検証不可能な記述(例:なぜ太いわゴムを使うとわゴムカーは遠くまで進むのだろうか?)、調査問題文や単元の学習内容から逸脱した記述、文章として成り立っていない記述(単語の羅列、主語と述語が対応していないもの、文末表現「説」や「?」につながっていないもの)については、0点とする。0点の記述は、4要素それぞれを記述した人数に含めない。ただし、科学的に正しくない内容でも、実験で検証可能な変数や因果関係の記述があれば認めることとした(例:わゴムの太さを細くしたら、わゴムカーは遠くまで進む説)。

わゴムカーは、わゴムを引っぱると先にもどろうとする力を使って、前に進むおもちゃです。かずやさんは、自由研究で、友達のだいすけさんとわゴムカーを作って遊んでみました。すると、自分のわゴムカーよりも、だいすけさんのほうが遠くまで進むことが分かりました。そして、「なぜ、だいすけさんのわゴムカーのほうが遠くに進むのだろうか?」とぞもんをもち、調べようとしています。もし、理科の授業で調べていくとしたら、あなたは考えますか?下の①と②に答えてください。



	かずやさん	だいすけさん
わゴムの本数	1本	2本
わゴムを引っぱる長さ	5cm	10cm
わゴムの太さ	太い	細い

①自分の考えた〇〇説

説

②理科の授業の〇「?」

?

③仮説(〇〇説)のつくり方や書き方をうかがっていますか?	4 うかがっている	3 すこしうかがっている
	2 あまりうかがっていない	1 まったくうかがっていない
④授業の〇「?」のつくり方や書き方をうかがっていますか?	4 うかがっている	3 すこしうかがっている
	2 あまりうかがっていない	1 まったくうかがっていない

図2 本研究で実施した調査問題

「仮説」: ①わゴムの本数を ②増やせば、 ③わゴムカーが ④遠くまで進む 説
 「問い」: ①わゴムを引っ張る長さを ②長くすると、 ③わゴムカーは ④遠くまで進むのだろうか?
 ※①は独立変数「何を」、②はその変化のさせ方「どうしたら」、③は従属変数「何が」、④はその変化の仕方「どうなる」を示す。上記の仮説と問いは、4要素すべてに対応する記述であり、1要素1点として、4点満点と評価する。

図3 仮説と問いの評価規準

5 実践前の調査問題の結果分析

実践前の調査問題の記述分析結果を表3に示す。4要素すべてを記述した児童はほぼおらず、大部分の児童が独立変数以外の3要素を記述できなかった。

表3 実践前調査問題の仮説と問いの分析結果 n=26

分析対象	記述することができた人数				4点満点	点数の平均値(最高4点)
	独立変数	独立変数の変化のさせ方	従属変数	従属変数の変化の仕方		
仮説	11	10	3	8	1	1.19
問い	10	6	1	6	0	0.88

児童Aの仮説と問いの記述を図4に示す。児童Aの仮説は、独立変数「わゴムを引っ張る長さを」、独立変数の変化のさせ方「もっと長くしたら」、従属変数の変化の仕方「もっと遠くに進む」を満たしている。しかし、従属変数「わゴムカーが」に相当する記述はないため、3点と評価できる。他の児童の仮説と問いの記述にも「ゴムカーが」の従属変数の記述がほぼ見られなかった。また、問いにおいては「ゴムの本数、太さ、引っ張る長さ」などの独立変数を記述していても、「増やす、太くする、長くする」などの変化のさせ方を記述していない傾向が見られた。「〇〇を～のように変えて実験して、□□が～なるのかを調べる」のように具体的な実験を見通した問いの文章をつくることに課題があると言える。

わゴムを引っぱる長さを、もっと長くしたら、もっと遠くに進む説
 ◎なぜだいすけさんのゴムカーの進む速さが? は早いだろうか?

図4 児童Aの仮説と問いの記述

さらに、児童Aのように「なぜ(どうして)～なのだろうか?」などの独立変数に着目していない実験で検証不可能な問い(0点)が多く見られたことも課題である。次に、仮説と科学的な問いのつくり方や書き方の理解度に関する質問の回答結果を表4に示す。最高値4に対して、仮説の平均値は2.12、問いの平均値は1.81であった。以上の結果から、仮説設定と科学的な問いづくりの力や知識があまり身に付いていないと言える。よって、変数や因果関係に着目した仮説や問いをつくる力を育成する指導の必要性が示唆された。

表4 実践前の質問項目の回答結果

質問項目	平均値 n=26	最高値 4
①「仮説のつくり方・書き方」	2.12	
②「問いのつくり方・書き方」	1.81	

6 研究の実際

(1) 「単元1 空気と水」 気付きや疑問を共有し、変数に関わる重要な言葉に着目してから仮説を設定する

導入では、「空気でっぼう体験」と「空気・水と触れ合おう体験」を設定した。児童は空気でっぼうに空気を入れて棒で押すとスポンジ玉が飛ぶが、水を入れて押しても飛ばないことを体験した。また、ビニール袋に空気と水をそれぞれ入れ、押した時の手ごたえを体験した。体験後、気付いたことや疑問を共有した。この時、「どうしてそうなると思う?」「空気がどうなったと思う?」などと問い返し、変数や因果関係に関わる重要な言葉(キーワード)に着目させた。そして、「空気」「水」「押す」「縮む」「元にもどる」「スポンジ」「飛ぶ」「飛ばない」がキーワードであることを確認した。次に、多く出された疑問を基にして「なぜ空気を入れて押すとスポンジが飛んで、水を入れて押すと飛ばないのか?」を「みんなの?」として設定した。その後、自作ワークシート「?シート」を提示し、「みんなの?」に関する生活経験や既有知識を想起させた後に、仮説を設定した。児童は仮説を設定するのが初めてだったため、先述した通りに内容と書き方を説明・指導し、学級全体で確認しながら記述していった。その際、従属変数は「スポンジが」、その変化の仕方は「飛ぶ or 飛ばない」として学級全体で統一し、独立変数とその変化のさせ方に絞って考えさせた。また、事前に確認したキーワードや生活経験や既有知識の言葉を使い、主語と述語の関係「～を～する、～が～なる」に注意して書くことを指導した。さらに、その仮説は実験をして確かめられそうか考えてから記述するように伝えた。児童は、初めは戸惑っていたが、学級全体で以下の独立変数とその変化のさせ方の言葉を記述することができた。

①独立変数	②変化のさせ方	③従属変数	④変化の仕方
空気を 水を	押したら 押しつぶしたら 押して縮めたら たくさんためて押したら 閉じこめて押したら	スポンジが	飛ぶ 飛ばない

児童Bの仮説の記述を図5に示す。児童Bは、独立変数を「空気を」、従属変数を「スポンジが」、その変化の仕方を「空気に押されて飛ぶ」と記述している。しかし、独立変数の変化のさせ方を記述していない。よって、児童Bの記述は3点と評価した。児童Bのように、独立変数の変化のさせ方を記述することに悩む児童が全体でも見られた。一方で、4点満点の記述をした大部分の児童は、気付きや疑問を交流した際に全体で確認したキーワードから言葉を選んで記述していた。仮説を設定する前に、変数に関わるキーワードに全体で着目したことが有効に働いたと考えられる。

① 何をどうしたら
(空気を) を
() たら、

↓

② 何がどうなる
(スポンジ) が
(空気に押されて飛ぶ) 説

図5 児童Bの仮説の記述

変数の記述に戸惑う様子が見られたため、単元1では仮説設定を重点的に指導し、仮説から問いの変換は学級全体で行った。仮説の文末を「?」に合うように書き替えることを指導し、「空気を押し縮めたらスポンジが飛ぶのか?」と「水を押したらスポンジは飛ばないのか?」の問いをつくった。全員が同じ問いを記述したため、分析は行わなかった。

(2) 「単元2 電気のはたらき」 他者と対話しながら変数や因果関係に着目した仮説を設定する

単元の導入で、児童は乾電池・導線・モーター・スイッチをつなぎ合わせてモーターカーを作成し走らせた。速さを競い合う姿や前に走らせるために試行錯誤する姿などが見られた。体験後、気付きと疑問を共有し、「電池の向き」「反対にする」「モーターカーが進む向き」「前に進む」「電池の数」「増やす」「モーターカーが進む速さ」「速く進む」がキーワードであることを確認した。次に「モーターカーを前に速く進ませるには、どうしたらよいのだろう?」を「みんなの?」として設定した。仮説設定の場面では、学級全体で使う言葉を統一せず、4つの要素すべてを考えさせた。児童Cの仮説の記述を図6に示す。児童Cの仮説は、独立変数「電池を」、その変化のさせ方「増やしたら」、従属変数「モーターカーが」、その変化の仕方「速く進む」を満たしているため、4点と評価できる。児童Cのよい記述を学級全体で共有し、ペアで話し合っていて考えていたこと、確認したキーワードから言葉を選んでいること、どんな実験をして何を調べるのかが分かりやすい仮説であることを称賛した。その後、多くの児童はペアやグループで対話しながら以下の4要素の言葉を使って仮説を記述した。書くことが苦手な児童も他者との対話を通して記述する言葉を決めていた。

① 何をどうしたら
(電池) を
(ふやし) たら、

↓

② 何がどうなる
(モーターカー) が
(速く進む) 説!

図6 児童Cの仮説の記述

①独立変数	②変化のさせ方	③従属変数	④変化の仕方
電池の数を 電池の向きを 回路を	増やしたら 反対にしたら +極と-極を入れ替えたら しっかりつないだら	モーターカーが	前に進む 反対に進む 速く進む しっかり動く

単元1で仮説設定に戸惑う姿が見られたため、単元2でも仮説設定を重点的に指導し、仮説から問いの変換は学級全体で行った。そのため、問いの記述分析は行わなかった。学級全体で「電池の向きを反対にすると、モーターカーの進む向きが反対になるのか?」と「電池の数を増やすと、モーターカーの進む速さが速くなるのか?」の問いをつくった。

(3) 「単元3 自然の中の水」設定した仮説を科学的な問いに変換する

導入で「雨の日と晴れの日のグラウンドの様子を比較する活動」を行い、意見を交流した。「グラウンドに降った雨水が晴れの日には消えた」「雨水は土にしみ込んだ」「雨水は太陽であたためられて蒸発した」などの意見が出た。その後、「水」「日光」「あたためる」「蒸発」「なくなる」「空に行く」がキーワードであることを確認した。次に「どうして地面の水はなくなったのか？」を「みんなの？」として設定した。そして、?シートを提示し、仮説と問いの両方を記述すること、ペアやグループで相談してもよいことを伝えた。児童Dは仮説設定から問いへの変換までをペアで対話しながら行った(図7)。「仮説:

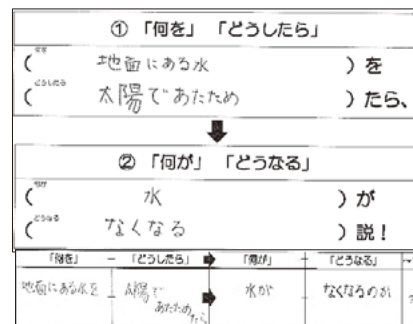


図7 児童Dの仮説と問いの記述

地面にある水を太陽であたためたら水がなくなる説」を「問い: 地面にある水を太陽であたためたら水がなくなるのか?」に変換した。この問いは4要素をすべて満たし、4点と評価できる。児童Dに仮説から問いへ変換するやり方を学級全体に説明してもらい、再確認した。結果的に、以下の4つの要素の言葉を記述した児童が多かった。

①独立変数	②変化のさせ方	③従属変数	④変化の仕方
地面にある水を水	太陽(日光)であたためたら あたためたら	地面にある水が水	蒸発する なくなる 消える 空に行く

単元1・2と同様に、気付いたことや疑問の意見交流を通して変数や因果関係に着目したり、他者と対話しながら仮説や問いを記述したりする姿が多く見られた。科学的な問いをつくるうえで他者との協働も重要な要素であると言える。

(4) 「単元4 水の3つのすがた」変数や因果関係に着目した仮説や科学的な問いをつくる力の変容

導入では、透明なケトルを用いて水が沸騰する現象を児童の目の前で見せた。児童にとって初めての経験で、「小さなあわが出ている」「大きなあわになった」「今100度くらいだよ」などのつぶやきが多く聞かれた。「○○さんは100度と言ったけど、みんなは何度だと思う?」などと問いかけ、気付きや疑問を共有していった。その後、「水」「熱する」「沸騰」「あわ」「水の温度」「○度」「水の量」「増える・減る」「蒸発」がキーワードであることを確認し、「水を熱すると水の様子や温度はどのように変化する?」を「みんなの?」とした。その後、これまでの単元と同様の流れで仮説と問いを記述した。学級全体では、以下の4つの要素の言葉を記述することができた。

①独立変数	②変化のさせ方	③従属変数	④変化の仕方
水を 水の温度を	熱したら 沸騰させたら 100度くらいにしたら	水蒸気が 水の量が 水が 水の温度が	あわとして出てくる 増える 減る 蒸発する 上がる

児童Aの仮説と問いの記述を図8に示す。先述した通り、児童Aの実践前調査問題の仮説は3点、問いは0点だった。しかし、単元4と実践後の調査問題において、児童Aは仮説・問いともに4点の記述をした。変数や因果関係に着目した仮説や科学的な問いをつくる力が高まったことが分かる。

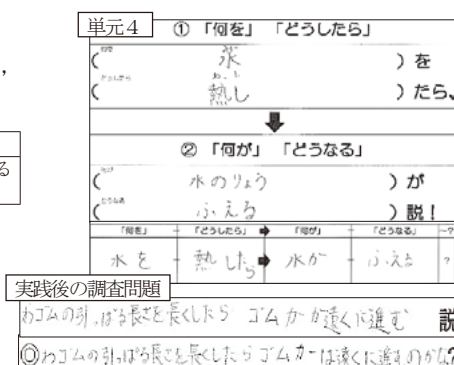


図8 児童Aの仮説と問いの記述
(単元4と実践後の調査問題)

7 研究の結果と考察

実践後に行った調査問題の結果を踏まえて、本研究における仮説と問いの記述分析結果の推移を示す(表5)。

表5 本研究における仮説と問いの記述分析結果の推移

n = 26 **p<0.01

分析対象	分析時期	記述することができた人数					点数の 平均値 (最高4点)	実践前調査の 平均値との 比較
		独立変数	独立変数の変化のさせ方	従属変数	従属変数の変化の仕方	4点満点		
仮説	調査問題(5月)	11	10	3	8	1	1.19	
	単元1「空気と水」	19	16	22	22	16	3.19	t=7.51**
	単元2「電気のはたらき」	19	19	24	25	18	3.27	t=5.29**
	単元3「自然の中の水」	21	22	22	21	17	3.31	t=6.32**
	単元4「水の3つのすがた」	24	24	24	23	23	3.65	t=6.81**
	調査問題(9月)	20	19	16	22	15	2.92	t=4.22**
問い	調査問題(5月)	10	6	1	6	0	0.88	
	単元3「自然の中の水」	19	20	20	20	16	3.04	t=7.97**
	単元4「水の3つのすがた」	22	22	22	21	21	3.35	t=8.35**
	調査問題(9月)	16	15	12	18	11	2.35	t=4.31**

全体的な数値の推移から、実践を重ねるにつれて、仮説と問いの両方において4要素それぞれを記述することができた人数が増え、平均値の差が有意に高くなっていく傾向が明らかになった。また、4点満点の記述をした人数が26人中20人前後にまで増加した。しかし、実践後の調査問題の仮説と問いの記述では、単元1～4と比べて人数や平均値は下がった。他者との意見交流や学級全体で変数に着目する機会がなく、個人の仮説と問いをつくる力がそのまま表れたからだと考えられる。次に、実践前後の調査問題の平均値の差を検討すると、仮説・問いともに実践後の方が有意に高いことが認められた。4要素それぞれを記述した人数や4点満点の記述をした人数も6～14人増えたことから、具体的な実験を見通した仮説や問いをつくる力が高まったと言える。さらに、実践後調査の問いには、実践前調査に多く見られた「なぜ(どうして)～なのだろう？」の実験で検証不可能な問いがほぼ見られなかった。以上のことから、指導を重ねるにつれて、変数や因果関係に着目した仮説や科学的な問いを記述する児童が増加していったことが明らかになった。次に、実践前後の仮説と科学的な問いのつくり方や書き方の理解度に関する質問の回答結果を表6に示す。

表6 実践前後の質問項目の回答結果の比較 $n = 26$ $**p < 0.01$

	①「仮説のつくり方・書き方」平均値	実践前後の有意差	②「問いのつくり方・書き方」平均値	実践前後の有意差
実践前	2.12	t=7.40**	1.81	t=12.22**
実践後	3.38		3.15	

実践前後における平均値の差を検討するためにt検定を行った結果、仮説と問いのいずれも実践後の方が有意に高いことが認められた。よって、仮説や科学的な問いのつくり方や書き方の理解度が高まったことが示唆された。

6 成果と課題

自作ワークシートを活用した指導を重ねるにつれて、変数や因果関係に着目した仮説や科学的な問いを記述することができる児童が増加していったことが明らかになった。また、仮説や科学的な問いのつくり方や書き方に関する理解度が高まったことも示唆された。以上のことから、変数と因果関係に着目して設定した仮説から科学的な問いをつくる自作ワークシートを用いた継続的な指導は、児童の科学的な問いをつくる力を育成するために効果があったと言える。中学年段階の児童に対して成果が表れたことにより、科学的な問いをつくる力を育成する導入的な指導・支援としての有効性を示すことができた点でも、本研究は意義があったと言える。中学年段階から継続した指導を行うことで、科学的な問いをつくる力をより高められると考える。

今後は、自作ワークシートを使用する実験群と使用しない統制群で変数を比較しながら他学年や他単元でも有効かどうかを検証する必要がある。また、限られた時数の中で自作ワークシートを活用するために、活用場面や記述内容について検討を加える。最後に、本研究は第4学年の児童を対象としたため、実験の見通しを明確にもつことができるように、「電池の数を増やすとモーターカーが速く進むのか？」などの「はい or いいえで答える問い」をつくることを重視した。しかし、「2個の電池をどのようにつなぐとモーターカーが速く進むのか？」のような「変数の変化を答える問い」なども大切である。児童の実態や学習内容に応じてどのような問いを設定することが有効なのかを検証する必要がある。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省『小学校学習指導要領解説 理科編』, 2017年, 6～7pp, 17p
- 2) 国立教育政策研究所『令和4年度全国学力・学習状況調査の結果(小学校理科)』, 2022年, 10p
- 3) 坂本美紀・山口悦司・村山功・中新沙紀子・山本智一・村津啓太・神山真一・稲垣成哲『科学的な問いの生成を支援する理科授業－原理・法則に基づく問いの理解に着目して－』, 教育心理学研究 第60巻1号, 2016年, 105～117pp
- 4) 河原井俊丞・宮本直樹『理科授業における科学的探究可能な「問い」の生成プロセスの検討－変数の抽出と因果関係の同定に着目して－』, 茨城大学教育学部紀要69号, 2020年, 43～54pp
- 5) 川崎弘作・吉田美穂『科学的探究における疑問から問いへの変換過程に関する思考力育成のための学習指導』, 理科教育学研究 第62巻第1号, 2021年, 83～94pp
- 6) 山田貴之・玉木政彦・木村有里・松本隆行・木原義季『小学校理科における仮説と考察の記述力育成に関する研究－「原因と結果」の見方・考え方を働かせて事象を捉えさせるワークシートを基に－』, 上越教育大学研究紀要 第41巻第1号, 2021年, 247～256pp
- 7) 山田貴之・田代直幸・栗原淳一・小林辰至・松本隆行・木原義季・山田健人『「探究の技能」に基づく観察・実験等の類型化とその探究的特徴－小学校理科教科書の分析を通して－』, 理科教育学研究62巻1号, 2021年, 339～354pp