

[理 科]

見通しをもって主体的に探究する理科授業を目指して

— 小学校の初期段階で4 QSを取り入れた仮説検証の試み —

新田 和也*

1 岡田実践を受けて、4 QSを活用した主題設定の意図

「小学校学習指導要領解説」理科編には、「児童が見通しをもって観察、実験などを行い、自然の事物・現象と科学的に関わる中で、問題解決の能力や態度を育成する学習活動を重視する」とある。ここでの「見通しをもつ」とは、「児童が自然に親しむことによって見いだした問題に対して、予想や仮説を立て、それらを基にして観察・実験などの計画や方法を工夫して考えること」である。子どもが見通しをもつことにより、子どもの観察・実験に主体的に取り組む姿が期待できると考えた。

私が担任している5年生は、男子18名、女子5名の計23名の学級であり、学習に落ち着いて取り組むことができる。しかし、自分に自信がなく、表現することが苦手な子どもが多い。また、一人の意見にすぐに同調したり、周りの意見に流されたりする子どもが多い。教師の指示で活動することはできるが、受け身的で、自分たちで考え行動することは苦手である。理科の学習では、観察・実験には意欲的に取り組むが、自分たちの生活経験や既習事項を生かして、仮説を立てたり、アイデアを出し合って実験方法を考えたりすることに課題がある。例えば、5学年の既習単元である「種子の発芽と成長」の学習では、「インゲンマメの発芽に必要な条件は何だろう」という課題を解決するとき、自分たちだけで実験方法を考えることができなかつた子どもがほとんどだった。したがって、グループで実験を始めても受け身的で、すぐ教師に頼る姿が見られた。また、実験のねらいが不明確で、その後の結果、考察も不十分だった。このような事態に陥った原因として、「～があればインゲンマメの種子が発芽する」と子どもが仮説を設定するための支援が不十分だったことが挙げられる。子ども自身が意欲的に科学的な考え方もって探究するには、「～を～すると～なる」というように、仮説(予想)をもち、見通しをもって観察・実験に取り組まなければならない。

小林・永益は、子どもの疑問を科学的に探究可能な「問題」にするための方略を、“Four question strategy”(以下4 QSと略す)として、段階を経て検証可能な仮説を文章化するためのワークシートを開発した。小林・永益によると、このワークシートは探究活動に取り組むにあたって、教員養成課程での実践で有効であったと報告している。また、中学校段階での実践も見られる。岡田は、小学校6年生の「水溶液の性質」の単元で4 QSワークシートを活用し、子どもが見通しをもつための手立てとして有効であったと報告している。しかし、活用場面や追求課題を吟味する必要があると述べ、4 QSワークシートの構造や子どもへの与え方で課題が残ったとしている。

そこで、本研究では、上記の子どもの実態の改善を目指して、第5学年「電流のはたらき」の単元で4 QSワークシートを活用し、その効果を検証する。また、検証結果を基に、理科授業での有効な活用場面と活用するに当たって有効な単元を検討する。さらに本学級の児童の実態に合ったワークシートに改善する。

本単元は、実験器具の準備や実験方法を計画的に考えれば、結果が視覚的に得られやすく、それほど大がかりな実験にはならない。よって仮説設定による探究学習を行うにあたって、上記の子どもの実態に合った単元であるといえる。また、後述の単元の特性を生かした4 QSワークシートの工夫という観点でも有効な単元であると考えられる。

2 研究の目的

本研究では、第5学年「電流のはたらき」の単元における4 QSワークシートの効果を検証することを目的とする。また、検証結果を基に、理科授業での有効な活用場面と活用するに当たって有効な単元を検討する。さらに4 QSワークシートの改善も行う。

3 研究の方法

(1) 4 QSの説明

4 QSとは、子どもの経験や知識を基に仮説を立てさせる手立てとして提唱されたもので、Four (4つ)、Question (問題)、Strategy (戦略・戦術)の頭文字をとって4 QSと呼ばれる。STEP 1は課題から「変わるもの(従属変数)」、STEP 2はSTEP 1を「変化させる要因(独立変数)」、STEP 3はSTEP 2の「変化のさせ方(方法)」、STEP 4はSTEP 1の変化の「計測方法」を表している。4 QSワークシートは図1のように、定量的に判断できる課題に適していると言われている。例えば、図1ではSTEP 1「振り子の1往復する時間」をSTEP 4「振り子が10往復する時間をストップウォッチで測定し、10で割った数値を1往復する時間と

* 柏崎市立二田小学校

する」というように、数量化する方法を記載している。いずれの例も、定量的に数値化が可能である。

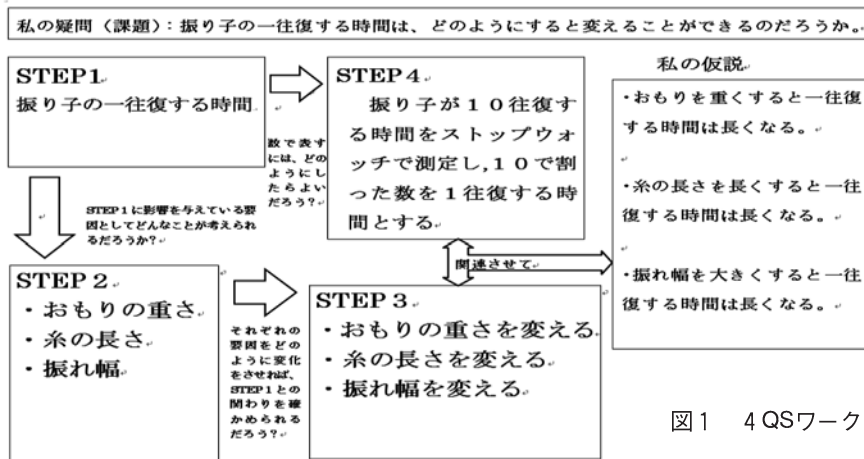


図1 4 QSワークシートの活用例

(2) 単元の課題の特性を生かした4 QSワークシートの工夫

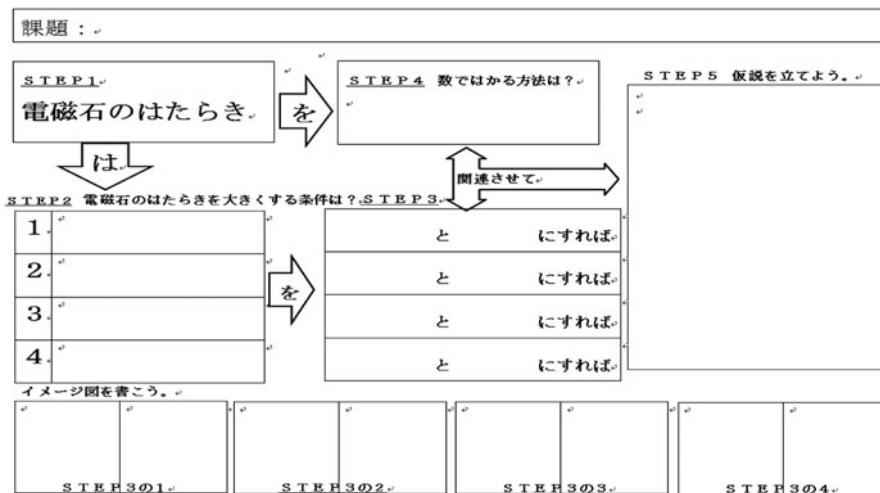


図2 今回使用した4 QSワークシート

本実践では、定量的に数値化が可能な電磁石のはたらきについて、図2のように各段階の問いを変更して、単元の中で活用する。その際に、小学校高学年用に、また「電流のはたらき」の単元に合わせて工夫を加えた。従来のワークシートでは、ステップのつながりが小学生には難しいと考えられるため、問いの言葉を精選し、記述枠をできるだけ簡潔にした。さらに、本単元で扱う導線やコイル、乾電池などの条件がイメージしやすいように、また、実験する際の手助けとなるように、図で表せるようにした。4 QSワークシートの活用の幅を広げる意味でもその効果を授業実践を通して検証する。

単元構成は以下のようにした(表1)。第1次では、電磁石のはたらきを調べようということで、導線・コイル・電磁石に電流を流すと磁石のはたらきをもつようになることを学習する。第2次では、クレーンゲームを行った後、電磁石のはたらきを強くする実験方法を考え、実際に実験する。その実験前に4 QSワークシートを使用する。発展学習として、第3次で、電磁石を利用したもののづくりを設定する。

表1 単元の学習計画

次	時数	主な活動	主な支援・指導とその意図
1	1 2 3	○乾電池に導線1本、コイル、コイルに鉄心を入れた物をつなぎ、砂鉄やクリップ、釘、方位磁針に近づけてみる。 ○コイルに鉄心を入れたものは、棒磁石と同じ性質であるか考える。	・導線、コイル、コイルに鉄心を入れた物に電流を流した時の共通点や相違点に気付かせるようにする。 ・電磁石という用語を知らせ、棒磁石などと比較して、電磁石の働きや性質を明らかにできるようにする。
2	4 5 6 7	○クレーンゲームを通して、電磁石の力を強くしたいという思いをもつ。 ○どうすれば電磁石のはたらきを大きくすることができるか、仮説を立て、実験計画を作成する。 ○自分の仮説を実験で検証する。	・条件制御をした実験方法を考えさせるため、調べる条件とそろえる条件を意識させる。 ・4 QSワークシートを活用し、個人で仮説と実験方法を考える。その後、グループごとに分かれ、意見を交流し、実験計画を立てる。グループ内の交流では、一人一人に実験計画書を配付し、話し合った手順を計画書に記載し、グループ内で共通理解する。
3	8 9	○これまで学習してきた電磁石の働きを利用した物は、自分たちの生活の中でどう活用されているか知る。 ○磁石と電磁石を組み合わせ、簡易モーターを作成する。	・モーターを用意し、分解させたり、実際にモーターを作成させたりする。生活場面を想起させ、身近に電磁石の働きを利用した物がたくさんあることに気付かせる。

(3) 児童へのアンケート調査

単元導入時と単元終了時で理科の学習に対するアンケート調査を行い、意欲や見通しなどについて子どもの意識の変容を把握することで、4QSワークシートによる学習が、子どもの意欲を高め、見通しをもつための手立てとして有効であったかどうかを確かめる。

4 取組の実際と考察

(1) 既習事項を生かして、電磁石のはたらきを大きくする実験での4QSワークシートの活用

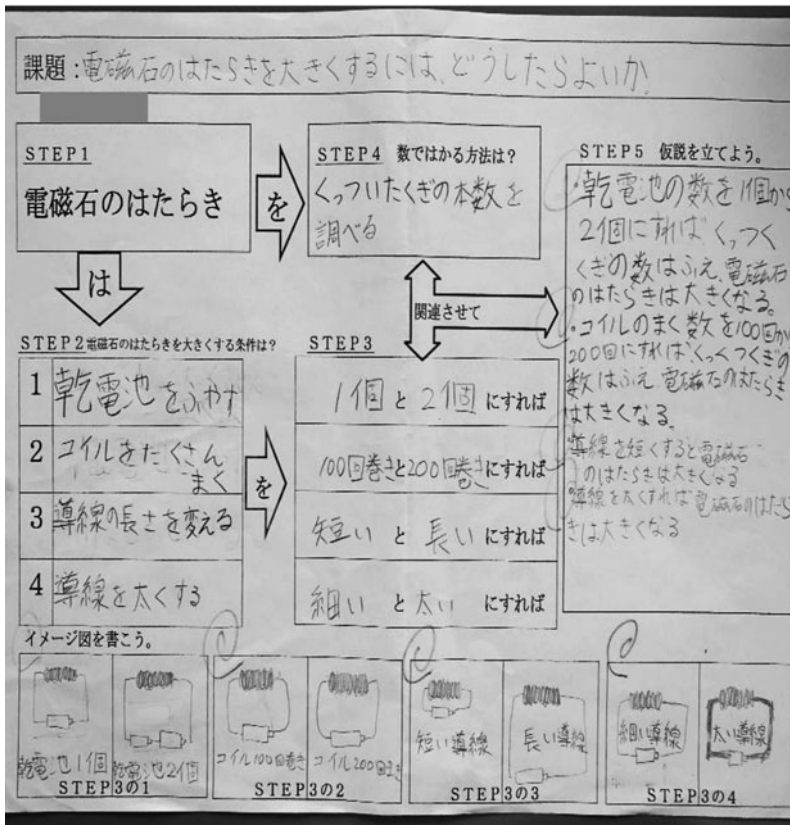


図3 子どもが記述した4QSワークシート

本実践では、第2次の電磁石のはたらきをどうすれば大きくできるかを考える場面で4QSワークシートを活用した。ここでは、「～をすれば、電磁石のはたらきが大きくなる」という仮説を立てる目的がある。そこで、導入として、電磁石を用いて釘をいくつ持ち上げられるかというクレーンゲームを行った。その過程で、電磁石の力を強くして、もっと釘を持ち上げたいという子どもたちの思いを強くして、課題「電磁石のはたらきを大きくするにはどうしたらよいか」とステップ1「電磁石のはたらき」につなげていった。また、そこでは、子どもの「電磁石の力には乾電池やコイルなどが関係しているのかな」という気持ちも引き出させてからワークシートを提示した。

子どもはこれまでの5学年理科の学習で、「条件」という言葉を多用してきたため、ステップ2に、「電磁石のはたらきを大きくする条件は?」とあらかじめ記述した。ステップ4には、電磁石のはたらきを数量化するための方法を子どもが記載できるように「数ではかる方法は?」と記述した。子どもは、電磁石のはたらきを大きくする条件をステップ2に、実験方法の着目の視点をステップ3に、電磁石のはたらきを数量化するための方法をステップ4に、最後に仮説をステップ5で文章化した。

ステップ2の条件はすぐに個別に考えた。「乾電池の数を増やす」「コイルの巻き数を増やす」の2つの条件は子どもたちの実態からすぐに出てくると予想したからである。ほぼ全員が2つの条件を考えついた。しかし、「導線」などに着目する子どもがなかなか出てこなかった。そこで、電磁石の実物を用意して、電磁石を作っている材料に着目させて考えさせた。一人の子どもが「導線は変えられないの」と発言したことで、子どもたちの「導線」に対する発想の幅が広がった。最終的には、「乾電池の数を増やす」「コイルの巻き数を増やす」「導線の長さを変える」「導線の太さを変える」「鉄心の太さを変える」という5つの条件が子どもたちから出た。「鉄心の太さを変える」というのは教師が予想していなかった条件だが、考え出したことを賞賛し、実験可能だと判断して仮説にするように指導した。このように、教師が予想していなかったことが子どもたちから出ることも、4QSワークシートの特長と考えられる。ステップ4の「数ではかる方法」では、「ついた釘の本数」「ついたクリップの数」「ついた砂鉄の量」という言葉がすぐに子どもたちから出て、ステップ5の仮説もスムーズに立てられた。

実験は、調べる条件ごとに3、4人のグループに分かれて検証した。グループ内で実験に必要な道具や具体的な実験方法を話し合い、一人一人が実験計画書を書いた(図4)。どのグループも必要な道具を自分たちで用意して、主体的に実験を進めることができた。各グループとも実験計画書に従って、見通しをもって意欲的に実験に取り組んでいた。グループで実験を行う場合、以前は他の子に頼りがちで見ているだけだった子も、計画書を見て道具を手に取り実験をしていた。仮説設定から手順をグループ内で共有して共通理解したことが意欲につながったと考えられる。「導線の長さを変える」グループでは、「コイルの巻き数はそろえないといけないよ」「導線の長さは変えないといけない。長さを測ろう。」とつぶやき、条件制御をしっかりと考え、実験を行っていた。また、実験結果で「導線が短いほうが多く釘がついた」だけに着目するのではなく、そこから「導線を短くすると電磁石が強くなる」と結論までスムーズに考えることができていた。

実験後、全体でグループの実験方法、結果、結論を共有し、「乾電池を増やす」「コイルの巻き数を増やす」「導線を短くする」「導線を太くする」「鉄心を太くする」と電磁石のはたらきは大きくなるという結論を全員で導くことができた。当初子どもたちが立てた仮説をこの実験で検証することができたといえる。

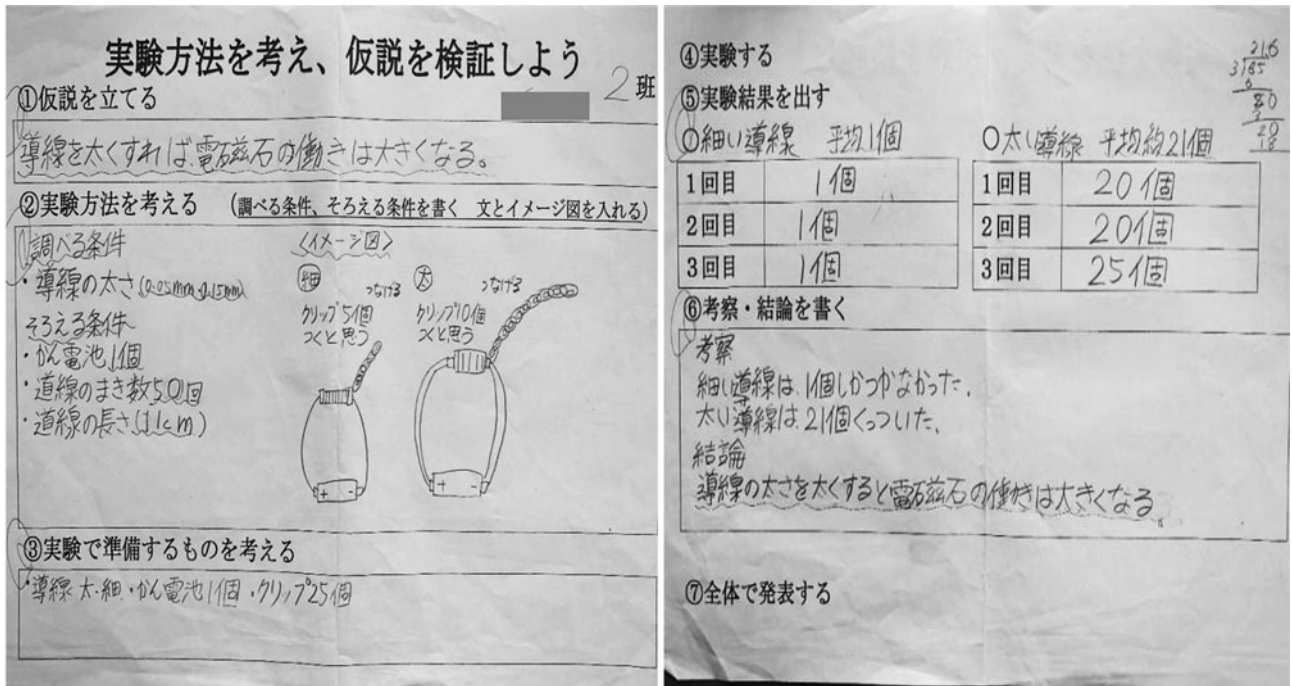


図4 子どもが記述した実験計画書

(2) 児童の仮説設定状況

4 QSワークシートの活用場面で、仮説を立てることができたかを集計した(表2)。

表2 4 QSワークシートによる児童の仮説設定状況

	人数	割合
仮説を4つ立てた	18	78%
仮説を2つ以上立てた	3	13%
仮説を1つ立てた	2	9%
仮説を立てられなかった	0	0%

2つ以上仮説を立てた子は23人のうち21人で、全体の90%を超え、1つも仮説を立てることができなかった子どもはいなかった。よって、本実践で活用した4 QSワークシートは、子どもたちにとって分かりやすいものであったことが分かる。また、ワークシートに教師が課題とステップ1の内容を提示したり、ステップに合わせて記述をしたりしたことで、子どもたちは的を絞って仮説を立てることができた。

(3) 児童へのアンケート調査

① 「電流のはたらき」の単元実施前後の理科に対する意欲の変容

表3 単元実施前

「理科は好きですか」	人数	割合
好き	9	39%
どちらかといえば好き	10	43%
どちらでもない	2	9%
どちらかといえば嫌い	0	0%
嫌い	2	9%

表4 単元実施後

「理科に対する気持ちはどうなりましたか」	人数	割合
「電流のはたらき」の学習をする前に比べて理科が好きになった	17	74%
「電流のはたらき」の学習をしても気持ちに変化はない	6	26%
「電流のはたらき」の学習をする前に比べて理科が嫌いになった	0	0%

表4の質問で答えた理由(抜粋)

- 〈好きになったと答えた子ども〉
- ・器具を使って学習したので、分かりやすかったから。
 - ・グループでやる実験がおもしろかったから。
 - ・たくさん実験をしたので、楽しくなってきた。
 - ・自分でいろいろなことを調べられたから。
 - ・今まで知らなかったことが分かって興味をもてたから。
- 〈気持ちに変化はないと答えた子ども〉
- ・よく分からないところがあったから。

単元実施前の調査(表3)で、理科を「嫌い」と感じている子どもが2人いた。そう答えた理由は、「実験をするのが大変だから」「テストが難しいから」というものだった。「好き」「どちらかといえば好き」と答えた子どもの割合は23人のうち19人で、全体の82%だった。そう答えた理由としては、特に実験への関心・意欲に関するものが多かった。

次に、単元終了後にも同様の質問をした(表4)。これは単元実施前を基本として、「電流のはたらき」を学習したことでどう気持ちが変わったかを問う質問である。「学習をする前に比べて理科が

好きになった」と答えた子どもは23人のうち17人で、全体の74%と半数を超え、「電流のはたらき」の学習にとっても意欲的に取り組んだ子どもが多かったことが分かる。

② 児童の見通しについて

上述の学習指導要領による「見通し」の定義をもとに子どもたちに説明してから、まず単元実施前に質問した(表5)。また、単元実施後に「電流のはたらき」の学習に見通しをもって取り組めたかどうかを質問した(表6)。

表5 単元実施前

「見通しをもって理科の実験に取り組んでいますか」	人数	割合
見通しをもって取り組んでいる	3	13%
どちらかというに見通しをもって取り組んでいる	10	43%
どちらでもない	8	35%
どちらかというに見通しをもっていない	2	9%
まったく見通しをもっていない	0	0%

表6 単元実施後

「『電流のはたらき』の学習に見通しをもって取り組みましたか」	人数	割合
見通しをもって取り組んだ	13	56%
どちらかというに見通しをもって取り組んだ	10	43%
どちらでもない	0	0%
どちらかというに見通しをもてなかった	0	0%
まったく見通しをもてなかった	0	0%

表6の質問で答えた理由(抜粋)『見通しをもって取り組んだと答えた子ども』

- ・仮説をたくさん立てられたから。
- ・ワークシートの仮説を書くやり方が分かりやすかったから。
- ・実験で使う道具を自分たちで用意できたから。
- ・実験方法をどうすればよいか考えられたから。
- ・実験方法を自分で考えて、その通りに実験できたから。
- ・同じグループの人と一緒に実験計画を立てられたから。
- ・予想や仮説をしっかり立てて、実験計画を立てられたから。

単元前は「見通しをもって取り組んでいる」と答えた子が23人のうち3人(13%)だったが、本単元では「見通しをもって取り組んだ」と答えた子が23人のうち13人(56%)に増えた。「どちらかというに見通しをもって取り組んだ」と答えた子も含めると学級の全員が見通しをもって取り組んだと自己評価した。4QSワークシートによる仮説設定と実験道具・方法をグループで話し合った成果が「電流のはたらき」の学習に対する意欲の向上を促したといえる。

③ 4QSワークシートに対する児童の率直な感想(抜粋)

仮説を立てた時に使ったワークシートについてどう思いましたか。

- 分かりやすく仮説を立てやすかった。 △分かりやすかったが、ステップ5まで書くのは少し面倒だった。
- 分かりやすく書けた。 △矢印の意味がよく分からなかった。
- ノートより書き方が簡単だった。 △イメージ図を描くのが難しかった。もう少し枠が広ければよかった。
- 枠が分かれています見やすかった。 △書き込むのが大変だった。

4QSワークシートに対して肯定的な意見の子が23人のうち14人(61%)、否定的な意見の子が23人のうち5人(22%)、どちらもいえない子が23人のうち4人(17%)という結果だった。半数以上の子どもは、今回の4QSワークシートが分かりやすく、見通しをもって実験に取り組むための支援として効果があったと考えられる。しかし、残りの子どもは「たくさん書くのが面倒だ」「ワークシートの矢印やステップの意味が分からない」など、効果を実感できず疑問を抱いた。このことから、ワークシートの構造を見直し、子どもにとって理解しやすい必要感のあるものにしていくためのさらなる検討が必要である。

(4) 活用できる有効な単元の検討

4QSでは、児童の疑問や課題の中にある「変化するもの(従属変数)」と「変化させるもの(独立変数)」を洗い出し、どのように測定したり、制御したりするのか検討することが基本である。また、「変化するもの(従属変数)」と「変化させるもの(独立変数)」が数値化できる実験に適していると言われている。

表7 4QSの考え方が有効だと考えられる主な実験内容と学年

学年	実験内容	
3	風やゴムの力で車を動かそう	日なたと日かげの地面の温度を調べよう
4	光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう	1日の気温の変わり方を調べよう
4	乾電池の数やつなぎ方を変えて電気のはたらきを調べよう	水を冷やした時と温めた時の様子を調べよう
5	ふりこの1往復する時間を調べよう	水の量や温度を変えて水に溶ける食塩やミョウバンの量を調べよう
6	太さの違う電熱線に電流を流して発熱の違いを調べよう	植物が酸素を出しているのか調べよう
6	てこのつり合いの規則性を調べよう	

本研究の課題は「電磁石のはたらきを大きくするにはどうしたらよいか」ということであった。「変化させるもの(独立変数)」は乾電池の数、コイルの巻き数、導線の太さ・長さ、「変化するもの(従属変数)」は電磁石のはたらき(ついた釘の本数)である。これは独立変数を制御し、従属変数を定量的にとらえた実験である。このような実験に効果があるとすれば、従属変数を「時間」

「重さ」「温度」「量」「長さ」でとらえることができる実験に効果的だといえる（表7）。これらの実験以外に独立変数を制御し、従属変数の変化を定性的にとらえるものがある。本研究では実践を行えなかったが、今後従属変数を定性的に表すものでも4QSの考え方が有効であるのかを実験を通して検証する必要がある。

(5) 児童の実態に合った4QSワークシートの改善

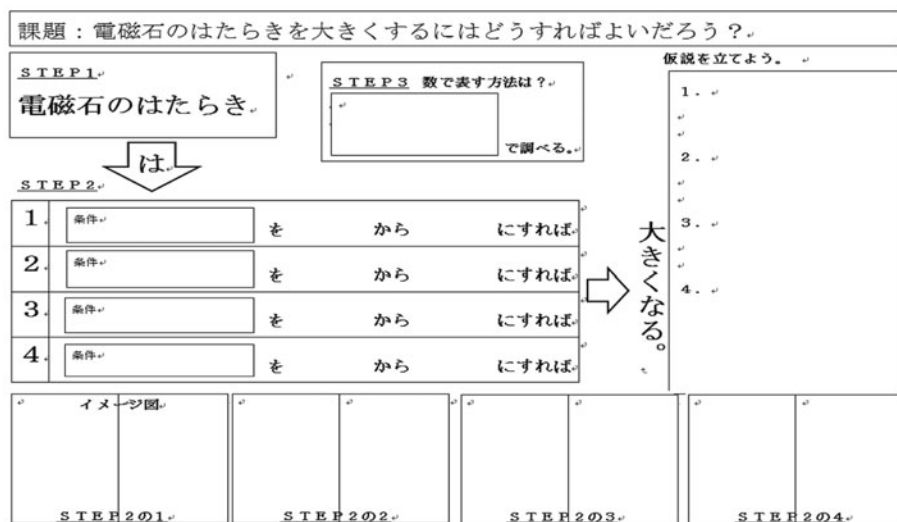


図5 改良した4QSワークシート

「たくさん書くのが面倒だ」「このワークシートの矢印やステップの意味が分からない」など、効果を実感できず、疑問を抱いた児童の感想からワークシートの構造を見直し、子どもたちにとって理解しやすいものに改善した。小学校では、課題が難しいものではないため、ワークシートをよりシンプルに改良し、言葉よりもイメージ図で課題を掴みやすい児童の実態がある場合にはイメージ図の欄を取り入れる。また、ステップ4の工程を省き3QSの3段階にした（図5）。このことにより、簡潔に仮説の設定や実験の計画に結び付けられるようにした。

5 成果と今後の課題

本単元での子どもの実態とアンケートによる自己評価から、本単元における4QSワークシートは見通しをもつ手立てとして有効であったと結論付けることができる。また、本単元に合わせてワークシート内に乾電池やコイルなどのイメージ図を描く欄を設けたのは、実験計画を立てることに有効であった。

本単元の実践後、理科授業での有効な活用場面を検討した。本研究では、言語活動（仮説、実験計画を立てる）→実験で仮説を検証→言語活動（まとめ、発表）という流れの中で、4QSの考え方を基に言語活動を設定した。本研究で検証した通り、仮説を立てる上で4QSの考え方は有効であった。児童が、自分なりの仮説を見つけ自分の言葉で説明するプロセスが示されていたことで、前述の通り全員がワークシートに仮説を書き込むことができた。また、グループや学級での話し合いでは、積極的に自分の言葉で発表できた児童が多かった。友達の意見との相違点や有効性も考える姿も見られた。仮説を立てられたことで、グループ内で意見が活発に交換され、実験計画を立てる活動もスムーズに進んだ。普段の理科授業では、実験後に短時間で分かったことをノートに書いて終わってしまうことが多かったが、今回4QSの流れに沿って、全員が仮説を立てられたことで、実験から考察する場面で言語活動が充実し、科学的思考の流れを身に付けさせることができた。普段、実験結果から考察を書くことが困難な児童も含め、全員がワークシートに考察・結論をまとめることができた。最後に行った「仮説→実験方法→実験結果→考察・結論」の発表も児童だけで行うことができた。これらのことから、理科授業内の「実験前の仮説、実験計画を立てる場面」「実験後の考察・まとめの場面」での4QSの活用は科学的な思考力・判断力・表現力を伴った言語活動を充実させるために有効であるといえる。

さらに、4QSを活用できる有効な単元の検討を行い、従属変数を「時間」「重さ」「温度」「量」「長さ」など定量的にとらえることができる実験において4QSの考え方が有効だと推測できた。しかし、実際にそれぞれの実践を行い、検証する余地があること、小学校理科で多い従属変数の変化を定性的にとらえる実験での有効性を考えることに至らなかったことが今後の課題である。

また、ワークシートの構成や記述にはまだまだ検討の余地があった。例えば、子どもがワークシート内の矢印で混乱したり、書き込むのに苦労したりしたため、できるだけ簡潔に仮説を導けるようにワークシートを工夫する必要が出てきた。そのため、ワークシートの構造を見直し、子どもたちにとって理解しやすいものに改善した。ワークシートをよりシンプルに改良し、言葉よりもイメージ図で課題を掴みやすい児童の実態がある場合にはイメージ図の欄を取り入れた。また、ステップ4の工程を省き3QSの3段階にした。児童が仮説を立て、見通しをもって実験に取り組めるようにするためには、このように4QSワークシートを児童の実態や活用する課題に応じて、細かく改善しなければならないといえる。

引用・参考文献

小林辰至 「問題解決能力を育てる理科教育 ―原体験から仮説設定まで―」 梓出版社, 2008

文部科学省 「小学校学習指導要領解説 理科編」, 2008

岡田啓吾 「見通しをもって意欲的に探究活動に取り組む子どもを目指して ―小学校6学年での定性的な課題に対する4QSの考え方を取り入れたワークシート活用の有効性―」, 教育実践研究第19集, 2009