

実験計画を立案する力を育成する小学校理科授業の工夫

— 問題解決の過程を児童に意識させる「実験計画アイテム」の開発 —

呉市立昭和北小学校 重田 由子

研究の要約

本研究は、問題解決の過程を児童に意識させる「実験計画アイテム」を開発し、問題解決の各過程間の関係を意識した授業を実施することで、児童の実験計画を立案する力を育てられるかを考察したものである。文献研究から、理科では、問題解決の過程を理解させ、そのつながりを意識した授業をすることが重要だが、学びの主体である児童の多くはその意識ができていないことが分かった。また、条件を制御したり、結果を見通したりして実験の方法を考え出すことが難しい児童が多いことも分かった。そこで、問題解決の過程を児童に意識させる複数の「実験計画アイテム」を開発した。それらを用いて授業を行った結果、児童が問題解決の過程を意識するようになり、「実験計画を立案する力」が高まった。このことから開発した「実験計画アイテム」が実験計画を立案する力の育成に有効だと分かった。

I 主題設定の理由

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（平成30年、以下「解説理科編」とする。）では、「自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を（中略）育成することを目指す。」¹⁾「観察、実験などの計画や方法は、予想や仮説を自然の事物・現象で検討するための手続き・手段であり、理科における重要な検討の形式として考えることができる。」²⁾と述べられている。

平成30年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科（以下「報告書」とする。）では、小学校理科の課題として「予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想（中略）することに依然として課題がある。」³⁾ことが挙げられた。後述するように、「構想する力」と「実験計画を立案する力」は同義であり、この力が依然として低いのは、広島県、呉市、また自校においても共通の解決すべき課題である。

そこで、本研究では、児童が実験計画を立案できるように、問題解決の過程を意識させるための実験計画アイテムを開発し、活用させていく。そして、開発した「実験計画アイテム」を導入した授業を小学校第5学年において実施することで、児童の実験計画を立案する力を育成することができると考え、本主題を設定した。

II 研究の基本的な考え方

1 実験計画を立案する力とは

実験計画を立案する力とは、様々の研究者が「企画する力」「解決の方法を発想する力」等と言い換えているが、武村重和（2000）をはじめ、多くの研究者が「実験計画を立案する力」とは、学習問題の解決のために構想を立てる力と述べている¹⁾ことから、「実験計画を立案する力」と「構想する力」を同義として、本研究を進めていく。

平成30年度全国学力・学習状況調査解説資料小学校理科（以下「解説資料」とする。）では「『構想』を枠組みとした問題は、（中略）自然の事物・現象に影響を与えると考える要因を予想し、条件を制御するといった考え方をを用いたり、予想が確かめられた場合に得られる結果を見通したりするなど、解決に向けた方略をもっているかどうかをみる。」⁴⁾と示されている。

また、村山哲哉（2013）は「検証計画の立案の場面では、子どもの考えを実証するために、比較対照実験を企画し、実験結果を見通して、条件を制御した実験を計画することが大切。」⁵⁾と述べている。

これらのことから、本研究では、実験計画を立案する力を、「比較対照実験を企画し、条件を制御したり、実験結果を見通したりすることで、予想を確かめるための解決に向けた実験の方法を考え出すことができる力」と定義する。

2 なぜ小学校第5学年における検証授業なのか

「解説理科編」では、各学年で育成を目指す問題解決の力と理科の考え方との関連が示されている。鳴川哲也（2019）はこれらを問題解決の過程に照らし、問題解決の過程を通じて、どのような「考え方」を働かせ、どのような「問題解決の力」を育成するのかを明確に示している（図1）。

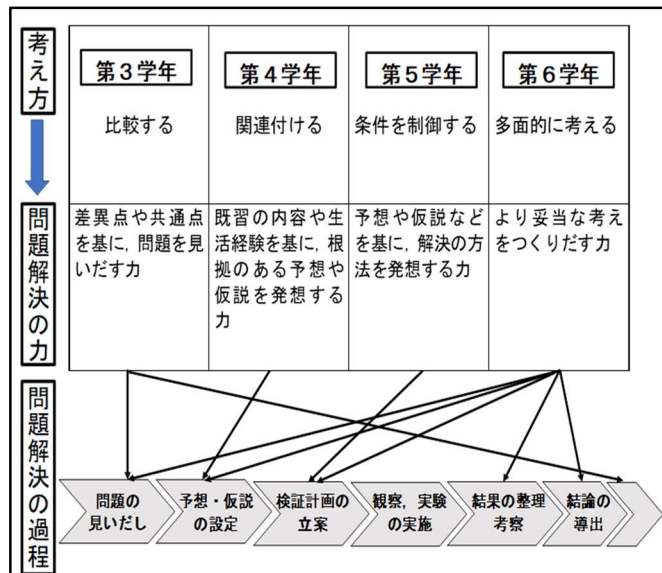


図1 「問題解決の力」と「考え方」との関連⁶⁾

図1からも分かるように、各学年で育成を目指す問題解決の力と理科の考え方は問題解決の過程において関連性がある。「解説理科編」において、「第5学年では、主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想するといった問題解決の力の育成を目指している。」⁷⁾と示している。まさに本研究で育成したい「実験計画を立案する力」を第5学年における問題解決の力の育成として目指している。また、「この力を育成するためには、自然の事物・現象に影響を与えると考える要因を予想し、どの要因が影響を与えるかを調べる際に、これらの条件を制御するといった考え方をを用いることが大切である」⁸⁾と示されている。第5学年における問題解決の力は、より妥当な考えを作り出す力を育成する第6学年にも関連してくる。また第3学年、第4学年で培った問題解決の力を活かしながら、第5学年における条件を制御する考え方が育成されていく。

これらのことから、各学年で育成を目指す問題解決の力と理科の考え方を関連付け、予想を確かめるための解決に向けた実験計画を立案する力を育成できるのが小学校第5学年であると考えたので、本研究での検証授業の対象とした。

3 問題解決の過程を意識させる実験計画アイテムの開発について

(1) 授業の問題点の分析と改善の方策

「報告書」において、「予想が確かめられた場合に得られる結果を見通して実験を構想することができるかどうかをみる」²⁾（2）の設問の正答率55.5%、³⁾（2）の設問の正答率は、47.9%、と低かった。この結果から、実験計画を立案する場面における指導を改善する必要があると指摘されている。同様の指摘は、「報告書」のみならず、様々な調査・研究で繰り返されてきたことである。

小学校理科授業において、多くの授業者は、「問題について調べる方法のポイントを確認しながら考えていきましょう。」「考えるポイントとして①何を変えて調べますか。②どのような方法で調べますか。③調べるためには何が必要ですか。」などと発問する。このような発問の仕方は、多くの小学校の指導者が参考とする指導書に書かれているものである。これは問題解決の過程を踏まえた発問ではあるが、形式的に問題解決の過程を踏まえていても、児童が問題解決の過程を十分に理解していない場合は発問の意図が伝わりきらないのではないかと考える。また、児童は、実験には興味をもっているものの、実験の目的やそこから課題を明らかにしようとする意識を明確にもっていないことが多い。つまり児童にとって、実験が問題解決の過程の中心になっていないことが多いのではないだろうか。実際に、実験には意欲的に取り組むものの、実験が終わると意欲が低下し、自分で結果をまとめたり、考察したりできなくなる児童の姿をよく見かける。

村山（2013）は、問題解決の過程を形式的に進めることで、児童自身による問題解決の場を奪っている傾向があると述べている。さらに、問題解決の八つのプロセスを対象や状況を変えながら、各過程の意味やつながりを知った上で、このプロセスを繰り返すことにより理科の目標の実現につながると続けている。（この八つのプロセスについては後述する。）また、問題解決の過程を「子ども自身が辿るように」「対象や状況を変えながら、繰り返す」ことによって、問題解決の力が育成できるとも述べている⁽²⁾。

「報告書」では、「指導に当たっては、複数用いて実験を行うなど、児童が構想した実験方法を実現できるようにすること」「実験を構想する際には、どのような予想を確かめたい実験なのかを明確にし、実験方法の妥当性や得られる結果の見通しなどを児童同士で検討する場面を設定したりその内容を

発表したりするなどの学習活動が考えられる。」⁹⁾と述べられている。鳴川（2019）も、「観察、実験の計画を立案する学習場面を教師が設定する必要がある。」¹⁰⁾と述べている。

これらのことから、実験計画を立案する力を育成するために「問題解決の過程を意識させる」場面、「実験計画を立案する」場面、「実験計画を検討する」場面に分けて指導していく。

「問題解決の過程を意識させる」場面では、各場面の関係を意識させながら問題解決の過程に沿った授業を体験させる。既習单元をもとに、問題解決の各過程のつながりを理解させる。

「実験計画を立案する」場面では、個々の児童が予想を確かめるために、どこに（何に）目を向けるかを明確にし、条件を制御したり、結果を見通したりして実験の計画を考えさせる。

「実験計画を検討する」場面では、各自が立案した実験計画を班や学級全体で話し合わせる。検討する際、条件制御や結果の見通しに焦点を当てさせ、自分と異なる考えを受け入れながら検討することで立案する力を高めていく。多面的に再考し、実験計画におけるより妥当な考えを作り出す力もつけていく。

このように、三つの場面を取り入れた「実験計画を立案する時の授業デザイン」を通して、実験計画を立案する力を育成していく（図2）。

(2) 問題解決の過程を児童に意識させるために

文部科学省「小学校理科の観察、実験の手引き」では、問題解決の過程を、「①自然事象への働きかけ、②問題の把握・設定、③予想・仮説の設定、④検証計画の立案、⑤観察、実験、⑥結果の整理、⑦考察、⑧結論の導出」として、理科の学習展開を八つのプロセスに分けて示している（図3）。

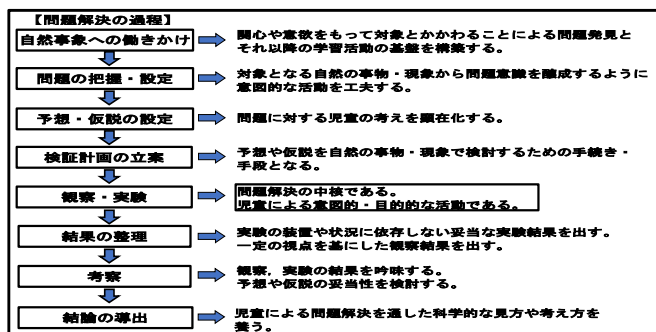


図3 問題解決の過程¹¹⁾

本研究では、小学生にも理解できるように、問題解決の過程を、「①問題を見つけよう、②予想しよう、③計画を立てよう、④観察・実験をしよう、⑤結果を整理しよう、⑥考察しよう、⑦まとめよう」と定めた。更に、学習したことを生かし新しい問題を見つけ、問題解決の過程を繰り返し経験することの大切さを意識させるために「①新しい問題を見つけよう」という過程を付加した。

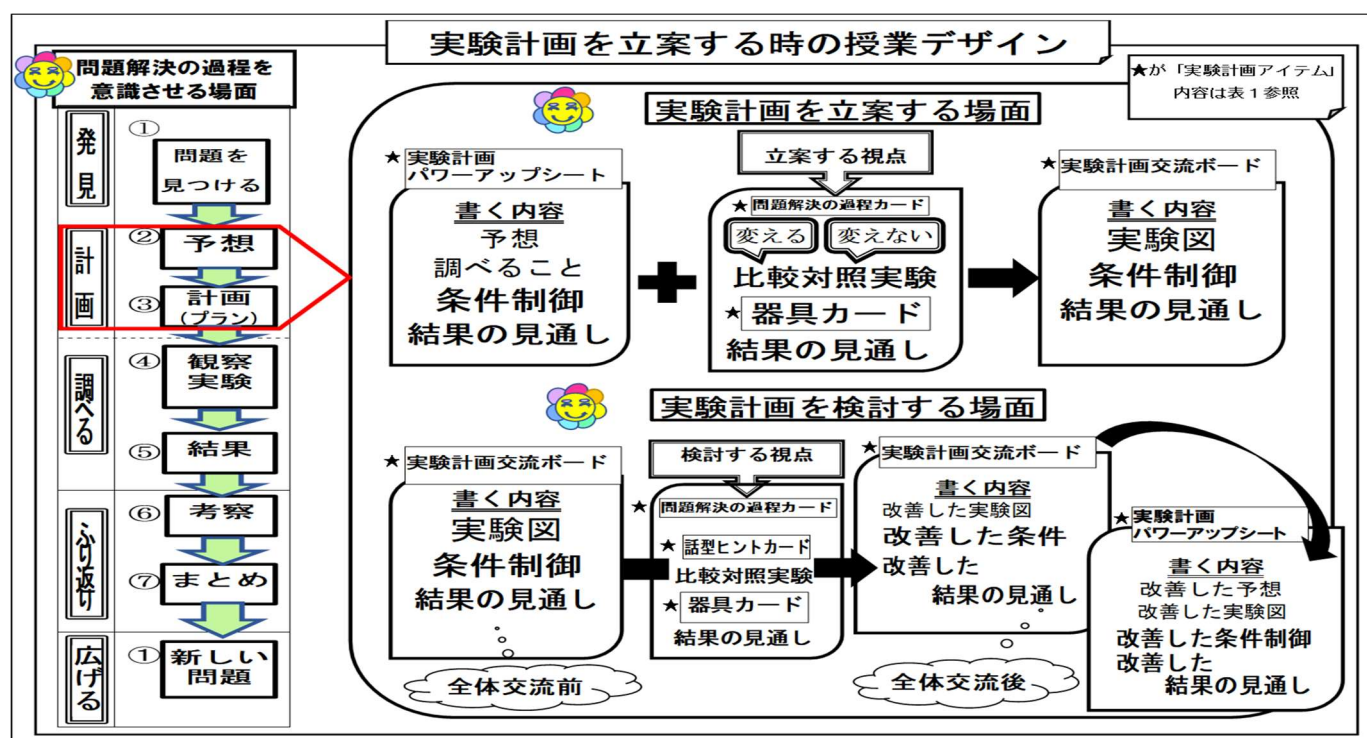


図2 実験計画を立案する時の授業デザイン

(3) 「実験計画アイテム」の開発について

表1で示すように、開発した「実験計画アイテム」を活用し、児童に問題解決の過程を意識させ、実験計画を立案する力を育成する。詳細は添付資料を参照のこと。

Ⅲ 研究授業について

1 研究の仮説

問題解決の過程を理解させ、問題解決の過程を意識させる「実験計画アイテム」を活用すれば、実験計画を立案する力を育成することができるだろう。

2 研究授業の内容

- 期 間 令和元年6月24日～令和元年7月5日
- 対 象 所属校第5学年（3学級100人）
- 単元名 ふりこのきまり
- 目 標

振り子が1往復する時間に関する条件についての予想を基に、条件に着目し、結果の予想を立てて実験を計画し表現することができる。

3 研究授業の指導計画

研究授業の一連の指導計画を図4に示す。ただし、図4において、 内に記したものは開発した「実験計画アイテム」を示している。

次 時	問題解決の過程	ねらい（評価）	学習活動	工夫点
第1次 (1時間)	1 問題の発見	・振り子の運動の変化に興味・関心をもち、振り子の長さ、おもりの重さ、振れ幅は変えられることに気付く。 (主体的に学習に取り組む態度)	・振り子と周りのある身近なものを想起させる。 ・比較対照実験を見て、不思議なことに気付いたことなどを交流し合う。 ・振り子のつくりを確認する。	
第2次 (5時間)	2 問題の発見 予想 観察・実験の計画（本時）	・振り子の1往復する時間は、何によって変わるのかを考える。 ・振り子の1往復する時間を変える要因を調べる方法を考え、比較対照実験を企画し、条件を制御したり結果を見通したりした実験を計画し表現することができる。 (思考・判断・表現)	・事象Aと事象Bを比較し、共通点と差異点を見つける。 ・振り子の1往復する時間は、何によって変わるのかを考え、予想を、実験計画パワーアップシートに記入する。 ・問題について調べる方法や結果予想を考える。(個人タイム) ・班で対話し合い、実験計画交流ボードに予想や実験計画(条件制御・結果予想)を分かりやすく図等に表現する。(グルーブタイム) ・全体交流を行い、グルーブや自分の考えを振り返り再検討する。(グルーブタイム・個人タイム)	比較対象実験の提示 実験計画アイテム ④実験計画パワーアップシート ⑤実験計画交流ボード ⑥器具カード ⑦話型ヒントカード
	2 観察・実験 結果の整理	・条件を制御しながら、振り子の1往復する時間を調べる実験を行い、結果を記録して実験の技能を身に付ける。 (知識・技能)	・振り子の10往復する時間を計る練習を行う。 ・実験の手順を確認し、見通しを確認しながら実験を行う。 ・実験結果の平均をとり、振り子の1往復する時間を求める。 ・結果をグラフに整理する。 ・結果をグルーブで確認し、自分のシートにまとめる。	・実験結果考察シート ・実験結果考察交流ボード ・話型ヒントカード ・グラフや表シート ・結果ヒントカード
	1 考察 まとめ	・振り子の運動の変化とその要因とを関係付けて考察し、自分の考えを表現できる。 (思考・判断・表現) ・振り子が1往復する時間は、おもりの重さや振れ幅に関係なく、振り子の長さによって変わることを理解する。 (知識・技能)	・グルーブで実験結果を実験結果考察交流ボードに整理していく。 ・自分の考えを実験結果考察シートにまとめる。 ・グルーブで結果を発表し合い、結果を整理していく。 ・振り子の振れ方のきまりについて意見を交流し合い児童の言葉でまとめ、理解する。	
第3次 (1時間)	1 振り返り 広げる	・振り子の振れ方のきまりを利用したものについて説明することで、理解を深める。 (主体的に学習に取り組む態度)	・メトロノームや振り子時計など、振り子の振れ方のきまりを利用した物について考え、説明する。 ・「振り子のゲーム大会」を開き、振り子のきまりを実感させる。	学んだことを生かした身近な事象の比較事象の提示 学んだことを生かした活用問題の提示

図4 研究における問題解決の過程を導入した指導計画

表1 「実験計画アイテム」一覧

「実験計画アイテム」名称	「実験計画アイテム」の特徴	主に活用する場面
① 問題解決の過程カード	問題解決の過程における各過程の意味やつながりを理解し、各場面の関係を常時意識できるようにラミネートしカードにした。このカードを各班のテーブルに常時準備しておく。理科室の壁や黒板にも拡大した「問題解決の過程カード」を掲示し、いつでも確認ができるように工夫した。	「問題解決の過程を意識させる」場面 [理科の授業全体を通して活用]
② 問題解決の過程シート	既習単元の振り返りを通して、児童の声を中心に各過程に関係付けながら、各自がこのシートに書き込み、問題解決の過程のつながりを理解し実感できるものである。	
③ 問題解決の過程トランプ	問題解決の各過程をラミネートしたカードにし、「問題解決の過程トランプ」と名付けた。授業の導入時にバラバラにしたトランプを正しく並べ変えるゲームを通して、問題解決の過程を理解し、常時意識しながら授業に取り組めるようにした。②のアイテムで問題解決の過程のつながりを理解した後に繰り返し行うことで問題解決の過程の意味やつながりをより実感できるものである。	
④ 実験計画パワーアップシート	問題解決の過程を意識しながら、比較対照実験を考えさせ、条件を制御したり、結果を見通したりして、実験の計画を立案し自分の考えをまとめていくものである。検討前と検討後に記述させることで自己の変容における評価もできるよう工夫した。	「実験計画を立案する」場面
⑤ 実験計画交流ボード	A2サイズのシートをラミネート付きのホワイトボードにはさみ、各自で考えた実験計画をもとに、グルーブ内で条件を制御することや結果の見通しなどを検討し合い、実験の計画における、より妥当な考えを作り出す力をつけるためのものである。また、全体交流後、改善した実験計画を書き加えたり消したりできるように工夫した。実験計画を班で話し合いながら書き込んでいくことで思考が整理され、互いの考えを班や全体で共有できるものである。	
⑥ 器具カード	使用する実験器具や材料を絵や写真に表したものである。裏面に器具の名前や特徴を書いておくことで、その情報を見ながら児童が自らの見方や考え方に基づいて実験で使用する器具等を選択できるようにした。また、「実験計画交流ボード」の上で動かしたり、重ねたりしながら観察、実験方法を考えたり、裏面に磁石を付けることで保存できたりするよう工夫した。	「実験計画を検討する」場面
⑦ 話型ヒントカード	検討する視点として、「条件を制御する書き方」や「実験結果の見通しをもつ書き方」について具体的に表現したものである。書き方や話し合う視点を明確にすることで、実験計画の見直しを図ることができるものである。	

4 検証の視点と方法

検証の視点と方法について、表2に示す。

表2 検証の視点と方法

	検証の視点	検証の方法
1	問題解決の過程を意識させることができたか。	・アンケート調査による児童の自己評価 ・プレテスト、ポストテストの正答率の変容
2	条件を制御した実験計画を立案する力が高まったか。	・「実験計画パワーアップシート」の記述内容の変容 ・プレテスト、ポストテストの正答率の変容及び記述の内容
3	実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったか。	・「実験計画パワーアップシート」の記述内容の変容 ・プレテスト、ポストテストの正答率の変容及び記述の内容

5 プレテスト、ポストテストについて

表2に挙げた三つの検証の視点を明らかにするために、研究授業前にプレテストを行い、研究授業後にポストテストを実施し、児童の変容を分析し検証した。

(1) 問題解決の過程への意識

プレテストとして問題解決の各過程における名称を順番に並び替える問題に解答させた。同様のテストをポストテストとし変容を分析した。なお、問題解決の各過程の場面を順番に並び替える問題にも解答させた。これは、各過程の場面に合った児童の予想される発言を記載し作成したものである。

問題解決の各過程の名称だけでなく、問題解決の土台となる各過程の意義やつながりの意味を理解させるために実施した。


(2) 条件を制御した実験計画を立案する力の達成度

条件制御に関するプレテストとポストテストを図5と図6に示す。プレテストとポストテストは平成24年度全国学力・学習状況調査小学校理科「エネルギーに関する問題」の形式を基に、第3学年「風とゴムの力の働き」や第4学年「電流の働き」の内容で問題を作成し、それぞれ自分の考えを書かせる項目を付加した。プレテスト、ポストテストから条件を制御した実験計画を立案する力が高まったかどうかを検証する。

(3) 実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力の達成度

実験結果の見通しに関するプレテストとポストテストを図7と図8に示す。プレテストは平成30年度全国学力・学習状況調査小学校理科「エネルギーに関する問題」、ポストテストは平成27年度全国学力・学習状況調査小学校理科「粒子に関する問題」に、それぞれ自分の考えを書かせる項目を付加し作成した。プレテスト、ポストテストから実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったかどうかを検証した。

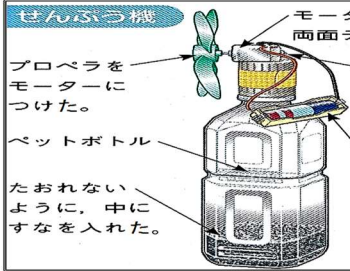
スペシャル理科博士☆プレテスト

5年組氏名 ()

① ゆなさんとはるきくんは、下のようなモーターのはたらきで動くせんぷう機をつくりました。

モーターで動くせんぷう機の特ちょう

かん電池の＋極と－極にモーターのどう線をつなぐと、モーターが回り、モーターの先につけたプロペラが回って風を送る。



せんぷう機

プロペラをモーターにつけた。

ペットボトル

たおれないように、中にすなを入れた。


モーターをペットボトルに両面テープでつけた。

プロペラがペットボトルに当たらないように、モーターの位置を調節した。

両面テープで2個の電池を入れたかん電池ホルダーをペットボトルにはりつけた。

② ①で選んだ理由を答えましょう。


2人は、電池の数を増やしたり、電池のつなぎ方を変えたりすれば、モーターのはたらきは強くなり、せんぷう機の風は強くなると考えました。そこで、2人は、自分の考えを確かめるために、それぞれ下の表のように条件を整えて、実験計画を立てました。



ゆなさん

電池の数を増やせば、モーターの回転が速くなって、せんぷう機の風も強くなると思うわ。

変える条件	変えない条件
(ア)	(イ)



はるきくん

電池のつなぎ方を変えれば、モーターの回転が速くなって、せんぷう機の風も強くなると思うよ。

変える条件	変えない条件
(イ)	(ア)

※同じモーターで動くせんぷう機を使って、それぞれ条件を変えて実験します。

上の表の(ア)・(イ)の中に当てはまる言葉を、それぞれ書きましょう。

ア

イ

図5 条件制御に関するプレテストの問題

- 5 -

スペシャル理科博士☆ポストテスト

5年 組 氏名 ()

① 正子さんと次郎さんは、これまでにつくった車のほかに、下のようなわゴムのはたらきで動く車をつくりました。
2人は、第1の坂道コースでわゴムで動く車を走らせてみましたが、坂道を上りませんでした。

わゴムで動く車の持ちよう
車に取り付けたわゴムを発車台にひっかける。わゴムのぼし、手をはなすことで力加わり、車が動く。

クリップ わゴム 発車台

② ①で選んだ理由を答えましょう。

2人は、わゴムをのばす長さを変えたり、わゴムの数を増やしたりすれば、車を動かす力のはたらきは強くなり、車は坂道を上ると考えました。そこで2人は、自分の考えを確かめるために、それぞれ下の表のように条件を整えて、実験計画を立てました。

正子さん

変える条件	変えない条件
(ア)	(イ)

次郎さん

変える条件	変えない条件
(イ)	(ア)

※同じわゴムで動く車を使って、それぞれ条件を変えて実験します。

上の表の(ア)・(イ)の中に当てはまる言葉を、それぞれ書きましょう。

ア

イ

図6 条件制御に関するポストテストの問題

スペシャル理科博士☆プレテスト

5年 組 氏名 ()

ひろしさんたちは、下の図の回路を流れる電気の流れ方について、予想したことを話し合いました。

プロペラのついたモーター

ひろしさん

かん電池の⁺極からモーターを⁺極へ電気が流れていて、モーターを通る前とあとの電気の量は、同じだと思うよ。

やす子さん

かん電池の⁺極からモーターを⁺極へ電気が流れていて、モーターからもどってくるときは、電気の量は、減っていると思うよ。

しんやさん

かん電池の⁺極と⁻極からモーターに向かって電気が流れていて、それぞれの電気の量は、同じだと思うよ。

あやかさん

かん電池の⁺極から電気が流れていて、モーターを通ったあとは、電気の量は、なくなっていると思うよ。

ひろしさんたちは、予想を確かめるために、2つの検流計を使って、下の図の回路で実験することになりました。

① やす子さんの予想が正しければ、検流計①の針が右にふれて3の目盛りを指したときに、検流計②の針はどのようになると考えられますか。下の1から4までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

①

針の向き：検流計①と逆。
針の目盛り：検流計①と同じ。

②

針の向き：検流計①と同じ。
針の目盛り：検流計①とちがう。

③

針の向き：検流計①と逆。
針の目盛り：検流計①とちがう。

④

針の向き：検流計①と同じ。
針の目盛り：検流計①と同じ。

② ①で選んだ理由を答えましょう。

図7 実験結果の見通しに関するプレテストの問題

スペシャル理科博士☆ポストテスト

5年 組 氏名 ()

(2) ふっとうしているお湯に紅茶の葉を入れると、ポットの中で紅茶の葉が動いていました。

紅茶の葉が動くのは、あたためられたお湯が動いているからかな。

ゆかりさん

そこで、ゆかりさんたちは、紅茶の葉が動いているようすから、「水はどのようにあたためていくのだろうか」という問題を立てて、予想したことを図に表しました。

ビーカーに水を入れ、ビーカーの底のはしを熱すると・・・

あたためられた水が、上の方に動いて、上から順にあたたまると思うよ。

ゆかりさん

熱せられたところから順に熱が伝わって、水があたまると思うよ。

としおさん

あたためられた水が、横の方に動いてから上の方に動き、上から順にあたまると思うよ。

ゆかりさん

あたためられた水が、横の方に動いて、下から順にあたまると思うよ。

あきささん

ゆかりさんたちは、自分たちの予想が正しいかどうかを調べるために、A、B、Cの3本の温度計を、下の図のようにビーカーに入れて実験することになりました。

りか子さん

3本の温度計の温度が高くなる順番で確かめることができそうだよ。

① りか子さんの予想が正しければ、どの温度計から順に温度が高くなっていきますか。下の1から4までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

1 B→A→C

2 B→C→A

3 C→A→B

4 C→B→A

② ①で選んだ理由を答えましょう。

図8 実験結果の見通しに関するポストテストの問題

IV 研究授業の分析と考察

1 「実験計画アイテム」の導入で実験計画を立案する力を育成できたか

(1) 問題解決の過程を意識させることができたか

ア アンケートの結果

研究授業前後の、児童アンケートへの回答の割合を図9に示す。アンケートの結果、問題解決の過程を意識して学習していることについて肯定的な回答をした児童の割合が83%から100%に上昇した。

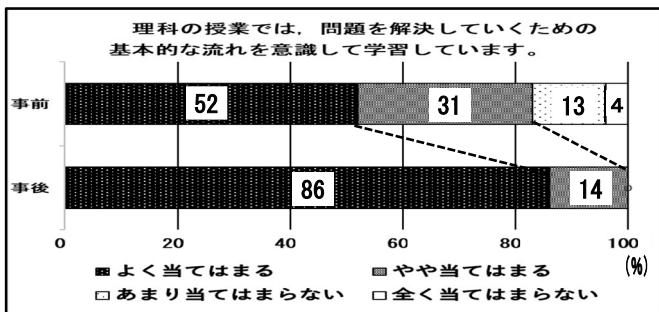


図9 児童へのアンケート結果

イ プレテスト、ポストテストの結果

問題解決の各過程における名称を順番に並び替える問題について、プレテストとポストテストの児童の正答した割合を図10に示す。問題解決の過程を理解できた児童の割合が8%から95%に上昇した。

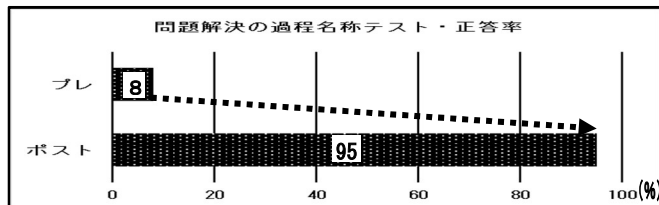


図10 問題解決の過程名称テスト (児童の正答率の変容)

ウ 分析と考察

研究授業前は、問題解決の過程を意識していると答えながら、実際には多数の児童が理解できていないことが分かった。授業後は全児童が意識でき、テストも多数の児童が正答したことで、意識と理解がほぼ統一されたと考える。授業後、児童に聞き取り調査を行うと、「問題解決の過程カードやトランプゲーム、問題解決の過程シートが役立った。」という声が多かった。このことから、問題解決の各過程の意義とつながりの意味を「問題解決の過程シート」を通して理解させた上で、「問題解決の過程トランプゲーム」を繰り返し行っていくことにより、強く刷り込まれていったと考えられる。

(2) 条件を制御した実験計画を立案する力が高まったか

ア 「実験計画パワーアップシート」の結果

条件を制御した実験計画を立案する力が高まったかどうかを児童同士が検討する前後に記述した「実験計画パワーアップシート (資料3)」 (以下シートとする。) の比較により検証する。記述に対する判断基準を表3に、検討前後の児童の記述の変容をクロス集計したものを表4に示す。

表3 「条件制御」における記述に対する判断基準

評価	基準
A	振り子の運動の変化とその要因について予想をもち、条件に着目し変える条件と変えない条件を見つけ出し、条件を制御した実験の方法を考え表現している。さらに具体的に器具を描いたり設定した条件を数値化したりなど分かりやすく表現している。
B	振り子の運動の変化とその要因について予想をもち、条件に着目し変える条件と変えない条件を見つけ出し、条件を制御した実験の方法を考え表現している。
C	振り子の運動の変化とその要因について予想ができない。もしくは、予想はもっているが条件に着目することが難しく表現されていない。

表4 児童の記述におけるクロス集計 (シート編) (%)

検討後 \ 検討前	A	B	C	計
A	30	0	0	30
B	45	3	0	48
C	10	12	0	22
計	85	15	0	100

条件を制御した実験計画を立案できていた人数の割合 (A, B) を比較すると、検討前後で78%から100%に増加した (表4)。BからAに内容が変容した児童aのシートを図11に示す。

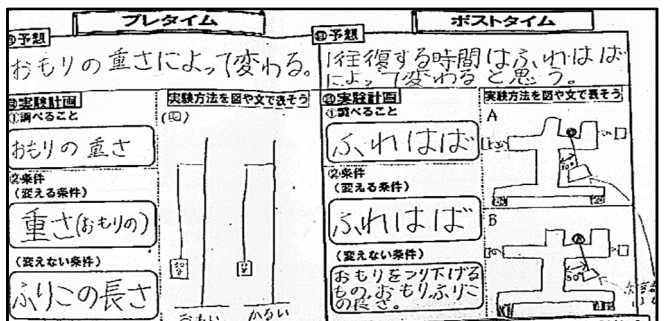


図11 児童aのシートへの記述 (条件を制御した実験計画の立案)

このように、①予想の修正、②変える・変えない条件の修正、③実験図の修正など条件を制御した実験計画の立案へと変容する児童が多かった。

イ プレテスト、ポストテストの結果

条件を制御した実験計画を立案する力が高まったかどうかをプレテスト（図5）とポストテスト（図6）の比較により検証する。プレテストとポストテストの正答及び解答類型を表5に、テストの正答率比較を表6に、解答の変容をクロス集計したものを表7に示す。

表5 プレテスト（図5）とポストテスト（図6）の正答・解答類型

	プレテスト	ポストテスト
正答	ア「電池の数」 イ「電池のつなぎ方」	ア「わゴムののばす長さ」 イ「わゴムの数」
A	2人は、「電池の数」と「電池のつなぎ方」に注目して予想を立てている。ゆなさんは「電池の数」を増やして調べたいので、変える条件は「電池の数」となる。はるきくんは「電池のつなぎ方」を変えて調べたいので、変える条件は「電池のつなぎ方」となる。	2人は、「わゴムののばす長さ」と「わゴムの数」に注目して予想を立てている。正子さんは「わゴムののばす長さ」を調べたいので、変える条件は「わゴムののばす長さ」となり、次郎さんは「わゴムの数」を増やして調べたいので、変える条件は「わゴムの数」となる。
B	ゆなさんは「電池の数を増やせば」と予想を立て、はるきくんは「電池のつなぎ方を変えれば」と予想を立てているから。	正子さんは「わゴムを長くのばす」と予想を立て、次郎さんは「わゴムの数を増やす」と予想を立てているから。
C	条件制御に関する記述がない。何も記入されていない。	条件制御に関する記述がない。何も記入されていない。

表6 「条件制御」におけるテストの正答率比較（%）

プレテスト	ポストテスト
63	96

表7 「条件制御」における解答のクロス集計（テスト編）（%）

ポストテスト プレテスト	A	B	C	計
A	9	1	0	10
B	11	4	0	15
C	14	52	9	75
計	34	57	9	100

正答率を比較すると、プレテスト63%からポストテスト96%に増加した。問題作成の基にした平成24年度全国学力・学習状況調査の問題の全国平均50.6%に比べてポストテストでは96%とかなり高い（表6）。また、プレテストとポストテストを比較すると解答類型（A，B）が25%から91%に増加した（表7）。CからAに内容が変容した児童bのポストテストにおける解答を図12に示す。

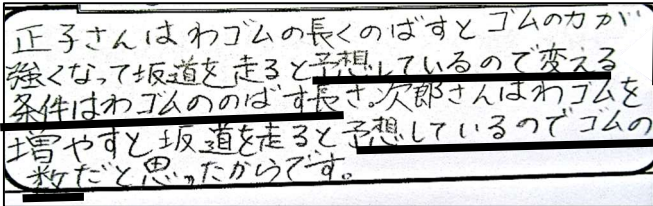


図12 ポストテスト（図6②）における児童bの解答

ウ 分析と考察

検討前に、シートに全く記述できなかった児童22人全員が、条件を制御した実験計画を記述できるようになった。また、テストにおいても全国平均を上回り多数の児童が解答できるようになった。このことから、「実験計画アイテム」を用いて比較対照実験を図で表現させること、そしてそれを基に児童同士で検討し合う場面を設定することにより条件を制御した実験計画を立案する力が高まったと考えられる。

一方、検討後のシートではCが0人だったにも関わらずポストテストでは不正解が4人、Cが9人いた。ここで、誤答の例を表8に示す。

表8 ポストテスト（図6）における児童の誤答例

評価	誤答例
C	・わゴムの力が強いから。 ・わゴムを長くすると動くようになるから。 ・自分がそう思ったから。

Cの児童の多くは、問題中の人物の予想を正しく捉えられず、条件制御の内容・表現ともに解決できていない。これは、児童が条件を制御した実験計画を立案したり、他者の予想等を自分に置き換えて考えたりする経験が不足しているからだろう。また、問題解決の各過程の関係を十分に意識してこなかった児童にとって条件を制御した実験計画を立案することは容易ではないだろう。よって、児童が予想をもとに条件を制御した実験計画を立案する場面や、児童同士の意見を検討し合う場面を積極的に設け、繰り返し経験させていく必要があると考えられる。

(3) 実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったか

ア 「実験計画パワーアップシート」の結果

実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったかどうかを、児童同士が検討する前後に記述したシートの比較により検証する。記述に対する判断基準を表9に、検討前後における児童の記述の変容をクロス集計したものを表10に示す。

表9 「結果の見通し」における判断基準

評価	基準
A	振り子の運動の変化とその要因について予想をもち、実験を計画し、結果を見通した実験方法を表現している。さらに考察までのつながりをもたせた結果の予想まで表現している。
B	振り子の運動の変化とその要因について予想をもち、実験を計画し、結果を見通した実験方法を表現している。
C	振り子の運動の変化とその要因について予想ができない。もしくは、予想や実験の方法を表現することができない。

表10 児童の記述におけるクロス集計（シート編）（％）

検討後 検討前	A	B	C	計
A	2	0	0	2
B	12	19	0	31
C	12	49	6	67
計	26	68	6	100

実験結果の見通しをもって実験計画を立案できていた人数の割合（A，B）を比較すると、検討前後で33%から94%に増加した（表10）。CからAに内容が変容した児童cの記述を図13に示す。

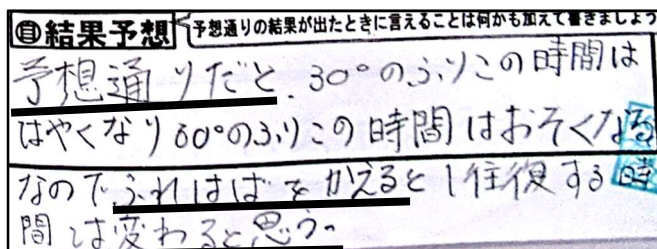


図13 結果の見通しにおける児童cの記述

イ プレテスト、ポストテストの結果

実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったかどうかをプレテスト（図7）とポストテスト（図8）の比較により検証する。プレテストとポストテストの正答及び解答類型を表11に、全国とのテストの正答率比較を表12に、解答の変容をクロス集計表で表13に示す。

正答率を比較すると、プレテスト49%から70%に増加した。ポストテストにおいて、全国平均54.2%に比べて自校では70%と高い（表12）。プレテストとポストテストを比較すると、解答類型（A，B）が21%から75%に増加した（表13）。

CからAに内容が変容した児童dのポストテストにおける解答を図14に示す。

表11 プレテスト（図7）とポストテスト（図8）の正答・解答類型

	プレテスト	ポストテスト
正答	2	4
A	やす子さんの予想では、電流が+極から-極へ流れており、モーターから戻ってくるときは電気の量が減っている。予想通りになった場合、検流計の向きは同じで、目盛りが異なっているものを選ぶから。	りか子さんの予想では、温められた水が横の方に動いてから上の方に動き上から順に温められるので、予想通りになった場合、温度計Cが一番に高くなり、次に温度計B、最後に温度計Aが高くなるから。
B	やす子さんの予想から考えると、検流計の針の向きが違うものを選ぶから。	りか子さんの予想から考えると、横の方に動いて上に動くので、C⇒B⇒Aになるから。
C	やす子さんの予想に当てはめて考えていない。何も記入されていない。	りか子さんの予想に当てはめて考えていない。何も記入されていない。

表12 「結果の見通し」におけるテストの正答率比較（％）

	プレテスト	ポストテスト
全国	47.9	54.2
自校	49	70

表13 「結果の見通し」におけるクロス集計（テスト編）（％）

ポストテスト プレテスト	A	B	C	計
A	1	0	0	1
B	10	9	1	20
C	7	48	24	79
計	18	57	25	100

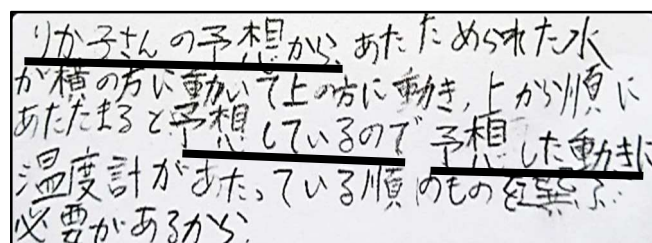


図14 ポストテスト（図8②）における児童dの解答

ウ 分析と考察

検討前後で、シートに全く記述できなかった児童が67人から6人に減少した。これは、児童同士で検討する際、予想から考察までのつながりを全体で確認させたこと、そしてそれを基に予想を確かめるための結果の見通しを考えるとという話し合う視点を与えたことで、より妥当な考えを作り出せたからだろう。さらに書き方に悩んでいる多くの児童は、「話題ヒントカード」を活用することで記述できるようになっていた。このことから「実験計画アイテム」により実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まったと考えられる。一方、シートでは検討後Cが6人、ポストテストではCが24人いた。ここで、誤答の例を表14に示す。

表14 ポストテスト（図8）における児童の誤答例

評価	誤答例
C	<ul style="list-style-type: none"> ・ゆかりさんは上から順にあたたまると予想しているから。 ・水は、上から順にあたたまるから。 ・自分がそう思ったから。

Cの児童の多くは、問題中の人物が予想した内容表現した図の意味を捉えることが難しく、結果を見通した実験計画を表現できなかった。ポストテストで解答できなかった児童の中に、検討後もシートが白紙の児童が3人いた。これは、児童が結果を見通した実験計画を立案する経験が不足していたり、問題解決の過程を十分意識できていなかったりしているからだろう。よって、問題解決の過程を段階を追って児童自身の考えを拾い、問いかけながら答えさせるなど個別の支援を行う必要があると考える。実際、再度自分の予想を振り返らせ、結果がどうなるのか一つ一つ一緒に確認すると、結果の見通しの意味が理解でき、表現できるようになった。

V 研究のまとめ

1 研究の成果

- 問題解決の過程を児童に意識させることができた。このことに関して有効だった手立ては、「問題解決の過程カード」「問題解決の過程シート」「問題解決の過程トランプ」だった。
- 条件を制御した実験計画を立案する力が高まった。このことに関して有効だった手立ては、「問題解決の過程カード」「実験計画パワーアップシート」「実験計画交流ボード」「器具カード」だった。
- 実験結果の見通しをもって実験計画を立案する力が高まった。このことに関して有効だった手立ては、「問題解決の過程カード」「実験計画パワーアップシート」「実験計画交流ボード」「話型カード」だった。
- 主体的に学びに向かう力が涵養された。授業終了後多くの児童から「おもりを吊り下げるひもの種類を変えて調べたい。」「自由研究で振り子の研究を深めたい。」という声が出た。これは一連の問題解決の過程を自分たちで考えた計画のもと体験できたことで、より問題解決の過程を理解し実感できたからであると考えられる。

これらのことから、本研究で開発した「実験計画アイテム」が問題解決の過程を児童に意識させるこ

とに有効であり、その活用によって実験計画を立案する力を育成することができた。さらに、主体的に問題解決しようとする態度の育成にも「実験計画アイテム」が有効であることが分かった。

2 研究の課題

- 「実験計画アイテム」を活用しても実験計画を立案する力が十分に育成できなかった児童や問題解決の過程の名称だけを覚え意味を理解できていない児童も少数いた。つまずきの原因を分析して個々のつまずきに合った支援方法を事前に用意し繰り返し指導し続けていく必要がある。
- 本研究では、問題解決の過程を導入したワークシートを活用したが、いずれはヒントになるような記述がなくても実験計画を立案できるようにしていく必要がある。
- 開発した「実験計画アイテム」を部分的に変えて他学年他単元でも使用できるようにしたり、実践を積み重ねて事例を増やしたりして汎用性を高めていく必要がある。

【注】

- (1) 武村重和(2000)：『理科重要用語300の基礎知識』明治図書出版株式会社p. 128に詳しい
- (2) 村山哲哉(2013)：『小学校理科「問題解決」八つのステップ—これからの理科教育と授業論—』株式会社東洋館出版社pp. 26-28, pp. 54-55に詳しい。

【引用文献】

- 1) 文部科学省(平成30年)：『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』株式会社東洋館出版社p. 12
- 2) 文部科学省(平成30年)：前掲書p. 15
- 3) 文部科学省 国立教育政策研究所(平成30年a)：『平成30年度全国学力・学習状況調査報告書小学校理科』p. 8
- 4) 文部科学省 国立教育政策研究所(平成30年b)：『平成30年度全国学力・学習状況調査解説資料小学校理科』p. 7
- 5) 村山哲哉(2013)：前掲書p. 110
- 6) 鳴川哲也(2019)：『イラスト図解ですっきりわかる理科』株式会社東洋館出版社p. 76
- 7) 文部科学省(平成30年)：前掲書pp. 17-18
- 8) 文部科学省(平成30年)：前掲書p. 14
- 9) 文部科学省 国立教育政策研究所(平成30年a)：前掲書p. 47
- 10) 鳴川哲也(2019)：前掲書p. 49
- 11) 文部科学省(平成23年)：『小学校理科の観察・実験の手引き』p. 15












【参考文献】

- 山内宗治・益田裕充(2015)：「デザインベース構造化シートによる教師の汎用的な資質・能力の形成—中学校理科若手教員の自主研修におけるストーリー性のある授業づくり—」『日本理科教育学会全国大会要項』第65巻p. 81


資料 1：問題解決の過程カード

 問題解決の過程カード 		
	問題解決の過程	学習の進め方ポイント
発見	① ㊦問題を見つけよう	 自然や日常生活を見つめて、不思議に思ったこと㊦驚いたこと㊦から、調べることを決めて、問題を作っていきますよう。
	② 予想しよう	 問題について、どんなことが分かるかこれまでの学習も思い出して予想しよう。なぜそのように予想したのか、理由もはっきりさせよう。
計画	③ 計画(プラン)を立てよう	 予想を確かめるために、条件をどのように整えて調べたらよいか考えよう。予想したことが、正しいかどうかを調べる方法や、用意するものを考えよう。自分と友達の発表を比べて、考えを深めよう。
	④ 観察・実験をしよう	 安全に注意しながら、計画したとおりに観察や実験を進めよう。変える条件・変えない条件を整えて、観察や実験をしよう。
調べる	⑤ 結果を整理しよう	 調べた結果や気付いたことを、図や文、表やグラフなどで、記録し、整理しよう。
	⑥ 考察しよう	 予想したことなどをふり取り、整理した結果から分かることを考えよう。
ふり取り	⑦ ㊦まとめよう	 原因や調べた方法と結果を関係づけて、分かったことをまとめよう。自分と友達の発表を比べて、考えを深めよう。
広げる	① 新しい問題を見つけよう	 分かったことを、身の回りのことなどに当てはめてみよう。新しい問題、「不思議㊦」「おどろき㊦」を見つけたら、次はそれを調べていこう。

資料 2：問題解決の過程シート


 問題解決の過程シート 		
発見	① 問題を見つける	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">A</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">B</div>  </div>
計画	② 予想	
	③ 計画(プラン)	
調べる	④ 観察実験	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">結果予想</div> </div> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">結果予想</div> </div> </div>
	⑤ 結果	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
ふり取り	⑥ 考察	予想と同じように、(ちがって)
	⑦ まとめ	
広げる	① 新しい問題	  

資料 3：実験計画パワーアップシート

7 ふりこのきまり 実験計画パワーアップシート  5年 組 名前 ()

発見	① 問題を見つける	問題			
	② 予想	⑩ 予想		プレタイム	
計画	③ 計画(プラン)	⑩ 実験計画		ポストタイム	
	④ 観察実験	① 調べること		① 調べること	
調べる	⑤ 結果	② 条件 (変える条件)		② 条件 (変える条件)	
	⑥ 考察	(変えない条件)		(変えない条件)	
ふり返り	⑦ まとめ	⑩ 結果の見通し		⑩ 結果の見通し	
	⑧ 新しい問題	予想通りの結果が出たときに言えることは何かも加えて書きましょう。		予想通りの結果が出たときに言えることは何かも加えて書きましょう。	

資料 4：実験計画交流ボード

7 ふりこのきまり 実験計画交流シート (班用)  5年 組 班名 ()



発見	① 問題を見つける	② 予想	
	② 予想	② 実験計画	
計画	③ 計画(プラン)	① 調べること	
	④ 観察実験	② 条件 (変える条件)	
調べる	⑤ 結果	(変えない条件)	
	⑥ 考察	② 結果の見通し	
ふり返り	⑦ まとめ	予想通りの結果が出たときに言えることは何かも加えて書きましょう。	
	⑧ 新しい問題		

資料5：器具カード



表 面



裏 面


<h3>ものさし</h3>  <p>植物の葉やくきの長さをはかって、成長をくらべるときに使える便利な道具。持ち運びにも軽くて便利だよ。</p>	<h3>わゴム</h3>  <p>ものを動かないようにしたり、紙などを重ねて一つにまとめたりできる便利な道具。3年生の「風とゴムのはたらき」では実験道具にも変身するよ。</p>	<h3>アルミホイル</h3>  <p>のぼしたり、切ったり、丸めたり色々な形に変身するよ。薬品などに反応しやすいアルミニウムという金ぞくでできているよ。</p>
<h3>ペットボトル</h3>  <p>液体など入れる入れ物になったり、切ると水そう代わりになったり、おもりの代わりとして使ったりすることもできる便利な道具だよ。</p>	<h3>クリップ</h3>  <p>何枚もの紙をバラバラにならないようにまとめることができるよ。実験道具を作るときに大かっやくする道具だよ。</p>	<h3>糸・ひも</h3>  <p>ものをつるしたり、ものさし変わりとして、長さをくらべたりするときにも使える道具。おもりをくっつけるとふりこにも変身するよ。</p>

資料6：話型ヒントカード


じっけんけいかく か かた


実験計画の書き方

ヒントカード




予想
↓
調べること
↓
条件
↓
結果の見通し
↓
実験
↓
結果
↓
考察

予想をもとに結果を見通し、それらを確認するための観察、実験の計画を立てるようにしよう。その時、友達の意見をよく聞き、改善修正することが大切だよ。

「予想が〇〇なので、予想を確かめるために、〇〇の実験をします。」

「〇〇について調べたいので、〇〇の条件を△△変えます。
どのように変えるのか、くわしく書いたり、説明したりするといーよ。
そのほかの条件の◇◇、□□は同じにします。」

「予想通りだと、Aは～～になり、Bは～～になるはずです。この結果の見通しをもとに問題の☆☆を解決していきます。」

 結果の見通しが結果と同じだった時は、予想を確認できるよ。結果の見通しと結果が、違った時も、もう一度、調べること決めてチャレンジしてみよう。新しい発見が見つかるチャンス！


よそう か かた

予想の書き方

問題の発見⇒予想⇒観察、実験計画⇒観察、実験⇒結果の整理⇒考察へ つながる

「〇〇（問題）において、私は（ぼくは）、△△であると思います。なぜなら（理由は）□□だからです。」

「もし、△△なら、私は（ぼくは）□□になると考えます。理由は、〇〇だからです。」


 予想をもつことで、主体的に実験を楽しみながらできるよ。そして、考察でも予想と比べて考えられるから大切だよ。

じょうけんせいぎょ か かた

条件制御の書き方

予想⇒観察、実験計画⇒観察、実験⇒結果の整理⇒考察へ つながる

「調べたい条件である〇〇は、AとB…のように変えて実験します。
それ以外の条件の△△・□□…は同じにします。」


 調べたいものが、変える条件だよ。一つの条件だけを変えて、他の条件を同じにして実験を行うことを、「条件制御」というよ。

けっか みとお か かた

結果の見通しの書き方

予想⇒観察、実験計画⇒観察、実験⇒結果の整理⇒考察へ つながる

「予想通りだと、Aは〇〇になり、Bは◇◇になるはずです。」


 結果の見通しと実験結果が同じだった場合は、自分の考えを確認できるよ。もし、同じでなかった場合は、自分の考えを見直したり、振り返ったりできるよ。

こうさつ か かた

考察の書き方

予想⇒観察、実験計画⇒観察、実験⇒結果の整理⇒考察⇒まとめへ つながる

「予想と同じで（ちがって）□□（結果）でした。私は（ぼくは）、□□から、△△と考えました。その理由は、〇〇だからです。だから、〇〇だということが分かりました。」

 考察とは、観察、実験を行って出た結果と予想を比べて自分の考えをもつことだよ。予想とちがったら、新しい発見になるから、さらに考えを深めていこう。