

理科授業において「より妥当な考えをつくりだす力」の 育成に関する研究

——「予想・仮説」と「結果」の構造化に着目して——

齊藤 貴司・益田 裕充・白田 晃大

A Study on method to solve problem

Takashi SAITO, Hiromitsu MASUDA and Kodai SIRATA

理科授業において「より妥当な考えをつくりだす力」の育成に関する研究

—— 「予想・仮説」と「結果」の構造化に着目して ——

齊藤 貴司¹⁾・益田 裕充²⁾・白田 晃大³⁾

1) 埼玉県羽生市立羽生南小学校

2) 群馬大学共同教育学部

3) 群馬県前橋市立第六中学校

(2022年9月28日受理)

A Study on method to solve problem

Takashi SAITO¹⁾, Hiromitsu MASUDA²⁾ and Kodai SIRATA³⁾

1) Saitama hanyuminami elementary school

2) Department of Science Education, Cooperative Faculty of Education, Gunma University

3) Gunma Maebashi Sixth junior high school

(Accepted on September 28th, 2022)

キーワード：問題解決の力

Keywords: problem solving

1 研究の背景

1.1 はじめに

小学校学習指導要領（平成29年告示）では、育成を目指す資質・能力が「知識及び技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「学びに向かう力・人間性等」の3つに整理されている¹⁾。また、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編では、「思考力・判断力・表現力等」について、各学年で主に育成を目指す「問題解決の力」として図1のように示されている²⁾。

各学年で育成を目指す問題解決の力は、その学年で中心的に育成するものであるが、実際の指導にあ

第3学年 主に差異点や共通点を基に、問題を見出す
第4学年 主に既習の内容や生活経験を基に、根拠ある予想や仮説を発想する
第5学年 主に予想や仮説を基に、解決の方法を発想する
第6学年 主により妥当な考えをつくりだす

図1 各学年で育成を目指す問題解決の力

たつては、他の学年で掲げている問題解決の力の育成についても十分に配慮することとしている³⁾。

1.2 全国学力量習状況調査の結果

平成27年度全国学力・学習状況調査の小学校理科大問3(3)では、図2のとおり「水の温まり方を対象として、温められた水の動き方について、得られた実験結果から自分の考えを改善できるか」を問う問題が出題された⁴⁾。この問題の正答率は51.9%となっており、問題に対する予想や仮説と実験、観察から得られた結果を比較し、より妥当な考えをつくりだすことに課題があることが明らかとなった。さらに、図3に示す平成30年度全国学力・学習状況調査の小学校理科の大問3(3)の問題の正答率は59.6%と報告された。この問題より、実験結果を基にして、より妥当な考えに改善できるようにするためには、予想とその予想から実験結果までを見通し、実験から得られた結果を照らし合わせて考えることが大切であるとされた⁵⁾。


1.3 問題の所在

国立政策研究所(2020)は、第6学年「燃焼のしくみ」の単元において、観察、実験などから得られた結果を基に考察する過程で、物が燃えた時の空気の変化について、より妥当な考えをつくりだす力の育成についての事例を示している。この事例の児童を見取る際のポイントを図4に示す⁶⁾。

また、予想や仮説の内容と観察、実験などの結果を照らし合わせることにに関して、木下・松浦・角谷(2007)は、「観察・実験の活動場面においては、子どもが目的や仮説を意識したり、考察の場面においては、得られた結果を仮説に照らしながら解釈することが重要である⁷⁾」としている。さらに、森本(2010)は、「日本の児童・生徒は諸外国と比べて、観察・実験における考察を十分に機能させていないことを指摘するとともに、予想と結果を照合させて思考することが重要である⁸⁾」としている。

以上のことから、考察の場面において、得られた結果を予想・仮説に照らしながら解釈し、より妥当な考えをつくりだす力の育成をすることの重要性は

ふっぷ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、上から順にあたたまると思うよ。

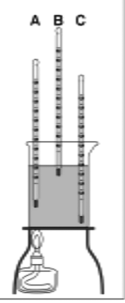
りか子さん

あたためられた水が、横の方に動いて、下から順にあたたまると思うよ。

あきらさん

(3) 実験した結果は、下の表のようになりました。

＜水の温度の上がり方＞					
	0分	2分後	4分後	6分後	8分後
温度計A	25℃	37℃	45℃	52℃	58℃
温度計B	25℃	34℃	41℃	48℃	54℃
温度計C	25℃	30℃	38℃	45℃	53℃



実験結果から、あたためられた水の動き方は、ぼくの子想とちがっていたな。

この結果から考え直すと(イ)になるな。

あきらさん

あきらさんのことばの(イ)の中にあてはまるものを、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。

- ゆかりさんの予想と同じ考え
- としおさんの予想と同じ考え
- りか子さんの予想と同じ考え
- 3人の予想とはちがう考え

図2 平成27年度全国学力・学習状況調査の小学校理科大問3(3)

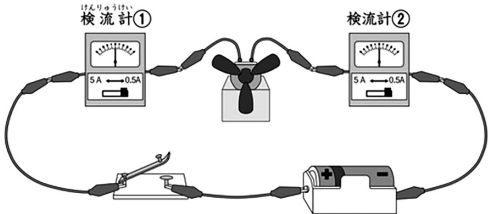
ひろしさんたちは、下の図の回路を流れる電気の流れ方について、予想したことを話し合いました。

プロペラのついたモーター



 <p>ひろしさん</p> <p>かん電池の^{プラス}極からモーターを通して^{マイナス}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。</p>	 <p>やす子さん</p> <p>かん電池の^{プラス}極からモーターを通して^{マイナス}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。</p>
 <p>しんやさん</p> <p>かん電池の^{プラス}極と^{マイナス}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。</p>	 <p>あやかさん</p> <p>かん電池の^{プラス}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。</p>

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



(2) 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^{めもり}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。

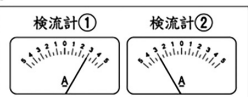
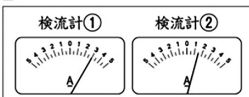
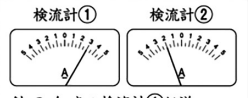
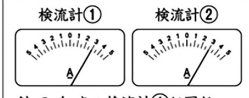
<p>1</p>  <p>針の向き：検流計①と逆。 針の目盛り：検流計①と同じ。</p>	<p>2</p>  <p>針の向き：検流計①と同じ。 針の目盛り：検流計①とちがう。</p>
<p>3</p>  <p>針の向き：検流計①と逆。 針の目盛り：検流計①とちがう。</p>	<p>4</p>  <p>針の向き：検流計①と同じ。 針の目盛り：検流計①と同じ。</p>

図3 平成30年度全国学力・学習状況調査の小学校理科大問3(3)

示されるものの、その指導法に関する研究報告は少ない。そこで、本研究は、「予想・仮説と結果を構造化」させるワークシートを考案した。さらに、その考案したワークシートが、より妥当な考えをつくりだす力の育成にどのように関係するのか授業実践を通して明らかにすることとした。

2 本研究の目的

問題に対する予想・仮説と結果を比較することを構造化したワークシートを使い、指導していくことが、より妥当な考えをつくりだす力の育成に与える効果を明らかにする。

3 本研究の方法

3.1 調査対象

調査対象とした授業は表1のとおりである。

表1 調査対象とした授業

調査対象	学年	単元
A県B市立小学校	第4学年2クラス	物の温まり方

①予想や仮説の内容と観察、実験などの結果を照らし合わせているか

②観察、実験などの結果を基に、事実(条件と結果)と解釈(結果から考えられること)を分けて、自分の考えが説明できるか

図4 児童を見取る際の主なポイント

②今までの経験・学習

①問題
金属はどのように
あたたまるのだろうか。

⑧イメージ図

⑦考察・結論（予想とくらべて書こう）

④実験
金属の真ん中を熱して、サーモシートの変化をみる。
準備するもの

③予想・仮説
なぜなら、

⑥予想と結果・・・同じ・ちがう
なぜ？

⑤結果

図5 より妥当な考えをつくりだす力の育成を目指したワークシート

調査対象とした授業は、A 県公立小学校の第 4 学年 57 名を対象としている。

考察を行なう際に、予想・仮説と結果を照らし合わせて解釈するように指示して、考察した学級を統制群とした。考察を行なう際に、予想・仮説と結果を照らし合わせて解釈できるように設計したワークシートを使用し、児童の考えを外化させてから、考察を行なった学級を実験群とした。

3.2 より妥当な考えをつくりだす力の定義

「自分が既に持っている考えを検討し、より科学的なものに変容させる力」を本研究における「より妥当な考えをつくりだす力」とした。

さらに、「自分が既に持っている考えを検討する」は、「問題に対する予想・仮説と実験、観察から得られた結果を比較し検討する」ことと定義した。

3.3 より妥当な考えをつくりだす力の育成に必要な要素と開発したワークシート

より妥当な考えをつくりだす力の育成は、育成を目指す資質・能力の 3 つの柱である「思考力・判断力・表現力等」の育成に位置づけられる。思考力・判断力・表現力等の育成について、益田（2019）は、デザインベース研究の中で、『「判断力」を育成する

過程とは、「考察・結論」が、「予想・仮説」と「結果」を照らし合わせ、「問題・課題」に正対した答えとして妥当かどうか判断すること⁹⁾』としている。そこで、本研究では、益田（2019）のコア仮説を採用し、「①「予想・仮説」と「結果」を照らし合わせる（予想・仮説の立証・反証）」「②「考察・結論」が、「問題・課題」に正対した答えになること（問いに正対）」という 2 つの要素を構造化できるように設計した図 5 に示すワークシートを考案した。このワークシートを用いて、授業を行なうことで、「考察場面」でより妥当な考えをつくりだす力を育成することができると考えた。

このワークシートでは、「予想・仮説」と「結果」を比較しやすくするために、予想・仮説を左下に、結果を右下に配置した。さらに、この 2 つの図を見比べながら、「予想・仮説」と「結果」の共通点・差異点を比較できる欄を中央に配置した。また、「考察・結論」を記述する際、「問題」を意識できるように、問題を中央上に配置し、その隣に、考察・結論を配置した。また、問題解決の過程を意識するために、矢印を用いて流れを明示した。さらに、各問題解決の過程に番号をつけ、児童に見通しを持たせるようにした。

3.4 本単元の概要

表2に示すように、本単元は、全8時間で構成されている。第1時には、金属、水、空気について、知っていることを話し合いながら、物の温まり方に関する問題を整理した。

第2時から第7時では、まず、金属の棒や金属の板を使用し、金属の温まり方を調べさせた。今回の授業実践の対象となる第2時では、金属の棒とサーモテープ使い、熱した部分から順に温まっていくことを視覚的に理解できるようにした。本授業の問題「どのように、金属は温まるのだろうか」に正対する考察・結論として、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編第4学年「A物質・エネルギー（2）金属、水、空気と温度の（イ）」の内容の中で示される「金属は熱せられた部分から順に温ま

る¹⁰⁾」に即した記述内容とした。第3時では、試験管に水を入れ、熱した部分が上方に移動することを調べさせた。第5時、6時では、サーモインクを使用して、熱した部分が上方に移動しながら、ビーカーの水全体が温まっていくことを調べさせた。第7時の空気の温まり方については、熱した部分が上方に移動して全体が温まっていくことを調べさせた。この実験では、ビーカーとサーモシートを使うことで、熱の伝わり方を視覚で理解できるよう工夫した。

第8時では、ふきぬけの家の部屋の温まり方を考え、「どのようにエアコンを配置すると効率的に部屋を温めることができるか」という問題について考えることによって、物の温まり方の性質が、日常生活でどのように使われているのか考えさせた。

表2 本単元の指導計画（全8時間）

単元の進行	主な学習活動
問題の見出し	①水や金属、空気について知っていることを話し合う中で、気付きや疑問をもち、それを基に話し合い、金属、水及び空気の温まり方に関する問題を見いだす。
	②問題「金属はどのように温まるだろうか」に対する予想をして、仮説を設定し、調べる計画を立て、学級全体の結果を基に、考察し、結論を導く。
金属・水・空気の温まり方を調べよう	③問題「金属の板は、どのように温まるだろうか」に対する予想をして、仮説を設定し、調べる計画を立て、学級全体の結果を基に、考察をし、結論を導く。 ④問題「試験管を斜めにして、中央を温めると水はどのように温まるだろうか」に対する予想をして、仮説を設定し、調べる計画を立て、学級全体の結果を基に、考察をし、結論を導く。 ⑤・⑥問題「どのように、水は温まるのだろうか（ビーカー）」に対する予想をして、仮説を設定し、調べる計画を立て、学級全体の結果を基に、考察をし、結論を導く。 ⑦問題「どのように、空気は温まるのだろうか」に対する予想をして、仮説を設定し、調べる計画を立て、学級全体の結果を基に、考察をし、結論を導く。
身の回りの物の温まり方を考えよう	⑧実生活をもとにしたものの温まり方を考える。

図6 統制群で使用したワークシート

3.5 授業及び調査の実施計画

授業は、2019年11月中旬から11月下旬にかけて実施した。実験群では、先述した図5のワークシートを使い授業を実施した。一方、統制群では、図6に示す問題解決の過程を基に作成したワークシートを使い、授業を実施した。

本調査の対象である第2時では、まず、第1時で整理した問題の中から、「金属、水、空気の温まり方に違いはあるのか」という児童の考えを取り上げ、「金属はどのように温まるのだろうか」という問題を設定した。この問題を基に、金属の温まり方について予想・仮説を設定した。そして、仮説を検証するため実験を行ない、個人のワークシートに金属の棒の温まり方を記入させてから、各班ごとホワイトボードを用いて、結果を図で表現させた。さらに、班ごとの結果が記されているホワイトボードを使い、結果を全体で整理し、「金属は、火の近くから順に（広がりながら）温まっていく」ことを児童から引き出し板書した。その後、実験群では、図5のワークシートを使い、予想・仮説と結果を照らし合わせて解釈する時間を設け、⑥に児童自身の考えを記入させてから「問題の答えになるように、自分の予想や仮説と結果を比較しながら考察しましょう」と指示してから児童に考察させた。統制群では、図6のワークシートを使い、考察する際、教師が、「問題の答えになるように、自分の予想や仮説と結果を比

較しながら考察しましょう」と指示してから児童に考察させた。

3.6 より妥当な考えをつくりだす力に関する評価基準

益田（2019）の「コア仮説」を援用し著書らは、より妥当な考えをつくりだす力の育成に必要な2つの要素に基づく評価基準を表3に示すように設定した。また、A基準に分類された児童を、本研究が目指すより妥当な考えをつくりだす力が育成された児童と判断することとした。

表3 より妥当な考えをつくりだす力の育成に関する評価基準

基準	記述内容
A	①問いに正対、②予想・仮説の立証・反証について十分な説明となっている記述
B	①問いに正対、②予想・仮説の立証・反証のどちらかの要素が未記入や不十分な説明となっている記述
C	①問いに正対、②予想・仮説の立証・反証の両方の要素が未記入や不十分な説明となっている記述

4 検証結果

4.1 ワークシートを用いた調査結果

4.2.1 統制群におけるワークシート調査の結果

表4に、本授業実践における統制群の児童の記述を分類した結果を示す。まず、統制群においてA基準、B基準、C基準に分類した。

表4 統制群の児童の記述結果 (人)

	A 基準	B 基準	C 基準
統制群	1	19	8

N=28

次に、表3の評価基準を踏まえて分類した児童の具体的な記述を図7、図8、図9に示す。丸数字と下線部は筆者らが加筆した。①は問いに正対、②は予想・仮説の立証・反証に関する記述をそれぞれ示した。

A基準の児童の記述を図7に示す。この児童は、「私の予想は……、結果は……」という記述から、予想・仮説の立証・反証について十分な説明となっている記述であると言える。さらに、「金ぞくは、熱したところから順に温まっていくことがよくわかりました」という記述から、問いに正対している記述であると言える。

B基準の児童の記述を図8に示す。この児童は、「熱したところから順に温まっているのがわかった」という記述から、問いに正対している記述であると言える。しかし、児童の予想・仮説の立証・反証に関する記述は表出されなかった。

C基準の児童の記述を図9に示す。この児童は、実験で鉄の棒の中央部分を温めたことから、真ん中から温まるとしているが、「真ん中=熱したところ」と記述が表出されなかったことと「順に温まる」という記述が表出されなかったことから問いに正対している記述でない。また、児童の予想・仮説の立証・反証に関する記述は表出されなかった。これらのことからC基準とした。

今日は、金ぞくは、どのように温まるかについて考えました。②私の予想は、全体に広がるにしました。結果は、まん中から外にいくでした。①金ぞくは、熱したところから順に温まっていくことがよくわかりました。

図7 統制群の児童の記述例 (A基準)

金属は、どのように温まるか調べた。結果から、①熱したところから順に温まっているのがわかった。あと、空気と水もどのように温まるかたしかめてみたい。

図8 統制群の児童の記述例 (B基準)

金属は、どのように温まるか調べました。真ん中から温まっていきました。

図9 統制群の児童の記述例 (C基準)

4.2.2 実験群におけるワークシート調査の結果

表5に、本授業実践における実験群の児童の記述を分類した結果を示す。まず、実験群においてA基準、B基準、C基準に分類した。

表5 実験群の児童の記述結果 (人)

	A 基準	B 基準	C 基準
実験群	11	18	0

N=29

次に、表3の評価基準を踏まえて分類した児童の具体的な記述を図10、図11に示す。丸数字と下線部は筆者らが加筆した。①は問いに正対、②は予想・仮説の立証・反証に関する記述をそれぞれ示した。

A基準の児童を図10に示す。この児童は、「火の当たっているところからじわじわと広がって温まる」という表現から、「金属は熱せられた部分から順に温まる」に即した記述内容であるため、問いに正対している記述であると言える。さらに、「予想とはちがう結果でした。理由は……」という記述から、予想・仮説の立証・反証について十分な説明となっている記述であると言える。よって、この児童をA基準とした。

B基準の児童を図11に示す。この児童は、「金ぞくは、予想とちがい……」という記述から、予想・仮説の立証・反証について十分な説明となっている記述であると言える。しかし、その後、「金属は熱せられた部分から順に温まる」に関する内容の記述は表出しなかった。よって、この児童をB基準とした。

金ぞくは、どのように温まるのかについて調べました。^①金ぞくは、火の当たっているところからじわじわと、中心から外がわに広がって温まりました。^②予想とは、ちがう結果でした。なぜなら、予想は横にいつちゃうと思ったけれど、結果は、下から横にいったので、下からが予想と違いました。

図10 実験群の児童の記述例 (A基準)

金ぞくは、どのように温まるのかについて調べました。^②金ぞくは、予想とちがい、上にいき、横にじわじわとうごいて温まります。ちがいは、色々な方向に(下から上へ)動くと思っていたけど、上にいき、曲がってじわじわと温まったからです。

図11 実験群の児童の記述例 (B基準)

4.2.3 統制群と実験群のワークシート比較

統制群と実験群に第4学年「物の温まり方」第2時で、問題「金属はどのように温まるだろうか」に対する考察・結論を記述させた。まず、両群において、児童が記述した考察をA基準とそれ以外のB、C基準に分類した。次に、2×2のクロス集計について、直接確率計算を用いて検定した。表6のとおり、「統制群：より妥当な力をつくりだすことができた児童1人、より妥当な力をつくりだすことができなかった児童27人」「実験群：より妥当な力をつくりだすことができた児童11人、より妥当な力をつくりだすことができなかった児童16人」で直接確率計算を行なった。

その結果、その偶然確率は、 $p=0.0024$ (両側検定) $p<.01$ であり、有意水準1%で有意であった。

表6 両群のワークシートの人数比較 (人)

	統制群 (N=28)	実験群 (N=29)
より妥当な考えをつくりだすことができた	1	11
より妥当な考えをつくりだすことができなかった	27	18

5 考察

本研究は、第4学年「物の温まり方」において、「問題に対する予想や仮説と実験、観察から得られた結果を比較し、より妥当な考えをつくりだすことに課題があること」を解決するために、「予想・仮説と結果を比較すること」を構造化したワークシートを使い、指導していくことが、より妥当な考えをつくりだす力の育成に与える効果について明らかにすることを目的とした。

そこで、開発したワークシートを使って、予想・仮説と結果を照らし合わせて解釈する時間を設け、児童の考えを外化させてから、考察させる1学級29人を実験群、考察の際、教師が「問題の答えになるように、自分の予想や仮説と結果を比較しながら考察しましょう」と指示してから、考察させる1学級28人を統制群として、児童がワークシートに記述した内容の分析を行なった。

本研究で行なった実験群に対する指導方法は、問題に正対すること、予想、仮説の立証・反証の2つの要素に基づいた、より妥当な考えをつくりだす力の育成に効果があることが立証された。

課題は、以下の2点である。

第1に、より妥当な考えをつくりだす力の育成は、容易なことではない。この1時間だけでなく、本研究で開発したワークシートを複数の単元で継続的に行ない、その効果を検証する必要がある。

第2に、より妥当な考えをつくりだす力は、本来、第6学年で主に育成すべき「問題解決の力」とされる。本研究では、第4学年で実施をしたが、発達段階の異なる他の学年では、児童の記述にどのような変化があるのかより詳しく調査する必要がある。

以上のことから、本研究では、第4学年「金属の温まり方」の授業において、考案したワークシートを使って、予想・仮説と結果を照らし合わせて解釈する時間を設け、児童の考えを外化させてから、考察させる指導が、「より妥当な考えをつくりだす力」の育成に効果があることを明らかにすることができた。

【引用文献】

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示），p.18, 2017.
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編，p.26, 2018.
- 3) 前掲書1），p.18
- 4) 国立教育政策研究所：平成27年度全国学力・学習状況調査，【小学校】理理解説資料，pp.51-52, 2017.
- 5) 国立教育政策研究所：平成30年度全国学力・学習状況調査，【小学校】理理解説資料，pp.45-50, 2017.
- 6) 国立教育政策研究所：「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料，【小学校理科】，p.64, 2020.
- 7) 木下博義・松浦拓也・角屋重樹：「観察、実験活における小学生のメタ認知育成に関する実践的研究—第5学年『もののとけ方』を例に一」，『理科教育学研究』，第48巻，第1号，pp.21-33, 2007.
- 8) 森本信也：『『考える』ことを大切に理科授業と学習活動』，『理科の教育』59（4），東洋館出版社，pp.223-226, 2010.
- 9) 益田裕充：知性を高め未来を創る理科授業，上毛新聞社，p.71, 2019.
- 10) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編，p.49, 2018.

