

小学校理科における仮説設定能力を育成する指導法

— 探究的な問いに対する仮説の洗練化と実験結果を基にした仮説の妥当性の検討を導入して —

筒井雅人*・宮本直樹**

(2017年10月25日受理)

Orientation for Cultivating Hypothesis Setting Ability in Elementary School Science:
Introducing Sophistication of Hypotheses for Questions of Inquiry and Examination of
Hypothesis Validity Based on Experimental Results

Masato TSUTSUI and Naoki MIYAMOTO

キーワード: 仮説設定, 洗練化, 仮説の妥当性, 風のはたらき

本研究では、小学校3学年において、仮説設定能力を育成する授業づくりの基礎的知見を得るため、探究的な問いに対する仮説の洗練化と実験結果を基にして仮説の妥当性を検討する指導法を考案・試行し、その効果を検討した。その結果、以下の3点が明らかになった。

- (1) 探究的な問いを生成することは、因果関係を踏まえた仮説設定を促進させた。さらに、その仮説を共有し、洗練化することで、検証可能な仮説を設定することができるようになった。
- (2) 実験結果を基に仮説の妥当性を検討することは、結果の予想を含めた仮説を修正させた。また、より具体的な視点で仮説を捉えることができるようになった。
- (3) 仮説設定に関する調査問題において、仮説の妥当性の検討ができた児童が、仮説設定を経験した授業が初めてにもかかわらず、少なからずいることがわかった。

はじめに

小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008）では、「見通しをもって観察，実験などを行うこと」と示され，児童自らが自然事象から見いだした問題に対して予想や仮説をもち，それらを基にして検証をすることの重要性が指摘され，問題解決能力の育成のために指導の改善が図られてきた。しかし，平成24年度の全国学力・学習状況調査の結果から，「予想や仮説と照らし合わせ

*神栖市立波崎西小学校

**茨城大学教育学部

ながら考察すること、見いだした問題から予想や仮説をもち、制御する条件を整理して実験計画を立てること、結果を基に実験方法を見直し改善すること（後略）」(国立教育政策研究所, 2012)などが改善のポイントとして示された。つまり、科学的な問題解決能力の育成において、児童が見いだした問題に対して、仮説の設定、検証実験の計画、結果の予想をし、実験結果から仮説の妥当性を検討し、考察することがすることが不十分であると言える。一方で、「目的意識や見通しをもった探究の成否の鍵をにぎる仮説設定の指導がほとんど実施されていないため、実際には仮説をもたないで探究をしている生徒が多い」という小林(2013)の指摘もある。さらに、平成27年度の全国学力・学習状況調査の調査結果(国立教育政策研究所, 2015)では、小学校において、「予想が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想したり、実験結果を基に自分の考えを改善したりすること」に課題があることが明らかになった。つまり、理科授業の問題解決の学習過程において仮説を設定し、結果を基に仮説を評価・修正する場面の不十分さに課題があると言える。また、中央教育審議会答申(2016)では、「観察・実験の結果を分析・解釈して仮説の妥当性を検討したり、全体を振り返って改善策を考えたりする学習場面を設けること、(後略)」と述べられている。加えて、次期小学校学習指導要領(文部科学省, 2017)では、第4学年において主に育成したい問題解決能力として、「見いだした問題について、既習事項や生活経験を基に根拠のある予想や仮説を発想する力」が示されている。

ところで、このような状況を克服するために仮説設定の方略に関する先行研究がある。例えば、益田・柏木(2013)は、仮説発見のためのアブダクションに着目し、論理的推論に基づく仮説形成を図る指導の効果を検証している。山口ほか(2015)は、Four Question Strategy(4QS)を基に仮説設定シートを開発し、子どもに仮説を形成させる指導の効果を検証している。他方、結果を基に仮説の妥当性を検討する研究として、小林(2009)は、中学2年生を対象にし、「仮説評価スキーマ」教示と協同活動が科学的な法則や理論の理解と観察・実験スキルの向上に与える影響を検証している。具体的には、仮説評価スキーマ(仮説評価活動を行う上で必要な一連の手続きに関する知識)として、「形成した仮説を検証する目的で実験を計画する際に必要な『証拠収集の計画』・『予測』と、結果から仮説の妥当性を検討する際に必要な『結果の観察』・『結果の解釈』」を取り上げている。そして、仮説に対する反証的証拠が得られたときに、協同活動は適切に仮説を棄却する活動を促すことを示している。

研究の目的及び方法

そこで、本研究では、上述した先行研究の知見を踏まえ、理科授業が始まり、科学的な問題解決の過程を通じた学習活動の入門期にあたる小学校第3学年において、探究的な問いに対する仮説の洗練化と実験結果を基に仮説の妥当性の検討を導入する仮説設定能力育成の効果を実践的に検証することを目的とする。

ところで、小林(2013)は、「教師や生徒の仮説観は多様であり、(中略)この多様性が理科学習における本来の仮説の設定を阻害する要因の一つ」と述べている。仮説の捉え方については諸説あり、小林(2008)は、「観察・実験で検証できる問題」、「簡単にいえば『こうすればこうなる』と

いう仮の答え」と述べている。Lawson (2000) は、「自然の事物・現象が起こる因果関係やしくみの説明」さらに、『なぜ』や『どのようにして』などの自然の事物・現象に関する因果関係の問い (causal questions) を提起し、仮の仮説を創造する」と述べている。

その Lawson (2000) は、「因果関係の問い (causal questions) を提起し、仮の仮説を創造する。その仮説が正しいと仮定したときに検証する実験の計画を創造することが可能となり、そして、期待された観察・実験の結果と観察された実験の結果の比較から結論の導出に至る。この一連の推論を仮説演繹的推論 (hypothetico-deductive reasoning)」としている。

そこで、児童が問いから仮説の設定、仮説を検証するための実験計画、その仮説が仮に正しいとしたときにどのような実験結果が予測されるか、検証結果との比較から仮説の妥当性の検討といった一連の過程を Lawson の仮説観に依拠をすることが妥当であると考え、仮説演繹的推論を採用することとした。したがって、仮説を「自然の事物・現象が起こる因果関係やしくみの説明」と捉える。なお、予想は、実験結果についての予測とし、仮説と区別することとする。小林 (2008) は、「問いが学習者にとって馴染みがないものであったり、問いの答えとしての仮説が学校の実験室での実験や観察による検証が不可能なものであったりすると、学習者の仮説設定やその仮説に基づく探究的な学習の展開が困難になる」と指摘している。さらに、小林 (2013) は、「個人で設定した仮説を学習グループや学級全体で吟味させ、それらを検証可能な説明に洗練する必要がある」と述べている。

これらを踏まえ、本研究では研究の方法として、まず、因果関係を問うような探究的な問いを生成し、仮説をグループやクラスで共有化、洗練化することとする。なお、小林 (2013) は、仮説の洗練化について、仮説を中心に扱っているが、本研究では、仮説、検証計画、結果の予想をまとめて、仮説設定として扱う。これにより、仮説がより具体的に表出されるのではないかと考えられる。次に、検証実験の結果を共有化し、仮説の妥当性をグループ、クラスで検討する。これに関しては、小林 (2009) は、「仮説評価活動を行うということは、(中略) 実験結果から採択される仮説は何かを説明することを導く。その際、協同活動によって、説明の誤りが修正されることが明らかとなった」と述べている。このことから、仮説の妥当性を検討する際には、グループやクラスで行うことによって、反証的証拠を不適切に解釈してしまうという問題を削減することが期待できる。

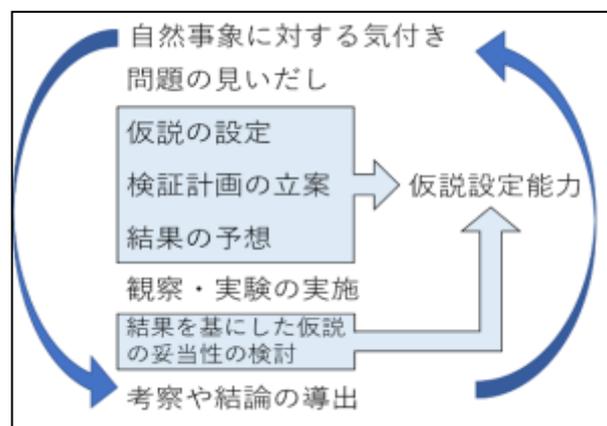


図1 仮説設定能力育成のための指導方略

ここでの妥当性とは、仮説の信頼性や客観性とし、結果の予想と問いの答えとしての結果が違った場合には、仮説が正しくなかったのか、検証計画に問題があったのか、実験の操作に誤りがあったのかななどの視点を基に検討させる。また、結果の予想と問いの答えとしての結果が同じ場合についても、同様に仮説の妥当性を検討させる。妥当性を検討することで、仮説が評価され、今後の仮説の形成が促進されるであろう。

これらを勘案し、「①自然事象に対する因果関係の問いに対して、因果関係やしくみを説明した仮説を設定し、検証する実験を計画し、仮に仮説が正しいとしたときの実験の結果を予測する力、②実験結果を基に仮説の妥当性を検討できる力」を「仮説設定能力」とすることとする（図1）。

本実践の結果及び考察

本実践の対象は茨城県内の公立 H 小学校第 3 学年の 20 名の児童である。また、授業実践日時は、2017 年 7 月 14 日である。授業実践に関するデータは、授業中の発話、レポートへの記述、授業実践後のインタビュー調査から収集し、それらを分析した。

1 探究的な問いの生成を促すような事象の提示

授業の導入時、おもりを乗せて重くした帆かけ車に送風機で風をあてると、帆かけ車が進まないという事象を動画で提示した（図2）。



図2 動画による事象の提示

この事象の提示により、「どのようにしたら、帆かけ車は動くのだろうか」という探究的な問いを意図的に引きだそうと試みた。児童からは、「重いから（車が）動かないんだよ」「帆が風で震えている」などのつぶやきが見られた。帆かけ車が重くなったから、送風機の風を受けても動かないことを確認すると、ある児童が「もっと近寄せたら大丈夫」と発言していた。ここで、問題をクラスで共有しようと、教師が「みんなで考えたい問題があります」と伝えると、何人かの児童が「ど

うしたら車が動くか」と問題を提示してきた。このようにして、因果関係を問うように問題を意図的に生成し、後の学習活動を展開していった（表1）。

表1 事象を提示し、探究的な問いを生成する場面

<p>T：風にはどのようなはたらきがありましたか？ S1：ものを動かす力。 T：それは、どんなふう調べましたか？ S2：下敷きで、（帆かけ車を）あおいで動かさを調べました。 （動画を提示する。） S3：風が強くても動かないんだ。 S4：（送風機の風を強さを）中にすればいいんじゃない？中。 T：車に何が乗っている？ S5：鉄。 T：鉄ではないですが、重りが乗っています。重くしてあります。風を送っているのは、送風機というものです。扇風機と同じようなものです。 T：本当はこの車はどうなるはずだった？みんなの予想では？ S5：動く。 S6：進む。 T：重りが無ければ？ S6：動く。 S6：前に進む。 T：そうですね。進みます。うちわで風を起したら車が動いたよね。ただ、車が重くなったので、送風機で風を送っても今、動かないです。 S7：もっと、近寄せたら大丈夫。 T：ここで、みんなで考えたい問題があります。 S1：どうしたら車は動くか？ T：はい。そうです。 どのようにすれば車は動くだろうかを考えていきたいと思います。</p>

[Sは児童、Tは教師を示す。なお、（ ）は筆者が加筆したものである]

2 仮説の設定

仮説を設定する際に、まず、個人で自由に仮説を設定させた。その際には、「こうすれば、こうなるだろうと思うことを書いてください」と指示をした。ここでは、どうすれば帆かけ車が動くかを考えることが、仮説を設定することになる。この「どうすれば」をより具体的にしたもののが検証計画になり、そこには、仮説が正しいときには、帆かけ車が動くだろうという結果の予想が含まれている。仮説を設定する際、特に実験に使う器具や場所を制限はしなかった。それは、これまでに仮説を設定する際に特に、それが問題となるような仮説が設定されることがなかったからである。仮に、そのような仮説が設定されたときには、グループやクラスによる仮説の洗練化によって、仮説が検証可能なものになるように教師が支援することで解決することとした。

3 仮説の洗練化

まず、個人で設定した仮説をグループで話し合っ、洗練化を行った。話し合い活動を行う前に、仮説を洗練化していくための視点について、チェックシート（図3）を提示しながら説明した。教師は、それぞれのグループの話し合いの様子を見ながら、適宜、助言を行った。

個人で設定した仮説について、グループで洗練化を行った。図4は、洗練化した班ごとの仮説である。実際には、チェックシートで示した視点にある類型化や統合化をすることや仮説に名前を付けることが主な話し合いの視点となっていた。

仮説の洗練化チェックシート

- ① 仮説が問題に対するものになっているか。
- ② それぞれ仮説の同じ点やちがう点などに着目し、
るいけい化する。
 - ・ 同じものをまとめる。
 - ・ いくつかの仮説を合わせて新たな仮説をつくる。
- ③ それぞれの仮説は、実験でたしかめることができるか。
 - ・ 1つの仮説では、調べることが1つになっているか。
 - ・ 理科室や教室にあるもので実験ができるか。
- ④ それぞれの仮説に「～説」のように名前を付ける。

図3 仮説の洗練化チェックシート

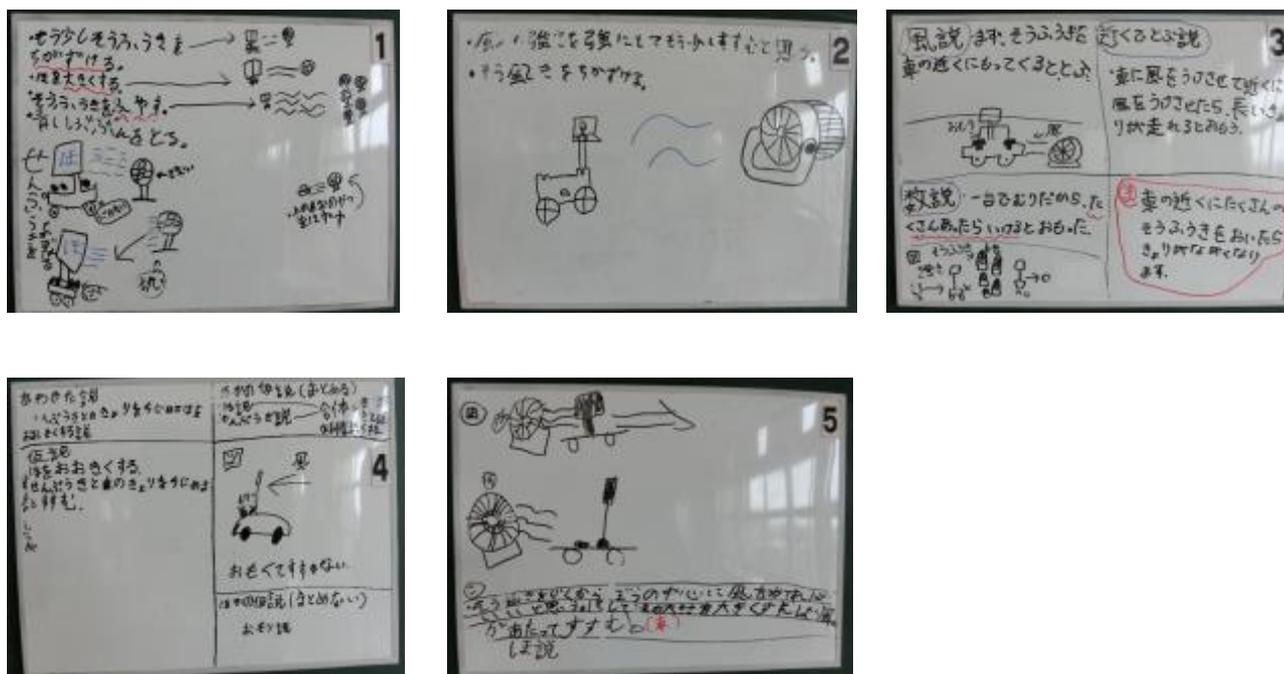


図4 グループで洗練化した仮説

表2から、グループで仮説の洗練化を行ったことで、いくつかの仮説が設定されたことが分かる。

次に、グループで設定した仮説をクラスで話し合っ、洗練化を行った。教師は、話し合いを進めながら、適宜、助言を行った。そして、送風機を増やすこと、送風機を近づけることは、送風機の風を強くすることと同じことであることを確認し、「風の強さ説」とした。また、帆を大きくすることを「帆の大きさ説」とした。

表2 グループで洗練化した仮説

班	内容
1	<ul style="list-style-type: none"> ・もう少し送風機を近づける。 ・帆を大きくする。 ・送風機を増やす。 ・青い部分（帆の支柱）を取る。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・風の強さを強にしてもう少し進むと思う。 ・送風機を近づける。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・風説：送風機を車の近くに持つてくるとどぶ。 ・近くでとぶ説：車に風を受けさせて、近くに風を受けさせたら、長い距離が走れると思う。 ・数説：一台で無理だから、（送風機が）たくさんあったら（前に）いけると思った。 ・まとめた説：車の近くにたくさんの送風機をおいたら、（車が進む）距離が長くなります。
4	<ul style="list-style-type: none"> ・扇風機説：扇風機を近づける。 ・帆説：帆を大きくする。 ・合わせた説：扇風機を近づけ、帆を大きくする。 ・おもり説
5	<ul style="list-style-type: none"> ・帆説：送風機を軸から棒（支柱）の中心にあてればよいと思う。そして、帆の大きさを大きくすれば、風があたって進む。

〔（ ）は筆者が加筆したものである〕

4 検証計画の立案と検討

帆の大きさの違いによる帆かけ車の進む距離を調べる検証実験を計画する際に、条件を制御することについて話し合いを行った(表3)。帆は、工作用紙を使って大きさの違う帆を作ることにした。その際、帆の大きさを変えるとそれに伴って変わる帆の重さにも注目させた。帆には、同じ大きさの紙を使い、折たたむことによって、帆の大きさを小さくすることにした。

表3 条件制御された検証計画を立案する

<p>T：帆を大きくすればいいなら、（手でのしぐさを交えて）ものすごく大きな帆にすればいいかな？</p> <p>S8：帆が大きすぎるとよくないと思います。理由は、車が倒れてしまうと思うからです。</p> <p>T：ああ。なるほどね。車が進む前に倒れてしまうかもしれないね。他に理由はありますか。</p> <p>S9：あんまり大きくすると重くなってしまいます。</p> <p>T：重くなってしまったのはよくないかな？</p> <p>S9：さっき見た（帆かけ車におもりを乗せた車が送風機の風で動かない）動画で、車が重いと進まなくなっていたから、大きくしすぎると動かないと思います。</p> <p>T：じゃあ、重さを変えないで帆の大きさを変えるには、どうすればいいかな？</p> <p>S9：紙の重さをはかって、同じにすればいい。</p> <p>T：うん。同じ重さの紙をどうやって大きさを変える？</p> <p>S7：同じ（大きさ）紙を、折って作ればいいと思います。</p> <p>T：なるほど。それなら重さは変わらないですね。</p>

〔Sは児童，Tは教師を示す。なお，（ ）は筆者が加筆したものである〕

実験では、小、大、特大の帆(図5)をそれぞれ車に付けたときに、送風機で風をあてて進む距離を調べることにした。ここで、特大の帆は、送風機の風が出る高さよりも高くし、風があたらない部分ができるようにした。測定は、多目的室のスペースでそれぞれ3回ずつ行い、記録することにした。その際、車が停止した場所に近い方の線で記録をすることにした。また、実験開始前に送風機の操作について、以下の2点を確認した。1点目は、送風機の風量を強にすること、2点目は、送風機の風を遮るように、車と送風機の間にはボードを置き、ボードを外すことで帆かけ車に風があたるようにすることである。1点目の理由は、他の班と結果を比べやすいようにするためである。

2点目の理由は、送風機の電源を入れてから送風の強さが安定するまでに数秒の時間があり、その間に帆かけ車が進んでしまうことで、風の強さを一定に保てないからである。このことについては、児童にも簡潔に説明した。

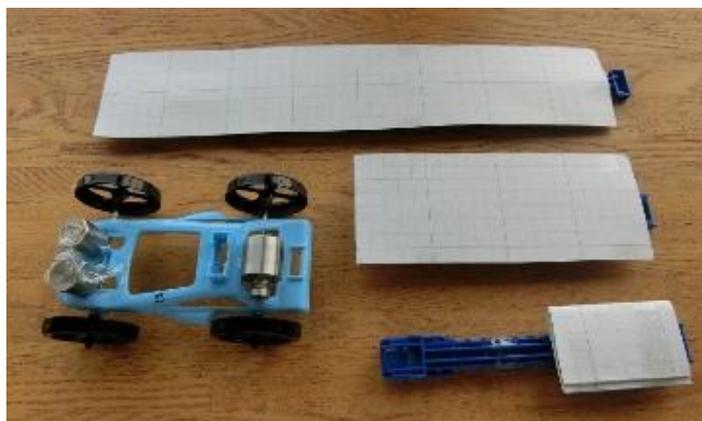


図5 帆の大きさ説の検証実験に使う帆

5 検証計画の立案後の結果の予想

帆の大きさ説の検証計画の立案後、結果の予想を行った。仮説が正しいと仮定したときに予想される結果は、帆が大きい方が長い距離進むのである。しかし、特大の帆の大きさ（高さ）と送風機の高さに注目して、仮説通りとはならないのではないかと考えた児童が3人いた。それぞれがそのように考えた理由について説明をした。1人は、「帆が大きい方が重いから進みにくい」という理由であったので、帆の重さは小、大、特大が全て同じであることを確認した。2人は、「特大の帆は大きすぎて風があたらない部分があって、進む距離が大より長くない」という理由であった(表4)。この後、仮説通りとはならないという結果の予想を支持する児童の数を挙手によって確認したところ、1人増え、4人となった。

表4 仮説が仮に正しいとしたときの結果の予想

<p>T : 帆の大きさ説では、帆の大きさを大きくすれば、風がたくさんあたって帆かけ車が進む距離が長くなるということでした。みんなで、どのような実験をすると調べられるかを話し合ったことをもとに、先生が（実物を見せながら）このような3つの帆を用意しました。小と大、特大の3種類を用意しました。これで、帆の大きさ説を調べたいと思います。では、結果の予想をください。</p> <p>（個人で結果の予想をした後）</p> <p>T : どのような結果の予想になりましたか。</p> <p>S8:小より大とか特大の方が、ちょっと進むと思います。</p> <p>S9:ぼくは、特大は大きすぎて（風が）あたらない部分がある可能性があるから大の方が長く行くと思います。</p> <p>S1:あたらない部分があっても同じじゃないですか？</p> <p>S9:大きいとそのまま風があたらなかったとしても...</p> <p>T : ああ。なるほどね。上には風があたらないと思うから距離が長くないと考えたんだね。</p>

[Sは児童、Tは教師を示す。なお、()は筆者が加筆したものである]

6 検証実験

児童は、検証計画に基づいて、小、大、特大の帆をそれぞれ車に付けたとき、送風機で風をあてて進む距離を調べた。特大の帆を車に付けたときには、送風機から出る風が帆の上の部分にあたっているか、手をかざして調べている児童もいた。測定は、それぞれの帆について3回ずつ記録をすることにしていたが、車が進む向きが送風機から大きくそれ、風がしっかりあたらなかった場合には、試行を何度もやり直す姿も見られた（図6）。各班の実験結果をまとめたものが表5である。



図6 実験の様子

表5 帆の大きさの違いによる車が進んだ距離

班	小			大			特大		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
1	2 m	2 m	2 m	3 m	3 m	4 m	4 m	4 m	4 m
2	2 m	3 m	2 m	4 m	4 m	3 m	4 m	3 m	4 m
3	1 m	1 m	1 m	3 m	3 m	4 m	3 m	4 m	4 m
4	2 m	2 m	3 m	4 m	4 m	4 m	3 m	3 m	4 m
5	2 m	2 m	2 m	4 m	4 m	4 m	3 m	4 m	4 m

7 実験結果を基にした仮説の妥当性の検討

実験の結果（表5）から、帆の大きさが小のときと大のときを比べると、帆の大きさが大のときの方が進んだ距離が長くなった。このことは、児童の予想（仮説）通りの結果となった。しかし、帆の大きさが大のときと特大のときを比べると、進んだ距離に差がほとんど見られなかった。このことについては、結果の予想で2人の児童が指摘していたが、その時点では、他の児童が納得できるような説明をすることはできていなかった。ここでは、結果を基にした仮説チェックシート（図7）を提示し、実験の結果が、仮説が正しいと仮定したときの結果の予想と異なることを確認した上で、仮説が正しくなかったのか、検証計画に問題があったのか、実験操作に問題があったのかについて検討をすることにした。

その際、実験から気付いたことを基に検討するのは、記憶に頼らざる得なくなってしまうため、小、大、特大のそれぞれの帆に送風機で風をあてたときの様子を動画で提示した。動画では、送風機に線香の煙を吸わせることで、帆にあたる風の様子を視覚的に捉えることができるようにした（鶴

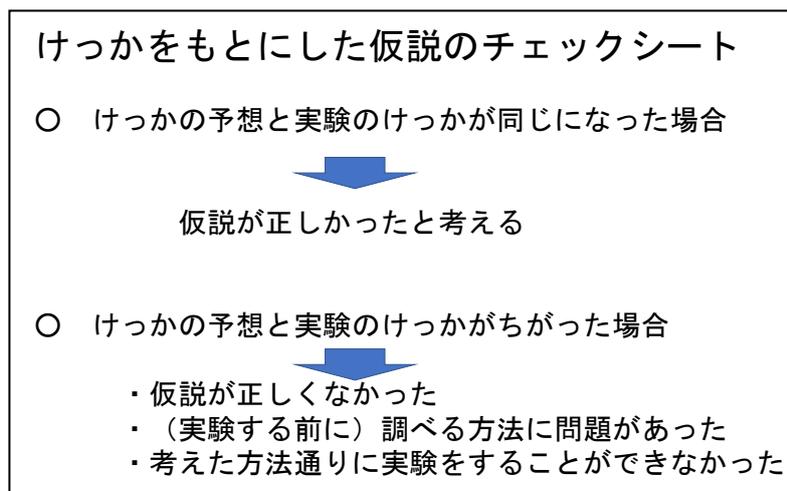


図7 結果を基にした仮説チェックシート

島ほか, 2017)。帆の大きさが小のときと大のときを比べると, 大の方が風にあたる面積が大きいことが分かる。大のときと特大のときを比べると, 風が直接あたる面積はほぼ同じであることが分かる。全ての帆において, 帆の上下左右に風が抜けていくので, 厳密には差があることは明らかである。また, 帆が大きい方が進む際に空気抵抗が大きくなるが, この検証実験における測定方法においては, 許容できる範囲である。動画を視聴した後, 検討の資料とするために, それぞれの帆にあたる風の様子を静止画像を提示した (図8~10)。まず, 個人で結果を基にした仮説の妥当性の検討し, 次にグループ, そしてクラスで検討した (図11)。

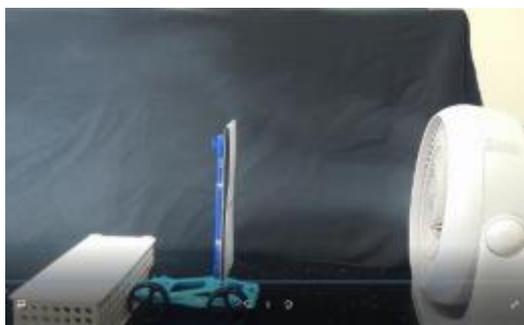


図8 帆の大きさ 小



図9 帆の大きさ 大



図10 帆の大きさ 特大



図11 クラスでの検討の様子

表6 グループで帆に風が当たる様子から実験結果の妥当性を検討した記述

班	内容
1	帆の大きさが小だと、(風が)ぎりぎり少しあたるけれど、大(の帆)だと、上(の部分まで)あたって、特大(の帆)だと、真ん中ぐらいにあたって大と同じくらいのところにあたるから。
2	大(の帆)は全体に(風が)あたっているけれど、特大(の帆)は、全体には、(風が)あたってなくて、あたっているところは、大(の帆)と同じところだけだから。
3	特大は、(風が)あたるけど進みにくいから、マイナスされている。だけど、大(の帆)はてっぺん(途中)
4	小(の帆)は、けむりが向かう方向が(帆から)ずれていて、図で描くと(略)みたいになるから。
5	大(の帆)は、送風機の面積分(風が)あたるけど、特大の場合は、大きすぎるから、大と同じくらい進むようになる。(風が)あたって上の方は(帆が)動かない。

[()は、筆者が加筆したものである]

表6より、「帆の大きさが大きくなると、風がたくさんあたって遠くまで進む」という仮説に対して、2班が「大(の帆)は全体に(風が)あたっているけれど、特大(の帆)は、全体には、(風が)あたってなくて、あたっているところは、大(の帆)と同じところだけだから(大より遠くまで進まない)」と述べている。他の班についても、表現の適切さという点では問題があるが、内容としては同様と捉えられる。しかし、各グループの発表と質問において、ある児童が「大と特大の帆において、風が当たる部分がだいたい同じであるから進む距離がだいたい同じになる」ことを踏まえた上で、大と特大の帆にあたるけむりの様子を見て、「大と特大の帆に風があたっている部分は、本当に同じと言ってよいのか」と質問をする場面があった。この児童が指摘したように、厳密に言えば、特大の帆の上の部分にも下の部分にあたって上がってきた風があたっている。この実験では、送風機からの風が水平方向に出てあたる面積に注目させることで検討する視点を与えているが、上に上がるけむりの様子を見て、風があたっている面積が大の帆に比べて大きいと捉えた児童が他にもいたかもしれない。ここでは、「帆の大きさが大きければ、風がたくさんあたる」という仮説に対して、送風機の風が当たる帆の範囲が限定的であるために、大の帆と特大の帆を比較したときには、仮説通りとはならないということに気付いたことが分かる(表7)。

表7 風のあたり方に対する検討

S9: 大(の帆)は全体に(風が)あたっているけれど、特大(の帆)は、全体には、(風が)あたってなくて、あたっているところは、大(の帆)と同じところだけだか。何か質問はありませんか。
S1: 今までの班でも言いたかったんですけど、(大の帆の上の空間を指して)この部分は風が残ってて、周りに風が。(特大の帆の上の部分)を指してこの部分にこの時は(風が)あたっているじゃないですか。(だから)同じところにあたっているわけじゃないと思います。

[Sは児童、Tは教師を示す。なお、()は筆者が加筆したものである]

8 授業後の仮説設定能力に関する調査の結果

調査は、仮説の妥当性の吟味に関して調査するため、授業後3日後に調査問題1を実施し、調査問題1の回収後にすぐに調査問題2を実施した。なお、調査問題1を回収した理由は、調査問題2

のA～Dの選択肢を調査問題1の解答欄に記述しないようにするためである。

表8 仮説の妥当性に関する調査問題1（記述式）とその結果

問題	<p>風が当たる 風の大きさと車の進むきょりについて、 「風の大きさが大きくなると、風がたくさんあたって車が遠くまで進む。」 という仮説を立てました。 そして、実けんでは、小、大、とく大の3つのほで調べました。 けっかは、「小」よりは「大」が進み、「大」と「とく大」は、ほぼ同じきょりでした。</p> <p>この仮説は、正しかったですか。くわしく説明しなさい。</p>
	<p style="text-align: center;">正答の記述（5人）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮説はちがっていた。なぜかという、大は全部に風があたって、特大はあたらない部分があるから、進むのは、同じきょり。 ・まあまあ正しい。[理由] 大はしっかり受けていても上に風がいつてしまう。特大は、避けてもさらに上に帆があるし避けるけど、上についたら風が空気になってしまつて大と同じ距離になつてしまつた。 ・正しくない。どうしてかという送風機が届くところは、大も特大も同じところにしかあたらないから（進む距離が同じになる）。 ・（特大の帆は）あたらない部分があるから（大と距離が同じになる）。大だと全体に風があたるから（正しくない）。 ・正しくない。特大は7mくらい進むと思つていたが、（結果は大と同じ）4mだつた。 <p style="text-align: center;">誤答の記述（15人）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大と特大は、同じきょりだつたから正しかった。（4人） ・とく大は、下の方にはあたるけど、上の方にはあたらない。大は、全体にあたるから、大の方が進んだ。 ・けむりがあつてるところがいつしょだから。 ・帆の大きさがちがうけど、重さがいつしょだから同じきょり進む。 ・その他 ・無答（2人）

〔（ ）は、筆者が加筆したものである〕

表8より、仮説が正しくないことを示した上で、正答となる記述をしたのは20人中5人であつた。大と特大の帆への送風機から出る風のあたり方を根拠として挙げている。その中で「まあまあ正しい」と記述した児童がいた。この児童にインタビューすると、この実験においては、帆の大きさが小のときと大のときを比較すると仮説が正しいが、帆の大きさが大のときと特大のときとを比

表9 仮説の妥当性に関する調査問題2（選択式）とその結果

問題	<p>風が当たる 風の大きさと車の進むきょりについて、 「風の大きさが大きくなると、風がたくさんあたって車が遠くまで進む。」 という仮説を立てました。 そして、実けんでは、小、大、とく大の3つのほで調べました。 この仮説は、正しかったですか。あてはまるもの<u>2つ</u>に○をつけなさい。</p> <p>A（ ）風の大きさが、小から大にかわると、車が進んだきょりが長くなつたから、仮説は正しい。 B（ ）風の大きさが、小から大にかわると、車が進んだきょりが長くなつたから、仮説は正しくない。 C（ ）風の大きさが、大からとく大にかわつても、車が進んだきょりが同じだつたから、仮説は正しい。 D（ ）風の大きさが、大からとく大にかわつても、車が進んだきょりが同じだつたから、仮説は正しくない。</p>			
結果				
	A(o)	B(x)	C(x)	D(o)
A(o)	0	9	5	
B(x)		3	2	
C(x)			1	
D(o)				

較すると仮説が正しくないという内容を答えていた。つまり「帆の大きさが大きくなると、風がたくさんあたって遠くまで進む」という仮説は、検証する際の帆の大きさによって正否が変わるといふ条件付きの仮説であるということが確かめられたことになる。

表9より、AとD共に正答した児童が20人中5人（25%）であった。この5人は、表8の結果と同じ児童である。帆の大きさが小から大に変わると車が進む距離が長くなったということから、仮説が正しかったと判断することができている。また、帆の大きさが大から特大に変わっても、車が進む距離が同じになったということから、仮説が正しくなかったと判断することができている。つまり、「帆の大きさが大きくなると、風がたくさんあたって長い距離進む」という仮説について、風があたる範囲が帆の大きさよりも小さいという条件下では、成り立たないということを捉えている。つまり、より具体的な視点で仮説を捉えることができている。しかしながら、Aのみ正答：14人（70%）、Dのみ正答：7人（35%）、AとD共に正答：5人（25%）という結果から、Dは小学校3年生にとって難しい仮説設定に関する調査問題であったにもかかわらず、7人（35%）が正答している。また、AとD共に正解はさらに難しい仮説の妥当性の検討に関する調査問題であったにもかかわらず、5人（25%）が正答している。

表10 結果の予想と各調査問題の結果

A	小（の帆）が2m、大が4m、特大が5mくらい進む。	（特大の帆は風が）あたらない部分があるから（大と距離が同じになる）。大（の帆）だと全体に風があたるから（正しくない）。
B	特大（の帆）は大きすぎて（風が）全てあたらない可能性があるから、大が（距離が）長いところまで行くと思う。	仮説はちがかったです。なぜかという、大（の帆）は全部に風があたって、特大はあたらない部分があるから進むのは同じ距離。
C	小（の帆）より大（の帆）と特大（の帆）の方が進む。	正しくない。（特大の帆は）7m位行くかと思っていたが、（大の帆と同じくらいの）5mくらいだった。
D	帆の大きさが小だと、多分2から3m位だと思ふ。大だと3～4m位だと思ふ。特大だと5～6m位だと思ふ。	正しくない。どうしてかという送風機がとどくところは、同じところらへんにしかあたらないから。（図は略）
E	（帆の）大きさにより大きいほうが進む。	まあまあ正しい。[理由] 大（の帆）はしっかり上に受けていても上に風が行っちゃう。特大（の帆）は、避けてもさらに上に帆があるし避けるけど、上についたら風が空気になってしまっただと大と同じ距離になってしまった。

[A～Eは児童を示す。（ ）は、筆者が加筆したものである]

表10は、表8と表9の各調査問題で正答であった5人の児童について、実験結果の予想と調査問題の記述を示したものである。A、C、D、Eの児童は、実験結果の予想では、帆の大きさが大きい方が進むと予想しているが、授業後の各調査問題では、実験結果を基にして仮説が正しくなかったという記述をしている。Bの児童は、実験結果の予想では、「特大（の帆）は大きすぎて（風が）全てあたらない可能性があるから、大が（距離が）長いところまで行くと思う」と記述しているが、実験結果を基に、自分の結果の予想を踏まえた仮説を修正したことが分かる。

おわりに

本研究では、小学校3学年において、仮説設定能力を育成する授業づくりの基礎的知見を得るため、探究的な問いに対する仮説の洗練化と実験結果を基にして仮説の妥当性を検討する指導法を考案・試行し、その効果を明らかにすることであった。

その結果、帆の大きさの違いによる風のはたらきに関する授業実践において、探究的な問いを生成することは、因果関係を踏まえた仮説設定を促進させること、さらに、その仮説を共有し、洗練化することで、検証可能な仮説を設定することができるようになることが明らかとなった。また、実験結果を基に仮説の妥当性を検討することは、結果の予想を含めた仮説を修正させた。また、より具体的な視点で仮説を捉えることができるようになることが明らかとなった。加えて、仮説設定に関する調査問題において、仮説の妥当性の検討ができた児童が、仮説設定を経験した授業が初めてにもかかわらず、少なからずいることが分かった。

今後の課題として、実験結果を基にして仮説の妥当性を検討する場面では、結果の予想を含めた仮説と実験結果の関係を多面的な視点で捉えるための手立てを検討する必要がある。実験結果の示し方や検討する視点の焦点化に課題がある。仮説の洗練化のためのチェックシート、結果を基にした仮説の妥当性のチェックシートについては、発達段階に応じた改善が必要である。今回は、第3学年における仮説設定能力の育成について考案・実践しているが、訂正された次期学習指導要領(文部科学省, 2017)においては、仮説を発想する力は第4学年、解決の方法を発想する力は第5学年、より妥当な考えをつくり出す力は第6学年で育成することを目標とする問題解決能力に示されており、各発達段階に応じた仮説設定能力を育成するための指導の在り方については、さらに実践によって検証される必要があると考える。

引用文献

- 中央教育審議会. 2016.「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善及び必要な方策等について(答申)」, 13, 145, 149.<http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf> (2017年4月17日取得)
- 小林寛子. 2009.『仮説評価スキーマ』教示と協同活動が科学的な法則や理論の理解と観察・実験スキルの向上に与える影響, 『教育心理学研究』, 第57号, 131-142.
- 小林和雄. 2013.「探究活動の指導:仮説設定」, 大高泉編著, 『新しい学びを拓く 理科授業の理論と実践—中学・高等学校編—』(ミネルヴァ書房).137-141.
- 小林和雄. 2014.「思考を深める『話し合い』活動の工夫—問題解決における予想や仮説の設定場面を中心に—」, 『理科の教育』, 第64巻, 第9号, (東洋館出版社). 614.
- 小林辰至. 2008.『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). ii, 25, 98.
- 国立教育政策研究所. 2012.「平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書」, 19.
<http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou-gaiyou/24_shou_houkokusyo_ikka>

- tsu_2.pdf> (2017年6月14日取得)
- 国立教育政策研究所. 2015.「平成 27 年度の全国学力・学習状況調査の結果」, 3. <
<http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/summary.pdf>> (2017年4月18日取得)
- Lawson, A. E. 2000. The Generality of Hypothetico-Deductive Reasoning: Making Scientific Thinking Explicit *The American Biology Teacher*, Vol.62 No.7, 482-495.
- 益田裕充・柏木純. 2013.「論理的推論に基づく仮説形成を図る教授方略に関する実証的研究」, 『理科教育学研究』, 第 54 巻, 第1号, 83-92.
- 文部科学省. 2017.「小学校学習指導要領」, 92.
<http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2017/05/12/1384661_4_2.pdf> (2017年4月18日取得)
- 文部科学省. 2008.『小学校学習指導要領解説 理科編』(大日本図書).7.
- 鶴島規晃・長島弘樹・中島隆洋. 2017.「類・因果としての見方・考え方を育む理科学習—変化の過程を探る姿に着目して—」『千葉大学教育学部附属小学校 研究紀要』, 第 50 号, 61-63.
- 山口真人・田中保樹・小林辰至. 2015.「科学的な問題解決において児童・生徒に仮説を設定させる指導の方略 —The Four Question Strategy(4QS)における推論の過程に関する一考察—」, 『理科教育学研究』, 第 55 巻, 第4号, 437-443.