



仮説を淘汰する理科授業開発の事例的研究：
小学校4年生理科「よくとぶ空気でっぼうのなぞにせ
まる」の実践から

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: ja 出版者: 公開日: 2011-02-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 智一 メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/10458/3163 |

仮説を淘汰する理科授業開発の事例的研究

—小学校4年生理科「よくとぶ空気でっぼうのなぞにせまる」の実践から—

山本 智一

Designing Science Lessons Focused on the Selection of Pupils' Multiple Hypotheses: A Case Study of the Fourth Grade Unit "Pop Gun"

Tomokazu YAMAMOTO

要旨

理科授業では仮説を立てることが重視されているが、児童の中には相矛盾する複数の仮説を同時に信じる状況がある。そのような状況を前提としながら、実験や観察によって仮説が淘汰され、科学的な仮説が地位を得るような授業開発が必要である。そこで、小学校4年生の理科単元「よくとぶ空気でっぼうのなぞにせまる」において、授業デザイン指針として、第1に児童が複数の仮説を持つこと、第2にそれらの仮説を実証および反証すること、第3に仮説を淘汰することの3点を設定し、授業を行った。授業場面では、仮説間の矛盾や信用の度合いに関わらず、複数の仮説を支持することを奨励し、それらの仮説を実証したり反証したりすることを目的とした実験を考案させた。また、実験後は、児童が持つ複数の仮説について、淘汰のための話し合い活動を位置づけた。これらの授業デザイン指針に基づく具体的支援の結果、クラスの中で4つの仮説のうちの2つが反証・淘汰された。一方で残りの2つの仮説については決定的な実証・反証にはならなかった。これらの事例より、3つの授業デザイン指針に基づく学習指導が仮説の淘汰に有効に働いたものの、筒の中の現象を圧力と関連づけて合意するには至らなかったことが明らかになった。第2の授業デザイン指針に基づく学習指導を具体化するにあたって、空気の体積変化量を数値化させたり、圧力を可視化したりして、筒の中の現象をさらに注意深く着目させるような支援が不十分であることがわかり、3つの授業デザイン指針の有効性とそれを具現化する際の課題について、事例に基づいて検証することができた。

I. 問題の所在

理科授業において、仮説を立てて実験を行う方略は重視されており、これまでの小学校学習指導要領においても、理科の目標の中で「見通しを持つ」ことが明確に示されている。その意義として、平成20年告示の小学校学習指導要領理科の解説¹⁾では「(見通しを持つことは) 児

童自らが発想したものであるために、観察、実験が意欲的なものになること」を挙げ、「観察、実験が児童自らの主体的な問題解決の活動となる」ことを示唆している。ところが、児童が実験で自らの生活経験や学習経験を基にしながら仮説を立てようとする際、同一の児童の中で同時に複数の仮説が承認される場合がある。これは、多様な生活経験や学習経験が、児童の置かれた状況によって別個に想起されるものであり、例えば小川³⁾は、西洋科学に位置づく「科学的な見方」と迷信や言い伝えなどが支配する「非科学的な見方」が混在する状況を示している。理科教育においても、1つの自然事象に対して、複数の仮説を持つ事例が報告されており、ヒューソン⁴⁾は生態学のアイディアを持ち込んで、科学概念は自然選択による知的な適応形であると表現している。さらに森藤⁵⁾は、この知見をもとに中学生を対象に質問紙調査を行い、日常的なアイディアと科学的なアイディアである仮説が「すみ分け」されて学習者一人ひとりの中に存在するという実態や、それらの相互交渉の機会の重要性を報告している。また村山⁶⁾は、理科の授業において、複数の仮説が「淘汰」されることによって科学的なものとしての地位を得ることを、真の「理科の学び合い」の姿として重要視している。

さらに、仮説を淘汰する過程での学習者による支持の度合いについては、ヘッドとサットン⁶⁾がアイディアに対する情意的愛着の結果として「コミットメント」の必要性を提唱しており、そのコミットメントの度合いを顕在化する手法としては「運勢ライン法」による実践が試みられている。この運勢ライン法は、これまでホワイトとガンストン⁷⁾によって紹介された後、小倉⁸⁾、遠西ら⁹⁾によって、理科授業での活用が試みられ、近年は稲垣ら¹⁰⁾、山口ら¹¹⁾によってデジタル化され、クラスや個人の内部で複数の仮説が支持されている様子を可視化するソフトが開発されている。

しかし、仮説の淘汰に関するこれらの事例的な研究は、一部の単元に限られており、さらに事例を蓄積した上での検討が求められる。よって、従来取り組まれていない学年、単元において、授業デザイン指針を明確にするとともに実践化し、その事例研究を行うことが必要である。

本研究の目的は、これらの仮説の淘汰に関する知見を小学校4年生の理科単元「よくとぶ空気でつぼうのなぞにせまる」において授業化し、その授業デザイン指針および、それらに基づく学習指導の有効性を検討することである。授業デザイン指針としては、第1に児童が複数の仮説を持つこと、第2にそれらの仮説を実証および反証すること、そして第3に仮説を淘汰することの3点を設定した。授業デザイン指針に基づく学習指導として、仮説を持つ場面では、仮説間の矛盾や信用の度合いに関わらず、複数の仮説を支持することを奨励し、それらの仮説を実証したり反証したりすることを目的とした実験を考案させた。実験後は、児童が持つ複数の仮説について、淘汰のための話し合い活動を位置づけた。

II. 方法

1. 対象児童

対象は兵庫県神戸市にある国立大学法人附属小学校4年生の1クラス(計37名)であった。

2. 対象期間・単元

2009年6月から7月に行われた小学校4年生理科の単元「よくとぶ空気でつぼうのなぞにせまる」であった。

3. 分析方法

「児童が複数の仮説を持つこと」「それらの仮説を実証および反証すること」「仮説を淘汰すること」からなる3つの授業デザイン指針に基づく学習指導によって、どのような学習活動が実際に生起していたかを発話記録や授業記録によって質的に分析した。分析対象時間としては、仮説の確認、実験、実験結果の考察を通して、3つすべての授業デザイン指針に基づく学習指導が行われた通算4時間目の授業を選定した。この場面における学習活動の実態について質的に分析することで、授業の文脈に即して授業デザイン指針やそれらに基づく学習指導の有効性を検討することができると考えたからである。授業のすべてを記録したビデオに基づいて発話記録を作成し、分析のための資料とした。

III. 授業の概要

1. 単元の概要

本単元の目標は、「空気に力を加えるとかさが減り、圧力が高まることによって空気の体積がもとに戻ろうとする向きに周囲の物体をおす力がはたらくが、水は力を加えてもかさが目に見えて変わることはなく、空気とは異なり、おし縮めることができないことを理解すること」である。この性質の違いは、分子間距離が大きく分子が自由な運動をしている気体の状態と、分子間力で結びついている液体の状態によるものであり、これらの違いを空気でっぽうによる現象面ととらえ、気体や液体の性質としてとらえられるようにした。その中で、空気でっぽうの玉をとばす理由を多様に出し合い、実証と反証を繰り返しながら、縮む量やおし返す力を感じ取り、児童が合意できる理由にせまっていく単元とした。

表1は、本単元の全体像である。透明ではない筒を使って空気でっぽうで遊ぶ活動を導入とし、よりよくとばすために、玉がとぶ理由について、第1の授業デザイン指針に基づき、仮説を図示させ、支持できるものについて複数挙手することを促した。そして第2の指針に基づき、それらを実証・反証させるための実験を計画、実行させていった。その後、第3の指針に基づいて、実験結果を根拠に合意できる仮説を検討させ、最後に縮んだ空気の性質から空気でっぽうを改良する活動を設定していった。

2. 分析対象時間（通算4時間目）の概要

児童は、通算3時間目までに空気鉄砲での遊びを楽しみながら、さらによくとばすために玉がとぶ仕組みに注目していた。表2は、児童が立てた4つの仮説の内容である。クラスの中に、「①スポンジを通して外から空気が補充される（空気おくり説）」、「②空気が縮まって跳ね返している（空気ちぢまり説）」、「③おし棒の勢いがドミノのように伝わって玉がとび出す（空気おし出し説）」や「④後玉が前玉に接触する（せつしよく説）」の説があることを確認してきた。

表3は、児童が考案した3つの方法である。通算4時間目では、仮説が正しいかどうかについて、自分たちで考案した3つの方法で調べ、より明確な根拠を持って、玉がとぶ理由を証明していく時間であった。

表1 単元の全体像

| 児童の活動と予想される発話 | 指導上の留意点 |
|---|---|
| <p>〈みつけ〉 1時間 空気鉄砲をとばして遊ぶ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・よくとばしたい ・おし方を工夫しよう ・おもしろい音がる ・どうして玉がとぶのかな <p>〈みとおす〉 2時間 玉がとぶ理由を話し合い、確かめる方法を考える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気がおし出されてとぶ？ ・空気が縮んでいる？ ・後玉がぶつかっているのかも？ ・透明な筒を使って確かめよう | <p>玉がとんだ時のおもしろさを経験として話し合わせて共有する中で、筒の中に入っているものが空気であることについて、ビニル袋で回りの空気存在を示したり、空気の破裂音に言及して玉がとぶ理由を問いかけたりする。</p> <p>【第1の授業デザイン指針に基づく学習指導】筒の中の目に見えない空気存在に着目させながら、考えられそうな説を複数出すことの大切さを呼びかけ、思いつく仮説をすべてノートや黒板に図示させる。そして、その状態を説明するように促す。さらに友だちの仮説に同意できるかを尋ねながら、支持できそうな仮説を複数選んで挙手させる。</p> <p>【第2の授業デザイン指針に基づく学習指導】自分が信じる説を実証する実験や、違うと感じる説の反証を挙げる実験を出し合わせる。</p> |
| <p>〈もとめる〉 4時間 玉がとぶ理由を確かめる ○それぞれが考えた方法で確かめる (2時間) 本時(1/2)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水の中で空気がおし出されている ・透明な筒だとぶつかっていないことがわかる ・縮んでいることは手応えでわかる ・空気がもれないようにすると確かに縮んでおし返すことがわかる ・空気ちぢまり説が最有力だ | <p>【第1の授業デザイン指針に基づく学習指導】玉がとぶ理由を複数の可能性から考え、支持する仮説について発表させる。</p> <p>【第2の授業デザイン指針に基づく学習指導】多様な方法で実験しながら、より確かな根拠を持って、証明することを促していく。その際、実験によって実証・反証される説をシートに記入させて実験に臨ませる。</p> <p>【第3の授業デザイン指針に基づく学習指導1】実験しながらどの仮説が実証・反証されたのかを考えることを促す。</p> <p>【第3の授業デザイン指針に基づく学習指導2】実験の結果からどの仮説が実証・反証されたのかを議論させる。板書上でも淘汰された説に印をつけ、合意できるようにする。</p> |
| <p>○空気が縮む様子を調べる(2時間)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手応えではっきりわかる ・水と比べると縮み方ははっきりしている ・空気をゼロにすることはできない ・筒の中の空気が見えてきた ・すべての方向に縮んでいる ・水の場合は縮まない <p>〈ひろげる〉 3時間 よくとぶ空気鉄砲の条件を考える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・たくさん縮んだ方がおし返す力が強い ・筒を長くしたら？ ・大きな筒だとうどうだろう？ ・この単元で学んだ性質は身の回りでも応用されている | <p>【第2の授業デザイン指針に基づく学習指導】空気ちぢまり説を実証するための実験方法を提示する。</p> <p>【第3の授業デザイン指針に基づく学習指導】空気の縮まり方や縮む量に着目した結果を取り上げて広めたり、追試を促したりすることで、空気ちぢまり説が、他の説よりももっともらしいことを確認する。</p> <p>玉がとぶ理由を確認させながら、よりよくとばすために中の空気がどのようになればよいのかを問いかけていく。より多く、より強く空気が圧縮されるという視点からの意見に着目させてアイデアを交流させる。また、これらの性質を応用した身の回りの道具を紹介する。</p> |

表2 児童による4つの仮説

| 仮説 | ①空気おくり説 | ②空気ちぢまり説 | ③空気おし出し説 | ④せっしょく説 |
|----|--|--|---|---|
| | | | | |
| 内容 | 後玉の後ろから、後玉をすり抜けて空気が送り込まれる。そして、送り込まれた空気が前玉をおす。 | 後玉によって空気がおし縮められる。縮まった空気ががまんできなくなって、ゴムのようにもとに戻ろうとして前玉をおす。 | 後玉が空気をおしたとき、中の空気はドミノのように前におされ、前玉をおす。 | 後玉が前玉に接触して、前玉をおす。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・空気が送り込まれると、空気の勢いでボンと音が出るし、的当てするときもボンと当てられたから。(発言) ・おしたときボンと思うから。(発言) | <ul style="list-style-type: none"> ・空気が縮まってくるのをがまんしたり、反発したりして、前玉がおされていって、とんでいったと思います。(ノート) ・私の本当の考えは、②と③の合体版だと思っています。だから、空気を縮めておくと、がまんできなくなって、空気がおし出すということです。(ノート) ・最初やってみたとき、後玉をおしたらすぐにとぶのではなくて、少ししてからとんだから。(発言) | <ul style="list-style-type: none"> ・おし出しを信じます。なぜかというと、空気にも威力があり、ふくろでたとえるとばんばんになるからです。(ノート) ・後玉が空気を送り出して前玉がとぶと思います。(ノート) ・空気をつぼうをおしたとき、ちょびっとしかおさないのに出た。おした分だけ出た。(発言) ・1つの空気だけじゃおし出されなくて、ドミノみたいに次々と倒れる。(発言) | <ul style="list-style-type: none"> ・接触すると、一つの玉がはじけると思いますが。(ノート) ・すぐとんだあとに、後玉が空気をつぼうから落ちるから④だと思いました。(ノート) ・中は見られなかったけど、それっぽかったからです。(ノート) ・前玉が2個だと、あまりとばなかったから。(発言) |
| 人数 | 13 | 18 | 17 | 8 |

表3 児童が考案した3つの実験方法

| |
|---|
| <p>実験 A：透明な筒を使って前玉がとび出たときの後玉の位置を見る。</p> <p>実験 B：水の中で打って、空気の様子を見る。</p> <p>実験 C：筒に煙を入れ、机におし当てて縮むかどうか、煙のこさを見る。</p> |
|---|

表4は、分析対象時間（通算4時間目）の全体像である。この時間の目標は、「実験結果を根拠にして、空気でっぽうの玉がとび出すのは、中の空気に関係することを理解すること」であった。玉がとぶ理由について4つの仮説の根拠を話し合い、どの実験方法で仮説を実証あるいは反証できるのかを見通した後に、実験、観察するという学習活動であった。

またその際、空気のかさの変化やおし縮められたときの空気の様子に言及する発表を取り上げる（なければそのような視点を教師から投げかける）ようにした。そして次時には空気がおし縮められることを追試によって確認した上で、さらに筒の中の空気の様子を詳細に探究していくという方向性を持たせたいと考えた。

表4 通算4時間目の全体像

| 児童の活動と予想される発話 | 指導上の留意点 |
|---|--|
| <p>1. 玉がとぶ理由（各説）について、前時の仮説を想起する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気がスポンジを通して外から補充される ・空気が縮まって跳ね返している ・おし棒の勢いが順にドミノのように伝わって玉がとび出す ・後玉が前玉に接触する <p>2. 仮説を支持する理由や仮説を明らかにする実験方法を話し合う</p> <p style="text-align: center;">場面1</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中で打つと空気の出入りが見えるはずだ ・透明な筒を使うと後玉がぶつかっているかが見える ・縮められるようすは煙の様子でわかる <p>3. 玉がとぶ理由を確かめる</p> <p>○自分たちで考えた方法で確かめる</p> <p style="text-align: center;">場面2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中で空気がとび出るのが見えた ・透明な筒の真ん中に後玉はある <p>○実証された説と反証された説を吟味する</p> <p style="text-align: center;">場面3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・後玉のせつしよく説は違っている ・空気が玉をおし出しているのは確か ・縮まっておし出していると言い切れる？ <p>4. 次時の実験計画を立てる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中の空気に関係している ・さらに「空気が縮まっているかどうか」を調べる必要がある | <p>前時までに出示された説を掲示物として提示し、それぞれの仮説の内容を問いかける。その際に、掲示物の図中に描かれている筒の中の空気に注目することを促していく。</p> <p>【第1の授業デザイン指針に基づく学習指導】 玉がとぶ理由を複数の可能性から考え、支持する仮説すべてについて発表させていく。</p> <p>【第2の授業デザイン指針に基づく学習指導】 多様な方法で実験しながら、より確かな根拠を持って、証明することを促していく。その際、実験によって実証される説と反証される説を板書によって確認させて実験に臨ませる。</p> <p>【第3の授業デザイン指針に基づく学習指導1】 実験しながら机間指導によって、どの仮説が実証・反証されたのかを考えることを促す。</p> <p>【第3の授業デザイン指針に基づく学習指導2】 それぞれの実験の結果からどの仮説が実証・反証されたのかを議論させる。板書上でも淘汰された説に印をつけて、合意できるようにする。</p> <p>筒の中の空気のような体積変化に着目させながら、反証できる説より確実に実証された説を掲示物によって共有できるようにする。そして、空気の圧縮とそこでの手応えについて、本時の追試をすることをよびかけ、今後空気のような着目して調べる見通しを持たせる。</p> |

IV. 結果

表5は、表4中の場面1における発話である。第1の授業デザイン指針に基づく学習指導によって複数の仮説を支持する児童が、第2の授業デザイン指針に基づく学習指導により、どの実験を行えばどんなことが証明されるのかを明らかにしていった様子である。下線部aのように空気存在を意識したり、下線部bのように空気の圧縮に言及したりする児童の発話があった。いずれも、2つの授業デザイン指針に基づく学習指導によって、実験が児童の仮説を実証あるいは反証するための目的的なものになっていたととらえられる。

表5 場面1における児童の発話

T: これ(実験A~C)は、①~④のどれを調べるの？
C: 実験Aは④です。透明だったら中身が見えるから、接触しているかどうかわかるから・・・
C: 実験Cは②。けむりがこなくなっていたら、②がいえる。
C: 実験Aは④もわかるけど、③もわかると思います。なぜかという、ちょっとだけ透明な筒をおして、ポンと出なかったら、③が違うことがわかるし、もしちょっとおしてポンとおした分だけポンと出たら、信じられると思うから③がわかると思います。
T: ちょっとおした分でわかるのね。
C: 実験Bの水の中での実験では、空気おくり説の①が信じられると思います。
T: 空気が送られていたら水の中で見えるよね。
C: 実験Cで濃さがわかると思う。③で空気が縮まっていなかったら、前玉はとび出ないで、濃さも変わらない。
(中略)
C: ①も実験Cでいける。もし③だったら何も濃さは変わらないし、ちぢまり説では濃くなる。もし(①で)空気が入ってくるんだしたら、空気とけむりがマッチして、煙が薄くなるのだから、①②③は濃度が見てできると思うから実験Cでできる。

写真1~3は、表4中の場面2において、第3の授業デザイン指針に基づく学習指導1により、実験をしながらどの仮説が実証・反証されるのかを確かめている様子である。

写真1は、透明な筒を使って実験する児童の様子である。この実験では、どのグループの児童も、④のせつしょく説を反証した。実験前はクラスで8名の児童がせつしょく説を支持していたが、本実験により、すべてのグループにおいて、後玉が前玉に接触しないことが結論づけられ、せつしょく説を支持する児童は0名になった。

写真2は、水の中で玉を打つ児童の様子である。水中で空気でっぼうをおすのに力が必要であったため、①の空気おくり説の真偽を確かめるために筒の中の空気が出入りしているのかを注意深く着目できた班は、9班中わずかに2班だけだった。そこで、空気の出入りを改めて教師から投げかけ、演示実験(追試)によって外から空気が送り込まれないことが明らかになった。実験前は13名の児童が空気おくり説を支持していたが、本実験により、すべてのグループにおいて、空気が送り込まれないことが結論づけられ、空気おくり説を支持する児童は0名になった。

写真3は、筒に煙を入れて机におし当て、上からピストンをおす児童の様子である。線香の

煙を入れて机におし当てるものの、空気がもれるなどで、うまく操作できない班があった。しかし、何度か繰り返すうちに、縮むにつれて空気をおすのに力が必要なことや、中の煙の変化に気づく姿もあった。煙は圧力をかけると薄くなるのだが、濃くなるとらえている児童も多かったため、煙の濃度については、次時に補足説明を加えることにした。

以上のような写真場面での児童のようすや仮説の支持者数の推移から、第2の授業デザインに基づく学習指導で、グループ単位で仮説①④を反証する事例が明らかになった。



写真1
場面1における児童の様子



写真2
場面2における児童の様子



写真3
場面3における児童の様子

表6は、表4中の場面3で実験を終えて、第3の授業デザイン指針に基づく学習指導2によって、結果からどの説が淘汰されるのかを吟味する発話である。

表6 場面1における児童の発話

- T: みなさんの結果と比べてみましょう。説明して。
C: ビニル袋にとび出す前に後玉が前玉に近づいてきてからとび出したので、...多分ちぢまっていると思うので②です。
T: どのくらい縮まったか数字で見つけた人?
C: 下から9番目(のめもり)
T: 下から9番目という少し前に進んだところ。
C: 上から、めもりの8とか9、真ん中あたり。
T: 後玉の位置は人によって少し違うけど、途中で出てきたね。ということから②というけど、③④については? ...
C: 途中で止まったということは、④の接触はなくなった。
T: ...接触しないよね。
C: せつしょく説はありえない。
- T: Bの水の中でやった結果は?
C: 水の中での実験は...○○君と同じでおすときに1/3ぐらいでとまって、そこから空気が縮まって、どっか ンとはじけて前玉が落ちたということになっていたの、やっぱり②がいきます。
T: ...ドボン、ドカンと、音は空気が縮まるといったけど、これに関係して意見がある?
C: ...音がしても直接空気が縮まっているのかわからない。ドボンという音は、縮まっていると思うけど、空気が送られてきて空気がポコっていつているのかもしれない、押し出されてポコっていつているのかもしれないから、まだ実証できないと思う...
C: ポコっていつているのは、成功とはとれないと思うんだけど、人間がプ ルとかで息をしてもポコポコと音がするから、それ以外の場所でもポコっていつている音はある。詳しく調べないといけない。

下線部 a では、実験Aの結果から、玉どうしがぶつからないことを確認しながら、④のせつしよく説が反証された。しかし、後玉の位置から空気のかさについて定量的な視点を持たせたものの、かさの変化にまでは結びつかなかった。

下線部 b では、実験Bの結果から、水の中で打ったことをもとに空気が縮むのかを解釈していた。特に玉がとび出す瞬間の音に注目し、第3の授業デザイン指針に基づく学習指導によって、それが縮まった空気がとび出す音なのか、単に空気が水中に出ただけなのかを吟味したが、仮説②と③の真偽については合意を得るには至らなかった。実験Cについては、本時で十分に言及することができず、次時では、改めて②と③の説に着目し、操作が容易な注射器を使った手ごたえから②の空気ちぢまり説を実証したり、縮んでいるようすを可視化するために、注射器の中にウレタンを入れて縮まり方を見つめたりしていった。

V. 考察

本単元では、3つの授業デザイン指針とそれらに基づく学習指導によって、自分にとって自信がある説だけでなく、疑わしいが少しは信じられそうな説まで、話し合いの土俵に出し、それを「確かに間違っている」と反証する営みを重視した。その結果、④せつしよく説と①空気おくり説を反証し淘汰するために、3つの授業デザイン指針そのものは有効であったことを検証することができた。第1の授業デザイン指針によって、自分が信じる仮説を1つに絞るのではなく、考えられる説を複数持つことを前提としていたので、仮に1つの仮説を破棄したとしても、児童にとっては残った仮説への信用を高めるというポジティブな意味を持っていたと推察できるからである。また、第2の授業デザイン指針によって、実験が目的的になり、実証や反証を見通した活動がおこなわれ、さらに第3の授業デザイン指針によって、クラスで合意できる説を確認することで、仮説の淘汰を確認することができたからである。

一方で、授業デザイン指針に基づく学習指導には改善の余地があることが明らかになった。通算4時間目の授業では、②空気ちぢまり説なのか、③空気おし出し説なのかを決定づけるまでには至らなかったのである。これは、第2の授業デザイン指針に基づく学習指導が原因であると考えられる。実験を考案する際に、体積変化を定量的に表現させたり、空気の圧力について注意深く体感させたりするなどの支援が不十分であったことが推察される。②空気ちぢまり説なのか、③空気おし出し説なのかは、本時においては淘汰の合意が得られにくい仮説であった。

今後の課題は、第2の授業デザインに基づく学習指導において、筒の中の空気を数値化させたり、圧力を可視化させたりする支援を組み合わせ、空気をおし縮めることによる圧力の概念に注目させるようにする必要がある。また、本研究で実践したように複数の仮説を反証によって淘汰する単元の仕組みは、多様な単元での実践が見込まれる。科学的な知識は、共同体による合意を通して共有されるのであり、それぞれの説について、実験によって同条件で客観的に再現したり、論理的に筋道立てて証明したりしながら、正しいことを実証するだけではなく、誤りを反証として淘汰することも重要だからである。このようにして淘汰されていった考え方こそが、今日の科学的概念であり、児童たちの追究のプロセスは、科学における知識構築のプロセスと重ねられるという点で、大切にすべき授業デザイン指針だと感じている。今後は、電流を扱う単元や水蒸気を扱う単元など、これまで児童が素朴概念と呼ばれる誤概念を多く持つことが指摘されてきた単元にも広げて、実践・分析していくことも課題としたい。

引用文献

- 1) 文部科学省 『小学校学習指導要領解説 理科編』
- 2) 小川正賢(1998) 『「理科」の再発見 異文化としての西洋科学』 農山漁村文化協会
- 3) Hewson, M.G.A. (1985) The role of intellectual environment in the origin of conceptions : an exploratory study, In West, L.H.T. & Pines, A.L. (Eds.) *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, pp.153 161
田中浩朗(1994) 「コンセプションの起源における知的環境の役割：探索的研究」, 進藤公夫監訳 『認知構造と概念転換』 東洋館出版社, pp.192 202
- 4) 森藤義孝(1994) 「力と運動に関する学習者の理解の実態 概念生態系を基礎として」 日本理科教育学会研究紀要』 Vol.35 No.1, pp.77 88
- 5) 村山功(2005) 「本当は恐ろしい理科の学び合い」 理科の教育2005 10』日本理科教育学会, No.639, pp.8 11.
- 6) John, O. Head & Clive, R. Sutton. (1985) Language, understanding, and commitment, In West, L.H.T. & Pines, A.L. (Eds.) *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, pp.91 100
野上智行(1994) 「言語・理解・コミットメント」, 進藤公夫監訳 『認知構造と概念転換』 東洋館出版社, pp.116 228
- 7) Richard, T. White & Richard, F. Gunstone. (1992). *Probing Understanding*. London : Falmer Press.
中山迅・稲垣成哲監訳 (1995) 『児童の学びを探る: 知の多様な表現を基底にした教室をめざして』 東洋館出版社
- 8) 小倉康 (1994) 「運勢ライン法の理科学習への活用 事例とその考察」 『日本理科教育学会第44回全国大会要項』 p.185
- 9) 遠西昭寿・久保田英慈 (2004) 「臨床教育研究ツールとしての運勢ライン法：概念変換を事例として」 『日本科学教育学会研究会研究報告』第18巻, 第5号, pp.37 42
- 10) 稲垣成哲・舟生日出男・山口悦司・三澤尚久・出口明子 (2006) 「デジタル運勢ラインシステム：開発理念と実装」 『日本科学教育学会研究会研究報告』第20巻, 第6号, pp.53 56
- 11) Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Hideo Funaoi, Akiko Deguchi, Asami Morino, & Shinichi Kamiyama (June, 2009). Which is the better tool for promoting conceptual change, paper and pencil or digital fortune line?: Case analysis of classroom discourse. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications 2009* Honolulu, HI, 2343 2349

本論文は『宮崎大学教育文化学部紀要教育科学第23号』で既発表の論文を査読を経て修正したものである。