

<原 著 論 文>

## 理科学習における仮説設定能力を高める指導

ーチャレンジング・シチュエーションの設定を中心としてー

筑波大学大学院教育研究科／龍ヶ崎市立城南中学校

小 林 和 雄

### Instruction to Enhance Ability of Hypothesizing in the Science Learning

: Focusing Around Setting Challenging Situation

The Master's Program in Education at University of Tsukuba / Ryugasaki municipal Johnan Junior High School

Kazuo Kobayashi

#### 抄録

仮説設定は問題解決の鍵を握る中心的なプロセス・スキルの一つであるが、仮説演繹的推論に不可欠な「仮説」と「予想」の区別は曖昧であったり、帰納的推論による「一般化」を仮説としている議論が多く、理科学習における仮説とは何かについて明らかにされていない。本研究では Lawson らの仮説演繹的推論を可能とする仮説と予想の区別を手がかりにして理科学習における仮説を捉え直し、学習者にそのような意味での仮説の設定を促す方略の一つとして、以下の三要件を満たし、学習者の見方に食い違いがでるチャレンジング・シチュエーション (challenging situation) の設定を行い、その効果を実証的に解明した。

1. 自然の事物・現象が学習者にとって馴染みがあること
2. 仮説が具体的活動を通して経験的に検証可能であること
3. 問いが因果関係の問いであること

仮説演繹的推論のための学習シートの記述や、発話プロトコルなどから、チャレンジング・シチュエーションの設定は学習者に仮説設定を促す有効な指導方略の一つであることが明らかになった。

キーワード：仮説 仮説設定能力 仮説演繹的推論 チャレンジング・シチュエーション

KEY WORD : hypothesis ability of hypothesizing hypothetico-deductive reasoning challenging situation

#### 1 はじめに

科学的なものの見方や考え方の育成を目指すとき、理科学習においては、学習者が自然の事物・現象への問いに対して仮説を設定し、仮説を検証しながら結論を導出するような探究的な学習の充実が求められている。また、設定した仮説に基づいて演繹的に検証実験の結果を推論する仮説演繹的推論を行うことにより目的意識や見通しをもった実験活動が可能になる。このように仮説設定は問題解決の成否の鍵を握る中心的なプロセス・スキルの一つである。しかしながら理科学習における仮説とは何かについての議論は少なく、特に仮説演繹的推論に不可欠な「仮説」と「予想」の区別は曖昧である。例えば、理由や根拠がしっかりした

論理的な予想を仮説としていたり、予想の根拠を仮説としている議論が多い。意図的、計画的に仮説設定を指導するためには、指導者が理科学習における仮説とは何かを明確に認識できる必要がある。

そこで本小論では、「仮説」と「予想」の区別を強調する Lawson の仮説演繹的推論に関する研究における仮説の定義に依拠し、仮説設定能力を高める指導の在り方について議論を進める。学習者の仮説設定能力を高めるための指導方略には様々なものが考えられるが、本小論では主に学習者の仮説設定能力を高めるチャレンジング・シチュエーションの設定にはどのような要件が必要かを明らかにする。

## 2 理科学習における仮説設定

理科学習における仮説設定は自明のことであるという考えのもと、当然の前提とされてきた。なぜなら、「教師が生徒に問題を出し、あるいは問題に気づかせ、子どもが予想し議論し、実験を行いデータをとり、それをグラフや表にし、そこから法則や理論を導き出す一連の探究の過程・流れを基調にして展開する授業が理科授業の典型であり、しかも自明な理科授業の姿として定式化しており」、そのような過程を踏む問題解決の正否の鍵を握るのは仮説設定のような中心的なプロセス・スキルであると多くの理科教師が認識しているからである<sup>1)</sup>。しかし、現実の授業実践においては Hodson が「料理本実験」と揶揄するような<sup>2)</sup>、教師の実験指示書通りか、教科書に記載された実験を多少アレンジしたような、既にわかりきった結論を確認するだけの実験活動が行われることが多い。そのような理科学習では、学習者は仮説設定どころか、予想すらせずに実験活動をしていることもある。このような問題状況は、教育課程実施状況調査の「自分の考えで、予想をして実験や観察をしていますか」、「理科の勉強で、実験や観察の進め方や考え方がまちがっていないかを振り返って考えようとしていますか」という設問に対して「そうしている」、「どちらかといえばそうしている」と肯定的な解答をした児童・生徒の割合が、小学生、中学生、高校生と学年が進むにつれて減少し、高校生ではその割合は3割程度に減少している実態からも推察される<sup>4) 5)</sup>。そして理科学習において「仮説」と「予想」の区別は曖昧であるため、予想していないということが、仮説を立てていないということの意味するときもある。翻って仮説を立てているつもりでも、予想しかしていないときもある。

Lawson らは科学を自然の事物・現象の説明体系と捉え、科学的な探究における仮説を「自然の事物・現象が生起する因果関係やしくみの暫定的な説明」、予想を「特定の実験結果の予測」とし、このような仮説と予想の区別によって、仮説演繹的推論が可能となるとしている<sup>6)</sup>。しかし必修理科において、このような定義に基づく仮説を設定しながら探究的な学習を実践することは困難である。特に中学校や高等学校では、入学者選抜テストなどが、学習を教科書の内容に傾倒させており、学習者は教科書に明記された内容を教科書通りに学習することが多い。したがって、最初に実験ありき、結論ありきになりやすく、学習者はすでにわかりきった内容をまわりくどく学習しているという印象や、実験結果を予想することはクイズの回答をすることであり、実験結果はその答えという印象を受けやすい。

また学習者に仮説設定を促すとき、仮説と予想の混同と同様に、仮説と一般化の混同も看過できない問題である。理科学習における一般化とは、帰納的推論により自然の事物・現象の中に規則性や法則性を指摘するものである。社会科学などでは経験的、帰納的に導出された一般化は、問題解決をする上での仮定や前提という意味で仮説として扱われ、統計などの数値的処理によってその妥当性が検討される。自然科学における仮説は実験により検証可能でなければならず、有限個の観察命題から、無限個の普遍命題を検証することは

原理的に不可能であり、一般化は理科学習の仮説として適切ではない。

我が国の理科学習におけるプロセス・スキルの導入に影響を与えた米国のSAPA(Science A Process Approach)や<sup>7)</sup>、英国のプロセス主導カリキュラムであるWPS(Warwick Process Science)における仮説は一般化であった<sup>8)</sup>。また、昭和48年に文部省から出された『「中学校理科指導資料集第1集 探究の過程を重視した理科指導」』では、「探究の過程とは、問題の提起(問題発見)→情報の収集→情報の処理・解釈→問題解決(仮説の検証と一般化)」であり<sup>9)</sup>、仮説設定について以下のように論じられている。「自然の事象から得られた多くの情報を解釈する場合、いくつかの前提や仮定を設け、それによって個々の事象を統一的に説明したり、未知の事象について予想をたてることがよく行なわれる。このような、ある前提のもとに一般性のある仮定を仮説といい、自然の事象についての探究の過程においては、しばしば用いられることがらである。仮説には、いろいろなものがあるが、法則性もその一つとしてあげることができる。いくつかの事象から帰納された法則性は、じゅうぶん検証されない段階では、一つの仮説として考えることができる。この仮説を、さらに他の事象に適用して、その範囲が広がり、やがてじゅうぶんに検証されて仮説は法則にまで高められることになる<sup>10)</sup>。」

また、現行の高等学校理科総合の教科書の「探究の仕方」などにおいても一般化を仮説としていたり、予想と仮説の異同が明確になっていない。一般化は科学の探究における仮定や前提として置くことは予測可能性を高める手段として有用であるが、実験によって検証できない。科学の探究における仮説は、実験によって検証可能(時間的に相対的であるが)な「自然の事物・現象が生起する因果関係やしくみの説明」でなければならない。

### 3 仮説設定を促すチャレンジング・シチュエーション

大高は、「問題解決活動の効果を高めるには、具体的な表現やハンズオン経験を取り入れること、特殊な問題解決ストラテジーを利用し、新しい問題に同じ手続きや装置を使うこと、馴染みのある変数で出発すること、生徒自身が構造化する学習及び生徒の間の相互作用を提供すること、問題解決に関わる生徒のメンタルプロセスやミスコンセプションを把握して問題解決学習計画を立案することが必要である」と指摘している<sup>11)</sup>。生徒が学習する以前にもっている考えや信念のシステムは、確かに確立された科学から見れば、誤ってはいるものの、生徒から見れば論理的で、合理的で理屈に適っており、教師達によって示されるそれらよりも一層わかりやすく、しかも有益であると思われる。これらの考えや信念のシステムは、ミスコンセプション、オルターネイティブ・フレームワーク、子どもの科学、素朴な信念、プリコンセプションなど様々な呼称で呼ばれている。

またStepansは、ハンズオン・アプローチ、実験室の活動、および伝統的な学習サイクル(説明、概念形成、適用から成る)が、型にはまった講義形式よりも優れており、これらのアプローチは、学習者が科学概念を理解するのを助け、科学と科学の学習に対するより肯定的な態度を育成してきたが、概念変容にもたらす効果は最小限度のものであったと指摘している。そして彼は概念変容にもたらす効果を高めるためには、馴染みがある話題に関する学習者の見方と概念に注目し、そこから研究を始める必要があると主張するCohen, Eaton, Nussbaum, Novick, Smith, AndersonやZa'rourといった研究者たちが提唱してきた科学概念の導入のステップに際しての勧告を表1のようにまとめた<sup>12)</sup>。

表1 Stepansの科学概念の導入のステップ

- 
- ・生徒のプリコンセプションを表出させるような、チャレンジング・シチュエーションを提供せよ。(たとえば、食い違いがある状況)
  - ・学習環境において、生徒がその状況についての見方を他の者と共有できるようにする。
  - ・「正しい」見方を、単なる別の見方として提示せよ。
  - ・提示されたそれぞれの見方(「正しい」見方を含んでいる)の賛否を議論する機会を提供し、その必要があれば、多様な見方を検証せよ。
  - ・生徒が解決や、調整を模索するのを支援せよ。引き続き、「既成」の知識を提供してはならない。
- 

学習者のプリコンセプションを仮説として表出させる場合、それが正規の科学の見方からみて誤っていると限らないし、学習者自身から「正しい」見方が提示されることもある。プリコンセプションを表出させる方略には様々なものが考えられるが、学習者の見方に食い違いがでるチャレンジング・シチュエーション(challenging situation)の設定もその一つである。チャレンジング・シチュエーションは認知的葛藤場面の一つともいえる。しかし、学習者個人においては、自らのプリコンセプションに基づいた見方は筋が通っていて認知的葛藤を起こしていない場合もあり、学習者個人の認知的葛藤よりも学習者間における認知的葛藤が強調される。

また、学習者に仮説設定を促すチャレンジング・シチュエーションにするためには、以下の要件が必要である。まず学習者に提示される事象や問いのレベルである。問いに答えるための知識や経験の不足などにより、問いが学習者にとって馴染みが無いものであったり、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。たとえば、物質は極微細な原子から出来ているというような粒子概念などは、正規の科学の科学概念として導入するような場合である。丹沢らは、中学一年生に、状態変化に伴う体積の増加は、個々の粒子の体積の増加と捉える生徒の誤概念を、粒子の運動速度の増加による粒子間距離の増加とする正規の科学概念を導入するため、生徒に仮説や、実験の計画の設定とその結果の予測を行わせながら学習を進めた。生徒はアナロジーやモデルを使って空気の熱膨張が起こるしくみを説明するための仮説を設定したが、検証実験の計画や結果の解釈が不適切であり、粒子膨張モデルは最後まで払拭できなかったと報告している。そして、正規の科学概念を「授業の起点・前提として「そうゆうものだ」として取り上げてしまってもいいかもしれない。」とし、「探究のどの段階でいかなる指導が必要か、それによっていかなる成果が得られるのかといった、教師の指導のあり方が追究されなければならない」としている<sup>13)</sup>。小川も原子・分子論のような科学的世界観を成り立たせているような基本的前提は、「子どもたちの具体的活動を通して経験的に到達できるといった性質のものではない」とし、そのような基本的前提は「教師の側からきちんと与えなければならないものである。」と指摘している<sup>14)</sup>。また Holland らは、「観察可能なものや過程だけを扱う観察法則ではボトムアップの概念形成が可能であるが、電子のような観察不可能なものを仮定する理論法則は、概念結合や、アナロジーなどのよりトップダウン的な手続きが使用される」と指摘している<sup>15)</sup>。したがって理科教師は、生徒がもつ能力や生徒がおかれている学習環境下で、学習者が立てると予想される仮説が具体的活動を通して経験的に検証可能であるかを見極めることが必要である。生徒が探究可能な問いとは、生徒

にとって馴染みがあり、それまでに経験した実験と類似した手順を生徒が使用することが期待できる問いである。

さらに、仮説設定を促すには問いの形式も考慮する必要がある。科学の探究における仮説が「自然の事物・現象が生起する因果関係やしくみの暫定的な説明」であるなら、問いの形式もそれを問う形式でなくてはならない。すなわち「なぜ」「どうして」のような疑問詞からなる問いである。因果関係やしくみを問うのであれば「何が原因か」のような形式も考えられる。Lawsonはこのような問いを「因果関係の問い(casual question)」と呼び、他の形式の問いと区別している<sup>16)</sup>。たとえば、「(もし)～すると、～はどうなるか」のような問いや、“Yes”, “No”で答えられる問いは、学習者に実験や観察の結果を予想することを促し、直接的には仮説設定を促さない。

したがって、仮説設定を促すチャレンジング・シチュエーションには表2の三つの要件が必要といえる。

表2 仮説設定を促すチャレンジング・シチュエーションの三つの要件

- 
- ・ 自然の事物・現象が学習者にとって馴染みがあること
  - ・ 仮説が具体的活動を通して経験的に検証可能であること
  - ・ 問いが因果関係の問いであること
- 

最初の二つの要件は、時間的に相対的であり、学習者の実態や学習環境にも依存する。したがって理科教師は、既存の実態から学習者に提示する問いのレベルを確定するか、問いに答えるための知識や経験を前もって学習者に意図的、計画的に与えておく必要がある。

#### 4 チャレンジング・シチュエーションを導入した中学1年「ものの燃え方」の授業

表2で示したように、仮説設定を促すためには因果関係の問いが必要である。すなわち「なぜ」「どうして」の問いである。しかし理科教科書の問いは「～について調べてみよう」のような形式が多く、そのままでは仮説設定を促せない。中山は「『乾電池と豆電球をつないだ回路について調べてみよう』とか『酵素の働きについて調べてみよう』などは『科学的な問い』ではなく、一種のスローガンである。『問い』はもっと具体化して『答え』と対をなすものとして設定すべきである。例えば、『乾電池を豆電球をつないだ回路で、豆電球の明るさは回路を流れる電流と関係しているか、そしてそれはどのような関係か』、『体内の酵素の働きが、温度や酸性の強さと関係しているかどうか、そしてそれはどのような関係か』といったものであれば、科学的な方法で調べ、その結果に基づいて、『答え』としての結論を導くことが出来る。」とし、問いを探究可能なものにすることの重要性を指摘している<sup>17)</sup>。理科教科書の内容は、問いの形式を「なぜ」「どうして」に変えることにより、仮説設定を促せる場合がある。たとえば、表3は、筆者が中学1年生にふたをした集気瓶の中のろうそくの火が消えるようすを観察させた後、「びんの中のろうそくの火が消えたのはなぜか」という問いに対して、生徒個人が図1のような問い、仮説、検証方法、予想からなる学習シートに記入した仮説を、類似のものをまとめて示したものである。



そして酸素の量が減って、二酸化炭素の量が増えたという事実は、直接ろうそくの火が消えるしくみの説明としては不十分であり、代替仮説との食い違いを明確にし焦点化しておく必要がある。これまでの実践では生徒の考えを生かそうとするあまり、生徒が立てた一つ一つの仮説をそのまま検証しようとする傾向があった。そのような学習活動では、学習者は何が問題になっているのか認識できず、それぞれの見方を出し合うが、結論の導出が難しくなることが多かった。食い違いが焦点化されていない状況下では、議論がかみ合わない。また、生徒から出てくる全ての仮説の検証を行うことは、時間や実験器具やその操作技能など様々な制約上難しい。したがって、生徒が立てた仮説を吟味、検討し同類のものをまとめたり、検証する優先順位を決定する学習活動も、学習者の仮説設定能力を高める指導として大変重要である。

また大高が「われわれが問題解決学習を考えると、『一人の生徒－問題』を孤立した系として扱うのではなく、実際には、『多数の生徒－教師－問題』という、さらに複雑な教授－学習システムの中で問題解決学習を考えているのである。そうであれば、生徒相互の関係の中で問題解決学習をどう進めるかなどの観点で、理科の問題解決学習としては欠くことができない観点になってくるはずである。」と指摘しているように<sup>20)</sup>、教室における学習は、多数の生徒の相互関係の中で行われる。したがって、コミュニケーションを通して、仮説を吟味、検討し、仮説検証の優先順位を決定したりするだけでなく、問題の対立点を焦点化し、仮説や見通しを共有化しておくことは仮説設定を伴う探究的な学習の展開には不可欠である。

たとえば本実践においては、学習者は個人の仮説を学習グループ内で発表し合いながら、意見交換し、グループで一枚の紙にグループで共有した仮説を記入した。次にグループの仮説を図2のように黒板に掲示し、学級全体で吟味した。ここでは、類似した仮説をさらにグループ分けしたり、仮説の書き方や、検証方法の妥当性などについて学級全体で吟味したりした。

そのような仮説の吟味により、問題の対立点が焦点化され、仮説の食い違いが明確になると学習者の議論は活発になる。たとえば、図3は表1の仮説3「酸素が燃えて量が減り、酸素不足で消えた。」を設定した

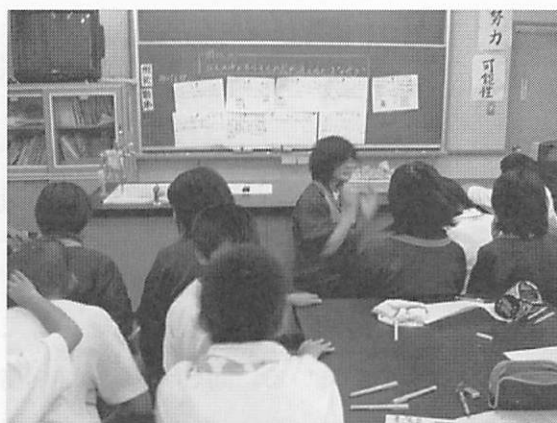


図2 「学級全体での仮説の吟味」

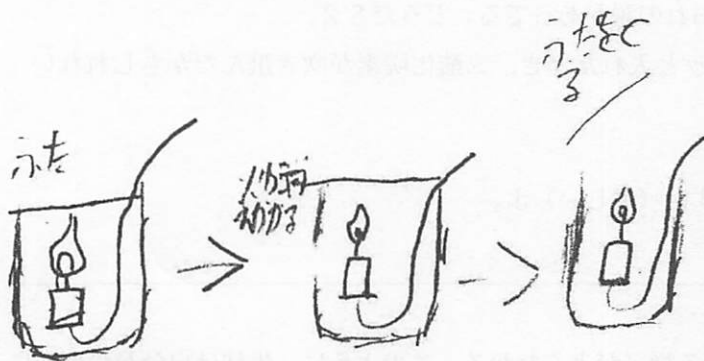


図3 「仮説を検証する実験の説明図」

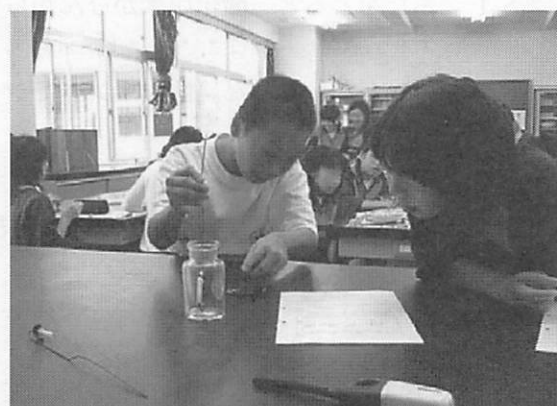


図4 「級友に見方を説明する生徒」

生徒が、自らの仮説を検証するために計画した実験の略図である。もし、酸素不足でろうそくの火が消えるなら、ふたをしてろうそくの火が消えそうになったとき、ふたを開けて酸素を補給すれば、再び火の勢いは強くなるだろうと推論している。そして図4は、この生徒が「仮説2 びんの中で二酸化炭素が充満して消えた。」を設定した生徒に、自分の仮説と検証方法を説明しているところであり、プロトコル1はこの場面における説明の一部である。

#### プロトコル1

S1：ふたをして燃えてると、酸素がなくなってきて、ほらほら・・・ろうそくの火がだんだん弱くなるよね。

S2：うん。

S1：で、ふたを開けると、酸素が入ってくるからまた火が強くなるだろ。だから酸素不足でできたってこと。

S2：ふたを開けたときに、充満していた二酸化炭素が周りに飛んだんじゃないの。

S1：えっ・・・あっ、そうか。だめじゃんこれじゃあ。

S1の生徒は、自分の検証実験がS2の考えを否定できないことに気がついている。同じ実験結果を観察していても、解釈するフレームワークが違っていると、全く違う現象に見えることがわかる。生徒S1は、検証実験の計画を修正して、再度自分の考えの正当化に粘り強く挑んだ。生徒S1は、ふたを取って酸素を補給した失敗を修正し、酸素ボンベの細いノズルによってふたとびんの口の隙間から酸素を補給するといった、ふたを取らないで酸素を補給する方法を思いついた。図5は、自分の考えをクラス全員に説明しているところであり、プロトコル2はこの場面における説明の一部である。

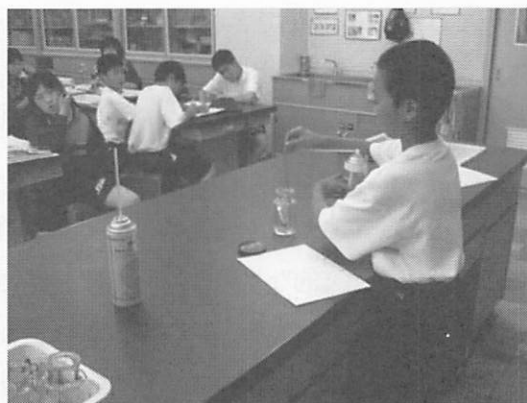


図5 「検証実験をする生徒」

#### プロトコル2

S1：ふたをとると二酸化炭素がびんからでてしまうかもしれないので、ふたをしたまま酸素を入れます。そうすると・・・ほらほら、おれの説があってる。どうだS2。

S2：わかんないじゃん。酸素ボンベでシュッと入れたとき、二酸化炭素が吹き飛んだかもしれないじゃん。

S3：がんばれー。

S1：えー・・・。あっそうか。この問題むずい（難しい）よ。

※（ ）は筆者。

生徒S2があくまでも自分の仮説に固守している様子がよくわかる。このように、生徒は自分が学習前にもっている考えを容易に変えない。生徒S1、S2が互いに自分の仮説を反証する事例を軽視しているのは



確認バイアス (confirmation bias) の影響と考えられる<sup>21)</sup>。

## 5 チャレンジング・シチュエーションと仮説設定能力の育成

第2項において、仮説設定を促すチャレンジング・シチュエーションに必要な要件は「自然の事物・現象が学習者にとって馴染みがあること」「仮説が具体的活動を通して経験的に検証可能であること」「問いが因果関係の問いであること」の三つであると指摘した。たとえば、本実践事例における問いは「びんの中のろうそくの火が消えたのはなぜか」という因果関係の問いであった。また、ろうそくの燃焼という自然の事物・現象は、日常生活でも見慣れているものであり、小学校理科において燃焼には酸素が必要であることなどを学んでおり、生徒にとって馴染みがある。これらの2要件が満たされていることによってクラス全員の生徒が、表3に示したような多様な見方や考え方を仮説として表出させることができた。さらに、ろうそくの燃焼が集気瓶のふたの開閉などの生徒による具体的活動によって容易に制御できることや、燃焼に関わる気体の性質や量を調べる方法を小学校において既に学んでいることが、プロトコル1、プロトコル2で示したような生徒自身の仮説に基づく説明を可能にした。このように表2で示した3要件を満たすチャレンジング・シチュエーションの設定は、生徒に仮説設定を促し、その仮説に基づく探究的な学習への生徒の誘い込みには有効である。

しかしながら、仮説設定能力の高まりという視点に立てば、生徒の仮説は「酸素が使われ、二酸化炭素が増えたから」、「二酸化炭素が増えたから」、「酸素がなくなったから」などの事実を記述しただけの不十分な説明であったり、代替仮説との食い違いを明確に認識した議論まで至っておらず、その能力は低いといえる。これまでの理科学習の中で仮説設定の機会が十分確保されていない状況では、仮説設定に関して生徒はまさに新参者であり、熟達者のようにうまくできない。またこのような生徒の仮説を、仮説の検証方法およびその結果の予想に至る仮説演繹的推論ができるレベルに高めようとするとき、教師は理科学習における「仮説」と「予想」の区別を明確に認識して指導にあたる必要がある。

また、ろうそくの燃焼に関して、自ら立てた仮説を検証する実験を計画することが困難であったことは、31人中4人の生徒しか図1の学習シートに検証方法を記述できなかったことや、プロトコル1、プロトコル2のやりとりからも伺い知ることができる。したがって、チャレンジング・シチュエーションの設定だけでは、生徒に検証方法を考えさせたり、その結果の予想をさせるためには不十分であり、別の方略が必要である。

このような壁があるからこそ、チャレンジング・シチュエーションによる仮説設定の機会を多く設定し、仲間とのコミュニケーションや教師の足場掛けなどの助けを借りて壁を乗り越えるような成功体験を繰り返しながら、意図的、計画的に仮説設定能力は育成される必要がある。

## 6 おわりに

本研究では、「仮説」と「予想」の区別を強調するLawsonの仮説演繹的推論に関する研究に依拠して、理科学習における生徒の仮説設定能力の育成について議論を進めた。学習者が「仮説」と「予想」を区別できなくても、チャレンジング・シチュエーションの設定など、理科教師の適切なコーチングによって、学習者の仮説設定能力は高めることが可能となる。チャレンジング・シチュエーションによって学習者に仮説設定を促すためには、少なくとも理科教師は理科学習における仮説とは何かについて認識できなければならない

い。なぜなら、仮説設定能力の育成は一つの授業の様な短いスパンで達成されるものではなく、もっと長期的なスパンで達成されるものであり、意図的、計画的におこなわれるものだからである。そして成功する体験だけではなく、むしろ失敗する体験をも奨励し、考えを出し合うことが最も大切にされる理科授業の展開が、学習者の仮説設定能力の育成には必要である。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、筑波大学大学院教育研究科の指導教員、筑波大学大学院人間総合科学研究科、大高泉教授に数々の貴重な所見を頂きました。また、茨城県龍ヶ崎市立城南中学校校長糸賀勝示先生及び生徒のみなさんにご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

## 註

本稿は教育実践学会第14回大会において口頭発表した内容を基本とし、筑波大学大学院教育研究科における筆者の修士論文の内容及び、その後の研究から得られた所見を加え大幅に加筆修正した。なお本稿に掲載の生徒の写真等の資料に関しては、学校長、生徒本人及び保護者の了承を得ている。

## 引用文献

- 1) 大高泉, 1999, 「自ら学び, 自ら考える力を育てる理科の学習指導」, 『初等教育資料』, 12月号, No. 7, 61頁。
- 2) Derek Hodson, 1998, “ Is This Really what Scientists Do? Seeking a More Authentic Science in and beyond the School Laboratory”, Practical Work in School Science Which Way Now?, p.93.
- 3) 綱川明芳, 2006, 『中学校理科授業における実験活動に関する研究』, 筑波大学大学院 修士課程修士論文, 93頁 - 107頁。

綱川は、意識調査からの推測だけでは迫れない中学校理科の実験活動の実態を把握するため、栃木県内の中学校において、二人の理科教師が行った電流単元の授業全てに参与観察及び、そこから得られたビデオデータ、プロトコルデータ、インタビュー調査、質問紙調査などの詳細な分析を実施した。この調査では、「あなたはどのくらいの頻度で予想をしていますか」という質問紙調査の設問に対して「毎回」「かなり」「半分くらい」の頻度で「予想をしている」と肯定的に回答した生徒が全体の九割に近くいた。しかし、実際の予想場面においては、「自分のイメージでなんとなく予想している」生徒が多いことや、「予想したことを考えながら実験をしている」生徒が少ないなど、ほとんどの生徒が実験の結果を予想をしていなかった。また「予想？実験が終わってから書けばいいよね」など予想を軽視する発言や、何をどう予想して良いのか分かっていないことが推測される発話プロトコルも得られているなど、教育課程実施状況調査などの意識調査と内実には大きな「ずれ」があった。

- 4) 国立教育政策研究所, 2001, 『平成13年度 小中学校教育課程実施状況調査報告書 ー小学校理科ー』, ぎょうせい, 38 - 39頁。

国立教育政策研究所, 2001, 『平成13年度 小中学校教育課程実施状況調査報告書 ー中学校理科ー』, ぎょうせい, 35 - 36頁。

- 国立教育政策研究所, 2002, 『平成14年度 小中学校教育課程実施状況調査報告書 一高等学校理科一』, ぎょうせい, 62頁。
- 5) 国立教育政策研究所ホームページ, [http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/index.htm](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm), 2006年11月3日。
  - 6) Anton E. Lawson, 2000, "The Generality of Hypothetico-Deductive Reasoning : Making Scientific Thinking Explicit", *The American Biology Teacher*, September Vol.62 No.7, pp.482-495.
  - 7) AAAS, 1974, "Science A Process Approach II ", Ginn and Company, Module 70, p.3.
  - 8) Peter Screen, 1986, The Warwick Process Science Project, *School Science Review*, Vol.68 No.242, pp.12-13.
  - 9) 文部省, 1973, 『中学校理科指導資料集第1集 探究の過程を重視した理科指導』, 6頁。
  - 10) 同上書, 33-34頁。
  - 11) 日本理科教育学会編, 1993, 『理科教育学講座 第4巻 理科の学習論(上)』, 東洋館出版社, 267-269頁。
  - 12) Joseph Stepan, 1991, Developmental Patterns in Student's Understanding of Physics Concepts, Shawn M.Glynn et al., *The Psychology of Learning Science*, Lawrence Erlbaum Associates Publisher, pp.112-114.
  - 13) 丹沢哲朗, 佐藤嘉晃, 加藤靖, 2001, 「Learning Cycle 教授モデルを用いた理科授業の評価 一粒子概念獲得プロセスと探究のプロセスに基づいて一」, 『科学教育研究』, Vol.25 No.5, 316-327頁。
  - 14) 小川正賢, 1998, 「現代の科学観」, 日本理科教育学会編, 『キーワードから探るこれからの理科教育』, 東洋館出版社, 5頁。
  - 15) ホランド, ホリオーク, ニスベット, サガード, 市川伸一他訳, 1991, 『インダクション』, 新曜社, 377頁。
  - 16) Anton E. Lawson, 1995, *Science Teaching and the Development of Thinking*, Wadson Publishing Company, p292 - 293.
  - 17) 中山迅, 2006, 「自ら問いを立て, 自ら結論を下す児童・生徒を育てる教育課程の 大切さ」, 日本理科教育学会編, 「理科大好きプランの効果と課題」, 『理科の教育』, 東洋館出版, vol.55, 9頁。
  - 18) M.A.Burmeser, 1952, "Behavior Involved in the Critical Aspects of Scientific Thinking", *Science Education*, Vol.36, p.261.
  - 19) Rosalind Driver, et. al., 1985, 'Some Feature of Children's Idea and their Implications for Teaching', *Children's Idea In Science*, Open University Press, pp.193-197.
  - 20) 前掲書, 大高泉, 1999, 64-65頁。
  - 21) 市川伸一編, 1996, 『認知心理学 4 思考』, 東京大学出版会, 42頁。