小学校理科における「実験観」の一考察

-幼稚園「環境」・小学校「生活科・理科」の連続性を見すえて-

児島昌雄

大阪教育大学 coji@eagle.ocn.ne.jp

キーワード：理科実験，実験観，小学校理科，自然認識
（受付：2019年2月13日）

Ⅰ．はじめに

植物・小動物・天気など自然の事物・現象にふれた“学び”は，幼稚園「環境」領域から始まり，小学校「生活科」，そして「理科」の学習へとつながっていく。小林（2008）は，「事物や現象を認識する場合，まず，その実物や現象に触れてからそれに関する知識を学ぶと認識や理解が深まる」と言い，幼稚園や小学校低学年の子どもたちの原体験，すなわち「触覚・嗅覚・味覚をはじめとする感覚を通して現象に触れる活動」の重要性を指摘している。幼稚園児が，散歩中に見つけたカエルが飼育箱の壁を登る様子を見て，吸盤の秘密に気がついたということなど，園児の自然の事物・現象への気づき・発見が小学校理科に発展していくことは大いに期待できる。

しかし，小学校での理科授業になると，子どもたちの原体験を活かした実験というよりは，教科書に出てくる理論や法則を確かめるため，ただ教師の指示通り操作して検証していくという実験が多くなることが指摘されている（日本理科教育学会，1992）。そこには，「どんな実験をするのか」ということもさることながら，「どのように考えて，実験をさせるのか」という教師の側の実験観が深く関わっているように思われる。

本稿では，幼稚園・生活科の原体験を基盤としてある，小学校理科における実験はどのように考えるべきかという実験観について考えてみたい。

Ⅱ．我が国の小学校理科における実験の問題点

1．教科書に書いてある結果になるよう求める実験

平林（1982）は，「ふつうの理科の授業における実験は，教科書に実験のやり方から結果まで書かれている。－（略）－ 教科書に書いてあるとおりになれば，実験は成功ということになり，そのとおりにならなければ実験は失敗したということになる。それは器具の操作であり，子どもにとっては，その操作のおもしろさへの関心でしかない。」と指摘した。

今から35年以上前の指摘ではあるが，「教科書に書いてある結果になるような実験」を児童に求めているという点で，このような実験観は現在でも続いている。実際に私が，教師をめざしている大学生40名に「小学校の理科実験は，何のためにしたと思いますか？」と尋ねたところ，「予想した結果が教科書の結果とあっているかどうか確かめるため」と答えた学生が半数以上であった。

教育現場では，理科が苦手な教師が多い上に多忙で，理科の教材研究に充てる時間がな

い。教科書の通りに実験をして，書いてある結果を覚えさせざるを得ないのであろう。だが，それで良い訳ではなく教材研究の時間をしっかり確保する環境を整える必要がある。

2．「理解させるための手段」と化した実験・観察

教科書での実験をみると，「めあて」→「実験方法の説明」→「実験」と進み，「この実験結果から○○ということがわかりました」と結論づける実験の流れがよくある。少しの実験事実から帰納的に一つの結論を導いているのである。板倉・上廻（1971）は，「二，三の事実を見て，そこから何らかの一般的な法則が直ちに帰納的に確認されうるのだとしたら，科学の歴史はおそらく現実にあったよりは遥かに簡単なものですんだことでしょう。しかし，科学の歴史はそんなものではありえませんでした。」と述べて，こうした実験の問題点を指摘している。実際に科学史を見ていくと，一つの実験事実がいくつもに解釈された例は枚挙に暇がないほどある。筆者も以前，「クルックス管実験」で，こうした実験の扱いを「理解させるための手段と化した実験」と表現し批判した（児島，1981）。

このような実験は，児童にとって学習意欲もわきにくいし，楽しいものではない。実験の体験や実験器具の操作に慣れるという点で意味はあるが，「実験によって自然現象についての仮説を検証する」という科学者が行なっている実験とは全く異なる活動である。

小学校では，教材研究の時間確保だけでなく，「実験を授業の中にどう位置づけるのか」という点での「実験観」の研究・研修が欠かせないと思われる。

Ⅲ．児童の学習意欲を高め自然認識を深める実験・観察観

ⅠやⅡで述べたように，知識注入型や体験主義的な実験観を教師がもっていると，児童の実験に対する学習意欲は落ちるし，科学的な能力を養い自然認識を深めることなどできない。それでは，どういう考えのもとで実験をするのが望ましいのだろうか。理科授業における実験の研究は数多くなされているが，実験方法の研究や実験開発の研究が多く，実験論にかかわる認識論的な視点からの研究はあまりない。

その数少ない研究の一つで岡本（1998）は，「初等中等教育にこそ，科学的認識を軸にすえた本来の意味での実験論が必要である。」と主張し，「実験をどのような授業過程の中でどのように行うのか，それによって生徒や学生たちの認識がどのように変容したのか」といった掘り下げた分析の必要性を説いている。板倉・上廻（1971）は，「自らの予想，仮説をもって対象に問いかけてその答えを引き出したときにのみ科学的認識が成立する」と考え，仮説実験授業を提唱した。そして，科学的概念を獲得するための授業書を作成し，予想・討論・実験という形で授業を進め，児童の科学的認識を変えることに成功している。だが，板倉らの作成した授業書は，教科書の単元内容をあまり意識しないで作成されており，教科書を主にして授業を進めている教師にとっては使いづらい側面があった。

そこで筆者は，小学校の教科書にある単元で，実験観の問題点を具体的に指摘した上で，児童の学習意欲を高め自然認識を深めるような実験観に基づく授業を試みた。

1．小学校第５学年「植物の発芽と成長」の単元で　～発芽に愛情が必要？～

この単元の「種子が発芽する条件」では，どの教科書も「水」，「空気」，「温度」の三つの条件だけを取り上げて実験している。予想の段階で「土」，「光」をあげていても，その

実験を促す取り扱いではない。しかし，K社の昭和60年度用の教科書では，「土」，「日光」，「肥料」も取り上げて，“調べてみよう”として実験を促している（大木ほか，1984）。どういう理由でこのように変化したのだろうか。筆者には，効率のいい実験で手っ取り早く教科書の内容を理解させようとしているとしか思えない。

畦・太田（2016）は，「植物の発芽」の単元での児童の概念形成について調べ，「教科書の分析からも，植物の発芽に関する実験が児童の素朴概念を十分に活かした内容構成になっていない」と指摘している。実際，植物が発芽するのに土や肥料，光が必要という素朴概念を持っている児童は多いにもかかわらず，そうした児童の認識を覆すような実験・学習の進め方ではない。児童の素朴概念から出発してこそ児童の学習意欲は高まり，科学概念との「ズレ」から獲得した新たな概念こそ自分のものになると思われる。

教科書では「実験の結果を見てごらん。水のあるほうだけが発芽しているね。だから発芽に水は必要だね」と，実験という手段を使って理解させようとしているだけである。光も必要だと思っていた児童は疑問が残ったままである。私は，「実験は児童の予想を確かめる活動」と思っているので，児童が予想した土，光，肥料などの条件は全て実験させていた。結果がわからないからこそ，児童は実験で確かめる意欲がわくのである。

かって児童が予想した条件の中に，「発芽には愛情が必要」というのがあった。そこで，この予想から「１つの条件を調べるなら，他の条件は同じにしておく」という実験の条件制御のことを考えさせようとした。愛情が必要かを調べる実験の際に，「愛情を注ぐのはどうするのか」，「愛情を注いだかどうか，他の人がどうやって分かるのか」などを話し合わせた。すると，実験での条件制御や実験の客観性のことが，本当に納得して理解された。

「発芽の条件」を調べる教科書の実験では結果が明確なので，評価（テスト）問題は作成しやすいし採点も容易である。しかし，このような問題は，AI（人工知能）の得意分野である。AIが台頭した頃の理科教育を考えるとき、「発芽に関係ある条件はどんなものがあると思いますか」といった児童の興味・関心を見るような「正解のない問題」があってもよいのではないだろうか。

また自然界には，３つの発芽条件に縛られない類の「種子の発芽」もある。水がなくとも発芽するハマユウ，水中で発芽するハス，光がないと発芽しない多くの雑草など。自然界の種子の発芽を見ていくと，そこには「子孫を残す」ためのたくましい植物の世界が広がっている。ここでは，狭い範囲の知識を覚えるより，むしろ種子の発芽に対する認識を変え植物の素晴らしい世界に目を向けさせていくことが大事ではなかろうか。

２．小学校第６学年「物の燃え方」の単元で～窒素の濃度は変化しないの～

この単元の実験の１つに「ものが燃えたときの空気の変化」を気体検知管で調べる実験がある。ものが燃える前後の酸素と二酸化炭素の濃度を数量的に調べるのである。児童が燃えた後の気体の濃度を実験で調べると，教科書に載っている値にならない場合も多い。こんなときに児童は，「教科書の結果どおりにならないので実験は失敗だ」と思い落胆する。私はここでは，「燃えた後の酸素，二酸化炭素の濃度は科学者が何十回も調べたところ17%と 4%とのことだそうだ。１回の実験で君たちがこの値になることは難しいが，近い値が出るとすごいね」と演繹的に展開した。すると意欲的に実験し，教科書に示された数値が出なくても落胆することなく科学者とは異なった理由を考えようとした。筆者は，この実

験を気体検知管を使って数値を出す体験に意味がある実験だと考えていた。

児童の実験から酸素や二酸化炭素の濃度を得ようとしていると,「窒素の濃度はどうして変わらないの？」と児童が疑問を持つことがある。窒素濃度を測定するのに適した小学生で利用できる実験方法がないからであろうが，実験で初めて正しい値を得ようとする実験観でいる限りこのような疑問は必ず出てくる。窒素を実験しないのであるなら，酸素や二酸化炭素の濃度も実験せずに教えても良いはずである。実際，以前の教科書では，気体の濃度を調べる実験をせずに学習を展開していた（武村ほか，1991）。

科学者が明らかにした「教えるべき事柄」と，実験で本当に「児童が考え・発見するような事柄」を区別して授業を組み立てることが必要ではないだろうか。教えたい知識は実験で見せさえすれば獲得されると考えるのは早計である。気体検知管を使った気体の濃度変化を調べる実験も，テスト問題が作成しやすい実験である。実験観が変わるとテスト問題も変わってくる。この単元では「燃えているろうそくの火を消す方法をいいなさい」といった「答えが複数ある」問題などはいかがだろうか。

また，現行の教科書では,「燃焼」という科学概念に正面から挑むような学習展開ではない。「物が燃えるのには酸素が必要である」ことを明記してはいるが,「発火温度」や「物は気体状態で燃える」ことには言及していない。そのため「燃焼」への認識は深まらず,「室内に噴射した何十本もの消臭スプレーの気体に引火して爆発」とか,「バーベキューの後の炭を枯葉の上に捨てて山火事」といった日常に起きた事故とも関連づけできない。

Ⅳ. 終わりに

理科では実験があるからこそ意欲的に楽しく学習を進めることができるという児童は多い。しかし教師が正しい実験観を持っていないと，そんな児童も一時の楽しさに終わってしまい自然に対する認識を深めることはできない。そこで問題になってくるのが，教師はどのようにして正しい実験観を身につけることができるかである。本稿で示したような実験観は，教師自らが学ばなくては獲得されないものである。だが，現職教師への「研修システム」が我が国の教師教育には欠けている。そんな中，大学等の研究機関が果たすべき役割は大きい。教育研究はその成果が教育現場で活かされてこそ大きな意味がある。教育現場の実践と大学等での教育研究との連携を密にし風通しの良い教育界を望みたい。

文献

平林　浩　1982. 楽しい科学の授業Ⅰ. 太郎次郎社，東京，203pp.

板倉聖宣・上廻昭　1971. 仮説実験授業入門. 明治図書，東京，24-28.

小林辰至　2008. 問題解決能力を育てる理科教育. 梓出版社，千葉，10pp.

児島昌雄　1981. 電子概念を導入する陰極線の実験における問題点. 科学教育研究, 5, 3, 105-112.

日本理科教育学会編　1992. 理科教育学講座６理科教材論 上, 東洋館出版社, 東京, 88pp.

岡本正志　1998. 理科教育における実験論の再検討，物理教育，46，5，266-271.

大木道則ほか21名　1984. 改定理科５年上，新興出版社啓林館，大阪，5-9.

武村重和ほか14名　1991. 理科６年上，新興出版社啓林館，大阪，14-27.

畦　浩二・大田直晃　2016. 小学校理科教科書の植物教材と記述内容の分析，大阪教育大学紀要第Ⅴ部門，65-1，21-37.