

仮説実験授業から学んだこと…理科部員の方々へ

珠洲市立〇〇小学校 尾形正宏

2019/10/30

■はじめにーわたしと仮説実験授業

仮説実験授業について説明する前に、わたしと仮説実験授業との出会いを簡単に紹介します。

わたしは、学生時代に物理学科に所属していました。学校の勉強はそんなに熱心ではありませんでしたが、「科学は人類に何をもたらすのか(もたらしたのか)」とか「科学的に考えるということは、どういうことなんだろうか」とかいうことにそれなりに興味があって、いろいろな本を読んでいました。武谷三男^{*1}さんの本などもよく読んでいました。そのころ、ある先輩から教えていただいたのが板倉聖宣(仮説実験授業の創始者)という人の存在です。今から思えば、先輩に教えてもらわなくても、遅かれ早かれ板倉聖宣という人にはいつかは出会う運命にあったのかも知れません。というのも(後で知ったのですが)武谷さんの本には、「板倉聖宣」という名前や「仮説実験授業」という言葉がでてきていたからです。一人の人が気に入ると、その人の本をとことん集めて読むーというわたしのせいかくからすると、いつかは出会っていたと思うのです。

さて、そのころのわたしが一番最初に手に入れた板倉聖宣さんの本は『**科学と方法ー科学的認識の成立条件**』『**科学と仮説ー仮説実験授業への道**』(いずれも季節社刊)でした。2冊とも大変刺激的な本でしたが、特に『科学と方法』には「目からウロコ」の論文がたくさんあって、とても影響を受けました。

それまで漠然と「教師にでもなろうかなあ」と思っていたわたしは、「こんなドキドキした面白い授業がしたい」「これだけの理論に裏打ちされている授業なら、是非やってみよう」と思うようになりました。そして「教師になって仮説実験授業をし、科学のすばらしさ、優しさを子どもたちに味わってもらいたい」と決心したのでした。その後、当然、板倉聖宣さんの著作や仮説実験授業に関する本を読みあさりました。

そして、念願の教師に。わたしが教師になったちょうどその年(1983年)に、仮説社から『**たのしい授業**』という月刊誌が創刊されました。いわばわたしは『**たのしい授業**』と共に歩んできたとも言えるかも知れません。わたしは、教師1年目から、ばりばり仮説実験授業をしました。いい先輩といい同僚、そして討論好きな子どもたちと応援してくれる親たちに助けられて、たのしい教師生活のスタートを切ることができたのです。

*1 武谷三男…たけたにみつお。(1911年10月2日 - 2000年4月22日)物理学者。京都帝国大学理学部物理学科を卒業(1934)。同大学の湯川秀樹研究室に入り(38)、湯川の間電子論の発展に協力、1938年の第3および第4論文には坂田昌一とともに共著者として名を連ねている。京大の卒業論文で発表した3段階論は、現象論的段階、実体論的段階、本質論的段階を経て自然認識は発展していくとする理論で、この方法論は湯川の研究にも影響を与えた。(「ブリタニカ国際大百科事典」より)

■ 仮説実験授業とは何か(寄って立つ理論とは)

さて、それでは「仮説実験授業」について簡単に説明しましょう。

□「仮説実験授業」は、1963年、板倉聖宣氏が「科学史研究」「科学認識論研究」の成果を元にして発表した授業理論です。

□「仮説実験授業」の説明を、創始者の板倉さんの言葉から引用します。

科学上のもっとも基礎的一般的な概念・法則を教えて、科学とはどのようなものかということを経験させることを目的とした授業理論。

この授業法の理論的基礎は主として次の2つの命題におかれている。

▼科学的認識は、対象に対して目的意識的に問いかける実践(実験)によってのみ成立し、未知の現象を正しく予言しうるような知識体系の増大確保を意図するものである。

▼科学とは、すべての人々が納得せざるを得ないような知識体系の増大確保をはかる1つの社会的機構であって、各人がいちいちその正しさを吟味することなしにでも安心して利用しうるような知識を提供するものである。

—板倉聖宣『科学と仮説』(季節社)より—

上の2つの命題を受けて、仮説実験授業では「熱心な教師ならだれでも授業ができる」ように、教科書兼ノート兼参考書兼実験書を「授業書」という形でまとめてあります(「授業書」という形態を提出したのも、元は仮説実験授業です)。

「授業書」には以下のようなものがあります(これは一部です)。今でも新しい授業書が開発されています。

《ものとその重さ》《ばねと力》《溶解》《結晶》《三態変化》《燃焼》《もしも原子が見えたなら》《電池と回路》《光とむしめがね》《ふりこと振動》《電子レンジと電磁波》
《花と実》《生物と細胞》《生物と種》《背骨のある動物たち》《足は何本?》
《生類憐みの令》《禁酒法と民主主義》《日本歴史入門》《お金と社会》《ゴミと環境》
《食べ物とウンコ》
《つるかめ算》《広さと面積》《2倍3倍の世界》《本当の数ウソの数》《落下運動の世界》

■ 仮説実験授業の「授業書」とは

それでは、その仮説実験授業とはいかなる授業なのかを紹介しましょう。

仮説実験授業の一般的な「授業書」は、次のような内容となっています。

【質問】…考えることよりも過去の経験や記憶をたずねたり、知っていることをだしあったりする。誰かが答えてくれればよい。日常生活との橋渡しをする部分。

【問題】…ここではしっかりと自分の予想を立ててもらおう。「対象に対して目的意識的に問いかける」ためである。選択肢は、[問題]の意味をはっきりさせ、論点をしぼるためにある。また、予想分布表を黒板に書き、自

分のクラス内での社会的位置を知る。

【理由】…各選択肢ごとに理由を言ってもらう。漠然とした予想でも OK である。一通り理由がでたら、討論に移る。理由の発表だけで済ませる問題もあり得る。

【討論】…他の意見とのたたかいである。発表の強要は絶対しない。つまり、発言しない自由を認める。討論の後、予想変更を聞く。ただし、論点のはっきりした討論があった方が実験に対する意気込みも違ってくる。

【実験・観察】…どの予想が正しかったかを定めるためにするのが【実験】である。【観察】も、予想を立てて見ることで実験的なものとなる。このように考えると、「社会の科学」でも、予想を立てて主体的に調べることで仮説実験授業が可能となる。器具をさわる、器具になれるのは【作業】ととらえる(だから教科書の「実験」の中には作業がたくさんある)。実験結果についての解釈はいつさいしない。これは、押し付けの排除である。疑問があれば、次の問題で自分の仮説を確かめればよい。よって実験はどの予想が正しかったのかということを示すことができるだけの正確さをもって行わなければならないが、またそれ以上精密なものであることを要しない。

【お話】…視野を広げたりする。読んで説明する。子どもたちは、問題や実験ばかりでなく、こういう視野を拓けてくれる「読み物」も好きである。

【研究問題】…興味のある人がやる問題。学級の雰囲気によっては、取り上げてもよい。

【練習問題】…今までの法則を使って解く問題。90～100%近くの正答を期待する問題。

「授業書」は、子どもたちが科学的な法則をつかむまで、「問題—予想(仮説)—討論—実験」を積み重ねるようにできています。

【感想をとる】…仮説実験授業では、授業の善し悪しは「子どもが決める」ことに徹底しています。ですから、授業後の子どもたちの感想文を大変大切にします。1時間の授業や1授業書が終わったときなどに感想を書いてもらって下さい。きっといい感想が返ってきますよ。

教師の中には、授業書の面白い問題(予想が大きく外れる問題)だけを授業に取り上げる「つまみ食い」をしている人も時々見かけますが、それでは仮説実験授業とは呼べません。自分の予想がはずれる意外性のある問題や実験も面白いのですが、予想が当たるようになる楽しみもあります。そういうことを考えて、多くの人たちの実験授業で作られたのが仮説実験授業の《授業書》です。勿論、研究的立場から、授業書そのもの(の改訂や対案)について考えることは必要です。しかし、その場合でも、その研究を社会的なものとするために、研究会等で「発表する」ことが必要でしょう。

学んだこと その1 押しつけの排除

板倉聖宣著『未来の科学教育』(国土新書, 1966 [現在は, 新版として仮説社版が2010年に発行されている])という本は, 仮説実験授業とは(未来の科学教育とは)どのような授業なのかを《ものとその重さ》という授業書を通して解説してくれています。その本から, ある問題を紹介します。

ある県の小中学校の教頭先生(一般の理科教員も数名いた)が60人あまり集まった席で, 授業法について講演をすることになった板倉さんは, 右のような「基礎問題」を出して, それに答えてもらったそうです。

さて, あなたならこの「問題」にどう答えますか? 会場にいた教員たちが選んだ答えはどうだったでしょう? 予想を立ててから, 次のページの結果を見てください。

基礎問題

〔問題1〕

ここに赤い積木と黄色の積木とがあります。赤い積木の重さは100g, 黄色の積木の重さは50gあります。

そこで, 次に赤い積木の上に黄色い積木をつみ重ねてはかりにせたら何gになるでしょう。



という問題がありました。この実験の結果は150gでちょうど赤い積木の重さと黄色い積木の重さとをたしたものになっていて, 子どもたちの答えは計算ちがいの3人のをぞいて皆あっていました。

そこで, この実験をやったあとで, 先生が「この実験の結果からどういうことがわかるか, ノートにかいてごらん」といって, それから一人一人に発表させました。以下はその代表例です。この答のうち, 一番よいと思うものに◎, これでもよいと思うものに○, これはいけないと思うものに×をつけて下さい。このほかにもっとよい答え方があると思ったらエの□の中に書いて下さい。

ア. 先生が, 赤い積木の上に黄色い積木をのせたら, 150gになった。

イ. 「どんなものでも, 2つのものをあわせたものの重さは, もとのものの重さをたしたものになる」ということが分った。

ウ. 「積木と積木をかさねて重さをはかると2つの積木の重さを加えたものになる」ということがわかった。

エ. □

経験主義型(アを支持)… 10 人, 一般化型(イを支持)… 28 人, 中庸型(ウを支持)… 20 人, 中立型(すべて○)… 1 人, 完全無答… 2 人

以下, 板倉先生の言葉を引用します。

□わたしの考えを先にいうと, それは「教師がこの問題文中のような発問をした場合, 教師は, そこで行われた実験事実そのものと明らかに矛盾するもの以外は, 全部もつともな考えとして受け入れなければならない」というものです。

(上掲書, p148)

□積木の上に積木を乗せる実験だって, その積木を固体の代表とみるか, 液体を含む目に見える物質の代表とみるか, それとも目にみえないものを含むすべての物質の代表とみるかによって, その実験結果のよみとりはちがってくるのです。ですからある実験をやって見せてから, 「これからどういうことがわかるか」ということについて, 話し合いだけで一つの結論を導き出そうというのはまったく馬鹿げたことといわなければなりません。実験後の話し合いをするなら, そこで出されたいくつかの考えのうちどれが正しいか, さらに一連の実験をしなければならぬのです。それをしないで一つの結論に意思を統一するのは多分におしつけになる危険を伴うのです。

(同書, p157)

■現校の理科教科書の例

押しつけは現行教科書でもいろいろな単元で見られます。

例えば, 4 年生の「物の体積と温度」(東京書籍)では, 空気と水, そして金属について, 以下のような実験で, 「温度によって体積変化があること」を結論づけています

- ・試験管にガラス管を通したゴム栓を通して空気を閉じ込め, 温めたり冷やしたりする実験
- ・試験管にガラス管を通したゴム栓を通して水を閉じ込め, 温めたり冷やしたりする実験
- ・金属球実験器(おそらく真鍮製)を温めたり冷やしたりする実験

中学校の教師なら, ここで「なんで空気と水と金属が並列に並んでいるのだ?」と考えるのではないのでしょうか。しかも〈金属〉とはいっても, 教科書ではたったの 1 種類しか出てこないのです。なのに, その一つの実験結果を示すだけで〈温めると金属は膨張する〉と一般化するのはいかにも押しつけです。でも, こんなことが問題ならないのが今の理科教育の現状です。本当なら, 身につけるべき〈金属という概念〉がしっかり分かっていないから, 逆に気にならないのかも知れません。おそらく指導要領を作っている人たちが, 理科教育は「科学を教える教育」ではなくて「理科を教える教育」だという姿勢でいるから気にならない(気づいていてもそれでいいと確信している)のだと思います。



ナリカの実験器

■発言も討論も自由

「無理に発言はさせない」ということだけで、子どもたちは安心して授業に臨めることでしょう。

これは、わたしたち教師の集まりのことを考えても分かるでしょう。研修会に行くと、参加者に発言を求めて、その発言にからみながら講義をする講師が、最近増えてきましたが、マイクを向けられる時のあの緊張感は嫌です。また、「隣としゃべってね」というのも嫌いです。大人に対して、あーゆーことを平気でできるなんて、わたしには信じられない。あんな鈍感な大人にはなりたくないですね。おそらく、子どもに対しても威圧的に授業をしてきたのだと思います。そして、そうすることが、その子(集まった教師)の成長に繋がると信じているんでしょうね。「自分がされて嫌なことは、人にはしない」というお母さんから学んだことを、わたしは信じていきたいです。

学んだこと その2 「易から難へ」は本当か?…教育の常識を疑う

身近な地域から県→国→世界へ授業するのが望ましい。

20 × 30をやったあとで、21 × 34をするとよい。

そのくせ、歴史は昔から現代に向かってやっている…???

一般に教育界には「簡単なものから難しい問題へ」という常識があります。この常識への疑いの目を養ってくれたのも仮説実験授業(あるいは水道方式)でした。

先に紹介した《ものとその重さ》の第1問は、有名な「人間が体重計に乗る」という実験を扱った問題です。その問題配列をめぐる、月刊『理科教室』で論争がありました。その時(1966年)の板倉さんの反論の一節を紹介します。

□授業書の問題配列は、「易から難へ」とは限らないし、「単純なものから複雑なものへ」とも限らない。むしろ多くの場合は「難から易へ」であり、「複雑なものから単純なものへ」となっている。その問題がいかに複雑なことがらをふくんでいるように思われ、そのためにかなり正しい予想がたてられにくくとも、その実験結果の意味がきわめて明確であり、その実験で自分の考えを一挙に変えうるような働きを持つものならば、第1問は授業をおもしろくするためにも能率的にするためにも、できるだけ広範な問題を包みこんだ、一般的なものの方がよいのである。具体的にはどのような配列がよいかということは授業実験によって最終的に決められるのである。(「仮説実験授業と授業書の問題配列の問題について-熊沢氏の批判にこたえて-」『科学と仮説』p.203)

他にも教育界には、科学的に検討されていない常識がたくさんありますが、それが本当かどうか、常に考えるようになりました。たとえば「宿題を出すと家庭学習の習慣がつく」など。

学んだこと その3 研究は民主的な社会でのみ進む

上意下達の中で進められる今の教育界で、果たして本当の学校「研究」というのはできるのでしょうか？

「目的意識的に対象に働きかけることこそ、認識を深めるの第一歩だ」ということを肯定するならば、そもそも、自分の問題意識がそこにはないものに全力で取り組む(実験してみる=授業してみる)という気持ちにならないのではないのでしょうか？ しかも、やっとなんか作り上げた自分の予想(指導案)が、自分よりも経験のある人から正され、不本意ながらもやることになるなんて、まったく馬鹿げているとしか言えません。予想変更を受け入れたのならいいのですが、そうじゃない場合が多いのがよく見られます。それでは、自分の実践にならないし、教師個人の認識もなかなか深まらないでしょう。

研究を進めるには、師弟関係などということとはとりあえず棚に上げて、侃々諤々の意見交流が必要です。もちろん、その意見の中には多くの間違いや誤謬も含まれているかも知れません。しかし、そういう自由に討論する民主的な雰囲気のないところでは、「研究」など発展するはずがないのだと思います。

ノーベル賞を受賞した湯川秀樹さんや朝永振一郎さんは、武谷三男さん・坂田昌一さんなどと一緒にいつも自由な議論をしていたそうです。あの益川敏英さんは坂田さんの弟子です。益川さんの著書(『科学者は戦争で何をしたか』集英社新書)には、坂田さんからの次のような言葉が紹介されています。「科学者である前に人間たれ」「科学者には現象の背後に潜む本質を見抜く英知がなければならない」

学んだこと その4 マネこそ創造性

仮説実験授業は、授業科学(授業を科学的な視点で捉える)の理論から導き出されたものです。そこには「授業にも法則性がある」という捉えがあります。これは、自分で指導案をつくるという行為とはまったく正反対です。今の学校では「眼の前の子どもたちの実態に合わせて指導案を作りましょう」などといわれているからです。

しかし、子どもたちの考えることって、そんなに違うものなのではないのでしょうか？ 学年の違いってそんなに大きなものなのではないのでしょうか？ 違いはあるけれども、その中でも、より一般化できることはないかを絞って作られたのが仮説実験授業の「授業書」です。この授業書は、「熱心な教師ならだれでもマネができるよう」にできていますし、実験道具なども手に入れやすくなっています。お母さん先生でも、安心して授業をしていけるようになっていくのです。

ただ、こうして仮説実験授業を積極的に学び出すと、まわりの教員以上に勉強するようになり、自腹で研究会に出かけたり、大量の実験道具が家の倉庫に溜まることになっていきます。これには注意が必要です。

これは子どもたちも同じです。「授業書」を受けた子どもたちは、その分野についてもっと知りたくなったり、科学が好きになってきます。創造性というのは、実はそんな中からこそ生まれるのではないかと思います。

また、授業書のある分野は、その授業書をやればいけど、教科書のつまらない単元だって料理する必要が出てきます。そのとき、やはり、これまで述べたような観点で指導案を作ってやってみたくになります。結果、授業時間がもっとほしくなるんですが。

最後に、〈授業書をやること〉を選んだこと自体が、その教師の主体性・創造性に繋がっていることを確認しておきたいと思います。〈自分で指導案を考えること〉が主体的なわけではないのです。

わたしは、2 ε 年前から KIT サマー・サイエンス・スクールで、その日たまたま集まった子ども達(約 30 名)に、2 日間、仮説実験授業を中心とした教材を教えてきました。そのときの学年のまとまりは、低・中・高で、2 学年くりです。しかも、その会は無料とあって、親が勝手に申し込み、たまたま抽選で当たった子も参加しています。最初、こういう子はやる気がないことが多いのですが、そのうち授業に引き込まれてきます。それはそうでしょう、それが「授業書」ですから。こういった数々の体験をふり返っても、わたしには「授業書」というものに対する確固たる信頼があるのです。

学んだこと その5 子どもに聞く

授業や行事のあとで、子どもに聞く…これも大切にしてきました。教師の思いがどうであれ、結果として子どもたちにとってどうだったのか。受け入れてくれたのか、そうじゃなかったのか。その授業(や各種活動)の評価は、当事者である子どもたちがどう感じたのかで判断すべきです。教師側の教育的配慮という思いがあつたとしても、それが子どもたちに伝わらなかったのなら、一度立ち止まって再考するべきだと思います。

「無記名じゃないと子どもは本音を言わない」と思われる方もいるのかな。わたしが教師になった頃はいたけど…。でも、「子どもが本音を伝えてくれないかも知れない」と思うような人間関係しか築けていないことそのものが問題ですね。「子どもに聞く＝子どもに迎合する」と考えている人もいるようですが、決してそうではありません。子どもを信じて教育界を見直していくことで、教育改革は進んでいくことでしょう。

口さいごに

なお、仮説実験授業の具体的な授業運営や授業書の簡単な解説は『仮説実験授業のABC』(仮説社)に詳しく載っていますので、初めて授業される方は、最低限、この本を読んで下さい。

全面的に協力しますので、ぜひ、一度やってみてください。そして子どもたちの反応を聞いてみてください。

最後になりましたが、今回、わたしに、このようなレポート報告をする時間をつくっていただき、ありがとうございました。おかげで、自分のこれまでの実践をふり返るよいきっかけとなりました。これで心置きなく退職できます_(._)_

