琉球大学学術リポジトリ

仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善(第1報) -仮説実験授業の検証および技術科教育と理科教育の連関-

メタデータ	言語:
	出版者: 琉球大学教育学部
	公開日: 2007-07-17
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 福田, 英昭, Fukuda, Hideaki
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/957

仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善(第1報)

- 仮説実験授業の検証および技術科教育と理科教育の連関 -

福田英昭*1

Improvement of Industrial Arts Teaching by Experimental Teaching on the Hypothesis (Kasetu-jikken-jugyo) (I)

 Verifications of experimental teaching on the hypothesis and relations between industrial arts and science —

by

Hideaki FUKUDA*1

(Received October 30, 1992)

The aim of industrial arts can be defined as understanding the fundamentals of science about manufacturing technique (industrial engineering), and as having some technical skill, and as formation of a technological view. The purpose of this paper is to consider the verifications of experimental teaching on the hypothesis, and the relations between industrial arts and science. The experimental teaching on the hypothesis in natural science retains full validity. It seems reasonable to suppose that this is one of the effective teaching method of industrial arts. Science about manufacturing technique is placed on the second level "Experimental teaching on the reason (Riyuu-jikken-jugyo)". The relationship among science, engineering, technology and social science can be schematized as a figure containing experimental teaching on the hypothesis. This simple figure seek to capture the fact that all these sciences include the scientific method (question, hypothesis, discussion, experiment) identical with this method.

1. はじめに

技術教育の主な目的は、生産の科学的基礎を理解させ、生産技術の基本となる技術学を体得させることにあるい。これまで提起された様々な技術教育の目標の中での共通認識といえば、その「科学的基礎」を理解させることにあるといえる。ゆるぎのないその基礎の上で生産技術が理解されれば、技術教育を通して論理的に思考し、物事を合理的に処理する能力を身につけることができる。また、技術に関する科学、すなわち技術学も科学である以上、科学教育において有効性が認められ

ている教授法を、技術教育にも適用し、その有効性を検証してみる必要がある?。その教授法として板倉聖宣氏を中心に開発されてきた仮説実験授業を取りあげることにする。技術科教育において仮説実験業という教授法の有効性を検証することがこの論文の目的である。

2. 仮説実験授業と技術科教育

- 2.1 仮説実験授業の発想と理論3.4)
- (1) 定義5)

仮説実験授業とは、原子の概念や力の原理というような科学上の最も一般的で基礎的な諸概念や

¹ Technical Education, College of Education, University of the Ryukyus

原理的な諸法則を、「問題→予想(仮説)→討論 →実験」を基本線とする科学的認識に則して確実 に定着させるとともに、科学とは何かを体験的に 把握させていこうという授業である。終局の目標 とするところは、主体的科学観の形成である。す なわち、科学の発展に積極的に参与し、科学を創 造していこうという姿勢と考え方の育成というこ とにある。

このことを簡略化してみると、「原理的な法則」を学びとらせるということと、「科学的認識の成立過程」に則してやるという2つにその特徴がある。この2つ、すなわち教育の内容とその方法を分けることなく一体化している点に、戦後の問題解決学習や、発見学習、探究学習の限界を越えたものがある。技術科教育に向けてこの特徴を書き換えれば、「原理的な法則」ならびに「技術的認識の成立過程」となるであろう。

(2) 原理

この授業の基礎となっている原理は、次の3つ の命題である⁶⁾。

①科学的認識は実験によってのみ成立する。

科学的認識というものは単なる経験から生まれるものではなく、自然へはたらきかけるという目的意識をもった、すなわち自分の考え、予想(仮説)を立てて問いかけるという実験によってのみ成り立つものだということ。

②科学的認識は社会的認識である。

実験計画を立てたり、結果を予想したりする場合に、すべてのヒントを自ら思い付く必要はない。自分でいくつかのヒントを思い付くと同時に、他人の提出したヒントの中からよいものを取り入れるという能力が必要である。

③科学的思考は一般的で基礎的な概念・法則の 授業によってのみ確実に養成される。

考えを推し進めるにあたってたよりとなる べきものは一般的基礎的な概念である。この 概念を用いて自然の最も一般的で典型的な現象を解明するという自らの体験によってのみ 科学的思考は養成される。

これらの原理から、次の3つの授業形態が生まれる。

①からは、予想(仮説)をもって自ら問いかけ

ることの尊重。

- ②からは、集団授業や討論の尊重。
- ③からは、原理的法則の選択とカリキュラムづくりの必要性。

この授業における学習者の直接の目標は、めざす概念と法則を使いこなせるようにすることであり、また、基本的な科学の方法を身につけることである。この授業を通して科学を学ぶ喜びをもち、自分自身の考えをもって自然へ問いかけていく姿勢をもつ主体的な人間が形成されるようになっている。

(3) 成功と失敗

この授業の成功と失敗の決め手は、次の3点である。

- ①めざす諸概念や諸法則の定着度が約90%であること。
- ②この授業への学習者の歓迎度が約90%であること。
- ③この授業がベテランの教師でなくても熱意が あれば誰でもが成し遂げ得るような諸準備が 整っていること。

これらは授業評価項目でもあり、換言すると、 仮説実験授業でその有効性が認められた授業書は、 これら3点の成功を保証しようとするものである。

仮説実験授業の研究目的は、次の3つに集約で きる。

- ①科学教育学の建築。
- ②科学教育法の科学化促進。
- ③授業を科学にする運動の展開。

これまでの教育科学運動史においては、思想上の前進やその他の点でそれ相応の見るべき成果はあるにせよ、授業を科学化するための具体的で実際的な方策が打ち出されることがなかった。授業の法則をすくい上げるための器、すなわち検証可能な授業書のようなものが意識的にそして運動論的に提示されたことがなかったためである。そういう点で、仮説実験授業の研究法とその授業書は、授業を科学にして行くための試金石といえ、また誰でもが安心して使える社会的な知的財産を残していこうというものでもある。

その中には,「科学を教える」という姿勢が明確に打ち出されており, したがってこれまでの

「自然に親しみ、生きものをかわいがる」という方向に流れている情操教育的な理科教育観、「生活に関係深いもの、生活の合理化」にみられる生活教育的な理科教育観、「自然をありのままに見る」というような無目的に近い観察主義的な理科教育観などを全面的に批判することから出発し、科学教育の根本的改造を目指した授業であるといえる"。

(5) 心理学者による見解

仮説実験授業を心理学者がどのように受けとめたかについて,波多野誼余夫・稲垣佳世子・久原恵子の諸氏の見解を列記すると次のようになる⁸¹。

「ここでの動機づけ的配慮は、われわれのいう 知的好奇心の利用といえる。」(『知的好奇心』中 公新書 1973.p.130.)

「『仮説実験授業』は、内発的動機づけを重視するという点からは、従来の教育方法への一つの挑戦である。」(前掲書p.188.)

「仮説実験授業というのは……ただ単に知識を 伝授するのではなしに、知識を獲得するさいの科 学者の知的活動に近い過程を子どもたちに体験さ せ、そのことを通して、知力を育てる試みとして も、きわめて注目すべきものであるといえよう。」 (『知力の発達』岩波新書 1977.p.p.118-119.)

「まず、仮説実験授業での動機づけ的考察として考えられるのは、不調和を利用しているということであろう。」(『発達と教育における内発的動機づけ』明治図書 1971.p.112.)

すなわち、仮説実験授業は、「不調和」の在り方や「知的好奇心」を利用したものと受けとめられており、「知力を育てる試み」として高く評価されている。授業の最終の目的は、教師が驚きや疑問を子どもにつくり出すことではなく、自分自身の積極的な知的活動によってそれらを自分で生み出せる子どもを育成することにあることを考えれば、仮説実験授業は、心理学的側面からみても完成度の高い授業方式だといえる。

2.2 授業運営法について 8-13)

仮説実験授業における授業運営法については、 その授業内容を規定する「授業書」をぬきに考え ることはできないが、個々の授業書の内容にはよ らない一般的な授業運営法の原則も存在している。 その授業運営法については、次に示すような形で 定式化されている。

- (1) 仮説実験授業では、授業書というテキストを使い、それによって授業が進められる。よい授業には個々の教師やクラスの違いによらない法則性があり、その法則性を具体化したものが授業書である。
- (2) 授業は通常、授業書を読んで課題を理解することから始められる。授業書の中では、まず「問題」が出される。問題では一般に実験が設定されており、その実験をしたらどうなるかという、実験結果についてのいくつかの選択肢が示され、子どもはその選択肢の中から自分の予想を選択する。予想の選択後、挙手によって各々の選択肢を選んだ人の数を集計する。そこで、そのクラスの考え方の分布(クラス全体の予想分布)が子どもたちに示されることになる。
- (3) 次に、選択肢を選んだ理由を発表する。各選 択肢についての発表の後、討論を行う。討論では、 自分の予想の理由や、他の選択肢を選んだ生徒へ の疑問や意見、さらに反論などが展開される。そ の討論にあっては、挙手によって発言を求めてい るものについてのみ行わせている。あくまでも子 どもたちの自発性を尊重するためである。ここで 注目すべきことは、予想を選んだ理由がただ「な んとなく」であっても構わないということである。 また、実験に入る前であれば、自分の予想を何度 でも変更することができる。この討論では、仮説 実験授業の原理のひとつである「科学的認識は社 会的認識である」が徹底行使されているといえる。 (4) どの予想が正しいかは、討論の後の実験によっ て示されることになる。さらに,ひとつの実験で どの理論や考えが正しいかはふつうは決められず に、いくつかの予想・実験を重ねていくことによっ て、正しい予想を可能にする理論・考えが正しい とされることになる。こうした過程をとるのは、 「科学的認識は,対象について予想や仮説を立て て、その真否を目的意識的に問いかける実験(や 観察)を行うことによってはじめて成立する」や という考えに基づいているからである。予想や仮 説もなく、単に実験装置を動かすのは実験とは認 められない。また、実験は子どもの予想の正否を 明確にするためのものであるから、子ども自身が 自分で実験を行う必要は必ずしもないとされる。

(5) 仮説実験授業においては、教師の役割は一般に小さい。授業は授業書に沿って行われるため、この授業書が教師の指導書をも兼ねていることになる。討論の過程で、教師がヒントを出して子どもの考えを誘導したりしないように、教師の役割は進行係ということになる。また、実験後は、その実験から何がわかったかというような教師による解釈はいっさい行われず、教師によるそのような知識の押しつけを排除している。

(6) なお、授業書は、予め渡しておくと先を読んで出し抜きたいという誘惑にかられる子どもがいるため、授業をするときに1枚1枚子どもに渡す。それゆえ、予習をしてはいけないし、その必要もない。

仮説実験授業の授業運営法の特色は、導入法、 予想集計•指名法、討論運営法、予想変更法、実 験法にある5。このような授業において、子ども たちは概念や法則を手に入れるだけではなく、科 学とはどういうものかを学びとっていく。つまり、 子どもたちの自然観を変えるばかりでなく, 科学 観(実験観や真理観など)をも変えていく授業方 式なのである。そしてさらには、学習観や人生観 にも大きな影響をもたらしていくことになる。実 験という決め手のない授業や、予想の人数を確認 せず対立点を明確にしていない討論学習、さらに 通常の一斉学習において, 科学を感動的な形で体 験させることはなかなか困難なことである。また、 プログラム学習(5)や白学学習というような個人的 な学習では、さらにその困難は大きくなる。科学 的認識の成立過程を追体験的にたどる集団の授業 こそ、科学の教育に最もふさわしいといえる。

個の授業で一番時間を要するのは「討論」であり、またこの授業を行う教師が一番難しく感じるものがこれであり、今後さらに検討が求められるところのものである。板倉聖宣氏が、討論を科学的認識の成立過程「問題→予想(仮説)→討論→実験」の中に不可欠的要素として取り込んだことは歴史的にみても重要なことである。庄司和晃氏によれば、「井尻正二氏の認識過程九段階説(素材→事実→仮説→実証→法則→理論→実験→条件→真理)にも、サマヴィルの科学的方法五段階説(問題→仮説→演繹→実験→結論)にも、またデューイの探究五段階説(問題→仮説→推理→実験→言

明)にも見ることのできない」"独創的なもので あるとして、討論をとらえている。各予想の間の 理由・考えの違いを明確にさせることで、後で実 験が行われたときにそれが討論の時に出されたど の考え方を支持するものなのかを体得するために は、討論を欠くことはできない。討論で意見を対 立させることは、実験の結果でどのような考え方・ 仮説が正しいのかを明らかにする上で重要なこと であり、子どもたちが楽しい授業・おもしろい授 業と感じるのも、この討論という要素がもり込ま れているからである。それはあたかも、創造的 思考方法としてオズボーンが提唱した「批判厳禁、 自由奔放、質より量、結合改善」を4つの基本的 ルールとするプレーン・ストーミング法を連想さ せるものであり、単に実験結果をよりよく理解さ せるための工夫というものではなく、科学者たち が築き上げてきたものをその認識過程に則して子 どもたち自身のものにさせていく過程で討論はな くてはならないものである。

2.3 「授業書」について

授業書とは、「授業(教師と生徒集団)そのも のに課題を与えてその授業の進行について具体的 な指示を与え、『授業書』の指定どおりに授業を 展開することを要求するもの」のである。授業書 は、「一種の指導案・教科書・ノート兼用の印刷 物」のであり、指導する原理的法則群のそれぞれ はこの授業書において具体化される。個々の授業 書は「問題」を中心に構成され、このほかに「研 究問題」「練習問題」「質問」「新しい科学の言葉 (言葉の約束・定義)」「法則・理論のまとめ」「読 物」「資料」などの各構成要素からなっている。 授業専作成にあたっては、科学上の基礎的な概念・ 法則・理論を認識していくのを助けるのに最も適 当な授業というものには、個々の教師やクラスの 特性によらないひとつの法則性があるという仮説 によってなされている。実際にいろいろな教師が 様々なクラスに一連の問題を与えて予想を立てさ せ討論をさせると、それに対する子どもたちの考 え方や討論の内容は、どのクラスでもかなり広範 囲にわたって似通っていることが仮説実験授業研 究会の実践によって証明されている")。

授業書が教師用の授業指導案としての性格をも ち、また児童生徒用の教科書としての性格をもっ

ているため、「その授業書に印刷されている指示 そのままにしたがって授業を進めば、誰でも一定 の成果を得られるように」如なる。このことは、 教育学を科学化するための有効な手段であるとい える。これまで教師の熟練と勘とにたよっていた 授業を標準化することによって、教師の技能の限 界を越えた授業の成果を技術的に保証しようとい うものであるから、人類の共有財産としても、授 業書作成の意義は大きいといえる***。これまで の教科書を使っての授業では、教科書の著者と教 科書を使って教える教師とが分離されていたため、 子どもたちの前に提示された教材はちぐはぐなも のが多かったといえる。文部省の学習指導要領に 準拠した教科書を一方的に教師に渡し、 あとは個々 に教師にその指導方法を任せるという現行の方法 は、あたかも教師の指導方法の独自性を尊重して いるようだが、実際はその指導方法にも矛盾をき たすような教科書の指導内容であり、指導方法を 工夫しても子どもたちに効果的に理解させること は難しい。授業書の特徴は、その教育内容と教育 方法を不可分のものとしたことであり、こうする ことで本当に楽しい授業ができることを保証して いるのである。また、教育内容と教育方法を一体 化することで、従来の科学教育では解決しえなかっ た最も基本的な矛盾、すなわち、押しつけと自由 放任の矛盾,指導と自発性の矛盾を解決する授業 形態を生み出すことができたということである。 板倉聖宣氏による「子どもや教師に授業の進行の 手だてを指示することによってはじめて、子ども も教師も授業の中でもっともよく自由に考えるこ とができるようになる」のということばが、この ことを端的に表している。授業の進行をあまり細 かく指示し過ぎてもいけないが、重要な指示を欠 いても子どもたちは自由に考えることができなく なってしまうのである。その具体例として、「問 題」の中に記されている予想の選択肢がある。一 見、選択肢などない方が自由に考えられるのでは ないかという思いがおこるが、問題文の内容を具 体的にわかりやすくするために、また、いろいろ な可能性について考えさせるために、また、実験 結果の意味することをより明確にするためには、 選択肢という束縛が子どもの自由な考えを伸ばす 方向ではたらいているのである。もちろん、多く

の授業書において, その「問題」が子どもの拡散 的思考を促すと予想される場合には,「その他」 という選択肢が取り入れられている。

2.4 「予想」の意味

(1) 歴史上における「予想」の位置づけ

予想というものは、きわめて人間的なものであり、文化をつくり出す直接的な役割を占めているといえる。予想については、これまで技術科教育の中で重要視されてきたことはなかったが、予想をすることは、ものを生産する場合にあっても重要な位置を占めており、そのことは設計という概念の中に含められていると考えられる。このことを端的に表しているのが、次に示すマルクスの言葉®である。

「蜘蛛は織物師の作業に似た作業をおこない, また蜜蜂はその蝋製の巣の建築によって,幾多の 人間建築師を赤面させる。だが, もっとも拙劣な 建築師でももっとも優秀な蜜蜂よりもそもそもか ら優越している所以は,建築師は巣を蝋で建築す る前にすでにそれを自分の頭の中で建築している ということである。」

巧みなる本能の技術を駆使するクモやミツバチをもってしても、人間の文化活動の直接の背景として人間ひとりひとりが持っている予想、すなわち「前にすでにそれを自分の頭の中に」えがいているという偉大な活動を負かすことはできないのである。予想を立てることは、人間をして、より主体的に、より計画的な方向へいざなうものとして、その活動に欠かすことができないものなのである。

私たちが予想をより確かなものにするには、過去の経験に学び、予想を絶えず様々な実践によって点検し、本質的な理解へと進まねばならない。そのような予想と実践による点検との結合なしでは、未来におけるより確かな予想を得ることががきないのである。ヘラクレイトスの「予想しながければ、予想外のものは見出せないだろう。それはそのままでは捉え難く、見出し難いものだから。そのままでは捉え難く、見出し難いものだから。見過しを立てることの重要さを示しており、予想を立てることは単に科学の認識方法というものの域を越え、人間の社会認識にも及ぶべき方法であるといえる。板倉聖宣氏は、論文「予想論」**) にお

いて、その一般理論を示している。また、庄司和 晃氏は、論文「予想の論理」³⁷ において、次のへー デルの言葉を引用している。

「経験において重要なことは、どんな精神をもって現実に向かうかということである。」 偉大な精神は偉大な経験をし、さまざまな現象のうちに真に重要なものを洞察する。」³³⁾

エンゲルスも『自然の弁証法』で、この先哲の言葉を引用しており、その意図するところをくみとれば、「精神」を「予想」に置き換えて理解することができうる。「予想とよばれる認識は、どんなに素朴幼稚であろうとも、『頭の中の目』が開きはじめたことを意味するものであり、まだよく見えぬ目を見はって能動的な冒険旅行へふみ出した」340 ものといえるのである。

予想については、これまで様々な人がその意義 について述べてきたが、ここでそのいくつかを列 記する。

オーギュスト・コントによると、

「見ることは知ることである。知ることは予見することであり、予見することは統御することである。」 so

ジョン・サマヴィルによると,

「予測が重要であるのは、それが実際的な応用をもたらすから、という理由だけではなく、われわれの理論や説明の真理性を験してくれるからなのです。予測が間違っているとわかればわかるほど、その理論はより多く欠陥を持っています。そして予測が正しいとわかればわかるほど、その予測をもたらした理論はより確実となるわけです。」⁵⁶⁾

エルンスト・マッハによると,

「実験の結果を前もって推測させておく方法は 教授法としても甚だ有効である。……見当はずれ を通じて、論理的、物的、連想的に規定されたも の(接近したもの)を弁別する感覚がとぎすまさ れていき、ついには推測しうるものとそもそも推 測しえないものとを識別するようになる。」³⁷

特に注目すべきはマッハによる思考実験についての解釈であり、教授法として実験の前に予想を立てさせることの意義が19世紀から見出されていたといえる。板倉聖宣氏は、その点について「実験の前に予想を立てさせることの有効性が認めら

れていても、その必然性が明らかにされず、その必然性を裏づけるような問題(実験)群が用意されなかった」³⁰と、認識論と授業科学論の欠如を指摘している。

(2) 神戸伊三郎の『理科学習原論』

予想という認識過程が、日本の理科教育の中で意識的に着目され、体系的に組織づけられることになったのは、1926年(大正15年)に神戸伊三郎氏によって書かれた『理科学習原論』**4)からである。その予想論は、技術教育においてもその方法が転用できるほどに、科学教育の根幹を示しているものである。板倉氏、庄司氏ともにこの著とに深く感銘を受けていることを考え合わせると、仮説実験授業を技術教育に導入するにあたって、その理論の基礎を歴史的にこの著書まで顧みる必要がある。この著書で特に予想論について触れているのは、第六講の「理科学習の生命と観察の新真理」である。この講を中心に考察していきたい。

「私は、理科の学習に於て、この結論の予想・解答の仮定というものを非常に尊重いたします。総ての独創・工夫・創作・発明というものが、皆この結論の思い付きから出て来るからです。ところが、多くの理科教師は、この予想・仮定・思い付きを殺しています。少なくとも、これを生かして成長させようという用意を欠いています。」(p.302.)

「先ず第一に、仮定または思い付きは凡ての意志的活動の根本的の要求であるということを説かねばなりません。」(p.303.)

「凡ての意志的活動は、

『こうではあるまいか』

という予想が生まれた時に、問題の内容が明瞭となり、探究の目的が確立します。仕事に対する熱心も、学習の動機も、これによって発動します。」(p.p.305-306.)

「この想像が自由に発動するようにならなければ、とてもその力は進歩しません。…凡ての独創・工夫・創作・創造・発見・発明が皆これの生長を発展したものです。」(p.306-307.)

神戸氏は、子どもたちが先天的に予想要求を持っことを示し、事実から抽象への道程において、その思い付き、閃き、直覚などの独創の精神を伸ばすことを力説している(p.316.)。さらに、フ

ランシス・ベーコンの帰納論理を批判しており、子どもたちの抱く先入の見を頭ごなしに否定することを戒めている。帰納ということは、一般に特殊の中に普遍の関係を見出すことであるとし、帰納の本質は特殊から普遍を導くことではなく、特殊そのものの中に普遍があるという考えにたっている。

「されば、ベーコンが自然を予断することを、 真理発見の方法を誤るとしたのが謬見で、却てこ の予想の発動を奨励するのが、吾々学習指導者の 大切な務めである。」(p.317.)

「人間と他動物との差があるのは、新しい意志的行動を開始するに方って、結果の予感の意識があるなしによるものです。それと同様に、有能者と無能者との研究行動に差の生ずるのは、先ずその出発点に於て結果の予感に相違があるからであります。独創といい、工夫というのも、この予想の訓練が適切を得なければ、その精神が発揮せられるものではありません。(p.318.)

「学習を遂行せんとする動機にはいろいろあるが、その中でも最も内的刺激の主となるものは、結論の予想の閃きであります。結論の予想の閃きが見えたときに、学習の動機は最高潮に達します。故に学習の問題を提出しただけで、この閃めきを捉えさせる工夫を講じない教師は、未だ自律的学習の指導も、独創工夫の精神発揮の指導も、その根底に触れていないといわなければなりません。」(p.319.)

予想の訓練をどう組織化するかという点について、神戸氏は何も述べていないが、予想をすることが人間の認識とその活動についていかに大切であるかを明確にしたことで、マッハの示した予想実験教授法をさらに一歩進めたものだといえる。予想というものを授業の中で組織化したものは、細谷純らによる「理解ノート方式による授業の創造と研究」まで待たねばならない。

発明・発見・創造・工夫には仮定・予想が先行するものであるとした神戸氏の考えは、技術教育においても仮定・予想を重要とすべきことを示唆している。氏の述べる人間の意志的活動には、まず目的観念と手段観念との2要素があり、これに動機と努力との活動が加わり、最後に判断をもたらすとしている。技術教育における学習過程もほ

ぼ同じだとすれば、予想を学習方法に取り入れて いるいないの違いが学習効果に大きな差をもたら すといえる。

(3) 髙橋金三郎・菅野聡 共著『理科実践論』

1959年に著されたこの本の中にも、予想・仮説の重要性が述べられている (20)。技術教育は科学教育と深くつながりのある教育だと考えれば、次の文章はそのまま技術教育に向けて発せられた文と解すことができる。

「人間は他の動物とちがって、ある程度の予測が可能であり、したがって、計画的な、有益な改変を行うことが可能である。もちろん、完全といえない状態である。……人間は他の動物と同じように環境に適応しているが、他の動物と異なって人間らしくなるためには、環境を合理的に利用し、計画的に自然を改造していかなくてはならない。そして、そのためには、自然がどんな法則に従って運行しているかを知らなければならない。未来が予知できるような知識、それが科学であり、また、そういう知識こそ『科学』と定義されなければならない。」(p.p.25-26.)

(4) 細谷純・永野重史・新田倫義による「理科ノート方式」

この論文「理科ノート方式による授業の創造と 研究」(4.6) によって、指導内容と指導方法とがほ ぼ一体化されたと見なすことができる。しかし、 「理科ノートは便利ではあるが必ずしもなければ ならない要素ではない」という見解からもわかる ように、その作成意図は新しい授業研究の方法を 提示するためのものであり、その点で仮説実験授 業と大きく異なっているといえる**の。だが、基本 的には目標として設定した一般的原理の把握を目 指し、教案の配列を《仮説→演繹的経過》の反復 で構成した点で、その功績は大きい。その内容に は、子どもたち全員による予想や討論も取り入れ られていることから、のちの仮説実験授業の萌芽 をみることができる。事実、板倉聖宣氏は、この 「理科ノート方式」に多く学んだと述べている"。 この方式によって、子どもたちは自分の仮説の検 証がしやすくなったとしており,また,授業運営 を組織化したことで、授業の科学化に果たしたそ の意義は大きいといえる。

(5) 仮説実験授業における「予想」の位置付け

戦後の生活本位の問題解決学習への批判や反省がなされてからは、予想をとりたてて重視しようという人は少なくなったものの、一方で予想重視の認識過程を唱えてきた人もいた。前述した人たちがその代表といえよう。そして、それが板倉聖宣氏によって仮説実験授業の重要な柱として位置付けられるに至ったのである。予想を使った授業は、それだけでは格段目新しいことではない。庄司和晃氏が述べているように、仮説実験授業の特徴は「予想の徹底的行使という独創」⁶⁰にある。

板倉聖宣氏によると、科学的認識と仮説(予想) との間には、9つの命題があるとされている⁶⁰。 仮説実験授業ではこれらの命題に従って授業がお こなわれている。

- ①科学的認識は法則的な認識であって、未知の 事象に対して予言的な能力をもつような普遍 的な認識をめざすものである。
- ②法則的認識は、仮説を実験的に検証すること によってのみ行われる。
- ③科学上の理論・法則・仮説は、実験によってその真否を問うことができるような具体的・一 義的な内容をもつものでなければならない。
- ④仮説はその理論的予言が一連の実験的事実と 一致することが確かめられ、その真実性が確 かめられたと考えられると、それは理論ある いは法則と呼ばれるようになる。
- ⑤仮説には、(1)長期にわたってその真否を直接的に検証することは難しいが、暫定的にその仮説が真であるとの仮定のもとにその上に理論を築くものと、(2)比較的容易に、直接その真否を確かめることができるが、対象に積極的に問いかける方策として便宜的・一次的に設定されるものとがある。
- ⑥予想や仮説は、その真否を自然(対象)に問いかけることによって、外面的・偶然的な自然(対象)との接触のみでは誤認されたりまったく知られえないような自然(対象)の側面を積極的に明らかにする効果をもつものである。
- ⑦既に知られた一連の事実をどう解釈し、そこからいかなる理論・法則を導くべきかということは、多くの場合一義的には決まらない。それらの解釈のどれが正しいかは、新しい実

験によって検証してみることが必要である。

- ⑧実験とは、自然認識を目標として、自然と自分とを統御して、自然に問いかける意識的主体的な活動である。
- ⑨1人の人間がある概念のもつ意味や、それらの概念の間に成立する法則・理論の内容が十分よく理解しえたということは、彼がそれらの概念や法則を用いて、その領域内にある未知の現象を正しく予言できるようになったということである。

繰り返し起こるような事柄を問題にするのが科学であるから、最終的に目指すところは命題①と ⑨である。つまり、未来に起こる事象を正しく予想できるようになることにある。技術教育のためにその命題を書き換えると、予想を立てることで、主体的・計画的に自分の労働を行使し、自分の頭の中にえがいたものをつくりだすことにある。予想なり仮説なりをもって、対象を目的意識的に改変することにある。

(6) 子どもによる予想観

「予想はどうしてたてるのだろう。もし、予想を人間が知らなかったら、どれくらい畑をたがやしたらよいか、どれくらい畑で野菜がとれるのかもわからないだろう。そうしたら、どのようにしてくらせばいいかもわからないだろう。昔の人も予想をたててくらしてきたのだろう。今の人は台風にも予想をたててじゅんびしている。」^{\$10}

これは、ある生徒が書いた感想文の一例である。予想についての子どもたちの考えを分析すると、次の2つの特徴が見られたことが報告がされている。ひとつは、「問題に対する自分自身の予想をたてることによって自分にもわからなかった自分自身の考えが自分にわかるようになることに気の考えが自分になることに気の表したの考えに左右されない自分の主体的な立ち、自分で考える力がつく」ことである。されらの報告は、仮説実験授業で成し遂げようととないことだと考える子どもたちが増えていくことにと考える子どもたちが増えていくこ

とは、自己変革、さらには社会変革に科学教育が つながっていくことを意味している。

2.5 技術科教育と理科教育

(1) 技術科教育と理科教育についての今後の方針 技術科教育と理科教育との関連を考えるにあたっ て、次に示すユネスコの教育開発国際委員会 (フォー ル委員会) の報告書『未来の学習』^{R-SI} の記述が 参考になる。

「科学教育の基本的目的の一つは、知識と行動の相互依存関係を強調することでなくてはならない。そのためには、科学教育と技術教育を結合すること、すなわち科学的研究と実践的開発や応用との関係に焦点をおくようにしなければならない。……普通教育では、カリキュラムが、技術よりも科学を優先させる傾向がひじょうに強い。科学を実践的側面からきりはなすことによって、威信を一層高めるという口実のもとに、科学の一部は不毛のものとなっており、その結果、教育の手段としての有効性の多くを失っている。

技術を理解することは現代世界できわめて重 要であり、すべての人の基礎教育の一部でなけ ればならない。技術的方法の欠如は、日常生活 において人をますます他人に依存させ、雇用の 関係を狭くし、また、例えば、人間疎外や公害 といった、技術の無制限の適用がもたらす潜在 的に有害な結果が遂に圧倒的になる危険性を増 大させる。……技術を理解するためには、技術 は、それを通して素材が変革されていく過程と してとられられるべきであろうし、これは常に エネルギーと情報とを要求する。これに続いて、 統合的な接近によって、単純なものも複雑なも のも含めて、すべて処理工程の根底にある原理 を分析し、また、技術は人間が世界を変容させ る行為のすべてを扱うものであることを明らか にすべきである。」

この記述はまさに科学教育と技術教育の本来あるべき姿を明確に記しており、将来的に理科教育と技術科教育が結合することの必要性を説いているといえる。歴史的に、理科教育と技術科教育とが分離されて教えられていることは不幸なことである。技術科教育においては、技術の「根底にある原理」を、対象が「変革されていく過程」を通

して、理科教育との連続性の中で指導することが 必要となっている。

- (2) 技術科教育と理科教育との歴史的関連 歴史的に、技術科教育と理科教育との関連をふ り返ると次のようにまとめられる⁵⁰。
- ①大正期以来の「理科教育改革運動の成果が、戦時中という事態のもとでやっと実を結んだ」として、国民学校の理科は、「生活理科」もしくは「作業理科」「工作理科」といった性格をもっていた。『初等科理科』では、ほとんどあらゆるテーマでものを作り育てるという課題が提出され、糸電話、電池、電信機、電動機、等の製作が課題としてあげられていた。
- ②「戦時中の理科教育改革の基本方針は、子どもたちに作業を中心とした課題をあたえて科学上のさまざまな問題について考えさせようとすること」にあり、実際には電動機などの工作教材が戦前に引き続いて取り入れられていた。
- ③1955年頃から、教材の整理・系統化が唱えはじめられるにつれ、「作業理科」と「理科工作」の考え方も次第に影をひそめ、1968年の小学校学習指導要領では、理科の工作教材はすべてなくなってしまった。そのことに関連してみると、板倉聖宣氏の『日本理科教育史』⁵⁰の次の文章に同意できる。

「体系的な理論に基づく一般的な法則によってとらえられなくても、特殊ではあってもきわめて有用な法則性を見いだすことができれば、それが技術として有効に利用することができるという知識と展望を与えるものも、理科教育の一分野として認めなければならないであろう。」なお、原正敏氏は、上述の「理科教育の一分野」を「技術教育の一分野」として考えるべきことを述べている50。

④技術科が新設された1958年の学習指導要領では、その改訂の基本方針の中で、「教科間の不要の重複をさけ、目標・内容を精選して、基本的事項の学習に重点をおく」ことが強調され、そのために、理科や数学においては技術的応用の教材が除かれ、技術科においては理論的学習が除かれ、科学と技術の総合的学習を不可能にしている。工業生産の「近代技術」を学習内容として選んでも、技術学を媒介として、理科や数学

	主な学習活動	中核的な認識面		中核的な行動面	
	(~をとおして)	(理解) (認識)		(育てる)	
技術・	生活に必要な基礎的な	家庭生活や社会生活と技術との		進んで工夫し創造する能力と	
家庭科	知識と技術の習得を通して	かかわりについて理解を深め		実践的な態度を育てる	
中学	観察、実験などを行い	自然の事物・現象	科学的な見方や	科学的に調べる	
理科		についての理解を	考え方を養う	科子的に調べる 能力と態度を育てる	
生行		深め		能力と歴史を育てる	

表1 技術・家庭科と中学理科の目標

と連携しないかぎり, 手工業主義に陥る危険性がある。

(3) 現行学習指導要領における技術科教育と理科 教育

現行(1989年告示)の学習指導要領^{50,50}における技術科教育と理科教育との関連を見てみると次のようになる。

技術・家庭科教育は、表1に示すように「生活 に必要な基礎的な知識と技術の習得 | を一次の目 標とし、「生活と技術との関連の理解」を二次の 目標として、「進んで工夫し創造する能力と実践 的な態度の育成」を最終目標としている。理科に おいては観察・実験などの科学の方法を重視し、 認識面では自然の事物・現象についての理解を深 め、科学的な見方・考え方を養い、行動面では科 学的に調べる能力と態度の育成がかかげられてい る。前(1977年告示)の学習指導要領等では、技 術・家庭科教育の一次目標として「生活に必要な 技術の習得」のみが示され、「基礎的な知識の習 得 | についての記述はなかったが、現行ではそれ が加えられている。だが、その記述は、技術の科 学的基礎をふまえて教えることを明確化するまで には至っていない。

理科の学び方は科学の方法ともいわれている。 それは、自然を調べる際に用いるもので、観察、 実験、測定、記録、データ処理、予想、予測、推 論、仮説、モデルの形成、検証などがあげられ、 技術科教育の学習における方法と共通する面をもっ ている。しかしながら、理科においては「自然科 学の基礎的基本的概念の形成」「探求の方法」を 学ぶことがねらいである。技術科教育にあっては、 理解することは必要条件になるが、それだけでは 十分ではない。原理・法則性を活用して、合目的 的な作業をもする。技術の科学的根拠としての知識・理解については、ものをつくる場合に限って考えるならば、人間が働きかける対象となるうな材料とそれに関するものと、それをつくるための原理・法則性と、それをつくるための手段として用いられる道具・機械・装置などがある。これらいずれも、科学・技術の発展にともない飛躍的に種類も量も増大している。これらを駆使して、ものをつくる人間の主体的合目的的な活動としての技能とがあり、これらによって、使用価値のあるものがつくり出されてくる。

現代の生産技術の理論(技術学)は、自然科学の理論を基礎として成り立っている。技術の発展が自然科学の発達を生み出し、反面、特に20世紀に入ってからは、数学や自然科学の発達が技術の前進を保証しているのであるから、理論は理科や数学にまかせ、技術科は実習をすればよいとする考えは間違っている。技術の理論を、理科や数学の学習の助けをかりて、系統的に理解させることこそ重要であるといえる。

(4) 技術科教育が科学的理論学習を欠いてきた原因

普通教育としての技術教育の視点から考えると、 技術科教育において、それに欠くことのできない 系統的な科学的理論学習を歴史上で見失ってきた 事実は、次の7項目にまとめられる^{60.61}。

①1947年に新制度の中学校に必修教科として、社会科とともに職業科が設けられたが、その内容は戦前の高等小学校の実業科・職業指導、および中学校の作業科・実業科の伝統と性格をそのまま引き継いだものであった。そのため本来は教科外活動もしくは生活指導・進路指導であるべき職業指導が教科内にもち込まれたが、この

教科を長期にわたって混乱させた大きな要因の ひとつとなって、その指導目標や内容を不安定 なものとしていた。職業指導の観点からすれば、 理論自体のもっている論理的な順次性や系統性 よりも、手工具の使い方や機械の操作などの技 能を正しく学ばせることに重きがおかれるのは 当然のことである。

- ②1958年に、それまでの職業・家庭科が新たに技術科になろうとするときに、一夜にして技術・家庭科になるという事態が生じた。そのため、この教科がその内容に家庭科を含んでいるために「生活に必要な技術」という考え方が生まれ、その教材を日常生活の中に求めようとする考え方が生まれた。「生活」が「日常生活」という点に重きをおいて考えられているのだとすると、技術教育がいう技術、すなわち「生産技術」というものはその中に見出すことができなくなり、その結果として生産技術を支える科学的内容が省かれることになる。
- ③1958年に新しく技術・家庭科ができたとき、それまで農業・商業専攻が多かった職業科の教師にとって、科学的理論を見すえて技術の理論を数えることには多くの困難があったろうことが予想される。そのため、実際には技術の理論や技術の自然科学的基礎の学習を欠き、多分に手工業的・工芸的要素を残し、従来の職業科の目標・性格・指導方法等ほとんど改善された様子がなかった。
- ④1969年の改訂にあっては、「普通教育としての技術教育」という性格づけはよりいっそうはっきりさせられたとはいえ、実習を中心にした非常に実践的な教科として組織された。「実践」の強調は、主として職業科以来のしごと主義あるいは経験主義の伝統を受け継ぐもので、実践の強調がその半面で、理論的な知識を系統的に学ぶことの意義の軽視として現れている。
- ⑤1969年の学習指導要領においては、技術科は他 教科とは比べものにならないほど「態度」が強 調されていた。科学的な内容すなわち理論や知 識の習得よりも、好ましい「態度」の育成の方 がより強く期待されていたとみられる。
- ⑥理論は理科や数学で行い,技術科は実習をすればよいという考えが,技術科教師のあいだでも

- 一部見うけられ、学習指導要領が技術科は実習を中心にすべきだと説いていることも、このような考えが生まれる根拠のひとつになっている。技術の理論を、数学や理科での助けをかりて、系統的に理解させることは重要であり、その意味では、むしろ技術科の学習では理科や数学とのある程度の重複は避け難いのであって、そのような重複は害であるよりも、お互いの教科の学習を一層充実させる意味があるというべきである。
- ①現在,指導方法としてプロジェクト法に固執しているため,基礎的な知識や技能の習得がおろそかになっている。重点的に学習すべき内容の性格が必ずしも同じでない技術科各領域の学習活動を,実習を中心にしたプロジェクト法に一元化して教えようとするために,技術的知識や理論が無視されている。

(5) 技術と科学の融合®

技術が科学を前提にしているのは当然のことと 思われているが、歴史的にみると、科学と技術は 本質的に異なった営みであったといえる。科学は 「真理の探求」を目指して客観的な自然をありの まま客観的に認識しようとしているのに対し、技 術は対象をありのままにしておかないで、あるべ きように変えようとする。すなわち、科学が対象 を動かすことのできない前提と考えているのに対 し、技術は対象を変え得るものとみて、積極的に 手を加え、新しいものを作り出そうとするのであ る。技術で前提になるのは客観ではなくて主体で あり、その目的は真理の探求ではなくて誰かの利 益ないし人類の福祉である。科学と技術は、対象 と主体との関係においてベクトルの向きが違うの である。科学の目指しているのは認識であり、技 術の目指しているのは製作である。中世末期や19 世紀には盛んに「科学と技術の結婚」が主張され たが、それは両者がその時代にあって隔離してい たからであって、今日でも依然として両者が完全 にひとつになっているとはいえない。だが、20世 紀後半になって, この両者の結合がかつてないほ ど望まれてきて、そのことが現実のこととなって きている。

これまで科学と技術の結合が図られていた頃には、技術は科学の応用であるという主張がなされ

ていた。しかし、このことは科学技術史をひもと けばわかるように、歴史的存在としての技術が科 学を応用した結果生まれたという意味ではなかっ た。20世紀初頭までは、技術は依然として科学と は別の伝統によって営まれていたのであって、そ の主張は技術者教育において科学教育が重要であ るということ, つまり, 技術者にとっての技術は 科学を十分に応用したものであるべきだという主 張であったといえる。わたしたちが技術科教育と 理科教育とを考えるにあたっては、この歴史に注 目すべきである。当時の科学はすぐに技術に応用 できるほど具体的ではなく、むしろ、技術が提出 する問題に答えようとすることによって科学は発 展してきたのであった。したがって、歴史的存在 としての技術は科学を発達させた母体だったので あり、その逆ではなかった。

だが、技術者はまず科学を学ぶべきであるとい う意味での、科学の応用が技術だという18世紀の フランス「百科全書」の意見は、フランス革命の さなかに生まれた「エコール・ポリテクニク」で 具体化され,ここでは基礎的科学教育を徹底的に 行う教育システムが組まれた。この学校は創立何 十年にもわたって、基礎ばかりやって実用的でな いとか、もっと実地教育をすべきだという現場か らの苦情に悩まされ続けた。しかし、技術者教育 において科学教育を徹底するという方針は堅持さ れ、エコール・ポリテクニクをモデルとしたチュー リッヒ工科大学や日本の工部大学校、アメリカの マサチューセッツ工科大学でもこの方針が貫かれ た。心に留めておくべきことは、フランスのエコー ル・ポリテクニクにおいて、社会でものをつくり だすという有用なはたらきをする技術者を養成す るにあたって、基礎的科学的教育がまず行われて きたという事実である。科学教育の基礎なくして は、技術教育の成果はおぼつかないのである。

2.6 仮説実験授業と技術科教育

(1) 技術科教育への仮説実験授業の導入

技術科教育でつけるべき学力は、技術学の科学 的概念の認識と技能の習得、技術観の形成にある と考える。科学教育としての仮説実験授業を手本 とした場合、技術教育に関する授業書は、技術の 科学的概念の認識形成を中心に扱うことになる。 すなわち、授業書という教材の性質上、科学的概 念の認識と技能の習得,技術観の形成のすべてを 授業書に一手に担わせるのは不可能であるように 思われる。現に,技術教育においては科学教育と 違って理論学習にあてる時間が制約を受けている ために,学習内容すべてを仮説実験授業で行おう とするとうまくいかない事例^(E.50)も報告されてい る。

それゆえ、まず求められるべきひとつの方向と して、技術教育において、どこからどこまでの分 野を仮説実験授業ならしめることができて、どこ がそうできないのかをはっきりさせることが重要 である。もちろん、現行の技術科教育の内容をす べて仮説実験授業と同じ形態にすることなどでき るはずもなく、それならば、技術科教育の扱うべ き内容の中で仮説実験授業としての有効性が確実 に認められている分野から、ひとつひとつ実践を 積み重ねていくことが要求されているといえよう。 ある教育方法の限界が示されたということは、言 い換えれば、その限界内であればその方法で有効 性がみられるということでもある。すなわち、技 術科教育で求められる授業書は、仮説実験授業の 方法が用いられうる基本的な技術的法則を基盤と し、その他の技能の習得や技術観の形成について は別途の授業形態を用いてもかまわないというこ とである。

技術学は技術の科学である。そのため、例えば 技術科で扱う「電気」と理科の「電気」とは重複 するところも多々あるように思われる。そこで、 技術教育の授業書を作るということは、必然的に、 理学(SCIENCE)、工学(ENGINEERING)、技 術学(TECHNOLOGY)の違いを明確化するこ とが必要になる。それゆえ、技術科の授業書を作 るに際しては、理科や数学と対じした技術科の本 質を見極めることが授業書作成者に求められると いえる。

(2) 予想実験授業の3段階

仮説実験授業の技術科への導入方法のひとつとして、庄司和晃氏の提唱する「予想実験授業」を考えることができる。氏の著書『仮説実験授業と認識の理論』において、「予想実験授業の3段階」^(S) が論じられている。大谷良光氏は、それを技術教育とのかねあいから次のように説明している^(S)。この考え方は仮説実験授業を技術科に導入

する際のひとつの指針といえる。

①第1段階:気持ち実験授業

予想はあるが、その裏付けとしての理由や考えがそれほどにないといった段階で、「たぶんこうだろうな」といった気持ちを確かめてみる段階である。また、日常生活における問題処理のひとつの肝要なる論理でもある。

→技術科の授業書では、「質問」という予想でこれに相当するであろう問いを設定し、自 ら挙手をして能動的・積極的に授業に取り組む手だてとして活用している。

②第2段階:理由実験授業

日常の経験や既習事項などを利用してつくり出した「理由」を確かめてみようとする段階で、理論的側面の特殊な法則や適用範囲の狭い法則をつかまえようとする授業に適している。予想を立てることもさることながら、それを裏付ける理由そのものが確かかどうかということに重点のかかった授業である。

→技術学における基礎的概念の多くはここに 属し、科学・技術の一般法則に対して、技術 の特殊法則、または技術の規則として位置付 けている。

③第3段階:仮説実験授業

通常「仮説実験授業」と呼んでいるものであり、予想の裏付けとなる理由がかなりはっきりとしていて、確信度の極めて高い広範囲にわたる一般的な理由、すなわち「仮説」の正否を決しようとするところまで立ち至った段階の授業である。この仮説実験授業は、最も基礎的で一般的な、そして有効度の高い概念・法則をにぎりとらせ、それを行使できるようにすることを目的とした授業に適している。

→技術学における科学的概念で「基本的で一般的な、そして有効度の高い概念・法則」は自然科学の概念との合致するところが多い。しかし、自然科学における科学的概念を形成する理科教育と「製品を生産」する技術学における科学的概念の形成は、自ずとその概念への迫り方は異なってくる。大谷氏は基本概念とそれに基づくいくつかの下位概念とを設定し、いくつかの問題を積み上げていく中でひとつの概念認識を図れるように設定してい

る。

大谷氏の考えによれば、以上のことから予想実 験授業の第2段階である「理由実験授業」の段階 に、技術学の多くは位置付けられるとしている⁵⁰。 すなわち、技術科の内容をこの3つの段階に分け て、指導内容ごとに階層立てて教えるという方法 である。ある目的のもとにものを作るにあたって は、材料の性質や道具・機械・装置の性質から、 この方法が最もよいとする根拠が技術における科 学的根拠となって現れる。ものを作る人間の主体 的合目的的な活動としての技能にあっても、科学 的根拠によって使用価値のあるものが作り出され ていく。それらの根拠を3つの段階に分けて教え ていくのである。基礎となるべきところは、技術 教育における科学的認識の育成にあるため、本論 文では、技術学の科学的概念の認識習得に焦点を おき、大谷氏の「予想実験授業の3段階」の考え 方を支持して、仮説実験授業の技術科への導入を 検討する。

(3) 仮説実験授業におけるものづくり授業の位置 付け

仮説実験授業と技術教育の関連を探るひとつの 手がかりとして、理科教育のものづくり授業^{®)}を 考えることができる。戦後, 教材の整理・系統化 が唱えられはじめるにつれて、「作業理科」と 「理科工作」という考え方は次々に削除されてし まったが、湯と共に赤子まで流してしまうという 結果を招いてしまったといえる。科学教育と技術 教育とを結合することが未来の学習において必要 とされているにもかかわらず、不当な「教材の整 理・系統化」と称して、今日の理科学習と技術科 学習の内容はことごとく分断されているのである。 それは、「技術を科学の産物としてのみとらえ、 科学の所産としての技術の教育の意義は認めるが、 科学教育に先行する,あるいは独立するものとし ての技術あるいは特殊な法則性についての教育の 意義を認めない人々が少なくない」⁶⁰ からである。 板倉聖宣氏は、「技術教育と科学教育」について、 次のように述べている。それはまた,氏による 『日本理科教育史』™の結語として書かれている ものでもある。

「結論として,著者は,現在の理科という教科 は自然科学と技術(技能ではない)とを教える 教科として規定するのが最も適切であると考え る。さらにくわしくいえば、理科という教科は 『自然科学の最も基礎的・一般的な概念・法則 を中心に、社会的な知的財産である現代科学の 成果と方法とを体得させること』と、『特殊で はあるが特長的な自然の事物の法則とその利用 法について広い知識・展望をもたせること』と を目標とした教科として規定するのが最も適切 であると考える。……理科という教科をこのよ うにとらえることによってはじめて、長い間の 理科教育研究の成果を遺産として引き継ぐこと ができると思うのである。『科学のもっとも基 礎的・一般的な概念・法則』に関する教育の面 では、日本の理科教育史からあまり多くのもの を遺産としてうけとることは望めそうもないが、 『特殊ではあるがそれぞれ特長的な自然の事物 の決則とその利用法について広い知識と展望を もたせる』という教育の面では、多くの遺産を 受け継ぐことができるにちがいない、と思うの である。」

氏は、きわめて広く有用な技術的知識をも、しっかり教育の中に位置付けしなければならないことを説いているのであるが、それこそまさに、技術教育が担うべき領域であるといえる。しかしながら、前述したように、これまでの技術科教育は、その科学的理論学習の基盤を欠いてきたといえる。

誤解をまねかぬよう注意すべきは、氏による技 術教育の定義である。「技術教育の目標は、それ までできなかったことをかくじつにできるように することにある」でとして、技術教材において、 仮説実験授業の授業書特有の問題・予想・討論・ 実験というプロセスにこだわる必要はないとして いるのである。このことは、一見、技術科教育で は科学的理論を必要としなくてもよいと受け取れ るが、このことは、氏による技術科教育の理解が 不十分であるために生じた誤解であるといえる。 この場合、板倉氏の着目点は理科教育にあり、技 術科教育にその指導内容を分担して教育していこ うとする考えがなかったために起こったと考えら れる。ここで技術教育と呼ばれているものは、あ くまで理科教育に内包されてきた従来の教材(風 車、ポンプ、モータ、やじろべえ、船など)を指 している。ところが、これらの中にも技術の本質

を理解させるのに有用な教材が少なくない。そこで、このことに注目して、次のように言い加えられている。

「ある技術について十分な知識を与えようと思ったら、作り方をいろいろ変えて、どのように変えてもうまくゆくか、どのような点は変えてはならないかということを体験させなければならない。つまり、試行錯誤的にその技術の本質をつかませる必要があるわけである。こうなってくると、それはすでに知識探究の活動と同じことになってくる。そこで、そのような知識探究のプロセスでは、仮説実験授業と同じ問題・予想・討論・実験のプロセスが有効になってくる。」『『

仮説実験授業では、ものづくりの重要性を認め ているが、現在、雑誌『たのしい授業』で紹介さ れているものづくり教材では、ほぼ全てが仮説実 験授業と同じ「問題・予想・討論・実験」のプロ セスをふんでいない。その理由は、ものづくりと いうものを、あくまで子どもたちが、技術を学ん だときに喜びを感じるかということで教材選びを し、また、技術教育を「それまでできなかったこ とを確実にできるようにすること」で子どもに自 信をもたせるということで教材選定しているから である。これからの技術科教育で指導すべき教材 は、それらものづくり教材から学ぶべき点は多い が、それらをもってして技術科教育の内容とする にはあまりにも貧弱である。技術科教育において も、知識探究の活動が含まれ、科学的理論学習に 基礎をおく以上、仮説実験授業と同じプロセスを ふむ教育内容を希求すべきである。仮説実験授業 の授業書の中に、ものづくりが取り上げられてい るものもいくつかある。例えば、「光と虫めがね」 の授業書には、カメラづくりの作業が入っており、 教えようとする科学上の概念・法則に関連したも のづくりをさせることによって、それらの概念・ 法則の有効性を実感させているが、技術科教育で は、そのような構成をもつ授業書こそを教科の目 標に照らし合わせて作成すべきである。

(4) 科学教育の構想

板倉聖宣氏が1963年に仮説実験授業を初めて提唱していた当初から、仮説実験授業とは別に、広い意味での科学教育として考えるべき部門として、

「飼育、栽培、製作などの自然や人工物に関するおおまかな法則性の体得とその利用に関する部門と、科学読みものの部門」があるとしてきた。このことを庄司和晃氏は将来的に「科学科」がという新しい教科をつくる構想の基本柱として、次のようにまとめている。

①分析的論理的側面〈基本的な諸概念の習得をは かる。〉

「重さ」とか「力」とかの原理的な法則を教育 内容としながら、科学の何たるかをシャープに 握りとらせていこうとする側面であり、これが いわゆる仮説実験授業である。

②総合的技術的側面〈技術的な事柄への自信をつける。〉

「飼育」「栽培」「製作」「採用・利用」を内容 としつつ、対象をコントロールする力を養おう とする側面であり、これを予想授業と呼んでい る。

③社会的役割の側面〈科学の有効性を伝える。〉 主として「科学読み物」を活用しながら、科学 への視野を広げていこうとする側面であり、こ れを広義の科学史授業と呼称している。

これら3つを併用的に組み合わせて授業を行うことで、子どもの科学観の進展を図りたいというのが、そのねらいとするところである。3つの長所をふまえつつも、仮説実験授業を主軸にし、科学とは何かを把握させ、科学観の進展をより集約した形で効果をあげようとするものである。将来は、社会科学とも提携を図り、「科学科」を樹立したいという考えである。既にこの構想は、成城学園初等学校で実施され研究が重ねられているで、この構想で注目すべきは、教材の展開が必ずしも、から③へ向かってなされなくても不都合はないということである。「総合的技術的側面の中から『仮説実験授業』の方へもっていける単元もでてくるかも知れない」」という庄司和晃氏の指摘は、そのことを示唆している。

この構想の考えに立てば、技術科教育と多くの 重なりをもつ領域は②の総合的技術的側面であろ う。しかし、他の2つの側面を欠いた総合的技術 的側面だけをそのまま技術科教育に導入すること は、その教育効果をひどく損なうものであるとい える。技術科教育がこの構想に学び得るところは、 分析的論理的側面と社会的役割の側面とを見すえてその教材をつくることにある。未だ「科学科」という教科が成立していない以上,技術科教育はその内容に,分析的論理的側面と社会的役割の側面とを取り入れておく必要がある。

(5) 技術学と科学的認識

理論的側面の特殊な法則や適用範囲の狭い法則 をつかまえさせるのに有効なものは、庄司和晃氏 の示す「予想実験授業の3段階」®の第2段階 「理由実験授業」であり、技術学における基礎的 概念の多くはここに位置付けられる。しかし,技 術学を支える科学的概念で、基本的で一般的な、 そして有効度の高い概念・法則は、理科教育で教 えるところの自然科学と合致するところが多い。 これらは第3段階の「仮説実験授業」として、学 習者に提示できるものである。理科教育と技術科 教育との学習内容がうまく橋渡しできていない現 在、理科教育における自然科学の科学的概念の形 成から、生産技術を教え製品を生産するという技 術学における概念の形成まで、同一の教材で系統 的に学ぶ必要がある。同一の教材で、どれが一般 的・基礎的な概念・法則であり、どれが個別的・ 特殊な概念・法則なのかを明らかにしながら、あ たかも「科学科」の樹立を目指すようにして、そ れらを有機的に組み合わせていくカリキュラム作 りが今後必要である。

(6) 仮説実験授業と技術科教育

知識探究という人間活動では、すべて仮説実験 授業と同じような問題・予想・討論・実験の過程 を経る授業方式が有効であると考え、技術学の教 授においてもこの授業方法が有効であると考えら れる。だが、仮説実験授業を技術科教育へ、理科 教育からの借りものとして導入すべきかについて はいくつかの異論がある。理科教育の中に技術 教育的な理科工作の分野が必要だと位置付けられ てはいるのだが、仮説実験授業のものづくり授業 への取り組みからもうかがえるように、それらは ほとんど仮説実験授業と同じ問題・予想・討論・ 実験という構成をとるものではなく、その技術的 知識の教育は単に子どもたちの個々人の自然成長 に任せてしまうか、あるいは仮説実験授業の知識 探究活動からの派生による2次的なものとして位 置付けられているからである。仮説実験授業では、

技術の教育を決してないがしろにはしていないが、 その重点は基礎的一般的な法則の教育に置かれ、 技術の教育というものが貧弱に規定されていると 解すことができる。この点について、梅津勝氏は、 次のように言及している。

「科学上のもっとも基礎的一般的な概念・法則 の用意周到な教育に比べて、特殊ではあってもき わめて有用な法則を見い出すことができればそれ を技術として有効に利用することができるという 知識と展望を与える教育には、実際のところそれ 程重点が置かれていないということができます。 確かに成功・失敗は不可避的に明らかになるわけ ですが、成功には成功の、失敗には失敗の必然的 な根拠があり、それを科学的に反省する事によっ て、技術的な知識が進歩するのでしょう。ある見 通しをもって、我々は行為します。その結果を反 省する事によって、展望が開けます。自然成長的・ 放任的な方法では、技術について広い知識・展望 をもたせる事は不可能になるであろうし、それま でできなかった事を確実にできるようにする事も むずかしくなり、しいておこなおうとすれば、強 制的なやり方をとる外はなくなってしまうものと おもわれます。実際は、ものを作り出そうという 技術的活動でも、たとえ低次のものであっても、 『見通し』による意識的な頭脳活動が行われてい るのであり、また知識探究的に行われているので あり、二次的に切り離されて存在しているのでは ありません。^{jeo}

仮説実験授業の授業の流れのひとつである「予想」が、技術科教育においても重要な位置を占めるものであり、その予想のあるなしが科学的概念や法則に支えられた技術学の習得に大きな影響を与え、さらには製作の段階にあってもそれが主体的な活動になるのか、あるいは他律的な作業になるのかの違いのを生み出していると考えられる。

また、梅津氏は、仮説実験授業と技術科教育の 違いが「実験」のとらえ方に端的に現れていると 指摘している⁸¹⁰。仮説実験授業にあっては実際の 実験は教師実験あるいは代表者の実験であっても よしとしているのに対し、技術科教育ではそのよ うな児童・生徒の具体的操作活動を重視しないわ けにはいかない。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®が、技術科 教育ではそれのみにとどまり得ずに、自分の手で 確認し、作ってやってみることも必要になってく るのである。科学的認識能力のレベルと実践能力 のレベルは弁証法的に互いに結合しているもので あり、切り離して子どもたちに体得させるべきで はない。仮説実験授業においては、精神的な認識 活動を一挙に得たいと強く希望するために、その 結果として, 物的対象についての製作活動や操作 といったことに低い位置付けがなされている。こ の精神的活動と製作活動(実践能力)とを結合さ せることこそ技術科教育が求めるものであり、科 学的なものの見方と総合技術的能力を備えもった 人間を生み出すことが求められる。よって、我々 に求められているのは、分析的理論的側面・総合 的技術的側面•社会的役割の側面の3つを有機的 に関係付け、それらを備えもった教材をつくりだ すことである。技術学の習得がなされず、これま での仮説実験授業の内容をそのまま技術科教育に 導入しようとするだけならば、それは理科教育の 繰り返しと単なるものづくり授業になる可能性が 髙いといえる。

2.7 技術科教育におけるこれまでの仮説実験 授業の分析

(1) これまでの教育実践

技術学が技術の科学である以上、科学教育において有効性が認められている教授法を、技術学教育にも適用し、その有効性を検証してみる必要があるという提言を受けて、これまでいくつかの実践が試みられてきた。ここでは、仮説実験授業を意識して、あるいは予想を立てる学習を重視して、これまで技術科教育においてなされてきた教育実践の比較・検討をおこなう。次の6つの教育実践を、その検討材料とする。

実践A:1982年実施

川瀬勝也,「木材の材料学習-『発見する』授業-」,技術教育研究会,『技術教育研究会,『技術教育研究』第22号, p.p.16-22.

実践B:1982年実施

河野義顕,「『予想実験』をとり入れた授業-板金材料試験(中一男女共学)-」, 技術教育研究会,『技術教育研究』第22

福田:仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善(第1報)

赛 2	技術科教育におけるこれまでの仮説宝験授業の教育実践
404.4	1人例が投入日にのけるにんにじりが飛手節役事の強を正称

	実践A	実践B	実践C	実践D	実践E	実践F
授業 書 の有無	×	生徒各自 のノート	不明	不明	プリント あり	0
問題	0	0	. 0	0	0	0
予想	△ 班単位	△ 班 単位	Δ	Δ	△ 班単位	〇 班単位
予想分布 表の有無	0	△ 班ごとの 予想	× 班実験 結果	× 班実験 結果	△ 班ごとの 予想	0
討論	0	0	不明	0	0	0
実験	0	0	0	0	0	0
実験行動 単位	代表者が 実験	班	班、個人	班,個人	班	代表者, 班,個人
教科 書 の 使用	×	×	×	×	×	一部使用
生徒の 感想文	×	0	不明	0	×	0
気持ち 実験授業	0	0	0	0	0	0
理由 実験授業	0	0	0	0	0	0
仮説 実験授業	×	Δ	Δ	· Δ	Δ	0
討論形態	d	a	不明	С	d	С
実践者	川瀬	河野	東	東	大谷	大谷

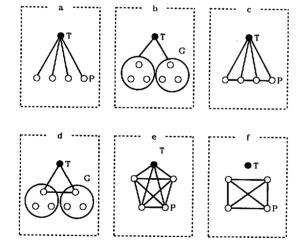


図1 討論形態について (T:教師, P:児童生徒, G:グループ)

号, p.p.23-28.

実践 C:1983年実施

東正彦,「『機械2』の学習内容」, 長谷 川淳ら,『たのしくできる中学校技術科 の授業』あゆみ出版, p.p.192-211.

実践D:1983年実施

○:あり、 ×:なし、 △:一部認められる

東正彦,「機械・原動機・水車の授業」, 技術教育研究会編,『技術教育の方法と実践』明治図書, p.p.140-159.

実践E:1984年実施

大谷良光,「力学をたいせつにした機械 2の学習」,技術教育研究会,『技術教育 研究』第25号, p.p.1-9.

実践 F:1987年実施

大谷良光,「授業書『予想実験授業によるたのしくわかる機械・原動機』の教材論, 教具と授業運営法(付 授業書)」 自費出版

(2) 教育実践の比較・検討

上記の6つの教育実践について、その特徴をま とめてみると表2のようになり、また、その時の 討論形態を図1に示す。

授業書について、その利用価値を認め授業の中 に取り入れているのは、大谷氏の実践のEとFで ある。仮説実験授業あるいは予想実験授業を意識

して授業が行われたといえるのは、実践A、B, E. Fであり、これらの実践報告の中に「仮説実 験授業 | という言葉を見つけることができる。仮 説実験授業を意識したこの4つの実践は、「問題・ 予想・討論・実験」という科学的認識の成立過程 をとって授業がなされている。ここで、検討が必 要なことは、いずれの実践においても予想から実 験までを班単位で行っていることである。特に、 予想を班単位で行うことには問題がある。技術科 教育にあっては、準備・製作・後かたづけ・実験 等において、これまで班単位で行動することが多 かったために、この仮説実験授業でもその方法が とられたと思われるが、科学的認識の成立過程に 照らしてみれば、その措置は不適当である。数名 で構成されるひとつの班で、ただひとつの予想を 選ぶことは、既に班内の幾人かの予想を押しつぶ していることになっており、そのような中では活 発な討論は期待できないし, 科学的認識が社会的 認識であることを無視している。班による発言競 争をしくみ、外発的動機づけを行おうとする教師 の意図はわかるが、そうすることは班代表の意見 として採用されなかった子どもたちの予想を摘む ことになり、予想本来の目的を達し得ないと考え られる。また、実験行動単位について、板倉聖宣 氏は教師または生徒代表による実験であってもよ いめとしており、子どもたちにとっては実験の結 果が最大の関心事となっている。だが、技術科教 育においては、個人単位の実験をもっと重視して もよいと考える。技術科教育では、製作ばかりで なく実験の場合であっても、理論と対象変革活動 とをできる限り切り離さないでおきたいからであ る。

実践Fを除いて教科書の使用はなされていない。しかし、実践Fにおける教科書の使い方は、教科書をひとつの参考書・資料とみなす使い方であり、機械の名称や説明を見つけるための資料として授業書の中にうまく有機的に取り入れられている。これは、教科書と仮説実験授業とを上手に一体化された実践として注目できる。実践Fは、他の実践報告に比べその完成度が高いものであり、実践DとEがその基礎となっていることからも、十分に練られた実践であるといえる。この実践Fでは生徒の感想文でも、90%以上の生徒がこの授業が

好きだと答えている。また、生徒に感想文を求めた実践BとDにおいても生徒の反応がよく、歓迎された授業であったことが報告されている。

庄司和晃氏の「予想実験授業の3段階」に実践 内容を照らし合わせてみると、すべての実践が、 「気持ち実験授業」と「理由実験授業」の内容を 含んでいる。科学の一般概念・法則である「仮説 実験授業」を取り入れているのは、実践Fだけで ある。技術学に拠って立ち、その科学的概念と技 術学的認識に支えられた技能とを調和させている 体系的な授業書として、実践Fは今後の技術科教 育での授業書の在り方を示しているといえよう。 なお、実践Fについては、その授業の「成功と失 敗」が分析されているが、①テストで平均80から 85点以上とること、②子どもたちの過半数がこの 授業を「好き」と答えていること、 ③この授業書 を使えば、教師なら誰でも一定の成果を得られる ことが保証されていること, の3点について成功 をおさめたことが併せて報告されている。この実 践Fについて、今後改善が求められるのは、実験 による結果ではなく教師が直接に正解を子どもた ちに示す実験不在の問題が比較的多いということ である80。あくまで仮説実験授業は実験によって 科学的認識が形成されるのであるから、実験不在 の問題は極力さけ、どうしても実験が難しいもの は授業書中で「お話」として提示することで、教 師による一方的な押し付けをなくすべきである。

討論形態について、教師と児童・生徒の接近 (意見交換)を考えてみると、仮説実験授業が理想とするものは、形態 f である。班単位で予想を立てれば、どうしても討論は形態 b または形態 d になってしまう。科学的認識は社会的認識であることを討論で実行するためにも、予想を立てることを個人単位にし、予想分布表でもひとり一票という仮説実験授業本来の方法にすべきである。

それぞれの授業実践者が、どのような思惑で仮 説実験授業あるいは予想を立てる授業を技術科教 育に取り入れたかを検討してみると次のようにな る。

実践A: 得た知識が意外と不正確であることや、 常識とされていることにも、あてになら ないことがあるのを知らせるのに有効で ある。知的好奇心を呼びおこす。 実践B:技術学を軽視したこれまでのものづくり 授業には問題がある。進んだ子どもと遅 れがちな子どもが一体となって楽しみな

がら参加できる。

実践C:予想を立てながら実験をすることで,技 術学の理解を効果的にする。原理的・系 統的な理解を大切にする。

実践D:実践Cとほぼ同じ。

実践E:知的好奇心と向上心を喚起する。知的充 実感と実用性を授業で与える。結論の押 し付け、記憶のみの学習には問題がある。

実践F:理論的学習を効果的にし、知的好奇心を 喚起する。これまでの物づくり授業と態 度主義には批判と反省がなされるべきで ある。技術学を中軸にすえ、認識と技能 を大切にした授業が必要である。

これら実践者の多くが「知的好奇心」に着目して おり、それは、おもしろくて楽しい授業を心理学 的に言い表したものである。また,断片的な知識 の押し付けや、技術学に関する科学的認識の欠如 した授業には問題ありとして、この仮説実験授業 に取り組んだ様子がうかがえる。ここで提示され ている大事な観点として、実践Bの河野氏が指摘 しているように, 仮説実験授業では頭の回転の早 い子どもも遅い子どもも同一の進度で進めるとい うことがある⁸⁰。早く正しい仮説・理論に到達し た子どもたちには、遅れている子どもたちを討論 で説得するという楽しい仕事が残っているわけで、 だれも劣等感を植え付けられることなく、楽しい 授業ができるわけである。人間はもともと新しが り屋で工夫好きであり、特に子どもたちはそうで ある。この好奇心や創造性を授業で枯渇させてい くことなく、育てていくしかけが仮説実験授業に は備わっているといえる。

2.8 評価の方法

(1) 評価基準について**)

教育評価ぬきの教育実践はなく、教育評価は当然のことながら教育目標と表裏一体のものである。 仮説実験授業における目標すなわち授業の成功と 失敗の評価基準は次の3点である^{87.89}。

①「すべての子どもたちが、そこで教育目的とされている科学上の概念・原理・法則を理解し使いこなせるようにする。」

授業のプロセスの中で、最終的にはクラスの子どもたちが、特殊な例外(例えば、前日休んだ人、ケアレスミスをした人、精神薄弱児)を除き、100%正しくこたえられるように授業を組織し、終末テストのクラス平均点は85点から90点になることを評価基準としている。

- ②「クラスのすべての子どもたちが、科学とこの 授業とが好きになるように、授業を組織する。」 授業後に書かせた興味調査や感想文で、過半 数の子どもたちが科学あるいはこの授業を積極 的に「好き」「大好き」であると表明し、特殊 な例外を除き、科学あるいはこの授業を「嫌い」 と表明する人がいないことを評価基準としてい る。
- ③「以上のような授業が、特別ベテランの教師でなくても、授業について一通りの能力をもち、この新しい仮説実験授業の考え方を自ら取り入れようとする熱意をもった教師なら、だれでも実施できるように一切の準備だてをする。」

教師の学力に過大な要求をせず、また過重な 労働を要求せず、この授業を行う教師が喜んで この授業を実現できるように一切の準備だてを し、教師の授業後の感想をもとにして判定する。 仮説実験授業研究会を中心にして、これまで作 成された授業書は、この3つの観点から追試・検 討されているが、その結果、これらすべてが実現 しうることが確認されている®。

子どもの立場で評価基準を考えてみると、目指している概念や法則を用いて、その概念や法則の適用する領域内にある未知の問題の答えを100%正しく予言できることに重点がおかれることになる。仮説実験授業の方法は、その授業書の構成上、クラス全員が正しい予想をひとりで選べるようになったかどうかということを、いつでも確認できるようになっている。すなわち、授業書の中にあらわれてくる「問題」が、個々の子どもの能力に応じて、診断的評価・形成的評価・総括的評価となって逐次あらわれてくると考えることもできる。

(2) 到達評価の重要性

仮説実験授業において、その評定尺度は、従来の 授業での教育評価法と大きく異なっている。最終 テストでクラスの平均点が9割に達することを標 準としているため、従来の5段階相対評価をとる

ことはできない。ここで、板倉聖宣氏は教育目標 にはどうしてもこれだけのことを教えたいという 「到達目標」と、こういうことについてできるだ け多くのことを教えたいという「方向目標」の2 つを分けて考えるべきことを提唱している™。 「到達目標」とは、ある限定された知識・能力が 完全に身についていることが要求されている目標 のことであり、例えば、小学校でのかけ算九九の 暗唱やひらがな・教育漢字が自由に読み書きでき るという教育目標である。「方向目標」とは、あ ることができるだけよくできることが好ましいと いうような目標であり、大学入試に英単語をでき るだけ知っていた方がよいというようなものであ る。義務教育で「基礎学力」としてとらえるべき ものは「到達目標」であり、これは子ども全員に 課すべきものである。ところが、現在はこの到達 目標と方向目標とが分けて理解されていることが 少なく、膨大な数の目標が、あたかもそれらすべ てが到達目標であるかの如くして、子どもたちの 前に提示されているのである。かつて遠山啓氏は、 教育のタイプを劇場型と自動車学校型の2つに分 類したがⁿ⁾、そのことは板倉聖宣氏が到達目標と 方向目標との2つに分けて考えるべきだとする発 想と同じである。また、すべての子どもたちに基 本的な学力を保証し、必須の学習目標を設定し、 子どもの向上意欲を育てるということから考える と、仮説実験授業のその評価設定の観点は「到達 度評価」であるともいえる。到達度評価は、19 70年初期に5段階相対評価の批判的克服を目指し て作られたものである。そのためには次の方策が 必要になる。

- ①各生徒の学習到達度を確認する診断的評価の 施行。
- ②生徒全員に共通の到達目標の設定。
- ③授業過程での学習到達度の確認および学習困難やつまずきの診断・治療・克服の方策としての形成的評価の行使。
- ④学期末や学年末において生徒各人に学力の到 達度を知らせ、生徒自身がみずからの到達度 を確認する総括的評価の実施。

仮説実験授業において、上記4つの方策は、その 授業運営法として取り入れられており、つまずき の診断・治療・克服の方法として「予想分布表」 と「討論」がうまく機能しているのである。

「方向目標」として行われるテストは、入学試験などの競争選抜試験では必要悪として行われているが、これを正常な教育活動に大規模に持ち込むことは、教育の目標を見誤らせることになり、無用な混乱を招くことになりかねない。義務教育段階における最も基本的な教育目標は、国民として必要最低限の知識・技能を確実に定着させることにあり、そのためには「到達目標」が設定されるべきである。技術科教育で目指すべきは、技術学に関する概念・法則の教育を「到達目標」として設定することにある。

(3) 評価方法について

仮説実験授業においてとられている評価方法は、 方向目標・相対評価ではなく, 到達目標・絶対評 価である。そのため、5段階評価をする場合には、 例えば90点以上100点までを4,70から89点まで を 3.50から69点までを 2, それ未満を 1 として いる®。その場合、単に最終テストだけで評価す ることを厳に戒めている。テストの成績がよいと いうことは、教育目標となっている概念や法則が 一応理解できたことを示しているが、仮説実験授 業では、その概念・法則についての知識の教育の みならず、科学的な姿勢・態度というものを養う ことをも目標としているのである。そのため、あ えて5という評価数値をテストだけで与えないよ うにしている。しかしながら、その科学的態度や 探究心というものの評価方法は、まだ研究中であ り、一定した見解は出されていない。

仮説実験授業は、ある意味では授業そのものの 展開がテストであるといえ、それはすべての子ど もたちに基礎的な学力を保証するものであり、そ のため相対評価をこの授業方法に見出すことはで きない。逆に、仮説実験授業は、これまでの評価 方法について問題提起がをしていると解すことと、 方向目標と到達目標の区別を行ったこと、授業の のが評価になっているという授業過程をの りあげたこと、ひとりひとりの子どもの授業を のものが評価になっているという授業過程を りあげたこと、ひとりひとりの子どもの授業等、 人間尊重と授業の科学化の考えに立ち、新しい教 育評価法をつくっているといえよう。それは、学 習内容と学習方法そして学習評価方法までが一体 化された授業方法であるといえよう。

2.9 学習内容選定の基本的視点

(1) 科学・技術・社会の関係

学習内容選定にあたって、技術科教育で何を教 えるかについて考える場合に、江崎玲於奈氏の科 学・技術・社会に関する説明**のに学ぶべき点が多 い。江崎氏によれば、自然科学とは、観測と実践 を重ね、その結果を論理的に解析して、できるだ け普遍的な原理を見い出し、自然現象を理解しよ うとする学問である。また、科学は時には人間に 何ができるのかの可能性を示唆してくれるが、科 学はそれ自身で実際的な役に立つものではないと している。これに対して、社会の要請に応じて、 この自然科学の原理と知識の応用を考えるのが技 術であるとし、科学的可能性は技術によっていつ も現実化されるので、科学を役立てるものは技術 であるとしている。常に未知の分野を探求する科 学の研究は新知識の創造、技術はそれを応用する ノウハウ(KNOW HOW) というように分相が はっきりしていると考え、その結果として、技術 は人間社会の要請によって進められるため、当然 その社会の価値観の影響を受けるとしている。図 2は江崎氏の考えをまとめたものだが、技術を中 心にして、右側に自然科学、左側に社会をおいて 考えると、技術は破線で示されるインターフェイ スを持つことになる。革新技術を生み育て、その 適切な活用を図って社会を健全に発展させるため には、技術を取り囲むこの2つのインターフェイ スがたいへん重要な役割をするとしており、この 考え方は技術科教育の内容選定を進めるにあたっ て、見落としてはならない大事な観点であるとい える。自然科学と技術との境界においては、科学 と技術が相互に触発されて発展する側面であろう し、社会と技術の境界においては、技術のアセス

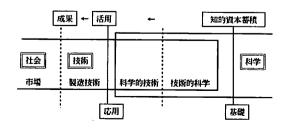


図2 科学・技術・社会の関係®)

メント(評価)、選択、意志決定とかかわっている。技術が単に「製造技術」のみならず、科学との境界、社会との境界を持つものであり、それがともに人間尊重の立場で唱えられることが大切である。

また、科学と技術との関係について、朝永振一郎氏は次のように述べている。

「科学と技術というものは、しばしば一つのも のだと考えられるほど関係の深いものです。…… 確かにこのような科学と技術の混同も理由のない ことではありません。世界の奥の奥で統べている ものはなにかと問い、その秘密を知りたいという 人間の持って生まれた知的欲求のあらわれが科学 であり、人間存在に好都合であるように自然の事 物を改変しようとするのが技術です。ですから、 科学と技術とは、それぞれ根本的にちがったねら いと方法を持っている。ですが他方、世界を統べ ている法則にもとづかないような技術は存在し得 ませんし、また科学も観察や実験をよりどころに する以上、それをより精密に、また完ぺきにする 技術なしには発展しえないのです。そういうわけ で科学と技術とは、二本で縒り合わされた網のよ うにからみあう関係にあります。……科学の歴史 をたどってみると…技術上の発明が科学の発展を うながした例が少なくないのです。psm

江崎氏も朝永氏も、科学と技術を無理に二分することなく、また階層づけることなく、それぞれが他方に依存する関係があるとしている。技術科教育の学習内容選定においても、理科と技術科の内容を無理に二分することで内容を損なうよりは、重複することでお互いの関連性を明確化することが必要である。そのように考えると、技術・家庭科と理科が、教材を別々にして関連性を断ち切られて教えられている現状が残念に思われる。

(2) 理学・工学・技学・社会科学の相互関連モデル

これまでの考察をもとに、理学・工学・技学・社会科学の相互関連をあらわした図を考えてみると、図3のようになる。この図は、川上正光氏の「私の考える理学、工学、技学など」^{SE-SE)}をもとにして、板倉聖宣氏の仮説実験授業の考え方^{IOO)}を取り入れて書き直したものである。理学(SCIENCE)・工学(ENGINEERING)・技学

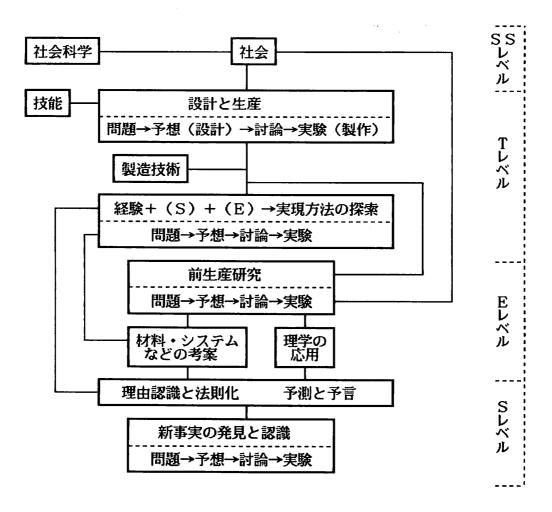


図3 理学・工学・技学・社会科学の相互関連図

(TECHNOLOGY) ・社会科学 (SOCIAL SCIENCE) の各レベルのものを、それぞれ、Sレベル・Eレベル・Tレベル・SSレベルとして表している。科学的側面と社会的側面をそなえもつ技術科教育の学習計画を示す際には、それがどのレベルのものなのか、あるいはどのレベルのものと関連が深いのかをこのレベル記号で併記することが望ましい。Sレベルにおいては、「新事実の発見と認識」が予想実験授業で展開され、そこから「理由認識と法則化」および「予測と予言」がさらに展開される。Eレベルでは、「材料・システムなどの考案」あるいは「理学の応用」から、「前生産研究」が予想実験授業で展開される。Tレベルでは、SレベルやEレベルの内容や経験を

もとに「実現方法の探索」が予想実験授業でなされ、また、「製造技術」や「技能」の習得のもとで「設計と生産」の学習が予想実験授業でなされる。SSレベルでは、「社会科学」の知識をふまえつつ学習がなされる。

それぞれのレベルにおいて、最も有効な「予想 実験授業の3段階」を示すと表3のようになる。

(3) 学習内容の基本的視点について

学習内容の基本的視点については、岩手の「技術教育を語る会」が研究の立場としてひとつの仮説をたてているが、この考えを支持する。それは、次に示す仮説である。

「一般の教科の授業では,一定量の知識と能力 を子どもたちに獲得させる過程を重視しなけれ

各レベル	該当する予想実験授業の3段階
社会科学レベル	気持ち実験授業
(SSレベル)	(社会的役割の側面)
技学レベル	理由実験授業+気持ち実験授業
(Tレベル)	(総合的技術的側面)
工学レベル	仮説実験授業+理由実験授業
(Eレベル)	(総合的技術的側面)
理学レベル	仮説実験授業
(Sレベル)	(分析的論理的側面)

表3 各レベルと予想実験授業の3段階との関連表

ばならないが、技術科の教授でも例外ではない。 技術科の教授としては、技術学の基本を中軸に すえて、技能は技術学の基本・人間労働の科学・ 生産組織・技術史などを認識する手段として位 置づけよう」^{[101)}

さらに具体的に考えると, 長谷川淳氏の提案する 次の技術科教育学習内容域に替成できる。

- ①他教科とくに理科,数学,社会科で学習した自然の法則,社会の法則を応用して技術的な問題を解決し、またこれを検証し具体的に理解できるものである。
- ②科学の基本的な原理を理解させるとともに,現在の主要生産に共通した技術学的原理を理解させ,科学の技術との関連,技術の各部門相互の関係の理解ができるものであること。
- ③系統的な学習ができ、論理的に思考し、自主的 に思考し行動し、積極的に理解ができるもので あること。
- ④生徒におこなわせる実際活動が、社会的に有用なものであること。
- ⑤生徒の学習活動や労働が、生徒の心身の発達や 能力に相応したものであること。

技術科教育における学習内容選定の基本的視点で大切なことは、社会科学・技学・工学・理学のすべてを見すえた上で内容を選択し配列することである。技術科で主に指導すべき内容は、図3に示した相互関連図でいえば技学レベルと工学レベルである。技学レベルと工学レベルを足し加えた

領域から「技能」を差し引いた領域を「技術学」 と定義する。技術を技術学をもとに理学的側面から追究させ、技術の原理や法則を理解させることが大切であり、また、技術を技術史と現代の産業や生産技術をもとに社会科学的側面から追究させ、技術を社会の中で考え、かつ現実的な意義を理解させることが求められる指導内容である。理学の学習とあいまって、相互依存関係にあることを理解させ、技術がもつ最適性を追究し、あくまでとが必要である。また、社会科学の学習とあいまって、社会的な感覚や道義を深め、現代の産業や生産技術の進化がもたらす人間生活に害となる変化や問題に対する適切な判断力を育てることが必要とされる。

(4) 技術学, 技能, 技術史のとらえ方

技術の発展の過程で、技術についての知識が膨 大に蓄積され、それらの法則が形づくられて技術 の科学、すなわち技術学がつくられている。この 技術学の基本を、自然科学や数学、社会科学と結 びつけて教えることが、技術科教育の中心となる 内容である。技術学を「(技学レベル)+(工学レ ベル)ー(技能)」と定義し、子どもたちに獲得さ せるべき知識と能力は、この技術学の基本と技能 であると考える。現代技術の中心にあるものは労 働手段であり、その膨大かつ複雑な労働手段体系 を理解するには、それらの背後にあるこの技術学 を学ぶことによりはじめて可能になる。技能は、 技術学的法則を習得するための手段として、なく てはならないものである。 すなわち, 技術科教育 はこの労働手段体系と労働力(技能)の教育を行 うものである。

普通教育としての技術教育を技術科教育と呼ぶが、この技術科教育において技術学を教える意義は大きい。「日本国憲法第26条は国民の教育権を保障しているが、この国民の教育権は同じ25条にいう国民の生活の生存権をその文化的側面から実質化しようとするもの」⁽¹⁰⁾ であり、それゆえ、現代社会において、すべての人間が現代技術の中心にある労働手段の体系の基礎を学ぶことは、その生存権を文化的側面から保障するものであるともいえよう。また、普通教育としての技術教育は非職業教育でなくてはならないが、技術学の基本を

学ぶことは、職業教育ではなく、すべての人間に 必要とされる学習内容を学ぶことであるといえる。

技術学は、それ自身のもつ論理的な順次性と系統性にしたがって教えられねばならないが、技能についても、それ自身として正しい手順で教えられねばならない。現在の技術科教育は、週2~3時間という限られた時間しか与えられておらず、技能の習熟は期待すべくもないが、普通教育としてその習熟遂行の必要はない。しかし、技能を正しく教え、知識と技能とが相互媒介にあることを示し、労働の意義を学ばせる必要がある。子どもの全面的な発達のためには、技術学と技能のいずれも欠けてはならないものである。

技術史学習は、技術科教育のなかに仮説実験授 業を導入する場合に、極めて意義がある。これま で、技術科教育において、技術史学習の意義は、 次の3つの点で認められている100。第1点は、技 術の社会的側面の諸問題を教える有力な手だての ひとつとして技術史学習が位置づけられることに よる。第2点は、学習指導要領が技術というもの を「生活を明るく豊かにする」ものとだけしか描 いておらず、技術が進歩すれば生活が明るくなる というように、技術の社会への影響の一面だけし か強調していないことを克服する手だてとしての 技術史学習の有効性である。第3点は、法則・原 理を教授する際に、歴史的な発達の過程にそって 授業を展開することが、人間の知識や理論の発達 の順序となり、人間の認識の順序にかなって展開 されるので、子どもたちの理解を容易にするとい うことである。われわれが心に留めておくべきこ とは、板倉聖宣氏が仮説実験授業を構築する際に、 氏はその拠りどころを科学史に求めたということ である。技術史の研究を進めることが、技術科教 育で授業書を作成する場合の有用な根拠となるこ とは確かなことであり、その手だては子どもの認 識にもかなっているといえる。板倉氏は授業書を つくる際に、その概念・法則をつくった科学者の 意識の変化を探るために、科学者の当時の日記に まで分析の手を伸ばし、克明に意識の後追いをし ている。また、それは成功例ばかりでなく、多く の人間の失敗例や間違った認識にまで及び、そこ から多くの教材を引き出している。技術科教育で、 その教材を技術史に求める場合、板倉氏のこの取 り組み方に学ぶべき点は多い。単に歴史上の発明・発見を羅列することでは、個々の技術の背後にある概念・法則は子どもたちには見えてこない。技術の発展の過程で、これまでに多くの成功例と、技術科教育の教材になるのを待つように多くの失敗例とが残されてきている。われわれは、この宝を無にすることがあってはならない。

3. おわりに

技術教育でつけるべき学力は、技術学の科学的 概念の認識と技能の習得、技術観の形成である。 本論では「理学・工学・技学・社会科学の相互関 連モデル」を作成し、技術学を、工学レベルと技 学レベルを足し加えた領域から技能を差し引いた 領域と定義した。また,本論では仮説実験授業の 検証ならびに技術科教育と理科教育との連関を考 察したが、これまで技術科教育において科学的基 礎が重要視されなかったことが、系統的な科学的 理論学習を成立させにくくしてきたといえる。科 学教育としての仮説実験授業を手本とした場合、 技術科教育に関する授業書は、技術の科学的概念 の認識形成を中心に取り扱うことになり、予想実 験授業の第2段階である「理由実験授業」の段階 に、技術学の多くは位置づけられることになる。 技術科教育において、仮説実験授業の形態で教え ることができるのは、自然科学や数学の知識や法 則を生産に応用し、生産技術上の問題の解決に役 立たせ、またこれによって自然の法則を実証する という内容のものであり、また、生産の具体的な 事実の中から問題を設定し、仮説を立て、実際的 な仕事に適用して検証し、法則を導き出すという 科学の一般的な方法を習得させる内容のものであ る。したがって、製作にあっては、作品が模倣で ある場合を除いて、拡散的思考が大いに求められ 生徒個々人によって異なった製作物を作るという ような場合には、仮説実験授業は直接有効な指導 方法ではないと考えられる。すなわち、授業書と いうものの性質上、技術科教育でつけるべき学力 をすべて授業書に一手に担わせることは難しい。

今後は、本論で述べた学習内容選定の基本的視点に立ち、技術科教育の各領域別の授業書作成および製作題材選定をしていく予定である。

福田:仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善(第1報)

謝辞

本研究を進めるにあたって,ご指導いただいた 東京大学名誉教授 原正敏先生,ならびに千葉大 学教育学部 依田有弘先生に深く感謝いたします。

注および参考文献

- 長谷川淳:「教材論 総論」講座『現代教育 学(第11巻)』(技術と教育)、岩波書店, 1961, p.136.
- 原正敏:「技術教育と教育方法」『技術教育 の方法と実践』,明治図書,1983, p.45.
- 3) 広岡亮蔵編:『授業研究大事典』,明治図書, 1977, p.p.606-607.
- 4) 板倉聖宣:『仮説実験授業のABC(改訂3版)』,仮説社,1984,p.p.19-49.
- 5) 庄司和晃:『仮説実験授業の論理』,明治図 書,1988,p.19.
- 6) 庄司和晃:『仮説実験授業』,国土社,1965, p.11.
- 7) 庄司和晃:『仮説実験授業と認識の理論』, 季節社, 1976, p.12.
- 8) 文献5) p.p.11.
- 9) 板倉聖宣:『仮説実験授業〈ばねと力〉によるその具体化』, 仮説社, 1974, p.p.30-45.
- 10) 文献7) p.p.13-21.
- 11) 板倉聖宣 上廻昭編: 『仮説実験授業入門』, 明治図書, p.p.270-284.
- 12) 文献6) p.p.113-120.
- 13) 文献4) p.p.7-18.
- 14) 文献9) p.24.
- 15) 板倉聖宜:『科学と方法』,季節社,1969, p.p.234-253.
- 16) 板倉聖宣:『科学と仮説』,季節社,1971, p.p.250-255. において,プログラム学習と仮 説実験授業の違いが述べられている。
- 17) 文献5) p.36.
- 18) 文献6) p.p.189-201.
- 19) 文献9) p.26.
- 20) 文献9) p.26.
- 21) 文献9) p.29.
- 22) 板倉聖宣: 『たのしい授業の思想』, 仮説社, 1988, p.77.

- 23) 文献15) p.p.224-233.
- 24) 板倉聖宣:『仮説実験授業の研究論と組織論』, 仮説社, 1988, p.p.376-384.
- 25) 文献4) p.p.25-27.
- 26) 文献11) p.p.47-49.
- 27) 文献22) p.84.
- 28) K・マルクス, 長谷部文雄・訳:『資本論(第 1部)』, 河出書房, 1964, p.151.
- 29) 田中美知太郎・訳:『ヘラクレイトスの言葉』, 弘文堂(アテネ文庫), 1948, p.p.12-13.
- 30) 文献15) p.3.
- 31) 文献15) p.p.3-18.
- 32) 文献7) p.77.
- 33) ヘーゲル, 松村一人・訳『小論理学』(第24 節補遺3), 上巻, 岩波書店(岩波文庫), 1951, p.126.
- 34) 三浦つとむ:『認識と言語の論理(第1部)』, 勁草書房, 1967,p.p.60-61.
- 35) 文献7) p.86.
- 36) 文献7) p.86.
- 37) 広松渉ら編訳: 『認識の分析』, 創文社, 1966.
- 38) 板倉聖宣:『私の新発見と再発見』, 仮説社, 1988, p.p.231-232.
- 39) 神戸伊三郎:『理科学習原論』,東洋図書,1936.
- 40) 文献38) p.p.264-293.
- 41) 文献6) p.p.88-97.
- 42) 高橋金三郎·菅野聡:『理科実践論』, 同学 社, 1959.
- 43) 文献6) p.p.97-100.
- 44) 細谷純・永野重史・新田倫義:「理科ノート 方式による授業の創造と研究」『学習心理』, 第4巻,第4号,小学館,1963,7月号, p.p.74-83.
- 45) 文献6) p.p.102-107.
- 46) 文献16) p.p.255-260.
- 47) 文献6) p.87.
- 48) 文献5) p.p.162-163.
- 49) 文献15) p.p.206-213.
- 50) 文献6) p.185.
- 51) 文献9) p.p.234-236.
- 52) 国立教育研究所内フォール報告検討委員会・

- 訳:『未来の学習』,第一法規,1976,p.96.
- 53) 斎藤健次郎ら:『教育学講座(第15巻)』,学研,1979,p.137.
- 54) 原正敏ら: 『講座 日本の学力(第8巻)』, 日本標準, 1979,p.p.259-260.
- 55) 板倉聖宣:『日本理科教育史』,第一法規, 1968, p.416.
- 56) 文献54) p.260.
- 57) 文部省: 『中学校指導書(技術・家庭編)』, 開隆堂, 1989, p.p.7-9.
- 58) 文部省: 『中学校学習指導要領案』, 時事通信社, 1989, p.p.46-62,85-95.
- 59) 文部省: 『中学校指導書(技術・家庭編)』, 開隆堂, 1978, p.p.49-62.
- 60) 佐々木享•原正敏編:『技術科教育法』,学文社,1972, p.p.16-41.
- 61) 土井正志智・長谷川淳ら: 『技術科教育法』, 産業図書, 1978, p.p.23-40.
- 62) 坂本賢三: 『先端技術のゆくえ』, 岩波書店, 1987, p.p.11-14.
- 63) 文献 2) p.45.
- 64) 金城力人:「『電気通信理論』への仮説実験 授業導入」,技術教育研究会第10回大会発表 資料,1977.
- 65) 文献 7) p.p.30-34.
- 66) 大谷良光:「『予想実験授業によるたのしく わかる機械・原動機』の教材論,教具と授業 運営法」,自費出版,1987, p.p.10-11.
- 67) 文献66) p.11.
- 68) 板倉聖宣:「技術と社会」,「ものづくりの授業の考え方」,『たのしい授業の思想』, 仮説社, 1988, p.p.297-304,305-318.
- 69) 板倉聖宣:「技術教育と科学教育」、『仮説実験授業の研究論と組織論』、仮説社、1988、p.150.
- 70) 文献69) p.151.
- 71) 文献69) p.155.
- 72) 文献69) p.157.
- 73) 「たのしい授業」編集委員会: 『ものづくり ハンドブック』, 仮説社, 1986. に, これま でのものづくりに関する記事が集大成されて いる。
- 74) 板倉聖宣:「私たちの研究の立場」(1964),

- 『科学と仮説』, 季節社, 1971, p.160.
- 75) 文献5) p.p.131-132.
- 76) 文献6) p.p.51-81.
- 77) 文献6) p.71.
- 78) 文献7) p.p.30-41.
- 79) 梅津勝:「仮説実験授業と技術教育」,『技術教育研究』,第23号,技術教育研究会,1983,p.p.3-5. において,梅津氏は,仮説実験授業を技術教育に導入する際に,井尻正二氏の「実験的方法」を用いるべきだと提言している。
- 80) 文献79) p.2.
- 81) 文献79) p.2-3.
- 82) 文献16) p.p.iii-iv.
- 83) 文献9) p.44.
- 84) 実験不在の問題は、例えば次に示すページに ある問題である。文献66) p.22,24,26,37,40, 41,42,44,49,61,66,68,69,70,77,78,89,90,92,96.
- 85) 板倉聖宣氏は、この同一の速度で進められる 授業を「ものづくり授業」においても徹底的 に遂行すべきことを、文献22) p.315.に述べ ている。
- 86) 文献4) p.p.43-80.
- 87) 文献15) p.p.220-224.
- 88) 文献9) p.p.207-209.
- 89) 文献15) p.224.
- 90) 文献16) p.p.339-344,346-354.
- 91) 波多野誼余夫・稲垣佳世子: 『知力と学力』, 岩波書店, 1984, p.p.190-191.
- 92) 青木一ら:『現代教育学事典』, 労働旬報社, 1988, p.571.
- 93) 文献11) p.38.
- 94) 文献5) p.20.
- 95) 江崎玲於奈:「科学技術の光と影」読売新聞 (1982.5.21).
- 96) 朝永振一郎:『物理学とは何だろうか(上巻)』 , 岩波書店, 1979, p.137.
- 97) 村田昭治ら『技・家の科学的な指導(機械・電気編)』, 開隆堂, 1982, p.p.6-7.
- 98) 川上正光: 「私の考える理学, 工学, 技学など」, 東京工大クロニクル, Na.63, 1974.
- 99) 工学論研究会編:『工学と技術の課題』, 理 工図書, 1978, p.69.

福田:仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善(第1報)

- 100) 文献15) p.231.
- 101) 田村泰彦・技術教育を語る会編: 『技術科 教育の計画と展開』,明治図書,1965,p.41.
- 102) 文献1) p.139.
- 103) 文献60) p.4.
- 104) 日本教職員組合編:『私たちの教育課程研究(技術教育)』,一ツ橋書房,1971, p.p.146-148.