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2報）　－授業書案「電気」の構想－

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/20.500.12000/956

仮説実験授業の導入による技術科教育法の改善（第２報）
― 授業書案「電気」の構想 ―

福　田　英　昭[*1]

Improvement of Industrial Arts Teaching by Experimental Teaching on the Hypothesis (*Kasetu-jikken-jugyo*) (II)
— Design of the lessons on the science of electricity —

by
Hideaki FUKUDA[*1]
(Received April 30, 1993)

The relationship among science, engineering, technology and social science can be schematized as a figure containing experimental teaching on the hypothesis. Systematic, scientific and theoretical teaching in accordance with the figure is essential to industrial arts. This paper is intended as investigation of the teaching materials of electricity. The verification of experimental teaching on the hypothesis in the teaching materials is made by means of design of the lessons. It seems reasonable to conclude : the electrical lessons consisting of experimental teaching on the hypothesis to be the best teaching of industrial arts, in the sense that students will master the fundamentals of scientific method from start to finish.

1．はじめに

現代における生産技術のエネルギー源は電力に代表され，社会における様々な技術領域では，電子技術が重要な地位を占めている。エネルギー源としての電気の活用は日毎に盛んになり，一般家庭においても各種電化製品が普及し，私たちの生活もそれらによって変化している。今日，私たちはこの電気に関する技術を身につけることなしでは，真に労働の主人公になりえない。とりわけ，次代を担う若い世代を社会の主人公たる主権者として育むためには，電気をはじめとする科学技術を科学的理論に基づき教えることが必要である。

技術科教育において科学的基礎が重要視されなければ，系統的な科学的理論学習は成立しにくい。特に電気の領域では，科学的基礎の理解が十分なされぬことによる学習の弊害は大きい。前報[1]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。その相互関連モデルに基づき，仮説実験授業を導入することが，系統的科学的理論学習を重視した技術科教育を成立させる基盤となると思われる。本研究では，技術科教育における電気学習の教材を検討し，さらに電気学習での仮説実験授業の有効性を検証し，それに基づいて「電気」の授業書を作成する。

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

2．電気の教材論

2．1　技術科教育の「電気」と理科教育の「電気」

(1)　技術科教育における電気学習の変遷　歴史的に，技術科教育の電気の学習を振り返ってみると，次のようにまとめられる[2]。

①　1926年，高等小学校の実業科目（選択）のひとつとしての「工業」科では，発電・送電・電燈・電熱・電車の5項目について指導していた。しかし，工政会関西支部が大阪市長の諮問に対して答申した「高等小学校の工業科対策」の中では，電気大意として，電気概念・電気の発生法及び発電所・送電及び配電法・電気の利用・電気通信・ラジオ・各種電化問題・感電と雷撃・漏電と火災・電気取り扱い上の注意を指導するように提言している。今日の分解・組立・保守整備を中心とした電気器具中心の学習内容に比べ，電気エネルギーをどのようにして自然界から獲得しているかという発電・送電についての知識を教授してる点は，技術科教育が歴史上において置き忘れてしまった重要な指導内容である。戦前において，電気の学習を手工（工作）あるいは工業の教育に取り入れようとした試みがなされたことに注目せねばならない。

②　1941年の「国民学校教則」では，電気に関する指導事項はみられないが，国定教科書（国民学校6年用）には，電動機とラジオ受信機の教材が取り上げられており，注目すべきである。しかし，「高等科工作」について電気教材は見受けられない。

③　1947年の『学習指導要領　職業科工業編』において，電気学習が第7学年から第9学年の生徒の技術教育の中に公式に取り入れられるようになった。第8学年の実に40％が電気学習で占められていた。製作物の例として，電気を使った点燈，配線の工事，電球を使ったいろいろな実験，電気スタンドの製作，電気コンロの製作，ベルを使ったいろいろな実験，などがあげられている。

④　1951年の『中学校指導要領　職業・家庭科編』では，電気に関する学習は機械操作の中に含まれている。その内容は，配線ならびに照明器具・電熱器具・通信機の組み立て，照明器具の操作，電熱器具・照明器具の分解修理である。

⑤　1957年の指導要領の第2群の電気分野では，機器製作と保守修理の2項目からなっている。保守修理では「電気機械器具の構造と機能を理解させ，それらを保守したり，修理したりするのに必要な基礎的な技術を習得させ，安全に留意する習慣を養い，さらに進んで日常生活において各種の電気器具を正しく取り扱うことによって，生活を科学的に高めるようにする」とし，その仕事の例として電灯配線器具・電熱器具・電動機・変圧器・ラジオなどをあげている。その目標と指導題材をみれば，それは家庭生活主義，さらには消費技術主義の傾向があるといえる。その傾向は現在の指導内容にも残っている。

⑥　1958年，職業・家庭科が技術・家庭科となり，その内容として，電気配線図，電気回路要素，電気計器の取り扱い法，電気工作法，配線器具の点検と修理，照明器具・電熱器具の点検修理，電動機の保守と管理，受信機の製作・調整・修理があった。また，総合実習の中で電気の内容を扱う学校も多かった。

技術科教育の歴史が示してくれるのは，産業教育から技術教育へと移り変わり，普通教育としての技術教育が工業技術を中心に成立してきたことである。技術科教育の基本的性格として今後求められるべき方向は，非職業的教育，非生活的教育，未来志向的教育，理論中心教育の4点[3]である。電気学習において，これらの観点から内容を編成することが求められているといえる。すなわち，

a．電気学習における基礎専門教育の重視と基礎工学教育の拡充。

b．職業や生活への応用というものでなく，理論検証としての電気実習の位置づけ。

c．未来の社会や生活において，必要が認められるような電気教材の選定。

d．電気における技術的知識（技術学）中心の教育内容。

など，これらの観点は，これまでの技術教育の

歴史の反省から出された，今後の電気教材編成への指針である。電気技術の科学的視点をもち，生産技術における電気技術の役割を教えることが大切である。

(2) 現行学習指導要領における電気学習

技術科教育の電気分野と理科教育（中学）との関連をみると次のようになる。これは，文部省『指導計画作成の手引』[4]の「中学校の関係教科との関連」として示してあるものであり，昭和56年度から実施されている教育課程の内容である。

技術科教育の［電気１］については，理科の［第１分野］の(4)電流のア「電流と電圧」イ「電流による発熱」ウ「電流と電子」と関係があり，それらは一般に第２学年で学習することになっているので，内容および学習の時期について関連を図るように指示されている。そのため，［電気１］の学習は，理科の学習との関連から考えると，第２学年の後半，または第３学年の前半に位置づけると学習の効果を高めることができるとしている。また，理科の［第１分野］の(6)運動とエネルギーのエ「電流と仕事」の学習には，［電気１］の学習の成果を活かすようにとしている。

この文部省『指導計画作成の手引』からもわかるように，技術科の学習指導要領と理科のそれは別個に作られた後に，関連性のある指導箇所を単に併せて書き示しただけであり，電気の内容の有機的結合は特に図られていない。単に，内容の関連性から，両教科の電気の指導時期のみ合わせただけであり，そこには十分な配慮がみられない。そのため，技術科教育の内容と理科教育の内容の融合は，教科の枠を越えた教師同士の十分な準備なしには，成立しえない状況をつくっており，あるいは子どもたち一人一人のそれぞれの教科での学習に期待するという形で放任されているにすぎない。このような状況下においては，科学的理論学習に基礎をおいた技術教育は実施されにくいといえる。

(3) 電気学習における技術科と理科の関連

技術科教育における電気を考える場合，理科教育との関連性からどうしても不可欠なのは，電気をエネルギーとしてとらえる観点である。この観点なしでは技術科教育の内容は，分解，組み立て，保守整備という電気器具の取り扱い中心の学習に終始することになる。

したがって，現行の理科の学習指導要領との関連からすれば，理科［第１分野］の(6)運動とエネルギーのイ「仕事」ウ「光・熱と仕事」オ「エネルギー」と，技術科の電気内容とのつながりがもっと求められるべきである。また，必要によっては，理科［第１分野］の(4)電流の一部を，技術科が担ってもよいと考える。自然科学の裏付けのまったくない技術学はありえないのだから，「理科で習おうが習っていまいが，必要なことは考えるべきである」[5]。

技術科と理科の指導内容が有機的につながっていない現在，両教科における内容の重複よりも恐るべきは，内容の関連性を見失い互いに孤立している技術科と理科の状況である。現在，日本の中学校における技術教育は，総合技術教育の中で位置づけられておらず，ひとつの教科教育として存在している。そのため，このように技術科が理科との融合を図り，理論学習にもと重点をおくことに，多くの困難が生じているが，技術科教育において必要なことは他教科と重複していても教えるという態度が，結果的にこの教科の重要性を証明することにつながっていると考えている。子どもたちにとっても，このような重複は無駄であるよりも，その概念・法則の重要性を再認識させるうえで有効である。

２．２　仮説実験授業の「電気」について

(1) 「電気」に関するこれまでの授業書

仮説実験授業研究会を中心として，これまで40以上の授業書[6]が作成されてきており，また多くの授業書案が研究会で検討されている。だが，確かな成果をおさめる授業書は，１年に１～３種類しか生まれていない[7]。これは，感動させる内容にするために授業書の素材を科学史に求め，その構成を人間の認識過程にのっとった形にするまでに時間を要し，さらにこの授業書を使って確かな成果が得られることを授業の追試で確かめるのに多くの時間と労力を必要とするからである。また，どんな授業書をどう

いう順序でいつ行えばよいかという統一カリキュラムは作られておらず，ゆえに授業書のまだ作られていない自然科学の領域も多数残されている。その中で，「電気」に関する授業書は，比較的多く作られてきており，様々な授業書が発表されている。ここでは，電気に関してこれまでに発表された授業書および授業書案をひとつひとつ検討し，その体系化を試み，技術科教育との関連をも探っていきたい。

① 授業書「ものとその電気」[8]

静電気の授業書で，「すべてのものには電気が含まれている」という今日の原子論的物理観の基礎を感動的に教えている。その内容は，第1部「(1)電気と磁石，(2)2種類の電気と電子」，第2部「(1)放電と自由電子，(2)電子を追っかけろ」であるが，第2部はまだできていない。静電気実験では，実験環境の影響を強く受けるため，いつも同じ実験結果が得られにくいというのがこの授業書の弱点であるが，実験装置を簡略化させ，実験結果が確実なものを選び出すことで成功をみている。だが，なお多くの改善すべき課題をもつ授業書である。

② 授業書「電気を通すもの・通さないもの」<金属>[9]

この授業書そのものはまだ活字印刷になっていないが，大人に「仮説実験授業というのはどういうものか」を体験してもらうのに最適の授業書といわれている。第1部「電池で遊ぼう」，第2部「電気が通るものはなに」から成り，豆電球テスターを実際に作らせ，それを使って日常の様々なものが実際に電流を通すものかどうかを実験させている。また，それら実験を通して「金属」というものにどういう性質があるかを教えている。金属と電気を教える授業書としては，技術科でも使用可能な授業書である。

③ 授業書「スイッチと回路」[10]

電気回路という技術を理解させるために，第1部「並列回路の百面相」では並列回路と様々なスイッチに注目し，それらを通じて回路の学習を楽しいものにしようとしている。また，第2部では，身近にあるいろいろな電気的しかけを「自動スイッチ」というメガネを通して理解させるというのもこの授業の特徴である。第3部の「トランジスタを使った自動スイッチの製作」は，完成されてはいるが，未発表である。この授業書の問題のいくつかは，理科教育というより回路学習を重視する技術科教育の内容のものである。

④ 授業書「豆電球と回路」[11]

この授業書は，豆電球やソケットおよび乾電池の構造を理解させることを通して，回路の概念の育成を図っている。後半には配線図を読めるように内容を編成しているが，自分の考えた回路を配線図で表すまでには至っていない。電気がわかることの出発点を回路がわかることと考え，「電気の通る道すじがわかって，電気を頭でも実際にも操作できるという自身をつけさせる」ことをそのねらいとしているが，回路設計の問題量が少なく，以後数回にわたって改訂がなされている。この授業書は，のちに全面改訂されることにより，授業書「電池と回路」になった。

⑤ 授業書「電池と回路」[12]

「第1部：まめ電球のつけかた，第2部：はだか線とビニール線・エナメル線，第3部：スイッチ，第4部：電池のつなぎ方」の4部構成から成る授業書である。電流と回路についての最も基礎的な知識を与えることをねらったものである。電圧・電流という概念やオームの法則というようなものを全く使わないで，電気を学ぶ楽しさを教えるように編成されていることがその特徴である。また，一般に授業書では難しい意地悪な問題から始まっているのが常であるが，この授業書では素直な問題から始まっている。それは，電気の部品というものはそもそも自然物ではなく，人間が目的意識的に作った人工物であるということで，まずその人工物をその目的に合わせて使って電気のおもしろさを知って，その後に人工

物の目的・機能を越えた問題を取りあげる方が素直でいいのではないかという考えによるものである。

⑥　授業書「２つの回路の結合」[13]

２つの回路を結合した場合であつても「回路」という電気の通り道は確実にあり，それを通してアースの原理的な考え方を教えている。電気工学の内容において技術的には何でもないように行われていることでも，その奥に潜む原理を改めて問われると難しく感じるが，この授業書はそのことをうまく教材化したものといえる。この授業書は，技術科教育で扱っているショートやアースの考え方を教える授業書として有効なものである。

⑦　授業書「静電気で遊ぼう」[14]

電気をのせて運ぶ道具としての「電気盆」や，電気を蓄える道具としての「ライデン瓶」を製作させ，それらを使って遊ぶことを通して，金属に多く含まれている自由電子が起こす静電気の現象を理解させている。理論と製作と一体化させ，静電気を光や物体運動に変化させ目に見える形にして提示した点は，理論と製作が分離しがちな技術科の「電気」が注目すべき点である。

⑧　授業書「電池であそぼう」[15]

素人のための電気学入門として作成された授業書であり，電池・豆電球・発光ダイオード・抵抗器・コンデンサ等の人工部品についての使用時における特性についてまとめられた授業書である。部品毎に話が区切られており，途中からでも学習可能な授業書である。この授業書は，技術科で現在教えている電気の内容とその多くが重複している。

⑨　授業書「電流」[16]

電気抵抗，電圧と電流の強さ，オームの法則，電力等を教える授業書で，その構成は，「第１部：電気抵抗，第２部：電圧と電流の強さ，第３部：電流計と電圧計，第４部：電力と電力計」から成る。目に見えない電気の世界を，まず電気抵抗の存在に気づかせ興味をもたせることで，直観的にイメージをもたせ，その後に定性的な実験だけをもとにしてオームの法則へと導いている。オームの法則の学習後に定量的な実験に入っているが，これは，「実験結果が予想外のものになる場合には，定性実験の方がはるかに感動的で，印象的だ」という板倉聖宣氏の考えによる。電気に関する授業書の中で，いちばん完成度の高い授業書だといえる。

⑩　授業書「電圧と電流」[17]

この授業書は，オームの法則を平易に教えようとするものではなく，電気のマクロ的側面を，電圧と電流にしぼって技術的に扱おうとするものである。電源を直流（電池）に限定し，回路の接続方法を工夫することにより希望の電圧が得られるようにすること，さらに，抵抗の接続方法により電流は変化するが，つなぎ方によっては電流の足し算ができることを，実験を通して理解させている。そのため，測定結果を電流計・電圧計を使って測り，電気を量的にとらえさせている。その構成は，「第１章：電圧と電流，第２章：抵抗と電流，第３章：電流の足し算，第４章：電流とエネルギー」となっている。

⑪　授業書「電流と磁石」[18]

電磁気学の最も基本的な諸現象と磁場の概念を本格的に導入しようとする授業書で，「第１部：電流と磁石（磁場），第２部：コイルと電磁石」の２部から成っている。将来的には，さらに「第３部：電磁誘導，第４部：電磁波」これに加えられる予定である。第２部の最後には，モーターの製作が設けられており，理論と製作の一致が図られている。この授業書の特色は，電流の磁気作用の事実と磁場の概念の導入法にあり，特にエルステッドの電流の磁気作用の発見から場の概念の必要性を理解させているところに，板倉聖宣氏の科学史研究の成果が表れているといえる。

⑫　ミニ授業書「ゼネコンで遊ぼう」[19]

ゼネコンという手軽な発電機を使うことに

よって，これまで直観的な理解が困難であった電気エネルギーのことやモーターの働きがより理解されやすくなるようにと作られた授業書である。これまで電池その他の電源を利用していた実験は，このゼネコンにほぼ置き換え可能であり，また電気エネルギーを実感できるという点で，応用範囲の広い教材であるといえる。その構成は，「第１部：ゼネコンとモーター，第２部：ゼネコンとコンデンサー」の２部から成る。この授業書を効果的に用いることで，技術科での発電・送電や効率，コンデンサーを教えることができる。

⑬　授業書案「電流と磁場」[20]

この授業書案は，磁場という概念をとらえさせることが中心となつており，この磁場の概念を使って，電磁力作用，電磁誘導，電磁波の発生などの現象をとらえ，電磁現象を統一的に教えていくことをそのねらいとしている。電磁力作用までの授業書は完成しているが，それ以降は作成中である。この授業書の特徴は，電場の導入を永久磁石からではなく，電流磁場から入っている点，また，磁場のイメージをつかみやすくするために，磁石間の引力と斥力を磁力線の相互作用として説明した点にある。

⑭　授業書「電気学入門」（初級）[21]

この授業書は，授業書「電池であそぼう」を全面的に改訂増補して作られたものであり，表題としては，「教師のための電気学入門」となっている。板倉聖宣氏は，「この程度のことは小・中学校あたりの理科や図工や技術家庭科などの時間にとりあげてもいいと思う」と述べているが，その内容は現行の技術・家庭科の電気領域で扱う内容と多く重視している。また，この授業書は，エレクトロニクス時代の電気工作を意識して作られたことが内容からうかがえる。その構成は，「第１部：電流・電圧・抵抗，第２部：２本足の電気部品たち，第３部：３本足・４本足の電気部品と複雑な回路」となっており，第３部は作成中である。なお，実験にあたっては，テスターの使用を強く要望しており，その使い方についても逐次ふれている点は注目に値する。

⑮　授業書「電磁気学」[22]

相互作用という観点から，場の概念を中心としてとらえた電磁気学の授業書である。この授業書は，北海道大学の高村氏を中心にして，高校生用に作られた授業書で，その構成は，「第１部：電磁場入門，第２部：電気と磁気とのかかわり，第３部：電磁気現象からみた相対論入門」である。身のまわりにある意識されていない電波としての場の現象に着目させ，最終的には電磁場として理論的に再構成させている点に特徴があり，最後には電磁場との対応から重力波の性質を類推させ，場を扱う古典物理学へと考えを広めるようにしている。

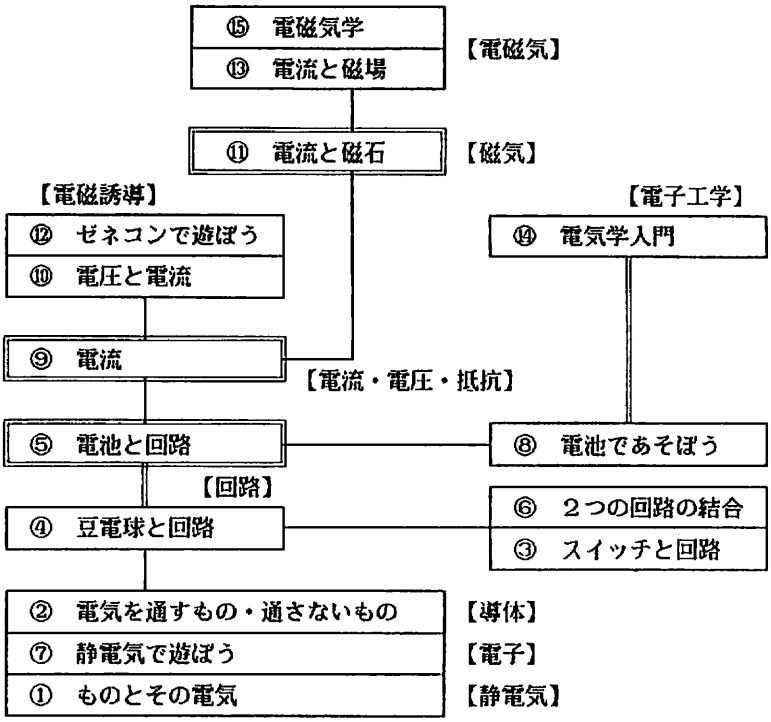
(2)　「電気」に関する授業書の体系

前述した授業書を体系的にまとめると，図１のようになる[23]。また，技術科教育とこれら授業書との内容的関連性をみると，表１のようになる。

一般に学校現場で行われている指導展開としては，⑤「電池と回路」から，⑨「電流」へという場合が多く，その他の電気の授業書の利用には特定の系統性はなく，その利用は個々の教師に任されている。しかし，理科教育の電気指導の展開については，図１に示す下に位置する授業書から上の授業書へと展開されるのが理想であると考える。だが，技術科教育にあっては，その取り組みは自ずと異なってしかるべきであるが，回路学習を中心にすえることが望ましい形であるといえよう。理科教育においても，回路を中心とした入門指導を受けて，その後，ミクロの面（基礎的な理論を中心に，電子のイメージをつくる）とマクロの面（技術的な問題を中心に，定量的に扱う）への２つの展開を有機的に行おうとする取り組みはあるものの[24]，技術的な面での取り組みの弱さは否めない。

２．３「電気」の学習内容の選定

(1)　「電気」で何を教えるべきか



□内の授業書は，特に完成度の高い授業書である。
また，④の改訂が⑤，⑧の改訂が⑭である。

図１　電気に関する授業書の体系

表１　技術科教育と関連する授業書

技術科教育で扱う内容	関連する授業書
回路	③，④，⑤，⑥
電流，電圧，抵抗	⑧，⑨，⑩，
電磁誘導	⑪，⑫
電子工学	⑧，⑭
電磁気学	⑪，⑬，⑮

技術科教育における電気学習では，「電気をエネルギーとしてとらえ，電気エネルギーを，熱，光，動力に変換するしくみや，それらエネルギーを効率よくトロールするために考え出されているいろいろな装置やしくみを学ぶこと」[25]がひとつの大きな目標となる。その場合，理科との関連を大切にし，「回路」，「回路づくり」，「電気エネルギーの制御」，「計測」，「計測原理」，「電磁気」，「電気エネルギーの変換」，「制御の原理，方法」について学ばせることが必要である。さらに，「電子のはたらきの原理」や，社会科学的な面としての「技術の歴史」や「現代の産業とのかかわり」についても取り入

れることが重要である。

そのように，電気についての技術科と理科は，両者が強く結合した学習内容でなくてはならない。そのためにも，技術科と理科の教材は，それぞれに補強しあいながら編成されなければならない。

たとえ技術科の学習内容が，理科のものと重複しても，オームの法則，回路づくり，基本回路の測定，回路計の原理，ジュールの法則などは，いずれか一方の教科にその内容を依存すべきではない。なぜなら，それらは科学と技術のかけ渡しをする大切な教材であり，江崎玲於奈氏が「インターフェイスがたいへん重要な役割を演ずる」[26]といった内容のものだからである。同じ理由をもって，技術科と社会科の間に存在する教材を軽んじることはできない。

(2) 学習指導要領における技術科教育の「電気」

前述2．1の「技術科教育の『電気』と理科教育の『電気』」をもとに，学習指導要領[27]やそれに準じた教科書の技術科電気領域について，考察をおこなうと次の8項目にまとめられる[28]。

① 電気学習の教材は，電気エネルギーを消費する側面のみを取り上げており，発電や送電などの電気エネルギーを生産する側面にはほとんどふれていないこと。

② 一定量の知識や技能を系統的にかつ科学的に学習できるような教材として組まれてはおらず，プロジェクト法による指導方法に固執していること。

③ 電気についての科学や技術の体系にもとづいた教材の系統と，子どもの知識や技能の発達のすじみちをとらえた学習内容の組み立て方では必ずしもないこと。すなわち，子どもの認識にかなった学習内容の編成をとらず，理科との関連がほとんど考慮されていないこと。

④ 上記と同じ理由で，社会との関連がほとんど考慮されていないこと。

⑤ 電気の学習で重要な位置をしめる「電子のはたらき」を，子どもの認識を考えずに，いきなり半導体で取りあげていること。

⑥ 増幅回路を用いた装置を子どもたちが製作する場合，トランスの原理はおろか，コイルの巻数や，電気，電流との関係が無視されているため，また，半導体のしくみについての記述が不十分なため，「物づくり」中心の授業しか展開できず，子どもたちに真の学力を定着させていないこと。

⑦ 「電気の本質とはなにか」ということを理科教育で扱うべき内容として技術科では無視しているため，子どもたちは電流・電圧・抵抗などの概念をつかめないまま電気学習に取り組んでいること。

⑧ 電気をエネルギーとしてとらえる観点が不十分であるため，電気エネルギーをどのように自然界から獲得し，どのように他に変換しコントロールして生産活動に利用しているかという展開がなされていないこと。

(3) 電気学習のねらいと構想

以上の考察をもとに，電気学習のねらいとして，次の3つを設定することができる[29]。なお，前報[1]の「理学・工学・技学・社会科学の相互関連モデル」の各レベルも併記する。

Ⅰ．電気についての概念を形成させること。
（理学レベルでの取り組み）

Ⅱ．電磁波と電子工学的な手段の基礎の理解と，その応用を習得させること。
（工学レベルと技学レベルでの取り組み）

Ⅲ．電気を中心にした科学や技術の発達の展望と社会的機能の理解をさせること。
（社会科学レベルでの取り組み）

電気学習のねらいを達成させるために，その学習内容の構想を次のように設定する。この構想は，林淳一氏の提案（『岩波講座・現代教育学』第11巻）[30]を参考にしている。かわりやすくするために，内容の難易度によって，初級・中級・上級の3つの段階に分けて示すことにするが，電気学習の内容に応じて，これらの段階は統合されたり細分割されて指導されることもありうるものである。なお，それぞれの段階は，「理学レベル」→「工学レベルと技学レベル」→「社会科学レベル」で構成している。

【第１段階】初級段階

① 電圧，電流，抵抗，電力などの電気理論の基本となる概念を理解する。
② 電流の実体である電子をとらえ，電流の示す諸現象の理解を深める。
③ 電気器具の設計や製作を通して，技術学と技能との融合が組織的に図られ習得される。
④ 導体や不導体など，物質の電気的性質を知って，電気教材についての理解を深める。
⑤ 発電・送電・配電の学習をもとに，電気と現代社会のかかわりを理解する。

【第２段階】中級段階

① 直流と交流，および電磁誘導の現象を理解する。
② 力学的仕事を電流のエネルギーに変換できる。
③ 逆に，電流のエネルギーを力学的仕事に変換できる。
④ これら電気エネルギーの変換の学習に際しては，発電機，変圧器，電動機などの技術学的学習が組織され，それらを効率よく制御する方法を併せて理解する。
特に，直流電動機を回転させて発電できることを体験させることは，力学的な仕事と直流のエネルギーの相互転化を，鮮やかに印象づけるだろう。その教材としては，ゼネコンが最も有効である。
⑤ 電気エネルギーの変換の理解のうえで，電気機器や電気照明などのしくみを理解する。
⑥ 電気の技術史の学習をもとに，電気技術発展の展望と課題をつかみとることができる。

【第３段階】上級段階

① 電磁誘導の発展として，電波の存在とその性質を理解し，電磁気学の基礎を理解する。
② 物質の原子的な構造の理解にたって，物質の電気的性質を理解する。
③ 電磁波が情報の伝達に利用できることを学び，電気通信の有効性を理解する。
④ この段階の学習にあたっては，整流や増幅などに，半導体などの電子工学の基礎手段が使える程度の技術的学習をさせる。
⑤ エネルギーの本質をつかみ，その変換・制御の方法を理解する。
⑥ 電気技術の課題を情報問題・エネルギー問題とかかわらせて考察できる。

以上のような観点にたって，電気学習のねらいを再構築すると，次のようになる。なお，この電気学習のねらいは，岩手の「技術教育を語る会」の考え[3)]を基本にして組み立てている。

（Ⅰ）回路をつくると電流がながれること，さらに電流の示す諸現象の理解にもとづいて，力学的な仕事を電流のエネルギーにかえうることを理解する。また，電流のエネルギーを熱や力学的な仕事などにかえうることの基礎を身につけさせること。
（理学レベルでの取り組みを中心に）

（Ⅱ）電磁波の理解にもとづいて，電磁波を情報の伝達に利用できることを理解する。さらに，半導体などの働きの理解にもとづいて，電子工学的な手段の基礎を身につけさせること。
（工学レベルと技学レベルでの取り組みを中心に）

（Ⅲ）これらの技術の科学と技能にもとづいて，科学や技術の発展の展望と，その社会的機能についての理解を深めさせること。
（社会科学レベルでの取り組みを中心に）

本論文では授業書案「電気」をつくるが，その場合のスコープ（範囲）は上記の第１段階（初級段階）と第２段階（中級段階）とし，また，その場合のシークエンス（配列）は，「理学レベル」→「工学レベルと技学レベル」→「社会科学レベル」で展開されることを基本とする。

３．授業書案「電気」

３．１　電気学習の相互関連図

前報[1)]の「理学・工学・技学・社会科学の相互関連図」をもとにして，電気学習の相互関連図をつくると図２のようになる。

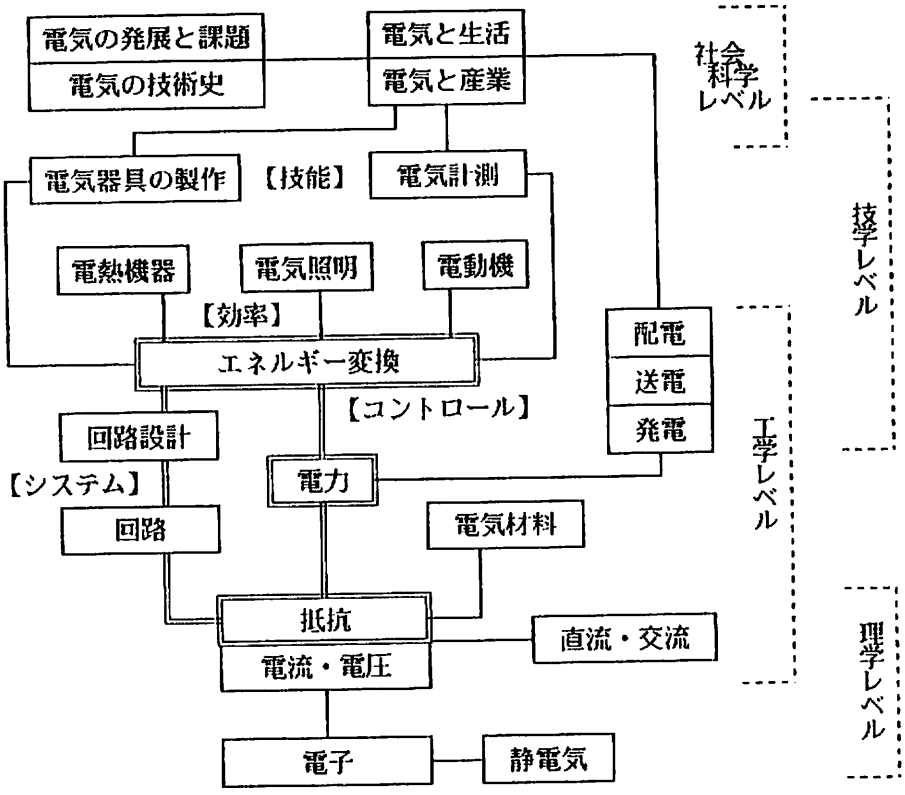


図２　電気学習の相互関連図

この電気学習の相互関連図に示される内容は，普通教育としての技術教育で教授すべき内容であり，それは次のような考えにもとづいている。

① 電流，電圧，抵抗などの電気理論の基本を理解させる場合にあたっては，抵抗を重要視して指導することにする。それは，抵抗を中心に考えることで，回路というシステムが組み立てられ，電気の流れがコントロールされていることが容易に理解されると考えるからである。それゆえ，まず抵抗という概念を明確につかませるため，電流や電圧よりも抵抗を先に取り上げて教授することにする。

② 電気の正体である電子のイメージを明確にとらえさせるために，静電気の領域の一部を内容に取り入れることにする。そのことで，電気抵抗に深く関係する導体と絶縁体の違いを，ミクロ的に理解させる。また，電気盆やライデン瓶の製作を通して，自由電子の理解を深めさせ，コンデンサーへの学習に結びつける。

③ 電気理論の指導にあわせて，電気計測の技能を習得させる。その計測器として回路計を使用し，回路計の内部構造（回路設計）を簡略化して指導することにする。それは，回路計のしくみがわからなければ，正しい計測器の操作技能が身につかないと考えるからである。

④ 電気エネルギーの変換では，電熱機器，電気照明，電動機の３つを主に取りあげることにする。エネルギー変換を指導する場合には，その変換器具のしくみと効率などを学習させる。

⑤ 発電・送電・配電を通して，発電量の推移や電力の需要供給の関係，資源問題などを考察させ，電気と生活，電気と産業とのつながりを理解させる。また，電気の発展と課題，および電気の技術史は，必要に応じて随時取りあげることにする。

３．２　授業書案「電気」のねらいと構想

これまでの電気学習内容の分析をもとに，授業書案「電気」のねらいと構想，およびその学習内容を考えると次のようになる。なお，この内容順は指導順序であり，授業書案「電気」の目次と一致している。また，授業書案「電気」の具体例は割愛する。

【第１部　電気理論の基本】

《第１節　電流・電圧・抵抗》[32]

この節は，仮説実験授業研究会編・板倉聖宣氏による授業書『電流』を基礎にしており，まず電気抵抗の存在に気づかせ，興味をもたせることから授業が始められる。電流や電圧の概念がなくても，予想ができるようにしており，「電線の電気抵抗を減らすにはどうすればよいか」ということを問題にして，「電気抵抗の大きさは長さに比例し，断面積に反比例する」という法則を，退屈な測定結果からではなく，大まかな予想実験をもとにして導き出す。その後，「金属の種類によって電気抵抗が違う」ということを，定量的ではなく，定性的な実験によって明確化させる。定量的な実験というものは，なかなかそれまでのイメージの変換を伴わない退屈なものに終始しがちであるから，予想を大きくひるがえすような問題では，できるだけ定性的に把握させるようにする。なお，後の回路計の学習では，それを定量的な把握へとつなげている。したがって，この節では，定性的な実験だけをもとにオームの法則を導入しているが，抵抗やそれに続けて学習する電圧のイメージが明確にできれば，オームの法則などは至極当然なものと考えられる。いったんオームの法則が学習されれば，定量的な実験の理解は容易になり，次の第２節の「直列回路・並列回路」の学習がたやすくなる。

この節では，電気抵抗，金属の種類と抵抗，電圧，オーム法則の他に，電気材料，固定抵抗器と可変抵抗器，電池と水池，電源と負荷などの内容が含まれている。なお，水池とは電気の流れを水の流れに見たてて，電池や回路の理解を助けるための学習教材である。

《第２節　直列回路・並列回路》[33]

この節では，電気回路の基礎となる直列つなぎと並列つなぎを，オームの法則を使って予想を立て，実験をするという構成をとっている。この節の内容も，板倉聖宣氏の授業書『電流』を基礎にして問題を作成している。ただし，この段階では，まだ回路計の学習を行っていないので，実験の測定はすべて教師がやってかまわない。個々の生徒による実験測定が本来は一番望ましいが，仮説実験授業では実験者は教師でも生徒の代表者でもかまわないのである。回路計のしくみを学ぶには，それ以前に最低限，直列・並列つなぎを理解しておく必要がある。また，回路計のしくみを理解させることなしにその測定法を指導すると混乱をおこすと考え，それゆえ，この節では教師実験を原則としている。なお，回路計の学習の後では，生徒ひとりひとりによる回路測定が望ましいので，そのように内容を編成している。

《第３節　回路計》[34]

この節では，実験・測定単位はグループ毎に行うが，予想はこれまで通り個人単位で行うようにする。まず，回路計の実物を見せないで，そのメーターの原理やしくみから，目盛りがどのようになっているか予想をたてさせ，使われている回路と目盛りとの関連を理解させる。そうすることで，レンジ選択や目盛りの読み方，さらに電流計・電圧計・抵抗計としての使い方の違いなどの技能が確実に身につくと考えるからである。また，分流器と倍率器という回路設計の考え方を，回路計を題材にして学ぶことができる。なお，交流電圧計としての整流器，すなわちダイオードについての学習には深入りしない。目盛りの読み方を充分練習した後で，最後に，直流電流，直流電圧，抵抗，交流電圧の測定を個人単位で行う。

《第４節　電力》[35]

この節は，板倉聖宣氏の『電流』をもとに構成しており，電力の概念を取りあげた後で，電流の発熱量に関するジュールの法則へと話が広げられる。また，電力量や電気料金の話，電球

の電気抵抗などの内容を取り入れている。

《第5節　電気と電子》

電気の正体である電子の流れを，原子の構造から説きおこし，ミクロ的な視点で電気を理解させるようにする。一般的に，マクロ的な実験・観察が多いこれまでの技術教育では，このミクロ的な教材の取り組みがないがしろにされてきたといえる。このミクロ的な教材の取り組みは，電子工学へと内容を発展させるためにはどうしても必要な内容であり，コンデンサーの働きを理解させるうえでも，電気学習の早い段階で指導せねばならないものである。整流や増幅などに使われる半導体を教える段階になってはじめて原子構造にふれるのでは，電気の学習内容の系統性を無視しているといえる。この節では，導体と絶縁体，電流の熱作用などを電子の働きとして理解させ，エネルギーの運び手としての電子をイメージさせることを目的としている。

《第6節　回路設計》[37]

この節では，実際に生活の中で必要とされる働きをするように，回路設計の練習をする。この授業書の中では，設計までは行っているが，実際にその製作までするようにはしていない。しかし，時間がゆるせば，実際に製作まで行わせるのが,技術科教育として望ましい学習展開である。ここでは,ショート,アースという概念を学ばせると共に,屋内配線やいくつかの便利なスイッチを学習するようにしている。

《第7節　直流と交流》[38]

この節では，直流の考え方を基本にして，交流の電流と電圧の周期（サイクル）と，周波数，また，実効値という考え方を導入している。さらに，直流と交流の電気の起こす現象の違いを比較して，それぞれの特徴を明確化させている。なお，直流と交流の違いは，この節以後も取りあげている。

《第8節　キルヒホッフの法則》[39]

第6節で回路設計を学び，2つの回路が結合しても変化しない場合をアースの概念を得るために取りあげたが，ここでは，その場合のような難しい回路すべてに応用できるキルヒホッフの法則を紹介する。この法則を理解したことによってはじめて，回路設計のための最低限の知識が習得されたといえる。

【第2部　電流のはたらき】

《第1節　ゼネコンとモーター》[40]

この節は，板倉聖宣氏のミニ授業書『ゼネコンで遊ぼう』を参考にしている。エネルギー変換の話をする前に，まず直流電動機を回転させ，力学的な仕事を電気エネルギーに変換させることが，電気エネルギーの変換を最もよく印象づけると考えている。直観的に理解されにくい電気エネルギーを，ゼネンコという発電機を通して，いろいろなエネルギーに変換させることができるため，教材としてのゼネコンは利用範囲が広いといえる。ここでは，発電させることで，モーターを回したり，熱を発生させたり，光を出したりする実験を行う。また，その実験を通して，効率を学ばせることができる。

《第2節　電気エネルギーの交換》[41]

この節では，電気エネルギーの特長を理解させた後で，電気エネルギーが様々な他のエネルギーに変換されることを学習する。また，多くのエネルギーの源が太陽であり，エネルギー保存則やエネルギーの質と量の違いについて学ばせる。そこで，エネルギーに対する概念としてエクセルギーを導入し，質と量を見定めてエネルギーを使うべきことを指摘する。

《第3節　電熱機器》[42]

電気機器の特長をふまえた後で，その原因であるジュール熱を学ぶ。また，電熱器の回路を設計させ，これまでの学習の総合訓練を試みる。最後に，サーモスタットなどの自動制御の考え方を学習する。この節では，アイロンを実際に分解し，回路計を使って導通試験および絶縁試験をするようにしている。当然，分解・測定の場合にあっても，予想を立てて行うことが必要

となる。

《第４節　電気照明》[43]

白熱電球のしくみとその効率，けい光灯のしくみとその効率，また，けい光灯の場合にはその回路設計と安定器やグローランプの働きについて学習することにする。グローランプについてはバイメタルの働きを，安定器の場合には自己誘導作用を学ぶ必要があるが，コイルの詳しい内容は，次の第５節で述べる。

《第５節　電動機》[44]

この節では，磁界，右ねじの法則，コイル，電磁力，フレミングの左手の法則，モーター，電磁誘導，発電機，変圧器などについて学習する。中心になるのは，電場と磁場との関係で，この２者のエネルギーの変換が，具体的には発電機と電動機になって生徒の前に現れることになる。エネルギーを体感できるゼネコンは，発電機ばかりでなく，電動機としても使える教材であり，なおかつ電気ブランコなどの実験の電源としても使える優れた教材である。

【第３部　静電気とコンデンサー】

《第１節　静電気》[45]

電気盆やライデン瓶の製作を通して，電気を起こす自由電子の存在を確認し，また，静電気の利用について学習する。電気盆やライデン瓶は，電子のイメージを正しくもつためには欠かせない教材である。日本はどちらかといえば乾燥地ではないので，この節で扱う実験はできれば乾燥している冬に行うのが望ましいが，夏などに実験をする場合には，ドライヤーで起電台を乾燥させつつやれば，ライデン瓶でネオンランプを光らせるほどの電気をためることができる。

《第２節　コンデンサー》[46]

ライデン瓶の応用でもあるコンデンサーを，再び原理に立ち戻りアルミホイルとラップで製作し，極板の間隔と広さが電気容量にどう影響するか実験する。また，現在，１ファラッドというスーパーコンデンサーが市販されているので，それを使ってゼネコンで電気をためて，多くの実験を行うことができる。

【第４部　発電・送電・配電】

《第１節　発電・送電・配電》[47]

水力発電，火力発電，原子力発電を中心に，発電電力量の移り変わりを学習し，それが産業の発展と大きく関わっていることを認識させる。また，電気は貯蔵が難しいことから，揚水発電所にその役割を担わせていることを教え，「送電に直流と交流とではどちらが有利か」，「どうして高電圧で送電するのか」などの質問をもとに，電気を供給する側から見た技術を考えていく。

《第２節　電気と生活》

私たちの電力需要に合わせて，電気がどのように供給されているかを，電気の需要供給の問題でとらえる。また，近年の使用電力の推移，エネルギー供給量の推移をもとに，今後，日本および世界がどのように資源を使えばよいのかを考えさせる。さらに，世界の発電やエネルギー資源についても学習する。

４．結論と課題

４．１　授業書案に対する評価

(1)　授業書案に対する自己評価

この授業書案は，まだ授業実践によって検証がなされていない。したがって，ここで授業記録をもとにこの授業書案を分析することができず，それは今後の課題として残されている。しかし，この授業書を作成するにあたり，多くの方々の数多くの実践をふまえた授業書に学び，その内容のいくつかをこの授業書案の中に取り入れたところもあり，その部分では学習の成果は充分に期待できる。その意味では，電気に関するあらゆる仮説実験授業の授業書をいちどすべて解体して，それを技術科教育用に再編成したものがこの授業書案「電気」であるともいえる。

ひとたび，授業書案ができると，以後それは効果的な授業の法則性を客観化するための材料となる。また，この授業書案は定式化された授業運営法と共に使われるから，その検証は確実に，無駄なく行われるわけであり，それが仮説実験授業の「教育法の科学化」,「授業の科学化」などと称されるゆえんでもあり強みでもある。結論と課題の多くは，授業による検証によって得られるが，ここでは作成にあたって考察したことを中心に述べる。

この授業書案「電気」の扱う範囲は広く，一部は理科教育に，一部は社会科教育にその内容が似ているが，本来，学習者の頭の中では科目毎に既得知識が分断されているわけでなく，このように「科学的に物事を考える」という共通項でくくれば，このような編成をとって指導することは，そのデメリットよりもメリットの方が多いと考えられる。その点で，自然科学の法則と社会科学の法則との間にある技術の教育は，たいへんに恵まれた領域に位置しているといえる。それゆえ，技術科教育の指導目標を考える場合，「理科でもなく，数学でもなく，社会科でもない学習内容が技術科教育の指導内容である」というような消極的定義は，技術科教育のあるべき位置と本質とを見失った考えであるといえる。教科間で重複して指導することは無駄であると考えられるが，技術科では，その教科間のインターフェイスを大切にしなければ，その指導内容は貧しいものになり，指導効果も期待できず，精神と肉体との結合した労働をそこに見いだすこともできないといえる。私たちは，庄司和晃氏の提唱[49]するように，今後は広い意味での科学教育を希求すべきでもあるが，本来，電気学習における学習内容のほとんどは，技術科教育が担うべきものである。現行の理科教育の電気に関する内容の多くは，技術科が指導すべき内容であると考えている。理科で扱うべき内容は，電場，磁場，電磁波などの現象を中心とした内容であるべきで，電気をいかにして変換させるか，いかにして制御するかという問題は，技術科の扱うべき内容なのである。それゆえ，授業書案「電気」の中で,「静電気」に関する一部を除いて，第2節「直列回路・並列回路」以降のすべては技術科教育の内容であるといえる。さらに，始めの第1節「電流・電圧・抵抗」の部分も，授業書案に示したように抵抗の概念を中心にすえることによって，その内容を技術科の内容とすることもできるのである。

「予想を立てる（仮説を立てる）」ことを精神作業と考えるならば,「実験をする（測定をする，製作をする）」ことは，その予想に裏付けられた実践であり，肉体作業と考えられるであろう。この両者が分け隔てられることなく，一体化されることが，技術教育，広くは科学教育のあるべき指導法である。それは，精神作業と肉体作業とが縄のように織り交わり，両者がスパイラル状に繰り返し展開される中で，科学的認識が育成されるようでなくてはならない。仮説実験授業は，まさにその指導形態をとるにふさわしいものである。それゆえに，技術科教育が成し遂げるべき目標のひとつである「自然科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適用して検証し，法則を導き出すという科学の一般的な法則を習得させること」において，仮説実験授業は有効な方法であるといえる。

(2)　授業書案の扱う領域について

この授業書案「電気」では，整流や増幅のために半導体などの電子工学の基礎的手段を使いこなすという技術的学習が欠けており，また，電磁波，電気通信の分野の領域も含まれていない。この授業書案は，中学校の技術科教育での指導を意図して作られており，この中心となる領域は技術・家庭科「電気1」の領域である。しかだって，本来ならこの授業書案は「電気（基礎編）」と呼ばれるべきものであるが，普通教育としては，電気に関する内容はこれで充分であると考えている。だが，近い将来，これまでのような中学校までの教育を義務教育とせず，高等学校までをも義務教育とするのであるならば，新たに高等学校で教えるべき教材として授業書「電気（応用編）」が作られ，そこで指導されるべきである。あるいは，技術教育が，本来そうあるべき姿である小学校・中学校・高等学校と一貫して指導されるようになるならば，

小学校用に電気に関する授業書を，また，高校用には授業書「電気（応用編）」が作られるべきである。

この授業書案では，特筆すべきような製作品が織り込まれていない。製作するようにしているのは，可変抵抗器，電気盆，ライデン瓶，などであり，いずれも１時間の授業内で簡単に作れるものである。だが，これらの製作品をもってして，技術科教育の製作品だとすることはできない。これらは，あくまで科学的認識のための小製作物にすぎないからである。しかし，このわずかな製作物の中にも，技術の法則を教える手がかりは数多く秘められており，決して軽んずことはできない物なのである。そこで，授業書を通して得た知識と技能をもとに，この授業書終了時，もしくは第２部の「電流のはたらき」が終わった時点で，別に製作品を作るのがより望ましい授業方法といえる。その製作品としては，回路計,あるいはそれに準ずる「導通テスター」[50]が最もふさわしい。

また，電気計測の学習は，回路計を中心に展開している。その計測技能は，この授業書案で充分に身につくものと考えている。さらに，電気アイロンの分解・組立を通して，計測技能を実践的なものへと結びつけている。はんだ付けなどの具体的な電気工作技能については，この授業書案ではまったくふれていないが，これは，適時，担当教師によって指導されればよいと考えている。

(3) 技術教育における仮説実験授業の限界について

仮説実験授業そのものだけでは，技術教育すべての内容を指導することはできない。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，生産業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，生徒個々人によって異なった製作品をつく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。授業書案「電気」から，製作品を作るという内容を除いているものその理由からである。仮説実験授業が使えるのは，今日，明らかにその法則性が認められたものであり，ある程度の法則適用範囲が認められるものでなくてはならない。そのため，具体的製作過程の詳細にまでわたって，仮説実験授業を取り入れるのはふさわしくない。生徒ひとりひとりによって製作品がまったく違う場合は，不可能だといえる。いわゆる収束的思考には仮説実験授業は有効なのであるが，個々人の工夫や創造性を重んじる製作の場合にあっては，拡散的思考が求められるため，仮説実験授業はその場合，適切な指導法ではない。また，製作には科学的知識や方法が必要になるが，それを適用する実際的な技術的知識と技術的能力がなくては，ものを作ることはできない。その実際的な技術的知識と技術的能力を使う場面で，仮説実験授業をそのまま適用するのも難しいと考えている。

ただし，製作が模倣である場合，その製作過程には多くの仮説実験授業が取り入れられると考えている。様々な条件の中で，どのような考えから製作品の大きさ，形，材質，加工工具，測定工具などを選んだのかを予測を立てさせ，製作過程の中でその答えを発見することができるからである。また，製品に求められる条件をいくつか変えて作り，その後，比較させることで，最適値を学ぶことができるからである。それは，大がかりな予想・実験の授業であるといえよう。創造のはじめが模倣である場合が多いことを考え合わせれば，そのような形態で製作がなされてもよいといえる。そのように，模倣製作，製品に求められる条件を変えた製作であれば，その製作そのものが仮説実験授業のいうところの実験と同じ位置づけになる。それは，仮説実験授業ではなく，「設計製作（実験）授業」とでも呼ばれるべきものである。その具体的方法と有効性の検証は，今後の課題として残されている。

また，本論文では，理科と技術科の内容が多

くの重なり合った電気という領域を手掛けたが，電気以外の領域である木材加工，金属加工，機械，栽培などで，この場合のように，都合よく実験をともなった仮説実験授業が適用できるかは未詳である。いわば仮説実験授業の導入は，その領域をどこまで科学的にわかりやすく生徒に指導できるか否か，どこまで目的意識的に問いかけられる実験の形として生徒に提示できるか否かにかかっている。例えば，木材や金属に共通する「切削」という内容ひとつとってみても，それを科学的に学習するためには高度の科学的知識が必要であり，簡単な実験で明確にその本質を知らせることは難しい。仮説実験授業の導入に際しては，多大な教材研究と教材開発（特に実験装置の開発）が必要である。そのためには，子どもたちがもつ誤った認識を，各領域別に明らかにしていく作業がまず必要であり，また，技術の発展史における多くの失敗例を探し，それを教材化することも必要である。

4．2　今後の課題

授業書案「電気」の最大の問題点は，その実践に要する時間である。B５サイズの用紙で290ページにおよぶ内容であるため，仮説実験授業の方法をそのまま使えば，大切な法則・概念を学びとらせるために，実に膨大な時間を必要とするのである。授業書の構成が，認識過程に則して作られているため，一部省略や部分的採用は望ましいことではない。したがって，簡単と思われる問題では，討論の時間を最低限におさえて，次々に問題をこなすのが，最も望ましい時間削減の方法である。しかしながら，この授業書案が，作成上の不備から不必要に内容を増やしているかもしれないため，授業実践による内容の検討によって，もっと量を削減する努力がなされてしかるべきである。また，技術科の授業時間数が週２～３時間に削減されている現在，内容の一部は他教科に譲ることで，それに対処すべきかもしれない。

さらに，教材面からも，時間削減の可能性が求められる。例えば，ゼネコンという装置は，これを中心に扱うことで，発電機と電動機，定格，効率，発熱・発光，コンデンサー，平滑回路など，さまざまな内容を抱き合わせて指導することが可能な教材である。このような教材の開発が進めば，ひとつの教材で一度に多くを指導することが可能であり，時間削減，費用削減のために大きく貢献することであろう。

電気の内容を考えた場合に，今後さらに検討が必要なのは水流モデルのあり方である。この問題は，現在，理科教育でも抱える大きな問題であるが，技術教育の方面からも取り組むべき問題である。この授業書案の中では，板倉聖宣氏の考える「水池と豆噴水」の水流モデルと，トコロテン式に電子が移動するというモデルを採用している。水流モデルを使うことで，電流・電圧・抵抗の概念形成を助けるようにしているのだが，そのことが果たして電気の本質を正しく教えていることになっているのだろうか。高い位置からの水流は下へ行くほど速くなるが，実際には電子は原子の妨害のため，抵抗の中を等速で進む。また，トコロテンのように電子が隣の電子を押すという説明は，光の速さに等しい電気エネルギー伝播の理解を容易にはするかが，実際にはほとんど瞬時にすべての電子に「動け！」という指令が伝わり，それを説明するには「電場」という概念が新たに必要になる。電場は，重力場に例えれば確かに理解しやすくなり，それゆえ水流モデルがこれまで多用されているのであるが，電気の話が電磁波までに広がると，その概念はつぶされてしまうことになる。この授業書案の中でも，第６節「回路設計」の中で「２つの回路の結合」を扱っているが，この場合は，水流モデルは正解を出すのに負の効果をもっているのである。これら水流モデルが抱える問題は，今後さらに検討が加えられ，電気の本質を教えるようなモデル，あるいはその本質を鮮やかにイメージさせる実験が開発されることを希望する。

当初は，授業書案「電気」の最後に，第５部「電気の技術史」を入れる予定であったが，その内容は未だ教材化されるに至っていない。その内容とは，「電気技術発展の歴史」と「電気技術発展の展望と課題」である。それは，これまで学習したことをまとめていくという内容である。近年，中学校レベルの，電気に関する素晴らしい読物（図書）が多く出ているので，第５部が完成されるまでは，それらをうまく授業に取り入れること

で，その代わりとすることが望まれる。

授業書案「電気」に関連する内容として，自然科学分野では，磁気，通信，そしてエレクトロニクスなどの分野があるが，この授業書案をそれらの内容と深く関わらせ，また，環境教育，消費者教育そして社会科学分野の内容をさらに取り入れ，精選して，授業書が改訂されねばならない。また，前述のように，新たに高校用として「電気（応用編）」が作られてもよいのである。いずれにせよ作成にあたっては，科学技術史をはじめとする過去の科学的認識の発展に学び，子どもたちの間違った認識を大切にし，そこから多くの教材を引き出す必要がある。その作業は科学教育法の科学化として，実りの多いものとなることを確信している。

注および参考文献

１）福田英昭：「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―」『琉球大学教育学部紀要』第42集，第２部，1993，p.p. 337―363.

２）佐藤裕二：「電気の学習指導」，佐々木享・原正敏編：『技術科教育法』，学文社，1972，p.p. 176―178.

３）斎藤健次郎：「普通教育としての技術教育」，細谷俊夫・斎藤健次郎編：『講座・現代技術と教育（第３巻）「技術と人間形成」』，開隆堂，1975，p.p. ８―11.

４）文部省：『（中学校技術・家庭指導資料）指導計画作成の手引』，開隆堂，1980，p.p. 26―27.

５）文献２）p．180.

６）これまで作成された授業書の系統表については，板倉聖宣：『仮説実験授業のＡＢＣ（改訂３版）』，仮説社，1984，p．115．と，庄司和晃：『仮説実験授業の論理』，明治図書，1988，p．21．にまとめられている。

７）板倉聖宣：『仮説実験授業のＡＢＣ（改訂３版）』，仮説社，1984，p．96.

８）仮説実験授業研究会編：『授業科学研究（第２巻）』，仮説社，1979，p.p.201―223．および，仮説実験授業研究会編：『授業科学研究（第５巻）』，仮説社，1980，p.p. 114―153.

９）この授業書は，関東仮説実験授業研究会主催「仮説実験授業授業書体験講座（1988年８月）」にて配付された授業書プリントであり，まだ活字印刷になっていない。

10）仮説実験授業研究会編：『授業科学研究（第11巻）』，仮説社，1982．p.p. 173―196.

11）この授業書と授業記録については，仮説実験授業研究会編：『科学教育研究（第４巻）』，国土社，1971，p.p. 128―178．に記述されており，また，その授業書（改訂版）とその授業記録については，仮説実験授業研究会編：『科学教育研究（第９巻）』，国土社，1972，p.p. 88―142．に記述されている。

12）仮説実験授業研究会編：「仮説実験授業研究（第12巻）』，仮説社，1977，p.p. 164―210．に授業書とその解説あり。

13）仮説実験授業研究会編：『仮説実験授業研究（第７巻）』，仮説社，1975，p.p. 161―176.

14）関東仮説実験授業研究会主催「仮説実験授業授業書体験講座（1988年８月）」にて配付された，塩野広次氏による授業書。

15）板倉聖宣：『電池であそぼう』，仮説社，1977.

16）西尾仮説サークル編：『科学入門教育（第３巻）』，仮説社，1984，p.p. 143―209．に授業書とその解説あり。

17）授業書（第１章）とその授業記録については，仮説実験授業研究会編：『科学教育研究（第８巻）』国土社，1972，p.p. 200―229．に，また，授業書（第２章）とその授業記録については，仮説実験授業研究会編：『科学教育研究（第12巻）国土社，1973，p.p. 136―176．に述べられている。

18）板倉聖宣ら：『（仮説実験授業記録集成３）電流と磁石』，国土社，1972.

19）板倉聖宣ら：『（ミニ授業書）ゼネコンで遊ぼう』，仮説社，1987.

20）西尾仮説サークル編：『科学入門教育（第５巻）』，仮説社，1984，p.p. 61―95.

21）仮説実験授業研究会編：『授業科学研究（第５巻）』，仮説社，1980，p.p. 156―223.

22）倉賀野志郎：「（授業書）電磁気学」，高村泰

雄編：『物理教授法の研究』，北海道大学図書刊行会，1987，p.p. 217—381.
23）電気に関する授業書とその構想について述べてあるものは少ないが，その手がかりを示しているものとして，仮説実験授業研究会編：『科学教育研究（第8巻）』，国土社，1972，p.p. 200—202. と，西尾仮説サークル編：『科学入門教育（第3巻）』，仮説社，1984，p.p.148—149. がある。
24）小野田三男：「授業書〈まめ電きゅうと回路〉の構想」，仮説実験授業研究会編：『（授業書双書）電池と回路』，国土社，1988，p.p. 25—26.
25）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，1983，p. 212.
26）江崎玲於奈：「科学技術の光と影」，読売新聞（1982. 5. 21.），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.
27）文部省：『中学校指導書（技術・家庭編）』，開隆堂，1978，p.p. 47—62.
28）村田泰彦編・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.p. 160—161.
29）文献28）p. 161.
30）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.p. 195—196. および，文献28）p.p. 161—162.
31）文献28）p. 163.
32）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①仮説実験授業研究会編：『（授業書）電流』，仮説社，1983，p.p. 1・1—1・20，p.p. 2・2—2・11，p.p. 3・4—3・13.
②向山玉雄：『電気教室Q＆A（第1巻）』，民衆社，1986，p. 14，p.p. 31—33.
③時田元昭：『はてな？電気とは・・・』，電子技術出版，1979，p.p. 86—89.
④鈴木寿雄・池本洋一監修：『技術・家庭科電気電子教室』，誠文堂新光社，1979，p. 99.
⑤仮説実験授業研究会編：『（授業書）電池と回路』，仮説社，1977，p. 1・2.
⑥仮説実験授業研究会編：『授業科学研究（第5巻）』，仮説社，1980，p.p. 168—169.
⑦村田昭治ら編：『技・家の効果的な指導』，開隆堂，1981，p. 163.
33）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①小林基宏ら：『なぜ？なぜ？電気のはなし』，技報堂出版，1984，p. 48.
②河野義顕：『電気の技術（基礎篇）改訂版』，自費出版，1988，p. 24.
34）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献32）④，p. 27.
②渡辺茂編：『（教科書）技術・家庭（下巻）』，開隆堂，1983，p. 56.
③文献33）②，p.p. 30—34,39—42,44.
④文献32）④，p.p. 27—29.
⑤馬場信雄ら監修：『（教科書）新しい技術・家庭（下巻）』，東京書籍，1984，p.62.
⑥文献32）①，p.p. 3・1—3・3.
35）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献32）①，p.p. 4・1—4・15.
②文献32）④，p. 19.
③鈴木寿雄編：『（技術・家庭科教育選書）電気回路』，開隆堂，1971，p. 108.
④福島肇：『電磁気学のＡＢＣ』，講談社，1988，p.p. 24—29.
⑤文献33）②，p. 60.
36）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①関昭雄：『電気の常識なるほどゼミナール』，日本実業出版社，1983，p.p. 14—15.
②オーム社編：『電気学入門早わかり』，オーム社，1980，p. 4.
③文献32）②，p.p. 9—10.
④若山芳三郎ら：『電気と電子の理論』，啓学出版，1972，p. 104.
⑤文献32）④，p. 19.
⑥文献33）①，p.p. 136—137.
⑦文献35）④，p.p. 40,146—148.

⑧関東仮説実験授業研究会主催「仮説実験授業授業書体験講座（1988年８月）」にて配付されたプリント『（授業書）電気を通すもの・通さないもの』.

37）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献32）⑥，p.p. 196—198.
②文献10）p.p. 178—192.
③文献34）②，p.p. 54—55.
④文献32）⑤，p.p. ３・５－３・７.
⑤文献33）①，p.p. 29—31.
⑥文献16）p.p. 86—91.
⑦柳沢健ら：『電気はともだち』，岩波書店，1985，p.p. 12—13.
⑧文献13）p.p. 163—176.

38）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①高橋洋一監修：『（学研の図鑑）電気』，学研，1975，P．38.
②文献33）②，P．75.
③文献35）④，P．150，152.
④文献36）④，P．74.
⑤文献32）④，P．27.
⑥仮説実験授業研究会編：『（授業書）電流と磁石』，仮説社，1970，P．11.
⑦「たのしい授業」編集委員会編：『ものづくりハンドブック』，仮説社，1986，p.p. 284—285.

39）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献35）④，p.p. 31—35.
②文献35）③，p.p. 41—44.

40）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献19）p.p. ２—31.
②大隅紀和：『手まわし発電ことはじめ—ゼネコンの実験集—』，木原正三堂，1978，p.p. ７－８，10—11.

41）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①城雄二：「なくならないがなくなるエネルギー」，『たのしい授業（№70）』，仮説社，1988，p.p. 103—113,115—116.
②文献32）②，p.p. 16—17.
③楠川・野村ら：『（教科書）理科Ｉ』，実教出版，1981，P．59.
④本間琢也ら：『エネルギーをつかむ』，講談社，1977，p.p. 68—72，76—78.
⑤文献32）③，p.p. ３－４.
⑥城雄二：「地球人・太陽人・原子人」，『たのしい授業（№69）』，仮説社，1988，p.p. 109—110.

42）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①向山玉雄：『電気教室Ｑ＆Ａ（第２巻）』民衆社，1986，p.p. 39—40,43.
②文献33）②，P．70，72.
③文献32）⑦，P．169.
④オーム社編：『家庭の電気学入門早わかり』，オーム社，1983，p.p. 131，134—135.
⑤鈴木寿雄編：『（技術・家庭科教育選書）電気機器』，開隆堂，1971，p.p. 36—38，181—183.
⑥文献36）①，P．120.
⑦文献34）⑤，P．61.

43）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献32）⑤，p.p. １・８－１・12.
②文献33）①，p.p. 98—99，101—104.
③村田昭治ら編：『技・家の科学的な指導』，開隆堂，1982，P．160.
④文献42）④，P．72.
⑤文献36）①，p.p. 108—109.
⑥文献33）②，p.p. 88—91.
⑦文献42）⑤，P．158.
⑧文献32）⑦，p.p. 173—174.
⑨文献32）④，P．75.
⑩文献42）①，p.p. 54—55.

44）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①文献38）⑥，p.p. 11—13，33—37.
②文献32）②，P．50.
③文献33）①，p.p. 90，178—180，182—186.
④文献32）③，p.p. 288—289，305—307，336—339.
⑤文献33）②，P．34，80.

⑥文献40）②，p.p. 18，23—24.
⑦愛知・岐阜物理サークル：『いきいき物理わくわく実験』，新生出版，1988，P．119.
⑧文献35）④，P．130，154.
⑨福田務：「電気をマスターする三つのハードル」，産業教育研究連盟編：『技術教室（№437）』，民衆社，1988，p.p. 8－9.

45）次の文献・資料を主に参考にして授業書を作成している。
①塩野広次：「静電気で遊ぼう（改訂版）」，仮説実験授業授業書体験講座配付資料，1988，p.p. 2－9.
②文献38）⑦，p.p. 271—283.
③文献44）⑦，P．139.
④文献38）①，P．14.
⑤文献35）③，P．6.
⑥文献35）④，P．50.

46）次の文献を主に参考にして授業書を作成している。
①長瀬清：「男女共学による［電気1］の実践」，技術教育研究会編，『技術教育の方法と実践』，明治図書，　1983，p.p. 215—218.
②文献32）④，P．103.
③文献19）p.p. 34—55.

47）次の文献・資料を主に参考にして授業書を作成している。
①松崎重広：『（常識より科学へ⑦）社会を見なおすメガネ』，国土社，1985，P．55，87，89，91.
②文献42）④，p.p. 6－9.
③電力館パンフレット『電気をつくる•送る•使う』東京電力,1988，p. 15，18，26.
④文献35）④，p.p. 152—156.
⑤山崎俊雄ら：『電気の技術史』，オーム社，1976，　p.p. 97—98.
⑥文献36）①，p.p. 98—99.
⑦文献34）②，P．70.
⑧伊東光晴：『（ちくま少年図書館39）君たちの生きる社会』，筑摩書房，1978，p.p. 42—43.

48）次の文献・資料を主に参考にして授業書を作成している。
①東京電力：『会社案内（1987年版）』，東京電力，1987，P．29.
②「電気のはなし」編集委員会編：『電気のはなし』，家庭電気文化会，1987，P．3.
③東京電力：『（1987年度）電力設備』，東京電力，1987，P．3.
④文献41）④，P．22.
⑤文献47）③，p.p. 3，34—35，37，53—55.

49）庄司和晃：『仮説実験授業の論理』，明治図書，1988，p.p. 131—132.

50）文献25）p.p. 231—235. に紹介してある「導通テスター（ブザー）つき懐中電燈の製作」は，この授業書に最も適合した内容をもつ製作品であると考えている。