

## 理科教材開発のための電子技術教育プログラムとその評価

—— 高校現職教員用 ——

倉島 敬治\*・佐藤 清忠\*\*・岩田 純蔵\*\*  
片岸 晟\*\*\*

理科教材開発のための電子技術教育用プログラムを制作した。これはIC電子回路の実際的な設計、マイクロコンピュータの実際応用のために工夫されたものである。このプログラムを土台に開発された教材例がいくつか報告されている。これらの報告をもとに、プログラムの評価を行なった。

### はじめに

最近の集積回路(IC)技術の発展は、電子部品の低価格化と広範な分野への普及に拍車をかけている。教育分野においても例外ではなく、理科教育関係では計測、また実験システムの自動化への利用がめざましい。

一方、パーソナル・コンピュータ(パソコン)の普及により、簡単なCAIをはじめ、より高度に授業へ活用しようという動きもみられてきた。例えば従来、教授また学習の難しいものであった多量データの観察、分析、また数学および抽象モデルのシミュレーション、あるいは複数の解のなかから最適の解を選ぶ等、相互に会話をしながら学べる教科書としての開発も始まっている。教師がこれらの電子技術を導入し、自らの手で

教材を開発したいという要求は、今日では至極当然である。岩手県立教育センターが現職理科教員研修の重点課題として電子技術を取りあげたことは時宜にかなうものであり、教員の要求に沿ったものであった。我々は、この電子技術をどうすれば短期間に、効果的に習得できるかを検討し、過去5年間にわたり実践を重ねてきた。これらのプログラムを整理・要約し、評価を行なった。

### プログラム設定と経過

岩手県立教育センター主催の高校理科研修講座は年1回、10月中旬に行なわれた。参加者は県下の現職教員で、各研修の定員は12名である。研修時間は8時間で、まる1日かけて行なわれた。このプログラムを次のように設定した。

\* 岩手大学教育学部附属教育工学センター

\*\* 岩手大学工学部電子工学科

\*\*\* 岩泉高校小川分校(元岩手県教育センター理科教室)

- ①54年10月 デジタル回路の基礎と応用
- ②55年10月 演算増幅器の基礎と応用
- ③56年10月 トランジスタ、ダイオード基礎実験
- ④57年10月 マイコンの物理実験への活用

この企画に対応して、岩手県高等学校教育研究会理科部会物理部および教材研究委員会では、独自の研修を開催し、次のプログラムを進めていった。

- ⑤55年1月 プログラマブル・シーケンサの製作・実験
- ⑥55年5月 D/A変換器の製作・実験
- ⑦56年1月 演算増幅器の応用実験
- ⑧57年1月 IC温度センサの製作・実験
- ⑨58年1月 A/D変換器のパソコン・インターフェース
- ⑩59年1月 パソコンによる物理計測入門・予定

この研修では定員はないが、各研修平均17~18名である。研修日程は1泊2日で行ない、前日の午後から、翌日の午前中をかけて行なわれた。この日程のなかではまた、教材開発、実践報告が行なわれた。さらに宿泊を共にすることにより、これらのプログラムに対する批判、高校教育における教材適用の問題点、またさまざまなアイデアなど、フォーマルな調査では得がたい貴重な意見を伺うことができた。

さて、電子技術の習得目標は教師個人により異なる。さまざまな批判、意見を検討し、以上のプログラムを設定したが、特徴的なことは、これらはIC技術が中心となっていることである。

実践的電子技術の習得には、このIC技術が重要である。ICには大きく分けて、アナログICとデジタルICがある。このなかで特に重要なものは、アナログICでは演算増幅器(OPアンプ)またデジタルICではマイクロ・コンピュータである。

電子技術は、これら二つの課題をマスターし、それをとりまく種々の付加電子部品の知識を備えれば、充分、開発、製作力がつく。しかし習得の

ためには、通常、さまざまな準備的基礎知識が必要とされる。例えばOPアンプでは電気工学および電子工学、マイコンではデジタル工学、ソフトウェア工学などである。

これらのベースを本格的に指導するとなると、時間、経費ともに大がかりになる。我々の考察すべき問題点は、ここに絞られた。すなわち、これらのベースを損うことなく、短期間に開発・製作力を養うにはどうすればよいか、ということである。

### 導入プログラム

研修の導入部分は、ひき続く研修姿勢に対する示唆を与える意味で重要である。我々はまず、多忙な教師の電子技術習得活動におけるネックは何かを検討した。その結果、次の問題提起を行なった。

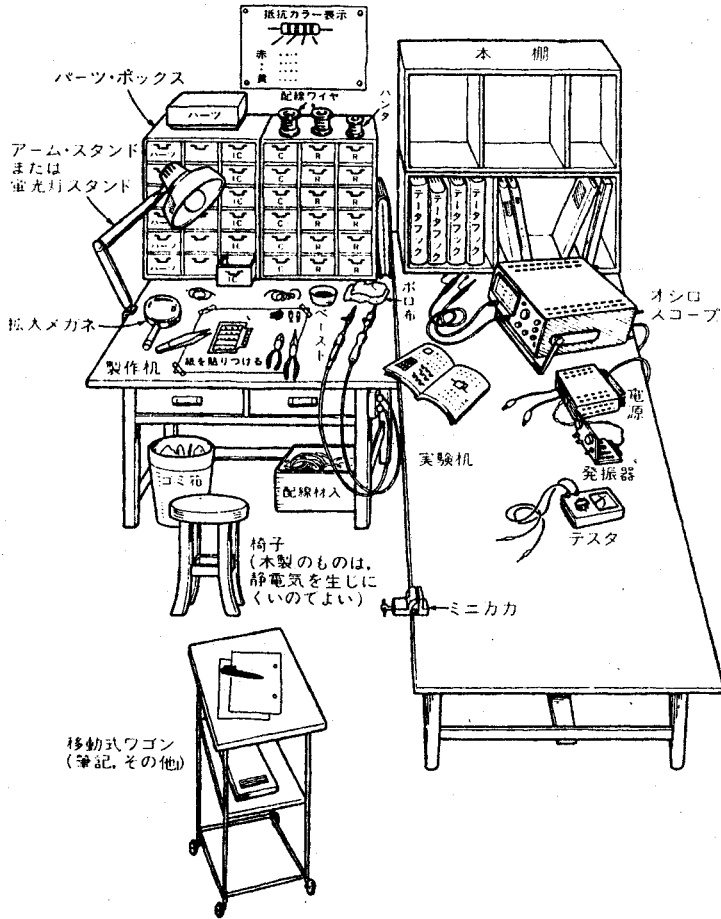
「製作、実験を行なうための十分な設備環境を身近に置くこと。」

電子技術の客観的知識を身に付けるためには、習得者自身が手足を駆使して、当事者としてふるまうことが必要である。さまざまな疑問やアイデアが生じたときに、それをサポートするだけの設備がなければ、実際、習得は不可能である。特に習得のための時間的余裕がない場合は、事実による確認を行なうのが一番効果的である。事実確認により、その因果を探ることは、専門家にとっても日常的な手順となっている。

どんなに良く説明された教科書よりも、具体的な事実を提供する設備環境は優れた教科書である。たいていの教科書では、基礎知識のボトム・アップにより習得を促し、現実に触れさせようとするが、現実行動は、事実からトップ・ダウン的に因果を解釈するように促し、問題点も明確である。

電子技術で必要なことは、本を解釈するためにさまざまなツール、すなわち基礎知識を多く備えることではない。事実を解釈するために適切なツ

設備環境の例 (レイアウト)



第1図 設備環境の例 (レイアウト)

ールを選択し、新たな事実を作り出しうる力が重要なのである。

事実確認ということでは、キット製作や出来合いの実験装置を利用するのも手っ取り早く、便利である。しかし電子技術では、時には意味のない回路素子などの付加実験も必要である。それはよく整った装置の動作解釈をするのが目的ではなく、自発的な設計意欲を育成することのほうが重要だからである。

以上の観点により、我々は図1の設備環境を整えることを提起した。昨今の電子部品のコスト・ダウンにより、これだけの設備を個人で持つこと

は、それ程大変なことではない。またこれだけの設備がなければ、知識、経験を蓄積できるという約束はできない。というのは、この研修に限らずたいの電子技術入門書は、この程度の設備があり、これを使いこなせることを前提として説明されるからである。

導入プログラムのもうひとつの柱は、これらの設備をどうやって購入するか、また実際の製作・実験での注意点は何かを指導することである。初心者ほど設備は高級でなければならない。その具体的な例は、最初に教えるべき事柄であり、どんな基礎知識よりもなお基礎的なことである。

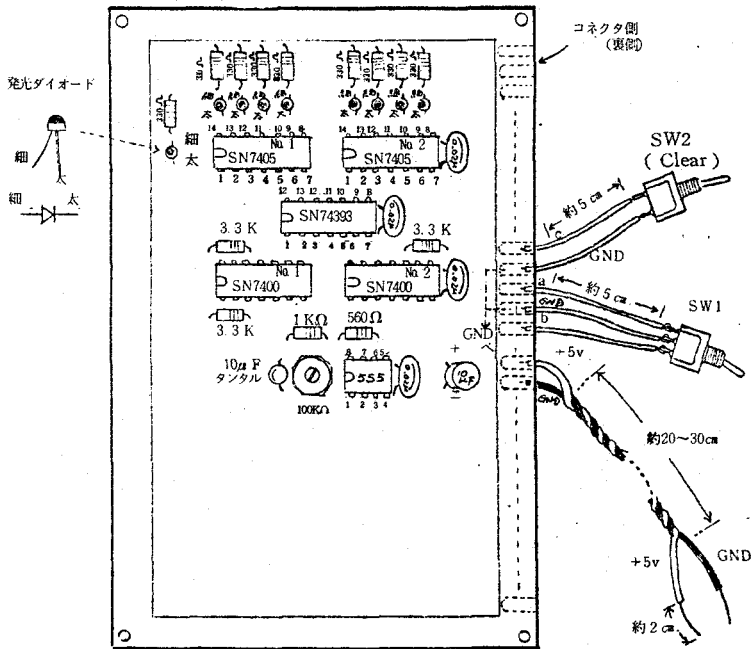
①のデジタル回路研修で、以上の導入プログラムに、約100頁あるテキストの半分をあてた。

### 研修プログラム

導入プログラムを含む①のデジタル回路研修では、4ビット・バイナリ・カウンタICを2

段接続した計数回路をテーマに設定した。紙面の関係でその指導方法等の詳細は省略するが、実験回路の規模は第2図に示すものである。テキストは研修の数日前に配布し、当日は簡単な説明のあと講義を行わず、まる一日かけて製作・実験を行なった。

工作の速さも個人異なり、また問題点も各人



第2図 バイナリ・カウンタ実験基板

さまざまである。研修者が比較的少数であることにより、マン・ツー・マン指導のスタイルをとった。この効果を確認し、我々は以降の研修において、すべてこの方法で研修を行なった。

デジタル回路は、組み合わせ論理回路と順序回路に大別できる。マイコン動作を理解するために重要なのは順序回路であり、記憶と状態変化の概念である。ここで取り上げたテーマは、この基本概念を含み、かつ小規模で解釈が容易である。

参考のため、実用教材例として、この研修内容をベースにした自由落下速度測定器のデモンストレーションを行なった。これは簡単に作れるが、

実験から動作原理、基礎概念、そして応用までというつながりを示すものとして、実用的なデモンストレーションは効果がある。これ以降の研修でも、時おり、デモンストレーションを示した。

開催順で、次に⑥のプログラマブル・シーケンサを紹介する。ここではLSIの代表例であるメモリICを使った。デジタル回路で多く考察すべきものはソフトウェアであるが、このテーマでは、記憶した2進データを制御データとして用いたり、数値データに割り当てる例を示した。

加えて、無条件ジャンプ・実行停止命令機能をロジックで組み込んだ。これらはマイコンでなく

とも、デジタルICで簡単に作れる。この研修から得ることは、ストアド・プログラム方式（フォン・ノイマン型計算機）を理解するための概念である。複雑で規模が大きくなりがちなマイコンを実験材料として設定するのが難しい場合、こういうテーマはひとつの教材として有効と思える。

この研修では20名の参加があり、約6時間で、製作・実験を行なった。

⑥のD/A変換器は、教材研究委員会の主催によるもので、代表的なD/A変換ICを例にとり製作・実験を行なった。習得目標は内部動作の理解、インターフェースの方法である。

この研修は当初、A/D変換器をテーマにすることを要求されていた。しかし指導側の力量不足もさることながら、パソコンと接続実験しないと効果的でない、という判断で、ハードウェア実験の容易なD/A変換器に切り替えた。その後も教員側のA/D変換器研修の要求、特にパソコン・インターフェースにおける使い方の指導要求は根強く続いた。

さて②の演算増幅器では、133頁のテキストを主体にして、アナログICの代表的教材であるOPアンプの考え方、使い方を示した。製作・実験のテーマは、ダイオードを温度センサとして用いる温度計測回路である。

この研修の目的は、高性能OPアンプが100円以下で入手でき、誰でも気軽に製作・実験できるという安心感を与えることであった。小規模できわどい仕様でないOPアンプ回路は、簡単なルールを覚えておくだけで、その精度を数パーセント以下で製作できることも強調した点である。ルールというのは、

- 1)  $e_o = \mu (e_{\oplus} - e_{\ominus})$
- 2)  $\mu = \infty$
- 3) 入力インピーダンス =  $\infty$
- 4) 出力インピーダンス = 0
- 5) すべての周波数で1)～4)が成り立つ

である。

実験回路はダイオードの折線近似特性とその温度依存性、また定電流源回路があり、高度な内容である。しかしセンサから増幅まで、という例としては小規模、低価格なものであり、OPアンプの基本的なテクニックを紹介するのに好都合、という理由で取り上げた。

OPアンプ回路の設計・製作ができるには、何回か実践経験を経しておくことは必要である。しかし単に、「作った。動いた。」ということだけでは応用力を養えない。基本原理、すなわちOPアンプに負帰還がかかり、自動制御動作の結果としてイマジナリー・ショートが成立する、という概念をとらえる必要がある。またそのときの入出力特性（伝達関数）を設計、解析するために、初歩的な回路理論も駆使しなければならない。

当初から、電子技術応用のネックは、このOPアンプ回路にあるものと考えていた。これらの概念をかみくだいて説明するために、テキストの分量が多くなったが、それでもまだ不足であった。

この不足を少しでも補うために、ひき続く⑦のOPアンプ実験で、設備充実を試みた。ただし設備はC、R類、OPアンプ実験に必要なIC、基板、配線材料、そして電源である。R（抵抗）はE-24シリーズを大体カバーする種類である。理科部会物理部及び教材研究委員会より県下の物理教員に部品購入を呼びかけ、2万円以上もするこれらのセットを25人配布した。設備があれば、習得活動がしやすくなるかどうか、という導入プログラムの評価を行なうもくろみもあった。しかし、ぼう大な部品整理作業のため、実際に配布されたのは研修の数日前となり、導入プログラムの評価はさらに後日になることが余儀なくされた。

⑦の研修及びそれ以降において、この試行について出された教師の意見は、次のものであった。

- 1) 部品類が十分にあると、カットアンドトライがしやすい。
- 2) 失敗を気にせず、実験ができる。

なかには、研修までの数日間のうちに、基板・

ICをみな使ってしまう(基板は5枚)どこへ注文すればよいか、という方もいた。また岩手大学内でも、是非このセットを分売してほしい、という問い合わせも4~5件あった。

この他の意見も聞いて、我々が確認したことは設備は安心感を与える、ということであった。ただし⑦の研修そのものは、特にテーマを設けず、目的が散漫になってしまい、問題点を残した。

次に③のトランジスタとダイオードの基礎実験である。今日これらは、特殊なインターフェース部分に用いられるのみである。これらの素子は基礎的なものとはいえ、ICに比べて習得がやっかいである。抵抗・コンデンサなどによる基本的電気回路もそうであるが、これらはある程度、実践経験を経た後に習得するのが望ましい。というのは、この部品レベルでは数学的表現が多くなり、具体的な使用経験がないと、実際の部品のモデル化(抽象化)において、どこを重視し、何を無視したか、という見当が付きにくいのである。設計、製作における工学的素養として大切なのは、用途や状況に応じて、このモデル、近似特性を作れることである。

研修では、トランジスタとダイオードの特性をテスターで測定した。トランジスタでは、増幅作用を最初から実験し、研修によりすぐ実用できるように配慮した。

⑧のIC温度センサーは、OPアンプ応用実験として位置づけたものである。ここでは、 $\mu$ PC616Aを紹介し、これとOPアンプ1個で、教材として実用できる温度計を製作した。

④のマイコン活用であるが、これは全くソフトウェアだけの実験である。中心課題は微分方程式である。

参考のため、教師用教材として、パソコンFM8を使い、4Kバイト機械語プログラムで作成した64点連成振動シミュレータをデモンストレーションした。この研修は、連成振動プログラムの動作説明をするために行なったものである。

このシミュレータは、一次元媒体の左右端に、振動源また負荷を自由に設定できるもので、任意の箇所の時間的振幅変化、また反射とか定在波がアニメーションにより観測できるものである。更に振動の時間的推移を三次元表示することもできる。しかし、力学というよりはむしろ伝送工学的発想に偏ったためか、高機能のわりに評判は良くなかった。

シミュレータは、現実現象と数学モデルの中間に存在するものである。できるだけ現実と一致するよう抽象化(代数化)を行ない、適切なマン・マシン・インターフェース、グラフィック出力を用いて教材に使うと、法則を体得できるなど、知識を確実にする効果がある。

研修では現象のモデル化に重点を置き、はねかえり(放物)運動、2階の調和振動、及び連成振動のBASICプログラム例を示し、実験を行なった。このなかで、さまざまな積分公式のどれを選択するかは、目的また問題によって決めるべきで、いくつかの実験によって経験しておくべきことを強調した。

⑨のA/D変換器インターフェースでは、製作は行なわず、プログラム実習のみ行なった。内容は電圧/電流計(差動)により、可変抵抗を含む回路内の抵抗値、消費電力を求めることを課題にした。この他に教材用デモンストレーションとして、注射器内の圧力と温度を計測し、ボイル・シャルルの法則を実測によってCRTへ表示する例を示した。これは比較的小規模な回路で実現でき、教師に製作を促すのによい。

この後の研修課題として、計測と制御を中心とした、小規模で実用的なパソコン応用技術⑩を予定している。

## 評価

以上、電子技術教育プログラムと実施経過をいくつか紹介してきた。これらの研修では、自

宅学習のために数十頁程度のテキストでサポートしているが、その詳しい紹介は紙面の関係で省略した。

さて、電子技術を短期間に習得する目標について評価を行なう。我々の経験では、理工系の大学生で、ハードウェア習得に約1～2年、コーディング等プログラム作成技術は約半年、ソフトウェア技術については約3～4年の期間が必要と見積っている。プログラムを作れるということと、ソフトウェア作成は別のものである。後者は、人間、機械、社会システムへの適用を幅広く考察できるシステム・エンジニアを含むものである。

もちろんこれらは、専門に取り組んだ場合の期間で、個人差もある。日常活動として取り組めない教師の場合は、これより長期間になることが予想される。

ここで我々のいう「習得」について明確にしておきたい。電子技術はシステマティックなもので個別分野に長けているといっても物を作れるわけではない。電子技術以外の問題もよく吟味し、ひとまとまりの解決策(教材)を具体化しなければならぬからである。決して100点目標の何点までが、習得であるという考えではない。100点以上でなければ、電子装置は動作しないのである。覚えたということとわかったということは、紙の上と現物との違いの程度に、異質のものである。

このため、一時的に記憶した事柄を、どれだけまちがいなく表現できるかを、ペーパーテストやアンケートで調査するのはあまり意味がない。電子技術は再現可能であり、本質的理解があれば実践的応用ができるのである。

したがって習得状況の評価は実践報告を待たねばならず、あるいはさまざまなアイデアのレベルを注意深く観察する必要がある。これは長い年月を待たなければならぬ。5年経たるとはいえ、評価を行なうのはまだ性急かもしれない。

我々はこの研修期間中に、理科教材の開発報告をいくつか得ている。これらは研修後、それほど長くない時期に発表されているので、研修が開発

の直接的契機となっているとは断言できない。教師自身が電子技術にすでに慣れており、研修以前よりアイデアが練られていたものであろう。しかし、この研修内容、また個人への技術的アドバイスの影響を多くみることができ、この報告をもとに評価を試みてみる。

まず、

「音速の測定」 昭和55年1月

花巻北高 藤原先生

をあげる。これは実際に授業に活用したもので、デジタルICを応用した教材である。理科教育としての最終効果、つまり生徒の学習到達度についての具体的な資料は示されていない。これは他の報告についても同様である。

しかし我々の関心は、さしあたり、電子技術の展開の仕方にある。この教材を製作する際は、2つの信号波形の位相差を、デジタル信号で計数し、それを復号し表示するという設計プロセスをたどる。これは現実現象を符号化し、符号演算を行ない、最終的に復号化するというデジタル技術の基本概念を具体化したものである。

ここでは、教育上不都合でない精度を得るための配慮、また実際に教室で使うための音響波形の増幅など、システム設計を充分に行なっている。計測結果は発光ダイオードで表示するが、それをTVカメラで拡大表示するという工夫もされている。システム適用方法(ソフトウェア技術)としても興味深い。

この装置の回路図も報告されている。工学技術者からみれば、簡略化、高信頼化、低電力化などについていくつかクレームがつけられるだろう。しかし基本概念を具体化できれば充分、という研修目標からみれば、それらの問題はどうでもよいことである。教師が具体的に設計・製作できる、ということが重要だからである。

次に、教示装置として開発した

「波動モデル実験装置の製作」 昭和56年1月

宮古北高(現盛岡工業高校) 村中先生

は、波の伝播を、 $1.5\text{ m} \times 60\text{ cm}$ の台の中にある $35\text{ cm}$ パンタグラフ・アーム（7波長分）に取り付けた総計85個の発光ダイオードでアニメーション表示する、というものである。授業ではドップラー効果や波長などの説明に使用し、タイマーやスケール付加により、生徒に計算を行なわせた。見やすい大きさと、発光ダイオードの点滅、また自由に移動させたり固定したりできるこの装置は、生徒の興味をひきつけるに十分であった。

この装置では、シフトレジスタやタイマーICなど、高度なデジタル技術を駆使したあとがみられる。しかも長い月日を要するぼう大な作業があり、何度もカット・アンド・トライしてできた力作である。

我々が同様のテーマをもつなら、④研修のようなパソコン・アニメーションということになるだろうが、これはスマートだけであって、上のような先生自身の努力、情熱を訴えることができるものではない。生徒は、先生自身が情熱を傾けるその姿勢も共に学んでいることを注意すべきである。

この装置は、波の伝播ということでは、厳密に言えば少々誤解を与える部分がある。しかし、理科教材に電子技術を活用する場合の、工学技術者とは違う教師の持つべき教育理念、ということを示唆を与えるものである。

「マイコンを用いた台車の速度／加速度の測定」 昭和57年1月

盛岡北高 佐々木先生

これはセンサー、A/D変換器、制御プログラムという現在の計測・制御技術を駆使した高度なテクニックを要する教材である。パソコン時代といわれる現代の高校生に歓迎されるに十分である。

あるいは教師自身の研究テーマとしてもひげはとらない。

しかしパソコンを介した教材には、ひとつ注意が要る。それは興味の対象が、物理現象ではなくパソコンに向けられる恐れがある。このため、実際の導入に際して、準備をよく考えないと、学生

は物理を学んでいるかパソコンの使い方を学んでいるかわからなくなる。

この教材はパソコンを単に、表示器として活用しているだけだが、新しい問題提起として意義がある。パソコンを使うカリキュラムの検討をひき続き行なうよう願っている。

この他にもさまざま報告があったが、紙面の関係で割愛する。

さて、これまで研修を受けた教員数はのべ、約130人である。実験を行なわないオブザーバ参加をあわせて150人程度となろう。ただしこのなかには毎回参加される教員もおり、全参加教員数ということではない。年齢構成としては30～40歳代の参加が目立ち、またこの層は、教材研究委員会の中心的部分となっている。物理部会では、研修用テキストをタイプ印刷して、県下の物理教員全員に配布する等、積極的な活動を行なってきた。

物理教員の何パーセントの方が、この研修によって教材を開発したか、あるいはしようとしているか調査するのは難しい。今や、電子技術についての資料は、数多く入手できる。この研修とは別に、高度で優れた電子応用教材の報告をされているのも多く見られ、教員の間で相互に作用しているからである。

我々の確認すべきことは、量の評価より、研修の果たした役割、研修内容、考え方に対する評価であろう。これについては、合宿研修時などのインフォーマルな意見調査が有益であったと考える。

これらをひとつひとつ取り上げ、分析する余裕がないので、ここでは所感という形でまとめておく。

まず、導入プログラムに対して

「基礎的といわれる種々の工学知識は、教材開発という実践意欲とさほど関係しない。」

ということである。実践意欲、製作力、設計力はまず当時者として行動することで保障される、という我々の当初の考え方に基本的な誤りはないものと思われる。電子技術活用の第1歩は、手足を



動かすことである。そして手足を動かせる環境を自らの手で作りあげることである。基礎的工学知識は、事実という教科書から学ぶのである。短期間で習得する方策は、この方法以外にはないと確信している。

設備環境の整備ということで、行政レベルでの指導についても注目してきた。理科振興その他の予算配分が行なわれるとはいえ、上述した教材開発は、ほとんど教員の個人出費で支えられたというのが実情である。個人出費の可否が電子技術習得、活用の可否に影響するという事態はあまり好ましくない。マイクロ・エレクトロニクス・テクノロジーが教育界へこれほど浸透している今日、行政側の積極的な対応を期待したい。

研修を通じての問題点もあげておこう。特に記すべきこととして、

「電子技術に取り組みにくい原因は、初歩的なことからであることが多い。」

ということをあげる。製作はICピッチ(2.5mm)の万能基板で行なった。ラッピング用線材の被覆取り作業もさることながら、微小間隔のランドにハンダごてをあてるのは、年配の方には気の毒なものであった。専門家でもこの作業は、先端1mmの高級なハンダごてを使い、十分な照明と、すぐれた工具が必要であり、毎回その準備に配慮しなかったことは反省すべき点である。アンケートの中で、この作業に関する苦情が一番多い。

製作、実験といっても、参加者の5割が、時間内で終了するのはまだよいほうであった。このためにも、自宅実験できるようにテキストの分量を多くせざるをえなかったのである。電子技術に取り組みにくい原因は、意外とこういう作業内容にもある。

また専門用語というものがある。事物や概念を代表する用語は、少々くどいくらいに説明を行なうのがよい。専門用語はなるべく多用せず、ひとつひとつ、しっかりと物理イメージを与えるのも大切である。これは専門外の方にとって、興味が持続で

きるかどうかに関わるからである。

この他に、理科部会、物理部会の研修に参加するメンバーが次第に固定化し、テーマ内容が高度になってくる、等の問題点があるが、割愛する。

## おわりに

研修当時はパソコンはまだ高価で、電子技術導入といっても疑問視されることもあった。しかし現在の教育界では状況が一変している。この新技術をどう使いこなしていくか、あるいはどう位置づけていくか、教師の自発的な働きかけが待たれている。

電子技術、なかでもパソコンの教育界への普及は、あたかも寺小屋で教科書を書き写す習慣から印刷による教科書へと移っていく過渡期にも似ている。安く大量に印刷できるというテクノロジーは、教材を普及させ、教育の機会、均等をおすすめた。しかしパソコンのようにインテリジェンスをもつ「電子教科書」は、我々に何をもたらすだろうか。それは「理解」の機会、均等であるかもしれない。

電子技術は理科教材にだけ関するものではない。

例えば、歴史的事実というデータ・ベースに対して、あるパラメータ指定を行ない、それに関する資料をすべて表示することはたやすい。「農業」と打てば、古代の生産様式から現在の機械化農業まで、その学年にふさわしい規模の文字と図形により表示される、という具合になる。あるいは諸外国に比較した歴史発展の相異を、特徴抽出することさえ可能であろう。もし地理学的関連などがあっても、それらのデータ・ベースを瞬時に提供できる。歴史を時間の順番で教える、という現在までのオーソドックスな授業法が、かなり変わるであろうことも容易に想像がつく。

さし絵から写真へ、そしてカラー写真、映画というように、教材のもつ情報がより多量になってきた推移をみれば、大容量のデータ・ベース導入

と、それをアクセスする電子教科書の出現に、そう驚くことはない。

現在のテクノロジーは、市場メカニズムさえ許せば、電子教材を全学童に配布することなど、まったくたやすい。多量のデータを瞬時に転送し、処理するというこの技術的事実を軽視してはいけない。百聞は一見にしかず、という映像の教育効果をはるかにしのぐ習得の可能性が潜んでいる。これらの状況を、根拠なく無視あるいは過度の期待をもったりしては、我々は将来の教育の在り方を見失なうであろう。

最後に、長年にわたりこの研修をサポートしていただいた釜石北高、沢田 健先生をはじめ、関係各位に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 岩田純蔵, 佐藤清忠 (1979): デジタル電子回路の実験&製作 (物理部会研究資料) 1~99
- 2) 佐藤清忠 (1980): プログラマブル・シーケンサの製作・実験 (物理部会研究資料) 1~75
- 3) 佐藤清忠 (1980): D/A変換器の製作・実験 (物理部会研究資料) 1~20
- 4) 岩田純蔵, 佐藤清忠 (1980): 演算増幅器の基礎と応用 (物理部会研究資料) 1~133
- 5) 岩田純蔵, 佐藤清忠 (1981): トランジスタとダイオードの基礎実験 (物理部会研究資料) 1~24
- 6) 佐藤清忠 (1982): IC温度センサの製作・実験 (物理部会研究資料) 1~10
- 7) 岩田純蔵, 佐藤清忠 (1982): 連成振動シミュレータ (物理部会研究資料) 1~27
- 8) 佐藤清忠 (1983): パソコン・インターフェイス (物理部会研究資料) 1~10
- 9) 佐藤清忠 (1981, 1982): 実践的デジタル技術のすすめ (フレッシュマン特別講座) トランジスタ技術1981・5月~1982・5月 (13回連載) CQ出版

10) 松田竜児, 佐藤清忠, 岩田純蔵 (1981): マイコンによる関数表示装置の試作 昭和56年度電気関係学会東北支部連合大会

11) 小川良夫, 佐藤清忠, 岩田純蔵 (1982): ウェーブマシンのシミュレータに適した計算機アーキテクチャ 昭和57年度電気関係学会東北支部連合大会

キーワード: 現職教育, 高校理科, 教材開発, 電子技術, パーソナルコンピュータ