

# 理科・技術科におけるプログラム実験

## —— 電気理論を中心に ——

徳 井 輝 雄

### 1) ま え が き

電気に関する理論は系統立っているため、ともすると理論のみの授業になりやすい。たとえば電流、電圧（電位、電位差）などという考え方を実験でたしかめさせることは少い。これを少しでも改善するため、中学二・三年生の理科と技術の時間に、プログラム実験方式をとり入れたので報告する。

一般に、自然現象を認識する手段として、観察と実験がある。電気は目に見えないため、この観察と実験にはとくに留意して方法を考えなくてはいい。

この試みは、回路計の使用技術などを向上させつつ、電気理論および回路の動きとくみ立てを、一人一人みずからたしかめつつ行わせることを目的にしたものである。そのような実験の手引として「プログラム実験方式」をとり、実験装置としては「素子ブロック」をとり入れた。

### 2) プログラム実験

プログラム実験は、いわゆるプログラム学習の応用とみてよく、その考え方は、プログラム学習と同じものである。

プログラム学習に関する理論及び実践例は多く発表されているが、いずれもその中に実験を含んだものは少く、実験プロセスをプログラム化したものは殆んどみられない。

従来のプログラム学習方式をそのまま理科や技術に導入するさい、躊躇させられる点は、実験や技能習得に果して適しているかということである。しかし実験プロセスをプログラム化することを主体にしたやり方を開発することにより、この問題は解決されると考えた。また理科などで実験によって理解させていく方法がより一層明確にされたと考えた。

技術科においてみられる作業、たとえば、エンジンの分解・組立ては一つの決まった順序に従った作業は、一種のプログラム化された作業といえる。これは実社会においても大いに活用されている。技術科におけるプログラム化は、この中に教育的側面すなわち、プログラム化された作業の一段階毎に、思考や工夫が発揮されるように配慮されなければならない。このプログラム実験はそういう面での具体化ともいえる。

### 3) 素子ブロック

電気回路は各種の素子から成立している。回路を理解するすは各素子の果している役割を理解する必要がある。従来は、その理解は頭の中のみで行われていたが、これが電気をわかりにくくしている原因である。できることなら、試行錯誤的に実験をくり返しながら理解していくことが重要であり、生徒も楽しいに違いない。そのためには、試行錯誤が簡単にできる必要がある。42年頃おもちゃとして市販されていた素子ブロック（商品名電子ブロック）に注目し、これを使うことにした。素子ブロックは、 $10 \times 10 \times 15\text{mm}$ 程度の立方体が樹脂で出来ており、中に各素子が装てんされ、箱から出ているターミナル用の足をボードにつきさして回路を組むようになっている。（写真1参照）

これを使った実験は次のような特徴をもつ。

- ① 電気の記号と実物とが一致し、初心者、回路図に対するとりつきにくさが減少する。
- ② ハンダづけがいらない
- ③ したがって、気軽に試行錯誤ができ、簡単に実験回路を作り、理解を深めていくことができる。

### 4) プログラム実験の例

素子ブロックを使ってのプログラム実験の展開例を次に述べる。

#### 4-1) 理科（電気）における実践

電気の知識が全くないことを前提に、中学二年（43年度）を対象とし、理科の授業の中でプログラムを作った。


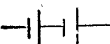
このプログラムのねらいは次のようなものである。



- ① 一人一人が自分の手で実験する。
- ② 電圧、電流といった基本的概念が実体感をともなって定着するようにする。
- ③ 回路図の具体化および自から回路を作っていく能力と技能をみにつけさせる。


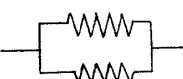
次にプログラムのあらましを示す。このプログラムは 1) 記号、2) 電流・電圧、3) 電流・電圧の測定法、4) オームの法則、5) 少し複雑な回路の問題、という構成になっている。これを生徒一人一人に配布して、これに従って実験を展開していった。


1) 記号


このテキストに出て来る記号の約束をしておきます。問題を解きながらおぼえましょう。

①  は電池 1 個をあらわします。 は  2 個が直列につながれることを示します。

②  は豆電球をあらわします。  
 は豆球 2 個が  につながれていることを示します。

③  は抵抗をあらわします。  
 は 2 個の  が並列につながれていることを示します。

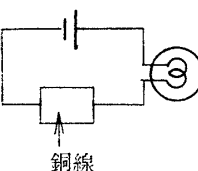
④  はダイオードをあらわしています。

⑤  はスイッチをあらわしています。

この部分は実験回路を作るための予備知識をつけるプログラム学習形式になっている。⑤などはじめての者が多い。

2) 電流・電圧

① 次のような回路をつくり豆球がつくかためしなさい。豆球は  データ：電池は  ボルト



② 上の回路で銅線ははずしなさい。豆電球は

③ この実験から、次のように云える。豆電球がつくということは何か電池から豆電球へ流れていると考えられる。その証拠に、上の実験で銅線ははずすと豆電球が 。これは電池から豆電球へ何か流れていく道がとぎれたからだ。この何かを  (ア) という。

④ 上の回路図で銅線のかわりにダイオードというものをつけてみましょう。

イ) 豆電球がつかない時ダイオードのつなぎ方を逆にしてみよう。

豆球がついたら電池のつなぎ方を逆にしてみよう。

ロ) ダイオードの性質がしっかりわかるまで何度もやってみなさい。ダイオードの性質がわかったら、さらに電池の電流の性質も考えなさい。

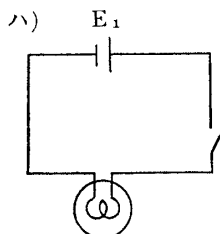
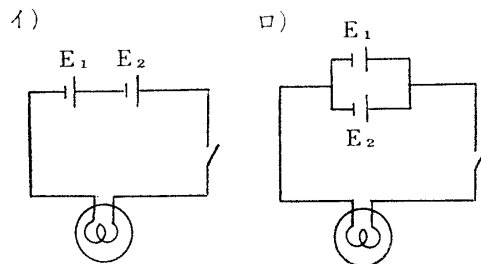
⑤④ の実験から次のことがいえる。

イ) ダイオードはつなぎ方によって電流を  たり流さなかったりする。したがってダイオードは一定方向の電流のみ流す性質を持っている。

ロ)  から出す電流には向きがある。

※ 興味のある人は⑧の実験をやってみよう。

⑥ 次の様な回路を作りスイッチを入れて、イ), ロ), ハ)の豆球の明るさをしらべなさい。



データ： $E_1 = E_2 =$   V  
 の場合が一番明るく、 と  の場合はだいたい同じ明るさである。

⑦ 実験 ⑥ の結果から次の事が言える。

電池には  を押し出す力がある同じ電池を 2 個直列につなぐと、その力は 1 個の場合の  倍になるが、並列につなぐとその力はかわらない。この電流を押し出す力を  という。

時間があったら次の実験をしなさい。

⑧① の回路の銅線とかいたところへ次のような物質をつないでみなさい。豆電球の明るさ

はどうなりますか。

- イ) 陶磁器 ロ) 水 ハ) 食塩水 ニ) 木片  
ホ) 木綿 ヘ) 銅線 ト) 鉛筆のしん

豆電球のついたもの

豆電球のつかないもの

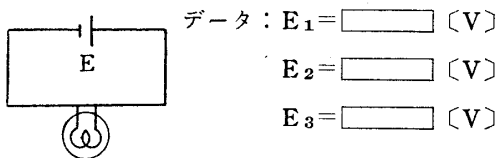
豆電球のついたものは導体といいます。

豆電球のつかないものは不導体とか絶縁体と言います。

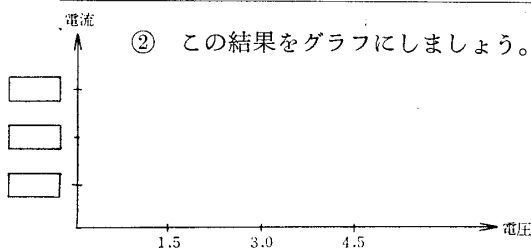
(7) の部分では、電気と答えたもの30%電流と答えたもの60%で、ここでの目的を達している。また⑧の部分に対する感想として、「食塩水が電気を流すとは思わなかった」とか「鉛筆のしんが電気を流すとは思わなかった」という新鮮で素朴な驚きを体験した生徒もいた。

3) の電圧電流の測定法のところでは、電流計、電圧計の使い方を中心に、電池の起電力の測定も行った。次には 4) のオームの法則のプログラムの一部を示す。

4) オームの法則前の①で少し抵抗についてふれしたが、これから、ある回路での電流、電圧、抵抗のそれぞれの値にはなんらかの関係がありそうだと気が付いた人もあるでしょう。ここでは、この関係についてしらべていきましょう。  
①次の様な回路を作り電池の数を1個から2個、3個とふやしていき豆電球の1個にかかる電圧と、豆電球を流れる電流をはかりなさい。電池は直列につぎたしていきます。



| 電池の数 | 電圧〔V〕 | 電流〔A〕 |
|------|-------|-------|
| 1 個  |       |       |
| 2    |       |       |
| 3    |       |       |



③ 上の結果から次の事がいえます。

電圧が2倍になると電流も  になる。

電圧が  になると電流も3倍になる。

したがって豆電球にかかる電圧とそれを流れる電流とは  の関係にある。これをオームの法則という。

以下省略

このあと抵抗との関係をしらべるプログラムがつづき、さらに合成抵抗の求め方まで、実験によって確認していく。

この部分での特徴は、プログラムの中にグラフを作るというデータ整理の手順も織り込んだところにある。

5) は省略する。

以上のようなプログラムによって5時間を費いやした。次に生徒の反応を述べる。

ところどころに工夫がみられる。たとえば、回路構成がだんだん簡潔になったり、⑧での食塩水を回路にくみ込むやり方。豆電球が輝きすぎる(電圧が定格以上かかった)場合にはプログラムに指示のない抵抗を入れてみる等である。

感想としては、「一つ一つ実験をしていくとおもしろくて、全くむづかしいなどと思わなかった」「教科書にも書いてなく、先生からも教えられていないことを実験によってわかったのですから、私が新しいものを発見したような気持ちになりました。」「いちいち配線しなくてもよい組立式だったので短時間で何回も実験できるし、回路を変えるのもかんたんにできて便利だった」というようなものであった。

展開中におくれている生徒を指導したり、友人同志の討論をすすめたため、全員(43人)がプログラムを全部消化した。中には教科書をやってくれないと不安であるという者も出たが、全体的に非常に好評であった。ただプリントを配布して何かを記入させるとテスト的雰囲気になるため、最初の1時間目は緊張した雰囲気になったが、前述の討論なども混えたためそれも消えていった。グループで相談し一人でためしてみるという形式に進んだ者、グループに依存してしまった者もあらわれた。

1) から 4) までは「とてもわかりやすい」のであったが 4) の一部と 5) は難航したようであった。

この一連の実験のあと定着度をみるため次のようなテストを行った。

問1 省略

問2 ダイオードの性質をしらべる実験法を回路を示して述べよ。

問3 電池の電流が一方に流れることを確かめる実験法を述べよ。

問4 導体・不導体を見合ける装置を設計せよ。回路図を書き、素子の名称および値を記入せよ。

この問題はほとんどの者が出来た。とくに問4に関しては、自分で装置を作って来る熱心な生徒まであらわれた。もちろん導体ならば豆電球がつくという簡単な検出装置であったが。

#### 4-2) 技術(電気)における実践例

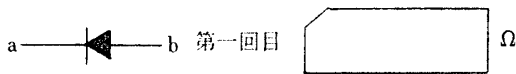
増幅回路や整流回路を回路図通り作ることも大切であるが、そのはたらきを充分理解する必要がある。中学三年の男子の中には、ラジオなどを組み立てた経験のある者も少なくないが、ただ組み立てただけで、そのはたらきまで充分理解している者は少い。たとえば、コンデンサのはたらきは彼等の理解しにくいものとなっている。技術科においては増幅器のしくみの理解をねらうプログラムを作った。構成は 1) オームの法則 2) 整流回路、3) 増幅回路である。このプログラム実験のねらいは、問題のくみ立てと、それを構成する各素子の働きを充分理解させるところにある。この授業展開は42年度、45年度の中学三年で行った。

ここでは整流回路のくみ立てと理解の為の例を示す。

#### 2) 整流回路 (Ge ダイオードを使う)

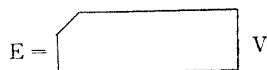
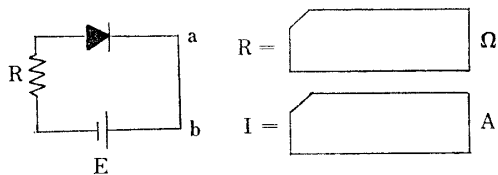
① ダイオードの端子 a, b (下図参照) 間の抵抗をテスターで測定しなさい。

測定の際、テスト棒の ⊕ ⊖ を変えてみなさい。

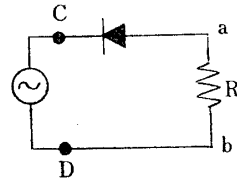


② ダイオードはどういう性質を持っていますか。①の結果から云えることを述べなさい。

③ 次のような回路をつくり、a ~ b 間を開いてテスターで電流をはかりなさい。



④ 次のような回路をつくり、③と同じことを



使用したレンジ

Vab =  V<sub>1</sub>

R =  Ω

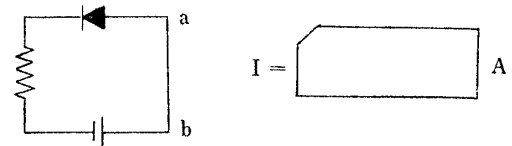
交流用か直流用か

テスト棒を逆にすると Vab =  V

しなさい。

⑤ ②, ③, ④の結果から、ダイオードは(イ)一方向のみ、(ロ)どちらからでも電流を通す性質を持っていることがわかる。(イ), (ロ)のどちらかをえらびなさい。

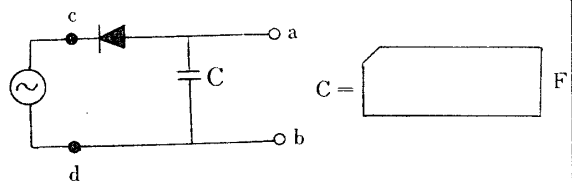
⑥ 次のような回路をつくり、a ~ b 間の電位差をテスターではかりなさい。



⑦ 上の回路の a b と c d にイヤホーンをつけて音を比較しなさい。オシロスコープがあれば波形を比較しなさい。

⑧ ⑦での音の違いはどうして起るか、その理由を述べなさい。

⑨ 次のような回路をつくり、a ~ b 間にイヤホーンをつけて音を聞きなさい。またコンデンサ C をはずして音を聞き、ついている時と比較しなさい。



オシロスコープがあれば波形の比較をしなさい。

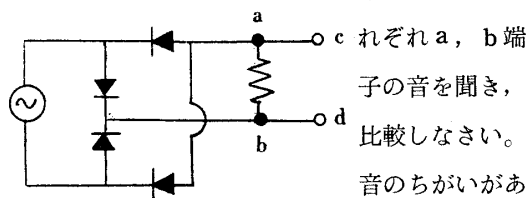
⑩ ⑨の回路で、つけてあった電源を c, d で

はずし、イヤホーンの一つの端子を a (又は b) にさしこみ、耳にイヤホーンをつけてからもう一方の端子を b (又は a) にさしこみ、なにがきこえるか注意せよ。

⑪ 音が聞えた場合、電源がないのになぜ聞えるか考えよ。聞える時間は長いか短いか。

⑫ ⑪の考察で得たコンデンサ C の働きについての知識で、⑨での音のちがいをもたらしたものは何かを述べ、さらに、それがどういう働きをしたか述べよ。

⑬ 次のような回路をつくり、a~b間という向きの電流が流れるか予想を立ててからテスターでたしかめなさい。もう一つ⑩の回路をつくり、そ



れぞれ a, b 端子の音を聞き、比較しなさい。音のちがいがあれば、その理由を考えなさい。オシロスコープがあれば波形の比較をしなさい。

⑭ ⑬の回路で c d にコンデンサをつけ、c d での音をきき、⑬のとときと比較しなさい。

以上のようなプログラムにより約2時間で全部消化させることを狙ったが、大部分の者は時間内にできなかった。テスターを使い一つ一つたしかめつつ進ませたが、自ら作った整流回路の出力波形をみることに、満足感をもったようである。(写真2参照)この方式は整流されているか否かをクリスタルイヤホーンによる音の違いで確認する法もとり入れているところに特徴がある。

改良点として、回路の機能を自から探索していく実験にすることも考えられる。たとえば、全波整流回路自体をこのプログラム中で考えさせたり、整流されたか否かの確認方法をも考えさせるなどである。このプログラムの欠点は一つのルートに乗せてしまって生徒が試行錯誤をする余地をあまり残していない点にある。

## 5) まとめ

実験を一段階づつすすめることによって生徒一人一人が自らのペースで理解をすすめていくことをねらったプログラム実験方式を提案した。そして素子ブロックを用いて、理科及び技術科における電気に関する授業でのプログラム例とその実践報告を行った。今後は他の面にもこの応用を行いたい。

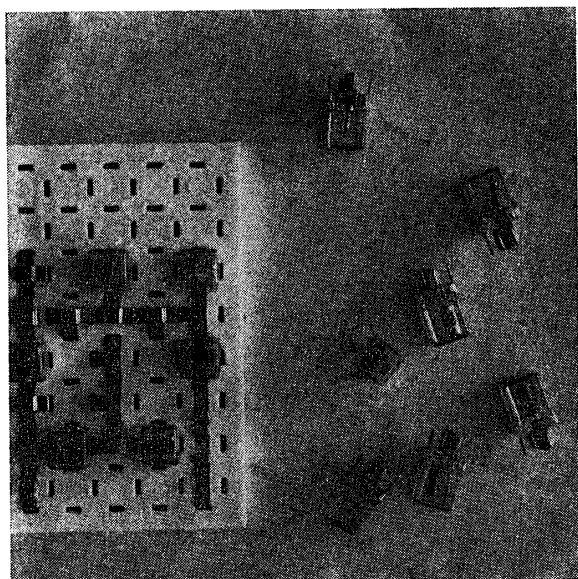


写真1 素子ブロック

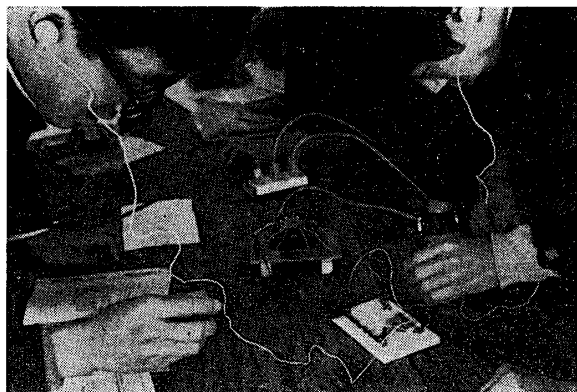


写真2 プログラム実験をすすめる生徒 (45年度中3)