

# 回路実験において、定量的な扱いと定性的な扱いをした時の学習効果の差異について

—— 超低周波発振器を用いた電源回路の指導を通して ——

西 山 昇

## I 主題設定の理由

1. 電気2では、トランジスタの増幅作用を利用した装置の製作を通して、回路要素のはたらきと使用法、装置の設計と工作技術の基礎、電気と生活との関連について指導するようになってきている。そのため、これまでの学習の流れは、増幅作用の概念からスタートして、トランジスタのしくみとはたらき、回路要素へと続くのが常であった。しかし、トランジスタのしくみを指導するには、ダイオードに必ず触れねばならず、教材配列の順次性に苦しんできた。そこで、本年はトランジスタのしくみの前に、電源回路のしくみとはたらきを小単元として組み入れることにした。

電気2の指導時数30時間のなかで、電源回路に7時間もかけると他の指導事項を精選せねばならず、指導計画の作成に苦慮したが、次のような点を考え、思い切った指導計画を組んだ。

- (1) 回路素子が少ないわりには、電気現象の変化が大きく、生徒の興味を持続させやすい。
- (2) 代表的な回路素子のしくみやはたらきが指導できる。
- (3) 回路素子のはたらきを手がかりにして、回路を構成してゆくという技術的思考場面も多く設定できる。
- (4) 回路素子が少ないので、小集団による実験中心の学習が組織しやすい。

2. 現行の教科書と、技術・家庭科が発足した頃の教科書の記述を比較してみると、現行のものは、技術を支える科学的根拠に関する記述が少なくなり、プラモデルの製作マニュアルに似た感じがする。技術は、ただ単なる物作りのための方法ではなく、科学(自然科学や社会科学)と密接な関連を持ちながら存在し、発展してきたものだと思う。だから、技術・家庭科の指導でも、できる限り技術と科学を関連させながら学習展開をすべきではなからうか。こう述べると、技術・家庭科は第2理科ではないかと批判されそうだが、逆に、科学を忘れた物作りの教科であってよいということにはならないはずである。生きてはたらく技術的態度を身につけさせるには、科学的根拠に支えられた技術・家庭科教育を推進してゆく必要がある。

こうした観点に立って、電気2の単元構成を考えると、実験を多く取り入れた展開になる。ところが、こうした学習をするには設備面での壁があり、どこでもできるという条件が整っているとはいえない。たとえば、測定器具をみても、数台の回路計があればよい方で、オシロスコープがあるところは限られている。そのため、ややもすると教師主導型の学習になりがちで、生徒の学習意欲を減退させるようになる。

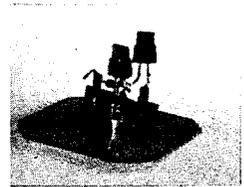
そこで、本研究では、超低周波発振器を使い、回路計や発光ダイオードを測定具とし、生徒

実験を多く取り入れた電源回路の指導を試みた。

## II 研究の基礎

電源回路の指導については、オシロスコープを使って波形を観測させながら、回路のはたらきを指導するが多かった。しかし、オシロスコープでは波形の変化は指導しやすいが、電流方向の指導が不十分で、回路のはたらきを完全におさえきれない点があった。そこで、本校では、数年前から超低周波発振器と豆電球(○ $\overset{R}{\curvearrowright}$ —|—○)を使って演示実験をし、その欠点を補ってきた。ところが、豆電球では回路を流れる電流の様子を正確に表示できず(電流が少ない時には豆電球が点灯しない)、半波整流回路の指導で困ることがあった。

本研究では、こうした点をふまえ、測定具を回路計を使う方法と電流の変化に対応しやすい発光ダイオード(赤と緑、写真1)を使う方法との二通りで、電源回路の指導を展開することとした。



〔写真1〕

## III 研究の目標

電源回路の指導において、回路計を使って定量的な実験をした実験群と、発光ダイオードを使って定性的な実験をした統制群との間に、学習効果の差異があるのかを明らかにし、今後の学習指導の参考資料を得る。

## IV 研究仮説

電源回路の実験に用いる測定具には、定量的な扱いのできる回路計を用いた方が、回路のはたらきやしぐみを理解させるのには有効であり、学習意欲の高まりも見られるであろう。

## V 研究方法と研究対象

### 1. 研究方法

電源回路のうち、整流回路から回路を流れる電流までを、小集団によるプログラム学習の形態をとり、実験に用いる測定具を、実験群では回路計、統制群では発光ダイオードを使わせ、その効果を事後テストと事後アンケートにより比較する。

### 2. 研究対象

群	クラス	調査人員	① 知能テスト		② 電気1テスト	
			平均	S. D	平均	S. D
実験群	3年1.2組男子	4 5	56.7	6.14	30.3	8.45
統制群	3年3.4組男子	4 3	59.0	5.80	31.8	8.40

①、②について、 $t$  検査、 $F$  検査の結果、いづれも有意差なし。

$$\textcircled{1} t = 1.79 \quad \textcircled{2} t = 0.83$$

$$F = 1.1 \quad F = 1.01$$

3. 実験期間

授業 昭和59年1月11日～1月24日  
 事後アンケート 最終授業の実施日  
 事後テスト 授業終了の1週間後に予告なしで実施

4. 指導計画（電源回路）………※印が実験授業

電源回路のしくみ 0.5時間 ○トランジスタの増幅作用と電源、交流を直流にするには  
 変圧器 1.5時間 ○変圧器のしくみとはたらき  
 ※整流回路 2時間 ○ダイオードのはたらき、整流回路のしくみ  
 ※平滑回路 2時間 ○コンデンサのしくみとはたらき、平滑回路のしくみ  
 ※回路を流れる電流 1時間 ○電源回路のはたらきのまとめ

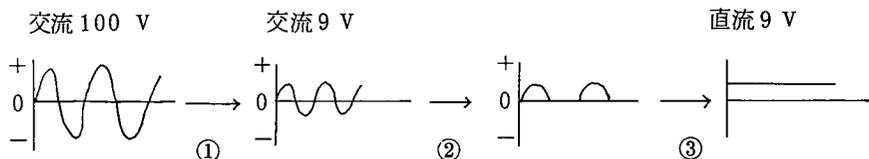
5. 指導の実際

(1) 電源回路のしくみ

トランジスタラジオの電源をかえて、音声出力のちがいを比較させ、トランジスタの増幅作用を正常にひきだすには直流電源が必要なことを確認させた。そして、ACアダプタ内にはどんなし

1 Hz…音声がかぎれる。  
 60 Hz…雑音が聞こえる。  
 ACアダプタ…正常

かけが作られているかを考えさせ、下図のように三つの条件が必要であることをまとめた。



(2) 変圧器

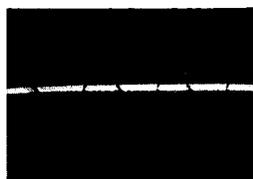
交流 100 V から交流 9 V を得るには、抵抗を二つ直列に接続すればよいという考え方が多く出たが、抵抗での無駄な電力消費があることを知らせ、変圧器へとつないだ。理科でコイルの学習を終えたばかりだったので、一次コイルに交流を流すと、コイルの周囲に強さと方向の異なる磁界ができることを約 2 Hz の交流を使って磁針で確認させた。そして、その磁界内に二次コイルを近づけると、その両端に電圧が誘起されることを、二現象テレビオシロスコープ・アダプタを使って観察させ、さらに、電気エネルギーの有効伝送をするには鉄芯を使うとよいことなどにもふれた。（写真 2）



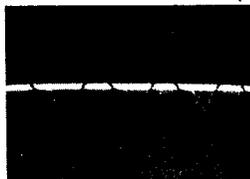
TVオシロ  
 ・アダプタ



芯材なし



芯材（鋳鉄）



芯材（磁石）

{ 写真 2 }

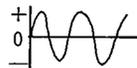
(3) 整流回路………これから後は小集団によるプログラム学習の形態をとった。

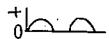
学習目標を

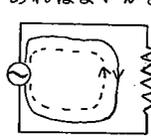
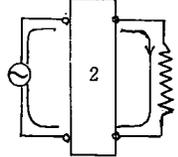
- ① ダイオードのはたらきを知り、整流回路（半波、全波）を組むことができる。
- ② 回路づくりのおもしろさに気づく

とし、三つの課題と、一つのたしかめの実験を小集団（二人一組）でさせた。なお、プリントの回路図で②とあるのは、実験群では回路計を意味し、統制群では発光ダイオードに置きかえることを約束とした。

☆ 学習プリント №1

交流 100 v  変圧器 → 交流 9 v   ②

〔課題 1〕 ② で電流の方向を  のようにそろえるには、どんなはたらきをする部品があればよいか。


→


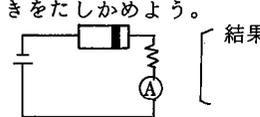
自分の考え

☆ 学習プリント №2

② には、一定方向の電流しか流さない部品がほしい＝ダイオード  
 たしかめ 下図の回路でダイオードのはたらきをたしかめよう。

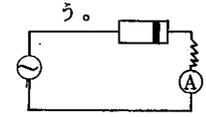

〕

結果


〕

結果

〔課題 2〕 下図のように交流をかけたら、②Aはどんな変化を示すか予測し、たしかめてみよう。


〕

予測

〕

結果

☆ 学習プリント №3

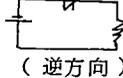
ダイオード………一定方向の電流しか流さない。

図記号 



(順方向)

実物 

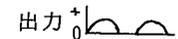


(逆方向)

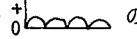
おび (図記号の  と対応)

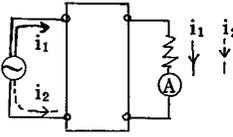


(半波整流)

交流 

出力 

〔課題 3〕 交流の電流方向を  のようにするには、どんな回路を作ればよいか。回路図を書いたらたしかめの実験をしてみよう。(ダイオードは4個使う)



自分の考え

たしかめ

(4) 平滑回路

学習目標を

- ① コンデンサのしくみとはたらきを知る。
- ② 平滑回路を作り、より平滑にするにはどんな条件が必要かを考える。

とし、3つの課題と、1つのたしかめの実験をさせ、演示実験を1つ取り入れた。

☆ 学習プリント №4

半波整流  
全波整流

交流  
ダイオード

電流の大きさが一定でない。

〔課題4〕 電流を一定にするには、どんなはたらきをする部品があればよいか。

☆ 学習プリント №5

〔たしかめ〕 下図の実験をし、コンデンサの性質をしらべよう。

黒おび、⊖の符号

Ⓐの変化

電池をはずして、しばらく放置する。

つなぐ

Ⓐの変化

コンデンサの性質をまとめよう！

☆ 演示実験

1. 自作コンデンサA (200 × 300のプリント基板を対向させたもの)にD. C 400 V をかけ、しばらく放置した後に放電電流を確認する。…… (極端に小さい)
2. 自作コンデンサB (アルミホイルとサララップで作ったもの)にD. C 6V をかけ、しばらく放置した後に放電電流を確認する。…… (ある程度の大きさ)
3. 220 μF の電解コンデンサにD. C 6V をかけ、しばらく放置した後に放電電流を確認する。…… (相当に大きい)

☆ 学習プリント №5

コンデンサ……電気をたくわえたり、だしたりする。

充電 放電

・しくみ

金属板

充電

放置しておく

放電

・図記号  $\text{---}|\text{---}$ ,  $\text{---}|\text{---}$  ・単位 フェラッド  $\frac{1}{\text{F}}$ , マイクロ  $1\mu\text{F} = \frac{1}{10^6}\text{F}$ , ピコ  $1\text{pF} = \frac{1}{10^{12}}\text{F}$

〔課題5〕 半波整流された電流を、直流にするにはコンデンサをどう使ったらよいか。回路を考えて、実験してみよう。

回路	回路
結果 $\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	結果 $\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____

☆ 学習プリント №6

〔課題6〕 出力の波のうちが大きいのが、より直流に近づけるには、どうすればよいか。

〔 考え方または回路 〕 〔 結果 〕

(5) 回路を流れる電流

学習目標を

- ① 回路を流れる電流の変化を知り、電源回路のはたらきを理解する。
- ② 回路のはたらきのおもしろさに気づく。

とし、1つの課題を設定した。

☆ 学習プリント №7

〔課題7〕 左図の回路点A～点Dには、どんな電流が流れているか予測し、実際にたしかめてみよう。

予想	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____
実際	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____	$\begin{matrix} + \\   \\ 0 \\   \\ - \end{matrix}$ _____

回路実験において、定量的な扱いと定性的な扱いをした時の学習効果の差異について

このように、学習プリント7枚を小集団で学習させた。1つのステップが終ると、学習プリントと感想や疑問点などを書いたプリントを提出させ、その場で確認を与えながら、次のステップへと進ませた。

## VI 研究結果

### 1. 事後調査A（資料3を参照）の結果

	平均	S. D
実験群	8.3	2.6
対象群	8.8	2.3

$t = 0.99$   
 $F = 1.29$

有意水準1%で  
 $t$ 検査、 $F$ 検査ともに  
 有意差なし

問 題	実 験 群		統 制 群		$\chi^2$ 検 定	
	正 答	誤 答	正 答	誤 答		
1	4 4	1	4 0	0	$\chi^2 = 0.90 < \chi^2_{0.05}$	
2	4 2	3	3 7	3	$\chi^2 = 0.47 < \chi^2_{0.05}$	
3	3 6	9	3 2	8	$\chi^2 = 0 < \chi^2_{0.05}$	
4	名 称	4 2	3	3 7	3	$\chi^2 = 0.47 < \chi^2_{0.05}$
	単 位	1 5	3 0	2 8	1 2	$\chi^2 = 11.39 > \chi^2_{0.05}$
	はたらき	3 4	9	3 4	6	$\chi^2 = 0.34 < \chi^2_{0.05}$
5	A	2 3	2 2	2 3	1 7	$\chi^2 = 0.39 < \chi^2_{0.05}$
	B	3 0	1 5	3 2	8	$\chi^2 = 1.90 < \chi^2_{0.05}$
	C	3 1	1 4	3 1	9	$\chi^2 = 0.79 < \chi^2_{0.05}$
	D	2 9	1 6	3 2	8	$\chi^2 = 2.53 < \chi^2_{0.05}$
6	4 1	4	2 8	1 2	$\chi^2 = 6.18 > \chi^2_{0.05}$	

$\chi^2$  検定の結果、問4の単位と問6で、有意水準5%で有意差有

### 2. 事後調査B（資料4を参照）

(1) 調査項目	分 類	実験群	統制群	$\chi^2$ 検 定
難易度	易 しい	3	4	$\chi^2 = 0.26 < \chi^2_{0.05}$
	普 通	4	3	
	難 しい	3 6	3 6	
理解度	わ かった	2 2	2 4	$\chi^2 = 1.03 < \chi^2_{0.05}$
	普 通	1 7	1 3	
	わ からない	4	6	
おもしろさ	おもしろい	2 6	2 8	$\chi^2 = 2.45 < \chi^2_{0.05}$
	普 通	8	1 1	
	おもしろくない	9	4	
学習意欲	よ くなった	2 8	2 3	$\chi^2 = 1.37 < \chi^2_{0.05}$
	か わらない	1 2	1 5	
	悪 くなった	3	5	

- 5段階調査を3段階で集計し、検定した。
- 全ての項目について5%の有意水準で有意差は認められない。

(2) 学習形態についての意識……文章表現されたものを分類して集計した。

	実験群	統制群
① プラス傾向		
・ わからないところも話合っているうちにわかった	15	18
・ 一人だと出ない考えがでた	6	6
・ 協力しあって早く実験ができた	10	8
・ その他	5	4
	} 36	} 36

	実験群	統制群
② マイナス傾向		
・ 二人しかいないので考えが広がらない	2	3
・ 相手にたよりすぎた	3	5
・ 人数は多い方がよい	3	2
・ その他	2	1
	} 10	} 11

(3) 印象深かったこと……文章表現されたものを分類して集計	実験群	統制群
・ 自作コンデンサの実験	6	15
・ コンデンサ、ダイオードなどの実験	10	8
・ 全波整流回路を考え、作ったこと	7	9
・ 直流を作ったこと	7	3
・ 実験がうまくいったこと	3	6
・ その他	14	14
	} 50	} 55

(4) 疑問点や学習を深めてみたいこと……文章表現されたものを分類して集計	実験群	統制群
・ コンデンサのはたらき	11	5
・ ダイオードのしくみ	9	4
・ より直流にすること	3	7
・ 他の電気部品のはたらき	5	5
・ 他の回路を作ってみたい	6	4
・ その他	2	9
	} 36	} 34

## VII 考 察

研究仮説として、「電源回路の実験に用いる測定具には、定量的な扱いのできる回路計を用いた方が、回路のしくみやはたらきを理解させるのに有効であり、学習意欲も高まるであろう」を設けたが、事後調査 A、B ともに実験群と統制群との間に有意な差が見られず、仮説は棄却されたと考えてよい。

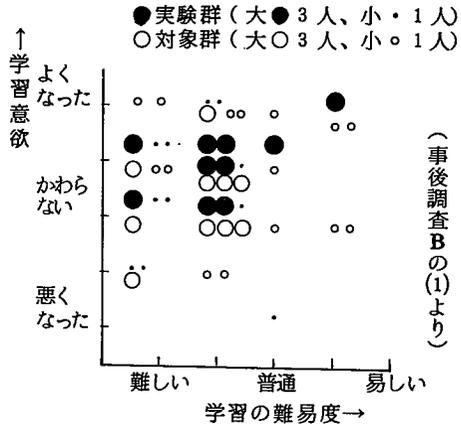
この結果から、電源回路を実験主体に学習する時の測定具には、発光ダイオードを用いて定性的に指導しても、回路計を使った時と同じ効果が得られることがわかった。回路計にくらべ、発光ダイオードは安価（一組で 40 円）で作りやすい測定具であり、実験を主体にした学習を展開す

る時の壁であった設備面の不備を補うことができ、これからの学習に大いに役立てることができ  
るものと思う。

## Ⅶ まとめと今後の課題

技術教育を科学的根拠に支えられた実践的なもの  
にしたいという願いを持ちながら、日々の授業実践  
となると思うような展開ができずに、あせりさえ感  
ずることが多い。今回の電源回路の授業では、本大  
学教育学部技術科の古川明信先生の助言をいただ  
いたり、学生の広井文隆さんには教具の製作の援助を  
いただいたりして、思い切った学習展開をすること  
ができた。この結果、右図のように、生徒達が一つ一つのステップを苦しみながらも前進してゆ  
き、最後にはやって良かった、次の学習もやってみようという意欲の高まりを見せてくれたので、  
一応の成果をあげることができたのではないかと考えている。

今後は、電気2における他の単元においても、超低周波発振器と発光ダイオードを使った実験  
を取り入れ、その成果についても考察をしてみたい。



## 引用文献

- ※1 古川明信 「教具用発振器の製作」 日本産業教育学会第26回全国大会発表資料  
発表後 回路の一部が変更されているので資料1を参照
- ※2 和田洋一 「4現象TVオシロスコープ・アダプタの製作」 初歩のラジオ 1977.10  
2現象部分のみ(資料2参照)製作。テレビ側の偏向コイルを90°ずらして利用している。他に、松本悟「TVオシロアダプター」  
初歩のラジオ 1983.11もある。

## (資料1)

