

電流回路に関する学習過程の診断分析と考察

石原 敏 秀

Consideration and Analysis of Learning Process on Electric Circuit

Toshihide Ishihara

§ 1 はじめに

最近科学技術の進歩はめざましく、家庭生活の身边においても、便利な電気製品は、つぎつぎと安価に数多く考案され、設備され、過去には想像もできなかったほどの様々な視聴覚文化の恩典を受けられるようになった。

しかし、その多くは、何の思考も必要としない単純なボタン操作だけで目的を達することができ、その結果が人間の諸行動、思想はきわめて短絡的になり、そのような現象へ致る原理的なことを考察したり、そのような原理を用いて、自らが生活の向上の為に、何らかの創造工夫をするというような生活態度からはいよいよほど遠くなり、使い捨ての消費文化に埋没するという現象が一段と強くなりつつある。このことは人間の教育が本来生産的なものであり、未知な新しい場面に遭遇して、自らの力を集中してそれを乗り越える力を育成するという目的とは相反する方向であり、これからは、学校教育における基礎的・基本的な科学的知識の習得と筋道立った考え方、科学的思考力の育成が、より一層切実な課題であることを思わないわけにはいかない。このような社会的風潮と教育的要請のなかで、物理教育学会では、最近小学校教員の理科に関する理解と指導力が、他教科に比して格段に低下しているのではないかと、それを如何にして回復することができるかが、最も大きな関心事になっている⁽¹⁻³⁾。

特に女子教員の増加が“理科に弱い”教員の増大と直接的に結びついていることを疑う者がいないということは、本学のような女子学生の教育機関としては、格別に反省しなければならない。

小問	選択肢番号										
	無答	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	5	2	18	<u>75</u>	-	-	-	-	-	-
2	0	<u>69</u>	18	8	5	-	-	-	-	-	-
3	0	3	4	22	<u>71</u>	-	-	-	-	-	-
4	0	<u>22</u>	28	16	34	-	-	-	-	-	-
5	0	16	13	32	<u>39</u>	-	-	-	-	-	-
6	1	<u>59</u>	16	14	10	-	-	-	-	-	-
7	0	1	6	1	<u>82</u>	2	6	0	2	-	-
8	0	0	5	6	<u>84</u>	4	1	0	-	-	-
9	0	2	<u>41</u>	11	26	14	4	2	-	-	-
10	1	7	1	<u>46</u>	7	24	14	0	-	-	-
11	1	9	2	0	6	<u>73</u>	2	2	5	-	-
12	1	2	15	<u>65</u>	5	12	-	-	-	-	-
13	1	29	13	5	<u>23</u>	19	6	4	-	-	-
14	0	13	16	9	3	10	<u>39</u>	10	-	-	-
15	0	9	11	14	<u>9</u>	4	<u>36</u>	17	-	-	-
16	1	20	31	<u>40</u>	8	-	-	-	-	-	-
17	0	29	<u>27</u>	40	4	-	-	-	-	-	-
18	1	30	4	<u>58</u>	6	1	-	-	-	-	-
19	1	0	2	<u>65</u>	4	20	3	5	-	-	-
20	2	7	3	<u>67</u>	5	4	12	-	-	-	-
21	0	2	8	<u>42</u>	2	7	31	7	1	-	-
22	0	2	6	8	<u>51</u>	32	1	-	-	-	-

下線は正答

Fig. 1 小問の各項反応率表

テンスウ	ニンズウ
0	0
1	2 **
2	0
3	0
4	2 **
5	6 *****
6	5 *****
7	6 *****
8	6 *****
9	4 *****
10	8 *****
11	10 *****
12	9 *****
13	9 *****
14	4 *****
15	9 *****
16	5 *****
17	6 *****
18	8 *****
19	0
20	1 *
21	0
22	0

N (人数)	100
m (平均)	11.5
S.D.(標準偏差)	4.3

Fig. 2 本学学生の得点分布表

テンスウ	%
0	0.8 **
1	0.2 *****
2	3.6 *****
3	8.8 *****
4	9.6 *****
5	10.7 *****
6	9.3 *****
7	7.7 *****
8	6.3 *****
9	5.5 *****
10	4.4 *****
11	5.2 *****
12	3.8 *****
13	2.5 *****
14	3.6 *****
15	2.2 *****
16	1.4 ***
17	2.7 *****
18	3.0 *****
19	1.6 ****
20	0.8 **
21	3.0 *****
22	1.4 ***

N	365
m	8.6
S. D.	5.4

Fig. 3 中学生の得点分布表

小学校の理科教材では、力学と電気が大きな部分を占めているので、今回は特に電気の分野の基本事項についての学生の実態を明らかにし、理科教育の資料を得ることを目的として、以下の調査を行い分析を試みた。

§ 2 調査方法とその結果

調査問題には、物理教育 (Vol 25 No.4 1977) に発表されている、藤井、吉本の作製した「電流回路」診断問題を用い⁽⁴⁾1980年7月15日に1回生100名に対し調査した。

この問題は22問から成り、各問1点の配点をした。問題を Appendix に示す。

結果は岐阜大学教育学部カリキュラム開発センターにおいて、コンピュータ処理を行なった。

小問の各項反応率表を Fig. 1 に表わす。

これを正答数の分布表で表わすと Fig. 2 のようになる。なお藤井・吉本の行なった、中学生365名に対する結果は Fig. 3 のようであった。特性値を下記に示す。

本来は15.6点を中心に S. D. 3 点位の正規分布が期待されてよい問題であると思われるのに対して、Fig. 2 の特徴は5点~18点の間で、ほぼ一様分布に近い分布をしていることである。このことは、学生がそれぞれの問に対して、電圧・電流・抵抗についての相互の関係を認識した上での判断を下し

ているかどうかを疑わせ、この理由を解明することが、今後の指導に1つの方向を与えるものではないかという立場から以下いろいろな分析を試みる。

グループ	得点範囲	N	m	S. D.
上位	16-22	20	17.3	1.0
下位	0-7	21	5.3	1.7
全員	0-22	100	11.5	4.3

Fig. 4 グループ別特性値

最初に平均点±標準偏差で、上位、中位、下位の3グループに分けてみる。各グループの成績は、Fig. 4 のようである。

§ 3 分 析

1) S-P表より

S-P表とは⁽⁵⁾⁽⁶⁾、テストの各問について、正答ならば“1”、誤答ならば“0”とそれぞれ得点を与えた、(生徒数)×(問題数)の大きさの得点一覧表である。このとき、横方向の左から、正答率の高い問題の順に、縦方向の上から合計得点の高い生徒順に、それぞれの得点を並べかえる。

次にこの並べかえた表の中に各々の生徒について表の左から正答だけ数えて区切線(S曲線)を入れ、同様に、表の上から、各々の問題について、正答者数だけ数えて区切線(P曲線)を入れる。このS曲線の形状により生徒の達成水準がわかり、P曲線の形状により問題の困難度がわかる。

またS-P表より、指導法の問題、問題群の非等質性、生徒の能力の変化などをみることができる。Fig. 5 に、S曲線・P曲線のパターンを示す。

S曲線については、なだらかな曲線になっていて、学生間の能力について、異質なグループとは考えられない。P曲線については、左から18-19、20-21問間に難易がはっきり別れるパターンが出ているが、S曲線の右側にあり、最後の問題でもあるので、学生にとって難しい問題ではあるが、特別問題の不備ということは考えなくても良いと考える。

次に各問題の注意係数 $C \cdot P_i$ を Fig. 6 に示す。なお $C \cdot P_i$ は次の式で定義されている。

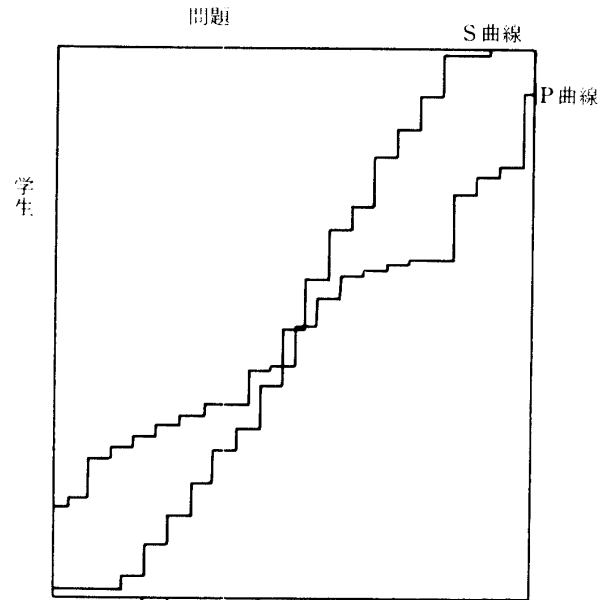


Fig. 5 正答率 P=52.2%

$$C \cdot P_i = \frac{(\text{問題 } i \text{ の P 曲線から上の "0" に対応する合計得点の和}) - (\text{問題 } i \text{ の P 曲線から下の "1" に対応する合計得点の和})}{(\text{問題 } i \text{ の P 曲線から上の生徒の合計得点の和}) - (\text{問題 } i \text{ の正答者数}) \times (\text{平均得点})}$$

小問番号	8	7	1	11	3	2	20	12	19	6	18	22	10	21	9
C・Pi	0.26	0.35	0.14	0.40	0.12	0.26	0.62	0.45	0.42	0.40	0.72	0.58	0.28	0.68	0.22
小問番号	16	5	14	17	13	4	15								
C・Pi	0.62	0.40	0.26	1.17	0.34	0.71	0.43								

Fig. 6 注意係数

注意係数の判断基準としては、0.75以上のときは、とくに要注意、0.75未満、0.5以上のとき要注意である。Fig. 5より、特に注意を要する問題は17, 18, 4である。17は発熱量を求める問題が、全体の中でも困難な上、抵抗が並列になっているので一そう答にばらつきがある。

18は下位の方から10名位のものに正答が多くみられるが、この結果だけからは判断しにくいので、この問題に関するチェックを行なう必要がある。4は全体の正答数が少なく、難しい問題であった。個々の学生をみると、上位グループに3名、下位グループに5名、中位に1名、注意を要する者がみられる。上位グループの3名を調べると、20, 21, 22の最後の3問の誤りにより注意係数の大きくなっている。この原因は、知識はあるが反応が遅く、時間不足になると考えられるので、ドリルなどによる訓練の必要を感じる。下位の者は、偶然による正答はあるが、基本的には、数学的なトラブル、例えばグラフが読めないというようなことに起因するので、個別の指導が望まれる。このようにS-P表を調べることにより、個別指導の着眼点が鮮明になった。

全体の問題をながめた場合、正答率 $P=52.2\%$ で、S曲線・P曲線のパターンも標準的なテストであることを保障しているが、この問題を教師養成という観点からみれば、 m が大で、S.D.が小の上位群に正規分布が期待されると考える。したがって結果は望ましい状態とはいえない。したがって数学と理科のより一体的な教育が、これから先の課題である。

2) U-P, M-P表

各問を内容別に次のA~Hの8群に分類する。

群	小問番号	内容
A	6, 7, 8	電流・電圧のグラフから抵抗値を読む
B	1, 2, 3	導線の形状と抵抗値の関係
C	12, 21, 22	回路の配線・計器接続の原則
D	9, 10, 11	単純な直列・並列回路の合成抵抗
E	18, 19, 20	組合せ回路内での電流・電圧の計算
F	5, 16	電流一定でのジュール熱と抵抗
G	13, 14	複雑な組合せ回路の合成抵抗
H	4, 15, 17	電圧一定でのジュール熱と抵抗

S-P表により、一番正答の多いのが、8のグラフから抵抗値を読み取る問題で、逆に誤答の多いのが、15のジュール熱の問題であった。正答の多い順に正答率と群を Fig. 7 に示す。

小問番号	8	7	1	11	3	2	20	12	19	6	18	22	10	21	9
正答率%	84	82	75	73	71	69	67	65	65	59	58	51	46	42	41
群	A	A	B	D	B	B	E	C	E	A	E	C	D	C	D
小問番号	16	5	14	17	13	4	15								
正答率%	40	39	39	27	24	22	9								
群	F	F	G	H	G	H	H								

Fig. 7 小問別正答率表

この表より、A、C、D群の中に正答率が他と比べて異なる問題が見られる。その問題点を明らかにすることにより、問題の性格、学生をつまづき、教師としての指導上の留意点をみる。

A群において、7、8は正答率が高いが、6は導線の形状から抵抗値を続み取るときの誤りが正答率を下げている。B群の理解については、後に詳しくみるように、下位グループの者に特徴的な誤り

群	A	B	C	D	E	F	G	H
正答率%	75.0	71.0	52.7	53.3	63.3	39.5	31.5	19.3

Fig. 8 群別正答率表

群	A			B			C			D			E		F		G		H				
	小問	6	7	8	1	2	3	12	21	22	9	10	11	18	19	20	5	16	13	14	4	15	17
1	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
3	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
6	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
7	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
8	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
9	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
10	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
11	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
12	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
13	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
14	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
15	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
16	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
17	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
18	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
19	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fig. 9 上位クラスのU-P表

であるので、指導する上で、下位の者に対して特に注意する必要がある。C群については、頭での理解と、実際計器を用いて回路をくむ時とのギャップを感じる。D群については、直列と並列回路の合成抵抗の計算において、著しい差が生じている。

全体を上位、下位グループについてみると、上位グループでは、A、B、D、E群はほぼ理解されている。C、F、Gが70~80%程度で、H群は25%の理解にしかたっていない。これが下位グループではA、E群で44%、C群が32%、他はほとんど理解されていない状態である。

全体の正答率を、Fig. 8 に表わす。

正答，誤答の内容をもう少し詳しく見る為に，上位，下位グループについてU-P表，M-P表⁽⁷⁾⁽⁸⁾を作り理解度を調べた。

U-P表は各問内の小群について正答（Cマーク）が過半数に達していることで理解していると判断する。またM-P表は，内容が系統的な誤答を選び，誤答（Mマーク）が過半数に達していることで，その誤答が確実だと判断する。M-P表における群分けは次のようにする。

群	A	B	C	D	E	F	G	H
小問	6 7 8	1 2 3	12 21 22	9 10 11	18 19 20	5 16	13 14	4 15 17
学生								
1	C C C		- C		C C			- C
2	- C C		- C		C C C			- C
3	- C C		C - C		- C C			- C
4	- C C		- C C		- C C	- C		
5	- C C		C	C	C C C			
6	C	C C C	C			C C		
7	C C				C C C			- C
8	C C		C C	C				- C
9	C C	C - C	C C					
10			C		C	C C		C C
11	C C	C C	C					C
12	C C C				C			C
13	C		C		C C			C
14		C	C	C	C C			
15			C C	C C	C			
16		C C	C C		C			
17		C C		C	C	C		
18	C C				C			C
19	C C			C	C			
20					C			
21					C			

Fig. 10 下位グループのL-P表

誤答分枝	1 7 6	2 6 5	4 1 6 2 3	5 6 1 7	3 2 3 2
群	A	B	C	D	E
小問	18 19 20	12 21 22	4 5 15 16 17	9 10 13 14	1 2 3 6
学生					
1		M	M		M M M M
2		M	M		M M M M
3	M	M		M	M M M M
4	M	M	M		M M M M
5	M			M	M M
6	M M		M M	M	M
7		M		M	M M M M
8		M M	M M		
9	M	M	M	M	M M M
10		M M	M M		M M
11	M M		M M	M M	
12		M		M	M M
13		M	M M	M	
14	M M		M		M M M M
15		M M			M M
16	M M	M M	M M M	M	
17		M	M M	M M	M M
18	M		M M M	M M	M M M M
19	M	M	M	M M	M M M M
20		M M			M M
21		M	M M		M M

Fig. 11 下位グループ、U-P表

群	小問一誤答分枝	内容
A	18-1, 19-7, 20-6	組合せ回路内での各部の電圧降下, 電流の分け方の法則
B	12-2, 21-6, 22-5	電気計器接続の原理の理解使用経験が不十分
C	4-4, 5-1, 15-6 16-2, 17-3	ジュール熱と電流・抵抗・電圧の相互関係
D	9-5, 10-6, 13-1 14-7	合成抵抗の求め方・並列直列の区別
E	1-3, 2-2, 3-3 6-2	導線の形状と抵抗の関係

上位クラスではU-P表A～E群まではほぼ理解できている。F, G群は55-60%の理解があるが, H群になると25%程度の理解にしか達しない。下位グループではA群で57%, E群で38%, B, C群が25-30%程度, D, F, G, H群はほとんど理解されていない。

M-P表から読みとれる誤解の中で特徴的なものは, E群の導線は太くて長いものが抵抗が大きいと誤る傾向で, 下位グループに顕著にみられる。その他下位グループに, B群の電気計器の使用経験不足からくる誤りがみられる。唯下位グループでは, 理解が不十分のため, それなりに筋の通った誤答さえ少なくなる。この傾向は, 藤井・吉本の結果と同様であった。下位グループの誤答として多いものをFig. 12 に表わす。

小問番号	誤答番号	誤答人数	正答人数
3	3	16	3
2	2	13	4
1	3	12	5
4	2	12	2
5	3	12	2
16	2	10	4
21	6	10	6
13	5	9	0
6	2	8	6
11	1	8	6
12	2	8	6
14	2	8	0
20	6	8	7

Fig. 12 下位グループの誤答として多いもの

		No. 8					
No. 7		1	2	3	4	5	6
1		0	0	1	0	0	0
2		0	5	1	0	0	0
3		0	0	0	1	0	0
4		0	0	0	80	1	1
5		0	0	0	2	0	0
6		0	0	4	1	1	0
7		0	0	0	0	0	0
8		0	0	0	0	2	0

Fig. 13 (小問7～8) ○は正答

3) 対問として

各小問の正答率だけでなく, 小問間を対問として理解度の確実度をみ, 客観テストの偶然性を排除する。

小問7-8, 電流・電圧のグラフから抵抗値を読みとれる者は, 80人である。誤答(2-2)(6-3)(8-5)を選んだ11人は, 同じ系統の誤りをしていると考えられる。これはグラフの読みを問題の

解と誤るもので、例えば小問7と8の $200\text{mA} \div 1\text{V}$ の種類の誤りで、桁についての注意が不足している。またこれが、関係を $R=I/E$ と誤解しているものであるかについては、別の問題でチェックしなければならないが、1-3,の結果より、系統的にオームの法則を誤解している可能性は少ないと考える。

1-2, 1-3 導線の形状と抵抗値の関係を理解できているのは、Fig. 14, Fig. 15より、67%程度とみられる。15%程度は太くて長い方が抵抗が大きく、細くて短い方が抵抗が小さいと考えている。Fig15の対角線上(1と3が同じ選択肢)の者は、電圧・電流・抵抗の関係(オームの法則)を一応理解していると考えられる。2-3間からも同様の傾向がみられる。

No 1 \ No 2	1	2	3	4
1	0	4	0	1
2	0	0	2	0
3	2	13	0	3
4	67	1	6	1

Fig. 14 (小問1~2)

No 1 \ No 3	1	2	3	4
1	1	0	4	0
2	0	2	0	0
3	0	0	16	2
4	2	2	2	69

Fig. 15 (小問1~3)

9-10 並列の合成抵抗が理解できているものは、40%にみたない。正答者の中でも、直列の合成抵抗を誤る者は、簡単な方ができないわけであるから、個人別に誤りの原因を調べ、指導を行なう必要を感じる。なお、7-8の両方の正解者80人の中で、11の直列の合成抵抗の計算が正しい者が、66人、誤まった者が14人であった。

4) その他

いくつかの問題について、問題間の相関という形で、理解の特徴をみる。

13-14 13, 14のように合成抵抗の大小を、結線図から考えさせると、抵抗が数値で与えられていないので、抽象化して記号で考える力が弱いから、解答がばらつく。13の抵抗が小さいものを選ぶ問題では、並列の合成抵抗の理解が小さく、直列の中で1番抵抗の小さい1を選ぶものが一番多く、また並列の4と5の合成抵抗の大小に誤解のあるものも多い。

4-15 正解は5人である。多い誤答は4-6を選んだもので27人いる。この考え方は、抵抗の大きいものが発熱量大と考えるものである。応答分布により上位グループと下位グループの違いをみると、上位グループでは、6の抵抗大ならば発熱量大と考えるものが多いが、下位グループでは、抵抗、電流、発熱量間の関係が正しく把握されていないのか、回路が複雑なもの(誤答7)の答がめだつ。

17は下位グループの方が正解率が高かった唯一の問題である。並列回路内の発熱量は抵抗が大きい側で大きいという誤答3の傾向が多少みられるが、抵抗が異なっていれば、電流も変化するから発熱量は変わらないという考え方も根強く、解答がばらつく。

1-5 5は電流が一定のときの抵抗とジュール熱の関係を問う問題であるが、U-P表とも比較して考えると上位グループでも、いま一つ理解が定着していないし、また解答がばらつく。

18-19 複雑な組合せ回路の中での電流の読みについての誤答について、主たる誤りは、並列の場合、二本の抵抗の値が異なっているにもかかわらず、一方の電流が他方の電流と同じと考える単純

な考え方によっている、また並列の両端にかかる電圧が3 Vのとき、2本の抵抗が並列の場合は一方の抵抗にかかる電圧は倍になると考える誤りが多い。

19-20 オームの法則の理解度は正解の(3 V, 1 A, 3 Ω)が54人,(6 V, 1 A, 6 Ω)が9人,(4 V, 1 A, 4 Ω)が2人である。

21-22 電流計の使い方で正しく接続できる者が42人,+と-を逆に結ぶ者が31人である。

§ 4 考 察

小学校理科の目標の一つは、実験を通して自然を調べる能力と態度を育てることにあり、第2学年で、乾電池に豆電池、導線などをつないで、点燈させ、回路のくみ方及び電気を通す物と通さない物とがあることに気付かせることをする。テストの結果から考えられることは、電気もしくは物理がきらいで、中学、高校時代に簡単な器具も自分で扱ってみたいということで、+-の端子を誤まって結びつける者が多いことを示している。また実際、3回生に対して、物理実験を行なっているが、+-を逆に結ぶ者が多いので、指導上、自分で発見しながら学ぶよういつも注意を行なっている。今回のテストは1回生が対象であり、本学に於ける実験を経っていないので、実験を経た結果、理解度がどのように定着するかについては、次の調査課題として残っている。

抵抗接続の計算では、11のように直列の場合は正答が多いが、並列になると正答が少なくなり、13, 14のように抵抗線の形状から抵抗の大小を考える問題になると上位グループでも、並列の場合の正答率が大きく落ちこむ。このことは、数値が与えられれば計算ができるが、一般式で考えられないということで、分数式の意味理解にかけている。数学的な指導の他に、物理的意味を考えながら処理をする力を養う必要を感じる。また12のように、計器を回路の一部に入れる場合、計器を抵抗と考え、電圧降下という考え方を、きちんととらえていないものが一部にみられる。

第4学年では、乾電池、豆電球の直列つなぎ、並列つなぎなどをして、豆電球の明るさの違いを考える。この豆電球の明るさを比較するのに、教師に発熱量、消費電力のしっかりした理解が望まれる。このテストの結果は、その期待からほど遠いことを示している。これは特に、エネルギーとは何かということが、種々のことを関連づけて理解されていないからではないかと考える。エネルギー問題が、社会的に大きな問題となっている現在、化学的エネルギー、力学的エネルギー、原子エネルギー、熱エネルギー、電気的エネルギー等の種々の形態をとったエネルギー相互の関係、およびエネルギーという概念の一貫した講義を、再度学生に施す必要を感じる。

下位グループには、電流・電圧のグラフを正しく読みとれない者が、一部みられる。これは理科だけの問題ではなく、関数関係の認識力が弱く、対応の考え方がきちんと理解できていないのではないと思われる。純粹に数学の問題として出した場合はいくぶん良くなるであろうが、グラフを読むということが、経験不足と相まって、上すべりの知識になっている。逆に言えば、理科のような具体的なイメージを通して、関数、対応の考えを定着させたい。

このような現状では、反復して作業を行ない理解を定着をさせる小人数教育と学習時間の増加が望まれる。

Appendix

[I] 次のような4種類のニクロム線がある。

- ①太くて、長さの短いニクロム線
- ②細くて、長さが①と同じニクロム線
- ③太くて、長さが①の2倍のニクロム線
- ④細くて、長さが①の2倍のニクロム線

1. このニクロム線の中で、抵抗がもっとも大きいのは、どれですか。①～④で答えよ。
2. ①～④のニクロム線を1本ずつ、同じ電圧の電池につないでみた。電流がもっとも多く流れるのはどれか。
3. 2の実験で、電流がもっとも流れにくいのは、どれですか。
4. 2の実験で、発熱量がもっとも多いのは、どれですか。
5. 2の実験で、つなぐ電池をいろいろに変えて、どのニクロム線を使ったときも、同じ電流が流れるようにした。このときに、発熱量がもっとも多いのは、どれですか。

[II] 電流計・電圧計も回路につないで、[I] で使ったニクロム線にいろいろな電圧をかけたときの電流を読みとった結果をグラフに示したものが、図1である。

6. ㉗の結果を示すニクロム線は、①～④の中のどれですか。
7. 図のグラフから考えると、㉗のニクロム線の抵抗は何オーム(Ω)ですか。

- ①0.2Ω ②2Ω ③4Ω ④5Ω ⑤10Ω ⑥20Ω ⑦40Ω ⑧200Ω

8. 図のグラフから考えると、㉘のニクロム線の抵抗は何オームですか。

- ①0.2Ω ②0.5Ω ③5Ω ④20Ω ⑤50Ω ⑥200Ω ⑦

500Ω

9. ㉘のニクロム線を、2本並列につないだときの合成抵抗は何オームですか。

- ①1Ω ②2.5Ω ③4Ω ④5Ω ⑤10Ω ⑥20Ω ⑦40Ω

10. ㉘のニクロム線を4本並列につないだときの合成抵抗は何オームですか。

- ①2Ω ②4Ω ③5Ω ④10Ω ⑤20Ω ⑥80Ω ⑦160Ω

11. ㉗と㉘のニクロム線をそれぞれ1本ずつ、直列につないだときの合成抵抗は何オームですか。

- ①2.5Ω ②4Ω ③5Ω ④10Ω ⑤25Ω ⑥50Ω ⑦75Ω ⑧100Ω

12. これまでの測定をするために、電池ボックス 、ニクロム線 、電流計Ⓐ、電圧計Ⓥをつないだ回路として、正しいものは図2の中のどれですか。

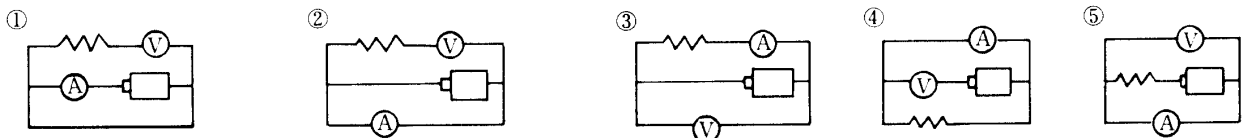


図 2

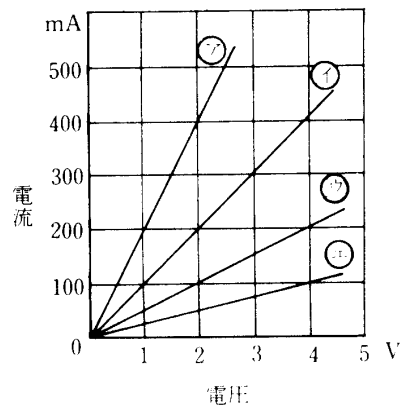


図 1

〔Ⅲ〕長さは等しいが、太さの異なる二種類のニクロム線A、Bを使って回路を図3の①～⑦のようにつくった。電池はみな同じものである。

13. ①～⑦の回路で、合成抵抗がもっとも小さいのはどれですか。

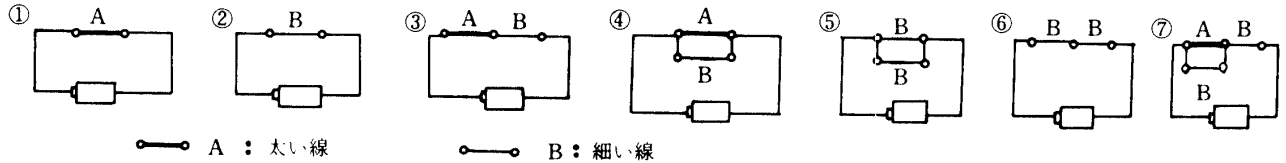


図 3

14. ①～⑦の回路の中で、電池からとり出される電流がもっとも小さいのはどれですか。

15. ①～⑦の回路の中で、回路全体としての発熱量がもっとも大きいのはどれですか。

16. ③の回路で抵抗線AとBの、それぞれの発熱量についてのべた文のうちで、正しいのはどれですか。

①Aでも、Bでも発熱量は同じである。 ②Aの発熱量のほうが大きい。

③Bの発熱量のほうが大きい ④電圧によっても異なるから、きめられない。

17. ④の回路で、抵抗線AとBの、それぞれの発熱量についてのべた文のうちで、正しいのはどれですか。

①Aでも、Bでも発熱量は同じである。 ②Aの発熱量のほうが大きい。

③Bの発熱量のほうが大きい。 ④電圧によっても異なるから、きめられない。

〔Ⅳ〕図4のような回路をくみたてて、電流・電圧の測定実験をした。その結果、それぞれのメーターで次の測定値が得られた。

測定値

$V_1 : 12.0V$ $V_2 : 9.0V$

$A_1 : 1.0A$ $A_2 : 4.0A$

18. 抵抗 R_1 を流れる電流の強さは何アンペアですか。

①1.0A ②2.0A ③3.0A ④4.0A

⑤5.0A

19. 抵抗線 R_2 にかかっている電圧は何Vですか。

①1.0V ②2.0V ③3.0V ④4.0V ⑤6V ⑥9V ⑦12V

20. 抵抗線 R_2 の抵抗は何オームですか。

①1Ω ②2Ω ③3Ω ④4Ω ⑤5Ω ⑥6Ω

21. 図5のような端子をもっている電流計がある。この電流計を図4の回路の A_2 として使いたい。

図の中のa、bと電流計の㉗～㉜の端子のどれとつなげればよいか。

①aと㉜、bと㉗、をつなぐ ②aと㉜、bと㉙、をつなぐ

③aと㉜、bと㉚、をつなぐ ④aと㉗、bと㉜、をつなぐ

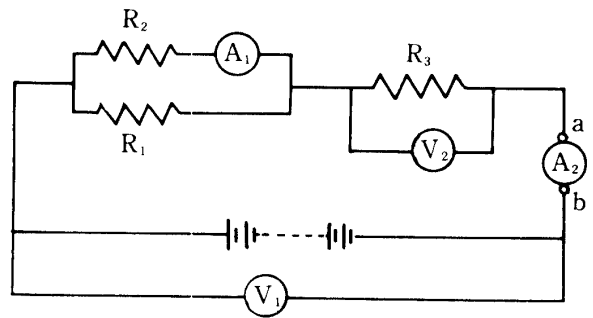


図 4

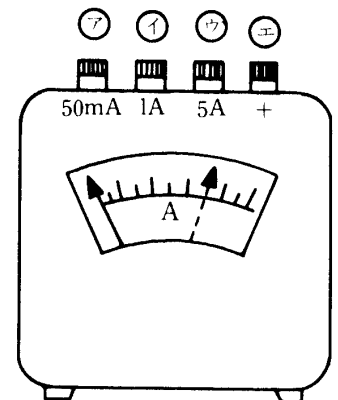


図 5

⑤ a とイ, b とエ, をつなぐ ⑥ a とウ, b とエ, をつなぐ

⑦ a とイ, b とウ, つなぐ ⑧ a とウ, b とア, をつなぐ

22. 別の回路でこの電流計の①と②の端子を使って測定した。このとき電流計の指針が、↑の位置まで動いた。この回路を流れる電流はいくらですか。

①35mA ②70mA ③350mA ④700mA ⑤3.5A ⑥7A

-----キ リ ト リ-----

学籍番号 _____

氏名 _____

小問番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
答	4	1	4	1	4	1	4	4	2	3	5	3	4	6	4	3	2	3	3	3	3	4

(註) 答の欄は正答番号を示す。

参 考 文 献

- (1) 佐伯敬一, 小寺悦子 日本物理学会第35年予稿集4, '80, 教員養成系大学(文科系)の電気の基礎知識理解に関する調査
- (2) 那波信男 物理教育Vol28NO4 '80教育系学生の物理教育, 220
- (3) 篠原文陽児 物理教育Vol28, No3'80, 191
- (4) 藤井清, 吉本市 物理教育Vol25No4 '77 電流回路学習過程における問題点—形式的評価のためのCMIの活用例として—182
- (5) 佐藤隆博 S-P表の作成と解釈 明治図書 '75
- (6) 磯脇一男 日本数学教育学会誌 Vol60No9 '78 S-P表を利用した形式的評価—高校数学の授業をより効果的にするために—189
- (7) 藤井清, 吉本市 CERT-CMI 報告資料'75 学習過程の診断分析について 8
- (8) 吉本市 物理教育Vol20No2 '72 テスト応答表の再配列による「理解内容パターン」構成 66