

群 教 セ	G08-02
	平 27. 257 集
	工 業

工業科目「電子回路」における課題解決の 筋道を立てられる思考力を養う指導の工夫

—ヒントカードを利用した知識の習得や

演習への活用を通して—

特別研修員 金子 純也

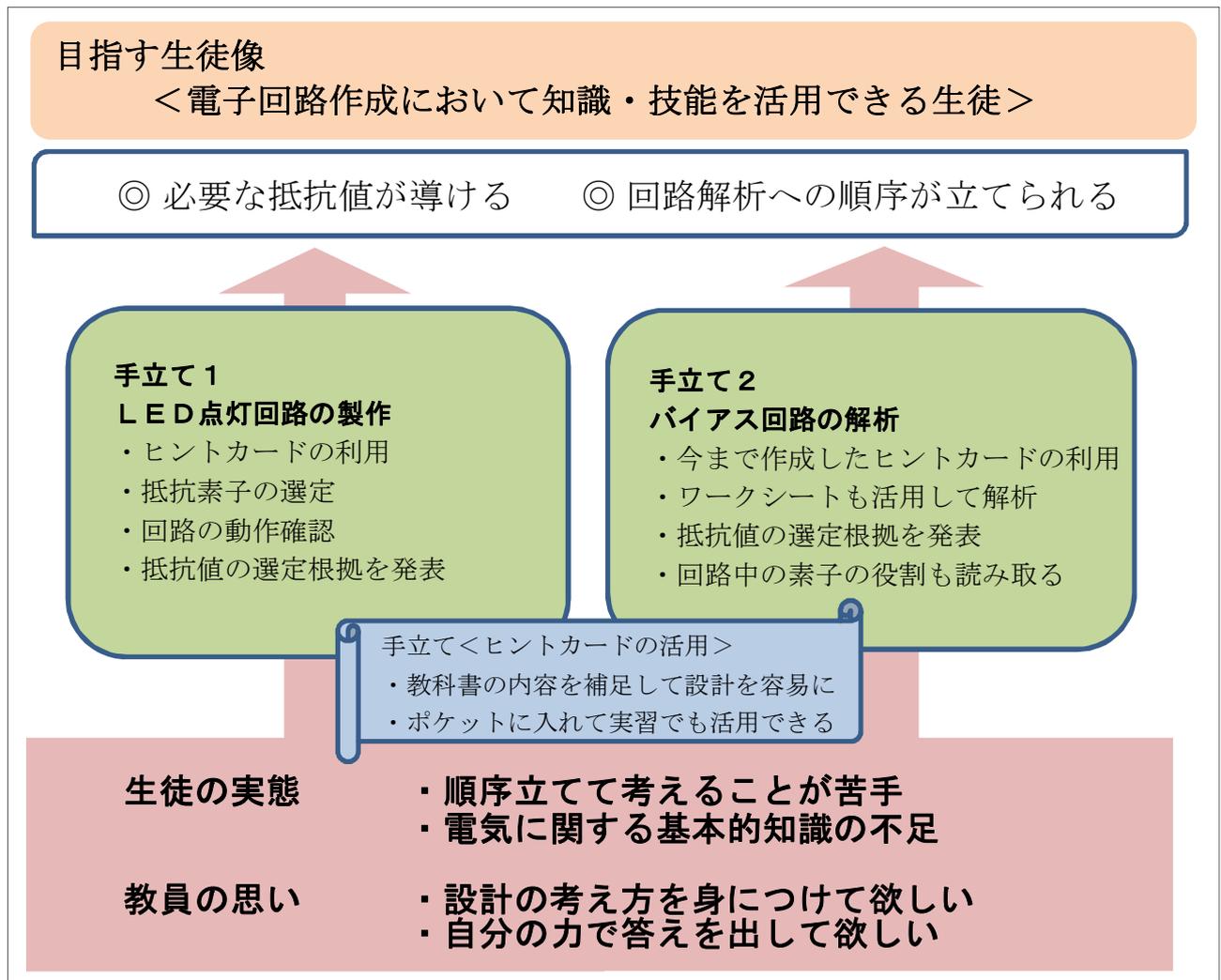
I 研究テーマ設定の理由

「県立学校教育指導の重点（平成27年度）」において、工業の目標の一つに『3 实际的・体験的な学習の重視「実践的なものづくりを通して、身に付けた知識、技術及び技能を活用する力を育成するとともに、自ら考え、課題を探究し解決する実践的な態度を養う』とある。ところが、電気分野の学習は専門性が高く、その範囲も多岐に渡っているため、多くの科目で、知識の習得を重視し、講義中心の授業になりがちである。

協力校の生徒は、指示されたことはしっかりと行えるが、課題解決へ向けて筋道を立て、思考する力が十分でない傾向がある。また、考えをまとめ、表現することを苦手としている生徒も多く、それにより知識の定着が十分に高くないようである。そこで、電子回路の基礎・基本は勿論、回路作成の考え方を身に付けることで、自ら筋道を立て思考することにより、問題解決ができる力を育成するため、本テーマを設定した。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

(1) 実践1における手立て LED点灯回路の作成

「電子回路」では、学習内容が広範囲のため、講義中心の授業になりがちである。単なる演習問題で抵抗値を求めるのではなく、回路作成の視点から抵抗値を求めることで、回路作成の手順を習得する。また、素子の働きや取り扱いの知識の定着を図り、実際に回路の動作を確認することで、生徒の興味・関心を高める。

①回路作成への順序立てと素子選定の知識を身につけるための工夫

- 回路作成に必要な素子の情報をヒントカードにまとめる
- ヒントカードを基にワークシートから素子を選定する
- ブレッドボード上に点灯回路を作成する

②知識を定着させるための工夫

- 素子を選定した根拠を発表する

(2) 実践2における手立て バイアス回路の解析

実践1よりも複雑な回路の解析を行うことで、解析のための優先順位を付け、より専門的な回路解析技能を身に付ける。回路上に示された電圧や電流をヒントとし、解答への道筋を立てられる技能を養う。また、解答の根拠を発表することで、振り返りを行い、知識の定着を図る。

①回路解析への順序立てと素子選定の知識を身につけるための工夫

- 回路解析に必要な各電流の求め方の情報をヒントカードにまとめる
- ヒントカードを基にワークシートから回路を解析し、抵抗値を求める

②知識を定着させるための工夫

- 抵抗素子を選定した根拠を発表する



- ・基本的な回路作成手順を身につける（**実践1・2**）
- ・素子の特性や取り扱い方、指定された電源電圧値から電流を求められるようにする（**実践1・2**）
- ・回路を作成し、課題解決を目で確認する（**実践1**）
- ・素子を選定した根拠を発表することで、振り返りを行い、知識の定着を図る（**実践1・2**）

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 全員が回路作成や解析時にヒントカードを活用して、素子選定を行うことができた。
- ワークシートとヒントカードを活用することにより、生徒一人一人が自分の力で答えを出せた。
- 他の電気専門科目でも、ヒントを探して問題に取り組む生徒が多くなった。

2 課題

- ヒントカードに頼りすぎてしまうと、学習内容を覚えなくてもよいと思う生徒が出てくる可能性がある。
- 回路解析方法を身に付けることと、授業時数との両立が必要である。

<授業実践>

実践 1

1 単元名 ダイオード (電子回路2年・2学期)

2 本単元及び本時について

本単元では素子「ダイオード」について学習する。前時に学習したPN接合の特性を利用した整流用ダイオード、定電圧ダイオード、発光ダイオード(LED)等の特性、種類、利用法などの取り扱いを学び、次単元の「トランジスタ」を学習する上での大切な導入部である。本時は発光ダイオード、カーボン抵抗等を用いて、ブレッドボード上にLED点灯回路を製作する。4月から抵抗等の各素子のヒントカードを作り、授業を進めてきたので、それらを活用して回路作成を進める授業展開とした。

- ・本科目で本時までに行ったヒントカードを全て活用
- ・LED点灯回路に必要な素子の選定と準備
- ・ブレッドボード上に回路を作成、動作確認
- ・抵抗素子選定の根拠を発表

授業展開を回路作成の順序と同じにすることで、作成順序の流れを実感できることにつながると考えた。分からない場合は、自分のヒントカードを用いて解くことでつまづくことなく進められると思い、準備した。

3 授業の実際

LEDは、電源電圧から必要な電流値、抵抗値を求め、回路作成しないと点灯しない。そのため、電源電圧とLED駆動電流からオームの法則を用いて必要な抵抗値の算出をワークシートから行い、その近似値の抵抗素子を選び出す。その手助けとして、本時前に素子ごとに作成してあるヒントカードを全て用いる。回路を解析する単純な学習内容ではあるが、生徒は今まで「演習問題の抵抗値」を求めたことがあるだけで、「動作させるために必要な抵抗値」という視点から求めたことがない。問題をこなすだけでなく、もの作りに対する考え方、作成方法の順序立ての入り口の時間とした。その上でブレッドボード上の回路の動作確認をし、実体験を通して知識の定着を目指した。また、協力校の生徒は、筋道を立てること、考えを表現することを苦手としている生徒が多いので、その経験値を上げるべく素子選定の根拠を発表させ、ヒントカードは発表時に解説の資料として、また振り返りの資料として活用させた。

【授業の進め方】

(1) 回路作成を通じた基礎的な知識の活用

これまでの授業で電子部品の成り立ちや特徴をまとめたヒントカードを作成している。このヒントカードを利用して素子の値や取り扱いを確認しながら、回路に必要な素子選定を行う。作成の筋道を考えるためのワークシートを準備し、それに沿って回路の作成を行う。

カラーコード		
色		数値
黒		0
茶		1
赤		2
橙		3
黄		4
緑		5
青		6
紫		7
灰		8
白		9
金	誤差 ±5%	10^{-1}
銀	誤差 ±10%	10^{-2}

抵抗値の例	
緑	金
茶	金
橙	金
↓	↓
5	1
↓	↓
3	±5
$51 \times 10^3 = 51000 \Omega$	
$= 51k\Omega (\pm 5\%)$	

図1 抵抗素子ヒントカード

回路作成方法	
①この回路はどんな動作をするのか?	黄色のLEDを点灯
②電源電圧はいくらか?	$1.5 \times 2 = 3V$
③使用するLEDの順方向電圧、電流はいくらか?	電圧 = 2V 電流 = 25mA
④使用する抵抗の値はいくらか?	$R = V/I = \frac{3}{25} \times 10^{-3} = 120 \Omega$
⑤先に求めた値に最も近い実際の素子の抵抗値は?	120Ω 茶赤茶金

図2 LED回路製作ワークシート

回路作成は生徒二人一組のペアになり、それぞれ教員から指定された発光ダイオードを配付されることから開始される。配付される発光ダイオードは、なるべく異なる種類のダイオードを配付した。全て同じにしないことで、生徒の頼りはヒントカードだけにして、取り組みを集中させるねらいがある。まず問題で求められている回路の動作、電源電圧、発光ダイオードの最大電圧、最大電流をデータシートから読み取り、駆動電流を自ら決めていく。実際の回路設計は教科書の問題のように切りの良い数字の抵抗値は出て来ず、計算によって求められた抵抗値に最近似値の抵抗体を自ら選定しなければならない。生徒はヒントカードを活用して抵抗の選定を行う。授業の後半では、作成した回路の手順と選定した素子の根拠を振り返りとして発表する。配付された発光ダイオードはそれぞれ異なるものなので、その駆動電流も異なる。よって素子の抵抗値も違うので、他の生徒の発表に対し興味・関心を持てるようにヒントカードの余白に記入する。

(2) 体験型の学習

上記で求めた抵抗素子をはじめ、電池ボックスや配線を準備してブレッドボード上に回路を作成する。回路部品は、教室後方に準備したケースから取り出してくる。生徒はヒントカードを手元にして、必要な抵抗素子を自らの手で準備していく。これまで学習してきた抵抗値を実際の素子を見て、カラーコードで確認しなくてはならないので、今までの知識の定着も確認ができる。座学の時間で回路を作成する機会はあまり無く、点灯を確認することで「実体験」を通しての知識の定着を図った。LEDが点灯する抵抗値なのかが判明するには、実際の動作確認でしか判定できないので、動作しない場合もヒントカードを基に自ら見直しを行い、担当教員の手助けは行わないように、ペアで協力して進める。



図3 授業で用いた部品

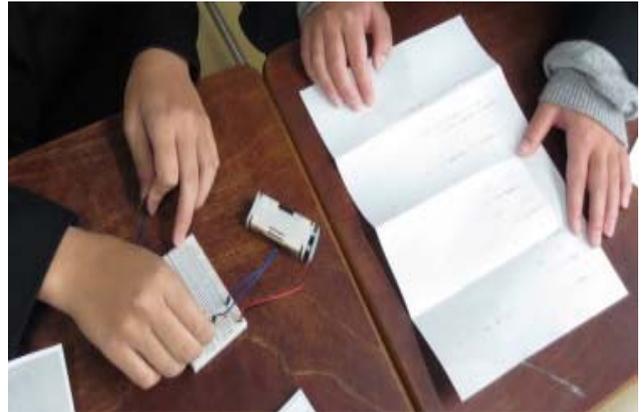


図4 授業の様子

4 考察

- 積極性や判断力が十分でない生徒もワークシートとヒントカードの活用により、教員の手助けなしに素子の選定を行うことができた。
- 素子選定の根拠を発表する場面では、数値については自信を持って発言できたが、根拠の基となる情報を発言した班は少なかった。「何を求めるのか」「求め方はどうするのか」という意識を高めるためのワークシートの作成や授業の進め方が必要である。
- 授業後のアンケートには「カードがあることで、安心して解答できた」「座学ばかりの内容でなく、回路作成もあると理解しやすい」「実際の回路作成手順がわかった」という声があり、授業中の活動も活発になり、知識も深まったようである。
- 計算時または回路作成時に、間違えている箇所をペアのもう一人が指摘できない場面があった。自分の答えに自信が無いため、発言力の弱い部分が見られる。繰り返し演習を行い、難易度の高い演習問題に取り組むことで、知識の定着と個人の解決意欲の向上を図りたい。

実践 2

1 単元名 バイアス回路（電子回路 2 年・2 学期）

2 本単元（題材）及び本時について

本単元では増幅回路の動作点を決定するバイアス回路の種類や特徴を学習する。本時は動作点を決める抵抗値の求め方を身に付ける。バイアス回路には幾つか種類があり、バイアス抵抗値を求めることは他の授業に比べ、難易度がやや高い。反面、順序立てて考えないと解答が出せない、解答に向けて筋道を立てることを目標とするのに対し適した教材である。ヒントを見つけて電流等の要素を計算で得ることで、解析の方法を身に付けられる。但し、協力校の生徒は数学の力が十分でない傾向があるので、バイアス回路解析用のヒントカードを作成する。その上で、本時までで作成したヒントカードを全て利用して、実際の抵抗のカラーコードを求めるようにし、生徒の興味・関心を高める。複雑な回路の成り立ちや作業の進め方を一つ一つ考えて、習得することで論理的な考えができるように、また、習得した知識を駆使して計算機を使い、素子の選定ができるように指導をする。

3 実際の授業

生徒は個々の活動は積極的に行うが、ペア学習や発表については消極的である。学習に対して自信が足りないため、授業も挙手や発言が少なかった。実践 1 の授業後アンケートで「ヒントカードがあると安心して演習ができる」という声があり、単元ごとに作成してきた。ここでも、回路解析の順序を立て、抵抗値を算出できたことを通じて、電子回路への興味・関心を高めた。バイアス回路は実際のトランジスタを駆動するために、電圧や電流の条件が複数あるため、情報を整理して臨まないと解答にたどり着かない。実践 1 よりも難易度の高い演習問題を用意し、ヒントカードを活用しながら、自らの力で解析し、解答を発表することで、全体の理解の共有と知識定着のための振り返りを行った。

【授業の進め方】

前回までの授業で各種バイアス回路の解析の仕方は学習し、各バイアス回路の電流や抵抗の求め方をヒントカードにまとめてある。バイアス回路は電源電圧、トランジスタの駆動電圧等から、既に学習しているオームの法則や素子特性の知識を利用して各電流、バイアス抵抗値を求めていく。回路全体の電流や電圧を求める電気基礎の授業とは違い、全体を見通して演習に取り組まないと解けない内容である。実践 1 に引き続きワークシートを用意し、電圧や直流電流増幅率等、順を追って確認することで、回路を解析する手順を生徒が理解できるようにした。数学を苦手とする生徒は、演習に取り組む前から自らの力だけで解くことに抵抗があるため、ヒントカードとワークシートを活用することで、回路解析の手順を習得できるようにした。また、これまでのヒントカードを活用して実際の抵抗に合わせた抵抗値とそのカラーコードをそれぞれ二つずつ回答する。二つ回答するのは、回路上での条件を判断させるためである。実践 1 に比べ情報が多いため、整理しきれず発表につまずく場合は、教員側から具体的な質問をして、生徒に解答を促せるように進めていく。今回も生徒は二人一組とし、問題の難易度を考慮し、各班に問題を指定して取り組ませた。解答はそれぞれの班が行い、全体で問題の解答を共有できるようにした。

(1) ヒントカード、ワークシートを利用して、計算式に導く

S 1 : 練習問題と違うので、どこから求めていいか分かりません。

T : 今まではコレクタ電流がわかっていたよね。この問題はベース電流が分かっています。
なら、カードの式をよく見て、 h_{FE} を使って求められないかな？

S 1 : あ、コレクタ電流を先に求められるんだ。

T : とすると、ここの電圧が分かると・・・。

S 1 : オームの法則で抵抗値が分かります。

2. 増幅度 h_{FE} はいくらか?

$$h_{FE} = 200$$

3. コレクタ電流 I_C はいくらか?

$$I_C = 4 \text{ mA}$$

4. トランジスタの駆動電圧 V_{BE} はいくらか?

$$V_{BE} = 0.6 \text{ V}$$

5. ベース電流 I_B はいくらか?

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{4 \times 10^{-3}}{200} = 20 \mu\text{A}$$

6. バイアス抵抗 R_B はいくらか? (実際の抵抗値、カラーコードも)

$$R_B = \frac{V_{RB}}{I_B} = \frac{6 - 0.6}{20 \times 10^{-6}} = \frac{5.4}{20 \times 10^{-6}} = 2.7 \times 10^5 = 270 \text{ k}\Omega \text{ (赤紫黄)}$$

図5 ワークシート (一部抜粋)

バイアス回路
 ・固定、自己
 ベース電流

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{V_{CC} - R_C I_C - V_{BE}}{R_B} = \frac{I_C}{h_{FE}}$$

$$I_E = I_C$$

$$I_B \text{ は無視?}$$

コレクタ電流

$$I_C = h_{FE} I_B = \frac{h_{FE}(V_{CC} - V_{BE})}{R_B}$$
 NPN 増幅回路

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{CC} - R_C I_C - V_{BE}}{I_B}$$

・電流帰還
 ベース電流

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}}$$
 ベース電圧

$$V_B = \frac{R_A}{R_A + R_B} V_{CC} \text{ (V)}$$

フリーダ電流

$$I_A = 10 I_B$$
 フリーダ抵抗

$$R_A = \frac{V_B}{I_A}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_B}{I_A + I_B}$$

図6 バイアス回路ヒントカード

(2) 計算した抵抗値をヒントカードから選定させ、その根拠を決定づけるよう促す

S2: 答えが 190KΩ になりました。
 T: E24 系ではその数字はありますか?
 S2: ありません。上の 200K か下の 180K のどちらかです。
 T: どちらの方が回路にとっていい条件かな?
 S2: ここは電流が多く流れてほしい部分なので、180KΩ にします。

(3) 発表でつまってしまった場合、ワークシートに立ち戻ってヒントを見つける

S3: バイアス抵抗 R_B は 15KΩ でした。
 T: 正解です。でもその根拠は?
 S3: あれ? (悩んで無言)
 T: ワークシートに記入した。
 トランジスタの駆動電圧はいくつかな?
 S3: 0.6V です。
 T: なら抵抗 R_C の電圧はいくつかな?
 S3: あ、駆動電圧と R_C の電圧降下を電源から引いて、残りの電圧と電流で計算しました。

4 考察

- 難易度が高めな演習問題であったが、生徒は最後まで取り組み、ヒントカードを活用し、抵抗値を算出することができた。
- 一部の班が回路解析を最後まで自分たちで行うことはできなかったが、部分的ではあるが、解析の順序立てができるようになった。
- 選定の根拠を説明したことにより、回路上にある素子の役割が理解できた。
- 全員がヒントカード、ワークシートの利用せずに解析ができるように、今後の繰り返しの演習が必要である。