

電気・電子分野の導入教育における 製作実習教材の検討

— スキルアップシートを活用した電源装置製作実習 —

関東職業能力開発大学校 藤 森 充
佐 藤 修

Study of Practical-Training Materials for Introduction to Electronics
- Practical Training on Power Supply Fabrication for Upskilling -

Mitsuru FUJIMORI, Osamu SATO

要約 電子機器を製作する際には多くの要素となる理論を理解するとともに、実際の製品として完成させるための技術が必要となる。このためには、①理論と実際の関連を理解、②設計方法の理解、③電子分野以外の要素技術の習得などが必要である。ここでは、電気・電子分野の導入教育として直流安定化電源の製作をとりあげ、電子機器の基本的な設計製作過程を学べるようにカリキュラム内容および教材を検討し、これに基づき2単位の電子基礎実習を設定し実施を試みた。この結果から、製品製作にあたり必要な事柄を具体的に整理でき、導入教育の効果を検証したので報告する。

I はじめに

新産業創造戦略⁽¹⁾には、日本の産業構造は燃料電池、ロボット、環境・エネルギーなどが重点分野となりうることを示されている。このため技術に関する導入教育を広く行い次世代の産業を支える技術者を養成することが重要視される。また、最近は工学部志願者の減少や若年者の学力低下などが報道⁽²⁾されているので受講者の能力に合った導入教育を検討することも大切である。

これまで、筆者は興味をもててわかりやすい指導法について在職者訓練の事例をもとに検討した⁽³⁾。このなかで、カリキュラムに技術分野間の関連や製品化事例を盛り込むことで訓練に対する受講者の評価が高まると結論付けた。

電気・電子分野の技術者を志す若年者への導入教育においても同様に製品化の目的意識をもったものづくりへの取り組みが必要と考えた。このためには電子技術科の各科目で学ぶ内容が電子機器とどのように関連しているかを明らかにできる製作課題を中心に据えた実習が望まれる。そこで、関東職業能力開発大学校において専門課程1年次Ⅱ期に開講している電子基礎実

習(2単位)を電気・電子分野の導入教育として位置づけ、そのカリキュラムおよび教材を検討した。このなかで、製品化を意識し電気・電子分野以外の技術要素も含め、理論との関連を考慮した課題を設定し、電子技術科1年生に対して実習を実施しその効果について検証した。

II 実習課題

1 課題設定

課題とする電子機器は、直流安定化電源とした。これは雇用・能力開発機構が社団法人日本電機工業会に対して技術動向を調べた結果⁽⁴⁾、注目する業界動向が省エネ技術、高効率変圧器などであり、電源装置に用いられる電子部品の知識や基本的な回路構成を電気・電子分野の導入教育において学習すれば将来的に社会基盤を支える電力変換装置⁽⁵⁾などへ学習の発展性が期待できるからである。また、受講者の知識は専門課程初年度相当であることや、実習後に他の実験実習に製品が活用できる有益性も考慮して課題を設定した。

入力電圧は交流100V、出力はデジタル回路実験用の直流5Vとオペアンプなどのアナログ回路実験用の



図-1. 回路構成

系名	電気・電子システム系	教科の区分	系基礎実技
教科の科目	電子回路基礎実験		
授業科目	電子基礎実習	単位	2
教育訓練目標	直流安定化電源の製作を行うことにより、各種電子部品、材料、工具の取り扱い方、および電子機器の組み立て方を習得する。		
授業科目の細目	授業科目の内容	訓練時間	
1. 整流と直流安定化	(1) 直流安定化の原理 ①直流と交流 ②安定化の原理	2 H	
2. 整流回路の実験	(1) 整流回路 ①整流回路の種類	4 H	
3. CAE	(1) CAD ①汎用CAD ②電子回路シミュレーション	2 H	
4. 回路設計	(1) 回路設計	4 H	
5. 回路製作配線	(1) 電子部品・材料 (2) 配線基板パターン設計 (3) 部品実装・はんだづけ	1.4 H	
6. 組立	(1) 機械製図・パネル設計 (2) ねじ締め	4 H	
7. 特性評価	(1) 特性測定	2 H	
8. 報告書作成	(1) ドキュメンテーション	4 H	
		合計 36 H	
使用する機械器具等	テスタ、オシロスコープ等の測定器、はんだごて、ドライバー等の工具類、電子回路シミュレータ		

図-2. カリキュラム

直流±12Vとした。回路は図-1に示すように変圧部および全波整流部、平滑部、三端子レギュレータIC(以下ICという)による安定化部から構成した。

2 カリキュラム構成

直流安定化電源を製作するという課題を中心に、関連する技能・技術を習得できるように図-2に示すカリキュラムを構成した。最近、特に重要になっている計算機支援による電子回路設計(Computer Aided Engineering :CAE)に関する内容を含み、コンピュータ基礎実習など関連科目との連携をとった。また、通常の電子技術科カリキュラムには含まれないが、製品化を意識したものづくりにおいて重要であるケースの加工や組み立て、ユニバーサルデザインなどの考え方も含めた。

III CAE関連技術

1 実験用教材

カリキュラムにおける理論の中で最も重要となるのが整流回路の働きである。これより、電気回路や電気

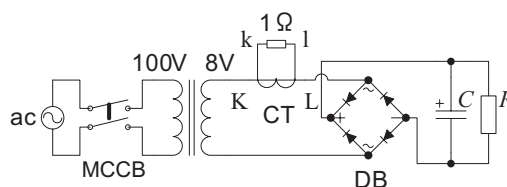


図-3. 実験用回路

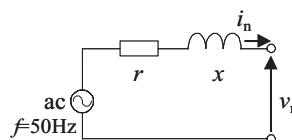


図-4. 変圧器の簡易等価回路

電子計測で学ぶ直流と交流やその計測方法に関する理解を深めることができる。ここでは、限られた時間の中で効果的に実験ができるように、あらかじめ図-3に示すように、ダイオード・ブリッジ(DB)と平滑コンデンサC、負荷抵抗Rを用いて製作回路の一部を実験用として配線したものを教材として準備した。

実験用回路は製作する電源装置の安全装置であるヒューズを配線用遮断機(Molded Case Circuit Breaker :MCCB)に変更し変流器(Current Transformer :CT)を追加した構成である。なお、CTの1次側をK,L、2次側をk,lと表した。MCCBは両極が遮断でき再投入が容易なので実験に適する。電流波形と電圧波形を2現象オシロスコープで同時に測定するには共通接地の接続法を工夫する必要がある。受講者が初学者であるので、本体回路と絶縁されており接続上の失敗が少ないCTを用い電流測定回路を構成した。

次の項目を主な実験課題とした。

- ・交流電圧波形の観察
- ・全波整流後の電圧波形の観察
- ・平滑回路を接続したときのリップル波形の観察
- ・整流回路への入力電流波形の観察
- ・負荷電流とリップル電圧の関係

2 シミュレーションの利用

CAEの有効性を理解するための教材として、電子回路シミュレータを用いて整流回路のシミュレーションを行い、実験結果と比較検討した。

シミュレーションにおいて変圧器は図-4に示す簡易等価回路で表した。簡易等価回路は変圧器の仕様書に記載された電圧変動率から求めることができ、電気回路の冒頭で学ぶRとLの組み合わせで近似的なシミュレーションが可能となる。

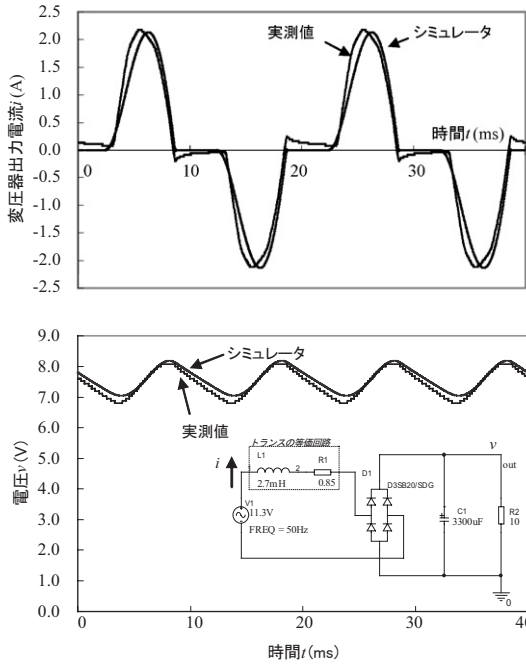


図-5. 変圧器出力電流と平滑出力電圧

変圧器の電圧変動率⁽⁶⁾は、式(1)のようになる。

$$\varepsilon = p \cos \phi + q \sin \phi \quad (1)$$

ただし、図-4に示すように変圧器の等価抵抗を r 、等価リアクタンスを x 、出力電圧を v_n 、出力電流を i_n とすれば $p = i_n r / v_n$ 、 $q = i_n x / v_n$ である。

一例として、次の条件で等価回路を導く。

出力電圧 $v_n = 8V$ 、出力電流 $i_n = 1A$ 、周波数 $f = 50Hz$ 、電圧変動率 $\varepsilon = 15\%$ 、負荷力率 $\cos \phi = 0.707$ 、 $r = x$ 計算を簡単にするため負荷力率は0.707、抵抗とリアクタンスは等しいと仮定した。電圧変動率の式(1)に条件を代入すると、 $0.15 = p \times 0.707 + q \times 0.707 = 0.707(p + q)$ より $p + q = 0.212$ となり、 $p = q = 0.106$ を得る。よって、抵抗 $r = x = p \times v_n / i_n = 0.106 \times 8 / 1 = 0.85\Omega$ 、インダクタンス $L = 0.85 / (2\pi \times 50) = 2.70 \times 10^{-3} H$ となる。

変圧器の出力電流波形と出力電圧波形は図-5に示す結果となり、シミュレーションと実測値はほぼ同様の波形を得た。計算を簡単にするためいくつかの仮定を設定したため、電流波形をみるとシミュレーションと実測値のピーク時間に約0.2msの差がある。

以上のように、整流平滑回路の原理とCAEツール利用についての習得を目標とした実験教材を提案した。簡易等価回路を求めるための ε は用いる変圧器の仕様書から知ることができ予備実験を必要としない。また、シミュレータに回路図を入力する際、 R と L を入力すればよいため、回路図入力の基本を習得した段階でのシミュレーションが可能である。

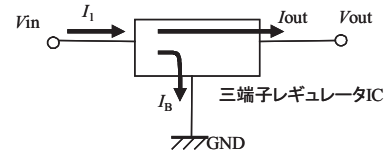


図-6. ICに流れる電流

IV 電気・電子関連技術

1 回路設計

回路設計においては、用いる部品の規格表から必要な情報を読みとることと動作周囲温度による特性劣化(ディレーティング)を考慮した設計ができることを目標とした。実習に用いたICの規格表⁽⁷⁾によれば、最小入出力間電圧差 $V_D = 2.5V$ 、最大入力定格電圧 $V_{IN} = 35V$ なので、設計条件は次の2点とした。

- ・交流入力電圧 $v = \sqrt{2} v_{ac} \sin \omega t$ が10%低下したとしても最小入出力間電圧差 $V_D = 2.5V$ を確保する
- ・コンデンサ端子電圧の最低電圧は、ピーク値の85%以上とする

設計において習得が必要な項目を以下に示す。また、出力の仕様を出力電圧 $V_{out} = 5V$ 、出力電流 $I_{out} = 0.5A$ 、最大負荷電流を流すため $R_c = 10\Omega$ とした。

①三端子レギュレータ

消費電力を規格表から求めることを課題として提示した。入力電流は図-6に示すように、出力電流とバイアス電流の和 $I_1 = I_{out} + I_B$ として表されるので、規格表から I_B を調べることが必要になる。

所要電力 W はICの消費電力 P_D と出力電力 P_O の和となり、 $I_B = 4.2mA$ は I_{out} より十分小さいので、

$$\begin{aligned} W &= P_D + P_O = (V_{in} - V_{out}) I_{out} + V_{in} \cdot I_B + V_{out} \cdot I_{out} \\ &= V_{in} (I_{out} + I_B) \\ &\approx V_{in} \cdot I_{out} \end{aligned} \quad (2)$$

変圧器の定格出力を v_{ac} とし、 V_{in} は v_{ac} の最大値より10%程度電圧が低下すると仮定すれば、

$$V_{in} = \sqrt{2} v_{ac} \times 0.9 = 1.27 \cdot v_{ac} \quad (3)$$

となる。よって、式(2)と(3)より $v_{ac} = 8V$ 出力の変圧器を用いるとすれば、 $W = 1.27 \times 8 \times 0.5 = 5.1W$ となる。また、 $P_D = W - P_O = 5.1 - 5 \times 0.5 = 2.6W$ である。

②変圧器の選定

設計条件に基づき変圧器を選定した。放電時の V_{in} が

$$V_{in} \geq V_{out} + V_D \quad (4)$$

を満たすことが条件である。式(3)と(4)に $V_D = 2.5V$ 、放電時の電圧が最大値の85%であるという条件を代入す

ると $\sqrt{2} v_{ac} \times 0.9 \times 0.85 \geq 5 + 2.5$ となり、 $v_{ac} \geq 6.93V$ が求まる。以上より、8Vの出力をもつ変圧器が適当である。入力電圧が10%増加しても、 $V_p = \sqrt{2} \times 8 \times 1.1 = 12.5V$ であることから、 $V_{IN} = 35V$ は越えない。交流入力等の等価力率を $\cos\phi = 0.707$ とすれば変圧器容量 P は、 $P = W / \cos\phi = 5.1 / 0.707 = 7.2VA$ となる。

③熱設計

消費電力 P_D とヒートシンクの熱抵抗 $R_{th(c-a)}$ の関係が式(5)であることからヒートシンクを選定した。

$$T_j - T_a = [R_{th(j-c)} + (\theta_c + \theta_s) + R_{th(c-a)}] \times P_D \quad (5)$$

ただし、 T_j は接合部温度、 T_a は周囲温度、 $R_{th(j-c)}$ は接合部ケース間の熱抵抗、 $\theta_c + \theta_s$ は接触熱抵抗、 $R_{th(c-a)}$ はヒートシンクの熱抵抗である。

実習に用いたICの規格表⁽⁷⁾より熱設計に用いる項目を調べると、 $R_{th(j-c)} = 6.25^\circ C/W$ 、 $\theta_c + \theta_s = 0.6^\circ C/W$ 、接合部温度最大定格は $T_{jmax} = 150^\circ C$ である。周囲温度は $T_a = 30^\circ C$ 、接合部温度は20%ディレーティングし $T_j = 120^\circ C$ として式(5)に代入すれば、 $P_D = 2.6W$ なので、 $120 - 30 = (6.25 + 0.6 + R_{th(c-a)}) \times 2.6$ より $R_{th(c-a)} = 27.8^\circ C/W$ と求まる。よって、この熱抵抗以下のヒートシンクを選定した。

④平滑コンデンサ

平滑用コンデンサの容量値は、周期を T として時定数 $\tau = 3T$ として求めた。電源周波数が50Hzなので全波整流回路の場合 $T = 10ms$ となる。等価抵抗 $R_c = 10\Omega$ なので、 $\tau = CR_c = 3T$ より $C = 3T / R_c = 3 \times 10 \times 10^{-3} / 10 = 3 \times 10^{-3} F$ となる。平滑コンデンサの容量値によるリップル電圧の変化は、第三章に記したCAEの利用により確認できる。

⑤LEDブラケット用抵抗値

出力状態を確認するために点灯するLEDブラケット用の電流制限抵抗は規格表の推奨動作電流 I_F 、順方向電圧降下 V_F および電源電圧から求めた。これより、オームの法則についての理解度を確認できる。

LEDブラケットの規格表⁽⁸⁾によれば $I_F = 15mA$ 、 $V_F = 1.8V$ であるので、電流制限抵抗は、 $R = (5 - 1.8) / (15 \times 10^{-3}) \approx 210\Omega$ と求めた。

2 電子部品

電子回路の製作において電子部品の知識は必要不可欠である。次項目の習得を目標とした。

- ・抵抗やコンデンサ、ダイオード、ICの表示から定格値などを読みとることができる
- ・CR部品の定格値がE標準数列⁽⁹⁾として規格化された離散値であることを知っており、部品選定ができる

- ・はんだづけ⁽¹⁰⁾の原理を理解し、はんだづけ作業が安全にできる

- ・電線の種類やサイズ、用途について知っている他の科目や実験では取り扱うことが少ないはんだづけや電線についての習得は特に重要と考えた。

部品を取りつける試作用汎用基板について、ガラスエポキシなど基板の種類とその特徴を示した。はんだづけについては「接合された固体金属とはんだとの間に金属間化合物(合金)を生じる現象」であることを示した。はんだと金属が接触しているだけでははんだづけではないことの理解が重要になる。また、はんだづけに際して安全に対する配慮を十分行うこととした。

電線⁽¹¹⁾は、導体が1本の単線と素線を何本かより合わせたより線があり、単線はサイズを直径で表し、より線は公称断面積で表すことを示した。また、サイズはAmerican Wire Gauge(AWG)番号で表示する場合もあることを実物とともに示し、ワイヤー・ストリッパーの適切な使用法⁽¹²⁾を習得させた。

3 配線設計

配線設計においては、電磁気学の基本式をもとにノイズ対策に関する概要の習得を目標とした。

たとえば、ファラデーの電磁誘導則により外来ノイズを学ぶ。これは $e = d\phi/dt$ として知られるように、ループの中を通る外来ノイズに相当する磁束 ϕ が変化すると、起電力 e が生じることを表す。よって、平行線はノイズの侵入が容易であると共にノイズ発生源になる可能性をもつ。これに対してツイストペア線は磁束の変化による起電力が2線間で1ひねりごとに打ち消すので、外来ノイズの影響を小さくすることができる。

また、式(6)のようなビオ・サバルの法則によりノイズの放射を学ぶことができる。

$$dH = Idl / (4\pi r^2) \quad (6)$$

ここで、 Idl A・mは電流の断片、 HA/m は電流断片から垂直方向に r mの距離における磁界である。コンデンサインプット型の電源では、第三章図-5に示したようなひずみ波電流が流れ、磁界の変化を生じる。磁界の変化は、先に示した電磁誘導の法則による起電力を周辺の電線に生じさせ、ノイズ放射を引き起こす。ひずみ波であるのでフーリエ級数展開との関連を示すと、基本波より高い周波数成分のノイズが発生することもわかる。しかし、ツイストペア線にすると、2本の電線に同様の電流変化が逆方向に生じるため、周辺の磁界は打ち消し合い、ノイズ放射を抑える効果をもたらす。

4 製品の評価

完成後は負荷を接続して電圧が安定していることや、第三章に記した実験結果に比べてリプルが低減していることを確認した。はんだづけや線の引き回しの良否は目視による外観検査を実施した。

製品は本実習以降に行われるデジタル電子回路実験などの実験実習に活用し、その際のメンテナンス等も各自で行うこととした。

V 機械関連技術

1 ねじ締め

ねじ締めが不十分であると輸送中のねじのゆるみや振動による故障を引き起こしかねない。ねじ締めは重要なものづくりの基本技能であるためねじ用語⁽¹³⁾やねじ締めの方法をカリキュラムに含めた。ねじ締めに関する習得目標を次のように設定した。

- ・ねじの材質および形状について知っている
- ・適切な工具を用いてねじ締めができる
- ・トルクを考慮したねじ締めができる

材質については、よく用いられる鋼やステンレス、アルミについての特徴を示し、表面処理についてはユニクロメッキ、ニッケルメッキなどの処理について、製作に用いたねじを用いて外観を実際に確認した。これより軽量化や熱伝導を考慮するところにはアルミねじを用いることや、ケースのふたを取りつけるねじは装飾性にすぐれるニッケルメッキを用いるなど用途に応じて材質が異なることが理解できる。また、形状についても種類があることを示し、今回の製作で使用したなべ小ねじやトラス小ねじなどを用いて形状を確認した。

適切な工具を用いて作業することを理解するため、各種サイズのドライバーを用意して適合するドライバーを確認した。また、トルクドライバーを用いてねじ締めを体験することによりトルク管理の必要性を習得させた。具体的に規格表からICをヒートシンクへ取りつける際のトルク（0.6 N・m以下）を調べ、そのトルクでのねじ締めを体験させた。

2 ケース加工

工業製品は、性能はもちろんであるが、製品のデザイン（意匠）も十分に検討すると消費者の心をつかみ売れる商品になる。そのため、工業製品のデザインは意匠権として保護され、重要な知的財産の一つとなって

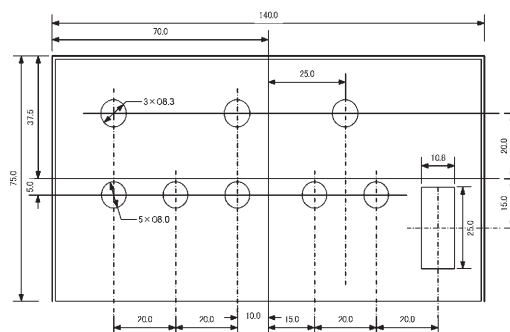


図-7. 表面加工用図面



図-8. 表面パネルデザイン例

いる。最近では、ユニバーサルデザイン⁽¹⁴⁾という操作性・安全性・美感性・環境性・市場性などをデザインの課題とする考えかたが広まっている。そこで、操作パネルをデザインし、ユニバーサルデザインの考えの一端を学び、商品化には性能以外にも検討すべき要素が多いことへの理解を目標とした。

パネル面へ取りつけるスイッチやターミナル、LEDブラケットのサイズを規格表で確認し、その配置を検討した後、機械製図の機能を持つCADソフトウェアを使い加工図面と操作パネル用マスクを作成した。加工図面の製図例を図-7に、端子の名称などを表示したパネル用マスクのデザインの一例を図-8に示す。この図は実際に受講者が製作したものであり、改善点も考えられる。

ケースの穴は、製図した図面をもとにボール盤などの工作機械やハンドニブラ（角穴をあけるための工具）などを用いて加工した。

VI 習得度測定

今回の実習による技術習得の成果を確認するため、習得度測定に用いる習得度自己確認シート⁽¹⁵⁾を参考にして、図-9のようなスキルアップシートを作成した。これは、カリキュラム表の授業科目の細目に示す項目ごとに、受講前と受講後の理解度を5段階のレベルで自己評価するための表である。受講前と受講後のレベル差をスキルアップ値とした。このシートを利用して受講者18名に対して自己評価を依頼した。

電子基礎実習(集中実習)スキルアップシート

(受講者の皆様へ)
このスキルアップシートは、標記実習を受講して習得した能力を整理することにより、今後のスキルアップ(自己啓発等)に資することを目的としています。なお、実習を改善するための参考資料としても活用させていただきます。

時期・単位	Ⅱ期・2単位(集中実習)	コース名	電子基礎実習			番号	
日程	平成18年7月24日～28日		時間数	18	時間	氏名	
コース概要	直流安定化電源を製作し、ものつくりの基礎として必要な事項を習得する。						

訓練項目	訓練項目の細目	内 容	受講前後のスキルアップの確認					スキルアップ値 (②-①)
			全く知らない☒知っている☑よく知っている 全くできない☒できる☑よくできる △:受講前…① ○:受講後…②					
整流と直流安定化	直流安定化の原理	直流安定化電源は、リップルの無い直流電圧を得ることができ、これは3端子レギュレータというIC(集積回路)の働きによるものであることを知っている。	1	2	3	4	5	
	整流回路	ダイオードブリッジを用いると、交流を直流に変換できることを知っている。全波整流波形と半波整流波形の形状を描くことができる。	1	2	3	4	5	
	特性測定	オシロスコープなどの測定器を用いて、整流回路および平滑回路各部の電圧・電流波形を観察でき、各部の交流電圧や直流電圧を計測できる。リップル電圧の測定ができる。	1	2	3	4	5	
C A E	シミュレーション	電子回路設計には、電子回路シミュレーションが有効であることを知っている。整流回路の電圧・電流波形をシミュレーションにより計算させ実験値と比較できる。	1	2	3	4	5	
	ドキュメンテーション	実験データをコンピュータを利用してグラフ化することができる。図・表や写真を活用した報告書をコンピュータを利用して作成することができる。	1	2	3	4	5	
回路設計	回路設計	ディレーティングを考慮した電子回路設計ができる。熱設計ができヒートシンクが選べる。LEDを点灯する際、直列に挿入する電流制限抵抗を設計できる。	1	2	3	4	5	
回路製作・配線	配線基板パターン設計	回路図をもとに配線基板のパターンが設計できる。ジャンパ線を用い部品面とはんだ面を用いた両面配線ができる。	1	2	3	4	5	
	電子部品・材料	抵抗、コンデンサ、3端子レギュレータなどの電子部品表記の読み方を知っており、部品表に基づく部品を収集することができる。電線には種類(単線、より線)と形状(太さ)があることを知っており、用途に応じて適切に使い分けができる。また、ワイヤーストリッパを適切に使用して端末処理ができる。	1	2	3	4	5	
	部品の実装(はんだづけ)	プリント配線板への部品実装(はんだづけ)やケースへの変圧器・スイッチの取り付けおよび各部への配線の引き回しができる。配線には予備はんだが必要で、変圧器の端子には1回半リード線を巻きつけたはんだづけが必要であることを知っている。ノイズ対策にツイストペア線が有効であることを知っている。	1	2	3	4	5	
組立	機械製図・パネル設計	ユニバーサルデザインに基づくケースの設計やパネル(マスク)の設計ができる。製図用CADソフトを用いてパネル図案を制作することができる。	1	2	3	4	5	
	ねじ締め	ねじにはなべねじやトラスねじなどの種類があることを知っている。ねじ締めには適切なトルクがあることを知っている。ねじの形状にあわせた適切な工具を選んでねじ締めができる。	1	2	3	4	5	
安全衛生	安全衛生	安全衛生を十分に考慮し、5Sに基づく安全な行動ができる。ドリル作業には安全めがねを装着しなければならないことを知っている。作業にふさわしい安全な服装があることを知っている。	1	2	3	4	5	

記入方法
 ・「受講前後のスキルアップの確認」の欄は、数値(1～5)に「△:受講前」又は「○:受講後」の記号を付けてください。
 ・「スキルアップ値」の欄は、「○:受講後」から「△:受講前」の数値を差し引いて、その値をご記入ください。

図-9. スキルアップシート

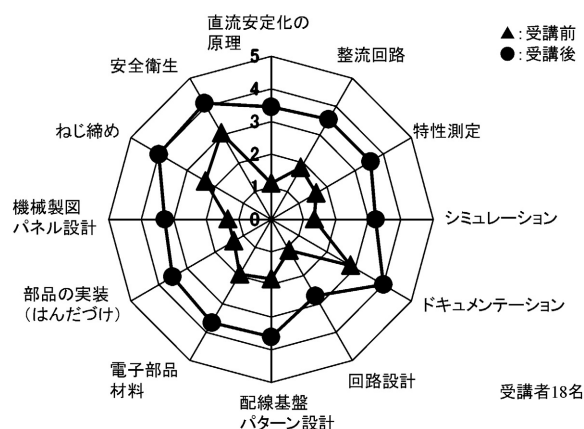


図-10. 受講前後のレベル値

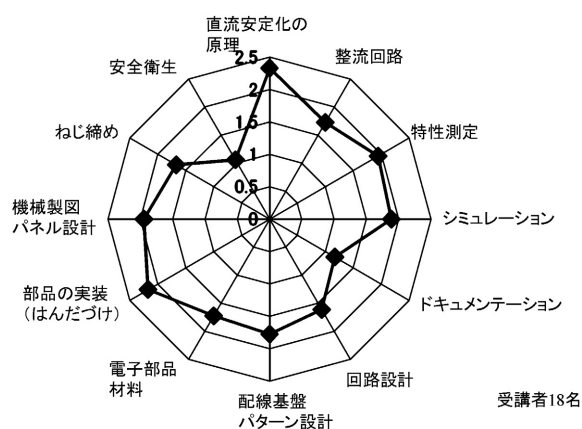


図-11. スキルアップ値

受講前と受講後のレベル値の平均を図-10に示す。受講前はドキュメンテーションおよび安全衛生についてはレベル3の理解がされていることがわかる。これに対して、直流安定化の原理や回路設計についてはほとんど知らないという状況である。

受講後は多くの項目でレベル4に近い値を示したが、回路設計に関してはレベル3以下という結果を得た。これは電気回路、電気電子計測、電磁気学などの科目が学習途中であるため、十分な理解が困難なためと考える。今後は各科目の進度などとの関連を調査し、教示内容の精査や教材の検討が必要であることがわかった。

スキルアップ値を図-11に示す。スキルアップ値の高い項目は直流安定化の原理、部品の実装、機械製図・パネル設計である。よって、電子機器の基本的な設計製作過程を学ぶという実習の目的をおおむね達成できた。また、機械製図やパネル設計などのスキルアップ値が高いので、電子系だけでなく機械製図の基礎的な部分にも興味を持たせる効果があった。

スキルアップ値が低い項目はドキュメンテーションと安全衛生の両項目である。入学直後のI期はコンピュータ基礎実習でワープロや表計算ソフトの実習が行われており、ドキュメンテーションについては本実習以前に習得できている。また、安全衛生については各種の実験実習の導入において指導が繰り返し行われているためである。

VII 考察

製品化を意識したものづくりには、使用する電子部品の規格表を読み取るという技術情報の取得に関する能力や、機械加工技術者が読みとれる機械図面を作成するという情報発信の能力が必要である。この能力は規格表や仕様書を媒体とした他分野の技術者とのコミュニケーション能力ということもできる。そのため、本実習教材は、部品の規格表と初学者でも簡単に計算できる設計式を提示し、自ら設計値を得るように考慮されている。製品は他の実験実習で活用することにしており、使用に際しては自らのメンテナンスが必要となり、製品への理解と愛着を深めることにつながる。

本実習のカリキュラムおよび指導法は、周辺の科目との関連を常に意識し、受講者の興味を定着させることに配慮して作成した。そのため、開講前後に行われるものづくり基礎実習、コンピュータ基礎実習、電磁気学、電気回路、電気電子計測など関連する技術を盛り込んだ。たとえば、ノイズに関する提示は学科目として設定した電磁気学を学ぶことへの導入の目的がある。よって、電子技術科が提供する科目全体の受講意義を入学後早期に自ら気付くことができ、受講者各自が職業を意識した長期的目標を持てる。

設計において重要なCAEに関する要素を取り入れたカリキュラムとしたことも特徴のひとつである。初学者であるため、より簡単な公式と代数計算によりシミュレーションの準備ができるように工夫した。実測値と比較するなどの実習によりシミュレーションを体験した結果、当該スキルアップ値が2に近い値を得たことから受講者はCAEの概要を習得できた。

今回実施した実習では、受講者全員が所定の時間内

に製品を完成できた。習得度測定においても直流安定化の原理や部品実装、機械製図のスキルアップ値が高いので、製品化を意識したものづくりを実体験することができたといえる。回路設計に関する自己評価は他の項目に対して低い値を示している。今後この点を考慮して周辺科目のカリキュラムを検討し、わかりやすい教示を心がける必要性を示している。また受講者自身が回路設計に関する習得度を理解していることから、自発的かつ長期的に関連科目に専心することが期待できる。

本実習では、製品の企画能力、コスト管理やスケジューリング管理の能力付与に関する項目は含めていない。これは職業能力開発大学校では応用課程において課題学習方式⁽¹⁶⁾による教育訓練を実践しているからである。課題学習方式では10単位という十分な時間をかけて製品自体の企画からコスト管理などについて製品化の具体例を詳細にわたり習得できる。したがって、応用課程も含めた人材育成の効果全体を考えると本実習が課題学習方式への布石となるよう検討することも必要である。

VIII まとめ

電気・電子分野の導入教育訓練におけるカリキュラムを検討した。提案したカリキュラムに基づく実習を行い、製品化を意識したものづくりができ、電子技術科で学ぶ科目や実習と製作する電子機器の関連を示すという目的を達成できた。スキルアップシートにより受講者の習得度について知ることができ、カリキュラム改善の方向性を示すことができた。

製品化を意識したものづくりは目前の製品完成に向けた技能・技術を習得するという短期的目標を提示でき、周辺科目と製品製作の関連を考慮したカリキュラムでは将来の職業を見据えた長期的目標を提示することができた。導入教育では短期的目標と長期的目標の調和をサポートするカリキュラムが効果的で、目標の明確化は当該分野への興味や向学心を持続する活力になる。

今後は受講者自身の“気付き”を効果的に誘導できるような教育訓練技法の検討を行い、自らの向上心により問題解決に立ち向かえる感性豊かな人材の育成に取り組むたいと考えている。

謝辞

実習の実施および本稿をまとめるにあたりご指導・ご協力いただいた関東職業能力開発大学校教職員各位に感謝する。また、習得度測定や実習作品の提供などで協力いただいた同校電子技術科2006年4月入学生に謝意を表す。

[参考文献]

- (1) 経済産業省、新産業創造戦略、平成16年5月
- (2) たとえば、菊池隆裕、なぜ今イノベーションかなぜ今電気離れか、日経エレクトロニクス、2006.7.18、<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/TOPCOL/20060718/119195/>
- (3) 藤森充、電気・電子分野に関する指導法の事例研究、職業能力開発報文誌、第11巻第2号、1999年、pp.41-47
- (4) 藤森充、電機関連技術動向調査、関東職業能力開発大学校紀要、第2号、2005年、pp.25-28
- (5) 佐藤修、複合波信号変調形PWMインバータシステム、関東職業能力開発大学校紀要、第3号、2006年、pp.23-28
- (6) 西村正太郎、現代電気機器学、オーム社1982年、pp.32-34
- (7) 東芝セミコンダクタ社、TA7805S規格表
- (8) サンハヤト、LEDブラケットDB-2規格表
- (9) 日本工業規格、抵抗器およびコンデンサの標準数値、JIS C 5063
- (10) 日本工業規格、プリント配線板実装、JIS C 61191
- (11) 電線・ケーブルの種類、住友電工ホームページ、<http://www.sei.co.jp/sanden>
- (12) ワイヤー・ストリッパーの適応電線サイズ、ホーザン株式会社、<http://www.hozan.co.jp>
- (13) 日本工業規格、ねじ用語、JIS B 0101
- (14) 経済産業省特許庁、産業財産権標準テキスト意匠権、2003年、pp.22-23
- (15) 職業能力開発総合大学校能力開発研究センター、公共職業訓練へのプロセス管理の普及に関する調査研究、調査研究資料No.117-2、2006年、p.107
- (16) 職業能力開発総合大学校能力開発研究センター、問題発見及び課題解決能力を養成する課題学習方式等による訓練効果の科学的分析、調査研究資料No.130、2006年、p.4、pp.73-77