

電気電子工学の創造を促す工学実習 カリキュラムの提供と結果の評価考察

柴田 幸司[†]・石山 武[†]・神原 利彦[†]・佐々木 崇徳[†]
越田 俊介[†]・大瀧 倫和[†]・上野 浩志[†]

An Engineering Training Curriculum for Encouragement of Creativity to Advance Electrical and Electronic Engineering, and Evaluation of Results

Kouji SHIBATA[†], Takeshi ISHIYAMA[†], Toshihiko KANBARA[†], Takanori SASAKI[†], Shunsuke KOSHITA[†],
Norikazu OSHIMA[†] and Hiroshi UWANO[†]

ABSTRACT

This report introduces practical examples of manufacturing education that involves report creation, correction, and evaluation in an experimental training course entitled Creative Engineering Experiments. The above educational program will be implemented in the first half of the second year at the department of electrical and electronic engineering, faculty of engineering, Hachinohe Institute of Tech. Furthermore, problems in operation were identified and issues for future improvement were organized based on the experience of implementing the above educational program in FY 2020. In the future, further development of the engineering training program is expected by improving the content from the extracted issues.

Key Words: experiential learning, engineering experiments, engineering training, active learning, on-the-job training

キーワード: 体験学習, 工学実験, 工学実習, アクティブラーニング, OJT

1. はじめに

八戸工業大学では、工学部電気電子工学科の設置以来、2年次に前期、後期、3年次に前期、後期に各2単位の合計4単位の実験実習科目を実践している。具体的には、2年後期に電気電子工学の基礎的な内容の実験、3年前期に電子情報工学に関する実験、3年後期には電気エネルギー実験のカリキュラムを実施している。そして、2年前期

の実験実習科目では、創造工学実験なる工学実習カリキュラムを提供する。この様に当該学科では、学科の設置以来、技術の変遷や資格取得への対応など時代の趨勢に合わせて実験内容を改革した。そして毎年、多くの労力を払い身につく工学教育を実践していると考ええる。その中でも特に、2年前期の創造工学実験では、電気電子工学の醍醐味である学生の興味を引き出せるような電子工作を伴う実習を行っている。電子工作は元来、幼少時からの知的かつ高度な趣味として楽しまれる。特に我が日本国は往年の時代には電子立国などと呼ばれ、電気電子は日本の産業を牽引してきた。従い、電気電子工作や電子デバイスの作製の実習は、現代の大学生にも学習意欲を喚起できると考える。本報告では、本学電気電子工学科における2年前期に行われる

令和3年1月4日受付

[†] 工学部電気電子工学科

創造工学実験での、レポート作製を伴うものづくり教育の実践例について紹介する。更に、2020年度における実施に伴う問題点の抽出と、今後の改善に向けた論点整理も行う。これにより当該テーマの更なる発展が期待される。

2. 創造工学実験の概要

本学の電気電子工学科の2年次の創造工学実験は毎年、前期の毎週水曜の3から5限にかけ1コマ90分の授業時間を3コマ(270分)、そして前期中に事前のガイダンス、プレ実験、事後学習やレポート添削を含め計13週(3510分)にわたり実施される。2020年度には柴田がチーフを務め、担当教員には電子情報通信工学を専門とする石山武教授、神原利彦准教授、佐々木崇徳准教授、新任教員の越田俊介准教授、更に大嶋倫和技術職員および上野浩志技術職員の人員構成にて、実験実習を伴う教育が実施された。このような体制にて上記の実習科目を運用するに当たり、前年度および年度当初に運用方針の検討を行った。その結果、今年度は人員構成が大きく変更されたことから、昨年度の実習内容のテーマを踏襲しつつ、新しい担当者におけるテーマの把握と実績の蓄積、全テーマの検証を行う年度と位置づけ、種々のデータを取得を積み重ねつつ運用を進めた。今年度の創造工学実験の実際に行われたスケジュールを表1に示す。これより、第1回目の2020年4月15日(水)から最終回である第13回目の7月29日(水)まで粛々と行われたことが確認できる。なお、本年度はコロナウィルスの感染拡大の影響を踏まえ、受講者や指導者へのマスクの着用を義務化し、各人間の距離を保ち、かつ直接の接触を避けるなどの対策を行いつつ、実習を進めた。具体的な実習内容は、第1回目のガイダンス及び予備の実習から始まり、5回目までは静電気、ローレンツ力、電池など、基本的な電気現象の測定や実習が行われた。一方、第6回目以降は色素増感太陽電池、電子サイレン、トランジスタによるセン

サの検出回路、液晶パネル、AM送信機および受信機など、より専門的な電子デバイスや電子回路のものづくりの実習テーマを提供した。また表1に示す通り、この電子工作や物づくりを伴う実習の特徴として、毎回、レポートの提出を義務化していることである。すなわち、各実習テーマの主担当を事前に決めた。そして、各回の実験では主担当者が司会として内容や手順を説明しつつ、その日の実験終了までの進行をコントロールした。また、他の構成員は主担当者を補助する形で、受講者である学生に対し半田付けなどを含む物づくりを指導しつつ、実習を進めた。そして、主担当者は実験の終わりに当たり、レポートの作成法(まえがき、実験手順、実験結果、データの貼り付け、考察の方法)を説明し、質の高いレポートの提出を促した。この手順に従い実習を行った学生は一週間をかけ、その週に行った実験に対して翌週の実験の開始までに提出の義務を課されたレポートを作成して期限以内に提出した。

表1 2020年度における創造工学実習の実習日・内容・レポート提出日および主担当者の状況

回	実施日	内容	レポート提出日	主担当 (評価者)
1	4/15	ガイダンス、実験の進め方、安全管理、実験工具の準備、半田ゴテとテスターの使い方の予習		柴田
2	5/13	1. 静電気に関する実験	5/20	越田
3	5/20	2. ローレンツ力の実験	5/27	神原
4	5/23	3. 電気を見る・測る	6/3	越田
5	5/27	4. 電池に関する実験	6/17	石山武
6	6/3	5. 色素増感太陽電池の実験	6/17	佐々木
7	6/17	6. 電子サイレンを作ろう!	6/24	神原
8	6/24	7. センサの実験	7/1	石山武
9	7/1	8. 液晶パネルを作ろう ～液晶パネルの製作～	7/15	佐々木
10	7/8	9. 液晶パネルを作ろう ～液晶駆動回路の製作～	7/15	佐々木
11	7/15	10. 電波を送受信しよう ～受信回路の製作～	7/29	柴田
12	7/22	11. 電波を送受信しよう ～送信回路の製作～	7/29	柴田
13	7/29	レポート添削と12回分の総括		柴田

3. 2020年度における実施状況

そこで先の表 1 に従い、2020年度における13回の電気電子工学に関するものづくり実習教育を実践した一例として、6月3日（水）に実施された色素増感太陽電池での実験風景を図1-6に示す。この図の通り、事前の準備等も念入りに行われ、主担当教員により粛々と実験が進められ、一連のものづくりの過程から性能評価まで時間内にスムーズに行われた。また、事後のレポート作成の指導も綿密に行われた。



図 1 色素増感太陽電池の動作原理と作成法の説明



図 2 実習に用意した試薬類



図 3 ガラス板へのチタニアペーストの塗布



図 4 チタニアペーストの焼成



図 5 チタニア電極への色素の塗布



図 6 作成した太陽電池の発電状況の確認

そして、その翌週の実験の前までに提出されたレポートおよび、その添削結果を抜粋して図7-9に示す。これより、行われたものづくりの実習に対して、学生は一般的な工学実験と同様の体裁である、目的、原理、測定手順、測定結果、考察とまとめという手順に従いレポートが作成され、また主担当教員により内容の添削および評価がされている様子が確認できる。このように、各人の創造力を安んずることが出来るものづくりのテーマに対してレポートを課すことは、工学系の企業の社員や研究者等を目指す大学の

電気電子工学科の学生にとって、理想的な体験学習となっていると考えられる。

ダブルウィップ
芯上1ヶ所を留める

創造工学実験レポート

実験番号	5	実験曜日	化学増感型太陽電池の特性に関する実験		
班番号	報告者	学籍番号	氏名	イ	□
実験日	令和2年6月3日	共同実験者		ロ	□
提出日	令和2年6月17日			ハ	□
				ニ	□

用 形式不備 ☐ 項目増補 ☒ 実験器具 OK

教 ぎータ・表 ☐ 表題

が 考 察 (1) ナタニと電極の位置 OK
(2) 色と吸収率の関係 OK
(3) 電圧と電流の関係 OK

入 そ の 他

※ レポートは、指定された期日までに提出すること。

※ 添付書類 (1～4の順番で綴じること)
1. 表紙
2. 評価チェックリスト
3. エンジニアリング・デザイン能力に関するレポート
4. テーマに関するレポート

検 査 2020.6.17

評 価 S

※ 教員が記入

受 領

図7 提出および添削されたレポートの表紙

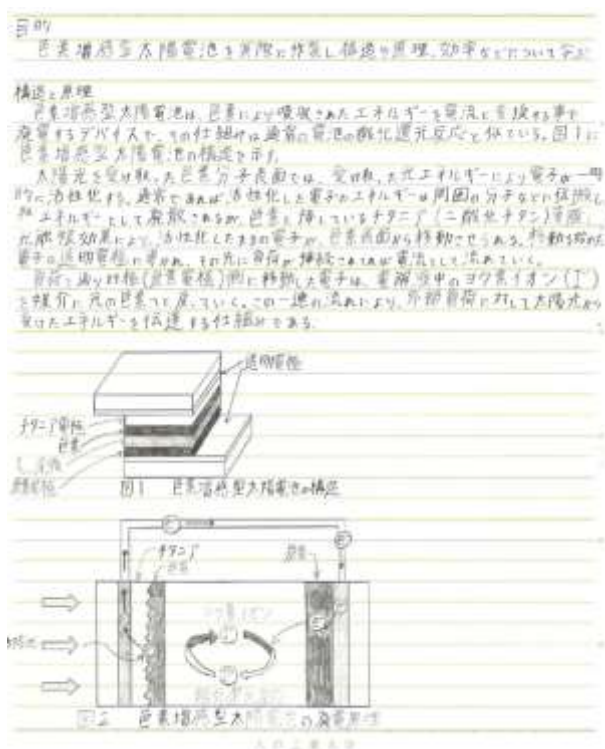


図8 提出されたレポートの導入部分

表3 測定結果のまとめ (H30年)

試料の種類	電圧 (V)	電流 (mA)	電力 (mW)	効率 (%)
試料A	0.55	1.2	0.66	1.2
試料B	0.50	1.0	0.50	1.0
試料C	0.45	0.8	0.36	0.8

※ 測定条件: 光強度 1000 W/m², 温度 25℃

考察

(1) 化学増感型太陽電池の特性について、試料Aと試料Bの比較から、電圧と電流の両方とも試料Aの方が高いことが確認された。これは、試料Aの染料が光を吸収し、電子を励起し、透明電極から電解液へと移動し、電圧を発生させるためである。また、試料Bの電流が低いのは、電解液の濃度が低いからである。

(2) 電圧と電流の両方とも、光強度が増加すると増加する傾向がある。これは、光強度が増加すると、染料が吸収する光子の数が増加し、励起された電子の数が増加するためである。

(3) 電圧と電流の両方とも、温度が増加すると減少する傾向がある。これは、温度が増加すると、電解液の粘度が増加し、電子の移動が妨げられるためである。

結論

今回の実験で、化学増感型太陽電池の構造と動作原理を理解することができた。また、電圧と電流の両方とも、光強度が増加すると増加する傾向があることが確認された。また、温度が増加すると、電圧と電流の両方とも減少する傾向があることが確認された。

図9 提出されたレポートの導入部分

なお、紙面の都合上、割愛するが、電子サイレンを作ろう！や電波を送受信しようなど電子工作を含む全てのテーマにおいて、前述のレポートの提出を課して添削評価を行っている。このことにより、受講した学生は単なるものづくりの体験にとどまらず、動作原理の理解から理論的な解釈、製作過程の理解から実験結果（測定データ）のまとめと考察、及び結果の総括までを系統立てて理解できていると考える。

4. 評価と考察

以上のとおり実施された実習テーマに関し、今後の改善に向け気づいたことを記録しておく。まず全体的な総括として、新型コロナウイルス（COVID-19）への感染の懸念で4月に休講処置がとられ、実施できなかった実験を7月末まで計画的に補講を入れて授業回数を取り戻し、全テーマやりきることが出来た。また、今年度は全体像の把握の為、昨年と同様のテーマとスタイルを踏襲した。一方で、実験の評価の方針などの管理全体の重要事項を含む、全体像の把握に

苦慮した。なお、レポートの評価法に関し、テーマを複数人で評価すると、特に未熟な教員の混在により評価基準に大きなばらつきが発生する懸念があった。従い、今年度は教員ごとの差が出ない様、1つのテーマのレポートは担当教員1人に評価させた。その結果、全テーマがスムーズに評価され、期間内にB以上の評価で回収出来た。一方、実験テーマの終了後のレポートの書き方の説明（事前事後の指導の濃さ）が教員によってムラがあり、テーマによってレポートの完成度が大きくばらついた。そのこともあり、教員によっては何度も添削返却する挙動が確認された。但し、それもきめ細かい教育という考え方もある。全体としては、全教員の度重なる熱心な指導で全レポートがC評価以上で評価された。なお、7月29日の最終回は柴田が3コマかけ、全実験のテーマの半券を受け取るまで最後の1人まで指導し続けた事も、提出された全レポートを回収し、かつB以上で成績を評価出来た事に参与したと考える。但し、4月のCOVID-19に伴う休講が影響し、最終レポートの提出週が試験期間と重なり、学生に負担をかけた。

5. 今後の方針

以上の今年度の反省を踏まえ、次年度以降に実施すべき改善内容を以下の通り考えた。まず、本教科のような2年前期という大学生としては低学年での実験科目の指導にあたり、完成度の高いレポートを要求するのか、簡易的なレポートでよしとするか、方向性を決める必要と考える。また、学生がテーマごとのばらつきなくスムーズにレポートを書けるようテキストの改定が必要とも考える。更に、受講する学生に余裕を持たせる為、5回目は実験をせずレポート作成の指導を行うことを検討する。特に前半の実験での評価が高くなる様、事前のレポート指導と各主担当の先生にも室の高いレポートを提出させる為の書き方の指導の徹底を依頼する予定である。また、行った実習に対し、深い洞察力および考

察能力を高めることを目的として、全ての実験は基本、4校時で終了し、最後の1限はレポートの書き方の指導に当てることも検討する。なお、致命的なミスで次回の実験に支障のあるプリント基板等は今年度の早期には修正・手配・入手を完了させる。また、筆者としては、電子デバイスや電子回路に関する創造的なものづくりの実習を実践する前段階として、事前に実験テーマとして基礎的な内容を学習してもらいたいとの思いがある。これを踏まえ、2年前期と後期の実験の入れ替えの可能性の検討する。但し、これを実現する為には、3年前期と後期の実験を入れ替えが必要となる。

更に、テーマの内容に関する改善に関し、第4回目の“電気を見る・測る”は、1年の前期における電気電子工学入門における実習内容と多くが重複している。その為、このテーマを削減（1年の電気電子工学入門と統合）するか、プレ実験として第1回目への移動を考える。また、第7回目の電子サイレンは内容の簡略化を検討する。一方、各テーマの難易度を考えたテーマの実施を勘案し、第7回目の電子サイレンと第8回目のおめざめセンサの順番の入れ替えも検討する。また、おめざめセンサは基礎的な実習を意識して、発信器を省略して単に光を検出してLEDを光らせる回路への変更も検討する。更に、内容の難易度との関係から、第11および12回のラジオのテーマと第9および10回目の液晶のテーマの順番の変更を検討する。

その他、時代に即した実習テーマの改革を意識すると、構成教員に対してArduino、ラズパイ、ESP32、デジタルフィルタなどを使った実験テーマの募集も考えられる。また、学生の興味を喚起できそうなテーマとしては、電子回路の制御を伴うプログラミングが得意な1ボードマイコンであるArduinoの互換基板を使った実習テーマ、NE555を使った何か役に立ちそうなタイマー回路、デジタルフィルタの設計と、制作された電子デバイスの入出力特性をVNA（ベクトルネットワーク・アナライザ）で測定する新テーマ、オーディオ信号の増幅に用いられるLM386を

用いたパワーアンプ(集積回路の便利さの学習)などの追加も考えられる。

る実施に伴う問題点の抽出と、今後の改善に向けた論点整理も行った。今後、抽出された課題から内容を改善することにより、当該実習の更なる発展が期待される。

6. おわりに

本報告では、本学電気電子工学科における2年前期に行われる創造工学実験での、レポートの作成と添削および評価を伴うものづくり教育の実践例について紹介した。更に、2020年度におけ

参考文献

- 1) 2 学年学生実験テキスト (創造工学実験・電気電子基礎実験) 八戸工業大学 工学部 電気電子工学科 編, 2020.

要 旨

本報告では、八戸工業大学工学部電気電子工学科における2年前期に行われる、創造工学実験と題される実験実習科目での、レポートの作成と添削および評価を伴うものづくり教育の実践例につき紹介した。更に、2020 年度における実施に伴う問題点の抽出と、今後の改善に向けた論点整理も行った。今後、抽出された課題から内容を改善することで、当該実習の更なる発展が期待される。

キーワード: 体験学習, 工学実験, 工学実習, アクティブラーニング, OJT