

“深い学び”の学習展開についての一検討 ～工業高校科目「実習」を例として～

白濱 博¹⁾, 寺田 光希²⁾, 永田 翔大²⁾, 三木 康平²⁾,
犬塚 周太³⁾, 鮫島 佑一³⁾, 宮田 優也³⁾, 山田 修禎³⁾

- 1) 非常勤講師（執筆責任者）
- 2) 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 機械工学科（3年）
- 3) 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 電気工学科（3年）

A Study on Learning-Activities of “Deep-Learning” ～ An example of Technical High School Subject “Practicum”～

Hiroshi SHIRAHAMA, Mitsuki TERADA, Shota NAGATA, Kohei MIKI,
Shuta INUDUKA, Yuichi SAMESHIMA, Yuya MIYATA, and Hisatomo YAMADA

要 約

次期高等学校学習指導要領では“主体的・対話的で深い学び”、いわゆるアクティブ・ラーニングの観点からの学習活動が求められている。本研究は、将来工業高校教員を目指す本学教職課程（「工業科指導法」）の受講生が、工業高校の科目「実習」に関する“深い学び”について考察・試行し、その学習内容と方法を提案するものである。

具体的には、工業高校における「ダイオード特性測定実験」を体験する。さらに「波形整形回路の製作と波形観測実験」を導入することによって、これらの学習内容と方法がダイオードに関する“深い学び”のための学習活動の一つと成り得ることを示すものである。

キーワード：次期高等学校学習指導要領、アクティブ・ラーニング、工業科指導法、工業高校「実習」、学習内容と方法

Abstract

Learning activities are required to be improved from a viewpoint of "active, interactive and deep-learning", so-called active-learning, in the next High-school Curriculum Guideline. In this research, university students in the course of Method of Engineer Education studying to become a technical high school teacher will consider and trial "deep-learning" about the subject "Practicum" of a technical high school, and the learning contents and methods are proposed.

Specifically, they will experience "Diode Characteristic Measurement Experiment". Furthermore, by introducing "Fabrication of Waveform Shaping Circuit and Waveform Observation Experiment", it shows that these learning contents and methods can also be one of learning activities of "deep-learning".

Key words : next High-school Curriculum Guideline, Active-Learning, Course of Method of Engineer Education, "Practicum" of Technical High School, Learning Contents and Methods

1. はじめに

この21世紀は、知識基盤社会、グローバル化社会、そして高度情報通信社会の時代といわれ、科学技術や情報化の長足の進展は、これまで蓄積してきた個々の専門分野の知識どうしを相互に絡ませたり融合させたりしながら、さらなる新しい知識や学問分野が創出されるという時代を迎えている。このような時代には、多種・多様・複雑で個人の力では解決できない問題や課題が生起し、それらの解決のためのさらなる新たな知識の創出が求められている。

工業高校では、生徒の学力低下が問題となっはいるが少子化による産業界の労働者不足の影響もあって求人倍率は上昇の一途をたどっている。工業高校生の多くが就職する製造業（ものづくり）は、我が国産業の基軸であり今後もこのような状況が続くことが予想される中、確かな学力を身に付けた生徒を如何に育成・輩出するかが大きな課題となっている。

本研究は、工業教育の科目「実習」を、平成34年度年次進行実施予定の次期学習指導要領¹⁾の趣旨に沿い、その学習内容や方法の改善を図ろうとする立場をとる。すなわち、工業教育における確かな学力育成のための“深い学び”に関する考察と実践である。上述のように個人の力では解決困難な問題や課題に遭遇した際、個による確実な基礎的・基本的な知識や技術及び技能を土台に、対話的・協働的に新たな知識や技術を創出し解決に導いてゆかねばならない。これからは、そのための学習内容と方法を一体的に捉えた次期学習指導要領のいうアクティブ・ラーニングの導入がまさに切り札とされており筆者等も同感である。この学びが明記されたことには大きな意義があると捉えている。

現代の生産技術は、自然科学や数学、またこれらを背景とした科学技術、およびこれらを工業製品や生産に応用してきた工学と密接不可分の関係の中で発展してきた経緯がある。現代社会がいわゆる知識基盤社会といわれている所以は、このような工業を中心に据えた社会の発展が科学技術の知識を基盤としているという意味においてである。工業教育においても、これら工学の基になっている科学技術、自然科学や数学等の知識や諸法則を学び、産業や職業の中に応用・適用できるような知識や技術、いわゆる“深い学び”による“確かな学力”を身に付けた人材の育成が今まさに求められている。

そのためには、就業の場での実際の経験における具

体的な事象の中に問題や課題を見出し、分析し、仮説を立てて解決の方法を検討し、その結果を実際の作業に適用し実証して新たな知見を得るといった、いわゆる科学の一般的方法を今まで以上に工業教育の中で習得させねばならなくなっているといえる。そのために、実際の就業の場に近い擬似的体験の学習活動として「実習」や「課題研究」²⁾が既にあるが、これまで以上の“深い学び”の学習活動が必要となるということである。前者は、アクティブ・ラーニングに近い学習形態をとってはいる。また後者は、アクティブ・ラーニングそのものといえる。

工業高校では科目「実習」³⁾（以下、実験やものづくりも含み、実験・実習と表記する場合もある）は、「要素実習」から「総合実習」へ、そして「先端的技術に対応した実習」へと学年を経るにつれ段階に応じた知識や技術を学び、それらを相互に関連付けながら体系的に理解できるようになっている。そのような学習活動の積み重ねを経ることによって学科の特質に応じた見方や考え方を身に付けてゆくのである。また、そのように教育課程が編成され実施されている。いわゆる従来言う“深い学び”の学習活動となるように意図的・計画的に配慮されたものとなっている。このことは「実習」に限らず全ての教科・科目においても然りである。したがって、教師は関連する知識や技術を基礎や既習事項に関わらせながら、しかも他の教科・科目とも関連させながら縦横無尽に往来するといった学習指導を行うべきだし、行っているはずであるし、行うべく努力しているはずである。

また、工業高校の専門分野の教科書は、その性質上と言っても過言ではないが知識の断片的、単なる紹介的・切り貼りの様相を呈しているものも少なからず見受けられる。内容の精選と体系化が必要である。このような状況下、分かる・分かりやすい授業の実現に向けての教師の授業力が益々求められていると言えよう。まさに教師の力量と真価が問われていると考えるのは筆者等のみではない。とりわけ「実習」は、後述するが一般の座学よりアクティブ・ラーニングにより近い学習形態をとってはいるものの十分とはいえず、本研究では「実習」を次期学習指導要領のいう“主体的・対話的で深い学び”、いわゆるアクティブ・ラーニングの観点で捉え直すこととした。

本研究は、「工業科指導（教育）法」の受講生が、このことを意識した学習活動を実際に体験することで、将来の工業教員としての資質と能力を培うことを目標としている。まさにこの活動そのものが次期学習

指導要領のいう“深い学び”を体現するものとして企図した。受講生は工学部機械工学科と電気工学科に属する。前者に対しては工業高校機械系学科（例えば、機械科や電子機械科、生産システム科等）を、後者に対しては電気系学科（例えば、電気科や電子科、電子情報科等）の学習を想定している。「実習」はダイオードに関するものとした。一口でダイオードに関する実習といってもそれぞれの学校・学科によって目標も“深い学び”も自ずと異なり、学科や生徒の実態に即した学習内容と方法を検討する必要がある。その前提として、まずは工業高校機械系及び電気系学科、そして受講生が在籍する工学部機械工学科及び電気工学科においてダイオードに関する学習がどのように行なわれているかを知る必要がある。このことを含め以下の順で論を展開する。なお、本研究で対象とする工業高校は、受講生が毎年教育実習を体験する地元の工業高校機械科と電子情報科とした。すなわち、まずは、

- 1) “深い学び”の本研究での捉え方を述べる。次に、
- 2) ダイオードに関する“深い学び”の観点から、「ダイオード特性測定実験」にくわえ「波形整形回路の製作と波形観測実験」を導入することを提案し、学習内容や方法について述べる。さらに、
- 3) これらの有用性の確認のための模擬授業（上記2）の実験・実習）と受講生へのプレ・ポストテスト及びアンケート調査を行う。最後に、それらを基に、
- 4) それぞれの学科における“深い学び”を実現するための学習内容と方法についてさらなる考察・検討を行う。

等である。

2. ダイオードに関する学習

研究を進めるに当たり、まずは対象とする大学工学部及び工業高校におけるダイオードに関する学習の状況について、実際使用の教科書や実習指導書等をもとにその概要を記す。なお、本取り組みの時点では、電気工学科受講生にとっては座学においても実験においても既習事項である。機械工学科受講生にとっては未習事項であることから、両受講生に対して工業高校で行われている程度を模擬授業として行った。

2.1 学習内容の概要

- (1) 工業高校電気系学科（例えば、電子情報科）⁴⁾
座学においては、例えば4-1) や4-2) を使用してい

る。その内容はpn接合ダイオードの構造及び基本動作、そして応用回路として「整流回路」や「波形整形回路」等が見受けられる。波形整形回路の学習に関しては、簡単な動作原理についての記述はあるものの、長年の筆者の経験からは出力電圧波形の推定には戸惑う者（受講生も含め）も多く、理解を容易にしかも確実にするためには、動作原理の詳細な説明に加え回路製作と波形観測実験の導入が不可欠であると考えていた。このことも本取り組みの要因の一つでもある。

一方、実習においては、例えば4-3) を使用している。LEDを含む「ダイオード特性測定実験」は、電気・電子系工学科を有する高等教育機関や工業高校では定番である。波形整形回路に関しては、例えば4-4) には「パルス回路の特性試験（2）」の題目で、波形整形回路の動作原理を理解する目的で回路を結線し、波形観測を行う実験がある。しかしながら、「ダイオード特性測定実験」と「波形整形回路の製作と波形観測実験」をセットで、しかも“深い学び”の観点からの提案や考察は筆者等の知る限り行われていない。なお、本取り組みでは4-1)、4-2) 及び4-4) 記載の回路を参考（授業資料添付）にする。

(2) 工業高校機械系学科（例えば、機械科）⁵⁾
座学においてはダイオードに関する学習は無く、機械実習の中の電気系実験において5) を参考にした自前編纂の実習指導書を使用している。学習内容は、ダイオードの特性を示した上で整流回路及び平滑回路の動作原理を知る程度の簡単な実習が行われている。基本となる特性測定実験そのものは行われていない。機械系学科ではあくまでもダイオードの応用・利用のみの観点からの学習を行っており、電気系学科とは当然異なる。

(3) 工学部電気系工学科（例えば、電気工学科）⁶⁾⁻⁹⁾
座学においては、例えば6) を使用している。その学習内容は、pn接合ダイオードの動作原理及び電圧-電流特性や演習としてゲート回路、クランプ回路と整流回路の動作原理を問う問題はあるものの波形整形回路そのものに関しては取り扱われていない。クランプ回路は、現在は工業高校教科書では取り扱われていない。

その他、学生用として使用されてきた8-1) の第3章“JUNCTION-DIODE CHARACTERISTICS”には電圧-電流特性に関して半導体工学を背景に詳述している。また、その第4章“DIODE-CIRCUIT”には“CLIPPING (LIMITING) CIRCUITS”や“DOUBLE-DIODE CLIPPER”等、代表的な回路について詳述し

ているが、8-2) も含めその理解は初学者にとっては容易ではない。これらの理解のためにも低位ではあるが工業高校の教科書は考え方の基本を与えるものとして有用である。筆者等は、導入段階の学習においてはより低位の、例えば工業高校レベルから始め理解度の段階に応じて高位の学習に入ってゆく指導方法が、“分かる・分かりやすい授業”となりより理解が容易になると考えている。

一方、実験・実習においては、自前編纂の7) を使用し各種ダイオードの電圧－電流特性、整流回路や平滑回路等の波形観測の実験は行われているようであるが、波形整形回路については見受けられない。一般に、大学における実験指導書は、例えば9) に見られるように自前編纂のものを使用しているところが多い。

(4) 工学部機械工学科

本取り組みの段階では、座学においても実験・実習においてもダイオードに関する学習は未習事項である。したがって、工業高校で行われている程度の「ダイオード特性測定実験」及び「波形整形回路の製作と波形観測実験」の学習は本模擬授業が初めてとなる。

3. “深い学び” の捉え方

学力は学校、学科やクラス、そして生徒個々によりそれぞれ異なる。“深い学び” をどのように捉え、それぞれの教科・科目においてどのように規定したらよいか、またどのような成果を“深い学び” の目標とし、どのような学習内容と方法によってそれが達成できるかが大きな課題である。それは、教育は学科や生徒の実態（学力や学習状況等）に即して行う必要があるからである。学習指導要領には、それぞれの教科・科目の目標が掲げられており、教科書においてもそれぞれの章や節の目標がある。しかしながら、これらはあくまでも基準であり、教育現場ではこれらの目標達成に向けての努力が求められるが実際的には生徒の実態に依っているし、依るべきである。その意味では“深い学び” のための学習内容や方法は数多あり確定的で標準的なものではなく、それぞれの教育現場で教員が生徒の実態に即し考え・実践するものであり、本研究もその類のものである。そこで本研究を進めるに当たりこの“深い学び” を具体的にどのように規定したかについて述べる。

従来言う“深い学び” とは、学びの段階に応じて既習事項と現学習事項、さらには他の科目や教科とも関

わらせながら知識や技術に幅と深みをもたせるという意味での“深い学び” であった。これに対して本研究では、従来型の“学び” から得た知識や技術を基盤とし、その上に立ってさらに他者との対話と協働による“学び” を通して、個々の力では太刀打ちできない問題・課題を解決していくことができるような“学び” を次期学習指導要領のいう“深い学び” と捉えている（下線執筆）。

このような“深い学び” が求められる背景については既述したがまとめて再記する。すなわち、

- 1) これからの時代に生起する解決すべき多様・複雑・深淵な問題や課題は、従来のように個々人の力では対応できないものが多くなってきていること。また、
- 2) 多くの新しい知識や専門分野が創出される時代となっており、個々人の努力のみの学習ではそれらを習得することは困難になってきていること。したがって、
- 3) 従来いう個々人の“学び” を土台に、皆でそれぞれの知識や技術を出し合い対話しながら協働してさらなる“学び（深い）” を行い、それによって得られた知識や技術により問題や課題に対処してゆかざるを得ない時代となっていること。

等である。“深い学び” の背景をこのように捉えた上で「ダイオードに関する実習」における“深い学び” の具体について規定する。

3.1 「波形整形回路の製作と波形観測実験」の導入

本研究では、従来実施の「ダイオードの特性測定実験」に新たに「波形整形回路の製作と波形観測実験」を導入することによって、工業高校生がダイオードをスイッチング素子の観点から十分に活用できる力を育成できると仮定しての取り組みとした。すなわち、波形整形回路の動作原理の理解をダイオードに関する“深い学び” の一つとして位置付けている。しかも、実際に回路製作と波形観測という二つの学習体験により、より確実な理解が得られるようにも企図した。

工業高校電気系学科では、「ダイオードに関する実習」としてLEDを含む「各種ダイオードの特性測定実験」と、その応用・利用として整流回路に関する実験が一般的である。しかもそれぞれが独立したものとなっている。一般的には、工業高校の整流回路実験では、ダイオードの電圧 V_d をゼロとした理想ダイオードと見なしている。すなわち、ダイオードを単なるスイッチング素子として扱っている。本研究では次の点

を考慮し波形整形回路の導入を検討した。すなわち、

- 1) 波形整形回路では、基本的に整流回路（入力電圧100V）に比し扱う電圧や電流が小さく回路構成も簡単で、電気系以外の生徒・学生による製作や実験においても安全で容易であること。もちろん、本研究のように低い入力電圧での整流回路の導入も考えられるが以下の理由で波形整形回路とした。すなわち、
- 2) 回路の入力電圧とダイオードの直流バイアス電圧との大小関係でスイッチング動作を考えると、整流回路よりスイッチング素子の観点からの“深い学び”の一つとして最適であること。

等である。なお本取り組みでは、「ダイオードの特性測定実験」の後、受講生各自が「波形整形回路の製作と波形観測実験」を行う。さらに、その理解度確認のためのプレ・ポストテストを行う。

3.2 工業高校「実習」の形態と“深い学び”

工業高校の「実習」は、例えば機械系での旋盤・溶接・仕上げ実習等、個人の技能を身に付けるもの以外はその殆どが少人数編成で役割分担しながら、主体的・対話的（議論しながら）に協働して取り組む。科目創設以来今日までそのような学習形態が連綿と続いている。それは、先述の如く産業人・職業人として、生産の組織やその中での役割分担や人間関係等の基礎を与えるものである。また、広義には、労働を基礎として成立しているこの社会の諸問題・課題に対して、論理的に分析・思考・判断して解決する普遍的能力を育成することにも繋がっている。工業高校の「実習」は、そのための資質や能力育成のために実際の就業の場に近い形を体験させる必要性に依拠するものである。

全ての学科における「実習」の標準的な学習活動は、「基礎知識の学習」、「実習方法・諸注意」、「実習」、そして「結果の整理」となっている。その後、生徒は「考察」と「感想」を加え「報告書」を提出する。これは、大学工学部においても、内容が高位であること以外は基本的には同じである。「実習」は、以前よりアクティブ・ラーニングにより近い学習形態をとってきたことを述べた。しかしながら、例えば「報告書」の一項目である「考察」に見られるように、これ自体は“深い学び”に結びつくものとなっはいるものの、多くは家庭や放課後の学習等における生徒個人での考察にとどまっており、班員全員で議論し深め合う場は用意されてはいなかった。本研究では、「実習」

におけるいわゆるアクティブ・ラーニングの不十分な点はここにあると捉え、班員全体（受講生）での議論も行うことを試みている。

4. 模擬授業

本取り組みにおける“深い学び”は、ダイオードを単なるスイッチング素子として自在に活用できる力の育成を目標に、受講生を対象に工業高校で行われる「実習」の授業を模擬的に以下のように行った。すなわち、従来実施の「ダイオードの特性測定実験」にくわえ「波形整形回路の製作と波形観測実験」の導入を試みた。

4.1 ダイオードに関する実習

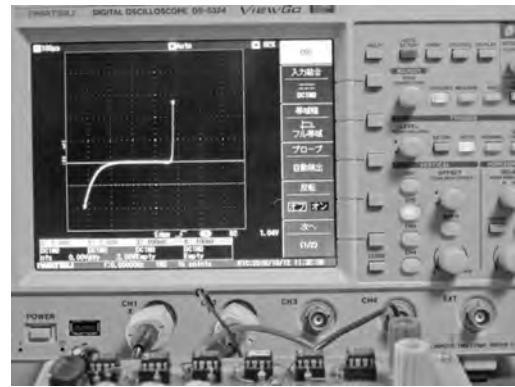
【実験 I】ダイオード特性測定実験

- 1) 直流電流計・電圧計の原理及び分流器、倍率器と計器の内部抵抗についての説明。
- 2) ダイオード（P型、N型半導体の概要とPN接合の動作）及び特性測定実験の方法等について基礎的・基本的な知識の説明。次に、
- 3) 半導体実習装置、直流電圧計、直流電流計、そしてダイヤル型可変抵抗器を用いダイオード（1S953）の電圧-電流特性を測定する。順方向特性は、半導体実習装置に具備されている電圧調整用ダイヤルにより、アノード・カソード間に接続されている電圧計の指示値を0.05V刻みで0.8Vまで変化させ、そのときの順電流をmA計で測定する。ただし、電圧計は電流計の内部抵抗による電圧降下分も含む配置となっている。逆方向特性は、2V刻みで-10Vまで変化させそのときの逆電流を測定する。なお、逆方向特性の測定には通常 μA 計を使用しその配置にも配慮する必要がある。しかしながら、本取り組みはあくまでもスイッチング素子として定性的な理解が得られることを目標としており両方向特性測定にはmA計のみを使用する。ツェナーダイオード（RD-3.0E）及び各種LED特性についても同様に行う。また、併せてダイオード特性観測用システム¹⁰⁾を利用する。
- 4) 取り組みの様子と実験結果

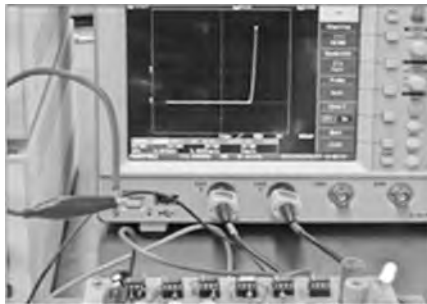
ダイオード特性測定実験の取り組みの様子を図1(a)に、ツェナーダイオード（RD-3.0E）の観測結果を(b)に、赤色・緑色・青色LEDの観測結果を(c)、(d)、(e)に、そしてダイ



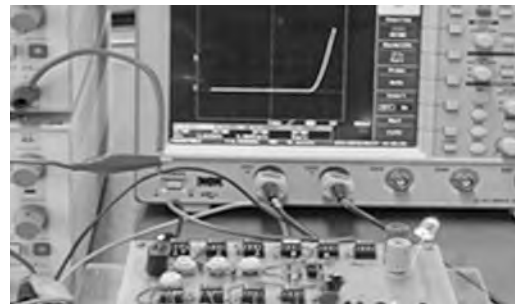
(a) 組み立ての様子



(b) ツェナーダイオード (RD-3.0E)



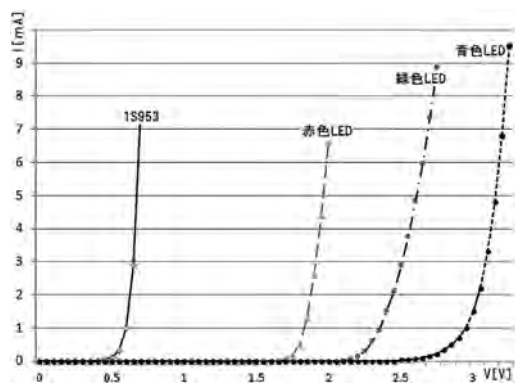
(c) 赤色 LED



(d) 緑色 LED



(e) 青色 LED



(f) 各種ダイオード特性測定結果

図1 実験の取り組みと結果

ード (1S953) 及びLED の特性測定結果をまとめて (f) に示す。スレッショルド電圧 V_{th} は赤色約1.7V、緑色約2.1V、そして青色約2.6Vとなっている。

【実験Ⅱ】波形整形回路の製作と波形観測実験

- 1) 回路の動作原理の学習：実験Ⅰよりダイオードをスイッチング素子（理想ダイオード）として捉え、波形整形回路授業資料中の回路①及び⑤の解説（板書）を行う。
- 2) ユニバーサル基板上に回路①及び⑤を作り、その入出力電圧波形をデジタル・オシロスコー

プで観測し1)と比較・検討する。入力信号源として発振器 V_{in} 、ダイオードバイアス電圧用として直流電源装置 E を使用する。次に、

- 3) 受講生は回路①及び⑤以外から、他者とは異なる1つを選択し製作・実験する。回路製作と波形観測の様子を図2 (a) と (b) に示す。観測結果は考察・検討や議論用としてUSBメモリに保存する。なお、製作に当たっては保護用ゴーグルを使用する。
- 4) 実験結果

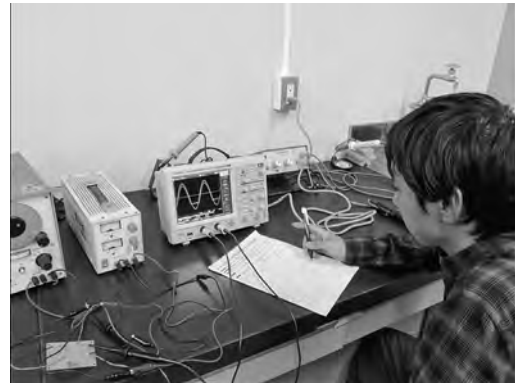
回路①及び⑤の観測結果をそれぞれ図3 (a)、(b) に示す。また、実験3)の例としてピー

ク・クリップ、ベース・クリップ、そしてリミタの観測結果をそれぞれ (c)、(d)、(e) に示す。なお、入力電圧 V_{in} は最大値が約6.3Vの正弦波交流電圧である。E や E_1 、 E_2 は直流電源装置の電圧であり大きさは約2V、ダイオード電圧を V_d 、出力電圧を V_{out} としている。図中の破線は、直流バイアス電圧 E、 E_1 、 E_2 、そ

して V_d のレベルを示すものとして実際の観測波形に描き加えたものである。なお、詳細は割愛するが V_d にはスレッショルド電圧 V_{th} や非線形性も含まれている。また、時間の制約上リミタやスライサは予め製作したものを用意し波形観測のみにとどめた。

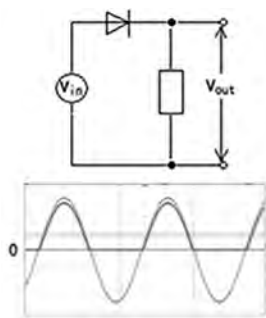


(a) 回路製作

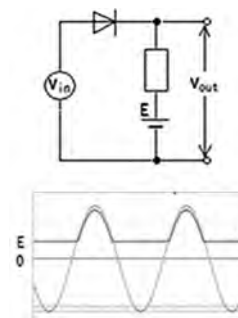


(b) 波形観測

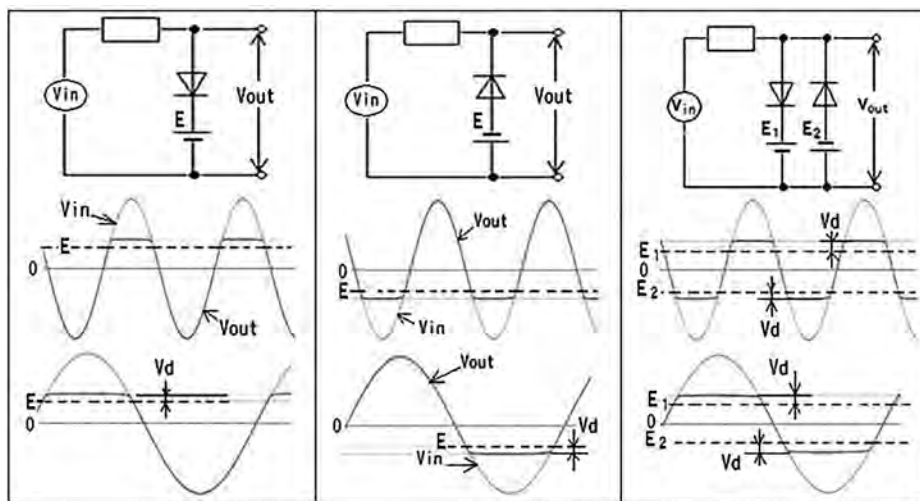
図2 取り組みの様子



(a) 回路①



(b) 回路⑤



(c) ピーク・クリップ

(d) ベース・クリップ

(e) リミタ

図3 観測結果の例

5. 理解度確認テスト

回路①及び⑤の動作の説明後、及び実験終了後の解説・検討の後、理解度確認テスト（プレ・ポストテスト）を行った。表1は受講生全員の平均点でありプレテスト40点、ポストテスト77点となっており明らかに理解度は上がっている。因みに機械工学科受講生の平均点は46点から66点に、電気工学科受講生は35点から85点に増加している。前者は初めての取り組みで戸惑いはあったものの、アンケートの調査結果や取り組みの様子から理解力がついてきていることが分かった。一方、後者はダイオードに関しては実験も含め既習事項ではあるが、実際の回路中における動作の十分な理解には経験を積む必要があり今後の課題である。しかしながら、アンケートや受講生の反応からは本取り組みがその端緒となったようである。「ダイオード特性測定実験」に加え、「波形整形回路の製作と波形観測実験」の導入及び説明や解説により十分な理解を得ることができる手応えを感じることができた。

6. アンケート調査結果

紙面の制約上概要にとどめる。電気工学科及び機械工学科の受講生ともども、将来の工業教員として「ダイオード特性測定実験」は有用であると捉えており、「何らかの形で教育現場において実践したい」としている。理論は実験によって理解が深まり着実に身に付けることができると捉えており、本取り組みにより実験・実習の大切さや必要性をより認識するようになっている。とりわけ工業教育においては、「実習」により多くの時間を割いている根拠を明確に理解するようになっている。

また、ダイオードに関する“深い学び”として、ス

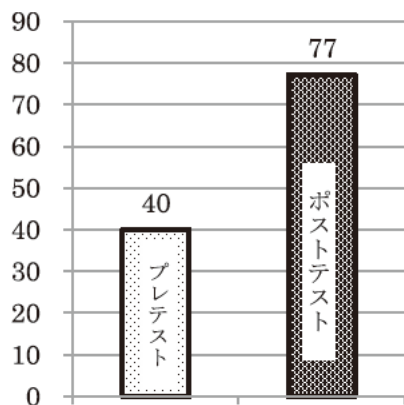


表1 理解度確認

イッチング素子の観点からの「波形整形回路の製作と波形観測実験」の導入に関しては、機械工学科受講生は本取り組みにおけるスイッチングの概念をメカニカルスイッチのアナロジーとして捉えることには違和感を持っており、最後まで馴染めていないようであった。したがって、その観点からの“利用については具体的には思い浮かばない”ということであったが、考え方は“よく理解できた”としている。一方、電気工学科受講生は、本取り組みによって応用・利用や内容の理解に関しても全員“よく理解できた”と回答している。受講生は、全体の議論の中で互いの専門領域におけるものの見方・考え方の相違を垣間見ることができ、工業高校に入学してくる多様な生徒の技術教育の学習内容と方法を検討する際の参考になったとしている。

7. “深い学び”の考察と検討

以上、理解度確認テストに見られるようにダイオードをスイッチング素子として応用・利用できる力を身に付けるという所期の目標は達成されたと考える。その上で、受講生はそれぞれの分野での“深い学び”についてグループで考察・議論を行い全体で発表した。その結果の概略を示す。

7.1 機械系学科受講生の“深い学び”の捉え方

①ダイオード特性測定実験について：

スイッチング素子や、実際に工業高校機械科実習で行われる整流回路用素子として利用する根拠を示すためにも、また、工業技術教育では、生徒自ら体験させることが重要であるという観点からも、機械系学科においても「ダイオード特性測定実験」は必要であると捉えている。

②スイッチング素子として：

トランジスタのベースやゲートへの入力によるスイッチングの考え方は、機械系学科におけるメカニカルスイッチの概念に合致している。しかしながら、上述の如くダイオードにおける考え方は、機械系学科受講生の有する概念とは若干異なると捉えている。したがって、波形整形回路実験も一つの独立したものとして導入することが“深い学び”につながると捉えている。その上で、実際の整流回路やメカトロニクス回路等に使用されているダイオードの動作（整流作用として）を理解する方がよいと捉えている。

以上、機械工学科受講生は、将来の工業高校教員としてダイオードの特性測定実験の導入の必要性を認めながらも、スイッチングの考え方は用いず単なる整流の考え方による“深い学び”としての導入がよいと捉えている。

7.2 電気工学科受講生の“深い学び”の捉え方。

一方、電気工学科受講生は、

- ①特性測定回路中の電圧計と電流計の配置及びDMMの使用について：
- ②特性観測用システムの有用性や温度依存性・周波数依存性の観測用としての活用について：
- ③波形整形回路におけるダイオード電圧 V_d 及びその非線形性の出力電圧波形への影響について：
- ④同一規格のダイオード特性のバラツキについて：
- ⑤逆方向特性測定について：

等々である。①については、一般に順方向特性測定では電圧計はダイオードの両端に配置されるが、本実習装置はダイオードと電流計を含めた配置となっている。すなわち、電圧計はダイオード電圧 V_d と電流計の内部抵抗による電圧降下も含めて測定することになる。受講生は、電圧計と電流計の配置に際して計器の内部抵抗の影響を考慮することや、入力インピーダンスの大きいDMM (Digital Multi Meter) の使用等、測定方法そのものに対する検討の必要性も唱えている。また、②については、特性観測用システムが特性そのものの観測に加え、その温度依存性や周波数依存性(履歴現象)の観察等、座学における教師の演示用とすることにより生徒の定性的理解に有用であることを見出している。また、教材・教具としての活用のための装置の設計・製作の知識(教員としてのものづくり力)の必要性も感じている。③については、出力電圧波形におけるダイオード電圧 V_d には、スレッシュホールド電圧 V_{th} 及び非線形性の影響の把握と定性的理解の必要性を唱えている。④については、特性のバラツキ状況の確認のための実験の必要性を唱えている。等々を電気系工業教員特有の“深い学び”として認識し、自ら身に付けておくべきものとして捉えている。

以上、それぞれの専門領域における“深い学び”の目標や学習内容は異なるものの、これらの事柄を学び身に付けた上で、生徒の実態に即した“深い学び”の学習内容と方法を提供できるだけの知識と技術は身に付けておく必要があるとしている。

8. おわりに

本研究は、工業高校教育の「実習」における“深い学び”について、工業高校教員を目指す教職課程「工業科指導法」の受講生とともに考察したものである。

ダイオードは、整流作用を有しあらゆる電子回路中に応用・利用されている基本的な半導体素子である。また、トランジスタやサイリスタ等の基本構造でもあり、そのデバイス動作を理解する上でも基本となっている。このダイオードを、スイッチング素子の観点から十分に活用できる力を培うことがダイオードに関する“深い学び”の一つであると仮定し、そのための一案として従来実施の実験に加え、波形整形回路に関する実験を導入することを提案した。電気工学科受講生の議論ではその有用性は示されたと考える。一方、機械工学科受講生の議論では、先述の如くスイッチングの概念が電気工学科受講生のそれとは若干異なることも分かり、各々の専門領域における概念形成に即した導入の必要性も明らかになった。また、一連の取り組みの過程において学科の特質に応じたさらなる“深い学び”のための学習内容と方法も案出され、一部も実験に取り入れた。

工業教育の現場では、産業界の技術動向を視野に入れながらも、生徒の実態に即した技術教育を目指し、学習内容や方法を絶えず検討し見直し改善してゆく必要がある。本取り組み自体が“深い学び”の学習活動を体現したものとなり、受講生がこの一連の言語活動(対話・協働・議論・発表等)を通して、これまで、また新たに学びとった知識を有機的に結び付け、それぞれの専門領域の特質に応じたものの考え方・見方が培われ問題解決への思考力を高めることができるものとする。本研究での取り組みが、近い将来受講生が教員として就く工業教育現場での授業研究や教材研究に資するものと捉えている。

工業高校の卒業者の多くは製造業(ものづくり)の生産現場の職に就いている。世界に冠たる我が国のものづくりの原動力は工業教育を受けた方々であると言っても過言ではない。彼等は工業高校で学んだ基礎的・基本的な知識や技術を学び直し、分かり直し、さらなる必要な知識や技術を学びながら目前の問題・課題を解決し、よりよいものづくりに貢献しているのである。

受講生が、本取り組みや講義を通して、技術の進展や時代の状況を踏まえた、しかも生徒の実態に即した“深い学び”の工業教育は如何にあるべきかを常に考

えながら、日々授業研究（学習内容や指導方法）や教材研究、及びその実践に勤む工業教員となることを切望してやまない。

謝 辞

本取り組みは、本学（山陽小野田市立山口東京理科大学）教職課程の実験費の助成を受けた。また、電気工学科主任の阿武教授には実験室使用の許可を頂いた。さらに、本授業実践に至る過程においては、物品購入・実験室使用に当たっての諸事に関して事務部の福永、森脇両氏のご助力を賜った。なお、実験装置及び各種測定器具等は山口県立小野田工業高校電子情報科の協力を得た。関係各位に深謝する次第である。

参考資料

- 1) 文部科学省：「高等学校学習指導要領 平成30年3月公示」、<http://WWW.mext.go.jp>
- 2) 文部科学省：「高等学校学習指導要領 平成21年3月告示」
- 3) 文部科学省：「高等学校学習指導要領解説」（工業編）、実教出版株式会社（平成元年12月25日）、p.1
- 4) 座学教科書に関しては：例えば、4-1) 実教出版株式会社：電子回路、pp.18-27、pp.126-129、平成27年1月、4-2) 株式会社オーム社：電子技術、pp.11-16、平成28年1月
実習教科書に関しては：例えば、4-3) 実教出版株式会社：新版 電気・電子実習1、平成25年1月、4-4) 綜文館：電気実習書シリーズ 電気実習 電子編、pp.81-84、昭和53年2月、4-5) 株式会社オーム社：標準 電気実習Ⅲ（上）、pp.4-8、昭和54年1月
- 5) 実教出版株式会社、新版 機械実習3、pp.222-225
- 6) 大類重範：アナログ電子回路、株式会社日本理工出版会、pp.1-19、2017年5月
- 7) 山口東京理科大学：2017電気工学実験Ⅰ、pp.65-71
- 8) その他

教科書に関しては：例えば、8-1) MILLMAN-HALKIAS、*INTEGRATED ELECTRONICS*、McGRAW-HILL KOGAKUSHA. LTD. ダイオードに関してはpp.19-93、波形整形回路に関してはpp.93-100に詳しい。8-2) DONALD L. SCHILLING CHARLES BELOVE、*ELECTRONIC CIRCUITS*、McGRAW-HILL BOOK Company、pp.1-78に詳しい。

- 9) 実験指導書に関しては：例えば、9-1) 九州工業大学電気工学教室：電気基礎実験、9-2) 福岡工業大学：電気基礎学実験、pp.102-106、9-3) 近畿大学九州工学部電気工学基礎実験室：電気工学基礎実験、pp.60-62、2003年度
- 10) 白濱 博：ダイオード特性観測・測定用簡易装置の開発、山口県高等学校工業教育研究会工業部会、「創苑」（第38号）、1995、pp.43-51

授業資料

- 実験題目** 実習題目 波形整形回路の製作と波形観測実験
- 実習目的** 波形整形回路の製作とその入出力電圧波形観測を通して、ダイオード特性とスイッチング動作としての回路の動作原理の理解を確実にする。
- 実習 1** 次の回路は波形整形回路（入力波形を加工・整形し種々の波形を取り出す）である。図のように正弦波交流電圧 V_{in} を加えたとき、出力電圧 V_{out} の波形はどうか図中に描きなさい。（①、⑤は』説明）
- 実習 2** 各自、指定された回路（①と⑤）を製作した後、入出力電圧の波形を観測し実習 1 の解答と比較・検討しなさい。
- 実習 3** 各自任意で他者の回路（⑬、⑭以外）と異なるものを以下から一つ選び、製作した後、入出力電圧の波形を観測し比較・検討しなさい。ただし、⑬は講師による波形観測のみ。

