高専機械工学科における実習授業の役割とその教育効果※

Role of the Subject "Practice on Machining and Manufacturing" at the Department of Mechanical Engineering in College of Technology

杉谷 洋一^{※1} 谷本 明逸^{※1} 足立 俊幸^{※1} 小口 英樹^{※1}
 Youichi SUGITANI Akitoshi TANIMOTO Toshiyuki ADACHI Hideki KOGUCHI
 岸 悠^{※1} 河添 久美^{※2} 山内 義一^{※2} 山口 顕司^{※2}
 Yu KISHI Hisami KAWAZOE Yoshikazu YAMAUCHI Kenji YAMAGUCHI

高専機械工学科の専門教育課程における実習授業は、実践的技術者の養成や低学年時における専門教育科目に対する導入課程として大きな意義を持つ。また、最近では製造業をとりまく社会情勢の変化から「ものづくり」教育に対する関心も高まっており、実習教育の果たす役割は重要である。これからの高専における「ものづくり」教育や、実習教育のあり方を考えるために、実習授業の受講学生を対象として実習教育の内容に関するアンケート調査を行った。その結果、学生の専門教育に対する意識向上における実習教育の有効性が明らかになった。特に、1～3年まで継続的に実習教育を行うことが教育効果を高めていることがわかった。

キーワード：機械工学教育、高等専門学校、実習、実践教育、事例分析、アンケート、教育効果、学習動機

The subject of practice on machining and manufacturing has very important role both in educating practical engineers and in introducing lower grade students to specialized curriculum. Also there is an increasing concern on hands-on education due to the change in the situation around Japanese manufacturing industry. So much more expect is being cast on this subject. Then we made an investigation by questionnaire to the students on the education of this subject to establish the standpoint for the future of hands-on education and this subject. The analysis of questionnaire shows that this subject is effective in student's motivation to the specialized education and its effectiveness comes from the continuous learning of the subject from the first to the third grades.

Keywords : Education of Mechanical Engineering, College of Technology, Practical Education, Motivation of Learning, Analysis of Questionnaire

1. はじめに

日本の製造業をとりまく状況は大きく変化しつつある。特に最近では労働力単価の比較的安い外国へ製造拠点を移す動きが各企業で活発になっており、産業空洞化に一層の拍車がかかっている。その一方で、今まで培われてきた製造業の技術ノウハウが若い世代に伝承されず失われていくことへの危惧も論じられるようになってきた[1]。また、急速なIT化、グローバル化のなかで、企業が求める技術者像も変化しつつある

[2][3]。このような社会情勢のなかで、「ものづくり」教育の重要性が見直されている[4]。近年、多くの大学、高専で創造的な人材を生み出すための新しい「ものづくり」教育が提唱され、実施されている[5]。

ところで、機械工学科における「ものづくり」では、機械工作法に関する知識が不可欠である。特に高専教育では実践的な技術者の養成が教育目標であり、大学と比較して専門カリキュラムに占める実習授業の割合が大きいのが特徴であろう。高専教育は技能者の養成を目的とするものではないが、機械加工の技法や技能の重要性を体験的に認識した技術者を養成する上で、実習授業の果たす役割は重要である。また、低学年で

※平成14年11月11日受付

※1 米子工業高等専門学校実習工場

※2 米子工業高等専門学校機械工学科

実施される実習授業は、学生の専門科目に対する興味を高める導入教育としての意義も大きい。

その一方で、実習設備の老朽化や技官定員の削減といった問題や、最近の技術を取り入れた新しい実習テーマの開発などの課題も多い。

米子高専では、これからの「ものづくり」教育や、実習教育のあり方を考えるために、実習授業の受講学生全員に実習教育の内容に関するアンケート調査を行った。アンケート結果から、学生の実習授業に対する意見や、実習教育が学生の意識に及ぼす影響などを見

ることができた。

本報告では、米子高専機械工学科における実習教育の現状と、アンケート調査の結果わかった学生の意識、および実習教育の今後の課題などを述べる。

2. 米子高専機械工学科における実習教育の現状

現在米子高専機械工学科では、機械工作実習を中心とした実習授業を1～3学年で実施している。表1は、現在行っている機械工作実習のテーマと時間数を示す。学年が進行するごとに実習時間数が減少している

表1 米子高専機械工学科における1学年から3学年までの機械工作実習テーマと時間数

	1 学 年	2 学 年	3 学 年
	・概要説明, 安全講習 3h		
溶接作業	・ガス切断の基本 3h (アセチレンガスによる鋼板の切断) ・ガス溶接の基本 3h (アセチレンガスによる突き合わせ溶接) ・アーク溶接の基本 3h (下向き溶接, ビード盛り) ・プラズマ切断 3h ・T型角肉溶接 3h ・箱の溶接と漏れ試験 6h	・板材溶接 3h ・溶接継ぎ手の引張強度試験 6h ・炭素鋼の焼き入れと硬度試験 6h	・TIG溶接実習 3h
鑄鍛造	・鑄造の基本 3h (砂型作成とアルミ鑄造) ・自由鍛造の基本 6h		
手仕上げ加工	・手仕上げの基本 6h (ケガキ作業, ヤスリの使用法) ・タップ・ダイスによるネジ製作 3h ・ガソリンエンジンの分解・組立 6h	・定盤のすり合わせ仕上げ 3h ・電気回路実習 9h (基礎的な電気回路の配線) ・測定の基礎実習 3h (シリンダゲージ, ブロックゲージ等の使用法)	
旋盤作業	・旋盤の取り扱いと試し切削 6h (各部の名称, 操作法, 外丸削り) ・切削工具の基本 3h (工具材種, バイトの形状, バイト研ぎ作業) ・段部と溝切削 3h ・文鎖の製作 3h	・旋盤によるねじ加工 9h (製作図・加工法の検討, おねじ・めねじ加工) ・テーパ切削 3h ・ねじの規格と測定, 四つ爪チャックの心だし方法 3h	・NC旋盤実習 12h (NC旋盤の基礎, プログラム作成, 切削加工実習) ・平歯車ブランクの旋削加工 3h
フライス盤等	・形削盤の基礎 3h (形削盤の構造, 平面切削) ・フライス盤の基礎 9h (操作法の学習, 平面切削) ・立削盤の基礎 3h (キー溝入れ)	・横フライス盤加工, 仕上げ面粗さ試験 3h ・ボール盤加工 3h ・NCフライス盤実習 9h (NCプログラミングの基礎, プログラム作成, 切削加工実習)	・マシニングセンタの使用法 12h (NCプログラム作成, 切削加工実習) ・フライス盤による凹凸はめあい加工 6h ・平面研削盤加工 3h ・ホブ盤による歯切り加工 3h ・円筒研削盤加工 3h
総合的実習		・トースカンの製作 15h (製作図・加工法の検討, 製作, 検査)	・軸受ブラケットの製作 15h (軸受ブラケット素材の鑄造, けがき作業, 加工組立, 検査)
見学	地元企業見学 (鍛造工場) 3h	地元企業見学 (鑄造工場) 3h	地元企業見学 (農機具工場) 3h
時間数	81時間	78時間	63時間

が、これは2・3学年では材料引張試験や金属組織観察などの初歩的な実験テーマを並行して実施しているためである。実習授業の内容は、1学年では基礎的な工作機械の使用法などが中心となる。2学年ではより実地的な機械部品製作を行い、3学年ではNC工作機械実習などを取り入れている。また、実習授業では体験できない大がかりな鋳造や型鍛造作業は地元企業の工場を見学することで対応している。

図1は、1～5学年まで通した専門教育課程における実習授業の位置付けを示す。本科における教育目標は応用力、自律性、創造性を備えた実践的技術者の育成であり、学生が自ら考えて自発的に「ものづくり」ができるようになることを目指している。このため、4～5学年の高学年では、実習と座学から得た知識を実践に応用するための機会をできるだけ多く設けている。4学年では、新しい「ものづくり」教育として注目されている創成型教育科目として「総合実習」を行っている[6]。これは、簡易自動搬送機械の製作がテーマであり、企画・設計・製図・製作・組立・動作確認といった過程を学生自らが考えて一貫的に行うものである。5学年の「卒業研究」では、より実際的な研究を通して多くの学生が実験装置等の設計・製作を自らの手でやっている。また、課外活動として行っているロボットコンテストやスターリングテクノロジー[7]等への参加も、学年・学科をこえて協調しながら自発的に「ものづくり」を体験する場となっている。

実習工場では、授業や課外活動で機械加工が必要なときは、学生が自由に工作機械などの設備を使用できるような体制を整えている。特に高学年の学生は放課後や長期休業期間中などに自主的に加工作業を行うこ

とが多く、常時数名の学生が作業を行っているのが現状である。ところで、高学年で学生が自由に「ものづくり」を行うようになるためには、低学年における基礎教育が不可欠である。そこで、表1にも示したように、1～3学年の低学年では機械工作に関する基礎的知識の体験的習得を目的として実習授業を実施している。

1学年では、工作機械や工具、作業等の名称や基本的使用法の習得に重点をおいたテーマ設定としている。また、高専の場合は中学校を卒業したばかりの学生に対して工作機械等を使用した実習教育を行うため、基本的安全意識の徹底も重要である。更に、学生のしつけ教育、協調性の涵養といった側面も無視できない。近年少子化や教育環境の変化などが問題視されるようになってきたが、本校においても入学生の目的意識や協調性、社会性、自主性の欠如などが指摘されている。勉学意欲の低い学生に対しては、個性を尊重したきめ細かい指導を行うことが効果的だと考えられるが、1クラス全体を対象とした座学では限界がある。本校の実習授業は1クラスを7～8名のグループに分け、グループごとに1名以上の技官・教官が指導にあたっている。また、工作機械などは可能な限り学生1名に対して1台を割り当てられるようにして学生全員が参加できるように配慮している。このように、実習授業では通常の講義と異なり、学生個人個人が課題に対して能動的に取り組む要素が強い。また、作業体験を通じて学生同士や学生と指導スタッフの間に連帯感が生じるように思われる。また、実習作業だけでなく、作業前の安全点検、服装確認や作業中の整理整頓の徹底、作業後の清掃なども、学生に責任をもってあたる

図1 米子高専機械工学科における実習授業の位置付け

ように指導している。このような実習授業の特徴が特に低学年学生の意識向上に有効であると考える。

なお、1 学年ではアルミ合金の鋳造作業をテーマとして設けている。鋳造作業は安全面や設備面の問題もあり、大学等では実習テーマとして採り上げられなくなりつつある。本校でも、平成11年度までは鋳鉄の鋳造作業を行っていたが、担当技官の停年に伴って鋳造実習の廃止を検討したことがあった。しかし、実習授業で鋳造作業を経験した学生から、「鋳造作業が興味深かった」という意見が多く寄せられた。学生にとって、溶解・鋳込みを経て所定の形状の製品ができあがる過程が印象的だったようである。実際の機械製作においても鋳造作業は重要な工程であり、学生に与える教育効果も大きいことから、実習テーマとして鋳造作業は必要であると考えた。そこで、融点が低く比較的作業のしやすいアルミ鋳造作業を1 学年で行うことにした。

2 学年では旋盤によるねじ加工など、より現実的な機械部品製作や、与えられた仕様に基づいていくつかの部品の製図・加工を行う実習などを行っている。また、各種ゲージ類の使用法や仕上げ面粗さの試験など、寸法精度等への配慮についても体験的に学習するテーマを設けている。なお、2 学年では基礎的な電気回路の配線実習も行っている。近年、簡単な電気回路の配線図を見ても自分で配線ができない学生が多くなってきた。このため、モータや測定回路の配線などを体験する機会を設ける必要があると考えた。また、溶接作業では学生が溶接した突き合わせ継ぎ手で引張試験を行い、溶接の状況と継ぎ手部の破断状況の関係を考察させるといった実習も行っている。学生の作業の良否が引張試験の結果に反映されることもあり、学生には好評である。

3 学年では、主にNC工作機械による実習や、より複雑な機械部品の製作・組立工程の実習を行っている。なお、実際の機械加工現場ではNC工作機械が用いられることがほとんどである。このため、実習テーマとしてもNC工作機械を無視することはできない。表1に示したように、本校では2 学年でNCフライス盤の実習を行い、3 学年ではNC旋盤およびマシニングセンタの実習を行っている。なお、NCプログラムの作成システムについては、本校スタッフが独自に開発したCAIシステムを使用している〔8〕。

ところで、高専における実習教育の目的は技能の習得ではない。実習体験を通じて機械製法に対する認識を深めたり、はめあいや面粗度といった加工精度などについて体感的に理解することが重要である。このため、実習授業では「うまくできたか」よりも、加工の過程や方法を考察することに力点を置いている。授

業の後には毎週レポートの提出を義務付けており、単に実習で行った内容だけでなく、関連事項の調査などを行わせている。

また、低学年では学生全員が能動的に実習授業に参加することで、「ものづくり」の楽しさや難しさといったことを体験することも重要であると考える。

3. 学生アンケートに見る実習授業の教育効果

実習教育の内容改善を目的として、学生アンケートを実施した。アンケートの対象学生は機械工学科1～3 学年であり、回収率は100%であった。アンケート結果からは、実習授業が学生に及ぼす教育効果や、学生の実習教育に対する意識を伺うことができた。以下に、代表的な設問とその回答を示す。

【設問】

『レポート遅刻に対するペナルティをどう思うか』

実習授業では、毎時間ごとに実習内容に関するレポート提出を義務付けている。この際、特に提出期限に関しては企業における納期厳守ということを引き合いに出して、厳しく指導している。具体的には、わずかでもレポート提出が遅れたり、未提出のレポートがあるなどした学生に対しては、ペナルティとして工場内の清掃作業等を課している。この作業はさほど重労働ではないが、遅刻にペナルティを課されるという経験から、提出物の期限を厳守することを習慣づけることを狙っている。

本設問は、このレポート提出に関する方針が学生にどのように受け止められているかを知るために設けた。図2は、本設問に対する回答を学年別で示す。

レポート提出に対するペナルティについては、高学年になるほど「ゆるい」という感想が多くなってきている。これは、上述の提出物の期限厳守に関する指導効果が学年進行に伴ってあらわれてきているものと見ることができる。なお、4・5 年生で行われている実験等でも、レポート提出期限の厳守を指導しているが、レポートの遅刻および未提出率は極めて少ない。これ

図2 レポート未提出等に対するペナルティに関する学年別回答

も、低学年時から実習授業で継続的に指導してきた結果であると考えられる。

【設問】

『実習服・安全靴・帽子などは必要か』

『実習作業中の安全対策は適切に取られていると思うか』

いずれの設問も、実習中の安全対策に関する学生の意見を聞くためのものである。実習授業中の安全対策は極めて重要である。服装に関しては実習授業中には実習服、安全靴、帽子の着用を義務付け、作業服のボタンを外すなどしている学生にはその都度指導を行っている。また、工作機械を用いる作業では、適宜保護メガネの着用などを指導している。

図3および図4は、それぞれ安全対策に関する質問に対する回答を学年別に示す。

実習服・安全靴・帽子については、ほとんどの学生がその必要性を認識している。また、高学年になるほど「必要」と答えた学生の割合が大きくなる傾向にあり、安全指導の効果が学年進行にともなってあらわれてきていると見ることができる。

適切な安全対策が取られているかどうかについても、ほとんどの学生が「取られている」と回答している。なお、学年進行にともなって「取られていない」と答えた学生の割合が微増している。自由記述形式による回答理由を見ると、2・3年生で「取られていない」と答えた学生の意見として「作業中、先生が目を離すことがある」、「保護メガネの着用が徹底していな

いことがある」などがあつた。これらの指摘は学生の安全意識が向上した結果であるともみなすこともできる。学生の指摘を謙虚に取り入れ、今後の安全対策に生かしていく必要がある。

【設問】

『1年間の実習を振り返って、一番印象に残ったテーマは何か』

自由記述形式で、最も印象に残った実習テーマを挙げてもらった。

学年別に傾向を見ると、1学年では特定のテーマに偏りは見られなかった。1学年の主な回答例としては、「フライス盤の切り屑がすごく熱かった」、「旋盤実習の文鎮の製作で加工を失敗した」、「エンジンの組立をした後の試運転でエンジンが動いた」、「鍛造の実習が暑かった」などがあつた。初めて経験した実習授業で、失敗したり、遅くまで残って最後までやりとげたりといった経験が学生の印象に残っているようである。

2学年では、トースカンの設計・製作を挙げた学生が多く見受けられた。このテーマでは、学生に対してトースカンの仕様と使用できる材料などを示して、自由に設計と製作を行わせている。学生が自分たちで考えた部品を製作し、それが最終的に完成した品物となるという過程に興味を感じたものと思われる。

3学年では、NC工作機械関係の実習テーマを挙げる学生が多かった。「NC旋盤で、プログラム通りに機械が動くことがとてもよかった」などの回答があつた。

【設問】

『自分がやってみたいと思う実習テーマはどんなものか』

学生が実習テーマに望むものを自由記述形式で挙げてもらった。

1～3学年を通して目立ったのは、「何かをつくりたい」、「自分が製図したものを自分でつくりたい」、といった意見だった。この意見は特に1学年で多く見受けられた。2章で述べたように、1学年では実習テーマのほとんどが基本的な工作機械の使用法を習得するためのもので、単純な形状の物体を削り出すような作業が多くなる。このため、もっと複雑な機械部品の製作や組立などを行いたいという学生の要望や興味がアンケート結果にあらわれたものと思われる。

2・3学年では設計や製作からはじまって、最終的な製品を作るまでの過程を一貫して行う実習テーマを行っているが、このようなテーマは学生の関心も高く学生の興味を引くのに有効であると思われる。また、4学年で実施している「総合実習」においても、やはり自分で考えた機械を作ることに興味を覚える学生が多かった〔6〕。今後は、このような学生の「ものづ

図3 実習服・安全靴・帽子の必要性に関する学年別回答

図4 安全対策の状況に関する学年別回答

くり」に対する興味をできるだけ生かすことができるよう実習テーマの充実を図る必要がある。

本アンケート結果から、1 学年でも何か一貫した「ものづくり」をしてみたいという学生が多くいることが明らかとなった。このことは、1 学年において「ものづくり」を行う実習テーマなどを導入すれば、学生の専門教育に対する動機付けとして有効であることを示唆する。本校では、このアンケート結果を受けて平成14年度から新しい創成型科目を開設している。

この他の回答としては、「自動車の修理やエンジン分解等の実習をしたい」といった意見も少なからず見受けられた。また、別の設問で「工場見学で行ってみたいところはどこか」と問うたところ、非常に多くの学生が「大手自動車メーカーの組立工場」と答えていた。学生の中には自動車やエンジンなどに興味を持っている者が多くいるようであるが、現状の本校のカリキュラムでは特に自動車工学などの科目は設けられていない。また、実習授業でも、汎用小型ガソリンエンジンの分解・組立作業を1 学年で行っているのみである。本校の教育目標が機械工学一般の基礎教育および設計・生産技術者の養成であることからこの現状はやむを得ないと思われる。しかし、せっかく学生が興味を持っている題材であるから、これを生かして専門教育への橋渡しとするようなことを考慮すべきかもしれない。

4. 今後の課題

本校における機械工作実習教育は適宜内容を検討し充実を図っている。しかし、今後解決すべき課題も多い。早急に取り組まなければならない問題として設備の老朽化があげられる。特に本校では機械系のCAD、CAM教育設備がないため、近年企業等で主流となっている設計・製作過程を実習によって体験することがほとんどできないのが現状である。また、汎用工作機械も導入後30年以上経過したものがあり、度々修理を重ねている。工作機械などは導入コストが大きいため頻繁に更新することは難しいが、可能な限り設備の更新と充実を行っていく必要がある。特に、本校のように地方に位置する学校では近隣に大規模な生産工場が無い場合、特殊な工作機械などを工場見学によって実見する機会がない。このため、教育現場にはよりいっそうの設備充実が必要である。

また、実習授業に携わる技官および教員スタッフの継続的なスキルアップも今後の課題である。鋳造作業のように実習授業の実施にあたって指導側に熟練した技能が要求される実習テーマもある。このようなテーマでは、担当技官が停年などでいなくなった時点で実習内容を変更または廃止せざるを得ないといった事態

も発生する。実習内容の検討はもちろんであるが、スタッフが変わっても実習授業が維持できるような体制作りも今後検討していく必要がある。

実習授業は学生が能動的に取り組むことが大きな特徴である。2 章でも述べたように、例えば材料の引張試験にしても学生が自分で溶接した継ぎ手に対して試験を行うことで、学生の理解を深めることも可能である。実習教育の利点を活かして、専門教育科目の総合的理解につながるような実習テーマを開発すれば、よりいっそうの教育効果をあげることが期待できる。

5. おわりに

米子高専機械工学科の1～3 学年で行われている機械工作実習授業の現状と、学生を対象にしたアンケート調査結果から得られた学生の実習授業等に対する意識などについて述べた。

実習授業は「ものづくり」教育の基礎的知識を体験的に学習する機会であり、特に低学年では専門科目に対する導入教育、学生の動機付けといった点から重要である。また、低学年で十分な時間をかけて実習教育を行うことが、高学年における「ものづくり」の実践につながると考える。

学生アンケートの結果からは、安全教育などの面で学年進行に伴う学生の意識の変化が明確にあらわれており、実習授業の継続性が効果を上げていることがわかった。また、学生は一貫した「ものづくり」に興味を持っており、「ものづくり」教育を積極的に導入すれば専門教育への動機付けとして有効であるという示唆を得た。

高専機械工学科における専門教育のなかで、特に実践的技術者を養成する上で実習授業の果たす役割は大きい。今後も設備、内容の両面から実習授業の充実を図る必要がある。

参 考 文 献

- [1] 例えば、中村肇：製造現場の技能伝承，精密工学会誌，68，10，1273－1276，(2002.10)。
- [2] 例えば、斉藤一雄：これからの技術者に求められる素養と大学工学部教育への要望・期待，日本機械学会2002年度年次大会講演資料集(Ⅷ)，263－264，(2002.9)。
- [3] 佐々木元：日本製造業の復活と教育革新への期待，工学教育，49，5，40－45，(2001.9)。
- [4] 吉川昌範：モノづくり教育について，精密工学会誌，68，1，11－16，(2002.1)。
- [5] 精密工学会編：モノづくり教育体系調査報告，精密工学会，68－94，(1999.11)。

- [6] 山内義一ほか6名：実践的機械設計・製図教育，実習教育の試み，日本設計工学会平成13年度秋季研究発表会講演論文集，21－22，(2001.9)。
- [7] 永井徹：機械工学科4年生ホームルームの高専祭科展への取り組みと“ものづくり”教育

効果，高専教育，24，241－246，(2001.3)。

- [8] 山口顕司，六宮光郎，谷本明逸：NCプログラミング教育用CAIシステムの開発，平成6年度工学・工業教育研究講演会講演論文集，155－158，(1994.8)。

著 者 紹 介

杉谷 洋一

現 在：米子工業高等専門学校 実習工場
技術専門職員

所在地：〒683-8502 鳥取県米子市彦名町4448

E-mail：sugitani@yonago-k.ac.jp

岸 悠

現 在：米子工業高等専門学校 実習工場
技官

谷本 明逸

現 在：米子工業高等専門学校 実習工場
技術専門職員

河添 久美

現 在：米子工業高等専門学校 機械工学
科主任 教授

E-mail：kawazoe@yonago-k.ac.jp

足立 俊幸

現 在：米子工業高等専門学校 実習工場
技官

山内 義一

現 在：米子工業高等専門学校 機械工学
科 助手

小口 英樹

現 在：米子工業高等専門学校 実習工場
技官

山口 顕司

現 在：米子工業高等専門学校 機械工学
科 助手