機械工作実習における安全教育の効果

The Effects of Safety Education in Practicum for Machining and Manufacturing

岸 悠^{※1}
Yu KISHI

谷 本 明 逸^{※1}
Akitoshi TANIMOTO

小 口 英 樹^{※1}
Hideki KOGUCHI

森 智 広^{※1}
Tomohiro MORI

山 脇 貴 士^{※1}
Takashi YAMAWAKI

早 水 庸 隆^{※1}
Yasutaka HAYAMIZU

Machining and manufacturing practicum in college of technology assumes a role of practical education for a mechanical engineer and introduction of specialized course for lower grade students. Main goals of the practicum are training of technical skills and basic education to have special knowledge. In addition, education of engineering ethics and education of safety awareness have recently become more important. In this paper, we introduce our activities for safety education and our safety facilities in newly reformed 'Monozukuri Center' (a manufacturing education support center) at Yonago national college of technology. Also, we have examined educational effects of the practicum in our college. The questionnaire surveys to students and graduates show that our safety education is effective in order to produce their safety mind and activity.

Keywords : Engineering Education, Students, Machining and Manufacturing Practicum, Educational Effects, Motivation of Learning, Safety Education

キーワード：工学教育，学生，機械工作実習，教育効果，学習動機，安全教育

1. はじめに

企業において健全な生産活動を行うためには、従業員の安全意識の向上と安全教育の充実が必要である¹⁾。特に、日本の製造現場では5S活動²⁾、ゼロ災害活動³⁾など、事業所が一体となった安全活動が積極的に行われている。生産活動に従事する技術者に対してより高い安全意識やモラルが求められるようになっており、大学・高等専門学校等の技術者教育課程においても技術者倫理や安全教育の涵養が重要な課題となってきた⁴⁾。大学・高専等の実習教育においても安全教育教材の開発⁵⁾、安全教育効果の検証などが積極的に行われている⁶⁾。

著者らが所属する米子工業高等専門学校では、機械工学科の専門教育課程で1年生～3年生時に機械工作実習を行っている。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科目の導入課程として大きな意義を持つ⁷⁾。上述のように、近年の技術者育成には専門知識・技能だけでなく倫理観・道徳観や安全に対する教育・指導も必須となってきた。米子高専における機械工作実習授業においても、作業時の安全教育・指導に重点を置き実習授業を進めている。本論文では、

米子高専の機械工作実習授業で取り組んでいる安全教育・指導について、受講学生や卒業生に対して行ったアンケート調査の分析結果や取り組みの事例から、これまでの安全教育・指導の教育効果の検証、今後の指導における課題等について述べる。

2. 機械工学実験実習の概要と安全指導

2.1 実習授業の概要

米子高専機械工学科では、1年生から3年生時まで実験実習の中で機械工作実習授業を行っている。実習授業の教育目標は、学生が将来技術者として開発・設計等に携わる立場から、ものづくりに必要な基礎知識を実際の作業を通じて習得することである。機械工作実習は、主に米子高専ものづくりセンター（旧実習工場）施設内で行っている。1クラス約40名を5グループに分け、グループ毎に異なるテーマの実習をローテーションで行う。指導は主にものづくりセンターの技術職員が担当しており、1グループあたり1名の技術職員が指導にあたっている。なお、1グループあたりの学生数は8～10名程度である。1グループあたりの人数が多いと安全への配慮が散漫になることが懸念されたり、平面研削盤などの1台しかない機械の実習を複数名で行う場合の安全確保が困難となる。また10名を超えると、10台設置されている汎用旋盤の1人

平成22年9月16日受付

※1 米子工業高等専門学校

1 台の割り当てが出来なくなる。4～5 名が交代で 1 台の操作を行うフライス盤実習では、人数が増えすぎると交代までのスパンが長くなり、集中力の低下や操作機会の減少から操作ミスなどを起こす危険性が高くなる。このような理由から綿密な技術指導・安全指導を行うためには、現行のグループ当たりの人数が適切と考えている。

開校時より 1 年生から 3 年生を対象に行われてきた機械工作実習授業は、平成 11 年度より表 1 に示す様な実習テーマで若干の内容変更・調整はあったものの、今日まで実施してきた。1 年時には、機械要素、機械加工、鋳鍛造といった基礎的な内容を幅広く行っている。近年は指導者の世代交代などによって大学の機械工作実習からは鋳鍛造などのテーマは縮小されつつあると思われる。米子高専においても、約 10 年前までは鋳鉄の鋳込み作業を 1 年生の実習テーマとしてとりあげていた。しかし、技能資格を持った担当技術職員の退職と機材の老朽化などが重なり、鋳造を取りやめた時期がある。その後、学生のアンケート調査などから鋳造作業への関心が高かったことや、ものづくりの基礎知識として経験しておくべきであるといった指導者側の意見もあり、比較的簡単にできるアルミ合金の鋳

造作業を新たにテーマとして 1 年生で設けた。現在では、砂型の造型からアルミ合金の鋳込みまでを行っている。学年が経過するとともに NC プログラム加工、高度な加工方法を取り入れた応用的内容や鉄鋼材料に関する実験の内容を増やし、より専門的なテーマで実習を行っている。また、2・3 年では学生に簡単な形状設計や製図を行わせ、それを学生自身が加工して組み立てる内容のテーマを取り入れている。

4・5 年では 3 年時までと比べ工作機械を使った作業の頻度は減少するが、4 年時には実験実習科目の 1 テーマの中で総合実習として搬送機械を設計製作しており、その部品製作で学生が機械加工を行っている。また、5 年生の卒業研究や専攻科生の特別研究に使用する実験装置を製作するために一部の学生がものづくりセンターにおいて機械加工を行っている。高専ロボコンをはじめとする各種の課外活動においても、年間を通じて多くのものづくりセンターの利用がある。なお、授業時間外の利用については使用上のルールを定め、ものづくりセンター技術職員の指導のもと徹底した安全管理・運営を行っている。

2.2 安全教育の流れ

ものづくりを行う際、機械・工具等を正しく使用しなければ適切な加工等を行うことができない。使用方法を誤ると機械・工具等の故障の原因となったり、自らが負傷したり、周囲の人に被害が及ぶこともある。機械工作実習授業における安全教育・指導の目的は、このような災害を未然に防ぐことであり、更に将来の技術者として学生自身の安全に対する意識を向上させることにある。

米子高専における機械工作実験実習の安全教育の流れは次のようになっている。まず、1 年生の 1 回目の授業では実習ガイダンスを行っている。ガイダンスでは、機械工作実習授業を受けるための心構えを周知し、米子高専ものづくりセンターにある工作機械についての概要説明を行う。これは、機械工学科学生として入学してきたことを学生に実感させるとともに、これから機械工作実習授業で行う機械・工具等を使った作業が危険を伴うことを理解させ、新入生の気を引き締めるという狙いがある。

実習授業では、作業服・作業帽及び安全靴の着用を徹底し、忘れた学生に対しては実習授業終了後に清掃などの奉仕作業を科している。また、企業でも見られる 5 S 活動（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）を行っており、学生へも実習授業のなかでこれらを習慣づけるように指導することで、安全活動へのつながりを図っている。高専の 1 年生は中学校を卒業したばかりということもあり、特にしつけ教育には重点を置いている。5 S 活動を徹底することで、次に使う人のことを考えて機械や工具を取り扱うといった、自分以外の人への気遣い・心遣いを学生に涵養させることで、学

表 1 1～3 年時における機械工作実習テーマ

	1～3 年時の主な実習内容
1 年	アルミニウム合金の鋳造 鍛造作業 ガス切断 アーク溶接・プラズマ切断 エンジンの分解・組立て 汎用旋盤（外径・突切り・段部切削等） 汎用フライス盤（正面・エンドミル・位置決め加工） 手仕上げ（ヤスリがけ・ネジ立て）作業 測定の基本
2 年	トースカンの設計・製作加工 汎用旋盤（ネジ切り・テーパ等） アーク溶接・強度試験 TIG 溶接・ガス溶接 鉄鋼材料の熱処理と硬さ試験 ラジアルボール盤作業 立削盤によるキー溝加工 実験実習における安全 電気回路実験（自己保持回路等） きさげ作業 NC フライス盤（斜面・曲面切削等）
3 年	材料実験 （鉄鋼材料の引張、硬さ、衝撃試験、組織観察） NC 旋盤のプログラミング及び加工 マシニングセンターのプログラミング及び加工 軸受の製作加工 ホブ盤による歯切り加工 平面研削盤加工 凹凸のはめあい加工（フライス盤）

生個々が周囲への安全に対して配慮できるようになることを期待している。

1年生は、ほとんどの学生が機械・工具等の使用が未経験であり、これらを用いる際の技能が未熟で、それに比例して安全に対する意識も低いといえる。さらに1年生の実習内容は、鑄造鍛造・溶接から旋盤・フライス盤実習まで多岐にわたるため、1年の実習導入時には、様々な危険な要因に対する安全指導を行わなければならない。学年が経過するとともに機械・工具等の使用にも慣れ、危険への察知能力も身についてくるため、注意喚起の必要度数は減る傾向にある。しかし、今度は慣れから発生する油断・不注意・早合点から怪我・事故を引き起こす恐れがある。そのため実習を行う学生の資質・力量に応じた安全指導が必要となる。

2年時の実習授業では、特に1回3時間を割いて安全に関する実習テーマを設けている。その中では、安全第一や5S活動などよく耳にする安全に関する用語について具体的な意味を解説している。また、ハインリッヒの法則など新たな用語・知識についての学習も行っている。そして改めて機械工作実習に臨む際の心構え・注意を認識させ、各種機械・作業ごとの安全について具体的に指導している。

年度末には、1年生から3年生まで機械工作実習に対するアンケート調査を10年前から行っており、学生からの意見・反省点などを調査し、今後授業を行っていくための参考としている。あわせて、1・2年生に対しては安全意識啓発のため安全標語を提出させている。学生が提出した安全標語のうち、優良な作品についてはその当該学生が在学する間、図1に示すようにものづくりセンター内に掲示して学生の意識向上を図っている。

また、各実習授業の終了後には、毎回指導者間でミーティングを行っている。ミーティングでは、その日の学生の態度、実習の状況および安全面や作業上の問題点などを報告・連絡・相談し、実習授業の改善や問題

点の早期発見を図っている。

2.3 施設・設備面での安全対策

米子高専実習工場は平成17年度に全面改修を行い、ものづくりセンターに改称した。改修設計は、ものづくりセンター所属の技術職員が原案を策定し、安全面に配慮した機械配置・設備導入を行った。その結果、以前から問題となっていた狭隘な機械間隔を改善し、図2に示すように新たに安全通路を確保して安全性・作業性の向上を図った。あわせて図3に示すように安全標識の設置、機械の回転部分のカバー設置といった安全対策も行っている。また、溶接ヒューム集塵機を導入し設備面でも改善を図り作業環境も充実した。

平成21年度には、機械設備の更新・新規導入を行い、安全面に留意した機種選定や安全装置の設置等を行った。例えば、立フライス盤には一般に工具（主軸）が上下移動するベッド型とテーブル（材料）が上下移動するひざ型がある。米子高専では、平成21年度の更新時まで導入・使用していた立フライス盤はすべてベッド型であった。このため、学生が実習・課外活動において混乱・誤操作が生じないように配慮し同型の機種を選定した。また、最も設置台数が多く実習授業・課外活動でも稼働の多い汎用旋盤については、チャッ

図2 安全通路が整備された実習作業環境

図1 ものづくりセンター内に掲示されている学生の安全標語

図3 安全標識などが整備されたものづくりセンター内

クハンドルの抜き忘れを防止する安全装置を導入したり、主軸逆転スイッチを無効にするなど、機種更新にあわせて学生のうっかりミスによる事故を未然に防止する配慮も行った。

3. 機械工作実習授業における安全教育の効果

機械工作実習授業で行っている安全教育・指導が学生に対してどのような教育効果を及ぼしているかをアンケート調査によって検討した。前章で述べたように、1年生から3年生までの機械工作実習授業では毎年度末、学年ごとにアンケート調査を行っている。これは、今後実習授業を行っていく上での反省や改善点を確認するためのものである。学年末アンケートには、学生の安全に対する意識や、指導上の問題点について尋ねる設問を設けており、これらによって低学年学生に対する安全教育の効果や学生の安全に対する意識を検証している。また、機械工作実習での安全に対する教育・指導が企業等での安全活動に対して適合しているかを検討するため、企業等でのインターンシップを経験した5年生・専攻科生および企業で実際に技術者として勤務している卒業生に対してアンケート調査を行った。

3.1 受講学生に対するアンケート調査結果

1年生から3年生に対して行っている学年末アンケートでは、安全指導の内容や学生の意識を調べる設問として次の2つを設定している。ひとつは、『作業服・安全靴等の必要性についてどのように考えるか』であり、いまひとつは『指導者の実習受講学生に対する安全の配慮が取られているか』である。

図4は、学生の作業服・作業帽・安全靴に対して必要性を感じるかについての学生の回答を示す。平成19年度～平成21年度の間の1年生から3年生までの合計人数を集計している。いずれの年度・学年においても、9割以上の学生がその必要性を認めている。学生からは、「万が一のとき役に立つ」「汚れたりしても問題ない」といった意見や「火花が飛んできたことがあった」「物を落とした時、安全靴で助かった」など実体験により必要性を訴える有形効果としての回答が多かった。また「作業服を着ると気が引き締まる」といった

図4 平成19～21年度の受講学生に対する作業服等の必要性に関するアンケート調査結果

無形効果を指摘する回答もあった。著者らは、作業服・作業帽・安全靴の正しい着用は工場における安全の基本であると考えて徹底した指導を行っている。これらのアンケート結果を見ると、著者らの意図はある程度学生に浸透していると考えられる。2年生では、「不必要」という意見が1年生よりも減少している。しかし、3年生になると「不必要」という意見が増加する傾向が見られる。1・2年時の実習では、鋳鍛造や溶接など火災や火花が発生する作業や、金属の切削加工など、作業内容が多岐に渡る実習を行う。また、2年生では実習授業のなかで特に安全教育をテーマとして取り上げている。一方、3年時では材料実験やNC工作機械に関するテーマが増加する。例えばNC工作機械実習では、5回の授業のうち実際に機械加工を行うのは1～2回程度であり、それ以外は座学でのNCプログラミング学習が主体となる。また、NC工作機械は汎用工作機械と異なり、加工反力や振動などが作業者に直接伝わらないため、経験の浅い学生は加工の状況や異常を判断しにくい。また、NC工作機械は加工部がカバーで覆われているため、切り屑が飛散するなどの状況を実感しにくい。これらのことが、作業服などの必要性の意識が薄れることに繋がっていると考えられる。本来であれば、一見危険が直接感じられないような状況に潜む問題や危険を意識することが技術者に求められるはずである。今後は、3学年でも安全をテーマにした授業を設けるなどして、学年進行に応じた、よりレベルの高い安全意識を涵養できる教育・指導を行う必要がある。なお、不要と答えた中には、「帽子はいらない」と答えた学生が数名あった。一般の企業等での作業者はいかなる作業においても保護帽・ヘルメットの着用が義務であることを理解させ、全体の意識向上を図りたい。

図5は、機械工作実習授業での指導面、施設・設備面において安全措置がとられているかを尋ねたアンケートの調査結果を示す。9割以上の学生から、安全措置がとられているとの認識や評価を得ている。学生からは、「指導者が注意をしてくる」「ちゃんと見ている」等の意見が多数見られた。また施設・設備面においては、「掲示物で注意喚起してある」「保護具（保護

図5 平成19～21年度の受講学生に対する機械工作実習時に安全措置が取られているかについてのアンケート調査結果

眼鏡等)が揃っている」といった意見があった。また、年度末に実施している安全標語を提出することについて「施設内に安全標語が掲示してある」と答えた学生もあった。学生自身が考えた標語や共に実習する学生の標語を掲示することによって、学生の意識向上が見込まれることがわかった。なお、1年生の中で「わからない」と答えた学生が複数いる。これはどういった点が安全なのか危険なのかがまだ分別のつかない危険予知能力不足のためだと考えられる。安全措置が取られていないと指摘した学生からは、「マスクを用意してほしい」という意見があった。今後も学生からの意見を取り入れることで様々な角度から実習授業の安全向上を目指していく。

3.2 高学年学生に対するアンケート調査結果

米子高専では、企業等におけるインターンシップを4年時(5日間以上)および専攻科1年時(10日間以上)にカリキュラムとして組み入れている。インターンシップ先の各企業では、インターンシップ学生に対してそれぞれの企業の理念に基づいた安全指導などが行われていると考えられる。そこで、機械工学科5年生と米子高専機械工学科出身の専攻科生に対してアンケートを行って、実習授業で受けた安全教育・指導が、インターンシップでの安全活動に効果があったかどうかを尋ねた。図6は、平成22年度の5年生及び専攻科1・2年生に対して行ったアンケート調査結果を示す。96%の学生が肯定的な回答をしており、「まったく効果はない」と答えた学生は1人もいなかった。ある程度専門知識や社会常識を身につけていると考えられる高学年学生の観点からも、3年生までに行った実習授業における安全教育が評価されているといえる。回答のなかには、「これまで機械工作実習を体験したことで、インターンシップ先での作業において危険箇所を自ら判断でき、危険を察知したりすることができた」との意見があった。「企業でも安全への意識が同程度であった」と感じた学生もいれば、「学校は安全の徹底が企業に比べて低い」という意見も見られた。また、「自分たちが作業している場所の安全だけを考えるのではなく、作業場(工場)全体の状況・情景を把握しての安全を考えた方がよい」という意見があった。複数の学生からは、掃除の重要性を指摘するコメントがあり、5S活動による意識・意欲の啓発が、安全との結びつきの上でいかに大切であるかということが学生に理解されていることを伺うことができた。

1～3年時までの機械工作実習で体験した不安全行動や危険を感じた(ヒヤリ・ハットした)事例について意見を求めたところ、旋盤やフライス盤加工時の誤操作による工具と材料の衝突(工具の破損等)や材料取付け時の不備などの事例が挙げられた。旋盤・フライス盤は、機械工作実習や課外活動において共に使用頻度が高く、事故の可能性もそれに比例するものと考え

図6 実習授業で受けた安全教育・指導が、インターンシップでの安全活動に効果があったかどうかに対する5年生・専攻科生の回答

図7 3年生までの機械工作実習における安全教育・指導が就職先や進学先での安全意識の向上や啓発に効果があったかどうかに対する卒業生の回答

図8 機械工作実習における安全教育・指導を改善すべきであるかどうかに対する卒業生の回答

られる。今後は、ヒヤリ・ハット事例の分析とその防止についても重点的に取り組む必要があると考えている。

3.3 卒業生に対するアンケート調査結果

機械工学科に平成14年度～平成21年度の間に在学し、企業等に就職あるいは大学に進学している卒業生には、機械工作実習授業で受けた安全教育指導が現在の就職先・進学先における安全意識の高揚に効果があったかを意見聴取した。また今後の機械工作実習授業において、改善すべき点について調査を行った。図7は、3年生までの機械工作実習における安全教育・指導が就職先や進学先での安全意識の向上や啓発に効果があ

るかについての調査結果を示す。全員が肯定的な回答であり「あまり効果がない・まったく効果がない」との回答は1人もいなかった。回答のなかには、「機械工作実習での機械操作時の安全に対する心構えや保護具着用の徹底などの指導が役立った」との意見があった。図8は、機械工作実習における安全教育・指導を改善すべきであるかについての調査結果を示す。82%の卒業生が「これまでの方針で良い」と回答しており、「大いに改善すべき」との回答は1人もなかった。「少し改善すべきである」と回答した卒業生のなかには、「危険な箇所をただ教えて作業に入るのではなく、学生に危険予知・予測など考えさせる時間を設けた方がよい」という指摘もあった。企業等で実際に技術者として勤務する卒業生の観点からも、機械工作実習授業の安全教育・指導は一定の評価を得ていることがわかる。

4. 今後の課題

高学年・専攻科学生及び卒業生にアンケートを行った結果、高専実習授業で体得した安全に関する意識や知識は、技術者としての安全教育に一定の効果があることがわかった。また、機械工作実習における安全教育・指導は、一般企業等においても適合性のある方法・方針により行われていることが確認できた。今後の課題としては、企業等で行われている危険予知トレーニングやリスクアセスメントといった安全教育の講義をさらに充実させ、技術者として将来を見据えた安全教育を行っていく必要があると考えている。また近隣企業の工場を見学し、アンケートの意見でもあった企業での安全に対する意識レベルを学生に体感・考察させることも行っていきたい。実際に学生自身に不安全行動や事故等が起きれば、その実体験を通じて安全に対する意識が芽生えることは明らかである。当然、そのような不安全行動や事故は未然に防ぐ必要があり、危険な事態を防ぎつつ、指導者が学生に各機械・作業についての危険性を効果的に伝えていくことが重要となってくる。

技術の発展とともに、作業員（実習学生）にとってより安全な機械・機器が開発・販売されており、それらの導入によって大きな事故やケガが防止できる可能性は高くなっている。しかし、卒業生からの指摘にもあったように、ただ学生に危険な箇所を教えるだけではなく、何が危険でどうすれば安全となるかを考えさせるなくてはならない。指導者の立場として安全な機械工作実習を行うことは当然であるが、今後、安全で利便化する機器・システムといった環境変化に応じて、受講学生に対してどのように危険察知・安全管理等を教育・指導していくかが課題であると考えている。

5. おわりに

米子工業高等専門学校における機械工作実習授業で

行っている安全教育・指導の教育効果を、受講学生および高学年学生、卒業生らへのアンケート調査によって検証した。1～3年生の実習授業を通じて、ほとんどの学生に安全意識が形成されており、その経験は実習履修学生のインターンシップ先や就職先等においての安全活動に対しても有効であることがわかった。一方で、高学年学生や卒業生からは、危険予知など、より高いレベルでの安全教育を求める意見もあった。機械工作実習授業が体験型科目であるという点はもちろん、実習授業における5S活動の実施や、複数の指導者による小人数グループ教育といったことが、効果的な安全教育や倫理・道徳観の育成に寄与していると考ええる。今後も、アンケートなどを通じて学生・教職員の意見を取り入れながら、安全管理運営の充実を図る。また、指導者側と学生のコミュニケーションを深め、相互のさらなる資質向上を目指すことによって、安全という事故・怪我をゼロにするという終わりのないテーマに対して取り組みたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 熊坂 浩, 石田良男, 佐藤光正, 茶園利昭: 生産工学概論, コロナ社, pp.164-174, 1977
- 2) 木村博光: 正しい生産管理の実行手順, 中経出版, pp.38-66, 2005
- 3) 中央労働災害防止協会: 安全管理者選任時研修テキスト, 中央労働災害防止協会, pp.39-42, 2006
- 4) 片倉啓雄: 技術者倫理教育と安全教育との融合, 日本工学教育協会平成20年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.290-291, 2008
- 5) 中澤 剛, 三田純義: 機械工作用安全教育システムの開発, 平成20年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.378-379, 2008
- 6) 福田隆文, 門脇敏: 長岡技術科学大学における社会人技術者へのシステム安全教育の成果, 平成20年度工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.290-291, 2008
- 7) 杉谷洋一ほか7名: 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, 工学教育, 51-1, pp.41-47, 2003

.....

著 者 紹 介

岸 悠
1999年 米子工業高等専門学校機械工学科卒業
現 在 米子工業高等専門学校技術教育支援センター 技術職員
連絡先: 〒683-8502
鳥取県米子市彦名町4448
E-Mail: kishi@yonago-k.ac.jp