

機械工学科における「工作実習」(その1)

——作業分析にもとづいた「工作実習」の評価——

Mechanical Practice in Department of Mechanical Engineering

—Evaluation of Mechanical Practice by Trade and Job Analysis—

三田純義 猪瀬善郊 大藪 優 田中好一

鷹箸 威 猪瀬久男 伴 崇夫 齋藤 浩 木下 淳

Sumiyoshi MITA · Yoshihiro INOSE · Masaru OYABU · Kouichi TANAKA

Takeshi TAKANOHASHI · Hisao INOSE · Takao BAN · Hiroshi SAITO · Zyun KINOSHITA

1. はじめに

学校教育において、教育目標を実現するためにカリキュラムを編成することはたいへん重要である。工業技術教育においては、教育内容が新しい技術とともに変化していくこともあり、技術の進歩や産業構造の変化に対応して柔軟にカリキュラムを編成しなければならない。

工業技術教育において体験をととした実験・実習・製図の学習は、技術の知識や理論に関する講義形式の学習と並んで大きな柱となっている。特に、実践的な工業技術者を育てる教育では、学習者に工業技術に対するセンス、マナー、スピリットを養う上で「実習」は大きな役割を果たしてきた。^{1) 2) 3)}しかし、「実習」の内容は、施設・設備や指導員の専門性などの制約から決められているのが現状である。

本報告においては、工業生産が盛んになるとともに、徒弟制的な職業技能教育でなく、だれもが分かち伝えられる科学的な工業技術教育の方法として考案された「作業分析」にもとづいて、現在、本校で実施している「工作実習」を分析した。これをもとに、これからの工業技術教育における「実習」の位置づけを明確にし、それを実現するための指導内容と指導方法を決定するための礎とする。

2. 「工作実習」に関わる実習内容・施設・設備・指導員等の変遷

実習内容は、機械工場の施設・設備、指導員の人員、教官の先見性と積極性、技術の進歩に大きく依存している。表1に示すように、30年間の実習内容を、10年を単位として3期(第1期[昭和40年～昭和49年]、第2期[昭和50年～昭和59年]、第3期[昭和60年～平成6年])に分け、実習の単位数、工業技術の進歩、機械工場の施設・設備、指導員の人員配置、教官の関わり方の視点から振り返ってみる。^{4) 5)}

1) 機械工学科のカリキュラムと工作実習の単位数

専門科目の修得単位数は99単位から88単位に変わっても、工作実習の単位数は第1学年から第3学年まで各3単位(合計9単位)で変動ない。しかし、授業日が週5日となるにともない、1単位時間が50分から45分となり、実質的な工作実習の時間は20分ほど少なくなり、この時間は実技を主とする実習では授業の進捗に大きく影響し、実習の内容を削減せざるおえなくなっている。

2) 実習内容

実習内容は大きく変わっていないが、機械工場の技術職員の専門領域や機械加工技術の進歩により、木型や鋳造実習を廃止し、数値制御工作機械によりフライス盤や旋盤による加工をとりいれた。また、技術職員の定員削減にともない、1班分の実習を教官が担当し、機械計測や電気計測実習をとりいれ、平成8年度からは、学生の興味・関心の高い内容である「ガソリンエンジンの分解・組立実習」をとりいれ、新しい実習のあり方を模索しつつある。

3) 機械工場の施設・設備

施設・設備は機械工場ができた当初とあまり変わらないが、機械加工の自動化にともないCNCのフライス盤や旋盤、研削盤が導入された。

4) 実習の指導員と班編成

機械工場の技術職員数は、人員削減にともない、6名、5名、4名と減員され、5班編成で実施していた実習ができなくなり、教官が実習の1班を担当することになった。

1学年の学生定員40名にたいして、実習は5班編成で行うので、1班あたりの学生数は約8名となる。

5) 実習担当の教官と関わり方

定員削減で技術職員が4名になるまでは、実習の内容編成と指導計画作成、成績評価が教官の主な職務であったが、平成6年度からは機械計測、電気計測の実

習も担当している。

3. 「工作実習」の分析方法

3-1) 工業技術教育における「実習」の学習指導法

工業技術教育における「実習」の学習指導法には、指導者が系統的な知識を与える「講義法」、動作や行動の習熟や技能を獲得するために繰り返し練習する「ドリル法」、模倣してものづくりに取り組む「物品法」、ものづくりでは物作りの手順をシートにした作業指導票による指導法、既習の技術を工夫して使いながら技術の総合化された機械の製作や課題を解決する「問題解決法」、学習者が計画を立て、実行し、評価しながら課題を解決する「プロジェクト法」などの方法がとられてきた。前者の4つの指導法では学習者は受動的に学習することが多く、後者の2つの指導法では学習者は主体的に学習することになる。^{6) 7) 8)}

本報告で実習内容を分析するのに適用した方法は、「オペレーション法」と言われる指導法を原型としている。これは、19世紀の後半に、ロシアで考案され、ロシア法ともよばれる。この方法では、生産の過程を分析し、個々の作業要素（オペレーション）を抽出し、その要素ごとに訓練する。しかし、この方法では、総合的な生産技術の習得に欠け、技術の進展に適應する能力が育ちにくいこと、訓練が単調で目的に具体性が乏しいため学習者の学習意欲を喚起し得ないなどの欠点があった。これを改善して、オペレーションの学習を実際に生産される製品によって行う「オペレーション対象法」、いくつかの要素作業を複合して簡単な仕事をし、しだいに複雑な仕事の内容にしていく「オペレーション複合法」などが考案された。

「作業分析」の方法は、フリックランド（アメリカ）によって考案され、1942年に完成された方法である。この作業分析は次のような目的で教育活動に役立つ。⁶⁾

- 1) 教える必要のあるものを科学的に決定する。
- 2) 不必要なことを教えるのを避ける。
- 3) 教材の相対的な重要度が明らかになる。
- 4) 役に立つ教育内容を組織するのに役立つ。
- 5) 正しい信頼のできるテストの基礎が得られる。
- 6) 適切な指導の順序が明らかになる。
- 7) 達成されるべき能力の必要基準が明らかになる。
- 8) 適切な指導の手段と方法を導き出す。
- 9) 時間的制限が改善され、教育を能率的に行うことができる。

3-2) 作業分析の方法

作業分析は、1つの職業がいくつかの部分から成り立っていることに着目して、これを基本要素に分けたり、また共通なものをまとめたりすることである。機械工学に関連しては、生産工場現場の作業として、旋盤作業、ボール盤作業、溶接作業、仕上げ作業などがあげられる。これらの作業にはそれぞれに特有な作業要素があるが、けがき作業などはどの作業にも共通する基本作業である。

学校教育においては狭い技術を指導するのではないので、教育現場において作業分析をしても、これをそのまま適用するのではなく、1つ1つの基本作業に関連する知識などもしっかり指導していかねばならない。機械工学に関する教育では、基本作業に関連し、生産管理、金属材料、機械設計製図などとの関連を作業を通じて指導する必要がある。

本報告においては、機械工学に関する「工作実習」を工作機械や工作設備によりブロックとする作業をとりあげ、それらの1つ1つを基本作業に分類し、それを基本要素とした。^{9) 10)} 各作業における基本要素は、計画・実行・評価の順に配列した。また、関連知識、使用設備・機械・工具、実験と製図との関連、講義科目との関連などの記入欄を設け、視野の広い技術者を育成する視点から分析表を作成した。

4. 「工作実習」の分析

機械工作に関する分類に従い、工作実習に関する基本作業について、実習のねらい、指導内容と授業時間数、指導の工夫、作業分析結果とまとめについて述べる。本報告では、鋳造実習・溶接実習・旋盤実習・平面加工実習についての分析を示す。以下において、授業時間数については、1単位時間を45分として単位時間数で示す。また、[] 内の数値は設備数を示す。

4-1) 鍛造実習の分析

a) ねらい

自由鍛造作業を通じて、鍛造の基本作業を習得するとともに塑性加工としての鍛造の特長を学ぶ。

b) 指導内容（表2・表3） 授業時間数：18単位時間

c) 指導の工夫

加熱した工作物やハンマを使うので、安全に注意し、鍛造の基本作業を指導する。

d) 現有の機械設備

エアハンマ[1]、ほど[2]、金敷[5]

e) 鍛造実習分析表（表3）

f) 分析のまとめ

材料をたたき、延ばし、変形する自由鍛造の基本作

業を指導している。鍛造による機械的強度への効果、材料学的な組織の観察など鍛造の特長を指導したい。

4-2) 溶接実習の分析

a)ねらい

被覆アーク溶接を主として、溶接の基本作業と技能を修得するとともに、溶接の特長を学ぶ。

b)指導内容(表2・表4)

授業時間数:18単位時間(第1学年)

18単位時間(第2学年)

c)指導の工夫

被覆アーク溶接とガス溶接の基本作業を主として指導し、それらを応用し水槽をつくり、その漏れ試験を行い、溶接技能を評価する。

d)現有の機械設備

アーク溶接機[5]・炭酸ガスアーク溶接機[1]

ガス溶接[3]・作業台[7]

e)溶接実習分析表 表4

f)分析のまとめ

ガス溶接よりガス切断とアーク溶接を主として指導し、突合せ溶接とすみ肉溶接により水槽を製作し、その水もれ試験により溶接技能を評価している。溶接部の強度試験をとりいれ、強度面からの評価も指導したい。

4-3) 旋盤実習の分析

a)ねらい

旋盤作業の基本を学び、その経験を活かしてプロセスシートを作成し、CNC旋盤による自動加工の基礎を学ぶ。

b)指導内容(表2・表5)

授業時間数:18単位時間(第1学年)

18単位時間(第2学年)

15単位時間(第3学年)

c)指導の工夫

1人1台の旋盤を操作し、第1学年では、旋盤作業の基礎を指導する。第2学年では、それをもとに作業要素を増やし、学生自らが工夫して作業するように指導する。さらに、第3学年において、加工工程を分析し、プロセスシートを作成し、CNC旋盤による自動加工を指導し、旋盤加工のまとめをおこなう。

d)現有の機械設備

旋盤[9]・CNC旋盤[1]

e)旋盤実習分析表(表5)

f)分析のまとめ

要素作業では、穴加工に関する作業を指導していないが、旋盤実習全体を通じて、基本的な作業をじっく

り指導している。旋盤は学生1人1台あるので、学生自らが工夫できる内容を取りいれたい。

4-4) 平面加工実習の分析

(横フライス盤・形削り盤・CNC立てフライス盤)

a)ねらい

1)横フライス盤・形削り盤:平行度や直角度をだしながら平面を削りだせる力を育てる。

2)CNC立てフライス盤:CNC立てフライス盤の基本機能を理解し、学生自らが考案し、加工できる力を育てる。

b)指導内容(表2・表6)

授業時間数:18単位時間(第2学年)

c)指導の工夫

1)横フライス盤・形削り盤:1つ1つ作業とその結果を評価し、確実に平面加工ができるように指導する。

2)CNC立てフライス盤:学生が目標をもって主体的に加工に取り組めるよう、学生個人のネームプレートを製作する。これを通して数値制御工作機械のプログラミングと加工の段取りを習得できるように指導する。

d)現有の機械設備

横フライス盤[1]・形削り盤[1]・CNC立てフライス盤[1]
プログラム作成機[3]・テープ作成機[1]・プロッタ[1]

e)平面加工実習分析表(表6)

f)分析のまとめ

1)横フライス盤・形削り盤:工作機械が1台しかなく、学生1人あたりの作業時間も短いので、平面加工の基礎を指導するにとどまっている。設備を充実したい。

2)CNC立てフライス盤:数値制御工作機械による加工の特長を活かす題材を工夫し、学生自らが工夫できる実習内容となっている。マシニングセンターなどを導入し、先端の工作技術と金属加工を題材とした実習を取りいれたい。

5. 分析結果のまとめ

作業分析による「工作実習」の分析にもとづき、今後のあり方も含めてまとめる。

5-1) 実習の内容

実習内容は機械工業における代表的な内容に関して、要素作業を重点的に指導している。1部の実習には、基本作業をもとに、それらを応用して課題解決する内容の実習もあるが、大部分は安全教育を含めた工作機械の基本操作や要素作業に関する内容である。しかし、要素作業のみでは、学習者にとって、学習目的がつか

めなかったり、この技術がどうしても必要なかがわからなかったりなど学習者の学習意欲を高めるには課題もある。そこで、要素作業を応用して作品を作るなどの改善も必要である。また、これまでの実習の内容は、伝統的な機械工業の枠組み、学問の論理性などから決められてきたが、おもしろい、やってみようといった学習者の心理性も加味して決めていかなければならない。

現在の設備で実施できる実習内容をすべて行うのではなく、実習内容を重点化、集約化することも必要である。内容を重点化し、それを学習者はじっくり学習して、機械工作の基礎と取り組み方を習得し、新たな内容にもスムーズに対応できるよう指導することも必要である。

5-2) 施設・設備

施設・設備が老朽化して、初期の性能がでない機械も多くなってきた。また、工作機械の台数の少ない実習では実質的な実習の時間より待ち時間が長いというようなこともある。さらに、技術は進歩しているのに、先端的な機械設備とその周辺機器も十分にそろっていない。このように、技術者としてのセンス・マナー・スピリットを育むのに大切な実習を指導するには、施設・設備を改善していかなければならない。また、機械技術における技能の役割、汎用機械と自動機械による教育効果などについても検討し、教育的に成果のあがる設備の導入をはかっていかなければならない。

5-3) 設計・製図との関連

機械加工では図面にかかれた情報を読みとり、判断して最適な加工をしている。図面にかかれた寸法、寸法公差、基準面、仕上げ程度、はめあい、熱処理などの情報をもとに、加工工程を決定して、加工する。これには、設計の段階から加工しやすい図面、加工できる図面を指導しなければい。このことは、学校教育においてできることは限りがあるが、機械技術教育において図面の大切さを指導しておく必要がある。このためには、実習と設計・製図の連携をはかり、設計・製図したものを加工する、加工できなければ設計・製図をやりなおすなどの学習機会が必要となる。

5-4) 講義科目との関連

実習に取り組む前に、実習に関連した知識や工具・機械について説明している。これらの内容は「機械工作法」に関する内容である。しかし、溶接や鍛造、切削などの作業では、加工物の材質によってさまざまな条件が異なる。合理的な加工をするには、「材料学」の知識は欠かせないので、「材料学」に関連して実習の指導を工夫しなければならない。

5-5) 指導方法

従来の実習では、学習者は与えられた図面や作業票にしたがい、所定の作業をこなしていくような指導がほとんどである。学習者はいつでも受身であり、学習者によっては学習目的がつかめず、意欲がわかず、学習効率の低下につながることもある。技術の進歩が速いので、基礎をしっかりと指導することとともに、課題解決的な実習内容を取り入れ、学習者が主体的に取り組めるように指導方法を工夫する必要がある。

6. まとめ

学校創立以来の「工作実習」の変遷を概観し、ここ数年間実施している「工作実習」の内容を作業分析の方法により分析した。その結果、機械工場の施設・設備や指導員の定員、実習の単位数(授業時間数)から考えて、適切な工作実習の内容となっている。今後、機械工業技術教育における実習の位置づけ、技術の進歩と人間の発達、学習者の主体性の育成などの視点から、調査研究を深め、工作実習を再構築していきたい。

【参考文献】

- 1) 木村・中村・三田他：TC委員会報告書(第1報)，全国工業高等学校長協会(1992)
- 2) 木村・中村・三田他：産業技術大学推進委員会報告書(第2報)，全国工業高等学校長協会(1993)
- 3) 木村・中村・三田他：産業技術大学推進委員会報告書(第3報)，全国工業高等学校長協会(1994)
- 4) 小山高専20年誌、小山工業高等専門学校(1985)
- 5) 小山高専30年誌、小山工業高等専門学校(1995)
- 6) 小山田了三 著：実践工業科教育法、東京電機大学出版局(1986)
- 7) 土井正志智、長谷川 淳、池本洋一、大西 清 著：工業技術教育法、(株)教研(1977)
- 8) 池本洋一・岩本宗治・山下省蔵 編著：新工業技術教育法、学校教育研究所(1995)
- 9) 岡野・岩崎・曾布川・柳沢著：機械実習1・機械実習2，実教出版(1990)
- 10) 労働省職業能力開発局・雇用促進事業団職業訓練部共編：実技教科書 機械(仕上げ)，実技教科書 機械(旋盤)，実技教科書 機械(フライス盤)，雇用問題研究会(1985)

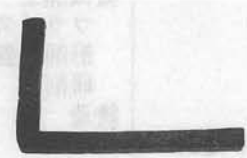
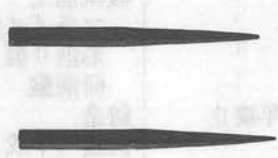
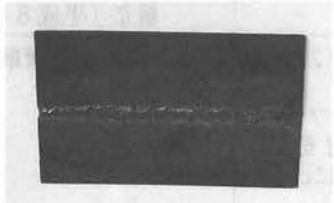
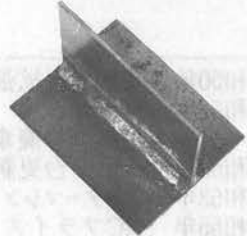
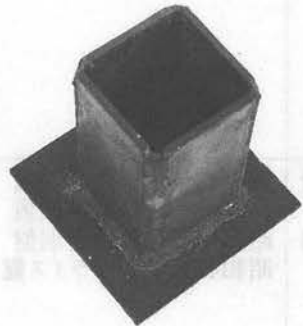
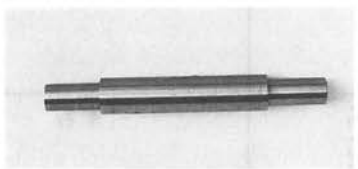
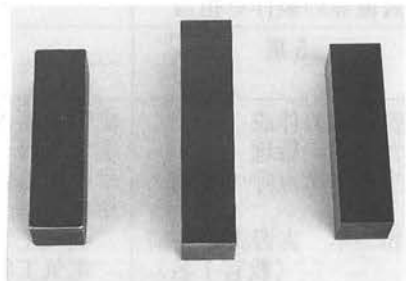
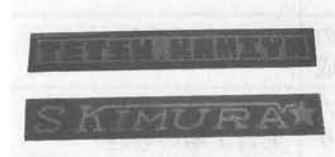
(受理年月日 1996年9月30日)

機械工学科における「工作実習」(その1)

表1 工作実習に関する内容・施設設備・指導員等の変遷

	昭和40年～昭和49年	昭和50年～昭和59年	昭和60年～平成7年	平成7年～
実習内容	昭和41年～ 手仕上げ 昭和42年～ 旋盤 機械加工(3班) フライス盤 形削り盤 研削盤 昭和43年～ 木型 鋳造 溶接	手仕上げ 旋盤 技能士実技2級 (2・3年生) 機械加工 フライス盤 形削り盤 研削盤 木型 昭和54年廃止 鋳造 溶接 NCフライス盤(昭和56年～	手仕上げ 旋盤 機械加工 フライス盤 形削り盤 研削盤 鋳造 鋳造(平成6年廃止) 溶接 NCフライス盤 CNC旋盤(昭和60年～ 機械計測(平成5年～ 電気計測(平成6年～	手仕上げ 旋盤 機械加工 フライス盤 形削り盤 研削盤 鋳造 溶接 CNC旋盤 CNCフライス盤 機械計測 電気計測 ガソリンエンジンの分解・ 組立(平成8年～
施設設備	昭和42年 工場建物完成 工作機械設置 昭和44年 円筒研削盤 昭和47年 NCフライス盤	昭和50年 溶接実習室拡張 昭和52年 見直し 老朽機械の廃棄 昭和53年 旋盤2台更新 昭和53年 コンターマシン 昭和55年 NCフライス 位置表示装置取付 昭和56年 油圧式鋸盤 昭和57年 旋盤の作業台 整備 昭和58年 データーライター 昭和59年 炭酸ガス溶接機 CNC旋盤	平成2年 旋盤2台更新 平成3年 NCフライ ス盤をCN C化に改装	平成7年 CNC研削盤
指導員	昭和41年 1名 昭和42年 3名 昭和43年 6名	6名 昭和59年 5名 (1名人員削減) 非常勤 1名 ※実習のほかの業務として 生産部門を設置、試験 片、卒業研究の装置、工 業安全教育センターの実 習装置等の製作を担当	5名 平成5年 4名 (1名人員削減) 非常勤 2名	4名
実習の班編成	5班	5班	5班	5班
教官の関わり方	実習計画の作成 実習工場の管理 学生の出席点呼・成績	実習計画の作成 実習工場の管理 学生の出席点呼・成績 昭和52年 実習工場長制 (教官1名)	実習計画の作成 実習工場の管理 学生の出席点呼・成績 平成5年 機械工学科 電気工学科 電子工学科 の 実習 担当 (内容:機械計測)	実習計画の作成 実習工場の管理 学生の出席点呼 機械工学科の実習担当 機械計測 (第1・2学年) 電気計測(第3学年) 電気工学科・電子制御 工学科の実習担当
単位数	3単位×3=9単位	3単位×3=9単位	3単位×3=9単位	3単位×3=9単位
専門修得単位数	99単位	92単位 (昭和52年改正)	88単位 (平成4年改正)	88単位

表1 平成7・8年度の工作実習の内容

第 1 学 年	第 2 学 年	第 3 学 年
鍛造 丸棒を平角に延ばし直角に曲げる 機械自由鍛造・手打ち自由鍛造 直角曲げ 		
溶接 アーク溶接・ガス溶接・溶接の練習 	溶接 水槽の溶接 溶断・被覆アーク溶接・炭酸ガスアーク溶接 	
旋盤 段付シャフトの製作 	旋盤 テーパー付シャフトの製作 	CNC旋盤 プログラミングと切削 
	平面加工 形削り盤 : □22,長さ80の角柱の切削 横フライス盤 : □22,長さ100の角柱の切削 	CNC立てフライス盤 ネームプレートの製作 プログラミングの切削 
		研削 平面研削 : 平行台の研削 円筒研削 : 円筒のゲージの研削 CNC研削盤 

機械工学科における「工作実習」(その1)

表2 平成7・8年度の工作実習の内容

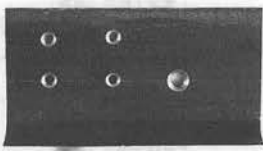
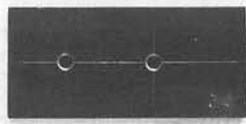
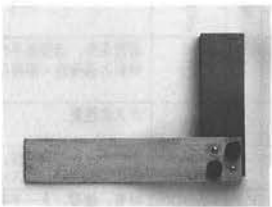
第1学年	第2学年	第3学年
仕上げ L字材の仕上げ やすり作業・ボール盤作業・ねじ立て 	仕上げ スコヤの製作 	
計測 測定概論 段付きシャフトの測定 型製品の測定 見取り図による結果の表示 展開図による立体模型の製作と測定 (手工板金)	計測 円柱体積の間接測定：誤差と有効数字 ブロックゲージとオプティカルフラット 外側マイクロメーターの性能試験 歯厚マイクロメーターによる歯厚測定 サインバーによる角度測定 三針法によるねじの有効径の測定 空気マイクロメーターによる比較測定 ミクロメータによる真円度測定 二次元図形の重心の測定 羽根車の製作と動力の測定	電気計測 テスターによる低抗・電圧・電流の計測 低抗の直並列回路 可動コイル型計器と電流計・電圧計 オシロスコープ：電圧と周期 スイッチとリレーの回路 基本論理回路・モータの駆動回路 自己保持回路 トランジスタと増幅：リレーの駆動回路
		エンジンの分解・組立(平成8年度から)
	工場見学 1回	工場見学 2回

表3 鍛造実習の作業分析

要素作業	第一学年 自由鍛造 丸材を成形・伸ばし て、直角に曲げる	要素作業と関連し、 これと前後して 指導すべき関連知識	設備・機械・工具・器具など	機械工学実験(機) 電気工学実験(電) 機械製図(図) との関連	講義科目との関連
鍛造の計画を立てる	○	塑性加工・加工硬化 熱処理・再結晶 鍛造作業の種類 冷間加工・熱間加工・作業の安全			材料学(鉄鋼材料・平衡状態図・加工硬化) 材料力学(応力・ひずみ) 機械工作法(塑性加工・鍛造)
鍛造用具を準備する	○	工具の用途・名称・実物	エアハンマー(しくみ・操作法) ほど・加熱炉・箸(丸・平) 大ハンマ・両口ハンマ・片手ハンマ はちの巣・金敷・ヘシ(平・丸) たがね・おとし・丸パス・スケール		機械工作法(塑性加工・鍛造)
素材・材料取りをする 材料を準備する		加工による損失量			
材料の加熱温度を判断する	○	材質と加熱温度、炎色と温度 再結晶			材料学(再結晶)
手打ち自由鍛造 手ハンマで材料を打つ	○	ハシの握り方 ハンマーの打ち方・横座の姿勢	平ヘシ、大ハンマ		
機械打ち自由鍛造 エアハンマで材料を打つ	○	エアハンマのしくみと操作法	エアハンマ		
丸棒を四角材にする	○		エアハンマ		
角に延ばす	○	段付き延ばし	エアハンマ・平ヘシ		
丸に延ばす					
丸溝を入れる	○		丸ヘシ・金敷		
肉寄せする	○				
すえ込みする			ハンマ		
曲げる			ヘシ・ハンマ		
せぎり					
切断する			たがね		
穴抜きする			ポンチ		
直角に曲げる	○		はちの巣・角穴		
熱処理する		熱処理の種類と方法 平衡状態図		(機)硬さ試験 (機)焼入れによる衝撃の変化	材料学(平衡状態図) 機械工作法(焼入れ)
寸法を測る	○		パス・スケール		計測工学(寸法測定)
重さを測る			はかり		計測工学(質量測定)
直角を測る	○		スコヤ		計測工学(直角の測定) 機械工作(工作測定)
報告書をまとめる	○			すべての実験	

表 4 溶接実習の作業分析

要素作業	第一学年				要素作業と関連し、これと前後して指導すべき関連知識	設備・機械・工具・器具など	機械工学実験(機) 電気工学実験(電) 機械製図(図) との関連	講義科目との関連
	アーク溶接	ガス溶接	ガス溶接	水機を作る				
溶接の計画を立てる				○	溶接条件、溶接継手の種類、姿勢 材料と溶接性・溶接ひずみ			機械工作法(溶接) 材料学(材料組織・残留応力) 機械設計(溶接構造)
ガス溶接	ガスを取り扱う	○	○	○	ガスの性質	ガスボンベ		
	ガス溶接器具を取り扱う	○	○	○	トーチ、圧力調整器、ホースの点検 溶接炎の調節、ガスボンベの取扱	トーチ、圧力調整器 ガスボンベ		
	ガス溶接棒を選択する	○			材質、板厚、トーチ容量	溶接棒		機械工作法(溶接)
	フラックスを選択する				フラックスの種類・材質			機械工作法(溶接)
	ガス溶接装置を点検する	○			安全作業	せっけん水		
	点火する	○	○	○	溶接炎の調整と温度	トーチ・ライター・保護めがね 手袋・自動溶断機		
	消火する	○	○	○				
	ガス切断装置を準備する		○	○	切断の原理・ガス装置・半自動装置 切断トーチによる溶断			
	切断トーチにより溶断する		○	○	火口の選択	トーチ・ライター・保護めがね 手袋・自動溶断機		
	自動溶断機により溶断する		○	○	切断速度	トーチ・ライター・保護めがね 手袋・自動溶断機		
アーク溶接	アーク溶接を準備する	○		○	アーク溶接機の種類・溶接機の構造 保護具・工具			機械工作法(溶接)
	溶接棒を選択する	○		○	溶接棒の種類・イルミナイト系 高酸化チタン系			機械工作法(溶接)
	アークを発生する	○		○	アーク溶接の原理・電流の調整	シールド・手袋・前掛け 足カバー・溶接棒		電気工学概論(アーク放電・変圧器) 機械工作法(溶接)
	炭酸ガスアーク溶接をする			○	炭酸ガスアーク溶接	炭酸ガスアーク溶接機		機械工作法(溶接)
	アーク溶接機や器具を管理する				安全			
仮付けする		○		○	溶接ひずみ	溶接トーチ・ライター・スパナ 保護めがね・手袋 溶接棒 シールド・手袋・前掛け 足カバー・溶接棒・ハンマ		
ビードをおく	○	○		○	ビードの置き方	溶接トーチ・ライター・スパナ 保護めがね・手袋 溶接棒 シールド・手袋・前掛け 足カバー・溶接棒・ハンマ		
ビードを検査する	○	○		○	ビードのおき方と模様	ハンマ・ブラシ		
スラグを取る				○	安全	ハンマ・ブラシ		
突合せ溶接をする	○	○		○	溶接継手の種類	シールド・手袋・前掛け 足カバー・溶接棒・ハンマ	(図)溶接記号	
すみ肉溶接をする	○			○	溶接継手の種類	シールド・手袋・前掛け 足カバー・溶接棒・ハンマ	(図)溶接記号	伝熱工学(熱伝導)
溶接部を仕上げる				○		サンダー・ワイヤブラシ・ハンマー		
溶接部の非破壊検査をする					溶接部の欠陥 溶接部の検査法			機械工作法(非破壊検査)
溶接部の強度試験をする (曲げ、引っ張り)					溶接部の検査法		(機)引張試験 板の曲げ加工実験	機械工作法(溶接強度) 材料力学(引張・曲げ試験)
容器の漏れ試験をする				○	溶接部の検査法			
報告書をまとめる	○	○	○	○			すべての実験	

表 5 旋盤実習の作業分析

要素作業	第一学年 段付き シャフトの 製作	第二学年 テーパ付き シャフトの 製作	第三学年 CNC旋盤	要素作業と関連し、これと前後して指導すべき関連知識	設備・機械・工具・器具など	機械工学実験(機) 電気工学実験(電) 機械製図(図) との関連	講義科目との関連
旋盤加工の計画を立てる 加工工程を練る プロセスシートの作成				旋盤の要素作業		(図)機械製図	機械工作法(旋盤・切削理論) 生産工学(生産計画)
旋盤を掃除・注油・点検する	○	○		旋盤のしくみ			
旋盤を起動・停止する	○			伝動機構・旋盤のしくみ 電気機器・リレーと制御回路		(電)三相巻線型誘導電動機	機械工作法(工作機械のしくみ) 電気工学概論(三相誘導電動機)
旋盤の主軸速度を変える	○			伝動機構・平歯車列・変速機構		(図)溶接記号	機械工作法(旋盤のしくみ) 機械設計(伝動装置・歯車列)
自動送りをかける				自動送りのしくみ 切削理論と送り量			機械工作法(旋盤のしくみ)

機械工学科における「工作実習」(その1)

表5 旋盤実習の作業分析

要素作業	第一学年 段付き シャフトの 製作	第二学年 テーパ付き シャフトの 製作	第三学年 CNC旋盤	要素作業と関連し、 これと前後して 指導すべき関連知識	設備・機械・工具・ 器具など	機械工学実験(機) 電気工学実験(電) 機械製図(図) との関連	講義科目との関連
センター作業で加工する	○				センタ・回し板・回し金		
主軸センターの取り付け・取り外しをする	○			センタ合わせ	ダイヤルゲージ 回りセンタ・止まりセンタ		
チャック作業で加工する	○	○	○	工作物の形状とチャックの選択	四つ爪単動チャック スクロールチャック		
三爪チャック(スクロールチャック)の取り付け・取り外しをする	○	○	○	安全作業	附属工具・センタ突き出し棒 木の板		
四爪チャックの取り付け・取り外しをする				安全作業	附属工具・センタ突き出し棒 木の板		
バイトを選択する	○	○		バイトの種類・用途、バイトの各部の名称、切削のしくみ、工具材料 バイトのしくみ			機械工作法(切削工具)
バイトを取り付ける	○	○	○	バイトの種類・用途、バイトの各部の名称、切削のしくみ	敷板		材料力学(片持ちはりとたわみ)
バイトを研削する				バイトの種類・用途、バイトの各部の名称、切削のしくみ、工具材料 バイトのしくみ	工具研削盤 両頭グラインダ		
三爪チャックに工作物を取り付ける	○	○	○		チャックハンドル		
四爪チャックに工作物を取り付ける				心だし	トースカン・チャックハンドル・ハンマ		
工作物を取り付ける(センタ仕事)	○				回し板・ケレ・センタ・ハンマ		
主軸速度・切削速度を決める	○	○	○	切削速度と主軸速度の決め方 回転数、周速度		(機)バイトの切削抵抗	機械工作法(切削理論) 材料学(被削性)
切り込みを決める	○	○	○	切り込み決め方 荒削りと仕上げ削り		(機)バイトの切削抵抗	機械工作法(切削理論) 材料学(被削性)
送り量を決める	○	○	○	送りの決め方 荒削りと仕上げ削り		(機)バイトの切削抵抗	機械工作法(切削理論) 材料学(被削性)
切削油をつける	○	○	○	切削油剤の種類と材質		(機)バイトの切削抵抗	機械工作法(切削理論) 材料学(被削性)
芯立てをする	○	○			センタドリル・ドリルチャック		機械設計(テーパの種類)
外丸削りをする	○	○	○	作業の種類とバイトの選択 剣バイトの名称と実物	斜剣バイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
端面削りをする		○	○	片刃バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	片刃バイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
段削りをする	○	○	○	バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	片刃バイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
側面削りをする	○	○	○	バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	片刃バイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
溝削りをする				バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	突っ切りバイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
面取りをする			○	バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	面取りバイト・やすり		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
テーパ削りをする		○	○	バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	真剣バイト・仕上げバイト		
曲面削りをする				バイトの名称と実物 バイトの種類・特長と使い方	真剣バイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
総形削りをする				総形バイトの名称と実物 バイトの特長と使い方	総形切りバイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
ローレット切りをする				ローレット切りバイトの名称と実物 バイトの特長と使い方	ローレット切りバイト	(図)面の表示	機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
おねじ切りをする		○		おねじ切りバイトの名称と実物 バイトの特長と使い方 ねじ切りの原理・換え歯車	おねじ切りバイト センタゲージ・ピッチゲージ ねじゲージ	(図)ねじ	機械設計(ねじ)
めねじ切りをする				めねじ切りバイトの名称と実物 バイトの特長と使い方	めねじ切りバイト・センタゲージ	(図)ねじ	機械設計(ねじ)
仕上げ削りをする	○	○		バイトの名称と実物 バイトの特長と使い方	ヘールバイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
穴あけをする					ドリルチャック・ドリル・チャックハンドル	(機)ドリルの切削抵抗	
中ぐりをする				中ぐりバイトの名称と実物 バイトの特長と使い方	中ぐりバイト		機械工作法(加工とバイトの選択) (バイトの刃のしくみ)
CNC旋盤	プログラムを作成する		○	プログラム言語	コンピュータ		機械工作法(数値制御工作機械)
	テープを作成する		○		テープ作成機		
	CNC旋盤を操作する		○	CNC旋盤のしくみ ボタン操作と機能	CNC旋盤		
	CNC旋盤により加工する		○		CNC旋盤		
ノギスにより寸法を測る	○	○	○	ノギスの原理と使い方 目盛りの読み方	ノギス		計測工学(寸法測定)
マイクロメータにより寸法を測る	○	○	○	マイクロメータの原理と使い方 目盛りの読み方	マイクロメータ		計測工学(寸法測定)
パスにより寸法を測る	○	○			パス・鋼尺		機械工作法(工作測定)
ゲージにより検査する		○			リングゲージ		機械工作法(工作測定)
報告書をまとめる	○	○	○			すべての実験	

表6 平面加工実習の作業分析（フライス盤・形削り盤・CNCフライス盤）

要素作業	第二学年		要素作業と関連し、これと前後して指導すべき関連知識	設備・機械・工具・器具など	機械工学実験（機） 電気工学実験（電） 機械製図（図）との関連	講義科目との関連
	角柱の製作 形削り盤	横 フライス 盤				
図面を読む	○	○	○	機械製図	(図)機械製図	
平面加工を計画する	○	○	○	平面加工の種類、工作機械の種類と機能		機械工作(平面加工)
けがく	○	○		Vブロック、トースカン		
万力を取り付ける		○		万力、口金の垂直度、底面の平行度	ダイヤルゲージとマグネットスタンド	
万力により 工作物を固定する	○	○		工作物の取り付け方向つかみ方 黒皮工作物のつかみ方 基準面のある工作物のつかみ方 幅広い工作物のつかみ方 平行台を用いないときのつかみ方		機械工作(取付具)
締め金により 工作物を固定する			○	クランプ、治具		機械工作(取付具・治具)
横 フライス 盤	横フライス盤を操作する	○		フライス盤のしくみ 各部の名称	横フライス盤	機械工作(横フライス盤)
	ボタ型フライスを取り付け	○		フライス盤の種類と用途	附属工具	
	ドッグの位置を決める	○		フライス盤のしくみ		
	回転速さを決める	○		フライスの切削速度 回転速さと周速度		機械工作(フライスの切削速度)
	テーブルの送り速度	○		フライス1刃あたりの送り		機械工作(フライスの送り量)
	切り込みを決める	○				機械工作(フライスの切り込み)
	切削油剤を決める			切削油剤の種類と用途		機械工作(切削油剤)
	上向き削り・下向き削り で切削する	○		ねじのバックラッシュ		機械設計(ねじ) 機械工作(上向き削り・下向き削り)
	平面削りをする	○		平フライス、平行台、ハンマ		機械工作(横フライス盤と加工)
	側面削りをする			側フライス、平行台、ハンマ		機械工作(横フライス盤と加工)
	みぞ削りをする			側フライス、平行台、ハンマ		機械工作(横フライス盤と加工)
	削り出し作業をする			万能削り出し台のしくみ	削り出し台	機械工作(横フライス盤と加工)
	NC工作機械による 加工の計画を立てる		○	NC工作機械のしくみ・システム構成と 作業の流れ・プログラミング		
	平面削りをする			正面フライス、平行台、ハンマ		機械工作(立てフライス盤と加工)
CNC 立て フライス 盤	側面削りをする			エンドミル、平行台、ハンマ		機械工作(立てフライス盤と加工)
	みぞ削りをする		○	エンドミル、平行台、ハンマ		機械工作(立てフライス盤と加工)
	シャンクタイプフライスの取り 付け・取り外しをする		○	エンドミル、アダプタ、コレット、 ハンマ		
	正面フライスの取り付け・取 り外しをする			正面フライス		
	ネームプレートをデザインする		○			
	プログラムを作成する		○	NCプログラミング	パーソナルコンピュータ	機械工作(NC工作機械のシステム)
	テープを作成する		○		テープ作成機	
	ボールペンにより作図する		○		ボールペンと保持具	
	形削り盤を操作する	○		形削り盤のしくみ	形削り盤	機械工作(形削り盤)
	形削り用バイトを選択する			かこうの種類とバイト	形削り用バイト	機械工作(形削り用バイト)
	バイトの取り付け	○		バイトのたわみ		
	ラムを調整する	○		形削り盤のしくみ・ラムの位置と行程		
	切削速度を決める	○		形削り盤のしくみ・切削速度の決め方		(機)旋盤の切削抵抗の測定 機械工作(切削条件)
	送り量を決める	○		形削り盤のしくみ・送り量の決め方		(機)旋盤の切削抵抗の測定 機械工作(切削条件)
形削り 盤	切り込みを決める	○			(機)旋盤の切削抵抗の測定	機械工作(切削条件)
	水平削りをする	○		剣バイト		
	垂直削りをする			左剣バイト		
	溝削りをする			溝切りバイト		
	角度削りをする					
	ノギスにより深さを測定する	○		ノギスのしくみと使い方	ノギス	機械工作(工作測定と検査)
	ノギスにより寸法を測定する				ノギス	機械工作(工作測定と検査)
	マイクロメータにより寸法を測定す	○	○		マイクロメータ	機械工作(工作測定と検査)
	平行度を調べる			ダイヤルゲージ	(図)平行度	機械工作(工作測定と検査)
	直角度を調べる	○	○	スコヤ	(図)直角度	機械工作(工作測定と検査)
仕上げ面を評価する					(図)平面加工と仕上げ面	
報告書をまとめる	○	○	○		すべての実験	