

機械工学科における「工作実習」(その2)

——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 矢島直樹

Sumiyoshi MITA・Yoshihiro INOSE・Masaru OHYABU・Kouichi TANAKA

Takeshi TAKANOHASHI・Hisao INOSE・Takao BAN・Hiroshi SAITO・Zyun KINOSHITA・Naoki YAZIMA

1.はじめに

学校教育において、教育内容は教育目標を実現するために科学的に編成するとともに、学習者の心理性を考慮して決めることが大切である。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ので、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、「実習」は大きな役割を果たしている。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、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」¹⁾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、講義科目、設計・製図、実験との関連を分析し、工業技術教育における「実習」の位置づけを明確にし、今後の「実習」のあり方を考察した。

2.「工作実習」の内容分析

第1報²⁾では、鍛造、溶接、旋盤(CNC旋盤を含む)、平面加工(横フライス盤、形削り盤、CNC立てフライス盤)について分析した。これに続いて、本報では、研削、仕上げ、機械計測、電気計測、エンジンの分解・組立について分析した。以下において、授業時間数については、1単位時間を50分として単位時間数を示す。また、[]内の数値は設備数を示す。

2-1)研削実習の分析

a)ねらい：平面と円筒の研削作業の基本を学ぶ。

b)指導内容(表1) 授業時間数：15単位時間

c)指導の工夫：研削盤の台数が少ないので、作業前や

作業中に説明をしている。また、研削作業の作業法のみでなく、表面アラサ計やゲージにより研削した工作物の評価をとりいれている。

d)現有の機械設備：平面研削盤[1]・円筒研削盤[1]・CNC研削盤[1]・触針式表面アラサ計[1]

e)研削実習分析表(表1)

f)分析のまとめ：機械設備の台数が少なく、平面と円筒の基本作業を重点的に指導している。実験的な内容をとりいれ、機械工学実験との関連も考えていきたい。

2-2)仕上げ実習の分析

a)ねらい：仕上げ作業の基本を学び、それを応用して学生自らが行程を考え、工夫しながら、自力で作業できる能力を育てる。

b)指導内容(表2)

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：基本作業を指導したら、与えられた課題の図面をもとに、自力で加工工程を考え、作業していくことにより、加工においてもっとも大切な段取り能力を育てる。

d)現有の機械設備：万力[10]、卓上ボール盤[2]、定盤[2]、コンターマシン[1]、直立ボール盤[1]

e)手仕上げ実習分析表(表2)

f)分析のまとめ：仕上げ作業の基本を指導するとともに、1つの作品(台付スコヤ)を自力で製作することにより応用力を育てる指導をしている。このように、加工能力の転移性を考慮した実習内容は、技術の素となるので大切である。

2-3)計測実習の分析

a)ねらい：機械の生産現場で使われている測定器を正確に取り扱える能力を育てる。

b)指導内容(表3)

授業時間数：18単位時間(第1学年)

18単位時間(第2学年)

*新潟大学工学部機能材料工学科

c)指導の工夫：ブロックゲージの取り扱いを核にして、各種の寸法の計測法を指導し、現場で使う基本的な測定器取り扱いが正確にできるように指導する。また、製図と関連づけて指導し、計測のみでなく、ものづくりをとりいれ、学生が作ったものを測定するようにし、学習者の意欲を高めている。

d)現有の設備：外側マイクロメータ[6]・デプスマイクロメータ[1]・

ダイヤルゲージ[3]ノギス[6]・ハイトゲージ[2]・マイクロメータ[1]・電気マイクロメータ[1] 空気マイクロメータ[1]・サインバー[1]・オートコロメータ[1]・三針[1]・ねじゲージ[3]・万能投影機[1]・歯厚マイクロメータ[3]・歯車試験機[1]・角度定規[2]

e)計測実習分析表(表3)

f)分析のまとめ：設備が老朽化していて、変位や長さの基本的な計測を指導している。また、簡単なものの製作をとりいれ学生の意欲を喚起している。今後、設備の充実をはかるとともに、学生が測ることの意義が分かるように加工実習に計測実習をとりいれていきたい。

2-4)電気計測実習の分析

a)ねらい：電気的な計測を通じて電気や電子技術の基礎を学ぶとともに、シーケンス制御やコンピュータ制御などメカトロニクスの基礎を学ぶ。

b)指導内容(表4) 授業時間数：15単位時間

c)指導の工夫：電気に関する予備知識としては、中学校における理科や技術家庭で学習したことしかなく、かつ、その知識も学校差や個人差が大きい。また、高専におけるカリキュラムでも、電気電子に関する学習

表1 研削実習の作業分析(平面研削盤と円筒研削盤)

は一般科目の物理で指導するくらいで、専門科目としては、第4・5学年において、電気工学概論と電子工学概論を履修するので、第3学年まででは、電気電子に関する知識をまったく指導していない。そこで、計測することを通じて基礎的な内容を重点的に指導するとともに、機械技術と電気・電子技術の接点を指導する。

d)現有の設備：シロスコープ[4]・発振器[4]・直流安定化電源[4]・ポケットコンピュータ[10]・テスター[8]

e)電気計測実習分析表(表4)

f)分析のまとめ：電気計測を主として電気の基礎を指導している。学生にとってみると、機械における電気の役割などがわからない面もあるので、自動制御技術やコンピュータ関連の内容をとりいれていきたい。

2-5)エンジンの分解組立

a)ねらい：エンジンの分解・組立を通じて、エンジンのしくみや部品を理解する。

b)指導内容(表5) 授業時間数：15単位時間

c)指導の工夫：作業の安全に留意し、また、部品の取り扱いを慎重に行い、実物をもとに具体的に指導する。

d)現有の設備：

エンジン[2]、エンジンスタンド[2]、工具一式

e)エンジンの分解組立実習分析表(表5)

f)分析のまとめ：基礎知識や取り扱いの注意を説明して、エンジンの基本構成要素を指導している。エンジンを動かすなどのダイナミックな内容もととりいれ、学生の意欲を喚起したい。

要素作業	第三学年 円筒研削盤 平面研削盤	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
図面を読む	○			機械製図全般	
研削の計画を立てる		研削の特長・種類、加工行程			機械工作法(研削)
といし車を選択する		といし車の形状と結合度			機械工作法(といし車の種類と用途)
といし車の周速度を決める	○	○	といし車の形状と結合度		機械工作法(といし車の周速)
切り込みを決める	○	○	研削作業の種類・荒研削・仕上げ研削・材質		機械工作法(研削の切り込み)
送りを決める	○	○			機械工作法(研削の送り)
といし車を取り付ける		○	○	といしの種類・形状、といしの要素 といし車の選択	
といし車を検査する	○	○	○	回転運動とつりあい	機械力学(つりあい)
といし車をドレッシングする (目直し・形直し)	○	○	○	といし構成 研削の原理	機械工作法(といし車の目づまり)
研削用切削油剤を選択する					機械工作法(研削油剤)
円筒研削盤を操作する	○	○	○	研削盤のしくみ・油圧装置	機械工作法(円筒研削盤)
円筒研削盤を点検する	○	○	○	作動圧力・潤滑油圧力	機械工作法(円筒研削盤)
外周研削をする	○	○	○	トラバース研削・プランジ研削	機械工作法(円筒研削盤と作業)
端面研削をする					機械工作法(円筒研削盤と作業)
テーパ研削をする				テーパ	機械工作法(円筒研削盤と作業)
両センターを調整する				テーパ	
平面研削盤を操作する	○	○	○	センター	
平面研削盤を点検する	○	○	○	研削盤のしくみ・油圧装置	機械工作法(平面研削盤)
工作物を取り付ける	○	○	○	研削盤のしくみ	
CNC研削盤を操作する	○	○	○	電磁チャックの取り扱い・脱磁器	電気工学概論(電磁石・磁性体の特性)
表面アラサを測定する	○	○	○	操作盤の操作	
研削面を検査する	○	○	○	表面アラサ測定機	計測工学(表面アラサ)
寸法を測定する	○	○	○	表面の焼き付きと変色・スパークアウト	機械設計(面の仕上げ)
報告書をまとめる	○	○	○	マイクロメータ	計測工学
				すべての実験	

機械工学科における「工作実習」(その2)－作業分析にもとづいた「工作実習」の評価－

表2 仕上げ実習の作業分析

	第一学年	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）	講義科目との関連
要 素 作 業	アングル材 の仕上げ	スコヤの 製作				
図面を読む		○	機械製図		機械製図	
手仕上げの計画を立てる		○	手仕上げ作業の種類			機械工作（仕上げ）
工作物を固定する	○	○	固定方法の種類と安全	方力・クランプ* 工具		機械工作（工作物の固定）
工具を準備する	○	○	工具の名称と実物			
素材を準備する	○	○	ばり取り	やすり		
けがき作業						
けがき針と画尺によりけがく						
トースカンによりけがく						
ハイトゲージによりけがく	○	○		トースカン・画尺・スタンド		
コンパスによる円・円弧をけがく				ハイトゲージ 平行台		
心出しをする				コンパス		
ポンチを打つ	○	○	心出しの方法	トースカン・Vブロック・定盤		
やすりを点検する	○	○		ポンチ・ハンマ		
平面を仕上げる	○	○		ワイヤブラシ		
やすりの種類・目と大きさ			やすりの種類・目と大きさ	ストレートエッジ		機械工作法（やすり仕上げ）
やすりの握り方・基本姿勢			やすりの握り方・基本姿勢			
やすりのかけ方			やすりのかけ方			
垂直に仕上げる		○		スコヤ		
面を平行に仕上げる		○	基準面を考慮した加工	ダイヤルゲージ*		
丸みや曲面を仕上げる		○	やすりによる曲面仕上げの方法	Rゲージ		
サンドペーパーによる表面を磨く	○	○		サンドペーパー		
ねじ立て						機械工作法（ねじ立て）
ねじを作る						
ねじ下穴をあける	○	○	めねじと下穴・めねじの寸法・規格	ボール盤・ドリル		
めねじを切る	○	○		タップ・ハンドル・スコヤ		
おねじを切る	○	○		ダイス・ハンドル		
リーマ仕上げをする		○		ハンドリーマ		
テーパーピンリマでテーパー穴を仕上げる		○		テーパーピンリーマ		
テーパーピンを打ち込込む		○		ハンマ		
きざげをする				きざげ工具		
コンターマシンにより切断する	○	○		コンターマシン		
ボール盤を操作する	○	○	ボール盤作業・ボール盤の種類・構造			機械工作法（ボール盤）
穴あけの計画を立てる	○	○	ドリルの種類・しくみ			
主軸速度を変える	○	○	穴あけの切削条件		(機)ドリルの切削抵抗	機械工作法(ドリルの切削速度)
ドリルを取り付け・取外しする	○	○	ストレートシャンク・テーパーシャンク	チャックハンドル		
工作物を取り付ける(クランプ)	○	○		力		
穴の位置決めをする	○	○		クランプ		
ドリルのもみつけをする	○	○		ポンチ・ハンマ		
穴あけをする	○	○				
大径の穴あけをする			下穴をあける	ドリル		
深い穴あけをする			切り屑の排除・ドリルの折れ 摩擦熱による焼きもどし			
リーマ仕上げをする			リーマの下穴	機械リーマ		
リーマ盤を点検・清掃する	○	○		ボール盤		機械工作法（工作測定）
寸法を測定する				ノギス		機械工作法（工作測定）
スコヤにより直角を測定する	○	○	直角の測定法	スコヤ		機械工作法（工作測定）
円盤スコヤにより直角を測定する				円筒スコヤ 定盤		機械工作法（工作測定）
ストレートエッジより平面と垂直を調べる	○	○	平面度・真直度	ストレートエッジ*		機械工作法（工作測定）
赤あたりにより平面を調べる			平面度	光明丹と定盤		機械工作法（工作測定）
ダイヤルゲージにより平行を調べる	○	○	平行度	定盤、ダイヤルゲージ		機械工作法（工作測定）
Rゲージにより丸みを調べる	○	○		R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3 機械計測実習の作業分析

	第一学年	第二学年	要索作業と関連し、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）電気工芸実験（電）機械製図との関連	講義科目との関連
要素作業	段付きシャフトの測定 展開図法による表示	円柱体積の測定 円錐体の測定 外筒マイクロメータの試験 有効径の測定 三針法によるねじの測定 曲厚マイクロメータによる曲率の測定 サインバーによる角度の測定 指針測微器と空気マイクローメータによる比較測定 二次元図形の重心決定 羽動根車の製作と測定	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）電気工芸実験（電）機械製図との関連	講義科目との関連
製図	図面を読む 図面を書く 展開図をかく		機械製図法 機械製図法 投影法による製図と実長の求め方 投影法と製図 斜投影図、等角図		機械製図全般 (図)投影法と実長 (図)投影法 (図)アキソメトリストレーション	
図	投影図(三角法)をかき 立体図示法でかく		無駄のない板取り 板の切断法 金切りはさみの取り扱い バリの発生と取り扱いの注意	測定・けがき針 金切りはさみ		機械工作法(板金加工) 機械工作法(切断法)
手工	板を取り切る 金切りハサミにより 板を切断する やすりでバリとりする		板の曲げ加工	万力・ハンマー		機械工作法(バリの発生と除去) 機械工作法(曲げ加工)
板金	折り曲げる 板を組み立てる					
測定を計画する			長さ・変位の計測法 原理・測定範囲・測定精度 測定方法を選択する 測定器具を準備する			
ノギスにより寸法を測定する			ノギスの原理と取り扱い マイクロメータの原理と取り扱い ダイヤルゲージの取り扱い スタンドの取り扱いと変形	ノギス マイクロメータ ダイヤルゲージ マグネットスタンド		計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定)
マイクロメータにより寸法を測定する			ノギスによる寸法測定 熱変形 オプチカルフラットの取り扱い 光波干渉	マイクロメータ ダイヤルゲージ マグネットスタンド ハイトゲージ・定盤 ブロックゲージ・定盤 洗浄用具 オプチカルフラット	(機)ダイヤルゲージの構造測定	計測工学(長さの測定)
ダイヤルゲージにより寸法を測定する			ねじの種類・各部の寸法 三針の取り扱い 歯厚マイクロメータの取り扱い 歯車モジュール	ノギス マイクロメータ ダイヤルゲージ マグネットスタンド ハイトゲージ・定盤 ブロックゲージ・定盤 洗浄用具 オプチカルフラット	(図)寸法公差 (図)寸法公差 (図)寸法公差 (図)幾何公差・平面度 (図)幾何公差・平行度	計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定) 計測工学(長さの測定)
ハイトゲージにより寸法を測定する			三角比・サインバーとブロックゲージの取り扱い 指針測微器の原理と取り扱い	オプチカルフラットの取り扱い 光波干渉		計測工学(長さの測定)
ブロックゲージを取り扱う			空気マイクローメータの原理と取り扱い	オプチカルフラットの取り扱い 光波干渉		計測工学(長さの測定)
オプチカルフラットを取り扱う			アラサの表し方 力のモーメントのつりあい・平面図形と重心・重心の求め方	オプチカルフラットの取り扱い 光波干渉		計測工学(長さの測定)
オプチカルパラレルを取り扱う				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
上皿ばね式指示ばかりを取り扱う				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
三針を取り扱う				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
歯厚マイクロメータにより寸法を測定する				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
サインバーを取り扱う				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
指針測微器により微小変位を測定する				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
空気マイクローメータにより微小変位を測定する				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
表面あらさを測定する				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)
重心を測定する				オプチカルパラレル 上皿ばね式指示ばかり		計測工学(長さの測定)

表3 機械計測実習の作業分析

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
	段と見取り図の表示	展開図の表示	円柱・円錐の展開図の表示	外角・外円・外径の測定	三針法による測定	有効マイクログラムの測定	サインバールによる測定	二角・二辺・二角の測定	二角・二辺・二角の測定	二角・二辺・二角の測定				
動力を測定する											仕事率・位置エネルギー・回転運動の動力	ストップウォッチ	(機)ガソリン機関の性能試験	計測工学(動力の測定)物理(仕事率)
有効数字を考えて計算する											有効数字の表し方と計算		すべての実験(データ処理)	計測工学(誤差と精度・測定値の取り扱い)工業数理(有効数字)
平均値を求める											仮平均による平均値の求め方		すべての実験(データ処理)	計測工学(測定値の取り扱い)
報告書をまとめる													すべての実験	
実験・実習・講義科目との関連											流体力学(運動量の理論)機械設計(動力設計、物理(仕事率))工業力学(力のモーメント、重心)			

表4 電気計測実習の作業分析

要素作業	第三学年										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
	乾電池の電圧の計測	交流電圧の計測	電気抵抗の計測	電子部品類の抵抗計測	抵抗の直列回路	抵抗の並列回路	電流計の設計	電流計の設計	電流計の設計	電流計の設計				
回路を設計する											電気・電子部品の特性と基本回路 抵抗の直列・並列回路 半波整流回路 増幅回路 基本論理回路 自己保持回路 インターロック回路	(機)抵抗の測定 (電)半導体素子の特性 トランジスタの特性 シーケンス制御	電気工学概論 電流・電圧・抵抗・電力 直流回路 リレーシーケンス回路	
部品を準備する											部品の名称・記号・実物・定格 抵抗値の読み方 定格電圧・電流・電力 消費電流・消費電力 接点数 電流増幅率・型(PNP,NPN) 光に対する特性 温度に対する特性 光に対する特性	(機)光電変換素子の特性 (電)抵抗の測定 半導体素子の特性 トランジスタの特性 シーケンス制御	電気工学概論 電流・電圧・抵抗・電力 リレーシーケンス回路 直流電動機 電子工学概論 半導体素子	
電源を準備する											種類 機能 安全教育	乾電池 直流安定化電源	(機)抵抗の測定 (電)直流電位差計	電気工学概論 電池とその接続
工具を準備する											工具の名称と実物	半田ごて ニッパー 簡易回路作成ボード		電気工学概論 電力
測定器を準備する											測定器の名称と実物 測定器の精度	テスター オシロスコープ 発振器	(機)パルス回路 (電)OPアンプ 波形の観察 抵抗の測定 直流電位差計	電気工学概論 電気計測(電流・電圧・抵抗) 電子工学概論 電子計測(波形の観察)
部品を検査する											テスターの使い方 抵抗測定 スイッチのしくみ リレーのしくみ ダイオードのしくみ、極性 トランジスタのしくみ 発光ダイオードのしくみ ホトダイオードのしくみ サースタのしくみ CdSのしくみ	テスター (機)抵抗の測定 (電)半導体素子の特性 トランジスタの特性 シーケンス制御	電気工学概論 電流・電圧・抵抗・電力 電気計測(電流・電圧・抵抗) リレーシーケンス回路 直流電動機 電子工学概論 半導体素子	
回路を作成する											部品の記号と実物 基本回路 回路を設ける 回路作成ボードの使い方	回路作成ボード 直流電源 発振器	(機)抵抗の測定 (電)直流電位差計 波形の観察 半導体素子の特性 トランジスタの特性 光電変換素子の特性 シーケンス制御 OPアンプ パルス回路	電気工学概論 電流・電圧・抵抗・電力 リレーシーケンス回路 直流電動機 電子工学概論 半導体素子 電子回路
回路の結線調べる											部品の記号と実物 基本回路 回路を設ける	(機)抵抗の測定 (電)直流電位差計 波形の観察 半導体素子の特性 トランジスタの特性 光電変換素子の特性 シーケンス制御 OPアンプ パルス回路	電気工学概論 電流・電圧・抵抗・電力 リレーシーケンス回路 直流電動機 電子工学概論 半導体素子 電子回路	

機械工学科における「工作実習」(その2)－作業分析にもとづいた「工作実習」の評価－

要素作業	第三学年											要素作業に関連し、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
	乾電池の電圧の計測	交流電圧の計測	電圧抵抗の計測	スイッチ類の抵抗計測	電子部品類の抵抗計測	抵抗の直列回路	抵抗の並列回路	電流計の設計	電流計の設計	電流計の設計	電流計の設計				
テスターで回路を検査する	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	テスターの使い方	テスター	(機)抵抗の測定 (電)直流電位差計 半導体整流器の特性 トランジスタの特性 光電変換素子の特性 直流分巻発電機 ヒュース 三相巻線型誘導電動機	電気工学概論 電子計測(電圧・電圧・抵抗)
オシロスコープで回路を検査する	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	オシロスコープの使い方	オシロスコープ 発振器	(機)パルス回路 (電)OPアンプ 波形の観測	電子工学概論 電子計測(波形の観察)
測定値を整理する	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	測定値の処理 有効数字		すべての実験	
報告書をまとめる	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	報告書の書き方		すべての実験・実習	

表5 エンジンの分析組立の作業分析

要素作業	第三学年 エンジンの 分解組立	要素作業に関連し、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
導入	○	4ストロークガソリンエンジンの主要部の名称と役割 4ストロークガソリンエンジンの作動		(機)ガソリンエンジンの性能試験 (図)ガソリンエンジンの設計製図	熱力学 熱機関
工具の名称と使い方	○	締め付けトルクと強度 安全教育	めがねレンチ・ボックスレンチ・プライヤ トルクレンチ・ピストンスライダ		
シリンダヘッドカバー シリンダヘッド	○ ○	燃焼室、吸気弁、排気弁、点火プラグ 吸・排気マニホールド ボルトの締め方と締め方			水力学(流れ)・ 機械工作(加工法)
燃焼室		OHV,SV, 高効率燃焼, 渦流			
シリンダブロック		材料			
シリンダライナ		耐摩耗性			
ピストン	○	ピストン・クランク機構, 材料アルミ合金 軽量・高熱伝導・耐熱・低膨張 シリンダと組み付け位置			材料学(材料の物性値と用途) 機械工作(加工法) 機械力学(つりあい)
ピストンリング	○	ピストンリングのはたらき コンプレッションリング, オイルリング 洗浄・組み付け			
ピストンピン					
コンロッド	○	ピストン・クランク機構, 材料			
クランク軸	○	ピストン・クランク機構, 材料 クランクアームの配置と点火順序 回転力・トルク, 軸受荷重均一 動つりあい			
フライホイール	○	慣性モーメント, 回転力の平均化 ボルトの締め方と締め方			
弁	○	弁機構(SV, OHV, OHC, DOHC) 4ストロークエンジンの作動 弁の開閉時期, バルブオーバーラップ 材料, 耐熱 すりあわせ			機械設計(機構・カム・タイミングベルト)
カム					
カム軸	○				
タイミングベルト	○				
燃料ポンプ					
キャブレタ	○	ベンチュリ, 混合比(空燃比) 絞り弁, チョーク弁 回転速度と出力の制御			水力学(ベンチュリ・絞り弁・チョーク弁・流れ)
エアクリーナボックス	○	流れ			
インジェクション		噴射弁, コンピュータ, センサ(吸気温度 酸素, 冷却水温度, 絞り弁開度) 流量計, 排気ガス対策			センサ・コンピュータ
インテークマニホールド	○	流れ			
ディストリビュータ	○	点火順序, プレーカ, 進角装置 コンデンサ ギャップ			電気工学(交流・コンデンサ・誘電 蓄電池・変圧器・電磁誘導)
点火プラグ					
バッテリー					
点火コイル		変圧器, 電磁誘導, 流れ			
エキゾーストマニホールド	○	流れ			水力学(流れ)
触媒コンバータ	○	酸化・還元			化学(酸化・還元)
排気管	○	流れ			
マフラー		流れと圧力損失 潤滑油のはたらき(摩擦低減 冷却, 気密, 腐食防止)		(機)騒音測定	水力学(流れと圧力損失)
潤滑					
オイルパン	○				
オイルストレーナ	○				
オイルフィルタ					
オイルポンプ					流体機械(ポンプ) 伝熱工学(熱伝導・伝達)
冷却					
ラジエータ					
水ジャケット	○				
サーモスタット					
報告書をまとめる	○				計測工学(温度)

3. 工作実習とその他の科目との関連

工業技術教育において、体験を重視した教育と理論を重視した教育があり、これらを並行して指導したり、また、体験を先行させて指導するなどがある。本校を含め、機械工学科における教育では、実習などの体験を重視した教育を先行させ、その後に理論を重視した教育をしている学校が多い。このような意味で、実習と講義科目、設計製図、実験3)との関連を整理しておくことは、学習の深化をはかる上で大切である。

3-1) 講義科目と実習内容との関連

a) 数学や力学に関する科目との関連 (表6)

一般力学・材料力学・機械力学と実習内容は、重心、慣性モーメント、振動、つりあい、たわみ、回転数と周速などの内容と関連する。

b) 流体と熱力学に関する科目との関連 (表7)

水力学・熱力学・伝熱工学と実習内容は、エンジンに関する以外、あまり関連がない。

c) 材料・工作に関する科目との関連 (表8)

材料学・機械工作と実習内容は、加工するのに直接的に関連している。特に、機械工作はすべての実習と関連している。

d) 電気・電子・計測・制御・情報に関する科目との関連 (表9)

計測工学は測定という点で実習と関連がある。しかし、電気工学概論・電子工学概論・制御工学・情報処理とは間接的である。

[まとめ] 実習と講義科目とはいろいろな内容で関連はあるが、実際の指導では、指導時間や学習者の知識などから十分な指導をしているとは言えない。実習と講義の指導者との連携をはかるなど、実際の指導では課題も多い。

表6 講義科目(数理・力学)と実習内容との関連

	鍛造	溶接 ガス溶接 溶アーク溶接	旋盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研削 平面研削盤 円筒研削盤	仕上げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
工業数値 1. 事象とグラフ 2. 有効数字と誤差 3. SI記号と単位換算 4. 指数の計算 5. 対数の計算 6. 三角関数 7. ベクトル								有効数字 三角比(サインバー)	
工業力学 1. 力のつりあい 2. 物体の重心 3. 運動方程式 4. 剛体の運動								力のモーメント 平面図形の重心	(フライホイール)
応用物理 1. 力学の基本 2. 質点の力学 3. 質点系の力学 4. 剛体の力学 5. 変形する物体				回転数・周速	(回転数・周速)	ボール盤 回転数・周速			(ピストン・クランク 機構) (フライホイール)
機械力学 1. 運動学の基礎 2. 一自由度の振動 3. 振動の測定 4. 振動の絶縁と緩和 5. 二自由度の振動 6. 回転軸のねじり振動 7. 回転機構のつりあい 8. 回転軸のふれまわり 9. 往復機構のつりあわせ			(バイトのびびり 振動)		砥石のバランス				(エンジンのマウント と防振) (フライホイール) (ピストン・クランク 機構)
材料力学 1. 静力学の基礎 2. 引っ張りと圧縮 3. 応力とひずみの性質 4. はりの曲げとたわみ 5. 組み合わせ応力 6. 軸のねじりとせん断応力 7. エネルギー法 8. 長柱の座屈 9. 円筒、球、平板 10. 曲がりはり		熱応力とひずみ	(バイトのたわみ)	(バイトのたわみ) (エンドミルの たわみ)			弾性変形と測定 誤差		コンロッド (断面形状 と強度)

() 内の内容: 関連はあるが指導していない内容

表7 講義科目(水力学・熱力学)と実習内容との関連

	鍛造	溶接 ガス溶接 溶アーク溶接	旋盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研削 平面研削盤 円筒研削盤	仕上げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
水力学・流体機械 1. 静水力学 2. ベルヌーイの定理 3. 運動量の法則 4. 渦運動 5. 管内流れ 6. 抗力と揚力 7. 渦巻ポンプ 8. 斜流、軸流ポンプ 9. ベルトン水車 10. フランシス水車 11. プロペラ水車				(切削液ポンプ)	(切削液ポンプ)		空気マイクロメータ 流量計測		(燃焼室内の流れ) (ベンチュリ・キャブレタ) (燃料ポンプ)

機械工学科における「工作実習」(その2)ー作業分析にもとづいた「工作実習」の評価ー

	鍛 造	溶 接 ガス溶接 溶アーク溶接	旋 盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研 削 平面研削盤 円筒研削盤	仕 上 げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
熱力学・熱機関 1. 熱力学入門 2. 熱力学の第一法則 3. 熱力学の第二法則 4. 理想気体 5. ガスによるエネルギー変換 6. 蒸気によるエネルギー変換 7. 流路をとる気体流れ 8. 新しい熱力学 9. 内燃機関 10. ガスタービン 11. ボイラ 12. 蒸気プラント									サイクル エンジンのしくみと作動
伝熱工学 1. 熱の伝わり方 2. 熱伝導 3. 熱伝達 4. 熱交換器の種類と伝熱計算 5. フィンの効果 6. 熱伝達率の計算 7. 沸騰・凝縮の熱伝達 8. 熱放射による熱の移動	(加熱と熱伝導 質量効果)	(熱伝導 熱変形)	(切削液と冷却)	(切削液と冷却)	(切削液と冷却)		熱膨張	温度測定	(材料と熱伝導) ラジエタ (ピストン・シリンダ ピストンリング) (潤滑)

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

表8 講義科目(材料・工作)と実習内容との関連

	鍛 造	溶 接 ガス溶接 溶アーク溶接	旋 盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研 削 平面研削盤 円筒研削盤	仕 上 げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
材料科学・材料強度学 1. 金属の特性と原子 の結合結晶構造 2. 金属の塑性変形のしくみ 3. 状態図の作り方と見方 4. 鉄鋼材料の製法 5. 鉄鋼材料の組織と組織 6. 鉄鋼材料の熱処理と組織の制御 7. 鉄鋼材料の防食 8. 特殊鋼 9. セラミックス 10. 非鉄金属 11. プラスチック材料の基礎 12. 金属材料の組織と性能 13. 金属材料の組織と性能 14. 材料の基本的強さの測定と 設計への応用 15. 材料強度の信頼性 16. 破壊力学の基礎 17. 材料の疲労強度 18. 材料の高温強度 19. 材料の衝撃強度 20. 複合材料の複合則 21. フラクトグラフィの基礎	塑性加工 (加熱と材質の 変化) (鉄鋼材料)	(加熱と材質の 変化) (鉄鋼材料)	鉄鋼材料 切削工具の材料	鉄鋼材料 (切削工具 の材質) アクリルの加工	鉄鋼材料	鉄鋼材料			(エンジン部品の 材質 耐熱 耐摩耗 熱伝導率 熱膨張) (エンジン部品の 熱処理)
機械工作法 1. 機械工作の目的 2. 鋳造：砂型/砂/ 特殊鋳造 3. 鍛造：アーク/ガス/圧延 4. 塑性加工：鍛造/ 圧延/プレス/せん断 5. 熱処理 6. 粉末冶金加工 7. 工作機械 8. 切削理論 9. 切削工具 10. 旋盤 11. ボール盤 12. フライス盤 13. 特機 14. 砥粒加工 15. 研削理論 16. 特殊加工	鍛造	溶接・溶接機	旋盤 バイト 切削条件	フライス盤 形削り盤 フライス・バイト 切削条件	研削盤 砥石 研削条件	ボール盤 回転速さ			(エンジン部品の 加工)
生産工学 1. 生産工学の発展 2. 生産方式 3. 生産設計 4. 各種の技法 5. 品質管理 6. 在庫管理 7. 実験計画法	加工工程	加工工程	加工工程	加工工程	加工工程	加工工程	寸法測定	(測定と品質管理 測定の自動化)	(組立を考えた 設計)

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

表9 講義科目(電気・電子・計測・制御・情報)と実習内容との関連

	鍛 造	溶 接 ガス溶接 溶アーク溶接	旋 盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研 削 平面研削盤 円筒研削盤	仕 上 げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
電気・電子工学概論 1. 直流回路 2. 電圧・電圧・抵抗の測定 3. 抵抗値による回路の計算 4. 電圧と静電気 5. 交流回路 6. 発電機・電動機・変圧器 7. 電磁誘起と電圧と電流 8. トランジスタの仕組み 9. IC・センサー 10. 電子機器と電源 11. 増幅・発振 12. 変調・復調 13. デジタル回路 14. AD・DA変換 15. マイクロプロセッサ		抵抗溶接機 (放電) (変圧・トランス アーク溶接機)	(三相誘導 電動機) (リレー回路) (サーボモータ ロータリーエンコーダ)	(三相誘導 電動機) (サーボモータ ロータリーエンコーダ)	(三相誘導 電動機)		(電気マイクロメータ)	抵抗回路 電圧・電圧・抵抗の 測定 交流と直流 トランジスタ ダイオード 発光ダイオード センサー(光・温度) 増幅回路 リレー回路	(点火装置 コンデンサ 直流と交流 点火コイル 電磁誘導)
計測工学 1. 誤差と精度 2. 測定値の取り扱い 3. 測定値の検出・拡大 指示・記録 4. 長さ・角度 質量・比重 時間・回転速度 力・動力 温度・熱量・湿度 などに関する測定	寸法測定 (パス・スケール)		寸法測定 [ノギス・マイクロメータ バイトゲージ]	寸法測定 [ノギス・マイクロメータ バイトゲージ]	寸法測定 [ノギス・マイクロメータ 平行・平面測定 あらさ測定]	寸法測定 [ノギス・マイクロメータ 平行・平面・直角 測定]	有効数字 測定機の精度	電気計器 オシロスコープ	

	鍛 造	溶 接 ガス溶接 アーク溶接	旋 盤 汎用旋盤 CNC旋盤	平面加工 形削り盤 フライス盤 CNCフライス盤	研 削 平面研削盤 内筒研削盤	仕 上 げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
制御工学 1. 自動制御 2. 動的システムの表現 3. ラプラス変換 4. 伝達関数/ブロック図 5. 電気サーボ系 6. 液面制御系 7. 周波数応答解析 8. デジタル制御 9. 状態方程式の離散化 10. 変換とパルス伝達関数 11. 可制御性と可観測性 12. 安定性 13. 状態フィードバック 14. オブザーバ 15. 有限周波数応答制御 16. LQ, LQI制御			(フィードバック制御 セミクロスドループ デジタルサーボ 数値制御)	(フィードバック制御 セミクロスドループ デジタルサーボ 数値制御)					(コンピュータ制御 EFI)
情報処理 1. 電子計算機システムの概要 2. 2進数と16進数 3. オペレーティングシステム 4. ネットワーク 5. ワープロの練習 6. 表計算の練習 7. 流れ図 8. FORTRAN文法 9. FORTRANによるプログラム			コンピュータの操作 (NCパートプログラムの作成)	(フィードバック制御 セミクロスドループ デジタルサーボ)					

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

3-2)機械設計製図と実習内容との関連 (表10)

図面を見て加工するという点では、製図と実習は関連しているが、実際の設計や製図の授業において、ものづくりとの関連から指導という点では課題も多い。

3-3)実験内容と実習内容との関連 (表11、表12)

電気工学実験と実習との関連はあまりないし、機械工学実験との関連もあまりない。機械工学実験では、学生自らが作った試験片で実験を行うなどして、実習と実験に対する目的意識を高めたい。

表10 設計製図と実習内容との関連

	鍛 造	溶 接	旋 盤	平面加工	研 削	仕 上 げ	機械計測	電気計測	エンジン 分解組立
機械製図									
1. 線と文字			○	○	○	○	○		
2. 立体の表現			○	○	○	○	○		
3. 三角法による表現			○	○	○	○	○		
4. 平面図形			○	○	○	○	○		
5. 展開図			○	○	○	○	○		
6. テクニカル・イラストレーション			○	○	○	○	○		
7. JISによる製図									
8. 機械要素の製図									
9. 3方フランジT字管						○	○		
10. ボルト・ナット									
11. 一体型軸受									
12. 平歯車									
13. ころがり軸受									
14. かさ歯車									
15. ウォームギヤ									
16. 青銅10k正形弁 (部品図と組立図)			○						
17. フランジ形 たわみ軸継手			○						
18. 溶接記号と製図		○							
19. 減速歯車装置			○				○		
20. ウィンチの設計製図 (部品図と組立図)			○		○				
21. エンジンの設計製図 (部品図と組立図)	○	○	○		○				○
22. 渦巻ポンプの設計製図 (部品図と組立図)			○		○				
23. CAD(Vブロック)									
機械設計									
1. 機械設計の基礎									
2. 機械要素と標準規格 JIS/ISO									○
3. 荷重の種類と 応力集中									
4. 疲労と衝撃 許容応力と安全率									
5. はりと軸									
6. はめあい方式									○
7. ねじの種類・原理・ 効率・強度			送りねじ ねじ切り				ねじの測定		○
8. 軸と軸継手の種類									
9. 伝動軸・機械軸・ 車軸の強度計算									○
10. キーの強度計算と 軸材料									
11. 歯車の種類・加工法 各部の名称							ダイヤルゲージ 歯車と拡大		○
12. 歯車の理論と インポリュートカーブ									
13. 標準平歯車 強度計算									
14. 歯車列と歯車材料			変速	変速					○
15. カム									○
16. 機構学									○
17. ウィンチの設計			部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法			
18. エンジンの設計	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法			エンジン部品と 名称
19. 渦巻ポンプの設計			部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法	部品と加工法			

表11 電気工学実験と実習内容との関連

実験テーマ	実習	鍛造	溶接	旋盤	平面加工	研削	仕上げ	機械計測	電気計測	エンジン分解組立
抵抗の測定									テスタ	
直流電位差計										
波形の観察									オシロスコープ	(点火装置)
半導体整流器の特性試験									ダイオード	
トランジスタの特性試験									トランジスタ	
光電変換素子の特性試験									フォトランジスタ	
直流発電機										
ヒューズ										
シーケンス制御									スイッチとリレー	
三相巻線誘導電動機				(動力用モータ)	(動力用モータ)	(動力用モータ)				
OPアンプ										
パルス回路										

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

表12 機械工学実験と実習内容との関連

実験テーマ	実習	鍛造	溶接	旋盤	平面加工	研削	仕上げ	機械計測	電気計測	エンジン分解組立
ドリルによる切削抵抗の測定							ボール盤			
パイロの切削抵抗				切削条件						
ばね一質量系の自由振動と強制振動										
抵抗・コンデンサ・コイルの直列と並列に対する特性								抵抗測定		
抵抗とコンデンサの回路の過渡特性と周波数特性								オシロスコープ		
電気サーボ系				(デジタルサーボ)	(デジタルサーボ)					
液面制御系										
引張試験				(試験片製作)						(部品の熱処理)
硬さ試験	(硬さ測定)									
衝撃試験					(試験片製作)	(試験片製作)				
板の曲げ試験								(ひずみ測定)		
真円度測定とデータ処理				(測定物製作)		(測定物製作)			(部品の測定)	
ダイヤルゲージの精度測定とデータ処理				(偏心振れ回り)	(平行・平面の測定)	(形状誤差)			(部品の測定)	
ガソリンエンジンの性能試験								動力・流量測定 温度測定 温度測定	回転数測定	エンジンのしくみと性能
ジュールの熱の測定									電圧抵抗	
熱電対の温度校正										
ひずみゲージによる応力測定										
材料組織の定量的評価法										
炭素鋼の焼き入れによる衝撃値の変化					(試験片製作)	(試験片製作)				
破断面のSEMによる観察と解析										
過熱ポンプの性能試験										(ガスの流動)
円筒の抵抗損失と管オリフィス										(マフラー)
騒音測定									(FFT解析)	
風速測定									(風速計)	

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

4. 実習内容間の関連

表13から測定方法は各実習内容に共通しているが、各内容は独立していることがわかる。実習の総合化を

はかり、意識的に実習を関連づけて、実習の目的を学生にわからせながら、実習を指導したい。

表13 実習内容間の関連

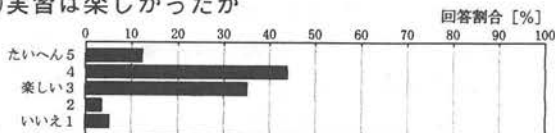
実習	鍛造	溶接	旋盤	平面加工	研削	仕上げ	機械計測	電気計測	エンジン分解組立
鍛造		(材料の加熱と物性の変化)				直角測定	(パスとスケールによる寸法測定)		(エンジン部品の加工)
溶接							(非破壊検査)		(エンジン部品の加工)
旋盤				切削条件	面の仕上げ程度	ねじ加工	寸法測定 (ノギス・マイクロメータ・ダイヤルゲージ)	動力用モータの制御	(エンジン部品の加工)
平面加工					面の仕上げ程度	平面度	寸法測定 (ノギス・マイクロメータ・ダイヤルゲージ)	(動力用モータの制御)	(エンジン部品の加工)
研削						面の仕上げ程度	寸法測定 (ノギス・マイクロメータ・ダイヤルゲージ)	(動力用モータの制御)	(エンジン部品の加工)
仕上げ							寸法測定 (ノギス・マイクロメータ・ダイヤルゲージ・ハイトゲージ) (真直・平行・平面度・直角)		(部品の組み立て)
機械計測								(機械量の電気計測)	(エンジン部品の寸法測定)
電気計測									(点火装置)
エンジン分解組立									

() 内の内容：関連はあるが指導していない内容

5. 学生の受けとめ方

本校の学生56名(4年生30名、5年生26名)を対象に、実習に関するアンケートをとった。

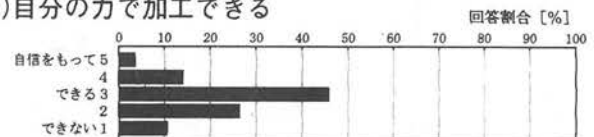
1) 実習は楽しかったか



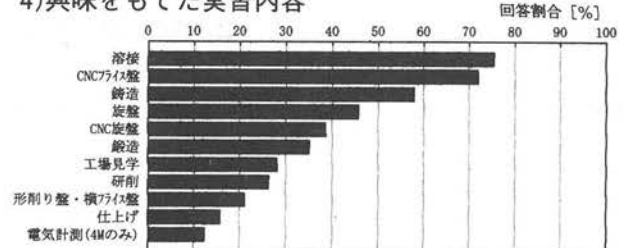
2) 実習は専門の学習に役だっている



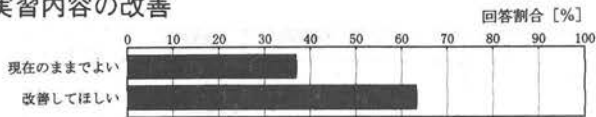
3) 自分の力で加工できる



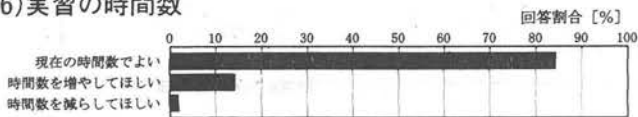
4) 興味をもった実習内容



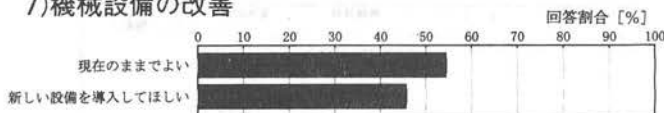
5) 実習内容の改善



6) 実習の時間数



7) 機械設備の改善



学生は実習に楽しく取り組み、学習に役立てている。しかし、自力で機械加工をすることには、自信のない学生も多い。

実習内容では、学生自らが工夫できる内容に興味をもっており、指導内容と指導方法両面から学生の意欲を引き出す方法を全体的に検討しなければならない。

実習の時間数については現行の時間数が適当であると、学生は受けとめている。

6. 「工作実習」の位置づけとこれからの実習

現行のカリキュラム(表14)からみると、「実習」は、ものづくりについての基礎技能の早期教育、体験をととした機械工学への導入教育と位置づけられている。

ものづくりでは、「できる」という基礎技能と、ものをつくる手順や行程、工具・機械の準備などの段取り能力を育てることが大切である。これには、実習、設計製図、実験などの授業を通して、实际的に指導することである。

表14 機械工学科のカリキュラム(一般科目の数学・理科を含む) 1997年4月現在

	第1学年	第2学年	第3学年	第4学年	第5学年
数 学	基礎数学(6)	代数学(3) 微分積分学(3)	解析学(2) 応用数学(2)	応用数学(2) 応用数学(2)	数理工学(選択 2)
力 学	物理(2) [力学]	物理(2) [電磁気] 工業力学(2) 工業力学演習(2)	応用物理(2) [力学] 材料力学(2)	材料力学(2) 水力学(2) 熱力学(2)	機械力学(2) 材料力学演習(1) 流体機械(選択 2) 熱機関(選択 2) 応熱工学(選択 2)
水 と 熱					
材 料	化学(2)	化学(2)	材料学(2) 情報処理(2)		材料強度学(選択 2) 数値解析(2) 電子工学概論(2) 新機工学(2)
電 気 電 子 学		物理(2) [電磁気学]		電気工学概論(2) 電気工学実験(2) 応用物理(2) [制御工学]	計測工学(選択 2) 機械工学実験(2) 機械設計製図(3)
実 験	機械製図(2)	機械製図(2)	機械設計製図(4)	機械工学実験(2) 機械設計製図(4)	
設計・製図 ものづくり 体験学習	工作実習(3)	工作実習(3) 機械工作法(2)	工作実習(3) 機械工作法(2)		生産工学(選択 2) 技術論(選択 1) 卒業研究(2)
社会科学 英語・手研				英語(1)	

() 内の数値は単位数

機械工学への導入教育では、機械工学の基礎科目である一般力学、材料力学、機械力学、流体力学、熱力学と関連させた「ものづくり」を通して、体験から科学的に考える教育をめざすことが必要である。

このような教育は、指導者の努力のみでなく、学生自らが主体的に取り組まなければ成果が上がらない。これには、従来のような知識や技能の伝達型の学習でなく、問題解決型の学習を導入しなければならない。また、学習者の心理性を考慮し、低学年から学習者をびっくりさせ、効果ある動機づけも必要である。

実習と講義科目、設計製図、実験を関連づけ、ものづくりと技術学の基礎を育てる実習がこれからの実習教育となると言える。具体的には、スターリングエンジンの製作と性能試験(ものづくりと熱力学、機構学、機械力学)、風に向かって走る車(ものづくりと流体力学、機構学、機械力学)、ポケコンカー(ものづくりと電気・電子・コンピュータ、制御)、電動車椅子(ものづくりと機構学、設計製図、電気、電子、制御)など多くの実践例を調査し、学習内容の構造化という視点から実習の内容を検討し、設備を充実していかなければならない。

7. まとめ

作業分析による実習内容の分析から、次のことが明らかになった。

- 1) 作業分析により、実習内容を評価でき、要素作業的な実習内容となっていることがわかった。
- 2) 実習と講義科目、設計製図、実験との関連を分析したところ、関連する内容は多いが、それぞれの学習における指導上の改善が必要である。
- 3) アンケート結果から、学生は実習を評価しているが、内容や設備の改善を望んでいる。

今後、設備の充実をはかり、学生が興味をもって、主体的に取り組める実習の構築をめざして、指導内容を見直し、指導方法を工夫していきたい。

〔参考文献〕

- 1) 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)
- 2) 三田・猪瀬・大藪・田中・鷹箸・猪瀬・伴・斉藤・木下：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－、小山工業高等専門学校研究紀要第29号(1997)61-70
- 3) 平成8年度と平成9年度の小山工業高等専門学校機械工学科の授業要目