

# 加工学習における機械工学の役割と授業実践

鈴木賢治\*<sup>1</sup>, 平賀保博\*<sup>1</sup>, 下保敏和\*<sup>1</sup>, 平尾篤利\*<sup>1</sup>, 佐藤亮一\*<sup>1</sup>

## A Role of Mechanical Engineering for Approach to Machining and Practical Application to Technical Education

by

Kenji SUZUKI, Yasuhiro HIRAGA, Toshikazu KAHO, Atsutoshi HIRAO and Ryoichi SATO

**Abstract:** In this study, a role of mechanical engineering in machining learning was described. Without understanding mechanical engineering, machining learning tends to fall into merely working. Technical education has a strong influence on science education. The decrease in school hours of technology education was one of the reasons for science phobia. The content of mechanical engineering which was concerned with machining learning was demonstrated. We introduced the mechanical engineering practice for the technology teacher education. In addition, the practice was examined from a viewpoint of active learning.

**Keywords:** technology education, teacher education, machining, mechanical engineering, experiment in metallic materials, active learning

### 1 緒 言

加工学習は、技術科\*<sup>2</sup>を特徴づける重要な柱となっている。加工学習と直接かかわる領域は、木材加工および金属加工がある。しかしながら、その領域だけで加工学習は成立しない。加工については、指導要領解説でも製図、設計、材料などの知識を重要としている<sup>[1]</sup>。このことは、加工学習は学問分野として機械工学と深い関わりを持つことを示している。

他方、加工の授業は「ものづくり」の観点を重視すると、機械工学の側面より製作に向かうことも多い。また、生徒自身が道具を利用して実際に製作することは、子どもの発達段階を考えると、学習意欲や効果の面から必要といえる。しかし、技術科の時間が削減され、時間数が少ないために、結果として製作のみが課題となり、作業だけの授業に陥ることもあり得る。製作した作品を評価するだけの技術教育になってしまう面も否めない。

このような状況を見ると、技術教育における加工は、特色と魅力を持ちながらも、生徒が加工学習を通してどのような認識形成をすべきかを明確にしておかなければならない。この問題を解決するには、加工についての学問的な理解が必要となる。すなわち、加工というものごとの本源に遡り、そこから改めて加工学習を組み立てることが必要である。その作業を進める上で、加工という営みを機械工学の観点から再認識することが必要である。教員養成において加工、ものづくりの題材は大切であり、技術教

育の中で多方面の領域から検討されるべきである。

本稿では、加工学習を機械工学の面から分析し、加工学習における機械工学の果たす役割を明らかにすると共に、それを教員養成の中に取り入れたカリキュラム構成と授業実践について述べる。

### 2 ものづくりと加工学習

#### 2.1 加工の位置づけ

加工学習は、教育職員免許法施行規則の領域として木材加工および金属加工に分かれ、必修の扱いとなっている。これらは「実習も含む」となっており、授業の中に実習を含む必要がある。しかし、どれだけ実習を含むか規定がないので、ある意味では大学の裁量にゆだねられており、曖昧になっている。かつては、金属加工実習、木材加工実習と明確に規定し実習の単位を義務づけていたので、質の高い教員養成を行うことができた。今日、質の高い教員養成が要望されていることを考えると、実習の単位数の下限を教育職員免許法の規定に明確にすることが好ましい。

技術的側面から離れて生産を考えてみよう。人間社会をすべて抽象化して経済の側面から見れば、生産労働により経済的富を作りだし、それを分配して社会基盤が成立している。加工という労働は、生産の主要な部分を形成しており、社会にとって重要な役割を果たしている。人間社会において、物質的基盤の製造は加工という営みから作り出され、近年では情報も加工されて我々の生活の中に生かされている。このように考えると、加工という人間の行為を学校教育の中でどのように位置づけ、それを子どもたちにどう教えるかは重要である。

\*<sup>1</sup>新潟大学教育学部

\*<sup>2</sup>「技術科教育」という場合は、中学校の技術・家庭科の技術科の教育を意味する。中学校の教科に限らず、教育課程を通した技術の教育を意味する場合は、技術教育と表記する。

表1: 日本と比較した8カ国における普通教育としての技術教育の実施状況

学年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	教科名
スウェーデン	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	手工科
イギリス	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			技術科
ロシア	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		技術科
台湾	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		生活技術
ドイツ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			州ごと
アメリカ	▲	▲	▲	▲	▲	●	●	●	○	○	▲	▲	州ごと
フランス	△	△	△	●	●	●	●	●	●	○	○	○	技術科・他
韓国			●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	技術・産業科
日本							●	●	▲				技術・家庭科

●必修, ○選択必修, ▲選択, △他教科と統合して実施

この問題を考えるには、技術教育が教育課程にどのように位置づけられているかを調べることで評価できる。具体的には、教育課程の技術教育について国際比較する方法がある。諸外国では、義務教育課程の中で技術の授業は表1のような扱いになっており<sup>[2]</sup>、日本の教育課程における技術の扱いが極端に低いことが明白である。日本の義務教育の教育課程における技術軽視は、国際比較を行うとよくわかる。さらに、それが国民教育に重大な影響を及ぼしている。一例として、科学を扱う仕事に就きたいかという調査結果を図1に示す<sup>[3]</sup>。図からわかるように「科学が生活に役立っている」という認識形成が、科学を扱う仕事への就業につながるという結果を示している。日本で理科離れが叫ばれ久しいが、理科離れ(理数離れ)の原因は、技術教育の軽視と密接に関係している。技術は生産に関する科学であり<sup>[4]</sup>、科学と技術は歴史を見ても密接に関係して発展してきた。我々の意思とは別に、科学と技術は相互に影響している。日本においては技術の授業数が少なく、技術教育の内容も不十分なことが問題である。理科や数学の学習が、科学への興味や科学に係わる仕事に就くことでないならば、進学のために理科や数学を学習する実態も垣間見られる。

このように「理科離れ」が生じる原因は、理科教育にあるのではなく、日本独自の教育課程の問題が根底にある。明治以降の近代国家形成において、明治政府は富国強兵や産業育成を目的に技術を導入した。その結果、技術の持つ陶冶価値は見落とされ、技術は教科として学制に組み込まれなかった<sup>[5]</sup>。技術は教育的価値ではなく、もっぱら富国強兵の手段として位置づけられた<sup>\*3</sup>。当時、手島精一のように理学・工学としての技術教育の必要性と普通教育とし

<sup>\*3</sup>この問題は過去の歴史ではなく、現代の理工系人材育成などと同じである。

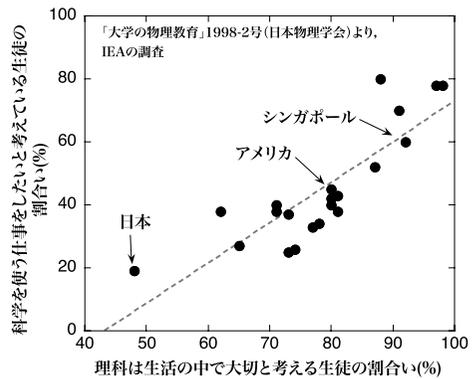


図1: 生活の中での理科の認識と就業志向の国際比較

ての技術教育を志向した官僚もいたが、一戸清方のように製作法を教え込む教科観が支配的であり<sup>[6]</sup>、「技能中心カリキュラム」としての手工科の発足へと続いたことは技術教育の歴史の不幸であった<sup>\*4</sup>。手島清一は『青年自助論』の“職業と学問の権衡”で「学業を選ぶにも形而上の学科に従事する人が多くして、形而下の学科を厭うと云うことが青年の一般の気風として認めたと」として合衆国教育課長ハリス博士に問題を投げかけると、ハリスは「理科が十分に有効に小学校其他に於いて教えられない結果職業及学科の選択にも偏重偏軽を生じたのであるから大いに理科を奨励して職業及学科の権衡を得るの得策なる」と指摘していることは興味深い<sup>[7]</sup>。技術と理科のバランスを教育課程の中で検討することも重要となる。

技術は生産に関する科学であり、子どもたちが技術を学ぶことで、技術と労働が社会基盤を支えているという認識が形成され、科学を学ぶ意義と役割が理解できる。学校教育において、ものづくり、加工

<sup>\*4</sup>この経緯は技術教育、美術教育と日本の教育観の大きな問題として重要であるが、本稿の主題から離れるので割愛する。

学習は、生活と科学を結ぶ重要な役割を担っている。

## 2.2 加工学習の要素

現代社会で生産されるものは、液体および気体、また電気などを除いてみると、固体として存在する。それらの固体は加工により製作される。加工という用語は、一般的には広い意味を持っているが、技術科の学習の基礎には、その学問分野として設計製図、工作機械、機械製作法、機械要素、機構学などが対応する。技術は日進月歩で発展し、多種多様な加工方法が開発されており、技術科で修得すべき基礎的内容を押さえておく必要がある。加工学習を見直し、その内容を精選すると、

**切断加工** 材料を二つのものに分離し、被加工物<sup>\*5</sup>の素材を取り出す方法。ノコギリ、ハサミ、切断機などの道具の使用とその原理を学ぶ。

**切削加工** 刃物、工具を用いて被加工物の寸法を整える方法。カンナ、ノミ、ボール盤、旋盤、フライス盤などの道具と機械の使用と切削理論を学ぶ。その他、タップ、ダイスを用いてねじ切りするなどの作業を学ぶことも必要となる。

**砥粒加工** 砥粒による加工で、研削加工、研磨により被加工物を最終寸法に整え、主に仕上げをする方法。砥粒による加工の原理を学ぶ。

**締結** 部材を機械要素を用いて締結する方法。ボルト、ナットなどのネジ機構、リベットなどがある。木材では釘、ほぞなどがある。

**接合** 部材を機械要素を用いずに結合する方法。溶接、ろう付け(半田付け)などがある。その他、接着などの方法もある。

技術・家庭の学習指導要領では、材料により金属加工と木材加工に区別されておらず、「材料と加工に関する技術」となっている<sup>[8]</sup>。加工の仕組みから見れば、本質的な差はなく、切断、切削、砥粒加工、締結、接合により製作される。木材加工および金属加工では、それらの加工の要素を意識して学習するように工夫すれば、加工の共通性、普遍性を学ぶことができる。教員養成では、これらの加工の本質的な理解を大切にカリキュラムを構成することで、加工の理解が深まるはずである。

加工技術は、その方法も多様化している現実もある。例えば、切断加工では、ウォータージェット、レーザーなどによる切断もある。また、切削や研磨においても放電加工や電解研磨など電気化学的手法もある。砥粒加工にしても、ブラスト処理などのように

砥粒を流体で駆動する手法もある。接合の方法なども、溶接方法も多様かつ新技術が生まれている。かつては、加工技術は「削り出し」であったのが、3Dプリンターなどのように「造形」も加工の一部となっている。このような、技術の進歩を授業の題材の中に含め、技術自身が変化、発展していることを伝えることも大切である。

## 3 材料・物性と加工

### 3.1 ものづくり学習における機械工学の位置づけ

前述では、加工学習の意義とその要素について述べた。加工の各要素に分けて、加工のメカニズムを考えると、道具や工具の運動により、被加工物が製作されることがわかる。また、工作機械などは、技術史の面から学習することも重要な意義がある。技術や科学は、人類の社会の発展と密接に係わり発展してきたものであり、個々の技術の今日までの成り立ちを知ることは、その技術を深く理解することにつながる。また、加工学習において製作法を重視するにしても、製作方法の合理的しくみを理解することが、作業や技能の習得に効果的に働く。教員が機械工学の基礎を身に付けないと、ものづくり一辺倒になり、製作の作業と生徒の努力だけを評価する教育に陥り、技術教育として弊害となる。ゆえに、機械工学の基礎を習得していることは、技術教育において重要な意味を持つ。

加工学習においては、機械工学の面から材料の知識が非常に重要となる。指導要領においても「材料と加工に関する技術」として材料の知識・理解を重視している<sup>[8]</sup>。その内容は、

- (1) 生活や産業の中で利用されている技術について、次の事項を指導する。
  - ア 技術が生活の向上や産業の継承と発展に果たしている役割について考えること。
  - イ 技術の進展と環境との関係について考えること。
- (2) 材料と加工法について、次の事項を指導する。
  - ア 材料の特徴と利用方法を知ること。
  - イ 材料に適した加工法を知り、工具や機器を安全に使用できること。
  - ウ 材料と加工に関する技術の適切な評価・活用について考えること。
- (3) 材料と加工に関する技術を利用した製作品の設計・製作について、次の事項を指導する。
  - ア 使用目的や使用条件に即した機能と構造について考えること。

<sup>\*5</sup>製作するために加工対象となるもの(work)。

- イ 構想の表示方法を知り、製作図をかくことができること、
- ウ 部品加工、組立て及び仕上げができること、

と記述されており、生徒が短い学習時間でこれらをすべて学習するには広すぎる。しかも、「材料と加工に関する適切な評価・活用」となるとかなり高度な要求であるように思える。これは、指導要領における技術分野の目標が、「技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め」「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」などが示されていることに起因する。本来の学習を深めるには、材料物性の基本的な特徴を理解し、それを応用して考える力を育てることで十分である。技術分野の目標はあれも、これも要求しているために、ともすると指導案が広く浅くなり、結果として生徒の深い理解を妨げている。

中学校技術科の現行の授業時間数から判断すれば、加工学習においては、前述の加工学習の要素について学ぶこと、材料力学と材料物性について学習を重視しなければならない。その他のことを学習するだけの授業時間数は用意されていない。

### 3.2 材料力学と材料物性

教育職員免許法施行規則において、技術科は他の教科に比較してより広い範囲の6領域<sup>6</sup>が指定されており、各領域を履修するだけでも大きな負担である。機械工学としては、材料力学と材料物性の精選と充実により教員養成のカリキュラムを計画している。機械1(材料力学)は講義15時間(2単位)、機械実習I30時間(1単位)で計3単位である。技術科教育専修の2年次学生が前期に機械1と機械実習Iを履修する。

本学部技術科教育専修では、材料力学について

1. 引張と圧縮、応力とひずみ
2. 引張試験、フックの法則、弾・塑性
3. はりのせん断と曲げモーメント
4. 真直はりの応力、断面2次モーメント
5. はりのたわみ

を学習する。この内容で2年時の前期2単位で時間的に限界である。ただし、これを通して強度、破壊、変形、材料物性、構造と強さなどが理解できるようになり、指導要領解説の基礎的理解ができる。これらは材料に対する巨視的力学からの理解として欠くことができない。技術科の加工の内容には、設計・製

作が位置づけられており、力学的面から設計・製作を理解することが必要であり、材料力学はその基礎となる。

2年次前期に材料力学を学習すると並行して、機械実習Iをカリキュラムに組み込んでいる。その中で、材料物性については、以下の内容を実習する。

1. 丸棒試験片の製作(S45C)
2. 亜共析鋼(S45C)の熱処理(焼鈍、焼入れ、焼戻しの3種類の試験片)
3. 各試験片の引張試験、破面観察
4. 各試験片の切断、研磨
5. 各試験片のピッカース硬さ試験
6. 各試験片の組織観察と炭素鋼の熱処理のまとめ。

これらの実習を通じて、結晶学、2元合金の平衡状態図、マルテンサイト変態、拡散、強化機構など微視的立場から物性を学習する。材料力学で理解できなかったことが、明確に学問に立脚して説明できるようになる。焼鈍、焼入れ、焼戻しの3種類の材料試験を行っているので、学生の理解は深い内容になっている。材料物性の本源的な理解があつて、加工や材料を指導することができる。

以上のカリキュラムを通じて、技術科の教員として必要な加工および材料についての基礎的な理解を得ることができる。

## 4 教員養成の授業実践

### 4.1 技術教育の教員養成カリキュラム

今日、教員養成に対して学校現場での即戦力、指導力を要求される。ともすると、教職課程認定においても指導案作成の指導や模擬授業が強く反映される傾向もある。指導案作成や模擬授業は、教職への気づきなど、教職への関心の低い学生に対する教職への内発的動機づけとしての意義は大きい。しかし、質の高い指導案を作成し、授業実践力を付けるためには、科学技術の基礎を身に付けることを避けて通ることはできない。なぜならば、技術の裏側には科学の法則があり、技術の授業では科学的に起こり得ることしか実現できないからである。子どもたちの理解や経験は、科学に裏打ちされてはじめて技術的認識形成となる。また、学校現場の教育実習などの教職の訓練に加え、教科の深い理解も必要である。

教員養成段階で、まず必要なことは教科内容であり、その教科内容の深いところでの理解である。このような理解に立ち、前節で述べたカリキュラムを2年前期に3単位を用意している。前述のような材料

<sup>6</sup>木材加工(製図及び実習を含む)、金属加工(製図及び実習を含む)、機械(実習を含む)、電気(実習を含む)、栽培(実習を含む)、情報とコンピュータ(実習を含む)。

力学と金属材料学を習得することで、技術科の加工学習で何を教えるべきかの基礎が学生に形成され、これが授業指導力の基礎となる。コアカリキュラムなどの取り組みもあるが、一律にそれを全国に普及することは問題も多い。なぜならば、その内容が不十分であるとき、その弊害が広い範囲で長年に及ぶ危険がある。また長年にわたり設備を整備し、紆余曲折を経ながら内容の改善を継続して、教員養成の実際のカリキュラムは開発される。教員養成カリキュラムは、教員と学生の営みの蓄積であると言っても過言ではない。学生、担当教員の規模および設備など、大学によってまちまちであり、一律に同一カリキュラムを実施することはできない。

さらに、教職課程認定は、大学における教員養成のカリキュラムに大きく影響を及ぼす。教職課程認定は、各大学の教員養成の質を守る重要な役割を果たしているが、教員養成機関の自主性も尊重されなければならない。教職課程認定は、カリキュラムだけでなく実習・実験環境の整備も審査・勧告し、教育職員免許法施行規則で規定する実習、実験の質保証としての設備整備の充実と改善をすべきである。かつて、教職員免許法施行規則改正に伴い、技術の領域では「製図」がなくなり「情報基礎(実習を含む)」が新設されたが、それに伴う実習設備の基準もなく、実習設備の予算化もなかった。質の高い教員養成を実現するためには、このような点についても改善が望まれる。

学生定員減、新課程廃止および教職大学院の設置に加え、大学の財政難のしわ寄せが教員養成学部に集中している。このままでは、学生の教育環境の急速な悪化が危惧される。本学部技術科では、産業教育振興法で設備された1964年製造の旋盤が未だに現役である。その他、弓ノコ盤、形削盤も同様に古いままで設備更新されていない。産業教育振興法は昭和26年に制定され、現在も施行されている現役の法律である。第一条では「教育基本法(平成十八年法律第二十号)の精神にのっとり、産業教育を通じて、勤労に対する正しい信念を確立し、産業技術を習得させるとともに工夫創造の能力を養い、もつて経済自立に貢献する有為な国民を育成するため、産業教育の振興を図ること」を目的としている。第二条ではその対象を中学から大学までと定めている。国の任務として第三条二項、三項では「産業教育に関する施設又は設備を整備し、及びその充実を図ること」「産業教育に従事する教員又は指導者の現職教育又は養成の計画を樹立し、及びその実施を図ること」

を明記している。高度経済成長を目指した時期には予算化されたが、この法の効力が時間経過に伴い減衰している。その象徴は、産業教育振興費国庫補助金交付要綱(平成一三年四月二日 文部科学大臣決定)では、国庫補助金交付の対象を高等学校(中等教育学校の後期課程を含む)に限定し、義務教育学校や教員養成機関は含まれていない。産業教育振興費国庫補助金交付要綱では、産業教育振興法に基づいているが、産業教育振興法第二条が生かされず、交付対象を高等学校に限定している。教育基本法や産業教育振興法などが制定されても、その交付制度・要綱のあり方が問題である。

以上のように、技術教育の現実とは法制度と乖離し、その矛盾の中で技術科の教員養成が実施されている。中央教育審議会などで「質の高い教員養成」「教員養成の在り方」などが取り沙汰されるが、そのためには教員養成の現状をしっかりと調査する必要がある。特に、教員養成機関の実験・実習・実技に関する設備の整備状況をつぶさに調査する必要がある。

#### 4.2 機械実習の実践

さて、前述のように技術科の教員養成に多くの困難が横たわっている。しかし、そのような中でも学生の教育実践は真摯に進めなければならない。技術科の機械実習で最も重視しているのは、工学部の機械実習とは異なり、「教員養成としての実習」というスタイルである。つまり、機械実習では、技術科の授業、実習の実践者を養成することを目標に掲げている。そのため、

1. 教員として主体的に実習を計画、立案、準備して実習を遂行する能力を養う
2. 実習効果を高める班の在り方、個人と集団の指導を身に付ける
3. 実習の準備及び総括などで模擬授業、ICTの活用を取り入れる

以上の観点に立ち、学生が自ら学び、課題を解決するために自主的に行動するように実習を指導するように心がけている。「実習をするのは学生である」に徹して、指導と援助を行う。この点にこだわって実習するには理由がある。学生たちが卒業した後の将来を見通したとき、厳しい現実がある。技術科の教員は、中学校に2人配置されることはない、複数校かけ持ちの時間講師の時から、正採用になっても一人で授業を立案し実践しなければならない。勤務校において誰も助けてはくれない。技術科の授業で相談できる同僚教員は、生涯を通して期待できない。ゆえに、技術科教員として自立していく覚悟を持って

大学4年間を学ぶ必要性を説いている。まさに、機械実習Ⅰはその一步である。さらに、機械実習Ⅰは全体がアクティブラーニングである。逐次、実習について学生が自ら学習し準備する。学生が自ら気づくことを重視して、その都度アドバイスや質問に答えて行く。なお、必要な教材やレポートの書き方に至るまで、サーバに用意した上で、学生を班分けし、各単元を順次学習する。また、班ごとに各単元の間の実習の準備をする時間を設けるように工夫したところ、実習の習熟と効率もよい。

技術教育は他の教科に比べ、生徒たちの活動の過程で実践と理論の統一が最もよく実現するものといえる<sup>19)</sup>。機械実習においても、理論を学習して実習の準備を行い、実際に実習を行い、それを再度まとめて理論的認識を形成するように指導している。学校・大学教育では、理論を教授しても応用できないことも多いし、実践しても経験的なものであったりすることは、よく見受けられる。一つひとつの理論と経験が、個々の学生の中で結びついているかを重視しなければならない。特に、班で実習を行うとき、一部の学生だけが理解して、それに依存して実習を済ませる弊害もみられる。そのため、全員が理解して実習することに特段の注意と指導を忘れてはならない。

#### 4.2.1 試験片の機械加工

はじめに、S45Cの焼鈍、焼入れ、焼き戻しの丸棒引張り試験片を各1本、計3本を旋盤加工で製作する(図2)。旋盤の使用方法を教えた上で、丸棒試験片をどのような手順で加工するか手順を事前に確認しておく。事前の準備を促しても高校までの経験から、学生は全く準備もせず、言われたとおりに作業する姿勢で実習に臨む。他の授業でも、このような姿勢を注意されることも少ないと想像できる。

この現状認識を変えることから、機械実習がはじ



図2: 旋盤による丸棒試験片の製作

まる。前もって加工の手順の説明をしないと製作できないことを事前案内でしっかりと伝える。まず作業前に、使用するバイトと手順、旋盤の回転数、切込み量などを聞かれてはじめて、実際に即して考えるようになる。1本目は学生に加工の手順を実際に見せて教える。かつては、1本目から作業の手本を見せないで、試験片の製作をさせていたが、効率的ではなかった。やはり、手本を見せないとなかなかできないのも現実である。しかし、実習の効率や理解しやすさを重視すると、逆に自ら授業を行う能力を損なうことになる。授業力を育てたいと思うほど、深く理解する努力を求めると、実習の効率は下がる。この微妙なバランスを崩すと、学生が成長しない実習になったり、逆に学生の負担感の増大と、手抜きをすることに終始して、結果的に失敗する。それぞれの局面で、学生の様子をしっかりと観察し、指導の内容も変えなければならない。

#### 4.2.2 試験片の熱処理

試験片が完成すると、焼鈍、焼入れ、焼戻しの熱処理を行う(図3)。熱処理条件は、すべて学生に決定させる。そのためには、なぜその熱処理をするのか、目的と理由を認識しなければならない。学生は、炭素鋼の中でどのような現象が起きているか、金属学の学習と理解を深めることになる。特に、体心立方のフェライト( $\alpha$ -Fe)から面心立方のオーステナイト( $\gamma$ -Fe)への変態メカニズムの理解を大切にしている。往々にして、学生は言葉だけの理解にとどまり、結晶格子がどのような挙動で変態するのかを考えようとしない。そこで、しくみや原理に遡って考えるという学問的アプローチが必要となる。学生は、結晶の変態についての教員との討論を通じて知識を深め、疑問や興味を持つようになる。その段階に到達したところで、結晶の模型(図4)を使い説明する。実際のモデルを見て、体心立方格子の中に面心立方格子が潜んでおり、若干の格子の変化で容易に変態で



図3: S45C 試験片の焼入れ作業

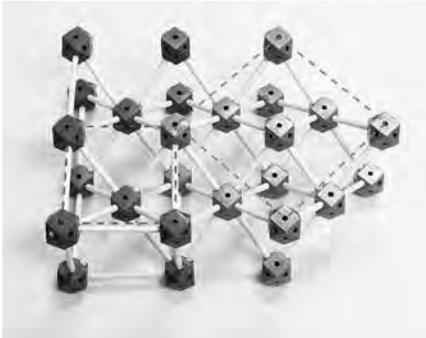


図4: 体心立方と面心立方の結晶格子モデル

きることを学ぶ。このことは、学生がどこまで認識を深めるべきかを明確にして実習指導することの重要性を意味している。この経験は、学生が教員となり、学校現場で授業指導するときに大切な観点になると密かに期待している。さらに、炭素の拡散とマルテンサイト変態がどのように生じるかをわかりやすく説明することにも気を配っている。

#### 4.2.3 引張試験

自ら製作し、熱処理をした試験片の引張り試験に入る。引張り試験の条件も学生に決定させる。また、予測値を用意させることが大切である。何も指示しなければ、予測値を調べておく学生はいない。予測値を調べることで、実験の条件が決まり、どのような結果が得られるのか見通しを持つことにつながる。この見通しがあって、はじめて実験の準備ができる。学習指導案の作成や授業指導力を身につけるには、実習における見通しを持つことの大切さを認識することにある。引張試験は、万能試験機で実施する。この装置も経年化による故障と対応で、教員と技術職員は時間と苦勞が絶えない。古くなり起動できなくなった試験機の制御システムの更新も自力で実施した<sup>[10]</sup>。

引張試験の様子は、かつてコンピュータのディスプレイに表示するデジタル方式を採用していたが、実際に荷重と変位をアナログ方式で測定し、X-Yプロットで記録する方が測定している実感もあり、よく理解ができることもわかった(図5)。コンピュータにより便利になっている反面、理解を妨げていることもあるので、実習・実験でも注意を要する。10 tonの引張荷重で試験片を実際に破壊することで、熱処理によって同じ材料でも引張り強さが明確に違うことを実感できる。また、材料の加工や強度について授業をする上で、引張試験は貴重な実体験となる。破面観察を行い、起点を探し、き裂がどのように進展



図5: 丸棒試験片の引張試験

したのかを検討することも必要である。

#### 4.2.4 材料試験

材料試験では、ビッカース硬さ試験と金属顕微鏡による組織観察を用意している。前述で破断させた引張試験片を精密切断機で切断して、それぞれの切断面をエメリー紙で研磨し、パフで仕上げる。学生にとって研磨は初めての作業であり、研磨の方法をいくら教えても満足に行かない。他の作業でも同じであるが、学生は全く時間を気にしないで実習を行う。放置していると、夜遅くなることもある。学校現場では、授業時間を厳格に守らないと、他の教科に迷惑がかかることを想定すれば、授業時間内に計画した内容を完了することも身につけるよい機会となる。まず、学生の実習においても、授業内容と時間の厳格な管理の大切さも指導する。

研磨作業においては、研磨作業の指示した手順を守ることを、研磨時間を費やせばよくなるという固定観念は間違いであること、を示しても、まず守られない。放置しておくこと、交替しながらだらだら長時間の研磨作業となるので、注意を要する。大方、以下の指示を徹底することが肝要である。

1. 研磨作業の指示した手順を守ること
2. 各段階で研磨として最適な状態があり、それを過ぎると劣化すること。
3. 逐次、研磨面を顕微鏡で確認させ、自らの作業、手順の判断を明確にすること
4. 研磨作業の責任を曖昧にしない、一人で行うこと(交替は好ましくない)

研磨が完了すると、ビッカース硬度計を用いて硬さ試験を実施する(図6)。ビッカース硬さの式を暗記して実験をしようとするのが、学生によく見られる傾向である。この点についても、アクティブラーニングを取り入れた機械実習では、硬さとは何か、その物理的意味をどう定義することを深く理解し、よ

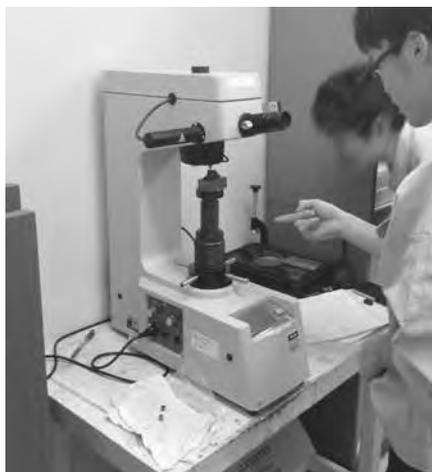


図6: 熱処理材のピッカース硬さ試験

うやくピッカース硬さの式の意味も理解できるようになる。ピッカース硬さ試験機のスケッチをさせて装置のしくみを理解させると、スムーズに実験が進む。ただし、硬い材料になると測定面の焦点の合わせ方が甘くなり、硬さの値が大きく変動するので注意を要する。

引張り強さと同様に、硬さも熱処理の影響により大きく変化することがわかる。その他、ピラミッド圧子による圧痕の形状も熱処理の影響が現れるかも事前に示唆しておかないと、学生は見落とすので、注意する必要がある。引張り試験の特性と圧痕形状がどのように関係するかを各自考察することを提案する。それは、書籍やネット情報の検索に頼らず、自ら考えることの大切さを重視しているからである。

ピッカース硬さ試験後に、各試験片の研磨面をエッチングして顕微鏡観察を行う。金属が結晶粒という組織を持っていることもはじめて理解する。しかもフェライト及びパーライトの2相による合金であることも顕微鏡で確認することで、材料の成り立ちがはじめてわかるようになる。さらに、熱処理によって金属組織が変化するマルテンサイト組織と焼戻し組織も実際に観察することの意義は非常に大きい。何ごとでも事物に当たって、理解することが必要であり、教育において理論と実践の関係を軽視してはならない。事物に当たるための手続きを経ながら学習することの教育的意義は大きい。

## 5 結 言

加工学習に係わり機械工学の今日的役割について論じた。その中で、ものづくり学習が作業学習に陥

らないためには、機械工学の果たす役割が重要であることが明らかとなった。また、技術教育が、数学や理科と結びつくことで相乗効果をもたらし、科学教育の質的向上が期待できることにも言及した。

さらに、加工学習に係わり機械学習の内容を実践的に検討してきた教科内容を示し、それに対応した実習カリキュラムの長年にわたる研究と成果を示した。特に、技術教育専修の教員養成としての指導方法と観点について述べた。また、アクティブラーニングを取り入れた実習の内容についても言及した。

## 謝 辞

本稿は、機械領域を学び、機械実習に熱心に取り組む学生諸君の努力によるものであり、ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 文部科学省,「中学校学習指導要領解説 技術・家庭編」, (2008).
- [2] 田中喜美,“普通教育における技術教育の教育課程に関する国際比較”,「技術科教育のカリキュラムの改善に関する研究—歴史の変遷と国際比較」, 国立教育政策研究所, pp. 33-42 (2001).
- [3] 風間晴子,“国際比較からみた日本の「知の営み」の危機” , 大学の物理教育, No. 1998-2, pp. 4-16, (1998).
- [4] 鈴木賢治,『技術教育学序説』, p.12 (2011), 合同出版.
- [5] 諏訪義英,『総合技術教育の思想』, p. 62 (1980), 青木書店.
- [6] 菅生均,“一戸清方の手工教育観に関する一考察” , 熊本大学教育学部紀要, 人文科学, Vol.39, pp. 97-107 (1990).
- [7] 手島精一,『青年自助論』, p. 35 (1914), 大学館.
- [8] 文部科学省,「中学校学習指導要領」, p. 85 (2010).
- [9] 清原道寿,『技術教育の原理と方法』, p. 156 (1968), 国土社.
- [10] 鈴木賢治, 平賀保博,“経年化した装置制御部の再生手法” , 新潟大学教育学部研究紀要自然科学編, Vol. 1, No. 1, pp. 45-50 (2008).