

異学年協働学習による機械工学リテラシーの育成

Education of the Mechanical Engineering Literacy by the Collaboration
Learning of the Different Grade

中島賢治^{*1}
Kenji NAKASHIMA

中浦茂樹^{*1}
Shigeki NAKAURA

森田英俊^{*1}
Hidetoshi MORITA

松山史憲^{*1}
Fuminori MATSUYAMA

西口廣志^{*1}
Hiroshi NISHIGUCHI

福田孝之^{*1}
Takayuki FUKUDA

We trained business ability of the students through the senior instructing younger student system by fourth year students in the class of the practical skill. The theme of the practical skill is the resolution and the assembling of the gasoline engine, the automatic control of the radio control car with the PLC, the learning of dynamics using Mini-Yonku and the operation of the laser cutter. For the fourth students, we can expect an effect of their ability in the future work. For the first students, we can expect an effect for them to be interested in mechanical engineering. Concerning the effects of this project, all the fourth students and teachers discussed, and the effect of the project was evaluated by a poster session. As a result, we have found that more effects than we had expected has been gained.

Keywords : Mechanical Engineer Education, Technical College, Communication, Solution to the Problem, Education Effect

キーワード：機械系技術者教育，高等専門学校，コミュニケーション，問題解決，教育効果

1. はじめに

さまざまな機関で理科離れ対策が推進される中，若年者を工学の世界へ導く入り口という意味で，高専第1学年の教育内容は重要な役割を持つ。高専に入学後，予定された教育課程を順調に進級し卒業した学生は優秀な技術者として企業から高い評価を受ける。一方で，工学教育への導入という観点から，中だるみ現象¹⁾など高専特有の問題が存在することは無視できない。その対策として，早期専門教育におけるものづくり教育の導入が効果を上げている^{2), 3)}。

さて，企業の採用活動においては新入社員の「人間力⁴⁾」や「社会人基礎力⁵⁾」が重要視されるようになり，コミュニケーション能力，リーダーシップ，リテラシー（有用な情報を探し出して活用する能力）などの育成が学校教育においても求められている。さらに，昨今の不景気の影響により，新卒学生に対する企業の要求レベルは年々高くなり，学生の最終学歴になりえる高専の責任は重大である。

以上の理由から，我々教員は，学生に機械工学の魅力を伝え，在学期間を通して学習モチベーションを奮

起させると同時に，社会に出て必要な協働的能力を育成する必要があると考えた。そして，文部科学省による高等専門学校改革推進の一環として「異学年協働学習による機械工学リテラシーの育成」の取り組みを行った。本取り組みでは4年生が1年生に対して実習の指導を行う。学校教育においては，教員から学生へ知識を教授する授業が中心的で，獲得した知識を活用して学生自身が活動する機会は少ない。人に教えるためには教える人自身が物事をよく理解しておく必要がある。この取り組みは知識を活用する活動としては非常に有用であると考えられる。この取り組みの効果について，平成22年度の終わりに4年生と教員で議論を行い，取り組みを通して得られた効果を評価した。本報告では，取り組み内容の紹介とともに，学生らによる討論会の内容について報告する。

2. 方法

2.1 取り組みの内容

本取り組みを実施するに至った経緯について，もう少し説明する。本校の機械工学科の授業形態は，各授業が各担当教員の裁量に任されて個別に計画され，授業間の連携が希薄であった。このことも，在学生の学習モチベーションに与える影響は大きいと考えてい

2011年9月26日受付

*1 佐世保工業高等専門学校

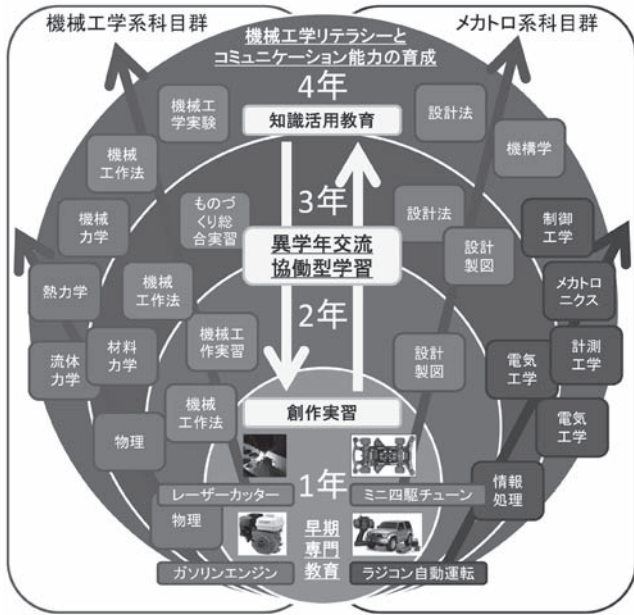


図1 取り組みの全体像

る。そのため、1年生の早期専門教育の段階で学生が機械工学に対して興味を持てるような実習授業を導入し、その後の勉学のモチベーションを向上させることができなから考えた。一方で、就職活動を翌年に控える4年生に対し、企業が求めるコミュニケーション能力を養成できるようにしたいとの考えもあった。

図1は本取り組みの全体像を表す概念図である。早期専門教育として開講される1年生の創作実習において、その後の学科カリキュラムに関係が深い4つの実習テーマを設定する。1年生はその後、2年次3年次の学年進行とともに、機械工学における力学系科目、工作系科目、設計系科目、制御系科目を履修する。4年生はそれまでに得た知識を活用して1年生の創作実習を担当する。各テーマに一人ずつ担当教員を置くが、教員はなるべく実働に関わらず、アドバイスのみにとどめるよう配慮した。

表1は本取組で行われたおもな実習の内容と授業時数を示している。4年生が1年生を直接指導する点が本取組の特徴であり、これを実現するために4年生の知識活用教育と1年生の創作実習の時間を割り当てた。4年生の知識活用教育の時間は通年で毎週火曜日の午後に設けられている。学生がこれまでに学習した知識を活用して自発的に行動する時間として、平成22

表1 おもな実習の内容と授業時数

	前期	後期
4年生 知識活用教育	講義内容の調査 授業案の作成 教材の準備 模擬授業の実施 50分×3単位×15週	実習授業の実施 課題作成 成績評価 50分×3単位×15週
1年生 創作実習	なし	実習授業の受講 50分×2単位×15週

	前期	後期
火5		
火6	4年 知識 活用 教育 (通年)	4年 知識 活用 教育 (通年)
火7		1年 創作 実習 (後期)
火8		

図2 時間割編成

年度に新設された通年3単位の科目である。平成23年度現在、同科目は単位化されていないが、将来的に単位化する方向に進んでいる。そして、1年生の創作実習は、ものづくりに関しての好奇心を持ち、プレゼンテーションの資料作成ができるようになることを目的として、平成16年度に創設された後期2単位の科目である。4年生が前期に実習の準備を行い、後期に1年生を相手に実際の実習講義を行うようにしている。

図2は本取組を実現するにあたって編成された時間割を表している。前期は実習指導の準備期間に充て、後期に4年生が1年生を指導する形式で実施した。4年生が知識活用教育に関わる時間は5～8時間目の4時間であり、準備と後片付けを考慮して、1年生の実習時間を6～7時間目の2時間に設定した。実習指導を時間通りに終わることが難しいため、時間割に余裕を持たせた。

表2は具体的な実習テーマの内容を示している。テーマの内容は、1年生がその後に履修する専門科目と連携できるように配慮して選定された。準備期間においては、ガソリンエンジンは力学系科目に、ラジコンカーは制御系科目に、ミニ四駆は設計系科目に、レーザーカッターは工作系科目に、それぞれ関連するよう講義の内容を組み立てることを意識させた。

表3は本取組を実施するために準備した教材の数とそれにかかわった人数である。本取組を立ち上げるために、平成21年度秋から機械工学科の教員4

表2 具体的な実習テーマの内容

テーマ名	内容と目標
ガソリンエンジンの分解組立	ホンダ製教育用ガソリンエンジンを分解・組立ることにより、各機械要素の役割、工具の扱い方などを習得する。また、内燃機関の仕組み、熱機関サイクルを理解する。
PLCによるラジコンカーの自動制御	オムロンの教育用シーケンサ(2ch)を利用して市販のラジコンカーをパソコンで自動運転する。シーケンス制御、クルマのサスペンションやデフギヤの役割を理解する。
ミニ四駆を利用した力学学習	ミニ四駆のギヤ比を変更して回転数やトルクを計測し、競争する。歯車やベアリングなど機械要素の役割を理解する。
レーザーカッターによる切り出し	キーホルダーをレーザーカッターで切り出す。図面をCADで描き、NCプログラムに変換する。パソコンの使い方、数値制御、レーザーカッターの原理を理解する。

表3 実施体制（教材準備数と人数）

テーマ	教材	教員	4年生	1年生
ガソリンエンジン	4	1	4	10～11
ラジコンカー	5	1	4	10～11
ミニ四駆	6	1	4	10～11
レーザーカッター	1	1	4	10～11

名で準備を始めた。実施にかかった経費（おもに教材となる機器代）は合計でおよそ160万円ほどであった。レーザーカッターは実習工場の現有品であるため予算の中には含まれていない。予算はおもに校長裁量経費と学科の共通経費によって賄われた。平成22年度は、4年生の人数は各テーマ共に4名ずつであったが、平成23年度は本取り組みの人気が出て各テーマとも増員している。1年生は1クラスを4班に分け、各班10～11名で各テーマを3週（2×3時間）で実施した。

2.2 取り組み実施の様子

本取り組みを通じて実施された各実習テーマの内容について、実施時の様子と合わせて説明する。

図3はガソリンエンジンの分解組立の様子である。第1週目は、分解前にエンジンにガソリンとオイルを給油、エンジンを起動して実際に動くことを確認、分解作業に入る。分解作業はクランクシャフトやピストンを本体から外すところまで行う。第2週目は分解作

業の続きを行う。この週のはじめか中ごろまでに分解を完了し、続けて組み立て作業に入る。組み立てで難しいのは、ピストンをシリンダに封入する工程である。問題点として、エンジンプロックがアルミニウム製で、かつ歯切りねじが使用されているためねじ山を切りやすく、ねじ山をつぶしてしまうことがあった。第3週に組み立てを完了し、再びガソリンとオイルを注入してエンジンを起動する。ここでエンジンが起動できると、大きな歓声が沸く。

図4はPLCによるラジコンカーの自動制御を行っている様子である。第1週目は、スイッチやLED、リレーを用いた回路を構成し、シーケンス制御を行う際の元となるラダーロジックの基礎を学習する。第2週目は、産業界でシーケンス制御を行う際に用いられる制御装置であるPLC（Programmable Logic Controller）を用いることで、リレーを用いて構成したラダーロジックが置き換え可能なことを学習する。また、市販のラジコンプロポに対してPLCに付加したアナログ出力ユニットから電圧信号を直接入力し、ラジコンカーの動作（スピードとステアリング角の変化）と入力電圧値の対応を測定する。そして、測定したデータを元にして、学生自身が設定したコースをできるだけ正確にラジコンカーを走行させるためのラダーロジックを考え、PLC上へのプログラミングを第3週

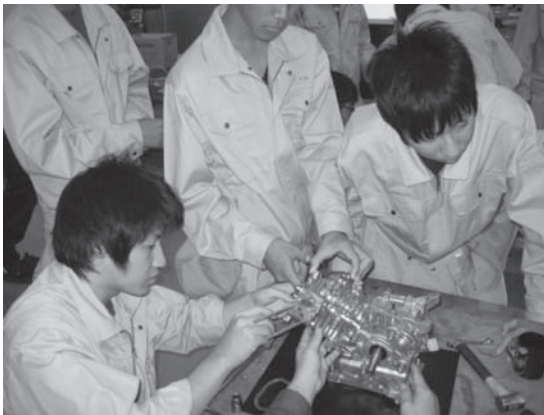


図3 ガソリンエンジンの分解組立



図4 PLCによるラジコンカーの自動制御



図5 ミニ四駆を利用した力学学習



図6 レーザーカッターによる切り出し

目に行く。上手くコースを走行できた際には、自動制御の素晴らしさを体感できるようだ。

図5は、ミニ四駆を利用した力学実験を行った1年生が、その結果についてポスターを作成し、プレゼンテーションを行っている様子である。本テーマでは、第1週に、ミニ四駆の歯車の歯数やタイヤ、シャフトなどの機械要素の重量測定を行った後、説明書を見ずにミニ四駆を組上げ、回転数や走行コースを走らせた際のラップタイムの測定実験を行った。また、この際、性能の異なるモーターに取換え、比較する実験も行っている。第2週目は、ミニ四駆に数種類の錘を取付けて、ある直線距離を走行させ、走行時間の測定を行い、これらの結果からモータートルクの推定を行った。そして、コースを走行させた際のラップタイムの差異が現れた理由、回転数測定で誤差が出た理由などを中心に各グループで話し合いを行わせた。その結果は、第3週目にポスターとしてまとめ、プレゼンテーションを行った。

図6はレーザーカッターによるキーホルダー作りである。第1週目は、CADの図面データからNCプログラム作成後レーザーカッターで切り出しまでの一連の流れを見る。その後、各自作成したいキーホルダーの図柄を方眼紙に手書きでスケッチする。第2週目はそのスケッチを元にして2次元CADで図面データにする。1年生は、まだ手書きの製図を習い始めたばかりな上に、パソコンも満足に扱えない状態の中で、2次元CADを如何に簡単に教えるかに苦勞した。第3週は、図面データからNCプログラムに変換し、レーザーカッターで切り出しを行う。その後、切り口で怪我をしないように、やすりを使って面取りする。最後にサンドペーパーで表面を仕上げる。全員、手を真っ黒にしながら時間いっぱいまでやすりがけしている姿が印象的だった。

3. 結果および考察 (討論会)

平成22年度の終わりに各班の4年生16名で班別討論会を行った。討論会の題材は、「コミュニケーション・

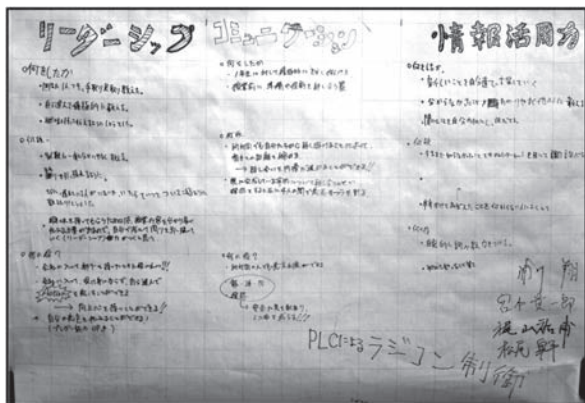


図7 討論会の発表ポスター

リーダーシップ・リテラシーをキーワードとして、実習指導を通して身に付いたことをまとめる」で、模造紙と付箋紙、マジックペンを用いて発表用ポスターを作成してもらい、班ごとにプレゼンテーションしてもらった。図7はその一例を示している。発表ポスターの中には類似する言葉や項目が何度か出てきていた。また、討論の題材は身に付いたことを列挙してもらうつもりであったが、指導体験の反省に関することも多く出てきていた。

3.1 キーワードの整理

討論会の発表内容を評価するため、発表ポスターの中に書かれている言葉や項目の出現頻度を調べた。言葉および項目は技術的キーワードと心理的キーワードのグループにそれぞれ分類し、各キーワードが使われた回数をグラフ化した。図8は技術的キーワードの出現頻度を示している。縦軸は技術的キーワードの項目で、多いものから順に上から下へ並べている。「伝える (話す)」は話して伝えることを意味しており、これが17回で最も多い。技術的な内容を口頭で伝えることが難しいと学生は感じている。さらに、「教える (理解してもらう)」の5回、「伝える (書く)」の3回もコミュニケーションに関連しており、それらを含めれば意思伝達に関する発言や感想が25回あり、学生による実習指導がコミュニケーション教育に対して一定の効果を上げていることがわかる。また、「関心を持たせる」「状況把握」「企画力」「臨機応変」の項目は14

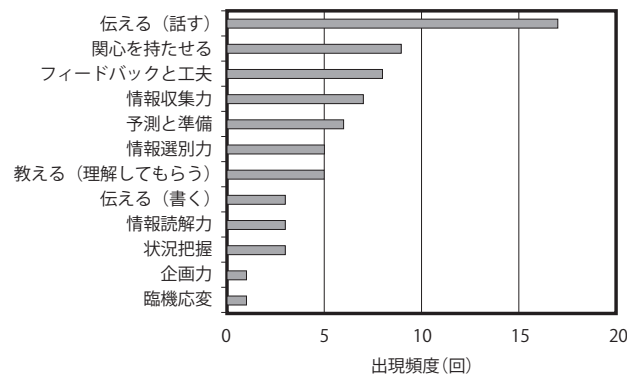


図8 技術的キーワードの出現頻度

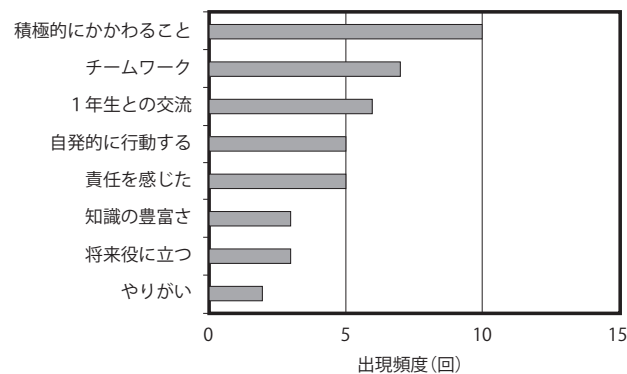


図9 心理的キーワードの出現頻度

回で、これらは他者に対する行動について言及されていて、うまくできるように相手を導くリーダーシップのためのスキルである。さらに、「情報収集力」「情報選別力」「情報読解力」は15回で、文字通り情報を採り出して活用するリテラシー能力のスキルである。

つぎに、図9は心理的キーワードの出現頻度を示している。縦軸は心理的キーワードの項目で、多いものから順に上から下へ並べている。「積極的にいかかわること」が10回で、コミュニケーションには自身の積極性が重要であるという意見が多く見られた。また、1年生との交流が楽しかったという意見が6回あり、コミュニケーションに関する記述が合計16回見られた。さらに、チームワーク、自発的に行動する、責任を感じたという意見はリーダーシップに関わる項目と考えられ、これらが合計17回である。知識の豊富さが重要という意見はリテラシーの項目に含まれると考えられる。

以上のように、学生らの討論における発言内容をキーワードの出現頻度で整理することで、コミュニケーション、リーダーシップ、リテラシーの各能力に関する実施体験が多数存在したことが分かった。これらの各能力の意味を考えさせることで、社会的な協調性の中で具体的に何が必要なのかを指導体験を通じて気付かせることができた。

3.2 具体的な記述例

表4は、コミュニケーションに関するおもなコメントを抽出して内容別に分類し箇条書きにしている。討論会の発表の中で、「1年生と交流して楽しく授業をやりたいが、1年生の中にはやる気がない学生がまれに含まれている場合があり、そのようなときに困った」というコメントがあった。さらに踏み込んだ意見として、「そのような学生に対しては、積極的に関わって教えることが必要で、4年生の中で話し合い、チームワークで指導方法を共に考えた」という意見があった。さらに、「この経験を通じて、4年生自身のプレゼン能力、相手に伝える能力が鍛えられた」との意見も聞くことができた。また、わからないことを調べる過程で先生に質問することが多くなり、教員とコミュニケーションできたことを喜ぶ意見もあった。

表5は、リーダーシップに関するおもなコメントを抽出して内容別に分類し箇条書きにしている。教える立場を経験することで将来の経験を模擬的に経験していると感じている学生が多かった。そして、「教える側には責任と積極性が必要で、教えられる側（この場合は1年生）にも積極性が必要である」との意見があった。「主体性がない子に関心を持たせ、リードしていくことは非常に大変なことで、それにはリーダーのコミュニケーション能力や題材に対する知識が豊富であることが重要」という意見があった。

表6は、リテラシーに関する主なコメントを抽出して内容別に分類し箇条書きにしている。リテラシーと

表4 コミュニケーションに関するコメント

分類	おもなコメントの例
伝える技術 8件	・作業内容が伝わるように説明する力を身につけられた。 ・プレゼン能力には自分自身が理解していることと表現力が重要。 ・ニュアンスを伝えることが難しい。
積極性 5件	・積極的に教え、興味を持ってもらえるようにした。 ・初対面の人でも意見交換ができるようになる。 ・それにより作業を円滑に進めることができる。
チームワーク 5件	・授業前に準備や役割を話し合うことが大事。 ・既に完成している事柄について話し合うことで4人の間で意思疎通をはかる。 ・自分たちのコミュニケーションや連携がなっていないと、実習が進まなかった。
交流 2件	・普段関わることのない1年生と交流できた。 ・部活のこととか、出身中学のことなどを話すと、1年生も緊張がほぐれて、少し話してくれるようになった。

表5 リーダーシップに関するコメント

分類	おもなコメントの例
模擬体験 9件	・周りが見えるようになり、視野が広がった。 ・聞いたことを教えることで、自分の理解が深まった。 ・責任者の雰囲気や味わえた。
落ちこぼし対策 7件	・遊ぶ子もいて、楽しくやりたいから、注意しにくかった。 ・注意するときの言い方も戸惑う。 ・関心を持たせるのが大変だった。 ・具体例が必要だと思う。
リーダーの積極性 3件	・自分から積極的に進んで教える姿勢が大事。 ・リーダー自身が向上心を持つことが大事。 ・リーダーシップがないと1年生に教えることはできない。
知識の豊富さ 1件	・安全対策や工程の理解など、完璧にしておかないといけない。
コミュニケーション 1件	・周りを引っ張るために、興味を持ってもらう必要がある。そのためには授業内容を分かりやすく伝える必要がある。

表6 リテラシーに関するコメント

分類	おもなコメントの例
情報収集力 6件	・自分たちが分からなかったことを、分かる人に聞く。 ・他人に聞くだけでなく自分の力で切り開く（ナゾをとく）。 ・新しいことを自分たちで探していく。
情報読解力 3件	・情報を読み取って、その条件に合った情報を活用。 ・未知の計測機器の取り扱い説を読み、使用法を理解できた。
情報選別力 3件	・マニュアル作りで、何も知らない人の目線に立って、伝える情報とそうでない情報を選別する。 ・1年生に実験結果から考察を書かせた。→考察に必要な情報を選ぶ力が身に付いた。

表7 その他のビジネススキルに関するコメント

分類	おもなコメントの例
反省とフィードバック 5件	・ 4回同じことを教えていく中で前回の反省点を踏まえて作業を改善しながら進められた。 ・ 時間配分や教え方を、前回の問題点を改善しながら進めた。
予測と準備 2件	・ 不自由なく実習が進行できるよう、工具や説明用パネルなど、ハード面の構成を考えた。 ・ 実習で起こりうるあらゆる可能性を見越して対策を練る。
工夫 2件	・ どうすれば実験が円滑に進行できるかを考えた。
やりがい 2件	・ 質問してくれるとやりがいを感じられたし、こっちも楽しいと感じた。
その他 5件	・ わからないことはすぐ調べるクセがついた。
	・ 初めて知ったことなどを自発的に調べ考える力がついた。
	・ 準備企画を一から始めたことで、協力して何かをする力や、企画力を身につけることができた。
	・ 新しいことを自分たちから探していく姿勢が身に付いた。
	・ 報・連・相、確認 安全に気を配り、ミスを減らす！

は、情報を自己の目的に適合するように使用できる能力のことであると学生に説明している。学生は、リテラシーを情報収集力、情報読解力、情報選別力に分解して討論していた。情報収集の方法は、先生や友達などのわかる人に聞く、インターネットで調べる、文献を調べる、などの手法であった。知識を獲得する行動に関して、「わからないことがあればすぐに調べるクセがついた」「マニュアルの文章を理解することに苦労した」「実際の作業で経験することで理解できた」という意見があった。また、「1年生にわかりやすく教えるため、得られた情報の中から有用な情報を選別してマニュアルの作成を行った」という意見があった。また、人の役に立つ（本取組においては1年生の知識獲得の役に立つ）ことにより、やりがいを感じた学生が数名おり、良い経験を与えることができた。

表7は、その他のビジネススキルに関する主なコメントを抽出して内容別に分類し簡条書きにしている。その他のビジネススキルにはたとえばコンピテンシー（仕事において、高い業績を達成している人材に見られる行動・態度・思考・判断・選択などにおける傾向や特性）が含まれる。仕事を遂行するにあたり重要である工夫・準備・予測・反省・フィードバックなどの言葉が学生の討論の中に登場した。

4. 次年度以降のための改善点

本取組を通じて、4年生に対して就業力の育成につながる良い経験を与えることができた。教員の目から見るときに、いくつかの反省すべき点をまとめておく。

4年生に1年生を指導してもらう前に、企業が求める就業能力についての体系的な講習を実施しておく効果がさらに上がると考えられる。とくに、技術的コミュニケーションに関する知識を与えておくことよと思われる。

本取組が1年生の学習意欲の向上につながっているかどうかについては不明なままである。引き続き調査を継続し、平成22年度の1年生への効果について観察する必要がある。

5. おわりに

実習系の科目において、上級生が下級生を直接指導する形式で半期2単位の授業を実施し、4年生の討論によってその効果を評価した。その結果、学生らはコミュニケーションの重要性、人を指導する場合の困難さ、チームワークの重要性など多くの社会性スキルを体験から学ぶことができた。今回の経験は、学生らの将来の就業に対して、大きな経験値として役に立つと考えられる。

参考文献

- 1) 氷室昭三：産官学連携による新しい教育モデル、工学教育, 55-3, pp.51-56, 2007
- 2) 吉田政弘, 富田宏貴：高等専門学校における卒業研究を活用した低学年学生のものづくり教育, 工学教育, 56-4, pp.62-68, 2008
- 3) 伊澤 悟, 田中好一, 川村壮司：講義・実験・実習の3要素を取り入れた「興味を持って自ら学ぶ」機械工学導入教育, 工学教育, 57-1, pp.88-92, 2009
- 4) 磯貝恵美子, 額 丈二：企業における「人間力」強化を狙った技術研修の構築, 工学教育, 56-1, pp.89-93, 2008
- 5) 伊藤通子, 定村 誠, 本江哲行, 丁子哲治：企業の若手技術者を対象とした「社会人基礎力」を育成する研修プログラムの開発, 工学教育, 57-5, pp.99-105, 2009

著者紹介



中島 賢治

1990年 九州工業大学卒業後、(株)野村総合研究所に入社
 1998年 九州工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了 博士(工学)
 1998年 佐世保工業高等専門学校講師
 2004年 佐世保工業高等専門学校助教授
 2007年 佐世保工業高等専門学校准教授
 所属学会 日本機械学会、化学工学会、日本工学教育協会、九州工学教育協会