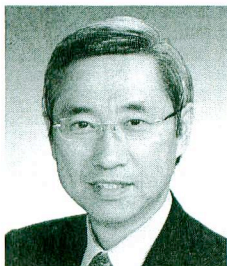


大学・大学院総括

21世紀型技術者育成のための 大学院教育

Postgraduate Program for Developing Engineering Competency in the 21st Century

執筆者プロフィール



笠木 伸英
Nobuhide KASAGI

- ◎1976年東京大学大学院工学系研究科修了，工学博士，東京大学専任講師，助教教授，スタンフォード大学客員研究員を経て，1990年より現職
- ◎研究・専門テーマは，熱流体工学，エネルギーシステム工学，乱流工学など
- ◎正員（フェロー），東京大学大学院工学系研究科教授，日本学術会議会員
(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 / E-mail: kasagi@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp)

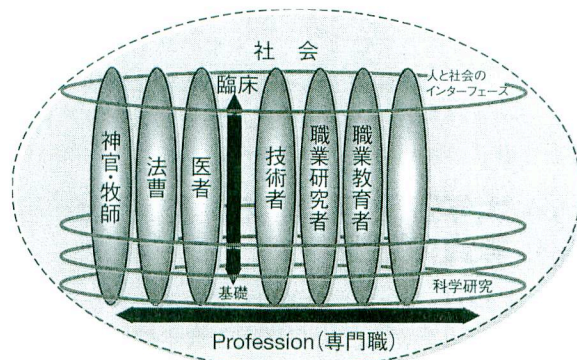


図1 専門職に支えられる知識基盤社会

1. 国を支える専門職業人としての技術者⁽¹⁾

わが国は，すでに世界のトップランナとしての仲間入りを果たし，その国土の狭さとは裏腹に，世界の政治経済の中で主要なプレゼンスを示す位置にある．今後もイノベーションを通じて，世界が直面する多くの課題をわが国が率先して克服し，豊かな社会を造る模範を示すことが求められる．こうした時代に鍵となる役割を果たすのが，技術者を含む専門職業人の存在である．

21世紀の知識基盤社会では，政治，経済，産業，国土，交通，医療，教育，科学など，さまざまな社会システムをよりスリムで機能的に創造し，これら高度複雑化したシステムを健全に運用，経営する人材としての多様な専門職業人^(註1)が必要である．図1は筆者の考える社会と専門職の関係である．さまざまな専門職が自律性を持って社会に認知される中で，それぞれの専門職には，基礎科学としての知識の体系を形成する役割を有する者から，市民へ具体的なサービスを提供する臨床的な役割を果たす者まで分布している．また，たとえば，大学人は教育者であると同時に研究者でもあり，工学系では技術者としての役割も有する．個人は複数の職業人としての役割をになうことになる．

技術者は社会の活力を生み，人にゆとりを与えるための，高度な科学技術専門知識と豊富な経験を有する専門職業人として位置付けられる⁽²⁾．技術系人材育成は海外でも主要

目標となっているが，第3期科学技術基本計画でも「人」をより重視する方向性が強調され，関連省庁，技術系学協会，経団連などにおいて，新時代に相応しい人材育成の具体的方法について熱心な議論が継続されている．そこには，少子高齢化と理工系離れによる技術者の“数の問題”と新時代のイノベーションを可能とする人材の“質の問題”が存在する．

日本の高等工学教育を経た技術者人口は，約250万人といわれる．その中には，約40万人の工学研究者，5.6万人の技術士が含まれる．毎年11万人の理工系の卒業生が輩出されるが，今後少子化と若者の理工系離れにより加速する技術者数の減少が危惧される．その理由のひとつは，技術者に対して，努力に見合った十分な社会的評価が与えられていないという事情である．一見難しそうな数学や理科を要し，厳しい競争に曝されながら相応に報われない姿に映る技術者像が，若者にとって自分の人生の有力な選択肢となりにくいことは容易に想像がつく．欧米諸国でも，医師，弁護士，事業家などに比べて技術者の社会的地位は高いとはいえないが，国造りにおいて技術が中核的な役割を果たすわが国では，この問題は看過できない．

他方，工学教育の“質の問題”は，新世紀のグローバル社会における技術者に求められる資質の変化に起因している．未来の技術者には，俯瞰的な視野や自らの仕事の位置付けを理解する力，そして専門知識を使いこなしてプロジェクトを遂行するためのマネジメント力，チームワーキング力，リーダーシップ力，などを含む，技術者のコンピテンシー（行動特性）といわれる能力がいつそう求められる．こうした要請に応えるため，専門知識やスキルの教育に留まらず，社会・経済・環境に関わる文脈の中で形成される，

(注1) 専門職 (profession) とは，高度な知的訓練と技能に基づいて独占的なサービスを提供するとともに，独自の倫理規定に基づいた自律機能を備えている職業とされ，医師，弁護士，会計士，技術士などは世界的にみても専門職と認知されている．

21世紀型の工学教育プログラムを構築せねばならない。

このような中、大学院進学率は3割を越え、今後も増加する傾向にあり、大学院教育の改革は喫緊の課題といえる。大学院教育の本質は、講義演習の体系の中で養われる専門知識と応用力、そして未踏分野にチャレンジするさまざまな研究活動の中で養われる計画力、実践力、マネジメント力などを付与することである。学部は技術者としての基礎固め、大学院は自立した技術者の育成と明確に位置付け、それぞれの教育目標を設定すべきであろう。知の創造の観点からは、ものづくりを追いかけた経験知・解明知から、ものづくりを創造する先導知を目指さねばならない。そのためには具体的な出口を意識したパスツール型研究⁽³⁾の推進が必要であり、そのような場での若者の鍛錬が重要である。また、相互の役割分担の理解に基づく、息の長い産学連携を開拓することによって、未来の産業界、教育研究機関の牽引役として期待されるような人材を育成する目標を共有すべきである。これらの観点から、大学院教育は抜本的な見直しが求められている。

2. 大学院教育に関する産業界と教員の意識

(社)日本機械学会でも大学院教育改革をわが国にとっての重要課題と捉え、2004年度より大学院教育懇談会を設置して独自の議論を行ってきた。その一環として、2005年度には大学院教育に関する企業会員向けアンケートを、2006年度には教員向けアンケートを実施した。表1に示すように合計2456名からの回答があり、この種のものとしては過去に例のない大規模なアンケート結果が得られた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。アンケートは、自己の大学院体験に対する評価、大学院教育の現状に対する評価、大学院教育の改善施策に関する設問と自由記述欄から構成されており、産業界と教員の意見の比較が意図された。以下に代表的な結果を紹介する。

図2の大学院教育に対する現状評価では、全般的に産業界が教員に比べより厳しく評価していることがわかる。大学院修了者に対する総合的な評価である「(学卒者に比べ大学院修了者は)企業の技術者に適した能力有り」という設問に対し、産業界では「強く思う」人がわずかに6.5%しかおらず、「やや思う」を合わせても57%程度にすぎない。すなわち、産業界は、修士課程2年間の教育達成度が十分とは認めていない。また、教員と産業界の回答に共通した傾向として、総合的な評価よりも個別の能力に対する評価が低い。中でも、「英語力」、「幅広い専門性」、「提案力、実行力」に対しては産業界同様、教員の評価もかなり低い。また、産業界が「高い専門性」をも認めていないことは深刻に受け止める必要がある。これらの結果は、個々の大学院教育が目標とする付与能力や人材像を明確にしてこなかったこと、産業界もその期待を明示してこなかった結果といえる。

図2で指摘すべきもうひとつの事実は、「成長過程で指

表1 アンケート依頼者数と回答者数

	以来数	回答数	回答率
教員向けアンケート(2006)	5 230	448	8.56%
企業会員向けアンケート(2005)	10 495	2 008	19.1%

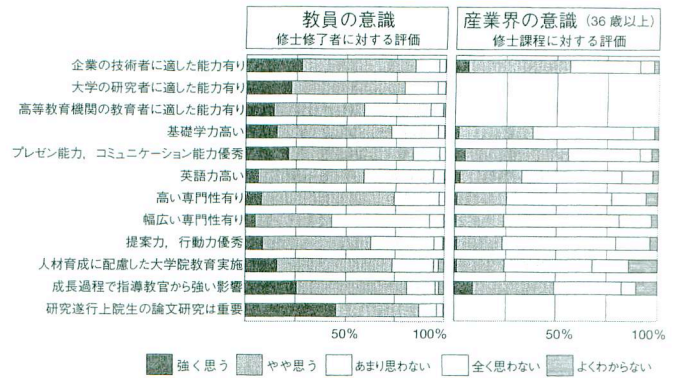


図2 大学院教育に対する現状評価(修士)

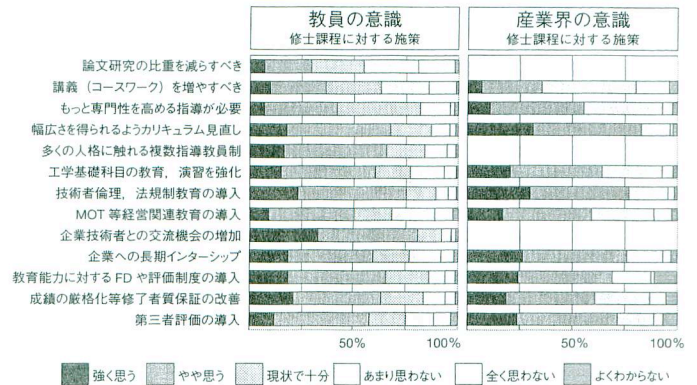


図3 大学院教育に対する改善施策(修士)

導教官からの強い影響」を受けたとする人が多いことである。教員ではその傾向が強い。これまでの大学院教育は研究室における論文研究が中心であり、良くも悪くも指導教員の影響を強く受けてきたことの現われであろう。また、教員にとっても大学院生は自らの研究遂行上不可欠な存在となっていることも明瞭に示されている。図2の傾向は博士課程に対する結果でも同じであった。

図3^(注2)の大学院教育に対する改善施策に関しては、教員と産業界とで大きな差異はない。単に「講義(コースワーク)を増やすべき」と回答した人は比較的少ないが、「技術者倫理、法規制教育の導入」を支持した人は比較的多い。教員と産業界との差が見られるのは「幅広い知識や視野を得られるようカリキュラムを見直す」と「第三者評価の導入」で、いずれも教員が消極的である。教員の多くは「論文研究の比重を減らすべき」にも否定的であり、競争的環境の中で教員評価が主として研究業績に基づいて行われる現実と、教育の重要性の認識との齟齬が一因と考えられる。しかし、多くの教員が、「企業技術者との交流機会の増加」などの新しい試みが大学院教育で必要だとも考えている。

これらの結果から、第一に産学間での相互理解の必要性を指摘できる。永く大学教員の専任事項であった教育プログラムの構築に、人材の受け手である産業界からの具体的なフィードバックが必要であるとする認識がようやく浸透してきた今、国際的にも通用する優れた教育への改革を推進する良い機会を迎えている。産業界からのさまざまな要請を理解したうえで、各大学が主体的に育成すべき人材像を描き、その育成に向けた教育プログラムを具現化し、さ

(注2) 産業界への設問では、「現状で十分」の選択肢は設定しなかった。

らに産学の対話を続ける必要がある。

また、イノベーションを可能とする資質を育成するための手段として、幅広い知識や俯瞰的視野が得られるように教育プログラムを改編すべきという意見と、従来通り論文研究を通じた教育に重点を置くべきという意見とが対立しているようにも見える。後者は、これまでも多くの優れた人材が輩出されてきた事実とその論拠があるようだが、それは個々人の資質と努力によって達成されてきたものと言える。わが国が国際社会でも通用する人材を育成する必要性が求められる今日では、少数教員に委ねられた研究室制での論文研究指導だけでは満たされない大学院教育の要請も顕在化している。今後とも論文研究の重要性は変わらないといえるが、コースワークとのバランスも考慮し、前述の相克する教育目標をいかにして達成するか、教員が組織として取り組むべき課題といえる。

さらに、産学間の人材交流の仕組みづくりも重要な課題である。今後の大学院教育では、目標を明確にしたインターンシップなどの産学連携教育が有効となる。しかし、インターンシップ制には、受入れ側では負荷や機密保持など、送り手側では教員・学生間の意思疎通の劣化による論文研究遂行への影響などの問題もあり、産学の合意に基づく環境整備が必要である。また、大学における技術者の再教育や、先端的製品開発や技術開発に携わる技術者による学生指導など、多様な人材交流も重要で、その具体化を考える時期にきたといえる。

3. イノベーション創出人材育成への取り組み

最近の試みとして、筆者の関係する東京大学21COE「機械システム・イノベーション」を紹介したい。当該21COEでは、2005年以来、関連企業十数社から参画を得て懇談会を設置し、当事者である大学院生も含めた議論を行い、具体的かつ可能な改革について継続的に検討してきた。その結果、以下のような方針がまとめられた。

“各専攻の修士・博士課程での人材育成の理念と達成目標（育成されるべき人材像）を改めて明示し、それらをカリキュラムに具現化する。そして、習得すべき資質や能力が、どの講義、演習、実験などにおいて養われるのか関連づけて、学生に明示する。産官学界において、専門的研究・開発・経営能力を発揮できる国際的人材の育成を共通理念におく。博士課程においては、学生個々人の俯瞰的視野、国際環境でのリテラシー、そして研究者・技術者としてのコンピテンシーの涵養を目指す。学生が、専門分野のみに偏ることなく、幅広い専門知識を習得し、自らの研究領域以外の研究・技術動向に対する理解力も獲得できるようにする。また、指導教員以外の研究者や技術者の姿勢や価値観に触れる機会を導入し、さらに組織として教育の質を保証する仕組みを構築する。”

加えて、次のような具体的な方策も検討されている。

- (1) 修了要件の取得単位数、その内訳としての講義、演習、論文などの配分を見直す。
- (2) 提供科目を分野別にグループ化して、そのうちのひとつを主分野とし、それ以外の分野からも必要数の単位取得を義務づける。なお、科学技術英語、技術倫理、技術

経営などの履修を求める。また、科目の履修においては、関連基礎科目の習得を履修条件とする。

- (3) 専攻横断型のカリキュラム（調査研究、研究発表、輪講など）を提供し、研究室や専攻を超えた学生の研究交流やチームワーキングの機会を与える。
- (4) 複数の指導教員による研究指導制度を可能とする。
- (5) 学生を研究アシスタントとして積極的に登用し、その役割を責任を持って果たさせることによって、指導力習得とともに人格的成長を促す。
- (6) 学生の国際経験を促すため、国際会議発表、短期留学などを資金的援助とともに奨励する。国際リテラシー、コミュニケーション力強化のためのコース提供やトレーニング支援を行う。
- (7) 産業界、他研究機関でのインターンシップや流動研究員などを奨励する。

このような大学教育の改革がイノベーション創出に繋がるであろうか、その答えを得るには時間を要しそうだが、まずは改革に向けて踏み出すことが重要と考えている。

4. むすび

新世紀のわが国で必要とされる技術者人材育成の仕組みとして、具体的目標を明示した教育プログラムへの組織的な取り組みの必要性について述べた。これに対して、教員の基本的な理解も進んでおり、産業界からも大きな期待が寄せられている。しかし、本稿で紹介したアンケート調査に見るように、産学間で相違する認識や意見も存在し、それらを克服する教育プログラムの構築と継続的な対話が必要である。また、教育現場での捉え方は一様ではなく、具体的な事項では教員の意見分布は大きい。したがって、まずは、専攻・学科ごとに教員が教育の理念と目標をきめ細かく設定かつ共有して、それらを教育カリキュラムによって具現化することである。つまり、“組織”として人材を育成する体制と運営を実現する必要がある。

学生に教育課程の達成目標を明示・約束し、教育現場で学ぶ者と教える者との協働を実現することが肝要である。そのためには、産業界には、工学教育の先に位置する専門職としてのキャリアパスを示し、学ぶ者にインセンティブを与える努力を望みたい。他方、教育機関は、産業界、学生を含む、すべてのステークホルダのビジョンと目標の共有のために、オープンに、継続的な開かれた議論の場を持つべきと言える。若者にとって、大学院教育が多くの人格と価値観との出会いを可能とするものであることが、極めて重要であることも指摘しておきたい。

謝辞 本稿をまとめるにあたり、(株)東芝 久保田裕二博士に多大なご助力を頂いた。記して深謝したい。

(原稿受付 2007年2月9日)

●文 献

- (1) 笠木伸英, イノベーションを創出する工学系人材育成に向けて、学術の動向, (2006-12), 29-35.
- (2) 大橋秀雄, これからの技術者, (2005), オーム社.
- (3) Stokes, D. E., *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, (1997), Brookings Institution Press.
- (4) 飯野利喜・久保田裕二, 「大学院教育に関するアンケート」結果報告, 日本機械学会誌, 109-1046 (2006), 65-68.
- (5) 久保田裕二・佐藤 勲, 「大学院教育に関するアンケート(その2)」結果報告, 日本機械学会誌, 110-1058 (2007), 67-71.