

科学技術関係人材専門調査会（第 2 回）における主な意見等【要旨】

「平成 14 年度科学技術の振興に関する年次報告」における科学技術人材の需給等に関する記述の概要

科学技術基本法に基づく国会への年次報告では、今回、「これからの日本に求められる科学技術人材」を特集。人材の需給に関わる部分は以下のとおり。

（ 1 ） どのような科学技術人材が必要か

研究者に対して行った意識調査では、特に、科学技術と社会を媒介する人材について量的、質的に不足感が強い。

科学技術人材は、これまで増加してきたが、未だ不足感が高い。今後の方向として、量の確保とともに質の向上が必要。

研究者・技術者の将来人口推計を見ると、現在は 270 万人程度だが、2050 年に向けて急速に減少してゆく見込み。

（ 2 ） 科学技術人材の育成・確保のための方策

「科学技術人材の活動環境の整備」に関し、処遇への満足度を研究者に調査。給与には満足とする人も多いが、研究活動自体に関わる分野（研究成果に対する特別の報酬、研究費の額）について不満が強い。

「創造性の発揮できる研究環境の構築」に関し、任期付任用制度に対する研究者の意識は、任期後の受入先が未整備とする声が強く、制度が未定着のため、流動化はなお部分的と受け止めている。

（ 3 ） 創造的な科学技術人材の育成

理想の研究者が持つ能力を現場の研究者に聞くと、創造性、専門知識、課題設定能力等の答が多い。

「理系研究科における教育課程の改革の内容」として、大学院の系

研究科で教育課程の改革を実施した研究科の状況を聞くと、学際的分野や生成途上の分野に対応して改革したと答えたところが多い。

社会のニーズに適合した人材の育成に関し、「民間企業が大学・大学院に望むこと」としては、知識を与えるよりも考える力を付けさせることを期待しており、知識偏重でない学生を求めている。

「博士課程修了者、ポストドクターへの期待と実績」について民間企業に聞くと、独創性の点で大きく期待を下回るとの回答。

「民間企業における博士課程在籍者、ポストドクターの採用実績」については、過去3年で全体的に少しずつ増えている。

「研究分野と研究者の不足状況」について民間企業に聞いたところ、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野と製造技術分野について不足感が高いとのデータが得られている。

企業における技術系人材の現状と課題

1 (社)日本経済団体連合会による調査結果

日本経団連では、本年10月前半に、アンケート調査を実施。産業技術委員会のメンバー企業124社を対象とし、70社から回答。業種は20以上にわたるが、調査結果は業種を問わずほぼ共通。

多業種にわたるため、出身学部・研究科等も自然科学系の多方面にわたるが、問題点や意見が共通しており、今の科学技術系の若者の共通の傾向が示されていると理解できる。

だが、中小企業等を含む産業界全体のニーズとは異なると理解すべき。

(1) 技術系人材の採用実績等について

「過去5年間の技術系人材の採用実績の年平均」は、採用者の67%は修士課程修了者であり、2%、約8100名が博士課程修了者の採用。第1回会合では、博士は採用者の4~5%と発表したが、今回は、業種の違い等があり、2%になった。また、博士課程修了者の採用は、28%が中途採用である。修士課程修了者の場合、中途採用はごく少ない。

「専門分野ごとの人材の需給」については、情報通信分野とフロンティア分野で不足感を感じている企業が比較的に多い。

(2) 博士号保有者の現状及び課題について

博士号保有者の人数とその資質について

「博士号保有者の人数」は、70社で4615名であり、101名以上の会社数が23%、51名～100の企業は11%を占める。0名が7%。計測や制御の分野では、博士課程修了者の採用が競争になっている例もある。

「博士号保有者の資質」について、レベルについては特に大きな問題は出されていない。期待どおりとする会社が82%、61社だが、博士号保有者の資質が期待どおりでないとした会社(18%、12社)からの意見では、専門分野以外での幅広い知識や経験、独創的な発想力の面を上げているものが比較的多い。

博士号保有者の企業での待遇・処遇について

給与面で優遇している企業は64社中の17%。学部卒、修士課程修了者に対して、それぞれ5年、3年長く学業を積んでいることに対し給与で様々に上乘せしているという意味。83%の企業では、学部卒業者の入社5年後と同じ処遇で、あくまでも能力次第の給与としている。

配属について配慮しているのが、64社中の42%ある。

今後の博士号保有者採用についての考え方

今後積極的に増やしたいとする企業が70社中の20%、今までどおりとする企業が67%、無回答が13%。減らしたいとする企業はなかった。

増やす場合に何が障害になると聞くと、自分の専門に固執し、事業に対応した柔軟な配置が行えない懸念があるとする意見が多い。エネルギー関係や造船関係の企業から出てきているのは、専門性については特に問題ないが、マネジメント力がもっと欲しいという意見があった。

博士号保有者に関する自由意見

- ・一般教養を含めた幅広い知識と専門性をはぐくむ教育が必要であり、基礎学力の充実を望む。
- ・博士課程在籍中に、専門知識だけでなく、幅広い視野やリーダーシップを身につけてほしい。

- ・創造性等の人間力の向上が必要。
- ・同年輩の海外の博士号保有者と比較すると、一人前の研究者という自覚と気概、良い意味で目立つという面が弱い。
- ・博士の場合常に問題になるが、専門分野の内容、研究テーマの選定に当たって、企業が求めている専門性という視点も加えてほしい。

なお、企業の場合、専門性のある事業でも大きく変化するが、企業のドメインは簡単には変わらない。企業側のPRとともに、博士号保有者も、このドメインを考えると当たり外れが少なくなると思われる。

(3) インターンシップの現状及び課題等について

インターンシップの現状

73%の企業がインターンシップを実施しており、平均して1社で1年に30人弱を受け入れ。修士課程と学部がほぼ半々で、博士課程は2%。

産業界としては、大学が教育をする場合、どうしても企業の現場での体験が必要であり、それに対し企業が最大限協力するという立場と認識。

インターンシップは、産業界に来る人に役立つだけでなく、大学や公的研究機関に行く研究者・技術者にも、社会を知ることによる利点があり、技術系全体のレベルアップに資するので産業界は助力している。

期間等について

期間が短い場合が多く、2週間以内が39%。1か月超は23%。

多くの企業が、学生の職業観・就労意識の向上に役立っていると認識。優秀な人材発掘・確保がメリットとする企業も多いが、見方により企業側の抱え込みとなる可能性もある。学校との関係構築や企業のPRというメリットを上げる企業も多い。

インターンシップに関する自由意見

- ・企業にとっての費用負担が大きいので国からの助成を期待する。
- ・大学に対して、期間を3ヶ月～6ヶ月程度に延ばすべき。
- ・単位認定の基準や実施期間等が大学によって違うので、制度として統一してほしい。
- ・個々の大学を超えた統一的な窓口や情報があれば、より協力可能。
- ・参加する学生に対して趣旨等の事前指導を徹底してほしい。

(4) 外国人技術系人材の現状及び課題等について

雇用人数は、70社で813人。51人以上いる社が6%、11人以上50人以下は20%。これらは工場等の生産拠点における雇用ではない。

今後雇用を増やしたいという社が30%、増やす予定はないという社が60%、未回答が10%。

増やす上での障害としては、日本人の採用を優先している、終身雇用になじまない、外部に流失してしまうおそれがある、という回答が多く、宿舎や子どもの学校の問題等の生活環境を上げる回答も多い。

優秀な若者を海外から採用してもよいが、日本人の若者を活性化させるかが大事であり、その可能性を更に発揮させるための刺激策として、優秀な外国人の若者を一緒に採用し、彼らが後で海外に戻ってもよいという気持ちで臨むべきとの意見がある。

(5) 産業界から見た科学技術系人材のあり方についての自由意見

科学技術系人材全般及び大学教育のあり方

- ・外国の同年代の人たちに比べ、数学や物理の基礎学力が低い。
- ・サマーキャンプ等で日本人の博士課程学生は存在感が薄く知識が浅く、中身、考え方とも、海外の人間がリーダーシップを取っている。こういう外国人は日本の企業に入っていない。多くは海外の企業に就職するので非常に危機感を持つとして、意見が出てきている。
- ・問題提起型の技術者へシフトさせる教育が必要。
- ・ハイテク分野でも、基礎には工学的な基盤技術があり、それが弱体化。基盤技術を支える若い人材が誇りと夢を持てる施策が必要。
- ・電気回路、機械図面等の基礎知識に欠ける学生が増えている。

初等中等教育段階での取組

- ・科学的素養の醸成を視野に入れた施策が必要。
- ・大学入学者選抜で創造性を評価できる出題をし、創造力教育を取り込むべき。

技術者再教育

- ・企業等の研究者・技術者が最先端の科学技術を習得するためのシステム構築が必要。

2 産業界の現状・認識等に対する意見等

(1) 博士課程修了者の採用について

待遇面で博士課程修了者に配慮する企業は2割以下であり、博士課程修了者は能力の発揮や創造性の点で期待どおりでないと評価しながら、博士課程修了者を採る理由は、修士よりもはるかに専門性が高いこと。新事業に取り組むときに、社内で人材の専門性を高めながら進めるのは、時間がかかりすぎてもう無理であり、博士課程修了者を採る。場合によっては、もっと上の層まで採用している。

詳細な分析はしてはいないが、採用する理由は、あえて言えば、期待感に基づく。博士課程修了者の短所として、幅の狭さ、柔軟性の不足が指摘される。しかし、深く追求するという長所があり、柔軟に考えられようになれば、立派なジェネラリストになる素質がある。

国立大学で博士を一人育てるのには、巨額の金がかかるという。極論すれば、国の金で育てた人材を、企業はただで獲得。企業は人材を有効に使うこと、大学は有効に使えるような学生を育てることが必要。相当な金が投入されていることは、産業界にも理解してほしい。

企業の採用は圧倒的に修士が多い現状で、日本の工学教育は今のシステムのままでよいのか。優れた人材があまり博士課程に行かないとも聞くが、その中で今後の工学教育をどうすべきかも大きな問題。

(2) 外国人留学生等の科学技術系人材の牽引について

研究者・技術者の将来人口が急速に減少すると推計されており、外国人技術者を雇用するかどうかは重要な問題。

また、大学の国際性を高め、もっと留学生を増やすことが期待されており、増える場所は大学院の自然科学系が多い。留学生が増加するほど、日本国内に雇用の場があるかは大きな問題になる。日本企業が不熱心だとなれば、日本にこないで欧米諸国に留学する。国内の大学を卒業した外国人技術者をどうするかは、かなり大きな問題と思う。

しかし、外国人の技術系人材を現状より増やす予定はない企業が6割で、その理由にも閉鎖的で消極的な傾向が現れている。

優秀な外国の若者を入れることは、短期的には大事であるが、大学に影響の及ぶ可能性まで考えると、あくまでも刺激策として採るべきで、単に多数入れればよいとは思えないとの意見がある。

言葉や生活習慣の問題も大きい。家族連れの場合、一緒に働きたいという人が多いが、そこまでの面倒を見るとなると、やや躊躇する。

外国人の留学生と技術者の両方に関わるが、留学生に関する一番大きな問題点は、アジアのトップ級の学生が日本に来ていないという事実。アメリカでは、修了後によりよい企業に就いたり、一定期間後に国籍取得の途が開かれたりしているが、日本ではできない。大学側でよい学生を海外からも採る努力をしても、その先の道を同時に開いてゆかないとよい学生は採れない。特にアジアのよい学生が、日本を乗り越えてどんどん欧米に行ってしまうのは、日本の大学、企業双方にとって極めてマイナスと認識。

日本の企業に入るためにどうするかよりも、教育を受けたり、研究したりしたときに、日本に来てよかった、日本だから立派な成果が出せたとなることが重要。大学や研究機関側の改善が先ではないか。

日本では博士課程学生への支援体制が不十分なことがもう一つの大きな問題。米国に留学すれば、授業料免除だけでなく、教員の研究費から学生の生活費も出してもらえるから、日本に来るよりも魅力的。第一に、博士課程の学生への支援体制を日本として考えるべき。併せて、卒業後の途が開かれていることが大切。国内の事業所で積極的に採用するとともに、東南アジアの進出先で優秀な学生を優先的に採るようになると、優れた人材を日本へ牽引できるよう変わるだろう。

このアンケートは国内に関するもので、多くの企業は海外に研究拠点を設けており、これより1桁上の人数の外国人が日本企業で働いている。その方が、日本に来てもらうよりも明らかにコストは安い。

日本にとって、外国人のよい研究者をどう採用してゆくかとは、大変大きな問題であり、今後議論をしていくことが大切。

1 総論

第2期科学技術基本計画の第2章の重要政策の中に「技術者の養成・確保」について立派にまとめられて記述されている。これが技術者の養成・確保に関する議論の立脚点である。

「技術者（の基礎）教育、技術士等の資格付与、継続的な教育を通じ一貫した技術者の資質と能力の向上を図るシステムの構築を図る」と述べているが、非常に大事なコンセプト。中身、求められる資質は時代や分野により変わりうるが、システムをしっかりと作れば、ニーズに応じて適切に対応できるからである。

技術者の定義については、様々な理解がある。研究者と技術者は二項対立的な概念はなく、本来、科学者=サイエンティストに対して、技術者=エンジニアという形で理解すべき。技術者とは、技術を業・仕事とする者の中で、系統だった知識をその能力の中核に置く者と定義している。広く言うと、エンジニアリングとテクノロジーの一部は知識をベースに仕事をする。その基になるのは、工学と呼ばれる体系的な科学。スキルの能力を中核に置くのは技能者で、技術者とは一応峻別している。

国勢調査で技術者と分類されている人は240万人程度いる。研究職にいる企業の技術者が40万人程度。その他の分野に200万人程度でいて、概略で技術者は240万人程度ではないか。

これらの人々が、大企業にも中小企業にも所属して、日本中に分布。これだけの量を何とかしなければ、育てなければ、という思いでいる。

大きな流れとして、基礎教育を終えて実務に就くと、資格などを取り、また実務を通じて継続的に能力開発を生涯にわたって行い、レベルアップしてゆくというシステムを確立したい。

基礎教育に関して、JABEE（日本技術者教育認定制度）のシステムを立ち上げつつある。先進国では既に半世紀の歴史がある。主として工学系の教育に関し、内容を第三者評価して認定する制度を導入し、日本流に解釈して世界に通用する形で定着させるべく活動してきた。平成13年に発足させ、工学系の高等教育機関に急速に普及しつつある。

資格制度には様々な種類があるが、国際的な視点や国としての認定という視点から、技術士制度を中核の資格と考え、所管省庁とも相談。平成12年に国際的整合性に対応して法改正された。近々JABEEは、基礎教育との連携も図れるようになる見込み。

このように、普及拡大と国際的相互承認が進むシナリオはできた。

このような基礎レベルから継続教育までの一貫した教育システムの構築を取組を妨げるものの第一は、就職活動。今、日本の学部教育は実質3年弱となっており、心配。これは産業界にも大学にも責任がある。

2 日本技術者教育認定制度（JABEE）について

JABEEについては、文科省、経産省が立ち上げのために5年間ほどにわたり経済的に支援してくれ、産業界も応援してくれている。

平成16年度頃には、財政的に独立した体制ができると考えている。審査員、事務局とも、実費だけをもらうボランティアとして活動することが前提。500人を超える審査員が無報酬で働く。日本に少ない貢献活動であり、先輩エンジニアが後輩のためにやるという志を日本に定着させたいという思いで、この基本を堅持している。

JABEEの体制は、学協会という既存のインフラを利用して、技術分野ごとに高等教育機関を審査・認定してもらう。JABEEではその基準や手順は明確に定め、それに従って審査・認定してもらうし、審査員の養成その他についてもきちんとした基準を設けている。

認定を得たい高等教育機関は申請し、審査料を払う。これが活動の原資。JABEEは、その分野でふさわしい学協会に審査を依頼。

産業界は助言という形でタッチし、また審査員にも産業人が多数協力。JABEEが国際的な窓口となって、この一連のシステムを国際的に繋げていこうとしている。今年国際的な審査を受ける予定で、現在は国際組織の暫定会員になっている。

2002年度では32のプログラムを認定している。2001年と2002年で、約2500人のJABEEコース卒業の学士（工学）を送り出した。本年度で、5,000人程度増加すると予想され、かなり急ピッチで進展。

第一次の目標は、個人的には 500 プログラム程度の約 30000 人で、約 3 分の 1 程度は、この J A B E E 認定のプログラムの学士を送り出したい。この目標は、高等教育機関サイドでは相当教育レベルを上げないといけないが、上げてもらえると期待。

審査員の数もおおよそ 1,000 人程度は必要だが、今年で 750 人程度は確保できると思っており、比較的順調に進んでいる。

内容については、時代によって変化しうる。学士でいえば教養的な教育の再構築が必要だが手付かずの状況。工学の基礎研究を徹底することについては、J A B E E で相当のことがやれよう。従来の工学教育でやや手薄だった、倫理の問題、コミュニケーション能力、デザイン能力についても、J A B E E で相当のことができると思う。

その他の技術のリテラシー、インターンシップも普及が期待され、カリキュラムの改革等も必要と思うが、進展しつつある。

J A B E E の認証の要件として、基礎からの積み上げる教育方式でやるのか、あるスキルに関し面的に広がる科目群の中から、各学生が適切に選択してゆくという方式でやるのかについては、基本的には分野によって異なる。一級建築士などの資格があるときには、それを取るための J A B E E より上の基準があり、それを満足せざるを得ない。

J A B E E としては、大学側が、学生にはこういう能力を身に付けさせると社会や学生と契約し、順守してもらい、それを証明してもらおう。そのためにどういう教育が必要か、どういう科目を取るべきかについては、基本的にはプログラム提供者である大学側で決める。分野によって最低限必要というものがあるので、最低限を各分野で決めているが、細部まで指定することは避け、大枠とするよう学協会に要請している。

日本の学部レベルの工学教育は、国公立の多様な大学で行われており、修士課程進学率も一様ではないが、量的には日本の工学教育の 30 % 程度をカバーすることが目標。その程度は可能と思っているが、現状では、それを大きく上回るには限界があると予想している。

これは、必ずしも 30 % の大学という意味ではない。更にその比率が高まるように教育を改善・改革してゆくことが重要。

諸外国でも類似の制度が動いているが、例えばカナダやアイルランド

のように、多くの卒業生が海外で働くような国では、工学部は100%がJABEE認定に相当するプログラムである。一方、多数の人間が高等教育を受けている米国では、このプログラムに該当するのは、30~40%程度で、量的な意味ではほぼ頭打ちと認識。

JABEEプログラムは国際的に通用するエンジニアになる素質があることを保証するシステム。エンジニアはそれ以外にも様々な活躍の余地があり、全員がJABEEコースの卒業生である必要はないと思うが、何もしなければ、我が国で国際的な水準に達する工学系の人材は、10%程度にまで落ちることも懸念される。

中学校・高等学校の教育との関係については、中等教育が高等教育を見ながら教育をやるのであれば、何がしかのインパクトは与え、中等教育にもある程度の変革を及ぼせると期待している。予備校も十分関心を持って見ており、彼らからも協力が得られよう。

JABEEの制度では、産業界から出される種々の意見を想定しながら、アクレディテーションのところでそれらに合致しているかどうかを判断することは、項目として含まれているのか。

JABEEの経験を踏まえて、教養課程、学部、修士のそれぞれの課程が終わったときにアクレディテーションできるようになるのか。

JABEEの基本的精神はアウトカムズの評価で、出口できちんと能力があるかを評価する。大学側でこういう基礎知識を与えていると宣言すれば、それを保証することが必要で、実際にできているかをチェック。

学部卒業、修士課程修了では可能だが、教養は非常に幅広く、分散型の体制で教育をしている大学が大多数なので、保証するのは容易でない。

大学における卒業生の品質保証の基本概念は、まず、こういう人材を育成すると宣言し、それを確実に実施する。JABEEの場合は、それが実施されているということを第三者が見て納得してもらう。

大学側では、目標を立て、それを確実に実施し、絶えず改善する。人間を測定することが必要なので、非常に難しく、どうしても幅が生じる。しかし、継続的に改善することで、教育の改革が進むと期待。

従来の工学教育の中でJABEEの認定を受けた大学の卒業生にとって、新しい資格や能力の証明として通用するようになってゆくのかに

については、J A B E E プログラム卒業者は、経歴によって技術士試験の第一関門を免除してもらおうという仕組が近々整備されると思う。

欧米では、工学系の大学院に進むためには、この種のプログラムの卒業生でないと実力不足として認めないとしている例は多数ある。そういう形でも利用してもらえるとよいが、これは大学サイドの判断による。

大学院レベルになると、まだまだ問題がある。大学院レベルに対しても、J A B E E を一段レベルアップした形で認定制度を導入したいと考えている。これは、まだ世界的にも定着していない。

日本では、大学院レベルで新興、融合、学際分野が非常に遅れているが、これは、国立大学の法人化の効果がどの程度迅速に出るかによる。

科学技術系の人材に関連し、現在、M O T、知的財産、起業・ベンチャーなどの人材育成という問題があるが、これらは専門職大学院とか、継続能力開発という部分が充実していくことで対応するのではないか。

新しい分野における J A B E E の認定に関して、日本の大学教育が合致しているかどうかは非常に難しい問題。新しい分野に対してどうするか、これから開発をしていく必要があると思う。

特に情報の分野は、ここ 20 年、30 年で専門の学科等が設置された比較的新しい分野で、人材養成に関する様々な問題を抱えていると認識。学科名称等も一見だけでは内容が分からないことも一つの問題。

また、選択科目を増やしたが基本的な核となる部分の教育ができていない場合が多いという問題もある。今までよい方向と思って進めてきたが本当に有効か、工学分野方でも基本的なものから積み上げてゆく方がよいのか、といった議論がこれから必要ではないかと感じている。

これらは、まさに情報の分野が抱えている問題そのものと感じる。

3 生涯にわたる能力開発システムについて

継続能力開発 (C P D) の重要性は大いに高まっているが、教育の機会、内容も多様であり、また、200 万人を超える技術者が日本中に散っている。継続教育に関し、もっときちんとした形で、第三者的が認定できれば効率が上がるし、情報も共有できる。また、継続教育を受けたと

いう履歴がしっかりと保証されれば、技術者自身にも励みになる。そういうシステムの構築が必要と考える。それをPDE（プロフェッショナル・デベロップメント・エンジニア）と呼んでいるが、そのシステム化には大変苦労している。

構想では、PDE協議会という学協会連合の組織を置きたい。学協会の会員の半分強は産業界のエンジニア、半分弱はアカデミアの教員であり、これらを結集すれば、かなりのネットワークとインフラは確保。あとはシステムが大切であり、PDE協議会で生涯能力開発に関わるコンテンツや、それを教育するシステム等の基準を設け、実際に提供する機関を認定するという役割を果たしてはどうかと考えている。

提供する機関の第一次の候補は全部学協会。既にネットワークができていて、クライアントも当面は学協会に参加しているエンジニアである。このネットワークを活用して、中核を立ち上げてゆきたいというのが基本姿勢。ただし、企業の社内教育も積極的に採り入れたいし、継続教育という視点から、大学院教育も実務に代替し得るキャリアとして認めるというのが大きな流れと考える。

基本の仕組ができれば歯車が回り始めると思い、現在準備を進めている。国も立ち上げに助力してほしい。

CPDによって既存の200万人を超える技術者をレベルアップすることは、日本にとって大変な宝になる。新卒も大事だが、既に社会に出た人をレベルアップすることは、大変な量的効果がある。実際には、技術者の水準は大きくダウンしている。CPDをやることは、日本の国力を上げるのに大変な効果を発揮する。

これには多様な対応が必要であり、PDE協会はその一部になろう。

非常に大事なことは、この継続教育も可能な限り民活でやり、最終的には民の力でやれるようにしたい。それによって技術者の一貫した教育システムをつくり上げたい。その中核組織としては、専門学協会の組織を使うのが最適ではないか。

理由は、核になっている日本工学会には技術系の主要な学協会104が参加していて、会員総数は65万人、その50%強が産業界の専門エンジニアで、50%弱が教授・助教授・助手。技術者の総数と合わせ考えれば、

35万人程度、日本の企業の研究者や非研究部門の技術者の主要な人たちはほとんど加入している。このような既存のネットワークを基礎にすれば、日本の特長を活かしてやれると考える。

CPDは、今のような技術革新の激しい時代に非常に重要。この点で、医学の分野はある程度先行している。国家試験で最低限の保証をした上で、専門の学会が専門医の試験を行う。一旦専門医を取っても、継続的に学会に出席することが必要。こういう仕組みも参考にしてみようか。

工学及び技術者教育について

1 背景と現状の問題点

背景として、工学教育を取り巻く社会が変化。

要求される能力は、大別して人間力と専門力。

教育と学習については、役に立つ知識というのは不可欠。それを身に付けるには、体験 熟考 抽象化 体験のサイクルの反復が必要ということが分かっている。Experiential Learning Theoryと呼んでいる。

教育では、動機づけを含む適切な学習環境を与え、適切な指導・助言により学習させ、自立した学習者を育成しつつ、能力を引き出す。

1981年に米国の識者が、日本の大学教育は大変な無駄を行っている」と指摘したが、その後も本質的に変わらず。学部3年卒業での修士課程への進学、選択科目の推奨等の種々の取組も、むしろ弊害が生じている。システムの・戦略的改革になっていない。高等教育への投資も不十分。

創造性教育についても、昔から様々な問題点の指摘・要求はあるが、具体的にどうしたらよいかは誰もわかってない。

要求される能力に対し教育学的に配慮されたカリキュラムが極めて少ない。自主性を植え付ける教育がほとんどない。大学院では国際的に活躍できる指導的な技術者の育成が不十分である。

海外での教育の改革に対する認識が不足していることが1つの原因。国際競争もますます激しくなっていて、MITのように教材を全部公開

しているところもあり、日本の教育とどれだけ差があるかが歴然とわかる。カリキュラムと時間割を変えない限り真の改革は不可能。

体験 熟考 抽象化 体験のサイクルがほとんどない。

週に10~15単位分の授業を取る学生が多数いる。原因は、就職の早期化もあるが、多くの大学で、一部の者のための早期卒業の制度導入等に合わせ、皆が3年間で卒業可能な教育課程にしてしまい、実質的に3年制の教育が多くなっていること。

学習時間がどんどん短くなっており、特に自己学習時間が非常に短い。

選択科目が多いことも大きな問題。工学のような分野では、系統的に知識を身につけなければいけないものがある。ほとんどの学生は自立した学習者ではないから、むやみに選択科目を多くするのは、非常に問題。JABEEの場合には、質を保証する必要から、どうしても必修科目が増える。それはできないという大学があるが、基本認識がずれている。

自己学習及び創造性、問題設定力などの教育が極めて少ない。どう対応すべきかわかっていないことも一因。

実態・実物に触れる機会が少なく、効率のいい協調的学習が少ない。在学中の海外での学習、国際的学習が少ない。

一番重要なものは、「自立した学習者を育てる創造性教育」。創造性を持てるようになるためには、まず自分で考えることが必要で、結局は自立性が必要。理論的・創造的思考力が絶対に必要。自己学習力とその基礎となる学力が必要であり、意欲、忍耐力、想像力、感性が大切。

パラダイム・シフトが必要であり、その一つは、自立性教育の導入。どうやって学生が自主的に学ぶようにするかという工夫が必要。自立性を高める教育を大学でも行うことが求められている。

能動的学習、学習者中心の教育への改革が必要。学部の前半で教養や専門基礎をやり、最後になって応用的をやるのでは、学生が意欲を失う。

2 今後の改善の方向

(1) PBLについて

今後の教育の方法としては、並行あるいは同時進行で、基礎学習、専門学習、自主性・応用・創造性学習を一緒にやるサイクルを確立すること。講義、演習、実験、実習、討議、プロジェクト等のバランスと時期が重要。特にプロジェクトが鍵。PBL (project-based learning) は、OJT (on-the-job training) の教育版と理解してよい。実社会にある、答が一つではない複雑な問題に1年生から取り組ませる。

教員の意識改革等様々なものが必要だが、教員のスキルは大変大きな要素。この方式は協調的学習にもなる。講義は週4時間程度しかない代わりに、必ず演習やプロジェクトを入れている例もある。これに類することは多くの海外の良い大学でやられており、決して特殊な例ではない。

PBLの教育には、様々なことを取り込めることが長所。まず問題を設定し、それを解決する。解決の過程で、様々な学習ができる。そして報告書やプロトタイプを見せることで、また新たな問題発見ができる。この流れの中でいろいろな可能性が広がる。

PBLでは、自己学習が非常に重要。自己学習可能なテキストが、日本にはほとんどない。マルチメディアも含め自己学習できるような教科書をつくることを推進・支援し、世界に発信するくらいのことが必要。

PBL関連学習の効果は、教養教育でも十分発揮される。これまでの教養教育が行き詰まった一つの大きな原因は、単なる講義形式だからあり、プロジェクト方式にすれば、学生はもっと学習するはず。

PBL形式で行うには教員の大幅な増員が必要ではないかとの疑問については、学生の自立性も関係するが、教員のスキルによって非常に違う。大学だけでなく、企業人の協力を得るなど社会と連携してやることも一案。学協会だけでなく、日本全体で取り組むことが必要。そうすれば、教員の人数が相当増加するからできないということにはならない。

現在、大学ではほとんど製図の教育がされていないため、製造業の機械系の分野で図面を書ける人が減少して非常に困っている。設計に関し、肝心のモノを組み立て、形づくる方がほとんど空洞化。PBL等により

大学側で早急に強化しないと、製造業の基礎が失われると心配する。

P B Lでは、プロトタイプを作り、その評価までやる。必然的に図面を書いて作ることも入るし、動機付けを与えることができる。実際に作ることが非常に重要。昔の製図はおもしろくなかったが、今は種々のテクニックをうまく活用すれば、昔よりはるかに効果的に教育できよう。

P B Lは非常に重要と思う。医学の分野では、カナダからチュートリアル方式の教育が始まった。教育の主要な部分で、例えばテーマを出して自分たちで勉強させ、それを教員が指導する方式。日本でも一部の大学で導入されているが、それだけでやっている例はないようである。

P B Lを全面的に実施するためには、相当な準備と教員の意識改革、若干の教員の増などが不可欠と思われる。ハーバードのメディカルスクールの中にはデパートメント・オブ・メディカル・エデュケーションという組織があり、そこが様々な面倒を見て、P B Lのようなものを全面的に推進している。その方が従来のタイプの教育よりはよいとのことだ。

(2) その他の改善策

国として講じてほしいことは、知識以外（自立心、積極性、創造性、問題設定・解決能力）の教育の方法、教育効果の評価方法の開発と研修に対する振興策。

そのためには、開かれた中心的な組織、機関が必要であり、是非お金と人材を投入してほしい。

新しい教育を導入するには非常に時間と金がかかる。先導的な教育に対し、萌芽期に支援を望む。

単位と卒業要件を国際的標準に照らした見直し、順守が必要。一般学生に特殊なメニューを押付けることにならぬよう、選択科目を見直す。

優れた学生には、特別ルールを適用して育て、奨学金を与えて一番よいところに自由に行かせる。あるいは、海外の学生とP B Lを実施することにより、国際的に活動できる指導的技術者を育成する専攻や大学も設置したらよいのではないか。

教育者の評価も変えることが必要。今は学生の困り込みになっている。

長期的に見て、日本に優秀な人材が来ない限り繁栄はない。長期的な

視点に立って国際化の基盤的整備を国や大学等でやってほしい。

「認定制度」については、工学のみならず、ほとんどの分野で必要。一部の大学では、学習時間、講義の時間が減少。なし崩し的に制度が崩壊してゆく心配もあり、けじめが必要。学習成果を各大学で保証することが必要。認定制度の一番のポイントは、第三者が、授業のみならず、試験問題と答案、作品やレポートなどの実態を見ること。これによって非常に大きな影響があり有効。制度の立ち上げには、公的な支援が必要。

中小企業に対する視点が不足している。大企業は何とかなっても、今後、我が国では中小企業が増えるはずであり、その場合には、従来の大企業の発想ではできない。いろいろな取組が必要。

自己学習可能な世界に通用するレベルのマルチメディア教材が必要。

工学教育への要請が多様化・高度化する中で、教育方法を改革すれば4年間で工学教育は十分にできるのかという疑問については、きちんと1日8時間学習するようにすれば、4年間で足りると考える。

工学系の修士は、更にその上の資質を目指す。アメリカはまだ4年の方が主体であり、外国人の学生が大学院に主に行く。4年制を出たところでレベルが随分違い、日本の修士レベルの学生も随分多い。ヨーロッパの場合には、ディプロムで5年制なので少し上の水準かもしれない。