

工学部導入教育としての「工学基礎」講座カリキュラムと教科書の国際比較研究調査

(社)日本工学アカデミー 長井 寿

1. 調査報告

1-1 EAJ Information バックナンバー分析とりまとめ

EAJ Information バックナンバーの分析を通じて、研究会では、環境・エネルギー・資源問題など人類の課題解決に貢献する先端的な技術を、安全・安心に利用し、豊かな生活を持続的に確保できるように役立てていくための、人材育成にまず検討の視点を絞ることにした。工学の果たすべき役割を原点に立ち戻って検討しなおすことを工学克復研究会の活動基本理念とした。

1-2 有識者との交流・ヒアリング

文献調査に基づく研究会メンバーだけの審議では、視点が偏ったり狭くなったりする危惧が強いので、特に EAJ メンバーの有識者の協力を得て、様々な意見交換を展開した。この意見交換において得られたものは極めて充実している。

・日本の DNA に根差した展開を

「科学技術外交」に日本でも関心が高まっているが、『「科学技術」分野での外交』という捉え方から出ていないような危惧を持つ。「科学技術外交」のゴールは、相互に Win-Win のビジネスを興すことに尽きるので、そのための議論が必要。「ものづくり」についても見直す必要があるのでは？ ①理論値とのマージンが少なくなると新商品開発コストが高くなり、低労賃や少規制の後発国の方が事業利潤率を高くできる、という背景認識があり、全く新しい原理で理論値自体のブレイクスルーを期待する声が産業界に強い。そのブレイクスルーを起こすことが学の側にも強く求められている。しかし、輸出型もしくは海外生産型企業が求めるものと内需型企業が求めるもの間には具体的には違いや摩擦がある可能性があり、それらを並行して統合的に推進する全体の(国家)戦略が未確立である。②イノベーションを起こす必要性には異論がないとしても、価値観および顧客ニーズの多様性が前提となった市場状況の変化への対応が製造業には未完成である。③従来の製造業の課題は、what (何を作るか) は明解で、how (どのように作るか) にあったが、why (何故作るか) の問いは希薄だった。これからは、why を前提とした製造業のあり方が求められていると認識している。

・Engineering (工学) もしくは技術の独自の論理展開が必要

ヨーロッパで発達した学問(科学)の中に、論理学、統計学、修辞学などがあるが、体系化とともに、統計学、修辞学等の位置づけが低下していった。日本では最近、統計学で修辞学を大学で一般的には教えていない。修辞学の本来の機能は、creation であり、工学に通じるもの。科学の結論はひとつ、技術の結論は複数。科学は仮説の多様性が重要、技術は結論の多様性。技術がある目的を実質化しようとするように、修辞学は誰もが解決できない問題を解決する方策を有効に示す手法論である。いずれも、目的と出来栄を見比べて、作業過程を見直す(Feedback) のが不可欠と規定されている。科学の実験検証性(実験値による仮説への Feedback) とこの点は共通しているが、現実的目的を第一義におく(Feed forward) ところが技術と科学の最も大きな相違点ではないか。

・Engineering 教育の基本

Creativity を身につけさせる、もしくは教育の効率性では、旧来から作法の伝授は、口伝と実技の組み合わせに敵うものはない。教育というよりは、人材育成と表現した方が的確かも。

技術リテラシーと科学リテラシーは異なる。技術リテラシーの有効性は、(1) 夢を実現できる、(2) 賢く生き抜ける、(3) 社会の発展に貢献できる、ことにある。米国では、「(4) 民主主義の維持・発展」が続くが、日本では含めていないのが現状。個々の知識の関係性を含めた総体として、(1) 技術に関する知識、(2) 技術に関する方法、(3) 技術を使う能力をすべて習得してもらおう。

中学の「技術・家庭科」では指導要領が良く書けている。目標とか内容の再編も好ましい方向で進んでいる。しかし、時間数は不十分。教師も全国で50%以上、県によっては75%程度が非専門の教師が教えており、実状としては位置付けが十分とは言えない。

・ 大学改革は教育の質の向上

20世紀の大学改革のテーマは制度の改善であった。これに対して、21世紀の大学改革のテーマは教育の質の向上である。社会のシステムとしての大学の使命と、個々の大学の使命は、①制度面から大学の「健全性」を社会に対して保証すること、②質の面から大学の「健全性」を社会に対して保証すること。少なくとも就職率から見る限り、工業高等専門学校は大学より優れた教育機関と言えるのが現状ではないか。

1-3 日本での現地調査（試行）

工学教育で典型的な成果を挙げている大学等を直接訪問して、教育現場と実践主体者の意見を聴く機会を持ちたいと考えた。現状では、調査が十分だとは言いきれないが、それぞれ貴重な成果が得られていると考える。金沢工業大学は、デザイン教育と倫理教育の実践における日本での草分け的存在であり、学部学生に工学教育の質保証を全学上げて取り組んでいる。その具体的状況を詳細に見聞することができた。岡山大学では、PBLの意義と悩みを知ることができた。EAJ東北・北海道地区部会でも、様々な実践教育例が取り組まれていることを理解できた。それらは貴重な成果を挙げているが、プログラムは一部であり、また取り組みも全学的には必ずしもなっていない現状であることが垣間見えた。

1-4 問題解決の糸口を見つけるための内部議論のまとめ

工学の克復を考える際に、問題の在り処を慎重に見極める必要がある。そこで、実感できるもしくは実証できる「ギャップ」を思いつく限り列挙してみた。その際に、日本における公的立場での定義から現状とのギャップを分析する手法をとった。

- ・ 現場の実感に合わない技術者の定義
- ・ これからの科学技術政策：「コンバージェンス」の現実化とのギャップ
- ・ 企業には今後、ジョブディスクリプションが強く要求される：グローバル場とのギャップ
- ・ 大学卒の需要供給ギャップ：企業と大学のギャップ
- ・ 学部教育の見直し
- ・ 初等中等教育について

以上、したがって、「工学基礎」確立を優先するのが、最も適切な判断だと結論付けられる。

1-5 米国調査の成果

- (1) 米国で盛んとなっているエンジニアリング学部教育は、聞くもの見るものすべてが、hands-on, project basedであり、team workであった。
- (2) 「工学基礎概論」への展開を将来に見すえた教育資料の収集
- (3) エンジニア教育に関する日米共同プロジェクト

エンジニアリング教育に関する日米共同プロジェクト（タスク・フォース）の形成を模索するべきと感じられた。具体的にはASEE(American Society for Engineering Education)から「工学教育のJAFOE」をやろうと提案があった。その仮称JAFOEE(Japan America Frontiers of Engineering Education)を日工教、JABEE、工学会、EAJで展開出来れば素晴らしい。関連諸団体の相互連携に留意するべきである。

1-6 「科学、技術、科学技術」の再考（米国調査のフォロー）

米国における工学部エンジニアリング教育の効果がどのように現れているか、現れるかの追跡調査

による検証が必要であるが、日本の現状を根本的に見直してみる必要があるという問題意識が強まった。

そこで、いったん、科学(science)、技術(technology)と明確に分けて分類、定義し、各国の歴史における科学と技術の関係史を再検討するという作業を行った。その検討経過は別紙にまとめておいた。この議論は歴史的には尽きることがない課題とも思えるので、何か確定的な結果を得られたと思いついたとしても、それ歴史的には相対的なものとなるのではないだろうか。

作業の経過で確信できたことは、工学(engineering)についての系統的体系的な説明はなされていないという簡明な事実である。工学(engineering)の定義は、我々が議論してたどり着いた結論、また様々な諸賢の到達点はほぼ共通しており、それはヘンリーダイヤーが工部大学校の最初の卒業式で述べた説明に戻る。

ダイヤー「エンジニアが蒸気エンジンと関係ある人間であり、エンジニアの呼称は engine を語源としているとの通俗な印象があるようだ。しかし、その逆が真相であり、エンジニアは、たとえどんな問題の解決にでも精巧な工夫を極めて広範に適用して、実行することを示唆する言葉から派生している。工学(Engineering)は自然の力を社会の必要に適合させることにある」

2. 工学基礎概論の構成案

2-1 狙い

工学基礎概論の狙いは次のとおりである。

* 高等教育課程の学生を対象とする。

* 専門課程で工学を目指す工学(エンジニアリング)の初学者に対しては、基礎の重要さと現場の「香り」を伝え、そのことによって、工学の土台作りと専門課程の学習、さらにはその先にある技術者としての活躍に対する関心と意欲の増大を図る。

* 工学を専門としない者に対しては、技術(テクノロジー)と技術(エンジニアリング)に対する基礎的な理解と関心の強化を図ることによって、さまざまな技術が下支えする現代社会で活躍するための素地を形成する。

2-2 全体構成当面案

I 部 人と地球と宇宙(理科で学んだこと)

II 部 工学の本質(理科から工学へ、Engineering Design を織り込む)

III 部 工学のよりどころ(応用力のための基礎)

IV 部 工学の非工学的要素(価値判断と工学)

特別 H. Dyer

2-3 試行範囲

(1) 工学(エンジニアリング)の基礎的な考え方を H. Dyer に学ぶ

(2) 人と地球と宇宙

(3) 工学の本質(理科から工学へ、Engineering Design を織り込む)

(4) 工学のよりどころ(応用力のための基礎)

(5) 価値判断と工学

3. 今後の課題

工学基礎概論の構築と実践は、グローバルに高い地位を課題解決先進国として面目躍如する極めて有効な事業になるだろうと思われる。本調査はその意義の再確認と緊急性を明らかにした。また、米国もその実践効果を上げるための国際共同研究を期待していることも明らかとなった。

工学基礎概論を担おうとする勢力は現状では極めて微弱である。また、拙速となって重要な根幹が疎かとなってはいけない。

基礎をさらに固めつつ、実践活動を広め、関与する勢力の拡大を綿密に図っていくことが今後の課題である。

- (1) 工学の本質であるエンジニアリング・デザインについて、関連社会科学とも連携をとって、よりその学問的体系化を進めるべきである。
- (2) 欧州などの諸国の状況調査を進め、特に米国や韓国などとの国際共同研究に取組み、相互の経験交流をはかるべきである。
- (3) 工学教育の実践場での活動を広げ、工学基礎概論の関与者を増やすと共に、現場教材の成功例を増やすべきである。
- (4) これらの事業の推進のために必要な経費を支援する制度が拡充されることが期待される。

以上