論説

日本技術者教育認定基準の要点と 教育の改善

大 中 逸 雄

Itsuo OHNAKA

日本技術者教育認定基準の要点、認定を受けるための教育改善、および共通基準2で要求されている教育成果の背景、教育方法、評価方法について述べている。今後の教育では、特に下記が重要であることを強調している：(1) 学生が能動的に学習するような環境を与える。(2) ある能力を養成するには、その能力の必要性の自覚と利用機会を学生に与える。(3) 本当の知識を得るには、具体的体験、注意深い観察・熟考、抽象的概念化、積極的体験といったサイクルを繰り返すことが必要。(4) 学生が学ぶのを助けるコーチ的役割を重視する。(5) チームでプロジェクトを実行させるProject-Based Learning (PBL)を採用する。

キーワード 技術者教育認定制度、共通基準、教育成果、教育方法、評価方法、学習、Project-Based Learning (PBL)

This paper describes the points of criteria of Japanese Accreditation for Engineering Education, educational improvement to be accredited, and background, educational and assessment methods of the educational outcomes requested in the common criteria 2. The followings are stressed for the education: (1) To give students environment to study actively. (2) To make students feel the necessity of getting abilities and give them chances to apply the abilities. (3) Real knowledge is obtained by repeating the cycle of concrete experience-reflective observation-abstract conceptualization-active experiment-ation. (4) To attach great importance to the role of coach helping students study. (5) To adopt the Project-Based Education(PBL) where a project is done with a group work.

Keyword: Accreditation System For Engineering Educational Common Criteria Educational Method Assessment/Evaluation Learning Project-Based Learning(PBL)

1. はじめに

日本技術者教育認定機構(JABEE)が平成11年11月19日設立された。認定は、認定を希望する教育機関から提出された自己点検書の審査と実地審査を関連学協会から選ばれた審査委員が実施し、関連学協会の審査委員会の審査を経てJABEEの認定委員会で最終判定される。この審査・認定は、教育プログラム(学科ではなく、教育目的を実現するための教育方法、組織、評価を含むシステム)が認定基準を満足しているかどうかで判定する。現在、試行の段階であるが、認定基準、が本号に掲載されている。

ここでは、審査上の要点、認定を受けるための教育改善、および特に問題となる共通基準2で要求されている教育成果設定の背景、教育方法、評価方法についての

筆者の個人的見解を述べる。これは、教育および評価方法は各教育機関、教育者が絶えず追求すべき課題であり、また、委員会でもまだ完全には合意が得られていないためである。

2. 審査の要点と認定のための教育改善

2.1 審査の要点

認定制度は現在の教育を単に追認するものではなく、認定された教育プログラムが国際的に通用する最低の教育水準を満足していることを世界に公表すると共に、絶えざる教育改善を促すものである。

このため、教育プログラムというシステムを審査して、システムの内容と信頼性のみならず教育目標の達成程度をも評価する。

国際的整合性をとるため、審査項目は多いが、特に重要なのは、以下の項目である：

- 1) 社会的ニーズを考慮した具体的教育目標が設定されているか、また、共通基準2および分野別基準で要求されている基準が少なくとも含まれているか、
- 2) 学生が教育目標を達成したかどうかの評価方法は妥当か、また、その水準は国際的に見て問題ないか、
- 3) 上記の評価が厳正に実施されているか、
- 4) 継続的教育改善を実施する組織があり、実施されているか、

このなかでも特に重要なのは、2)と3)であり、教育機関側は、基準で要求されている能力・知識を卒業生が身につけていることを証明しなければならない。

2. 2 認定のための教育改善

以上のことから、認定審査に合格するには、以下のような検討と教育の改善を必要とする機関が多いであろう。

- 1) 教育目標を見直し、社会の要望を十分考慮しているか、また基準で要求されている項目が含まれているかを調べる。また、社会の要望を考慮している証拠（例えばアンケート結果など）を残しておく。

なお、共通基準はある程度曖昧な記述となっている。これは、各大学での自由度を増すためである。各プログラムではより具体的で、学生の達成度が評価しやすい目標として記述されることを期待している。すなわち、評価方法も同時にある程度検討する。

- 2) 教育目標を達成するのに相応しいカリキュラム・教育方法になっているかどうか調べる。この場合、単に講義等の科目名から内容を推定するのではなく、シラバスに記載されている内容から実態を把握する（シラバスには事実が記載されていることが前提）。
- 3) もしカリキュラム・教育方法が不十分な場合には、既存の科目・教育方法を変更する。あるいは、新たな科目を追加する。この際、以下に注意する：
 - a) 共通基準2で要求されている各基準はカリキュラムの各科目に対応している必要はない。複数の科目で教育しても良い。ただし、各基準に対応する教育がどの程度なされているか、証拠が提示できることが必要である。例えば、シラバス等に明示され、評価がなされていれば良い。
 - b) 共通基準は、必ずしも専門教育と別に教育するものではない。技術者倫理などはむしろ専門教育のなかで教育の方が効果的だという意見もある1)。
 - c) 基準で要求されているものは知識のみならず、能

力である。知識は従来の講義主体の教育方法でもある程度伝えられるが、本当に身につけさせるのは困難である。真の知識獲得、応用能力や技術者倫理等の教育には、下記のような工夫が望まれる：

- ・教員が学生に一方的に講義するのではなく、学生が能動的に学習する環境を与える。
 - ・真の知識獲得には、具体的体験、注意深い観察・熟考、抽象的概念化、積極的体験といったサイクルが必要であり2)、講義以外の演習、実験等が望まれる。現状では講義が多すぎ、これらが不足している。講義を減らしても、このサイクルを体験させる工夫が必要である。
 - ・能力を養成するには、その能力の必要性を学生に自覚させ、さらに発揮してみる機会を与える。
 - ・学生の学習を助けるコーチ的役割も極めて重要である。
 - ・チームでプロジェクトを実施させることで学習させるProject-Based Learning (PBL)を採用することで種々の教育が可能になる。この場合、答えが分かっていない、できれば実社会で役に立つ課題を与え、解決策あるいはプロトタイプを作成させ評価させる。適切な課題で（学生に設定させることができる一層良い）、成功させれば、学生の学習意欲を増し、自信をつけさせることができる。またPBLでは、自己学習能力、コミュニケーション力、チームワーク力、応用力等を身につけるさせることができる。
- 4) 教育目標達成度の評価方法をさらに検討する。
 - a) 従来の筆記試験やレポート以外にビデオ、作品、就職先の評価なども考えられる。教育目的、教育方法、教育機関の事情等を考慮して最適な方法を絶えず開発する。
 - b) 実地審査では、評価の証拠の提示が求められるので、試験問題、合格最低解答例、レポート等を保存しておく必要がある。
 - c) 各教育目標達成の最低レベルをJABEE側で前もって明示することは困難である。これは、分野、教育目的等で、しかも科目毎に異なるためである。まず、当該教育機関で調査し、教員個人ではなく、組織として自信のあるレベルを設定してほしい。また、そのレベル設定の根拠を明確にしてほしい。審査委員は、この根拠および自分自身の見識・経験（他のプログラム情報を含む）により妥当な水準かどうかを判定する。不合格とする場合には当然その根拠が必要である。また、審査委員会でも討議することで、審査委

員個人の判断の妥当性がチェックされるであろう。

- d) 評価方法として、単に出席していたというだけでは基準を満たした証拠にならない。最近、出席していても寝ている学生が少なくなく、能力がついた証拠にはなりにくい。

- 5) その他、教育改善システム、大学設置審査基準等の満足度などを調べ、必要に応じて改善する。

自己点検書の様式に従って、自己点検書を作成してみれば問題点が明らかになるはずである。

3. 共通基準2の背景、教育方法、評価方法の例

従来の教育では不十分と思われる共通基準2について具体的に考えて見る。

3.1 共通基準2(a)：人類の幸福・福祉とは何かについて考える能力と素養

(1) 背景

この基準は、技術者の定義から必要とされるものであり、全ての職業人として、あるいは人間として必要な能力でもある。

ここで「技術者」とは、「数学、自然科学および技術(情報技術を含む)などに関する知識を駆使し、社会や環境に対する影響を予見しながら資源(人的資源も含む)と自然力を経済的に活用し、人類の利益と安全に貢献する人工物やシステムを研究・開発・製造・運用・保守する専門職業(すなわち技術業)に携わる職業人」である。また「技術者」は「単に技術進歩の推進者であるばかりでなく、技術の成果が人類・社会に及ぼす影響について洞察し、また責任を取る決意をもって技術を推進する自律的行動者」でなければならない³⁾。このためには、「要求された技術の影響を受け身的に考慮するだけでなく、人類の幸福・福祉に役立つシステムとは何かを積極的に考える職業人」でもなければならない。

「ABETにこの項目がないから不要」との意見があるが、日本独自のもので悪いとは限らない。また、「教育しなくても個人が真剣に考えれば良い」、あるいは「高校までで十分」という意見もある。個人差や学校格差が大きいであろうが、現状では、このような能力や教養は大学入学までに十分に身につけているとは考えにくい。中・高校生で教えてもらいたい最も関心のあるテーマは「セックス」などではなく「愛」だという調査もあるほどであり、個人にまかせれば良いという状況にはないと考える。また大学では大学生らしいより深い思考ができるはずである。

本基準を共通基準2(b)の「技術者倫理」に入れた方が良いという意見もある。しかし、本基準は単なる倫理

だけではなく、人生をより豊かにするものであり、独立していても十分過ぎるほどの内容あるいは学ぶべきことがある。また、技術者倫理を考える基礎の一つでもある。

なお、教育としては、特定の価値観を押しつけるものであってはならないことは当然である。多様な価値観や文化を尊重することを教育すべきである。

(2) 教育方法

以下のような種々の方法が考えられる：

- ・適切な図書を選定して、自己学習させる。
- ・福祉施設で自主的研修を勧める。
- ・従来の教養科目に入っている哲学、文学、美学、歴史、心理学の他に技術史、あるいはこれらの組み合わせで教育する。

「幸福論」や「福祉論」を開講する。

なお、講義の場合、各大学で開講しなくても大学間で共同講義とすることもできる。また、講義に出席させただけでは不十分であり、読書や討議等を通じて自分で考えさせることが不可欠である。

(3) 評価方法

レポート、エッセイ等がある。知識については従来の筆記試験でも可能である。福祉施設でのボランティア活動はその態度とレポートで評価できよう。

なお、レポートなどでは、以下のような観点から評価できるであろう。

- ・相手の立場に立って考えることができるか
- ・種々の文化的背景を推察し尊重できるか
- ・心の豊かさについて考えているか
- ・人生とは何なのか、生き甲斐とは何なのか、などについて考えられるか
- ・種々の観点から考えることができるか

(4) 具体例

○教育目標

日本、中国、米国、インド、アラブ諸国における福祉制度の概略と、なぜそのような制度になっているかを歴史・文化・経済的背景から説明できる。また、その国民が幸福かどうかについて想像できる。

○教育方法

講義(世界史2単位)と読書・文献調査

○評価方法

- ・レポートおよび試験他文化・他者の立場に立った思考(40%)、知識(30%)、論理的思考(20%)、自分自身の考え(10%)
- ・上記各項目で60点以上が合格

○継続的改善

学生へのアンケート、成績評価により学生の学習意欲、学習度、理解度等を判断し、教育目標、教育方

法，評価方法などを改善する。また，外部評価者にも判断の妥当性を評価してもらう。

3. 2 共通基準 2 (b)：技術の社会および自然に及ぼす影響・効果に関する理解力や責任など技術者として社会に対する責任を自覚する能力（技術者倫理）

(1) 背景

この基準は責任ある技術者になるために必要なもので国際的にも要求されている基準である。

(2) 教育方法

「技術者倫理」の講義を受講させる。米国には優れた教科書もある 4)。企業での経験者を講師とし，ケース・スタディによる討議を重視するのも優れた方法である。各大学で開講困難な場合には，複数の大学での共同開講も可能であろう。なお，教科書による自己学習，設計や PBL のなかでの教育なども可能である。ただし，やはり自分で考える機会を与える必要がある。

(3) 評価方法

レポート，討議での様子などで評価できる。この場合の評価は種々の観点，すなわち，安全性，経済性，人間性，文化性など種々の観点からの考察しているか，自分の考えを持っているか（他の意見に盲目的に従っていない），などであろう。

(4) 具体例

○教育目標

新聞等で報道された事故の原因と技術の関係を自分で文献調査し説明できる。また，設計・製造において，技術者として決定を下す場合に考慮すべき倫理的な事柄を説明できる

○教育方法

ケース・スタディ（講義形式），プロジェクト（調査），
デザイン科目中での教育

○評価方法

レポートおよびあるケースに対していかなる判断をするかを試験で調べる。事故と技術の関わりの論理的考察（40%），技術者としての責任感に関する考察力（40%），自分自身の考え（20%）・上記各項目で 60 点以上が合格

○継続的改善

評価点が低い理由を明らかにして，教育方法を改善する。例えば，より適切なプロジェクトテーマを設定する。

3. 3 共通基準 2(c)：日本語による論理的な記述力，口頭発表力，討議などのコミュニケーション能力，および国際的に通用するコミュニケーション基礎能力

(1) 背景

この教育は大学では必要ないとの意見もあるが，現

在，国際的に必要とされており，真剣に取り組みがなされている。

なお，国際的に通用するコミュニケーション基礎能力とは，通常英語によるコミュニケーション能力であるが，これには下記を含む：

(a) 相手に意思や情報，感情を伝える

(b) 相手からこれらを受け止める

(c) これらをスムーズに行える

また，人と人の他に人と機械の間のコミュニケーション能力も必要となっている。各教育機関は，これらのコミュニケーション基礎能力の全てあるいは特定の能力を選択して，一定の目標を設定して教育する必要がある 5)。

(2) 具体例

○教育目標

ある目的を達成するため，どのように考え，どのように調べ，どのような手段を用いたか，それによって得られた結論が当初の目的をどこまで満たしているか，目的を達成するためには今後どのようなことをしなければならぬかを，日本語と英語で，相手に理解させる能力を身につけさせる。また，相手の質問に適切に回答できる能力を身につけさせる。

○教育方法

(i) 初年度から PBL を行い教育。

(ii) 卒業研究で教育。○評価方法

・日本語の場合

(i) 記述能力・

・PBL のレポート

構想力 (50%)，日本語表現力 (50%) を基準にして，主査，副査の 2 名の教員で採点する。

・卒業論文

構想力 (50%)，日本語表現力 (50%) を基準にして，主査，副査の 2 名の教員で採点する。

(ii) 口答発表と討議能力

・発表会を開催し，構想力 (50%)，日本語の表現力 (50%) を基準にして，5 名の採点委員で採点する。

また，合格者の例をビデオで撮影しておく。

・英語の場合

(i) 記述能力・

・PBL と卒業研究の概要を 1000 語程度でまとめさせ，構想力 (50%)，英語の表現力 (50%) を基準にして，主査（PBL あるいは卒業研究の担当教員）と副査（英語専門教員）の 2 名の教員で採点する。

(ii) 口頭発表と討議能力

・発表会において英語での質疑応答時間を設け，構想力 (50%)，英語の表現力 (50%) を基準にして，英語専門教員を含む 5 名の採点委員で採点する。

上記の各項目で 60 点以上を合格とする。

○継続的改善

記述能力、口頭発表能力および討議能力の各能力について教育成果を分析し、その結果目標合格率（7割）を下回る場合には、到達度目標の見直しと教育内容・方法の検討・改善を図る。

3. 4 その他

他の項目も重要であるが紙面の都合で要点のみ示す。

(1) 共通基準 2 (d) : 数学・自然科学・技術基礎知識と応用力

最低限必要とする知識や能力は分野や教育目的で異なる。ここでは全ての知識の応用力を要求しているのではない。幾つかの知識を応用できる能力が習得できていれば、他の知識の応用力も身につけられるはずである。

(2) 共通基準 2 (e) : 生涯自己学習能力

知識は爆発的に増えており、現在でもインターネット等で容易に入手できる。職業人にとって、必要な知識・能力を生涯に渡って、自分で獲得していくことは極めて重要である。自己学習能力は、自主的に学ばせなければ身につかない。現在、2単位を講義で取得するには講義以外の60時間の学習が義務づけられているが、日本ではあまり守られていない。これでは、知識を本当に身につけることが困難であるばかりか、自己学習能力の養成もできないはずである。

(3) 基準 2 (f) : デザイン能力

技術目的を達成するには、種々の知識・情報を統合化して、目的を実現する構想力と実行力が必要である。ここでいうデザイン能力とは、このような能力を意味しており、製図の意味ではない。このため、カタカナで、「デザイン能力」と呼んでいる。従来の機械設計等との違いは、社会ニーズを汲み取る力や構想力（できれば創造性も）を訓練すること、何らかのプロトタイプを作成させ、評価させることなどである。

(4) 基準 2 (g) : 計画的に仕事を進め、まとめる能力

自立して、着実に仕事ができる能力、すなわち、与えられた期間、人員、条件下で課題を解決できるよう、少なくとも計画力、自己管理能力をつけさせる必要がある。卒論の他に、PBLなどが有効である。

4. おわりに

以上、技術者教育認定を受ける際に重要と考えられるいくつかの事項について私見を述べた。紙面の都合で全てには触れていないが、雰囲気はご理解いただけるのではないと思う。ただし、ここで述べたことは、今後試行や委員会等の検討により修正される可能性がある。

いずれにしても、教育の今後の方向としては、少なくとも下記が重要である：(1) 学生が能動的に学習できる環境を与える。(2) ある能力を養成するには、その能

力の必要性を自覚・利用する機会を学生に与える。(3) 本当の知識獲得には、具体的体験、注意深い観察・熟考、抽象的概念化、積極的体験といったサイクルを経ることが必要。(4) 学生が学ぶのを助けるコーチの役割を重視する。(5) チームでプロジェクトを実行させるProject-Based Learning (PBL) を採用する。

なお、「実施が大変だ、とても認定は受けられない」とあきらめらるのを恐れている。しかし、ここで述べたようなことは、欧米のかんりの大学等では既に実施されている。日本の大学が現状のまま推移するなら、日本の将来は危ういと言わざるを得ない。完全なプログラムはあり得ない。多少不完全でも、ある期間内に改善することを条件として認定される可能性が多い。できる所から少しでも改善し、多くの教育プログラムが認定されることを期待している。

最後に、基準作成等でご協力頂いた山内陸文名古屋大学教授を初めとする関係各位にお礼申し上げる。

参 考 文 献

- [1] 札野 順：私信
- [2] D. A. Kolb: Experiential Learning, PTR Prentice Hall, (1984)
- [3] 吉川弘之：技術者教育の認定制度及び技術者資格問題に関する日本学術会議会長談話, 1998. 12. 17
- [4] 科学技術者の倫理—その考え方と事例—
(社) 日本技術士会記編, 丸善 (1998)
(Engineering Ethics-Concepts and Cases- C. E. Harris, M. S. Pritchard, and M. J. Rabins)
- [5] 田村紀雄：私信

著 者 紹 介

大中 逸雄

1963年 東京大学工学部機械工学科卒業
1968年 東京大学大学院工学研究科博士課程修了, 工学博士
大阪大学助手, 助教授
1975年 ベルリン工科大学客員研究員
1987年 大阪大学教授
国際的に通用するエンジニア教育検討委員会・基本委員会委員長
JABEE基準・審査委員長