

# 大学における実践的な技術者教育 のあり方(案)

## 概要

大学における実践的な技術者教育に関する協力者会議  
平成22年3月19日

# 大学における実践的な技術者教育のあり方に関する協力者会議

社会・産業界の  
ニーズの変化

グローバル化  
への対応

求められる技術者像

継続教育 ・各種資格試験等

プログラム修了生の就職状況、  
技術者のキャリアパス、技術  
者像の発信や、教材、効果的  
な教育方法、学習成果評価方  
法、教員評価方法等の良好事  
例普及、といった情報発信  
サービスの強化

→技術者の裾野拡大

## 技術者教育認定機関及び関係学協会等

「求められる技術者像」に至る到達  
の程度を学習成果の観点から具体  
化  
(学習成果評価基準)

大学における技術者教育での  
学生の共通的な到達目標(最低  
限の基準)を示すモデル・コア  
・カリキュラム(技術分野共通部  
分)の策定

大学における技術者教育での  
学生の共通的な到達目標(最低  
限の基準)を示すモデル・コ  
ア・カリキュラム(技術分野ご  
と)の策定  
ex: 機械、電気・電子、土木、建  
築、化学、バイオ、情報等

→技術者教育の一定水準の確保

大学における技術者教育  
のあるべき姿や方向性

## ○大学における実践的な技術者教育のあり方に関する協力者会議

### 【設置目的】

質の高い技術者養成に対する社会・産業界からのニーズの高まりや  
国際的通用性の確保の要請など、我が国の技術者教育をめぐる状況  
を踏まえ、大学における技術者教育のあり方について調査研究を行い、  
技術者養成の一層の充実を図ることを目的とする。

# 1. 背景

## (1)なぜ、技術者養成の充実が求められているのか

20世紀の経済発展の原動力となってきた我が国の技術者であるが、今日、技術の創造は、経済、外交、安全保障、健康・福祉、エネルギー、環境、防災、都市問題等の社会的課題との関係を深めており、実際に自然科学等の知識とその応用力等を駆使して複合的に絡み合う課題を解決できる質の高い技術者の養成ニーズが高まっている。

## (2)なぜ、実践的な教育が必要なのか(現在の技術者教育の問題点)

大学において、講義などの編成に技術の視点が不足し断片的になっている、すなわち個別の知識がどのように役立つのか歴史・社会・自然との関連でどのような意味を持つのかを示しつつ体系立てた知識として教えられていない場合がある。

技術者は、基礎知識や専門知識を実際に用いて社会・産業の現実問題に応える研究開発や設計、製品の製造等を行うことが期待されているのであり、技術者の養成には、現場、現物、現実を踏まえ、自然科学等の知識を適切に応用できるようにする実践的な教育が重要である。

## 2. 技術者について

### (1) 技術者の定義

「技術者」とは、国際的にEngineerとして通用するものとして、「数学、自然科学の知識を用いて、公衆の健康・安全への考慮、文化的、社会的及び環境的な考慮を行い、人類のために創造、開発又は解決の活動を担う専門的職業人」と定義する。

### (2) 求められる技術者像

我が国においては、少子高齢化が進み2050年には人口の半分以上が非生産人口になるとの推計もあり、社会の発展のためには、技術創造、技術革新をもたらす資質をもった技術者の育成が強く求められる。

グローバル化に伴い先進国ではハード(第二次産業)からソフト(第三次産業)への産業構造シフトが進んでいるとともに、伝統的な技術分野から例えばメカトロニクス(機械、電子回路及び計算機ソフトウェア)、機能材料(材料プラス生物)、感性価値創造などの新しい技術分野の需要が生まれていることも注目される。

技術者は、変化する多様なニーズに応えられる基礎力、与えられた問題、未知の問題に対応できる汎用的能力が求められる。したがって、論理的思考能力の基礎となる数学、自然科学の知識を確実に身につけていることが不可欠である。

## 3. これからの技術者教育のあり方

### (1) 学習成果評価基準(「求められる技術者像」に至る到達の程度を学習成果の観点から具体化)

技術者のキャリアパスを踏まえた上で、たとえば技術業プロジェクトリーダーレベル、修士課程修了レベル、学士課程修了レベルそれぞれの段階で達成され身につけるべき知識、資質・能力の程度を示した評価基準(学習成果の要素毎に到達レベルを示した「学習成果評価基準」)が各分野毎に産学共同で整備されることが期待される。

### (2) モデル・コア・カリキュラム(共通的な到達目標)の策定

大学において学生が到達すべき目標は、大学における技術者教育での学生の共通的な到達目標(最低限の基準)を示すモデル・コア・カリキュラムとしてスピーディかつオープンに策定されるべきである。各大学のカリキュラムの中に有機的に盛り込まれることで、技術者教育の一定の水準を確保することにつながる。技術者教育認定制度における認定審査において参照される役割も期待される。

また、技術者の裾野を充実するため、各大学は勿論、技術者教育認定機関及び関連する学協会は、連携しながら、プログラム修了生の就業状況、技術者のキャリアパス、技術者像の発信や教材、効果的な教育方法、学習成果評価方法、教員評価方法等の良好事例普及といった情報発信のサービスを強化すべきである。

# 技術者教育の「モデル・コア・カリキュラム」(共通的な到達目標)

「技術者」とは、「数学、自然科学の知識を用いて、公衆の健康・安全への考慮、文化的、社会的及び環境的な考慮を行い、人類のために創造、開発又は解決の活動を担う専門的職業人」。

- ・ 技術者教育のモデル・コア・カリキュラムは、大学における技術者教育修了生の共通的な到達目標(最低限の基準)を示すもので、各大学が編成するカリキュラムの参考となるものである。
- ・ 技術者教育の特質上、技術者教育のモデル・コア・カリキュラムは、各技術分野に共通する部分と技術分野ごとに異なる部分とによって構成されるが、本報告では共通部分のモデル・コア・カリキュラムについて枠組みを示す。技術分野ごとのモデル・コア・カリキュラムについては、これに基づき別途策定されることが必要(技術分野ごとには、専門工学も含む)。
- ・ 両モデル・コア・カリキュラムを踏まえ、各大学はそれぞれ、自らの教育方針に基づき、学生が履修すべきカリキュラムの内容(広がり、深さ)を明確にする。
- ・ 【Ⅰ 知識・理解】の項では、科目名を示し、それぞれ学生の到達すべき学習成果を、その内容、水準が明らかになるよう留意しつつ、点検可能な行動特性の形式で「到達目標」に示す。その際、個別の知識がどのように役立つのか、その知識の意味が歴史・社会・自然と関連付けて体系的に理解するための配慮事項を、「学修に当たっての配慮事項」に示す。
- ・ 【Ⅱ 汎用的技能】【Ⅲ 態度・志向性】【Ⅳ 総合的な学習経験と創造的思考力】は、【Ⅰ 知識・理解】と関連するものの、定型化された科目で養成されるものではなく多様な養成方法が考えられるため、科目名は示さず、学生の到達すべき学習成果を「〇〇することができる」といった点検可能な行動特性の形式で「到達目標」に示す。また、「学修に当たっての配慮事項」にいくつかの養成方法の事例を示す。

## 技術分野共通

### 【Ⅰ. 知識・理解】

#### (1) 数学

- ・ 微分積分
- ・ 線形代数
- ・ 常微分方程式
- ・ 確率・統計

#### (2) 自然科学

- ・ 物理
- ・ 化学

#### (3) 基礎工学

工学一般の基礎知識。

- ・ 設計・計画(図学、製造物責任、知財等)
- ・ 情報・論理・計算(アルゴリズム、シミュレーション等)
- ・ 実験・計測・解析(装置・手法の適切な利用等)

## 技術分野ごと

### 【Ⅰ. 知識・理解】

#### (1) 数学

#### (2) 自然科学

#### (3) 基礎工学

当該分野に関する基本的な理論、概念や手法。

機械分野であれば、たとえば

- ・ 材料力学
- ・ 機械力学
- ・ 熱力学
- ・ 流体力学

#### (4) 専門工学

機械分野であれば、たとえば

- ・ 制御工学

#### (5) その他

- ・ 専門分野の抱える課題と将来展望
- ・ 専門分野と隣接関連する諸分野の概要

▼機械、電気・電子、化学、バイオ、建築、土木、情報等

【Ⅱ. 汎用的能力】(応用的能力)コミュニケーション・スキル(外国語も含む)、数量的スキル、情報リテラシー、論理的思考力、課題発見解決力

【Ⅲ. 態度・志向性】(道徳的能力)自己管理能力、チームワーク、リーダーシップ、倫理観、市民としての社会的責任、生涯学習力

【Ⅳ. 総合的な学習経験と創造的思考力】創成能力

## モデル・コア・カリキュラムの策定方法

スピーディかつオープンに策定する。

### ＜モデル・コア・カリキュラム(共通部分)＞

#### (イ)「コア・メンバー」の構成

- 本協力者会議の「教育内容等に関するWG」のメンバーが中心。
- 工学系数学統一試験EMaT作成委員会(広島大学)、工学基礎ミニマム研究会(茨城大学)からも「コア・メンバー」として参画。

#### (ロ)「協力者」等の参画

- 策定に協力・貢献する意思のある大学、学協会から、「協力者」として参画(各団体から原則1名)
- 策定に協力・貢献する意思のある個人研究者(若手教員等)も、「コア・メンバー」による了承のもと、「協力者」として参画を認める。
- 希望者は「オブザーバー」として会議等に参画。

### ＜モデル・コア・カリキュラム(技術分野ごと)＞

- モデル・コア・カリキュラム(技術分野ごと)についても、原則、本協力者会議の「教育内容等に関するWG」のメンバーを含め、策定コア・メンバーを構成。
- 当該技術分野に資格試験や継続教育システムがある場合は、それらの関係者も「コア・メンバー」に参画する。
- 策定に協力・貢献する意思のある大学、学協会、産業界や職能団体から、「協力者」として参画。
- モデル・コア・カリキュラム(共通部分)の進捗を踏まえ、同様の作業を行う。

### (3)モデル・コア・カリキュラムに期待される役割

技術分野毎に整備されるモデル・コア・カリキュラムは、その分野の技術者になる者が大学において学修すべき内容を共通的な到達目標として示すものであり、各大学のカリキュラムの編成・実施(educational practice)の中に有機的に盛り込まれることで、技術者教育の一定の水準を確保することにつながる。技術者教育認定制度における認定審査において参照される役割も期待される。

### (4)学協会等への期待

国際的に通用する技術者教育を保証し、さらに世界の技術者教育を牽引するためにも、日本において早急に「求められる技術者像」に向けた「学習成果評価基準」が整備されるとともに「モデル・コア・カリキュラム」に基づく大学での技術者教育が行われることが望ましい。

また、技術者の裾野を充実するには、数学や自然科学の高度な知識を技術者がどのように社会に役立っているかを、技術者を目指す可能性のある学生を含め広く一般に認知させる取組みが重要である。

各大学は勿論であるが、技術者教育認定機関及び関連する学協会(日本機械学会、日本鉄鋼協会、資源・素材学会、電子情報通信学会、情報処理学会、電気学会、日本建築学会、土木学会、農業農村工学会、日本生物工学会、化学分野JABEE委員会、日本技術士会、経営工学関連学協会等)は、連携しながら、プログラム修了生の就業状況、技術者のキャリアパス、技術者像の発信や教材、効果的な教育方法、学習成果評価方法、教員評価方法等の良好事例普及といった情報発信のサービスを強化すべきである。



## **(5) 学校間の連携・学校段階を超えた学習成果の評価への展望**

学習成果評価基準が精緻化され、個々の学習成果の観点ごとの達成度評価が可能となれば、学校間を超えて組み合わせた多様なレベルの教育プログラム認定が可能になると考えられる。

たとえば技術業プロジェクトリーダーレベル、修士課程修了レベル、学士課程修了レベル、準学士課程修了レベルなど、それぞれの段階で達成され身につけるべき知識、資質・能力の程度を評価可能な形で示した学習成果評価基準が明らかになれば、系統的な技術者教育がなされ、教育機関間における単位の互換や学生の移動性も向上するものと期待される。

## 4. 各論

### (1) 大学教員に求められる教育能力及びその評価方法について

技術者教育を行う教員には、知識を使える形で教えるインストラクターとしての実践的指導能力が求められる。

到達度評価を取り入れた教育では、教員は、授業計画において何を、どこまで、どのように教えるかを明確にすることが求められ、教員及び教員を目指す学生にとって教育の能力開発(FD)活動の充実が必要。また、教員の教育活動の評価は、教育活動業績記録(ティーチング・ポートフォリオ)のような客観的証拠に基づいて行われることが適当。

### (2) 研究、教育、イノベーションの三位一体を推進し社会を支える技術者教育

先端研究を通じた教育は、学生の学習モチベーションの高揚、先端学問を習熟した学生の企業への輩出やイノベーションの創出といった側面から必要な教育要素である。しかし、先端研究を通じた教育に偏った教育は基礎力習得が十分に行われない原因の一つと考えられ、基礎的教育と最先端研究の要素とを融合させることや、基礎的教育と先端研究を通じた教育とのバランスを考慮するなどの工夫が必要。

そして何より重要なのは、大学は、学習成果が実際に社会でどのように生かされるかを学生に体感させるとともに、社会・産業界でいきいきと活躍する技術者(修了生等)のキャリアを示すことにより、学ぶことの意義を理解し、学修の効果を向上させることである。

### (3) 学習成果の適切な評価方法

学習成果の評価可能なプログラムは、全体としては下記のような機能を有する必要がある。

- (a) 教育目的
- (b) 目標とする学習成果
- (c) カリキュラム
- (d) 点検評価
- (e) 改善

ここで学習成果が適切に評価できるためには、目標とする学習成果が点検評価可能な形で設定されていることと、その具体的な評価法が設定されていることが、必要がある。

## (4) 国際性を踏まえた技術者教育認定制度の改善

### ①ワシントン協定

エンジニアリング教育プログラム認定団体間の国際協定として、ワシントン協定 (Washington Accord) が平成元年 (1989年) に成立。

同協定には、各国または地域のただ一つの認定団体のみが既加盟団体の満場一致の承認のもと加盟可能で、日本からは2005年に日本技術者教育認定機構 (JABEE) が加盟。

ワシントン協定側からの加盟認定団体に対する定期的な審査で、協定加盟維持がなされることから、JABEE が、国際的通用性という観点で、他の加盟認定団体の活動をモニタリングしながら、エンジニアリング・デザイン教育への対応や審査体制 (審査員の質を含む) の改善努力をしていることは重要である。

### ②国際エンジニアリング連盟 (International Engineering Alliance)

国際エンジニアリング連盟の IEM Kyoto 2009 (京都会議) で採択された「Graduate Attributes and Professional Competencies」では、エンジニアリングの再定義がなされ、エンジニアリング教育を修了した時点で身に付けているべき知識・能力等 (graduate attributes) が明記され、ワシントン協定加盟のそれぞれの認定団体での認定基準の改正時やワシントン協定加盟を目指す認定団体での認定基準の設定において参考にすべきものとなった。各大学においては、「Graduate Attributes and Professional Competencies」の内容を先取りして技術者教育の改善に着手することが望まれる。

### ③海外動向の注視

米国では、応用理学教育 (applied science education) や、シドニー協定に対応する技術教育 (technology education)、ソウル協定に対応するコンピューティング教育 (computing education; computer sciences, information systems, Information Technology) は、技術者教育 (engineering education) とは異なるプログラム認定対象として扱われている。

欧州圏においては、ボローニャ・プロセス (学士3年、修士2年、博士3年) におけるエンジニアリング教育の質保証の改善、相互承認の推進、移動性の推進を目的に、エンジニアリングプログラム認定のための枠組基準 EUR-ACE Framework Standards を作成し、質保証の活動を開始している。

今後、EUR-ACE のエンジニアリング教育認定基準とワシントン協定加盟団体のエンジニアリング教育認定基準との間でどのように調整が進むか、我が国の技術者教育認定機関にとってしっかりとした注視が必要である。