

大学における実践的な技術者教育のあり方

平成22年6月3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

目次

1. 背景

- (1) なぜ、技術者養成の充実が求められているのか・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 頁
- (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）・・・・・・・・ 1 頁

2. 技術者について

- (1) 技術者の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 頁
- (2) 求められる技術者像・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 頁

3. これからの実践的な技術者教育のあり方

- (1) 分野別の学習成果評価指標設定の促進（「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）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 頁
- (2) 実践的な技術者教育における分野別の到達目標設定の促進・・・・・・・・・・・・ 7 頁
- (3) 「分野別の到達目標」に期待される役割・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11 頁
- (4) 学協会等への期待・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12 頁
- (5) 他の学校種との連携・学校種を超えた学習成果の評価への展望・・・・・・・・ 12 頁

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・・・・・・・・・・・・ 13 頁
- (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実践的な技術者教育・・ 16 頁
- (3) 学習成果の適切な評価方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18 頁
- (4) 国際性を踏まえた技術者教育認定制度の改善・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20 頁

参考資料

- 1. 基本修習課題：能力要件への展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23 頁
- 2. 実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 24 頁
- 3. 「分野別の到達目標」を踏まえた分野別カリキュラムのイメージ（例）・・・・・・・・ 25 頁

4. 実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」（分野共通部分）全体構成素案 26 頁
5. 「分野別の到達目標」の策定方法 30 頁
6. 工学系学部・研究科における技術者教育の実施状況調査結果 31 頁

別紙

1. 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 委員名簿 45 頁
2. 教育内容等に関するワーキンググループ 委員名簿 46 頁
3. 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 審議経過 47 頁
4. 教育内容等に関するワーキンググループ 審議経過 48 頁

大学における実践的な技術者教育のあり方

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、社会の変化に対応できる質の高い技術者の養成ニーズが高まっている。

技術者は、電話、テレビ、コンピュータ、自動車、航空機などを創出し、この百年の間に現代文明を大きく変化させた。

特に我が国の技術者は、電気工業、化学工業、自動車、航空機等の新規産業による経済活動の拡大（20世紀初頭）、テレビなどの家電の普及、石油化学などの発展による経済成長（第二次大戦後）、半導体産業がもたらした情報通信革命による経済成長（1985年頃～1990年代）に大きく貢献し、20世紀の経済発展の原動力となってきた。¹

他方、今日、技術の創造は、生活の豊かさや便利さの享受といった「光」ばかりでなく、資源の枯渇、地球温暖化問題、自然生態系の破壊などの懸念といった「影」の面も現し、人間活動の広がりに伴い、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いる。

社会のグローバル化や科学・技術の高度化・複雑化にともない、十分特定された技術課題を処理する技能者や科学的原理を探求する科学研究者だけでは解決できない課題が増加しており、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、専門の変化に対応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、必要な基礎学力を明確にし、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。

日本経済団体連合会は、技術系人材に対して、「基礎学力の不足」、「問題設定能力の不

¹ 平成17年科学技術白書

足」、「目的意識の欠如」「狭い専門領域」等の問題点があると指摘している。²

ミスマッチの原因として、産業界が自ら求める人材に必要な知識・能力を抽出し大学側に提示してこなかったことに加え、大学において研究が重視され、技術者のモデルを示したり成功者から直接講義を受けるなどして、「技術は人なり（技術には技術をつくった人の人柄が自ずとあらわれるので技術者は常に人格の陶冶を必要とするという意味）」が十分に教育されていないことや、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など、必ずしも実践的な教育が行われていないことが挙げられる。

明治6年（1873年）に、我が国においては、世界に先駆けて工学寮工学校（Imperial College of Engineering、明治10年に工部大学校と改名）を設立し、学問と訓練のバランスを考慮した「基礎教育(General and Scientific)」「専門教育(Technical)」「実地訓練(Practical)」の3つをエンジニアリング教育の基本理念とし、それぞれを2年間、合計6年間の教育としてスタートした。³

そこでは、学生の評価を最終試験だけで行うのではなく、「二週間毎に学生に小試験を行い（あるいはより頻繁に行うことを考えてもよい）、学生の進捗状況を丹念にチェック」することを「諸規則」で教員に求めていた。⁴

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、必要な基礎学力を明確にし、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、人類のために設計、開発、イノベーション又は解決の活動を担う専門的職業人」と定義する。

我が国では一般に「技術者」が明確な定義のないまま使用されており、自然科学や工学に立脚しない職業においても、スキルを持つものを技術者と呼んでいることが多い。そのため、技術者教育に対する認識に混乱が生じており、まず技術者の定義を明確にすべきである。

我が国では技術を担う者としては、例えば製造業において、製造職場の技能者、生産技術職場の生産技術者（仲介者）、開発設計職場の生産設計技術者が挙げられるが、実際の仕事上では必ずしも明確に分離されずに、我が国の製造業の発展を支えてきた。しかしながら、国境を越えた活動の重要性が増す中において、国際的な通用性を無視するわけにはいかない。

² 第19回中央教育審議会大学分科会大学院部会資料「大学における人材育成の重要性」（2004年5月21日）

³ “ENGINEERING EDUCATION IN JAPAN”, NATURE Vol.16 (May 17, 1877)

⁴ 「工学の歴史と技術の倫理」（村上陽一郎）

国際的には、技術を担う人材として、十分に特定された技術課題に対処し経験的な実務能力が求められる Technician、広範に特定された技術課題に対処する Technologist、設計・開発・監督など複合的に絡み合う課題に対処する Engineer の3つの区分が存在している。

2009年6月に京都で開催された国際エンジニアリング連盟(International Engineering Alliance)⁵の総会(IEM2009Kyoto)では、それらの人材育成に対する教育プログラムの性格付けが、文書“Graduate Attributes and Professional Competencies”⁶の承認によって次のとおり合意された。

- (1) Engineer になる者のための教育プログラム(典型的に4~5年のプログラム): 修了生(Washington Accord Graduate)は、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、複合的に絡み合う課題の解決や特定の要求に合ったシステム、構成要素又は工程を設計する特質を持つ。
- (2) Technologist になる者のための教育プログラム(典型的に3~4年のプログラム): 修了生(Sydney Accord Graduate)は、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、広範に特定された技術問題の解決や特定の要求に合ったシステム、構成要素又は工程を設計するのに貢献する特質を持つ。
- (3) Technician になる者のための教育プログラム(典型的に2~3年のプログラム): 修了生(Dublin Accord Graduate)は、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、十分に特定された技術問題の解決や特定の要求に合ったシステム、構成要素又は工程を設計するのを補助する特質を持つ。

本報告書においては、上記を踏まえ、「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、人類のために設計、開発、イノベーション⁷又は解決の活動を担う専門的職業人」と定義する。

なお、優れた技術者の育成を図るための国家資格制度として「技術士制度」があり、「技術士」は「法定の登録を受け、技術士の名称を用いて、科学技術に関する高等の専門的応用能力を必要とする事項について計画、研究、設計、分析、試験、評価又はこれらに関する指導の業務を行う者」と定義され、現在までの技術士登録者数は6万人強である。⁸

「技術士」は、国際的技術者資格であるAPECエンジニア(Civil, Structural, Geotechnical, Environmental, Mechanical, Electrical, Industrial, Mining, Chemical, Information, Bioの11分野)、EMF国際エンジニアに登録申請可能である。⁹

海外では、米国において設計の第三者認証¹⁰をPE(Professional Engineer)資格保持者が行

⁵ 国際エンジニアリング連盟は、ワシントン協定(Washington Accord)、シドニー協定(Sydney Accord)、ダブリン協定(Dublin Accord)、エンジニア流動性フォーラム協定(Engineers Mobility Forum Agreement)、APECエンジニア協定(APEC Engineer Agreement)及びテクノロジスト流動性フォーラム協定(Engineering Technologist Mobility Forum Agreement)の加盟団体から構成され、2000年以降2年ごとに会合を開催している。

⁶ www.washingtonaccord.org/IEA-Grad-Attr-Prof-Competencies-v2.pdf

⁷ イノベーションとは、これまでのモノ・仕組みなどに対して、全く新しい技術や考え方を取り入れて新たな価値を生み出し、社会的に大きな変化を起こすことを指す。(www.cao.go.jp/innovation/index.html)

⁸ www.engineer.or.jp/jcea/message.html

⁹ www.engineer.or.jp/mobility.html

¹⁰ 原子力安全委員会原子力安全基準・指針専門部会体系化検討小委員会第2回会合資料「原子力法制研究会 技術と法の構造分科会活動報告」(平成21年8月19日)

うなどしており、近年、我が国においても技術士の資格取得を奨励している企業が見られる。

社団法人日本技術士会によれば、国際的には、英国のCEng (Chartered Engineer)が約19万人、米国のPE (Professional Engineer)が約40万人おり、優れた技術者集団を日本にも構築拡大していくことが期待されている。¹¹

本報告書で定義する「技術者」は、「技術士」資格保有者に限定されるものではなく、機械技術者、電気・電子技術者、土木技術者、建築技術者、化学技術者、バイオ技術者、情報技術者等の幅広い人材を含む概念である。

日本標準職業分類を用いた国勢調査における“技術者”は、科学的・専門的知識と手段を生産に応用し、生産における企画・管理・監督・研究などの科学的・技術的な仕事に従事するものをいい、その数は平成17年度に約214万人である。試験・研究施設で自然科学に関する専門的・科学的知識を必要とする研究の仕事に従事する“科学研究者”は別に分類されており、その数は平成17年度に約15万人となっている。

(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。

近年、伝統的な技術分野から例えばハードとソフトが融合したメカトロニクス（機械、電子回路及び計算機ソフトウェア）、機能材料（材料及び生物）、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。

「技術者」を育成するにあたっては、具体的に何ができ、何をする者なのか、人材育成の目標である「求められる技術者像」を明確にすることが重要である。

我が国においては、少子高齢化が進み2050年には人口の半分が非生産人口になるとの推計もあり¹²、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。

特にこれからの20年を考えると、技術者には技術創造、技術革新などによって持続的成長と豊かな社会を実現していくことが期待されているといえる。たとえば、高度介護ロボットなどによる生涯健康な社会、災害に強い安全・安心な社会、人工知能ロボットなどにより可処分時間拡大を可能にし多様な人生を送れる社会、環境問題の改善など世界的課題解決に貢献する社会、自動翻訳機の普及等による世界に開かれた社会などを実現していくことである。¹³

また、近年、伝統的な技術分野から例えばハードとソフトが融合したメカトロニクス（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。

¹¹ 社団法人日本技術士会「科学技術の発展と地域・社会を支える技術士（技術士法制定50周年記念）」

¹² 日本の将来人口推計－平成18(2006)年12月推計－（国立社会保障・人口問題研究所）

¹³ 長期戦略指針「イノベーション25」（平成19年6月1日閣議決定）

我が国においては、IT、バイオ、ナノテク、環境、エネルギーなどの先端技術分野における技術者の質的、量的不足の解消が必要とも指摘されている。

このように社会・産業界が直面する環境は変化している。

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。

また、技術者には、現場、現物、現実を踏まえ、適切に公衆の健康及び安全への考慮や文化的、社会的及び環境的な考慮を行い、複合的に絡み合う課題の解決や特定の需要に合ったシステム、構成要素又は工程を設計する能力（engineering design 能力、創成能力）が必須である。

勿論、その専門分野のことしか知らないのでは適切にものを作ることはできない。製図や材料力学など各専門分野の基礎の習得は当然であるが、異文化の相手（国籍、年齢、専門等）を理解する能力、社会と科学・技術との関連を理解し考えることができる能力、問題提起ができる能力、実践を通して暗黙知を形式知に転換し新たな形式知を創造していく能力、技術者の社会的責任を自覚し自ら説明することができる能力、プロジェクトを動かしていくなどの業務遂行能力、組織人としてのマネジメント能力といった単なる知識ではない資質・能力も重要である。

「摺り合わせ型」製品や競争力が求められるコア技術に関しては、部品をどのように高度に組み合わせていくかなどの生産技術情報は一般に企業内でブラックボックスにされる。したがって、部品メーカーと製品メーカーとの間などでの摺り合わせ力、総合化力やチームワーク力が技術者に期待される。

「組合せ型」製品や汎用部品に関しては、誰にでも分かるように徹底した文書化、規格化が行われる。したがって、企業等が競争力を発揮するには、国際的な分業管理や、規格規準戦略をグローバル規模でリードしていくことができる技術者の能力が期待される。

社会・産業界のニーズに応え、一貫した技術者育成が行われるためには、上記に加え、教育界と産業界とが対話を通じてより具体的な「求められる技術者像」について共有していくことが必要である。

3. これからの実践的な技術者教育のあり方

(1) 分野別の学習成果評価指標設定の促進（「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、各段階で達成され身につけるべき知識、資質・能力の評価指標（学習成果評価指標）が各分野毎に産学共同で整備されることが期待される。

本報告書「2. 技術者について」において、「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、人類のために設計、開発、イノベーション又は解決の活動を担う専門的職業人」と定義した。

技術者は、単に一旦資格試験に合格し、知識さえ持っていればよいものではなく、高等教育機関で技術者教育を受けた後も、技術業の経験、継続教育を重ね、技術者として進化、大成していくものである。

産業界からは、「求められる技術者像」に至る技術者のキャリアパスが示されることが重要である。技術者のキャリアパスを踏まえた上で、各段階で達成され身につけるべき知識、資質・能力の評価指標（学習成果評価指標）が産学共同で整備されることが期待される。

①各段階の技術者が習得し証明すべき学習成果指標の例

日本技術士会は、「基本修習課題：能力要件への展開」で、技術士を目指す修習技術者が修習期間（技術士になるまで）において達成すべき目標を「基礎技術知識および理解力」「専門分野における技術知識、計画、設計、応用能力」「計画および設計」「リーダシップおよびマネジメント」「コミュニケーション、国際的な適応」「専門職技術者の社会的責任」といった観点毎に示している。¹⁴

（参考資料1）

また、我が国の土木学会では、卒業後のキャリアパスを踏まえ、実務に携わる土木技術者に対しては4階層の技術者資格制度を整備している。¹⁵

なお、米国土木学会は、一貫学習成果評価基準（rubric integrates outcomes）で、「数学」「自然科学」「人文科学」「社会科学」「材料科学」「力学」「実験」「問題認識と解決」「創成（エンジニアリング・デザイン）」「持続可能性」「現代問題と歴史的展望」「リスク及び不確実性」「土木工学領域の見識」「専門技術」「コミュニケーション」「公共政策」「企業及び公共管理」「国際化」「リーダーシップ」「チームワーク」「態度」「生涯学習」「職業・倫理責任」といった学習成果項目それぞれについて、知識レベル、理解レベル、応用レベル、分析レベル、統合レベル、評価レベルの6レベルの水準を設定し、免許前経験、修士、学士で到達すべきレベルを学習成果要素毎に示している。¹⁶

②学士課程修了段階

学習成果評価指標設定に当たっては、中央教育審議会が学士課程共通の学習成果に関する参考指針として示した「学士力」も参照すべきである。特に実践的な技術者教育の学士課程においては、少なくとも数学、自然科学、基礎工学、専門工学の知識を応用して、一定の制約内で複合的に絡み合う課題を解決できる能力を身につけている必要がある。

「学士力」の内容は以下の通り。¹⁷

¹⁴ 「習得技術者のための修習ガイドブック」（社団法人日本技術士会）

¹⁵ www.jsce.or.jp/opcet/shikaku.shtml

¹⁶ www.asce.org/professional/educ/bok2.cfm

¹⁷ 「学士課程教育の構築に向けて」（答申）（平成20年12月24日、中央教育審議会）

【知識・理解】

専攻する特定の学問分野における基本的な知識を体系的に理解するとともに、その知識体系の意味と自己の存在を歴史・社会・自然と関連付けて理解する。

- ▽ 多文化・異文化に関する知識の理解
- ▽ 人類の文化、社会と自然に関する知識の理解

【汎用的技能】

知的活動でも職業生活や社会生活でも必要な技能

- ▽ コミュニケーション・スキル（日本語と特定の外国語を用いて、読み、書き、聞き、話すことができる）
- ▽ 数量的スキル（自然や社会的事象について、シンボルを活用して分析し、理解し、表現することができる）
- ▽ 情報リテラシー（情報通信技術（ICT）を用いて、多様な情報を収集・分析して適性に判断し、モラルに則って効果的に活用することができる）
- ▽ 論理的思考力（情報や知識を複眼的、論理的に分析し、表現できる）
- ▽ 問題解決力（問題を発見し、解決に必要な情報を収集・分析・整理し、その問題を確実に解決できる）

【態度・志向性】

- ▽ 自己管理能力（自らを律して行動できる）
- ▽ チームワーク、リーダーシップ（他者と協調・協働して行動できる。また、他者に方向性を示し、目標の実現のために動員できる）
- ▽ 倫理観（自己の良心と社会の規範やルールに従って行動できる）
- ▽ 市民としての社会的責任（社会の一員としての意識を持ち、義務と権利を適性に行使しつつ、社会の発展のために積極的に関与できる）
- ▽ 生涯学習力（卒業後も自律・自立して学習できる）

【総合的な学習経験と創造的思考力】

これまでに獲得した知識・技能・態度等を総合的に活用し、自らが立てた新たな課題にそれらを適用し、その課題を解決する能力

（２）実践的な技術者教育における分野別の到達目標設定の促進

大学において学生が到達すべき目標は、大学における実践的な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「分野別の到達目標」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。

①学習成果評価指標と分野別の到達目標との関係

学習成果評価指標毎に大学において学生が到達すべき目標は、大学における実践的な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「分野別の到達目標」として策定が促進されるべきである。到達目標は、「〇〇することができる」といった、学生が到達すべき学習成果（learning outcomes）を点検評価（assessment）可能な行動特性（competencies）の形式で記述されている必要がある¹⁸。

¹⁸ 中央大学理工学部情報工学科の事例がある。（www.ieice.org/ess/eegp/090724_3.pdf）

②医学教育等のモデル・コア・カリキュラム

すでに整備されている医学教育モデル・コア・カリキュラム¹⁹は、国家試験出題基準との整合性も考慮し、医学・医療に対する社会のニーズの変化に対応してすべての医学生が大学卒業時までには修得すべき総合的知識・技能・態度に関する必要不可欠な必須の教育内容の指針として、各領域ごとに一般目標と到達目標が具体的に示されている。

また、量的な提示としては、当該コア・カリキュラムは、各大学のカリキュラム全体の約2／3程度の時間（単位）で修得させ、残りの約1／3程度で各大学の特色ある選択カリキュラムを策定すべきことを提言している。

学習目標については、例えば、

「基本事項」では、

一般目標：医療と医学研究における倫理の重要性を学ぶ

到達目標：医学・医療の歴史的な流れとその意味を概説できる 等

「臨床前医学教育」では、

一般目標：医療と医学研究における倫理の重要性を学ぶ

到達目標：医学・医療の歴史的な流れとその意味を概説できる 等

「臨床実習」では、

一般目標：受け持ち患者の情報を収集し、診断して治療計画を立てることを学ぶ

到達目標：診断・治療計画を立てられる 等

等を挙げている。

基本事項の学習者の到達度評価は、学習の各段階で行い、特に臨床実習開始前と卒業時に適切に評価する必要があるとされ、医学教育モデル・コア・カリキュラムの到達目標に準拠した全国的な標準評価試験（CBT：知識・問題解決能力評価及びOSCE：診療技能・態度評価）が行われている。

なお、医師国家試験の概要は次のとおりである。現在、試験は3日間で、医師として最低限必要な知識・技能を問う観点から計500題の選択肢問題で行われている。

- ・ 必修の基本事項
- ・ 医学総論
- ・ 医学各論

また、厚生労働省医師国家試験改善検討部会において国家試験についての評価と改善事項の検討がなされ今日に至っている。

このように、医学教育においてはカリキュラムと国家試験との緊密な連携が図られているところであり、医学教育のみならず、歯学教育、薬学教育分野においても同様のシステムが構築されている。

以上のように、専門的人材の質を保証するため、産業界や職能団体等との連携協力により、共通的な到達目標の策定、達成度を評価する共通試験等の構築が有効である。その際、資格試験との整合性や卒業後の研修等の継続教育への円滑な移行を十分考慮することが必要である。

¹⁹ 医学教育モデル・コア・カリキュラム—教育内容ガイドライン—「医学・歯学教育の在り方に関する調査研究協力者会議」（平成13年作成・平成19年度改訂）

③実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」に盛り込むべき主な内容、留意点
(参考資料2、3)

(イ) 知識・理解

実践的な技術者教育の特質上、実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」に含めるべき「知識・理解」の内容は、技術分野間で異なる部分と共通部分とで構成され、科目名を示し、それぞれ到達すべき学生の学習成果を、その内容、水準が明確になるよう留意しつつ、点検可能な行動特性の形式で示すのが妥当である。

「分野別の到達目標」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及びシラバス（授業科目の詳細な授業計画）の内容（広がり、深さ）を明確にすべきである。

その際、大学は、学修ポートフォリオの活用などによる単位制度の実質化（単位制度の趣旨に沿った十分な学習量の確保）に留意すべきである。すなわち、現在の我が国の大学制度は単位制度を基本としており、1単位は、教室等での授業時間と準備学習や復習の時間を合わせて標準45時間の学修を要する教育内容をもって構成されているが、実際には、授業時間以外の学習時間が大学によって様々であるとの指摘や1回あたりの授業内容の密度が大学の授業としては薄いものもあるのではないかと懸念があり²⁰、このような実態を改善するための取組みが重要である。

「分野別の到達目標」の設定にあたっては、以下に留意すべきである。

- ・ 数学については、工学系数学統一試験EMaTの活用が普及しつつあること。²¹
- ・ 個別の知識がどのように役立つのか、その知識の意味を歴史・社会・自然と関連付けて体系的に理解するように学修すべきこと。
- ・ 技術者のキャリアパスは多様であり、外部社会の変化や流動性を鑑みるならば、特定の専門分野の学習を端緒・入口・足場として、隣接する分野、より広い分野に応用・発展展開してゆく可能性を組み込んだ教育課程の設計が必要であり、①当該分野が人々の生活にとってもつ意味と重要性、従事する者の責任と倫理、②当該分野に関する基本的な理念と概念、③当該分野に関する実践的な手法と技能（実習を含む）、④当該分野の歴史的な展開過程と世界的な配置は勿論、⑤当該分野の抱える課題と将来展望、⑥当該分野と隣接・関連する諸分野の概要も学修すべきこと。²²

また、「技術者」は、「技術士」資格保有者に限定されるものではなく、機械技術者、電気・電子技術者、土木技術者、建築技術者、化学技術者、バイオ技術者、情報技術者等の幅広い人材を含む概念であることを踏まえつつ、技術士1次試験（技術士補試験）及び米国プロフェッショナル・エンジニア資格1次試験（FE試験）の内容も参考にすべきである。

²⁰ 「我が国の高等教育の将来像」答申（平成17年1月28日、中央教育審議会）

²¹ www.aemat.jp/exam/

²² 「教育の職業的意義」（本田由紀、ちくま書房）

(技術士 1 次試験内容) ²³

- ・ 基礎科目 (科学技術全般にわたる基礎知識を問う問題)
- ・ 適性科目 (技術士法第四章 (技術士等の義務) の規定の遵守に関する適性について問う問題)
- ・ 共通科目 (数学/物理学/化学/生物学/地学のうち、あらかじめ選択する 2 科目について、技術士補として必要な共通的基礎知識を問う問題)
- ・ 専門科目 (次の 20 技術部門のうち、あらかじめ選択する 1 技術部門に係る基礎知識及び専門知識を問う問題。①機械、②船舶・海洋、③航空・宇宙、④電気電子、⑤化学、⑥繊維、⑦金属、⑧資源工学、⑨建設、⑩上下水道、⑪衛生工学、⑫農業、⑬森林、⑭水産、⑮経営工学、⑯情報工学、⑰応用理学、⑱生物工学、⑲環境、⑳原子力・放射線)

(米国プロフェッショナル・エンジニア資格 1 次試験内容) ²⁴

化学、材料科学/構造学、コンピュータ、数学、動力学、材料力学、電気回路、静力学、エンジニアリング経済、熱力学、倫理、流体力学及び選択科目 (化学、土木、電気、環境、産業、機械又は一般工学)

(口) 汎用的能力、態度・志向性、総合的な学習経験と創造的思考力

「知識・理解」の内容に加え、技術分野を貫く形で求められる「汎用的能力 (応用的能力)」、「態度・志向性 (道徳的能力)」、「総合的な学習経験と創造的思考力」の到達目標も「〇〇することができる」という形で盛り込む必要がある。

具体的には、

- ・ 汎用的能力： 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、問題解決力、調査研究・課題設定能力
- ・ 態度・志向性： 自己管理力、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
- ・ 総合的な学習経験と創造的思考力： 現場、現物、現実を踏まえ、適切に公衆の健康及び安全への考慮や文化的、社会的及び環境的な考慮を行い、複合的に絡み合う課題の解決や特定の需要に合ったシステム、構成要素又は工程を設計する能力 (創成能力、engineering design 能力)

についての到達目標である。

これらの能力は、定型化された科目で養成するものではなく、知識と経験を積み重ねつつ身につけてゆくものであり、技術分野ごと、大学毎に多様な養成方法が考えられることに留意すべきである。すなわち、知識を一方的に教授する講義だけではなく、学生が自主的に何かを行う過程を経験することで、動機付けられ、自分から進んで物事に取り組み、創り出す能力、チームで協力していく能力など将来にわたって有用な根本的な態度等を育成することが可能であるが、その養成方法は多様に考え得る。したがって、科目名は示さず、到達すべき学生の学習成果を点検可能な行動特性の形式で到達目標を示すとともに、学修に当たっての配慮事項として、いくつかの養成方法の事例を示すことが妥当である。

²³ www.engineer.or.jp/examination_center/pejseido.pdf

²⁴ www.jpec2002.org/040about_examination/042examcontents/

(ハ) (ロ) を踏まえた、実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」(分野共通部分)の全体構成素案を本報告書に添付する。

(参考資料4)

④「分野別の到達目標」の設定方法

「分野別の到達目標」はスピーディかつオープンに設定されるべきである。

(参考資料5)

(3) 「分野別の到達目標」に期待される役割

「分野別の到達目標」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最低限の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、実践的な技術者教育の一定の水準を確保することにつながる。

その実施状況は、機関別・分野別の大学評価と有機的に結びつけられることが期待され、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。

「分野別の到達目標」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最低限の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、実践的な技術者教育の一定の水準を確保することにつながる。その実施状況は、機関別・分野別の大学評価と有機的に結びつけられることが期待され、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。

なお、「分野別の到達目標」の設定は一時的なものではなく、専門的な調査研究等を行い必要に応じて改定を行うことが必要である。「分野別の到達目標」に併せて、実践的な技術者教育にふさわしい良好なテキストが開発されることも重要である。

また、我が国では、大学入学者が高校で数学、理科の選択科目を履修していない場合もある。2008年12月の中教審答申「学士課程教育の構築に向けて」では、「高等学校までの学習歴に関する情報が、大学に引き継がれていく仕組みを構築する」ことが提言されており、高大接続について「高等学校段階の学力を客観的に把握・活用できる新たな仕組みに関する協議研究」²⁵が着手されている。大学の 대중化(平成21年度大学進学率50.2%)、大学全入時代の到来(平成20年度、一般入試55.9%、推薦入学33.2%、AO入試8.0%。平成21年度、大学収容力91.0%)と言われる中、プレースメントテストの実施などによる学力別クラス分け(平成19年度283大学)や高等学校までに習得しておくべき基礎学力の補完を目的とする補習授業(平成19年度244大学)を行う大学が増加している²⁶ところであるが、今後とも適切な対応が必要である。

²⁵ www.hokudai.ac.jp/shinchaku.php?lid=1&prev=2&did=285

²⁶ 「学士課程教育の構築に向けて」(答申)(平成20年12月24日、中央教育審議会)

(4) 学協会等への期待

技術者の裾野を充実させるため、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。

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「学習成果評価指標」が整備されるとともに「分野別の到達目標」に基づく大学での実践的な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、技術者が数学や自然科学の高度な知識をどのように社会に役立てているかを、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。

技術者の裾野を充実させるため、各大学は勿論、技術者教育認定機関及び関連する学協会（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

学習成果評価が精緻化され、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やモジュールの認定が可能になり、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。

学習成果評価が精緻化され、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やモジュールの認定が可能になると考えられる。

また、キャリアパスの各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指標が明らかになれば、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

1961年に米国マサチューセッツ工科大学の11人の教授会メンバーからなる委員会が報告書(Report on Engineering Design, MIT Committee on Engineering Design, Journal of Engineering Education 51, April 1961)をまとめ、「教職員をPh. Dや理学博士になりたての者から補充するという政策が解析手法重視への教育につながってしまっているが、技術者の卵は技術者によって教育されなければならない」とエンジニアリング・デザイン教育に対する強烈なコメントを発したと言われる。²⁷

実践的な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。

教員も社会・産業界のことをよく知っている必要があり、教員のインターンシップや企業出身者の教員への採用も重要である。

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)活動の充実が必要である。

一般に優れた研究論文を書いている教員が魅力的な教育を行う側面がある一方、教育に注力している大学では、教育センターのような組織をつくり、専任の教育系人材を置いているケースもある。英国では、24の学問分野ごとに教授法開発センターが大学に設置されている²⁸。

教員能力開発の事例として、以下の取り組みがある。

■ 事例1: 千葉大学

愛媛大学の「三層FD論」(FDを、マイクロレベル:授業の改善、ミドルレベル:カリキュラムの改善、マクロレベル:組織の整備・改革、に分けて定義)や、国立教育政策研究所の「FDマップの活用事例と可能性」を引用した千葉大学全学FD研修会を実施。

■ 事例2: 愛媛大学

「FD/SD/TAD三位一体方能力開発」(特色GP):

大学間FDネットワーク中四国が形成され、プログラムの共同開発、講師の相互派遣等で連携している。

「四国地区大学教職員能力開発ネットワーク」(戦略GP):

四国地区の国立大学と近隣公私立大学等の連携により、域内のFD/SD事業の連携と発展を図り、

(1) ネットワークコア校は、FDer(ファカルティ・ディベロッパー)養成プログラムと資格の共同開発及び、標準化された新任教員研修プログラム等の共同開発を行う。

(2) コア校はネットワーク加盟校と連携し、プログラムの共同実施、成果の検証のほか、研究員・講

²⁷ 「コンサルタントにおけるプロフェッショナル・エンジニア像」(平成21年10月30日、土木学会シンポジウム)

²⁸ 「ファカルティ・ディベロップメントについて」(川嶋太津夫) www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/jinzai/haihu07/siryos5.pdf

師の派遣・交換など、単独大学では困難な事業を展開する。

(3) 教員に留まらず、職員や TA の研修(SD, TAD)プログラム開発・実施や大学間人事交流を積極的に行い、エリアネットワーク内の大学等に関わる全教職員の能力向上を図る。

■事例3:東京工業大学

(平成 20 年度:全学的な FD 研修)

教授法についての他大学や海外での取り組みを紹介。

ワークショップ A(教授法ワークショップ)として、「応用できる知識を学生に獲得させるには」「学生の創造性を養うには」「学生の理解力・表現力を養うには」「学生の多様性を前提とする授業は」等のトピックスについて、8 班に分かれて討議。

■事例4:山形大学

平成 13 年度より FD 合宿セミナーを実施。平成 21 年度は、大学の寮で、グループ作業を中心とした 4 つのプログラムによって、学生主体型授業を体験するほか、各科目の存在意義、授業設計、成績評価方法、授業改善の方法を具体的なケースを交えて考察・議論した。

FD フォーラムでは、学生と教員が同じテーブルで授業方法や成績評価などについて意見交換を行うことにより、教育プログラムの改善と充実を図っている。年に 1 回各分野ごとに実施する。

■事例5:中央大学

FD 研究会において、教員が自分の授業の出席率や学生へのアンケート結果をまとめ、現状や対応策等を報告したり、学部で研究すべきテーマの話題提供を行ったりしている。

学校教育法第 9 2 条に、大学教員は教育上、研究上又は実務上の能力を有すべきことが明示されている。実務上の能力は、技術士や建築士といった資格で、研究上の能力は論文の内容や数などで評価することができるが、教育上の能力はその客観的な評価方法が十分普及していない。

教員の教育貢献評価の尺度について、日本工学教育協会では、教育・教育法の研究、学内外での教育活動、教材開発、学生による授業評価等の各種の評価結果、授業担当数、学生への教育指導、学生への生活上の指導を挙げている²⁹。

日本工学教育協会は、高等教育機関や企業において工学教育・技術者教育に携わる者の教育上の能力の維持向上を支援するため、教育士(工学・技術)資格に関するルールを策定し、2005 年度以来、現在までに 600 名を超える大学教員や技術者が教育士(工学・技術)資格を与えている。

教育士(工学・技術)資格の継続には継続教育ポイントの申告が必要であり、教材の開発、FD 講師などの教育活動をポイント換算する仕組みとなっている。³⁰

教育活動は各分野の共同体の責務の一部であるという文化を学協会でも醸成することが重要である。

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望ましい。

²⁹ 第 5 3 回年次大会、平成 17 年 9 月 1 1 日、日本工学教育協会事業企画委員会、広島大学工学部報告

³⁰ www.soc.nii.ac.jp/jsee/seido/pdf/jsee_cpd_seido_gaiyou.pdf

教員評価方法に関し、国内外の良好事例が収集・普及されるべきであり、技術者教育認定機関及び関連学協会にその役割が期待される。

教育活動を取り入れた教員評価システムとしては、以下の事例がある。

■事例1 高知工科大学：

授業評価、指導大学院学位取得学生数、教材作成等の教育活動を含めて評価し、年俸、昇格等の参考としている。

■事例2 徳島大学：

講義・演習・実験等、卒業研究等、教科書等作成、教育賞等の受賞・一般教材等作成、教育助成金等、FDプログラム企画・実施等（JABEEを含む）、就職指導、インターシップ担当、課外活動指導等で、重要度や貢献度等で重みづけして評価し、給与や研究環境へ反映させている。

■事例3 北海道大学：

教育指導として教育経験、授業科目・卒業論文指導、セミナー、学生指導などの教育実績、学外非常勤講師実績、また教育改善として教科書執筆、教育改善に関する著書・論文等、FDの企画・運営、FDへの受講参加等で評価している。

■事例4 岡山大学：

教育活動、教育達成目標、学生による授業評価、目標達成状況、授業に対する取組みと改善方策、活動データ、教育実践記録等を教育領域の評価項目とし、処遇等に評価結果を反映している。

■事例5 室蘭工業大学：

優れた大学づくりのため、教員の意識改革と自己啓発及び優れた教員の育成、組織的な教育の質の向上等を目指し、自己申告に教育目標と達成度評価、授業評価、教育貢献評価、教育・研究・社会／国際貢献、大学運営の4本柱の業績に関する総合評価により教員評価を行い、処遇等に評価結果を反映している。

■事例6 長崎大学：

教育は、教員の基本的な責務である。この意味から、教育活動は教育担当の実績、教育の質、学生による授業評価などを基に、幅広く総合的に評価する。

なお、工学部では、学生による授業評価を実施し、その評価結果を個人評価に反映させている。

■事例7 筑波大学：

教育関連の著作（教科書、講座用教材、実務関係書、総説、解説など）、教育実践業績、授業評価（学生、教員、組織の長）、学位論文指導（学士、修士、博士）

■事例8： 富山大学：

以下を評価。

・職務上の教育活動

- (a) 学生生活への配慮—学生生活の指導・助言状況、就職や進路指導状況、課外活動の指導・支援状況
- (b) 授業等実施状況—担当授業科目（教養教育、専門教育、大学院教育）、シラバス作成状況、授業の実施状況（休講など）学生による授業評価、論文（卒論、修論、博論）等の指導学生数と学位審査状況、研究生の指導状況、FDにより講習会への参加状況、オフィスアワーの設置状況、学内非常勤の実施状況
- (c) 国際交流—留学生の就学や就活の実施状況、学生の留学に対する指導状況

・教育上の能力に関する事項：

- (a) 教育上の能力に関する事項—優れた教育方法の実践例、マルチメディアを活用した授業、学生の学習促進のための取り組み
- (b) 教科書の編集・執筆、教材の開発
- (c) 教育実績に対する受賞歴等

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

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・産業界で生き生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。

ものづくりには知識が必要だが、知識だけではできない。知識を使える形で教えるトレーニングが重要である。

ものづくりのために求められる実践力、安全性への配慮、人間関係の構築、課題探求能力、解決能力、最後までやり遂げる責任能力、工学と社会の連関を知る能力などの能力を付与するためには、実際の現場での体験型授業、グループ作業での演習、発表やディベート、問題解決型学習 PBL (Problem Based Learning) など学生自らが実践する形の授業などをカリキュラムへ積極的に取り入れていくことが必要である。

米マサチューセッツ工科大学が考案したCDIO構想は、学問体系、スキルやプロジェクトが織り込まれ、「思いつく（考え出す）」「設計する」「実行する」「運営する」を背景とするエンジニアリング基礎教育を学生に提供するものであり、良好事例である。

さらに、グローバル化に対応できる技術者として、外国の技術者との協働作業、情報交換、討論、指示など現場で必要とされる外国語による一定のコミュニケーション能力を、既存の外国語能力試験などを利用して保証することも検討されるべきである。

幅広い視野と柔軟な思考力を養うには、教養教育が大切である。できれば、学部や学科を超えたグループでの活動を体験することでより広い視野や柔軟な思考力を涵養できると期待される。大学毎の特色ある教育を実践するためにも、学部、学科を超えたカリキュラムの体系化が望まれる。21世紀の科学・技術の進歩に伴い、知識や技術の量は膨大となり、大学での実践的な技術者教育に対する要求はますます多様化している。新たな視点に立った学問領域や技術分野も生まれており、従来の学科にゆだねられていた専門教育では様々な分野での活用が期待される技術者を養成することはできない。複数の学科にまたがる教育内容を再編成し、多様化を図ることも必要であるが、同時に質の保証に十分に応える必要がある。

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。先端研究を通じた教育は各大学の特色ある教育の実践において大切な役割を有している。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ているので、基礎的教育と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である。なお、基礎も組み合わせ次第で、最先端になる場合もある。

インターネットを活用した自習教材など、ニーズに即して知識や能力を継続的効果的に向上させる環境の充実も重要である。

学習・教育目標を達成するために必要な教材・効果的な教育方法に関し、学習・教育目標とセットにした国内外の良好事例が収集・普及されるべきであり、各大学は勿論、技術者教育認定機関及び関連学協会にその役割が期待される。

高等教育機関における効果的な教育方法の事例として、以下の取組みがある。

■事例 1

キャップストーン・プロジェクト（京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻）：
学部および修士で学んできた基礎的素養を総合的に活かして、都市づくりなど、実問題を想定し、情報の収集と分析、それに基づくプロジェクトの実践と効果の評価をおこない、一連の成果をまとめてレポートを作成し、プレゼンテーションをおこなっている。

■事例 2

オーダーメイド工学教育プログラム（長岡技術科学大学）：
企業で働く社会人が正規学生として受講し、学生が所属する各企業・機関の希望に応じた科目を、教員による履修アドバイスも受けながらオーダーメイドで履修できる制度。

■事例 3

実務訓練制度（長岡技術科学大学）：
第4学年に約5ヶ月間、企業等の現場で実務を行い、これによって得られた成果をもとに、大学院修士課程での研究テーマや職業への基礎的な認識を経験させ、将来の技術の創造展開に大きく役立てようとするもの。平成21年度は国内企業のほか、海外29機関に44名を派遣した。

■事例 4

テラーメイド・バトンゾーン教育プログラム（豊橋技術科学大学）：
各自の専門分野や修得度等を踏まえ、指導教員の他に経験豊かなアドバイザー教員（企業経験者等の特命、特任教員）から適切なアドバイスを受け、広い視野が持てるようにテラーメイドなカリキュラムが作られる。
大学と企業の協働により企業でのインターンシップをはじめ、共同研究交流、人材交流を実施し、大学から企業へとバトン（学生）を渡すようなプログラムとなっている。

■事例 5

マイクロソフト社との包括的協力関係の構築（国立高専機構）：

- ・ 全教職員と高専生（約 6 万人）が、最新のマイクロソフトテクノロジーを学内で利用できる。
- ・ マイクロソフトでインターンシップを実施し、高専生が就業経験を通じ実践的なスキルを習得している。

■事例 6

海外インターンシップ（国立高専機構）：

国際的に活躍できる実践的技術者を育成するため、民間企業と協力し、企業の海外事務所において就業体験等を行っている。教室の学習と企業でのインターンシップとを繰り返し行うコーオプ（Coop）教育によってキャリア教育・職業教育・国際交流を実践している。

■事例 7

技術史の中の発明や発見を追体験する学生実験（富山工業高等専門学校 現代 G P 「知財マインド醸成のための実体験型基礎教育」）：

例えば蒸気機関について、その発明が実用化されている背景や発明家たちの歴史の調査、理論についての説明、実際に現象をプレゼンテーションするための装置の製作とデモを行うなど、講義、実験、調査や課題解決を交えた授業が行われている。

（3）学習成果の適切な評価方法

国際的には、国境を超えた高等教育提供の進展などを背景に、欧州資格枠組み（種々の資格について学習成果を 8 段階に設定）に対応した欧州高等教育資格枠組み（学士 3 年、修士 2 年、博士 3 年の 3 段階学位体系：第 1～3 サイクル）の整備、大学段階の学習成果を測定する市販の標準試験ツール（「学力向上度測定事業（MAP P）」、「大学学習熟度評価（CAAP）」など）の活用³¹、卒業生調査などの学習成果アセスメントの取り組みが進んでいる。

OECD は、高等教育における学習成果の評価（AHELO）に関する国際的な検討の可能性を探るフィージビリティ・スタディ（試行的に試験を行い、本格的な実施の可能性を明らかにすること）の実施（2008-2011）を提案しており、我が国は engineering 分野への参加を決定している。今後、同試行を踏まえて、各大学が学習成果評価方法の改善、日々の教育の改善に継続的に取り組んでいくことが重要である。

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：

世界の中で日本の産業界等が果たすべき役割、それを実現する技術者に対する社会からの要請、その枠組みの中で学生が生涯を有意義に活躍するために必要なキャリアプランを考慮して、卒業後 3～5 年で卒業生に期待される技術者像を設定

(b)目標とする学習成果：

上記目的の具体化に必要な知識・理解、応用的能力、道徳的能力を、卒業時に学生が「何

³¹ Benesse 教育研究開発センターレポート 2008No.16 「社会人に求められる能力の育成とアセスメント」（星千枝、鈴木尚子）

ができるようになるか」の目標を具体的に学習成果（アウトカムズ）として設定

(c)カリキュラム：

上記学習成果を実現すべきカリキュラム，シラバスの構築

(d)点検評価：

教育の質保証のため、設定した学習成果（アウトカムズ）の水準も含めた達成度を評価し、プログラムの有効性、要改善点を示す

(e)改善：

点検評価結果のフィードバックによる教育プログラム全体の改善

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。

このようにして設定された学習成果の評価法としては、ルーブリックスを用いた手法（学生の自己評価、相互評価、教員による評価）をはじめ、試験の活用、学生との面接・口頭試問、提出物評価、講義・演習・実験中の学生の行動特性評価などが導入・試行されている。特にグループやチームでの学習では、適切なルーブリックのようなツールの利用が、透明性の高い評価に有効であると考えられる。

これらの手法は、その運用に適切な事務組織と熱心な教員が用意できれば立派に機能を果たせると思われるが、どの程度の精度でなにをどのような手法で評価するのが適当か、先進的な大学における試行結果を踏まえ、広く普及されることが望ましい。

卒業論文の評価では、評価の客観性確保のため、外部評価委員を設けるなど指導教員以外の者が評価に加わることが適切である。

GPAを導入・実施する場合は、例えば不可となった科目も平均点に参入するなど国際的にGPAとして通用する仕組みとすべきである。³²

学習成果評価方法に関し、国内外の良好事例が収集・普及されるべきであり、各大学は勿論、技術者教育認定機関及び関連学協会にその役割が期待される。

良好事例として、以下の取組みがある。

■事例1 到達目標型教育プログラム「HiPROSPECTS」（広島大学）：

学生一人ひとりに応じたよりきめ細かい学習サポートを実現し、教育の質の向上，社会からの信頼に対応するため、入学時に示す目標以上の知識や能力を学生が身に付けて卒業できるよう，目標への一人ひとりの到達度を学期ごとに知らせ、それに応じた学習へのアドバイス等を行っている。

■事例2 「体系的な社会人基礎力育成・評価システム構築事業（経産省）」（金沢工業大学）：

社会人基礎力に相当する能力として、人間力（自律力、リーダーシップ、コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力、コラボレーション能力、行動力、チームワーク力、説明力、表現力、自己啓発力や自己管理能力）とエンジニアリングデザイン能力（専門知識を統合して応用する能力）に分け、入学から卒業するまでの4年間で段階的に育成・定着する教育プログラムの構築を目指している。その人間力とエンジニアリングデザイン能力の育成度や定着度を測る方法として、28項目の学習目標評価表（5段階評価）を用い、学生が1学期中に3度（学期の初め・中間期・学期末）の自己

³² 「学資課程教育の構築に向けて」（答申）（平成20年12月24日中央教育審議会）27頁

評価を行い、教員は学生の普段の活動状況や個別面談によってそれを評価している。

■ 事例3 「学習到達度記録簿による教育効果の測定」（東北大学工学部）：

入学時に卒業に際し期待される学生像の目標を設定し、この目標に対し学年毎の到達度を自ら記録するとともに、学科教員から見た学生の成長の様子、シニアメンターから見た学習上のアドバイスが書き込まれたポートフォリオを学部の全学生が作成している。

（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

国際的には、エンジニアリング教育（engineering education；我が国では工学教育または技術者教育と言われている）の実質的同等性を相互承認するための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）に成立した。

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。現在加盟認定団体を持つ国または地域は、米国、英国、カナダ、アイルランド、オーストラリア、ニュージーランド（以上1989年加盟）、香港（1995年加盟）、南アフリカ（1999年加盟）、日本（2005年加盟）、シンガポール（2006年加盟）、韓国、台湾（以上2007年加盟）、マレーシア（2009年加盟）である³³。

我が国においては、平成11年（1999年）に日本技術者教育認定機構（JABEE）が設立され、JABEEは工学・技術系学協会と密接に連携しながら、高等教育機関で実施されている技術者教育プログラムがJABEEの認定基準を社会の要求水準以上で満たしているかどうか審査し、基準を満たしているプログラムのみを認定している。

認定審査は、義務ではなく申請ベースで行われ、我が国で工学系学部・研究科を有する大学154校中86校以上が既にJABEEによるプログラム認定を受けている（平均約3プログラム/校）。（参考資料6）

JABEEによる技術者教育認定では、①「地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養」「技術が社会や自然に及ぼす影響や効果および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解（技術者倫理）」「数学・自然科学・情報技術に関する知識とそれらを活用できる能力」「該当する分野の専門技術に関する知識とそれらを問題解決に応用できる能力」「種々の科学・技術・情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力」「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」「自主的・継続的に学習できる能力」「与えられた制約の下で計画的に仕事を進めまとめる能力」といった内容を適切に具体化した学習・教育目標の設定と公開が行われているか、②学習・教育の量が確保されているか、③学生受入れ、教育方法、教育組織が適切か、④施設・設備、財源、学生支援体制が適切か、⑤修了生全員がプログラムのすべての学習・教育目標を達成しているか、⑥教育改善が適切に行われているか、⑦エンジニアリング・デザイン教育が適切に行われているか、といったことが審査されている。

³³ www.jabee.org/OpenHomePage/washington_accord.htm

ワシントン協定の技術者教育では、エンジニアリング・デザイン教育が最重要視されている。たとえば米国では、卒業研究は選択又は行わない大学が多いが、A B E T (Accreditation Board of Engineering and Technology) のエンジニアリング認定委員会の認定基準 E C 2 0 0 0 では、技術者教育プログラムにおいて、専門分野にふさわしいエンジニアリング・サイエンス（数学及び自然科学を創造的に応用する知識体）とエンジニアリング・デザイン（数学、自然科学、エンジニアリング・サイエンスを統合し、現実的な条件の範囲内で、ニーズに合ったシステム、構成要素や工程を工夫する、たびたび反復的な、意思決定のプロセス）から構成されるエンジニアリング・トピックスについて1年半分の授業がカリキュラムに必須なものとして求められている。³⁴

他方、我が国では卒業論文研究が重視され、重要な役割を担ってきている。J A B E E による技術者教育認定審査において、エンジニアリング・デザイン教育を実質的に卒業研究で代替していると主張するプログラムが多く、J A B E E は、ワシントン協定への加盟審査の折に、ワシントン協定側から「日本はエンジニアリング・デザイン教育が弱いのではないか」との指摘を受けた。³⁵

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、J A B E E 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。

J A B E E の活動には、分野別審査委員会など諸委員会委員の派遣を行っている学協会の協力が不可欠となっている。ワシントン協定の他の加盟認定団体と同様に、J A B E E による認定評価結果について認定事実以外の評価結果情報が公開されていないにしても、教育機関側にとって有効な情報である教材、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活動が、関連学協会により積極的に行われることが望ましい。技術者教育認定機関も、米国の技術者教育プログラムの認定団体の ABET などの取組みも参考にしつつ、関係学協会と連携して情報発信のサービスを強める必要がある。

プログラム修了生の就業状況、技術者のキャリアパス、技術者像の発信も、技術者教育認定機関は、関連学協会と連携して積極的に行うべきである（中央職業能力開発協会は、エンジニアリング業のキャリアルートの例、職業能力評価基準を示している）。

なお、現在、J A B E E 認定プログラムで文部科学大臣が告示した教育課程の修了者は、技術士第一次試験が免除され、第二次試験（筆記試験、口頭試験）を受けることができる。

また、社会から求められる水準が現在は審査委員等の判断に相当程度委ねられており、今後、大学における実践的な技術者教育の最低限の共通的な到達目標を示す「分野別の到達目標」が整備、参照されるようになることが期待される。

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

2009年6月18日の International Engineering Alliance の会合 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者をエンジニアリング修了者 (engineering graduates) といい、修了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

³⁴ 平成20年度大学評価研究委託事業報告書「理工農系を中心とする大学等の分野別評価の高度化と普及事業」

³⁵ 「JABEEにおけるエンジニアリング・デザイン教育への対応基本方針」（2009年2月7日 認定委員会委員長大中逸雄）

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。

それには、OECDの高等教育における学習成果の評価（AHELO）に関するフィージビリティ・スタディやOECD生徒の学習到達度調査（PISA）で中核的な役割を果たしているオーストラリア教育研究カウンスル（ACER）が、高等教育におけるエンジニアリング能力の評価基準に含めている調査研究・課題設定力、マネジメント力、協働力は当然のこととして含められている。

カナダの技術者教育プログラム認定団体のCEAB（Canadian Engineering Accreditation Board）では、既に、それを先導的に取り入れた認定基準の改正が実施されている。また、JABEEでも、それを参考に、現在、認定基準の改正が検討されている。

各大学においては、以上の状況を踏まえ、実践的な技術者教育の改善に取り組むことが望まれる。

③海外動向の注視

米国のABET（Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc.）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、たとえ学士課程教育であっても、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。³⁶

我が国では、これらの違いが明確に意識されていないが、プログラム認定基準の整備について国際通用性の観点を踏まえた対応が、JABEEに求められる。

また、実践的な技術者教育プログラムの質の確保を図る観点から、学校種の問題については十分に注意が必要である。

欧州圏においては、ポローニャ・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、EUR-ACE³⁷システムの調整と事務機能を行うENAE（European Network for Accreditation of Engineering Education）が2006年2月8日に設立され、英国のアクレディテーション（適格認定）機関Engineering Council UKの認定基準文書UK-SPEC（The Accreditation of Higher Education Programmes, UK Standard for Professional Engineering Competence）を参考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 Standards³⁸を作成し、質保証の活動を開始している。

各国の認定団体が、EUR-ACE認定基準と方法を満たすプログラムの認定証にEUR-ACE labelを付けることができることになっている。

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。

³⁶ Electrical and Computer Engineering 及び Software Engineering は、Engineering Programs として扱われている。

³⁷ 欧州高等教育圏におけるエンジニアリング教育プログラムの適格認定のための枠組み開発を主要な目的とするプロジェクト。ENAEによれば、デンマーク ASIIN、フランス CTI、英国 ECUK、アイルランド Engineers Ireland、ポルトガル Ordem dos Engenheiros、ロシア RAEE、トルコ MUDEK が、EUR-ACE ラベルの使用を許されている。

³⁸ www.feani.org/webenae/pdf/EUR-ACE_Framework_Standards_20110209.pdf

参 考 资 料

表-2. 3 基本修習課題：能力要件への展開

基本修習課題		所要能力		達成目標	個別課題
修習すべき基本課題	内容	各課題において必要とする能力	内容	修習期間において達成すべき目標	課題の事例 (この中の適切な課題を修習する)
専門技術能力	専門技術(基礎を含む)およびその応用に関する能力	基礎技術知識および理解力	数学(情報、論理学含む)および工学基礎	大学等、理工系学部 4 年終了程度の知識を習得、理解する	数学、情報論、論理学 物理、化学、生物、地学 その他
		専門分野における技術知識、計画、設計、応用能力	専門技術知識とその応用	専門とする業務を、自立して遂行できる技術知識を習得し経験を積む	各分野の専門技術知識 各分野各業界における専門技術の応用規格、標準 その他
業務遂行能力	技術士業務を遂行する能力(専門技術に関わるものを除く)	計画および設計	業務の課題を設定し、実施方策を定める	定めた目標を達成するための、業務の計画、設計を実行し達成する	情報 企画 目標設定 創造力 問題発見、解決 その他
		リーダーシップおよびマネジメント	所属する組織の運営に参加し、目標を達成する	所属する組織において、リーダーシップを発揮し目標を達成する	リーダーシップ プロジェクトマネジメント 人材育成 その他
		コミュニケーション、国際的な適応	他者の多様性を認め、その中で意志疎通を行い、相互の理解を進める	業務遂行に必要な意志の疎通を行なう(日本語以外を含む)	コミュニケーション(ブレイン・ファンク) 協調性 国際(語学含) その他
行動原則	技術士の義務および責務(社会人としてのものを含む)	専門職技術者の社会的責任	法律を遵守する。倫理規範に基づき、意思決定する	業務遂行に係わる法規を理解し遵守する	日本国憲法 製造物責任法 環境基本法 特許法、著作権法、不当競争防止法 技術士制度 その他
			倫理観を備え、業務遂行過程で倫理的判断を下しその責任を負う	倫理観を備え、業務遂行過程で倫理的判断を下しその責任を負う	技術者倫理 環境論(技術) 安全論(技術) 技術史 その他

出典：「修習技術者のための修習ガイドブック」／社団法人日本技術士会

実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」

「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、人類のために設計、開発、イノベーション又は解決の活動を担う専門的職業人」。

- 実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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。
- 実践的な技術者教育の特質上、実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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(技術分野ごとに、専門工学も含む)枠組みを示す。
- 「分野別の到達目標」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、その知識の意味を歴史・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。

▼機械、電気・電子、土木、建築、化学、バイオ、情報等

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)
- 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

【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

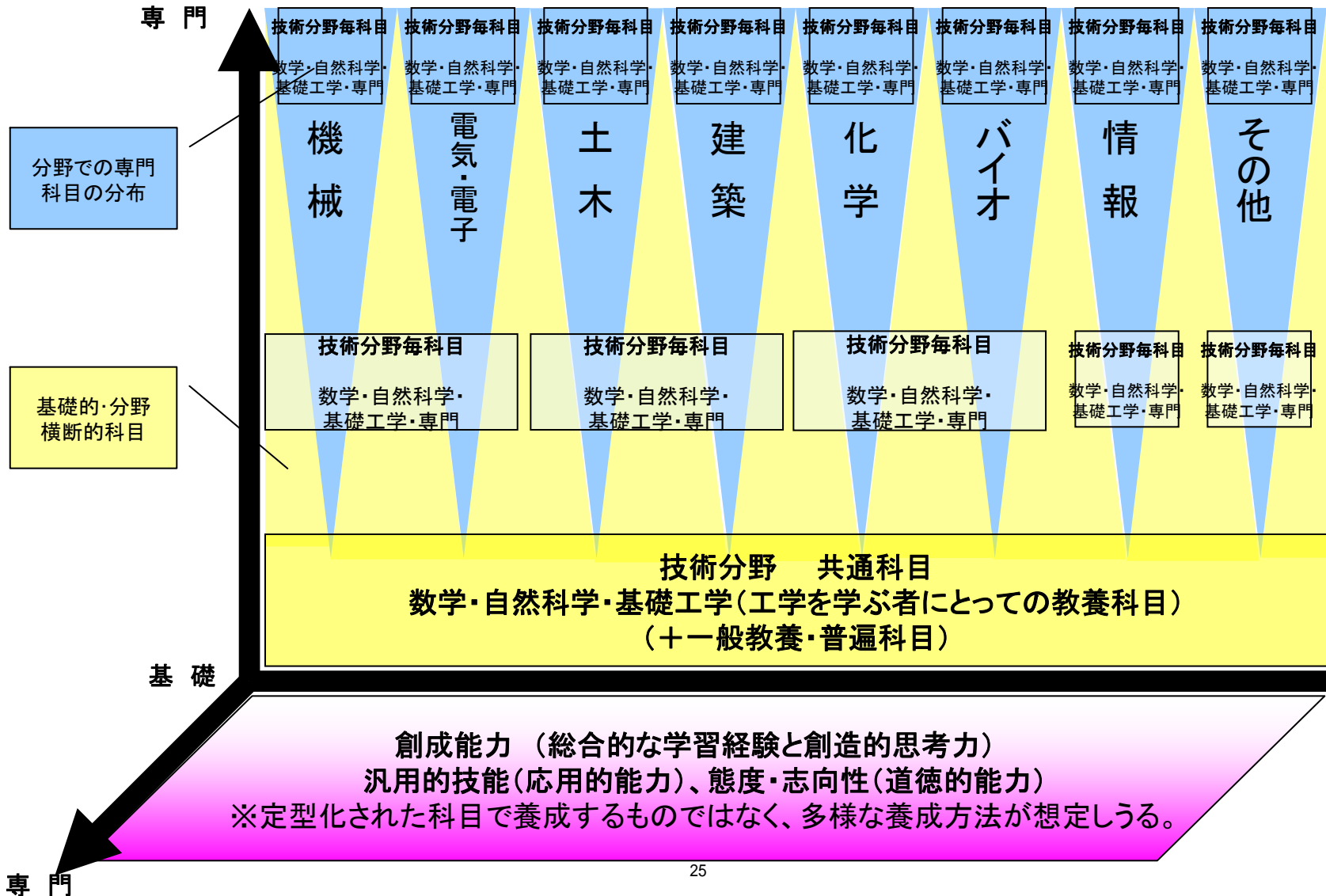
【Ⅲ. 態度・志向性】(道徳的能力)

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

「分野別の到達目標」を踏まえた分野別カリキュラムのイメージ(例)



実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」(分野共通部分)全体構成素案

「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、人類のために設計、開発、イノベーション又は解決の活動を担う専門的職業人」。

- ・ 実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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。
- ・ 実践的な技術者教育の特質上、実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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。(技術分野ごとには、専門工学も含む)。
- ・ 「分野別の到達目標」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、その知識の意味を歴史・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。

【I 知識・理解】

1. 数学

(1) 微分積分

① 数列とその極限、関数の極限

(記載例)

[到達目標]

- ・ 極限の概念を理解し、数列の極限を求めることができる。
- ・ 不定形の極限をふくむ関数の極限を求めることができる。

[学修に当たっての配慮事項]

微分法、積分法の基礎として極限の概念が、具体的な事象の考察に活用できることを理解するよう配慮する。

② 基本的な関数の導関数、合成関数と逆関数の微分

- ③関数の最大最小、テイラー展開
- ④基本的な関数の積分
- ⑤置換積分、部分積分
- ⑥図形の面積、曲線の長さ
- ⑦多変数関数に関する基本的な概念
- ⑧偏導関数、合成関数の偏微分
- ⑨偏微分の応用
- ⑩重積分、累次積分、変数変換による重積分の計算
- ⑪重積分の応用
- (2)線形代数
- (3)常微分方程式
- (4)確率・統計

2. 自然科学

(1)物理学

①力学 (記載例)

[到達目標]

- ・ 運動の第一法則(慣性の法則)を理解し、説明できる。
- ・ 運動の第二法則(運動方程式)を理解し、説明できる。
- ・ 運動の第三法則(作用反作用の法則)を理解し、説明できる。

[学修に当たっての配慮事項]

運動の法則が、身近な力学現象の解明に活用できることを理解するよう配慮する。

②光・熱・波動

③電磁気学

④電磁波と物性

⑤量子力学

(2)化学

①原子の構造

②化学結合の仕組み

③熱力学

④化学反応と反応速度

⑤無機化合物と有機化合物

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、知的財産権等) (記載例)

[到達目標]

・基本的な設計の概念や線形計画法、関連法規等を理解し、簡単な設計・計画立案を行うことができる。

[学修に当たっての配慮事項]

設計・計画が、歴史、社会、自然と密接に関連していることを理解するよう配慮する。

- ・ 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、フーリエ変換等)
- 等

【Ⅱ 汎用的な技能】(応用的能力)

○コミュニケーションスキル(外国語も含む)

:日本語と特定の外国語を用いて、読み、書き、聞き、話すことができる。

○数量的スキル

:自然や社会的事象について、シンボルを活用して分析し、理解し、表現することができる。

○情報リテラシー

:情報通信技術(ICT)を用いて、多様な情報を収集・分析して適正に判断し、モラルに則って効果的に活用することができる。

○論理的思考力

:情報や知識を複眼的、論理的に分析し、表現できる。

○課題発見解決力

:課題を発見し、解決に必要な情報を収集・分析・整理し、その課題を確実に解決できる。

【Ⅲ 態度・志向性】(道徳的能力)

○自己管理能力

:自ら律して行動できる。

○チームワーク

:他者と協調・協働して行動できる。

○リーダーシップ

:他者に方向性を示し、目標の実現のために動員できる。

○倫理観

:技術が社会や自然に及ぼす影響や効果及び技術者が社会に対して負っている責任を理解し、自己の良心と社会の規範やルールに従って行動できる。

○市民としての社会的責任

:社会の一員としての意識を持ち、義務と権利を適正に行使しつつ、社会の発展のために積極的に関与できる。

○生涯学習力

: 自主的、継続的に学習できる。

【IV 総合的な学習経験と創造的思考力】

○創成能力

: 現場、現物、現実を踏まえ、適切に公衆の健康及び安全への考慮や文化的、社会的及び環境的な考慮を行い、複合的な工学的課題の解決や特定の需要に合ったシステム、構成要素又は工程を設計することができる。

(記載例)

[学修に当たっての配慮事項]

課題解決型学習(PBL)、フィールド教育、インターンシップ、産学連携研究などを通して養成する。

「分野別の到達目標」の策定方法（イメージ）

スピーディかつオープンに策定することを基本方針とし、具体的に以下の方法が望ましい。

<分野別の到達目標(分野共通部分)>

(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、学協会や産業界から、「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することを可能とする。

(ハ)意見の反映

- ・ 幅広く使いやすいものとするために、情報共有サイトなどの活用により、大学、学協会や産業界等から、策定案等への意見を求め、策定へ反映していく。

(ニ)策定作業

(2010 年夏まで)

- ・ 「コア・メンバー」による基本的な編集方針の確認（「協力者」に意見照会）
- ・ 「コア・メンバー」による全体構成(目次)の決定（「協力者」に意見照会）
- ・ 「コア・メンバー」による執筆分担決定、
- ・ 「コア・メンバー」又は「協力者」による執筆着手

(2010 年内)

- ・ 関係者のオープンな議論による原案策定

(2011 年早期)

- ・ 最終案確定（パブリック・コメント照会）

<「分野別の到達目標」>

- ・ 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。
- ・ 分野別の到達目標(分野共通部分)の進捗を踏まえ、同様の作業を行う。

工学系学部・研究科における技術者教育の実施状況調査結果概要

1. 調査目的

文部科学省において、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して、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を設置した。

本調査は、同協力者会議における検討の参考とするため実施するものである。

2. 調査概要

(1) 調査対象：工学系学部・研究科を有する国公立大学

※ ただし、機械、化学・材料、電気・電子、建築・土木の分野以外の課程（例えば、情報）のみで構成しているものを除く

(2) 調査対象数：154校

国立大学（55校）・公立大学（13校）・私立大学（86校）

(3) 調査項目：

①共通の・基本的な資質・能力、②教育内容等、③教員の授業方法等の改善をはかるための組織的な取組、④インターンシップ、⑤技術者教育の質の保証、⑥国における支援のあり方、⑦理工農系ワーキング・グループ報告書のフォローアップ等について

(4) 調査期間

平成21年7月3日～7月21日

(5) 調査回答数：141校／154校（91.6%）

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目1】共通的・基本的な資質・能力

- ① 技術者として、共通的に身につけるべき基本的な資質・能力について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
専門技術に関する知識と問題解決に応用できる能力	127	90.1
技術者倫理	124	87.9
コミュニケーション能力	121	85.8
数学、自然科学および情報技術に関する知識とそれらに応用できる能力	115	81.6
計画的に仕事を進め、まとめる能力	103	73.0
自主的、継続的に学習できる能力	102	72.3
論理的な記述力	101	71.6
科学・技術および情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力	100	70.9
口頭発表力	98	69.5
地球的視点から多面的に物事を考える能力と素養	89	63.1
その他	8	5.7

※ その他は、「具体的実践力、行動力」(2件)、「英語能力」、「自己管理能力」、「技術への関心」、「課題設定能力」(各1件)などである。

- ② 学士課程ではなく、修士(博士前期)課程修了時に身につけるべき能力について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
高度な専門知識、能力を有し、応用力がある	116	82.3
課題提案・解決能力	111	78.7
社会での実践力や発表力	94	66.7
部下を十分に指導する能力	51	36.2
グループリーダーとして会議をまとめる能力	48	34.0
専門人材育成能力	37	26.2
講師として専門分野の講演ができる能力	30	21.3
その他	4	2.8

※ その他は、「創造性」、「研究の自己管理能力」、「国内外の動向を捉える能力」、「実験知識とデザイン力」(各1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

③ 4年間で到達すべき目標の設定について

選択肢	回答校数	割合(%)
学科ごとに設定し明文化している	79	56.0
学部ごとに設定し明文化している	27	19.1
明文化されたものはないが、設定している	14	9.9
その他	15	10.6

※ その他は、「学部と学科両方で設定している」(4件)、「一部の学科のみ設定している」(4件)、「現在検討中」(2件)などである。

④ 必要な資質・能力を身に付けさせるために行っているカリキュラムや授業方法等における工夫や取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
数学、物理学等必要な科目を指定し習得させている	124	87.9
技術者倫理に関する授業を開設し習得を指導している	117	83.0
カリキュラムの体系化が学生にわかるように構造化、視覚化されている	114	80.9
授業内で口頭発表やディベートを義務付けている授業を開設している	98	69.5
課題遂行能力、結果のとりまとめ能力を涵養する授業がある	89	63.1
社会性、国際性を習得させるための授業科目を設定している	79	56.0
デザイン能力を啓発する授業を設定している	79	56.0
自主的な学習習慣形成を促すプログラムを実施している	50	35.5
各授業において、その時間内での達成目標の提示と達成できたかどうかの検証する仕組みがある	44	31.2
専門科目に関する学力確認のために卒業試験を課している	16	11.3
その他	3	2.1

※ その他は、「新コース(マネジメント工学コース)の設置」、「創成型科目の設置」、「学内ものづくりコンテストの実施」(各1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目2】教育内容等について

- ① 各分野における専門教育に入る前段階で、当然に修得しておくべき基礎的知識(例えば、数学、物理や材料力学)を確実に身に付けさせるための取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
入学前あるいは入学直後に数学や物理学などの基礎学力確認試験を実施している	92	65.2
物理学や化学などを高校等で履修していない学生向けの授業を用意している	92	65.2
基礎的知識が工学分野でどう役立つかを紹介し、勉学の目標意識と意欲をもたせている	78	55.3
専門基礎として数学や物理学などの既存の科目でも内容を分かりやすく入門編としてレベルを易しくしている	76	53.9
1年生の授業は数学や物理学の学力に応じたクラス編成で授業を行っている	66	46.8
専門科目を履修する前に数学や物理学などの学力確認試験を行っている	16	11.3
専門科目に関する基礎学力保証のための試験などを行っている	15	10.6
その他	8	5.7

※ その他は、「講義の内容を実験で確認できるように実験を工夫している」(1件)などである。

- ② グローバル化に対応できる人材育成を図るため考えられる取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
専門英語などによる英語力向上	112	79.4
海外大学への学生派遣制度の導入	97	68.8
外国の大学との単位互換が可能となるような共同教育プログラムの開発	45	31.9
海外インターンシップの導入	38	27.0
ダブルディグリーやサンドイッチプログラムの導入	22	15.6
その他	8	5.7

※ その他は、「外国人教員の採用」、「海外大学との教員の相互派遣」、「国際センターの設置」(各1件)などである。

- ③ 幅広い視野を養うためのカリキュラム編成や学部間・学科間の教育連携体制の必要な取組について(複数回答可)

選択肢	回答校数	割合(%)
学部共通科目群の導入	115	81.6
主たる専攻以外に、他専攻で開設されている授業科目を履修できる仕組みの導入	111	78.7
複数教員によるオムニバス形式の授業科目の導入	93	66.0
その他	9	6.4

※ その他は、「文理融合教育の実施」、「他大学との単位互換制度」(各1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

- ④ 実践力を高めるためにカリキュラム編成や教育体制等の面で行っている取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
インターンシップの実施	125	88.7
産業界による先端的研究や実務の紹介	84	59.6
学内教員と産業界の者によるオムニバス形式の授業科目の設置	63	44.7
学内教員と産業界の者による共同実施方式の授業科目を設置	37	26.2
カリキュラムを編成する際に、産業界側の意見を反映	25	17.7
その他	9	6.4

※ その他は、「産業界からの講師や教員による講義等の実施」(6件)などである。

- ⑤ 教育の成果を評価するための学部・学科レベルでの統一的な成績評価基準等の有無について

選択肢	回答校数	割合(%)
定めている	65	46.1
定めていない	70	49.6

- ⑥ 進級判定や卒業認定等の厳格性を確保するために行っている取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
判定基準や認定基準の明示	106	75.2
GPA制度の導入	79	56.0
指導教員以外の者による進級判定や卒業判定の実施	74	52.5
総取得単位数だけで判断するのではなく、各分野をバランス良く修得したかを総合的に判断して卒業認定の実施	59	41.8
関係教員によるFD	51	36.2
学力を客観的に評価するための卒業試験の実施	9	6.4
その他	4	2.8

※ その他は、「JABEE認定学科におけるポートフォリオ及び成績評価基準の導入」(1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

⑦ 社会的なニーズに対応した教育の充実を図るために、カリキュラム上の課題等や考えられる改善策について(自由記述) (回答校数81校)

主な意見	回答校数
外部(有識者、産業界、卒業生)からのカリキュラムに対する意見の反映 (方法としては企業や卒業生に対するアンケートや調査の実施、企業等からの外部評価委員を入れた評価委員会の設置等)	11
基礎学力(教養・専門)の養成を重視したカリキュラムの編成や充実	10
産業界や卒業生等外部からの講師による講義の実施	8
体験型演習科目や実験実習科目の充実(施設の充実も含む)	7
インターンシップ教育の充実	7
PBL教育の充実	3
修士課程(博士前期課程)との一貫教育や連携教育の充実	3
キャリア教育の充実	3
学生の質保証システムの実施(卒業試験等)	3
グループワークを取り入れた教育の充実	2
創成型科目の設置	2
英語教育プログラムの充実	2
他学部・学科とのカリキュラム連携や共通科目の設定	2

※ 複数回答があったもののみ記載

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目3】教員の授業方法等の改善をはかるための組織的な取組について

① ファカルティ・ディベロップメント(FD)の形態について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
全学的なFDに参加している	123	87.2
学部内で実施している	86	61.0
学部の学科ごとに実施している	53	37.6
その他	6	4.3

※ その他は、「連携大学と合同で実施」、「基礎教育課程ごとに実施」(各1件)などである。

② 上記①において、B又はCと回答した場合に行っている取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
教育方法改善のための講演会の開催	85	60.3
教員相互の授業参観	62	44.0
新任教員のための研修会	52	36.9
新任教員以外の教員のための研修会	38	27.0
教員相互による授業評価	23	16.3
教育方法改善のための授業検討会の開催	23	16.3
その他	16	11.3

※ その他は、「学生による授業評価」(7件)、「卒業生に対するアンケートの実施」(1件)などである。

③ FDのほか、教員の実践的な教育力を高めるために行っている取組について(複数回答)

	回答校数	割合(%)
企業等出身者を教員として採用	107	75.9
企業等の共同研究	97	68.8
企業等との懇談会	54	38.3
企業等から実務家教員の受入れ	44	31.2
教員の企業への派遣	2	1.4
その他	9	6.4

※ その他は、「フォーラム等の開催」(2件)、「企業へアンケートを実施」、「教育研究の成果を講演や論文として学内外に発表」(各1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

④ 上記③において、Cと回答した場合は、過去3年間の派遣人数、期間(平均値)の状況について(職名別)(総計)

(単位:人)	教授	准教授	講師	助教	
	0	1	1	2	
1年未満	(以下内訳)				
	0	1	0	0	(国立A大学)
	0	0	1	2	(公立B大学)
1年以上2年未満	0	0	0	0	
2年以上3年未満	0	0	0	0	
3年以上5年未満	0	0	0	0	
期限無し	0	0	0	0	

⑤ 上記③において、Dと回答した場合の産業界からの実務家教員の積極的登用(人数、雇用形態(常勤・非常勤の別)、期間、職名)の状況について(総計)

	(単位:人)	教授	准教授	講師	助教	計
常勤	1年未満	2	0	0	0	2
	1年以上2年未満	0	0	1	0	1
	2年以上3年未満	1	0	0	1	2
	3年以上5年未満	16	0	0	0	16
	期限無し	71	31	2	9	113
	計(常勤)	90	31	3	10	134
非常勤	1年未満	92	38	816	8	954
	1年以上2年未満	4	0	324	0	328
	2年以上3年未満	2	2	55	0	59
	3年以上5年未満	0	0	66	0	66
	期限無し	1	0	143	0	144
	計(非常勤)	99	40	1404	8	1551

※平成21年7月1日現在

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

⑥ 上記③において、Eと回答した場合は、企業等出身者を教員として採用実績(人数、雇用形態(常勤・非常勤の別)、期間、職名)について(総計)

(単位:人)		教授	准教授	講師	助教	計
常勤		1586	763	139	344	2832
	1年未満	110	34	1162	2	1308
非常勤	1年以上2年未満	62	15	498	13	588
	2年以上3年未満	18	1	24	0	43
	3年以上5年未満	42	11	128	0	181
	期限無し	30	1	150	0	181
	計(非常勤)	262	62	1962	15	2301

※平成21年7月1日現在

工学系学部・研究科における技術者教育の
実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目4】インターンシップについて

① インターンシップの実施状況について

選択肢	回答校数	割合(%)
実施している	122	86.5
検討中である	1	0.7
実施していない	2	1.4

		17年度	18年度	19年度	20年度	21年度予定
授業として実施している 学校数		111	114	117	119	121
授業科目数		368	376	390	417	433
実施 期間 別 人数	1週間未満	1001	897	1122	1109	727
	1週間以上1ヶ月未満	7774	7915	8242	7866	7035
	1ヶ月以上	999	1022	1018	1066	1115

※ 21年度は予定を含む。(未定等と回答した大学もある。)

※ 実施期間別人数は延べ人数

工学系学部・研究科における技術者教育の
実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目5】技術者教育の質の保証について

① 日本技術者教育認定機構(JABEE)による認定について

選択肢	回答校数	割合(%)
受けた	86	61.0
受けていない	50	35.5

	総数	平均
受けたと回答した大学の認定プログラム数	261	3.0

② 日本技術者教育認定機構(JABEE)による認定の課題について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
JABEE認定プログラムのための資料整理等が煩雑である	111	78.7
企業におけるJABEE認定プログラムの評価がなされていない	87	61.7
高校等でJABEE認定プログラムの評価がなされていない	58	41.1
認定審査のばらつきがみられる	41	29.1
複合的・新領域分野(デザイン分野・医工学分野など)の審査の柔軟性が欠けている	30	21.3
各学会などでのJABEE認定制度の啓発が不十分である	22	15.6
達成度目標に対する基準の低さ(質の向上につながらない)	9	6.4
その他	12	8.5

※ その他は、「審査費用等が高額」、「学生自身がメリットを感じていない」(各1件)などである。

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目6】 国や産業界等における支援のあり方について

国や産業界等において大学における技術者養成や工学系教育の充実のための支援について(自由記述) (回答校数90校)

主な意見	回答校数
インターンシップ実施や企業等での実習に対する支援	19
企業等と大学との人材交流に対する支援(企業から大学への人材派遣、大学から企業への教員派遣等)	17
社会における技術者等の評価や地位(給与面も含む)向上	13
初等中等教育段階における理数教育の充実(その年代に対する広報活動等)	12
実験や演習等のための機器等の更新・導入に対する継続的な経済的支援制度の充実	11
教員(技術職員や事務職員を含む)数の拡充に対する支援	10
学生に対する経済的支援(奨学金制度や企業による寄付金、TA等)	10
JABEEに対する企業等からの評価の向上や支援	6
学生の就職活動に対するルール作り	4
GP等の教育支援事業の拡充	2

※ 複数回答があったもののみ記載

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目7】 技術者教育・その他

技術者教育に必要な資質・能力の育成に当たって、終了時の学生の質の確保の観点から考えられる課題や考えられる改善策について(自由記述) (回答校数84校)

主な意見	回答校数
卒業・進級認定試験の実施(全国規模・大学規模等)	11
就職活動の早期化・長期化の是正(教育への悪影響)	7
技術者に対する新たな資格の創設	5
学生自身が学修に対する到達度を評価できるシステムの構築	5
大学教育のPDCAサイクルの構築及び改善	4
JABEE認定プログラムの活用	3
入口の質の確保という観点から、初等中等教育における理数教育の充実	3
成績評価基準の明確化と厳格な成績評価の実施	3
キャリア教育の充実(学生への意識付け等のため)	2
第三者機関による学生の質を客観的に評価できるシステムの構築	2

※ 複数回答があったもののみ記載

工学系学部・研究科における技術者教育の 実施状況調査結果

参考資料6
(本文20頁関係)

【調査項目8】理工農系ワーキング・グループ報告書のフォローアップについて

① 「新時代の大学院教育－国際的に魅力ある大学院教育の構築に向けて－」(平成17年9月5日中央教育審議会答申)における「理工農系大学院の目的とそれに沿った教育研究の在り方について」(理工農系ワーキング・グループ報告書)【別添資料】を踏まえて実施した主な取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
カリキュラム改革	82	58.2
大学院研究科(専攻)の改組	49	34.8
専攻内にコースの設置	34	24.1
その他	21	14.9

※ その他は、「特別教育プログラムの設置」、「修得単位数の増加」、「成績評価のための基本フレームの制定」、「シラバスの整備」、「奨学金制度の充実」(各1件)などである。

② ①における取組について(複数回答)

選択肢	回答校数	割合(%)
幅広い視野を身に付けるための関連領域に関する教育プログラムの策定	72	51.1
各専攻分野に関する専門的知識を身に付けさせるための体系的な教育プログラムの策定	64	45.4
大学院の目的と機能を修士課程における高度専門職業人養成に特化し、必要に応じて、学士課程と修士課程を通じた一貫的な教育活動を展開	54	38.3
教員に対する評価として、研究実績だけでなく、教育実績や教育能力を評価項目とした	54	38.3
国際的に活躍し得る人材を育成する観点から、英語をはじめとする語学教育の充実	52	36.9
企業等の実践的環境下における長期インターンシップの実施	50	35.5
自立した研究者や技術者等として必要な能力や技法を身に付けるための教育プログラムの策定	45	31.9
企業等との連携によるプロジェクト方式による訓練の実施	24	17.0
他大学や他分野からも受験しやすいように入試科目を整備するとともに、e-Learningの効果的な活用による単位互換の推進、補完的な授業科目の設定	19	13.5
高度専門職業人養成を主たる目的とする場合や教育研究分野の特性により、より実践的な研究成果を修了要件化	17	12.1
修得すべき総単位数などの変更	16	11.3
実験・実習と講義・演習とに分けられている現在の単位の計算方法について、講義と実習を合わせて1単位とする	3	2.1
その他	11	7.8

※ その他は、「学部とは異なる大学院への進学」、「社会人入学枠の設置」、「AHELOの導入(試行参加)」、「学外推薦制度の導入」(各1件)などである。

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 委員名簿

- ありのぶ 有信 むつひろ 睦弘 東京大学監事（元株式会社東芝顧問）
- いしかわ 石川 けんいち 憲一 金沢工業大学長
- うつみ 内海 ふさこ 房子 NECラーニング株式会社代表取締役執行役員社長
- おおにし 大西 とくお 徳生 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部長・工学部長
- おおば 大場 よしひろ 好弘 山形大学大学院理工学研究科長・工学部長
- おかざき 岡崎 けん 健 東京工業大学大学院理工学研究科工学系長・工学部長
- おかもと 岡本 かずお 一雄 トヨタ自動車株式会社取締役副会長
- ◎ たにぐち 谷口 いきお 功 熊本大学長
- つげ 柘植 あやお 綾夫 芝浦工業大学長
- のぐち 野口 ひろし 博 千葉大学大学院工学研究科長・工学部長
- ふるた 古田 かつひさ 勝久 東京電機大学長

* 役職は平成22年6月現在

五十音順（敬称略）

◎座長、○座長代理

教育内容等に関するワーキンググループ 委員名簿

ありのぶ むつひろ
有信 睦弘 東京大学監事（元株式会社東芝顧問）

いわくま まき
岩熊 まき 株式会社CTIサイエンスシステム副社長

おおば よしひろ
大場 好弘 山形大学大学院理工学研究科長・工学部長

おかざき けん
岡崎 健 東京工業大学大学院理工学研究科工学系長・工学部長

くどう かずひこ
工藤 一彦 芝浦工業大学学長室専任教授

しのだ しょうじ
篠田 庄司 中央大学理工学部教授

のぐち ひろし
◎野口 博 千葉大学大学院工学研究科長・工学部長

* 役職は平成22年3月現在

五十音順（敬称略）

◎主査

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 審議経過

第1回本会議

○日 時：平成21年6月29日（月）18:00～20:00

○内 容：

- ・ 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の運営について
- ・ 実践的な技術者教育のあり方について
- ・ その他

第2回本会議

○日 時：平成21年8月3日（月）14:00～16:00

○内 容：

- ・ 実践的な技術者教育のあり方について
- ・ ワーキンググループの設置について
- ・ その他

第3回本会議

○日 時：平成21年12月7日（月）15:00～17:00

○内 容：

- ・ 大学における実践的な技術者教育のあり方について（案）
- ・ その他

第4回本会議

○日 時：平成22年3月19日（金）17:00～19:00

○内 容：

- ・ 大学における実践的な技術者教育のあり方（案）とりまとめ
- ・ その他

教育内容等に関するワーキンググループ審議経過

第1回WG

○日 時：平成21年9月8日（火）10:00～12:00

○内 容：検討課題について

第2回WG

○日 時：平成21年9月29日（火）15:00～17:00

○内 容：

- ・技術者及び技術者教育について
- ・技術者として共通的に身につけるべき基本的な知識及び資質能力について

第3回WG

○日 時：平成21年10月26日（月）14:00～17:00

○内 容：

- ・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
- ・国際性を踏まえた技術者教育の質の保証方策について
- ・ その他

第4回WG

○日 時：平成22年1月20日（水）15:00～17:00

○内 容：

- ・大学における実践的な技術者教育のあり方（案）について
- ・ その他

第5回WG

○日 時：平成22年2月16日（月）15:00～17:00

○内 容：

- ・大学における実践的な技術者教育のあり方（案）とりまとめ
- ・ その他

大学における実践的な技術者教育のあり方 概要

平成22年6月3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

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
(学習成果評価指標)

大学における実践的な技術者
教育での学生の共通的な到達
目標(最低限の基準)を示す「分
野別の到達目標」(技術分野共
通部分)の設定

大学における実践的な技術者
教育での学生の共通的な到達
目標(最低限の基準)を示す
「分野別の到達目標」の設定
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、社会の変化に対応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、必要な基礎学力を明確にし、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、人類のために設計、開発、イノベーション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。

近年、伝統的な技術分野から例えばハードとソフトが融合したメカトロニクス(機械、電子回路及び計算機ソフトウェア)、機能材料(材料及び生物)、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、ダイナミックに変化する多様なニーズに柔軟に応えられる基礎力、さらには、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. これからの実践的な技術者教育のあり方

(1) 分野別の学習成果評価指標設定の促進(「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、各段階で達成され、身につけるべき知識、資質・能力の評価指標(学習成果評価指標)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) 実践的な技術者教育における分野別の到達目標の設定の促進

大学において学生が到達すべき目標は、大学における実践的な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「分野別の到達目標」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。

実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」

「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」。

- 実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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。
- 実践的な技術者教育の特質上、実践的な技術者教育の「分野別の到達目標」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(技術分野ごとには、専門工学も含む)、本報告では共通部分について枠組みを示す。
- 「分野別の到達目標」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

「分野別の到達目標」の策定方法(イメージ)

スピーディかつオープンに策定する。

<分野別の到達目標(分野共通部分)>

(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。
- 工学系数統一定験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、学協会や産業界等から、「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。

(ハ)意見の反映

- 幅広く使いやすいものとするために、情報共有サイトなどの活用により、大学、学協会や産業界等から、策定案等への意見を求め、策定へ反映していく。

<分野別の到達目標>

- 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。
- 「分野別の到達目標」(分野共通部分)の進捗を踏まえ、同様の作業を行う。

(3)「分野別の到達目標」に期待される役割

「分野別の到達目標」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最低限の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。

その実施状況は、機関別・分野別の大学評価と有機的に結びつけられることが期待され、実践的な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

技術者の裾野を充実させるため、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。

(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

学習成果評価が精緻化され、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やモジュールの認定が可能になり、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

実践的な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望ましい。

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

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。