

大学における実践的な技術者教育 のあり方について（案）

2009年12月7日

第3回 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。

社会・産業界の
ニーズの変化

グローバル化
への対応

本会議で検討課題の全体イメージ(案)

求められる技術者像

育
続
教
育

・各種資格試験等

国際性を踏まえた適切な質保証
(分野別評価)

教育能力の適切な評価

効果的な教育方法、教育体制、
学習成果評価方法

技術分野毎に特有の
身に付けるべき
基本的知識及び資質・能力
(学習成果評価指針)

技術者になる者が
履修すべき
技術分野毎に
必要不可欠な教育内容

大学における
技術者教育(分野別)
モデル・コア・カリキュラム
(情報処理、機械、化学、
電気・電子、建築、土木 等)

技術者になるために
共通に身に付けるべき
基本的知識及び資質・能力
(学習成果)
のあるべき姿や方向性

「学士課程の教育充実のため、
分野ごとにコア・カリキュラムが作成されることが望ましい。
また、このコア・カリキュラムの実施状況は、
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る。」
(H17. 1中教審答申「我が国の高等教育の将来像」)

技術者及び技術者教育について(1)

○検討すべき「技術者」とは。

- 我が国において「技術者」の社会的定義は、はっきりしていない。
- 技術を担う人材として、製造業においては、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。
- 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問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問題に対処する”technologist”、設計・開発・監督など複合的な技術問題に対処する”engineer”の3つの区分が存在する。

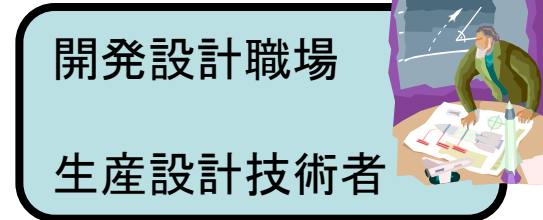
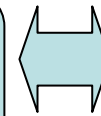
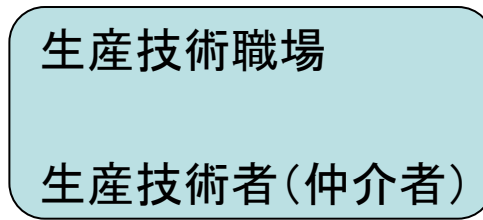
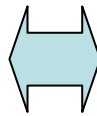
我が国の製造業において技術を担う人材の事例

- 我が国では、米企業のようなエンジニア、テクニシャン等の明確な垂直分業・分離志向と対照して、製造職場、生産職場、開発職場において技術を担う人材は水平分業しつつ、水平異動もあり得る現場重視・統合志向があると言える。
- 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、複合的な問題の解決や特定の要求に合った体系、構成要素又は工程を設計すること(engineering design、創成)は、技術業(engineering)を特徴付ける重要な特質。技術者(engineer)には、必ずしも解が一つではない課題に対し種々の学問、技術を統合して実現可能な解を見出していくことが求められる。

例)H-II Aロケットのノーズコーン(先端部)の成型をする日本スピン社の熟練工

例)三菱航空機名古屋製作所工業技術課設置1934

例)本田宗一郎氏
田中耕一氏(2002ノーベル化学賞)



[職場教育]

・技能形成表、スキルマップを用いた計画的育成

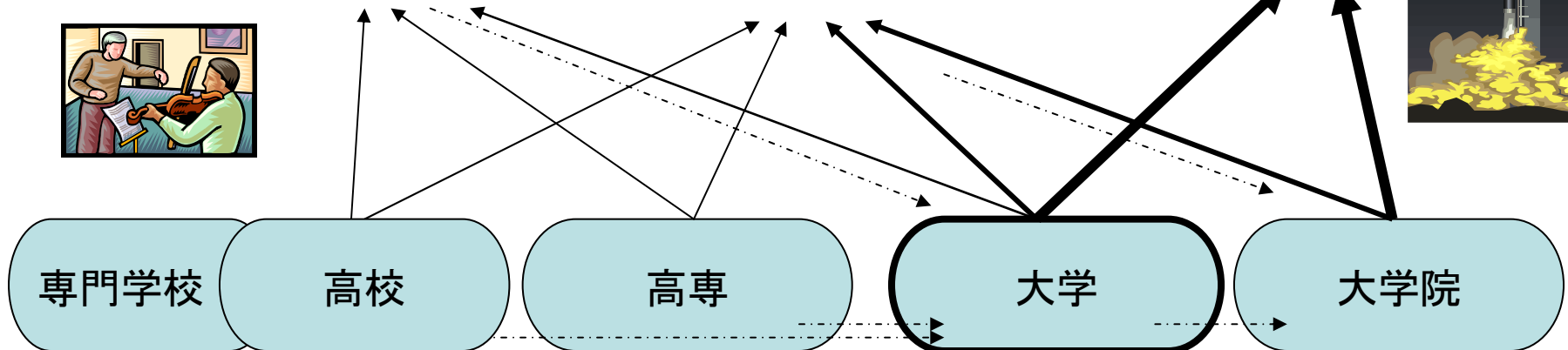
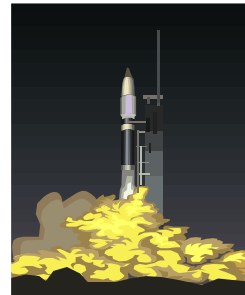


[職場教育]

・育成の基本はOJT(仕事を通じての訓練)と自己学習



国際的にEngineerとして通用する「技術者」



技術者及び技術者教育について(2)

•2009年の国際engineering会議を踏まえ、国際的に engineerとして通用するものとして、「技術者」は、自然科学等の知識を用いて人類に役立つもの(サービスを含む)を適切な判断のもと、創造、開発、実現する活動を担う人と定義できる。

•なお、総務省による国勢調査(日本標準職業分類)では、技術者とは、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(この仕事を遂行するには、通例、大学などにおける自然科学に関する専門的訓練又はこれと同程度以上の知識と実務的経験を必要とする。ただし、試験場・研究所などの試験・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ものは「科学研究者」に分類される)、その数は214万人(15才以上就業人口の3.5%、平成17年)。

15歳以上就業者数における技術者数

15歳以上就業者 6,153万人

事務従事者 1,219万人
19.8%

管理的職業従事者
150万人
2.4%

サービス職業従事者
618万人
10.0%

販売従事者
887万人
14.4%

生産工程・労務作業者 1,699万人
27.6%

・一般機械器具組立・修理作業者 105万人
・電気機械器具組立・修理作業者 111万人
・建設作業者 259万人

・金属加工作業者 150万人
・食料品製造作業者 137万人
・運搬労務作業者 164万人

等

専門的・技術的
職業従事者

854万人
13.9%

技術者
214万人
3.5%

・科学研究者 15万人
・保健医療従事者 265万人
・教員 140万人
(うち大学教員17万人)
・法務従事者 6万人
・美術家・写真家・デザイナー
27万人
等

・農林水産業・食品技術者
5万人
・金属製錬技術者 2万人
・機械・航空機・造船技術者
28万人
・電気・電子技術者 30万人
・化学技術者 7万人
・建築技術者 23万人
・土木・測量技術者 31万人
・システムエンジニア 75万人
・プログラマー 7万人
等

技術者及び技術者教育について(3)

【「技術者」の定義】

- 「技術者(engineer)」は、自然科学等の知識を用いて人類に役立つもの(サービスを含む)を適切な判断のもと、創造、開発、実現する活動(engineering)を担う人と定義できる。
- 類義概念である「技能者(technician)」等との差異を特徴づける重要な特質は、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、複合的な問題の解決や特定の要求に合った体系、構成要素又は工程を設計すること(engineering design、創成)と言える。

技術者及び技術者教育について(4)

○「技術者」は、社会においてこれまでどのような役割を果たしてきたか。

・「技術者」engineer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。およそ100年前の明治34年(1901年)、「報知新聞」に「写真電話」「七日間世界一周」「暑寒知らず」など23項目の「二十世紀の予言」が掲載されたが、今日、テレビ電話、飛行機、エアコンなどとしてかなりのものを実現し、より物質的に豊かで便利な生活を可能にした。

・特に我が国の「技術者」engineer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(第二次世界大戦後)、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、経済発展の原動力となってきた。(平成17年度科学技術白書参照)

技術者及び技術者教育について(5)

○「技術者」には、これからどのような役割が期待されているか。

・技術technologyの創出・利用は、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。

・これからの20年を考えると、技術革新などのイノベーション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。
(内閣府イノベーション25参照)

技術者及び技術者教育について(6)

- 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(国立社会保障・人口問題研究所)もあり、社会の発展のためには、技術革新をもたらす創造的資質をもった技術者の育成が求められる。
- グローバリゼーションに伴い先進国ではハード(第2次産業)からソフト(第3次産業)へのシフトが進んでいる。
- 我が国において、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言われている。
- また、伝統的な分野から、たとえばメカトロニクス(機械+電子回路(ハード)+コンピュータ(ソフト))、機能材料(材料+生物)、感性価値創造などの新しい分野の需要が生まれている。

技術者及び技術者教育について(8)

【求められる「技術者像」】

- 「技術者」の定義は普遍的なものと言えるが、時代背景や社会の要請により「社会から求められる技術者像」は変化するものであり、固定的なものではない。
- 社会・産業界のニーズや国際動向を踏まえつつ、技術分野毎に「求められる技術者像」が明確化にされるべきである。

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(1)

○技術者教育で欠けていた課題は何か。

- 現状の技術者教育の問題点として、「基礎知識学力の不足」、「問題解決能力の不足」、「目的意識の欠如」、「狭い専門領域」等が指摘され、産業界が求める人材と大学が輩出する人材との質的ミスマッチが存在。
- 基礎数学をやっていないと論理的思考能力を養えない。学部レベルでは、数学、自然科学といった基礎をしっかりと学ぶべき。
- 異文化の相手(国籍、年齢、専門等)が何を考え、何を大切に思っているか理解し、社会と科学・技術との関連を理解し、問題提起ができる能力が重要。

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(2)

- 産業界が求めているのは、与えられた問題、未知の問題に対応できる人材で、「汎用的能力」が求められていると認識すべき。
- 電子情報通信の分野でも、商品の「市場でのライフタイム」が極端に短くなりつつあるため、優れた技術でも5年で陳腐化し商品価値が失われる。変化する多様なニーズに応えられる基礎力重視の教育が求められている。
- 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おこない、複合的な技術問題の解決や特定の需要に合った系統、構成要素又は工程を設計する能力 (engineering design能力、創成能力) が、国際的に求められている。

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(3)

○日本の技術者教育で大事にすべき点は何か。

- 明治時代当初、我が国においては、世界に先駆けて工部大学校を設立。学問と訓練のバランスを考慮した「基礎教育」、「専門教育」、「実地訓練」の3つを工学(エンジニアリング)教育の基本理念としてスタート。「技術者」はこの3つを学んでいることが重要。
- 日本のものづくり企業では「三現主義(現場、現物、現実)」が重要であると言われ、管理者、設計者などが共通の認識をもつてものづくりに関わる行動をとる。
- 知識創造企業では、共同体験によって暗黙知を獲得・伝達(共同化)、得られた暗黙知を共有できるように形式知に変換(表出化)、形式知同士を組み合わせて新たな形式知を創造(連結化)、利用可能となった形式知を基に個人が実践を行いその知識を体得(内面化)といった組織的知識創造サイクルの継続的循環がなされていると言われ、この知識創造サイクルを回す訓練が重要。

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(4)

- 日本企業は、パソコン等のような汎用部品を組み合わせて作る「組合せ型(モジュール型)」製品よりも、自動車のように部品メーカーと完成車メーカーとの間の協調や開発陣と生産現場の協調的作業が必要とされる「摺り合わせ型(インテグラル型)」製品において優位があると言われる。(平成18年度年次経済財政報告参照)
- 「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合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。摺り合わせ力、総合化力、**チームワーク力**が期待される。
- 「組合せ型」製品や汎用部品に関しては、誰にでもわかるように徹底した文書化、規格化が行われる。競争力を発揮するには、国際的な分業管理や、規格基準**戦略**をグローバル規模で主導(**リード**)していける人材の育成が期待される。

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(5)

【これからの技術者(像)に求められる知識、資質・能力】

- コアとなる知識、資質・能力として、数学、自然科学の知識は不可欠である。
- また、「現場、現物、現実」を踏まえ、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つつ、複合的な問題の解決や特定の要求に合った体系、構成要素又は工程を設計する能力(「創成engineering design能力」)が必須。
- 派生的に求められる資質・能力として、「異文化」(国際、学際)を理解する能力、社会と科学・技術との関連を理解できる能力、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、チームワーク力、戦略的リーダーシップ力も重要。

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(6)

- 技術者教育における大学の役割とは。
 - 技術者は、技術者教育を受けた後も、技術業の経験、継続教育を重ね、技術者として大成していく。
 - 大学においては、数学、自然科学、基礎工学、専門工学の知識を応用して、複合的な問題を解決できる能力等を身につける教育が行われるべきである。
 - 求められる技術者像の分野毎に、たとえば技術業**プロジェクトリーダーレベル**の者が身につけるべき知識、資質・能力(学習成果)、及び同学習成果を獲得するのに要する時間軸を考慮した大学の**学部卒業レベル乃至修士修了レベルの学習成果の評価指針**が示される必要がある。
 - 技術者教育における学部卒業レベルの学習成果評価指針を明らかにする際は、学士課程共通の「学習成果」に関する参考指針として中央教育審議会が示した「**学士力**」を参考にすべきである。

米国土木学会での学習成果評価指針体系化の 取組み事例

BOK2 Rubric integrates outcomes (ASCE Second Edition 2008)

Outcome Number and Title	Level of Achievement					
	1	2	3	4	5	6
	Knowledge	Compre- hension	Application	Analysis	Synthesis	Evaluation
<i>Foundational</i>						
1. Mathematics	B	B	B			
2. Natural sciences	B	B	B			
3. Humanities	B	B	B			
4. Social sciences	B	B	B			
<i>Technical</i>						
5. Materials science	B	B	B			
6. Mechanics	B	B	B	B		
7. Experiments	B	B	B	B	M/30	
8. Problem recognition and solving	B	B	B	M/30		
9. Design	B	B	B	B	B	E
10. Sustainability	B	B	B	E		
11. Contemp. issues & hist. perspectives	B	B	B	E		
12. Risk and uncertainty	B	B	B	E		
13. Project management	B	B	B	E		
14. Breadth in civil engineering areas	B	B	B	B		
15. Technical specialization	B	M/30	M/30	M/30	M/30	E
<i>Professional</i>						
16. Communication	B	B	B	B	E	
17. Public policy	B	B	E			
18. Business and public administration	B	B	E			
19. Globalization	B	B	B	E		
20. Leadership	B	B	B	E		
21. Teamwork	B	B	B	E		
22. Attitudes	B	B	E			
23. Lifelong learning	B	B	B	E	E	
24. Professional and ethical responsibility	B	B	B	B	E	E

 : Bachelor's degree

 : Master's degree

 : Prelicensure experience

一貫学習成果評価指針 (rubric integrates outcomes) (米国土木学会2008年版)

←学士レベル

←修士レベル

←免許前
経験レベル

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<基礎> 数学	数学に関する重要な事実情報を微分方程式を用いて特定することができる	数学の重要な概念及び問題解決手順を微分方程式を用いて説明することができる	数学の問題を微分方程式を用いて解くことができ、 <u>その知識を技術問題の解決に適用できる。</u>	複合的問題を分析し、関連する数学の原理を特定し、その知識を問題解決に適用できる。	数学の新しい知識を創造できる。	数学の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。
<基礎> 自然科学	微積分学ベースの物理、化学及びもう一つの自然科学領域に関する事実情報を特定することができる。	微積分学ベースの物理、化学及びもう一つの自然科学領域の重要な概念及び問題解決手順を説明することができる。	微積分学ベースの物理、化学及びもう一つの自然科学領域の問題を解くことができ、 <u>その知識を技術問題の解決に適用できる。</u>	複合的問題を分析し、関連する物理、化学及び/又はその他の自然科学原理を特定し、その知識を問題解決に適用できる。	物理、化学及び/又はその他の自然科学領域の新しい知識を創造できる。	物理、化学及び/又はその他の自然科学領域の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。
<基礎> 人文科学 (文学・語学・史学・哲学など)	一つ以上の人文領域から事実情報を特定できる。	<u>少なくとも一つの人文領域から重要な概念と土木技術問題・解決との関係を説明できる。</u>	<u>技術に関する職業実践における人文の重要性を明らかに示すことができる。</u>	人文で挙げられた事柄によって情報付けられた複合的問題を分析し、それらの考慮を問題解決の展開に適用できる。	人文の新しい知識を創造できる。	人文の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<p><基礎></p> <p>社会科学</p> <p>(経済学・社会学など)</p>	一つ以上の社会科学領域から事実情報を特定できる。	少なくとも一つの社会科学領域から重要な概念と土木技術問題・解決との関係を説明できる。	社会科学の知識を技術に関する職業実践に組み入れて明らかに示すことができる。	複合的問題を社会科学の知識を組み入れつつ分析し、その知識を問題解決の展開に適用できる。	社会科学の新しい知識を創造できる。	社会科学の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。
<p><専門></p> <p>材料科学</p>	材料科学に関する重要な事実情報を土木工学の関係の中で特定できる。	材料科学の重要な概念及び問題解決手順を土木工学の関係の中で説明することができる。	材料科学の知識を使って土木工学に特有の問題を解くことができる。	複合的問題を分析し、関連する材料科学の原理を特定し、その知識を問題解決に適用できる。	材料科学の新しい知識を創造できる。	材料科学の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。
<p><専門></p> <p>力学</p>	固体及び流体力学に関する重要な事実情報を特定できる。	固体及び流体力学の重要な概念及び問題解決手順を説明することができる。	固体及び流体力学の問題を解くことができる。	固体及び流体力学の問題を分析し、解くことができる。	力学の新しい知識を創造できる。	力学の新しく創造された知識の妥当性を評価できる。
<p><専門></p> <p>実験</p>	一つ以上の土木工学専門領域で土木工学実験を行うのに必要な手順及び機器を特定できる。	一つ以上の土木工学専門領域にわたる実験の目的、手順、機器及び実際の適用を説明することができる。	一つ又は一つ以上にわたる土木工学専門領域の実験を確立された手順に従って行い、結果を報告することができる。	一つ又は一つ以上にわたる土木工学専門領域において、既存の試験及び材料の境界内で、実験結果を分析し、結果の正確さを評価することができる。	需要に合った実験を特定し、実験を行い、分析し、結果として生じるデータを説明できる。	ほとんど定義されていない実世界の需要に合うように設計された実験の有効性を評価できる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<専門> 問題認識と解決	技術問題認識、問題解決及び適用可能な技術手法や手段に関する重要な事実情報を特定できる。	問題認識、問題接続、問題解決手順、及び技術手法や手段をどう問題解決に適用できるかに関する鍵となる概念を説明することができる。	問題立言を展開し、よく定義された基礎的な土木工学問題を適当な手法や手段を適用することで解決することができる。	不完全に定義された土木工学特有の技術問題を、明確に表現し、適当な手法や手段を選択し、適用することで解決することができる。	不完全に定義された技術問題の解決を公共政策、社会影響や事業目的をも含むかもしれないより広範な関係に統合することができる。	最初と最後の問題立言、選択可能な手法や手段の有効性を比較し、解決策の有効性を比較することができる。
<専門> 設計(創成)	創成(engineering design)を特定し、創成手順の主要な段階を列挙し、創成の工程及び成果に影響を与える制約を列挙できる。	創成を表現し、実世界の制約が創成の工程や成果にどのように影響を与えるかを説明できる。	よく定義された一連の要求及び制約に合うよう設計工程を適用できる。	系統又は工程を分析し、要求及び制約を特定できる。	<u>経済、環境、社会、製磁、倫理、健康・安全、建設可能性や持続可能性などの現実制約内で望まれた要求に合うよう系統や工程を設計できる。</u>	複合的系統、構成要素又は工程を評価し、 <u>実務の習慣基準、利用者や事業の要求、関連する制約を遵守しているか</u> 査定できる。
<専門> 持続可能性	技術現象、拡大社会、自然資源依存に関する及び職業技術者の倫理義務に関する持続可能性の重要な側面を特定できる。	技術業務、サービスに関係する際の持続可能性成功の鍵と科学的基礎を説明できる。	伝統的な及び新興的な技術体系の設計に対して持続可能性の法則を適用できる。	持続可能な遂行のため、技術業務の体系を、伝統的であれ新興的であれ、分析することができる。	複合的な体系、工程又は事業を持続可能性を発揮するよう設計できる。新しく、より持続可能な技術を開発できる。科学的知識から持続可能な設計が制約される領域で新しい知識や分析手法を創造できる。	提案されたものか既存のものかに関わらず、複合的な体系の持続可能性を評価できる。
<専門> 現代問題と歴史的展望	工学における経済、環境、政治及び歴史上の側面を特定できる。	技術問題の特定、調整及び解決に関する歴史的及び現代的問題の影響を記述し、経済、環境、政治、関係及び社会に関する技術解決の影響を記述できる。	広範な教育を生かして左記を説明できる。	技術問題の特定、調整及び解決に関する歴史的及び現代的問題の影響を分析し、経済、環境政治、関係及び社会に関する技術解決の影響を分析できる。	技術と経済、環境、政治、社会及び歴史問題との間の影響及び関係を統合できる。	技術と歴史的、現代的及び新興の問題との間の影響及び関係を評価できる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<専門> リスク及び 不確実性	データ及び知識の不確実性を認識し、創成との関連を列挙できる。	データの不確実性と知識の不確実性を区別し、技術体系の性能及び安全に関する不確実さの重要性を説明できる、	確率及び統計の法則を適用し、不確実性を含む問題を解決できる。	よく定義された設計に対して、それぞれの不確実さの重みと許容量、及び効果を分析し、特定の失敗モードの失敗(又は不成功)確率を強調して説明できる。	許容可能なリスク限度内で不確実に定義された技術体系の設計に対する(要求される安全率などの)基準を開発できる。	多様な部分から成るシステムを評価し、失敗により引き起こされる有害事象の発生確率やその起こりうる結果を考慮して定量的なリスク程度を評価できる。
<専門> プロジェクトマ ネージメント	重要なマネジメントの法則を列挙できる。	プロジェクトが如何なるものか及びプロジェクトマネジメントの重要な側面を説明できる。	よく定義されたプロジェクトマネジメント問題の解決策を開発できる。	プロジェクト計画に組み込まれるべき文書を練り上げられる。	プロジェクト計画を創造できる。	プロジェクト計画の有効性を評価できる。
<専門> 土木工学領 域の見識	土木工学特有の少なくとも4つの技術領域に関係する重要な事実情報を特定できる。	土木工学特有の少なくとも4つの技術領域における重要な概念及び問題解決工程を説明できる。	土木工学特有の少なくとも4つの技術領域における又はまたがる問題を解決できる。	土木工学特有の少なくとも4つの技術領域におけるよく定義された技術問題を分析し解決できる。	土木工学特有の一つ以上の専門領域にまたがる新しい知識を創造できる。	土木工学特有の一つ以上の専門領域にまたがる新たに創造された知識を評価できる。
<専門> 専門技術	土木工学特有の先進専門技術の重要な側面を特定できる。	土木工学特有の伝統的な又は新興の技術領域における重要な概念及び問題解決工程を説明できる。	特殊な道具、技術を適用し、伝統的な又は新興の土木工学の専門技術領域における簡単な問題を解決できる。	土木工学特有の伝統的な又は新興の専門技術領域における複合的な体系又は工程を分析できる。	複合的な体系又は工程を設計し、土木工学特有の伝統的又は新興の専門技術領域における新しい知識又は技術を創造できる。	複合体系又は工程の設計を評価し、土木工学特有の伝統的又は新興の専門技術領域において創造された新しい知識又は技術を評価できる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<職業> コミュニケーション	効果的な口述、記述、仮想、及びグラフを用いたコミュニケーションの特徴を列挙できる。	効果的な口述、記述、仮想、及びグラフを用いたコミュニケーションの特徴を記述できる。	口述及び記述コミュニケーションにおける文法及び構文のルールを適用し、適切に出典を引用して、製図のための適切な図式の標準を用いることができる。	効果的な口述、記述、仮想及びグラフを用いたコミュニケーションを体系立てて述べることができる。	専門及び非専門の聴衆に対するプロジェクトのコミュニケーションを口述、記述、仮想及びグラフを用いて計画し、組立て、統合できる。	専門及び非専門の聴衆にプロジェクトを説明する口述、記述、仮想及びグラフを統合したコミュニケーションの有効性を評価できる。
<職業> 公共政策	公共政策に関する重要な事実情報を特定できる。	公共政策に関する重要な概念及び工程を議論し説明できる。	土木技術作業に関係する簡単な公共政策問題に公共政策工程手法を適用できる。	土木技術プロジェクトに関する現実世界の公共政策問題を分析できる。	公共政策勧告を開発し、土木技術作業問題に関する現実世界の状況に対する体系を創造し合わせることができる。	大規模土木技術イニシアチブに関連する複雑な現実世界の状況における公共政策の有効性を評価できる。
<職業> 企業及び公共管理	企業及び公共管理に関する重要な事実情報を特定できる。	企業及び公共管理において用いられる重要な概念及び工程を説明できる。	企業及び公共管理の概念及び工程を適用できる。	企業又は公共管理に関係する現実世界の問を分析できる。	企業又は公共管理の体系を現実世界の要求に合うよう創造し適合させることができる。	複合的な現実世界の状況における企業又は公共管理の体系を評価することができる。
<職業> 国際化	国際化の工程及びそれが文化、言語又は国家をまたぐ職業実践に与える影響を記述できる。	職業実践、基盤、環境及びサービス人口(文化、言語又は国家をまたぐ場合)に関する国際化問題を説明できる。	国際化問題に関する技術問題を体系立てて練り上げて解決できる。	国際化問題の基礎レベルで機能させるため技術作業及びサービスを分析できる。	国際化問題を述べるための基準及びガイドラインを開発することができる。	国際化問題を述べる際の基準及びガイドラインを評価することができる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<職業> リーダーシップ	リーダーシップ及びリーダーの役割を特定し、リーダーシップの法則及び態度を列挙できる。	リーダーの役割及びリーダーシップの法則及び態度を説明できる。	小さく均質的なグループの努力を方向付けるリーダーシップの法則を適用できる。	グループの努力を組織立てて方向付けることができる。	複合的任務を達成するため新たな組織を創造することができる。	組織のリーダーシップを評価することができる。
<職業> チームワーク	効果的な学際及び複合学科のチームの特徴を特定し列挙することができる。	学際及び複合学科のチームが有効に機能するための能力に影響を与える要素を説明することができる。	学際チームのメンバーとして有効に機能することができる。	複合学会チームのメンバーとして有効に機能することができる。	学際又は複合学科チームを組織することができる。	学際又は複合学科チームの構成、組織及び業績を評価することができる。
<職業> 態度	土木技術の職業実践に関する協力的な態度を列挙できる。	土木技術の職業実践に関する協力的な態度を説明できる。	土木技術の職業実践に関する協力的な態度を明らかに示すことができる。	複合的な任務を分析し、どのような態度がその効果的な達成に最も導くか判断することができる。	任務を達成に導く態度の育成を維持/促進する組織を創造できる。	組織の主要メンバーの態度を評価し、任務達成に関するそれらの態度を査定できる。
<職業> 生涯学習	生涯学習を特定できる。	生涯学習の要求を説明し、生涯学習に関し要求される技能を記述できる。	自己学習能力を明らかに示すことができる。	職業実践にふさわしい追加的知識、技能及び態度を特定できる。	職業実践にふさわしい要求される高度の専門性の獲得を計画し、実行できる。	学習工程の自己査定をし、競合する複合的な現実世界の選択肢を考慮してその工程を評価することができる。

学習成果	レベル1 (知識)	レベル2 (理解)	レベル3 (応用)	レベル4 (分析)	レベル5 (統合)	レベル6 (評価)
<p><職業> 職業・倫理責任</p>	<p>土木技術者の職業及び倫理責任を列挙できる。</p>	<p>土木技術者の職業及び倫理責任を責任できる。</p>	<p>職業及び倫理責任の標準を適当な行動を決定するのに適用することができる。</p>	<p>複数の競合する職業及び倫理の関心が関連する状況を分析し、適当な行動を決定することができる。</p>	<p>職業的及び倫理的な行動を促進する学修及び経験を統合できる。</p>	<p>職業及び倫理標準に基づく技術問題の解決を正当化し、個人の職業的及び倫理的成長を査定できる。</p>

(<http://www.asce.org/professional/educ/bok2.cfm> 参照)

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(4)

【技術者教育における大学の役割】

- 大学においては、数学、自然科学、基礎工学、専門工学の知識を応用して、複合的な問題を解決できる能力等を身につける教育が行われるべきである。
- 求められる技術者像の分野毎に、たとえば技術業プロジェクトリーダーレベルの者及び大学の学部卒業レベル乃至修士修了レベルで身につけるべき知識、資質・能力(学習成果)の評価指針が示される必要がある。
- また、学習成果評価指針に対応して、大学において履修すべき必要不可欠な教育内容をより具体的に共通的な到達目標として示した技術者教育(分野別)モデル・コア・カリキュラムの確立が促進されるべきである。

教育内容・方法や教育体制・評価のあり方、大学教員に求められる教育能力及びその評価方法(1)

○教育プログラムの多様性、通用性をどう考えるべきか。

- 大学(学部)への進学率の上昇(平成元年24.7%→平成21年50.2%、学校基本調査)に伴う学生の多様化にかんがみれば、教育機能の強化とともに、卒業時における学生の質を確保する取組みが重要。技術者教育認定機構(JABEE)による技術者教育認定では、適切な学習・教育目標の設定と公表が行われ、修了生全員がその学習・教育目標を達成していることが確認されることとなっており、各大学等の多様性を認めつつ、技術者教育プログラムの評価が行われている。
- 「技術者」以外の多様な活躍(販売、事務等)を主な狙いとする工学部教育プログラムも存在する。
- 各技術分野毎に学習成果評価指針及び「技術者教育」モデル・コア・カリキュラムが整備され、学習成果レベルの達成度評価の確認・評価が可能となれば、高校、専門学校、高専、短大、大学学部課程・修士課程の履修プログラムを組合せた技術者教育プログラムも成立しうると考えられ、JABEEの認定制度の改善、充実に向けた取組みが促進されるべきである。

教育内容・方法や教育体制・評価のあり方、大学教員に求められる教育能力及びその評価方法(2)

【JABEEの役割】

- 技術者教育認定機構(JABEE)による技術者教育認定では、適切な学習・教育目標の設定と公表が行われ、修了生全員がその学習・教育目標を達成していることを確認することとしており、各大学等の多様性を認めつつ、技術分野毎の技術者教育プログラム評価が行われているところ。
- 工学部教育プログラムの中には、JABEE認定に馴染まない、「技術者」以外の多様な活躍(販売、事務等)を主な狙いとするものも存在するが、技術者教育プログラムに対しては、その質の確保を図る観点から、学校種を超えた技術者教育プログラムの認定も含めJABEEの認定制度の改善、充実に向けた取組みが促進されるべきである。

教育内容・方法や教育体制・評価のあり方、大学教員に求められる教育能力及びその評価方法(3)

【効果的な教育方法等】

- 実践的、効果的な教育内容・方法、教育体制、学習成果の評価、教員評価の取組みが整理、普及されるべきである。
- 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促進されるべきである。
- 学習成果の評価については、OECDが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、本格的な実施可能性を明らかにすること)の実施(2008-2011)を提案、我が国は工学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。

国際性を踏まえた技術者教育の質の確保

【国際的質保証】

- 各国の大学の質を保証する制度について相互理解を得ることが、国際的に活躍する人材の学習成果を正当に評価し、学生や教員を保護するために不可欠。
- 技術者教育認定制度の国際同等性については、JABEEが、認定基準・審査の手順と方法の実質的同等性を相互に認め合う技術者教育認定団体の国際協定「ワシントン・アコード」に加盟していることをもって担保されており、JABEEによる認定を受けた技術者教育プログラムは、国際的に妥当な質が保証されていると言える。