

工学教育領域の国際的な評価の動向

深堀 聰子

九州大学 教育改革推進本部

1. まえがき

本特集において、工学教育領域は「教育分野の国際化に実績を挙げている専門分野」の一つとして取り上げられている。この工学教育領域の評価の仕組みと特徴を、国際化の観点から整理することが、本稿の目的である。

工学教育を通してどのような人材育成が目指されているのか。はじめに、日本の科学者の意見を代表する機関である日本学術会議で策定された「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準」を国際的な枠組みである OECD-AHELO 学修成果枠組みに照らして分析することで、工学教育の輪郭と日本の特徴を整理する。次に、技術者が国境を越えて技術業務に従事できるように整備されてきた技術者教育認定の国際的な相互承認の枠組みの中で、日本の工学教育の質保証を担ってきた日本技術者教育認定機構 (JABEE) の取組と日本の大学の対応を概観する。最後に、工学教育領域の評価における今後の課題と展望、及び大学教育全体に対して導かれる示唆を整理して、本稿を締めくくる。

2. 工学教育を通して育成する人材像の日本的特徴

工学とはどのような学問であり、工学教育を通してどのような人材を育成することが目指されているのか。日本学術会議では、平成22年より、「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準」(以下、分野別参照基準)を策定しており、現在、31

分野で報告書が刊行されている。そのうち、工学分野の伝統的な専攻である土木工学分野と機械工学分野の報告書の「分野の定義」及び「学生が身につけることを目指すべき基本的な素養」に着目することで、工学教育を通して育成する人材の日本の特徴について考察してみたい。

2.1 工学分野の定義

日本学術会議の「大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会」委員長を務めた北原和夫は、工学分野の分野別参照基準における学問分野の定義を俯瞰的に吟味し、それらに共通する特徴を次のようにまとめている。

(分野別参照基準の) 策定作業の過程で、各分野がそのアイデンティティを明確に自覚することができ、それを言語化することで、それぞれの分野の教育をより体系的に構築する可能性が出て来ました。また他分野の人々にも説明することができるようになり、専門分野を超えた協働の可能性が開かれてきたように思います。例えば、工学系の学びの構造には共通点があることが明確になってきました。工学とは、「素材」から「手段・ツール」を使ってより高い「価値」を創造することです。エネルギー・情報を機械を使ってより価値の高いものに変換するのが機械工学、エレクトロニクスを使って変換するのが電気・電子工学、といった具合です。「価値の創造」では、従来の工学だけでなく他の分野との協働が必須であること

もわかります。(北原和夫、2017年)

分野別参照基準の「分野の定義」によると、土木工学(建築学を含む)とは、「人類生存に欠くことのできない構築環境を計画・設計し、建設し、維持・管理し、自然環境との調和を図るための理論と応用、そして技術を学ぶ学問」(日本学術会議土木工学・建築学委員会土木工学・建築学分野の参照基準検討分科会、2014年)であり、機械工学とは、「外部から与えられたエネルギーや情報などを有用な機能(運動、力、情報など)に変換する働きを有する機械に関わる自然科学とその設計に関わる科学から構成される学問」(日本学術会議機械工学委員会機械工学分野の参照基準検討分科会、2013年)である。

確かに、北原が指摘する通り、技術を駆使して、人間が自然環境と調和して存在することを可能にする構造物を構築する学問が土木工学であり、エネルギーや情報を有用な機能に変換する学問が機械工学と言うことができる。そして、いずれも、新しい「価値」を創造する過程で、人文・社会科学を含む他の学問分野との協働が必須であることもわかる。

2.2 工学教育を通して育成する人材像

こうした工学の担い手である学生には、どのような知識・能力を身につけることが期待されているのだろうか。日本学術会議の分野別参照基準の「学生が身につけることを目指すべき基本的な素養」は、共通フォーマットである「獲得すべき基本的な知識と理解」「獲得すべき基本的な能力」「ジェネリックスキル」の3項目の下に、各専攻の特徴を捉える工夫を凝らして整理されている。その一方で、世界経済協力開発機構(OECD)による高等教育における学修成果調査(AHELO)の枠組みに填め込んでみると、土木・機械工学教育の学修成果には、共通の構造が有ることがわかる。

OECD-AHELOとは、大学教育のアウトカムについて国際的合意を形成し、その達成度を測定するためのテスト問題を国際通用性のある形で開発して実施することは可能かどうかを検証することを目的として、工

学、経済学、汎用的技能の領域で、世界の17か国248大学22,977人の学生の参加の下に、2008年から2012年にかけて展開された国際共同研究である。日本は工学分野の取組に、12大学504人の学生の協力を得て参画した。

OECD-AHELOにおける工学教育の学修成果枠組みは、日本を含む世界13か国の工学専門家によって、英国・スウェーデン・オランダの枠組みとの整合性・親和性が確認されたENAE欧州工学教育質保証ネットワークのEUR-ACE基準、及びIEA国際エンジニアリング連合の「卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力(Graduate Attributes and Professional Competency Profiles)」との整合性・親和性が高い米国ABET基準を統合整理する形で定義され、各国の雇用主・大学教員・学生・卒業生へのヒアリングに基づいて、その妥当性が検証されたものである(OECD、2011)。各国の枠組みを幅広く参照し、広範なステークホルダーとの対話に基づいて取りまとめられたという意味で、OECD-AHELO学修成果枠組みは、現段階における工学教育の学修成果枠組みに関する国際標準とみることができる。

このOECD-AHELO学修成果枠組みは、表1に示す5要素から構成されている。工学教育の学修成果は、工学の文脈を超えて知識・能力の活用を支える「ジェネリックスキル」、工学の基盤となる自然科学の知識及び工学分野の重要事項や概念に関する体系的な理解としての「工学基礎・工学専門」、工学課題を分析して解決法を設計する能力としての「工学分析」、工学の知識・能力を応用・統合して所定の要求に応える計画を考案する能力としての「工学デザイン」、及び工学デザインを社会実装する能力としての「工学実践」から構成される知識・能力セットとして概念化されている。

表2は、OECD-AHELO学修成果枠組みと土木・機械工学分野の分野別参照基準の「学生が身につけることを目指すべき基本的な素養」との対応関係を整理したものである。日本の工学専門家の間でも、世界の工学専門家との間でも、「獲得すべき基本的な知識と理解」(工学基礎・工学専門)、及び「獲得すべき基本的

表 1. OECD-AHELO 工学教育の学修成果枠組み

1. ジェネリックスキル
個人として、またはチームの一員として、効果的に役割を果たす能力。
工学関係者や一般社会と効果的にコミュニケーションを図るために、多様な方法を駆使する能力。
生涯にわたり、自主的に学習することの必要性を認識して取組む能力。
工学の学際性に関する理解。
2. 工学基礎・工学専門
専攻する工学分野の基礎となる科学や数学の原理に関する知識と理解。
専攻する工学分野の重要事項や概念に関する系統的理解。
専攻する工学分野に関する包括的理解（最先端の事ごらを含む）。
3. 工学分析
知識と理解を応用し、確立された方法を用いて工学課題を見極め、解決法を考案し、解決する能力。
知識と理解を応用し、工学の製品、過程、方法を分析する能力。
適切な分析・モデル化の方法を選択・応用する能力。
文献を検索し、データベース等の多様な資料を活用する能力。
適切な実験をデザインして実施し、データを解釈して、結論を導く能力。
4. 工学デザイン
知識と理解を応用し、特定の定義された要求に応えるデザインを開発して実行する能力。
デザインの方法を理解し、活用する能力。
コンピュータ支援設計装置（CAD）を用いて、機械や機械システムの要素をデザインする能力。
5. 工学実践
適切な装置・道具・方法を選択・活用する能力。
工学課題を解決するために、理論と実践を統合する能力。
適用できる技法・方法とその限界を理解する能力。
工学実践の非技術的示唆に関する理解。
ワークショップや実験を行う能力。
健康・安全・法律の問題、工学実践に伴う責任、工学による解決策がグローバル・経済的・社会的・環境的文脈に及ぼすインパクトに関する理解。
リスク・変動マネジメントを初めとするプロジェクト・マネジメントやビジネス慣行に関する理解、およびその制約についての理解。

出典：OECD, 2011, pp.30-32.

能力」(工学分析・工学デザイン)において、考え方が概ね共有されており、類似する知識・能力項目が挙げられていることがわかる。

一方、日本と世界の工学専門家の間には、特筆すべき違いもある。すなわち、OECD-AHELOでは、工学を学んだ学生が、その知識・能力を応用して、実践的な場面で役立てていくためには、学際的な文脈でチームの一員として協働し、生涯に渡って研鑽を積み重ねていくことももちろん重要であるが(ジェネリックスキル)、社会実装のための実践的な知識・能力を身につけること(工学実践)も極めて重要であると考えら

れているため、両概念は区別して整理されている。それに対して、日本では「工学実践」の要素は「ジェネリックスキル」の概念に内包されており、独立した概念として扱われていない。

日本の工学教育が「工学実践」に焦点化してこなかった点については、近年、日本の工学教育の課題として指摘されるようになってきている。例えば、『大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会(中間まとめ)』によると、近年の情報通信技術関連の急速な進展がもたらした産業や社会の急速な構造変革の中にある工学系教育の課題の一つの柱として、「産学共

表2. 工学教育の学修成果— OECD-AHELO 及び日本学術会議分野別参照基準の比較

AHELO C1	日本学術会議分野別参照基準	
	土木工学 ²⁾	機械工学 ³⁾
	獲得すべき基本的な知識と理解	
工学専門 工学基礎	<p>1) 自然科学の知識：人間が生活する地球表面で生じる様々な自然現象（地震、地盤、気象・水文、海洋）と環境に関する基礎知識を持ち、自然と人間活動の関連を理解できること</p> <p>3) 力学に関連する基本的事項の理解：土木工学・建築学の力学的基盤である材料工学、構造力学、地盤工学、水工学、環境工学等に関する基本的事項を理解すること</p> <p>4) 環境への負荷を最小限に抑えつつ快適性・健康性を実現するための基本的事項の理解：サステナブルな構築環境を築く上で必要な資源の有効利用、省エネルギー技術、ライフサイクル評価、並びに熱・空気・音・光等に関わる実現すべき環境条件に関する基本的事項を理解すること</p> <p>5) 計画と意匠に関する基本的事項の理解：歴史的経緯を踏まえた都市や地域の計画に関する理念と手法の基本的事項を理解するとともに、空間の把握と表現に関する力を備えること</p> <p>6) 情報処理技術の基本的事項の理解：調査、計測（測量、実験）を通じたデータ収集と統計的処理に関する基礎的技術を理解すること</p>	<p>機械に関連する自然科学の基盤（力学や数学に関する基礎知識）</p> <p>ア) 力学に関する基本的事項：機械の機能の源泉となる自然法則に関する基盤学術は「熟学」を含む「力学」であり、下記のような基本ディシプリンがある。 ・質点や固体の運動を対象とした学術 ・固体の変形と破壊に関わる強度現象を取り扱う学術 ・流れの本質を理解し、その挙動を予測し、制御するための学術 ・熱伝導・輻射などの熱輸送現象や化学反応、流体の熱物性、熱と仕事との変換過程を体系化した学術 イ) 設計・制御に関する基本的事項：機械の機能を発現させる統合の基盤学術は設計科学であり、下記の基本ディシプリンにまとめることができる。 ・人・物質・エネルギー ・情報の相互関係を理解し、機能の発現を取り扱う（設計する）学術 ・設計された系の挙動を予測し、制御する、あるいは、系の効果を最適にする学術・経済性 ・社会性を含む様々な制約条件の下での生産活動において、要求される機能や価値を実現する学術</p>
実工 実践学	<p>7) 技術者としての倫理観：技術が自然と社会に及ぼす多面的な影響を理解し、技術者としての倫理観を備えること</p>	—
スキル ジェネ リック	<p>2) 人文・社会科学の知識：人類の歴史の中で都市が形成され、人間活動が営まれてきたことを理解し、人文・社会科学に関する幅広い知識を持つこと</p>	—
	獲得すべき基本的な能力（具体的能力）	
工学 分析	<p>1) 課題発見能力：土木工学・建築学の体系的知識に基づいて都市・地域が抱える課題を発見し、調査・計画・設計の対象を明確にする問題設定能力</p> <p>2) 解析的能力：土木工学・建築学の体系的知識に基づく論理的で分析的な問題解決能力</p> <p>—</p>	<p>1) 帰納的能力：機械工学の体系的知識を踏まえた論理的な問題設定能力</p> <p>2) 解析的能力：機械工学の体系的知識に基づく分析的な問題解決能力</p> <p>3) 理解能力：機械工学の体系的知識に基づいた類推による他分野の理解能力</p>
イン ンデザ デザ	<p>3) 計画・設計能力：個々の知識を応用・総合しつつ自らの創造性を発揮して、各種の制約条件の下で所定の機能を実現する能力</p>	<p>4) 設計能力：個々の知識を応用・総合し、制約条件の下で所定の機能を実現する能力</p>
スキル ジェネ リック	<p>4) 説明・表現能力：土木工学・建築学の体系的知識を踏まえ、具体的な文書、模型、図面等を用いてアイデアを論理的かつ明快に説明できる能力（英語での説明力を含む）</p>	<p>5) 説明能力：機械工学の体系的知識を踏まえた論理的でごまかしのない明快な説明能力</p>
	ジェネリックスキル	
工学 実践	<p>1) 多様な現象を理解するための情報を収集し、数理的に解析する能力</p> <p>2) 合理的・論理的に思考し、総合的に判断する能力</p> <p>3) 自然、歴史の中で、人間と環境との関わりを科学的に思考できる能力</p>	<p>○数量的スキル ○自然科学に対する理解能力</p> <p>○合理的・論理的思考力 ○因果関係を意識した不確かさをもつ事柄に関する判断能力</p> <p>○一般技術に対する理解能力 ○生活に関連する機器を合理的に使用・運用する能力 ○市民生活の中で機械に関する問題を発見し、それを合理的に分析し、解決策を考案する能</p>
スキル ジェネ リック	<p>4) 異なった価値観を持つ多様な人々と協働しながら目的を達成できる能力</p>	<p>○チームで仕事をするための能力</p>

出典：1) OECD, 2011
 2) 日本学術会議、2014
 3) 日本学術会議、2013

同教育体制の構築」が挙げられている。具体的な取組としては、「企業からの教員や支援人材の積極的派遣、学外クロス・アポイントメントの推進」「産学連携による（就職活動目的ではない）教育効果の高いインターンシップの推進」「産業界との共同研究を通じた社会人の博士課程教育の推進」「産学連携による共同プログラムの開発・提供」「工学教育改革を行う大学の学生の積極的採用」が推奨されているところである（文部科学省、2017年）。

3. 技術者教育プログラムの質保証

3.1 技術者教育認定の国際的枠組み

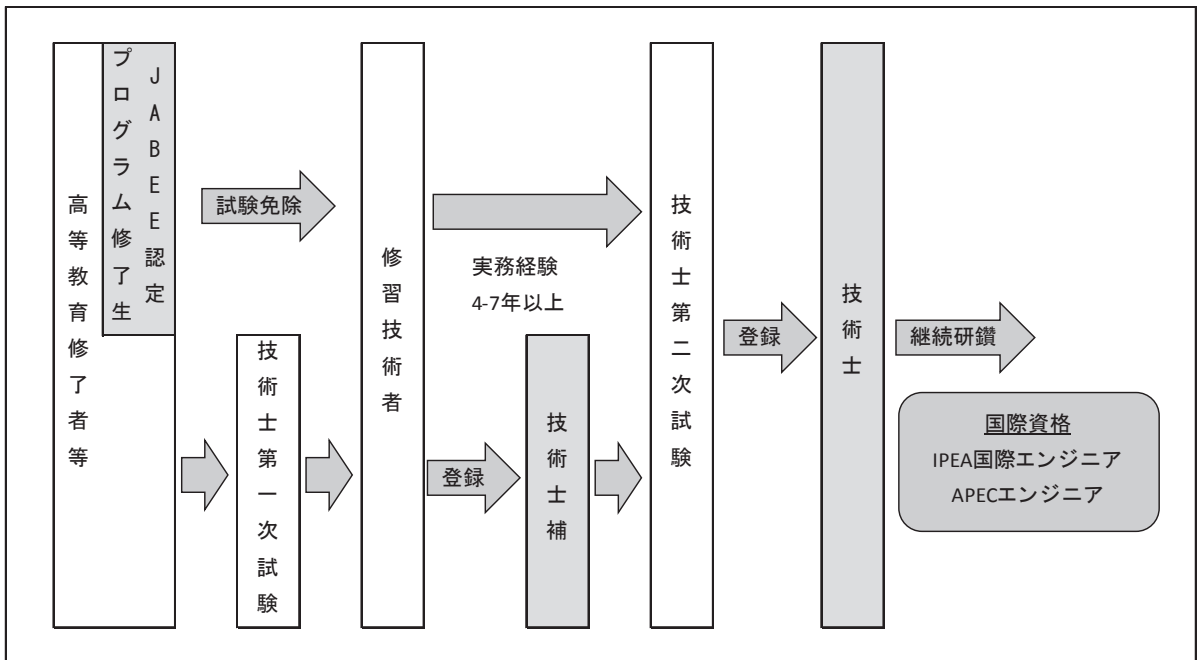
日本では、日本技術者教育認定機構（JABEE, 1999年発足）によって、大学における工学教育プログラムをはじめとする技術者教育プログラムの認定が行われている。国内的な文脈では、JABEE認定を受けたプログラム修了生は、国家資格である技術士の資格を取得するための学歴要件を満たす者とみなされ、技術士第一次試験の受験が免除されている（図1）（日本技

術者教育認定機構、2018）。

国際的な文脈では、JABEE認定プログラム修了生は、「国際的に通用する技術者教育を受けた者」であり、「技術士（Professional Engineer）としてのスタートラインに立った」者とみなされている。各国におけるその具体的な扱いは一律ではないが、例えば米国では、各州の技術士（PE）に登録する要件として、ABET認定プログラムを修了したうえで、工学全般の基礎事項の習得を確認するFE（Fundamentals of Engineering）、及び専門分野別のPE（Principles and Practice of Engineering）の試験に合格することを求めているが、複数の州が、この学歴要件であるABET認定プログラムの修了生であることと、日本のJABEE認定プログラムの修了生であることを同等とみなしている（日本技術者教育認定機構、2018；日本プロフェッショナルエンジニア協会、2018）。

このように、技術業務を遂行するための国家資格である技術士の資格取得要件が国境を越えて適用されるのは、日本技術者教育認定機構がIEA国際エンジニ

図1. 日本の技術士制度



出典：日本技術者教育認定機構、2018

表3. 工学教育の学修成果—AHELO・IEA・JABEEの比較

AHELO ¹⁾	卒業生としての知識・能力 (12項目) ²⁾	JABEE 学習・教育到達目標 (9項目) ³⁾
学 礎 工 専 ・ 学 門 工 基	(1) エンジニアリングに関する知識	(c) 数学及び自然科学に関する知識とそれらを用いる能力 (d) 当該分野において必要とされる専門的知識とそれらを用いる能力
分 工 析 学	(2) 問題分析	(e) 種々の科学、技術及び情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力
工 学 イ ン デ ザ	(3) 解決策のデザイン・開発	
	(4) 調査	
工 学 実 践	(5) 最新のツールの利用	(b) 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に関する理解
	(6) 技術者と社会	
	(8) 倫理	
ジ ス キ ル ク	(11) プロジェクト・マネジメントと財務	(h) 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
	(7) 環境と持続性	(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養
	(9) 個別活動およびチームワーク	(i) チームで仕事をするための能力
	(10) コミュニケーション	(f) 論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力
	(12) 生涯継続学習	(g) 自主的、継続的に学習する能力

出典 1) OECD, 2011
 2) IEA, 2013
 3) 日本技術者教育認定機構

アリング連合によるワシントン協定 (Washington Accord) に加盟しているからである。ワシントン協定とは、技術者教育の実質的同等性を相互承認するための国際協定である。各加盟団体が、それぞれに掲げる技術者教育認定基準・審査の手順と方法の実質的同等性を相互に認め合うことによって、自ら認定した技術者教育プログラムと他の加盟団体が認定した技術者教育プログラムの実質的同等性を相互に認め合うこと、すなわち技術者教育プログラム修了者が技術業務を行うために満たす学歴要件の実質的同等性を相互に認め合うことを目的としている。

ワシントン協定は、1989年に英国、アイルランド、米国、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド6カ国を代表する技術者教育認定団体が協定を結んだことによって発足し、2018年現在の加盟は20カ国・地域 (暫定加盟5カ国)¹⁾に及んでいる。日本は2005年に第9番目、非英語圏からの最初の国として加盟を果たした (IEA, 2018)。

ワシントン協定加盟団体には、他の加盟団体と実質的に同等の技術者教育認定の基準・審査の手順と方法

を採ることが求められる。とりわけ、学修成果に基づく教育 (outcomes-based education) を推進することが重視されており、前述したIEA国際エンジニアリング連合「卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力」がその参照資料として提示されている (IEA, 2013)。

このワシントン協定の枠組み中で工学教育の質保証に取り組む日本技術者教育認定機構の認定基準は、「学習・教育到達目標の設定と公開 (基準1)」、「教育手段 (基準2)」、「学習・到達目標の達成 (基準3)」、「教育改善 (基準4)」、分野別の「個別基準」から構成されている。「学習・到達目標の達成」は、「卒業生としての知識・能力 (Graduate Attributes)」の12項目を、日本の教育に適合的な9項目にまとめたものであり、「科学技術の知識だけでなく、社会の要求を解決するためのデザイン能力、コミュニケーション能力、チームワーク能力、技術者倫理など世界の技術系高等教育の標準となる能力の教育が行われていることを要求」するものである (日本技術者教育認定機構、2012)。

表3に示すのは、「OECD-AHELO 学修成果枠組み」「IEA 卒業生としての知識・能力」「JABEE 学習・教育到達目標」の対応関係を整理したものである。国際通用性を重視する「JABEE 学習・教育到達目標」では、「工学基礎・工学専門」「工学分析」「工学デザイン」だけでなく、「工学実践」「ジェネリックスキル」にも重点が置かれていることを見て取ることができる。

工学教育プログラムが JABEE 認定を獲得するためには、こうした学習・到達目標の達成に適合的なカリキュラムが設計されており、さらに学生による学習・到達目標の達成が確認されていなければならない。だからこそ、JABEE 認定プログラム修了生は、技術者としてのスタートラインに立つために求められる知識・能力の国際標準を満たしている者とみなされ、世界の技術業務に参画する門戸が開かれるのである。

ここで強調したいのは、学生が国際的に通用する知識・能力を実際に習得していることはもちろん重要であるが、大学教育の国際的な質保証の文脈において、それと同等以上に重要なのは、そうした学修成果の達成を国際的枠組みに基づいて説明できることである。例えば、高等教育資格の文脈で、私塾がいかに優れた人材を育成していたとしても、その私塾が正式な教育機関として政府等の公認を受けていなければ、その私塾の発行する履修証明書は、学歴としての価値を持たない。同様に、工学教育の国際的質保証の文脈において、工学教育プログラムがいかに優れた科学技術人材を育成していたとしても、公認された国際的枠組みに基づいて教育プログラムの質の高さを可視化することができなければ、そのプログラムが授与する学位の価値は、技術業務の国際市場の中で正当な評価を受けることができない。そのプログラム修了生は、技術者としての学歴要件を満たす者としての資格をもたないまま、自力で、技術業務の国際市場の中でその優秀性を証明していかなければならない。

3.2 国際的枠組みに基づいて説明することによるグローバル質保証

残念ながら、こうした国際的な質保証の仕組みに関する日本の大学の認識は必ずしも高くない。JABEE

認定プログラム数（学士・修士）は、2001年の認定開始から急速に普及して、累計506件に及んでいる。しかしながら2010年度以降、継続認定を取り止めるプログラムの数が新規に認定を受けるプログラムの数を上回るようになり、その結果として、認定中のプログラム数は漸減してきており、2017年度における認定プログラム数は350件に留まっている（日本技術者教育認定機構、2018）。

とりわけ、科学技術人材の育成をけん引する立場にある、いわゆる旧帝国大学をはじめとする大規模国立大学の参画が消極的であるのは、日本固有の課題と言える。JABEE 認定に対する日本企業の評価が確立していないため、JABEE 認定を受けることの直接的なメリットが実感されにくい中で、相対的に高い水準の就職率を誇るトップ大学は、敢えて JABEE 認定が伴う教学マネジメント負担を引き受けようとはしない。そうした状況の下で、技術者教育の観点から工学教育の質保証を目指す JABEE 認定が、科学技術人材育成を矮小化するものであると言った、必ずしも JABEE 認定基準や運用の柔軟性に関する適切な理解に依拠しない言説が流布している。

例えば、前述した『大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会（中間まとめ）』（文部科学省、2017年）では、大学における工学系教育を通して輩出すべき人材像として、「原理・原則を理解する力、構想力、アイデア創出能力、問題発見能力、課題設定能力、モデル化能力、課題解決・遂行能力」、「人材のダイバーシティ」、「スペシャリストとしての専門の深い知識と同様に、分野の多様性を理解し、他者との協調の下、異分野との融合・学際領域の推進も見据えることができるジェネラリストとしての幅広い知識・俯瞰的視野を持つ人材」（3-4 頁）が志向されているが、これは「科学技術の知識だけでなく、社会の要求を解決するためのデザイン能力、コミュニケーション能力、チームワーク能力、技術者倫理など世界の技術系高等教育の標準となる能力の教育が行われていることを要求」する JABEE 認定基準と、方向性が一致している。それにもかかわらず、同報告書には「JABEE における技術者教育プログラム認定等においても、こ

の工学系教育改革の趣旨を十分に踏まえ、その認定基準等の見直しを進めることを求めたい」（15頁）との見解が述べられている。「JABEE 認定基準の見直し」を求めるということは、日本技術者教育認定機構のワシントン協定からの離脱、及び技術者教育の世界標準に対する異議申し立てを示唆しており、日本の工学教育プログラムが世界標準から乖離することをよしとする立場表明と解釈することもできるが、そのように主張する具体的な根拠は示されていない。

大学教育の質保証とは、「大学設置基準等の法令に明記された最低基準としての要件や認証評価等で設定される評価基準に対する適合性の確保に加え、自らが意図する成果の達成や関係者のニーズの充足といった様々な質を確保することにより、高等教育の利害関係者の信頼を確立すること」（大学改革支援・学位授与機構、2016年、62頁）を意味する。すなわち、大学教育の質保証とは、大学が社会の信頼を勝ち取るために、自主的に取り組むことが期待されている営みである。そして、中・長期的視野に立って日本の科学技術人材育成の在り方を牽引する立場にある大規模国立大学には、そうした自主規制の在り方を方向づけ、先導する役割が期待されている。とりわけ、教育制度の在り方が多様であり、教育の質に関する評判も伝わりにくい国際的文脈において、大学教育の質保証の重要性は一層強まっている。

そもそも、ステークホルダーの信頼を獲得するために基盤的要件を満たすことで実施する質保証は、先端的な科学技術人材の育成を規制したり、抑制したりすることを意図するものではない。しかも、国際的合意であるワシントン協定の枠組みの中で策定されたJABEE 認定基準は、「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」に代表される日本の工学系教育改革方針と矛盾するものではなく、むしろ推進する内容であることを、三つの観点から整理することができる。

第一に、前述した通り日本学術会議による土木・機械工学分野の分野別参照基準の内容を、OECD-AHELO 学修成果枠組みに代表される国際標準に照らして分析してみると、日本の工学教育には「工学実践」

「ジェネリックスキル」に十分焦点化していないという弱みがあり、この点は、「産学共同教育体制の構築」を志向する「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」によっても指摘されている。工学教育を通して、「工学基礎・工学専門」「工学分析」「工学デザイン」の学びを通して身につけた知識・能力を統合し、具体的な工学実践の場面で活用する能力（社会実装）を育成する必要があるという課題意識は、国内外で共有されていると言える。

第二に、技術者教育認定の制度は、画一的な人材の育成を目指すものではなく、「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」の志向する「人材のダイバーシティ」（4頁）を前提としている。IEA 国際エンジニアリング連合の「卒業生としての知識・能力と専門職としての知識・能力」には、3段階の水準規定がなされており、ワシントン協定によって規定される、エンジニアの資格を取得する学歴要件としての4～5年制の技術者教育養成プログラムは、その最も高い水準に位置づけられている。すなわち、ワシントン協定プログラムを通して、学生は前述した「卒業生としての知識・能力」（表3）12項目のそれぞれについて、「複合的な問題（Complex problem）」を解決するために必要な水準に達することが求められている。それに対して、テクノロジストの資格を取得する学歴要件としての3～4年制のシドニー協定プログラムでは「大まかに定義された問題（Broadly-defined problems）」、テクニシャンの資格を取得する学歴要件としての2～3年制のダブリン協定プログラムでは「明確に定義された問題（Well-defined problems）」を解決するために必要な水準に達することが求められている（IEA, 2013, 9-10頁）。

したがって、ワシントン協定プログラムで育成される知識・能力セットは、高度に複合的なものが想定されていると言える。それが、「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」が求める「原理・原則を理解する力、構想力、アイデア創出能力、問題発見能力、課題設定能力、モデル化能力、課題解決・遂行能力」よりも範囲が狭く、水準の低いものだと主張するためには、該当する知識・能力セットを取り上

げ、その範囲や水準を具体的に精査した上で論拠する必要がある。

第三に、世界を代表する研究大学では、技術者教育が先端的な科学技術人材育成と相容れないものとは考えられていない。表4では、Times Higher Education (THE) 及びQS世界大学ランキング(学問分野別 THE: Civil Engineering, QS: Engineering and Technology) の2018年の上位校による技術者教育認定の状況を整理している (THE, 2018; QS, 2018)。この研究力が重視される世界大学ランキングの上位校では、日本を除いてほぼ例外なく、ワシントン協定加盟団体または ENAEE 欧州工学教育質保証ネットワーク加盟団体による技術者教育認定が獲得されていることを確認することができる。

世界の研究大学では、社会的レリバンスの高い知識・能力セットを学生に実際に習得させるだけでなく、その事実を技術者教育認定という方法で可視化する

ことが重視されている。工学教育を学ぶ大多数の学生が、学士課程または修士課程修了後は技術業務に就く中で、科学技術業界にも通用する学位の価値を保証することが、学生の進路を保障するための基盤的サービスとして重視されていると解釈することもできよう。しかも、科学技術人材の国境を越えた活動が活発化する中で、技術者教育認定の国際通用性を確保することの重要性は、一層高まってきている。

そうした世界的趨勢の下で、日本を代表する大規模国立大学が技術者教育認定の意義を否定することの負のインパクトを見過ごすことはできない。JABEE 認定を受けていない日本の工学系プログラムに留学した学生が、帰国後、自国の技術士の資格を取得して技術業務に就くことができない問題が既に顕在化している。この問題を受けて、例えば、マレーシア政府は JABEE 認定を受けていない日本の工学系プログラムに留学する学生には、国費留学奨学金を支給しない方

表4. 世界を代表する研究大学における技術者教育認定の状況

	THE	QS	技術者教育認定
University of Oxford	1	8	Engineering Council ¹⁾ Engineering Science Civil Options, BA (Hons), MEng
University of Cambridge	2	3	Engineering Council ¹⁾ Engineering, BA (Hons), MEng (Hons) Engineering Tripos, BA (Hons) Construction Engineering, MSt Interdisciplinary Design for the Built Environment, MSt (EUR-ACE)
California Institute of Technology	3	26	ABET ²⁾ Mechanical Engineering, B.
Stanford University	3	2	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Massachusetts Institute of Technology	5	1	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Princeton University	7	38	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Imperial College London	8	6	Civil Engineering, BEng (Hons), BEng (Pass), MEng Civil and Environmental Engineering, MEng
ETH Zurich	10	4	認定されていることを確認することができない
Johns Hopkins University	13	177	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Columbia University	14	81	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
University of California Los Angeles	15	35	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
University College London	16	58	Engineering Council ¹⁾ Civil and Environmental Engineering, BEng (Hons), MEng. Civil Engineering, MSc
Duke University	17	130	ABET ³⁾ Civil Engineering, BSE
University of California Berkley	18	11	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Cornell University	19	60	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Northwestern University	20	94	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
University of Michigan	21	56	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
National University of Singapore	22	7	Engineering Council ¹⁾ Civil Engineering, BEng (Hons)

University of Toronto	22	43	Engineers Canada ⁴⁾ Civil Engineering
Carnegie Mellon University	24	31	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
University of Washington	25	106	ABET ³⁾ Civil Engineering, BSCE
University of Edinburgh	27	73	Engineering Council ¹⁾ Civil Engineering, BEng (Hons), Meng (Hons).
New York University	27	145	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Tsinghua University	30	10	認定されていることを確認することができない ⁵⁾
University of California, San Diego	31	109	ABET ³⁾ Structural Engineering, BS
University of Melbourne	32	27	Engineers Australia ⁶⁾ Master of Engineering (Civil)
Georgia Institute of Technology	33	24	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
University of British Columbia	34	70	Engineers Canada ⁴⁾ Civil Engineering
University of Illinois at Urbana Champaign	37	46	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	38	12	CTI ⁷⁾ , EURACE ⁸⁾ Diplôme d'ingénieur la spécialité Génie civil (ingénieur civil)
University of Hong Kong	40	30	Engineering Council ¹⁾ Civil Engineering, BEng (Hons)
Technical University of Munich	41	25	Swiss Center of Accreditation and Quality Assurance in Higher Education ⁹⁾
McGill University	42	76	Engineers Canada ⁴⁾ Civil Engineering
University of Wisconsin Madison	43	109	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
The Hong Kong University of Science and Technology	44	17	Engineering Council ¹⁾ Civil and Structural Engineering, BEng (Hons), Civil Infrastructural Engineering and Management, MSc.
The University of Tokyo	46	8	認定されていない ¹⁰⁾
KU Leuven	47	64	CTI ⁷⁾ , EURACE ⁸⁾ Master en sciences de l'ingénieur en génie civil
University of Texas at Austin	49	58	ABET ³⁾ Civil Engineering, BS
Washington University in St Louis	50	401-450	ABET ³⁾ Civil Engineering, BSCE

出典：

- 1) Engineering Council Accredited Course Search (<https://www.engc.org.uk/education-skills/course-search/accredited-course-search/>)
- 2) California Institute of Technology Department of Mechanical and Civil Engineering (<http://www.mce.caltech.edu/academics/ugrad>)
- 3) ABET Accredited Program Search (<http://main.abet.org/aps/Accreditedprogramsearch.aspx>)
- 4) Engineers Canada Accredited Engineering Programs in Canada by Program ([https://engineerscanada.ca/accreditation/accredited-program s](https://engineerscanada.ca/accreditation/accredited-program-s))
- 5) China Association for Science and Technology, China Engineering Education Accreditation Association (<http://english.ceeeaa.org.cn/main!programs4EN.action>)
- 6) Engineers Australia Accredited Programs (https://www.engineersaustralia.org.au/sites/default/files/2018-06/Web_List_V29_180615.pdf)
- 7) CTI Rechercher une Ecole ou une Formation (<https://www.cti-commission.fr/accreditation>)
- 8) ENAEE Welcome to the ENAEE Database of EUR-ACE Labelled Programmes (<http://eurace.enaee.eu/node/163>)
- 9) Swiss Center of Accreditation and Quality Assurance in Higher Education (<http://aaq.ch/en/>)
- 10) JABEE 認定プログラム 教育機関名別一覧 (<https://jabee.org/doc/13723.pdf>)

針を固めた。「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」は、「アジアをはじめとした海外からの優秀な工学系学生の確保」（15頁）を国際化の推進に向けた重要課題として掲げているが、そのためには、日本の工学系プログラムが、国際通用性のある技術者教育認定を受けることが、極めて重要である点を改めて強調しておきたい。

4. 工学教育領域の評価における今後の課題と展望

本稿では、国際通用性のある技術者教育認定の制度が確立されている工学教育領域の評価の仕組みに注目してきた。確かに、工学分野は、他の学問分野に比べて、教育分野の国際化において、顕著な実績をあげて

いる。しかしながら、そうした工学教育領域の評価にも、大きな課題が残されている。すなわち、日本の技術者教育認定は、学生に習得させようとする知識・能力において、日本の工学教育の志向する方向性と概ね一致しているにもかかわらず、大規模国立大学を中心に、必ずしも積極的に活用されていない。大学教育の質保証がますます重視される世界的趨勢に鑑み、そうした日本の大学の対応は例外的であり、日本の大学の国際化を阻む方向に作用している。

最後に、検討の視点を大学から社会に移し、日本の工学教育領域の評価を機能させるための今後の課題と展望、及び大学教育全体に対して導かれる示唆を整理して、本稿を締めくくりたい。

前述した通り、大学教育の質保証とは、大学がステークホルダーの信頼を獲得するために基盤的な質を備えようとする自主規制の努力である。したがって、質保証の仕組みを機能させるためには、企業・雇用主を中心とするステークホルダーの役割を無視することはできない。

JABEE 認定が要請する教学マネジメントの負担は、決して軽微ではない。大学が継続的に JABEE 認定にコミットしていくためには、プログラム修了生の受け手である社会が、ステークホルダーの信頼を獲得するために大学が取り組む自己規制の努力を評価し、JABEE 認定プログラムを信頼し、修了生を適切に処遇することで、ステークホルダーとしての責任を全うする必要がある。大学教育の質保証を、大学と社会の双方向の対話と見なすならば、大学側の努力に企業・雇用主を中心とするステークホルダー側も応えなければ、持続可能な仕組みを確立することは難しい。

科学技術のグローバル展開において、国際通用性のある技術士資格・技術者教育認定は、一層重要性を増してくることが予想される。技術者は、公共の福祉・安心・安全を守る責務を負った規制専門職であるため、その身分が技術士資格によってまもられている。このことは裏返すと、技術士資格を持たない者は、いかに優れた科学技術人材であっても、技術業務に携わる機会から閉め出される危険性があることを意味する。国際通用性のある技術士資格・技術者教育認定の

枠組みを確立してきた欧米諸国は、その重要性をますます堅持し、規制を強化することで、科学技術における優位性を拡大しようとする展開は、十分に予想される。国内市場が飽和状態にあり、国境を越えて新たな市場を開拓しなければならないのは、日本も欧米諸国も同様の条件下にあるが、仮に新興国の公共事業の入札条件で、責任技術者の技術士資格の有無や、事業チームの技術士比率等が問われた場合、技術士の資格取得が必ずしも普及していない日本は、極めて不利な状況に陥る。そして、技術士の資格を取得するための学歴要件である技術者教育認定の普及が十分とは言えない中で、この状況を好転させるには何年もの時間が必要となる。

技術者教育認定に係る国際的潮流をやり過ごし、国内市場を頼りにした「ガラバゴス化」を推進していくことは、人口減少傾向にある日本が選択することのできない方向性であるように思われる。そうであるのならば、グローバル質保証にむけた技術者教育認定の国際的枠組みに積極的に参画し、それが日本の志向する科学技術人材育成の観点から、適切な内容となるように舵取りしていく必要がある。大規模国立大学を含む日本の大学と企業・雇用主が、中・長期的視野に立って世界の科学技術人材育成の在り方を牽引していく気概が求められる。

科学技術人材育成の文脈で展開する工学教育領域の評価の仕組みは、工学系プログラムとその修了生が従事することが想定される国内外の技術業務とのリンク、及び大学教育の質保証における大学とステークホルダーのミス・リンクの問題を浮き彫りにすることで、日本の大学教育全体に対して、重要な示唆を提供している。

すなわち、大学教育を通して保証すべき知識・能力セットは、大学に閉ざされた形で定義するのではなく、ステークホルダーとの開かれた対話に基づいて定義することで、社会的レリバンスを確保する必要がある。そのステークホルダーの範囲は、卒業生が国境を越えて活躍するようになる中で、国内に限定されなくなっている。大学は、学生に対して、国際的に通用する知識・能力を実際に習得させるだけでなく、そ

の事実を、国際通用性のある質保証の枠組みに基づいて可視化することが求められるようになってきているのである。

さらに、大学教育の質保証は、ステークホルダーの信頼を獲得するために大学が取り組む自己規制の努力であるが、その取組が要求する教学マネジメントの負担は、決して軽微ではない。大学がその負担を継続的に引き受けていくためには、ステークホルダー側も大学側の努力を評価し、認定を受けたプログラム修了生を適切に処遇することで、ステークホルダーとしての責任を全うする必要がある。大学教育の質保証とは、

信頼の確立に向けた大学と社会の双方向の対話であり、大学だけでなく、企業・雇用主も重要な責任を負っていることを、工学教育領域の評価の経験は知らしめている。

【参考文献】

北原和夫「科学リテラシーとは：世界の認識の仕方と世界への関与の仕方」（国立国会図書館「『科学技術に関する調査プロジェクト』における研究者による討論会」2017年10月4日）
 大学改革支援・学位授与機構『高等教育質保証用語集』

【注】

ワシントン協定の加盟国とそれぞれを代表する技術者教育認定団体

国・地域	技術者教育認定団体	加盟年
米国	Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)	1989
カナダ	Engineers Canada	1989
英国	Engineering Council UK (ECUK)	1989
オーストラリア	Engineers Australia (EA)	1989
アイルランド	Engineers Ireland (EngIRE)	1989
ニュージーランド	The Institution of Professional Engineers New Zealand (IPENZ)	1989
香港	The Hong Kong Institution of Engineers (HKIE)	1995
南アフリカ	The Engineering Council of South Africa (ECSA)	1999
日本	日本技術者教育認定機構 (JABEE)	2005
シンガポール	Institution of Engineers Singapore (IES)	2006
韓国	Accreditation Board for Engineering Education of Korea (ABEEK)	2007
台湾	Institute of Engineering Education Taiwan (IEET)	2007
マレーシア	Board of Engineers Malaysia (BEM)	2009
トルコ	MUDEK	2011
ロシア	Association for Engineering Education of Russia (AEER)	2012
インド	National Board of Accreditation (NBA)	2014
スリランカ	Institution of Engineers Sri Lanka (IESL)	2014
中国	China Association for Science and Technology (CAST)	2016
パキスタン	Pakistan Engineering Council (PEC)	2017
ペルー	Instituto de Calidad Y Acreditacion de Programas de Computacion, Ingenieria Y Tecnologia (ICACIT)	2018
チリ	Agencia Acreditadora Colegio De Ingenieros De Chile S A (ACREDITA CI)	暫定
バングラデシュ	The Institution of Engineers Bangladesh (IEB)	暫定
コスタリカ	Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA)	暫定
メキシコ	Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI)	暫定
フィリピン	Philippine Technological Council (PTC)	暫定

出典：IEA、2018

- 2016年。(http://www.niad.ac.jp/n_kokusai/publish/no17_glossary_4th_edition.pdf)
- 日本学術会議機械工学委員会 機械工学分野の参照基準検討分科会『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 機械工学分野』2013年 (http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h130819.pdf)。
- 日本学術会議土木工学・建築学委員会 土木工学・建築学分野の参照基準検討分科会『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 土木工学・建築学分野』2014年。(http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140319.pdf)
- 日本技術者教育認定機構『日本技術者教育認定基準 共通基準 (2012年～)』2012年。(https://jabee.org/doc/criteria1_2012_110531.pdf)
- 日本技術者教育認定機構「技術士への道」(https://jabee.org/about_jabee/gijutsushi、2018年7月4日アクセス)
- 日本技術者教育認定機構「JABEE 認定プログラム教育機関別一覧」(https://jabee.org/doc/13723.pdf、2018年7月4日アクセス)
- 日本プロフェッショナルエンジニア協会「米国 PE 試験、PE ライセンスとは？」(https://www.jspe.org/ホームページ/pe とは、2018年7月4日アクセス)
- 文部科学省 (大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会)『大学における工学系教育の在り方について (中間まとめ)』2017年。
- IEA. (2013). Graduate Attributes and Professional Competencies (http://www.ieagrements.org/assets/Uploads/Documents/Policy/Graduate-Attributes-and-Professional-Competencies.pdf)
- IEA. “Washington Accord Signatories.” (http://www.ieagrements.org/accords/washington/signatories/ 2018年7月4日アクセス)
- OECD. (2011). “A Tuning-AHELO Conceptual Framework of Expected/Desired Learning Outcomes in Engineering,” *OECD Education Working Papers, No.60*. OECD Publishing (http://dx.doi.org/10.1787/5kghtchn8mbn-en)
- QS. “World University Rankings by Subject 2018- Engineering and Technology.” (https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2018/engineering-technology 2018年7月18日アクセス)
- THE. “World University Rankings 2018- Civil Engineering.” (https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2018/world-ranking#!/page/0/length/25/subjects/3078/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats 2018年7月18日アクセス)