

検討課題（案）

1. 技術者及び技術者教育について（主担当：岩熊委員、副担当：篠田委員）

（1）技術者の定義

日本では技術者は明確な定義のないまま使用されているため、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。技術者に関する歴史的な背景を持つ欧米諸外国では、多くの場合定められた定義により技術者を名乗るが、日本では技術者は単なる呼び名と認識され幅広く名乗られている。

科学は一定領域の対象を客観的な方法で系統的に研究し原理の発見を追及し、技術は科学の原理を産業に役立ててものを生産する「わざ」である。その技術を担うものが技術者であり、技術は経済的、社会的成果を達成するため、広く社会のインフラ整備などの目的を持って適用されている。

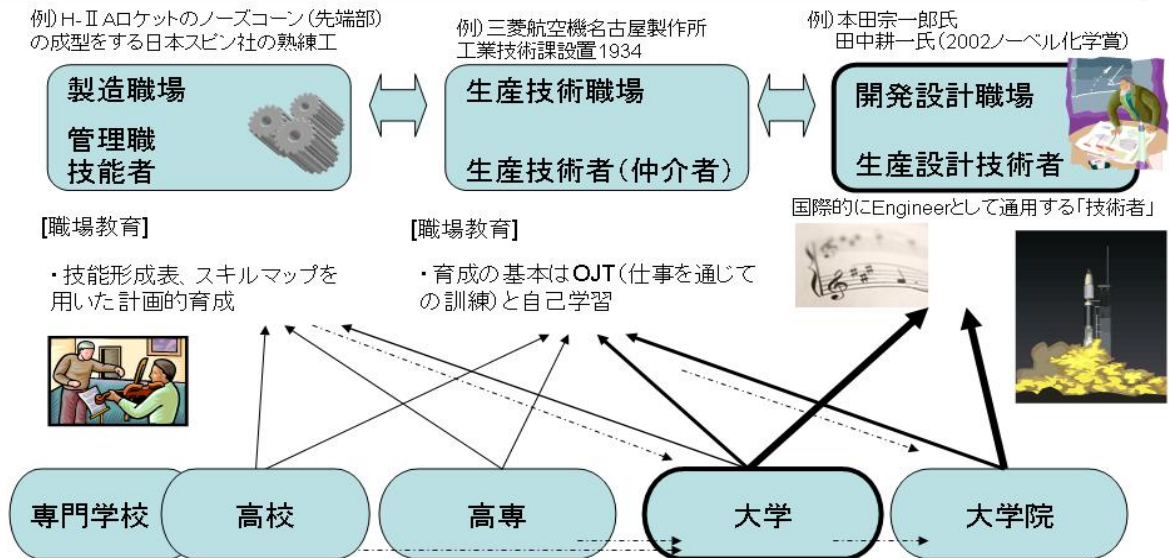
技術を担う者は、高度な工学系の科学知識と応用能力のもとに企画・開発・設計力が求められる engineer（技術者）、マニュアルなどにより定められた経験的な実務能力が求められる technician（技能者）と分かれる。実際の仕事上では必ずしも明確に分離されていなく、engineer（技術者）は技術者としての特別な技術者教育（キャリア教育）を受けているかどうかという点で technician（技能者）とは異なっている。

また、技術を担う者には、engineer（技術者）と technician（技能者）の中間に、technologist、がある。欧米では技術を担う者の職務における定義は、engineer（技術者）、technologist（テクノロジスト）、technician（技能者）このような定義が確立されてきている。それぞれの要求される職業能力の違いに応じて教育期間や内容、到達目標も異なっている。日本では馴染がなく technologist に対応する適切な日本語訳はない。

社会的な定義がはっきりしていない技術者を整理すると、図のように考えられる。

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。



(参考: 2009年2月～日経新聞、やさしい経済学—経営学のフロンティア、生産技術者の仕事と育成(横浜国立大学教授 柴田裕通))

技術者はまた、製造業やサービス業、農林水産業などの、ものづくりやサービス分野において、製品の製造、システムの構築、サービスの提供など、価値を生み出すすべての生産活動を支えている。そこには必ず職業人としての技術者が存在している。基礎教育を受けた後、研究開発や設計、製品の製造やサービスの提供など生産活動、所属機関などの職業、バックグラウンドとなる学問、所属する産業などの場で、経験をかさねて専門家として大成していく。そこで携わる技術は多様であり、直接的には見えにくい産業の現場から、日常のあらゆるところに適用されている。このことから、技術者の専門性は一言で表現できるものではなく、学問だけでは習得できない実務経験が技術者を特徴付けている。

技術者は求められる資質と役割においていくつかの特徴をもつ。

- 1) 技術者は科学の基礎的並びの専門的知識を習得し、それらを応用してテクノロジーを通じ社会に役立ち、広く普及する「もの」や「サービス」を創出している。革新的な科学的発見を、実際に使える「新しいもの」や「新しいサービス」に変え、社会に大きな変化をもたらす変革を生み出すことも技術者が担う役割である。
- 2) 技術者は工学を基礎として学んだものに成立し、若い時代に集中的に体系的な長期の教育を受ける必要がある。技術者はデザインをおこない、技術者が行なうデザインの本質は物を作る創造性である。また、技術的な判断において最善の手法よ

り次善の手法を選ぶ勇気と決断を求められるなど、技術の適用の影響の大きさを踏まえ価値の基本をどこに置くか常に考える必要がある。

- 3) 科学技術に基づく国づくりの中核になる。技術者に与えられた役割は、社会的役割として、市民に安全・安心を約束する、健康・福利を優先する、市民への説明責任を持つことである。経済的役割として、科学技術創造立国の担い手であり、技術に付加価値をつけ経済の発展と反映に貢献する。技術者は企業などの活動を通じて、社会の発展と成長に寄与し、同時に、信頼される技術者として国民に安全と安心を与える。そのため、優れた技術者の資質を明確にした目標が重要である。
- 4) 欧米諸国では engineering は一般の社会では学問の領域ではなく 職能もしくは職業と理解され、ABET（*）での定義では Engineering に Profession という意味もある。明治時代当初に工学と訳された日本では、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点を工学教育の基本理念としてスタートしたが、その後の大学教育の変遷の中で基礎教育、専門教育に重点が置かれるようになった。この歴史的な経緯が現在の工学教育の結果が産業界での実務と中々結びつかないといわれる大きな要因の一つでもある。技術者はこの3点を体系的に学んでいることが重要である。優れた技術者の資質は専門分野に特化した工学教育だけでは培われないことが分かり、技術者教育にあたって改めて求められる技術者像を明確にする必要がある。
- 5) 2009年 IEAM Kyoto 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」は科学的知識を用いて人類のために役立つもの（サービスを含む）を適切な判断のもと、創造、開発、実現する活動と定義できる。今後この定義は国際的に普及するものと考えられる。求められる技術者像についてはこの Activity ならびに Activity を可能とする資質、獲得する時間軸が考慮されているべきである。

（2）現状の技術者教育の問題点及びその原因

現状の技術教育で問題となる点は、若者の理科離れなど影響もあり、理工学系の基礎知識の不足からくる習得レベルの低下がいわれており、産業界からは、卒業生の能力と資質が産業界の求める人材とマッチしていないといわれていることである。

経団連資料「大学における人材育成の重要性」から、産業界が求める人材と大学の輩出する人材との間にミスマッチがあるとされ、問題点が指摘されている。

○産業界は、大学を最も不満のある教育段階であり、新卒の技術系人材に対しては、「基礎学力の不足」、「問題解決能力の不足」、「目的意識の欠如」「狭い専門領域」等の問題点があると指摘しており産業界の求める人材と大学が輩出する人材の質的ミスマッチが存在。

○他方で、産業界は、求める人材像について具体的な提案をしてこなかった経緯がある。

今後、産業界の求める人材と大学教育のミスマッチを克服するためには、まず産業界が自らが求める人材に必要な知識・能力を抽出し大学側に提示することが不可欠。

ミスマッチの原因としては、現在の教育の中で必ずしも、産業界に必要な技術者教育が十分に行なわれていないことがあげられる。大学等では研究が重点となり、工学部においてかならずしも十分に engineering education が行なわれてこなかった。講義などの編成に技術の視点が不足しているとともに、技術と技能の概念が学生にも教員にも混在している。それにより、明確な技術教育が検討されず、実際に使える技術は職業訓練としての技能教育との誤解が生じている。Profession としての教育が十分ではなく、技術者のモデルを示すことが出来ない。モデルはないわけではないが、成功者からの直接講義をうけるなど、技術者は人であることが示されていない。

大学・大学院においては工学教育として体系化された教育があり、基礎知識の重視と専門性を重視した教育がなされている。評価すべき点である一方で、大学と産業界との連携した技術者教育は十分なされていない現状がある。技術者教育とは技術の適用が社会や環境に及ぼす影響を深く考慮しながら、産業の発展とともに、人々の安全な生活や幸福のために、理学、工学、農学、情報などの科学技術の知識や方法を活用し、必要なものやシステムを構築するために学ぶものである。

(3) 従来の技術者教育の評価すべき点

大学・大学院においては科学技術としての工学教育の結果、知識の習得と研究を中心とした教育である。学問として体系化された中での教育があり、基礎知識の重視と専門性を重視した教育がなされている。卒業研究で研究への取り組み方などを学び、企業内の基礎研究を行う技術者・研究者を産業界に送り出してきた。特に、新製品の開発、新技術の開発などは地道な研究成果を、実際に利用できるものに作り上げるためには、幅広く且つ高度な技術者に負うところが大きい。この点においては、有能な人材として、このような企業研究者（高度技術者）を多く輩出している。その結果、世界をリードする技術が生まれている。

一方、工業高等専門学校では、理論を学ぶとともに、実験や実習にも重点を置き、地域や企業との連携を深めながら実務的能力の育成を行い、有能な卒業生を産業界に送り出している。

日本語で受けることができる高度な教育体系が確立されており、これにより、国民のすべてに誰もが高度な科学技術教育、工学教育を受ける機会を持ち、多くの自国の科学者、技術者が活躍している。しかしながら、国際的に活躍できる人材の育成、ならびにグローバル化という観点からは学部レベルの外国語（英語）での教育は十分ではないが、大学院においては英語による教育・研究の強化が図られている。

(4) 技術者を取り巻く状況及び将来の技術者像

技術者を取り巻く状況の変化は、求める技術者像として、平成 10 年 12 月の「技術者教育の認定制度及び技術者資格問題に関する日本学術会議議長談話」では、技術者は社

会の中で主体的な存在となり、技術の適用がもたらす社会的な影響を認識し、責任を自覚するべきであるとともに、グローバル化に伴い世界標準と整合する必要があるということが言われている。

これにより、発足した教育の認証機関として JABEE が設立された。その理念である優れた技術者像は、新たな、大学等理工系学部における技術者教育として展開されてきた。大学等理工系学部においては、技術者教育の質を高め、国際的に活躍できる技術者の育成が重要であるという認識が高まり、このような方針に沿った技術者教育に取り組んできている。適切な技術者教育を促進し、その教育目標の実行を確認するための第三者機関による評価（技術者教育認定）も実施され、技術者教育の目標には、技術者としての専門分野毎の基礎教育とともに、技術者の社会的責任、コミュニケーション、マネジメントなど技術者として業務を遂行するのに必要な要素も含まれている。このような技術者教育の品質向上が図られる状況が考慮されている。

科学技術の高度化、総合化、複合化等の急速な進展や人材流動化等の社会環境が大きく変化する状況において、優れた技術者には、高い職業倫理を備えるとともに、経済社会のニーズに対応する資質を有することが必要である。

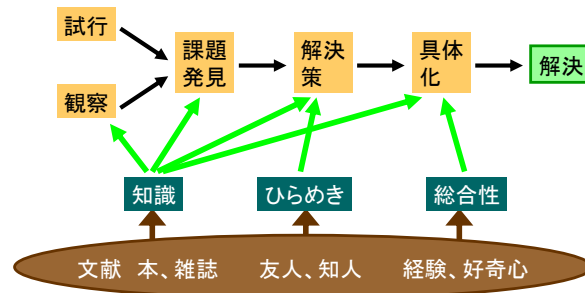
設定された目標と実際のカリキュラムは、大学等工学教育の質の保証が行なわれ、第一期卒業から7年が経過しているが、必ずしも、卒業後の職業と結びついた教育内容となっておらず、どちらかといえば、従来の講義内容を再分類して定義付けたものも多いとの指摘もある。「社会から求められる技術者像」がより具体的な形で明確にされてこなかったことにも要因がある。「社会から求められる技術者像」は、時代背景や社会の要請により柔軟なものであり、固定されたものではない。

専門技術の基礎知識の習得はもちろんであるが、技術者として自律して意欲を持って取り組むことが出来る、技術の社会的な影響をについて考えることが出来る、経済的な視点を持つことができる、説明する責任を自覚し自ら説明することが出来るなど知識とは異なる能力の要件も必要である。

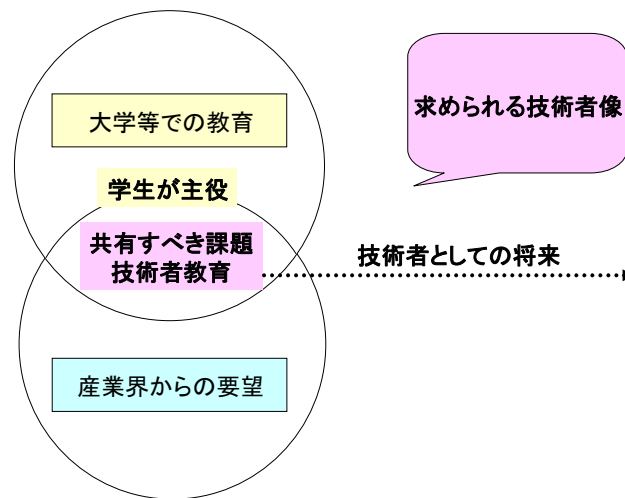
さらに、少子高齢化の加速が進み、2050年には人口の半分が非生産人口となることから、科学技術による社会の発展のためには、さらに高度な技術革新によって社会を支えていかなければならない。そのような技術革新をもたらす創造的資質をもった技術者の育成も急がれるものである。

産業界の大学卒業生へ求める能力の要求は企業の要望としては理解できるものであるが、これは必ずしも学生が大学教育に望むこととは一致していない。就職は職であり、社ではなく、特に、技術者をめざす理工系の学生には、この違いを教え、大学は送り出す学生と企業のインターフェース的役割を果たす必要もある。

大学等の高等教育機関で獲得した基礎知識、専門知識は長い年月にかけて様々な場面で活用され、広がりを見せるものであり、基礎学力、知識の獲得のための教育は高等教育機関の使命でもある。



一部には、基礎学力の不足とは無縁という大学もあると言われるが、理工系の学部全体の底上げ、技術者が主流となる社会の到来という点では、産業界のニーズと専門分野の基礎知識の習得という高等教育機関としての使命との歩み寄りが必要であり、両者は歩み寄った共有部分を持ち、「社会から求められる技術者像」を明確にしながら、主役を学生に置いて、産官学で連携し、学生の将来のためになる教育との観点から取り組むことが望まれ、社会の大多数を構成する中堅技術系人材が「社会から求められる技術者像」に近づく教育のシステム構築が重要である。



高い専門知識、専門周辺領域の知識に加え、社会人基礎力をもった技術者が求められているが、社会人基礎力という言葉は定義が曖昧であるので、エントリーレベルでの求められる一般的な技術者像として置き換えた場合、表に示すような例が挙げられる。

エントリーレベルで社会から求められる技術者像(例)

【専門的知識と能力】

- * 専門分野における一定程度の工学的な基礎知識を身に付け、不十分なところについては、つねに教科書などをみる環境を自ら作ることができる
- * 自分の専門とする分野における知識を身に付けて使うことができ、さらに、専門分野の専門書、文献などを読み、理解することができる
- * 関連した周辺の専門領域にも目を配らせ、文献や書籍、他者との関連の中で知識を習得でき、活用する行動ができる
- * 理論や知識だけでなく、具体的に物ができるなどの最適な技能的手段を検討することができ、実際に使うことができる

【業務遂行能力】

- * チームの一員として目標を達成するために自らの役割を認識し力を発揮することができる
- * チームの中で小グループや、プロジェクトのリーダーとしてチーム全体の力の発揮へ貢献することができる
- * 与えられた職務において問題を発見することができ、さらに、発見した問題にたいする解決方法を考えることができ、それを実行することができる
- * 知的好奇心と追求の姿勢を持ち、創造的に物事を考え、議論をすることができる
- * 他者の多様性を認め、相手の話を傾聴することができ、さらに、自身の意見や考えを正確に伝え、意見交換することができる
- * 困難な状況に直面したとき、他者への助力依頼など、冷静な行動をすることができる
- * 最後までやり遂げることができ、完成した喜びを他者と共有することができる
- * 外国語にたいして前向きに学習することができる
- * 情報技術に関して一般的製品知識と技術をもち、高度な活用を学習することができる

【技術者の社会的責任】

- * これから行なう、もしくは行なおうとする技術的活動が周囲に及ぼす影響を想像することができる
- * 未知の事項について文献などをしらべ、新しい知識として身に付けることができる
- * 技術者になることの意味を理解し、社会で活躍する技術者として誇りをもつことができる
- * 社会におきている事象や物事に興味を持ち、広い視野をもつことができる

(以上岩熊委員)

2. 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 (担当：有信委員・岡崎委員)

(1) 技術者になるために学士課程において共通的に身につけるべき基本的な知識及び資質・能力

- ・基礎力の定義づけが必要である。（本会議意見）
- ・大学で知識が横につながった形の総合力を今後考えていくべき。（本会議意見）
- ・どの分野でも最終的には「もの」にする必要があるが、現状はその分野のことしか知らないのもものを作れない。ものを作るために製図や材料力学など各分野の基礎をしっかりと身につける必要があると思う。そういったものづくりにシフトした教育体系ができるとうい。例えば、C D I Oを取り入れることも必要であろう。（本会議意見及び石川本会議委員）
- ・プロジェクトを動かしていくなどの業務遂行能力（第1回WG意見）
- ・それぞれの分野における基礎的な知識（産学人材育成PS）
- ・グローバルな感覚（産学人材育成PS）
- ・マネジメント力（産学人材育成PS）
- ・課題発見・解決力（産学人材育成PS）
- ・コミュニケーション能力（産学人材育成PS）
- ・employabilityの育成の観点から、高校、高専、短大、大学を通して身につけるべき知識、技能の見える化を行うことが必要ではないか。
- ・学士レベルの技術者教育プログラムの適格性を認定審査するシステムの実質的同等性を相互承認するワシントン協定に加盟している米国の認定機関A B E Tは、『エンジニアリングプログラムの認定基準』の中で、エンジニアリングプログラムが学生が獲得していることを示さなければならない学習成果として11挙げている。
「数学、科学及びエンジニアリングの知識を応用する能力」「実験をデザインし実践し、分析及びデータを解釈する能力」「複数の学問分野チームを機能させる能力」「エンジニアリング問題を同定し、明確に表現し、解決する能力」「職業的、倫理的責任の理解」「効果的にコミュニケーションする能力」「グローバルな、経済的な、環境的な、また社会的な文脈における技術的解決の影響を理解するのに必要な広範な教育」「生涯にわたる継続学習の能力やその必要性の理解」「現代的課題の知識」「エンジニアリングの実践に必要な技術、スキル及び現代的エンジニアリングの道具を用いる能力」および「経済的、環境的、社会的、政治的、倫理的、健康・安全、製造可能性及び持続可能性といった現実的な条件の範囲内で、要求されるニーズに合ったシステム、要素又はプロセスをデザインする能力」である。
- ・また、A B E Tは、カリキュラムの専門要素には「学生の研究分野にふさわしいエンジニアリングサイエンス及びエンジニアリングデザインからなる1年及び1年半のエンジニアリングトピックス」を含まねばならず、「学生は、早期のコースワークで身につけた知識とスキルに基づき専攻科目のデザイン経験で結果を出し、適当なエンジニアリング標準と複数の現実の制約を組み入れるカリキュラムを通じてエンジニアリングを実践する訓練をしなければならない」としている。
- ・なお、「エンジニアリングサイエンスは、数学及び基礎科学に根を置き創造的な応用のために知識を運用するものであり、数学及び基礎科学とエンジニアリングの実行との間に橋を架けるものである」「エンジニアリングデザインは、要求されるニーズに合ったシステム、要素又はプロセスを工夫するプロセスであり、その言及されたニーズに合うよう資源を最適転換するために基礎科学、数学及びエンジニアリングサイエンスを応用する意思決定のプロセス（しばしば反復の）である」としている。

- ・ 欧州では、欧州高等教育分野におけるエンジニアリング学位プログラムの認定枠組み開発のためのEUR-ACEプロジェクトが、『エンジニアリングプログラム認定のための枠組基準』を策定している。同基準は、認定のためのプログラム学習成果として、「知識・理解」「エンジニアリング分析」「エンジニアリングデザイン」「調査」「エンジニアリング実行」「移転可能なスキル」の6つを挙げている。
- ・ EUR-ACEは、「エンジニアリングデザイン」について、「修了生は、エンジニア及び非エンジニアと協力しながら、エンジニアデザインが彼らの知識・理解のレベルと矛盾しないことを理解できる」「デザインは、装置、プロセス、方法又は人工物に関するものでもよく、その仕様は技術より広範で社会的、健康・安全、環境的配慮及び商業的考慮を含むかもしれない」とし、特にファーストサイクル（180 ECTS（1 ECTSの学修量は25－30時間相当）以上）修了生は、「自らの知識・理解を応用して、定義され特定された要求に合うようデザインを開発し理解できる能力」「デザイン手法の理解及びそれらを用いる能力」を有することを求め、セカンドサイクル（240 ECTS以上）修了生は、「自らの知識・理解を応用して、おそらく他の学問分野を含むであろう未知の問題に対して解決策をデザインする能力」「創造性を発揮して新しいオリジナルの考えや方法を開発する能力」「エンジニアリングジャッジメントを用いて複雑で技術的に未知で不完全な情報を処理する能力」を有することを求めている。
- ・ 2009年6月に開催されたInternational Engineering Alliance 京都会議では、ワシントン協定修了生は「適切な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のもと、複合的なエンジニアリング問題の解決や特定のニーズに合ったシステム、構成要素又はプロセスをデザインする」とし、シドニー協定修了生は「適切な公衆の健康及び安全への考慮や分化的、社会的及び環境的な考慮のもと、広く定義されたエンジニアリング技術問題の解決や特定のニーズに合ったシステム、構成要素又はプロセスをデザインする」とし、ダブリン協定修了生は「適切な公衆の健康及び安全への考慮や分化的、社会的及び環境的な考慮のもと、よく定義された技術問題の解決をデザインし、システム、構成要素又はプロセスのデザインを補助する」としている。（岡崎委員分）

(2) 研究開発能力を持った高度な技術者となるために修士課程において共通的に身につ

けるべき基本的な資質・能力（岡崎委員）

- ・ 米国ABETは、『エンジニアリングプログラム認定基準』の中で「修士レベルプログラムの基準は、学士号一般基準の達成、修士レベル専門領域にふさわしいプログラム基準の達成、及び学士号を超えて研究を一学年していることであり」「そのプログラムは、院生がプログラム領域に関係するエンジニアリングの専門領域における修士レベルの知識を応用する能力を有することを示すものでなければならない」としている。（岡崎委員分）

(3) 各技術分野において必要な基本的知識及び技能（社会ニーズの把握・反映のあり方・質保証・社会倫理等）（赤字は岡崎委員追記）

- ・日本のエンジニアの素質は優秀だが、大学卒のエンジニアは企業においてすぐには使えない。多くの企業で基礎的な部分の企業内教育を行い、各専門部署でその素質を開花させているのが現状。（本会議意見）
- ・社会人基礎力という言葉は曖昧なので、産業界と連携しながら分野ごとあるいは分野共通の社会人基礎力を構築していく必要がある。（本会議意見）

- (4) グローバル化の時代に、イノベーション創出と産業競争力に貢献できる技術者となるために身につけるべき素養（岡崎委員）
- (5) 修了時に学生が身につけるべきワンセットの能力の目標（達成目標）を定める。このためには、JABEEの学習・教育目標、ABETのcriteria、あるいはそれに各大学の特徴的な目標を含めた、自校のビジョンを実現するために必要な達成目標（これらは比較的抽象的な言葉で記述されている）について、レベルも含め、ブレークダウンした具体的な形で達成すべき目標を設定する必要がある。これらは、「〇〇することができる」といった、各学生のアウトカムズを評価可能な行動特性（コンピテンシー）の形式で目標が記述されている必要がある。これらの良い事例の収集と例示が必要である。（工藤委員）

3. 技術者教育の充実のための教育内容・方法や教育体制・評価のあり方について （主担当：大場委員、副担当：工藤委員・篠田委員）

(1) 基本的な知識及び資質・能力を身につける際に効果的な教育方法（カリキュラム編成や授業形態等）

- ・知識及び資質・能力について：工学教育の最終目標は「もの」をつくるもととなる知識及び資質・能力を付与することがどの分野にも共通している。
- ・ものづくり能力を保証する体系化したカリキュラムの構築が望まれる（工学リベラル教育＋工学コアカリキュラム＋大学毎特色教育）
- ・日本の工学教育で求められていることは、工学リベラルアーツ教育から、共通工学基礎科目、工学専門科目までを、付与すべき資質を基に体系化したプログラムを構築し、これを実行することである。
- ・授業形態としては従来の授業形態を改善しつつ、工学という学問分野の特色をふまえ、現場力・コミュニケーション力・デザイン能力（創造性能力）を強化する授業の積極的導入を提言する。具体策としては、インターンシップなど産学連携体制構築による体験型の講義授業、およびPBLなどの能動的授業を強化すべきである。
- ・学習・教育目標を達成するために必要なカリキュラムに関し、学習・教育目標とカリキュラムをセットにした国内外のベストプラクティス事例の収集と例示（工藤委員）
- ・ものづくりには知識が必要だが、知識だけではできない。その教育が欠けてきているのではないだろうか。そこで、知識から知恵（応用力）に転換するためにC D I O等のエンジニアリング デザイン教育を更に推進すべきである。（石川本会議委員）

(2) 基礎的教育と先端的教育の融合をはかるための教育方法

タイトルの変更の意見あり：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工学教育)

- ・工学教育の国際性を付与するために、コアカリキュラムに関して国際基準の学力確認システムに耐える基礎学力の保証システムの確立がなされるべきである。
- ・先端教育は、学生の学習モチベーションの高揚や先端学問を習熟した技術者の企業への導入の側面から教育の必要な要素であると考えられる。先端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、先端教育に偏った教育は基礎力不足の原因の一つと考えられているので、コアカリキュラムの中に最先端研究の要素を融合させることや、コアカリキュラムと先端教育のバランスを考慮するなどの工夫が必要である。
- ・社会からの要請を真摯に受けとめ調和のとれたしっかりした基礎力の付与に重点を置き、先端教育は基礎と融合した発展的に支える教育と位置づけ、全体を俯瞰した工学教育体系を構築することを提言する。
- ・国内外のベストプラクティス事例の収集と例示（工藤委員）

(3) グローバル化に対応できる人材育成を図るための教育内容・方法

- ・グローバル化した工学教育を実践するためになすべきこと
 - ①世界基準（ABET等）の工学基礎学力の保証
 - ・数学、物理学および分野毎の専門基礎力の定義とそれに対する学力保証を行うために保証される基礎学力内容の定義は分野毎の専門家会議が海外の基準等（FEなど）を十分に検討し、できるだけ早期に日本としての基準あるいはモデル（教育内容ガイドライン）の提示を行うべきである。
 - ・コアカリキュラムに関し提示したガイドラインにリンクした共通テストシステムなどの試行（自由参加）も行うべきである。
 - ・試行結果を踏まえて、教育内容の見直しと共通テスト内容の改善を行い、共通テストの普及を図る。
 - ②エンジニアデザイン能力教育の改善
 - ・エンジニアデザイン能力：単なる設計図面作成能力ではなく、創造力や種々の科学技術を統合して正解のない課題に取り組み、実現可能な答えを出す能力
 - ・社会のニーズ等を調査する力、試作品等を作り評価する能力、品質管理、創造性、問題設定能力なども加味した方が良い。
 - ・以上の能力を付与するための授業、演習、実験などを3年次までにカリキュラムに有機的に組み込むべきである。
 - ・これらに加えて、4年次の卒業研究に取り組むことによりさまざまなエンジニアデザイン能力の更なる向上を図るべきである。
- （卒業研究とは別に、米国でいうキャップストーンプロジェクトのようなプロジェクトでエンジニアデザイン能力の向上を図ることもできる。）（工藤委員）

③他先進国と比較して立ち遅れていると指摘されている英語コミュニケーション力の改善と保証

・技術者として、現場で外国の技術者との共同作業、情報交換、討論、指示など現場で必要とされる国際言語としての英語によるコミュニケーション能力を保証する。

・既存の英語能力評価制度を利用して技術者としての能力保証を大学毎に設定して保証することを検討すべきである。

④JABEE などと連携した日本全体が参加できる工学教育制度の確立と実践による国際性の担保

・国内外のベストプラクティス事例の収集と例示（工藤委員）

（４）幅広い視野と柔軟な思考力を養うための教育体制（カリキュラム編成や学部・学科間等での教育連携体制等）

・幅広い視野と柔軟な思考力を養うには、工学リベラルアーツ教育が最も大切である。
・しかしながら、従来のリベラルアーツはともすれば講義中心であり座学的な教育が主流であった。工学分野で必要な能力は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」などである。これらの能力を付与するためには、実際の現場での体験型授業、グループ作業などの講義・演習、発表やディベート、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。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。

【学部—学科連携体制】

・十分な議論の上で練られたリベラル教育を実行するには学部間協力が不可欠であり、継続的な改善作業が必要である。また、大学毎の特色ある教育を実践するためにも、学部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、工学の知識や技術の量は膨大となり、大学での工学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工学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、質の保証と同時に教育内容の多様化にも答える必要がある。

・国内外のベストプラクティス事例の収集と例示（工藤委員）

（５）基本的な知識及び資質・能力が身についたかどうかの適切な評価基準・方法

・社会のニーズとして工学系学生が履修すべき必要不可欠な教育内容を提示することが求められている。これをコアカリキュラムとし、工学系大学において、各カリキュラムに盛り込まれていることが望ましい。しかし、大学毎に目指すべき機能や特

色などが異なっていることを考慮すれば、最先端研究を融合した形のコアカリキュラムの実践とコアカリキュラムと先端教育のバランスのとれた工学教育をすることが望まれる。

- ・日本における工学系教育では、卒業研究が教育成果の実践において大きな役割を果たしてきた事実がある。卒業研究は基礎学力を習得したことを前提にし、主に4年次にて実践され、過去の研究調査、課題や仮説設定、研究の実行、成果の分析、考察、発表、論文仕上げなど多くの実践的行為を含んでおり、社会人基礎力から専門知識を応用する力、コミュニケーション力など多様な能力の付与に役立ってきた。しかし、社会が求めるしっかりとした基礎学力の確認システムを設置してこなかった。また、社会人基礎力と呼ばれる企業で必要な能力の付与に関しては、主に卒業研究において涵養されるとみなされており、入学時から卒業までのカリキュラムを組織的に体系的に構築し、実践してきたとは言えない。
- ・そこで、一般的に卒業研究を課している日本の工学教育の現状を考えると、卒業研究に取りかかる前の時期にコアカリキュラムに準拠した共通の達成度確認試験を実行することが望ましいと考える。（慎重な検討を望む意見あり）（平成19年9月に公表された「学士課程教育の再構築に向けて」においても、大学教育の各分野に関して、教育の質を維持・向上させる仕組み（コアカリキュラムの到達目標の設定）が必要とされた。）
- ・国際的に通用する工学教育を保証し、さらに世界の工学教育を牽引するためにも、日本において早急にコアカリキュラムの策定とそれに準拠した共通確認テストの導入が望ましい。コアカリキュラムの策定は一時的なものではなく、カリキュラム改訂に関する恒常的な組織を設置し、専門的な調査研究等を行いコアカリキュラムの改訂原案を策定する専門研究委員会の設置を提言する。
- ・手本となるべきはA B E T「Assessment Planning セミナー」。それと同じ思想の評価方法が、
「Rubrics を活用したコンピテンシー育成教育」（中央大学理工学部情報工学科）
「HiPROSPECTS」（広島大学の到達目標型教育プログラム）
「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）
などがあるが、一般に広く普及させるためには若干レベルを落とした運用が必要。人間力を育成するという教育目標の達成のために、どのくらいの精度でなにを評価すればいいのかという問題は、今後詰めていく必要がある。（工藤委員）

（黒字：大場委員、赤字：工藤委員、青字：その他）

4. 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（担当：野口主査）

（1）大学教員に求められる教育能力

（2）教育能力の適切な評価基準・方法

- ・学校教育法の一部改正に伴い、大学教員は教育上、研究上又は実務上の能力を有することが明示された。実務上の能力は、技術士や建築士といった資格で、研究上は論文の内容や数などで評価することができるが、教育上はその客観的な評価方法がまっ

たくない。

例えば、各大学の在学生の保護者から教員の教育力の証明を求められた場合に、(社)日本工学教育協会では、教育士(工学・技術)に関するルールを策定し、2005年度以来、現在までにデファクトスタンダードではあるが、600名を超える大学教員や技術者が取得している。(石川本会議委員)

5. 国際性を踏まえた技術者教育の質の確保方策について (担当：篠田委員)

・ J A B E E のシステムで、素晴らしい学生が育つかどうか質の保証ができなければいけない。

大学設置規準には、

「1単位」を修得するためには、

- ・ 15時間の正課学習
- ・ 30時間の課外学習
- ・ 各大学の実施する試験等に合格することが、明記されている。

従って、学士課程を修了するためには124単位以上を修得しなければならないことから、大略、

- ・ 1,860時間 + 3,720時間 = 5,580時間

の勉学・研鑽が必要である。

取り分け、国際的通用性の面からは、課外学習(3,200時間)の担保(例えば、ポートフォリオを活用)が重要であり、これらを基盤に学士課程の質保証を論ずる必要がある。(石川本会議委員)

6. 技術者教育の充実に向けた支援方策について (担当者無し。各委員及び事務局で随時追記)

教育系人材育成とそのサポート体制構築の必要性

工学教育の改革・実質化を進めてゆくには、その方法論のほかに、その実施を担う人材育成と体制構築のため、下記の3項目の施策が必要である。

1. 教育系人材育成：工学教育改革を支える、工学教育のあるべき姿に精通した教育系人材の育成と、その処遇も含めた教育系人材のキャリアパスの確立。
2. 教育改革組織構築：これらの教育系人材を活用した、全学部的に工学教育の実質化を進めるための組織の構築と、大学幹部の、工学教育実質化のあるべき姿と必要性への理解。
3. 全教職員の教育：全教職員に対する、あるべき工学教育の姿への理解と、その適切な運用方法、教員の教育力向上を含むに関するFD・SD活動。

工学教育実質化のような組織的・システムの取り組みに関しては、その思想・あるべき姿への深い理解と実施上の広範なノウハウ、および絶えざる調査・研究が必要で、講義と研究に忙しい一般教員、あるいはこのような教員で構成される教務委員会などが兼務でこれを

行うことは困難である。米国でも、教育に力を入れている大学では、専任の教育系人材および改革のための組織が常備されている（Stevens' Center for Innovation in Engineering & Science Education (CIESE), <http://www.k12science.org/>）。また、このような教育系人材の育成・活用のためには、教育改革の仕事で一生のキャリアを形成できる必要があるが、現状では、教員業績評価における教育活動評価の未整備、教育系人材としての経験・実績を教員のキャリアパス中で生かせる人事処遇制度の未整備、教育系研究・事業に対する経常的予算措置の不足、などの状態が重なって、ひとつのキャリアパスとしてまだ確立されておらず、今後早急に教育系人材の育成・活用体制を整備する必要がある。（工藤委員）