

大学における工学系教育の在り方について (中間まとめ)

平成 29 年 (2017 年) 6 月

大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会

目 次

1. はじめに	1
2. 工学教育の歴史	2
3. 検討の視点	3
4. 輩出すべき人物像	3
5. 人材育成を担うべき人物像	4
6. 学部・大学院の教育体制の改革	
(1) 教育体制の改革	
1) 学科・専攻定員制度の見直し	4
2) 学部・大学院における学位プログラム制の積極的導入	5
(2) 学部段階における基礎教育の強化	
1) 工学基礎教育の必修講義内容・分野の設定	5
2) 卒業論文の在り方の見直し（社会とのつながりの理解）	7
(3) 学士・修士課程段階における他分野理解の推進	
1) 学士・修士の6年一貫制教育のための大学院の創設	8
2) 主専攻・副専攻（メジャー・マイナー制）の導入	9
(4) 学士・博士課程教育によるリーダーの育成の充実	
1) 9年一貫教育による工学・情報系博士人材の量的拡大・質的充実	9
2) 博士課程におけるダブル・メジャー・システムの推進	9
(5) 教員組織、教育手法の多様化	
1) 教員組織構成・雇用形態の多様化・柔軟化	10
2) 教員の意識改革・能力開発	11
3) カリキュラムの体系化と学生ごとのカスタム化	11
4) 産業を支える基盤となる工学教育の充実	12
7. 情報科学技術の基礎教育の強化と先端人材教育の強化	
1) 基礎教育としての情報科学技術教育の強化による 工学諸分野との融合技術の創出	12

8. 産学共同教育体制の構築	
1) 企業からの教員や支援人材の積極派遣、 学外クロス・アポイントメントの推進	12
2) 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	13
3) 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	13
4) 産学連携による協働プログラムの開発・提供	14
5) 工学教育改革を行う大学の学生の積極的採用	15
9. 国際化の推進	15
10. 工学系教育改革の考え方の共有	15
11. 工学系人材の量的拡大方策	15
12. 国や産業界による工学系教育改革への先行投資	16
13. 終わりに	16

<参考資料>

1. 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ついて	17
2. 大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会審議経過	19
3. 工学系教育の在り方に関する調査研究 WG の設置について	20
4. 工学系教育の在り方に関する調査研究 WG 審議経過	22
5. 大学における工学系教育改革（中間まとめ）概要	23
6. 工学系教育システムの改革（案）	27
7. 産業界中堅研究者・技術者に対するヒアリングの実施概要	28
8. 平成 28 年度文部科学省 「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」「工学分野における 理工系人材育成の在り方に関する調査研究」調査結果	30
9. 工学関連基礎資料	83

1. はじめに

近年の情報通信技術関連の急速な進展が産業や社会の急速な構造変革をもたらし、第4次産業革命¹や超スマート社会（Society5.0）²がうたわれる中で、戦略的に強化すべき基盤技術として、AI（人工知能）、IoT（Internet of Things）、ビッグデータ解析技術、システム構築技術、サイバーセキュリティ技術などが挙げられる。

このように社会・産業を取り巻く環境が激変する中で、日本の基盤技術を俯瞰すると、個々の要素では技術世界トップレベルの分野がある一方で、システム化や統合化の点では国際的な立ち後れが指摘され、早急な対策の立案・実施が要請されている。システム化や統合化での立ち後れの原因として、我が国の科学技術・知的生産の基本的な構造が、現場的な実学を重視した工学から発祥し、帰納的プロセスに基づく真理の探究に重点が置かれたことが挙げられる。今後は、構成的仮説演繹プロセスに基づく価値の創造に対する研究・開発の推進が求められることになる。

これらの社会科学・自然科学・技術の世界的なパラダイムシフトを、我が国が早急かつ円滑に達成するための重要な鍵の一つは、優れた工学系人材の育成であり、高等教育への期待や要請が高まっている。我が国の工学教育は、明治初頭より“1つの分野を深く学ぶモデル”として、我が国の近代化に世界が目を見張る速度で遂げた実績がある。しかし、その成功体験の反動として、現在でも明治以来の学科・専攻の編成が維持され、「System of Systems」と呼ばれる多数の構成要素システムの包括的かつ学際的な教育体制の整備が遅れており、現在の社会的要請に十分に答えられていない。そのため、第4次産業革命や超スマート社会（Society 5.0）、あるいはその先の時代において要請される人材育成のための工学系教育の革新を行い、新たな産業を支える基盤技術の創出を行うことができる人材を育成することが、喫緊の課題といえる。

我が国の産業の発展に甚大な影響を及ぼす工学系教育の革新に対する検討を、早急に執り行うため、2017（平成29）年1月に、大学・産業界の有識者で構成される「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会（座長：小野寺正 KDDI 株式会社取締役会長）」（以下「本委員会」という。）を設置した。本委員会では、「短期・中期・長期にわたる社会及び産業界の変革への対応」や、各大学が個々の特性を活かした「多様性」の創出が可能となる、工学系学部・大学院の教育体制・教育課程の在り方、工学と社会の繋がりや、統合的な工学を学ぶための産学連携教育の在り方等について重点的に検討した。本報告は、これらの議論の中で、緊急的に取り組むべき事項を「中間まとめ」として取りまとめたものである。

今後は、更に個別具体的な検討を進め、2017（平成29）年度末までに一定の方向性を取りまとめるものとする。

¹ ①紡績機・蒸気機関車の発明、②石油・電気による大量生産の開始、③IT・コンピューター・産業用ロボットによる生産の自動化・効率化に続いて、④あらゆるモノがインターネットにつなげ、そこで蓄積される様々なデータを、人工知能などを使って解析し、新たな製品・サービスの開発につなげる。

² ①狩猟社会、②農耕社会、③工業社会、④情報社会に続く、人類史上5番目の新しい社会。

2. 工学教育の歴史

【明治期から昭和前期】

明治時代、我が国は、富国強兵を目指し、欧米並みの工業力を有する国へ成長するため、1871年（明治4年）に工部省は工学寮を設置、予備、専門、実地各2年の計6年の工学教育を開始し、1877年（明治10年）には工部大学校に発展する。1886年（明治19年）、工部大学校は帝国大学の工芸学部と合併され、帝国大学工科大学に発展、1919年（大正8年）の帝国大学令の改正以降、帝国大学工学部が順次設置される。

一方、実践的な技術者育成として、1903年（明治36年）、専門学校令の公布により、順次高等工業学校が全国に設置され、我が国の工業化を急速に進めた。

これらの組織体制について、1885年（明治18年）の工部大学校には、教頭である英国人ダイアー氏が、チューリッヒ工科大学等の欧州の工学教育体制を踏まえて、①土木、②機械、③電信、④造家（現在の建築）、⑤化学、⑥鉱山、⑦冶金、⑧造船の専門学科を配置し、その後の帝国大学工学部や高等工業学校も、それらの編制を継承した。

このように、戦前は、工学教育が、我が国の産業の発展をリードしていく形となった。

【戦後】

戦後、米国の対日工業教育顧問団報告書は、「工学教育は一つの広い一般的産業の内の狭い分野における専門化を避けるべき、学者との違いに言及し、工学は生産過程や機械について、工業的問題の解決と同時に経済的な解決が必要」と指摘していた。

高等工業学校は、新制大学に移管され、1960年代には、工学部の新設が相次ぎ、我が国の工学部は、明治以来の学科・専攻の編制を堅持しながら、その規模を拡大していく。

その一方で、高等工業学校の担っていた中堅技術者養成システムの再構築が経済界から強く要請され、1962年（昭和37年）、高等専門学校制度が創設される。

1991年（平成3年）5月の大学審議会答申（「大学院の整備充実について」）において、欧米諸国に比し、質的にも量的にも不十分な我が国の大学院の飛躍的な充実を図るため、その方策の基本的な在り方が示され、現在では、多くの国立大学工学部の大学院（修士課程）進学率は、5割を超え、旧帝国大学及び東京工業大学の8大学では8割を超える状況となっている。一方で、修士課程から博士課程に進学する者は1割程度にとどまっている。

1970年（昭和45年）に初めて、工学部の中に情報工学科が京都大学や大阪大学に設置された。しかしながら、産業構造が変化していく中で、就職先の産業分野は、従来の製造業から運輸・通信業やサービス業など多様化していくが、工学系教育の体制は、学生定員や教員定員の規模も含め大きく変化していない。また、工学系教育研究の内容は、幅広に構造変化に対応するというよりもむしろ専門分野の分化と教育研究を深化させる方向に傾倒していった面もあった。

3. 検討の視点

産業構造の急速な変化や人口減少・少子高齢化といった社会的課題に対応した教育課程・教育体制を構築していくためには、短期、中期、長期といった時間軸に沿った検討も重要である。

短期的人材養成については、「今の技術を先導する力」の育成として、2、3年から5年程度で、現在の技術分野を牽引するような人材、あるいは短期的な社会の要請に的確に応えられる人材やトップ人材と中間層の育成を視野に入れている。そのためには、社会人の学び直しなどの方策も考えられる。今、大きな流れがあるAI、IoT、データサイエンスに対する教育を短期的にどのように進めるのかも含め、工学の諸分野にこれらの情報をどう取り入れるかについての検討が必要となる。また、問題を解く能力、先端技術を取り込む能力を短期的にどう教育に取り入れていくかについても焦点をあてる。

中期的人材養成については、「次の技術を生み出す力」の育成として、5年から10年の期間を想定しており、今、大きな流れがある分野ではなく、その次の主流となるものを導き出す人材、次の技術を創造し牽引する人材、新しい技術や新しい分野を創造する力を持った人材の養成を目指す。そのためには、文理融合を含む学際領域の視点を含め、6年制や9年一貫教育による学生の育成や、デザインシンキング、アクティブラーニング、PBL (Project Based Learning : 課題解決型学習)、インターンシップ、卒業論文、修士論文等におけるプロジェクトへの参加等の手法を取り入れ、課題を自ら設定する能力や問題を発見し解決する能力の育成、博士人材の専門の深い知識と同時に幅広い知識を持つ人材の育成などが検討課題になる。

長期的人材養成については、「技術革新に適応する力」の育成として、10年、20年の期間を想定しており、共通基盤技術・要素技術を深く理解するとともに、技術の変化に対しても基盤技術に基づき、分野内、分野間で新たな展開ができる人材の養成を目指す。そのためには、将来の社会の姿をデザインした上で、それに対して長期的な対応を検討することが必要となる。また、数学・物理などの専門基礎知識修得などによる、原理・原則を理解する力、長期的な基盤技術を理解する力などの育成について検討を行う必要がある。さらに、将来の産業構造の変化に対応できる人材育成が重要といえる。

なお、今回の検討の前提として、各大学の工学系学部・大学院による輩出すべき人物像を踏まえて、教育システムの画一化を忌避し、複線化を提示する。

4. 輩出すべき人物像

まず、社会における工学の価値を理解し、自律的に学ぶ姿勢を具備するとともに、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・遂行能力を持つ人材育成が必要であることを前提とする。

その上で、前述のように、輩出すべき人物像についても、短期、中期、長期の戦略への対応を意識した人材育成に向けた教育が必要であり、一人の学生にすべてを教えるの

ではなく、人材のダイバーシティを確保することが必要である。

なお、スペシャリストとしての専門の深い知識と同時に、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を育成することも重要である。

さらには、これだけの情報通信技術の進展により、様々なサービスが提供される中、製造業と非製造業の橋渡しができる人材や、システム同士がデータによりリアルタイムに連携する仕組み（System of Systems）やサイバー空間上に精緻なモデルを組み上げ高精度な実証、予測、最適化を可能とするデジタルツイン機能を代表とする「バーチャル空間」と「リアル空間」の融合等を俯瞰的に把握できる人材を育成することが必要である。

5. 人材育成を担うべき人物像

工学系教育改革を進める上で重要なことの一つとして、大学教員の意識改革が挙げられる。産業界の中堅研究者・技術者へのヒアリングを行った際も、大学の講義や実験が社会とどのように繋がっているのかイメージが湧かず、就職してから大学で学んだことの重要性に気付いたという意見が多く聞かれるなど、教育方法については、これまでのような教員が教えたい教育中心ではなく、学生が主体的に学べる環境に対応した指導力を具備する必要がある。

また、大学と産業界のマネジメントを理解すること、他分野への関心と協調性を持つことや社会との好循環を生み出す発想力等も大学教員には重要であるため、それに適応する能力の明確化を図り、展開する必要がある。

6. 学部・大学院の教育体制の改革

改革・改善の目標を設定するとともに、その実現のための制度等の在り方を検討し、実現手段を広げることにより、各大学が多様性と独自の特色を活かしつつ、今後の取組を活性化し、我が国の工学系教育を総合的に改革・強化する。

（1）教育体制の改革 ※すべての工学系課程

1) 学科・専攻定員制度の見直し

前述したとおり、我が国の工学部は、明治以来の学科・専攻の編成を堅持したまま現在に至っているものも多くみられ、産業構造の変化を踏まえた柔軟な組織構造への転換が行われていない。

その要因の一つとして、大学設置基準・大学院設置基準において、学科・専攻単位で収容定員を定めることとされており、大学においては、定員を充足させることが重視されていることから、大学全体の教育の質低下を招いていることや、社会の変化に応じたフレキシブルな学科・専攻を構築するための支障となっているとの指摘もある。そのため、学科・専攻の定員制度の柔軟化を可能とする制度設計の在り方について検討が求め

られる。

学科・専攻の定員制度を柔軟化することにより、分野構成等の教育体制の柔軟な運用が可能となり、社会の要請・科学技術の構造の変化・産業分野の変化に迅速に対応することができる教育体制の構築を目指す。

2) 学部・大学院における学位プログラム制の積極的導入

前述のとおり、学科・専攻ごとに収容定員を定めることとされているとともに、必要専任教員数・研究指導教員数についても、大学設置基準・大学院設置基準等において学科・専攻ごとに定めることとされていることや、1991年（平成3年）7月の大学設置基準の大綱化により量的科目区分の規定は廃止され、その内容や構成等については、各大学の判断に委ねられることとなったことで、教養・共通教育を担う教員組織の解体につながり、初年次からの専門教育が実施されるなど、専門分野に特化した教育に傾倒していったとの指摘もされている。

このような現状においては、教員自身の研究と後継者の育成に注力することにより組織は硬直化し、社会や産業構造の変化に対応した教育体制の構築が困難となっている。そのため、教員が専門とする研究分野の内容を中心とした教育を重視するのではなく、学部・大学院における学位プログラム制の積極的導入により、学生が主体的に学べる環境を確立し、幅広い分野の知識と深い専門知識の修得が可能となる体制の構築が必要である。

このことを実現するための手段の一つとして、これまでの教育組織である学科への教員の配置から、教育組織と教員組織を分離し、柔軟な教育体制・教育課程を構築することも有効であると考えられる。その際には適切な教育組織と教員組織の在り方を検討することが必要であるとともに、大学設置認可等の審査方法・大学設置基準等の制度の在り方についても検討することが求められる。また、学位プログラム制の積極的導入に当たっては、学生の意識醸成のためにも大学卒業後の出口を見据えた、学生の効率的な履修を促すための支援ツールの開発も必要である。

(2) 学部段階における基礎教育の強化 ※すべての工学系課程

1) 専門基礎教育の必修講義内容・分野の設定

学生が学ぶべき教育を精選するとともに、技術革新に適応する力を有する人材を育成するためにはいつの時代も変わらない、横断的な融合教育の基盤となる専門基礎力の強化が必須である。専門基礎力を体系的に強化するためには、専門分野の特化に陥らないよう幅広い基本知識の獲得を視野に入れつつ、コア・カリキュラムを設計することが必要である。その際には、学生の問題発見し、解決する能力や課題設定する能力などの展

開力・適応力の醸成に必要な教育手法（例えば、インターンシップ³やPBLなど）を取り入れることが必要である。

なお、専門基礎教育については、企業と大学の双方がその重要性を認識しているものの、企業側では、特に学部新卒者に基礎的能力が身につけていないとの認識が多く指摘されており、採用後再教育を実施している例も本委員会の中で紹介された。また、必ずしも大学側が重視する基礎科目と企業側が重視する基礎科目が一致しないことから、改めて、工学系教育の中で必須とする科目について、以下、表のとおり整理した。

また、大学の工学系学部において、数理・データサイエンスに関する専門基礎科目の開講状況は、「統計学」、「確率論」を除き全体的に低いが、企業では、これらの実務での必要性を比較的高く考えている。こうしたことから、数理・データサイエンスを含む、数学・物理等の専門基礎科目を今後更に充実して教育する必要がある。

これらの基礎科目の充実を図るには、限られた教員のリソースを効率的に活用し、適切な授業内容を担保するとともに、質の高い専門基礎教育を行う必要がある。そのため、講義に相当する部分について、電子教材（e-learning）を活用することも有効である。

また、グローバル化が進展する中では、多文化を理解することが重要であり、そのためには多様な知識形成が必要となることから、工学系分野における一般教育としての人文社会科学分野の修得も必須である。

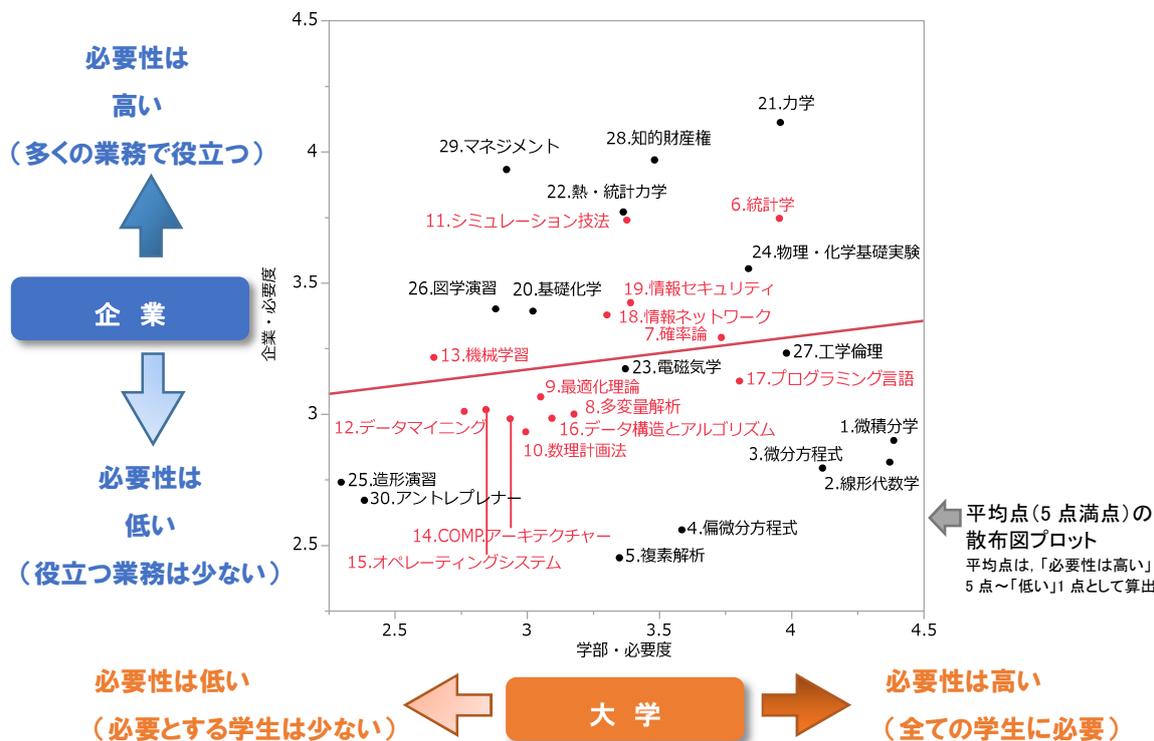
(表)

科目区分	科目例
専門基礎科目	数学，物理，化学，生物
スキル科目	情報（情報セキュリティを含む），数理・データサイエンス，工学英語
工学概論科目	倫理・安全（ELSI（エルシー） ⁴ ），マネジメント（知的財産を含む），アントレプレナーシップ，標準化

³ インターンシップの詳細については、p12「2)産学連携による(就職活動目的でない)教育効果の高いインターンシップの推進」参照。

⁴ Ethical, Legal and Social Implications

専門基礎科目の必要性(数理・データサイエンス・学部共通基礎)



(出典：平成 28 年度文部科学省「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」
「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」)

2) 卒業論文の在り方の見直し (社会とのつながりの理解)

卒業研究等は、研究室に所属して比較的クローズドな環境で行うため、専門分野に特化した教育になってしまうとの指摘がある。また、調査結果によれば研究テーマを決めるときに、「教員がテーマを学生に付与」が、卒業研究や修士研究で非常に高く、博士課程でも、「教員が設定したテーマの中から学生が選択し教員と相談」が最も高く、学生が研究に自主的、主体的に取り組む姿勢が希薄である。

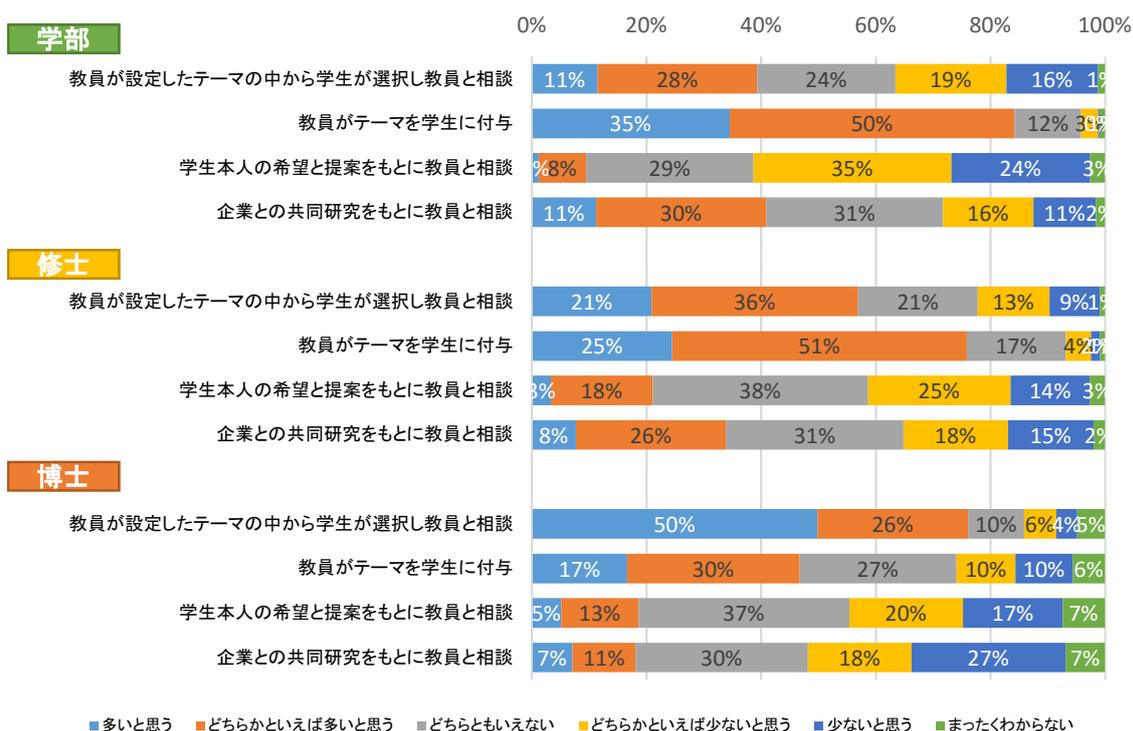
そのため、特に 6 年一貫制教育体制を導入する際は、様々な分野を巻き込んだ PBL の導入による問題を発見し、解決する能力や課題設定する能力などの展開力・適応力の醸成型に卒業研究の転換等を図ることも一案として挙げられる。その際には、低学年から PBL 教育を組み込むことやインターンシップの導入により、体系的にこれらの能力を身につけることを可能とする工夫も必要である。

一方で、大学では、卒業研究、修了研究を「自分の考えをまとめ、文章で表現できる能力の修得」、「考えを適切に伝えるためのプレゼンテーション能力の修得」、「課題設定と課題解決の過程の経験と修得」などの点で、非常に高く評価しており、企業においても卒業研究等を「研究を行う過程で得られた課題解決などの能力は実務に役立っている」などとして高く評価している。

この点も踏まえ、卒業研究や修了研究を積極的に活用する場合でも、1 人の教員によ

る指導では偏りも懸念されることから、学生の視野を広げるためにも複数の教員による指導体制が望ましい。また、研究テーマの設定については、学士、修士、博士でそれぞれの濃淡は異なると考えられるが、テーマの妥当性を考慮しつつ、学生の自主性・主体性も重視することが重要である。

卒業研究・修士研究・博士研究のテーマ決め



(出典：平成 28 年度文部科学省「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」
「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」)

(3) 学士・修士課程段階における他分野理解の推進

※学士・修士 6 年一貫制教育を主体とする工学系課程

1) 学士・修士の 6 年一貫制教育のための大学院の創設

(仮称：工学・情報大学院：当面は当該領域を優先)

国公私立大学のそれぞれに特色があるものの、国立大学に限って言えば、学士課程卒業後、修士課程への進学率は約 50%で推移し、いわゆる旧帝国大学では、修士課程への進学率が約 90%で推移している。そのため、既存の体制に加え、新たに学士・修士の 6 年一貫制教育システムの創設を検討するとともに、工学系分野の教育課程は過密であることが指摘されていることから、前述の卒業論文の在り方を見直し、PBL 教育を活用することや、修士論文に重点を置くなどの効率化を図ることで、工学の専門基礎力・展開力・適応力の強化や工学と情報学等のダブル・メジャー・システムなどの新たな教

育の取り入れを可能とする。更に共通基盤教育(学部前期・後期)と専門教育(学部後期・修士)などの柔軟な年次区分が可能となり、早期卒業や飛び級の一層の活用、優秀な学生の5年卒業などの取組の推進が期待される。

なお、学士・修士の6年一貫制教育を導入する場合、学生の志向に応じ学部4年での卒業や5年制博士課程への円滑な移行について配慮することは必要である。

2) 主専攻・副専攻(メジャー・マイナー制)の導入

社会のニーズの変化に対応し、他の専門分野に関心を示し、多様性を理解するとともに、展開できる人材を育成するためには、複数の学問ディシプリンを学ぶことができる主専攻・副専攻(以下「メジャー・マイナー制」という。)の導入が必要である。例えば、バイオ、医学、社会学、心理学、経営学等の広範な分野と工学との融合教育強化のスタート地点としてメジャー・マイナー制は重要である。その際に、一定の水準を満たす学生については、キャップ制⁵を緩和することや、企業側が複数分野を修得した学生に対して評価することが社会の好循環を生むため、企業側の意識改革も期待したい。

(4) 学士・博士課程教育によるリーダーの育成の充実

※博士課程を重視する工学系課程

1) 9年一貫教育による工学・情報系博士人材の量的拡大・質的充実

大学院の重点化以降、大学院生数の量的拡大を経たものの、キャリアパスの不安定さかつ不透明さにより、近年では「博士離れ」の状況が続いている。今後の我が国の成長を支える産業基盤強化とともに、新たな産業の創造・イノベーションの創出を目指していくためには、国際競争力を備え、世界の学术界や産業界を牽引するリーダーとなる博士人材の活躍が必須である。

現行制度上可能な5年制博士課程を更に有効に活用するとともに、学士課程との連携も含めた人材育成を強力に進めることで、出口を見据えた工学・情報系の学术界の先端研究人材と産業界の先端実務人材の量的拡大・質的充実に必要である。

そのために、学生オリエンティドのオーダーメイド・プログラムの構築や産業界と共同研究を通じた社会人の学び直しを推進することが必要である。

また、企業の国際競争力を高めるためには、博士人材の積極採用が必須であることから、この点についても企業側の意識改革が必要である。

2) 博士課程におけるダブル・メジャー・システムの推進

学士課程、修士課程、博士課程と進むにつれて専門特化が進んでいるが、現在社会で求められるのは、特定分野の深い知識の取得と同時に幅広い知識の取得、将来の基盤技術の深化ができる人材である。

⁵ 単位の過剰登録を防ぐため、1年間あるいは1学期間に履修登録できる単位の上限を設ける制度。

そのため、例えば、バイオ、医学、社会学、心理学、経営学等の他分野との複数メジャーを推進することが必要である。また、専門分野とは異なる別領域のネットワーク形成のため、社会科学系ゼミへの参加も有効であるとの意見もあった。

現在、大学院設置基準等において、研究指導教員は専攻ごとに置かれるものとされているため、ダブル・メジャー・システムを構築するに当たっては、大学内において柔軟な研究指導體制を構築するとともに、分野横断的な学位審査体制など、授与する学位に対しての内部質保証にも留意することが必要である。

また、急速な産業構造の変化を踏まえると、応用展開が可能となるような博士プログラムの中においても一貫したリベラルアーツ教育による確固たる知識基盤の構築が重要である。

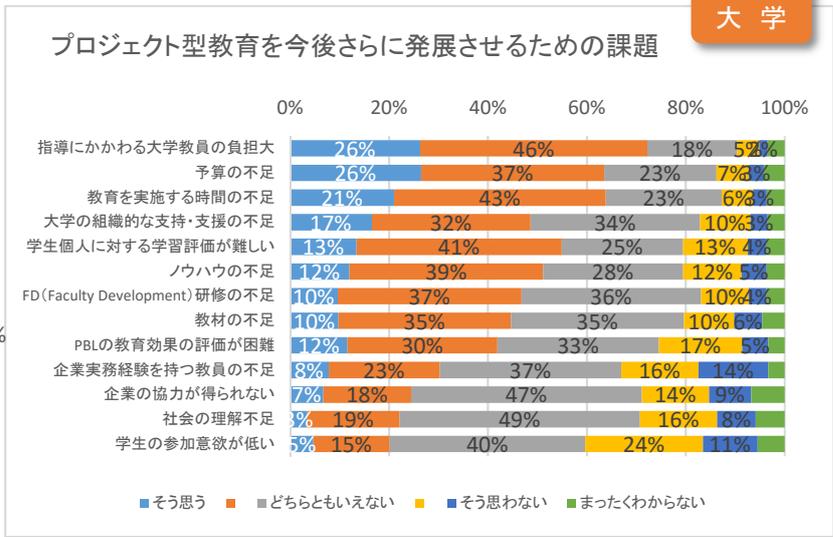
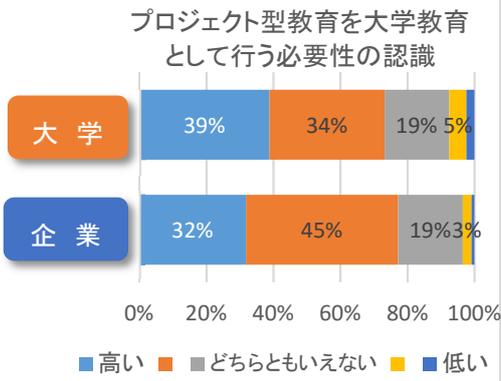
(5) 教員組織、教育手法の多様化

1) 教員組織構成・雇用形態の多様化・柔軟化

PBL などの実践的な教育を積極的に実施している欧米と比較しても教員等の数には差があり、調査結果からも PBL 教育を実施する上で、「指導にかかわる大学教員の負担大」との回答が多いことから、基礎教育の充実や他分野教育の導入も含めて推進するためには、教員等の充実が必要である。

一方で教育の多様化が進めば進むほど、教員のリソースも限られていることから、教員が不足することになる。そのため、教員組織編成や雇用形態の多様化・柔軟化に取り組む必要がある。その一つの方策は、研究科等を超え、研究指導教員としての兼務を可能とする学内クロス・アポイントメント制度の導入が考えられるが、その制度の導入に当たっては、エフォート管理と第三者評価制度等を確立し、適切な運用に資することが必要となる。

また、大学において例えば情報教育を充実させる際の課題としては、現状の情報系分野の教員数が限られていることが挙げられる。こうした状況へ対応するため、専門分野に捉われない基礎教育を充実する観点からはシニア教員を教育専任教員として採用することや、企業から大学へ教員を派遣することなどが有効となる。このような教育専任教員や例えば情報の特殊な技能に秀でていると認められるものの、論文実績や博士の学位を有さない実務家教員を増加させるためには、現状の研究成果等を中心とした教員評価と同等の教育に対する評価制度の構築が必要である。



(出典：平成 28 年度文部科学省「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」
「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」)

2) 教員の意識改革・能力開発

前述してきたとおり、教育改革の実現のためには、教員の意識改革が重要である。

本委員会では、特別研究員制度として大学に籍を置きながら教員が企業に出向し、企業側の研究を行い、一定の成果を上げた場合は、インセンティブを与えるような取組事例も紹介されたが、今後は、このように教員を企業等への派遣推進も行い、社会が直面している課題を直で感じることも必要である。

また、新たな教育を導入するに当たっては個別の教員の取組にとどまるのではなく、例えば各医科大学（医学部）及び歯科大学（歯学部）の教育指導者が直面する具体的課題について議論を行い、もって各大学が主体的かつ組織的に推進する教育内容・方法の改善に資することを目的に毎年行われている、医学・歯学教育指導者のためのワークショップなどの取組も参考にしながら組織的な FD⁶・SD⁷活動を推進することも重要である。

3) カリキュラムの体系化と学生ごとのカスタム化

本委員会において、学部 4 年間でマクスウェルの方程式を 4 回も学ぶ学生の例が紹介されたが、現状でも過密な教育課程を効率的に学生が受講するためには、将来を見据えた授業科目の履修を可能とする支援ツールを開発・導入することにより、幅広い知識の修得に役立てることが重要である。

また、電子教材（e-learning）を開発・展開することで、先述したように限られた教

⁶ ファカルティ・ディベロップメント（教員が授業内容・方法を改善し向上させるための組織的な取組の総称。）

⁷ スタッフ・ディベロップメント（事務職員や技術職員など教職員全員を対象とした、管理運営や教育・研究支援までを含めた資質向上のための組織的な取組を指す。）

員リソースの効率的な活用、質の高い専門基礎教育の実施や学生の反転学習に役立てることができ、効率的で質の高い授業の実施につなげることができることや、支援ツールを活用し、不足している部分を電子教材 (e-learning) で補うことも可能となる。なお、開発した電子教材 (e-learning) をオープンにすることにより、社会人の学び直しの活用も期待される。

さらには、カリキュラムの体系化と学生ごとのカスタム化を図る上で、1単位あたりに必要な学修時間の考え方についても、質保証を図った上で柔軟化できないか検討が求められる。

4)産業を支える基盤となる工学教育の充実

最先端の技術ばかりを追い求めるのではなく、例えば潤滑や切削技術などの基盤的な分野がなければ最先端のロボット技術開発は維持できないなど、1大学では保持が難しい分野においては、全国の大学の中でどのように維持するのか、産業を支える基盤となる工学系教育の機会を、産業界のニーズに基づいていかに充実すべきか検討が必要である。

7. 情報科学技術の基礎教育の強化と先端人材教育の強化

1)基礎教育としての情報科学技術教育の強化による工学諸分野との融合技術の創出

第4次産業革命や「超スマート社会」(Society5.0)の実現に向け、AI、ロボットなどの技術革新を社会実装につなげるためには、情報関連分野の学生のみならず、非情報関連分野の学生にあっても情報関連教育は必須である。

また、義務教育段階でのプログラミング教育の必修化や、情報技術の急激な発展を踏まえれば、工学系学部初期段階における一般教養教育や専門基礎教育・工学共通教育としての情報教育の強化充実を図るべきである。

さらに、その次の段階として、各専門分野の特色にあった情報教育が求められる。例えば、化学、材料、機械、電気、社会基盤などそれぞれの分野で求められる情報・データサイエンスの応用法は多種多様である。また、情報技術応用分野の拡大に伴い、工学諸分野との融合技術が発展する中、専門基礎教育での情報教育強化を図る必要がある。ただし、各専門分野の特色にあったスキル別情報教育の実施が必要であり、分野に応じた情報教育のコア・カリキュラムの策定が求められる。

上記に加え、情報工学系の学生に対する情報教育については、情報のエキスパートとしての教育の深化が求められる。十把一からげに情報教育を取り扱うことなく、スキル別の教育の実施も検討課題としてあげられる。こうした多様化する情報教育を、育成する人材像に沿って適切にカリキュラムに反映させ、情報系人材の量的拡大とともに質の充実を図る必要がある。

8. 産学共同教育体制の構築

1) 企業からの教員や支援人材の積極派遣、学外クロス・アポイントメントの推進

工学系教育は大学内や学术界に閉じられたものではなく、産業界や海外など社会とどのように繋がっていくのか、またその実現のための教育を推進することが必要である。

そのため、企業からの学外クロス・アポイントメントを活用した教員や支援人材の積極的派遣等の推進を図ることにより、①企業人による学生が工学を学ぶ目的意識の醸成、②産業界が期待するスキルや知識の教育、③事業化・起業・イノベーションへの志向醸成が期待される。また、企業の人材ミスマッチを活用し、産学での人材交流を促進することで人材の流動性をもたせることが可能となる。

2) 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

産業界とのつながりを考える上で、産学連携による人材育成の最も有効な手法として挙げられるのがインターンシップの推進である。ただし、現在実施されているインターンシップには様々な課題も存在している。例えば、

- ・何のためにインターンシップを実施するのか、その趣旨によって実施時期や期間、形態等が異なり、そのために大学として柔軟な対応に苦慮していること。

- ・産業界が大学へ、大学が産業界へ、工学系教育においてそれぞれ求める要件の認識のズレがあること。

- ・教育に関連して、産学の連携がまだ十分であるとは言えないこと。

等がある。また、短期間でのインターンシップは実質的に企業及び学生のリクルート活動の一環であることが多く、本来のインターンシップとしての機能を果たしていない。欧米の大学での長期間(数か月)で、必修科目であるインターンシップと比べると、我が国のインターンシップは、質・量ともに不足している。

そのため、インターンシップを必修化するなど教育の一環としての位置付けを明確にした上で、上記をはじめとする様々な課題について、産学共同のコンソーシアムを構築し、さらなる検討を行い、「組織体組織」でのインターンシップを推進することも必要である。

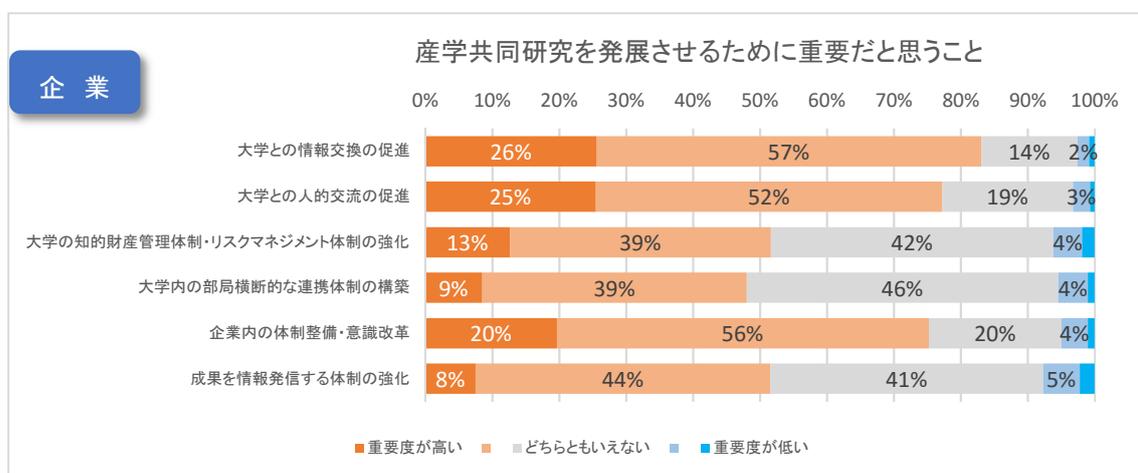
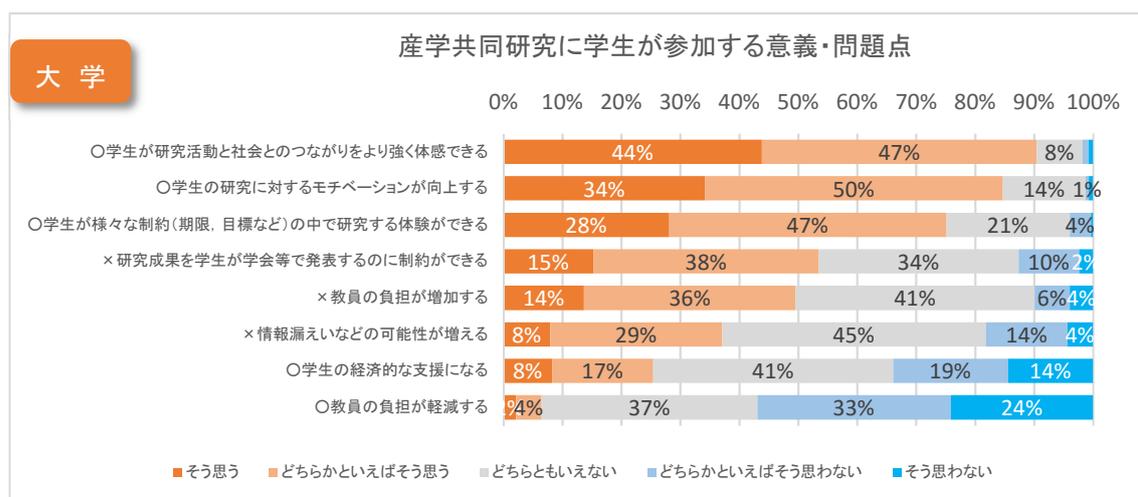
また、教育効果の高いインターンシップを推進するためには、早期に企業活動を知ること、学生が主体的にキャリアを決定し、自らのカリキュラム選択へつなげていく力を醸成することが必要である。

3) 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

産学共同研究に学生が参加することの意義として、大学では、「学生が研究活動と社会のつながりを強く体感できる」ことや「学生の研究に対するモチベーションが向上する」などの点で高く評価しており、企業でも「産業界の人材育成につながる」ということを評価している。そのため、産学共同研究に学生が参加することを推進することで、

事業化に向けての取組の重要性を認識し、目的意識を持った社会人の仮説演繹型知的生産の活性化が図られる。こういった活動を通じて、企業人材の博士課程への受入れ推進についても期待される。

なお、産学共同研究に教員や学生が参加する場合には、知的財産権等との関係から学術論文、学位論文の公表において課題が存在することには留意する必要がある。特に博士学位論文については制度上1年以内の公表が原則となっているため、今後この点で検討を進めることも必要との指摘があった。



(出典：平成28年度文部科学省「理工系プロフェッショナル教育推進委託事業」
「工学分野における理工系人材育成の在り方に関する調査研究」)

4)産学連携による協働プログラムの開発・提供

米国のオーリンカレッジやスタンフォードdスクールのようにデザイン思考教育の世界の先駆けとなっている取組では、指導を大学の教員のほか様々な分野の専門家、ファシリテータが行い、専門の異なる人とのチームワークに主眼が置かれている。また、アイデアを企業が実用化することや、アイデアを実現するためのベンチャー企業が設立される事例もある。こうした取組も参考としながら、大学内に産業界が組織的に人材育

成のためのコースを開設するなど、我が国における大学と産業界のマッチングファンドによる革新的・創造的なプロジェクトの創出支援に加え、事業化を推進するに当たっての専門的な能力を有する人材の育成を並行的に進めていくことについて、産業界との強い連携の下に進めることが必要である。

5) 工学系教育改革を行う大学の学生の積極的採用

製造業だけではなく、サービス業や金融機関も含めた非製造業等あらゆる業種において、企業は、社会における工学の価値を理解し、この新たな工学系教育によって輩出される幅広い工学の知識を有する人材を積極的に採用し、そのような人材が活躍できる場を整えるよう、企業に求めたい。

9. 国際化の推進

工学系学部・大学院を卒業又は修了した者は海外で活躍する機会が多いことから、大学の教育体制においても国際化の推進を検討する必要がある。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（更に学内で英語をベースとした教育の実施）を促進するとともに、学生に対して海外との「競争」を意識させる機会としての海外インターンシップや海外留学の推進体制の整備を進めることが望ましい。なお、国際化の推進については、教員、学生の両面から検討を行うことが求められる。

既に、文部科学省等の支援を得ながら、各大学において全学的な取組として、英語による授業の展開、留学生の派遣や海外の大学との提携などが進められているところであるため、工学系教育においても、これらの中で、一層の国際化が進められていくことが必要である。

10. 工学系教育改革の考え方の共有

工学系教育改革を進める上で、関連する諸制度との関係も考慮する必要がある。まず、JABEE⁸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。また、技術士などの国家試験の資格取得を前提にする教育課程においては、本中間まとめの趣旨に配慮しながら、可能な範囲で改革を進めることが望まれる。

11. 工学系人材の量的拡大方策

工学系学部の入学定員は約10万人であり、産業構造が大きく変化していく中で、IT人材のみならず、工学系分野での人材の数はまだまだ十分とは言えない。また、今回の工学系教育改革によって輩出される、より実践的でハイブリッドな人材は、従来の製造業に限らず、非製造業も含めて幅広く活躍することが期待される。このため、地域的な

⁸ 一般社団法人 日本技術者教育認定機構(Japan Accreditation Board for Engineering Education, JABEE)

配置にも配慮しつつ、我が国全体の工学系学部・大学院の学生数を重点的に拡大していくべきである。

なお、学生が東京に一極集中することのないように、魅力的な地域振興策を推進し、地方の大学を充実させることで、進学意欲を増進させる環境をつくり、卒業後の地元定着率を向上させることで、地方産業の活性化を推進することも重要である。

また、工学系学生の拡大に当たっては、より多くの高校生が夢を持ち工学分野に進学を希望してもらうことが重要であるため、①理科の科目等に工学分野出身の高校教員を増加していくこと、②大学教員の出前授業などによる高校生の工学分野への関心醸成を進めていくことなどの取組が必要不可欠である。

12. 国や産業界による工学系教育改革への先行投資

我が国の成長を支える産業基盤を強化し、新たな産業を創出していくため、世界トップレベルの工学系教育を実践する改革を進めるための重点投資が必要不可欠である。工学系教育の改革により工学系の有為な人材の輩出の受益者は、国や産業界であり国民である。産学共同教育体制の構築の実現や工学系人材の質的充実とともに量的拡大を図るためにも、国や産業界が責任を持って工学系教育改革に対する投資を推進すべきである。

具体的には、国からの経済的支援を充実させることが必要であり、特に工学系教育改革を推進する大学への重点投資や、工学系学生への経済的支援の拡大及び規制の緩和が重要である。

また、企業からの投資の拡大に当たって考慮すべき点としては、工学系人材育成に対する企業の投資に対する税制上優遇措置の検討、企業における大学院生の知的財産に関する問題の整理や「一企業からの提供」だけでなく、産業分野の「組織的な提供」を拡大することも重要である。

13. 終わりに

今回はあくまでも網羅的に取り組むべき方向性について中間まとめを行ったものであるが、これまでのように多様性を認めつつ、それぞれの大学における特色を生かしながら、今後の方向性を見据えた各大学の取組に期待する一方で、これまでのような一部の大学の取組に期待するものではなく、大学における工学系教育全体の底上げが喫緊の課題となっていることを大学関係者は強く認識する必要がある。

政府においては、本中間まとめの内容を踏まえて、具体的な制度改正等の検討を進め、順次実現していくことで、工学系人材の量的拡大及び質的充実が図られることを期待する。