

「工学の基盤とその維持・発展」 —大学における現状と課題—

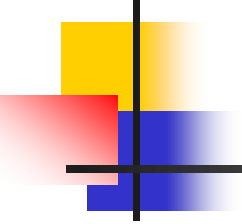


Tokyo Tech

岸本喜久雄
東京工業大学
環境・社会理工学院長

1. 工学について
2. 高等教育の現状と課題
3. 博士人材について
4. 研究開発について

1. 工学について



「工学」の定義は様々あれど...

「工学」とは 数学と自然科学を基礎とし、
ときには人文社会科学の知見を用いて、
公共の安全、健康、福祉のために
有用な事物や快適な環境を構築することを
目的とする 学問である。



国立8大学工学部を中心とした「工学における教育プログラムに関する検討委員会」による工学の定義(1998年)

英語では. . .

Engineering

The activity of applying scientific knowledge to the design, building and control of machines, roads, bridges, electrical equipment, etc.

Oxford Advanced Learner's Dictionary

我が国の工学教育の始まり



Henry Dyer (1848–1918)

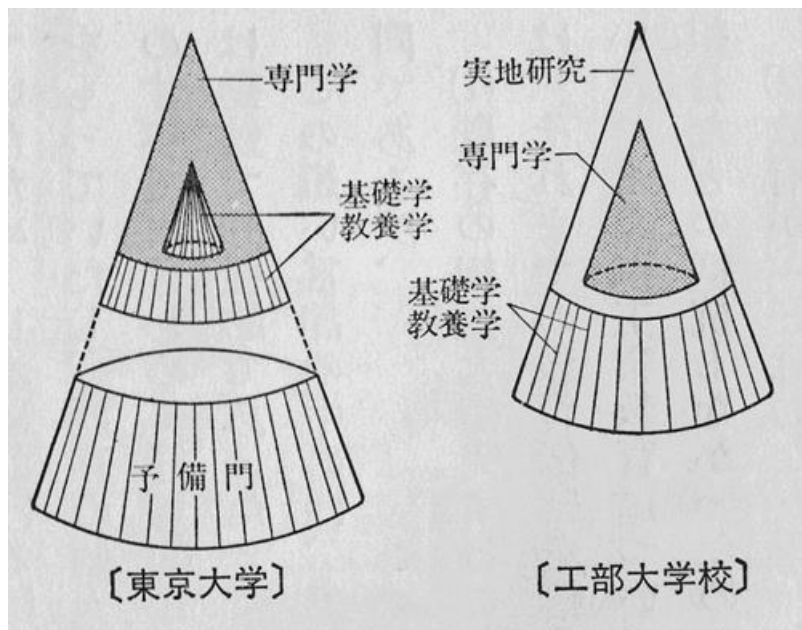


工部大学校 (Imperial College of Engineering)

Henry Dyer (1848–1918)は、スコットランドの技術者で、1873～1882の10年間、工部大学校の初代都検(教頭、実質の校長)を務めた。初代工部卿伊藤博文がグラスゴー大学のRankineの推薦を得て選任。山尾庸三が学んだアンダーソンズ・カレッジでの同窓生。来日当時、24才。Dyerは来日の船中でカリキュラムを模索し、**教養教育、専門学理の教育、実践教育を組み合わせた、当時世界に類を見ない独自の技術者教育を実施**。多くの授業は英語で行われた。Dyerの指導による技術者教育は、近代日本における工学の地位を高めるとともに、独立国家として発展する原動力となった。工部大学校は、1885年、工部省の廃止に伴い文部省に移管され、1886年の帝国大学令により東京大学工芸学部と合併、帝国大学工科大学となった。その後、東京大学工学部となる。

学生の生活パターン

6 : 00	起床、鐘の音で起き、井戸端で顔を洗う
6 : 00-7 : 30	習学
7 : 30-8 : 00	朝食（和食、米＋味噌汁）
8 : 00-12 : 00	午前授業
12 : 00-13 : 00	昼食（パン半斤、洋食、野菜）
13 : 00-16 : 00	午後授業
16 : 00-17 : 00	体操
17 : 00-18 : 00	夕食
18 : 00-19 : 00	風呂（20畳、スチームで焚き）
18 : 00-21 : 00	自由時間。門限は21 : 00
22 : 00	就寝



三好伸浩「明治のエンジニア教育」(中公新書)



千代田区霞が関の文部科学省ビル前の霞が関コモンゲート歩道際に建つ工部大学校趾碑。

2. 高等教育の現状と課題

高等教育における課題

- グローバルに活躍する科学技術人材に対して高度化する社会的要請
 - 問題解決能力 より複合化した問題に対応できるように
 - 創造力 より創造的に思考し実行できるように
 - 専門力 より本質的俯瞰的に理解できるように
 - コミュニケーション力 より多様な価値観を理解し尊重できるように

教育プログラムのさらなる深化が必要

- 産業のグローバル化にともなう人材の国際的流動性の激化
 - 教育プログラムの普遍力 よりユニバーサルな内容へ
 - 教育プログラムの競争力 より質の高い内容へ、

教育プログラムのさらなる多様化・
国際化への対応が必要

学院と平成27年度までの学部・大学院との関連

3学部・6研究科を6学院に、23学科・45専攻を19系・1専門職学位課程に統合・再編し、世界トップスクールとしての教育システムを構築

H27までの学部・学科
(3学部・23学科)

理学部

数学科
物理学科
化学科
情報科学科
地球惑星科学科

工学部

金属工学科
有機材料工学科
無機材料工学科
化学工学科
高分子工学科
機械科学科
機械知能システム学科
機械宇宙学科
制御システム工学科
経営システム工学科
電気電子工学科
情報工学科
土木・環境工学科
建築学科
社会工学科
国際開発工学科

生命理工学部

生命科学科
生命工学科

改革後の学院・系 (6学院・19系)

理学院

数学系
物理学系
化学系
地球惑星科学系

工学院

機械系
システム制御系
電気電子系
情報通信系
経営工学系

物質理工学院

材料系
応用化学系

情報理工学院

数理・計算科学系
情報工学系

生命理工学院

生命理工学系

環境・社会 理工学院

建築学系
土木・環境工学系
融合理工学系
社会・人間科学系 (大学院課程のみ)
イノベーション科学系 (大学院課程のみ)
技術経営専門職学位課程 (専門職大学院課程のみ)

H27までの大学院・専攻
(6研究科・45専攻)

理工学研究科 (理学系・工学系)

数学専攻 基礎物理学専攻 物性物理学専攻
化学専攻 地球惑星科学専攻
物質科学専攻
材料工学専攻 有機・高分子物質専攻
応用化学専攻 化学工学専攻
機械物理学専攻 機械制御システム専攻
機械宇宙システム専攻
電気電子工学専攻 電子物理学専攻
通信情報工学専攻
土木工学専攻 建築学専攻
国際開発工学専攻 原子核工学専攻

生命理工学研究科

分子生命科学専攻 生体システム専攻
生命情報専攻
生物プロセス専攻 生体分子機能工学専攻

総合理工学研究科

物質科学創造専攻 物質電子化学専攻
材料物理学専攻 環境理工学創造専攻
人間環境システム専攻 創造エネルギー専攻
化学環境学専攻 物理電子システム創造専攻
メカノマイクロ工学専攻
知能システム科学専攻
物理情報システム専攻

情報理工学研究科

数理・計算科学専攻 計算工学専攻
情報環境学専攻

社会理工学研究科

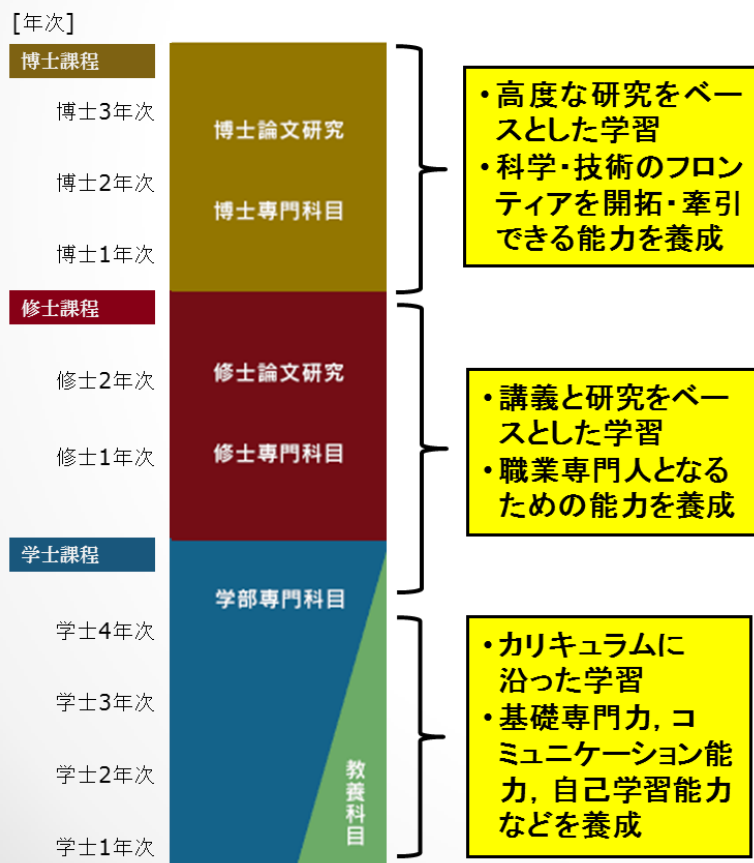
人間行動システム専攻 価値システム専攻
経営工学専攻 社会工学専攻

イノベーションマネジメント研究科

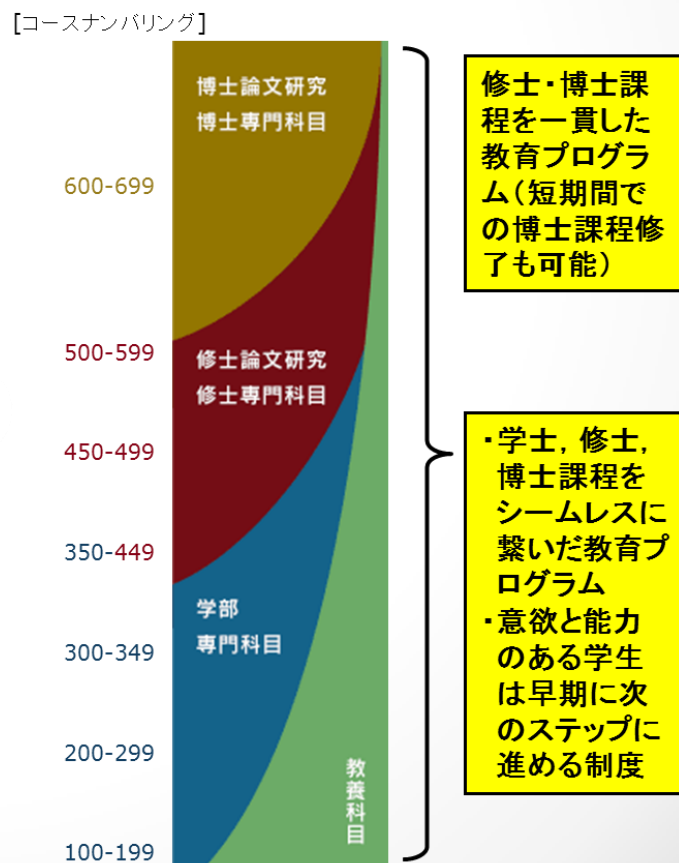
技術経営専攻 イノベーション専攻

- 学部・大学院を一体化した「学院」による教育
- 国際的視野での教育システムの刷新
- 学士・修士・博士の学修到達目標を明確化

旧カリキュラム

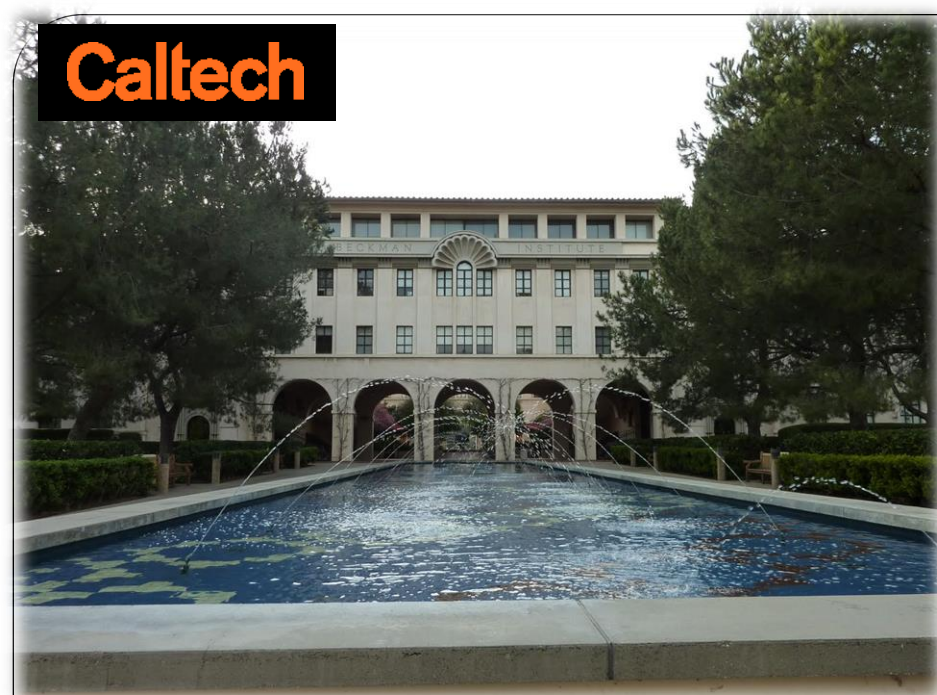


新カリキュラム





Jim Hall Design and Prototyping Laboratory

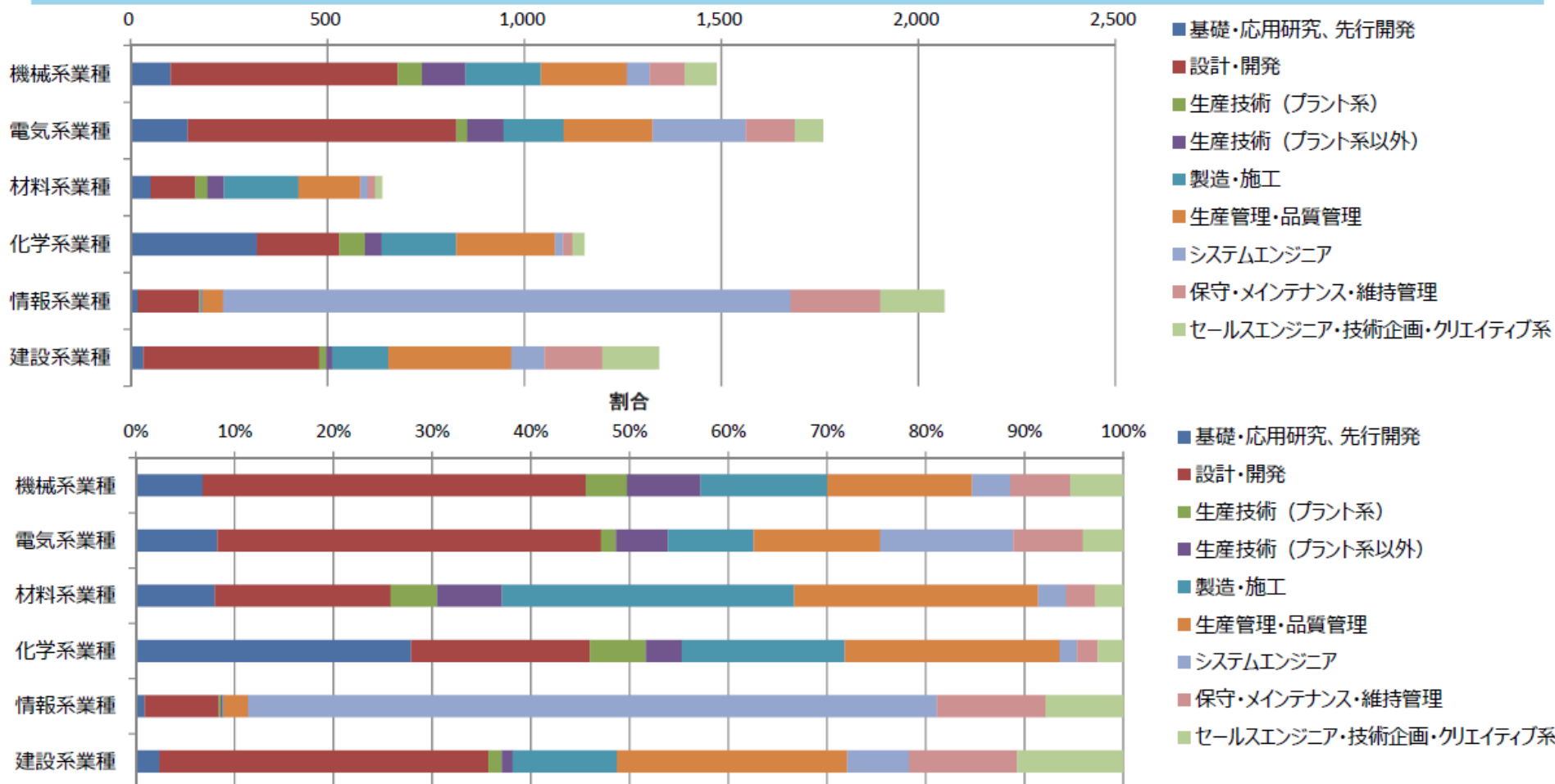


Cambridge



各業種における職種内訳

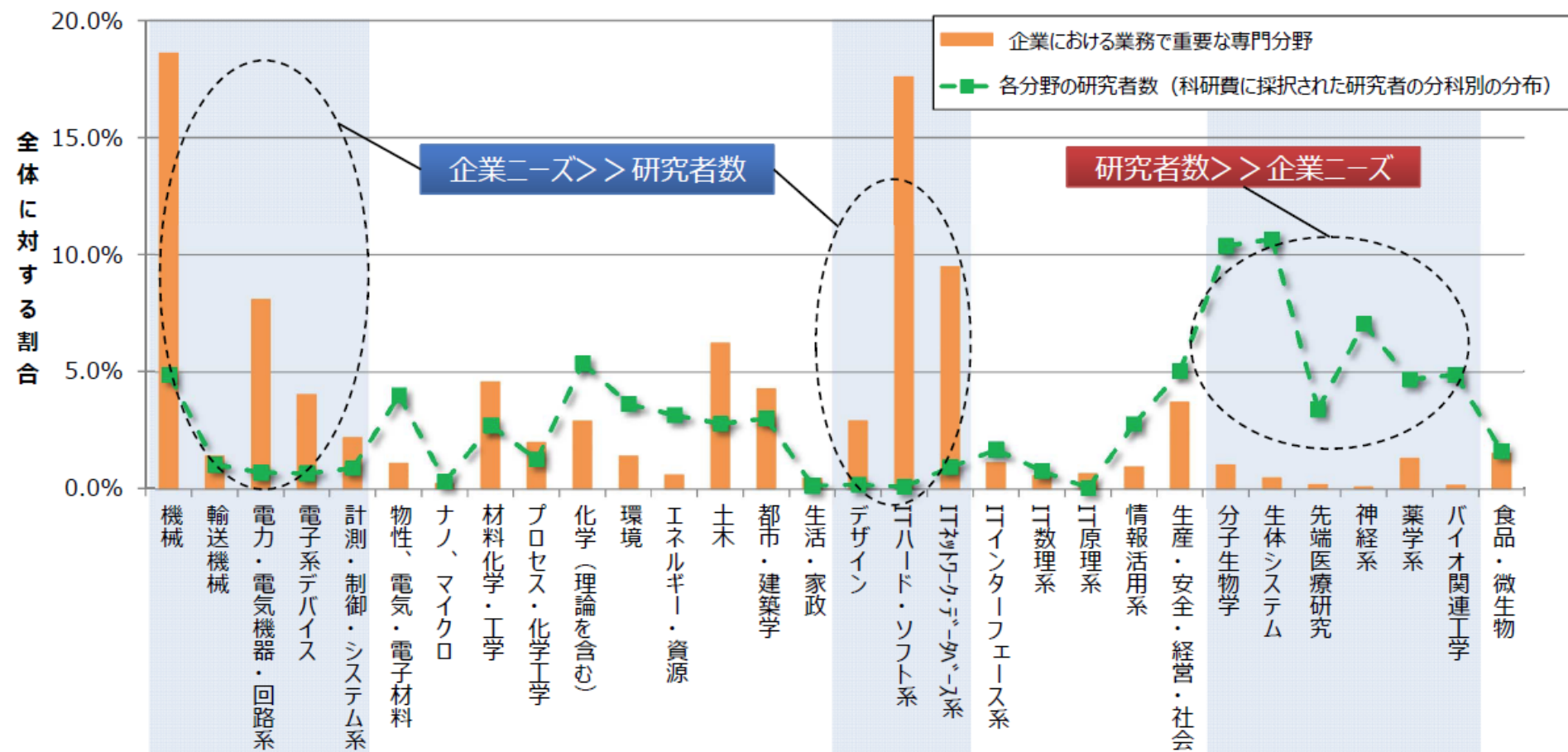
- 機械、電気、建設系業種においては、設計・開発職の人材比率が高い（30～40％）。一方、化学系業種においては基礎・応用研究職（約30％）、情報系業種においてはシステムエンジニア（約70％）の比率が高く、業種による職種バリエーションが大きい。



出典：経済産業省 平成26年度 産業技術調査事業「産業界と教育機関の人材の質的・量的需給ミスマッチ調査」

現在の業務で重要な専門分野とその分野に対する大学教育に係る認識

- 企業における現在の業務で重要な専門分野としては、機械、電気、土木、ITを選択した者が多く、さらに、いずれの分野についても、大学における教育ニーズが高い。一方、必ずしも大学における教育ニーズが高くない分野でも、研究者が数多く存在している。

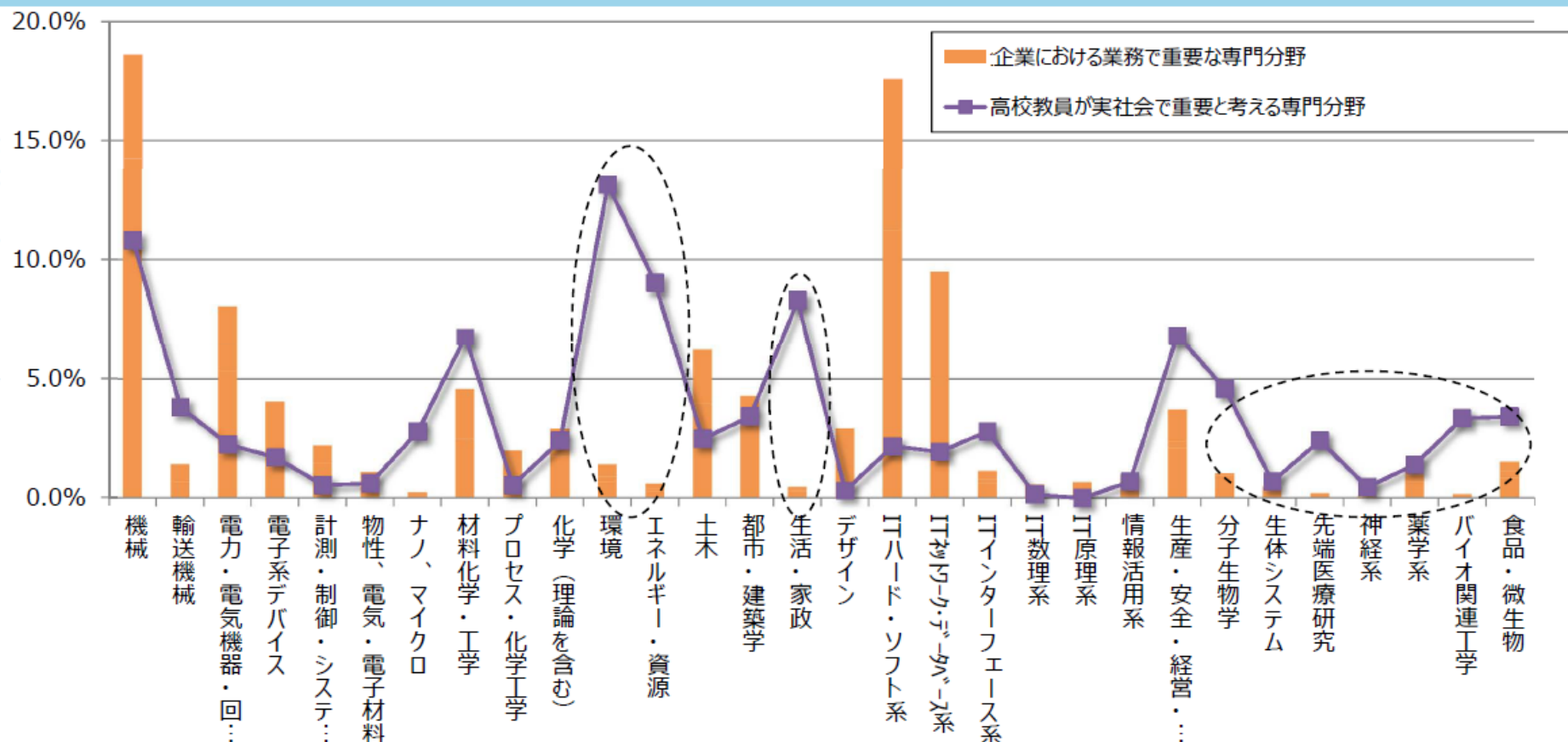


※産業界の技術者が、企業における現在の業務で重要な専門分野を最大3分野選択。企業の技術系業務に関連が深い専門分野について分析

出典：「理工系人材育成に関する産学官円卓会議」第3回 経産省資料（平成27年9月）、科研費採択者数：国立情報学研究所「KAKEN - 科学研究費助成事業データベース」より抽出したデータを基に作成（平成26年1月）

現在の業務で重要な専門分野とその分野に対する高校教員の認識

- 高校教員が実社会で重要と考える、環境、エネルギー・資源、生活・家政、バイオ等の分野においては、現在の産業で重要とされる分野との間にずれが見られる。
- 高校は将来のニーズを見据えた教育を行っていることを鑑みると、現在のニーズとずれが生じることは当然であるが、産業ニーズを明確にし、共有するなど、高校教育とも意識の疎通を深めることが重要。



※高校教員(専任)503人に対してアンケートを実施。実社会で働く観点で、高校教員が注目する学問分野を最大5つまで回答。

出典：経済産業省 平成26年度 産業技術調査事業「産業界と教育機関の人材の質的・量的需給ミスマッチ調査」

工学教育改革（中間とりまとめ）の具体的方策のイメージ①

背景

科学技術・知的生産の基本構造として、従来の帰納的プロセスに基づく真理の探究に加えて、構成的仮説演繹プロセスに基づく価値の創造が求められている。また、科学技術の細分化と短命化が急速に進む中で、産業分野は急激に変化し、特に情報関連技術の急速な進展が、多くの工学関連分野の関心を引導し、社会構造の革新をもたらしている。

工学教育の基本

AI, Big Data, IoT Robot などSociety 5.0に対応し、我が国の成長を支える産業基盤強化とともに、新たな産業の創出を目指す工学の役割を再認識し、それらを支える人材の教育を担う工学教育の革新は喫緊の課題である。変化が急激に進む中で、産業界との強い連携のもとに、次の世代を支える優れた工学人材の輩出を国をあげて取り組む必要がある。

輩出すべき人物像

短期、中期、長期の戦略への対応を意識した人材教育が必要であり、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。

- ・スペシャリストとしての専門の深い知識と同時に、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
- ・分野の多様性を理解し、異分野との融合・学際領域の推進に合った人材
- ・自律的に学ぶ姿勢を具備し、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
- ・「リアル空間」と「バーチャル空間」を俯瞰的に把握できる人材

次の技術を生み出す力

中期の人材養成 (5年～10年)

次の技術を創造し、牽引する人材、新しい技術、新しい分野を創造する力をもった人材の養成。

技術革新に適応する力

長期的人材養成 (10年～20年)

技術の変化に対して、共通基盤技術、要素技術を理解し、分野内、分野間の構造を築く人材の養成。

今の技術を先導する力

短期的人材養成 (2, 3年～5年)

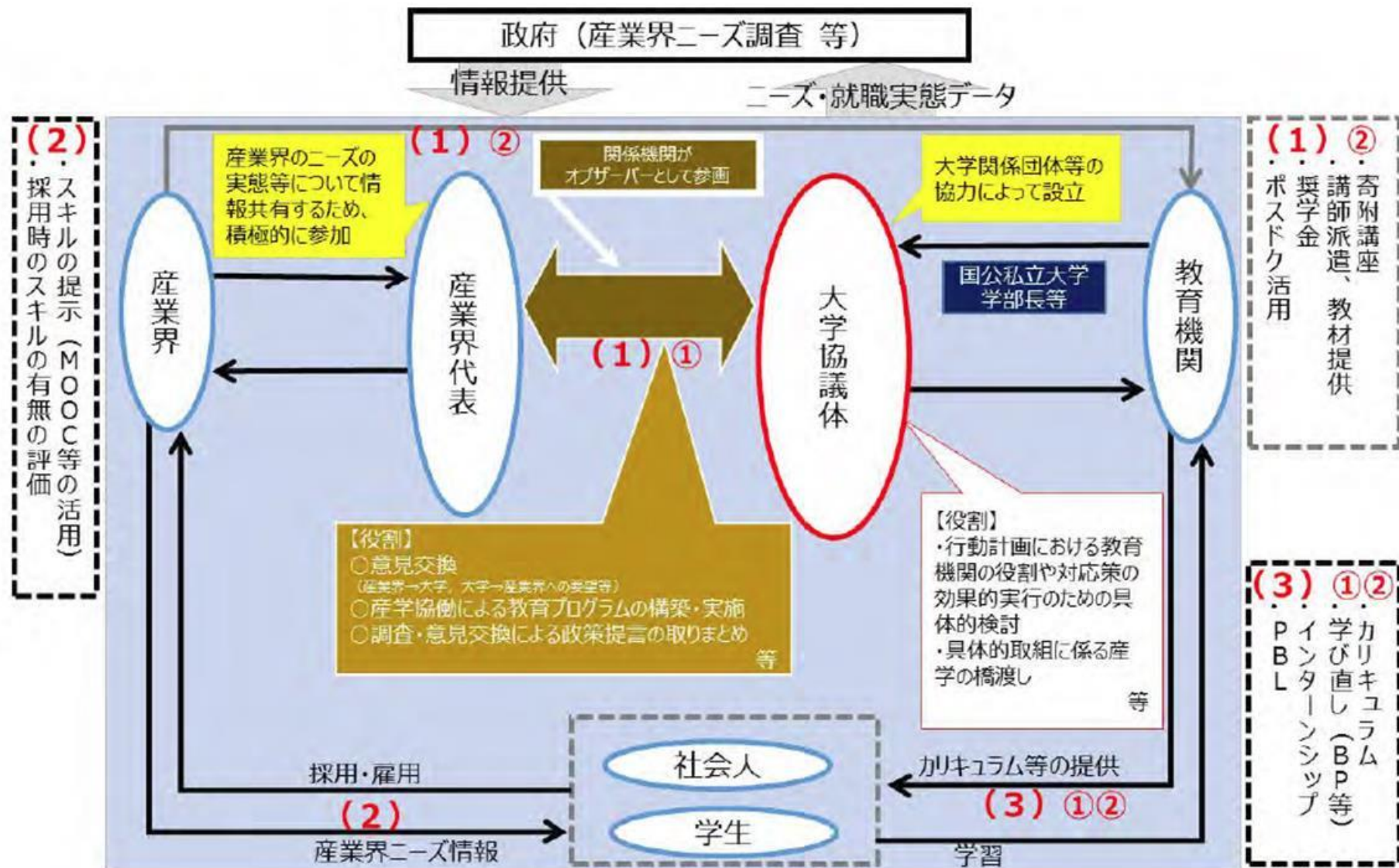
現在の技術分野を牽引する人材、社会の要請に的確に応える人材の養成。トップ人材と中間層人材。

短期、中期、長期の人材教育戦略

大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会(文部科学省, 2017)

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/081/index.htm 18

図1-1. 行動計画の「産業界ニーズと高等教育のマッチング方策, 専門教育の充実」におけるアクションプランの全体像



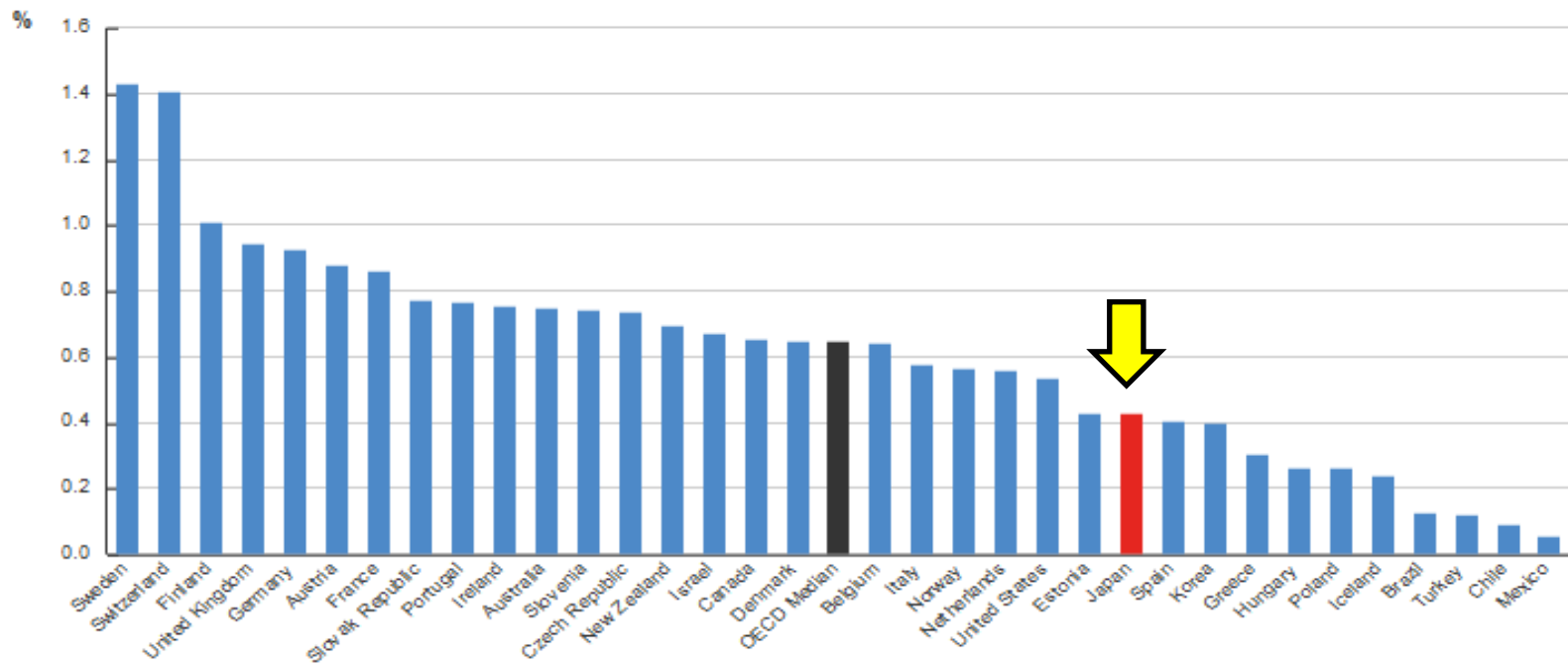
3. 博士人材について

博士学位取得者数の国際比較

我が国の科学技術分野における博士修了者率(対同一年齢層)は0.41%であり、OECD加盟国34ヶ国(平均0.52%)中、25番目(先進国ではほぼ最下位)である。

Doctoral graduation rate in science and engineering, 2009

Estimated percentage of an age cohort that will complete an advanced research programme in science and engineering during its lifetime

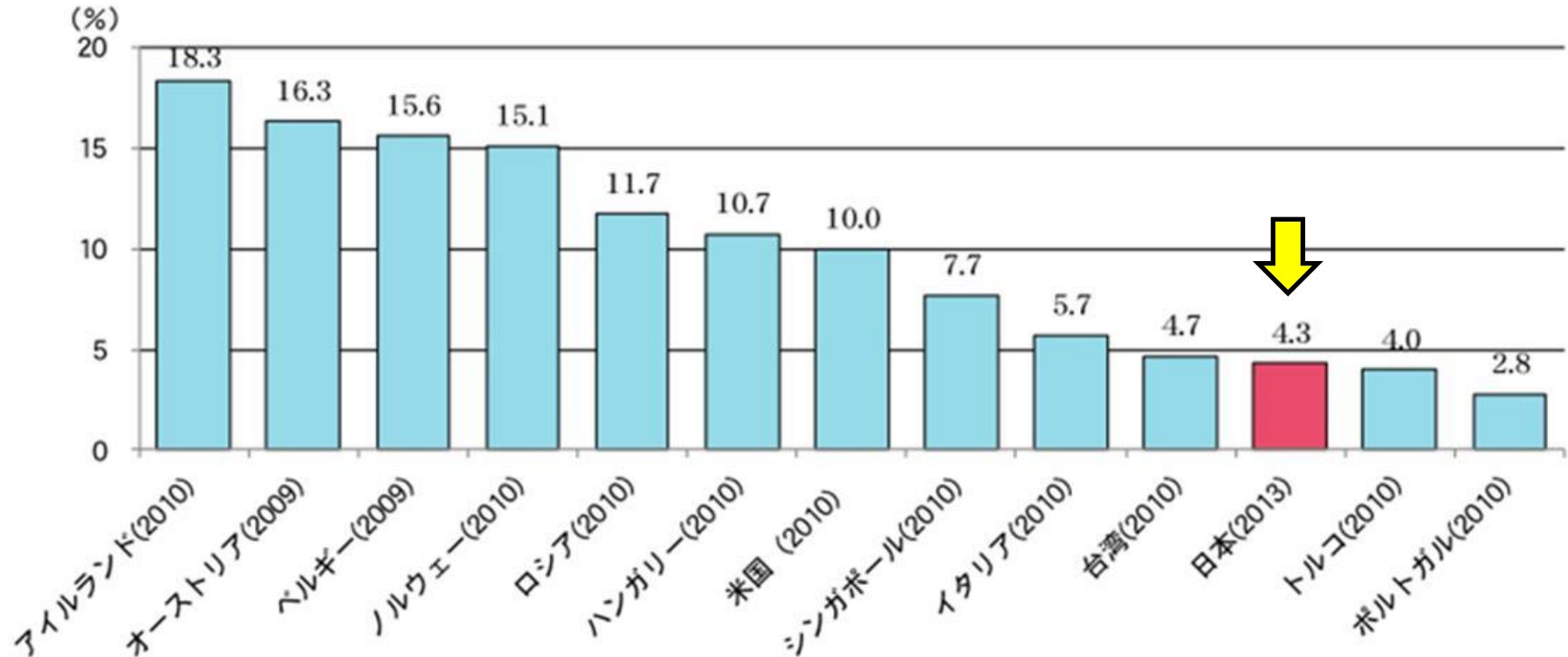


出典: OECD科学・技術・産業 アウトルック2012 (OECD Education at a Glance 2011 & OECD Education Database)

Source: OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012 based on OECD Education at a Glance 2011 and OECD Education Database.

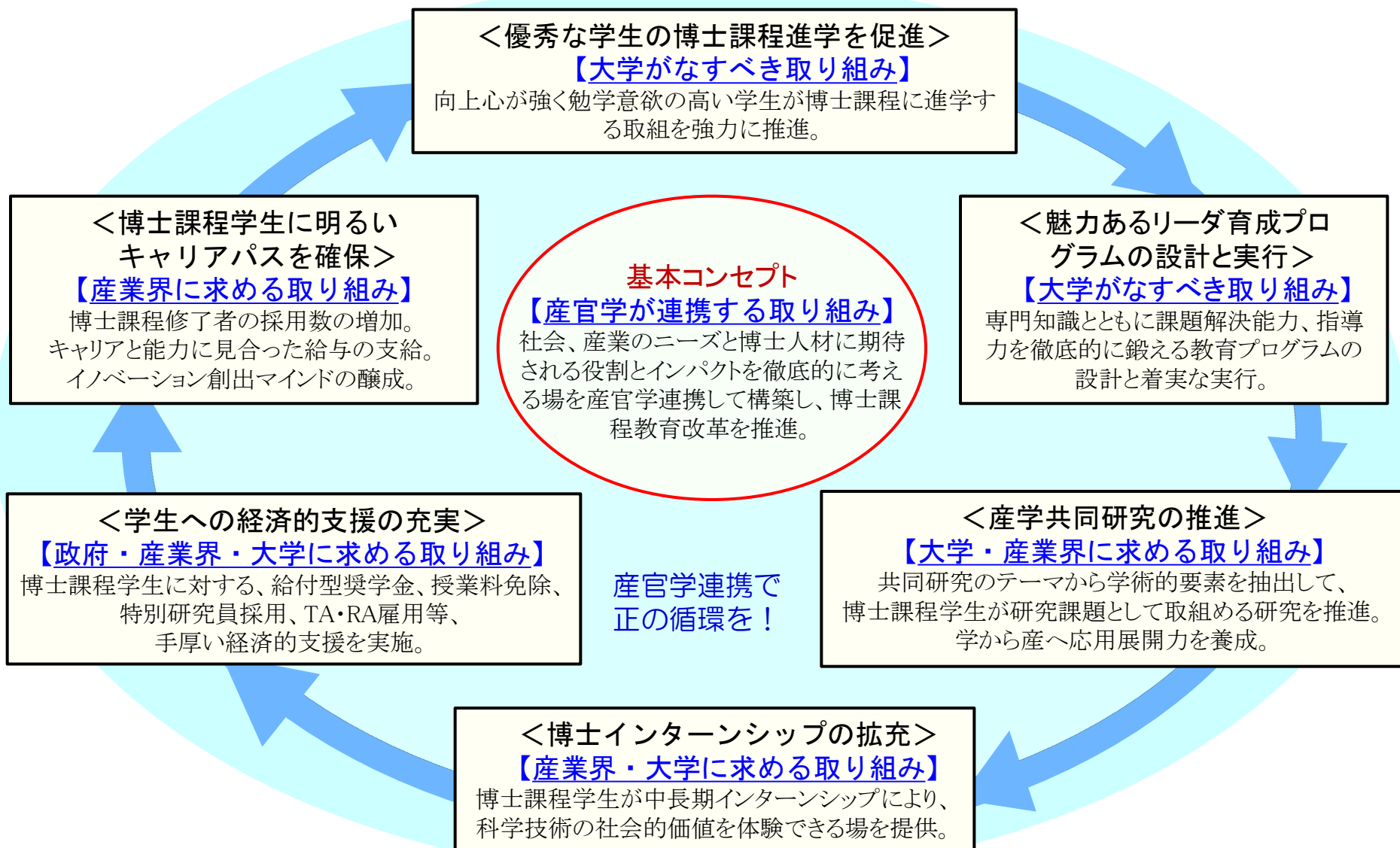
産業における博士人材の活躍

企業の研究者に占める博士号取得者の割合は
OECD諸国の中で低いランクに留まる



資料：日本は総務省統計局「平成25年科学技術研究調査」、米国は“N S F, SESTAT”、その他の国は“O E C D Science, Technology, and R&D Statistics” のデータを基に文部科学省作成

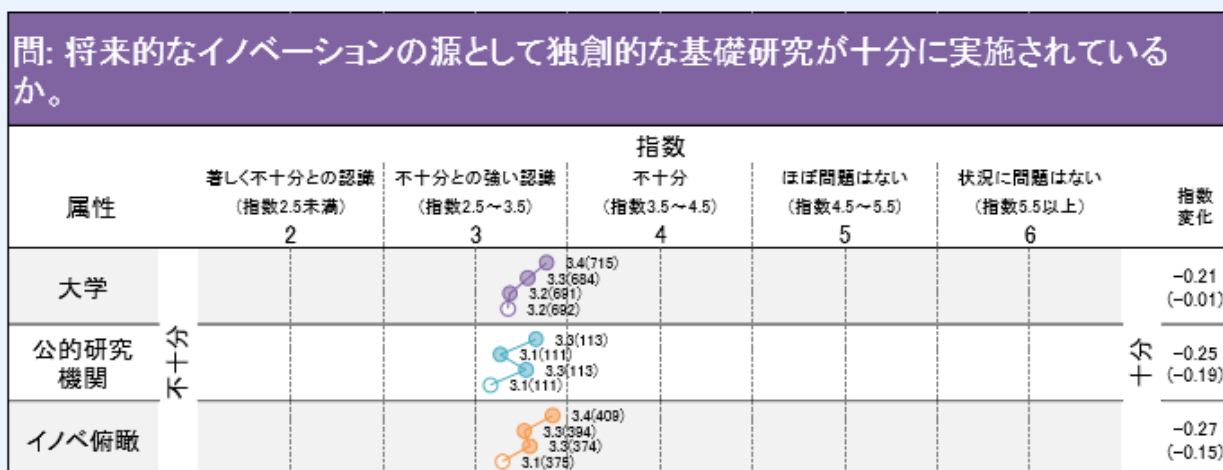
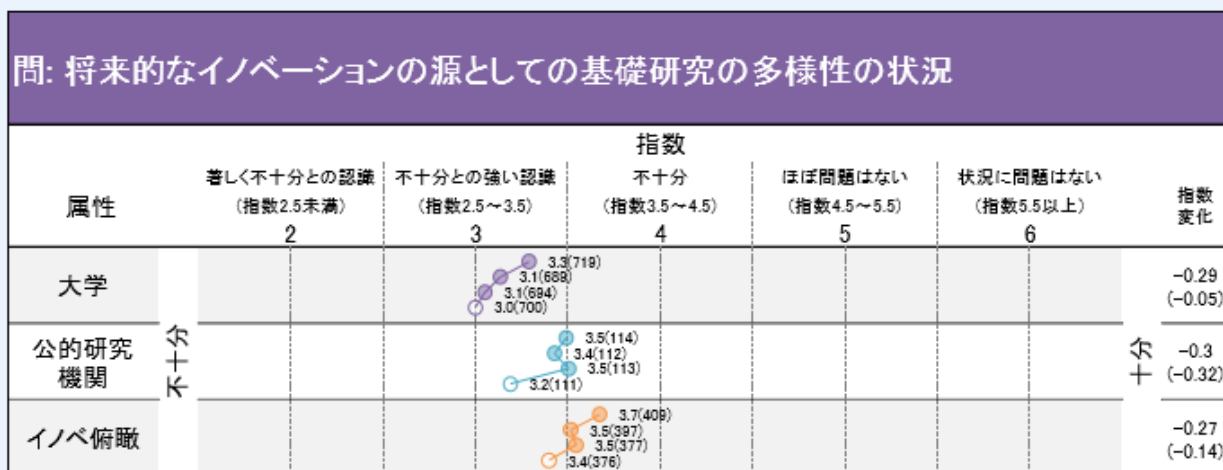
科学技術を基盤に産業を牽引する博士人材育成の提言



4. 研究開発について

■第1-1-13図／諸外国の政策動向のまとめ

地域/国		概 要
欧 州	米国	✓ 2011年に「先進製造パートナーシップ(AMP)」を立ち上げ。産学のコンソーシアム組織を設置、先進複合材料やパワーエレクトロニクス、3Dプリンタなど多岐にわたる研究開発を推進。 ✓ デジタル製造・設計分野は、国防総省主導によりCPSを用いて製造を高度化、コスト削減や生産性の向上を図っている。
	ドイツ	✓ 基本戦略「ハイクテク戦略」のアクションプランである「未来志向プロジェクト」の一つとして、2011年「Industrie 4.0」を提案。 ✓ Industrie 4.0ではIoTや生産の自動化技術を駆使し、単なるスマート工場の実現ではなく、工場内外のものやサービスと連携することで、新たな価値やビジネスの創出を図っている。 ✓ 2025年頃を目標に、M2Mやセンサ・アクチュエータを含むCPS、インターフェースの高度化、ビッグデータ技術やクラウドコンピューティング、通信ネットワークやサイバーセキュリティに関する研究開発を推進。
	英国	✓ 2014年に発表された「成長プラン:サイエンスとイノベーション」が基本戦略。重点8大技術に、「ビッグデータ」、「ロボティクスと自律的システム」等が挙げられている。 ✓ 研究開発の「死の谷」克服のための産学連携の場として、特定の技術分野において世界をリードする技術・イノベーションの拠点(カタパルト・センター)を構築する「カタパルト・プログラム」を2011年から実施。 ✓ 「高価値製造業(High Value Manufacturing)カタパルト・センター」を通じて多くの製造業関連プロジェクトを実施。
	フランス	✓ 2015年にアップデートされた「France Europe2020」が基本戦略。 ✓ 製造業の高度化やIoT、ビッグデータの利用に関する研究開発を重要事項として位置付け。
	EU	✓ 産学官連携型組織「欧州「未来の工場」研究協会」によって、製造プロセスの改善やデジタル技術を用いた工場間の接続といった課題を含むロードマップに基づき、EU枠組みによるプログラムのファンディングを実施。
	中国	✓ 2025年に中国を「製造大国」から「製造強国」にするため、10年間の製造業発展のロードマップを示した「中国製造2025」を2015年に打ち出し。 ✓ イノベーション環境の整備による製造業のデジタル化、ネットワーク化、スマート化を促すとともに、品質の向上やサービス型の製造業への構造転換を図ることとしている。
	韓国	✓ 「第3次科学技術基本計画」(2013~2017)が基本戦略。下位計画となる「第6次産業革新5か年計画」では、ウェアラブル・スマートデバイス、自動走行車等のシステム産業等を未来産業のエンジンとして重点化。 ✓ 政策をシームレスにつなげるため、科学技術、ICT、中小企業、知財や研究開発に関する予算編成などの機能を一元化した「未来創造科学省」を創設。
	シンガポール	✓ データ基盤を構築、収集した様々なセンサーデータを公共交通、エネルギー供給、ヘルスケアなどのサービスに反映する試みとして「スマートネーション(Smart Nation)プログラム」が2014年から推進。

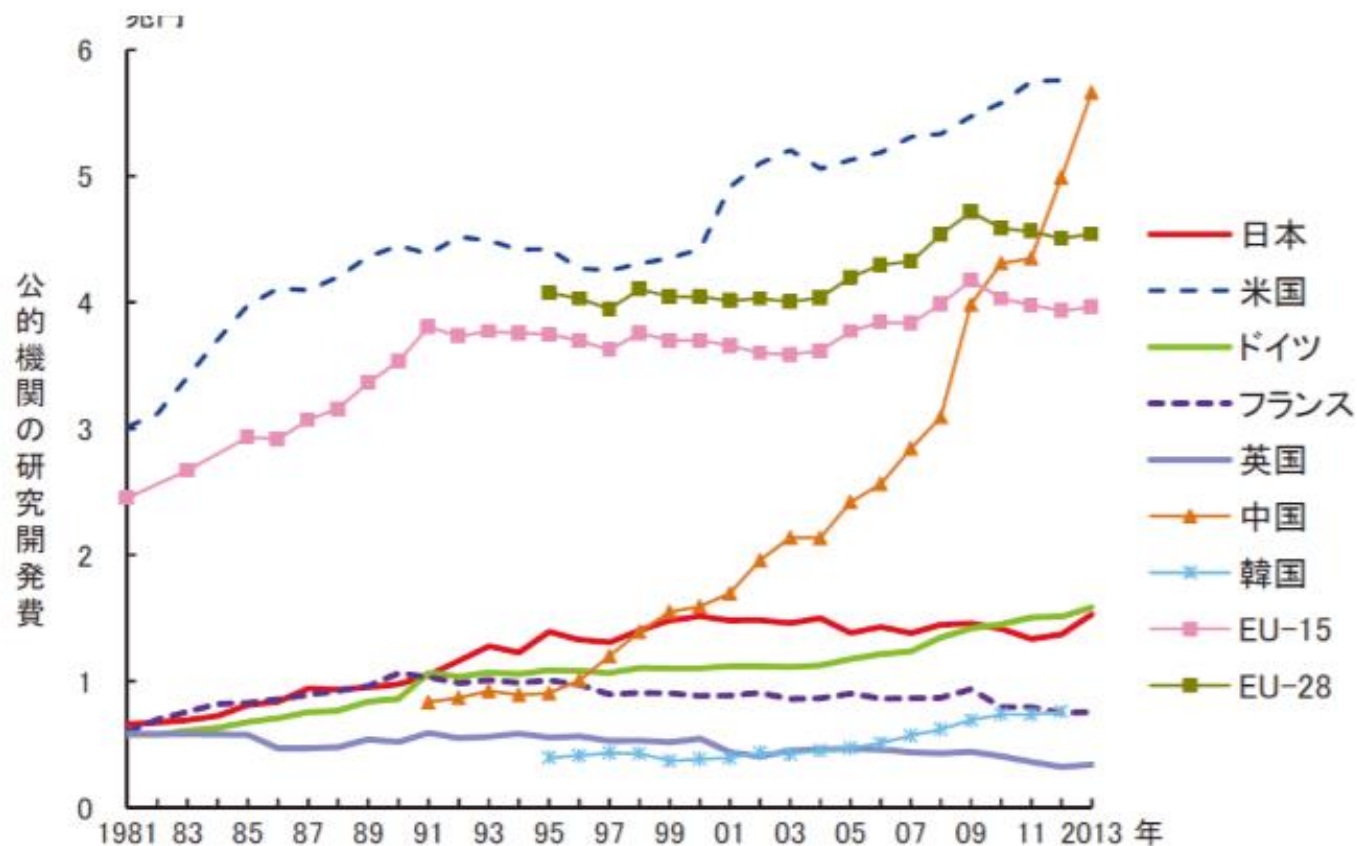


注 1：上から2011年度～2014年度NISTEP定点調査の結果を示す。白丸が2014年度調査の値、カッコ内の値は回答数である。イノベーション俯瞰グループ（イノベ俯瞰）は、産業界等の有識者やベンチャーキャピタルの方、資金配分機関のPDやPO、産学連携本部に属する方、大学発ベンチャーの代表等から構成されている。

注 2：指数変化については、上段の値が2011年度調査からの変化、下段カッコ内の値が2013年度調査からの変化である。

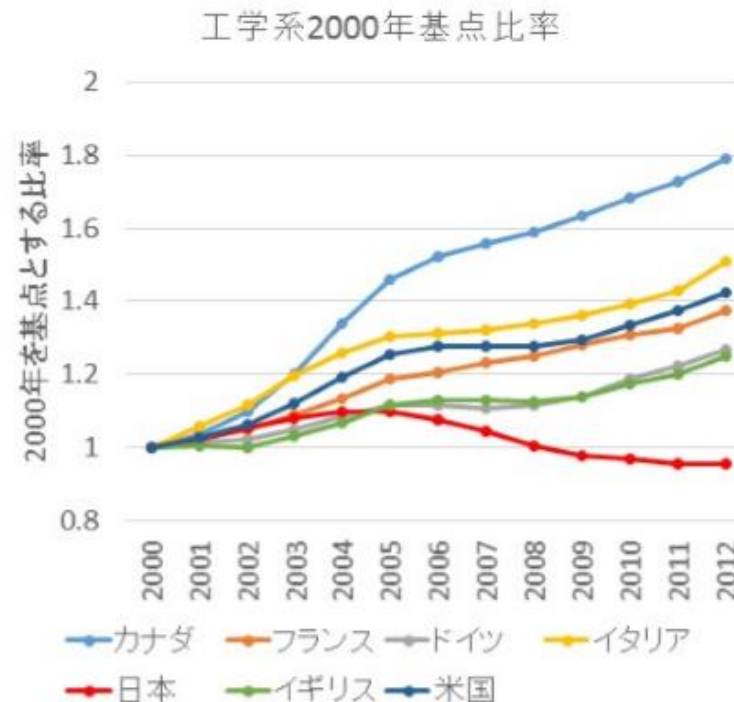
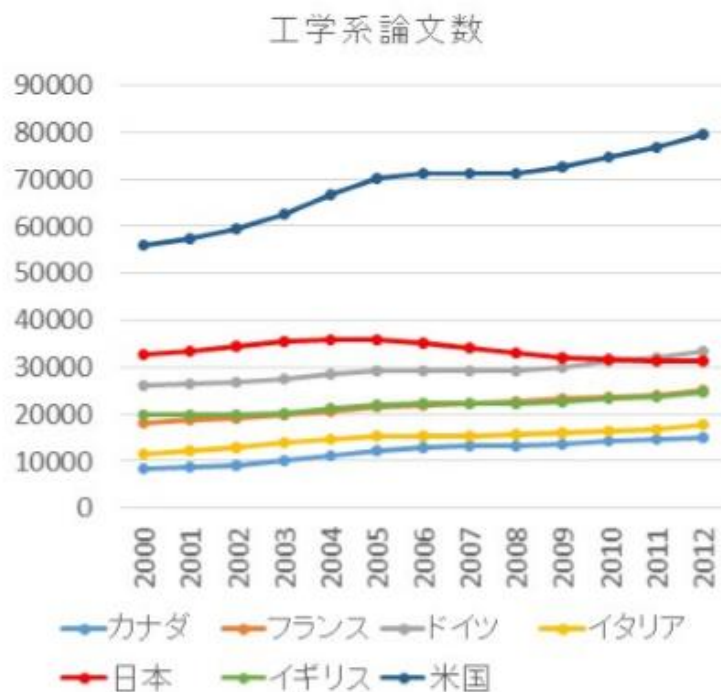
資料：科学技術・学術政策研究所「科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP定点調査2014）」NISTEP REPORT No.161（平成27年3月）

資料5: 大学研究費の国際比較



(科学技術・学術政策研究所より)

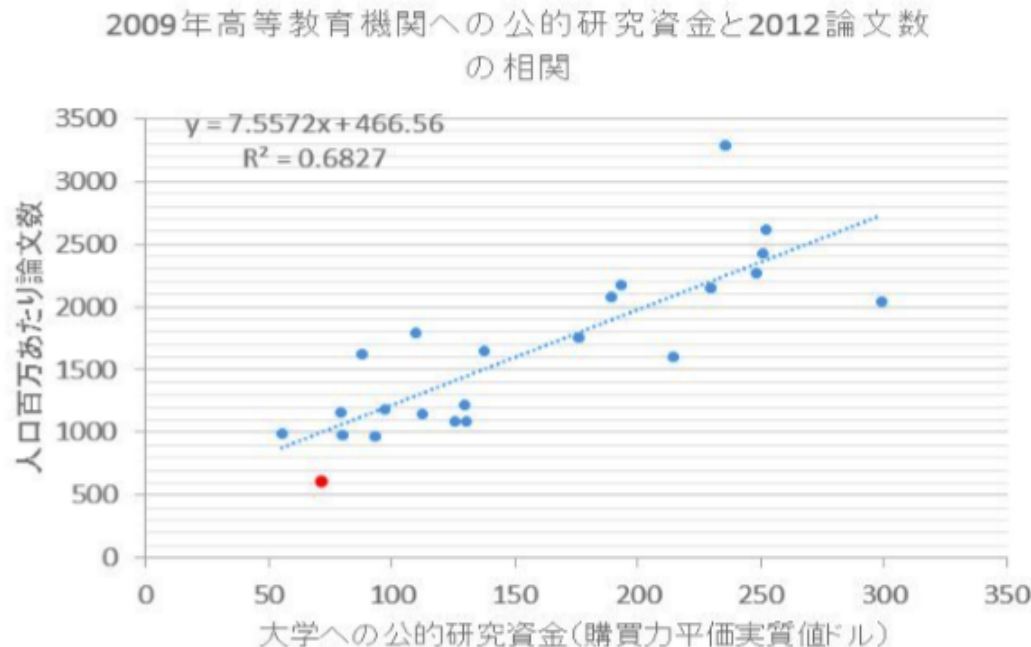
資料2: 工学系論文数の推移



注) トムソン・ロイターInCites™に基づく。整数カウント法、3年移動平均値。「工学系」とはトムソン・ロイターのEssential Science Indicators22分野のうち、「化学」「コンピュータ」「エンジニアリング」「物質科学」「物理」を合わせたもの。

(国立大学協会・政策研究所より)

資料6: 大学公的研究資金と論文数

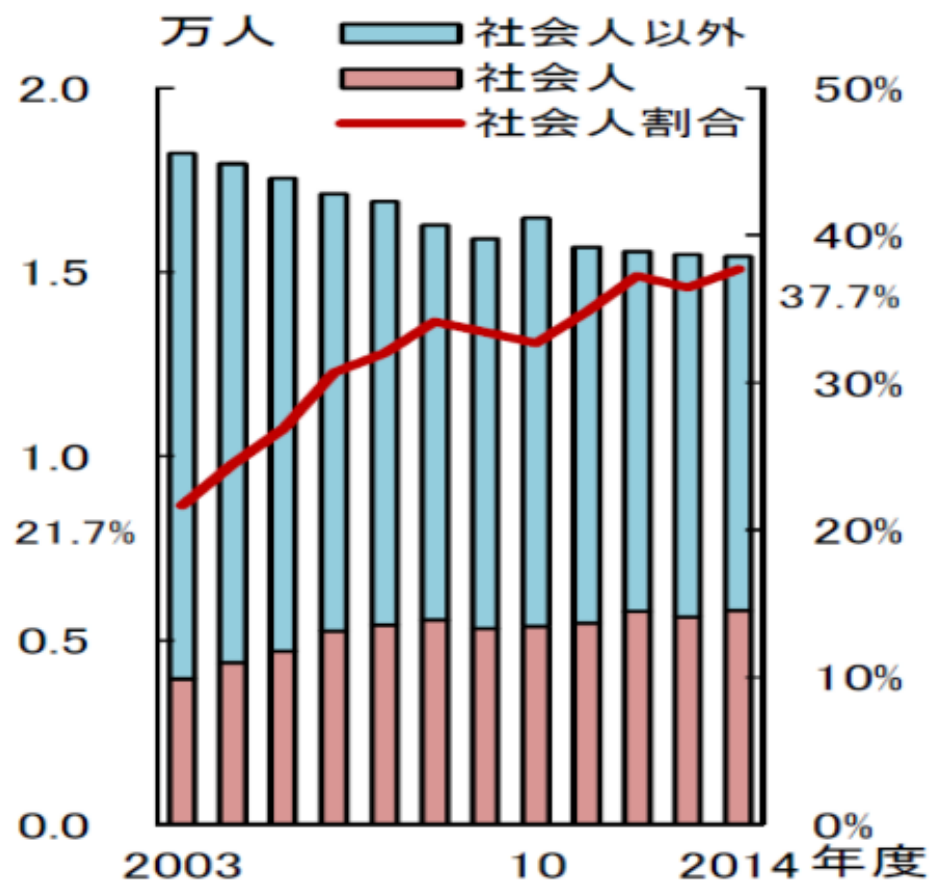


論文数の多い順
スイス
デンマーク
スウェーデン
ノルウェー
オーストラリア
オランダ
フィンランド
シンガポール
ベルギー
カナダ
イギリス
イスラエル
オーストリア
ドイツ
台湾
スペイン
ポルトガル
フランス
米国
チェコ
韓国
イタリア
日本

注) 論文数はトムソンロイターInCites™に基づく2012年3年平均値。研究資金はOECD.StatExtractsのデータに基づく2009年購買力平価実質値(2005年ドルを基準)。スイスとオーストラリアについては2009年値が欠損しているため2008年と2010年の平均値を用いた。

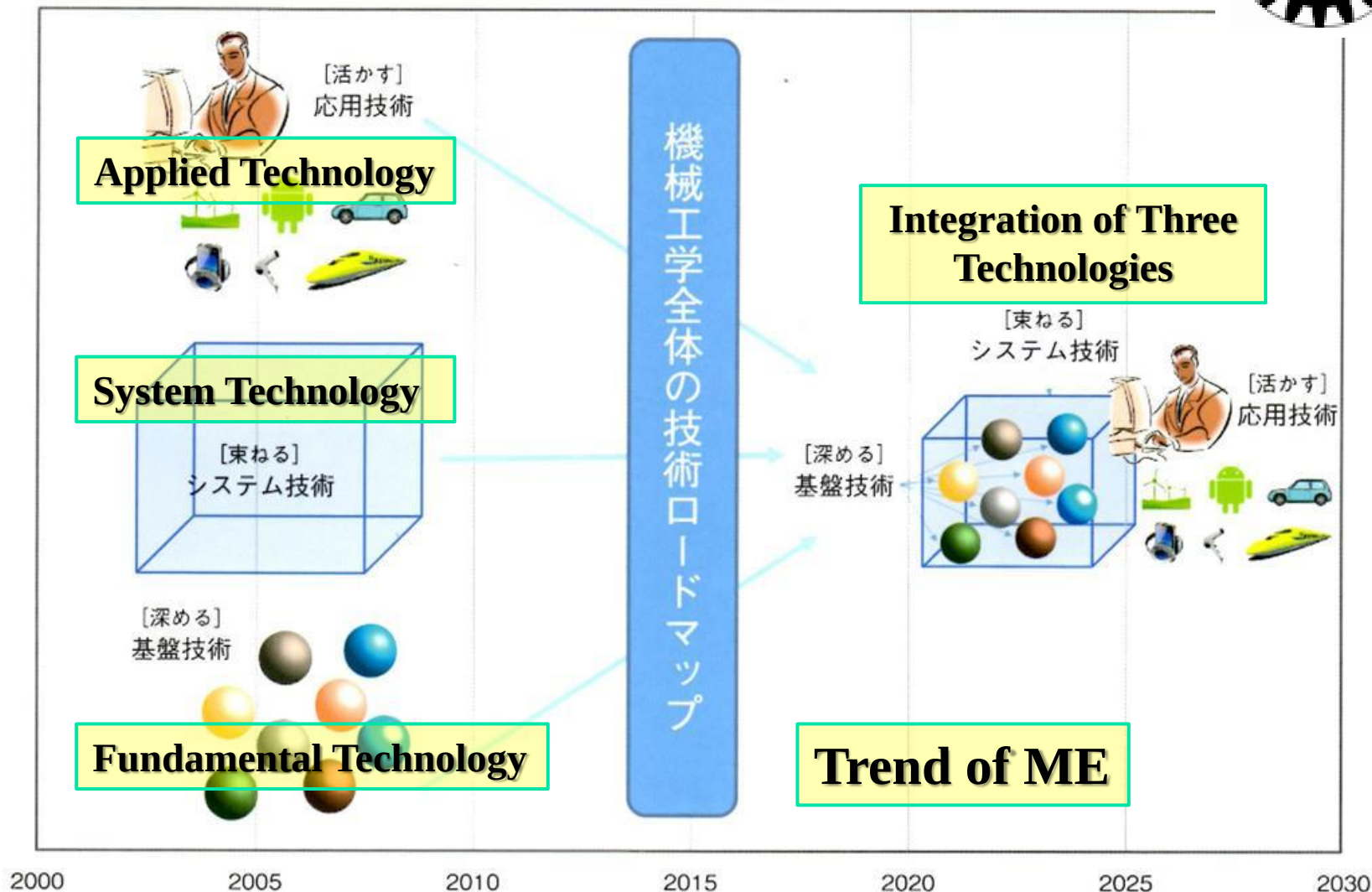
(科学技術・学術政策研究所より)

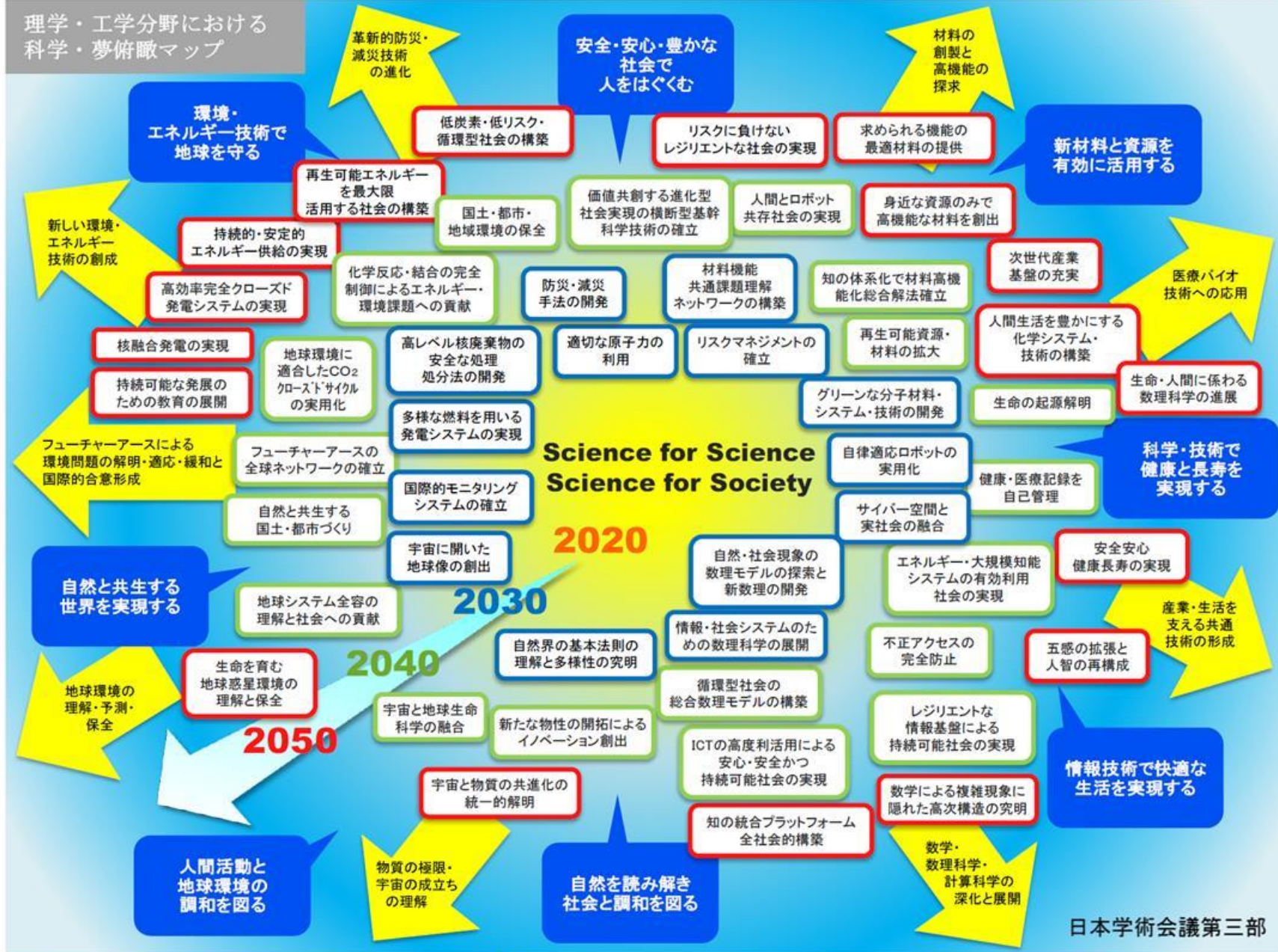
資料17: 博士課程への社会人入学者数の推移



(科学技術・学術政策研究所より)

Road Map: Technology Road Map of ME





日本学術会議第三部



実現したい夢、
実現を目指した夢



科学・技術が
目指すべき方向



科学・技術の成果が
社会において実現される将来像



Tokyo Tech

ご清聴ありがとうございました

