

我が国の産業競争力強化に工学教育が一層貢献するために(提言)
— 博士人材の確保とリーダー人材育成について —

平成 27 年 5 月 13 日 発表

平成 27 年 10 月 22 日

一般社団法人八大学工学系連合会
(八大学工学部長会議)

北海道大学大学院工学研究院長・工学部長 名和豊春
東北大学大学院工学研究科長・工学部長 滝澤博胤
東京大学大学院工学系研究科長・工学部長 光石 衛
東京工業大学大学院理工学研究科工学系長・工学部長 岸本喜久雄
名古屋大学大学院工学研究科長・工学部長 新美智秀
京都大学大学院工学研究科長・工学部長 伊藤紳三郎
大阪大学大学院工学研究科長・工学部長 田中敏宏
大阪大学大学院基礎工学研究科長・基礎工学部長 河原源太
九州大学大学院工学研究院長・工学部長 高松 洋

はじめに

世界を牽引してきた我が国の科学技術を基盤とする産業が翳りを見せてからほぼ四半世紀が経過しようとしている。この間、我が国は科学技術創造立国を社会経済活性化の重点政策に掲げ、科学技術分野への研究開発投資を推進してきた。工学教育はその中心的政策であるイノベーション創出に貢献できる研究者、技術者の育成を推進してきたところである。昨今、一層の知の高度化、急速なグローバル化の進展、我が国の少子高齢化の加速などの多面的な要素が重なって、イノベーション創出プロセスが複雑化し、産業力のグローバル競争は激化の一途をたどるという情勢のもと、高度科学技術人材への期待は益々高まっている。

これまで、新産業創出に向けた高度専門職人材の育成について幾多の議論が展開されてきたが、我が国における産学連携の様態が主に「産業界のニーズと学のシーズ」という視点で捉えられてきたために、高度な専門知識をもった技術者育成に重点が置かれていた。しかし、真のニーズは国民、社会の中にあるのであり、その要望に応え、未来社会の構築に向けた課題解決に産官学が総力を結集して取り組むことこそ、社会を変革するイノベーションに繋がるものであるといえよう。その中核を担うのは、高度な専門性、課題解決能力に加え、多様性を理解し、新たな価値を創造する能力を

備えた博士人材であり、産官学が連携して博士人材の育成に注力していくべきである。

八大学工学系連合会ではこの度、工学教育は質、量ともに社会が求める工学人材を十分に育成し輩出できたか、工学人材育成において社会や産業と有機的な連携は十分であったかなどの総括をもとに、工学教育への今後の取り組みについて検討を加えた。まず注目したのは、高度な専門性と幅広い知識を持った博士人材がイノベーション創出の中核的リーダー人材として活躍している世界の状況である。工学系博士人材こそが、高度化、複雑化、グローバル化した産業情勢において求められるリーダーであり、工学系博士人材の育成こそがイノベーション創出力の源泉であるとの観点から、ここに、博士人材の確保とリーダー人材育成についての提言を取りまとめることとしたものである。

博士人材育成の現状と施策

(1) 我が国の博士人材はまだ不足

我が国の産業競争力強化にとってどの程度の規模(人数)の博士人材を育成すべきであろうか。まず、我が国の科学技術分野における博士課程修了者の比率はOECD加盟国34ヶ国中、25番目であり、いわゆる先進国のなかでは極めて下位に位置している[1]。また、博士学位取得者数について国の経済規模の観点から回帰分析した結果によると、GDP(経済力・産業力)に対応させた平均的な博士数に対して、我が国の理工系博士学位取得者数は半分程度とかけ離れている[2]。ちなみに、八大学で工学を修める学生のフローを集計したところ、八大学の工学部に一学年当り約8,000名、工学系等大学院修士課程に約8,400名が在学しているものの、博士課程の在學生は2,200名程度である。博士課程の半数は留學生が占めることを勘案すると、学部・修士課程から博士課程への進学率は10%程度に留まっている[3]。欧米主要大学においては半数近い學生が博士課程への進学、PhD取得を目指すという現実を考えると、我が国の工学教育を中核的に担う八大学工学系における博士課程への進学率は相当に低いレベルに留まっていると言えよう。科学技術立国を標榜し、イノベーションによる産業競争力強化を推進していこうとするとき、我が国の博士人材はまだ不足しているのである。

(2) 博士人材が広く活躍するイノベーション創出へ

我が国において博士人材活躍の場が広がらない理由は次のような悪循環といわれる。産業界からの指摘によると、①優秀な學生が博士課程に進学しない、②産業界において博士人材の付加価値(能力)が認識されていない、③企業が博士人材

の採用に消極的である、④その結果博士課程への進学率が上がらず、また①につながるという悪循環に陥っているとされる[4]。実際、種々の統計データによると、我が国の主要企業の採用実績は、学部卒が 15～20%、修士卒が 75～80%、博士卒が 3～7%である[5]。一方、目を世界の先進国に向けてみると、例えば、企業の研究者に占める博士号取得者の割合が我が国では 4%であるのに対して、OECD加盟の欧米先進国では 10～18%であることから、我が国の博士人材の活用が進んでいない実態がわかる[6]。産業競争力で世界トップクラスにある米国との比較では、博士人材の多くが学术界・産業界を問わず種々の職業に従事し幅広く活躍しており、このことが米国企業の高度な研究開発能力およびこれをベースとした競争力優位を支えている[7]。

このような状況の背景には、社会・産業における博士人材の位置付けに関し、我が国と海外で違いがあるとされる。工学分野においては第一義的には、「工学博士はその分野の深い専門知識を有する研究者」であることは論を待たないが、グローバルには、「分野を問わず、自ら課題を抽出し、その課題を自らの力で解決する能力をもった人材」という基本認識が定着している。自らの専門を確立した博士学位取得者が当該専門分野に留まることなく広く多様な分野で将来を切り拓く人材として活躍しているのである。特に、米国企業が博士の採用を優先する最大の理由は、博士号取得者であれば、(企業がそれまで)あまり経験したことない新たな領域において研究プロジェクトを企画、運営し、目的とする結論を導き出すための能力(つまりイノベーション創出能力)を有していると判断していることによる(NISTEP REPORT No.92 ヒアリングから)。ちなみに、米国の博士学位取得後の平均年収は修士修了生に較べて学位取得後約 30 年で 1.5 倍になっていることは注目に値するエビデンスであろう[8]。また、米国においては、科学技術人材が研究者としての能力を高めていく仕組みが博士課程に組み込まれている[9]。米国モデルをそのまま我が国に導入する必要はないが、大学、産業界、さらに博士学生自身の認識も含めて、「グローバル博士人材はイノベーションの担い手」であることを再認識し、博士人材育成とその活躍の場の拡大策を展開していくべき時であると考えられる。

(3) 社会、産業、大学の連携による博士学位の質を保証する教育システムの構築

博士人材が広く活躍する学术界、産業界を構築していくための、大学の担う使命は工学教育の改革である。そこで、工学教育の質を高め、付加価値の高い高度科学技術人材を輩出することを目標に、八大学工学系が一体となって博士教育改革の取り組みを進めることを提案したい。

工学教育の現場においては、博士人材育成のための教育プログラムとして、21 世紀 COE、グローバル COE プログラムを推進し、さらに続けて博士課程教育リーディングプログラムを推進中である[10]。このような人材育成プログラムを推進しながらも現実には、「大学が考える博士人材像と社会や産業が求める高度科学技術人材の間には

認識の隔たりがある。」という指摘を受け続けている。これら博士課程教育プログラムの自己点検、および、諸外国における博士教育、ならびに博士学位の質保証の取り組みに関するベンチマーキング[11]を行うことにより、今後の博士教育改革の方向性について検討を加えた。諸外国との比較によると、制度上は博士研究の推進や論文審査等については大きな差異は認められないものの、博士課程における「学生に社会や産業との関わり合いを強く意識させる教育」の定着が大きな相違点と考えられる。

今後の博士教育改革の方向として、「社会、産業、大学の連携による博士学位の質を保証する教育システムの構築」を提案したい。具体的な方策として八大学工学系は、「社会のニーズとそこにおける博士人材の果たすべき役割を徹底的に考える場」を提供する教育プログラムの導入に着手する。これにより、多くの博士学生が研究室の中核研究者の役割を果たし、海外や企業にインターンシップに出かけ、博士教育に外国人や企業人に関わってもらおう等々、社会・産業と大学の強力な連携のもとに、質保証された博士学位を持つ高付加価値の博士人材を輩出できる人材育成システムの構築に取り組んで行くこととしたい。

以上、八大学においては、これまでの博士人材の受け手である社会、産業界との対話や連携不足があったとの反省にもとづき、ここで改めて社会、産業との連携や協働をエンジンに高度科学技術人材育成システムの構築に取り組んでいくこととしたい。

(4) 工学教育改革を後方から支える博士学生支援

工学教育システム改革を後方で支える施策として博士課程学生の経済的支援も重要な視点である。博士学生の経済的支援のベースロードは周知のとおり奨学金であり、欧米諸国と比較して我が国の奨学金システムは質量ともに大幅な強化が必要と考えられる。

まず欧州の場合、そもそも学費が安いという点に学費の高低に拘わらず多くの学生が各種奨学金を受給している[12]。加えて、伝統的に手厚い学生支援のベースが(貸与型でなく)給付型を採っているのも特徴である[13]。また、諸外国、特に米国に特徴的な博士学生支援システムは、「教授による博士課程学生のRA雇用」である。博士課程学生をポストドクと同様の重要な研究メンバーと位置付け、RA (Research Assistant) として雇用し給与を支払う形態である[14], [15], [16]。周知のごとく欧米では公的研究費や産業の研究費の多くが大学の研究室に流入し、いわゆる産官学共同研究が積極的に推進されている。そこで博士課程学生が研究者として雇用されることにより、研究費が博士課程学生の研究生活支援に活用されているのである。

今や、我が国においても奨学金システムの充実、および研究費を活用した博士学生の合理的で手厚い支援について真剣に検討に着手すべきであろうと考えられる。

提 言

八大学工学系連合会は、我が国における博士人材の確保とリーダー人材育成について検討を加えた。ここに、博士人材がイノベーションリーダーとして広く活躍する社会の実現を目標に、「博士学生に対して、社会のニーズと博士人材に期待される役割を徹底的に考える場を産官学が連携して構築すること。」を基本コンセプトに、次の博士課程教育改革に資する取り組みを推進することを提言したい。

- (1) 大学がなすべき取り組みとして、向上心が強く勉学意欲の高い学生が博士課程に進学する施策を強力に推進する。
- (2) 大学がなすべき取り組みとして、専門知識とともに課題解決能力、指導力を徹底的に鍛える教育プログラムを設計し、着実に実施する。
- (3) 大学・産業界に求める取り組みとして、産学連携共同研究テーマから学術的要素を抽出し、博士課程学生が研究課題として取り組める研究を推進することにより、学から産への応用展開力を養成する。
- (4) 産業界・大学に求める取り組みとして、博士課程学生が中長期インターンシップにより科学技術の社会的価値を体験できる場を提供する。
- (5) 政府・産業界に求める取り組みとして、博士課程学生に対する給付型奨学金、授業料免除、特別研究員採用、TA・RA 雇用などの手厚い経済的支援を実施する。
- (6) 産業界に求める取り組みとして、博士課程修了者の採用数を増加させ、そのキャリアと能力に見合った給与を支給するとともに、博士人材のイノベーションマインドを醸成する。

なお、以上の取り組みを進めるにあたり八大学工学系連合会は、産官学連携の対話スキームをより強化するための行動を早速に開始する。

我が国の産業競争力強化に工学教育が一層貢献するために(提言)

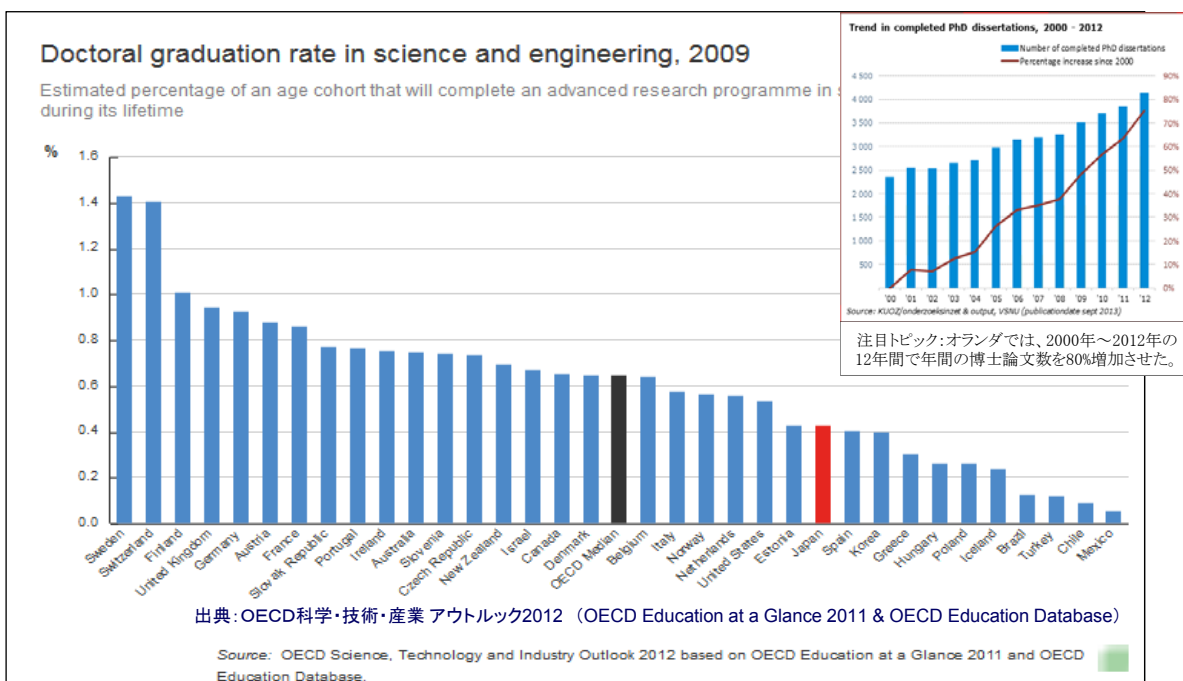
－博士人材の確保とリーダー人材育成について－

資料集

1. 博士学位取得者数の国際比較(1)
2. 博士学位取得者数の国際比較(2)
3. 八大学工学系における学生の流れ
4. 産業における博士人材の活躍
5. 米国における博士人材の評価・能力開発
6. 我が国の博士人材育成のための教育プログラム
7. 欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(1)
8. 欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(2)
9. 欧州における学費と奨学金
10. 欧州型は国による手厚い学生支援
11. 博士学生生活支援 日米比較
12. 学費の免除 日米比較
13. Stanford 大学における博士課程学生への経済的支援の例
14. 科学技術を基盤に産業を牽引する博士人材育成の提言

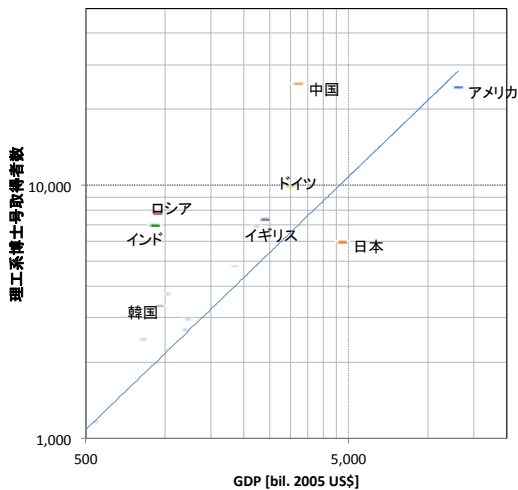
博士学位取得者数の国際比較(1) [1]

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。



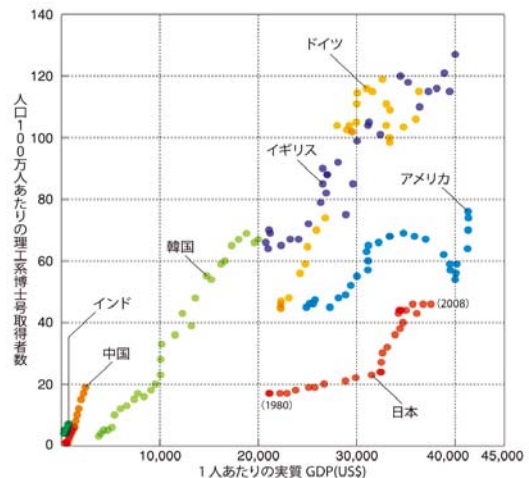
博士学位取得者数の国際比較(2) [2]

- ・各国の博士号取得者数と経済規模(GDP)を回帰分析したとき、欧米諸国はほぼ回帰線(標準的な数)近傍にあるのに対して、日本の博士数はグローバル標準の半分程度の少ない位置にある。
- ・理工系博士号取得者数の推移をみると、英、独、韓、中は、一人当たり実質GDP増加、すなわち経済成長を反映して博士が増加しているのに対して、わが国は博士数の伸びが見られない。



理工分野の博士号取得者数と経済規模

経済規模の代理変数としてGDPを用い、各国の博士号取得者数をGDPで線形回帰。回帰線に対して米、英、独などは概ねライン上に位置するものの、中国、および日本はかなりかけ離れた位置にある。



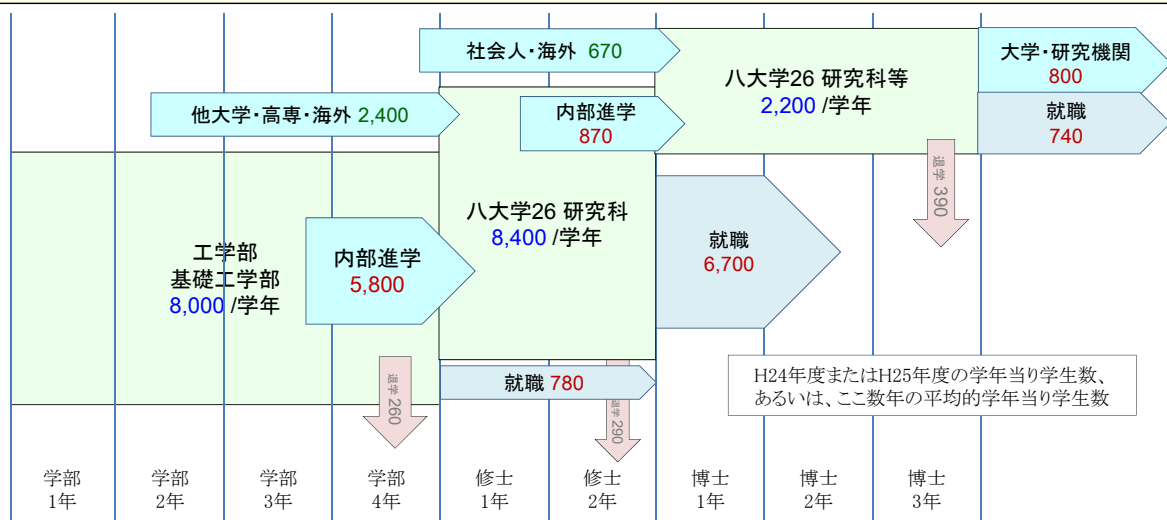
実質GDPと理工系博士号取得者数の推移

諸外国は一人当たり実質GDP増加(経済成長)に対して博士号取得者数も増加傾向にあるのに対して、日本の近年は実質経済成長に対して博士号取得者数の伸びが見られない。

出典: 村上進亮、高橋浩之、加藤隆史、光石衛、博士号取得者数の国際比較、工学教育(J. JSEE), 61-6 (2013)

八大学工学系会における学生の流れ[3]

八大学の工学部・基礎工学部等、および大学院修士課程には学年当たり約 8,400名が在学しているものの、博士課程の学生数は約2,200名(半数は留学生)と少数となる。また、学部・修士課程から博士課程への進学率はせいぜい割程度に留まっている。



<11学部>北海道大学工学部/東北大学工学部/東京大学工学部/東京工業大学工学部・命理工学部/名古屋大学工学部/京都大学工学部/大阪大学工学部・基礎工学部/九州大学工学部・芸術工学部

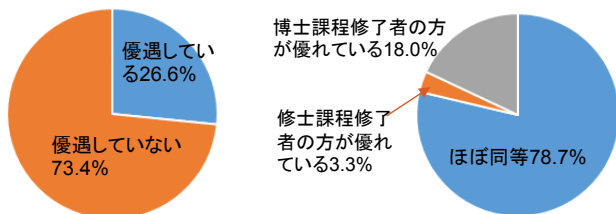
<26大学院>北海道大学大学院 工学研究院・総合化学研究院・情報科学研究科/東北大学大学院 工学研究科・情報科学研究科・環境科学研究科・医工学研究科/東京大学大学院 工学系研究科・情報理工学系研究科・新領域創成科学研究科/東京工業大学大学院 理工学研究科・生命理工学研究科・総合理工学研究科・情報理工学研究科・社会理工学研究科/名古屋大学大学院 工学研究科/京都大学大学院 工学研究科・エネルギー科学研究科・情報科学研究科/大阪大学大学院 工学研究科・基礎工学研究科・情報科学研究科/九州大学大学院 工学院・芸術工学院・システム情報科学研究科・総合理工学研究科

産業における博士人材の活躍

企業における博士人材活用の背景[4]

日本における博士課程修了者採用時の優遇措置はまだまだ。

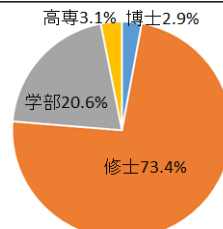
博士修了者の業務遂行能力に対する評価も今ひとつ。



(出展:「企業における博士課程修了者の状況に関するアンケート調査結果」産業技術委員会(2007.2.21)円グラフに改変)

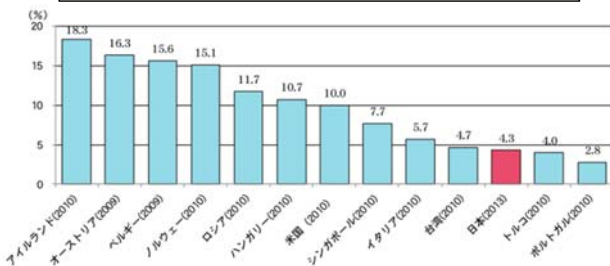
主要企業の技術系採用[5]

日本の主要企業における技術系採用は修士が中心(新卒:2001-2006)



(出展:「企業における博士課程修了者の状況に関するアンケート調査結果」産業技術委員会(2007.2.21)円グラフに改変)

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 [6]



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「OECD Science, Technology, and R&D Statistics」のデータを基に文部科学省作成

博士活躍の日米比較:博士人材の多くが民間企業で活躍する米国、企業への就職割合が低い日本 [7]

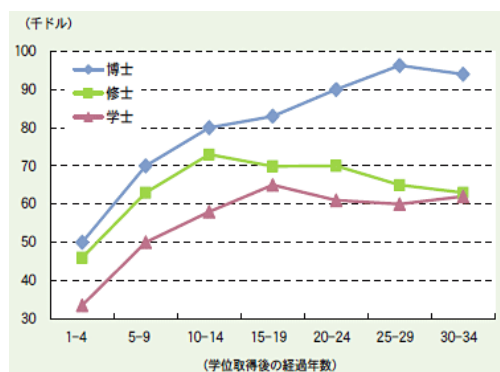
| 米国の現状<ストック> | 日本の現状<フロー> |
|--|---|
| 博士号取得者の民間営利企業への就業割合が高い | 博士課程修了者の製造業等民間営利企業 ^(*) への就職割合が低い |
| ① S&E分野の博士号を保有している全就業者の約34% | ① 科学技術分野の博士課程修了者の約12% |
| ② 理工農学系の博士号を保有している就業者の約42% | ② 理工農学系の博士課程修了者の約19% |
| ③ 工学系の博士号を保有している就業者の約59% | ③ 工学系の博士課程修了者の約26% |
| 科学者・エンジニア以外の多様な職業(非S&E関連職業)への就業割合が比較的高い(全就業者の約26%) | 科学技術関連職業以外については、保健医療関連職業への就職割合を除き、詳細不明 |

(*)ここでは、産業大分類上、主として民間経営であると思われる産業を「民間営利企業」とした。

出展:文部科学省科学技術政策研究所調査資料-103「博士号取得者の就業構造に関する日米比較の試み-キャリアパスの多様化を促進するために-(H15年12月)」

米国における博士人材の評価・能力開発

米国においては学位取得者の評価が高い。平均年収は学位取得後30年で修士の1.5倍に到達する。[8]



注) 科学工学分野の学位取得者の平均年収である。
資料: National Science Foundation 「Science and Engineering Indicators 2006」 Figure 3.22

米国における取得学位別・学位取得後経過年数別の平均年収(2003)

http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200701/016.htm

米国においては、科学技術人材が研究者としての能力を高め、活躍の場を広げていく仕組みが有効に機能している。[9]

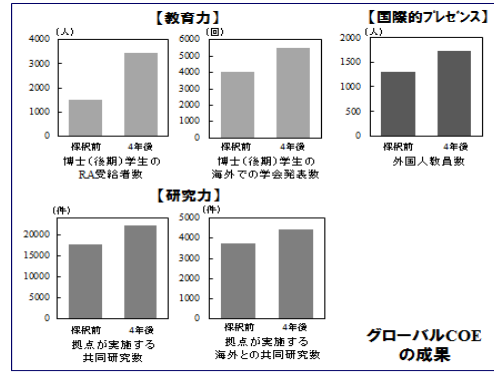
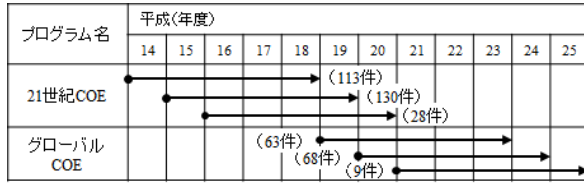
- ①米国では、研究者としてのキャリアアップを図る上で、**博士号を取得することが有利に働くこと**
- ②大学の研究レベルを高めるために、**各大学は優秀な学生を大学院に集めることを競い合うこと**
- ③進学した優秀な大学院生に対し、担当する**研究活動の価値を社会的に認め、相当の対価を払う代わりに、大学院生は自分の責任を担うこと**
- ④こうした研究活動に加え、Ph.D適正試験を通じ、**研究リーダーとしての能力、あるいは将来の研究リーダーとしての潜在能力を徹底的に鍛えられること**
- ⑤中でも、独自の研究構想を組み立て、これを発表し、周りを説得する能力が試される「**プロポーザル**」は、**博士課程学生が研究リーダーとしての力を養う重要な場となっている**

(「切磋琢磨するアメリカの科学者たち(菅裕明著)」を基に、科学技術人材の活動実態に関する日米比較分析-博士号取得者のキャリアパス-科学技術政策研究所・日本総研(2005年3月)から抜粋)

我が国の博士人材育成のための教育プログラム^[10]

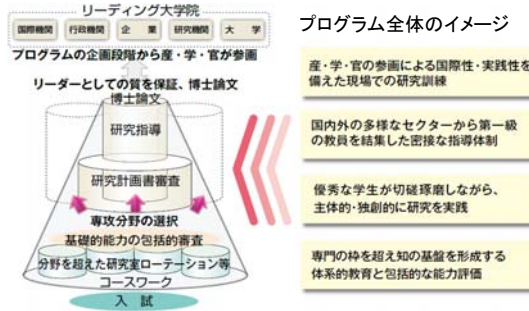
1. 21世紀COE & グローバルCOE

我が国の大学院の教育研究機能を一層充実・強化し、国際的に卓越した研究基盤の下で世界をリードする創造的な人材育成を図るため、国際的に卓越した教育研究拠点の形成を重点的に支援し、もって、国際競争力のある大学づくりを推進することを目的とする（グローバルCOE）。



2. 博士課程教育リーディングプログラム

優秀な学生を俯瞰力と独創力を備え広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーへと導くため、国内外の第一級の教員・学生を結集し、産・学・官の参画を得つつ、専門分野の枠を超えて博士課程前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラムを構築・展開する大学院教育の抜本的改革を支援し、最高学府に相応しい大学院の形成を推進する。(事業期間:原則7年間)



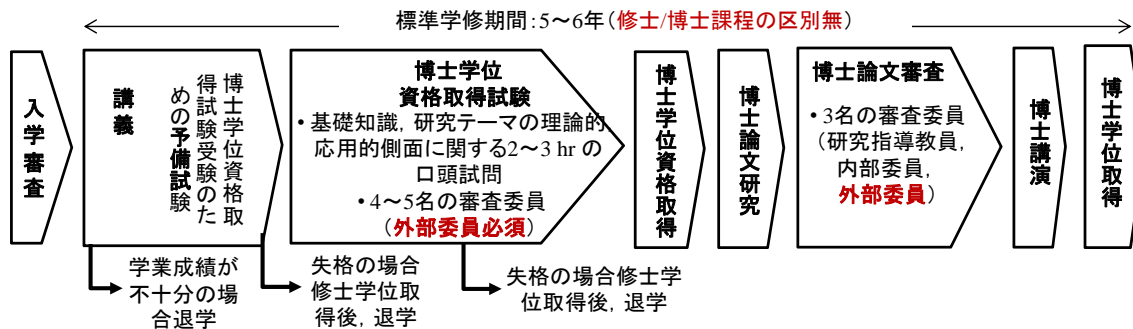
【選定数】

| 類型・テーマ | 平成23年度 | 平成24年度 | 平成25年度 |
|----------|--------|--------|--------|
| オールラウンド型 | 3 (2) | 2 (2) | 2 (2) |
| 複合領域型 | | | |
| 環境 | 4 (3) | 2 (1) | |
| 生命健康 | 4 (3) | 2 (1) | |
| 物質 | | 3 (3) | 3 (2) |
| 情報 | | 3 (3) | 4 (1) |
| 多文化共生社会 | | 3 (1) | 3 |
| 安全安心 | 1 (1) | 2 (1) | |
| 横断的テーマ | 2 (1) | 2 (1) | 2 (1) |
| オンリーワン型 | 6 (1) | 5 | 4 |

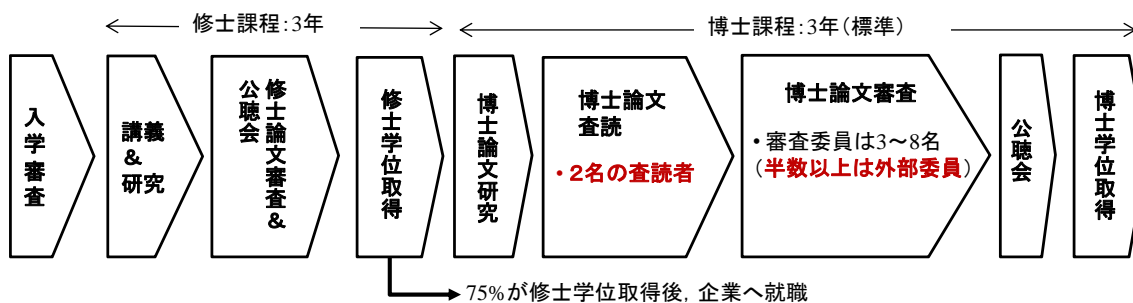
() は八大学工学系研究科が関わるプログラム数
(平成25年度博士課程教育リーディングプログラムパンフレットより)

欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(1)^[11]

【アメリカの大学(UCB)の場合】



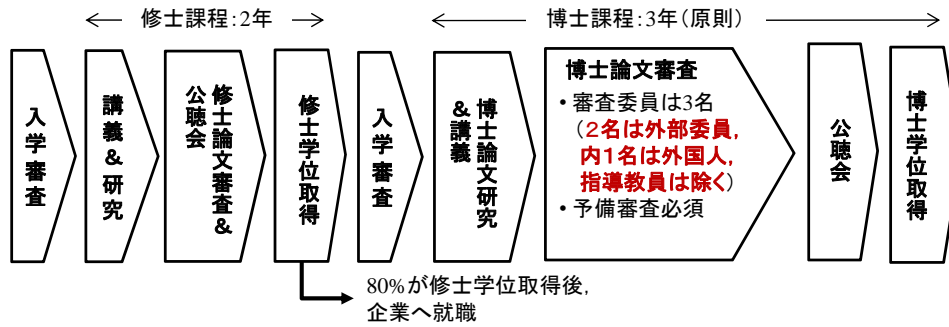
【ヨーロッパの大学(オルレアン大学・フランス)の場合】



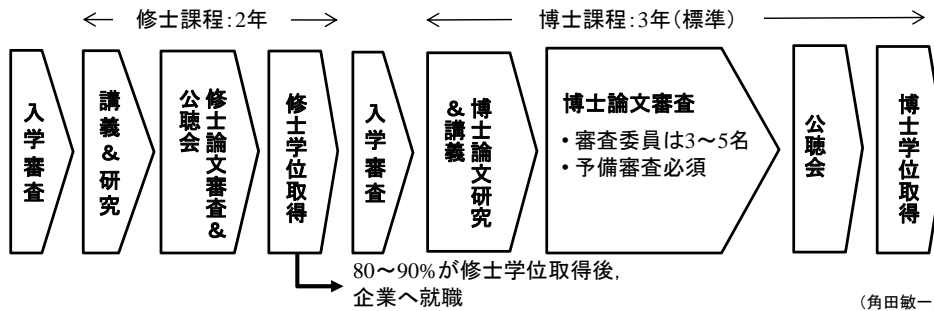
(角田敏一, 大学評価・学位研究, 13, 23-36 (2012), 13, 39-56 (2012), 14, 21-35 (2013)より)

欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(2) [11]

【ヨーロッパの大学（デンマーク工科大学）の場合】



【日本の場合】



(角田敏一, 大学評価・学位研究, 13, 23-36 (2012), 13, 39-56 (2012), 14, 21-35 (2013)より)

欧州における学費と奨学金(国別) [12]

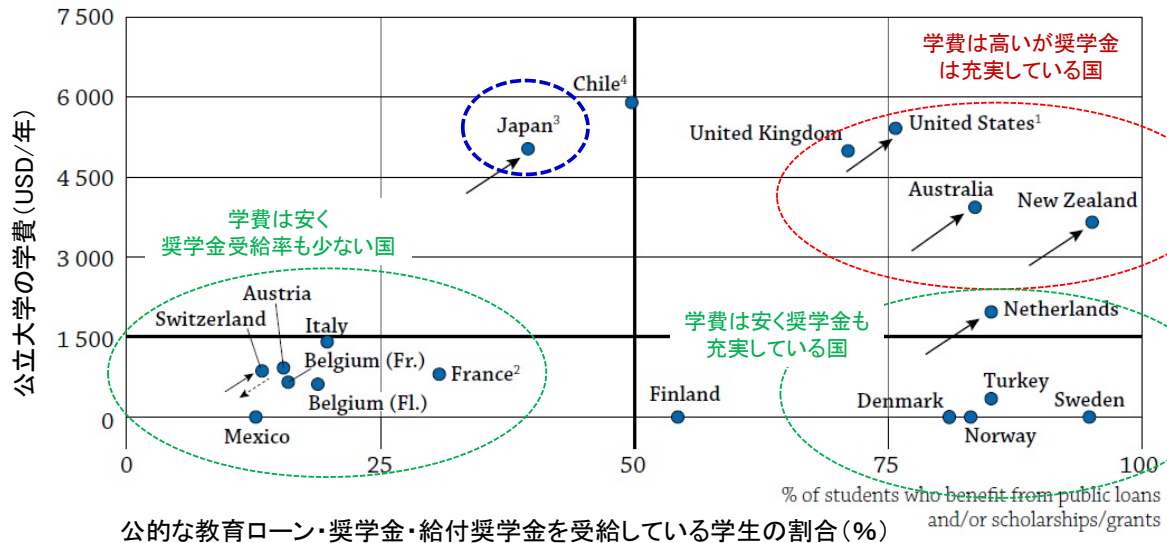
欧州ではそもそも学費が安い。学費が高い国でも大多数の学生が各種奨学金を受給している。

2011 Academic year

Average tuition fees charged by public institutions, first degree programmes, in USD

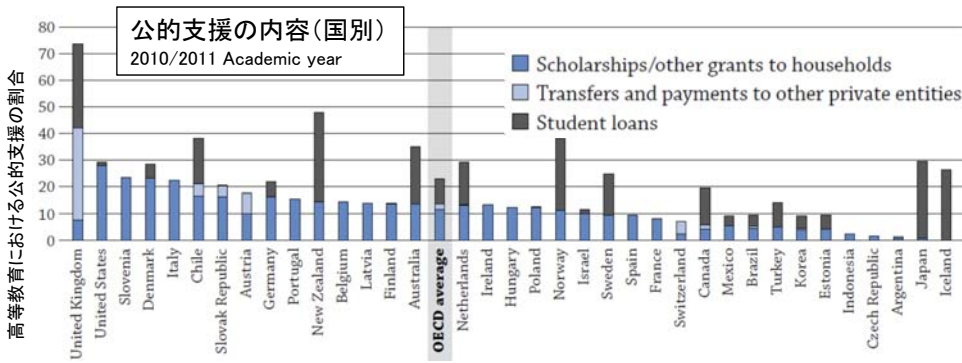
日本:

2010~11年度の国公立の高等教育期間の平均授業料は5,019ドル。公的な奨学金の利用者は約4割。



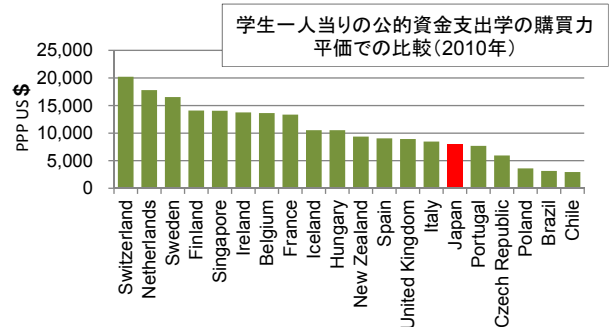
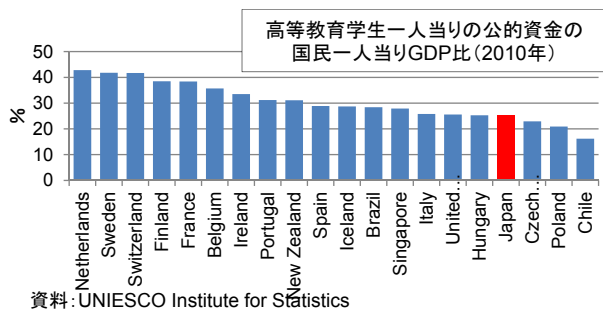
資料: Relationship between average tuition fees charged by public institutions and proportion of students who benefit from public loans and/or scholarships/grants in tertiary-type A education (2011), Education at a Glance 2014

欧州型は国による手厚い学生支援 [13]



学費の高い国では公的支援割合も高い。(英・米・豪等)
日本では、教育費の約30%を公的資金により補助している。しかし、そのほとんどが返済を要する教育ローン(貸与型奨学金)である。

出典: Public support for tertiary education(2011), Education at a Glance 2014



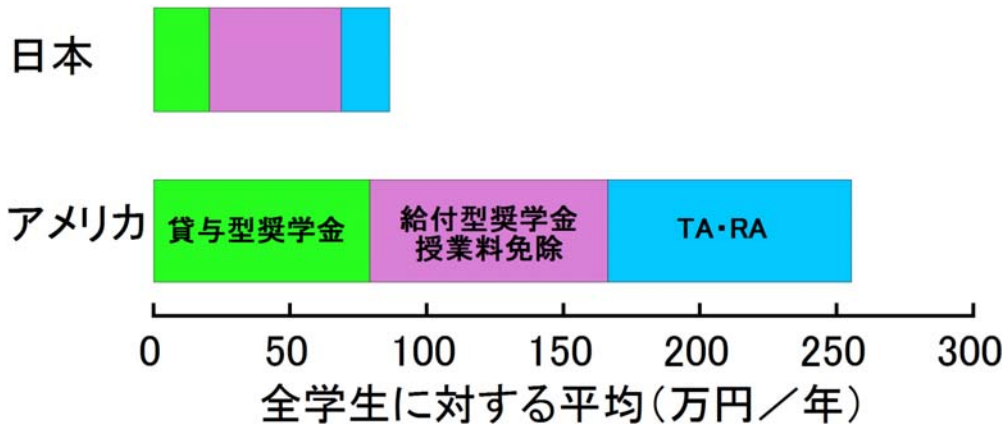
資料: UNESCO Institute for Statistics

資料: UNESCO Institute for Statistics

そもそも欧州諸国では伝統的に公的資金による手厚い学生支援が行われている。

博士学生生活支援 日米比較 [14]

アメリカでは、多くの大学院学生(90%以上)が給付型奨学金、リサーチ・アシスタント等により返済義務のない生活費相当分の支援を受けている。日本では、学費・生活費の心配なく学業に専念できる学生は、JSPS特別研究員など少数に限られ、TA、RAの給与は生活を支えるには程遠い。

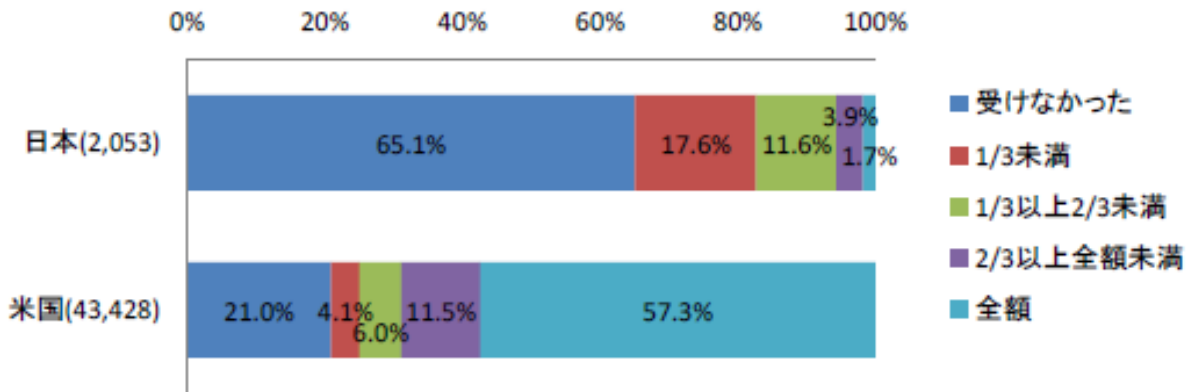


出典: 中央教育審議会大学分科会 大学院部会(第67回)H25.10.31他。アメリカのデータは、2009年で、1ドル95円で換算。
注) 貸与型奨学金 日本はJASSOのみ。給付型奨学金、日本はJSPSのみ。

学費の免除 日米比較 [15]

大学院で学費を免除された人数の割合は、一部免除を含んで日本34.9%、アメリカ79.0%。全額免除された割合は、日本1.7%、米国57.3%と、日本は圧倒的に少ない。

大学院で学費の免除された割合



出典: 文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術政策研究所「我が国の博士課程修了者の大学院における修学と経済状況に関する調査研究」、2012年3月

Stanford 大学における博士課程学生への経済的支援の例 [16]

Stanford Graduate Fellowship in Science and Engineering

人数: 毎年130名

期間: 3年間

給付金: 授業料 (37,000ドル) + 給付金 (36,500ドル)

→ 3年間トータルで22万ドル (2,600万円、1ドル120円換算) 以上の給付

(電気工学科の例)

大学院には修士・博士の区別なく入学。院生は研究補助者(RA)という位置づけであり、研究補助業務に対して給与が支払われる。給与額はエフォートによって決まる。通常は50%で額は\$3,145/month。夏休み期は、授業が無く研究に割く時間数が多いという理由により、エフォートは50-90%とカウントされ、その分たくさん貰う。増額量は教授に依る。授業料は、学校と教授が負担し、学生が払うことはない。以上の原資は教授が獲得してくる研究資金。したがって、教授の資金力によって研究室の学生数が違ってくる。

科学技術を基盤に産業を牽引する博士人材育成の提言

