

工学系高度人材育成の動向と海外との比較

1. 我が国の基礎研究が危ない

- ◇ 学術論文に見る研究力の低下
- ◇ 基礎研究を支える研究費と研究者

2. 高度工学系人材としての博士人材

- ◇ 博士人材の産業での活躍に関する国際比較
- ◇ 博士人材の育成環境について

3. 科学技術立国の復活に向けて

2018年9月7日

東京大学名誉教授

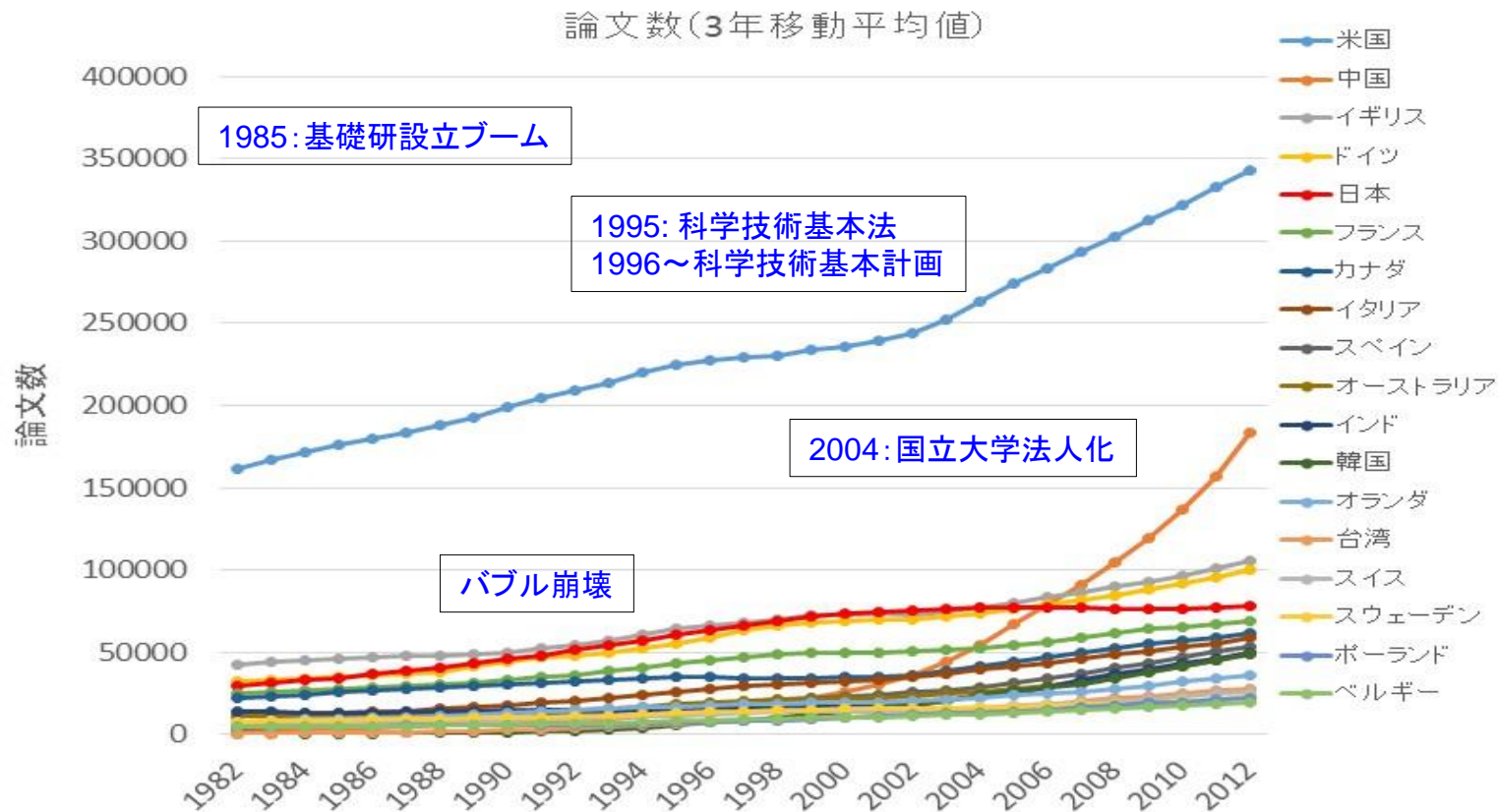
八大学工学系連合会事務局長

石原 直

1. 我が国の基礎研究が危ない

- ◇ 学術論文に見る研究力の低下
- ◇ 基礎研究を支える研究費と研究者

最近の論文掲載数の国際比較(1982~2012)

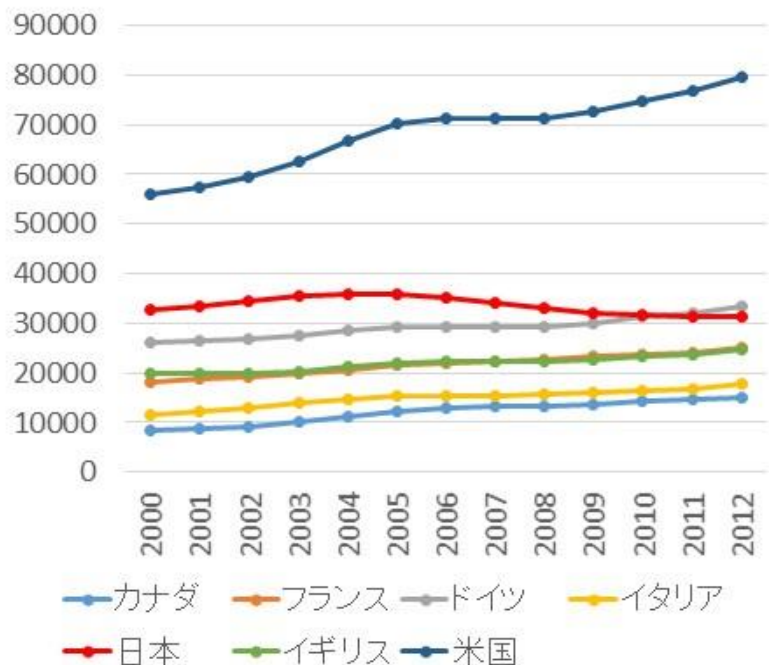


注) トムソン・ロイター InCites™ に基づく。整数カウント法、3年移動平均値。図中の年は3年平均をとった中央年。

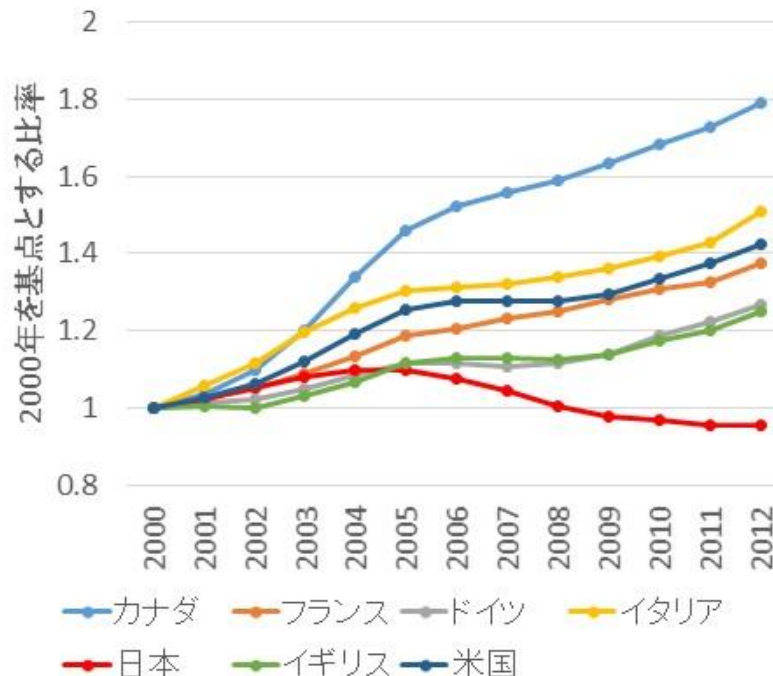
(国立大学協会・政策研究所より)

工学系論文数の推移

工学系論文数



工学系2000年基点比率



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。

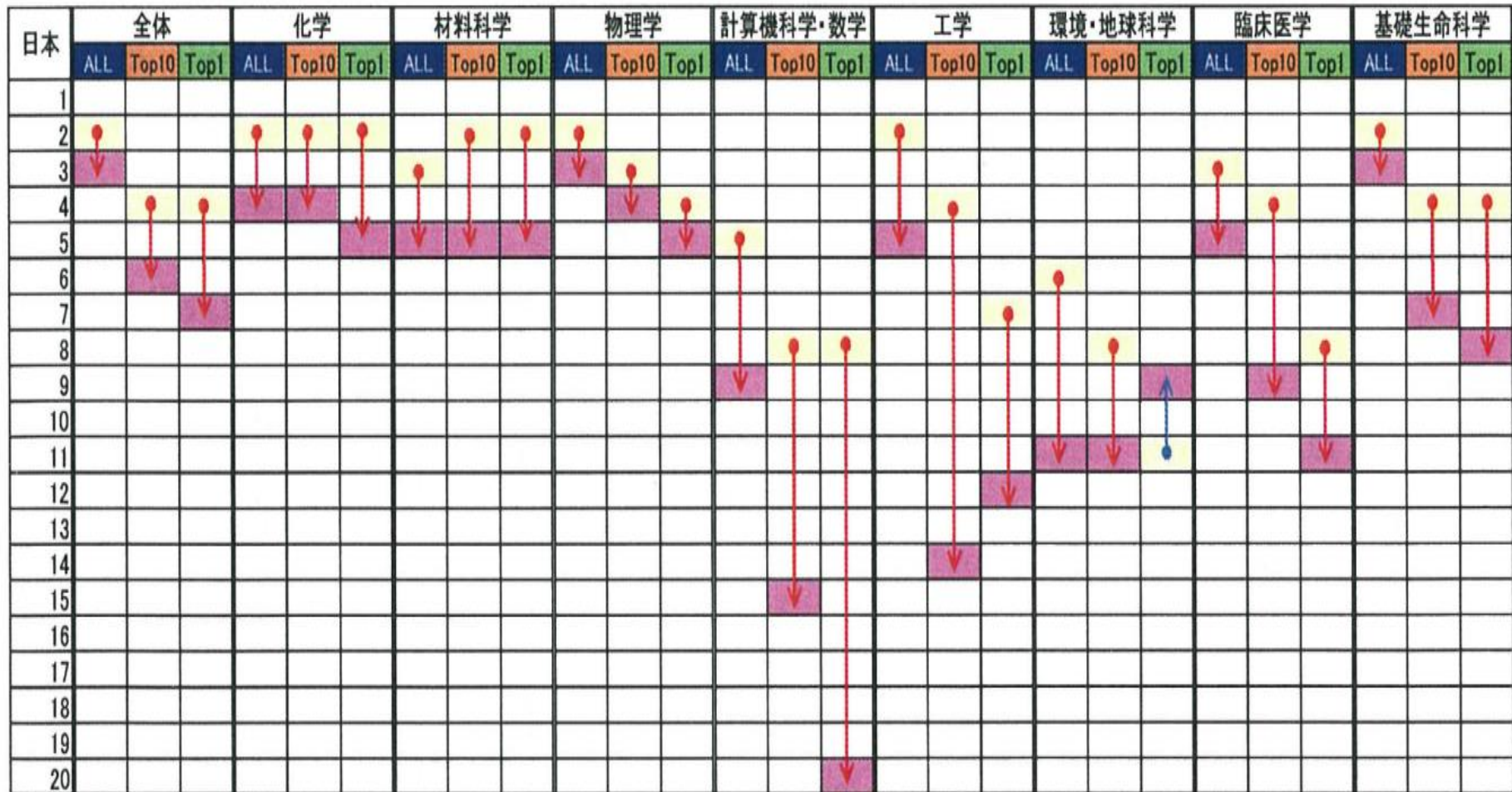
(国立大学協会・政策研究所より)

発表論文数ランキングの推移

IF: Impact Factor

(2001-2003年) → (2011-2013年)

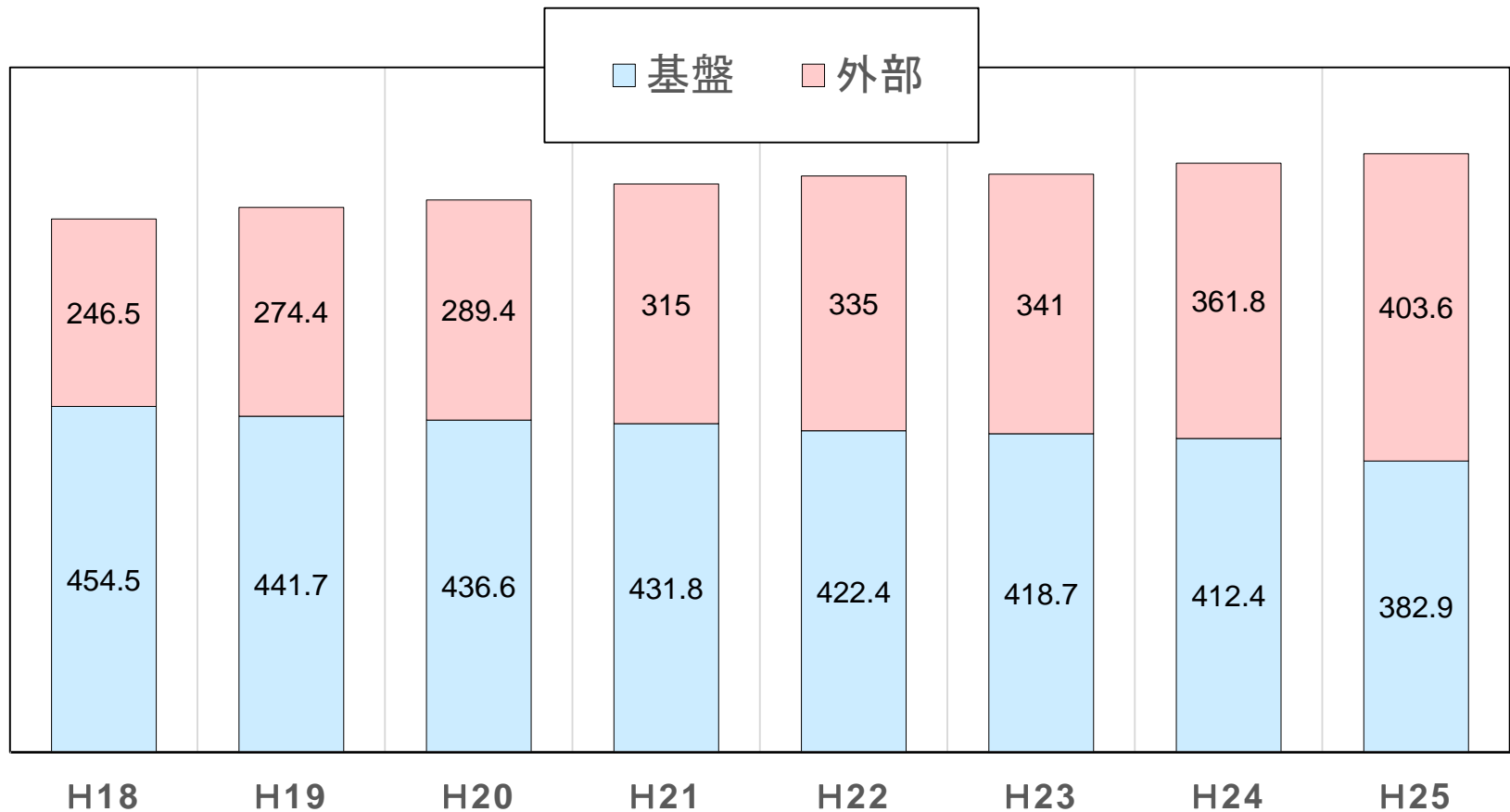
Top10, Top1



(科学技術・学術政策研究所より)

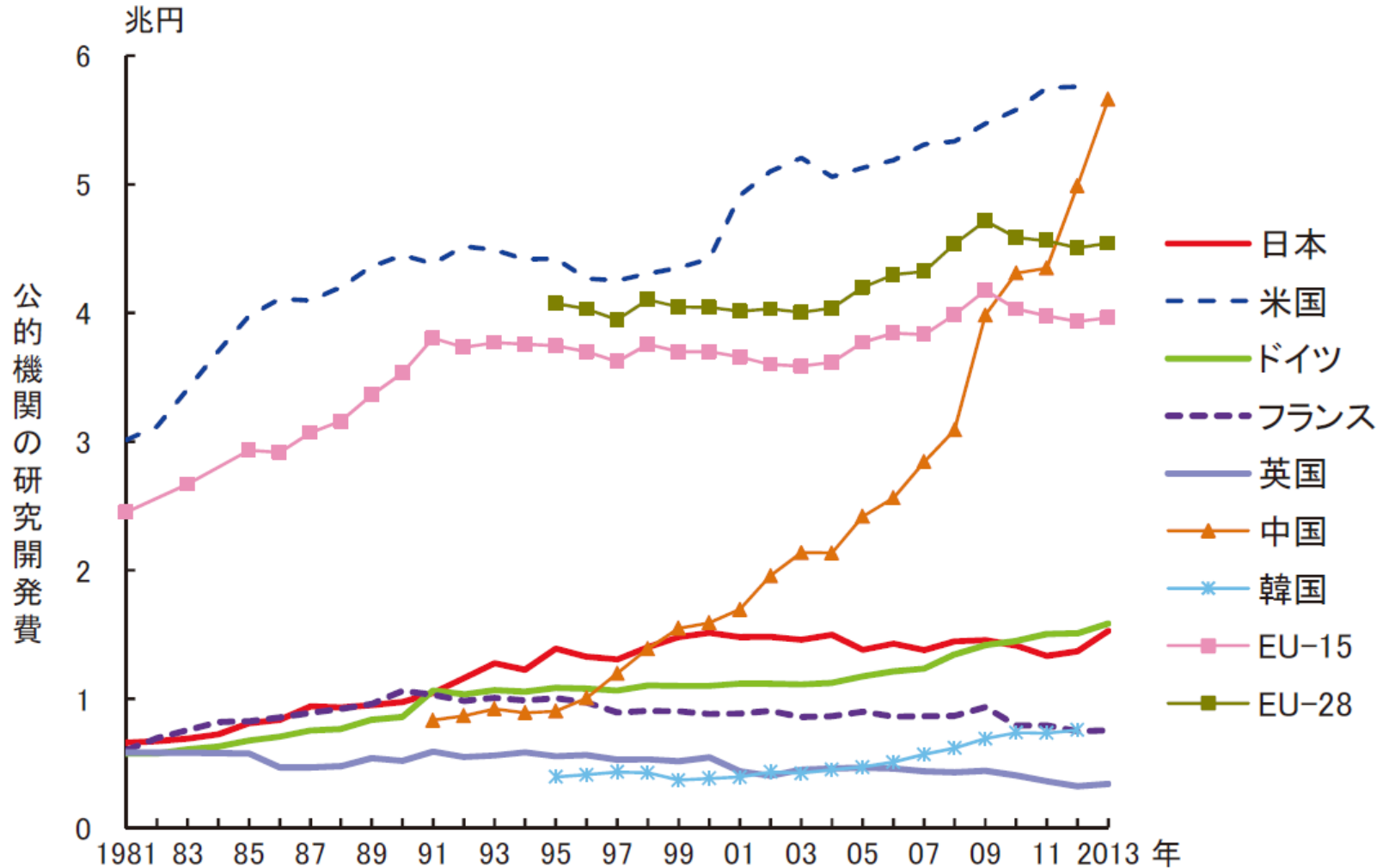
基盤的資金と外部資金の推移

主要国立大学(八大学+筑波)資金の推移 (単位10億円)



(学術研究懇談会(RU11)提言(H26.8.26)のデータより作成)

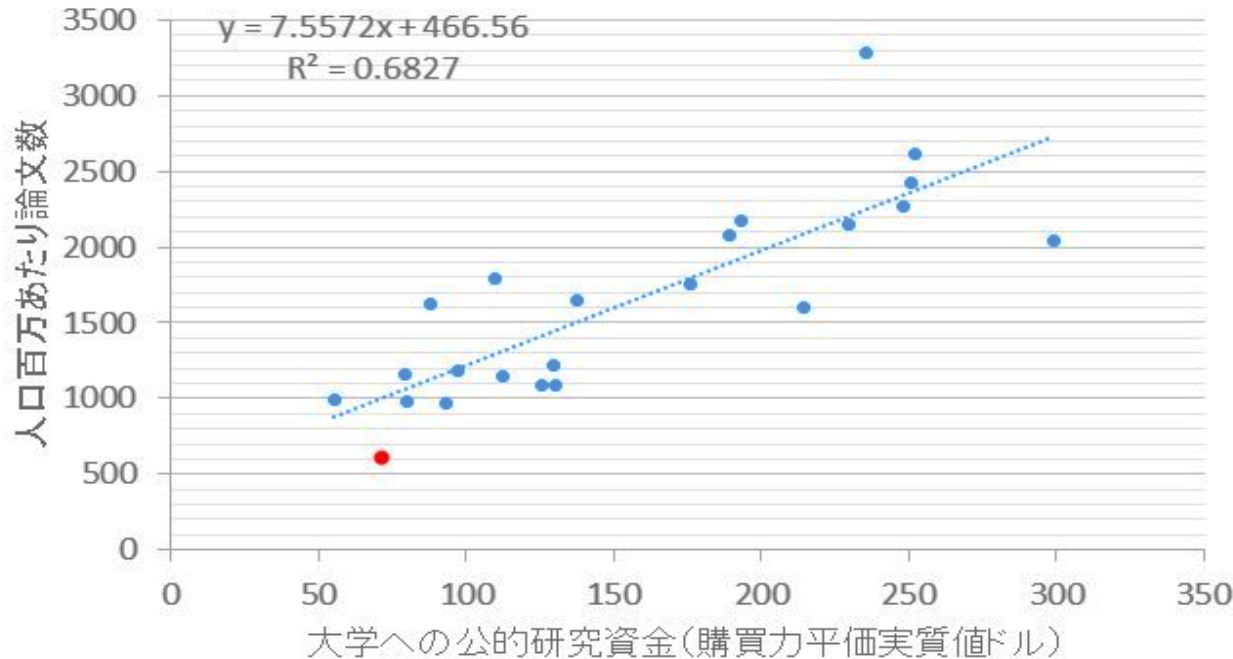
大学に投入される研究費の国際比較



(科学技術・学術政策研究所より)

大学への人口あたり公的研究資金と論文数の相関

2009年高等教育機関への公的研究資金と2012論文数の相関

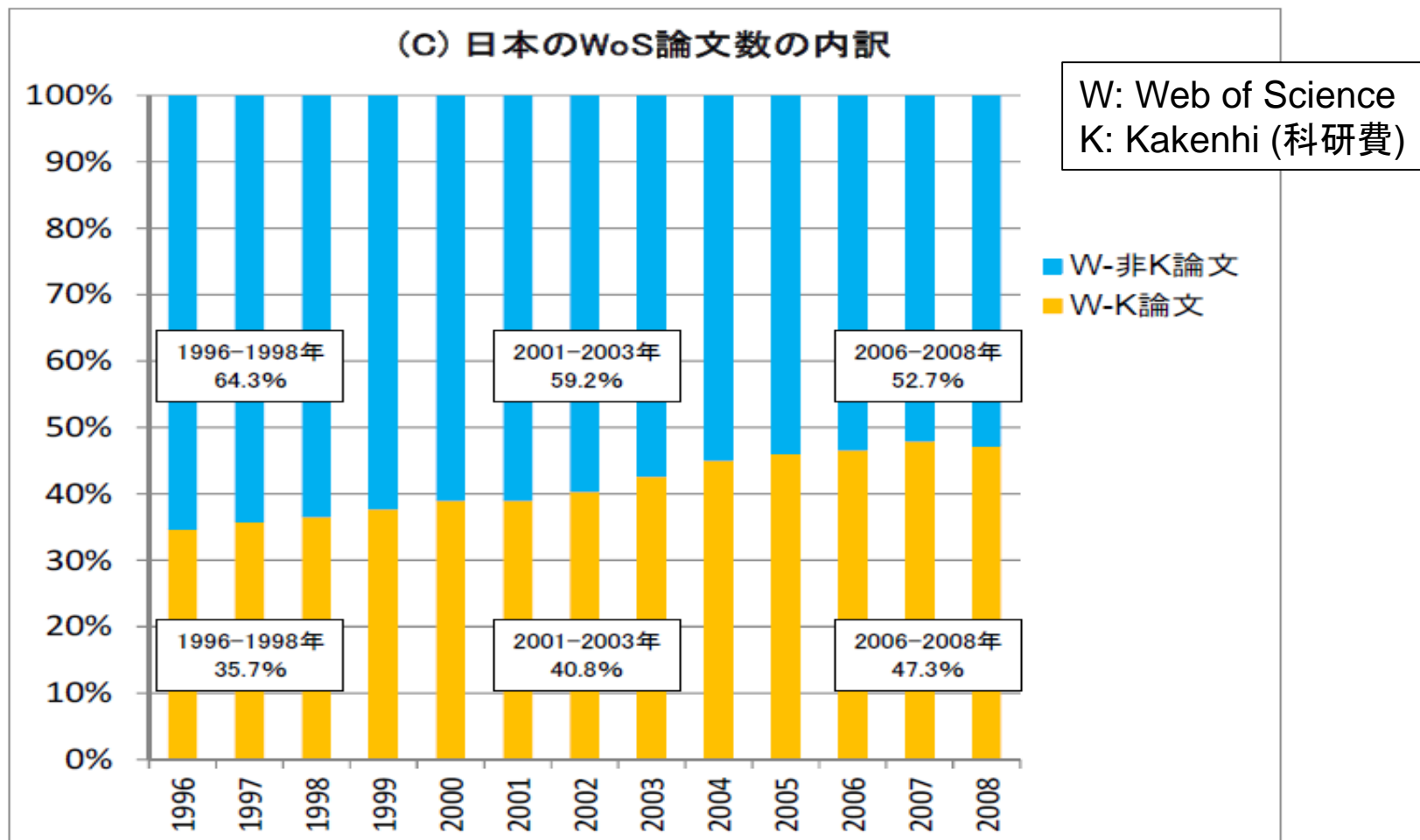


論文数の多い順
スイス
デンマーク
スウェーデン
ノルウェー
オーストラリア
オランダ
フィンランド
シンガポール
ベルギー
カナダ
イギリス
イスラエル
オーストリア
ドイツ
台湾
スペイン
ポルトガル
フランス
米国
チェコ
韓国
イタリア
日本

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。

(国立大学協会・政策研究所より)

科研費論文数と非科研費論文数の割合

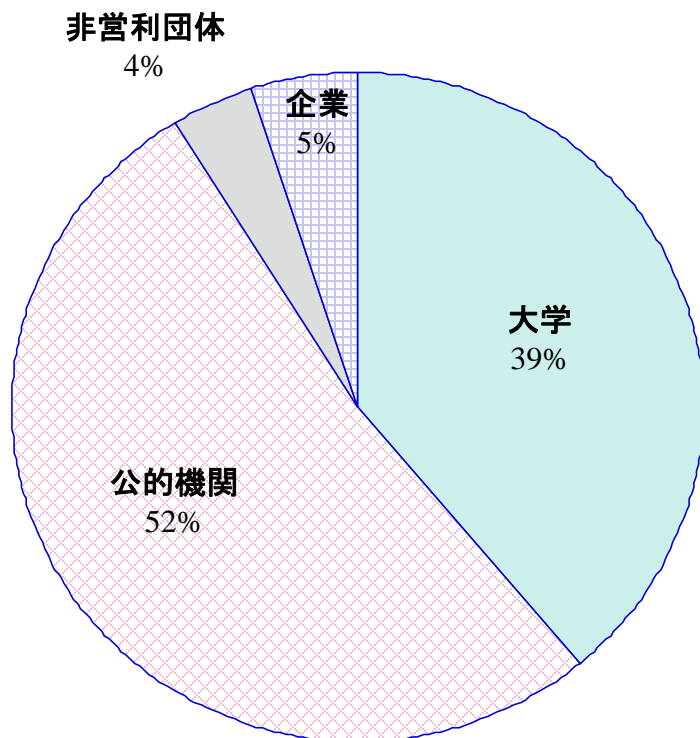


データ: トムソン・ロイター Web of Science XML (SCIE, 2011年12月末バージョン) および KAKEN XML (2012年3月16日更新) を基に、科学技術・学術政策研究所が集計。整数カウント法による。図表内の数値は、3年移動平均値である。

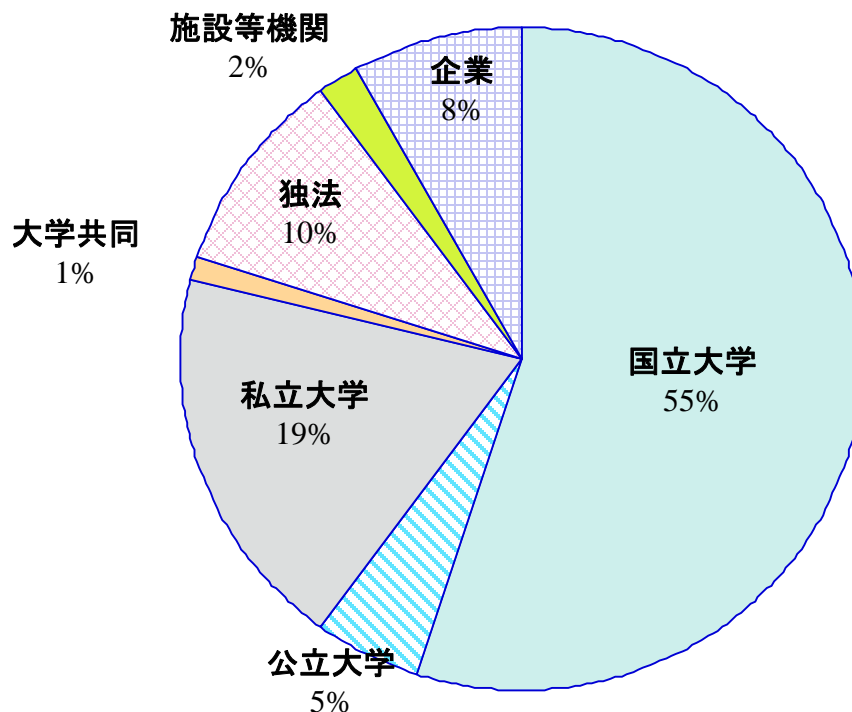
(科学技術・学術政策研究所より)

研究機関別の政府提供資金と論文数

政府供給研究開発資金の支出先内訳
(2013年)



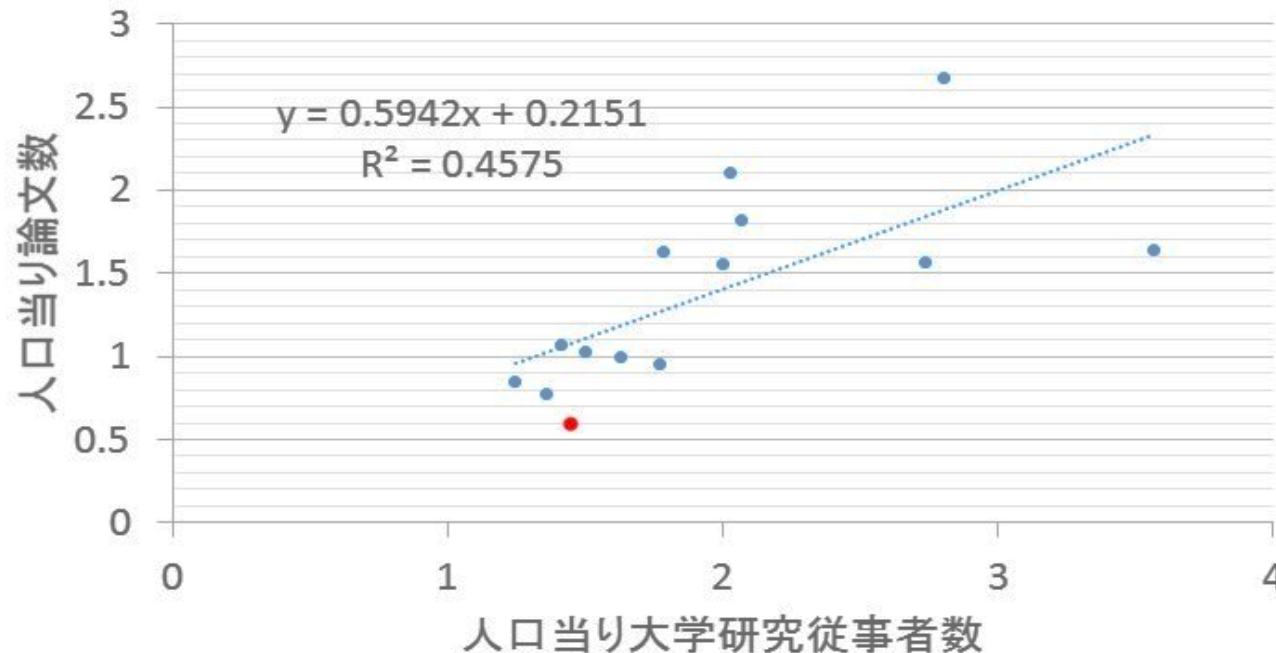
論文数(2009-2011平均)内訳



(国立大学協会・政策研究所より)

人口あたり(実効)大学研究者数と論文数

主要国における人口あたり高等教育機関研究従事者数 (FTE)と論文数の相関



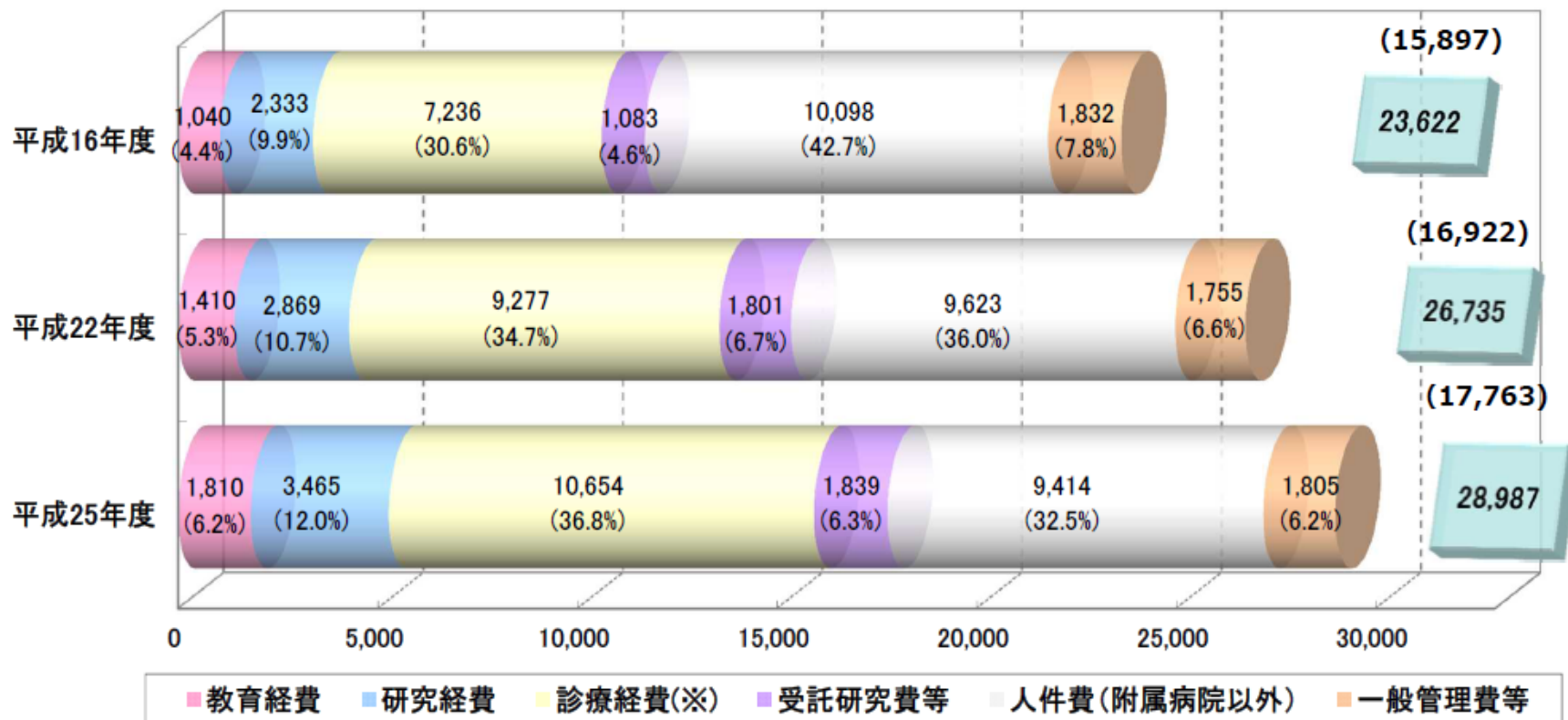
人口当たり論文数の多い順
スイス
スウェーデン
オランダ
オーストラリア
カナダ
イギリス
ベルギー
ドイツ
台湾
フランス
スペイン
イタリア
韓国
日本

注) OECD.StatExtractsのデータに基づくFTE研究者数の2009年値。オーストラリアおよびスイスは2008年値。論文数はトムソンロイターInCites™のデータに基づく整数カウント法、2008-2010年3年平均値(オーストラリア、スイスは2007-2009年3年平均値)。

(国立大学協会・政策研究所より)

国立大学の経常費用の推移

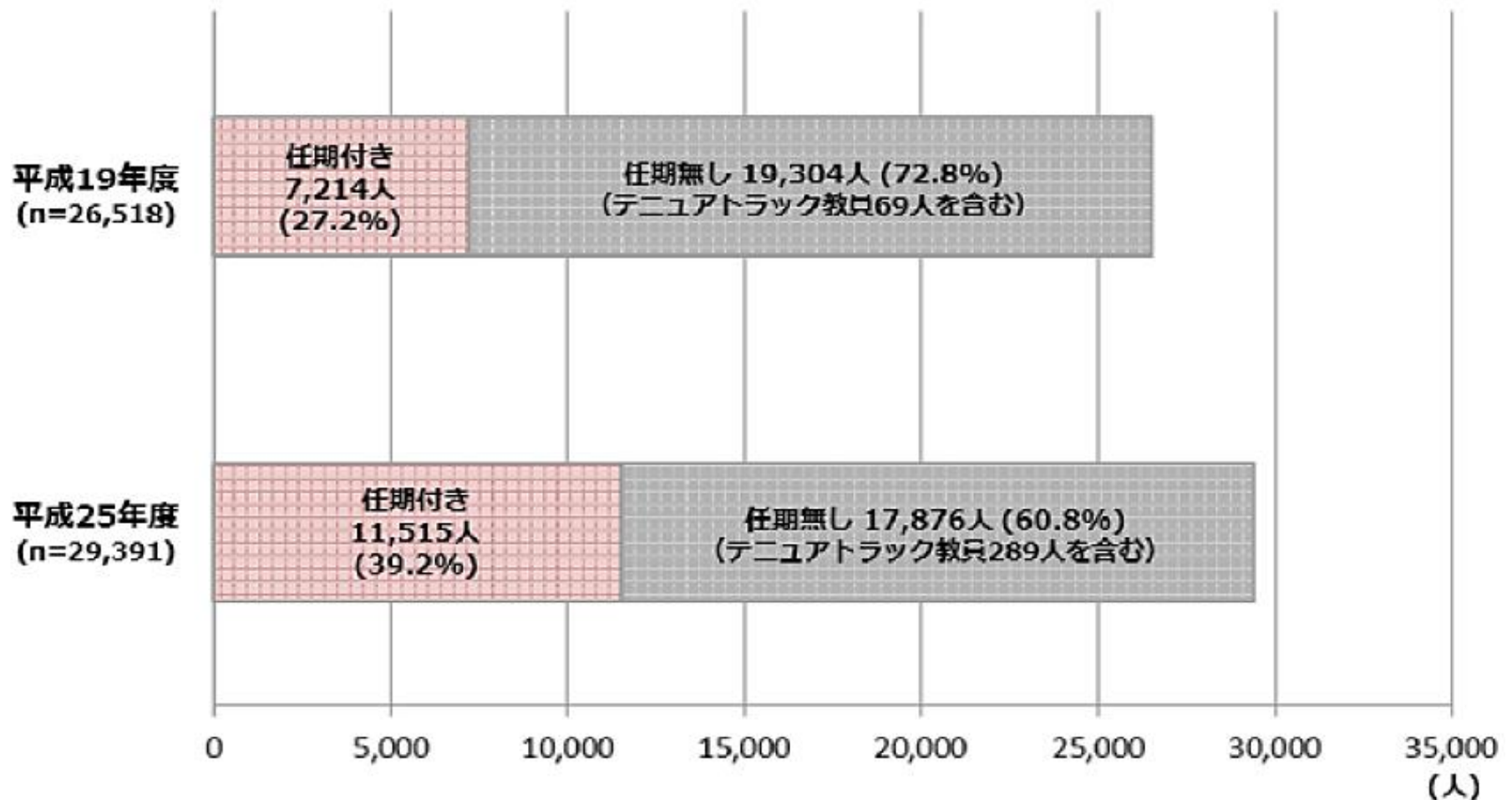
(単位:億円)



※ 附属病院の教職員人件費を含む
 ※ ()内は附属病院における経常費用を除いた額

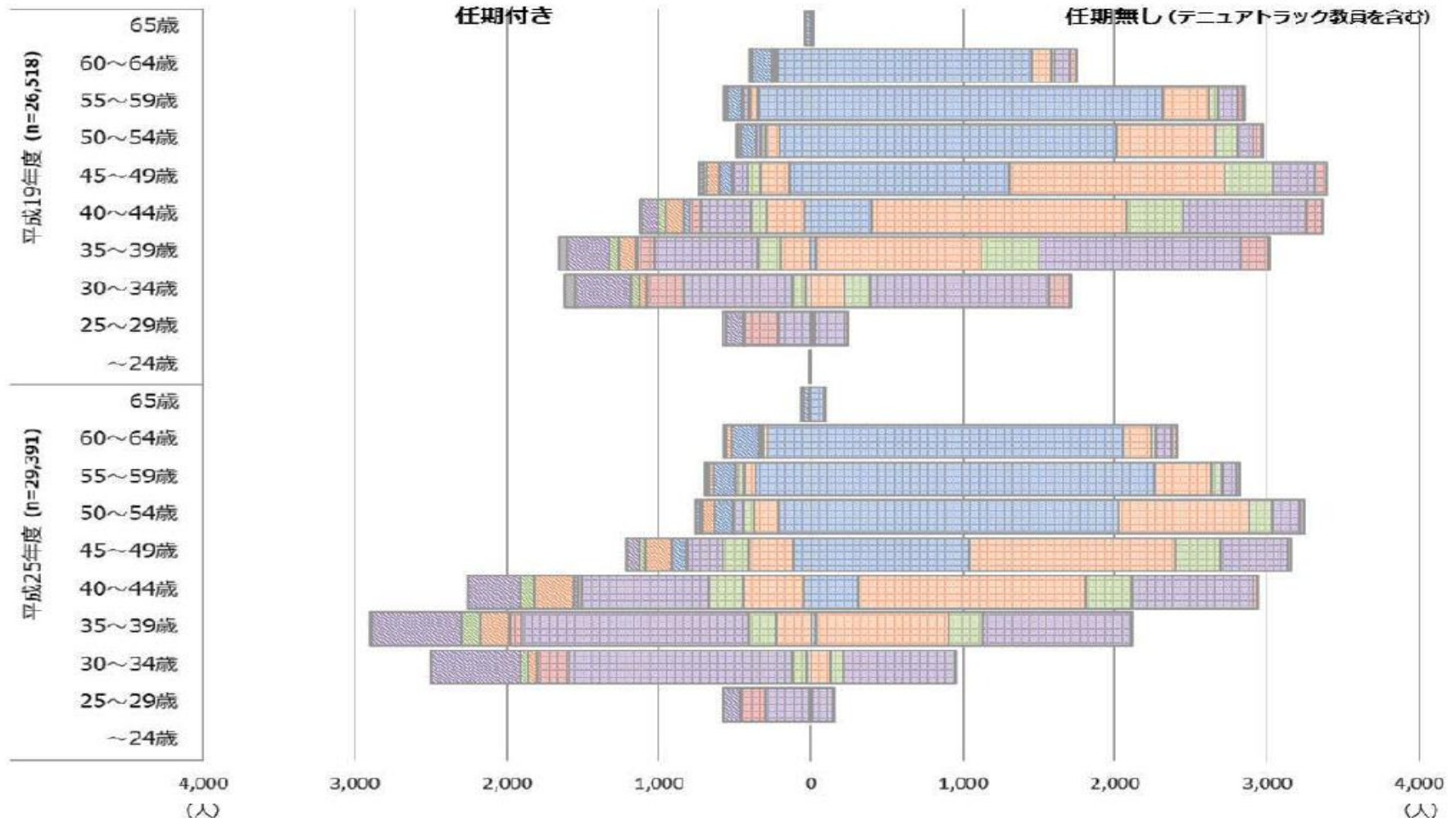
各国立大学法人「平成25事業年度財務諸表」を基に作成

任期付き・任期無し教員数の推移(RU11)



(科学技術・学術政策研究所より)

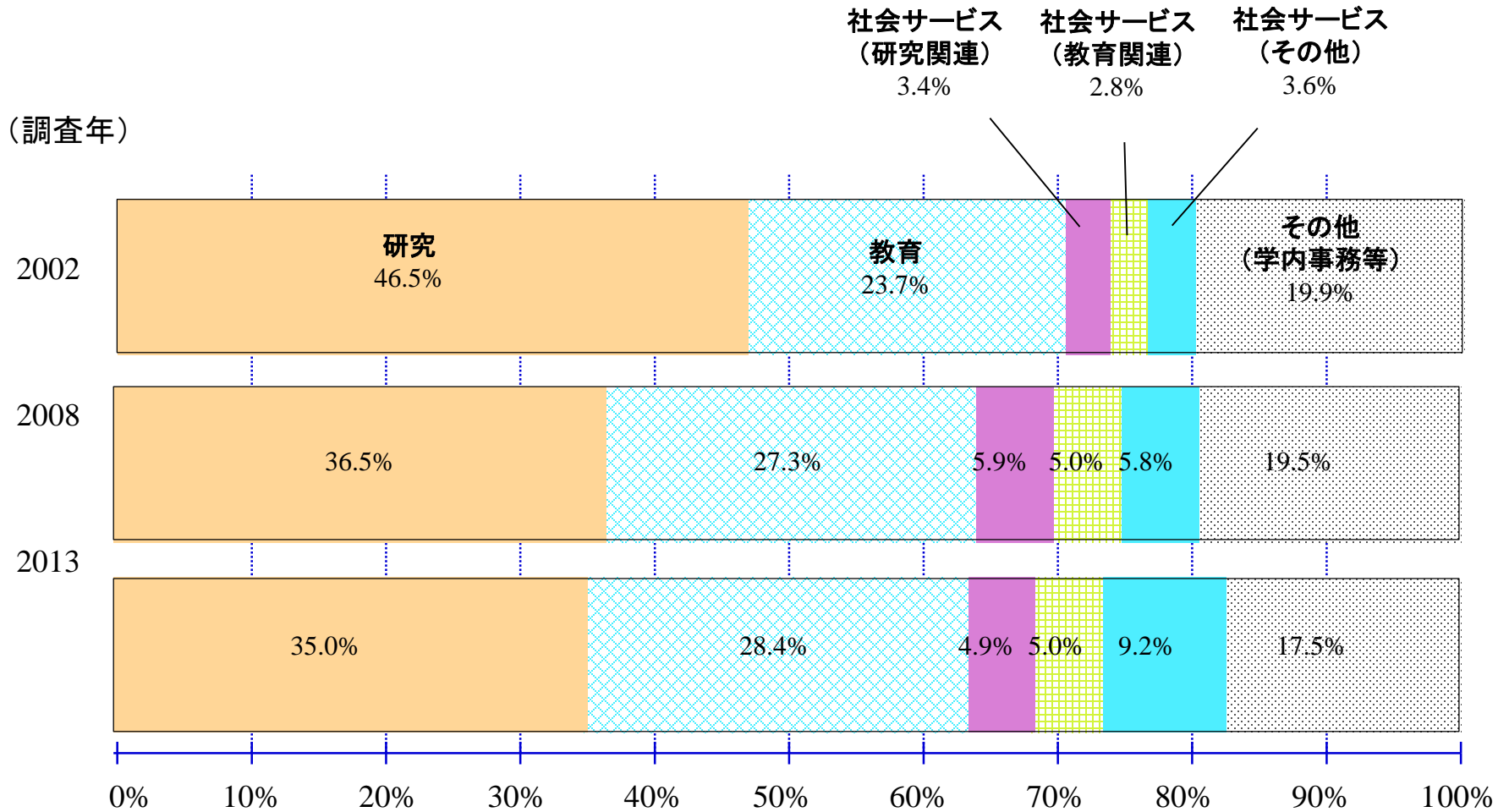
任期の有無と年齢別職位構成(RU11)



※平成25年度のnには不明者4人を含む

(科学技術・学術政策研究所より)

大学教員の職務活動時間割合



(科学技術・学術政策研究所より)

カテゴリー別の研究時間割合

		研究時間割合			研究時間割合の差分(ポイント)		
		2002年調査	2008年調査	2013年調査	02年調査 → 08年調査	08年調査 → 13年調査	
全大学等		46.5%	36.5%	35.0%	-10.0	-1.5	
カテゴリー	大学の種類別	国立	50.7%	41.0%	42.5%	-9.8	1.5
		公立	47.2%	37.7%	36.6%	-9.5	-1.1
		私立	42.7%	33.3%	29.9%	-9.4	-3.4
	組織の学問分野別	人文・社会科学	46.4%	33.9%	35.0%	-12.4	1.0
		理学	56.9%	48.7%	51.0%	-8.2	2.3
		工学	48.2%	37.7%	39.2%	-10.5	1.5
		農学	50.3%	40.0%	40.2%	-10.4	0.2
		保健	46.0%	38.8%	31.9%	-7.1	-6.9
		その他	39.2%	28.4%	28.5%	-10.8	0.1
		個人の職位別	教授	44.9%	34.2%	33.1%	-10.7
	准教授(助教授)		47.4%	34.2%	35.7%	-13.2	1.5
	講師		44.0%	35.4%	31.6%	-8.6	-3.8
	助教(助手)		55.8%	52.2%	40.8%	-3.5	-11.4
	論文シェアによる大学グループ別	第1G	57.3%	50.0%	52.5%	-7.4	2.5
		第2G	50.1%	42.0%	42.0%	-8.1	0.1
		第3G	50.5%	39.0%	37.9%	-11.6	-1.0
第4G		47.7%	38.6%	33.8%	-9.0	-4.8	

(科学技術・学術政策研究所より)

米国主要大学の研究室構成

大学	教授/ 准教授	分野	サンプル 数	研究員(人)		院生(人)	
				平均	標準偏 差	平均	標準偏 差
Harvard	1	計算科学/材料 /バイオ	17	4.1	3.0	5.4	0.8
Caltech	1	化学	24	3.8	2.3	8.0	4.2
MIT	1	材料	13	4.0	3.9	6.2	3.2
Stanford	1	電気/応物	9	1.8	2.0	7.1	3.0

Stanford大・研究室秘書の話

(研究室ホームページより)

「教授の授業負担は1クラス/週」

「研究以外のエフォートは20%くらい」

「入試関連業務は専門の部署があり、教授陣は関与しない」

論文筆頭著者における若手研究者(学生、ポスドク)の割合

			回答数	若手研究者の割合		
					学生	ポスドクター
通常論文	日本	自然科学系	849	35%	25%	10%
		物理科学系	448	31%	22%	9%
		生命科学系	270	45%	34%	11%
	米国	自然科学系	606	49%	31%	19%
		物理科学系	298	53%	38%	15%
		生命科学系	117	60%	33%	27%
高被引用度論文	日本	自然科学系	274	39%	19%	20%
		物理科学系	158	33%	18%	15%
		生命科学系	66	52%	20%	32%
	米国	自然科学系	261	51%	23%	28%
		物理科学系	129	57%	38%	19%
		生命科学系	59	64%	14%	51%

(科学技術・学術政策研究所より)

2. 高度工学系人材としての博士人材

◇ 博士人材の活躍に関する国際比較

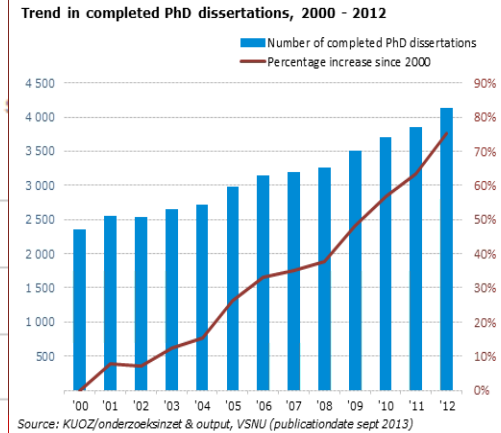
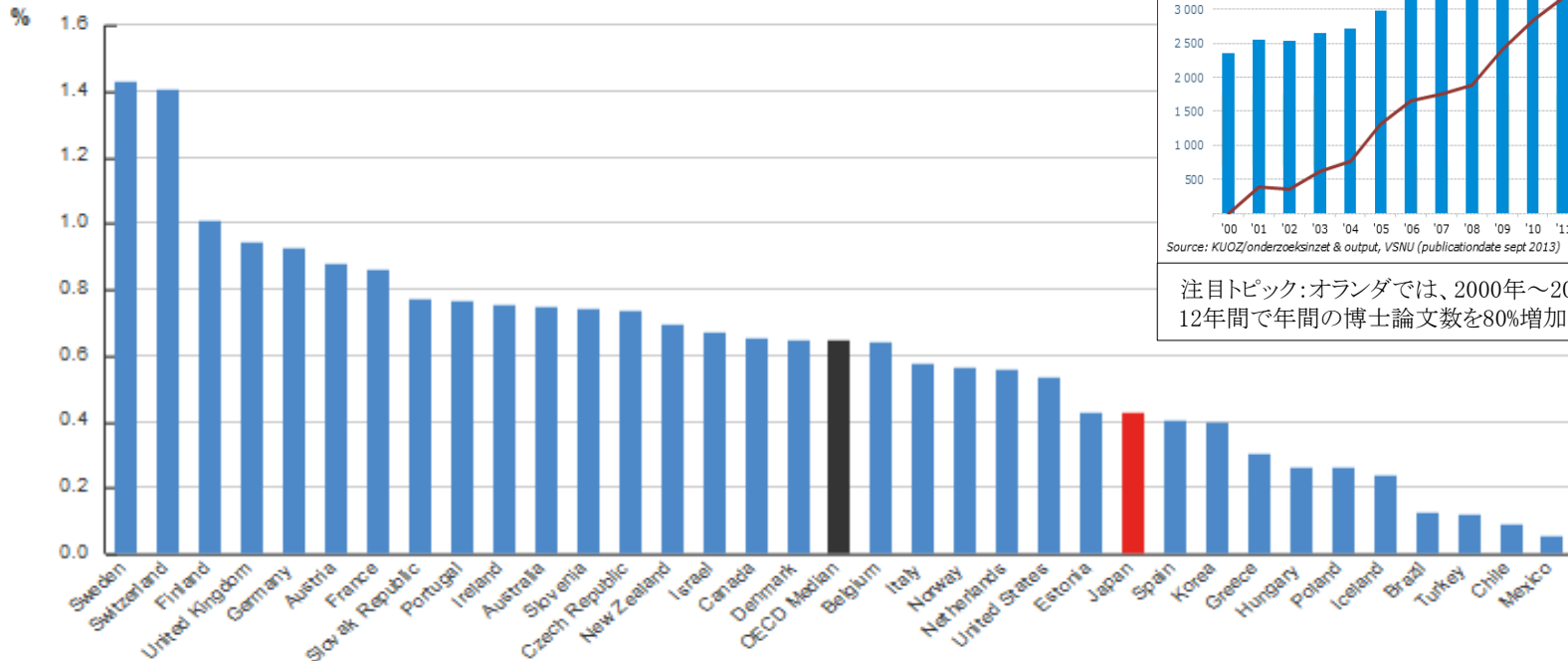
◇ 博士人材の育成環境について

博士学位取得者数の国際比較(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。

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



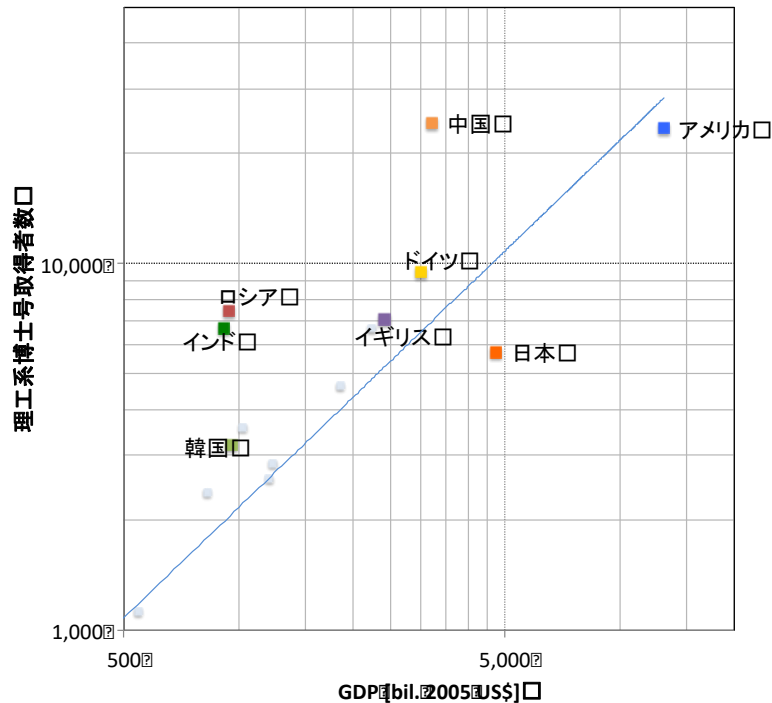
注目トピック: オランダでは、2000年～2012年の12年間で年間の博士論文数を80%増加させた。

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.

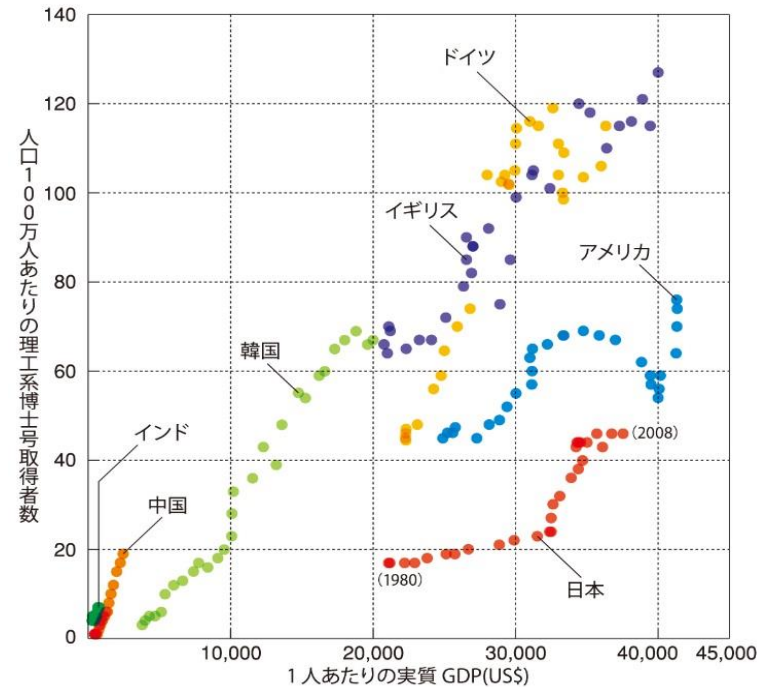
博士学位取得者数の国際比較(2)

- ・ 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。



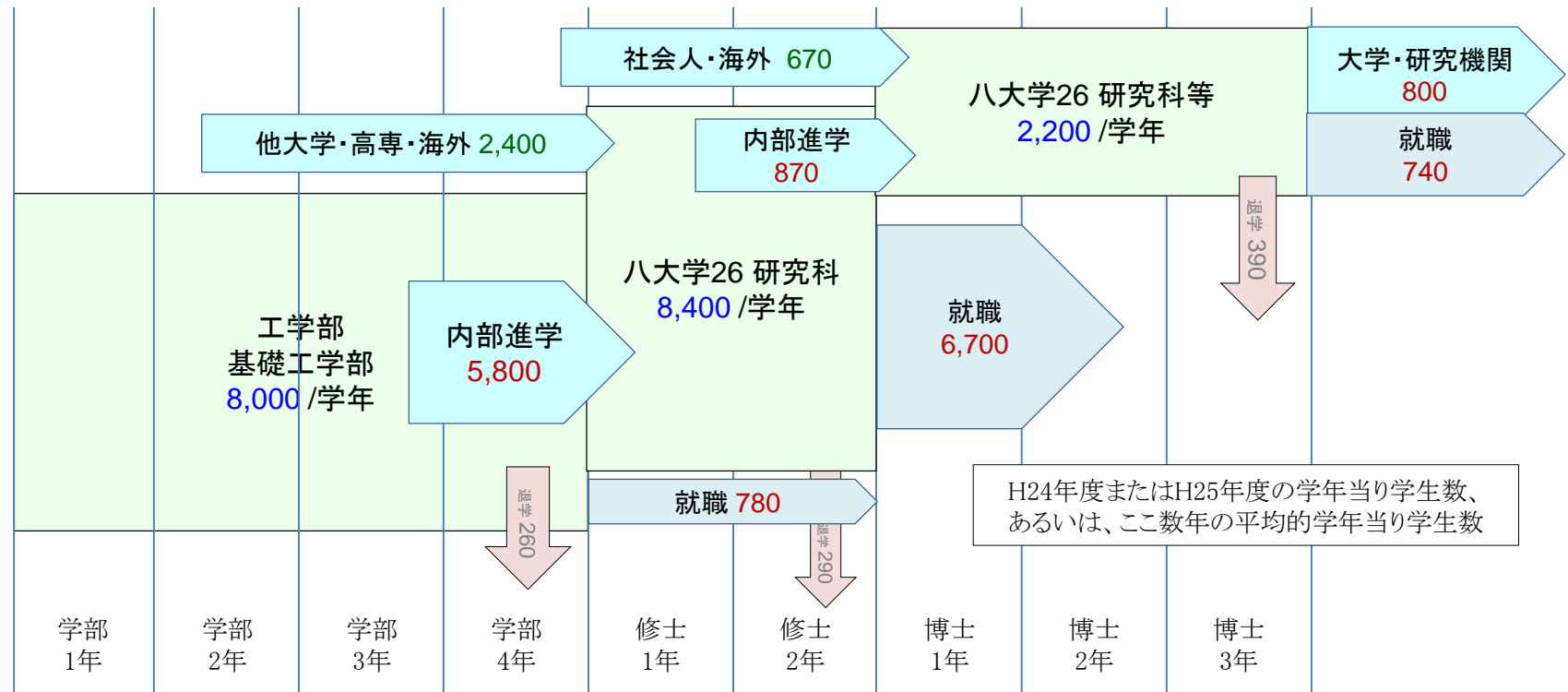
実質GDPと理工系博士号取得者数の推移

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、博士学位取得者数の国際比較、工学教育(J. JSEE), 61-6 (2013)

八大学工学系における学生の流れ(参考)

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1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

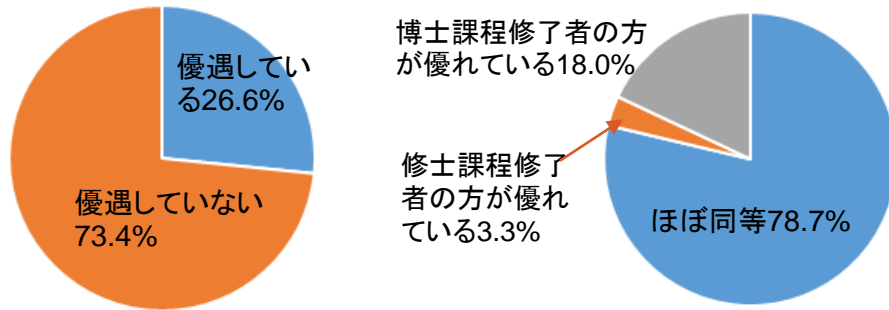
<26大学院>北海道大学大学院 工学研究院・総合化学研究院・情報科学研究科/東北大学大学院 工学研究科・情報科学研究科・環境科学研究科・医工学研究科/東京大学大学院 工学系研究科・情報理工学系研究科・新領域創成科学研究科/東京工業大学大学院 理工学研究科・生命理工学研究科・総合理工学研究科・情報理工学研究科・社会理工学研究科/名古屋大学大学院 工学研究科/京都大学大学院 工学研究科・エネルギー科学研究科・情報学研究科/大阪大学大学院 工学研究科・基礎工学研究科・情報科学研究科/九州大学大学院 工学院・芸術工学院・システム情報科学研究科・総合理工学研究院

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

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。

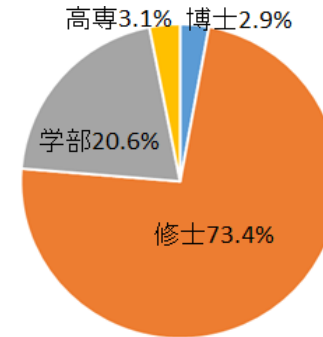
博士修了者の業務遂行能力に対する評価も今ひとつ。



(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)

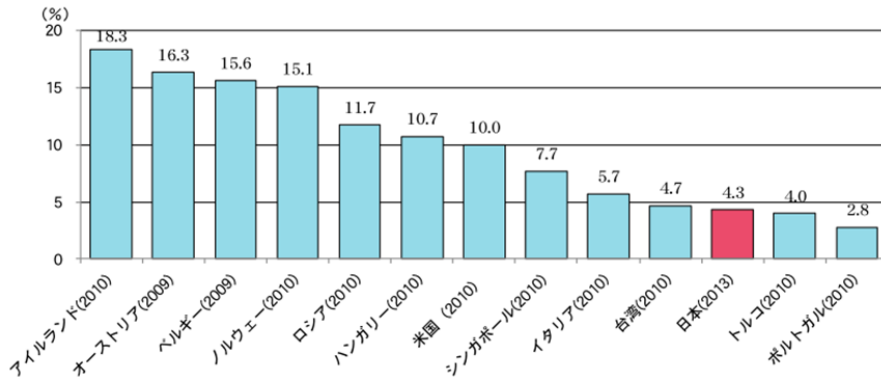
主要企業の技術系採用

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



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「NSF, 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

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種多様な職業(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

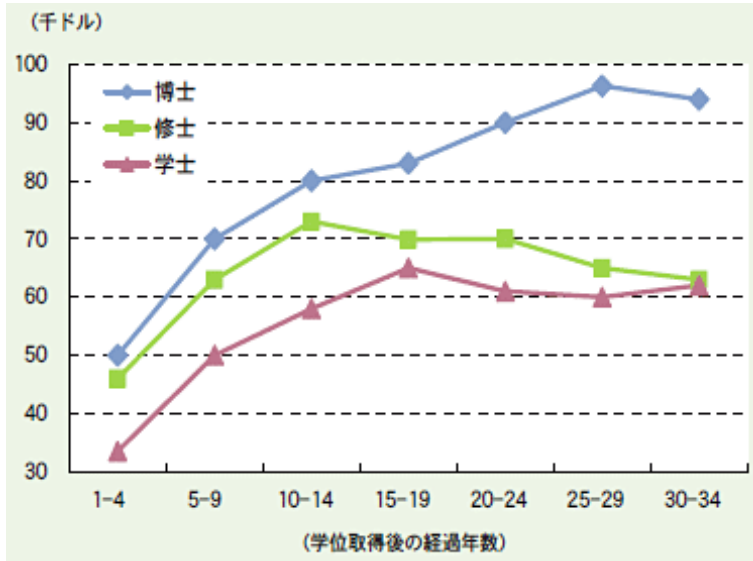
(*)ここでは、産業大分類上、主として民間経営であると思われる産業を「民間営利企業」とした。

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。

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。



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

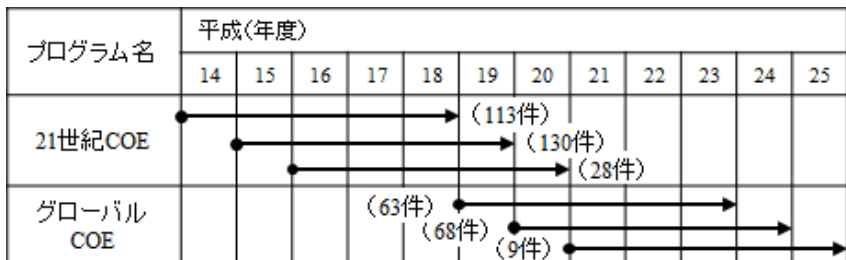
- ①米国では、研究者としてのキャリアアップを図る上で、**博士号を取得することが有利に働くこと**
- ②大学の研究レベルを高めるために、**各大学は優秀な学生を大学院に集めることを競い合うこと**
- ③進学した優秀な大学院生に対し、担当する**研究活動の価値を社会的に認め、相当の対価を払う代わりに、大学院生は応分の責任を担うこと**
- ④こうした研究活動に加え、Ph.D適正試験を通じ、**研究リーダーとしての能力、あるいは将来の研究リーダーとしての潜在能力を徹底的に鍛えられること**
- ⑤中でも、独自の研究構想を組み立て、これを発表し、周りを説得する能力が試される「**プロポーザル**」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

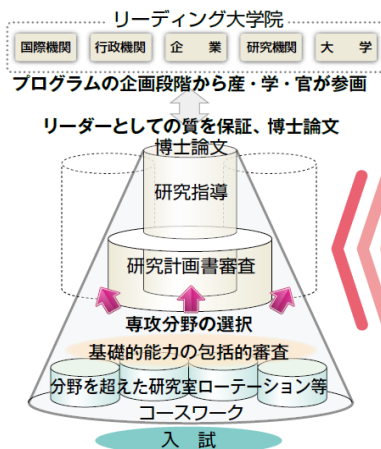
1. 21世紀COE & グローバルCOE

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)



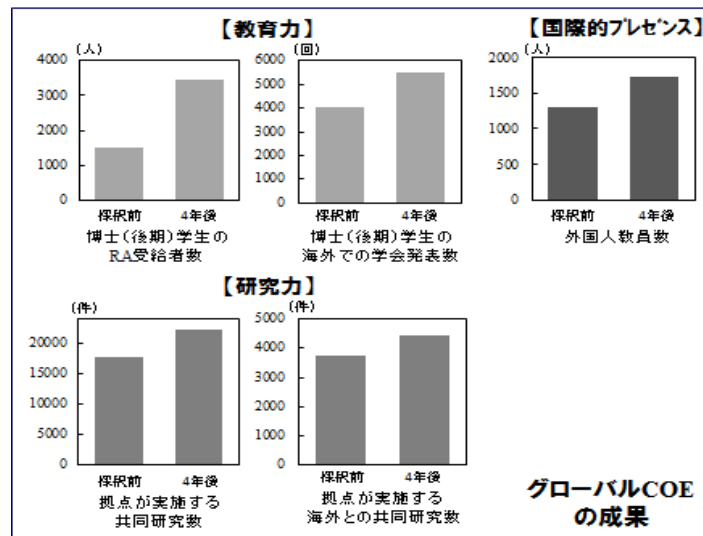
プログラム全体のイメージ

産・学・官の参画による国際性・実践性を備えた現場での研究訓練

国内外の多様なセクターから第一級の教員を結集した密接な指導体制

優秀な学生が切磋琢磨しながら、主体的・独創的に研究を実践

専門の枠を超え知の基盤を形成する体系的な教育と包括的な能力評価



(平成25年度グローバルCOEプログラムパンフレットより)

【選定数】

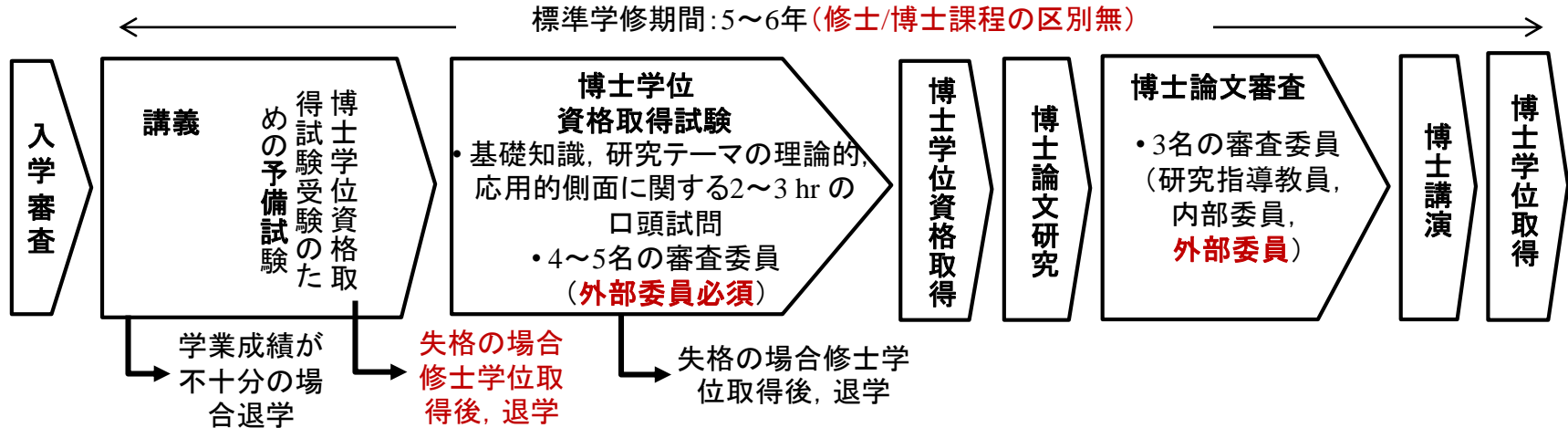
類型・テーマ	平成23年度	平成24年度	平成25年度
オールラウンド型	3 (2)	2 (2)	2 (2)
複合領域型			
環境	4 (3)	2 (1)	
生命健康	4 (3)	2 (1)	
物質		3 (3)	3 (2)
情報		3 (3)	4 (1)
多文化共生社会		3 (1)	3
安全安心	1 (1)	2 (1)	
横断的テーマ	2 (1)	2 (1)	2 (1)
オンリーワン型	6 (1)	5	4

() は八大学工学系研究科が関わるプログラム数

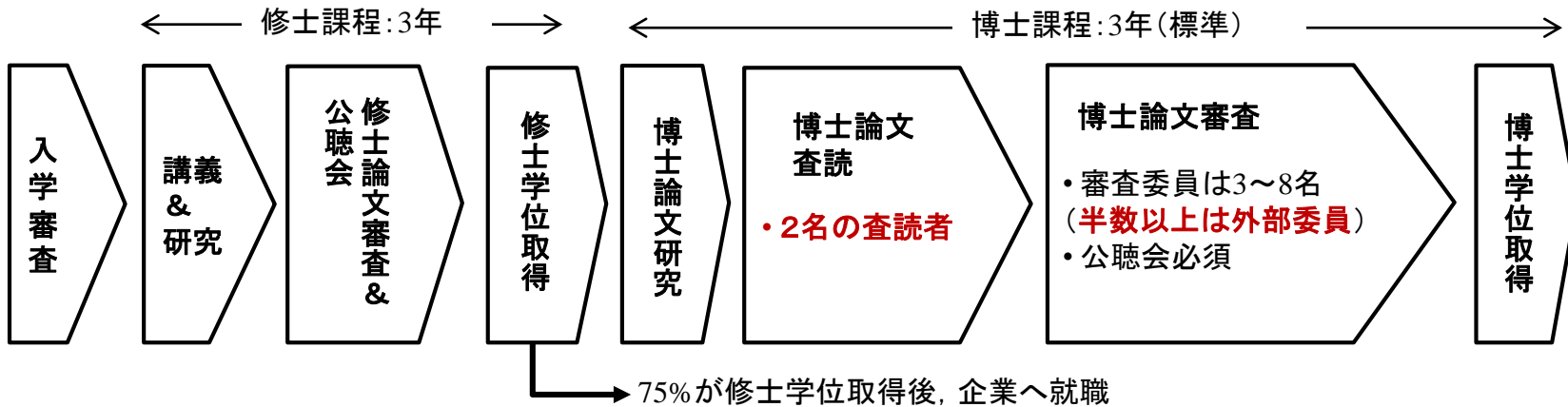
(平成25年度博士課程教育リーディングプログラムパンフレットより)

欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(1)

【アメリカの大学(UCB)の場合】



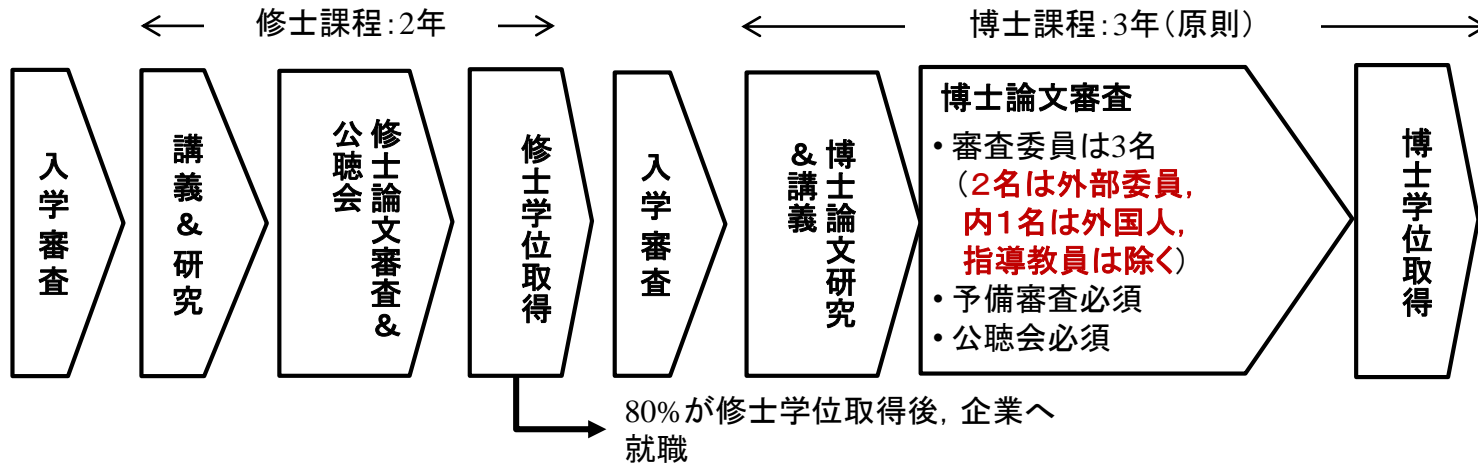
【ヨーロッパの大学(オルレアン大学・フランス)の場合】



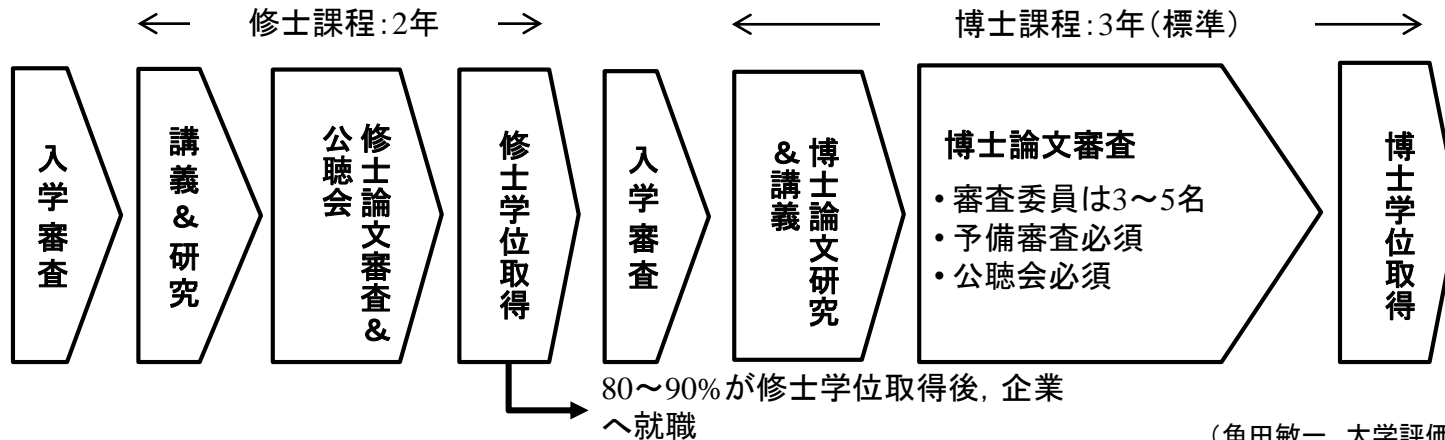
(角田敏一, 大学評価・学位研究, 13, 23-36 (2012), 13, 39-56 (2012), 14, 21-35 (2013)より)

欧・米・日の大学院における学位授与審査過程の比較(2)

【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）

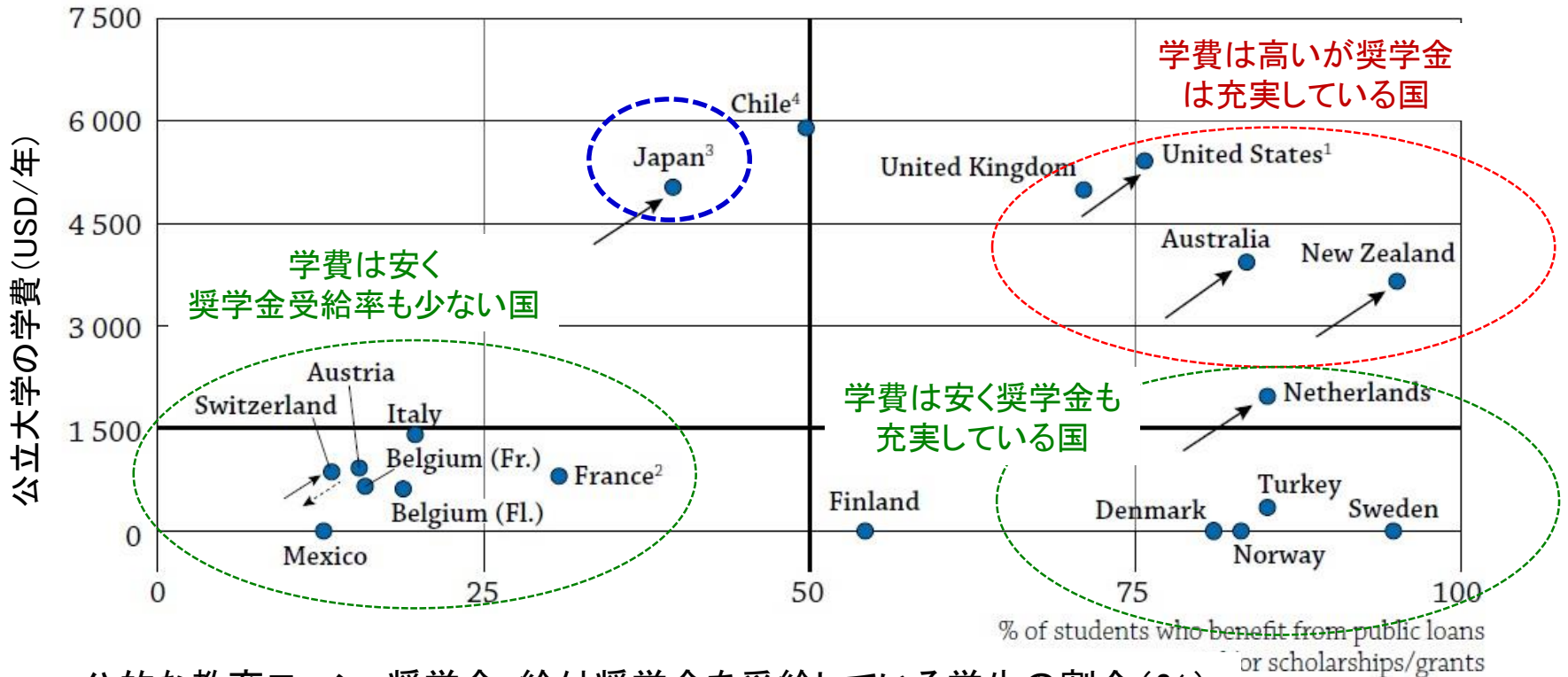
欧州ではそもそも学費が安い。学費が高い国でも大多数の学生が各種奨学金を受給している。

2011 Academic year

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

日本:

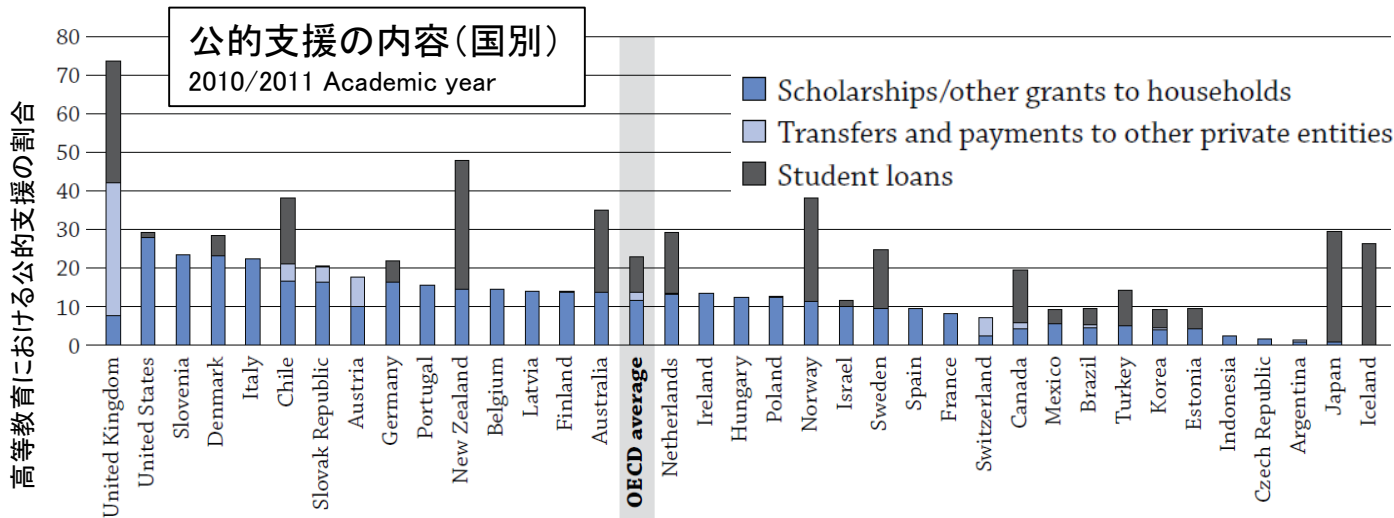
2010~11年度の国公立の高等教育期間の平均授業料は5,019ドル。公的な奨学金の利用者は約4割。



公的な教育ローン・奨学金・給付奨学金を受給している学生の割合 (%)

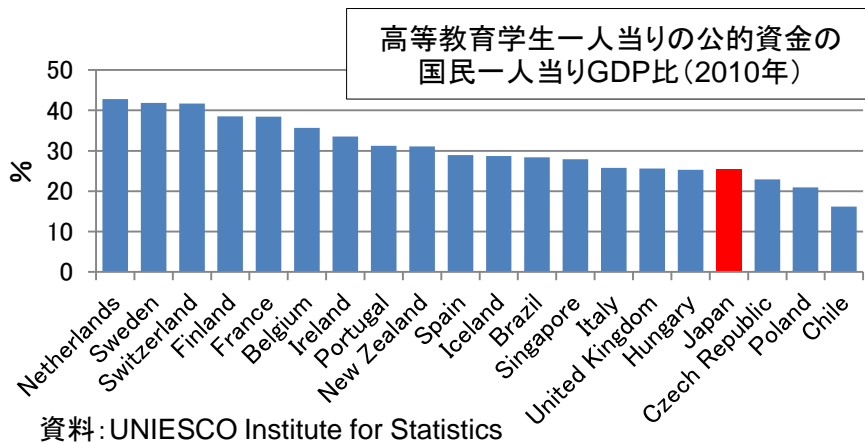
資料: Relationship between average tuition fees charged by public institutions and proportion of students who benefit from public loans and/or scholarships/grants in tertiary-type A education (2011), Education at a Glance 2014

欧州型は国による手厚い学生支援

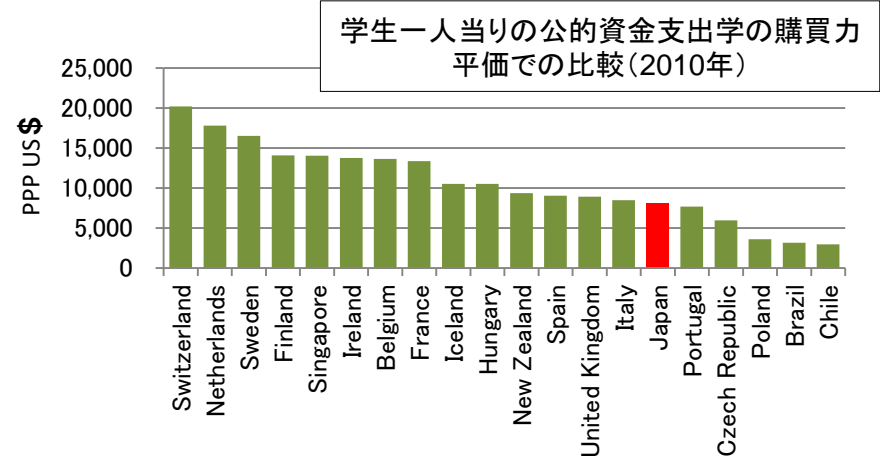


学費の高い国では公的支援割合も高い。
(英・米・豪等)
日本では、教育費の約30%を公的資金により補助している。しかし、そのほとんどが返済を要する教育ローン(貸与型奨学金)である。

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



資料: UNIESCO Institute for Statistics

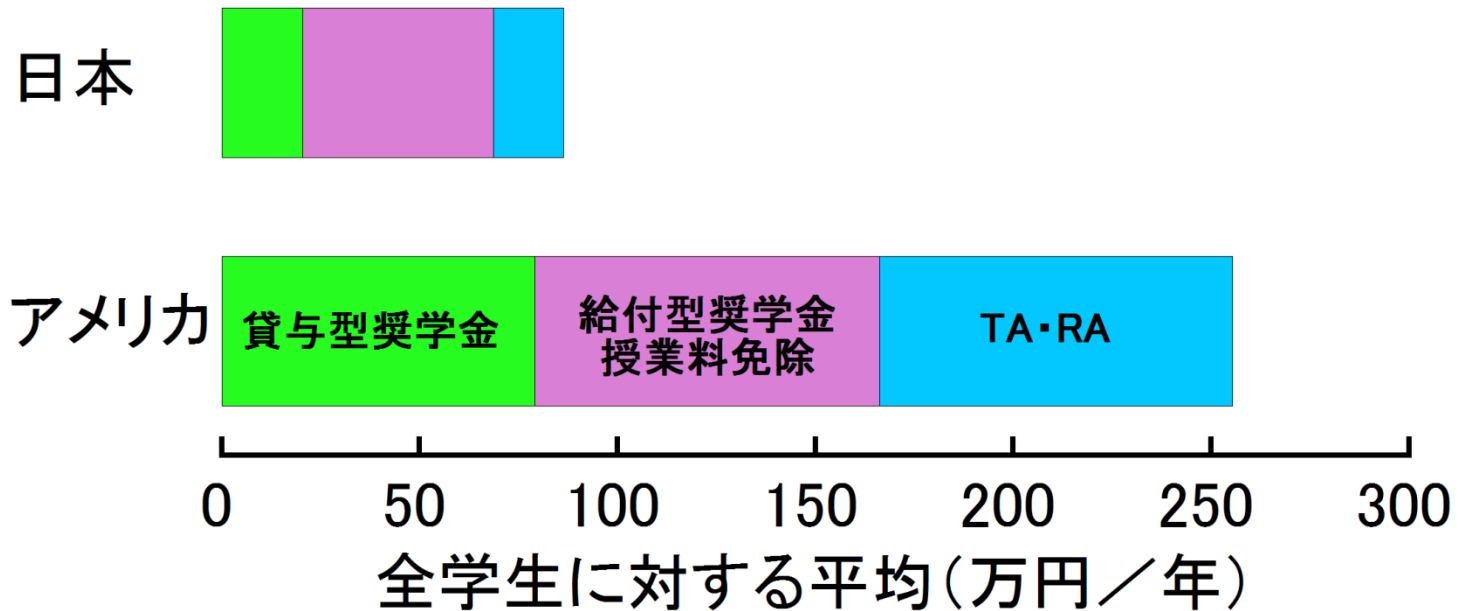


資料: UNIESCO Institute for Statistics

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

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。

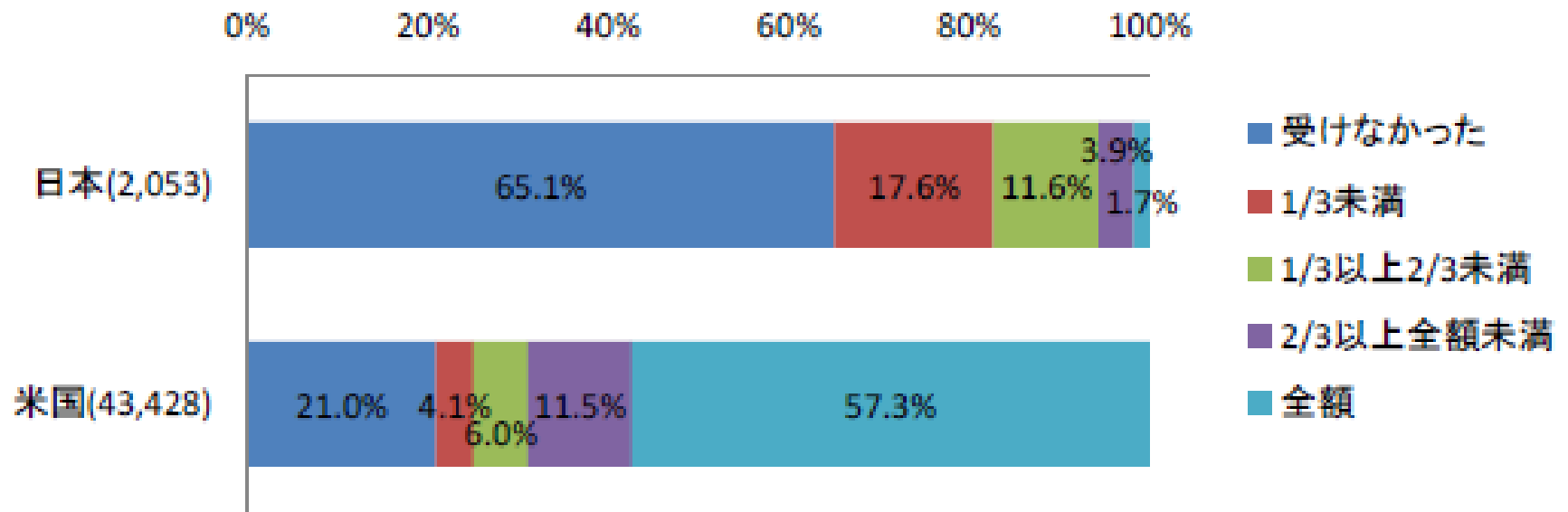


出典: 中央教育審議会大学分科会 大学院部会(第67回)H25.10.31他。アメリカのデータは、2009年で、1ドル95円で換算。
注) 貸与型奨学金 日本はJASSOのみ。給付型奨学金、日本はJSPSのみ。

学費の免除 日米比較

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

Stanford Graduate Fellowship in Science and Engineering

人数: 毎年130名

期間: 3年間

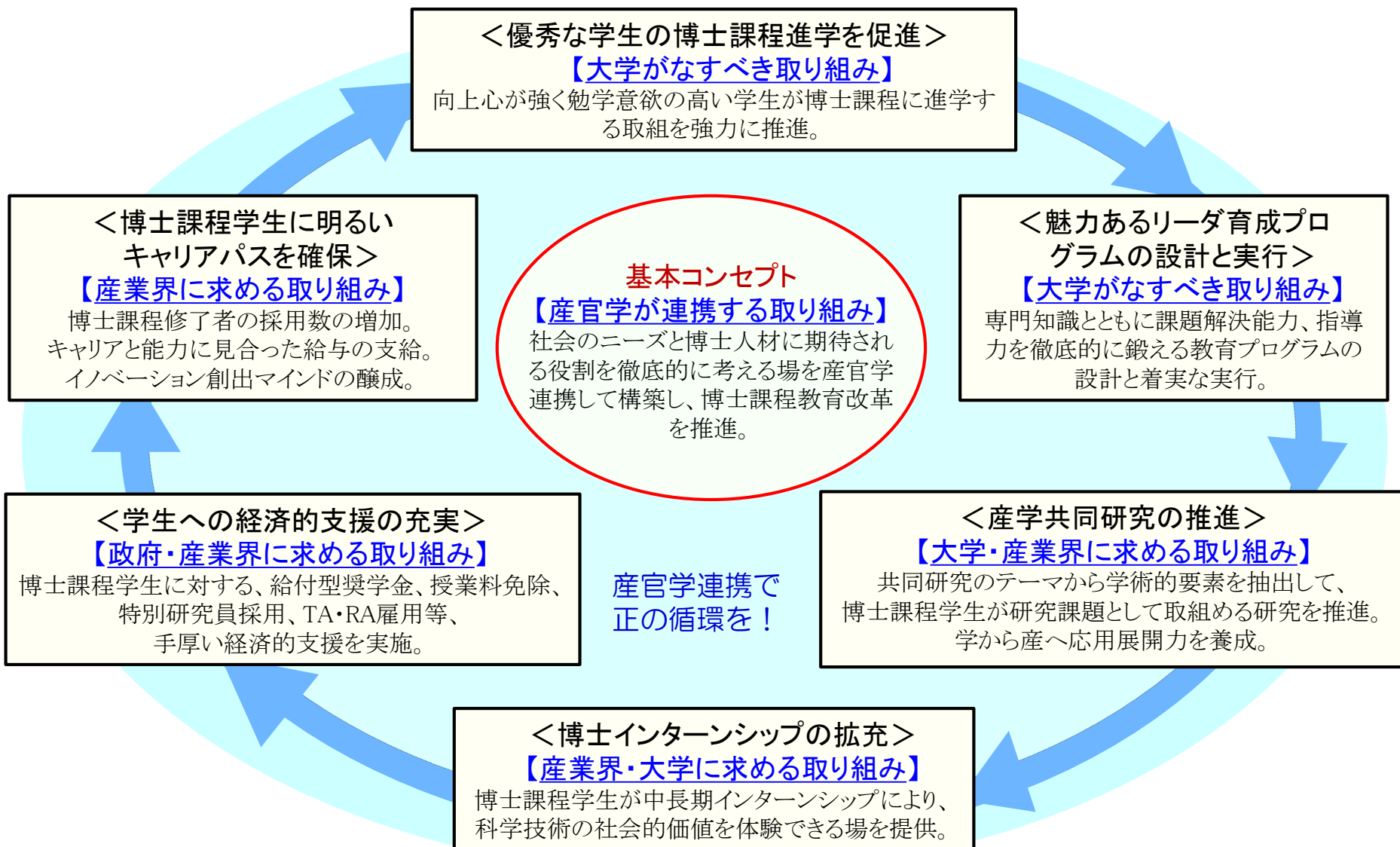
給付金: 授業料(37,000ドル) + 給付金(36,500ドル)

→ 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



おわりに

科学技術立国の復活に向けて
いま、何をやるべきでしょうか？