



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

資料2

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会
原子力研究開発・基盤・人材作業部会(第2回)
R1.11.28

原子力イノベーションの実現に向けた 人材育成の在り方・事業の見直しについて

研究開発局 原子力課

文部科学省における現行人材育成事業

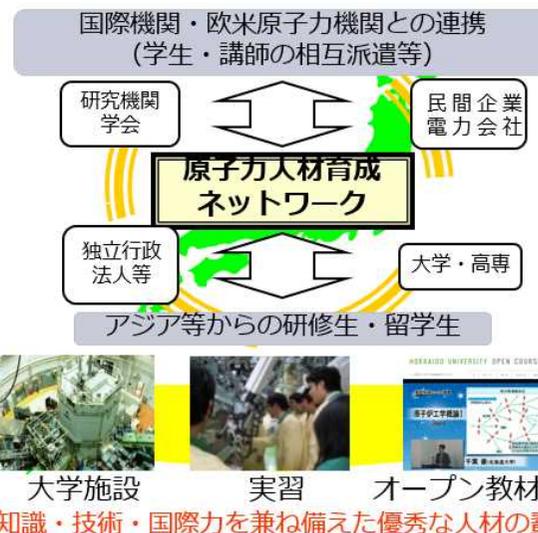
＜国際原子力人材育成イニシアティブ事業＞ 令和元年度予算額 205百万円（平成30年度予算額 208百万円）

- 原子力分野の人材の育成・確保は、原子力分野を取り巻く課題への対応を進める上で不可欠。人材の育成・確保を進めるに当たっては、人材育成資源の効率的・効果的な活用が重要。
- 本事業では、産学官の関係機関が連携・協働しながら限られた人材育成資源を有効に活用することで、効果的・効率的に原子力分野の人材の育成・確保を図ることを目的とする。

- 期 間：3年～5年
- 対象機関：大学、民間企業、独立行政法人 等
- 補助額（H30公募）：初年度：2000万円程度、
次年度以降：前年度の交付額を超えない額

特に、

- ① 大学や高等専門学校の理工系学科・専攻における原子力関連教育のカリキュラムや講座の高度化・国際化、
 - ② 原子力施設や大型実験装置等を有する機関における高度原子力教育の実施（施設の有効活用）
- 等の取組を支援、原子力分野の人材の育成・確保を進める。



参考：グローバル原子力人材育成ネットワークによる戦略的原子力教育モデル事業

実施機関：東京工業大学

- 我が国及び原子力新規導入を予定しているアジアやアフリカ諸国及び欧州原子力教育ネットワーク参加大学の学生を対象として、TVネットワークを活用した「国際原子力基礎教育TVセミナー」を実施。受講料は無料であり、社会人も含めて参加可能。
- 上記に参加する国内の学生から選抜の上、国際原子力機関（IAEA）などの海外の機関へ派遣、国際感覚の醸成を図る。



出典：HP情報を基に記載

【原子力分野の人材育成について】

- 人材育成の質が維持できているのか、大学の研究・教育に関わる方の多くが実感しており、いかに質を高めていくための工夫をするかというのがポイント。
- 学生にとって魅力があるという観点では、放射線利用やビーム利用等、エネルギーシステムから広げた議論も必要。
- 研究開発事業の進め方でギャップ分析に関する言及があったが、人材育成についても、出口を見据えた分析を行い、事業を実施する根拠を強固にしておくことは重要。
- 学生にとっては、入るための動機が一番最初に重要となることから、魅力のある将来像を明確に示さないと、長期的な人材育成は難しい。
- 学生に魅力が伝わるような見せ方に加え、学生の人気は社会的なニーズが大きく影響することから、産業界との連携が必須。大学だけが教育機関というよりは、むしろ産官学合わせた形で検討していくという視点が必要。
- 特に大学院では研究を通じて人材育成をしていることから、人材育成拠点を検討する際は、教育の基礎的なところだけでなく、研究とうまく結びついた教育ができるとうい。

(参考) 原子力人材育成作業部会 中間とりまとめ (平成28年8月)

原子力分野の人材育成の課題を踏まえた今後の施策の方向性

課題	今後の施策の方向性
<p>○ 将来必要となる原子力分野の人材の見通し(規模等)の明確化</p> <ul style="list-style-type: none">人材育成・確保に関する施策を議論するに当たっては、現状の把握、今後必要となる分野と規模の定量的な把握が必要。現時点では十分な分析が存在していない。	<p>○ 将来必要となる原子力分野の人材の見通し(規模等)の明確化</p> <ul style="list-style-type: none">文部科学省は、原子力人材育成ネットワーク等の関係機関とも連携の上、我が国で必要とされている人材の量や質のニーズを最新の状況を踏まえて把握する。
<p>○ 原子力分野の人材育成に携わる関係機関の連携や分野横断的な取組</p> <ul style="list-style-type: none">省庁間の縦割り等、各機関において人材育成の取組が独自に実施されているため、一貫性を欠いている。学界－産業界間の人材の交流が進められているが、企業のニーズと学生の期待のミスマッチを解消するに当たって十分でない。原子力産業は総合工学を中心とする分野であるため、様々な分野の学生や教員等に関心を持ってもらうことが必要である。	<p>○ 原子力分野の人材育成に携わる関係機関の連携や分野横断的な取組</p> <ul style="list-style-type: none">先述のニーズを踏まえた上で、総合的な施策ロードマップの策定を行う等、関係機関と連携しながら継続的な議論を進める。政府一体となった人材育成体制を進める観点から、平成29年度から事業運営の連携強化を図る。「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」等をととして、学界－産業界間の人材の交流を進める。分野横断的な研究開発をととして、幅広い分野の研究者等に原子力に関与する仕組みを強化する。
<p>○ 原子力分野の人材育成施策の継続性等の課題</p> <ul style="list-style-type: none">人材育成事業として、「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」を実施しているが、継続性や事業費の使途等について課題がある。	<p>○ 原子力分野の人材育成施策の継続性等の課題</p> <ul style="list-style-type: none">文部科学省は、事業における実施期間や事業費の使途等について、平成29年度概算要求に向けて事業の改善を行う。
<p>○ 原子力分野の人材育成で重要な役割を担う施設に関する課題</p> <ul style="list-style-type: none">原子力機構及び大学が所有する研究炉等は新規制基準への対応により、停止を余儀なくされており、人材育成や研究開発に大きな影響を与えている。加えて、原子力関連施設の多くは、老朽化対策や維持管理等について多くの負担が必要とされている。	<p>○ 原子力分野の人材育成で重要な役割を担う施設に関する課題</p> <ul style="list-style-type: none">早期の再稼働を目指し、各機関は新規制基準対応に取り組む。文部科学省は、引き続き各機関に対して必要な支援を行う。文部科学省は、先述のニーズを踏まえながら、中長期的に必要なとされる研究・教育基盤に関する戦略立案に取り組むとともに、その具体化を進める。

原子力関係学科・専攻の設立変遷

国立大学	昭和	平成
北海道大学	昭和42年 原子工学科 設置	平成17年 機械知能工学科(他3学科)に改組
	昭和46年(修)、昭和48年(博) 原子工学専攻 設置	平成8年 量子エネルギー工学専攻(他2専攻)に改組 平成17年 エネルギー環境システム専攻(他15専攻)に改組
東北大学	昭和37年 原子核工学科 設置	平成8年 量子エネルギー工学科に改組 平成16年 機械知能・航空工学科/量子サイエンスコースに改組
	昭和33年 原子核工学専攻 設置	平成8年 量子エネルギー工学専攻に改組
東京大学	昭和35年 原子力工学科 設置	平成5年 システム量子工学科に改称 平成12年 システム創成学科に改組
	昭和39年 原子力工学専攻 設置	平成5年 システム量子工学専攻に改称 平成20年 システム創成学専攻に改組
		平成17年 原子力国際専攻 設置 原子力専攻(専) 設置
東京工業大学	昭和32年 原子核工学専攻 設置	平成28年 原子核工学コースに改組
長岡技術科学大学		平成24年(修) 原子力システム安全工学専攻 設置
福井大学		平成16年(修)、平成18年(博) 原子力・エネルギー安全工学専攻 設置
名古屋大学	昭和41年 原子核工学科 設置	平成9年 物理工学科に改組 平成29年 エネルギー理工学科(他6学科)に改組
	昭和45年(修)、昭和47年(博) 原子核工学専攻 設置	平成16年、平成29年 エネルギー理工学専攻(他11、16専攻)に改組
京都大学	昭和33年 原子核工学科 設置	平成6年 物理工学科に改組
	昭和32年 原子核工学専攻 設置	
大阪大学	昭和37年 原子力工学科 設置	平成8年 電子情報エネルギー工学科に改組 平成18年 環境・エネルギー工学科(他1学科)に改組
	昭和32年 原子核工学専攻 設置	平成17年 環境・エネルギー工学専攻(他6専攻)に改称
	昭和42年 原子力工学専攻に改称	
神戸大学	昭和47年(神戸商船大学) 原子動力学科 設置	平成2年(神戸商船大学) 動力システム工学課程(他3課程)に改組 平成15年(神戸大学と統合) 海事科学部 設置 平成20年 マリンエンジニアリング学科(他2学科)に改組
九州大学	昭和42年 応用原子核工学科 設置	平成10年 エネルギー科学学科に改組
	昭和46年(修)、昭和48年(博) 応用原子核工学専攻 設置	平成10年 エネルギー量子工学専攻に改組
総合研究大学院大学	昭和63年 数物科学研究科 設置	平成16年 3研究科に改組(素粒子原子核専攻 設置)

私立大学	昭和	平成
東京都市大学	昭和56年(武蔵工業大学) 原子力工学専攻 設置	平成14年 エネルギー-量子工学専攻(他1専攻)に改称 平成20年(武蔵工業大学) 原子力安全工学科 設置 平成22年(早稲田大学と共同) 共同原子力専攻 設置
立教大学	昭和28年(修)、昭和30年(博) 原子物理学専攻 設置	平成11年 物理学専攻に名称変更
早稲田大学		平成22年(東京都市大学と共同) 共同原子力専攻 設置
東海大学	昭和46年 原子力工学科 設置	平成13年 学生募集停止 平成18年 エネルギー-工学科 設置 平成22年 原子力工学科に改称
福井工業大学		平成17年 原子力技術応用工学科 設置
近畿大学	昭和36年 原子炉工学科 設置	平成14年 学生募集停止

大学における原子力工学関係学科

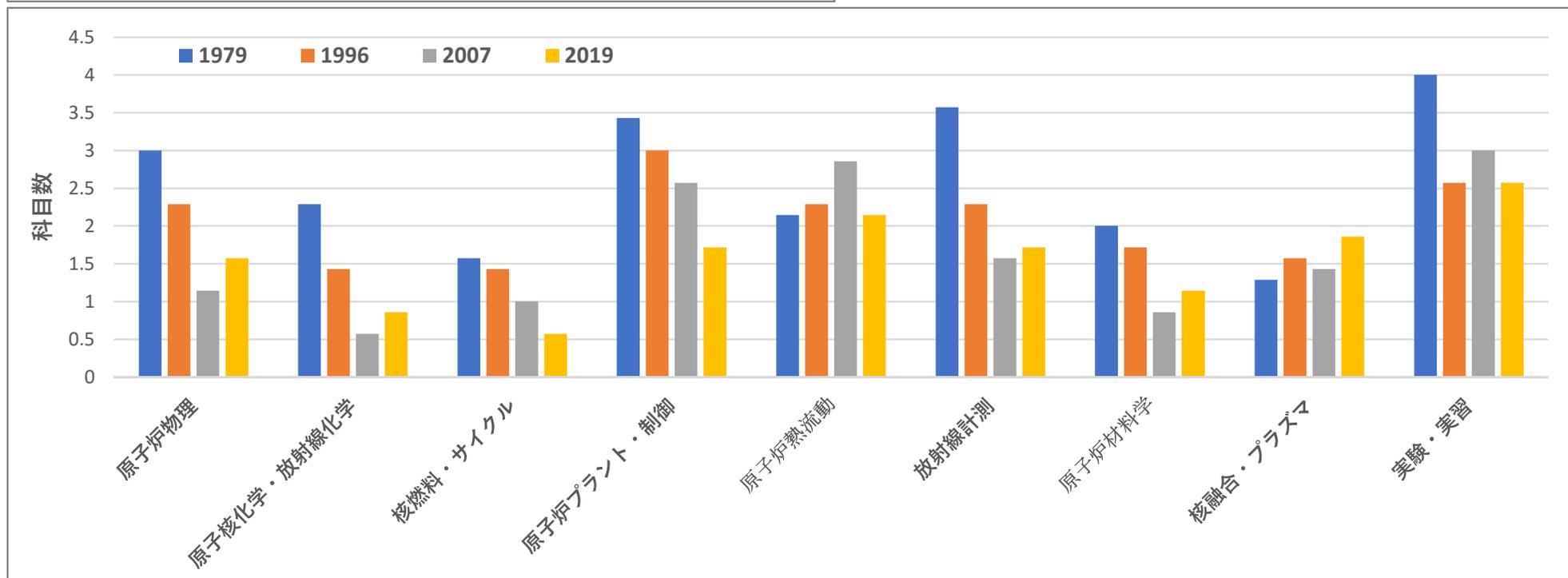
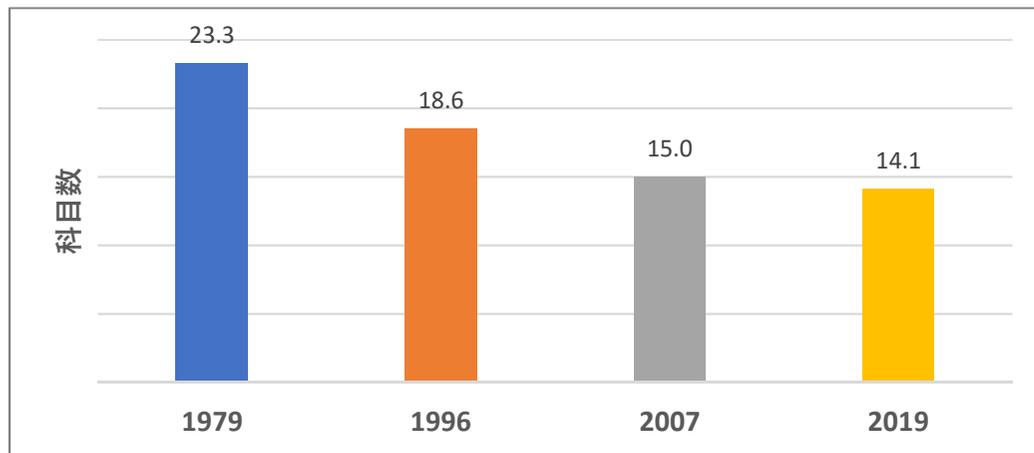
大学院における原子力工学関係専攻

※「平成29年度全国大学一覧」をもとに作成(令和元年5月時点)

原子力関係学科・専攻における教育の変遷①

原子力関係学科(大学)における原子力専門科目の開講科目数の変遷を1979年(昭和54年)から比較すると、総数では半数近くまで減少しており、分野別でも、核融合・プラズマ以外は大幅に減少している。

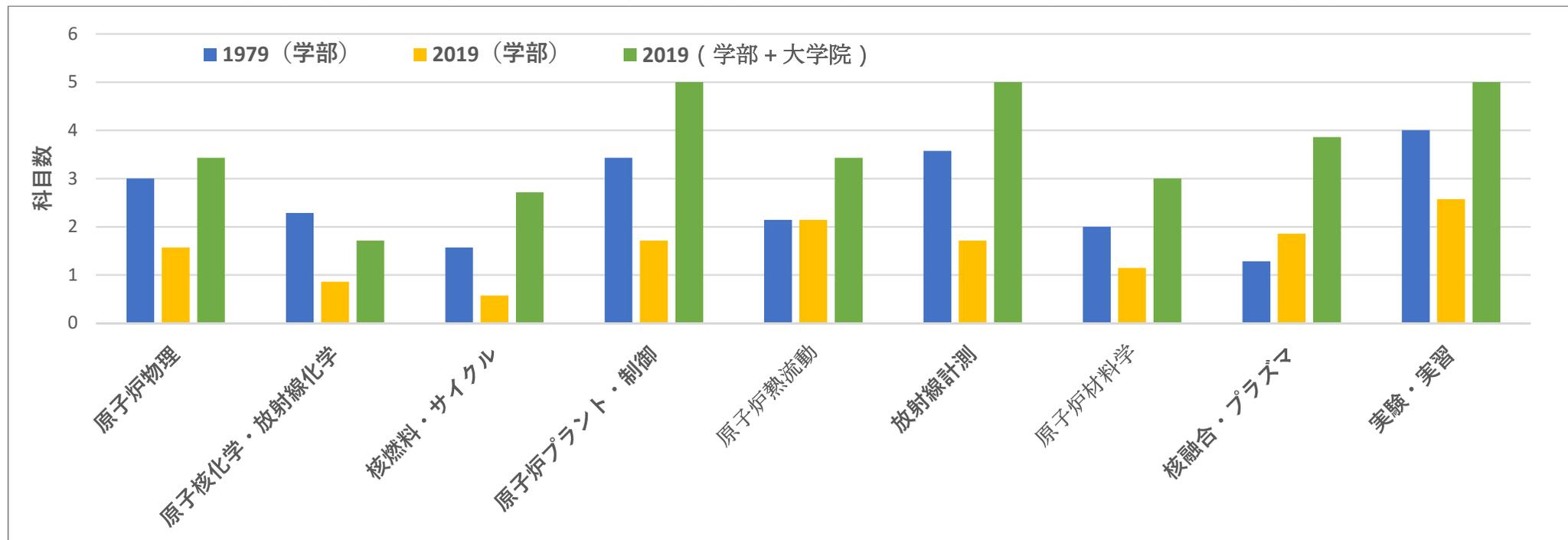
原子力関係学科における原子力関係科目数(上段:総数、下段:分野別)〈7大学からのアンケート結果の平均値〉



原子力関係学科・専攻における教育の変遷②

原子力関係専攻(修士課程)を含めると、原子力工学系分野全体を網羅するためのカリキュラムが提供されていることが多く、大学院のカリキュラムの中でコアとなる科目をカバーしている。

1979年と2019年の学部、学部+大学院における原子力関係科目数の比較 (7大学からのアンケート結果の平均値)



出典: 日本原子力学会「原子力コアカリキュラム開発調査報告書」(平成20年3月)(1979年のデータ)、文部科学省アンケート(2019年のデータ)

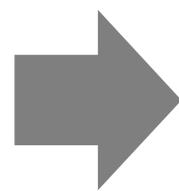
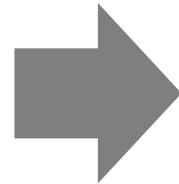
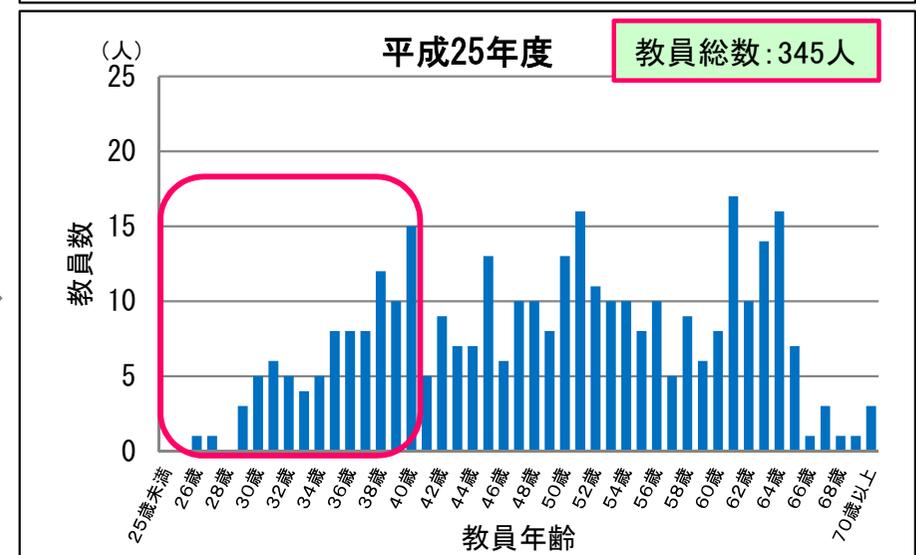
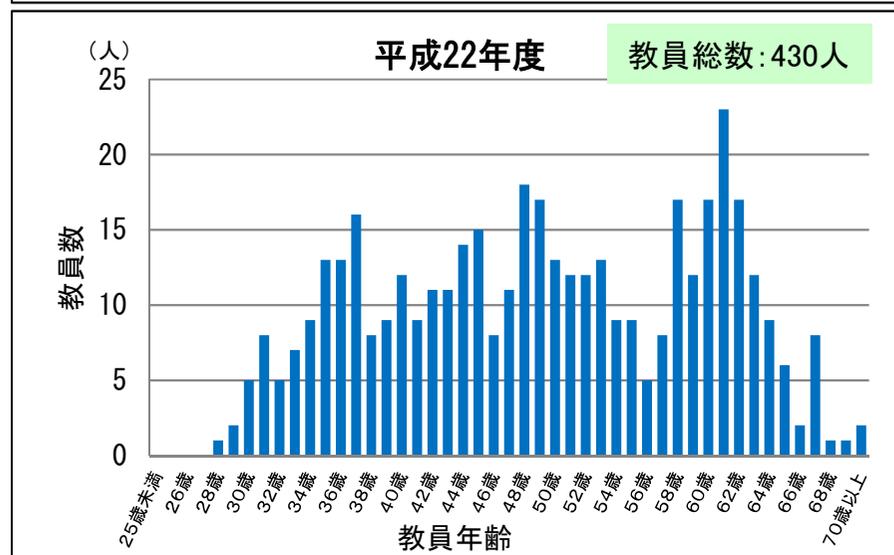
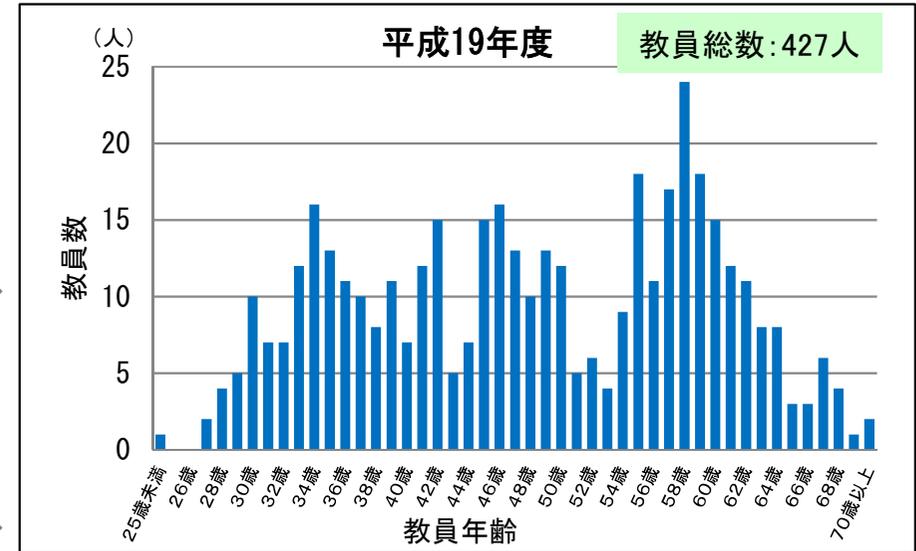
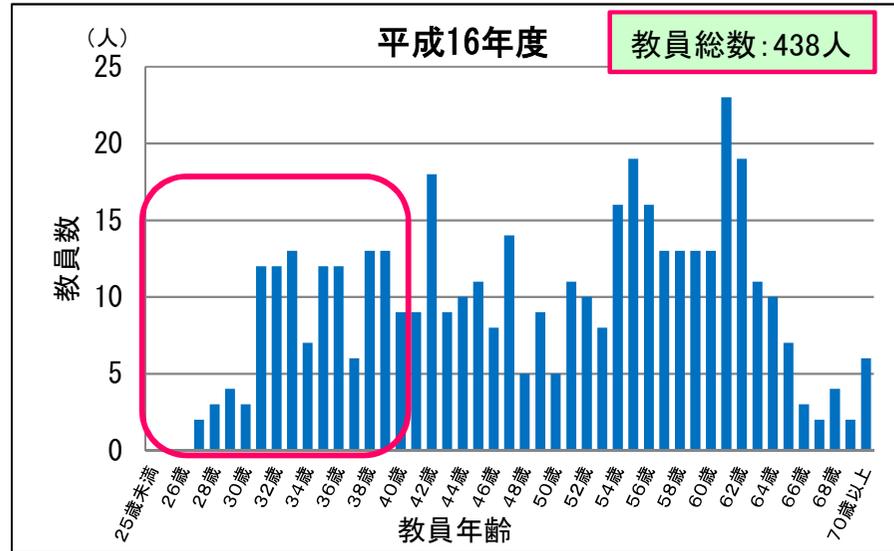
- 修士課程では、要求履修単位数が多くはなく、また、大学院では講義よりも研究に重心が移されていること等から、体系的履修というよりも、学生自らの研究に近いあるいはそれに役立つ科目を中心に履修しがちとなっている。このため、学生が自らの進路をこれまで以上に幅広いものと考え、炉物理や放射線安全から核不拡散や技術者倫理までの原子力に関する体系的カリキュラムを履修する必要がある。
- 原子力系の学科や大学院に進学する学生の中には、核融合や放射線応用の分野に夢を感じられるという学生が多い。このような学生の中にも、進学後に講義や研究を通じて、核分裂エネルギーに関する研究や原子力産業界に魅力を感じるようになる場合があることに留意する必要がある。こうした意識付けには、実験や実習、見学を通じた体験やディベート等の重要性、教育研究用原子力施設の共同利用の有効性が示唆されている。

出典: 日本原子力産業協会「原子力人材育成関係者協議会報告書」(平成22年4月)

原子力関係の教員数・年齢分布

原子力分野を専門とする大学教員の数は、平成16年度から平成25年度の10年間で約100名の減。若手教員の育成についても課題である。

原子力関連の年齢別教員数推移



※学校教員統計調査の専門(専攻)分野一覧表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計

原子力理学関係…原子核理学、原子核宇宙線学及び原子物理学

原子力工学関係…原子核工学、原子力工学、原子工学、応用原子核工学、量子エネルギー工学、エネルギー量子工学、原子力・エネルギー安全工学、共同原子力、原子力システム安全工学、量子放射線系

我が国の試験研究炉の現状

原子力分野の人材育成を行う上で重要な試験研究炉については、その多くが建設から40年以上経過するなど、高経年化が進むとともに、新規基準への対応等により、これまで通りの運用が困難な状況になっている。



1995年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	20	0	6

2003年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	16	0	11

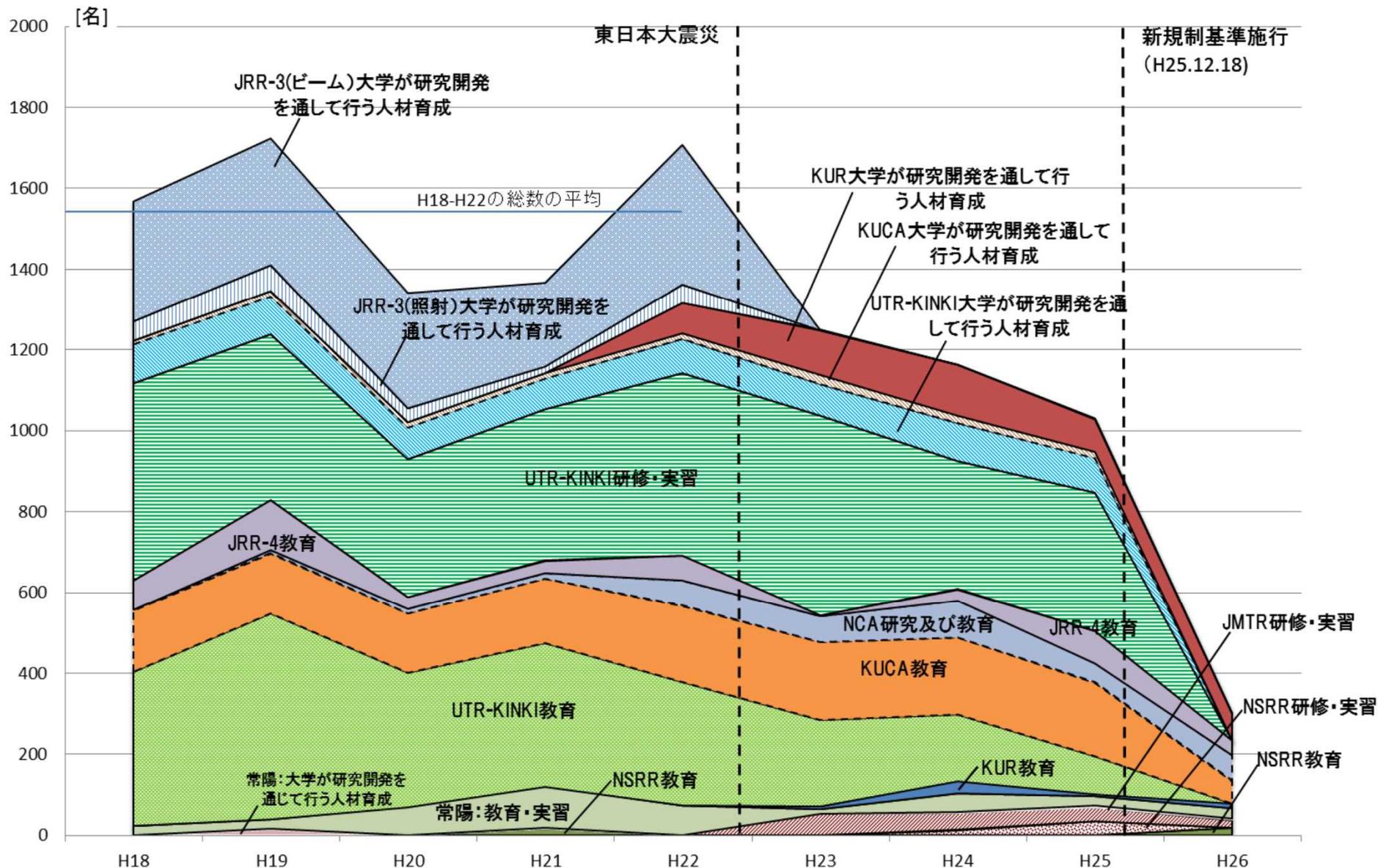
2016年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	0	13	6

現在	○運転中	△停止中	×廃止措置中
原子炉施設	4	4	11

運転再開予定も含め、我が国の試験研究炉は、茨城県に5施設(日本原子力研究開発機構)大阪府に3施設(京都大学、近畿大学)計8施設のみ。

試験研究炉等を通じた人材育成の状況

東日本大震災以降、JAEAの試験研究炉は全て停止し、さらに新規性基準への対応等により大学の試験研究炉等は平成25～26年度にかけて全て停止したため、試験研究炉を通じた人材育成数は大きく減少。



研究炉等で行われた人材育成の人員数(研究炉等の稼働有無を問わない場合)

出典: 日本原子力学会「我が国における研究炉等の役割について 中間報告書」図2-1

産業界との連携強化について

工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ（平成30年3月）

- Society5.0の推進に向けて、オープンイノベーションの実現が強く謳われる中、我が国の産学連携は欧米に比べて低調であることが、産業界等から強く指摘されている。
- 現在、産業界で求める学術的専門性は業種によって異なるものの、共通して求められる人材像としては主体的に課題想像や課題解決ができる素養を持った人材である。その素養を養成するためには、…幅広い分野を俯瞰できる総合力と主体的に学ぶ姿勢に培われた専門能力を併せ持つ展開力のある人材を育成できる教育プログラムが新たな時代への対応として要望され、その一部は実施されているものの、その実態は不十分である。
- まずは産学連携教育のあるべき姿と課題について、産学のトップマネジメントによるコミュニケーションを強化し、上記をはじめとする様々な課題について、「組織対組織」での連携を具現化する必要がある。国・地域レベルで産学共同のコンソーシアムを構築し、求められる人材像とその育成プロセスやそれぞれの役割分担について継続的にPDCAサイクルを回していく体制を整えることが望ましい。
- …こうした産学連携教育を持続させるためには、大学群と業界団体など複数社で連携する企業群で実施することや、企業側のメリット構築が必要である。…大学は企業での研究開発テーマの時間軸と大学教育としての時間軸の差を克服する必要があり、企業単独では得られない新たな価値の創出や複数年にわたる長期のテーマ設定などが必要である。そのため、大学としては、企業や業界を超えたオープンイノベーションを促進するための産学連携教育の場やプログラムを提供することが重要である。

原子力研究開発分野の俯瞰図（イメージ）【再掲】

原子力エネルギー利用						福島原発 廃炉	放射線利用							
軽水炉 (第3世代)	次世代原子炉 LWR-SMR HTGR SFR MSR その他				サイクル		群分離 核変換	処理 処分	その他	照射炉	ビーム炉	加速器	RI利用	その他
プラント・システム・機器 のライフサイクル	設計・開発													
	試験													
	製造・建設													
	運転・保守													
	廃止措置（解体）													
	利用系													
	材料開発													
	燃料開発													
	炉物理・核データ													
	伝熱流動													
共通基盤技術	構造													
	計測・分析・制御・ロボティクス													
	安全工学													
	計算科学・AI・IoT													
						規制・安全基準・保障措置・核セキュリティ								
						放射線影響評価								

基礎となる学問分野

【基礎】 数学、物理学、化学、生物学、電気学、電磁気学、材料化学、熱力学、量子力学、流体力学、放射化学、原子核物理、物性物理学、放射線物理学等

【応用】 原子炉物理、原子核化学・放射線化学、核燃料・サイクル、原子力プラント・制御安全、原子炉熱流動、放射線計測・防護、原子力材料等

【全体共通】 安全工学、計算科学、ソフトウェア技術、材料技術、法学、社会学、倫理学、公共政策学、環境経済学

1. 課題

(人材育成施策における課題)

- 原子力に係る学部・学科の減や改組等により、個別の大学等の原子力人材育成機能がせい弱化する中、我が国全体としていかに人材育成機能を維持・充実するか

(研究基盤・研究開発施策との関係における課題)

- 人材育成の場としての研究施設の効果的活用や、研究開発施策との連携

2. 今後の検討の方向性・論点

- 我が国全体として効果的に優秀な原子力人材を育成するための方策
 - 具体的には、①我が国全体として弱体化している原子力に係る基礎・基盤的教育、②研究施設を活用した実習・演習、③海外での研鑽機会の付与、④産業界や他分野との連携・融合による教育といった機能を有する、人材育成拠点を形成することが重要ではないか
 - このために、緩やかな連携の下で各大学等が個別に人材育成を実施する従来の体制を越えて、魅力的な目標を掲げる大学等が共通基盤的な教育機能を補い合い、拠点として一体的に人材育成を実施する体制を構築するよう、国として促していくことが効果的ではないか
- 原子力分野が、優秀な学生にとって魅力的な研究分野となるための、研究開発施策と人材育成施策の連動に向けた方策

人材育成事業の見直しに向けた検討の方向性

我が国全体として効果的に原子力人材育成を中長期的に形成するにあたり、拠点に必須となる機能や、各拠点における特色をどのように示すか、原子力研究開発・基盤・人材作業部会において議論。

【支援内容】

他組織・他分野との融合や国際交流を通じ、研究開発の中核を担う人材の育成環境を強化した原子力イノベーション人材育成拠点を形成するため、以下の取組を統合的に推進する人材育成拠点形成プランを公募し、フィージビリティスタディー(FS)を実施。

- ① 体系的な専門教育カリキュラムの構築や、講義・実習の高度化・国際化
- ② 原子力施設や大型実験装置等を有する機関及びこれらの施設の所在する立地地域における原子力教育の充実
- ③ 原子力安全の更なる向上を目指した技術的・国際的貢献
- ④ 産業界や他分野との連携・融合
- ⑤ 国際連携の推進

(例)若手研究者派遣による研鑽機会の付与、指導的立場の教員育成を見据えた海外学位の取得、
海外機関との主要カウンターパートの育成

FSの結果を受け、拠点形成プランの修正・統合を進め、将来的には、自立的・持続的に人材育成・研究開発を推進する拠点の形成を目指す。

【応募対象者】

2以上の国内の大学等が連携し、コンソーシアムを形成して応募

- (1) 参画機関は、真に必要な機能を担うものに限り、各機関が担う①～⑤の役割を明確化しつつ、拠点として一体的な人材育成を実施するため、有機的な機関間連携を推進 (例)単位互換制度
- (2) 原子力研究開発事業との連携や、指導的な役割を果たす研究者の育成等、
①～⑤以外の取組がある場合、課題の審査において加点的に考慮

【支援規模】

原子力人材育成の総合的な拠点形成プラン(FS)として、年間1500万円以内、1～2年以内

【運営体制】

PD・POを設置し、課題の選考・評価に加え、拠点を効果的に形成するサポート体制を構築

(例)拠点形成のノウハウを共有、横断的融合に向けた助言、アウトリーチ活動の推進

