

東電福島第一原発事故の教訓を踏まえ、更なる安全性の高みを追求していくためには、高度な技術と高い安全意識を持った人材の確保が必要です。また、原子力分野においては、発電事業に従事する人材以外にも、大学や研究機関の教員や研究者、利用政策及び規制に携わる行政官、医療や農業、工業等の放射線利用分野において様々な人材が必要とされます。我が国では、原子力利用を取り巻く環境変化や世代交代等の要因により、人材の枯渇や知識・技術の継承への不安といった問題が生じています。

(1) 原子力人材の育成・確保に関する現状認識

原子力産業界の従事者数は全体で約 80,000 名以上にのぼります（図 8-7）。しかしながら、原子力利用を取り巻く環境変化や世代交代等の要因により原子力関連人材の確保、育成が難しくなっています。

大学での原子力分野の教育においては、原子力を冠する学科数が減少し [53]、大学及び大学院の学生数は、1994 年度をピークに減少

し、2008 年度には 500 人を割り込んでいました。近年はわずかに増加し、750 人程度の横ばいで推移しています（図 8-8）。また、原子力関連企業の合同企業説明会への参加者数は東電福島第一原発事故後に減少したままです。特に、原子力発電を行う上で必要な運転や設計・制御技術等の技術維持に重要な工学系人材の参加者数が顕著に減少しています（図 8-9）。さらに、事故後、電気事業者の原子力部門の希望者数は減少する一方で、離職者の増加傾向が続いています（図 8-10）。

【原子力産業界の全体構造】
（合計約80,000名以上）

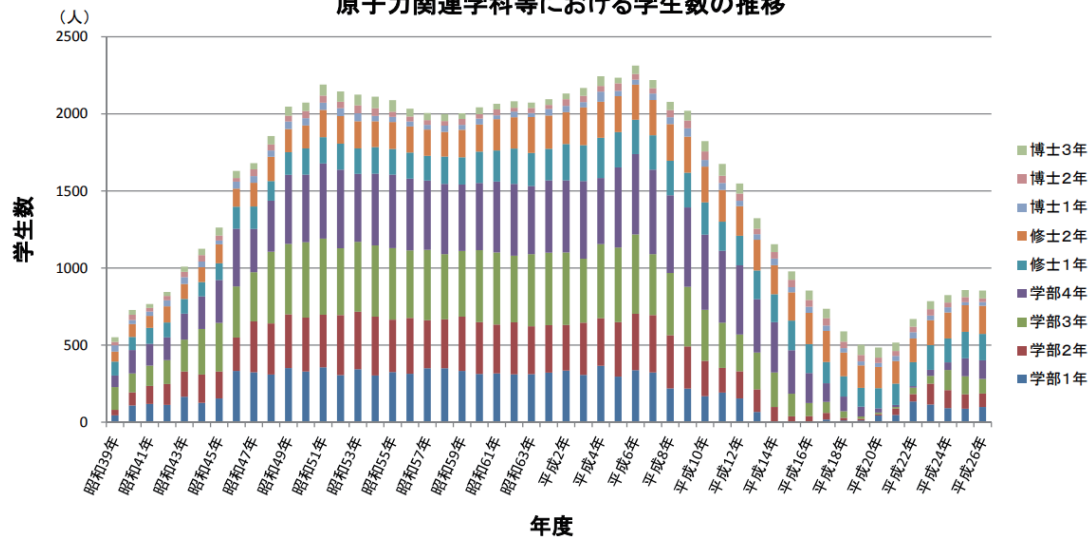
【運転・保守】 電力会社 原子力部門 （約12,000名※1）	
【設計・設備工事】 プラントメーカー （約9,600名※2）	【定検工事・保守】 工事会社 （約33,000名※3）
【技術・材料、燃料等の供給】 原子力関連部品・燃料成型加工メーカー （約24,000名以上※4）	

- ※1 「原子力発電に係る産業動向調査2010報告書」
社団法人日本原子力産業協会による
※2 一般社団法人日本原子力産業協会調べ
※3 電気事業連合会調べ（原子力発電所における通常運転時と
定期検査時の平均労働者数を全国の発電所で積算）
（一部、プラントメーカーとの重複あり）
※4 ※1、2より算出

図 8-7 原子力産業界の全体構造

（出典）第 38 回原子力委員会 資料第 3-1 号 電気事業連合会
「原子力発電の現状について」（2016 年）[54]

原子力関連学科等における学生数の推移



※学校基本統計の学科系統分類表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計。

原子力工学関係（大 学）…原子（力）核工学、原子力工学、原子炉工学、原子工学、応用原子核工学、システム量子工学、量子エネルギー工学、原子力技術応用工学、原子力安全工学

原子力理学関係（大学院）…原子核理学、原子核宇宙線学、原子物理学

原子力工学関係（大学院）…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

出典：文部科学省「学校基本統計」を基に作成 2

図 8-8 原子力関連学科等における学生数の推移

（出典）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第1回原子力人材育成作業部会資料
第4-2号 文部科学省「学校基本統計における学生動向」（2015年）[55]

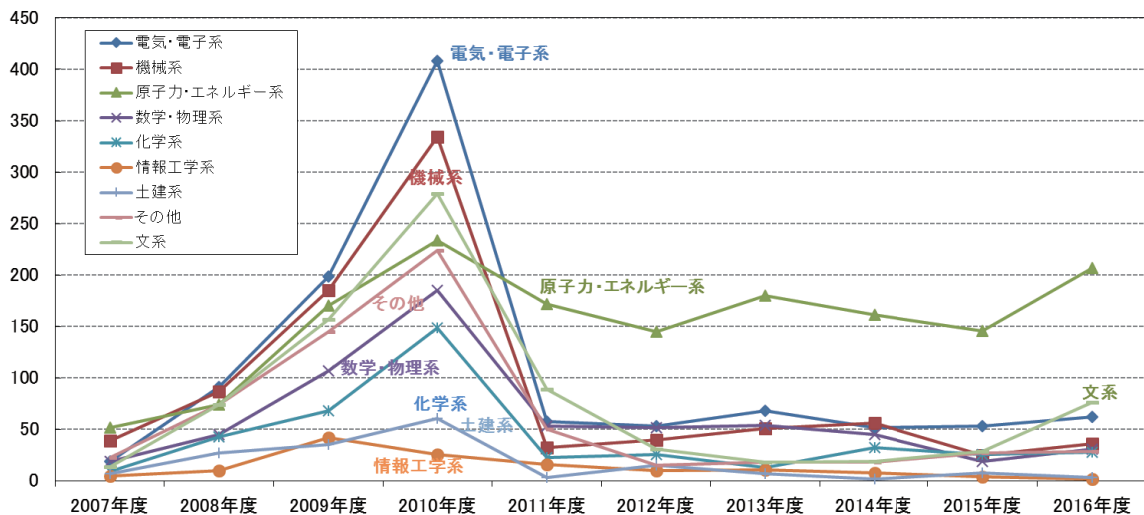


図 8-9 原産セミナー来場者数（学生）の推移

（出典）日本原子力産業協会「PAI 原子力産業セミナー 2018 報告」（2017年）[56]

出典：電気事業連合会

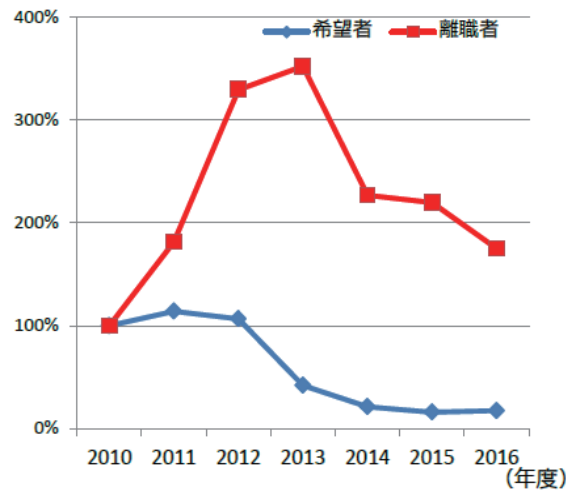


図 8-10 原子力部門の希望者・離職者数（大学卒）

（出典）経済産業省総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会（第13回）資料第4号 経済産業省「原子力政策の動向について」（2018年）[57]

就業後の原子力人材については、現場経験を含む業務を通じた人材育成が重要です。東電福島第一原発事故後、多くの原子炉が停止したことで現場での技術伝承の機会が少なくなり、原子力技術者の高齢化が進んでいます（図

8-11）。一般社団法人日本原子力産業協会が原子力発電に係る企業を対象に行った調査では、原子力発電所の運転停止に伴う影響として「技術力の維持・継承」を選択する割合が50%を超えており、年々増加しています（図 8-12）。

出典：日本電機工業会

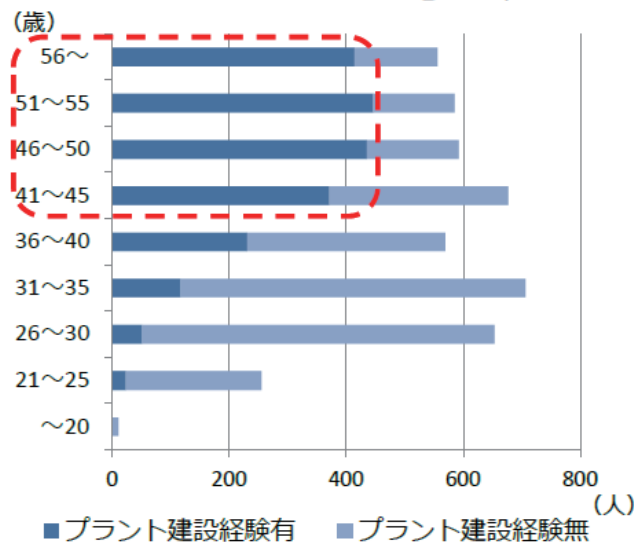


図 8-11 原子力技術者の年齢構成

（出典）総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会（第13回）資料第4号 経済産業省「原子力政策の動向について」（2018年）[57]

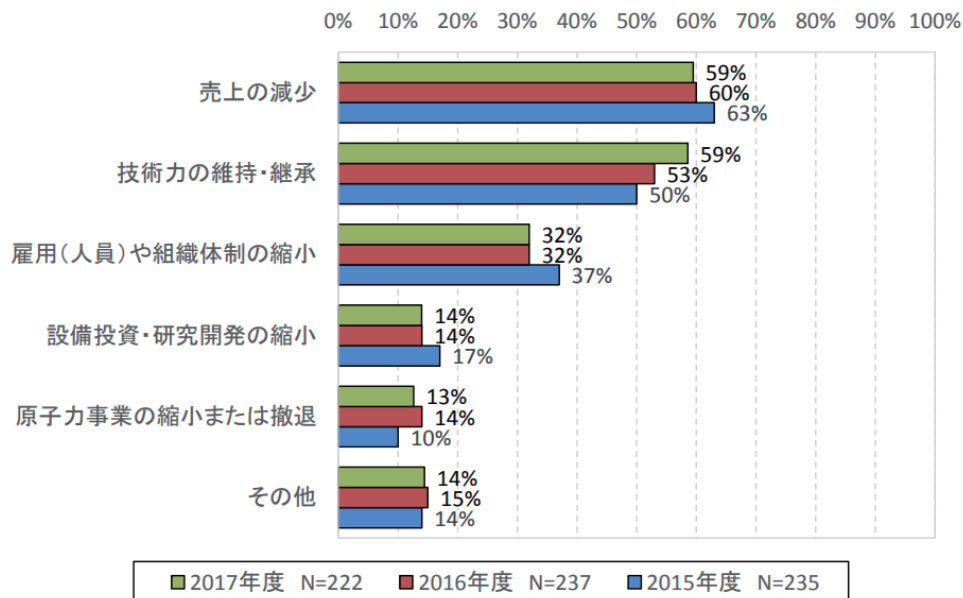


図 8-12 原子力発電所の運転停止に伴う影響

(出典) 日本原子力産業協会「原子力発電に係る産業動向調査 2017 (2016 年度調査)」(2017 年) [58]

原子力発電所の建設・運転・廃炉に至るまでに必要な技術は多岐にわたります(図 8-13)。廃止措置等を含め原子力関係事業が存在する限

り、これらの技術を担う優秀な人材を継続的に育成・確保していく必要があります。

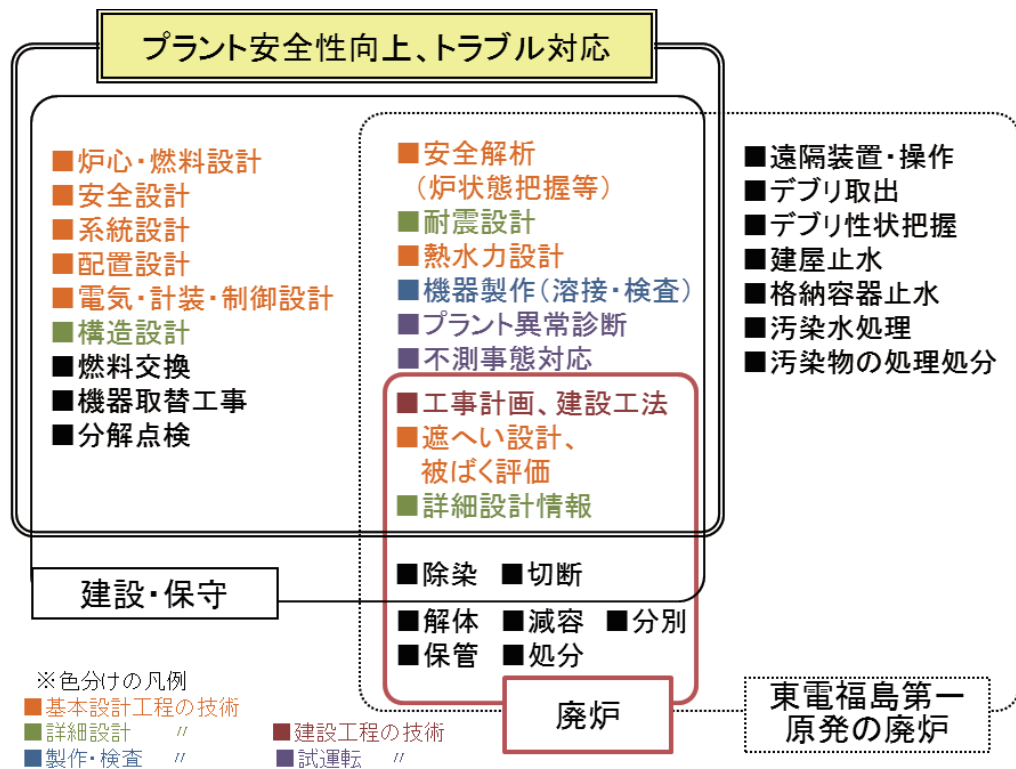


図 8-13 原子力発電所建設・保守、安全性向上、トラブル対応、廃炉に必要な技術の関係

(出典) 第 43 回原子力委員会 資料第 2-2 号 内閣府「軽水炉利用に関する現状」(2016 年) [59]

(2) 原子力人材の育成・確保に関する取組

① 産学官連携による幅広い原子力人材の育成

専門分野に限定することなく、総合的な能力を持つ人材を育てるため、産学官の幅

広い連携と分野横断的な取組が求められます。「原子力人材育成ネットワーク」は、国（内閣府、文部科学省、経済産業省、外務省）の呼びかけにより2010年11月に設立されました。同ネットワークは、産学官連携による相互協力の強化と一体的な原子力人材育成体制の構築を目指し、機関横断的な事業を実施しています（図8-14）。

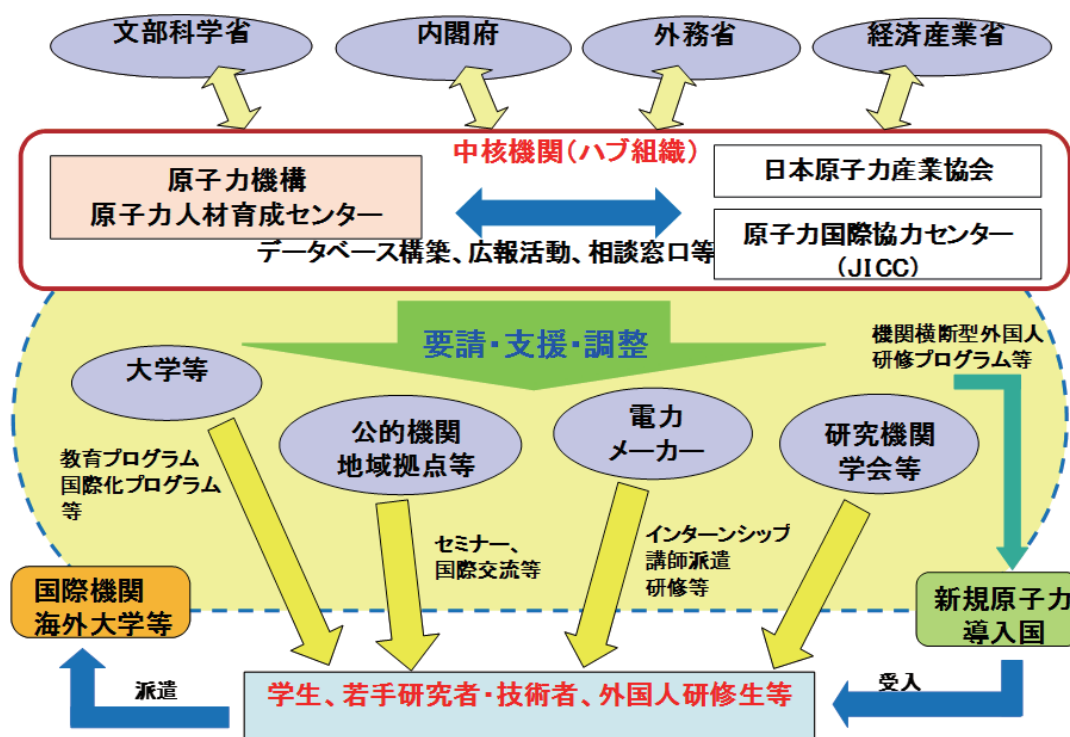


図 8-14 原子力人材育成ネットワークの体制

(出典) 原子力人材育成ネットワーク パンフレット²¹

文部科学省は、「国際原子力人材育成イニシアティブ」や「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」等により、産学官が連携した国内外の人材育成の取組を支援しています。

経済産業省は、「自主的安全性向上技術・人材ワーキンググループ」を設置し、我が国の軽水炉の安全性向上を効率的に実現する技術開発及び人材育成の将来に向けた道筋を示す「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を策定し、適時見直しを行っています。

関係省庁、研究機関、産業界等においては、自発的に同ロードマップに従って行動し、その実効性を確保するよう取り組むことが期待されています[60]。なお、自主的安全性向上技術・人材ワーキンググループ及び軽水炉安全技術・人材ロードマップについては、第1章1-2に記載しています。

人材育成・確保の取組は各地域でも進められており、福井県や茨城県では、それぞれ若狭湾エネルギー研究センター福井県国際原子力人材育成センター（2011年4月）

21 <https://jn-hrd-n.jaea.go.jp/material/common/pamphlet.pdf>

[61]、原子力人材育成・確保協議会（2016年2月）[62]が設立され、当該地域の産学官の関係機関が協力して原子力人材の育成に取り組んでいます。また、青森県は、原子力分野を含めた量子科学分野の人材育成及び研究開発の活動推進に向け、その拠点となる施設として「青森県量子科学センター」を2017年10月に開設しました[63]。

② 原子力安全、規制、防災等に関する人材の育成・確保

原子力安全規制分野の人材には、原子力工学、地震・津波対策、放射線防護等に関して高度な専門的知見が必要であり、その専門性を継続的に向上させていくことが求められます。そのため、原子力事業者等の活動を監視する原子力安全規制業務に携わる人材の育成・確保は重要です。

2014年3月、原子力規制委員会は、技術的に支援していた独立行政法人原子力安全基盤機構を統合した際に、専門性の向上に向けて、人材育成機能を抜本的に強化すべく、「原子力安全人材育成センター」を設置しました[64]。また、2016年度より「原子力規制人材育成事業」により国内の大学等と連携し、原子力規制に関わる人材を、効果的・効率的・戦略的に育成するための取組を推進しています[65]。さらに、原子力関連企業の合同企業説明会にもブースを構え、人材確保に努めています。

経済産業省は、我が国の原子力施設の安全を確保するための人材の維持・発展を目的として、「原子力の安全性向上を担う人材の育成事業」を実施しています。同事業では、既存の原子力発電所等の廃止措置や安全確保のため、原子力施設のメンテナンス等を行う現場技術者や、原子力安全に関する人材の育成に係る取組を実施しています[66]。さらに、原子力災害への対応の向上を図る

ため、内閣府は、原子力災害対応を行う行政職員や住民避難等に当たって協力をいただくこととなるバス等の民間事業者等のオフサイトの防災業務関係者を対象とした各種の研修等を実施しています[67]。

加えて、原子力機構の原子力緊急時支援・研修センターは、「防災業務関係者自らの放射線防護研修」等の研修を実施しています[68]。

③ 原子力施設における現場技術者・技能者の確保

原子力発電所等の安全・安定的な運転を維持するためには適切な保守・点検等が不可欠であり、これを担う現場の技術者・技能者の能力向上や技術継承を図ることが重要です。

前述の経済産業省の実施する「原子力の安全性向上を担う人材の育成事業」の枠組みでは、委託を受けた民間企業や教育機関が現場技術者・技能者を対象として放射線に関する知識や実務技能の向上を目的とした研修等を実施しています[66]。また、文部科学省は、「原子力発電施設等研修事業費補助事業」を通じて、原子力関連施設が立地する道府県が実施する原子力技術者・技能者向けの研修等を支援しています[69]。

このほか、原子力機構の原子力人材育成センターは、原子力発電技術者養成のための研修や原子炉主任技術者、放射線取扱主任者、核燃料取扱主任者資格取得のための国家試験受験講座を開催しています[70]。また、原子力安全推進協会は、原子力事業者等による人材育成の充実・強化のためのリーダーシップ研修、運転責任者判定²²、技術的専門性を高めるための各種セミナー、原子力発電所の保全工事従事者の技量認定制度等を構築、運用しています[71]。

22 原子力発電所運転責任者に必要な教育・訓練及び原子力発電所運転責任者に係る基準に適合しているか否かについて判定を行います。

④ 国際人材の育成

国際的な連携や協力をはじめとして、国内外で活躍できる人材を育成していくことが必要です。その代表例としては、原子力発電の導入を進める諸外国からの原子力人材育成支援に対する期待に応えるため、若手の研究者、技術者等を対象として開催される IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクールのアジア版が挙げられます。同スクールでは、原子力人材育成ネットワーク、東京大学、日本原子力産業協会、一般財団法人原子力国際協力センター、原子力機構、国立高等専門学校機構、福島工業高等専門学校が共同で日本側のホストを務めています [72]。

また、国内の各原子力関係機関は、IAEA や OECD/NEA 等の国際機関や諸外国に対して、我が国の様々な分野の原子力人材を派遣するとともに、諸外国からの研究者等を受け入れており、人材・技術交流が積極的に進められています。

IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクール（アジア版）の開催や、IAEA、OECD/NEA 等の国際機関及び諸外国に対する我が国の人材派遣については第3章 3-2 に記載しています。

⑤ 技術士制度の原子力・放射線部門、その他の原子力・放射線分野の人材育成の取組

2004 年に新設された技術士制度の原子力・放射線部門の 2016 年度の技術士試験では、第一次試験の申込者 177 名に対して合格者は 100 名、第二次試験の申込者 115 名に対して合格者は 29 名でした [73] [74]。2016 年度末時点で、原子力・放射線部門の技術士登録者数は 473 名となっており、企業、研究機関等において計画、研究、設計、分析、試験、評価又はこれらに関する指導の業務に従事しています [75]。

文部科学省は、全国の大学・大学病院における人材育成機能を強化し、優れた医療

人材を養成する「課題解決型高度医療人材養成プログラム」の枠組みにより、2016 年度から筑波大学の「放射線災害の全時相に対応できる人材養成」並びに長崎大学、広島大学及び福島県立医科大学の連携による「放射線健康リスク科学人材養成プログラム」に対する支援を実施しています [76]。また、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行うため、文部科学省に「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」を設置し、2017 年 6 月に「大学における工学系教育の在り方について（中間まとめ）」を取りまとめました。報告書では、学科ごとの縦割り構造の抜本的な見直しや学資・修士の 6 年一貫性など教育年限の柔軟化及び産学共同教育体制の構築等を講ずべき具体的な背景として挙げられています。原子力関係の大学においても、このような様々な大学改革の流れに積極的に対応していくことが重要です。

原子力機構、量研放医研では、研究者、技術者、医療関係者等幅広い職種を対象に種々の研修を実施しています。原子力機構は、原子力人材育成センターを中心に、原子力技術者及び放射線・RI 利用技術者を育成するための研修を行うとともに、原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者、放射線取扱主任者等の原子力分野の法定資格取得のための研修、原子力機構に所属する技術者の育成のための研修を行っています [70]。また、量研放医研の人材育成センターでは、放射線防護や放射線の安全取扱い及び放射線事故対応や放射線利用等に関係する国内外の人材や、幅広く放射線の知識を国民に伝えるための人材を育成するための研修、及び量子科学技術等に対する理解促進と将来における当該分野の人材確保のための理科教育支援等を行っています [77]。

このほか、日本アイソトープ協会、公益財団法人原子力安全技術センター等では、放射線取扱主任者資格指定講習等の資格取得に関する講習会を実施しています。これ

らの研修・講習では、研究開発機関だけでなく、地方公共団体、大学関係者や民間企業等からの幅広い参加者を受け入れています [78] [79]。

(3) 原子力人材の育成・確保に関する動向

① 原子力委員会の人材育成に係る見解について

原子力分野の人材育成の重要性は既に原子力関係者の認識として共有されており、前述のとおり、原子力人材育成ネットワークや原子力関係の行政機関において様々な取組や検討がなされています。一方で、今後の人材育成活動は、東電福島第一原発事故や現在の原子力を巡る状況やニーズ等を踏まえつつ、これまでの取組の経験と教訓を参考に、より効率的、効果的な活動とする必要があると考えられます。

上記の課題認識に基づき、2018年2月27日、原子力委員会は「原子力分野における人材育成について（見解）」を取りまとめ、高等教育段階と就職後の仕事を通じた人材育成について、それぞれ留意すべき事項を示しました [80]。高等教育段階における具体的な取組としては、高校や大学での勧誘において原子力分野の魅力や、エネルギーの安定供給や地球温暖化問題などにおける原子力の果たす役割の発信、将来のキャリアパスの提示などによる優秀な人材の獲得、海外を含むインターンシップなどの様々な経験を通じた人材育成、国内外のグッドプ

ラクティスの共有を進めるなど大学教育の改善、学部及び大学院修士課程を通じた体系的な原子力教育の実施が考えられることを指摘しています。また、就職後の人材育成については、キャリアパスを活かすための評価制度や目標管理制度、表彰、留学、資格取得などのキャリアパス形成に必要な制度的裏付け、分野横断的な研究活動と連携した人材育成や原子力発電技術の継承や研修資料作成とその実施等、積み上げ型の活動を挙げています。特に、研究開発機関における研究開発や仕事を通じた人材育成や、研究情報交換・連携活動に組み込まれた人材育成活動が必要と述べています。また、原子力発電プラントが長期間停止していることにより製造ノウハウの喪失等の恐れがあるとし、必要な技術と経験を確実に伝承するために暗黙知を顕現化させるとともにその継承の取組や知識ベース化が必要であるとしています。

同見解では、人材育成を原子力利用のイノベーションを生み出すために必要な知識基盤の構成要素の一部とし、世界が一目置く研究者、研究グループ、研究企画を作ることが研究開発における人材育成の目標になるとしています。また、この目標を達成することで原子力利用とその安全の基盤を強固にすることが可能であり、目標実現に向けた原子力関係機関における人材育成に係る一層の取組を期待するとしています。

原子力委員会は同見解を踏まえて、今後、原子力関係機関における人材育成に係る取組をフォローしていく予定です。

コラム

～原子力関係の教育カリキュラムについて～

安全の確保を図りつつ原子力の研究、開発及び利用を進めていくためには、これらを支える優秀な人材を育成・確保していく必要があります。

東京工業大学では、平成28年4月から、従来の学部、大学院・研究科の体制から、教育改革における新しい教育体制として、学部と大学院両方の教育を一貫して受け持つ学院を設置するなど、従前の3学部・6研究科を6学院に、23学科・45専攻を19系1専門職学位過程に統合・再編しました。改革の一つの考え方として、大学院をはじめとする専門分野が細分化されすぎており、社会の急激な動きに対する柔軟な教育ができていなかった反省を踏まえ、大きくくりで組織体系を再編しています。これによって、学生は選択できる専門分野の幅が広くなり、大学院の出口を見据えて、豊富な選択肢から体系的に広い領域について学ぶ広域学修が可能、さらには進路変更も容易となると同時に専門性を深化させることができます。

原子力分野の組織体系は、従前は、学部に関し原子力に関する学科はなく、大学院の理工学研究科の中の一つとして原子核工学専攻が存在していましたが、今回の教育改革により、修士課程部分では複数の学院・系にまたがる原子核工学コースを設置し、従来学部とのつながりがなかった原子核工学から、様々な分野の基礎を学んだ学生が原子力を学ぶ体制に変更しています。また、科学技術創生研究院の中にある先導原子力研究所とも連動して、体系的な核工学教育カリキュラムを作り、原子力社会と環境に調和する安全な原子核工学技術の発展を担う人材の育成に努めています。このように一つの学問に一つの専攻としての位置付けにこだわるのではなく、機械や電気・電子、材料、などの様々な必要な知識を学べるよう、他分野の専攻と連携し、修士・博士を付与できる仕組みを構築したことは、原子力の将来像や教育の在り方を物語っています。

原子力工学分野は、様々な分野の学問が必要とされる複合科学であり、エネルギー利用や放射線・加速器利用にも関連する分野です。東京工業大学の事例は一つのモデルケースとして踏まえつつ、原子力関係の大学は、近年の大学教育改革・工学教育改革の流れに乗りつつ、社会ニーズに応じた教育改革が求められています。

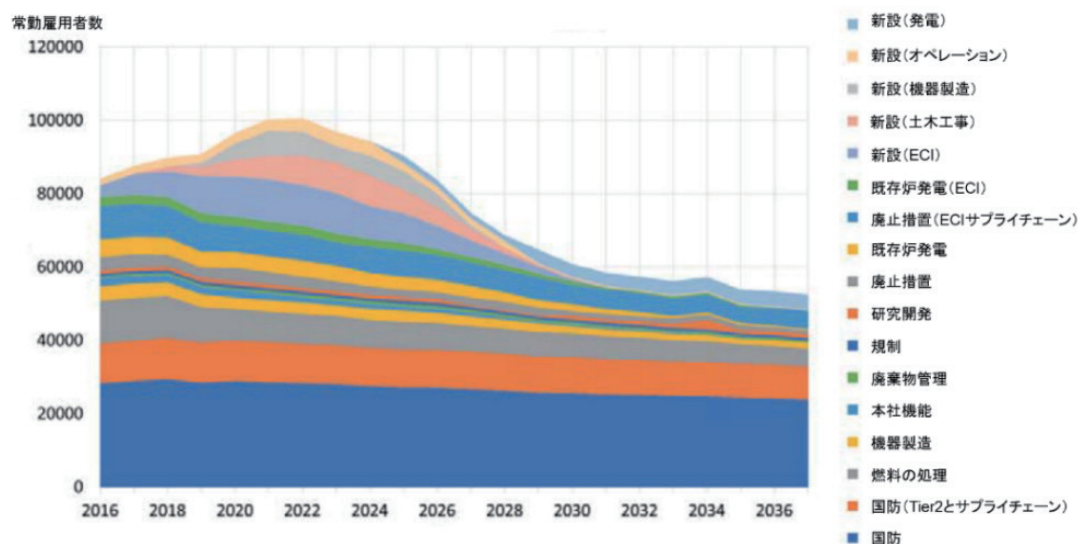
	学士課程	大学院課程(修士・博士課程)	コース: 学院の系で実施される大学院課程の教育
理学院	- 数学系 - 物理学系 - 化学系 - 地球惑星科学系	数学系 数学コース 物理学系 物理学コース 化学系 化学コース 地球惑星科学系 地球惑星科学コース	エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース
工学院	- 機械系 - システム制御系 - 電気電子系 - 情報通信系 - 経営工学系	機械系 機械コース システム制御系 システム制御コース 電気電子系 電気電子コース 情報通信系 情報通信コース 経営工学系 経営工学コース	エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース
物質理工学院	- 材料系 - 応用化学系	材料系 材料コース 応用化学系 応用化学コース	エネルギーコース エネルギーコース
情報理工学院	- 数理・計算科学系 - 情報工学系	数理・計算科学系 数理・計算科学コース 情報工学系 情報工学コース	エネルギーコース エネルギーコース
生命理工学院	生命理工学系	生命理工学系 生命理工学コース	エネルギーコース
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 - イノベーション科学系 - 技術経営専門職学位課程	建築学系 建築学コース 土木・環境工学系 土木・環境工学コース 融合理工学系 融合理工学コース 社会・人間科学系 社会・人間科学コース イノベーション科学系 イノベーション科学コース(博士課程) 技術経営専門職学位課程 技術経営専門職学位課程	エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース エネルギーコース
リベラルアーツ研究教育院	教養系科目(全課程を通して継続的に履修)		

東京工業大学の学院・系及びコース等の構成

コラム

～諸外国における人材育成の動向・取組～

原子力利用の安全を確保する上で、将来にわたって原子力人材を確保・育成することは重要な課題となっています。例えば英国では、今後、国内で原子力発電所の新設が計画されている状況で、将来の人材不足や高い専門的知見の喪失が課題として認識されており、官民挙げた対策が検討されています。具体的な取組としては、原子力技能戦略グループ（NSSG²³）による、将来必要となる原子力人材の評価等が挙げられます。NSSGは産業界が主導していますが、研究機関代表を議長とし、メンバーに政府、安全規制当局、産業界、サプライチェーン、廃炉組織、さらには国防省や海軍等の関係機関等の代表が参加しています。NSSGは2017年に公表した原子力労働力需給評価（NWA²⁴）において、2017年には約87,000人であった常勤雇用者数を、2021年には約100,000人まで拡大する必要があると予測し、この目標を達成するためには、2016年から5年間にわたり年間7,000人のペースで常勤雇用者数を増やさなければならないと指摘しています（下図）。



（出典）NWA2017（2017）に基づき作成

NSSGは優先課題として、将来の原子力開発計画に対応するための人材ニーズを満たすこと、技術者の退職による高い専門的知見の喪失を防ぎ、維持すること、民事・軍事、国内外での雇用の流動性を高めることの3点を挙げています [81]。

また、国際的には、OECD／NEAが2017年に、原子力分野における能力構築、知見の伝承、技術革新の実現のため、また、原子力利用に関する長期的な課題である放射性廃棄物管理や廃止措置について諸外国を支援するため、国際的な協力枠組み「原子力教育、スキル、技術フレームワーク」（NEST²⁵）を創設しました。NESTは参加する各国の大学、学会、研究機関、産業界の連携が可能な、国際的かつ分野横断的な枠組みを提案することにより、学生や技術者が原子力分野においてキャリアを積む動機付けを行うことを目標に掲げています [82]。

23 Nuclear Skills Strategy Group

24 Nuclear Workforce Assessment

25 Nuclear Education, Skills and Technology