

原子力人材育成の課題と今後の対応 ——原子力人材育成ロードマップの提案——

2015年4月20日
原子力人材育成ネットワーク

【要 旨】

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島第一事故）は、わが国のみならず世界各国に大きな衝撃を与えるとともに、原子力関係者に対し、これまでの原子力安全の取り組みへの深い反省をもたらした。

原子力安全の追求のためには、安全に対する鋭く深い洞察力を備えた人材の育成・確保が必須である。原子力人材育成に携わるわが国の産官学関係者は、福島第一事故の前年、ゆるやかな連携協力のプラットフォームとして形成した「原子力人材育成ネットワーク（以下、ネットワーク）」を通じて、事故の反省を踏まえた人材育成の取り組みを進めている。

しかしながら、原子力人材の育成・確保にとっても福島第一事故の影響は大きく、次代を担う若者の原子力への関心の低下、事故後の原子力発電所停止による現場実務経験の機会（OJT）の減少のほか、事故前より懸念されていた大学における原子力教育環境の悪化等が顕在化している。他方、原子力新規導入国からわが国への原子力技術協力、それに伴う人材育成支援への期待は事故後も変わっていない。

このため、ネットワークでは、運営委員長（服部拓也（一社）日本原子力産業協会理事長）の諮問会として、戦略検討会議（以下、検討会議。代表：上坂 充 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授）を設置し、エネルギー基本計画において重要なベースロード電源と位置づけられた原子力発電の安全確保、ならびに、事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置、高レベル放射性廃棄物の処分、核燃料サイクル事業、国際展開・国際貢献等の原子力を巡る数々の難問に立ち向かう上で欠くことのできない人材の育成・確保を戦略的に推進するための方策について、昨年より議論を続けてきた。

今般、検討会議は、人材育成・確保の諸課題について、産学官の役割・責任分担を整理し、時間軸を入れたロードマップに展開するに至った。産学官の原子力関係機関は、ロードマップに沿い、それぞれの役割に基づき人材育成・確保の努力を継続していくことが期待される。その上で、特に、国を挙げて戦略的に取り組むべき3つの重要事項を提示する。

＜戦略的に取り組むべき重要事項＞

- (1) 研究炉等大型教育・研究施設の維持
- (2) 海外原子力人材育成の戦略的推進
- (3) 戦略的原子力人材育成のための司令塔の設立検討

<重要事項の概要>

(1) 研究炉等大型教育・研究施設の維持

原子力を専攻する若い世代が将来専門家として活躍する基礎基盤を確立するためには、大学等における研究炉（研究炉、臨界実験装置を含む）等の大型教育・研究施設を用いた実験・実習の機会がかけがえのないものであり、そのための当該施設の維持は必須である。

しかしながら、研究炉等は、維持管理に多大の労力と費用を要し、大学単独での維持管理が難しくなっている。さらに、福島第一事故を反映した新規制基準への適合性審査に時間を要し、国内の研究炉すべてが停止している状況にある。この結果、研究炉等を使った教育プログラムの見直しが余儀なくされ、大学の原子力基礎基盤教育に支障をきたしている。

このため、わが国が保有する研究炉等の大型教育・研究施設の今後の在り方の検討、維持管理方法の見直しおよび更新等について、国の支援策の検討が必要である。同時に、教育利用のため、研究炉等の速やかな運転再開を期待する。

(2) 海外原子力人材育成の戦略的推進

福島第一事故以降も、発展途上国を中心に多くの国々が、エネルギーの安定供給と地球環境問題への対応の観点から原子力発電の導入を計画しており、これらの国々からわが国の原子力技術に対する評価は依然として高い。同時に、原子力人材育成面での期待も高く、ネットワーク関係機関は個別の要望に応じて研修生受入れや専門家派遣等の支援を行ってきている。

他方、海外の原子力先進国（ロシア、フランス、韓国等）においては、新規導入国向けの人材育成は国として一元化され、自国技術の国際展開を睨んで戦略的に取り組んでいる。

わが国としても、海外からの要請に応え、また、今後の国際展開の本格化に備えるため、これら競合する他国に負けないよう多様な海外向け人材育成活動に一元的に戦略をもって取り組む必要がある。このため、国の強力な関与が必要である。

(3) 戦略的原子力人材育成のための司令塔の設立検討

ネットワークは、発足以来、参加機関の個々の人材育成活動の独立性を尊重して、ゆるやかな連携を保つこととし、お互いに情報交換を進めながら、効果的、効率的な人材育成の実施を目指してきた。

現在、(独)日本原子力研究開発機構(JAEA)、(一社)日本原子力産業協会(JAIF)、(一財)原子力国際協力センター(JICC)が共同でネットワーク事務局を運営しているが、特に福島第一事故の反省を踏まえた人材育成ならびに国際連携の進展に伴い、従来事務局に求められた以上の役割や機能が要求されるようになっている。また、前述の海外人材育成を推進するには、育成対象ごとのカリキュラムの整合性や標準化、国際化等の課題を解決する必要がある。

このため、事務局機能を強化し、国内外の原子力人材育成に係るわが国の活動を俯瞰して全体調整を図り、さらには、国際標準となりうる人材育成プログラムを確立すること等により原子力人材育成を戦略的に推進する司令塔となる中核組織の設立を検討する必要がある。

【検討会議における議論】

1. 原子力人材育成ネットワークについて

ネットワークは、産学官関係機関が連携し、わが国の原子力人材育成活動のハブ化、国際化、ネットワーク化を目標に掲げ、2010（平成 22）年 11 月に発足した。爾来 4 年が経過し、参加機関は、当初の 49 機関から 70 機関となった。

JAEA、JAIF、JICC の 3 機関がネットワーク事務局としてハブ機能を担い、人材育成の開かれたゆるやかな連携プラットフォームとして、原子力人材育成の効果的、効率的推進、ならびに国際原子力機関（IAEA）等の国際機関との連携等について一定の成果を上げてきている。ネットワークは、産官学関係者の理解と支持を得て、わが国の原子力人材育成の取り組みを方向づける役割を担うようになったと言える。

2011（平成 23）年 3 月の福島第一事故を踏まえ、同年 8 月、ネットワークは、「東京電力福島原子力発電所事故を踏まえた原子力人材育成の方向性について」として、原子力安全・防災などの専門的知見を有する人材の確保、現場技術者の確保等の 5 つの課題と当面の対応方策をまとめ、公表した。さらに、2014（平成 26）年 9 月には、原子力人材育成に関する原子力委員会の見解（2012（平成 24）年 11 月）を受け、原子力人材育成の今後の進め方について課題を整理した。

また、ネットワークは、IAEA 等との国際連携を推進している。その一例として、IAEA 標準の原子力基礎教育を実施するため、IAEA が数年前から欧米等の拠点で開催している原子力エネルギーマネジメントスクール（現在の名称は、Japan-IAEA Joint Nuclear Energy Management School）を 2012（平成 24）年にわが国に誘致し、以後、毎年わが国でアジア版スクールを開催していることがあげられる。

2. 原子力人材育成活動の現状

(1) 福島第一事故調査報告書における原子力人材育成の提言

国、民間でまとめられた複数の事故調査報告書において、原子力安全確保における原子力人材育成の重要性が指摘されている。また、日本原子力学会事故調査委員会は、各種事故調査報告書に基づいた検討・分析と提言を行い、人材育成に関しては、①原子力安全を最優先する価値観の涵養、②資格制度の充実、③大学における原子力教育・研究の重要性、④小中高校における原子力・放射線教育の 4 つを強化すべき、と提言している。

(2) 原子力政策における原子力人材育成の位置づけ

福島第一事故への対応に係る人材育成については、2011（平成 23）年 12 月、政府及び東京電力が策定した「東京電力(株)福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」（2013（平成 25）年 6 月改訂）の中で、「廃止措置に係る現場作業及び研究開発プロジェクトを進めるに当たっては、中長期的な視点で人材を確保・育成していくことが重要であり、政府の強力な人材育成推進体制の下、大学等の教育・研究機関や JAEA 及び民間が連携して人材育成を実施していくことが必要である。」とされている。

また、国の第4次エネルギー基本計画（2014（平成26）年4月11日、閣議決定）において、原子力は、「安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源」と明確に位置づけられた。これを受けて、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が同年12月にまとめた中間整理では、人材育成について、「原子力発電の継続的な安全性向上・確保を図るため、わが国の中で必要な技術・人材の確保」、「一定規模のサプライチェーンを確保しつつ、実プラントを通じた経験（OJT）が可能となる環境の整備」、「人材育成や安全確保の観点からは、研究炉の位置づけにも留意が必要」と指摘している。

さらに、同委員会のもと、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループが設置され、「特に当面は、喫緊の課題への対応として、東京電力福島第一原子力発電所以外の廃炉を含めた軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された原子力安全技術・人材に関するロードマップを作成し、これらに関係者間で共有するとともに、原子力事業者を含めた産業界が行う自主的安全性向上に係る取り組みを共有、調整し、改善すべき内容の取りまとめを行う」こととなった。

同ワーキンググループにおいて策定予定の「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は軽水炉の安全性向上を効率的に実現するためのものであり、技術開発をどのように進めるかという観点に加え、それを実現するために必要な人材をどのように確保するかという観点で策定される予定であり、同ロードマップの策定過程においては、原子力人材育成ネットワークや本提案書が指摘する重要事項について、共有されており、これらを踏まえたものとして策定されることが期待される。

（3）学生の原子力離れ

文部科学省の調査によれば、福島第一事故後、名称に「原子」を含む学科等への応募者、入学者数は減少傾向が続いている。また、JAIFが毎年開催している原子力産業セミナー（原子力関連企業説明会）では、福島第一事故後、参加企業数の減少もあり、参加学生数が事故前年の5分の1に激減した。これらは、国の原子力政策の一時的な混乱に加え、わが国の原子力産業の将来への見通しが不透明で、若い世代が興味や関心を持ちにくい状況にあるためと考えられる。

その一方で、原子力発電所の廃止措置が新たなビジネス分野として浮上しつつある。また、事故を起こした原子力発電所の廃止措置には世界に例のない困難さを伴うことが予想され、未知でチャレンジングな多くの技術開発課題が解決を待っている。しかし、「廃止措置」について具体的なイメージを抱きにくいこともあり、学生の関心を集めるには至っていないと考えられる。

（4）新規導入国の原子力人材育成支援

原子力先進国のうち、ロシア、フランス、韓国等においては、自国技術の原子力新規導入国向け展開を後押しするものとして、国を挙げて対象国の原子力人材育成を支援している。ロシアでは国営企業ロスアトム社の中央先進訓練研究所（CICET）、フランスでは国立原子力科学技術学院（INSTN）、韓国では韓国電力公社国際原子力大学院（KINGS）が、国内外の原子力発電技術者の教育訓練機関として活動し、国際的認知度を高めている。

わが国では、原子力新規導入国の原子力人材育成支援について、ベトナムについては主として国際原子力開発(株)(JINED)が、それ以外の国に対してはネットワーク事務局の JICC 等が調整機関となり、国内企業や研究機関が国の支援も受けながら個別にまたは連携して行っているが、対外的にわが国を代表して原子力発電技術者の教育訓練に責任を有する組織・体制は明確ではない。また、教育訓練のための標準的カリキュラムも対外的に説明できるような形で整備されていない。

このため、わが国では、個別の人材育成活動のレベルは高いものの、国際的に見ると、国全体の整合性や標準化等、戦略的な取り組みに弱点があると言えよう。

(5) 人材育成の質の保証と標準化

原子力人材育成の質を保証するには、職種や職位等に応じて要求される知識や技量、経験などの人材要件の標準型を示し、要件に応じた標準的人材育成カリキュラムを整備することが有効と考えられる。標準化により、人材育成を効果的、効率的に実施するとともに、社会に対しては、人材育成の質について説明することが可能になる。IAEA や米国などには標準化された人材要件があり、一部は公開されている。また、IAEA は、大学院修士レベルの原子力実務教育の標準モデル作成に着手しており、原子力に必要な専門能力を分類、整理しつつある。わが国からは、東京大学がこのプログラムに参加し、同大学の原子力専門職大学院の教育カリキュラムが参照されている。

(6) 国の原子力人材育成の施策

2007（平成 19）年度より、経済産業省、文部科学省は共同で、大学等の原子力教育や産業界の原子力人材育成施策として「原子力人材育成プログラム」を開始した。現在も、両省はそれぞれ施策を継続している。同プログラム実施者による参加者アンケート結果等からは、原子力への関心向上等の効果が確認されている等、一大学、一企業では実施しにくい教育、研修等が、国の支援策により効果的に実施できており、国の施策の継続が期待される。

3. 原子力人材育成ロードマップの検討

検討会議は、上述の原子力人材育成の現状認識を踏まえその戦略的推進のために取り組むべき事項を検討し、産学官の共通の指針とすべくロードマップに展開した。

検討は、バックキャストिंगの手法により次のように進めた。

- (1) 目標として想定しやすいおよそ 10 年後の原子力のあるべき姿を描く。
- (2) 現状とあるべき姿とのギャップを明確にし、ギャップを解消するために解決すべき課題を抽出し、課題解決の方策を検討する。
- (3) 人材育成の対象を学生、若手、中堅の 3 世代と海外人材育成の 4 つに分け、それぞれについての課題と解決方策に整理した上で、産学官の役割と責任の分担を考慮し、課題解決の道筋を時間軸に展開する。

(1) 10 年後の原子力の姿

まず、10 年後の原子力のあるべき姿について、4 つの側面から描いた。

- ① 福島復興・再生
国際連携のもとでの東京電力福島第一原子力発電所の汚染水対策、廃止措置、周辺地域の除染や廃棄物の中間貯蔵等が着実に進展し、住民の帰還も進む。
- ② 安全運転・安全確保
福島第一事故の教訓が国内外で共有され、わが国は世界最高水準の安全性を確保し、国民の信頼も回復して、原子力発電はエネルギー・ミックスの中で一定規模のシェアを維持している。
- ③ 核燃料サイクル・放射性廃棄物処分
高速増殖炉「もんじゅ」の活用、青森県六ヶ所村に立地する再処理施設の稼働、高レベル放射性廃棄物処分計画の進展等、積年の課題が解決に向かうことにより、国民の原子力に対する理解と支持が深まる。
- ④ 国際貢献・国際展開
海外においてわが国が参画する建設・試運転段階の原子力プロジェクトがあり、国内原子力産業界に活気が戻る。安全基準の国際標準化や新規導入国の人材育成活動における積極的な貢献が評価され、わが国が国際的な場でリーダーシップを発揮している。

さらに、①～④の共通基盤として、「⑤大学等の教育・研究環境の確保」が重要であり、これについても10年後のあるべき姿を描いた。

- ⑤ 大学等の教育・研究環境の確保
原子力発電に係るさまざまな基礎基盤分野の教員が確保され、基礎基盤教育の上に最先端の教育・研究が行われており、優秀な人材が原子力を志望し、産業界等に人材を送り出している。教育現場の国際化が進み、海外の優秀な人材を受け入れ、教育している。教員は、国の規制審査等でも重要な役割を果たしている。

(2) 10年後の姿を実現するための人材育成の課題と対応方策

そこで、①～⑤について、あるべき姿と現状とのギャップを明確にし、ギャップを解消するために解決すべき人材育成の課題を抽出し、課題解決の方策を検討した。

① 福島復興・再生

<人材育成の課題>

デブリ回収、事故を起こした原子力施設解体、そのための国際研究開発プロジェクト等に幅広い分野の技術を結集する必要がある。一方、学生の原子力離れや原子力発電所事故のイメージにより、多様な分野の人材を継続して確保していくことには相当の努力が必要なが予測される。

そこで、多様な分野の人材を惹きつけること、国際プロジェクトとして事業を牽引していくこと等が重要な課題である。

得られた成果は、世界に向けて発信し、世界標準化していくことが必要であり、そのための人材育成も進める。

また、福島での事業の実施にあたっては、地域社会の理解と信頼が不可欠であり、コミュニケーションに関する人材を育成する。

＜対応方策＞

- ・廃止措置技術開発や研究開発プロジェクトの公開性、透明性の確保
- ・若い世代に福島の実況に触れる機会の提供
- ・大学等での基礎力の養成
- ・実務を通じた現場力の育成
- ・国際プロジェクトを通じリーダーシップ力の育成
- ・コードエンジニアの育成
- ・リスクコミュニケーターの育成

② 安全運転・安全確保

＜人材育成の課題＞

一定規模の原子力発電の維持には、現状の原子力発電に従事する人材を継続して確保し、技術維持・継承を確実にする必要があり、設計、建設、運転、保守の「生きた仕事の場」が必要である。

知識、技量、経験等、職務遂行に必要な要件を標準化することが人材の質を確保し、技術維持・継承を効果的、効率的に進める上で重要である。

原子力発電所の過酷事故を経験した現在、原子力安全の遂行のため、原子力安全・防災・危機管理に関する専門家を育成・確保する。

原子力利用の継続について支持を得るには、社会とのコミュニケーションは基本であり、そのための人材を育成する。

＜対応方策＞

- ・産業界より人材需要を提示
- ・人材要件の標準化
- ・原子力発電に触れる機会の提供
- ・ベテランから若手への技術継承
- ・安全研究の推進による人材育成
- ・コードエンジニアの育成
- ・リスクコミュニケーターの育成

③ 核燃料サイクル・放射性廃棄物処分

＜人材育成の課題＞

核燃料サイクル事業は、放射能を直接取り扱う化学プラントであり、また、高レベル放射性廃棄物処分事業は、地質学的時間スケールでの安定性を要求される事業であるため、特に多方面の人材を長期間にわたり惹きつける必要がある。現在も事業化の途上にある事業がほとんどであり、技術開発を継続し、蓄積していくことが重要である。

特に、プルトニウムや超ウラン元素を取り扱うことから国際的にも厳しい管理を要求され、それに従事する人材の専門性を育成する。

原子力発電所と異なり、施設数が限定的であるため、人材の確保や技術の維持・継承を計画的に進める。

＜対応方策＞

- ・幅広い分野から技術者・研究者の確保
- ・現場技術の蓄積、維持・継承

- ・核燃料サイクル関連長期研究開発プロジェクトの推進
- ・核セキュリティ関係専門家、放射性廃棄物関連技術専門家の育成
- ・リスクコミュニケーターの育成

④ 国際貢献・国際展開

＜人材育成の課題＞

原子力先進国であり、過酷事故経験国であるわが国が世界の原子力安全に果たすべき役割は大きい。また、原子力新規導入国からわが国の技術力への信頼と支援に対する期待も高い。

原子力人材に求められる知識、技量や、リーダーシップ・判断力等の能力などの基本的要件は世界共通であり、標準化により効果的な人材育成を実現できる。

基準、標準を制するものが世界を制すると言われており、国際場面で重要な基準、標準の専門家であるコードエンジニアを育成する。

国際貢献・国際展開は、国として戦略的に推進する。産官学関係機関の活動の司令塔とも言うべき組織設立を検討する。

＜対応方策＞

- ・教育／育成カリキュラムの標準化
- ・国際連携プロジェクトを通じた計画的育成
- ・国際機関への日本人職員の積極的派遣
- ・コードエンジニアの育成
- ・資格の標準化、国際化の推進
- ・一元的管理、育成を可能とする司令塔の設立検討

⑤ 大学等の教育・研究環境の確保

＜教育面の課題＞

大学は、最先端の研究を行う知の殿堂であり、また、若い世代を後継者として育て、社会に送り出す教育機関としての役割もある。

それを実現するため、教員、教育・研究施設、教育カリキュラム等を整備・維持する。

原子力業界に送り出す人材が世界で活躍するためには、専門分野だけに留まらず、広く教養を身につけさせることが重要である。

＜対応方策＞

- ・教員の確保
- ・教育・研究用実験・実習施設の維持、更新、新設、国際共同利用
- ・カリキュラムの国際標準化、専門教育の確保
- ・基礎基盤教育の充実、教養教育の重視
- ・原子力以外の学生が原子力に接する機会の提供
- ・大学間連携、単位相互認定、施設共同利用の推進

(3) ロードマップへの展開

人材育成の対象を学生、若手、中堅の3世代と海外人材育成の4つに分け、それぞれについて、課題と解決方策を整理した上で、産官学の役割と責任の分担を考慮し、課題解決の道筋を時間軸に展開した。

① 人材育成の対象

前述の人材育成の課題、対応方策の主対象について、ここでは、国内の人材を、約10年の幅で、教育段階にある大学生等（～20歳代半ば）、実務に就いて10年までの若手（20歳代半ば～30歳代半ば）、実務に就いて10年～20年の中堅（30歳代半ば～40歳代半ば）の3世代に区分し、さらに、原子力新規導入国の人材育成（海外人材育成）を加え、4つとした。

このため、前述の人材育成の課題、対応方策は、本検討の対象である今後10年間で、大学生等が若手に、若手が中堅に、中堅が幹部にふさわしく成長するための課題ならびに、海外人材育成の課題についての対応方策として整理できる。

そこで、これらの4つの人材育成対象ごとに、必要とされる教育／人材育成の取り組みについて、産学官の役割・責任分担を考慮し、時間軸を踏まえたロードマップに展開した。

4つの人材育成対象が必要とする教育／人材育成の取り組みは、以下のとおりである。

<大学生等の教育>

前述の4つの側面に共通して、科学リテラシー、基礎基盤、教養、技術者倫理を涵養することがこの段階での人材育成の基本である。また、福島第一事故の教訓を踏まえ、原子力過酷事故、リスクコミュニケーション、安全文化等のテーマを新たに教育カリキュラムに取り込んでいる例もある。事故を起こした原子炉の廃止措置に向けた基礎基盤研究と人材育成が東北大学、東京大学、東京工業大学の3拠点を中心に産学官連携により着手されており、高放射線環境下作業ロボット、核種分離回収等において将来にわたる新しい研究テーマが見出されることが期待される。

教育には、専門分野の教員および実験・実習を可能とする大型教育・研究施設を維持し、教育カリキュラムを整備することが必要である。また、一大学単独で多様な分野の教員や大型施設を確保することは難しいことから、大学間の連携も重要である。特に、現在、わが国の大学が所有する研究炉等の大型教育・研究施設は、維持・管理が困難となっており、国の支援策の検討が必要である。

また、多様な分野の学生が原子力を志望するきっかけとして、原子力に触れる機会を原子力専攻学生に限らず、幅広く提供できる体制を産業界との連携を含め整備する必要がある。

<若手人材の育成>

福島第一事故の人材育成面からの最大の教訓は、安全文化の綻びである。「安全文化」はチェルノブイリ原子力発電所事故をきっかけに生まれた考え方で、安全最優先の価値観が組織全体で共有され、その価値観に基づいて日々の業務が遂行されることである。安全最優先の価値観が組織全体に浸透し、維持されるには、経営層、管理者層の強力なリーダーシップの発揮が重要であることは言うまでもない。

ネットワークでは、原子力発電所の運転員、保修員等に係る原子力発電のコア技術およびその習得方法についてモデルとなる事例を選び、既存の教育・研修体系を整理してきた。今後、海外を含め他の良好事例等を参考にしながら、標準的な教育・研修のあり方を検討していく。原子力発電所の運営管理を担う技術者の技術レベルや質について、対外的にも説明できるようにしていくことは、社会からの信頼を得

る上でも重要である。

若手人材については、安全文化を身につけ、実務経験を通じて、技術を体系的に学び、継承することが基本である。

事故を起こした原子炉の廃止措置、原子力安全、核燃料サイクル、放射性廃棄物処分のそれぞれの業務に応じた業務知識、技術要件の整理、標準化により、技術の習得や継承が効果的、効率的に実施されることが期待される。

また、早い段階から国際的経験を計画的に積むことで、広い視野を備え、国際舞台で活躍する国際人としての育成も期待される。

<中堅人材の育成>

安全文化や専門技術は、一旦習得したらそれで終わるものではなく、その後も必要な研鑽が継続して行われること（CPD：Continuing Professional Development）が極めて重要である。CPDの一環として、専門分野を習得した中堅人材が大学等で一定期間学び直しすることの有用性について、関係者の理解が進むことが望まれる。その際には、専門分野の知識・技術を基本として、より幅広い視点に立って考察する能力、即ち、俯瞰力、洞察力、判断力、リーダーシップ、マネジメント力等の研鑽に力点がおかれるようになると考えられる。

事故を起こした原子炉の廃止措置については、業務経験に基づく幅広い知識・技術基盤を備えた中堅人材が中心的役割を果たすことが期待されるが、現場を経験した中堅人材が大学に戻り、実務を通じて得た経験等をもとに教育・研究活動に従事し、その後再び現場に戻って研究成果を実務に活かす等、人材の還流による人材育成の高度化が可能となるような体制づくりが期待される。その際、業務経験を活かし、リスクコミュニケーターとして活躍する人材の育成も期待される。

<海外人材育成>

海外人材育成については、育成の基本的内容、方法は、上述した、国内の人材（大学生等、若手人材、中堅人材）と同様である。わが国の関係機関が連携し、戦略的に取り組むため、国レベルでの体制整備、対応が特に重要である。

標準的な人材要件を定め、人材要件に対応して標準的なカリキュラムを整備し、必要な教材を作成すること、分野ごとに講師陣を登録すること等を進めていくことが期待される。この際、産業界、研究機関で長年経験を積んだシニア人材の活用についても検討する必要がある。

対外的に統一した戦略的な対応に当たっては、わが国の「顔が見える」ようにすることが重要である。このためには、海外人材育成を一元的に管理し、運営する司令塔の設立を検討することが必要である。

これは、わが国の原子力政策と密接不可分なものであり、国の強力な支援が期待される。

② 役割分担

産学官は、以上の4つの対象人材の教育／育成を、以下の役割・責任分担により、戦略的に推進していく。

産（産業界）の役割：

原子力産業の魅力を示す。人材需要を示す。実務を通じて人材を育成する。

学（大学等教育機関）の役割：

教員を確保する。教育・研究用施設を確保する。基礎基盤教育を実施する。最先端研究に挑戦する。

官（国）の役割：

原子力政策を明確に示す。魅力ある研究開発プロジェクトを実施する。国際展開プロジェクトを支援する。人材育成施策を継続する。

4. 戦略的に取り組むべき重要事項

以上の検討を踏まえ、現状の産学官による取り組み状況に照らし合わせると、今後、取り組みを強化すべきであり、かつ、戦略的に取り組むことが必要な人材育成の重要事項は以下の3点に集約される。これらは、産学官の個別機関の責任の範囲を超える重い課題であり、かつ、原子力安全向上のために欠かせない事柄であるため、それらの戦略的取り組みについて国の支援策の検討が必要である。

(1) 研究炉等の大型教育・研究施設の維持

大型教育・研究施設には、中性子やガンマ線を利用して研究を行ういわゆる研究炉、原子炉の特性を研究する臨界実験装置、加速器、放射線照射施設などがあるが、特に、研究炉、臨界実験装置の維持・管理が困難となっている。

わが国では、1955年に原子力基本法が制定され、原子力の研究、開発、利用が開始された。1957年には日本原子力研究所においてJRR-1（湯沸し型、熱出力50kW）が初臨界したのを皮切りに、大学、メーカー、研究機関において研究炉や臨界実験装置の建設が相次ぎ、原子力の研究と人材育成が精力的に進められた。こうして、日本で最初の商業用原子力発電所（日本原子力発電(株)東海発電所（ガス冷却型(GCR) 16.6万kW）の運転が1966年に開始するまでに、技術者、研究者は研究炉や臨界実験装置を「設計」し、「建設」し、「運転」することで原子炉物理の知識を蓄え、実験を通じて知識を体験に昇華させ、商業炉の設計・建設、運転・保守の基礎力を養った。さらに、1970年にはわが国初の商業用軽水型原子力発電所（日本原子力発電(株)敦賀発電所1号機（沸騰水型(BWR) 35.7万kW））が運転を開始し、その後40年以上にわたり、50基以上の商業用軽水型原子力発電所の設計・建設、運転・保守の経験が蓄積されてきた。

しかし、福島第一事故を経験した現在、わが国の原子力研究・開発・利用は原点に立ち戻り、基礎基盤教育のあり方を見直すとともに、安全技術の高度化を中心に据えて、原子力技術の更なる高度化を目指す必要に迫られている。特に、将来、中心となって活躍することが期待される原子力を専攻する学生には、原子力技術の原点である原子炉物理の基礎基盤知識を習得させ、その知識を深化させるため、実際に研究炉、臨界実験装置等の大型教育・研究施設を「見て」、「触って」、「運転して」、「分析・考察して」、「体感・体得する」という一連の体験を積み重ねることが必要である。学生は、この一連の体験を通して、原子力安全や放射線を扱う「緊張感」を

経験し、それに伴う種々の法規制等を「臨場感」を持って体得することができる。研究炉、臨界実験装置等の施設では、シミュレータでは体験できない、学生にとって予想もしないことが起こり得る。こうして体得した知識や知恵は、原子力の現場で何らかの問題に直面した場合、判断のよりどころとして役立つものである。また、核物質を取り扱うことに伴う核不拡散や核セキュリティに関する国際規範を体験を通じて学ぶことができる。

現在、わが国の大学に残る研究炉は、京都大学の研究炉（KUR）、近畿大学の研究炉（UTR-KINKI）の 2 基、臨界実験装置は京都大学の（KUCA）1 基のみとなった。いずれの施設も研究利用との兼ね合いもあって、学生が実験に参加できる回数は限られているが、KUR では 20～30 名、UTR-KINKI では約 150 名、KUCA では 160～180 名の学生が毎年全国から実験に参加している（いずれも自校の学生を含む）。このため、設備の維持管理のための要員や費用の確保について所有者である大学の負担も大きい。教育利用されている、JAEA の研究炉等（研究用原子炉（JRR-3）、材料試験炉（JMTR）、原子炉安全性研究炉（NSRR）、臨界実験装置（高速炉臨界実験装置（FCA）、定常臨界実験装置（STACY）等）においても、また、民間に唯一残る東芝の臨界実験装置（NCA）においても状況は同様である。

これらの施設は、東芝のものを含め、全国の学生の教育や教員研修に利用されており、わが国にとり重要な教育資源でもあるが、施設面の制約から原子力を専攻する学生に必要十分な機会が提供できていないわけではない。このため、福島第一事故を踏まえ、原子力教育の基礎基盤固めをするにあたって、これらの施設を利用した実験・実習により、学生等の教育の質を維持向上させるための方策について、産官学の関係者は知恵を絞る必要がある。特に、教育面の施策として、国の積極的な関与が必要である。

また、安全規制に関わる人材にとっても、研究炉等での実習は、高い安全とセキュリティの感性を熟成させるためには不可欠といえよう。

現在、これらの施設は、福島第一事故を踏まえた新規制基準対応への適合性審査のため停止しており、学生の教育プログラムに支障が生じている。学生の教育のためにも、一日も早い運転再開が期待される。

なお、これら研究炉等については、設備の維持管理のほか、代替炉の考え方、大学内に保管している使用済燃料の米国への返還、核セキュリティの観点から高濃縮ウラン燃料の低濃縮化の問題（KUR については低濃縮化済み）もあり複雑であるが、産学官関係者の努力で解決への道を拓く必要がある。

(2) 海外原子力人材育成の戦略的推進

わが国の原子力新規導入国に対する原子力人材育成支援については、個別の機関が国の支援等を得て、さまざまな取り組みを実施している。

例えば、以下のような活動がある。

ネットワークでは、前述のとおり、東京大学、JAEA、JAIF、JICC が IAEA との共催により、国内外若手人材を対象とする原子力エネルギーマネジメントスクールを 2012 年より開催している。

ベトナムにおける原子力発電導入において、わが国をニントゥアン省第二原子力発電所建設のパートナーとすることが決定され、JINED が中心となって同国を支援しており、その中に原子力人材育成も含まれている。現在、ベトナム電力公社から第 2

期研修生が日本に派遣され、東海大学で原子力発電の基礎を学んでいる。また、最近、ベトナムからわが国に対し、研究炉提供や研修生受入強化の要請があった。

わが国と原子力協定を締結している原子力新規導入国（ベトナムを除く）の原子力人材育成支援については、JICC が事務局となって、講師派遣や専門家受入れ等を実施している。

放射線利用等に関する新規導入国の専門家育成については、主に JAEA が研修を担当している。

東京工業大学が幹事校を務める大学連合ネットでは、文部科学省の人材育成事業の一環として、海外出前講義や双方向 TV 講義をベトナム、インドネシア、マレーシア、タイ等で実施している。

福井県では、ネットワークにおける立地地域拠点の先進的な取組みとして、IAEA と協力覚書を締結し、集積する教育・研究、防災、広報等の原子力関連施設を活用した海外人材育成事業を実施している。

これらの取組みは、内容的に充実しており、また、ネットワークを通じて関係者間で情報共有されているが、相互連携の点では、海外に比べて不十分なところがある。他方、海外の原子力先進国（ロシア、フランス、韓国等）の国際的な原子力人材育成の取組みは、活動が国として一元化されており、コンタクト先や教育カリキュラム等が対外的にわかりやすく、アクセスしやすい仕組みが整備されている。

わが国としても、これらの海外原子力先進国の取組みに倣い、JAEA、JICC、その他関連機関が行っている専門家派遣・研修員受入れ等の人材育成活動を集約し、必要な情報を分析し、立体的な海外原子力人材育成戦略を構築し、取り組んでいく必要がある。ネットワークでは、こうした戦略的取組みの第一歩としてわが国の海外人材育成活動をカタログにまとめ、各国に配信したところである。

(3) 戦略的原子力人材育成のための司令塔の設立検討

前述の海外原子力人材育成戦略を策定し、実施するには、一元的な取組みを可能とする司令塔が必要であり、この設立について産学官関係者が検討を開始すべきである。原子力の海外展開が目標であり、議論の場の設置について、経済産業省の積極的な関与が必要である。

また、人材育成は長期的視点に立った継続的な取組みが不可欠であり、司令塔には、海外人材育成ばかりでなく、国内原子力人材の育成・確保についても、わが国の多岐にわたる組織・機関の様々な取組み全体を俯瞰し、重点的に取り組むべき課題を調整するなど、より効果的、効率的な人材育成戦略を策定し、実行に移していく機能の充実・強化が不可欠である。

これについて、現在、JAEA、JAIF、JICC が共同でネットワーク事務局を運営しているが、特に福島第一事故の反省を踏まえた人材育成ならびに国際連携の進展に伴い、従来の事務局に求められた機能以上のことが求められるようになっている。このため、事務局機能を強化し、わが国の原子力人材育成に係る活動を俯瞰して全体調整を図り、国際標準となる人材育成プログラムを確立し、戦略的に推進するための原子力人材育成の司令塔となる中核組織に引継ぐことも考えられる。

おわりに

資源が乏しく狭隘な国土のわが国では、人こそが最重要の資源であり、国の宝である。人材育成は、わが国の最重要国家戦略の一つであり、高度な産業社会を維持していくための土台である。

福島第一事故を経験したわが国は、原子力安全への取り組みへの深い反省に立ち、エネルギーの安定供給と地球環境問題への対応、ならびにエネルギーコストの安定性を考慮し、原子力を重要なベースロード電源と位置づけ、可能な限り依存度を低減させるとの方針の下で、今後も一定の規模を維持していく政策を選択した。

わが国が今後も安全を最優先に原子力技術を利用し、世界の持続的発展に貢献していくためには、産学官の各機関が、わが国の原子力人材育成の現状と課題、そして将来に向けての方向性を共有し、それぞれの役割・責任分担を踏まえて原子力人材の育成・確保に着実に取り組む必要がある。

国、産業界、大学等教育機関が、今後、密接な連携をより一層深め、長期的かつグローバルな視点に立って、戦略的に原子力人材育成に取り組んで行くことを期待する。

【添付資料等】

添付資料 1：学生の原子力への関心度を示すデータ例

- (1) 原子力産業セミナーへの来場学生数、参加企業・機関数の推移
- (2) 名称に「原子」を含む学科等の学生動向（文部科学省調べ）

添付資料 2：国内の研究用原子炉および臨界実験装置

添付資料 3：原子力人材育成戦略検討会議の構成員

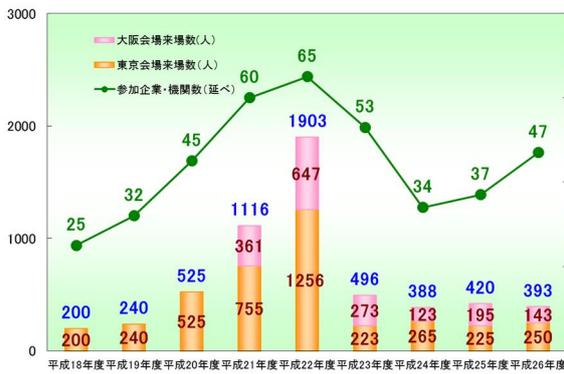
添付資料 4：原子力人材育成戦略検討会議の検討経緯等

添付別紙：原子力人材育成戦略ロードマップ

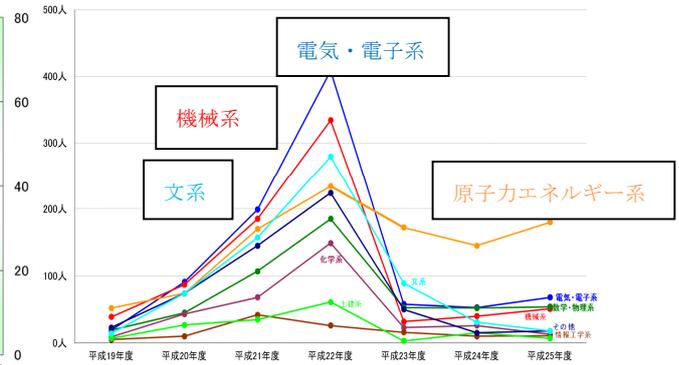
添付資料1：学生の原子力への関心度を示すデータ例

(1) 原子力産業セミナーへの来場学生数、参加企業・機関数の推移

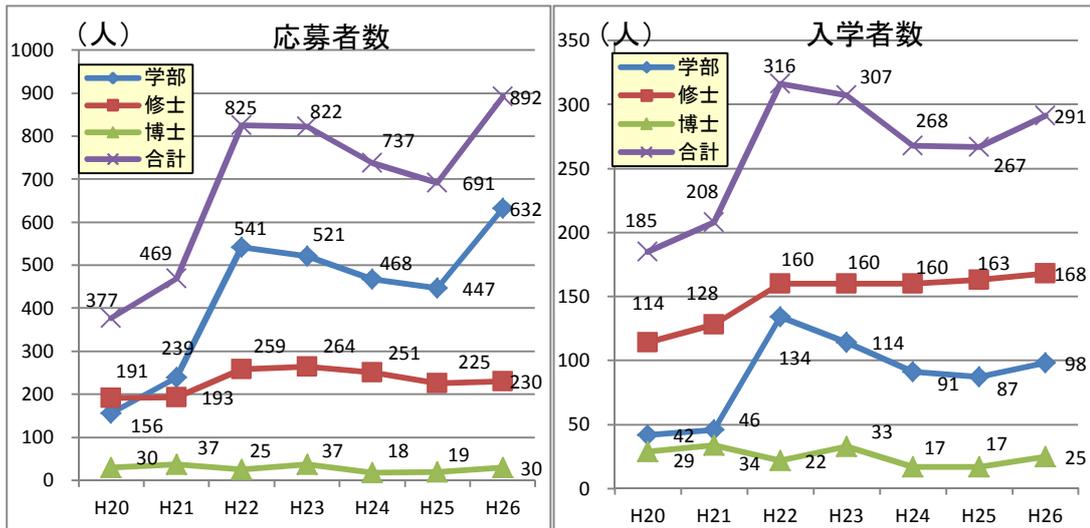
来場学生数、参加企業・機関数の推移
(2006～2015年度)



来場学生の学科別推移
(2006～2014年度)



(2) 名称に「原子」を含む学科等の学生動向 (文部科学省調査より)



OH26年度の応募者数は、前年度に比べて、学部、修士、博士全てにおいて増加。トータルで約3割増加。
OH26年度の入学者数は、前年度に比べて、学部、修士、博士全てにおいて増加。トータルで約1割増加。

添付資料 2 : 国内の研究用原子炉および臨界実験装置 (廃止されたものを含む)

原子炉

施設名	所有者	所在地	熱出力	初臨界	解体届	備考
JRR-1	JAEA	東海	50kW	1957. 8	1969. 10	1978～ 原子炉公開
HTR	日立	川崎	100kW	1961. 12	1975. 6	2007. 4 廃止措置計画認可
原子力船むつ	JAEA	むつ	36MW	1974. 8	1992. 8	1996～ 原子炉公開
JPDR	JAEA	東海	90MW	1963. 8	1982. 12	1996. 3 跡地整地完了
JRR-2	JAEA	東海	10MW	1960. 10	1997. 5	2006. 11 廃止措置計画認可
TTR-1	東芝	川崎	100kW	1962. 3	2001. 8	2007. 5 廃止措置計画認可
立教大炉	立教大学	横須賀	100kW	1961. 12	2002. 8	2007. 5 廃止措置計画認可
武蔵工大炉	武蔵工大	川崎	100kW	1963. 1	2004. 1	2007. 6 廃止措置計画認可
旧JRR-3	JAEA	東海	10MW	1962. 9	1983. 3	改造 炉本体一括撤去
JRR-3	JAEA	東海	20MW	1990. 3		
JRR-4	JAEA	東海	3.5MW	1965. 1		2014年内に廃止計画策定
NSRR	JAEA	東海	300kW定常 23GWパルス	1975. 6		
JMTR	JAEA	大洗	50MW	1968. 3		
HTTR	JAEA	大洗	30MW	1998. 11		
常陽	JAEA	大洗	140MW	1978. 10		
近畿大炉UTR-KINKI	近畿大学	東大阪	1W	1961. 11		
京大炉KUR	京都大学	熊取	5MW	1964. 6		
東大炉弥生	東京大学	東海	2kW	1972. 7		2011. 3 停止
ふげん	JAEA	敦賀	165MWe	1979. 3		2003. 3 運転停止
もんじゅ	JAEA	敦賀	280MWe	1994. 4		

臨界実験装置

施設名	所有者	所在地	熱出力	初臨界	解体届	備考
AHCF	JAEA	東海	50W	1961. 10	1967. 11	1979. 2 廃止措置完了
SHE	JAEA	東海	10W	1961. 1	1983	→VHTRC
VHTRC	JAEA	東海	10W	1985. 5	2000. 3	2006. 11 廃止措置計画認可
DCA	JAEA	大洗	1kW	1969. 12	2002. 1	2006. 10 廃止措置計画認可
OCF	日立	川崎	100W	1962. 10	1974. 7	2003. 7 廃止措置完了
MCF	三菱原子力	大宮	200W	1969. 8	1973. 12	1974. 3 廃止措置完了
SCA	住友原子力	東海	200W	1966. 8	1970. 12	1971. 2 廃止措置完了
JMTRC	JAEA	東海→大洗	100W	1964. 9	1995. 10	2003. 3 廃止措置完了
NCA	東芝	川崎	200W	1963. 1		
TCA	JAEA	東海	200W	1962. 8		2014年内に廃止計画策定
FCA	JAEA	東海	2kW	1967. 4		
STACY	JAEA	東海	200W	1995. 2		
TRACY	JAEA	東海	10kW 定常 5GW 過渡	1995. 12		
KUCA	京都大学	熊取	1kW	1974. 8		

添付資料 3 : 原子力人材育成戦略検討会議の構成員 (敬称略・順不同)

代 表	上坂 充	東京大学大学院 工学系研究科 原子力専攻	教授
	岡本 孝司	東京大学大学院 工学系研究科 原子力専攻 専攻長・教授	
	工藤 和彦	九州大学 名誉教授	
	小林 正彦	株式会社東芝 電力システム社原子力事業部	技監
	齊藤 正樹	東京工業大学グローバル原子力安全・セキュリティ教育院 院長	
	齋藤 昌之	関西電力株式会社 原子燃料サイクル室 サイクル事業グループ シニアアドバイザー	
	沢井 友次	(独) 日本原子力研究開発機構 原子力人材育成センター 副センター長	
	杉本 純	京都大学大学院工学研究科 原子核工学専攻	教授
	仲村 光史	東京電力株式会社 原子力安全・統括部 育成・倫理グループ マネージャー	
	真子 徳広	電気事業連合会 原子力部	副長
	吉村 真人	日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社	事業主管
	服部 拓也	(一社) 日本原子力産業協会	理事長
事務局		(独) 日本原子力研究開発機構、(一財) 原子力国際協力センター、 (一社) 日本原子力産業協会	

添付資料 4：原子力人材育成戦略検討会議の検討経緯等

2013 年

7 月 19 日	第 1 回意見交換会	有志による意見交換
7 月 26 日	企画 WG	諮問会の設置、特定課題の検討について
8 月 22 日	第 2 回意見交換会	有志による意見交換
8 月 29 日	運営委員会	人材育成戦略の構築について
11 月 19 日	企画 WG	経過報告
12 月 17 日	第 1 回検討会議	検討会議(仮称)実施要項。代表者の選任。将来(例えば 10 年後)の原子力のあるべき姿に係る重要課題について

2014 年

1 月 27 日	第 2 回検討会議	海外原子力人材育成支援の事例紹介、10 年後のあるべき姿に係る重要課題の検討
2 月 27 日	第 3 回検討会議	中間整理に向けた骨子案、海外人材育成ロードマップ
3 月 6 日	企画 WG	人材育成戦略(中間整理)を報告
3 月 13 日	第 4 回検討会議	中間整理に向けた骨子案について
3 月 27 日	運営委員会	人材育成戦略ロードマップ(骨子案)を報告
5 月 22 日	第 5 回検討会議	IAEA 原子力人材育成国際会議報告、英語原子力実務教育コースの検討状況、原子力人材育成ロードマップシナリオ展開の検討
7 月 1 日	第 6 回検討会議	Japan-IAEA 原子力エネルギーマネジメントスクール速報、原子力マネジメントプログラム(東大)速報、日本学術会議の状況、原子力人材育成ロードマップの検討
7 月 23 日	第 7 回検討会議	日本原子力学会教育委員会の状況、原子力人材育成ロードマップの検討
7 月 31 日	企画 WG	人材育成戦略ロードマップ(素案)を報告
8 月 22 日	第 8 回検討会議	6 週間英語原子力実務教育コースの検討状況、原子力人材育成ロードマップの検討
8 月 29 日	運営委員会	人材育成戦略ロードマップ(案)を報告、大卒了承
9 月 8 日	日本原子力学会秋の大会	原子力人材育成ロードマップ(案)を説明
10 月 7 日	第 9 回検討会議	原子力人材育成ロードマップ(案)の検討
10 月 28 日	日本原子力産業協会プレスブリーフィング	原子力人材育成ロードマップ(案)について説明
11 月 10 日	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自主的安全性向上・技術・人材 WG 第 3 回会合	原子力人材育成ロードマップ(案)を説明
11 月 13 日	企画 WG	人材育成戦略ロードマップ(案)の国の WG 報告を報告
11 月 17 日	第 10 回検討会議	原子力人材育成の提言書(案)
2015 年		
2 月 4 日	第 11 回検討会議	原子力人材育成の提言書(案)
3 月 3 日	企画 WG	原子力人材育成戦略の提言書(案)を提案。大筋了承。
3 月 25 日	運営委員会	「原子力人材育成の課題と今後の方向性(案)」を提案

以上