

Ⅱ-2.わが国の原子力分野人材確保策の現状と課題

および課題解決の方向に関する調査研究

Possible course of action to secure the nuclear power human resources

 キーワード Key Word	原子力、人材
	nuclear power, human resources

1. 調査研究の目的

(1) 問題意識

原子力発電の是非はさておき、当面は一定数の炉が再稼働すると同時に、長期に亘って相当な規模での廃炉措置が続く。将来が見通せないなかで、果たして必要な人材の確保ができているのか、今後ともできるのか。人材の準備不足が将来のリスクを増大させることがあってはならないと考えた。

(2) 課題設定

本調査研究の課題を、「原子力発電分野における人材確保策の実態把握と課題抽出ならびに解決の方向を探ること」とした。人材確保とは、直接的には関連企業や研究機関等における人材の確保(採用、育成)を指すが、その課題抽出と課題解決の方向を検討するためには、前段となる教育⁵機関としての大学等ならびに人材育成支援機関等の調査が必要であり、これらを対象に含めている。さらに、その前段となる若年者教育(初等中等教育)についても、可能な範囲で調査することとした。なお、「人材」をこのようにとらえる場合、原子力発電分野の人材としては、以下に示す幅広い原子力分野に関わる科学・技術の基礎を身につけた人材群ととらえる必要があると考えた。

原子力発電分野に関わる科学・技術領域 (例示)
 個別領域：軽水炉利用 (建設・運転、再開、維持、改良開発)
 燃料加工・リサイクル利用 (同上)
 新型炉研究開発・実用化 (同上)
 共通領域：放射線、安全審査、廃炉、核廃棄物処理、社会受容
 基盤領域：物理、化学、計算科学、材料科学、人文科学、社会科学など

2. 調査研究の方法

まずは、文献調査により、産官学の各セクターの現状認識と課題、課題解決に向けた取り組みの全体感を把握した。そのうえで、大学、産業界、公的研究機関等へのインタビューを実施し、実態の把握と今後の方向についての意見交換を行った。さらに、次世代を担う若い層として、日本原子力学会に所属する学生を中心に、原子力関連学科入学・進学動機、就職希望や将来展望、原子力分野人材問題に関わる問題意識や意見等を聞いた。これらを総合的に分析し、課題解決の方向を考察して取り纏めた。

3. 調査結果に基づく、現状および課題認識の実態把握

(1) 文献調査結果と考察

政府や公的機関等の公式見解を中心に調査したが、これには政策等の検討に参画あるいは協力するアカデミアならびに産業セクターの公式見解が反映されている(各種委員会における参考意見の提示等)。これらの主要なポイントは以下の通り。

⁵ 人材育成とその前段としての教育に関しては、文部科学省の見解を用いた。教育は、どのような世情の中においても、良識と健康を兼ね備えた人物となることを目指して行われる営みであり、直接的に、特定分野の振興や経済活動への寄与といった事柄を目指して行われるものではない。人材育成は、特定分野の振興や経済活動への寄与を期して行われるものである。

- 1) 原子力発電の利用については、国民的コンセンサスが得られない状態が続いている。直近見直された「エネルギー基本計画」では、電源の原子力依存度を可能な限り低減させるとしているが、長期的には重要なベースロード電源と位置付けており⁶、方向性が定まらない。
- 2) 福島第一原子力発電所事故(以下、「福島事故」)以降、原子力分野に関心を持つ学生が減少する等、当該分野において優秀な人材の確保が厳しい状況にあること、また、教員の減少や人材育成に不可欠な施設の新基準適合準備のための稼働制約や老朽化など、教育現場としても多くの課題を抱えているとの指摘がなされている⁷。
- 3) 産官学で原子力分野の人材確保問題が検討され対応策が進められてきたが、全体としては、問題指摘およびその解決への取り組みの必要性や期待を述べるに留まり、具体策は実行機関それぞれが、あるいは連携して地道な活動を積み上げるべきとしている。将来の原子力利用の姿が見通せない中では、人材育成が進みにくい(インセンティブが働きにくい)との指摘も多い⁸。

(2) インタビュー調査結果と考察

人材を育成し社会に送り出す(社会人再教育を含む)側の大学と、人材を採用し活かす(継続的育成を含む)側としての電力会社、設備メーカー、研究機関、人材育成支援機関等へのインタビューを実施した(行政部門については、公式見解が発表されておりそれ以上の情報を得ることが困難であることから、文献調査による情報の整理に留めている)。

*インタビューの条件:「調査研究報告書には聴取意見の客観的な分析結果ならびにインタビュー先リストを掲載するが、個別の発言内容の発言者名は出さない。これを前提に忌憚のないご意見を伺う」

【インタビュー実施機関・組織】

- 東京工業大学3部門、東京大学2部門、福井大学附属国際原子力工学研究所
 - 東京電力ホールディング(株)3部署、関西電力(株)原子力事業本部原子力研修センター、電気事業連合会、日立 GE ニュークリア・エナジー(株)、東芝エネルギーシステムズ(株)、三菱重工(株)パワードメイン
 - 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA)、一般社団法人原子力産業協会(JAIF)、公益財団法人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、(株)原子力安全システム研究所(福井県、INSS)
- 1) 各セクターに対するインタビュー調査結果から、多くの組織で、原子力分野における人材確保に課題があり、今後それらが顕在化してくる可能性があるとの認識されている。
 - 大学側および企業側それぞれの努力により、数と質のうえで当面必要なレベルを維持しているが、いわゆる優秀層の確保、設備技術者の建設経験や運転経験、系列企業やサプライチェーンの維持とその人材確保などに問題があると認識されている。
 - 大学では、将来原子力分野に限らずさまざまな展開が可能となるよう基礎・基盤教育を中心に柔軟なカリキュラムを工夫している。学生もそれを理解しており大学院の定員は概ね確保できているが、進学競争倍率は高くはなく、就職先も原子力分野を希望するとは限らない。
 - 2) 今後の対応方向については、「国による方針および具体的な施策の明確化が不可欠と考える」との意見が大勢を占めた(文献調査結果に同じ)。それぞれで、若年者教育の充実、高等教育におけるカリキュラム等の改善、経験の継承、国際連携の推進など事態の打開に向けポテンシャル維持の努力が続けられているが、わが国全体としての方向性は見通せていない。
 - 3) 設備技術人材枯渇のリスクがある。電力会社は、自らが保有する設備についての専門的な知識や

⁶ 「エネルギー基本計画」(平成30年7月3日閣議決定)

⁷ 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「原子力人材育成作業部会中間取りまとめ」(平成28年8月)

⁸ 上記のほか、平成30年2月内閣府原子力委員会「原子力分野における人材育成について(見解)(案)」(平成30年2月27日)、日本原子力学会安全対策高度化技術検討特別専門委員会「軽水炉安全技術・人材ロードマップ 最終報告」(2015年5月)、産学官連携原子力人材育成ネットワーク活動(事務局: JAEA, JAIF/JICC <https://jn-hrd-n.jaea.go.jp/>)、など。

設備技術経験の蓄積を設備メーカーに依存している面がある。設備メーカーの原子力発電分野事業が縮小される場合には、設備を他国に依存せざるを得ない可能性もあり、その場合には安全保障面も危惧される。今後増加する廃炉措置事業に関わる設備技術人材の確保も課題。

- 4) **人材育成に関わる大学と企業との認識にずれがある。**大学は、基礎・基盤教育を中心に柔軟なカリキュラムを工夫している。研究対象も、基礎的、要素的なものが中心。企業は、基礎・基盤教育の必要性は認識しているが、実務経験を重視し自らの組織内での OJT を中心とする独自の人材育成を進めており、大学の基礎・先端研究については関心が向きにくい。また、事業規模の拡大や縮小にともない採用数が変動し得る。現実には追われるなかで、積極的な産学連携が成立しにくい状況にある。
- 5) **中長期の戦略的観点からの先端的研究開発が進みにくい。**原子力利用については、エネルギー利用(発電)ばかりでなく、それに匹敵する経済規模を有する放射線利用が進んでおり、共通する基盤としての量子ビーム技術の革新は、今後とも新たな利用領域を生み出す可能性がある⁹⁻¹⁰。最先端のレーザー技術等が廃炉技術の革新に寄与する可能性もある。しかしながら、事業活動の維持が最優先課題となる個別の企業では、革新的技術の研究開発ならびに実用化には積極的に取り組みにくい。軍事研究に制限があるわが国では、産業界からの強い要求(実用化ニーズ)がなければ、大学・研究機関における革新的シーズの研究も進みにくい。
- 6) **若い世代の柔軟な考え方を伸ばすことが重要。**若い世代の考え方は柔軟なところがあり、社会的課題解決への関心や先端研究への興味などから、こうした分野への進学や就職を目指すものが一定割合存在する。動機は、エネルギー環境問題への広い関心、福島事故炉やふげんの廃炉措置事業など社会的影響の大きな課題解決への貢献、これらの経験を活かした国際貢献、最先端の研究開発とその実用化への関心などが主である。社会的課題やその解決へ取り組みへの関心は、初等中等教育の段階ではさらに大きい。こうした関心を育ててゆくためには、東工大のリベラルアーツ研究教育院の取り組みのように大学に進学してから継続した「人間力の涵養」が必要であり、社会での多様な活躍の場が存在することや人材の流動化が容易であることが若い世代から見えることも必要である。人材の育成には重層的かつ継続的な取り組みが鍵と考えられる。

(3) 学生意見 web 調査結果と考察

日本原子力学会学生連絡会¹¹の協力を得、原子力関連分野の課程に在籍する学生(大学院生および学部学生)に、現所属への進学の動機ならびに卒業後の進路希望等について聞いた(時間と場所の制約から web 調査方式を採用、選択肢方式、自由記述追記)。60 名に質問表を送り、34 名から回答を得た。回答者の多くは日本原子力学会会員であるが、非会員も含まれる。個人的ルートを通じての人选で、無作為かつ十分な母数の確保による統計調査からの平均像抽出ではない。結果については、学生の進学や就職時の考え方(動機)の推移を中心に考察した。

- 1) **修士課程在籍者の出身学科が極めて多様であることが特徴。**修士課程在籍者は学内からの進学者が比較的多いが、学外からの転入者も少なくない。ほとんどが理工系学科の出身であるが、領域は多岐にわたる。原子力分野に関心を示す学士課程在籍者の所属も、原子力関係学科のほか、応用物理、機械系、材料工学、生命科学など多様である。

9 たとえば、「原子力利用に対する基本的考え方」原子力委員会(平成 29 年 7 月 20 日)

10 たとえば、「量子ビーム科学・放射線利用の過去・現在・未来」(一財)放射線利用振興協会 岡田淑平(平成 29 年 1 月 31 日第 4 回原子力委員会資料第 1 号)

11 <http://www.aesj.or.jp/student/introduction.html> 会員数約 400 名。活動：日本原子力学会学生ポスターセッション(年 2 回)の企画運営、一般の方を対象としたサイエンスセミナーの開催など。設立趣旨：「…将来各分野で若手として活躍するであろう学生が相互に交流、意見を交換し、また正会員との交流を活発にさせる為の受け皿となる組織を設けることが、原子力の現状を見直し、将来を考えていく上でも重要であると思われます。」

* 学士課程で「原子」を名称に含む学科は大幅に減少して来ており¹²、原子力関連分野の大学院課程では多様な学科から人材を集めている。逆に、社会的ニーズの変化に対応して多様かつ柔軟な教育体系が工夫され、学生側にもそのことに対する理解が広がっているといえる。

- 2) **現所属志望の主な動機は多様。**原子力関連分野の大学院は、将来の多様な展開の可能性を期待する学生を受け入れているが、そのなかに、「原子力分野の課題解決に貢献したい」という明確な意思をもった学生が相当数いることが窺える。自由意見のなかには、「兼ねてから興味のあった材料の研究とエネルギー分野の双方が学べる環境」、「修得知識の医学への応用」という動機もあり、原子力関連分野の大学院に対する先端的要素研究および教育の場としての期待がある。
- 3) **女性の進路選択も多様。**女性回答者 6 名のうち 2 名が原子力産業(電力会社、設備メーカー)への就職を希望、3 名が非原子力分野への就職を希望、1 名は未決定となっている。
- 4) **就職等進路希望先とその動機にも、明確な意思をもつ学生の存在が窺える。**原子力分野への就職を希望している学生には、学士課程からの就職希望、修士課程からの就職希望、学士課程から博士課程に進学後の将来就職希望を含むが、就職の動機はすべて「原子力分野の課題解決に貢献したい」となっている。そのほとんどが現所属進学時の動機(上記 3)と変わっていない。将来性が見通しにくい状況のなかでも、このように明確な意思をもつ学生が一定数存在することが分かる。一方、最終的に非原子力分野への就職を希望する学生も一定数存在し、原子力関連学科あるいは専攻が多様な学生を受け入れていることが分かる。
- 5) **将来のキャリア形成で最も重視することも多様。**進学・就職の動機として「原子力分野の課題解決に貢献したい」を挙げた学生は将来的にも「社会的貢献度を重視して就職」を重視し、進学・就職の動機として「原子力分野に拘らない」を挙げた学生は将来的にも「分野にこだわらず、安定性を重視して就職」を重視する傾向にある。一方、将来的に「興味ある研究開発の推進」を考えている学生については、進学・就職の動機は多様である。目先の選択ではなく、長い時間軸で考える場合には、進学・就職時の考え方と将来キャリア形成として重視する方向とが一致する傾向にあると考えられる。
- 6) **自由意見:**大学等教育研究機関や行政機関等への要望、人材確保に向けた若年者教育あるいは社会人教育の必要性など、多くの貴重な意見が寄せられており、次世代を担う学生層にしっかりとした考えをもつ人が多くいることが分かる。それぞれの意見や提案の内容については、全体まとめに反映させている。

4. 課題解決の方向

これまで見てきたとおり、原子力人材の確保については、教育機関や企業等の当事者の努力により、また過去の蓄積により、当面必要な人材の確保はできているものと考えられる。ただし、今後についての課題が内在しており、それらの根本的な解決の方向を見いだせないでいる。

今後の方向については、産官学の公式意見として、課題認識や課題解決の必要性、定性的な方向観と各セクターへの期待等が整理して示されているものの¹³、具体策を進めるにあたってのボトルネック、それらを乗り越えるための方策には踏み込んでいない。今回の調査結果全体を俯瞰し、今後の基本的な方向と具体的な対応策を進めるにあたって重視すべき考え方を取り纏めた。

(1) 基本的な方向

原子力分野に関わる科学・技術領域のなかで、共通・基盤領域を中心とした教育ならびに研究を引き

¹² 文部科学省によると、大学における「原子」を名称に含む学科・専攻数は、1984 年度の 10 学科・11 専攻から、2015 年度には 3 学科・9 専攻に減少している。(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人材育成作業部会 (第 1 回:平成 27 年 7 月 7 日))

¹³ 3-1.に示すもののほか、「原子力利用に対する基本的考え方」原子力委員会(平成 29 年 7 月 20 日)にも、一連の対応策の方向が整理されている。

続き充実させることが基本と考えられる。原子炉の安全な再稼働や増え続ける廃炉・核廃棄物処理等を支える基礎を準備しておくためだけでなく、革新的な原子力利用技術や核廃棄物処理技術の研究開発に繋がる可能性があること、医療や農業など様々な分野での放射線利用技術や量子科学、高密度エネルギー利用技術など周辺分野への新たな展開に繋がる可能性があること、などからである。現実には、原子力関連分野に在籍する学生の意見調査でも、多くの学生が、こうした大学側のカリキュラムの工夫に着目し将来の多様な展開を期待して進学してきている。

社会のニーズや科学技術の要素について普遍的な部分に着目しつつ自由な発想から新しい研究教育手法の創造(真の意味でのルネッサンス)を目指すべき時代なのかもしれない。ただし、新たな領域設定やカリキュラム再編には、今後の科学技術の方向や社会的ニーズの変化をも見極めつつ、専門家による深い議論が前提となる。専任チームを設置すること、教育界、産業界等各セクターの意見をオープンに取り入れること、が不可欠であろう。

一方で、現在は、企業による人材採用がかつての一括採用から通年採用に替わって行く過渡期にあると見受けられる。今後は、日本企業も日本社会もこれまでの内部志向型から脱皮し流動型に脱皮することを、内外から益々強く求められて行く可能性が高い。流動時代を支えるには、基礎基盤教育を充実させたいと、社会の流動性を高めることが不可欠となる。前述のごとく、教育機関が多様化への対応を進め、次世代を担う若い層がそれに呼応して育ちつつあるにも拘わらず、企業側が変化しなければわが国の活性化は望むべくもない。原子力分野も例外ではないと考えられる。

(2)課題解決策のボトルネック解消に向けて重視すべき事項

課題の本質を考察することにより、課題解決策の推進を難しくしている要因は何か、それを緩和する方策としてどのようなことが考えられるか、を探ることとした。

まず、一度過酷事故が起こってしまうと、安全基準の見直しとそれに基づく巨大システムの再稼働準備、そして再稼働可否決定のコンセンサス形成には極めて長い時間を要する。このことが、人材の確保、育成に大きく影響する。従って、課題解決策の検討・推進にあたっては、迅速な意思決定と情報を開示し先行きを見え易くすることが何よりも重要と考えられる。

しかしながら、今回の調査全体を通じて感じられることは、原子力関連の技術や事業の特性には閉鎖性を内在するものがある点である。巨大システムであるがゆえに、非常時のみならず平常時でも一部のしか全体状況の把握は難しく、また異なるシステムや技術体系を理解できない状況が生じ得る。技術は人間がもつものであり、事業は人間組織により運営される。従って、それらは、国や地域の社会を構成する人たちの考え方、価値観や文化の影響を受ける。日本の場合には、企業等の組織行動が閉鎖的になり易いと云われる(身内意識、グループ意識)¹⁴。

組織の閉鎖性を改善し、セクター内あるいはセクターを越えた組織間の連携あるいは“部分的融合”を促進することは、社会的課題の解決に要する時間を短縮し、当該分野の将来を見通し易くすることにつながる。知識基盤や情報基盤を共有することにより、意思決定を速められる可能性があるからである。社会学的な組織風土改善論は専門家の検討に委ねるとして、ここでは、各種調査結果から抽出された課題に対し、今後の具体的対応策の方向を探る。

1)原子力産業界の強い意思表示(原子力産業界間連携・融合等)

企業が複雑多様化する経営環境の変化に対応してゆくためには、合従連衡がひとつの手段となり得る。わが国の強みのひとつはグループ力であり、団結力である。原子力産業界でも、連携・融合により、個別の産業・企業の弱点を克服して全体として力を発揮できる可能性がある。これが進めば、業界全体としての人材確保の問題が緩和される可能性がある。業界全体としての体質強化の強い意志が推進力

¹⁴ 上記 9.にも、安全性の確保に関してではあるが、“わが国では、組織内で部分最適に陥り、情報共有の内容や範囲について全体での最適化が図られない結果として必要な情報が適切に共有されない状況が生じている”こと、その背景には国民性があること、などが指摘されている。

となると考えられる。民間主導のエネルギー政策の提案など、政府の指令を俟つ姿勢からの転換が期待される。

2) 人生 100 年時代の人材システムの構築

人生 100 年時代になると一生ひとつの会社で過ごすというよりも、自己研鑽しつつ節目で進路を選択することが普通になる可能性がある。原子力産業もこうした多様な人材を活用することが可能となる。人材の適材適所を実現するためには、資格認定制度が不可欠となる。産官学のセクターが協働し、本人のもつポテンシャル(可能性)を幅広く評価する体系、方法論を確立し、制度として定着を図る必要がある。一連のシステムの構築には、研究・教育の専門家のみならず、ベンチャーを含む事業者ならびに次世代を担う若者等社会を構成する各セクターが共同で継続的に検討する機関の設置が必要であるが、専門のコーディネーターの存在が鍵を握ると考えられる。結果的に、社会的認知を受けた「強力な資格制度の構築」が望まれる。

3) ジュニア版原子力委員会

原子力は、20 年後、30 年後の社会を規定してしまう技術と云える。年配の専門家や評論家が集まって議論しても、未来社会に責任が持てないことは明らかである。若者が、自分たちのこととして議論する場を作るべきと考えられる。社会人になってからではなく、若年者層が直接議論に参加することが新しい発想や判断を生み、課題解決の方向を生み出す可能性があると思われる。同時に、そうした経験が人材を育成する可能性が高い。場として「ジュニア原子力委員会(仮称)」といった仕組みを用意することが考えられる。

4) 原子力分野先端研究・開発

次世代を担う人たちも興味を示す最先端の技術を駆使した新型原子炉や放射性廃棄物処理技術等の研究開発プロジェクトを積極的に推進することが考えられる。人材確保の面では、原子力人材の規模に占める割合は限定的であるが、将来の波及効果の大きさを考慮して進めるべきであろう。ITER(国際熱核融合実験炉)のような超巨大プロジェクトは国際連携で進むとして、波及効果の大きな先端的要素研究(極限パルスレーザーなど)など。一方で、分散型エネルギー利用や受益者リスク負担等の観点から SMR(Small Module Reactor)の再評価などの実用技術開発についても、一部のメーカーだけでなく、原子力産業界が主導して産官学民の連携体制を構築して進める必要がある。

5. 本調査研究成果の活用

本調査結果を広く公開し、原子力人材問題に関わるセクター間の議論の活性化の一助とする。調査研究報告会のほか未来工学研究所ホームページへの掲載等を予定。また、人材を育成する側(経験者層)と育成される側(現役学生層等)との、世代間の認識の共有を図るきっかけをつくる。本調査研究に協力してくれた学生への研究成果のフィードバックとして自由討論会の開催を検討する、など。