

原子力工学研究連絡委員会報告

「原子力工学の教育と研究について」

平成6年7月15日

日本学術会議

原子力工学研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議原子力工学研究連絡委員会の審議結果を取り
まとめて発表するものである。

委員長	内藤奎爾	(第5部会員、原子力安全委員会委員)
幹事	石樽顕吉	(東京大学工学部教授)
	東邦夫	(京都大学工学部教授)
委員	関根泰次	(第5部会員、東京理科大学工学部教授)
	朝岡卓見	(放射線計測協会理事長)
	池辺幸正	(名古屋大学工学部教授)
	河村洋	(東京理科大学工学部教授)
	清水彰直	(東京工業大学原子炉工学研究所教授)
	橋本好一	(動力炉・核燃料開発事業団技術参与)
	的場優	(九州大学工学部教授)
	三木良太	(近畿大学原子力研究所教授)
	宮崎慶次	(大阪大学工学部教授)

原子力工学の教育と研究について〔報告〕

－要旨－

我が国の大学における原子力工学分野の教育研究組織は、長年にわたり、教育、研究の両面で優れた成果を挙げてきたが、近年、優秀な人材の確保と研究環境、特に研究設備面に困難を来すようになった。また、我が国の社会構造の変革に伴って大学の教育研究の見直しが求められている。

原子力工学は、原子核レベルの微視的現象からその巨視的システムとしての応用まで総合的に研究する学問として位置付けることができる。この中心的課題として原子力発電システムの開発があり、制御、計測、システム、プロセス、材料、大型計算、信頼性、安全、環境影響等の幅広い分野との接点を持つインターフェース的科学を作り出してきた。今後は更に高度なシステムの構築を目指して、その研究を進展させることが望まれている。また、最近では放射線利用技術として放射化分析やレーザー等を利用した診断・非破壊検査技術、コンピュータトモグラフィ、核磁気共鳴画像診断技術、さらにイオン注入やリソグラフィに関わるLSI技術などに代表される量子ビーム工学など、周辺分野での進歩が著しい。将来には、現在原子力発電に利用されている中性子に加えて、陽子、 π 中間子、ミュオン等の素粒子の関わる応用システムの出現も期待できる。また、核融合炉技術は、多くの点で現在の原子炉技術の延長上に位置付け得る将来技術とみなすことができる。このように原子力工学は最も先端的な科学技術の一つであり、人類が抱える深刻な将来の問題であるエネルギー及び環境問題に重大な寄与を成し得る科学技術である。

将来の原子力工学の発展を見据えて、今後各大学がそれぞれの特徴と個性を活かしながら、その教育・研究体制の改革を進めるとともに、全体として整合性が取れるよう、相互に調整を進めることが必要であり、またその協議の場が必要である。

原子力工学科が創設された当時に設置され、現在では、旧式化してしまった研究設備類は、今後の研究の発展に対応できるよう更新・新設を図ることが緊要である。

この際、研究炉のような大型施設は、共同利用研究所等に設置して共同利用の実を上げるよう努力するとともに、各大学には、特色のある個性的研究や将来に向けた萌芽的研究を進展させるためにふさわしい中小規模の研究施設を充実させることが急務である。限られた研究資源を有効に利用するために、これらの大小の研究設備を体系的に配した効果的な研究体制の確立が求められる。また、原子力研究の遂行に不可欠な放射線や核物質の取り扱いについては、大学の研究の特質を損なうことのないよう、きめ細かい規制の在り方が求められている。

民間に比較して少ない政府の研究開発投資の中でも、とりわけ大学への配分の少ない我が国の予算環境では、産官学の協力研究の推進が重要である。この際、大学の研究の自主性と独創性を損なうことのないよう積極的に推進されることが望ましく、関連する省庁間の緊密な協議が必要である。

原子力に対して特に顕著に見られる若者の「理科離れ」の傾向に対しては、各界の関係者と協力を取りつつ、大学の教官が効果的に対応して、若者たちに科学技術とりわけ原子力への興味を持たせるよう努力することが望まれる。

1. はじめに

我が国の大学における原子力工学分野の教育研究組織は、長年にわたり優れた人材を養成するとともに、原子力基礎研究に多角的に取り組み、優れた成果を挙げてきている。養成された人材は、原子力産業はもとより幅広い理工系分野で活躍している。しかし近年、我が国の社会においても大学においても過去に比して「原子力」に対する魅力が薄れ、大学ばかりでなく産業界や研究機関の人材確保に困難を生じるようになってきている。この問題は第14期原子力工学研究連絡委員会で検討され、その結果は報告「原子力工学教育に対する社会的要請と今後の教育研究課題」（以下、14期研連報告という）としてまとめられている。

第15期原子力工学研究連絡委員会は引き続きこの問題を取り上げ、大学における教育研究設備と人材養成について重点的に検討を開始した。同研究連絡委員会に「研究開発」及び「人材養成」の2つの小委員会を置いて、両者は互いに連絡を取りつつ、ヒアリングと検討を重ねた。平成5年12月1日には「原子力工学の教育・研究を考える」とのテーマの下にシンポジウムを開催し、各界からの参加を得て議論を深めた。シンポジウムでは、大学における原子力工学の教育と研究炉の問題が重点的に取り上げられたが、講演と議論の中では広く原子力一般が抱える問題が総合的に議論された。

本報告書は、三年間にわたるこれらの活動の中で検討した結果を総合的に取りまとめたものである。なお、大学の研究用原子炉（以下研究炉という）の問題については平成5年4月22日に「大学における研究用原子炉の果たす役割について」として検討結果を報告しているので、ここでは大学の教育研究設備との関連のもとに述べるにとどめる。

2. 原子力工学教育・研究の現状と問題点

我が国の大学における原子力工学系の教育研究組織は、我が国の原子力開発が本格的に始められた昭和30年代から順次設立され、現在は国立7大学に学科と大学院専攻、私立2大学に学科、国立私立各1大学に大学院専攻が単独に、また国立1大学に大講座が設置されている。更に幾つかの大学で、関連する附置研究所あるいは施設や講座も設置されている。これらの教育研究組織から輩出した卒業生の多くは原子力関係の企業あるいは研究機関で活躍しているが、直接原子力に関わっていない分野で活躍する者も多い。また、最近では国際化の流れの中で、

海外からの留学生の数も飛躍的に増加しており、その卒業生は、母国の原子力開発に重要な役割を果たすなど幅広く活躍している。

しかし、いずれの大学においても近年優秀な学生の確保に大きな困難を来しており、原子力は極めて先端的な分野であるにもかかわらず、今や一般にはそのように受け取られておらず、「原子力」が若者にとって必ずしも魅力的なキーワードではなくなっている。原子力発電が我が国で定着し、産業として一定の規模に達するという初期の研究者が待ち望んだ状況が実現したものの、チェルノブイル事故などに起因する原子力への不安と若者の理科離れや3K嫌い等の社会的風潮が相乗して、原子力分野における「原子力離れ」が顕著に現れていると考えることができる。

一方、大学の研究環境は近年おしなべて劣悪化の一途をたどっている。原子力工学分野は創設期において特別の予算措置が講ぜられ、他の分野に比べて優遇されてきたが、教育研究に重要な役割を果たしてきた研究設備が旧式化し、あるいは一部で維持費が打ち切られて、それらによる研究継続に支障を来す事態にも立ち至って大きな問題となっている。その象徴的な存在として大学の研究炉がある。

現在我が国の社会構造は、戦後長い間の技術導入型産業の克服、経済中心主義からの脱却、あるいは国際化への要請を受けて様々な変革が求められており、大学では高等教育の大綱化に伴う教育研究組織の見直しが迫られている。原子力工学の抱える問題は、多かれ少なかれ、他の学問分野が抱える問題と共通であり、それぞれ十分な内容の見直しと適切な計画の策定が望まれている。しかし特に原子力では社会からの期待が強かった時代の比較的恵まれた教育研究環境への甘えが今日より困難な事態を招いた一因を成すとも考えられ、この逆風の時代との大きな落差を埋めるための検討と一層の努力が急務となっている。

原子力に関わる産業分野は今後安定的な拡大が予測され、2010年には現在の1.5倍の人材が必要になるとの予測から、就業人口の漸減傾向を考えると、現在の人材養成の体制は不十分で、産業界は人材と雇用の確保に不安を感じている。(引用文献-1)

国立研究所などの研究機関においても、大学の教育研究組織が問われていると同様の問題を抱えている。従来のキャッチアップ型技術から、真に創造的技術の開発が求められ、研究機関の基礎研究指向が強められる中で、大学との役割分担の明確化と連携の緊密化が求められている。

人材養成面において大学の果たす役割の重要性はいうまでもないが、これだけ

では不十分で、初等中等教育にさかのぼって対応すべきであるとの指摘がある。初等中等教育の中で取り上げられている原子力の問題は極めて限られた内容となっており、原子炉の原理に関連して原子と原子核の違いを理解する高校生の割合を見ると我が国が先進諸国の中でも最も低いという驚くべきアンケート調査結果も報告されている。(引用文献-2)

原子力への理解を求めることがともすればエネルギーと環境問題の視点からに限られがちであるが、子供達や社会一般への啓蒙を続けている関係者からは、自然に対する幅広い認識に基づいた原子力への理解が必要であり、幼時からの自然観察や初等中等教育における基礎的実験の重要性が強く指摘されている。

以上、原子力工学教育研究の現状と抱える問題点を見てきたが、原子力は現在も最も先端的な科学技術の一つであり、人類が抱える深刻な問題であるエネルギー及び環境問題に重要な寄与を成し得ること、また、その進歩を通じて人類の平和と文化に大きな影響を与える技術であることを考えると、以下に述べる様々の活動と対応を通して新しい展開を図ることが必要である。

3. これからの課題

昭和30年代の我が国の原子力開発が始められた当初から、既に原子力には極めて幅広い研究分野が考えられていたが、原子力発電の実用化に対する強い要望に応えるため、研究活動は原子炉に直接関わる分野を中心に進められてきた。現在、当初の目標がある程度達成されつつあるとはいえ、世界的に利用されている軽水炉は燃料利用率が極めて低く、将来の人類のエネルギー源としては資源的に不十分である。また高レベル放射性廃棄物の処分はまだ開発の途中であり、多くの問題を残している。これらの問題の解決には今後さらに着実な基礎的研究の積み上げを必要としている。

工学の学問分野の内容はその名称自体から規定されるものではなく、常に時代に合った方向付けがなされるべきであり、原子力工学も新たに学問の方向付けを明確にすべき時期に至っている。原子力工学は「原子核レベルの現象である核分裂反応によって発生するエネルギーを発電プラントとして利用する」使命を有してきたことを考えてみたい。我々は微視的な核分裂を利用して巨視的な発電プラントに仕上げ、これを安全に運転し、合理的エネルギーシステムの確立を目指す中で、微視的なものと巨視的なもの間の広大な学問分野を取り扱ってきた。この中で、制御、計測、システム、プロセス、材料、大型計算、信頼性、安全、環

境影響等の幅広い分野との接点を持つインターフェイス的科学的科学を作り出し、これを工学的に体系化して総合工学として構築してきたことは評価されるべきである。理想的核燃料リサイクルシステムや新しい概念に基づく原子炉利用システムの開発など、明確な目的意識の下でのこれらのシステム論的研究はこれからも成果が大いに期待され、引き続き原子力工学の教育・研究における中心的課題とされるべきものである。その意味で14期研連報告で指摘されている超ウラン元素工学分野の整備及びシステム安全工学の体系化が重要なことはもちろんである。さらに、地球環境と調和するエネルギー確保の観点から、今後原子力と自然エネルギーの重要性が増すと考えられ、原子力以外のエネルギーなどとの共生を目指すエネルギー変換・貯蔵・輸送など総合的な原子力関連研究の展開も視野に置く必要がある。

現在、工学の学問分野の中で分子・原子レベルまでの現象を取り扱う分野は多いが、原子力工学は原子核（素粒子）レベルの現象までを中心的に取り扱うという特徴を有する。これまで中性子を専門的に取り扱ってきたが、21世紀には、中性子に加えて、陽子、 π 中間子、ミュオン・・・などに関わる、例えば、素粒子工学ともいうべき新しい分野として出現する可能性もある。また、原子核レベルの現象は発電だけでなく、粒子加速器の開発や放射線利用、放射化分析やレーザーなどを利用した診断・非破壊検査技術から、さらには近年のコンピュータグラフィや核磁気共鳴に代表される医療技術、イオン注入やリソグラフィに関わるLSI技術、材料改質に関わる素材制御などの周辺分野へ広範囲に広がっており、これらは14期研連報告で提案された量子ビーム工学分野と総称することができる。いずれも産業化が実現しつつあり、これからの発展が大いに期待される。

原子力工学における核融合炉分野の取り扱いについても検討する必要がある。基礎となる炉心プラズマ工学の要素技術は成果の他分野への波及効果も大きく、また必ずしも大型装置を必要としない面もあり、大学において原子力工学の切り拓いた学問の方法の中で取り扱っていくことは意義がある。また、ブランケットを主体とする核融合炉工学での課題や学問的基礎は、環境条件は異なっても核分裂における原子力工学との共通性が高く、原子力工学の中で総合的に位置付けて、研究を推進することは意義深い。

以上まとめると、原子力工学は、微視的現象を巨視的システムへ実現することを目指し、原子核レベルの現象からシステムとしての応用までの幅広い分野に関

わる総合工学と位置付けすることができる。

既述のように現在各大学の原子力関連教育研究組織において組織の改革が求められており、各大学ともおおむね上記の共通認識のもとに教育・研究プログラムの改革が進められている。原子力工学の裾野の広がり分野の多様化を考慮すると、今後各大学が画一的な方向を指向するのではなく、各々の特徴と個性を生かしつつ、他分野の関係者とも一層緊密な連携を図りながら全体として整合性の取れた研究教育体制を構築することが求められ、相互に調整を進める協議の場が必要である。

原子力工学系の教育研究設備は危機的な状況にある。原子力工学の教育研究組織では、その設立当初から段階的に設置されてきた原子炉、加速器、放射線設備あるいはその他の原子炉工学関連設備の多くが旧式化しているが、その更新はほとんどなされていない。その典型的な例は研究炉である。研究炉は設置以来、財政的な支援が不十分であるにもかかわらず、関係者の努力によって教育研究に大きな成果を挙げており、現在でも幅広く利用され、今後ともその重要性が認識されている。特に小廻りのきく研究炉は、平成5年4月22日の本研究連絡委員会の行った報告にも指摘されているように、その教育研究上の効果は大きく、関係者の創意、工夫と適切な財政的支援により今後も様々な成果が期待される。

しかし、原子炉に限らず、初期に大学に設置された装置の多くが、欧米の技術の導入を背景としていたことも否定できず、キャッチアップ型技術からの脱却を求められている現在、各組織において、それぞれ将来を見通した新しい視点からの見直しが求められている。ただこの際、原子力工学が原子核レベルの現象を対象とする最新の科学技術であり、また、放射線などは通常の研究にない厳しい安全な取り扱いが要求されることから、その設備は原子炉に代表されるように財政的に通常の設定の規模を超えるものが多いことを理解する必要がある。もちろん、原子炉などの大型規模の設備は共同利用研究所等に設置して、その共同利用の実を挙げる努力をさらに重ねることが必要である。

一方、各大学に設置される設備は共同利用研究所等に設置される設備とはおのずから特徴と役割が異なっており、両者の役割分担を総合的に特徴付け明確にする必要がある。各大学が独自に進めてきた特色のある個性的な研究や将来に向けた萌芽的研究を展開するための中小規模の設備は大型設備を補完するものとして重要であり、原子力分野の先端性を維持していくためにこの面での研究資源の投入が不可欠である。限られた研究資源を有効に利用するためには大小の研究設備

を配した効果的な我が国の研究体制の確立が求められる。

原子力分野の研究教育では、放射線あるいは核物質の取り扱いが不可避であり、その安全を確保するために特別の設備、組織、経費などを必要とすることは既に述べた通りであるが、他方このための規制が厳しすぎると研究の遂行それ自身が困難になることがある。大学の研究は自由な発想で従来考えられなかった条件で実験が行われることによって独創的な成果を挙げることが多い。このような大学の研究の特質を画一的な規制で著しく損なうことのないようきめ細かい規制の在り方が求められる。

民間に比較して少ない政府の研究開発投資の中でも、とりわけ大学への配分の少ない我が国の予算環境では、産官学の協力研究の推進が重要である。既に大学の原研施設共同利用などの制度もあるが、一般にこの種の共同研究は省庁の縦割り行政の壁に阻まれ、その運用が容易ではない。原子力基本法成立当時から、原子力委員会は大学の研究に介入しないという慣行が存在してきた（矢内原メモ）。戦後間もない東西冷戦構造の中で、学問の自由と独立を尊重する立場から大学は原子力開発の大型プロジェクトから距離を置くべきとの趣旨が背景にあった。その後原子力が幅広く発展する過程においてこの立場からの制約が省庁間の壁や産官と学の遊離を目立たせる結果となっている。冷戦終結後の新しい社会状況の中で、今やこの問題の見直しを議論すべき時期になっていると考えられる。産官学の協力体制は、大学の研究の自主性と独創性を損なうことなく積極的に進められることが望ましく、その推進のためには、省庁を越えた観点から検討が加えられるべきであり、関連する省庁間の緊密な協議が望まれる。

原子力産業を支える技術者は、原子力工学系の卒業生がその中核を成す重要な役割を果たしているが、人数的にその割合が必ずしも高くないことを考えると、原子力工学以外の教育組織における原子力工学教育についても検討する必要がある。原子力分野で活躍した大学内外の研究者、技術者が大学の原子力工学系以外の組織で教育に従事する例も多く、関係者は協力し、学会などの中で問題点を議論する場を作ることが望まれる。

大学などの教育研究機関の教官は初等中等教育あるいは生涯教育における活動にも積極的に対応すべきである。特に、大学の公開講座、施設の公開、実験の公開などは、それが教育研究の日々の活動と努力を知ることを通して若者に与える影響は計り知れないものがあり、大学自らの自主的活動としての大きな効果が期待されるところから、積極的に進められるべきである。また、大学では職を持っ

たまま大学院に学ぶ制度など開かれた大学と社会人教育を目指した制度の整備も進められており、これらの制度の活用を図るばかりでなく、人事の交流を含めた産官学の交流が特に望まれるところである。

4. おわりに

以上要約すれば、原子力工学は微視的現象を巨視的システムに実現することを目指し、原子核レベルの現象からシステムとしての応用まで総合的に研究する学問であり、この中で原子力発電を始め、先端技術や医療技術に関わる様々な産業などを基礎的な立場から支え、人材を供給していく使命を有していると位置付けることができる。原子核レベルの教育研究には通常よりも大型で経費のかかる原子炉、加速器などの設備が必要となる。このことは、他分野に比べて、より多くの財政的支援を必要とすることを意味するが、研究者はこのような支援に応えることが求められる。このためには、これらの設備が果たす役割を十分考慮し、関連する他分野の関係者とも十分に連携を深めつつ、限られた研究資源の有効利用を図る有機的な研究体制を組織して総合的な教育研究活動の推進を図るとともに、科学技術の最先端を切り開く独創性ある研究教育を展開する必要がある。産官学の協力については、大学における研究が独創的な基礎研究に主力を置くべきとの認識に基づいて、基礎研究についての協力関係の在り方について十分検討し、縦割り行政の障害克服等を含めて新しい関係を実現することを期待したい。

原子力分野でとりわけ顕著にその効果が現れている若者の理科離れや3K嫌い等の社会現象については、原子力関係者だけでは対応できない問題であり、各界の関係者と協力しつつ、原子力工学が目指すものが素粒子の性格や働きを利用する工学的研究であり、宇宙や素粒子の世界で起こっている現象の解明を目指す同じ科学に根ざしていることを若者に訴えることから始める必要がある。このような活動を通じて、原子力工学が人類の抱える深刻な問題であるエネルギー及び環境問題に重要な役割を果たすことができるとの理解が深まるものと考えられる。

なお、以上の問題については研究者の努力だけでは解決が極めて困難な点も多く含まれており、問題解決に向けて関係当局の深い理解と強力な支援が強く望まれる。

[引用文献]

1. 長期的な人材確保への原子力界の課題

－人的資源確保問題委員会報告書－

平成4年3月（日本原子力産業会議）

2. 日本とヨーロッパ「エネルギーと環境」に関する生徒の意識調査報告書

平成5年4月（日本原子力文化振興財団）

[附記]

本報告の作成に当たって、本研連委員以外の下記の方々に小委員会委員として御協力を得た。ここに感謝する次第である。

人材養成小委員会

立川 圓造（日本原子力研究所東海研究所副所長）

橋本 弘（株式会社東芝首席技監）

研究開発小委員会

堀 雅夫（動力炉・核燃料開発事業団プロジェクト参事）

杉野 栄美（ウラン濃縮機器株式会社取締役社長）