

**特集 (再録)****教育研究活動の特色と将来への展望**

橋本 憲吾

**果たすべき社会的責任と使命とは**

近畿大学原子力研究所は、果たすべき社会的責任と使命を所長方針として定め、この方針の達成を目指して教育研究活動と施設管理業務を遂行している。所長方針では、まず、「原子力及びエネルギー教育を推進し、学生の専門教育のみならず学校教員や市民に向けた知識普及等の社会教育に貢献する」ことが明記される。この学生とは、本学学生のみならず全国の大学の原子力系学科学学生を意味する。

つまり、全国の学生の原子力教育と社会人の支援教育に対して、本研究所が重要な使命を果たす意思表示である。ただし、社会教育については、特定の意見の普及に陥ることなく、個人の意見を尊重し科学技術的事実の普及を図ることが前提となる。学生教育や社会教育活動については、本特集の中で若林と芳原が紹介する。

次に、「原子力・放射線施設を活用した特色ある研究を推し進め、原子力・放射線の安全性研究等の進展に貢献する。全国の大学・民間企業等との共同研究利用を積極的に展開する」ことが明示される。これは、オールジャパンの志向のもとに研究施設を積極的に活用し、有用な成果を社会に還元するとの意志表明である。近畿大学原子炉は、最大熱出力が1Wと超低出力炉であり、炉内の放射線線量は極めて低く、他の研究炉で実施される材料試験や中性子回折などの物理学研究の中性子

源としては全く利用できない。これに対して、放射能や放射線線量が極めて低く究極的な安全性が図られている近畿大学原子炉では、むしろ、超低出力炉でしかできない特色ある研究が行われてきた。この研究については、本特集の中の随所で紹介する。

所長方針は、続いて、「原子力・放射線施設の安全確保と地域社会との調和を最優先に運営し、原子力業界の模範となるよう努める。原子力・放射線施設に対する関連法規制等を遵守する」ことを宣言する。原子力施設において教育研究を推進するためには、地域社会の理解と協力を得ることが前提となる。研究所における施設維持管理業務は、究極的には、地域社会の安心を達成するための活動と位置付けることができる。このため、我々研究所員は、「研究者」であり「教育者」であると同時に、有能な「技術者」であることが求められる。この施設管理活動の現状については、本編のなかで紹介する。

最後に、「研究所および所員個人の品質意識の向上に努め、積極的に他機関の原子力安全文化醸成活動に参加・支援し、地域社会・原子力事業者・産業界との交流を図る」ことが示され、社会に認知され原子力の発展に貢献し続ける研究所を目指すことが宣言される。

以上が、研究所の運営の拠り所となる所長方針の要旨である。大学の研究所としては、その規模

この再録は月刊エネルギー・レビュー「特集」2012年7月号、「原子力教育研究の半世紀」に掲載されたものを、株式会社エネルギーレビューセンターの許可を得て転載するものである。

は極めて小さいものの、大いなる使命感を抱いて日々の業務に精進している。

### 超低出力炉の特徴を活かした研究

物理、化学、生物などの様々な分野の研究が行われ、貴重な成果が得られてきた。まず、本原子炉の利用の中核を成す「生物の放射線影響に関する研究」について紹介する。原子炉内の核分裂中性子線を利用して、DNA 損傷と修復の機構解明、染色体の突然変異の測定、臓器・組織障害の発生機構解明、放射線ホルミシス効果などに関する研究が学外共同研究者と学内教員とにより精力的に行われてきた。核分裂（速）中性子の照射が必要なこれら研究を実施するためには、生物試料を原子炉内に設置する必要がある。小動物を含む生物試料を炉内で、しかも室温・大気圧下で照射できる原子炉は、世界的にも近畿大学原子炉のみである。

ここで、生物の放射線影響に関する研究の一例を紹介する。胎児は放射線に弱いと言われているが、定量的にどのくらい弱いのかははっきりしていない。近畿大学藤川和男教授のグループでは、マウス胎児に原子炉放射線やX線を照射して、将来小腸をつくる細胞で誘発される突然変異の検出実験を行っている。この細胞で突然変異が誘発されると、マウスの小腸の内表面に密生している絨毛細胞の性質が変わる。特殊な染色法で可視化すると、この性質が変わった絨毛は、図-1中のように白くなる。この変色部の検出と定量評価から、核分裂中性子やX線の突然変異誘起作用に対する胎児の細胞の感受性が成体の細胞と比べてどのくらい弱い（あるいは強い）かが明らかになる。

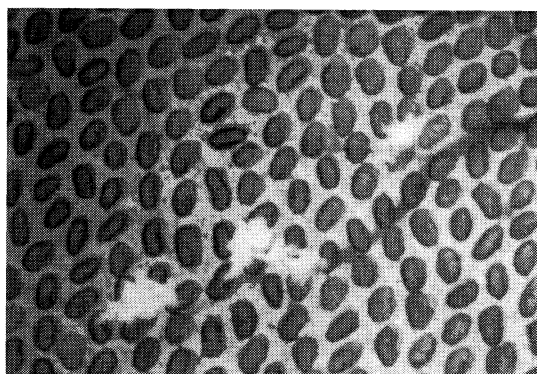


図-1 マウスの小腸内表面の絨毛細胞突然変異の検出

次に、工学教育の観点からの研究例として、摂南大学の山本淳治教授のグループによる原子炉遠隔実習のための技術開発について紹介する<sup>[1,2]</sup>。実際の原子炉実習では限られた学生が限られた時間内で学習せざるを得ないため、実習課題とその内容は選択的にならざるを得ない。このような状況を遠隔実習システムにより補完できれば、多くの実習課題を多くの学生が時間をかけて系統的に学習できるようになる。この教育システムは、シミュレータ教育のように実機による現場教育を代替するものとは異なり、原子炉施設の現場での実習をより充実させるために開発された学習システムである。実習前の予備学習や不幸にも実習に参加出来なかった学生への補完システムとしても利用できる。図-2に示すように、原子炉の制御室と遠隔の教室との間でインターネットを使用してデータ通信を行う。原子炉の運転情報と映像の他、実習での様々な測定データもほぼリアルタイムで教室に送信できる。保存した送信データを用いて、事後学習用としても使用可能である。制御室での実習の映像と運転データが遠隔教室のスクリーンに映し出され、制御室の運転者と遠隔教室の教員が双方向で説明を行うことができる。また、放射線測定装置からのデータをダウンロードすれば、個々の学生は様々なデータ解析を試みることができる。この教育プログラムは、「原子炉遠隔実習のシステム整備と実践」として科学研究費補助金（平成21年度～23年度）の支援を受けて開発されたものである。

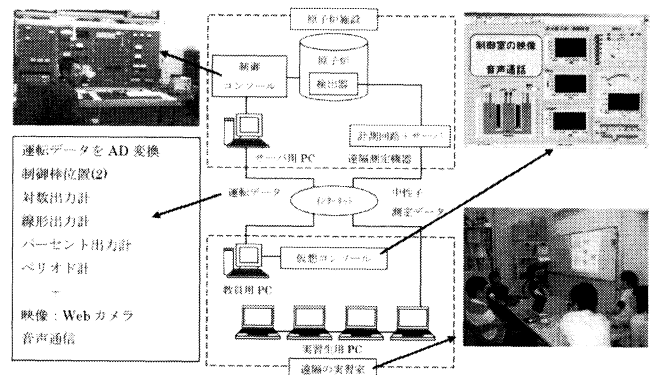


図-2 遠隔実習システムの構成

### 困難に立ち向かう施設管理業務

原子炉施設と放射性同位元素 (RI) 施設の管理業務は、研究所の 8 名の教員と 2 名の技術員が事務職員の支援を受け遂行している。核計装と放射線モニターの点検を除き、全ての点検、保守、検査業務等を研究所員自らが行ってきた。教育、研究及び社会貢献活動と並行して施設管理業務を最優先で実行せねばならぬ教員にとって、日常的なストレスと時間の有限さに苦しむ日々が続く。しかし、本来、工学教育は、実際の現場を知る高度な技術者である大学教員が学生教育を実施することに意義がある。この信念と社会的責務を胸に秘めて、日々の管理業務に邁進している。

近畿大学原子炉の管理業務は、他の研究炉や発電炉と規模は異なるものの、その項目はほぼ同じである。法定検査としては、施設定期検査（一か月余）、保安検査（四半期ごと）、核防護関連検査、使用前検査がある。必要に応じて、許認可業務と規制対応も管理業務として加わる。施設定期自主検査、巡視、点検、保守、警備、品質保証活動等と日常業務を挙げるときりがない。さらに、高経年化対策としての保全活動も大きな課題であり、機器の更新と設備の補修・補強を着実に進めている。管理業務活動の一例として、放射線サーベイメータの点検風景を図-3に示す。

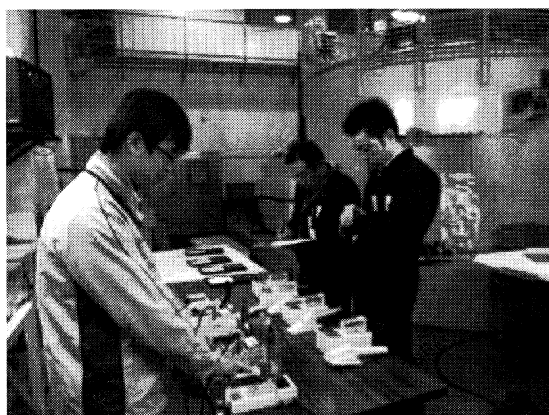


図-3 放射線サーベイメータの点検

このような放射線管理業務は、保健物理や放射線計測分野の第一線の研究者である担当教員が自ら実施する。また、原子炉本体関係の管理は、炉物理や炉工学分野の教員が担当する。教員自らが現場の管理活動を実践することに疑問を抱かれる方も多と思う。しかし、工学教育や研究を行う大学教員にとって、実際の現場における技術や法規制を熟知することが必須であると確信している。また、我々は、管理業務活動を通して培った経験を学生教育や工学研究に反映する義務を負っているものと考えている。

超低出力炉である近畿大学原子炉については、社会が危惧している事故リスクは皆無であると確信している。しかしながら、社会の安心と信頼を得るためには、愚直なまでの誠実さをもって管理業務にあたりたいと考えている。一部の報道機関、一部の団体などから、「最も古い危ない原子炉」、「廃炉も検討か」、「こっそり運転を続けている」、「町の中に原子炉がある」、「全電源喪失時は大丈夫か」、「崩壊熱の除去は」などの記事や声が頻繁に届き、その都度、誠実に対応してきた。しかし、科学技術的な事実によらない無知な批判、誹謗と中傷には心を痛め、科学技術教育の重要性を日々痛感する。幸いなことに、地域住民の方々からは温かい言葉を度々頂戴し、心から感謝している。

試験研究用原子炉の規模と特徴は多様であり、その熱出力も近畿大学原子炉の 1W を最小に、臨界集合体実験装置の 100W クラスから常陽の 140M (メガ) W までと広範囲に分布する。例えば、近畿大学原子炉の場合、1W 運転中であっても温度上昇はなく冷却は不要であり、その内蔵する放射能は非破壊検査用の線源よりはるかに弱い。規制当局には、G (ギガ) W クラスの発電用原子炉の法規制を試験研究炉にそのまま水平展開することなく、個々の試験研究炉の特性とリスクに応じた科学技術上合理的な法規制を構築されることを切に望む。

## 苦渋に満ちた燃料低濃縮化交渉

5年ほど前のある日、米国のエネルギー省(DOE)から「高濃縮燃料の低濃縮化について訪問したい」との電子メールが届いた。我々にとっては、寝耳に水の状態であった。この後、年一回の頻度でDOEの訪問を受け入れ、DOE主催の「研究炉燃料の低濃縮化に関する国際会議(RERTR)」にも毎年出席しDOEとの会合をもっている。我々はこれら会合において、「費用対効果も含めた経費とその調達の問題点」、「設置変更における規制上の課題」、「低濃縮化によるユーザへの致命的なデメリット」の観点から実行不可能であることを主張してきた。

まず、学生からの授業料を主な収入源とする私立大学が、低濃縮化に必要な膨大な費用を自ら調達することは不可能である。さらに、現燃料の返送と新燃料の輸送に係る経費も加わる。設置から50年を経た原子炉の燃料のみを更新することは、費用対効果の観点からも意味を見出すことは困難である。むしろ、新たな超低出力教育炉として施設全体を更新することがより現実的な選択肢であると考えている。設置変更にもなう安全審査を考えると、大幅な施設の更新が必要となれば、必要経費がさらに増加する可能性もある。

燃料低濃縮化は、言うまでもなく、原子炉設置の変更が必要となる。燃料のみを入れ替える変更ではあるが、その安全審査は炉心のみが対象となることは考えにくく、変更許可を得るための道のりは全く不透明である。炉心以外の施設の大幅な更新等の要求も予想され、法規制上の観点からも課題は山積する。加えて、学生実習はカリキュラム上の授業として実施している場合が大半であり、数年単位の運転停止は教育利用の観点からは実質的な廃炉を意味する。

元来、私立大学所有の施設と言えども、一民間が米国政府との直接交渉によりわが国の原子炉とその燃料の行く末を決定しうるとは我々は考えていない。幸い、昨年から文部科学省の関与が始ま

った。昨年、核セキュリティの波とDOEの強靱な交渉力に屈し、燃料低濃縮化の可能性を検討するための共同研究にDOEと合意し、低濃縮炉心の技術的な検討を開始する予定である。この共同研究を実行するためには、研究所員のさらなる努力のみならず、同様の課題を抱える京都大学原子炉実験所との連携を深めることが必須である。

## 今後、何を目指し、何をなすべきか

隣国の中国では、東シナ海沿岸部を中心に多数の原子力発電所の建設が急ピッチで進められている。また、韓国や東南アジア諸国についても発電所の保有と建設の意欲は依然として旺盛である。近い将来、わが国の対岸には各国の原子力発電所が林立することが予想される。一方、わが国では、脱原発の世論が勢いを得て、国の政策にも反映される可能性が強まっている。

仮にわが国が原子力発電を放棄したとしても、海を隔てて他国の発電所に囲まれることを考えると、長年にわたり積み重ねてきた原子力発電の技術と経験を放棄してもよいものかと疑問になる。少なくとも、原子力技術の伝承を図るためには、研究用原子炉を中核とする大学の教育研究機関の存在が必須である。研究用原子炉は、原子力に限らず、基礎科学進展のために必要な中性子源であることは言うまでもない。さらに、原子力基本法が謳う国際協力を実行するためにも、わが国の大学の使命は重いと考える。

近畿大学は、今後、アジア諸国の大学における原子力教育に貢献したいと考えている。国際的な教育事業としては、日本原子力研究開発機構(後に、若狭湾エネルギー研究センター)が主催する国際原子力安全交流事業の一環として、アジア研修生を対象に運転実習を含む原子炉実験研修を行ってきた。また、国内の大学に在籍する留学生向けの原子炉実習も随時行ってきた。今後は、東南アジアの研究者や技術者向けに特化した専門性の高い研修の実現も視野に入れたい。加えて、ベト

ナムで検討されている超低出力教育炉についても、その建設と運用について協力を惜しまない。

近畿大学原子炉は設置から 51 年を過ぎても、教育研究に対する意欲と情熱はますます熱くなる一方である。しかし、遠い将来、廃炉となる日は必ずやってくる。大切なのは、より高度な教育を可能とする超低出力炉が新設され、現在の炉が発展的に退役することである。新たな教育用原子炉が海外ではなくわが国に生まれることを切望しつつ本稿を終える。大学に原子炉の運転経験者すらいな国にならないために。

#### 引用文献

- [1]山本淳治、井原陽平、堀口哲男 他  
「インターネットを用いて遠隔で行う原子炉実習の試み」  
工学教育 56 巻 4 号, pp. 33-38 (2008)
- [2]堀口哲男、山本淳治、橋本憲吾 他  
「実験実習とインターネット遠隔実習を組み合わせた原子炉教育の体系化」工学教育 59 巻 1 号, pp. 106-111 (2011)