

力 跡 追 原 子 力

試験研究用原子炉と 原子力人材育成 〜研究炉を用いた原子力教育〜

近年、原子力発電は、エネルギーの安定供給や温室効果ガス削減等で改めて世界で注目を集めています。原子力の利用を今後も進めていく上で、我が国でも原子力人材の育成は課題となります。

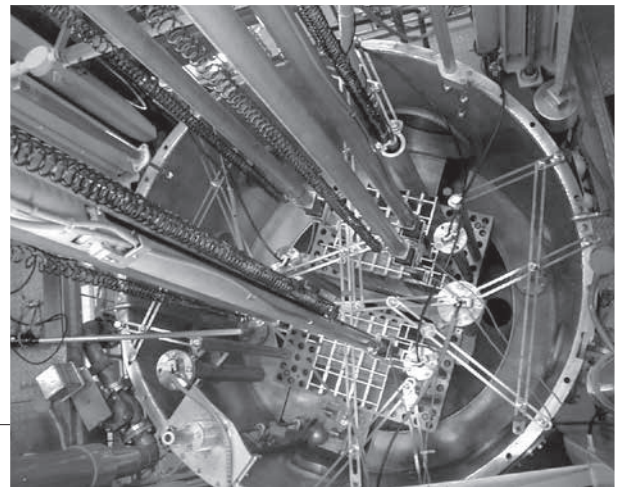
なぜ、いま原子力の人材育成が必要か、そのための教育や研究炉の現状について、京都大学複合原子力科学研究所・原子力基礎工学研究部門・教授の三澤毅さんに解説いただきました。（編集部）

試験研究用原子炉（法的には「試験研究の用に供する原子炉」、以下、研究炉）は発電を行なうことを目的とした発電用原子炉とは異なり、発電は行なわずそれ以外の目的のために設置された原子炉です。例えば、臨界実験装置（臨界集合体とも呼ばれる）という「炉心構造を容易に変更することができる原子炉」も研究炉の一つです。国内では最も低い近畿大学原子炉（近



●京都大学複合原子力科学研究所の全景（左：KUR、右：KUCA）

大炉）の一ワットから日本原子力研究開発機構（JAEA）の常陽の一〇〇メガワット（以前は一四〇メガワット）まで大きく異なっていますが、法的には発電炉とほとんど同じような規制を受けており、出力が低くても厳しい許認可対応が求められています。これまで一九五七年のJRR-1以降（※1）、国内では二五基の研究炉が建設されましたが、その目的としては大きく分けて二つあり、①中性子源



●KUCAの軽水減速炉心

としての利用、②新しい原子炉の開発のための基礎実験または各種の原子炉物理（以下、炉物理）研究のための利用、です（実際には①と②は厳密に分けられるものではなく、どちらの比重が大きいかの違い）。①としてはJAEAのJRR-3、NSRR（原子炉安全性研究炉）、JMTTR（材料試験炉）などがあり、②としては臨界実験装置のほとんどが該当し、JAEAでは高速炉のための

炉は八基です。（※2〜10参照）

原子力人材育成への研究炉の活用

近年、原子力産業の今後の維持、将来に向けた新型炉の開発、さらに既存の原子炉の廃炉作業のためにも原子力人材育成の重要性が認識されていますが、研究炉を用いた原子力人材育成のための教育（以下、単に教育）は原子炉の現場に触れて行な

FCR（高速炉臨界実験装置）、常陽、新型転換炉のためのDCA（重水臨界実験装置）、高温ガス炉のためのVTRC（高温ガス炉臨界実験装置）、HTTR（高温工学試験研究炉）などが各原子炉開発のために建設され、またSTACY（定常臨界実験装置）、TRACY（過渡臨界実験装置）は炉物理研究のために利用されてきました。現在、運転中または運転準備中の研究

うものなので、教科書で学ぶ机の上の学習より、より大きな教育的効果をもたらししてくれるものと考えられます。

研究炉での教育としては、上記①の中性子源として利用して卒業研究や修士・博士論文の作成に取り組みことが挙げられ、原子力工学に限らず理学、農学、医学など様々な分野の教育のために研究炉が用いられていると言えます。

その一方で、②の炉物理実験を主目的とした原子炉では、原子力工学の重要な分野である炉物理や放射線物理についての教育を行ってきました。最初の研究炉であるJRR-1はアイソトープ生産などの①の中性子源として利用されましたが、それ以上に原子力黎明期の原子力技術者・研究者の育成や訓練に大きく貢献したので、②の目的の研究炉であったとも言えます。似たようなケースとして、近大炉は低出力の研究炉ながら中性子源として研究目的で利用されていますが、学部学生や社会人を対象とした原子力教育にも活用されています。

京大複合研の研究炉を用いた教育

ここからは筆者の所属している京都大学複合原子力科学研究所（京大複合研・旧・原子炉実験所）の研究炉を用いた教育を中心に述べます。

京大複合研は、全国共同利用研究所として設置された京大の附置研究所で、出力五〇〇〇キロワットの研究用原子炉（KUR・一九六四年運転開始）と出力一〇〇ワットと低出力の臨界実験装置（KUCA・一九七四年運転開始）の二基の研究炉を有しています。KURは①の中性子源として、KUCAは②が主な目的の研究炉です。

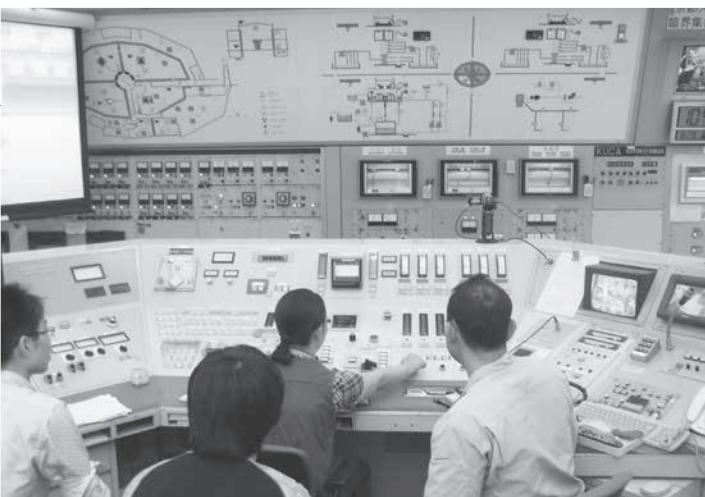
KURは中性子を照射利用またはビーム利用で使用することができ、研究炉で、共同利用研究所として全国の大学や研究所の学生・院生、教員、研究者に研究目的で利用されており、学生や院生に対しては研究活動を通じてその分野での教育に大きく役立つというものと考えられます。また、京大の大学院生向けにはカリキュラ

ムに組まれたKURを用いた原子炉実験の実習があり、KURでの中性子を用いた研究内容をもとにした教育が行なわれています。

一方、KUCAは、核燃料の配置や使用する材料を簡単に変えて運転することができ、国内の大学が所有する唯一の臨界実験装置ですので、運転開始以来、トリウム炉のような新型炉の研究、炉物理や放射線物理の研究など臨界実験装置の特性を生かした研究のために広く内外の研究者によって利用され、筆者を含めて多くの院生がKUCAを利用した研究で大学院を修了しています。

この研究活動とは別にKUCAは京大だけでなく国内一三大学の原子力を専攻している学生や院生を対象とする全国大学院生実験という実験プログラムによる教育で利用されました。このプログラムは、実験を

通じて原子炉のしくみや放射線計測を学ぶことを目的とし、参加する学生はあらかじめ各大学で実験に関する講義を受けた後、三〜五日間の短い期間で臨界近接実験、制御棒校正、中性子束分布測定など原子炉の様々な基礎的な特性の測定を行ない、さらに原子炉の運転実習も体験し、レポート作成を含めた多くの課題をこなして合格すれば各大学で単位を取得することができます。というプログラムになっています。



●KUCAで運転実習する大学院生

一九七五年以降毎年行なわれており、多い年には年間八週間の教育を行なってきました。厳しい日程と内容であるにもかかわらず、毎年の多くの学生が参加を希望し、これまでに全国から約四二〇〇名もの学生が受講して、卒業後は原子力を含む幅広い分野で活躍しています。実験終了後の感想文を見ると、短い実験期間ではあるものの「実際に原子炉に触れて原子炉からの信号を見て特性を解析することで、教科書上では学ぶことができないリアルな物理に接することができた」などの印象を述べている学生が多く、特にシミュレータではない本物の原子炉の制御棒の操作では、大変緊張している様子がわかります。

原子炉そのものばかりではなく、現場を見ないと理解することが難しい原子炉の管理や法的な規制についても学習することができる機会とす

世界的に見てもKUCAのような原子炉の基礎実験が行なえる装置を大学が所有している例は非常に少ないため、国外からの希望に沿って二〇〇三年より日本の学生向けのものとほとんど同じ実験内容で韓国、中国、スウェーデンの学生向けの英語での実験プログラムを行ない、これ



●KUCAのモニターを見つめる海外からの学生たち

る実験カリキュラムを組むことで、原子力人材育成のための大きな成果を挙げていると考えています。

これはKUCAだけでなく、他の国内の研究炉であつても同様で、原子力人材育成のための利用に対するニーズは大きいものがありますが、規制対応の大変さ、管理経費の増大、さらに研究炉を維持管理する人材の不足など、研究炉を取り巻く環境は年々厳しくなってきたため、京大複合研でも大変苦労しています。

しかし、国内において研究炉を継続的に持ち続けることは、一つの大学、一つの研究所の問題ではなく、将来的な原子力の維持発展のための課題の一つであると考えています。ぜひとも

将来的な原子力の維持発展のために

までに約三〇〇名の国外の学生がこのプログラムに参加しています。

近年、原子力に関係した法規制が厳しくなってきたため、各大学においてラジオアイソトープや核燃料を直接用いた実験を行なう機会が減り、実験教育の重要性は益々高まっています。

- ※ 1 JRR-1：日本最初の原子炉で、運転訓練、実験などに用いられた炉
- ※ 2 JRR-3：国産1号炉で、大幅な改造により現在中性子ビーム利用などの研究に用いられている炉
- ※ 3 NSRR：反応度事故時の原子炉の出力暴走を模擬することができ、燃料の照射試験を行うための炉
- ※ 4 FCA：高速炉の実験炉・原型炉・実用炉のための炉物理的基礎データを求めるための装置
- ※ 5 DCA：新型転換炉（ATR）の研究開発のための装置
- ※ 6 JMTR：原子炉燃料や材料の耐久性や健全性の試験、RIの製造のために用いられた炉
- ※ 7 HTRR：高温ガス炉の技術基盤を確立するとともに、水素製造法の熱源として研究するための炉
- ※ 8 VHTRC：HTRRの設計における核特性の検証のための装置
- ※ 9 STACY：核燃料の再処理施設などで用いられるウランを含む溶液燃料の臨界安全に係るデータベース構築するための装置
- ※ 10 TRACY：再処理施設における臨界事故を模擬した過渡事象を再現し、事故時の出力変化などの挙動を究明するための装置

原子力に関係する皆様には研究炉に関心を持っていただき、今後の研究炉の維持のために幅広い支援を賜りましたら幸いです。

