

炉物理部会賞の貢献賞

「新規制基準対応再稼働による炉物理実験研究及び教育への多大な貢献」の授賞を受けて

京都大学 複合原子力科学研究所 臨界装置部

1. はじめに

この度、日本原子力学会炉物理部会の「2018年度第12回炉物理部会賞 貢献賞」を受賞させて頂きました。どうも有り難うございました。

京都大学複合原子力科学研究所(旧 京都大学原子炉実験所、以下、当研究所)の京都大学臨界実験装置(以下、KUCA)は1974年の運転開始以来、共同利用を通じて全国の研究者の方々に炉物理実験研究のために利用して頂いておりました。また、1975年より京都大学学部生向けの原子炉基礎実験、および全国大学院生実験として原子炉物理に関する実験教育を実施してきました。例えば、2013年度には全国の11大学から合計163名の学部学生・大学院生がKUCAでの実験教育に参加していましたが、2013年に施行された新規制基準への対応のために約3年3ヶ月の間、KUCAは運転することができず、共同利用研究および実験教育を実施することができなくなりました。

今回の炉物理部会賞ではKUCAでのこれまでの研究のための共同利用と実験教育の実施に対して評価して頂いたと同時に、新規制基準対応を行いKUCAの再稼働させることができたこと、さらにKUCAの運転停止期間中に学生実験として代替の炉物理実験(未臨界実験)を実施したことに対して評価して頂いたものと考えております。

以下、KUCAの新規制基準対応の経過と内容、および代替の炉物理実験について述べさせて頂きます。

2. 新規制基準対応

原子力規制委員会は、東京電力福島第一原子力発電所の事故の反省を踏まえ、原子力施設の安全審査の判断基準の全面的な見直しを行い、それまでの指針に替えて「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則(以下、設置許可基準)」を施行したことにより、既に許可を得た原子力施設もこの新しい規制基準の該当する全条項に対する適合確認(バックフィット制度)が義務付けられました。発電用原子炉に対する新規制基準は2013年7月8日に施行され、その後2013年12月18日に核燃料施設等(研究炉も含まれる)の新規制基準が施行されました。KUCAは2014年3月まで運転を行い、その後施設定期検査期間に入ってから本格的に新規制基準対応を開始し、2014年9月30日に京都大学研究用原子炉(KUR)と一緒にKUCAの原子炉設置変更承認申請書(以下、設置申請書)を原子力規制庁へ提出しました。KURは最大出力5MWのため研究炉の中では中出力炉として位置付けられて公開の場での審査でしたが、KUCAは出力が1kW以下(今回の設置申請書で100W以下に変更)ということで低出力炉に属し、ほぼ1週間に1回のペ

ースで原則非公開での審査（議事録、説明資料はネットで公開）が10月20日より開始されました（その後、数回の公開での審査会合も開催された）。審査は設置許可基準のうち30項目（第1条の適用範囲及び第2条の定義を含む）の各項目に対して適合性の確認を行うもので、最初に各施設の安全機能別重要度分類を策定するとともに、耐震基準の見直しに対応した耐震重要度分類の見直しを行いました。KUCAの安全機能別重要度分類については、停止系と炉構造設備に関してのみ重要度クラス2とし、その他の重要機器についてはクラス3に分類され、地震によって生ずるおそれがある安全機能の喪失及びそれに起因する放射線による公衆への影響の程度に応じ、耐震設計上の重要度はBクラス、Cクラスに分類されました。これらの重要度分類に基づき、各設備の安全性に関する性能が改めて評価され、特に、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故についてはこれまで設置変更申請書に記載していた内容を全面的に見直し、設置許可基準に基づき評価のやり直しを行いました。

新規制基準では各設備の安全性に関する性能の評価のみではなく、火災や様々な外部事象に対する対応も厳しく評価されました。特にKUCAでは内部火災への対応が重要となり、火災感知や既存の消火設備は設置されているものの、固体減速架台で使用しているポリエチレン減速材、中心架台駆動装置の作動油、加速器室で使用している絶縁油の火災防止措置の対応を新たに求められ、新たな消火設備の設置等の設計方針としました。また核計装については難燃性ケーブルの使用と停止系に関係した重要な系統については系統分離の方針を定めることが必要になりました。結局その後の工事では、この内部火災に対する対応が最も経費と手間が掛かるものとなってしまいました。

数十回以上のヒアリング、何度かの設置申請書の補正の後、2016年5月11日によりややく変更申請書が承認されました。その後、設計及び工事の方法の承認申請により核計装ケーブルの難燃性ケーブルへの変更と重要な系統の分離、蓄電池設備（無停電電源）、非常用照明、廃液タンクの漏えい検知装置、炉心と加速器室のハロン消火設備、加速器絶縁油の漏えい防止堰、固体減速架台の炉心下部の遮熱板、などの設備の設置や更新を行いました。なお、今回の新規制基準に対応に合わせて最大出力をこれまでの1kW（短時間のみ）から100Wに変更しました。

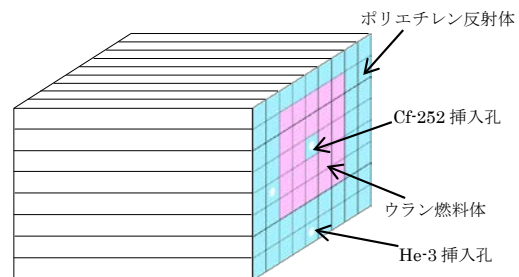
KUCAは以上のような取り組みを終え、また保安規定の変更、承認を受け、更新等を行った設備の使用前検査を受け、最後に施設定期検査を受検して2017年6月20日に全ての検査に合格して、翌日の6月21日より約3年3ヶ月ぶりに運転を再開することができました。その後、現在まで順調に共同利用研究および実験教育に利用されています。

3. 代替の炉物理実験（未臨界実験）

KUCAは運転を実施できなかった間であっても、京都大学を含めた各大学のカリキュラムに既に組み込まれていた実験教育をどのように実施すればよいかは大きな問題でした。当然のことながら、KUCAの炉心およびKUCA用の燃料は使用することができず、その制約の中で何らかの、できれば炉物理に関する実験を新たに構築する必要がありました。

そこで、KUCA は使用せずに実験用核燃料として保有していた天然ウランを用いて未臨界体系を組んで実験を行うことにしました。実験では天然ウランを含むアルミ管で未臨界体系を組み、その中に ^{252}Cf 中性子源を挿入し、燃料体数を変化させて各体系において ^3He 検出器を用いて中性子計数率を測定して、その結果から逆増倍率曲線の作成、さらに ^3He 検出器を移動させて反応率分布を測定し体系のバックリングを求める指数実験を行いました (In 放射化法による反応率分布測定も実施)。臨界実験装置ができる前には各大学でも未臨界実験装置で同様の実験を行っていたものと思いますが、それを復活させたものです。天然ウランとポリエチレンの組み合わせのため臨界となる体系の大きさを決定することはできませんが、KUCA での通常の学生実験で行っていた臨界近接実験の方法の習得、および増倍率の変化に対する反応率分布の形状変化、および放射化法による中性子束分布測定を学習することができる実験内容としました。実験後の学生のレポートや感想文から、未臨界体系ではありましたが連鎖反応による中性子の増倍を理解する上で役立つ実験内容となったのではないかと考えています。また研究の面からもこの体系を用いて雑音解析法による未臨界度測定実験を行うことができ、KUCA を用いなくても実施可能な未臨界実験を再確認する良い機会になったと思います。

未臨界体系の構成方法など今後の検討課題もありますが、将来的に規制のバックフィット等の対応のために今回と同様に KUCA の実験ができない期間が生じる可能性があるため、未臨界での大学院生実験の対応ができるように準備しておくことは重要と思います。



4. KUCA の今後の予定

今後、KUCA では現在使用している高濃縮ウランを米国に返送し、低濃縮化燃料を購入することが計画されています。その移行期間中は利用運転にも何らかの影響が生じる可能性があります。低濃縮化後、当面は燃料問題を気にすることなく運転が継続できると考えており、今後も共同利用研究や実験教育に活用していきたいと考えております。

最後に本部会賞に当研究所臨界装置部を推薦して下さいました先生方に深く感謝致します。また KUCA の共同利用研究を長年支えて下さっている全国の研究者の皆様、大学院生実験の引率、講義、実験指導を担当して頂いている各大学の先生方、また KUCA の運転停止期間中に様々な会議等の席で炉物理研究および原子力教育における KUCA の重要性について述べて下さるなど、我々の対応をサポートして頂きました多くの方々に改めて感謝の意を表したいと思います。

どうも有り難うございました。

(文責：京都大学複合原子力科学研究所 三澤 毅)