

29. 原子炉実験所

I	原子炉実験所の研究目的と特徴	29-2
II	「研究の水準」の分析・判定	29-3
	分析項目 I 研究活動の状況	29-3
	分析項目 II 研究成果の状況	29-5
III	「質の向上度」の分析	29-6

I 原子炉実験所の研究目的と特徴

- 1 京都大学の附置研究所かつ全国大学の共同利用研究所として、昭和38年に「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことを目的に設置された
- 2 研究用原子炉(KUR)、臨界集合体実験装置(KUCA)、各種の加速器、及び関連する大型施設・設備を有し、これらを活用して原子力の安全な利用と先端的科学分野への活用を目指した「複合原子力科学」の共同利用・共同研究拠点として活動を行っている
- 3 総合的・学際的な観点から原子力の基礎・基盤的な研究教育活動を行い、創造的・革新的で安全な原子力システムの創生と俯瞰的視野を持った人材育成に貢献するとともに、中性子を含む粒子放射線を利用し、先端的ながん治療研究や生命科学研究、材料科学や物質科学の分野で斬新な基礎研究を展開し、国内・国際連携研究を発展させることを目的としている
- 4 原子力基礎科学の分野では、日本原子力研究開発機構が国の政策に沿った原子力開発を推進するのに対し、当実験所は研究者の自由な発想に基づいた基礎研究を重視し、総合的・学際的な視点さらには創造的・革新的な視点から原子力の課題に取り組み、大学の特色を活かした自主的な研究を行っている
- 5 粒子線物質科学や放射線生命医科学の分野では、核現象や放射線を利用した物質科学研究、放射線医学・生物学研究、並びにがん治療等の臨床医学研究を行うとともに、これらの研究を通じて、基礎科学あるいは一般産業技術等、原子力に根ざしながらも広く関連分野への発展性を追求している

[想定する関係者とその期待]

研究用原子炉(KUR)と関連施設を共同利用により活用し原子力の基礎・基盤的な研究を行う研究者、原子炉や加速器で発生させた中性子線や高強度ガンマ線などを使用する物質科学や生命医科学の分野の研究者、中性子線を用いた新しいがん治療法であるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の研究に関わる医師や研究者が主たる関係者である。また、BNCTを受ける患者とその主治医、協力講座から受け入れる学生、臨界実験装置を使った実習に参加する全国大学の学生、放射線・原子力利用に関わる人材育成事業への参加者なども直接的な関係者である。さらに、原子力のさらなる有効利用を求める多くの産業・医療業界も当実験所の研究成果や人材育成に強い期待を寄せている関係者である。

学術・産業界からは、研究用原子炉や大型加速器などを共同利用・共同研究に供し、原子力の基礎基盤科学の進展に寄与することが期待されている。また、物質科学や生命医科学分野の研究者からは、当該分野の発展のために中性子線やガンマ線の利用施設として機能することが期待されている。ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に関わる研究者、医師、患者からは、治療に必要な中性子の供給、治療法の高度化が期待されている。さらに、全国主要大学の原子力関係の学部・学科からは臨界集合体実験装置を用いた大学院生の実験教育が、学内の協力講座からは大学院学生の教育が求められている。

II 「研究の水準」の分析・判定

分析項目 I 研究活動の状況

観点 研究活動の状況

(観点に係る状況) 原子炉実験所は「複合原子力科学」の研究拠点として、原子力基礎科学、粒子線物質科学、及び放射線生命医科学の各研究本部の連携により研究を進めている。

1) 原子力安全基盤科学研究

原子力基礎科学研究本部を中心に、原子力の安全な利用に必要な基礎・基盤的研究を継続して行うとともに、東電福島第一原子力発電所の事故を受け、原子力の安全に関する諸問題について科学的視点から統合的に研究する新たなプロジェクトを開始しており、一例として、空間線量の車載型サーベイシステム KURMA を開発して文部科学省、環境省、福島県、原子力研究開発機構などに導入・利用されるなどの成果を得ている。

加速器駆動システム (ADS) は、安全性と核変換特性に優れる新しい原子力応用技術であり、新たな中性子源としての利用も期待されることから、KUCA を用いて国際的な共同利用研究として進めている。また、原子炉事故時の安全余裕を評価するための最適評価コードの開発、蛍光剤無添加の新素材による放射線計測の研究、地震動予測や耐震安全性に関する研究など、原子力利用の安全性向上に関わる多様な研究を実施している。

2) 原子炉応用研究

粒子線物質科学研究本部を中心に、原子炉からの熱中性子を用いた放射化分析による微量元素分析の研究、中性子ビーム等の粒子線を利用した物性研究 (例えば、電池材料等の構造学的研究)、並びにヒトの酸素運搬(脱着)機構の解明等に資する生体構造研究などが行われている。また、短寿命放射性同位元素を利用し、短寿命メスバウアー分光による超微粒子系及び特異な電子状態を有する凝縮系とその機能についての研究、さらに原子核について、核分裂反応により生成される中性子過剰核を対象とした核構造に関する研究などを行っている。

3) 医療照射 (BNCT) 及び関連基礎研究

放射線生命医科学研究本部を中心に、原子炉中性子を用いた BNCT を実施し世界トップの臨床試験数をさらに増加させている (2010 年～2015 年度までに 235 件)。対象も脳腫瘍と悪性黒色腫から肝臓癌や悪性胸膜中皮腫等へと広げるとともに、企業との共同研究として世界初の加速器中性子による BNCT の治験を、脳腫瘍を対象として 2012 年から開始し、2014 年には頭頸部癌に拡大、2016 年には第 2 相へ進展する見込みであり、活発な臨床研究が実施されている。また、放射線の生物作用の解明と BNCT への利用を目的として、放射線照射によって生じる蛋白質構成アミノ酸の酸化に関する研究、培養細胞を用いた中性子生物影響研究などを行っている。

以上の研究成果は積極的に公表されており、原著論文数は 137 報 (2011 年)、137 報 (2012 年)、140 報 (2013 年)、183 報 (2014 年)、年間平均 148 報であり、増加傾向にある。講演数は 2010-2014 年度で総数 361 件、学協会等における口頭発表数は当該期間の総数で 1500 件を超えるなど、活発に成果の発表がなされている。また特許出願数は 7 件 (2011 年)、4 件 (2012 年)、2 件 (2013 年)、3 件 (2014 年)、5 件 (2015 年) となっている。なお、競争的資金による研究の実施状況として、受託研究・事業は、19 件 (2010 年)、15 件 (2011 年)、12 件 (2012 年)、17 件 (2013 年)、15 件 (2014 年)、20 件 (2015 年) である。

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由)

・東電福島第一原子力発電所の事故を契機に立ちあげた原子力安全基盤科学研究プロジェクトでは、5つの研究ユニットによる研究を進め期待される成果を得た。(別添資料 1 参照) さらに、車載型サーベイシステムを開発して国・関連自治体に採用されるなど、復興支援の面で期待された水準を上回る優れた成果を得ている。

・BNCT に関しては原子炉中性子源を利用して世界で最多の症例数を得ている。さらに、世

界初の加速器中性子による BNCT の開発に成功し、治験を 2012 年に開始し、脳腫瘍から頭頸部癌まで適応症例を拡大しつつ、順調に治験を進め、2016 年には第 2 相試験に進むことが可能な状態となるなど、期待される水準を上回り研究が進展している。

・以上のことから、原子力科学研究の一層の進展を求める学術・産業界の期待、BNCT 関連の臨床研究の進展と実用化に対する医療界の期待、福島復興に資する基盤的研究の実施と技術開発に対する期待など、関係者の期待にこたえ、これを上回る成果を得ていると判断できる。

観点 大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況) 共同利用研究は一般公募による「通常採択」と、当実験所の研究者が中心となって課題を設定し、広く研究グループを構成して行う「プロジェクト採択」の 2 つの形態で実施することにより、研究内容や規模、目的等にあわせて活発な研究が展開できるようになっている。研究分野は、①中性子散乱、②核物理・核データ、③炉物理・炉工学、④物質科学、⑤環境地球科学、⑥生命医科学、⑦中性子捕捉療法、⑧ラジオグラフィ・照射利用、⑨超ウラン・核化学、⑩保健物理・廃棄物の 10 研究分野であり、原子力・放射線に関わる広範な分野について共同利用が行われている。主要設備である研究炉 KUR は、2013～2014 年度は工事のため運転を制限し、2014 年 5 月からは、新しい規制基準への適合性確認のため停止しているが、加速器などの代替施設の活用により、共同利用研究の件数は大きくは減少していない。具体的には、2011 年が 169 件、2012 年 194 件、2013 年 209 件、2014 年度 215 件と増加し、2015 年度は 203 件、延べ人数は 2,626 人であった。

また、KUR に加え各種の関連施設が広く活用され、その利用数も多い。例えば、2010-2015 年度の平均で電子線形加速器は年間 859 人が、臨界集合体実験装置は年間 1708 人が利用している。さらに、これらの既存装置に加え、固定磁場強収束型 (FFAG) 加速器は KUCA と組み合わせた加速器駆動システム (ADS) の研究開発を目的に共同利用を開始しており、国際原子力機関の国際共同研究プログラム (IAEA-CRP) に採択され、ベンチマーク実験が行われるなど、世界的な展開が進められている。(別添資料 2 参照)

大型装置の整備としては、2011 年度に KUR-B2 実験孔を特殊照射孔に改造し、これまで実施不可能であった大型試料や大重量試料、液体・生物試料の照射が可能となった。また、陽電子施設は順調に設置・試験運転を終了し、世界的に見てもトップクラスの陽電子強度が得られていることを陽電子計測により確認している。原子炉が稼働した際には、多様な照射研究に利用され、新しい共同利用研究分野が開拓されると期待される。また、共同利用・共同研究をより円滑に行うために「共同利用研究推進室」を 2013 年度に設置し共同利用申請・審査から実験装置整備まで全般的な見直しを進めている。

(水準) 期待される水準を上回る
(判断理由)

・主要施設の研究炉 KUR が新規規制基準への適合確認のため停止しているにもかかわらず、共同利用の実施件数は年ごとに増加し、加えて、加速器駆動システム ADS の開発と供用を進め、国際的な共同研究が開始された。

・現有施設に加えて、大型試料等の照射が可能な B-1 特殊照射孔及び陽電子施設の整備と試験運転に成功し、今後、多様な中性子・陽電子照射研究に供用されることとなった。

以上のことから、KUR を初めとする大型設備・機器を共同利用・共同研究に供し、もって原子力科学の進展に寄与するという点で、関係者から期待される水準を上回っていると判断できる。

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

観点	研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)
-----------	--

(観点に係る状況) 当実験所を使った共同利用研究により発行された論文数は、2010～2014年の年間平均で261報であり、第1期(年間平均227報)に比べて上昇傾向にある。2011年の東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、原子炉施設の安全確認等について多大の労力を費やしてきたにも関わらず順調に成果発表が伸びていることは、所員一同の努力の結果であると考えている。

具体的にはADSの実験を世界に先駆けて成功させ(2010年)、その基礎研究を推進するとともに、国際原子力機関のベンチマーク実験を実施するなど成果を上げた。BNCT研究については原子炉中性子ばかりでなく、加速器中性子源を利用する加速器BNCTの開発に成功、2012年から治験を開始し、脳腫瘍に加えて頭頸部癌を対象疾患に加えるなど、学術面から応用面まで成果を上げており、世界の研究者のみならず、一般市民からも大きな期待を受けている。そのため2014年度当初でのKURにおけるBNCT実施総件数は509例を超え、そのうち235件は2010年以降に実施したものであり、この実施件数は世界で一位である。

研究成果に対する外部からの評価の一例として所員の受賞をみると、2011年には文部科学省の「ナイスステップな研究者賞」など13件、2012年「文部科学大臣表彰」など9件、2013年「日本中性子科学会学会賞」など9件、2014年「日本放射線影響学会岩崎民子賞」など9件、2015年「日本保健物理学会論文賞」など13件であり、多くの分野で高く評価されている。また、KUCAを用いた全国主要大学の原子力関連の大学院生の実験教育(年間150名以上)が行われ、日本原子力学会から原子力歴史構築賞を受けるなど重要な教育活動として評価されている。

(水準) 期待される水準を上回る
(判断理由)

- ・東電福島第一原子力発電所の事故後も、原子炉施設の安全確認等を着実に実施、運転の継続に努めてきた結果として、発表論文数や受賞数なども事故による影響なく着実に増加している。

- ・ADSの研究を世界で初めて開始・推進し、世界の研究者からの期待に応えている。

- ・BNCTでは研究用原子炉を使って世界トップの研究成果を上げる事が出来、その成果をもとに加速器中性子による治験を進めている。

以上のことから、KUR等の大型機器の共同利用を通して複合原子力科学の進展はかるといえる点、医療界や産業界での原子力利用に結びつく成果をあげるといえる点で、優れた研究成果を多数挙げてきており、期待される水準を上回ると判断できる。

Ⅲ 「質の向上度」の分析

(1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況

・東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて組織された原子力安全基盤科学研究は、従来、ややもすると分野ごとに個別に行われてきた原子力安全についての研究を、科学的視点から統合的に研究する取り組みであり、質的な向上である。5つの研究ユニットによる研究を統合的に進め、その一環として、2012年に「環境モニタリングと線量評価」、2013年に「原子力バックエンドの問題と核変換技術の役割」、2014年に「地震、津波と原子力リスク」、2015年に「福島の復興に向けた放射線防護研究」に関する国際シンポジウムを開催するなど、社会のニーズに応える研究水準上、重要な質の変化があったと判断できる。

(2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

・2010年からはADSを用いた実験研究を世界で初めて開始し、次世代原子炉及び核変換システムの基礎研究として、世界の研究者の期待に応えている。特に、国際原子力機関の共同研究プログラムに参加し、国内だけでなく、国際的な協力による共同研究を進展させる形となっており、質的な向上があったと判断される。

・原子炉BNCTの成果をもとに開発を進めてきた加速器中性子によるBNCTは順調に進展し、治験から先進医療への見通しが得られた。このため、2012年頃より国内の複数の機関(国立がんセンター、南東北病院、筑波大学など)がBNCTの導入を開始し、当実験所の成果が活用されつつある。このような社会のニーズに応える研究への展開という点で、重要な質の変化があったと判断できる。