京都大学原子炉実験所

自己点検・評価報告書

(2012－2017 年度)

2019 年 6 月

京都大学複合原子力科学研究所

緒 言

原子炉実験所は、昭和 38(1963)年に京都大学附置の全国大学等の共同利用研究所として設置され、平成 22(2010)年からは共同利用・共同研究拠点として活動している。また、平成30(2018)年 4 月には、複合原子力科学研究所と改名し、新たな歩みを始めることとなった。

原子炉実験所の名前の通り、本研究所の主要実験施設は 2 基の研究用原子炉である。京都大学研究用原子炉(KUR)は昭和 39(1964)年に、京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)は、昭和 49(1974)年に完成し、その後 KUR の燃料低濃縮化の長期停止等を挟み、全国共同利用に供されてきた。しかし、平成 23(2011)年 3 月に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、安全規制が全面的に見直されることとなり、KUCA は平成 26(2014)年 3 月 10 日に、KUR は同年 5 月 26 日に運転を停止した。この「新規制対応」のために長期停止を余儀なくされたが、KUCA は平成 29(2017)年 6 月 21 日より、KUR も同年 8 月 29 日より利用運転が再開されており、久しぶりに共同利用研究全般が正常に行われるようになった。

平成 16(2004)年、国立大学の法人化に伴い、6 年を単位とする中期目標・中期計画の第 1 期がスタートし、現在は第 3 期の活動を行っているところである。また、平成 22(2010)年 4 月、第 2 期中期目標・中期計画期間の開始と同時に、共同利用・共同研究拠点としての事業を開始したが、その期末評価は「B 評価」と大変厳しいものであった。この自己点検・評価報告書は、平成24(2012)-29(2017)年度の研究所活動についてまとめたものであり、それは原子炉実験所として最後の 6 年間の活動である。厳しい期末評価結果を受け、本自己評価期間の後半は研究所の活性化に向けた試行錯誤の時期でもあった。それらの結果、平成 30(2018)年度に公表された中間評価では「A 評価」となり、努力が報われ始めたとも言える状況になりつつある。

既に KUR は臨界後 50 年以上、KUCA は 40 年以上の時を経ている。これをもってしても、第 4 期中期計画・中期目標期間には、研究所の在り方が大きく変化することが予想される。第 3 期後半にかかるこれからの時期に、研究所の現状とその特長をしっかりと評価しなければならない。この自己点検・評価報告書(2012-2017)は、曲がり角にある本研究所の第 3 期後半、第 4 期に向けた活動の方向性をこれから検討するための根拠となり、将来を切り拓くために重要な意味を持つものである。

なお、本報告書の評価期間は平成 24(2012)-29(2017)年度であるため、記述は「原子炉実験所」時代のものとなっており、平成 30(2018)年度の改名及び所内改組による変更内容は、関連説明を行った部分以外には原則含まれていないことにご注意頂きたい。

目　次

緒言…… i

§１．実験所の概要…… 1

§２．実験所の運営…… 6
２－１．研究（教員）組織…… 10
２－２．安全管理組織…… 20
２－３．環境・一般安全管理組織…… 26
２－４．事務部…… 30
２－５．技術室…… 31
２－６．財政…… 36

§３．ＫＵＲ、ＫＵＣＡの新規制基準対応及び原子炉関係施設の整備…… 39
３－１．ＫＵＲ、ＫＵＣＡの新規制基準対応と再稼働…… 40
３－２．炉室実験孔の整備…… 46
３－３．安全性向上に向けた施設整備…… 50

§４．研究活動…… 51
４－１．研究活動…… 51
４－２．研究成果と研究活動の傾向…… 109
４－３．科学研究費の獲得と研究活動…… 116
４－４．共同利用…… 150
４－５．その他の研究活動…… 153

§５．原子炉実験所から複合原子力科学研究所へ…… 177
５－１．改名の経緯…… 177
５－２．改名理由…… 178
５－３．新しい所内運営の考え方とユニット制…… 181
５－４．原子力科学系大学研究所等連携協議会…… 183
５－５．新中性子源計画…… 183
５－６．学術の大型施設計画・大規模研究計画（日本学術会議）…… 185
５－７．共同利用・共同研究拠点評価…… 192

§６．教育活動 …… 198
６－１．原子炉実験所における教育活動 …… 198
６－２．その他の教育活動 …… 200
６－３．ＫＵＣＡ／原子力人材育成 …… 200

§７．国際交流 …… 203
７－１．原子炉実験所国際交流委員会 …… 203
７－２．部局間学術交流協定 …… 203
７－３．国際共同研究 …… 206
７－４．研究者の交流及び留学生の受入れ …… 210
７－５．定期刊行物の交換 …… 213
７－６．国際交流の今後 …… 213

§８．学術情報 …… 214
８－１．組織 …… 214
８－２．現状 …… 215
８－３．社会との一般的な交流 …… 219

§９．社会連携 …… 230
９－１．熊取アトムサイエンスパーク構想 …… 230
９－２．ＢＮＣＴ推進協議会 …… 231
９－３．ＫＵＲＡＭＡ開発 …… 231
９－４．原子力安全に関する周辺自治体等との関係・連携 …… 233

補遺．中期目標・中期計画 …… 235

添付資料 …… v
１．協議員会委員名簿 …… vi
２．運営委員会等委員名簿 …… vii
３．原子炉安全委員会等委員名簿 …… x

§1. 実験所の概要

原子炉実験所は、京都大学附置の全国大学等の共同利用研究所として昭和 38(1963)年に設置された。その設置目的は「原子炉による実験及びこれに関連する研究」を行うことであり、大学に相応しい基礎研究を通して人類社会に貢献することを理念としてきた。その主要な実験装置は京都大学研究用原子炉(KUR)である。KUR は昭和 39(1964)年に初臨界に達し、1 MW での運転を開始した。昭和 43(1968)年には出力を 5 MW に増強し、平成 18(2006)年 2 月まで運転を継続した。その後、4 年間の運転休止を経て、平成 22(2010)年 5 月に、低濃縮燃料による出力 1 MW での運転を再開した。もう一つの小型原子炉である京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)は、昭和 49(1974)年に完成し、新しい原子炉の設計研究や国内外の学生の実習・教育に利用されている。KUCA を用いた学生実験参加者は、これまでに 4000 名を超えている。これらに加えて、電子線型加速器、コバルト 60 ガンマ線照射装置なども擁し、全国共同利用に供している。

実験所は、共同利用研究が順調に進み始めた昭和 40(1965)年代半ば頃から、研究の一層の進展を目指して高中性子束炉(2 号炉)計画に取り組んだ。遺憾ながらこの計画は実現を見なかったが、この事態の打開のために実験所のあり方について所内外で種々の検討がなされ、その結果、発足以来の大規模な組織的な見直しが行われた。その内容は、研究組織の改編、重点的研究の策定、研究用原子炉及び関連施設の整備、実験所運営と安全管理組織の見直しである。それにより、設立当初の 6 研究部門から、平成 7(1995)年の大幅な改組により 6 研究部門(20 研究分野)、2 研究施設となり、さらに、平成 15(2003)年 4 月には、3 研究本部(3 研究部門(20 研究分野)、2 研究センター)に改組された。

平成 14(2002)年には、実験所が 2 号炉計画の撤回後、将来計画として位置づけ、その実現へ向けて努力していた「中性子ファクトリー計画」に関連して加速器駆動未臨界炉の基礎研究を開始するための予算が、文部科学省提案公募事業「革新的原子力システム技術開発」により一部認められた。それを受け、平成 14(2002)年度の補正予算により、この研究のための主装置である固定磁場強集束型(FFAG)加速器を設置するための建屋(イノベーションリサーチラボ)が平成 16(2004)年 3 月に完成した。その後順次加速器が設置、整備され、平成 21(2009)年 3 月には 100 MeV に加速された陽子ビームの KUCA への輸送に成功し、続いて平成 22(2010)年 3 月に世界初のトリウム体系における加速器駆動システム(ADS)の実験が実施された。現在でも、高エネルギー陽子加速器と臨界集合体を結合したものとしては、世界で唯一の ADS として研究が継続されている。

また、平成 20(2008)年にはイノベーションリサーチラボの医療棟に新たに 30 MeV 陽子サイクロトロンが設置され、加速器中性子によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の研究が進められている。これは、KUR による BNCT の成果を受け、実用的な医療として確立するために病院に附設出来るような BNCT 治療装置の開発へと進んでおり、現在ではすでに治験の最終段階にまで到達している。低濃縮燃料による運転再開後の KUR では、多くの実験研究とともに、平成 23(2011)年には小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った小惑星「いとかわ」の試料の中性子放射化分析が国内外を通じ初めて実施された。

平成 16(2004)年 4 月、国立大学は法人化され、「国立大学法人」となった。実験所では、法人化に先立つ平成 14(2002)年に、文部科学省への中期目標・中期計画の提出へ向けて、その策定作業が

行われた。その中には、原子力平和利用の精神に則って、核エネルギー及び粒子線の利用に関する学理を実験的に探究し、人類の知的財産創造に寄与するとともに、人類の福祉に貢献することを理念とした実験所の目標が掲げられている。

平成22(2010)年4月には、第2期中期目標・中期計画期間の開始と同時に、共同利用・共同研究拠点としての事業を開始した。また、実験所の研究計画「複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進」は、日本学術会議のマスタープランにも大規模研究計画の一つとして採択された。本計画の概要は、以下のとおりである。

「本計画では、人類社会の持続的発展のため、原子力・放射線の新たな利用法の開発を含む広く複合的な原子力科学分野の発展を目指す。研究者の豊かな創造性に基づく先導的な研究の実施を旨として、萌芽的・基礎的な実験研究に重点を置き、研究炉や加速器を主とする共同利用・共同研究を推進する。原子力科学の健全な発展のためには多様性が重要であり、大学が担う役割は大きい。研究炉や加速器等をはじめとした様々な施設・設備を利用して、多様かつ自由な発想に対応し、放射線・放射性同位体(RI)を用いた広い分野の高次な交流を進め、新たな先端研究分野を切り拓き、世界をリードする研究教育活動を発展的に展開する。今まで蓄積してきた研究炉・加速器を用いた物性・分析研究等の多様な研究分野をもとに、研究者の自由な発想を生かすことができる共同利用・共同研究拠点としてさらに発展させる。例えば、研究炉による特徴的な研究として実績 を積み重ねてきたホウ素中性子捕捉療法(BNCT)研究については、小型の加速器中性子源による臨床BNCT 施設をも世界に先駆けて実現し、臨床治験を推進していることから、研究炉と加速器中性子源を併用して実用化及び高度化を促進する。さらに大学に適した規模の新規サイクロトロン複合粒子線源を導入することにより、中性子だけでなく陽子や陽電子も利用し、KUR の補完・代替として新たな研究分野の開拓を可能ならしめる。また先導的な研究とされる加速器駆動システム(ADS)に関する研究については、同システムが安全性と核変換特性に優れ、新たな中性子源としての利用も期待されることから、その実現を目指して一層の基礎研究の充実を図る。広く大学における共同利用・共同研究を推進することにより、原子力・放射線の利用に不可欠な科学的知見の集積と活用を進展させ、研究成果の社会的還元及び人材育成に寄与する」

マスタープランは3年ごとに改訂されており、最新のマスタープラン2017まで、我々の計画は継続して採択されている。

平成 23(2011)年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故は、我々の研究炉にも大きな影響を及ぼした。我々の原子炉は被災地から遠く離れているため、地震による直接の影響は受けなかった。しかし平成25(2013)年12月に施工された「試験研究用原子炉の新規制基準」への適合確認を受けるため、KUCAは平成26(2014)年3月10日より、KURは同年5月26 日より運転を停止した。その後、原子力規制委員会に原子炉設置変更承認申請書を提出し、KUCAは平成28(2016)年5月11日に、KURは同年9月21日に承認された。その後、保安規定の改定や各種安全対策等に係る工事を実施、さらに原子力規制庁の使用前検査、施設定期検査を受けた。その結果、KUCA は平成 29(2017)年 6 月 20 日に合格証が交付、翌 6 月 21 日より運転の再開をすることとなった。また、KURも同様な工事の実施や各種検査を受け、同年8月25日に合格証交付、さらに同年8月29日より利用運転再開の運びとなった。その後、順調に共同利用研究を進めている。

また、平成28(2016)年4月に、所長から全所員に研究所名変更の提案がなされ、その後の所内議

論、さらに京大本部の企画委員会での審議を経て、平成 30(2018)年 4 月に、研究所名を「原子炉実験所」から「複合原子力科学研究所」に変更した。所内運営も大きく見直されることとなり、3 本部制の廃止やユニット制の制定が行われ、今後のさらなる研究活性化を進めることとなった。原子炉施設を有する研究所として、それらの安全管理を最優先としつつも、原子力研究及び研究炉や加速器を用いた粒子線（放射線）・RI 利用研究を積極的に進め、さらには、研究所に集う極めて広範な分野の研究活動を融合し、新しい研究を生み出す「複合原子力科学」を推進していく。

表 1－1. 原子炉実験所の沿革

昭和 31. 11. 30	第 1 回研究用原子炉設置準備委員会(初代委員長　湯川秀樹教授)開催
33. 09. 24	関西研究用原子炉建設委員会(委員長　藤本武助　教授)発足
35. 12. 09	建設地を大阪府泉南郡熊取町朝代地区に決定
35. 12. 21	京都大学工学研究所(現エネルギー理工学研究所)に研究用原子炉建設本部(本部長･藤本武助 教授)設置
36. 09. 04	原子炉設置承認申請書提出
36. 12. 01	起工式
37. 03. 15	原子炉設置承認
37. 04. 01	前記原子炉建設本部改組　京都大学に研究用原子炉建設本部 （本部長　木村毅一教授、副本部長　丹羽義次教授）設置
38. 04. 01	京都大学附置研究所として原子炉実験所を設置　全国大学等の共同利用研究所として発足（この期を前後して事務棟、原子炉棟、工作棟、トレーサ棟、研究棟、廃棄物処理棟、中性子発生装置室、研究員宿泊所等が完成し原子炉、原子炉設備、ホットラボ設備、計測装置、廃棄物処理設備、放射線管理の 6 研究部門設置） 初代所長　木村毅一教授就任
39. 03. 31	中性子発生装置室竣工
39. 06. 25	KUR　初臨界到達
39. 08. 17	KUR　定格出力 1000kW に到達
40. 01.	共同利用研究開始
43. 04. 01	第 2 代所長　岡村誠三教授就任
43. 07. 16	KUR　定格出力 5000kW に上昇
44. 03. 24	ガンマ線照射棟竣工
44. 04. 01	原子炉熱特性管理研究部門増設
47. 04. 01	第 3 代所長　柴田俊一教授就任
47. 05. 01	臨界集合体実験装置の原子炉設置変更承認申請書提出
47. 08. 24	上記設置変更承認
49. 03. 30	臨界集合体棟竣工
49. 08. 06	臨界集合体実験装置初臨界到達
50. 04. 01	附属原子炉応用センター設置
51. 04. 01	放射線物性研究部門、原子炉核特性研究部門増設
51. 05. 10	附属原子炉医療基礎研究施設設置
51. 10. 01	高中性子束炉（2 号炉）の原子炉設置変更承認申請書提出
52. 04. 18	技術室設置 核生物学、原子炉計測制御、原子炉物理学、低速中性子物理学、放射線化学、原子炉化学、原子炉化学工学の 7 研究部門増設
53. 10. 02	高中性子束炉の原子炉設置変更承認
54. 06. 06	京都大学熊取体育館竣工
55. 04. 01	第 4 代所長　林　竹男教授就任
57. 02. 25	環境放射能核種別分析測定室竣工
58. 04. 02	第 5 代所長　岡本　朴教授就任
61. 01. 20	使用済燃料室竣工
平成元. 04. 02	第 6 代所長　西原英晃教授就任
02. 07. 31	学術審議会報告「大学における研究用原子炉の在り方について」
02. 12. 06	高中性子束炉撤回の原子炉設置変更承認申請書提出
03. 02. 04	上記設置変更承認
04. 08. 20	京都大学「京都大学研究用原子炉（KUR）の整備等について」を文部科学省学術国際局へ報告
05. 07. 28	学術審議会報告「大学における研究用原子炉の在り方について」
07. 04. 01	研究組織の改組（16 研究部門を原子炉安全管理、中性子科学、核エネルギー基礎、バックエンド工学、応用原子核科学、放射線生命科学の 6 研究（大）部門に改組、2 附属施設の原子炉医療基礎研究施設、原子炉応用センターの整備）
07. 04. 02	第 7 代所長　前田　豊教授就任
09. 07. 30	米国への使用済燃料返送契約（米国側 7.14 付）
11. 04. 01	第 8 代所長　井上　信教授就任
11. 08. 20	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 1 回）
12. 08. 04	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 2 回）
13. 06. 15	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 3 回）
14. 06. 24	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 4 回）
15. 04. 01	第 9 代所長　代谷誠治教授就任 研究組織の改組（6 研究（大））部門を原子力基礎工学研究部門、粒子線基礎物性研究部門、放射線生命科学研究部門の 3 研究（大）部門に改組）
15. 09. 12	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 5 回）
16. 03. 22	イノベーションリサーチラボ棟竣工
16. 09. 15	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 6 回）
17. 04. 01	附属施設の改称（附属原子炉医療基礎研究施設を附属粒子線腫瘍学研究センターに改称）
18. 04. 01	附属施設の改組（附属原子炉応用センターを附属安全原子力システム研究センターに改組）
19. 10. 09	使用済高濃縮ウラン燃料米国へ搬送（再開第 7 回）
20. 04. 01	寄附研究部門（中性子医療高度化研究部門）設置
21. 03. 04	FFAG 陽子加速器－KUCA 結合実験開始
21. 04. 01	第 10 代所長　森山裕丈教授就任
22. 04. 01	共同利用･共同研究拠点として事業開始
22. 04. 15	KUR 低濃縮ウラン炉心初臨界到達

22. 05. 12	KUR 低濃縮ウラン炉心定格出力 5000kW に到達
26. 03. 10	KUCA が新規制基準対応のため運転休止
26. 05. 26	KUR が新規制基準対応のため運転休止
27. 04. 01	第 11 代所長　川端祐司教授就任
28. 04. 01	共同利用・共同研究拠点の認定更新
29. 06. 21	KUCA が約 3 年 3 ヶ月ぶりに運転を再開
29. 08. 29	KUR が約 3 年 3 ヶ月ぶりに運転を再開
30. 04. 01	組織名の改称（原子炉実験所を複合原子力科学研究所に改称）

§2. 実験所の運営

原子炉実験所は、現在、大学がもつ原子力施設の中で国内最大規模の研究用原子炉(KUR)を有し、全国から年間延べ 3 千人・日以上の研究者や学生が共同研究のために来所している。このような実験所の運営と研究のための組織を図2－1に、安全管理のための組織を図2－2に示す。

実験所の運営は、所長を頂点とする 3 研究本部、事務部、技術室そして安全管理本部（兼務）、学術情報本部（兼務）の連携によって行われている。また、所長を中心に、協議員会、所員会議、運営委員会そして共同利用運営委員会が位置している（図2－1）。

協議員会は教授で構成されており、実験所の重要事項について審議し決議する機関である。運営委員会は所外の学識経験者及び実験所の協議員会メンバーの一部によって構成され、実験所の運営に関する重要事項について所長の諮問に応ずる。同様に、共同利用運営委員会は所外の学識経験者及び実験所の協議員会メンバーの一部によって構成され、実験所の共同利用の運営に関する重要事項に関して所長の諮問に応ずる。所員会議は所長の諮問に応じて、実験所の所内運営に関する重要事項について検討するものである。それ故、これらの委員会とその下部委員会（運営委員会のもとの研究計画委員会、人事選考委員会、原子炉医療委員会、共同利用運営委員会のもとの共同利用研究委員会（臨界集合体実験装置共同利用研究委員会は平成 29(2017)年 4 月 1 日付けで同委員会と統合））で種々の議案が審議され、最終的には協議員会で検討・了承されて実験所の運営が行われる。すなわち、個々に示した委員会は実験所の運営に関する方針を決めるために企画立案を行うと共に、種々の事案に関して審議し、その委員会としての最終的な結論を導きだし、上位委員会の運営委員会ならびに協議員会にその決定事項を提出する役割を担っている。

協議員会や運営委員会で決定した実験所の事案に対して、それを実際に運用していくのが 3 研究本部であり、事務部、技術室、そして兼務で行われている安全管理本部と学術情報本部である。

研究本部は、原子力基礎工学研究部門（10 研究分野、1 客員分野）と安全原子力システム研究センター（2 研究分野）からなる原子力基礎科学研究本部、粒子線基礎物性研究部門（6 研究分野）からなる粒子線物質科学研究本部、放射線生命科学研究部門（3 研究分野）と粒子線腫瘍学研究センター（1 研究分野、1 寄附研究部門）からなる放射線生命医科学研究本部から構成されている。これらの研究本部では原子核物理から原子力・放射線、中性子線、ナノテクノロジー、物質材料、生命科学、医療（がん治療）等、広範囲な分野において先導的な学際研究を展開し、共同利用・共同研究拠点の核として機能している。また、各研究分野は京都大学大学院理学研究科、医学研究科、工学研究科、農学研究科、エネルギー科学研究科の協力講座となっており、次世代を担う学部学生・大学院生のみならず、小中学生、高校生ならびに社会人までを対象とした体験的教育も視野に入れて教育活動を行っている。

事務部は総務全般を扱う総務掛、共同利用事務を扱う共同利用掛、図書関係業務を扱う図書掛、予算関係を扱う財務掛、旅費計算業務等を扱う旅費・謝金センター、予算執行を扱う契約管理掛、施設関連の業務（建築、電気、機械関係）を担当する施設掛、設備掛の計 7 掛・1センターから構成されている。

技術室は 4 班 8 掛から構成されており、研究炉(KUR)、臨界集合体実験装置(KUCA)等の原子炉施設及びホットラボ施設、トレーサ棟、ライナック等の関連実験施設・設備の運転・保守・管理ならび

に放射線管理、放射性廃棄物処理業務の実務の主要部分を部・室に所属して担うと共に、共同利用者を含む研究者に対する技術支援及び機械工場における研究者からの依頼に応じた機器の製作、材料の提供、機械工作指導などを担当している。また、FFAG 陽子加速器などの性能向上等、将来に向けた新たな技術習得なども積極的に行っている。

安全管理本部では原子炉施設および放射性同位元素等使用施設の安全管理業務を掌握する部を統括・指導すると共に、その他一般の保安管理業務についても統括する。学術情報本部は学術情報システムの整備と維持管理を行い、研究、教育活動の円滑な遂行を補助すると共に、学術情報に関連する業務の企画、立案、そしてそれらを実施する。

実験所が研究用原子炉を有し、それを使った共同利用研究、自らの研究ならびに大学人としての本分である教育を遂行するためには、研究本部は事務部ならびに技術室と密接に連携して円滑に業務を遂行する必要がある。特に昨今の定員削減や財政の状況により、研究本部、事務部そして技術室にも大きな負担を強いている状況であるが、お互いの信頼をもとに努力し順調に運営されていると考えている。



図２－１．　運営と研究のための組織　（2015 京都大学原子炉実験所要覧より）

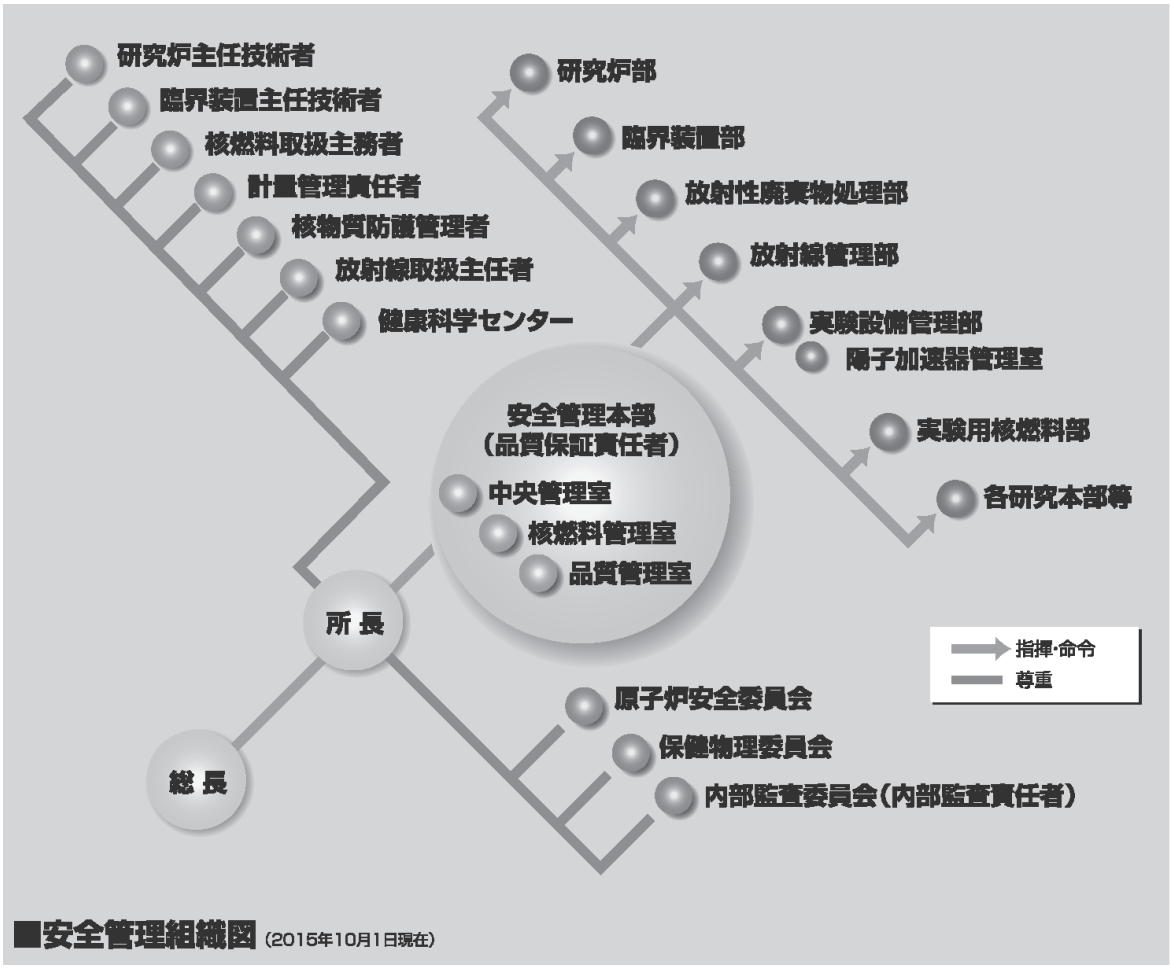


図２－２．　安全管理組織　（2015 京都大学原子炉実験所要覧より）

2－1．研究（教員）組織

原子炉実験所は、昭和 38(1963)年「原子炉による実験及び関連する研究」を行うことを目的に、全国大学の共同利用研究所として設置された。それ以来、実験所は核エネルギーの利用と中性子をはじめとする粒子線・放射線の利用を行う研究教育の拠点として、その役割を果たしてきている。また、実験所の教員は共同利用研究を中心とした研究活動のみならず、京都大学大学院の協力講座のメンバーとして授業や学生指導を担当するなど、広く教育活動にも携わっている。

その中で、実験所の研究計画として「複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進」を掲げ、人類社会の持続的発展に必要と考えられる原子力・放射線の新たな利用法の開発を含む複合的な原子力科学分野の発展を目指し、個々の研究者の豊かな創造性に基づく先導的な研究の実施を旨として、萌芽的・基礎的な実験研究に重点を置いた共同利用・共同研究を推進するとしている。特に、固定磁場強集束型（FFAG）陽子加速器を用いた加速器駆動未臨界システム（ADSR）の開発に関する基礎研究や原子力科学の学際研究として中性子捕捉がん治療（BNCT）の研究については、世界を先導する研究として国際的な注目を集めていることから、より一層の推進を図る計画である。将来に向けては若手研究者を中心に、その研究体制を含めて検討している。

また実験所の研究者は地域との共生を図る努力をしている。例えば、アトムサイエンス実験教室、アトムサイエンス講演会の開催や、熊取ゆうゆう大学実験教室のサポート、そしてあるふぁシティくまとり推進会議（自然環境部会、歴史文化部会、地域活性部会、健康福祉部会、人材育成部会）への参加、また熊取町の総合計画審議会などの公的委員会への参加なども積極的に行っている。さらに、実験所で研究者によって生み出される研究成果を地域の活性化に役立たせようと、熊取町、大阪府、京都大学の三者で「熊取アトムサイエンスパーク」構想を立ち上げ、その実現に向けて努力してきている。

2－1－1．研究（教員）組織の現況

原子炉実験所の設立当時は、原子炉、原子炉設備、ホットラボ設備、計測装置、廃棄物処理設備、放射線管理の 6 研究部門が設置された。その後、昭和 44(1969)年に原子炉熱特性管理研究部門、昭和 51(1976)年に放射線物性研究部門と原子炉核特性研究部門、そして附属原子炉医療基礎研究施設が設置され、また昭和 52(1977)年には核生物学、原子炉計測制御、原子炉物理学、低速中性子物理学、放射線化学、原子炉化学、原子炉化学工学の 7 研究部門が増設され、16 研究部門、1 施設体制が出来上がった。その後、平成 7(1995)年に原子炉安全管理、中性子科学、核エネルギー基礎、バックエンド工学、応用原子核科学、放射線生命科学の 6 研究（大）部門 20 研究分野及び 2 附属施設（原子炉医療基礎研究施設、原子炉応用センター）体制に移行した。さらに、平成 15(2003)年には原子力基礎科学研究本部、粒子線物質科学研究本部、放射線生命医科学研究本部の 3 研究本部体制（3 研究部門[20 研究分野]、1 センター、1 施設）とし、学術・学際研究を促進するために有機的な連携を組みやすい形態に整理統合が行われた。平成 17（2005）年には附属原子炉医療基礎研究施設を附属粒子線腫瘍学研究センターに改称、また平成 18（2006）年には附属原子炉応用センターを附属安全原子力システム研究センターに改称、平成 20（2008）年には寄附研究部門として中性子医療高度化研究部門を設置した。これにより、原子力基礎工学研究部門（10 研究分野、1 客員分野）と安全原子力システム研究センターからなる原子力基礎科学研究本部、粒子線

基礎物性研究部門(6 研究分野)からなる粒子線物質科学研究本部、放射線生命科学研究部門(3 研究分野)、粒子線腫瘍学研究センターおよび寄附研究部門からなる放射線生命医科学研究本部の 3 研究本部体制が完成した。その後、中性子医療高度化研究部門については平成 28(2016)年度をもって終了し、平成 29(2017)年度からは寄附研究部門として基礎老化研究部門を設置し、現在に至っている。

これらの研究本部では原子力・放射線、中性子線、ナノテクノロジー、物質材料、生命科学、医療等、広範囲な分野において先導的な学際研究を展開し、共同利用・共同研究拠点の核として機能している。また、各研究分野は京都大学大学院理学研究科、医学研究科、工学研究科、農学研究科、エネルギー科学研究科の協力講座となっており、次世代を担う学部学生・大学院生のみならず、小中学生、高校生ならびに社会人までを対象とした体験的教育も視野に入れて教育活動を行っている。現在の体制は、比較的近接した研究分野の集合体としての本部が研究および安全管理の方向性を議論し、活性化かつ進展させることを目的としたものである。ただし、研究用原子炉を有する研究所として、各分野の中には安全管理を担うものもあり、それらは安全管理と研究の両方を行っている。一方で、研究用原子炉および周辺施設を利用した幅広い研究分野の共同利用・共同研究を展開する研究所として、このような研究分野を区切った組織としての在りかたについては、設置当初は当時の研究分野の在りかたに準拠していたため順調に機能していたものの、現在の研究の急速な進展に対して、柔軟に対応することが困難になりつつある面もあるように思われる。このような観点から、大学における多様かつ新しい分野の開拓を目指すことのできる組織としての在りかたについて検討・議論を行い、組織改編を行うこととした。

2－1－2. 教員の流動性

新しい体制の中での研究活動の活性化、教員の研究者としての資質向上そしてその結果生まれる研究成果は、第三者の評価として教員の流動性と強い関係がある。平成 29(2017)年 10 月 1 日現在の 3 研究部門及び 2 研究センターにおける定員と現員を表2－1に示す。

教員の充足率は表2－2に示すように前回の調査時と比べてほぼ横ばいの状況であったが、平成27(2015)年以降減少傾向である。これらについては組織改編および計画的なポスト削減への対応のための過渡期であり、計画的な人事計画が進行中である。

また、教職員の平均年齢(表2－3)は教授、准教授ともほぼ妥当な分布であると言ってよい。ただし、助教層に関しては 40 歳未満と以上が同数となっており、高齢化の傾向が見られる。助教ポストは教員として採用される最初のポストであることが殆どであり、助教ポストから上位ポストあるいは他機関などへの流動性が不足することは、大学院生などに対して研究者への道を閉ざすこととなりかねない重大な問題である。現在、原子炉実験所で助教に採用されてから 10 年を超える一部の助教に関しては個別の面談を行い、現在の研究内容や研究成果の状況等を確認するとともに、それらに関するアドバイスを行っており、分野長や実験所としても、研究者の研究環境改善そして昇進にたいする幇助を常に行っていく努力が必要である。表2－4に示す出身大学であるが、京都大学を含めて 21 大学から研究者が集まった構成となっており、他大学等の出身者の占める割合は 59%で前回の 67%よりも減少している。

実験所における研究は常勤の研究者のみで行われているのではなく、表2－5(表2－6、表2－7)の職員表に示されているように、(非常勤)研究員ならびに研究支援推進員が加わった形で行わ

れている。さらに共同利用・共同研究拠点として、その役割を果たすため客員研究分野に、毎年 2〜4 名の外部研究者を客員教員として受け入れている（表2－8）。

実験所は大型研究設備を有する中性子をはじめとする粒子線・放射線の利用を行う研究教育の拠点であり、最先端研究を展開するためには人事の流動性も必要である。すなわち、外部の大学や研究機関の研究者が実験所で更なる研究成果を挙げるために転入し、実験所で成果をあげた研究者が外部の大学や研究機関に転出するという人事の流動性の正のスパイラルが生じてこそ研究組織の運営が正常であると言える。まず、平成 24（2012）年から平成 29（2017）年までの「転入」であるが、教授 5 名の昇任人事の内、所内 3 名、外部 2 名である。准教授では 5 名中所内 3 名、学内 1 名、外部 1 名、そして助教は 18 名採用されているが所内 1 名、学内 4 名、外部からは 13 名となっている。これらの数値をみると「転入」に関しては大きな偏りはないものと考えられる。つぎに「転出」であるが、教授（11 名）は全員定年退職である。准教授は定年退職が 1 名、外部の大学への昇任が 1 名、所内教授への昇任が 2 名である。助教では外部の大学に 5 名、外部機関に 4 名、民間に 1 名、総計 10 名が転出し、定年が 3 名、実験所内での昇任が 4 名（特定教員への昇任 2 名を含む）となっている。このように、他大学や他機関への転出が定年および所内での昇任を上回っており「転出」に関しても大きな偏りはないものと考えられる。以上のように「転入」および「転出」の流動性は一定程度保たれているものと考えられる（表2－9）。

原子力基礎科学研究本部、粒子線物質科学研究本部、放射線生命医科学研究本部の 3 研究本部になり管理体制ならびに研究体制の成果があがりつつあるといえる。しかしながら、大型設備を有する共同利用・共同研究拠点として、さらなる研究の進展を目指す必要がある。また、今後の研究所の方向性および将来計画を熟慮し、研究・教育機関としての最良の役割を果たすことが出来る組織であるかについては真摯に検討を行っているところである。

表2－1.　3研究部門、2附属施設における教員の定員と現員

（平成 29(2017)年 10 月 1 日現在）

研究部門等		教授	准教授	講師	助教	合計
原子力基礎工学研究部門	現員	7	13	0	15	35
		(1)	(1)			(2)
粒子線基礎物性研究部門	現員	5	6	0	8	19
放射線生命科学研究部門	現員	1	3	1	3	8
安全原子力システム研究センター	現員	1	1	0	0	2
粒子線腫瘍学研究センター	現員	1	0	0	3	4
合　　計	定員	21	24	0	35	80
		(1)	(1)			(2)
		《25.2》	《24.0》	《0》	《28.0》	《77.2》
	現員	15	23	1	30	69
		(1)	(1)			(2)
		《18.0》	《23.0》	《0.9》	《24.0》	《65.9》
	欠員	6	1	−1	5	11
		《7.2》	《1.0》	《−0.9》	《4.0》	《11.3》

表中の（ ）は客員教員で外数、《 》は定員削減換算用のポイント数。

職階毎のポイント数：教授 1.2、准教授 1.0、講師 0.9、助教 0.8

〈参考〉平成 26(2014)年度～平成 33(2021)年度の定員削減計画（ポイント数）

区　分	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 年度	31 年度	32 年度	33 年度	計
削減計画数	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0	1.0	1.0	8.0
削　減　数	2.4	0.8	0.8	1.6	0.8	0	(0.8)	(0.8)	(8.0)
削減ポスト数	助教・3	助教・1	助教・1	助教・2	助教・1	0	(助教・1)	(助教・1)	(助教・10)

表中の（ ）は今後の削減予定数。

表2－2.　過去10年間の定員・現員・充足率の推移表

（各年度４月１日現在）

年　度		教授	助教授/講師	助教	教員合計	一般職員	合計
平成 20 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	41	86<2>	58	144<2>
	現　員(人)	19<0>	17<2>/1	32	69<2>	56.5《9.5》	125.5<2>
	充足率(%)	90<0>	71<200>	78	80<100>	97	87<100>
平成 21 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	41	86<2>	58	144<2>
	現　員(人)	20<1>	18<1>/1	34	73<2>	58《8》	131<2>
	充足率(%)	95<100>	75<100>	83	85<100>	100	91<100>
平成 22 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	42	87<2>	56	143<2>
	現　員(人)	19<1>	21<1>/1	33	74<2>	56《5》	130<2>
	充足率(%)	90<100>	88<100>	79	85<100>	100	91<100>
平成 23 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	42	87<2>	56	143<2>
	現　員(人)	20<1>	21<1>/1	31	73<2>	56《6》	129<2>
	充足率(%)	95<100>	88<100>	74	84<100>	100	90<100>
平成 24 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	42	87<2>	56	145<2>
	現　員(人)	19<1>	22<1>/1	30	72<2>	56《7》	128<2>
	充足率(%)	90<100>	92<100>	71	83<100>	100	92<100>
平成 25 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	43	88<2>	56	144<2>
	現　員(人)	17<1>	21<1>/1	32	71<2>	56《5》	127<2>
	充足率(%)	81<100>	88<100>	74	81<100>	100	91<100>
平成 26 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	40	85	54	139<2>
	現　員(人)	19<1>	22<1>/1	34	76<2>	54《3》	130<2>
	充足率(%)	90<100>	92<100>	86	89<100>	100	95<100>
平成 27 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	39	84<2>	52	136<2>
	現　員(人)	18<1>	21<1>/1	32	72<2>	51.5《3.5》	123.5<2>
	充足率(%)	86<100>	88<100>	82	86<100>	99	93<100>
平成 28 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	37	82<2>	51	133<2>
	現　員(人)	16<1>	20<1>/1	29	66<2>	50.5《4.5》	116.5<2>
	充足率(%)	76<100>	83<100>	78	80<100>	99	90<100>
平成 29 年	定　員(人)	21<1>	24<1>/0	35	80<2>	51	131<2>
	現　員(人)	15<1>	23<1>/1	30	69<2>	49.5《2.5》	118.5<2>
	充足率(%)	71<100>	96<100>	86	86<100>	97	89<100>

註　＜　＞:客員、《　》:特定職員、再雇用職員、派遣職員等で内数

表2－3.　教員の年齢構成及び現職在職年数

（平成 29(2017)年 10 月 1 日現在）

年齢構成

	20～29 歳	30～39 歳	40～49 歳	50～59 歳	60 歳以上	合　計
教　授				8	7	15
准教授		1	10	11	1	23
講　師			1			1
助　教		15	13	2		30
合　計	0	16	24	21	8	69

現職在職年数

	1～2 年	3～5 年	6～10 年	11～20 年	21～30 年	31 年以上	合　計
教　授		5	4	6			21
助教授(准教授)	3	1	11	7	1		20
講　師				1			1
助手(助教)	4	6	9	8	3		30
合　計	7	12	24	22	4	0	72

表2－4.　教員の出身大学(最終学歴)

大　学　名	教授			准教授			講師			助教			計			合計
	学	修	博	学	修	博	学	修	博	学	修	博	学	修	博	
北海道大学			1												1	1
東北大学						1						2			3	3
筑波大学						1									1	1
東京大学									1			1			2	2
東京工業大学						2						2			4	4
新潟大学						1									1	1
名古屋大学						1									1	1
名古屋工業大学		1												1		1
京都大学		1	7		2	6						12		3	25	28
京都工芸繊維大学												1			1	1
大阪大学		1	2			2						8		1	12	13
広島大学											1			1		1
山口大学										1			1			1
九州大学						3									3	3
大分大学												1			1	1
奈良県立医科大学						1						1			2	2
東京都立大学			1												1	1
大阪工業大学						1									1	1
総合研究大学院大学						1									1	1
パーデュー大学			1												1	1
上海交通大学												1			1	1

註　学:学部　修:修士課程　博:博士後期課程　　（平成 29(2017)年 10 月 1 日現在、単位:人）

表2－5.　3研究部門、2研究センター、1寄附研究部門における職員配置表

（平成 29(2017)年 10 月 1 日現在）

	教 授	准教授	講 師	助 教	教務職員等	非常勤職員
原子力基礎工学研究部門						
	中島　健 宇根﨑博信 髙橋千太郎 三澤　毅 齊藤 泰司 大槻　勤 木野村 淳 (客員) 西尾 禎治 7、客1	藤川 陽子 沖　雄一 徐　虬 髙宮 幸一 髙橋 知之 石　禎浩 髙橋 俊晴 木梨 友子 山本 俊弘 福谷　哲 卞　哲浩 堀　順一 伊藤　啓 (客員) 中川　洋 13、客1		窪田 卓見 沈　秀中 八島　浩 上原 章寛 上杉 智教 関本　俊 佐野 忠史 栗山 靖敏 髙橋 佳之 中村 秀仁 芝原 雄司 池上麻衣子 伊藤 大介 北村 康則※ 籔内　敦※ 15	(研究員) 義家 敏正 森　義治 今中 哲二 金　宋炫 山中 正朗 不破 康裕 (研究支援推進員) 吉田 奈穂 研 6、研推1	中野 敬子 小野 雪佳 左右田文枝 佐野 智子 池田 百代 5
粒子線基礎物性研究部門						
	瀬戸　誠 川端 祐司 大久保嘉高 森本 幸生 杉山 正明 5	谷口 秋洋 日野 正裕 茶竹 俊行 北尾 真司 森　一広 井上倫太郎 6		川口 昭夫 小林 康浩 佐藤 信浩 谷垣　実 喜田 昭子 小野寺陽平 齋藤真器名 小田 達郎※ 守島　健※ 9	(研究支援推進員) 小野 知子 鶴田八千世 北村真由美 横田 香織 仲谷 麻希 (非常勤研究員) 黒葛 真行 (研究員) 増田　亮 非 1、研 1、研推 5	髙田 咲枝 1
放射線生命科学研究部門						
	増永慎一郎 1	田野 恵三 櫻井 良憲 田中 浩基 3	木野内忠稔 1	齊藤　毅 髙田 卓志 真田 悠生 3	(非常勤研究員) 小橋川新子 (研究員) 金　仁求 非研 1、研 1	高田貴美子 1
安全原子力システム研究センター						
	(中島　健) 釜江 克宏 1	上林 宏敏 1				
粒子線腫瘍学研究センター						
	鈴木　実 1			近藤 夏子 玉利 勇樹※ 渡邉　翼※ 3	(研究員) 小野 公二 丸橋　晃 (研究支援推進員) 福多かおり 研 2、研推 1	福井 真澄 1
寄附研究部門						
	藤井 紀子 1	髙田　匠 1				
合計	**15(2)**	**23(2)**	**1**	**30**	**非 2、研 10、研推 7**	**8**

※：任期付助教

表2－6.　研究支援推進員一覧（平成 24(2012)年度～平成 29(2017)年度）

	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
原子力基礎工学研究部門	小野　知子 4/1～3/31 森山　裕丈	小野　知子 4/1～3/31 森山　裕丈	小野　知子 4/1～3/31 森山　裕丈			
					吉田　奈穂 4/1～3/31 釜江　克宏	吉田　奈穂 4/1～3/31 中島　健
	山崎　明子 4/1～3/31 中島　健		山崎　明子 4/1～3/31 三澤　毅	山崎　明子 4/1～3/31 三澤　毅	山崎　明子 4/1～3/31 三澤　毅	
粒子線基礎物性研究部門	鶴田八千世 4/1～3/31 福永　俊晴	鶴田八千世 4/1～3/31 福永　俊晴	鶴田八千世 4/1～3/31 福永　俊晴	鶴田八千世 4/1～3/31 福永　俊晴	鶴田八千世 4/1～3/31 森本　幸生	鶴田八千世 4/1～3/31 森本　幸生
				小野　知子 4/1～3/31 川端　祐司	小野　知子 4/1～3/31 川端　祐司	小野　知子 4/1～3/31 川端　祐司
	大川久美子 4/1～3/31 大久保嘉高	北村真由美 4/1～3/31 大久保嘉高	北村真由美 4/1～3/31 大久保嘉高	北村真由美 4/1～3/31 大久保嘉高	北村真由美 4/1～3/31 大久保嘉高	北村真由美 4/1～3/31 大久保嘉高
	横田　香織 4/1～3/31 森本　幸生	横田　香織 4/1～3/31 福永　俊晴	横田　香織 4/1～3/31 福永　俊晴	横田　香織 4/1～3/31 大久保嘉高	横田　香織 4/1～3/31 大久保嘉高	横田　香織 4/1～3/31 大久保嘉高
						仲谷　麻希 4/1～3/31 瀬戸　誠
放射線生命科学研究部門	江藤　浩子 4/1～3/31 藤井　紀子	江藤　浩子 4/1～3/31 藤井　紀子	江藤　浩子 4/1～3/31 藤井　紀子	江藤　浩子 4/1～3/31 藤井　紀子		
粒子線腫瘍学研究センター	福井　真澄 4/1～3/31 小野　公二	福井　真澄 4/1～5/31、12/1～3/31 小野　公二	福井　真澄 4/1～3/31 鈴木　実	福井　真澄 4/1～3/31 鈴木　実	福井　真澄 4/1～3/31 鈴木　実	福田　かおり 4/1～3/31 鈴木　実
安全原子力システム研究センター	谷平　美紀 4/1～3/31 釜江　克宏	谷平　美紀 4/1～3/31 釜江　克宏	谷平　美紀 4/1～3/31 釜江　克宏	谷平　美紀 4/1～3/31 釜江　克宏	谷平　美紀 4/1～3/31 釜江　克宏	

表2－7.　非常勤研究員一覧（平成 24(2012)年度～平成 29(2017)年度）

	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
粒子線基礎物性研究部門	増田　亮 4/1～3/31 瀬戸　誠	増田　亮 4/1～3/31 瀬戸　誠		黒葛　真行 4/1～3/31 瀬戸　誠	黒葛　真行 4/1～3/31 瀬戸　誠	黒葛　真行 4/1～3/31 瀬戸　誠
放射線生命科学研究部門			森脇　隆二 4/1～3/31 増永慎一郎			小橋川新子 4/1～3/31 増永慎一郎

表2－8．客員研究分野教員一覧（平成 24(2012)年度～平成 29(2017)年度）

職 名	氏 名	現 職	期 間	担当教員
平成 24 年度				
教授	永澤 秀子	岐阜薬科大学 教授	24. 4. 1～24. 9.30	小野教授
教授	大友 李哉	高エネルギー加速器研究機構 教授	24.10. 1～24. 3.31	福永教授
准教授	西原 健司	日本原子力研究開発機構 副主任研究員	24. 4. 1～25. 3.31	中島教授
平成 25 年度				
教授	大井川 宏之	日本原子力研究開発機構 研究推進室長	25. 4. 1～26. 3.31	山名教授
准教授	西原 健司	日本原子力研究開発機構 副主任研究員	25. 4. 1～26. 3.31	山名教授
平成 26 年度				
教授	大井川 宏之	日本原子力研究開発機構 研究推進室長	26. 4. 1～27. 3.31	山名教授
准教授	西原 健司	日本原子力研究開発機構 副主任研究員	26. 4. 1～27. 3.31	山名教授
平成 27 年度				
教授	山名 元	原子力損害賠償・廃炉等支援機構 副理事長	27. 4. 1～27. 9.30	中島教授
教授	河田 康志	鳥取大学大学院工学研究科 教授	27.10. 1～28. 3.31	藤井教授
准教授	上久保 裕生	奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 准教授	27. 4. 1～27. 9.30	杉山教授
准教授	西原 健司	日本原子力研究開発機構 副主任研究員	27.10. 1～28. 3.31	中島教授
平成 28 年度				
教授	胡桃坂 仁志	早稲田大学理工学術院 教授	28. 4. 1～28. 9.30	杉山教授
教授	高木 直行	東京都市大学大学院共同原子力専攻 教授	28.10. 1～29. 3.31	中島教授
准教授	原田 敦史	大阪府立大学大学院工学研究科 准教授	28. 4. 1～29. 3.31	増永教授
平成 29 年度				
教授	西尾 禎治	東京女子医科大学大学院医学研究科 教授	29. 4. 1～29. 9.30	櫻井教授
教授	高木 直行	東京都市大学大学院共同原子力専攻 教授	29. 10. 1～30. 3.31	中島教授
准教授	中川 洋	日本原子力研究開発機構 研究副主幹	29. 4. 1～30. 3.31	杉山教授

表2－9．平成 24(2012)年度以降の教員の転出入状況

転　入

年　度		教授	准教授	講師	助教	合計
平成 24 年	所　内	2	1			3
	学　内				3(病、産連本部 1、工 1)	3
	学　外				3(材料研究機構 1、原研 1、民間企業 1)	3
平成 25 年	所　内	1				1
	学　内					
	学　外	1(東北大)			2(民間企業 1、奈良県立医科大 1)	3
平成 26 年	所　内					
	学　内		1(化研)		1(理)	2
	学　外	1			2(Sincrotrone Trieste1、若狭湾ｴﾈﾙｷﾞｰｾﾝﾀｰ 1)	3
平成 27 年	所　内					
	学　内					
	学　外				2(原研 1、高ｴﾈ研 1)	2
平成 28 年	所　内		2		1	3
	学　内					
	学　外		1(原研)		2(東京薬科大 1、民間病院 1)	3
平成 29 年	所　内					
	学　内					
	学　外				2(学振特別研究員 1、東大 1)	2

転　出

年　度		教授	准教授	講師	助手(助教)	合計
平成 24 年	所　内	4(定)	2(昇)		1(定)	7
	学　内					
	学　外				1(名古屋大)	1
平成 25 年	所　内				1(特定)	1
	学　内					
	学　外					
平成 26 年	所　内	2(定)	1(定)		1(定)	4
	学　内					
	学　外				3(鹿児島大 1 原子力安全技術センター1 阪大 1)	3
平成 27 年	所　内	2(定)			1(定)	3
	学　内					
	学　外		1(大阪大)		3(奈良医科大 1、京都医療センター1、民間企業 1)	4
平成 28 年	所　内	1(定)			2(昇 1、特定 1)	3
	学　内					
	学　外				1(原研)	1
平成 29 年	所　内	2(定)				2
	学　内					
	学　外				2(近畿大 1、放医研 1)	2

2－2．安全管理組織

原子炉実験所では、安全はすべてに優先し、その確保には全所員が責任を有し、各自に求められている責務を果たすという理念に立って、安全管理の組織が編成・運用されている。具体的には、原子炉、核燃料物質及び放射性同位元素を安全に管理するために、法律に基づいて定められた原子炉施設保安規定、核燃料物質使用施設保安規定、計量管理規定、核物質防護規定及び放射線障害予防規程等により、図2－2に示す安全管理組織を設けている。また、原子力災害対策特別措置法（原災法）に基づく原子力防災関係、品質保証の安全管理業務への導入、及び労働安全衛生法に基づく環境・一般安全管理関係等の組織も本組織に盛り込まれている（環境・一般安全管理については、次項2－3で詳述する）。

平成 23(2011)年 3 月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、1F 事故という）を踏まえて、原子力規制委員会が発足し、同委員会により新規制基準が策定されるなど、原子力安全規制の枠組みが大きく変更となった。新規制基準では、外部事象に対する評価の見直しや安全施設の多重性並びに多様性要求の厳格化など、原子力施設の安全設計の大幅な見直しが必要となった（KUR 及び KUCA の新規制基準対応については第 3 項で述べる）。それと同時に、原子炉施設の保安活動における品質保証の重要が高まり、特に設計及び工事の各プロセスの品質管理の実施が厳密に求められるようになった。このため、実験所の安全組織を見直すとともに、品質管理に関する各種の手順書等の整備を行った。具体的には、平成 28(2016)年に原子炉施設保安規定を改定し、設計及び工事における調達業務を行う「事務管理部」を新たに設置した。また、整備した品質管理に係る文書を表2－10に示す。

2－2－1．安全管理のための委員会

(1) 原子炉安全委員会

学外の学識経験者及び実験所の委員で構成され、原子炉施設の保安に関する事項を審議することを目的として設置されている。所長の諮問機関として位置付けられ、委員長（議長）は所長が務め、原則として毎月 1 回開催されている。

(2) 保健物理委員会

学外の学識経験者及び実験所の委員で構成され、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する事項を審議することを目的として設置されている。開催頻度は原則として 3 ヶ月に 1 回である。審議事項が原子炉安全委員会と重複することが多いことから、原子炉安全委員会と合同で開催し、必要に応じ回議での審議を行っている。

2－2－2．安全管理本部

原子炉施設、核燃料物質使用施設及び放射性同位元素等使用施設の安全管理業務を所掌する部・室を統括、指揮するとともに、その他一般の保安管理業務についても統括することを目的に設置されている。所長が事故等により職務を遂行できないときは、安全管理本部長が安全管理業務の代行を行う。また、安全管理本部長の業務を補佐する安全管理副本部長を置いている。

安全管理の重要性に鑑み、安全管理本部長は副所長（安全管理担当）を兼務し、所の運営や管

理にも直接に関与する体制となっている。また、品質保証責任者は安全管理本部長が兼務するとしていたが、品質管理業務の見直しにより、平成 28(2016)年の保安規定改定において、この兼務を取りやめることとした。

安全管理本部内には、中央管理室、核燃料管理室及び品質管理室の3室が設置されており、それぞれ表2－11に示す業務を行っている。

2－2－3. 部

原子炉施設、核燃料物質使用施設及び放射性同位元素等使用施設の安全管理業務を行うために、研究炉部、臨界装置部、放射性廃棄物処理部、放射線管理部、実験設備管理部、実験用核燃料部、事務管理部を設置している。各部の業務内容を表２－１２に示す。上述のとおり、平成28(2016)年に設計及び工事における調達業務を行う「事務管理部」が設置されている。

表2－10. 品質管理に係る文書

	文書番号	文書名	作成部署
3次文書	品-規定-001	品質保証計画書	品質保証責任者
	品-規定-002	品質保証計画書付録	品質保証責任者
3次文書	品-要領-001	不適合管理・是正処置・予防処置に関する手順書	品質管理室
	品-要領-002	原子炉等の設計及び工事の計画と実施等に関する手順書	品質管理室
	品-要領-003	品質マネジメント文書・記録管理の手順書	品質管理室
	品-要領-004	検査試験の方法に関する要領	品質管理室
	品-要領-005	部室員力量管理要領	品質管理室
	品-要領-006	文書記録管理台帳	品質管理室
	監-要領-001	内部監査実施手順書	内部監査委員会

表2－11. 室の業務

名称	業務内容
中央管理室	原子炉施設及び放射線使用施設の保全・保安のための教育・訓練、KUR・KUCA の運転管理のための監視・指示、各安全管理部間の連絡調整、異常時における指示などを行い、24時間勤務体制がとられている。また、KUR,KUCA 利用の窓口業務、保安活動に必要な諸記録の保管なども行っている。室長、副室長、室員が置かれている。
核燃料管理室	KUR・KUCA 用燃料や実験研究に使用する核燃料物質の管理状況の監視、指示、保障措置、核物質防護等、実験所のすべての核燃料物質に関する管理業務を一元的に行うため、核燃料計量管理責任者、核燃料取扱主務者及び核物質防護管理者との連絡調整を行う。室長、副室長、室員が置かれている。
品質管理室	原子炉施設および核燃料物質使用施設における品質保証活動に関する業務を管理し、品質保証に関する業務をサポートする。室長、副室長、室員が置かれている。

表2－12.　部の業務

名称	業務内容
研究炉部	KUR の保全及び運転並びに KUR 用燃料等の取扱いに関する業務を担当する。業務を分掌するため、管理班、計画班及び運転班が設けられている。 管理班は、KUR の運転及び燃料の取扱い並びに実験の安全性等の監督と指導、KUR の検査、保守、修理及び変更の監督と指導等を行う。計画班は、KUR の運転及び検査に関する計画、燃料の取扱いの計画、KUR の修理、改造及び変更の計画等を行う。運転班は、KUR の運転及び燃料の取扱い、KUR の検査、保守、修理、改造及び変更等の作業を行う。KUR の運転は、研究炉部長が指令し、当直運転主任が他の運転班員を指揮して行っている。
臨界装置部	KUCA の保全及び運転並びに KUCA 用燃料等の取扱いに関する業務を担当する。その業務の内容として、KUCA の運転、保守、修理、改造及び変更等の計画と実施、検査の計画及び実施、燃料の取扱いの計画及び実施、KUCA を使用する実験の安全上の監督、指導、KUCA に関する放射線管理及び放射性廃棄物の管理がある。
放射性廃棄物処理部	放射性廃棄物処理施設の保全及び放射性廃棄物(液体及び固体)の廃棄に関する業務を担当する。業務を分掌するため、管理班と処理班が設けられている。 管理班は、放射性廃棄物の処理の計画及び管理、放射性廃棄物の化学分析及び放射能レベルの測定、放射性廃棄物の廃棄業者への引渡し、廃棄施設の保全等を行う。処理班は、放射性廃棄物の収集、運搬及び詰替え、放射性廃棄物処理設備の運転、放射性廃棄物の保管廃棄及び一時保管等を行う。
放射線管理部	原子炉施設、核燃料物質及び放射性同位元素等の放射線管理並びに放射線管理施設の保全に関する業務を担当する。放射線管理部の業務を分掌するため、個人管理班、屋内管理班及び野外管理班が設けられている。 個人管理班は、人体の被ばく線量評価、被ばく線量測定器の維持・管理及び記録等を行う。屋内管理班は、屋内管理区域に係る巡視・点検、外部線量(率)測定、表面密度測定、室内空気及び排気中放射性物質濃度の測定、排気浄化設備の保守・点検及びフィルタ交換、放射線モニタの保守・修理・校正及び記録等を行う。野外管理班は、野外における外部線量(率)測定、空気中放射性物質濃度の測定、放射線モニタ及び気象測器の保守・点検・校正、環境試料の放射能測定並びに記録等を行う。
実験設備管理部	原子炉施設以外の研究施設や実験設備・装置の運営及び保守管理を所掌し、原子炉に付属するホットラボラトリ、種々の化学及び物理実験を行うためのトレーサ棟、中性子発生装置(電子線型加速器)、γ線照射施設、研究炉周辺に設置された実験装置、研究炉の照射装置の一部及び機械工作工場の運用と保守管理を行っている。また、放射線障害予防規程に基づいて、陽子加速器管理室、ホットラボ・トレーサ棟班、および、中性子発生装置・γ線照射施設班を設けると共に、施設運用上自主的に、原子炉周辺装置班及び工場班を設けて、業務を行っている。実験設備管理部所掌の放射線施設は、実験設備管理部長が施設担当部長としてこれらを管理すると共に、施設毎に任命される施設管理者が実務的な管理を担っている。
実験用核燃料部	実験研究に使用する核燃料物質の安全管理及び使用上の保安に関する監督、指導の業務を担当する。また、計量管理担当者として、核燃料管理室と連携しながら、所内に多数保有されているこれら核燃料物質の計量管理業務も行う。各実験棟に核燃料担当者を、また、貯蔵庫毎に管理者を配置し、業務を分掌している。
事務管理部	原子炉施設における設計及び工事に関する業務のうち、調達に係る契約の業務を行っている。事務管理部は、調達業務に関する品質管理の観点から平成 28(2016)年に設置された。

2－2－4. 原子力災害対策関連組織

原子力災害予防対策、緊急事態応急対策及び原子力災害事後対策等の原子力災害対策を円滑かつ適切に行うため、原子力事業者防災業務計画を作成し、原子力災害対策に必要な業務を定めている。同計画は地元自治体(大阪府、熊取町、泉佐野市、貝塚市)との協議の上で作成されている。平成 23(2011)年の1F 事故を踏まえて改正された原子力災害特別措置法(原災法)に基づき、原子力災害対策の円滑な実施を確保するための原子力災害対策指針が、平成 24(2012)年に原子力規制員会により制定された。同指針は、その後多数回の改正が行われており、原子力事業者防災業務計画もその都度、修正が行われてきた。特に、平成 29(2017)年の全面改正では、緊急事態の区分及びその区分の判断基準を設定することとなった、具体的には、緊急事態を原子力施設の状況に応じて、緊急事態を、警戒事態(Alert)、施設敷地緊急事態(Site Emergency)及び全面緊急事態(General Emergency)の3つに区分することとし、これらの緊急事態区分に該当する状況であるか否かを原子力事業者が判断するための基準として、原子力施設における安全設備の状態、放射性物質の閉じ込め機能の状態、外的事象の発生等の原子力施設の状態等に基づく緊急時活動レベル(Emergency Action Level。 を設定することとしている。原子炉実験所の原子力事業者防災業務計画においても、平成 29(2017)年に大幅な以下「EAL」という。)改正を行い、緊急事態の各区分における EAL の設定を行った。

原子力事業者防災業務計画では、原子力災害対策活動を行う防災組織(図2－3)として、防災管理者、副防災管理者、防災要員及び防災補佐要員が指名されており、緊急事態発生時には緊急対策本部の設置や緊急作業団の招集及び諸活動が迅速に行われる(表2－13参照)。同時に、緊急事態応急対策拠点施設(オフサイトセンター)、国、地元自治体及び防災機関等との有機的な連携が図られる。緊急対策本部は、情報の収集、関係機関との連絡等に当たるとともに、緊急作業団に対して災害応急対策及び災害事後対策の実施等に必要な指示を行う。緊急作業団は9つの班から構成され、緊急時活動として情報連絡、応急措置、被害拡大の防止、放射線量又は放射性物質濃度の測定、環境影響評価、警備、避難の指示又は警告、汚染の除去と拡大防止、救護等の業務を行う。

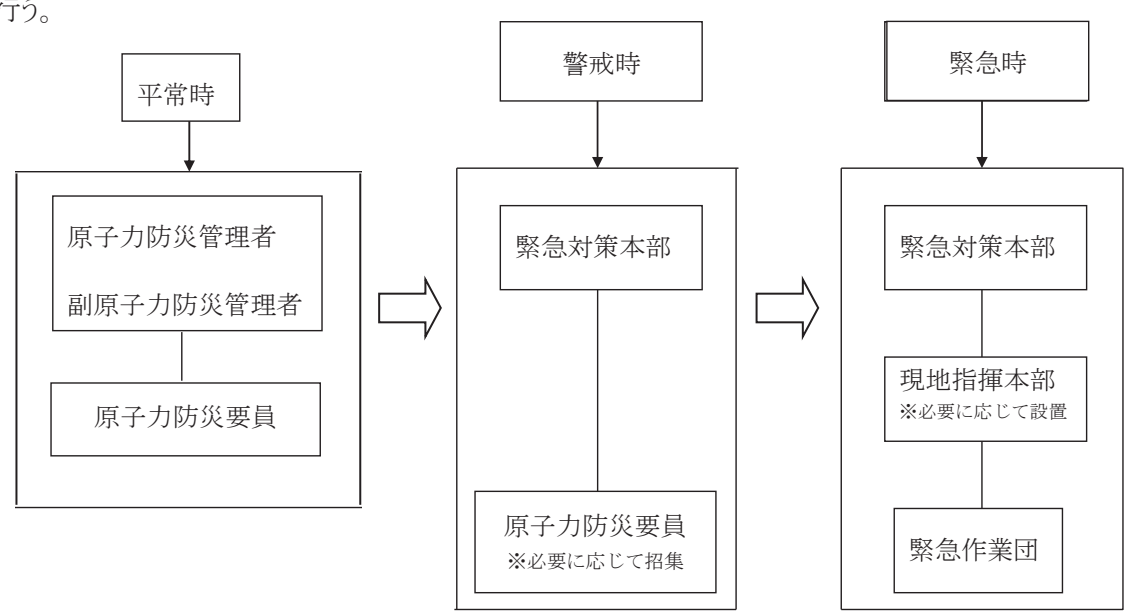


図2－3. 原子力防災の組織

表2－13.　緊急時の組織(緊急対策本部、緊急作業団、緊急作業団作業分担)

1.　緊急対策本部構成員(平成 29(2017)年度)

	職　制	氏　名
本部長	所長	川端　祐司
副本部長	安全管理本部長、中央管理室長	中島　健
同	研究炉部長	堀　順　一
同	臨界装置部長、研究炉主任技術者	山本　俊弘
同	放射線管理部長	高橋　知之
同	核燃料管理室長	宇根﨑　博信
同	技術室長	南　馨
同	事務長	八木　清隆
本部員	廃棄物処理部長	福谷　哲
同	実験設備管理部長	齊藤　泰司
同	放射線取扱主任者	大槻　勤
同	臨界装置主任技術者	三澤　毅
同	医師	鈴木　実
同	副所長	瀬戸　誠
同	原子炉安全委員会委員	木野村　淳
同	事務長補佐	岩瀬　智博
同	事務長補佐	釜野　一行
同	事務長補佐	黒川　敏康
同	本部長補佐	釜江　克宏
同	本部長補佐	髙橋　千太郎

2.　緊急作業団名簿(平成 29(2017)年度)

班　名	班　長	副班長	班　員　1	班　員　2
情報連絡班	高橋俊晴	上林宏敏 佐藤信浩	平井康博，島袋友里	森本幸生，中山千代子 喜田昭子，鈴木倫代 池上麻衣子，押谷宗直
調査班	中村秀仁	藤原慶子 八島　浩	北尾真司，齊藤　毅，窪田卓見， 三宅智大，栗原孝太，奥村　良， 田中浩基	藤川陽子，山田辰矢 牧　大介
第１工作班	堀　順一	卞　哲浩 土山辰夫	張　倹，山本弘志，沈　秀中， 上原章寛，竹下智義，大野和臣， 田中良明，藤原靖幸，長谷川圭， 佐野忠史，高橋佳之，荻野晋也 志賀大史，北村康則，池川龍照	阿部尚也，丸山直矢 中森　輝，小林徳香
第２工作班	日野正裕	櫻井良憲	茶竹俊行，小田達郎，猪野雄太， 井本明花	川口昭夫，大久保嘉高 石　禎浩
第３工作班	谷垣　実	徐　虹L 上杉智教 沖　雄一	森　一広，吉永尚生，関本　俊， 芝原雄司，高田卓志，高田　匠	藤井紀子，飯沼勇人 金山雅哉
工作資材班	白石超大	髙木秀之 髙橋長郎	宮川朋大，谷口　勝，	橋口甲子朗，東野啓太 (大阪市)
救護班	増永慎一郎	木梨友子	山本由佳，近藤夏子，小野公二， 真田悠生，玉利勇樹，渡邉　翼	木野内忠稔
警備機動班	赤松裕也	三谷和弘 池田　豪	稲岡　慧，興津直輝，三倉真由美， 面谷早苗	秦　洋平，服部正昭 佐野広明
消火水防班	瀬戸　誠	田野恵三 谷口秋洋	栗山靖敏，伊藤大介，小野寺陽平， 齋藤真器名，籔内　敦，伊藤　啓	杉山正明，小林康浩 吉野泰史，井上倫太郎

3.　緊急作業団の作業分担

班名	作業分担
情報連絡班	各作業班との通信連絡、緊急対策本部における情報の収集。関係者との連絡調整の補助。原子力災害合同対策協議会との情報交換等の補助及び広報活動の補助。
調査班	実験所敷地周辺等における放射線量又は放射性物質の濃度の測定。放出放射性物質の量、種類、放出場所及び放出状況の把握と環境影響評価。避難者、緊急作業団員等の被ばく線量評価。
第１工作班	研究炉、臨界装置などによる原子力災害の状況把握、応急処置及び被害の拡大防止等。
第２工作班	事故発生施設の点検及び応急復旧。他の施設への事故拡大防止。その他の施設の保安維持。
第３工作班	放射性物質による汚染の除去と汚染拡大防止。
工作資材班	原子力災害の拡大防止、応急復旧などの緊急時活動に必要な資材の調達、運搬。
救護班	負傷者、被ばく者の応急処置と外部の医療機関への移送及び治療依頼。
警備機動班	原子力災害時における実験所内への入門規制及び実験所内の警備、負傷者等の搬送。
消火水防班	火災、地震、水害等による原子力災害防止活動。

原子力災害に至らない火災、地震、原子炉施設の故障、異常等に対しても、原子炉施設保安規定、核燃料物質使用施設保安規定、放射線障害予防規程、核物質防護規定等に基づき、関係機関との情報連絡や諸対応が迅速かつ適切に行われる。核燃料物質(核物質)の防護に関する方針及び方法等を審議・決定するために核物質防護委員会が設けられている。

限られた所員数で原子炉施設緊急時対応、原子力災害対応及び核物質防護対応に関し対処できている。特に、平成 29(2017)年の原子力災害対策指針改定後は、原子炉施設の緊急時訓練の原子力規制委員会による評価が行われるようになり、訓練の計画策定から訓練後の報告の段階まで原子力規制庁・緊急時対応センター(ERC)と緊密な連携をとっている。さらに、訓練では近畿大学や原子燃料工業(株)による外部評価も実施している。今後も外部関係機関との連携訓練や、シナリオレス訓練を取り入れていくことを計画している。

2－3. 環境・一般安全管理組織

平成 16(2004)年 4 月の国立大学法人化により、それまでの人事院規則に代わって労働安全衛生法が直接適用されるようになるなど、一般安全管理に関してより詳細で確実な管理が求められるようになった(ここでは原子力安全管理以外の安全管理を一般安全管理と呼ぶ)。

労働安全衛生法の規定により適用単位が大学から事業場となり、原子炉実験所は単一部局で熊取事業場となった。また、労働基準監督署の定期的な立ち入り検査や、違反に対する懲役を含む罰則など従来よりも規制が強化されることもあり、部局の責任体制の明確化も必要となった。

平成 16(2004)年度に入って、労働安全衛生法で選任が義務付けられている衛生委員会の委員、衛生管理者、産業医、及び総括安全衛生管理者が部局からの推薦に基づき総長により発令された。平成 23(2011)年度からは京都大学安全衛生管理規程が改正され、総括安全衛生管理者が部局長となった。そのため、部局長の職務を補佐する者として部局安全衛生管理担当者が所長により発令された。また、各作業の作業主任者が所長により選任された。これ以外の労働安全衛生法の規定や、それ以外の様々な一般安全管理及び環境保全に関する事項に対応するため、平成 16(2004)年 10 月に実験所に環境安全委員会が設置された。環境安全委員会の下に、薬品管理、高圧ガスボンベ管理、環境一般安全管理の 3 つの小委員会が置かれ、毒劇物管理責任者や排出水・廃棄物管理等責任者と協力して一般安全管理や環境保全に関する事項を分掌している。これらの組織体制を図2－4に示す。また組織を構成する委員会、メンバー等について以下に記す。

(1) 総括安全衛生管理者

熊取事業場における安全及び衛生に関する事項全般を統括管理するために部局長が命じられている。具体的な職務として、衛生管理者等を指揮し、また、所員等の健康障害を防止するための措置、安全又は衛生のための教育、所員等の健康障害の防止や健康の増進等に関する事項を統括する。

(2) 部局安全衛生管理担当者

平成 23(2011)年度から総括安全衛生管理者が部局長となったため、部局における安全衛生管理に関して部局長の職務を補佐する者として所長により発令されている。

一方、環境安全委員会委員として所員等の危険の防止や労働災害の原因の調査及び再発防止対策に関すること等、及び環境保全に関する事項を総括管理する。

(3) 衛生委員会

平成 23(2011)年度から部局安全衛生管理担当者が委員長となり、それ以外に衛生管理者、産業医を含む総長より発令された9名の委員で構成され、内5名は過半数代表者により推薦されている。毎月委員会を開催し、所員等の健康障害を防止するための対策、健康の保持増進を図るための対策、労働災害の原因および再発防止対策で衛生にかかるものに関することについて審議している。この他、所員等の健康診断等の健康障害の防止および健康の保持増進に関する事項や衛生に関する規定の作成、衛生教育の実施計画の作成等に関し審議を行っている。

また、放射性物質、有機溶剤及び特定化学物質の作業環境測定の結果およびその結果の評価

に基づく対策に関する検討を行っている。

さらに、平成 26(2014)年度からはヒアリハット報告に基づく情報共有や啓発活動を行い、平成29(2017)年度からは、実験所内に設置されている原子炉安全委員会(1 回／月開催)や保健物理委員会(四半期ごとに1回、ただし、開催は原則、原子炉安全委員会と合同)における1回／月の会議の議事録に基づき、当委員会に関連する内容の議論を抽出し、意見交換を含め、必要に応じた対応を行うなど、新たな取り組みを行っている。

(4) 衛生管理者

所員等の健康障害を防止するための措置や衛生のための教育の実施に関する技術的事項を管理するため、平成 23(2011)年度から熊取事業場に 3 名の衛生管理者が総長により発令されている。毎週 1 回作業場等を巡視し、設備、作業方法又は衛生状態に有害のおそれのあるときは、直ちに、所員等の健康障害を防止するために必要な措置を講ずる。

(5) 火元責任者

衛生管理者の定期巡視を補助するため、衛生管理補助者を置き、実験所内の全ての作業場等を日常的に巡視していたが、平成 23(2011)年度からは京都大学安全衛生管理指針(標準)に基づき、火元責任者に毎月 1 回部屋の使用状況等を点検させている。問題があれば衛生管理者や産業医が随時職場巡視する。

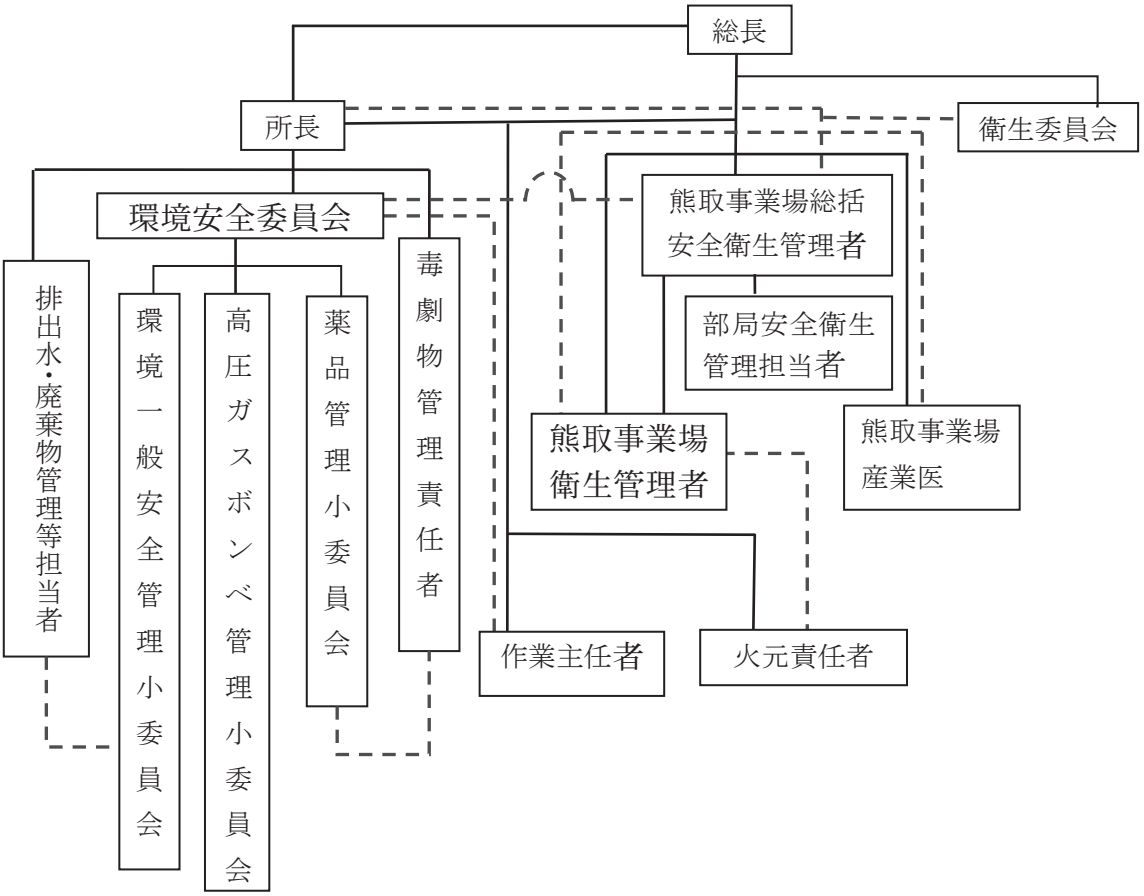


図2－4.　環境・一般安全管理体制

(6) 産業医

所員等の健康管理等を行うため、そのために必要な医学に関する知識を備えた者のうちから、総長によって 1 名の産業医が選任されている。産業医の職務は、健康診断の実施及びその結果に基づく教職員の健康を保持するための措置に関すること、作業環境の維持管理及び作業の管理に関すること、健康教育及び衛生教育に関すること等である。産業医は、これらの事項について、総長又は総括安全衛生管理者に対して勧告し、又は衛生管理者等に対して指導若しくは助言することができる。また、産業医は事業場等を巡視し、作業方法又は衛生状態に有害のおそれがあるときは、直ちに、健康障害を防止するために必要な措置を講じる。

(7) 環境安全委員会

実験所における教職員等の環境保全及び安全保持に関する基本方針を審議するため設置されており、安全管理本部長、総括安全衛生管理者、事務長その他の委員で構成されている。

環境保全及び一般安全対策に対する基本方針を審議するとともに、環境保全と安全対策の 2 部からなる環境安全マニュアルの作成等を通じて、所員等への基本方針の周知徹底を図っている。

委員会の下に、高圧ガスボンベ管理小委員会、薬品管理小委員会、環境一般安全管理小委員会が置かれ、それぞれの所管事項に関して審議及び必要な対策を行っている。

(8) 高圧ガスボンベ管理小委員会

上記の環境安全委員会の下に置かれており、高圧ガスボンベ(LPガス及びLPGを除く、研究教育に供する酸素、窒素等の高圧ガスを充てんした容器)の取扱いに係る安全管理を図り、所員等の安全を確保するため、必要な事項の審議、指導及び助言を行っている。具体的な事項として、高圧ガスの安全点検の監督責任者等の選任、高圧ガスの安全点検業務及び管理、高圧ガスに関わる附帯設備の新設等の検査の実施と安全確認、高圧ガスボンベの常置に係る容量規制等の総合管理及び高圧ガスボンベの取扱いに関する知識の普及、啓発及び安全教育に関すること等を行っている。

(9) 薬品管理小委員会

実験所で使用する薬品(放射性物質を除く、有機溶剤、特定化学物質、毒物、劇物等)の取扱いに係る安全管理を図り、所員等の安全を確保するため環境安全委員会の下に置かれている。

具体的な事項として、薬品管理に関わる「棟室別責任者」の選任、薬品の入出及び在庫管理、安全点検、薬品の取扱いに関する知識の普及、啓発及び安全教育に関する事項を、毒劇物管理責任者や有機溶剤作業主任者及び特定化学物質作業主任者等と協力して行っている。

また、京都大学薬品管理システム(KUCRS)運用の中心となり、システムの円滑な運用に努めるとともに、薬品管理を高度化し、PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) に必要なデータの構築を行っている。

(10) 環境一般安全管理小委員会

実験所における環境保全並びに所員等の一般安全確保のため環境安全委員会の下に置かれている。環境安全委員会で取り扱う事項の内、高圧ガスボンベ管理小委員会と薬品管理小委員会で所管する以外の事項を行っている。具体的な事項として、クレーン、酸欠、溶接、高所作業等の一般

安全管理に関する事項の審議と指導及び助言、また、これらに関する知識の普及、啓発及びこれらの教育に関することを行っている。

また、有機溶剤と特定化学物質の作業環境測定実施やアスベスト対策の中心となっている。環境保全に関する事項では、排出水・廃棄物管理等担当者と協力して、排出水や廃棄物等の適切な管理に関する清報提供や指導、資源ごみのリサイクル等によるごみの減量に取り組んでいる。

また、大学法人に義務付けられた環境報告書作成のための資料収集等の準備を進めている。

(11) 排出水・廃棄物管理等担当者

実験所からの排出水について水質汚濁防止法の規定に基づく、水質測定の実施及び結果の記録、保存等の部局長の職務を補助するため京都大学排出水・廃棄物管理等規定に基づき所長により指名されている。その他の所長を補助すべき職務として、実験廃液等の処理、排出水以外の廃棄物の廃掃法の規定に基づく処理等の結果の記録と保存、部局等の排水路を必要に応じて清掃し排水路の汚泥を採取すること、及び、当該部局における廃棄物を安全に管理し、又は無害化するための処理等を行うこと等がある。

(12) 毒劇物管理責任者

毒劇物管理責任者は、毒劇物を取扱う者のうちから所長により指名されており、毒劇物による保健衛生上の危害の防止等のため必要な管理を行っている。毒劇物管理責任者は、毒劇物を取扱う者に対して取扱いの許可を与え、毒劇物に係る取扱いに関し必要な指示を行う。また、毒劇物管理責任者は、毒劇物を堅固な構造で施錠機能を有する保管庫に、一般の薬品と区別して保管する義務があり、この職務を分担させるため、保管庫ごとに毒劇物取扱者のうちから毒劇物保管責任者を指名している。毒劇物保管責任者は、当該管理に係る保管庫の鍵の管理、毒劇物使用簿への使用状況及び保管状況の記録、使用見込みのない毒劇物の廃棄処分等の処置を講じる。

(13) 作業主任者

労働安全衛生法の規定により、所員等の労働災害の防止に関する管理のため、労働安全衛生法施行令に定める作業の区分に応じ、必要な作業場ごとに、労働安全衛生法施行則に定める有資格者のうちから作業主任者を指名しなければならない。熊取事業場では、特定化学物質、有機溶剤及び X 線作業の 3 種類の作業について作業主任者が所長により指名されている。作業主任者は、当該作業に従事する所員等を指揮するとともに、作業の種類ごとに定められている設備の安全点検及び安全管理上必要な措置を行う。

2－3－1. 現状

環境及び一般安全管理に関する組織の多くは、平成 16(2004)年 4 月以来の国立大学法人化対応のために急邊構築されたものである。原子炉実験所は原子力施設ということにより、労働基準監督署による定期立入調査が行われるなど、他部局以上に積極的に法人化対応作業に取り組んでいる。また、これらの組織は、法人化後、薬品やボンベの管理、労働安全上の必要な資格、機材の確保等に積極的に取り組んでいる。また、前述したように、衛生委員会では実験所に設置されている原子力安全などを審議する委員会における審議内容を注視するなど、一般安全管理のみならず、新たな取

り組みを行っている。

2－3－2. 今後の対応

安全や環境に関しては、その後も新たな課題が増加し、体制強化も必要であったが、実験所内に存在する原子炉施設や RI 施設などの厳しくなった安全規制への人員配置もあり、限られた人的資源でこれらの課題に取り組んできた。これは、所員等の意識の向上や環境安全委員会とその下の各小委員会の効率的な活動によるものであるが、今後とも引き続き改善を図る必要がある。その中で、衛生委員会としては、包括的な対応として巡視を更に体系的、効率的に進めるため、巡視の手法を委員会での重要審議事項として、取り上げて行く予定である。さらに、巡視を有意義なものとするためには、問題点の指摘や指導に留まらず、予算措置とともに、実効性ある改善が進むように努力したい。

2－4. 事務部

2－4－1. 組織の現状

平成 16(2004)年 4 月に国立大学が法人化され、9 年間が終了し、現在第三期の 3 年目となっている。

事務部においては、国立大学法人化以降、新たに生じた様々な制度への対応や運営費交付金の大幅な削減への対応のため、業務の合理化・効率化等を図ってきている。

一方で、事務部の職員数（図書系職員、施設系技術職員を含む）は、平成 26(2014)年度から新たに 8 年間で 7 名の定員削減を行うことになっている中で、平成 24(2012)年度からは事務部長制から事務長制への組織改編が行われたこと、また、福島第一原子力発電所の事故を受けて試験研究炉等の新規制基準が施行されたことにより、原子炉施設の安全管理組織に新設された事務管理部における業務を行わなければならなくなった。

このような状況において、原子炉実験所の研究・教育・管理に対する支援を充実するため、事務執行の在り方、事務組織について継続的に必要な改善を行うなど、事務部全体として機能強化・充実に取り組んでいる。

2－4－2. 業務の改善

事務改善には全学的な取組みを必要とすることが多く、本学本部では共通事務部の設置や再配置定員の措置などの取組みが行われている。原子炉実験所においても部局独自の業務改善への取組みを継続しており、その一環として会議での配付資料のペーパーレス化、旅費・謝金センターの設置による旅費計算業務等の一元化、旅行伺いの Web 申請化、共同利用支援システムの導入、電気・機械設備の保全業務の外部委託等による業務の合理化・効率化を行うとともに、特定業務職員や再配置定員、派遣職員を適切に配置し、業務量の増加や定員削減に対応している。

2－4－3. 今後の対応

今般の国立大学を取り巻く様々な状況に対応していく上で、研究・教育・管理への充実した支援を継続していくためには、今後も一層の事務改善の取組みが必要不可欠である。具体的な取組みとしては、派遣職員や外部委託を有効活用するために、更なる業務内容の見直しを進めるとともに、定員内職員においては、第四期中期目標期間を見据え、国際化に係る業務や外部資金獲得に向けた業務など、より専門的かつ高度な研究教育支援を行っていくことが必要である。

また、事務部全体としては、事務長制の機動的な長所を十分に活かし、総務系・経理系・施設系の各々の事務長補佐が密接に連携を取りながら、積極的に事務改善の取組みを進めていくことが重要である。

2－5. 技術室

2－5－1. 組織の現状

技術室は、教育研究支援を目的として昭和52(1977)年に創設された。現在、技術室は、再雇用職員 1 名を含む 27 名が所属し、各安全管理部へ出向する形で現場の安全管理業務を行っている。現在の 4 班 8 掛体制の組織図を図2－5に示す。

運営については、技術室運営委員会が、技術室の運営及び人事その他の重要事項を審議している。技術室内部の組織としては、室会議、技術室連絡会議及び人事委員会があり、室員相互の意思疎通と室の意思決定を行っている。室会議については毎月 1 回開催しており、各管理部での業務状況、問題点等を報告し、全室員への情報の共有を行うと共に、問題点の検討を行っている。

表2－14に、技術室における安全管理部における職務の内容と担当室員数を示す。業務全般としては、施設・設備の経年変化からくる管理業務や、原子力施設等の規制強化に伴う業務量の増加傾向が続いている。平成 22(2010)年度には所内に管理部調整部会を発足させ、管理部間の人員調整を主に、技術継承や技術職員の活躍のための方策などについても検討している。

平成 27(2015)年 3 月より過剰労働や業務量の偏り等による労働災害を未然に防ぐため、PC による出退勤管理打刻システムを導入し、出退勤時間の管理と共に超過勤務時間の管理についても使用している。また併せて終業時にはその日の業務内容について打刻システムに入力し、一ヶ月間をまとめ「業務報告書」として保管管理することとなっている。



図2－5.　技術室の組織図(4 班 8 掛体制:他に再雇用職員)

表2－14.　技術室における職務の内容と担当室員数

安全管理部名	大別した職務の内容	担当室員数
研究炉部	研究炉の運転・保守管理等、安全管理業務に就く者	8
臨界装置部	臨界装置の運転・保守管理等、安全管理業務に就く者	4
実験設備管理部	ホットラボ棟、トレーサ棟、γ線照射棟、研究炉周辺の実験設備、イノベーションリサーチラボの加速器等、実験設備の保守管理等安、全管理業務に就く者	5
	研究炉の運転業務を兼務する者	(5)
	工作工場にて施設､設備の維持管理と依頼品を製作する業務に就く者	(2)
	ネットワーク設備の維持管理業務に就く者	1
	ライナックの運転・保守管理等、安全管理業務に就く者	1
放射線管理部	放射線管理に関する設備の保守管理等､安全管理業務に就く者	5
	研究炉の運転業務を兼務する者	(5)

放射性廃棄物処理部	放射性廃棄物処理装置の運転・保守管理等、安全管理業務に就く者	2
	研究炉の運転業務を兼務する者	(2)

＜備考＞

- 担当室員数の(　)は内数を表す。
- 担当室員数には、再雇用職員、情報部技術職員を含まず。

2－5－2.　新規技術職員の採用と技術の継承

原子炉実験所の創設に携わった技術職員が退職する前に、少しでも多くの技術の継承を行える様、平成 19(2007)年から約 6 年にわたり新規技術職員の採用を積極的に行った。特に即戦力となる民間企業からの転職者を積極的に採用することで、組織としての技術力の低下を最小限にくい止めること目標とし、この点についてはある程度達成できたと思われる。しかしながら、平成 26(2014)年度からの学内による定員削減が実施されたことによる人手不足、また原子力規制の強化に伴う業務の増加等で、慢性的な過剰労働が発生している。また、現在主力で管理業務を行っている技術職員は採用 10 年程度がほとんどで有り、通常業務は問題なくこなしてはいるが、トラブル等異常時の対応の経験が少ないないため、その面に於いては危惧される。今後経験を積んで行くことにより、解消して行くことであろう。

図2－6に平成 29(2017)年度末の室員の年令分布、図2－7に経験年数を示す。

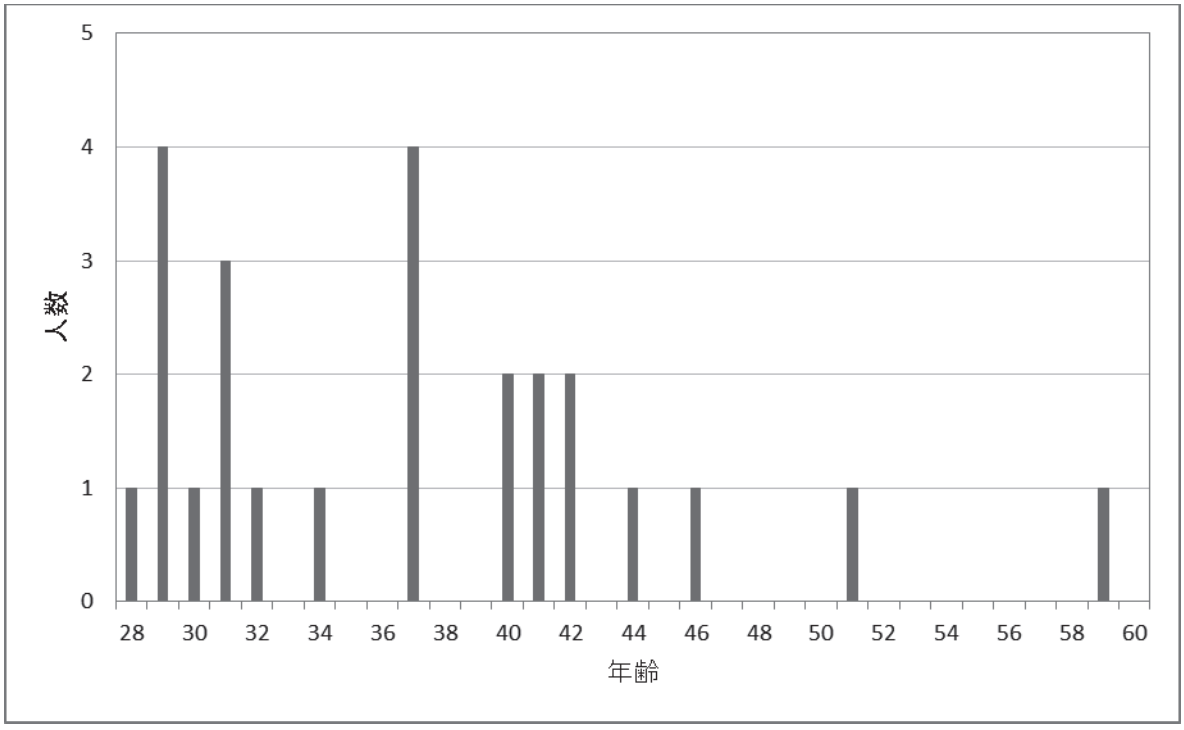


図2－6.　室員の年令分布（平成 29(2017)年度末現在）（再雇用職員除く）

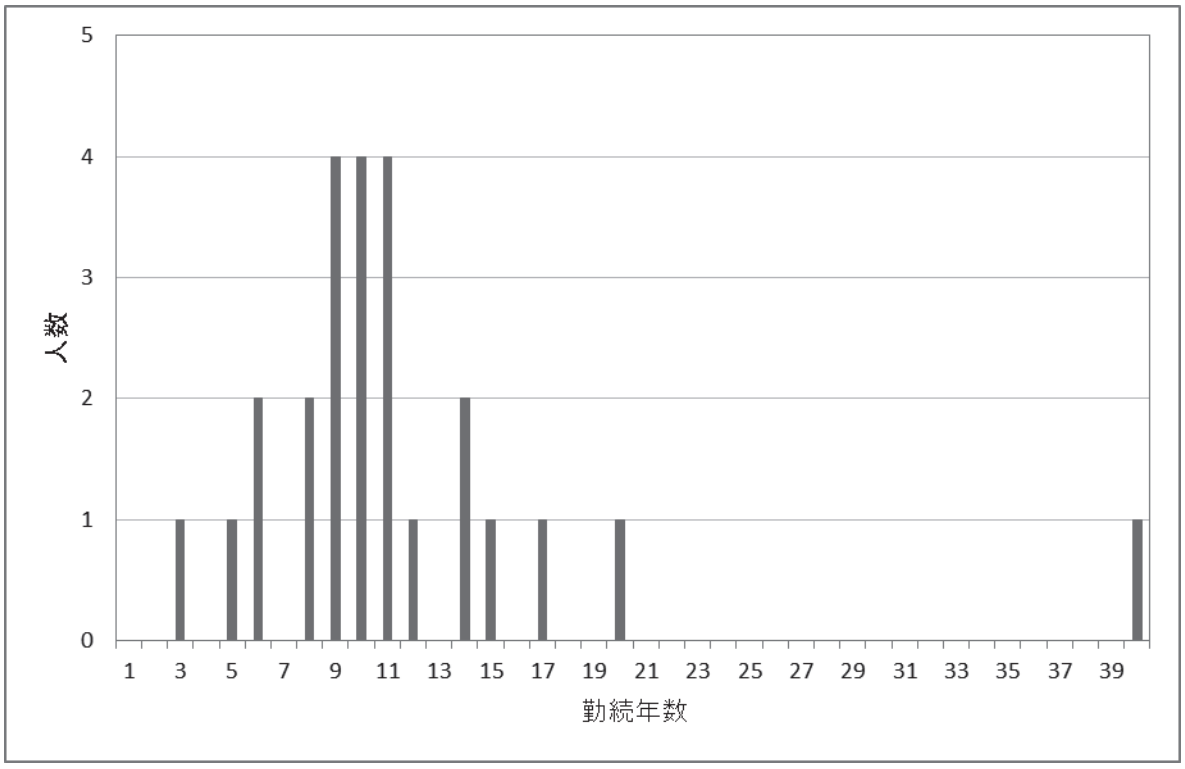


図2－7.　室員の勤続年数分布（平成 29(2017)年度末現在）（再雇用職員除く）

2－5－3.　業務の概要

技術職員の業務は多岐にわたっており、業務評価を押しなべて行うことは困難であるが、技術室員の業務のエビデンスとしては、次のようなものがある。

(1) 出退勤打刻システム

平成 17(2005)年 3 月より、全学的にはすでに導入されていた PC による出退勤管理を、技術室独自のシステムで技術職員に導入した。これにより、室員の出退勤時間や超過勤務時間を分単位で把握することが出来る様になった。また退勤打刻の際には、当日の業務内容を記入することを義務付け、月単位でまとめ各個人の業務報告書とし業務評価の一部として活用している。

(2) 業務依頼書

各安全管理部室長をはじめ、技術職員に業務を依頼している教員から、技術室長あてに業務依頼書が提出されている。その依頼書は室員各個人毎に管理し、毎年更新している。

(3) 各種作業記録及び報告書

原子炉施設、放射線取扱施設を管理している上に於いて、各種の記録の提出、保管が規則により義務付けられている。各種運転記録や管理作業記録については、現場での実務に携わっている室員が深く関わっている。また、原子炉施設保安規定に定められている各種記録のうち、改造、保守などを行ったときに提出される原子炉施設改造等記録、原子炉施設保守報告書、放射線管理作業記録には、室員の現場での業務内容が詳細に記載されている。その他の安全管理部室にも同様の作業記録がある。

(4)　各種資格・免許の取得、力量管理

原子炉施設及び放射線取扱施設で勤務する関係上、技術職員が保有する資格・免許の数は多く、特に法人化以後は、業務上必要な資格、免許の取得の奨励もあり、全員が何らかの資格、免許を有している。また、昨今研究炉の運転、保守作業等に係わる技術職員の力量管理も求められており、各個人の運転経験、保守作業経験（件数）等の記録提出が、エビデンスとして必要とされている。

(5) 業務報告会

技術室では、平成 20(2008)年度より毎年、技術職員全員での業務報告会を行っている。報告内容は、1 年を通して行ってきた業務内容について、全般、またはトピック的な一部について、短時間の口頭発表を行っている。これはプレゼンテーション能力の向上にも役立っている。またその際各個人が 1 年間の目標（具体的なもの）を発表し、室員全員が共有することで目標達成の原動力としている。達成結果についても 1 年後同報告会で発表する事となっている。

(6) 専門研修会

技術室では、毎年、京都大学総合技術部第 5 専門技術群との共催で、専門研修会を行っている。講義や技術発表、また京都大学内他部局の職場や民間企業の工場等の見学会を2日間に分けて行っており、知識の向上や人的交流が目的となっている。

(7) 新人研修

技術室に新しく採用された技術職員については、新人研修を行っている。具体的には、5つの安全管理部（研究炉部、臨界装置部、実験設備管理部、放射線管理部、放射性廃棄物処理部）を各部１ヶ月間の研修を受ける。各管理部での教育や日常業務の体験をすることにより、実験所全体の安全管理体制を把握すると共に、安全文化の醸成を目的としている。

(8) 共同利用への技術支援

共同利用で来所する研究者に対しても、技術職員が協力者や連絡者として技術支援を行っている。

(9) 活動報告集

技術室では、1年間を通し行った研修会、報告会、また技術職員個人で参加した講習会、研究会等について報告書をまとめた活動報告集を作成し、実験所内はもちろん、他大学、研究施設に配付することにより、活動の広報を行っている。

2－5－4.　今後の展望

技術室の業務は、規制強化や施設、設備の経年変化に伴い増加傾向が続くものと思われる。また、教員の管理業務への負担軽減も考慮しなければならない。しかしながら、人員増の可能性が無い現状で、増加する技術職員の業務をこなしていくためには、これまで行われてきた安全管理部間の壁を越えた業務協力や兼務発令の強化などの方策を講じるだけでは、十分な対応とはなり得ないものと考えられる。そのため、今後 10 年の業務の内容（研究炉の運転終了も含め）を概観し、それに見合った組織の見直しを行い、効率的運用を図ることが必要であると考えられる。また並行して、技術職員のスキルアップのための教育プログラムの整備、研修会の充実を図って行かなければならない。また新人採用の時期が集中してしまったため、若年層に新たなピークを作ることになってしまった。このことは、この先中堅の人材不足におちいる可能性が有り、この問題を解決するためには、他

大学、他機関との人事交流や民間からの出向の受入、待遇を伴う中途採用などの新たな人事制度の構築が必要とされる。

2－6．財 政

2－6－1． 原子炉実験所予算における経常的経費の構造と特徴

組織を運営する予算を大きくわけると人件費と物件費となる。人件費については、平成 16(2004)年度より大学本部による一括管理となっている。中期計画期間にあわせて定員削減が実施されており、実験所でもそれに合わせた人件費の削減が実施されているところである。物件費については、施設や設備の保守維持管理費(研究機器、実験装置等の保守費は含まない。)約 2 億円、光熱水費約 1.2 億円などを始めとして実験所の共通管理費的な支出が年々増加している傾向にある。また実験所特有である核防護に関する要請も年々厳しくなってきており、施設警備に要する費用が増加しているのも特徴である。結果として、予算に占める経常的な支出が年々増加しており、実験所の予算が固定的になってきている傾向にある。

全国共同利用研究所である実験所は、研究用原子炉(KUR)や重水熱中性子設備などをはじめとした各種放射線照射ができる施設や、各種の実験設備を共同利用・共同研究に供している。研究による成果を生み出しつづけるには、それら設備群の高度化等は必須であるが、上述のしたように年々増加する各種施設、設備の保守、維持経費や福島の原子力発電所で起きた事故を機に新たに定められた規制基準に対応するための改修等経費を確保する必要があり、研究設備群の高度化を進めるための予算確保には苦慮しているところである。

2－6－2． 運営費交付金等

原子炉実験所は膨大な維持費を必要とする大型施設や設備を所有しており、それら施設等の安全性を担保するために、補修だけでなく更新・新設も必要である。それら財源となる物件費(運営費交付金)予算については、大学改革促進係数(1.3%削減/年)や平成 28(2016)年度からは機能強化促進係数(1.6%削減/年)などの影響もあり毎年度減額されてはいるが、10億円前後の執行額で推移している(表2－15、図2－8参照)。

しかしながら、経常的な経費の支出が年々増加し、裁量的な予算が限られているため、設備の更新等へ対応が課題となっている。実験所では、そのような状況を改善するため、学内の事業経費要求に積極的に申請を行い、KUR医療用照射設備患者搬送システム等整備、核物質防護設備整備、KUR重水中性子照射設備操作盤全面改修等の事業経費を獲得してきている。

また、研究部門の執行額は期間を通して全体の 5～6%前後で推移しており、研究の遂行には外部資金の獲得が必要不可欠となっている。

2－6－3． 外部資金

運営交付金以外の支出予算を、ここでは外部資金として取り扱う。最近種類が増えてきたが受託研究費(受託事業費等含む)、共同研究経費、寄附金、科学研究費補助金(文部科学省、日本学術振興会等)、その他の外部資金がそれに当たる。

受託研究費は平成29(2017)年度に大きく減少しているが、文部科学省を委託元としていた大型プロジェクトが最終年度を迎えたことによるものである。件数を見ると平成 24(2012)年度 15 件、平成25(2013)年度17件、平成26(2014)年度21件、平成27(2015)年度24件、平成28(2016)年度27件、平成29(2017)年度25件となっており全体としては増加傾向にある。

共同研究経費についても、年度により増減はあるものの着実に実績を積み重ねており、平成29(2017)年度には 21 件 42,719 千円となり企業等と連携した研究が着実に進んでいることを窺わせる。

科学研究費補助金については、分担金も含めた件数が平成 24(2012)年度の 61 件から平成29(2017)年度には86件になるなど着実に増加している。しかしながら決算額では、平成 26(2014)年度をピークに減少傾向となっており、平成 29(2017)年度は 84,536 千円となっている。近年大型の科研費の獲得が難しくなってきており、今後実験所として獲得に向け力を入れる必要があるポイントでもある。

また、その他外部資金については年度毎に執行額の増減があるものの、主に原子力人材育成やBNCT事業などによる経費となっており、実験所の要となる事業を着実に推し進めている。

全体として、原子炉に対する新規制基準が適用され、実験所の要である研究炉が約3年近く停止していた中、影響を最小限に抑えながら着実に成果を積みかさねて来ているのではないだろうか。また、研究部門の運営費交付金執行額に対して、外部資金の執行額が約5倍(平成29(2017)年度)となっており、研究者が上述の運営費交付金による研究費不足を解消するために、個人あるいはグループ単位で研究費の獲得に努力している様子が窺える。

表2－15.　歳出予算(決算ベース)の推移

(千円)

年度	運営費 交付金等	受託 研究費等	共同 研究費等	寄附金	その他 外部資金	科学研究費 補助金等 (件数)	計
平成24年度	1,218,160	167,663	12,982	33,177	66,193	94,803 (64)	1,592,978
平成25年度	1,120,189	228,225	28,886	34,540	38,850	113,676 (68)	1,564,366
平成26年度	1,140,153	243,810	24,648	38,724	34,158	115,655 (77)	1,597,148
平成27年度	1,079,416	205,843	37,512	36,576	54,409	102,588 (69)	1,516,344
平成28年度	960,967	225,236	38,033	33,030	46,597	106,632 (79)	1,410,495
平成29年度	1,030,008	140,658	42,719	38,197	32,320	84,536 (83)	1,368,438

註)運営費交付金等には常勤教職員の人件費は含まず(全学経費・施設整備費等含む)。

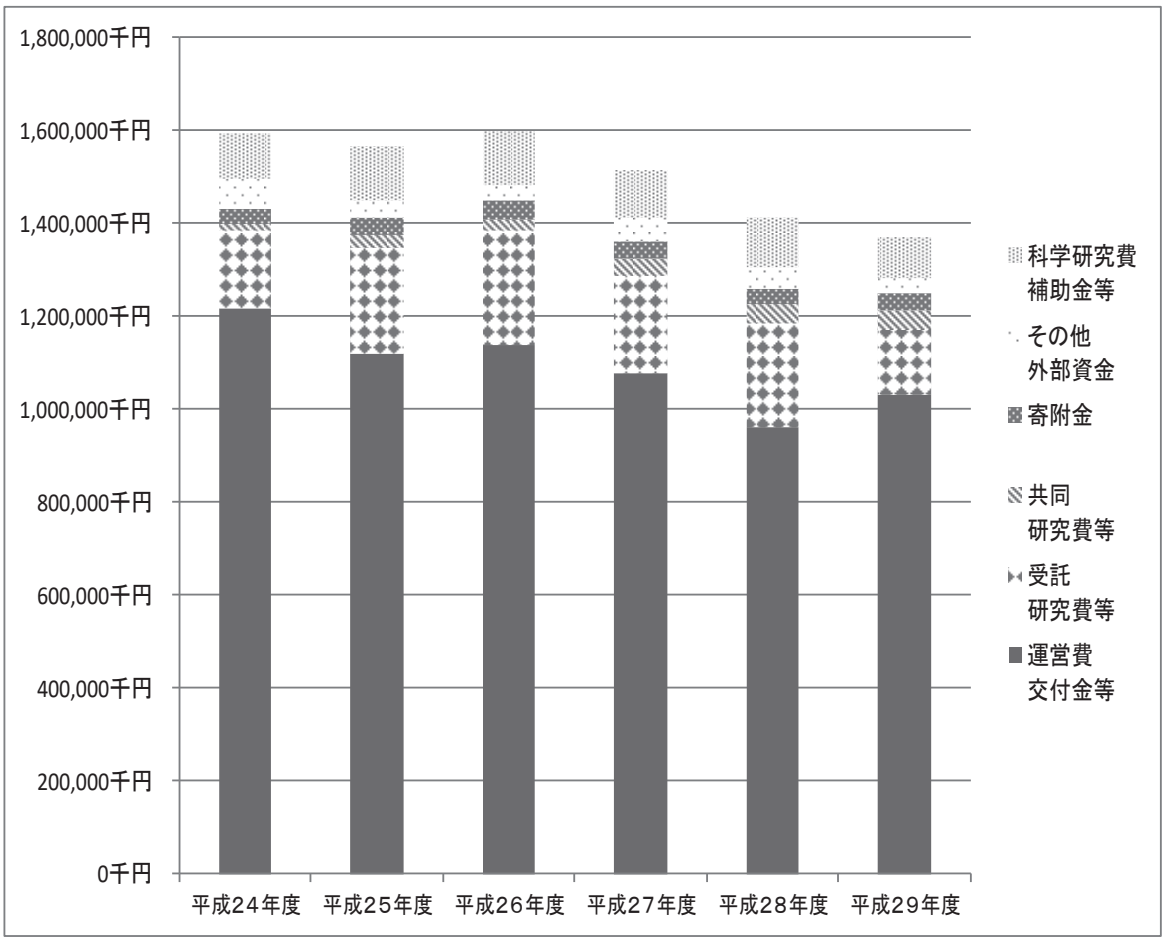

1,800,000千円
1,600,000千円
1,400,000千円
1,200,000千円
1,000,000千円
800,000千円
600,000千円
400,000千円
200,000千円
0千円
平成24年度
平成25年度
平成26年度
平成27年度
平成28年度
平成29年度
科学研究費補助金等
その他外部資金
寄附金
共同研究費等
受託研究費等
運営費交付金等

図2－8.　財政予算の推移

§3. KUR、KUCA の新規制基準対応及び原子炉関係施設の整備

平成 23(2011)年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一発電所（以下、1F 事故）の事故を踏まえ、国は原子力安全規制の大幅な見直しを行い、原子力安全規制を一元的に実施する独立した新たな組織として原子力規制員会及びその事務局となる原子力規制庁を設置した（平成 24(2012)年 9 月 19 日）。原子力規制委員会は、原子力施設の安全審査の判断基準（規制基準）の全面的な見直しを行い、それまでは原子力安全委員会の内規という位置付けであった指針に替えて、新たな規制基準を法令として整備した。この新規制基準では、既に許可を得た原子力施設に対する新基準の全条項に対する適合確認の義務づけ（バックフィット制度）が導入されており、試験研究炉を含む原子力施設は、新規制基準に適合していることが原子力規制委員会により確認されたものに限り、運転を再開できることとなった。原子炉実験所の 2 基の原子炉である研究用原子炉（KUR）と臨界実験装置（KUCA）についても、平成 26(2014)年後半より原子力規制委員会による新規制基準への適合性審査を開始し、2 年後の平成 28 年に設置変更の承認（合格）を得て、その後さらに 1 年をかけて各種の工事や検査等を行い、平成 29(2017)年 6 月に KUCA が、また同年 8 月に KUR が運転を再開した。これら新規制基準対応の経緯を図3－1に示す。

本章では、KUR 及び KUCA の新規制基準への対応について述べるとともに、1F 事故後に実施した KUR 実験孔の整備、さらに新規制基準対応以外で施設の安全性向上のために実施した施設整備について述べる。

2011 年 3 月 11 日　東京電力福島第一発電所事故
2012 年 9 月 19 日　原子力規制委員会発足
2013 年 7 月 8 日　原子力発電所の新規制基準施行
2013 年 12 月 18 日　※**試験研究炉の新規制基準施行**
2014 年 3 月 10 日　**KUCA 停止（施設定期検査開始）**
2014 年 5 月 26 日　**KUR 停止（施設定期検査開始）**
2014 年 9 月 30 日　**KUR 及び KUCA の申請**
設置変更承認申請書及び保安規定変更承認申請書を原子力規制庁に提出
－新規制基準適合確認審査のためのヒアリング及び審査会合－
2016 年 5 月 11 日　**KUCA 設置変更の承認（合格）**
2016 年 9 月 21 日　**KUR 設置変更の承認（合格）**
2017 年 2 月 28 日　**保安規定変更の承認**（2017 年 6 月 15 日に一部変更承認）
－各種工事等の実施、使用前検査、施設定期検査の実施－
2017 年 6 月 20 日　**KUCA 施設定期検査の合格**
2017 年 6 月 21 日　**KUCA 利用運転開始**
2017 年 8 月 25 日　**KUR 施設定期検査の合格**
2017 年 8 月 29 日　**KUR 利用運転開始**

※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の施行

図3－1.　新規制基準への対応の経緯

３－１．　KUR、KUCA の新規制基準対応と再稼働

３－１－１．はじめに

平成 25(2013)年 12 月 18 日、原子力規制委員会によって策定された核燃料施設等（研究炉も含まれる）の新規制基準が施行された。原子力発電所では新規制基準が施行されると同時にその基準に基づく原子炉設置変更許可申請書が提出される事業者もあった。残念ながら、原子炉実験所では準備不足もあり、施行日に遅れること約 10 カ月半の平成 26(2014)年 9 月 30 日に KUR と KUCA の原子炉設置変更承認申請書（以下、「設置申請書」と言う。）を同時に提出した。その後、KUR の場合、耐震 S クラス（耐震重要度は S、B、C の 3 段階に分かれ、S クラスは最も重要度の高いクラス）の設備が存在するとして、以降の審査会合はプラントと地震・津波などに分かれて個別に審査が進められた。KUR の場合、定格出力が5MW であり研究炉の中では中出力炉（出力によって、高、中、低の 3 段階にクラス分けがされた）の原子炉に属し、結果として公開の場での審査が始まった。一方、KUCA は出力が 1kW 以下（今回の設置申請書で 100W 以下に変更）で、低出力炉に属し、審査は審査会合と言う形式は取られず、原則非公開で行われた（必要に応じて数回の審査会合を実施）。

以下では、両審査会合での議論や結果などを概説するとともに、再稼働までに必要な手続き（設置変更及び、その補正、保安規定の改定、設工認の申請、工事、使用前検査、定期検査など）について簡単に紹介する。

３－１－２．新規制基準に従った設置変更承認申請と審査会合

(1) プラント関係（多量の放射性物質を放出する事故への対応や内部火災を含む）

1） 審査会合（KUR）

前述の平成 26(2014)年 9 月 30 日の設置申請書の提出後、10 月 15 日の設置申請書全体説明を皮切りに始まった。規制庁側の審査に際しての論点整理のための審査会合も含め、総数 15 回の審査会合で、プラントに関する審査が厳格に行われた。

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、それまでは原子力安全委員会の内規という位置付けであった指針に替えて、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新規制基準の全条項に対する適合の義務付け（バックフィット制度）が適用された。研究炉の設置許可基準の 61 項目のうち、水冷却型研究用原子炉である KUR に対しては 34 項目（第 1 条の適用範囲及び第 2 条の定義を含む）に対して、審査会合及びヒアリングにおいて適合性の審査を受けた。審査会合では、主に従来の指針に加えて新たに追加された要求事項についての審査が行われた。審査会合はプラント関係と地震・津波・火山に分けて実施された。ここではプラント関係の審査の概要について述べる。

これまでは設置申請書に記載がなかった各施設の安全機能別重要度分類を正式に策定するとともに、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った。安全機能別重要度分類は、水冷却型試験用原子炉施設の安全評価に関する審査指針に基づき、それが果たす安全機能の性質に応じて、異常発生防止系（PS）と異常影響緩和系（MS）の２種に分類され、その重要度はクラス1～3 に分類された。その結果、KUR には重要度クラス 1 に該当する機器はなかったが、重要度クラス 2 または 3 の機器が抽出された。一方、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Sクラス、Bクラス、Cクラスに分類された。これらの重要度分類に基づき、外部事象及び内部事象の評価において、各設備が防護すべき対象となるかどうかが判断された。

内部溢水評価では、原子炉施設内に設置された機器及び配管の想定破損、火災時に消火水の放水、地震による機器の破損により発生する溢水により安全施設が安全機能を損なわないものであることを確認した。その結果、KURの安全機能を維持するために内部溢水からの防護が必要な機器は、サブパイルルーム漏えい水汲み上げポンプによる炉心タンクへの注水機能であると特定されたので、溢水時においてもこの機能を維持するために、想定される溢水高さを超える位置に設置され、かつ、被水対策を施した別系統のポンプの制御回路と受電設備を設置する設計方針とした。

内部火災評価では、火災発生防止、火災感知及び消火並びに火災の影響軽減の措置を講じることによって、安全施設が安全機能を損なわないものであることを確認した。その結果、JIS A4201:2003で規定する保護レベルⅣ以上の避雷設備の設置、核計装、プロセス計装においては難燃性ケーブルの使用、原子炉室内への延焼防止のための耐火性シャッターの設置、共通の火災要因で同時に機能を失うことのないための給電系統の多重化等を設計方針とした。また、共同利用研究施設の特殊性から、発火源あるいは多量の可燃物等の原子炉室への物品の持ち込みを制限し、必要上やむを得ない理由で持ち込む場合は、適切な影響軽減対策を行うことによって適切に管理する方針とした。

外部火災評価では、森林火災、飛来物(航空機落下等)、爆発、近隣工場等の火災等を考慮した。その結果、飛来物(航空機落下等)、爆発、近隣工場等の火災等については、原子炉施設の安全施設は安全機能を損なうおそれがないという評価結果になったが、森林火災に対しては、敷地内の森林境界と本原子炉施設との間に延焼防止エリアを設けることで隔離距離を持たせ、さらに延焼防止エリアに予防散水活動を行うことで、本原子炉施設への延焼を防止する設計方針とした。

多量の放射性物質等を放出する事故については、想定を超える事象として、「商用電源喪失」における停止機能の喪失と地震の重畳により、全制御棒の挿入に失敗し、無停電駆動電源(B クラス)の故障、炉心直下配管(Sクラス)の損傷(全周破断)、緊急注水設備(B, Cクラス)の故障、原子炉建屋(B クラス)の損傷が全て発生した場合と、炉心流路閉塞による炉心冷却機能が喪失し、燃料要素1 体が損傷した場合の事故の拡大防止策を示した。停止機能については、ホウ素(粉末)あるいはホウ酸水の投入等の対策を挙げた。冷却機能については、炉心直下配管の全周破断による急激な水位低下を防止するための止水設備を予め設置しておくとともに、冷却水喪失事故時に恒久の給水設備がすべて使用できない場合に備えて、可搬型消防ポンプと屋外の水タンクを設置することによって、商用電源喪失時においても外部から注水する対策を挙げた。なお、可搬型消防ポンプと屋外の水タンクは新規制基準対応以前から自主的に準備していた設備である。更に、放射性物質の原子炉建屋内への拡散を抑制するために、炉頂のトップシールド全体をシート等で覆う等の対策を挙げた。

2)審査会合(KUCA)

前述の通り平成26(2014)年9月30日の設置申請書の提出後、10月20日より非公開のヒアリングとしての審査が開始された。KUCAは研究炉の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)に対して、ほぼ1週間に1回のペースでヒアリングにおいて適合性の審査を

受け、途中で 3 回の公開の審査会合も実施された。

審査においてはまず KUR と同様に各施設の安全機能別重要度分類を正式に策定するとともに、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った。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に分類された。一方、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た。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し直した。

内部火災評価では、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た。さらに KUR と同様に可燃物等の炉室への物品の持ち込みを制限し、必要上やむを得ない理由で持ち込む場合は適切に管理する方針とした。

外部火災評価に関しては、KUR と共通で評価を行い、森林火災、飛来物（航空機落下等）、爆発、近隣工場等の火災等を考慮した設計方針とした。

3）設工認に係る一連の取り組み

ここでは変更申請書の記載に係る施設や設備の性能向上工事として設工認申請や工事に関係する取り組みを簡単に紹介する。

KUR では設置許可基準の要求事項を受けて、安全保護回路（一せい挿入条件の追加、スクラム回路の二重化、実験設備休止に伴うスクラム条件、警報条件の削除）の高度化や重要ケーブルの分離のための改造、蓄電池設備（計測用無停電電源）の改造、非常電源設備への給電経路を多重化するための改造、構内モニタリングステーション空間線量率計及び周辺監視区域モニタの改造（蓄電池設備の設置、データ送信の多様化）、ビームシャッター装置の改造を実施した。更に、火災対策として実験孔防火カバー、実験設備の自動火災報知機設備、森林火災への対応としての散水栓（KUCA の設工認として実施）の設置、竜巻対策としての非常用発電機設備の改修と第 1 固形廃棄物倉庫の固縛装置の設置（KUCA の設工認として実施）、耐震補強工事として 1 次冷却系配管サポートの炉心直下部については更新し、他のサポートについては以前の耐震バックチェック時に設置したもので合格となった。

また、既設の設備ではあるが、安全避難通路等、火災対応機器、通信連絡設備、避雷設備、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止のための設備（可搬型消防ポンプ、ホース、40 トン水タンク、緊急注水用配管）も設工認対象となった。一方、KUCA においても設置許可基準の要求事項を受けて、KUR に移管した非常用発電機に代わる蓄電池設備（無停電電源）の設置、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、非常用照明の設置、廃液タンクの漏えい検知装置の設置を実施した。更に、火災対策として炉心と加速器室のハロン消火設備（一部は新規制基準対応以前に自主設置）、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の設置を行った。また、今回の新規制基準に対応に合わせて最大出力を 1kW から 100W に変更、自

動制御装置の廃止、予防保全のための温度記録計の更新などを実施した。

また、KUR と同様に既設の設備ではあるが KUCA の安全避難通路等、火災対応機器、通信連絡設備、避雷設備も設工認対象となった。KUCA の各設備の耐震性能については今回の設置申請書において新たに決めた耐震重要度分類に基づいて評価を実施し、必要に応じて再解析を行いその耐震性を評価したが、そのための耐震追加工事は不要であった。

(2) 地震・津波、火山

1)審査会合

前述の平成 26(2014)年 9 月 30 日の設置申請書の提出後、地震・津波等の審査会合は平成 26(2014)年 10 月 15 日の設置申請書全体説明を皮切りに始まった。規制庁側の審査に際しての論点整理のための審査会合も含め、総数 11 回の審査会合で、地震・津波、火山に関する審査が厳格に行われた。ちなみに、審査会合の前には事前に複数回のヒアリングも実施されており、その数はプラントも合わせれば全体で 81 回に及んだ。詳細な内容は添付書類6に記載され、若干の他の記載も含め、約 300 頁に及んだ。

審査会合は、まず KUR の審査にあたっての論点整理から始まった。実験所が立地する大阪府泉南郡熊取町は大阪(平野)南部に位置し、その大阪平野は周囲を地震を引き起こす可能性ある活断層に取り囲まれている。平成 7(1995)年兵庫県南部地震を起こしたのも平野北西に位置する六甲・淡路断層帯の一部の活動であることがわかっている。その他にも中央構造線断層帯や上町断層帯など、複数の活断層が存在する地震危険度の高い地域であり、地震関係の審査では一般に、周辺や近傍に断層が存在する場合は、それらの活動性(活断層か否か)がまず審査の土俵に上がる。大阪平野の周辺の断層は大都市大阪市等が存在するため、これまで数多くの調査が実施されており、それらが活断層であることなど、詳細な調査結果が存在する。その結果、各活断層に対する、新たな地質学的調査などは要請されず、文献調査に依存した審査となった。この点が審査の時間短縮にもつながった。

そのような背景から、KUR に対する地震に関する審査では、活断層によって発生する地震の規模評価やその結果に基づく基準地震動(Ss)の策定に関する事項などに多くの時間が割かれた。

結果として、敷地近傍に存在する中央構造線断層帯の一部(金剛山地東縁断層や和泉山脈南縁断層帯と西への延伸部)の活動によるマグニチュード 8.0(M8.1)の地震、上町断層帯の南部への延伸部も含めた M8.0 の地震が基準地震動策定の対象となった。基準地震動の策定に際しては、新規制基準に従い、経験的な応答スペクトル法とともに、詳細な断層モデルに基づいた方法が用いられ、結果として、応答スペクトル法による基準地震動と断層モデルによる方法に種々の不確かさを考慮した8種類の合計9種類の基準地震動が策定され、その後の施設・設備の安全性評価に用いられた。ちなみに基準地震動の最大振幅(加速度)は 1644 ガルと言う非常に大きなものとなった。

この基準地震動は敷地の解放基盤面(硬さがある一定以上ある硬質地盤や岩盤)で設定されることになっており、実験所で実施した詳細なボーリング調査によって、KUR 立地点では約 180m 程度地下に存在することになった。こうしたボーリング調査など敷地内での地質・地盤の諸特性についても審査対象であった。実験所では開所当時からこうした深いボーリング調査結果はなく、平成 20(2008)年ごろに実施された耐震バックチェックに際し、予算獲得も含め、京大本部への耐震関係の委員会に出席するなどして実現したものである。もちろん、敷地内での地震観測結果も審査で重要な役割

を果たした。基準地震動Ssは後段規制である、設計及び工事の方法承認申請（以下、「設工認」と言う。）に際して、原子炉建屋や建屋内に設置される重要（S クラス）の施設や機器配管の耐震安全性評価に用いられる。詳細は後述する。

津波に対しては、福島第一原子力発電所の事故の原因と言われ、新規制基準でも厳しい評価が求められている。ただ、実験所は大阪南部の丘陵地に位置し、標高も 60m を超えることや海岸（大阪湾）からも数 km あることや、公的機関（大阪府など）が既に南海トラフ沿いの超巨大地震を想定した津波評価を行っており、それらを参照することが了承された結果、津波に対しては全く問題ないことで了解された。

火山についても本審査会合で審議が行われ、既存の火山が日本海側に立地することから、火砕流などの影響が無いとの判断で、火山影響評価（降下火砕物）のみの評価を行った。その結果、降下火砕物の厚さをこの地域での過去の噴火時における堆積厚を参照し、2cm とした。この結果は後段規制による原子炉建屋の安全性評価に用いられた。

以上、簡単に地震・津波の審査会合の内容や結果について紹介した。今回の新規制基準は地震や津波なども含めた外部事象に対する要求事項が多く、また厳しいものとなっている。本来はプラントの審査会合の対象であった竜巻や外部火災についても、ここで簡単に紹介することにする。

竜巻に対する安全評価は原子力発電所のために作られたガイドに従って審査が進められた。敷地に想定される基準竜巻、設計竜巻の評価が最終目的であるが、ガイドには竜巻ハザード評価も求められており、地震とは異なり、数少ないデータではあるが、ガイドに従って、年超過確率 10^{-5} の最大風速（55m/s）や敷地近傍（竜巻検討地域）での過去の竜巻の最大風速（F2 の 69m/s）から結果としては最大風速 69m/s の竜巻を基準竜巻とした。ガイドではこの基準竜巻に種々の不確かさなどを考慮し、設計竜巻を評価した上で、竜巻防護対策を行う必要がある。結論としては、原子力発電所に比した安全性などは考慮されず、原子力発電所と同様に、日本での過去最高の竜巻（F3)を想定することが要求された。原子力発電所は F3（最大風速 92m/s)を更に保守的に 100m/s の最大風速を想定しているが、KUR では 92m/s として、以降の防護対策（評価）を実施した。ここでも原子力発電所と研究炉とのリスクの違いはほぼ考慮されなかった。設計竜巻の最大風速が決まった後は、竜巻影響評価が重要であり、その一つが飛来物の特定とその影響である。実験所内をウォーキングし、その対象物を特定する作業（ウォークダウン）である。原子力発電所では、ガイドに従って鋼製材などが予め想定されているが、実験所にはそういうものがないため、ウォークダウンの結果、最も多く存在し、その影響が大きいと評価された空調室外機を設計飛来物と位置付けた。また、車輌についてはその影響評価が当時困難との判断で、KUR の建屋への影響（衝突）がない場所までの避難を防護対策として採用した。この結果、研究炉で1MW を超える運転中や停止後 24 時間内はその避難行動が強制されることになっている。なお、KUR の審査後に行われた日本原子力研究開発機構（JAEA）の JRR-3（熱出力 20MW）の審査会合では、この竜巻影響評価にグレーデッドアプローチ（以下、「GA」と言う。）が適用された。JRR-3 は KUR と同様な研究炉であり、安全上の諸条件が整合するため、今後 KUR についても再度設置変更承認申請によって、車輌退避の必要性がないことを示したいと考えている。

最後に、外部火災対策について簡単に紹介する。既にプラント関係の審査会合の内容として簡単に述べているが、本節にて若干追記する。実験所の南側には森林とは定義されないが、竹などの植林がある。敷地境界からの火災発生と延焼時間を想定した解析によって、当初はイノベーションリ

サーチラボ建屋の医療棟南側やライナック周辺に防火帯（原子力発電所では要求事項）の設置が求められた。ただ、そこまでの延焼によって原子炉施設（KUR や KUCA)への影響が生じるとも思えず、ヒアリング等で規制庁担当者（火災の専門家）と長時間にわたって議論を行った。その結果、ライナック周辺の一部の区域についてはアスファルト舗装して草木が茂らないようにすると共に、火災が防火帯設置予定位置に到達するまでの間に、2 箇所の屋外消火栓（新規に設置）により草木に散水することによって、延焼防止対策とすることで了解された。消火栓などのハードとともに、運用面でのソフト対策（時間内で散水できると言うエビデンスなど）が屋外消火栓の検査でも求められた。これらの対応が、後には研究炉などへの GA によって公式な対応として認められることになった。

2）設工認に係る一連の取り組み

審査会合が終了し、審査を受けた設置申請書の補正の後、規制庁で審査書案がまとめられ、規制委員会に諮られ、無事審査書案が承認され、その後のいくつかの手続きの後、KUR では平成 28(2016)年 9 月 21 日に変更申請書が承認された。これで再稼働までの 1 つのハードル（最も高い）を超えることができた。また KUCA については KUR より少し前の平成 28(2016)年 5 月 11 日に変更申請書が承認された。

ここでは変更申請書の記載に係る施設や設備の性能向上工事として、設計及び工事の方法の承認申請（設工認申請）や工事に関係する取り組みを簡単に紹介する。

KUR にとって、今回の地震、竜巻、火山に対する安全性評価は建設後初めてであり平成 20（2008）年の耐震バックチェックで今回と同様な耐震評価等は実施していた）、それぞれの外部事象に対する取り組みは、まず影響評価から始まり、評価結果によっては対策工事を行う、と言う流れで進めた。地震関係では、基準地震動 Ss に基づく原子炉建屋への入力地震動評価や原子炉建屋などの地震応答解析、機器の地震応答解析によって現状のままでも要求性能は満たすことが確認できた。原子炉建屋等については竜巻や降下火砕物による影響も同時に考慮され、問題ないとの結果であった。なお、耐震評価については、S クラスのみでなく、B クラスや C クラスについても設計時との条件の違いなどを考慮した安全性照査が行われた。

一方、KUR の非常用発電機を竜巻から防護する必要性が生じた。今回の新規制基準対応で KUCA 用の非常用発電機も KUR 用に供することになり、当初のものを EG1、後者を EG2 と称している。非常発電機を必要とする条件は、外部電源が喪失し、同時に炉心冠水維持が困難な冷却材喪失事故（LOCA）が起きたとの想定の下、炉心タンクへの給水が必要な場合であるとの理解である。そうした想定に加え、設計竜巻に対する防護を必要とするかどうかは、今後議論の余地は十分にある。今回の一連の対応では、そうした多重防護に対する意思疎通が図れず、結局は非常用発電機 2 基の竜巻防護対策を施設することとした。EG1 は水冷式であり、その冷却塔が屋外に設置されているため、飛来物に対する防護ネットを設置した。また、EG1 の本体収納建屋や空冷式の EG2 の本体収納建屋の飛来物防護として、建屋内壁面や天井面にも防護ネットを施設した。これらの施設が安全上必要な場合は、今後とも維持管理することが重要であるため、前述の竜巻時の車輌退避とともに、再検討する予定である。

(3) 保安規定の改定、定期検査を終え、再稼働へ

KUR、KUCA について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、両原子炉共に最後に定期検査を受検し、KUCA は平成 29(2017)年 6 月 20 日に合格して、翌日の平成 29(2017)年 6 月 21 日より運転を再開し、KUR は平成 29(2017)年 8 月 25 日に合格し平成 29(2017)年 8 月 29 日から約 3 年と 3 カ月ぶりに再稼働に至った。

KUR、KUCA ともに今回のような大きな設置変更は初めてであり、しかも、規制要求が過去の設計時とは大きく変わっており、取り組み当初は再稼働については半信半疑であった。中でも外部事象と言う設計の根幹に係る部分が主であったことも、不安に思った理由である。再稼働してから早 1 年余りが過ぎた。KUR は再稼働直後、原子炉を停止せざるを得ないトラブルもあったが、その後はほぼ順調に運転され、以前のように BNCT を始め、多くの研究者に利用されている。また、KUCA の再稼働後は運転停止期間に実施することができなかった全国大学院生実験の教育目的の利用を始め、炉物理関連の研究目的に広く利用されている。特に、出力の大きい研究炉としては KUR のみが再稼働に至っている現状があり、自己評価としては、胸を張れる結果である。ただし、再稼働できたことに満足、また安心せず、今後とも安全管理には万全を期していきたい。

3－2. 炉室実験孔の整備

3－2－1. はじめに

研究用原子炉(KUR)は、実験孔が 10 個あり、定期的に開放点検を実施しているが、平成19(2007)年度の開放点検(E-2、E-3、B-3、B-4)に引き続き、平成 27(2015)年度に前回と同様に 4 つの実験孔(E-2、E-3、B-3、B-4)の開放点検を行っており、その点検内容について以下に述べる。

3－2－2. 実験孔の開放点検

実験孔は、図3－2に示すように、主にアウタースリーブ、インナースリーブ、およびプラグから、構成されている。開放点検においては、これら各構成要素の目視点検と炉心にもっとも近いアウタースリーブを CCD カメラを用いた内部点検を行った。これらの検査終了後、異常がなければ、各構成要素の洗浄作業を行い、復旧作業を行った。

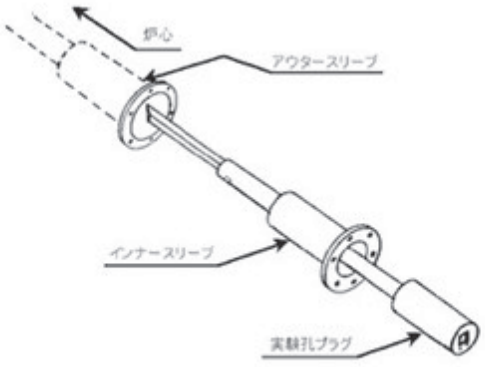


図3－2. 実験孔の基本構造

(1) E-2 実験孔の開放点検

E-2 実験孔には中性子イメージング装置が設置されており、作業としては、イメージング関連装置を取り外してから、実験孔の開放点検作業を行った。E-2 実験孔の概略を図3－3に示す。この実験孔の開放点検では、実験孔に取り付けられているプラグおよび固定リングを取り外し、アウタースリーブ内部の点検を行った。また、取り外したプラグ、固定リングに関しても点検を行った。点検の結果、図3－4に示すように、析出物や腐食等もなく綺麗な状態であった。また、水漏れや著しい腐食やクラックなども無く異常がないことが確認された。この一連の点検作業終了後（図3－5）、洗浄作業を行い実験孔の復旧作業を行った。

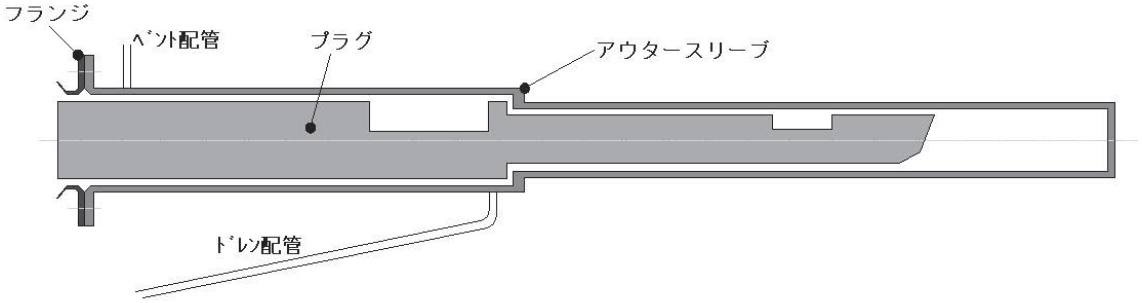


図3－3.　E-2 実験孔概要図

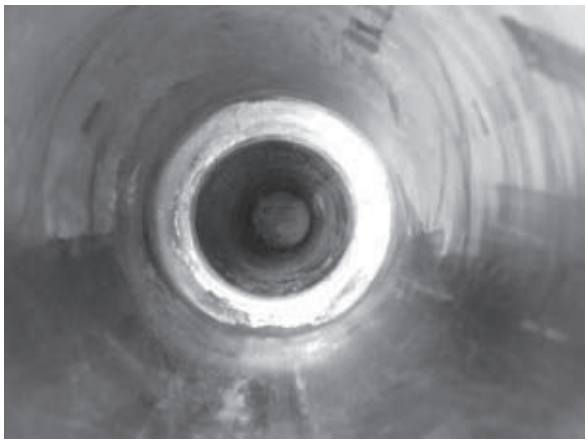


図3－4.　洗浄前の E-2 アウタースリーブ内部



図3－5.　洗浄後の E-2 アウタースリーブ内部

(2) E-3 実験孔

図3－6に E-3 実験孔の概略を示す。この実験孔には、インナースリーブ、プラグ、コースコリメーターが取り付けられており、開放点検では、プラグ、インナースリーブを取り外し、アウタースリーブ内部の点検を行った。また、取り外したプラグ、インナースリーブに関しても点検を行った。点検の結果、図3－7に示すように、わずかに析出物の付着が見られるものの、前回の開放点検の際に洗浄作業を行っているため、比較的綺麗な状態であった。アウタースリーブに関しては、CCD カメラによる点検も行ったが水漏れや著しい腐食やクラックなども無く異常がないことが確認された。この一連の点検作業終了後、洗浄作業（図3－8）を行い実験孔の復旧作業を行った。

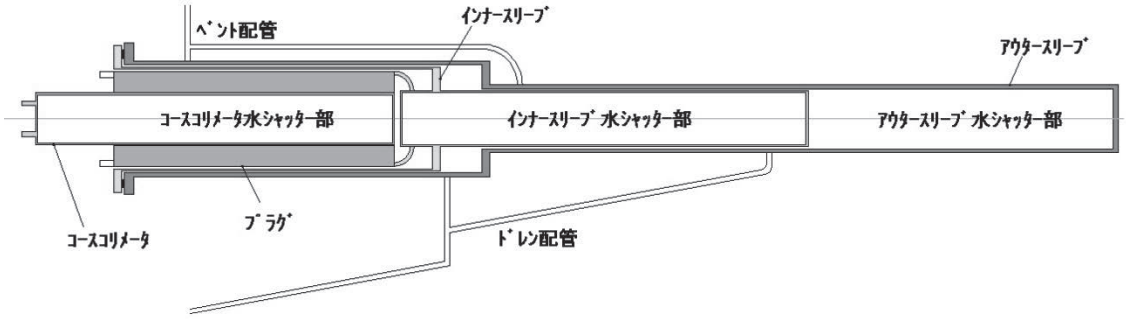


図3－6.　E-3 実験孔概略図

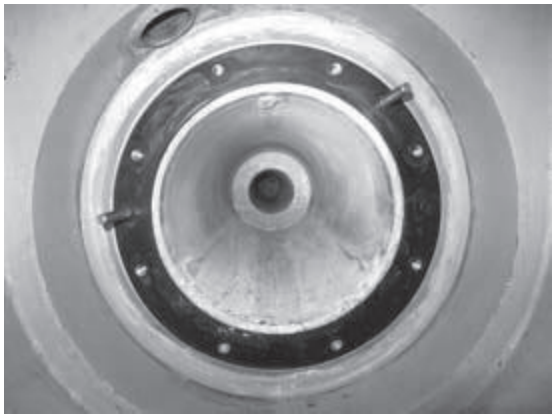


図3－7.　洗浄前の E-3 アウタースリーブ内部

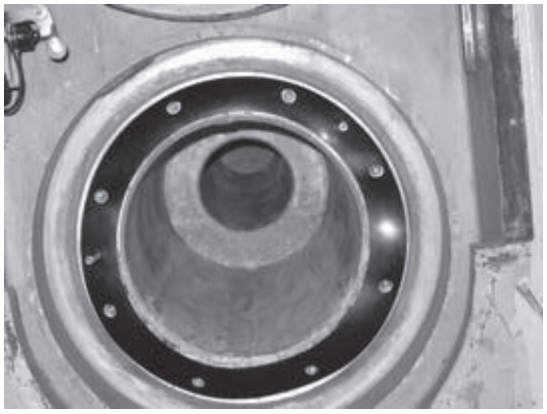


図3－8.　洗浄後の E-3 アウタースリーブ内部

(3) B-3 実験孔

B-3実験孔には中性子回折装置が設置されており、回折装置の解体を行ったのちに実験孔の開放点検作業を行った。図3－9に B-3 実験孔の概略を示す。この実験孔の開放点検では、実験孔に取り付けられているプラグ、インナースリーブを取り外し点検、アウタースリーブ内部の点検を行った。点検の結果、図3－10に示すように、アウタースリーブ内部にうっすらと析出物の付着が見られるものの、前回の開放点検の際に洗浄作業を行っているため比較的きれいな状態であった。アウタースリーブに関しては、CCD カメラによる点検も行ったが水漏れや著しい腐食やクラックなども無く異常がないことが確認された。また、プラグおよびインナースリーブも点検の結果、異常がないことが確認された。この一連の点検作業終了後、洗浄作業（図3－11）を行い実験孔の復旧作業を行った。

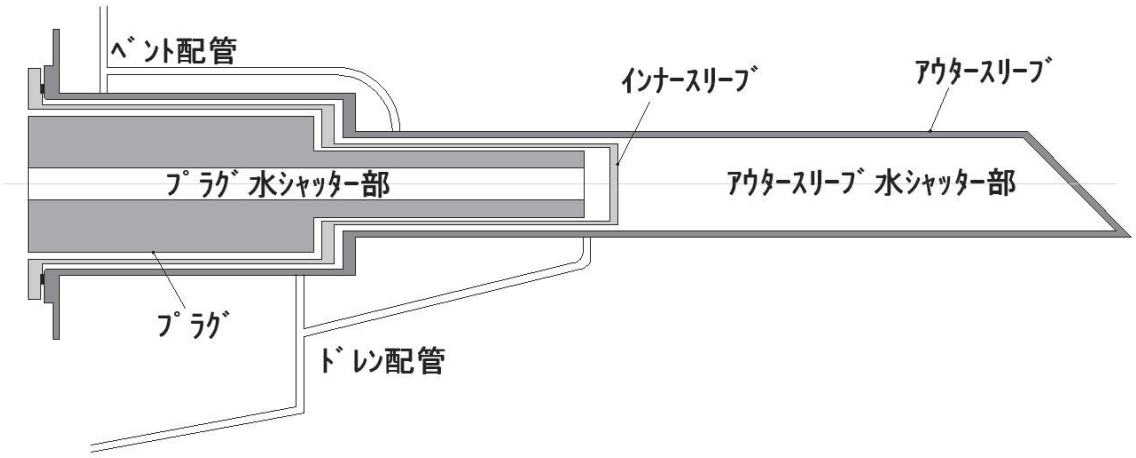


図3－9. B-3 実験孔概略図

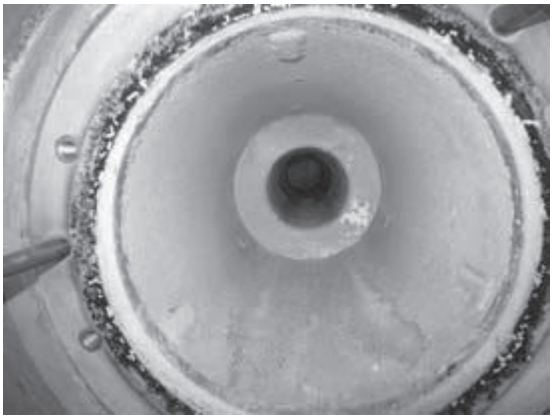


図3－10. 洗浄前の B-3 アウタースリーブ内部



図3－11. 洗浄後の B-3 アウタースリーブ内部

(4) B-4実験孔

これまでの開放点検において、B-4 実験孔に関しては外観検査のみ行っていた。そのため、今回の開放点検は中性子導管が設置されて以来、初めての点検となった。作業手順としては、中性子導管先端部の取り外しを行った後、実験孔の開放点検作業を行った。この実験孔も B-3 実験孔と同様に取り付けられているプラグ、インナースリーブを取り外し点検、アウタースリーブ内部の点検を行った。内部の目視点検を行うためにインナースリーブを取り外すと図3－12に示すように、アウタースリーブ内部に多量の堆積物が見受けられた。堆積物が多量であったため、目視および CCD カメラによる点検を行なった。点検の結果、異常が確認されなかったため、アウタースリーブ内部の洗浄作業(図3－13)を行ったのち、さらに内部の点検作業を行った。点検の結果、水漏れや著しい腐食やクラックなども無く異常がないことが確認された。また、プラグおよびインナースリーブも点検の結果、異常がないことが確認された。なお、堆積物が多量であった理由としては、過去にビームシャッターとして水を導入していた際に生じた析出物が残存し、長期間、開放点検・洗浄が行われていなかったためにていたためと考えられる。

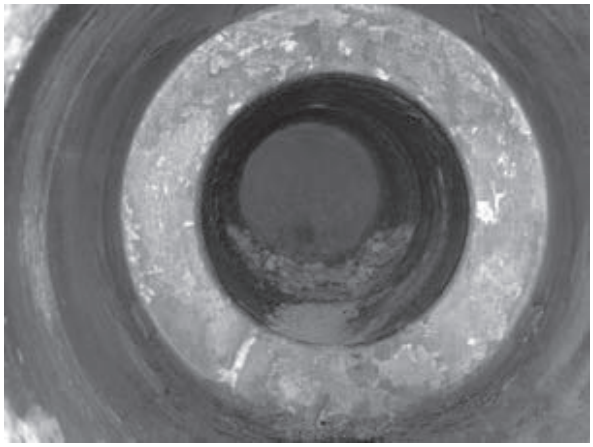


図3－12. 洗浄前の B-4 アウタースリーブ内部

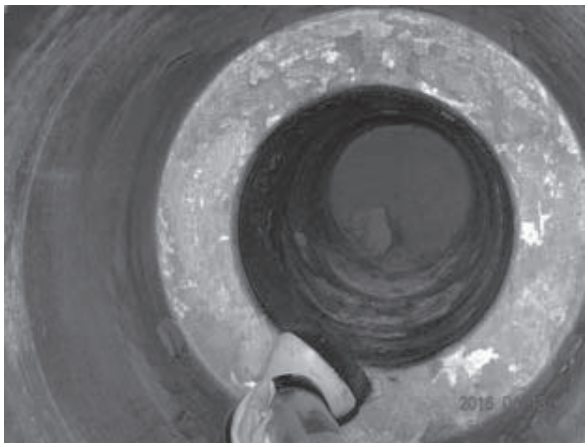


図3－13. 洗浄後の B-4 アウタースリーブ内部

3－3.　安全性向上に向けた施設整備

3－3－1. はじめに

原子炉実験所では開所以後、安全・安心を全てに優先し、施設・設備の安全性向上を目指した取り組みを継続的に行ってきた。ここでは、前述の新規制基準対応以前に行われた安全性向上のための施設。設備の更新工事等について紹介する。

3－3－2. 施設の整備

平成 24（2012）年、25（2013）年の 2 年計画で原子炉実験所の水、電気といったライフラインの再生工事に加え、KUR の排気塔（スタック）の建て替えや放射性廃液の排水管の 2 重管化などの安全性向上を目指した工事を行った。

ライフラインの再生工事として、①これまで実験所では深井戸から汲み上げた水を浄化して飲料水や原子炉関係の冷却水として使用してきた。今回、飲料水については公共水道を導入するとともに、浄化設備の新設、配管の耐震化などに加え、500トンと50トンの受水槽を新設した。②電気関係では、これまで関西電力（株）から 1 回線（架空）で受電していたが、台風や竜巻などの外部事象よる外部電源喪失のリスクを低減させるため、地中埋設型にするとともに、2回線に増強した。また、変電所の建て替え、72 時間運転が可能な非常用発電機を新設した。なお、この非常用発電機は原子炉関係への給電を主目的としたものではなく、照明、所内ネットワークや電話などの停電時対応が主目的としている。ただし、手動によっては原子炉関係の設備にも給電可能となっている。

原子炉関係では炉室等からの排気設備であるスタック（煙突）を鉄筋コンクリート製から鋼製に変え、耐震性の高い構造にした。また、所内各所（管理区域）での手洗い水など放射能レベルの極めて低い廃液ではあるが、放射性廃棄物処理棟まで移送するための排水管を 2 重管化することにより、放射性廃液の管理区域外への漏洩を確実に防げるようにした。さらに、研究用原子炉（KUR）の落雷対策として、避雷設備を更新・増強した。最近では平成 30（2018）年に第2固形廃棄物倉庫（貯蔵できるドラム缶容量としては第1固形廃棄物倉庫の3倍）が建設された。これらの工事は原子炉をより安全に運転、維持管理する上で有用なものであり、このようなリフレッシュ工事を今後とも継続的・計画的に実施してくことが重要である。

§4. 研究活動

原子炉実験所の研究組織は、平成 15(2003)年 4 月に、それまでの 6 研究部門、2 附属施設体制から 3 研究本部(3 研究部門、2 研究センター)体制に改組された。現在の体制は次の通りである(図2－1参照)。

Ⅰ. 原子力基礎科学研究本部:原子力基礎工学研究部門(10 研究分野、1 客員研究分野)と安全原子力システム研究センター(2 研究分野)から構成されている。

Ⅱ. 粒子線物質科学研究本部:粒子線基礎物性研究部門(6 研究分野)から構成されている。

Ⅲ. 放射線生命医科学研究本部:放射線生命科学研究部門(3 研究分野)と粒子線腫瘍学研究センター(1 研究分野、1 寄附研究部門)から構成されている。

さらに平成 30(2018)年 4 月より3研究本部体制を廃止し、10 月より部門間の研究分野・教員配置についても異動を行った。この報告書では、平成 29(2017)年度までの本部性所属の研究分野についての記述とした。

ここでは、自己点検・評価にあたって研究活動を

4－1. 研究活動

4－1－1. 研究ハイライト

4－1－2. 各研究分野活動内容

4－2. 研究成果と研究活動の傾向

4－3. 科学研究費の獲得と研究活動

4－4. 共同利用研究

4－5. その他の研究活動

としてまとめた。技術室の技術研究については4－1－2. 各研究分野の研究概要で報告し、4－5. その他の研究活動では、研究会の開催、国際会議・シンポジウムの開催、国際会議・国内の会議で行った招待講演、学会賞などの受賞、学会運営に対する活動、について報告する。

4－1. 研究活動

4－1－1. 研究ハイライト(特色研究)

4－1－1(I). BNCT 中性子捕捉療法

(1) 中性子捕捉療法の機序とがん放射線治療における意義

20 世紀のがん放射線治療におけるパラダイムは、マクロのがん病巣に限局した大線量(物理線量)照射が、正常組織に有害事象を惹起すること無く腫瘍制御を達成し、ひいては患者の生存率の改善に資するというものであった。放射性小線源による治療はこの考えに基づいたものであった。現在の高精度 X 線治療(定位放射線治療、強度変調放射線治療、画像誘導放射線治療等)、さらに炭素イオン線治療や陽子線治療も、ことごとくこのパラダイムの下にある。このパラダイムは、肝臓や肺末梢などのいわゆるパラレルオルガンに発生したがんの治療では完璧な妥当性を有するも、消化管や神経系のようなシリアルオルガンに発生したがん、および浸潤性が著しくがんと正常組織の境

界が不鮮明ながんには全く妥当性を有しない。

熱中性子とホウ素(^{10}B)の反応で生じる・粒子およびリチウム原子核の飛程は、一般にがん細胞の直径を超えないため、^{10}B 化合物ががん細胞に選択的に集積し、そこに十分量の熱中性子が照射されたならば、これら粒子はほぼ選択的にがん細胞を破壊する。このように、^{10}B 化合物を用いた中性子捕捉療法 (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT) は、その機序から、がん細胞に細胞レベルの選択性でもって線量を集中できる唯一の放射線治療である。分子生物学の発展は、治療の鍵遺伝子やタンパク質などの分子標的を明らかにしつつあり、生命科学の世紀と予想されている 21 世紀には、ミクロのがん細胞レベルでの線量(生物線量)集中が、がん放射線治療のパラダイムになると予想される。この意味で中性子捕捉療法は、21 世紀に相応しいがん放射線治療と云える。

(2) 原子炉実験所における中性子捕捉療法研究の揺籃期(～昭和 61(1986)年)

実験所における中性子捕捉療法の医学生物学的基礎研究は、昭和 45(1970)年、共同利用研究として、培養細胞やハムスターなどの実験小動物を用いた悪性黒色腫に対する基礎研究から始まった。昭和 48(1973)年からは、犬などを用いた悪性脳腫瘍の前臨床試験も進められ、昭和 49(1974)年には、実験所における第 1 例目の研究治療が、悪性脳腫瘍患者を対象に行われた。しかし、その結果が不首尾に終わったことから、以降の研究は物理工学的基礎研究を中心に進められた。昭和 51(1976)年、附属原子炉医療基礎研究施設が設置され、本格的な共同研究体制が整備された。昭和 54(1979)年、低混在・線熱中性子照射場を用いて、^{10}B と熱中性子線照射の併用効果が放射線生物学研究によって確認された。昭和 57(1982)年には、^{10}B(n, α)^{7}Li 反応に伴う即発・線の測定によって、生物試料内の ^{10}B 濃度を非観血的に測定する手法が完成し、^{10}B 化合物の投与方法を含めた最適化研究が進んだ。

(3) 研究の第Ⅰ発展期(昭和 62(1987)年～平成 12(2000)年)

昭和 62(1987)年には、悪性黒色腫の BNCT 開始の準備研究として、患者病巣への BPA (*p*-Boronophenylalanine) の集積を調べるため、中性子導管からの純粋熱中性子ビームを病巣に照射し ^{10}B(n, α)^{7}Li 反応に随伴する即発・線量を測定する臨床研究が行われた。これは、長年にわたって休止していた BNCT 臨床研究の再開の契機でありアイドリングでもあった。平成 2(1990)年 2 月からは、武蔵工業大学(現東京都市大学)炉の水漏れによる休止を契機に臨床研究が再開され、年間 5～10 日の医療照射用運転日が設定され、年間 2～18 例の悪性神経膠腫(脳腫瘍)と悪性黒色腫(皮膚腫瘍)の患者を主な研究対象とした治療研究も開始された。昭和 62(1987)年から平成 13(2001)年までは、21 世紀における BNCT 研究の飛躍の準備期間となった。この間の研究の進展は、以下の 3 点に大きく纏められる。①重水設備の改良が行われ、熱外中性子の利用が可能になった(4-1-2「Ⅲ-1-1. 放射線医学物理学研究分野 1-1-1.BNCT のための照射システムおよび技術の開発・改善 (1) KUR 重水中性子照射設備の改善検討」参照)。②基礎研究では BNCT の治療生物学研究が進展した。さらにそれらが、③新たな臨床研究の開始へと繋がった。

(3)-1 BNCT に係る治療生物学研究の進展

^{10}B 化合物の Sodium borocaptate-^{10}B (BSH) と BPA について、実験腫瘍を用いて BNCT 効果を調べ、得られた吸収線量と細胞生残率・腫瘍制御率との関係から、1 g の腫瘍における線量・治癒確

率を腫瘍 1 g 中の幹細胞数を仮定して算出すると、それを 10^5 個とした場合には、90%の腫瘍制御確率を得るには、BSH で約 15 Gy、BPA では約 10 Gy の物理線量が必要との結論に至った。このデータと研究治療における推定線量とを比較すると、平成 5（1993）年 5 月までの脳腫瘍 BNCT の線量(<6 Gy)は腫瘍制御には不十分であると考えられた。そこで、平成 5（1993）年 6 月以降、線量の増加が図られた。BSH では、腫瘍最深部の線量が 14-15 Gy となる熱中性子フルエンスを照射することとした。正常組織の耐容線量も考慮して、正常脳表面のフルエンスがそれまでの最大照射フルエンスである 2×10^{13} n/cm^2 以下とされた。

活性の亢進しているアミノ酸輸送系に依存して取り込まれる BPA は、固形腫瘍内に存在する細胞分裂休止中の腫瘍細胞には集積し難い弱点があり、これによる BPA の腫瘍内分布の不均一が BNCT による腫瘍の治癒に影響することが実験的に証明された。更に、この弱点はアミノ酸代謝に非依存性の BSH の併用で緩和され、^{10}B 化合物 2 者の併用によって治癒率が改善できることも明らかにされた。併用の有効性を報告した当時は、さほどの関心を呼ばなかったが、現在では広く受け入れられ、本邦における初発の膠芽腫 BNCT の研究計画で採用されている。

平成 7（1995）年からは、従来の悪性脳腫瘍と悪性黒色腫に限定されていた BNCT の適応を拡大するための基礎研究が行われた。先ず、BSH と BPA の肝細胞に対する CBE 値が小核試験によって調べられた。その結果、興味深いのは BPA が大きな値を示す一方、BSH の CBE 値が 1.0 よりもやや小さい値となった点である。BSH の局在に特徴があることを窺わせる。おそらく、肝細胞へ侵入できず、ほとんどが細胞間質に存在するのであろう。このデータを踏まえて、多発がん病巣を有する肝臓がんを念頭に腫瘍モデルを作成、Interventional Radiology の技術を応用して BSH の肝がん病巣への閉じ込めが試みられた。実験では、がん組織と正常肝組織の間に数十倍の ^{10}B の濃度差を作り出すことに成功した。

一方、BSH と BPA に加えて、新規ホウ素化合物の創薬研究も実施されている。現時点で臨床試験に使用できる新規ホウ素薬剤の開発に至っていないが、抗がん剤投与でも既に臨床応用されているリポソームをホウ素薬剤のキャリアーとして使用する新規 DDS の基礎研究が、数施設との共同研究で進められている。リポソームの表面にトランスフェリン修飾することによる腫瘍へのターゲッティングの試みや、リポソームに BSH を内封し、その殻にもホウ素を含有させることにより、極めて高いホウ素含有率を有するリポソームの開発など、ユニークな基礎研究が進められており、高い抗腫瘍効果が確認されている。

(3)-2 新たな臨床研究の開始

従来から脳腫瘍に使用されてきた ^{10}B-BSH よりも、アミノ酸輸送系を経由して細胞に取り込まれる ^{10}B-BPA の方が細胞によく集積する事実に基づいて、悪性神経膠腫の BNCT に BPA を使用する世界で最初の試みが、平成 6（1994）年 2 月に成功した。症例は再発悪性神経膠腫で、BPA（15 g = 250 mg/kg、果糖複合体）を点滴静注し、1 時間後に開頭露出させた脳腫瘍に熱中性子線が照射された。この BNCT の成功によって、BNCT 前に ^{18}F-BPA PET 検査を実施し、正常脳や腫瘍内の ^{10}B 濃度を推定、治療計画を立案する ^{18}F-BPA PET-BNCT システムが確立できた。

(4) 研究の第Ⅱ発展期（平成 13（2001）年～平成 23（2011）年）

この時期は、1990 年代の基礎的研究も含めた様々な準備が成果に結び付いた時期と云える。そし

て、多くの世界最初の試みが行われた時期である。特筆すべき最大の成果は、頭頸部がんに対する世界初の BNCT に成功したことである（図4－1－1）。その BNCT は平成 13（2001）年 12 月下旬に行われた。症例は再発耳下腺癌で、適否審査の申請を躊躇する程の巨大な腫瘍が顔面皮膚を広く破壊し、絶え間ない血性浸出液があり、患者は痛みを訴え鎮痛剤を日々必要としていた。幸いにも、原子炉医療委員会では「先ず目標量の 50%を照射、安全性と効果を確認した後に、残りの 50%を照射のこと」の条件付で許可された。理論に違わず、軽度皮膚反応のほかに有害事象なく、腫瘍はほぼ完全に縮退した。再発頭頸部がんに対する世界初の BNCT の成功であった。翌年のドイツ・エッセンでの国際学会における本症例の発表は、欧州における頭頸部がん BNCT の開始の契機ともなり、フィンランドの研究グループが本格的に頭頸部がん BNCT の研究を開始した。BNCT の歴史は真に「この時、動いた」のである。

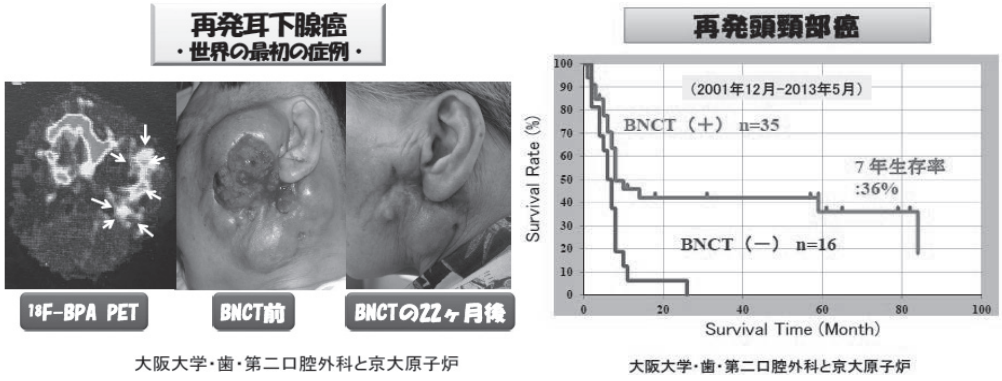


図4－1－1. 頭頸部がんの BNCT 例と成績

KUR では、この頭頸部がんの BNCT に触発されたように、様々ながんの BNCT 件数が急増することとなった。特に、脳腫瘍症例の増加が顕著であった。ここでは、1990 年代に KUR グループで考案された種々のアイデアが用いられ、新規診断の膠芽腫には BSH、BPA の ^{10}B 化合物の併用が採用された（図4－1－2）。この場合、CBE 値の異なる ^{10}B 化合物が同時に併用されるので、血中の ^{10}B 濃度では正しい線量評価ができない。各々の ^{10}B 化合物に由来する ^{10}B 濃度を弁別推定する必要があるが、これも併用考案者によって推定法のアイデアが出され、今日に至るまで用いられている。

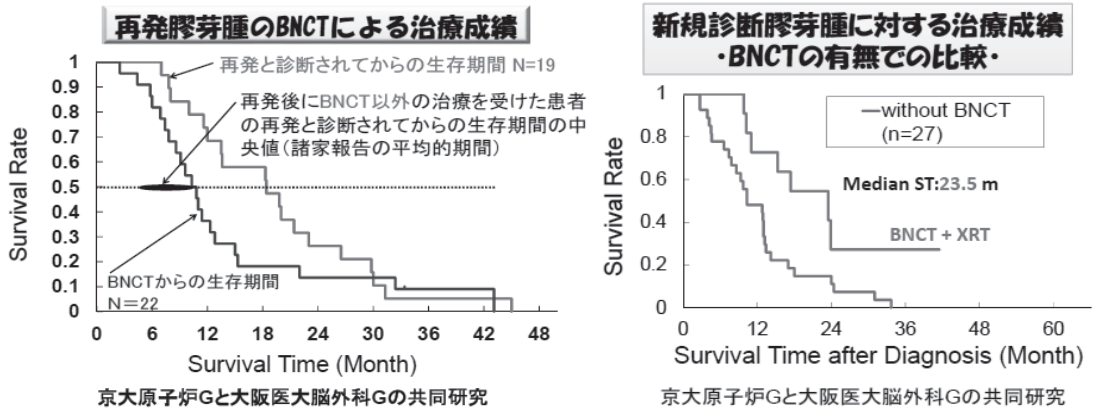


図4－1－2. 膠芽腫に対する BNCT 成績

頭頸部がんの BNCT では、BPA の粘膜反応における CBE 値が大きく、時に治療の障害となる。そこで、^{10}B 化合物の送達を可及的に限局化することと、がんでの濃度を高めるため、がん栄養動脈を経由して ^{10}B 化合物を超選択的に動脈注入する投与法が KUR グループによって考案され、共同研究者の協力の下に実施された。患側での T/N は改善しないが、対側の正常組織に対する濃度比は著しい向上が得られた。また、がんでの ^{10}B 濃度が高くなる結果、がんの速やかな縮退が観察された。ただ、正常組織における ^{10}B 濃度の推定等に難しい点があり、一般的な手法として定着させるには、こうした問題の解決が必要である。

多発肝臓がんに対する開拓的 BNCT の試みも行われた。肝がんにおける BNCT の適応の最大の問題点は、深部にある肝腫瘍まで中性子が到達しないことである。そこで、まず、ラット肝臓に腫瘍を移植して作成したラット肝腫瘍モデル動物を使用して、BSH と肝動注動脈塞栓剤として使用されているリピオドールを徒手的に懸濁させた BSH/リピオドール・エマルジョンをラット肝腫瘍に選択的に、かつ高濃度で集積させることが試みられた。この基礎実験では期待通りの結果が得られたので、臨床応用として数例に試みられたが、実験とは条件が大きく異なり、^{10}B 化合物のがんへの閉じ込めが不十分になる為と思われるが、期待した劇的な効果を得るには至らなかった。現在、新たな ^{10}B 化合物の送達、閉じ込めの手法を模索中である。

悪性胸膜中皮腫やがん性胸膜炎のような肺の表面の散布性病変に対する開拓的 BNCT も行われた。悪性胸膜中皮腫は、胸膜にびまん性に腫瘤を形成し、根治のためには、患側肺の全摘を伴う手術と化学療法、放射線治療の 3 つを組み合わせた治療が施行される。しかし、高齢、病気の進行などの理由により、多くの症例で手術は実施不可能であり、通常は化学療法が治療法として選択される。放射線治療は患側肺全体の照射になるため、通常適応にならないが、BNCT のがん細胞選択的治療の特長を活かすことにより、悪性胸膜中皮腫に対する BNCT の適応は可能であると考えられた。その背景には、これまでの X 線治療の経験から片肺全体が照射野に含まれた時の耐容線量が把握されていることに加え、マウス胸腔内に腫瘍細胞を移植して作成した悪性胸膜中皮腫モデルマウスでの治療研究の成果がある。すなわち、BNCT を施行したマウスの実験群では、他の対照群と比較して、有意に生存期間の延長が認められ、かつ正常肺組織に対して肺線維化の有害事象が他の対照群と変化がないことが確認され、胸膜中皮腫に対する BNCT の有用性が明らかになったのである。そして世界初の症例は、進行した悪性胸膜中皮腫の患者で、アスベストへの暴露歴を持つ患者であった（図4－1－3）。病巣は、一部、横隔膜に浸潤、更に腹腔にも進展し、胸部では肋間を穿通して皮下に腫瘤を形成、このために毎日モルヒネを必要とする痛みに苛まれていた。主治医の予後予測は 3 か月以内であった。治療後、旬日を経ずしてモルヒネを必要とする痛みから解放され、さらに病巣は徐々に縮退、生存期間は 10 か月に達した。このように、BNCT の効果は確かであった。その後、安全性を確認する多施設共同の臨床研究が、そして更に線量増を図った研究が進行中である。

他に BNCT の基礎研究として、BNCT における全身被ばく線量を生物線量として評価する目的で、BNCT と甲状腺がん治療で実施される放射線ヨード内用療法後の末梢血リンパ球に出現する微小核発生頻度が検討された。その結果、BNCT 後のリンパ球に出現する微小核発生頻度は、放射線ヨード内用療法の約 1/3 であり、低い全身被ばく線量で高い腫瘍線量投与が可能であることが明らかにされた。また、BNCT に他の療法（化学療法、ハイパーサーミアなど）を追加することにより、その抗腫瘍効果が増強することを明らかにした。使用するホウ素化合物による、その効果の差異について、

腫瘍内の増殖期細胞、休止期細胞分画に対する影響の観点から詳細な研究が実施された。

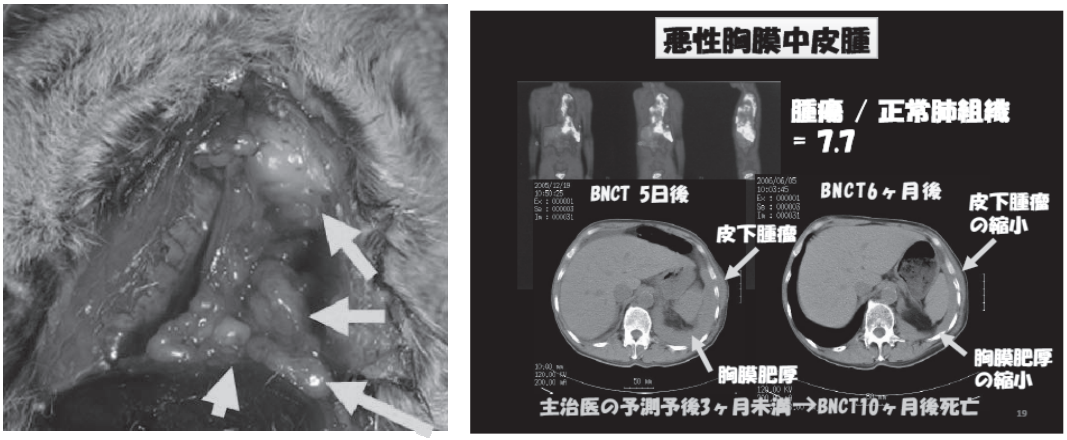


図4－1－3.　胸膜播腫腫瘍モデルマウス剖検像、および世界最初の悪性中皮腫に対する BNCT

(5) 研究の第Ⅲ発展期（平成 23（2011）年～）

斯かる研究の進展を予期し、加速器中性子源の開発プロジェクトが組織的に開始されたのは平成 15（2003）年であった（4-1-2「Ⅲ-1-1. 放射線医学物理学研究分野 1-1-1.BNCT のための照射システムおよび技術の開発・改善 (2) 加速器ベース照射システムの改善検討」参照）。平成 21（2009）年夏、ビームの物理特性試験、ステラファーマとの共同による生物特性試験へと進み、ビームの放射線生物学評価では、平均の RBE が 2.4 から 2.5 で、KUR よりもやや小さくなった。中性子のエネルギースペクトルを勘案すると全く妥当であった。

これらの検証を経て、平成 24（2012）年夏には、再発悪性神経膠腫を対象とする治験申請を行い、10 月から再発悪性神経膠腫を対象に、安全性を評価する薬事治験の第Ⅰ相が開始された。BNCT では、^{10}B 化合物と中性子の反応で制がん効果が生まれるので、適応拡大には、がん種ごとの治験が必要となり、広い適応の承認には長い時間を要する。その第一歩が踏み出された。

引き続き、平成 26(2014)年4月から切除不能な局所進行頭頸部腫瘍を対象に、安全性を評価する薬時治験の第Ⅰ相が開始された。これらの第Ⅰ相治験は、実験所に設置された加速器中性子源 BNCT 照射装置を使用して実施された。

上記第Ⅰ相試験の結果をうけて、平成 28(2016)年1月より再発膠芽腫24例に対する有効性を検討する第Ⅱ相治験が開始された。この治験は、実験所の加速器 BNCT 照射システムと同一性能のシステムが導入された総合南東北病院・南東北 BNCT 研究センターの2施設の加速器 BNCT 照射システムを使用して実施された。すでに、登録症例の照射は終了し、2020 年度の認可を目指している。

また、平成 28（2016）年 7 月には、総合南東北病院・南東北 BNCT 研究センターの加速器 BNCT 照射システムを使用して、切除不能な局所進行頭頸部癌患者21例を対象とした第Ⅱ相臨床試験が開始された。この治験も登録症例の照射は終了し 2020 年 4 月の認可を目指している。

これらの治験で対象となった加速器 BNCT 照射システムは、上記、総合南東北病院・南東北 BNCT 研究センターに加えて、大阪医科大学・関西 BNCT 共同医療センターに導入され2つの医療機関で加速器 BNCT が実施可能となっている。

(6) 原子炉実験所での BNCT 研究の発展を可能にしたもの

実験所での BNCT 研究の発展に寄与した要素の第一は、研究に責任を負う研究分野の存在である。更に言えば、BNCT 研究の全体を博観できる放射線腫瘍学とそれを直接支える医学物理学の専門家をそこに集めたことである。これにより、放射線科医、脳外科医、耳鼻咽喉科医、皮膚科医、外科医等々の臨床医から、生物学者、医学物理学者、化学者等に到る多くの関連研究者を糾合できた。第二は、研究用の中性子源(原子炉)の存在である。大学などの研究者に広く門戸を開いた利便性の高い全国共同利用の設備無くして、今日の発展が無かったのは明白である。第三は、特に平成 12(2000)年以降、BNCT 研究が、広く所内各分野・部門の研究者、技術職員、事務職員の方々の強力な支持を得たことである。第四は、京都大学はもとより、地元住民と自治体、特に熊取町や大阪府の方々の強い支援である。そして第五は、共同研究企業の住友重機械工業およびホウ素 10 を高純度に濃縮できる今や世界唯一で在阪企業でもあるステラケミファ、ステラファーマの努力である。

本分野では研究炉に加え、BNCT 臨床専用の新たな中性子源を実現するに到った。上記の 5 要素が維持される限り、我が国の、そして、また世界に冠たる BNCT 研究のセンターとしての実験所の地位が揺らぐことは無いと確信している。今後、新研究所として更に前進しなければならない。

4－1－1(II)． 溶液構造解析を基軸とした生体高分子の構造・ダイナミクスの研究

生体高分子の構造は溶液中では固定されておらず常に揺らいでいる。加えて、単に揺らいでいるだけでなくその揺らぎを特異的な構造を通し自律的な共同運動に変換し、機能を発現している。この生体高分子の動作原理を理解するために、溶液散乱法、超遠心分析法、質量分析法、動的光散乱法などの種々の手法を協奏的に利用して研究を進めている。溶液散乱法では、導入した X 線小角散乱装置にサイズ排除クロマトグラフィーも組み合わせたシステムを開発することで、多分散系・解離会合系などの動的なシステムにおける各要素の構造や様態の研究も可能にすることを目指している。さらに、中性子小角散乱法において重要な試料重水素化技術も重水素化率制御方・重水素化率測定法・高効率調製法・低コスト調製法など開発を進めるとともに、逆転コントラスト変調法を用いた複合体構造の解析を積極的に行っている。

キーワード:生体高分子ダイナミクス、SEC-SAXS、分析超遠心、中性子散乱、重水素化

食品蛋白質の構造研究

食品を構成している蛋白質のナノ構造はその物性と綿密に関連しているにも関わらずあまりよく知られていない。本分野では、共同研究者により、初めて純水中に単離することが可能となった小麦蛋白質グリアジンをターゲットにしてその構造を種々の条件下で測定・解析を行っている。 特に蛋白質濃度・塩濃度と温度依存性は重要であり、これらの解明は食品物性の改善に資するものとして注目されている。更に、世界で初めて高濃度の重水中で小麦を栽培することに成功し、その種子から重水素化グリアジンの抽出にも成功している。

また、最近では本研究はグリアジンだけでなく、大豆蛋白質のナノ構造研究にも展開している。

キーワード:グリアジン、ナノ構造、食品物性、重水素化

4－1－1(III)． メスバウアー・核共鳴散乱分光法

はじめに

原子核は、磁気モーメント、電気四極子モーメント等の固有の性質を有しているが、これらの性質に基づいた核物性的手法を用いることで、特定の原子核（同位体）における局所的状態を観測することにより物質・生命科学研究においてユニークな研究が可能となる。原子炉実験所では、研究用原子炉（KUR）や電子線型加速器による放射性同位体の生成により、このような研究を推進している。評価期間中である平成 24（2012）年度より科学研究費補助金により「同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発」（基盤研究（S）、平成 24（2012）年度－28（2016）年度、研究代表者：瀬戸 誠）が開始されたこともあり、以下にこれを中心にして関連する研究内容について述べる。

同位体（原子核）の利用による物質・生命科学研究

優れた特性あるいは全く新しい機能を持った物質を開発するためには、物質全体における平均構造・状態にとどまらず、特定の元素、不純物あるいはドープされた原子の局所的な構造や電子状態についての理解が重要になる。このような特定の原子の挙動を理解するためには、同位体の利用が大変有効である。同位体（原子核）の共鳴励起過程を用いる分光法として核共鳴散乱・吸収分光法（メスバウアー（Mössbauer）分光法）が知られているが、この分光法を用いることにより、物質中の特定の元素（同位体）だけの性質（電子構造、磁性、振動状態）を調べることが可能である。メスバウアー分光法では、安定同位体を含む測定試料に対して、外部の放射性同位体（RI）線源からγ線を照射し、そのγ線の吸収エネルギー依存性を測定することによってメスバウアースペクトルが得られるが、長寿命なRI線源が入手可能な^{57}Feや^{119}Snで多くの測定がなされてきた。これまで、放射性同位体線源を用いたメスバウアー分光法は、Feの磁性や価数（原子価）の測定による物性科学研究に加えて、化学、生命科学、地球科学等といった多岐に亘る分野で利用されてきた。例えば、NASAの火星探査機が採取した試料を、地球に持ち帰ることなくその場でメスバウアー効果測定を行ったところ、Jarosite（$(K, Na, X^{+})\ Fe_3(SO_4)_2(OH)_6$）を示すパターンがFeの測定スペクトル中に見出されたが、このことより、かつて火星には水が存在していたことが明らかにされた。

共同利用研究

一方、長寿命なRI線源が入手可能な^{57}Feなどの元素以外の場合には、原子炉や加速器などでRI線源を作製することによって測定が可能となる。このような測定対象となるメスバウアー核種を増やすことによって、現代の物質・生命科学研究で必要とされる多くの元素での測定が可能となる。そこで、多元素によるメスバウアー分光法の確立を目的の一つとしてプロジェクト採択共同利用研究「多元素メスバウアー分光法の凝縮系研究への高度応用」（平成26（2014）年度－平成28（2016）年度）を実施した。このプロジェクト研究は、多元素測定や強磁場下測定などの強力な分光法を用いることで、メスバウアー分光法の高度な応用研究と新しい方法論の構築を多様な研究分野において確立することを目指したものである。プロジェクト内での採択された各研究テーマと分担代表者は以下のとおりである。

◆ 多元素メスバウアー分光法を用いた新規材料の物性研究（京大原子炉、北尾真司）
◆ 新規誘電体関連材料のメスバウアー分光（帝京大、中村真一）

◆ ^{197}Au メスバウアー分光法による金ナノクラスター（$Au_n(SeR)_m$, etc.）の構造および電子状態の解明（東京大、小島憲道）
◆ ペロブスカイト関連鉄系超伝導体の磁性（慶応大、神原陽一）
◆ メスバウアー分光による金属酸化物上に吸着した金(III)イオンの触媒的還元反応の状態分析（九大、横山拓史）
◆ パーオキソ二核鉄(III)とトリオキソ二核鉄(IV)の相互変換に関するメスバウアースペクトルによる研究（同志社大、小寺政人）
◆ 磁鉄鉱定方位単結晶と単粒結晶のメスバウアースペクトル測定（大阪市大、篠田圭司）
◆ メスバウアー分光法を用いた異常高原子価 Fe ペロブスカイト酸化物の電子状態解明（大阪府大、山田幾也）
◆ メスバウアー分光法による新規極性酸化物磁性体の局所構造と磁気構造の評価（京大工、藤田晃司）
◆ 輝石単結晶の定方位試料のメスバウアースペクトル測定（大阪市立大、篠田圭司）
◆ マルチフェロイック Fe 酸化物の磁場中メスバウアー分光（帝京大、中村真一）
◆ ^{197}Au メスバウアー分光法による超原子価アンチモン中心と金中心の相互作用の研究（東邦大、高橋正）
◆ 高エネルギーイオン照射されたFe-Niインバー合金の局所磁場分布の解析（愛媛大、松下正史）
◆ メスバウアー分光による金属酸化物に吸着した金硫化物錯体の状態分析（九大、横山拓史）
◆ 混合アニオン層状磁性体のスピン密度波に関する研究（慶応大、神原陽一）
◆ 半導体検出器を用いた顕微メスバウアー分光法の有効性及び手法の検討(大阪市立大、篠田圭司)
◆ ミオグロビンのヘム鉄の電子状態と酸素親和性との相関の解明（筑波大、山本泰彦）
◆ 希土類 Er 元素メスバウアー分光手法の確立(千葉大、横田紘子)
◆ ^{67}Zn メスバウアー分光の開発（京大原子炉、齋藤真器名）

原子炉実験所におけるメスバウアー分光研究は、これら以外にも通常の共同利用研究においても実施されている。それらは論文発表などを通して数多く（例えば、Hiroaki Iguchi, *et al.*, Dalton Trans. **43** (2014) 8767、Soshi Iimura, *et al.*, Inorg. Chem. **56** (2017) 566、Shin Nakamura, *et al.*, Physica B **536** (2018) 620、Kanokwan Kongpatpanich, *et al.*, Chem. Commun. **50** (2014) 2292、Yuichi Negishi, *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **4** (2013) 3579、Satoshi Horike, *et al.*, J. Mater. Chem. A **1** (2013) 3675、Ryo Ohtani, *et al.*, J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. **23** (2013) 104）公表されている。

<u>核共鳴散乱分光法の開発研究</u>

メスバウアー分光法を活用するためには、長寿命の線源以外の測定を幅広く実施出来る事が重要である。その1つの方法は原子炉実験所で行われているように、中性子照射等によって短寿命の線源を生成して利用することであるが、この他に、高輝度の放射光を線源とするアプローチも大変有効であると考えられる。そこで放射光を線源としたメスバウアー分光法の開発研究を実施し、これまでには困難であった高い励起エネルギーの核種の測定を実現する放射光吸収メスバウアー分光法の開発に成功し、ほぼ全てのメスバウアー元素の測定が実現可能となった。この方法を用いることにより、高い輝度などの放射光の特徴を活かして通常のRI線源では測定が困難な超高圧下におけるEuの測定を実施し、水素化物の圧力による価数変化を測定することができた。さらに、その検出効率を大幅に改善することにより実用的な測定を実現した（R. Masuda, *et al.*, Appl. Phys. Lett., **104** (2014) 082411）。また、Niを含む生体関連物質（L. B. Gee, *et al.*, Inorg. Chem., **55** (2016) 6866）や超微粒子（R. Masuda, *et al.*, Sci. Rep., **6** (2016), 20861）の研究が行われた。さらに、適当なRI線源が存在し

ないためKの測定も可能となり、ゼオライト中のKの磁性についての研究（T. Nakano, *et al.*, Phys. Rev. **B**, 91 (2015) 140101(R)）なども行われた。

さらに、原子核の非弾性共鳴励起過程を用いた核共鳴非弾性法は、本研究分野のグループと東大、KEKのグループとの共同研究により世界で初めて観測する事に成功したものであるが、金属・半導体中における ppm オーダーの微量元素のフォノン測定も可能とするものである。また、この方法を発展させることで、これまでの分光法では不可能であった、電子状態によりサイトを特定した部分フォノン状態密度の測定法を開発し、混合原子価鉄化合物であるマグネタイトのAサイトとBサイトのフォノン状態密度を分離して測定する事にも成功している。核共鳴非弾性散乱分光法は、原子核の共鳴準位のエネルギーに近いX線を試料に照射し、固体のフォノンもしくは分子振動の生成・消滅をともなう原子核励起を起こさせることにより，その振動の様子を調べる分光法である。そのエネルギー準位が、原子核の種類により異なることと、極めて狭いエネルギー幅をもつことから複雑な分子の場合であってもある特定の元素に注目した振動が測定できることが特徴である。金属蛋白質の振動分光法としては共鳴ラマン分光法もしくは赤外吸収分光法が主たる手法であったが、この方法は選択則無くすべての鉄原子の振動モードの観測を可能にする。近年この方法は、 鉄を含む蛋白質活性点の分子振動構造を強力に研究する手段として活用されるようなってきた。我々は、スタンフォード大学 （Stanford Univ., USA）、ペンシルベニア州立大学（Pennsylvania State University, USA）、Advanced Photon Source（USA）、高輝度光科学研究センター（JASRI）と共同で、単核非ヘム鉄酵素ハロゲナーゼSyrB2（シリンゴマイシン生合成酵素2）の反応中間体であるFe(IV)=O中間体の構造解明にこの分光法を適用し、Fe 振動状態密度および構造モデルに対する密度汎関数法（DFT）計算から、酵素のヒドロキシル化およびハロゲン化を引き起こすFe(IV)=O中間体の構造を解明することができた（S. D. Wong, *et al.*, Nature, **499** (2013) 320）。さらに、二核非ヘム鉄酵素などの酵素系の研究も実施した（例えば、Park, *et al.*, J. Am. Chem. Soc., **139** (2017) 7062, K. Sutherlin, *et al.*, J. Am. Chem. Soc., **138** (2016) 14294, K. Park, *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **110** (2013) 6275, K. Park, *et al.*, Angew. Chem. Int. Ed. **52** (2013) 1294）。

さらに、原子核の励起状態の有限の寿命を利用した超高分解能準弾性散乱法の開発を行った。この方法では、例えば ^{57}Fe の励起状態のエネルギーが 14.4keV（波長に換算して Å）であるのに対し励起状態の寿命が 100 ns 程度と十分長いことから、Å 程度の構造と対応させて 100ns を中心としたサブ ns から 10 μ s 程度のダイナミクスを測定できる。特に、現代物理学に残された未解明課題であるガラス転移研究において、過冷却状態の液体がガラス状態へ転移する過程において重要であると考えられているサブ nsから μ s程度のレンジのスローダイナミクス研究に有効である。我々はこの分光法の検出効率の大幅な向上を実現し（M. Saito, *et al.*, Sci. Rep., **7** (2017) 12558）、液体やゴムなどのスローダイナミクス研究を行なった（T. Yamaguchi, *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **9** (2018) 298, T. Kanaya, *et al.*, J. Chem. Phys. **140** (2014) 144906）。

以上のように、核共鳴散乱・吸収分光法（メスバウアー分光法）は（放射性）同位体を利用することで、これまでには困難であった様々な測定を実現するもので、多くの成果を上げることができた。特に研究用原子炉および電子線型加速器を有する実験所では短寿命のRI線源を生成可能であり、これらを最大限に活用することで、元素（同位体）を特定した強力な測定法としてメスバウアー分光法のさらなる発展が期待される。

4－1－2. 各研究分野の研究概要

Ⅰ. 原子力基礎科学研究本部

Ⅰ－1. 原子力基礎工学研究部門

Ⅰ－1－1. 原子炉安全管理工学研究分野

本研究分野では、電子線型加速器（京大炉ライナック）等の加速器パルス中性子源を用いた核反応データの測定、非破壊分析技術の開発等の研究、また、京大炉ライナックをテラヘルツ光源として利用するための開発及びその利用を行っている。さらに、京都大学研究用原子炉 KUR の安全管理に関連して、主に KUR 炉心の核特性に関する研究を行っている。この他、炉物理研究として、モンテカルロ法による核計算手法の開発、次世代開発に関する研究を進めている。

1. パルス中性子源を用いた研究

1）核反応データ測定に関する研究

中性子の核反応データ（核反応断面積）は、原子力工学の各分野において基礎的なデータとして広く利用されている。核データは、原子力利用の初期段階から測定・評価が行われており、その成果は複数の評価済み核データライブラリとしてまとめられているが、同じ核種でもライブラリ間で値が異なる場合があるなど、いまだに不確定性が高い。

本研究分野では、京大炉ライナックをパルス中性子源として、これまでに多くの核種の核反応断面積の測定を行っており、近年では、革新的原子炉開発及び長寿命放射性廃棄物の核変換処理に向けての基礎研究として、マイナーアクチニド（MA）及び長寿命核分裂生成物（LLFP）等を対象とした研究を行ってきた。直近では、核データの高精度化に資することを目的とした中性子捕獲反応断面積委測定における系統誤差評価に関する以下の研究を行っている。

- ^{151}Eu, ^{153}Eu 熱中性子断面積の絶対値決定：C_6D_6 検出器（全エネルギー検出器）に対する波高重み関数を開発し、評価値間に不一致の見られた ^{151}Eu, ^{153}Eu の熱中性子断面積の絶対値を決定することに成功した。^{151}Eu については JENDL-4.0 及び JEFF-3.2 の評価値を支持する結果を得た。^{153}Eu については ENDF-B/Ⅶ.1 の評価値を支持する結果を得た。
- 測定におけるバックグランド成分の解明：中性子捕獲断面積測定において、水モデレータで発生した捕獲ガンマ線がバックグラウンドに与える影響を明らかにし、そのバックグラウンド評価の汎用的な手法を開発した。さらにその手法の妥当性を、^{151}Eu, ^{153}Eu の測定により検証した。
- 測定データ補正方法の改善：試料中での中性子自己遮蔽・多重散乱に関する補正法について、実験と解析を組み合わせた新たな手法を考案し、その妥当性を ^{232}Th の測定により検証した。
- 上記のバックグランド成分評価及び新たな補正方法を用いて、^{151}Eu, ^{153}Eu の中性子捕獲断面積測定を行い、評価済み核データライブラリの精度向上に寄与する結果を取得した。

2）核燃料物質に対する非破壊分析技術の開発

京大炉ライナックの様なパルス中性子・制動 X 線混在場を用いて、核種濃度、（熱特性、形状等

の）物性情報を定量、可視化する総合的な非破壊分析システムを開発し、その実用性を評価した。その結果、開発した総合測定システムと手法は TRU 燃料を模擬した核燃料物質及び MA、長寿命核分裂生成物（LLFP）を組み合わせた被検体の非破壊分析に対して有効であることが実証された。本システムが実用化できれば、従来の照射後試験では得られなかった当該燃料内部の核的・物性的な情報である核燃料物質量、核種組成の弁別・空間分布、温度分布が非破壊で得られるようになり、次世代原子力システムの安全性向上に資することができるとの結論を得た。

本研究で実施した核燃料物質及び MA、LLFP に対する中性子イメージングは国内に例が無く、本事業で得られた結果が唯一である。特に核燃料物質に対する核種弁別型中性子イメージングは世界初のデータである。

本研究は、福島第一原子力発電所事故で発生した溶融燃料（燃料デブリ）内の核種定量、形状評価にも応用ができるため、福島第一原子力発電所の廃炉措置への貢献や、青森県六カ所村で生産が予定されている J-MOX に対する健全性評価、例えば Pu スポットの検知への適用が期待できる。尚、本研究は文部科学省国家課題対応型研究開発推進事業の原子力システム研究開発事業において、「次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発（平成 26（2014）年度～平成 29（2017）年度）」として実施した。

3）ドップラ効果測定に関する研究

ウランを用いない MA 核変換高速炉開発において、炉心のドップラ係数を改善する方策として、金属燃料合金材の Zr の代わりに Mo や Nb を用いることが将来オプションのひとつと考えられる。しかし、これらの核種の共鳴エネルギー領域の中性子捕獲断面積の精度、すなわちドップラ反応率の評価精度は不明確であるため、燃料合金の代替候補材である Mo, Nb を対象として、京大炉ライナックパルス中性子源を用いて試料による中性子吸収率を TOF 法で測定することにより、共鳴エネルギー領域におけるドップラ効果による中性子捕獲率変化を取得した。尚、試料はヒータを用いて 600K まで昇温させた。その結果、Mo 試料についてはエネルギー10eV から 1000eV に存在する Mo 同位体の主な共鳴の観測及びドップラ効果による反応率変化の測定に成功した。また、Nb 試料については、10 eV～10 keV のエネルギー範囲に於いて 10 b 程度の共鳴まで観測に成功した。更に、本研究の発展としてドップラ効果による反応率変化と共鳴毎の自己遮蔽因子の相関性について検討を行った。その結果、自己遮蔽因子を指標とすることで、今回の研究対象となる金属燃料代替合金材の核種・共鳴毎の反応率比を評価可能との知見を得た。即ち、既存の実験値或いは計算値を用いることで、実験が困難である核種・共鳴の反応率比を予測することが可能である見通しを得た。これは、今後、理論及び実験の両面から詳細な検討が必要であるが、世界的にも例を見ない本研究独自の知見である。

4）新型減速材中の温度依存中性子スペクトルの測定

宇宙用原子炉開発において水素化カルシウム等の固体減速材の使用が検討されている。しかし、水素化カルシウム等を減速材として用いる炉心の場合、温度上昇に伴う水素の熱散乱増加によって熱中性子スペクトルが変化し、炉心の臨界特性や制御棒反応度などに大きな影響を与える。そのため、特に固体減速材候補である CaH2 は熱中性子散乱則データが不足しており、数値計算で得られた CaH2 内における温度依存熱中性子スペクトルを実験的に検証することは重要であることから、京

大炉ライナックを用いて、CaH2 を昇温させて温度依存熱中性子スペクトルを測定している。

2. 加速器テラヘルツ光源の開発と利用研究

電子加速器（ライナックや放射光リング）を用いて、テラヘルツ波領域、ミリ波領域におけるコヒーレントな放射の基礎的性質の解明、新たな分光システムの開発、光源としての利用研究を進めている。光源開発としては、ワイヤーグリッド偏光子からのコヒーレント遷移放射を用いて新たな円偏光生成手法を開発したほか、円錐形媒質を用いて平面波チェレンコフ放射の生成に成功した。利用研究では、実験所で開発したテラヘルツ近接場イメージング分光システムを用いて、腫瘍組織片などの生体関連物質のテラヘルツイメージングデータの取得に成功したほか、超イオン導電体、イオン液体のミリ波誘起イオン伝導の基礎的性質を実験的に明らかにした。

3. 京都大学研究用原子炉（KUR）の安全管理に関する研究

KUR では昭和 39(1964)年の運転開始以来 40 年以上にわたり高濃縮ウラン燃料を用いてきたが、平成 22(2010)年 4 月に低濃縮ウラン燃料を用いた炉心に移行し、以降は低濃縮ウラン炉心による運転を行っている。当研究分野では、燃料の低濃縮化のための核設計及び安全評価を実施し、低濃縮ウラン炉心への移行のための設置変更に貢献した。また、移行後は低濃縮ウランを用いた一連の運転データを収集し、その解析を行うことにより、低濃縮ウラン炉心の核設計手法（燃焼計算を含む核計算コード及び核データライブラリ）の検証を行っている。このように検証された手法は、KUR の運転管理に用いられるとともに、平成 23(2011)年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて策定された新規制基準の適合性確認審査（安全審査）において活用されている。

4. モンテカルロ法による核計算手法の開発

1) 炉定数計算手法の開発

原子炉炉定数をモンテカルロ法を使って高精度に計算するための手法開発を行った。燃料集合体からの中性子漏洩を考慮できるようにするために燃料集合体計算に B1 近似を導入し、これをモンテカルロ法で計算すべく新たに複素数ウェイトを導入する手法を開発した。

2) 炉雑音解析手法の開発

実機発電炉内の炉内構造物の異常振動等の異常状態を、中性子雑音情報を使って特定するための技術開発が欧州原子力共同体 EURATOM で計画されている。その計画に参画し、異常状態に起因する中性子雑音の解析を、従来の近似の多い拡散理論に代わって、厳密な解析が可能なモンテカルロ法で行うための新たな手法を開発した。周波数領域での複素数ウェイトを用いたモンテカルロ計算法を新たに開発し、これを連続エネルギーモンテカルロコードに組み込み、周波数領域での炉雑音解析を可能とした。現在進行中の EURATOM の研究計画の中で、実機の炉雑音解析に適用し、炉心健全性診断技術の開発に適用していく。

実機発電炉における雑音源のひとつとして水中のボイドの発生、消滅、移動があるが、これらの中性子雑音への影響を明らかにすべく、ボイドに起因する中性子雑音を解析するモンテカルロシミュレーション技術を開発し、ボイドと中性子雑音との相関を明らかにした。

3) 感度解析手法の開発

原子炉の実効増倍率への核データによる影響を評価するための感度解析手法をモンテカルロ法

で行うための開発を行った。感度解析手法として一般的によく使われている IFP (iterated fission probability)法にかわり、微分演算子法を導入するとともに、計算に必要な膨大な記憶容量を大幅に低減させる手法を開発した。

5. 次世代炉開発に関する研究

1) 実験的研究

エルビア入り高燃焼度燃料の開発として、PWR と同等の中性子スペクトルを持ち、且つ実機で想定されている濃縮度 9.6wt%、エルビア濃度 1.12wt%の炉心を KUCA 固体減速架台に構築し臨界実験を実施した。また、即発ガンマ線分析法(PGA)を用いた燃料中のエルビア検認手法の開発を行った。

KUCA や京大炉ライナックを用いて、MA とU の核分裂率比測定を実施している。この研究は、MA 核データの積分実験に位置づけられ、実験データは核データライブラリの検証や次世代核データライブラリ作成にフィードバックされる予定である。

2) 数値計算による研究

高速増殖炉の核特性解析値の不確かさの定量的評価手法を確立するために、原型炉「もんじゅ」及び大型高速炉の核特性解析値に対し、核データ、解析手法に起因する不確かさの評価、及び、断面積調整法やバイアス因子法などの不確かさ低減手法の適用を行っている。また、高速炉では MA の核変換が可能であることから、MA 核変換高速炉設計開発において、燃焼感度解析を実施し、MA 核変換量の不確かさ解析を実施した。

Ⅰ－1－2. 核物質安全管理工学研究分野

本研究分野では、核物質の安全管理、核物質保障措置及び核物質防護のあり方、核物質の安全・効率的利用を目指した革新型原子力システムの検討等、核燃料物質とその管理に関連した実践的な研究活動を推進している。具体的には、原子炉実験所で所有する原子炉運転用のウラン燃料や研究用に使用する少量の核物質について「核物質の積極的な平和目的使用を妨げないような核物質安全管理」を目指し、効果的かつ効率的な管理のあり方を探求するとともに、核物質の有効利用を目的としたトリウム燃料や高燃焼度燃料を用いた次世代型原子炉システムの特性について研究している。主要な研究活動としては、京都大学研究用原子炉（KUR）の燃料低濃縮化に係る核特性・安全性評価、革新的原子炉システムやトリウム燃料サイクルに関連したKUCA臨界実験・LINAC実験及び解析、中性子／γ線場測定による核燃料物質検知に係る基礎研究が挙げられる。

一方、本研究分野は、京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー社会・環境科学専攻の協力講座としてエネルギー政策学を担当し、資源小国である我が国にとって重要なエネルギー源である原子力に関し、エネルギー政策の二本柱であるエネルギー安全保障と地球環境影響の双方の視点から、原子力エネルギーを含めたエネルギーミックスのあり方について、エネルギーセキュリティの定量的評価を中心とした多角的な面から文理双方の視点に立った研究活動を行っている。

キーワード:核燃料管理、核不拡散、保障措置、エネルギー安全保障、次世代型原子炉

Ⅰ－1－3. 放射性廃棄物安全管理工学研究分野

当分野は原子炉実験所設立当初から放射性廃水処理や放射性廃棄物の固化に係るものを中心と

した研究テーマを掲げて発足したが、近年では放射性廃棄物処分固化体からの放射性物質の環境への移行評価法、さらには対象を放射性物質だけでなく有害微量汚染元素に広げてその挙動解明に関する研究も行ってきた。

原子力施設自体が廃棄物となる時代を迎え、廃止措置に関連して京都大学研究用原子炉の廃棄物のインベントリーデータのデータベース化に取り組んでいる。この際、中性子輸送コードによる原子炉各部位の中性子放射化生成核種と生成量を計算することにより、廃止措置時に発生する放射性廃棄物を材料、放射性物質濃度ごとの量を推定するとともに、原子炉実験所の中性子照射設備を用いて実コンクリート片を照射し、コンクリートの放射化放射能インベントリーを実測することにより計算結果を検証した。また、解体工事、作業被ばく、解体コストなどを考慮に入れた場合の最適なデコミッショニング方法について検討を行っている。

有害微量汚染元素に着目した研究としては、フォールアウト重金属の土壌環境中での挙動解明を発展させた事に加え、子供を対象にした有害元素の接触ばく露評価に関する研究を行った。これは乳幼児や子供らの特徴的な行動様式、すなわち色々なものに触れ、その手や指を舐めたりものを口に入れたりすることに着目し、子供が遊んだ後の手指を拭き取りそこに付着している重金属を定量的に把握し接触によるばく露評価を行ったものである。

東京電力福島第一原子力発電所の発生以降は負荷された放射性物質の除染手法、除染廃棄物の効率的な処理処分方法、現地サンプリングに基づく放射性物質の挙動、被ばく線量評価等の研究を開始した。

放射性物質の除染手法の開発においては、バーミキュライトやベントナイトといった天然鉱物を素材に用いて特に放射性セシウムを効率的に吸着する吸着剤の開発を行った。

除染廃棄物に係る研究においては「焼却・溶融処理を用いた放射能汚染土壌・廃棄物の放射能分離・減容・固定化技術の確立」、「放射性 Cs および Sr で汚染された廃棄物の熱処理を中心とした最終処分技術に関する研究」、「放射性 Cs や Sr で汚染された廃棄物の中間貯蔵と最終処分のための安定化技術に関する研究」などの外部資金プロジェクトの研究分担として活動を行っている。これらは、土壌を大量に含む除染廃棄物を焼却処理した場合の土壌からの放射性物質の溶出挙動の検討、焼却灰中に含まれる放射性物質を安定的に閉じ込める固化体の開発、最終処分場に送る廃棄物をできるだけ減容するため摩砕やファイトレメディエーションといった土壌から放射性物質を分離する手法の開発、等多岐にわたる研究テーマを含んでいる。

放射性物質の環境中挙動に関しては、サンプリングした環境試料からセシウムを分離し、その同位体(^{133}Cs, ^{134}Cs, ^{136}Cs, ^{137}Cs)を質量分析計で詳細に測定することに成功した。

被ばく線量評価に関する研究では、当分野で継続して行っている広島・長崎原爆による放射線量の再評価、セミパラチンスク核実験場周辺村落の約 50 年前の空間線量評価等で培った研究手法を用いて、飯舘村やいわき市における初期被ばくの評価を行った。

また、今後発展させていく研究テーマとしては、原点に回帰して放射性廃水処理に係る研究に取り組んでいる。高塩濃度の放射性廃水を効率的に処理するための前処理法の開発や、これまでは処理が難しいとされたトリチウム(T; 三重水素)水の処理手法の開発に着手している。特にトリチウム水の処理は実験所で発生するものだけではなく、事故由来のいわゆる汚染水中のトリチウムの処理を目的にしている。これはスピネル型結晶構造をもった二酸化マンガン用い、結晶内で H と T とを選択しようとするものである。

Ⅰ－1－4. 放射線安全管理工学研究分野

原子力を安全に利用していく上で放射線の管理はきわめて重要であり、本研究分野では、環境・人体・施設のさまざまステージにおける放射線の安全な管理に関わる研究を実施している。特に、平成 23(2011)年 3 月の東京電力福島原子力発電所の事故を契機として、放射線の安全管理に関わる研究や実務は注目を集めてきた。本報告書の対象期間である平成 24(2012)年から平成 29(2017)年は、福島原発事故に対応した研究や、政府・関係機関からの要請による委員会等の業務、マスコミや一般の方からのご質問等への対応など、きわめて多忙な業務を遂行した。加えて、事故に伴う原子炉等の規制の強化とそれに対応した施設検査等の実務を担当している。現在、下記の 4 つの課題を中心に、工学、農学、環境科学、医学などの多分野の専門家が協力して研究を進めてきた。なお、当分野は農学研究科地域環境科学専攻の協力講座として放射線管理学分野の教育と研究を担当するとともに、教員全員が放射線管理部の部長、部員として管理の実務も担当している。

1. 原子力施設やその周辺環境における放射線安全管理

原子力施設やその周辺環境を対象に、実際の施設の放射線管理の実務と並行して、より高精度で信頼性が高い安全管理手法の開発に関する研究などを進めている。具体的には、加速器の利用に伴って発生する放射性エアロゾルに関する研究、BNCT 治療に伴う作業者の放射線管理に関する研究、合理的な放射線管理手法の開発などを実施した。成果は、学術誌に発表するとともに、実際の管理運営の合理化・効率化に活かされている。

2. 放射性廃棄物処理に由来する放射性物質の環境動態や線量評価

原子力施設から環境中に放出された放射性核種の内部被ばく線量評価の妥当性向上に資するため、環境中での放射性核種の動的コンパートメントモデルの構築及び移行パラメータの同定に関する研究を進めている。また、高レベル放射性廃棄物を核変換して環境への負荷を低減するとともに、有用な元素を回収して利用しようという革新的な研究プロジェクト「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化（内閣府 ImPACT 研究、藤田玲子プログラムマネージャー）」の一部「長寿命核分裂核種の再利用に伴う放射線被ばく線量の評価とクリアランスレベルの検討」を担当し、高レベル廃棄物からの有用元素の利用と放射線管理という革新的な研究課題を担当している。

3. 原子力施設等で生じる誘導放射能の計測と安全管理

原子力施設や加速器施設では使用する機器や室内の空気などに誘導放射能が生じる。最近、加速器が広く研究や医療、工業で利用され、放射線安全の点でも重要な問題となっていることから、適切な計測手法と安全管理手法に関する研究を進めている。特に、国際的な共同研究に重点をおき、米国フェルミ研究所やスイス CERN 原子核研究所などで高エネルギー加速器施設における 2 次中性子に関するデータの取得実験を実施するなどして着実に成果を得ている。また、芳香環プラスチックを検出素子とした放射線計測に関する研究を進め、基礎的な光化学的な理論解析から実用的な測定器への応用に至る広範な研究を実施し、世界的に注目を集めている。

4. 放射線や環境有害物質の健康への影響と危険度（リスク）

生物学ならびに保健物理学的見地から放射線防護の基礎データの集積、及び KUR を用いたホ

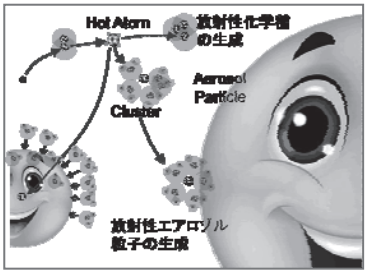
ウ素中性子捕捉療法(BNCT)の高度化を目指した研究を行っている。具体的には、DNA 損傷と修復を指標とした中性子線やBNC粒子線の生物学的効果比、中性子照射による突然変異誘発を指標とした生物影響研究を実施してきた。これらの研究は、文部省科学研究費や内閣府原子力安全推進研究などの支援を受けて実施しており、中性子線や BNC 反応による粒子線の生物効果に関する数少ない基礎・基盤的な生物効果データを提供してきた。また、環境省放射線健康影響委託研究として「短半減期核種の寄与と合理的な線量係数を考慮した内部被ばく線量評価の高精度化に関する研究」を実施し、福島原子力発電所の事故後の短半減期核種による線量評価と健康影響について研究を進めている。

Ⅰ－1－5. 同位体製造管理工学研究分野

同位体製造管理工学研究分野では、研究用原子炉(KUR)やホットラボ及び原子炉実験所内にある、電子線形加速器やガンマ線照射装置を用いて、自然科学のあらゆる研究分野に有効に利用できる同位体の製造やその利用に関する研究を行っている。それらの成果は、化学・物理分野はもちろん、原子力・原子炉物理、原子核物理、放射線化学等の分野においても重要なものと言える。以下に、現在、研究室で取り組んでいる研究のいくつかを紹介する。尚、研究室の詳細は、研究室ホームページ(http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/IPA/)参照のこと。

-加速器施設および原子力施設で生成する放射性核種の性状の研究-

放射線施設や原子炉施設の運転に伴い生成する放射性核種がどのような化学形や形態(ガス状、エアロゾル状、コロイド状など)となるのかを、放射化学、放射線化学、エアロゾル工学などの観点から研究している。放射線場での化学反応、内部被曝防護、および原発事故により放出された放射性核種の挙動の理解に役立つ(下図は空気中で生成した放射性原子がたどる安定化の過程)。近年は、東京電力福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性エアロゾルにも着目し、KUR や加速器を用いた様々な条件下で放射性エアロゾルを発生させ、生成過程における化学的な効果などを詳細に調べ、放射性エアロゾルの生成メカニズムの解明に取り組んでいる。これらの研究を進めた結果、エアロゾルを構成する化学物質の種類や濃度が放射性エアロゾルの生成に影響を与えていることが明確になり、その生成メカニズムの定量的な解釈に大きく近づいた。今後は対象とするエアロゾルの種類や粒径を拡張することで、放射性エアロゾルの生成モデルの構築を目指す。また、事故を起こした原子炉内で生成した不溶性の放射性微粒子にも着目し、採取した微粒子の性状分析の結果をもとに、事故時の原子炉内の状況を推定する試みも行なっている。



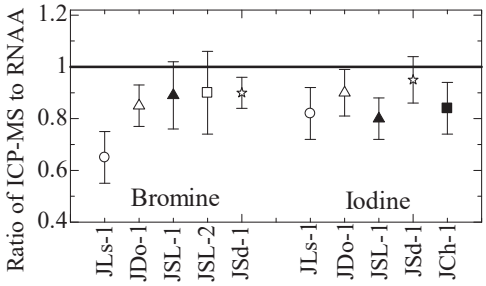
-中性子放射化分析法(その1)-

研究用原子炉を用いた研究の一つに、中性子放射化分析法がある。はやぶさ探査機が持ち帰った、小惑星イトカワの粒子の分析には、KUR を用いたこの分析法が使われた。この手法は、分析を行うサンプル中にどんな元素が、どれくらいの量含まれているかを調べる方法であり、元素によって

は極めて少ない量を感度良く、正確に調べることが可能である。そのためには、サンプルに大量の中性子を当てる必要があり、そこで原子炉が必要となる。

近年、我々のグループでは、首都大学東京のグループと共に従来の放射化学的中性子放射化分析法(RNAA)を改良し、それを用いて堆積岩標準試料中の微量ハロゲン元素（塩素、臭素、ヨウ素）を精密に定量した。

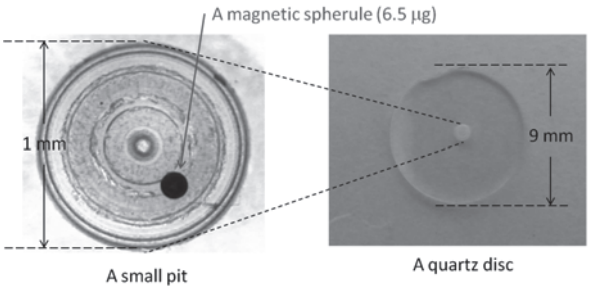
本研究で得られた堆積岩標準試料中の臭素、ヨウ素の定量値と、現在、一般的な元素分析法として汎用的に用いられる誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS) により得られた定量値を比較すると、後者が系統的に低くなる傾向が示され（下図）、ICP-MS の際の試料の前処理の段階で、臭素、ヨウ素が定量的に回収されていない可能性を示唆した。今後、本研究で用いられた RNAA が宇宙・地球化学分野において、微量ハロゲン濃度が重要である試料（隕石試料、マントル起源岩石など）に適用されることが期待される。本成果は、原子炉実験所の研究用原子炉及びホットラボラトリを用いて得られた結果であり、平成 25(2013)年 5 月 27 日にアメリカ化学会誌 ”Analytical Chemistry” に掲載された。



また我々は、この確立した手法を用いて、米国地質調査所が発行した標準物質のハロゲンの定量分析をしたところ、いくつかの試料において、報告済みの文献値との不整合がみられた。この原因は、文献値において、機器分析の前段階で行われるハロゲンの抽出操作時に、ハロゲンが定量的に回収できていないこと、及び試料の前処理方法がそもそも不適切であったことで説明された。

-中性子放射化分析法（その2）-

この分析法は、隕石などの宇宙物質の分析に、長年使われてきた。宇宙物質中には、地球物質とは大きく異なる存在度をもつ元素があり、それらの元素を分析するにあたり、この手法が感度、精度とも非常に優れているためである。当研究室では、ここ数年、この手法を用いた研究を継続しており、平成 28(2016)年には南極氷中のいくつかの微小試料を分析し、その元素分析結果から、そのうちの一つが地球外起源をもつと考えられることを説明した論文を発表した。（右図は、6.5 ・g の微小試料を石英板のピットに収納し、中性子を照射する方法を示している。）



また我々のグループでは、深海底の堆積物中から回収した宇宙塵と呼ばれる微小な宇宙物質試料の分析をこの手法により行い、それらが宇宙空間のどんな物質から、どのような影響をうけて形成されてきたのかについても研究してきた。

-電子線形加速器を用いた医療用放射性核種の製造技術についての基礎検討-

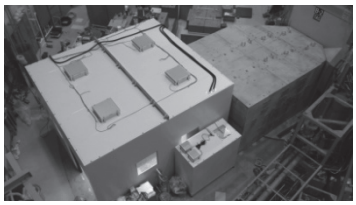
全身にある臓器の機能診断や、様々な疾患の内用療法等の核医学検査・治療に使われる放射性医薬品に有用な放射性同位体(RI)の多くは、海外の原子炉や加速器で製造され、供給されていた

が、様々な理由により世界的な供給不足が危惧されるようになってきた。近年の研究テーマとして当研究室では、将来の国内における医療用の RI の安定供給の実現を目指して、京大複合研の電子線形加速器を用いて、医療用 RI である ^{67}Cu, ^{99m}Tc 等の製造を試みている。特に最近、民間の企業との共同研究の結果、^{99m}Tc の親核種である ^{99}Mo の製造量と、^{99}Mo からの ^{99m}Tc の分離法に関する新しい知見を得た。

-高エネルギー陽子誘起核反応における軽核の生成断面積の測定-

宇宙線生成核種と呼ばれる ^{10}Be, ^{26}Al 等の軽核は、様々なエネルギーをもつ宇宙線による核反応によって生成し、隕石中に多く見られる。しかし ^{10}Be, ^{26}Al 等の生成機構については、未だに明らかになっていない部分が多く、これらを詳細に議論するためには、それら軽核の生成断面積に関するデータが必要不可欠である。また、それらの生成断面積は標的核（生成元となる原子核）の質量数と照射粒子のエネルギーに依存する値であり、この依存性が生成機構の議論に最も重要な知見を与える。この依存性の解明を目指し、当研究室では最近、120 GeV 及び 400 MeV の陽子を幅広い質量数の標的核に照射し、加速器質量分析法を用いて、軽核の生成断面積の測定を行い、生成断面積と標的核の質量数や照射粒子のエネルギーとの依存性に関する論文を発表した。

-B2 実験孔での中性子照射実験-



圧気輸送管照射設備や水圧輸送管照射設備などでは照射することができなかった大きなサイズの試料や液体試料の中性子照射を行ったり、中性子を照射しながら試料の様子を直接観察したりすることができる照射装置が B2 実験孔に導入された。（右図は B2 実験孔の様子。） この照射装置を用いることでこれまでにない環境での中性子照射実験が可能になり、中性子を利用した新しい科学研究が期待されている。

Ⅰ－1－6. 核変換システム工学研究分野

核エネルギーは核分裂反応などの核変換反応により放出されるエネルギーであり、これを有効利用するに際しては、高効率かつ安全なシステムを構築するための工学的研究が不可欠となる。本分野では、京都大学臨界実験装置(KUCA)を用いた炉物理実験を軸として、中性子輸送現象に基づく核変換システムの核特性に関する基礎研究を行っており、核分裂連鎖反応に基づく核変換システムである原子炉の臨界性に関する研究、原子炉特性に関する研究、未臨界度等の核燃料を取扱う施設の安全性解析に関する研究、さらに核変換により発生するγ線や中性子を測定する技術とその応用に関する研究を行っている。具体的には、

1) 加速器駆動システムに関する研究
2) トリウム燃料を利用した原子炉に関する研究
3) 未臨界度測定法に関する研究
4) 新たな放射線計測装置の開発
5) 放射線計測技術のセキュリティ分野への応用に関する研究

などを行っている。なお、これらの研究は国内大学等の研究者と連携した共同利用研究として行われている。

1) 加速器駆動システムに関する研究

加速器で発生させた中性子を未臨界原子炉に打ち込んで核分裂連鎖反応を維持する加速器駆動システム(以下、ADS)は核燃料の増殖特性とマイナーアクチノイド等の核変換処理特性に優れていることから、将来の核エネルギーシステムとして注目されている。KUCA では平成 21(2009)年以降、FFAG 加速器と KUCA の A 架台を組み合わせて ADS の実験的研究を実施してきた。この実験では反応率測定、未臨界度測定、中性子炉雑音測定、動特性測定、外乱入射時の特性測定などを行い、ADS の基礎特性の研究を行っている。

キーワード:加速器駆動システム、未臨界、KUCA

2) トリウム燃料を利用した原子炉に関する研究

トリウム資源は地球上にウラン資源の約 3 倍あるとされており、我が国のエネルギーセキュリティーの観点から、この利用法を確立しておくことが重要であると考えられる。また、トリウム燃料原子炉では、現行と同様な熱中性子炉でも燃料増殖が可能であり、超ウラン元素の発生量も少なくなるものと期待される。KUCA では設置当初からトリウム燃料サイクルに関する研究を継続して行ってきており、トリウムを装荷した原子炉の特性に関する測定、燃料の増倍特性に関する研究を実施してきた。

キーワード:トリウム燃料サイクル、燃料増殖

3) 未臨界度測定法に関する研究

核燃料取扱施設での臨界安全を担保する上で未臨界度をモニターする手法を開発することは重要であり、これまで KUCA を用いた実験的研究が行われてきた。未臨界度測定法とには様々な方法が提案されているが、特に中性子やγ線の炉雑音解析法、パルス中性子法、新規に考案した高次モード解析法等に関する新しい理論構築と測定実験への応用を中心に研究を行ってきた。未臨界度測定は従来の核燃料取扱い施設に加えて、ADS 等の未臨界状態での原子炉、さらに福島第一原子力発電所の燃料デブリ取出し作業を行う体系も測定対象としている。

キーワード:未臨界度測定、炉雑音解析、高次モード解析

4) 新たな放射線計測装置の開発

中性子測定に関して、KUCA での実験で用いてきたシンチレータ塗布・光ファイバー検出器を元にした新たな検出器の開発を実施しており、BF3 等の比例計数管と同程度の検出器効率を持つ安価で取扱が容易な検出器、高エネルギー中性子測定のための細径の高効率検出器などの開発に成功し、これらの検出器は KUCA や核融合実験施設での実験に応用してきた。またさらに感度を向上させた光ファイバー検出器を用いた未臨界実験への応用も実施してきた。これらの検出器開発と併せて放射線検出器の新しいデータ収集装置の利用を考案し、それを用いてγ線、中性子のエネルギーに着目した新しい雑音解析実験等により核燃料を含む体系の臨界安全性を確保するための測定装置を開発してきた。

キーワード:光ファイバー検出器、中性子・γ線エネルギー測定

5) 放射線計測技術のセキュリティ分野への応用に関する研究

地雷探査技術の開発のために新たなNaI＋BGO 複合型γ線検出器とその測定装置を開発し、中性子を照射した際に地雷中の爆薬から放出されるγ線を比較的短時間で検出することで実爆薬を用いた実証実験にも成功することができた。また、これらの中性子検出器、γ線検出器、さらに原子炉実験を通じて開発してきた中性子炉雑音測定技術を組み合わせて、コンテナやスーツケース等に隠匿された核物質を探査するための研究を実施し、KUCA や新しく導入した D-D 中性子発生装置

を用いた実証実験を行ってきた。

キーワード:中性子検出器、γ線検出器、核物質探査

Ⅰ－1－7. 極限熱輸送工学研究分野

1－7. 極限熱輸送工学研究分野

核融合炉や核分裂炉、加速器駆動未臨界炉などの核エネルギー発生系における熱流動現象は、他の熱流動現象と比較して、超高密度熱負荷を始め、強い放射線による影響や、流路が極めて小さい狭隘流路などの極めて複雑な条件を持つ場合が多い。

本研究分野では、こうした核エネルギー発生系で遭遇する熱流動現象の特性の解明とその利用、並びにこれらの核エネルギー発生系の熱水力設計と安全性向上に関連した基礎研究を行っている。具体的には、水による超高熱負荷除熱、次世代核エネルギーシステムで遭遇する熱流動現象の特性、気液二相流モデルの構成式を対象とした研究を、熱特性実験装置およびその周辺設備を利用して行っている。また、研究炉や^{60}Co ガンマ線源を有する原子炉実験所の特徴を活かして、中性子イメージングを用いた熱流動現象の可視化・計測に関する研究や放射線誘起表面活性を利用した伝熱促進に関する研究を行っている。

1－7－1. 水による超高熱負荷除熱

核融合炉や加速器駆動未臨界炉、高出力電子回路等では高密度のエネルギーが発生するため、この除熱や熱利用が問題となっている。本研究分野では、環境に優しく技術的に最も経験が豊富で化学的に安定な水を流体として、どこまで高密度の熱輸送が可能か、その限界を極めることを目的として研究を進めている。

現在、限界熱流束を超えるような超高熱負荷熱輸送の実現を目指して、矩形流路内の短小加熱面における気泡微細化沸騰の研究を進めている。

キーワード:限界熱流束、超高熱負荷、熱輸送

1－7－2. 自然冷媒の沸騰熱伝達に関する研究

ドイツ・カールスルーエ工科大学(平成 21(2009)年より、Karlsruhe Institute of Technology; KIT に改称)との共同による自然冷媒(特に二酸化炭素冷媒)の沸騰熱伝達に関する研究を行っている。

また、沸騰二相流の流動様式に関して、従来の式では表すことのできなかった圧力依存性をモデル化し、自然冷媒沸騰に応用した。現在は、熱伝達率向上を目指して多孔質内の沸騰熱伝達特性を調べている。

キーワード:気液二相流、モデル、構成式

1－7－3. 核エネルギーシステムにおける熱流動現象の研究

1－7－3－1. 高密度比気液二相流の特性

液体金属冷却型高速炉シビアアクシデント時に、溶融炉心が落下してプールを形成し、再臨界状態に至るおそれがあるとの指摘がある。これを阻止する物理現象の一つとして、溶融炉心プール内での沸騰による負のボイド反応度効果が考えられている。このボイド反応度効果は、沸騰状態における気泡の挙動と深く関わっている。本研究分野では、溶融炉心プール内の気泡挙動に関する基

礎的知見を得ることを目的に、溶融金属プール内の気泡挙動を中性子イメージングにより可視化し、気泡の形状・寸法、気泡速度などの基礎的物理量を測定するとともに、より詳細な二相流構造を計測している。

本研究分野では、電気抵抗式4センサープローブを開発し、溶融金属中における気液界面積濃度や気泡径などを計測するとともに、平成27(2015)年度科学研究費補助金基盤研究(C)の補助を得て、高温場で使用可能な小型電磁流速計を開発し、気液二相流中の液相乱流などを計測するなど、高密度比気液二相流について基礎的な知見を得る目的で実験的研究を実施している。

キーワード:高速炉、シビアアクシデント、溶融金属二相流

1－7－3－2.　多孔質内気液二相流の詳細研究

原子炉シビアアクシデントには、炉心の崩壊の際に燃料棒や構造材の間に燃料デブリが混在する可能性があり、燃料デブリが炉心内の流動に与える影響を明らかにする必要がある。現在まで、日本原子力研究開発機構と共同で、燃料デブリを多孔質媒体とみなし、水-空気気液二相流の詳細構造をX線と中性子を用いて調べている。

キーワード:原子炉シビアアクシデント、燃料デブリ、多孔質、気液二相流

1－7－3－3.　放射線誘起表面活性による伝熱促進

酸化チタンなどの半導体材料に可視光以上の振動数の電磁波を照射すると、光触媒反応が起こり、これにより除菌、セルフクリーニング、接触面の濡れ性向上などの効果が現れる。γ線でも同様の触媒反応を起こすことができ、これを放射線誘起表面活性と呼んでいる。現在は、陽子線照射によっても同様の効果を見出し、水および鉛ビスマスを用いた実験的研究を行っている。

本研究分野では、FFAG加速器を用いた照射実験を行ない、加速器駆動未臨界炉のターゲット開発に必要な実験的研究を進めている。

キーワード:放射線誘起表面活性、濡れ性、クエンチ

1－7－3－4.　加速器駆動未臨界炉の熱水力設計

加速器駆動未臨界炉のターゲット部の熱水力設計については、核破砕中性子源と共通の部分が多いため、固体ターゲットの熱水力設計に資する実験データを取得し、これを基に設計相関式を提案した。また、この結果をもとに、熱水力設計の立場から、核破砕中性子源の固体ターゲットにより実現可能なビーム出力の検討等を行った。今後は、原子炉実験所の将来計画の一環として進めている加速器駆動未臨界炉の熱水力設計に関する研究を、より具体的に進める計画である。

キーワード:加速器駆動未臨界炉、熱水力設計

1－7－3－5.　中性子イメージングを用いた熱流動現象の可視化・計測

これまで、中性子イメージング高速度撮像法による流体可視化・計測法の開発に成功し、日本原子力学会奨励賞と日本混相流学会技術賞を受賞している。

現在までに、京都大学研究炉 KUR に二つのイメージング専用ポート(E2、B4)を整備し、伝熱工学、建築工学、理学、農学など様々な領域の応用研究を行っている。

キーワード:中性子ラジオグラフィ、流体計測、可視化

Ⅰ－1－8.　照射材料工学研究分野

高エネルギー粒子(中性子、電子、イオン)が固体材料に照射されると、入射粒子と固体内原子との相互作用により様々な照射効果が引き起こされる。高エネルギー粒子によりエネルギーが付与さ

れた領域は、短時間でエネルギー最小の状態になるが、材料全体としては非平衡状態を保持することを特徴とする。本研究分野では各種の高エネルギー粒子を用いた実験と、計算機シミュレーションにより材料照射効果の研究が進められている。国内では 16 大学、4 研究所、国外では、スイス・ポール・シェラー研究所、中国・中国高エネルギー研究所及び中国原子力研究所との共同研究が活発に行われている。照射は所内の照射設備（原子炉、電子線型加速器、重イオン加速器、コバルト 60 ガンマ線照射装置、FFAG 加速器）及び所外の照射設備（中性子照射：JMTR、ベルギー・BR2、イオン照射：京都大学（量子理工学教育研究センター）／東京大学／九州大学／産総研／量研機構）を用いて、目的に応じて照射装置を選択し研究を行っている。本研究分野の高エネルギー粒子による材料照射効果の研究は大きく 5 つの研究課題に分類でき、評価対象期間中に約 80 報の論文が発表された。以下にその成果を報告する。

①入射粒子と材料中の原子との相互作用及びガス原子と照射欠陥の相互作用の解明

1) エネルギーが異なる粒子線の照射効果

核融合炉材料開発のための照射実験が核分裂炉やイオン照射により行われている。核破砕中性子源や加速器駆動未臨界炉を対象とした材料開発も同様である。何れの場合も損傷構造発達に及ぼす中性子エネルギースペクトルの効果が十分に理解されていなければならない。高エネルギー粒子による材料中の欠陥生成の基本過程はカスケード損傷の形成である。中性子エネルギースペクトルとカスケード損傷の関連を明らかにし、損傷構造解析を行うために、一次弾き出し原子（Primary Knock-on Atom: PKA）エネルギースペクトル解析という手法を発展させている。また実験的には日本原子力研究開発機構の FNS と KUR を用いた中性子スペクトルの疲労試験に及ぼす影響を研究した。照射後の等時焼鈍実験から、疲労によって導入される転位と照射によって形成する点欠陥の相互作用の様子を詳しく調べた。更に GeV オーダーの高エネルギーをもつ核破砕中性子のエネルギースペクトルの効果も研究対象としている。

2) ガス原子と照射欠陥の相互作用

照射によって形成された欠陥は材料中の不純物原子と相互作用する。金属材料の耐照射性を高めるために、一般的に合金元素が添加される。また照射中でも、核破砕反応や核転換反応により異種元素が導入される。従ってガス元素を含むマトリックス以外の元素の照射下挙動を解明することは重要である。オーステナイト系ステンレス鋼の損傷構造に及ぼす添加元素の影響を Ni を含むモデル金属（Fe-Cr-Ni の 3 元系、Fe-Cr-Ni-Mn-Mo の 5 元系等）から実用合金までを、透過電子顕微鏡観察や陽電子消滅分光法、電気抵抗測定法を組み合わせて解明している。また、ガス原子を材料中に照射欠陥を作らない低エネルギー（100～150 eV）で注入する手法を用いて、欠陥とガス原子の相互作用について研究している。

3) 照射による結晶性回復現象

結晶性の材料に高エネルギー粒子を照射すると照射欠陥が蓄積され、結晶性が低下するのが一般的な現象であるが、照射条件を選択すると、逆に結晶性が回復する場合がある。Si などの単結晶材料にイオン照射で形成した重損傷層が別のイオン照射で縮小する現象はイオンビームアニーリングと呼ばれるが、類似の現象が原子炉 KUR を利用した中性子照射でも観測された。中性子増速アニーリングと呼ばれるこの現象は、イオン照射の場合と同様、高速中性子が材料に与える弾性散乱効果により説明できることが示された。

4) W 中の原子空孔間の相互作用に関する基礎的研究

一般的に、金属材料中に導入された原子空孔は高温下で凝集し、材料の機械的性質を劣化させる。しかし近年の理論研究で、W 中の原子空孔同士は互いに反発することが予測された。このような特異な原子空孔挙動を明らかにすることで照射耐性に優れた材料の開発に繋がることが期待される。そこで高純度 W 試料に電子線型加速器照射で原子空孔を導入し、空孔間に働く相互作用について陽電子消滅法を用いて検証している。

② 材料の経年変化機構の解明と耐照射材料の開発

1) 原子炉圧力容器鋼の照射脆化

原子炉材料の照射による材料特性変化を解明するために、圧力容器鋼に使用されている A533B 鋼やそのモデル合金の照射損傷を調べ、照射脆化の一因である Cu 析出物の形成・成長と点欠陥、特に原子空孔集合体の形成・成長の複雑な関連を解明している。モデル合金においては Cu 析出物が中性子照射の早い段階で形成されること、その形成に照射速度の影響があることも調べられた。これらの一連の研究から、低照射領域での損傷構造発達過程が重要であることが判明し、同時に低照射領域での精密な中性子照射が可能な KUR の精密制御照射設備はそのための強力な設備であることを示した。

2) 核融合炉プラズマ対向材の開発及びそれの照射損傷

核融合炉プラズマ対向材として有望な候補材料とされているフェライト鋼の F82H とバナジウム合金の V-4Cr-4Ti 及び W の損傷構造を核融合中性子、核分裂中性子及び電子の照射による損傷構造発達過程に関する知見を得ている。また、プラズマ中の水素、ヘリウムと照射欠陥の相互作用を調べている。ヘリウムバブルの形成は結晶構造と関係なく、原子空孔の移動に伴うことを明らかにしている。

3) 核破砕中性子源固体ターゲット材料開発

原子炉実験所の FFAG 加速器を用いた陽子照射実験及びスイス・ポール・シェラー研究所と共同研究により、陽子が照射される核破砕中性子源用ターゲット材料における照射損傷や、多量の H や He が材料中に蓄えられ、それらが損傷構造発達に寄与する機構を明らかにする研究を行っている。

4) 極低温中性子照射による材料の損傷過程の解明と超伝導材料の開発

高エネルギー加速器や核融合炉の超伝導コイル材料の開発へ応用を目指し、約 10 K の極低温で中性子照射を行い、点欠陥、特に格子間原子の形成・消滅過程を調べた。

5) 原子力機器用 Fe-Cr 系材料の相分離現象に関する基礎的研究

原子力機器材料として用いられる Fe-Cr 系合金の経年劣化事象として重要な熱時効脆化に関連する相分離現象とその照射影響の理解を進めるために、イオン加速器照射実験と相分離過程を支配する拡散過程のモデル化を軸とした研究を進めるとともに、新たな相分離検出法として陽電子消滅測定法の適用性について検証している。

③計算機シミュレーションによる材料照射効果の研究

原子力材料中に高エネルギー粒子線照射によって形成された欠陥の発達過程の解析を計算機シミュレーションを用いて行っている。特に、原子空孔集合体と水素またはヘリウムガスの相互作用

について、陽電子消滅分光法による実験データを計算値と比較することによって、原子空孔にトラップされたガスの原子数の同定が可能であることが示された。また、律速する照射欠陥の発達過程を特定するために、欠陥反応速度式を用いた欠陥蓄積に関する計算を行っている。さらに、第一原理計算を用いた核融合炉第一壁材料 W における W-C 層形成のメカニズムを明らかにした。

④ 照射効果を用いた材料創製

1) 化合物半導体の照射効果と電気的・光学的特性

ZnO はバンドギャップが 3.36 eV で直接遷移型のワイドギャップ化合物半導体であり、青色から近紫外線領域の固体発光素子材料として期待されている。結晶成長直後の ZnO は真性欠陥(酸素空孔:Vo)により n 型伝導を示し、p 型を形成するのが困難である。酸素空孔は光励起により準安定状態な形成するが、その過程を解明するため、電子線照射で Vo を導入し、照射後の欠陥の評価を電子スピン共鳴、熱刺激電流、永続光伝導測定を行い、準安定状態に関する重要な知見を得た。

2) 重イオン照射下における自己組織化による化合物半導体表面のパターン形成

重イオン加速器で低温 Sn イオン注入した GaSb、InSb 及び Ge 表面に蜂の巣状の欠陥が形成される。この構造の形成モデルの確立とナノ構造体形成につながる新しい照射・材料系の探索を行った。

3) 鉄シリサイド半導体中の原子空孔と光学的特性

β-$FeSi_2$ 半導体は有害元素を含まない低環境負荷材料であることなどから、次世代の赤外受発光素子材料として期待されているが、発光強度のさらなる増強が望まれている。β-$FeSi_2$ に Mn をドープしても発光強度の増強は見られないのに対し、Al をドープすると発光強度の大幅な増強が見られることがこれまでに報告されている。β-$FeSi_2$ 中で Al は Si サイトを置換することから、非発光再結合中心である Si 空孔を Al 原子が埋めることで発光強度が増大すると先行研究では予測していた。この予測を受け Al ドープ、Mn ドープ β-$FeSi_2$ 中の原子空孔について陽電子消滅法を用いて評価したところ、Al ドープ試料はより多くの原子空孔を β-$FeSi_2$ 中に導入することを示す結果が得られ、モデルの再検討が必要なことを示した。

⑤ 照射手法及び評価手法に関する開発

1) 照射装置の開発

高エネルギー粒子による照射効果の研究には、照射パラメータを精度良く制御可能な照射装置の開発が重要である。特に照射による欠陥形成過程は試料の温度やその変化率に強く依存するため、照射温度の制御が特に重要である。この方向に沿って、電子線型加速器及び高エネルギー陽子加速器(FFAG 加速器)による電子や陽子の照射設備の高度化を行った。電子線型加速器では、加熱照射試料台を開発し、真空中または He 雰囲気中で 500℃近くまでの照射を実現した。FFAG 加速器ではクライオ冷凍機を照射用ビームラインに設置して極低温から室温までの材料照射が可能なことを示した。

2) 原子炉ベース低速陽電子ビームラインの開発

原子レベルの微細な空孔型欠陥を観測可能な方法として陽電子消滅分光法が知られている。本研究分野では、従来型の放射性同位元素を用いたバルク陽電子消滅分光測定装置よりも優れ、より高強度のエネルギー可変陽電子ビーム測定装置を実現するため、KUR の B-1 実験孔を利用した低

速陽電子ビームラインの開発を所内外（国内外）の研究協力者の支援を得ながら進めている。ビームラインは、対生成を起こすための W 製コンバータと発生した陽電子を減速するための W 製モデレータ、陽電子強度を増強するための Cd 被覆材、磁場輸送のため真空ダクト周りに取り付けられたコイルなどから構成される。ビームライン下流側にはビーム径を縮小するための輝度増強装置、陽電子寿命測定を行うための陽電子パルス化装置を設置した。KUR 運転時に陽電子の発生を確認し、1 MW 運転時に 1.4×10^{6} e^{+}/s の強度を確認している。また、He ガス導入によりビームライン先端部の温度上昇を低減することにより 5 MW 運転時の陽電子ビーム実験を可能とした。さらに、高輝度化装置により約 10 mm 径のビーム径を約 3 mm 径に集束し、輝度を約 4 倍増強できた。パルス化装置では電子ビームを用いて最小パルス幅 143ps が得られ陽電子寿命測定に十分な性能を持つことが確認された。測定手法としてドップラー広がり測定法、陽電子寿命測定法、及びこれらの同時計数法として同時計数ドップラー広がり測定（CDB）法、陽電子消滅寿命運動量相関測定（AMOC）法などの整備が進められている。

なお KUR 低速陽電子ビームラインの開発は文部科学省原子力システム研究開発事業「原子炉容器構造材料の微視的損傷機構の解明を通じた脆化予測モデルに関する研究開発」の一部として行われた。

Ⅰ－1－9. 放射能環境動態工学研究分野

本研究分野においては、放射性物質・放射線を利用して、放射性廃棄物の地中処分に係る地質環境中の放射性物質の動態や汚染された環境の浄化方法について研究を行っている。特に高レベル廃棄物処分のサイト選定ならびに処分時の安全評価において重要な要素である深層地下水および浅層地下水の動態や、地下水中の放射性核種の天然地質との相互作用、サイト建設時に起こりうる様々な湧水（地下水）水質の問題、サイト建設中および閉鎖後の地下水モニタリングにおける注目点について検討を行っている。さらに福島第一原発事故後には、特に各種廃棄物中の放射性セシウムの除染や動態に係り、東北地方の自治体との協力下で試験研究を行ってきた。基礎研究からえられた成果を社会に還元するため、表流水･地下水・土壌・汚泥等の浄化手法開発や実プラントの建設にも取り組んでいる。

1－9－1. 放射性廃棄物の最終処分と放射性核種の環境動態

原子力の利用に伴い様々な放射性核種を含む発電所廃棄物が発生してきた。また、福島第一原発事故後、放射性降下物の多かった地域で放射性セシウム(Cs)を含む上下水道汚泥や廃棄物焼却灰、除去土壌、農林水産物系の廃棄物が大量に発生している。これら廃棄物の最終処分は地中埋設が基本方策である。

高レベル放射性廃棄物については、半減期が長く放射線学的毒性の高いプルトニウム等が注目されがちであるが、実はむしろ処分の安全性を左右するのは一旦地質環境中に放出されると移動しやすい I-129、Se-79、Tc-99、C-14 や、ガラス固化された廃棄物から溶出しやすい Cs-135 になる。また、浅地層処分対象となる廃棄物中に多い Co-60、Mn-54、Sr-90 等も注目される。

我々は放射性廃棄物処分の安全上、重要な核種について、地層を構成する岩盤への吸着分配特性、細孔への拡散、化学的・生物学的過程による存在形態変化を明らかにし、地下環境での核種移動速度を算定する基礎情報を得ることを目的として試験研究を行ってきた。拡散カラムと回分式吸

着試験で認められる吸着特性の違いなどが検討課題である。

1－9－2. 福島第一原発事故への対応

福島第一原発事故に伴い、一般・産業廃棄物の焼却灰に放射性セシウムが含まれるようになった問題に対処する技術開発に着手した。焼却灰から Cs を抽出、抽出液にフェロシアン化物(Fer と略称)イオンを添加して形成される微量の難溶性 Fer 結晶に Cs を取り込ませ、放射性セシウムを含む焼却灰を大幅に減容する手法を用い、東北地域の現場試験を行っている。平成 28(2016)年度からは、東北の現地自治体と連携し、福島第一原発事故以来、放射性セシウムを含有するようになった各種のゴミ焼却灰の性状調査やこれら焼却物の最終処分場の周辺地下水等の調査に着手した。処分場の安全確保のための環境監視の手法の確立やセシウムの地中移行速度評価を野外調査を通じて確立することを目指す。

1－9－3. 非放射性物質による環境汚染対策

土壌に汚水を浸透する手法により環境水中の難分解性の有機汚染物質を処理する技術を開発し、適切な土壌の選定、土壌の団粒化と高温処理、等により現場に納入した。

また、アジアの大河流域で地下水中に多く存在し、何百万人もの人々に健康被害をもたらしている砒素を鉄バクテリア生物濾過法により除去する技術開発を実施してきた。鉄バクテリア生物濾過法は、アジア地域の砒素含有地下水が多量の鉄を含むことを利用している。砂などの濾材を充てんした濾過塔に、この地下水を通水すると、地下水中に多い鉄バクテリアが濾材上に繁殖し、地下水中の溶存性の鉄を酸化して鉄酸化物を形成する。連続的に形成される鉄酸化物に、地下水中の砒素が吸着して水相から除去され、濾過層の逆洗と共に少量の汚泥中に濃縮されて排出されるものである。処理用薬剤や交換の必要な消耗品がないため、開発途上国でも適用可能であり、処理水分析の結果、高い砒素除去率を得た。

本法の砒素除去メカニズムを解明するため、高輝度光科学研究センターのシンクロトロン放射光施設 SPring8 において、連続通水条件下での X 線吸収微細構造測定を行った。日本およびベトナムでの現場パイロット試験を経て、研究成果はベトナム農村での浄水施設建設として結実した。

現在、やはりアジア地域の地下水に多い アンモニアの嫌気性アンモニア酸化法による処理のため、ベトナムでの現地試験取り組んでいる。また次世代シークエンサを活用した菌叢解析により鉄バクテリア法処理した地下水のアナモックス処理という独自な系における微生物の状態を解明している。

また、協力企業との共同研究によりボルタンメトリ法による微量元素分析の完全無人の分析操作を可能にする試み等を実施中である。最終的には、数μg/L のオーダーの微量有害元素のオンライン環境監視を確立することを目的とする。

以上の研究は、いずれも放射性物質を含む廃棄物の最終処分ならびにその環境保全に密接な関係を持つ。また上述の試験を通じて得られるデータは膨大であり、特に 1-9-2 および 1-9-3 での大量の環境のモニタリングデータの統計学的処理、地質データの3次元化とモデル構築、ならびに微生物菌叢に係る DNA 解析データ処理については機械学習も援用して開発が進行中である。

Key Words: 高レベル放射性廃棄物処分、安全評価、福島事故対応、有害元素汚染、放射能除染

Ⅰ－1－10.　量子リサイクル工学研究分野

本研究分野では、「融体中でのアクチニド元素及び希土類元素の化学特性に関する実験研究」を、核燃料サイクルや放射性廃棄物管理に関わる高度化学分離への応用を強く念頭に置いて進めてきた。本研究は、当初、平成7(1995)年に策定された重点研究の一つである「超ウラン元素の核的特性に関する実験的研究」として開始され、分離系での化学平衡状態の観察による実験研究として進められたが、その後、融体中での溶質イオンの溶存特性や化学挙動を、電気化学や分光法によって直接測定する方向に展開して来た。平成 24(2012)年まで(前回自己評価)は、高温溶融塩や水和物溶融体の系に対して、「実際の TRU 元素の使用」、「*f*－元素群に対する系統的取り組み」、「XAFS 等のより高度な分光手法の適用」、「計算科学の利用」等の新たな取組を導入することによって、これら元素の化学特性をより精緻に評価する研究に発展させてきた。更に、これらの発展的な応用として、核分裂生成物元素(白金族)の水溶液中での溶存状態を同定する研究を進めた。

また、融体系において生じる異常な化学同位体効果の研究を進めた。平成 24(2012)年までは、溶融塩系や地球化学的な系において発生する化学同位体効果に対象を広げて取り組んできた。特に、平成 23(2011)年に発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故により放出された放射性元素の研究を重点的に実施して数々の提言を行った[C-F]。また、福島事故を契機として日本原子力学会で指摘されたように従来の狭義の原子力のみに立脚した偏った知識状況を改善し、広義の原子力の観点で理解を促進するため、原子力安全基盤科学を提言した。[A, B]。

研究資金としては、平成 24(2012)年以降、アクチニド研究を中心とした科研費 4 件、溶融塩中のアクチノイド研究に関する受託研究 2 件、内閣府の革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の課題 2 件、等、合計 3 億円(平成 24(2012)年～平成 29(2017)年)を獲得している。

1－10－1.　溶融塩系におけるアクチニドおよびランタニドの化学特性の研究

1.　溶融塩中でのウラン及び TRU 元素の特性研究

ウラン、ネプツニウムのアルカリ塩化物溶融塩中の溶存状態について、吸光分光分析法と電気化学分析法を用いて研究した。特定の電位で生成する化学種を調べる分光電気化学[8, 13, 14]を用い、3 価のウランやランタニドの溶存状態を調べた[16, 22]。

2.　溶融塩中でのランタニド元素の酸化還元特性研究

アルカリおよびアルカリ土類の塩化物溶融塩中に溶存するランタニド元素について、錯形成の状態をラマン分光により調べた[15]。また、ネオジムの電気化学的挙動を詳しく調べることにより、金属析出過程について研究を行った[23]。

3.　溶融塩中でのウランの錯形成に関する研究

熔融塩中でのウランのフッ化物イオンとの錯形成[G, 11]、ウラニル錯体のラマン分光[12]、3 価ランタニドとアクチニドの錯形成[24]に関する研究を行った。

4.　溶融塩中でのアクチニドおよびランタニドの不均化反応の研究[23]

アルカリおよびアルカリ土類の塩化物溶融塩中に溶存したネオジムについて、原子価を 3 価から 2 価へと還元し、2 価イオンの 0 価と 3 価への不均化反応を研究した。金属状態に還元されたネオジムの石英容器との反応により、ネオジムを金属もしくは酸化物として回収できる可能性を見いだした。不均化反応に対して最適な溶媒塩を選定し、アメリシウムの回収の可能性を指摘した。

5.　溶融塩中でのランタニドの XAFS による化学特性研究

アルカリおよびアルカリ土類の塩化物溶融塩中に溶存したネオジムについて、放射光施設（KEK、SPring-8）を利用して、X 線吸収微細構造解析（XAFS）を行った。アルカリ塩化物に溶存したネオジム錯体の塩素イオンの配位環境が、アルカリ土類塩化物を用いた場合と異なる可能性を発見した。

1－10－2. 高塩濃度水溶液中におけるアクチニドおよびランタニドの化学特性の研究

1. XAFS による水和物溶融体中におけるアクチニドの錯形成の研究[4]

濃厚な塩化カルシウム溶液中に溶存するウラニルについて、X 線吸収微細構造解析（XAFS）を行い、ウラニルの赤道面に配位する水分子と塩素イオンの配位数を決定した。同系に溶存する 4 価のウランおよびトリウムについて XAFS 解析を行い、トリウムイオンの水和がウランイオンの水和よりも頑強であることを明らかにした。

2. 振動分光の理論的研究 [7]

高い塩化物濃度の水溶液中での UO_2^{2+}の U-O 対称伸縮振動について、実験と量子化学計算とが良い一致を示すことがわかった。この結果に基づくと、NpO_2^{2+}に関する研究に展開することができる。

3. 濃厚 $CaCl_2$ 中での NpO_2^{+}-Ca^{2+}相互作用 [9]

NpO_2^{2+}と NpO_2^{+}の対称伸縮振動（ν_1）に加えて、NpO_2^{+}の非対称伸縮振動（ν_3）が観測され、その強度は $CaCl_2$ 濃度とともに増大した。この結果より、NpO_2^{+}と Ca^{2+}の陽イオン間の相互作用の存在が示唆された。

1－10－3. 配位子交換反応における同位体分別メカニズムの研究 [17]

大環状化合物を用いたタリウムの溶媒抽出実験において、両相における同位体分別効果を発見し、その同位体効果に原子核の質量差の効果と体積差の効果が発現していることを明らかにした。

1－10－4. 水溶液系における白金族元素の化学特性の研究

1. 硝酸水溶液中における Pd の溶存状態の研究 [21]

硝酸水溶液に溶存するパラジウムの溶存状態を、紫外可視領域の吸光分光分析法を用いて研究した。硝酸が水和イオンと置換したパラジウム錯体が溶存していることを明らかにした。波長毎の吸光特性を解析し、パラジウム硝酸錯体の錯生成定数を決定した。

2. 硝酸水溶液中に溶存した白金族元素、ランタニド、およびアクチニドの反射型吸光分光分析の研究 [H, 18]

硝酸水溶液に溶存するネオジム、ウラン、およびパラジウム、について、反射型の吸光分光分析法を開発し、同元素について定量性がある濃度領域を決定した。高レベル廃液中の溶質濃度の定量法のひとつとして反射型吸光分光分析法の利用価値を指摘した。

1－10－5. 長半減期核分裂生成物核種ジルコニウムの質量分析 [2]

長半減期核分裂生成核種である、ジルコニウム同位体 ^{93}Zr を濃縮した試料について、表面電離型質量分析法を用いて質量分析をおこなった。ジルコニウム試料については、^{90}Zr、^{91}Zr、^{92}Zr、^{93}Zr、^{94}Zr、および ^{96}Zr の同位体組成を決定し、同位体比を核データ評価に供した。

1－10－6. 福島第一発電所事故の環境影響に関する研究

1. 土壌試料の Cs 同位体比に関する研究 [1,10]

^{137}Cs に対する ^{134}Cs、^{133}Cs、^{135}Cs の同位体比について、γ線分光と熱イオン化質量分析器を用いて決定した。これらの比率は ORIGEN-II コードを用いて福島第一発電所の燃料を仮定して計算した比率と一致することから、発電所の燃料由来であるとしさされた。

2. ウラン、プルトニウムの同位体比

福島県の土壌から抽出クロマトグラフィーや陰イオン交換クロマトグラフィーで回収されたウランとプルトニウムについて、熱イオン化質量分析を行い、プルトニウムの同位体比率（^{239}Pu に対する ^{240}Pu、^{241}Pu）が福島第一発電所の燃料由来であると認められた[3]。同様にウランについても ^{238}U に対する ^{235}U の同位体比を研究し、福島第一事故に起因すると結論した[5]。

著書:

[A] 山名元編集, 原子力安全基盤科学1 原子力発電所事故と原子力の安全, 京都大学学術出版会, 2017. (うち、山名元, 第1章 大学人が見た原子力発電所事故; 山名元, 第2章 原子炉の仕組み; 山名元, 第3章 わが国の原子力利用の歴史を振り返る; 山名元, 第7章 原子力研究への大学の取り組み)

[B] 山名元編集, 原子力安全基盤科学2 原子力発バックエンドと放射性廃棄物, 京都大学学術出版会, 2017.(うち、山名元, 第1章 原子力問題と放射性廃棄物; 山名元, 窪田卓見, 第2章 使用済核燃料の発生; 山名元, 上原章寛, 第3章 核燃料サイクルとは; 山名元, 第4章 放射性廃棄物とは; 山名元, 第5章 核変換; 山名元, 第7章 放射性廃棄物の視点から原子力と燃料サイクルを考える)

[C] 山名元, 放射能の真実－福島を第二のチェルノブイリにするなー, 電気新聞ブックス, 2011.

[D] 山名元, 森本敏, 中野剛志, それでも日本は原発を止められない, 産経新聞出版, 2011.

[E] 公益財団法人ひょうご震災記念21世紀研究機構,「国難」となる巨大災害に備える～東日本大震災から得た教訓と知見～ 災害対策全書 別冊, 2015. (うち、山名元, 第3章 8.1 事故発電所の処理と廃炉)

[F] William E. Lee, Michael I. Ojovan and Carol M. , Radioactive waste management and contaminated site clean-up, Woodhead Publishing, 2013. (H. Yamana, 24 - Fukushima: The current situation and future plans)

[G] Akihiro UEHARA, Osamu SHIRAI, Toshiyuki FUJII, Takayuki NAGAI, Nobuaki SATO, and Hajimu YAMANA Eds. M. Gaune-Escard and G. M. Haarberg, Molten Salts Chemistry and Technology, Chapter 6.4: Formation of Uranium Fluoride Complex by Addition of Fluoride Ion to Molten NaCl-CsCl Melts, John Wiley & Sons, 2014.

[H] Takeshi UDA, Toshiyuki FUJII, Kazuhito FAKASAWA, Akihiro UEHARA, Kensuke KINOSHITA, Tadafumi KOYAMA, Hajimu YAMANA, Eds. M. Gaune-Escard, G. M. Haarberg, Molten Salts Chemistry and Technology, Chapter 6.9: Quantitative Analysis of Lanthanides in Molten Chloride by Absorption Spectrophotometry, John Wiley & Sons, 2014.

論文リスト:

[1] Y. Shibahara, T. Kubota, T. Fujii, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 54 (2017) 158.

[2] T. Fujii, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 307 (2016) 1945.
[3] Y. Shibahara, T. Kubota, T. Fujii, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 307 (2016) 2281.
[4] A. Uehara, T. Fujii, H. Yamana, et al., Radiochim. Acta., 104 (2016) 1.
[5] Y. Shibahara, T. Kubota, T. Fujii, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 303 (2015) 1421.
[6] T. Fujii, A. Uehara, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 303 (2015) 1015.
[7] T. Nagai, A. Uehara, T. Fujii, et al., J. Nucl. Mat., 454 (2014) 159.
[8] T. Fujii, A. Uehara, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 301 (2014) 293.
[9] Y. Shibahara, T. Kubota, T. Fujii, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 51 (2014) 575.
[10] A. Uehara, O. Shirai, T. Fujii, et al., Molten Salts Chem. Technol., (2014) 421.
[11] T. Fujii, et al., J. Nucl. Mat., 440 (2013) 575.
[12] T. Nagai, A. Uehara, T. Fujii, et al., J. Nucl. Mat., 439 (2013) 1.
[13] A. Uehara, T. Nagai, T. Fujii, et al., J. Nucl. Mat., 437 (2013) 166.
[14] T. Uda, T. Fujii, et al., Z. Anorg. Allg. Chem., 639 (2013) 765.
[15] T. Fujii, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 296 (2013) 255.
[16] T. Fujii, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 296 (2013) 261.
[17] T. Fujii, S. Egusa, A. Uehara, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 295 (2013) 2059.
[18] T. Nagai, et al., J. Nucl. Mat., 433 (2013) 397.
[19] A. Uehara, O. Shirai, T. Fujii, et al., J. Appl. Electrochem., 42 (2012) 455.
[20] T. Kim, A. Uehara, T. Nagai, T. Fujii, H. Yamana, J. Nucl. Mat., 409 (2011) 188.
[21] T. Fujii, S. Egusa, A. Uehara, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 290 (2011) 475.
[22] T. Nagai, A. Uehara, T. Fujii, et al., J. Nucl. Mat., 414 (2011) 226.
[23] A. Uehara, et al., J. Nucl. Mat., 414 (2011) 336.
[24] T. Fujii, G. Okude, A. Uehara, et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., 288 (2011) 181.

Ⅰ－2. 安全原子力システム研究センター

Ⅰ－2－1. 原子力防災システム研究分野

原子力防災システム研究分野は、原子力施設などの重要な施設の耐震安全性評価手法の高度化のための研究として、1)地震動や微動の観測実施を含む記録の収集とその分析による地盤や建物の動特性の同定、2)震(振)動現象をできる限り忠実に再現できるシミュレーションモデルの構築、3)建物設計用の実用化モデルの作成といった地震工学の分野を対象としている。具体的な研究課題は下記に示す。

当分野の構成員としては、平成 24(2012)～平成 29(2017)年度の前半は教授、准教授及び助教各 1 名であったが、その後教授と准教授各 1 名(平均年齢は 50 台後半)となり、本報告書作成時は准教授 1 名となっている。このように限られた人的資源でもあること、原子炉実験所内には地震工学に関係する他の分野も存在しないことから、近年の研究は所外の大学や国立研究開発法人、民間会社に所属する理学系あるいは工学系の研究者・技術者の協力を仰ぎながら、また学協会の委員会活動の一環として、下記の研究課題について主導的立場として取り組んでいる。さらに、地震工学分野を主とする研究や教育活動の一環として、京都大学大学院エネルギー科学研究科・エネルギー

社会・環境科学専攻の協力講座として大学院生の指導にもあたっている。

2－1－1.　2011 年東北地方太平洋沖地震の震源パラメーターの推定

平成 23(2011)年 3 月 11 日に三陸沖から茨城県沖にかけて震源域が広がったマグニチュード(Mw)9.0 の超巨大地震について、公開された強震観測記録を用い、経験的グリーン関数法によって強震動生成域(アスペリティという)のモデル化を行った。結果として、宮城県沖、岩手県南部沖、福島県沖、茨城県沖等の5カ所にアスペリティを配置したモデルを提案し、評価したモデルによって、岩手県沿岸から茨城県沿岸にかけての観測点における特徴的な観測波形がほぼ再現した。さらに、本モデルを用いた東日本から西日本に至る広域の長周期の地震動のシミュレーションによる検証も行った。本モデルは文部科学省の「特別の機関」である地震調査研究推進本部(以下、地震本部という。)の当該地震による評価モデルにも取り入れられ、国内外の研究者や国による地震防災に関するプロジェクトへも広く引用されている。

キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震、震源モデル、強震動記録の再現

2－1－2.　地下構造モデルの構築と強震動予測

前述の地震本部は平成 17(2005)年に「今後の重点的な調査観測について」の中で、長期的な地震発生時期及び地震規模の予測精度の向上、地殻活動の現状把握の高度化及び強震動の予測精度の向上を目的として、重点的調査観測体制の整備を行うべき調査観測対象候補として国内の6つの断層帯を挙げた。 この一つとして、「中央構造線断層帯(金剛山地東縁～和泉山脈南縁)における重点的な調査観測」が実施され、当分野ではその一環として、これまで広域での本格的な地下構造探査が実施されていなかった和歌山平野において、各種探査を行うと共に、それに基づく 3 次元地下構造モデルの構築を行った。さらに、同断層帯の調査に基づいて作成された震源断層モデルによる、和歌山平野・大阪平野・奈良盆地を含む広域の強震動予測を行った。また、和歌山平野と大阪平野南部においては、沖積地盤による非線形応答も考慮した解析も行い、震度 7 レベルの極めて強い揺れに見舞われる可能性がある地域を示した。これらの成果は国へ報告すると共に、構築した和歌山平野の地下構造モデルについては、地震本部による「長周期地震動予測地図」へも取り込まれ、今後、南海トラフ沿いの巨大地震等による強震動予測の高度化へも資するものと期待される。

キーワード:中央構造線断層帯、強震動予測、地下構造モデル、地震調査研究推進本部

2－1－3. 地下構造探査手法の高度化に関する研究

強震動予測のための 3 次元地下構造モデルを構築するには広域かつ高密度な探査情報を必要とする地域は少なくなく、探査コストをできるだけ低く抑える必要がある。微動探査法は観測点周辺の地下構造固有の情報が得られ、この要求に適した手法であるため 1990 年代以降、積極的に利用されてきた。しかしながら、微動探査手法の理論的背景は地層の水平成層構造仮定に立脚している一方、大阪平野など国内のほぼ全ての堆積平野や柏崎刈羽、浜岡両原子力発電所敷地などの軟岩に属する地盤の多くは、少なからず不整形な地下構造を有しており、強震観測記録にもその影響が現れているとの報告もある。従って、現在用いられている微動探査手法の地盤の不整形度合に着目した適用限界の確認と上記水平成層構造の仮定に依らない手法の開発が期待されている。

当分野では実験所の地下百から二百メートルに分布する花崗岩上面（基盤面）の傾斜度合及びより広域の阪南町～堺市南部至る基盤面の 3 次元形状の推定を行った。その結果、上記泉州地域の最大基盤面傾斜角（10° 程度）以下であれば水平成層構造仮定に基づく手法のうち、微動水平動と上下動の振幅比を用いる方法では大きな推定誤差が生じないものの、微動位相速度を用いる方法では大きな誤差を生じる可能性があることを示した。これらの結果は、試験研究用原子炉 KUR の新規制基準への適合確認（バックフィット）に伴う、設置変更承認申請書のうち地震・津波事象に関する審査資料へも取り込まれた。

さらに、科学研究助成金（基盤研究 B）による成果として、上記の基盤傾斜角 10° あたりから高角になれば、微動位相速度の水平成層構造の仮定に基づく推定誤差が低周波数域ほど顕著に現れてくることを、比較的単純な基盤面形状を持つモデルを対象に行った3次元全波動場の数値実験により確認した。その後、より現実的な波動場である大阪堆積盆地モデルにおける数値実験による検証を行うと共に、水平成層構造の仮定に依らない微動探査による地下構造推定手法の研究にも取り組んでいる。

キーワード：微動探査手法、不整形地盤、水平成層構造モデルの適用限界評価

2－1－4. 強震観測記録に基づく地震動空間変動のモデル化と原子炉建屋への入力地震動の評価

原子炉等の重要な施設の耐震安全性評価に必要な原子炉建屋の地震時応答は、基礎を取り囲む地盤の位置による揺れの変化（空間変動）の影響を受ける。この影響は、建屋応答にとって重要な数Hz以上の周波数帯域で顕著に見られるが、これまでの国内の耐震安全性評価において、地震動空間変動による影響は殆ど考慮されていなかった。一方、近年国内の原子炉が立地する硬質な地盤や同建屋における強震観測記録が公開されるようになった。このうち、国内外において、極めて高密度なアレイ強震観測網を持つ浜岡原子力発電所敷地内の強震記録の分析に基づく地震動空間変動のモデル化を行い、周波数、距離、深度をパラメーターとして同変動量が表現できることを示した。さらに、同変動の原因となる地盤物性の不均質性が強震時の非線形化の進行によって増加し、空間変動も大きくなることを数値実験によって明らかにした。これらの結果を将来、原子炉建屋等の応答評価の高度化に反映できるように、より実務的に取り扱いやすい評価モデルの構築を目指している。

キーワード：地震動空間変動、強震動アレイ観測記録、基礎入力動、短周期帯域

2－1－5. 強震観測記録に基づく鉄筋コンクリート構造の損傷度評価

原子力規制委員会による耐震設計に係る審査ガイドでは、原子炉建屋に対する地震応答解析モデルの妥当性において、地震観測記録に基づく実状（パフォーマンス）の評価の必要性が記載されている。それに伴い、既設発電用原子炉の運転期間の延長に関する原子炉建屋の耐震上の健全性評価（手法）の高度化も重要となっている。

鉄筋コンクリート構造は経験した地震の応答レベルに応じて永久的な剛性の低下が生じ、設計時あるいは建設時の建物動特性（剛性や減衰）とは異なる可能が高い。2011 年東北地方太平洋沖地震では関東平野の超高層鉄筋コンクリート建物が建設以来、最大の揺れを経験した。その際、数十棟の集合住宅の強震記録が大学や独立行政法人、建設会社で構成される共同研究体において共

有され、当分野では被災後の動特性の変化に関する統一的な分析と評価を行った。その結果、建物応答レベルと動特性変化の関係の定量化を行うと共に、より大きな入力地震動レベル時の動特性変化（損傷度評価）を推定するための評価式の導出を行った。今後は、そこで得られた動特性の変動モデルを同じ鉄筋コンクリート構造である原子炉建屋の実記録へ適用することを目指している

キーワード：原子炉建屋、損傷度評価、動特性評価、強震動アレイ観測記録

Ⅰ－2－2．　複合原子力システム研究分野

原子力への加速器の応用は従来の核データ取得等に代表される間接的役割から、加速器駆動原子炉のように加速器そのものが原子力システムを構成するような直接的な役割へと大きな広がりを示している。本研究分野ではこうした発展を見通す新たな加速器の開発研究を進めている。ADS実験の他にも、材料照射実験・気体の放射化実験・BNCT基礎研究のための生物照射実験等が本研究分野の陽子加速器を用いて行われている。更に、ミュオン生成にむけた加速器の開発とその応用についての研究、ならびに加速器における非線形ビーム力学の研究や、イオン化ビーム冷却法などの技術開発といった加速器物理工学に関する研究開発も進めている。

2－2－1. 加速器駆動システム実験のための陽子加速器の開発

加速器駆動システム（以下ADS: Accelerator Driven System)は、未臨界体系をもちいるため原子炉としての安全性が高く、また、超長寿命核（MA等）廃棄物の短寿命化にも役に立つと期待されている。このシステムは加速器からの高エネルギー陽子ビームを重金属標的に当てることで発生した核破砕中性子を未臨界核燃料体系に入射し、核分裂反応を用いてエネルギー増幅を行う。京大炉におけるADSプロジェクトでは、核破砕中性子発生のための陽子加速器として、固定磁場強収束（以下FFAG：Fixed Field Alternating Gradient）方式を用いた円形加速器を用いている。この陽子加速器施設は複数の加速器から構成され、加速器複合形を形成している。

当初、複合形はFFAG方式のイオンベータ（誘導加速）・ブースター・主リングによる3段階のカスケードリング構成となっていたが、ビーム強度増強を目的として、イオンベータ・ブースターからなる前段加速部を線形加速器に置き換えた。置換え前の入射システムでは、ブースターからの11.5 MeVの陽子ビームを主リングに多重回転方式で入射していたが、置換え後は線形加速器からの11 MeV負水素イオンビームを荷電変換方式で入射する。これは、主リングに直接11MeVの負水素イオンを入射させ、入射軌道に置かれた炭素薄膜（厚さ20 μ g/cm^2）により電子を剥ぎ取り陽子に変えてビーム周回・加速させるものである。多重回転入射方式とは異なり、荷電変換入射方式では横方向位相空間で同一の領域にビームを入射することが可能であるため、入射ビーム強度を格段に上げることができる。そのたJPARC RCS等の大強度陽子シンクロトロンで広く用いられるが、11 MeVという低いエネルギーでの荷電変換入射は他に例がない。多くの技術的課題を解決した上で入射方式の変更を平成23(2011)年に行い、変更前と比較して約10倍のビーム強度増強に成功した。

また本研究分野では、FFAGのみならずADS用陽子加速器として、高温超伝導コイルを用いた速い繰り返しのシンクロトロン（以下RCS：Rapid Cycling Synchrotron）の研究も行なっている。これは原子力システム研究開発事業(放射性廃棄物減容・有害度低減技術研究開発）において、研究課題「交流高温超伝導マグネットと共鳴ビーム取出しを応用した加速器駆動核変換システム用革新的 円形加速器の先導研究開発」として採択され、京大工学研究科雨宮らと共同で進めており、小型、 低

消費電力で、安定した(ビーム停止の可能性の低い)陽子ビームを原子炉に供給できる革新的円形加速器のプロトタイプ開発の見通しを確立することが目的である。
キーワード:加速器、加速駆動システム、FFAG、RCS

2－2－2．FFAG加速器による照射実験

ADS実験以外にもFFAG加速器を用いた種々の照射実験が実施されている。JAEA岩元らによる照射実験では温度12Kにおける125 MeV陽子照射による銅のナノΩ程度の微小な電気抵抗増加の測定に成功した。世界的にもこのエネルギー領域での実験は他に全く行われていないため、平成27(2015)年6月に開催された国際原子力機関(IAEA)のはじき出し断面積評価会合において、本実験結果は評価に必要なデータであるとの総意があり、今後の実験継続を強く要請され、今後継続的に実験を実施する計画である。

また、京大炉鈴木・田中らによりBNCT基礎研究に向けた、ラットの正常細胞への照射による損傷の実験が行われた。数cmの大きさである小動物の各臓器の一部に限局してγ線、中性子線を照射することは極めて困難である。そこで、マウス、ラットの臓器の一部に対して、線量集中が可能な陽子線をあらかじめ生物学的反応が発現するしきい線量まで照射しておき、その後、中性子、ガンマ線を照射することで、その生物学的効果を比較する方法が提案された。この実験では陽子エネルギー100MeV～150MeV、陽子電流1nAの陽子ビームを供給可能なFFAG加速器及び、中性子照射のための研究用原子炉、及びコバルト60ガンマ線照射装置が用いられた。京大炉では陽子線照射の後に、すみやかに中性子線及びガンマ線を照射できるという利点を生かした研究である。この照射実験ではFFAG加速器の陽子線ビーム輸送系に小動物用の照射場を新たに開発し、その照射場の特性試験を実施した。

また、京大炉沖らは放射線誘起エアロゾル生成と粒径測定の実験をFFAG加速器からのビームを用いて行なった。放射線誘起エアロゾルは、放射性核種のキャリアとなって核種の輸送に寄与している可能性があり、その濃度や粒径は、放射性管理にとって重要な情報である。本研究により簡便な放射線エアロゾル粒径測定手法を確立した
キーワード:はじき出し断面積、BNCT、生体照射、放射線誘起エアロゾル

2－2－3．ミュオン生成にむけた加速器の開発

高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物(LLFP)を低減・資源化する方法として、負ミュオンを用いた核変換処理は、その変換効率の良さと処理後の各種の非放射性という特長から注目されている。しかしながら、従来の加速器を用いた手法では、負ミュオン生成効率の低さが大きな問題であった。これを克服するために、連続ビーム加速と貯蔵が両立可能な「エネルギー回収型内部標的法」を用いた新しい負ミュオン生成法(MERIT 法)を考案し、平成 29(2017)年 12 月、その根幹部分である連続ビーム加速の原理実証に初めて成功した。今後さらに基礎研究を積み重ねてゆき、高レベル放射性廃棄物の低減・資源化に向けて研究を継続する。
キーワード:LLFP、ミュオン生成、MERIT法、連続加速

Ⅱ． 粒子線物質科学研究本部

本研究本部では、1)中性子の性質を探求し、その特性を利用した物質科学の研究、2)放射性同位元素等を用いて物質を探求し創製する物質科学の研究、3)中性子を含む粒子線を制御する機器の開発、を中心に研究活動を行っている。

Ⅱ－1． 粒子線基礎物性研究部門

Ⅱ－1－1． 中性子物質科学研究分野

物質、分子の物性を研究する手段として、放射光・中性子線の回折・散乱法を利用する。分子特性の本質は、その構成原子集団による分子構造であり、3次元構造の特徴が、その分子の特性、機能を顕著に表現し、強い相関を生み出す。このため分子を構成する原子の位置座標、相対位置を明らかにするため、結晶構造解析法を用いる。また分子間相互作用、分子内構造変化を追跡するため、結晶状態にならない溶液状態でも散乱法によってその形状、動態解析を行う。回折と散乱を駆使して分子集団の構造研究を行っている。研究対象として、最も複雑な立体構造をとると考えられる生体高分子、蛋白質に焦点をあて、その立体構造、分子会合、構造変化と生理活性の相関を明らかにする。その結果として疾病に関わる蛋白質の機能発現・喪失、構造変化を誘起する薬理活性物質の探求、創製などの開発、応用、展開をはかる。実験室に回転対陰極型X線発生装置3台、4軸自動回折計、イメージングプレート回折計3台、極低温クライオスタット結晶凍結装置5台を設置し、データ取得、中性子用大型結晶評価に利用するとともに共同利用にも供している。また生体試料を専用に調整するクロマトグラフィー、遠心機、結晶作成用自動分注ロボットなどを設置し利用している。

1．超分子複合体の構造研究

細胞内で代謝回転を安定化し生命活動に必須のユビキチン・プロテアソーム系に着目し、その中心で機能する26Sプロテアソームの結晶構造解析、分子動態について研究を進めている。26Sプロテアソームは世界最大級の分子集合体でありその全容解明は困難を極めているが、中心部分（分子量75万、サブユニット28個）の結晶構造解析に成功し、全体解明に向けて正面から取り組んでいる。分子量200万、構成サブユニット約100個からなる粒子全体の構造解析と、それらが組み合される過程、介添え蛋白質、相互作用酵素なども含め、小角散乱法、光散乱法も用いて、結晶構造に補完する動態解析を行っている。特に、蛋白質を分解する触媒部位である20Sコア部分を重点的に結晶解析を進めてきた。これはこの分解阻害ががん細胞のアポトーシスを誘導する事から、活性阻害剤が抗がん剤として利用されるためである。特に臨床現場で常用される局所麻酔薬がこの活性阻害することを見出し、この分子機構を複合体の解析を進めることによって明らかにしてきた。現在阻害機構（複数活性部位の連動機構）解明に向けて、宇宙空間での結晶化も含めた結晶化、構造解析を進めている。

2．蛋白質分子内のプロトン、プロトン化の直接観察

複雑な生体機能発現機構も、分子の相互作用という観点まで単純化すると蛋白質分子の機能、生理活性が基本であり、電荷移動、プロトン移動などの化学的素反応の組合せである。小分子化合物では量子計算方法も確立し、ある程度の反応過程の解析は可能であるが、分子量数万を超える蛋

白質分子およびその内部で起こっている反応機構の解析は不可能である。従って結晶構造解析による原子位置の直接観察が不可欠であり、X線による結晶構造（電子状態の解析）と並んで、プロトンを直接観察できる中性子回折によって活性にあずかるアミノ酸のプロトン化を直接観察する。最も典型的な例としてヒト赤血球ヘモグロビンを対象として、X線結晶構造解析では明らかにできなかったヒスチジンのプロトン化の中性子解析を行い、ボーア効果の検証を行ってきた。これに加えて、蛋白質分子の効率の良い重水素化を考案してきた。これは蛋白質分子を一度解きほぐし、分子内部を重水溶媒に曝露して再度巻き戻し、分子内部に重水素を取り込ませる方法である。このようにして得られた重水素化結晶を用いてオーストラリア、アメリカなど国外の研究用原子炉での中性子回折実験を進めた。

3．酵素分子の構造と機能の相関

先に述べた分子反応機構の量子科学計算には水素原子の情報が必須であり、そのため蛋白質の完全な機能解明のためには水素原子の決定が不可欠である。中性子の最も有効な利用方法として水素原子の同定があるが、電子数 1 の水素原子も高輝度放射光の利用によって超高分解能（サブÅ分解能）・高精度解析によっても可能である。従ってその目的のために高品質の蛋白質結晶作成が必須であり、各種蛋白質を対象として、精製方法、結晶化方法の確立と、測定方法の改良、データ解析の効率化など、蛋白質結晶学への貢献も視野に入れ活動を行っている。特に上述2で述べた巻戻し構造では、通常では交換されない二次構造間の水素原子が置換されていることがわかったことから、蛋白質分子の変性・巻戻しの際の構造構築や変性機序なども解析できるようになり、このことと活性機能の相関を中心に研究を進めている。

4．活性阻害、促進薬剤、化合物の創製

上記の酵素分子の解析を通じて、その活性を制御する化合物の設計と応用を目指して各種低分子化合物の解析を行っている。またその複合体を調整し結合様式、構造変化などを解明している。特徴的な例として、BNCT投与薬剤の中性子照射時の蛋白質への影響を直接観察するため、ボロン化合物単体の結晶解析、蛋白質に取り込まれた複合体の解析などを進めている。また抗がん剤開発を目指してプロテアソーム阻害剤との複合体解析を進めている。同時に、薬剤分子、低分子有機・金属化合物単体の結晶構造解析も行い、ケンブリッジデータベースへの登録など行っている。さらに高分子物質に単一化合物をドーピングしコンポジット高分子として物性変換を行い高機能材料の開発を目指した展開を行っている。

5．中性子・放射光の相補データ利用による蛋白質精密化・解析方法の確立

X 線解析で得られるタンパク質分子の実際の電子密度分布と中性子解析で得られる原子核の位置に基づく電子密度分布には分子全体として隔たりが見られる。これは分子全体が持つ分極性によるものと考えられ、これが生体内での高度に制御されたタンパク質相互作用の本質であると考えられる。従ってどちらか一方のみの解析結果だけにとらわれず、電子数分布・核密度分布をとらえる原子散乱因子（散乱長）を融合させた構造の精密化が必要であり、そのためのX線・中性子の電子・原子核ウェイト可変の結合精密化、測定実験方法、解析方法を確立する。

以上の課題を、文部科学省「光・量子融合連携研究開発プログラム」はじめ、科学研究費補助金、各種外部資金を得て推進した。
キーワード:タンパク質立体構造、機能性高分子物性、中性子、放射光、回折・散乱

Ⅱ－1－2. 中性子材料科学研究分野

人間に役立つ種々の材料の開発研究が行われているが、その特性の発現機構を解明することにより、さらに良い特性を持った材料の発明や改良をおこなうことが可能となる。中性子の特徴を最大限に利用した中性子広角・小角散乱、準弾性散乱そして非弾性散乱実験をおこない、結晶物質や不規則系物質、非平衡物質で構成されるエネルギー材料や機能材料などの原子の配列(構造)および運動(ダイナミクス)を明らかにする研究を行っている。さらに、構造データをもとにリートベルト法やリバースモンテカルロモデリングなどを用いて原子配列の可視化を行い、材料の構造と物性の関係を明らかにしようとしている。

研究のキーワード:
中性子散乱、弾性散乱、非弾性散乱、準弾性散乱、回折、全散乱、小角散乱、X 線回折、構造解析、結晶材料、ガラス材料、ナノ材料、非平衡材料、エネルギー材料(電池材料、水素貯蔵材料)、機能材料、超イオン伝導物質、リートベルト解析、PDF 解析、リバースモンテカルロモデリング

1. 全固体蓄電池用固体電解質の構造に関する研究

既存のリチウムイオン電池は、可燃性の有機電解液を使用しているため、安全面での危険性を潜在的に抱えている。安全性・信頼性の向上のために、有機電解液を不燃性の固体電解質(超イオン伝導体)に置き換えた「全固体リチウムイオン電池」の開発と実用化が待望されている。このような社会的要請の見地から、本研究室では、中性子散乱の特徴を最大限に活用して、超イオン伝導体の構造すなわちイオンの存在環境やイオンの動いていく経路を明らかにし、全固体リチウムイオン電池に適した超イオン伝導体の開発指針を構造学的見地から構築する研究を展開している。最近では、Li-P-S系ガラスならびに$Li_7P_3S_{11}$結晶の研究を行い、これらのリチウムイオン伝導経路を可視化し、さらには中性子準弾性散乱により世界で初めて$Li_7P_3S_{11}$結晶中のリチウムイオンの動きを直接観察した。

2. 水素吸蔵材料の構造学的研究

水素エネルギー社会実現のためには大量の水素をコンパクトかつ効率的に輸送・貯蔵する技術が必要である。本研究室では、結晶、ナノ物質、アモルファス材料を構成する原子の間に水素を取り込ませて貯蔵させることを考えている。そのために大量の水素を効率良く貯蔵し、かつ吸蔵と放出を容易に起こさせるための水素の存在環境や存在状態を中性子散乱の特徴を活用して原子レベルから明らかにしようとしている。さらに、水素原子の存在位置・環境を3次元的に知るためにシミュレーションなども行い、多角的な解析を行っている。基礎的研究として、金属中の水素の存在状態を知るために Ti-Cr-V 合金や$LaNi_5$金属間化合物に水素を入れ、中性子回折により水素原子の存在位置や水素原子同士の相関を調べている。また、中性子小角散乱を利用し、水素の吸蔵放出特性に最も影響を与えている金属表面の構造変化のその場観察を行っている。

3. セメント材料の水和反応研究

現在の建築物においてコンクリートは無くてはならない材料で、その材料強度特性は建築物の強度、耐久性と密接に関連している。そのコンクリートはセメント、水、骨材を混ぜ合わせることによって作製される。セメントは多数の成分からなるためその水和反応は非常に複雑で、コンクリートの発現する強度の予測は難しいとされてきた。しかしながら、セメントと水は水和反応によってセメント水和物（水酸化カルシウムや珪酸カルシウム水和物など）に形態を変えることで強度を発現させていることから、水和反応時の自由水と水和反応物の結合水の状態を知ることによってそのセメントの強度特性を間接的に知ることができると考えた。特に、巨大建造物の建設に使用する低熱ポルトランドセメントを研究対象とし、中性子準弾性散乱により自由水と結合水の割合を調べ、水和物生成量と圧縮強度の関係を世界で初めて明らかにした。

4. 新規中性子回折装置の製作

本研究室は材料の原子構造の解明を目的としているが、その遂行のためには新たな中性子散乱（回折）装置の開発が必要である。最近、本研究室のメンバーと高エネルギー加速器研究機構の神山・米村グループと共同で第4世代と言われる新しい中性子回折装置（SPICA）を建設した。現在、この装置を用いて、次世代電池材料の構造学的研究ならびに未来の革新材料開発の指針を得るための構造解析を展開している。また、SPICA 建設の経験を活かし、京都大学研究用原子炉（KUR）の B-3 実験孔に小型多目的中性子回折計を建設し、随時コミッショニング作業を行っている。本装置を利用して中性子回折実験や中性子デバイス評価など、KUR 利用活性化に向けた様々な取り組みを行っている。

Ⅱ－1－3. 中性子応用光学研究分野

中性子応用光学分野では、研究用原子炉や加速器中性子源によって発生される低速中性子の光学的特性を利用して制御する中性子光学機器開発から、それらを応用した物性研究のための中性子散乱分光器の開発、基礎物理研究から中性子イメージングの工学等への応用まで幅広く研究を行っている。特に近年は、世界最高レベルの中性子制御技術を応用した新規性の高い新型中性子散乱分光器を実現し高度化に注力している。

1. 中性子光学素子の開発

低エネルギー中性子の基礎科学や応用研究に対する有用性は広く認識され、近年は研究用原子炉だけでなく、加速器中性子源による中性子科学研究も盛んである。実際日本では J-PARC MLF、米国では SNS が稼働し、ヨーロッパでも ESS が 2019 年稼働を目指して建設されている。大規模中性子源は工学的にかなり最適化されており、これらを活かす輸送や検出技術開発はますます重要となる。ここで低速中性子を曲げ（反射）、より高い効率で試料まで導き、さらに偏極等の中性子を制御するデバイスとして多層膜中性子ミラーは非常に重要な地位を占める。原子炉実験所は、日本初の中性子導管を手始めとし、世界初の本格的スーパーミラー導管開発といった中性子光学機器開発の歴史があり、「中性子光学素子の開発と応用」プロジェクト（H12-H16）によって、世界最高水準の中性子反射素子開発拠点としての立場を築いた。

近年は JST 光・量子融合連携研究開発プログラム(H25-29)の支援を受けて、理化学研究所及び高エネルギー加速器研究機構等との連携によって、金属基板の中性子集光スーパーミラー開発工程を確立した。これらの成果は、中性子スーパーミラー開発で実績のあるスイスのポールシェラー研究所(PSI)からいち早く注目され、PSI からの働きかけで平成 29(2017)年 3 月には PSI(中性子・ミュオン研究部)-理化学研究所(光量子工学研究領域)-京都大学(原子炉実験所)で部局間学術協定の覚え書き(MOU)を結び、中性子光学素子、中性子分光器とシミュレーション、中性子イメージング技法開発を中心に学術協力する関係を構築している。

また J-PARC MLF BL05(NOP)のパルス超冷中性子発生装置「Doppler Shifter」には、キーデバイスとして我々が製作した m=10 ワイドバンド NiC/Ti 多層膜ミラーが用いられているが、このような超高性能ミラーを基板すら無く多層膜だけで構成する自立膜(多層膜ミラーシート)作成にも成功しており、多層膜ミラーシートを多重に形状制御した新たな中性子強集光デバイス開発も進行している。

2. 大型中性子源施設への展開(中性子スピン干渉を用いた新型中性子散乱装置開発)

我々は中性子光学素子開発技術を活かして、京都大学研究用原子炉(KUR)のビームラインだけでなく、日本原子力研究開発機構研究用原子炉 JRR-3 の C3-1-2 ポートにおいて多層膜中性子干渉計・反射率計(MINE)を開発、維持管理してきた。そこでは物性研究等の大学共同利用も実施しつつ、中性子のスピン状態をコントロールした中性子干渉実験を行い、量子力学基礎実験や分光器開発を精力的に推進してきた。JST・先端計測分析技術・機器開発事業「中性子スピン干渉原理に基づく中性子スピンエコー装置開発」(H16-21)の支援を受けて、MIEZE 型、NRSE 型の中性子スピンエコー分光器を開発し、平成 21(2009)年度の日本学術会議策定大型計画マスタープラン「高強度パルス中性子・ミュオンを用いた物質生命科学研究」では、中性子分光装置新規建設経費(6台分)として「MIEZE型スピンエコー装置」が新規建設すべき装置の一つとして明記された。ここでパルス中性子源に特徴的な飛行時間(TOF)法を用いた MIEZE 分光法は我々が独自に定式化したものであり、フランス・グルノーブルのラウエランジュバン研究所の極冷中性子ビームラインに装置を構築して実証実験も行った。そして高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 S 型研究課題 2009S07、2014S07 の支援も受けて、J-PARC MLF BL06 に中性子共鳴スピンエコー分光器群(VIN ROSE)を設置するに至った。VIN ROSE は中性子光学技術を駆使して 1 つのビーム孔に 2 本のビームラインと MIEZE 型と NRSE 型の 2 つの分光器を擁する非常に独創的な中性子散乱分光器である。ここで中性子導管はもとより、分光器で利用する偏極スーパーミラーを含むすべての多層膜中性子ミラーは我々が維持管理するイオンビームスパッタ装置(KUR-IBS)で製作している。平成 29(2017)年 11 月には MIEZE 分光器の一般公募を開始した。また NRSE 分光器の高度化に必須な 900mm 長さの回転楕円体集光スーパーミラーも金属基板を用いて開発に成功し、一般公募のための最終整備を進めている。

Ⅱ－1－4. 核ビーム物性学研究分野

1. 短寿命中性子過剰核の核構造に関する系統的研究および精密核分光法の開発

^{235}U の核分裂により生成される中性子過剰核を対象に、核分光学的手法を用いた原子核構造の系統的研究を行っている。特に、原子核の崩壊におけるアイソマーの探索や β 崩壊の Q 値に関する研究などを共同研究により行っている。これらの研究を進める上で、放射線計測系の高度化を図り、

特に Q 値の測定に関しては、高効率・高精度な測定を目指した全吸収型検出器の開発を行ってきた。そして、このような検出器系の高性能化に伴い、それに対応したデータ収集システムを導入した。さらに、この検出器の特徴を生かし、コンプトン散乱γ線の直線偏光度測定に応用することにより、γ線励起準位のスピン・パリティおよびγ線多重極度を決定するための研究も進めている。
キーワード:短寿命中性子過剰核、核構造・核データ、核分光実験

2. オンライン同位体分離装置の開発およびその応用

KUR に附置しているオンライン同位体分離装置(KUR-ISOL)は、濃縮 ^{235}U をターゲットとし、原子炉中性子による核分裂で生成される様々な不安定核を、ガス・ジェット方式というユニークな方法により、迅速に移送し、オンラインで質量分離する装置である。現在、KUR-ISOL には表面電離型イオン源を取り付けていて、半減期 1 秒程度以上のアルカリ金属、アルカリ土類や希土類核を分離抽出することができる。

装置については、平成 22(2010)年度、研究炉用燃料の低濃縮化作業完了に合わせ、^{235}U ターゲットを更新するとともに、警報系の配線および機器を更新することにより安全性を高めた。また、その後の平成 29(2017)年度までの新規制基準審査による研究炉の運転停止期間中においては、冷却系の整備・更新および耐震性を考慮した改善を行った。

より広範囲な不安定核を供給すべく、半減期が数 100 ms の短寿命核や In などのこれまでイオン化の対象としなかった不安定核のビーム化に関する研究を、現状の KUR-ISOL において進めるとともに、利用核種の領域拡大と元素分離によるビームの高品質化が期待できるレーザーイオン化法に関する基礎研究に着手した。さらに、オンライン同位体分離装置に係る技術開発の一環として、高エネルギー加速器研究機構和光原子核科学センター(KEK-WNSC)における 2 つの研究課題(“Yield development of KEK Isotope Separation System (KISS)”と“未知中性子過剰核生成量増大に向けたドーナツ型ガスセルの開発”)に参画した。

一方、平成 16(2004)年度以来、不安定核の電荷分布測定に向けたミュオン原子の生成、観測に関する研究を行っている。KUR-ISOL で得られた経験を基に、ミュオン原子生成に用いる表面電離型イオン源を、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構と共同で開発した。これをラザフォード・アップルトン研究所(RAL)の RIKEN-RAL ミュオン実験施設に設置し、重水素薄膜法の先行実験として、安定同位体である $^{86, 87, 88}$Sr、^{138}Ba、$^{147, 152}$Sm のミュオン原子を高効率で生成し、ミュオン原子に特徴的な X 線の同定およびアイソトープシフトの観測に成功した。不安定核のミュオン原子生成は未開拓の研究領域であり、この研究で用いられている手法を不安定核に適用するための技術開発を、KUR-ISOL において継続して進めている。
キーワード:核分裂生成物、オンライン同位体分離装置、不安定核ミュオン原子

3. 原子核の磁気モーメント測定

原子核の磁気モーメントは核内核子の配位や波動関数を反映した量であり、原子核構造の研究にとって不可欠な物理量である。KUR-ISOL で核分裂生成片として得やすい ^{140}Cs から多段階の β 崩壊により生じる ^{140}Ce の 2083 keV 準位(核スピン 4、半減期 3.5 ns)の磁気モーメント測定を、時間微分型ガンマ線摂動角相関法(TDPAC)を用いて行った。^{140}Cs を 100 keV の加速エネルギーで高純度 Fe 箔に打ち込み、Fe の 3d 電子に起因する大きな磁場(41 T)を ^{140}Ce の 2083 keV 準位の磁気モ

ーメントに印加し、磁気モーメントが磁場のまわりに回転する様子をTDPACにより、数10 nsの時間窓で観測した。CeはFeに固溶せず、冶金学的製法ではCeの入ったFe試料を作製できないが、打ち込み法により、約30%のCeがまわりに欠陥のないFe置換位置を占めるという結果を得た。^{140}Ceは中性子数が魔法数 82 の核であり、核構造の研究にとって重要である。CD-Bonn+G-行列あるいはP+QQ相互作用を仮定した殻模型計算と比較すると、両者ともTDPAC測定で得られた磁気モーメントの値を再現するが、前者の計算の方がよりよく再現するという結果を得た。

KEK-WNSC 等との共同研究において、理研リングサイクロトロンからの ^{136}Xe ビームと ^{198}Pt との多核子移行反応により生成された ^{199g}Pt と ^{199m}Pt に対し、オンライン同位体分離装置KISSを用いたレーザーイオン化分光実験を行った。中性子数が N≒126 近傍核は、宇宙核物理学における太陽系組成元素割合の第3ピークの形成や核構造研究において重要であり、本研究では上記の原子核の磁気モーメントや核電荷の平均自乗半径の値を初めて得、Hartree-Fock-Bogoliubov 模型を基とした理論計算による値と比較から、基底状態とアイソマー準位は、それぞれ、oblate 変形、prolate 変形していることを結論付けた。

キーワード:核分裂生成片、励起準位、半減期、重元素、磁気モーメント

4. 放射性原子核をプローブとした物性研究

原子核は、スピン、磁気モーメント、電気四重極モーメント等の固有の性質を有しているが、これらの性質を利用した核物性的手法を用い、超微細相互作用を通じて物質中の局所的状態を調べる物性の研究を行っている。TDPAC は上記 **3.** の磁気モーメントの測定に有効であるが、磁気モーメントや電気四重極モーメントが既知の場合、それぞれ、超微細磁場や電場勾配という物性に関するパラメターを得るのにも有効な手法である。半導体 ZnO、ペロブスカイト $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$、スピネル $CdFe_2O_4$、ナノ粒子 AgI 中などの特定のサイトの状態に関する研究のため、KUR で ^{111}Ag、^{111m}Cd、^{117}Cd、^{181}Hf の TDPAC 線源を作製し、試料に導入後、それぞれ崩壊により生成する ^{111}Cd、^{111}Cd、^{117}In、^{181}Ta の TDPAC 測定を行い、プローブ原子核位置での電場勾配などの超微細場の値を得た。また、上記 **3.** で得たFe箔にHeを注入した試料を作製し、^{140}Ce の TDPAC 測定により、^{140}Ce の親核元素であるLaやBaは、Heを効率よくトラップし、一定の幾何学的構造をとらない複合体を形成するという知見を得た。この知見は、核融合炉材に関し重要であると考えている。KUR 停止期間中は ^{111}In 線源を購入して、同様の TDPAC 測定を行った。

キーワード:核プローブ、超微細相互作用、摂動角相関

5. FFAG 加速器技術の応用

平成 28(2016)年から「革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)」において、「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」のプロジェクトが実施され、原子炉実験所においても、大強度負ミュオンによる核変換を利用した長寿命核種の短寿命化を目指し、FFAG 加速器技術を用いたMERIT 方式(多重エネルギー回復内部標的法:Multiplex Energy Recovery Internal Target)による大強度負ミュオン源が考案された。ビーム物理研究グループとの共同研究により、その実証実験を進めている。また、これと時期を同じくして、大阪大学核物理研究センター(RCNP)に新設された DC ミュオンビーム施設(MuSIC)のミュオンビーム開発にも参画し始めた。

キーワード:FFAG 加速器、ミュオン源開発

6. GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA-II

平成 23(2011)年 3 月の東京電力福島第一原発事故で発生した放射性物質による環境汚染に対応すべく開発された GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA の改良型である KURAMA-II の開発や展開をすすめた。KURAMA-II では高い堅牢性や完全自動測定を達成し、γ線スペクトルデータの収集も可能となった。

この KURAMA-II を路線バスに搭載しての定常的な生活圏の環境放射線モニタリング実証試験を福島県内で実施し、平成 26(2014)年からは福島県、JAEA との共同事業として約 50 台の KURAMA-II を全県に展開した本格的な生活圏モニタリングを展開した。

また、原子力規制庁による東日本一帯での広域走行サーベイ事業では 100 台の KURAMA-II による走行サーベイが継続されているなど、活用範囲が大きな広がりを見せるとともに、東電事故における環境放射線モニタリングの基幹的な技術として定着した。

このほか、特に福島県で発生している土壌汚染に対処するために、従来の土壌サンプリングによる手法に比べて土壌汚染密度をはるかに簡便・迅速に測定できる歩行サーベイ技術を新たに開発した。福島県農業総合センターと連携し、この技術の改良や普及活動に努めてきた。

これらの KURAMA-II に関する技術開発や運用でえられた知見は、その重要性が高く評価され、平成 29(2017)年 12 月に原子力規制委員会がまとめた環境放射線の測定法である「放射能測定法シリーズ」の改訂版に新たに収録された。東電事故対応への貢献や技術開発については原子力学会関西支部や土壌肥料学会からの表彰もされた。また、KURAMA-II の技術開発や展開は一般市民からの関心や評価も高く、新聞報道やテレビなどのメディアにも多数取り上げられた。

産官学連携や知財活用の観点から、技術開発の成果について積極的な特許の出願も行い、平成 29(2017)年度末までに 2 件の特許が成立しているほか、民間企業他へのライセンス供与契約も多数成立している。

キーワード:東京電力福島第一原発事故、KURAMA-II、放射線モニタリング、走行サーベイ

Ⅱ－1－5. 核放射物理学研究分野

1－5－1. メスバウアー分光法による凝縮系物性の研究

原子核の共鳴励起現象に関する基礎的研究、ならびにこれを用いた凝縮系科学の研究を行っている。また、このような現象を用いた先進的分光法の研究も行っている。特に、核共鳴励起現象を用いた分光法として Mössbauer(メスバウアー)分光法を利用した研究を進めている。この分光法では、中性子照射等により生成した放射性同位体(RI)線源からのγ線をドップラー効果によりエネルギー変調を起こさせ、共鳴核で無反跳核共鳴吸収させることによって原子核のエネルギー準位の変化を観測する。このとき、核のエネルギー準位は周囲の電子系の状態を超微細相互作用を通して鋭敏に反映するため、局所的な電子構造・磁性の精密な測定が可能となる。また、neV オーダーの極めて小さな揺らぎの観測も可能となる。γ線源としては、長寿命 RI の ^{57}Co、^{125m}Te、^{119m}Sn の他に短寿命 RI の ^{129}Te、^{193}Os、^{197}Pt 等を用いて、^{57}Fe、^{125}Te、^{119}Sn、^{129}I、^{193}Ir、^{197}Au 等の Mössbauer 効果測定を行っている。これにより、高温超伝導物質の電子構造・磁性に関する研究、導電性高分子における電気伝導度に関する研究、低次元物質における電荷密度波に関する研究を実施している。さらに、放射光 X 線を光源とした核共鳴非弾性・準弾性散乱法による凝縮体のダイナミクスに関する研究も行っている。放射光核共鳴非弾性散乱法は当研究室が世界で初めて測定を行ったものであり、核

的手法による物質科学研究分野で先端的な研究を推進している。

また、加速器を用いて相対論的荷電粒子と結晶との相互作用によるパラメトリックX線放射やコヒーレント制動放射等とその応用に関する研究も行っている。

（評価期間中の研究内容については“4－1－1．　研究ハイライト“に記載）

Ⅱ－1－6．　粒子線物性学研究分野

研究ハイライト　4－1－1（Ⅱ）　参照

Ⅲ．　放射線生命医科学研究本部

本研究本部では、1）粒子線高度医療の確立を目的とする生物・医学的基礎研究、2）がん治療を目指すライフサイエンスの研究、3）生物に対する放射線影響の基礎研究、を中心に研究活動を推進している。

Ⅲ－1．　放射線生命科学研究部門

Ⅲ－1－1．　放射線医学物理学研究分野

医学物理学は、放射線や音波等に関する物理工学の知識および成果を医学に応用および活用する総合的・分析的実学である。他の物理学分野との違いは、医学および医療への貢献を通じて、人類の健康に寄与するという点にある。医学物理学は、診断物理学、核医学物理学、治療物理学、放射線防護・安全管理学、基礎医学物理学、と多岐の領域にわたっている。本研究分野では、治療物理学および基礎医学物理学を関心領域とし、特に、粒子線治療法の一つである「硼素中性子捕捉療法(BNCT)」に重点を置いて、本療法における医学物理学の研究を行っている。

本研究分野では、BNCT 臨床が新しい展開を向かえた平成 13(2001)年度以降、医学物理学としての課題を整理し、体制を再構築し、平成 15(2003)年度にその実をスタートさせた。医療スタッフの一翼として BNCT に関わる医学物理学研究とその結果に責任を持つ実学を推進し、各課題における物理工学技術の開発および改善を実行することを基本方針とした。平成 24(2012)年度以降も引き続きこの方針を踏襲し、各課題の充実度を増すべく、医学物理学研究を精力的に推進してきている。

具体的には、BNCT 臨床における症例件数増加および適応拡大を可能にするための照射システムおよび技術の開発・改善、BNCT 照射の精度および確度を高めるための放射線計測システムおよび手法の開発・改善、BNCT 照射に関する線量分布評価における精度向上および適応拡大への対応を目的とした治療計画システムおよび手法の開発・改善、治療効果を評価するための物理的線量と生物学的効果との関連付けに関する研究、である。他に、X 線治療や粒子線治療等の他の放射線治療との併用に関する物理工学的検討も行っている。

特に、平成 20(2008)年に世界初の BNCT 臨床用サイクロトロン照射システム(C-BENS)が設置されたことを受け、加速器 BNCT の発展のために医学物理学の立場から多大な貢献をしてきている。また、原子炉ベースおよび加速器ベースの 2 つの照射システムを用いて BNCT が実施されてきた世界で唯一の研究機関の一員として、学術的な研究だけでなく、医学と連携して BNCT をサポートするた

めの照射技術に関する検討、品質保証・品質管理(QA/QC)の整備、BNCT を担うスタッフ等を養成するための人材育成、等も手がけている。以下、各々について概略する。

1－1－1. BNCT のための照射システムおよび技術の開発・改善

本研究分野を含め原子炉実験所における BNCT 関係者にとって、平成 24(2012)～平成 29(2017)年度の 6 年間で最も大きい出来事は、C-BENS を用いた世界初の加速器 BNCT の開始であった。平成 24(2012)年 10 月より悪性脳腫瘍に対する BNCT 治験、平成 26(2014)年 4 月より悪性頭頸部腫瘍に対する BNCT 治験が相次いでスタートし、平成 30(2018)年 4 月に一段落している。一方、KUR 重水中性子照射設備における BNCT 臨床研究ついては、原子炉の新規性対応や本設備のトラブル等による休止期間はあったが、順調に症例件数を増加させている。

原子炉ベースおよび加速器ベースの 2 種類の BNCT 用照射システムについて、(1)KUR 重水中性子照射設備の改善検討、 (2)加速器ベース照射システムの改善検討、(3)BNCT 臨床に関する周辺技術の開発・改善、の 3 つに分けて記述する。

(1) KUR 重水中性子照射設備の改善検討

本設備は、本来、大面積の熱中性子照射場として、様々な領域の実験に利用されてきた。平成 2(1990)年 2 月より、本設備において BNCT 医療照射が定期的に行われるようになった。当時は、熱中性子照射のみしか利用できず、悪性皮膚黒色腫(メラノーマ)および開頭手術を伴う悪性脳腫瘍を対象としていた。平成 7(1995)年から平成 8(1996)年にかけて、BNCT 高度化の観点から、本設備が改修された。改修後の設備では、ほとんど純粋な熱中性子から熱外中性子まで様々なエネルギースペクトルを持つ中性子照射が可能となった。

平成 9(1997)年には熱中性子および熱外中性子の混合照射、そして、平成 13(2001)年には熱外中性子照射の臨床適用が開始され、世界初の口腔癌に対する BNCT が熱外中性子照射により行われた。以後、肝臓、肺等の体幹部腫瘍への適応拡大が進められてきた。平成 18(2006)年 2 月の KUR 燃料低濃縮化に伴う運転休止までの 16 年間で 275 例の BNCT 臨床が行われた。平成 22(2010)年 5 月、4 年間休止していた KUR の運転再開とともに、BNCT 臨床も再開された。数度の休止期間はあったが、順調に臨床研究および主に BNCT に関する基礎研究が実施されてきている。平成 29(2017)年度終了時点で、再開後で 284 件、通算で 559 件の BNCT 症例数となっている。

臨床研究および基礎研究からのニーズをもとに、本設備の高度化のための改善検討を行ってきている。特に、1MW の KUR 運転時でも医療照射が行えるようにするために、中性子強度の増強に重点を置いている。例えば、現在の重水スペクトルシフター層は取り去り、厚さ60cm 程度の重水／アルミニウム層のみにすることにより、BNCT に利用可能な線質を損なうことなく、現在の 10 倍近くの強度にできるという結果が得られている。γ 線および高速中性子の混在が現状のものの数倍程度になるが、BNCT のための熱中性子照射場としては、許容できるレベルであることが確認されている。
平成 29(2017)年度は、全学経費により設備操作盤の更新を行った。上述の平成 7(1995)年の本設備の全面改修から 20 年以上が経過し、旧式化・老朽化が懸念されてきている。今後も各部の更新を行っていくとともに、上記の改善検討を進めていく方針である。また、同経費で、照射の自動化・高精度化を目的とした「小型試料自動照射システム」の整備を行った。この照射システムは、小型試料の照射に用いてきた「照射レール装置」に代わるものである。

(2) 加速器ベース照射システムの改善検討

上述のように、平成 20(2008)年に実験所に世界初の BNCT 臨床用サイクロトロン照射システムが設置されたが、加速器ベース照射システムに関する改善検討を引き続き行っている。加速器ベース照射システムの高強度化に関する検討や、熱中性子照射場に関する検討を行っている。特に、後者については、国内外で開発中の加速器ベース照射システムが BNCT 臨床に特化した「熱外」中性子照射場のみである点を踏まえて、BNCT に関する基礎研究に必要な「熱」中性子照射場の実現を目指している。20MeV の陽子サイクロトロンと重水減速体系を組み合わせることにより、KUR 重水設備の混合照射モードと同等の熱中性子場が可能であるという結論が得られている。

(3) BNCT 臨床に関する周辺技術の改善

BNCT の適応拡大は継続されており、上述のような、照射システムの開発および改善も重要であるが、患者と照射システムとのインターフェースとなる技術も重要である。本研究分野では、新たな疾患や照射部位が BNCT 適応になるごとに、システム周辺技術の開発および改善を行ってきている。ここで、周辺技術を「患者セッティング技術」と「照射野形成技術」の 2 つに分けて記述する。

患者セッティング技術について重要になるのは、照射部位をコリメータ出口に可能な限り密着させることである。1 件の BNCT 照射には、準備時間を含めて 1～2 時間を要する。この時間、患者の動きを可能な限り制限し、かつ、患者に苦痛を与えない固定を行う必要がある。現状の照射システムでは水平ビームしか得られないため、脳腫瘍に対しては基本的に臥位照射で対応しているが、頭頸部腫瘍に対しては座位照射が必然となる。また、体幹部のうち肺に対しては背面および胸面からの座位照射が基本となっている。さらに、膝裏部の腫瘍に対しては立位照射を行ったケースもある。これらの患者のセッティングに対応するために、患者固定装置の改善を随時行ってきている。

照射野形成技術について重要となるのは、患部の位置および形状に合わせて最適な照射野を形成することである。特に、頭頸部のように複雑な形状の部位では、患部に治療に十分な中性子ビームを当てるとともに、患部以外の線量付与を可能な限り低減する必要がある。また、肺や肝臓等の体幹部については、深部での線量を増加するためには大口径の照射野が必要となる。そこでも、コリメータの改善を随時行ってきている。

キーワード：原子炉ベース照射システム、加速器ベース照射システム、重水中性子照射設備、C-BENS、小型試料自動照射システム、適応拡大、臥位照射、座位照射、立位照射、コリメータ

1－1－2. 放射線計測システムおよび手法の開発・改善

上述のように、実験所は、原子炉ベースおよび加速器ベースの 2 つの中性子源を用いて BNCT が実施されてきた世界で唯一の研究機関となっている。この状況を踏まえて、両照射場間で整合性の取れた放射線計測システムおよび手法の開発・改善が重要な課題となっている。BNCT に関する放射線計測および評価は、照射場の特性評価と、患者内での線量分布評価の 2 つに分けることが出来る。また、実際の BNCT 時には、ホウ素濃度分布も含めたオンライン・リアルタイムでの線量評価手法も望まれている。ここでは、(1)照射場に関する計測・評価と、(2)生体内線量分布に関する計測・評価の 2 つに分けて記述する。

(1) BNCT 用中性子照射場に関する放射線計測・評価手法の改善

BNCT 用照射場に関しては、まず中性子ビームの線質および強度が重要な照射特性となる。通常、

ビームの成分を、熱中性子(0.5eV 以下)、熱外中性子(0.5eV～10keV)、高速中性子(10keV 以上)、γ線の 4 つに分けて考えている。

本研究分野では、照射場の中性子強度および線質、すなわち、中性子エネルギースペクトルの評価は、主に多重放射化箔法により行ってきている。しかしながら、多重放射化箔法では、熱外中性子および低エネルギーの高速中性子領域で詳細なエネルギー情報が得られないという欠点がある。そこで、ボナー球を用いたスペクトロメータの開発を目指してきている。

本研究分野で開発中のボナー球を用いたスペクトロメータ、「遠隔可変型ボナー球スペクトロメータ(Remote-changeable Bonner-sphere Spectrometer (RBS)」では、減速材として純水あるいは硼酸水等の液体を用い、複数の球殻を有する多層構造の同心球容器を用意する。各層について遠隔操作で液体減速材を給排水することにより、照射室内に入ることなく減速材および直径を変更できる。検出器については、放射化箔を遠隔操作により交換するか、硼素を含有した SOF 検出器等を用いてオンラインでの計測を行う。典型的な BNCT 用照射場での使用を想定して、減速材の硼素 10 濃度および直径の組み合わせの最適化を、本研究分野で独自に開発した手法である”High Independence Selection (HIS)”により行った。HIS により球殻の寸法ならびに減速材の硼素濃度に関する組み合わせの最適化を行い、3 種類の球殻と 3 種類の液体減速材で RBS を構成できるという結果が得られた。この結果に基づいて、RBS の作製を進めているところである。

上述のように、中性子エネルギースペクトルの評価は、主に多重放射化箔法により行っている。また、γ線に関する線量評価は、熱ルミネッセンス線量計(TLD)を用いている。これらは積分的な手法であり、オンラインかつリアルタイムでは評価結果が得られない。そのため、ビームの線質および強度の経時的な変化を評価することは困難である。そこで、多重電離箱を用いた特性評価手法の確立を目指してきている。

熱、熱外、高速中性子、γ線に関する線量の分離評価を行うために、4 種類の電離箱を組み合わせたシステム”Multi Ionization Chamber System (MICS)”の検討を行った。それぞれの成分に特化した電離箱の壁・ガスに関するサーベイを行い、材質・寸法に関する最適化を行った。また、MICS の設置位置等に関する検討も行い、最適な位置を見いだした。この結果に基づいて、MICS の作製を行い、設置する予定である。

上記の RBS および MICS については、比較的大型の検出システムであり、検出器そのものの照射場への影響も考える必用がある。また、オンラインかつリアルタイムで評価結果が得られない。そこで、小型のオンライン・リアルタイム測定手法の一つとして、LiCAF シンチレータと光ファイバーを用いた測定手法の開発を行い、リアルタイム熱中性子束モニターとしての有効性を確認している。

また、ユニークな手法として、物質の放射線による着色を利用したビームプロファイル測定手法の開発も行っている。材質についてサーベイを行っている。

(2) 生体内線量分布に関する放射線計測・評価手法の改善

BNCT 時の生体内での線量は、硼素と中性子との反応による「硼素線量」、窒素と低エネルギー中性子との反応による「窒素線量」、水素と高エネルギー中性子による「水素線量」、そして「γ線線量」に分けることができる。臨床においては、「硼素線量」が最重要であり、照射時間決定のために患部近傍の中性子束および血液中の B-10 濃度の評価が必要となる。

中性子束評価のためには、熱外および高速中性子ならびにγ線の混在する場で線量評価を行う必要がある。また、患部近傍に置ける線量計には、周辺の場を乱さない程度の大きさで、放射化が

小さく周囲に影響をおよぼすほどの二次γ線の発生が無い、等の制限がある。現在、金やマンガン等を用いた放射化法で中性子束評価を行っている。なお、γ線線量に関しては、照射場評価と同様に、TLD を用いて評価している。

生体内線量分布評価についても、照射場評価と同様に、オンラインかつリアルタイムでの測定手法が望まれている。そのために、小型の多重電離箱を用いる手法や、シンチレータと光ファイバーを用いたオンライン測定手法の検討を行っている。

最終的には、BNCT に関する線量評価を総合的に評価する「線量評価統合システム」を構築することを目指している。本システムでは、ビームモニターおよびγ線テレスコープ等のオンライン測定系から得られるデータを、治療計画システムでの事前・事後の評価結果に反映させることにより、照射場と生体内の線量評価が統合される。上述の多重電離箱システム MICS はこのシステムのビームモニターを担うものである。また、LiCAF シンチレータ光ファイバーシステムについても、本システムへの適用を考えている。

γ線テレスコープシステムについては、KUR 重水中性子照射設備にすでに設置されており、肝腫瘍 BNCT に関する線量評価のために用いられてきている。従来のγ線テレスコープシステムの欠点の一つである有効視野の調整の限界を改善するために、本システムの改善を行った。コリメータを上流側(患者側)と下流側(検出器側)の 2 つに分け、2 つのコリメータ間の距離を可変とし、両コリメータの移動には、大きなスペースを必要としない回転駆動機構を採用した。新しいシステムは平成29(2017)年度末に完成し、特性評価を行っているところである。この新しいコリメータシステムによって 2～20cm 程度の範囲で有効テレスコープ視野が調整可能となる。

究極的には、生体内の三次元的な線量分布をリアルタイムで評価する手法の開発が目標とされている。しかしながら、様々な技術的な困難があり、現時点では現実的ではない。現実的には、治療計画に基づくホウ素濃度分布を、一次元あるいは二次元的に取得したリアルタイム実測値をもとに補正することとなる。上記のγ線テレスコープは一次元的なリアルタイム実測手法となる。二次元的な実測手法として、シンチレータアレイを用いたホウ素即発γ線発生分布のイメージング手法の開発を行っているところである。試作機を作製し、その有効性の確認を行っている。

γ線テレスコープ以外にリアルタイムのホウ素濃度分布評価手法が実用化されていない現在の BNCT においては、E3 中性子導管における即発γ線測定(PGA)により、患者から採血した血液中のホウ素濃度を評価している。現在の PGA における硼素濃度評価下限を改善するために測定評価手法の改善を行っている。PGA は E3 中性子導管のように低バックグラウンドで低エネルギー中性子照射場が必要であるが、現在存在あるいは計画中の加速器ベースシステムにはこのような照射場が備わっていない。

今後も加速器ベース照射システムが増加する現状を踏まえて、陽子線等による粒子線励起ガンマ線放出元素分析法(PIGE)の開発を行っている。粒子線は中性子よりも絞り込みやエネルギー調整が容易という利点があり、PGA では難しい細胞内の硼素濃度分布を評価できる可能性がある。京都大学大学院工学研究科附属量子理工学研究センター(QSEC)の放射実験室の陽子線加速器を用いて PIGE に関する基礎実験を行っている。

キーワード:照射場評価、生体内線量分布評価、ホウ素濃度評価、線量評価統合システム、遠隔可変型ボナー球スペクトロメータ(RBS)、多重電離箱システム(MICS)、LiCAF シンチレータ光ファイバー

システム、即発γ線テレスコープ、即発γ線イメージング、粒子線励起ガンマ線放出元素分析法(PIGE)

1－1－3. 治療計画システムおよび手法の開発・改善

世界初の BNCT 臨床は昭和 26(1951)年に米国で行われたが、その後 40 年の間、他の放射線治療に比べ、治療計画技術は未熟であった。その理由は、中性子の生体内での挙動は極めて複雑であり、また、扱う対象も、熱中性子、熱外中性子、高速中性子、一次γ線、そして、二次γ線と多岐に渡っており、BNCT における生体内線量分布は単純な数式では表せないことにあった。コンピュータ技術の発達する 1990 年代までは、実用的な BNCT 用の線量計画システムは存在していなかった。

1990 年代になり、米国における熱外中性子照射による BNCT の開始に併せて、”NCTPLAN”および”BNCT_Rtpe”という 2 つの実用的な治療計画システムが開発された。平成 10(1998)年には、BNCT_Rtpe に他の放射線治療用線量計画システムの技術を取り入れて改良されたシステム”SERA (Simulation environment for radiotherapy applications)”が完成された。KUR 重水中性子照射設備における BNCT 臨床では、SERA を線量計画システムとして用いている。

上述のように、平成 13(2001)年以降は、頭頸部や体幹部の腫瘍に BNCT が適応拡大されている。これらの腫瘍は、脳腫瘍に比べて、呼吸等による動きが多い。また、照射状況に応じて患者の体位も大きく変化する。頭頸部では、頸部の曲げやねじれが生じ、治療計画に用いる診断画像との相違が大きくなる場合がある。体幹部では、内臓等の移動や変形が大きい。

SERA オリジナルの機能にはこれら適応拡大に対応したものは用意されていないため、これらの治療計画をサポートするための補足手法およびソフトウェアの整備を行っている。特に、患者の動き・変形に対応した治療計画システムの開発を行っているところである。その一環として、SERA 等の BNCT 治療計画システムで作成されたデータをもとに等線量曲線画像を生成するソフトウェアの開発を行った。いくつかの症例について試用を行っているところである。また、これまでの症例について体幹部 BNCT における臓器線量の評価および解析を行った。

治療計画システムにおいては、CT、MRI 等の診断装置により得られた診断画像をもとに線量分布シミュレーションのための体系を構築する。最終的なシミュレーション体系はあるサイズのボクセルで構成されることになるが、SERA を始めとする BNCT 用治療計画システムでは、他の放射性治療および粒子線治療用のシステムに比べ、ボクセルサイズが大きい。そのため、診断画像の画素サイズやスライス厚はシミュレーション結果に影響を及ぼす。このシミュレーション結果に及ぼす影響について定量的な評価を行い、有効な画素サイズ・スライス厚等に関する提案を行った。

現状の BNCT では、頭頸部腫瘍や一部の脳腫瘍に対して座位での照射を行うことがある。このため、治療計画のための診断画像取得時は臥位，治療時は坐位という体位の相違が生じることが多い。これは、中性子照射が水平向からしか行えないこと、および、現在市販されている CT および MRI は坐位に対応したものが無いこと、に起因しており、現状では回避できない問題である。そこで、坐位で撮影できる一般撮影装置を用いて再構成した断層画像を座位照射における治療計画に適用することを提案し、この有用性に関する検討を行っている。

キーワード：治療計画、SERA、適応拡大、等線量曲線画像生成ソフト、臓器線量評価・解析、画素サイズ、スライス厚、座位・臥位、一般撮影装置

1－1－4.　物理的線量と生物学的効果の関連付けに関する研究

陽子線、重イオン線、中性子線等の粒子線による生体への照射効果には、未解明の部分が多い。特に、中性子線については、水素、炭素、窒素、酸素等の生体構成元素との相互作用により生成される陽子、α粒子、反跳核、γ線等によりエネルギー付与がなされる。これら二次成分、場合によっては、さらに高次の成分ごとに、生物学的効果は異なっており、物理的線量と生物学的効果との関係はこれらを総合したものとして評価されている。BNCTの場合、さらにB-10と中性子との反応によるエネルギー付与が加わる。B-10 のマイクロレベルでの分布は硼素薬剤の種類やその投与の仕方等により異なっており、物理的線量と生物学的効果との関連をさらに複雑にしている。

BNCT をはじめ粒子線治療においては、各成分の物理的吸収線量と治療効果との関連付けは、細胞実験により求められた生物学的効果比(RBE)や化合物効果比(CBE)を用いて行われている。しかしながら、細胞実験自体が各成分の混在した条件で行われるため、求められた RBE および CBE の不確定性が大きいという現状にある。

BNCT 臨床において最終的に必要となる治療効果を考慮した線量は、様々な手法を用いて測定・評価した各成分の物理的線量に、細胞実験等で評価したRBEおよびCBEを乗じて積算する間接的に評価したものとなっている。治療効果のより正当な評価、特に従来の放射線治療との比較のためには、直接的な線量評価が必要であると考えられる。特に、上述のように、実験所は、原子炉ベースおよび加速器ベースの 2 つの照射場においてBNCT が実施される世界的にも希有な研究機関である。両照射場間で整合性の取れた特性評価を行い、治療時の付与線量の同等性・同質性を保証することが重要となる。

物理的線量と生物学的効果の関連付けに関する研究において、本研究分野では「マイクロドジメトリ」と「化学線量計」の 2 つの手法を用いて取り組んでいる。前者は、中性子あるいはγ線照射による生体内での二次粒子あるいはさらに高次の粒子の生成およびエネルギー付与をミクロな観点で評価するものであり、LET カウンタ等の特殊な検出器による計測とシミュレーションによる評価を組み合わせて行う。後者は、組織類似物質に対して中性子およびγ線照射を行い、その化学的な変化を電子スピン共鳴(ESR)や核磁気共鳴(NMR)により評価するものである。

マイクロドジメトリに関しては、まず、LET カウンタを用いて KUR 重水設備各照射モードの特性データの取得およびその解析を行った。得られたデータから RBE を算出し、生物実験で得られたデータとの比較を行った。

また、シリコンマイクロドジメター半導体検出器”Silicon-on-Insulator Microdosimeter (SIM)”という特殊な検出器を用いたマイクロドシメトリに関する研究を行っている。SIM は豪州 University of Wollongong・Centre for Medical Radiation Physics の Anatoly Rozenfeld 教授のグループが開発している特殊なマイクロドジメトリ用検出器である。この検出器は、シリコン半導体上に細胞サイズの領域を多数有する構造をしており、細胞レベルでの線量付与を評価できる。BNCT 用照射場におけるこの検出器を用いたマイクロドジメトリにより、中性子ビームの RBE の評価が期待できる。また、硼素を含有する領域をこの検出器上に配置することにより、BNCT における CBE の評価も期待できる。このSIM を用いたマイクロドジメトリに関する基礎実験を KUR 重水設備において行い、改善点・問題点の抽出を行っている。

化学線量計に関しては、まず、アラニン線量計に関する基礎実験を行った。アラニン線量計は、照射後のアラニン内でのラジカル生成を ESR により評価するものである。KUR 重水設備各照射モー

ドを用いた中性子照射実験、および、QSEC 放射実験室の粒子線加速器を用いた各種粒子線照射実験を行い、アラニン線量計の応答と LET との関係を見いだし、BNCT において生ずる荷電粒子各成分の RBE に関する考察を行った。

また、ゲル線量計に関する基礎実験も行った。ゲル線量計には、ポリマーゲル線量計、色素ゲル線量計、フリッケゲル線量計、等があり、いずれも、照射後のゲル内での化学変化を MRI や光 CT 等により評価するものである。特に、ポリマーゲル線量計の BNCT への応用に関する検討を行っている。また、熱中性子に対する増感剤として硼素やリチウムを添加したゲル線量計も作成している。KUR 重水設備各照射モードを用いた中性子照射実験、および、若狭湾エネルギー研究センターの粒子線加速器を用いた各種粒子線照射実験を行っている。各種ゲル線量計の応答と LET との相関性を確認し、BNCT において生ずる荷電粒子各成分に対する依存性を見いだした。

物理的線量と生物学的効果の関連付けに関して、「二重ファントム法」を用いた照射場の線質評価手法の開発も行っている。高速中性子に関する線質は照射場の個性の出る部分であり、より高度な評価が望まれている。ファントムの材質として ^{6}LiOH 水溶液や ^{6}LiF 混入ポリエチレンを用いることで、ファントム内の高速中性子束分布を変えることなく、熱中性子束を大きく減ずることができる。従って、普通の水ファントムと Li-6 混入ファントムを用いる実験を比較することで、照射場の線質、特に高速中性子に関する線質の評価が期待できる。シミュレーション計算結果に基づき、Li-6 混入ファントムを作成した。KUR 重水設備各照射モードにおいて、照射場の線質評価、および、混在高速中性子の生物学的効果評価、を行っている。

キーワード：RBE、CBE、マイクロドジメトリ、化学線量計、LET カウンタ、シリコンマイクロドジメター半導体検出器(SIM)、アラニン線量計、ゲル線量計、二重ファントム法

1－1－5. BNCT に関する照射技術に関する物理工学的検討

BNCT では、他の放射線治療や粒子線治療が組織レベルでの治療選択性であるのに対して、細胞レベルでの治療選択性が期待できる。しかしながら、B-10と反応する熱中性子の減衰は生体内では大きく、深部方向に関して 1.7cm でほぼ半分に減衰する。そのため、BNCT の治療可能深さは熱外中性子照射でも 8cm 程度であると考えられている。

この深部での BNCT による線量不足を補足するために、他の放射線治療との併用が検討されている。例えば、大阪医科大学では脳腫瘍の一部の症例に対して BNCT 照射後に X 線による追加照射を行っている。また、筑波大学では陽子線照射を行うことも検討されている。本研究分野でも、BNCT と他の放射線治療との併用、すなわち、マルチモダリティーに関する物理工学面での検討を行ってきている。X 線治療との併用については大阪医科大学と、陽子線治療との併用については若狭湾エネルギー研究センターと連携して検討を進めている。

BNCT の適用拡大が進められている現状を踏まえて、様々な腫瘍に対する照射技術の改善および最適化に関する検討も行っている。特に、中皮腫や髄膜腫における照射門数の最適化、頭頸部腫瘍や髄膜腫におけるボーラス利用の最適化、血管肉腫等の全頭皮照射のためのコリメータ・ボーラスの最適化、等に重点を置いている。ボーラスについては、従来の減速体としての使用だけでなく、頭頸部腫瘍や髄膜腫に対しては、反射体としても有効であることを確認している。

キーワード：マルチモダリティー、X 線治療、陽子線治療、適応拡大、ボーラス、コリメータ、照射門数

1－1－6.　BNCT における品質保証・品質管理(QA/QC)の整備

実験所では、KUR 重水中性子照射設備を用いて、脳腫瘍、メラノーマ、頭頸部腫瘍、肝腫瘍、中皮腫等、BNCT の適応拡大を世界に先駆けて推進してきている。また、上述のように、C-BENS を用いた治験が平成 24(2012)年より開始され、平成 30(2018)年に一段落している。このように、実験所は、原子炉ベースおよび加速器ベースの 2 つの中性子源を用いて BNCT が実施されてきた世界で唯一の研究機関となっている。この現状を踏まえ、BNCT のための品質保証・品質管理(QA/QC)の整備を行っているところである。特に、KUR 重水中性子照射設備および C-BENS 間で整合性のとれた QA/QC の確立を目指している。

他の放射線治療と同様に、BNCT においても「深部線量分布特性」が重要な QC 項目となる。1 種類でかつ単一エネルギーに近く平行性の良いビームを利用する他の放射線治療と異なり、BNCT では、(1)中性子エネルギーは単色ではなく広範囲にわたっており、(2)中性子ビーム中にはγ線が混在しており、そして、(3)ビームの平行性は良くない。また、少なくとも、熱、熱外、高速中性子、γ線の 4 成分の評価を行う必要がある。さらに、線量だけでなくフルエンス(率)の情報も重要である。

定期的な QA 業務においては、評価結果がオンラインで得られることが望ましい。そこで、4 成分の線量評価には、上述の多重電離箱システム(MICS)を適用することを検討している。現在、電離箱の壁材の材質・寸法、電離ガスの種類、分布の乱れの補償法について検討しているところである。

キーワード：QA/QC、原子炉ベースシステム、加速器ベースシステム、多重電離箱システム(MICS)

1－1－7.　BNCT を支えうる人材の育成

本研究分野は、工学研究科原子核工学専攻では量子システム工学グループに属しており、修士課程および博士後期課程の院生を受け入れ、医学物理工学に関する研究指導を行ってきている。医学部とも連携した医工融合コースの院生も受け入れており、京都大学における医学物理士養成の一翼を担っている。平成 24(2012)年度～平成 29(2017)年度にかけて、博士 3 名(学位取得 2 名、認定退学 1 名)、修士 4 名の卒業生を輩出してきている。現在も、博士課程 6 名、修士課程 4 名の研究指導を行っている。

近年、BNCT の社会的認知度は高まっており、BNCT への参画を検討している組織等が急増している。この結果として、近い将来、BNCT を実施しうる医学および物理工学分野の人材に関するニーズが高まることが予想される。このことを踏まえて、本研究分野では、日本中性子捕捉療法学会等と連携して、BNCT を物理工学面で支えうる人材の育成を検討している。現在、人材育成のための、教育体制、カリキュラムの整備を行っているところである。

キーワード：人材育成、医学物理士教育、医工融合コース、社会的ニーズ

Ⅲ－1－2.　放射線機能生化学研究分野

放射線が水分子に衝突して生じる活性酸素は酸化ストレスとなって体内の様々な生体高分子に傷害を与える。我々は放射線の生物影響についての理解を深めるために、分子、細胞、個体の各スケールに分けて研究を行い、それぞれにおいて得られた成果を横断的に考察することを試みている。下記に平成 24(2012)- 平成 29(2017)年における放射線機能生化学研究分野の代表的な成果を示す。

1）分子レベル：放射線や老化が引き起こすタンパク質の損傷とその代謝について

1-1）放射線照射によるクリスタリンの酸化部位の決定

ラット水晶体にγ線を照射し、γ-クリスタリン中の構成アミノ酸残基であるメチオニン、システイン、トリプトファン残基の酸化部位を質量分析によって特定した。その結果、これらの部位はヒト白内障のクリスタリン中で生じている酸化部位と共通していたことから、ヒトの加齢性白内障は活性酸素やフリーラジカルによって生じることが示された（*Biochem.Biophys.Res.Commu.* 466 , 622-628 (2015)）。

1-2）ヒト加齢性疾患原因タンパク中の D-アミノ酸分析

我々は老化した水晶体の主要タンパク質であるクリスタリン中で特定部位のアスパラギン酸（L-α-Asp）残基がラセミ化、異性化し、正常のタンパク質には存在しない L-β-Asp, D-α-Asp, D-β-Asp 異性体として多量に蓄積していることを見出した。これらの Asp 異性体はタンパク質のペプチド結合の主鎖の延伸、側鎖の反転をもたらすので、タンパク質の構造や機能に大きな変化を与える。それゆえ、これら異性体の微量迅速分析は急務であったが、従来の分析法は煩雑で時間がかかるという欠点があった。我々はこの課題を解決するために液体クロマトグラフ質量分析法によりタンパク質中の Asp 異性体のホットスポットを決定する画期的な方法を見出した。この分析法により分析時間を飛躍的（数週間から、2日程度）に短縮することができた。（*J. Biol Chem.* 287, 39992, (2012), *Anal. Chem* 87, 561-568 (2015)）。Asp 異性体は白内障のみならず、アルツハイマー病、多発性硬化症などの加齢性疾患の原因タンパク質にも見出されていることから、今後、これらの病態に蓄積されている Asp 異性体の迅速分析を行うことにより、病態の解明に直結すると考えられる。

1-3）D-Asp 生成によるタンパク質の機能変化：

1-3-1） D-Asp 生成によるタンパク質会合体の解離：

本来、水晶体中で会合体を形成し、レンズとしての役割を担っている α-クリスタリンは、Asp 残基が異性化するとモノマーへと解離することが明らかとなった（*FEBS J.* 283, 850-859 (2016)。

1-3-2) D-Asp 生成による酵素活性の喪失：

RNase A の活性部位である Asp121 に 4 種類の Asp 異性体を挿入し、RNase A の活性を測定した。正常の L α-Asp を導入した RNase A は活性を保持していたが、L β-、D α-、D β-Asp を導入した RNase A ではその酵素活性が完全に失われた。この結果からタンパク質中の Asp 残基がたった 1 残基異性化することにより、タンパク質の機能が劇的に変化することを明らかになった （*ACS Omega* 2, 260−267 (2017)。

1-4）D-Asp 含有タンパク質分解酵素の研究

Asp の D 体化は正常なタンパク質を病的に変性させる一方、D-Asp の生成による小規模な立体構造の変化を合目的的・生理的に利用した未知のシグナル伝達系も存在するのではないかと考え、その立証に取り組んでいる。以上の研究過程で我々が発見した D-Asp 含有タンパク質に対する特異的な分解酵素：D-Aspartyl Endopeptidase は、変性した D-Asp 含有タンパク質に対する品質管理機構であると同時に、魚類や両生類では生殖巣や卵細胞でその活性が非常に強いことから、初期発生や分化に関連した上記のシグナル伝達系を負に制御するものであるとも考えられた。その発生学的な生理作用について詳細に調べている。

2）細胞レベル：

2-1）放射線耐性細菌の放射線耐性機構の研究

電離放射線に対して極めて高い抵抗性を有する放射線耐性細菌の共通の特徴として、生体脂質中に赤色色素が存在することが知られている。我々はこれまでに「複数の代表的な放射線耐性細菌の含有赤色色素の構造を決定し、それらが特異な構造を有するカロテノイド分子であること」「それらカロテノイドが極めて高いラジカルスカベンジング活性、抗酸化活性を有すること」「放射線耐性細菌のカロテノイド非産生株は放射線に対する抵抗性が著しく低下すること」を明らかにしてきた。この度、我々はγ線による生体脂質損傷過程およびその損傷に対するカロテノイドの影響に関して解析を行った。その結果、放射線耐性細菌中に存在する濃度のカロテノイドは、γ線による脂質の酸化的分解反応を抑制することが明らかとなった。これら全ての結果より、放射線耐性細菌においてカロテノイドが細胞膜等の脂質構造を放射線により生成するラジカルをスカベンジングすることにより防護し、その放射線耐性能に寄与しているという生体防御機構の存在が示された。今後、放射線耐性細菌のより詳細な放射線耐性・生体防御機構の解析を進めるとともに、そのような機構がどのように進化してきたかを明らかにすべく研究を進めていく。

2-2）藻類による放射性セシウムの収着機構の研究

藻類（ミドリムシやクロレラなど、光合成を行って生活する水生微生物の一群）のなかに、セシウム（Cs）を吸着する能力の高い種の存在が知られている。したがって、Cs を吸着する藻類由来の生体分子そのもの、もしくはその分子構造を模した化合物を用意できれば、放射性 Cs で汚染された湖沼のバイオレメディエーション（生物が持つ化学物質の分解・蓄積能力などを利用して土壌や水圏の汚染浄化を図る技術）を提供でき、大変有効な除染方法となる可能性がある。生体分子に由来する Cs 吸着物質ならば生物分解性も高く、環境負荷は低いことが期待される。そこで、数種類の藻類において細胞構成成分ごとに Cs の分布を調べたところ、細胞壁に多くの Cs が吸着していることが明らかになった。このことから、細胞壁のなかに Cs をよく収着する生体分子が含まれていることが強く示唆された。より環境負荷の低いバイオレメディエーションの確立に向けて、Cs 吸着分子の同定とその分子構造の解明をめざしている。

3）個体レベル：カイコをモデル動物とした放射性セシウムによる低線量・長期被ばくの生物影響評価系の構築

放射性セシウムによる低線量・長期被ばくの生物影響評価系の構築するため、カイコをモデル動物として個体群への影響、すなわち、繁殖率の低下や経世代影響を調べている。特に、放射性 Cs-137 を滴下した人工飼料（1,385 Bq/g-wet）を与えることにより、内部被ばくによる放射線影響を評価しようと試みている。その結果、内部被ばく個体群では、対照群と比較して孵化率の低下は観察されず、生殖細胞突然変異を示すような卵色の異常も検出できなかった。したがって、カイコのような鱗翅目昆虫類においては、低線量率の長期被ばくによる経世代影響の可能性は極めて低いことが示唆された。

Ⅲ－1－3. 粒子線生物学研究分野

原子炉実験所において施行されてきた中性子捕捉療法を中心とし、がん治療の発展に寄与し得る生物学的データの取得と解析を生命科学・医学的見地から行っており、培養細胞を用いる実験から実験動物を用いる実験まで、段階的に研究を展開している。理工系各分野の研究者を擁する当実験所員構成の特性を生かし、生体構成物質の解析を専門とする工学・化学系の研究者との共同研究プロジェクトをも視野に入れ、実験所独自の学際的研究の展開をも目指している。

具体的には、1) DNA修復メカニズムに関連する研究、2) 固形腫瘍内の微小環境と腫瘍細胞の感受性との関連を検出することによる各がん治療法の有用性の評価に関する研究、3) 局所の腫瘍に対する治療が及ぼす遠隔転移能に対する影響に関する研究、4) 新規の中性子捕捉化合物の有用性に関するスクリーニング研究、5) 中性子捕捉療法をはじめとするがん治療施行時に必須となる正常組織に対する障害（副作用、有害事象）に関する放射線生物学的解析、などの研究課題を中心として展開させている。

下記に評価対象期間における代表的な研究成果を示す。

1. 腫瘍内微小環境特性の解析成果を応用した局所腫瘍制御と遠隔転移抑制の同時達成の試み

DNA 損傷処置を引き起こすがん治療施行の後の、不明に近かった固形腫瘍内で細胞分裂を停止している腫瘍細胞の感受性を選択的に検出するアッセイ法を確立させることにより、以下に示す様に、休止期の腫瘍細胞に関するいろいろな特性が明らかになった。がん治療に対して非常に抵抗性で、治療後にはがん細胞の損傷は回復しやすく、腫瘍内では低酸素細胞の割合も高く、特に腫瘍血管から遠い所に存在することによって生じる慢性低酸素細胞が多いことが明らかになった。分割放射線照射時には、増殖期の腫瘍細胞が選択的に殺されるために、照射後には休止期から増殖期への移行現象がみとめられた。しかし、休止期腫瘍細胞の固形腫瘍形成能は、増殖期腫瘍細胞ほど高くはなかった。この治療抵抗性の休止期腫瘍細胞の感受性を向上させるためには、選択的低酸素細胞毒と温熱処置の併用がもっとも効率的であることも明らかになった。さらに転移に関する解析では、腫瘍血管の攣縮で生じる一時的な腫瘍内の低酸素を原因とする急性低酸素腫瘍細胞を減少させる処置を局所腫瘍に加えると、そこからの遠隔転移の頻度も抑えられることが明らかとなった。低酸素という微小環境因子解析から見ると、慢性低酸素腫瘍細胞の制御は、局所腫瘍の制御に、急性低酸素腫瘍細胞の制御は、遠隔転移の制御に貢献できることが明らかになっている。今後は、これらの休止期腫瘍細胞の特性解析を行う際に用いた手法を駆使し、日本でも当実験所のみで（世界でも、当実験所を除くと2箇所のみで）施行される中性子捕捉療法（BNCT）の発展のために、新規に合成される様々な中性子捕捉化合物の有用性の解析を、局所腫瘍制御と遠隔転移制御の両面から行い、臨床治験に向けた信頼できる基礎データの蓄積ができるように貢献していきたい。

2. 中性子捕捉療法（BNCT）で用いられるホウ素薬剤の種類と固形腫瘍の酸素化状況による局所および遠隔転移能への効果

転移能の高い黒色腫腫瘍をマウス下肢に作成後、ブロモデオキシウリジンを連続投与し、腫瘍内増殖期（P）細胞を全て標識した。ニコチンアミド（NA）投与または低温度温熱処置（MTH）により低酸素領域を解除後、原子炉中性子線ビームを用いて、ホウ素薬剤（BPAまたはBSH）の投与を併用しないBNCTおよび併用したBNCTを行った。BNCT直後の腫瘍内休止期（Q）細胞および全腫瘍（P+Q）

細胞への初期効果と、中性子線ビーム照射17日後の肺転移能を分析した。その結果、BPA-BNCTはBSH-BNCTより全腫瘍細胞への初期効果が高かったが、Q 腫瘍細胞への効果はBSH-BNCTより低く、MTH処置の併用はQ 腫瘍細胞への殺細胞効果を効率良く増感した。照射線量の増加に伴い、腫瘍形成能のある生腫瘍細胞数が減少し、肺転移結節数も減少した。中性子線ビーム非照射時でもNAには肺転移を抑える傾向があり、BPA-BNCT時（特にNA併用時）に中性子線ビーム照射後の肺転移数が、BSH-BNCT時より顕著に減少した。結論として、BSH-BNCTよりBPA-BNCTに肺転移能を抑える潜在力が認められ、急性低酸素を解除するNAには肺転移能を抑える可能性が感じられた。局所腫瘍内の慢性低酸素領域の大きなQ 腫瘍細胞の制御および急性低酸素領域の大きな(P+Q)腫瘍細胞の制御には、各々、局所腫瘍の制御および肺転移能抑制という潜在力があると考えられた。

3. 細胞内活性酸素制御機構の解析と器官内酸素濃度に依存して作用する新規抗がん剤のスクリーニング

細胞内では、細胞内のミトコンドリアや細胞外の増殖因子等が発する刺激から、絶えず活性酸素種が生じている。これら活性酸素種は遺伝子損傷因子として注目され、活性酸素種を要因とする遺伝子損傷とその修復機構について解析してきた。一方で、活性酸素種は情報伝達メディエイターとしても有益な役割を担っており、細胞内の活性酸素レベルを適正に保つ機構は、生理的に重要な意味を持っている。この適正化のメカニズムを明らかにするため、トリ細胞やヒト細胞を用いた逆遺伝学的な手法で解析を進めていると同時に、器宮内の酸素濃度に依存する新規抗がん薬剤のスクリーニングも行っている。

4. 中性子捕捉療法によるがん細胞殺傷効果を理論的に予測する数理モデルの開発

中性子捕捉療法は、同じ放射線量でも投与する薬剤の種類や濃度によってがん細胞殺傷能力（治療効果）が異なるが、その詳細な依存性やメカニズムはまだ解明されていない。そこで2種類のホウ素薬剤を様々な濃度で投与した担がんマウスに中性子を照射し、その治療効果を定量的に調べた。また、放射線挙動解析コードを用いた細胞レベルの放射線量解析により、動物実験で示唆された薬剤による治療効果の違いが、薬剤が細胞内及び細胞間で不均一に分布する効果に起因することが明らかにされた。この解析結果に基づき、薬剤濃度の不均一性を指標として治療効果を予測する新たな数理モデルが開発され、動物実験結果を精度よく再現することに成功した。開発された数理モデルを応用すれば、新しいホウ素薬剤の治療効果の予測や、患者個人の症状に合わせたより最適な放射線治療計画の提案も可能となり、α線源内用療法など、他の放射線治療法への応用も期待される。

これらの研究課題を基礎的および臨床的視野から同時に有機的に展開させるため、理学研究科・医学研究科の協力講座を担当し、それぞれの研究科に属する院生を指導している。当研究室は原子炉実験所放射線生命科学研究部門に属し、実験所が独自に実施している中性子捕捉療法の普及・発展にも深く関わる研究を担当しており、実際の中性子捕捉療法の現場にも立ち会うことが可能である。また実験所は共同利用研究施設としての側面も大きく、所外研究者との連携共同研究によるプロジェクト研究課題「BNCTを含む癌治療の最適化を目指すがんの微小環境解析とその応用」

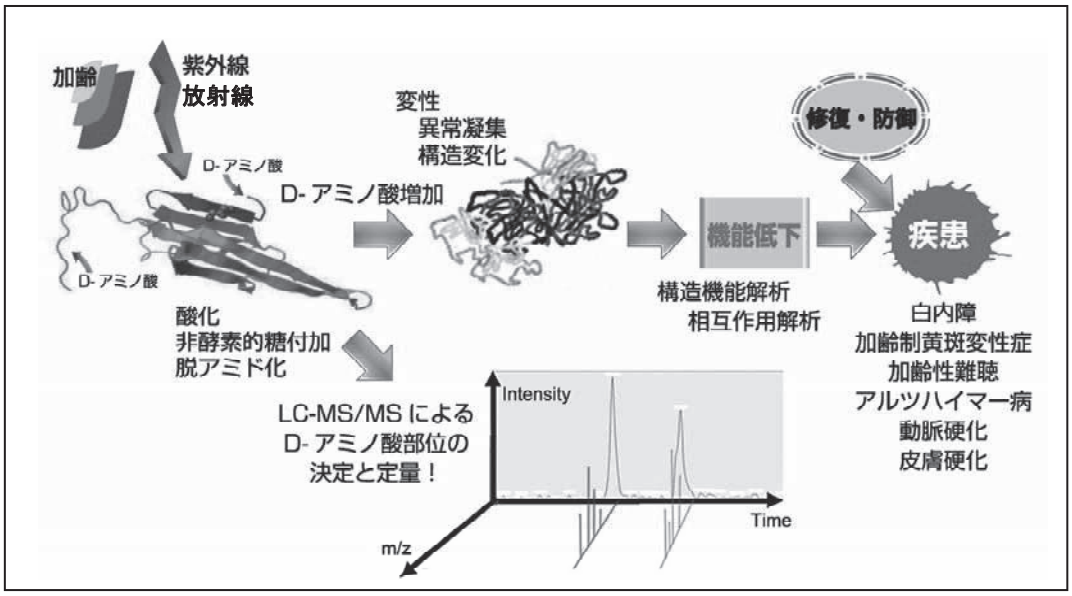
も活発に展開している。

III－1－4. 基礎老化研究部門（寄附）

本部門は平成 29(2017)年度より原子炉実験所に設置された寄附講座である。

研究目的：D-アミノ酸を分子指標とする加齢性疾患の研究と疾患の早期検出装置の開発

白内障、加齢黄斑変性症、アルツハイマー病、パーキンソン病、多発性硬化症、動脈硬化、皮膚硬化等のいわゆるフォールデイング病はその組織に含まれる蛋白質構成アミノ酸の D－体化による蛋白質の異常凝集を共通基盤とする疾患であり、これらの疾病は放射線、紫外線照射、酸化ストレスなどによって進行する。上記疾患は高齢化社会において医療費を圧迫しており、精度の高い疾患発症前の早期発見・診断装置の開発が求められている。本部門ではこのような装置開発を目的としての老化の生化学的基礎研究を推進し、蛋白質異常凝集病発症機序の解明をおこなうことを目的としている。具体的には蛋白質を構成するアミノ酸 1 残基ごとの化学変化（酸化、脱アミド化、異性化など）が蛋白質の凝集や疾患に関連することを立証し、早期発見・診断装置への適用を展開する。これらの研究は従来、L-アミノ酸しか考慮してこなかった蛋白質、ペプチド化学において、病態との関連から新しい切り口を拓くものである。



現在の研究テーマ

1. 加齢性疾患に生じる蛋白質変性をとらえる非侵襲的検査装置の開発
2. 放射線、紫外線などストレスに晒された蛋白質中のアミノ酸修飾が引き起こす蛋白質異常凝集に関する研究
3. 質量分析（LC-MS/MS-MRM）による蛋白質中の新規自動 D-アミノ酸分析法の開発
4. D-アミノ酸と他のアミノ酸修飾についての関連についての研究
5. 血中における D-アミノ酸含有ペプチド(DAP) の探索と疾患バイオマーカーの確立
6. 加齢性疾患防御物質の探索

平成 29(2017)- 平成 30(2018)年度の成果

血中におけるD-アミノ酸含有ペプチドの探索:D-アミノ酸を含む蛋白質はL-アミノ酸ポリマーである代謝酵素によって認識されず、代謝が不完全のまま、血中にとどまっていると考えられる。本研究においてはこのアイデアに基づき、ヒト血中の D-アミノ酸含有ペプチドの探索及び同定を液体クロマトグラフ質量分析装置で行った。その結果、血中に複数の DAA 含有ペプチドを見出し、このペプチドを同定することにより D 体化の生じている元の D-アミノ酸含有蛋白質を特定した(PLOS ONE 12(12): e0189972 (2017))。本法を適用すれば、少量の血液の採取により加齢性疾患発症前診断や発症の防御に役立てるなどの応用が展開できると考えられた。

Ⅲ－2. 粒子線腫瘍学研究センター

Ⅲ－2－1. 粒子線腫瘍学研究分野

研究ハイライト 4－1－1(Ⅰ) 参照

Ⅲ－2－2. 中性子医療高度化研究部門(寄附)

研究ハイライト 4－1－1(Ⅰ) 参照

Ⅳ. 技術室

技術室は、安全管理組織である研究炉部、臨界装置部、実験設備管理部、放射線管理部、放射性廃棄物処理部の各安全管理部から業務依頼を受け、技術職員をそれぞれ派遣する形で業務が行われている。研究炉部、臨界装置部では、長年の経験に基づいた安全管理技術をもって、研究炉(KUR)及び臨界実験装置(KUCA)の運転・保守・管理を行っている。実験設備管理部では、原子炉周辺および独立に存在する実験設備の運転・保守・管理を行っている。放射線管理部では、屋内班、野外班、個人班に分かれ、それぞれの放射線管理・業務を行っている。放射性廃棄物処理部では、所内で発生する放射性廃棄物の処理業務を行っている。その他に、兼務の形で安全管理本部の中央管理室、核燃料管理室、品質管理室での実働業務を行っている。

一方、原子炉実験所が全国大学等の共同利用研究所であることから、技術職員が協力者として共同研究に参加し、技術支援を行っている。また連絡者として窓口になったり等、研究者等への技術支援という形で、全国の大学関係を中心とした研究機関に関係 している。

4－2．　研究成果と研究活動の傾向

4－2－1．　原子炉実験所全体での研究活動の傾向

原子炉実験所全体で平成 24-29（2012-2017）年の間に発行した論文（原著論文及び国際会議プロシーディングス）等の数を表4－2－1にまとめた。中でも、原著論文はピアレビューを経て認められた研究活動の重要な指標である。また、国際会議プロシーディングス数は学会に認められた研究成果物と言える。これらの推移を図4－2－1に、著書と解説・総説数の推移を図4－2－2に示す。

表4－2－1．　原子炉実験所研究成果の推移（平成 24(2012)年-平成 29(2017)年度）

出版物	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計
原著論文	141	141	164	185	119	143	893
プロシーディングス	86	52	82	58	79	92	449
解説・総説	27	16	16	22	11	30	122
著書	5	2	12	10	7	8	44
紀要	175	193	193	138	98	99	896
報文集	24	10	11	7	2	0	54

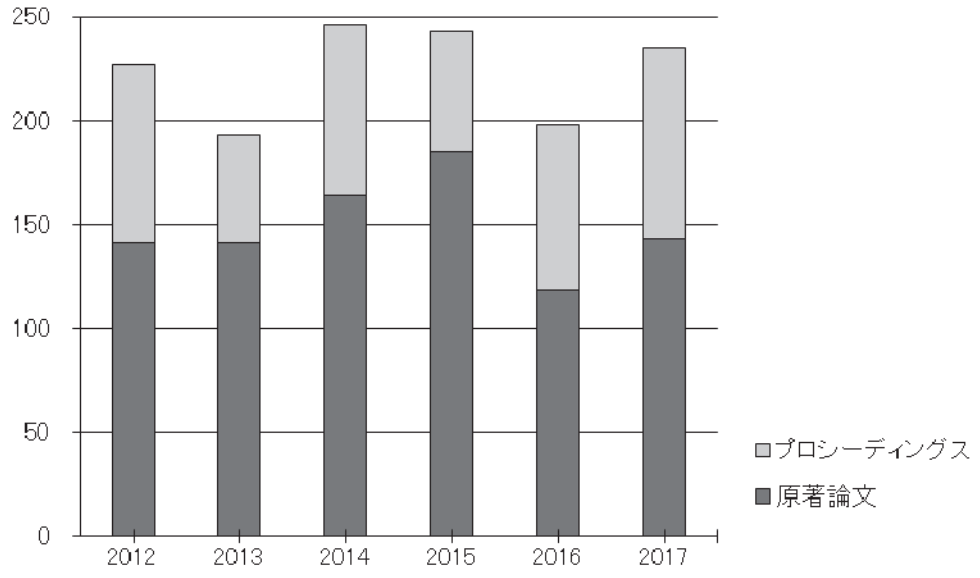


図4－2－1．　原子炉実験所論文発行数（平成 24（2012）-平成 29（2017）年度）

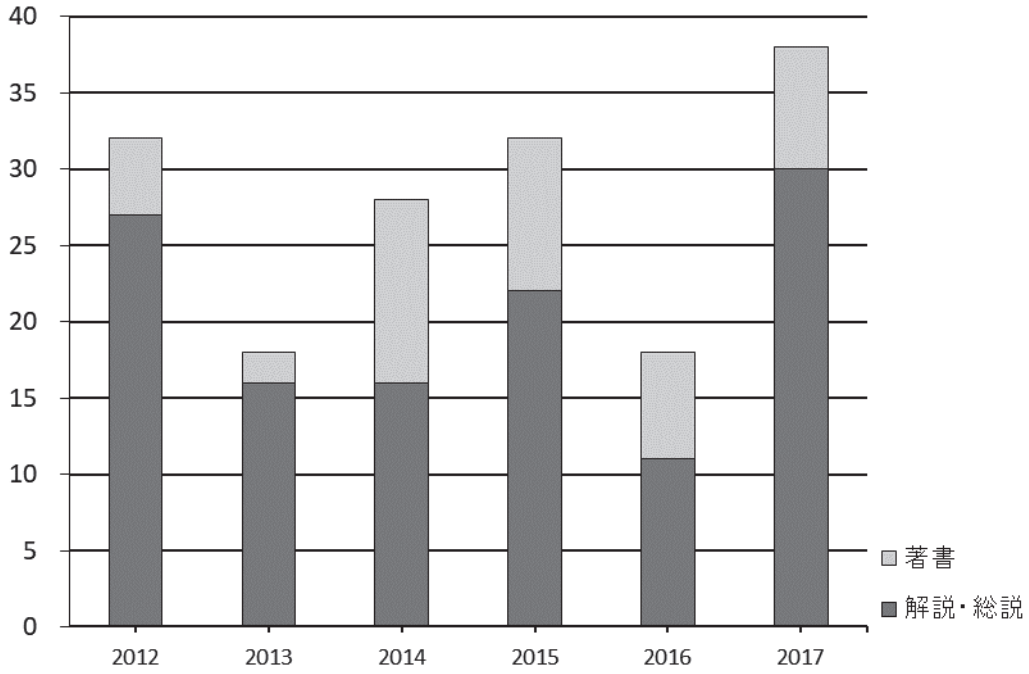


図4－2－2.　原子炉実験所著書等発行数（平成 24（2012）-平成 29（2017）年）

原著論文数としては、毎年 150 編前後の論文が発表されている。プロシーディングスについては毎年 70 編前後となっている。実験所の教員は非常勤研究員を含めておおよそ 70 名程度であることから、プロシーディングスを含めた論文数としては一人平均して年間 3 本程度となっている。ただし、平成 27（2015）年まで増加していた原著論文数が、平成 28（2016）年度以降に落ち込みを見せている。これについては、自己点検期間中における研究用原子炉 KUR と臨界集合体実験装置 KUCA の長期の停止が影響を与えているのではないかと考えている。KUR は、平成 26（2014）年 5 月 26 日から施設定期検査期間中となり運転を停止したが、その期間中に新規制基準（原子力規制委員会により平成 25(2013)年 12 月 18 日付けで施行された試験研究炉用原子炉施設の新規制基準）への対応を行い、平成 29（2017）年 8 月 29 日に運転を再開した。また、KUCA も、平成 26（2014）年 3 月 10 日より停止し、平成 29（2017）年 6 月 21 日に運転を再開している。また、図4－2－3に、前回自己点検報告（平成 18-23（2006－2011）年）を含めた原著論文の発行数の推移を示すが、前回自己点検報告期間中の平成 18（2006）年 2 月から平成 22（2010）年 5 月まで高濃縮ウラン燃料の低濃縮化のため運転を休止していた。変動や応答については同一とは言えないものの、増加傾向の論文数が停止後一定期間後に減少するという類似の傾向が見られるように思われる。原著論文数自体に関しては、平均してみれば、前回自己点検報告時に比してそれほど遜色はないものとなっているが、前回の自己点検期間中の論文数推移と同様の傾向を示すのであれば、今後も原子炉運転再開に伴って論文数は増加していくことが期待される。

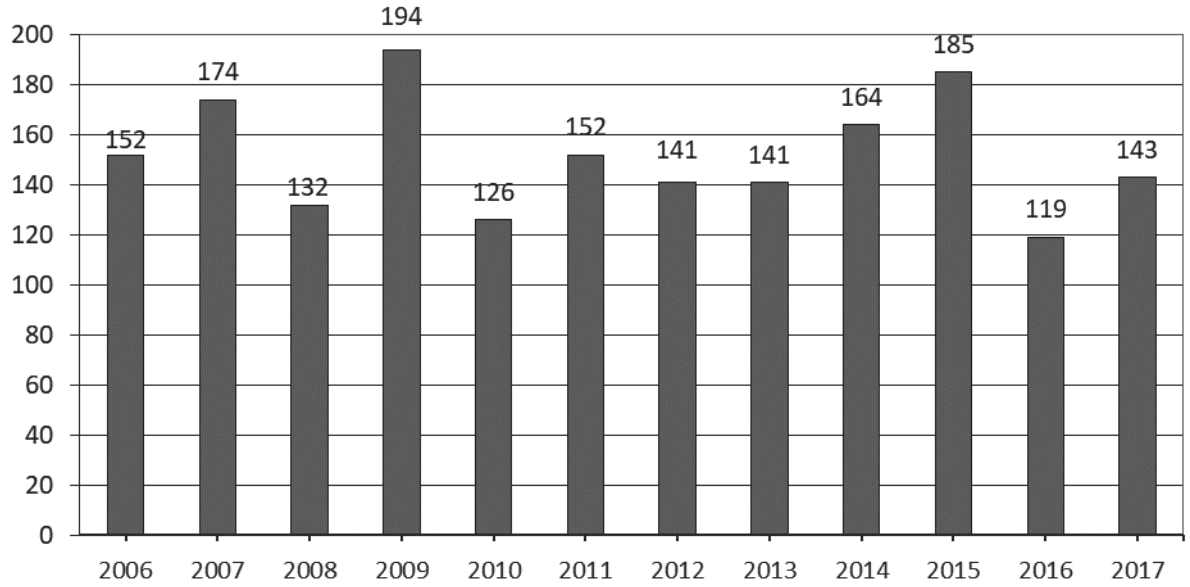


図4－2－3.　原著論文の発行数の推移（平成 18(2006)年−平成 29(2017)年度）

表4－2－2は、各研究本部別の成果物の発行数の推移をまとめたものである。原子力基礎科学研究本部、放射線生命医科学研究本部では、それぞれ附属する安全原子力システム研究センター、粒子線腫瘍学研究センターの成果も合算してある。3 研究本部とも直近 5 年を通じてほぼ同様の論文数の推移を示しており、差の大小はあれど、原著論文に関しては全体と同様に平成 27(2015)年に多くなっているが、放射線生命医科学研究本部でその傾向が著しく、逆に原子力基礎科学研究本部では、その差はかなり小さくなっている。これは、原子力基礎科学研究本部では直接原子炉からの中性子を用いた研究以外にも、原子力関係の管理を含めた研究がなされていることに対し、放射線生命医科学研究本部では中性子を使わない研究分野はあるものの、BNCT 関連分野などが占める割合が大きいことが関係していと思われる。粒子線物質科学研究本部の場合については、研究用原子炉からの中性子に依存する分野も多いものの、KUR が休止期間中には外部の大型研究施設などを使って研究を行なった分野もあるため極端な変動は見られていないものと考えられる。

表4－2－2.　各研究本部の論文等成果の推移

原子力基礎科学研究本部	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計
原著論文	71	81	83	84	72	81	472
プロシーディングス	42	24	27	24	49	52	218
解説・総説	11	7	4	2	2	9	35
著書	3	1	5	3	2	7	21
紀要	76	78	82	64	48	47	395

粒子線物質科学研究本部	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計
原著論文	33	33	48	55	33	40	242
プロシーディングス	2	7	6	6	17	31	69
解説・総説	4	3	5	11	3	6	32
著書	1	0	1	2	2	0	6
紀要	27	41	38	21	13	15	155

放射線生命医科学研究本部	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計
原著論文	37	27	33	46	14	22	179
プロシーディングス	42	21	49	28	13	9	162
解説・総説	12	6	7	9	6	15	55
著書	1	1	6	5	3	1	17
紀要	54	55	50	45	27	31	262

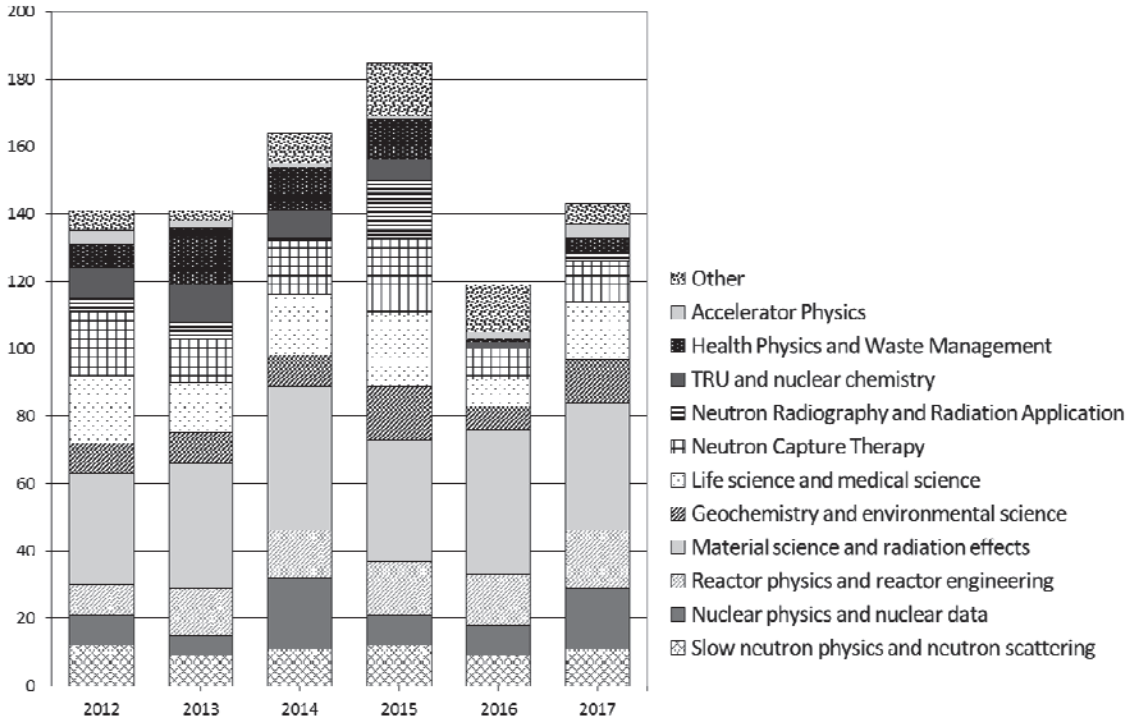


図4－2－4.　研究カテゴリー別の原著論文数の推移（平成 24(2012)-平成 29(2017)年度）

研究分野（カテゴリー）別の原著論文数（平成 24-29（2012-2017））を図4－2－4に示す。各研究カテゴリーも全体の論文数の増減におおよそは従っているものの、物質科学・材料照射効果分野については、平成 28（2016）年でも減少が見られない。これは、前述したようにこの分野ではKURの中性

子が利用できない場合でも、外部の大型施設を利用しての研究が可能であったためと考えられる。

研究分野（カテゴリー）別の原著論文数を各研究本部別にまとめたものが、図4－2－5、6、7である。原子力基礎科学研究本部（図4－2－5）では、物質科学・材料照射、ADS 関連研究を含む炉物理・炉工学、核データ、環境地球科学、放射性廃棄物などの分野が中心となって研究が行われている。加えて、超ウラン・核化学、ラジオグラフィー、加速器物理、中性子捕捉療法などの分野の研究も行われている。前回の自己点検期間中に多くの成果が発表されていた超ウラン・核化学分野については相対的に減少しているが、これは担当分野の教員の転出による空白期間が影響しているのではないかと考えられる。粒子線物質科学研究本部（図4－2－6）では、物質科学・材料照射効果の分野と冷中性子・中性子散乱に大きくに集中しているが、生命科学、ラジオグラフィー、放射性廃棄物などの研究も多くはないが行われている。放射線生命医科学研究本部（図4－2－7）では、生命・医療科学および中性子捕捉療法の研究に特化して研究が進められている。特に研究部門の方で生命基礎研究が多く、センターでは治療に特化した捕捉療法に関する研究が大きい。基礎と臨床がうまくマッチして進められていると言える。

図4－2－8では3研究本部をまとめて表示した。この図からは、物質科学・材料照射研究が突出して多いことが見て取れ、実験所における研究の主要分野となっていることが分かる。中性子散乱に分類されている項目においてもこれに含まれる内容は多いものと思われる。一方、生命・医療科学および中性子捕捉療法についてはこれらを併せて考えれば、物質科学・材料照射に比肩するものであり、2 大主要分野であると考えることもできる。これらに加えて、実験所における特徴的な研究として、ADS 関連研究を含む炉物理・炉工学、核データ、超ウラン・核化学、環境地球科学、放射性廃棄物、ラジオグラフィー、加速器物理などの研究が行われていると言える。

このように、柱となる研究テーマがあると同時に多様な特徴的研究もなされていることは望ましいことと考えられる。一方で、本部をまたがって同様な研究が行われている部分もみられる。3 本部体制が出来て長い時間が経過していることもあり、分野の再編も含めて発展・融合的な在りかたを再検討する必要があることを示しているとも言える。

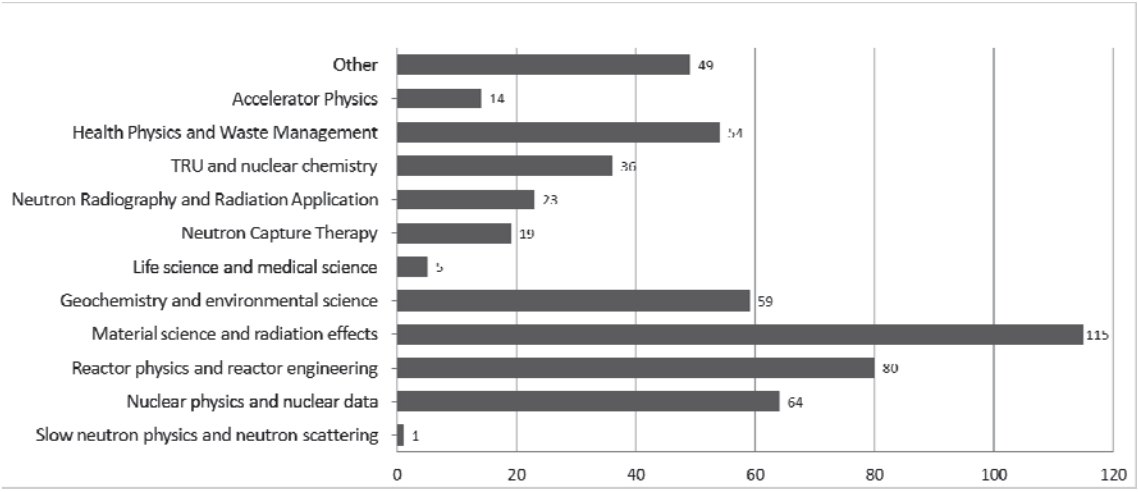


図4－2－5. 研究分野別原著論文数（原子力基礎科学研究本部）

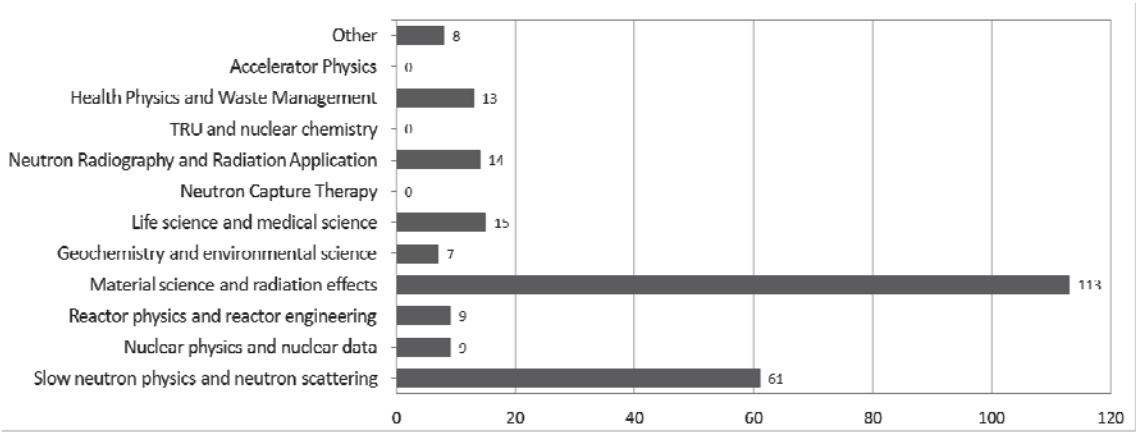


図4－2－6 研究分野別原著論文数(粒子線物質科学研究本部)

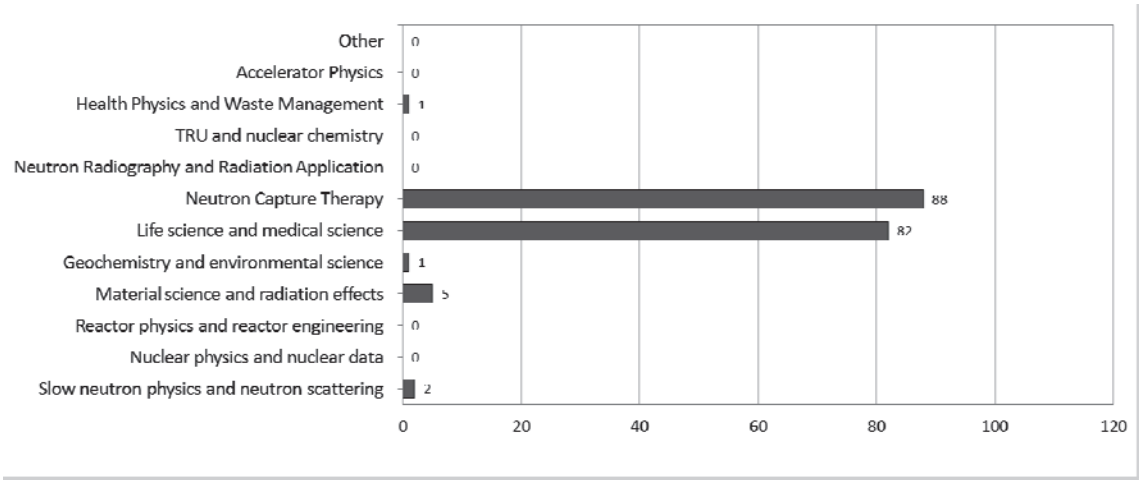


図4－2－7. 研究分野別原著論文数(放射線生命医科学研究本部)

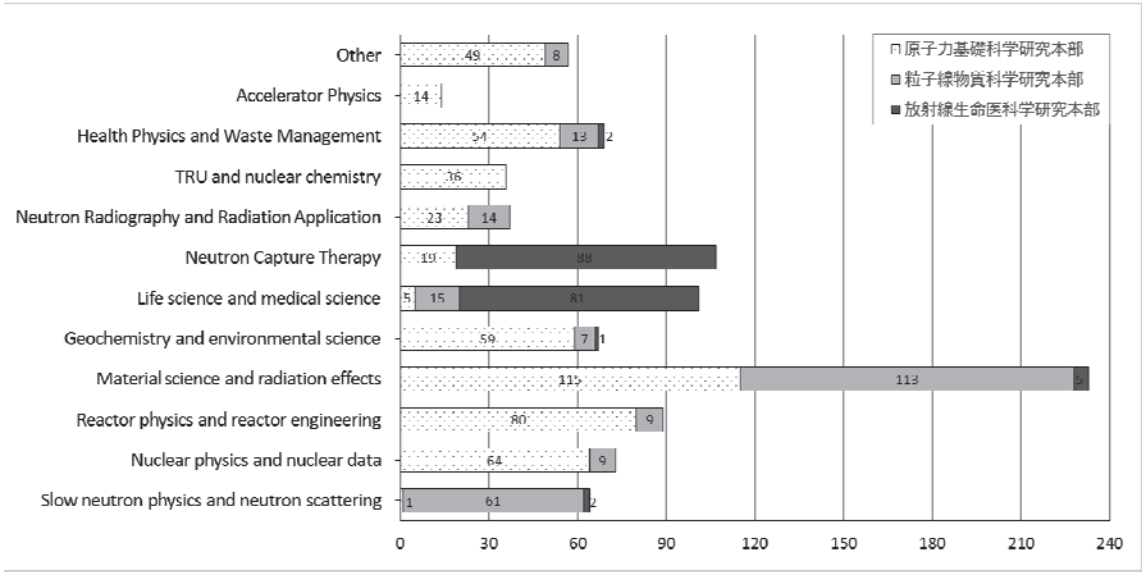


図4－2－8. 3研究本部の論文数まとめ

4－2－2.　研究論文のインパクト度の傾向

前回評価時同様、原子炉実験所から発行された原著論文のインパクトファクターの傾向を評価した。評価期間中（平成 24-29（2012-2017））に 3 つの研究本部から発行された原著論文のインパクトファクターの分布を、図4－2－9、10、11に示した。原子力基礎科学研究本部では、1 付近を中心に 5 程度までの雑誌に大半の論文が投稿されている。これは前回（平成 18-23（2006－2011）年）とほぼ同じであり、投稿する雑誌がほぼ変わりないことを示しているが、IFが 7 以上の雑誌にも掲載が増えており、研究活動が活発に進展していることを示している。粒子線物質科学研究本部と放射線生命医科学研究本部は、同じような分布を示しているが、平均的にIF2 以上となっており、IF5 前後を常時標的にしていることがうかがわれる。この傾向は前回から同様であり、今回も順調に進展している。特に、粒子線物質科学研究本部では、IF10 以上の雑誌にも複数掲載されており、IF40 を越える雑誌にも 2 件掲載されていることから、高いレベルの研究が行われていることを示している。

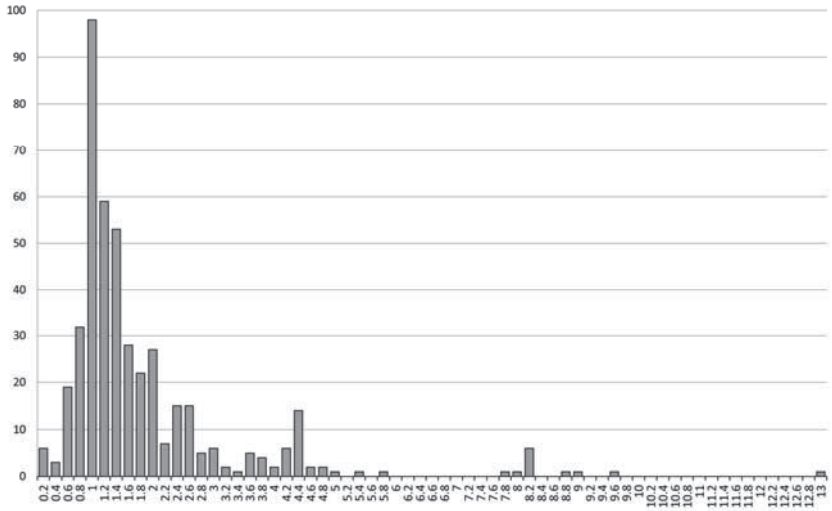


図4－2－9.　原子力基礎科学研究本部から掲載された論文のインパクトファクター分布

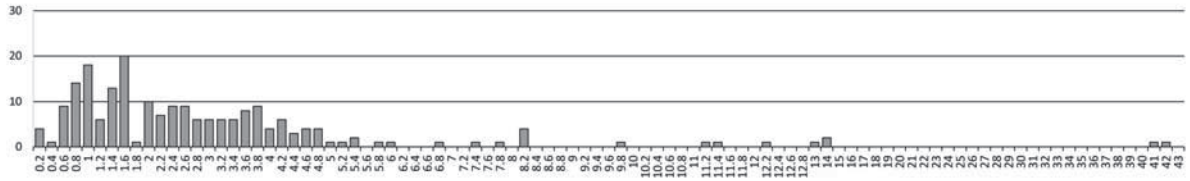


図4－2－10.　粒子線物質科学研究本部から掲載された論文のインパクトファクター分布

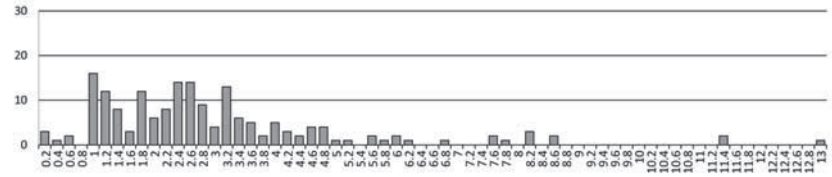


図4－2－11.　放射線生命医科学研究本部から掲載された論文のインパクトファクター分布

４－３．　科学研究費の獲得と研究活動

原子炉実験所で行う研究活動を支える基盤としての経費については、運営費交付金、科学研究費補助金、各種府省庁・民間外部資金などがある。図４－３－１には、年度ごとの、運営費交付金（内訳も含む）と、受託研究費、科学研究費補助金、民間を含めた府省庁からの共同研究受入れの外部資金を表示した。運営費交付金は平成 24-29（2012-2017）年の間、10 億円程度で推移しているが、大きな割合を占めるのは特定事業費と管理経費である、純粋に研究分野に配分される金額は部門研究経費であり、評価期間中ほぼ同水準で大きな増減はない。個々の研究活動を展開する上で必要な経費は、主に科学研究費（参考資料４－１）、受託研究費（参考資料４－２）、共同研究受入れ（2012 年度：15 件、2013 年度：22 件、2014 年度：18 件、2015 年度：13 件、2016 年度：18 件、2017 年度：21 件、延べ 107 件）などの、いわゆる外部資金である。図４－３－１から、これらはほぼ 3～4 億円程度を維持していることが分かる。なかでも科学研究費は各教員の獲得へ向けた努力により 1～1.5 億円程度を獲得している。受託研究は、企業等の課題の研究を大学が委託されて実施するもので、研究費用を、委託する側が負担するものである。共同研究は、大学と企業等の相手方機関との共同研究契約に基づいて共同して研究を行なうもので、相手方機関から経費を受け入れて研究を実施する。しかしながら外部資金獲得には年ごとに波があり、常にこの研究経費ねん出を心がける必要がある。運営費交付金内研究経費が潤沢とはいえない中、外部資金獲得への一層の努力が求められる。

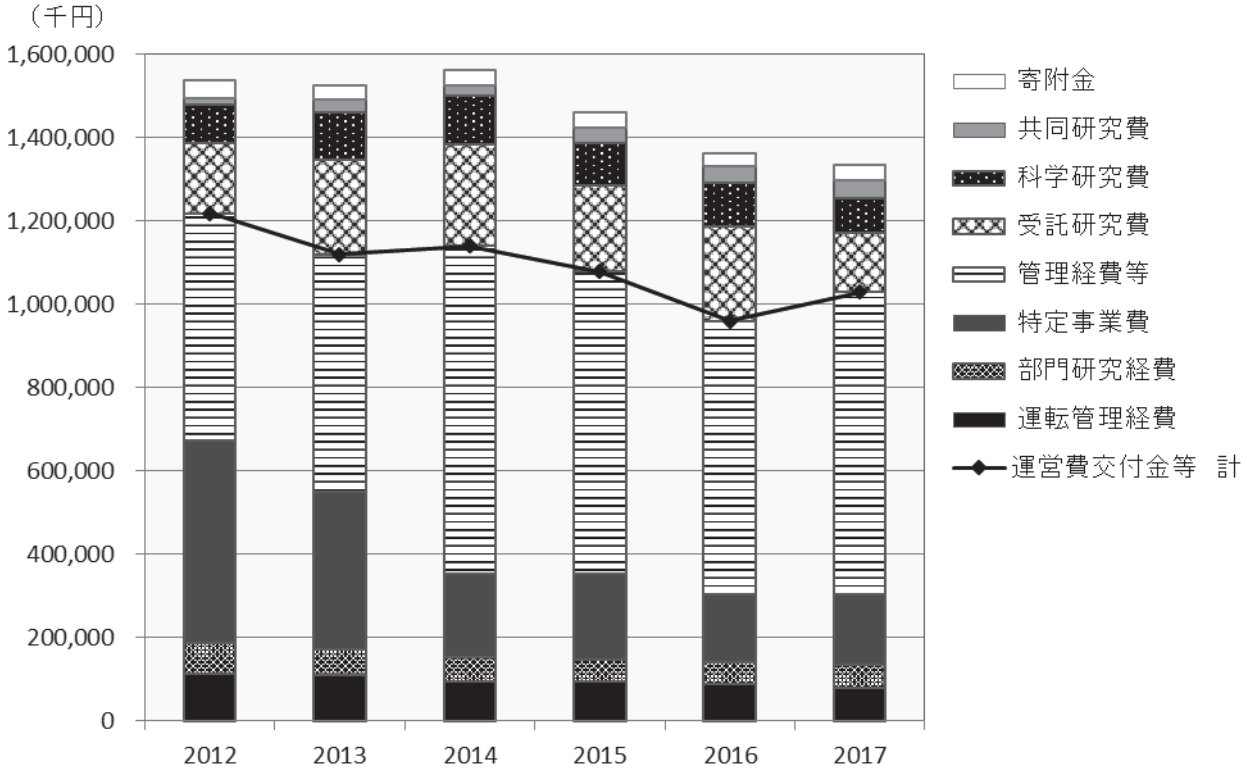


図４－３－１．　年度ごとの運営費交付金（内訳）、受託研究費、科学研究費など府省庁・民間外部資金

参考資料４－１．科学研究費取得状況（決算ベース）

平成 24(2012)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	重水素化中性子小角散乱を用いた天然変性タンパク質による揺らぎ構造の解析	3,799,973
基盤研究(S)	瀬戸誠	同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発	8,800,000
基盤研究(A)	小野公二	組織内Ｂ－10分布の新規解析法の開発とそれを駆使したBNCTの基礎研究	10,000,000
基盤研究(B)	杉山正明	中性子散乱を用いたタンパク質の高次構造における動態解析法の開発	5,801,552
基盤研究(B)	福永俊晴	中性子散乱による蓄電池材料中の伝導原子の位置と動きの解明	5,653,580
基盤研究(B)	日野正裕	2次元中性子集光デバイス製作法の確立と性能評価	4,600,000
基盤研究(B)	増永慎一郎	局所腫瘍制御と遠隔転移制御を同時に目指す腫瘍内微小環境解析とその応用	2,200,000
基盤研究(B)	山名元	乾式再処理・溶融塩系におけるアクチノイドイオンの活量係数決定メカニズムの解明	1,600,000
基盤研究(B)	義家敏正	オーステナイト系ステンレス鋼のボイド成長潜伏期間における点欠陥挙動	1,400,000
基盤研究(B)	櫻井良憲	硼素中性子捕捉療法のためのガス放射化を利用したビームプロファイルモニターシステム	1,000,000
基盤研究(B)	藤井紀子	蛋白質異常凝集過程の解明とその修復機構	900,000
基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	1,849,207
基盤研究(C)	髙橋知之	放射性テルルの農作物への移行に関する研究	1,577,506
基盤研究(C)	木野内忠稔	Ｄ－アスパラギン酸含有蛋白質に特異的な分解酵素とその基質の起源、機能進化の解明	1,265,924
基盤研究(C)	上林宏敏	広帯域強震動予測のための微動探査手法の不整形地盤領域における推定精度の検証	1,210,678
基盤研究(C)	沈秀中	ミニチャネル内気液二相流の界面積濃度輸送機構解明に関する研究	1,130,014
基盤研究(C)	釜江克宏	強震動アレイ記録に基づく実在建物基礎への地震動空間変動を考慮した多次元応答評価	1,099,118
基盤研究(C)	大場洋次郎	中性子－X線コントラスト差を用いた小角散乱法によるナノグラニュラー薄膜の定量解析	900,000
基盤研究(C)	北尾真司	鉄テルルセレン超伝導体の鉄とテルル双方のメスバウアー効果による磁性と超伝導の関係	624,554
基盤研究(C)	鈴木実	硼素中性子捕捉療法による多発肺転移腫瘍に対する新規治療法の開発	500,000

基盤研究(C)	森本幸生	26Sプロテアソームの低分解能結晶構造解析による分子様態に関する研究	500,000
基盤研究(C)	田野恵三	細胞内活性酸素種の生理学的至適環境維持機構の解析とその生物影響評価	498,136
基盤研究(C)	藤川陽子	低価格オンサイト・連続測定のボルタンメトリ法による水・土壌中微量有害元素分析確立	322,072
基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核ミュオン原子生成に向けた放射性物質の挙動／制御に関する基礎研究	192,464
若手研究(A)	田中浩基	位置有感型ガス検出器を用いた加速器中性子捕捉療法用2次元ビームモニタの開発	800,000
若手研究(B)	堀順一	使用済核燃料中の核種非破壊分析への中性子共鳴吸収法の適用に関する研究	2,278,050
若手研究(B)	茶竹俊行	中性子結晶解析による構造揺らぎを含めたDNAの水和構造の解明	1,095,162
若手研究(B)	藤井俊行	含水溶融塩中のウラニル及びネプツニルのラマン分光分析研究	925,670
若手研究(B)	森一広	大強度パルス中性子によるミリ秒オーダー構造観測技術の開発と蓄電池研究への応用	563,609
挑戦的萌芽研究	柴田誠一	超高エネルギー加速器施設における放射性エアロゾルの挙動追跡とその生成機構の解明	2,344,000
挑戦的萌芽研究	福永俊晴	超臨界を利用した水素吸蔵ナノ物質の創製	1,602,575
挑戦的萌芽研究	齊藤毅	線虫の採餌本能を利用したカロテノイド産生菌からの強力な抗酸化物質の探索法の確立	468,806
挑戦的萌芽研究	髙橋俊晴	コヒーレント遷移放射を用いたテラヘルツ帯円偏光光源の開発	329,858
特別研究員奨励費	三澤毅	光ファイバー検出器を用いた放射線計測技術の高度化に関する研究	1,200,000
研究活動スタート支援	増田亮	放射光を用いたネオジム核共鳴散乱法の開発	1,100,000
代表	**35**	**件**	**70,132,508**
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	沖雄一	様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発	1,000,000
基盤研究(S)［分担金］	髙橋俊晴	等時性電子周回リングを用いた超短パルスコヒーレントテラヘルツ光源の開発研究	300,000
基盤研究(A)［分担金］	北口雅暁	世界最高密度の極低エネルギー中性子貯蔵による次世代・超対称性理論研究の基盤構築	3,306,352
基盤研究(A)［分担金］	福谷哲	焼却・熱処理を用いた放射性核種分離・濃縮・処分技術の開発	2,300,000
基盤研究(A)［分担金］	堀順一	長寿命核廃棄物の核変換処理技術開発のための中性子捕獲反応断面積の系統的研究	1,000,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	若齢期放射線被曝による晩発障害に関する社会医学的研究	650,000

基盤研究(A)［分担金］	釜江克宏	全国主要都市の予測強震動データベース作成とそれによる被害リスク評価	300,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	汚染地域の人の営みの中で推移する放射性核種を追う	260,000
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	大規模環境汚染事故による地域の崩壊と復興:チェルノブィル、アイカ、フクシマ	700,000
基盤研究(B)［分担金］	川辺秀憲	大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策	700,000
基盤研究(B)［分担金］	大場洋次郎	ラボ量子ビーム複合利用小角散乱による鉄鋼材料の析出初期過程の研究	400,000
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	カザフスタンのセミパラチンスク核実験場やウラン鉱山地域の被ばく線量評価と健康影響	300,000
基盤研究(B)［分担金］	増永慎一郎	腫瘍選択的高LET高RBE粒子線治療による治療抵抗性グリオーマ幹細胞制圧の試み	300,000
基盤研究(B)［分担金］	小野公二	同上	50,000
基盤研究(B)［分担金］	藤川陽子	緊急な対策を要する強難分解性有機フッ素化合物の分解・無害化新技術の開発	260,000
基盤研究(B)［分担金］	大場洋次郎	ワンステップ成膜法による量子化複合構造薄膜創製と光電機能発現	200,000
基盤研究(B)［分担金］	徐虬	点欠陥自己組織化現象を利用した半導体表面ナノセル形成法の確立	100,000
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	セミパラチンスク核実験場周辺住民の低線量率外部・内部被曝の線量評価モデル構築	100,000
基盤研究(B)［分担金］	森山裕丈	アクチニド水酸化物コロイドの長期安定性と溶解度に関する熱力学的研究	57,740
基盤研究(C)［分担金］	川端祐司	中性子を用いたセメント硬化体中の水分測定と体積変化に関する研究	149,710
基盤研究(C)［分担金］	小林康浩	顕微メスバウアー分光器の製作と地球科学への応用	49,350
基盤研究(C)［分担金］	大久保嘉高	酸化亜鉛中不純物ドナー位置での伝導電子散乱現象の探索	34,839
挑戦的萌芽研究［分担金］	森義治	ビーム加速用反射型負イオン源を用いた新規イオンエンジンの開発	300,000
挑戦的萌芽研究［分担金］	小野公二	革新的膀胱温存療法:「硼素膀胱局所動注＋中性子照射」による癌細胞選択的破壊	100,000
挑戦的萌芽研究［分担金］	鈴木実	同上	100,000
挑戦的萌芽研究［分担金］	齊藤泰司	中性子CTによる超臨界水反応場の3次元in－situ観察	49,182
分担	**24**	**件**	**13,067,173**
厚生労働科学研究費補助金	髙橋知之	食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究	8,477,563

環境研究総合推進費補助金	福谷哲	焼却・溶融処理を用いた放射能汚染土壌・廃棄物の放射能分離・減容・固定化技術の確立	3,126,000
他省庁	**2**	**件**	**11,603,563**
合計	**61**	**件**	**94,803,244**

平成 25(2013)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	重水素化中性子小角散乱を用いた天然変性タンパク質による揺らぎ構造の解析	1,900,000
基盤研究(S)	瀬戸誠	同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発	20,200,000
基盤研究(B)	藤井紀子	加齢性疾患にみられる蛋白質異常凝集の機構解明とその修復	8,820,923
基盤研究(B)	田中浩基	中性子捕捉療法のための即発ガンマ線によるリアルタイム3次元線量評価システムの開発	4,672,659
基盤研究(B)	福永俊晴	中性子散乱による蓄電池材料中の伝導原子の位置と動きの解明	3,472,979
基盤研究(B)	日野正裕	2次元中性子集光デバイス製作法の確立と性能評価	3,000,000
基盤研究(B)	増永慎一郎	局所腫瘍制御と遠隔転移制御を同時に目指す腫瘍内微小環境解析とその応用	2,400,000
基盤研究(B)	杉山正明	中性子散乱を用いたタンパク質の高次構造における動態解析法の開発	2,306,280
基盤研究(B)	山名元	乾式再処理・溶融塩系におけるアクチノイドイオンの活量係数決定メカニズムの解明	1,700,000
基盤研究(C)	藤川陽子	低価格オンサイト・連続測定のボルタンメトリ法による水・土壌中微量有害元素分析確立	2,394,250
基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核ミュオン原子生成に向けた放射性物質の挙動／制御に関する基礎研究	2,306,996
基盤研究(C)	木野内忠稔	D－アスパラギン酸含有蛋白質に特異的な分解酵素とその基質の起源、機能進化の解明	1,939,579
基盤研究(C)	上林宏敏	広帯域強震動予測のための微動探査手法の不整形地盤領域における推定精度の検証	1,726,127
基盤研究(C)	三澤毅	核物質量を測定するためのパルス中性子を用いた新しい遅発中性子解析法の開発	1,544,341
基盤研究(C)	沈秀中	ミニチャネル内気液二相流の界面積濃度輸送機構解明に関する研究	1,380,122
基盤研究(C)	上原章寛	常温無機イオン液体と有機溶媒の界面でのウランの無電解析出の実現	1,294,097
基盤研究(C)	川辺秀憲	東北地方太平洋沖地震を踏まえた南海トラフにおける海溝型地震の強震動予測の高精度化	1,259,319
基盤研究(C)	髙橋知之	放射性テルルの農作物への移行に関する研究	907,781

基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	803,822
基盤研究(C)	大槻勤	軌道電子に影響を受ける半減期変化の系統的研究	701,400
基盤研究(C)	田野恵三	細胞内活性酸素種の生理学的至適環境維持機構の解析とその生物影響評価	579,152
基盤研究(C)	北尾真司	鉄テルルセレン超伝導体の鉄とテルル双方のメスバウアー効果による磁性と超伝導の関係	332,312
基盤研究(C)	釜江克宏	強震動アレイ記録に基づく実在建物基礎への地震動空間変動を考慮した多次元応答評価	173,763
挑戦的萌芽研究	齊藤毅	線虫の採餌本能を利用したカロテノイド産生菌からの強力な抗酸化物質の探索法の確立	1,499,672
挑戦的萌芽研究	福永俊晴	メカノ・ナノ分散と超臨界を利用した新規複合負極材料の創製	1,390,606
挑戦的萌芽研究	髙橋俊晴	コヒーレント遷移放射を用いたテラヘルツ帯円偏光光源の開発	683,160
若手研究(B)	小野寺陽平	新規固体電解質材料の創製を目指した超イオン伝導体の構造研究	2,810,742
若手研究(B)	伊藤大介	環状噴霧流における液滴－液膜相互作用に関する研究	1,662,769
若手研究(B)	近藤夏子	中性子捕捉療法後組織に生じるDNA二本鎖切断のγH2AXによる検出	1,549,098
若手研究(B)	森一広	大強度パルス中性子によるミリ秒オーダー構造観測技術の開発と蓄電池研究への応用	901,722
若手研究(B)	八島浩	高エネルギー中性子による核種生成断面積の系統的測定と核種生成反応に関する研究	747,792
若手研究(B)	藤井俊行	含水溶融塩中のウラニル及びネプツニルのラマン分光分析研究	688,499
若手研究(B)	堀順一	使用済核燃料中の核種非破壊分析への中性子共鳴吸収法の適用に関する研究	518,408
若手研究(B)	茶竹俊行	中性子結晶解析による構造揺らぎを含めたDNAの水和構造の解明	518,259
若手研究(B)	楢林正流	BNCT用加速器中性子照射システムにおける3次元線量評価方法の確立に向けた研究	68,900
若手研究(B)	関本俊	高放射線場における放射性エアロゾルの生成起源とそのメカニズムの解明	45,484
研究活動スタート支援	増田亮	放射光を用いたネオジム核共鳴散乱法の開発	800,000
代表	**37**	**件**	**79,701,013**
新学術領域研究(研究領域提案型)	沖雄一	様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発	7,000,000

新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	大槻勤	同上	800,000
基盤研究(S)［分担金］	堀順一	長寿命核廃棄物の核変換処理技術開発のための中性子捕獲反応断面積の系統的研究	1,680,000
基盤研究(A)［分担金］	福谷哲	焼却・熱処理を用いた放射性核種分離・濃縮・処分技術の開発	1,200,000
基盤研究(A)［分担金］	池上麻衣子	同上	900,000
基盤研究(A)［分担金］	堀順一	廃炉設置小型ライナック中性子源による核データ分析研究	1,000,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	若齢期放射線被曝による晩発障害に関する社会医学的研究	300,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	汚染地域の人の営みの中で推移する放射性核種を追う	260,000
基盤研究(B)［分担金］	川辺秀憲	大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策	650,000
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	加速器中性子捕捉療法に向けた治療適格条件とプロトコルの検討	430,140
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	大規模環境汚染事故による地域の崩壊と復興:チェルノブィル、アイカ、フクシマ	400,000
基盤研究(B)［分担金］	大場洋次郎	ラボ量子ビーム複合利用小角散乱による鉄鋼材料の析出初期過程の研究	400,000
基盤研究(B)［分担金］	藤川陽子	緊急な対策を要する強難分解性有機フッ素化合物の分解・無害化新技術の開発	200,000
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	カザフスタンのセミパラチンスク核実験場やウラン鉱山地域の被ばく線量評価と健康影響	200,000
基盤研究(B)［分担金］	大場洋次郎	ワンステップ成膜法による量子化複合構造薄膜創製と光電機能発現	200,000
基盤研究(B)［分担金］	森山裕丈	アクチニド水酸化物コロイドの長期安定性と溶解度に関する熱力学的研究	152,160
基盤研究(B)［分担金］	上杉智教	テスラ級超強磁場高応答キッカーシステムの開発と省電力高効率粒子線入出射法の実現	128,415
基盤研究(B)［分担金］	石禎浩	同上	101,325
基盤研究(B)［分担金］	増永慎一郎	腫瘍選択的高LET高RBE粒子線治療による治療抵抗性グリオーマ幹細胞制圧の試み	50,000
基盤研究(B)［分担金］	小野公二	同上	20,000
基盤研究(C)［分担金］	川端祐司	中性子を用いたセメント硬化体中の水分測定と体積変化に関する研究	150,290
基盤研究(C)［分担金］	鈴木実	明細胞肉腫の肺転移に対するホウ素中性子捕捉療法を用いた新たな治療法の開発	150,000

基盤研究(C)［分担金］	大久保嘉高	酸化亜鉛中不純物ドナー位置での伝導電子散乱現象の探索	65,161
挑戦的萌芽研究［分担金］	森義治	ビーム加速用反射型負イオン源を用いた新規イオンエンジンの開発	170,560
挑戦的萌芽研究［分担金］	小野公二	革新的膀胱温存療法:「硼素膀胱局所動注＋中性子照射」による癌細胞選択的破壊	100,000
挑戦的萌芽研究［分担金］	鈴木実	同上	100,000
挑戦的萌芽研究［分担金］	櫻井良憲	中性子捕捉療法の新しい品質保証法－増感した面検出器による線質弁別二次元分布測定－	77,160
挑戦的萌芽研究［分担金］	齊藤泰司	中性子CTによる超臨界水反応場の3次元in－situ観察	50,818
分担	**23**	**件**	**16,936,029**
厚生労働科学研究費補助金	髙橋知之	食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究	14,077,000
環境研究総合推進費補助金	福谷哲	焼却・溶融処理を用いた放射能汚染土壌・廃棄物の放射能分離・減容・固定化技術の確立	1,516,727
環境研究総合推進費補助金	池上麻衣子	同上	1,445,016
他省庁	**2**	**件**	**17,038,743**
合計	**62**	**件**	**113,675,785**

平成 26(2014)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	生体分子集合体が形成する動的平衡の中性子小角散乱による研究	2,200,000
新学術領域研究	杉山正明	CV－SANS法による変異型ヌクレオソームの詳細構造解析	2,100,000
基盤研究(S)	瀬戸誠	同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発	19,000,000
基盤研究(B)	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法による正常組織影響研究	7,118,566
基盤研究(B)	田中浩基	中性子捕捉療法のための即発ガンマ線によるリアルタイム3次元線量評価システムの開発	5,712,046
基盤研究(B)	杉山正明	中性子散乱を用いたタンパク質の高次構造における動態解析法の開発	4,892,168
基盤研究(B)	福永俊晴	中性子散乱による蓄電池材料中の伝導原子の位置と動きの解明	4,473,441
基盤研究(B)	今中哲二	世界の核災害における後始末に関する調査研究	3,640,648
基盤研究(B)	藤川陽子	アジア途上国のアンモニア汚染地下水を水道水として利用するためのアナモックス法開発	3,614,013

基盤研究(B)	大槻勤	原子炉・加速器を用いた放射性エアロゾルの開発と生成メカニズム	1,900,000
基盤研究(B)	藤井紀子	加齢性疾患にみられる蛋白質異常凝集の機構解明とその修復	2,604,070
基盤研究(C)	田野恵三	細胞内活性酸素種の生理学的至適環境維持機構の解析とその生物影響評価	3,078,377
基盤研究(C)	北尾真司	鉄テルルセレン超伝導体の鉄とテルル双方のメスバウアー効果による磁性と超伝導の関係	2,702,845
基盤研究(C)	大槻勤	軌道電子に影響を受ける半減期変化の系統的研究	1,629,261
基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核ミュオン原子生成に向けた放射性物質の挙動／制御に関する基礎研究	1,500,540
基盤研究(C)	沈秀中	ロッドバンドル内低流速気液二相流の流動特性と界面積濃度輸送機構解明に関する研究	1,436,444
基盤研究(C)	髙橋知之	放射性テルルの農作物への移行に関する研究	1,129,690
基盤研究(C)	髙橋千太郎	ホウ素中性子捕捉反応で放出される粒子線の生物効果(DNA損傷・修復)の解析	1,100,000
基盤研究(C)	川辺秀憲	東北地方太平洋沖地震を踏まえた南海トラフにおける海溝型地震の強震動予測の高精度化	940,681
基盤研究(C)	上原章寛	常温無機イオン液体と有機溶媒の界面でのウランの無電解析出の実現	929,061
基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	577,583
基盤研究(C)	藤川陽子	低価格オンサイト・連続測定のボルタンメトリ法による水・土壌中微量有害元素分析確立	538,925
基盤研究(C)	藤井俊行	液体に溶存するネプツニウムの陽イオンー陽イオン相互反応に関する研究	492,584
基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	1,093,652
基盤研究(C)	釜江克宏	強震動アレイ記録に基づく実在建物基礎への地震動空間変動を考慮した多次元応答評価	433,186
基盤研究(C)	三澤毅	核物質量を測定するためのパルス中性子を用いた新しい遅発中性子解析法の開発	270,060
基盤研究(C)	上林宏敏	広帯域強震動予測のための微動探査手法の不整形地盤領域における推定精度の検証	107,455
挑戦的萌芽研究	髙橋俊晴	コヒーレント遷移放射を用いたテラヘルツ帯円偏光光源の開発	1,986,982
挑戦的萌芽研究	福永俊晴	メカノ・ナノ分散と超臨界を利用した新規複合負極材料の創製	1,709,394
挑戦的萌芽研究	小野公二	高精度α－ARGによるホウ素化合物のミクロ分布の探索と腫瘍・組織反応解析への応用	1,297,199
挑戦的萌芽研究	増永慎一郎	酸素化休止期腫瘍細胞の感受性をも加味した局所腫瘍制御向上の試み	1,096,406

挑戦的萌芽研究	田中浩基	中性子捕捉療法のための自由に変形可能な中性子線及びガンマ線遮蔽材の開発	653,540
挑戦的萌芽研究	齊藤毅	線虫の採餌本能を利用したカロテノイド産生菌からの強力な抗酸化物質の探索法の確立	514,062
若手研究(B)	森一広	大強度パルス中性子によるミリ秒オーダー構造観測技術の開発と蓄電池研究への応用	1,834,669
若手研究(B)	関本俊	高放射線場における放射性エアロゾルの生成起源とそのメカニズムの解明	1,712,224
若手研究(B)	伊藤大介	環状噴霧流における液滴－液膜相互作用に関する研究	1,337,231
若手研究(B)	八島浩	高エネルギー中性子による核種生成断面積の系統的測定と核種生成反応に関する研究	1,237,595
若手研究(B)	近藤夏子	中性子捕捉療法後組織に生じるDNA二本鎖切断のγH2AXによる検出	837,631
若手研究(B)	仲川洋介	硼素中性子捕捉療法(BNCT)による口腔癌細胞の生と死の制御機構の多角的解析	791,016
若手研究(B)	小野寺陽平	新規固体電解質材料の創製を目指した超イオン伝導体の構造研究	589,258
若手研究(B)	楢林正流	BNCT用加速器中性子照射システムにおける3次元線量評価方法の確立に向けた研究	243,270
若手研究(B)	大場洋次郎	パルス中性子小角散乱－ブラッグエッジ同時解析法による鉄鋼の相界面析出の解明	220,625
特別研究員奨励費	小田達郎	パルス中性子源における中性子共鳴スピンエコー分光器の開発と高分解能化に関する研究	900,000
代表	**43**	**件**	**92,176,398**
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	大槻勤	様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発	5,800,000
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	沖雄一	同上	1,300,000
基盤研究(S)［分担金］	堀順一	長寿命核廃棄物の核変換処理技術開発のための中性子捕獲反応断面積の系統的研究	610,000
基盤研究(A)［分担金］	福谷哲	焼却・熱処理を用いた放射性核種分離・濃縮・処分技術の開発	1,400,000
基盤研究(A)［分担金］	池上麻衣子	同上	1,000,000
基盤研究(A)［分担金］	藤川陽子	セシウム等の放射性物質を含む指定廃棄物等の新処理システムの構築	600,000
基盤研究(A)［分担金］	堀順一	廃炉設置小型ライナック中性子源による核データ分析研究	500,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	若齢期放射線被曝による晩発障害に関する社会医学的研究	300,000

基盤研究(A)[分担金]	今中哲二	汚染地域の人の営みの中で推移する放射性核種を追う	260,000
基盤研究(B)[分担金]	上杉智教	テスラ級超強磁場高応答キッカーシステムの開発と省電力高効率粒子線入出射法の実現	1,762,587
基盤研究(B)[分担金]	石禎浩	同上	250,587
基盤研究(B)[分担金]	川辺秀憲	大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策	760,000
基盤研究(B)[分担金]	櫻井良憲	中性子捕捉療法の4線質3次元分布の品質保証－ゲルを用いた弁別測定法の開発－	543,661
基盤研究(B)[分担金]	田中浩基	同上	10,908
基盤研究(B)[分担金]	森山裕丈	アクチニド水酸化物コロイドの長期安定性と溶解度に関する熱力学的研究	381,400
基盤研究(B)[分担金]	今中哲二	大規模環境汚染事故による地域の崩壊と復興:チェルノブィル、アイカ、フクシマ	200,000
基盤研究(B)[分担金]	大場洋次郎	ワンステップ成膜法による量子化複合構造薄膜創製と光電機能発現	100,000
基盤研究(B)[分担金]	大場洋次郎	ラボ量子ビーム複合利用小角散乱による鉄鋼材料の析出初期過程の研究	100,000
基盤研究(B)[分担金]	櫻井良憲	加速器中性子捕捉療法に向けた治療適格条件とプロトコルの検討	36,560
基盤研究(B)[分担金]	大久保嘉高	核分光法による酸化亜鉛中の不純物が誘起する伝導性と希薄磁性の探索	858
基盤研究(C)[分担金]	徐虬	電子線照射その場観察-3次元アトムプローブ法による転位バイアス機構の解明	300,000
基盤研究(C)[分担金]	木野内忠稔	植物細胞壁におけるホウ素の生理機能解明	146,400
基盤研究(C)[分担金]	鈴木実	明細胞肉腫の肺転移に対するホウ素中性子捕捉療法を用いた新たな治療法の開発	100,000
基盤研究(C)[分担金]	齊藤泰司	中性子を用いた温湿環境変化を受けるセメント硬化体中の水分と体積変化の定量的評価	54,939
基盤研究(C)[分担金]	小野公二	がんに集積する含ホウ素薬剤の設計・合成と二重共鳴MRI及び中性子捕捉療法への適用	53,071
基盤研究(C)[分担金]	小林康浩	顕微メスバウアー分光器の製作と地球科学への応用	40,650
挑戦的萌芽研究[分担金]	森義治	ビーム加速用反射型負イオン源を用いた新規イオンエンジンの開発	329,440
挑戦的萌芽研究[分担金]	杉山正明	植物性食品タンパク質のナノ構造形成に関する研究	300,000
挑戦的萌芽研究[分担金]	佐藤信浩	同上	300,000
挑戦的萌芽研究[分担金]	櫻井良憲	中性子捕捉療法の新しい品質保証法－増感した面検出器による線質弁別二次元分布測定－	22,840

分担	**25**	**件**	**17,563,901**
厚生労働科学研究費補助金	髙橋知之	食品中の放射性物質濃度の基準値に対する影響に関する研究	3,500,000
環境研究総合推進費補助金	福谷哲	放射性CsおよびSrで汚染された廃棄物の熱処理を中心とした最終処分技術に関する研究	1,960,000
環境研究総合推進費補助金	池上麻衣子	同上	540,000
他省庁	**2**	**件**	**6,000,000**
合計	**70**	**件**	**115,740,299**

平成 27(2015)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	生体分子集合体が形成する動的平衡の中性子小角散乱による研究	2,300,000
新学術領域研究	杉山正明	CV－SANS法による変異型ヌクレオソームの詳細構造解析	2,100,000
基盤研究(S)	瀬戸誠	同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発	13,500,000
基盤研究(A)	杉山正明	中性子散乱を用いた再構成細胞系での生体高分子の構造解析法の開発	20,000,000
基盤研究(B)	藤川陽子	アジア途上国のアンモニア汚染地下水を水道水として利用するためのアナモックス法開発	4,246,915
基盤研究(B)	大槻勤	原子炉・加速器を用いた放射性エアロゾルの開発と生成メカニズム	3,547,341
基盤研究(B)	増永慎一郎	腫瘍内微小環境特性の解析成果を応用した局所腫瘍制御と遠隔転移抑制の同時達成の試み	2,800,000
基盤研究(B)	上林宏敏	堆積平野における不整形地盤構造のモデル化精度が強震動予測に及ぼす影響の評価	2,750,000
基盤研究(B)	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法による正常組織影響研究	2,509,251
基盤研究(B)	田中浩基	中性子捕捉療法のための即発ガンマ線によるリアルタイム3次元線量評価システムの開発	2,121,390
基盤研究(B)	今中哲二	世界の核災害における後始末に関する調査研究	1,965,840
基盤研究(B)	藤井紀子	加齢性疾患にみられる蛋白質異常凝集の機構解明とその修復	1,100,000
基盤研究(C)	釜江克宏	強震動アレイ記録に基づく実在建物基礎への地震動空間変動を考慮した多次元応答評価	2,293,933
基盤研究(C)	徐虬	金属におけるHeによる伸び増加の異常現象の解明	2,101,809

基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	1,646,942
基盤研究(C)	上原章寛	常温無機イオン液体と有機溶媒の界面でのウランの無電解析出の実現	1,376,842
基盤研究(C)	森一広	量子ビームを利用した充放電下全固体リチウムイオン電池の静的・動的構造の観測	1,266,133
基盤研究(C)	藤井俊行	液体に溶存するネプツニウムの陽イオン－陽イオン相互反応に関する研究	1,151,531
基盤研究(C)	三澤毅	核物質量を測定するためのパルス中性子を用いた新しい遅発中性子解析法の開発	843,252
基盤研究(C)	田野恵三	植物由来化合物ピペロングミンによる活性酸素種代謝異常と腫瘍細胞特異的致死の解析	814,981
基盤研究(C)	髙橋千太郎	ホウ素中性子捕捉反応で放出される粒子線の生物効果(DNA損傷・修復)の解析	790,239
基盤研究(C)	沈秀中	ロッドバンドル内低流速気液二相流の流動特性と界面積濃度輸送機構解明に関する研究	769,982
基盤研究(C)	木梨友子	ホウ素中性子捕捉療法おけるアブスコパル効果についての基礎研究と臨床応用	630,822
基盤研究(C)	髙橋知之	放射性テルルの農作物への移行に関する研究	385,023
基盤研究(C)	北尾真司	鉄テルルセレン超伝導体の鉄とテルル双方のメスバウアー効果による磁性と超伝導の関係	340,289
基盤研究(C)	田野恵三	細胞内活性酸素種の生理学的至適環境維持機構の解析とその生物影響評価	144,335
基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核のミュオン原子X線観測実験に向けた放射性物質制御の基礎研究	131,740
基盤研究(C)	齊藤毅	放射線耐性細菌含有カロテノイドによる生体脂質構造の防護を介した生体防御機構の解明	20,574
挑戦的萌芽研究	小野公二	高精度α－ARGによるホウ素化合物のミクロ分布の探索と腫瘍・組織反応解析への応用	722,694
挑戦的萌芽研究	増永慎一郎	酸素化休止期腫瘍細胞の感受性をも加味した局所腫瘍制御向上の試み	670,475
挑戦的萌芽研究	日野正裕	TOF－MIEZE分光法による量子井戸滞在時間の測定	608,673
挑戦的萌芽研究	田中浩基	中性子捕捉療法のための自由に変形可能な中性子線及びガンマ線遮蔽材の開発	518,248
若手研究(B)	井上倫太郎	MD－NSE法による新規タンパク質ダイナミクス解析法の開発	2,300,000
若手研究(B)	小野公二	革新的材料創製のための中性子／X線回折による超イオン伝導体の機能発現機構の解析	2,227,534
若手研究(B)	増田亮	Gd放射光メスバウアー吸収分光法の開発	1,600,000
若手研究(B)	齋藤真器名	ガンマ線時間領域干渉計法の高度化によるソフトマターの階層ダイナミクスの研究	1,409,804

若手研究(B)	関本俊	高放射線場における放射性エアロゾルの生成起源とそのメカニズムの解明	1,097,289
若手研究(B)	八島浩	高エネルギー中性子による核種生成断面積の系統的測定と核種生成反応に関する研究	1,014,613
若手研究(B)	髙田卓志	患者表面3次元データを用いたBNCT線量評価手法の確立	873,205
若手研究(B)	大場洋次郎	パルス中性子小角散乱－ブラッグエッジ同時解析法による鉄鋼の相界面析出の解明	825,111
若手研究(B)	近藤夏子	中性子捕捉療法後組織に生じる DNA 二本鎖切断のγH2AX による検出	813,271
若手研究(B)	伊藤大介	狭隘流路内沸騰伝熱流動へ及ぼす表面濡れ性の影響	609,229
若手研究(B)	仲川洋介	硼素中性子捕捉療法(BNCT)による口腔癌細胞の生と死の制御機構の多角的解析	371,063
若手研究(B)	楢林正流	BNCT用加速器中性子照射システムにおける3次元線量評価方法の確立に向けた研究	116,186
特別研究員奨励費	小田達郎	パルス中性子源における中性子共鳴スピンエコー分光器の開発と高分解能化に関する研究	800,000
代表	**45**	**件**	**90,226,559**
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	大槻勤	様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発	1,700,000
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	沖雄一	同上	900,000
基盤研究(A)［分担金］	藤川陽子	セシウム等の放射性物質を含む指定廃棄物等の新処理システムの構築	600,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	被災者参画による原子力災害研究と市民復興モデルの構築:チェルノブイリから福島へ	400,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	汚染地域の人の営みの中で推移する放射性核種を追う	260,000
基盤研究(A)［分担金］	堀順一	廃炉設置小型ライナック中性子源による核データ分析研究	200,000
基盤研究(B)［分担金］	上杉智教	テスラ級超強磁場高応答キッカーシステムの開発と省電力高効率粒子線入出射法の実現	907,200
基盤研究(B)［分担金］	石禎浩	同上	248,000
基盤研究(B)［分担金］	大久保嘉高	核分光法による酸化亜鉛中の不純物が誘起する伝導性と希薄磁性の探索	399,142
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	加速器中性子捕捉療法に向けた治療適格条件とプロトコルの検討	377,867
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	中性子捕捉療法の4線質3次元分布の品質保証－ゲルを用いた弁別測定法の開発－	93,500

基盤研究(C)[分担金]	木野内忠稔	植物細胞壁におけるホウ素の生理機能解明	153,600
基盤研究(C)[分担金]	齊藤泰司	中性子を用いた温湿環境変化を受けるセメント硬化体中の水分と体積変化の定量的評価	145,061
基盤研究(C)[分担金]	徐虬	電子線照射その場観察-3次元アトムプローブ法による転位バイアス機構の解明	100,000
基盤研究(C)[分担金]	鈴木実	明細胞肉腫の肺転移に対するホウ素中性子捕捉療法を用いた新たな治療法の開発	100,000
基盤研究(C)[分担金]	小野公二	がんに集積する含ホウ素薬剤の設計・合成と二重共鳴MRI及び中性子捕捉療法への適用	66,929
挑戦的萌芽研究[分担金]	杉山正明	植物性食品タンパク質のナノ構造形成に関する研究	400,000
挑戦的萌芽研究[分担金]	佐藤信浩	同上	400,000
分担	**15**	**件**	**7,451,299**
厚生労働科学研究費補助金	髙橋知之	H27-食品-指定-016/食品中の放射性物質濃度の基準値に関する影響と評価手法に関する研究	2,310,000
環境研究総合推進費補助金	福谷哲	放射性CsおよびSrで汚染された廃棄物の熱処理を中心とした最終処分技術に関する研究	1,500,000
環境研究総合推進費補助金	池上麻衣子	同上	1,100,000
他省庁	**2**	**件**	**4,910,000**
合計	**62**	**件**	**102,587,858**

平成 28(2016)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	量子ビーム散乱法の協奏的利用による機能性ヌクレオソームの溶液構造解析	4,000,000
新学術領域研究	杉山正明	巨大タンパク質会合体における動的ネットワークとその機能解明	2,400,000
基盤研究(S)	瀬戸誠	同位体特定による局所状態解明のための先進的メスバウアー分光法開発	12,500,000
基盤研究(A)	杉山正明	中性子散乱を用いた再構成細胞系での生体高分子の構造解析法の開発	9,000,000
基盤研究(B)	田中浩基	BNCT患者の最適照射位置の簡便迅速高精度な決定法と照射位置のずれ検出装置の開発	8,100,000
基盤研究(B)	櫻井良憲	二重ファントム法による硼素中性子捕捉療法用照射場の線量・線質評価の高精度化	6,400,000
基盤研究(B)	福永俊晴	中性子散乱を利用した充放電中の蓄電池の伝導イオンの位置と流れの時空間4次元解析	4,600,000

基盤研究(B)	上林宏敏	堆積平野における不整形地盤構造のモデル化精度が強震動予測に及ぼす影響の評価	3,821,641
基盤研究(B)	藤川陽子	アジア途上国のアンモニア汚染地下水を水道水として利用するためのアナモックス法開発	2,953,601
基盤研究(B)	今中哲二	世界の核災害における後始末に関する調査研究	2,761,580
基盤研究(B)	大槻勤	原子炉・加速器を用いた放射性エアロゾルの開発と生成メカニズム	2,492,241
基盤研究(B)	藤井紀子	加齢性疾患にみられる蛋白質異常凝集の機構解明とその修復	1,975,007
基盤研究(B)	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法による正常組織影響研究	1,937,398
基盤研究(B)	増永慎一郎	腫瘍内微小環境特性の解析成果を応用した局所腫瘍制御と遠隔転移抑制の同時達成の試み	1,558,758
基盤研究(B)	田中浩基	中性子捕捉療法のための即発ガンマ線によるリアルタイム3次元線量評価システムの開発	93,905
基盤研究(C)	沈秀中	ロッドバンドル内低流速気液二相流の流動特性と界面積濃度輸送機構解明に関する研究	1,693,574
基盤研究(C)	茶竹俊行	生体分子の水素水和研究に向けた、中性子結晶解析用D／Hコントラスト法の開発	1,688,616
基盤研究(C)	田野恵三	植物由来化合物ピペロングミンによる活性酸素種代謝異常と腫瘍細胞特異的致死の解析	1,356,085
基盤研究(C)	齊藤泰司	鉛ビスマス流れにおよぼす壁面濡れ性の影響	1,254,472
基盤研究(C)	木梨友子	ホウ素中性子捕捉療法におけるアブスコパル効果についての基礎研究と臨床応用	1,218,180
基盤研究(C)	三澤毅	核物質量を測定するためのパルス中性子を用いた新しい遅発中性子解析法の開発	1,148,256
基盤研究(C)	木野内忠稔	土壌滅菌処理が土壌から植物への放射性セシウムの移行に及ぼす影響の研究	1,137,183
基盤研究(C)	森一広	量子ビームを利用した充放電下全固体リチウムイオン電池の静的・動的構造の観測	1,116,807
基盤研究(C)	徐虬	金属におけるHeによる伸び増加の異常現象の解明	898,191
基盤研究(C)	上原章寛	常温における二酸化ウラン・ナノ粒子合成法の開発とその新規物性の創出	838,314
基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	701,656
基盤研究(C)	北尾真司	磁気秩序と超伝導が共存する鉄系超伝導体の核共鳴小角散乱と磁場下メスバウアー分光	553,071
基盤研究(C)	髙橋千太郎	ホウ素中性子捕捉反応で放出される粒子線の生物効果(DNA損傷・修復)の解析	233,015
基盤研究(C)	齊藤毅	放射線耐性細菌含有カロテノイドによる生体脂質構造の防護を介した生体防御機構の解明	184,107

基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核のミュオン原子X線観測実験に向けた放射性物質制御の基礎研究	129,780
挑戦的萌芽研究	櫻井良憲	放射線による着色を利用した硼素中性子捕捉療法用照射場のビームプロファイル測定手法	1,106,316
挑戦的萌芽研究	増永慎一郎	酸素化休止期腫瘍細胞の感受性をも加味した局所腫瘍制御向上の試み	1,033,119
挑戦的萌芽研究	大槻勤	線源内療法を視野に入れた放射性同位元素ナノコンテナ製造の試み	879,140
挑戦的萌芽研究	小野公二	高精度α－ARGによるホウ素化合物のミクロ分布の探索と腫瘍・組織反応解析への応用	780,107
挑戦的萌芽研究	田中浩基	中性子捕捉療法のための自由に変形可能な中性子線及びガンマ線遮蔽材の開発	767,339
挑戦的萌芽研究	瀬戸誠	偏光を制御した可干渉性ガンマ線パルスの生成	429,840
挑戦的萌芽研究	日野正裕	TOF－MIEZE分光法による量子井戸滞在時間の測定	336,680
挑戦的萌芽研究	関本俊	電子線形加速器を用いた医療用放射性核種の製造技術についての基礎検討	220,998
若手研究(B)	髙田匠	眼の水晶体を構成する蛋白質中で、加齢に応じ蓄積する結合型D－Aspに関する研究	2,027,700
若手研究(B)	大場洋次郎	パルス中性子小角散乱－ブラッグエッジ同時解析法による鉄鋼の相界面析出の解明	1,954,264
若手研究(B)	伊藤大介	狭隘流路内沸騰伝熱流動へ及ぼす表面濡れ性の影響	1,736,442
若手研究(B)	井上倫太郎	MD－NSE法による新規タンパク質ダイナミクス解析法の開発	1,000,000
若手研究(B)	小野公二	革新的材料創製のための中性子／X線回折による超イオン伝導体の機能発現機構の解析	772,466
若手研究(B)	齋藤真器名	ガンマ線時間領域干渉計法の高度化によるソフトマターの階層ダイナミクスの研究	667,325
若手研究(B)	髙田卓志	患者表面3次元データを用いたBNCT線量評価手法の確立	575,651
若手研究(B)	増田亮	Gd放射光メスバウアー吸収分光法の開発	499,585
若手研究(B)	関本俊	高放射線場における放射性エアロゾルの生成起源とそのメカニズムの解明	245,003
若手研究(B)	足立望	組織制御に伴うバルク金属ガラスの力学的高機能化機構の解明	48,076
特別研究員奨励費	田中草太	節足動物をモニタリングすることによる放射性セシウムの環境動態と生物影響の解明	1,050,000
特別研究員奨励費	岩田佳代子	内部被ばく線量評価の高精度化:福島原発事故における放射性セシウムを対象として	1,000,000
代表	**50**	**件**	**95,875,489**

新学術領域研究(研究領域提案型)	大槻勤	様々な化学形態における放射性物質測定および技術開発	800,000
新学術領域研究(研究領域提案型)［分担金］	沖雄一	同上	900,000
基盤研究(A)［分担金］	今中哲二	被災者参画による原子力災害研究と市民復興モデルの構築:チェルノブイリから福島へ	400,000
基盤研究(A)［分担金］	藤川陽子	セシウム等の放射性物質を含む指定廃棄物等の新処理システムの構築	300,000
基盤研究(B)［分担金］	小野公二	量子ビームと理論の連携による革新的イオン伝導不規則構造材料創製基盤の構築	700,000
基盤研究(B)［分担金］	栗山靖敏	高エネルギー領域に対応したはじき出し損傷モデルの構築	700,000
基盤研究(B)［分担金］	増田亮	バンド幅可変核分光器による放射光メスバウアー小角散乱法の開発研究	600,000
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	ガンマ線を電流測定しエネルギー分布を得るホウ素中性子捕捉療法用SPECTの開発	500,000
基盤研究(B)［分担金］	田中浩基	同上	500,000
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	加速器中性子捕捉療法に向けた治療適格条件とプロトコルの検討	305,433
基盤研究(B)［分担金］	櫻井良憲	中性子捕捉療法の4線質3次元分布の品質保証－ゲルを用いた弁別測定法の開発－	262,839
基盤研究(B)［分担金］	田中浩基	同上	53,280
基盤研究(B)［分担金］	大久保嘉高	核分光法による酸化亜鉛中の不純物が誘起する伝導性と希薄磁性の探索	200,000
基盤研究(B)［分担金］	今中哲二	東北大震災放射能・津波被災者の居住福祉補償とコミュニティ形成－－法学・医学の対話	200,000
基盤研究(B)［分担金］	上杉智教	テスラ級超強磁場高応答キッカーシステムの開発と省電力高効率粒子線入出射法の実現	198,504
基盤研究(B)［分担金］	石禎浩	同上	99,954
基盤研究(B)［分担金］	近藤夏子	脳放射線壊死の病態解明と新規治療法の確立	100,000
基盤研究(C)［分担金］	木野内忠稔	植物細胞壁におけるホウ素の生理機能解明	150,000
基盤研究(C)［分担金］	齊藤泰司	中性子を用いた温湿環境変化を受けるセメント硬化体中の水分と体積変化の定量的評価	100,000
基盤研究(C)［分担金］	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法の適応を目指した骨軟部腫瘍におけるLAT－1発現の検討	73,614
基盤研究(C)［分担金］	小野公二	がんに集積する含ホウ素薬剤の設計・合成と二重共鳴MRI及び中性子捕捉療法への適用	60,000

基盤研究(C)［分担金］	鈴木実	癌細胞選択的破壊「硼素膀胱局所動注＋中性子照射」による新規膀胱温存療法	29,764
挑戦的萌芽研究［分担金］	櫻井良憲	最適中性子エネルギー再評価に基づく124Sb－Be密封線源BNCTの研究	67,080
挑戦的萌芽研究［分担金］	齊藤泰司	超臨界水雰囲気下における超重質油の流動挙動の中性子ラジオグラフィによる可視化	49,647
挑戦的萌芽研究［分担金］	大槻勤	アクチノイド化学基盤の再構築をめざすフタロシアニン錯体の単分子解析と核医薬応用	6,058
分担	**21**	**件**	**7,356,173**
厚生労働行政推進調査事業費補助金	髙橋知之	H27－食品－指定－016／食品中の放射性物質濃度の基準値に関する影響と評価手法に関する研究	1,000,000
環境研究総合推進費補助金	福谷哲	放射性CsおよびSrで汚染された廃棄物の熱処理を中心とした最終処分技術に関する研究	1,400,000
環境研究総合推進費補助金	池上麻衣子	同上	1,000,000
他省庁	**2**	**件**	**3,400,000**
合計	**73**	件	**106,631,662**

平成 29(2017)年

研究種目	研究代表者	研究課題名	支出決定累計額
新学術領域研究	杉山正明	量子ビーム散乱法の協奏的利用による機能性ヌクレオソームの溶液構造解析	4,000,000
新学術領域研究	杉山正明	巨大タンパク質会合体における動的ネットワークとその機能解明	2,500,000
基盤研究(A)	杉山正明	中性子散乱を用いた再構成細胞系での生体高分子の構造解析法の開発	4,000,000
基盤研究(B)	福永俊晴	中性子散乱を利用した充放電中の蓄電池の伝導イオンの位置と流れの時空間4次元解析	4,500,000
基盤研究(B)	藤川陽子	廃棄物の埋立処分場由来の放射性セシウムの地中移行特性と移行防止方策の解明	3,900,000
基盤研究(B)	田中浩基	BNCT患者の最適照射位置の簡便迅速高精度な決定法と照射位置のずれ検出装置の開発	3,900,000
基盤研究(B)	三澤毅	中性子とガンマ線を同時に計測する混合雑音解析法による未知体系の核物質量検知	3,300,000
基盤研究(B)	櫻井良憲	二重ファントム法による硼素中性子捕捉療法用照射場の線量・線質評価の高精度化	3,134,968
基盤研究(B)	上林宏敏	堆積平野における不整形地盤構造のモデル化精度が強震動予測に及ぼす影響の評価	2,670,000
基盤研究(B)	大槻勤	原子炉・加速器を用いた放射性エアロゾルの開発と生成メカニズム	2,262,402

基盤研究(B)	増永慎一郎	腫瘍内微小環境特性の解析成果を応用した局所腫瘍制御と遠隔転移抑制の同時達成の試み	1,840,908
基盤研究(B)	今中哲二	世界の核災害における後始末に関する調査研究	1,731,932
基盤研究(B)	藤川陽子	アジア途上国のアンモニア汚染地下水を水道水として利用するためのアナモックス法開発	1,585,471
基盤研究(B)	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法による正常組織影響研究	1,234,785
基盤研究(C)	佐藤信浩	X線・中性子小角散乱による植物性食品タンパク質構造解析の新展開	2,200,000
基盤研究(C)	井上倫太郎	動的ネットワークプロテインの構造機能相関	2,100,000
基盤研究(C)	沖雄一	高エネルギー加速器施設における高温条件下の放射性核種の飛散挙動の解明	1,993,183
基盤研究(C)	髙橋千太郎	ホウ素中性子捕捉反応で放出される粒子線の生物効果(DNA損傷・修復)の解析	1,676,746
基盤研究(C)	齊藤泰司	鉛ビスマス流れにおよぼす壁面濡れ性の影響	1,545,528
基盤研究(C)	森一広	量子ビームを利用した充放電下全固体リチウムイオン電池の静的・動的構造の観測	1,317,060
基盤研究(C)	沈秀中	ロッドバンドル内気液二相流の界面積濃度輸送・気相拡散機構解明に関する研究	1,133,609
基盤研究(C)	田野恵三	植物由来化合物ピペロングミンによる活性酸素種代謝異常と腫瘍細胞特異的致死の解析	1,003,973
基盤研究(C)	上原章寛	常温における二酸化ウラン・ナノ粒子合成法の開発とその新規物性の創出	866,272
基盤研究(C)	茶竹俊行	生体分子の水素水和研究に向けた、中性子結晶解析用D／Hコントラスト法の開発	811,384
基盤研究(C)	徐虬	金属におけるHeによる伸び増加の異常現象の解明	800,000
基盤研究(C)	北尾真司	磁気秩序と超伝導が共存する鉄系超伝導体の核共鳴小角散乱と磁場下メスバウアー分光	777,206
基盤研究(C)	木野内忠稔	土壌滅菌処理が土壌から植物への放射性セシウムの移行に及ぼす影響の研究	702,555
基盤研究(C)	八島浩	低エネルギー荷電粒子の核反応による誘導放射能の系統的測定とデータベース化	700,000
基盤研究(C)	木梨友子	ホウ素中性子捕捉療法おけるアブスコパル効果についての基礎研究と臨床応用	450,990
基盤研究(C)	堀順一	燃料デブリ分析に向けた核種濃度分析法の高度化	393,376
基盤研究(C)	谷口秋洋	不安定核のミュオン原子X線観測実験に向けた放射性物質制御の基礎研究	224,290
基盤研究(C)	山本俊弘	炉心異常診断のための中性子輸送理論による高精度炉雑音解析に関する研究	187,892

基盤研究(C)	谷垣実	中重核領域の中性子過剰核の磁気モーメント測定と希土類不純物の超微細場の研究	142,749
基盤研究(C)	齊藤毅	放射線耐性細菌含有カロテノイドによる生体脂質構造の防護を介した生体防御機構の解明	35,054
挑戦的萌芽研究	櫻井良憲	放射線による着色を利用した硼素中性子捕捉療法用照射場のビームプロファイル測定手法	985,783
挑戦的萌芽研究	日野正裕	TOF－MIEZE分光法による量子井戸滞在時間の測定	954,647
挑戦的萌芽研究	関本俊	電子線形加速器を用いた医療用放射性核種の製造技術についての基礎検討	799,368
挑戦的萌芽研究	田中浩基	中性子捕捉療法のための自由に変形可能な中性子線及びガンマ線遮蔽材の開発	660,873
挑戦的萌芽研究	大槻勤	線源内療法を視野に入れた放射性同位元素ナノコンテナ製造の試み	616,117
挑戦的萌芽研究	瀬戸誠	偏光を制御した可干渉性ガンマ線パルスの生成	282,667
若手研究(B)	中村秀仁	新たな波長変換機序に基づく革新的なプラスチックシンチレーション物質の創製	2,000,000
若手研究(B)	薮内敦	希ガスプラズマの誘起する金属ナノ構造形成における原子空孔型欠陥発達過程の解明	1,987,217
若手研究(B)	小田達郎	大きなビームアクセプタンスをもつ中性子共鳴スピンフリッパーの開発	1,300,514
若手研究(B)	近藤夏子	放射線脳壊死特異的生理活性脂質・バイオマーカーの探索	1,035,121
若手研究(B)	伊藤大介	狭隘流路内沸騰伝熱流動へ及ぼす表面濡れ性の影響	954,329
若手研究(B)	髙田匠	結合型アスパラギン酸異性化は老化の新たな指標となりうるか？	809,432
若手研究(B)	金仁求	LC－MS／MSによる加齢性白内障のクリスタリン中の翻訳後修飾に対する一斉分析	758,340
若手研究(B)	齋藤真器名	ガンマ線時間領域干渉計法の高度化によるソフトマターの階層ダイナミクスの研究	722,871
若手研究(B)	増田亮	Gd放射光メスバウアー吸収分光法の開発	600,415
若手研究(B)	小橋川新子	放射線による晩期炎症における遅発性活性酸素種の関与	516,563
若手研究(B)	髙田匠	最適線量分布を実現するBNCT用補償フィルター設計手法	260,996
若手研究(B)	髙田卓志	患者表面3次元データを用いたBNCT線量評価手法の確立	51,144
特別研究員奨励費	田中草太	節足動物をモニタリングすることによる放射性セシウムの環境動態と生物影響の解明	1,250,000
特別研究員奨励費	岩田佳代子	内部被ばく線量評価の高精度化：福島原発事故における放射性セシウムを対象として	900,000

特別研究員奨励費	大槻勤	原子炉中性子を用いた革新的元素分析技術の開発と環境試料への応用	314,150
研究活動スタート支援	渡邉翼	ホウ素中性子捕捉療法の治療に用いるホウ素薬剤の腫瘍組織分布不均一性機序を解明する	525,434
調査研究費	森本幸生	日本学術振興会外国人研究者再招へい事業(H29)	150,000
代表	**57**	**件**	**78,058,314**
基盤研究(A)[分担金]	今中哲二	被災者参画による原子力災害研究と市民復興モデルの構築:チェルノブイリから福島へ	200,000
基盤研究(A)[分担金]	藤川陽子	セシウム等の放射性物質を含む指定廃棄物等の新処理システムの構築	100,000
基盤研究(B)[分担金]	薮内敦	空間分布を制御した希土類添加III属窒化物半導体の形成とその磁気特性	1,700,000
基盤研究(B)[分担金]	小野公二	量子ビームと理論の連携による革新的イオン伝導不規則構造材料創製基盤の構築	700,000
基盤研究(B)[分担金]	鈴木実	含ホウ素ナノ粒子による薬物送達と中性子捕捉療法を組み合わせたがん治療法の開発	360,000
基盤研究(B)[分担金]	増田亮	バンド幅可変核分光器による放射光メスバウアー小角散乱法の開発研究	350,000
基盤研究(B)[分担金]	櫻井良憲	ガンマ線を電流測定しエネルギー分布を得るホウ素中性子捕捉療法用SPECTの開発	250,000
基盤研究(B)[分担金]	田中浩基	同上	250,000
基盤研究(B)[分担金]	齊藤泰司	混相流超音波トモグラフィ法の開発による溶融鉛ビスマス二相流の流動計測とモデル化	200,000
基盤研究(B)[分担金]	栗山靖敏	高エネルギー領域に対応したはじき出し損傷モデルの構築	150,000
基盤研究(B)[分担金]	今中哲二	東北大震災放射能・津波被災者の居住福祉補償とコミュニティ形成－－法学・医学の対話	150,000
基盤研究(B)[分担金]	田中浩基	中性子捕捉療法の4線質3次元分布の品質保証－ゲルを用いた弁別測定法の開発－	135,812
基盤研究(B)[分担金]	櫻井良憲	加速器中性子捕捉療法に向けた治療適格条件とプロトコルの検討	100,000
基盤研究(B)[分担金]	大久保嘉高	核分光法による酸化亜鉛中の不純物が誘起する伝導性と希薄磁性の探索	100,000
基盤研究(B)[分担金]	上杉智教	テスラ級超強磁場高応答キッカーシステムの開発と省電力高効率粒子線入出射法の実現	3,294
基盤研究(B)[分担金]	石禎浩	同上	134
基盤研究(C)[分担金]	鈴木実	再発頭頸部癌に対する硼素中性子捕捉療法の標準治療化におけるバイオマーカーの探索	200,000
基盤研究(C)[分担金]	増永慎一郎	次世代型ホウ素中性子捕捉療法の実現に向けた多角的アプローチ	150,000

基盤研究(C)［分担金］	鈴木実	ホウ素中性子捕捉療法の適応を目指した骨軟部腫瘍におけるLAT－1発現の検討	76,386
基盤研究(C)［分担金］	鈴木実	癌細胞選択的破壊「硼素膀胱局所動注＋中性子照射」による新規膀胱温存療法	70,236
基盤研究(C)［分担金］	八島浩	Heビームを用いた医療用Mo－99／Tc－99mの製造技術にかかる基礎研究	50,000
基盤研究(C)［分担金］	近藤夏子	再発悪性グリオーマ予後不良群に対するBNCTとベバシズマブ併用臨床試験	9,480
挑戦的萌芽研究［分担金］	大槻勤	アクチノイド化学基盤の再構築をめざすフタロシアニン錯体の単分子解析と核医薬応用	113,942
挑戦的萌芽研究［分担金］	齊藤泰司	超臨界水雰囲気下における超重質油の流動挙動の中性子ラジオグラフィによる可視化	30,353
挑戦的萌芽研究［分担金］	櫻井良憲	最適中性子エネルギー再評価に基づく124Sb－Be密封線源BNCTの研究	27,960
分担	**23**	**件**	**5,477,597**
厚生労働行政推進調査事業費補助金	髙橋知之	食品中の放射性物質濃度の基準値に関する影響と評価手法に関する研究	1,000,000
他省庁	**1**	**件**	**1,000,000**
合計	**81**	**件**	**84,535,911**

参考資料4－2.　受託研究等受入状況(決算ベース)

平成 24(2012)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
(大)東北大学	義家敏正	陽電子ビームを用いた照射損傷構造発達過程の検出とその機構のモデリング	原子力システム研究開発事業	56,505,414
文部科学省	義家敏正	FFAG 加速器を用いた加速器駆動未臨界炉用材料挙動の解明		29,407,668
日本エヌ・ユー・エス(株)	今中哲二	福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究		12,098,660
(独)科学技術振興機構	森義治	高温超伝導を用いた高機能・高効率・小型加速器システムへの挑戦	研究成果展開事業戦略的イノベーション創出推進プログラム	5,232,000
三井物産(株)	藤川陽子	ベトナム農村水道における鉄バクテリア法砒素除去の普及		2,754,303
文部科学省	高橋俊晴	リング型光源とレーザーを用いた光発生とその応用(光利用技術の開発)	科学技術試験研究委託事業	1,153,847
(株)カーボテック	高宮幸一	活性炭系吸着剤の吸着特性に関する研究		311,901
(大)福井大学	宇根崎博信	解析値の不確かさ評価	エネルギー対策特別会計委託事業	26,200
(独)物質・材料研究機構	喜田昭子	高効率・高品位タンパク質結晶生成システムの開発	先端計測分析技術・機器開発プログラム	13,200,000
(独)日本学術振興会	藤井紀子	白内障発症の解明に向けて-水晶体内の蛋白質－蛋白質相互作用の新規測定法の研究		1,000,000
(独)科学技術振興機構	森本幸生	H24・リグニン分解物転換酵素群の分子生物学研究		500,000
二宮宝石(株)	川口昭夫	異方性光学散乱に対する結晶表面析出層の効果		262,449
(独)科学技術振興機構	森本幸生	副作用の少ないがん治療薬を指向した20Sプロテアソーム阻害剤の構造研究	研究成果展開事業	150,000
(財)脳神経疾患研究所	小野公二	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)によるがん治療機器の開発・実証計画	国際的先端医療機器開発実証事業費補助金	44,757,582

住友重機械工業(株)	鈴木実	再発悪性神経膠腫患者(WHOgradeⅢ及びgradeⅣ)を対象としたSPM-011・BNCT治療システム(BNCT30)によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に対する安全性及び忍容性検討のためのオープンラベル照射線量漸増試験	治験	302,380
合計	**15**	**件**		**167,662,404**

平成25(2013)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
(大)東北大学	徐虬	陽電子ビームを用いた照射損傷構造発達過程の検出とその機構のモデリング	原子力システム研究開発事業	26,091,587
文部科学省※防災研からの分担金	釜江克宏	中央構造線断層帯(金剛山地東縁ー和泉山脈南縁)における重点的な調査観測		14,854,910
(独)日本原子力研究開発機構	堀順一	(原研)京大炉ライナック・KUCAを用いたマイナーアクチニド核データ測定及びサンプル整備・分析に関する研究	原子力システム研究開発事業	13,498,813
(公財) 原子力安全研究協会	今中哲二	福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究		6,388,085
(独)科学技術振興機構	森義治	高温超伝導を用いた高機能・高効率・小型加速器システムへの挑戦	研究成果展開事業戦略的イノベーション創出推進プログラム	5,870,000
三井物産(株)	藤川陽子	ベトナム農村水道における鉄バクテリア法砒素除去の普及		5,255,697
(独)日本原子力研究開発機構	中島健	(原研)FFAG-KUCAを用いたADS模擬炉物理実験	原子力システム研究開発事業	3,485,017
中部電力(株)	宇根崎博信	トリウム炉心の核特性解析高精度化に関する研究		1,777,000
三菱重工業(株)外	三澤毅	(三菱・日立)燃料デブリを含む体系に適用する臨界監視システムの実証試験	廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリ臨界管理技術の開発)	1,386,000

(独)日本原子力研究開発機構	佐野忠史	高密度 MoO3 ペレットの中性子照射研究		238,725
(大)福井大学	佐野忠史	(福井大)一般化摂動理論の計算手法の決定	原子力システム研究開発事業	51,910
(共)高エネルギー加速器研究機構	日野正裕	中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の本質的理解	光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発	23,827,815
二宮宝石(株)	川口昭夫	異方性光学散乱に対する結晶表面析出層の効果		632,807
(独)科学技術振興機構	森本幸生	副作用の少ないがん治療薬を指向した20Sプロテアソーム阻害剤の構造研究	研究成果展開事業	95,000
(財)脳神経疾患研究所	小野公二	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)によるがん治療機器の開発・実証計画	国際的先端医療機器開発実証事業費補助金	75,597,922
近畿経済産業局	小野公二	BNCT 用加速器中性子源の大強度化に関する研究及び専門人材育成		46,740,037
(大)大阪府立大学	小野公二	(大阪府大)ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)及びがん診断に不可欠なPETプローブ・18FBPA の合成機器の開発	医工連携事業化推進事業(総合特区調整費)	2,433,375
合計	**17**	**件**		**228,224,700**

平成 26(2014)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
文部科学省	中島健	次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発	原子力システム研究開発事業	58,683,086
(大)東北大学	徐虬	陽電子ビームを用いた照射損傷構造発達過程の検出とその機構のモデリング	原子力システム研究開発事業	27,787,414
文部科学省※防災研からの分担金	釜江克宏	中央構造線断層帯(金剛山地東縁ー和泉山脈南縁)における重点的な調査観測		19,248,439
(独)日本原子力研究開発機構	堀順一	(原研)京大炉ライナック・KUCA を用いたマイナーアクチニド核データ測定及びサンプル整備・分析に関する研究	原子力システム研究開発事業	16,439,040

(独)日本原子力研究開発機構	中島健	(原研)FFAG-KUCA を用いた ADS 模擬炉物理実験	原子力システム研究開発事業	6,995,991
(独)科学技術振興機構	森義治	高温超伝導を用いた高機能・高効率・小型加速器システムへの挑戦	研究成果展開事業戦略的イノベーション創出推進プログラム	5,000,000
三菱重工業(株)	三澤毅	KUCA での軽水炉スペクトルを模擬した臨界実験の適用性と技術課題に関する調査		1,080,000
中部電力(株)	宇根﨑博信	トリウム利用原子炉の核特性解析精度向上に関する研究		790,560
(株)東芝	宇根﨑博信	MA入りPu金属燃料高速炉サイクルによる革新的核廃棄物燃焼システムの開発＜合金材のドップラー効果の測定＞	原子力システム研究開発事業	577,090
(独)科学技術振興機構	徐虬	日本・アジア青少年サイエンス交流事業(さくらサイエンスプラン)		341,000
(大)福井大学	佐野忠史	(福井大)一般化摂動理論の計算手法の決定	原子力システム研究開発事業	77,460
(共)高エネルギー加速器研究機構	日野正裕	中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の本質的理解	光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発	17,307,693
(独)日本原子力研究開発機構	谷垣実	(原研)東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発		9,697,964
二宮宝石(株)	川口昭夫	異方性光学散乱に対する結晶表面析出層の効果		53,357
近畿経済産業局	小野公二	BNCT 用加速器中性子源の大強度化に関する研究及び専門人材育成		59,524,311
(一財)脳神経疾患研究所	小野公二	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)によるがん治療機器の開発・実証計画	国際的先端医療機器開発実証事業費補助金	15,329,460
(大)大阪府立大学	鈴木実	(大阪府大)ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)及びがん診断に不可欠なPETプローブ・18FBPA の合成機器の開発	医工連携事業化推進事業(総合特区調整費)	3,885,427

住友重機械工業(株)外	鈴木実	再発悪性神経膠腫患者(WHOgradeⅢ及びgradeⅣ)を対象としたSPM－011・BNCT治療システム(BNCT30)によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に対する安全性及び忍容性検討のためのオープンラベル照射線量漸増試験	治験	658,782
住友重機械工業(株)外	鈴木実	切除不能な局所再発頭頸部癌患者又は切除不能な局所進行頭頸部癌(非扁平上皮癌)患者を対象としたSPM-011・BNCT治療システム(BNCT30)による第Ⅰ相臨床試験	治験	255,902
(大)筑波大学	櫻井良憲	BNCT用治療計画システムによる事業化に向けた検証評価		77,000
合計	**20**	**件**		**243,809,976**

平成27(2015)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
文部科学省	中島健	次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発	原子力システム研究開発事業	88,614,433
(大)東北大学	木野村淳	陽電子ビームを用いた照射損傷構造発達過程の検出とその機構のモデリング	原子力システム研究開発事業	28,003,357
(国研)日本原子力研究開発機構	堀順一	(原研)京大炉ライナック・KUCAを用いたマイナーアクチニド核データ測定及びサンプル整備・分析に関する研究	原子力システム研究開発事業	14,889,608
文部科学省※防災研からの分担金	釜江克宏	中央構造線断層帯(金剛山地東縁－和泉山脈南縁)における重点的な調査観測		10,763,853
(国研)科学技術振興機構	森義治	核変換処理のための高効率負ミュオン生成法の研究－加速／貯蔵ERITリングの開発－(1)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	9,460,000
(国研)日本原子力研究開発機構	中島健	(原研)FFAG-KUCAを用いたADS模擬炉物理実験	原子力システム研究開発事業	9,351,969
(株)東芝	宇根﨑博信	MA入りPu金属燃料高速炉サイクルによる革新的核廃棄物燃焼システムの開発＜合金材のドップラー効果の測定＞	原子力システム研究開発事業	4,649,031

(国研)科学技術振興機構	森義治	高温超伝導を用いた高機能・高効率・小型加速器システムへの挑戦	研究成果展開事業戦略的イノベーション創出推進プログラム	3,000,000
(国研)科学技術振興機構	上原章寛	溶融塩抽出法を利用したガラス固化体溶解技術のフィージビリティー検討(2)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	2,310,000
(大)福井大学	中島健	福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成＜未臨界度測定実習＞	英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業	833,178
中部電力(株)	宇根﨑博信	トリウム利用原子炉の核特性に関する研究		790,560
日本マタイ(株)	今中哲二	福島県内の放射能汚染地における空間ガンマ線場の計算と検証に係る研究		380,000
(大)福井大学	佐野忠史	(福井大)一般化摂動理論の計算手法の決定	原子力システム研究開発事業	306,422
(共)高エネルギー加速器研究機構	日野正裕	中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の本質的理解	光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発	10,538,588
(国研)科学技術振興機構	日野正裕	「鋼材／潤滑油」界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立	産学共創基礎基盤研究プログラム	2,200,000
(国研)科学技術振興機構	日野正裕	安全で取扱容易なコンパクト中性子源のためのターゲット・減速体・ビーム輸送系の研究開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	1,293,583
(株)クボタ	伊藤大介	混相流のボイド率計測		272,160
(一財)脳神経疾患研究所	小野公二	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)によるがん治療機器の開発・実証計画	国際的先端医療機器開発実証事業費補助金	13,997,933
(国研)日本医療研究開発機構	鈴木実	加速器型治療装置によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の医師主導治験	治験	3,400,000
住友重機械工業(株)外	鈴木実	再発悪性神経膠腫患者(WHOgradeⅢ及びgradeⅣ)を対象としたSPM-011・BNCT治療システム(BNCT30)によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に対する安全性及び忍容性検討のためのオープンラベル照射線量漸増試験	治験	650,273
(大)筑波大学	櫻井良憲	BNCT用治療計画システムによる事業化に向けた検証評価	医療機器開発推進研究事業	84,616

住友重機械工業(株)外	鈴木実	切除不能な局所再発頭頸部癌患者又は切除不能な局所進行頭頸部癌(非扁平上皮癌)患者を対象としたSPM-011・BNCT治療システム(BNCT30)による第Ⅰ相臨床試験	治験	28,000
(国研)科学技術振興機構	田中浩基	レーザー駆動指向性中性子の発生・制御及び検出に関する基盤技術開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	19,200
住友重機械工業(株)外	鈴木実	再発悪性神経膠腫を対象としたSPM-011・BNCT治療システムによるBNCT第Ⅱ相臨床試験	治験	6,210
合計	**24**	**件**		**205,842,974**

平成28(2016)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
文部科学省	中島健	次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発	原子力システム研究開発事業	88,682,606
(国研)科学技術振興機構	森義治	核変換処理のための高効率負ミュオン生成法の研究－加速／貯蔵ERITリングの開発－(1)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	52,356,321
(国研)科学技術振興機構	高橋千太郎	長寿命核分裂核種の再利用に伴う放射線被ばく線量の評価とクリアランスレベルの検討	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	9,644,033
文部科学省 ※工学からの分担金	石禎浩	交流高温超伝導マグネットと共鳴ビーム取出しを応用した加速器駆動核変換システム用革新的円形加速器の先導研究開発	原子力システム研究開発事業	6,234,656
(国研)日本原子力研究開発機構	中島健	(原研)FFAG-KUCAを用いたADS模擬炉物理実験	原子力システム研究開発事業	5,775,788
(公財) 原子力安全研究協会	高橋千太郎	短半減期核種の寄与と合理的な線量係数を考慮した内部被ばく線量評価の高精度化に関する研究	原子力災害影響調査等事業(放射線の健康影響に係る研究調査事業)	5,409,917
(国研)日本原子力研究開発機構	堀順一	(原研)京大炉ライナック・KUCAを用いたマイナーアクチニド核データ測定及びサンプル整備・分析に関する研究	原子力システム研究開発事業	4,969,162

三菱重工業(株)	三澤毅	(三菱・東芝・日立)燃料デブリを含む体系に適用する臨界近接検知システム及び中性子吸収材の実証試験	廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリ臨界管理技術の開発)	2,712,480
(大)横浜国立大学	大槻勤	低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト／【調査研究項目2】「核医学用 99MTc@℃ 60,194Au@℃60 の検討」の実験	低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト	2,203,000
(株)ひょうご粒子線メディカルサポート	石禎浩	粒子線治療用加速器の最適化に関する研究		2,000,000
(国研)科学技術振興機構	上原章寛	溶融塩抽出法を利用したガラス固化体溶解技術のフィージビリティー検討(2)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	1,488,000
(国研)科学技術振興機構	芝原雄司	J－PARC/MLF/ANNRIにおける中性子捕獲反応断面積測定研究(2)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	1,276,242
(株)東芝	宇根崎博信	MA 入り Pu 金属燃料高速炉サイクルによる革新的核廃棄物燃焼システムの開発＜合金材のドップラー効果の測定＞	原子力システム研究開発事業	810,156
中部電力(株)	宇根崎博信	トリウム利用原子炉システムの核特性評価精度の改善に関する基礎研究		790,560
(大)福井大学	中島健	福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成＜廃止措置工学学生サミット(学生発表会)・未臨界度評価＞	英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業	649,167
NPO法人いわき放射能市民測定室	福谷哲	福島第1原発事故にともなういわき市の放射能汚染マップ作成と初期被曝量評価に関する研究		500,000
(大)福井大学	佐野忠史	(福井大)一般化摂動理論の計算手法の決定	原子力システム研究開発事業	463,951
日本マタイ(株)	福谷哲	福島県内の放射能汚染地域における空間ガンマ線場と遮蔽効果の計算と検証に係る研究		191,268
(共)高エネルギー加速器研究機構	日野正裕	中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の本質的理解	光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発	10,135,609

(国研)科学技術振興機構	日野正裕	「鋼材／潤滑油」界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立	産学共創基礎基盤プログラム	8,400,000
(国研)科学技術振興機構	日野正裕	安全で取扱容易なコンパクト中性子源のためのターゲット・減速体・ビーム輸送系の研究開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	4,006,417
二宮宝石(株)	川口昭夫	異方性光学散乱に対する結晶表面析出層の効果		51,387
(一財)脳神経疾患研究所	小野公二	ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)によるがん治療機器の開発・実証計画	国際的先端医療機器開発実証事業費補助金	12,000,000
住友重機械工業(株)外	鈴木実	再発悪性神経膠腫を対象としたSPM-011・BNCT 治療システムによる BNCT 第Ⅱ相臨床試験	治験	1,495,381
(国研)科学技術振興機構	田中浩基	レーザー駆動指向性中性子の発生・制御及び検出に関する基盤技術開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	1,180,800
(国研)日本医療研究開発機構	鈴木実	加速器型治療装置によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の医師主導治験	医療機器開発推進研究事業	950,000
住友重機械工業(株)外	鈴木実	切除不能な局所再発頭頸部癌患者又は切除不能な局所進行頭頸部癌(非扁平上皮癌)患者を対象としたSPM-011・BNCT 治療システム(BNCT30)による第Ⅰ相臨床試験	治験	859,269
合計	**27**	**件**		**225,236,170**

平成 29(2017)年

契約相手方	研究者	研究題目	公募研究制度名称	支出決定累計額
文部科学省	中島健	次世代原子炉燃料の健全性評価のための非破壊分析技術の開発	原子力システム研究開発事業	47,073,906
(国研)科学技術振興機構	森義治	核変換処理のための高効率負ミュオン生成法の研究－加速／貯蔵 ERIT リングの開発－(1)	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	37,907,496
(国研)科学技術振興機構	高橋千太郎	長寿命核分裂核種の再利用に伴う放射線被ばく線量の評価とクリアランスレベルの検討	革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)	9,660,967
文部科学省※工学からの分担金	石禎浩	交流高温超伝導マグネットと共鳴ビーム取出しを応用した加速器駆動核変換システム用革新的円形加速器の先導研究開発	原子力システム研究開発事業	6,688,263

エム・アール・アイリサーチアソシエイツ(株)	高橋千太郎	短半減期核種の寄与と合理的な線量係数を考慮した内部被ばく線量評価の高精度化に関する研究	原子力災害影響調査等事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）	6,367,918
東京工業大学	堀順一	核変換システム開発のための長寿命 MA 核種の高速中性子捕獲反応データの精度向上に関する研究	原子力システム研究開発事業	5,889,490
日立GEニュークリア・エナジー(株)	三澤毅	（三菱・東芝・日立）燃料デブリを含む体系に適用する中性子吸収材及び臨界近接検知システムの実証試験	廃炉・汚染水対策事業費補助金（燃料デブリ臨界管理技術の開発）	2,392,153
(株)ひょうご粒子線メディカルサポート	石禎浩	粒子線治療用加速器の最適化に関する研究		1,800,000
環境省委託費※工学からの分担金	福谷哲	放射性 Cs や Sr で汚染された廃棄物の中間貯蔵と最終処分のための安定化技術に関する研究	環境研究総合推進費	1,700,000
(国研)科学技術振興機構	芝原雄司	J－PARC/MLF/ANNRI における中性子捕獲反応断面積測定研究（2）	革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）	1,376,524
(株)東芝	宇根崎博信	MA入りPu金属燃料高速炉サイクルによる革新的核廃棄物燃焼システムの開発＜合金材のドップラー効果の測定＞	原子力システム研究開発事業	1,216,582
環境省委託費※工学からの分担金	池上麻衣子	放射性 Cs や Sr で汚染された廃棄物の中間貯蔵と最終処分のための安定化技術に関する研究	環境研究総合推進費	1,200,000
中部電力(株)	宇根崎博信	トリウム利用原子炉システムの核特性評価精度の検証及び向上に関する基礎研究		790,560
(国研)日本原子力研究開発機構	伊藤啓	（原研）高速炉内混相流動現象に対する高精度解析評価手法整備に係る研究		748,670
日本マタイ(株)	福谷哲	福島県内の放射能汚染地域における空間ガンマ線場と遮蔽効果の計算と検証に係る研究		577,732
(株)サードウェーブ	福谷哲	ガンマ線スペクトロメータ SEG－63 の新たな運用に関する開発研究		178,927
(国研)日本原子力研究開発機構	中島健	（原研）FFAG-KUCA を用いた ADS 模擬炉物理実験	原子力システム研究開発事業	77,860

(大)福井大学	中島健	福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成＜廃止措置工学学生サミット(学生発表会)＞＜未臨界度評価＞＜研究推進＞	英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業	25,740
(共)高エネルギー加速器研究機構	日野正裕	中性子とミュオンの連携による「摩擦」と「潤滑」の本質的理解	光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発	8,802,000
(国研)科学技術振興機構	日野正裕	「鋼材／潤滑油」界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立	産学共創基礎基盤研究プログラム	1,574,355
(国研)科学技術振興機構	日野正裕	安全で取扱容易なコンパクト中性子源のためのターゲット・減速体・ビーム輸送系の研究開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	832,483
住友重機械工業(株)外	鈴木実	再発悪性神経膠腫を対象としたSPM-011・BNCT 治療システムによるBNCT 第Ⅱ相臨床試験	治験	1,827,511
(国研)科学技術振興機構	田中浩基	レーザー駆動指向性中性子の発生・制御及び検出に関する基盤技術開発	研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)	1,146,380
(国研)日本医療研究開発機構	鈴木実	加速器型治療装置によるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)の医師主導治験	医療機器開発推進研究事業	400,000
(国研)国立がん研究センター	鈴木実	BNCT による難治性腫瘍の治療の研究	国立がん研究センター研究開発費研究事業	400,000
住友重機械工業(株)外	鈴木実	切除不能な局所再発頭頸部癌患者又は切除不能な局所進行頭頸部癌(非扁平上皮癌)患者を対象としたSPM-011・BNCT 治療システム(BNCT30)による第Ⅰ相臨床試験	治験	2,253
合計	**25**	**件**		**140,657,770**

4－4. 共同利用

原子炉実験所は、昭和 38(1963)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、全国大学の共同利用研究所として京都大学に附置され、以来、研究用原子炉（KUR）等の施設を共同利用研究等に供してきており、さらに平成 21（2009）年 6 月 25 日には文部科学省より「共同利用・共同研究拠点」として認定を受け、この認定における拠点名は「複合原子力科学拠点」であり、研究分野は「複合原子力科学」である。また、有効期間は平成 22（2010）年 4 月 1 日から平成 28（2016）年 3 月 31 日である。

その目的として、研究用原子炉等の施設を共同利用・共同研究に供することにより、核エネルギー利用と放射線利用の両面から、我が国における複合原子力科学の発展に寄与し、併せて当該分野における人材育成に寄与することを目的とする。原子力基礎科学、粒子線物質科学及び放射線生命医科学分野の研究を推進し、複合原子力科学の実験的研究を行う国際的な研究拠点を形成するとともに、原子力・放射線施設を利用した共同利用・共同研究の推進を図ることとしている。

施設共同利用が開始されてから来所した全国の国公私立大学、および国・公立研究機関の研究者数は、設立から平成 29（2017）年度までの 55 年間のうち、来所記録がある昭和 50（1975）年から年度あたりの平均で約 4,800 人・日数であり図４－４－１に示した。平成 18（2006）年度から平成 21（2009）年度にかけて減少したが、高濃縮燃料から低濃縮燃料への変更手続きのため KUR が休止したためであり、再開後は休止前に比べて来所数が増加している。また、平成 26（2014）年度から平成 28（2016）年度にかけて減少しているのは、新規制基準に対応するため KUR 及び KUCA が休止したためであり、運転再開した平成 29（2017）年度には来所数は再び増加している。

また、採択件数を設備別、項目別に見ると図４－４－２のようになっており、KUR 関係では休止期間も含めて年平均約 138 件、KUCA 関係で年平均約 11 件である。

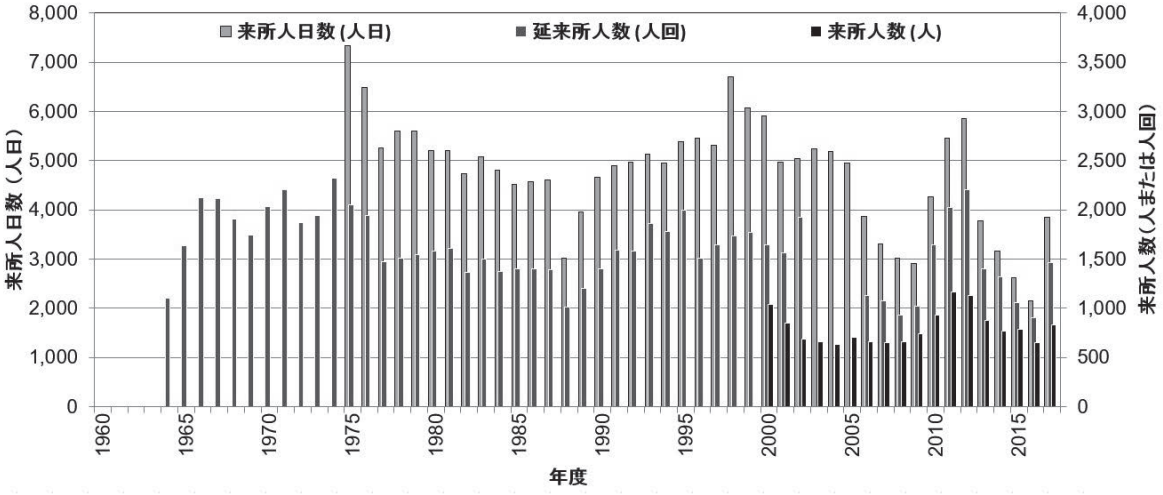


図４－４－１．　共同利用者来所実績

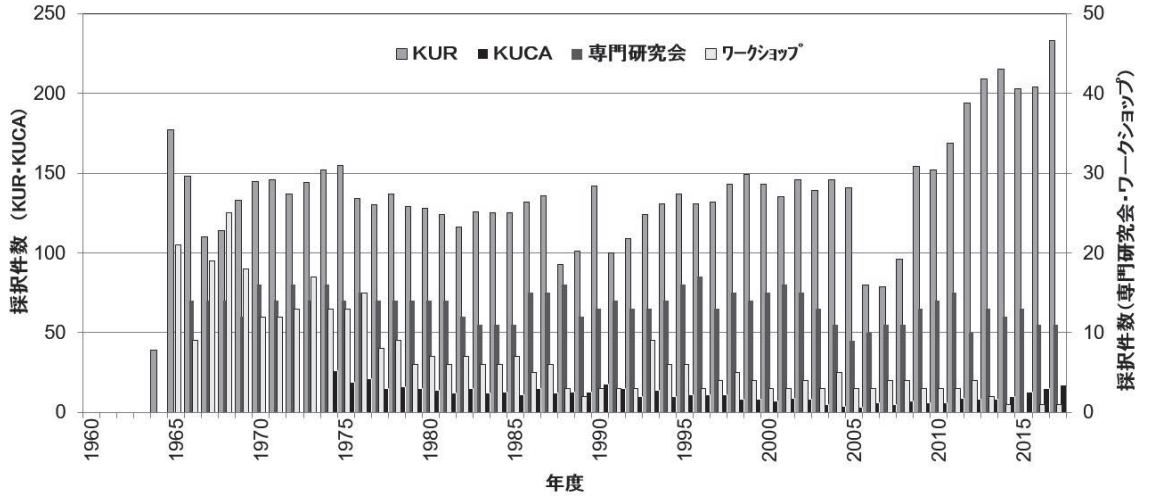


図4－4－2. 共同利用採択状況。昭和 62(1987)年以前は半期毎に採択、それ以降は通年で採択

原子力・放射線の多様な分野での活用を目指した複合原子力科学の研究・開発は我が国の科学技術研究や産業の発展において重要であり、実験所の共同利用・共同研究の採択数も増加している。加速器駆動システム（ADS）やホウ素中性子捕捉療法（BNCT）など、実験所が世界のトップランナーである研究をはじめとして、原子力科学、物性科学、放射線生物学など多様な分野で世界的に注目される先導的・萌芽的研究が実施され、これらを軸とした共同利用・共同研究の拠点として機能している。

専門研究会、短期研究会の採択もスタートした。これら研究会の採択件数はそれぞれ年平均約13 件でほぼ一定しており、ワークショップは数件が開催されている。これらの推移を図4－4－2に示し、その件数などを表4－4－1に示した。

表4－4－1. 共同利用研究等採択件数

京都大学原子炉実験所共同利用研究等採択件数										
年度	KUR	KUCA	HANARO	中性子捕捉療法	専門研究会	ワークショップ	受入実績			備考
							来所人数	延来所人数	来所人日数	
	件	件	件	件	件	件	人	人回	人日	
平成17(2005)	141	3			9	3	704		4,951	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ7課題55件
平成18(2006)	80	6	12	5	10	3	662	1,132	3,864	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ6課題44件
平成19(2007)	79	5	14	6	11	4	656	1,075	3,312	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ7課題50件
平成20(2008)	96	7	0	5	11	4	662	928	3,023	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ8課題62件
平成21(2009)	154	6	0	0	13	3	738	1,024	2,906	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ13課題95件
平成22(2010)	152	6	0	0	14	3	934	1,644	4,275	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ12課題84件
平成23(2011)	169	9			15	3	1,163	2,022	5,453	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ12課題86件
平成24(2012)	194	8			10	4	1,135	2,207	5,858	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ11課題86件
平成25(2013)	209	8			13	2	881	1,405	3,786	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ11課題89件
平成26(2014)	215	10			12	1	768	1,316	3,173	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ14課題137件
平成27(2015)	203	13			13	0	786	1,056	2,628	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ13課題121件
平成28(2016)	204	15			11	1	649	906	2,144	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ 13 課題118件
平成29(2017)	233	17			11	1	834	1,462	3,848	ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ12課題93件
合計	7,472	504	26	16	697	361				

これらの共同利用研究の研究分野は、図4－4－3の推移を示すように、多くの分野にまたがっており、その利用法も多岐にわたっている。

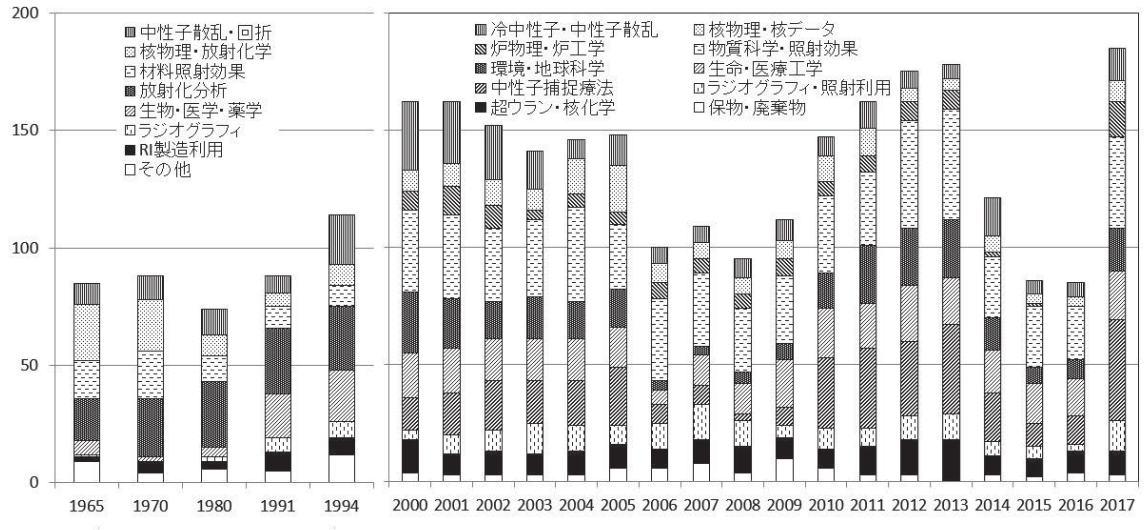


図4－4－3. 共同利用研究の分野

(1994年以前は「京都大学原子炉実験所の現状と展望(1994)」、2000～2010年は「京都大学原子炉実験所自己点検・評価報告書(2012)」、2011年以降はプログレスリポートの分類による)。

4－5．その他の研究活動

その他の研究活動として所内外で行う専門研究会の開催、各種学会が関与する国際会議、シンポジウムの開催状況、学会賞受賞、学会運営に関する活動などについて示す。

4－5－1．研究会（専門研究会、ワークショップ）の開催

原子炉実験所は、共同利用研究を受け入れると共に、重点的な研究の拠点として機能するために、積極的に研究会を開催してきた。前回自己点検時の平成18（2006）年から平成23（2011）年度の間の総計は88件であり、年平均約15件の研究会を開催してきた。平成24-29（2012-2017）年では総計78件であり、年平均約13件であった。実験所主催の研究会には、全国からの研究者が集い、最新の研究情報の交換や討論の場として利用されている。KUR が休止したことによって若干減少しているが、その間、KUR 運転によらない各分野での研究萌芽の開拓が行われていたものと推察される。これらの研究会は、原子力基礎科学研究本部、粒子線物質科学研究本部、放射線生命医科学研究本部の全てにおいて活発に開かれており、実験所が、全国的な研究上の交流の場を提供してきたことが分かる。これらの会合では、各研究分野におけるグループ間の情報交換を行うほか、将来計画短期研究会では将来計画に関連する討論の場として毎年定期的に開催され、共同利用者の意見を集約する機能も果たしてきた。表4－5－1に平成 24-29（2012-2017）年度に開催された専門研究会・ワークショップを示す。

表4－5－1．専門研究会、ワークショップの開催実績 （平成24-29（2012-2017）年度）

平成24(2012)年度 専門研究会

研 究 会 名	開催日	所内開催責任者
長期放射線被ばくによる生物学的影響研究の展望	H24.8.17-18	田野恵三
第5回タンパク質の異常凝集とその防御・修復機構に関する研究会	H24.11.1-2	藤井紀子
2012年度核データ研究会	H24.11.15-16	中島健
放射性廃棄物管理専門研究会	H24.11-26-27	小山昭夫 福谷哲
陽電子科学とその理工学への応用	H24.11.30-12.1	義家敏正
不安定原子核の理工学と物性応用研究	H24.12.18-19	大久保嘉高
放射化分析を用いた微量元素分析の現状	H25.1.15	柴田誠一
BNCT の新展開-特殊な療法から一般的な療法への移行を目指して-	H25.2.15-16	小野公二 丸橋晃
有用放射性トレーサーの開発と利用	H25.2.16	柴田誠一
「アクチニド元素の化学と工学」専門研究会	H25.2.28	山名元
中性子小角散乱解析法研究会	H25.3.13-15	杉山正明

平成 24(2012)年度　ワークショップ

ワークショップ名	開催日	所内開催責任者
加速器・ビーム科学、核データ、放射線工学、炉物理に関する 日韓合同ワークショップ	H24.8.27–30	宇根崎博信
KURの利用と新中性子源の検討	H24.12.5–7 H25.1.8–9	川端祐司
材料照射効果と応用 ワークショップ	H24.12.14–15	徐虬
京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討	H25.1.18	日野正裕

平成 25(2013)年度　専門研究会

研　究　会　名	開催日	所内開催責任者
放射線によって誘発される血管疾患と白内障について考える	H25.8.24–26	田野恵三
京大炉(KUR)を用いた放射化分析の成果と今後の展望	H25.10.30	関本俊
第6回タンパク質の異常凝集とその防御・修復機構に関する研究会	H25.11.14–15	藤井紀子
放射性廃棄物管理専門研究会	H25.11.26–27	福谷哲
中性子イメージング	H25.12.3–4	齊藤泰司
炉物理専門研究会	H25.12.4–5	卞哲浩
陽電子科学とその理工学への応用	H25.12.6–7	佐藤紘一
BNCT の新展開–特殊な療法から一般的な療法への移行を目指して–	H25.12.10–11	小野公二 櫻井良憲
原子力材料の照射効果	H25.12.13	徐虬
不安定原子核の理工学と物性応用研究 Ⅲ	H25.12.19–20	大久保嘉高
「アクチニド元素の化学と工学」専門研究会	H26.3.12	山名元
原発事故被災地域における放射線量マッピングに関する 技術開発・運用とデータ解析に関する研究会	H26.3.13–14	谷垣実 佐藤信浩

平成 25(2013)年度　ワークショップ

ワークショップ名	開催日	所内開催責任者
複合原子力科学の推進	H25.12.3–4	川端祐司
京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討 Ⅱ	H26.1.17	日野正裕

平成 26(2014)年度　専門研究会

研　究　会　名	開催日	所内開催責任者
臨界安全に関する専門研究会	H26.7.29	中島健
放射線治療抵抗性獲得の分子メカニズム － 効果的な放射線がん治療戦略に向けた放射線生物研究からの提言 －	H26.8.8–10	田野恵三
BNCT の新展開–特殊な療法から一般的な療法への移行を目指して–	H26.9.29–30	鈴木実 櫻井良憲
京大炉(KUR)を用いた放射化分析の成果と今後の展望	H26.11.19	大槻勤
放射性廃棄物管理専門研究会	H26.11.27–28	福谷哲

陽電子科学とその理工学への応用	H26.11.28–29	徐虬
炉物理専門研究会	H26.12.3–4	卞哲浩
原子力材料の照射効果	H26.12.5	徐虬
第7回タンパク質の異常凝集とその防御・修復機構に関する研究会	H26.12.11–12	藤井紀子
短寿命RIを用いた核分光と核物性研究	H26.12.17–18	大久保嘉高
中性子イメージング	H26.12.26–27	齊藤泰司
「アクチニド元素の化学と工学」専門研究会	H27.2.4	山名元

平成 26(2014)年度　ワークショップ

ワークショップ名	開催日	所内開催責任者
京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討Ⅲ	H26.1.16	日野正裕

平成 27(2015)年度　専門研究会

研　究　会　名	開催日	所内開催責任者
日中韓・先進モンテカルロ計算法専門研究会	H27.7.21–22	山本俊弘
福島第1原発事故による周辺生物への影響に関する専門研究会	H27.8.10–11	今中哲二
短寿命RIを用いた核分光と核物性研究	H27.11.4–5	大久保嘉高
BNCT の新展開–特殊な療法から一般的な療法への移行を目指して–	H27.11.10–11	鈴木実 櫻井良憲
核燃料物質を対象とした非破壊分析技術に関する研究会	H27.11.11–12	中島健
原発事故被災地域における放射線量マッピングシステムの技術開発・運用とデータ解析に関する研究会	H27.11.17–18	佐藤信浩 谷垣実
第8回タンパク質の異常凝集とその防御・修復機構に関する研究会	H27.11.19–20	藤井紀子
陽電子科学とその理工学への応用	H27.11.26–27	木野村淳
炉物理専門研究会	H27.12.2–3	卞哲浩
中性子イメージング	H28.1.6–7	齊藤泰司
放射性廃棄物管理専門研究会	H28.1.12–13	福谷哲
京大炉(KUR)を用いた放射化分析の成果と今後の展望–2–	H28.1.14	大槻勤
中性子小角散乱の今後の展開	H28.3.11–12	杉山正明

平成 28(2016)年度　専門研究会

研　究　会　名	開催日	所内開催責任者
京都大学原子炉実験所のBNCT拠点としての効率化・高度化に関する研究会	H28.5.13–14	鈴木実 櫻井良憲
福島第1原発事故による周辺生物への影響に関する専門研究会	H28.8.3–4	齊藤毅

核燃料物質を対象とした非破壊分析技術に関する研究会	H28.9.29–30	中島健
炉物理専門研究会	H28.11.30–12.1	卞哲浩
陽電子科学とその理工学への応用	H28.12.8–9	木野村淳
短寿命RIを用いた核分光と核物性研究 Ⅲ	H28.12.20–21	大久保嘉高
中性子イメージング	H29.1.5–6	齊藤泰司
原発事故被災地域における放射線量マッピングシステムの技術開発・運用とデータ解析に関する研究会	H29.1.10–11	佐藤信浩 谷垣実
京大炉(KUR)を用いた放射化分析の成果と今後の展望–2–	H29.1.18	大槻勤
BNCTの新展開ー特殊な療法から一般的な療法への移行を目指してー	H29.2.15–16	鈴木実 櫻井良憲
臨界安全に関する専門研究会	H29.3.8	山本俊弘

平成 28(2016)年度　ワークショップ

ワークショップ名	開催日	所内開催責任者
京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討Ⅳ	H28.12.27	日野正裕

平成 29(2017)年度　専門研究会

研　究　会　名	開催日	所内開催責任者
京都大学原子炉実験所のBNCT拠点としての効率化・高度化に関する研究会	H29.5.26–27	鈴木実 櫻井良憲
放射線治療と放射線防護のための放射線計測に関する研究会	H29.9.1–2	田中浩基
炉物理専門研究会	H29.11.29–30	卞哲浩
福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析	H29.12.4	大槻勤
陽電子科学とその理工学への応用	H29.12.7–8	木野村淳
短寿命RIを用いた核分光と核物性研究 Ⅳ	H29.12.20–21	大久保嘉高
中性子イメージング	H29.12.28–29	齊藤泰司
放射化分析及び中性子を用いた地球化学的研究–1–	H30.1.10	大槻勤
原発事故被災地域における放射線量マッピングシステムの技術開発・運用とデータ解析に関する研究会	H30.2.27–28	谷垣実 佐藤信浩
核燃料物質を対象とした非破壊分析技術に関する研究会	H30.3.1–2	中島健

平成 29(2017)年度　ワークショップ

ワークショップ名	開催日	所内開催責任者
京大炉におけるビーム利用のための次期中性子源の検討 Ⅴ	H30.1.10	日野正裕

4－5－2.　学会、国際会議・シンポジウムの開催

所外において国際会議やシンポジウムを主催、運営してきた活動は、原子炉実験所の教員が国内および国際的な立場で、それぞれの研究分野において中心的な役割を果たしてきた指標となる。平成 24(2012)年度からの代表的なこれらの開催事例を表4－5－2に示した。

表 4－5－2.　国内学会、国際会議、シンポジウムの開催実績(平成 24-29(2012-2017)年度)

平成 24(2012)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
九州大学・応用力学研究所　炉内構造物の経年変化に関する研究集会	H24.7.24-25	国内	開催責任者
2012 Japan-Korea Joint Summer School on Accelerator and Beam Science、Nuclear Data、Radiation Engineering and Reactor Physics	H24.8.30	国際	事務局
日本アクチノイドネットワーク(J-ACTINET)サマースクール 2012	H24.9.4-7	国内	実行委員
International Symposium on Environmental monitoring and dose estimation of residents after the accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations	H24.12.14	国際	主催
XVI International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Techniques Related to their Applications	H24.12.2-7	国際	プログラム委員
2012 Symposium on Nuclear Data	H24.12.11-16	国際	実行委員長

平成 25(2013)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
International Symposium on Diffraction Structural Biology 2013	H25.5.26-29	国際	実行委員
第 45 回炉物理夏期セミナー	H25.7.31-8.2	国内	庶務その他
International Symposium on Nuclear Back-end Issues and the Role of Transmutation Technology after the Accident of TEPCO	H25.11.28	国際	主催

平成 26(2014)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
The 2nd Kyoto-Bristol Symposium	H26.1.9-10	国際	Session Sub-Organizer
日本原子力学会「2014 年秋の大会」	H26.9.8-10	国内	実行委員
2014 年度日本地球化学会年会	H26.9.16-18	国内	コンビーナー
炉物理国際会議 PHYSOR2014	H26.9.28-10.3	国際	主催
Earth quake, Tsunami and Nuclear Risks after the accident of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations	H26.10.30	国際	主催
BNCT 国際ワークショップ	H26.12.9-10	国際	主催

平成 27(2015)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
International Symposium on Radiological Issues for Fukushima's Revitalized Future	H27.5.30-31	国際	主催

2015 年度日本地球化学会年会	H27.9.16–18	国内	コンビーナー

平成 28(2016)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
Goldschmidt 2016	H28.6.26–7.1	国際	Theme Co-Chair
超高放射線量環境における放射線マッピング技術開発に向けた基礎研究 技術検討ワークショップ	H28.7–H29.3（計 4 回）	国際	主催
第 45 回放射線による制癌シンポジウム・第 54 回生物部会学術大会	H28.7.15–16	国内	世話人、事務局
ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016)	H28.10.23–26	国際	Co-Organizer
KURRI International Training Course for BNCT	H28.11.14–18	国際	主催

平成 29(2017)年度

名　　称	開催日	国内・国際	役　割
Spring 2017 EPICS Collaboration Meeting	H29.5.15–19	国際	主催
the 9th Young Researchers' BNCT Meeting	H29.11.13–15	国際	事務局
BNCT 国際ワークショップ	H30.3.27–28	国際	主催

これらの会議・シンポジウムの中には、国際的に知名度が高くその専門性を認知された会議も多い。主催者としてリーダシップを取った会議も少なくない。当実験所の研究活動が、学界において広く貢献していることが分かる。さらにこれらのうち国際会議・国内学会での招待講演（表4－5－3）は、60 件であり研究内容の質の高さを示している。

表4－5－3.　国際会議・国内学会での招待講演（平成 24-29（2012-2017）年度）

平成 24(2012)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
増永慎一郎	国内	通常放射線照射および中性子捕捉療法後の局所腫瘍効果と肺転移抑制効果における腫瘍内酸素状況修飾処置併用の意義	第 41 回放射線による制癌シンポジウム–基礎と臨床の対話–
谷垣実	国際	KURAMA Ⅱ – Radiation Monitoring System	NI Week 2012
田野恵三	国際	Optimization of intracellular reactive oxygen species levels by antioxidant peoteins in vertebrate cells.	The Sugahara Memorial International Symposium
藤井俊行	国際	Raman Spectroscopic Study of Uranyl Complexes in Aqueous Solutions、Hydrate Melts、and Molten Salts	JAEA 第 474 回基礎科学セミナー
藤井俊行	国際	Raman Spectroscopic Study of Uranyl Complex in Alkali Chloride Melts	NuMat 2012: The Nuclear Materials Conference
高橋千太郎	国内	放射性物質の人体への影響	大阪府保険医協同組合第 42 回総代会記念講演

藤井紀子	国内	白内障とアミノ酸のラセミ化	第 38 回水晶体研究会
藤井紀子	国内	白内障と蛋白質の変化	第 38 回水晶体研究会
藤井紀子	国内	身近な D-アミノ酸、その存在と役割	日本アミノ酸学会 第3回産官学連携シンポジウム
藤川陽子	国内	福島第一原発事故の教訓	環境技術学会第12回大会　特別講演会

平成 25(2013)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
川辺秀憲	国内	2011 年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の強震動の検証と広域長周期地震動シミュレーション	第 41 回地盤振動シンポジウム 2011 年東北地方太平洋沖地震から分かった新たな知見と予測地震動への反映
小出裕幸	国内	反原発を進める科学と国家のあり方	第 2 回平和文明会議
小出裕幸	国内	放射能汚染から子供達を守る	第 42 回研究助成金贈呈式
高橋千太郎	国内	放射線・放射性物質の健康影響について	第 9 回エアロゾルシンポジウム
高橋知之	国内	食品中の放射性核種濃度基準値設定について 食品中の放射性核種濃度基準値設定について	日本核医学学会 北日本地方会
増永慎一郎	国内	休止期腫瘍細胞の挙動に及ぼす分割照射の影響について	第 19 回癌治療増感研究会シンポジウム
増永慎一郎	国内	休止期腫瘍細胞の挙動に及ぼす分割照射の影響について	第 19 回癌治療増感研究会シンポジウム
増永慎一郎	国内	癌治療、特に放射線治療における休止期腫瘍細胞制御の意義	日本動物実験代替法学会第26大会
山名元	国内	除染とセシウム環境動態研究の現状	日本原子力研究開発機構 放射光科学シンポジウム 2014「福島復興と原子力の問題解決のための放射光利用」
福永俊晴	国内	中性子と放射光 X 線の相補利用によるガラス・ナノ結晶材料の全散乱実験による構造観察と物性	JAIST-Spring8 連携講座シンポジウム
川辺秀憲	国際	Long period ground motion simulation of the 2011 Tohoku earthquake"	International Workshop of Japan Association for Earthquake Enginnering on the Effects of Surface Gaology on Strong Ground Motion and 10th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction (10th IWSMRR) – Toward a Resilient Society against Earthquake–
宇根崎博信	国際	Energy Policy and energy security in Japan – recent trends after Fukushima	11th Eco – Energy and Materials Science and Engineering 2013
増永慎一郎	国内	ホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy、BNCT)の過去・現在と近未来	第 42 回放射線による制癌シンポジウム、シンポジウムⅡ ホウ素中性子捕捉療法–治療施設の増加と将来のの展望–

川口昭夫	国内	コンポジットから金属へ　ー 任意形状への樹脂メッキと堅牢化	科学技術振興機構(JST)主催「京都大学新技術説明会」
増永慎一郎	国内	中性子捕捉療法における加速器中性子源の現状・展望	第 42 回放射線による制癌シンポジウム、シンポジウムⅡ ホウ素中性子捕捉療法−治療施設の増加と将来のの展望−
増永慎一郎	国内	第 3 回放射線生物学セミナー、「放射線感受性を修飾する内因性及び外因性因子」	日本放射線腫瘍学会教育委員会・生物部会主催、第 3 回放射線生物学セミナー
増永慎一郎 田野恵三	国内	中性子捕捉療法（BNCT）における腫瘍内低酸素の意義	第 42 回放射線による制癌シンポジウム
増永慎一郎 田野恵三 小野公二	国内	休止期腫瘍細胞の挙動に及ぼす分割照射の影響について	次世代がん治療推進専門家養成プラン、シンポジウム～ 癌治療抵抗性機構とその克服～ (Part Ⅱ)
藤井俊行	国内	原子核の質量、体積、および核スピンに起因する化学的な同位体分別	第 11 回同位体科学研究会

平成 26(2014)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
今中哲二	国内	福島原発事故から 3 年：何が起きたのか	日本物理学会四国支部学術講演会「福島原発事故から3年：何が起きたのか」
日野正裕	国内	中性子反射光学措置の開発とその応用	第 62 回応用物理学会春季学術講演会
高橋千太郎	国内	アルファ―核種の内部被ばくの特徴	平成28年度春期「放射線安全管理研修会
沖雄一	国際	Radioactivity in aerosols formed in accelerator facilities	The 2nd International Symposium on Science at J-PARC (J-PARC 2014)
川口昭夫	国内	ヨウ素を用いた樹脂のコンポジット化と無電解めっきへの応用	表面物性研究会
増永慎一郎	国内	放射線感受性を修飾する内因性及び外因性因子	日本放射線腫瘍学会教育委員会・生物部会主催、第 4 回放射線生物学セミナー
藤井俊行	国内	量子化学的手法を用いた分子内振動解析による質量依存同位体効果の評価	2014 年度 日本地球化学会年会

平成 27(2015)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
今中哲二	国内	チェルノブイリと福島：事故プロセス、放射能汚染、放射線被曝の比較検討	第 74 回日本公衆衛生学会
小野公二	国内	ホウ素中性子捕捉療法が拓く Xsenn 抵抗性癌治療の可惜なる地平	平成 27 年度 大学などにおける放射線安全権利研修会
茶竹俊行	国内	蛋白質中性子結晶学における D/H コントラストの利方法	第 4 回 Neutron in Biology 研究会 (第 1051 セミナー)
森一弘	国内	固体電解質材料における不規則構造の PDF 解析	平成 27 年度電池材料研究会

齊藤泰司	国際	The 9th International Symposium on Measurement Tachniquea for Multiphase Flows	Neutron radiography and conventional methods for liquid-metal two phase flow
木野村淳	国際	Development of Slow Positron Beamlines for Advanced Characterization of Irradiated Materials	17th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-17)
木野村淳	国際	Electron Accelerator Based Positron Research at AIST、Current Status and Future Plans	17th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-17)
木野村淳	国際	Analysis of Vacancy-Type Defects in Ion-Irradiated Materials Using Slow Positron Beams	25th Annual Meeting of MRS-Japan 2015
茶竹俊行	国内	新たな解析法による中性子結晶解析からの水和構造へのアプローチ	第 3 回 Neutron in Biology 研究会
沈　秀中	国内	気液二相流用高精度 4 センサ・プローブ計測法の開発	第 49 回京都大学原子炉実験所学術講演会

平成 28(2016)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
増永慎一郎	国内	抗腫瘍効果から見た中性子捕捉療法の治療生物学的解釈	第 45 回放射線による制癌シンポジウム
増永慎一郎	国内	腫瘍内微小環境とハイパーサーミア	第 18 回関西ハイパーサーミア研究会
杉山正明	国際	Subunit Kinetics in α-Crystallins	The 9th Korea-Japan Seminars on Biomolecular Science
鈴木実	国内	中性子捕捉療法における開発と展望	がん先端治療学:アルファ粒子線・免疫治療講座 シンポジウム 2017

平成 29(2017)年度

発表者	国内・国際	タイトル	学会名称
谷垣実	国内	GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA の開発と展開～福島を見守る「目」	第 52 回放射線防護研究会 ～新しい環境放射線自動計測システムによる放射線防護について考える～
谷垣実	国内	患者に投与された放射性医薬品による公衆被ばくの実証的な検証の可能性。KURAMA を用いた患者に投与された放射性医薬品による公衆の線量検証の可能性について	日本放射線安全管理学会　第 16 回学術大会
中島健	国内	京都人学研究炉の現状と課題	平成 29 年度弥生研究会「研究炉等の運転・管理及び改良に関する研究会」
藤井紀子	国内	老化蛋白質及び血液のペプチド中の D-アミノ酸	第Ⅱ8 回フォーラム・イン・ドージン
小野寺陽平	国際	Unravelling network structure in disordered materials – Comprehensive integration of quantum beam measurements, modelling and topological analyses	Structure and Dynamics of Glasses
木野村淳	国際	Slow positron beam systems for advanced characterization of irradiated materials	2nd Kyoto Workshop on Positron Sciences、30 Oct. 2017、Uji、Japan
木野村淳	国際	A simultaneous irradiation system with ion and slow-positron beams for in-situ characterization of radiation damage	International Conference on Accelerators in Materials and Medical Sciences

木野村淳	国際	The estimation of positron production and heat generation in KUR beam line by PHITS	Positron Studies of Defects (PSD-17)、3-8 September 2017、Dresden-Rossendorf、Germany
籔内敦	国際	High-temperature in-situ measurements of thermal vacancies in TiAl intermetallic compound using a desktop positron beam	3rd China-Japan Joint Workshop on Positron Science (JWPS2017)
小野寺陽平	国内	金属硫化物系イオン伝導ガラス Na2S-Al2S3 の創製と構造がイオン伝導性に与える影響	硫化物系固体電解質の合成技術と全固体電池への応用

4－5－3. 学会賞受賞

平成 24-29(2012-2017)年度の間に、当実験所の教職員が 59 件の学会賞などの栄誉に輝いた(表4－5－4)。当実験所の研究活動が、学界などから広く認められてきたことを示している。受賞内容には、論文賞、進歩賞、発明賞、功労賞、有効賞、業績賞など様々なものがあり、学術的内容を初めとして、研究上の学会への貢献など、広く当実験所の教員の活動が評価されていることを示している。

表4－5－4. 平成 24-29(2012－2017)年度の受賞

受賞者	賞名等	受賞内容	機関	年月
増永慎一郎	第 71 回 日本医学放射線学会総会 Gold Medal 賞	局所腫瘍制御と肺転移能抑制の点から見た中性子捕捉療法における腫瘍内酸素化状況修飾の意義	日本医学放射線学会	2012 年 4 月
中村秀仁	平成 24 年度文部科学大臣表彰科学技術省	産学官連携科学技術カフェ 放射線科学の理解増進	文部科学省	2012 年 4 月
中村秀仁	European physical society EPL Best of 2011 Award	Evidence of deep-blue photon emission at high efficiency by common plastic	European physical society	2012 年 5 月
山田辰矢	日本保健物理学会 第 45 回研究発表会 一般の部 優秀ポスター賞	放射線蛍光プラスチックの性能評価	日本保健物理学会	2012 年 6 月
増永慎一郎	Poster Presentation Award 賞	Usefulness of combined treatment with continuous tirapazamine administration and mild temperature hyparthemia in gamma-ray irradiation, referring to lung metastatic potential	The 11th International Congress of Hyperthermic Oncology & The 29th Japanese Congress of Thermal Medicine	2012 年 8 月
小野寺陽平	第 10 回 日本中性子科学会 奨励賞	中性子散乱による超イオン伝導体の構造に関する研究	日本中性子科学会	2012 年 12 月
佐藤紘一 徐虬 義家敏正	The Best Poster Award of the TMS 2013 Symposium on Microstructural Processes in Irradiated Materials 賞	Early stage Irradiation Defects in F82H model Alloys	MPIM Symposium Organizers	2013 年 3 月
藤井俊行	第 45 回 日本原子力学会論文賞	Neutron-capture cross-sections of 244Cm and 246Cm measured with an array of large germanium detectors in the ANNRI at J-PARC/MLF	日本原子力学会	2013 年 3 月

中村秀仁	平成 24 年度大阪ニュークリアサイエンス協会賞	有機シンチレーション物質の高性能化に関する研究	一般社団法人大阪ニュークリアサイエンス協会	2013 年 5 月
藤原慶子	日本保健物理学会 奨励賞	放射性セシウムを含有した土壌によるタオルの汚染と洗濯による除去効果	日本保健物理学会	2013 年 6 月
藤原慶子 高橋千太郎	日本保健物理学会 第 46 回研究発表会大会長特別ポスター賞	土壌中の放射性セシウムのシマミミズへの慇について	日本保健物理学会	2013 年 6 月
山本由佳	第 10 回 日本中性子捕捉療法学会学術大会 ベストプレゼンテーション賞	安全かつ効果的な BNCT への取り組み〈看護師による治療前オリエンテーションの導入と成果〉	日本中性子補足療法学会	2013 年 9 月
田中浩基	第 106 回 日本医学物理学会学術大会 優秀研究賞	加速器 BNCT のための陽子線による即発ガンマ線を用いたホウ素濃度測定に関する研究	日本医学物理学術大会	2013 年 9 月
窪田卓見	Hot Article Award Analytical Sciences	Aging Effect of 137Cs Obtained from 137Cs in the Kanto Loan Layer from the Fukushima Nuclear Power Planrt Accident and in the Nishiyama Loan Layer from the Nagasaki A-bomb Explosion	Analytical Sciences	2013 年 10 月
小野公二	日本放射線影響学会 学会賞	放射線影響研究において卓越した実績挙げた	日本放射線影響学会	2013 年 10 月
福永俊晴	第 11 回 日本中性子科学会 学会賞	パルス中性子を用いたアモルファス金属の構造学的研究	日本中性子学会	2013 年 12 月
沈秀中	第 46 回 日本原子力学会論文賞	New for-sendor probe theory for multi-dimensional two -phase flow measurement(NYHAS8)/多次元気液二相流用新4センサ・プローブ計測理論	日本原子力学会	2014 年 3 月
中村秀仁	第 18 回 RAIOISOTOPES 誌論文奨励賞	Radiation counting characteristics on surface-modified polyethylene naphthalate scintillators	公益社団法人日本アイソトープ協会	2014 年 7 月
藤川陽子 藤原慶子	優秀プロジェクト賞	放射性物質汚染対処特措法の指定廃棄物除去技術の検討-現場試験の手法等	京都大学環境衛生工学研究会	2014 年 8 月
田中浩基	The 7th KOREA-JAPAN Joint Meeting on Medical Physics// Poster Presentation Award	Development of a real time dosimetor for boron neutron capture therapy	KOREA-JAPAN Joint Meeting on Medical Physics	2014 年 9 月
三澤毅	PHYSOR2014 Best Poster Award	Void Transit Time Calculations by Neutron Noise of propagating Perturbation Using Complex-Valued Weight Monte Carlo	米国原子力学会 PHYSOR	2014 年 10 月
山本俊弘	PHYSOR2014 Best Poster Award	Void Transit Time Calculations by Neutron Noise of propagating Perturbation Using Complex-Valued Weight Monte Carlo	米国原子力学会 PHYSOR	2014 年 10 月

沈秀中	独立行政法人日本原子力研究開発機構 理事長表彰 研究開発功績賞	気液二相流用高精度4センサ・プローブ計測法の開発	独立行政法人日本原子力研究開発機構	2014 年 10 月
木梨友子	日本放射線影響学会第57回大会 岩崎民子賞	ホウ素中性子補足療法の治療効果向上に関する放射線影響研究	日本放射線影響学会	2014 年 10 月
日野正裕	日本中性子科学会 第 12 回 技術賞	中性子反射工学素子の開発とその応用	日本中性子科学会	2014 年 12 月
卞哲浩	JNST Most Cited Article Award（日本原子力学会英文論文誌(JNST)最多引用数論文賞）	Static and kinetic Experiments on Accelarator-Driven System with 14MeV Neutrons in Kyoto Universitu Critical Assembly	日本原子力学会	2015 年 2 月
増永慎一郎	第 74 回日本医学放射線学会総会 Gold Medal	局所腫瘍効果と肺移転抑制能から見たγ線照射時における分割サリドマイド投与併用の意義	日本医学放射線学会	2015 年 4 月
伊藤大介	日本冷凍空調学会賞 学術賞	中性子ラジオグラフィを用いた着霜の評価-冷却非番での着霜量と物質伝達率の評価-	日本冷凍空調学会賞	2015 年 5 月
齊藤泰司	日本冷凍空調学会賞 学術賞	中性子ラジオグラフィを用いた着霜の評価-冷却非番での着霜量と物質伝達率の評価-	日本冷凍空調学会賞	2015 年 5 月
原子力安全基盤科学研究プロジェクト福島事故検証チーム KURAMA 班	第 13 回（平成 27 年度） 日本原子力学会関西支部賞（功績賞）	走行サーベイシステム KURAMA の開発と福島を中心とした放射線モニタリングの展開	日本原子力学会関西支部	2015 年 6 月
金山雅哉	日本保健物理学会 第 48 回研究発表大会 ポスター優秀賞(一般部門)	身近なプラスチックを搭載したサーベイメータの特性	日本保健物理学会	2015 年 7 月
高橋千太郎 中村秀仁	平成 26 年度 日本保健物理学会 論文賞	Undoped polycarbonate for detection of environmental radiation	日本保健物理学会	2015 年 7 月
藤川陽子	International Anammox Symposium(IANAS 2015) Keynote Presentation Award	Portable water treatment of groundwater in Vietnam by a single stage ammonium removal using Anammox process	IANAS	2015 年 8 月
谷垣実 佐藤信浩 小林康浩 奥村良	日本土壌肥料学会 2015 年度京都大会 ポスター賞	福島県内の農地における放射性物質に関する研究-歩行型放射能計測システム KURAMA-Ⅱを用いた果樹園の放射性物質分布のマッピング	日本土壌肥料学会	2015 年 9 月
増田亮	ICAME2015(メスバウアー効果の応用に関する国際会議)「 IBAME Young Scientist Award 」	The International Board ¡¥on the Applications of the Mossbauer Effect	ICAME	2015 年 9 月
佐藤紘一	日本陽電子科学会 奨励賞	金属中の照射損傷研究と京都大学研究用原子炉を用いた陽電子ビームラインの開発	日本陽電子科学会	2015 年 11 月
鈴木実	日本放射線腫瘍学会・2015 年阿部賞	多発腫瘍に対する臓器全照射としてのホウ素中性子補足療法（BNCT)の開発	日本放射線腫瘍学会	2015 年 11 月

伊藤大介	第 24 回 日本原子力学会 熱流動部会 優秀講演賞	X線及び中性子を用いた複合可視化手法の開発	日本原子力学会 熱流動部会	2016 年 3 月
中村秀仁	平成 27 年度 放射線影響研究 奨励賞	放射線影響学に資する波長変換材の研究開発とその先駆的応用	公益財団法人放射線影響協会	2016 年 3 月
卞哲浩	日本原子力学会英文論文誌(JNST)「最多引用賞」(2編)The Journal of Nuclear Science and Technology Most Cited Article Award 2015 (2 articles)	First injection of spallation neutrons generated by high-energy protons into the Kyoto Universitu critical assembly/Reaction rate analyses for an accelerator -driven sysytem with 14MeV neutrons in the Kyoto Universitu critical assembly	日本原子力学会	2016 年 3 月
中村秀仁	平成 28 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞	プラスチックシンチレーション物質の光変換理論に関する研究	文部科学省	2016 年 4 月
藤川陽子	平成 27 年度 日本水環境学会 技術奨励賞	鉄バクテリア法を用いた地下水中鉄・砒酸・亜砒酸の同時除去技術	日本水環境学会	2016 年 6 月
藤井紀子	第 8 回 日本光医学・光生物学会 学会賞	日本光医学・光生物学会の生物・科学領域において顕著な業績を上げられ、本会の発展に寄与	日本光医学・光生物学会	2016 年 7 月
近藤夏子	第 13 回 日本中性子捕捉療法学会学術大会 ベストプレゼンテーション賞(臨床医学)	悪性グリオーマの BNCT 後の CSF dissemination についての病理学的検討	日本中性子捕捉療法学会	2016 年 8 月
増永慎一郎	一般社団法人 京都府医師会第42回京都医学会学術研鑽賞	京都府医師会主催京都医学会における長年に亘る貢献	京都府医師会	2016 年 10 月
増永慎一郎	日本放射線影響学会 学会賞	腫瘍内微小環境特性の解析成果を応用する局所腫瘍制御と遠隔転移抑制の同時達成を目指す試み	日本放射線影響学会	2016 年 10 月
伊藤大介	日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 優秀講演表彰	気泡微細化沸騰における流れ場の PIV 計測	日本機械学会	2016 年 10 月
森一広、福永俊晴、小野寺陽平	日本中性子科学会 波紋 President Choice(論文賞)	中性子散乱による超イオン伝導体の構造に関する研究	日本中性子学会	2016 年 12 月
徐 虬	日本金属学会第 28 回優秀ポスター賞	γ線照射還元法を用いた多元系金属ナノ微粒子の合成	日本金属学会	2017 年 3 月
中村秀仁	第 49 回日本原子力学会賞 貢献賞	児童生徒に対する放射線の理解促進のための 10 年間に及ぶ啓発活動	日本原子力学会	2017 年 3 月
増永慎一郎	第 76 回日本医学放射線学会総会 Bronze medal	酸素化休止期腫瘍細胞における放射線照射後回復に対するチラパザミン投与や低温度処置の効果	第 76 回日本医学放射線学会総会	2017 年 4 月
高田匠	日本白内障学会学術賞	水晶体構成蛋白質中のアミノ酸の翻訳後修飾が引き起こす白内障発症機構の解明に関する研究	日本白内障学会	2017 年 5 月
近藤夏子	日本放射線腫瘍学会 生物部会賞	イメージング質量分析を用いた放射線脳壊死の脂質ターゲット探索	日本放射線腫瘍学会	2017 年 6 月

中村秀仁	公益財団法人双葉電子記念財団 遠藤細谷記念賞	永年にわたる自然科学・技術の発展及び産業振興における研究、教育、技術への尽力	公益財団法人双葉電子記念財団	2017 年 7 月
金仁求	第 56 回日本白内障学会総会・第 43 回水晶体研究会セッション優秀賞	LC-MS/MS による白内障クリスタリン中の翻訳後修飾の一斉分析	日本白内障学会	2017 年 8 月
京都大学原子炉実験所	日本機械学会動力エネルギーシステム部門貢献表彰	原子力教育における長年に亘る貢献	日本機械学会	2017 年 11 月
鈴木実	Highly Cited Award 2017	Boron neutron capture therapy outcomes for advanced or recurrent head anJ neck cancerJ Rcidiat Res (2014) 55 (l): l-16-153	日本放射線腫瘍学会	2017 年 11 月
徐 虬	日本金属学会第 29 回優秀ポスター賞	γ線照射還元によるCuナノ粒子生成時の添加イオン効果	日本金属学会	2017 年 9 月
高橋知之	日本原子力学会 論文賞	Long-term predictions of ambient dose equivalent rates after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident	日本原子力学会	2018 年 3 月

4－5－4. 学会運営など

当実験所の教員の学会運営活動に参画した実績を表4－5－5にまとめて示す。多くの教員が、学会の役員、運営委員、担当者などとして活動していることがわかる。

運営に参画している学会は、日本中性子科学会、日本原子力学会、日本原子力学会再処理リサイクル部会、日本原子力学会炉物理部会、日本原子力学会核データ部会、日本加速器学会、日本分析化学会、日本混相流学会、日本機械学会、日本放射線影響学会、国際癌治療増感研究協会、日本環境変異原学会、日本医学物理学会、日本放射線腫瘍学会、日本白内障学会、日本放射化学会、日本化学会近畿支部、日本非破壊検査協会、日本建築学会、日本地震工学会、日本伝熱学会、などである。当実験所の研究活動の広さと学会への貢献が分かる。

表4－5－5. 学会の運営への参加（平成 24-29（2012-2017）年度）

氏名	学会	役職	役割・担当	期間
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会関西支部	商議員	各種研究機関、産業界並びに学協会の原子力教育に関する調査・検討および支援	2008/8/1-2012/5/30
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	中性子ラジオグラフィ研究委員会 委員長	企画、公募、審査など必要な業務を実施する。	2008/8/1-2013/5/30
義家敏正	日本陽電子科学会	顧問	編集委員として協力する	2009/1/1-2012/12/31
川端祐司	日本中性子科学会	各賞選考委員会委員	日本非破壊検査協会・関西支部の運営	2010/6/1-2012/5/31
増永慎一郎	日本放射線腫瘍学会	編集委員会委員	中性子ラジオグラフィ研究委員会の運営	2010/9/1-2014/8/1
沖雄一	日本放射化学会	副会長(事務局長)	幹事として放射線部門を運営する	2010/9/29-2012/10/4
川端祐司	社団法人 日本アイソトープ協会	中性子応用専門委員会委員	幹事として放射線部門を運営する	2011/4/1-2013/3/31

高橋千太郎	(一社)日本放射線影響学会	幹事	代議員として会長、理事長からの諮問事項その他重要事項評議決定する	2012/1/1–2013/12/31
増永慎一郎	日本放射線影響学会	評議員	幹事として放射線部門を運営する	2012/1/1–2013/12/31
古林徹	(一財)日本原子力学会	「シグマ」特別専門委員会委員	幹事として放射線部門を運営する	2012/1/10–2013/3/31
櫻井良憲	(一財)日本医学物理学会	代議員	代議員として会長または理事長からの諮問事項その他重要事項評議決定する	2012/1/25–2014/3/31
森本幸生	日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部 幹事	幹事として放射線部門を運営する	2012/3/1–2013/2/28
中島健	(一財)日本原子力学会	「軽水炉に係る基礎基盤研究の検討」特別専門委員会委員	幹事として放射線部門を運営する	2012/3/27–2012/8/31
小野寺陽平	日本中性子科学会	編集委員会 編集委員	日本地震工学会論文集の編集事業を担当する	2012/4/1–2015/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	行事幹事	—	2012/4/1–2013/3/31
森義治	日本加速器学会	評議員	—	2012/4/1–2013/3/31
丸橋晃	(一財)日本医学物理学会	代議員	我が国の 1 核データ活動方針の検討 2 新しい核データ要求の取り纏め 3 その他の核データ活動について研究・活動を行う	2012/4/1–2014/3/31
佐野忠史	(一財)日本原子力学会 炉物理部会	運営委員	—	2012/4/1–2013/3/31
卞哲浩	(一財)日本原子力学会	「放射性廃棄物の分離変換」研究専門委員会委員	—	2012/4/4–2013/3/31
櫻井良憲	(一財)日本医学物理学会	理事	編集委員会委員として協力する	2012/4/14–2014/3/31
茶竹俊行	(公財)新世代研究所	水和ナノ構造研究会委員	—	2012/5/1–2015/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	ICRS12 プログラム委員会委員	行事幹事として学会の発展に協力する	2012/5/2–2013/3/31
森本幸生	日本中性子科学会	日本中性子科学会 各賞選考委員会委員	—	2012/6/1–2013/3/31
宇根崎博信	(一財)日本原子力学会	教育委員会委員	ポジションステートメントについて企画運営及び周知について協議、事業を行う	2012/7/1–2013/6/30
小山昭夫	(一財)日本原子力学会	標準委員会基盤・応用技術専門部会廃止措置分科会委員	—	2012/7/1–2013/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	日本原子力学会編集委員	学会の理事として、業務執行の決定、理事の職務の進行の監督等に従事する	2012/7/1–2013/6/30
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2012/7/10–2013/6/30
中島健	(一財)日本原子力学会	東京電力福島第一原子力発電所に関する調査委員会委員	—	2012/8/21–2014/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「2013 年春の年会」現地委員会委員	委員として当該分野の研究活動の推進及び財団の研究会活動への参画	2012/9/24–2013/4/30

芝原雄司	(一財)日本原子力学会	編集委員会委員	—	2012/10/1– 2015/6/30
中島健	(一財)日本原子力学会	日本原子力学会教育委員会教科書WG委員	低レベル放射性廃棄物処理に関する様々な検討、議論、規制への提言などをおこなう	2012/10/1– 2013/10/11
中島健	(一財)日本原子力学会	標準委員会 臨界安全管理分科会 委員	学会のさらなる発展に協力する	2012/10/1– 2014/9/30
中島健	(一財)日本原子力学会	教育委員会教科書 WG 委員	理事として専門的立場から学会運営に関し意見する	2012/10/12– 2013/10/11
中島健	(一財)日本原子力学会	原子燃料サイクル専門部会委員	標準委員会原子燃料サイクル専門部会臨界安全管理分科会委員として協力する。	2012/11/1– 2014/10/31
釜江克宏	(一財)日本原子力学会	標準委員会 地震ハザード評価作業会委員	交流幹事として協力する	2012/11/2– 2014/10/31
三澤毅	(一財)日本原子力学会	標準委員会 臨界安全管理分科会 委員	交流幹事として協力する	2012/11/13– 2014/9/30
森本幸生	日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部 幹事	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2013/3/1– 2014/2/28
川辺秀憲	日本地震工学会	論文集編集委員会	学会のなされる発展に協力する	2013/4/1– 2014/5/31
福永俊晴	日本中性子科学会	評議員	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2013/4/1– 2015/3/31
森一広	日本中性子科学会	交流幹事	—	2013/4/1– 2014/3/31
伊藤大介	(一財)日本原子力学会	熱流動部会企画小委員会委員(若手交流WG委員)	評議員として総会の決定した基本方針に従い、運営事項を審議決定する	2013/4/1– 2014/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	大振幅予測地震動に対する耐震設計法検討小委員会委員	年 2 回開催される「プログラム編集会議」への出席	2013/4/1– 2015/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	地盤振動小委員会委員	会報に掲載する記事の頒布用原稿の作成・修正などの業務を行う	2013/4/1– 2015/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	庶務幹事	—	2013/4/1– 2015/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	編集委員会 編集委員	—	2013/4/1– 2015/3/31
増永慎一郎	国際癌治療増感研究協会	理事	—	2013/4/1– 2014/3/31
藤井俊行	同位体科学会	評議員	—	2013/4/1– 2015/3/31
齊藤泰司	日本伝熱学会	平成 25 年度環境・エネルギー技術研究会主査	企画小委員会の一員として、熱流動部会の運営に参画する	2013/4/1– 2014/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「高温ガス炉の安全設計方針」研究専門委員会委員	企画小委員会の一員として、熱流動部会の運営に参画する	2013/4/11– 2015/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	再処理・リサイクル部会・核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究ワーキンググループ委員	幹事として放射線部門を運営する	2013/4/15– 2014/3/31
中村秀仁	(一社)日本保健物理学会	若手研究会幹事	企画小委員会の一員として、熱流動部会の運営に参画する	2013/4/30– 2014/3/31

中島健	(一財)日本原子力学会	「シグマ」特別専門委員会 委員	第 10 回原子炉熱流動と安全に関する日韓ジンポジウム INTHAS10)現地組織委員	2013/5/20-2015/3/31
川辺秀憲	(一社)日本建築学会	強度波形作成と活用 WG 委員	幹事として放射線部門を運営する	2013/6/1-2015/3/31
藤井紀子	日本白内障学会	理事	—	2013/6/28-2016/6/27
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2013/7/1-2014/6/30
中島健	(一財)日本原子力学会	編集委員会 委員	—	2013/7/1-2016/6/30
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	「将来世代のための再処理技術」研究専門委員会 委員	行事幹事として学会の発展に協力する	2013/7/1-2014/3/31
齊藤泰司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	行事幹事として学会の発展に協力する	2013/7/1-2014/6/30
高橋知之	(一社)日本保健物理学会	編集委員会委員	核拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会会長	2013/8/1-2015/7/31
鈴木実	日本中性子捕捉療法学会	幹事	事務の掌理	2013/9/8-2016/7/31
藤川陽子	環境技術学会	「環境技術」編集委員会 編集委員	放射線安全に関する諸法令について検討し、法令の運用に関わるマニュアルなどを会員へ情報発信するとともに、国への提言等を検討する	2013/10/1-2015/9/30
齊藤泰司	(一財)日本原子力学会	「第 4 世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計ガイドライン」研究専門委員会委員	標準委員会リスク専門部会 地震 PRA 分科会地震ハザード評価作業会委員として協力する	2013/10/1-2015/9/30
齊藤泰司	(独)日本学術振興会	「原子力は未来技術たりえるか」に関する先導的研究開発委員会委員	—	2013/10/1-2016/9/30
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	再処理・リサイクル部会課題議論ワーキンググループメンバー	—	2013/10/31-2014/3/31
田野恵三	日本環境変異学会	評議員	—	2014/1/1-2015/12/31
卞哲浩	(一財)日本原子力学会	「放射性廃棄物の分離変換」研究専門委員会委員	2009 年に改定された「原子力発電所の確率論的安全評価に関する実施基準:2008(レベル 3PRA 編)」を改定する	2014/1/20-2015/11/30
森山裕丈	(一財)日本原子力学会	「放射性廃棄物の分離変換」研究専門委員会委員	—	2014/2/4-2015/11/30
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	代議員	—	2014/2/20-2015/11/28
森本幸生	日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部 幹事	財務担当幹事	2014/3/31-2015/2/28
森一広	日本中性子科学会	交流幹事	編集小委員会担当幹事	2014/4/1-2015/3/31
伊藤大介	(一財)日本原子力学会	熱流動部会企画小委員会 委員(若手交流WG委員)	原子力学会「春の年会」及び「秋の年会」の研究発表順序を検討し、プログラムを編成する	2014/4/1-2015/3/31
佐野忠史	(一財)日本原子力学会 炉物理部会	運営委員	編集担当	2014/4/1-2016/3/31

上原章寛	(公社)日本分析化学会	2014 年度「ぶんせき」編集委員	日本原子力学会関西支部による表彰担当	2014/4/1–2015/2/28
上原章寛	(公社)日本分析化学会近畿支部	常任幹事	ISO/TC85 本体の SC5/WG8 が所掌する主に臨界安全及び臨界葦故に関連する ISO 標準及び標準案を対象に検討等を実 施し、その結果を TC85/SC5J に報告する。	2014/4/1–2015/2/28
杉山正明	日本中性子科学会	庶務幹事	ISO/TC85 本体の SC5/WG8 が所掌する主に臨界安全及び臨界葦故に関連する ISO 標準及び標準案を対象に検討等を実 施し、その結果を TC85/SC5J に報告する	2014/4/1–2015/3/31
櫻井良憲	(一財)日本医学物理学会	監事	会誌「ぶんせき」の企画・編集	2014/4/1–2016/3/31
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	再処理・リサイクル部会課題議論ワーキンググループメンバー	常任幹事会への出席	2014/4/15–2015/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会 再処理・リサイクル部会	「核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究 WG」委員	会誌「ぶんせき」の企画・編集	2014/4/25–2015/3/31
齊藤泰司	日本伝熱学会 関西支部	企画委員長	常任幹事会への出席	2014/5/2–2015/3/31
沖雄一	(一社)日本放射線安全管理学会	法令検討委員会委員	会誌「ぶんせき」の企画・編集	2014/5/30–2016/3/31
福永俊晴	日本中性子科学会	日本中性子科学会各賞選考委員会委員	—	2014/6/1–2015/3/31
藤川陽子	環境技術学会	理事	—	2014/6/18–2016/3/31
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2014/7/1–2015/6/30
伊藤大介	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2014/7/1–2015/6/30
沈秀中	(一財)日本原子力学会	編集委員	委員として協力する	2014/7/1–2017/6/30
齊藤泰司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2014/7/1–2015/6/30
森義治	(一財)日本原子力学会	広報情報委員会内「異常事象解説チーム(略称:チーム 110)」解説	委員として協力する	2014/7/18–2016/3/31
川辺秀憲	(一社)日本建築学会	地震振動小委員会 委員	原子力施設における異常事象が発生した場合に、国や事業者から独立した立場から速やかに分かりやすい解説をする	2014/7/31–2015/3/31
高橋千太郎	(一財)日本原子力学会	ポジション・ステートメントワーキンググループ委員	—	2014/8/1–2015/6/30
増永慎一郎	(一社)日本放射線影響学会	幹事および評議員	—	2014/8/29–2016/12/31
増永慎一郎	(一社)ハイパーサーミア学会	代議員	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2014/8/29–2015/9/30
中島健	(一財)日本原子力学会	教育委員会初等中等教育小委員会/教科書調査 WG 会議 委員	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2014/9/5–2015/3/31

山本俊弘	(一財)日本原子力学会	ISO/TC85 国内対策委員会 SC5/WG8J(臨界安全)幹事	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2014/9/16- 2016/9/15
中島健	(一財)日本原子力学会	ISO/TC85/SC5/WG8J 臨界安全国内ワーキンググループ委員	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2014/9/16- 2016/9/15
中島健	(一財)日本原子力学会	ISO/TC85 国内対策委員会 SC5/WG8J(臨界安全)委員長	本会の活動を支援し、本会の更なる発展に寄与する	2014/9/16- 2016/9/15
中島健	(一財)日本原子力学会	標準委員会原子燃料サイクル専門部会委員	支部長を補佐し、支部の会務を掌理する	2014/10/1- 2016/5/31
森義治	第 12 回日本加速器学会年会	組織委員	庶務幹事として協力する	2014/11/10- 2015/9/30
高橋知之	(一財)日本原子力学会	標準委員会リスク専門部会 3PRA 分科会委員	編集委員会委員として協力する	2014/11/18- 2017/11/17
佐野忠史	(一財)日本原子力学会	プログラム編成ワーキンググループメンバー	庶務幹事として協力する	2014/12/8- 2017/6/30
中村秀仁	(一財)日本原子力学会	プログラム編成ワーキンググループメンバー	評議員会に出席し、定款と細則に定められた事項及び総会の決定した基本方針に従い、運営事項を審議決定する。	2014/12/8- 2017/6/30
上原章寛	(公社)日本分析化学会	「ぶんせき」編集委員	編集委員として研究する	2015/3/1- 2016/2/29
上原章寛	(公社)日本分析化学会近畿支部	常任幹事	中性子科学の発展を函るため、学術情報の交流、技術的問題の解決、国内外の関係諸団体との研究連絡等を行う	2015/3/1- 2016/2/29
森本幸生	(公社)日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部 幹事	—	2015/3/1- 2016/2/29
中島健	(一財)日本原子力学会	「原子力アゴラ」特別専門委員会委員	中性子科学会における各賞の選考	2015/3/2- 2016/3/31
卞哲浩	(一財)日本原子力学会	編集委員会委員	中性子応用の推進に関する検討	2015/3/18- 2017/6/30
中島健	(一社)日本機械学会	PATRAM2016 実行委員会委員	—	2015/3/27- 2016/12/31
小野寺陽平	日本中性子科学会	編集委員会 編集委員	ネットワークの活動方針、運営に関わる方向性等の検討を行い、必要となる事項を決定する	2015/4/1- 2017/3/31
高橋千太郎	(一財)日本原子力学会	代議員	編集委員として学会運営について審議	2015/4/1- 2017/3/31
伊藤大介	(一財)日本原子力学会	熱流動部会企画小委員会委員	評議員として学会運営について参加	2015/4/1- 2016/3/31
宇根崎博信	(一財)日本原子力学会	核拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会 会長	理事会を構成し、会長を補佐し、国際癌治療増感研究会則で定められた職務を行う。	2015/4/1- 2019/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	大振幅予測地震動に対する耐震設計法検討小委員会委員	—	2015/4/1- 2017/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	地盤振動小委員会委員	—	2015/4/1- 2017/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	評議員	会報「まてりあ」編集に必要な事項を協議し決定する	2015/4/1- 2017/3/31

杉山正明	日本中性子科学会	編集委員	交流幹事として協力する	2015/4/1– 2017/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「シグマ」特別専門委員会委員	研究会の開催	2015/4/1– 2017/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「プリズマティック型高温ガス炉の安全設計プロセス」研究専門委員会委員	委員として当該分野の研究活動の推進及び財団の研究会活動への参画	2015/4/1– 2016/3/31
日野正裕	日本中性子科学会	ロードマップ検討委員会委員	委員として当該分野の研究活動の推進及び財団の研究会活動への参画	2015/4/1– 2016/3/31
福永俊晴	日本中性子科学会	評議員	—	2015/4/1– 2017/3/31
齊藤泰司	(一社)日本機械学会	第 91 期気液二相流技術懇話会幹事	原子力学会「春の年会」及び「秋の年会」の研究発表順序を検討し、プログラムを編成する	2015/4/1– 2016/3/31
大場洋次郎	(公社)日本金属学会	会報編集委員	原子力学会「春の年会」及び「秋の年会」時間枠を検討調整し、プログラム枠組みを編成	2015/4/27– 2017/4/30
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究 WG 委員	原子力学会「春の年会」及び「秋の年会」時間枠を検討調整し、プログラム枠組みを編成	2015/4/27– 2016/3/31
井上倫太郎	日本中性子科学会	交流委員会委員	—	2015/5/1– 2016/3/31
中村秀仁	(一財)日本原子力学会	枠組み編成ワーキンググループメンバー	ICRS12 プログラム委員として協力する	2015/5/15– 2015/12/31
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	再処理・リサイクル部会課題議論ワーキンググループメンバー	学会誌の編集・出版を行うと共に論文の校閲並びに論文誌の編集・出版を行う	2015/5/21– 2016/3/31
伊藤大介	(一財)日本原子力学会 熱流動部会	NTHAS10 現地組織委員	東京電力福島第一原子力発電所について専門的な視点から事故の事象やその原因、影響等について深い分析調査を行う	2015/6/1– 2017/3/31
福永俊晴	日本中性子科学会	日本中性子科学会各賞選考委員会委員	本会「2013 年春の年会」は、平成 25 年 3 月 26 日–28 日の 3 日間会場設営など開催地における今後の諸準備一切は、現地委員会で協力する。	2015/6/1– 2016/3/31
齊藤泰司	(一財)日本原子力学会 熱流動部会	NTHAS10 現地組織委員長	—	2015/6/1– 2017/3/31
伊藤大介	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	標準委員会原子燃料サイクル専門部会臨界安全管理分科会委員として協力する。	2015/6/8– 2016/6/30
藤井俊行	(一財)日本原子力学会	「将来世代のための再処理技術」研究専門委員会委員	初等中等教育機関における原子力教育に関する調査・検討および支援を行う。	2015/6/18– 2017/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	選挙管理委員会委員長	標準委員会が策定した基本方針に沿って標準の制定、改訂、廃止の審議を行い、部会としての標準原案を作成する。	2015/6/19– 2015/12/31
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	小型高温ガス炉システムの安全設計	2015/7/1– 2016/6/30

齊藤泰司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2015/7/1– 2016/6/30
高橋知之	(一社)日本保健物理学会	編集委員会委員	我が国の 1 核データ活動方針の検討 2 新しい核データ要求の取り纏め 3 その他の核データ活動について研究・活動を行う	2015/8/19– 2017/7/31
福谷哲	(一財)日本原子力学会	「東京電力福島第一原子力発電所事故以降の低レベル放射性廃棄物処理の在り方」特別専門委員会委員	学会誌の編集・出版を行うと共に論文の校閲並びに論文誌の編集・出版を行う	2015/9/2– 2016/3/31
藤川陽子	環境技術学会	「環境技術」編集委員会 編集委員	核燃料サイクル施設のジビアアクジデントに関して、学術的及び中立的な立堀で解や情報を発信することを目的とする	2015/10/1– 2017/9/30
齊藤泰司	(一財)日本原子力学会	「第 4 世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計ガイドライン」研究専門委員会委員	初等中等教育機関における原子力、放射線に関する記述調査において、原子力の専門家・有識者として参加し、意見助言を行う	2015/10/1– 2017/9/30
森義治	第 13 回日本加速器学会年会	組織委員	—	2015/11/20– 2016/3/31
田野恵三	日本環境変異学会	評議員	IS01TC85 本体の SC5/WG8 が所掌する主に臨界安全及び臨界事故に関連する ISO 標準及び標準案を対象に検討等を実施し、その結果を TC85/SC5J に報告する。	2016/1/1– 2017/12/31
八島浩	(一財)日本原子力学会	プログラム編成ワーキンググループメンバー	標準委員会が策定した基本方針に沿って標準の制定、改訂、廃止の審議を行い、部会としての標準原案を作成する。	2016/1/8– 2018/7/30
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	代議員	—	2016/1/26– 2017/11/28
藤井俊行	(一財)日本原子力学会 核燃料部会	「トリウム燃料の利用に関するワーキンググループ」委員	「PATRAM2016」事業の遂行において助言を行う	2016/2/1– 2017/3/31
森本幸生	(公財)日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部幹事	我が国の 1 核データ活動方針の検討 2 新しい核データ要求の取り纏め 3 その他の核データ活動について研究・活動を行う	2016/3/31– 2017/2/28
宇根崎博信	(一財)日本原子力学会	日米欧原子力学生国際交流事業運営小委員会委員	—	2016/4/1– 2018/3/31
井上倫太郎	日本中性子科学会	行事幹事	核燃料サイクル施設のジビアアクジデントに関して、学術的及び中立的な立堀で見解や情報を発信することを目的とする	2016/4/1– 2017/9/30
井上倫太郎	日本中性子科学会	行事幹事	—	2016/4/1– 2017/3/31

佐野忠史	(一財)日本原子力学会 核データ部会	運営委員	燃料溶融や燃料デブリ等に関する知見やデータを調査・検討し、福島第一原子力発電所廃止措置の今後の取り組みや廃止措置で得た経験のジビアアクシデント研究への反映のための課題の整理と提言を 行う。	2016/4/1- 2017/3/31
佐野忠史	(一財)日本原子力学会 関西支部	若手講演会・表彰担当幹事	—	2016/4/1- 2017/3/31
上原章寛	(公社)日本分析化学会	「ぶんせき」編集委員	我が国の 1 核データ活動方針の検討 2 新しい核データ要求の取り纏め 3 その他の核データ活動について研究・活動を行う	2016/4/1- 2017/3/31
大場洋次郎	日本中性子科学会	交流幹事	—	2016/4/1- 2017/3/31
田中浩基	(一財)日本医学物理学会	第 112 回日本医学物理学会学術大会プログラム委員	—	2016/4/1- 2017/2/28
日野正裕	日本中性子科学会	ロードマップ検討委員会委員	—	2016/4/1- 2017/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究 WG」委員	—	2016/4/17- 2017/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	再処理リサクル部会「核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究 WG」委員	—	2016/4/27- 2017/3/31
高橋千太郎	(一社)日本放射線影響学会	理事	Journal of Nuclear Science and Technology の編集委員	2016/6/6- 2018/3/31
藤川陽子	環境技術学会	理事	第 112 回学術大会のプログラム編成に関する業務を行う	2016/6/14- 2018/3/31
上原章寛	(一財)日本原子力学会	編集委員	—	2016/7/1- 2019/6/30
中島健	(一財)日本原子力学会	「燃料デブリ」研究専門委員会委員	日本環境変異原学会に関する業務全般を遂行する	2016/7/1- 2017/3/31
卞哲浩	(一財)日本原子力学会	論文誌副編集長	日本環境変異原学会に関する業務全般を遂行する	2016/7/1- 2019/6/30
中村秀仁	(一財)日本原子力学会	枠組み編成ワーキンググループメンバー	—	2016/7/7- 2017/1/31
川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	将来世代の再処理技術について検討するため、研究発表、情報交換、調査資料収集、検討等を行う	2016/7/14- 2017/5/31
齊藤泰司	日本混相流学会	総務委員・評価員・理事・企画部長	再処理・リサイクルについて議論を行う	2016/8/8- 2012/8/7
齊藤泰司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	再処理・リサイクルについて議論を行う	2016/9/1- 2017/6/30
齊藤泰司	(一財)日本原子力学会 熱流動部会	「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ検討」WG 委員	核燃料サイクル施設のシビアアクシデント選定方法を検討、その際抽出された課題である SA の影響評価方法について検 討する	2016/9/1- 2017/3/30
中島健	(一財)日本原子力学会	「原子力アゴラ」特別専門委員会委員	再処理・リサイクルについて議論を行う	2016/9/13- 2017/3/31

籔内敦	(一財)日本物理学会	領域運営委員	将来世代の再処理技術について検討するため、研究発表、情報交換、調査資料収集、検討等を行う	2016/10/1– 2017/9/30
山本俊弘	(一財)日本原子力学会	ISO/TC85 国内対策委員会 SC5/WG8J(臨界安全)幹事	トリウム燃料利用に関する研究開発について討鏃を行う。	2016/10/26– 2018/9/30
卞哲浩	(一財)日本原子力学会	炉物理ロードマップ調査・検討 WG 委員	編集委員として、月刊誌「環境技術」の編集に協力する	2016/11/1– 2018/3/31
木野村淳	日本陽電子科学会	理事	—	2017/1/4– 2018/12/31
籔内敦	日本陽電子科学会	刊行委員会委員	編集委員として月刊誌「環境技術」の編集に協力する	2017/1/18– 2018/12/31
森本幸生	(公財)日本化学会近畿支部	日本化学会近畿支部幹事	環境技術学会活動に協力する	2017/3/1– 2018/2/28
森本幸生	(公財) 日本化学会会員委員会	代表正会員	—	2017/3/31– 2019/2/28
徐 虬	(一財)日本原子力学会	学会編集委員会 委員	中性子科学、中性子技術、中性子利用及びこれ等に密接に関連する活動の進歩発展を図るための活動を行う	2017/4/1– 2017/6/30
伊藤啓	(一財)日本原子力学会	計算科学技術部会副部会長および企画委員長	—	2017/4/1– 2018/3/31
井上倫太郎	日本中性子科学会	行事幹事	—	2017/4/1– 2018/3/31
杉山正明	日本中性子科学会	評議員	原子力学会「春の年会」及び「秋の年会」の研究発表順序を検討し、プログラムを編成する	2017/4/1– 2019/3/31
八島浩	日本陽電子科学会	刊行委員会委員	日本中性子科学会における各賞の選考委員	2017/4/1– 2018/3/1
齊藤泰司	(一財)日本原子力学会 熱流動部会	運営委員	評議員会に出席し、定款と細則に定められた事項及び総会の決定し た基本方針に従い、運営事項を審議決定する。	2017/4/1– 2018/5/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「シグマ」特別専門委員	日本中性子科学会における各賞の選考委員	2017/4/3– 2018/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	「原子力アゴラ」調査専門委員	日本陽電子科学会の運営全般に携わる	2017/4/3– 2018/3/31
齊藤泰司	日本機械学会	動力エネルギーシステム部門運営委員会委員	学会運営にあたり、幹事会において助言等を行う	2017/4/11– 2018/3/31
齊藤泰司	日本機械学会	流体工学部門運営委員会委員	—	2017/4/11– 2018/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	大振幅予測地震動小委員会 委員	—	2017/6/13– 2019/3/31
上林宏敏	(一社)日本建築学会	地盤震動小委員会 委員	炉物理研究・技術開発に関わるロードマップ作成に係る調査・検討	2017/6/13– 2019/3/31
中島健	(一財)日本原子力学会	理事	—	2017/6/16– 2019/6/21
齊藤泰司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	—	2017/7/1– 2018/5/31
田中浩基	(一財)日本医学物理学会	第 115 回日本医学物理学会学術大会プログラム委員会委員	—	2017/7/10– 2018/4/15

川端祐司	(社)日本非破壊検査協会	放射線部門幹事	環境・エネルギー技術研究会の主査として活動する	2017/7/18–2018/5/31
高橋千太郎	(一財)日本原子力学会 教育委員	新刊編集委員会 編集委員	幹事として放射線部門を運営する	2017/9/5–2018/3/31
川端祐司	(一財)日本原子力学会	参与	研究の進捗・推進を図るため文献紹介・研究発表・情報交換等を行う	2017/9/14–2019/7/31
藤川陽子	環境技術学会	編集委員	—	2017/10/1–2019/9/30
中村秀仁	(一社)日本保健物理学会	編集委員会委員	講演討論会、見学会、国際交流セミナー、関西伝熱セミナーの企画運営	2017/10/25–2019/7/31
高橋知之	(一財)日本原子力学会	標準委員会リスク専門部会 3PRA 分科会委員	幹事として放射線部門を運営する	2017/11/18–2020/11/17
谷垣実	日本加速器学会	第 15 回年会プログラム委員	第 10 回原子炉熱流動と安全に関する日 韓シンポジウム (NTHAS101 現地組織委員長	2018/1/19–2018/9/30

§5. 原子炉実験所から複合原子力科学研究所へ

5－1. 改名の経緯

原子炉実験所は昭和 38（1963）年に京都大学附置研究所として設立され、京都大学研究用原子炉（KUR）や京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)の利用を中心とする全国共同利用研究所として活動してきた。また、平成 22（2010）年からは、共同利用・共同研究拠点に認定され、引き続き全国の研究者の利用が行われてきている。

KUR は日本唯一の大学附置中型熱中性子研究炉であり、単独の大学が所有する研究炉としては世界でも最も大きなもののひとつである。日本原子力研究開発機構の研究炉や大強度加速器中性子源（J-PARC）といった中性子源は、国家戦略に基づいて世界最大級を実現することでその役割を達成しているのに対し、KUR は大学に附置されたものとして、学術・教育における基礎基盤的役割を果たしてきている。また、全国共同利用研究所として、主として全国の大学関係の研究者に研究の場を提供し、自由な発想に基づく挑戦的な課題を進めるばかりでなく、多くの学生が訪れる教育の場としても大きな役割を果たしている。

平成22（2010）年3月に、日本学術会議より「提言 学術の大型施設計画・大規模研究計画 －企画・推進策の在り方とマスタープランの作成について－」が公表された。これは、日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会の審議結果を取りまとめたものであり、「日本学術会議は学術の推進上重大な問題点を認識し、科学者コミュニティの専門的意見を集約して、大型施設計画および大規模研究計画の検討を行い、わが国として初めての全分野にわたる大型計画のマスタープランを策定した」ものである。この提言では、今後の特に重要な大型施設計画・大規模研究計画として、全学術分野から43課題が選定された。

その中に、京都大学原子炉実験所からの提案「複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進」が、「原子力」を表看板として掲げた唯一のものとして「物理化学・工学」分野の大規模研究計画に選定された。この提案が目指すものは、「人類社会の持続的発展には原子力・放射線の利用が必要である。本計画では、研究炉・加速器を用いる共同利用・共同研究を軸に、複合的な原子力科学の発展と有効利用に向けた先導的研究を推進し、その拠点を形成する」ことであり、 研究炉・加速器を利用して「広義の原子力」を推進しようというものである。 ここで「広義の原子力」とは、原子力技術を原子力発電以外に応用した分野のことであり、放射線や放射性同位元素（RI）を利用して、基礎的な学術研究から産業・医療利用まで幅広く行われている。なお、マスタープランはその後も改訂が行われているが、最新の「マスタープラン2017」まで選ばれ続けている。

また、科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会が、平成 22（2010）年 10 月に「学術研究の大型プロジェクトの推進について（審議のまとめ）－学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「ロードマップ」の策定－」を公表した。これは、日本学術会議のマスタープランに盛り込まれた 43 計画についてさらに検討を深め、大型プロジェクト推進に当たっての優先度を明らかにする観点から、各研究計画についての評価結果を整理したものである。この中でも、原子炉実験所の提案は、緊急度等の高い、優先すべき 8 課題のうちの一つとして選定されている。

さて、このように実験所は、共同利用・共同研究拠点として、「複合原子力科学」の研究を進めて来

たわけであるが、この「複合原子力科学」という言葉は、実験所における研究の特長を表現するために、我々が作った新しい造語である。

原子炉実験所は、研究用原子炉（KUR）、ホットラボラトリ、臨界集合体実験装置（KUCA）、陽子加速器（FFAG，BNCT用サイクロトロン）、電子線型加速器、コバルト60ガンマ線照射装置等のさまざまな大型装置を利用し、放射線やRIを用いて全国の研究者が自らの発想に基づいた研究を自由に行うための場を提供してきており、幅広い学術分野を基盤から支えるという役割を果たしている。その結果、熊取キャンパスでは、幅広い研究分野の研究者が日常的に交流し、互いに刺激し合いながら新しい複合研究分野を生み出している。我々はこのような新分野創出を「複合原子力科学」と定義し、新たなフロンティア開拓を積極的に推進していく。

例えば、放射線利用研究におけるホウ素中性子捕捉療法(BNCT)は、正常細胞をほとんど傷つけないまま、がん細胞だけを攻撃する画期的ながん治療である。この研究においては、医学・薬学・中性子科学・ビーム科学・加速器学・研究炉管理等の専門分野が連携しており、どれが欠けても成立することができないもので、まさしく原子炉実験所のような幅広い分野の研究者が日常的に交流する場があってこそ生まれたものである。

また、京都大学では、教員人事と研究教育活動を一元的に部局（教育研究組織）において行われてきたが、平成 28（2016）年 4 月から教員人事を部局から分離する「学域・学系制」が導入された。これは教員人事の一層の透明性と公平性を図りつつ、既存の部局の枠を超えた効果的な組織再編を促すことを目的としたものである。実験所は「複合原子力科学系」として単一部局がそのまま一つの学系として認められ、運用されている。

これらのように、このたび自らの役割及びその特長を見直した結果、平成 30（2018）年 4 月 1 日から研究所名を「複合原子力科学研究所」に変更した。

5－2. 改名理由

原子炉実験所には、発生する中性子を利用して研究教育を行う高出力炉としての KUR、出力をほぼゼロにして原子炉そのものの研究教育に利用する京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)、さらには電子線形加速器、コバルト 60 を利用したガンマ線照射装置、陽子線加速器としての FFAG 加速器、ホウ素中性子補足療法を病院にて実施することを目指したサイクロトロン中性子線源による BNCT 治療施設等、さまざまな粒子線・RI 利用施設の整備を行ってきた。

「原子炉実験所」の名前の由来を記録した資料は見つかっておらず、また所内でも諸説あるが、実験所の 50 年史の「回顧録」で、実験所設立に深く関わられた住田健二先生（大阪大学名誉教授）が、「（前略）KUR がこれほど学問的な成果を挙げているにもかかわらず、今日に至るも「研究所」という格付けを与えられていないことである。（中略）京大付置の自由さをもった「実験所」ではなく、やはり「大学の研究所」にはしてもらえないものだろうか？」と締めくくっておられる。所内での記憶はほぼ消えてしまったが、「実験所」という、この規模の研究所では見られない名前には設立時の経緯に係る何らかの意味合いがあったと思われる。

さて、実験所設立以来、半世紀以上が経過し、現在では周囲の意見や我々の意識も大きく変化してきた。現在求められているのは、「もちろん原子炉の安全管理は最優先、しかしそれだけでは不十分であり、高度な研究成果の創成が必須」というものである。KUR 建設当時は、まだ原子力の黎明期

であり、研究用原子炉を安全に運転・管理を行うことだけで「最先端の活動」だった。しかし、現在では「研究用原子炉は中性子源として優れてはいるが、やはり研究用ツールの一つに過ぎず、どのような研究成果を生み出しているかが重要」ということが常識となっている。「原子炉の安全確保や安定運転」は、現実的には最重要課題ではあるが、求められていることは、さらにその先の、それらを用いて行う「高度な研究」である。

その「高度な研究」を遂行するためには、我々の研究所の特徴を見極め、その長所を生かすべく努めなくてはならない。そのために、我々の研究所の研究の進め方がこれまでどのように変遷してきたかを3つの発展段階として説明する。

1）50年前の実験所設立当初は、研究用原子炉を利用した実験ができるということだけで最先端の研究活動であった。この時代には、理学・工学・農学・医学など様々な研究分野のコミュニティに対して、中性子をはじめとした放射線、核燃料物質を含む各種の放射性物質などを利用した研究を推進する実験が出来る場の準備、つまり「実験フィールド」を開発・提供してきた。

2）次の時代には、単にこれまでに所内研究者がこのような「実験フィールド」を提供するという立場から一歩進み、自らがそれぞれの分野の研究をリードする「研究フィールド」の提供に発展・成熟させてきた。つまり、所内研究者自身が当該研究分野の核の一つとなり、関連研究者を組織して、研究を発展させようとしてきた。

3）原子炉実験所に集まった研究者は、研究用原子炉という研究ツールを使うという共通点があるが、逆に研究分野を問わないという特徴がある。通常の研究所は、研究分野を研究所名に明示し、その分野の研究者が集まって研究を発展させる。しかし、原子炉実験所では、通常の研究所ではまず出会うことの無い異分野の研究者が日常的に接触するという「他では得がたい機会創出」がある。その結果、今まで無かった新しい分野が相互刺激によって自然に生まれてくることが期待できる。そして、このようにして生まれる新しい学問分野のことを我々は「複合原子力科学」と名付け、これこそが我々の「長所」であり、これからも伸ばすべき特長だと考えている。

そして、そのような例として、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）や加速器駆動システム（ADS）などといった複数の「研究領域」が融合した「複合原子力科学」が生まれてきた。このような状況を踏まえ、多様化する社会の諸課題解決へ大学独自の学術的視点を一層効果的に活用し、異分野が融合した「複合原子力科学」を加速・推進するために、研究所の名称を「複合原子力科学研究所（Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science）」に改名することとした。

原子力利用には放射線や放射性物質の利用も含まれ、基礎科学、医学応用、農業、工業分野での産業応用など多岐にわたっており、エネルギーの安定供給、医療技術、食料問題などの多様化する諸課題を解決していくうえでの社会的意義は極めて大きいものと認識している。国内の研究炉の動向等を踏まえると、原子力利用を支える関連コミュニティにとって、本研究所の役割はその重要性を増していると言える。このような環境下において、共同利用・共同研究拠点の機能は維持し、これまで通り複合原子力科学研究分野を主導・提供する使命を担っていることを内外に強く明示し、その価値を一層高めていきたいと考えている。

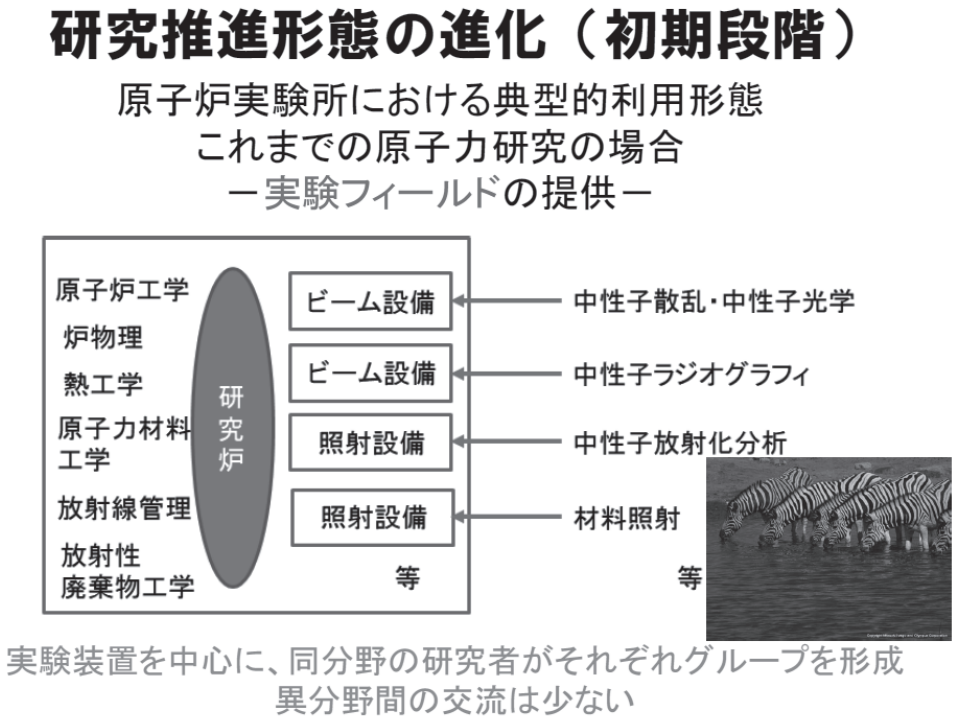


図5－1.　原子炉実験所における初期の研究形態

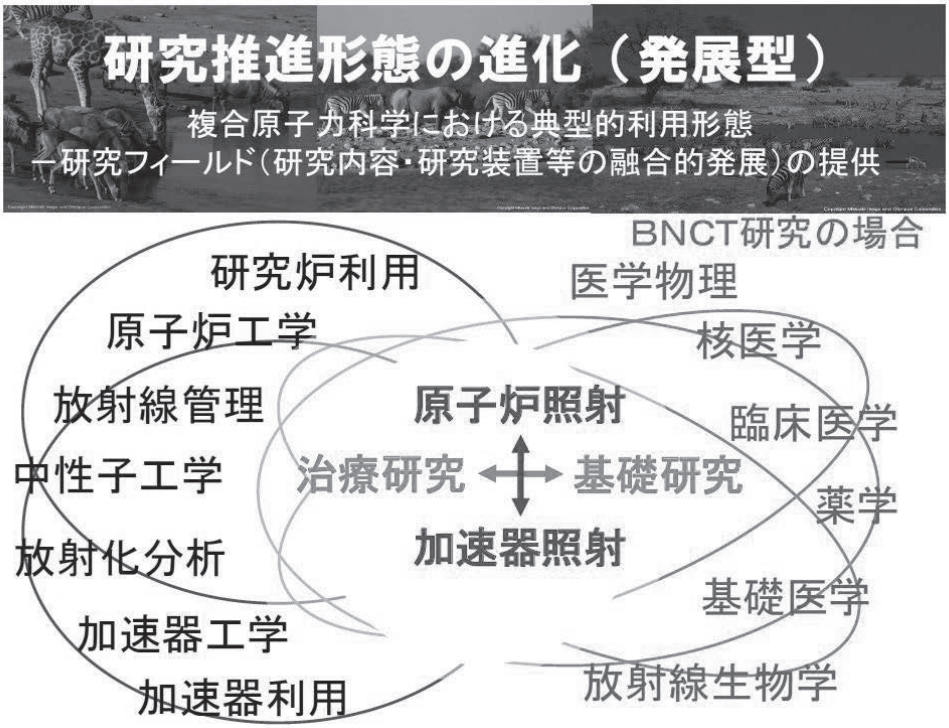


図5－2.　原子炉実験所における研究形態の進化

5－3.　新しい所内運営の考え方とユニット制

今回の改名において、所内運営方法として大きく変更したものは、研究管理組織の組織強化としての「3 研究本部制（原子力基礎科学研究本部、粒子線物質科学研究本部、放射線生命医科学研究本部）の廃止」と「研究ユニット制の導入」である。

原子炉実験所では、理学・工学・農学・医学など様々な研究分野のコミュニティに対して、中性子をはじめとした放射線、核燃料物質を含む各種の放射性物質などを利用した研究を推進する「実験フィールド」を開発・提供してきた。そして、これまでに所内研究者がこの「実験フィールド」から、自らが各分野の研究をリードする「研究フィールド」に発展・成熟させ、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）や加速器駆動システム（ADS）などといった複数の「研究領域」が融合した『複合原子力科学』が出現することとなった。逆に言えば融合した「研究フィールド」が生まれるまでは、極めて広い研究分野がそれぞれ独立して活動しており、その結果、工学系、理学系、生命医学系は、お互いに深く理解するというよりは、それぞれが独立して運営した方が効率的であった。そして、そのような運営を行うものとして「3本部制」が採用されていた。十分な理解を持たずにお互いを干渉しあうより、それぞれ独立した方がスムーズに運営できるという考えに基づくものである。

このような研究の発達段階においては、この3本部制が機能し、一定の研究成果を上げてきた。しかし、融合が進んで複合的な研究分野が生まれてくると、縦割りの弊害が見られる様になってきた。この様な 3 研究本部体制における組織の硬直化傾向を打破しつつ、各研究分野の独自性を維持しながらも、選択と集中による分野融合および新しい分野創成を可能ならしめるユニット制を導入することは、先端的な学術の進展に向けて有益である。

また、改名により、本研究所の目指す方向性及び役割を内外に明示することで、研究所の在り方に対する認識と所外からの分野融合や連携などの促進が期待され、所内に対しても自らの研究の在り方と方向性に対する強い再認識が期待されている。

さらに、特徴的かつ多様な測定手段（中性子放射化分析、陽電子消滅、中性子・X線構造解析、メスバウアー分光等）を同一サイト内で実施できる環境を生かし、多様化する社会の諸課題解決へ大学独自の学術的視点を一層効果的に活用して異分野を融合させ、先導的な研究の融合を加速・促進する研究ユニットを立ち上げることにより、放射線・原子力科学の新たな発展を支える『複合原子力科学創成プラットフォーム』の構築を目指すものである。

これらの活動により、研究者コミュニティを先導する研究が新たに展開され、企業との共同研究等による大型外部資金の獲得、共同利用者等の論文数の増加、研究組織の新陳代謝のサイクル創出による国内外からの研究者の新規参入・好循環や新研究分野の創成などが期待される。その結果、共同利用・共同研究拠点機能の強化、多様化する社会の諸課題に対応可能なイノベーションの創出を進めて行きたいと考えている。

図5－3.　「複合原子力科学創成プラットフォーム」の構築による研究活性化

5－4.　原子力科学系大学研究所等連携協議会

日本の原子力科学及び関連分野の研究を推進する大学の研究所・センターが連携し、協力・共同して共通の諸課題の解決と改善の意思を共有するとともに、対外的な意見や要望の発信を行い、社会が求める原子力科学の研究教育に資することを目的として、平成29(2017)年4月に「原子力科学系大学研究所等連携協議会」が、原子炉実験所主導によって設立された。参画機関は、東北大学 金属材料研究所　附属量子エネルギー材料科学国際研究センター、東京工業大学　科学技術創成研究院　先導原子力研究所、東京都市大学　原子力研究所、福井大学　附属国際原子力工学研究所、大阪府立大学　研究推進機構　放射線研究センター、近畿大学　原子力研究所、京都大学　原子炉実験所の7機関であり、原子炉実験所が事務局を担当している。

また、活動内容としては、次の3点としている。(1)　参画機関の共通課題の解決に向けた情報交換及び連絡調整、(2)　国、関連学会への原子力科学技術政策等に対する要望・提言、(3)　その他本協議会の目的に沿う活動。

具体的には、その時々の共通問題に情報交換を行いつつ、対応を進めることになるが、中長期的には、以下の様な協力が計画されている。例えば、(1)数少なくなりつつある現有大型施設の効率的運用と有効利用の実施、特に共同利用の共通化検、(2)「原子力人材育成」への全国的かつ実効的対応の実施、(3)将来の大型拠点施設検討への協力、(4)クロスアポイントメントによる相互協力、(5)統合 URA(University Research Administration)等があり得る。

5－5.　新中性子源計画

平成26(2014)年のハーグ核セキュリティサミットにおいて、KUR使用済み燃料の米国引き取り期限が10年間延長され、平成 38(2026)年度までに使用した燃料を平成 41(2029)年までに返送するという合意がなされた。また、平成 28(2016)年のワシントン核セキュリティサミットにおいては、「KUCAの全て高濃縮ウラン燃料を米国に撤去し、低濃縮燃料に転換することによって、核テロリストによる盗難や利用のリスクをもたらさない燃料を用いて、関連研究や人材育成といった重要な役割を引き続き果たす。」との日米合意がなされた。

これらの結果、当面の間はKUR/KUCA共に運転継続ができる環境が保証された。しかし、KURに関しては平成38(2026)年以降の使用済み燃料問題解決の目途がない。この問題に対応するため、代替中性子源を計画する必要がある。そこで、小型陽子線用サイクロトロンを利用して中性子や陽電子を発生させると共に、加速された陽子をも利用した多様な粒子線利用装置群を設置し、物質研究・分析研究における広域な研究を推進することによって、KUR を補完・代替する機能を担わせることを計画している。

原時点での暫定計画を図5－4に示す。現在 BNCT の治験に用いられているサイクロトロンと同等の加速器を配置し、中性子利用だけでなく陽子・陽電子利用も計画し、これまでは不可能であった本格的な陽子利用にも研究を拡大する予定である。これによって、本研究所では、中性子線・陽子線・電子線・ガンマ線・X 線という多様な粒子線の利用研究が可能となる。

図5－4.　KURを補完代替する複合粒子線源計画

5－6．学術の大型施設計画・大規模研究計画（日本学術会議）

日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会は、平成 22(2010)年 3 月に「学術の大型施設計画・大規模研究計画－規格・推進策の在り方とマスタープラン策定について－」という提言を公表した。同報告書によると「従来の「大型施設計画」に加えて広い学術分野における「大規模研究計画」を新たに確立し、我が国の学術研究の長期的飛躍を図ることを提言するとともに、全学術分野の調査を通して、当面我が国が推進すべきと考えられる大型施設計画・大規模研究計画のマスタープランを、そのリストとともに提示した。」ものである。

さらに「日本学術会議は以上の学術の推進上の重大な問題点を認識し、科学者コミュニティの専門的意見を集約して、大型施設計画および大規模研究計画の検討を行い、わが国として初めての全分野にわたる大型計画のマスタープランを策定した。今後マスタープランにおける計画追加や補強、学術的観点からの計画評価等を進めるとともに、以下に提言する大型計画に関する政策の学術の俯瞰的立場からの具体化とその実現を通じて、我が国の学術の大型計画の適切な推進と学術の長期的強化の役割を果たすものである。」との認識を示した上で、「我が国の学術の大型計画の企画、そして推進の施策の在り方について、以下を提言する。 関係方面において、速やかな対応を検討し、実現されることを期待する。」との意向を述べている。

この提言では、今後の特に重要な大型施設計画・大規模研究計画として、全学術分野から43課題が選定された。そのなかに、原子炉実験所からの提案「複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進」が、「原子力」を表看板として掲げた唯一のものとして「物理化学・工学」分野の大規模研究計画に選定された。この提案が目指すものは、「人類社会の持続的発展には原子力・放射線の利用が必要である。本計画では、研究炉・加速器を用いる共同利用・共同研究を軸に、複合的な原子力科学の発展と有効利用に向けた先導的研究を推進し、その拠点を形成する」ことであり、研究炉・加速器を利用して「広義の原子力」を推進しようというものである。

また、科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会が、同年 9 月に「学術研究の大型プロジェクトの推進について（審議のまとめ）－学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「ロードマップ」の策定－」を公表した。これは、この日本学術会議のマスタープランに盛り込まれた 43 計画についてさらに検討を深め、大型プロジェクト推進に当たっての優先度を明らかにする観点から、各研究計画についての評価結果を整理したものである。この中でも、原子炉実験所の提案は、緊急度等の高い、優先すべき 8 課題のうちの一つとして選定されている。

日本学術会議のマスタープランは、策定 1 年後の小規模の改定の後、3年ごとに大幅な見直しがおこなわれている。その結果、最初の「マスタープラン 2010」に続き「マスタープラン 2013」が、さらには最新の「マスタープラン 2017」が策定されている。我々の計画はこれら全てにおいて選ばれ続けている。最新の「マスタープラン 2017」における計画内容を以下に示す。

複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究の推進

Promotion of leading research toward effective utilization of multidisciplinary nuclear science and technology

（計画の概要）

本計画では、人類社会の持続的発展のため、原子力・放射線の新たな利用法の開発を含む広く

複合的な原子力科学分野の発展を目指す。研究者の豊かな創造性に基づく先導的な研究の実施を旨として、萌芽的・基礎的な実験研究に重点を置き、研究炉や加速器を主とする共同利用・共同研究を推進する。原子力科学の健全な発展のためには多様性が重要であり、大学が担う役割は大きい。研究炉や加速器等をはじめとした様々な施設・設備を利用して、多様かつ自由な発想に対応し、放射線・放射性同位体(RI)を用いた広い分野の高次な交流を進め、新たな先端研究分野を切り拓き、世界をリードする研究教育活動を発展的に展開する。

今まで蓄積してきた研究炉・加速器を用いた物性・分析研究等の多様な研究分野をもとに、研究者の自由な発想を生かすことができる共同利用・共同研究拠点としてさらに発展させる。例えば、研究炉による特徴的な研究として実績を積み重ねてきたホウ素中性子捕捉療法(BNCT)研究については、小型の加速器中性子源による臨床BNCT 施設をも世界に先駆けて実現し、臨床治験を推進していることから、研究炉と加速器中性子源を併用して実用化及び高度化を促進する。さらに大学に適した規模の新規サイクロトロン複合粒子線源を導入することにより、中性子だけでなく陽子や陽電子も利用し、KURの補完・代替として新たな研究分野の開拓を可能ならしめる。また先導的な研究とされる加速器駆動システム(ADS)に関する研究については、同システムが安全性と核変換特性に優れ、新たな中性子源としての利用も期待されることから、その実現を目指して一層の基礎研究の充実を図る。広く大学における共同利用・共同研究を推進することにより、原子力・放射線の利用に不可欠な科学的知見の集積と活用を進展させ、研究成果の社会的還元及び人材育成に寄与する。

(目的と実施内容)

本計画では、KURによる特徴的研究や世界の関連研究の進捗状況を踏まえ、その発展と有効利用を図る研究を推進する。本研究の意義は、研究炉や加速器を用いる実験に重点を置き、広く複合的な原子力科学の基盤を拡大・発展し、より安全で効果的な原子力・放射線の利用を支える基礎・基盤的学術の創成と展開を行うことにある。大学における多様性を認める自由な雰囲気の中で原子力・放射線利用が人類福祉に貢献することを示し、先導的学祭研究を遂行することで俯瞰的視野を持った優秀な人材の育成に貢献し、原子力科学全体の健全な発展に寄与する。

具体的な内容は次の通りである。1)研究炉・加速器を用いた物性・分析研究の深化:研究炉(KUR/KUCA)・陽子線加速器(FFAG)、電子線形加速器、Co-60ガンマ線照射施設等の多様な施設・装置を有機的に利用し、研究者の自由な発想に基づく多様な研究環境を実現する。2)粒子線やRIを幅広い基礎研究に利用する原子力技術応用研究(BNCT等):原子炉・加速器施設及びホットラボラトリー・トレーサー施設を利用することにより、中性子線をはじめとする粒子線やRIの複合的な活用が可能となる。また大学に適した規模の新規サイクロトロン複合粒子線源を導入し、中性子・陽子・陽電子等を複合利用した新たな研究分野の開拓を可能ならしめる。3)原子力エネルギーに関する諸問題を解決する原子力研究(ADS等):研究用原子炉(KUR/KUCA)ばかりでなく、高エネルギー陽子加速器(FFAG)と原子炉(KUCA)との結合を実現させた世界唯一のADSを中心として、使用済み燃料問題をはじめとする原子力エネルギーの諸問題に関する基礎研究や中性子源としての可能性研究を行う。さらにKUCAや各種分析技術を応用し、日本の原子力エネルギーにおける本質的問題である福島事故問題解決に向けた基礎的研究を推進する。

(学術的な意義)

本研究では、国内最大規模の大学研究炉を幅広い研究に供しており、粒子線やRI の利用も含めて、その成果は多様かつ広汎な領域に広がっている。例えば、「イトカワ試料」の放射化分析によ

る微量元素分析の実施、新型中性子散乱装置の開発とJ-PARCへの設置による物質構造解析への貢献、放射光吸収メスバウアー法の開発による機能性材料等への物性研究の進展など優れた研究成果を挙げている。さらに新規サイクロトロン複合粒子線源が加われば、基礎学術面ばかりでなく産業利用においても大きな貢献が期待できる。

特にBNCT やADS研究などに代表される、社会に対してメッセージ性の高い原子力・放射線の有効利用に向けた複合研究分野に重点的に取り組んでおり、世界をリードする成果を得てきた。BNCT研究では、KUR で悪性胸膜中皮腫に対する研究や新規診断の膠芽腫に対する臨床試験も開始される等、治療効果向上だけでなく適用症例も拡大している。また、小型サイクロトロンを用いたBNCT用加速器中性子源を開発し、世界初の臨床治験も推進している。これまで原子炉でしか実施することができなかった本治療法を、病院付設施設で可能とするものであり、既に本装置を設置した病院建設も行われている。今後、BNCTをより社会的なインパクトを持つ治療法とすべく、さらなる研究の加速を行う。ADS 研究では、我が国独自の技術で加速効率の高いFFAG 陽子加速器とKUCA に構築した未臨界核燃料体系を組み合わせることにより、ADS の成立性・特性を評価した。同システムを用いて世界初のトリウム燃料を装荷したADS 実験を開始するなど、世界を研究面でリードしている。さらに、KUCA利用研究や各種分析研究によって福島事故問題に取り組むなど、原子力発電に伴う問題を人類の抱える問題としてとらえ、その解決に向けて基礎研究の面から貢献する。

（国内外の研究動向と当該計画の位置付け）

社会情勢の変化に伴う維持管理の難しさによって、研究用原子炉施設は減少傾向にあるが、各国共にその重要性を認識して施設の集約化を行いつつ活発に利用している。また新規制基準対応のための研究炉再稼働の遅れによる利用研究や人材育成への影響が、新聞や TV に何度も取り上げられるなど、社会的関心を集めている。本計画では、貴重な研究用原子炉施設等を有効活用し、大学という自由かつ多様な環境で放射線・RI 利用による複合的研究教育を実施することにより、健全な原子力科学の発展に貢献する。特に KUCA は、自由な炉心設計・組立・運転が可能な希有な施設であり、世界的にも教育利用への期待が大きい。実際、韓国大学連合は、10 年以上も大学院実習に利用している。また複合研究の重点分野として、BNCT 研究については、研究炉及び加速器利用ともに世界をリードしており、ドイツ・台湾・インドネシア・韓国等からも協力を依頼されている。ADS 研究では、高エネルギー陽子加速器(FFAG)と原子炉(KUCA)を結合した世界で唯一の装置を実現しており、実験結果が IAEA のベンチマークに採用され、世界の基準となるデータを生み出している。

（実施機関と実施体制）

実施機関：京都大学原子炉実験所

原子炉実験所は、昭和30(1955)年に日本学術会議で開催された「原子力に関するシンポジウム」において、関東及び関西の大学に研究炉を1 基ずつ設置する、とされたことに端を発し、日本学術会議による協力・勧告のもと、昭和38(1963)年に京都大学附置研究所として設置された。以来、全国大学の共同利用研究所としての実績を重ね、平成22(2010)年より共同利用・共同研究拠点として活動している。現在、実験所ではKUR、ホットラボラトリ、KUCA、陽子加速器（FFAG、BNCT 用サイクロトロン）、電子線形加速器、γ線照射装置等のさまざまな大型施設・設備を利用し、放射線・RI を用いた極めて広範な分野に跨る、広義の原子力研究が全国共同利用制度のもとに行われている。全国の研究者や大学院生が自らの発想に基づいた研究を行うための場となっており、幅広い学術分野を

基盤から支えている。KUCA における全国大学の大学院生を対象とした実験教育活動も特筆に価する有意義な取り組みである。計画の軸となる共同利用・共同研究については、多数の学外者を含む共同利用運営委員会等において方針の立案、課題採択等を行い、実験所の原子力基礎科学、粒子線物質科学、放射線生命医科学の3 研究本部体制(3 研究部門(20 研究分野)、2 研究センター)のもとで、国内外の大学・研究機関等と協力・連携を図りながら推進する。なお、原子炉施設や放射線施設等の安全管理については、所外学識者を含めて構成される原子炉安全委員会・保健物理委員会で審議する体制を整えており、管理業務を行う体制として安全管理本部のもとに部・室を設け、万全を期している。

(科学者コミュニティの合意状況等)

「研究用原子炉のあり方」や「原子力エネルギー以外の原子力研究のあり方」について、日本学術会議から平成 25(2013)年及び 26(2014)年に提言が出されており、この分野の方向性についての合意が示されている。これらでは、研究用原子炉や原子力技術を用いた利用研究の有用性だけでなく、「長期的方向性としては加速器ベース量子ビーム施設に移して行くことが望ましい」とも述べられている。また、日本原子力学会からは、研究用原子炉の人材育成に果たす役割が極めて重要性であることの報告及び声明が出されている。それ以外にも、学術会議の提言に関連したシンポジウムだけでなく、実験所では、毎年十数件の専門研究会を開催して利用研究者及び関連コミュニティの意見を集め、さらに将来計画短期研究会も毎年開催して、合意のバージョンアップを重ねている。それらの結果、本提案では KUR/KUCA 等の有効的利用だけで無く、長期的な視野での KUR から加速器ベース複合粒子線源に移行することも含めている。このような全国的検討が行われておりことから、他の提案との重複はない。

(所要経費)

所要経費(総額97 億円)は以下の通り。

1)サイクロトロン複合粒子線源(64 億円)

・小型サイクロトロン(26 億円):小型陽子線用サイクロトロンを利用して中性子や陽電子を発生させると共に、加速された陽子をも利用した多様な粒子線利用装置群を設置し、物質研究・分析研究における広域な研究を推進することによって、KURを補完・代替する機能を担わせる。

・既設実験研究棟整備(5 億円):既存のイノベーションリサーチラボに小型サイクロトロンを設置・利用するため、遮蔽性能の増強等を行う。

・実験設備(9 億円):中性子源、中性子・陽子・陽電子利用実験装置群を開発し、利用研究を推進する。

・総合研究棟(24億円):本研究を遂行するための研究棟を新設する。

2)KUCA燃料(21 億円:米国による一部分担の可能性有り)

・KUCA 低濃縮燃料入手経費(21 億円):ADS研究や炉物理研究・教育をさらに発展させるために、低濃縮燃料を入手する。

3)運用経費(12 億円)

・年額 2 億円。計画期間 6 年(平成 29(2017)年度－平成 34(2022)年度)

(準備状況)

福島原発事故により原子力研究に対する環境は大きく変化したが、本計画の推進に不可欠な研究炉(KUR/KUCA)の運転については、ほぼ新規制基準対応が終了して運転再開の目処が立って

いる。また、それらに附属する実験設備についても外部資金等による改造・整備を進めている。さらに、KUR、KUCA、ホットラボラトリ等の大型の施設・設備ばかりでなく、電子線形加速器やCo-60 γ線照射装置等も備えており、中性子・陽子・電子・陽電子・γ線という多様な粒子線利用研究環境を実現している。平成24(2012),25(2013)年度には、非常用電源システム・特高受変電設備・水道・放射性排水移送配管・トレーサー棟耐震機能改善工事等、幅広く所内のライフライン再生工事を本格的に行い、新たな計画に耐えうる所内基盤整備を行った。KUCA高濃縮燃料変換及び低濃縮化については、ワシントン核セキュリティサミットにて、日米政府間で合意を進めつつある。

BNCT については、KUR の重水施設を用いた臨床研究等を着実に推進するとともに、企業との共同研究によりBNCT 用加速器中性子源施設を開発して完成させ、治験を開始した。またADS 研究については、FFAG 陽子加速器とKUCA からなるADS を用いた炉物理実験を着実に進めている。FFAG 陽子加速器の性能向上も継続して行っており、外部資金による事業を実施し、材料や生物への陽子線照射研究を推進している。その他、概算要求等が認められて「原子力利用を支える安全基盤科学の構築－研究炉の活用による包括的な原子力安全基盤科学の研究と人材育成」や「量子ビームと核科学の革新的複合利用による先端的物質科学・分析研究拠点の構築」等を推進している。

（共同利用体制）

原子炉実験所は、学術会議が昭和 30(1955)年に「関西にも研究用原子炉が必要である」との提言を行ったことをきっかけとして発足し、それ以来、研究用原子炉を利用した研究教育を中心として、50 年以上にもわたって全国共同利用を実施してきた。現在では全国共同利用・共同研究拠点として認定されており、KUR 稼働時には年間約 150 件の共同利用研究を受け入れるとともに、年間十数件の専門研究会・シンポジウム等を開催するなどして、年間約 3600 人・日の研究者・学生の訪問を受け入れている。これらが示すように、実績に裏打ちされた効率的な共同利用体制が確立されており、そのための施設も老朽化の問題を抱えながらも充実している。さらに共同利用研究の高度化のための改善も継続して行われており、共同利用運営委員会・共同利用研究委委員会・研究計画委員会では多数の所外委員も加わった議論が行われている。また、共同利用研究者全員によるユーザー組織としての「共同利用研究者グループ」が形成されており、定期的な会合を行うことによって共同利用研究者の意見を研究所運営に反映する制度も整備されている。

（社会的価値）

福島第1原子力発電所事故によって見直された原子力施設の新規性対応のため、KUR や KUCA 等の国内すべての研究用原子炉が停止している。その結果、「放射線・RI 利用研究や原子力人材育成が阻害されている」とマスコミで繰り返し取り上げられ、原子力規制庁もその問題を認めている。これらの点からもその有用性が広く社会に認知されていると考えられる。また、国策として進められがちな原子力研究開発に対し、多様性を認める自由な大学における研究教育がチェック機能を果たすことも重要である。

BNCT 研究については特に社会的関心が高く、主要新聞や TV 番組で何度も報道されている。熊取町・大阪府・京都大学共同の「熊取アトムサイエンスパーク構想」や京都府・大阪府等による「関西イノベーション国際戦略総合特区」にも含まれ、さらに「熊取町総合計画」でも協力関係が明確に記載されている。これらは地域との共存共栄を目指すものとして地元から理解されている証拠である。

さらに、原子力エネルギー利用における使用済み燃料問題の解決に向けた基礎研究を行うADS研究や福島事故関連研究は、社会的問題の解決に対して、大学として貢献する活動である。

（政府の政策における位置付け）

平成26(2014)年策定のエネルギー基本計画において、原子力エネルギーは重要なベースロード電源と位置付けられた。これを支える基盤的原子力研究施設の維持、関連基礎研究や人材育成の推進は、我が国にとって必須である。研究用原子炉や臨界集合体の科学技術イノベーションへの貢献や原子力研究教育に果たす役割の重要性から、研究炉の安定的運転が国際的関心事になっており、核セキュリティサミットの課題としても取り上げられた。その結果、ハーグ会合における日米合意にて研究用原子炉の使用済み燃料の米国引き取り期限が10年延長され、KURの利用運転延長が実現できた。また、その際にKUCAの高濃縮燃料(HEU)についても今後検討を進めることが取り決められた。その合意に基づき、実験所は米国DOEとKUCA燃料の低濃縮化の可能性に関する研究を合同で進めてきている。それらを踏まえ、現在、HEUの米国返送及びKUCA燃料の低濃縮化について、ワシントン会合にて日米政府間で協議中である。このように研究炉(KUR/KUCA)の運転継続に関しては、日米間の外交問題であり、その観点からも着実な進展が必要である。

（国際協力・国際共同）

共同利用・共同研究拠点としては、国内研究者のみを研究代表者とし、外国の研究者は各課題の研究協力者として参加している。本計画における研究分野は幅広く、分野によって事情が異なることから、共同利用研究推進室を支援組織として、各研究分野単位で国際連携を進めている。核セキュリティサミットで取り上げられたKUCA燃料低濃縮化に関しては、既に米国DOEと共同研究を行ってきたが、引き続き日米合意に基づいた協力として実施予定である。ADS研究は、FFAGとKUCAを結合させたADSによる実験結果がIAEAのベンチマークとして採用されており、この分野の世界的基準となるデータを生み出している。さらにこの研究体制を強化し、IAEAを中心としてた国際協力を強化する。BNCT研究では海外に対して指導的役割を果たしている。現在は台湾との2国間協力が進行中であり、ドイツ及びインドネシアとはMOUに基づいた研究所間協定に基づく協力を行うことが合意されている。さらにイタリア、韓国からも強い興味が示されていることから、これらの国と新たな協力関係を模索する。これらの支援組織としてBNCT推進室を設置済みである。

（マスタープラン2014に掲載の計画の場合、マスタープラン2014からの更新点）

ハーグ核セキュリティサミットにおいて、京都大学研究用原子炉(KUR)の使用済み燃料米国返送期限の10年延長、さらに京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)の高濃縮燃料の米国返送及び燃料低濃縮化に関して検討することが、日米で合意された。またワシントンサミットにおいて、その実行に向けた議論が日米両政府間で進められている。

本計画においても、上記事項の優先度が極めて高くなったことから、全体計画を精査し、日米の国家間合意実現及び加速器駆動システム（ADS）・福島関連研究等のための「KUCA 燃料低濃縮化」と、KUR 使用済み燃料引き取り期限後に向けた「中性子を中心とした粒子線源のあるべき姿」を先導的に実現するものとしての「サイクロトロン複合粒子線源の実現」を計画の骨格とし、その他の関連計画を見直した。

図5－5.　マスタープラン 2017 提案概要

5－7.　共同利用・共同研究拠点評価

原子炉実験所は、全国共同利用研究所として研究炉をはじめとする各種研究施設の共同利用を永年行ってきた。文部科学省が、科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の報告を踏まえ、平成20(2008)年7月に、学校教育法施行規則を改正し、国公私立大学を通じたシステムとして、新たに文部科学大臣による共同利用・共同研究拠点の認定制度を設けたことを受け、実験所も共同利用・共同研究拠点としての認定を受けて活動を行うこととなった。

拠点活動は第2期中期目標・中期計画期間と共に開始され、その後、平成25(2013)年度中間評価、平成27(2015)年度期末評価、平成30(2018)年度中間評価と3回の評価を受けている。評価は5つの専門委員会「理工系（大型設備利用型）、理工系（共同研究型）、医学・生物学系（医学系）、医学・生物学系（生物学系）、人文・社会科学系」によって実施され、実験所は「理工系（大型設備利用型）」に分類されている。

また、評価区分は「S（拠点としての活動が活発に行われており、共同利用・共同研究を通じて特筆すべき成果や効果が見られ、関連コミュニティへの貢献が多大であると判断される。）」、「A（拠点としての活動は概ね順調に行われており、今後、共同利用・共同研究を通じた成果や効果が期待され、関連コミュニティ へ貢献していると判断される。）」、「B（拠点としての活動は行われているものの拠点の規模等と比較して低調であり、今後、作業部会からの助言や関連コミュニティからの意見等を踏まえた適切な取組が必要と判断される。）」、「C（拠点としての活動が十分とは言えず、作業部会からの助言や関連コミュニティからの意見等を踏まえた業計画の適切な変更が必要と判断される。）」の4段階に分かれている。

実験所の評価は、表5－1～表5－2に示すとおり、平成25(2013)年度中間評価及び平成27(2015)年度期末評価において連続して「B 評価」を受けており、大変厳しいものであった。この評価を受けて、「この様な評価が続けば、拠点認定が取り消されることもあり得る」との危機感をバネに、所員・共同利用研究者が一致協力し、本報告の関連箇所に記載されているように、全員が多大な努力を行った。

平成 30(2018)年度中間評価では、評価の評価区分の目安を新たに設定し、相対評価が行われることになった。その結果、平成27(2015)年度期末評価ではS評価（20拠点）、A評価（49拠点）、B評価（8拠点）の分布であったものが、今回の中間評価ではS評価（11拠点）、A評価（45拠点）、B評価（21拠点）とB評価を受ける拠点が約3倍に増やされる等、「メリハリづけ」が行われ、全体として厳しい評価となった。その中で本研究所は「A 評価」という改善された結果となり、研究所あげての努力が報われたものとなった。

ただ、表5－3に示すとおり、平成 30(2018)年度中間評価のコメント内容を良く吟味すると、1）研究用原子炉の再稼働を果たし、共同利用・共同研究の成果を生み出しつつある（実績の評価）、2）研究組織改編等でも努力を行っており今後に期待できる（将来への期待）、3）国際性不足（問題点指摘）となっている。つまり、今回の評価は、単に現在の実績への評価というよりは、改革を継続して研究活性の向上を期待するという「今後への期待」によるものであることがわかる。問題点に対応し、今後さらに研究所の研究活性を高める長期的かつ粘り強い努力を継続することが必須である。

表5－1．　共同利用･共同研究拠点　平成 25(2013)年度中間評価結果

中間評価結果

大学名	京都大学
研究施設名	原子炉実験所
拠点の名称	複合原子力科学拠点
認定期間	平成 22 年度～平成 27 年度

１．拠点の目的・概要

研究用原子炉等の施設を共同利用・共同研究に供することにより、核エネルギー利用と放射線利用の両面から、複合原子力科学の先導的な応用分野の開拓につながる基礎的・萌芽的な実験的研究を行う。原子力基礎科学、粒子線物質科学及び放射線生命医科学分野の研究を推進し、複合原子力科学の実験的研究を行う国際的な研究拠点を形成するとともに、相応の原子力・放射線施設を利用した共同利用・共同研究の推進を図り、併せて人材育成に寄与する。

２．総合評価

（評価区分）

Ｂ：拠点としての活動は行われているものの拠点の規模等と比較して低調であり、今後、作業部会からの助言や関連コミュニティからの意見等を踏まえた適切な取組が必要と判断される。

（評価コメント）

共同利用・共同研究拠点として、研究用原子炉 KUR を中心とした先端的な実験施設を整備するとともに、大型プロジェクトの提案や原子力安全基盤科学研究の実施など、関連分野の発展に貢献している点については一定の評価ができる。

一方、当該研究分野に関する長期的展望が明確になっていないことから、今後、関連研究機関との連携や役割分担も含め、共同利用・共同研究拠点としての方向性について議論を深めるとともに、拠点の規模に見合った多数の論文の創出に努めることが必要である。

表5－2.　共同利用・共同研究拠点　平成 27(2015)年度期末評価結果

期末評価結果

大学名	京都大学
研究施設名	原子炉実験所
拠点の名称	複合原子力科学拠点
認定期間	平成 22 年度～平成 27 年度

１．拠点の目的・概要

研究用原子炉等の施設を共同利用・共同研究に供することにより、核エネルギー利用と放射線利用の両面から、我が国における複合原子力科学の発展に寄与し、併せて当該分野における人材育成に寄与することを目的とする。原子力基礎科学、粒子線物質科学及び放射線生命医科学分野の研究を推進し、複合原子力科学の実験的研究を行う国際的な研究拠点を形成するとともに、原子力・放射線施設を利用した共同利用・共同研究の推進を図る。

２．総合評価

（評価区分）

Ｂ：拠点としての活動は行われているものの拠点の規模等と比較して低調であり、作業部会からの助言や関連コミュニティからの意見等を踏まえた適切な取組が必要と判断される。

（評価コメント）

共同利用・共同研究拠点として、原子力安全の人材育成事業を立ち上げるとともに、原子力科学分野の共同利用の重要性を訴え、学術会議から提言が出されるに至るなど、コミュニティへの役割を一定程度果たしている。また、原子炉の再稼働に向けた努力がなされている点についても一定の評価ができる。

一方、拠点の責に帰さない部分もあるが、拠点の中核となる研究用原子炉が停止しているとともに、科研費の採択状況や論文数が十分でないことから、今後は、引き続き研究用原子炉の再稼働に尽力するとともに、原子力人材を育成する戦略や研究拠点としての今後の発展について具体的な方向性を検討する必要がある。

３．観点毎の評価

①拠点としての適格性
（評価コメント） 事務及び技術職員の配置等の共同利用・共同研究を支援する人的体制は十分であるが、東日本大震災の影響を強く受け、研究の中核となる研究用原子炉が停止しているため、研究活動は大きく制限されており、科研費等の獲得状況も低い水準にある。
②拠点としての活動状況
（評価コメント） 公私立大学からの利用者も多く、共同研究が一定程度盛んに行われているが、外国人の受け入れが少ない点や学位取得者が少ない点、運営委員会に女性や外国人がいない点は改善が望まれる。原子力安全に関する人材育成事業を行っている点は重要であり、今後の戦略をさらに検討する必要がある。
③拠点における研究活動の成果
（評価コメント） 一部において優れた研究成果も出ているが、拠点の規模と比較すると共同研究による論文のさらなる増加が必要であるとともに、異分野融合の研究についても積極的に取り組むことが望まれる。
④関連研究分野及び関連研究者コミュニティの発展への貢献
（評価コメント） 我が国でユニークな位置付けである研究用原子炉を共同研究に供していることは評価できるが、単なる施設利用にとどまることなく、コミュニティの研究の方向性をリードしていくことが望まれる。
⑤中間評価結果のフォローアップ状況
（評価コメント） さまざまな場で討議を重ね、学術会議から提言が出されるに至るなどの努力は一定程度認められるが、今後はそれらに関する具体的な取組やその結果となる実績をあげることが望まれる。
⑥各国立大学の強み・特色としての国立大学の機能強化への貢献
（評価コメント） 原子炉を他の大学にはない特色として捉え、応用に展開しようとしているが、大学の機能強化に貢献する活動をどのように進めるのか具体的にする必要がある。
⑦第３期における拠点としての方向性
（評価コメント） 原子力人材を育成する戦略や研究拠点としての今後の発展について具体的な方向性を検討する必要がある。

表5－3.　共同利用・共同研究拠点　平成 30(2018)年度中間評価結果

中間評価結果（公表様式）

０６

大学名	京都大学
研究施設名	複合原子力科学研究所
拠点の名称	複合原子力科学拠点
認定期間	平成 28 年 4 月 1 日～平成 34 年 3 月 31 日

１．拠点の目的・概要

【目的・意義・必要性】
研究用原子炉、FFAGやサイクロトロン等の加速器施設、ホットラボラトリー、トレーサー施設等を共同利用・共同研究に供することにより、核エネルギー利用と放射線利用の両面から、我が国における複合原子力科学の発展を先導し、併せて原子力を初めとする当該分野における人材育成に寄与することを目的とする。

【取組内容・期待される効果】
高エネルギー陽子加速器と原子炉を結合した世界で唯一の加速器駆動システム(ADS)、世界初の治験を実施中のホウ素中性子捕捉療法（BNCT）システム、研究用原子炉(KUR)等を利用に供し、物質科学や放射線生命医科学分野等の複合的研究分野に関する実験研究を行う国際的な研究拠点として、共同利用・共同研究を推進する。

２．総合評価

（評価区分）
Ａ：拠点としての活動は概ね順調に行われており、関連コミュニティへの貢献もあり、今後も、共同利用・共同研究拠点を通じた成果や効果が期待される。

（評価コメント）
研究用原子炉を共同利用に供し、分野融合や学際型の共同利用・共同研究の推進に取り組み、成果論文も増加傾向にあることから、関連研究者コミュニティの発展に貢献していると評価できる。一方、外国人研究者との共著論文の比率が低く、国際性が高いとは言えない。
研究組織の再編については、所長のリーダーシップの下、ユニット制の導入による異分野融合や新分野創成の取組が進められており、今後、外部評価などを通じて、その効果を可視化することが期待される。

３．観点毎の評価

①拠点としての適格性
（評価コメント） 研究用原子炉の再開を果たし、事務及び技術職員による支援に十分な人員を確保しつつ、共同利用・共同研究を進めている。
②拠点としての活動状況
（評価コメント） 各分野との連携による放射線応用の研究を推進し、成果発表が進んでいる。利用促進のための工夫により関連研究者コミュニティの支持を受け、大型学術プロジェクトの提案に結びついている。
③拠点における研究活動の成果
（評価コメント） 研究用原子炉を用いた研究による論文数が増え、インパクトファクターの高い学術誌に論文を発表しているが、外国人研究者との共著論文の比率は低い。
④関連研究分野及び関連研究者コミュニティの発展への貢献
（評価コメント） 厳しい状況にある原子力研究のために、研究用原子炉の再開を果たした点は評価できる。関連研究者の意見を聞く機会を設けて関連研究者コミュニティの発展に努めており、要望に応じて制度を見直している。
⑤審査（期末）評価結果のフォローアップ状況
（評価コメント） 多くの機関とのネットワーク形成により原子力人材育成を推進するとともに、大型学術プロジェクトの提案の主導や「原子力科学系大学研究所等連携協議会」を主導して設立するなど、今後の当該分野の発展に関する具体的な方向性を示している。
【以下、該当する拠点のみ】 ⑥期末評価結果のフォローアップとして、各国立大学の強み・特色としての機能強化への貢献
（評価コメント） 民間及び外国人研究者を受け入れやすい体制を整備し、利用者を増加させた。多数の機関との学術交流体制を構築しており、具体的な実績が期待される。企業との連携などによりイノベーション創出にも貢献しており、教育活動も十分に行われている。
⑦拠点としての今後の方向性
（評価コメント） 「マスタープラン 2017」における「複合原子力科学の有効利用に向けた先導的研究」を推進する方向は妥当である。異分野融合や新分野創成にも積極的な姿勢が見られる。
⑧組織再編に伴う拠点活動の状況
（評価コメント） 研究所名の変更や所長主導の組織運営、研究ユニット制の導入により、異分野融合や新分野創成に取り組んでいる。これらの取組の効果が、目に見えるまでには時間を要するため、外部評価も兼ねたシンポジウムなどの開催について検討することが望まれる。

§6. 教育活動

6－1. 原子炉実験所における教育活動

原子炉実験所では、研究炉をはじめとして、臨界集合体実験装置、ガンマ線照射装置、電子線型加速器などの諸施設において、中性子や各種放射線を用いた研究・教育が行われている。その中で、学部・大学院学生には、これら諸施設や各種測定装置を用いた実地教育がなされている。

現在、実験所は 3 研究部門、2 研究センター体制をとっているが、そのうちの 20 研究分野が京都大学大学院学生定員の基礎となっており、担当教員は、各研究科の協力講座として大学院学生の教育を分担している。表6－1には 1 例として平成 29(2017)年度に実験所が担当した協力講座の研究科専攻とその大学院生数を示した。

表6－1. 実験所が協力講座として関与している研究科専攻大学院生数(実数)(平成 29(2017)年度)

研究科	専攻	学年		合計
		修士	博士	
理　学	物理学・宇宙物理学 (物理第一)	1	0	1
	物理学・宇宙物理学 (物理第二)	7	1	8
	化学	3	1	4
	生物科学	1	0	1
工　学	機械理工学	7	1	8
	原子核工学	2	8	10
	物質エネルギー化学	3	0	3
	都市環境工学	1	1	2
エネルギー科学	エネルギー基礎科学	6	1	7
	エネルギー社会・環境科学	5	1	6
農　学	地域環境科学	1	2	3
合　計		37	16	53

図6－1に平成元(1989)年以降の大学院生数の推移を示す。近年は図6－1から明らかなように大学院生は 50-70 名程度で推移している。平成 17(2005)年には各研究室が狭隘であったことから熱測定実験室を改良して新学生居室(229 m^2)を作った。それ以降、各研究室から学生約 30 名がこの居室を利用している。図6－2には平成 17(2005)年度-平成 29(2017)年度の各研究科の専攻の協力講座として学位取得させた数の推移を示した。毎年数十人の院生の在籍と、修士2年での修了および博士後期課程修了数を加えて約半数が学位を取得し修了している。また最近10年近くの動向では修士進学数の内、約1／3が博士課程に進学して博士学位を取得している。これは各研究科での進学・修了数と同等であり、研究科所属の院生と比較してもそん色のない研究活動が行われているものと言える。

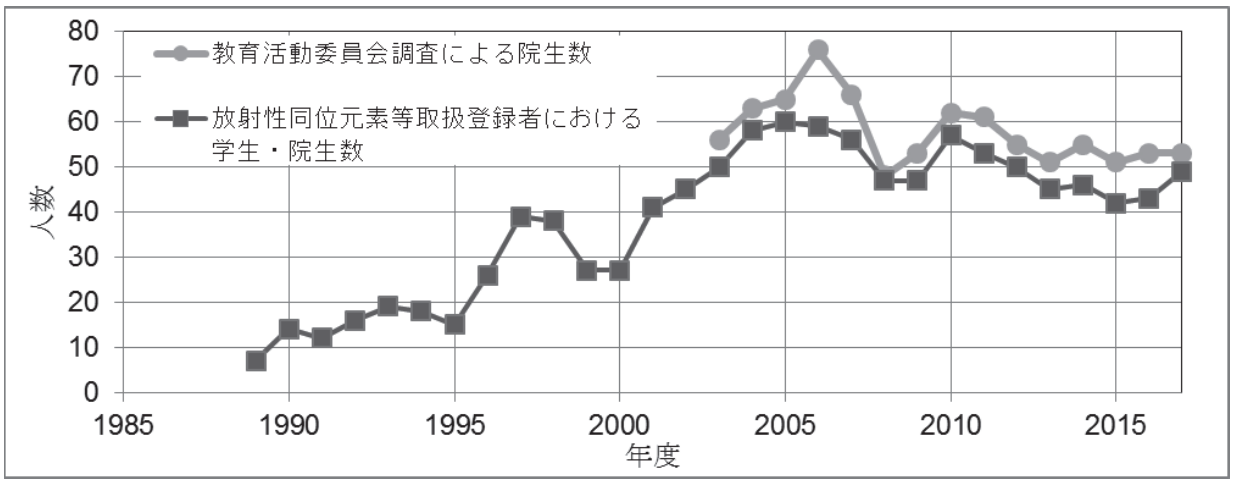


図6－1.　平成元(1989)年以降の原子炉実験所における学部学生および大学院生の推移

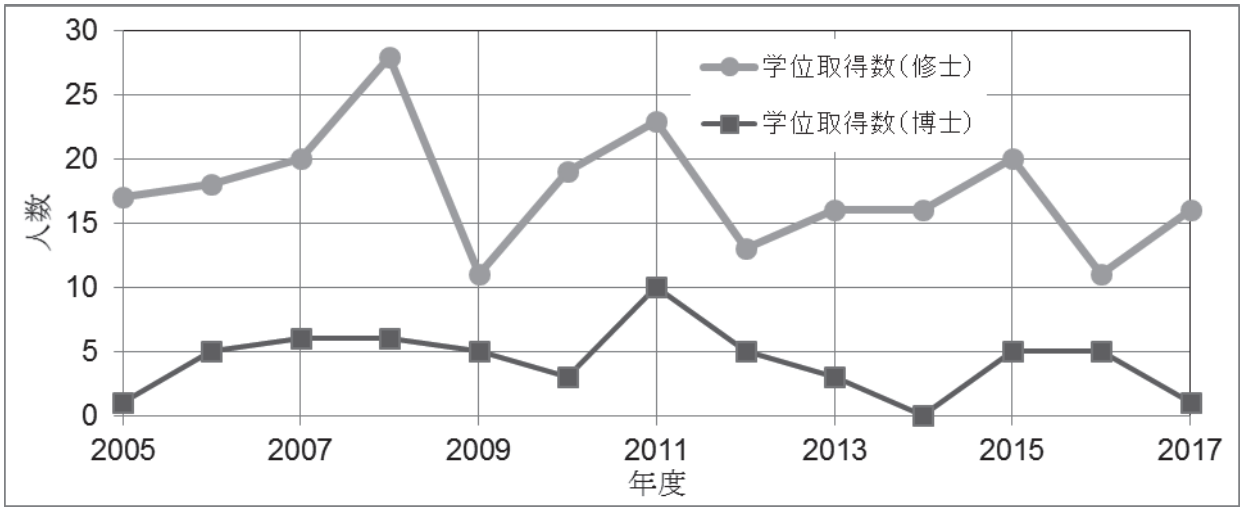


図6－2.　平成 17(2005)年度-平成 29(2017)年度の原子炉実験所における学位取得数の推移

本学学部・大学院の講義やゼミナール担当

大学院重点化以降、実験所教員の所属する各研究科において大学院教育を行い、また一部は専攻学部の講義も行っている。学部講義の内、全学共通科目「人類と放射線」(半期2単位)は、京都大学吉田キャンパスにて実験所の教員 14 名がオムニバス形式で講義を行っている。この講義は、京都コンソシーアム加盟大学間での単位互換制度にも供しており、京都市内の私立大学の講義としても行われ毎年若干名の聴講生・単位付与を行っている。

6－2. その他の教育活動

毎年春および秋に催される原子炉実験所見学会において、小中学生を対象とした実験教室を行っている。これには日本原子力学会関西支部が行っている放射線の知識普及に関連した実験教育事業の支援を受けたのち、近年は実験所独自の事業として後述するアトムサイエンスフェア実験教室へと発展し、現在も継続している。

この他、本学の工学研究科などの大学院学生を対象とした種々の実験教育が、実験所の施設・設備を利用して行われており、大学における実験教育の場が数少なくなって行く状況の下で、貴重な教育の場となっている。

また、実験所の装置などを利用して取得された卒業論文、修士論文、博士論文などは、平成 8 (1996)年度以降、大学院重点化に伴って実験所の教員が担当する協力講座の数が増加したことから、本学の修士論文、博士論文数は着実に増加してきた。

6－3. KUCA／原子力人材育成

KUCA を用いた原子力専攻の全国大学院に所属する大学院生(主に M1)を対象とした実験講義「全国大学院生実験」は昭和 50(1975)年度以来、1週間の主に原子炉物理に関する実験を行ってきた(各大学では実験に先立って講義が行われる)。この実験教育にはこれまで北海道大学、東北大学、東京工業大学、東京都市大学(旧:武蔵工業大学)、東海大学、長岡技術科学大学、名古屋大学、福井大学、大阪大学、近畿大学、神戸大学(旧:神戸商船大学)、九州大学、そして京都大学の計 13 大学が参加しており、各大学で 2 単位が認定されるカリキュラムとなっている。実験に際しては、各大学から引率教員が派遣され、実験の直前に行う講義と実験指導をKUCAの職員と共に行っている。本学工学部の学生を対象とした「原子炉基礎演習・実験」を合わせると、平成 30(2018)年度までの総受講者数は表6－2に示すように 3900 名を超えている。

表6－2. KUCA 実験講義受講者数

年度	北大	東北大	長岡技大	東工大	都市大*[1]	東海大	名大	福井大	阪大	近大	神戸大*[2]	九大	京大*[3]	小計	京大*[4]	合計
1975		4		5		1	5		9				19	43		43
1976	5	5		6		2	6		9			5	17	55		55
1977	5	3		5		1	5		12			7	23	61		61
1978	5	3		5		3	6		9		4	5	26	66	6	72
1979	5	5		5		2	7		10		2	7	24	67	4	71
1980	6	6		7		1	7		16				21	64		64
1981	6	4		6	1	2	5		10		3	6	21	64	3	67
1982	6	5		5	1	4	5		9		3	7	16	61		61
1983	6	5		7	2	2	7		9			7	18	63		63
1984	5	5		6	3	3	7		9		3	7	18	66	3	69
1985	5	5		6	3	3	7		9		3	7	22	70	5	75
1986	5	5		6	4	1	6		13			8	17	65		65
1987	5	5		6	4	2	7		9		3	7	21	69	2	71
1988	6	5		8	5		5		9		1	8	17	64	3	67

年度	北大	東北大	長岡技大	東工大	都市大*1	東海大	名大	福井大	阪大	近大	神戸大*2	九大	京大*3	小計	京大*4	合計
1989	6	5		5	4	2	5		10		3	8	20	68	3	71
1990	5	5		6	4	2	6		9		3	8	17	65	1	66
1991	5	5		5	3	4	7		9		3	7	23	71	2	73
1992	5	5		5	3	4	7		9		1	9	22	70	2	72
1993	5	5		6	5		7		9		3	8	20	68	2	70
1994	5	5		5	4	3	7		9		3	7	21	69	2	71
1995	6	5		5	3	3	7		9		3	7	23	71	2	73
1996	5	5		4	4	2	7		9		3	8	18	65	3	68
1997	5	4		5	4	2	7		10		3	6	24	70		70
1998	7	7		6	4		7		10		5	9	17	72	1	73
1999	8	8		8	4	1	7		11		5	10	23	85	2	87
2000	10	8		9	5	2	6		9		2	8	23	82	2	84
2001	10	11		10	5		5		10		6	8	20	85	3	88
2002	10	20		10	6		8		7		3	8	17	89	2	91
2003	8	25		10	5		8		13		6	11	13	99	2	101
2004	5	29		12	6		7	9	5			13	21	107	3	110
2005	10	31		12	4		8		5			14	26	110		110
2006	12	33		12	4		12	9	8		2	18	14	124		124
2007	13	32		11	5		16	7	2		2	15	18	121		121
2008	15	29		11	1		14	10	8	2	3	18	16	127		127
2009	15	26		15	8		10	12	8	3	4	18	22	141	12	153
2010	9	30		22	9	3	10	9	6	2	6	19	22	147	17	164
2011	13	28		19	10	4	10	6	12	5	5	20	31	163	18	181
2012	15	27		20	13	7	9	11	7	3		20	16	148	14	162
2013	13	29		36	7	2	10	11	7	4		15	17	154	9	163
2014	8			22	7	5	8	3						56		56
2015	8	9		28	3	7	8	5	2			14	13	97		97
2016	7	21		43	1		5		6				13	96		96
2017	11	23	7	42	1	2	7	14	4	1		14	6	132	2	135
2018	10	19	4	47	3	3	4	12	5	2		12	7	127		127
合計	334	554	11	534	168	85	324	413	370	22	96	413	802	3857	130	3987

*1 武蔵工業大学は 2009 年度に東京都市大学と名称変更、*2 神戸商船大学は 2004 年度に神戸大学と統合
*3 本学大学院生の参加者数、および学部学生を対象とする「原子炉基礎演習・実験」の参加者数
*4 本学大学院生を対象とする「原子力工学応用実験」および「GCOE 原子炉実験」の参加者数

表6－3. 海外からの KUCA 実験講義受講者数

年度	韓国	スウェーデン	中国	合計
2003	28			28
2004	15			15
2005	18			18
2006	22	6		28
2007	19	9		28
2008	15	5		20
2009		7		7
2010	9	15		24
2011	9		2	11
2012	24		3	27

2013	20		4	24
2014				
2015	5			5
2016	35		6	41
2017	11		4	15
2018	10		2	
合計	240	42	21	303

KUCA を用いた実験教育は昭和 50(1975)年度に全国大学院生実験として 1 週間と本学学部生に対する実験として 1 週間を割り当てて開始し、翌年の昭和 51(1976)年度からは全国大学院生実験を 2 週間として実施してきた。その後、各大学からの受講者を増やして欲しいとの要望を受け平成 10(1998)年度より実験実施週を段階的に増やし、平成 22(2010)年度以降は全国大学院生実験を 6 週間として現在に至っている(これとは別に本学学部生は 1 週間実施)。主な実験内容は臨界近接、制御棒校正、中性子束測定で、各自で制御棒操作を行う運転実習やウラン燃料を取り扱う燃料組立作業も行っている。参加者の増加に伴い、実験テキストについては炉物理や放射線計測に関する基礎的な内容を盛り込むなどの大幅に改訂すると共に、実験内容を炉物理を専門に研究する学生向け(専門コース)と、それ以外の学生向け(基礎コース)に分けて実施している。原子力を専攻しているとはいえ直接原子炉に触れる機会がほとんど無い学生にとってこのKUCAでの実験は貴重な経験となっている。なお、表6－3に示す通り平成 15(2003)年度からは韓国、中国、スウェーデンの学生を対象とした英語で講義等を行う同様の実験を実施しており、KUCA での実験教育は国内における原子力人材育成のみならず、これらの国々における人材育成にも大いに貢献しているといえる。

なお、平成 26(2014)年～平成 29(2017)年途中までの新規制基準対応のため KUCA の運転を行うことができなかった期間は、KUCA での臨界を伴う実験の代替として、KUCA 炉室において天然ウランを用いた未臨界実験(指数実験、中性子束測定実験)を実施した。

これらの KUCA を用いた実験教育に対して、平成 18(2006)年度に「日本原子力学会賞 貢献賞(京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)を用いた炉物理実験教育)」、平成 30(2018)年に「日本原子力学会炉物理部会賞 貢献賞 (新規制基準対応再稼働による炉物理教育及び教育への多大な貢献)」が授与された。

§7. 国際交流

原子炉実験所は全国共同利用研究所であるが、研究活動を通した様々なレベルでの国際交流も活発に行われている。個人的な研究交流も活発であるが、特に平成 8(1996)年頃から相手国の研究機関と部局間学術交流協定を締結して、組織的に交流するケースが増え、現在ではその数が 52 に及んでいる。締結研究機関は原子力関連が多いがそれのみではなく多岐にわたっている(図7－1参照)。以下に実験所におけるこれまでの国際交流についての概要を述べる。

7－1. 原子炉実験所国際交流委員会

原子炉実験所における国際交流に関する「部局間学術交流協定」「国際共同研究」及び「研究者・留学生の受入れ」などの諸問題について審議検討するために、平成 2(1990)年 4 月に原子炉実験所国際交流委員会が設置された。その後、平成 8(1996)年 9 月に「原子炉実験所国際交流委員会規程」が制定され、国際交流に対する諸規定が明文化されている。また、平成 2(1990)年 7 月から、長期滞在用の西部宿泊所を設け、国際交流委員会が窓口となり、外国人研究者を受け入れる場合の宿泊施設として利用できるようになっている。

7－2. 部局間学術交流協定

原子炉実験所では、平成 24(2012)年度までに、表7－1に示した 34 研究機関との間に学術交流に関する覚書を交換している。これらの覚書においては、研究用原子炉を用いた研究の推進及びこれらに関連した技術開発、並びに原子力工学及びこれに関連した教育について、両者の間において協力と交流を促進することを目的としている。さらに表7－2に示すように平成 24(2012)年以降では覚書を交換した機関は 18 であり、年平均3か所の研究機関との国際学術交流を締結しており着実に国際交流が進展している事が伺える。

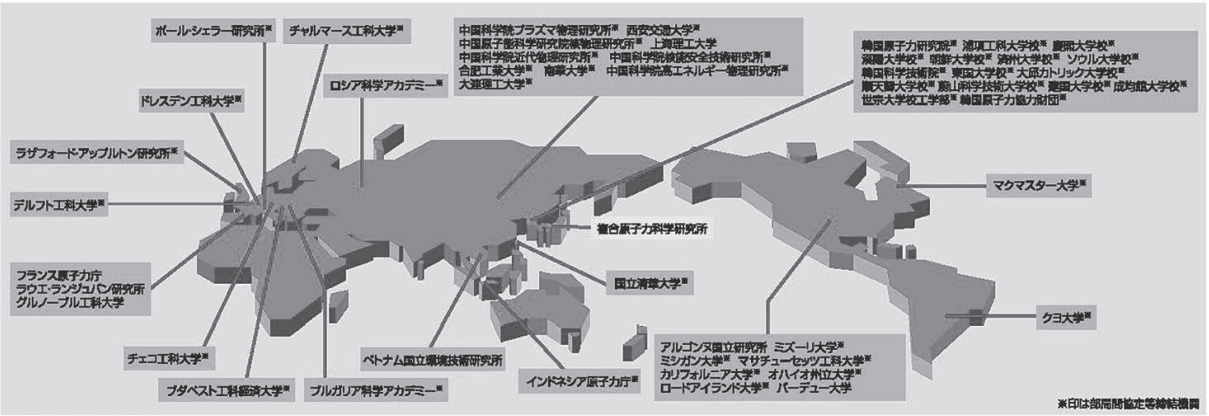


図7－1. 原子炉実験所との国際研究交流の相手先

表7－1．部局間学術交流協定締結大学など一覧

国　　名	部局間協定等締結相手機関名	締結年
アメリカ合衆国	ミズーリ大学研究用原子炉施設	昭和 62 年
	ミシガン大学フェニックス原子炉実験所	昭和 62 年
	オハイオ州立大学原子炉研究所	昭和 62 年
	マサチューセッツ工科大学原子炉実験所	昭和 63 年
	カリフォルニア大学バークレー校工学部	昭和 63 年
	ロードアイランド大学総合科学部	平成元年
アルゼンチン共和国	クヨ大学バルセイロ大学院	昭和 63 年
オランダ	デルフト工科大学原子炉実験所	平成 10 年
カナダ	マクマスター大学工学部	平成 8 年
スイス	ポール・シェラー研究所核破砕中性子源研究部門	平成 22 年
スウェーデン	チャルマース工科大学	平成 12 年
フランス共和国	原子力庁	平成 5 年
ブルガリア	ブルガリア科学アカデミー核科学核エネルギー研究所	平成 16 年
チェコ共和国	チェコ工科大学原子力・物理工学部	平成 24 年
ドイツ	ドレスデン工科大学動力工学研究所	平成 24 年
大韓民国	浦項工科大学校物理学科	平成 12 年
	慶熙大学校テクノ工学部	平成 15 年
	漢陽大学校工学部	平成 16 年
	朝鮮大学校工学部	平成 17 年
	韓国原子力研究院高中性子束利用研究炉研究センター	平成 17 年
	済州大学校工学部	平成 19 年
	ソウル大学校工学部	平成 20 年
	韓国科学技術院工学部	平成 20 年
	東国大学校エネルギー・環境学部	平成 20 年
	大邱カトリック大学校保健科学部	平成 22 年
	順天卿大学校工学部	平成 20 年
	蔚山科学技術大学校先進原子力技術工学研究センター	平成 23 年
	建国大学校医療生命学部	平成 23 年
	成均館大学校理学部	平成 24 年
	浦項工科大学校先端原子力工学部	平成 24 年
台湾	国立清華大学原子核科学技術開発センター	平成 22 年
中華人民共和国	西安交通大学エネルギー・動力工学部	平成 9 年
	中国科学院プラズマ物理研究所	平成 11 年
	中国原子能科学研究院核物理研究所	平成 13 年

表7－2.　部局間協定締結研究機関（平成 24(2012)年以降に締結した分）

締結研究機関	締結国	締結日時
成均館大学校　理学部	韓国	2012.6.4
チェコ工科大学 原子力・物理工学部	チェコ共和国	2012.10.9
ドレスデン工科大学 動力工学研究所	ドイツ	2012.10.4
浦項工科大学校　先端原子力工学部	韓国	2012.11.19
ロシア科学アカデミー ベルナツキ地球化学・分析化学研	ロシア	2013.8.26
中国科学院 近代物理研究所	中国	2014.1.24
中国科学院 核能安全技術研究所	中国	2014.3.24
ラザフォード・アップルトン研究所	イギリス	2014.3.31
韓国原子力研究院・核データセンター	韓国	2014.7.14
インドネシア原子力庁科学技術推進センター	インドネシア	2014.11.10
合肥工業大学・材料工学研究科	中国	2015.7.23
南華大学・湖南省核燃料サイクル技術と設備共同イノベーションセンタ	中国	2015.10.27
世宗大学校　工学部	韓国	2016.2.11
原子力協力財団	韓国	2016.12.19
ポール・シェラー研究所中性子・ミュオン研究部	スイス	2017.3.13
ブダペスト工科経済大学　原子核技術研究所	ハンガリー	2017.6.7
中国科学院高エネルギー物理研究所	中国	2017.7.25
大連理工大学　物理学部	中国	2018.1.24

7－3. 国際共同研究

原子炉実験所における国際共同研究の実績を表7－3に示す。原子炉実験所では、これまで 53 件の国際共同研究が実施され、このうち 12 件は現在も継続中である。

表7－3. 国際共同研究課題一覧

研究課題	相手国	研究機関	研究期間
研究用原子炉燃料の 濃縮度低減化に関する研究	米　国	アルゴンヌ国立研究所	昭和 53(1978)年 ｜ 平成 8(1996)年
研究用原子炉を用いた腫瘍の ボロン中性子捕捉療法に関する基礎研究	米　国	オハイオ州立大学	昭和 63(1988)年 ｜ 平成 5(1993)年
超冷中性子重力分光器の性能比較	米　国 フランス	ロードアイランド大学 ラウエ・ランジュバン研究所	平成元(1989)年 ｜ 平成 3(1991)年
中性子ラジオグラフィ法による 流動の可視化の研究	米　国	ミシガン大学	平成 2(1990)年 ｜ 平成 6(1994)年
高転換軽水炉の ボイド反応度係数計算法の研究	フランス	原子力庁	平成 4(1992)年 ｜ 平成 7(1995)年
HANARO 冷中性子源設備の開発研究	韓　国	原子力研究所	平成 7(1995)年 ｜ 平成 15(2003)年
高圧条件下における希土類合金の磁性構造の中性子回折研究	米　国	オークリッジ国立研究所	平成 8(1996)年 ｜ 平成 10(1998)年
超冷中性子貯蔵におけるエネルギースペクトル変化に関する研究	米　国	ロードアイランド大学	平成 8(1996)年 ｜ 平成 13(2001)年
北極カナダ領アイスコアによる環境歴史の解明と将来予測	カナダ	国立科学院・環境技術研究所	平成 8(1996)年 ｜ 平成 24(2012)年
次世代型軽水炉の炉物理に関する研究	フランス	原子力庁	平成 8(1996)年 ｜ 平成 25(2013)年
界面積濃度輸送方程式の開発に関する研究	米　国	パーデュー大学	平成 8(1996)年 ｜ 現在
極端条件下における希土類化合物及び合金の中性子回折	ポーランド	金属鉱業大学	平成 9(1997)年 ｜ 平成 11(1999)年
パルス中性子源のための 診断システムの構築	ロシア	ドュブナ合同原子核研究所	平成 9(1997)年 ｜ 平成 12(2000)年

低温磁場下における $TbRu_2Si_2$ の高次磁性構造中性子回折研究	デンマーク	リセ国立研究所	平成 9(1997)年 ｜ 平成 17(2005)年
ライナック飛行時間法による核データ計測	韓　国	ポーハン科学技術大学	平成 9(1997)年 ｜ 平成 17(2005)年
気液二相流の界面積輸送モデルに関する研究	米　国	パーデュー大学	平成 9(1997)年 ｜ 平成 18(2006)年
TRR-Ⅱキャビティ型冷減速材槽を有する冷中性子源設備の開発研究	台　湾	原子力研究所	平成 10(1998)年 ｜ 平成 15(2003)年
オンライン同位体分離装置による中性子過剰核の系統的研究	スウェーデン 英　国	ウプサラ大学 オックスフォード大学	平成 10(1998)年 ｜ 平成 11(1999)年
極冷中性子の全反射未臨界透過確率に関する実験	フランス	ラウエ・ランジュバン研究所	平成 10(1998)年 ｜ 平成 14(2002)年
高速中性子による中性子ラジオグラフィ法の開発	オランダ	デルフト工科大学	平成 10(1998)年 ｜ 平成 14(2002)年
超冷中性子を用いた偏極中性子ベータ崩壊における中性子スピンーベータ線の角度相関精密測定	米　国	ロスアラモス国立研究所	平成 10(1998)年 ｜ 平成 16(2004)年
種々の超冷中性子貯蔵及び導管条件における超冷中性子検出の特性試験	フランス	ラウエ・ランジュバン研究所	平成 11(1999)年 ｜ 平成 14(2002)年
スポレーション中性子源用固体重水素超冷中性子源の開発研究	米　国	ロスアラモス国立研究所	平成 11(1999)年 ｜ 平成 16(2004)年
金属の陽電子消滅分光法の照射損傷への応用	ブルガリア	ブルガリア科学アカデミー	平成 11(1999)年 ｜ 平成 26(2014)年
原子炉物理及び原子炉工学、原子力計測、核的測定技術による熱水力の研究、物質の照射効果などの分野における研究	スウェーデン	チャルマース工科大学	平成 11(1999)年 ｜ 現在
希土類化合物及び合金の中性子回折と磁性構造モデルの研究	ポーランド	金属鉱業大学	平成 12(2000)年 ｜ 平成 17(2005)年
陽電子消滅分光法によるガス原子の検出方法の開発	ブルガリア	ブルガリア科学アカデミー	平成 13(2001)年 ｜ 平成 26(2014)年
サブクール沸騰流における界面積濃度構成方程式の開発	米国、韓国	パーデュー大学、 Korea Atomic Energy Research Institute	平成 16(2004)年 ｜ 現在
二酸化炭素冷媒の沸騰熱伝達に関する研究	ドイツ	カールスルーエ工科大学	平成 18(2006)年 ｜ 現在

ニッケルの同位体分別	米　国	ワシントン大学セントルイス校 シカゴ大学	平成 19(2007)年 ｜ 平成 20(2008)年
パラジウム、鉛の同位体効果	米　国 フランス	ワシントン大学セントルイス校 ブレスト大学 IFREMER	平成 19(2007)年 ｜ 平成 21(2009)年
酸化還元反応系での亜鉛の同位体分別	米　国	ワシントン大学セントルイス校 カリフォルニア大学デイビス校	平成 19(2007)年 ｜ 平成 21(2009)年
配位子置換反応系での亜鉛の同位体分別	米　国 フランス	ワシントン大学セントルイス校 ENS Lyon	平成 19(2007)年 ｜ 平成 21(2009)年
Nuclear Field Shift 効果	米　国 フランス	ワシントン大学セントルイス校 ENS Lyon	平成 19(2007)年 ｜ 平成 21(2009)年
中性子ノイズ法を用いた 原子炉の未臨界度測定手法の開発	韓　国	韓国電力研究院	平成 19(2007)年 ｜ 平成 24(2012)年
原子炉中性子を用いた微量元素分析	韓　国	韓国原子力研究所	平成 21(2009)年 ｜ 平成 22(2010)年
溶存ラドンを用いた地下水調査技術の開発	スイス	Nagra	平成 21(2009)年 ｜ 平成 24(2012)年
宇宙線生成核種の中性子反応断面積の測定	米国	カリフォルニア大学バークレー校	平成 22(2010)年 ｜ 現在
BNCT に係る諸課題の共同研究	台湾	台湾国立清華大学、 台北栄民総医院	平成 22(2010)年 ｜ 現在
NRVS of mononuclear and binuclear non-heme iron enzyme intermediates and related model complexes	米国	スタンフォード大学	平成 22(2010)年 ｜ 現在
白内障発症の解明に向けて－水晶体内の蛋白質－蛋白質相互作用の新規測定法の研究	インド	DST(Department of Science and Technology)	平成 23(2011)年 ｜ 平成 25(2013)年
砒素・鉄・アンモニアを地下水から除去する生物法のフィルターの設計と試験に関する共同開発	ベトナム	国立環境技術研究所	平成 25(2013)年 ｜ 平成 28(2016)年
軽水炉燃料集合体内気液二相流の界面輸送と気泡拡散機構に関する研究	米国	パーデュー大学	平成 25(2013)年 ｜ 現在
超高放射線量環境における放射線マッピング技術開発に向けた基礎研究	イギリス	ブリストル大学	平成 28(2016)年 ｜ 平成 30(2018)年
加速器駆動システムの応用および低濃縮化に関する国際共同研究	オーストリア	国際原子力機関（IAEA）	平成 28(2016)年 ｜ 平成 31(2019)年

BNCTにおけるマイクロドシメトリに関する共同研究	オーストラリア	ウーロンゴン大学	平成28(2016)年 ｜ 現在
The influence of Ni on the oxygen redox processes in Li - ion batteries	イギリス	オックスフォード大学	平成28(2016)年 ｜ 現在
Subunit dynamics of alpha-crystallin under crowding condition	オーストラリア	オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)	平成29(2017)年 ｜ 平成29(2017)年
Unrevealing the mechanism of regulation of chaperone activity of alpha-crystallin	オーストラリア	オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)	平成29(2017)年 ｜ 平成29(2017)年
Clarification of the Configurations of Chiral Side Chains of Poly(quinoxaline-2,3-diyl)s Exhibiting Helix Inversion in Alkane Solvents by Small-angle Neutron Scattering	オーストラリア	オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)、京都大学大学院工学研究科	平成29(2017)年 ｜ 平成29(2017)年
多核子移行反応 180 ＋ 254Esを用いた中性子過剰フェルミウム領域原子核の核分裂特性（通称：アインシュタイニウムの実験）	米国	オークリッジ国立研究所(ORNL)	平成29(2017)年 ｜ 平成30(2018)年
Determination of deuterium positions of the Hen-egg white lysozyme via unfolding/refolding process with deuterium treatment	米国	オークリッジ国立研究所(ORNL)	平成29(2017)年 ｜ 平成30(2018)年
Determination of deuterium positions of the Hen-egg white lysozyme via unfolding/refolding process with deuterium treatment	オーストラリア	オーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)	平成29(2017)年 ｜ 平成30(2018)年
Gating Mechanism of transporting protons of the voltage-gated proton channel Hv1	中国	南開大学	平成29(2017)年 ｜ 平成30(2018)年
加速器駆動システムにおける鉛装荷領域炉心の中性子特性に関する基礎研究	中国	中国科学院・ 核能安全技術研究所	平成29(2017)年 ｜ 平成31(2019)年
加速器駆動システムにおける未臨界度解析手法に関する基礎研究	韓国	蔚山科学技術院	平成29(2017)年 ｜ 現在
ASPIRE: Advanced Self-Powered sensor units in Intense Radiation Environments	イギリス	ブリストル大学	平成29(2017)年 ｜ 現在
Detailed structural analysis on protein complex consisting of alpha-crystallin and beta-crystallin under heat stress	米国	オークリッジ国立研究所(ORNL)	平成30(2018)年 ｜ 平成30(2018)年

7－4. 研究者の交流及び留学生の受入れ

昭和40(1965)年度から平成29(2017)年度の53年間において、原子炉実験所で受け入れた外国人研究者及び留学生の総数は表7－4のとおりである。特に直近10年間では、外国からの留学生、研究者の受け入れは、発足後10年間の平均よりも数倍増加し、また海外派遣も数倍の増加を示し毎年100名近い教員が海外との交流を進めていることがわかる。また、表7－5からもわかるように、米国、欧州との交流のみならず東南アジアも含めた交流が増加し、国際交流がよりグローバル化して活発に行われていることを示している。

表7－4. 留学生・外国人研究者の受入れと教員の海外派遣

年度	留学生・研究生・研修員の受入れ	外国人研究者の受入れ	教員の海外派遣
1965(S40)			1
1966(S41)			4
1967(S42)			1
1968(S43)			5
1969(S44)	3		3
1970(S45)	1		4
1971(S46)		2	12
1972(S47)		3	9
1973(S48)		2	7
1974(S49)		3	11
1975(S50)		1	9
1976(S51)		1	14
1977(S52)		1	16
1978(S53)		3	12
1979(S54)		1	23
1980(S55)		2	28
1981(S56)			15
1982(S57)		1	19
1983(S58)			27
1984(S59)		2	23
1985(S60)			25
1986(S61)		2	33
1987(S62)		2	27
1988(S63)		6	35
1989(H 1)		2	30
1990(H 2)		1	33
1991(H 3)		3	45
1992(H 4)		1	29
1993(H 5)		2	34
1994(H 6)		1	30

年度	留学生･研究生・研修員の受入れ	外国人研究者の受入れ	教員の海外派遣
1995(H 7)		9	52
1996(H 8)		6	61
1997(H 9)		13	68
1998(H10)		9	71
1999(H11)		9	85
2000(H12)		8	71
2001(H13)		23	81
2002(H14)	3	17	75
2003(H15)	1	9	79
2004(H16)	1	9	82
2005(H17)	1	13	109
2006(H18)	3	6	90
2007(H19)	5	5	83
2008(H20)	6	5	94
2009(H21)	4	13	85
2010(H22)	8	10	94
2011(H23)	6	7	110
2012(H24)	7	5	94
2013(H25)	9	2	93
2014(H26)	10	19	106
2015(H27)	7	9	101
2016(H28)	3	30	93
2017(H29)	4	47	102

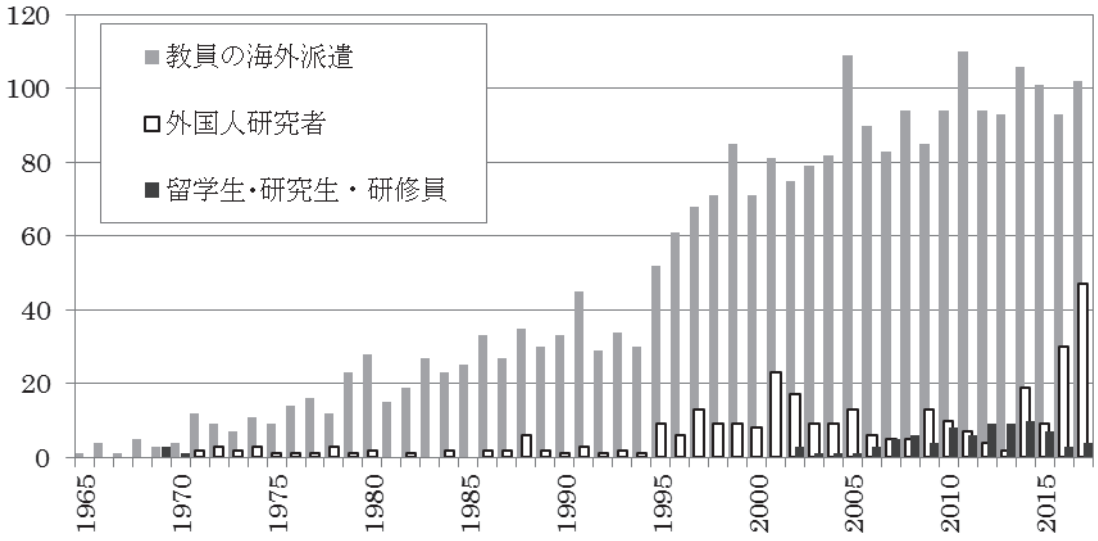


図7－2.　留学生･外国人研究者の年度別受入れ実績と教員の海外派遣

表7－5に示した平成 24(2012)年度からの国別の受け入れ状況を見てみると、米国・欧州・アジアの各国から留学生・研究者が実験所に訪れている事が分かり、世界各国に開かれた研究所であることを示している。

表7－5. 国別留学生・外国人研究者の受入れ（平成 24（2012）～29（2017）年度）

	平成 24 (2012)	平成 25 (2013)	平成 26 (2014)	平成 27 (2015)	平成 28 (2016)	平成 29 (2017)
留学生	中国 2 韓国 1 タイ 1 イギリス 1 スウェーデン 1 アメリカ 1	中国 1 韓国 1 タイ 1 カナダ 1 イギリス 2 スウェーデン 1 アメリカ 1 アルジェリア 1	中国 2 韓国 2 タイ 1 カナダ 1 イギリス 1 スウェーデン 1 アメリカ 1 フランス 1	韓国 3 タイ 1 カナダ 1 アメリカ 1 フランス 1	韓国 2 メキシコ 1	中国 1 韓国 2 メキシコ 1
外国人研究者	中国 1 韓国 1 インド 1 ブルガリア 1 フランス 1	カザフスタン 1 フランス 1	中国 3 韓国 3 台湾 6 マレーシア 1 イタリア 1 ドイツ 2 アメリカ 2 アルゼンチン 1	中国 1 韓国 4 インドネシア 1 ベトナム 1 オーストラリア 2	中国 1 韓国 7 インドネシア 12 ベトナム 2 オーストラリア 2 フランス 1 スウェーデン 1 リトアニア 1 カナダ 1 アルゼンチン 2	中国 7 韓国 20 ベトナム 1 インド 1 オーストラリア 1 フランス 1 スウェーデン 1 イギリス 1 フィンランド 2 ドイツ 4 スペイン 1 エジプト 1 アメリカ 5 メキシコ 1

7－5. 定期刊行物の交換

原子炉実験所では、定期刊行物“Progress Report”を年 1 回発行しており、各研究機関の定期刊行物との相互交換を原則に、世界各国 300 以上の大学や研究所にこの Progress Report を送付している。上記諸機関からも各種刊行物が送られてきており、各研究者の間で密接な国際交流が進むことが期待されている。

7－6. 国際交流の今後

原子炉実験所の将来構想である「アトムサイエンスパーク」計画においても、国際交流は、研究所を発展させ構想実現のために重要な要素である。実験所は関西国際空港に近い地理的優位性を生かし、更に受け入れ体制を充実させ、国際交流を発展させていく事が重要である。また、教育面での交流も重要であり、特に KUCA を用いた学生教育は平成 14（2002）年からは韓国・中国・スウェーデンの学生に対しても行われており、今後も研究所の国際交流・貢献の一翼を担っていくと期待される。

§8. 学術情報

原子炉実験所の学術情報に関連する業務の企画・立案および実施を行うため、学術情報本部を平成 15(2003)年に設置し、幾度か組織を変更しつつ、事務部図書掛、総務掛、および設備掛（平成27(2015)年度以前は電気掛）と連携して活動を行っている。以下にその概要を記す。

8－1. 組織

8－1－1. 学術情報本部

平成 15(2003)年 4 月に設置し、同年 9 月に全面的に組織変更した学術情報本部は、メディア企画室、メディア管理室、出版委員会、要覧委員会、学術公開委員会で構成されていたが、その後も幾度か小規模な組織変更をし、平成 27(2015)年 4 月に再度大幅に組織変更した。現在、学術情報本部は、本部室、出版チーム、学術公開チーム、実験教室チーム、IT 支援チーム、地域広報委員会で構成されている。専任の職員は非常勤職員を含む数人である。以下に述べる図書室とは連携して活動を行っている。

本部室は出版・広報などに関する業務の企画・調整を行っている。

出版チームは、以前の出版委員会、要覧委員会、およびアトムサイエンスくまとり委員会（原子炉実験所だより委員会の後身であり、設置後しばらくして学術情報本部に組み込まれた）をまとめたもので、年 1 回発行の「Progress Report」の作成、随時発行の「KUR Report」、「Technical Report」の編集、「要覧」（日本語版と英語版）の作成、見学用パンフレット「施設と研究のご案内」の作成、広報誌「アトムサイエンスくまとり」（年 2 回）の作成を担当している。毎年発行していた要覧は、平成 27(2015)年度から数年に 1 回の発行に変更しているが、その内容は毎年 1 回更新し、上記の出版物とともに、原子炉実験所のホームページに掲載している。ホームページに掲載する Progress Report、KUR Report、Technical Report は電子版として、平成 27(2015)年度にそれぞれ ISSN 番号を取得した。これまで国内機関、国外機関あわせて数 100 カ所に冊子を送付していたが、ホームページに電子版を掲載することにより、送付を止めた。

学術公開チームは一般公開の開催、アトムサイエンスフェア講演会の開催、学術講演会の開催（報文集の作成を含む）を担当している。学術講演会は毎年 1 月下旬～2 月上旬の期間の 2 日間に開催している。平成 30(2018)年 1 月には第 52 回を開催した。

実験教室チームは一般公開における実験教室の開催、アトムサイエンスフェア実験教室の開催、熊取町などから依頼された実験教室の実施を担当している。平成 25(2013)年 10 月以前は、所員の有志が実施していたが、学術情報本部学術広報室（本部室の前身、平成 27(2015)年 4 月廃止）を新設したとき、その下に実験教室チームを設置した。

IT 支援チームは共用電子情報機器の保守管理、ネットワーク・情報セキュリティの運用に関する支援、Web サイトの運用の業務とともに、共同利用手続きなど種々の業務の IT 化の支援を行っている。

地域広報委員会は、地域広報活動委員会を平成 25(2013)年 10 月、学術情報本部に組み入れたときに名称変更したもので、実質的な活動内容は変わっていない。熊取町、泉佐野市、および貝塚市の教育委員会で、学校教育および社会教育などの職務を担当する有識者ならびに実験所の委

員で構成され、地域広報などについて意見交換を行っている。

8－1－2. 図書室

原子炉実験所図書室（以下、図書室）は、実験所の研究・教育に関連する学術情報資源を収集、整理、保存し、それらを利用者（所員ならびに共同利用者を含む学外者）に対して提供している。

京都大学には、京都大学図書館機構（以下、図書館機構）が置かれており、個々の図書館・室では解決を図れない問題や、複数の図書館・室間の調整が必要な課題を解決するための総合的・合理的な全学協調体制としての機能を担っている。図書室は、この図書館機構のネットワーク上に配置されている。また、図書館機構には、関連する事項を審議するため図書館協議会が設置されている。学術情報本部室は図書室の運営に参画するとともに、学術情報本部長は実験所選出の図書館協議員を務め、調整役を果たしている。なお、図書室業務の実施は、事務部図書掛が担当している。

8－2. 現状

8－2－1. 定期出版物

原子炉実験所では表8－1に示す各種の出版物を概ね定期的に発行している。

Progress Report は実験所の共同利用研究の成果報告と所員の研究状況を報告する出版物として発行している。また、KUR Report と Technical Report はそれぞれ実験所で開催された専門研究会などの報告書、テクニカルデータのレポートとして発行している。平成 25(2013)年度に学術講演会報文集を KUR Report として発行する変更を行った。これらのすべては、全文を実験所の HP に公開し、京都大学学術情報リポジトリ、INIS データベースに全文掲載するとともに、納本制度にもとづき、国立国会図書館に印刷版を納入している。平成 29(2017)年度、KUR Report の発行数は 6、Technical Report は 1 である。年 4 回発行していた原子炉実験所だよりは、共同利用者への情報提供手段として必須のものであったが、ネットワーク利用が日常的となった状況を考慮して、平成 17（2005）年、70 号を最後に廃刊し、あらたに「アトムサイエンスくまとり（略称：ASK）」という広報誌を年 2 回発行することとした。実験所における研究施設や研究内容をわかりやすく説明することにより共同利用者を増やすことを意図したものである。創刊号は平成 18（2006）年 3 月号である。原子炉実験所だよりは文字情報が主であったが、ASK はカラー画像を多用し見やすいものにしている。ASK はまた地域広報にも役立っている。これら出版物はすべて電子化し、実験所のホームページに掲載している。

毎年 1 回発行している将来計画短期研究会報告書などは、平成 27（2015）年度発行分から、KUR Report としてではなく、非公開資料である Internal Document（IND）として発行している。実験所のホームページには発行記録のみ掲載している。

表8－1．　実験所の定期刊行物（平成 29(2017)年度末）

名　称	発行頻度	頁　数	印刷部数
Progress Report[1]	年 1 回	256	20
KURRI-KR[2]	年 5 号	平均 100	報文集 130
KURRI-TR[3]	年 1 号	58	
アトムサイエンスくまとり[4]	年 2 回	8	3000
要覧	数年に 1 回	36	日本語版
	（平成 29 年度以前の最		2000
	新版は 2015 年度発行）		英語版 600
IND[5]	年 2 号		

1. KURRI Progress Report（印刷版：ISSN 0919-1038、電子版：ISSN 2189-7093）；所の共同利用と所員の研究状況の報告書
2. KURRI-KUR Report（印刷版：ISSN 1342-0852、電子版：ISSN 2189-7107）；専門研究会などのレポート（電子版のみのものも有り）および学術講演会報文集
3. KURRI-Technical Report（印刷版：ISSN 0287-9808、電子版：ISSN 2189-7115）主にテクニカルデータのレポート
4. ISSN 1881-0446；実験所の広報誌、全文を実験所の HP に掲載
5. IND(INternal Document)；非公開資料、発行記録のみ実験所の HP に掲載

8－2－2．　学術情報システム

原子炉実験所における学術情報システムは、KUINS（京都大学学術情報ネットワークシステム）の基盤整備をもととし、メールサーバなど各種サーバを独自に構築して整備されており、実験所の研究、教育、共同利用、安全管理などをはじめとした種々の活動を支える重要なインフラとなっている。

基盤となるネットワークのインフラについては KUINS の管理となっているが、遠隔地キャンパスであることから、学術情報本部の IT 支援チームが設備掛（平成 27(2015)年度以前は電気掛）と協力して機器の運用や設置状況の現地確認など管理業務の支援を行なっている。平成 29（2017）年度には、京都大学情報環境機構の第 3 期中期目標・中期計画の重点戦略アクションプランの一環として熊取キャンパス内の老朽化した KUINS の館内スイッチ・末端スイッチの更新が行われた。

実験所では、共同利用者の利便性の向上のため、共用の無線 LAN を構内の各所に設置している。共用無線 LAN には認証をかけているが、外来者でも使用できるように、eduroam（education roaming、国際無線 LAN ローミング基盤）のアカウントによる認証にも対応している。このほか、所内では所員がそれぞれの研究や業務のために無線 LAN のアクセスポイントを設置している。

近年サーバやネットワークの利用が増大し、サーバの能力や管理業務が増大する一方、そのための維持費が十分に確保できなくなっている。そこで、熊取キャンパス内にこれまで設置していた各種サーバについて、可能なものから順次、KUINS が提供するバーチャルホスティングサービス上に移行する作業を進め、サーバのハードウェアの整備や維持にかかる費用と管理業務の削減を行なっている。平成 23（2011）年度以前に移行の終わっていた所外 web ページに加え、所内用 web サーバの移行を完了している。今後もメール中継サーバなど可能な範囲でそれらの移行を進め、増大する

業務に質を落とさない形で対応しつつ、ハードウェアの費用や管理業務の削減に努める予定である。

ネットワーク利用においてセキュリティ対策は極めて重要であり積極的に取り組んでいる。実験所内で利用される PC 向けにアンチウィルスソフトウェアの無償提供を行って便宜を図っている。また、毎年全所員向けの情報セキュリティ教育を実施し、必要な情報提供と啓発を行なっている。特に平成 29(2017)年には、大阪府警と警察庁近畿管区警察局のサイバー攻撃対策担当者による最新のネットワーク犯罪の動向の紹介や実際の攻撃がどのように行われるかの模擬を実施した。これらの取り組みの成果と考えているが、所員のセキュリティ対策への意識は高く保たれており、散発的なウィルス感染事象にも迅速な対応が行われ、2 次感染や情報流出などの被害発生は確認されていない。

実験所内に所員が設置する無線 LAN も適切に管理されないと不正アクセスに悪用され得る。そこで、無線 LAN のアクセスポイントを設置する際は設置届の提出を義務付け、管理者や管理状況の把握に努めている。また IT 支援チーム員が所内で随時無届のアクセスポイントを探索し、発見した場合は速やかに撤去させている。これまでのところ無届のアクセスポイントは平成 27(2015)年に 1 件発見されたのみで、これも発見後直ちに撤去させた。

さらに、IT 支援チームでは様々な業務の合理化や効率化のために環境開発を支援したり、実際に開発を担当したりしている。開発実績としては、共同利用の申請と審査を一括して管理する「共同利用推進システム」、所内責任者等の出退状況を確認するための「出退表示システム」や所員に施設見学等の案内担当を割り振る「施設見学管理システム」などがある。

8－2－3. 学術講演会

原子炉実験所学術講演会は年 1 回開催しており、平成 30(2018)年度、学術講演会は第 52 回となった。日程は年によって多少異なるが第 52 回学術講演会は 1 月 25 日の午前から 26 日の午後までの 2 日間で行った。講演会の内容はトピックス講演、新人講演、プロジェクト研究成果講演、所内研究者や共同利用研究者によって発表される一般講演(ポスター発表)、そして定年退職者による特別講演に分類される。この学術講演会は所内の研究者ならびに共同利用研究者の発表が中心となり、所内外の研究者の交流の場となっている。学術講演会の開催前に、講演内容をまとめた報文集を発行し、講演会当日、出席者に配付している。学術講演会の開催について、メールで所員ならびに共同利用研究者に案内するとともに、実験所のホームページや広報誌「アトムサイエンスくまとり」にも案内文を掲載している。

8－2－4. 研究成果の文献情報

原子炉実験所では、平成 6(1994)年度より、所員が行った研究と共同研究者が実験所の施設を利用して行った研究に関する公表文献の情報(毎年 4 月から翌年 3 月までの分)を Progress Report の Publication List として掲載している。 Progress Report の発行に当たっては、共同利用研究者に実験などの報告書の提出を依頼し、これをまとめて、実験所のホームページに ISSN 番号の付いた電子版として掲載している。

学術情報本部では平成 23(2011)年に実験所における研究、教育、社会活動などを網羅するデータベースの運用を開始し、データを管理している。データベースには平成 12(2000)年以降の実験所所員の業績の入力が行われており、Progress Report に掲載する Publication List の収集にデータベースは役に立っている。

8－2－5. 図書室

(1) 所蔵資料

① 図書室所蔵資料

原子力工学を中心に、物理学、化学、生物学、医学など、原子炉実験所で行われている研究分野に合わせて、所蔵資料も幅広い分野をカバーしている。表8－2に、研究室に長期貸出している蔵書も含めた全蔵書数等を示す。

② 電子ジャーナル

全学提供電子ジャーナル(全学で費用負担をする基盤的ジャーナルおよび利用部局で費用を分担するジャーナル)の導入により、85,000 タイトル以上の電子ジャーナルを利用することができる。実験所として必要であるが全学提供電子ジャーナルに含まれないタイトルについては、実験所の予算で契約している。

また、京都大学で契約している電子ジャーナルを利用するには学内者がもつアカウントが必要となっている。そのため、短期滞在の共同利用者向けに短期アカウントを発行し提供している。

(2) 図書館間サービス

実験所は、京都大学の主なキャンパスである吉田・桂・宇治地区から遠距離にあることから、オンラインで利用できない紙媒体の資料のうち図書室で所蔵していないものの入手に関しては、図書室が窓口となり図書館間の複写・貸借サービスを利用している。

学内の図書館・室間では、文献複写は EDDS サービス(文献をスキャンして作成した PDF ファイルを利用者が自身のパソコン等で閲覧できるサービス)を利用するため、最短で申込み当日に文献を入手することが可能となっている。また、図書の取り寄せは、京都大学図書館(室)間デリバリー・サービス(吉田・桂・宇治地区と熊取地区との間は、宅配便を利用)を利用している。

学内の図書館・室から入手できない文献については、他大学の図書館、JAEA(日本原子力研究開発機構)図書館、国立国会図書館、および British Library などから文献を入手している。

なお、文献複写、図書の取り寄せのいずれも、利用者が費用を負担することなく入手することが可能となっている。

(3) その他

非来室型利用の増加

オンラインサービスの利用や電子メールでの申し込みにより、一度も図書室に来室しなくても必要な文献を入手することが可能となっている。そのため、来室者数は年々減少している。

表8－2. 蔵書冊数等(平成 29(2017)年度末現在)

蔵書冊数		所蔵雑誌タイトル数		面積(m^2)
洋書	和書	洋雑誌	和雑誌	478
38,482	16,037	870	180	

8－3．　社会との一般的な交流

8－3－1．　地域広報委員会

周辺地域との交流の重要性から、原子炉実験所が実施する地域広報活動を促進するための諸施策を検討し、それらを実施または支援するために、平成 7(1995)年 12 月、地域広報活動委員会が設置された。平成 25(2013)年 10 月、学術情報本部に組み入れたときに地域広報委員会と名称変更した。実質的な活動内容は大きく変わっていない。熊取町、泉佐野市、および貝塚市の教育委員会で、学校教育および社会教育などの職務を担当する有識者ならびに実験所の委員で構成され、所外委員からの貴重な意見・要望などを生かしつつ、実験所の地域との交流活動全般について意見交換し、以下に述べる活動の円滑な実施に寄与してきた。年 2 回、委員会を開催している。地域広報の実施は、事務部総務掛と学術情報本部が連携して行っている。

8－3－2．　施設公開

平成 23(2011)年度は、東京電力福島原子力発電所の事故を受けて、10 月の開催になったが、それ以外は、毎年 4 月の第 1 土曜日に一般公開を実施している。原子炉、FFAG 加速器、および放射性廃棄物処理施設の見学、ビデオでの原子炉実験所の紹介(実験所のホームページに公開している)、所員による研究の紹介、実験教室の開催を通して、実験所への理解が深まり、好評でもある。また、4 月を除く毎月、主に団体を対象とした、ビデオでの実験所の紹介、実験所の教授によるミニ講義、および施設見学を学術公開(定期)と称して行っている。一般公開の参加者は毎年数百名の実績がある。学術公開の実績を表8－3に示す。表8－3は、定期の学術公開に加えて、不定期のものを含めている。平成 29(2017)年度の見学者数が少ないのは、平成 28(2016)年度途中から、核セキュリティ体制の強化に伴い、それまでの、見学者 10 名程度につき案内担当所員を 1 名配置することから、見学者 5 名程度につき案内担当所員を 1 名配置することに変更になったことと、新規制基準への対応を経て研究用原子炉(KUR)の運転を平成 29(2017)年度に再開したことに関係があると思われる。

一般公開の翌日の日曜日に桜公開(施設公開を伴わない)を実施している。また、種々の厚生施設(体育館、野球・サッカー場、テニスコート、この一部は所員の奉仕活動により準備されたものである)を近隣市町の住民に開放している。

8－3－3．　アトムサイエンスフェアの開催

地域における文化・情報発信基地としての役割を果たすとともに、科学への興味を若い世代に伝えることを目的に、原子炉実験教室や講演会等を開催してきた。平成 14(2002)年度からは、地元自治体の教育委員会の協力を得て、実験教室(霧箱実験を含む大きなテーマ 2 つと小さなテーマ 4 つ程度)、講演会(1～3 講演)を組み合わせた総合的なイベントとして、アトムサイエンスフェアを開催している。実験教室(定員 50 名)と講演会(定員 180 名)の開催内容と参加者数を表8－4と表8－5に示す。家族ぐるみの参加者も多く、子供たちが手作りの教材を用いた実験の結果に、親子共々感嘆の声をあげるなど大変好評を得ている。参加者は地元だけではなく、実験教室に参加するためだけに東京のような遠方からの参加者もいる。講演会は、中学生・高校生の参加が増えてきている。講演会は初期の頃は実験所内で実験教室と同日開催していたが、それ以降は概ね熊取町の施設で

実験教室とは別の日に開催している(実験教室は実験所内で開催している)。アトムサイエンスフェアは平成 23(2011)年度から、本学の「京大ウイークス」に参加して行っていて、本学のホームページにも広報されている。地元の広報に開催案内を行うとともに、ちらしを作成し、特に講演会は近畿圏のいくつかの高校にも送っている。

今後も、多数の方が気軽に参加でき、科学とふれあうことで少しでも身近に感じてもらえる場を提供していく。

8－3－4. 講師の派遣

専門家としての社会貢献においては、一般の方を対象にした講演などの提供がある。原子炉実験所では、教員が自身の専門領域とそれに関連して提供できる講義内容をあらかじめ登録し、これを実験所のホームページに公開することによって、学校、公民館などで開催されるセミナーなどの催し(参加費無料のもののみ対象)における講師派遣依頼に対応している。派遣実績を表8－6に示す。福島第一原子力発電所の事故後は、しばらくの期間、このような講師の派遣要請が増加した。

地元熊取町からの要請を受けて、平成 19(2007)年から毎年夏休み期間中、熊取町の小学生(定員 50 名)を対象にした、ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座実験教室を担当し、講師を派遣している。平成 25(2013)年 10 月以前は、所員の有志を募って担当していたが、それ以降は、学術情報本部の実験教室チームが業務の1つとして担当している。アトムサイエンスフェア実験教室と同様大変好評を得ている。実験内容を表8－7に示す。

8－3－5. 大学体験学習、職業体験学習

地元の中学校からの要請を受けて、大学体験学習や職業体験学習を実施している。大学体験学習では、なるべく若い教員や院生による自身の体験談を含めた講義、霧箱実験、および施設見学を行っている。霧箱実験は実験教室チームや学術情報本部室のメンバーが担当している。職業体験学習は教員・技術職員・事務職員へのインタビュー形式などのものを行っている。

表8－3. 学術公開実績

年 度	開催日	参加者数	団 体 名
平成 24 年度	5/14	29 名	陸上自衛隊 第37普通科連隊、他
	6/11	70 名	一般社団法人 日本産業機械工業会、他
	6/14	3 名	熊取中学校
	7/23	80 名	須磨学園高等学校、他
	8/3	18 名	京都府立城南菱創高等学校
	8/20	95 名	河内長野革新懇、他
	9/10	81 名	大阪歴史教育者協議会堺支部、他
	10/2	105 名	聖心学園中等教育学校
	10/16	44 名	日高高校
	10/17	2 名	福島高等学校
	10/22	47 名	阪南3市3町人権擁護委員研修会、他
	10/27	38 名	理学研究科の高校生向け講座
	11/6	20 名	大阪府立岸和田高等学校
	11/12	83 名	和歌山県立向陽中学校
	12/7	22 名	関西サイエンスフォーラム
	12/10	80 名	学校法人行岡保健衛生学園近畿医療技術専門学校、他
	12/17	44 名	亀岡高校
	1/15	15 名	金属学会、鉄鋼協会関西支部1分科会
	1/21	57 名	神戸大学経済学部藤岡ゼミ、他
	2/18	71 名	樽井婦人会、他
	2/18	36 名	全建大阪府支会
	3/1	30 名	大阪府立消防学校
	3/11	76 名	名城大学総合数理教育センター
	合計	1146 名	
平成 25 年度	5/13	9 名	熊取町民生児童委員、個人参加
	5/30	1 名	近隣住民
	6/10	71 名	忠岡町防犯委員会・忠岡町自治会連合会・忠岡 SAF
	7/1	10 名	大阪府高齢者大学校
	7/23	74 名	須磨学園高等学校
	8/5	24 名	大阪府歴史教育者協議会
	8/5	72 名	若葉ヶ丘婦人部、他
	8/7	5 名	日高地方科学教育研究会
	8/30	4 名	泉州南広域消防本部
	9/2	48 名	生活協同組合エスコープ大阪、他
	9/27	12 名	泉佐野商工会議所
	11/11	38 名	摂津平和人権センターOBOG 会、他
	12/2	20 名	千葉県立幕張総合高校
	12/9	68 名	大阪行岡医療専門学校長柄校、他
	1/6	23 名	日本機械学会関西支部、個人参加
	1/21	33 名	京都府立亀岡高等学校
	2/3	8 名	NERPPA の会、個人参加
	2/10	80 名	和歌山県立向陽中学校
	3/3	18 名	大阪自治体問題研究所、他
	3/4	30 名	大阪府立消防学校
	3/5	14 名	三重大学教育学部
	合計	662 名	
平成 26 年度	4/4	9 名	美熊台自治会
	4/23	20 名	Radboud University

	5/2	21	名	天理教大阪教区福祉部
	6/9	8	名	中村てつじと歩む会、個人参加
	7/18	1	名	個人参加
	7/22	14	名	須磨学園高等学校
	8/4	27	名	京都府立城南菱創高等学校、他
	8/7	67	名	関西医療大学
	8/21	22	名	和歌山大学 経済学部
	8/21	23	名	熊取町役場
	8/29	24	名	大阪府中学校理科教育研究会
	9/1	36	名	住吉地区民生委員協議会、他
	10/3	19	名	PHYSOR2014 Technical Tour
	10/22	80	名	和歌山県立向陽中学校
	10/27	56	名	パナソニック革新懇、他
	10/28	86	名	神戸総合医療専門学校
	11/10	79	名	熊取の歴史と文化を学ぶ会
	11/18	14	名	熊取町内大学きっかけづくり交流会
	12/8	68	名	大阪行岡医療専門学校
	12/10	46	名	京都府立桃山高等学校
	1/5	1	名	個人参加
	1/5	2	名	Reed大学
	1/15	40	名	陸上自衛隊第3特殊武器防護隊
	1/21	54	名	大阪府町村教育委員会
	2/2	23	名	熊取町シルバー人材センター
	2/10	33	名	京都府立亀岡高等学校
	3/2	8	名	一般社団法人縮小社会研究会、他
	3/9	9	名	京都大学生存圏研究所 他
	3/20	26	名	熊取南中学校
	合計	926	名	
平成 27 年度	5/11	5	名	河南町議会事務局
	7/10	10	名	民主党・府民クラブ京都府議会議員団
	7/16	27	名	須磨学園高等学校
	7/24	2	名	個人参加
	8/3	67	名	関西医療大学、熊取町役場
	8/4	32	名	熊取町内覧会（泉州地区地方公共団体首長）
	8/5	25	名	新潟県立柏崎高等学校
	9/14	14	名	高大同窓会枚方、個人参加
	10/21	27	名	鳥取県立倉吉西高等学校
	10/23	81	名	和歌山県立向陽中学校
	10/26	75	名	大阪府行岡医療専門学校長柄高等学校、他
	11/11	38	名	和歌山県立日高高等学校
	11/11	17	名	熊取町住民団体りんくうアトム 1000
	11/16	2	名	個人参加
	12/9	42	名	京都府立桃山高等学校（1 部）
	12/15	79	名	京都府立桃山高等学校（2 部）
	12/16	83	名	京都府立桃山高等学校（3 部）
	2/17	23	名	摂津市婦人防火クラブ連絡会
	3/23	32	名	熊取中学校
	合計	681	名	
平成 28 年度	5/9	1	名	個人参加
	6/2	19	名	大阪観光大学観光学部、熊取町役場
	6/10	18	名	貝塚市清児長生会
	6/29	20	名	韓国釜山仁済（インジェ）大学
	7/4	4	名	甲南女子高等学校教員

	7/19	27	名	(公財)大阪府危険物安全協会南方面部会
	7/25	24	名	静岡県牧之原市波津区役員
	8/1	48	名	須磨学園高等学校、他
	8/2	65	名	関西医療大学、熊取町役場
	9/2	23	名	(一財)ものづくり医療コンソーシアム
	9/18	10	名	日本地球化学会若手会
	10/14	40	名	(公社)泉佐野納税協会　青年部会
	10/17	9	名	中部地中線技術研究会
	10/20	43	名	NGO　おおさか市民ネットワーク
	10/21	81	名	和歌山県立向陽中学校
	10/24	63	名	和泉市民生委員児童委員協議会
	10/28	10	名	向日市地下水保全対策協議会
	11/8	25	名	泉南郡市中学校教育研究会
	11/14	24	名	倉敷紡績㈱技術研究所
	11/22	3	名	関西大学高等部1年　資源ゼミ
	11/27	20	名	福井県原子力平和利用協議会敦賀支部
	11/29	19	名	大阪府立佐野支援学校PTA
	12/12	56	名	大阪行岡医療専門学校、徳島県高等学校教育研究会
	1/13	33	名	京都大学エネルギー科学研究科
	1/16	1	名	個人参加
	3/6	6	名	東京学芸大学、個人参加
	3/23	32	名	熊取中学校１年生　大学体験活動
	合計	724	名	
平成 29 年度	6/12	7	名	非営利活動法人未来環境、他
	7/3	7	名	泉南郡小学校教頭会
	7/31	8	名	中部原子力懇談会
	9/11	7	名	阪大院原子核工学２期生有志、個人
	10/23	5	名	大阪府立高校退職教職員の会
	10/25	36	名	近畿・中部管区内銃刀・危険物担当者会
	11/13	10	名	公益社団法人 泉大津納税協会
	11/16	26	名	日中胃腸腫瘍医師国際交流会
	12/4	2	名	公益財団法人原子力安全研究協会
	12/11	47	名	大阪行岡医療専門学校長柄校 放射線科第2学年
	3/5	16	名	奈良県立郡山高等学校
	3/6	2	名	熊取中学校２年生　職業体験学習
	3/22	37	名	熊取中学校１年生　大学体験活動
	合計	210	名	

表8－4．アトムサイエンス実験教室の開催実績

回	内　　容	開催年月日	参加者総数
第11回	実験教室「飛行機雲を作ろう！」 実験教室「DNA：見てみよう！」 実験教室「ペンの色が分かれちゃう？」 体験コーナー	H24. 10. 21	52
第12回	実験教室「飛行機雲を作ろう！」 実験教室「シャカシャカライトを作ろう！」 体験コーナー	H25. 10. 20	41
第13回	実験教室「飛行機雲を作ろう！」 実験教室「モーターを作ろう！」 体験コーナー	H26. 10. 19	46
第14回	実験教室「飛行機雲を作ろう！」 実験教室「トリックアートの世界！」 体験コーナー	H27. 10. 25	51
第15回	実験教室「飛行機雲を作ろう！」 実験教室「紫キャベツの七変化+電気ペン」 体験コーナー	H28. 10. 30	55
第16回	※台風の影響を想定し中止とした	H29. 10. 29	－

表8－5. アトムサイエンスフェア講演会の開催実績

内　　容	開催年月日	参加者総数
・「GPS 連動型放射線計測システム KURAMA の開発と運用 ～地域を見守る「目」～」 ・「宇宙からのお土産“はやぶさ探査機が持ち帰った微粒子”の分析 何が分かったか？」	H24. 10. 13	36
・「難治性がんへの挑戦－ホウ素中性子捕捉療法－」 ・「加速器駆動システムの開発 －放射性廃棄物の負担軽減に向けて－」	H25. 10. 26	60
・「研究炉の世界」 ・「加速器の世界」	H26. 10. 25	56
「中性子を利用した植物におけるホウ素の栄養診断法について ～なぜ植物におけるホウ素のふるまいを調べる必要があるのか～」 ・「放射線が拓く生命の謎」	H27. 10. 17	41
・「題目:113 番新元素の発見」	H28. 10. 22	70
全体のタイトル:「放射線・粒子線治療を支える医学物理最前線」 ・「放射線治療・陽子線治療を支える医学物理最前線」 ・「重粒子線治療を支える医学物理最前線」 ・「ホウ素中性子捕捉療法を支える医学物理最前線」	H29. 10. 21	61

表8－6.　講師派遣の実績

講演題目	講師名	派遣年月日
放射能と食品、その健康への影響	髙橋千太郎	H24.4.6
原発について	三澤　毅	H24.7.8
放射線の人体への影響	木梨友子	H24.7.21
放射線の健康への影響　東京電力福島第一原子力発電所の事故を通して	髙橋千太郎	H24.7.27
平成24年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	高宮幸一他	H24.8.22
原子力について	中島　健	H24.9.11
原子力エネルギーの利用について	藤井俊行	H24.10.16
放射線に関わる科学	大久保嘉高	H24.10.16
日本のエネルギーの将来について	宇根崎博信	H24.10.23
放射線の知識	髙橋知之	H24.10.23
原子力発電所について	三澤　毅	H24.11.28
高エネルギー加速器と応用	森　義治	H24.12.1
エネルギー教育	三澤　毅	H24.12.15
原子炉実験所について	山本俊弘	H24.12.17
原子力の応用分野	日野正裕	H24.12.17
原子炉の事故とは？	中島　健	H25.2.18
原子力利用による放射性廃棄物の課題	山名　元	H25.2.18
放射線と健康	髙橋千太郎	H25.2.18
原発について	三澤　毅	H25.2.22
東南海・南海地震に備える	釜江克宏	H25.3.3
京都府の地域防災計画（原子力災害編）の概要と、放射線が人体に与える影響について	三澤　毅	H25.6.6
地震について	釜江克宏	H25.6.15
東京電力福島第一原子力発電所原発事故と新たな原子力災害対策	高橋知之	H25.7.19
放射線の基礎と人体への影響	田野恵三	H25.7.26
原子力、放射線に関する講演等	宇根崎博信	H25.7.27-28
放射線の基礎	三澤　毅	H25.8.2
原子力、放射線に関する講演等	藤川陽子	H25.8.3
土壌・廃棄物中の放射性セシウムと廃棄物減容対策について	藤川陽子	H25.8.19
平成25年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	高宮幸一他	H25.8.20
原子力発電所の仕組み及び事故とその影響について	三澤　毅	H25.8.23
放射線の基礎と人体への影響	田野恵三	H25.9.26
南海トラフ巨大地震について	釜江克宏	H25.9.13
黒い雨についての科学的知見	今中哲二	H25.9.26
くらしを支える”でんき”を産む原子力発電～その発達の歴史と仕組みについて～	宇根崎博信	H25.10.1
丁寧に学んでみよう　原子力のバックエンド～使用済み燃料から地層処分まで～	山名　元	H25.10.5
物質科学　ナノスケールにみられる不思議な構造	杉山正明	H25.10.23
原子力全般について	中島　健	H25.10.25
原子力防災の概要と福島事故の教訓について	高橋知之	H25.10.29

原子力発電について	三澤 毅	H25.11.8
関西医療大学の学生向け BNCT に関する講義	鈴木 実	H25.11.8
環境で水をきれいにするには	藤川陽子	H25.11.15
原子力災害対策	中島 健	H25.12.14
「原子力・エネルギー教育」(原子力発電の現状と今後の課題及び放射線について)	中島 健	H26.1.18
原子炉実験所について	山本俊弘	H26.1.21
原子力の応用分野	鈴木 実	H26.1.21
原子力防災について考える	中島 健	H26.2.7
放射線被ばくのリスク:低線量放射線被ばくのリスクを正しく理解するために	高橋千太郎	H26.3.4
福島第一事故から3年－事故から明らかになったこと－	今中哲二	H26.3.14
黒い雨体験者相談・支援事業従事者向け研修会	今中哲二	H26.4.21
原子力発電について～福島第1原発事故を受けて～	三澤 毅	H26.5.24
原子力、放射線に関する講演等	宇根崎博信	H26.7.26
平成26年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	木野内忠稔他	H26.8.1
原子力、放射線に関する講演等	藤川陽子	H26.8.3
放射性廃棄物処分について	山名 元	H26.8.8
専門分野等や、大学の概要についての講義	釜江克宏	H26.8.27
兵庫県立北陵高等学校 課題研究発表会 講師	高宮幸一	H26.9.18
第57回人権擁護大会シンポジウム	小出裕章	H26.10.2
環境問題から原子力政策を考える	山名 元	H26.10.12
原子力のリスクと便益を改めて考えてみよう	山名 元	H26.11.8
原子力災害対策	中島 健	H26.11.8
原子力の利用について	山本俊弘	H26.11.10
事故の教訓から原子力防災を考える	中島 健	H26.11.21
放射線の素朴な疑問～教えて先生それって本当？～	藤川陽子	H26.11.21
放射線の基礎、原発の安全対策、原子力防災等について	三澤 毅	H26.11.24
2014原子力とエネルギー特別講座	宇根崎博信	H26.11.28
原子力 核エネルギーの利用法	中島 健	H27.1.24
放射線の基礎、原子力防災について	三澤 毅	H27.1.25
原子力発電について～福島第一原発事故を受けて～	三澤 毅	H27.2.22
平成27年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	木野内忠稔他	H27.7.29
原子力、放射線に関する講演等	宇根崎博信	H28.7.30
大学の授業や専門分野についての講義等	釜江克宏	H28.8.26
平成28年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	木野内忠稔他	H28.8.1
日本のエネルギー政策と原子力発電所再稼働と廃炉の"いま"と"これから"	宇根崎博信	H28.10.19
放射性物質の基礎知識等に関して	宇根崎博信	H28.12.5
原子力災害対策	中島 健	H28.12.24
放射線診断と放射線治療の物理	櫻井良憲	H29.2.17
原子力、放射線に関する講演等	宇根﨑博信	H29.7.29
「身の回りの放射線を測定してみよう 夏休み実験教室」における講演等	三澤 毅 他	H29.8.1

特別展示「関西の原子力・放射線研究施設」における説明等	宇根﨑博信他	H29.8.4-6
平成29年度熊取ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座	木野内忠稔他	H29.8.2
専門分野についての講義、大学の紹介	釜江克宏	H29.8.24
原子力災害対策	中島　健	H29.10.28
放射線物質の基礎知識や事故事例等に関する講演	宇根﨑博信	H29.12.4

表8－7．ゆうゆう大学体験楽部ジュニアチャレンジ講座実験教室の開催実績

回	内　　容	開催年月日	参加者数	派遣講師数
第6回	「電気を作ろう！」	H24. 8. 22	48	14
第7回	「色の不思議」	H25. 8. 20	47	10
第8回	「いろいろなスライムをつくろう！」 「光をねじる？？？」	H26. 8. 1	48	10
第9回	「潜望鏡を作ろう！」 「ペットボトルで顕微鏡を作ろう！」	H27. 7. 29	43	13
第10回	「果物電池でﾊｯﾋﾟｰﾊﾞｰｽﾃﾞｲ！」 「手まわし発電機！」	H28. 8. 1	50	13
第11回	「色の足し算・引き算！」 「まぜたら光る？蛍の光！」	H29. 8. 2	50	13

§9. 社会連携

原子炉実験所の使命は原子力・放射線に関わる研究教育であるが、KUR などの原子力施設を有することもあり、地元の理解と協力は極めて重要である。特に原子力・放射線安全に関しては地元との緊密な連携のもとに、適切な情報交換や相互理解の仕組みを構築して、誠実かつ着実に実施して行く必要がある。また、その活動や得られる成果については、地域との連携のもとに社会に有効に利用され、地域とともに発展するという姿勢が重要である。

このようなことから、実験所はこれまで社会との連携に関して様々な取り組みをしてきた。以下にその主なものについて概要を記載する。

9－1. 熊取アトムサイエンスパーク構想

原子炉実験所は核エネルギーの利用と中性子をはじめとする粒子線・放射線の利用を行う研究・教育の拠点として、その役割を果たしてきていたが、井上所長時代（平成 11（1999）年−平成 14（2002）年）に、安全・安心・信頼を基軸とする安全管理体制と研究体制の更なる強化を目的として現体制の基本となる 3 研究本部体制とし、さらに原子力科学の新たな展開として、実験所を中核とした国内外の関連研究機関や民間企業、自治体を大きく含む連携機構の構想を打ち立てた。これが「くまとりサイエンスパーク」構想である。その後、代谷所長時代（平成 15（2003）年−平成 20（2008）年）に、熊取町、大阪府、京都大学は、「くまとりサイエンスパーク」構想の研究成果を地域社会や産業に還元する仕組みを構築しようと、熊取町の提案で、平成 18（2006）年 1 月に「熊取アトムサイエンスパーク構想 ー地域に根ざし、世界に拡がる科学の郷ー 」を国に対して要望した。

その後、平成 19(2007)年 2 月には「骨子案」を作成して国に要望書を提出した。さらに「熊取アトムサイエンスパーク構想」をアピールするために、平成 19（2007）年 12 月 3 日（月）にグランキューブ大阪の特別会議場で「新材料からがん治療まで〜原子力の医療と産業への新展開〜」と題した熊取アトムサイエンスパーク構想シンポジウムを開催した（主催：熊取町、大阪府、京都大学、後援：文部科学省、近畿経済産業局）。さらに、平成 20（2008）年 4 月 20 日（日）町民会館ホールにて、くまとり新時代シンポジウム「アトムサイエンスをいかすまちづくり “くまとり”発！新科学技術から最先端がん治療まで」を開催した（主催：熊取町、大阪府、京都大学、後援：文部科学省、近畿経済産業局）。

この後、「中性子を利用したがん治療の促進」については、熊取町並びに大阪府からの期待が大きいことから、その活動は活発化してきている。平成 20（2008）年に、熊取町長、大阪府知事、そして京都大学総長を顧問とする「BNCT 研究会」が設立された。さらに、BNCT 推進協議会へと発展してゆくが、これについては次節で述べる。

熊取町第三次総合計画（2008-2017）においても、「第 6 章 活気あふれるにぎわいのまちづくり」の主要な計画において「（1）総合的な産業振興の推進 ②熊取アトムサイエンスパーク構想の推進」の項が設けられており、そのなかで「京都大学原子炉実験所の研究成果を地域医社会や産業に還元し、医療・産業・防災など国民生活に貢献する原子力科学の研究・教育・情報の拠点形成をめざす「熊取アトムサイエンスパーク構想」を、国・府等との連携により推進します。」と述べられている。平成 27(2015)年 3 月には熊取町が「「熊取アトムサイエンスパーク構想」の今後の推進に向けて」という

構想をまとめており、その表紙には「世界に誇る研究成果を地域社会に還元する仕組みを構築することは、昭和 38(1963)年の京都大学原子炉実験所開設依頼、住民の悲願」と記されている。この様に、熊取町との強い絆の下、地元と実験所の協力関係が築かれてきた。

また、熊取町第四次総合計画(2018-2027)においても、「大綱5　健全で安定した持続可能なまちをめざします」のうち、「30　多様な連携」の「目標を達成するための施策　(1)大学連携」のなかで「②京都大学原子炉実験所の研究成果の地域社会への還元をめざした「熊取アトムサイエンスパーク構想」の実現に、関係機関との連携をしながら京都大学原子炉実験所とともに取り組みます。」と期されている。この様に、この構想は熊取町政の基本計画に組み込まれており、今後も熊取町と本研究所の間で積極的な協力活動を継続することになる。

9－2.　BNCT推進協議会

前節で、平成 20(2008)年の「BNCT 研究会」設立について述べたが、これは「大阪発のホウ素中性子捕捉療法の実用化に向け、研究を支援するなど、産学官が連携し先端的がん医療拠点の形成をめざすため、ホウ素中性子捕捉療法を取り巻く諸課題を解決する方策を検討する」ことが目的であった。その後、平成 26(2014)年には、ホウ素中性子捕捉療法について、実用化と普及のために必要な課題の整理、今後の取組指針及び関西における拠点形成について検討しとりまとめる目的として「BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)実用化推進と拠点形成に向けた検討会議」が設置されて議論が行われ、「BNCT(ホウ素中性子捕捉療法)実用化推進と拠点形成に向けて」が同年にとりまとめられた。

これらをうけて、平成 28(2016)年に BNCT 研究会を BNCT 推進協議会に改組し、「実用化が目前に迫っているホウ素中性子捕捉療法(以下「BNCT」という)の更なる発展のため、BNCT の医療としての普及や高度化をめざすとともに、産学官連携や医療拠点と研究拠点等における国内外ネットワーク形成方策等を検討する」ことを目的として活動を進めている。同年 9 月には「世界初！日本が世界をリードする BNCT の実用化に向けて」というタイトルで「革新的がん治療法 BNCT シンポジウム」(主催:三井住友銀行、共催:BNCT 推進協議会、後援:内閣府・文科相・厚労省・関係大学・関係学会等)を東京で開催し、BNCT の実用化が目前に迫っていることを広く発信した。

BNCT 推進協議会は、大阪府、熊取町、京都大学複合原子力科学研究所(原子炉実験所)、関西 BNCT 共同医療センターが事務局となり、今後も、産官学連携や研究拠点と医療拠点のネットワーク強化を行いつつ、基礎研究・臨床研究レベルだけでなく医療としての普及・高度化に取り組む予定である。

9－3.　KURAMA開発

平成 23(2011)年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故は、国際的な尺度においても最も重大な事故であり、未曾有の原子力災害となった。

原子炉実験所でも、文部科学省等からの派遣要請への対応、外部からの問い合わせ等への対応を進めるとともに、福島原子力発電所事故対応グループを組織して情報や専門的知識の共有を図った。

このなかで、大学の附置研究所である実験所の独自性の発揮された事故対応の取り組みとしてあげられるのが GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA およびその発展型の KURAMA-II である。

KURAMA は平成 23（2011）年 4 月に開発が始まり、6 月の文部科学省の放射線量等分布調査の自動車走行サーベイを皮切りに国や福島県の調査などで活用された。この KURAMA の利用の支援を継続しながら、その中で明らかになった KURAMA の問題点を克服しスペクトル計測などの新しい機能を追加したより実用的なシステムである KURAMA-II を開発し、平成 23（2011）年度内に実用化を果たした。

現在では KURAMA-II とその派生型が自動車、路線バス、歩行などの様々な形で継続して活用されている。代表的なものとしては、文部科学省および原子力規制庁が現在まで継続している定期的な東日本一帯の走行サーベイ活動、平成 26（2014）年から継続中の福島県内の路線バス等に KURAMA-II を搭載しての県内生活圏の連続的なモニタリングがある。これらは地域住民の安心安全に貢献しているだけでなく、蓄積された大量のデータが専門家に公開され、様々な形で事故の環境への影響に関する研究が進められている。これらの一連の取り組みは IAEA などの国際機関からも高く評価されている。

また、KURAMA や KURAMA-II の成果は東電事故への対応だけにとどまらない。KURAMA や KURAMA-II の開発や運用で蓄積された知見は、平成 29（2017）年 12 月に原子力規制庁が整備している放射能測定法シリーズの「No. 17 連続モニタによる環境γ線測定法」に新たに収録された。このマニュアルは原子力災害時における測定法を定めたものであり、実験所発の成果が今後の原子力災害時における標準的手法としての地位を確立したことになる。このマニュアル掲載を機に、各地の原発立地自治体での KURAMA-II 導入が実現ないし計画されている。

この一連の取り組みが成果を挙げた理由として、実験所の人材の豊富さがあげられる。原子炉を利用した研究のために理学、工学、生命、農学、環境、医学など幅広い分野の教員とこれを支援する高い技術力を持つ技術職員がおり、日常的に研究や業務で交流している。特に教員の自由な発想に基づく研究が行える大学の附置研究所であったため、研究分野としては環境放射線モニタリングにほとんど関係のない原子核物理学分野の教員が KURAMA および KURAMA-II を提案し、その提案を受け止めた幅広い分野の教員や技術職員がそれぞれの持つ知見や技術を集結することができた。

時事刻々と変化する被災地の状況や現場からの要請への対応が必要となる KURAMA や KURAMA-II の開発では資金面でも工夫が必要であった。通常活用が想定されるのが競争的資金であるが、募集や交付が年単位と非常に時間がかかるため使えない。そこで、KURAMA や KURAMA-II の製造や利用を行う民間企業との間で、その都度技術要素ごとの共同研究契約を締結したほか、迅速な手当ての期待できる学内や部局内裁量経費を活用することで適時の資金確保を実現した。

KURAMA や KURAMA-II が様々な調査で活用されるためには安定した製造供給体制が必要で、そのための民間への円滑な技術移転が課題であった。そこで産官学連携本部の協力を得て、計画的に特許出願非独占ライセンスの提供をすることとした。活用可能な権利の範囲とライセンス契約に基づくサポートが明示されたことで民間企業への技術移転が円滑に進み、KURAMA-II の場合、開発開始からわずか半年程度で、東日本一帯の走行サーベイ活動のための 100 台規模の大量調達

にも対応できる供給体制を整えることができた。同時期に他大学や研究機関が開発した類似のシステムでは、大々的に開発や研究成果を発表はするものの、その後の実用化が進まなかったのとは対照的である。

このように、KURAMA および KURAMA-II は、東電福島第一原子力発電所事故への対応とより良い原子力防災の確立という社会からの強い要請に、大学や附置研らしさを活かして応えることができ、国際機関を含めた関係各所から高く評価されている。また、その過程において、大学発の優れた研究成果をいかに社会へ還元していくかという近年の大学が抱える課題について、一つのモデルケースを示すことができたのも大きな成果といえる。

9－4. 原子力安全に関する周辺自治体等との関係・連携

原子炉実験所では、原子炉を持つ施設という特質から関係自治体との適切な関係の維持は特に重要である。大阪府には、府規則により知事の諮問機関として大阪府原子炉問題審議会が、熊取町には町長の下に熊取町原子力問題対策協議会及び議会の下に原子力問題調査特別委員会（内容により議会議員全員協議会も開催）が、泉佐野市には市長の下に泉佐野市原子力問題対策協議会が置かれている。これらの委員会等に対して、原子炉施設等の大幅な改造・変更計画がある場合或いは原子炉燃料の輸送・返送がある場合には、事前の協議或いは了承を求めてきた。また、原子炉の運転状況、原子炉施設等の保守管理状況、定期検査の結果、共同利用研究及び研究会の採択状況、環境放射能測定結果等を年度毎に定例報告している。

そして、実験所と熊取町との間に「原子炉施設及びその周辺住民の安全確保に関する協定書（略称：安全協定）」が昭和 54(1979)年に、同様に泉佐野市及び貝塚市それぞれとの間には平成元(1989)年に同名の協定が締結された。これらの協定を遵守していくことは国の安全規制を遵守していくと同様に重要である。

一方、国の安全規制法令下では、これまで災害対策基本法に基づく大阪府、熊取町、泉佐野市及び貝塚市それぞれの地域防災計画が定められており、そこには実験所に係る事項が盛り込まれていて、通報・資機材の装備・訓練・防災関係者教育等々の面においてそれぞれの自治体と連携して取り組んできたところである。また、原子力災害対策特別措置法（以下「原災法」という。）に基づき、原子力災害の発生及び拡大を防止するとともに、原子力災害の復旧を図るために必要な業務に関する事項を定め、原子力災害対策の円滑かつ適切な遂行に資することを目的として原子力事業者防災業務計画を策定している。この防災業務計画は、関係法令上、毎年内容に検討を加えることになっており、修正する場合には大阪府、熊取町、泉佐野市及び貝塚市と事前に協議することになっている。

原子力安全に係る広報では、原災法に該当しない原子炉施設の異常・故障時等で原子力規制庁事故対処室へ連絡のうえ、関係自治体等へファックス通報を行った事象については、原則として実験所のホームページにて当該事象の内容を公開することになっている。

自治体以外の機関との連携については、熊取町内に所在する住友電工ファインポリマー株式会社、原子燃料工業株式会社熊取事業所、ポニー工業株式会社熊取工場及び実験所の 4 放射線関係事業所に加え、大阪府、熊取町、オフサイトセンター及び泉佐野警察署が参画し、各事業所が相互に連絡協調して保安防災事業の推進を図り、熊取町の防災活動に寄与するため、熊取町放射線

防災対策連絡協議会が設けられている。同協議会議長は各事業所が輪番で務めており、年 1 回議長事業所が中心となって防災訓練、防災に関した講習会、関連事業所の視察見学等を実施している。

補遺. 中期目標 ・ 中期計画

国立大学法人化が実施された平成 16(2004)年 4 月から、第 1 期中期目標・中期計画が 6 年間(平成 16(2004)-21(2009)年度)、第 2 期中期目標・中期計画が 6 年間(平成 22(2010)-27(2015)年度)実施され、平成 28(2016)年度から新たに第 3 期(平成 28(2016)-2021 年度)が開始されている。複合原子力科学研究所としては、京都大学全体の中期目標・中期計画の中で、部局としてこれらに対応してきている。

国立大学法人評価は、毎事業年度及び中期目標期間における業務実績について、事後的に評価が行われている。「中期目標期間に係る業務の実績に関する評価」は、独立行政法人大学評価・学位授与機構で行った教育研究の評価の結果も含めて、文部科学省の国立大学法人評価委員会によってまとめられている。

以下に、「中期目標期間評価(第 2 期中期目標期間(平成 22(2010)-27(2015)事業年度)に係る評価)」のうち、原子炉実験所に関係する「学部・研究科等の研究に関する現況分析結果」の該当部分を転載する(参考資料(補-1))。

参考資料（補-1）．原子炉実験所の研究に関する現況分析結果
（「中期目標期間評価（第2期中期目標期間（平成22(2010)-27(2015)事業年度）に係る評価）」より）

京都大学 原子炉実験所

原子炉実験所

Ⅰ 研究の水準 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 研究 29-2

Ⅱ 質の向上度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 研究 29-4

Ⅰ　研究の水準（分析項目ごとの水準及び判断理由）

分析項目Ⅰ　研究活動の状況

〔判定〕　期待される水準を上回る

〔判断理由〕

観点１－１「研究活動の状況」について、以下の点から「期待される水準を上回る」と判断した。

○　東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて取り組んでいる原子力安全基盤科学研究プロジェクトは、５研究ユニットにより研究を推進しており、空間線量の車載型サーベイシステム KURAMA　を開発し、その成果が文部科学省、環境省、福島県、原子力研究開発機構等で導入及び利用されているなど、復興支援に貢献している。

○　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）の研究を進めており、原子炉中性子源を利用して、第２期中期目標期間（平成 22 年度から平成 27 年度）において合計 235 件の臨床試験を実施している。また、加速器中性子による BNCT の開発に成功し、平成 24 年度から治験を開始しており、脳腫瘍から頭頸部癌まで適応症例を拡大している。

○　平成 23 年度から平成 26 年度における原著論文数は年度平均 149.3 件となっている。また、平成 22 年度から平成 26 年度における講演数は合計 361 件、学協会等における口頭発表数は合計 1,500 件以上となっている。

観点１－２「共同利用・共同研究の実施状況」について、以下の点から「期待される水準にある」と判断した。

○　平成 23 年度から平成 27 年度における共同利用研究の件数は年度平均 198.0 件、利用延べ人数は 2,626 名となっている。

○　加速器駆動システムの供用を進めていることにより、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、ベンチマーク実験を行っている。なお、文部科学省共同利用・共同研究拠点の期末評価判定を踏まえ、適切な対応が望まれる。

以上の状況等及び原子炉実験所の目的・特徴を勘案の上、総合的に判定した。

分析項目Ⅱ　研究成果の状況

〔判定〕　期待される水準にある

〔判断理由〕

観点２－１「研究成果の状況」について、以下の点から「期待される水準にある」と判断した。

○　学術面では、特に金属物性、量子ビーム科学、生体関連化学、原子力学、地球宇宙科学において特徴的な研究成果がある。また、加速器駆動システムの実験を成功させ、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等を行っている。第２期中期目標期間における受賞件数は、平成 24 年度文部科学大臣表彰等、53 件となっている。

○　特徴的な研究業績として、金属物性の「全固体電池を目指した超イオン伝導体の構造学的研究」、量子ビーム科学の「先進的核共鳴散乱法の開発およびその物質・生命科学研究への応用に関する研究」、生体関連化学の「LC-MS と市販酵素を用いた疾患蛋白質中の Asp 異性体の分析」、原子力学の「芳香環ポリマーを用いた放射線検出素子の先駆的開発」、地球宇宙科学の「中性子放射化分析法を用いた宇宙・地球物質の元素組成に関する研究」がある。

○　社会、経済、文化面では、特に原子力学において卓越した研究成果がある。また、研究用原子炉等の共同利用を通して、医療界や産業界における原子力利用につながる研究を行っている。

○　卓越した研究業績として、原子力学の「GPS 連動型放射線自動計測システム KURAMA/KURAMA-II の開発と展開」は、研究成果が国や福島県他の東電原発事故の放射線モニタリングに広く活用されている。

以上の状況等及び原子炉実験所の目的・特徴を勘案の上、総合的に判定した。

なお、原子炉実験所の専任教員数は 72 名、提出された研究業績数は 17 件となっている。

学術面では、提出された研究業績 17 件（延べ 34 件）について判定した結果、「SS」は１割、「Ｓ」は４割となっている。

社会、経済、文化面では、提出された研究業績３件（延べ６件）について判定した結果、「SS」は３割、「Ｓ」は３割となっている。

（※判定の延べ件数とは、１件の研究業績に対して２名の評価者が判定した結果の件数の総和）

Ⅱ　質の向上度

１．質の向上度

〔判定〕　改善、向上している

〔判断理由〕

分析項目Ⅰ「研究活動の状況」における、質の向上の状況は以下のとおりである。

○　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。また、東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、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「原子力安全基盤科学研究プロジェクト」を実施しており、平成 24 年度から平成 27 年度の毎年度国際シンポジウムを開催している。

○　国際原子力機関の共同研究プログラム（IAEA-CRP）に参加し、国際共同研究を実施している。

○　共同利用研究により発表された論文数は、第１期中期目標期間（平成 16 年度から平成 21 年度）の年度平均 227 件から平成 22 年度から平成 26 年度の年度平均 261 件へ増加している。

分析項目Ⅱ「研究成果の状況」における、質の向上の状況は以下のとおりである。

○　加速器駆動システムを用いた実験を行い、次世代原子炉及び核変換システムに関する国際共同研究を推進している。

○　加速器中性子を用いた BNCT の研究を進めており、平成 24 年度に複数の機関において BNCT を導入し、当該実験所の研究成果が活用されているなど、社会のニーズに応える研究を展開している。

これらに加え、第１期中期目標期間の現況分析における研究水準の結果も勘案し、総合的に判定した。

前述した「中期目標期間評価（第2期中期目標期間（平成22(2010)-27(2015)事業年度）に係る評価）」を受けるために、京都大学から提出した「学部・研究科等の研究に関する現況調査表」を次に記載する（参考資料（補-2））。これは、京都大学としての自己評価に該当するものである。

参考資料（補-2）．原子炉実験所の現況調査表
（京都大学から提出した「学部・研究科等の研究に関する現況調査表」より）

京都大学原子炉実験所

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 KURAMA 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をはかるという点、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う点で、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。

添 付 資 料

添付資料１．協議員会委員名簿

平成２９年４月１日現在（順序不同）

京都大学教授（原子炉実験所）	川　端　祐　司	（規程第２条第１項第１号）	
同　（　同　）	大久保　嘉　高	（　同　上　）	
同　（　同　）	森　本　幸　生	（　同　上　）	
同　（　同　）	釜　江　克　宏	（　同　上　）	
同　（　同　）	瀬　戸　　誠	（　同　上　）	
同　（　同　）	中　島　　健	（　同　上　）	
同　（　同　）	髙　橋　千太郎	（　同　上　）	
同　（　同　）	宇根﨑　博　信	（　同　上　）	
同　（　同　）	三　澤　　毅	（　同　上　）	
同　（　同　）	杉　山　正　明	（　同　上　）	
同　（　同　）	齊　藤　泰　司	（　同　上　）	
同　（　同　）	増　永　慎一郎	（　同　上　）	
同　（　同　）	鈴　木　　実	（　同　上　）	
同　（　同　）	大　槻　　勤	（　同　上　）	
同　（　同　）	木野村　　淳	（　同　上　）	

寄附研究部門教授　藤　井　紀　子（寄附研究部門内規第１０条第３項）

添付資料２．運営委員会等委員名簿

運営委員会委員

平成２９年１０月１６日現在（順序不同）

東北大学	金属材料研究所	教　授	永　井　康　介
東京大学	大学院工学系研究科	同	関　村　直　人
福井大学	附属国際原子力工学研究所	同	福　元　謙　一
東京工業大学	科学技術創成研究院	同	中　村　浩　之
大阪大学	大学院工学研究科	同	北　田　孝　典
同	大学院医学系研究科	同	小　川　和　彦
同	大学院理学研究科	同	篠　原　　厚
川崎医科大学	医学部	同	平　塚　純　一
九州大学	大学院工学研究院	同	出　光　一　哉
京都大学	大学院理学研究科	同	永　江　知　文
同	大学院医学研究科	同	富　樫　かおり
同	大学院工学研究科	同	高　木　郁　二
同	原子炉実験所	同	大久保　嘉　高
同	同	同	森　本　幸　生
同	同	同	瀬　戸　　誠
同	同	同	中　島　　健
同	同	同	宇根﨑　博　信
同	同	同	三　澤　　毅
同	同	同	杉　山　正　明
同	同	同	齊　藤　泰　司
同	同	同	増　永　慎一郎
同	同	同	鈴　木　　実
同	同	同	大　槻　　勤
同	同	同	木野村　　淳
同	同	寄附研究部門教員	藤　井　紀　子

共同利用運営委員会委員

平成２９年１０月１６日現在（順序不同）

東北大学	金属材料研究所	教　授	永　井　康　介
東京大学	大学院工学系研究科	同	関　村　直　人
福井大学	附属国際原子力工学研究所	同	福　元　謙　一
東京工業大学	科学技術創成研究院	同	中　村　浩　之
大阪大学	大学院工学研究科	同	北　田　孝　典
同	大学院医学系研究科	同	小　川　和　彦
同	大学院理学研究科	同	篠　原　　厚
川崎医科大学	医学部	同	平　塚　純　一
九州大学	大学院工学研究院	同	出　光　一　哉
京都大学	大学院理学研究科	同	永　江　知　文
同	大学院医学研究科	同	富　樫　かおり
同	大学院工学研究科	同	高　木　郁　二
○ 同	原子炉実験所	同	瀬　戸　　誠
同	同	同	中　島　　健
同	同	同	杉　山　正　明
同	同	同	齊　藤　泰　司
同	同	同	鈴　木　　実
同	同	寄附研究部門教員	藤　井　紀　子

○　委員長

研究計画委員会委員

平成２９年１０月１６日現在（順序不同）

東京大学	大学院工学系研究科	教　授	関　村　直　人
東京工業大学	科学技術創成研究院	同	中　村　浩　之
大阪大学	大学院工学研究科	同	北　田　孝　典
京都大学	同	同	高　木　郁　二
○　同	原子炉実験所	同	瀬　戸　　誠
同	同	同	森　本　幸　生
同	同	同	齊　藤　泰　司
同	同	同	増　永　慎一郎
同	同	同	杉　山　正　明
同	同	同	木野村　　淳
同	同	准教授	卞　　哲　浩
同	同	同	田　中　浩　基

○　委員長

共同利用研究委員会委員

平成２９年７月１０日現在（順序不同）

東北大学	金属材料研究所	教　授	永　井　康　介
大阪大学	大学院理学研究科	同	篠　原　　厚
東京工業大学	科学技術創成研究院	同	中　村　浩　之
石巻専修大学	理工学部	同	福　島　美智子
岐阜薬科大学		同	永　澤　秀　子
鹿児島大学	大学院理工学研究科	准教授	佐　藤　紘　一
金沢大学	理工研究域	同	佐　藤　　渉
首都大学	東京理工学研究科	同	大　浦　泰　嗣
大阪医科大学		講　師	川　端　信　司
京都大学	大学院工学研究科	准教授	田　﨑　誠　司
同	同	同	土　田　秀　次
○ 京都大学	原子炉実験所	教　授	杉　山　正　明
同	同	同	大久保　嘉　高
同	同	准教授	田　野　恵　三
同	同	同	沖　　雄　一
同	同	同	日　野　正　裕
同	同	同	櫻　井　良　憲
同	同	同	伊　藤　　啓

○　委員長

原子炉医療委員会委員

平成２９年４月１日現在（順序不同）

○京都大学	原子炉実験所	教　授	
附属粒子線腫瘍学研究センター		センター長	鈴　木　　実
京都大学	大学院医学研究科	教　授	富　樫　かおり
京都大学	原子炉実験所	同	増　永　慎一郎
京都府立医科大学		名誉教授	上　田　　聖
日本赤十字社和歌山医療センター		院　長	平　岡　眞　寛
京都大学	大学院医学研究科	教　授	椛　島　健　治
大阪大学	大学院医学系研究科	同	小　川　和　彦
大阪大学		名誉教授	井　上　俊　彦
京都大学	原子炉実験所	研究員	小　野　公　二
同	同	准教授	堀　　順　一
同	同	同	髙　橋　知　之

○　委員長

添付資料３．原子炉安全委員会等委員名簿

原子炉安全委員会委員

平成２９年４月１日現在（順序不同）

議　長	京都大学原子炉実験所	所　長	川　端　祐　司
委　員	京都大学大学院工学研究科	教　授	高　木　郁　二
	大阪大学大学院工学研究科	准教授	黒　崎　　健
	近畿大学原子力研究所	教　授	橋　本　憲　吾
	京都大学原子炉実験所	同	中　島　　健
	同	同	宇根﨑　博　信
	同	同	齊　藤　泰　司
	同	同	木野村　　淳
	同	准教授	高　橋　知　之
	同	同	高　宮　幸　一
	同	同	谷　口　秋　洋
	同	同	福　谷　　哲
	同	同	上　林　宏　敏
	同	同	堀　　順　一
	同	同	山　本　俊　弘
	同	教　授	三　澤　　毅
	同	同	大　槻　　勤
書　記	同	助　教	佐　野　忠　史、上　原　章　寛、芝　原　雄　司

保健物理委員会委員

平成２９年４月１日現在（順序不同）

議　長	京都大学原子炉実験所	所　長	川　端　祐　司
委　員	大阪府立大学研究推進機構	教　授	松　浦　寛　人
	京都医療科学大学医療科学部	教　授	大　野　和　子
	京都大学原子炉実験所	同	齊　藤　泰　司
	同　同	同	木野村　　淳
	同　同	准教授	福　谷　　哲
	同　同	同	髙　橋　知　之
	同　同	同	石　　禎　浩
	同　同	教　授	大　槻　　勤
	同　同	同	中　島　　健
	同　同	准教授	山　本　俊　弘
	同　同	教　授	三　澤　　毅
	同　環境安全保健機構健康管理部門長		石　見　　拓

2012—2017 年度　自己点検・評価報告書　執筆者一覧

第1章	実験所の概要	川端　祐司	
第2章	実験所の運営	川端　祐司	瀬戸　誠
		中島　健	釜江　克宏
		技術室	総務掛
		財務掛	
第3章	KUR、KUCA の新規制基準対応	中島　健	釜江　克宏
	及び原子炉関係施設の整備	三澤　毅	齊藤　泰司
第4章	研究活動	瀬戸　誠	鈴木　実
		杉山　正明	各研究分野長
		総務掛	共同利用掛
第5章	原子炉実験所から	川端　祐司	
	複合原子力科学研究所へ		
第6章	教育活動	森本　幸生	中島　健
第7章	国際交流	森本　幸生	
第8章	学術情報	大久保　嘉高	
第9章	社会連携	川端　祐司	谷垣　実
		総務掛	