

我が国における研究炉等の役割について  
中間報告書

平成 28 年 3 月

日本原子力学会  
「原子力アゴラ」特別専門委員会  
研究炉等の役割検討・提言分科会



# 要 旨

## 1. 背景

現在、我が国では、11 基の研究炉及び臨界実験装置(以下、研究炉等)が、それぞれの機関でリソースの制約がある中で維持され、原子力に係る、人材育成、学術研究から医療用アイソトープ生産、がんの放射線治療等の医用や、シリコン半導体生産等の産業利用までの役割を担っている。研究炉等に対する新たな規制基準への対応のため、平成 28 年 3 月現在、すべての研究炉等が停止している。研究炉等の長期停止は、既に原子力人材の育成・教育、研究開発や産業利用に支障をきたしつつある。

日本原子力学会は、「人材育成における研究炉等の役割と早期再稼働への期待」を会長記者会見(平成 27 年 6 月 24 日)で表明し、「研究炉等の役割検討・提言分科会」を設け、研究炉等に関して実態調査を行い、中間報告をまとめた。

中間報告では、研究炉等が人材育成等に果たしている役割と実績、並びに現在抱えている課題を調査で明らかにしそれを踏まえて、研究炉等が今後果たすべき役割とそのために解決すべき課題を示した。さらに、課題に対する取組の方向性を提言として示した。

## 2. 研究炉等の状況、問題点

KUR(京都大学)、UTR-KINKI(近畿大学)、JRR-3、NSRR、JMTR 及び常陽(日本原子力研究開発機構(JAEA))の研究炉 6 基、KUCA(京都大学)、NCA(東芝)、STACY、FCA(JAEA)の臨界実験装置 4 基を調査対象とした。さらに、廃止予定であるが人材育成の実績がある JAEA の JRR-4 及び TCA も加えた。これらの研究炉等に対し、実施されている研究開発・人材育成の内容及び実績を調査した。特に、人材育成については、これまでにない定量的な調査を行った。また、新規規制基準への対応状況と研究炉等が抱えている課題に関しても調査した。調査で明らかになった主な点は以下のとおりである。

### 【研究炉等における人材育成の状況】

研究炉等の人材育成における役割は、①研究炉等を用いるカリキュラムに沿って進める教育、実習、研修による育成、及び②研究炉等を用いる研究開発を通じた研究者・技術者の育成に分けられる。

全運転時間のうち①及び②に係る運転時間が占める割合は、大学の研究炉等では毎年 90%程度とかなり高く、JAEA や民間企業においても 30~40%と相当の割合を占める。

東日本大震災以前は、毎年 1,400~1,700 名(平成 18~22 年度の平均は約 1,540 名)の学生等が①や②の育成を受けた。しかしながら震災以降、JAEA の研究炉等が停止し、さらに新規規制基準への対応のため大学の研究炉等も平成 25~26 年度にかけてすべて停止したことによって、その数は平成 26 年度において約 300 名と 5 分の 1 程度に減った。なお、停止後行われている育成は原子炉運転シミュレータ等を用いた実習等であり動いている実機に触れて行うものではない。

上記のうち、学生が受けた①の育成については、大学の研究炉等が主導的な役割を持っており、新規規制基準施行前の平成 24 年度までは年間約 500~600 名(平成 18~24 年度の平均は約 560 名)の学生が育成された。この規模は全国の原子力関連学科の学生総数

と同規模であるため、研究炉等が稼働していれば、原子力を志望する学生は卒業までの間に原子炉に触れる機会が確保されていたと考えられた。しかしながら、現在のような全て停止の状況が続けば、原子力を専攻したものの多くの学生は研究炉等の実際の運転に一度も触れることなく卒業していく事態となることが懸念される。

### 【新規制基準対応の状況】

調査対象のうち、KUR、UTR-KINKI、JRR-3、JMTR、NSRR、KUCA 及び STACY の 7 基については原子炉設置変更許可申請がなされ、ヒアリング及び審査が進められている。商用発電炉とは異なり、研究炉等に対しては規制基準対応のためのガイドが作成されていない。また、研究炉等は目的に応じた設計がなされているため、熱出力・型式・燃料仕様に広いバリエーションがある。このため、新規制基準の審査は炉毎に異なり、各炉の特徴に応じ進められている。

早期の再稼働に向けて京都大学、近畿大学及び JAEA は審査対応に取り組んでいるが、従来にない想定レベルの自然現象への対応、基準地震動等の評価に関する厳密な論証等が求められているため審査に時間を要している。平成 27 年 12 月現在で再稼働を見通せた研究炉はない。

### 【研究炉等が果たすべき役割、課題】

平成 26 年 4 月に示されたエネルギー基本計画では、原子力は重要なベースロード電源であると位置づけられ、平成 27 年 7 月に公表された長期エネルギー需給見通しでは、2030 年において原子力発電は総発電量の 20～22%を供給すると見積もられている。また、地球温暖化抑制においても、温室効果ガスの大幅削減の実現については、エネルギー利用の効率化、再生可能エネルギーの積極利用あるいは CCS(二酸化炭素貯留)を最大限見積もっても原子力の利用は不可欠であり、優れた原子力技術を有する我が国は、温室効果ガス削減の目標と整合する原子力利用実現に努力する必要があると考える。このためには、これらを担う人材を継続的に育成していかなければならない。

また、原子力利用を進めるに当たって原子力に携わる研究者・技術者が解決していかなければならない課題として、東京電力福島第一原子力発電所に係る廃炉技術開発のほか、軽水炉の安全性向上のための技術開発や減容・有害度低減技術開発を含む放射性廃棄物の処理・処分等がある。これらは、長期的で重要な課題であり、絶え間なく取り組んでいく必要がある。研究炉等はこのための研究者・技術者の継続的育成と研究開発を行う場として重要である。

さらに、今日では中性子利用は、科学技術、学術、医療、産業分野において欠くべからざるものとなっており、幾つかの分野では加速器利用が進められているものの、依然として研究炉は研究開発及び産業利用のツールとして極めて重要であり、中性子利用研究や利用技術開発を担う人材の育成の場としても重要である。

海外の人材に対しても、原子力科学技術に関連した高度な教育がわが国の研究炉で実施され、将来の原子力を担う人材が供給されてきた。特に、アジアにおける我が国の立場を考えれば今後もアジア諸国の原子力人材の育成に貢献すべきであり、研究炉等はそのような役割を果たす場でもある。

このような役割が期待される研究炉等が抱えている主な課題をまとめると以下の6項目である。課題の多くは共通的なもので、しかも一機関、一大学では解決できない。

#### ① 新規制基準への対応

- ・ これまでより大量で精緻な評価作業への対応が要求され、審査結果次第では、新たな設備の整備や耐震補強が必要。
- ・ 発電炉に比べ内蔵する放射エネルギーがけた違いに少ない研究炉への基準として、新規制基準の合理性を検討する余地があり、グレーデッドアプローチの適用も含め今後の見直しが必要。

#### ② 高経年化対策

- ・ 炉毎に高経年化対策の必要性和対策に要する費用は大きく異なるものの、全般に、(特に大きな炉では)多額の費用が必要。しかし、予算確保は困難な状況。
- ・ 研究炉等の高経年化が進んでいる状況下で、一定規模の人材育成を維持するには高経年化対策が必要。

#### ③ 使用済燃料の措置

- ・ 米国が研究炉使用済燃料を受け入れるのは2029年5月までであり、それ以降の扱いは不明。
- ・ 我が国が研究炉等を今後長期に利活用するには国レベルで使用済燃料の扱いを検討しておく必要あり。

#### ④ 核セキュリティ強化対応、及び燃料低濃縮化(一部の研究炉が対象)

- ・ 核セキュリティの規範のレベルが引き上げられ、これに対応するための追加的リソースの確保が必要。
- ・ 燃料低濃縮化がなされていない一部研究炉に対して米国から低濃縮化の要請あり。この対応には、燃料ウランの確保と新燃料体の製作、さらに高濃縮ウランの処理が必要。

#### ⑤ 廃止措置及び次期研究炉等の検討

- ・ 人材育成等のニーズは継続的なもので、研究炉は長期に維持していくべきものであるが、やがては現在の施設すべてが廃止措置対象。原子力研究開発と人材育成に欠かせない研究炉等が全く利用できなくなる事態を避けるために次期研究炉等の建設が重要
- ・ 廃止措置には膨大な作業と多額の費用が必要。
- ・ 研究炉の将来的な廃止時期の扱いについては、一機関の判断に委ねるのではなく国レベルでの俯瞰的な検討が必要。

#### ⑥ 運転員の力量と士気の確保

- ・ 長期間停止状態の下での運転員の力量と士気を維持確保するために適切な対応が必要(定期的な模擬運転による訓練の実施等)
- ・ 研究炉を担っていく若い世代のインセンティブを保ち、現場の技術力を維持・向上していく取組が必要(次期研究炉等の検討は有効な手段)

### 3. 提言

#### 【原子力人材育成に対する研究炉等の重要性】

- 我が国において、今後も行われる原子力利用を担うべき人材の継続的な育成に不可欠な研究炉等の役割を、エネルギー政策や科学技術政策において明確にし、国の公共財と位置づけるべきである。
- その上で必要な施設を必要な期間にわたって確実に維持運用できるよう文部科学省及び経済産業省を中心に国レベルでの検討を行い、高経年化対策など当面の措置を行うとともに研究炉等の将来計画を明確にすべきである。

なお、原子力学会は、我が国の研究炉等の維持運用について、国レベルや国際的レベルで戦略的に取り組んでいる海外の状況を調査並びに国際的観点からの検討を行うとともに、利用ニーズに立脚した次期研究炉等に関する検討を行う。

#### 【研究炉等の新規制基準対応】

- 研究炉等の早期再稼働に向けて、原子力規制委員会と研究炉等を保有する各機関（以下、各機関）は、積極的に意思疎通を図ることにより、円滑に審査を進めるべきである。また、各機関には、早期の再稼働を目指して、新規制基準対応における効果的な連携を期待する。
- 原子力規制委員会は、審査の過程（プロセス）を確実に文書化することにより、審査の透明性確保により一層努めるべきである。
- 研究炉等への新規制基準の合理性については検討の余地があり、いわゆるグレーデッドアプローチの適用も含めて継続的な見直しが行なわれるべきである。そのためには、文書化された審査の過程（プロセス）を分析・評価し、今後の規制の改善点を確認することが重要である。

なお、日本原子力学会は、新規制基準に関し、上記の審査過程の分析評価を含めた、合理的な規制の在り方の観点からの検討を行う。

#### 【研究炉等使用済燃料に対する措置】

- 我が国において、長期的に研究炉を利活用するためには、使用済燃料に対する措置を、特に米国への使用済燃料返還の期限である 2029 年以降の措置を検討しておく必要がある。
- 研究炉等の使用済燃料の措置については、文部科学省を中心に国レベルでの検討を行うべきである。

#### 【研究炉等の安全確保と施設維持に係る措置】

- 研究炉等を運営する各機関には、施設の安全確保とともに施設維持に必要な運転員・技術者の力量と士気の維持・確保を図るよう期待する。

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 研究炉等の実態調査 .....	2
(1) 調査の項目 .....	2
(2) 調査結果 .....	2
1) 研究炉等の概要 .....	2
2) 各研究炉等のこれまでの実績及び果たしている役割の概要 .....	3
① 研究炉 .....	3
② 臨界実験装置 .....	8
3) 研究炉等における人材育成の状況 .....	11
4) 新規規制基準への対応状況 .....	14
(3) 研究炉等の役割と課題 .....	14
1) 研究炉等が今後果たすべき役割 .....	14
2) 研究炉等が抱えている課題 .....	16
3. 提言 .....	20
謝辞 .....	22
参考文献 .....	23
参考資料 .....	24
「原子力アゴラ」特別専門委員会研究炉等の役割・提言分科会 構成員及び開催実績	
図表 .....	25



## 1. はじめに

我が国は、原子力導入の開始時期から現在までに 33 基の試験研究用原子炉(研究炉及び臨界実験装置、以下、研究炉等)を建設・運転し、そこで育った多くの人材が今日まで原子力を支えてきた。このうち、すでに 22 基の研究炉等が、所期の目的を達成、あるいは老朽化により廃止または廃止措置中(廃止終了:8 基、廃止措置中:11 基、廃止予定:3 基)であり、現時点では、KUR(京都大学)、UTR-KINKI(近畿大学)、JRR-3(原子力機構(JAEA))等11 基<sup>1</sup>が、リソースの制約がある中で人材育成、学術研究から産業利用までの役割を担っている。

東京電力福島第一原子力発電所事故以後、研究炉等に対する新たな規制基準が施行(平成 25 年 12 月 18 日)され、平成 28 年 3 月現在、この基準への対応のため、すべての研究炉等が停止している。研究炉等を有する各機関においては再稼働に向けた努力がなされているが、運転再開時期の見通しは立っていない。研究炉等の長期停止は、既に原子力人材の育成・教育、研究開発や産業利用に支障をきたしている。また、再稼働問題とは別に、老朽化した設備の更新や使用済燃料の管理など、今後の原子力利用にとって重要な役割を果たす研究炉等の維持・運営には大きな課題があり、その解決、あるいは、将来に向けた確実な対応が強く求められる。

このような状況下にある研究炉等について、日本学術会議では、「研究用原子炉のありかたについて」が提言された(平成 25 年 10 月 16 日)。また、産官学連携原子力人材育成ネットワークでは、特に人材育成の観点から、国を挙げて戦略的に取組むべき重要事項として、「研究炉等大型教育・研究施設の維持」が提言された(平成 27 年 4 月 20 日)。また、文部科学省科学技術・学術審議会傘下に設置(平成 27 年 4 月 22 日)された原子力人材育成作業部会では、「原子力人材育成に必要となる研究施設、設備等のあり方」が審議事項に挙げられている。

日本原子力学会は、「人材育成における研究炉等の役割と早期再稼働への期待」を会長記者会見(平成 27 年 6 月 24 日)で表明し、学会としてとるべき対応を検討し提言をとりまとめることとした。このため、技術的な観点で率直な議論を行う場として既に設置している「原子力アゴラ」特別専門委員会の下に「研究炉等の役割検討・提言分科会」を設け、研究炉等に関して実態調査を行い、検討を行っている。

本稿は、実態調査で明らかにした、研究炉等が人材育成などに果たしている役割と実績、並びに現在抱えている課題を踏まえて、研究炉等が今後果たすべき役割とその役割を果たすために解決すべき課題を報告する。さらに、これらの課題に対する取組の方向性について中間的にまとめ提言として示す。

---

<sup>1</sup>京都大学(KUR, KUCA)、近畿大学(UTR-KINKI)、日本原子力研究開発機構(JRR-3, NSRR, JMTR, HTTR, 常陽, STACY, FCA)\*、東芝(NCA)

\*:もんじゅは研究開発段階発電用炉かつ建設中であるため除く。

## 2. 研究炉等の実態調査

### (1) 調査の項目

再稼働に向け新規規制基準対応を行っている研究炉等に対して以下の項目からなる調査を行った。

- 1) 研究炉等の概要及び運転状況、機能(利活用の内容、人材育成の内容)
- 2) 研究炉等が果たしている役割及びこれまでの実績
- 3) 研究炉等における人材育成の状況(定量的調査)
- 4) 新規規制基準への対応状況
- 5) 現状の課題

### (2) 調査結果

調査対象としては、共同利用可能な施設であり、かつ人材育成に利活用されている研究炉等を選定した。研究炉については、KUR(京都大学)、UTR-KINKI(近畿大学)、JRR-3、NSRR、JMTR 及び常陽(日本原子力研究開発機構(JAEA))の6基を対象とした。また、臨界実験装置については、KUCA(京都大学)、NCA(東芝)、STACY、FCA(JAEA)の4基を調査対象とした。さらに、JAEAのJRR-4及びTCAは廃止予定とされているが、人材育成の実績があるため参考として調査対象に加えた。JAEAの試験研究炉HTTRは、炉そのものが研究開発目的で共同利用可能な施設にはなっていないため調査対象としていない。

#### 1) 研究炉等の概要

表1に各研究炉等の概要を示す。研究炉等は、改造され平成2年(1990年)に運用を再開したJRR-3や平成7年(1995年)に運転を開始したSTACYを除けば、1960年代ないし1970年代に初臨界後、すでに数十年の利用経験がある。

研究炉の設置目的は研究開発や教育であり、このためにビーム利用や照射利用<sup>2</sup>が行われている。表1に示すように、その内容は、ビーム実験、燃料材料照射、RI生産、放射化分析、医療照射等、炉の特徴により多岐にわたっている。

研究炉の熱出力に着目すると、1W( $1.0 \times 10^{-6}$  MW)のUTR-KINKIから140MWの常陽まで幅広い。軽水型発電炉(軽水炉:PWR(加圧水型)およびBWR(沸騰水型))の熱出力は1,500MW~4,100MWの範囲であるので、出力の高い常陽でも軽水炉の10分の1未満であり、出力が最も小さいUTR-KINKIは、軽水炉の10億分の1未満と極めて小さい。

また、炉の型式については、JRR-3、JMTR及びKURは、燃料には濃縮ウラン、

---

<sup>2</sup> ビーム利用: 炉心から取り出された中性子ビームを試料に当て、主に中性子の散乱や透過の特性を利用して、試料の構造や物性を明らかにしたり、試料の内部を観察したりする。

照射利用: 炉心近傍に設けられた照射孔に試料を挿入し、中性子による核変換や弾き出し効果を利用して、物質の照射挙動研究やラジオアイソトープ製造などを行う。

減速材には軽水を使っており、燃料は低濃縮化に対応してシリサイド燃料を使用している点で共通点がある。NSRR 及び UTR-KINKI はこれらの型式とは異なる。

このように研究炉は熱出力・型式・燃料仕様にバリエーションがある。これは、各研究炉の利用目的が異なること、また建設時期や設計の考え方が異なるためである。

臨界実験装置の設置目的は、軽水炉や高速炉の炉物理研究、核燃料サイクル施設の臨界安全研究、中性子利用研究である。KUCA や TCA では、教育訓練も設置目的に加えられている。

臨界実験装置は照射利用や大強度のビーム利用を目的としないため、熱出力は研究炉と比較すると相対的に小さく、 $1.0 \times 10^{-4}$  MW (KUCA)～ $2.0 \times 10^{-3}$  MW (FCA)の範囲にある。

研究炉と臨界実験装置の違いは次のとおりである。臨界実験装置は、燃料の配置を変えることにより、燃料集合体の臨界性や中性子束分布などの核特性について教育／研究を行う装置であり、炉心構造(炉心形状や燃料組成)を容易に変更することが可能である。したがって、新型原子炉の開発においては必須の装置である。他方、研究炉は、研究目的に応じた炉心構造を有し、当該目的の教育／研究に利用されている。

## 2) 各研究炉等のこれまでの実績及び果たしている役割の概要

表 2-1～表 2-12 に研究炉等で行われてきた研究開発、人材育成等のこれまでの実績の概要を示す。このうち、研究炉については表 2-1～2-7 に、臨界実験装置については表 2-8～2-12 にまとめた。以下には、各研究炉等の運転状況、及びこれまでの実績を述べる。

### ① 研究炉

#### 【KUR: Kyoto University Research Reactor】

京都大学が保有する KUR は、昭和 39 年 6 月の初臨界以降運転が続けられており、平成 18～21 年度の間燃料の低濃縮化への対応のため運転を停止したが、平成 22 年度に運転を再開した。新規規制基準対応のため、平成 26 年 5 月より運転を停止し、平成 26 年 9 月に原子炉設置変更許可の申請を行った。平成 27 年 12 月現在、原子力規制庁による審査が続いている。なお、KUR は、現在国立大学が有する唯一の研究炉である。

KUR では中性子ビームポートと各種の中性子照射設備が用意されており、ビーム利用及び照射利用が可能である。ビーム利用では中性子イメージング、各種物質の構造解析等が行われている他、照射利用では、BNCT 等の医療照射、材料照射効果研究、放射化分析、放射性同位元素製造研究など広範な分野での研究開発が行われている。ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)については、これまでに

510 の臨床例がある。

KUR は、全国共同利用施設であり、公募によって国内の大学関係者及び公的研究機関の研究者が無償で利用可能である。平成 22～26 年度では、年間約 900～1,200 人が利用した。このうち、学生は年間 100 名程度であった。海外の大学や研究機関とは共同研究協定を締結し、海外の学生や若手研究者とともに KUR を用いた BNCT 等の先端的な研究を行うことにより、人材の育成を行っている。また、わが国の大学院においては既にかかなりの割合で外国人学生が在籍しており、国際的にも、特にアジアの原子力工学や関連学術分野の人材育成において重要な役割を果たしている。

さらに、年 1 回程度、学生を対象に、原子炉の運転管理に関する実験的教育として臨界近接実験、制御棒反応度値測定、キセノン効果測定等とともに、原子炉安全管理について実習を行っている。平成 23～26 年度には年間 6～30 名が参加した。なお、平成 26 年度は、KUR が停止中であったため、過去の実験データを用いた演習等による原子炉の運転を伴わない教育を行っている。さらに、これらとは別に KUR の運転管理を行っている人員(職員・教員で構成)の育成を講義・実習により行っている。

#### **【UTR-KINKI: University Teaching & Research Reactor – KINKI】**

UTR-KINKI は昭和 36 年 11 月の初臨界以来、原子力に関する教育及び研究を目的として運転されてきた。現在、私立大学が有する唯一の研究炉である。熱出力は 1W と我が国の研究炉で最も小さいが、新規規制基準対応のため、平成 26 年 2 月に原子炉の運転を停止し、平成 26 年 10 月に原子炉設置変更許可を申請した。平成 27 年 12 月現在、原子力規制庁による審査が続いている。

原子炉等利用共同研究として、物理系では炉物理実験・炉雑音・測定器の開発、化学系では、放射化分析、生物系では低線量の生物効果を研究するためマウス・細胞・植物の照射を行い、平成 18～26 年度では年間 80～100 名が利用した。

UTR-KINKI は出力が小さく、構造が比較的単純で操作が簡易であるため、学部学生を中心とした原子炉の原理学習・訓練等の教育訓練に適した炉として活用されている。同炉を用いた原子炉運転・実験演習では、臨界近接、中性子束測定、反応度測定、制御棒反応度値測定、中性子ラジオグラフィー、空間線量測定等が行われている。このような原子炉実習には、近畿大学学生(平成 18～25 年度年間平均 150 名)及び学外学生が年間 80～150 名参加している。これまでの実績は、近畿大学学生については延べ約 3,000 名で学外生については延べ約 3,400 名に達している。

また、学生のみならず、小・中・高校等の教員研修も実施している。内容は、原子炉に係る実習・講義と放射線を主とした実習・講義で、平成 18～25 年度は年間平均約 400 名が参加しており、これまで約 6,200 名が受講している。さらに、一般の人々を対象とした研修も行っており、原子力の理解を深めるのに役立っている。

### 【JRR-3: Japan Research Reactor No. 3】

JAEA が保有する JRR-3 は、昭和 37 年に初の国産研究炉として建設され、多くの研究に広く活用された後、昭和 60 年から平成 2 年までに大規模な改造を行い、照射設備、ビーム実験用設備および冷中性子源装置を有する汎用型研究炉 JRR-3M として平成 22 年度まで運転されてきたが、平成 23 年 3 月の東日本大震災により被災し、停止している。以後、震災からの復旧を経て再稼働に向けた取り組みが行われており、平成 26 年 9 月には新規制基準に対応すべく原子炉設置許可申請を行い、平成 27 年 12 月現在、原子力規制庁による審査が続いている。

JRR-3 は熱出力 20MW、炉心付近における最大熱中性子束  $3 \times 10^{14} \text{n}/(\text{cm}^2 \text{sec})$  の我が国最大級の研究用原子炉であり、ビーム利用及び照射利用のために多くの実験装置を有している。種々の中性子ビーム実験、原子炉燃料・材料の照射試験、医療用ラジオアイソトープ(RI)や核変換ドーピングによるシリコン半導体の製造など、基礎研究から産業利用に至る幅広い分野に利用されている。

JRR-3 は、JAEA 内部の研究者だけでなく、「施設供用制度」のもとで広く研究課題を募集し、外部の多くの研究者などに利用されている。また、平成 21 年度から文部科学省の「先端研究施設共用促進事業」に採択され、外部利用に対する支援が充実した。

ビーム利用と照射利用を比較すれば、件数・利用人数ともにビーム利用が多く、平成 18～22 年度では年間平均で約 1,200 件約 17,700 人日の利用があった(学生の利用者数(実人数)では年平均約 290 名)。この期間のビーム利用においては、中性子散乱実験による構造研究や磁性研究が多く、利用件数全体の 35%程度を占めた。利用者としては、大学関係者、JAEA 内部の研究者及び産業界があり、大学関係者が最も多い。

照射利用では、平成 18～22 年度で毎年度約 350 件・照射試料数にして約 2,500 個の利用があった。放射化分析が利用件数全体の 64%、次いで RI 製造(医療用 RI、工業用 RI)が 22%を占めている。利用者としては、大学関係者及び産業界が多い。

### 【JMTR: Japan Materials Testing Reactor】

JAEA が保有する JMTR は、昭和 43 年 3 月の初臨界から平成 18 年度まで動力炉に係る安全性研究等のための材料照射を行う試験炉として利用されてきた。照射利用のための各種の設備が整備されているとともに、原子炉とホットラボ施設が隣接(直結)しており、照射後試験や再照射試験が容易にできる原子炉施設である。この特長を活かして発電用原子炉の燃料・材料開発(BWR 燃料高燃焼度化に係る健全性・安全裕度評価、軽水炉用構造材の中性子照射効果、軽水炉材料の経年劣化に係る照射研究等)に利用されてきた。この間、165 サイクルの利用運転を行い、キャプセル照射試験としては計 9,165 サイクル・本の照射実績がある。利用者の約 50%は JAEA 関係者であるが、大学関係者の利用も約 30%に上る。

JMTRでは、炉心周辺設備の更新を行うため平成19年度から平成22年度まで運転を停止した。この間、軽水炉燃料材料の経年変化に係る照射試験設備等を整備している。平成23年度から運用開始の予定であったが東日本大震災により運転再開できず、平成27年3月に新規制基準に対応すべく原子炉設置変更許可申請を行った。この間、廃液配管の高経年化による漏えいやホットラボ排気筒のアンカーボルト減肉等が発生したことから、平成27年12月現在その対応を優先して行っている。

原子力技術の基盤維持と発展及び原子力産業の海外展開への支援並びに発電用原子炉導入を検討しているアジア諸国をはじめとした海外の原子力人材育成に貢献することを目的として、原子炉の運転管理、照射試験に係る一連の実務や原子力施設の安全管理を学習する、JMTRを用いたオンサイト研修を平成22年度から開始している。現在は運転停止中のため、原子炉シミュレータ運転実習や核設計等の研修に年間20～40名程度が参加している。

なお、JMTRの隣接地に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(旧材料試験炉利用施設(昭和44年設置))が設置されており、JMTRは当該センターが行う研究に利用されている。また、当該センターは全国の大学や研究機関の研究者を対象に、全国共同利用機関として共同利用されており、JMTRは当該センターの利用や共同研究を通しての人材育成に貢献している。

#### **【NSRR:Nuclear Safety Research Reactor】**

JAEAが保有するNSRRは、昭和50年6月の初臨界以来、平成22年度まで運転されてきたが、平成23年3月の東日本大震災により被災、停止した。被災からの復旧を経て、平成25年12月から平成26年11月の間は新規制基準に係る法律の施行前に受けていた定期検査合格証に基づく運転を行った。以後、再稼働に向けて、新規制基準に対応するための原子炉設置許可申請を平成27年3月に行った。平成27年12月現在、原子力規制庁による審査が続いている。

NSRRは、パルス運転を利用して反応度事故時の原子炉燃料の破損挙動を研究する実験用原子炉である。これまでに3,000回を超えるパルス運転(燃料照射実験はその中の約1,300回)を実施し、軽水炉等の反応度事故時の安全性評価に必要なデータと知見を取得し、国内外に発信してきた。

運転時間のほとんどは原子炉安全研究に係るものであり、人材育成に係る運転は行わなかったが、JAEA保有の原子炉を用いる人材育成の場を広げる目的から、平成21年度に、NSRRの設置目的に教育訓練を加え、運転実習及び臨界近接実験等の炉物理実験を内容とする教育を開始した。その実績としては、東京大学工学系研究科原子力専攻(専門職大学院)を対象として平成22年度に18名、震災以降は平成26年9月に19名が参加した。平成24及び25年度においては運転を伴わない実習を行っている。

## 【常陽】

JAEA が保有する高速実験炉常陽は、昭和 52 年 4 月の初臨界以降、炉心を高度化し、高速増殖炉の基礎・基盤技術の実証、燃料・材料の照射試験の実施、将来炉の開発のための革新技術の実証を役割として運転されてきた。平成 19 年度に計測線付実験装置のトラブルが生じ運転を停止している。このトラブルについては平成 27 年 6 月 23 日にすべての復旧作業が完了している。新規制基準に対応するため、平成 27 年 12 月現在、原子炉設置変更許可申請に向け申請書を作成中である。

常陽は、高速中性子照射場として世界有数の性能を有しており、計測線付燃料集合体等のオンライン照射装置や材料照射用のオフライン照射装置等が整備されている。

これまで高速増殖炉燃料照射として、もんじゅ燃料の実証(燃焼度 14GWd/t)、炭化物・窒化物燃料、MA含有燃料等の照射試験を実施した他、炉心材料や構造材料の照射を実施した。また、外部利用として、核融合材料開発、高速炉材料開発、材料照射損傷研究、基礎物理研究、海外機関の依頼照射に対応してきており、試験用の集合体の照射は 101 体、照射を行った炉心材料の試験片は約 2,140 個、構造材料の試験片は約 1,760 個である。

これまで常陽の運転保守に関わった研究者・技術者は 1,000 名以上であり、約 150 名の「もんじゅ」技術者と約 200 名のメーカ技術者を養成した。また、大学と連携して年間数十名の学生を研究生として受け入れている。学生実習では、炉物理解析、シミュレータ実習、オンサイトでの講義及び化学分析を行っており、平成 18～26 年度までに実習に参加した学生は約 400 名である。このほか約 20 名の学生が共同研究に参加している。

## 【JRR-4: Japan Research Reactor No.4】

JAEA が保有する JRR-4 は昭和 40 年 1 月の初臨界以降、燃料低濃縮化を経て平成 22 年度まで運転されてきたが、平成 23 年 3 月の東日本大震災により被災し、停止している。平成 25 年に原子力機構改革計画の一環として JRR-4 は廃止するとの方針が決まった。

JRR-4 は当初原子力船の遮蔽実験の目的で建設され、その後、利用目的に応じた運転パターンを柔軟に設定できる炉として、医療照射や人材育成への貢献がなされてきた。医療照射では、BNCT の臨床研究の発展に寄与した(平成 11～22 年度で 107 症例)。

人材育成では、昭和 43 年度から平成 22 年度において、延べ約 1,800 名の育成が行われている。また、昭和 60 年～平成 6 年に原子炉研修国際コースを設け 49 名の外国人の研修も行われている。JRR-4 の運転実習、制御棒反応度値測定、臨界近接、即発  $\gamma$  線分析、Xe 効果測定等によって育成がなされた。また、運転を伴わない実習として、原子炉停止中、JRR-4 のデータを用いた、炉物理実習、Xe

効果、即発 $\gamma$ 線分析、保守管理等の教育実習が行われた。

## ② 臨界実験装置

### 【KUCA: Kyoto University Critical Assembly】

KUCA は大学が有する装置としては、我が国唯一の臨界実験装置で、昭和 47 年 8 月の初臨界から一般研究及び教育訓練のために運転が進められてきた。大学における炉物理研究及び教育拠点としての研究施設であり、全国共同利用施設として多数の研究者・学生の研究教育に利用されてきた。複数の炉心(軽水減速架台と固体減速架台)を使用でき、パルス状中性子発生装置及び FFAG 陽子加速器による中性子発生装置を設置している。新規制基準への対応のため、平成 26 年 3 月から運転を停止し、平成 26 年 9 月に原子炉設置変更許可の申請を行った。平成 27 年 12 月現在、原子力規制庁による審査が続いている。

KUCA での研究開発として、新型炉開発、トリウム利用、未臨界度測定技術開発、炉雑音測定技術開発等を目的とする炉物理実験や検出器開発、検出器の校正等を目的とする中性子利用実験が行われている。年間 10~15 週間の共同利用研究を行っており、平成 18~25 年度においては、年間 10~20 名程度の学生が研究開発に参加している。平成 21 年度から、FFAG 陽子加速器からの 100MeV 陽子による核破砕中性子により KUCA の固体減速架台の未臨界炉心に入射する世界初の加速器未臨界システム(ADS)の実験を開始した。

教育においては、全国の大学院生や京都大学の学部学生・大学院生を対象に臨界近接、制御棒反応度値測定、中性子束測定、スクラム実験、温度・ボイド反応度測定、未臨界度測定、運転実習等からなる実験カリキュラムを行っている。また、海外からの学生に対しても全国の大学院生に対する実験カリキュラムと同じ内容の教育を行っている。このほか、KUR の運転管理に携わる人員の養成のための教育も行っている。平成 27 年 9 月の時点で、昭和 50 年(1975 年)以降の学生実験参加数は国内学生 3,630 名(留学生を含む)で海外からの学生は 230 名である。平成 18~25 年度では年間平均 170 名の学生が教育を受けている。なお、平成 26 年度は KUCA が停止中であつたため、天然ウランパイルを用いた未臨界実験を代替として実施している。

### 【FCA: Fast Critical Assembly】

JAEA が保有する FCA は高速炉の炉物理研究を行うことを目的として、昭和 42 年 4 月の初臨界後、当初はウラン燃料で運転されてきたが、昭和 49~50 年に我が国で初めてプルトニウム燃料使用が可能な臨界実験装置に改造された。以後、高速炉等の設計、運転、安全評価に必要な炉物理データを得るための臨界実験装置として利用されてきたが、東日本大震災の影響で平成 23 年度以降は運転を停止している。最近、米国より FCA で使用しているプルトニウム及び高濃縮ウラン

について返還が求められ、日本政府は返還する方針を示している。なお、新規制基準への対応のための原子炉設置許可変更申請は検討中であり、平成 27 年 12 月現在行っていない。

FCA は燃料要素と模擬物質の比率や炉心形状を変えられる構造になっており、炉心の中性子スペクトルが中速スペクトル炉から高速炉まで多岐にわたる特徴がある。これを活かし、高速炉及び新型炉の開発に係る炉物理実験データの取得をはじめ、中性子を利用した実験手法の開発や検出器／測定装置の開発等が行われてきている。

FCA における研究開発成果として、まず、「常陽」及び「もんじゅ」の安全審査や原子炉の設計に必要な炉物理データの供給が挙げられる。その後、新型中速・高速炉の概念検討に必要な核特性の検証を目的として高転換軽水炉等様々な革新炉の模擬実験を実施した。また、核データ評価に必要な基礎的積分データ、高速炉の安全性評価に必要なドップラー効果、ナトリウムボイド効果及び炉心熔融時における反応度効果等の実験データが取得され、それらの解析を通じて高速炉物理に大きく貢献した。また MA(マイナーアクチノイド)核種の断面積評価に有用な実験データの取得は世界的にも評価されている。

人材育成のための運転は行っていないが、民間及び大学との共同研究/委託研究を通じて研究者・技術者・学生等を受け入れて、炉物理実験技術の普及と継承や高速炉開発分野における人材育成を行っている。

#### **【NCA: Toshiba Nuclear Critical Assembly】**

NCA は民間企業が運転管理する我が国唯一の臨界実験装置で、昭和 38 年 12 月の初臨界以来、動力炉用原子炉並びにその燃料要素の研究のための原子炉物理実験を行うことを目的として運転が行われてきた。東日本大震災後も運転されているが、平成 26 年度は定期検査のため、運転を停止している。新規制基準への対応については、平成 27 年 12 月現在、同種の研究炉における審査状況を調査している段階で、原子炉設置変更許可申請は行っていない。

臨界実験装置は新しい燃料コンセプトの検証に重要な位置を占めており、NCA はこれまで BWR 燃料の許認可に利用されてきたが、近年は、ウェスチングハウスとも連携し、PWR 燃料や制御棒の米国認可にも利用されてきている。主に東芝内の研究に利用されており、共同研究においても実験は東芝側で行っている。炉物理研究開発として、BWR/PWR 燃料核特性実験(反応度測定、出力分布測定)、将来炉(低減速軽水炉や小型高速炉)の核特性実験、臨界をコントロールする可燃性毒物開発、制御棒開発、臨界安全研究(未臨界モニタ、燃焼度モニタの開発や燃焼度クレジットの研究)を行っている。この他、放射線検出器開発も行っている。

平成 19 年度から学生を対象に炉物理実験への参加と関連する理論講義を行う実習を実施している。主要な項目は、臨界近接、水位反応度測定、ガドリニア反応

度測定、安全板反応度測定(ロッドドロップ)、金箔による中性子測定、燃料棒ガンマ線測定である。

#### 【STACY: Static Experiment Critical Facility】

JAEA が保有する STACY は核燃料サイクル施設の臨界安全研究のための臨界実験を行う装置として、1995 年 2 月の初臨界以来臨界実験が行われてきたが、東日本大震災の影響で運転を停止している。他の臨界実験装置と異なり、硝酸ウラン溶液燃料と棒状燃料を用いる溶液燃料体系の臨界実験装置であり、再処理工場の貯槽や溶解槽を模擬した臨界実験が行われ、世界で初めて低濃縮ウラン硝酸水溶液の臨界データを取得した。

必要な臨界データ取得が終了したため、より汎用性の高い固体燃料体系への改造が計画され平成 23 年 2 月に原子炉設置変更許可申請を行った。その後、新規基準への対応として、補正申請を平成 27 年 3 月に行った。平成 27 年 12 月現在、原子力規制庁の審査が続いている。

STACY では計 644 回の臨界実験が行われ、臨界解析コードの検証に資する臨界ベンチマークデータが取得された。これらの成果は臨界安全ハンドブックの改訂や OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)が行っている国際的臨界実験評価に役立っている。

これまで STACY では教育は行われていないが、固体燃料体系の臨界実験装置に改造していく過程で、炉の設計や建設に向けた許認可を経験することによる貴重な人材育成がなされている。また、JAEA は、改造後の STACY についても TCA の後継として人材育成の場としても活用できるよう検討している。

#### 【TCA: Tank-type Critical Assembly】

JAEA が保有する TCA は動力試験炉(JPDR)の核特性研究を目的として我が国で最初に導入された軽水臨界実験装置である。昭和 37 年 8 月の初臨界以来、軽水炉に関する研究及び臨界安全に関する研究に用いられてきたとともに、平成 7 年(1995 年)に教育訓練が設置目的に加えられ、原子力人材育成の場として活用されてきた。平成 18 年度までこれらの利活用を目的とする運転が行われ、平成 19 年度以降は定期検査のための運転のみとなった。東日本大震災以降は運転を停止している。TCA は施設の当初利用目的が達成され老朽化が進んでおり、軽水炉や臨界安全に関する研究並びに教育訓練に関しては後述の STACY で実施可能であることから廃止するとの方針が決まっている。

TCA における研究開発のうち、軽水炉に関する研究では、当初、各種の実験手法の確立等に用いられるとともに、JPDR や原子力船「むつ」に関する炉物理実験が行われた。さらに JPDR での MOX 燃料使用のための臨界実験が当時の原子燃

料公社と共同で行われた。昭和 60 年以降は高転換軽水炉に係る実験が行われた。臨界安全性に関する研究では、貯蔵・輸送体系の臨界安全性試験や、使用済燃料プールの未臨界度測定技術開発等が行われた。これまで、10,000 回以上の臨界実験を行い、長年蓄積された臨界データは、臨界安全の分野で世界標準の実験データとして活用され、臨界安全ハンドブックで提案された評価手法の検証に寄与した。

人材育成では、教育研修実験の場として、JAEA 内(平成 16 年度までは原研内)の人材育成組織が主催する研修や東京大学、東京工業大学、日本原子力発電、放射線利用振興協会の実習やセミナーにおいて臨界実験等が行われてきており、平成 18 年度までに約 200 名が当該研修に参加したのをはじめ、東京工業大学実習で約 150 名、日本原子力発電実習で約 150 名、放射線利用振興協会実習で約 300 名、東京大学実習で約 30 名の参加があった。

### 3) 研究炉等における人材育成の状況

実態調査の結果を踏まえて研究炉等の人材育成における役割に着目すると、次のように分けられる。

- ① 研究炉等を用いるカリキュラムに沿って進める教育、実習、研修による育成
- ② 研究炉等を用いる研究開発を通じた研究者・技術者の育成

研究炉等の人材育成への寄与の定量化の試みとして、人材育成に係る運転時間が年間の運転時間に占める割合と人材育成を受けた人員数に着目した調査を行った。

#### 【人材育成の時間的割合】

図1-1～1-5に、主な研究炉・臨界実験装置における人材育成に係る運転時間の全運転時間に対する割合の年次推移(平成 18～26 年度)を上記①教育、実習、研修、及び②研究開発の2つの分類に分けて示す。

KUR は図1-1に示すように、低濃縮化を終了した平成 22 年度以降②研究開発を通じた人材育成が行われている。KUR のユーザーは大学中心であるため、人材育成に係る運転時間は全運転時間の 90%を超える。

UTR-KINKI では図1-2に示すように、平成 25 年度まで、②研究開発を通じた人材育成の他、①教育、実習、研修が行われている。このうち、教育は大学生・大学院生に対するものであり、小中高の学校教員等に対する研修会は実習・研修に分類している。①教育、実習・研修がそれぞれ 15%前後で、②は 50～60%である。これらを合わせ、全運転時間の 80～90%の高い割合で人材育成が行われている。

JRR-3 ではビーム利用と照射利用において、人材育成は②研究開発によって行われている。図1-3にそれぞれの全運転時間における、大学が研究開発のた

めに利用する運転時間の割合を示す。照射利用においては 5%程度であるが、ビーム利用では 40%を超えており、かなりの割合で人材育成に活用されていることが分かる。

KUCA では図1-4に示すように、運転時間の 60%から 70%を②研究開発を通じた大学の利用が占めているほか、①教育、実習、研修は 20%程度の時間割合であり、合わせると 80%を超える割合で育成を行っている。

NCA は自社による利用が中心であるが、図1-5に示すように、近年、①教育、実習、研修、②研究開発を通じた大学の利用を進めている。特に平成 22 年度からその割合は増えており、平成 23 年度及び 24 年度では 30%近くになっている。

このほか、図示していないが、JMTR は平成 18 年度までの運転時間における人材育成に係る運転時間の実績は約 30%、NSRR は平成 21 年度及び平成 26 年度の平均で約 30%であった。

以上をまとめると、大学の研究炉等では、人材育成の①及び②を合わせると年間の運転時間の 90%程度を占めている。ここで、①と②を合わせても 100%にならないのは、施設定期検査等のための運転を行う必要があるためである。JAEA 及び民間企業の研究炉等においても、年間の運転時間の 30%~40%が人材育成に関わっている。このように、我が国の研究炉等ではかなり多くの割合の運転時間を人材育成に充てていることが明らかになった。

#### 【人材育成数】

図2-1に、研究炉等における人材育成数を示す。ここでは、研究炉等の稼働の有無に関わらず、当該施設で育成を受けた人員数を掲載しており、①教育、実習及び研修に参加した人員、②各研究炉等を利用した研究開発に参画した学生(教官を除く)の数の平成 18 年度以降の推移を積み上げて示している。

平成 18 年度~平成 22 年度の人員数に増減があるが、これは JRR-3 や JRR-4 のトラブルによる一定期間の運転停止や KUR の平成 22 年度運転再開、UTR-KINKI での育成数の変動等によるものである。東日本大震災前までは、毎年 1,400~1,700 名(平成 18~22 年度の平均は約 1,540 名)が研究炉等での研究開発や教育、実習、研修を通じて育成されていた。しかしながら、震災以降、JAEA の研究炉等が軒並み停止し、さらに平成 25 年 12 月に施行された新規制基準への対応のため、大学の研究炉等も平成 25~26 年度にかけて全て停止したことによって、平成 23~26 年度において研究炉等での人材育成数が激減し平成 22 年度に比べ 5 分の 1 程度に減っている。なお、研究炉等の停止以降に行われている人材育成は原子炉運転シミュレータ等による実習であり、実物に触れる、現実感ある教育、実習、研修にはなっていない。

図2-2は、図2-1のうち、研究炉等が稼働した下での学生の育成数を示したものである。震災前までは毎年 900~1,200 名(平成 18~22 年度の平均は約 1050 名)の学生が研究炉等で育成されており、学生以外(研究者、小中高校教員等)の

育成数は約 500 名であったことが明らかになった。

さらに、図2-3は、このうち研究炉等が稼働している期間に行われた教育に着目してデータをプロットしたもので、教育においては近畿大学及び京都大学の研究炉等の役割が大きく、新規制基準施行前の平成 24 年度までは毎年 500～600 名の学生が研究炉等で教育を受けていたことがわかる(平成 18～24 年度の平均は約 560 名)。

図3は、文部科学省原子力人材育成作業部会で示された資料である。これによれば、原子力関連学科等に在籍する学生数(学部1年生から博士課程3年生まで)は、昭和48年度頃から平成6年度頃までは約2,000名以上であるが、その後徐々に減少し、名称に「原子力」を冠する学科が減少したために、平成18年度頃は500名程度に落ち込んだ。その後は、平成24年度までに800名程度まで回復し、以降は横ばい状態で推移している。この状況と、今回の調査対象の研究炉等によって達成された人材育成の規模(人材育成数)を比較すると、この規模は全国の原子力関連学科の学生総数と同程度の規模であり、原子力を志望する学生は、卒業するまでの期間に、研修や実習等で原子炉等に触れる機会が確保されていたと考えることができる。

#### 【まとめ】

今回の調査によって、研究炉等の運転時間のかなりの割合を人材育成が占めていること、特に、大学の研究炉等においては、年間運転時間の80～90%が人材育成に利用されていること、また、震災前までは研究炉等を利用した研究開発や教育・研修を通じて毎年1,000名を超える人材が育成されていたことが明らかになった。さらに教育では大学の研究炉等が大きな役割を担っていることも示された。

原子炉等を保有しない大学の原子力関連学科・専攻では、他機関の研究炉等における教育(実習・研修)を学内カリキュラムに組み入れ、単位認定している。これは、研究炉等を利用することでのみ習得可能あるいは習得効果の大きい原子炉物理、原子炉特性、核データ測定等の学習と原子炉運転や臨界実験等の一連の実務を経験させておくことが、学生を原子力人材として社会へ送り出す上で重要であるとの共通認識があるためである。

平成26年11月のNSRRの停止以降、全ての研究炉等は停止しており、研究炉等の実際の運転による人材育成が行われていない状況である。大学・大学院で原子力を専攻したものの一度も研究炉や臨界実験装置の実際の運転に触れることなく卒業していく学生が現れるという現実について、その弊害を最小限に止めるため教育関係者は苦慮している。このような状況の長期化が人材育成に与える影響が大いに懸念される。

研究炉等の再稼働後には、大学等で実習などの機会を持てなかった社会人技術者が研究炉等で教育、実習、研修を受ける機会を設けるなどの検討が必要になると考えられる。

#### 4) 新規制基準への対応状況

平成 27 年3月までに KUR、UTR-KINKI、JRR-3、JMTR、NSRR、KUCA 及び STACY の 7 施設については、各々、新規制基準に係る原子炉設置変更許可の申請が原子力規制庁に対して行なわれ、審査(ヒアリング及び審査会合)が進められている。軽水炉とは異なり、研究炉等に対しては、規制基準への対応のためのガイドが作成されていない。また、1)で述べたように、研究炉等は様々な目的を有し、型式や出力、燃料の性状も異なっている。このため、研究炉等を対象とする新規制基準の審査は、炉毎に異なり、各炉の特徴に応じて進められている。

新規制基準では、従来に比べ、地震、津波、竜巻等の自然現象の想定レベルが大幅に引き上げられるとともに、機器故障による事故等に関しても従来を上回る想定とその防護対策が求められている。これに伴い、各炉のこれまでの審査においても、耐震評価上設定される基準地震動や立地場所によっては津波高さの評価について、その前提となる震源や地盤データの設定に対して、厳密な論証が求められている。また、中高出力の研究炉(熱出力 0.5MW を超える研究炉)に対しては、多量の放射性物質を放出する事故への対応について、これまでの想定を超える事故を想定することが求められている。これは今回新たに追加された基準であり、前例がないため、申請者側からは、商用発電炉の例を参考にしながら研究炉の特徴を考慮した事象想定のか考え方について説明が行われている。各研究炉等はそれぞれ早期の再稼働に向けて審査対応に取り組んでいるが、このような対応が必要であるため審査に時間を要している。平成 27 年 12 月現在、再稼働時期を見通せた研究炉等はない。

### (3) 研究炉等の役割と課題

#### 1) 研究炉等が今後果たすべき役割

我が国に原子力が導入され、これまで 33 基の研究炉等が研究開発や人材育成のために建設・運転されてきた。既に 22 基の研究炉等が所期の目標を達成、あるいは老朽化により廃止または廃止措置中であり、現在では 11 基が、人材育成、学術研究から産業利用までの役割を担っている。

平成 26 年 4 月に示されたエネルギー基本計画では、原子力は、今後のエネルギー供給に関し重要なベースロード電源であると位置づけられた。原子力を利用していくに当たっては、東京電力福島第一原子力発電所の事故処理が大きな課題であるとともに、3E+S(Energy Security, Economic Efficiency, Environment + Safety)の視点が重要とされた。また、エネルギー基本計画に基づく国の検討の結果、長期エネルギー需給見通しが平成 27 年 7 月に公表されているが、2030 年において原子力発電は総発電量の 20~22%を供給すると見積もられている。

地球温暖化抑制においても、原子力の役割は否定できない。IPCC 第 5 次報告書では、温室効果ガス、特に二酸化炭素の人為的放出を大幅に削減しなければ

今世紀末の気温上昇は 4°Cを超える可能性が極めて大きいとされている。昨年末にパリで開催された COP21 において、2°C目標と 1.5°C努力目標が協定に書き込まれた。先進国は率先して大幅削減に取り組む必要がある。

温室効果ガスの大幅削減の実現については、国際機関や世界のシンクタンクにより様々な推計がなされているが、エネルギー利用の効率化、再生可能エネルギーの積極利用あるいは CCS(二酸化炭素貯留)を最大限見積もっても原子力の利用は不可欠であることが示されている。優れた原子力技術を有する我が国は、温室効果ガス削減の政策目標と整合する原子力利用実現に努力する必要があると考える。

以上のように、今後も一定規模での原子力のエネルギー利用が見込まれる。このためには、当然のことながら、一定規模で継続的に人材を供給していく必要がある。

また、原子力に携わる研究者・技術者が解決していかなければならない課題として、上掲の東京電力福島第一原子力発電所の事故処理のための廃炉技術開発のほか、軽水炉の安全性向上のための技術開発や減容・有害度低減技術開発を含む放射性廃棄物の処理・処分という重要な課題がある。これらに立ち向かう、あるいは主導する原子力研究者・技術者を継続的に育成していく必要があり、研究炉等はこれら人材育成と技術開発を行うための重要な場である。

さらに、今日では中性子利用は、科学技術、学術、医療、産業分野において欠くべからざるものとなっており、幾つかの分野では加速器利用が進められているものの、依然として研究炉は研究開発及び産業利用のツールとして極めて重要なものである。また、中性子利用研究や利用技術開発を担う人材の育成の場としても重要である。

このように研究炉等には今後も重要な果たすべき役割がある。人材育成については、前項で示したように原子力関連学科に在籍する学生の人数規模と現状我が国で維持されている全ての研究炉等の再稼働を前提にすれば、原子力を志す学生に対して実習・研修の機会を与えることは可能であると考えられる。しかし、利用できる施設が今後大幅に減少する場合には原子炉等の運転や管理を実体験させることが困難になり、我が国の原子力人材の育成が危惧される事態になる可能性が大きい。

国際的な観点においても、我が国の研究炉等が果たすべき役割は大きい。今後原子力エネルギー利用を進める計画を有する国々では、原子力の人材育成のために研究炉等を整備していくことになるが、かつて我が国がそうであったように、その前段階においては原子力利用を主導している国々に人材育成を託す必要がある。アジアにおいても原子力導入を計画する国は多いため、すでに我が国はそうした国々から学生や若手技術者等を受け入れ、その国々で原子力利用を主導する人材の育成を行っている。アジアにおける我が国の立場を考えれば、今後もアジア諸国の原子力人材の育成に貢献していくべきであり、現在残っている研究

炉等はそのような役割を果たす重要な場である。直接の運転員の訓練に実体験機会を提供するだけでなく、研究炉は次世代の原子力工学や関連学術分野を担う研究者、教育者をはじめ設計製造や研究開発に関わる産業界、規制や行政に関わる政府や公的機関に人材を供給する重要な役割を担っている。高度な安全性と核拡散防止を備えた原子力の健全な国際展開を進めるためには、この人材の必要性が今後原子力を導入拡大する各国で高まっていることから、原子力科学技術の教育を先導してきたわが国の教育のための研究炉の稼働は国際的な役割、責務からも必要である。

## 2) 研究炉等が抱えている課題

今回の調査の結果、1)で示す役割を研究炉等が果たしていくためには、運営上での課題があることが明らかになった。主なものは、下記の6項目である。これらの課題の多くは研究炉等を保有維持している機関に共通するものであり、しかも機関単独では解決できないものもある。

- ① 新規制基準への対応
- ② 高経年化対策
- ③ 使用済燃料の措置
- ④ 核セキュリティ強化対応、及び燃料低濃縮化(一部の研究炉が対象)
- ⑤ 廃止措置及び次期研究炉等の検討
- ⑥ 運転員の力量と士気の確保

### ① 新規制基準への対応

まず、当面の課題として、再稼働のための新規制基準への適合性審査への対応が挙げられる。前項で述べたように規制基準が改定されたことによって、これまでにない対応と大量の評価作業を行うため、大幅な体制・人員の補強が必要となっている。また、新基準対応として新たな設備や耐震補強が必要になっている場合もある。審査は各炉の状況に応じて行われるため、新たな設備の整備や構造補強について、他の炉のケースは参考にはなるが、そのままあてはめることはできない。これらの対応に必要な経費を予算に制約がある中で大学や研究機関は確保しなければならない。また、規制する側も軽水炉の経験者が主であり、多種多様な研究炉の安全確保の考え方を十分に理解している人材を育成することが課題といえる。このような状況での審査を円滑に進めるためには、規制側と申請側が積極的に意思疎通を図っていくことが必要であろう。

現在行われている審査は、研究炉等に対する新規制基準が施行されて初めてのものである。この基準は東電福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて決定された実用発電炉の基準を基にしている。研究炉といえども、その安全確保は至上命題であり、十全の対応が必要であることは当然であるが、発電炉に比べて低出力、低温であり、内蔵する放射エネルギーが桁違いに少ない研究炉に対する基準として、この基準が合理的なものであるかは検討の余地がある。

また、審査の迅速化のためには軽水炉のようなガイドを整備することが有用であるが、多様性に富んだ研究炉等に対応したガイドを作成するためには、各炉についての審査を行うことと同等の作業が結果的に必要となる。このため、審査が実施されている現状では、実施している審査の過程(プロセス)を確実に文書化し、新規制基準への適合の判断基準を記録として残すことが重要と考える。これらの記録により審査の透明性が確保されることに加え、記録を分析・評価することにより、今後の規制の改善点が確認できる。そのような評価に基づき、新規制基準の今後の見直しの議論やグレーデッドアプローチの適用法を含む審査ガイドの作成が進められるべきである。この作業は、広く関係者が参加できる学会の場で行うのが望ましい。

我が国の原子力研究開発や人材育成にとって必須であり、したがって多くの会員が関与する研究炉等の安全規制についての検討は、原子力学会にとっての重要課題でもある。学会としては、関連部会を中心とした組織横断的な取り組みとして、研究炉規制の国際標準・動向の調査、研究炉等の特性を踏まえた安全規制の在り方などの検討を行い、今後期待される見直しに対して貢献することが求められる

## ② 高経年化対策

図4に示すように調査対象施設の多くは、1960年代、1970年代に建設されており、すでに40年以上の長期間にわたり運転されている。実用発電炉に比べると使用条件は穏やかであり、いずれの施設においても安全上重要な設備・機器に対して定期的な補修や設備の更新が行われてきているが、今後さらに利用し続けるためには高経年化対策が必要とされている。

高経年化対策については、研究炉等毎にその必要性と、対策に要する経費が大きく異なる。各機関における研究炉等の運営資源には制約があるため、高経年化対応に必要な経費が多額の場合には、当該施設の運転によって得られる対価(内部および外部ニーズに対応することによって得られる資金や成果の大きさ等)と高経年化対策費用とのバランスを検討する必要があるが、研究炉等で行われる人材育成などには、国際的貢献も含め実際に得られる対価では計ることのできない価値がある。

図4の下段で示すように、90年代までは、研究炉は13基程度、臨界実験装置が7基程度、計20基程度が運転されてきたが、2005年以降は大学や民間会社の研究炉が停止され15基に減少し、さらに2013年にJAEAでは改革の一環として3基の研究炉等(JRR-4、TCA、TRACY)を廃止と方向づけたことにより、稼働可能な施設は半分程度の11基(HTTR含む)までに落ち込んだ。人材育成の規模を維持するため、高経年化対策を行い、施設を着実に維持していく必要がある。

### ③ 使用済燃料に対する措置

使用済燃料の措置については、従来、米国への返還輸送が基本となっている。これまでは米国による引き取り期限が2019年5月までとされてきた。が、最近になって、核セキュリティの観点から一部の研究炉等において使用してきた高濃縮ウラン燃料及びプルトニウム燃料を米国へ移送することとのトレードで、10年間の引き取り期限延長が決定された。しかしながら、米国への返還は米国の政策に依存しており、延長された期限である2029年5月以降の扱いは不明である。したがって、今後長期的に(2029年以降も)我が国で研究炉を利活用するならば、使用済み燃料を如何に措置するかを検討しておくことが必要である。これは、各機関単独で対応できるものではないため、国レベルで使用済燃料に対する措置(米国への返還、海外再処理、国内再処理、直接処分、長期保管など)に関する議論を行い、具体的な措置を定めていく必要がある。

なお、米国返還以外の使用済燃料の措置については、海外(例えばフランス)での再処理が検討されてきているが、低濃縮化への対応として多く使用されてきたシリサイド燃料は商用プラントでの再処理には向いていないとされている。また、シリサイド以外の燃料であっても再処理後に返還される回収ウラン、プルトニウム及び廃棄物の扱いも問題となる。

### ④ 核セキュリティ強化及び燃料低濃縮化への対応

核セキュリティについては、規範となるIAEAの基準のレベルが引き上げられたため、これに対する対応が求められるが、多くの場合、新たな設備の導入や防護設備の強化、警備の増強が必要となる。このための追加的なリソースを確保しなければならない。また、燃料の低濃縮化は、多くの研究炉等で既に終了しているが、高濃縮ウラン燃料を保有し使用している一部の研究炉等に対して米国が要求してきているもので、これに対応するためには、濃縮度を下げても必要な炉心性能が維持できるような燃料設計と新たな燃料の確保及び製作、並びに保有する高濃縮ウランの処理(米国への返還等)が必要である。これに一大学、一機関が対応することは極めて困難であり、国としての対応が求められる課題である。特に、人材育成のための利用割合が大きい大学の研究炉等については、所要の対策を講じることが求められる。

### ⑤ 廃止措置及び次期研究炉等の検討

図4に示したように、各機関は、所期の目的を達成した研究炉等を廃止あるいは廃止の方向付けを行い、既に必要な施設のみに絞って維持している。原子力施設の廃止措置は管理区域が解除されることによって達成されるが、管理区域解除までは規制当局の定期検査を受けるなど、原子力施設として管理・維持する必要がある。廃止措置は、施設からの核燃料の撤去、除染、解体等を段階的に進める必要があり、多量の廃棄物も発生するため、長期に亘る作業と莫大な資源が必要になる。したがって、リソースの確保に目処がつかなければ、

廃止措置には踏み切れないことになり、そのような場合もある。

また、ニーズが低下した施設や老朽化により使用困難となった施設は廃止するのが合理的である。しかし、調査した研究炉等には十分なニーズがあり、その存在価値は大きい。また、老朽化に関しても技術的には対応可能であり、問題はリソースの確保にある。

ニーズに見合う合理的な高経年化対策実施の可否、及びやがては訪れる廃止・リプレースの時期、これらを適切に判断することは、多くの場合、一大学、一機関の手に余る問題である。特に、廃止措置については、上述した様々な困難な課題(使用済燃料の措置、廃棄物の処理など)があり、国レベルでの検討が必要である。

高経年化対策によって、老朽化した研究炉等の利用期間を大幅に延長することが困難となり廃止の方向付けを行わざるを得ないことになる時期も早晚訪れる。わが国が今後必要とする原子力研究開発及び人材育成に欠かせない研究炉等が全く利用できなくなる事態を避けるために、今後の原子力利用のニーズに見合った性能を有する次期研究炉等の建設に向けたアクションにすぐにも着手することが必要である。

#### ⑥ 運転員の力量と士気の確保

長期間の停止状態下での運転員の力量と士気の維持確保については、研究炉を保有する各機関が今後、着実に対応すべき課題である。再稼働に向けた全系統の定期的な運転訓練も必要である。また、今後のニーズを踏まえた上で次期研究炉等の検討を行うことは、長期間停止状態にある中で研究炉等を担っていく若い世代のインセンティブを保ち、現場の技術力を維持・向上させるために有効な手段である。

研究炉等での人材育成や研究開発を海外の施設に求めることも不可能ではないが、数百名の学生を毎年海外に派遣し教育を受けさせることは現実的ではない。教育、人材育成には単に研究炉が必要だけでなく、それに付随した高度な原子力科学技術の教育や研究指導の基盤、経験、体制が必要である。また、我が国は、原子力利用を導入しようとする国々から学生を受け入れるべき立場であることは既に述べたとおりである。

研究炉等が原子力人材育成や研究開発の場として極めて重要であるにもかかわらず、国の原子力利用・研究開発の政策において研究炉の存在が必ずしも明確には位置づけられていない。また、公共財ともいべき研究炉等の維持や運営に関する国としての検討は行われておらず、計画的な措置も取られていない。運用上の困難な課題を抱える施設の命運がこれら施設を保有・維持する一大学、一機関の手に委ねられている現状は大きな問題である。

### 3. 提言

我が国では、1957年初臨界のJRR-1以降、これまでに33基の研究炉や臨界実験装置が建設され、原子力分野の人材育成、学術研究、医療用アイソトープ生産やシリコン半導体生産などの産業利用までの役割を担ってきた。研究炉等の多くは、所期の目的を達したため等により廃止され、現在は11基に減少しているが、これら全てが、研究炉等に対する新規制基準対応のため、平成28年3月現在、停止している状況である。研究炉等の長期停止は、原子力人材の育成・教育、研究開発や産業利用に支障をきたしつつある。

原子力人材の育成は、我が国における原子力発電維持のために特に重要な課題である。原子力発電は我が国のエネルギー基本計画において、重要なベースロード電源であると位置づけられており、昨年公表された長期エネルギー需給見通しでは、2030年における原子力発電は総発電量の20～22%を供給すると見積もられている。また、地球温暖化対策は世界的な重要課題であり、先進国は率先して大幅削減に取り組む必要がある。優れた原子力技術を有する我が国は、政策目標と整合する原子力利用実現に努力する必要があると考える。

今回の調査・検討により、我が国の研究炉等は、研究開発の場としてはもちろん、原子力研究や安全規制を担う人材育成を行う場として極めて重要な役割を持っていることが改めて認識された。また、新規制基準への対応のため全施設が停止しており、これらの役割を全く果たせない状況にあること、再稼働以降にも複数の運営上の課題があることが明らかとなった。特に、新規制基準施行前の平成24年度まで、毎年約600名の学生(学部・修士・博士)の教育に活用していたが、それらがゼロという危機的状況にあることが改めて明確になった。この状況に鑑み、以下を提言する。

#### 【原子力人材育成に対する研究炉等の重要性】

- 我が国において、今後も行われる原子力利用を担うべき人材の継続的な育成に不可欠な研究炉等の役割を、エネルギー政策や科学技術政策において明確にし、国の公共財と位置づけるべきである。
- その上で必要な施設を必要な期間にわたって確実に維持運用できるよう文部科学省及び経済産業省を中心に国レベルでの検討を行い、高経年化対策など当面の措置を行うとともに研究炉等の将来計画を明確にすべきである。

なお、原子力学会は、我が国の研究炉等の維持運用について、国レベルや国際的レベルで戦略的に取り組んでいる海外の状況を調査並びに国際的観点からの検討を行うとともに、利用ニーズに立脚した次期研究炉等に関する検討を行う。

#### 【研究炉等の新規制基準対応】

- 研究炉等の早期再稼働に向けて、原子力規制委員会と研究炉等を保有する各機関(以下、各機関)は、積極的に意思疎通を図ることにより、円滑に審査を進めるべきで

ある。また、各機関には、早期の再稼働を目指して、新規制基準対応における効果的な連携を期待する。

- 原子力規制委員会は、審査の過程(プロセス)を確実に文書化することにより、審査の透明性確保により一層努めるべきである。
- 研究炉等への新規制基準の合理性については検討の余地があり、いわゆるグレーデッドアプローチの適用も含めて継続的な見直しが必要である。そのためには、文書化された審査の過程(プロセス)を分析・評価し、今後の規制の改善点を確認することが重要である。

なお、日本原子力学会は、新規制基準に関し、上記の審査過程の分析評価を含めた、合理的な規制の在り方の観点からの検討を行う。

#### 【研究炉等使用済燃料に対する措置】

- 我が国において、長期的に研究炉を利活用するためには、使用済燃料に対する措置を、特に米国への使用済燃料返還の期限である 2029 年以降の措置を検討しておく必要がある。
- 研究炉等の使用済燃料の措置については、文部科学省を中心に国レベルでの検討を行うべきである。

#### 【研究炉等の安全確保と施設維持に係る措置】

- 研究炉等を運営する各機関には、施設の安全確保とともに施設維持に必要な運転員・技術者の力量と士気の維持・確保を図るよう期待する。

## 謝 辞

本報告の作成に当たっては、調査対象とした研究炉等の運営に携わっておられる京都大学、近畿大学、日本原子力研究開発機構及び株式会社東芝の関係者に、施設の実態調査などで多大なご協力を得た。この場を借りて感謝したい。

## 参考文献

- 日本学術会議、「研究用原子炉のありかたについて」(平成 25 年 10 月 16 日)  
原子力人材育成ネットワーク、「原子力人材育成の課題と今後の対応—原子力人材育成  
ロードマップの提案—」(2015 年 4 月 20 日)  
経済産業省、「長期エネルギー需給見通し」、平成 27 年 7 月  
IAEA, “CLIMATE CHANGE AND NUCLEAR POWER 2015,” Vienna, 2015  
日米核セキュリティ作業グループ(概要と成果) | 外務省、(平成 26 年 3 月 24 日)  
日本原子力学会 第 1 回(平成 20 年度)「原子力歴史構築賞」受賞内容紹介  
[http://www.aesj.net/activity/activity\\_awards/1st-kouchikusyo](http://www.aesj.net/activity/activity_awards/1st-kouchikusyo)

## 参考資料

「原子力アゴラ」特別専門委員会 研究炉等の役割・提言分科会の構成員及び開催実績

### 【構成員】

主査	上坂 充	東京大学大学院工学系研究科
幹事	峯尾英章	日本原子力研究開発機構
委員	伊藤哲夫	近畿大学原子力研究所
	上塚 寛	日本原子力研究開発機構
	岡嶋成晃	日本原子力研究開発機構
	小原 徹	東京工業大学
	神永雅紀	日本原子力研究開発機構
	木藤啓子	日本原子力産業協会
	小西哲之	京都大学エネルギー理工学研究所
	駒野康男	MHI ニュークリアシステムズ・ソリューションエンジニアリング株式会社
	佐田 務	日本原子力研究開発機構
	佐藤修彰	東北大学多元物質科学研究所
	沢井友次	日本原子力研究開発機構
	田中隆則	エネルギー総合工学研究所
	田中治邦	日本原燃株式会社
	富田 靖	日本原子力学会
	中島 健	京都大学原子炉実験所
	村山洋二	日本原子力研究開発機構

### 【開催実績】

第1回	平成27年 7月22日	(日本原子力学会 会議室)
第2回	平成27年 8月10日	(エネルギー総合工学研究所 7階会議室)
第3回	平成27年 8月24日	(日本原子力学会 会議室)
第4回	平成27年 9月 3日	(5東洋海事ビル会議室A)
第5回	平成27年10月27日	(東京大学工学部8号館222会議室)
第6回	平成27年11月10日	(東京大学工学部8号館510号室)
第7回	平成27年12月15日	(東京大学工学部8号館222会議室)

表1 実態調査対象の研究炉等の概要

区分	設置者	炉	初臨界年	利用内容(設置目的)	熱出力[MW]	炉型式等
研究炉	京都大学	KUR	1964	一般研究、材料照射、放射性同位元素生産、開発研究、医療照射、教育訓練	5	軽水減速冷却スイミングプール系タンク型 低濃縮ウラン・シリサイド板状燃料
	近畿大学	UTR-KINKI	1961	原子力に関する教育および研究	0.000001	軽水減速黒鉛反射非均質熱中性子炉 板状燃料
	JAEA	JRR-3	1990	ビーム実験、燃料・材料照射、放射性同位元素生産、放射化分析等	20	軽水減速冷却プール型 低濃縮ウラン・シリサイド板状燃料
	JAEA	JMTR	1968	動力炉に係る安全性研究等のための材料照射、放射性同位元素生産、教育訓練	50	軽水減速冷却タンク型 低濃縮ウラン・シリサイド板状燃料
	JAEA	NSRR	1975	反応度事故時の燃料の破損挙動研究、教育訓練	0.3(定常) 23000 (パルス)	濃縮ウラン燃料水素化ジルコニウム減速非均質化型原子炉 TRIGA 燃料
	JAEA	常陽	1977	高速増殖炉の基礎・基盤技術の実証、燃料・材料の照射試験の実施、将来炉の開発のための革新技术の検証	140	ナトリウム冷却高速中性子型 U・Pu 混合酸化物燃料
	JAEA	JRR-4(*)	1965	医療照射(BNCT)、原子炉技術者養成、放射化分析等	3.5	軽水減速冷却スイミングプール型 低濃縮ウラン・シリサイド板状燃料
臨界実験装置	京都大学	KUCA	1974	一般研究、教育訓練	0.0001	濃縮ウラン非均質型(軽水減速及び固体減速)複数架台方式 濃縮ウラン・アルミニウム合金板状燃料および分散型板状燃料
	東芝	NCA	1963	動力用原子炉並びにその燃料要素の研究のための原子炉物理実験	0.0002	臨界実験装置(軽水減速 非均質型)
	JAEA	FCA	1967	臨界実験:高速炉の炉物理研究	0.002	水平2分割型
	JAEA	STACY	1995	臨界実験:核燃料サイクル施設の臨界安全研究	0.0002	タンク型・硝酸ウラン溶液燃料/棒状燃料(二酸化ウラン)
	JAEA	TCA(*)	1962	軽水炉の炉物理研究 教育訓練	0.0002	縦型円筒上部開放タンク

\*: 廃止の方向

表2-1 調査結果概要(KUR)

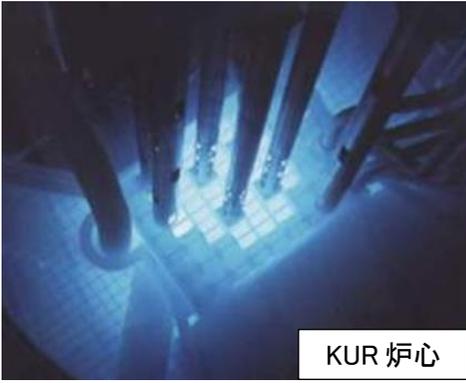
26 KUR	設置者・所在地	京都大学・大阪府泉南郡熊取町	 <p style="text-align: center;">KUR 建屋外観</p>  <p style="text-align: center;">KUR 外観</p>  <p style="text-align: center;">KUR 炉心</p>
	目的	一般研究、材料照射、放射性同位元素生産、開発研究、医療照射、教育訓練	
	型式	濃縮ウラン軽水減速冷却 スイミングプール系タンク型	
	臨界年月日	昭和 39 年 (1964 年) 6 月 25 日	
	最大熱出力	5,000kW (5MW)	
	最大中性子束	$8 \times 10^{13}(\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	
	炉心の形状・大きさ	直方体、約 51cm×約 51cm、高さ約 61cm	
	燃料	低濃縮ウラン・シリサイド板状燃料(MTR 型) 燃料芯材：ウランリサイト <sup>®</sup> ・アルミニウム分散型燃料 235U 濃縮度約 20wt%、U 濃度：約 3.2g/cm <sup>3</sup>	
	冷却材	軽水	
	制御棒	ホウ素入りステンレス鋼	
	運転形態	毎週運転、約 2.5 日/週	
	主要実験設備	重水熱中性子設備 黒鉛設備 実験孔 4 本 照射孔 4 本 圧気輸送管 3 本 水圧輸送管 1 本 傾斜照射孔 1 本 貫通孔 1 本	
	研究開発に係る実験内容	材料照射挙動、中性子イメージング、放射線生体影響、RI 製造、各種物質の構造解析、BNCT 等医療照射、放射化分析、炉雑音解析、未臨界測定 等	
	教育内容	原子炉の運転管理に関する実験的教育（臨界近接試験、制御棒反応度値測定、キセノン効果測定等）及び原子炉安全管理 別途運転管理に携わる人員育成を実施（運転パターンを通常と変える必要から 1 週間/年実施）	
これまでの実績概要 現在の運転状況	○大学における原子力研究・開発及び教育拠点としての研究施設（KUR 等）として、50 年以上にわたり、全国共同利用施設として多数の研究者・学生の研究・教育に貢献 ・理学、工学、農学、医学等広範囲の分野の研究者・学生の研究、教育に利用。各種照射設備を利用した共同利用研究が年間約 200 件行われ、参加延べ人数は年間 4000 人日に及ぶ。 ・ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）はこれまで 510 件実施。 ・平成 18 年度～21 年度は低濃縮化のため運転を停止。新規制基準対応のため、平成 26 年 5 月 26 日以降運転停止。		
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	平成 26 年 9 月 30 日設置変更許可申請、保安規定変更承認申請		

表2-2 調査結果概要(UTR-KINKI)

UTR-KINKI	設置者・所在地	近畿大学・大阪府東大阪市	
	目的	原子力に関する教育および研究	
	型式	軽水減速黒鉛反射非均質熱中性子炉	
	臨界年月日	昭和36年(1961年)11月11日	
	最大熱出力	1W (10 <sup>-6</sup> MW)	
	最大中性子束	1.2×10 <sup>7</sup> (n/cm <sup>2</sup> ・s)	
	炉心の形状・大きさ	直方体 112cm×142cm×高さ147cm	
	燃料	板状燃料	
	制御棒	カドミウム制御棒	
	運転形態	1日約6~8時間、週5日	
	主要実験設備	垂直ストリンガー(最大10×10×122cm)の他、生物照射用設備、中性子ラジオグラフィ用設備等	
研究開発に係る実験内容	原子炉等利用共同研究(物理系:炉物理実験・炉雑音・測定器の開発、化学系:放射化分析、生物系:低線量の生物効果(マウス・細胞・植物照射))		
教育内容 研修・実習内容	学部学生の原子炉運転・実験実習(原子炉運転、臨界近接、中性子束測定、反応度測定、制御棒校正、中性子ラジオグラフィ、空間線量測定等)小中高校等の教員研修(原子炉に係る実習・講義と放射線を主とした実習・講義)		
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>原子力人材育成教育:近大生に対する原子炉実習を学外生も対象に実施(80~150名/年)。          これまでの実績:近畿大学生延べ約3000名(48年間)、学外生延べ約3400名(33年間)</p> <p>原子炉実験研修会:中学高校教員を対象に実施(150~250名/年)          これまでの実績:6200名(26年間)</p> <p>新規制基準対応のため、平成26年2月から運転停止中</p>		
新規制基準対応状況 (H27.12現在)	平成26年10月20日 設置変更許可申請		

表2-3 調査結果概要(JRR-3)

JRR-3	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村	
	目的	ビーム実験、燃料・材料照射、放射性同位元素生産、放射化分析等	 <p>JRR-3 建家外観</p>  <p>JRR-3 鳥瞰図</p> <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>
	型式	濃縮ウラン軽水減速冷却プール型	
	臨界年月日	昭和 37 年 (1963 年) 9 月臨界 平成 2 年 (1990 年) 3 月改造炉臨界	
	燃料要素	低濃縮ウランシリコンアルミニウム分散型燃料	
	最大熱出力	20 MW	
	最大熱中性子束	約 $3 \times 10^{14}(\text{n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	
	炉心の形状等	円柱 (直径: 60 cm、高さ: 75 cm)	
	運転形態	サイクル運転 (2 6 日連続/サイクル、6~7 サイクル/年)	
	主要実験設備	中性子ビーム実験装置の設置台数 ・中性子回折・散乱: 27 台 (大学 13 台+原子力機構 14 台) ・中性子ラジオグラフィ: 2 台 (原子力機構) ・即発ガンマ線分析: 2 台 (原子力機構) 冷中性子源も利用可能	
研究開発に係る実験内容	中性子ビーム実験: 中性子散乱、中性子即発ガンマ線分析、中性子ラジオグラフィ、即発ガンマ線分析 等 照射実験: 放射化分析、RI 製造、半導体用シリコン照射、照射損傷、原子炉燃料材料照射 等		
これまでの実績概要 現在の運転状況	旧 JRR-3 : ・日本の技術で設計、製作された初の研究用原子炉の実用化 ・日本企業の原子炉技術の確立のための国家プロジェクトの成功 (制御工学の理論・技術の発展に大きく貢献) ・21 年間にわたり、原子力分野で共同利用。工業用、医療用、学術利用 RI 製造技術、極低温照射技術によって照射損傷の分野で原子炉材料の技術の発展に先駆的役割を果たした。  JRR-3M : ・旧 JRR-3 (10MW) を高性能化。高い中性子束と冷中性子の利用が大きな特徴。 ・平成 22 年度実績 中性子ビーム実験利用者: 22,533 人日 (大学: 約 690 名、産業界: 約 340 名、原子力機構: 約 450 名)。 照射利用件数: 327 件 (大学: 134 件、産業界: 140 件、原子力機構: 53 件) ・H23 年度以降は震災、さらに新規制基準対応で停止中		
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	平成 26 年 9 月 26 日設置変更許可申請、保安規定変更認可申請		

表2-4 調査結果概要(JMTR)

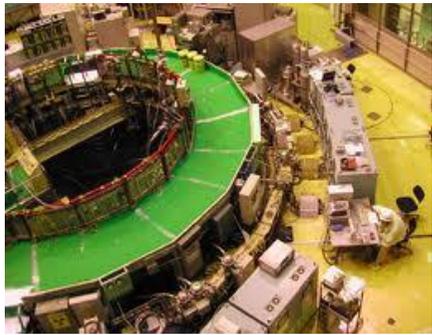
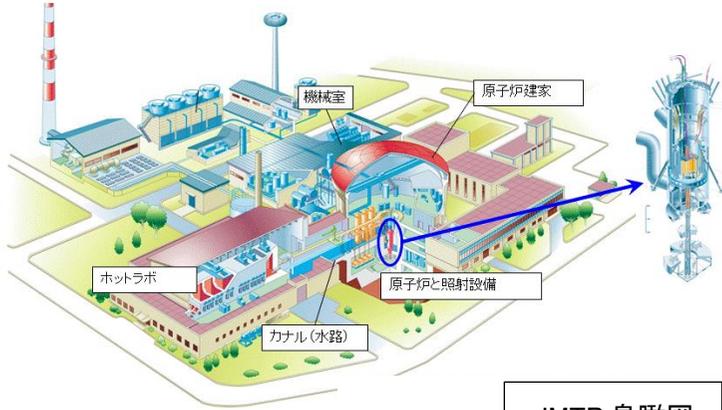
JMTR	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県東茨城郡大洗町	 <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>  <p>JMTR 鳥瞰図</p>
	目的	動力炉に係る安全性研究等のための材料照射、放射性同位元素生産、教育訓練	
	型式	軽水減速冷却タンク型	
	臨界年月日	昭和 43 年 (1968 年) 3 月	
	燃料要素	濃縮度：約 20 [wt%] 燃料芯材：U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> -Al 分散型合金	
	冷却材	軽水	
	制御棒	ボックス型ハフニウム (燃料フォロー付き)	
	最大熱出力	50,000 kW (50 MW)	
	最大熱中性子束	高速中性子束 (最大) $4 \times 10^{14}$ (n/cm <sup>2</sup> ・s) 熱中性子束 (最大) $4 \times 10^{14}$ (n/cm <sup>2</sup> ・s)	
	炉心の形状等	円柱型 (直径 1,560mm、実効高さ 750mm)	
主要実験設備	<p>【照射設備】 *計装付キャプセル装荷数 キャプセル装荷数 (最大) 60 (20*) capsules シュラウド照射装置 1 基 水カラビット 2 基 H19 年度以降、新たにさまざまな照射設備、試験装置を整備</p> <p>【ホットラボ】 コンクリートセル：8 基、顕微鏡鉛セル：4 基、鉛セル：7 基、鉄セル：5 基 遮蔽型 XMA 施設：1 基</p>		
研究開発に係る実験内容	照射試験及び照射後試験 (BWR 燃料高燃焼度化に係る健全性・安全裕度評価、軽水炉用構造材の中性子照射効果、軽水炉材料の経年劣化に係る IASCC 照射研究等)		
教育内容	水カラビットの照射試験に関する核設計、熱設計、照射後試験及び中性子照射量評価の実習、照射試験炉シミュレータ運転実習等		
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>【照射実績】平成 18 年度までの実績：累計 9165 サイクル・本のキャプセルの照射を実施 ・発電用原子炉の燃料・材料開発に貢献 (軽水炉用高燃焼度燃料の主力急上昇試験で指針策定、加熱熱衝撃、照射誘起応力腐食割れ (IASCC) に関する基礎データの修得等)</p> <p>【人材育成】国内外の若手研究者・技術者を対象に JMTR の照射利用を題材としたオンサイト研修を実施 ・原子力開発、原子力基盤技術及び人材育成に貢献</p> <p>○平成 19 年度～22 年度改修、平成 23 年度以降：震災及び新規制基準対応等で停止中</p>		
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	平成 27 年 3 月 27 日設置変更許可申請、保安規定変更認可申請		

表2-5 調査結果概要 (NSRR)

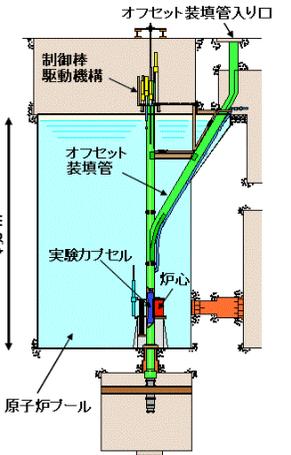
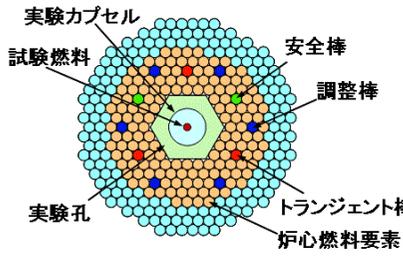
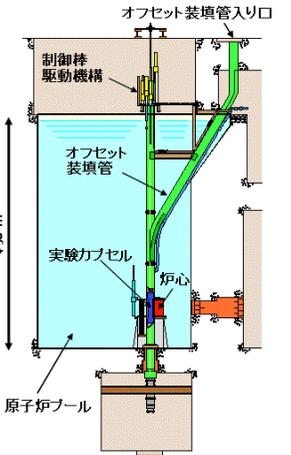
NSRR	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村		
	目的	反応度事故時の燃料の破損挙動研究、教育訓練	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>NSRR 建家外観</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>  </div> </div>	
	型式	濃縮ウラン燃料水素化ジルコニウム減速非均質型原子炉		
	臨界年月日	昭和 50 年 (1975 年) 6 月		
	燃料	TRIGA 燃料 濃縮ウラン-水素化ジルコニウム合金 (20wt%)		
	最大熱出力	300 kW (0.3MW) (定出力運転) 23,000MW (パルス運転)		
	最大熱中性子束	1.9×10 <sup>12</sup> (n/cm <sup>2</sup> ・s) (300kW 運転時) 9.6×10 <sup>14</sup> n/cm <sup>2</sup> (最大パルス運転時積算中性子束)		
	炉心の形状等	円柱型 等価直径約 63cm、有効高さ約 38cm		
	主要実験設備	実験孔 各種カプセル 中性子ラジオグラフィ装置		
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>NSRR 炉心水平断面図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>NSRR 垂直断面図</p> </div> </div>		
研究開発に係る実験内容	反応度事故時を模擬したパルス運転による燃料の破損挙動の研究			
教育内容	運転実習及び臨界近接実験等の炉物理実験 (平成 21 年度から開始)			
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>○これまでに 3000 回を超えるパルス運転、約 1300 回の燃料照射試験を実施。40 年以上にわたり、原子炉の安全確保に必要なデータを国内外に発信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事故条件下における燃料の過渡的ふるまいを映像化することに世界で初めて成功</li> <li>・反応度事故を模擬することにより、事故時の燃料のふるまいに関する貴重なデータを提供</li> <li>・高燃焼度燃料と未照射燃料における破損メカニズムや破損傾向の違いを明示</li> </ul> <p>○平成 23 年度以降、震災で停止。法律施行前に受けていた定検合格証により H25.12~H26.11 に運転。以降は新規制基準対応のため停止中</p>			
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	平成 27 年 3 月 31 日設置変更許可申請			

表2-6 調査結果概要(常陽)

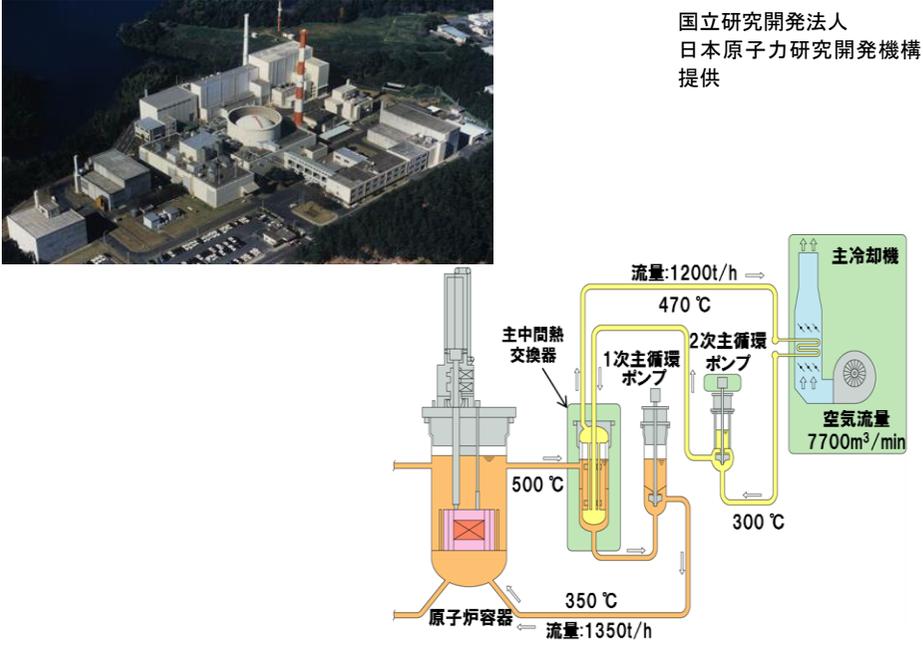
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">31 常陽</p>	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県東茨城郡大洗町	
	目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速増殖炉の基礎・基盤技術の実証</li> <li>・燃料、材料の照射試験の実施</li> <li>・将来炉の開発のための革新技術の検証</li> </ul>	 <p style="text-align: right;">国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>
	型式	ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料ナトリウム冷却高速中性子型	
	臨界年月日	昭和 52 年(1977 年) 4 月 24 日	
	最大熱出力	140 MW	
	最大中性子束	全中性子束： $5.7 \times 10^{15} (\text{n/cm}^2 \cdot \text{s})$ 高速中性子束 ( $>0.1\text{MeV}$ )： $4.0 \times 10^{15} (\text{n/cm}^2 \cdot \text{s})$	
	炉心の形状・大きさ	円筒型 直径 80 cm、高さ 50 cm	
	燃料	U・Pu 混合酸化物燃料	
	制御棒	炭化ホウ素	
	運転形態	サイクル運転(60日/サイクル 年間 最大5サイクル運転)	
主要実験設備	照射燃料集合体(酸化物、炭化物、窒化物、金属の各種燃料) 材料照射用反射体、計測線付実験装置(オンライン測定)、 照射用実験装置(燃料体に該当しない核燃料物質)		
研究開発に係る実験内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>○燃料照射試験：もんじゅ燃料の実証(14GWd/t)、将来の高速炉燃料の性能評価、炭・窒化物燃料、マイナーアクチニド含有燃料、国際協力(仏国製被覆管を用いた燃料集合体)等の照射試験を実施</li> <li>○材料照射試験：炉心材料及び構造材料</li> <li>○外部利用：利用実績：約4万試料、研究120件                         <ul style="list-style-type: none"> <li>・主な研究対象：(1)核融合炉材料開発 (2)高速炉材料開発 (3)材料の照射損傷研究 (4)基礎物理研究(ニュートリノ実験など) (5)海外研究機関からの依頼照射(仏国、米国)</li> </ul> </li> </ul>		
教育内容	<技術者養成> ・1000名以上の研究者、技術者が「常陽」の運転・保守等に従事 ・「もんじゅ」技術者：約150名、メーカ技術者：約200名 <人材育成> ・国内大学との連携：東大専門職大学院等、夏期実習生(数十名/年) ・海外の技術者・研究者の研修		
これまでの実績概要 現在の運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>○試験用集合体の照射実績                         <ul style="list-style-type: none"> <li>・照射燃料集合体 27 体</li> <li>・材料照射用反射体 68 体</li> <li>・材料照射装置 5 体</li> <li>・自己作動型炉停止機構実験装置 1 体</li> </ul> </li> <li>○炉心材料試験片 照射実績 約2,140個、構造材料試験片 照射実績 約1,760個</li> <li>○平成19年度に燃料交換装置のトラブルが生じ運転停止。平成27年6月23日にすべての作業が完了し、燃料交換機能が復旧。</li> </ul>		
新規制基準対応状況 (H27.12現在)	原子炉設置変更許可申請に向け申請書作成中		

表2-7 調査結果概要(JRR-4)

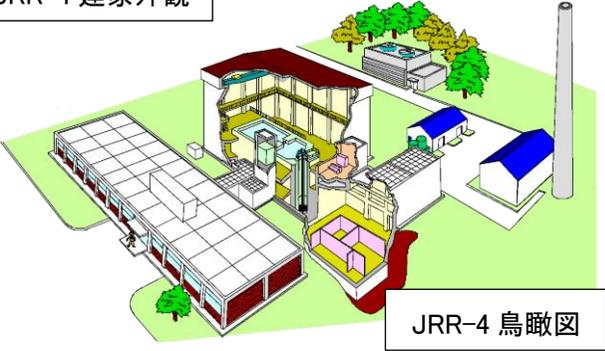
JRR-4	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村	 <p>JRR-4 建家外観</p>  <p>JRR-4 鳥瞰図</p> <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>
	目的	医療照射 (BNCT)、原子炉技術者養成、放射化分析等	
	型式	濃縮ウラン軽水減速冷却スイミングプール型	
	臨界年月日	昭和 40 年 (1965 年) 1 月 臨界、平成 10 年 (1988 年) 7 月低濃縮燃料にて臨界	
	燃料要素	低濃縮ウランシリコンアルミニウム分散型燃料	
	最大熱出力	3,500 kW (3.5MW)	
	最大熱中性子束	$7 \times 10^{13}$ (n/ cm <sup>2</sup> ・s)	
	炉心の形状等	直方形 (横 : 約 65 c m、縦 : 約 67 c m、高さ : 約 60 c m)	
	運転形態	サイクル運転 (約 4 日 / 週、約 6 時間 / 日、約 40 週 / 年)	
	主要実験設備	簡易照射設備、水力照射設備、気送照射設備、プール実験設備、中性子ビーム設備など	
	研究開発に係る実験内容	医療照射 (BNCT)、原子炉技術者養成、放射化分析、RI 製造、半導体用シリコン照射等	
	教育内容	運転実習及び臨界近接実験等の炉物理実験 (昭和 43 年度から人材育成開始)	
	これまでの実績概要 現在の運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>○当初、原子力船の遮蔽実験の目的で建設され、その後、利用目的に応じた運転パターンを柔軟に設定できる研究炉として共同利用を開始</li> <li>○遮蔽技術の開発、人材育成、がん治療に貢献             <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力船「むつ」の遮蔽実験や種々の遮蔽研究</li> <li>・原子炉の運転実習等により原子炉技術者の人材育成 (昭和 43 年度～平成 22 年度において述べ約 1,800 人)</li> <li>・ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) の臨床研究の発展に貢献 (平成 11 年度～平成 22 年度で 107 症例を実施)</li> </ul> </li> <li>○平成 22 年度実績             <ul style="list-style-type: none"> <li>照射利用件数 : 154 件 (大学 : 67 件、産業界 : 85 件、原子力機構 : 2 件)</li> <li>実験利用件数 : 744 人日 (大学 : 141 人日、産業界 20 人日、原子力機構 : 583 人日)</li> </ul> </li> <li>○平成 23 年度以降、震災で停止。平成 25 年 9 月、原子力機構改革において廃止を決定</li> </ul>	
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	未申請		

表2-8 調査結果概要(KUCA)

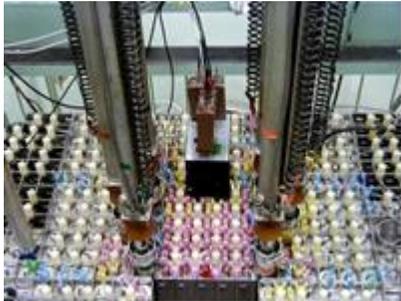
33 KUCA	設置者・所在地	京都大学・大阪府泉南郡熊取町	 <p>KUCA 建屋外観</p>  <p>固体減速架台</p>  <p>軽水減速架台</p>
	目的	一般研究、教育訓練	
	型式	濃縮ウラン非均質型（軽水減速及び固体減速）複数架台方式	
	臨界年月日	昭和47年（1974年）8月6日	
	最大熱出力	100W（10 <sup>-4</sup> MW）（短時間最大熱出力1kW）	
	炉心温度 炉心圧力	室温（軽水減速架台：最高温度80℃） 大気圧	
	炉心の形状・大きさ	固体減速架台（格子板約160cm×約160cm、燃料さや管長さ約150cm） 軽水減速架台（格子板約100cm×130cm、燃料板長さ約60cm）	
	燃料	固体減速架台：高濃縮ウラン・アルミニウム合金板 軽水減速架台：高濃縮ウラン・アルミニウム合金板状燃料（ETR型、彎曲型） 高濃縮ウラン・アルミニウム分散型合金板状燃料（彎曲型）	
	制御・停止	固体減速架台：ホウ酸、軽水減速架台：カドミウム	
	運転形態	毎日運転、約4日/週	
	主要実験設備	パルス状中性子発生装置（コッククロフト型加速器によるDT中性子） 中性子発生設備（FFAG陽子加速器による中性子）	
	研究開発に係る実験内容	炉物理実験（新型炉開発、加速器駆動システム開発、トリウム利用、未臨界度測定、炉雑音測定等）、中性子利用実験（検出器開発、検出器校正、保健物理）	
	教育内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全国大学院生実験、京大工学部学生・大学院実験（臨界近接、制御棒校正、中性子束測定、スクラム実験、温度・ボイド反応度測定、未臨界度測定、運転実習等）</li> <li>・海外学生の炉物理実験（韓国、中国、スウェーデン、実験内容は全国大学院生実験と同様）</li> <li>・KURの運転管理携わる人員育成</li> </ul>	
これまでの実績概要 現在の運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大学における炉物理研究及び教育拠点としての研究施設として、40年以上にわたり全国共同利用施設として多数の研究者・学生の研究・教育に貢献</li> <li>・年間10～15週間の共同利用研究を実施</li> <li>・1975年以降の学生実験参加者数は国内学生3630名（留学生を含む）、海外学生230名（平成27年12月時点）</li> <li>・新規制基準対応のため、平成26年3月10日より施設定期検査期間に入り以降運転停止中</li> </ul>		
新規制基準対応状況 (H27.12現在)	平成26年9月30日設置変更許可申請、保安規定変更承認申請、平成27年12月10日設置変更許可補正申請		

表2-9 調査結果概要(NCA)

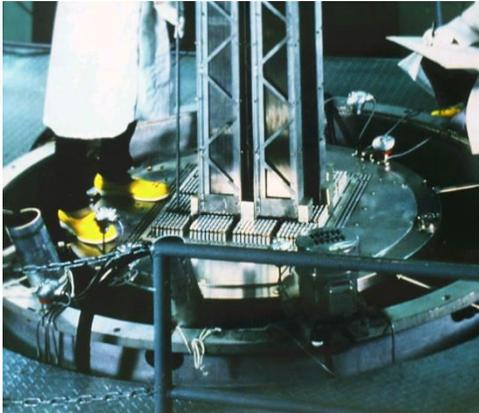
NCA	設置者・所在地	(株) 東芝・神奈川県川崎市川崎区浮島町	 <p>NCA 施設の外観</p>  <p>NCA の炉心</p>
	目的	動力用原子炉並びにその燃料要素の研究のための原子炉物理実験	
	型式	臨界実験装置 (軽水減速 非均質型)	
	臨界年月日	昭和 38 年 (1963 年) 12 月 11 日	
	最大熱出力	200W (2×10 <sup>-4</sup> MW)	
	炉心温度 炉心圧力	80℃ (最高使用温度) 大気圧	
	炉心の形状・大きさ	水対燃料体積比 0.2~3.0 配列 (1) 正方格子、(2) BWR 格子、(3) 稠密格子	
	燃料	形状: 棒状アルミニウム合金被覆 ペレット: 二酸化ウラン (直径 10 mm、濃縮度 1~4.9%) 燃料有効長 1500 mm	
	制御棒	反応度制御: 水位 微調整板 (1 枚) 停止機能: 安全板 (5 枚) 板状ステンレスシース 吸収材 カドミウム 急速排水 (ダンプ弁等)	
	運転形態	デイリー運転 1 日数回の実験 年間 50 日程度	
主要実験設備	燃料棒出力分布測定装置		
研究開発に係る実験内容	<p>NCA は主に社内の研究に利用してきており、共同研究として実施した場合も実験は東芝の研究者が実施。 炉物理、放射線計測分野の研究者が主。</p> <p>-BWR/PWR 燃料核特性実験 (反応度測定、出力分布測定)、将来炉 (低減速軽水炉、小型高速炉) 核特性実験、可燃性毒物開発、制御棒開発、臨界安全研究 (未臨界モニタ、燃焼度モニタ、燃焼度クレジット)、放射線検出器開発</p>		
教育内容	<p>学生等を対象に炉物理実験への参加と関連する理論講義を併せて行う実習を 2007 年度から実施 主要項目: 臨界近接、水位反応度測定、ガドリニア反応度測定、安全板反応度測定 (ロッドドロップ)、中性子測定 (金箔)、燃料棒ガンマ線測定 (Ge 検出器)</p>		
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>【実績概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○BWR 燃料や制御棒などの設計改良に関連する臨界実験を行い、開発や許認可などのバックアップとなるデータを取得。</li> <li>○PWR の燃料や制御棒等に関する実験にも注力。使用済燃料ラックの改良や新たな炉内検出器の実用化のための実験を実施。</li> <li>○炉心構成のフレキシビリティを生かして、次世代炉や将来炉に関する実験も実施。</li> <li>○未臨界度測定分野では、中性子源増倍法や炉雑音法、指数実験法などの実験を実施</li> </ul> <p>【運転状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○平成 26 年度は定期検査のため運転は行っていない。</li> </ul>		
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	未申請		

表2-10 調査結果概要(FCA)

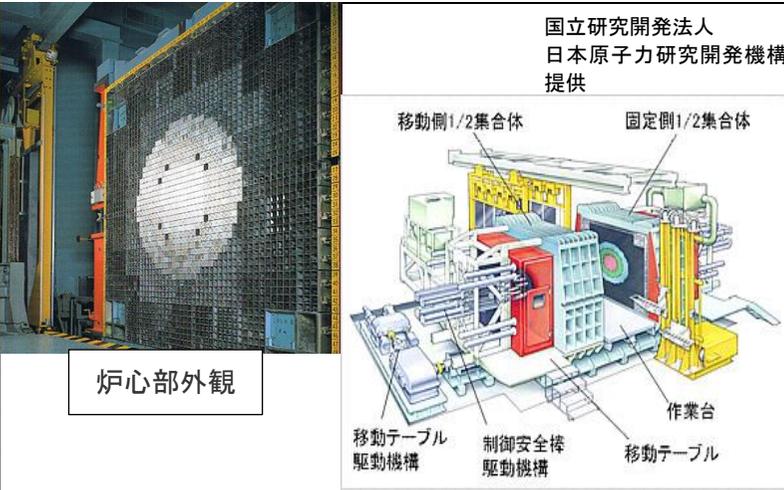
FCA	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村	 <p>炉心部外観</p> <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p> <p>移動側1/2集合体 固定側1/2集合体</p> <p>移動テーブル駆動機構 制御安全棒駆動機構 作業台 移動テーブル</p>
	目的	臨界実験 ・高速炉の炉物理研究	
	型式	水平2分割型	
	臨界年月日	昭和42年(1967年)4月	
	最大熱出力	2 kW (0.002MW)	
	炉心温度 炉心圧力	40°C (最高使用温度) 大気圧	
	炉心の形状・大きさ	約280 W×約280H ×約260L (格子管集合体寸法)	
	燃料	U 燃料, Pu 燃料 (板状, ブロック状)	
	制御棒	燃料	
	運転形態	デイリー運転	
主要実験設備	ドップラー効果測定装置、試料反応度値測定装置		
研究開発に係る実験内容	構築可能な実験炉心の燃料組成や炉心形状の自由度が大きく、炉心の中性子スペクトルは中速スペクトル炉から高速炉まで多岐にわたる特長を活かした炉物理実験データの取得(高速炉及び新型炉開発用、反応率及び反応度値測定(特に、MA核種)、未臨界度測定、炉雑音測定等)、中性子を利用した新たな実験手法や検出器/測定装置の開発。		
教育内容	民間及び大学との共同研究/受託研究による研究者・技術者・学生等を受け入れ、実験への参画を通して、炉物理実験及び解析の技術習得を通じた炉物理実験技術の普及と継承、高速炉開発分野における人材を育成(受け入れは、国内のみならず、海外も含む)。なお、一度、大学の実験演習への貢献を実施したことがある。		
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>○<u>高速炉開発への貢献</u>：高速炉の炉物理実験技術の習得と経験の蓄積に利用、実験炉「常陽」及び原型炉「もんじゅ」の模擬実験による、両炉の設計及び安全審査に必要な炉物理データの提供。</p> <p>○<u>新型中速・高速炉の概念検討への貢献</u>：核特性の検証を目的とした革新炉の模擬実験。</p> <p>○<u>基盤データの取得</u>：核データ評価に必要な基礎的積分データ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高速炉の安全性に重要なドップラー効果</li> <li>・Na ボイド効果および炉心熔融時における反応度効果等の実験データの取得と解析による、我が国の高速炉物理の発展への貢献</li> <li>・MA核種の断面積評価のための系統的な中性子スペクトル場での実験データの取得</li> <li>・遅発中性子国際ベンチマーク実験</li> <li>・keV領域のU-235捕獲断面積の積分評価に資するデータの取得</li> <li>・震災直前まで、軽水炉のドップラー効果評価の実験を実施していたところ</li> </ul> <p>○<u>新たな実験手法の開発</u>：高速炉系の臨界性を系統的に取扱うことを目指した密度係数法の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・炉停止マージンや燃料交換時の安全確認の定量評価を目的とした大きな負の反応度の測定法の開発、</li> <li>・高速中性子スペクトル測定のための反跳陽子計数管装置の開発、</li> <li>・もんじゅの起動試験における箔を用いた反応率分布測定技術の開発での測定手法の実証とノウハウの蓄積。</li> </ul> <p>○平成23年度以降、震災の影響で運転停止中</p>		
新規制基準対応状況 (H27.12現在)	未申請		

表2-11 調査結果概要(STACY)

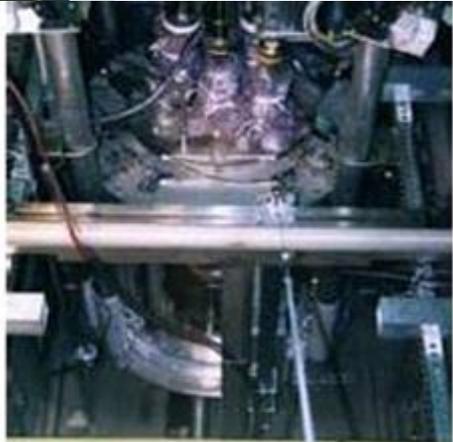
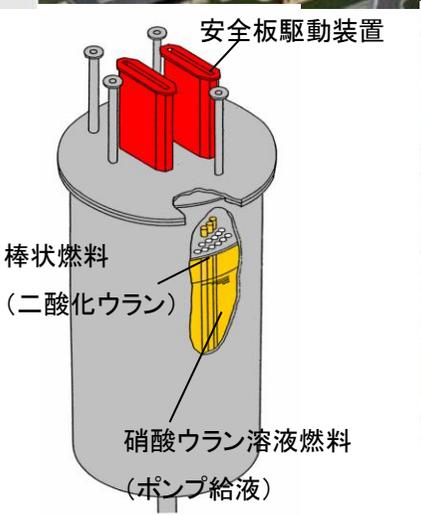
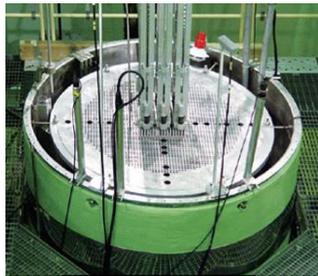
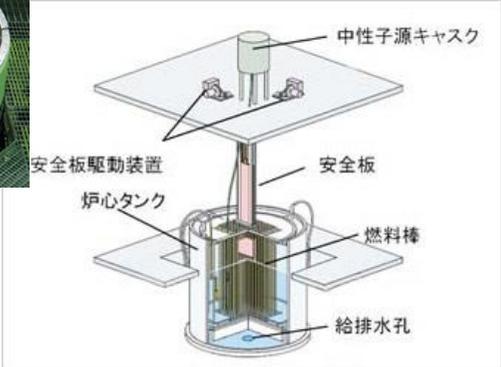
36 STACY	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村	 <p>NUCEF 外観</p> <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 提供</p>  <p>STACY 炉心タンク上部</p>  <p>安全板駆動装置</p> <p>棒状燃料 (二酸化ウラン)</p> <p>硝酸ウラン溶液燃料 (ポンプ給液)</p>
	目的	臨界実験 ・核燃料サイクル施設の臨界安全研究	
	型式	タンク型	
	臨界年月日	平成7年(1995年)2月23日	
	最大熱出力	200 W (2×10 <sup>-4</sup> MW)	
	炉心温度	40℃以下(溶液燃料温度)	
	炉心圧力	0.4kg/c m <sup>2</sup> (最高使用圧力)	
	炉心の形状・大きさ	タンク型 均質体系用として 円筒炉心タンク2基(直径60cm及び80cm、高さ150cm)、 平板タンク1基(厚さ28cm、幅70cm、高さ150cm)、 相互干渉タンク1組(厚さ35cm、幅70cm、高さ150cmの タンクを 2基組み合わせる)。 非均質体系用として 円筒炉心タンク1基(直径60cm、高さ150cm。 タンク内に交換式の格子板を備え、 燃料棒を1.5cm、2.1cm又は2.5cm間隔で 配列可能)。	
	燃料	1) 硝酸ウラン溶液燃料 2) 棒状燃料(二酸化ウラン)	
	制御棒	無し(液位制御)	
	運転形態	デイリー運転	
	主要実験設備	溶液燃料調製設備、分析設備	
	研究開発に係る実験内容	JAERI/JAEAの臨界安全研究(科技庁/文科省受託事業を含む) 臨界解析コードの検証に資する臨界ベンチマークデータの取得 未臨界度測定手法の研究	
	教育内容	なし (STACYの更新炉ではTCAが担っていた人材育成の場としての利用も検討)	
これまでの実績概要 現在の運転状況	○平成7年度以降、再処理工場等の臨界安全を念頭にウランの硝酸溶液燃料を用い多くの臨界実験を実施。世界で初めて低濃縮ウラン硝酸水溶液の臨界データを取得。均質(相互干渉を含む)又は非均質の体系で644回の臨界実験を実施。 ○主な実績: 臨界安全ハンドブック、OECD/NEAへの国際的実験評価へのデータ提供やSTACYでの実験データの登録 ○平成23年度以降は震災、新規制基準対応で停止中。		
新規制基準対応状況 (H27.12現在)	平成27年3月31日補正申請(STACYは溶液燃料を用いる装置から固体燃料を用いる装置に改修)		

表2-12 調査結果概要(TCA)

37 TCA	設置者・所在地	日本原子力研究開発機構・茨城県那珂郡東海村	
	目的	軽水炉の炉物理研究 教育訓練	 <p>炉心部外観</p>  <p>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構提供</p>
	型式	縦型円筒上部開放タンク	
	臨界年月日	昭和 37 年 (1962) 8 月 23 日	
	最大熱出力	200 W (2×10 <sup>-4</sup> MW)	
	炉心温度 炉心圧力	80℃ (最高使用温度) 大気圧	
	炉心の形状・大きさ	30 W× 30D × 110H (代表) タンク寸法 183 φ× 214H	
	燃料	二酸化ウラン、U・Pu 混合酸化物 (棒状)	
	制御棒	無し (水位制御)	
	運転形態	デイリー運転	
	主要実験設備	可搬型中性子発生装置 (D・T)	
	研究開発に係る実験内容	<p>○軽水炉に関する研究 (1962～2000)：JPDR-II 各設計検証実験、原子力船「むつ」炉心模擬実験、高転換軽水炉模擬実験、Gd 入り燃料の特性実験、軽水炉高度化に必要な炉物理データの取得、FP 等各データ検証実験 (2001～2003)：未臨界度測定手法の検討、ボイド反応度測定、炉雑音法の特性試験 (2004～2006)：MEXT 公募 (強い核拡散抵抗性を有する Pu を生成する革新的原子炉技術開発) 等</p> <p>○臨界安全に関する研究 (1962～2000)：貯蔵・輸送体系の臨界安全性試験 (2001)：使用済燃料プールの未臨界度測定技術</p>	
	教育内容	<p>2000～2006：人材育成センター (原子炉工学課程、原子力入門コース)、東工大夏期実習、原電実習、放射線振興協会セミナー 2005～2006：東大原子力専門職大学院</p>	
これまでの実績概要 現在の運転状況	<p>○TCA で長年蓄積された臨界データは、臨界安全の分野で世界標準の実験データとして活用、臨界安全ハンドブックで提案された評価手法の検証に 寄与。また、教育研修実験の場として利用され、原子力技術者の育成に貢献。 なお、2007 年以降は利活用は停止 ・これまで 10,000 回以上の臨界実験を実施 ・研修での利用人数：人材育成センター (約 200 人)、東工大 (約 150 人)、原電 (約 150 人)、放射線振興協会 (約 300 人)、東大 (約 32 人) ○平成 23 年度以降、震災の影響で運転停止 (原子力機構改革に基づき廃止の方向)</p>		
新規制基準対応状況 (H27.12 現在)	未申請		

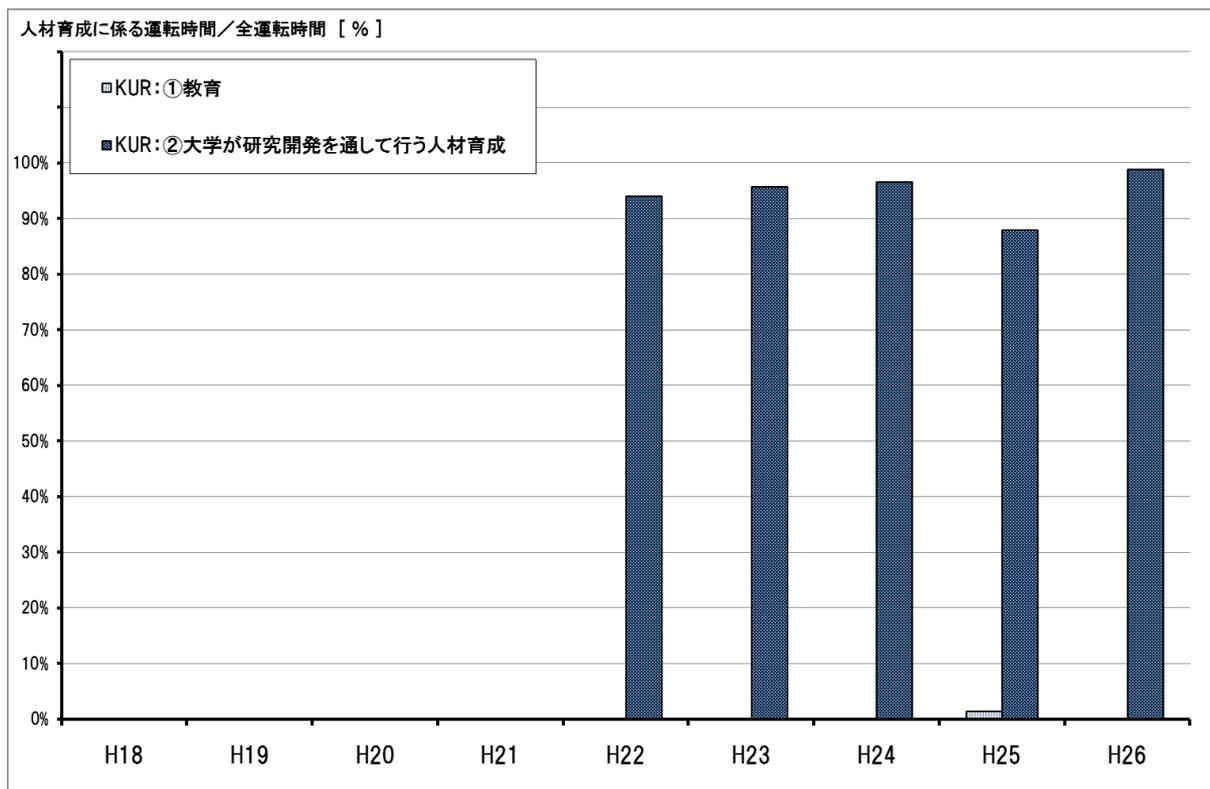


図1-1 全運転時間に対する人材育成に係る運転時間の割合(KUR)

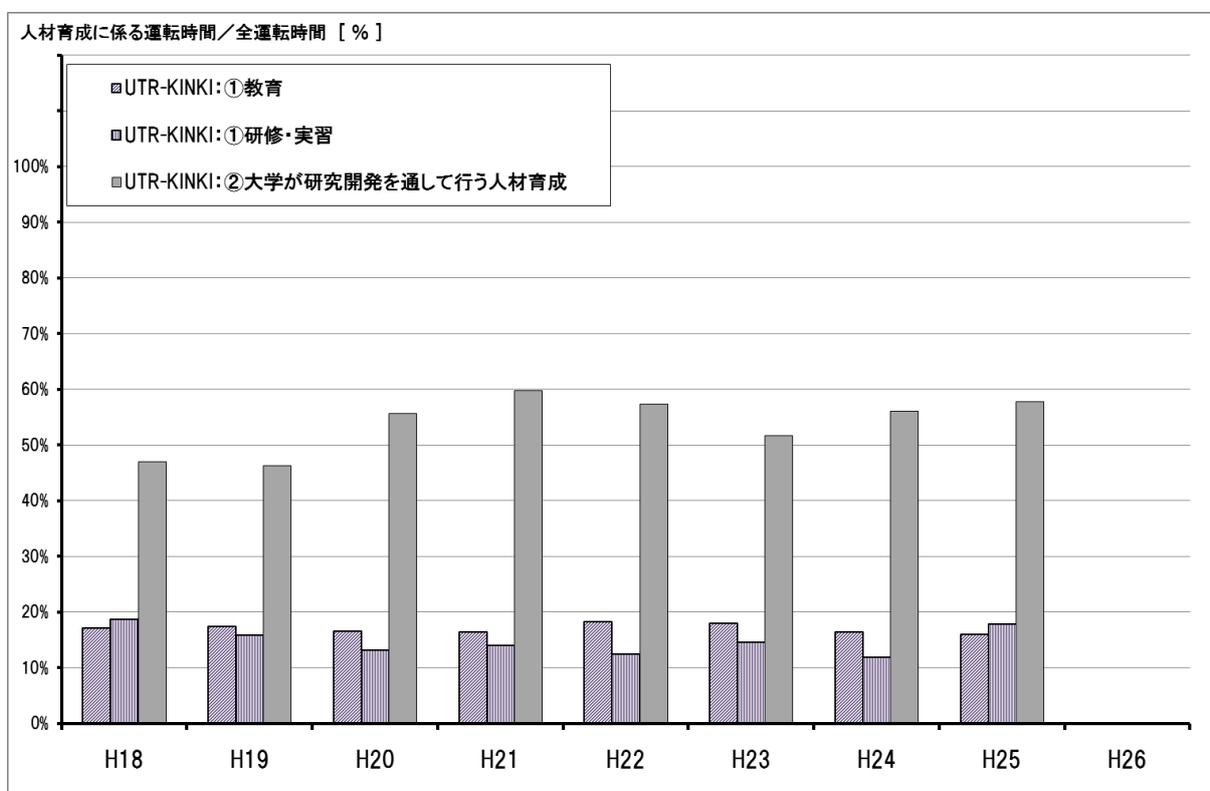


図1-2 全運転時間に対する人材育成に係る運転時間の割合(UTR-KINKI)

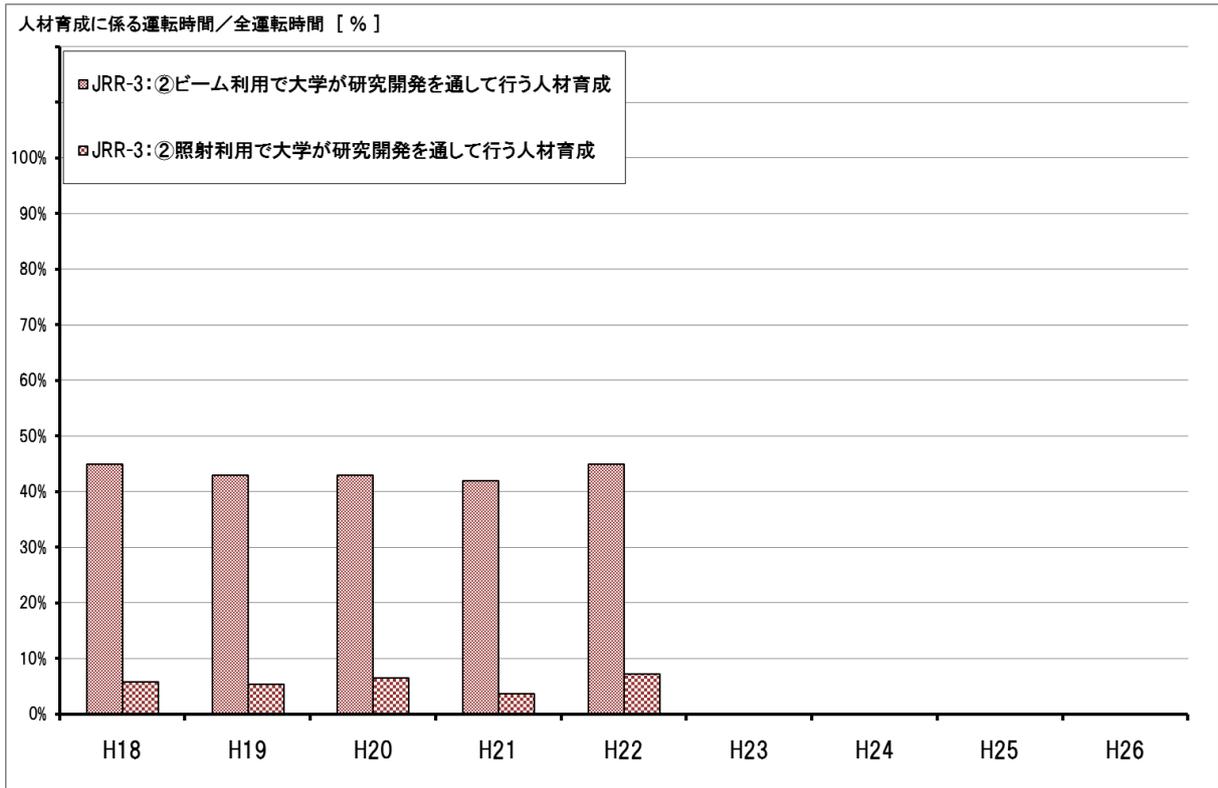


図1-3 全運転時間に対する人材育成に係る運転時間の割合 (JRR-3)

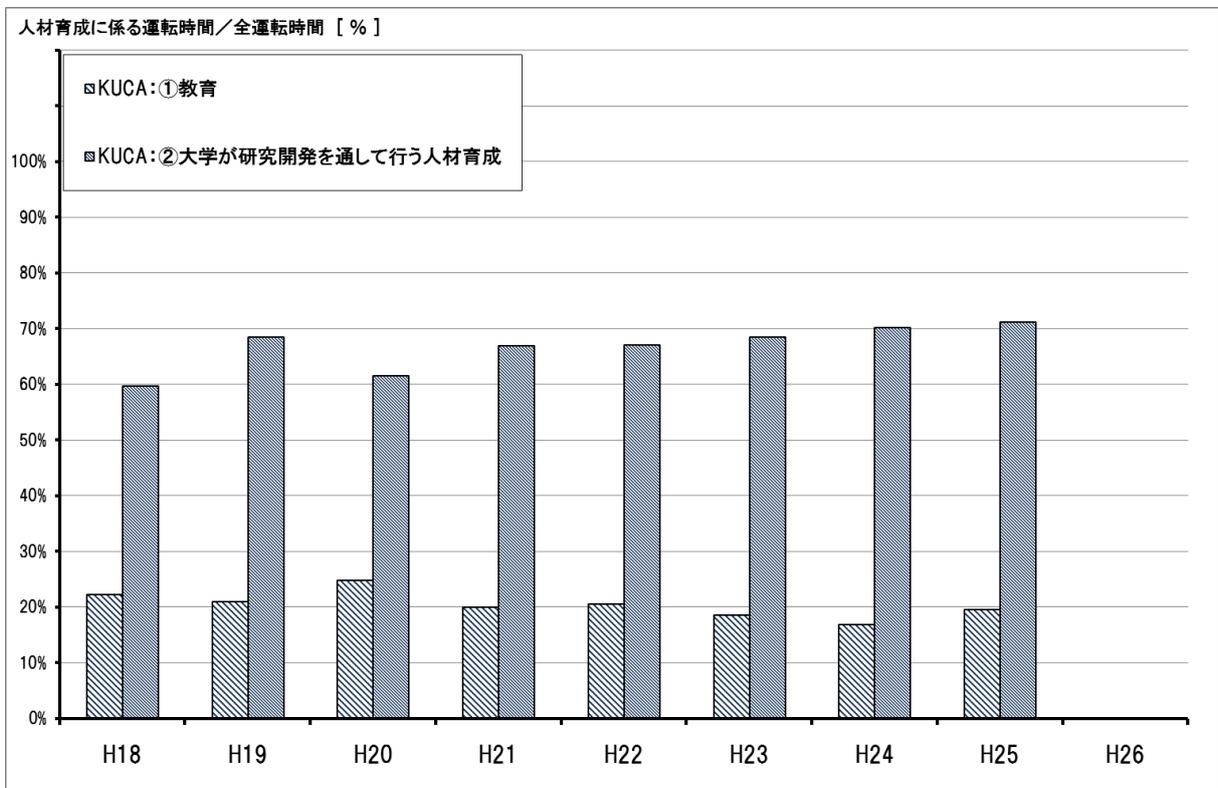


図1-4 全運転時間に対する人材育成に係る運転時間の割合 (KUCA)

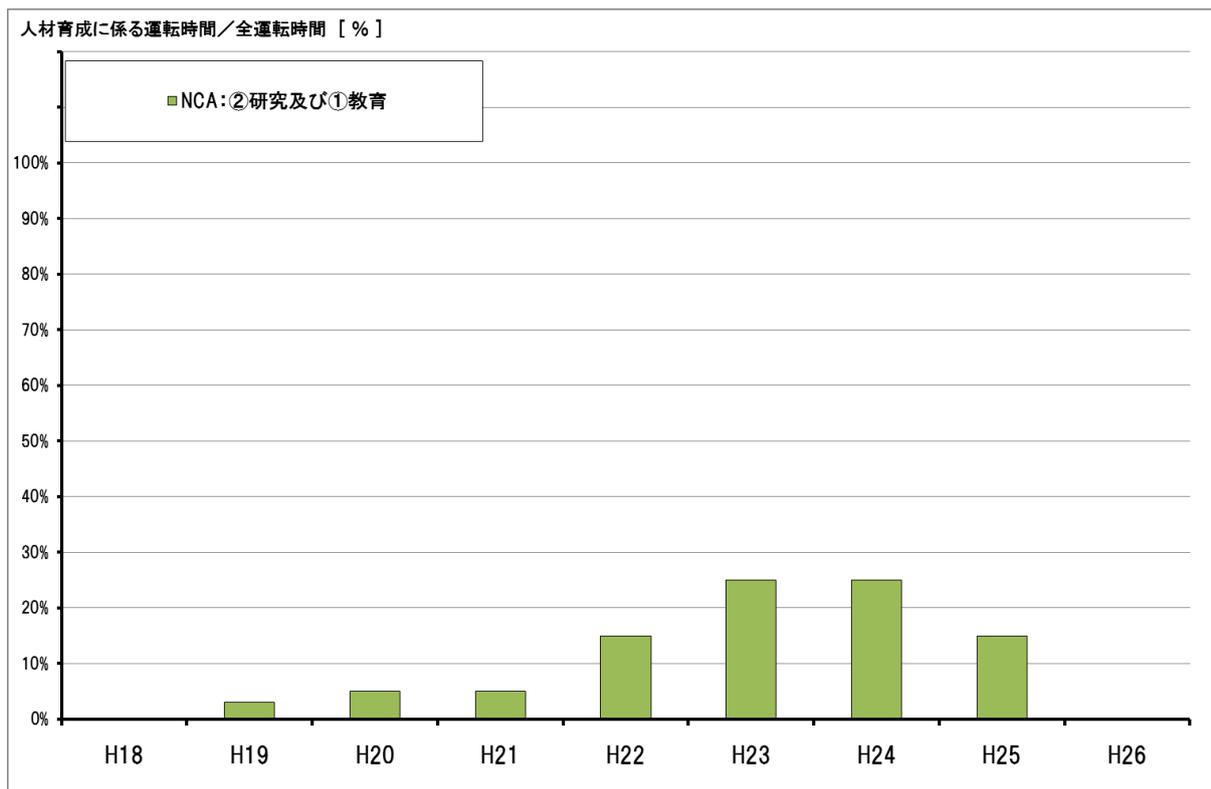


図1-5 全運転時間に対する人材育成に係る運転時間の割合(NCA)

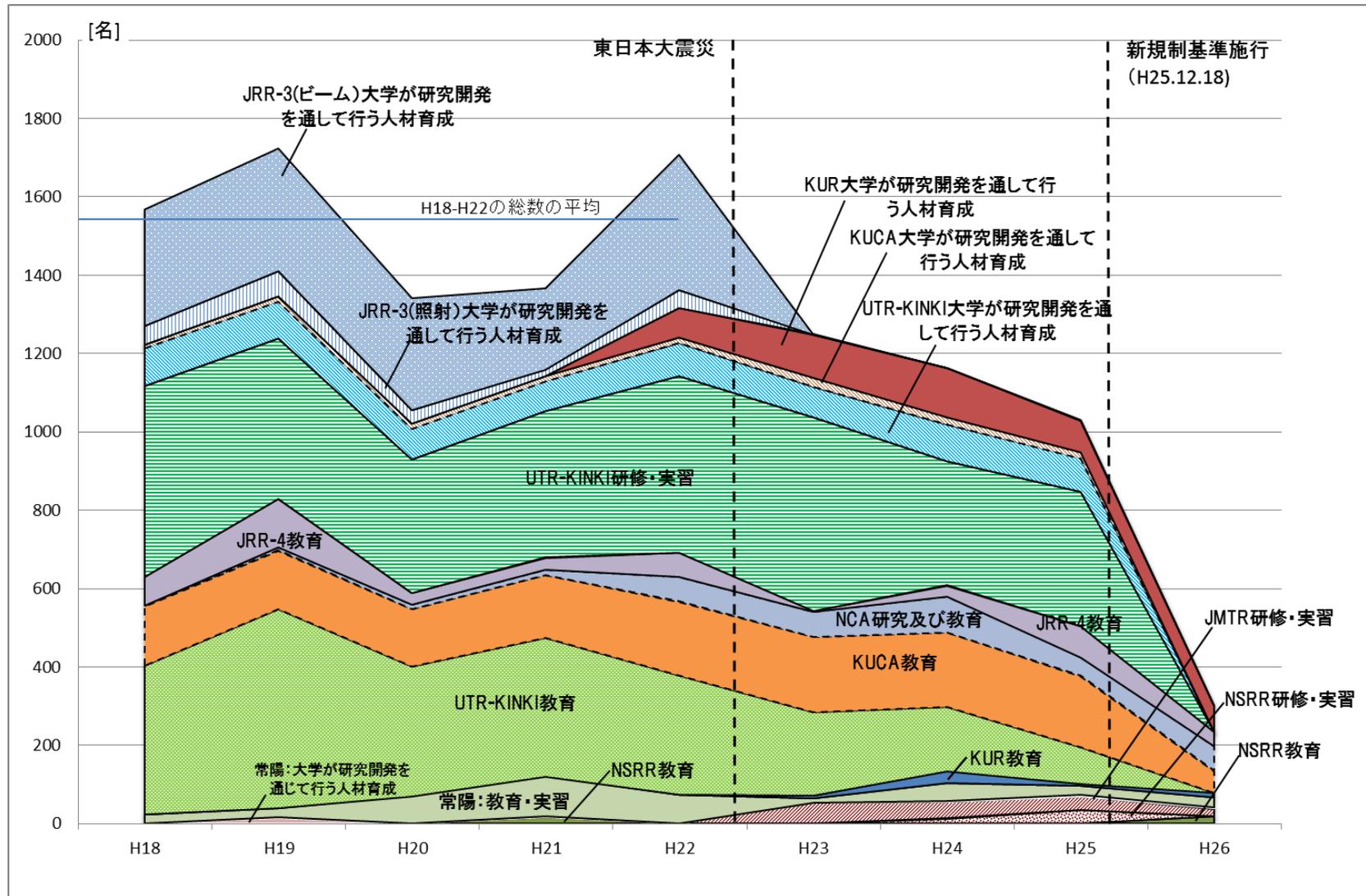


図2-1 研究炉等で行われた人材育成の人員数(研究炉等の稼働有無を問わない場合)

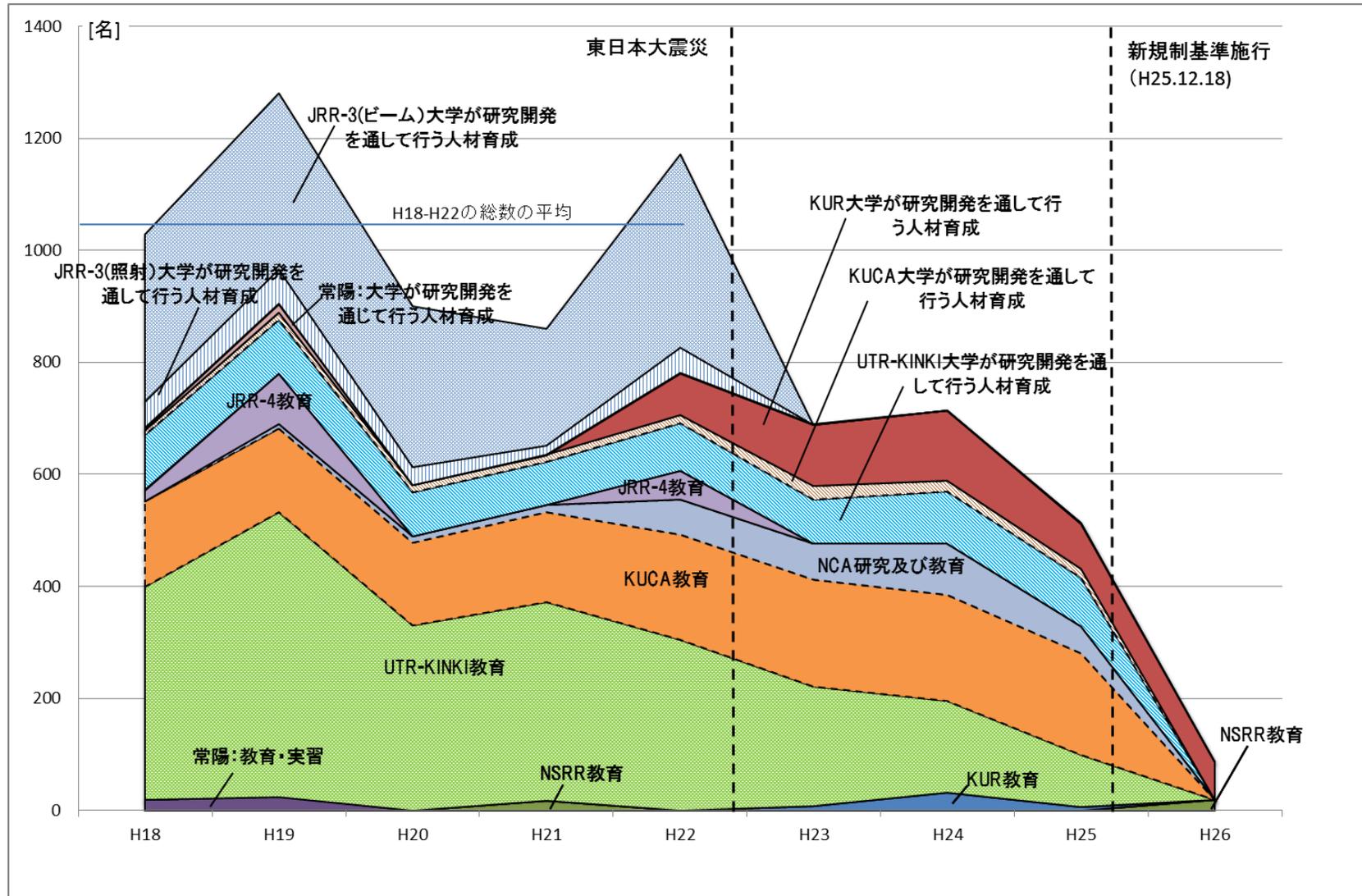


図2-2 研究炉等の稼働の下での研究開発・教育等を通じて育成を行った学生数

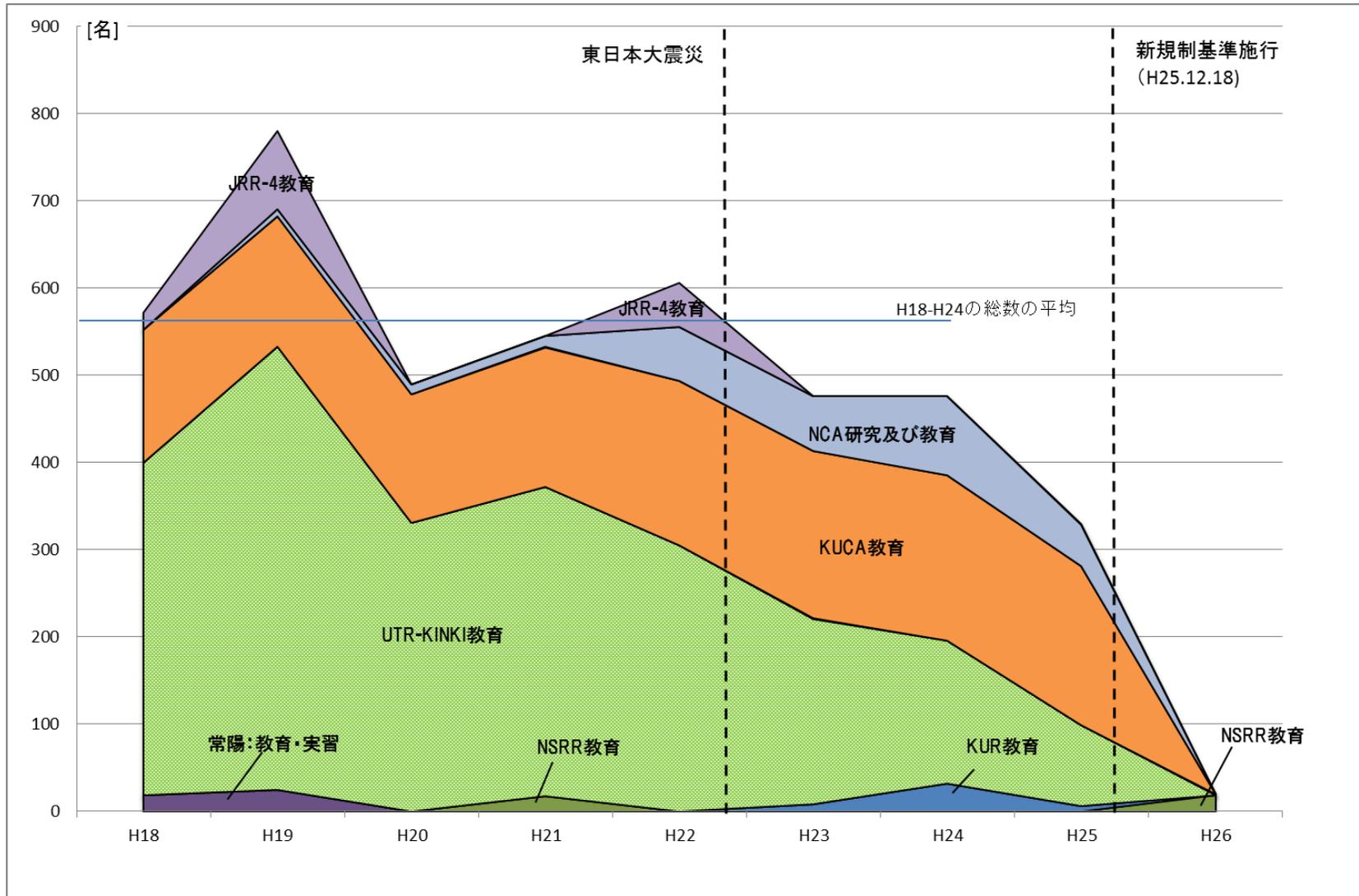
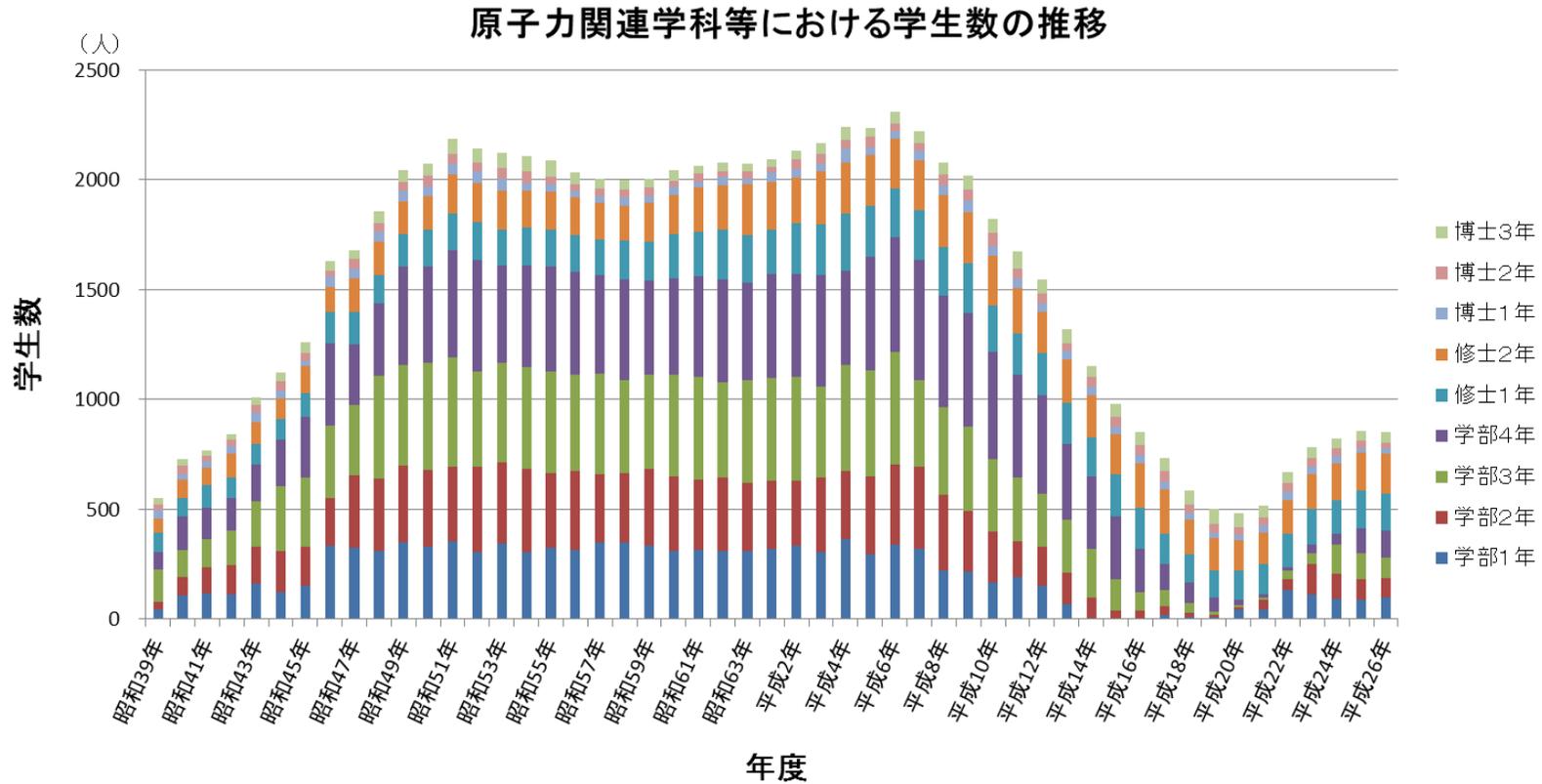


図2-3 研究炉等の稼働の下での教育を受けた学生数

原子力工学関連の学科等における学生数は、平成6年度をピークに減少し、近年はほぼ横ばいにて推移



※ 学校基本統計の学科系統分類表における中分類「原子力理学関係」及び「原子力工学関係」の合計。  
 原子力工学関係（大 学）…原子（力）核工学、原子力工学、原子炉工学、原子工学、応用原子核工学、システム量子工学、量子エネルギー工学、原子力技術応用工学、原子力安全工学  
 原子力理学関係（大学院）…原子核理学、原子核宇宙線学、原子物理学  
 原子力工学関係（大学院）…原子核工学、原子力工学、原子工学、応用原子核工学、量子エネルギー工学、エネルギー量子工学、原子力・エネルギー安全工学、共同原子力、原子力システム安全工学、量子放射線系

出典：文部科学省「学校基本統計」を基に作成

図3 学校基本統計における学生動向  
 （科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力科学技術委員会 原子力人材育成作業部会（第1回）資料4-2より）

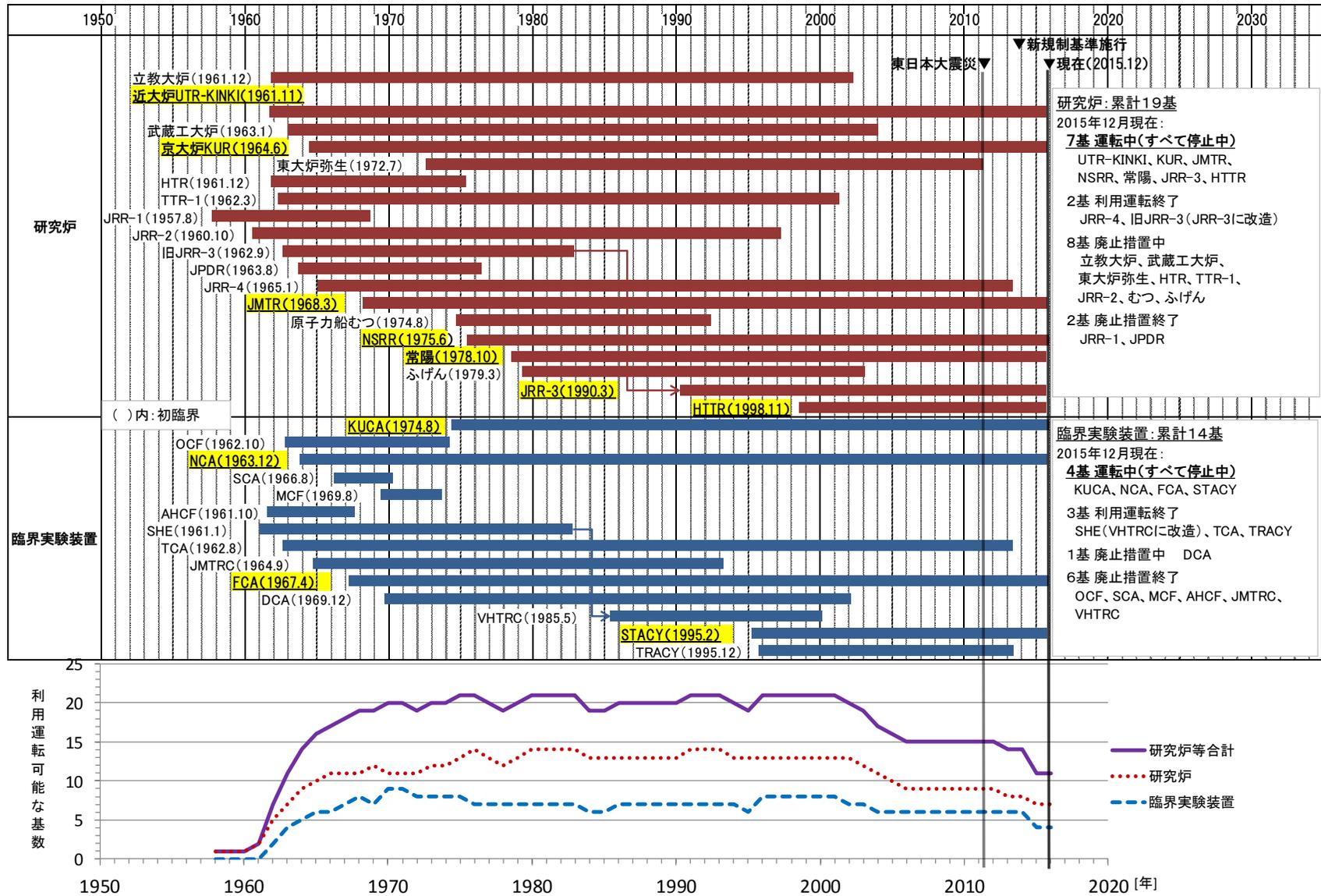


図4 研究炉等の運転期間と現状