

我が国の試験研究炉を取り巻く現状・課題と今後の取組の方向性について

（中間まとめ素案）

1. 試験研究炉を取り巻く現状と課題

(1) 試験研究炉の減少とその影響

1990 年代後半以降、我が国では多くの試験研究炉（臨界実験装置等を含む。）が様々な背景要因から運転停止や廃止措置の対象となってきた。1995 年（平成 7 年）には計 20 施設稼働していた国内の試験研究炉は、東日本大震災（2011 年/平成 23 年）を経て、2016 年（平成 28 年）には一度ゼロにまで落ち込んだ（13 施設停止、6 施設廃止措置中）。後述のとおり、新規制基準（2013 年/平成 25 年策定）への適合に必要な対策等を施した上で、規制当局の認可を経て運転再開を果たした施設もあるが、その一方で、多くの試験研究炉が廃止措置に移行してきた。その背景要因は様々であるが、主要な要因としては、

1. 建設から長期を経た施設の老朽化・高経年化
2. 所期の目的を（一定程度あるいは全て）達成したこと（計画的）
3. 新しい炉に機能を集約した結果として合理化の観点
4. 新規制基準への適合に必要な対策工事に係るコスト等を勘案したときの費用対効果の観点

等が挙げられる。たとえば、日本原子力研究開発機構（JAEA）の保有する材料試験炉（JMTR）が廃止措置を決定した背景には主に四番目の観点があつた。ただし、一般にはいずれか一つの要因というより種々の複合的な要因から総合的に検討された結果として廃止措置決定がなされたものが多いと言える。

東日本大震災後、長期にわたる運転停止期間を経て、所要の条件を満たした上で運転再開を果たしてきた施設もある。JAEA の保有する施設では、昨年（令和 3 年）2 月には JRR-3 が、同年 7 月には高温工学試験研究炉 HTTR が、それぞれ運転再開を果たしてきたほか、高速実験炉「常陽」の運転再開に向けた取組も鋭意進められている。このように試験研究炉の稼働状況やその見通しは上向きの傾向にあるものの、東日本

大震災後に運転を再開した試験研究炉は国内で計 6 施設に留まるなど、潜在的なユーザーニーズを十分にカバーできるだけ照射場環境を国内に確保できていないのが現状である。このことは、我が国の原子力産業や関連の学術研究を支える基盤の脆弱化、延いては人材や技術の継承が大きな危機に直面していることを意味する。

(2) 試験研究炉利用の現状認識

原子力分野の人材育成を行う上でも重要となる試験研究炉については、その多くが建設から40年以上経過するなど、高経年化が進むとともに、新規制基準対応等により、これまで通りの運用が困難な状況になっている。とりわけ照射試験炉に関しては、JMTRの停止後、JAEAにおいてJMTRの代替機能を確保しその利用ニーズに対応するため、海外施設共用の枠組を構築し、海外の照射試験炉を用いた照射試験を行い、照射技術の継承、サプライチェーンの再構築及びこれに関わる人材の育成を図っている。他方、海外炉の利用には、高額な利用料金、試料の輸出入における煩雑な手続き、国際情勢等による輸送停止のリスク、国内の照射技術・照射後試験技術を担う原子力人材の育成が困難といった課題が指摘されている。

(3) 大学等における原子力人材育成、研究開発

利用可能な試験研究炉数の減少はまた、研究開発・人材育成基盤の確保の観点からも大きな課題をもたらしている。原子力の安全を確保し、信頼性をさらに高めていく上では、大学等における持続的な人材育成・養成の取組が要となることは論を俟たないが、いまその教育基盤が揺らいでいる。現状、学生が体系的なトレーニング・研鑽の一環としてハンズオンで原子力の操作・制御に触れることのできる基盤としては、京都大学の研究用原子炉(KUR)及び臨界集合体実験装置(KUCA)、近畿大学原子炉(UTR-KINKI)があるが、このうちKURは令和8年5月に運転停止及び廃止措置への移行が予定されている。

我が国全体を見渡せば、原子力人材育成の現状として

- 原子力関係学科・専攻や原子力専門科目の開講数の減少
- 原子力関係の教員数の減少
- 稼働している試験研究炉の減少等に伴う、実験・実習の機会の減少

といった傾向と実態が浮かび上がる。こうした課題に向き合うため、文部科学省では、大学や高等専門学校等が連携して基盤的な教育機能を補完する拠点形成の取組を支援してきた。具体的には、

- ・ 共同カリキュラムの開発や単位互換の推進、講義資料のオンライン化
- ・ 原子力施設や大型実験施設等の共同利用による実習機会・内容の充実等

を進める「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」を実施し、基盤的な教育機能を補完する拠点を形成する取組を支援している。

文部科学省ではまた、「原子力システム研究開発事業」により、大学等の研究者が産学官でチーム組んで戦略的に原子力分野の課題に取り組む研究開発等への支援も行っている。さらに、令和元年度以来、「NEXIP」事業により経済産業省とも連携しつつ、基礎・基盤的フェーズからより産業に近い実用フェーズまで一貫通貫した研究開発に取り組むための枠組みを構築しつつある。しかしながら、リソースには限りがある中、いかに事業間連携を促進・強化しつつ、各事業における採択課題の政策効果を相乗的に最大化させていくかをはじめとして、産学官のコミュニティとともに向き合い乗り越えていくべき現下の課題は少なくない。

(4) JAEA の役割

国立研究開発法人である JAEA には、これまで材料試験炉(JMTR)や JRR-3、高温工学試験研究炉 HTTR、高速実験炉「常陽」の経験を通じて多くの知見と技術が蓄積されている。第4期中長期目標期間(令和4年4月1日～令和11年3月31日)において、中長期的な観点から基礎・基盤的な研究開発を総合的に推進するとともに、そのために必要な試験施設等の研究基盤の維持・構築を進めていくこととしており、国が示す将来の試験研究炉等の整備・活用においても中心的役割を果たすことが期待される。また、試験研究炉等を用いた原子力人材育成についても、大学・高専等とともに担う必要がある。

(5) 「もんじゅ」サイトの新試験研究炉計画

新たな試験研究炉の計画としては、現在、福井県敦賀市の「もんじゅ」サイトに新たな試験研究炉を整備する計画が進められている。これは、平成 28 年 12 月の原子力関

係閣僚会議において決定された「『もんじゅ』の取扱いに関する政府方針」に基づくものであり、我が国の研究開発・人材育成を支える西日本における中核的拠点としての機能の実現、そして地元振興への貢献の観点から、中性子ビーム利用を主目的とした中出力炉が想定されたものである。令和2年度以来、概念設計及び運営の在り方に関する検討を開始しており、現在、令和4年度中の詳細設計への移行を目指している。今後は、建設予定地の確定にむけた地質調査等も含め、必要な取組を着実に進めていくことが求められる。この新たな試験研究炉の計画策定は、令和8年の KUR の運転停止・廃止措置移行後の研究開発・人材育成基盤となることへの期待は高く、さらに立地地域との共創により、長期的な利用基盤形成を図っていくことで、新たな試験研究炉が新しい社会的価値を発現するモデルとなることが期待される。なお、本計画は、これまで文部科学省委託事業として JAEA(代表機関)、京都大学(参画機関)、福井大学(参画機関)を中核的機関が実施してきたところであるが、令和5年度以降は国内唯一の原子力の総合的研究開発機関である JAEA が実施主体となり、引き続き京都大学、福井大学の協力を得つつ、学术界、産業界、地元関係機関等から幅広い意見を集約しつつ計画を進めていくことが重要である。

(6) 次世代革新炉を巡る最近の動向

次世代革新炉については、これまで経済産業省の総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会革新炉ワーキンググループ等を中心として、今後の開発ロードマップについても検討が進められており、その中で、文部科学省や原子力機構に対して、今後の開発に必要な基盤的な研究開発や、基盤インフラの整備に関して強い期待が寄せられている。

また、グリーントランスフォーメーション実行会議等において新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設についての検討を加速する議論が進められている。

このような状況を踏まえ、今後の次世代革新炉の開発に関して、今後 10 年間程度のうちに着手すべき基盤的な研究開発項目等について、本年末までに論点整理を行い、政府全体の議論に生かしていくため、文部科学省内の有識者会議として、「次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会」を開催している。

(7) 拡大・多様化する原子力への期待

昨今、世界的なエネルギー価格の高騰やロシアのウクライナ侵略等の背景と相まって、原子力を取り巻く課題は一層複雑化・多様化している。国際的にも、低炭素電源としての原子力発電の重要性が再認識される動きもあり、2050年カーボンニュートラルの実現やエネルギー安全保障の確保への貢献が期待されていることに加え、原子力はエネルギー利用に限らない新たな政策ニーズの中でも大きな存在感を示しつつある。工業や医療、農業等の分野への放射線利用は着実に進んでおり、その利用拡大への期待は高まり続けている。さらには、令和4年5月に経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律(経済安全保障推進法)が成立したこともあり、経済安全保障の観点からも原子力への注目が高まっている。

とりわけ、医療用RIについては諸外国においても製造や利用のための研究を国策として強化する動きが広がっている。我が国においても多くを輸入に依存している医療用RI及び重要RIの国産化等を実現するため、原子力委員会は本年5月に「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」を取りまとめており、試験研究炉を用いた研究開発から実用化や普及に至るまでの取組を一体的な推進が求められている。

新たな政策的課題に向き合い、将来世代にわたって原子力の幅広い社会的価値を還元していく上では、若手研究者の育成とそのための教育基盤の構築・ポテンシャル強化が欠かせない。産学官の各主体がそれぞれの強みを最大限に発揮し、求められる役割や期待を果たし、かつ組織やセクターを越えて相補的・相乗的に連携していけるための環境整備や支援策が引き続き必要である。

(8) 今後期待される政府の取組

原子力に寄せられる社会的期待が高まり、またそれを取り巻く政策的背景もますます複雑化している中、我が国がこれまで培ってきた原子力技術や人材の強みと優位性の確実な継承を果たしていく上では、こうした人的・物的基盤を強化していくための取組を一層進めていくことが欠かせない。

国は、将来的な原子力開発の方向性にに基づき、試験研究炉等の将来的なニーズ把握に努め、その整備計画を提示し、計画的に整備を推進するとともに研究開発を主導する。これにより、利用者は施設利用計画の予見性を高め、産学官が連携して着実に

研究開発や人材育成を進めることが可能となる。その際、必要に応じ民間事業者の利用見直しに応じた建設費・運営費の適正な資金分担に関する仕組みを検討していくことが重要となる。

2. 今後の取組の方向性

【短期的(当面)】

- 海外照射場・海外プロジェクトの戦略的活用
- 「JRR-3」等の運転中の研究炉の最大限の活用
- 「常陽」の早期運転再開に向けた取組の加速
- 産学共同での基盤的研究開発(NEXIP)の推進

→次世代革新炉の開発に資するため、基礎基盤的知見の集積が重要。JAEAが大学の知の集約拠点として果たすべき役割について検討が必要ではないか

【中期的】

- 「常陽」運転再開後の最大限の活用
- 「もんじゅ」サイト試験研究炉の設計・建設プロセスの着実な進展

【長期的】

- 次世代革新炉開発の環境整備

(現時点において検討すべき事項)

→次世代革新炉開発に必要な基盤的な研究開発とそれに必要な基盤インフラの観点から研究用原子炉などを検討する必要があるのではないか

➤ 次世代革新炉に貢献する新たな高出力照射炉の将来計画

(現時点において検討すべき事項)

→国内外の照射環境を踏まえ、どのようなユーザーのどのようなニーズに対応する必要があるか。また、官民役割について整理する必要があるのではないか

→シミュレーション技術との連携はどうあるべきか

→高速炉環境及び軽水炉環境の照射炉の長期的ニーズ

我が国の試験研究炉の現状

原子力分野の人材育成を行う上で重要な試験研究炉については、その多くが建設から40年以上経過するなど、高齢化が進むとともに、新規制基準への対応等により、これまで通りの運用が困難な状況になっている。

※大型試験施設・ホットラボについても同様の状況

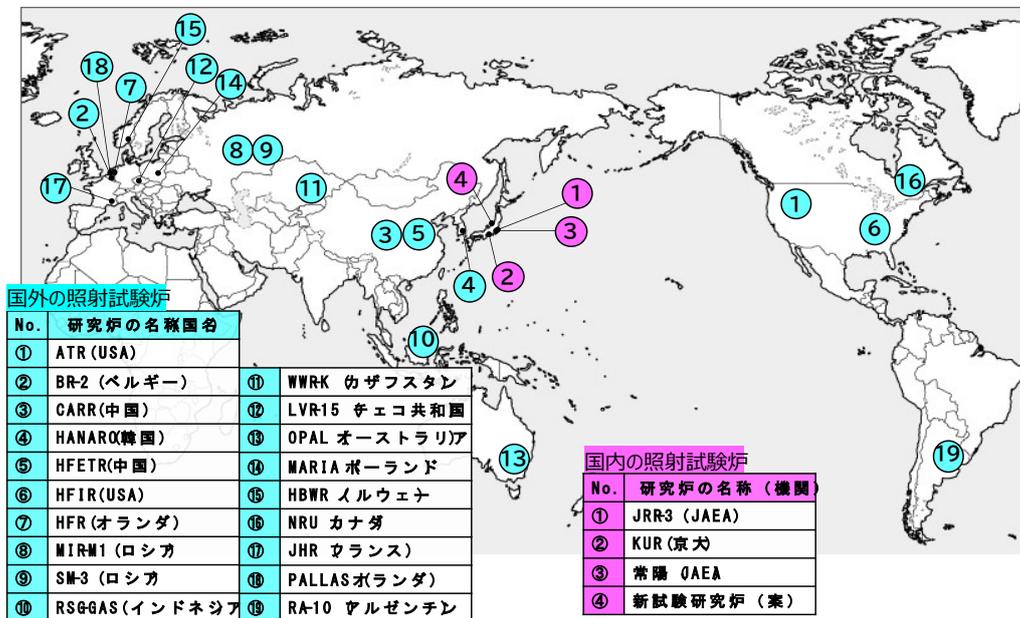


年	○運転中	△停止中	×廃止措置中
1995年	20	0	6
2003年	16	0	11
2016年	0	13	6
現在	6	2	11

運転再開予定も含め、我が国の試験研究炉は、茨城県に5施設（日本原子力研究開発機構）大阪府に3施設（京都大学、近畿大学）計8施設のみ。

国内外の照射炉とビーム炉のマップ

現在設置されている又は今後建設が予定されている国内外の照射炉・ビーム炉の一覧を以下のマップに示す。



国内外の照射炉とビーム炉の比較 (1 / 3)

名称	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
	ATR	BR-2	CARR	HWFO	HETR	HFIR	HFIR	MIR-MI	SM-3	RSO-GAS
出力[MW]	250	100	80	30	125	85	45(許可上50)	100	100	30
国	USA	ベルギー	中国	韓国	中国	USA	オランダ	ロシア	ロシア	インドネシア
型式	タンク型	タンクインプール型	タンクインプール型	プール型	タンク型	タンク型	タンクインプール型	プール型	タンク型	プール型
高速中性子束 [n/cm ² /s]	1.8×10 ¹⁶	7.0×10 ¹⁶	6.0×10 ¹⁶	2.0×10 ¹⁶	1.7×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁶	5.1×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁶	2.0×10 ¹⁶	2.3×10 ¹⁶
熱中性子束 [n/cm ² /s]	8.5×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁷	8.0×10 ¹⁶ 1.0×10 ¹⁷	4.5×10 ¹⁶	6.2×10 ¹⁶	2.5×10 ¹⁶	2.7×10 ¹⁶	5.0×10 ¹⁶	5.0×10 ¹⁶	2.5×10 ¹⁶
減速材	軽水	Be, 軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	Be, 軽水	軽水	軽水
冷却材	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水	軽水
主な用途	燃材料試験 RI製造	燃材料試験 RI製造 Siドーピング	燃材料試験 RI製造 中性子散乱 Nラジオグラフィ フィ 放射化分析 核変換	燃材料試験 RI製造 中性子散乱 Nラジオグラフィ 放射化分析 核変換 年代測定	燃材料試験 RI製造 核変換	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造 中性子散乱 Nラジオグラフィ 放射化分析	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造 中性子散乱 Nラジオグラフィ 放射化分析 核変換	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造 放射化分析	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造 放射化分析 核変換	燃材料試験 RI製造 放射化分析 Siドーピング
赤字下線部：日本の利用者の利用あり										
照射試験孔	垂直：70 (炉心領域：34)	垂直：79 (炉心領域：40)	水平：9 垂直：22 (2D) 炉心領域：4 反射体領域：14	水平：7 垂直：32 炉心領域：7 反射体領域：25	水平：0 垂直：11 炉心領域：7 反射体領域：4	水平：4 垂直：79 炉心領域：37 反射体領域：42	水平：12 垂直：0 炉心領域：19 (2D) 反射体領域：12	水平：0 垂直：13 炉心領域：11 反射体領域：0	水平：0 垂直：6 反射体領域：30 中央trap：1 (熱) 大セル 炉心領域：最大3 (4セル) 反射体領域：30 (2セル)	水平：6 垂直：14 (炉心領域：5)
初臨界	1967.07.02	1961.06.29	2010.5.13	1995.02.08	1979.12.27	1965.08.01	1961.11.19	1966.12.24	1961.01.10	1967.07.29
運転状況	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中	運転中
稼働日数(日)	250	147	182	196	84	138	308	224	252	147

国内外の照射炉とビーム炉の比較 (2 / 3)

名称	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	
	WWR-K	LVR-15	OPAL	MARIA	HEMR	NRU	JHR	PALLAS	RA-10	
出力[MW]	6	10	20	30	20	135	100	<30	30	
国	カザフスタン	チェコ共和国	オーストラリア	ポーランド	ノルウェー	カナダ	フランス	オランダ	アルゼンチン	
型式	プール型	タンク型	プール型	プール型	タンク型	タンク型	タンクインプール型	プール型	プール型	
高速中性子束 [n/cm ² /s]	4.0×10 ¹⁶	3.0×10 ¹⁶	2.1×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁶	0.8×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁶	5.5×10 ¹⁶	-	3.5×10 ¹⁶	
熱中性子束 [n/cm ² /s]	1.0×10 ¹⁶	1.5×10 ¹⁶	2.0×10 ¹⁶	3.5×10 ¹⁶	1.5×10 ¹⁶	4.0×10 ¹⁶	3.5×10 ¹⁶	3×10 ¹⁶	2.1×10 ¹⁶	
減速材	軽水	軽水	軽水	Be, 軽水	重水	重水	軽水	軽水	軽水	
冷却材	軽水	軽水	軽水	軽水	重水	重水	軽水	軽水	軽水	
主な用途	燃材料試験 RI製造 放射化分析	燃材料試験 RI製造 放射化分析 核変換	RI製造 Siドーピング	燃材料試験 RI製造 放射化分析 Siドーピング	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造	燃材料試験 原子力エネルギー開発 RI製造	燃材料試験 RI製造	燃材料試験 RI製造	燃材料試験 医用RI製造 ND-Si	
赤字下線部：日本の利用者の利用あり										
照射試験孔	水平：8 垂直：38 (炉心領域：8)	水平：6 垂直：6 (炉心領域：2)	水平：10 垂直30 (炉心領域：0)	水平：6 垂直：13 (炉心領域：13)	水平：0 垂直：300 炉心領域：40 反射体領域：5	水平：6 垂直：12 炉心領域：2 反射体領域：0	反射体領域：固定20箇所、可動6箇所 燃料領域：小型孔7箇所、大型孔3箇所 ⇒最大 20 個同時照射	不明	約 26 材料照射試験用： 6(Fast : 2, Thermal : 4)	
初臨界	1967.10.22	1957.09.24	2006.08.12	1974.12.18	1956.06.29	1957.11.3	-	-	-	
運転状況	運転中	運転中	運転中	運転中	運転停止中 (恒久的)	運転停止中 (恒久的)	2003年代稼働予定	2000年代稼働予定	2000年代稼働予定	
稼働日数(日)	140	210	275	280	196	273	-	-	-	

国内外の照射炉とビーム炉の比較（3 / 3）

項 目		④	①	②	③
		新試験研究炉（案）	JRR-3	KUR	常陽
熱出力（MW）		10MW未満	20	5	100
型式		軽水冷却開放型	軽水冷却開放型	軽水冷却開放型	ナトリウム冷却 高速中性子型
中性子束 (n/cm ² /s)		1.0E+14～2.0E+14 (熱)	最大 2E+14 (高速) 最大 3E+14 (熱)	平均 3E+13 (熱)	最大 3E+15 (高速)
冷却材		軽水	軽水	軽水	ナトリウム
反射体・減速材		アルミニウム 重水	ベリリウム 重水	黒鉛	反射体 ステンレス鋼 減速材 なし
炉心寸法		高さ 80cm 横 40cm 縦 40cm	高さ 75cm 炉心等価直径 60cm	高さ 61cm 横 51cm 縦 51cm	直径：約78cm 高さ：約50cm
燃料体最大挿入量		20体	32体 (フォロワ型6体含む)	26体 (特殊燃料5体含む)	79体 (照射燃料集合体 最大4体含む)
燃料体	種類	LEU板状燃料要素	LEU板状燃料要素	LEU板状燃料要素	MOX燃料集合体 (六角断面形状)
	燃料芯材	ウランシリコンアル ミニウム分散型合金	ウランシリコンアルミ ニウム分散型合金	ウランシリコンアル ミニウム分散型合金	ウラン-プルトニウム 混合酸化物 (MOX) ペレット
	U-235濃縮 度	20%	20%	20%	18% (Pu富化度最大32%)
	ウラン密 度	4.8 g/cm ³	4.8 g/cm ³	3.2 g/cm ³	94 %TD* (MOXペレット密度)
	被覆材	アルミニウム合金	アルミニウム合金	アルミニウム合金	ステンレス鋼