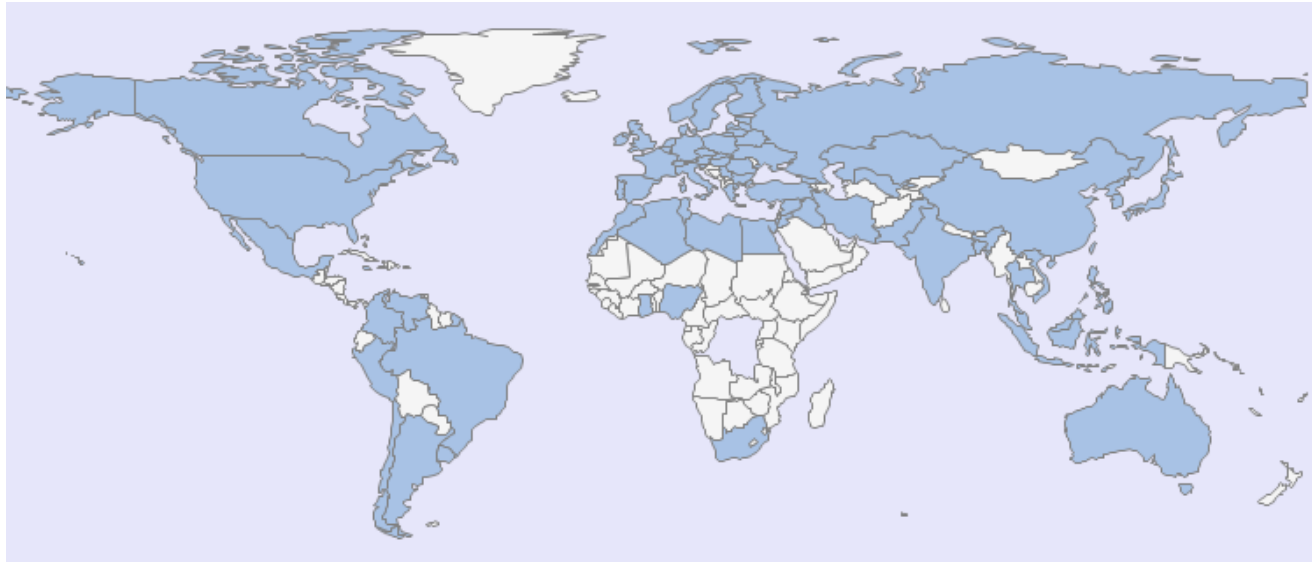


「次世代炉開発における研究炉の役割」 研究炉への期待

- 研究炉の現状
- 色々な研究炉/研究炉の役割
- 次世代炉開発のための研究炉
- 研究炉の課題と期待

京都大学原子炉実験所
中島 健

世界の研究炉



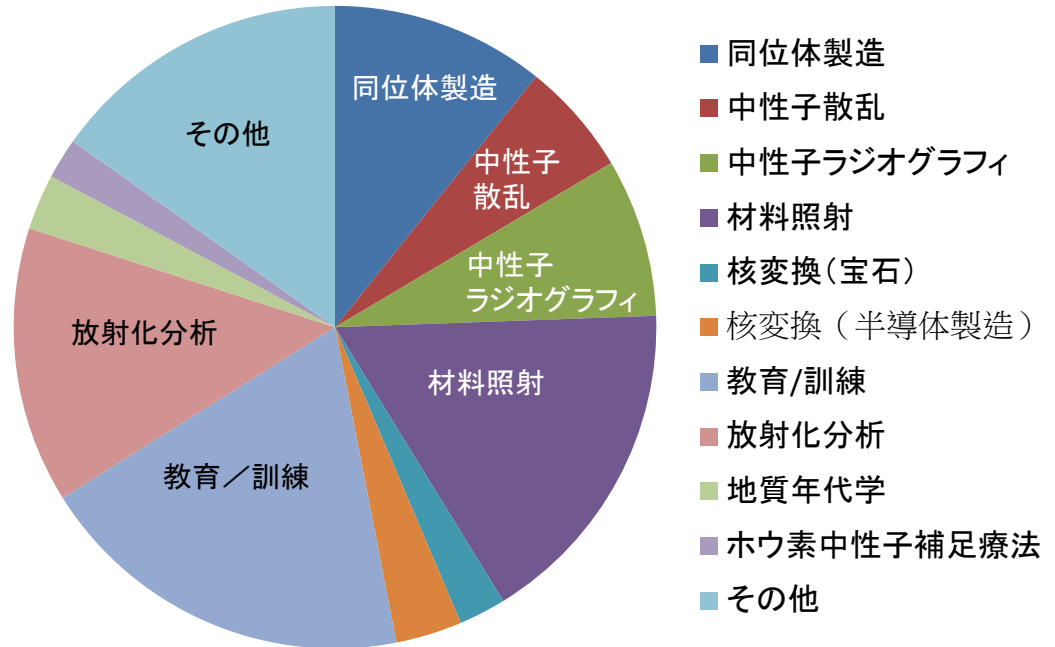
地域	運転中	一時停止	建設中	計画中	停止	廃炉	計画中止
(その他)					1		
北アメリカ	49			1	57	172	4
ラテンアメリカ	17	1	1	2	2	3	
西ヨーロッパ	38	4	2	2	42	100	
東ヨーロッパ	86	5	2	2	22	40	
アフリカ	8	2			2	1	1
中東+南アジア	15		1	1	4	5	
東南アジア+太平洋	5	1			1	2	2
極東	29	6		4	11	16	1
Total	247	19	6	12	142	339	8

出典：IAEA Research Reactors Database

<http://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx?rf=1>

研究炉の用途

分野	利用数
同位体製造	100
中性子散乱	53
中性子ラジオグラフィ	74
材料照射	156
核変換(宝石)	22
核変換(半導体製造)	31
教育/訓練	178
放射化分析	129
地質年代学	26
ホウ素中性子補足療法	19
その他	141



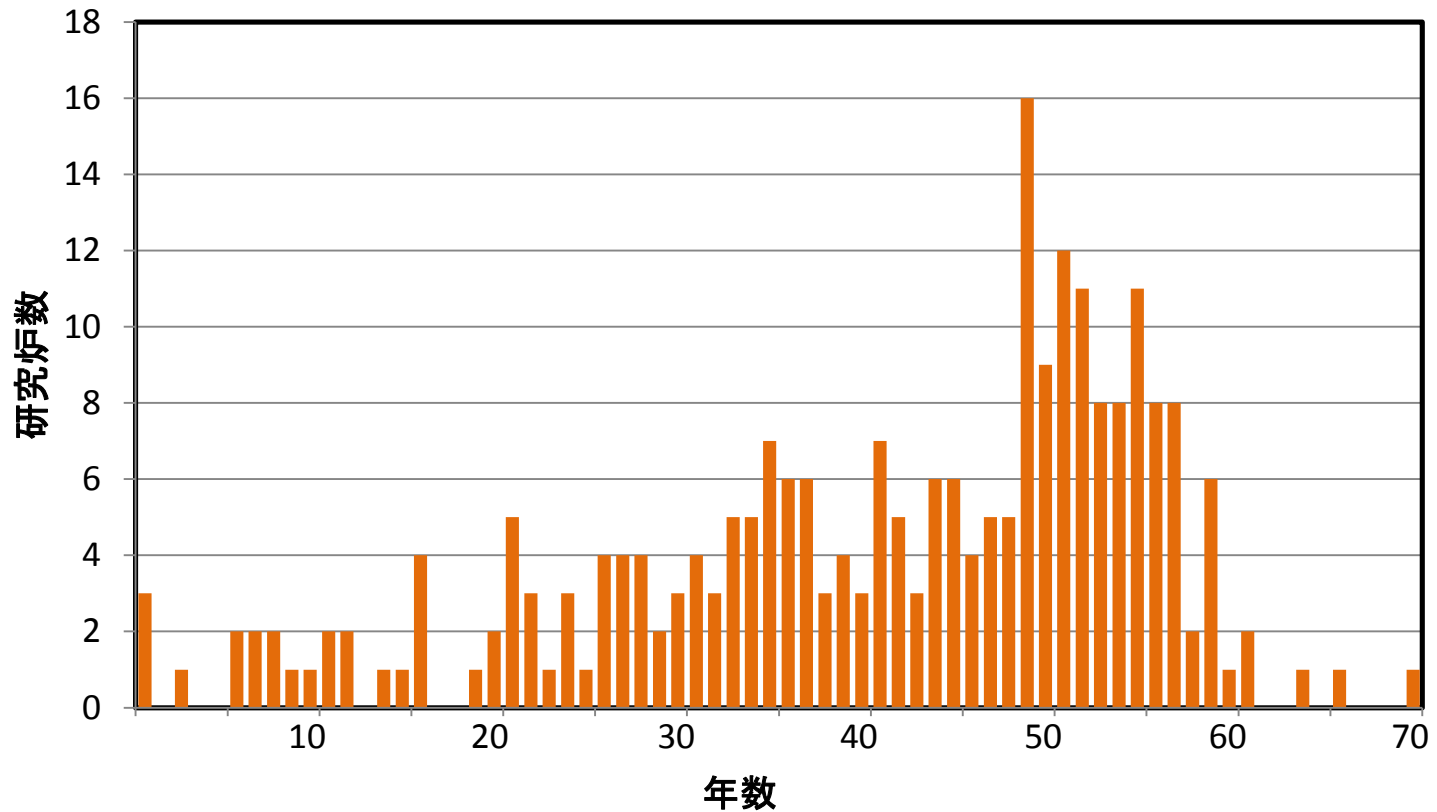
注) 運転中、一時停止、建設中、計画中の炉を含む。

出典: IAEA Research Reactors Database

<http://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx?rf=1>

研究炉は、多くの分野における研究開発、人材育成において重要な役割を果たしている。

研究炉の年齢分布



出典: IAEA Research Reactors Database
<http://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx?rf=1>

約6割が40年以上、約8割が30年以上

建設中の研究炉

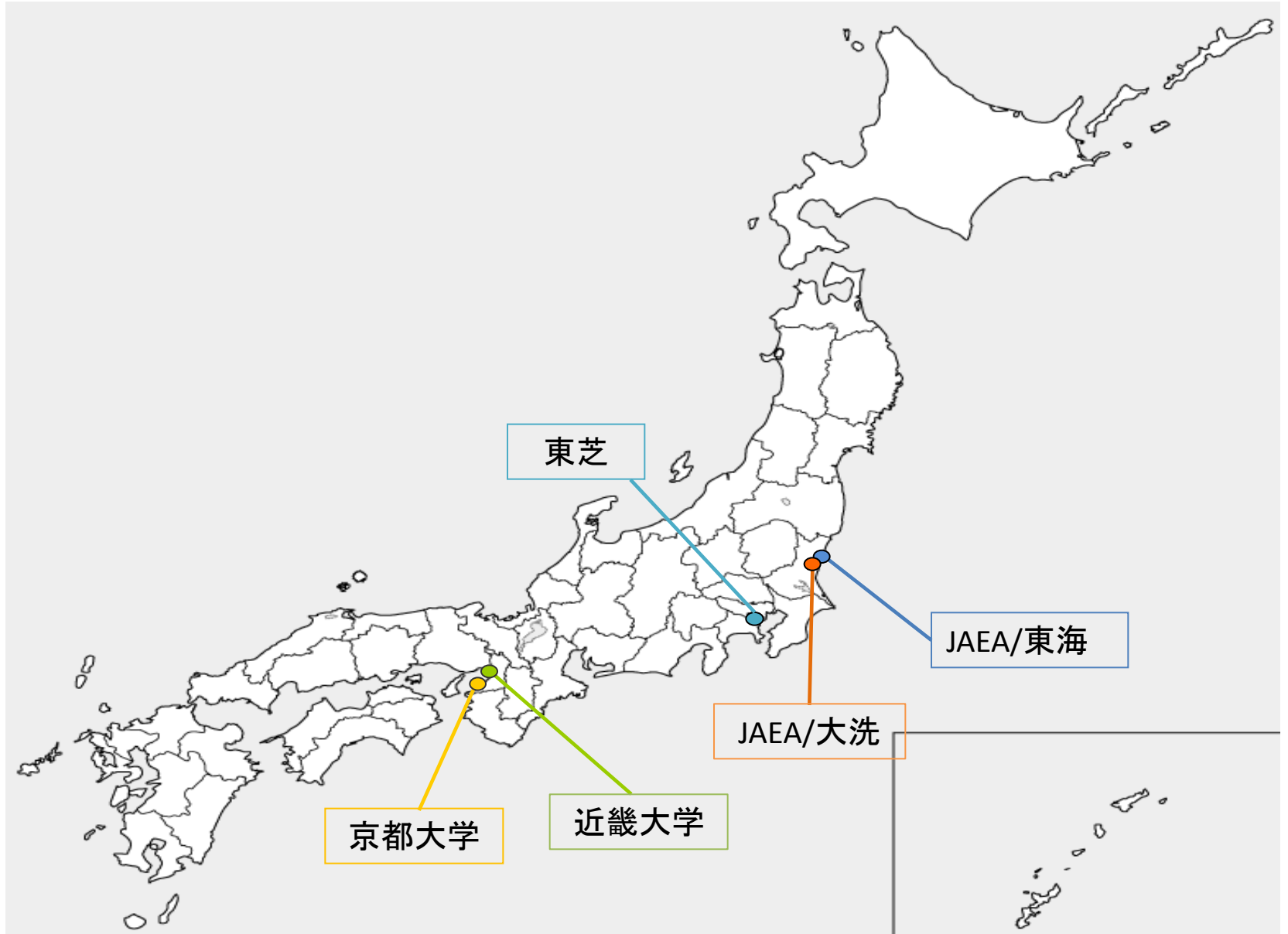
国	施設名	型式	熱出力 (kW)
アルゼンチン	CAREM 25	小型化加圧水型炉(原型炉)	100,000
フランス	REACTOR JULES HOROWITZ	プール型炉(タンク有)	100,000
フランス	RES	加圧水型炉	100,000
ヨルダン	JRTR	プール型炉(タンク有)	5,000
ロシア	PIK	タンク型炉	100,000
ウクライナ	KIPT Experimental Neutron Source	未臨界炉	0

計画中: 12基(アルゼンチン、ベルギー、ブラジル、中国(2)、韓国、オランダ、ロシア、サウジアラビア、ウクライナ、米国、ベトナム)

出典: IAEA Research Reactors Database

<http://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx?rf=1>

日本の研究炉(所在地)



日本の研究炉

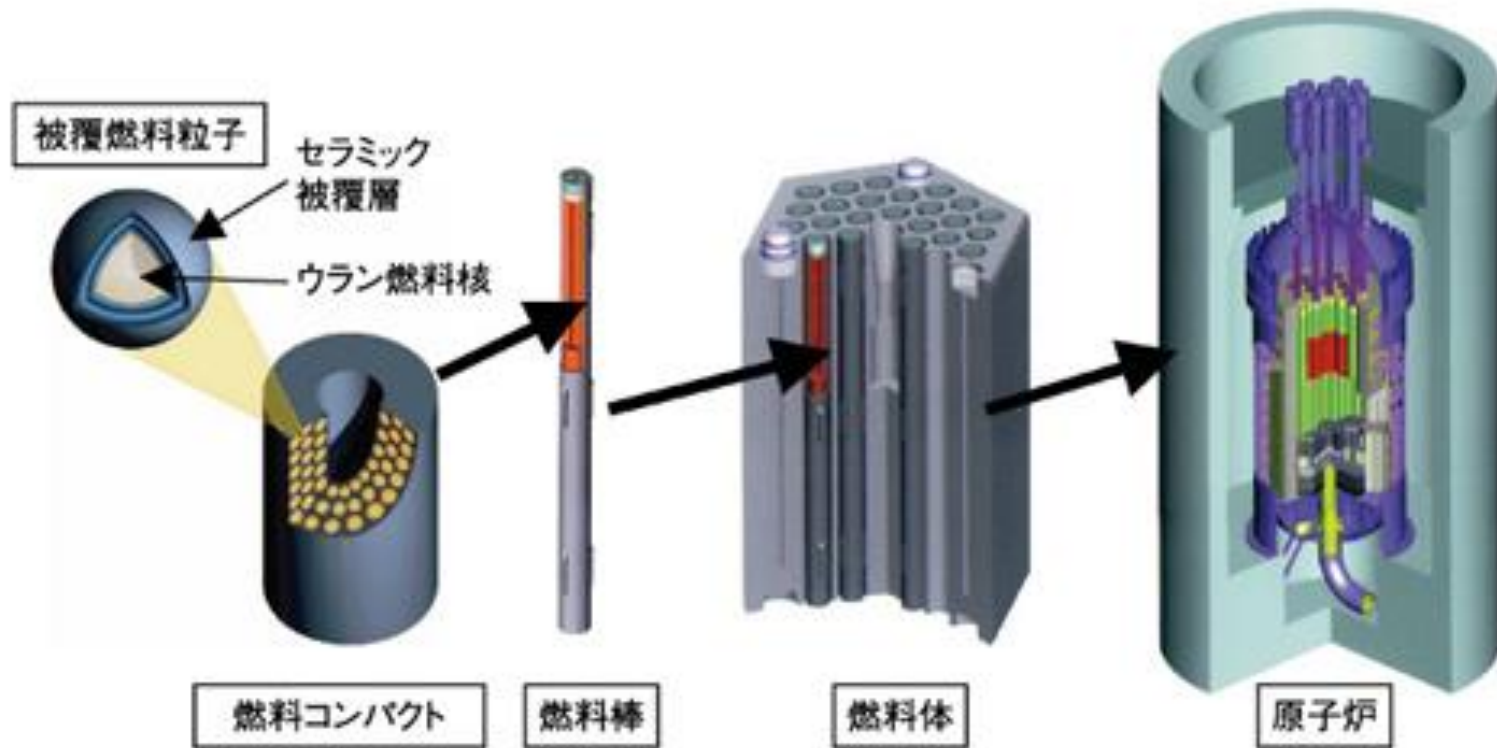
名称	型式	出力 (kW)	運転開始年	用途	現状	設置者
JRR-3**	プール型	20,000	1990	多目的利用	停止中	JAEA/東海
JRR-4*	プール型	3,500	1965	多目的利用		
NSRR**	トリガ炉 (パルス)	300 (23,000,000)	1975	燃料挙動実験		
TCA*	臨界装置(C.A.)	0.2	1962	炉物理実験		
FCA	C.A. 高速炉	2	1967	炉物理実験		
STACY**	C.A. 均質炉	0.2	1995	炉物理実験		
TRACY*	均質炉 (パルス)	10 (5,000,000)	1995	臨界事故実験		JAEA/大洗
JMTR**	タンク型	50,000	1968	多目的利用		
HTTR**	高温ガス炉	30,000	1998	HTGR プラント試験		
JOYO	高速炉	140,000	1977	FBR 燃材料照射		
NCA	C.A.	0.2	1963	炉物理実験		
UTR -KINKI**	アルゴノート型	0.001	1961	炉物理実験		近畿大学
KUR**	タンク型	5,000	1964	多目的利用	京都大学	
KUCA**	C.A.	0.1	1974	炉物理実験		

* 廃止の予定

** 適合確認中

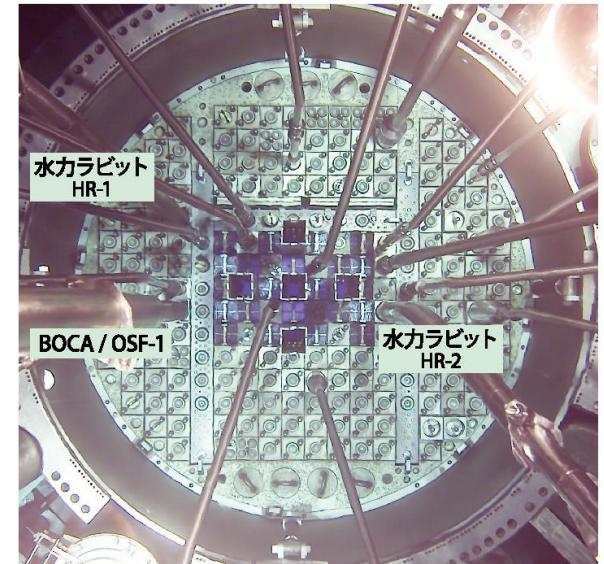
いろいろな研究炉

- 新しい原子炉開発のための炉
 - HTTR: 出力3万kW
高温ガス炉の開発のための炉

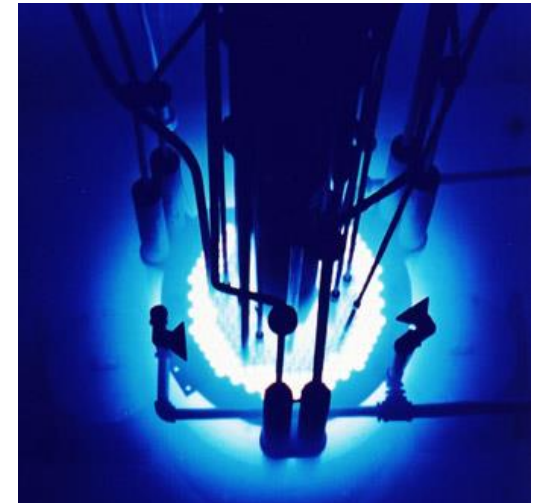


いろいろな研究炉

- 照射試験のための炉
 - JMTR: 出力5万kW
発電炉の材料などの寿命を調べる
 - NSRR: パルス運転する炉
出力300kW、パルスするとき最大2千3百万kW
原子炉で事故が起きたときの燃料のようすを調べる



JMTR



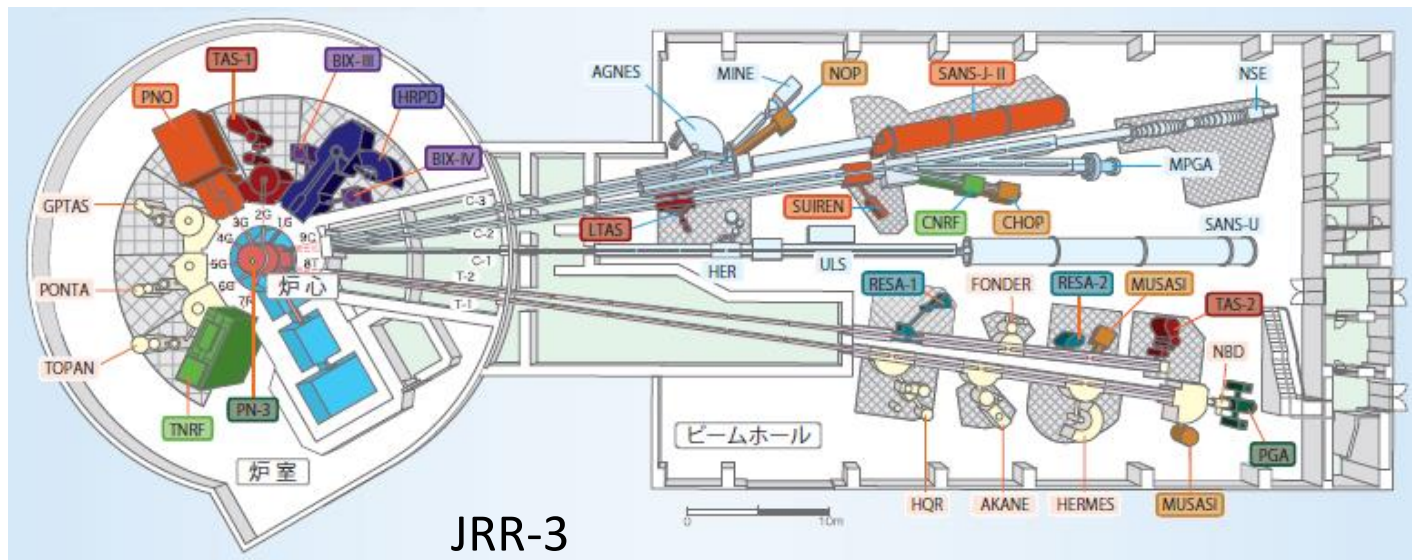
NSRR

出典: New JMTR (パンフレット), 日本原子力研究開発機構.

出典: 未来を拓く原子力2006, p.77, 日本原子力研究開発機構(2006).

いろいろな研究炉

- 汎用の研究炉
中性子を使った色々な研究に使われる。
 - JRR-3: 出力2万kW
 - KUR(京大研究用原子炉): 出力5千kW



出典: JRR-3(パンフレット), 日本原子力研究開発機構.

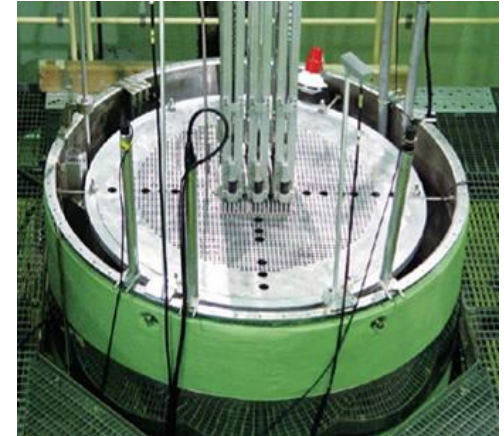
出典: JRR-3の多彩な中性子利用(パンフレット), 日本原子力研究開発機構.

いろいろな研究炉

- 臨界実験装置

出力が低く、原子炉の炉心特性などの基礎的な研究や教育訓練に使われる。

- TCA: 最大出力200W
- KUCA: 最大出力100W
(京大臨界実験装置)



TCA



KUCA
(C架台)

臨界実験装置：英語ではCritical Assembly、略してCA

出典：https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/anzen/anzen_04.html
(日本原子力研究開発機構ホームページより)

出典：<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/shiroya-lb/kuca.htm>
(京都大学原子炉実験所ホームページより)

研究炉の役割とは？

－次世代炉開発との関係－

- 基礎科学研究の基盤施設としての研究炉
 - － 安定した中性子発生装置としてのビーム炉及び照射炉（JRR-3、JMTRなど）
 - － 今後は、J-PARC等加速器施設で多くが代替可能か？
 - 「基礎科学研究」には将来の芽としての次世代炉技術も含まれる = 直接の関係は無い？

研究炉の役割とは？

－次世代炉開発との関係－

- 原子力発電(サイクル施設を含む)に関する技術開発、安全性向上のための研究施設としての研究炉
 - － 次世代炉開発としての研究炉
臨界装置(VHTRC)→実験炉(HTTR)→実証炉など
 - － 各種技術開発
新材料の開発・検証、検出器の開発・検証など(照射炉)
材料検査技術開発など(ビーム炉)
 - － 安全研究
燃材料照射挙動、制御材の開発など(照射炉、臨界装置)
→ いずれも(直接)次世代炉開発に関係している。

研究炉の役割とは？

－次世代炉開発との関係－

- 原子力技術者・研究者の育成
 - － 研究炉の利用による広義の原子力技術者・研究者の育成
→ 直接の関係は無い？
 - － 研究炉の設計・建設・運転管理などによる狭義の原子力技術者・研究者の育成
→ 直接あるいは間接的に次世代炉開発に関係
 - － 原子炉実験などによる原子炉物理や炉工学を学修した人材の育成
→ 直接あるいは間接的に次世代炉開発に関係

次世代炉開発のため研究炉(1)

- 次世代炉/新型炉開発における課題解決のツール

- 核(炉物理)の課題

開発炉を再現できる臨界実験装置の利用。燃焼特性などは出力炉(照射炉)が必要な場合も。

- 熱の課題

コールド試験が主(?)。照射下での熱影響などは出力炉が必要(システムの課題)

- 材料の課題

照射影響等には高中性子束炉が必要

- システムの課題

核-熱結合など複数の要素が関係する課題への取り組み。開発炉を模擬した出力炉(実験炉、実証炉)

次世代炉開発のため研究炉(2)

- 次世代炉開発に必要な研究炉
 - 可能ならば
開発炉を(核的に)再現できる臨界装置
出力炉(実験炉、実証炉)の建設
→ 経費と時間が必要
 - 別のアプローチ: 既設炉の活用
開発課題を個別の要素に分解し、各要素課題について、既設炉で模擬できる範囲の実験を行う。
→ 経費と時間は大幅に圧縮。精度は低下(?)。
→ 既設炉の高経年化、廃止の問題。

今後に向けて(課題と期待)

- 次世代炉開発のために研究炉は必要か？
→ Virtual Reactor の有用性
- 必要な場合、どのような研究炉であるべきか？
→ 専用炉の必要性、既存炉の有効利用
- 研究炉のバックエンド問題への対応は？
→ 使用済燃料処分、廃炉等

参考: VHTR開発用研究炉

VHTRC: 1985年～1999年 (← SHE: 1963年～1983年)

HTTR: 1998年初臨界(2002年使用前検査合格)～

研究炉への期待

- 新知見の発見、理論の検証には実験が不可欠
- 人材の育成に有用(不可欠)



- 専用(研究)炉の新設は困難
 - 既存炉の活用
 - 国際的な連携によるリソースの有効利用

研究炉からの期待

- 目に見える形でのニーズの発信
- 社会への有用性の説明