JMTRの廃止及び後継炉の検討状況について

令和8年4月24日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗原子力工学研究所　環境技術開発部

未来へげんき
To the Future / JAEA

目次

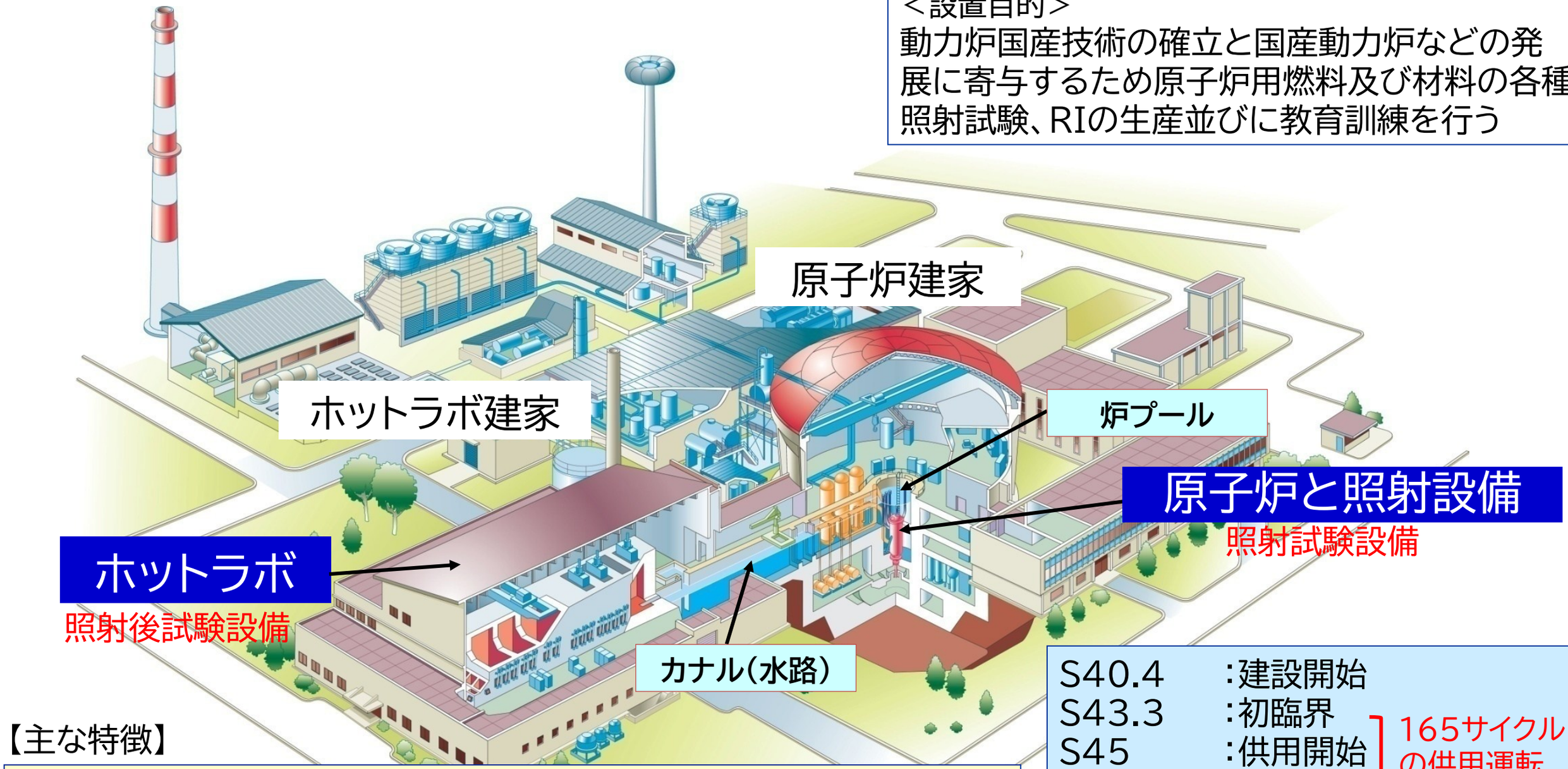
1. JMTRの概要
2. JMTRの廃止までの経緯
3. JMTR後継炉の検討状況
4. まとめ

1.1 材料試験炉JMTR

JMTR：Japan Materials Testing Reactor

JMTRの役割

＜設置目的＞
動力炉国産技術の確立と国産動力炉などの発展に寄与するため原子炉用燃料及び材料の各種照射試験、RIの生産並びに教育訓練を行う

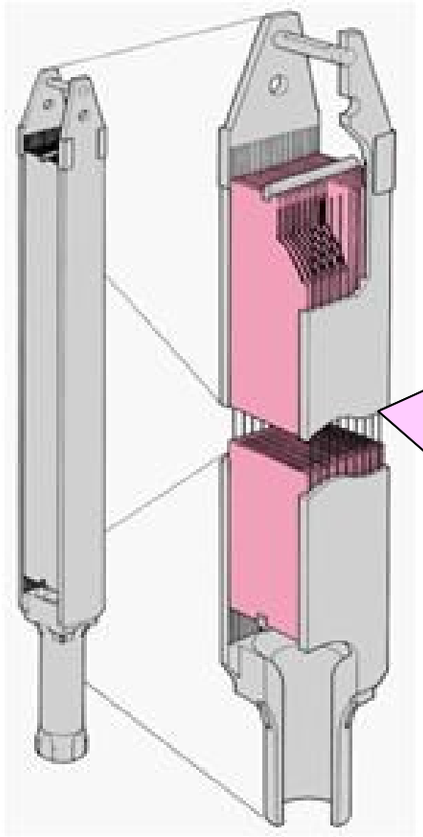


【主な特徴】

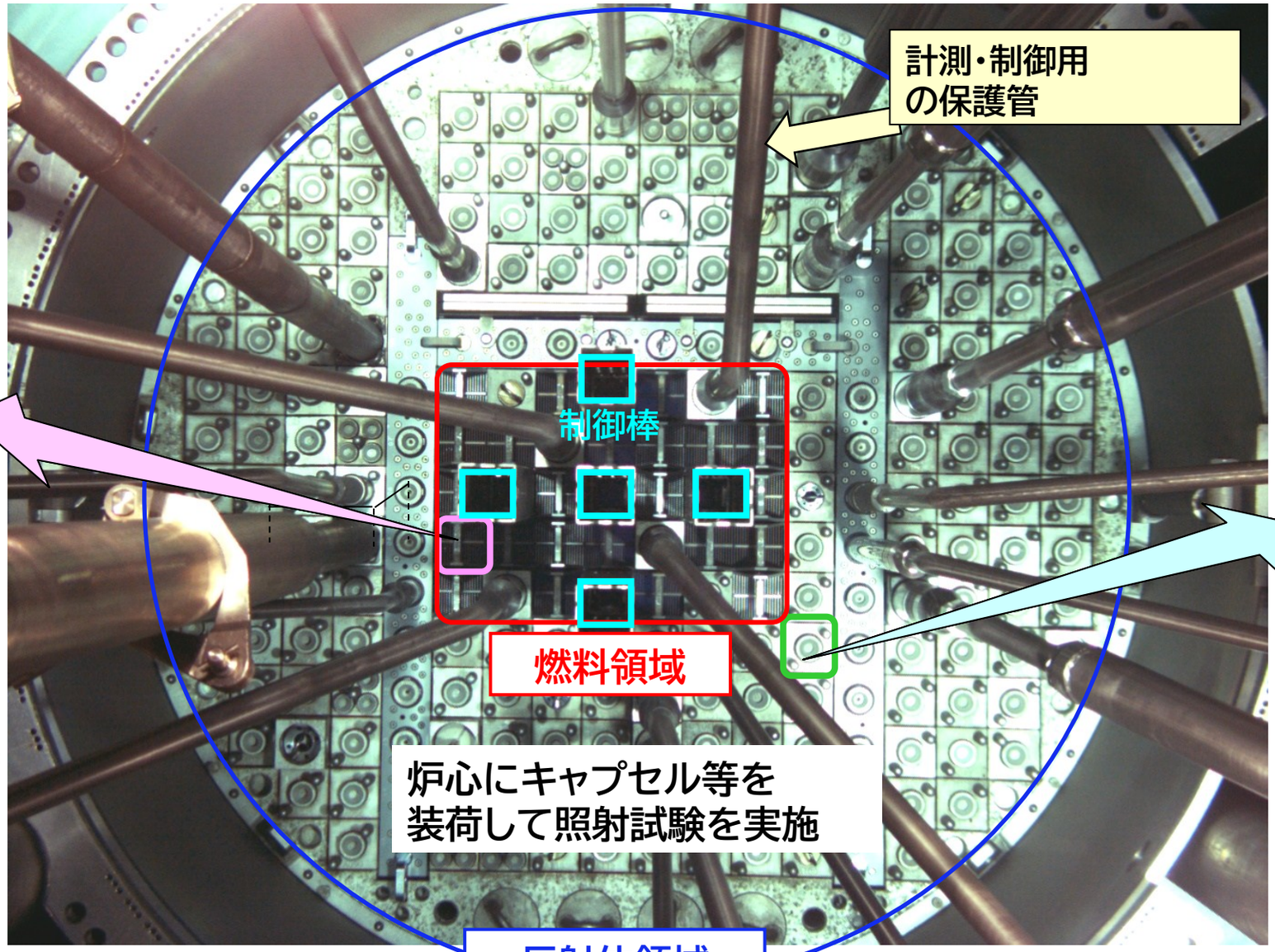
- 世界有数の高中性子束を有する軽水減速冷却型の材料試験用原子炉
- 各種照射試験を実施し得る広い照射領域
- 様々な照射設備を設置可能な原子炉施設構造
- 照射済燃料・材料の照射後試験を行うホットラボとカナルで直結

S40.4	:建設開始	
S43.3	:初臨界	165サイクルの供用運転
S45	:供用開始	
H18.8	:停　止	
H19～23	:改修工事	
H29.4	:廃止決定	
R3.3	:廃止措置計画認可	

1.2 JMTRの炉心

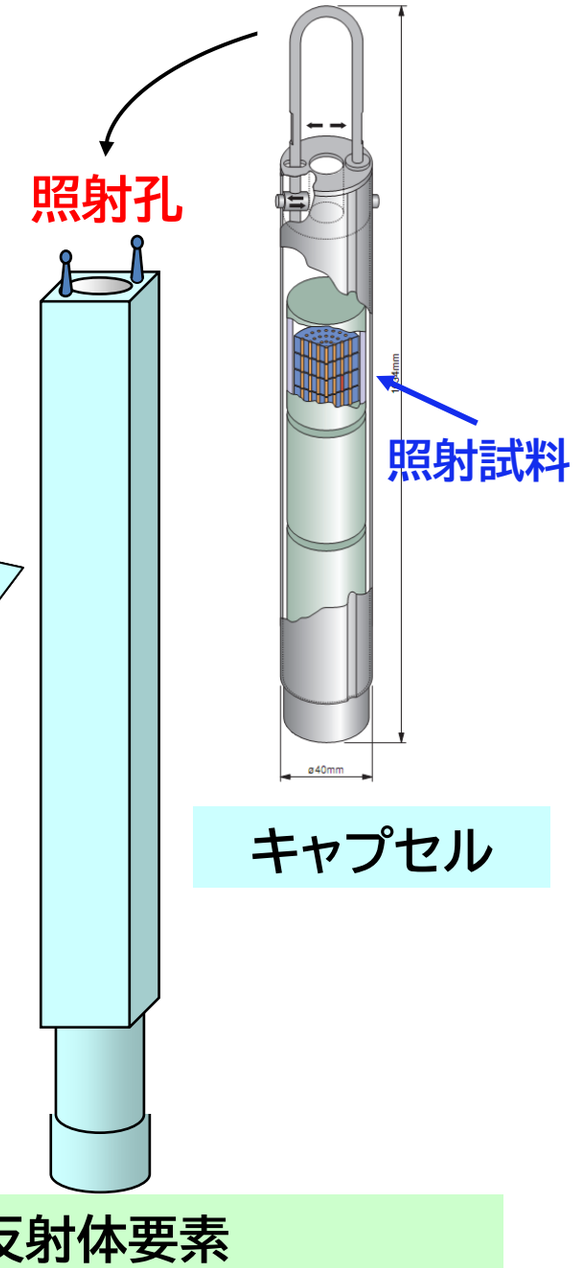


板状型
燃料要素



JMTR炉心

照射試料を装荷した
キャプセルを挿入



キャプセル

反射体要素
（ベリリウムorアルミニウム）

【JMTRの主な仕様】

原子炉熱出力:	50MW
炉型	軽水減速冷却タンク型
中性子束(高速、熱)	最大4×10^{18} n/m^2/s
出力密度	425MW/m^3

1.3 JMTRの実験設備

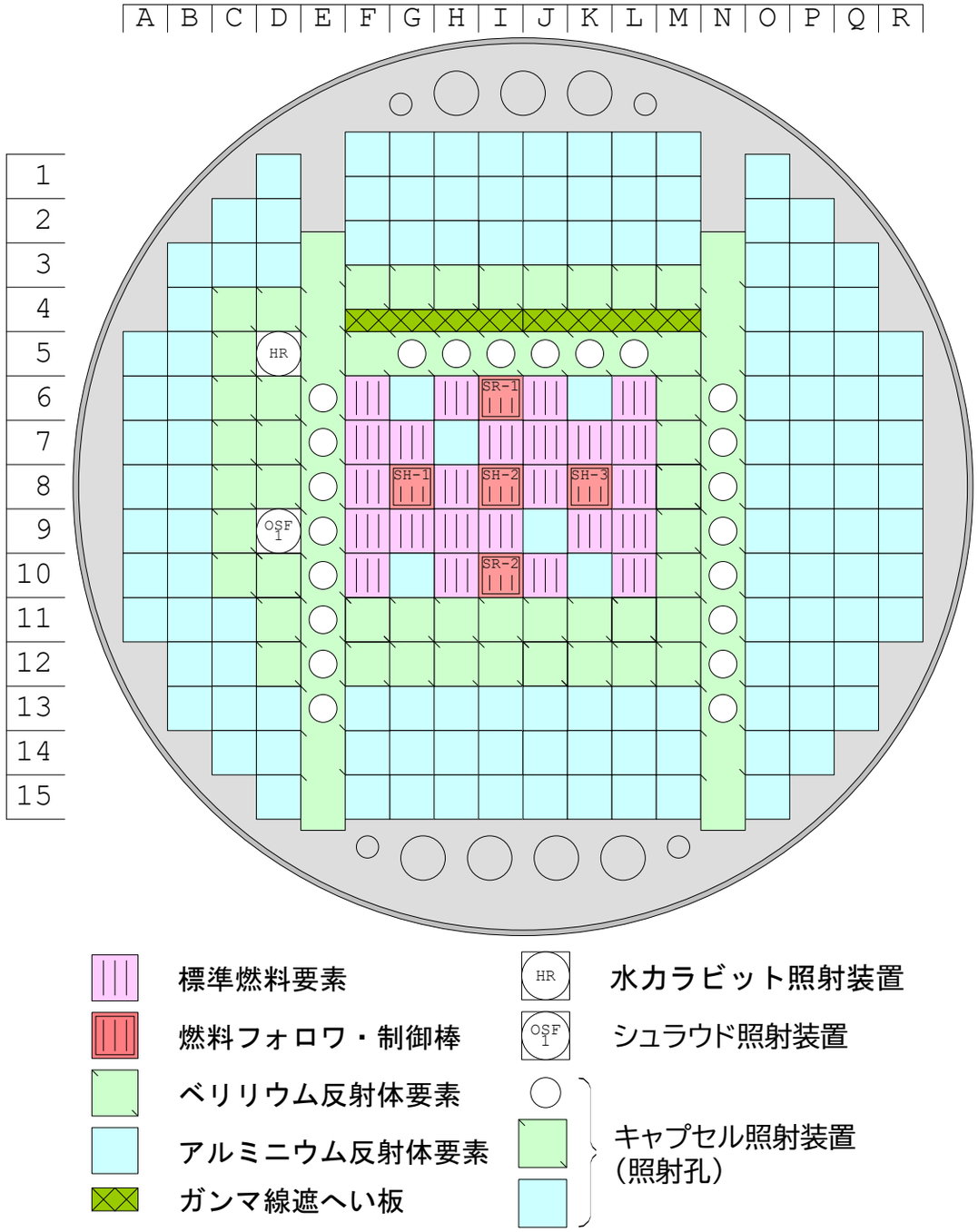
○多種多様な実験設備
- ・キャプセル照射装置
- ・シュラウド照射装置
- ・水力ラビット照射装置等

○炉心の照射領域
- ・炉心部に約200の照射孔
- ・約60箇所の照射孔で同時照射可能
- ・低ガンマ線照射領域を設定

○中性子照射量(年間180日運転時)
- ・高速・熱中性子照射量　:最大3×10^{25}(n/m^2)
- ・照射損傷量(ｽﾃﾝﾚｽ)　　:最大4 (dpa)

○照射キャプセル有効寸法
- ・約φ40mm×750mm
(ｷｬﾌﾟｾﾙ外径:最大φ65mm, φ100mm(4孔))

○照射温度
- ・常温から2000℃(燃料)程度まで幅広く制御可能



JMTRの標準炉心構成

1.4 JMTRで蓄積された照射技術

軽水炉炉心構造材のIASCC試験

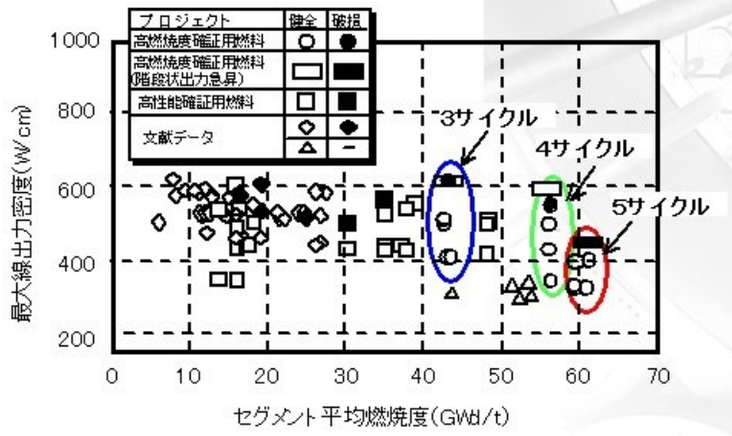
軽水炉の高経年化対応
（シュラウド溶接部等の健全性）



シュラウド

軽水炉燃料の出力急昇試験

軽水炉燃料の経済性向上



温度制御技術
- 飽和温度制御（高温高圧水）
- 一定自動温度制御
- 高温照射技術

荷重・環境制御技術
- 荷重制御、水環境制御

計測技術
- 温度計測、変位計測、き裂進展測定
- 多重再計装（燃料中心温度・内圧）

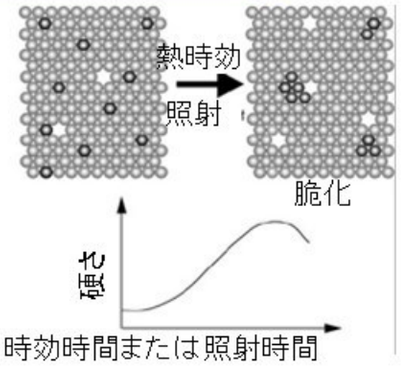
出力急昇試験技術
- He-3ガスによる試験燃料出力制御

中性子照射制御技術
- 中性子スペクトル調整
- 中性子パルス制御

再照射技術
- 遠隔操作によるキャプセル組立

高精度温度制御による照射試験

材料の照射損傷機構の研究



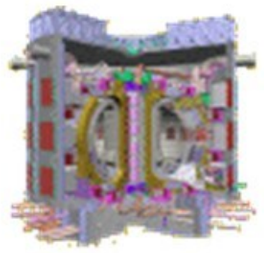
高温照射試験

高温ガス炉材料の開発
（黒鉛、Cr-Mo合金等）



ITERの運転様式やHe生成量/dpa等を模擬した照射試験

核融合炉材料の開発



各種研究を実施するため計測機器の開発も並行して実施。世界の照射試験炉の中でも高度な照射技術を保有。

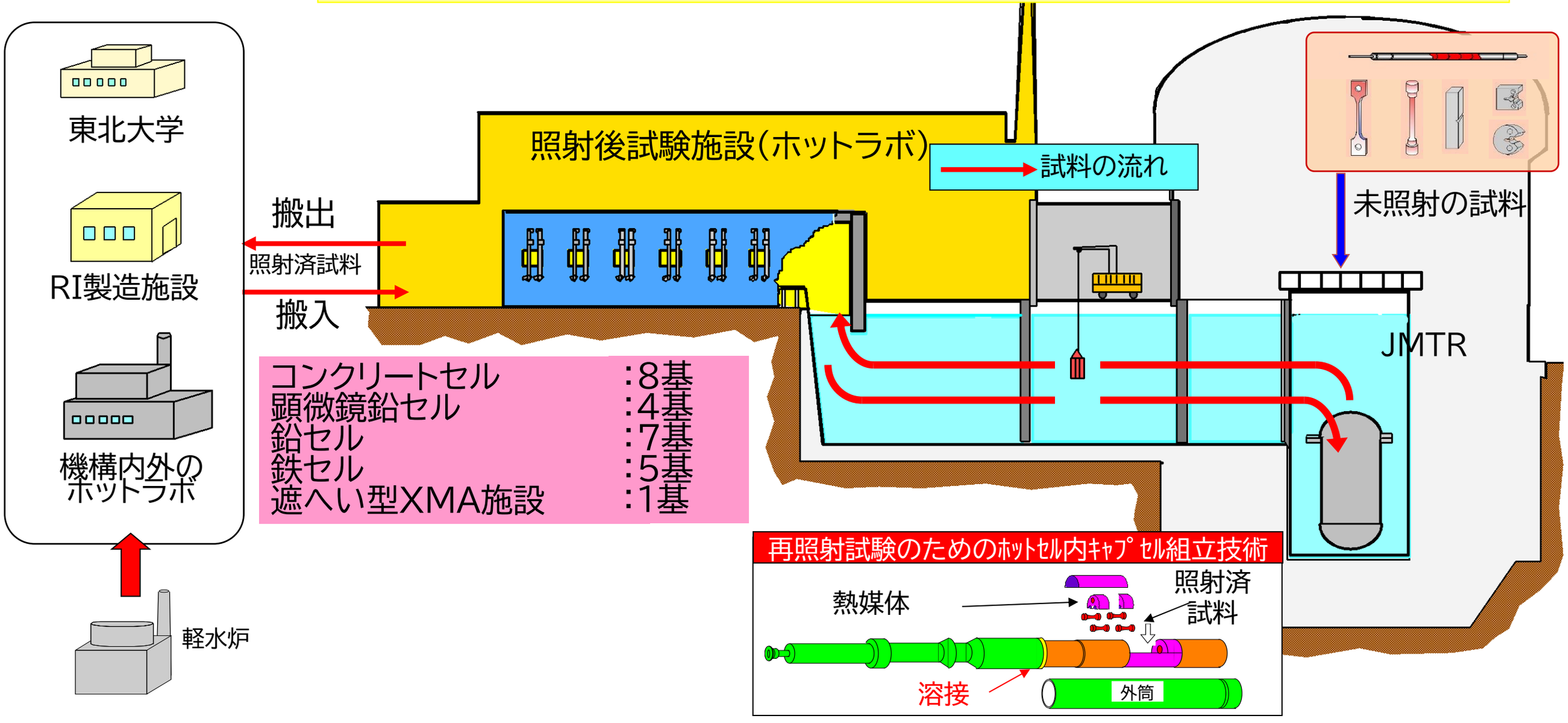
1.5 JMTRホットラボの概要

特長 ホットラボと原子炉が水路で直結→照射済試料の輸送が容易
- 迅速な照射後試験が可能、照射済試料の再照射試験が容易

照射後試験

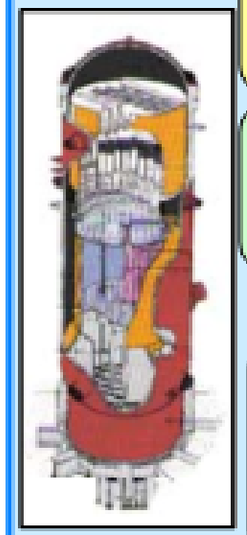
燃料：渦電流探傷、X線微小分析、γスキャン、ガス分析、金相・硬さ試験

材料：亀裂伝播、ｸﾘｰﾌﾟ、引張、疲労、破壊靭性、衝撃、スモールパンチ等



1.6 JMTRの主要な成果

軽水炉への貢献



・燃料を長く安全に使用
・原子炉を長く安全に運転

燃料及び材料の安全性や高性能化等に関する研究開発

・安全規制データの整備
・軽水炉の安定運転
・放射性廃棄物の削減
・発電費用の削減

基礎研究への貢献

精密計測・制御技術を用いた材料照射試験

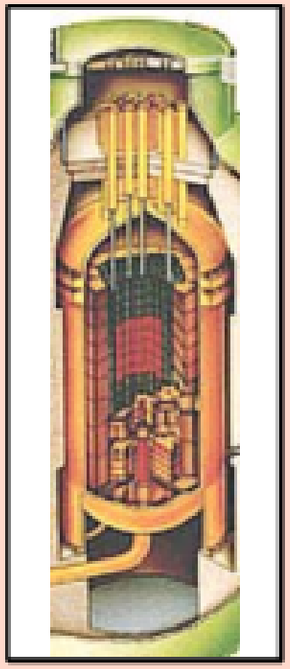
・放射線による材料劣化のメカニズムの解明
・照射誘起伝導等に関する新たな照射挙動の実証
・地球科学研究（地殻の年代測定）

高温ガス炉への貢献

・高温ガスループ（OGL-1）を用いた黒鉛、Cr-Mo合金等の高温材料試験

・被覆粒子燃料のその場破損率測定試験

HTTR建設



JMTRの有する照射基盤技術

核融合炉への貢献

ブランケット材料などの各種照射試験

核融合実験炉（ITER）材料評価資料としてまとめられ、広くITER設計に使用



RI製造・研究開発

医療、工業用ラジオアイソトープの生産

・材料の健全性確認のための非破壊検査
・ガンの診断と治療



目次

1. JMTRの概要
2. JMTRの廃止までの経緯
3. JMTR後継炉の検討状況
4. まとめ

2. JMTRの廃止までの経緯

- H15年の原子力二法人統合準備会議の報告書において、「JMTR は老朽化により廃止すべき。なお、廃止を進めるに当たっては、原研において検討委員会を設置し、代替機能の確保に留意するとともに、ユーザーコミュニティの意見等を聴衆しつつ、適切な廃止の方法と時期を検討」と記載。上記検討委員会の結果、「国の照射試験プロジェクトが完了するH18年に一時停止し、本格的改造に取りかかるべき。廃止の時期はH37年頃を目途に廃止」とH16年に結論。さらに、具体的な外部利用者等を集めたJMTR利用検討委員会を設置して検討した結果、「JMTRを改修し、H42年頃まで有効利用すべき」と提言(H18年) 。
- 文部科学省の原子力分野の研究開発に関する委員会の「原子力の研究開発に関する推進方策」において、JMTRは「必要な更新を行い活用していくことを検討すべき」と記載(H18年)。また、総合科学技術会議において「JMTRの改修と再稼働を着実に実施すべし」と評価(H18年)。これらを受けJMTRを改修して再稼動することを決定(H18年)。
- H19年度から4年間をかけて原子炉施設の改修を行ったが、H23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震により、当初予定のH23年6月再稼働を果たすことができなかった。
- H25年12月に新規制基準に施行され、これに対応するため、評価用基準地震動(当時810gal)を想定した耐震性能の詳細な評価を行ったところ、耐震Sクラスである炉プール壁及びカナル壁等の耐震力が不足すること、及び、JMTRを維持しながら耐震補強を行い、再稼働するためには、約7年と約400億円が必要であることが判明。 さらに、新規制基準への対応を進めていく中で、設備・機器の高経年化によるトラブル対応が頻発したこともあり、再稼働時に着実な保守点検と高経年化対応を継続する必要があることも明らかになり、照射試験を高稼働率で実施できなくなることも判明(年間最大8サイクル運転を目標→最大でも4サイクル運転) 。
- このような状況を踏まえ、原子力機構は、H29年4月公表の「施設中長期計画」においてJMTRを廃止検討施設と位置付けた。その後、R元年9月にJMTRの廃止措置計画の認可申請を行い、R3年3月に同認可を取得して、 廃止措置に移行している。

目次

1. JMTRの概要
2. JMTRの廃止までの経緯
3. JMTR後継炉の検討状況
4. まとめ

3.1 JMTR後継炉の検討について

○ 検討までの経緯

- 文部科学省の原子力科学技術委員会 原子力研究開発基盤作業部会の中間まとめ(H30.4)において、短・中期的には「海外施設利用に伴う支援」、長期的には「原子力機構がJMTR後継としての安全研究や材料照射研究を担う新たな照射炉の建設に向けた検討」に取り組む必要があるとの提言。
- また、日本学術会議 総合工学委員会 原子力安全に関する分科会の研究と産業に不可欠な中性子の供給と研究用原子炉の在り方(H30)においても「JMTRと同程度の照射炉の建設を早急に進めることが最も重要」との提言。
- これらを受け、原子力機構は、JMTR後継となる新たな照射試験炉(以下「新照射試験炉」という。)の建設に向けた検討を行うため、 H31年3月に理事長の下に原子力機構内外の有識者で構成するJMTR後継炉検討委員会を設置し、検討を実施。

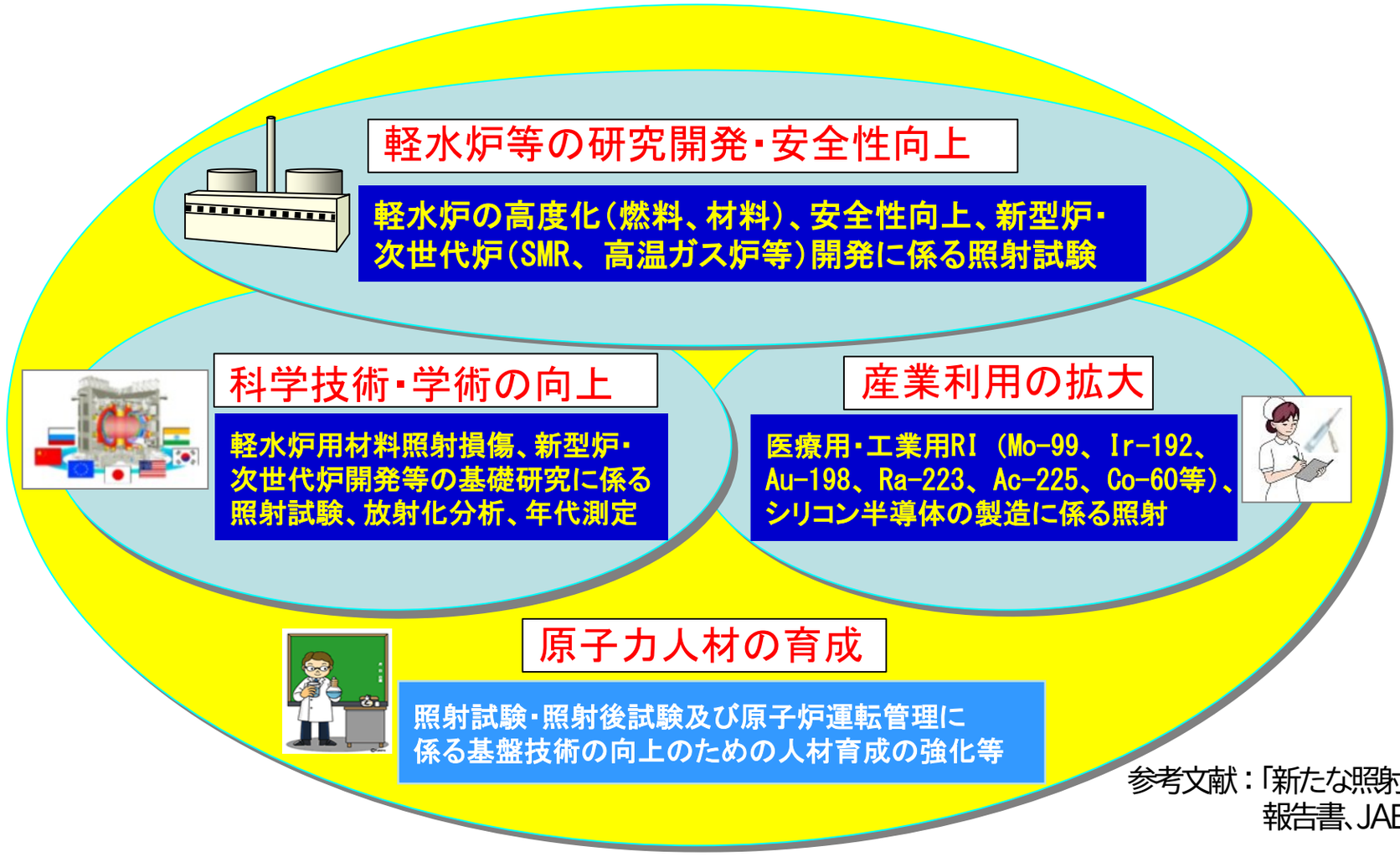
○ JMTR後継炉検討委員会における検討事項

- 社会的要請・利用ニーズの再整理
- 海外施設利用に関する調査
- 新照射試験炉の概略仕様の検討
- 新照射試験炉の建設に向けた今後の進め方の検討

3.2 JMTR後継炉検討委員会の検討結果(1)

(1) 社会的要請・利用ニーズの再整理

○ 新照射試験炉が取り組むべき課題



参考文献：「新たな照射試験炉の建設に向けたワークショップ」報告書、JAEA-Review 2021-064, 2021.

○ 新照射試験炉の概略仕様の検討において考慮すべき事項の抽出

- ニーズを満足させるための照射性能（中性子束、照射孔数、照射環境等）
- 照射利用の早期開始
- 照射利用環境の整備（ホットラボとの一体的運用、工作工場の併設、利用料金の最適化）
- 将来の新たなニーズへの対応（汎用性の高い炉心、照射設備の設置スペース等）

～「JMTR後継となる新たな照射試験炉の建設に向けた検討報告書(令和3年3月)」より～

3.2 JMTR後継炉検討委員会の検討結果(2)

(2) 海外施設利用に関する調査結果等

○ 海外炉利用時における課題等の調査

- 国内ユーザーによる海外炉の利用における主な課題。
  - 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の停止
  - 短半減期核種の輸送中の減衰による損失
  - 照射試験・照射後試験における実験条件の制御不良・利用制限・試料紛失
  - 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　等

- 海外炉の現状調査(原子炉の仕様、照射利用、廃止までの経緯と影響、建設状況、運営方法等)を行い、新照射試験炉の概略仕様に反映する項目を抽出。
  (稼働中の照射試験炉、廃止決定した照射試験炉(HBWR等)、建設中の照射試験炉(JHR及びRA-10)に分類して調査)
  - 汎用性が高く、かつ更新を考慮した設計及び機器選定
  - 国内の利用ニーズ等に対応する照射機能の確保及び海外炉等との相互補完
  - ユーザーフレンドリーな運営

3.2 JMTR後継炉検討委員会の検討結果(3)

(3) 概略仕様の検討結果(1/2)

○ 新照射試験炉の概略仕様の検討結果

- 新照射試験炉に係る主要仕様、建家の構成、各施設・設備の基本概念、利用性の向上、設計方針等について整理。
  - JMTRをベースとした熱出力50MWの新照射試験炉を選定
    - 将来の新たなニーズに対応し、最適な炉心構成や運転出力が選択できる汎用性が高い炉心構造及び照射設備の新設等が可能な拡張性の高い建家構造
  - 工作施設・技術開発試験施設の設置、近隣施設との連携、照射利用しやすい環境の整備

- 「新照射試験炉が取り組むべき課題」に係る照射試験が行える見通し。

新照射試験炉の主要仕様

炉型	軽水減速冷却タンク型
熱出力 [MW]	50 MW
高速中性子束(照射位置) 熱中性子束 (照射位置)	~2×10^{18} n/m^2/s ~2×10^{18} n/m^2/s
燃料要素 (^{235}U濃縮度) 燃料芯材	板状燃料 (約20 %) U_3Si_2-Al分散型合金
出力密度	425 MW/m^3
冷却材(一次系) 入口温度 / 出口温度 / 流量 圧力 / 流路方向 / 流速	軽水 最高49 ℃ / 約56 ℃/ 約6000 m^3/h 約1.5 MPa/ 下降流 / 約10 m/s
減速材 / 反射材 / 制御材	軽水 / ベリリウム / ハフニウム
反射体要素等	ベリリウム反射体要素 アルミニウム反射体要素 ガンマ線遮蔽要素
炉心 直径 / 実効高さ 燃料要素 / 制御棒 燃料交換バッチ / ^{235}U量 炉心形状 / 格子寸法	1560 mm/ 750 mm 29 本 / 5 本 3バッチ / 11 kg以下 格子型 / 77.2 mm角
同時照射孔数	40 孔以上
照射設備	キャプセル照射装置(C*) 水力ラビット照射装置(HR*) ループ照射装置(L*)
運転日数	28 日/Cy
稼働率	約70 %

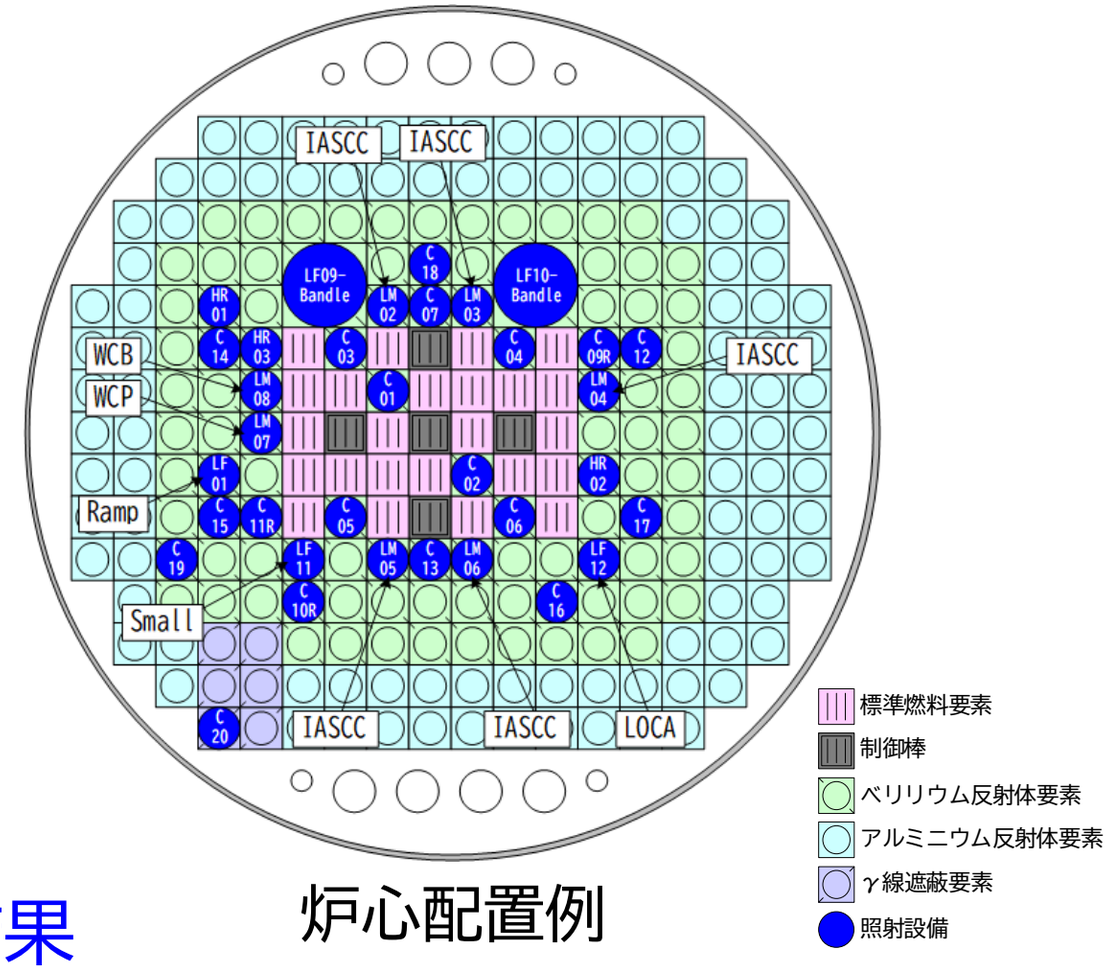
~「JMTR後継となる新たな照射試験炉の建設に向けた検討報告書(令和3年3月)」より~

3.2 JMTR後継炉検討委員会の検討結果(4)

(3) 概略仕様の検討結果(2/2)

○ 新照射試験炉で行える主要な照射試験等

主要な照射試験	無計測照射試験、高精度温度制御照射試験、高温照射試験、IASCC試験、軽水炉実機環境模擬照射試験、軽水炉燃料出力急昇試験、再照射試験、LOCA試験、RI製造照射
主要な計測制御技術	精密温度制御技術、運転中計装技術、荷重・環境制御技術(水化学)、出力急昇試験技術、実機照射材再照射技術、LOCA試験技術



炉心配置例

○ 新照射試験炉設置後の運営方法の検討結果

- ユーザーフレンドリーな運営かつ照射利用を促進する実務体制の整備
  - 照射利用専門部署:ユーザーが利用しやすく、利用ニーズにきめ細かく対応した照射試験
  - 産学官が参画する運営利用委員会:透明性、秘密保持の保障
  - 国際協力体制:海外炉等との相互補完(利用ニーズ拡大、照射試験の共通性、RIの安定供給等)

- 新照射試験炉を高稼働率で運転し、社会的要請・利用ニーズに確実に応えるとともに、これを通じて高い国際競争力を保ち継続的にイノベーションを創出。

3.2 JMTR後継炉検討委員会の検討結果(5)

(4) 新照射試験炉の建設に向けた今後の進め方

JMTR後継炉検討委員会では、原子力機構が以下に示す提案①～④について第4期中長期計画等に反映し、責任を持って実施することを要望する。

① 新照射試験炉の建設決定に向けた働きかけ
② 新照射試験炉の概念検討
③ 海外炉を用いた照射試験(代替照射)
④ 照射試験炉のネットワーク構築

～「JMTR後継炉検討委員会報告書(令和4年3月)」より～

検討結果について、原子力機構から原子力研究開発・基盤・人材作業部会に報告(R3.5及びR4.3)。

3.3 検討結果を踏まえた現状

○ 文部科学省 原子力研究開発・基盤・人材作業部会の中間まとめ

- 原子力機構からの報告等に基づく議論により、当該作業部会により「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）」が策定された（R4.12）。
- 本中間まとめにおいて、短期的には海外炉を用いた照射試験（代替照射）の継続実施が不可欠であり、国内の照射技術を継承・発展するとともにサプライチェーンの確保に努めること、照射試験炉のネットワークの構築が重要であること、長期的には次世代革新炉等に貢献する新たな高出力照射炉の将来計画に関して、中長期的な視点から更なる検討が必要であること等が示された。

○ 原子力科学技術委員会の中間まとめ

- 文科省の作業部会に基づく議論により、当該委員会において「今後の原子力科学技術に関する政策の方向性（中間まとめ）」が策定された（R6.8）。
- 本中間まとめにおいて、国内の照射機能の確保に向けた取組として、
  ○JMTRが担っていた機能を一部代替し得る国内炉として、JRR-3を活用して軽水炉の安全性向上に必要とされる加速照射（長期運転、燃料高性能化、燃料事故時評価、改良型炉の開発）を実施する。
  ○原子力機構は、海外照射炉による代替照射について、国内の利用ニーズを踏まえ、引き続き、海外施設共用の枠組みを用いた支援を行う。
  ○文部科学省は及び原子力機構は、当面、上記の取組により照射機能を確保しつつ、代替が困難な照射ニーズがあることも踏まえ、将来的な照射炉の在り方について、総合的な観点から検討を行う。
  等が示された。

4. まとめ

○　JMTRは、いわば「原子炉をつくるための原子炉」として建設された、世界でもトップクラスの照射能力を有する軽水減速冷却型の材料試験用原子炉（熱出力50MW）であり、初臨界以来、約40年間にわたって照射技術を開発しながら、発電用軽水炉を中心に、高温ガス炉、核融合炉等の燃料及び材料の照射試験、大学を中心とした原子炉材料に係る基礎研究や人材育成、医療用・工業用のラジオアイソトープの製造等に広く活用され、我が国の原子力の平和利用に大きく貢献してきた。

○　H18年8月の第165サイクル運転終了をもって一旦停止し、H19～H22年度にかけて原子炉施設を改修し、再稼働を目指していたが、H25年12月に施行された新規制基準への対応が困難であること等から、原子力機構は、H29年4月公表の「施設中長期計画」においてJMTRを廃止検討施設と位置付け、JMTRの廃止措置計画認可申請を行い、R3年3月に同認可を取得し、廃止措置に移行している。

○　JMTR後継となる新照射試験炉の建設に向けた検討を実施し、概略仕様の検討等を完了して文部科学省　原子力研究開発・基盤・人材作業部会に報告を行った（R3.5及びR4.3）。その後、原子力機構では、新照射試験炉の概念検討や、新照射試験までのつなぎとしての海外炉を用いた照射試験（代替照射）の検討等を引き続き進めている。