

JMTR原子炉施設に係る 廃止措置計画について

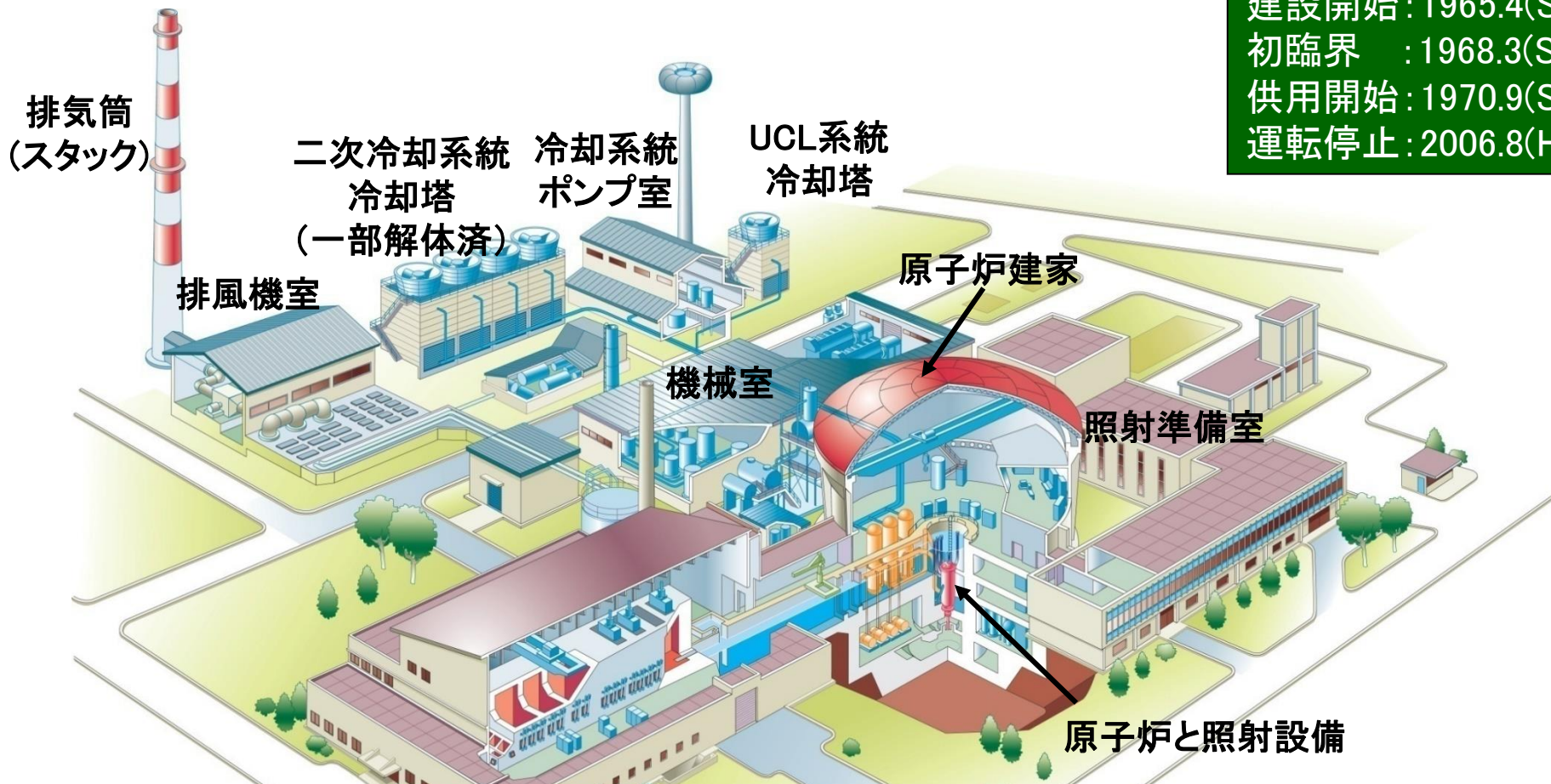
令和3年5月20日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所

1. JMTR原子炉施設の概要	2
2. 廃止措置対象施設	8
3. 解体対象施設	9
4. 性能維持施設	10
5. 廃止措置の進め方	11
6. 廃止措置の実施内容(第1段階)	12
7. 廃止措置に伴う放射線被ばくの管理	28
8. 廃止措置期間中に想定される事故の影響等	31
9. 廃止措置に係る管理体制	34
10. おわりに	37

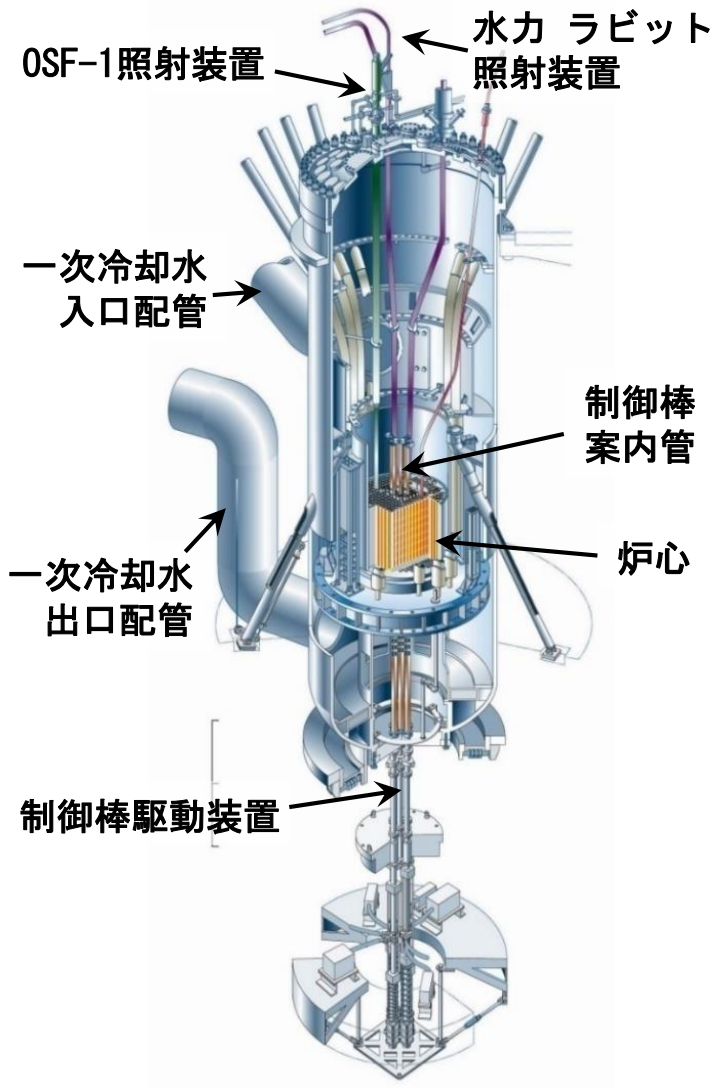
JMTR原子炉施設

建設開始 : 1965.4(S40)
 初臨界 : 1968.3(S43)
 供用開始 : 1970.9(S45)
 運転停止 : 2006.8(H18)



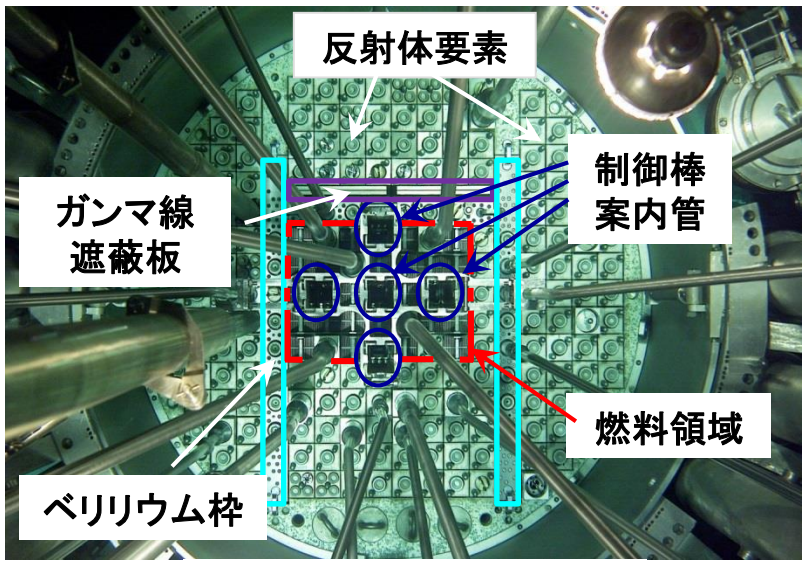
動力炉国産技術の確立と国産動力炉などの発展に寄与するため原子炉用材料及び燃料の各種照射試験、RIの生産などに利用され、約38年間の運転実績を有する。

原子炉と性能



原子炉容器概要図

炉型式	軽水減速軽水冷却タンク型	
熱出力	50,000 [kW] (50 MW)	
燃料要素	燃料芯材	U ₃ Si ₂ -Al分散型合金
	U-235濃縮度	約20 [wt%]
制御棒	ボックス型ハフニウム (燃料フォロー付き)	
中性子束	熱中性子束	4 × 10 ¹⁸ [/m ² ・s] (Max.)
	高速中性子束	4 × 10 ¹⁸ [/m ² ・s] (Max.)
一次冷却水	流量	約6,000 [m ³ /h]
	圧力	約1.5 [MPa] (炉心入口)



炉心外観写真

【プラントの状態】 原子炉容器から燃料要素は全て取り出され、制御棒は全挿入された状態で停止中。

照射設備

- JMTRには、原子炉用燃料又は材料の各種試料の照射試験及びラジオアイソトープの製造を目的とした様々な照射設備が併設されている。
- 照射設備には、大別して、キャプセル照射装置、ループ照射装置、水力 ラビット照射装置に分けられる。

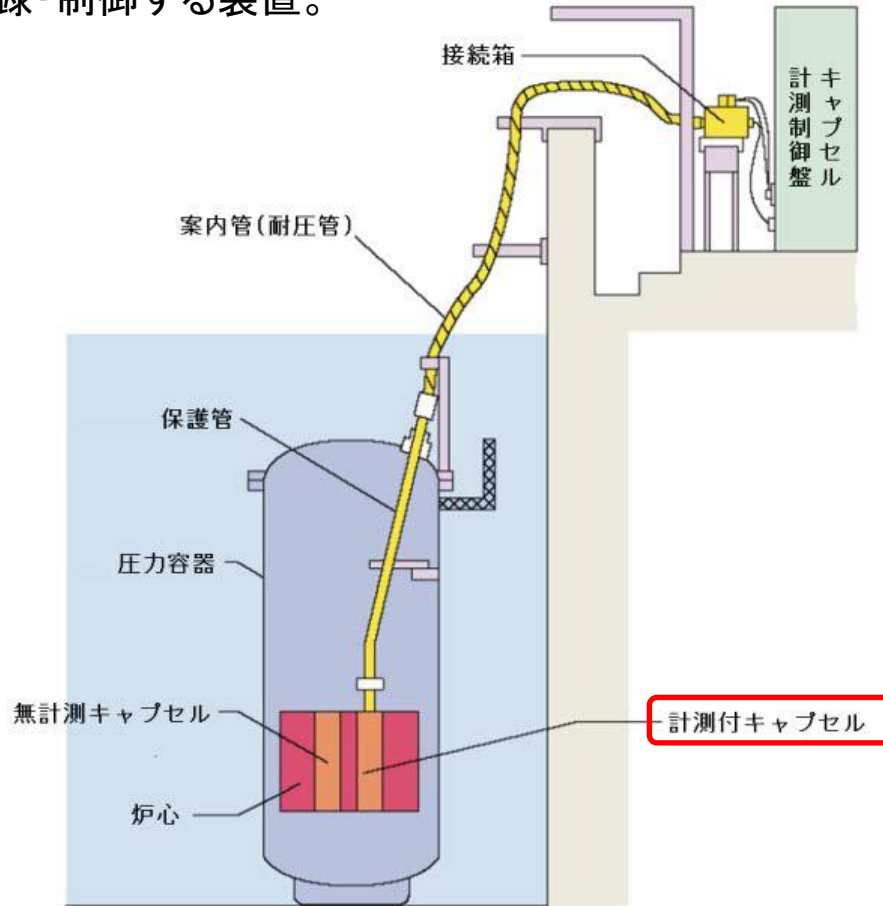


原子炉建家1階の状況

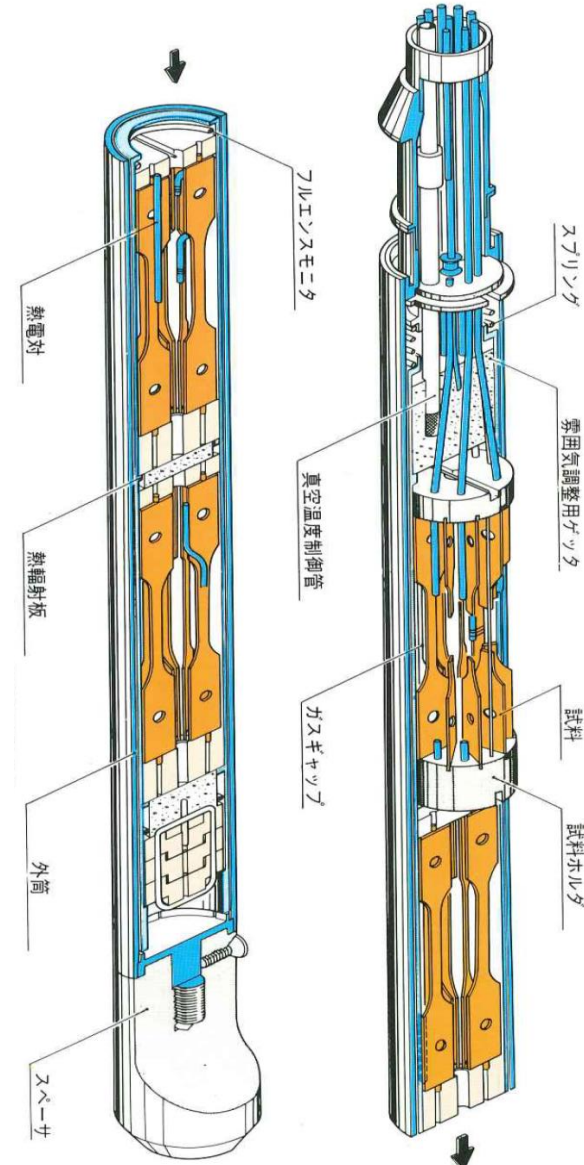
□ キャプセル照射装置

キャプセルと計測制御装置で構成

- キャプセルは、試料を装荷して照射する容器。
- 計測制御装置は、キャプセルの試料温度、圧力などを記録・制御する装置。



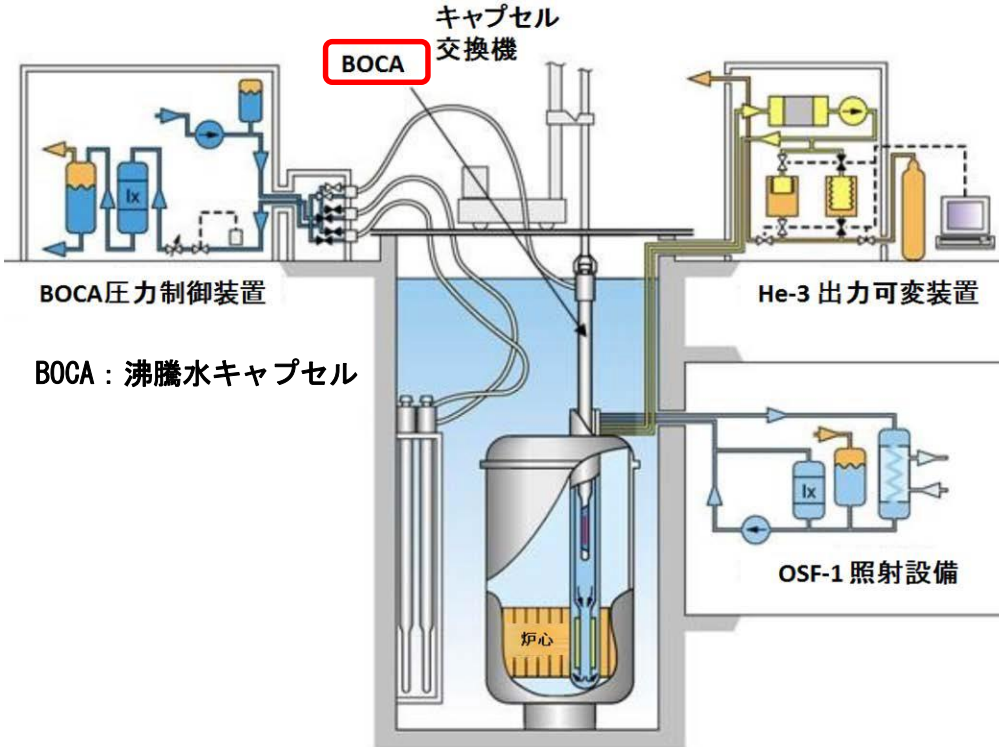
キャプセル照射装置の概略図



計測付きキャプセルの概略図

□ ループ照射装置

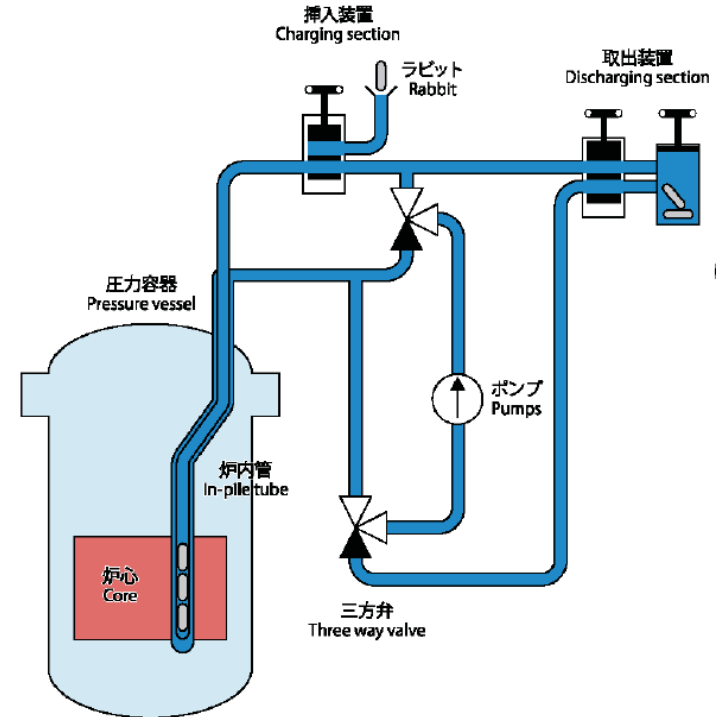
- PWRやBWR又は高温ガス炉等の冷却材流動条件下で原子炉用燃料・材料の照射試験をするために設置された照射装置。



ループ照射装置の概略図
(BOCA/OSF-1照射装置)

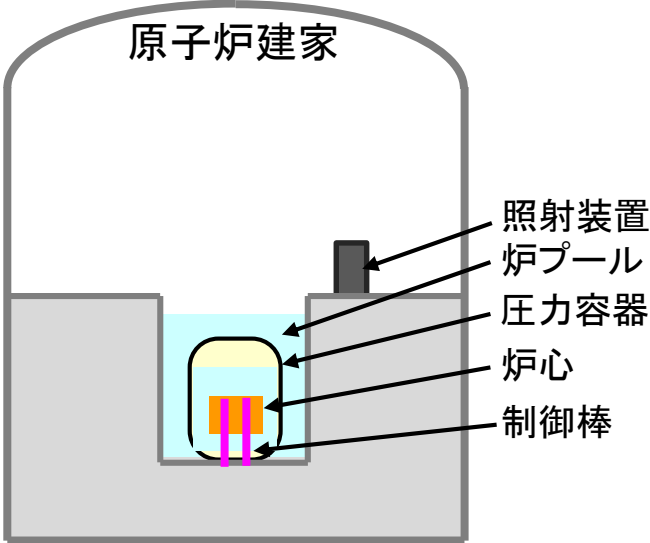
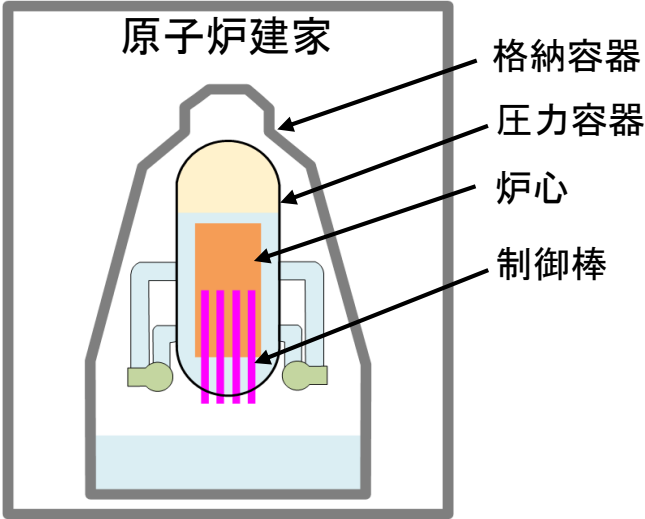
□ 水力ラビット照射装置

- 燃料又は材料を短時間照射するための照射装置。
- ラビット(アルミニウム容器)に封じた試料を原子炉運転中に水流力を利用して任意の時間に炉心に出し入れできる。



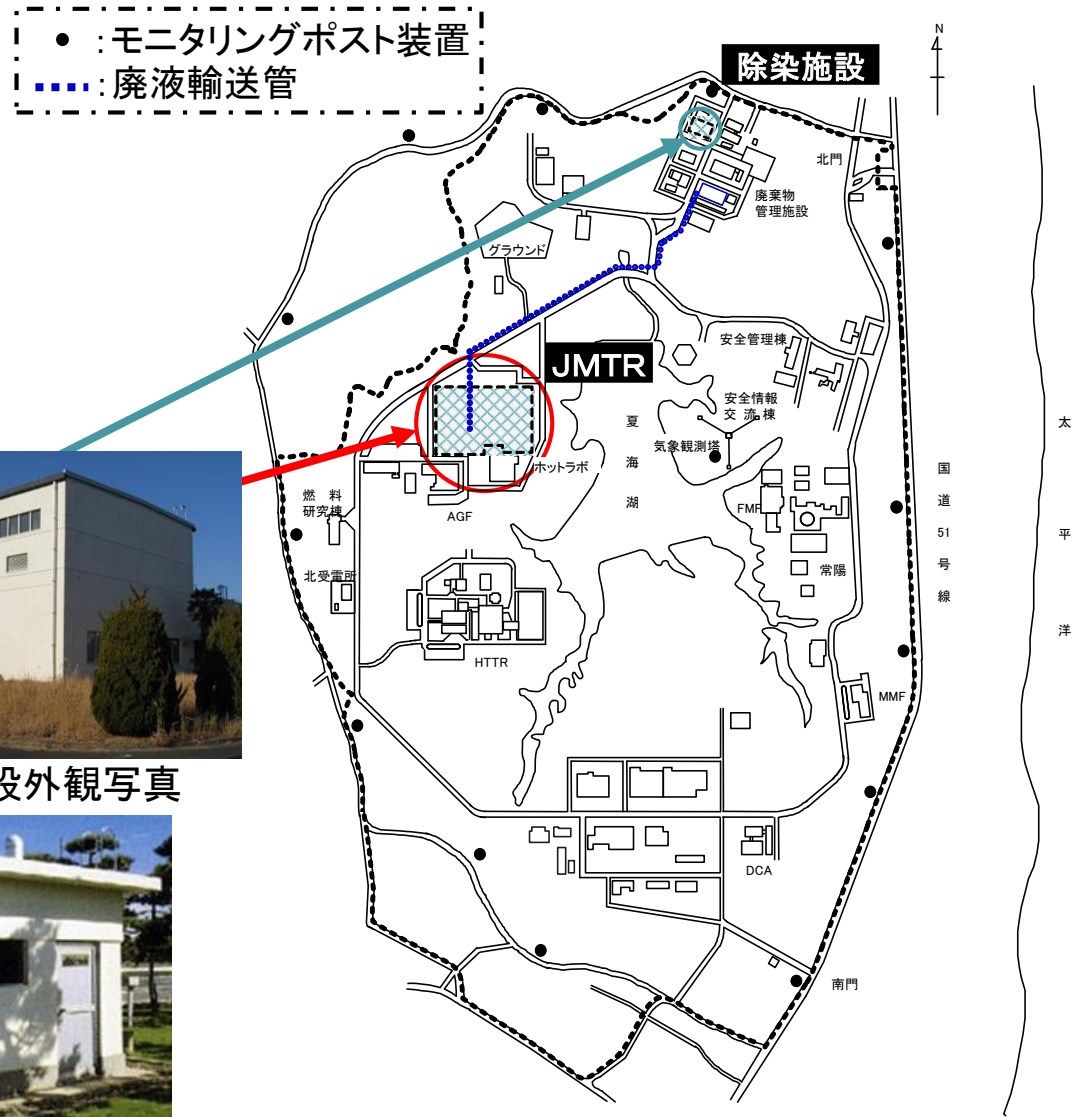
水力ラビット照射装置の概略図

原子力発電所との比較

項目	JMTR	原子力発電所
概略図		
目的	研究・開発	発電
熱出力	5万kW	330万kW
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・装荷する燃料が少ない(数十kg)。 ・使用期間が短く、崩壊熱は低い(冷却期間:短)。 ・核分裂生成物は使用済燃料内に閉じ込め。 	<ul style="list-style-type: none"> ・装荷する燃料が多い(数十トン)。 ・使用期間が長く、崩壊熱は高い(冷却期間:長)。 ・核分裂生成物は使用済燃料内に閉じ込め。
	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心に放射化物が集中。 ・構造物として鉄系材料の他、反射体材料を使用。 ・施設は小さく、解体廃棄物量は比較的少ない。 (実験機器(照射装置等)が併設など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心に放射化物が集中。 ・ほとんどの構造物は、鉄系材料を使用。 ・大型施設であり、解体廃棄物量は多い。 (大型機器(タービン等)、複数の配管併設など)

2. 廃止措置対象施設

- **廃止措置対象施設は、原子炉設置変更許可を受けたJMTR原子炉施設である。**（共通施設である**除染施設**、**廃液輸送管**及び**モニタリングポスト装置**についても廃止措置対象施設であるJMTR原子炉施設に含む。）
- **モニタリングポスト装置は、廃止措置後に他の原子炉施設の共通施設として引き続き使用する。**



JMTR外観写真



除染施設外観写真



廃液輸送管外観写真

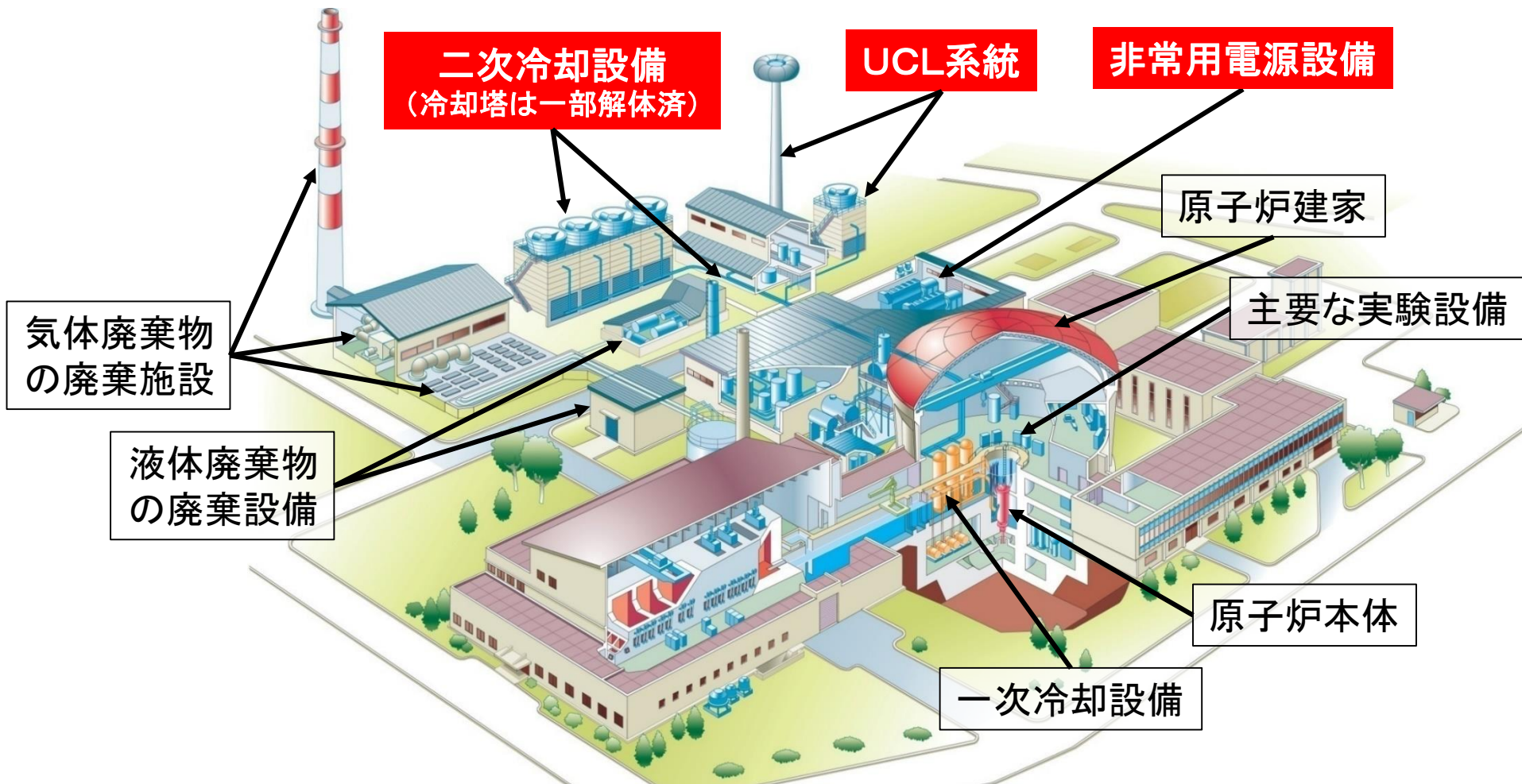


モニタリングポスト装置外観写真

廃止措置対象施設の敷地概要図

JMTR原子炉施設における主な解体対象施設の位置

■ 第1段階において解体を行うもの



- 管理区域を設定している建物で、一般施設として利用するものについては、管理区域解除まで行い、建物の解体は行わない。
- 管理区域を設定していない建物は、今後も継続して一般施設として利用するため、建物の解体は行わない。

- 廃止措置を安全かつ確実に実施するため、必要な設備を廃止措置の進捗に応じて適切に維持管理する。主な性能維持施設を以下に示す。

原子炉建家

放射性物質を内包する系統及び設備を撤去するまでの期間、放射性物質の外部への漏えい防止のための障壁としての機能及び放射線遮蔽機能を適切に維持管理する。

核燃料物質の貯蔵施設

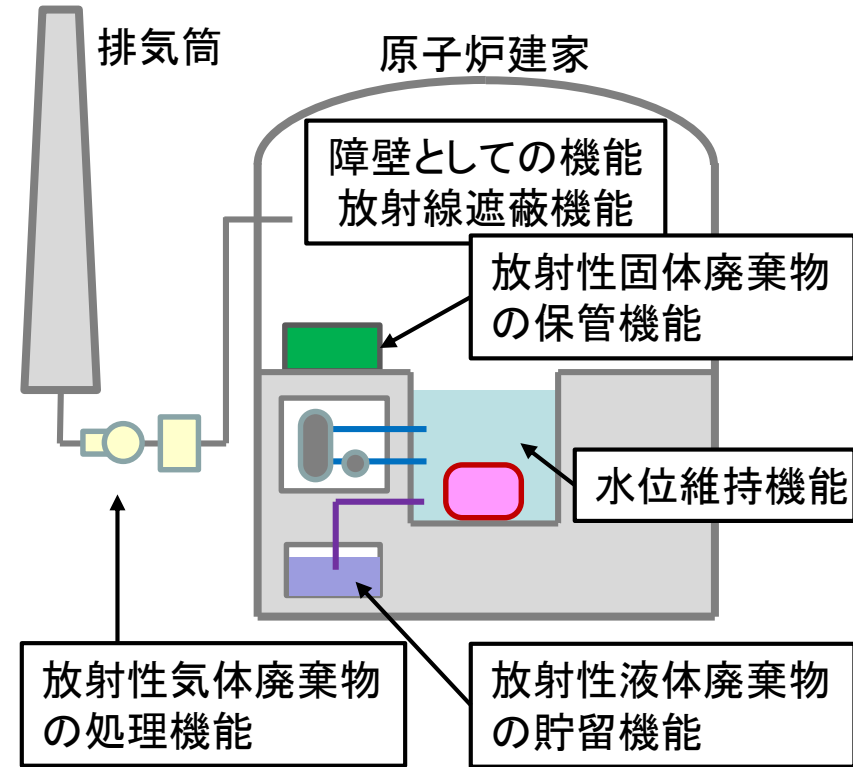
新燃料要素及び使用済燃料をJMTRから搬出するまでの期間、燃料取扱機能、臨界防止機能、水位維持機能及び水質維持機能を適切に維持管理する。

放射性廃棄物の廃棄施設

放射性廃棄物を適切に処理するため、放射性気体廃棄物の処理機能、放射性液体廃棄物の貯留機能及び放射性固体廃棄物の保管機能を適切に維持管理する。

放射線管理施設

原子炉施設内外の放射線監視、環境への放射性物質の放出管理及び管理区域内作業に係る放射性業務従事者の被ばく管理のために、放射線監視機能及び放出管理機能を適切に維持管理する。



➤ 廃止措置は、2021年度から約20年の計画とし、4段階に区分して実施する。

	2021年度～2027年度	2028～2031年度	2032～2035年度	2036～2039年度
	第1段階 (解体準備段階)	第2段階 (原子炉周辺設備の 解体撤去段階)	第3段階 (原子炉本体等の 解体撤去段階)	第4段階 (管理区域解除段階)
原子炉の機能停止	■			
核燃料物質の譲渡し				
・使用済燃料	■			
・新燃料要素		■		
維持すべき設備以外の設備の解体撤去				
・管理区域外設備の解体撤去	■			
・管理区域内設備の解体撤去		■		
原子炉周辺設備の解体撤去		■		
原子炉本体等の解体撤去			■	
原子炉建家等の管理区域解除				■
汚染状況の調査	■			
核燃料物質等による汚染の除去		■		
放射性廃棄物の処理処分	■			

6. 廃止措置の実施内容(第1段階)

- 本廃止措置計画書においては第1段階に行う具体的事項について記載する。
- 第2段階以降については、各段階に入る前までに廃止措置計画書の見直しを行う。

	2021年度～2027年度	2028～2031年度	2032～2035年度	2036～2039年度
	第1段階 (解体準備段階) ▼	第2段階 (原子炉周辺設備の解体撤去段階) ▼	第3段階 (原子炉本体等の解体撤去段階) ▼	第4段階 (管理区域解除段階)
<u>原子炉の機能停止</u> (1)	■			
<u>核燃料物質の譲渡し</u> (2)				
・ <u>使用済燃料</u>	■			
・ <u>新燃料要素</u>	■			
維持すべき設備以外の設備の解体撤去				
・ <u>管理区域外設備の解体撤去</u> (3)	■			
・ <u>管理区域内設備の解体撤去</u>				
原子炉周辺設備の解体撤去				
原子炉本体等の解体撤去				
原子炉建家等の管理区域解除				■
<u>汚染状況の調査</u> (4)	■			
核燃料物質等による汚染の除去				
<u>放射性廃棄物の処理処分</u> (5)	■			

▼ : 変更申請の時期
(各段階に入る前に変更申請を行い認可を受ける。)

第2段階以降に行う具体的事項については、

- ・汚染状況の調査結果
- ・管理区域外の設備の解体撤去の経験 等を踏まえ、解体撤去の手順及び工法、放射性物質の処理及び管理方法等について検討を進め、第2段階に入るまでに検討を行う。

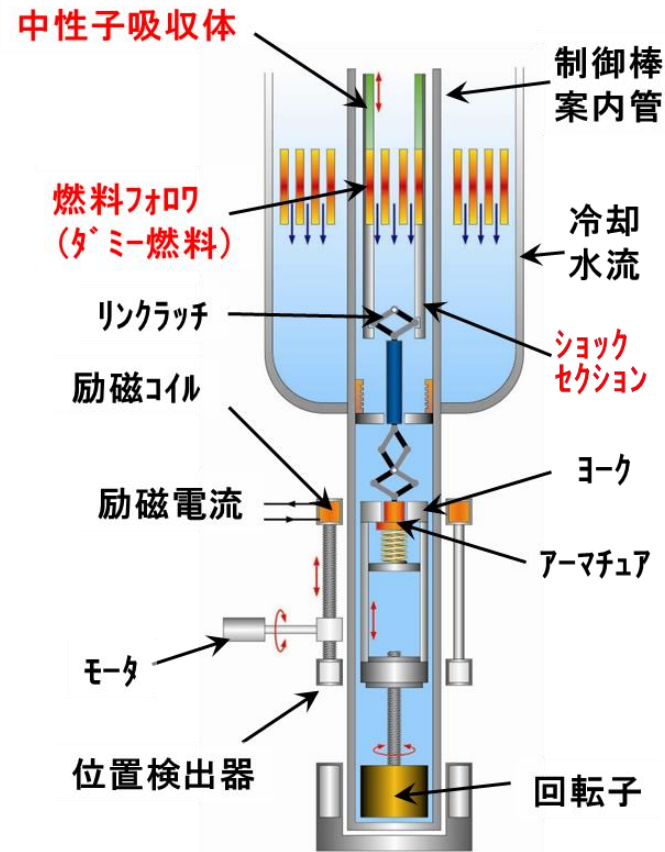
□ 現状

- 炉心から全ての燃料要素を取出し済み。(平成18年8月2日)
- 炉心にはダミー燃料又は反射体要素が装荷。
⇒ 燃料要素を炉心へ装荷することが不可能な状態となっている。

制御棒は、中性子吸収体、燃料フォロワ(ダミー燃料)、ショックセクションで構成されている。

□ 今後の実施内容

- 制御棒の取り外し。
(上部より作業員が取扱具を使用し、人力で引き抜きを行う。)
- 制御棒駆動装置の電源ケーブルの切離し
⇒ 恒久的に原子炉が起動できない状態とする。



制御棒駆動装置写真(下方より撮影)

制御棒の概略図

核燃料物質の貯蔵場所ごとの種類及び数量

貯蔵場所		種類	数量
使用済燃料貯蔵設備	カナル No. 2	使用済燃料	507体
新燃料貯蔵設備	燃料管理室	JMTRCで使用した燃料(使用済燃料)	32体
		新燃料要素	214体

<使用済燃料>

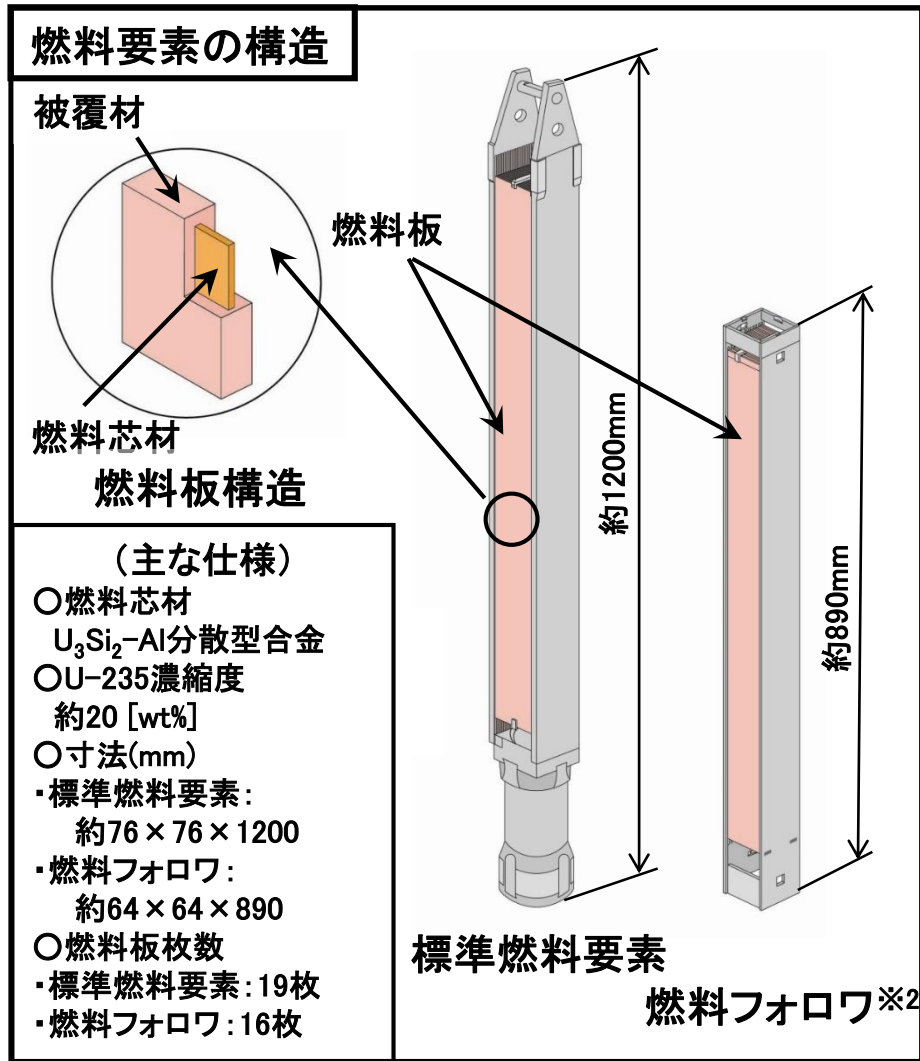
- 搬出までは、使用済燃料貯蔵設備に貯蔵。
- 米国エネルギー省へ譲り渡す。
- **第1段階(2027年度まで)に4回に分けて搬出予定**

<JMTRC※1で使用した燃料>

- 搬出までは、新燃料貯蔵設備に貯蔵。
- 米国エネルギー省へ譲り渡す。
- **第1段階(2027年度まで)に搬出予定。**

<新燃料要素>

- 搬出までは、新燃料貯蔵設備に貯蔵。
- 国内外の許可を有する事業者へ譲り渡す。
- **第3段階までに搬出予定。**



※2: 燃料フォロワは、制御棒の一部

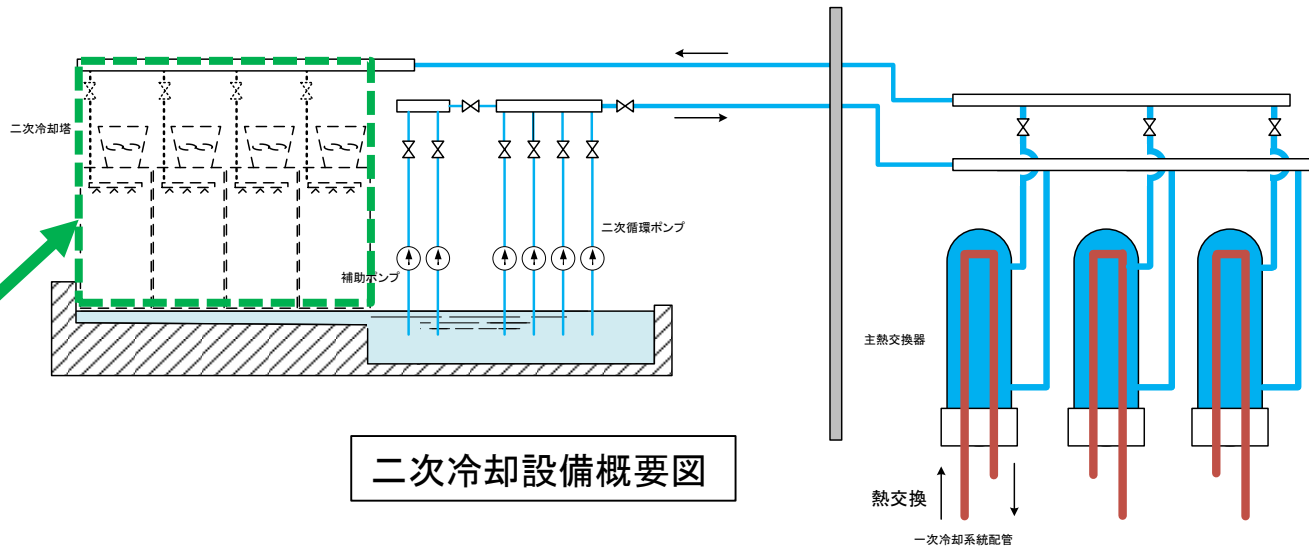
※1: JMTRの運転に関する安全性を確保するため、核的モックアップ実験等を行った、出力100Wのプール型臨界実験装置であり、廃止が完了している(H15)。廃止に伴い、JMTRCで使用した燃料はJMTR原子炉施設に引き渡している。

□ 二次冷却設備及びプールカナル循環系統(1/2)

➤ 二次冷却設備

- 一次冷却設備から熱交換器を介して受けた熱を冷却塔により大気に放散するための設備。

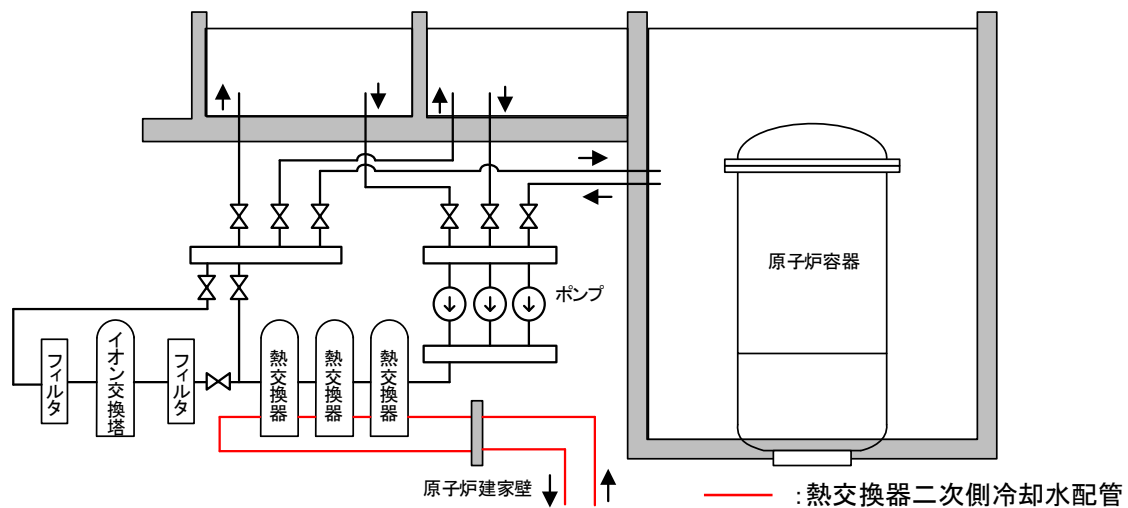
冷却塔については撤去済。



二次冷却設備概要図

➤ プールカナル循環系統

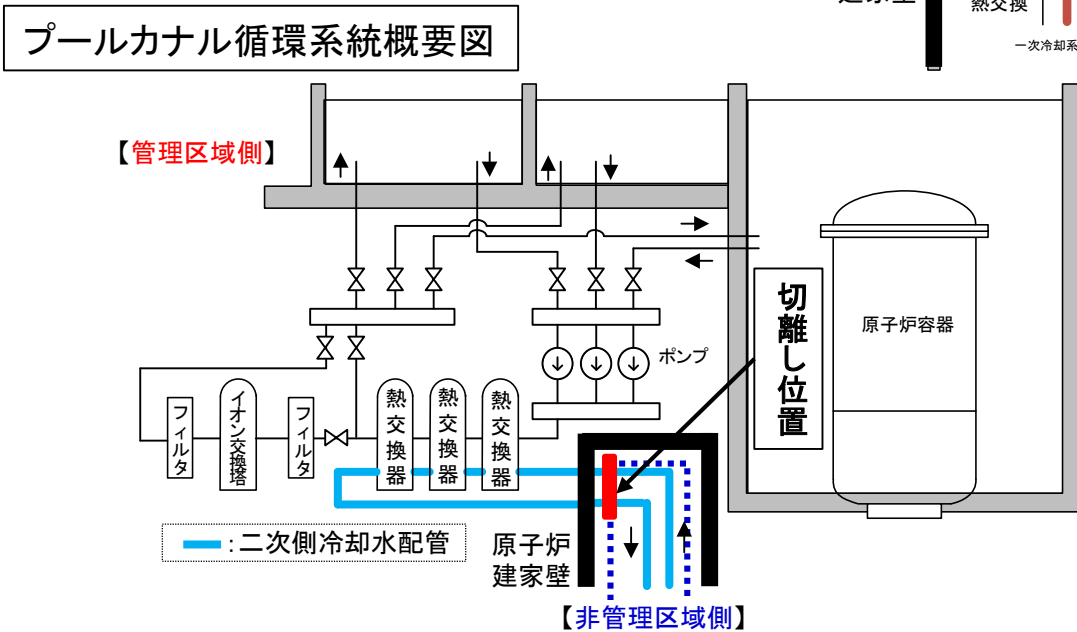
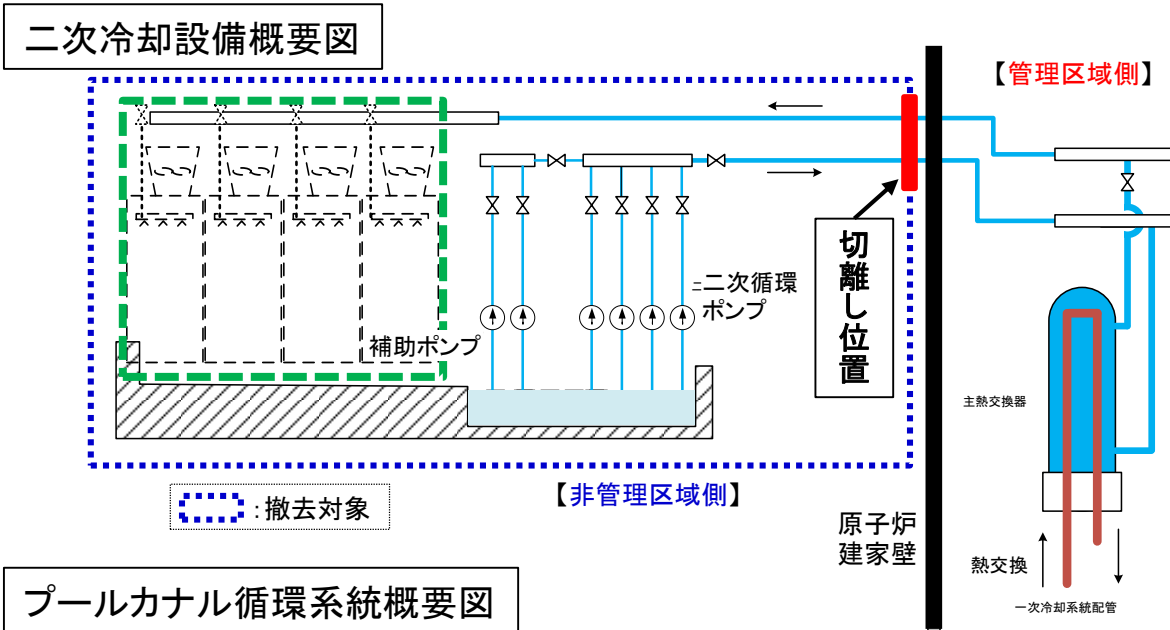
- 炉プール及びカナル内で発生する熱を除去し、水質の維持を行う設備
- 廃止措置段階では、熱の除去は不要



プールカナル循環系統概要図

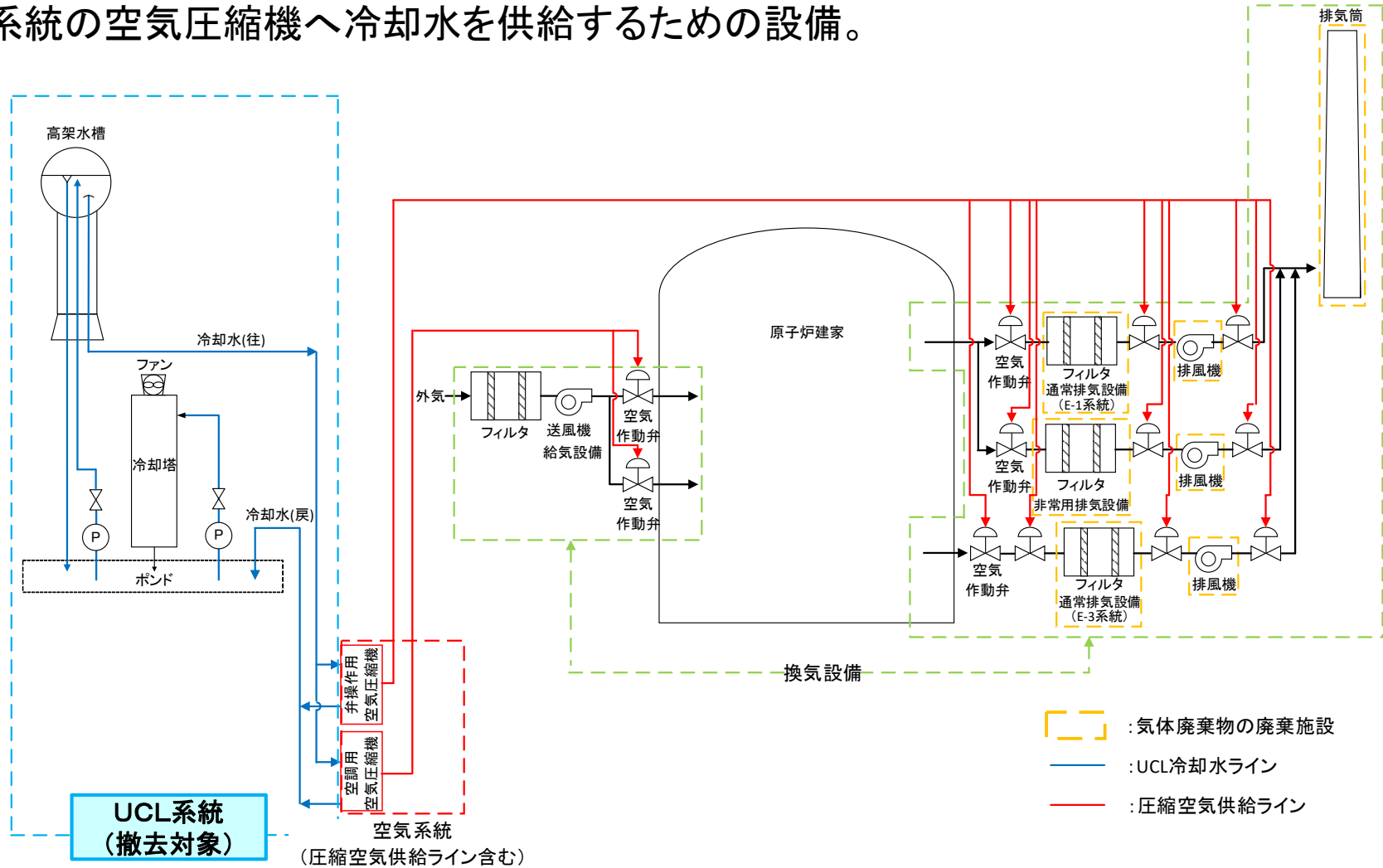
□ 二次冷却設備及びプールカナル循環系統(2/2)

- 原子炉建家との境界の非管理区域側で二次冷却系配管及びプールカナル循環系統の二次側冷却水配管の切離し後、**配管開口部の閉止処置**を行う。
- 二次冷却設備の**冷却塔、循環ポンプ、補助ポンプ及び水処理設備を解体撤去**する。なお、冷却塔は、**2019年9月の倒壊後**、がれき等の撤去は完了しているため、**残存する基礎部分の解体撤去**を行う。
- これらの設備は、供用を終了しているため、作業計画等の準備が整い次第、順次作業に着手する予定。



□ UCL系統

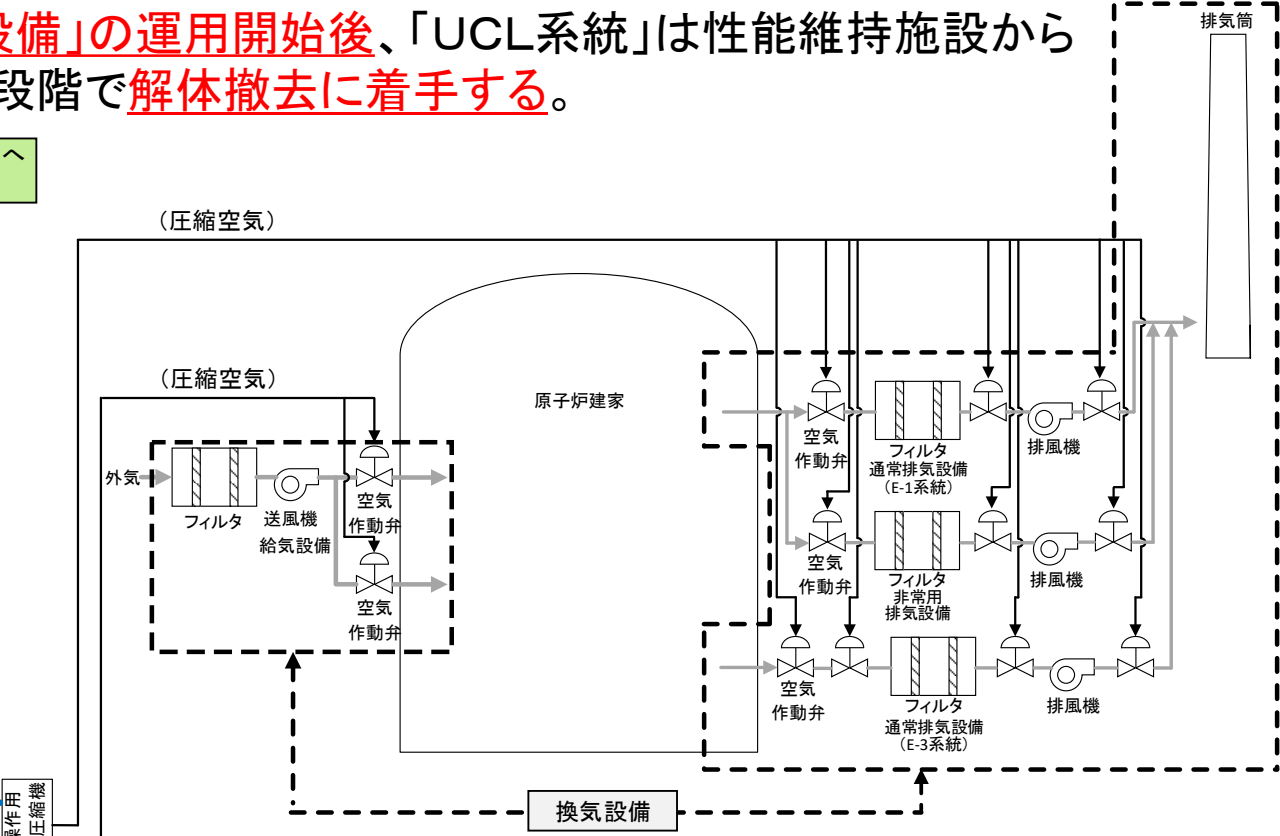
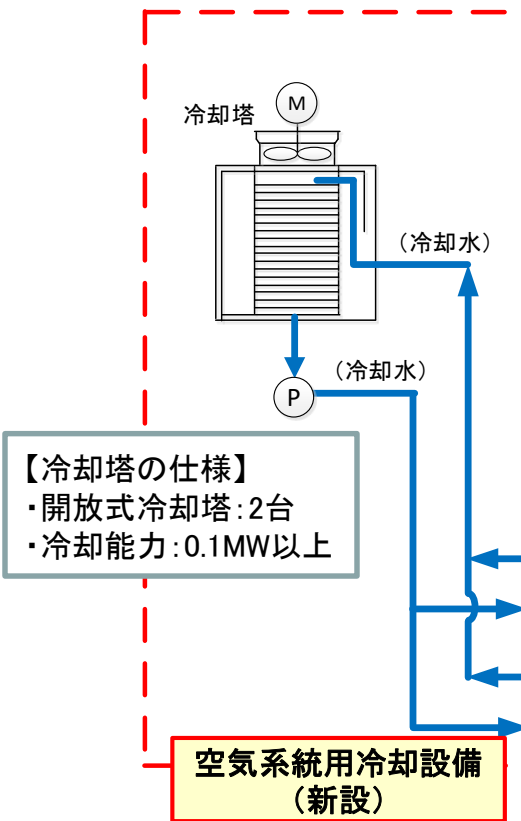
- 換気設備の構成機器のうち、空気作動弁の駆動源として圧縮空気を供給するために必要な空気系統の空気圧縮機へ冷却水を供給するための設備。



JMTR施設におけるUCL系統、空気系統及び換気設備の関係図

- UCL系統の冷却塔(木製)について、木材の腐朽による倒壊のリスクを低減するため、現在のUCL系統冷却塔より小型化した「空気系統用冷却設備」を設置する。
- 令和3年度中に「空気系統用冷却設備」を新設し運用を開始する。
- 「空気系統用冷却設備」の運用開始後、「UCL系統」は性能維持施設から外れ、廃止措置第1段階で解体撤去に着手する。

「UCL系統」から「空気系統用冷却設備」へ切り替え



JMTR施設における空気系統と換気設備の関係図

□ 非常用電源設備

- ディーゼル発電機(DG)は、原子炉運転中の商用電源の喪失に対して、原子炉が安全に停止できるようにするための機器に常時給電を行うものであり、原子炉停止中についてはこれら機器への給電は不要。

ディーゼル発電機の給電機器 (許可書添付八より)	ディーゼル発電機による給電の必要性	
	原子炉運転時	原子炉停止時
主循環ポンプ	○ (常時運転)	×
緊急ポンプ		
計測制御設備		
制御棒駆動装置		
補助ポンプ		
非常用排気設備		



ディーゼル発電機の外観写真

- 廃止措置段階においても原子炉停止時と同様に、これら機器への給電の必要はないことから、DGによる給電は不要。
- 商用電源が喪失した場合(自動火災報知設備などの一部の施設は、可搬型発電機を用いるなどの代替措置で対応)においても、性能維持施設の機能は維持でき、施設の安全性に影響がないことからDGは不要。
- DGの機能停止措置として、ディーゼル電源系と母線との切離しを実施し、DGの解体撤去に着手する予定。

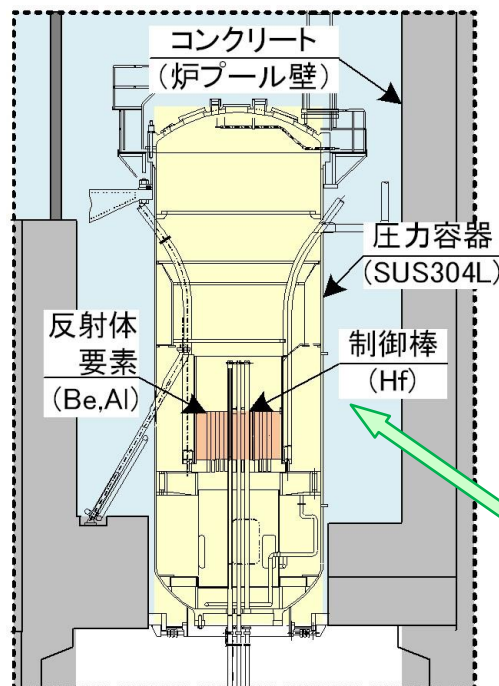
- 汚染状況の調査とは、
 - ・解体撤去の工法及び手順の策定。
 - ・解体撤去で発生する廃棄物の取扱いに関する事前評価などのため、汚染分布の評価を行う。
- この汚染分布の評価については、放射化汚染物及び二次汚染物に分け、計算等により評価を行っている(詳細は参考資料7を参照)。
- この計算等による評価結果が、適切に評価されていることを確認するため、**試料採取、分析及び測定**を行う。

放射化汚染物の推定放射能量 (Bq)
(原子炉停止後12年)

	制御棒	圧力容器	コンクリート
^{60}Co	2.1×10^{14}	3.3×10^8	4.9×10^1
^{63}Ni	5.0×10^{13}	3.9×10^8	2.4×10^0

二次汚染物の推定放射能量 (Bq)
(原子炉停止後12年)

	一次冷却設備	液体廃棄設備	実験設備
^{60}Co	3.1×10^{11}	2.3×10^{10}	2.0×10^8
^{63}Ni	1.6×10^{11}	1.2×10^{10}	2.6×10^8



主な放射化汚染物の箇所

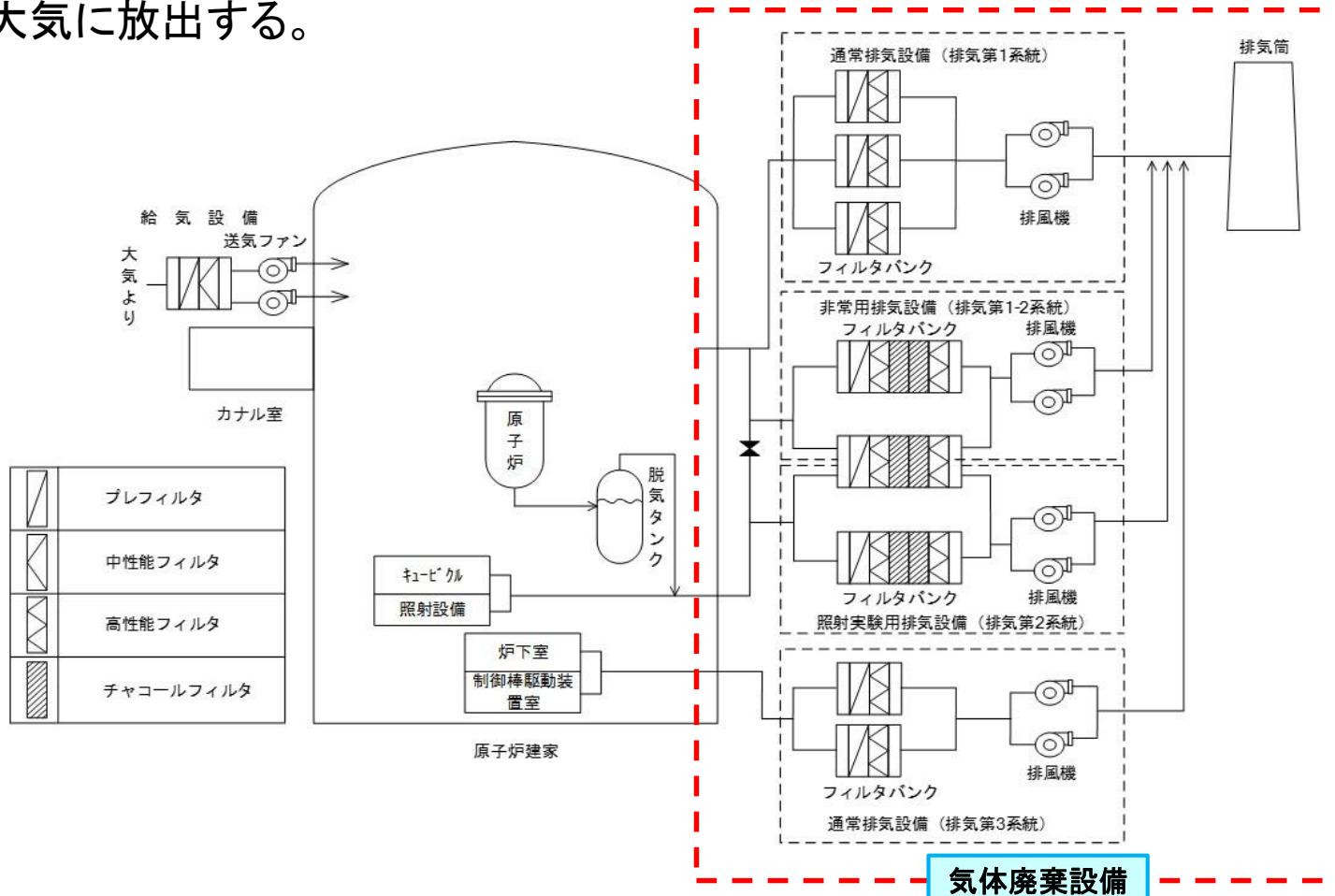


二次汚染物の一例(配管等)

汚染状況の調査として
 ・線量当量率の測定
 ・試料採取・分析 等

□ 放射性気体廃棄物の処理

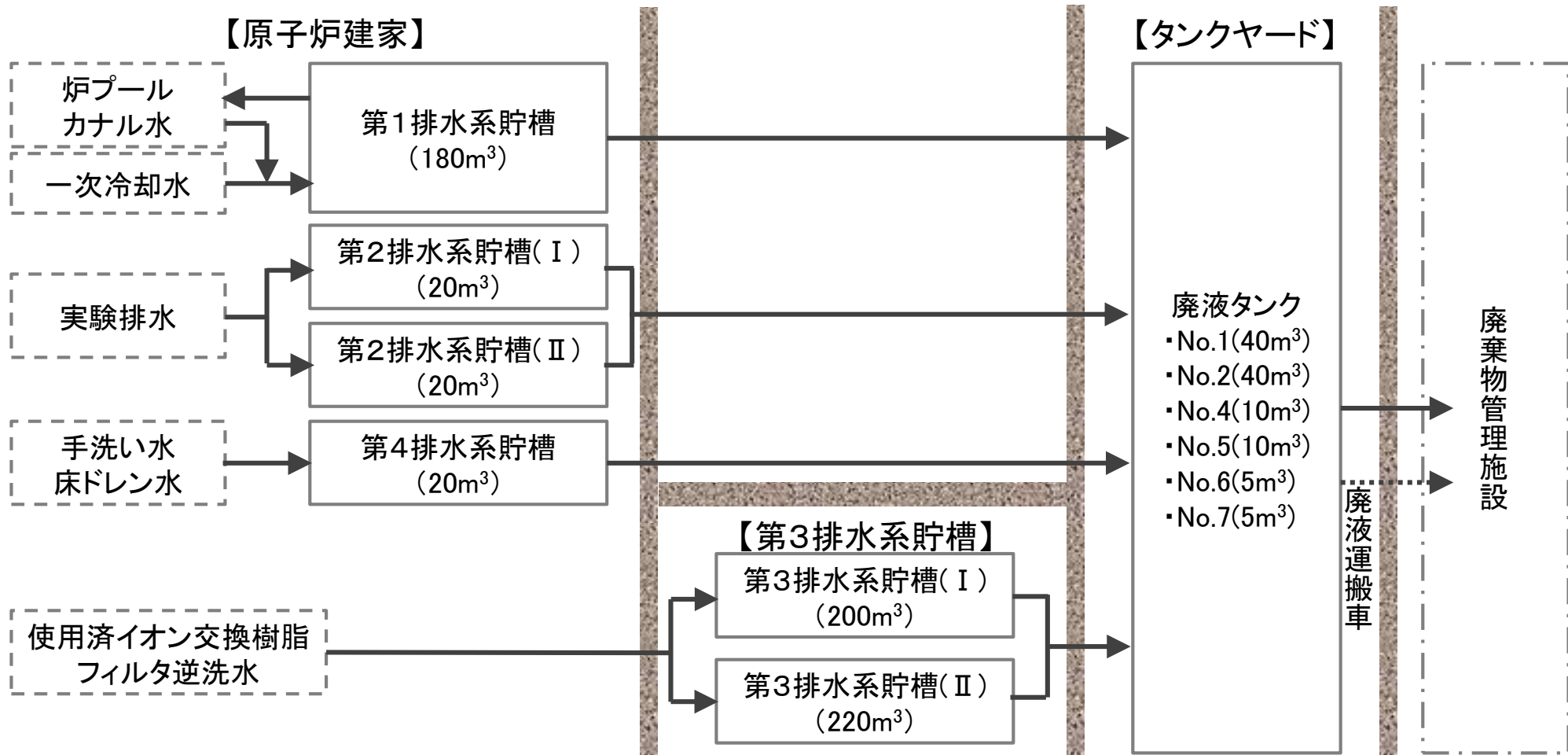
- 廃棄の方法は原子炉運転段階と同様。
- 排気系に集めて、フィルタバンクを通して浄化した後、排気ダストモニタにより、放射性物質の濃度が線量限度告示に定める排気中の濃度限度以下であることを連続監視しながら、排気筒から大気に放出する。



気体廃棄物の廃棄施設の系統概要図

□ 放射性液体廃棄物の引渡し

- **廃棄の方法は原子炉運転段階と同様。**
- 排水系統の貯槽からタンクヤードの廃液タンク等に回収し、放射性物質の濃度を測定した後、廃棄物管理施設へ移送して引き渡す。



液体廃棄物の廃棄設備の系統概要図

□ 放射性固体廃棄物の引渡し

- 廃止措置の第1段階で発生する放射性固体廃棄物は以下のとおり。
 - 維持管理付随廃棄物
 - ・雑固体廃棄物
 - ・使用済フィルタ
 - ・使用済イオン交換樹脂
- この維持管理付随廃棄物は、従来に基づき、廃棄物管理施設へ移送して引き渡す。
- 雑固体廃棄物及び使用済フィルタについては、廃棄物管理施設に引渡すまでの間、JMTR原子炉施設内の保管廃棄施設に保管する。
- 使用済イオン交換樹脂については、廃棄物管理施設に引渡すまでの間、第3排水系貯槽に貯蔵する。



保管廃棄施設の例

➤ 第2段階以降に発生する放射性固体廃棄物は以下のとおり。

- 維持管理付随廃棄物
- 解体撤去廃棄物
- 放射性物質として扱う必要がないもの

- 維持管理付随廃棄物は、廃棄物管理施設へ移送して引き渡す。
- 解体撤去廃棄物は、放射能レベル区分に応じて、廃棄物管理施設又は将来的に設置予定の第二種廃棄物埋設事業による廃棄物埋設施設(処分場)に移送して引き渡す計画。
- 廃棄物を引渡すまでの間、JMTR原子炉施設内の保管廃棄施設に保管する。
- 第2段階以降に発生する放射性固体廃棄物の管理については、第2段階に入るまでに定め、廃止措置計画書に反映する。
- 放射性物質として扱う必要がないものは、原子炉等規制法上の確認等を経て施設から搬出し、可能な限り再利用に供する。



JMTR

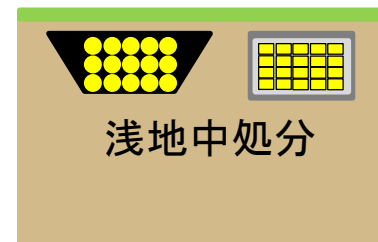
廃棄物の保管



廃棄物の処分



廃棄物管理施設(大洗)



浅地中処分

廃棄物埋設施設(処分場)

【放射性固体廃棄物の推定発生量】

放射能レベル区分※1		材質	重量 (t)※3
低レベル放射性廃棄物	比較的放射能レベルが高いもの【L1】 (余裕深度処分相当※2)	金属	約30
		コンクリート	-
		その他	-
	放射能レベルが低いもの【L2】 (ピット処分相当※2)	金属	約350
		コンクリート	-
		その他	-
	放射能レベルが極めて低いもの【L3】 (トレンチ処分相当※2)	金属	約570
		コンクリート	約1300
		その他	約10
放射性物質として扱う必要がないもの【CL】	金属	約980	
	コンクリート	約2310	
	その他	約10	
合計			約5540※4

※1: 放射能レベル区分は、原子炉停止後約21年(2027年12月末)経過時における推定放射能濃度により区分した。

※2: 埋設施設における処分を考慮した場合の処分方法。なお、原子炉施設における余裕深度処分に関する「埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」については、国において検討中。

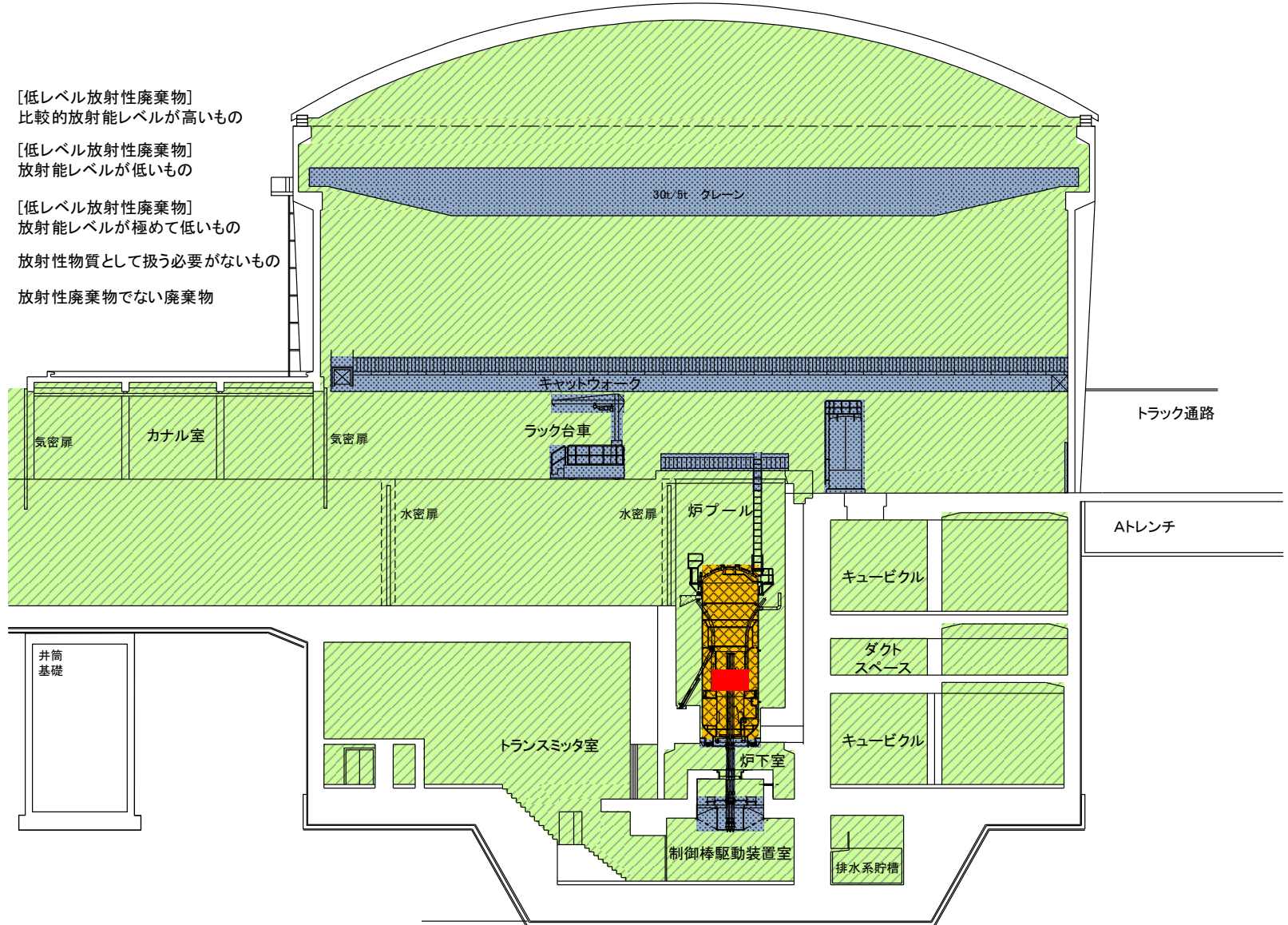
※3: 10t単位で切り上げた値である(端数処理のため合計値が一致しない。)

※4: このほか、放射性廃棄物でない廃棄物(管理区域外から発生した廃棄物を含む)の重量は約5220t※3と推定。

なお、第1段階で発生するものは「管理区域外から発生した廃棄物」であり、産業廃棄物として廃棄又は資源として有効利用する。

【主な廃止措置対象施設の推定汚染分布】

- [低レベル放射性廃棄物] 比較的放射能レベルが高いもの
- [低レベル放射性廃棄物] 放射能レベルが低いもの
- [低レベル放射性廃棄物] 放射能レベルが極めて低いもの
- 放射性物質として扱う必要がないもの
- 放射性廃棄物でない廃棄物



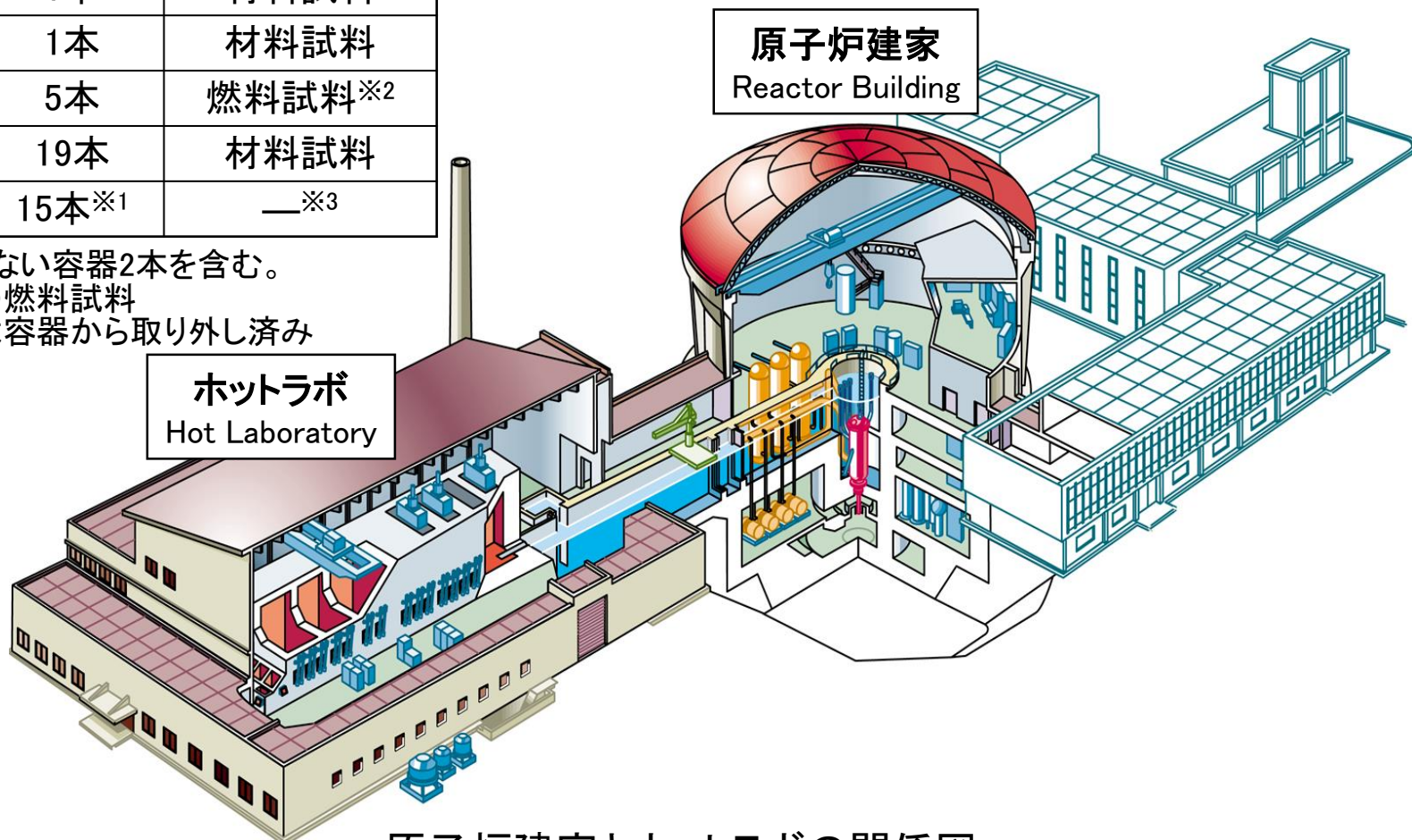
- JMTR原子炉施設に残存している照射済みの容器及び照射済みの試料については、使用施設であるホットラボに移送、もしくは、引き続き原子炉容器内、炉プール及びカナルで保管する。

保管場所	数量	照射試料
原子炉容器	1本	材料試料
炉プール	1本	材料試料
カナル	5本	燃料試料※2
	19本	材料試料
	15本※1	—※3

※1: 照射していない容器2本を含む。

※2: 使用施設の燃料試料

※3: 照射試料は容器から取り外し済み



原子炉建家とホットラボの関係図

□ 放射線管理

- 放射線管理に当たっては、原子炉等規制法及び労働安全衛生法を遵守し、一般公衆及び放射線業務従事者等が、原子炉施設に起因する放射線被ばくから十分安全に防護されるように放射線防護対策を講じる。
- 放射線被ばく管理の運用については、原子炉運転段階の管理と同様、保安規定等に定め、管理を行う。

□ 放射線業務従事者の被ばく

- 廃止措置の第1段階で実施する作業は、原子炉運転段階における原子炉停止時の保守管理作業等と同様に十分実績のある作業である。
- これらの作業については、保安規定等に基づき放射線管理を適切に行うとともに、十分実績のある保守管理作業等の作業方法に基づき、作業ごとに放射線作業計画書や手順書等を作成し、被ばく低減を図る。
- 第2段階以降の被ばくについては、施設の汚染状況の調査結果等を踏まえ、第2段階に入るまでに被ばく評価を実施する。

□ 平常時における一般公衆の被ばく

- 放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物の放出による被ばく
 - 第1段階で発生する放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物は、原子炉運転段階における原子炉停止時と同程度。
 - 第1段階の平常時における一般公衆の被ばくは、「原子炉設置変更許可申請書 添付書類九」(以下表)と同様、基準※となる年間50 μ Svに比べて小さい。

項目	実効線量 (μ Sv/y)
気体廃棄物中の放射性希ガスからの γ 線による実効線量	4.9
気体廃棄物中の放射性よう素による実効線量(幼児)	0.11
気体廃棄物中のトリチウムによる実効線量	0.21
液体廃棄物中の放射性物質による実効線量	4.2

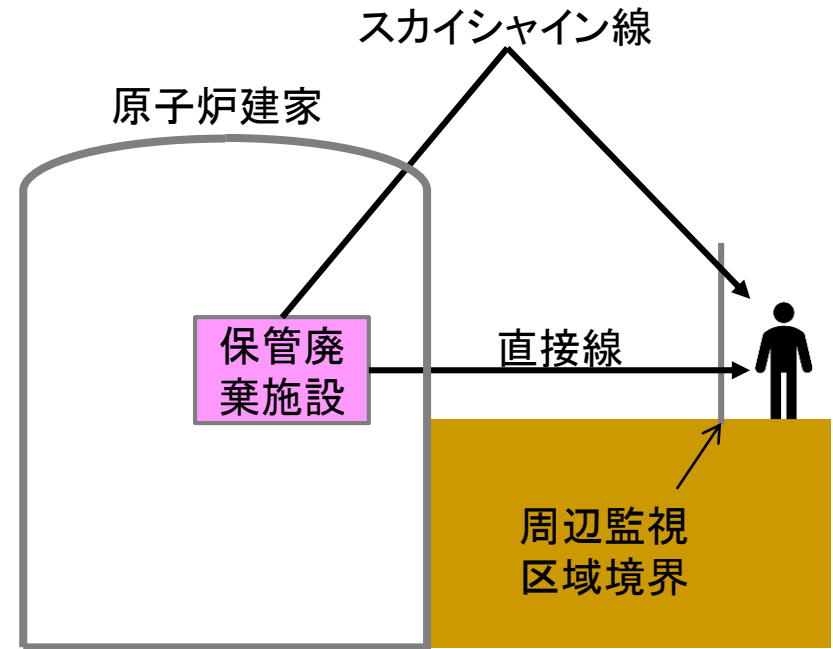
- 第2段階以降の被ばく評価については、施設の汚染状況の調査結果等を踏まえ、第2段階に入るまでに評価を実施する。

※: 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(昭和51年9月28日原子力委員会決定、平成13年3月29日原子力安全委員会一部改訂)

□ 平常時における一般公衆の被ばく

➤ 放射性固体廃棄物による被ばく

- 第1段階で発生する維持管理付随廃棄物は、廃棄物管理施設に引渡し等をするまでの間、JMTR原子炉施設内の**保管廃棄施設に保管**する。
- 保管廃棄施設を線源とした直接線及びスカイシャイン線による一般公衆被ばく線量を推定^{※1}した結果、周辺監視区域境界における空間線量の評価値は、**年間約12 μ Gyであり、基準^{※2}となる年間50 μ Gyに比べて小さい。**
- 第2段階以降の被ばく評価については、施設の汚染状況の調査結果等を踏まえ、第2段階に入るまでに被ばく評価を実施する。



線量評価の概略図

※1: 直接線は点減衰核積分コード「QAD」を、スカイシャイン線はガンマ線1回散乱線計算コード「G33」を用いて評価

※2: 「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」(平成元年3月27日原子力安全委員会了承、平成13年3月29日原子力安全委員会一部改訂)で示された空気カーマ

□ 概要

- 廃止措置中の工事上の過失、機械若しくは装置の故障又は地震、火災その他の災害に起因して万一事故が発生したとしても、一般公衆に過度の放射線影響を及ぼすおそれがないことを確認した。
- 第2段階以降に想定される事故の影響評価については、第2段階に入るまでに評価を実施し、廃止措置計画書に反映する。

□ 最も影響の大きい事故の選定

- 原子炉運転停止してから長期間経過(約15年)していること※、放射性物質によって汚染された区域の解体撤去工事を行わないこと、安全確保上必要な機能を有する設備を維持管理することから、原子炉運転段階における原子炉停止時と同等の状態が継続する。
- これらを考慮し、廃止措置の工事上の過失、機械若しくは装置の故障又は地震、火災その他の災害があった場合に発生すると想定される事故は以下のとおり。
 - (a) 燃料取扱事故
 - (b) 廃棄物の保管中の火災
 - (c) フィルタの破損
 - (d) その他の災害
- 一般公衆への被ばく影響が最も大きい事故として、「(a)燃料取扱事故」及び「(b)廃棄物の保管中の火災」を選定し評価する。

※: 使用済燃料の発熱量については使用済燃料1体当たり最大でも10W程度

□ (a)燃料取扱事故による一般公衆への被ばく線量評価

<評価条件>

- 損傷する使用済燃料は1体。
- 使用済燃料は、
 - ・ 原子炉出力50MWで120日連続運転
 - ・ 約4250日の冷却期間
 を経て損傷が発生することを想定。
- 使用済燃料1体に含まれる核分裂生成物の10%が水中に放出。
- 放出に寄与する核分裂生成物のうち希ガス100%、よう素60%がプール・カナル水中に放出(よう素は除染係数500を考慮)。
- プール・カナル水からカナル室内の空気中に移行した希ガス及びよう素は、瞬時に地上放出。

<放出量>

Kr-85 : 1.8×10^{11} Bq

I-129 : 6.4×10^2 Bq

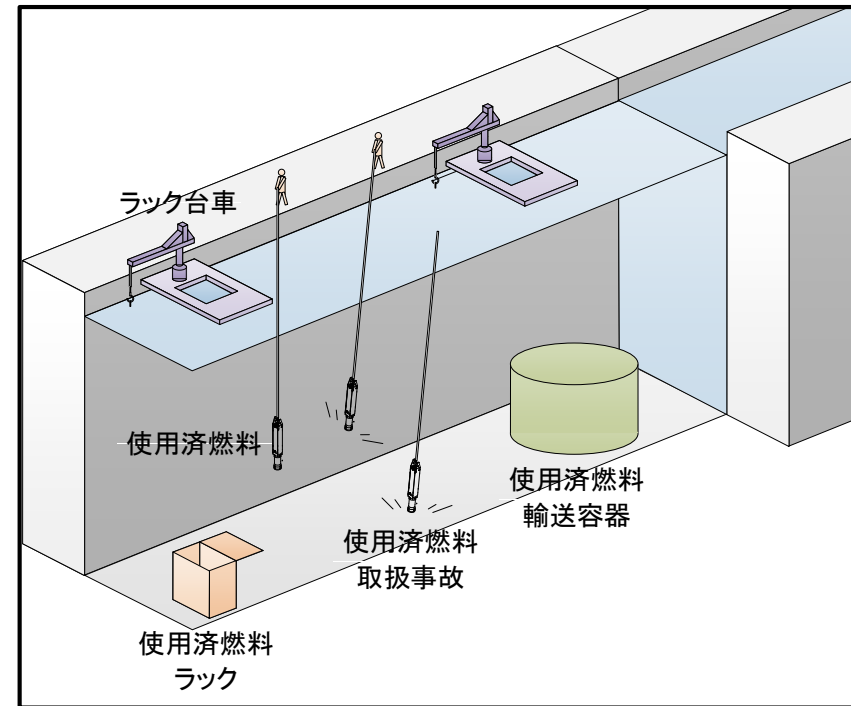
<評価結果>

燃料取扱事故による実効線量は約 3.1×10^{-6} mSvとなる。



燃料板: 19枚

燃料要素(標準燃料要素)の概略図



燃料取扱事故のイメージ

□ (b)廃棄物の保管中の火災による一般公衆の被ばく線量評価

<評価条件>

- 可燃性のカートンボックス及びフィルタから火災が発生
- 放射性物質の量は、過去の実績値から、カートンボックス及びフィルタ1個当たり 2.0×10^7 Bq(放射性核種はCo-60)
- 火災の発生箇所は、一箇所で多くのカートンボックス及びフィルタを保管できる原子炉建家1階の金属製の保管庫(20L容器で最大90個)
- カートンボックス及びフィルタの数量を90個とし、これらに含まれる放射性物質の全量が火災により瞬時に地上放出



カートンボックス

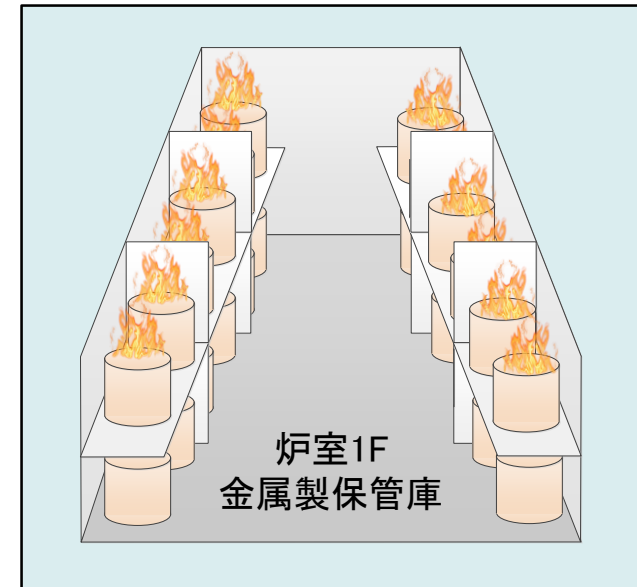
<放出量>

Co-60 : 1.8×10^9 Bq

<評価結果>

廃棄物の保管中の火災による実効線量は約 1.9×10^{-2} mSvとなる。

以上の(a)(b)の評価結果から、最も高い実効線量は約 1.9×10^{-2} mSvであり、判断基準(5mSv)に比べて小さく、一般公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。



火災事故のイメージ

廃止措置の実施体制

➤ 廃止措置の実施体制

- 廃止措置の実施体制については、保安規定に廃止措置の業務に係る各職位とその職務内容を記載し、それぞれの役割分担を明確にするとともに、保安に必要な事項の審査をするための委員会の設置及び審査事項を規定する。
- 廃止措置における保安の監督を行う者の任命に関する事項及びその職務を明確にし、その者に各職位の業務を総括的に監督させるものとする。

➤ 技術者の確保

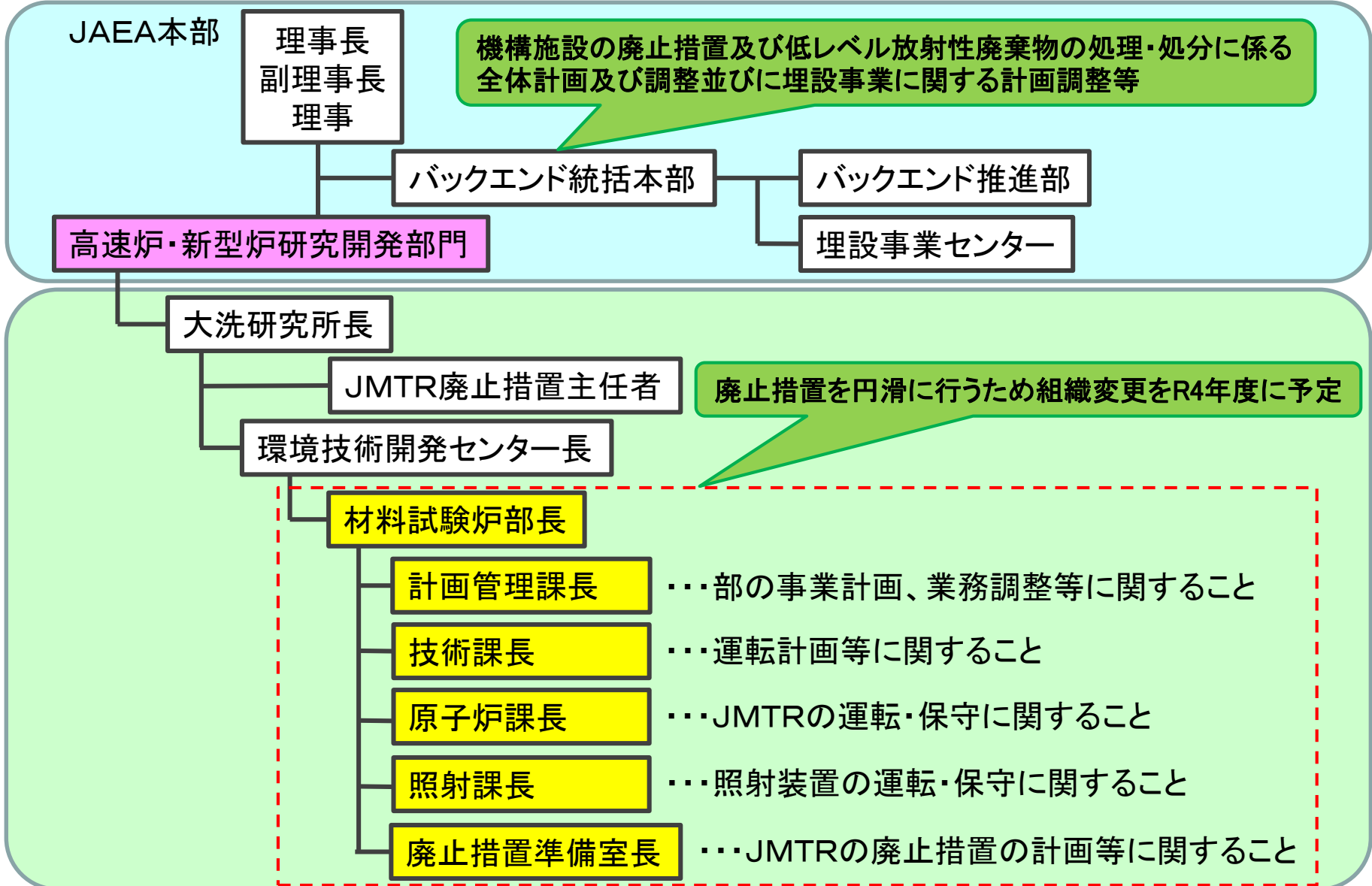
- JMTR原子炉施設の原子力関係技術者は64名在籍(令和3年4月1日現在)。

※有資格者	・原子炉主任技術者	: 3名
	・核燃料取扱主任者	: 3名
	・放射線取扱主任者(第1種)	: 12名
	・技術士(原子力・放射線部門)	: 2名
- 今後も廃止措置を適切に実施し、安全の確保を図るために引き続き技術者及び有資格者を確保していく。

➤ 技術者の教育訓練

- JMTRの技術者に対しては、原子力機構内原子力人材育成センター及び外部研修等において教育訓練を行っており、今後も廃止措置を行うために必要となる専門知識及び技術・技能を維持・向上させるための教育・訓練を行う。

廃止措置の実施体制



廃止措置に係る品質マネジメントシステム

- 原子炉等規制法第35条第1項並びに試験炉規則第6条の3及び第15条第2項に基づき、保安規定において理事長をトップマネジメントとする品質マネジメント計画を策定。
- 保安規定及び品質マネジメント計画書並びにその関連文書により廃止措置に関する保安活動の計画、実施、評価及び改善の一連のプロセスを明確にし、これらを効果的に運用することにより、原子力安全の達成・維持・向上を図る。
- 廃止措置における品質マネジメント活動は、廃止措置における安全の重要性に応じた管理を実施するとともに、性能維持施設その他の設備の保守等の廃止措置に係る業務については、この品質マネジメント計画の下で実施する。

- ◆ JMTR原子炉施設の廃止措置は、20年近くの長期にわたるプロジェクトであり、国内外の英知を結集し、保有する核燃料物質等の搬出、残存する放射性汚染物の解体、放射性廃棄物の処理処分等の多岐にわたる廃止措置に係る課題の克服に取り組む。
- ◆ 過去のトラブル等の経験を十分に踏まえた上で、安全最優先で廃止措置を進める。
- ◆ 技術継承や人材育成に努めつつ、関係省庁とも調整し、廃止措置に必要な予算と人材を確保していく。

(参考資料)

- 参考1 原子力規制委員会／原子力規制庁との主な論点
- 参考2 倒壊した二次冷却設備の冷却塔について
- 参考3 UCL系統冷却塔の補修状況について
- 参考4 新設する空気系統用冷却設備について
- 参考5 商用電源喪失時の代替措置
- 参考6 JMTR原子炉施設の解体対象施設
- 参考7 核燃料物質による汚染の分布とその評価
- 参考8 性能維持施設
- 参考9 廃止措置の第1段階期間中に想定される事故
- 参考10 核燃料物質の譲渡し(JMTR使用済燃料の対米輸送)

□二次冷却設備の冷却塔倒壊について

- UCLシステムの必要性の明確化
- 木造であるUCLシステム冷却塔の台風等の対策
- UCLシステムに代わって新設する空気システム用冷却設備の内容とその新設時期

□ディーゼル発電機について

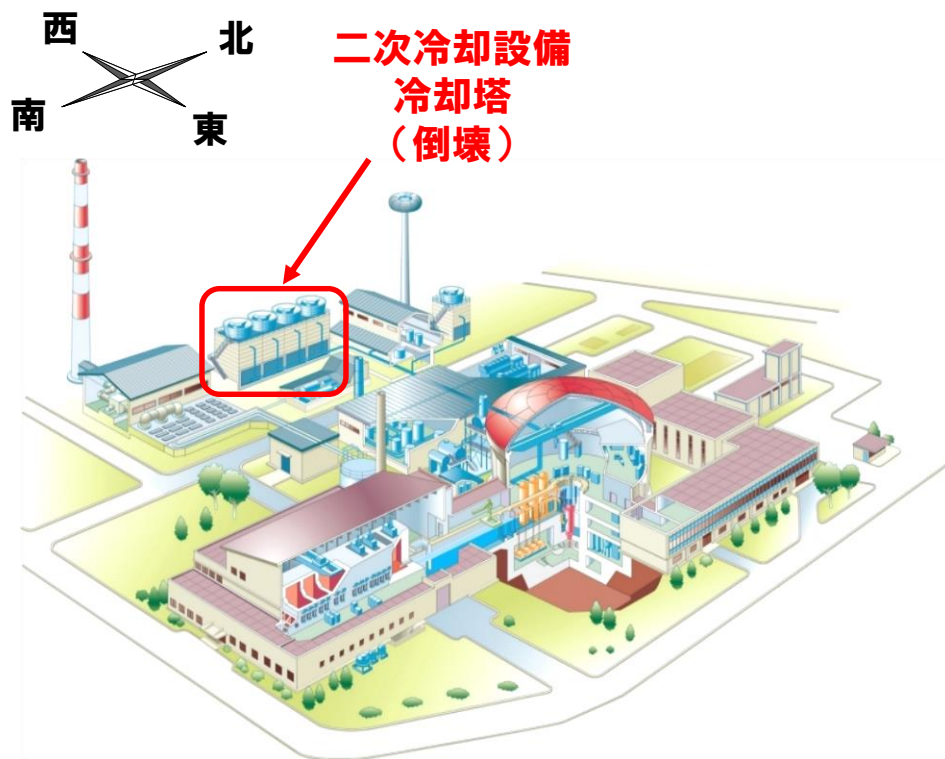
- ディーゼル発電機が不要な理由の明確化
- 商用電源喪失時の性能維持施設への影響と代替措置の内容

□性能維持施設について

- 性能維持施設の範囲の明確化(保管廃棄施設、消火設備など)

【二次冷却設備の冷却塔倒壊について】

- 二次冷却設備は、原子炉運転中において一次冷却設備から熱交換器を介して受けた熱を大気に放散するための設備であり、ポンプ及び冷却塔などの機器で構成されている。
- このうちの冷却塔については、令和元年9月に発生した台風により倒壊し、すでにながれき等の撤去は完了している。なお、撤去したながれき等は、保管場所を設けて保管管理している。



撤去中状況 (西側) (令和元年12月11日撮影)



撤去後状況 (西側) (令和2年1月31日撮影)

1. 件名／2. 事象発生の日時／3. 事象発生 の場所

1. 件名

JMTR(材料試験炉)二次冷却系統の冷却塔倒壊について

2. 事象発生の日時

確認日時：令和元年9月9日(月)7時40分頃

JMTR二次冷却系統冷却塔の倒壊

法令報告事象と判断した日時：

令和元年9月9日(月)13時30分

廃止措置準備中であるJMTRの原子炉及び二次冷却系統は、事象発生時、停止しており、今後も運転する予定はないため、当該事象による原子炉の安全への影響はないものの、事象発生時点ではJMTRは廃止措置計画認可申請前であり、原子炉施設保安規定に施設定期自主検査を定めている二次冷却系統の故障により、原子炉を運転する場合に必要な炉心の冷却の機能が維持されない状況となったこと。

3. 事象発生 の場所

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所(北地区)

JMTR(材料試験炉)二次冷却系統冷却塔【非管理区域】



冷却塔倒壊前(H30.2.16撮影)



冷却塔倒壊後(R1.9.9撮影)

8. 原因 – (8) 原因分析 –

○ 以下に示す4つの原因が重なって生じることにより「冷却塔の倒壊」に至ったと特定。

(1) 冷却塔の特殊な構造について十分把握していなかったこと。

冷却塔の特殊な構造について十分把握できていなかった。そのため、これに見合った保守・点検計画になっていなかった。

(2) 実施していた点検では、木材内部の腐朽を把握できていなかったこと。

冷却塔については目視による点検を実施していたが、木材内部の腐朽を考慮しておらず、このような点検方法では木材内部の腐朽が把握できなかった。

(3) 使用環境が大きく変わったこと。

冷却塔を長期間使用しないことにより木材の腐朽の条件が整いやすくなり、使用環境が大きく変わった。また、その際に保守・点検計画の見直しを行っていなかった。

(4) 影響が最も大きくなる風向で水平荷重(風荷重)を受けたこと。

台風15号により、水平荷重(風荷重)に対して最も影響を受ける真東の強風を受けた。

【現在の状況及び今後の計画】

- 現在は冷却塔の基礎部が残存しており、廃止措置第1段階において、この基礎部の解体撤去を行う。



冷却塔基礎部

➔ 第1段階において解体撤去する。

- 保管していた、がれきについては、台風等の強風による飛散防止対策として養生シートでカバーしている。



保管中のがれき

➔ 今年度(令和3年度)において産業廃棄物として順次廃棄する。

【交換・補修工事】

➤ 二次冷却設備冷却塔倒壊の原因である、冷却塔の特殊な構造及び木材内部の腐朽を把握していなかったことを教訓とし、UCL系統冷却塔について、健全性調査のため、構造計算及び針貫入試験等を実施した。その結果、一部の部材に腐朽が確認された。このため、健全性調査の結果を基に、台風等の強風対策のため、令和2年9月及び令和3年1月～2月に一部の部材の交換・補修を実施した。

1.
交換・補修
工事までの台風
等の強風対策と
して4方向から
ワイヤーロープ
による固定



3.
交換・補修
工事



2.
交換・補修
工事に係る
材料の受け
入れ検査

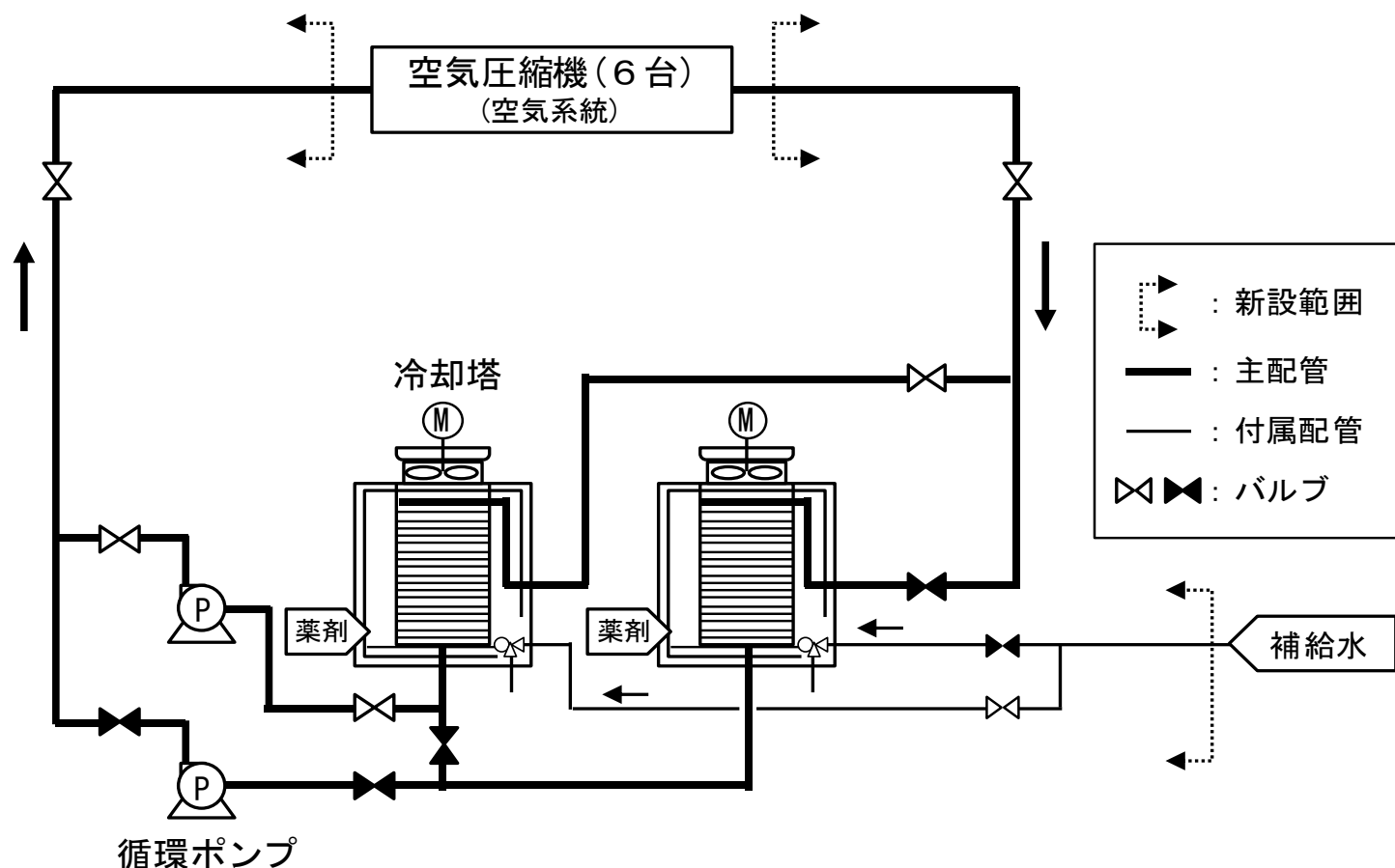


4.
交換・補修
後(内部)



【設計】

- 空気システム用冷却設備が冷却する空気システムの空気圧縮機は6台であり、必要な冷却能力は交換熱量0.1MW、冷却水流量10m³/hとする。空気システム用冷却設備で使用する流体は、工業用水とする。以下に系統図を示す。



空気システム用冷却設備の系統図

【代替措置内容】

➤ 商用電源喪失時には、以下の表に示す代替措置を行う。

項目	代替措置	人数	備考
放射線管理施設	サーベイメータにより建家内の測定を行う。エリアモニタ近傍を測定し、原子炉設置変更許可申請書の管理区域内の遮蔽設計基準の「 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 」以内を目安とし確認する。	2人以上	<ul style="list-style-type: none"> ・巡視等で建家内に立ち入る際に測定を行う。 ・建家内に立ち入る際は半面マスクを着用する。 ・サーベイメータ台数:2台以上
自動火災報知設備	可搬型発電機から給電を行い、設備を復旧させる。	2人以上	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型発電機への切り替え作業は約20分。 ・可搬型発電機台数:1台
照明設備	商用電源喪失時の巡視等に使用する目的で、可搬型照明設備を備える。	—	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型照明設備(ハンドライト等)を備えておくものであり、作業は伴わない。 ・可搬型照明設備台数:8台以上



可搬型発電機



給電

自動火災報知設備

施設区分	設備等の区分		設備(建家)名称	解体対象	
原子炉本体	炉心		炉心要素	○	
			炉心構造物	○	
	燃料体		燃料要素	×※1	
	原子炉容器		原子炉容器	○	
	放射線遮蔽体		炉プール	○	
			炉プール側壁	○	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質取扱設備		燃料取扱具	○	
			ラック台車	○	
	核燃料物質貯蔵設備	新燃料貯蔵施設		燃料管理室	×※2
				新燃料貯蔵ラック	○
		使用済燃料貯蔵施設		カナルNo. 1	○
				カナルNo. 2	○
				SFCプール※3	○
				炉プール	○
				CFプール	○
				使用済燃料ラック	○
原子炉冷却系統施設	一次冷却設備	主循環系統		熱交換器	○
				主循環ポンプ	○
				緊急ポンプ	○
				配管及び弁	○
		精製系統		脱気タンク	○
				移送ポンプ	○
				イオン交換塔	○
				充填ポンプ	○
	二次冷却設備		冷却塔	○	
			循環ポンプ	○	
			補助ポンプ	○	
			水処理設備	○	

※1: 燃料要素は、譲り渡すため解体しない。

※2: 管理区域解除までとし、建物は解体しない。

※3: 解体対象施設として、カナルNo. 3を含む。

施設区分	設備等の区分		設備(建家)名称	解体対象	
原子炉冷却系統施設	非常用冷却設備		主循環ポンプ※4	○	
			緊急ポンプ※4	○	
			補助ポンプ※4	○	
			サイフォンブレイク弁	○	
			炉プール連通弁	○	
			漏えい水再循環設備	○	
	その他の主要な事項	UCL系統		循環ポンプ	○
				揚水ポンプ	○
				高架水槽	○
				冷却塔	○
プールカナル循環系統		循環ポンプ	○		
		熱交換器	○		
		イオン交換塔	○		
計測制御系統施設	計装		核計装	○	
			その他の主要な計装 (冷却材圧力、温度、流量、水質、 制御棒位置などの計装装置)	○	
	安全保護回路		原子炉停止回路	○	
			その他の主要な安全保護回路 (警報装置)	○	
	制御設備		制御棒	○	
			制御棒駆動機構	○	
	非常用制御設備		バックアップスクラム装置	○	
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄施設		通常排気設備	○	
			照射実験用排気設備	○	
			非常用排気設備	○	
			排気筒	○	

※4: 非常用電源により駆動する一次冷却設備の主循環ポンプ、緊急ポンプ及び二次冷却設備の補助ポンプ

施設区分	設備等の区分		設備(建家)名称	解体対象
放射性廃棄物の廃棄施設	液体廃棄物の廃棄設備	排水系統	第1排水系	○
			第2排水系	○
			第3排水系	○
			第4排水系	○
	タンクヤード	廃液タンク	○	
		第4排水系ピット	○	
固体廃棄物の廃棄設備		保管廃棄施設	○	
放射線管理施設	屋内管理用の主要な設備		エリアモニタ	○
			水モニタ	○
			ガスモニタ	○
			ダストモニタ	○
	屋外管理用の主要な設備		排気モニタ	○
			排水モニタ	○
原子炉格納施設	原子炉建家	原子炉建家	×※2	
	その他の主要な事項	換気設備※5	○	
その他原子炉の附属施設	非常用電源設備		ディーゼル発電機	○
			蓄電池	○
	主要な実験設備		キャプセル照射装置	○
			水カラビット照射装置	○
			ループ照射装置	○
その他の安全確保上必要な設備	—	照明設備	×※6	
	空気系統		空気圧縮機	○
			空気系統用冷却設備	○
その他の附属施設	その他の附属設備	消火設備	×※6	
共通施設	—	除染施設	×※2	
	—	廃液輸送管	○	
	—	モニタリングポスト装置	×※7	

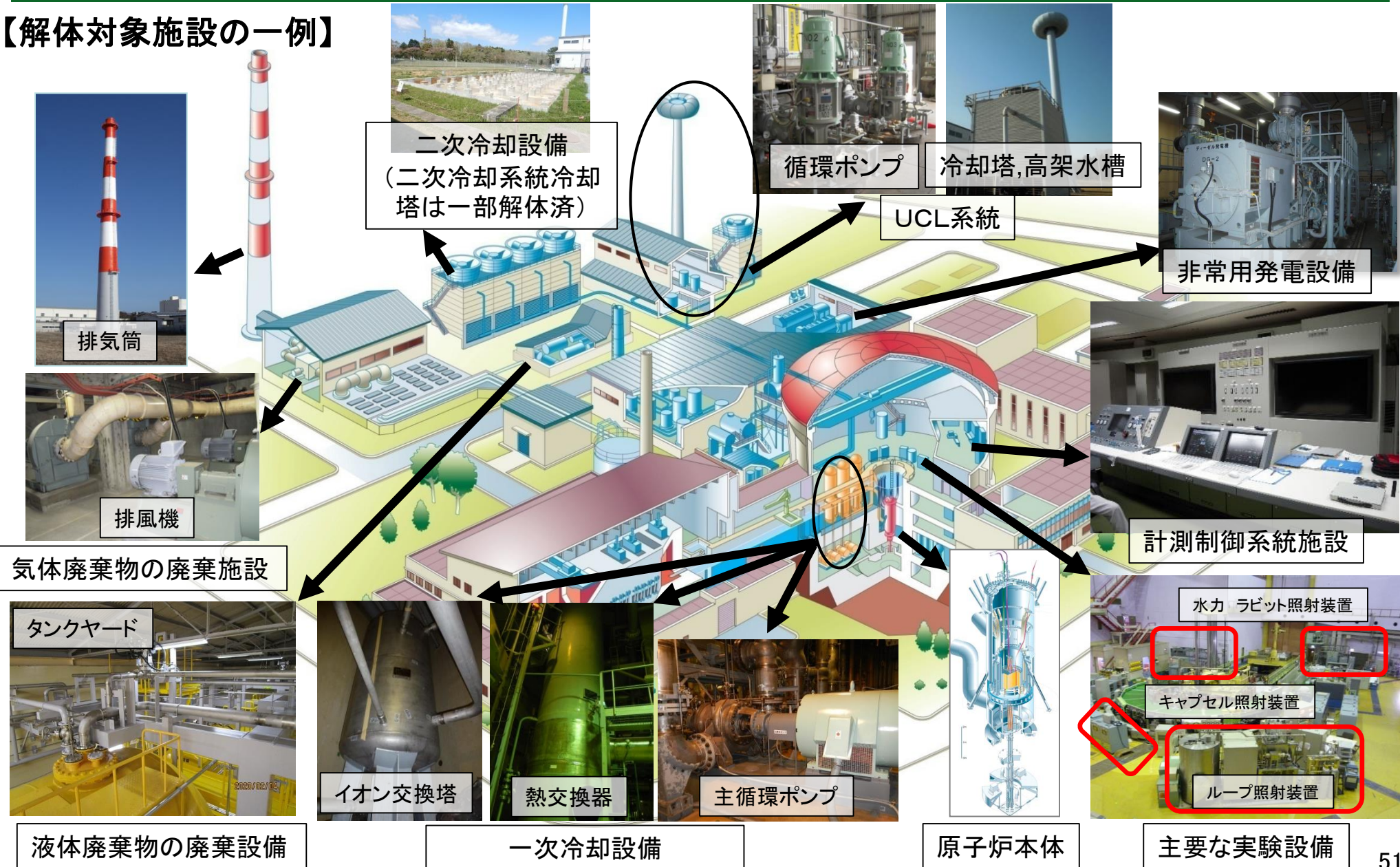
※2: 管理区域解除までとし、建物は解体しない。

※5: 給気設備、通常排気設備、照射実験用排気設備、非常用排気設備及び排気筒から構成する。

※6: 建物は解体しないため、設備の解体はしない。

※7: モニタリングポスト装置は、大洗研究所(北地区)の原子炉施設の共通施設であることから、廃止措置後にJMTR原子炉施設としての許可は効力を失うが、他の原子炉施設の共通施設として引き続き使用するので解体対象施設としない。

【解体対象施設の一例】



【汚染の種類】

JMTR原子炉施設に残存する放射性物質は、放射化汚染物と二次汚染物に分けられる。

【放射化汚染物】

○評価対象

原子炉運転による中性子の到達範囲を考慮して、炉心、原子炉容器及び炉プール側壁とする。

○評価方法

中性子束分布はMCNP5(核データライブラリはJENDL-4.0)を、放射エネルギーはORIGEN-Sを用いて評価する。

○評価結果

放射化汚染物の推定放射エネルギーは、原子炉停止後約12年(2018年12月末)で約 5.3×10^{16} Bqで、原子炉停止後約21年(2027年12月末)で約 2.8×10^{16} Bqである。

【二次汚染物】

○評価対象

放射性腐食生成物により設備・機器等の内面が汚染された一次冷却設備、プールカナル循環システム、SFCプール循環システム、液体廃棄物の廃棄設備及び実験設備である。

○評価方法

測定による線量当量率と計算による単位線源強度あたりの線量率から表面汚染密度を求め、汚染表面積を乗じ、システムごとに放射エネルギーを算出する。

○評価結果

二次汚染物の推定放射エネルギーは、原子炉停止後約12年(2018年12月末)で約 9.7×10^{12} Bq、原子炉停止後約21年(2027年12月末)で約 5.2×10^{12} Bqである。

施設区分	設備等の区分		設備(建家)名称		維持台数	維持機能	維持期間
原子炉本体	放射線遮蔽体		炉プール		1式	放射線遮蔽機能	比較的放射能レベルが高いものの解体撤去が完了するまで
			炉プール側壁		1式		
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質取扱設備		ラック台車		1台	燃料取扱機能	使用済燃料の搬出が完了するまで
	核燃料物質貯蔵設備	新燃料貯蔵施設	新燃料貯蔵ラック		3基	臨界防止機能	新燃料要素の搬出が完了するまで
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	核燃料物質貯蔵設備	使用済燃料貯蔵施設	カナルNo. 1		1式	水位維持機能	使用済燃料及び比較的放射能レベルが高いものの搬出が完了するまで
			カナルNo. 2		1式		
			炉プール		1式		
			CFプール		1式		
			SFCプール		1式	水位維持機能 水質維持機能	
			使用済燃料ラック		35台	臨界防止機能	
原子炉冷却系統施設	一次冷却設備	主循環系統	配管、弁		1式	水位維持機能	比較的放射能レベルが高いものの解体撤去が完了するまで
	その他の主要な事項		プールカナル循環系統	循環ポンプ	1台	水質維持機能	使用済燃料の搬出が完了するまで
				イオン交換塔	1基		
				配管、弁	1式		
放射性廃棄物の廃棄施設	気体廃棄物の廃棄施設		通常排気設備		1式	放射性気体廃棄物の処理機能	管理区域を解除するまで
			照射実験用排気設備		1式		
			非常用排気設備		1式		
			排気筒		1基		

施設区分	設備等の区分	設備(建家)名称		維持台数	維持機能	維持期間
放射性廃棄物の廃棄施設	液体廃棄物の廃棄設備	第1排水系	貯槽	1基	放射性液体廃棄物の貯留機能	管理区域を解除するまで
			排水ポンプ	1台		
		第2排水系	貯槽	2基		
			排水ポンプ	2台		
		第3排水系(I)	貯槽	1基	放射性液体廃棄物の貯留機能	
		第3排水系(II)	貯槽	1基		
			排水ポンプ	1台	放射線遮蔽機能※1	
	第4排水系	貯槽	1基	放射性液体廃棄物の貯留機能		
		排水ポンプ	1台			
	タンクヤード 廃液タンク	貯槽	6基			
排水ポンプ		6台				
固体廃棄物の廃棄設備	保管廃棄施設		1式	放射性固体廃棄物の保管機能	全ての放射性固体廃棄物が搬出されるまで	
放射線管理施設	屋内管理用の主要な設備	エリアモニタ		26台 ※2	放射線監視機能	管理区域を解除するまで
		水モニタ		6台		管理区域を解除するまで
		ガスモニタ		4台		使用済燃料の搬出が完了するまで
		ダストモニタ		6台		管理区域を解除するまで
	屋外管理用の主要な設備	排気モニタ	ガスモニタ	3台	放出管理機能	使用済燃料の搬出が完了するまで
			ダストモニタ	2台		管理区域を解除するまで

※1: 貯槽のみの維持機能とする。

※2: 屋内管理用のエリアモニタのうち、中性子エリアモニタ(3台)は、原子炉建家から使用済燃料の搬出が完了するまで。

施設区分	設備等の区分	設備(建家)名称		維持台数	維持機能	維持期間
原子炉格納施設	原子炉建家	原子炉建家		1式	放射性物質の外部への漏えい防止のための障壁としての機能 放射線遮蔽機能	管理区域を解除するまで
	その他の主要な事項	換気設備	給気設備	1式	換気機能	
			非常用排気設備	1式		
			通常排気設備	1式		
			照射実験用排気設備	1式		
		排気筒	1基			
その他の安全確保上必要な設備	—	照明設備		1式	照明機能	管理区域を解除するまで
	精製系統	脱気タンク		1基	水質維持機能	主循環系統の解体撤去作業に着手するまで
		移送ポンプ		1台		
		イオン交換塔		1式		
		充填ポンプ		1台		
	UCL系統	循環ポンプ		2台	冷却水供給機能	空気系統用冷却設備を設置するまで
		揚水ポンプ		1台		
		高架水槽		1式		
		冷却塔		1式		
	空気系統	空気圧縮機		6台	圧縮空気供給機能	管理区域を解除するまで
空気系統用冷却設備		1式	冷却水供給機能			
その他の附属施設	その他の附属設備	消火設備		1式	火災報知機能	管理区域を解除するまで
				1式	消火機能	

□ 最も影響の大きい事故の選定

(a) 燃料取扱事故

原子炉設置変更許可申請書において評価している事故事象を参考に、使用済燃料を取扱う際に、何らかの原因(地震、過失等)により使用済燃料が損傷し、核分裂生成物(希ガス及びイヨウ素)が放出される事象を想定する。

(b) 廃棄物の保管中の火災

維持管理付随廃棄物を収納したカートンボックスや粒子状の放射性物質が蓄積したフィルタを保管中に火災が発生し、粒子状の放射性物質(Co-60 : $1.8 \times 10^9 \text{Bq}$)が環境へ放出される事象を想定する。

(c) フィルタの破損

フィルタ交換作業においてフィルタが何らかの原因(地震、過失等)で落下して破損(火災等を含む。)し、付着している粒子状の放射性物質(Co-60 : $1.9 \times 10^8 \text{Bq}$)が環境へ放出される事象を想定する。(b)より放射エネルギーが小さい。)

(d) その他の災害

原子炉施設の設置場所は、十分な敷地高さを有しているため、津波に起因する事故を想定する必要はない。また、JMTR原子炉施設が浸水区域に指定されていないことから、洪水に起因する事故を想定する必要はない。

また、外部火災、台風、竜巻等の災害に起因する事故については、建家の一部が損壊することを想定しても、使用済燃料の破損または内部火災のような放射性物質の散逸が生じる事故が発生しないことから、上記(a)~(c)の事故で想定している事故の影響を上回ることはない。

⇒以上により、**「(a)燃料取扱事故」**及び**「(b)廃棄物の保管中の火災」**を選定し評価する。

米国の使用済燃料引取政策に基づき、試験研究炉(JMTR他)の使用済燃料を米国エネルギー省(DOE)に輸送する。

DOEとの契約により、原子力機構の種々の試験研究炉の米国引き取りについては、2029年(R11年)までと契約期限が決められていることから、当該期間において計画的な輸送を行う。

JMTR使用済燃料は廃止措置・第1段階(~2027(R9)年)中で4回に分けて輸送予定。



JMTR使用済燃料陸上輸送時の荷姿