

研究用原子炉KURの概要

京都大学原子炉実験所

2006年2月23日
停止直前のKUR炉心

京都大学研究用原子炉:KUR

(Kyoto University Research Reactor)

ウラン燃料の核分裂で発生する中性子を利用するための原子炉

- 昭和36年(1961) 着工
- 昭和39年(1964) 初臨界(6月)、1MW到達(8月)
- 昭和40年(1965) 共同利用開始
- 昭和43年(1968) 5MWに上昇
- 昭和61年(1986) 使用済燃料室竣工
- 平成3年(1991) 低濃縮U燃料2体導入
安全機能向上
- 平成11年(1999) 計装系更新
- 平成18年(2006) 高濃縮U炉心の運転終了(2月)
- 平成20年(2008) 全炉心低濃縮化(設置変更)

KUR設計諸元

| | |
|-----------|---|
| 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：ウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料 ^{235}U 濃縮度約20wt%、U濃度：約3.2g/cm ³ |
| 冷却材 | 軽水 |
| 制御棒 | ホウ素入リステンレス鋼 |
| 運転形態 | 毎週運転、50-70 時間／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 |

KURの現状

燃料低濃縮化のため、2006年3月より原子炉は休止中
(施設定期検査:2006.3.13~2009末)

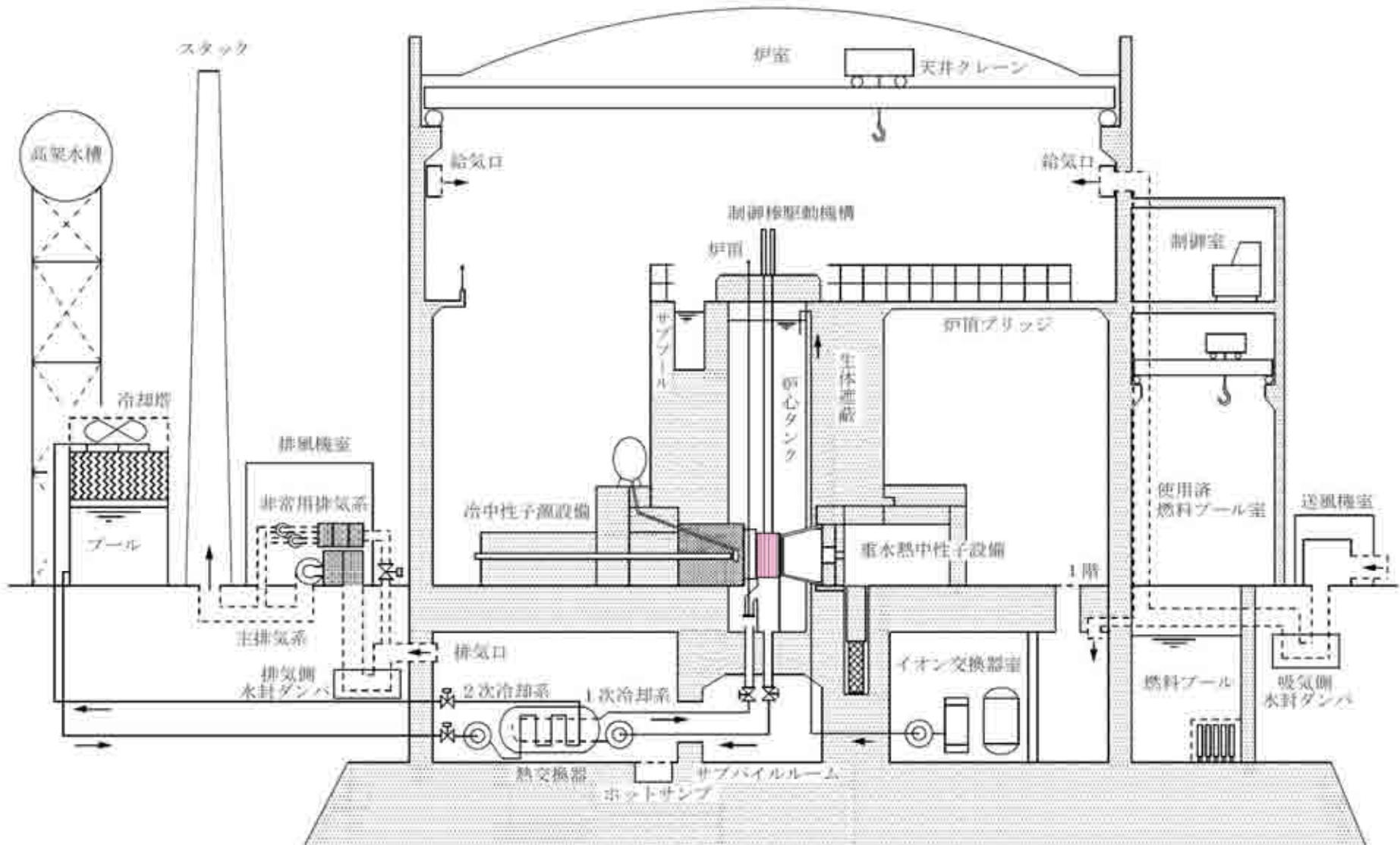
関連諸手続き:設置変更(2008.2.22承認)
設工認、使用前検査(実施中)

⇒ 2009年下半期(?)に運転再開予定

変更の概要

- ・ 燃料の変更
濃縮度低減:93%→20%未満、密度増加:0.58gU/cm³→3.2gU/cm³
ウラン・アルミニウム合金(U-Al)からウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料材(U₃Si₂-Al)へ、燃料要素の形状・寸法は変更なし
- ・ 安全保護回路等の一部変更
- ・ 安全評価の見直し

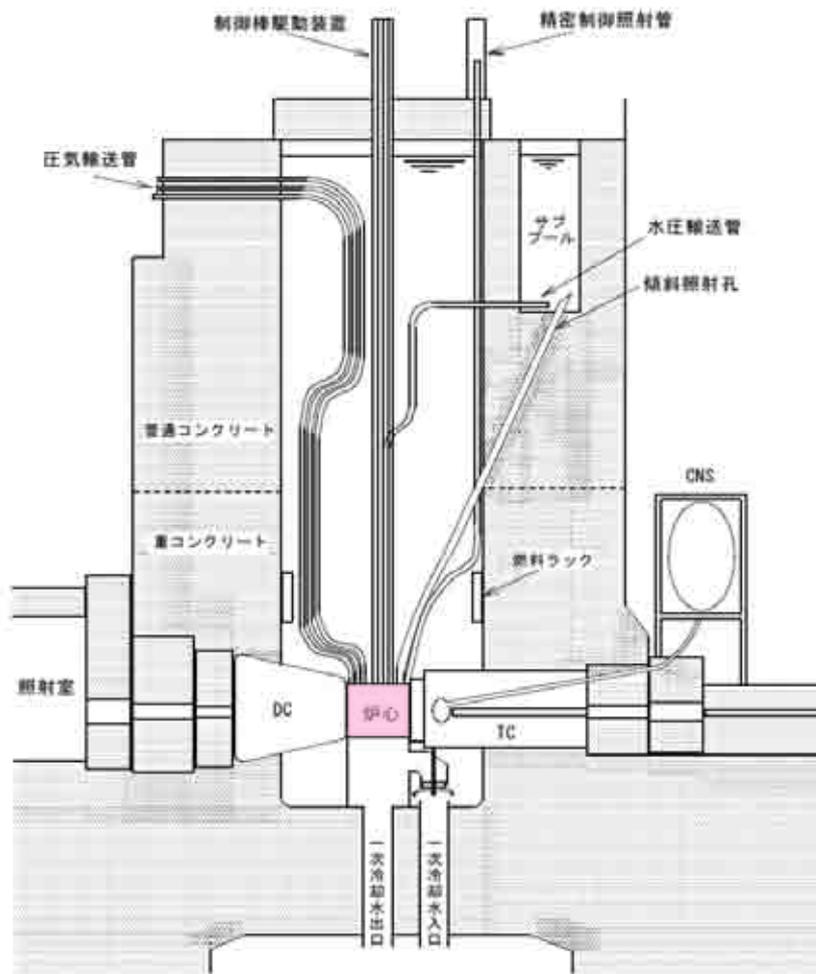
施設全体構成



KURの構造(1)

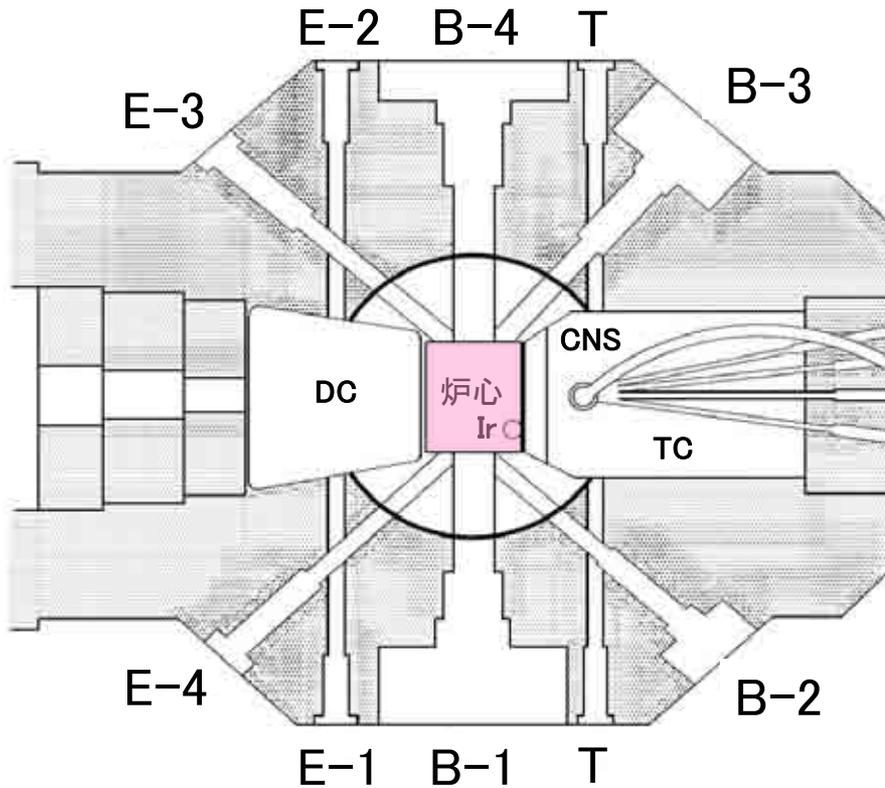


原子炉断面図

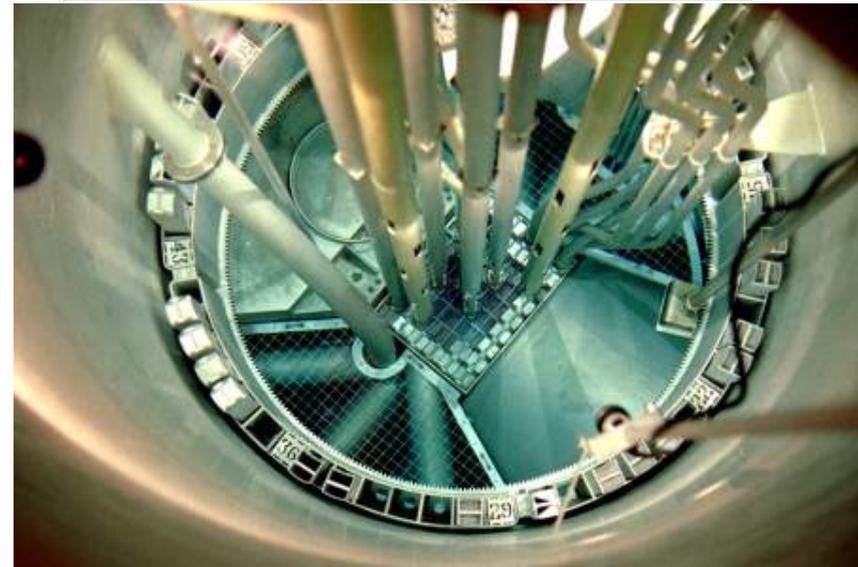


KURの構造(2)

原子炉平面図 (実験設備)

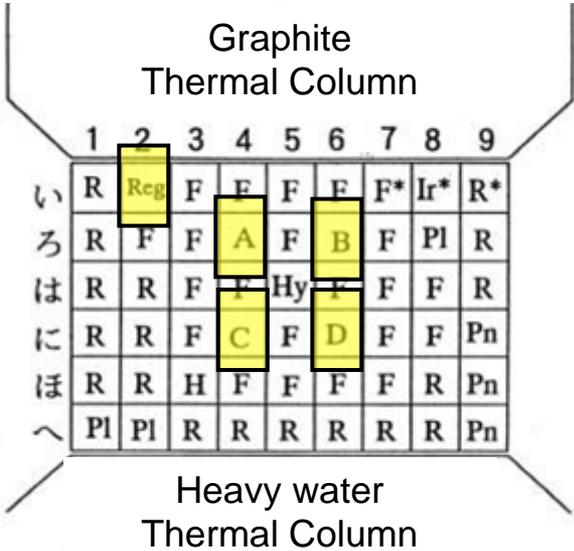
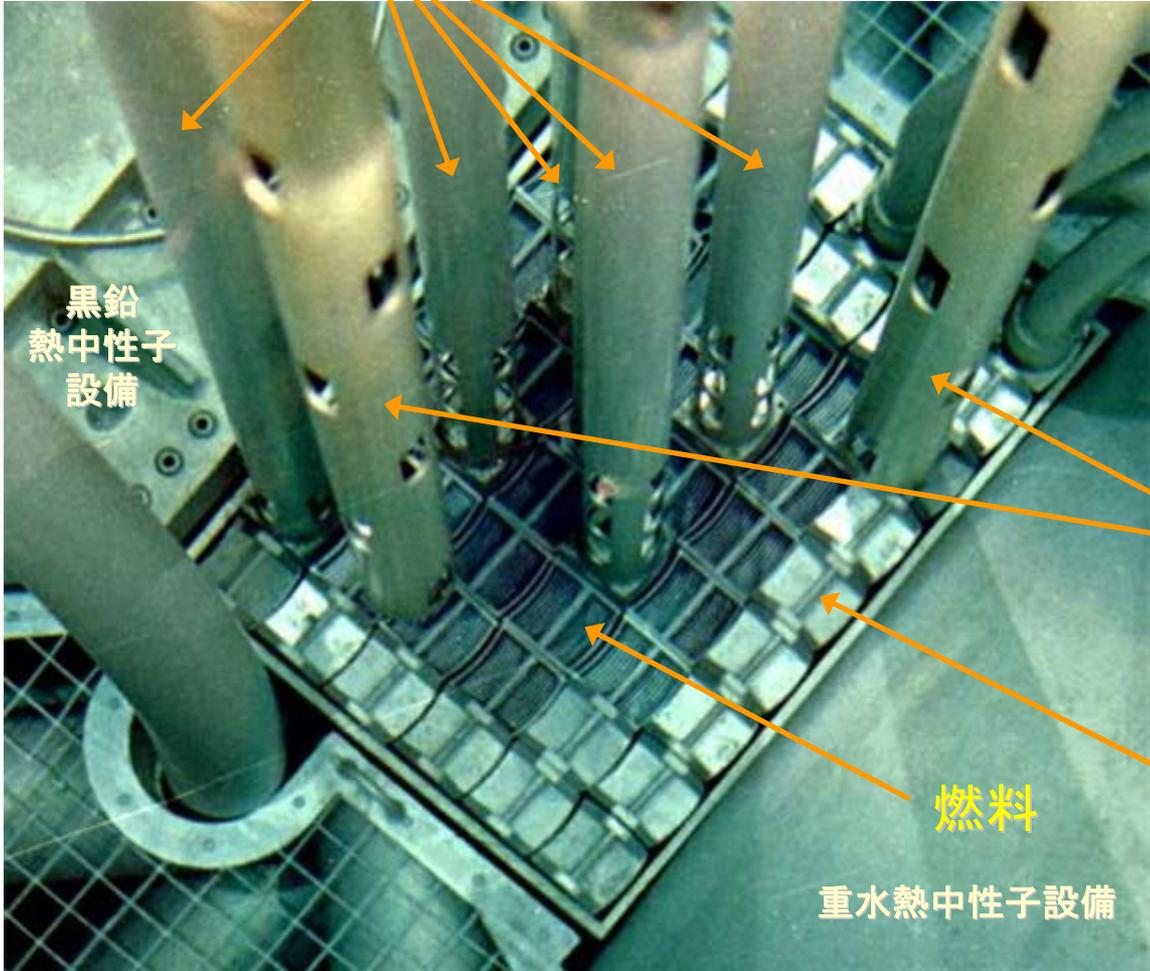


| 略記号 | 実験設備名 | 主要実験 |
|-----|----------|----------------|
| DC | 重水熱中性子設備 | 医療照射 |
| TC | 黒鉛熱中性子設備 | 冷中性子源 (CNS) |
| Ir | 精密制御照射管 | 精密制御照射 |
| B-1 | 放射孔 | 準単色中性子 |
| B-2 | 放射孔 | 中性子回折 |
| B-3 | 放射孔 | 中性子回折 |
| B-4 | 放射孔 | 中性子導管 |
| E-1 | 照射孔 | ——— |
| E-2 | 照射孔 | 中性子ラジオグラフィ |
| E-3 | 照射孔 | 中性子導管 |
| E-4 | 照射孔 | 低温照射 (LTL) |
| T | 貫通孔 | オンライン同位体分離 |



KUR炉心

制御棒



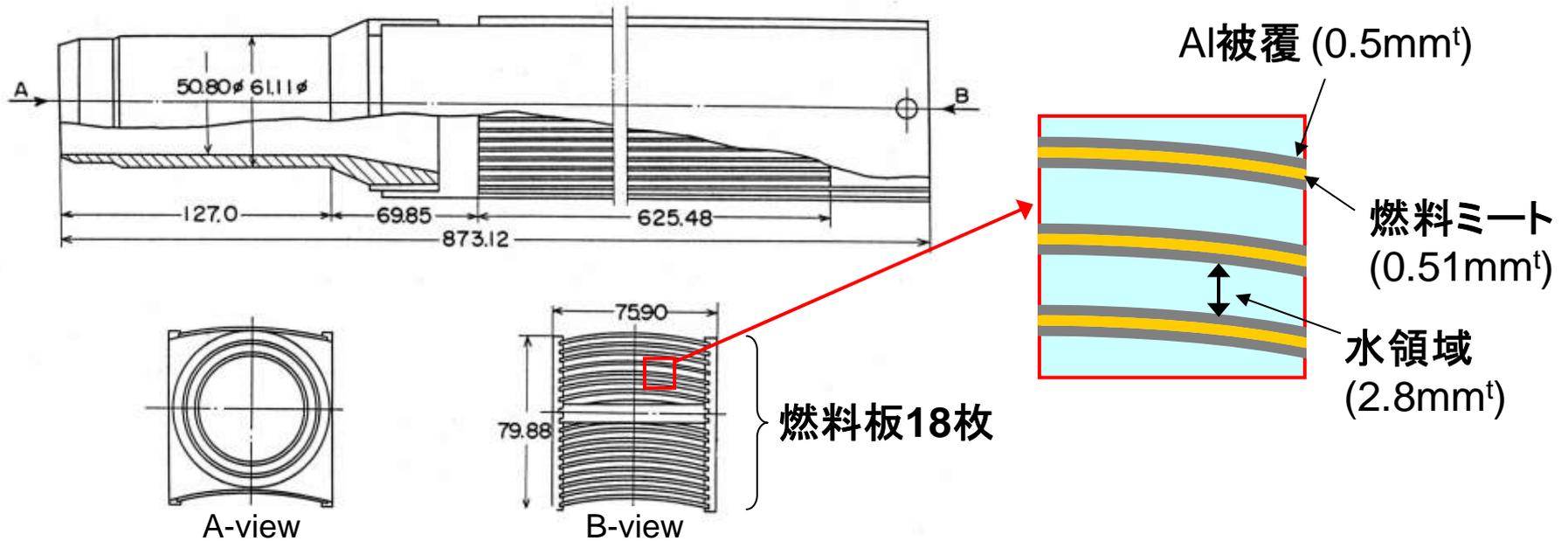
中性子計装用配管
(核分裂計数管)

黒鉛反射体

燃料

重水熱中性子設備

KURの燃料 (標準燃料)



発電炉と研究炉(KUR)の違い

| | 研究炉(KUR) | 発電炉(PWR) |
|-------|-------------------------|------------------------|
| 運転状態 | 高中性子束, 常温, 低圧 | 高出力, 高温, 高圧 |
| ・熱出力 | 5MW | 約3000MW |
| ・温度 | 冷却水温度: 最大55°C | 冷却水温度: 約330°C |
| ・圧力 | 冷却水圧力: 0.1MPa | 冷却水圧力: 約15MPa |
| 燃料 | 中濃縮ウラン(20%未満) | 低濃縮ウラン(5%未満) |
| 炉心寸法 | 小型(約0.1m ³) | 大型(約30m ³) |
| 崩壊熱除去 | 自然循環冷却 | 強制冷却 |
| 構造材条件 | 耐蝕, 低放射化, 低中性子吸収 | 左の他, 強度・高温特性 |

研究炉 (KUR) の特徴

- 常温常圧のため、容易に停止可能
- 停止後の崩壊熱は自然循環により除熱可能
(炉心タンク内に水があれば大丈夫)
- 発電炉に比べて、内蔵する放射エネルギーが大幅に少ない。

原子炉安全確保の3原則

- ・ 停止

制御棒を挿入すること等により、核分裂連鎖反応を停止する。

KUR: 制御棒4本が異常検知から0.6秒で炉心内に落下。

- ・ 冷却

燃料が溶けたりしないように、十分に冷却する。

KUR: 炉心タンク内の水が無くなるように給水する。

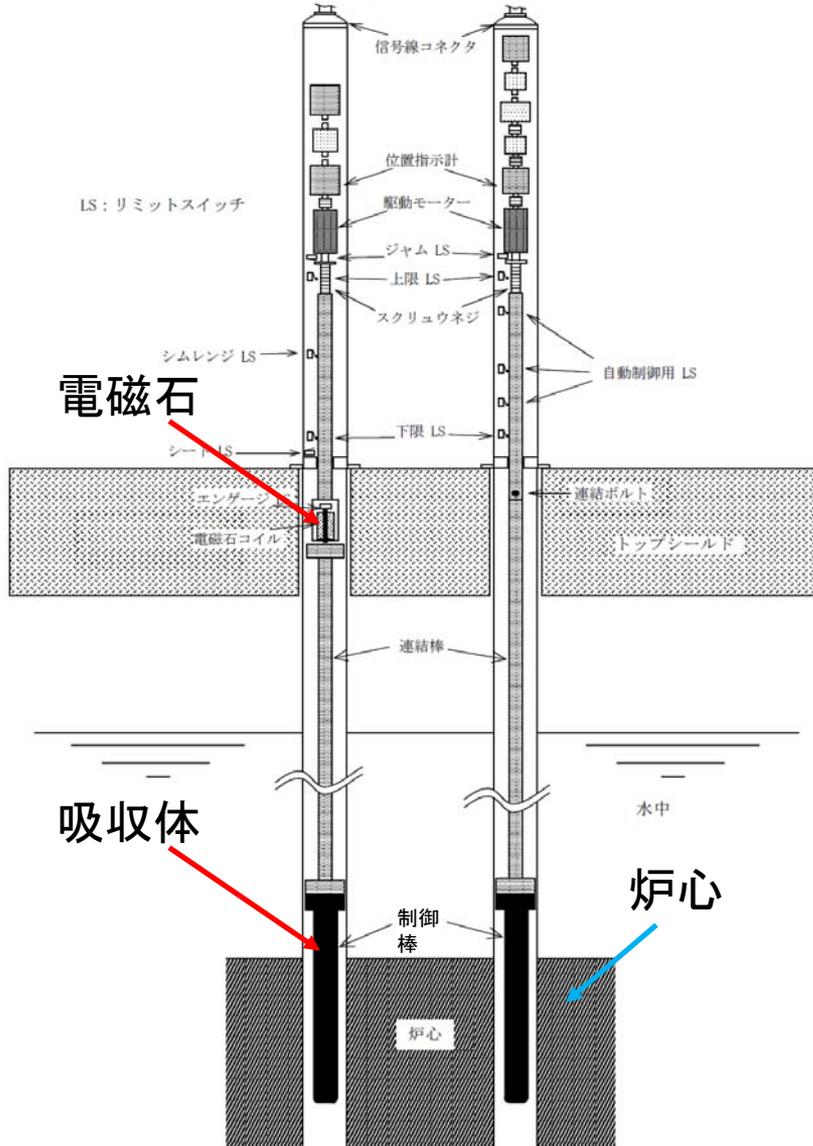
- ・ 閉じ込め

放射性物質が外部へ漏れないように、閉じ込める。

KUR: 通常の換気系を閉止。非常用排気系のフィルタを通して少しずつ排出。

停止

粗調整用 制御棒
微調整用 制御棒



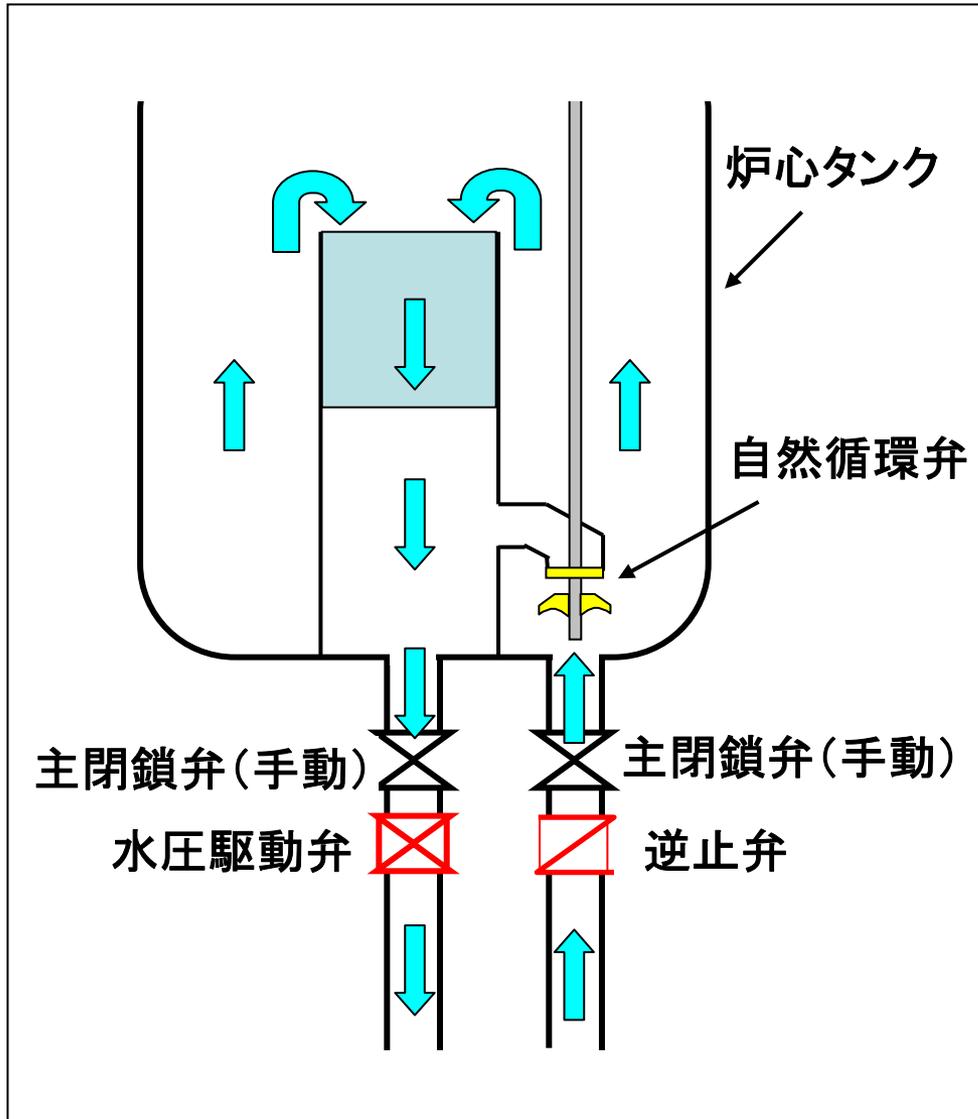
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|---|----|----|---|---|----|---|---|---|-----|----|
| い | R | ■ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | Ir* | R* |
| ろ | R | □ | □ | ■ | □ | ■ | □ | □ | Pl | R |
| は | R | R | □ | □ | Hy | □ | □ | □ | □ | R |
| に | R | R | □ | ■ | □ | ■ | □ | □ | □ | Pn |
| ほ | R | R | □ | □ | □ | □ | □ | □ | R | Pn |
| へ | Pl | Pl | R | R | R | R | R | R | R | Pn |

制御棒配置

■ 粗調整用
■ 微調整用

- 運転中、粗調整用制御棒は電磁石で吊り下げられ上限待機。
- スクラム信号により粗調整用制御棒4本が落下。(電磁石電源OFFにより自然落下)
- 落下時間0.6秒以内(定期検査で確認)。スクラム回路の作動は月例点検で確認。なお、地震時は20galでスクラム信号発生。
- 反応度停止余裕(制御棒の能力)
全数落下時: $5\% \Delta k/k$ 以上
最大反応度価値を有する制御棒が落下しなくても...未臨界にできる
(停止余裕 $1\% \Delta k/k$ 以上)
- 出力係数: 全領域で負
(出力が上がると、反応が抑制される)

冷却(冠水維持機能)



水圧駆動弁及び逆止弁により、冠水を維持。

水圧駆動弁は、1次循環ポンプの出口圧力により開状態を保持する弁であり、ポンプ出口圧力が低下すると自動的に閉鎖する。漏洩による流量低下時に逆止弁と水圧駆動弁が閉状態となり、冷却水は炉心タンク内に保持される。

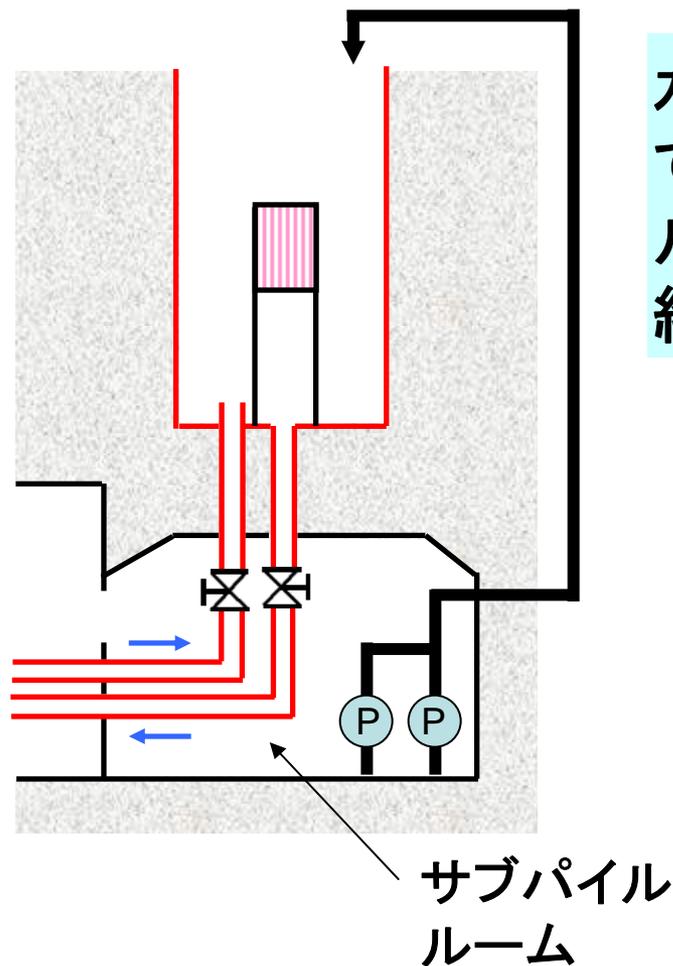
主閉鎖弁は通常(運転時)開状態であり、逆止弁や水圧駆動弁からの漏洩等の異常が生じた場合に、手動で閉止する。

冷却(冠水維持機能)

サブパイルルーム漏水時

水圧駆動弁あるいは逆止弁より上部で漏洩が生じた場合は、サブパイルルーム漏洩水汲み上げポンプによる給水により、冠水を維持。

水圧駆動弁あるいは逆止弁より上部での漏水は炉心直下にあるサブパイルルームに溜まり、漏洩水汲み上げポンプ(2台)により自動的に再び炉心に汲み上げられる。ポンプ1台あたりの容量は約 $15\text{m}^3/\text{h}$ 。

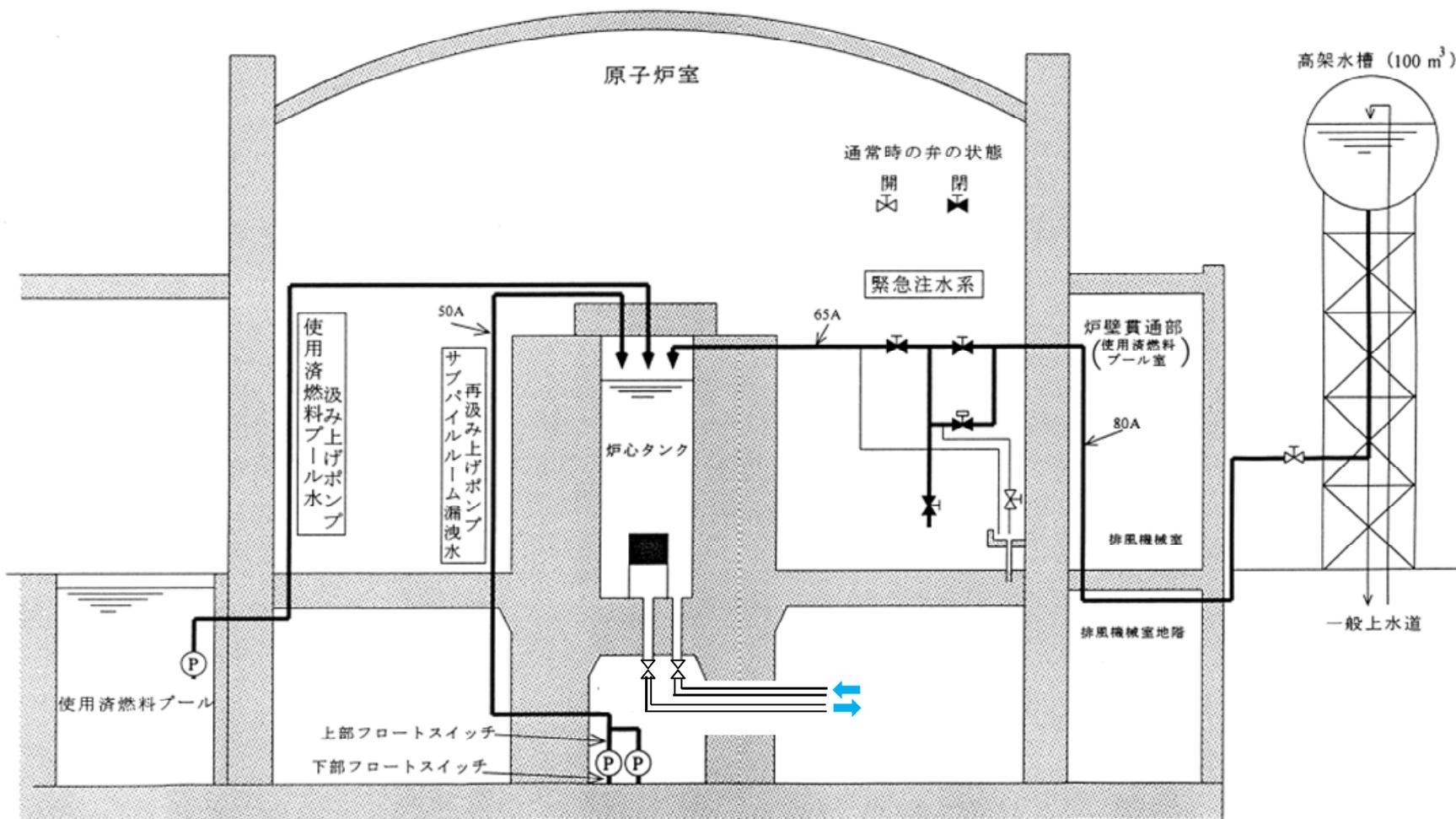


非常用冷却設備 (炉心から水が漏れたら..)

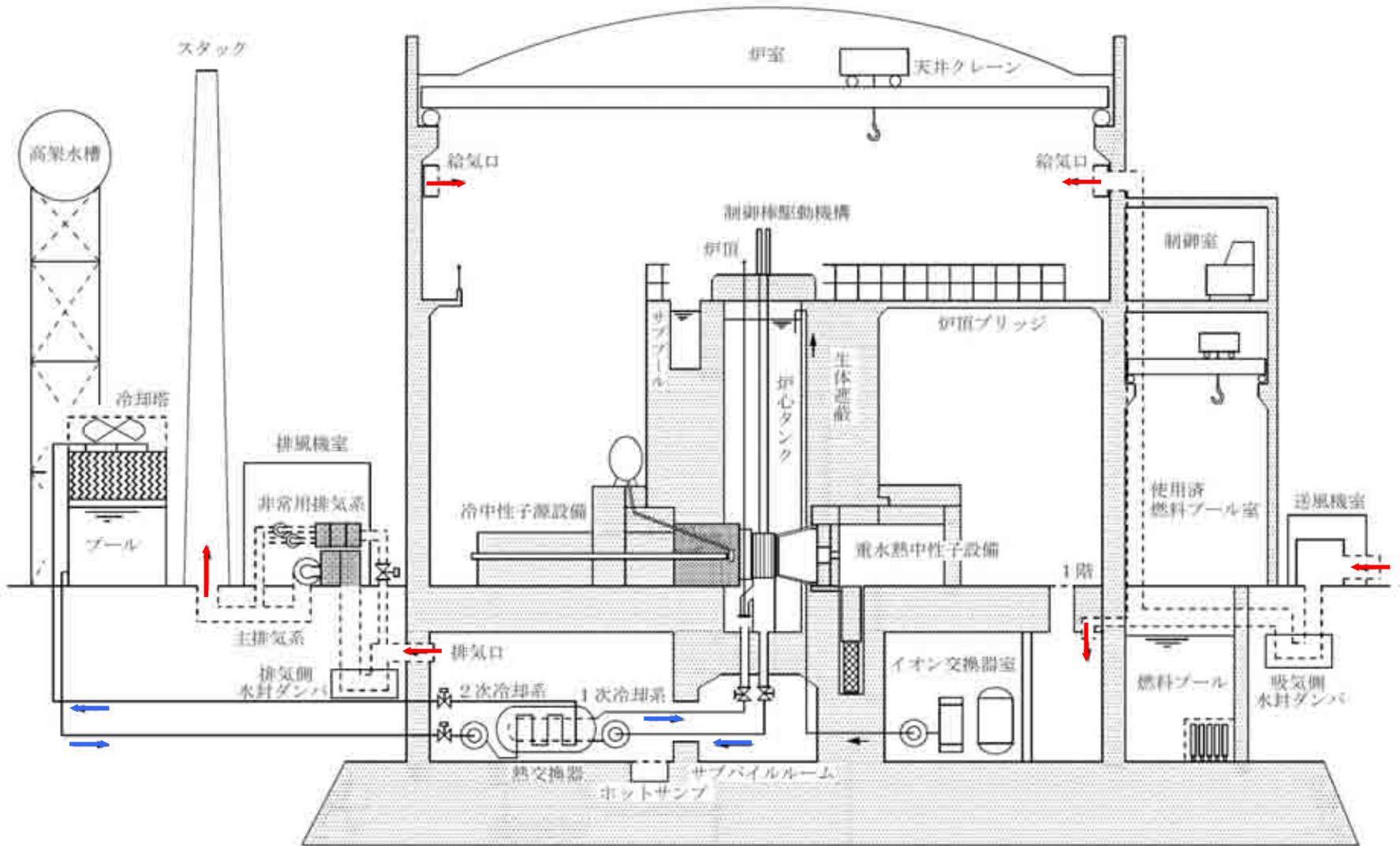
○高架水槽(100m³):約20m³/h

○サブパイルルーム漏洩水汲み上げポンプ(2台):約15m³/h/台

○使用済み燃料プール水汲み上げポンプ:約5m³/h

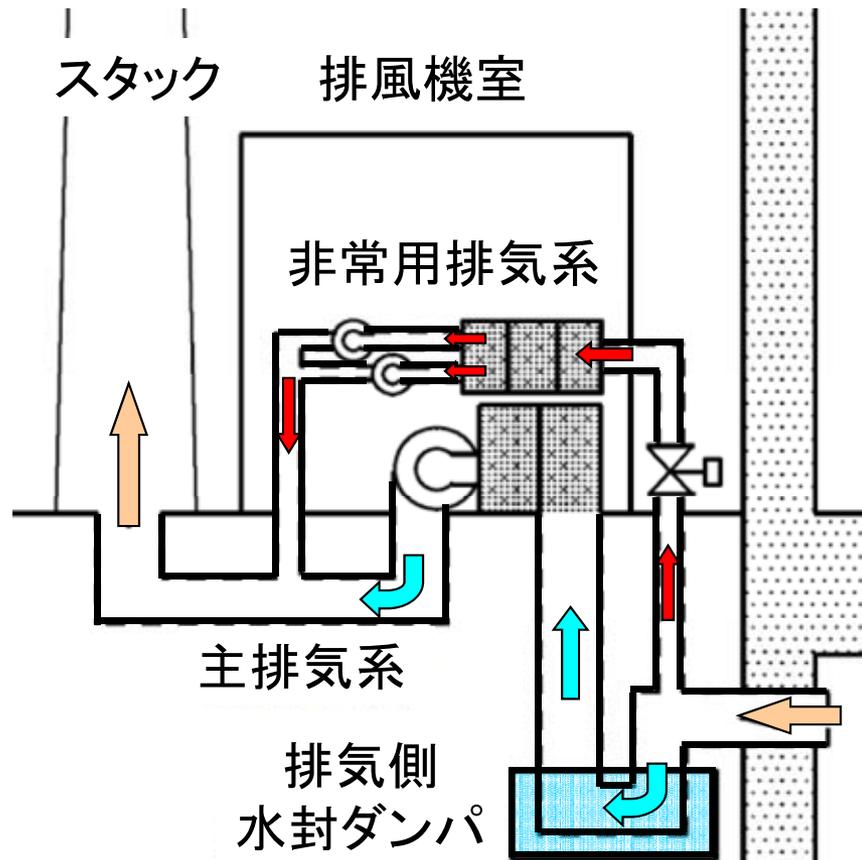


閉じ込め



炉室は気密構造。漏洩率:1日あたり3%(差圧2cmH₂Oのとき)。

閉じ込め (炉室内で放射性物質が漏れたら)

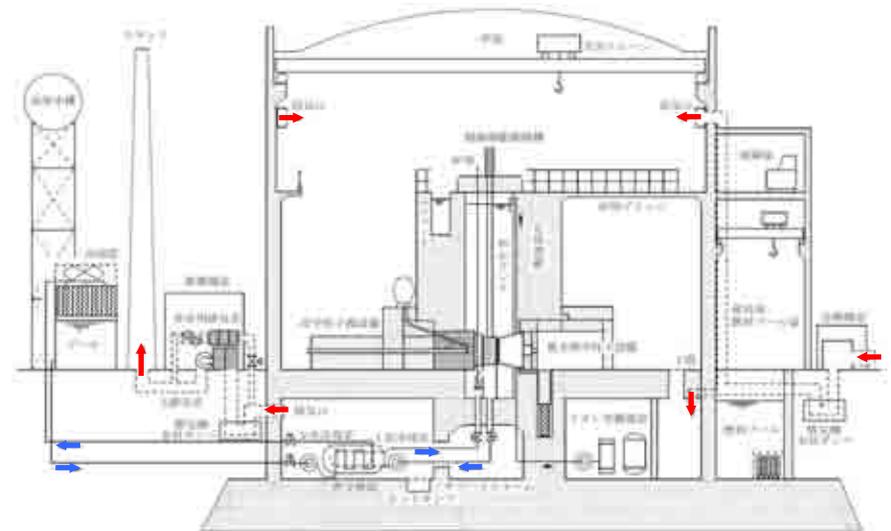


- ← 平常時の排気の流れ
- ← 事故時の排気の流れ (水封時)

通常、炉室内の空気は高性能フィルタを通して、スタック(煙突)から排出する。

[非常時]

炉室内で放射性物質が漏れた場合は、通常の排気系を閉止して、非常用排気系から少しずつ排出する。非常用排気系には、高性能フィルタの他に、ヨウ素を除去する活性炭フィルタ、銀ゼオライトフィルタがついている。



KUR:地震時の安全確保

- 初期微動でスクラム(停止)
20ガル(上下、水平2成分のOR)
- 自然循環により除熱(冷却:冠水維持)
- 停止と冠水維持が達成できれば、閉じ込め機能は不要