

2021年3月19日

京都大学の研究用原子炉施設について

KUR,KUCAの概要

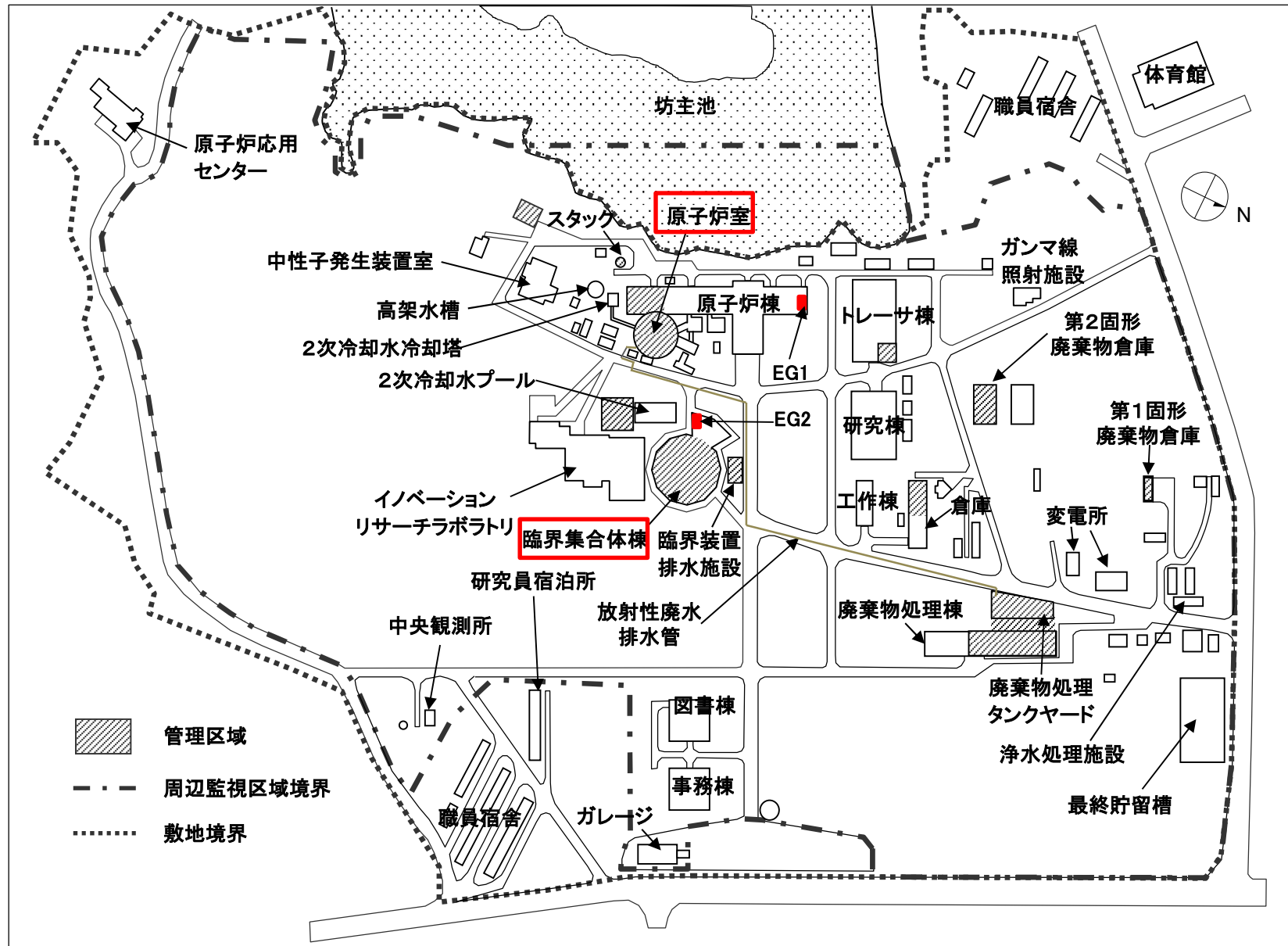


京都大学複合原子力科学研究所
中島健

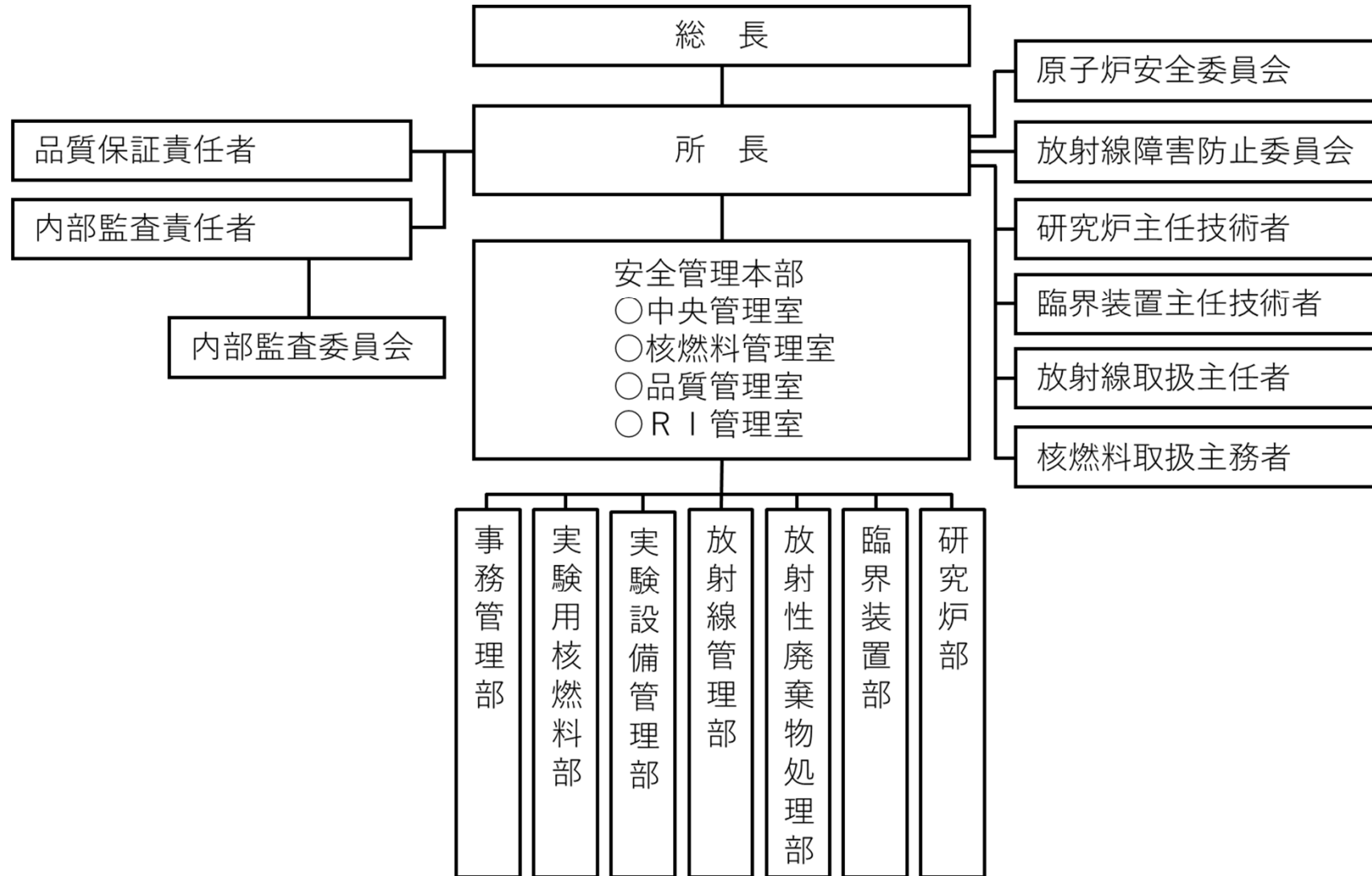
京都大学複合原子力科学研究所

- 1963年 原子炉実験所設立 (2018年名称変更)
- 全国大学の共同利用研究所
 - 3研究本部(22の研究分野)
:理学、工学、医学、農学、エネルギー科学
- 主要設備
 - 研究用原子炉KUR
 - 臨界集合体実験装置KUCA
 - 電子線型加速器(ライナック)
 - Co-60ガンマ線照射設備
 - イノベーションリサーチラボ(3台の陽子加速器)
150MeV FFAG、FFAG-DDS、BNCTサイクロトロン

複合原子力科学研究所 施設配置図



安全管理に関する組織



京都大学研究用原子炉:KUR (Kyoto University Research Reactor)

水冷却型研究炉(最大熱出力5,000kW)
短期の冷却が必要

ウラン濃縮度約20%の板状燃料を使用

- 1964年6月:初臨界(同年8月1,000kW達成)
- 1968年7月:5,000kW達成(出力アップ)
- 2010年5月:低濃縮ウラン炉心に移行

中性子を利用するための装置



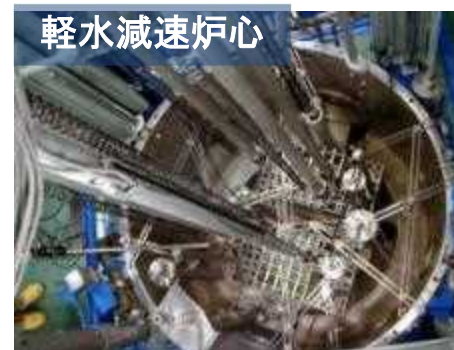
京都大学臨界実験装置:KUCA (Kyoto University Critical Assembly)

原子炉の基礎的研究を実施

- 初臨界:1974年8月
- 最大熱出力 100W : 冷却不要
- 複数架台(炉心)方式
 - 軽水減速架台(C架台)
 - 固体減速架台(A、B架台)
(減速材:ポリエチレン、黒鉛など)

停止のみ
でOK

軽水減速炉心



固体減速炉心



研究炉と発電炉の比較

	研究用原子炉KUR	福島第一発電所
目的	中性子発生(研究用)	発電
運転状態	低出力、低温、低圧	高出力、高温、高圧
熱出力(kW)	5000	1号機:138万、2~5号機:238万 6号機:329万
燃料(集合)体の重さ(kg)	約6	約250
ウラン装荷量(トン)		1号機:69、2~5号機:94 6号機:132
原子炉内の水量(トン)	約25	約400(6号機の場合)
運転中の温度(°C)	約55以下	約285
運転中の圧力	大気圧	約70気圧

KUCAは
冷却不要

停止後の燃料の冷却
は短期間で可

停止後も長期にわたる
燃料の冷却が必要

KUR(出力5,000kW)の場合、停止後の発熱量が小さいため、燃料はタンク内の水の自然循環で冷却可能であり、冷却のための電源等は不要。

KUR、KUCAの主な利用内容

研究炉用原子炉KUR

- 中性子ビーム利用(中性子散乱・回折、ラジオグラフィ、など)
- 中性子照射(放射化分析、RI製造、など)
- その他: 医療照射(BNCT)、陽電子ビーム、など
- 教育(主に京大の学生・院生)

共同利用件数(通常時)
年間約**200**件、約**4000**人日

臨界実験装置KUCA

- 炉物理関係研究(未臨界度測定、ADS実験、Th炉開発)
- 検出器開発
- その他: 廃炉技術開発
- 教育(全国の大学の学生など)

京都大学研究用原子炉: KUR

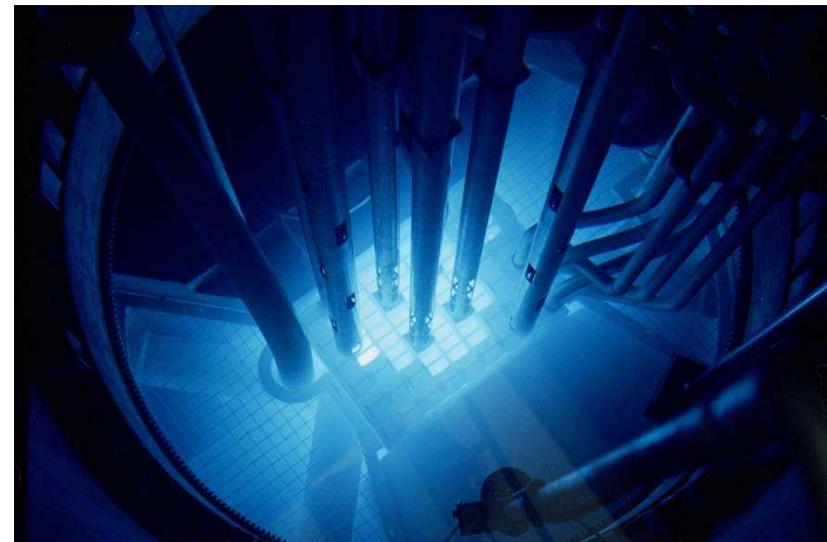
(Kyoto University Research Reactor)

タンク型の軽水冷却軽水減速熱中性子炉(出力5MW)
中性子源としての利用が主

一般研究、材料照射、放射性同位元素
生産、開発研究および教育訓練を目的と
した研究用原子炉

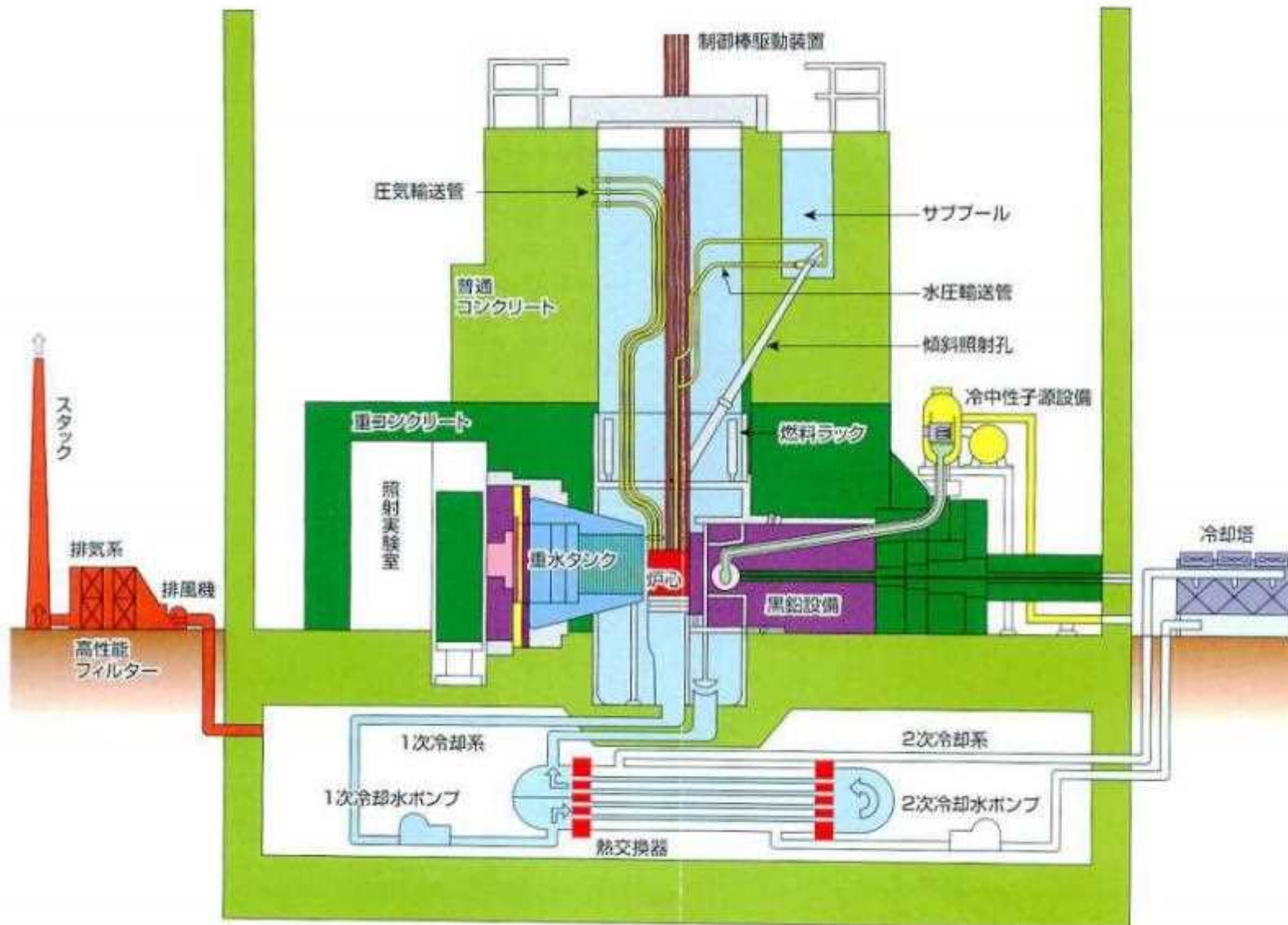
全国大学の共同利用研究施設として、年
間200件程度の共同利用研究を実施

- 1964年6月25日に初臨界、同年8月17日
に1MW達成
- 1968年7月16日に5MW達成
(出力アップ)
- 2010年5月より低濃縮ウラン炉心に移行
(濃縮度約20%)

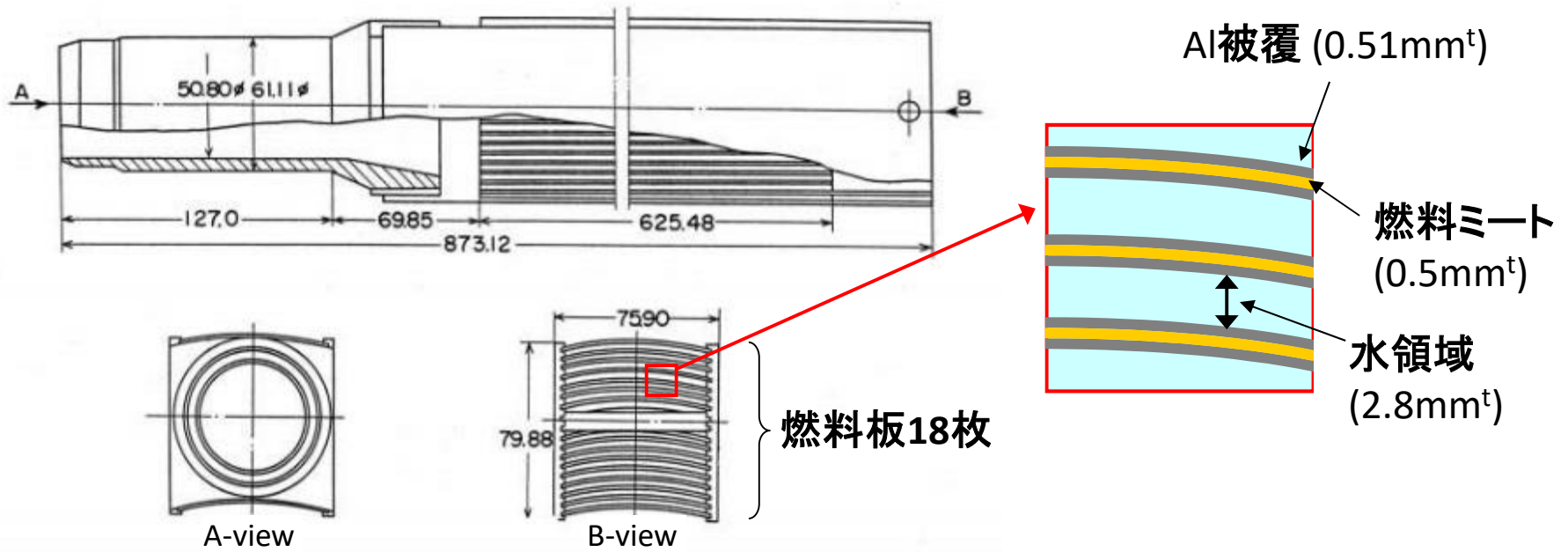


KURの炉心

KUR: 全体構造



KURの燃料 (標準燃料)



KURの実験設備

- 各種の中性子照射設備と中性子ビームポートを設置

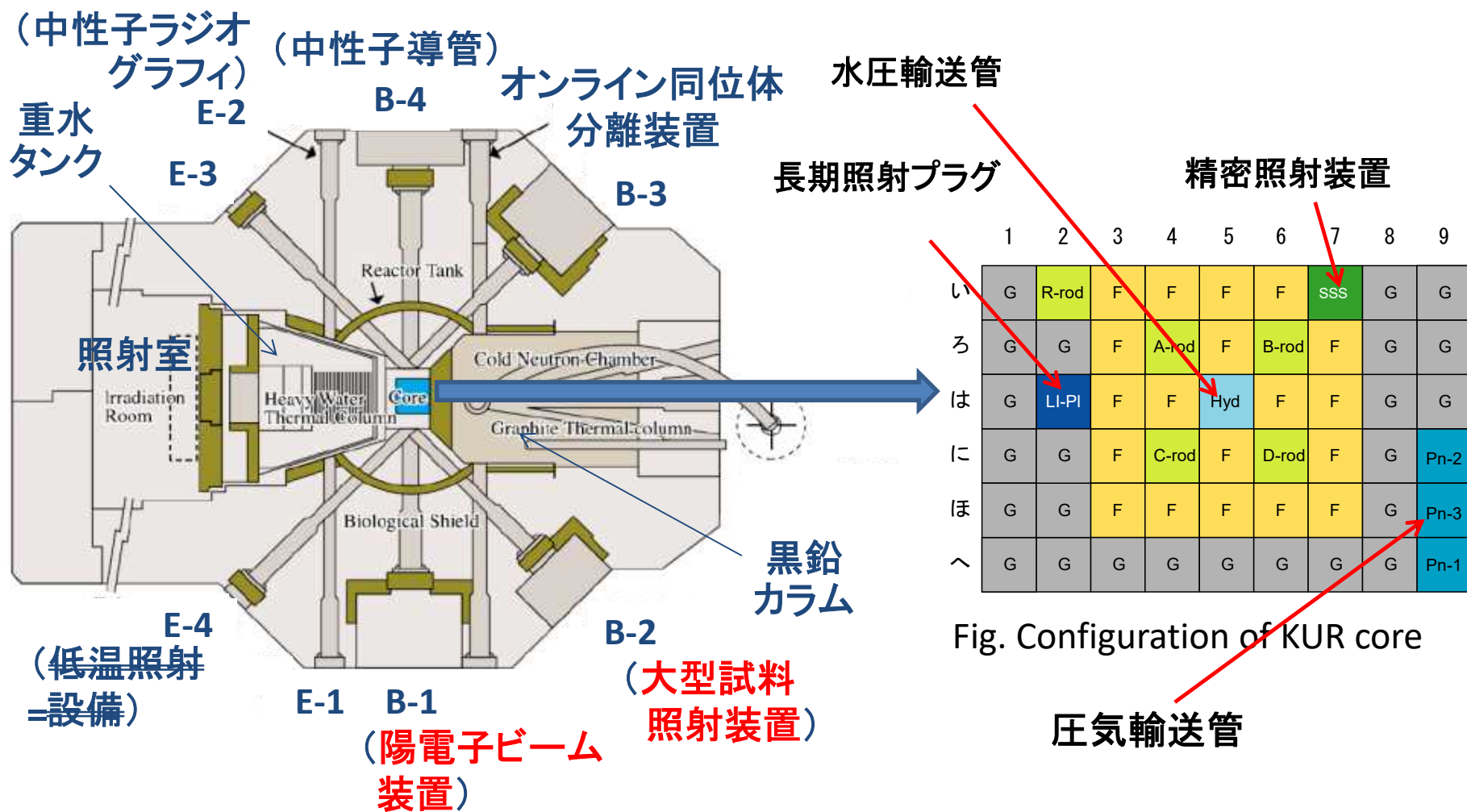
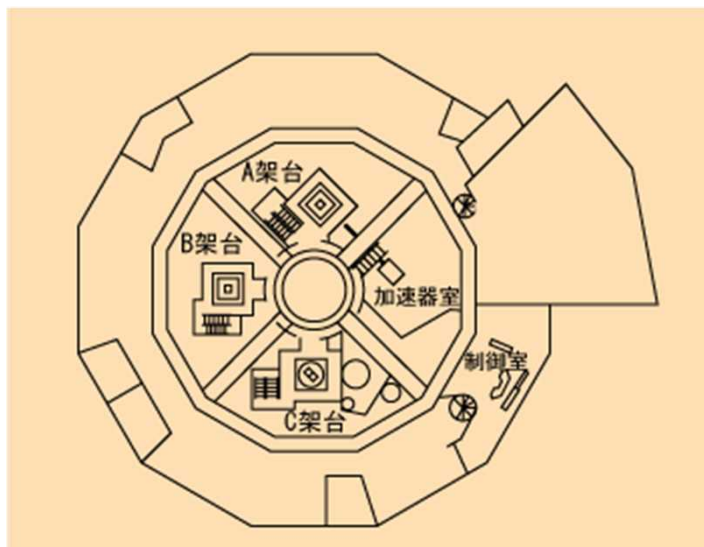


Fig. Plane view of KUR

KUCA (京都大学臨界集合体実験装置)



- 初臨界:1974年8月
- 最大熱出力 100W
- 複数架台(炉心)方式
 - 軽水減速架台(C架台)
 - 固体減速架台(A、B架台)
(減速材:ポリエチレン、黒鉛など)
- D-T加速器を併設(14MeV中性子源)
- 国内で唯一の大学が所有する臨界実験装置

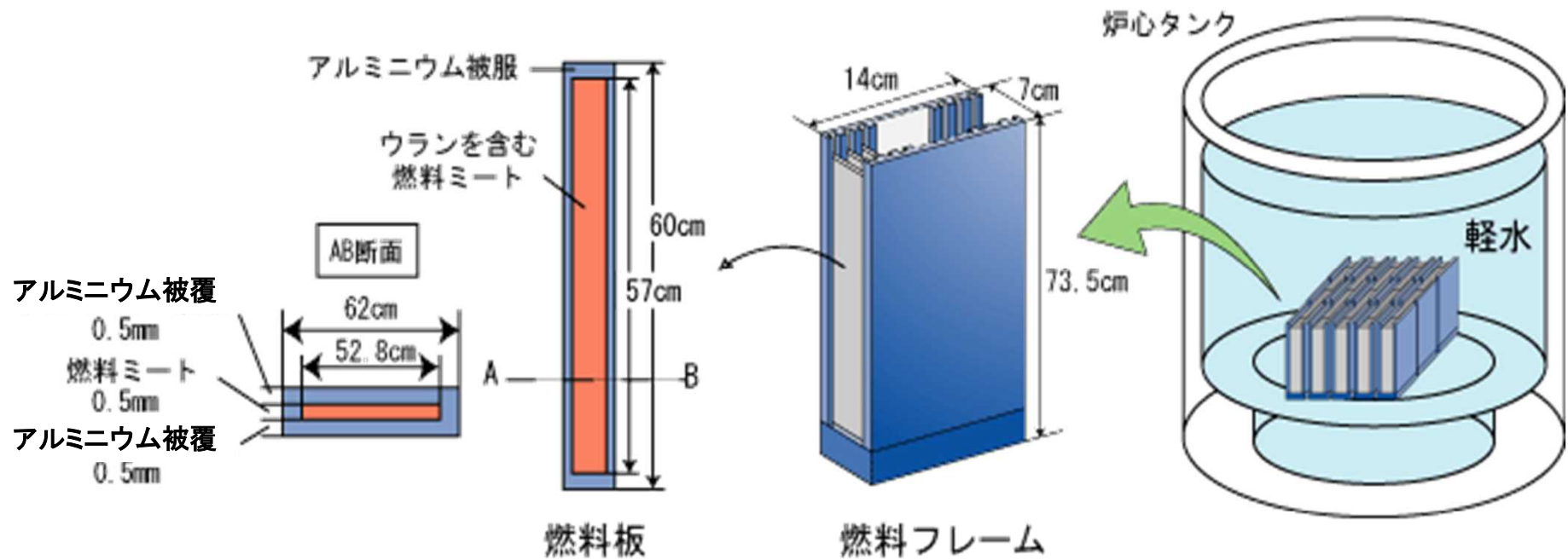


軽水減速炉心
(C架台)



固体減速炉心
(B架台)

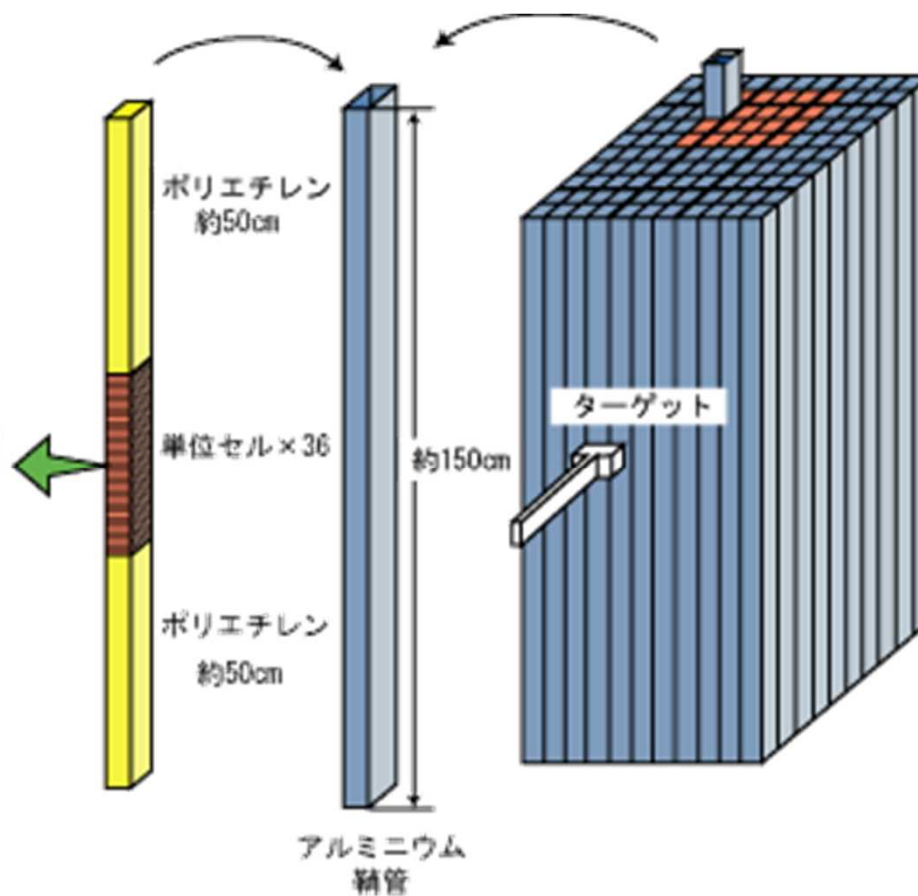
KUCA: 軽水減速炉心 (C架台)



KUCA: 固体減速炉心 (A, B架台)



B架台



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**

燃料が溶けたいしなないように、十分に冷却する。

KUR: 炉心タンク内の水が無くならないように給水する。

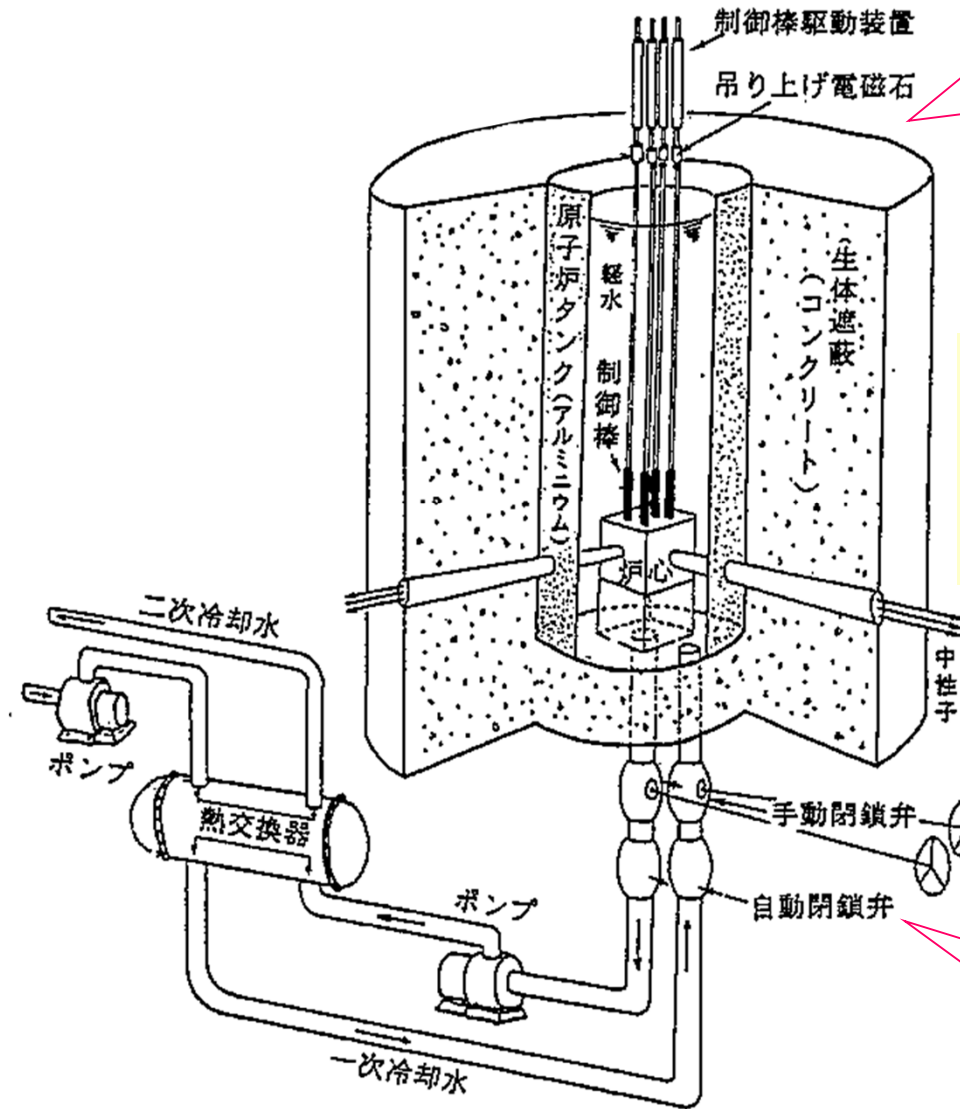
緊急注水系(高架水槽、燃料プール水汲み上げ、サブパイルルーム漏洩水汲み上げ)、可搬式消防ポンプ+40トン水タンク

- **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。

KURの安全確保(停止、冷却)



停止

何か異常があると、電磁石の電源が切れて、制御棒が落下する。地震の場合は震度2か3程度で停止

冷却

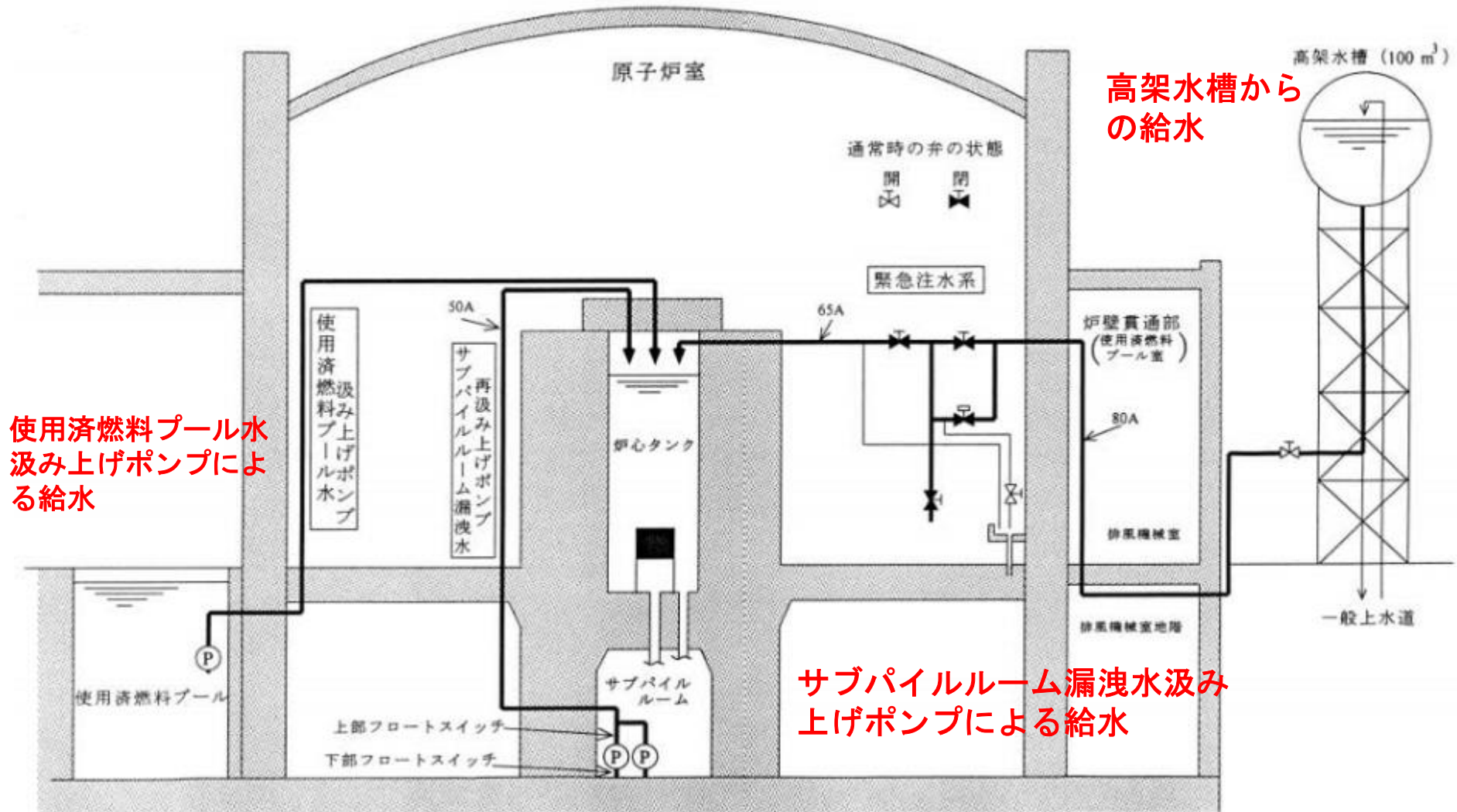
燃料が水に浸かって(冠水維持)いれば、自然循環により燃料は冷却される。
(給水が不要→電源も不要)

自動弁が閉まらないときは、手動で弁を閉める

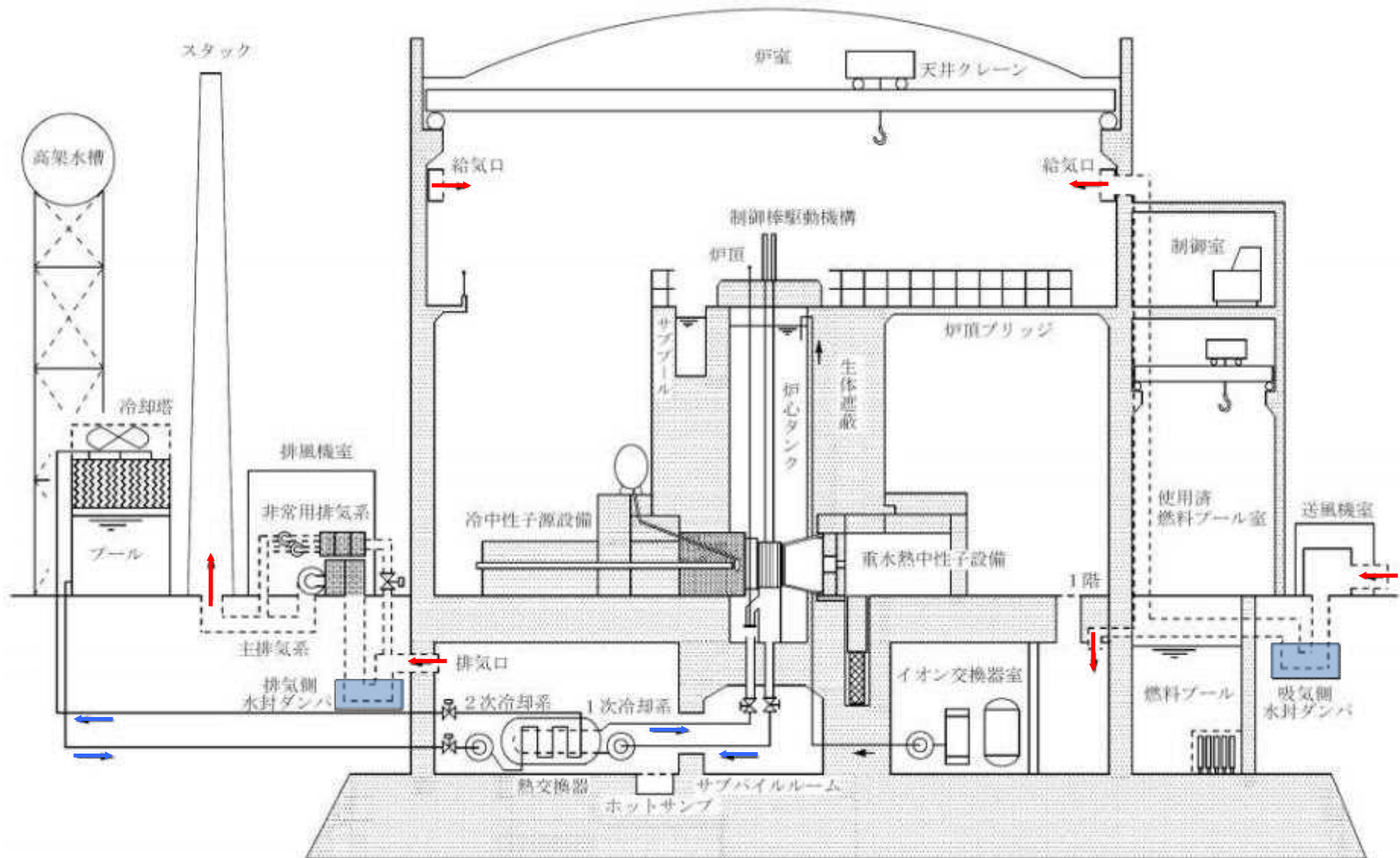
水漏れなどで、水の流れが弱くなると、自動的に弁が閉まる

緊急注水系

(1次冷却水漏洩時の対応設備)



閉じ込め：炉室給排気系



新規制基準対応にかかる主な工事等

- **耐震性の確認(KUR,KUCA共通)**
KUR建屋等の耐震性確認(書類上の確認)
- **非常用電源の強化**
従来のKUCA用の非常用発電機(EG)をKUR用に変更し、KUR用EGを2台とする(多重化)。監視設備用の無停電電源の容量を増強(KUR)
監視設備用の無停電電源の容量を増強(KUCA)
- **内部火災対策**
原子炉施設内の可燃物の管理を徹底するとともに、火災報知器・消火設備等を整備。実験孔に防火シャッターを設置(KUR)
ハロン消火設備、遮熱板を設置し、炉心を防護(KUCA)
- **竜巻対策**
非常用電源室(KUCA)の壁厚増強、非常用電源用屋外冷却塔(KUR)の防護設備設置、竜巻監視システムの導入と竜巻発生時の自動車退避等の実施
- **外部火災対策(KUR,KUCA共通)**
森林火災から施設を保護するため、防火帯(予防散水エリア)整備、散水栓設置、消防体制整備の実施
- **固形廃棄物倉庫の安全性強化(KUR,KUCA共通)**
倉庫の耐震補強。固形廃棄物の固縛設備を設置(竜巻対策)

多量の放射性物質等を放出する事故対応 (BDBA対応)

KUR

• スクラム失敗時の対応

微調整用制御棒の挿入
粗調整用制御棒の修復
Cd等の中性子吸収体の炉中心への挿入(水圧輸送管)
ホウ酸投入
反射体要素の引き抜き
燃料要素の引き抜き

炉水位、温度、出力、
線量率等の監視

• 冠水維持失敗時の対応

恒設給水設備による給水
プール水汲み上げ、サブパイルルーム
漏えい水汲み上げ、高架水槽より給水
可搬型消防ポンプによる給水



炉室換気系の停止、水封措置
トップシールド等のシートでの養生による
放散抑制



今後について

KUR

- 2021年度より5MW連続運転の期間を設ける。
(状況をみながら、期間を増やす予定)
- KUR使用済燃料は、日米合意により、2026年5月までに使用した分は米国が引き取る。
→ 2026年5月を超えた運転は困難な状況
- 京都大学として、今後のKURの取り扱いを早急に検討・決定する。

KUCA

- 2021年度後半から運転を一時中断
- 低濃縮ウラン燃料入手後に、運転を再開(早期の再開に向けて許認可対応中)
- 低濃縮ウラン燃料炉心の特性試験実施後、各種研究及び人材育成に活用の予定

参考：外部事象への対応状況

竜巻対策：警報発生時に車両退避

KUR



竜巻ナウキャストによる
監視範囲



非常用電源用屋外冷却塔(KUR)の防護設備設置の現場写真

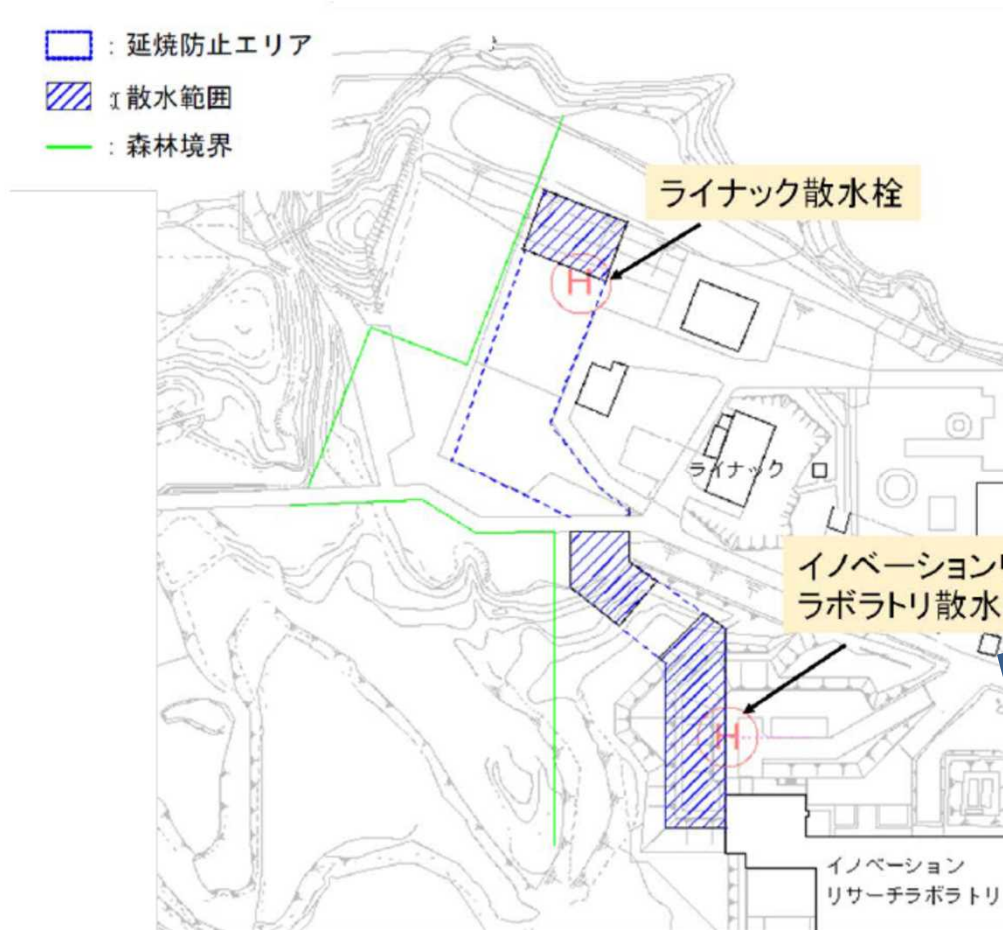
〔工事前の現場〕



〔工事後の現場〕



森林火災対策：予防散水



監視カメラにより火災を
早期発見



予防散水により延焼を防止
(当直者と守衛の2名)

