

2023年10月13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  
安全管理本部長(副所長) 三澤 毅

# 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)
  - 教員:81名、技術職員:27名、事務職員:33名
- 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

関西国際空港



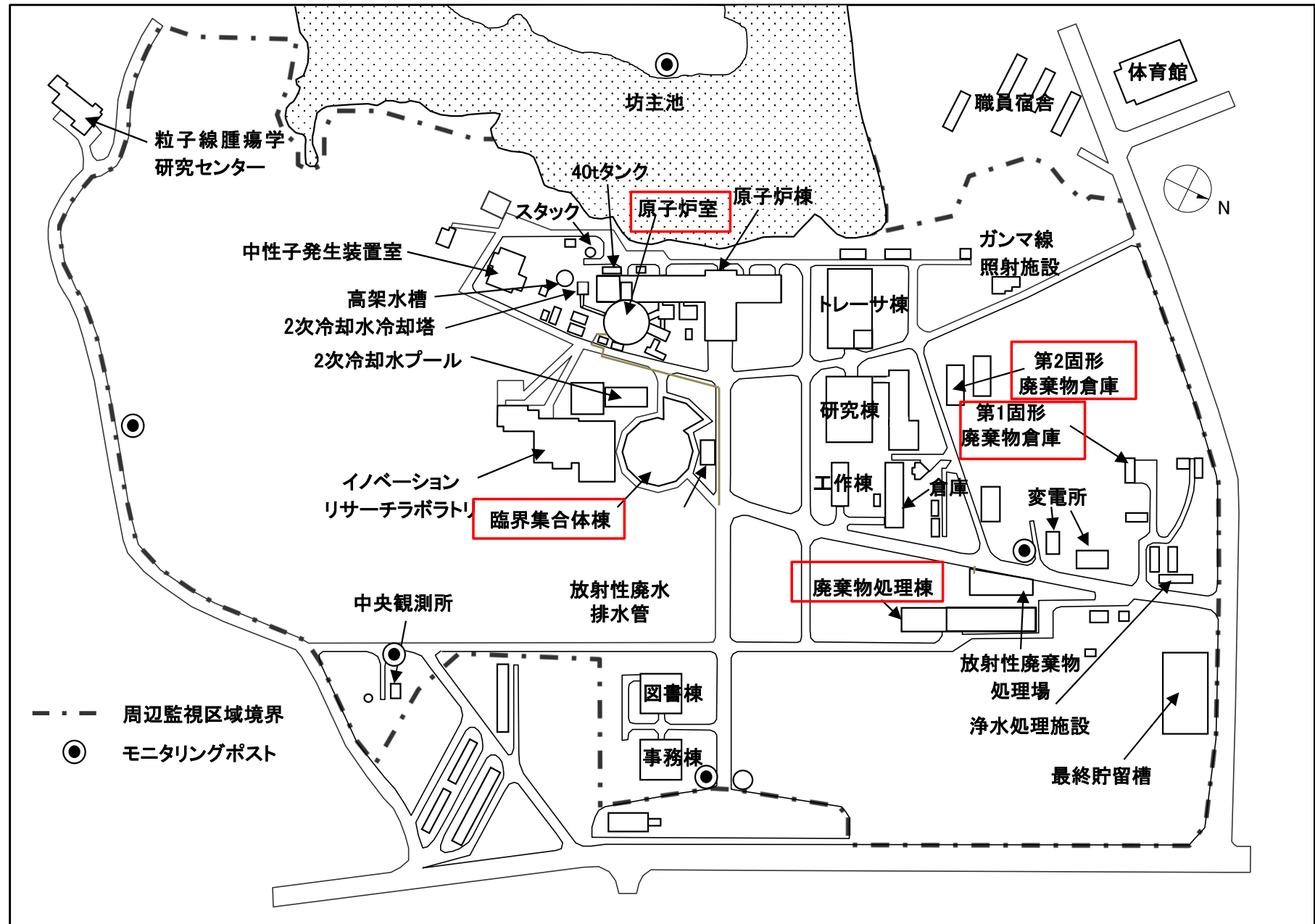
KUR



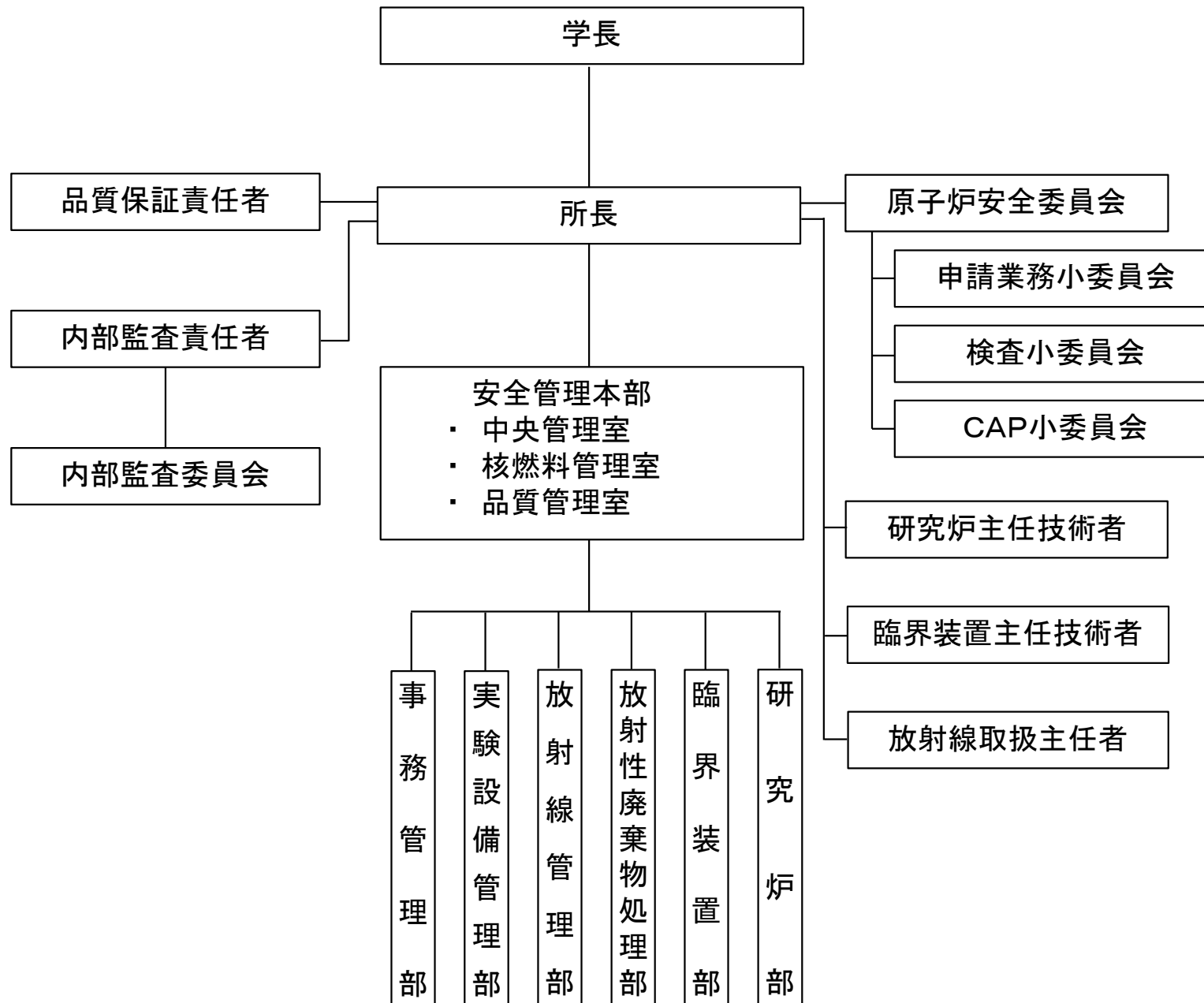
KUCA

敷地面積 約30万m<sup>2</sup>

# 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





# 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(全国の原子力専攻の大学院生対象、海外の学生)

# KUR と KUCA

## KUR

- 1964年6月：初臨界（1MW）
- 1968年7月：出力上昇（5MW）
- 2010年4月：全炉心 低濃縮化
- 2017年8月：新規制基準対応後の運転再開
- 2026年5月：運転終了予定

## KUCA

- 1974年8月：初臨界
- 2009年3月：FFAG加速器との連携運転
- 2017年6月：新規制基準対応後の運転再開
- 2021年7月：高濃縮ウランでの運転終了
- 2023年以降：低濃縮ウランでの運転開始予定

# 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%)



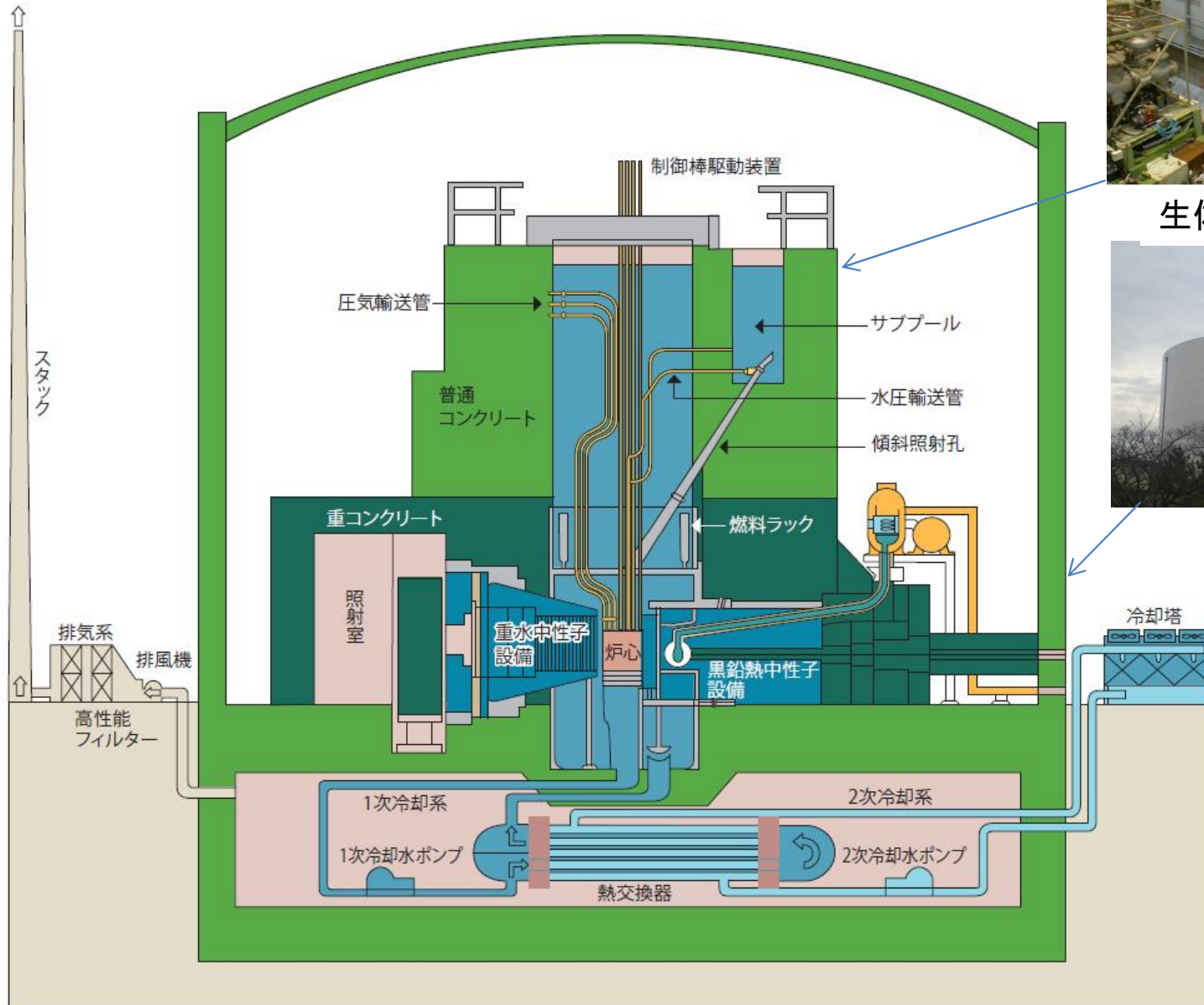
KURの炉心



# KUR: 全体構造



スタック外観



生体遮蔽外観

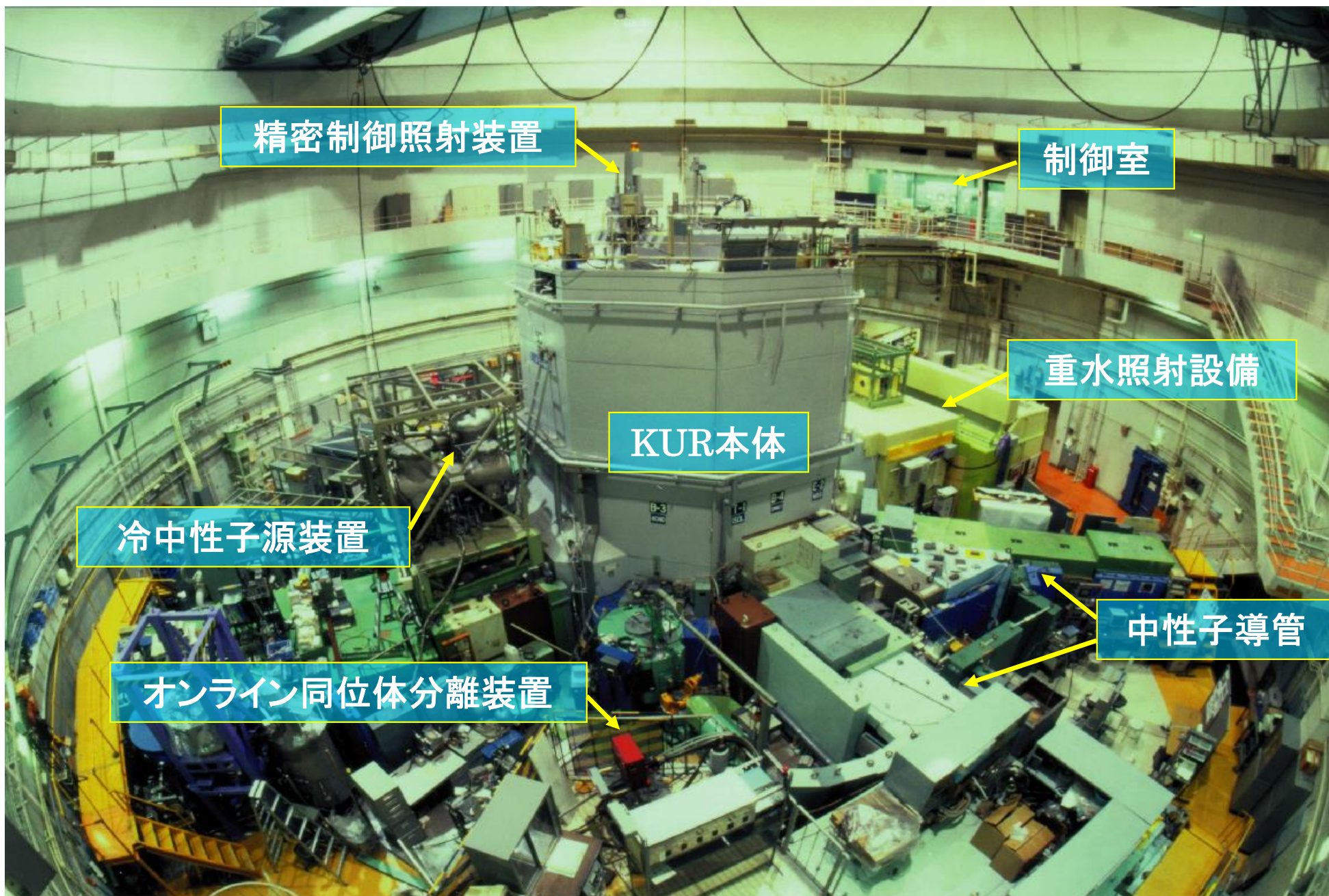


原子炉格納施設外観

原子炉断面図

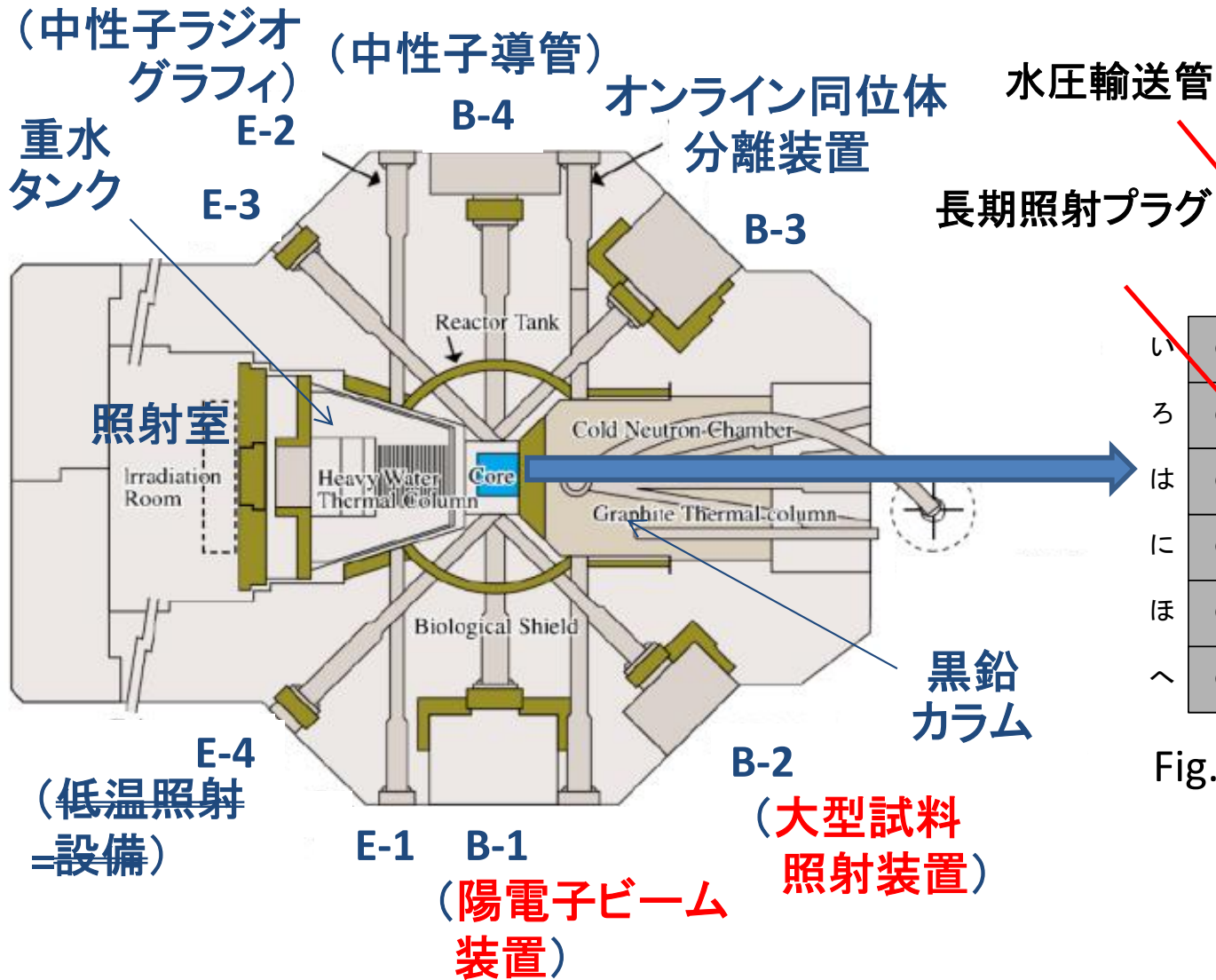


# 京都大学研究用原子炉:KUR



# 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



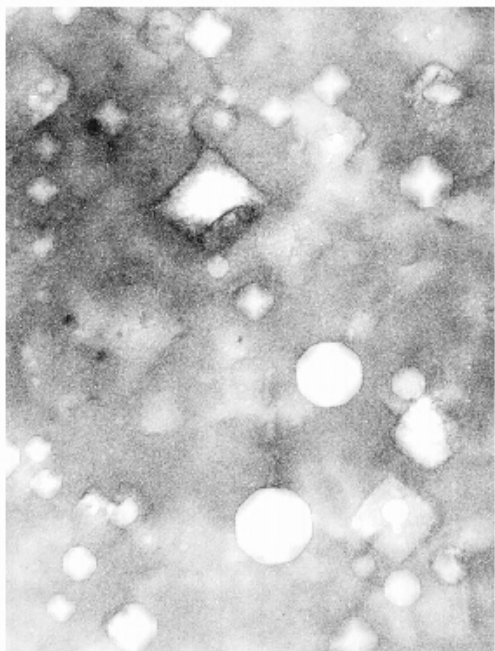
精密照射装置

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
い	G	R-rod	F	F	F	F	SSS	G	G
ろ	G	G	F	A-rod	F	B-rod	F	G	G
は	G	LI-PI	F	F	Hyd	F	F	G	G
に	G	G	F	C-rod	F	D-rod	F	G	Pn-2
ほ	G	G	F	F	F	F	F	G	Pn-3
へ	G	G	G	G	G	G	G	G	Pn-1

Fig. Configuration of KUR core

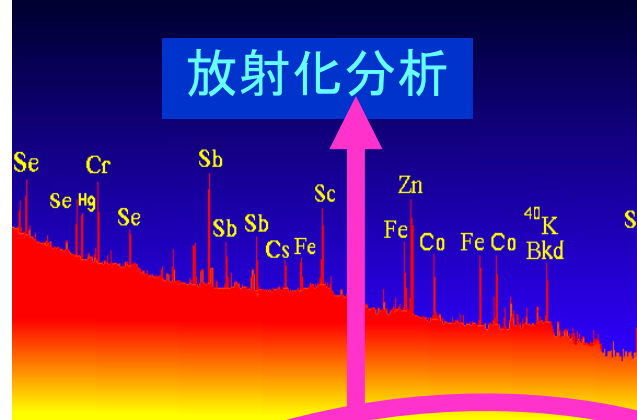
Fig. Plane view of KUR



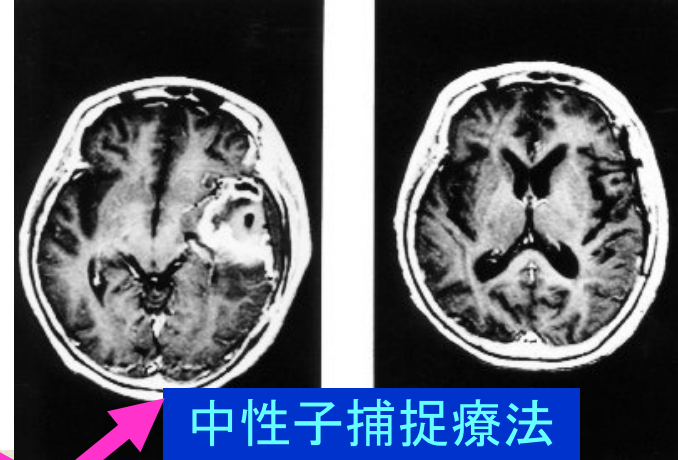


Ni, 37dpa

材料照射効果研究



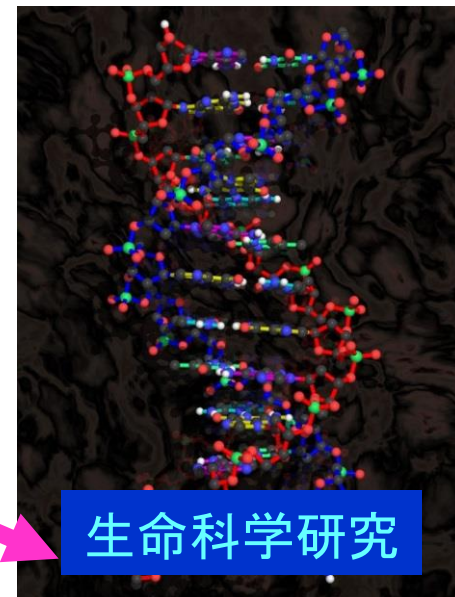
放射化分析



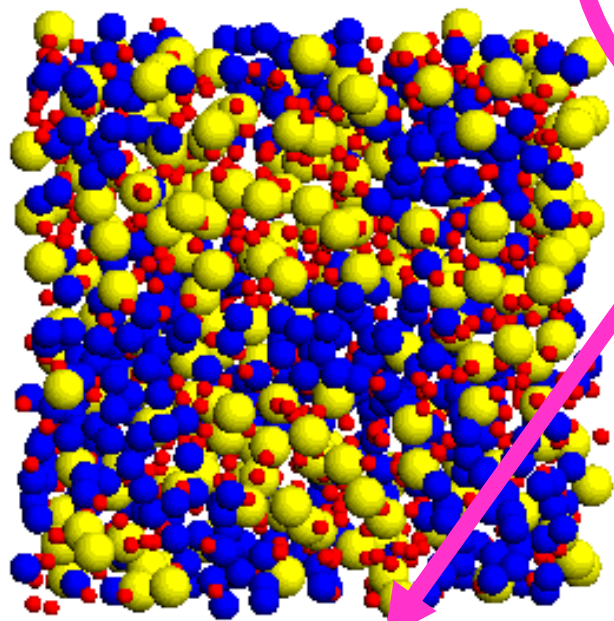
中性子捕捉療法



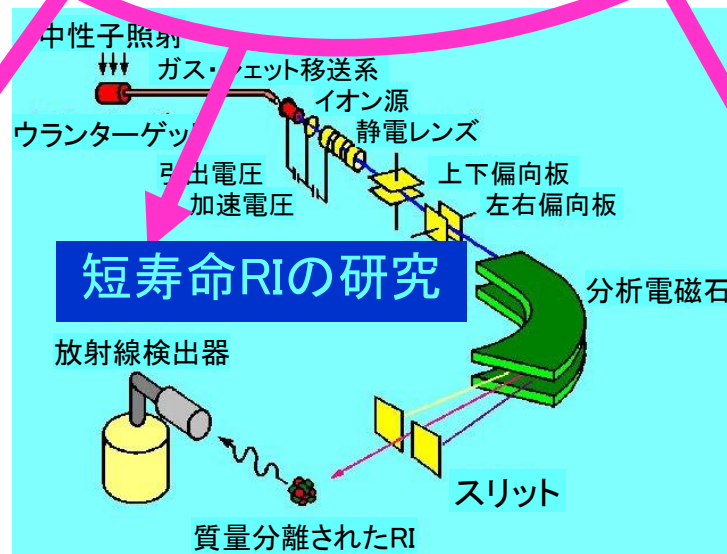
研究用原子炉を使った研究



生命科学研究



物質構造研究



短寿命RIの研究



中性子ラジオグラフィ

# 中性子によるがん治療（ホウ素中性子捕捉療法）





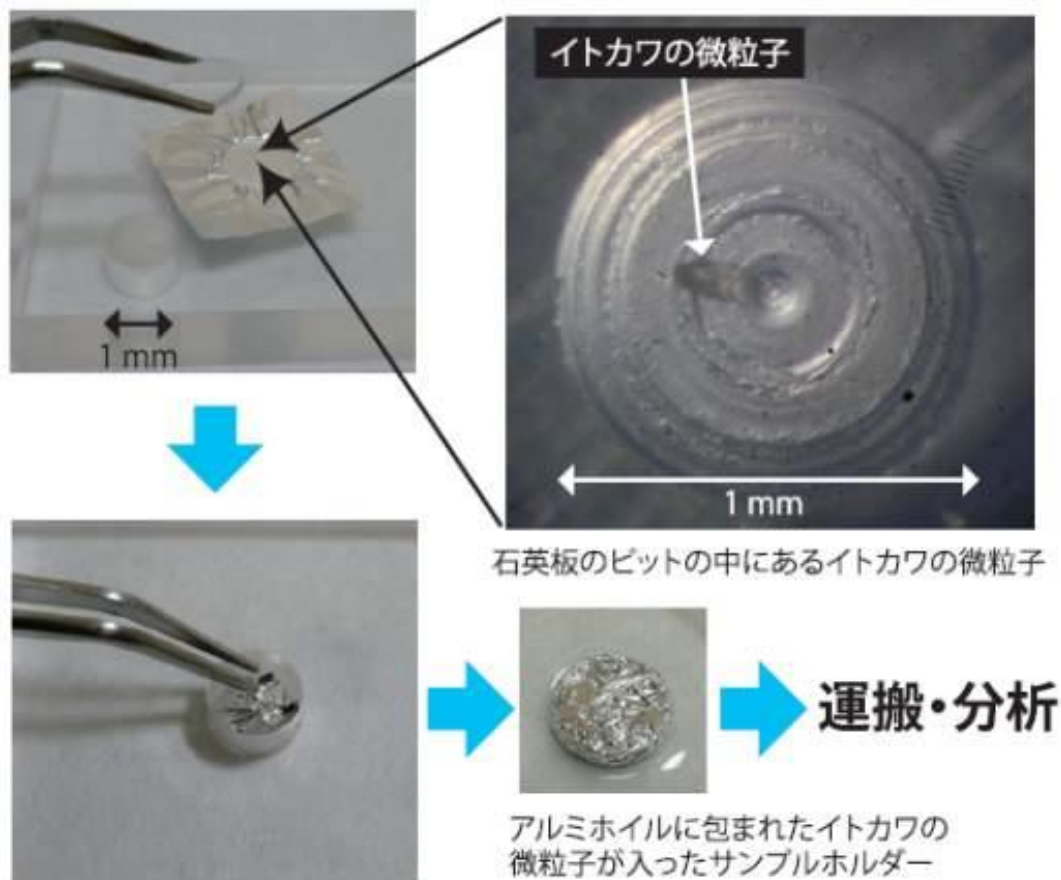
# BNCT専用加速器

(2020年4月に医療機器承認)





# はやぶさが持ち帰った砂の調査



小惑星探査機  
「はやぶさ」  
(JAXA)



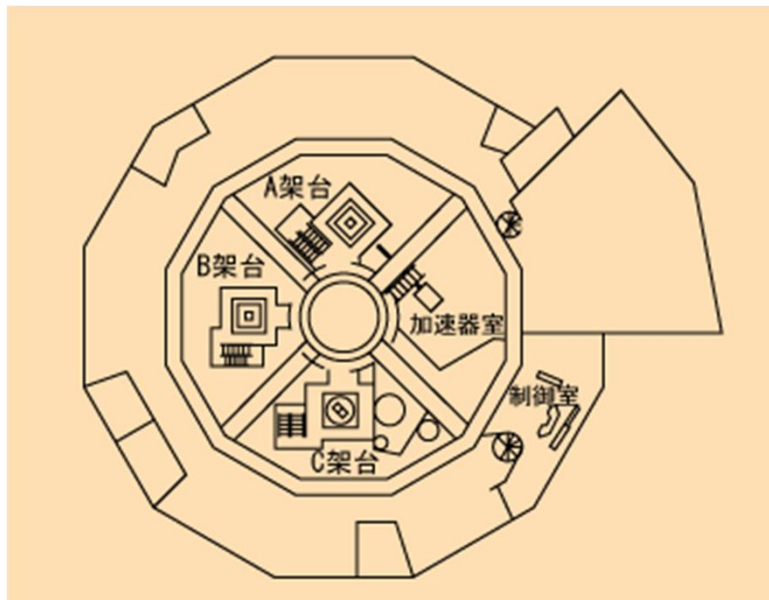
小惑星イトカワの試料(約3マイクログラム)の放射化分析を実施。宇宙由来であることを実証。

Science (26 Aug.,2011)

# KUCA（京都大学臨界実験装置）



- 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の研究利用例

組織概要

研究開発

公募調達

国際活動

委員会

TOP > R&D Topics > 燃料デブリ臨界管理技術の開発／京都大学臨界集合実験装置（KUCA）を利用した「臨界近接監視手法」の開発



## 燃料デブリ臨界管理技術の開発／京都大学臨界集合実験装置（KUCA）を利用した「臨界近接監視手法」の開発（2017年6月21日）

2017年6月21日



燃料デブリは、現状は臨界になっていないと推定されています。今後の燃料デブリ取り出し作業時においても、その形状や水量等の状態の変化が予想されますが、臨界の形状を形成する可能性は非常に小さいと考えています。しかし、念には念を入れ、臨界の着実な防止を図るとともに、万が一臨界になった場合でも安全に終息できるように、未臨界監視技術や臨界防止技術の開発を進めています。



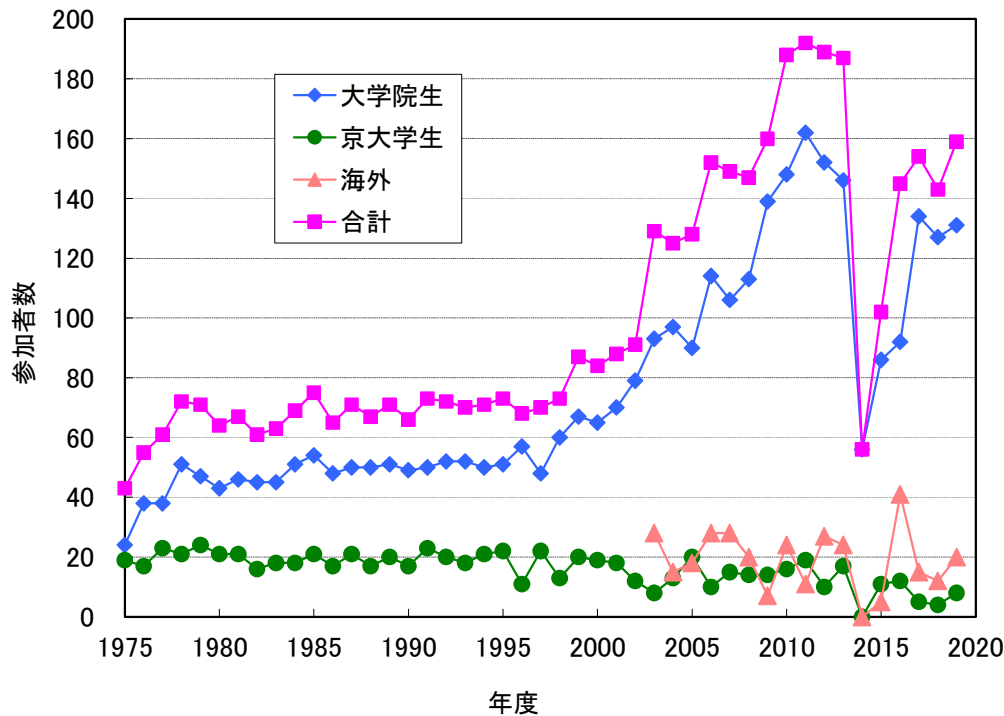
測定装置



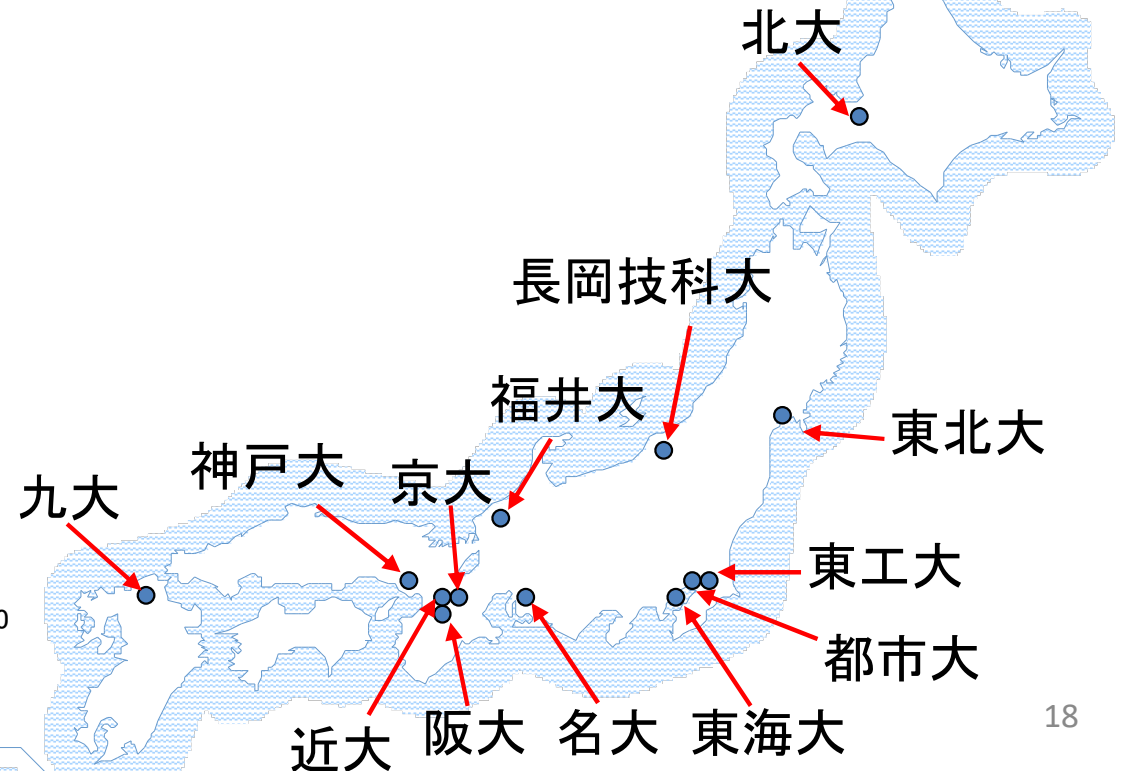
検出器

# KUCAを用いた実験教育

1974年 臨界集合体(KUCA)初臨界  
 1975年 KUCAを用いた大学院生実験を開始  
 2003年 海外の学生向け実験を開始  
 2010年 参加者総数 3000名到達  
 2022年 参加者総数 4516名 (うち海外323名)



臨界集合体を用いた実験の年当たりの受講学生数



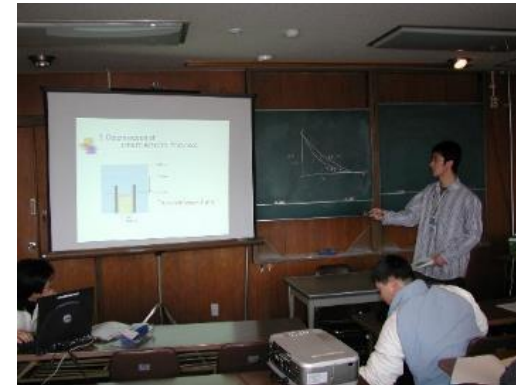


# 大学院生実験

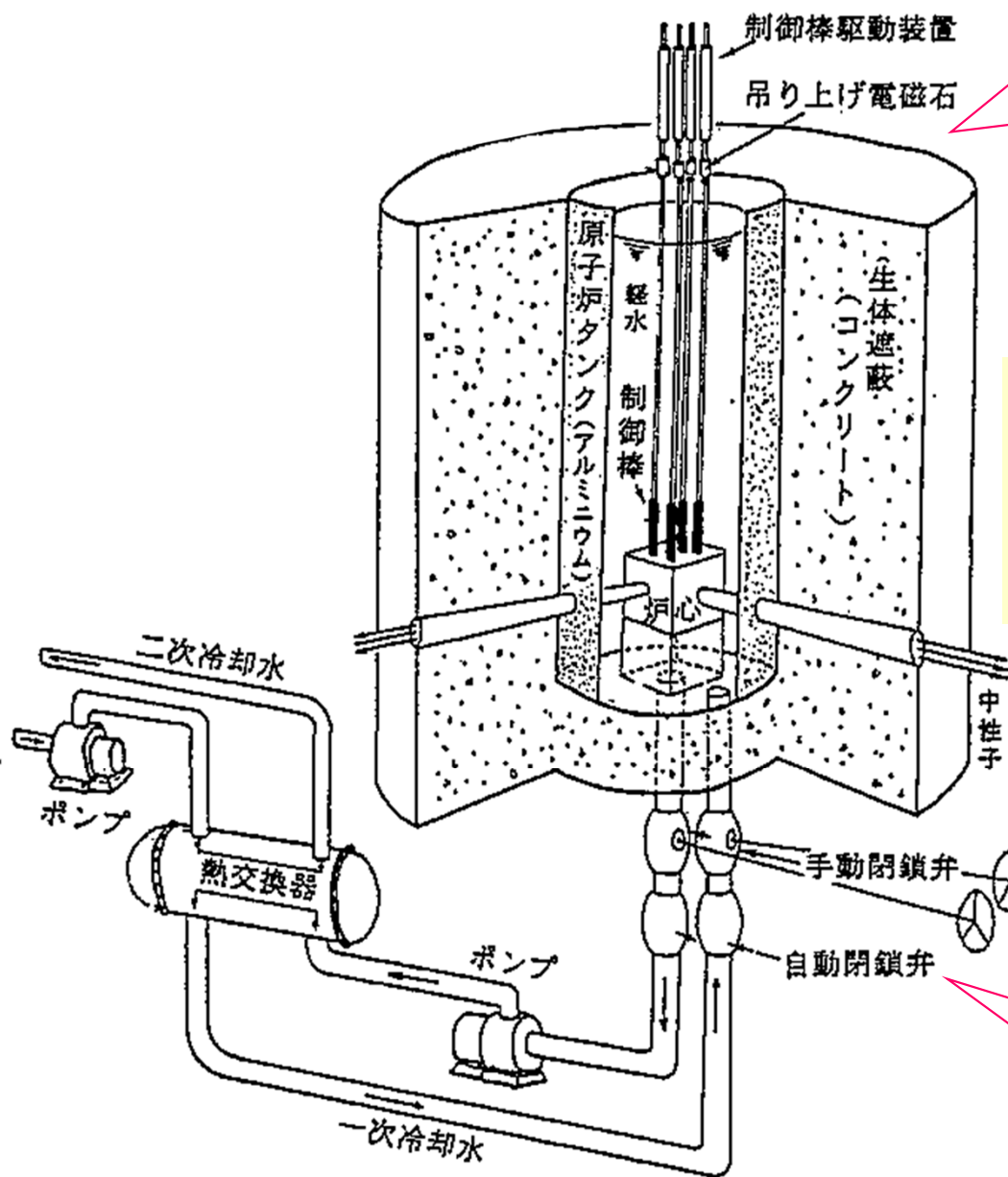
## ■ 臨界近接実験、燃料操作、反応度測定実験



## ■ 中性子束分布測定、運転実習、討論会



# 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)

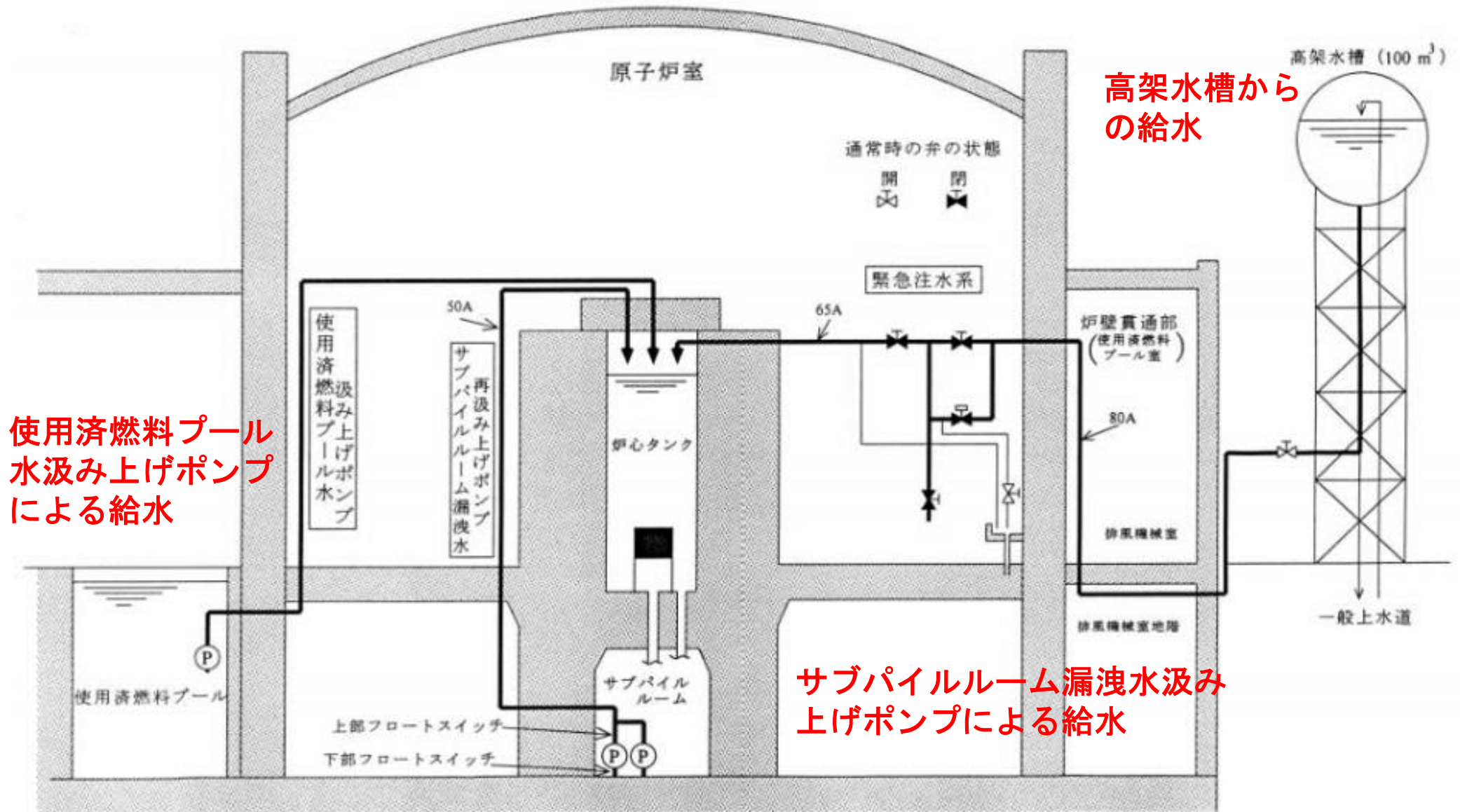
自動弁が閉まらないときは、手動で弁を閉める

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

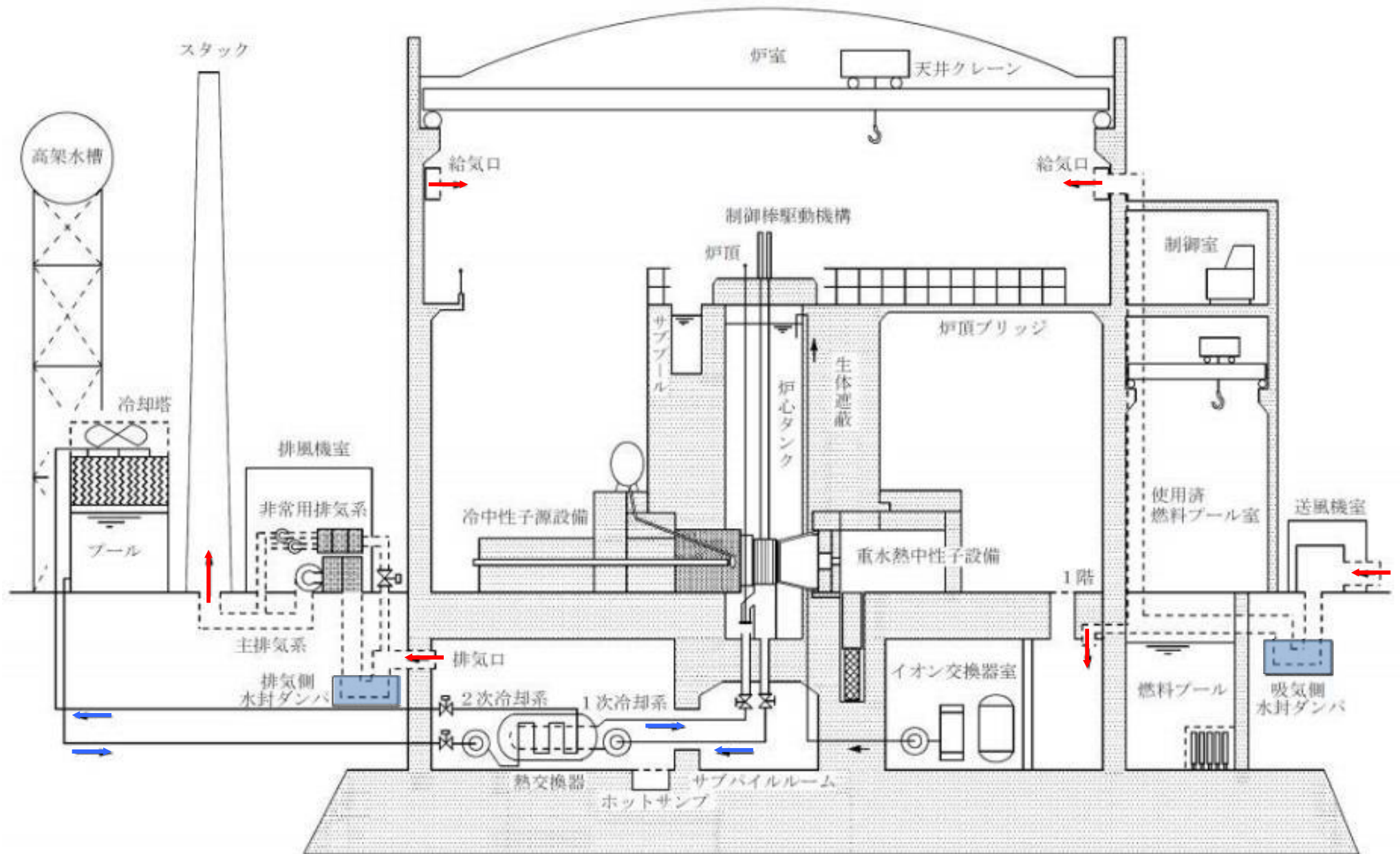


# 緊急注水系

(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

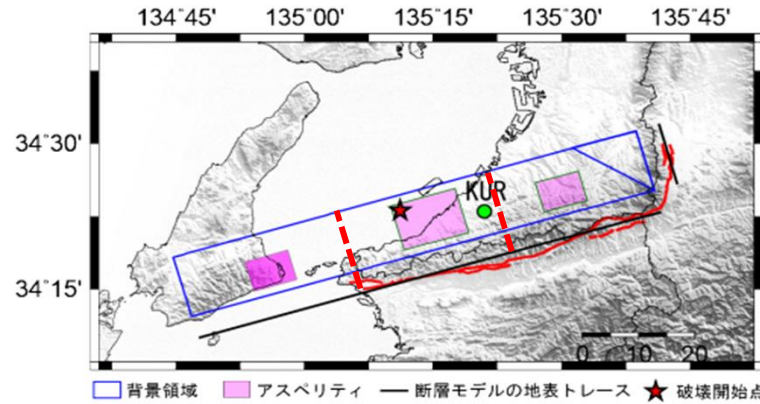




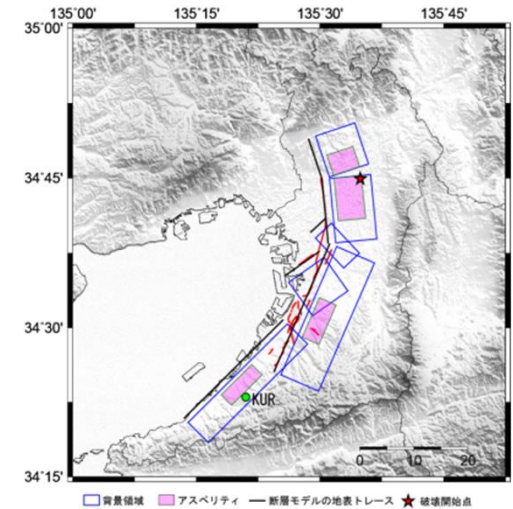
# 基準地震動Ssを策定するための検討用地震

## 内陸地殻内地震

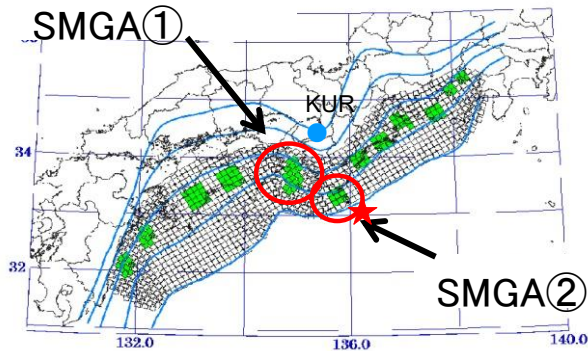
- : 強い地震動が生成される場所  
その位置の不確かさとして敷地直下に設定したケースも考慮
- ★ : 破壊開始点(例)



中央構造線断層帯による地震(M8.1)の震源断層モデル



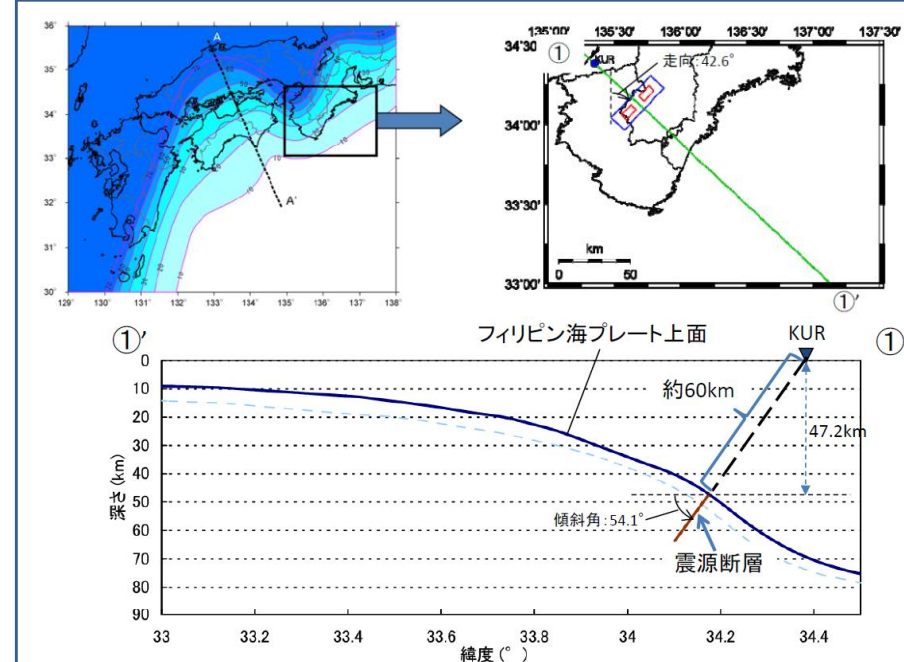
上町断層帯による地震(M8.0)の震源断層モデル



強震動生成域の設定の検討ケース(陸側ケース)

- : 強い地震動が生成される場所  
その位置の不確かさとしてSMGA①、②を敷地に近づけたケースも考慮
- ★ : 破壊開始点(例)

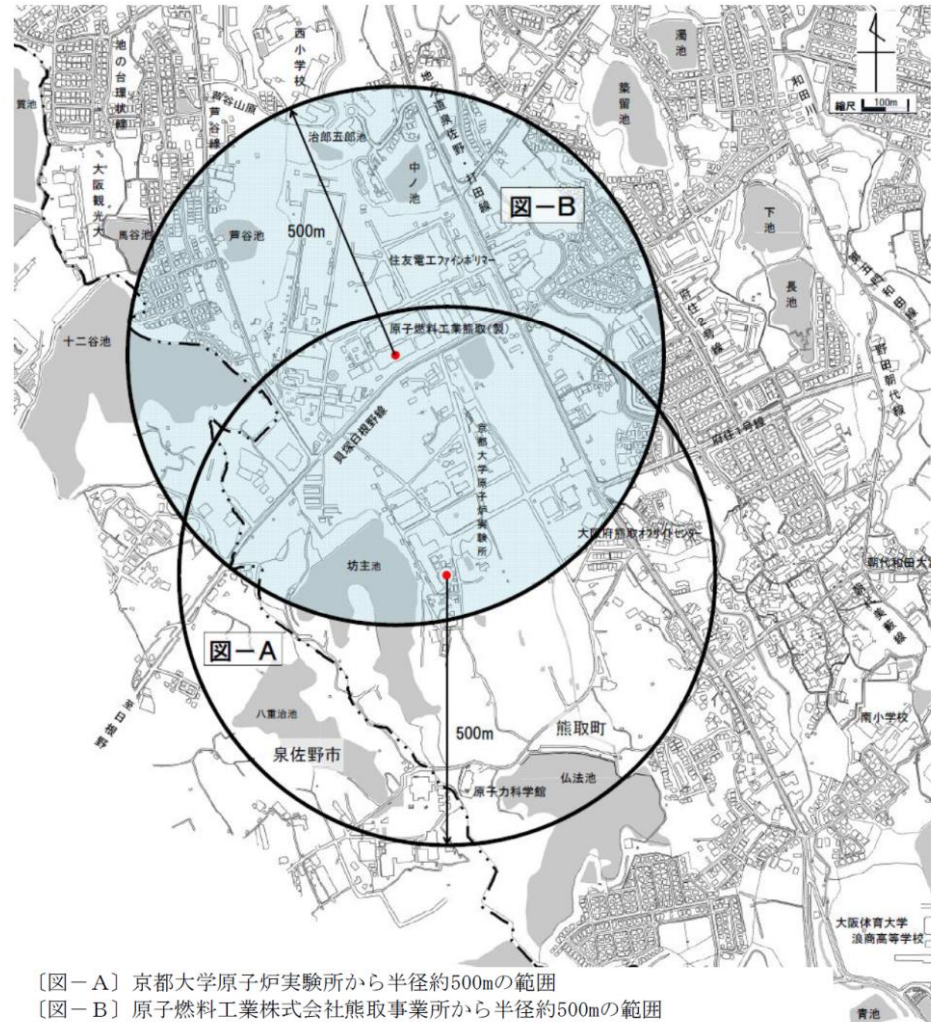
## プレート境界地震(南海トラフの超巨大地震:M9.0)



- : 強い地震動が生成される場所
- プレート内地震(M7.4)

# UPZの範囲

原子力災害対策重点地域を含む市町	原子力災害対策重点地域
泉佐野市	日根野（一部）
熊取町	【京都大学原子炉実験所から半径約500m】 朝代西3丁目（一部） 【京都大学原子炉実験所及び原子燃料工業株式会社熊取事業所から半径約500m】 大久保南3丁目（一部）、朝代東1丁目（一部）、朝代東2丁目（一部）、朝代西1丁目（一部）、朝代西2丁目（一部）、美熊台1丁目（一部）、 【原子燃料工業株式会社熊取事業所から半径約500m】 大久保南1丁目（一部）、大久保南4丁目（一部）、大久保東2丁目（一部）、五門西4丁目（一部）、五門東4丁目（一部）、東和苑（一部）



〔図-A〕 京都大学原子炉実験所から半径約500mの範囲

〔図-B〕 原子燃料工業株式会社熊取事業所から半径約500mの範囲



# 今後について (KUR)

## KUR

- 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。(現時点では使用済燃料は無し)
- 京都大学として2026年5月で運転を停止することを正式に表明した。
- 運転停止後、できるだけ早く廃止措置に入る予定。
- KURの主に実験設備に関する経験をもんじゅ敷地に建設が予定されている新研究炉に生かす。

# 今後について (KUCA 等)

## KUCA

- 高濃縮ウラン燃料の米国への返送作業が完了 (2022/8/10 正式発表)。運転は中断。
- 低濃縮ウラン利用のための設置変更申請は2022年4月に承認、燃料製作の設工認は本年8月に承認。
- 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。

## 他実験施設

- 加速器(電子線LINAC、陽子サイクロン)の活用
- ホットラボラトリの整備
- コバルトガンマ線照射設備は1年後に廃止予定