

京都大学臨界実験装置 (KUCA)

高経年化に関する評価に基づく  
長期施設管理方針の策定について

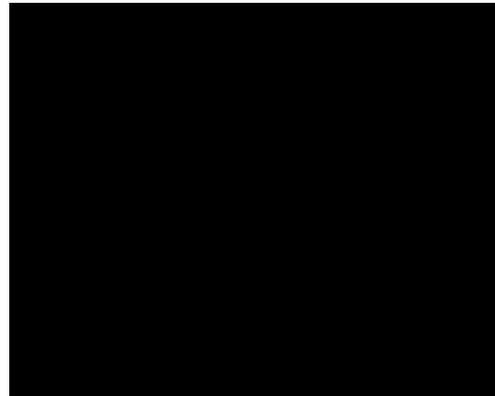
京都大学複合原子力科学研究所  
2023年9月21日

# 1. KUCAの概要

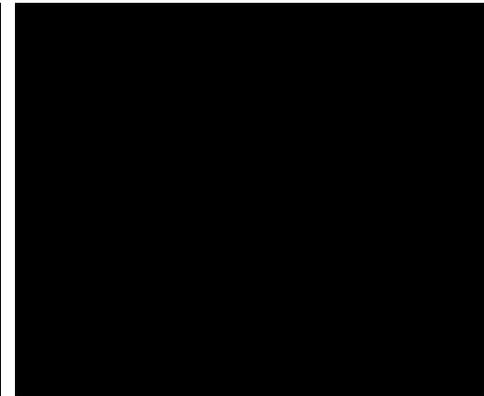
(核物質防護上の理由により、一部マスクング)



- 最大熱出力 100 W
- 複数架台方式 (3架台)
  - 固体減速架台 × 2 (A架台、B架台)
  - 軽水減速架台 × 1 (C架台)
- 常温・常圧下で運転 (冷却設備は無し)
- 制御棒駆動装置 (1組) を3架台で共有
- 2021年9月から長期停止中
- 累計積算出力：725.14 Wh (2023年11月30日までの約49年間)



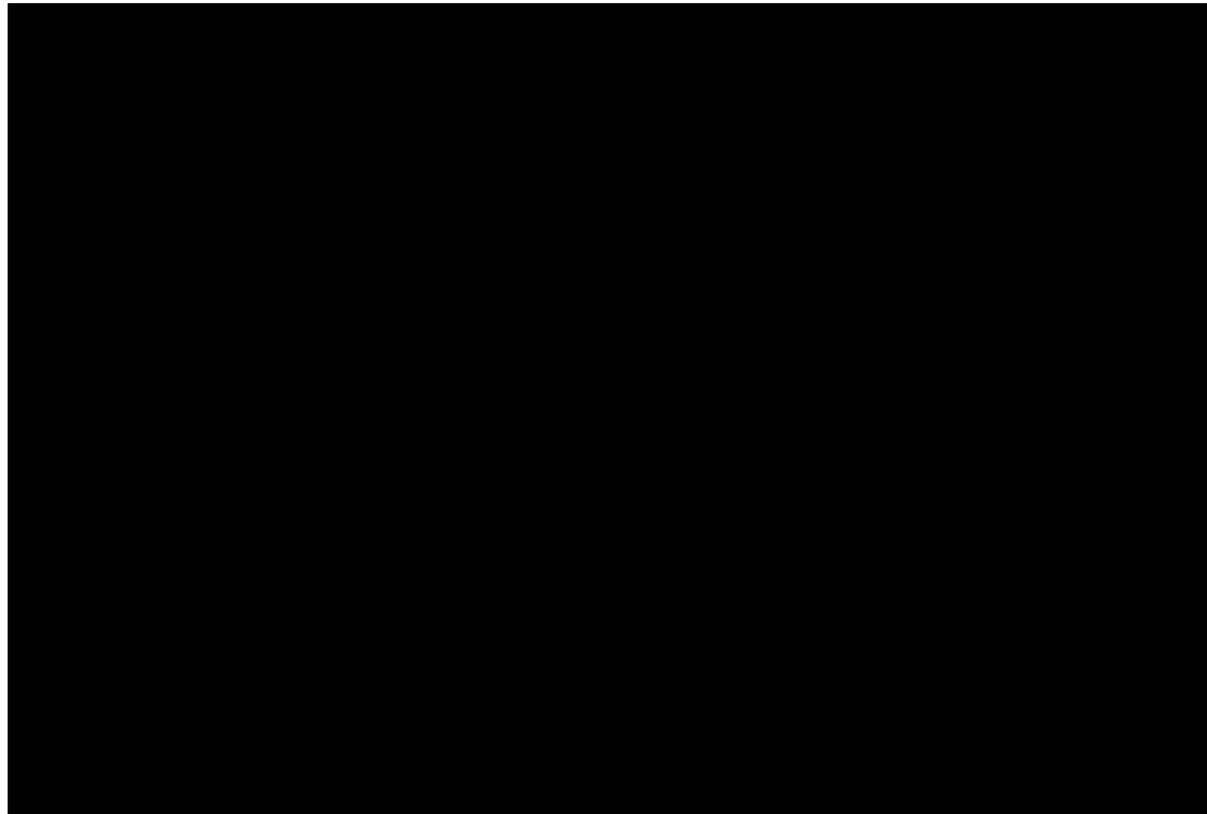
固体減速炉心  
(B架台)



軽水減速炉心  
(C架台)

## A、B架台（固体減速架台）の概要

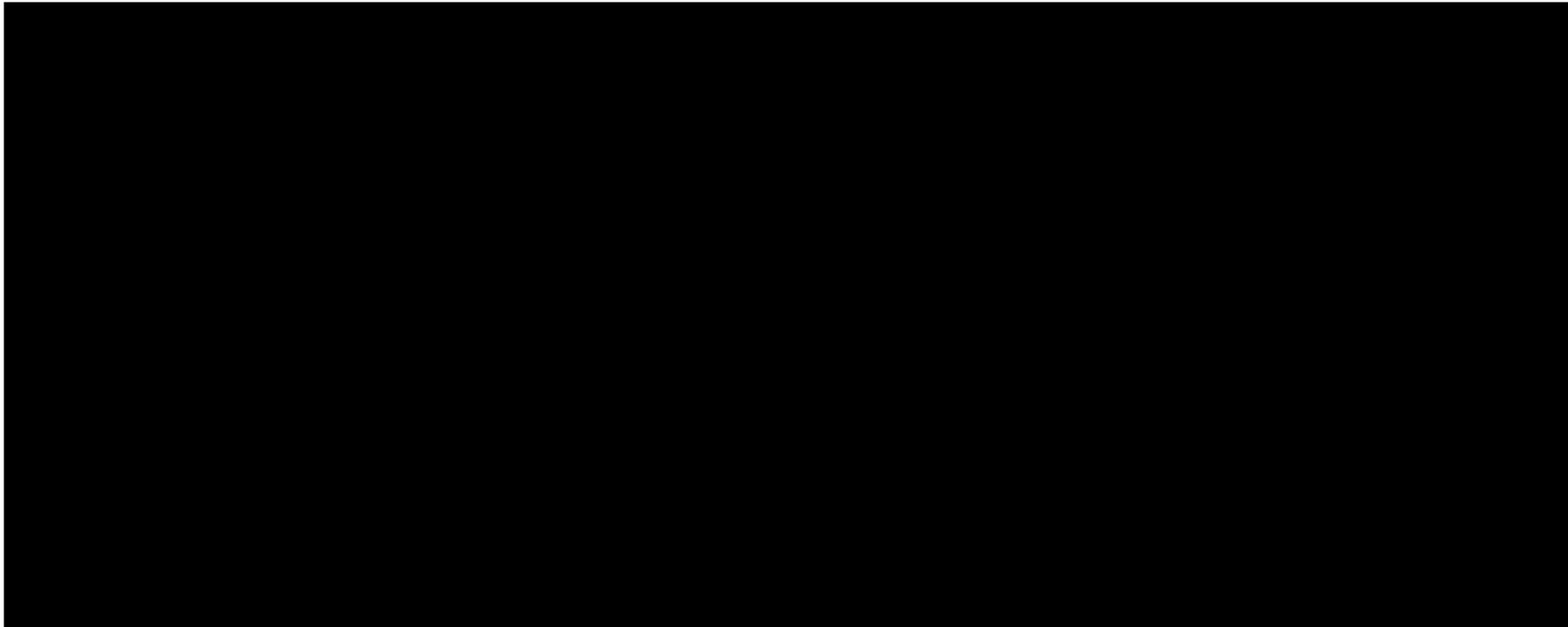
（核物質防護上の理由により、一部マスキング）



- 燃料要素：角板
- 減速材：ポリエチレン、黒鉛
- 反応度制御設備：6本の制御棒（うち3本は安全棒、中性子吸収材はホウ素）
- 非常用制御設備：中心架台（1本以上の燃料集合体を装荷、落下することにより炉心領域から分離）

# C架台（軽水減速架台）の概要

（核物質防護上の理由により、一部マスキング）



- 燃料要素：長板
- 減速材：軽水
- 反射材：軽水、重水（専用の重水タンクを使用）
- 反応度制御設備：6本の制御棒（うち3本は安全棒、中性子吸収材はカドミウム）
- 非常用制御設備：ダンプ弁（開放により軽水を排水）

# A架台、B架台、C架台の共通事項

- 安全保護回路（2種類）
  - スクラム
    - 固体減速架台：全制御棒落下 + 中心架台落下
    - 軽水減速架台：全制御棒落下 + ダンプ弁開放による排水
  - 一せい挿入（制御棒のうち3本が制御棒駆動装置により挿入）
- 核計装（6系統）
  - 起動系 × 3系統
  - 線型出力系 × 1系統
  - 対数出力炉周期系 × 1系統
  - 安全出力系 × 1系統
- プロセス計装：水位計、炉心温度計、他
- 燃料取扱設備、貯蔵設備
- 非常警報釦（中央管理室）、通信連絡設備
- 他

## 2. 経年劣化に関する調査及び評価

- 今後のKUCAの安全確保のための長期施設管理方針に反映するため、安全機能を有する構築物、系統及び機器について、実施フローにしたがって経年劣化に関する技術的な調査及び評価を実施
  - 「保守点検の実績調査（経年劣化の状況の調査）及び評価」では、保守、点検、交換等の実績調査を行ない、現状の保全内容が適切なものであることを評価した結果を示す
  - 「経年劣化事象の抽出」では、高経年化に関する評価対象の選定を行なった結果、KUCAにおいて高経年化に関する評価を要する設備・機器はなかったことを示す

## 2.a 保守点検の実施調査（経年劣化の状況の調査）及び評価

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器について、通常の施設管理活動として行われてきた保守、点検、交換等の調査を実施し、経年劣化の状況を把握
- 対象期間は2013年12月1日から2023年11月30日までに実施された、あるいはされる予定の点検等の実績を調査し、保全内容が適切なものかを評価

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	調査結果 <sup>b,c</sup>
PS-2	該当なし	
MS-2	(A)(B)中心架台駆動装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・5年ごとに分解点検を実施（次回は2023年秋を予定）</li> </ul>
	(C)ダンプ弁	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	制御棒案内管	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	原子炉停止回路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している
- b. 2021年に低濃縮化のための長期停止期間に入って以降、一部の点検等の実施を省略している
- c. 点検等：2021年3月31日までは10箇年保全計画に基づく施設定期検査、施設定期自主検査、部内検査のこと  
2021年4月1日以降は施設管理実施計画管理表に定めた点検や定期事業者検査等のこと

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	調査結果 <sup>b,c</sup>
PS-3	制御棒駆動装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・5年ごとに分解点検を実施（次回の点検時には、予防保全として、一部部品の交換を予定）</li> </ul>
	(A)(B)中心架台駆動装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・5年ごとに分解点検を実施（今回は2023年秋を予定）</li> </ul>
	架台支持構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	炉心格子板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	(C)炉心タンク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査、漏えい検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	燃料要素	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用の都度、年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	(A)(B)さや管	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用の都度、年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認</li> <li>・変形等が見つかった場合は、当該さや管を使用禁止とし、正常なものに交換して使用</li> </ul>
	(C)標準型燃料板支持フレーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用の都度、年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	バードケージ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	燃料貯蔵棚	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・低濃縮燃料の貯蔵開始までに更新する予定</li> </ul>

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している
- b. 2021年に低濃縮化のための長期停止期間に入って以降、一部の点検等の実施を省略している
- c. 点検等：2021年3月31日までは10箇年保全計画に基づく施設定期検査、施設定期自主検査、部内検査のこと  
2021年4月1日以降は施設管理実施計画管理表に定めた点検や定期事業者検査等のこと

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	調査結果 <sup>b,c</sup>
PS-3 (続き)	廃液タンク	・年ごとの点検等で外観検査、漏えい検査、開放検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	第1固形廃棄物倉庫	・年ごとの点検等で外観検査実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない） ・2017年に新規規制基準対応として耐震壁の追加と竜巻対策として固縛装置を設置。以降、月ごとの点検も実施し、健全性を確認
	第2固形廃棄物倉庫	・2018年に新設。年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認 ・2019年に外壁の補修工事を実施（以降、経年劣化に伴う異常は発生していない）
	線型出力計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	安全出力計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	対数出力炉周期計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	対数計数率炉周期計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	炉室ガンマ線エリアモニタ	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	パイルオシレータ（未設置）	
	(C)重水タンク	・年ごとの点検等で外観検査、漏えい検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している
- b. 2021年に低濃縮化のための長期停止期間に入って以降、一部の点検等の実施を省略している
- c. 点検等：2021年3月31日までは10箇年保全計画に基づく施設定期検査、施設定期自主検査、部内検査のこと  
2021年4月1日以降は施設管理実施計画管理表に定めた点検や定期事業者検査等のこと

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	調査結果 <sup>b,c</sup>
MS-3	制御棒	・年ごとの点検等で外観検査、機能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	制御棒駆動装置	・年ごとの点検等で外観検査、作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない） ・5年ごとに分解点検を実施（次回の点検時には、予防保全として、一部部品の交換を予定）
	原子炉建屋	・年ごとの点検等で外観検査、機能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない） ・1989年及び2019年にコンクリートサンプルを抜き取り、強度試験、中性化深さ、鉄筋腐食度及びかぶり厚さ測定を実施し、健全性を確認
	燃料要素	・使用の都度、年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	制御棒電磁石電源	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	線型出力計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	安全出力計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	対数出力炉周期計	・年ごと、月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	制御卓	・年ごとの点検等で外観検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）
	非常用電源設備	・2017年に新規基準対応として設備を新設。月ごと、年ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない） ・メーカーによる年ごとの点検等を実施、5年ごとにバッテリー交換を実施

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している
- b. 2021年に低濃縮化のための長期停止期間に入って以降、一部の点検等の実施を省略している
- c. 点検等：2021年3月31日までは10箇年保全計画に基づく施設定期検査、施設定期自主検査、部内検査のこと  
2021年4月1日以降は施設管理実施計画管理表に定めた点検や定期事業者検査等のこと

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	調査結果 <sup>b,c</sup>
MS-3 (続き)	炉心温度計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検校正検査を実施し、作動検査により健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・2017年に温度記録計を更新。年ごとの検査等で健全性を確認</li> </ul>
	消火設備（ハロン）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2017年に新規基準対応として設備を新設。年ごとの点検等で外観検査、性能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	ガスモニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日毎日、年ごとの点検等で性能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・スタックガスモニタについては、エネルギー分解能に劣化傾向が観察されているため、予防保全的な更新を計画</li> </ul>
	ダストモニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日毎日、年ごとの点検等で性能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・2015年にダストモニタNo.2のポンプ故障が発生して以降、毎年度ポンプをオーバーホールするとともに、予備機を確保している</li> </ul>
	炉室ガンマ線モニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日毎日、年ごとの点検等で性能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	燃料室ガンマ線モニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平日毎日、年ごとの点検等で性能検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> </ul>
	通信連絡設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・2023年の中央管理室の移転及びライフライン再生に伴い、放送設備の一部を更新</li> </ul>
	非常警報釦（中央管理室）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・月ごとの点検等で作動検査を実施し、健全性を確認（これまで経年劣化に伴う異常は発生していない）</li> <li>・2023年の中央管理室の移転に伴い非常警報釦（中央管理室）の機能は第2研究棟に移設</li> </ul>

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している  
b. 2021年に低濃縮化のための長期停止期間に入って以降、一部の点検等の実施を省略している  
c. 点検等：2021年3月31日までは10箇年保全計画に基づく施設定期検査、施設定期自主検査、部内検査のこと  
2021年4月1日以降は施設管理実施計画管理表に定めた点検や定期事業者検査等のこと

点検・保守、交換等が適切に実施されており、保全活動内容は妥当

## 2.b 経年劣化事象の抽出

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器について、以下の2点を考慮してKUCAの高経年化に関する評価の対象とする設備・機器を選定
  - 選定された設備・機器については、高経年化評価を実施
- ① KUCAの設備・機器は、高温高圧の環境下にはないため、重要度分類クラス3の機器は高経年化に関する評価の対象外とする。
  - ② 通常の施設管理活動(点検、検査等)において、経年劣化の状況が把握でき、必要に応じ補修が可能で、また更新が必要な場合に更新が容易な設備・機器(定期取替品及び消耗品を含む)については高経年化に関する評価の対象外とする。

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	高経年化評価対象 <sup>b</sup>	考慮すべき経年劣化事象
PS-2	該当なし		
MS-2	(A)(B)中心架台駆動装置	対象外②	
	(C)ダンプ弁	対象外②	
	制御棒案内管	対象外②	
	原子炉停止回路	対象外②	

a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している

b. 高経年化評価の対象外となる理由として①及び②を付す（理由①及び理由②は以下のとおり。次ページ、次々ページにおいても同じ）

理由①：高温高圧の環境下にはないため、重要度分類クラス3の機器は高経年化に関する評価の対象外

理由②：通常の施設管理活動(点検、検査等)において、経年劣化の状況が把握でき、必要に応じ補修が可能で、また更新が必要な場合に更新が容易な設備・機器(定期取替品及び消耗品を含む)については高経年化に関する評価の対象外

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	高経年化評価対象 <sup>b</sup>	考慮すべき経年劣化事象
PS-3	制御棒駆動装置	対象外①②	
	(A)(B)中心架台駆動装置	対象外①②	
	架台支持構造	対象外①②	
	炉心格子板	対象外①②	
	(C)炉心タンク	対象外①②	
	燃料要素	対象外①②	
	(A)(B)さや管	対象外①②	
	(C)標準型燃料板支持フレーム	対象外①②	
	バードケージ	対象外①②	
	燃料貯蔵棚	対象外①②	
	トリウム貯蔵庫（未設置）		
	廃液タンク	対象外①②	
	第1固形廃棄物倉庫	対象外①	
	第2固形廃棄物倉庫	対象外①	
	線型出力計	対象外①②	
	安全出力計	対象外①②	
	対数出力炉周期計	対象外①②	
	対数計数率炉周期計	対象外①②	
	炉室ガンマ線エリアモニタ	対象外①②	
	パイルオシレータ（未設置）		
(C)重水タンク	対象外①②		

- a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している  
b. 高経年化評価の対象外となる理由として①及び②を付す

重要度クラス	構築物、系統及び機器 <sup>a</sup>	高経年化評価対象 <sup>b</sup>	考慮すべき経年劣化事象
MS-3	制御棒	対象外①②	
	制御棒駆動装置	対象外①②	
	原子炉建屋	対象外①	
	燃料要素	対象外①②	
	制御棒電磁石電源	対象外①②	
	線型出力計	対象外①②	
	安全出力計	対象外①②	
	対数出力炉周期計	対象外①②	
	制御卓	対象外①②	
	非常用電源設備	対象外①②	
	炉心温度計	対象外①②	
	消火設備（ハロン）	対象外①②	
	ガスモニタ	対象外①②	
	ダストモニタ	対象外①②	
	炉室ガンマ線モニタ	対象外①②	
	燃料室ガンマ線モニタ	対象外①②	
	通信連絡設備	対象外①②	
非常警報釦（中央管理室）	対象外①②		

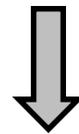
a. 機器等の名称の頭に(A)、(B)、(C)とあるのは、それぞれの架台に特有の機器等であることを示している  
b. 高経年化評価の対象外となる理由として①及び②を付す

KUCAにおいて高経年化に関する評価を要する  
設備・機器は抽出されなかった

### 3. 長期施設管理方針の策定

点検・保守、交換等が適切に実施されており、保全活動内容は妥当

KUCAにおいて高経年化に関する評価を要する  
設備・機器は抽出されなかった



KUCAの長期施設管理方針（始期：2023年12月1日、適用期間：10年間）

高経年化に関する評価の結果、高経年化対策として  
充実すべき施設管理の項目はない。

## 最近の知見で得られている経年劣化事象に関する評価

- 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」(2020年3月31日、以下「ガイド」という)
- KUCAは試験研究用原子炉であるためガイドの対象外、かつ、高経年化に関する評価を要する設備・機器を持たない
- しかし、ガイドで示されている「最近の知見で得られている経年劣化事象」として6つの項目を特に取り上げて評価を行う
  - 低サイクル疲労
  - 中性子照射脆化
  - 照射誘起型応力腐食割れ
  - 2相ステンレス鋼の熱時効
  - 電気・計装品の絶縁低下
  - コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下

- 低サイクル疲労
  - KUCAは最大出力100Wの低出力炉であり、通常の運転は常温、常圧で行われるため、温度及び圧力の変化はほとんど生じない
  - 温度変化が生じる可能性がある事象としては、軽水減速炉心において、軽水を電気ヒーターで最大80 °Cまで上昇させる実験があるが、温度上昇量は大きくなく、繰り返し温度変化を与えるという実験でもない
  - 以上より、低サイクル疲労が発生するような環境下にはない
- 中性子照射脆化
  - 脆化の兆候が確認されるしきい照射量は金属（炭素鋼）が $10^{18}$  n/cm<sup>2</sup>程度であるのに対して、KUCAのこれまでの全運転（49年間）による中性子照射量は、保守的な評価をしても  $5.19 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>
  - 今後10年間の同様の運転を行なっても、約1.2倍（59年間／49年間）であり、中性子照射脆化のおそれはない
- 照射誘起型応力腐食割れ
  - 照射誘起型応力腐食割れは、ステンレス鋼が受ける中性子照射量が $10^{21}$  n/cm<sup>2</sup>程度を超え、環境因子としての高温高圧水及び応力因子として溶接残留応力が重畳すると生じる割れ
  - KUCAは、高温高圧下で使用しないことから、照射誘起型応力腐食割れが発生するような環境にはなく、これまでの全運転による中性子照射量の積算値は、炉心内であっても  $8.66 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup> 程度であり、今後10年間の同様の運転を行なっても、約1.2倍であり、しきい照射量と比して十分小さいことから、上記のしきい照射量と比して十分小さい

- 2相ステンレス鋼の熱時効
  - KUCAにおける安全機能を有する構築物、系統及び機器では、2相ステンレス鋼を使用しておらず、高温になる環境下にもないことから、2相ステンレス鋼の熱時効が発生することはない
- 電気・軽装品の絶縁低下
  - 「電気・計装品の絶縁低下」は、分電盤、ケーブル等について定期的な点検を行ない、絶縁抵抗測定を測定するなどして健全性が維持されていることを確認している
  - 今後も継続的に点検を行ない、健全性を維持する
  - 点検により性能が劣化していることが判れば更新する（2017年に核計装関係のケーブルを全更新の実績あり）
- コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下
  - 原子炉建屋（燃料室、スタックを含む）の強度低下を評価対象に選定（詳細は次ページ以降）
  - 遮蔽能力については、年ごとの点検等で、高出力運転時の線量当量率を測定し、原子炉室外の線量当量率が核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示に規定する基準値以下であることを確認することにより健全性が維持されていると判断している
  - この測定を継続することにより、遮蔽能力低下の発生可能性を確認できることから、経年劣化評価の対象とはしない

## a. コンクリートの強度低下

- コンクリート構造物に関する経年劣化事象と劣化要因の概要

構造種別		コンクリート構造物			
経年劣化事象		強度低下			
劣化要因		熱	放射線照射	中性化	アルカリ骨材反応
代表構造物	原子炉建屋	—	○	○	△

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象とその要因

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の要因ではない

判断理由：通常点検においてアルカリ骨材反応に起因するひび割れ等のないことを確認しているため

—：該当しない

- コンクリートの中性化による強度低下の評価
  - 評価対象：原子炉建屋
  - 評価点：屋外及び屋内（塗装等による影響や過去の健全性調査による中性化深さの測定結果を考慮して選定）
  - 評価手順：中性化速度式により10年後の中性化深さを算出（岸谷式を使用）
  - 健全性評価結果：
    - 過去に行った健全性調査結果や中性化速度式を用いた1989年時点（設置後約16年）、2019年時点（設置後約46年）、10年後の2033年時点（設置後約60年）での推定値を表1に示す
    - 屋外における実測値は推定値を上回るが、仕上材の施工により中性化速度は鈍化しており、またかぶり厚さが十分大きいため問題ない
    - 屋内における10年後の推定値はかぶり厚さと同じになっているが、推定値は保守的（仕上材無し）な評価となっていることに加え、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さは、かぶり厚さから20mm奥に達した時とする文献がある
    - 以上から、今後10年が経過しても健全性は維持されることを確認した

表1：中性化深さの推定値と実測値 実測値の( )内は平均値

対象施設		1989年	2019年	2033年	かぶり厚さ
原子炉建屋 (屋外)	推定値 [mm]	14.9	25.2	28.8	126.0
	実測値 [mm]	20.0~71.0(34.6)*	19.5~65.0(35.3)	—	
原子炉建屋 (屋 内)	推定値 [mm]	25.3	—	49.0	49.0
	実測値 [mm]	3.0~35.0(15.0)	—	—	

\*外壁仕上材（吹付タイル）施工前

- コンクリートの中性子照射による強度低下の評価
  - 評価対象：原子炉建屋
  - 評価点：炉室内壁（中性子照射の影響が最も大きいため）
  - 評価手順：
    - C架台において、最も水反射体が薄い部分の炉心タンク表面の中性子束をJENDL-4.0を用いたMVP-3コード評価し、その中性子束により、炉室内壁（コンクリート製）が照射されると仮定（炉心タンクと内壁との間の減衰を無視）
    - KUCAには架台が3箇所あるため、炉室内壁に対する照射量も3架台で分散されるが、これまでの運転が全てC架台で行なわれたと仮定
    - 炉心領域はモデル化されておらず、ボイドとしているため、炉心内での吸収反応等は考慮されていない。そのため、全ての発生中性子は、炉心領域から漏出
    - 実際の体系では、核分裂により生じた中性子のうち、1つは核分裂連鎖反応の維持のために使われるが、この事実も無視
  - 健全性評価結果：
    - 小嶋他の試験結果によると、 $1 \times 10^{19}$  n/cm<sup>2</sup>の中性子照射量（エネルギー > 0.1MeV）から、コンクリートの強度が低下する可能性
    - 10年後における中性子照射量は、これまでの49年間と同様な運転を行っても、 $6.23 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>程度となり、中性子照射による劣化のおそれはない

- コンクリートの強度低下に関するまとめ
  - 原子炉建屋について、1989年に外壁に仕上材を施工していること
  - 定期的な点検等における外観検査において、ひび割れの進展など異常がないことを確認していること
  - コンクリートの健全性調査や劣化評価の結果から、現在の管理を維持することで、今後10年間、原子炉建屋の健全性は維持され、長期的に安全機能を維持できることを確認