



JY保-10-2

**国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）の  
原子炉施設（高速実験炉原子炉施設）に係る冷温停止状態での高経年化事象の進展について**

**2023年12月01日**

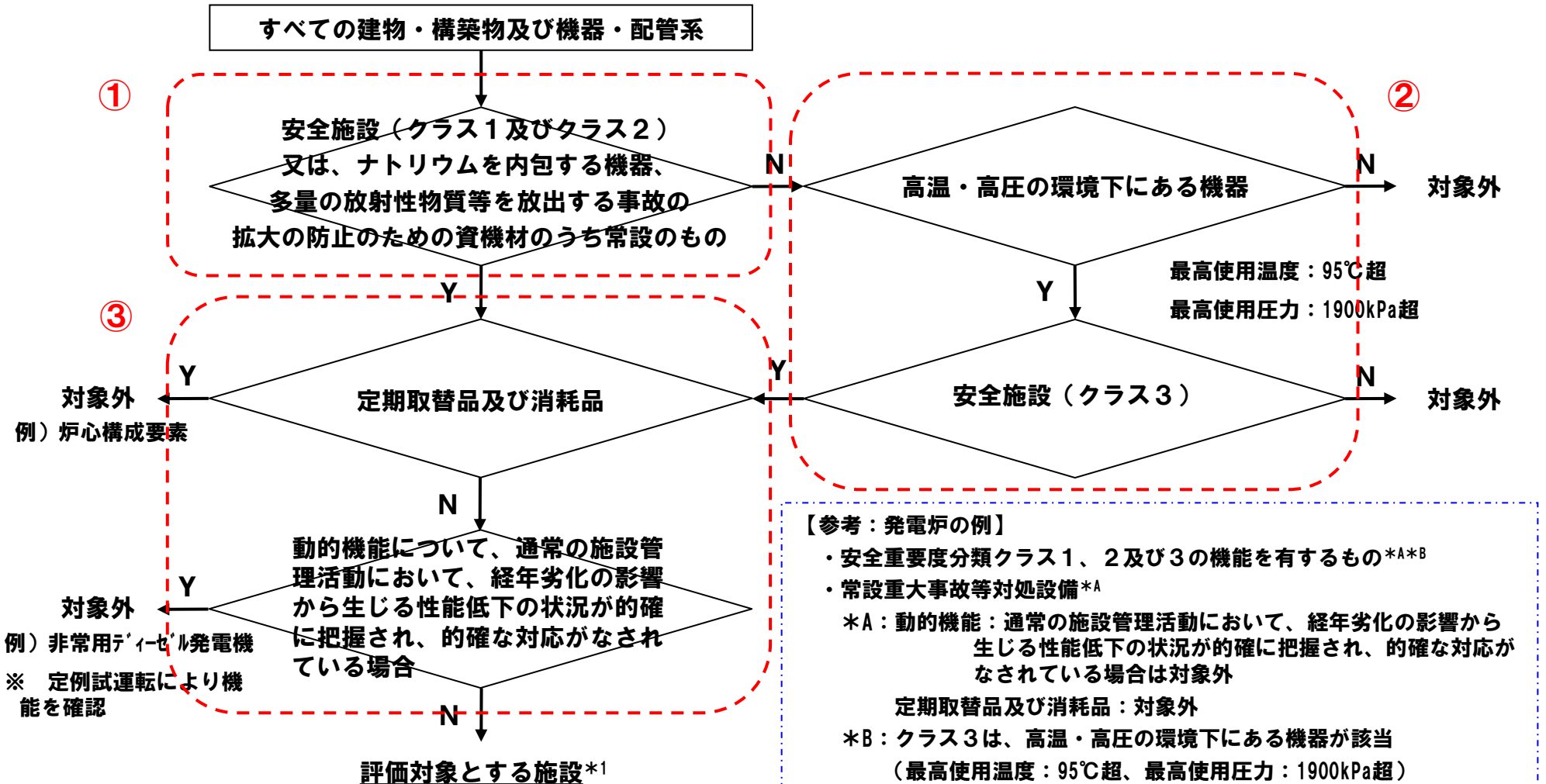
**日本原子力研究開発機構 大洗研究所  
高速実験炉部**

# 目次

1. **高経年化技術評価における対象機器等の抽出計画の具体化（案）**
2. **高経年化技術評価における評価事象の選定計画の具体化（案）**
3. **冷温停止状態での高経年化事象の進展に関する評価**

# **1. 高経年化技術評価における対象機器等の抽出計画の具体化（案）**

# 高経年化技術評価の対象となる機器・構造物の抽出フロー



## 【参考：発電炉の例】

- 安全重要度分類クラス1、2及び3の機能を有するもの\*<sup>A</sup>\*<sup>B</sup>
- 常設重大事故等対処設備\*<sup>A</sup>
- \*<sup>A</sup>：動的機能：通常の施設管理活動において、経年劣化の影響から生じる性能低下の状況が的確に把握され、的確な対応がなされている場合は対象外
- 定期取替品及び消耗品：対象外
- \*<sup>B</sup>：クラス3は、高温・高圧の環境下にある機器が該当（最高使用温度：95℃超、最高使用圧力：1900kPa超）

\*1：これらの機器を内包する建物を含む。

①

# 参考資料：安全施設（クラス1及びクラス2）（1/3）

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
PS-1	原子炉冷却材 バウンダリ機能	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	
	炉心形状 の維持機能	① 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ② 炉心バレル構造物 1) バレル構造物 ③ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 3) 内側反射体 4) 外側反射体（A） 5) 材料照射用反射体 6) 遮へい集合体 7) 計測線付実験装置 8) 照射用実験装置	

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
PS-2	原子炉カバーガス等 のバウンダリ機能	① 1次アルゴンガス系 1) 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ② 原子炉容器 1) 本体（原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。） ③ 1次主冷却系 1) 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。） ④ 1次オーバフロー系 1) 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ⑤ 1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ⑥ 回転プラグ（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	
	原子炉冷却材 バウンダリに 直接接続されていない ものであって、 放射性物質を 貯蔵する機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池 ② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池 ③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 貯蔵ラック 2) 水冷却池 ④ 気体廃棄物処理設備 1) アルゴン廃ガス処理系	
	燃料を安全に 取り扱う機能	① 核燃料物質取扱設備	

# 参考資料：安全施設（クラス1及びクラス2）（2/3）

分類	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系*
MS-1	原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	① 制御棒 ② 制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管 ③ 後備炉停止制御棒 ④ 後備炉停止制御棒駆動系 1) 駆動機構 2) 上部案内管 3) 下部案内管	① 炉心支持構造物 1) 炉心支持板 2) 支持構造物 ② 炉心バレル構造物 1) バレル構造物 ③ 炉心構成要素 1) 炉心燃料集合体 2) 照射燃料集合体 3) 内側反射体 4) 外側反射体（A） 5) 材料照射用反射体 6) 遮へい集合体 7) 計測線付実験装置 8) 照射用実験装置
	1次冷却材漏えい量の低減機能	① 原子炉容器 1) リークジャケット ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材ハウダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管（外側）又はリークジャケット ③ 1次主冷却系 1) 逆止弁 ④ 1次補助冷却系 1) サイフォンブレイク止弁 ⑤ 1次予熱窒素ガス系 1) 仕切弁	① 関連するプロセス計装（ナトリウム漏えい検出器）
	原子炉停止後の除熱機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプポニーモータ 2) 逆止弁 ② 2次主冷却系 1) 主冷却機（主送風機を除く。）	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材ハウダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ③ 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系 1) 冷却材ハウダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
	放射性物質の閉じ込め機能	① 格納容器 ② 格納容器ハウダリに属する配管・弁	
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	① 原子炉保護系（スクラム） ② 原子炉保護系（アイソレーション）	① 関連する核計装 ② 関連するプロセス計装
	安全上特に重要な関連機能	① 中央制御室 ② 非常用ディーゼル電源系（MS-1に関連するもの） ③ 交流無停電電源系（MS-1に関連するもの） ④ 直流無停電電源系（MS-1に関連するもの）	① 関連する補機冷却設備

\*： 上記関連系は、当該系と同位の重要度を有するものとする。

## 参考資料：安全施設（クラス1及びクラス2）（3/3）

分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	特記すべき関連系
MS-2	PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障が及ぼす敷地周辺公衆への放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料プール水の保持機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク止弁 ② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク止弁 ③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却池 2) 水冷却浄化設備のうち、サイフォンブレイク止弁	
		放射線の遮蔽及び放出低減機能	① 外周コンクリート壁 ② アニュラス部排気系 1) アニュラス部排気系（アニュラス部常用排気フィルタを除く。） ③ 非常用ガス処理装置 ④ 主排気筒 ⑤ 放射線低減効果の大きい遮蔽（安全容器及びコンクリート遮へい体冷却系を含む。）	
	異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	事故時のプラント状態の把握機能	① 事故時監視計器の一部	
	安全上特に重要なその他の構築物、系統及び機器	安全上重要な関連機能	① 非常用ディーゼル電源系（MS-1に属するものを除く。） ② 交流無停電電源系（MS-1に属するものを除く。） ③ 直流無停電電源系（MS-1に属するものを除く。）	



## ナトリウムを内包する機器

分類	機能	構築物、系統又は機器
PS-1	原子炉冷却材 バウンダリ機能	① 原子炉容器 1) 本体 ② 1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 1) 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
PS-3	1次冷却材を 内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	① 1次ナトリウム純化系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ② 1次オーバフロー系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。） ③ 1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・弁（PS-1に属するもの及び計装等の小口径のものを除く。）
	2次冷却材を 内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却 に関連するもの)	① 2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系 1) 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
—	2次冷却材を 内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却 に関連するものを除く)	① 2次補助冷却系のうち、2次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。） ② 2次ナトリウム純化系のうち、2次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。） ③ 2次ナトリウム充填・ドレン系のうち、2次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。）

← 安全施設  
(クラス1)

← 安全施設  
(クラス1)  
関連系



①

## 多量の放射性物質等を放出する事故の 拡大の防止のための資機材のうち常設のもの

「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材

- |                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| a. 制御棒及び制御棒駆動系                        | ← 安全施設（クラス1）     |
| b. 後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系              | ← 安全施設（クラス1）     |
| c. 制御棒連続引抜き阻止インターロック                  |                  |
| d. 原子炉保護系（スクラム）（手動スクラムを含む。）           | ← 安全施設（クラス1）     |
| e. 原子炉保護系（アイソレーション）                   | ← 安全施設（クラス1）     |
| f. 後備炉停止系用論理回路                        |                  |
| g. 原子炉冷却材バウンダリ                        | ← 安全施設（クラス1）     |
| h. 冷却材バウンダリ                           | ← 安全施設（クラス1） 関連系 |
| i. 原子炉容器リークジャケット                      | ← 安全施設（クラス1）     |
| j. 原子炉カバーガス等のバウンダリ（安全板を含む。）           | ← 安全施設（クラス2）     |
| k. 格納容器バウンダリ                          | ← 安全施設（クラス1）     |
| l. 1次主冷却系サイフォンブレイク配管                  | ← トリウムを内包する機器    |
| m. 1次補助冷却系サイフォンブレイク止弁                 | ← 安全施設（クラス1）     |
| n. 非常用冷却設備及び補助冷却設備                    | ← 一部安全施設（クラス1）   |
| o. 安全容器（コンクリート遮へい体冷却系を含む。）            | ← 安全施設（クラス2）     |
| p. 断熱材、ヒートシンク材及びライナ                   |                  |
| q. 関連する核計装（核計装（線形出力系））                | ← 安全施設（クラス1）     |
| r. 関連するプロセス計装（原子炉入口冷却材温度、原子炉出口冷却材温度等） | ← 一部安全施設（クラス1）   |
| s. 遅発中性子法燃料破損検出設備                     |                  |
| t. 仮設電源設備（燃料油運搬設備を含む。）                | → 非該当            |
| u. 仮設計器                               | → 非該当            |

「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材

- |                      |              |
|----------------------|--------------|
| a. 可搬式ポンプ及びホース       | → 非該当        |
| b. 水冷却池              | ← 安全施設（クラス2） |
| c. 水冷却浄化設備サイフォンブレイカー |              |

## 安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、 多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のものの一覧

機能	主な構築物、系統又は機器（関連系を含む）
原子炉冷却材バウンダリ機能	原子炉容器（本体） 1次主冷却系、1次補助冷却系、1次ナトリウム充填・ドレン系の一部
1次冷却材を内蔵する機能 （原子炉冷却材バウンダリ機能以外のもの）	1次ナトリウム純化系、1次オーバーフロー系、1次ナトリウム充填・ドレン系の一部
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）	2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系、2次ナトリウム充填・ドレン系の一部
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するものを除く）	2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系、2次ナトリウム充填・ドレン系の一部
炉心形状の維持機能	炉心支持構造物、炉心バレル構造物、炉心構成要素
原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	制御棒及び制御棒駆動系、後備炉停止制御棒及び後備炉停止制御棒駆動系
1次冷却材漏えい量の低減機能	原子炉容器（リークジャケット）、1次主冷却系、1次補助冷却系、 1次ナトリウム充填・ドレン系の一部（リークジャケット等）、1次主冷却系（逆止弁）、 1次補助冷却系（サイフォンブレイク止弁）、1次予熱窒素ガス系（仕切弁）、関連するプロセス計装（ナトリウム漏えい検出器）
原子炉停止後の除熱機能	1次主冷却系（原子炉冷却材バウンダリ、1次主循環ポンプモーター、逆止弁）、 2次主冷却系（冷却材バウンダリ、主冷却機（主送風機を除く。））等
放射性物質の閉じ込め機能	格納容器、格納容器バウンダリに属する配管・弁
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	原子炉保護系（スクラム）、原子炉保護系（アイソレーション）、関連する核計装、関連するプロセス計装
安全上特に重要な関連機能及び安全上重要な関連機能	中央制御室、非常用ディーゼル電源系、交流無停電電源系、直流無停電電源系、関連する補機冷却設備
原子炉冷却材バウンダリに直接接続されていないものであって、 放射性物質を貯蔵する機能	原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備（貯蔵ラック、水冷却池） 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備（貯蔵ラック、水冷却池） 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備（貯蔵ラック、水冷却池） 気体廃棄物処理設備（アルゴン廃ガス処理系）
原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	1次アルゴンガス系、原子炉容器（本体）、1次主冷却系、1次オーバーフロー系、1次ナトリウム充填・ドレン系、回転プラグ
燃料を安全に取り扱う機能	核燃料物質取扱設備
燃料プール水の保持機能	原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備（水冷却池、水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁） 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備（水冷却池、水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁） 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備（水冷却池、水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁）
放射線の遮蔽及び放出低減機能	外周コンクリート壁、 アンユラス部排気系（アンユラス部排気系（アンユラス部常用排気フィルタを除く。）） 非常用ガス処理装置、 主排気筒、放射線低減効果の大きい遮蔽体（安全容器及びコンクリート遮へい体冷却系を含む。）
事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部
「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材	制御棒連続引き抜き阻止インターロック、後備炉停止系用論理回路 原子炉カバーガス等のバウンダリ（安全板を含む。）、遅発中性子法燃料破損検出設備 非常用冷却設備及び補助冷却設備の一部 安全容器（コンクリート遮へい体冷却系を含む。）、断熱材、ヒートシンク材及びライナ 関連するプロセス計装（原子炉入口冷却材温度、原子炉出口冷却材温度等）の一部
「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、 使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材	水冷却浄化設備サイフォンブレーカー

安全施設（クラス1及びクラス2）

又は、ナトリウムを内包する機器、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもの  
 に該当しないもののうち、高温・高圧の環境下にある安全施設 **高経年化技術評価の対象：無**

分類	機能	構築物、系統又は機器（関連系を含む）
PS-3	1次冷却材を内蔵する機能 (PS-1以外のもの)	(省略)
	2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	(省略)
	放射性物質の貯蔵機能	① 液体廃棄物処理設備 ② 固体廃棄物貯蔵設備
	通常運転時の冷却材の循環機能	① 1次主冷却系 1) 1次主循環ポンプ i) 1次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 主電動機 ② 2次主冷却系 1) 2次主循環ポンプ i) 2次主循環ポンプ本体(循環機能) ii) 電動機
	通常運転時の最終ヒートシンクへの 熱輸送機能	① 2次主冷却系 1) 主送風機 i) 電動機 ii) 電磁ブレーキ
	電源供給機能(非常用を除く。)	① 一般電源系(受電エリア)
	プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	① 原子炉冷却材温度制御系(関連するプロセス計装及び制御用圧縮空気設備を含む。)
	核分裂生成物の原子炉冷却材中への 放散防止機能	(省略)
MS-3	制御室外からの安全停止機能	① 中央制御室外原子炉停止盤(安全停止に関連するもの)
	燃料プール水の補給機能	① 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。) ② 第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。) ③ 第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 1) 水冷却浄化設備(MS-2に属するものを除く。)
	出力上昇の抑制機能	① インターロック系 1) 制御棒引抜きインターロック系
	緊急時対策上重要なもの 及び異常状態の把握機能	① 事故時監視計器(MS-2に属するものを除く。) ② 放射線管理施設(MS-2に属するものを除く。) ③ 通信連絡設備 ④ 消火設備 ⑤ 安全避難通路 ⑥ 非常用照明

抽出済

高温又は高圧の  
環境に非該当

抽出済

高温又は高圧の  
環境に非該当



③

**安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもののうち、  
評価対象とするものの抽出（案：1/8）**

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
原子炉冷却材 バウンダリ機能	原子炉容器	本体	-	-	-
	1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系	原子炉冷却材バウンダリに属する容器・ポンプ・配管・弁（ただし、計装等の小口径は除く）	-	-	-
1次冷却材を内蔵する機能 （原子炉冷却材バウンダリ機能以外のもの）	1次ナトリウム純化系、1次オーバーフロー系、1次ナトリウム充填・ドレン系	1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く）	-	-	-
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）	2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系	冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）	-	-	-
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するものを除く）	2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系、2次ナトリウム充填・ドレン系	2次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く）	-	-	-

※1 動的機能維持：動的機能について、通常の施設管理活動において、経年劣化の影響から生じる性能低下の状況が的確に把握され、的確な対応がなされている場合（以降、同じ）

③

安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもののうち、  
評価対象とするものの抽出（案：2/8）

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
炉心形状の維持機能	炉心支持構造物	炉心支持板	－	－	－
		支持構造物	－	－	－
	炉心バレル構造物	バレル構造体	－	－	－
	炉心構成要素	炉心燃料集合体	○	－	・計画的に交換を実施。
		照射燃料集合体	○	－	・照射計画に応じて炉内に装荷。
		内面反射体	○	－	・計画的に交換を実施。
		外側反射体（A）	○	－	同上
		材料照射用反射体	○	－	同上
		遮蔽集合体	○	－	同上
		計測線量付実験装置	○	－	・照射計画に応じて炉内に装荷。
照射用実験装置	○	－	同上		
原子炉の緊急停止 及び未臨界維持機能	制御棒	本体	○	－	・計画的に交換を実施。
	制御棒駆動系	駆動機構*1	－	○	・定期的に分解点検を実施。
		上部案内管	－	－	－
		下部案内管	○	－	・計画的に交換を実施。
	後備炉停止制御棒	本体	○	－	・計画的に交換を実施。
	後備炉停止 制御棒駆動系	駆動機構*1	－	○	・定期的に分解点検を実施。
		上部案内管	－	－	－
下部案内管		○	－	・計画的に交換を実施。	

\*1：ケーブル類を除く。

③

安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもののうち、  
評価対象とするものの抽出（案：3/8）

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
1次冷却材漏えい量の 低減機能	原子炉容器	リークジャケット	—	—	—
	1次主冷却系、1次補助 冷却系及び1次ナトリウム 充填・ドレン系のうち、 原子炉冷却材バウンダリ に属する容器・配管・ポン プ・井の配管（外側） 又はリークジャケット	配管（外側）又はリーク ジャケット	—	—	—
	1次主冷却系	逆止弁	—	○	・定期的に動作確認を実施。
	1次補助冷却系	サイフォンブレイク止弁*1	—	○	・定期的に動作確認を実施。
	1次予熱窒素ガス系	仕切弁*1	—	○	・定期的に動作確認を実施。
	関連するプロセス計装	ナトリウム漏えい 検出器*1	—	○	・常時監視に供用し、動作を確認。
原子炉停止後 の除熱機能	1次主冷却系	原子炉冷却材 バウンダリ	—	—	—
		1次主循環ポンプ ポニーモータ*1	—	○	・定期的に分解点検及び動作確認 を実施。
		逆止弁	—	○	・定期的に動作確認を実施。
	2次主冷却系	冷却材バウンダリ	—	—	—
		主冷却機 （主送風機を除く。）	—	—	—
放射性物質 の閉じ込め機能	格納容器	本体	—	—	—
	格納容器バウンダリに属 する配管・弁	配管	—	—	—
		隔離弁*1	—	○	・定期的に動作確認及び漏えい検 査を実施。

\*1：ケーブル類を除く。

③

**安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもののうち、  
評価対象とするものの抽出（案：4/8）**

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
工学的安全施設 及び原子炉停止 系への作動信号 の発生機能	原子炉保護系*1 (スクラム、アイソレーション)	論理回路	○	-	・定期的に点検、部品交換を実施。
		補助継電器接触器	○	-	同上
	関連する 核計装*1	起動系	○	-	・検出器等を計画的に交換
		中間出力系	○	-	・検出器等を計画的に交換
		線形出力系	○	-	・検出器等を計画的に交換
	関連する プロセス計装*1	原子炉出口ナトリウム温度計	-	○	・常時監視に供用し、動作を確認。 ・定期的に点検を実施。
		原子炉入口ナトリウム温度計	-	○	同上
		1次冷却材流量計	-	○	同上
		2次冷却材流量計	-	○	同上
		原子炉ナトリウム液面計	-	○	同上
		原子炉保護系エリアモニタ	-	○	同上
		格納容器（床上、床下）温度計	-	○	同上
		格納容器（床上、床下）圧力計	-	○	同上
		水平動地震検出計	-	○	同上

\*1：ケーブル類を除く。



③

安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のものうち、  
評価対象とするものの抽出（案：5/8）

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由	
安全上特に重要な関連機能及び安全上重要な関連機能	中央制御室		—	—	—	
	非常用 ディーゼル電源系*1	ディーゼル発電機	—	○	・定期的に分解点検及び動作確認を実施。	
	交流無停電電源系*1	蓄電池	○	—	・定期的に点検及び交換を実施。	
		整流装置、インバータ装置	—	○	・定期的に点検及び部品交換を実施。	
	直流無停電電源系*1	蓄電池	○	—	・定期的に点検及び交換を実施。	
		整流装置、負荷電圧補償装置	—	○	・定期的に点検及び部品交換を実施。	
	関連する 補機冷却設備*1	ディーゼル系揚水ポンプ		—	○	・定期的に分解点検及び動作確認を実施。
		ディーゼル系水槽・配管		—	—	—
		ディーゼル系冷却塔		—	—	—
		ディーゼル系冷却塔ブロワ		—	○	・定期的に分解点検及び動作確認を実施。
原子炉冷却材ハウダリに直接接続されていないものであって放射性物質を貯蔵する機能	原子炉附属建物 使用済燃料貯蔵設備	貯蔵ラック	—	—	—	
		水冷却池	—	—	—	
	第一使用済燃料貯蔵建物 使用済燃料貯蔵設備	貯蔵ラック	—	—	—	
		水冷却池	—	—	—	
	第二使用済燃料貯蔵建物 使用済燃料貯蔵設備	貯蔵ラック	—	—	—	
		水冷却池	—	—	—	
	気体廃棄物処理設備 (アルゴン廃ガス処理系)	廃ガス圧縮機*1	—	○	・定期的に分解点検及び動作確認を実施。	
		廃ガス貯留タンク・配管	—	—	—	

\*1：ケーブル類を除く。

③

**安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のものうち、  
評価対象とするものの抽出（案：6/8）**

機能	対象機器等		定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
原子炉カバーガス等の バウンダリ機能	1次アルゴンガス系	原子炉カバーガスのバウンダリに 属する容器・配管・弁（ただし、 計装等の小口径のものを除く。）	-	-	-
	原子炉容器	本体（原子炉冷却材バウンダリに 属するもの及び計装等の小口径の ものを除く。）	-	-	-
	1次主冷却系等	原子炉カバーガスのバウンダリに属する 容器・配管・弁（原子炉冷却材バウ ンダリに属するもの及び計装等の小 口径のものを除く。）	-	-	-
	回転プラグ	本体（ただし、計装等の小口径の ものを除く。）	-	-	-
燃料を安全に 取り扱う機能	核燃料物質取扱設備	燃料交換機	-	○	・定期的に分解点検及び動 作確認を実施。
		燃料出入機	-	○	同上
		トランスファーロータ	-	○	同上
		燃料取扱用キャスクカー	-	○	同上
		ナトリウム洗浄装置	-	○	同上
		燃料集合体缶詰装置	-	○	同上

③

**安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のもののうち、  
評価対象とするものの抽出（案：7/8）**

機能	対象機器等	定期取替品及び消耗品 に該当の有無	的確な対応がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由		
燃料プール水の 保持機能	原子炉付属建物使用済燃料 貯蔵設備	水冷却池	-	-	-	
		水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施	
	第一使用済燃料貯蔵建物使用 済燃料貯蔵設備	水冷却池	-	-	-	
		水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施	
	第二使用済燃料貯蔵建物使用 済燃料貯蔵設備	水冷却池	-	-	-	
		水冷却浄化設備サイフォンブレイク止弁*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施	
放射線の遮蔽 及び 放出低減機能	外周コンクリート壁	本体	-	-	-	
		アニュラス部排気系（ア ニュラス部常用排気フィル タを除く。）	アニュラス部排風機*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施
	非常用ガス処理装置	ダクト等	-	-	-	
		プレフィルタ	○	-	・定期的に交換を実施	
		高性能フィルタ	○	-	同上	
	放射線低減効果 の大きい遮蔽体	主排気筒	チャコールフィルタ	○	-	同上
			本体	-	-	-
		放射線低減効果 の大きい遮蔽体	安全容器	-	-	-
			コンクリート遮へい体（生体遮へい体）	-	-	-
			コンクリート遮へい体冷却系ブロワ*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施
コンクリート遮へい体冷却系配管等			-	-	-	
補機系揚水ポンプ*1			-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施	
補機系配管			-	-	-	
補機系冷却塔	-	-	-			
補機系冷却塔ブロワ*1	-	○	・定期的に分解点検及び動作 確認を実施			
事故時の プラント状態 の把握機能	事故時監視計器の一部	格納容器内高線量エリアモニタ*1	-	○	・常時監視に供用し、動作を 確認。 ・定期的に点検、部品交換を 実施。	

\*1：ケーブル類を除く。

③

安全施設（クラス1及びクラス2）又は、ナトリウムを内包する機器、  
多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止のための資機材のうち常設のものうち、  
評価対象とするものの抽出（案：8/8）

機能	対象機器等		定期取替品 及び消耗品 に該当の有無	的確な対応 がされている 動的機能維持※1 に該当の有無	理由
「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材※1	制御棒連続引抜き 阻止インターロック	本体	/	/	新規制基準対応における新設品
	後備炉停止系用 論理回路	本体	/	/	新規制基準対応における新設品
	非常用冷却設備及び 補助冷却設備※2	1次補助冷却系 電磁ポンプ	-	-	-
		2次補助冷却系 電磁ポンプ	-	-	-
		補助冷却機 (送風機)	-	-	-
	断熱材、 ヒートシンク材 及びライナ	断熱材	/	/	新規制基準対応における新設品
		ヒートシンク	/	/	新規制基準対応における新設品
		ライナ(タンク室)	-	-	-
	関連する プロセス計装※2	主冷却器出口ナトリウム温度計	-	○	・常時監視に供用し、動作を確認。 ・定期的に点検を実施。
		1次補助冷却系ナトリウム材温度計	-	○	同上
		1次補助冷却系ナトリウム流量計	-	○	同上
		補助冷却系冷却器 入口及び出口ナトリウム温度計	-	○	同上
		2次補助冷却系ナトリウム流量計	-	○	同上
		コンクリート遮へい体冷却系 窒素ガス温度計	-	○	同上
		コンクリート遮へい体 窒素ガス冷却器冷却水流量計	-	○	同上
		燃料集合体出口ナトリウム温度計	-	○	同上
	遅発中性子法 燃料破損検出設備※2	BF <sub>3</sub> 比例計数管	○	-	・検出器を計画的に交換
計測装置等		-	○	同上	
「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材※1	水冷却浄化設備 サイフォンブレーカー	本体	-	-	

※1：安全施設（クラス1及びクラス2）又はナトリウムを内包する機器に該当するものを除く。

※2：ケーブル類を除く。

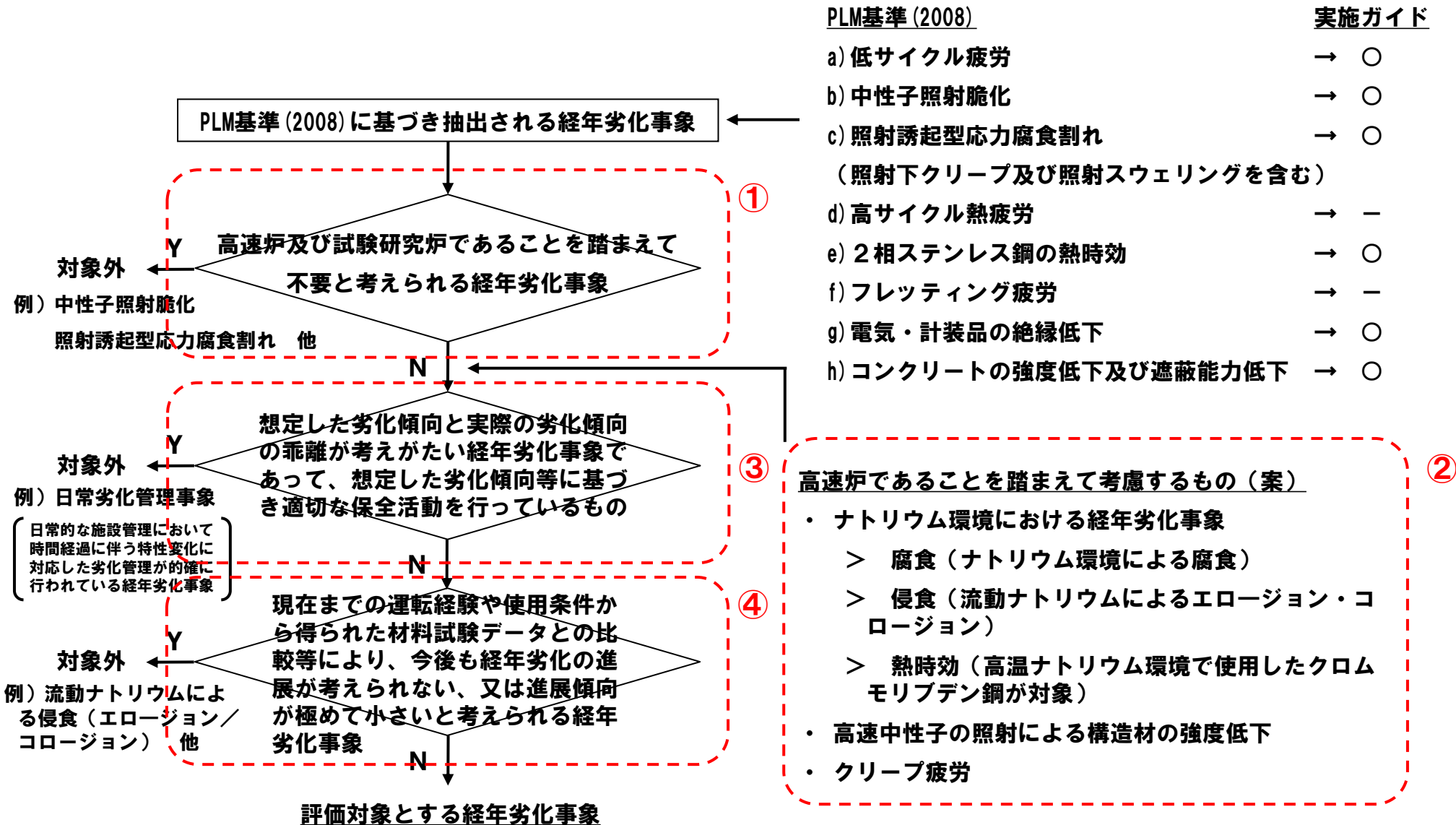
# 高経年化技術評価における対象機器等の抽出結果（案）

機能	対象機器等
原子炉冷却材バウンダリ機能	原子炉容器 本体
	1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系 原子炉冷却材バウンダリに属する容器・ポンプ・配管・弁（ただし、計装等の小口径は除く）
1次冷却材を内蔵する機能 （原子炉冷却材バウンダリ機能以外のもの）	1次ナトリウム純化系、1次オーバフロー系、1次ナトリウム充填・ドレン系 1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く）
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）	2次主冷却系、2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系及び2次ナトリウム充填・ドレン系 冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
2次冷却材を内蔵する機能 （通常運転時の炉心の冷却に関連するもの）	2次補助冷却系、2次ナトリウム純化系、2次ナトリウム充填・ドレン系 2次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る容器・配管・ポンプ・弁（ただし、冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く）
炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 炉心支持板
	炉心バレル構造物 支持構造物 バレル構造体
原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	制御棒駆動系 上部案内管
	後備炉停止制御棒駆動系等 上部案内管
1次冷却材漏えい量の低減機能	原子炉容器 リークジャケット
	1次主冷却系、1次補助冷却系及び1次ナトリウム充填・ドレン系のうち、原子炉冷却材バウンダリに属する容器・配管・ポンプ・弁の配管（外側）又はリークジャケット 配管（外側）又はリークジャケット
原子炉停止後の除熱機能	1次主冷却系 原子炉冷却材バウンダリ
	2次主冷却系 冷却材バウンダリ 主冷却機（主送風機を除く。）
放射性物質の閉じ込め機能	格納容器 本体
	格納容器バウンダリに属する配管・弁 配管
原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	1次アルゴンガス系 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
	原子炉容器 本体（原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。）
	1次主冷却系等 原子炉カバーガスのバウンダリに属する容器・配管・弁（原子炉冷却材バウンダリに属するもの及び計装等の小口径のものを除く。）
	回転プラグ 本体（ただし、計装等の小口径のものを除く。）
燃料プール水の保持機能	原子炉付属建物使用済燃料貯蔵設備 水冷却池
	第一使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 水冷却池
	第二使用済燃料貯蔵建物使用済燃料貯蔵設備 水冷却池
放射線の遮蔽及び放出低減機能	外周コンクリート壁 本体
	アニュラス部排気系（アニュラス部常用排気フィルタを除く。） ダクト等
	主排気筒 本体
	放射線低減効果の大きい遮蔽体 安全容器 コンクリート遮へい体（生体遮へい体） コンクリート遮へい体冷却系配管等 補機系配管 補機系冷却塔
「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材	非常用冷却設備及び補助冷却設備 1次補助冷却系電磁ポンプ 2次補助冷却系電磁ポンプ 補助冷却機（送風機）
	断熱材、ヒートシンク材及びライナ ライナ（ダンプタンク室）
「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材	水冷却浄化設備サイフォンブレイカー 本体



## **2. 高経年化技術評価における評価事象の選定計画の具体化（案）**

# 評価対象事象の抽出フロー



## PLM基準 (2008)

- |                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| a) 低サイクル疲労                               | → ○ |
| b) 中性子照射脆化                               | → ○ |
| c) 照射誘起型応力腐食割れ<br>(照射下クリープ及び照射スウェリングを含む) | → ○ |
| d) 高サイクル熱疲労                              | → - |
| e) 2相ステンレス鋼の熱時効                          | → ○ |
| f) フレッキング疲労                              | → - |
| g) 電気・計装品の絶縁低下                           | → ○ |
| h) コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下                   | → ○ |

## 実施ガイド



## 高速炉及び試験研究炉であることを踏まえて 不要と考えられる経年劣化事象の検討

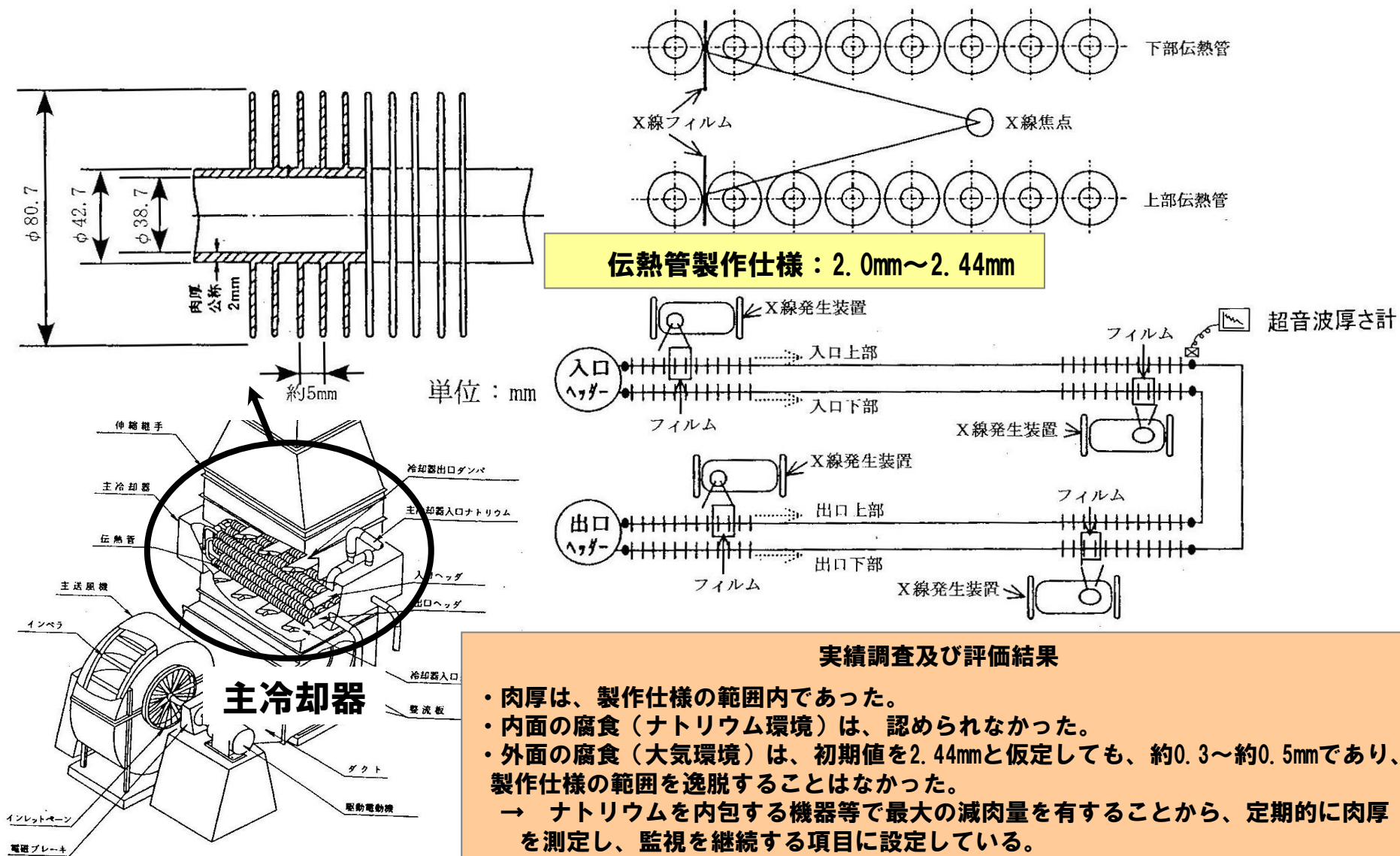
PLM基準に定める 経年劣化事象	「常陽」での考慮要否及び理由		備考
	要否	不要の理由	
低サイクル疲労	○	-	-
中性子照射脆化	×	中性子照射脆化は、炭素鋼や低合金鋼等のフェライト系材料において、中性子の照射により、強度や硬さが増加する一方で、延性や靱性が低下する事象である。「常陽」において、中性子照射の影響を考える必要のある機器（原子炉容器や配管）はオーステナイト系ステンレス鋼を使用しており、中性子照射脆化を経年劣化事象として考慮する必要はない。	高速中性子の照射による構造材の強度低下（引張、疲労、クリープ破断他）について、経年劣化事象として考慮する。なお、これまでのサーベイランス試験により、設計寿命に想定される中性子照射量を超える条件にあっても、十分な強度を有することを確認している。
照射誘起型応力腐食割れ （照射下クリープ及び 照射スウェリングを含む）	×	中性子照射の影響を考える必要のある機器（原子炉容器や配管）は、ナトリウムと接液しており、応力腐食割れが発生する環境にないため、照射誘起型応力腐食割れを経年劣化事象として考慮する必要はない。	
高サイクル熱疲労	○	-	-
2相ステンレス鋼の熱時効	×	「常陽」において、2相ステンレス鋼は使用していない。	熱時効としては、クロムモリブデン鋼（2次冷却系の配管の材料）を対象した経年劣化事象を考慮する。
フレット疲労	○	-	-
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	○	-	-

## 高速炉であることを踏まえて考慮する経年劣化事象（前頁以外の一般事象を含む）の検討

経年劣化事象	事象の概要
<b>ナトリウム環境における経年劣化事象</b>	
腐食（ナトリウム環境による腐食）	ナトリウムを冷却材に用いるナトリウム冷却型高速炉では、軽水炉における水中の酸化膜の形成や剥離の繰り返しによる減肉の進行は発生し難く、系内の温度分布による質量移行が主要な腐食進行因子となる。質量移行は、ナトリウム中の溶存酸素濃度により加速されるが、「常陽」ではこれを抑制するため酸素濃度を十分に低く維持している（原子炉施設保安規定に定めるブラギング温度に相当する酸素濃度 1次系：10ppm以下、2次系：20ppm以下）。なお、MK-III冷却系改造工事では、配管の肉厚の測定を実施した。当該測定結果は、基準（JISにおける製作許容差の最小板厚）を上回っている。減肉量は小さく、例えば、耐震安全性評価への影響は軽微と考えられる。
侵食（流動ナトリウムによるエロージョン・コロージョン）	流動ナトリウムによる浸食には、流速、溶存酸素、溶存水素（pH）、純度、温度及び材質等が影響する。これらの因子による影響は、複雑に干渉するが、最終的には材料の保護膜となる酸化被膜（ $Fe_3O_4$ ）の形成と安定化、あるいは剥離挙動への関与に帰着する。ナトリウム冷却型高速炉の場合、溶存酸素は他の不純物元素と共に厳密に管理されており、環境は常に還元雰囲気にあることから、材料表面に酸化被膜は形成されない。このため、表面保護層の形成は期待できない半面、脆化した酸化被膜の剥離による減肉も生じない環境にあり、2次冷却系の配管材のクロムモリブデン鋼において、水環境等で観察される腐食（酸化）とエロージョンの繰り返しによる減肉進行は発生し難い。
熱時効（高温ナトリウム環境で使用したクロムモリブデン鋼が対象）	2次冷却系の配管材のクロムモリブデン鋼を、400℃以上の高温ナトリウム環境で使用した場合に、熱時効（引張強さや延性等の強度低下）が発生する。なお、これまでのサーベイランス試験により、設計寿命において十分な強度を有することを確認している。
上記以外	
高速中性子の照射による構造材の強度低下	主に、高速中性子照射による原子のはじき出し損傷により、構造材（オーステナイト系ステンレス鋼）の強度低下（引張、疲労、クリープ破断他）が生じるものである。なお、これまでのサーベイランス試験により、設計寿命に想定される中性子照射量を超える条件にあっても、十分な強度を有することを確認している。
クリープ疲労	クリープは、高温・応力環境下での使用による材料の塑性変形が進行するものであり、疲労と合わせて考慮する。1次冷却系に使用しているオーステナイト系ステンレス鋼及び2次冷却系に使用しているクロムモリブデン鋼を対象とする。なお、これまでのサーベイランス試験により、設計寿命において十分な強度を有することを確認している。
腐食（水、大気）	水環境については、コンクリート遮へい体冷却系の窒素ガス冷却器及び補機系冷却水配管、ディーゼル系冷却水配管等が対象となる。大気環境については、主冷却器伝熱管部等が対象となる。なお、これらについては、適宜、肉厚を測定し、健全性を確認している。
摩耗	ポンプ等において、回転軸と軸受けの間で、摺動摩耗が想定される。定期的な分解点検により消耗部品を交換する対策を講じている。

# 過去の評価結果（腐食（ナトリウム環境及び大気環境））

旧主冷却器伝熱管（原子炉運転時間：約60,725時間）のケース



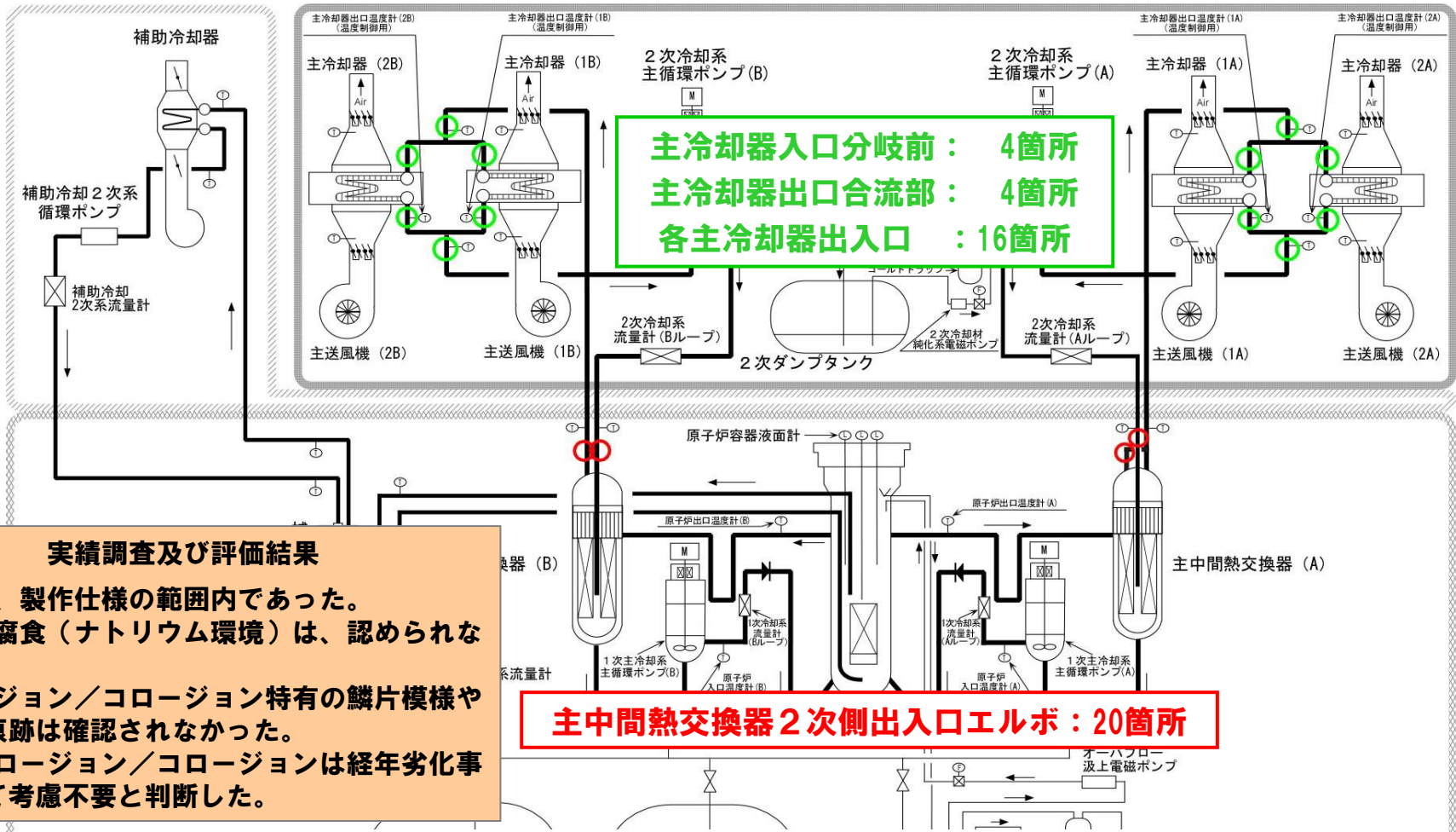


## 参考：現在の主冷却器伝熱管の状況



# 過去の評価結果（腐食（ナトリウム環境）、侵食（エロージョン／コロージョン））

## 2次冷却系配管（原子炉運転時間：約60,725時間）のケース





## 参考：2次冷却系配管の肉厚測定結果

MK-III冷却系改造工事では、配管（2次冷却系の配管のうち、外面が金属製の内装板で覆われ、内装板の上に保温材が設置された部分）について、24箇所×4点（合計96点）の肉厚の測定を実施した。以下に示すように、当該測定結果は、基準（JISにおける配管製作許容差（公称値±10%）の最小板厚）を上回る。

12B配管：10.4～11.1mm

※ 基準：9.27mm

10B配管：8.8～9.5mm

※ 基準：8.37mm

また、偏流が生じて流速が増加するエルボ部については、主中間熱交換器出入口配管の4箇所×20点（合計80点）を測定対象とした。以下に示すように、当該測定結果は、基準（JISにおけるエルボ製作許容差（公称値-12.5%以上）の最小板厚）を上回る。

12Bエルボ：10.9～14.9mm

※ 基準：9.01mm

10Bエルボ：9.5～12.8mm

※ 基準：8.14mm

主中間熱交換器入口配管エルボ（12B）

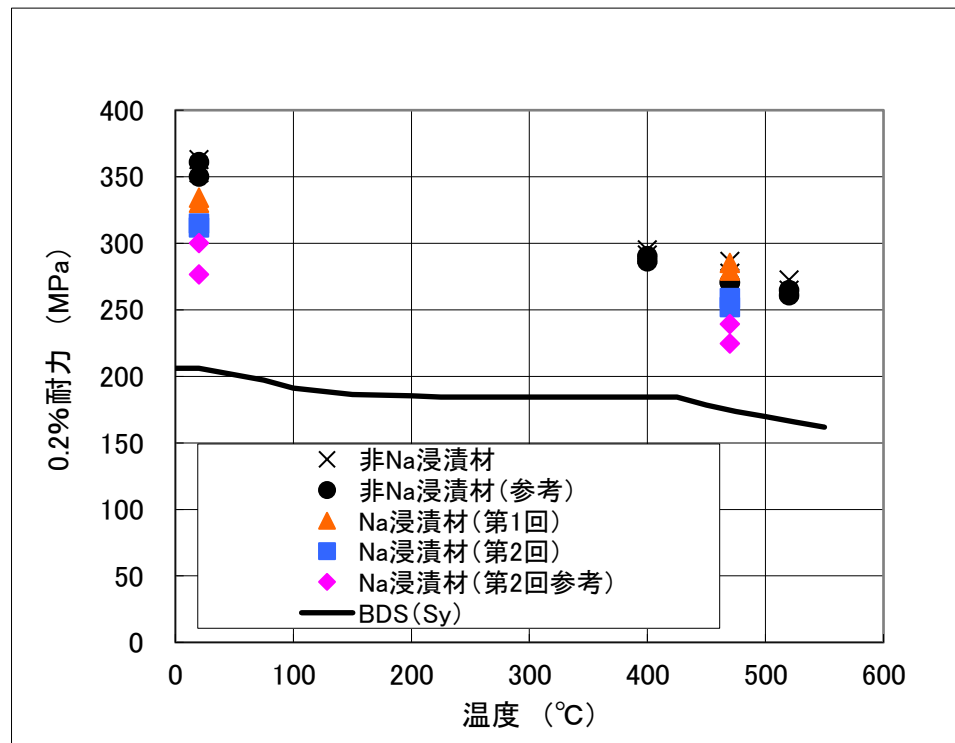
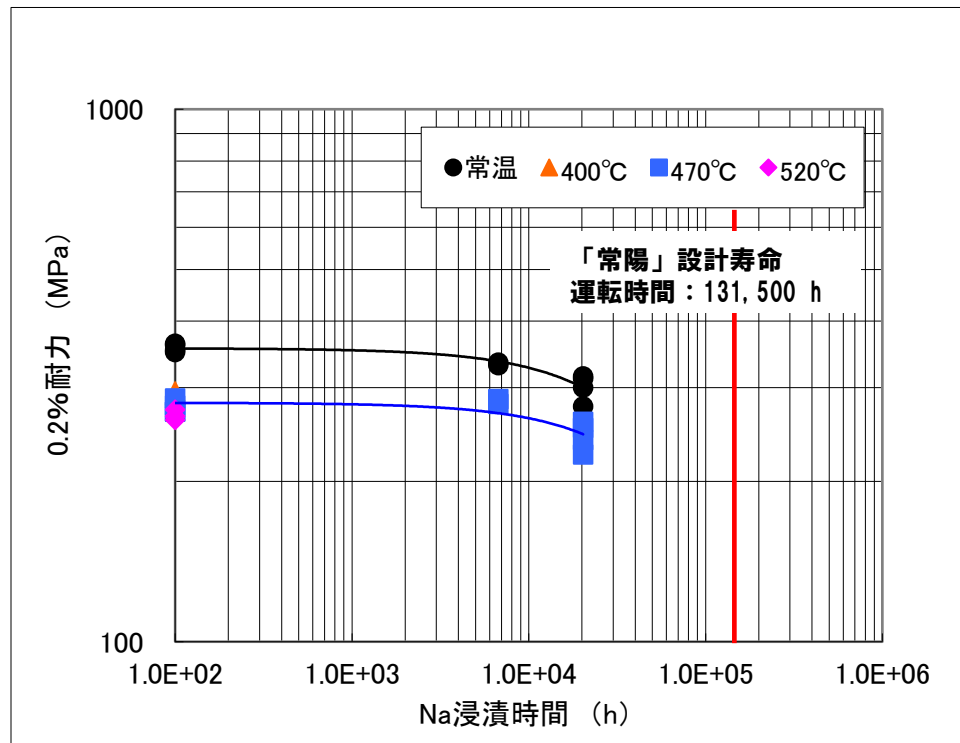


主中間熱交換器出口配管エルボ（12B）



## 過去の評価結果（熱時効（高温ナトリウム環境で使用したクロモリブデン鋼が対象））

### 2次系ホットレグ配管材（母材）のサーベイランス試験のケース （ナトリウム浸漬＋高温による影響を評価）



Na浸漬時間 第1回:6,733hr 第2回:20,313hr

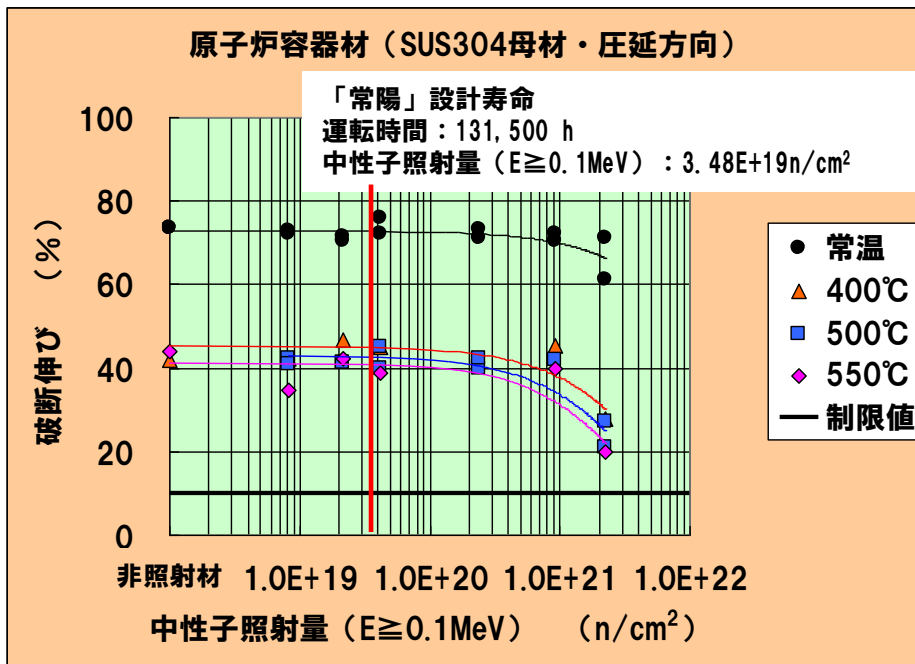
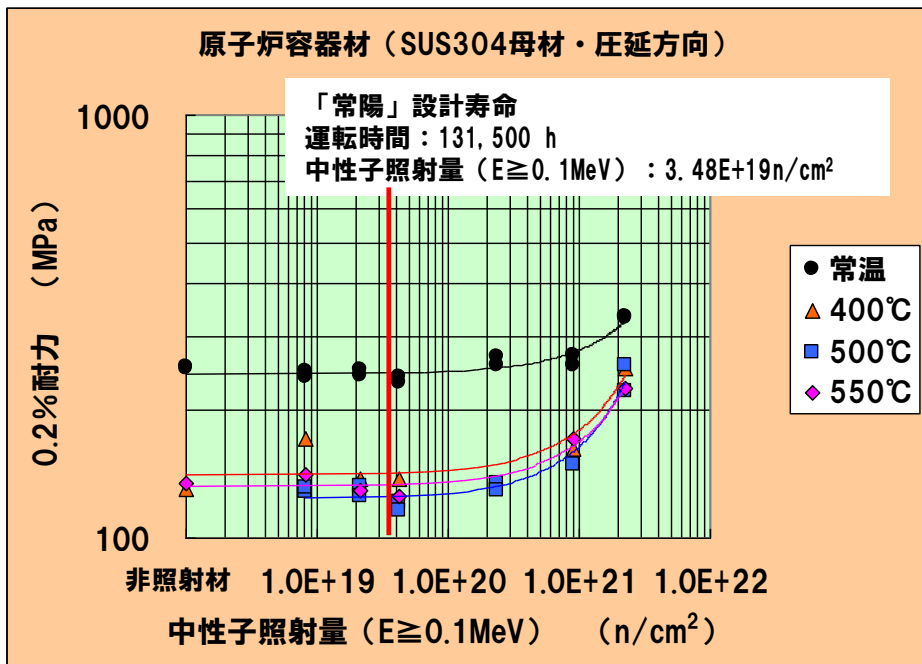
#### 実績調査及び評価結果

- Na浸漬材（サーベイランス材）及び非Na浸漬材を用いて、常温及び高温（400℃以上）で引張試験を実施。
- 0.2%耐力で、高速原型炉高温構造設計方針(BDS)の設計基準を超える耐力を有することを確認。



# 過去の評価結果（高速中性子の照射による構造材の強度低下）

## 原子炉容器材のサーベイランス試験のケース （高速中性子の照射＋腐食（ナトリウム環境）による影響を評価）



項目		サーベイランス試験結果		
		中性子照射量 ( $E \geq 0.1\text{MeV}$ )	一様伸び (%)	破断伸び (%)
原子炉 容器材	SUS304母材	II-02 $9.14\text{E}+20\text{n/cm}^2$	24.9	34.6
	溶接継手	設計寿命の約30倍	13.2	16.2
炉心支持板材 (SUS316母材)		TTJT02 $5.95\text{E}+21\text{n/cm}^2$ 設計寿命の約2倍	20.0	30.0

# 過去の評価結果（腐食（水環境））

## 非常用ディーゼル発電機冷却水槽等の点検のケース

水槽内部の状況（点検後、防錆処理等を実施）



点検時の様子（酸欠防止措置を実施）



# 過去の評価結果（腐食（水環境））

## 補機冷却系の配管の点検のケース

必要に応じて、配管を更新

配管の肉厚測定の様子



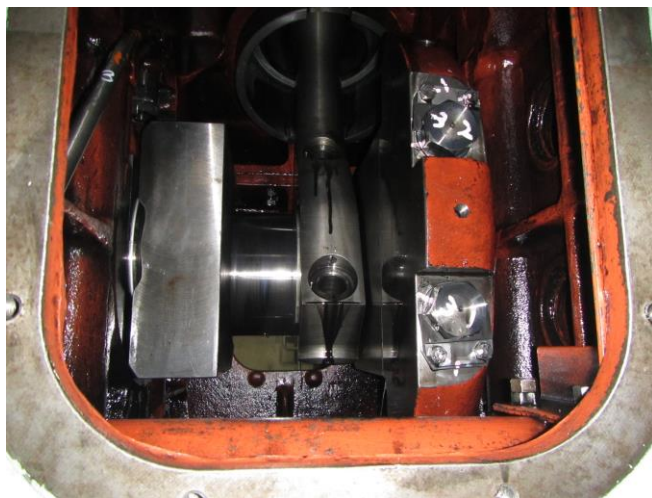


## 過去の評価結果（摩耗）

### 非常用ディーゼル発電機のディーゼル機関部分の分解点検のケース

- クランクシャフト、シリンダー、燃料関係、潤滑油関係、空気関係、過給器、補機設備等の点検を実施している。摩耗の観点では、シリンダーやクランクシャフトの摺動部に着目することが必要である。
- ディーゼル機関部分は、機関本体のシリンダーブロック部以外について、ほぼ部品交換が可能であり、磨耗が著しい場合は分解点検時に対象部品を交換することで健全性を確保できる。

クランクシャフト摺動部



クランクピンメタル摺動面



ピストン爆発面浸透探傷



ピストンピン浸透探傷



# 日常劣化管理事象に分類できる経年劣化事象の検討

PLM基準に定める 経年劣化事象のうち 高速炉及び試験研究炉 であることを踏まえても 考慮が必要と考えられる 経年劣化事象	「常陽」での考慮要否及び理由		備考
	要否	不要の理由	
低サイクル疲労	○	—	—
高サイクル熱疲労	○	—	—
フレット疲労	×	ポンプ等において、回転軸と軸受けの間で、フレット疲労による割れが想定される。巡視点検時において、異常な振動がないこと等を確認しており、日常劣化管理事象として取り扱われるため、経年劣化事象として考慮しない。	発電炉の高経年化対策実施ガイドにおいても、必須項目とされていない。
電気・計装品の絶縁低下	○	—	—
コンクリートの強度低下	○	—	—
コンクリートの遮蔽能力低下	×	原子炉施設保安規定に基づき、定期的に線量率測定を実施し、遮蔽能力の低下がないことを確認しており、日常劣化管理事象として取り扱われるため、経年劣化事象として考慮しない。	
上記以外	「常陽」での考慮要否及び理由		備考
	要否	不要の理由	
腐食（ナトリウム環境）	○	—	—
侵食（流動ナトリウムによるエロージョン・コロージョン）	○	—	—
熱時効（高温ナトリウム環境で使用したクロムモリブデン鋼が対象）	○	—	—
高速中性子の照射による構造材の強度低下	○	—	—
クリープ疲労	○	—	—
腐食（水環境、大気環境）	○	—	—
摩耗	×	ポンプ等において、回転軸と軸受けの間で、摺動摩耗が想定される。定期的な分解点検により消耗部品を交換する対策を講じており、日常劣化管理事象として取り扱われるため、経年劣化事象として考慮しない。	



現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、  
 今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象の検討

PLM基準に定める 経年劣化事象のうち 高速炉及び試験研究炉 であることを踏まえても 考慮が必要と考えられる 経年劣化事象	「常陽」での考慮要否及び理由		備考
	要否	不要の理由	
低サイクル疲労	○	—	—
高サイクル熱疲労	×	2次冷却系の配管合流部（プラグング計）の高サイクル熱疲労（サーマルストライビング）に関する検討において、温度の揺らぎによる金属疲労は、設計疲労限度を十分下回ることを確認している。また、MK-III冷却系改造工事時に当該部分を交換しており、その際に、当該合流部配管にき裂はなく、健全であることを確認している。	発電炉の高経年化対策実施ガイドにおいても、必須項目とされていない。
電気・計装品の絶縁低下	○	—	—
コンクリートの強度低下	○	—	—

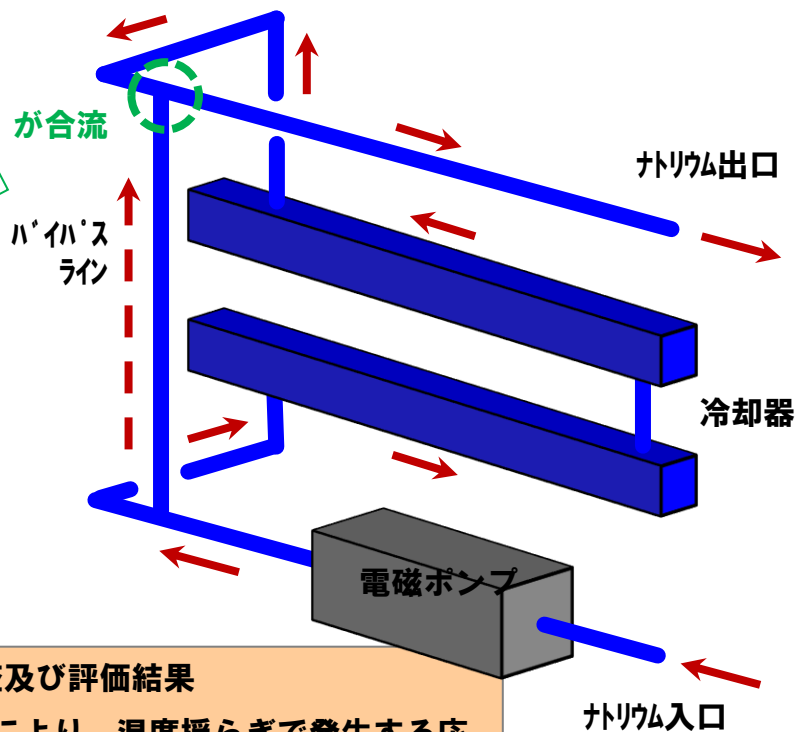
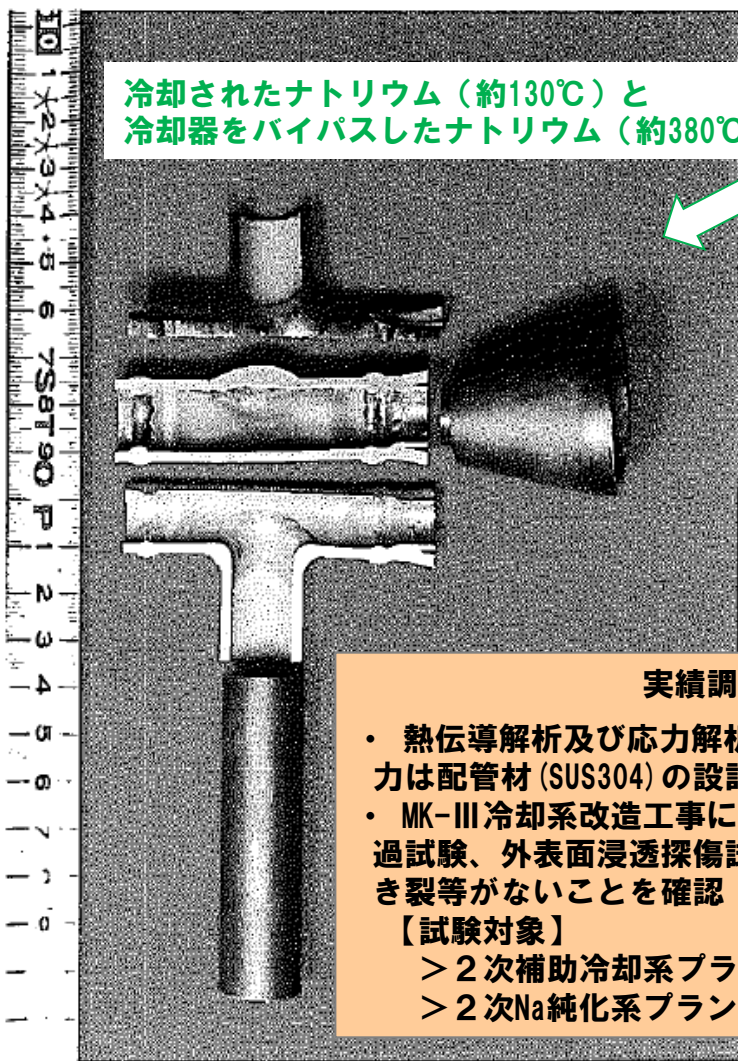
上記以外	「常陽」での考慮要否及び理由		備考
	要否	不要の理由	
腐食（ナトリウム環境）	○	—	—
侵食（流動ナトリウムによるエロージョン・コロージョン）	×	流動ナトリウムによる浸食には、流速、溶存酸素、溶存水素（pH）、純度、温度及び材質等が影響する。これらの因子による影響は、複雑に干渉するが、最終的には材料の保護膜となる酸化被膜（ $Fe_3O_4$ ）の形成と安定化、あるいは剥離挙動への関与に帰着する。ナトリウム冷却型高速炉の場合、溶存酸素は他の不純物元素と共に厳密に管理されており、環境は常に還元雰囲気にあることから、材料表面に酸化被膜は形成されない。このため、表面保護層の形成は期待できない半面、脆化した酸化被膜の剥離による減肉も生じない環境にあり、2次冷却系の配管材のクロムモリブデン鋼において、水環境等で観察される腐食（酸化）とエロージョンの繰り返しによる減肉進行は発生し難い。また、MK-III冷却系改造工事で切断した配管において、エロージョン/コロージョン特有の鱗片模様や減肉の痕跡は確認されなかった。	—
熱時効（高温ナトリウム環境で使用したクロムモリブデン鋼が対象）	○	—	—
高速中性子の照射による構造材の強度低下	○	—	—
クリープ疲労	○	—	—
腐食（水環境、大気環境）	○	—	—

# 過去の評価結果（高サイクル熱疲労）

## 2次冷却系の配管合流部（プラグング計）の高サイクル熱疲労（サーマルストライクング）に関する検討

プラグング計における配管合流部（例：2次Na純化系）

プラグング計の概略構造



### 実績調査及び評価結果

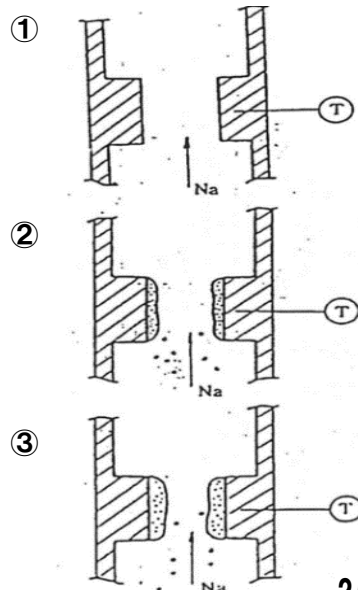
- 熱伝導解析及び応力解析により、温度揺らぎで発生する応力は配管材（SUS304）の設計疲労限を十分下回ることを確認。
- MK-III冷却系改造工事において、当該配管を交換。放射線透過試験、外表面浸透探傷試験、内表面浸透探傷試験を実施し、き裂等がないことを確認

#### 【試験対象】

- > 2次補助冷却系プラグング計の配管（約28,977時間）
- > 2次Na純化系プラグング計の配管（約48,971時間）

### 参考：プラグング計の概要

- ナトリウムの純度を測定するための装置であり、温度を低下させると不純物が析出する原理を利用。
- 配管中のオリフィスに不純物がない状態（①）に対して、温度を下げることで、不純物が析出（②）し、流量が減少。
- 流量比一定となるよう温度を調整・測定し、ナトリウムの純度を監視（③）。





## 高経年化技術評価における対象事象の抽出結果（案）

- 1) 低サイクル疲労
- 2) 高速中性子の照射による構造材の強度低下
- 3) クリープ疲労
- 4) 熱時効
- 5) 腐食（ナトリウム環境、水環境、大気環境）
- 6) 電気・計装品の絶縁低下
- 7) コンクリートの強度低下

### **3. 冷温停止状態での高経年化事象の進展に関する評価**

# 冷温停止状態を想定した場合に対象とする高経年化技術評価対象機器等

○：必要  
－：不要

機能	冷温停止状態を想定した場合に 高経年化技術評価の対象機能とする必要があるかの有無
原子炉冷却材バウンダリ機能	○：工事期間中は、一部を除き、基本的に、ナトリウムをドレンしている状態にあるが、充填時に備え、評価の対象とする。
1次冷却材を内蔵する機能 (原子炉冷却材バウンダリ機能以外のもの)	
2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	
2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するものを除く)	
炉心形状の維持機能	○：炉心の崩壊熱は十分に減衰しており、冷却材の流路確保を必須としないが、その重要性に鑑み、評価の対象とする。
原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	－：工事期間中について、制御棒(後備炉停止制御棒を含む)は、炉心に挿入された状態で維持される。緊急停止等が必要となる状況は生じない。
1次冷却材漏えい量の低減機能	○：工事期間中は、一部を除き、基本的に、ナトリウムをドレンしている状態にあるが、充填時に備え、評価の対象とする。
原子炉停止後の除熱機能	－：炉心の崩壊熱は十分に減衰しており、また、工事期間中は、一部を除き、基本的に、ナトリウムをドレンしている状態にある。原子炉停止後の除熱機能が必要となる状況は生じない。
放射性物質の閉じ込め機能	－：工事期間中は、格納容器バウンダリは開放された状態で維持される。また、炉心の放射性物質は十分に減衰しており、また、高経年化技術評価の対象としている原子炉冷却材バウンダリ機能等により、その放散は防止される。
原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	○：系統への不純物混入防止のため、原子炉カバーガス等のバウンダリ機能は、冷温停止状態にあっても機能の維持が必要である。
燃料プール水の保持機能	○：使用済燃料貯蔵設備は、冷温停止状態にあっても使用する機能であり、当該機能の維持が必要である。
放射線の遮蔽及び放出低減機能	－：工事期間中は、格納容器バウンダリは開放された状態で維持される。また、炉心の放射性物質は十分に減衰しており、また、高経年化技術評価の対象としている原子炉冷却材バウンダリ機能等により、その放散は防止される。
「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材	－：新規制基準適合に係る設計及び工事の計画の認可を取得して仕様が確定するものであり、評価の対象外とする。
「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材	－：新規制基準適合に係る設計及び工事の計画の認可を取得して仕様が確定するものであり、評価の対象外とする。

# 冷温停止状態を想定した場合に対象とする経年劣化事象

○：必要  
 -：不要

高経年化技術評価における対象事象の抽出結果（案）	冷温停止状態を想定した場合に高経年化技術評価の対象事象とする必要があるかの有無
1) 低サイクル疲労	- 前回の定期的な評価以降に、原子炉の運転を経験していないため、評価の対象となる過渡変化を有しない。また、本評価以降の冷温停止状態において、評価に対象となる過渡変化が生じることはない。
2) 高速中性子の照射による構造材の強度低下	- 前回の定期的な評価以降に、原子炉の運転を経験していないため、評価の対象となる高速中性子の照射履歴を有しない。また、本評価以降の冷温停止状態において、評価に対象となる高速中性子の照射が生じることはない。
3) クリープ疲労	- 前回の定期的な評価以降に、原子炉の運転を経験していないため、評価の対象となる配管温度等の上昇履歴を有しない。また、本評価以降の冷温停止状態において、評価に対象となる配管温度等の上昇が生じることはない。
4) 熱時効	- 前回の定期的な評価以降に、原子炉の運転を経験していないため、評価の対象となる配管温度等の上昇履歴を有しない。また、本評価以降の冷温停止状態において、評価に対象となる配管温度等の上昇が生じることはない。
5) 腐食（ナトリウム環境、水環境、大気環境）	○
6) 電気・計装品の絶縁低下	○
7) コンクリートの強度低下	○ 中性化及びアルカリ骨材反応等の考慮が必要である。ただし、前回の定期的な評価以降に、原子炉の運転を経験していないため、評価の対象の一部となる高速中性子の照射履歴やコンクリート温度の上昇履歴を有しない。また、本評価以降の冷温停止状態において、評価の対象となる高速中性子の照射やコンクリート温度の上昇が生じることはない。

## 冷温停止状態における高経年化技術評価の対象

- |                         |
|-------------------------|
| 1) 低サイクル疲労              |
| 2) 高速中性子の照射による構造材の強度低下  |
| 3) クリープ疲労               |
| 4) 熱時効                  |
| 5) 腐食（ナトリウム環境、水環境、大気環境） |
| 6) 電気・計装品の絶縁低下          |
| 7) コンクリートの強度低下          |

機能	評価対象機能 該当有無	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)
原子炉冷却材バウンダリ機能	○					★	—	★*1
1次冷却材を内蔵する機能 (原子炉冷却材バウンダリ機能以外のもの)	○					★	—	
2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するもの)	○					★	—	
2次冷却材を内蔵する機能 (通常運転時の炉心の冷却に関連するものを除く)	○					★	—	
炉心形状の維持機能	○					★	—	
原子炉の緊急停止及び未臨界維持機能	—							
1次冷却材漏えい量の低減機能	○					★	★	
原子炉停止後の除熱機能	—							
放射性物質の閉じ込め機能	—							
原子炉カバーガス等のバウンダリ機能	○					★	—	
燃料プール水の保持機能	○					★	—	
放射線の遮蔽及び放出低減機能	—							
「燃料体の損傷が想定される事故」に係る資機材	—							
「使用済燃料貯蔵設備の冷却機能が失われ、使用済燃料の損傷が想定される事故」に係る資機材	—							

\*1：原子炉建物及び原子炉附属建物  
主冷却機建物  
第一使用済燃料貯蔵建物  
第二使用済燃料貯蔵建物



## 冷温停止状態における高経年化事象の進展

- 冷温停止状態にあつては、放射線及び温度に起因する高経年化事象の進展を考慮が不要となる。考慮すべき事象を以下に示す。
  - 腐食（ナトリウム環境、水環境、大気環境）
  - 電気・計装品の絶縁低下
  - コンクリートの強度低下
- 冷温停止状態において、特別に考慮すべき高経年化事象はなく、「運転を断続的に行う状態」を想定した技術評価は、「冷温停止状態」を想定した技術評価を包絡する。
- 上記の高経年化事象のうち、腐食（ナトリウム環境）については、純度を確実に管理することで、その進展が無視できるものであることを、これまでの評価等において確認済である。腐食（水環境、大気環境）、電気・計装品の絶縁低下及びコンクリートの強度低下は、一般的な高経年化事象であり、その劣化が急激に進展するものではない。長期施設管理方針において、「短期」に対応が必要となるものではなく、通常の施設管理により、原子炉の安全は確保される。

# 参考：コンクリート強度の経年劣化の程度の暫定評価

- 冷温停止状態におけるコンクリートの強度低下の主な要因は、中性化、アルカリ骨材反応及び塩化である。
- 過去の調査結果に基づき、原子炉建物及び原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物のコンクリート強度の経年劣化の程度について、暫定評価結果を以下に示す。長期施設管理方針において、「短期」に対応が必要となるものはなく、通常の施設管理により、原子炉の安全は確保される。

No.	建物	使用開始時期 (年)	調査時期 / 調査時期 までの 経過年数 (年)	経過年数 (年)*1	塩化物 イオン 含有量 に係る評価 (kg/m <sup>3</sup> )	中性化深さ に係る評価 (中性化深さ/かぶり厚さ)			アルカリ骨材反応 に係る評価
①	原子炉建物及び 原子炉附属建物	1973	2005 / 32	51	0.33~0.48 ↓*2 最大0.77 【基準1.2以下】	15mm/72mm 10mm/64mm 9mm/36mm 10mm/22mm 11mm/30mm	→ *2	24mm/72mm 16mm/64mm 15mm/36mm 16mm/22mm 18mm/30mm	2013年にひび割れ調査を実施し、アルカリ骨材反応に起因する有害なひび等がないことを確認
②	主冷却機建物	1973	2012 / 39	51	0.13~0.26 ↓*2 最大0.34 【基準1.2以下】	0mm/85mm 0mm/80mm 5mm/160mm 5mm/160mm 0mm/85mm	→ *2	0mm/85mm 0mm/80mm 7mm/160mm 7mm/160mm 0mm/85mm	
③	第一使用済燃料 貯蔵建物	1982	2013 / 31	42	0.44~0.74 ↓*2 最大1.04 【基準1.2以下】	5.5mm/55mm 6.1mm/89mm	→ *2	8mm/55mm 9mm/89mm	
④	第二使用済燃料 貯蔵建物	1991	— 〔今年度 予定〕	33	上記と 同程度と推測				

\*1 2024年時点を想定。

\*2 建設時を「0」とし、外挿。※ ①1.6倍、②1.3倍、③1.4倍、④—