

STACY(定常臨界実験装置)施設

経年変化に関する技術的な評価に係る 保安規定変更認可申請について 【指摘事項回答】

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

令和5年7月4日

第1回審査会合(令和5年6月19日)での論点

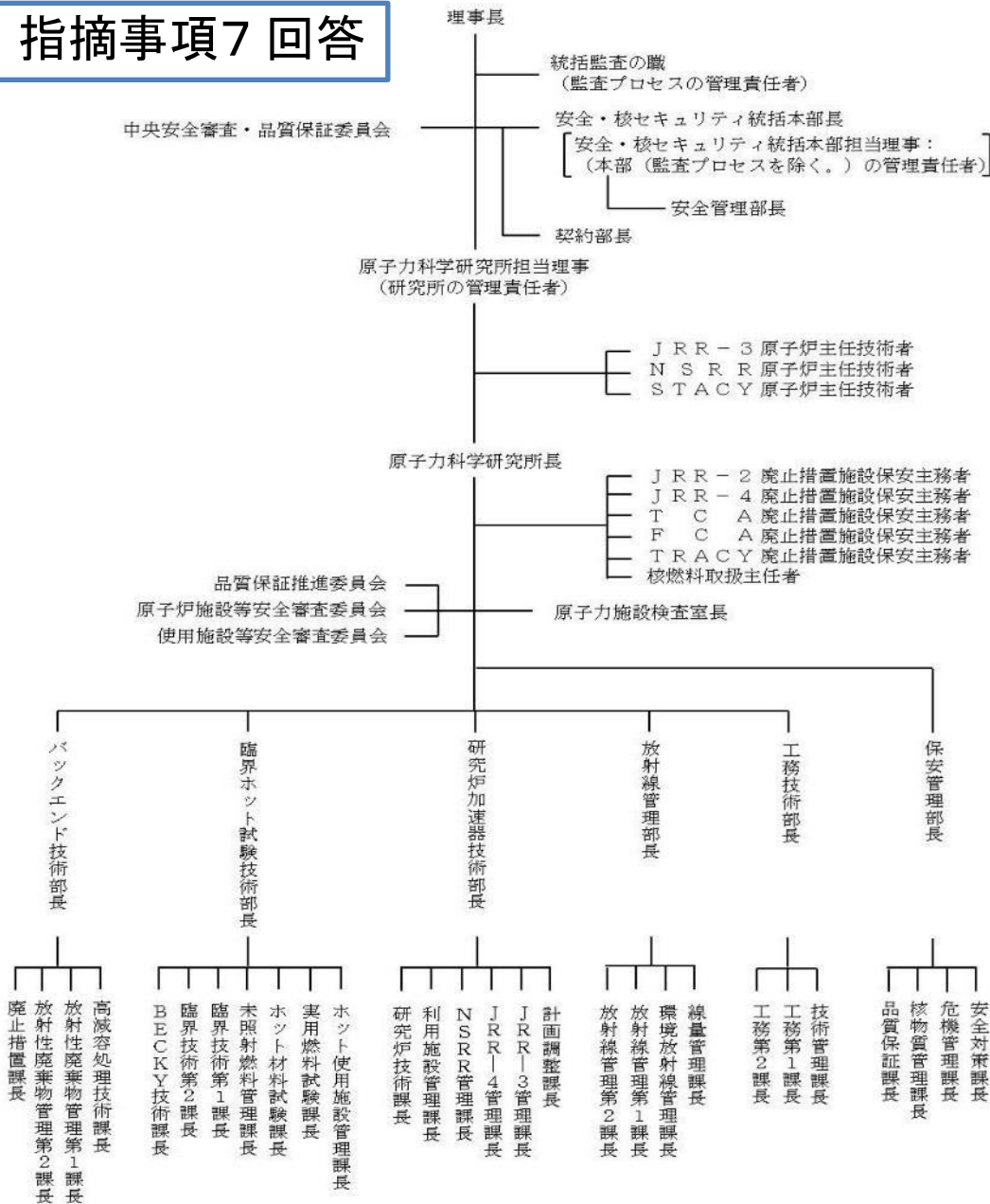
| No. | 指摘事項 | 対応状況 | 対応頁 |
|-----|---|--|-----------------------|
| 1 | 新設機器もいずれ評価対象になるため、評価対象とした上でフローの判断において条件付きで除外し、除外したものに対する今後の保全活動についても示すこと。 | 評価フローを修正し、すべての機器を評価対象とした上で新設設備を除外するとともに、除外したものの履歴管理を行い、今後の評価に反映することを示す。 | P.6 |
| 2 | 評価対象として安全機能を有する設備がすべて挙げられているが、施設の特性を勘案して選定すること。(例えばクラス3のうち高温高圧の機器に限定するなど) | 評価フローを修正し、すべての機器を評価対象とした上で、クラス2並びにクラス3のうちクラス2を支持する建家及び炉室(S)を対象とするとともに、対象外としたものの保全活動を示す。 | P.6 P. 10- P.20 |
| 3 | 評価フローにおいて、補修取替が容易な場合、無条件に評価対象から除外されるように見える。除外の前提として、保全活動で予防保全が行われていることが前提条件として必要である。また、消耗品や定期的に交換するものを含め、点検や交換は予防保全の観点からも実施していることがわかるようにすること。 | 評価フローを修正し、最初に保全活動の評価を行い、経年変化に関する評価を行うフローとする。なお、消耗品等の予防保全を含めた点検・保守が妥当であることは、すべての対象設備について確認することとなっている。 | P.6 P.21 |
| 4 | 不使用設備は、一般的な保守管理をすることによってよい。 | 不使用設備は一般的な保守管理を行う。フロー図における「一般的な保守管理」は「保安規定に基づく保守管理」に記載を改め、明確化を図る。 | P.6 |

第1回審査会合(令和5年6月19日)での論点

| No. | 指摘事項 | 対応状況 | 対応頁 |
|-----|---|--|---------------|
| 5 | どのような使用条件を考慮して事象を選定したのか示すこと。例えばコンクリートではアルカリ・骨材反応なども考えられる。 | 事象の選定について、使用条件の考慮も含めて示す。STACYのコンクリートの経年劣化事象については、使用条件、施工時の状況及び現状の保全を含めて示す。 | P.22- P.25 |
| 6 | 保全活動を含め、評価対象部位は、劣化しやすい部位を評価しているということによいか。評価部位の選定についても資料に記載すること。 | 評価対象部位は劣化しやすい部位について選定している。資料に追記して示す。 | P.7-9 |
| 7 | 実施体制は記載されているが、品証体制及び関連文書についても記載すること。 | 品証体制及び関連文書について追記する。 | P.4-5 |
| 8 | 指摘事項を反映した評価報告書の修正版を提出すること。 | 指摘事項を反映した評価報告書の修正版を提出する。 | — |

STACYの経年変化に関する評価 品質保証体制及び関連文書

指摘事項7 回答



(1) 品質保証体制

STACYの経年変化に関する評価については、「原子力科学研究所原子炉施設保安規定」及び「原子力科学研究所原子炉施設及び核燃料物質使用施設等品質マネジメント計画書」に基づく組織により活動を実施している。

STACYの経年変化に関する評価は、保安規定(第1編総則 第7章 原子炉施設の定期的な評価)に基づき「施設定期評価実施計画」を策定した上で実施した。

「施設定期評価実施計画」は、品質マネジメントシステムに定める組織により評価方法の妥当性を確認した。

また、当該計画に基づき作成した「施設定期評価報告書」についても品質マネジメントシステムに定める組織により評価結果の妥当性を確認した。

(2) 関連文書

経年変化に関する技術評価に係る関連文書は、保安規定に定める品質マネジメントシステム文書による。

・「中央安全審査・品質保証委員会の運営について」

・「原子炉施設等安全審査委員会規則」

指摘事項7 回答

STACYの経年変化に関する評価 実施体制

機構内審査

中央安全審査・品質保証委員会

- ・評価結果の妥当性確認
- ・長期施設管理方針の妥当性確認

原子炉施設等安全審査委員会

- ・評価計画の妥当性確認
- ・評価結果の妥当性確認
- ・長期施設管理方針の妥当性確認

臨界ホット試験技術部内品質保証委員会

放射線管理部内品質保証委員会

工務技術部内品質保証委員会

- ・評価計画の妥当性確認
- ・評価結果の妥当性確認
- ・長期施設管理方針の妥当性確認

理事長

・トップマネジメント

原子力科学研究所
担当理事

STACY原子炉
主任技術者

・評価内容確認

原子力科学研究所長

- ・評価計画の承認
- ・長期施設管理方針の承認

(施設管理統括者)

臨界ホット試験技術部長(本体施設)

放射線管理部長(放射線管理施設)

工務技術部長(特定施設)

- ・評価計画の策定
- ・評価結果のとりまとめ
- ・長期施設管理方針の策定

臨界ホット試験技術部

臨界技術第1課(本体施設)

放射線管理部

放射線管理第2課(放射線管理施設)

工務技術部

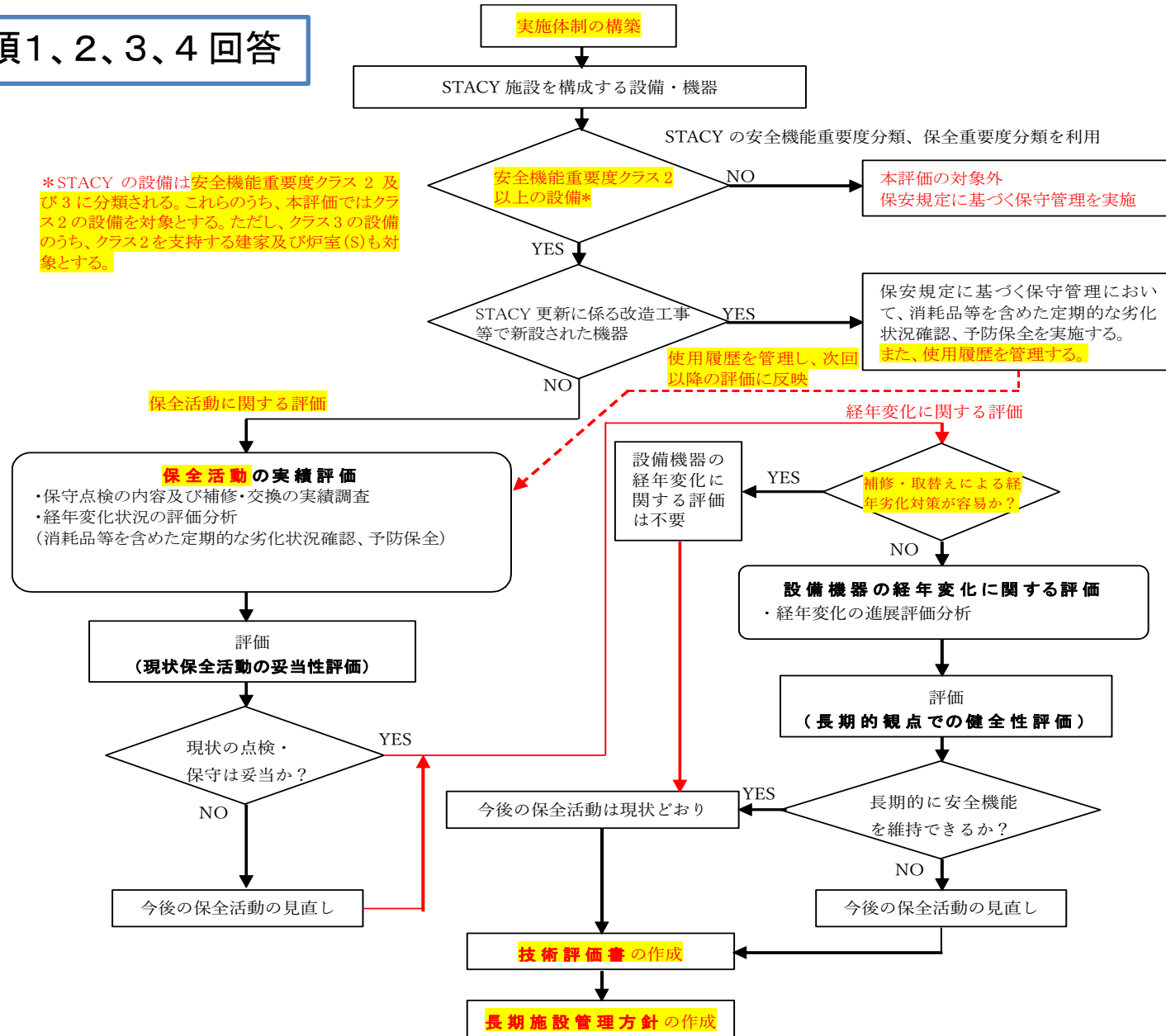
工務第1課(特定施設)

- ・評価計画の作成
- ・経年変化に関する調査・評価
- ・評価報告書の作成

・施設定期評価実施計画及び評価結果は、機構内の審査により妥当性を確認

STACYの経年変化に関する評価 評価フロー

指摘事項1、2、3、4 回答



経年変化事象の抽出

①設計上考慮されている経年変化事象

- ・試験研究用等原子炉施設の定期的な評価に関する運用ガイド、従前の定期的な評価に係る文部科学省事務連絡文書に記載された事象及び**实用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド**から、STACYの使用条件を考慮して経年変化事象を抽出

(STACYの使用条件と経年変化事象)

- ・高温・高圧環境なし(常温～最大水温70℃、大気圧で使用)
→変形、応力腐食割れ、熱時効の考慮は不要
- ・24時間連続換気空調の実施
→腐食の考慮は不要(鉄筋コンクリート内部の劣化、腐食は考慮する)
- ・振動を伴う動的な評価対象機器はなし
→摩耗の考慮は不要
- ・炉心は炉室(S)内に設置
→中性子照射は炉室(S)内のみ考慮

経年変化事象の抽出

| 機器・構築物 | 部位 | 腐食 | 変形 | 劣化(絶縁低下、中性化等) | 摩耗 | 中性子照射による劣化 | 応力腐食割れ | 熱時効 |
|--------|--------|----|----|---------------|----|------------|--------|-----|
| 核計装設備 | 検出器 | — | — | ○ | — | —* | — | — |
| | ケーブル | — | — | ○ | — | —* | — | — |
| | 電気部品 | — | — | ○ | — | — | — | — |
| 安全保護回路 | 電気部品 | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | ケーブル | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 筐体 | — | — | — | — | — | — | — |
| 建家 | コンクリート | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 鉄筋 | ○ | — | — | — | — | — | — |
| 炉室(S) | コンクリート | — | — | ○ | — | ○ | — | — |
| | 鉄筋 | ○ | — | — | — | ○ | — | — |

* 炉室 (S) 内に設置されているものは絶縁低下等の劣化と合わせて考慮

経年変化事象の抽出

- ②最近の知見で得られている経年変化事象※
- ・ 低サイクル疲労 (STACYでは該当なし)
→降伏点を超える応力の発生なし
 - ・ 中性子照射脆化
 - ・ 照射誘起型応力腐食割れ (STACYでは該当なし)
→高温高圧環境がなく応力要因なし
 - ・ 2相ステンレス鋼の熱時効 (STACYでは該当なし)
→2相ステンレス鋼を使用している機器なし
 - ・ 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

※2020年3月31日改正、原子力規制委員会「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」より

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(1/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| PS-2 | 炉心タンク※ | — | — | — |
| | 格子板※ | — | — | — |
| | 格子板フレーム※ | — | — | — |
| | 給水停止スイッチ※ | — | — | — |
| | 監視操作盤 | ○ | — | 電気部品及びケーブルの劣化 |
| | 低速給水バイパス弁※ | — | — | — |
| MS-2 | 核計装設備(安全保護系) | ○ | — | 電気部品及びケーブルの劣化 |
| | 安全保護回路 原子炉停止回路、安全保護系盤、 スクラム遮断器盤、主電源盤 | ○ | — | 電気部品及びケーブルの劣化 |
| | 安全板※ | — | — | — |
| | 急速排水弁※ | — | — | — |
| | 安全板駆動装置※ | — | — | — |
| | ガイドピン※ | — | — | — |

※STACY更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(2/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| MS-2 | 最大給水制限スイッチ※ | — | — | |
| | 排水開始スイッチ※ | — | — | |
| PS-2 | 低速給水吐出弁※ | — | — | — |
| MS-2 | 低速流量調整弁※ | — | — | — |
| PS-3 | ウラン棒状燃料 | — | — | — |
| | 中性子毒物添加棒状燃料※ | — | — | — |
| | 起動用中性子源 | — | — | — |
| | 棒状燃料貯蔵設備 棒状燃料収納容器 | — | — | — |
| | 棒状燃料貯蔵設備Ⅱ 棒状燃料収納容器※ | — | — | — |
| | 溶液燃料貯蔵設備 U溶液貯槽 | — | — | — |

※S T A C Y更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(3/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実 績評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|---|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | 溶液燃料貯蔵設備 U溶液校正ポット、ノックアウトポット、グローブボックス、液位計、インターロック、主配管、漏えい検知器、ドリフトレイ(グローブボックス内、貯槽室内) | — | — | — |
| | 粉末燃料貯蔵設備 Pu保管ピット | — | — | — |
| | 粉末燃料貯蔵設備 収納容器、受入エリアクレーン、保管エリアクレーン、その他(保管容器移動台車、貯蔵容器移送クレーン) | — | — | — |
| | ウラン酸化物燃料収納架台 | — | — | — |
| | コンパクト型ウラン黒鉛混合燃料収納架台、ディスク型ウラン黒鉛混合燃料収納架台 | — | — | — |

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(4/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実 績評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|---------------|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | 核計装設備(計測制御系) | - | - | - |
| | 炉室(S)放射線量率計 | - | - | - |
| | 炉下室(S)放射線量率計 | - | - | - |
| | サーボ型水位計※ | - | - | - |
| | 高速流量計及び低速流量計※ | - | - | - |
| | 炉心温度計※ | - | - | - |
| | ダンプ槽温度計※ | - | - | - |
| | ダンプ槽電導度計※ | - | - | - |
| | モニタ盤 | - | - | - |
| | 高速給水ポンプ※ | - | - | - |
| | 高速給水吐出弁※ | - | - | - |
| | 高速流量調整弁※ | - | - | - |

※S T A C Y更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(5/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|---|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | 高速給水バイパス弁※ | — | — | — |
| | 低速給水ポンプ※ | — | — | — |
| | インターロック盤 | — | — | — |
| | 中レベル廃液系 中レベル廃液貯槽、主配管、ポン プ、弁 | — | — | — |
| | 中レベル廃液系 漏えい検知器、堰 | — | — | — |
| | 低レベル廃液系 低レベル廃液貯槽、主配管、ポン プ、弁 | — | — | — |
| | 低レベル廃液系 漏えい検知器、堰 | — | — | — |
| | 極低レベル廃液系 極低レベル廃液貯槽、極低レベル 廃液一時貯槽、排水槽(I)、(II)、 サンプピット、配管、ポンプ、弁 | — | — | — |

※STACY更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(6/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | 極低レベル廃液系 漏えい検知器、堰 | - | - | - |
| | 有機廃液系 有機廃液貯槽B、主配管、ポンプ、弁 | - | - | - |
| | 有機廃液系 漏えい検知器、堰 | - | - | - |
| | 固体廃棄物保管室(I)、(II) | - | - | - |
| | 固定吸収体、構造材模擬体、デブリ 構造材模擬体、ボイド模擬体、燃料 試料挿入管、内挿管※ | - | - | - |
| | パルス中性子発生装置 | - | - | - |
| | 分析設備 グローブボックス | - | - | - |

※STACY更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(7/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | プロセス冷却設備 密閉式熱交換器、冷却水循環ポンプ、放射能モニタ、配管、弁 | - | - | - |
| | 真空設備 真空ポンプ、ベントコンデンサ、気液分離槽、バッファ槽、封液槽、ドレンポット、封液冷却器、ドレン排出ポンプ、封液循環ポンプ、自動弁 | - | - | - |
| | 圧縮空気設備 非常用空気圧縮機、常用空気圧縮機、アフタークーラ、フィルタ、除湿器、主空気槽、エアラインスーツ用空気槽、遮断弁 | - | - | - |
| | ホット分析機器試験設備 グローブボックス | - | - | - |
| | アルファ化学実験設備 グローブボックス | - | - | - |

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(8/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|---|----------------|--------------|---------------------|
| PS-3 | 燃取補助設備 蒸発缶給液槽、蒸発缶、精留塔、回収酸槽、回収水槽、その他(濃縮液受槽、グローブボックス、主配管) | - | - | - |
| PS-3 | 通常排水弁※ | - | - | - |
| MS-3 | 給排水系 主配管※ | - | - | - |
| MS-3 | 炉室(S) | ○ | ○ | コンクリート及び鉄筋の劣化 |
| | 炉室フード | - | - | - |
| | ダンプ槽※ | - | - | - |
| | 槽ベント設備B ブロワ(予備機を含む)、NO _x 洗浄塔、オフガス洗浄塔、デミスタ、ベント加熱器、フィルタ、主配管 | - | - | - |

※STACY更新に係る改造工事等で新設された機器

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(9/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| MS-3 | 槽ベント設備B 燃調グローブボックス、貯蔵グ ローブボックス | - | - | - |
| | 槽ベント設備D ブロウ(予備機を含む)、フィルタ、 加熱器、主配管 | - | - | - |
| | 気体廃棄物処理設備 洗浄塔、加熱器、ブロウ、フィルタ (I)、フィルタ(II)、デミスタ、気体 廃棄物処理グローブボックス、 フード、主配管 | - | - | - |
| | 排気筒 | - | - | - |
| | 作業環境モニタリング設備 室内ガスモニタ | - | - | - |
| | 作業環境モニタリング設備 室内ダストモニタ、ガンマ線エリア モニタ、中性子線エリアモニタ | - | - | - |

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(10/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------------|
| MS-3 | 排気筒モニタリング設備 排気筒ガスモニタ、排気筒ダストモニタ | - | - | - |
| | 炉室(S)換気空調設備 | - | - | - |
| | 非常用発電機 | - | - | - |
| | 無停電電源装置 | - | - | - |
| | 実験棟A建家換気空調装置 | - | - | - |
| | 実験棟Aグローブボックス換気装置 | - | - | - |
| | 実験棟Aフード換気装置 | - | - | - |
| | 実験棟B建家換気空調装置 | - | - | - |

経年変化事象の抽出 評価対象機器及び経年変化事象(11/11)

| 重要度 クラス | 構築物、系統及び機器 | 保全活動実績 評価対象 | 経年変化 評価対象 | 設計上考慮している 経年変化事象 |
|------------|--|----------------|--------------|---------------------|
| MS-3 | 実験棟Bグローブボックス換気装置 | - | - | - |
| | 実験棟Bフード換気装置 | - | - | - |
| | 消火設備 自動火災報知設備(感知器、発信器、受信器)、屋内外消火栓設備(工業用水受槽、電動消火ポンプ、消火ポンプ起動装置、屋内外消火栓)、連結散水設備(消防ポンプ車送水接続口、配管設備)、消火器 | - | - | - |
| | 安全避難通路等 | - | - | - |
| | 通信連絡設備 | - | - | - |
| | 建家 実験棟A、実験棟B | ○ | ○ | コンクリート及び鉄筋の劣化 |

経年変化事象の評価

【保守点検の実績評価】

保守・点検の内容や補修・交換について、点検記録、検査記録、作業記録等を調査し、現状の保全内容が適切なものであることを確認
【評価報告書 P.32-47】

【評価結果】

点検・保守、交換等が**予防保全の観点から、消耗品を含めて**確実に
行われていることを確認したため、保全活動内容は妥当であると評
価する。

- ・基本的に年に1回の年次点検等で確認(作動確認、外観確認等)
- ・外観点検では支持構造物及び基礎ボルトの変形や減肉も含めて確認(換気空調された環境下に設置されており、変形や腐食等がないことを確認)

経年変化事象の評価

【設備機器の経年変化に関する評価】

補修、取替えによる経年劣化対策が容易でないものについて、構造、使用材料、使用条件等を考慮して抽出した経年変化事象に対して実施した保守点検の実績等を考慮し、10年後の経年変化による健全性評価を実施

【対象設備】

建家等(建家(実験棟A及びB)、炉室(S))

- ・補修・取替えによる経年劣化対策が容易でないものとして、コンクリート構造物を選定(局所的な軽微な補修は可能であるが、広範囲に内部が劣化した場合、補修・取替は困難)
- ・その他の設備は、異常のおそれがある場合、運転を停止して対応可能(溶液燃料貯槽は予備槽に燃料移送して対応)

【コンクリートの経年変化事象】

- ・アルカリ骨材反応
- ・塩害(外壁)
- ・中性化(屋内、仕上げ材なし)
- ・中性子照射による劣化(炉室(S))

【評価結果(アルカリ骨材反応、塩害、中性化)】

(1)アルカリ骨材反応、塩害:

- ・保全活動において外観にひび割れ等の異常がないことを確認している。
- ・外壁表面には仕上げ材が施工されている。
- ・施工時期はアルカリ量及び塩化物量の規制に係るJIS改正(1986年)後の1989年～1992年であり、品質管理されたレディーミクストコンクリートを使用している。

以上を総合的に勘案し、健全性は維持されると評価した。

【評価結果(アルカリ骨材反応、塩害、中性化)】

(2) 中性化

・劣化しやすい部位について実測を行うとともに、今後10年間の劣化進展について評価した。最も厳しい評価結果となる部位(実験棟A3階炉室上部:仕上材なし、熱源近傍のため温度高、人の立入り頻度高)ではコンクリートかぶり厚さ60mmに対して、10年後の中性化深さは40.4mmである(その後約50年後に60mmに到達すると推定される)。また、施工後約25~27年経過した2016年の調査における実測では、推定値31.0mmに対して実測値はその74%であり、推定値は保守的な結果を示した。以上のことから、長期的に安全機能を維持できることを確認した。



経年変化事象の評価

【評価結果(中性子照射による劣化)】

- ・中性子照射により劣化しやすい部位は炉室(S)内の壁(床・天井含む)
- ・炉室(S)内の中性子照射量の評価を行った結果、保守的な評価(鉄筋コンクリートが炉心内の燃料棒の位置にあると仮定)をしても約 7.2×10^{14} n/cm²であり、中性子照射によりコンクリートの劣化が起こる 1×10^{19} n/cm²及び鉄筋の劣化が起こる 1×10^{18} n/cm²に対して十分な裕度があることから、健全性が確保されていることを確認した。今後10年間の運転(年間最大積算出力3kW・h/年×10年)を考慮しても中性子照射量は 4.2×10^{15} n/cm²程度であり、長期的に安全機能を維持できることを確認した。