

茨城県原子力安全対策委員会 説明資料

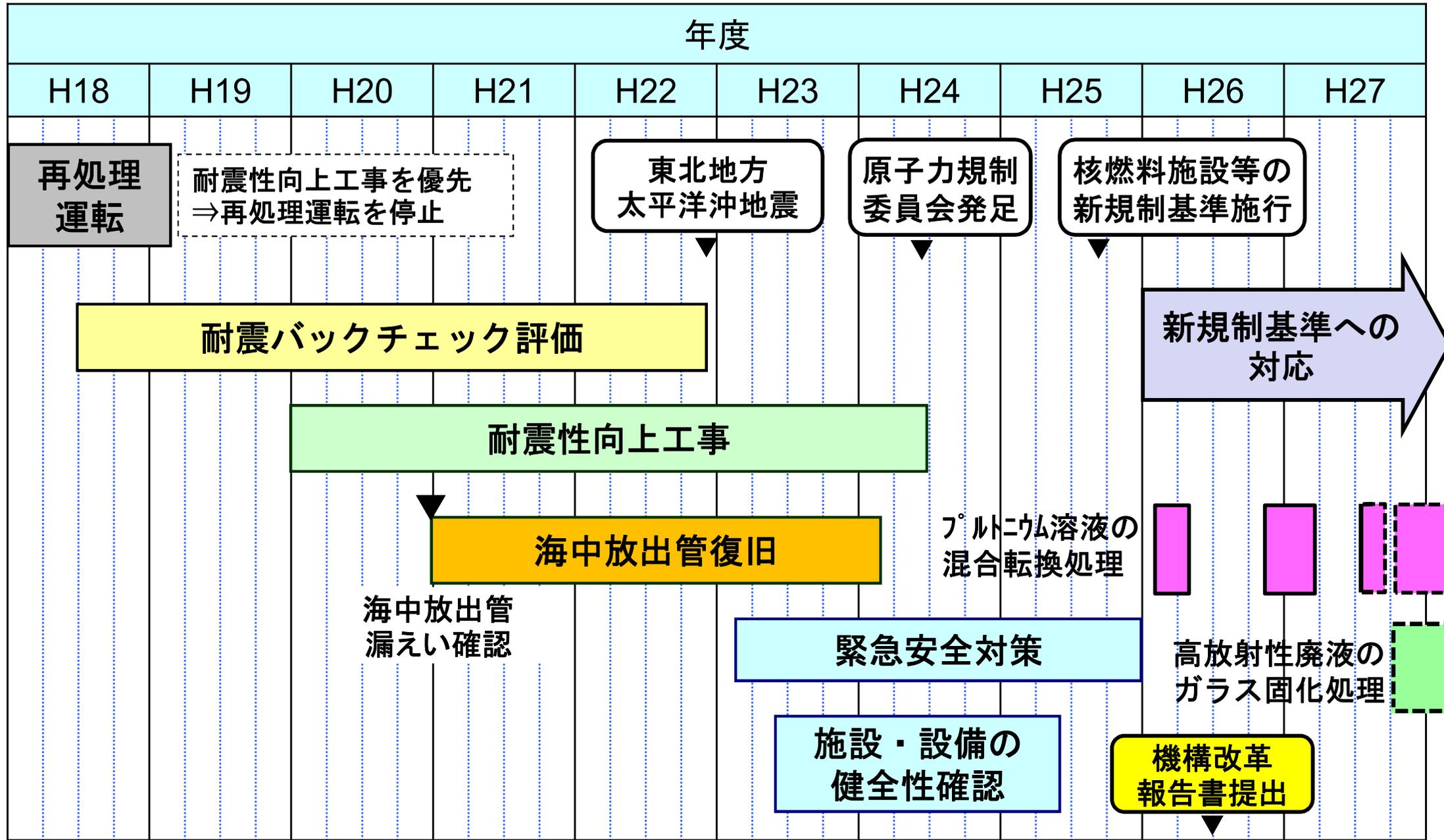
東海再処理施設における 高放射性廃液のガラス固化について － ガラス固化技術開発施設の運転再開 －

平成27年(2015年) 12月17日

日本原子力研究開発機構(JAEA)
核燃料サイクル工学研究所

1. 東海再処理施設の概況	
1-1 近年の状況	..... 1
1-2 潜在的ハザード低減に係る説明経緯	..... 2
1-3 Pu溶液の固化・安定化にかかる取り組み状況	..... 3
1-4 環境の変化と事業の見直し(機構改革)	..... 4
2. 高放射性廃液の保管状況	
2-1 高放射性廃液の保管場所と保管量	..... 5
2-2 高放射性廃液貯槽の設置状況	..... 6
3. 高放射性廃液のガラス固化	
3-1 TVFの概要	..... 7
3-2 ガラス固化処理の工程	..... 8
3-3 ガラス固化による安全性の向上	..... 9
3-4 スケジュール	..... 10
3-5 両腕型マニプレータの整備	..... 11
3-6 TVFの運転に係る組織と設備	..... 13
3-7 TVF運転再開に向けた準備体制	..... 14
3-8 機器の点検整備	..... 15
3-9 設備点検、作動確認の対象機器	..... 17
3-10 機器の点検整備	..... 18
3-11 新規制基準を踏まえた安全対策	..... 22
3-12 運転員の教育・訓練	..... 25
3-13 ガラス固化の実績と今後の計画	..... 27

1-1 近年の状況



1-2 潜在的ハザード低減に係る説明経緯

平成23年 3月11日 東北地方太平洋沖地震発生
平成24年 9月 原子力規制委員会発足
平成25年 7月 核燃料施設等の新規制基準に関する事業者ヒアリング



- 潜在的ハザードに関する意見書を提出(H25.7)
- 原子力規制庁による実態調査(H25.8~12)
 - ・潜在的ハザードに係るヒアリング(原子力規制庁へ固化・安定化の必要性及び計画の説明)
 - ・現地調査(原子力規制庁による東海再処理施設の現地確認)
- 原子力規制委員会(H25.12)
原子力規制庁による調査結果の報告及び原子力機構の固化・安定化の計画について確認



平成25年12月 新規制基準施行

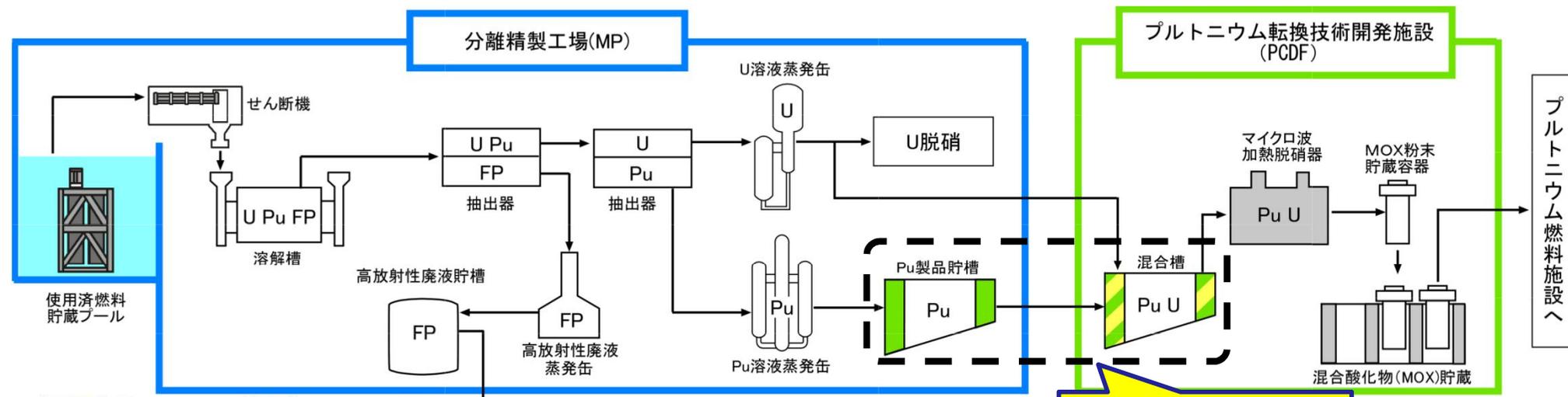
【原子力規制委員会】

- 当面5年間は、現状の状態で固化・安定化処理を進めリスク低減に努めること。
- この間に、地元の了解も得ながら、ガラス固化体保管施設増強等の措置を行うこと。
- 新規制基準の適用の考え方については5年後にあらためて整理する。

【茨城県原子力安全対策委員会】

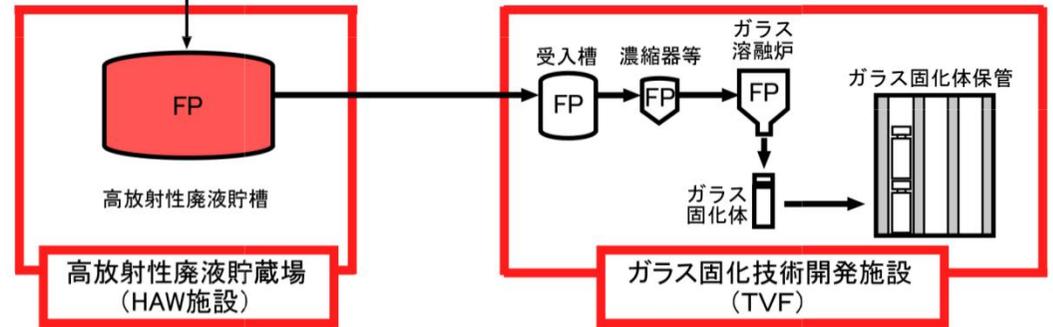
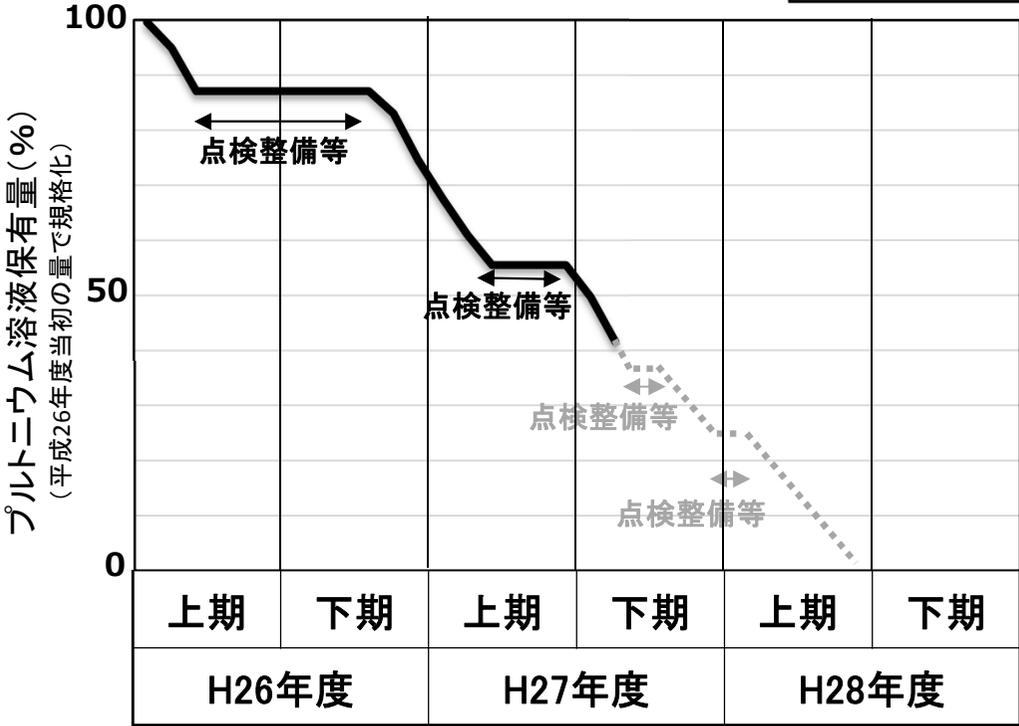
- プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)、ガラス固化技術開発施設(TVF)における固化・安定化処理の計画は、リスクを低減する作業であることを確認した。

1-3 Pu溶液の固化・安定化にかかる取り組み状況



U :ウラン Pu :プルトニウム FP :核分裂生成物

プルトニウム溶液を保有する工程



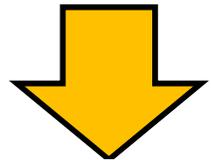
TVF: Tokai Vitrification Facility

- プルトニウム溶液の安定化処理を平成26年4月から開始
- 平成27年11月末までに、当初保有量の約6割を処理
- 平成28年度(上期)には処理を終える見通し

1-4 環境の変化と事業の見直し（機構改革）

【東海再処理施設をとりまく環境の変化】

- 運転及び技術開発を通して、再処理技術の国内定着に貢献。
- 六ヶ所再処理工場に対する技術移転をほぼ完了。
- 運転継続を前提とした新規制基準への対応には、大規模な改造工事と費用が必要。
- 一方で、処理対象はふげんのMOX使用済燃料等の特殊な燃料約110トンのみ。



東海再処理施設や再処理技術開発のあり方を検討（機構改革の一環）

【日本原子力研究開発機構改革報告書】（平成26年9月30日付）

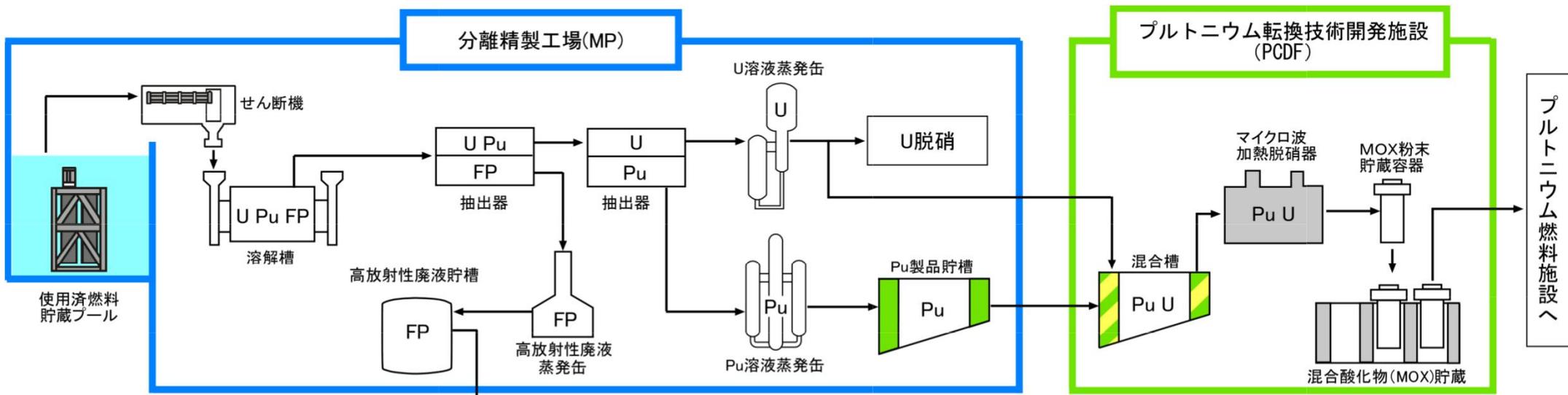
○ 東海再処理施設

- 使用済燃料のせん断、溶解等を行う一部の施設の使用をとりやめる。
- 中長期目標期間中に廃止措置計画を申請する方向で検討を進める。
- 再処理施設等の廃止措置体系の確立に向けた技術開発に着手する
- 高放射性廃液のガラス固化処理等、放射性廃棄物対策を進める。

○ 再処理技術開発

- 六ヶ所再処理工場への技術支援を継続する。
- 再処理技術の高度化、基礎・基盤技術開発を継続する。

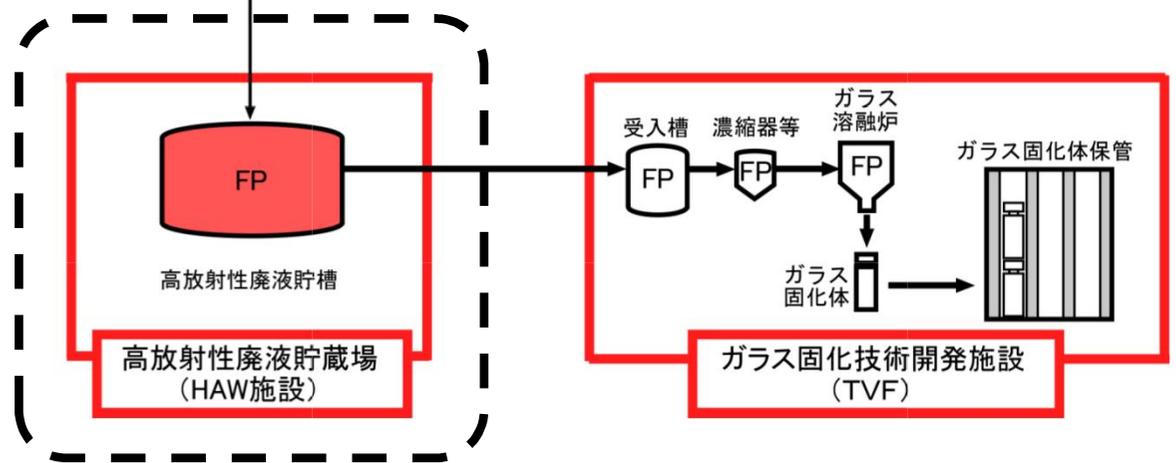
2-1 高放射性廃液の保管場所と保管量



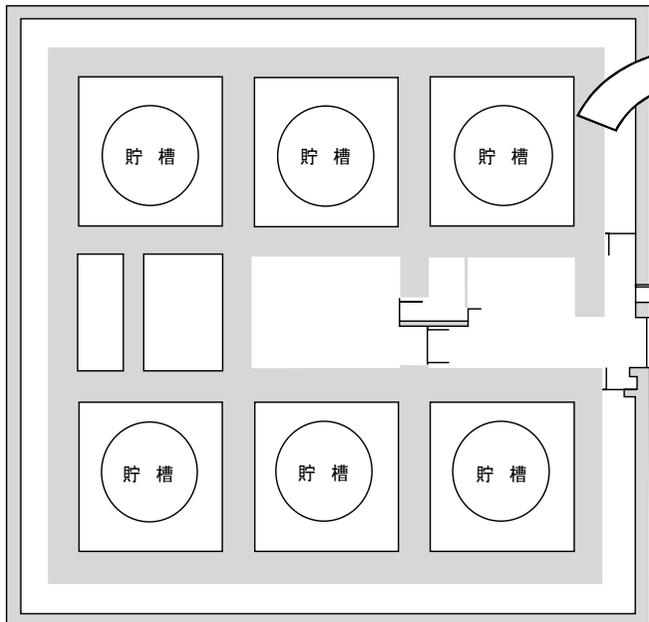
U :ウラン Pu :プルトニウム FP :核分裂生成物

**高放射性廃液 約400m³※
(平成27年11月末時点)**

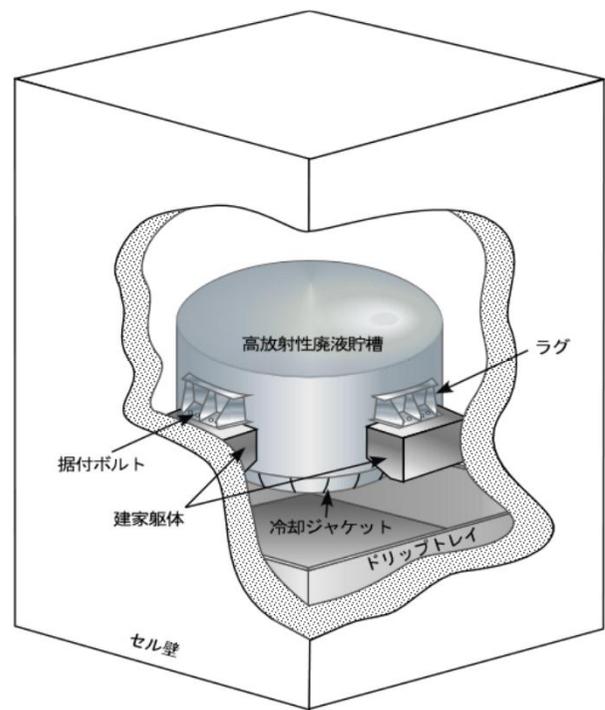
※高放射性廃液は水分(硝酸)の自然蒸発により徐々に減少するため、適宜硝酸を供給し貯蔵に適した濃度を維持している。このため処理等を行っていない場合でも高放射性廃液量は時期によって僅かに増減する。数値には分離精製工場の貯蔵している希釈済みの廃液約22m³を含む。



2-2 高放射性廃液貯槽の設置状況

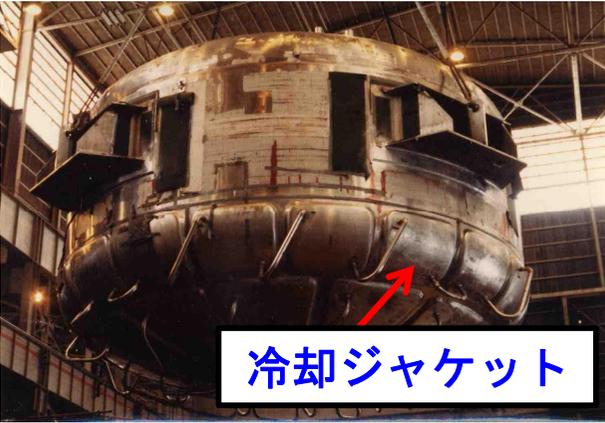


6基（うち1基故障時の予備）
高放射性廃液貯槽の配置（平面図）



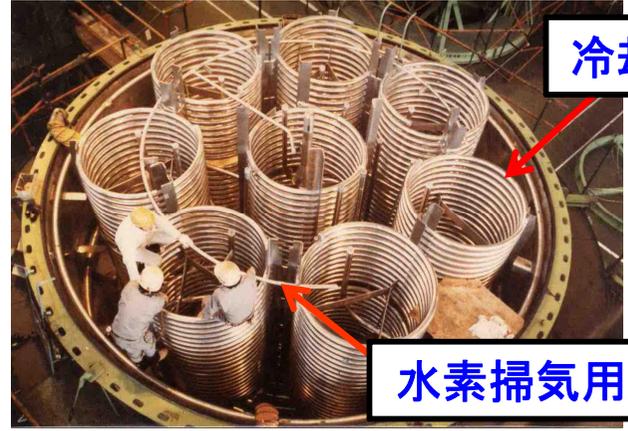
高放射性廃液貯槽の設置状況

貯槽の大きさ、材質等	
直径	約 6.8 m
高さ	約 4.8 m
板厚	22 mm
容量	約 120 m ³
材質	SUS316ULC



冷却ジャケット

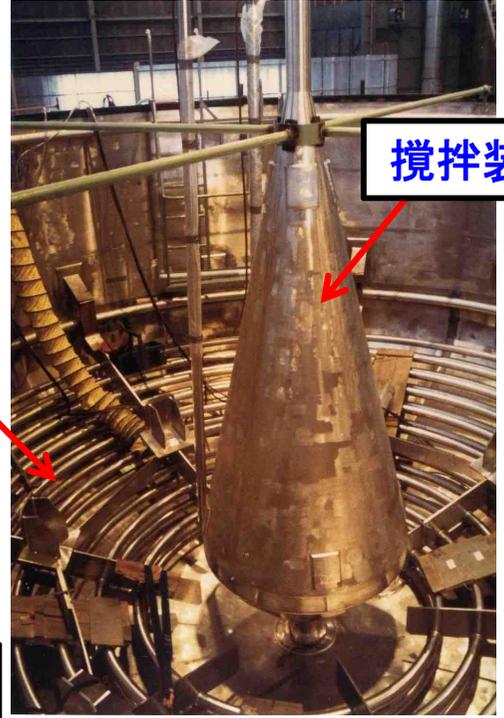
高放射性廃液貯槽外観（製作時）



冷却コイル

水素掃気用空気配管

高放射性廃液貯槽内部（製作時）

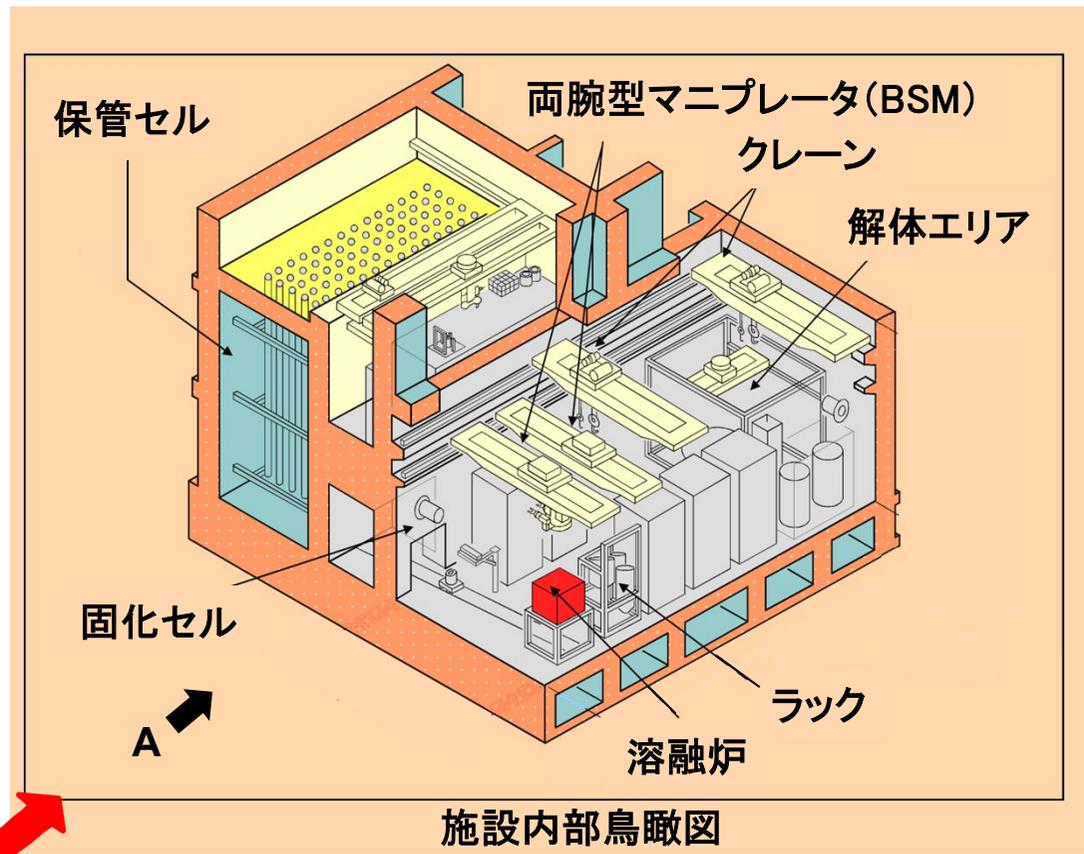
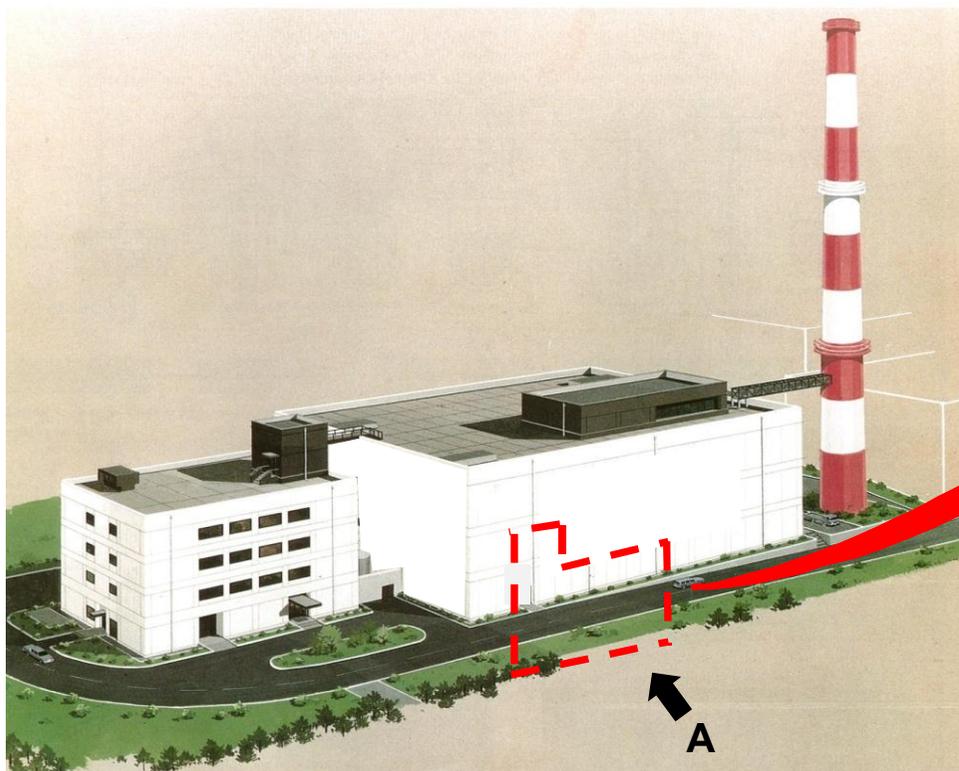


攪拌装置

3-1 TVFの概要

国産技術によるガラス固化技術を開発・実証するため、東海再処理施設の付属施設として設置。

- ・平成4年4月：施設完成
- ・平成7年1月：運転開始
- ・平成19年2月まで：ガラス固化体247本製造
- ・以後、耐震性向上工事を優先し運転を一時停止

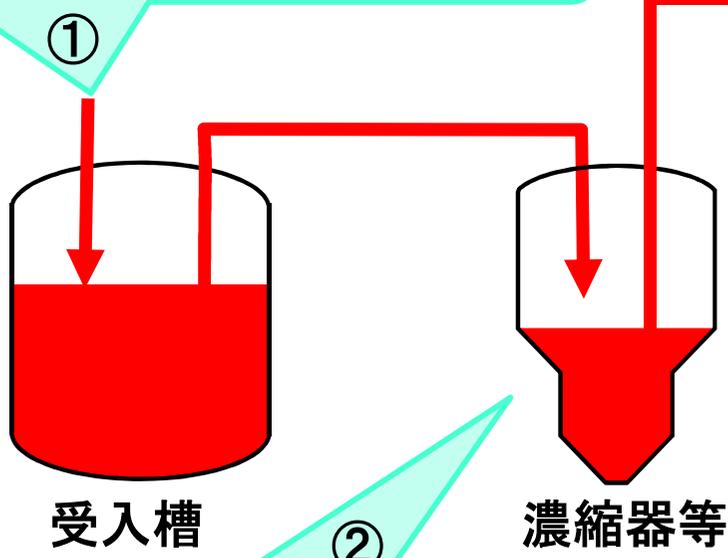


特徴：全遠隔保守方式を採用

- ・大型セル(固化セル約12m×約27m×約13m)
- ・遠隔保守装置(両腕型マニプレータ(BSM))
- ・ラックシステム(設備ブロック単位で整備・交換)

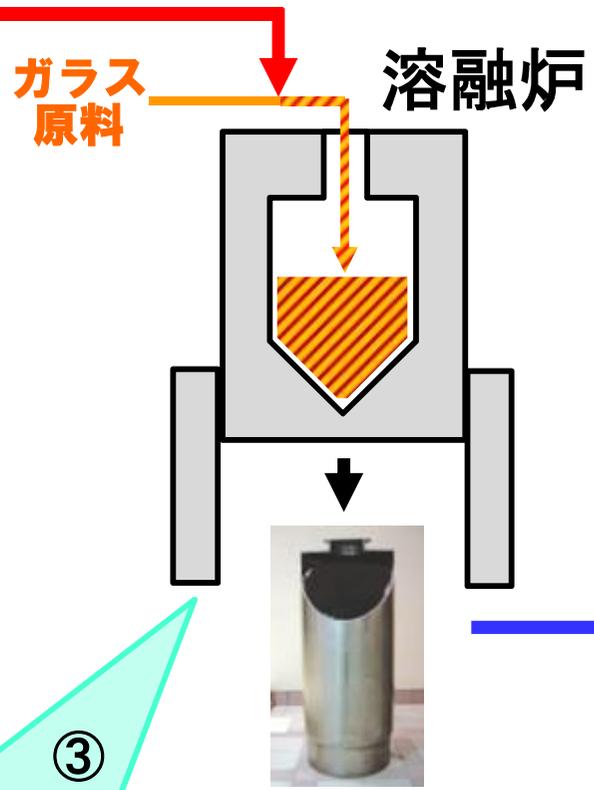
3-2 ガラス固化処理の工程

① 高放射性廃液貯蔵場の貯槽から高放射性廃液を受入れ

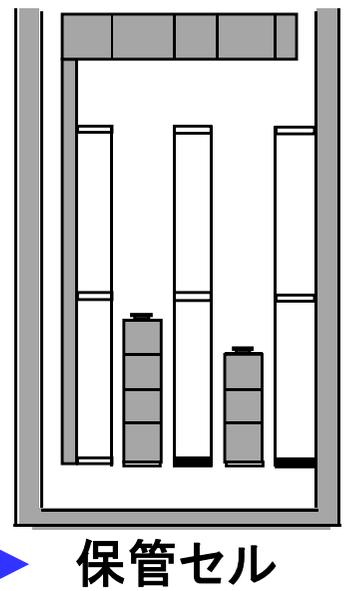


② 廃液を蒸発濃縮して廃棄物濃度を調整

③ 廃液をガラス原料に含浸
・ 溶融炉に入れて溶融
・ 溶融した廃棄物ガラスをステンレス容器に流下・注入
・ 冷却固化し、蓋を溶接



④ ガラス固化体外表面を除染・検査
・ 保管セルに移動し、空冷・保管

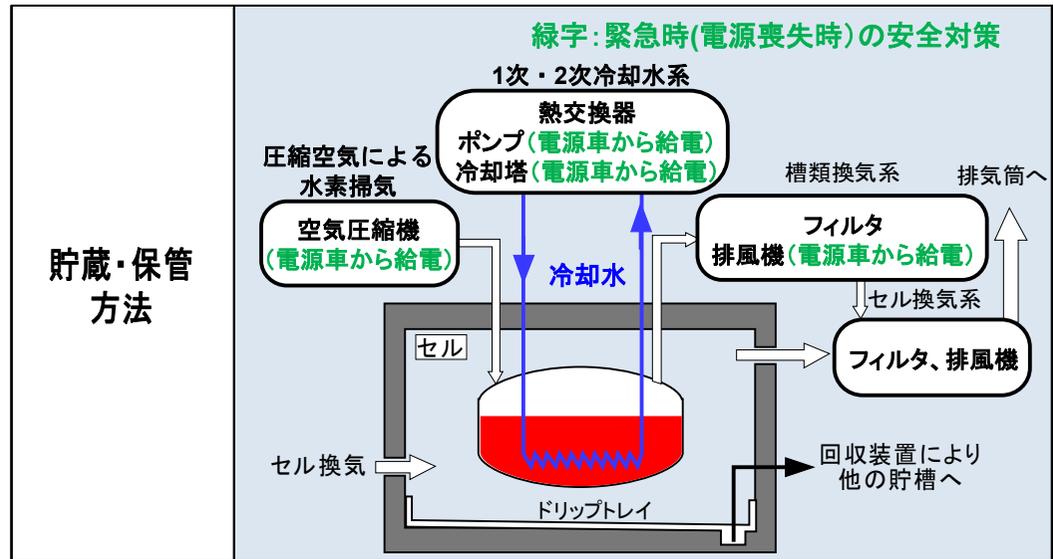


3-3 ガラス固化による安全性の向上

ガラス固化により、長期間の貯蔵・保管の安全性向上を図る

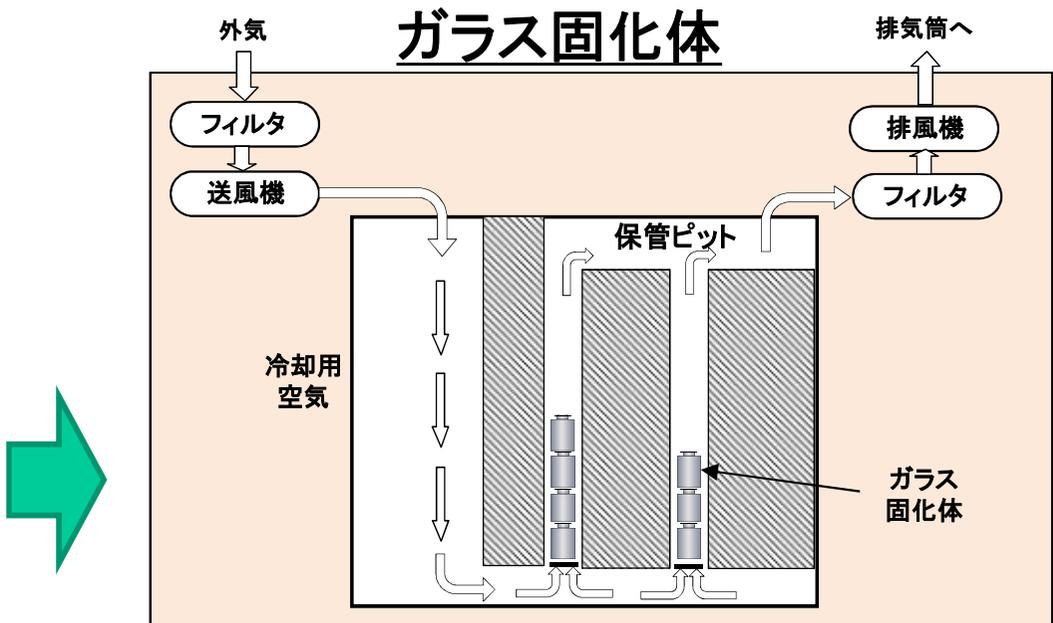
- 水素の掃気が不要
- 冷却機能が喪失しても自然通風による冷却が可能

高放射性廃液



安全機能	通常時	電源喪失時
冷却	冷却水を循環して冷却	電源車からの給電により冷却水を循環して冷却
水素掃気	圧縮空気を供給及び換気して水素を掃気	電源車からの給電により圧縮空気を供給及び換気して水素を掃気

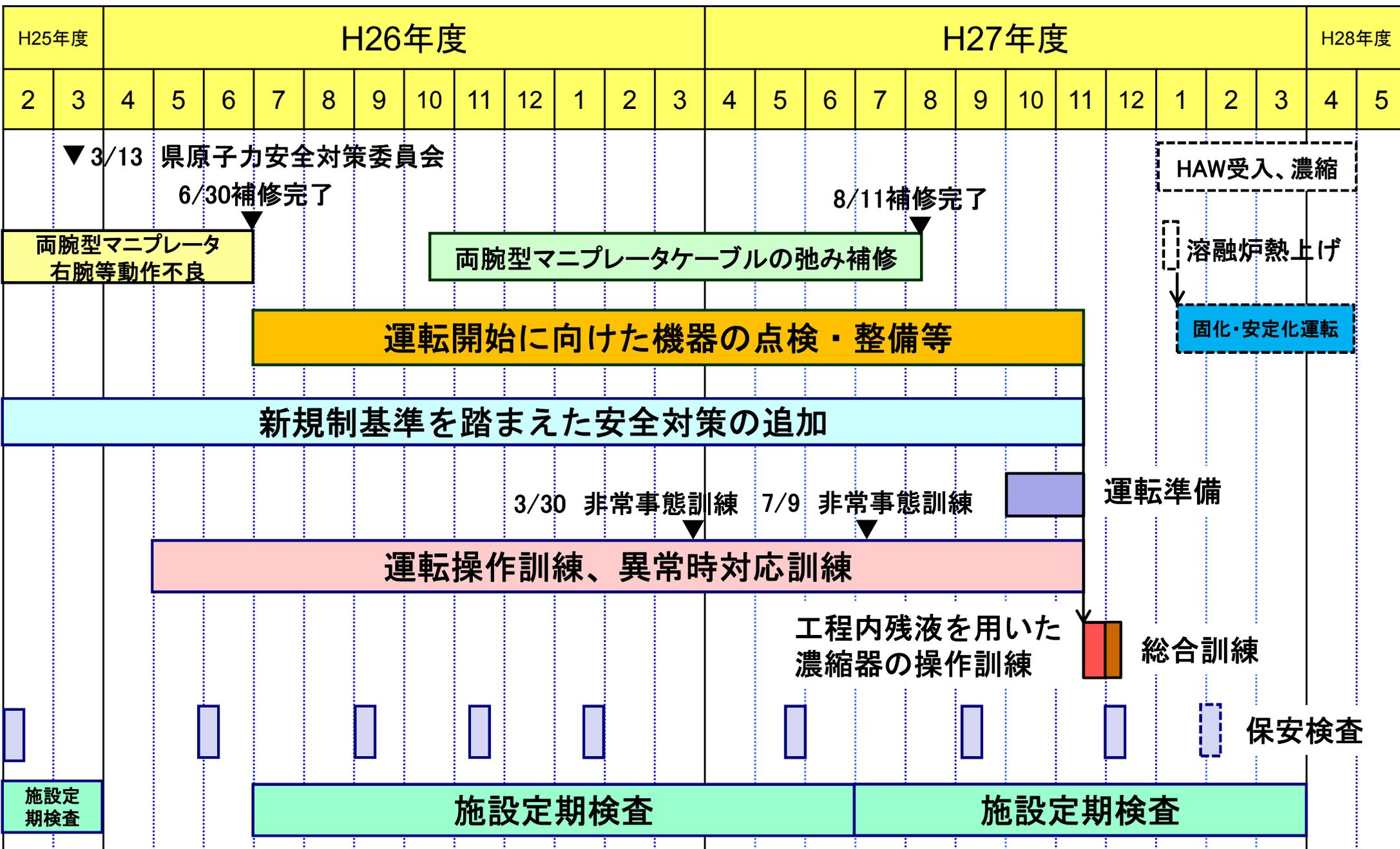
ガラス固化体



通常時	電源喪失時
送・排風機による強制空冷	不要* (自然通風による冷却が可能)
不要	

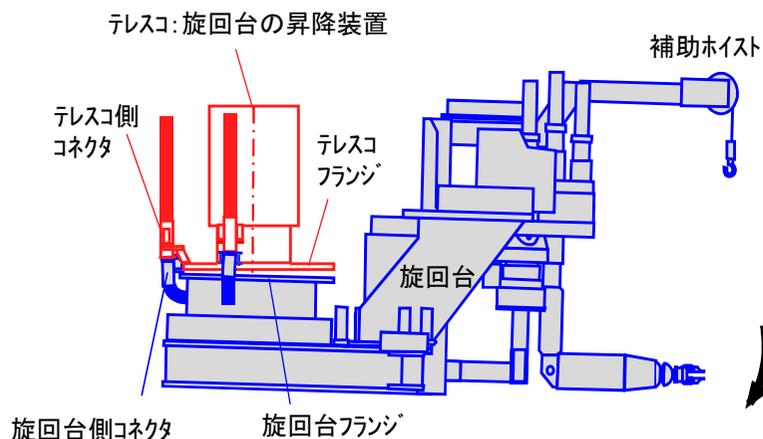
* 強制空冷に比べガラス固化体の温度は上昇するが、ガラス固化体容器の変形など安全上の問題は生じない。

3-4 スケジュール



3-5 両腕型マニプレータの整備 (1/2)

旋回動作中に右腕、補助ホイスが動かなくなる事象が発生：H25.6発生、H26.6補修完了



旋回台前方が重いため、コネクタは閉じる方向。
(旋回台側コネクタが最大0.4mm押し上げられる。)

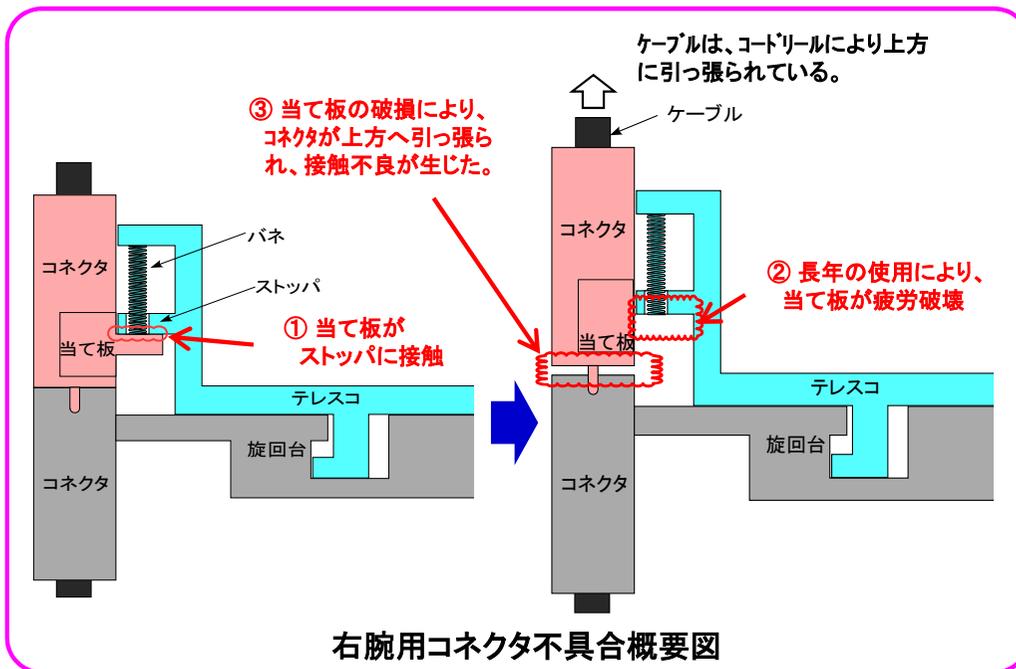
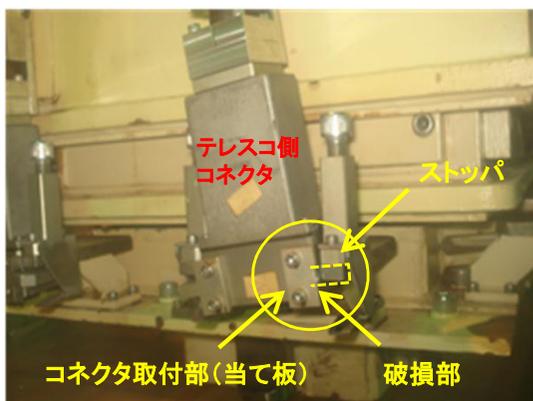
原因

- ・ テレスコ側コネクタは、当て板の設置位置がわずかにズレていたため、旋回台側コネクタに押し上げられたとき、ストッパに接触して、力が加わり、長年の使用により当て板が疲労破断。

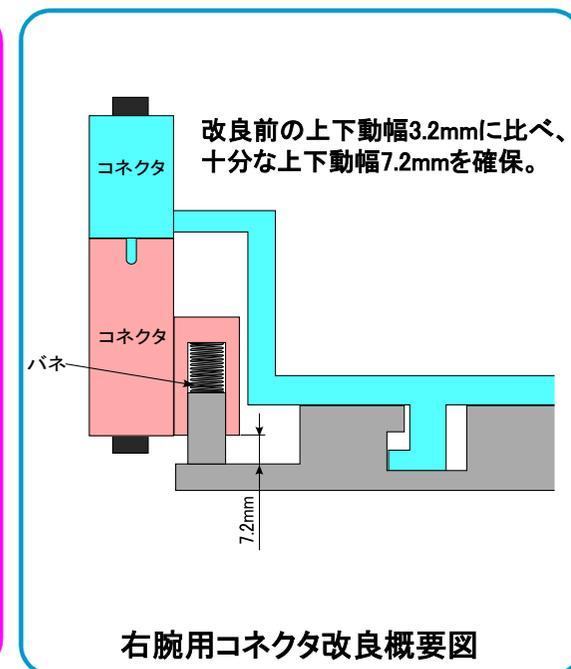
対策

- ・ 旋回に伴う旋回台側コネクタの上下動を十分に吸収できる構造のコネクタに改良。
- ・ テレスコと旋回台接続部にある、同構造の2個のコネクタ(左腕用及び旋回台/ITVカメラ用 コネクタ)についても改良したコネクタに交換。

両腕型マニプレータ側面図



右腕用コネクタ不具合概要図



右腕用コネクタ改良概要図

右腕/補助ホイス用コネクタの外観

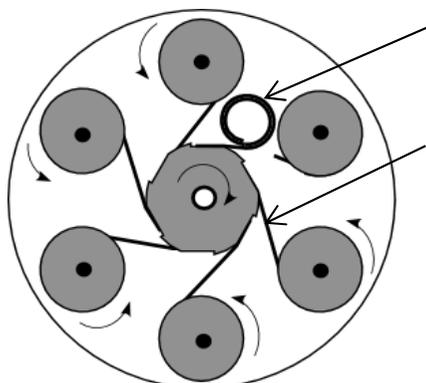
3-5 両腕型マニプレータの整備 (2/2)

旋回台上昇時に旋回台用ケーブルが弛む事象が発生：H26.10発生、H27.8補修完了

旋回台用コードリール



巻取り用バネ



板状のバネが破断し、丸まっている状態 (6箇所中1箇所破断)

板状のバネが正常に中心軸に取付けられている状態

※ 矢印は巻取り方向を示す。

原因

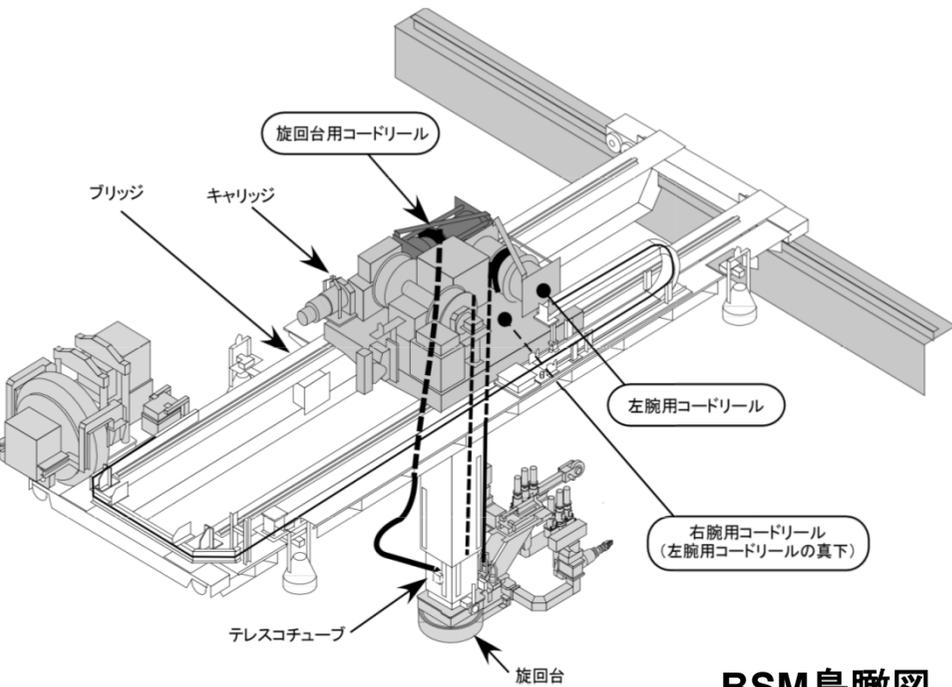
- ・バネの設定寿命(6,000回)を超えて使用(約7,000回と推定)したことによる破断。

対策

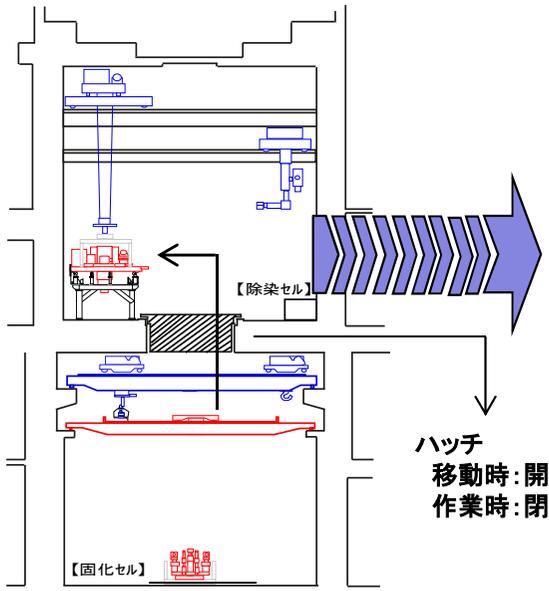
- ・旋回台用コードリール及び同一期間使用している右腕用コードリール、左腕用コードリールを予備品と交換。
- ・今後、作動履歴を管理し使用する。

巻取り用バネ部

バネ破断部(6個中1個破断)



BSM鳥瞰図



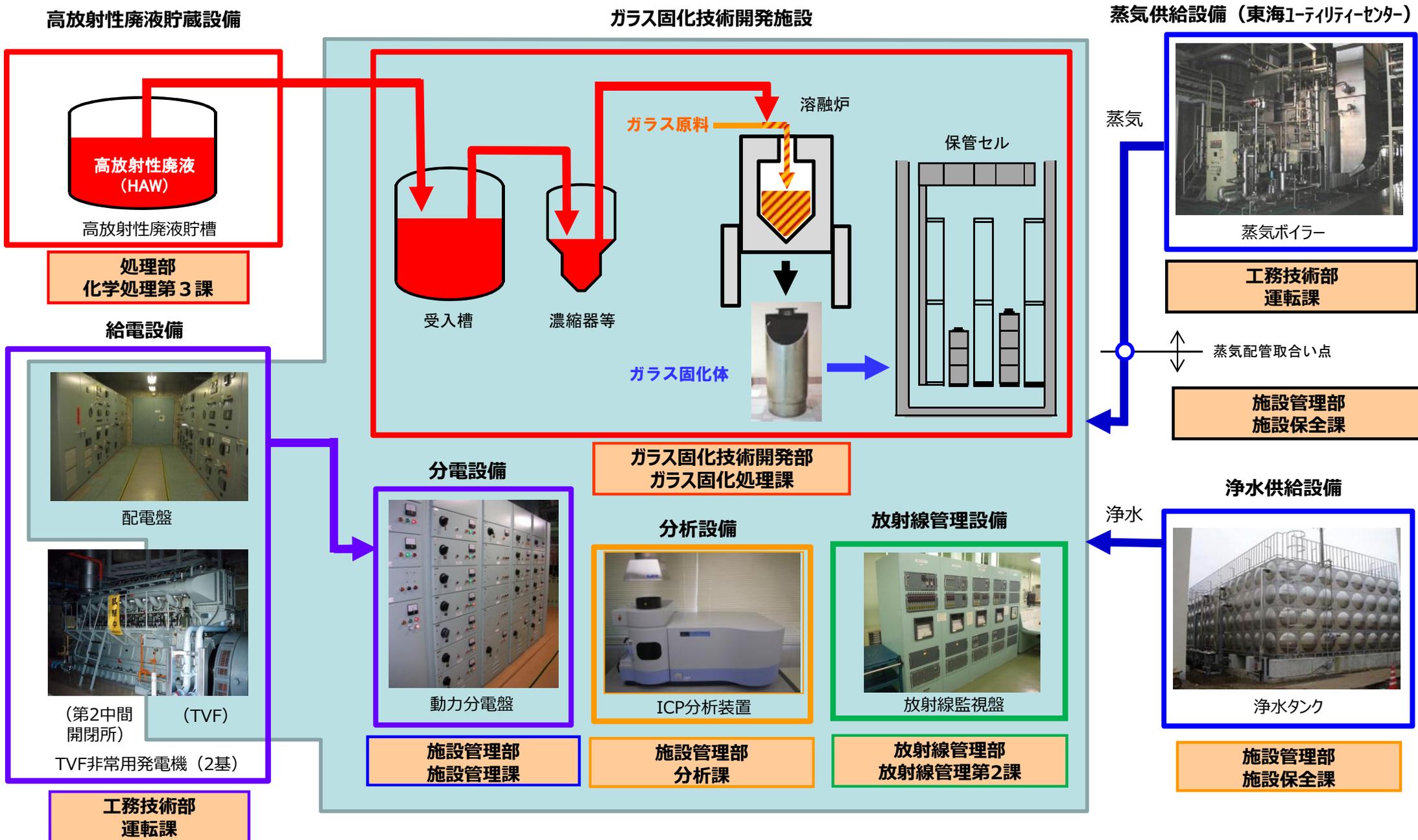
固化セル断面図

ハッチ
移動時：開
作業時：閉

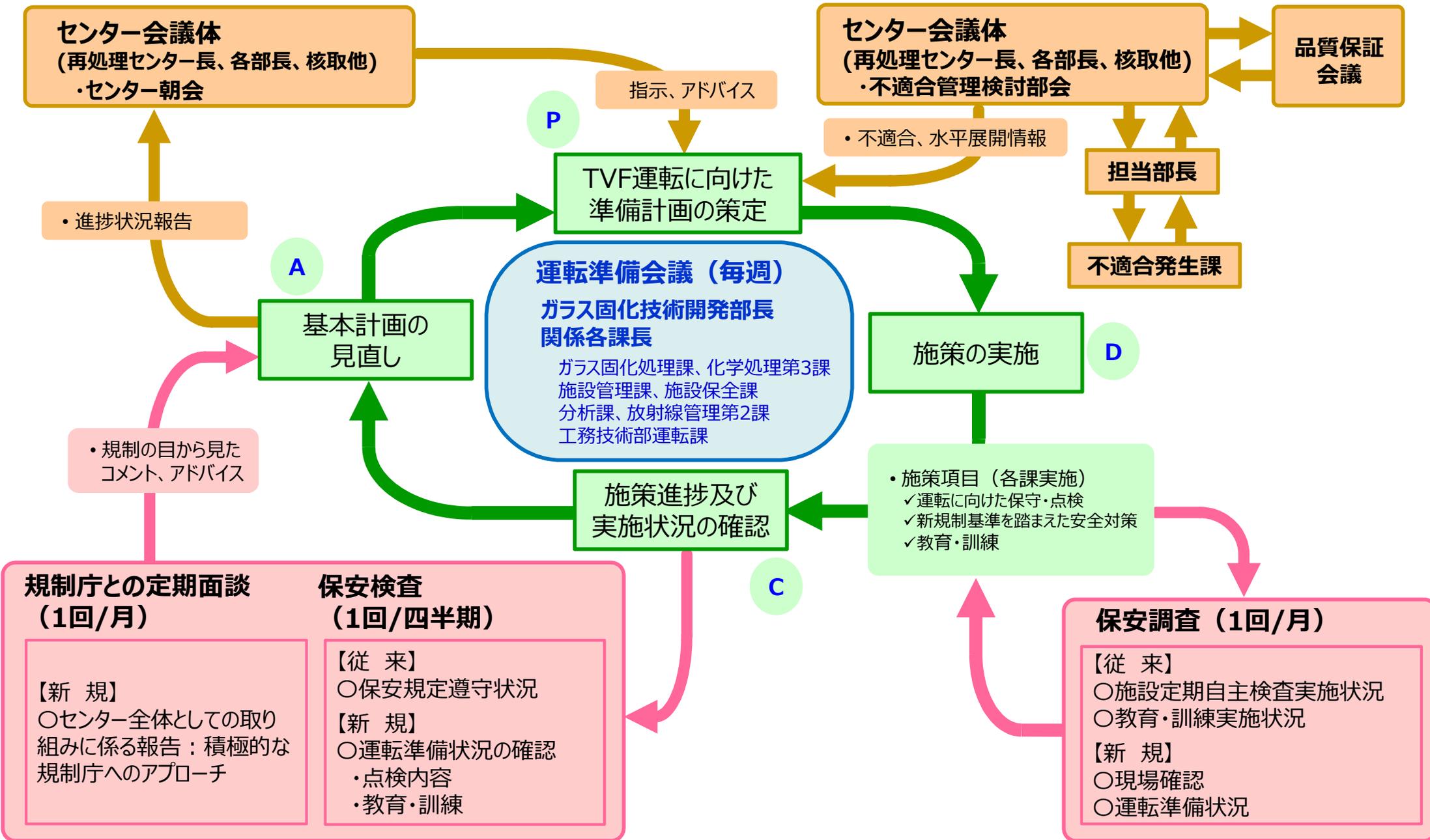


セル内作業状況

3-6 TVFの運転に係る組織と設備

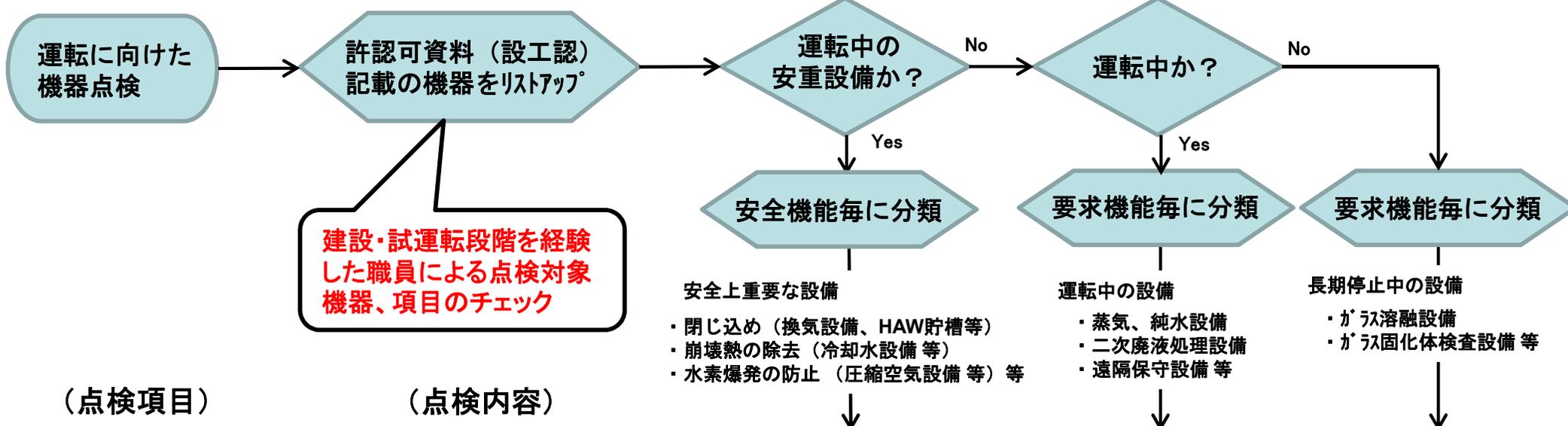


3-7 TVF運転再開に向けた準備体制



3-8 機器の点検整備 (1/2) (点検内容の検討)

(点検対象機器の分類)



(点検項目)

(点検内容)

従来点検 (トラブル事象の水平展開を含む)		施設定期検査、法令・保安規定・センター規則に基づく点検 (不適合に対する再発防止対策を含む)	○	○	○
追加点検	長期の運転停止を考慮した点検整備	運転状態を模擬した作動確認等	常時運転中	常時運転中	◎
	設備の高経年化を考慮した点検整備	使用期間を考慮した部品交換等	◎	◎	◎
	遠隔保守対象機器に対する点検整備	TVF特有の設計を有した遠隔保守機器等について、特有の構造を踏まえた点検整備	◎	◎	◎
			安全機能を担保する観点から、系統全体の点検を実施	要求機能を担保する観点から点検を実施	

【記号説明】
○：従来点検項目
◎：追加点検項目

3-8 機器の点検整備 (2/2) (点検概要)

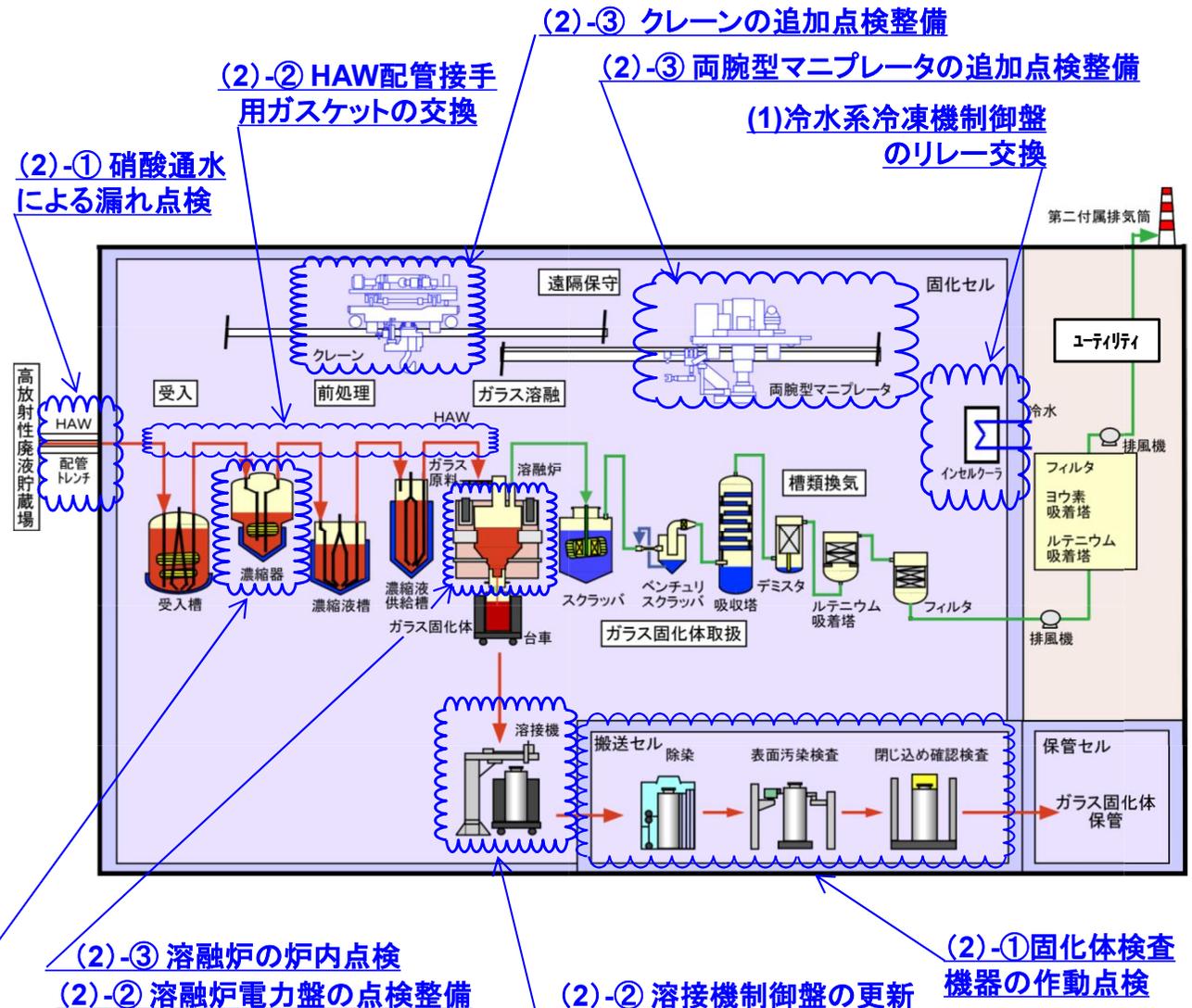
長期間の運転停止、設備の高経年化、遠隔保守対象機器の特徴、トラブル事象の水平展開等を考慮し、点検項目を追加。

(1) 従来の点検整備

- ・再処理施設保安規定に基づく施設定期自主検査
- ・各種法令に基づく検査(圧力容器、クレーン等)
- ・電力盤、送排風機、測定器等の自主検査
- ・トラブル事象の水平展開等
(不適合に対する再発防止対策)

(2) 追加した点検整備

- ① 長期の運転停止を考慮した点検整備
 - ・運転状態を模擬した作動確認等を実施
- ② 設備の高経年化を考慮した点検整備
 - ・使用期間を考慮した部品交換等
- ③ 遠隔保守対象機器に対する点検整備
 - ・TVF特有の設計を有した遠隔保守機器等について、特有の構造を踏まえた点検整備を実施



3-9 設備点検、作動確認の対象機器

点検対象機器 (総計443基)

- 主な点検対象機器の例 -

受入系(G11)

機器番号	機器名称
G11V10	受入槽(パルセータ)
G11V20	回収液槽
G11V30	水封槽
G11H11	冷却器
G11H21	冷却器
G11V1071	サンプリングポット
G11P1021	ポンプ
G11J1011	スチームジェット
G11A1001	エアリフト
G11J1014	エアジェット

前処理系(G12)

機器番号	機器名称
G12E10	濃縮器(エアスパージャ/エアパージ/加熱蒸気)
G12V12	濃縮液槽(パルセータ)
G12V14	濃縮液供給槽(パルセータ)
G12V20	凝縮液槽
G12H11	凝縮器
G12H13	冷却器
G12D1442	気液分離器
G12D1141	デミスタ
G12J1011	スチームジェット
G12A1201	エアリフト
G12A1401	エアリフト
G12J2011	スチームジェット

試薬供給系(G01)

機器番号	機器名称
G01V10	組成調整液槽
G01V11	調整液供給槽
G01M30	ガラス原料供給装置

ガラス溶融系(G21)

機器番号	機器名称
G21ME10	溶融炉
G21M11	結合装置
G21H12	冷却ユニット
G21H13	冷却ユニット

ガラス固化体取扱系(G22)

機器番号	機器名称
G22M30	溶接機
G22M12	除染装置
G22V10	除染液槽
G22P11	ポンプ
G22P1121	ポンプ
G22M3092	ガス水調整器
G22M60	検査台
G22M41	加熱装置
G22M42	加熱装置
G22M40	閉じ込め確認検査装置

ハンドリング系(G51)

G51M100	クレーン
G51M101	クレーン
G51M120	両腕型マニプレータ
G51M121	両腕型マニプレータ
G51M118A	台車
G51M118B	台車
G51M100	クレーン
G51M161	パワーマニプレータ
G51M156	クレーン
G51M158	ホイスト
G51M756	ハッチ
G51M758	気密扉
-	ITVカメラ式

ガラス固化体保管系(G31)

機器番号	機器名称
G31X11~X80	保管ピット
G31M90	ダストモニタ

点検対象配管 (総計4,170系統)

- 主な点検対象配管の例 -

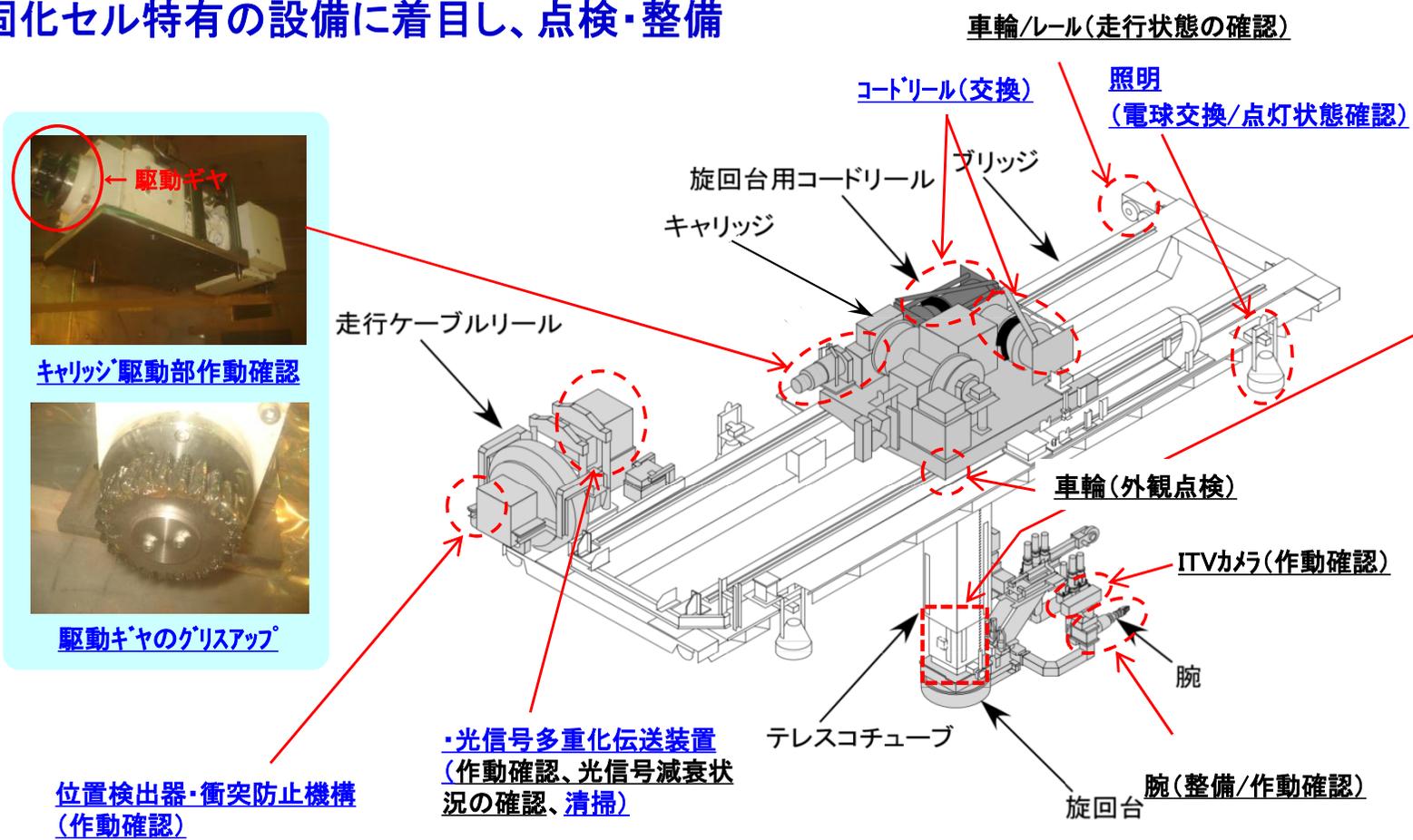
流体記号	流体名称
HAW	高放射性廃液
MAW	中放射性廃液
IA	圧縮空気
C	蒸気凝縮水
CWa	冷却水
DWa	純水
GC	ガラス原料配管
Re	除染液

3-10 機器の点検整備 (1/4)

【両腕型マニプレータの主な点検整備】

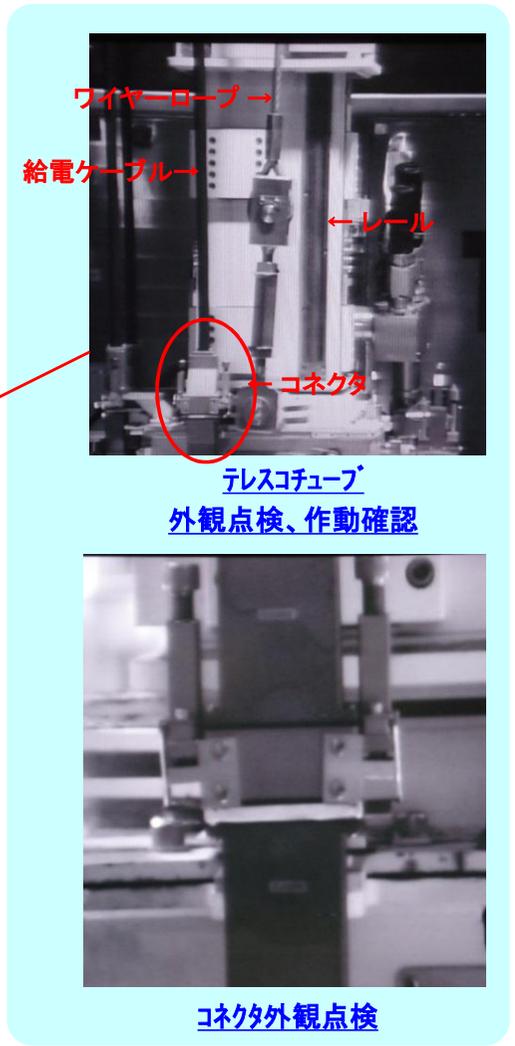
- 固化セルは、両腕型マニプレータ等の遠隔補修装置による全遠隔保守方式を採用している。
- 両腕型マニプレータについて、高経年化やトラブル事象の水平展開等の観点も踏まえて点検整備を実施。

○固化セル特有の設備に着目し、点検・整備



追加点検項目: 青字下線
 従来点検項目: 黒字下線

両腕型マニプレータ鳥瞰図



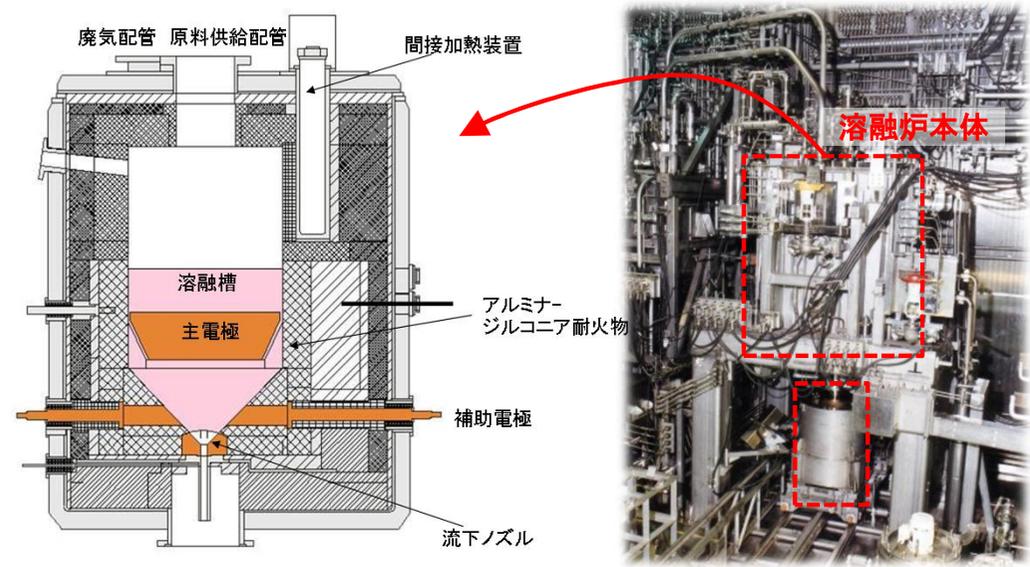
3-10 機器の点検整備 (2/4)

【溶融炉の主な点検整備】

- 溶融炉は、溶融ガラスの腐食に耐える耐火物、電極等で構成されている。炉内に供給された高レベル廃液及びガラス原料は、電極間の通電で生じるジュール熱によって溶融される。
- 溶融炉の通電・制御系統及び炉内状態について、長期の運転停止や高経年化等の観点も踏まえて点検整備を実施。

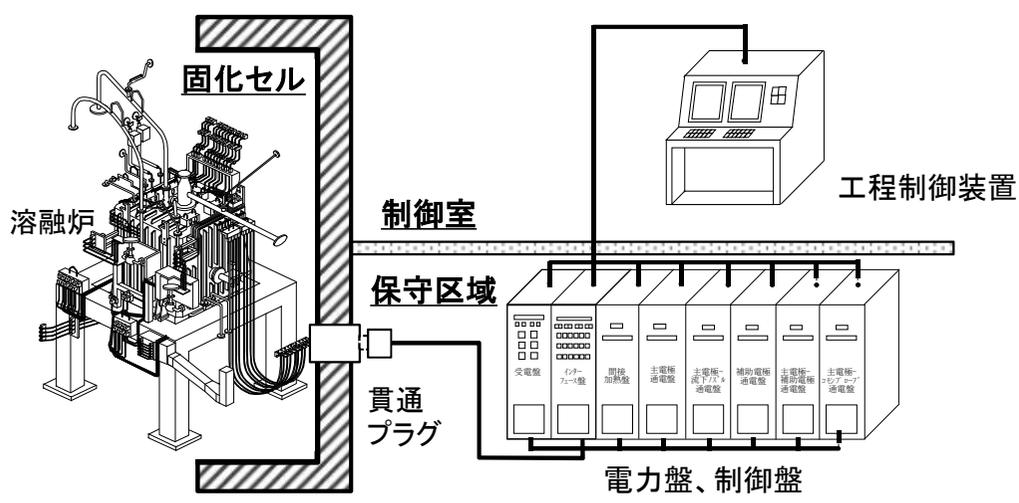
○通電・制御系統の点検整備

- ✓ 絶縁抵抗測定
 - ・各通電系の絶縁抵抗測定値が基準値を上回っていることを確認。
 - ・給電ケーブルに放射線劣化等の経年劣化によるひび割れが無いことを確認。
- ✓ 通電系統の健全性(メーカーによる点検:約1週間)
 - ・電力盤・制御盤の構成部品(リレー、変圧器等約800点)の点検・整備、溶融炉熱上げプログラム等の作動試験等を実施。
 - ・表示灯等消耗部品(約50点)の交換を実施。

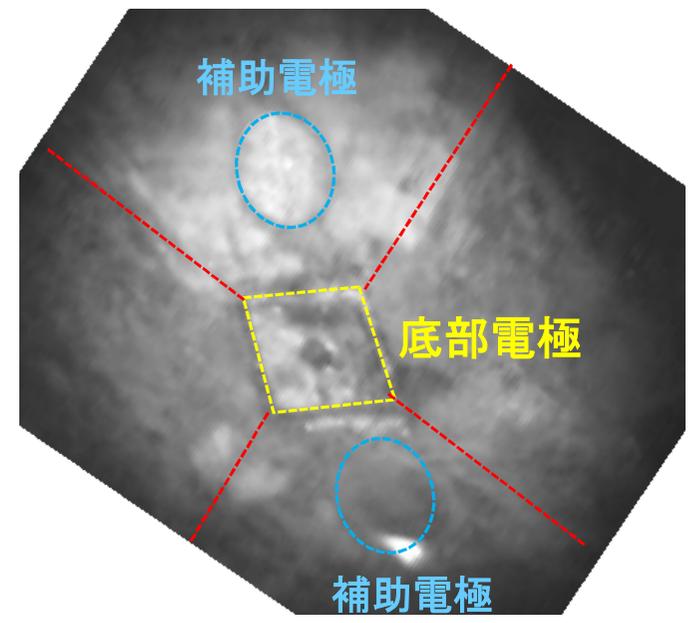


○溶融炉の炉内点検

- ・ITVカメラにより、耐火物の脱落等の異常が無いことを確認。



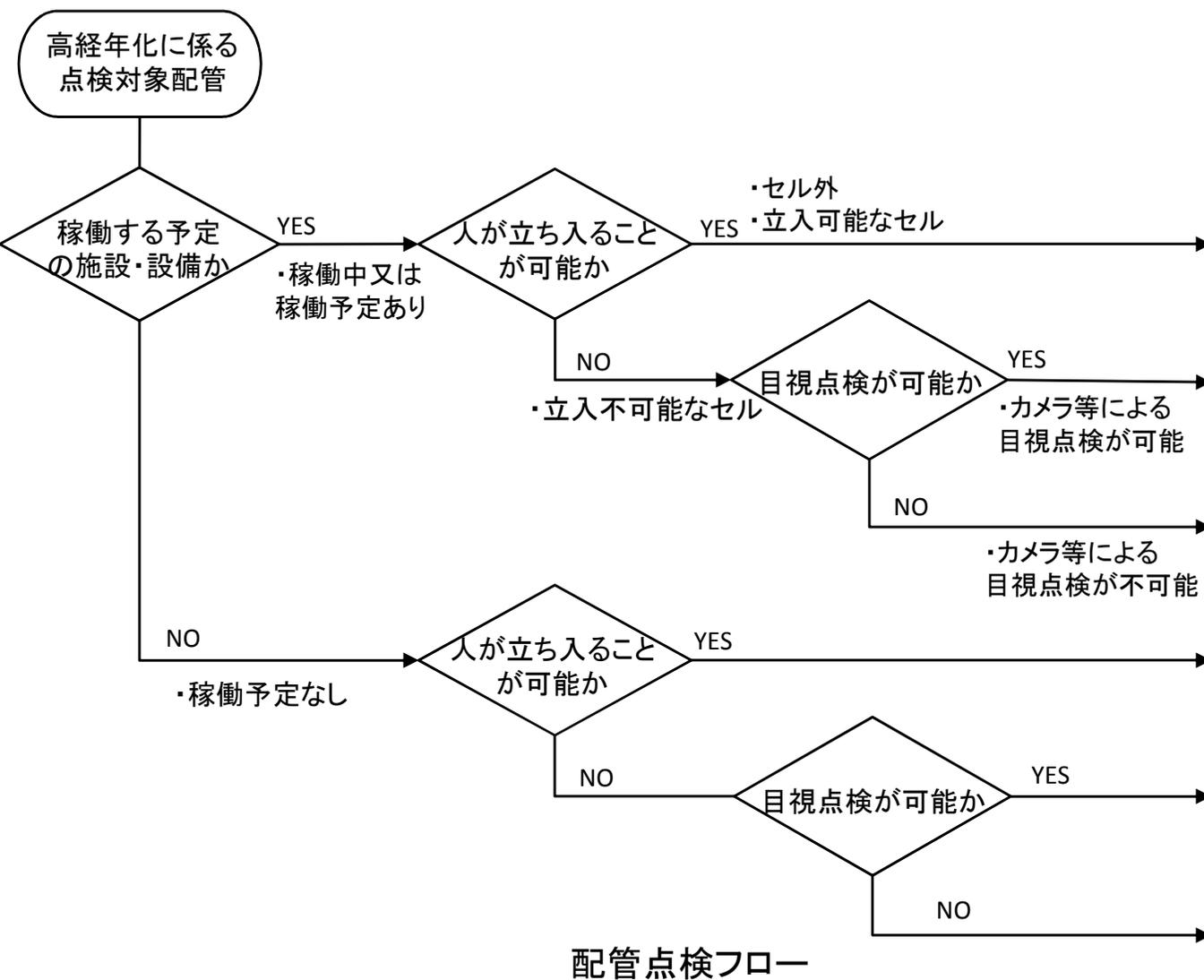
ガラス溶融炉の通電・制御系統



3-10 機器の点検整備 (3/4)

【配管の点検】

○近年の再処理施設における配管の腐食に伴う汚染事象、新規制基準における配管破損による溢水対策等を踏まえた点検
 ○OTVFにおいては屋上浄水配管の水漏れの不具合が生じているため、高経年化の観点での点検



点検カテゴリ	(1)一次点検	(2)二次点検	(3)作動点検
	・現時点における外観の異常及び漏えいの有無の確認	・高経年化に係る腐食状況の確認	・系統として正常に機能することの確認
I	○	○	○
II	○	—	○
III	—	—	○
IV	○	○	—
V	○	—	—
—	—	—	—

3-10 機器の点検整備 (4/4)

【配管の点検結果】

TVF運転に係る全配管を対象に点検を実施（系統数：総計4,170）

〈結果の例〉

点検 カテゴリ	点検結果						総合判定
	(1) 一次点検		(2) 二次点検	(3) 作動点検			
	外観目視 異常の有無	拭取り・サーベイ 漏えいの有無	肉厚測定	運転に使用 する系統	作動確認 漏えいの有無	計器等の指示値 の確認	
I	無	無	○	○	無	良	合格
II	無			○	無	良	合格
III				○	無	良	合格

(3)作動点検



作動確認
(固化セル内冷却水配管の例)

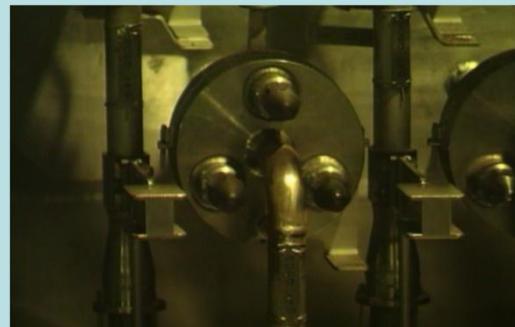
(1)一次点検



外観目視点検
(冷水配管の例)



拭取り点検
(純水配管の例)



ITVカメラによる外観目視点検
(高放射性廃液配管の例)

(2)二次点検



肉厚測定
(純水配管の例)

3-1-1 新規制基準を踏まえた安全対策 (1/3)

H26.3.13 原子力安全対策委員会開催時点で実施済みの対策

冷却機能の確保

- ポンプ車⇒冷却設備への給水
- 移動式発電機⇒冷却設備、ポンプへの給電



ポンプ車

水素掃気機能の確保

- 移動式発電機⇒可搬式排風機、空気圧縮機への給電
- 水素掃気用仮設配管の設置

移動式発電機(6m → 18mの高台に移設)

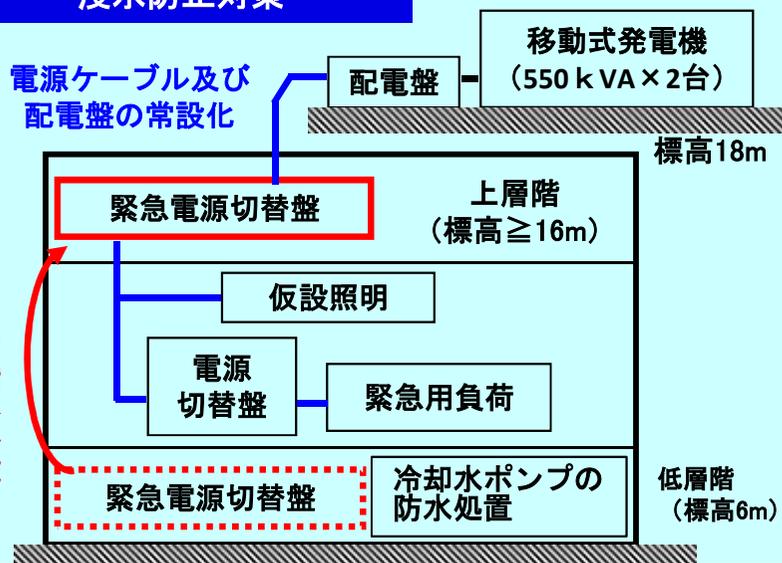


可搬式排風機



空気圧縮機

浸水防止対策



緊急電源切替盤を上層階へ移設



低層階の冷却水ポンプの防水処置

3-1-1 新規制基準を踏まえた安全対策 (2/3)

新規制基準を踏まえて追加実施した安全対策 ① - 運転までに実施することとしていた対策 -

浸水防止扉等の設置

- ✓ 津波によるガラス固化技術開発施設への浸水防止対策を実施



トラックロックのシャッター一部
(高さ約8.6m × 幅約6.1m)
浸水防止扉(片開き電動式)



浸水防止扉(横引き手動式)

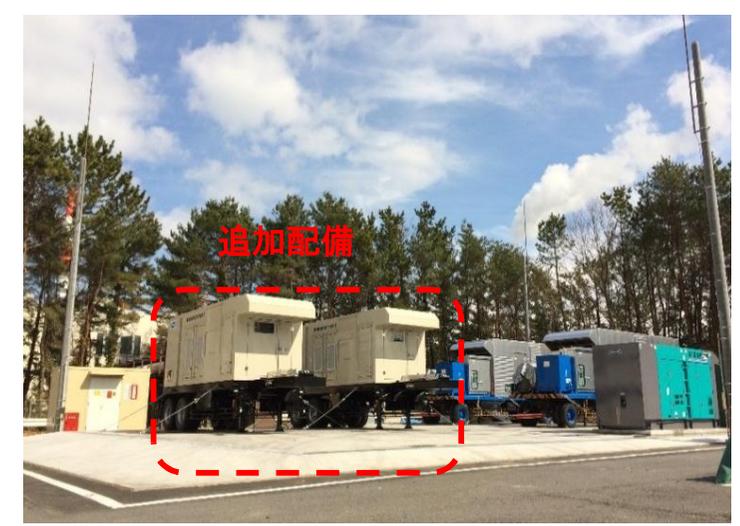


その他の浸水防止対策(例)

対策箇所
1階：12箇所、2階：10箇所

移動式発電機追加配備

- ✓ 高放射性廃液を貯蔵する受入槽等(計8基)の冷却設備、水素掃気設備等への給電



移動式発電機追加配備
(1000kVA × 2台)

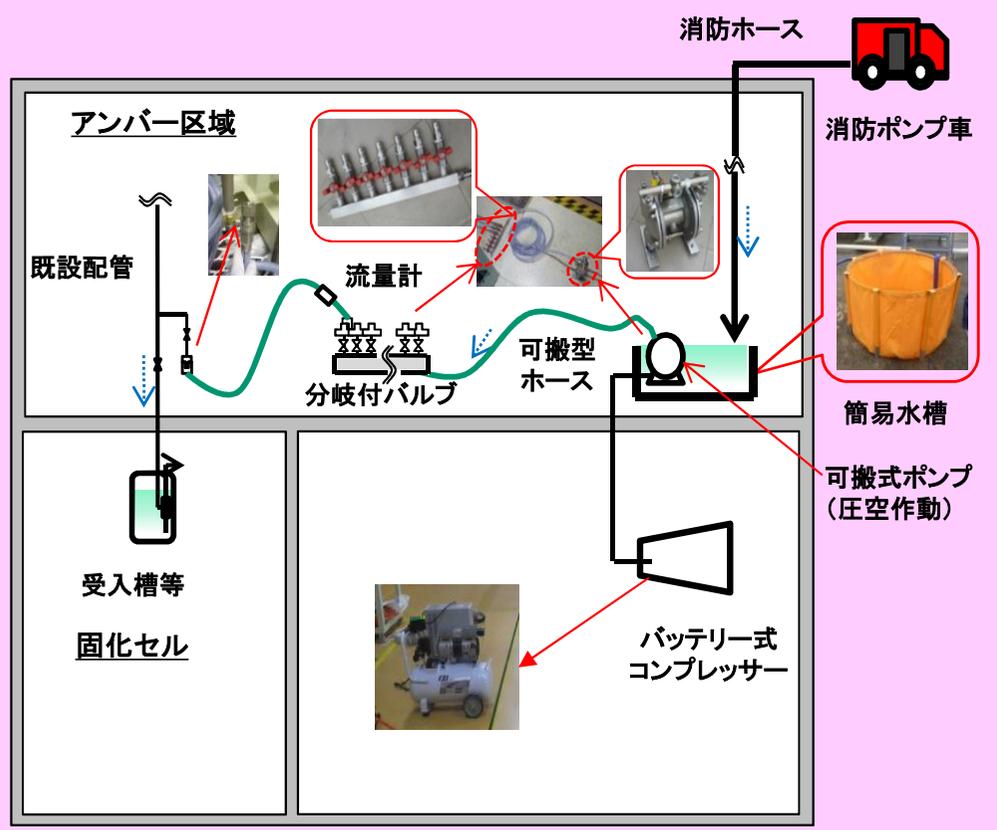
3-1-1 新規制基準を踏まえた安全対策 (3/3)

新規制基準を踏まえて追加実施した安全対策 ② -自主的に進めた対策-

冷却機能の確保

【重大事故対策】

既設冷却設備（冷却水ポンプ等）の停止による冷却機能喪失に対する高放射性廃液の冷却対策として、高放射性廃液を保有する貯槽に直接給水するための資機材を配備



水素掃気機能の確保

【重大事故対策】

既設排気設備（排風機）の停止による水素掃気に対する高放射性廃液貯槽の水素掃気対策として、可搬式ブロワを配備



可搬式ブロワのフレキシブル配管を既設配管へ接続した状態
可搬式ブロワ (水素掃気対策用)

【内部溢水対策】

水素掃気に用いる空気圧縮機及び制御盤への被水防止対策として、被水防止板の設置。可搬式ブロワへの電源供給に必要な変圧器、コンセントのかさ上げ処置



被水防止板
純水配管
被水防止シート
空気圧縮機
空気圧縮機制御盤

屋外監視カメラの設置

✓ 屋外の気象状況等把握



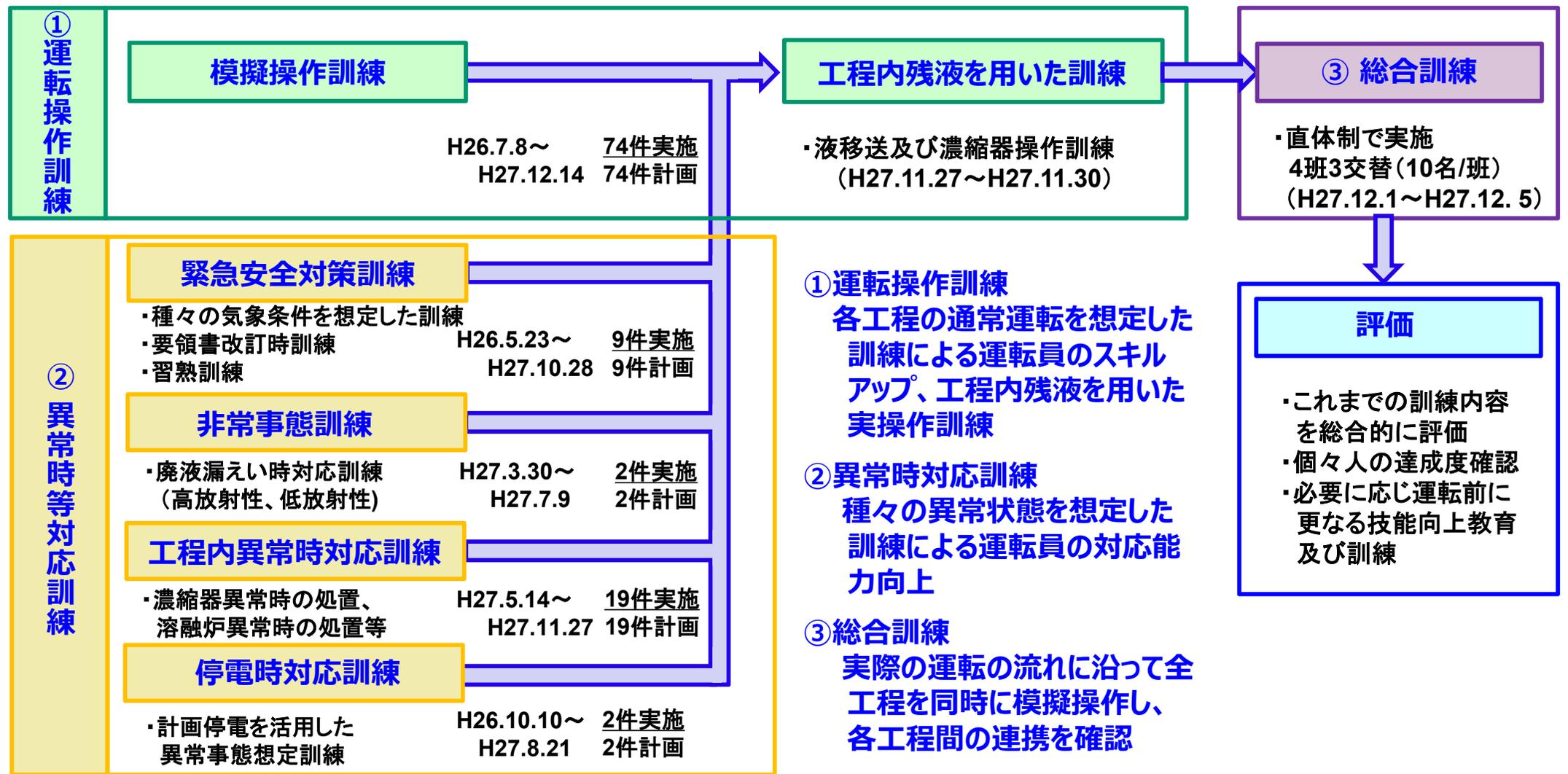
屋外監視カメラ(3台)
・防塵防雨仕様
・赤外線監視モード
自動起動
・バッテリー設置

TVF制御室に設置したモニタ



3-1-2 運転員の教育・訓練 (1/2)

- ・長期停止後の再開であることを踏まえた、運転技能の再確認・徹底。
- ・異常時対応を確実に実施するために訓練を反復。
- ・運転経験者を核とした未経験者への指導、教育。



3-12 運転員の教育・訓練 (2/2)

運転操作訓練

模擬操作訓練



訓練指導者

班長経験者による
運転要領書を用いた操作手順の確認
(溶融炉主電極通電操作)

運転員

訓練指導者



運転経験者のマンツーマン指導による
OSCLを用いた模擬操作訓練
(溶融炉主電極通電操作)

平成27年7月3日実施

ガラス固化工程の模擬操作訓練

異常時等対応訓練

緊急安全対策訓練



夜間の訓練
(冷却水の確保)

停電時の現場確認
(蒸気漏洩を想定)

平成27年10月28日実施

高放射性廃液貯槽沸騰防止対応訓練

非常事態訓練



エリア汚染確認

身体サーベイ

平成27年7月9日実施

低放射性廃液漏えい時の処置対応訓練

工程内異常時対応訓練



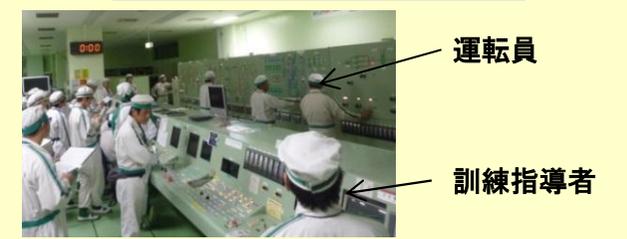
現場装置の確認

運転経験者の指導
による異常警報の
確認

平成27年6月2日実施

ガラス固化体保管時の
放射能濃度異常対応訓練

停電時対応訓練



運転員

訓練指導者

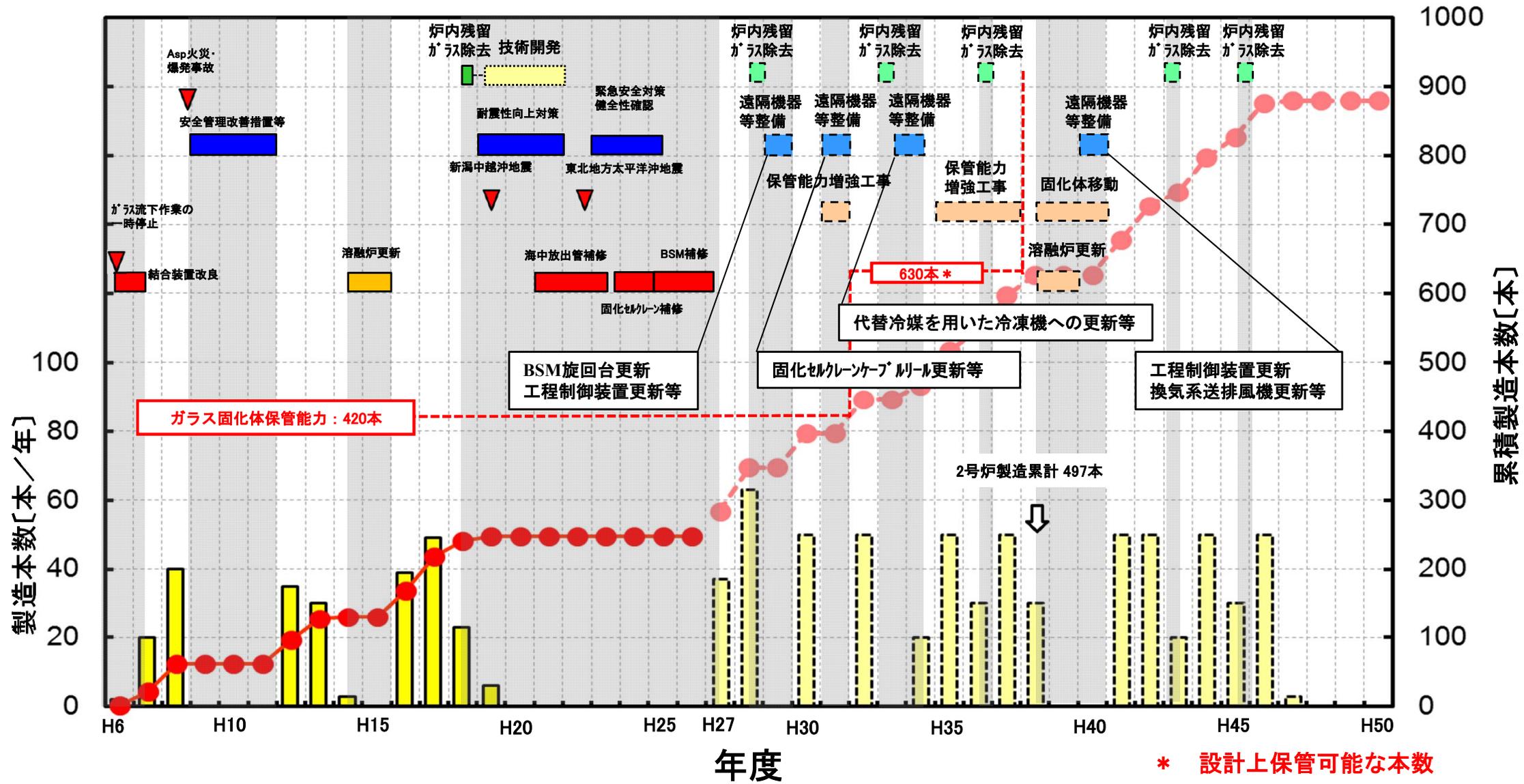
運転経験者の指導による
非常用発電機起動時の設備自動起動状態確認
施設内負圧制御状態確認指導

平成27年8月21日実施

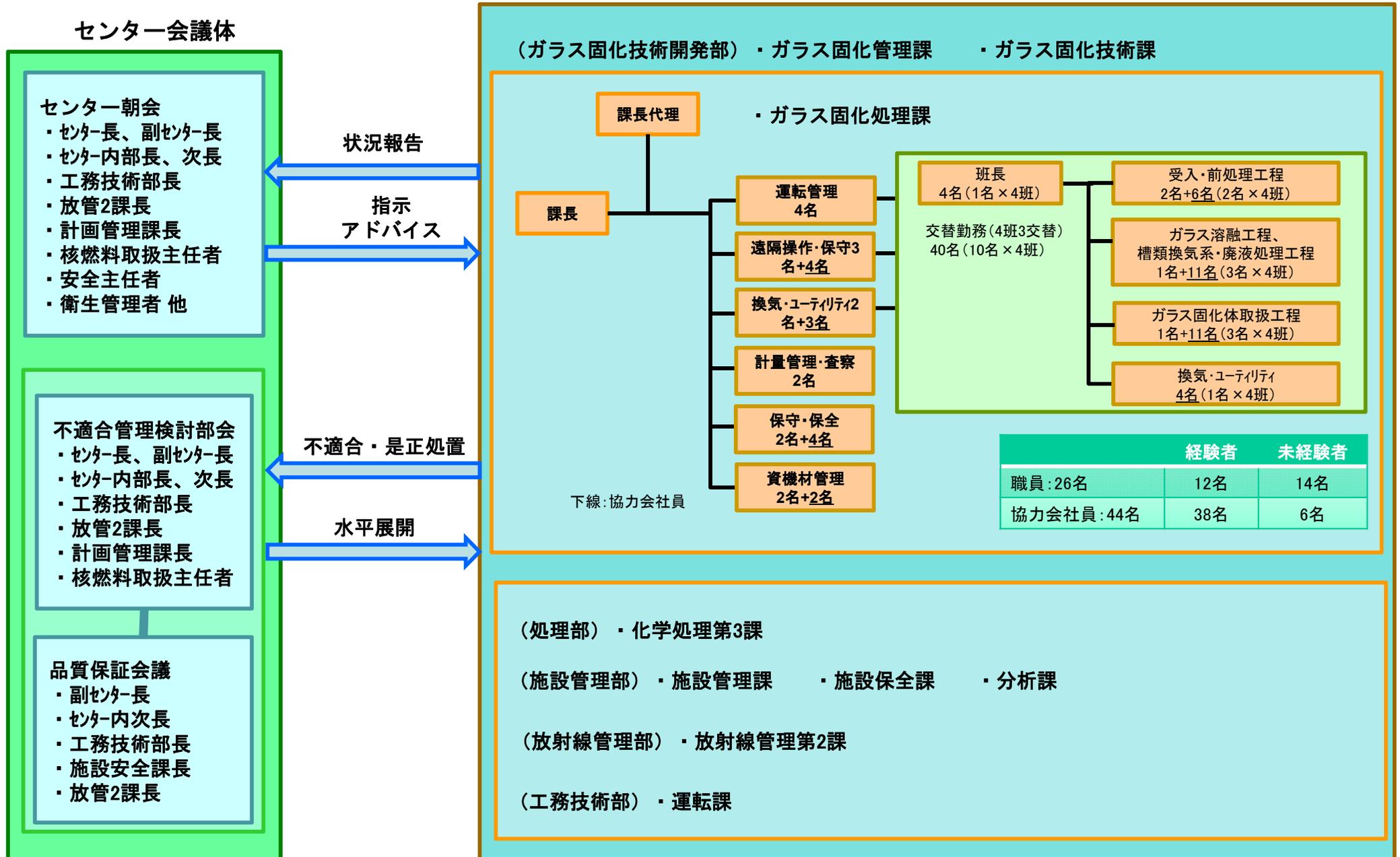
商用電源停電に伴う非常用発電機
電源給電時の対応訓練
(計画停電時に合わせ実施)

3-1-3 ガラス固化の実績と今後の計画 (1/4)

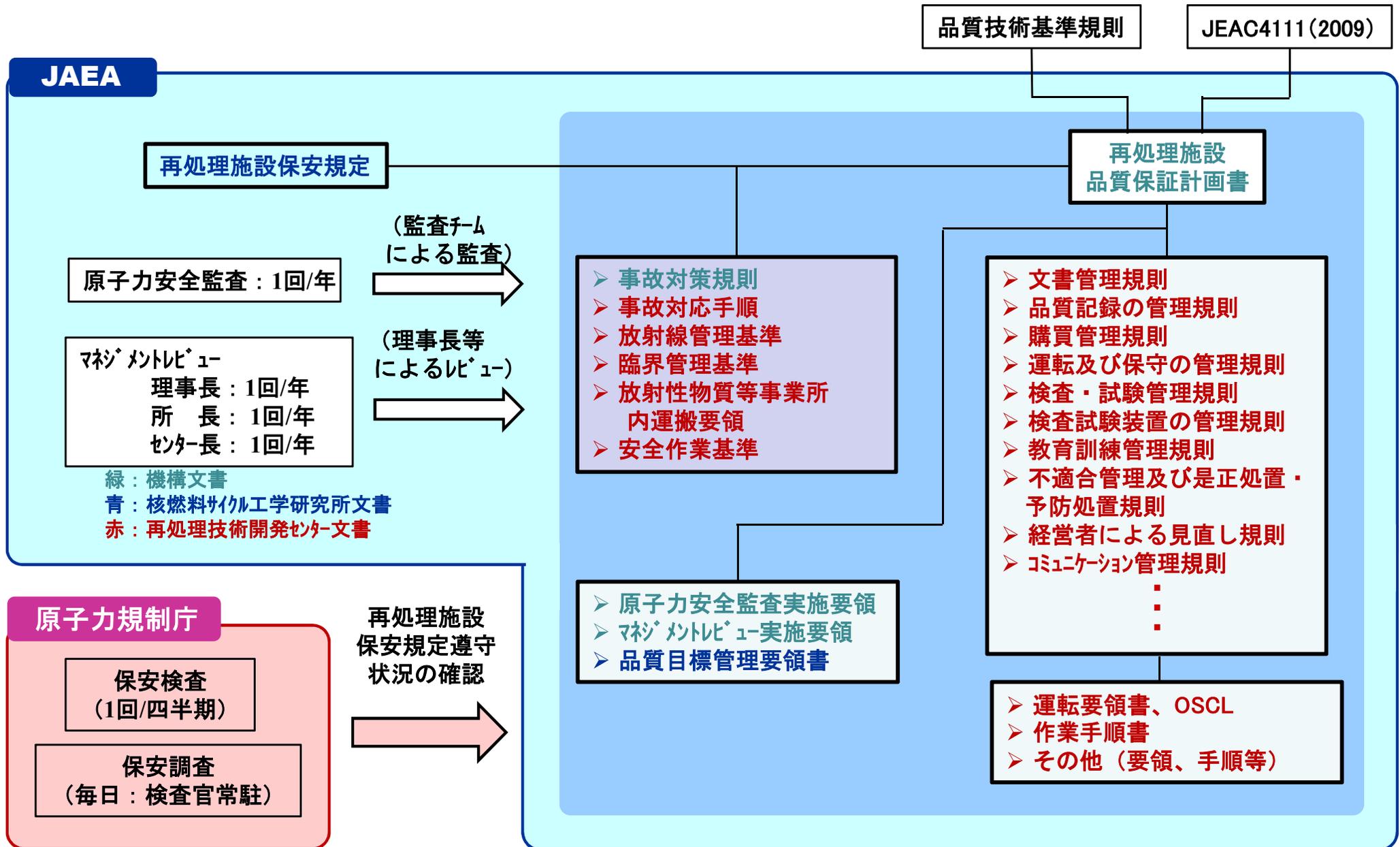
今後の保全計画



3-13 ガラス固化の実績と今後の計画 (2/4) 施設の稼働体制



3-1-3 ガラス固化の実績と今後の計画 (3/4) 再処理施設の品質保証体系



設備保守・更新計画への取組

- これまでの運転実績等で得られた技術的知見を踏まえ、今後20年のTVF運転に係る運転・保守・設備機器の更新等、主要なイベントに対しマイルストーンを定めた長期スケジュールを策定（H26年8月）。
- 長期スケジュールをもとに、年度毎に詳細な保全計画を定め、保守・更新を実施。

