

# 東海再処理施設の廃止措置計画

— 東海再処理施設の安全対策に係る変更 —

令和3年12月27日  
令和4年2月8日修正

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所

## はじめに

### 1. 東海再処理施設の廃止措置計画の概要

- 1.1 東海再処理施設の概要
- 1.2 廃止措置における安全上の留意事項
- 1.3 廃止措置の主な方針
- 1.4 廃止措置の工程
- 1.5 東海再処理施設の廃止措置計画

### 2. 東海再処理施設の安全対策

- 2.1 基本方針
  - 2.2 安全対策の進め方
  - 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護
  - 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策
  - 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策
  - 2.6 HAW・TVFの安全対策に係る性能維持施設の追加
- ### 3. 安全対策に係る今後の予定

## おわりに

## これまでに報告した範囲:

- ✓ 平成30年度第1回茨城県原子力安全対策委員会  
(平成30年8月22日)  
「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所再処理施設  
(東海再処理施設)の廃止措置計画について」
- ✓ 令和2年度第2回茨城県原子力安全対策委員会  
(令和2年7月22日)  
「東海再処理施設の廃止措置計画  
—安全対策の検討に用いる地震動, 津波, 竜巻及び火山  
事象に係る変更—  
—東海再処理施設(HAW・TVF)の安全対策に係る変更—」
- ✓ 令和3年度第1回茨城県原子力安全対策委員会  
(令和3年5月20日)  
「東海再処理施設の廃止措置計画  
—東海再処理施設の安全対策に係る変更—」

## 今回の報告範囲

HAW: 高放射性廃液貯蔵場

TVF: ガラス固化技術開発施設  
(ガラス固化技術開発棟)

# はじめに

- 平成29年6月30日に原子力規制委員会に対して**廃止措置計画を認可申請**し、平成30年6月13日に**認可**を受けた。
- 平成29年6月30日に茨城県及び東海村に対して**廃止措置計画を提出**し、茨城県原子力審議会(平成30年1月31日, 3月29日), 茨城県原子力安全対策委員会(平成30年8月22日)における審議を経て、**平成30年10月4日に同計画への同意**を受けた。
- 前回(令和3年5月20日)の茨城県原子力安全対策委員会では、原子力規制委員会より**令和2年9月25日, 令和3年1月14日及び4月27日に変更認可を受けた廃止措置計画**の詳細(「HAW・TVFの安全対策」, 「HAW・TVFにおける事故対処の有効性評価」)を報告した。それらの廃止措置計画については、**令和2年10月29日, 令和3年1月27日及び6月24日に同計画への同意**を受けた。
- 今回は、原子力規制委員会より**令和3年10月5日に変更認可を受け、詳細な工程や方法等が具体化した廃止措置計画**について報告する。

## (1) 東海再処理施設の安全対策

(変更申請: 令和3年6月29日※, 一部補正: 令和3年8月6日, 認可: 令和3年10月5日)

※「原子力施設周辺的安全確保及び環境保全に関する協定」に基づく廃止措置計画書は、東海再処理施設の廃止措置計画の変更申請と同日に提出している。

# 1. 東海再処理施設の廃止措置計画の概要

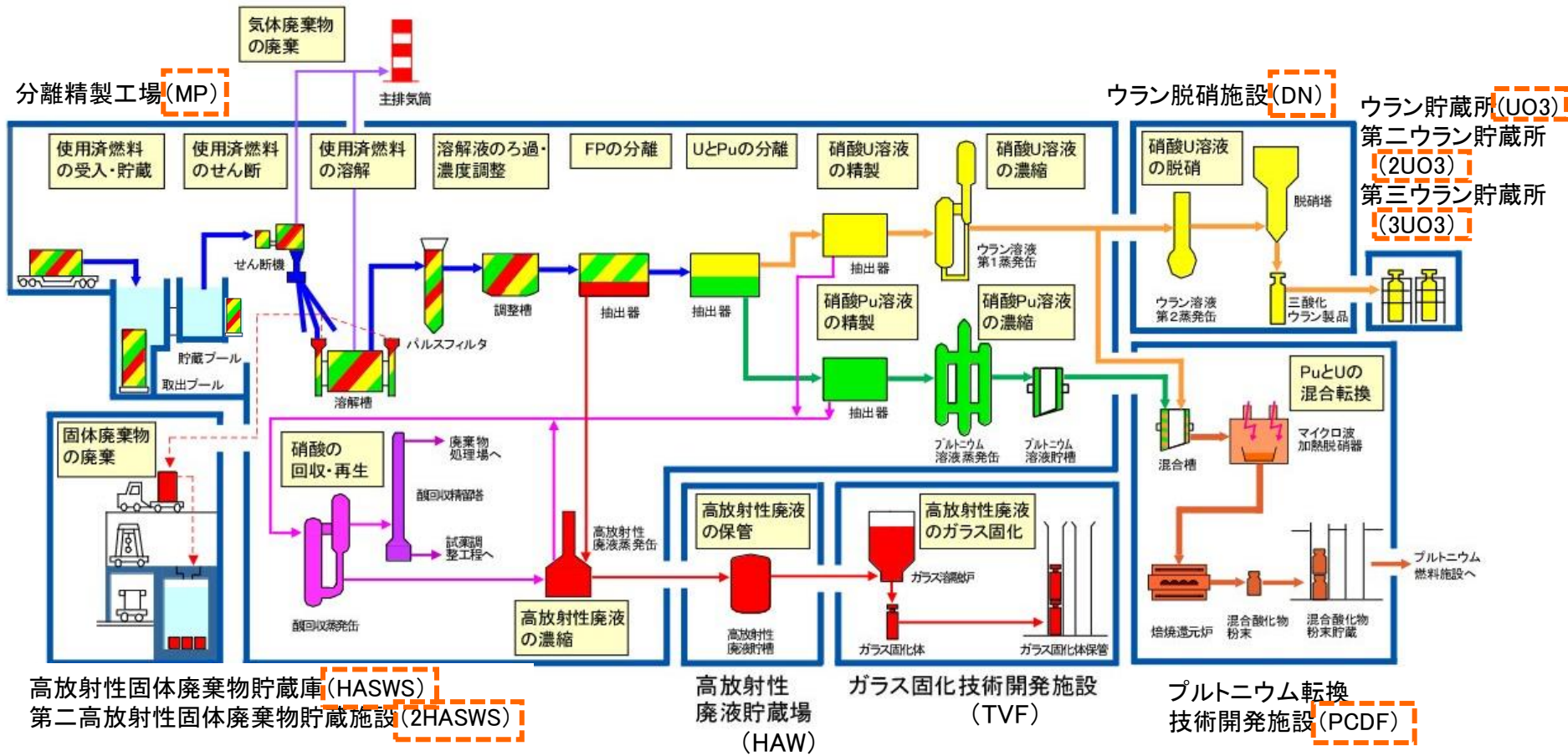
# 1.1 東海再処理施設の概要 — 施設の位置 —



# 1.1 東海再処理施設の概要

## — 工程概要(1/2) —

修正箇所(次ページ以降も同様)



※廃止措置段階であることから、新たな使用済燃料の持込/再処理は行わない。



# 1.1 東海再処理施設の概要

## — 東海再処理施設の配置 —

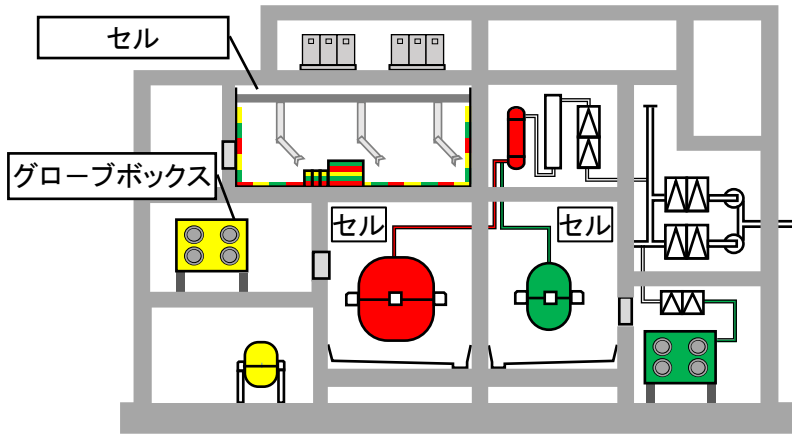
本ページには、核物質防護情報  
が含まれるため、マスキングをし  
ています。





### 再処理施設

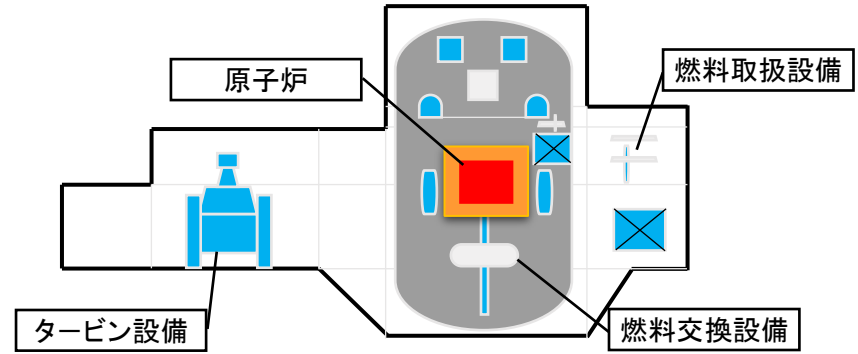
- : FP/TRU系 (放射線量が比較的高い)
- : Pu系 (放射線量が比較的低い)
- : U系 (放射線量が極めて低い)



- **放射性物質を扱う機器, 配管が広範囲に汚染** (放射性物質が付着)。
- セル内, グローブボックス内等広い面積が汚染。
- 核分裂生成物(FP), 長半減期のウラン(U)・プルトニウム(Pu)が混在または分離しており, 工程毎に組成が異なる。

### 原子力発電所

- : 放射線量が比較的高い (主に放射化)
- : 放射線量が比較的低い (主に放射化)
- : 放射線量が極めて低い



- **大部分の放射性物質は使用済燃料の中に密封** (燃料を取り出せば大幅に減少)。
- 炉心に放射化物が集中。
- 大型の機器や配管が多い。
- 短半減期の放射性核種も存在 (冷却期間を設ける)。

# 1.2 廃止措置における安全上の留意事項

## — 東海再処理施設の廃止措置の特徴 —

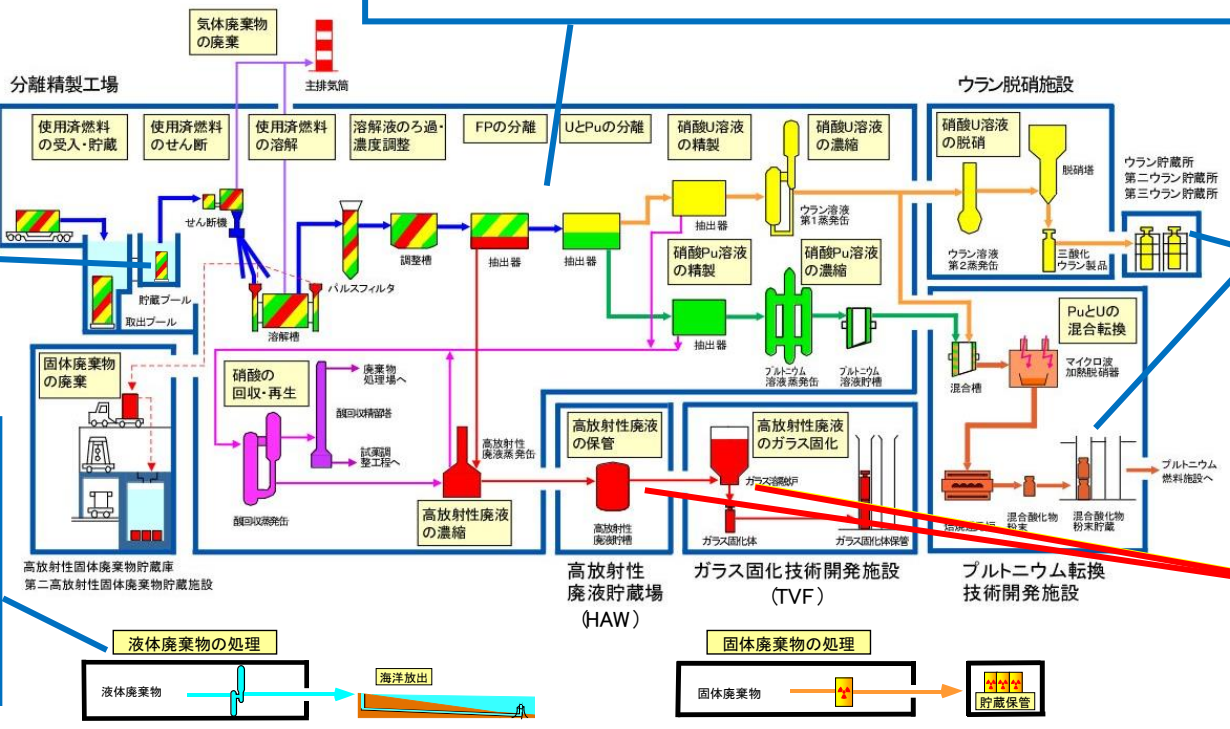
工程内に残留した核燃料物質等の回収, 系統除染が必要

使用済燃料の搬出が必要

廃止措置と並行し, 再処理に伴い発生した放射性廃棄物の処理が必要

核燃料物質の譲渡が必要

特にリスクの高い高放射性廃液の処理が必要



- 上記の他,
- ・約30の管理区域を有する施設に対して順次廃止措置を進めることが必要
  - ・施設の高経年化対策が必要
  - ・新規制基準を踏まえた安全性向上対策が必要
  - ・機器解体後のスペースを活用し, 解体廃棄物の保管が必要

## 1.3 廃止措置の主な方針(平成30年6月13日に認可を受けた内容)

### － 主な方針 －

- 廃止措置においては、放射性廃棄物を保有することに伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とし、これを安全・確実に進めるため、施設の高経年化対策と新規規制基準を踏まえた安全性向上対策を重要事項として実施する。
- 廃止措置期間中においても使用済燃料の貯蔵、放射性廃棄物の処理・貯蔵、核燃料物質の保管を継続して行う必要があることから、これらの施設及び緊急安全対策等として整備した設備については性能維持施設とし、再処理運転時と同様に性能を維持する。
- 機器の解体等の廃止措置における安全対策は、過去のトラブル等の経験を十分踏まえた上で、放射性物質の施設内外への漏えい防止及び拡散防止対策、被ばく低減対策並びに事故防止対策を講じる。
- 低レベル放射性廃棄物については、必要な処理を行い、貯蔵の安全を確保するとともに、廃棄体化施設を整備し廃棄体化を進め、処分施設の操業開始後随時搬出する。
- 再処理施設の廃止措置は、施設内に保有する廃棄物の処理を行いつつ所期の目的が終了した建家ごとに段階的に進める。
- 再処理施設の廃止措置は、全期間の全工程について詳細に定めることが困難であることから、今後詳細を定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。

## － リスクの早期低減 －

- 東海再処理施設においては、今後リスクを大幅に増加させる活動である新たな使用済燃料のせん断、溶解等を行わず、廃止措置へ移行している。
- このことから、各施設の今後の使用計画を明確にした上で、施設が保有する放射性物質によるリスクに応じて安全上の重要度を見直すこととしている。
- 廃止措置においては、保有する放射性廃棄物に伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とし、これを安全・確実に進めるため、施設の高経年化対策と再処理施設の技術基準に関する規則(技術基準規則)を踏まえた安全性向上対策を重要事項として実施する。
- 具体的に、当面は、リスクを速やかに低減させるため、
  - ①高放射性廃液を貯蔵している高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全確保
  - ②高放射性廃液のガラス固化技術開発施設(TVF)におけるガラス固化
  - ③高放射性固体廃棄物貯蔵庫(HASWS)の貯蔵状態の改善
  - ④低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)における低放射性廃液のセメント固化を最優先で進めている。

- こうした中、②TVFの運転及び①高放射性廃液を貯蔵するHAWの安全確保が極めて重要となっている。
- TVFに関しては、令和3年8月にガラス固化処理を再開し、固化体を13本製造したが、炉内に残留ガラスが確認されたため、令和3年10月に運転を終了した。今後、残留ガラスを除去した後、ガラス固化処理を再開する予定である。

# 1.4 廃止措置の工程 — 進め方 —

平成30年    約10年後    約20年後    約30年後    約40年後    約50年後    約60年後    約70年後

高放射性廃液の処理等の  
リスク低減の取組み

主要施設の廃止

廃棄物処理・廃棄物貯蔵施設の廃止

廃止措置に要する期間(見通し)

東海再処理施設

約70年

英国の再処理施設(THORP)

約85年

ガラス固化処理

ガラス固化完了

主要施設の廃止

主要施設の管理区域解除

ガラス固化施設の廃止

ガラス固化施設の管理区域解除

施設整備



低レベル廃棄物処理(焼却/セメント固化)

廃棄物処理完了

利活用/解体へ

低レベル廃棄物関連施設の廃止

全施設の管理区域解除

廃棄体化のための  
施設整備



廃棄物

廃棄体化処理(廃棄物管理事業を想定)

処分へ

Legend:

- (Pink): 廃止する施設
- (Green): ガラス固化処理施設
- (Blue): 廃棄物関連施設
- (White): 管理区域を解除した施設

- 使用済燃料は令和8年度までに国内又は我が国と原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国の再処理事業者の再処理施設へ全量搬出する。また、ウラン製品及びMOX粉末は、施設の管理区域解除までに廃止対象施設外の施設に搬出する。
- ガラス固化処理計画については、これまでの運転結果やトラブル対策を踏まえ、キャンペーン毎の運転本数や3号熔融炉への更新時期の前倒し等の検討を行い、ガラス固化処理を着実に進めていく。
- 放射性廃棄物の最終処分はバックエンド対策にとって必要不可欠であり、早期に処分が可能となるよう、原子力機構が実施主体となる研究施設等廃棄物の処分施設の立地推進等の所要の取組を継続する。また、ガラス固化体(高レベル放射性廃棄物)等は、原子力発電環境整備機構(NUMO)が建設する処分施設の操業開始後に随時搬出する。

# 1.5 東海再処理施設の廃止措置計画 — 廃止措置計画の変更 —

年度 (H:平成, R:令和)				
H29	H30	H31/R元	R2	R3
<b>廃止措置計画(原申請)</b> ▼申請: H29.6.30    補正: ▼ H30.2.28 ▼補正: H30.6.5 ▼認可: H30.6.13    ▼同意: H30.10.4		「原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定」に基づく廃止措置計画書又は変更は、東海再処理施設の廃止措置計画の申請(変更申請)又は補正と同日に提出している。		
<b>安全対策の検討に用いる設計地震動, 設計津波, 竜巻及び火山事象</b>		▼変更申請: H30.11.9    ▼補正: R元.9.26 ▼認可: R2.2.10    ▼同意: R2.8.3		
<b>【審査中の廃止措置計画】</b> ○TVFのガラス固化体の保管能力増強 (変更申請: H30.11.9(新增設等計画書: H30.11.7))		<b>安全対策</b> ▼変更申請: R元.12.19 ▼補正: R2.5.29 ▼認可: R2.7.10 ▼廃止措置計画の変更: R2.8.4 ▼同意: R2.8.7 ▼変更申請: R2.8.7 ▼認可: R2.9.25 ▼同意: R2.10.29 ▼変更申請: R2.10.30 ▼認可: R3.1.14 ▼同意: R3.1.27 ▼変更申請: R3.2.10 ▼認可: R3.4.27 ▼同意: R3.6.24 <b>今回の報告範囲</b> ▼変更申請*: R3.6.29 ▼補正: R3.8.6 ▼認可: R3.10.5		

\* TVF 溶融炉の更新に係る申請を含む

## 2. 東海再処理施設の安全対策

## 2.1 基本方針

廃止措置段階にある東海再処理施設の安全対策の基本方針は、以下の通り。

- 今後の使用計画を踏まえた上で、施設が保有する放射性物質によるリスクに応じて新規規制基準を踏まえた必要な安全対策を行う。
- 高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAW・TVFの安全対策を最優先で進める。
- 設計地震動及び設計津波に対して、HAW・TVFの健全性評価を実施するとともに必要な安全対策を実施する。
- HAW・TVFの重要な安全機能\*1を維持するために、事故対処設備\*2を用いて必要な電力やユーティリティ\*3を確保する。それらの有効性の確保に必要な対策\*4を実施する。
- 竜巻、火山等の外部事象に対してもHAW・TVFの重要な安全機能\*1を維持するために必要な対策\*4を実施する。
- 上記以外の施設については、リスクに応じた安全対策の実施内容及び工程を定め、その後、必要な安全対策を実施する。

\*1:重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)

\*2:事故対処設備(電源車、可搬ポンプ等)

\*3:ユーティリティ(冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気)

\*4:必要な対策(保管場所及びアクセスルートの信頼性確保、人員の確保等)



## 2.2 安全対策の進め方

### － 優先度に基づく計画 －

- 対策を行う施設の優先度 ⇒ 高放射性廃液の貯蔵や処理を行うHAW・TVFを最優先
- 対策を講じる事象の優先度 ⇒ 立地環境を考慮し、地震及びそれに伴う津波を最優先

施設・事象		優先度	対応
HAW ・ TVF	地震・津波	I	設計地震動・設計津波を想定し、HAW・TVFの健全性評価を速やかに実施するとともに重要な安全機能を維持するために必要な電力やユーティリティ喪失に備えて、必要な安全対策を実施する。
	事故対処	II	事故対処設備により施設の重要な安全機能の維持を図ることとし、必要な対策を実施する。
	その他事象	III	立地や周辺環境を踏まえた主な自然事象(竜巻, 森林火災, 火山)等の外部事象に対して、施設の重要な安全機能を守るために必要な対策を実施する。 内部火災, 溢水等の内部事象に対して、施設の重要な安全機能を守るために必要な対策を実施する。
その他施設		IV	HAW・TVF以外の施設については、リスクに応じた安全対策の実施内容及び工程を定め、その後必要な安全対策を実施する。

□ : これまでに報告した範囲
 □ : 今回の報告範囲

## 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護 — 基本的考え方 —

➤ 内部火災でHAW・TVFの重要な安全機能\*1を損なわないよう、**火災防護審査基準\*2**に基づく**火災防護対策**を講じる。

➤ 火災防護対策：**3つの深層防護の概念**

⇒ ①**火災の発生防止**，②**火災の感知及び消火**，③**火災の影響軽減**

既設の火災防護設備で不足する項目に対して対応

①**火災の発生防止** : **オイルパン**の設置，**鋼製キャビネット**での保管(可燃性物質)等

②**火災の感知及び消火** : 固有の信号を発する異なる感知方式の**感知器**を追加設置。

③**火災の影響軽減** : **ケーブルルートの変更**による離隔，**耐火被覆材**による防護，**局所自動消火設備**の設置等。

➤ 可能な限り対策を講じるものの、**火災防護審査基準\*2通りのハード対策を講じることが困難な機器がある。**

⇒ 万が一、火災によって重要な安全機能を担う機器が損傷した場合であっても、

廃止措置上想定される事故である**蒸発乾固の発生を防止する**ために予め準備する**代替策**により、

再処理技術基準規則に照らして**十分な水準の保安を確保\*3**する。

系統分離が求められる一部の電源設備や動的機器(ポンプ・排風機等)は同一の区画に2系統が近接。

③**火災影響軽減のため求められる離隔距離や耐火壁を設けるためのスペースが確保できない。**

◆ハード対策の代替策として、**予備電源ケーブル等による仮設系統の速やかな構築**や、**事故対処**により**蒸発乾固に至るまでに重要な安全機能を回復させる。**

\*1「閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能」

\*2「実用発電用原子炉及びその付属施設の火災防護に係る審査基準」

\*3原子力規制委員会内規「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」に従い、より難しい特別な事情を踏まえ、再処理施設の現況や技術上の基準等に照らし適切な方法及び水準により性能維持施設を維持する方法等を定めるものである。

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護 — 火災の発生防止のために講じる対策 —

## 施設内の発火性物質・引火性物質が原因となる火災の発生防止

### オイルパンを設置する機器

#### ◆ 潤滑油等を多量(10 L以上)に内包する機器

##### □ HAW

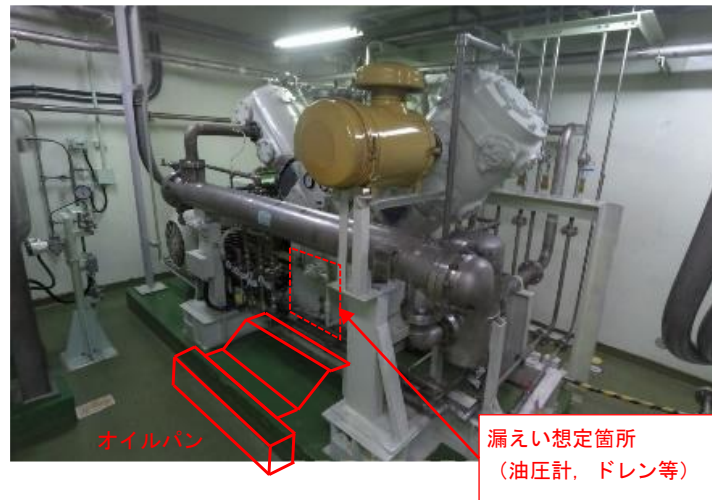
対象機器	潤滑油量
空気圧縮機	53 L
チラーユニット	14 L

※ 潤滑油内包量は10 L未満であるが、周囲に他の機器等が近接して多数配置されていることから特別にオイルパンを設けることとした。

##### □ TVF

対象機器	潤滑油量
溶融炉換気系排風機	14.4 L
貯槽換気系排風機	14.4 L
工程換気系排風機	1.4 L*
ポンプ	60 L
冷凍機	94 L
空気圧縮機	35 L
冷凍機	50 L

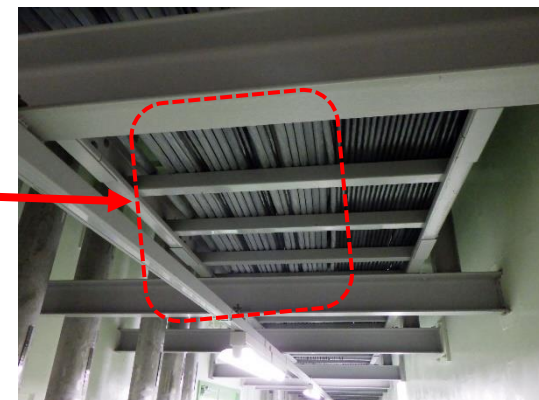
#### □ HAW 空気圧縮機の場合



### 不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計

- ◆ HAW・TVFとも電源ケーブルには**難燃性材料ケーブル**を使用。
- ◆ 火災防護審査基準の実証試験\*のデータは取得していなかった。

⇒ 今後、現物の一部を切り出して上記実証試験を行い、延焼性及び自己消火性を確認する。十分な性能を有することが確認できなかった場合は、別途対策を検討し、必要に応じて変更申請を行う。



\* 延焼性及び自己消火性の実証試験 (UL垂直燃焼試験, IEEE383又はIEEE1202)

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護

## －火災の感知及び消火のために講じる対策－

### 火災の感知

- ◆ 消防法に基づき設置した感知器に加えて、**固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等を新設**※。
- 温度・煙濃度を常時監視、状況変化を検出。
- 熱感知器、煙感知器、炎感知器、熱感知カメラから選択。
- 分離精製工場(MP)制御室、TVF制御室から監視可能とする。
- ◆ 高線量のため人が立ち入れないHAW・TVFのセル内には感知器を設置できないが、以下の手段により火災を感知。
  - HAWのセル内(可燃性物質はないが万一火災が発生した場合)  
既設温度計の変化を監視することで検知。
  - TVFの固化セル内  
10基のITVカメラと10点のセル内温度計で検知。

### 消火に係る対応

- ◆ HAW及びTVFの施設内(セル外)で火災が発生した場合は、消防法に基づき設置している消火設備(消火器、屋内消火栓)により消火を行う。
- ◆ 早期消火活動を行えるよう、消火用資機材(消火器、防火服等)の追加配備、消火活動に係る訓練の充実を図る。(23～24ページで説明)
- ◆ 高線量のため人が立ち入れないHAW・TVFのセル内の消火について考え方は以下のとおり。
  - HAWのセル内  
可燃性物質がなく火災の発生のおそれがないため消火設備は設けない。
  - TVFの固化セル内  
可燃性物質(潤滑油)を扱うことから、万一、火災が発生した場合には自然鎮火を待つ。固化セル内で火災が発生した場合でも重要な安全機能(閉じ込め機能)に影響はない。  
火災防護をより確実にするという観点から、万一の火災の際にもセル内の遠隔操作設備を用いて遠隔操作で消火する等の対策が行える体制を整備する。

◆ 設置場所の特徴を考慮し選択する。



- 熱感知器
  - 一般的な屋内での火災検知。



- 煙感知器
  - 吹き抜け部分等の火災源と感知器に距離があり、熱感知器に適さない屋内での火災検知。



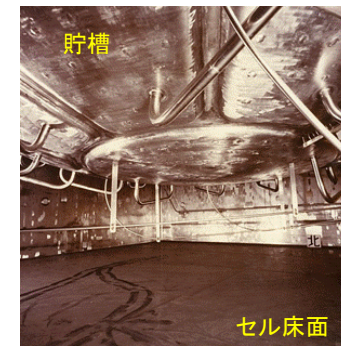
- 炎感知器
  - 煙の拡散が起きやすい大きな空間のある部屋等、煙や熱での感知が難しい場所での火災検知。



- 熱感知カメラ
  - 屋外等の天井のない場所での火災検知。

### □ HAWの高放射性廃液貯蔵セルの内部

- 金属製の貯槽や配管、サポートとコンクリート壁のみ。
- 計装ケーブルも鋼管内に収められている。



※火災防護審査基準で要求される火災の感知及び消火のための火災防護対策として、既設の火災防護設備で不足する項目に対して、固有の信号を発する異なる感知方式の感知を追加設置する代替策を講じる。

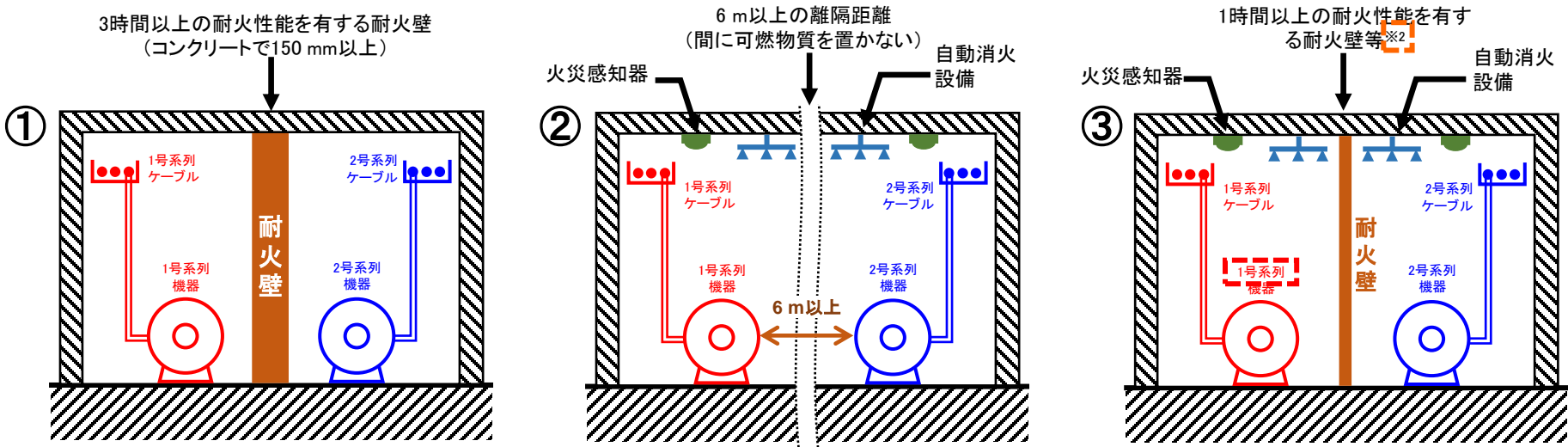
# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護 — 火災の影響軽減のために講じる対策 —

## 系統分離(延焼防止)による影響軽減

◆ **火災防護審査基準※<sup>1</sup>に基づき、火災の延焼により両系統が同時に損傷しない(延焼させない)対策を講じる。**  
(重要な安全機能の維持のため冗長性を持たせて設置されている設備を対象)

- 「火災防護審査基準※<sup>1</sup>」における系統分離の要件は以下の何れかを満たすこと。
- ① 系統の機器及びケーブルの系列間を、**3時間以上の耐火能力を有する隔壁**等で分離。
  - ② 系統の機器及びケーブルの系列間の**水平距離を6 m以上確保**するとともに、当該区画に**火災感知器及び自動消火設備**を設置する。
  - ③ 系統の機器及びケーブルの系列間を、**1時間以上の耐火能力を有する隔壁**等で分離するとともに、当該区画に**火災感知器及び自動消火設備**を設置する。

火災防護審査基準※<sup>1</sup>の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応については、火災防護計画を策定し、火災防護対策、運営管理のための手順、機器、組織体制等を定め、その詳細について要領書等を整備する。また、定期的に教育・訓練を実施し、対応の習熟を図る。



※<sup>1</sup>「実用発電用原子炉及びその付属施設の火災防護に係る審査基準」

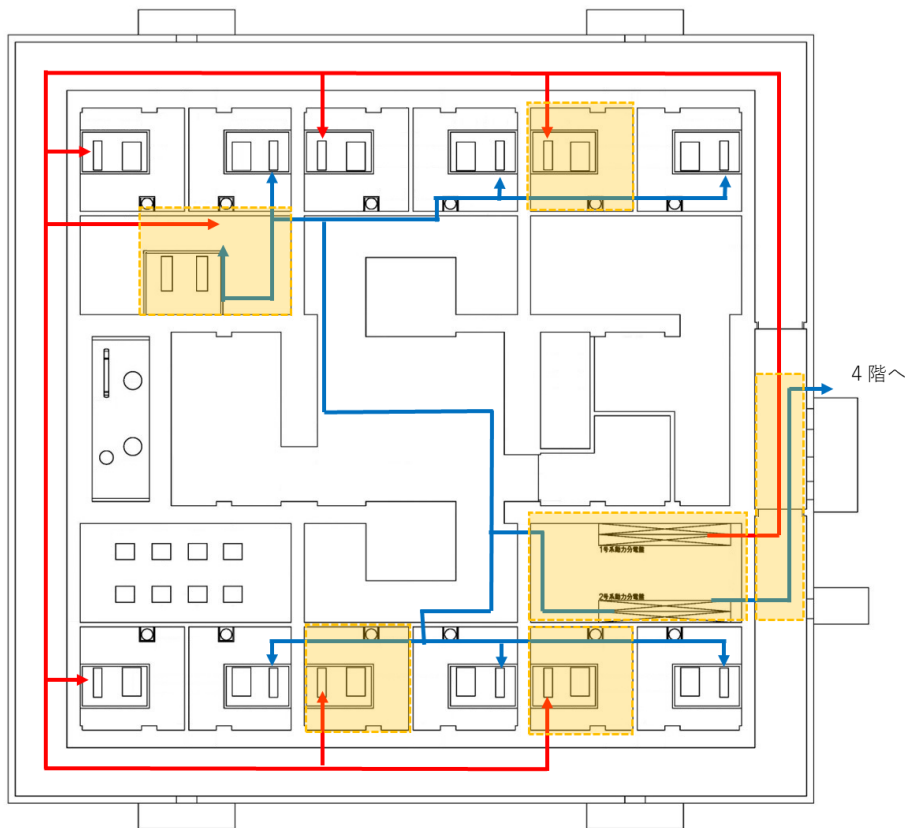
※<sup>2</sup>電源盤については筐体を建設省告示による厚さ(1.5mm以上の鋼板)で構成する、ケーブルについては鋼製の厚鋼電線管に収納する、又は耐火性を有する障壁材でラッピングすることで1時間耐火性能を確保する。

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護

－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

## 系統分離(延焼防止)による影響軽減

□ HAW 3階の電源ケーブルの敷設状況



- ← 1号系(既設)
- ← 2号系(新規敷設案)
- ケーブルが混在する区画

※ 現状では2号系も1号系と同じルートに敷設されている。

### HAWでの系統分離対策

- ◆ 動力分電盤や一部の2系統の機器は近接。  
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。
- ◆ 2系統の電源ケーブルが同一ケーブルラック上に敷設。  
↓
- 2号系ケーブルを1号系ケーブルと分離して、異なる防火区画を通るように敷設し直す。
- 動力分電盤内部に消火剤を自動噴射するパッケージ型自動消火設備を設置する。

---

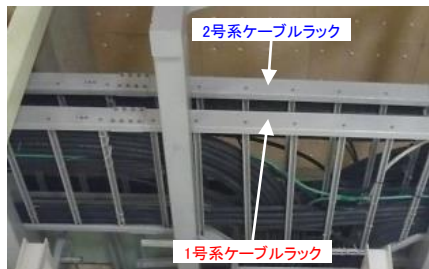
- ◆ 動力分電盤のある区画や2系統の給電対象機器のある区画では十分な距離による2系統ケーブルの分離ができず、同一区画に混在状態のまま。
- ◆ 動力分電盤と給電対象機器との間に設置されている電源切替盤(仮設電源を接続するための盤)は、2系統が同じ筐体内に共存。  
↓
- 混在区画では2号系ケーブルを火災防護審査基準で要求される1時間耐火性能を持つ電線管に収納する。
- 電源切替盤は、系統毎に新設して一定の距離を確保するとともに筐体は建設省告示による1時間耐火性能を持つ厚さの鋼板で構成する。
- 既設の感知器に加えて新たに火災感知器を追加設置する。
- 予備ケーブルによる仮設給電システムの構築が可能なように対応する。

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護

－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

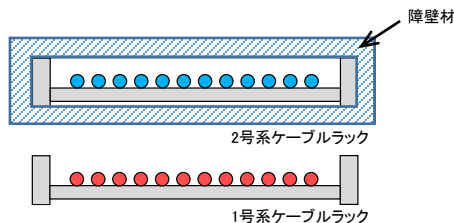
## 系統分離(延焼防止)による影響軽減

### ● 離隔距離が不足しているケーブルラックの例



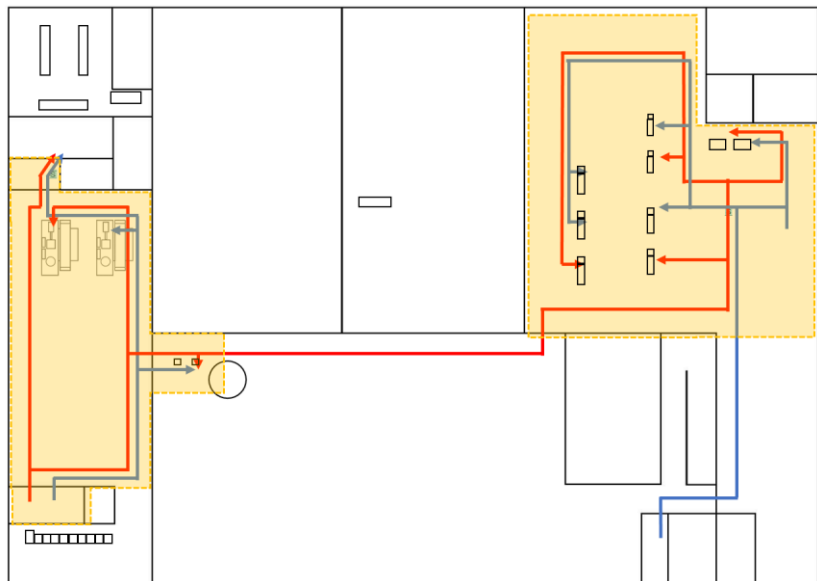
ラック間距離  
約150mm

● 系統分離対策として2号系ラックを障壁材でラッピング。



断面図(系統分離対策の例)

### □ TVF 3階の電源ケーブルの敷設状況



← 1号系(既設)

← 2号系(既設)

--- ケーブルが混在する区画

### TVFでの系統分離対策

- ◆ 2系統の機器が近接。  
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。  
(電源盤は1時間耐火性能の鋼板で分離されている。)
- ◆ 電源盤や給電対象機器の近傍では、2系統のケーブルラック間の距離が十分でない。



- 片側のケーブルラックを火災防護審査基準で要求される1時間耐火性能をもつ障壁材でラッピングする※。
- 電源盤内部に消火剤を自動噴射するパッケージ型自動消火設備を設置する。
- 既設の感知器に加えて新たに火災感知器を追加設置する。
- 予備ケーブルによる仮設給電システムの構築が可能なように対応する。

※ ラッピングの耐火性能については、今後、実証試験を行い確認する。



# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護

－「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分への対応－

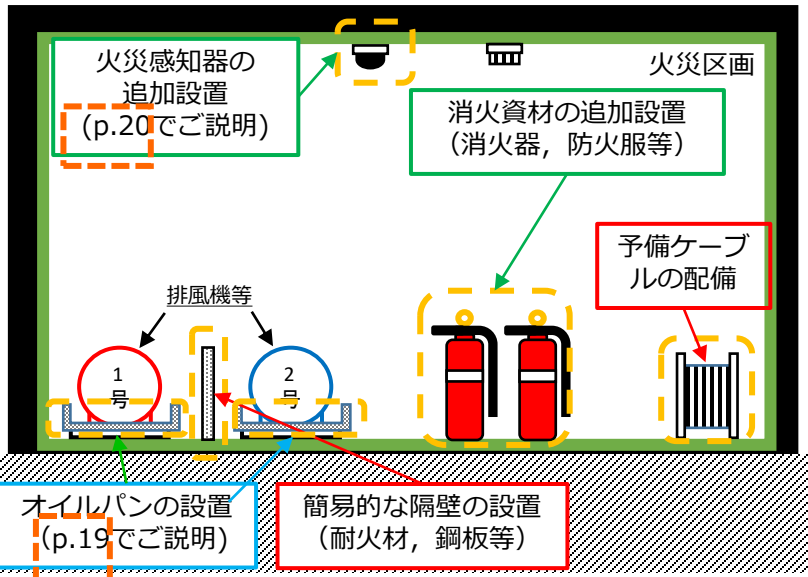
## 系統分離(延焼防止)による影響軽減

### HAW・TVFでの系統分離対策

◆ 一部の機器(排風機, ポンプ等)が近接。  
⇒ 十分な離隔距離や耐火壁を設ける空間が無い。



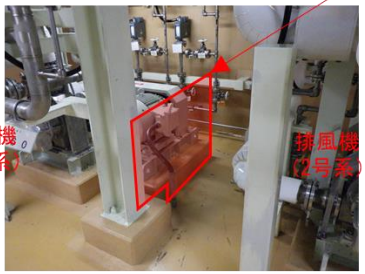
- 機器の保守管理への影響がない設置可能な範囲で簡易的な隔壁を設置する。
- 運転員による初期消火をより確実に出来るよう消火用資機材(消火器, 防火服等)の充実や訓練の拡充を行う(p.26でご説明)。
- 万一、複数系統が火災により同時損傷した場合は、可搬型設備や予備電源ケーブル等を使用した事故対処により蒸発乾固事象に至るまでに高放射性廃液の崩壊熱除去に必要な機能を復旧させる(p.25でご説明)。



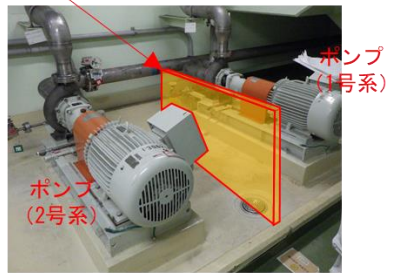
給電対象機器への対策概念図

□ 簡易的な隔壁の設置例

現場の状況を踏まえ機器の保守管理への影響がない範囲で簡易的な耐火隔壁(鉄板や耐火材等で構成)を設置



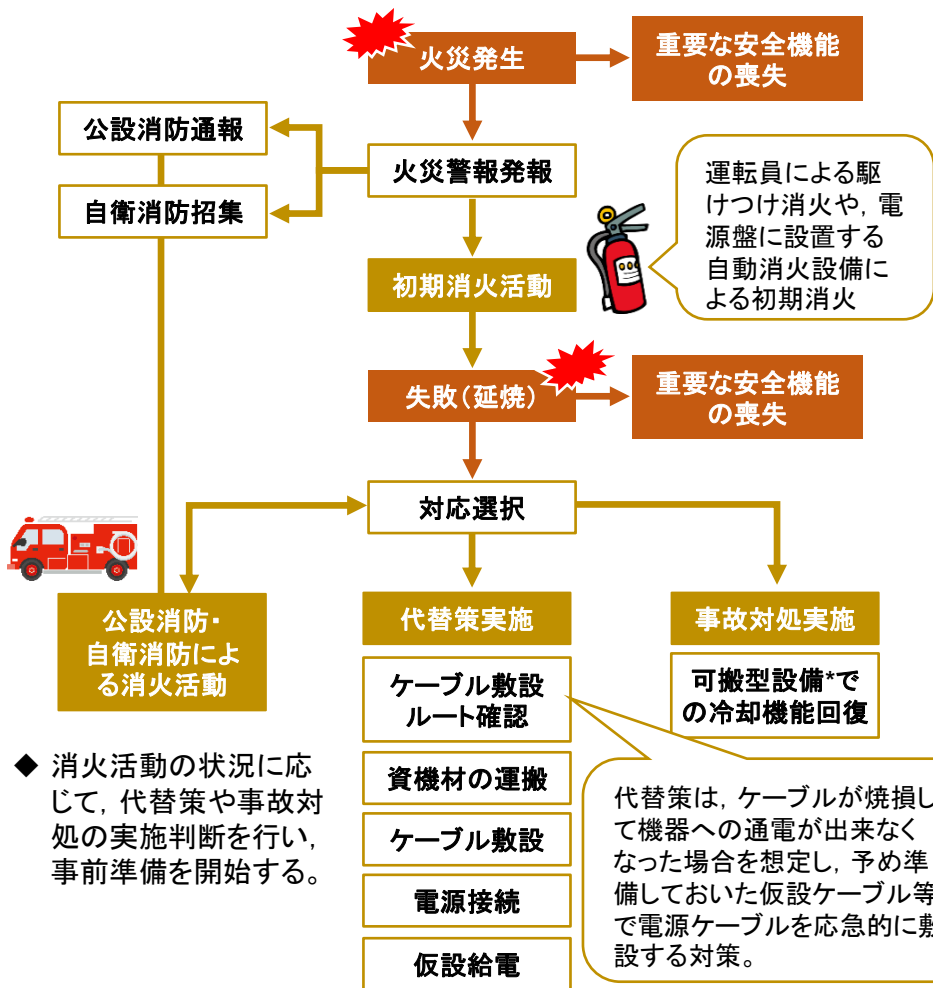
排風機の例



ポンプの例

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護 — 代替策について(1/2) —

- ◆HAW・TVFの施設状況から「火災防護審査基準」の要求を完全に満たすことが困難な部分があった。(23~24ページで説明)
- ◆そのため、火災によって安全上重要な機能を担う機器への電源供給が失われた場合においても、高放射性廃液の蒸発乾固に至らないよう代替策(予備ケーブルによる仮設の給電システムを構築する等)を準備する。



## □ 初期消火用資機材・予備ケーブル敷設用資材の配備



予備ケーブル



ケーブルコロ(可動式)



ケーブルコロ(固定式)

代替策用資機材	機能
保護具	防火服, 手袋, ヘルメット, マスク
空気呼吸器	煙充滿時・ガス消火器使用時に使用
放射線測定機器	αサーベイメータ, GM管式サーベイメータ
消火器	ABC消火器, 高所用消火器, 二酸化炭素消火器
可搬型排煙機	火災区画の排煙用
サーモグラフィ	煙充滿時の熱源探知
可搬型照明機器	室内照明喪失時に使用
予備ケーブル	仮設給電経路構築用
ドラムローラー, ケーブルコロ	予備ケーブル展開用

- ◆ これらの資機材も火災により喪失しないよう、適切に分散配置等を行う。

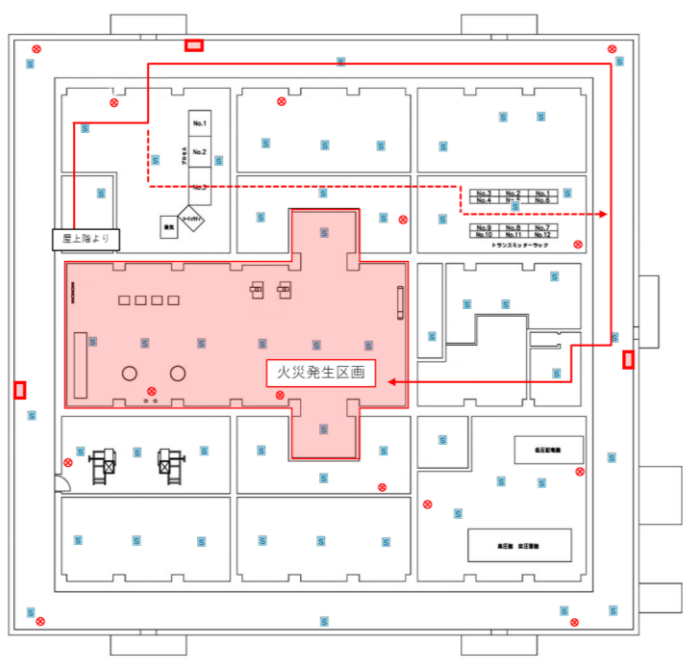
\* 安全機能の重要度分類や耐震重要度分類は実施していない。

# 2.3 HAW・TVFにおける内部火災防護 — 代替策について(2/2) —

◆事故対処と同様に**体制整備・資機材の配備**を進め、  
作業の詳細要領に基づいた**タイムチャート分析・アクセスルート確認**により**実行可能性を確認**した。

- 今後、**駆けつけ消火や予備ケーブルの敷設に最も時間を要する火災区画**について、**実動訓練を実施**する。  
(実際に現場において配備している予備ケーブル等を用いて手順通りに操作する等)
- **代替策の詳細**については**火災防護計画に定めるとともに、迅速かつ確実な対応が行えるよう訓練を充実**していく。

□ **アクセスルートの例) HAWの操作室への初期消火動線**



高放射性廃液貯蔵場 4階

□ **タイムチャート分析の例) HAWの操作室への初期消火活動**

操作項目	場所	時間 要員	作業開始からの経過時間 (分)																	
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60					
① 火災の早期感知	制御室	2名	●																	
② 火災の発生場所の特定※1 (制御室から現場へアクセスし現場確認)	制御室 現場	2名	●	●																
③ 初期消火活動の準備 (消火資材の準備、応接の要請)	現場	2名			●															
④ 初期消火活動の実施 (各種消火器、屋内消火栓による消火)	現場	3名~				●														
⑤ 機能喪失箇所の特定 (制御室での故障信号及び現場確認による)	制御室 現場	3名~					●													
— 自衛消防による対応※2	現場	自衛消防						●												
— 公設消防による対応※3	現場	公設消防							●											

青文字：運転員以外による対応

- ※1 操作室 (A421) への移動を想定した時間
- ※2 火災感知器の作動を受けた場合、直ちに体制を整え待機し、火災発生時の連絡を受けた場合現場へ急行する
- ※3 火災感知器が作動した場合、直ちに公設消防へ通報する手順となっており、感知器の作動から20分程度で再処理施設に到着する (2018年~2020年度実績) 消防による消火活動は30分を想定 (耐火建築物における鎮火までの平均時間 (昭和60年中))

消火活動開始 (警報から10分)

安全機能を有する機器及びシステムへの被害状況に応じて、予備ケーブルや事故対応資材での対応に移行する

(HAWにおいて、高放射性廃液が沸騰に至るまでの時間は77時間)

### 【代替策の訓練について】

- 個々の機器操作や手順について**実地訓練(要素訓練):12月2日終了**。操作方法の適切性や所用時間等を確認。
- 火災の感知から初期消火、代替ケーブルの敷設・接続までの一連の手順を連続して実施する**総合訓練:令和4年3月実施予定**。全体手順や連絡手段・指揮体制の有効性を確認。
- 訓練で得られた反省点や改善点に基づき、手順等を**継続的に改善**。

➢ 核燃料サイクル工学研究所は、ひたちなか・東海広域事務組合消防本部と「原子力事業所における消防活動に関する覚書」を締結し火災等が発生した場合の対策を定めている。

➢ 再処理施設保安規定に基づく「事故対策手順」において、火災もしくは火災の恐れのある場合は、直ちに公設消防に通報することを定めている。公設消防の到着後は、直ちに施設内へ入域できる措置を講じており、その指揮下において、核燃料サイクル工学研究所の自衛消防等と共同で作業を行うこととしている。

➢ 核燃料サイクル工学研究所の事故対策規則に基づく「原子力規制関係法令等に基づく通報連絡要領について」において、発生した事故・故障・トラブル等の事象内容に応じて、地域対応や報道機関等への情報発信を行うことを定めている。

## 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策

# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策 — 基本的考え方 —

- 内部溢水でHAW・TVFの重要な安全機能\*1を損なわないよう、内部溢水ガイド\*2に基づく評価及び対策を講じる。
- 内部溢水ガイドに基づく対象事象
  - ⇒ 「通常運転時に想定される機器の破損(想定破損)」, 「消火活動による放水」, 「地震で想定される機器の破損」
- 内部溢水の影響
  - ⇒ 「没水影響」, 「被水影響」, 「蒸気影響」

- ◆ 没水影響: 溢水が床上に溜まることで対象機器が浸水することによる影響。
- ◆ 被水影響: 対象機器の上部にある配管等からの溢水による被水の影響。
- ◆ 蒸気影響: 漏えいした蒸気による熱的影響及び凝縮水による被水の影響。

- 可能な限り対策を講じるものの、内部溢水ガイド\*2通りのハード対策を講じることが困難な機器がある。
  - ⇒ 万が一、溢水によって重要な安全機能を担う機器が損傷した場合であっても、廃止措置の上で想定される事故である蒸発乾固の発生を防止するために予め準備する代替策により、再処理技術基準規則に照らして十分な水準の保安を確保\*3する。

TVFの計装トランスミッタの配置区画で、蒸気漏えいの可能性があり、ハード対策\*4により蒸気影響を防止することが物理的に困難な状況。

注)トランスミッタ: 送信機

- ◆ ハード対策の代替策として、可搬型計測装置による仮設復旧や予備部品の交換等を速やかに実施し、事故対処により蒸発乾固に至るまでに重要な安全機能を回復させる。

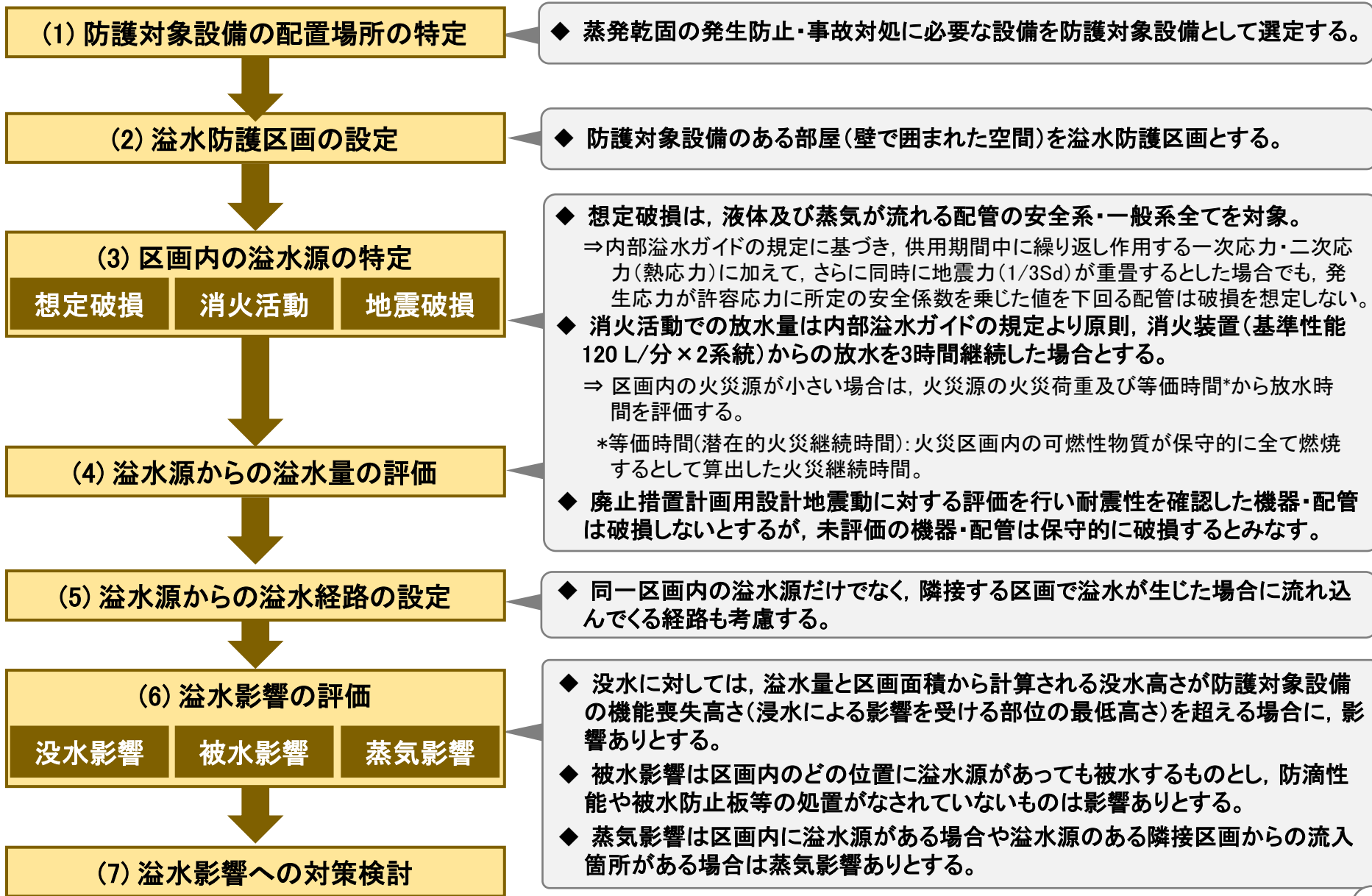
\*1 「閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能」 \*2 「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」

\*3 原子力規制委員会内規「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」に従い、より難しい特別な事情を踏まえ、再処理施設の現況や技術上の基準等に照らし適切な方法及び水準により性能維持施設を維持する方法等を定めるものである。

\*4 蒸気遮断弁による漏えい時閉止対策、防護カバーの設置、蒸気配管の移設、トランスミッタの移設

# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策

## － 影響評価の方法 －



# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策

## － 溢水による影響を防止するために講じる対策 －

### 没水・被水・蒸気影響への共通的な対策

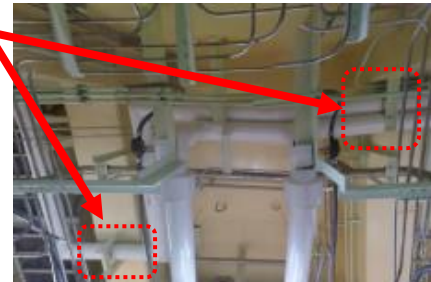
溢水源の排除・溢水量の抑制

想定破損が考慮される**配管の補強**

- 配管サポートの追加等により内部溢水ガイドで規定された強度を確保する。  
対象配管（浄水、純水、消火水及び飲料水）

**配管の使用停止**（物理的な閉止措置）

- 使用しない配管の切断＋フランジ止め等で通水できないようにする。



### 没水影響への対策

没水高さの低減

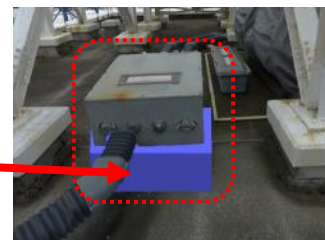
防護対象設備のない隣接区画への**排水ルート**の設置

- 当該区画に水が滞留しないように隣接区画へ流れ出るような**経路**を設ける。

地下スラブへの**排水ルート**の設置

- 多量の消火用放水を保持できる容量を持つ地下スラブへの**ドレン配管**を設置する。

速やかな送液停止措置を可能とするための**漏えい検知器**の設置



没水の回避

防護対象設備の**設置位置の嵩上げ**

- 台座等を設けて没水高さ以上の位置に移動させる。

防護対象設備周辺への**止水堰**の設置



隣接区画からの浸水の防止

区画境界への**止水堰**の設置

- 出入口扉の前に**止水堰**等を設置する。

# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策

## － 溢水による影響を防止するために講じる対策 －

### 被水影響への対策

被水の防止

防護対象設備への**被水防止板・被水防止シート**の設置

- 設備上部に屋根やフードのような構造の**被水防止板**を設置する。

被水への耐性向上

防護対象設備を**防滴性能のあるもの**に交換

- **防水等級 (IPX)** 等の防滴・防水規格に適合している**互換品**に交換する。

電気盤の開閉部・隙間等への**コーキング**

- 電気盤の扉やケーブルが貫通する場所等の隙間から水が浸入しないように**コーキング**をする。



### 蒸気影響への対策

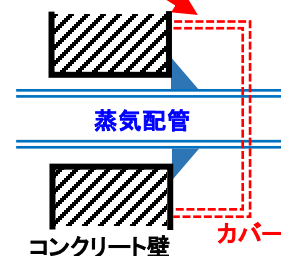
漏えい蒸気量の抑制

**蒸気漏えい検知**及び**蒸気遮断弁**の設置

- 蒸気の漏えいを速やかに検知して、供給元の自動弁 (蒸気遮断弁) を閉止できるようにする。

蒸気配管の破断予想箇所 (ターミナルエンド) への**カバー**の設置

- 蒸気配管の破断の可能性が高いターミナルエンド部 (熱膨張を拘束する配管固定部で、壁を貫通する箇所等) の周りに噴出した蒸気が漏えいしにくくなるような**カバー**を設置する。





# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策 — 代替策について(1/2) —

➤ TVFの配管分岐室についてはハード対策が困難であったことから、漏えい後に喪失した機能を速やかに復旧させるための代替策を講じる。

- 配管分岐室には、計装設備(圧力計トランスミッタ)が設置されている。(高放射性廃液貯槽の液位・圧力を計測)
- 多数の蒸気配管がまとまって壁面を貫通している場所(ターミナルエンド)がある。

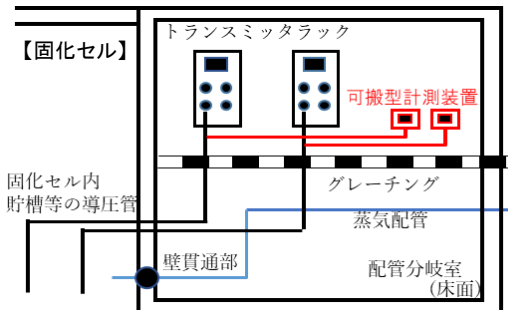
### 破断時の蒸気漏えい量の抑制対策を検討

- ◆ 貫通部が狭隘で、ターミナルエンドカバーが設置できない。  
注)トランスミッタ:送信機
- ◆ 漏えい検知後、遮断弁閉止までの漏えい蒸気量でトランスミッタ機能が喪失する可能性。

### 防護対象設備の移設を検討

- ◆ トランスミッタラック移設に適した移設場所がない。  
(配置位置・面積や移設後の計装用導圧管の配管ルートの成立性の観点から、適した移設場所がない。)

トランスミッタが溢水により損傷したとしても、可搬型計測装置による仮設復旧や予備部品の交換等を速やかに実施することで機能を回復させる。



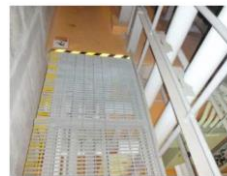
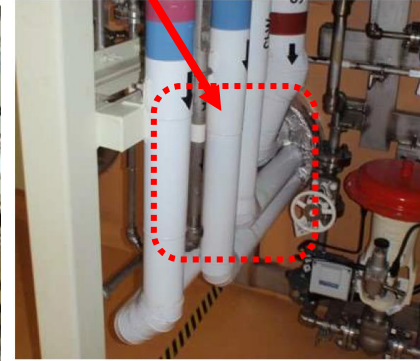
- ・ 遮断弁が停止したことを確認した後、現場確認を実施。
- ・ 損傷したトランスミッタに可搬型計測装置を接続。

遮断弁が自動閉止し、蒸気漏洩が停止。

トランスミッタが設置されているラック

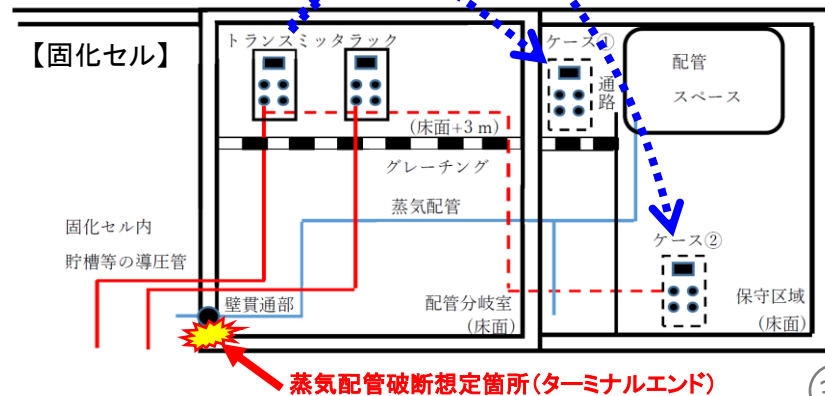


複数本の蒸気配管の壁貫通部



ケース①の移設先は格レーチングの通路でラックは設置できない。

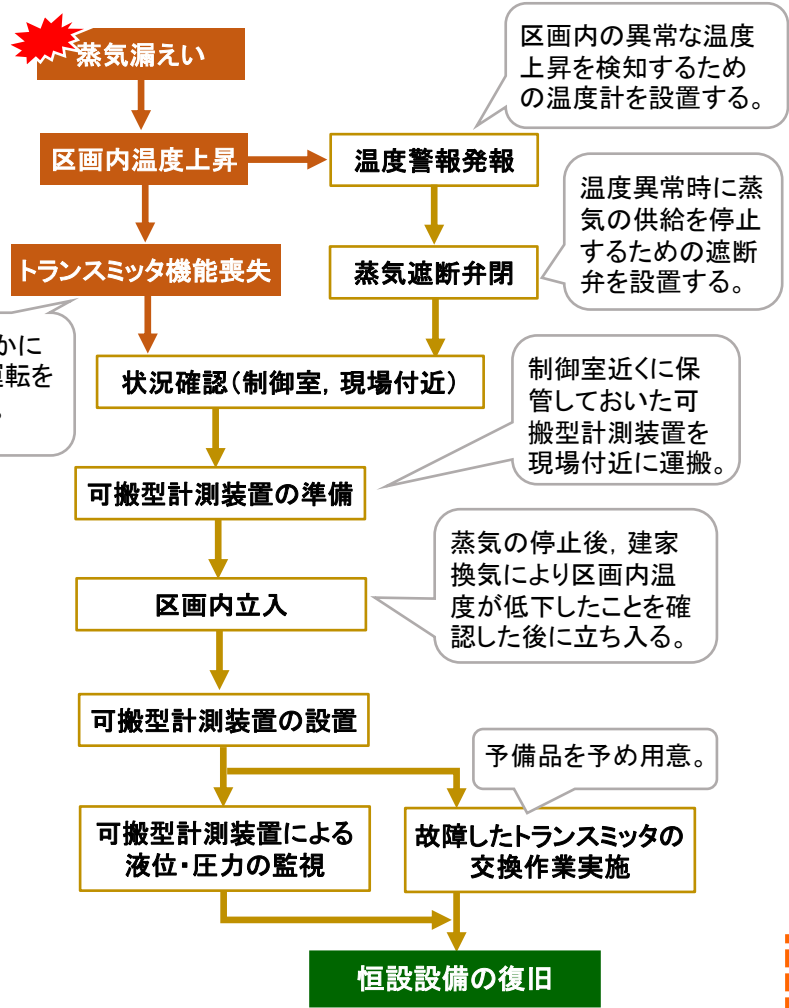
ケース②の移設先には導圧管に所定の勾配/高低差を設けられない。



# 2.4 HAW・TVFにおける内部溢水対策 — 代替策について(2/2) —

➤ TVFの配管分岐室で蒸気が漏えいし、トランスミッタが機能喪失した場合には、  
予め配備した可搬型計装装置を設置して液位を監視。故障したトランスミッタの予備品への交換を速やかに実施。

- ◆ 事故対処と同様に**体制整備・資機材の配備**を進め、作業の詳細要領に基づいた**タイムチャート分析・アクセスルート確認**により**実行可能性**を確認した。
- ◆ 可搬型計測装置による**貯槽の液位・圧力の監視再開**までは**2時間程度**であり、常駐運転員で作業可能。  
(高放射性廃液の沸騰までは最短で26時間)



□ タイムチャート分析

操作項目	場所	要員	事象発生からの経過時間(分)														
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
① 異常発生を検知	制御室	2名	●														
② 運転停止操作	制御室	2名		●													
③ 現場の状況確認	保守区域	2名		●	●												
④ 機能喪失箇所の特定	制御室	2名		●	●	●	●										
⑤ 配管分岐室の換気(建家換気による)	配管分岐室	-		●	●	●	●	●	●	●							
⑥ 可搬型設備の準備	保守区域	3名			●	●	●	●	●	●	●						
⑦ 現場の状況確認	配管分岐室	2名									●	●	●				
⑧ 可搬型設備の接続及び計測	配管分岐室	3名												●	●	●	
⑨ 部品交換による復旧	配管分岐室	4名															●

可搬型設備による計測(約2時間以内)

※ 当該トランスミッタは異常検知のために必要な監視設備であるが、当該トランスミッタの機能喪失が起因となって高放射性廃液の蒸発乾固が引き起こされることはない。

※ TVFの配管分岐室の空間線量率は、平常時は1.0 μSv/h未満であり、蒸気漏えい(非放射性)に伴い室内の空間線量率が上昇し、事故対処において作業員が有意に被ばくすることは想定していない。

## 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象 に対する安全対策

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 基本的考え方 —

高放射性廃液の貯蔵に伴うリスクが集中するHAW・TVFは、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能の維持が図れるよう安全対策を行う。

**HAW・TVF以外の施設**（以下「**その他の施設**」）に貯蔵・保管している放射性物質は**低濃度の溶液や固形物**あるいは**十分な冷却期間が経過した使用済燃料集合体**（P.46をご説明）。

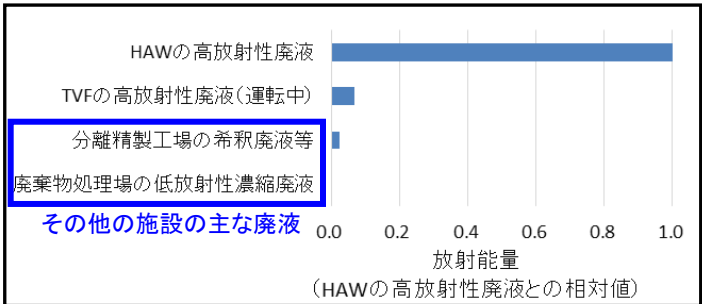
高放射性廃液とは異なり**自発的に過度の放射性物質の放出に至る事象の要因とはならない**。

➤ また高放射性廃液に比べて**保有している放射エネルギーも少ない**。

**その他の施設**から放射性物質が施設外に流出・放出した場合には、

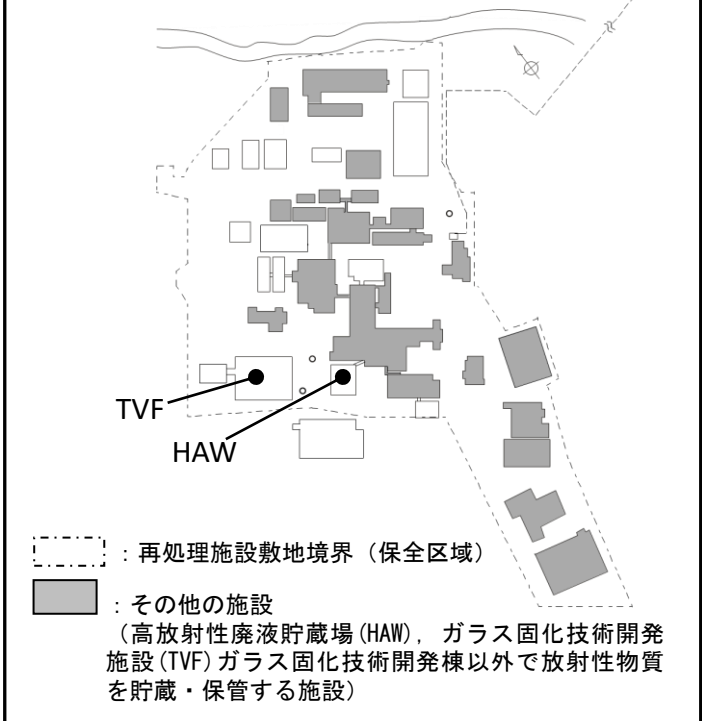
- ・周辺公衆への影響
- ・敷地内の広範囲が汚染し周囲の放射線量が上昇
- ・津波の発生時のHAW・TVFの事故対処活動への波及的影響が予想される。

**その他の施設**については、設計津波等の外部事象に対して、**有意に放射性物質を建家外に流出・放出させない**（十分浄化されていない溶液、容器等を建家外に流出・放出させない）**ことを基本として、安全対策を講ずる**。



各施設で保有する主な廃液の放射エネルギーの比較

HAW・TVF以外にも放射性物質を貯蔵・保管する分離精製工場(MP)等の25の建家がある。



## 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 － 施設の状況と評価・検討の概要 －

### ○施設の状況

その他施設 ⇒ ①【低放射性**廃液**等を貯蔵する施設】  
②【**廃棄物容器**・**製品容器**等を貯蔵・保管する施設】

#### ①【低放射性**廃液**等を貯蔵する施設】

大部分の貯槽等は、

- 耐震性・耐津波性を期待できる**地下階のセル・部屋に設置。**
- 竜巻・火山の影響を受けない**建家中心部等に設置。**

#### ②【**廃棄物容器**・**製品容器**等を貯蔵・保管する施設】

- 建家の大部分は**耐震性・耐津波性を期待**できる。
- **製品容器は堅牢**である。
- 廃棄物容器は**多重に梱包**されている。

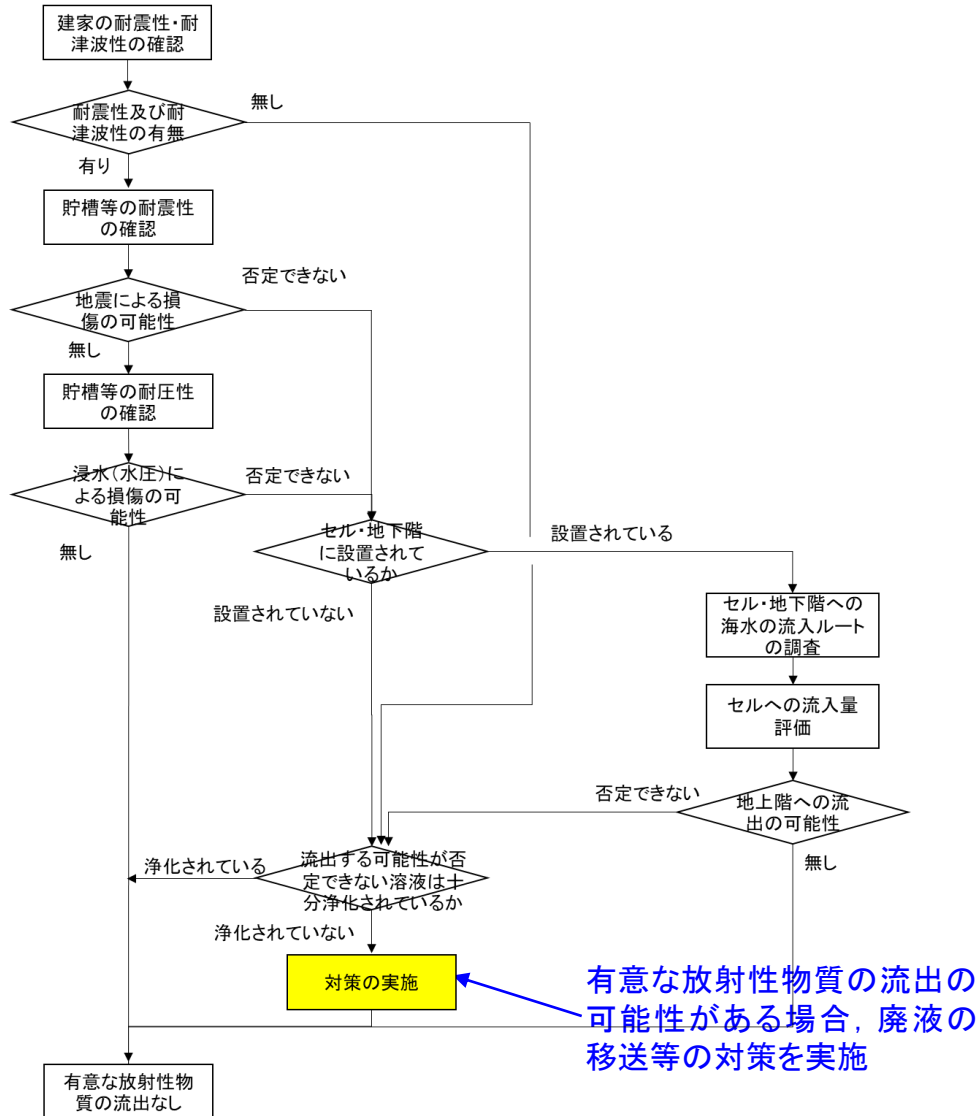
⇒以下の特徴を踏まえ、建家外への流出・放出の可能性について評価し、対策が必要な箇所を確認。

- (1) 津波(地震を含む): 現場調査, 建家の耐震性・耐津波性, 機器の耐震性・耐圧性等
- (2) 竜巻: 建家の健全性, 設計飛来物の貫通の有無
- (3) 火山事象: 建家に対する降下火砕物の許容堆積荷重, 貯槽, 容器等の施設内配置
- (4) 外部火災: 森林火災, 近隣の産業施設の火災・爆発等による影響評価

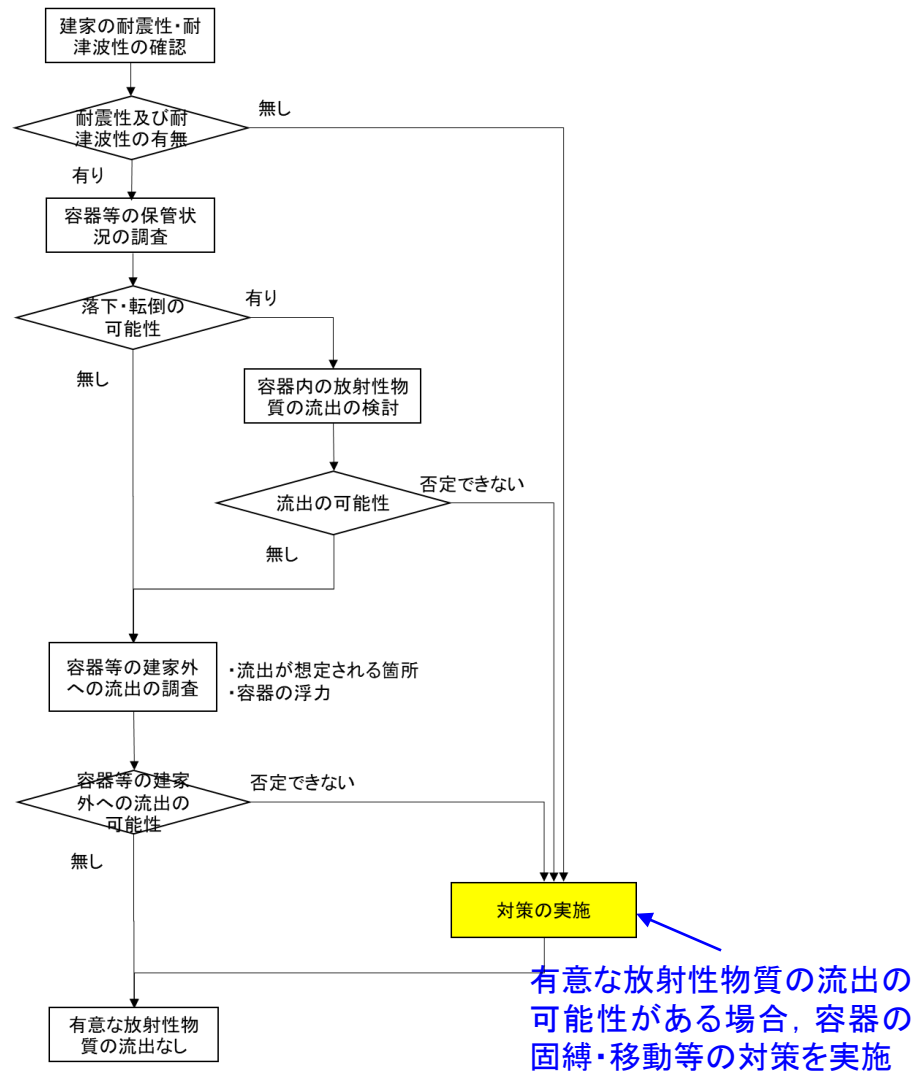
# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## － 津波(地震含む)(1/10) －

◆HAW・TVFと同様の**設計地震動・設計津波**(R2.7.22ご報告済み)を想定し、廃液や廃棄物容器等を貯蔵している施設毎に以下のようなフローを用い建家外への放射性物質の流出の可能性について評価。



低放射性廃液等を貯蔵する貯槽等の評価対策検討のフロー



製品容器・廃棄物容器等の評価対策検討のフロー

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 津波(地震含む)(2/10) —

## ■ 地震

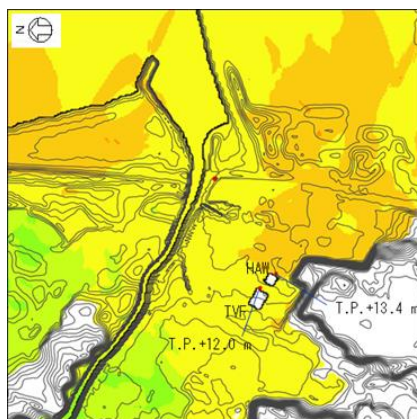
設計地震動を用いたHAW・TVFの応答結果を参考に建家及び機器の簡易的な耐震性評価を実施。

設計地震動		最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		南北成分	東西成分	上下成分
Ss-D	応答スペクトル手法による設計地震動	800		580
Ss-1	F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)	617	451	401
Ss-2	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	952	911	570

※表中のグラフは各設計地震動Ssの加速度時刻歴波形  
(縦軸: 加速度[cm/s<sup>2</sup>], 横軸: 時間[s])

## ■ 津波

設計津波による各建家位置での浸水深さ(約4.5 m～約6.4 m)を用いて, 建家の耐津波性, 機器の耐圧性等の評価を実施。

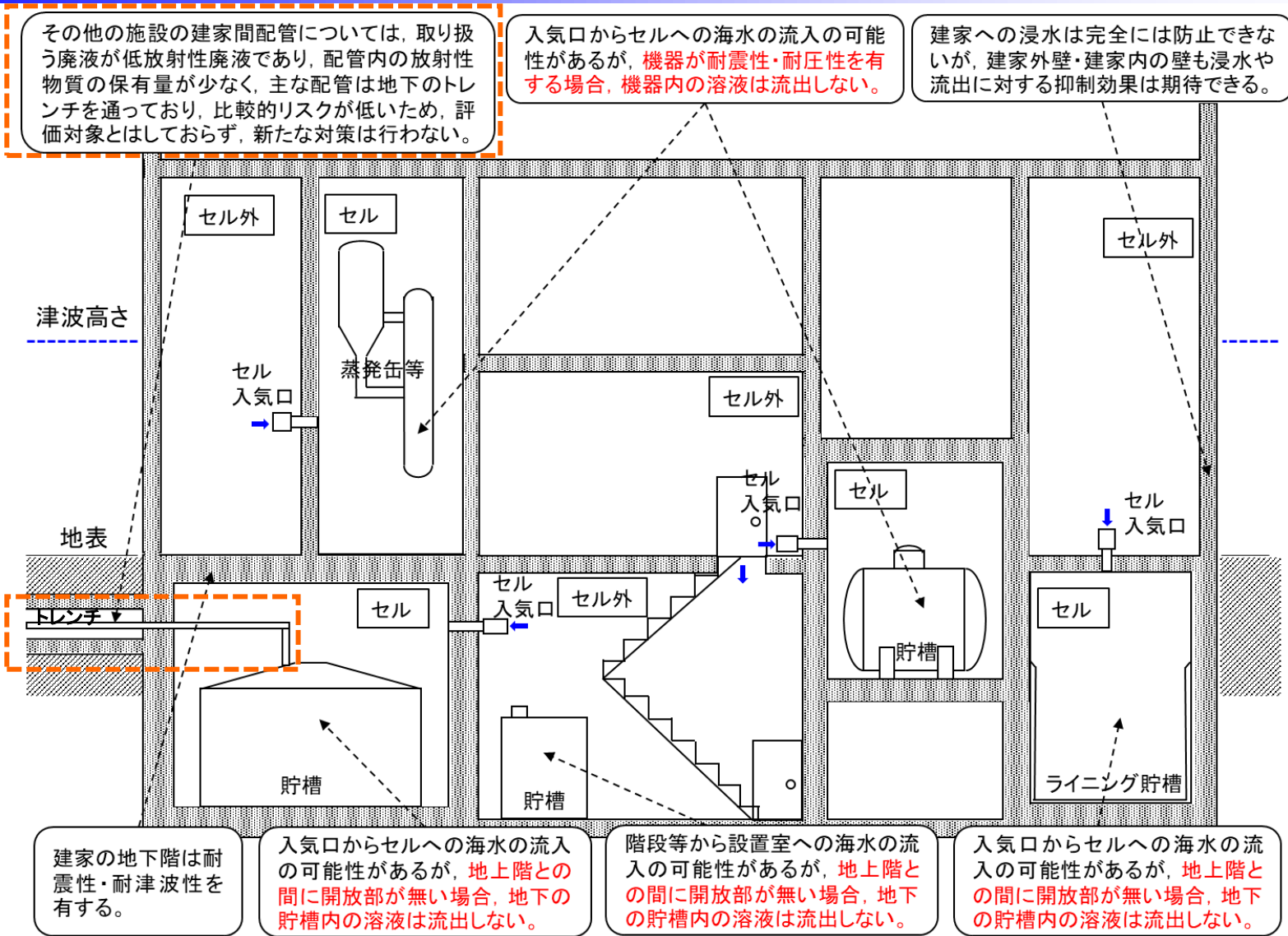


建家名	最大浸水深(m)	建家名	最大浸水深(m)
分離精製工場(MP)	5.8	第二低放射性廃液蒸発処理施設(E)	5.4
廃棄物処理場(AAF)	5.5	廃溶媒貯蔵場(WS)	5.3
高放射性固体廃棄物貯蔵庫(HASWS)	6.2	放出廃液油分除去施設(C)	5.7
プルトニウム転換技術開発施設(PCDF)	6.0	第二アスファルト固化体貯蔵施設(AS2)	5.3
第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設(2HASWS)	6.0	低放射性濃縮廃液貯蔵施設(LWSF)	5.2
アスファルト固化処理施設(ASP)	5.5	廃溶媒処理技術開発施設(ST)	5.4
アスファルト固化体貯蔵施設(AS1)	6.0	焼却施設(IF)	5.5
スラッジ貯蔵場(LW)	5.3	第二低放射性固体廃棄物貯蔵場(2LASWS)	6.2
第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z)	5.6	第一低放射性固体廃棄物貯蔵場(1LASWS)	6.4
第二スラッジ貯蔵場(LW2)	5.1	第三ウラン貯蔵所(3UO3)	4.5

入力津波の条件: 「港湾構造物無し」, 「HAW・TVFモデル化」

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## － 津波(地震含む)(3/10) －



建家外への有意な放射性物質の流出の可能性がある場合は、耐震性の確保、耐圧性の確保(入気口からセルへの海水の流入量低減)等の必要な対策を実施する。

低放射性廃液等を貯蔵する施設の状況(概要)

注) 本図は代表的な例を纏めたもの



# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 ー 津波(地震含む)(4/10) ー

## 【現場調査】

設計津波における津波シミュレーションの最大浸水深以下に放射性物質を貯蔵・保管する施設を対象に調査。

### ① 流入ルート調査

窓・扉・シャッター等の海水の流入の可能性が高い箇所を調査

### ② 下層階への流入ルート調査

階段・ハッチ等の地下階と繋がる箇所を調査

### ③ セル内への流入ルート調査

入気ダクト・排気ダクト・セルクロージング等の海水の流入の可能性の高い箇所を調査

### ④ 評価対象機器と配管内への流入ルート調査

評価対象機器に接続された開放機器、地震・津波に対し脆弱と考えられる設備(評価対象機器と配管で接続されたグローブボックス等)を調査

### ⑤ 廃棄物容器・製品容器等の保管状況調査

津波に先立つ地震による容器等の転倒・落下による破損、容器等の建家外への流出の可能性を把握するため、容器の保管状況(現状の転倒・落下防止・固縛等の措置等)を調査



②の例(グレーチング)



③の例(セル入気口)



④の例(グローブボックス)



⑤の例(容器の保管状況)

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 津波(地震含む)(5/10) —

## 【耐震性・耐津波性評価】

建家の耐震性及び耐津波性の双方を満たす場合、設計津波襲来時に建家の各階が維持されるものとし、①建家の耐震性 ②建家の耐津波性③機器の耐震性④機器の耐圧性の評価を実施した。

### ①【建家の耐震性】

#### ➤分離精製工場(MP):

防護柵の一部として設計地震動に対する耐震性が確認されている※。

#### ➤分離精製工場(MP)以外の施設:

建家の各階の保有水平耐力により耐震性を確認した。

評価の例(分析所(CB))

階	保有水平耐力比	耐震性 (1.2以上で○)	備考
3F	1.35	× (1.2以上であるが下層階が×のため)	放射性物質を貯蔵する機器等はない。
2F	1.01	×	
1F	1.35	○	
B1F	2.97	○	

⇒ 放射性物質を貯蔵・保管する階及びその下層階の耐震性に問題はない。

### ②【建家の耐津波性】

#### ➤分離精製工場(MP):

設計津波に対する耐津波性が確認されている※。

#### ➤分離精製工場(MP)以外の施設:

設計津波による荷重(波力及び漂流物)と各階の保有水平耐力により耐津波性を確認した。

評価の例(分析所(CB))

階	最大浸水深	保有水平耐力 / 設計津波荷重	耐津波性 (1.0以上で○)
3F	5.8 m	3.78	○
2F		2.04	○
1F		1.28	○
B1F		2.10	○

⇒ 放射性物質を貯蔵・保管する階及びその下層階の耐津波性に問題はない。

※「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年4月27日付け原規規発第2104272号をもって認可)

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## － 津波(地震含む)(6/10) －

### ③【機器の耐震性】

#### ▶ 分離精製工場(MP):

有限要素法(FEM)解析又は原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)に示される方法により、設計地震動に対する対象機器の耐震性を確認した。

#### ▶ 分離精製工場(MP)以外の施設:

既往の評価の発生応力等に設計地震動相当の地震力に対する増大率を乗じることにより、対象機器の耐震性を確認した。

評価の例(廃棄物処理場(AAF))

機器	評価項目	応力比 (発生応力 /設計引張 応力)	耐震性 (1未満 で○)	備考
中間受槽	胴	0.99	○	溶液はセル内で保持される
	取付ボルト	1.20	×	
廃希釈剤貯槽	胴	0.81	○	
	取付ボルト	0.60	○	
廃溶媒・廃希釈剤貯槽	胴	0.81	○	
	取付ボルト	0.60	○	

⇒ 耐震性が十分でないとして評価された一部の機器については、津波時にセル内等で溶液が保持されるかを評価した。

### ④【機器の耐圧性】

津波シミュレーションにおける各施設の最大浸水深、又はセルへの海水の流入量を考慮した水位における対象機器の耐圧性を確認した。

評価の例(スラッジ貯蔵場(LW))

機器	最大浸水深	耐圧性	備考
スラッジ貯槽	5.3 m	×	溶液はセル内で保持される
廃溶媒貯槽		×	セル外への溶液の流出対策が必要

⇒ 耐圧性が十分でないとして評価された一部の機器については、津波時にセル内等で溶液が保持されるかを評価した。

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## － 津波(地震含む)(7/10) －

### 【評価のまとめ(1/2)】

#### 【低放射性廃液等を貯蔵する施設】

- 貯槽等の大部分は、耐震性・耐津波性を期待できる地下階のセル・部屋に設置。
- 地上階の貯槽等については、設計津波に対しても貯槽等の障壁は維持。
- プール水等は浄化されており、放射性物質の有意な流出はない。

⇒ 大部分の溶液は貯槽内又は地下階のセル・部屋内で保持され、放射性物質が建家外に有意に流出することはない。

⇒ 放射性物質の流出が否定できない一部の貯槽(スラッジ貯蔵場(LW)の廃溶媒貯槽)に対して、対策を実施する。

### 評価の例

施設	主なインベントリ等	機器・容器 (○は機器内で保持)	貯蔵・保管場所 (○はセル内等で保持)	建家	評価・対策
分離精製工場 (MP)	希釈廃液	高放射性廃液貯槽 ○： 貯槽は耐震性・耐圧性を有しており、溶液は貯槽内で保持される。	高放射性廃液貯蔵セル ○： セルは満水とならず、貯槽内の溶液はセル内で保持される。	(耐震性○、耐津波性○であるが、建家外壁での海水の流入・溶液の流出防止は期待しない)	貯槽内の溶液は貯槽内に保持されることから、建家外への有意な放射性物質の流出はない。
廃棄物処理場 (AAF)	低放射性濃縮廃液	低放射性濃縮廃液貯槽 △： 貯槽の耐圧性が十分でない可能性がある。	低放射性濃縮廃液貯蔵セル ○： 地下階のセルであり、貯槽内の溶液はセル内で保持される。	(同上)	貯槽内の溶液はセル内に保持されることから、建家外への有意な放射性物質の流出はない。
スラッジ貯蔵場 (LW)	廃溶媒	廃溶媒貯槽 △： 貯槽の耐圧性が十分でない可能性がある。	廃溶媒貯蔵セル △： セル開口部から、貯槽内の溶液が流出する可能性を否定できない。	(同上)	貯槽内の溶液が貯槽内で保持、またはセル内で保持されるよう、セルへの海水の流入量低減等の対策を行う。

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## — 津波(地震含む)(8/10) —

### 【評価のまとめ(2/2)】

#### 【廃棄物容器・製品容器等を貯蔵・保管する施設】

- 大部分の施設は耐震性・耐津波性を期待でき、**容器は建家内で保持。**
- **三酸化ウラン粉末容器は海水に浸る可能性を否定できないが、容器は堅牢。**
- **廃棄物容器自体への海水の浸入の可能性は否定できないが、大部分の廃棄物容器の中身はビニルバック等により多重に梱包されている。**

⇒ **微量の放射性物質が海水とともに流出する可能性はあるが、容器自体が建家外に流出しない対策を実施することにより、有意な放射性物質が建家外に流出することはない。**

### 評価の例

施設	主なインベントリ等	機器・容器	貯蔵・保管場所	建家 (○:容器の流出の可能性なし)	評価・対策
廃棄物処理場 (AAF)	ヨウ素フィルタ (AgX)	保管容器	地上1階 ・排気フィルタ室	△: 耐震性○、耐津波性○であるが、扉・シャッター一部から保管容器が建家外へ流出する可能性が否定できない。	保管容器が建家外へ流出することを防止するため、保管容器の連結・床面に固定する対策を実施(実施済み)
アスファルト固化体貯蔵施設 (AS1)	アスファルト固化体	ドラム缶	地下1階 ・貯蔵セル 地上1階 ・貯蔵セル	○: 耐震性○、耐津波性○であり、保管容器が建家外へ流出する可能性のある箇所はない。	貯蔵セルが浸水した場合、ドラム缶は浮き上がることはなく、遮蔽扉を經由し、建家外に流出する可能性はない。アスファルトはドラム缶に封入され、直接海水に曝されることはない。蓋の隙間部から海水が浸入する可能性は否定できないが、固化体上部には放射性物質を含まないアスファルトの充填層があり、浸入した海水が放射性物質と接触しにくい構造である。さらに、固化体はセル内に貯蔵されていることから、建家外への放射性物質の有意な流出はない※。
第二低放射性固体廃棄物貯蔵場 (2LASWS)	雑固体廃棄物	ドラム缶・コンテナ	地下1階 ・貯蔵室 地上1階 ・貯蔵室 地上2階 ・貯蔵室	△: 耐震性○、耐津波性○であるが、シャッター一部から容器が建家外へ流出する可能性が否定できない。	貯蔵室が浸水した場合、ドラム缶・コンテナは浮き上がる可能性があり、シャッター一部から建家外へ流出することを防止するため、ワイヤーネットを設置する対策を実施(実施済み)

※ アスファルト固化体内の放射性物質が有意に建家外に流出することは考えにくいですが、保守側に10%のアスファルト固化体のアスファルト表面が直接海水と接触(上部のアスファルト充填層・ドラム缶に期待しない)、放射性物質が溶出、海水とともに建家外に流出することを想定した場合の環境への影響は0.005 mSv未満と評価している。

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 津波(地震含む)(9/10) —

◆ 建家外への有意な放射性物質の流出の可能性が否定できない箇所に対策を実施する。

## 【低放射性廃液等を貯蔵する施設】

➢ スラッジ貯蔵場(LW)の廃溶媒貯蔵セル:

開口部(セル入気口)から、流入した海水とともに溶液の一部が流出する可能性を否定できないことから、

**セル入気口への弁の設置等の流入量低減等の対策**を行う。



対策が必要なセル入気口

## 【廃棄物容器・製品容器等を貯蔵・保管する施設】

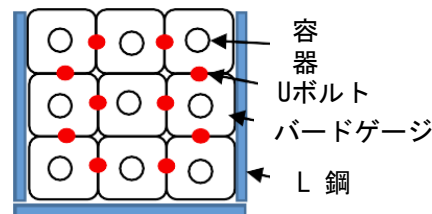
建家外に流出する可能性が否定できない廃棄物容器・製品容器等について、**移動、固縛等の対策**を行う(大部分は対策実施済み)。



廃棄物保管棚へのネットの設置



ヨウ素フィルタ保管容器の連結・床面への固定



平面図

三酸化ウラン粉末容器の連結・床面への固定



廃棄物容器が流出する可能性のある箇所へのワイヤーネットの設置

## 容器の流出対策の例

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 津波(地震含む)(10/10) —

## 【参考】使用済燃料プールについて

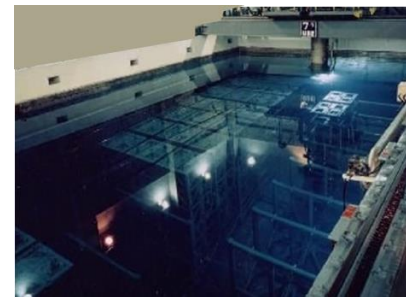
### ○耐震性

東海再処理施設の使用済燃料プールが設置されている分離精製工場建家については、設計地震動に対する耐震性が確認されている※。

※「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年4月27日付け原規規発第2104272号をもって認可)

### ○冷却

東海再処理施設で貯蔵している燃料集合体の発熱量は小さく、冷却機能を喪失した場合を想定しても、燃料損傷に至ることはない。

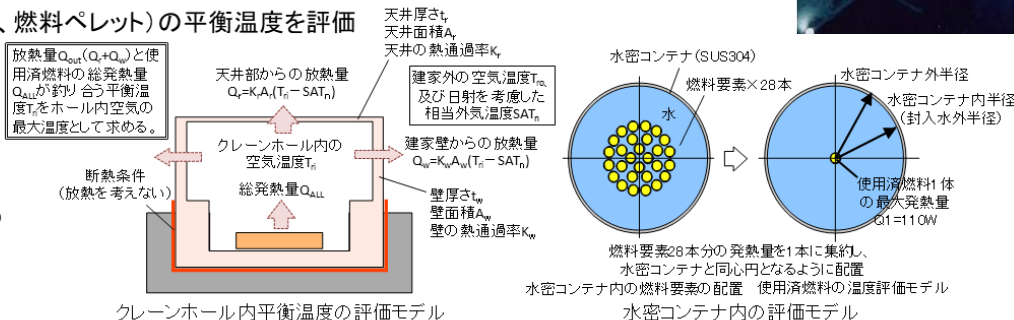


#### (1) 使用済燃料の健全性(温度)評価

プール水全喪失時の使用済燃料(被覆管、燃料ペレット)の平衡温度を評価

##### 【評価条件】

- ① 建家外表面からの放熱を考慮し、使用済燃料(265体)の総発熱量とクレーンホール内空気の平衡温度を評価
- ② クレーンホール内空気中で自然対流熱伝達での水密コンテナの放熱量が使用済燃料の最大発熱量(約110W/体)とつり合う水密コンテナ表面温度を評価
- ③ 水密コンテナ表面温度、構成材の熱伝導率等から使用済燃料の温度を評価



プール水全喪失時に建家換気系が停止したとしても、被覆管の平衡温度、使用済燃料の平衡温度は、約110℃以下となり、冷却材喪失時の被覆管の基準値1200℃及び使用済燃料(二酸化ウラン燃料)の融点 約2800℃より十分低く、燃料損傷に至ることはない。

「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画認可申請書」(平成30年6月13日付け原規規発第1806132号をもって認可)より抜粋

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策

## — 竜巻 —

HAW・TVFの竜巻影響評価で設定した**設計竜巻**（100 m/秒），**設計飛来物**（135kgの鋼製材）を用い，その他施設建家・機器・容器への影響評価を行った。

◆ 大部分のその他施設建家は，放射性物質を貯蔵・保管する階の**健全性が保たれること**を確認した。

⇒ 屋根の健全性が保てない可能性のあるウラン貯蔵所(UO3)については，設計飛来物の衝突も考慮し，**有意な放出を防止するための対策を実施する。**

◆ 大部分のその他施設では，

- ・ **外壁若しくはセル壁等の厚さがコンクリートの貫通限界厚さ以上であること，**
- ・ **複数の壁を貫通することがないこと，**
- ・ **機器・容器を貫通することがないこと**

の**いずれかを満たすこと**を確認した。

評価の例(分析所(CB))

機器	設置位置	評価方向	壁・天井の貫通	備考
中間貯槽	地下1階	鉛直	○	
標準試料容器	1階	水平	×	容器を移動
グローブボックス	1階	鉛直	○	養生を行うための資材を配備
		水平	×	

⇒ 設計飛来物に対して外壁等の厚さが十分でない**と評価された一部の機器・容器**については，**有意な放出を防止するため，以下の対策を実施する。**

- ・ 容器の移動，溶液の移送
- ・ 飛来物による外壁等の補修，損傷した容器等の養生を速やかに行うための資材の配備
- ・ 容器内の廃棄物の飛散防止のためのネットの設置



## 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 火山事象 —

HAW・TVFの火山影響評価で設定した層厚50 cm, 湿潤密度1.5 g/cm<sup>3</sup>を用い, 以下を確認。

- その他の施設の屋根の許容堆積荷重
- 対応する降下火砕物堆積厚さ
- 屋根の直下に放射性物質を貯蔵する機器



屋根の直下に放射性物質を貯蔵・保管し, 層厚50 cm以下で許容堆積荷重を超える施設として以下の施設が確認された。

- ・分離精製工場(MP)
- ・廃棄物処理場(AAF)
- ・ウラン貯蔵所(UO<sub>3</sub>)
- ・第二ウラン貯蔵所(2UO<sub>3</sub>)
- ・第一低放射性固体廃棄物貯蔵場(1LASWS)
- ・第二低放射性固体廃棄物貯蔵場(2LASWS)



降灰の確認後速やかに除灰に着手する, 降下火砕物の除去に使用する資機材を配備する等の対策を行う。仮に屋根の損傷を想定した場合においても, 容器が堅牢・多重に梱包されている等により, 放射性物質が建家外へ放出される可能性は低く, 万一の放出を想定しても被ばく線量は低い。

※ 容器が損傷することは考えにくい, 最も影響の大きい第二ウラン貯蔵所の容器の1%が破損と想定した場合の人が居住する可能性のある地域方向の敷地境界における被ばく影響は, 0.005 mSv未満と評価している。

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 近隣の産業施設の火災・爆発等(1/2) —

**【石油コンビナート等，石油類貯蔵施設，高圧ガス貯蔵施設】**

HAW・TVFと同様の評価※であり，**その他の施設の建家の健全性に影響を与えない。**

- ・石油コンビナート等特別防災区域は，再処理施設から10 km以上(53 km)離れている。
- ・石油類貯蔵施設壁面温度が許容温度(200 °C)に相当する危険距離は，再処理施設の離隔距離を下回っている(離隔距離が最も短い600 mに対し，危険距離は29 m)。
- ・再処理施設から10 kmの範囲内の高圧ガス貯蔵施設においてガス爆発が発生した場合，危険限界距離(0.4 km)は再処理施設の離隔距離(4 km)を下回っている。

※「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画 変更認可申請書」(令和2年9月25日付け原規規発第2009252号をもって認可)

**【核燃料サイクル工学研究所内屋外貯蔵施設】**

第三低放射性廃液蒸発処理施設(Z)及び焼却施設(IF)との**離隔距離(9 m及び10 m)が危険距離(11 m)を下回る廃棄物処理場屋外タンク**について**対策(貯蔵量の制限，外壁への散水，隔壁の設置等のいずれか)を実施する。**

低放射性廃液貯蔵施設(LWSF)との**離隔距離(2 m)が危険距離(10 m)を下回る低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)タンク**については，HAW・TVFの森林火災に対する防火帯の設置に伴い，**移設予定。**



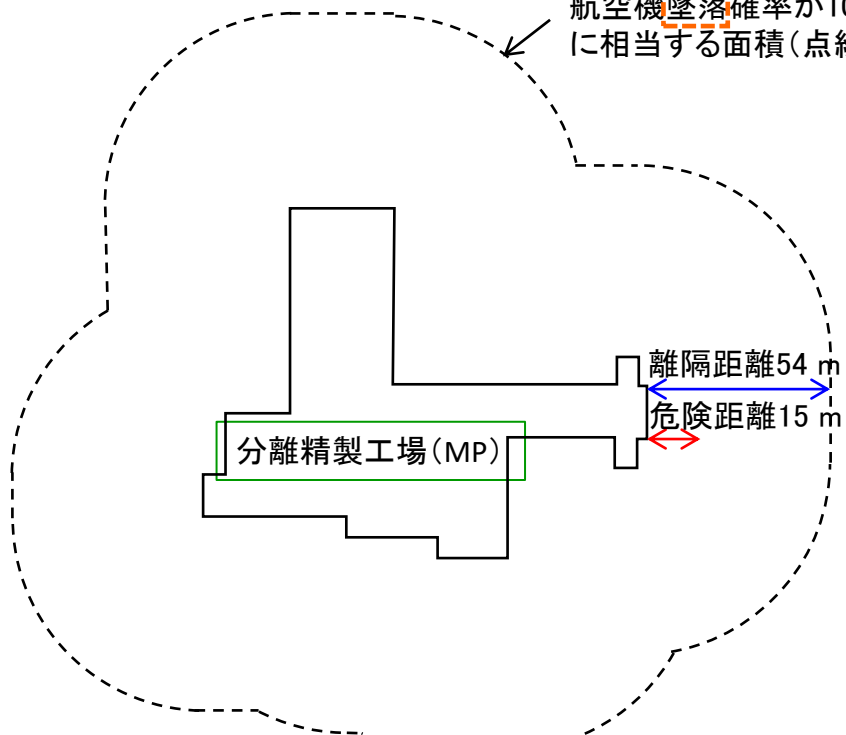
# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 - 近隣の産業施設の火災・爆発等(2/2) -

## 【航空機墜落】

- ・「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参考としたHAW・TVFと同様の評価※により、航空機墜落による火災に対して建家の健全性に影響を与えないことを確認。
- ・航空機の墜落は墜落確率が $10^{-7}$  回／年以上になる範囲のうち、施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定しても建家外壁の熱的影響は許容温度(200 °C)以下であり、**建家の健全性に影響を与えない。**

※「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日付け原規規発第2009252号をもって認可)

航空機墜落確率が $10^{-7}$  回／年に相当する面積(点線内)



標的面積が最も大きい分離精製工場(MP)の例

- ・HAW・TVF以外の施設は重要な安全機能は有しておらず、また、施設周辺での航空機の運航状況に基づく各施設への航空機の墜落確率は $10^{-7}$  回／年(航空機落下を「想定される外部人為事象」として設計上考慮すべき基準)よりも十分低い。
- ・一方、航空機が直撃しなくても大型旅客機が近くに墜落する場合を想定した外部火災への対応として、施設の周辺に墜落確率が $10^{-7}$  回／年となるエリアを描き、そのエリアの外縁に墜落して火災が発生した場合の施設への影響を評価した。
- ・施設からの離隔距離(墜落地点)は最も標的面積が大きい分離精製工場でも54 mであり、危険距離(壁面温度が200 °Cとなる距離)の15 mを上回る。
- ・建家外壁は64.7 °Cであり、許容温度(200 °C)以下となる。

# 2.5 HAW・TVF以外の施設の外部事象に対する安全対策 — 森林火災 —

HAW・TVFの森林火災影響評価結果から、その他の施設(再処理施設敷地境界付近)の危険距離を算出し、施設と森林の離隔距離との比較により評価した。



その他の施設は、施設と森林の離隔距離が危険距離(5 m)を上回り、施設の壁面温度も200 °C以下であることから(最も高い第二ウラン貯蔵所(2UO3)で129 °C)、**建家の健全性に影響を与えない。**



◆ 今後、施設と森林間の離隔距離が確保できるように草木の管理を行う。



## 2.6 性能維持施設の追加

## 2.6 HAW・TVFの安全対策に係る性能維持施設の追加

### － 概要(1/2) －

- **性能維持施設**とは、廃止措置段階に移行した後も、必要とされる期間中はその性能の維持が必要な施設として廃止措置計画申請書に明記することが求められている施設。
- 再処理施設の廃止措置計画の認可(平成30年6月13日)時点においては、審査に関する考え方※に基づき、**運転段階において施設定期検査の対象となっていた施設及び緊急安全対策で整備した施設を性能維持施設と定めた。**
- 選定した性能維持施設については、「**再処理施設の技術基準に関する規則**」に適合するよう、定期事業者検査等により定期的な健全性の確認を行い、計画的な保全を実施する等、維持管理を行っている。(再処理施設の大部分は運転停止しているものの、**運転を行っていた時期と同じレベルの維持管理を今も継続**)

※「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」(平成29年4月), 原子力規制委員会



今回の一連の安全対策において新たに追加するとした施設等についても性能維持施設に加え、今後必要とされる期間にわたって適切な維持管理を行う。

- ◆ 施設に求められる性能レベルは廃止措置の進捗に伴い変化することから、今後も廃止措置の進展及び施設の状態変化に応じて、適宜、性能維持施設の見直しを行っていく。
  - 解体廃棄物の処理等に必要な新たな廃棄施設を追加する場合は、その廃棄施設は性能維持施設に追加される。
  - 系統除染や廃液の処理等が完了し、安全確保のために不要となった施設は性能維持施設から除外される。

# 2.6 HAW・TVFの安全対策に係る性能維持施設の追加

## — 概要(2/2) —

運転段階

廃止措置段階

【施設定期検査等の対象を選ぶときの母集団】

事業指定・設工認に基づき  
認可され設置した施設  
(運転段階)

【性能維持施設の対象を選ぶときの母集団】

施設定期自主検査・  
施設定期検査の  
対象施設

3.11東北地方太平洋  
沖地震以降の  
緊急安全対策で  
整備した施設等

「核燃料サイクル工学研究所(再処理施設)の廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」(平成29年4月)に基づき性能維持施設の範囲に含めた。

※「施設定期自主検査」「施設定期検査」は新検査制度の施行に伴い「定期事業者検査」に変更。

初期の廃止措置計画申請認可段階では、一旦、運転段階での施設定期検査等の対象を全て引き継いだ。(まだ工程洗浄やガラス固化処理が完了していなかったための当面の措置)

性能維持施設  
(廃止措置段階A)

【性能維持施設の追加対象を選ぶときの母集団】

【今回の変更】

今回追加する  
性能維持施設

廃止措置計画に基づき  
認可されて新たに  
設置した施設  
(HAW/TVF安全対策)

性能維持施設  
(廃止措置段階B)

性能を維持する期間において維持基準規則の技術基準を満足していることを確認する必要がある施設を抽出

《今後の廃止措置の進展に伴う変更》

性能維持施設に  
該当しなくなった  
施設

廃止措置段階の進展(工程洗浄やガラス固化処理の完了等)に伴い、安全確保等のためになくなった施設は除外される。

性能維持施設  
(追加)

今後、新たに新規施設(廃棄施設・保管廃棄施設等)を追加した時

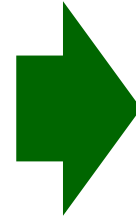
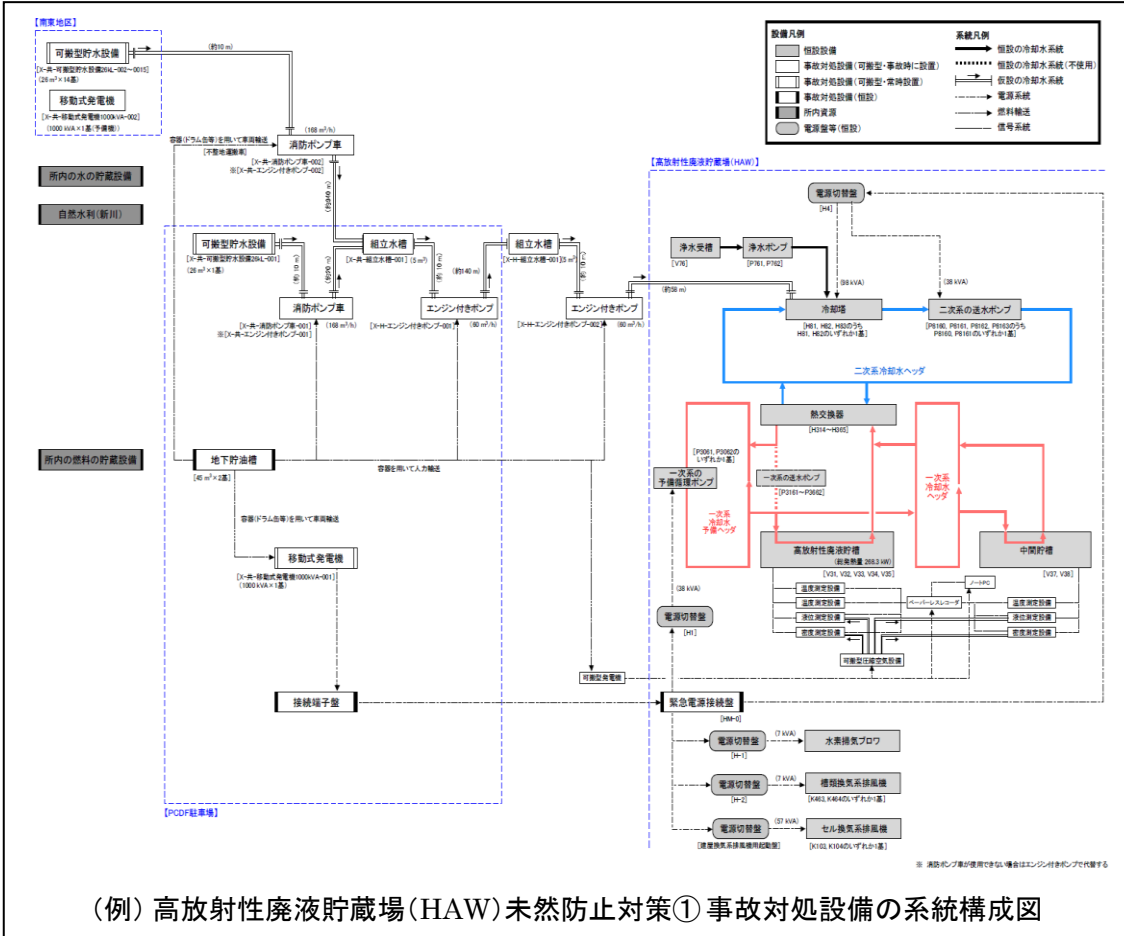
性能維持施設  
(廃止措置段階C)

# 2.6 HAW・TVFの安全対策に係る性能維持施設の追加 — 基本的考え方 —

事故対応設備(令和3年2月10日変更申請)は、事故対応のパターンに応じた可搬型設備の組合せが複雑であるため、漏れが生じないようにパターンごとの系統構成図を作図し、必要となる全ての設備を確認して抽出した。



- 下記のような実際の事故対応を行う場合の系統構成図をHAW/TVFそれぞれの未然防止①～③, 遅延対策①～②及び可搬型計装設備について作成。



系統構成図を基に、事故対応に必要な可搬型設備を漏れなく拾い上げて整理。

(例)HAW未然防止対策①に使用する事故対応設備

設備 (可搬型設備)	合計数量	機番	使用場所	備考
消防ポンプ車	2	X-共-消防ポンプ車-001	PCDF駐車場	HAW/TVF共用。
		X-共-消防ポンプ車-002	南東地区	HAW/TVF共用。
エンジン付きポンプ	2 (4)	X-H-エンジン付きポンプ-001	PCDF駐車場	HAW/TVF共用。
		X-H-エンジン付きポンプ-002	HAW外廻り	HAW/TVF共用。
		(X-共-エンジン付きポンプ-001)	PCDF駐車場	X-共-消防ポンプ車-001を代用する場合。
		(X-共-エンジン付きポンプ-002)	南東地区	X-共-消防ポンプ車-002を代用する場合。
組立水槽	2	X-共-組立水槽-001	PCDF駐車場	5 m <sup>3</sup> /基。HAW/TVF共用。
		X-H-組立水槽-001	HAW外廻り	5 m <sup>3</sup> /基。
不整地運搬車	1	X-共-不整地運搬車-001	所内	燃料運搬用。HAW/TVF共用。
移動式発電機	1 (2)	X-共-移動式発電機1000kVA-001	PCDF駐車場	1000 kVA。
		(X-共-移動式発電機1000kVA-002)	南東地区	1000 kVA。予備機。

※ 合計数量の ( ) 内数値は予備機・代替機を加えた総数。

設備 (可搬型設備)	合計数量	機番	使用場所	備考
可搬型貯水設備	15	X-共-可搬型貯水設備26kL-001	PCDF駐車場	HAW/TVF共用。26 m <sup>3</sup> /基。
		X-共-可搬型貯水設備26kL-002～015	南東地区	HAW/TVF共用。26 m <sup>3</sup> /基。

※ 合計数量の ( ) 内数値は予備機・代替機を加えた総数。

(例) 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 未然防止対策① 事故対応設備の系統構成図



# 2.6 HAW・TVFの安全対策に係る性能維持施設の追加 — 追加した主要な性能維持施設 —

◆ 性能維持施設として今回追加したものの一部、主要な施設について以下に示す：

安全対策	施設・設備	機能の概要	維持期間	備考
津波対策	漂流物防護柵 (押し波用, 引き波用)	代表漂流物の建家外壁への衝突防止	<p>今回新たに設けた施設は高放射性廃液のリスクに対応するための安全対策であることから、維持期間としてはガラス固化完了までとする。</p> <p>(TVFの安全対策に関わる一部の施設は、TVFのガラス固化体保管ピットの安全性にも関わることから、その維持期間に保管ピットにあるガラス固化体の搬出完了までを含めている。)</p>	建家に設置している浸水防止扉については既に性能維持施設に含まれている。
	屋外監視カメラ	津波の遡上状況の監視		MP屋上に設置されており、津波遡上方向の海面を監視。
竜巻対策	防護板・防護扉	開口部からの竜巻飛来物の侵入を防止		HAW・TVFの外壁のすべての開口部に設ける。
制御室	仮設送風機・スポットクーラー・環境用測定装置	制御室の居住性維持のための外気の遮断		TVF制御室に運転員が留まれるための設備。
	制御室パラメータ監視・津波監視システム	蒸発乾固発生防止の事故対処に必要なパラメータの監視		TVF制御室からHAWの貯槽の状態や津波監視カメラを監視するためのシステム。
事故対処	可搬型冷却設備・可搬型チラー	高放射性廃液の崩壊熱除去に用いる冷却水の冷却		恒設の冷却系統が使用できない場合に用いる。
	移動式発電機(1000kVA)	ガラス固化体保管ピットの冷却のための給電		既に性能維持施設となっている移動式発電機が2台ある。
	エンジン付きポンプ	冷却水等の送水		可搬型貯水設備からの送水に用いる。
	可搬型貯水設備	事故対処に用いる冷却水等の貯蔵		PCDF管理棟駐車場と研究所南東地区に分散配置する。
	可搬型液位測定設備・可搬型密度測定設備	重要パラメータの測定機能		外部電源喪失時に貯槽の状態(温度・液位の変化)や、建家からの放射線放出状況の監視を行う。
	可搬型ダスト・ヨウ素サンプラ	放射性物質放出の監視		

● 令和3年9月30日に申請した火災防護(消火設備)・溢水対策に係る性能維持施設は、今後改めて追加する。

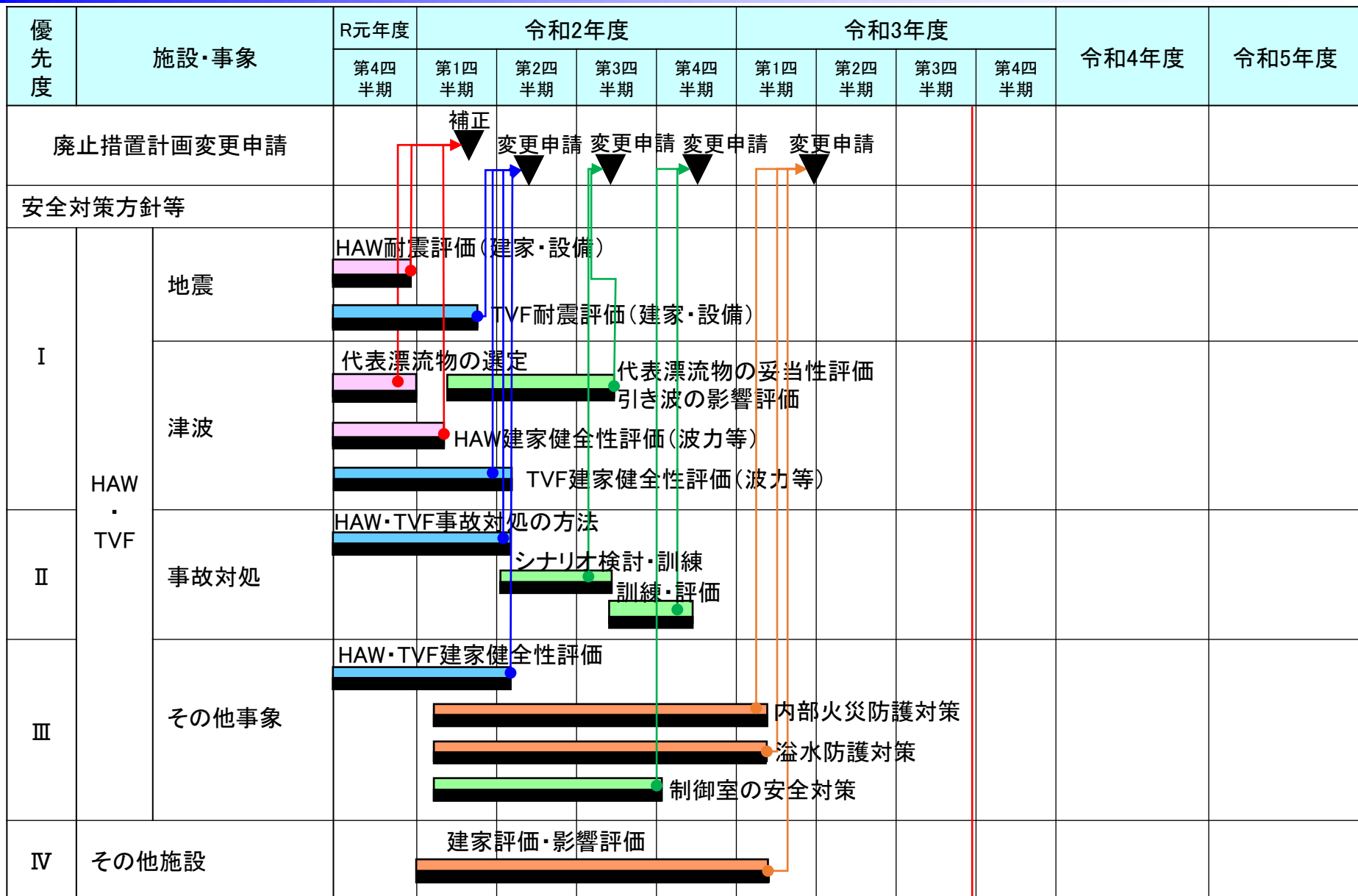
### 3. 安全対策に係る今後の予定

### 3. 安全対策に係る今後の予定

- 廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、**高放射性廃液に伴うリスクが集中するHAW**と、これに付随して廃止措置全体の長期間ではないものの分離精製工場(MP)等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用する**TVF**については、その重要性を踏まえた安全対策を最優先で講じる。
- このため、HAW・TVFについては、重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)が損なわれることのないよう、令和20年頃までの維持期間を想定し対策を講じる。
- 上記以外の施設については、今後とも安全かつ継続して施設を運用し計画的に廃止措置を進めることができるよう、リスクに応じた対策を講じる。
- 事故対処の有効性評価に伴い、その結果を踏まえ今後関連する規則類への反映を行う。
- 安全対策工事については、HAW・TVFの地震・津波対策工事を優先し進めているところであるが、現状における工事の進捗や作業の取り合い、エリア干渉等を考慮しスケジュールの見直しを行い、工事完了時期を令和4年度から令和5年度に変更した。
- 基本方針・スケジュールに従い、**令和5年度までを目途に東海再処理施設の安全対策を行う**とともに、その後の廃止措置を着実に進めていく。

# 3. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策方針等のスケジュール ー



# 3. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策の設計及び工事のスケジュール(1/2) ー

優先度	施設・事象	R元年度	令和2年度				令和3年度				令和4年度	令和5年度
		第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期		
	廃止措置計画変更申請		補正 変更申請	変更申請	変更申請	変更申請	変更申請	補正 変更申請				
	安全対策設計・工事											
I	HAW・TVF	地震		補正	HAW周辺地盤改良工事							
					準備／工事(変更前)				準備／工事(変更後)			
				変更申請	第二付属排気筒耐震補強工事							
				設計	準備／工事							
				主排気筒耐震補強工事	変更申請	準備／工事						
			設計	準備／工事								
			TVF設備耐震補強工事	変更申請	補正	準備／工事						
			設計	準備／工事								
		津波		変更申請	準備	HAW一部外壁補強工事						
			設計	準備／工事								
	変更申請		津波漂流物防護柵設置工事									
	設計		準備／工事									
	TVF一部外壁補強工事		変更申請	準備／工事								
		設計	準備／工事									
		TVF一部外壁補強(浸水防止扉耐震補強)	変更申請	変更申請	準備／工事							
		設計	準備／工事									

スケジュールは進捗等に応じて適宜見直す。

# 3. 安全対策に係る今後の予定

## ー 安全対策の設計及び工事のスケジュール(2/2) ー

優先度	施設・事象	R元年度	令和2年度				令和3年度				令和4年度	令和5年度
		第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期		
	廃止措置計画変更申請		▼補正 変更申請	▼変更申請	▼変更申請	▼変更申請	▼変更申請	▼変更申請				
	安全対策設計・工事											
II	事故対処  HAW・TVF	HAW事故に係る対策	設計		▼変更申請	準備/工事(変更前)				準備/工事(変更後)		
		TVF事故に係る対策	設計			準備/工事						
		TVF制御室	設計	▼変更申請(換気対策工事)			▼変更申請(パラメータ監視等システム)			準備/工事		
		事故対処設備配備場所地盤補強工事	設計			▼変更申請(地盤)		▼変更申請(貯油槽等)		準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)
		保安林解除・PP設備対応								準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)
III	その他事象 (竜巻・火山・外部火災等)	HAW竜巻対策工事	設計		▼変更申請				準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)	
		TVF竜巻対策工事	設計				▼変更申請		準備/工事		準備/工事(変更後)	
		外部火災対策工事(防火帯の設置)				設計			設計	準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)
		HAW/TVF内部火災対策工事				設計			▼変更申請	準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)
		HAW/TVF溢水対策工事				設計			▼変更申請	準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)
IV	その他施設	容器の固縛・移動等の処置										
		設計							準備/工事(変更前)		準備/工事(変更後)	

スケジュールは進捗等に応じて適宜見直す。

# おわりに

東海再処理施設の廃止措置は、数世代に跨る長期の大型プロジェクトであり、国内外の英知を結集し、施設に保有する放射性廃棄物に伴うリスクの低減に向け、施設の高経年化や新規規制基準等を考慮した安全対策に取り組むとともに、適切な工程管理の下で施設の廃止を着実に進めていく。

廃止措置の実施にあたっては、地域社会との共生を図りながら、過去のトラブル等の経験を十分に踏まえた上で、安全確保を最優先に安全対策を進めるとともに、関係省庁とも調整し、廃止措置に必要な予算と人材を確保することで、着実に工程管理を行っていく。

# ガラス固化技術開発施設(TVF)における 溶融炉の更新について

令和3年12月27日  
令和4年2月8日修正

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所



# 目次

## 1. TVFの溶融炉の更新

- 1.1 TVFの概要
- 1.2 更新対象設備
- 1.3 溶融炉の概要
- 1.4 溶融炉更新の目的
- 1.5 2号溶融炉の運転実績及び不具合事象
- 1.6 3号溶融炉の設計の基本的な考え方
- 1.7 3号溶融炉の構造の検討
- 1.8 2号溶融炉における不具合事象の反映
- 1.9 施設の安全性への影響
- 1.10 溶融炉更新計画

修正箇所(次ページ以降も同様)

## 2. 固化処理の状況

- 2.1 直近の運転(21-1キャンペーン)の経緯
- 2.2 主電極間補正抵抗の早期低下に係る対応
- 2.3 TVF次回運転に向けた取り組み状況

【参考資料-1】 高放射性廃液に含まれる白金族元素について

【参考資料-2】 炉底低温運転について

【参考資料-3】 流下停止事象に係る3号溶融炉の対策検討の概要

【参考資料-4】 間接加熱装置による熱上げを含めた溶融炉の運転手順

【参考資料-5】 気体及び液体廃棄物の放出管理目標値

【参考資料-6】 19-1CPと21-1CPの運転データの比較

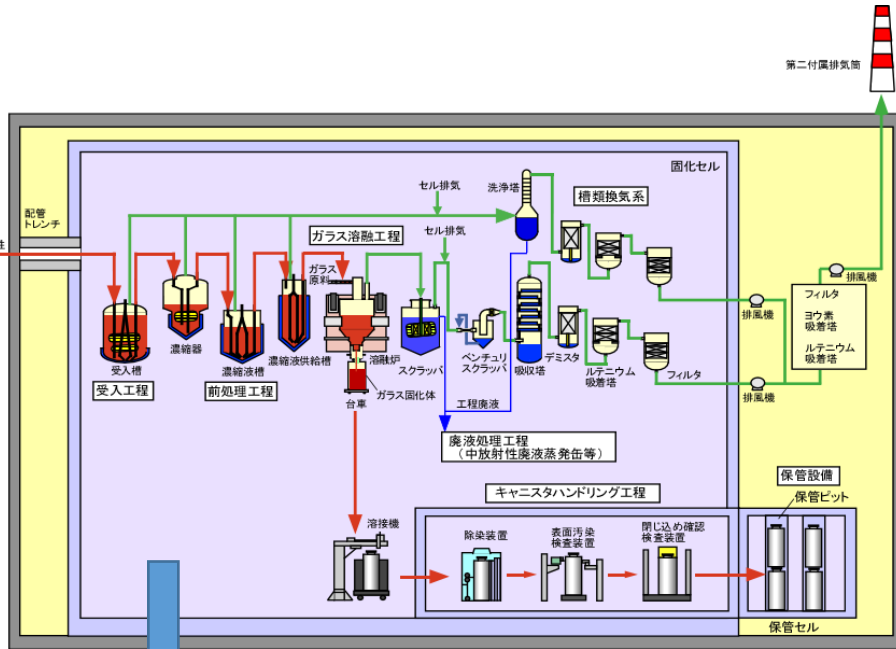
【参考資料-7】 21-1CP運転経過に伴う運転データの変化

【参考資料-8】 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

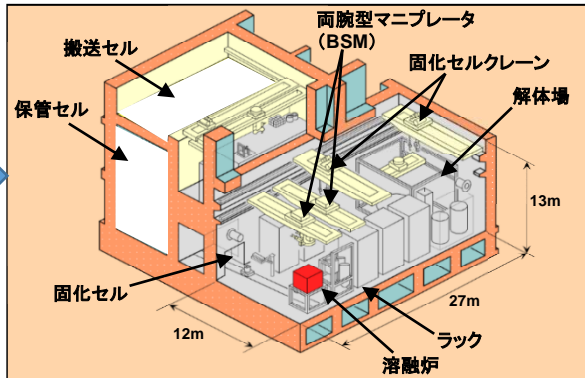
# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.1 TVFの概要

- **ガラス固化技術開発施設(TVF)**は、東海再処理施設において使用済燃料の再処理により発生した高放射性廃液を安定で取扱いが容易な形態であるガラス固化体にし、保管する施設である。

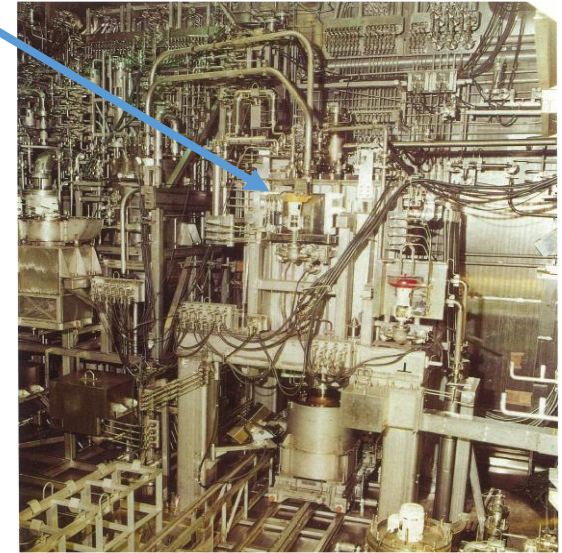


TVF工程概要図

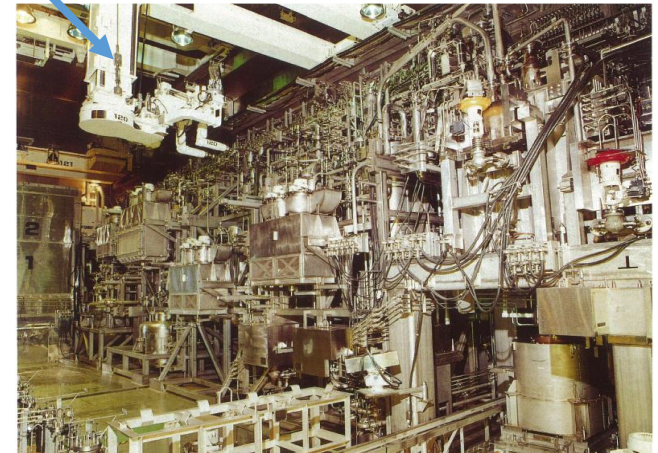


固化セル鳥観図

溶融炉



両腕型マニプレータ (固化セルでは高放射性廃液を取り扱うことから高線量となり、人が立ち入れないため、固化セル内機器の保守は、遠隔操作により行う。)

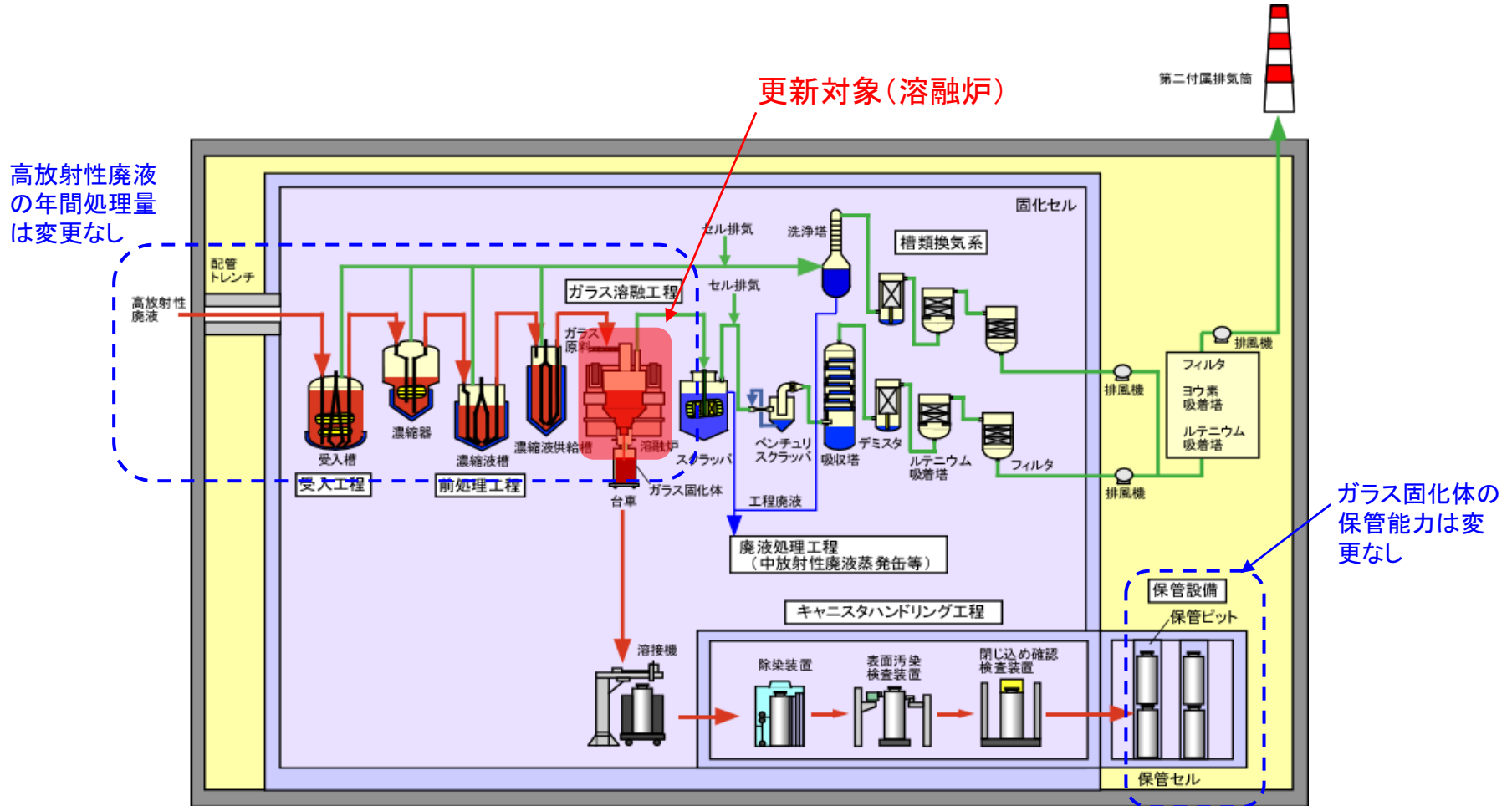


固化セル内写真(上:溶融炉、下:固化プロセス設備)

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.2 更新対象設備

- ガラスを溶融、流下するガラス溶融工程の溶融炉を更新する。
- 溶融炉の更新において、本施設の能力である高放射性廃液の年間処理量(約140 m<sup>3</sup>)、ガラス固化体の保管能力(420本)に変更は生じない。また、他の工程の設備に変更は生じない。



TVF工程概要図

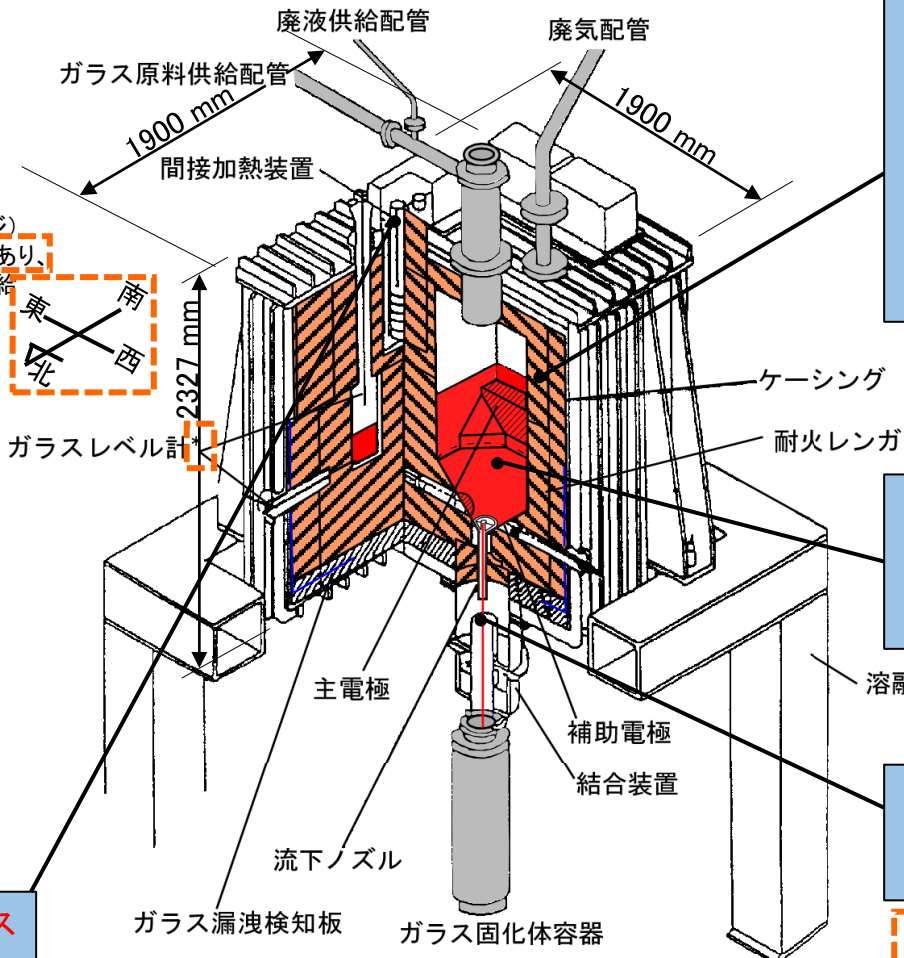
# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.3 溶融炉の概要

➤ 3号溶融炉の基本構造は、炉底形状を除き、2号溶融炉と同じ構造としている。



ガラス原料(ガラスファイバーカトリッジ)  
 →2号溶融炉でも使用しているガラス原料であり、  
 高放射性廃液をしみ込ませて溶融炉に供給



**【ガラスの閉じ込め】**  
 ケーシングの内側でガラスを冷やして固めることで、炉内に閉じ込めるため、接液部耐火レンガとケーシング間に断熱性の高い耐火レンガ等(バックアップ耐火レンガ、断熱キャストブル、断熱膨張吸収材)を配置している。

**【ガラスの加熱】**  
 ガラスに直接交流電流を流すことで発生するジュール熱によりガラスを加熱する。

**【ガラスの流下】**  
 流下ノズルからガラスを流下し、ガラス固化体容器に注入する。

**【溶融炉の運転開始時のガラスの加熱】**  
 間接加熱装置(電気ヒーター)により炉内の冷えて固まったガラスを加熱溶融する。

**【炉型式】**  
 液体供給式直接通電型セラミック溶融炉  
 (LFCM:Liquid Fed Joule-heated Ceramic Melter)を採用

\* 溶融炉内の溶融ガラスの液位を検知するためのガラスレベル計は、溶融炉の東側のみに設置しているため、溶融炉は東側の耐火レンガが厚くなっている。

主な仕様	
最高使用温度	1250 °C
最大廃液処理量	0.35 m <sup>3</sup> /日
耐震分類	Sクラス
主要材料	ケーシング: SUS304
	耐火レンガ(接液部): クロミア・アルミナ質電鍍レンガ
	主電極、補助電極、流下ノズル: NCF690

TVF溶融炉(3号溶融炉)

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.4 溶融炉更新の目的

東海再処理施設の廃止措置計画(平成30年6月13日認可)で示した  
高放射性廃液のガラス固化処理計画



- ガラス固化処理計画において製造するガラス固化体本数約880本に対して、これまでに329本のガラス固化体を製造しており、今後、約550本(≒880本 - 329本)を製造する。  
【ガラス固化体の製造実績】
  - ・1号溶融炉(平成6年度～平成14年度):130本
  - ・2号溶融炉(平成16年度～使用継続 ):199本
- 溶融炉では、ガラスに接触する耐火レンガ及び電極に耐食性の高い材料を使用しているが、運転経過とともに徐々に浸食するため、溶融炉の設計寿命(ガラス固化体500本製造相当)に相当する浸食代(50 mm\*)を接液部耐火レンガ及び主電極に設けている。

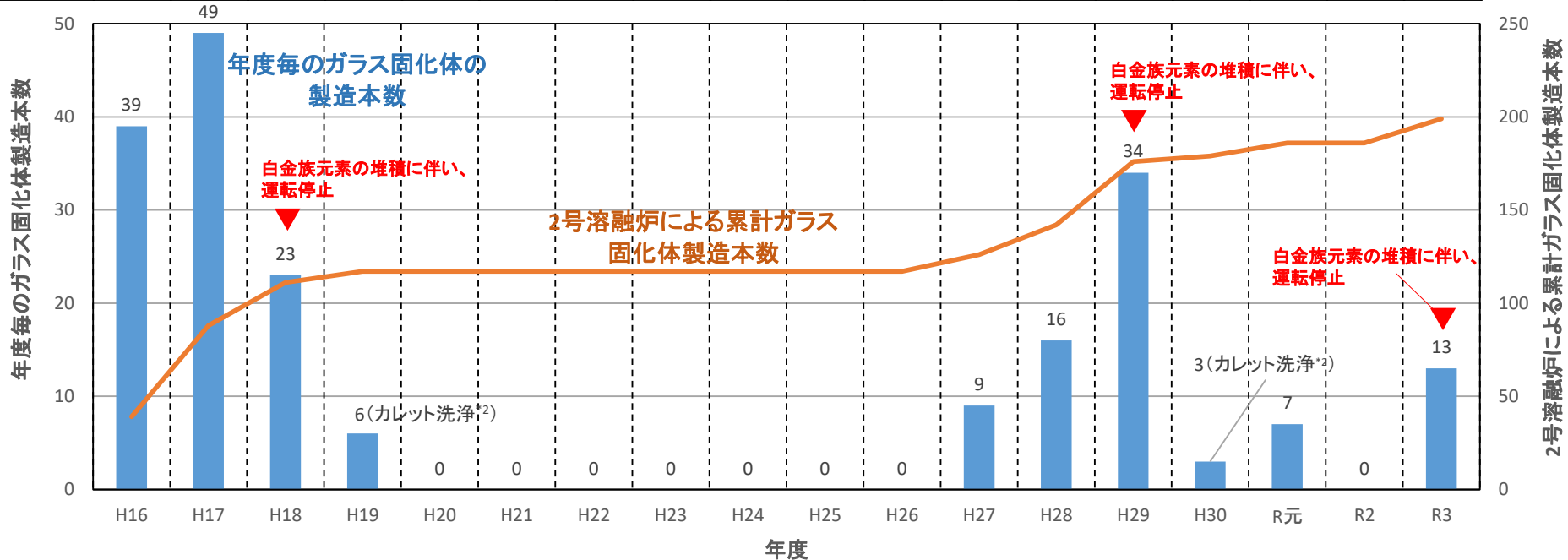
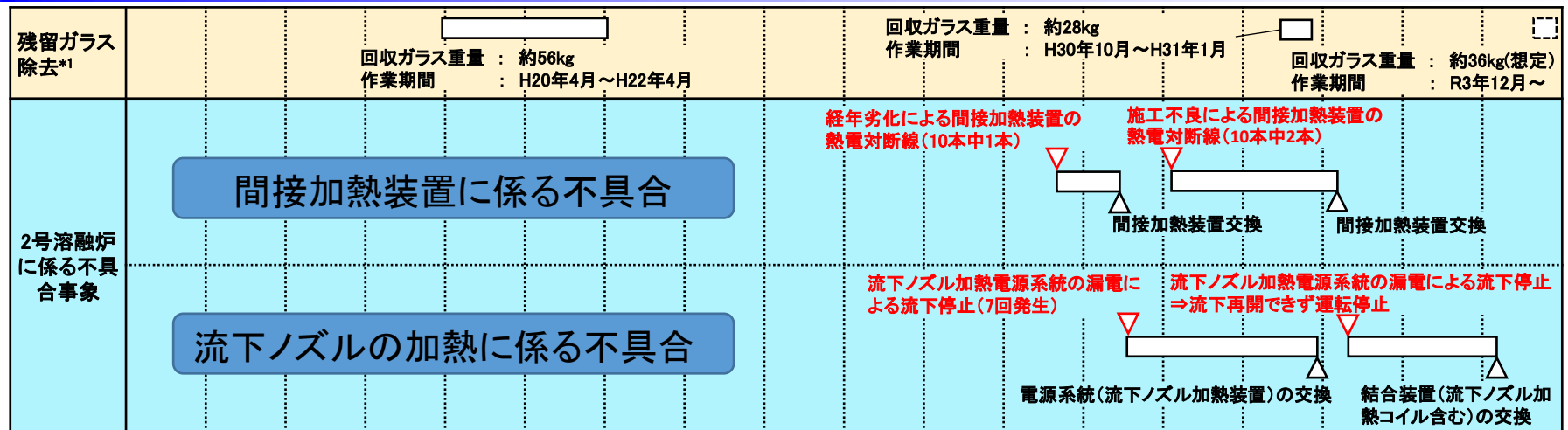


現行の2号溶融炉は、今後、約300本(≒設計寿命500本製造相当 - 2号溶融炉における製造実績199本)のガラス固化体の製造により、設計寿命に達することから、3号溶融炉に更新する。  
なお、現在、高放射性廃液貯蔵場に貯蔵している高放射性廃液に加え、工程洗浄、系統除染等の廃止措置により発生する廃液のガラス固化処理を考慮しても、3号溶融炉で処理できると見込んでいる。

\*各材料の浸食試験結果及びモックアップ試験での浸食量の実測値に基づき、設計浸食速度0.03 mm/日を設定しており、固化体製造500本に相当する運転日数1000日に保持運転500日を加えた日数での浸食量45 mmから浸食代を50 mmとした。

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.5 2号溶融炉の運転実績及び不具合事象(1/2)



\*1 残留ガラス除去 : 炉底部に残留した白金族元素を多く含むガラスを機械的に除去する作業  
 \*2 カレット洗浄 : 残留ガラス除去の前に炉内の残留ガラス量を減らすため、白金族元素を含まないガラスカレットを炉内に投入し、溶融、流下する作業

2号溶融炉の運転実績

# 1. TVFの熔融炉の更新

## 1.5 2号熔融炉の運転実績及び不具合事象(2/2)

### 【2号熔融炉の運転方法及び実績】

- 現行の2号熔融炉では、高放射性廃液に含まれる白金族元素(32ページ参照)の炉底への沈降・堆積を抑制するため**炉底低温運転**(33ページ参照)を採用している。
- 熔融炉の運転経過とともに炉底部に白金族元素が徐々に沈降・堆積し、そこに主電極間電流が流れることで、主電極間補正抵抗値(ガラス温度1000 °C換算)が徐々に低下し、**管理指標※に達した時点で、熔融炉の運転停止操作(炉内のガラスを全量(3本分)抜き出す)を行うこととしている。**
- 熔融炉停止後は、炉内整備として、炉内残留ガラスを機械的に除去する作業を行うこととしている。
- 平成16年度の運転開始から、これまでに約200本のガラス固化体を製造した。

※ 高放射性廃液中の白金族元素は運転経過に伴い熔融炉内に堆積し、熔融炉の運転に影響を与えることが分かっている。このため、高放射性廃液に伴うリスクを速やかに低減させる観点から、白金族元素の堆積状況を監視するための管理指標(流下開始時の熔融ガラスの液位における主電極間補正抵抗値(0.10 Ω:ガラス温度1000 °C換算値))を設けている。

**なお、白金族元素が熔融炉内に堆積した場合でも、高放射性廃液の閉じ込め等の安全性には影響しない。**

### 【2号熔融炉の不具合事象】

- 流下ノズル加熱電源システムの漏電による流下停止
- 間接加熱装置の熱電対断線

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.6 3号溶融炉の設計の基本的な考え方(1/2)

東海再処理施設の廃止措置においては、保有する放射性廃棄物に伴うリスクを速やかに低減させるため、高放射性廃液のガラス固化処理を最優先で進めるとい**う時間的な制約※がある**ことから、3号溶融炉は、以下の基本的な考え方に従い設計している。

また、3号溶融炉に係る研究開発要素は、日本原燃(株)の溶融炉の高度化に寄与するものであり、適宜、日本原燃(株)との情報共有を図る。



① 保有する放射性廃棄物に伴うリスク低減のため、着実にガラス固化処理を進める観点から、運転方法が確立しており、約200本のガラス固化体の製造実績を有する**2号溶融炉の構造から大幅な変更は行わない**こととし、その上で可能な限り国内外の実績を有する構造を採用する。

- 期間を要することから、モックアップ試験等による新たな技術開発を伴う大幅な構造検討を要しない設計とする。
- 実績のあるTVFの1号及び2号溶融炉と同型の液体供給式直接通電型セラミック溶融炉(LFCM:Liquid Fed Joule-heated Ceramic Melter)を採用する。(LFCMは、日本原燃(株)及びドイツのKIT(Karlsruhe Institut fuer Technologie カールスルーエ研究所)においても実績を有している。)

※ 原子力規制委員会より発出された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構東海再処理施設の廃止に向けた計画等の検討について(指示)」(平成28年8月4日付け原規規発第1608042号)により、高放射性廃液のガラス固化処理に要する期間の大幅な短縮を実現するための実効性のある計画が要求されている。



# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.6 3号溶融炉の設計の基本的な考え方(2/2)

(前ページの続き)

② 2号溶融炉と同じ運転管理方法とし、炉底低温運転や管理指標を踏襲する。

- 2号溶融炉と同様に、炉底低温運転により白金族元素の炉底への沈降・堆積を抑制するとともに、管理指標に達した時点で溶融炉の運転を停止し、炉内残留ガラスの除去により炉内状態の回復させる運転管理方法とする。



前述の①②を踏まえつつ、可能な限り溶融炉の性能向上を図るため、3号溶融炉では、以下の改善を行っている。

③ 白金族元素の拔出性の向上が期待できる構造とする。

- 管理指標に達するまでの運転期間を延ばし、ガラス固化処理期間の短縮を図るため、2号溶融炉に対し、白金族元素の拔出性の向上が期待できる構造とする。

④ 2号溶融炉において確認された不具合事象の対策を反映する。

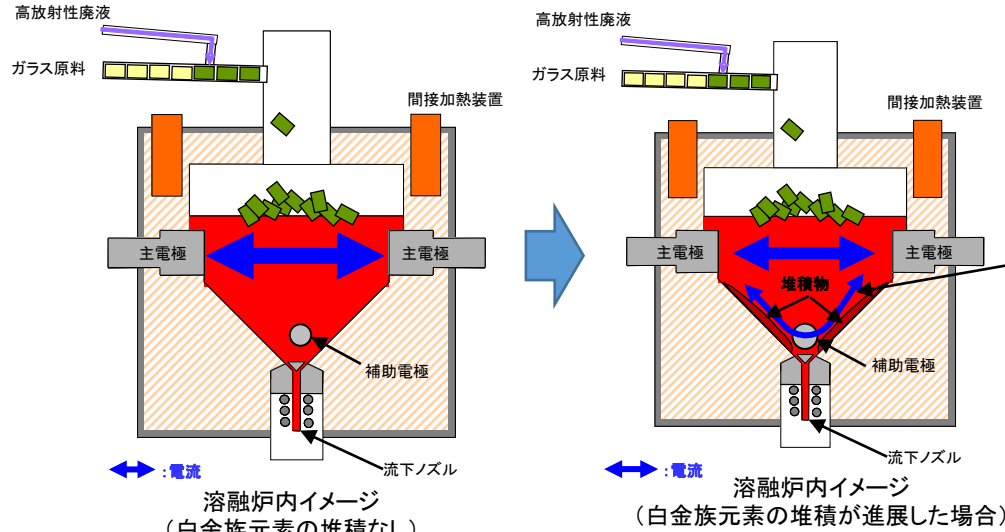
- 安定した運転を行うため、溶融炉の運転停止に至る不具合事象の発生を未然に防止できるように対策を講じる。

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.7 3号溶融炉の構造の検討(1/6)

白金族元素の拔出性の向上に向けて、2号溶融炉(四角錐の炉底形状)における白金族元素の沈降・堆積の傾向を踏まえて、3号溶融炉の構造を検討した。

### ➤ 白金族元素の炉底への沈降・堆積の影響

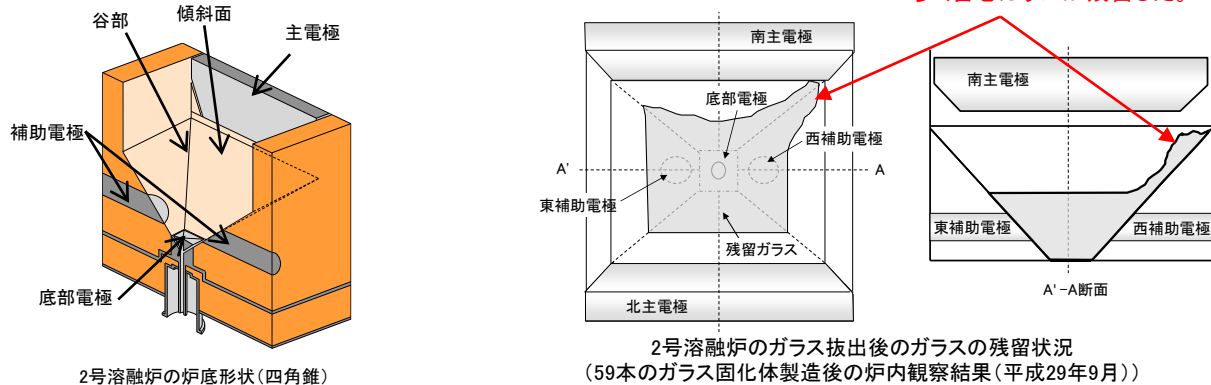


高放射性廃液中に含まれている**白金族元素**(Ru、Rh、Pd)はガラスへの溶解度が小さく、密度が大きいため、運転の経過に伴い徐々に炉底に沈降・堆積することが分かっている。

白金族元素は、比抵抗が小さく、炉底に沈降・堆積すると、主電極間電流の一部が沈降・堆積した白金族元素に流れる。

ガラスに流れる電流が少なくなり、ガラスを加熱しにくくなる。

### ➤ 四角錐の炉底形状における白金族元素の沈降・堆積の傾向



谷部に沿って、白金族元素を多く含むガラスが残留した。

谷部に沿って白金族元素が沈降・堆積する傾向を踏まえ、3号溶融炉の構造を検討した。

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.7 3号溶融炉の構造の検討(2/6)

### 【構造の検討フロー】

- 基本構造 ⇒ 2号溶融炉と同等以上の溶融性能(製造速度:溶融表面積、主電極形状等)とする。
- 炉底形状 ⇒ 谷部に白金族元素が堆積しやすい傾向があることから、円錐、または、現行の四角錐よりも円錐に近い多角錐とする。
- 炉底勾配 ⇒ 抜き出し性向上の観点として、現行の45°以上とする。



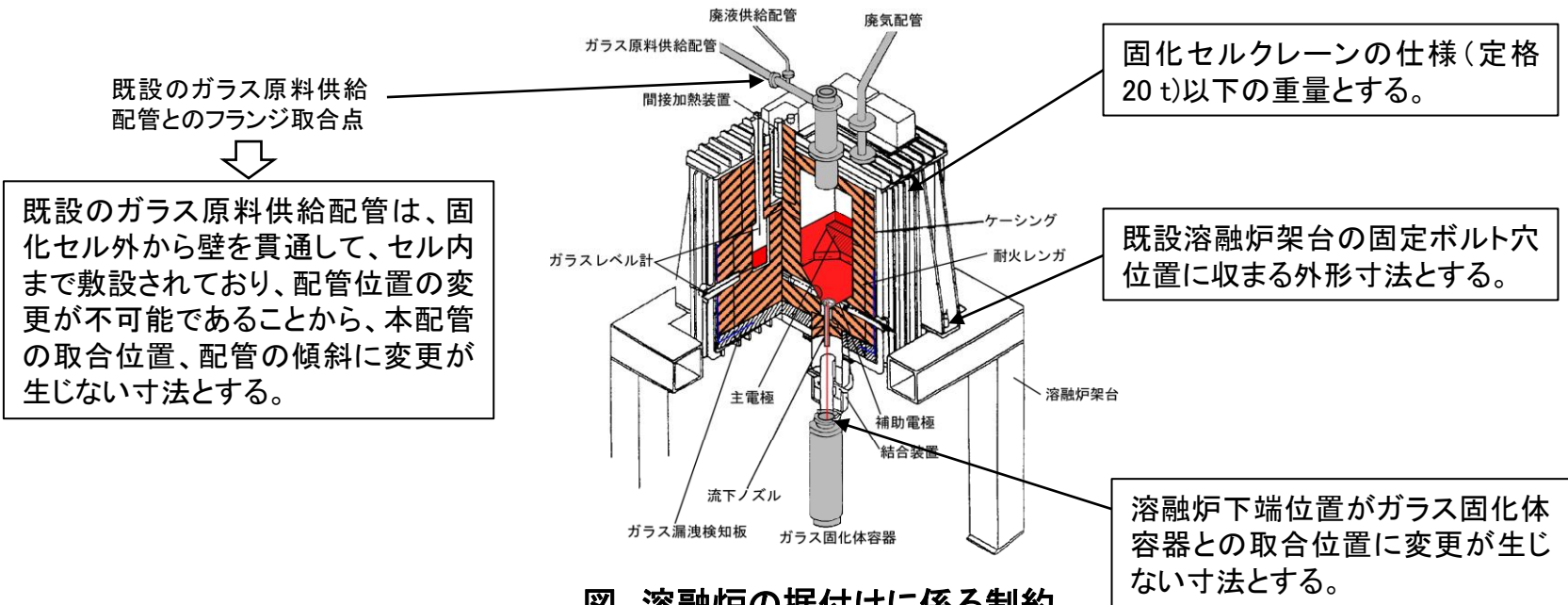
施設の制約(下図参照)を踏まえ、候補となる構造を検討する(ケーススタディ)。



各ケースについて評価



3号溶融炉の構造決定



# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.7 3号溶融炉の構造の検討(3/6)

施設の制約を踏まえて選定した構造

候補ケース	炉底形状	炉底勾配	谷部の勾配	炉底部加熱方法	備考
(参考) 2号溶融炉	四角錐 <sup>*1</sup>	45°	約39°	補助電極間通電 主電極-底部電極間通電	
①	円錐 <sup>*2</sup>	45°	谷部無し	補助電極間通電 主電極-底部電極間通電	現行と同じ炉底勾配とし、円錐にすることで谷部を無くしたケース
②	八角錐 <sup>*3</sup>	45°	約41°	補助電極間通電 主電極-底部電極間通電	現行と同じ炉底勾配とし、八角錐とすることで、谷部の勾配を大きくしたケース
③	八角錐 <sup>*3</sup>	約49.2°	45°	補助電極間通電 主電極-底部電極間通電	ケース②から、谷部の勾配が45° となるように、炉底勾配を大きくしたケース
④	円錐 <sup>*2</sup>	炉底上部: 45° 炉底下部: 60° <sup>*4</sup>	谷部無し	補助電極間通電 主電極-底部電極間通電 <b>高周波加熱</b>	ケース①から、炉底下部の勾配を60° まで大きくし、炉底部の加熱能力を上げるための高周波加熱機構を追加したケース

採用  
ケース

\*1 四角錐 : 溶融炉開発の初期段階において、平底(直方体)の溶融炉によるガラス固化試験を行っており、開発の過程で、白金族元素の抽出性を向上させるため、溶融炉の炉底部に勾配を設け、四角錐の炉底形状を考案した。その後、四角錐の炉底形状を有するモックアップ溶融炉において白金族元素の抽出性を確認し、TVF1号溶融炉、2号溶融炉に四角錐の炉底形状を採用した。

\*2 円錐 : 日本原燃(株)において新型溶融炉に採用された形状

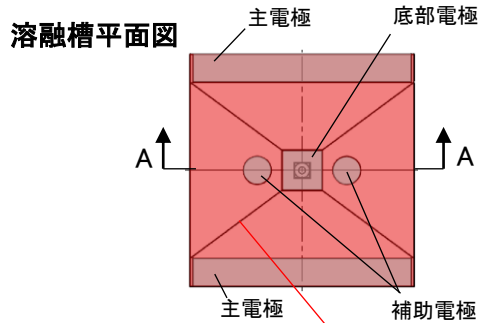
\*3 八角錐 : ドイツのKIT(Karlsruhe Institut fuer Technologie カールスルーエ研究所)においてVEK(Verglasungseinrichtung Karlsruhe カールスルーエガラス固化施設)の溶融炉に採用された形状

\*4 60° : 日本原燃(株)において新型溶融炉に採用された勾配

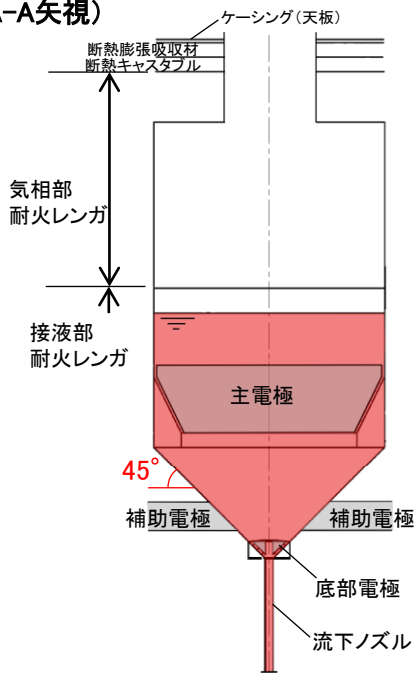
# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.7 3号溶融炉の構造の検討(4/6)

### 【主なケースの構造図】

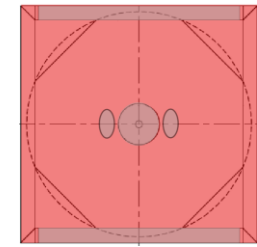
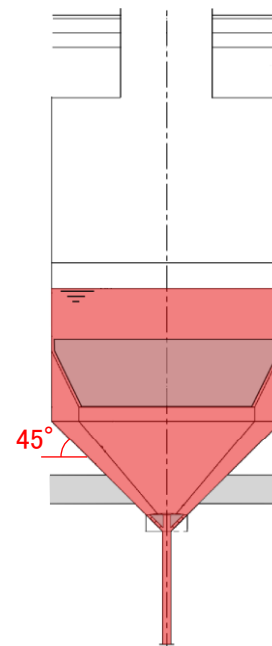
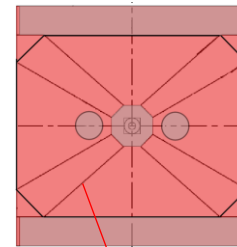
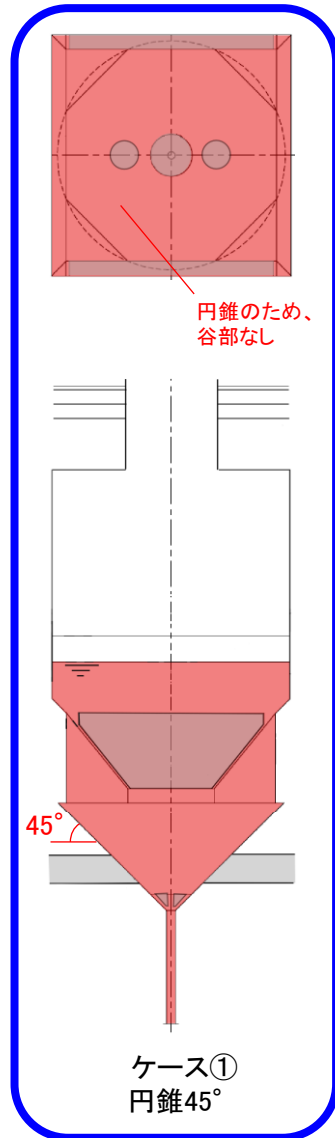


### 溶融槽断面図 (A-A矢視)

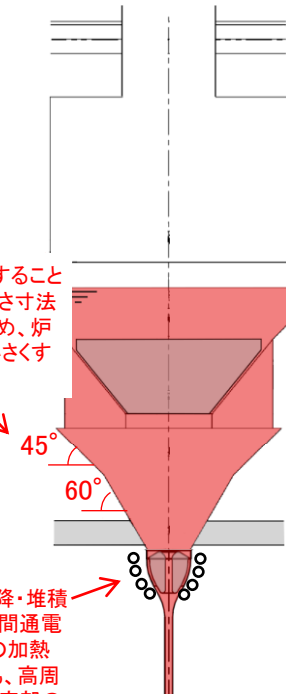


(参考)  
2号溶融炉

### 採用ケース



炉底勾配を大きくすることによる溶融炉の高さ寸法の増加を抑えるため、炉底上部は勾配を小さくする。



白金族元素の沈降・堆積により、補助電極間通電等による炉底部の加熱能力が低下しても、高周波加熱により、炉底部の加熱が行える構造とする。

ケース④  
円錐45° / 60°  
(高周波加熱追加)

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.7 3号溶融炉の構造の検討(5/6)

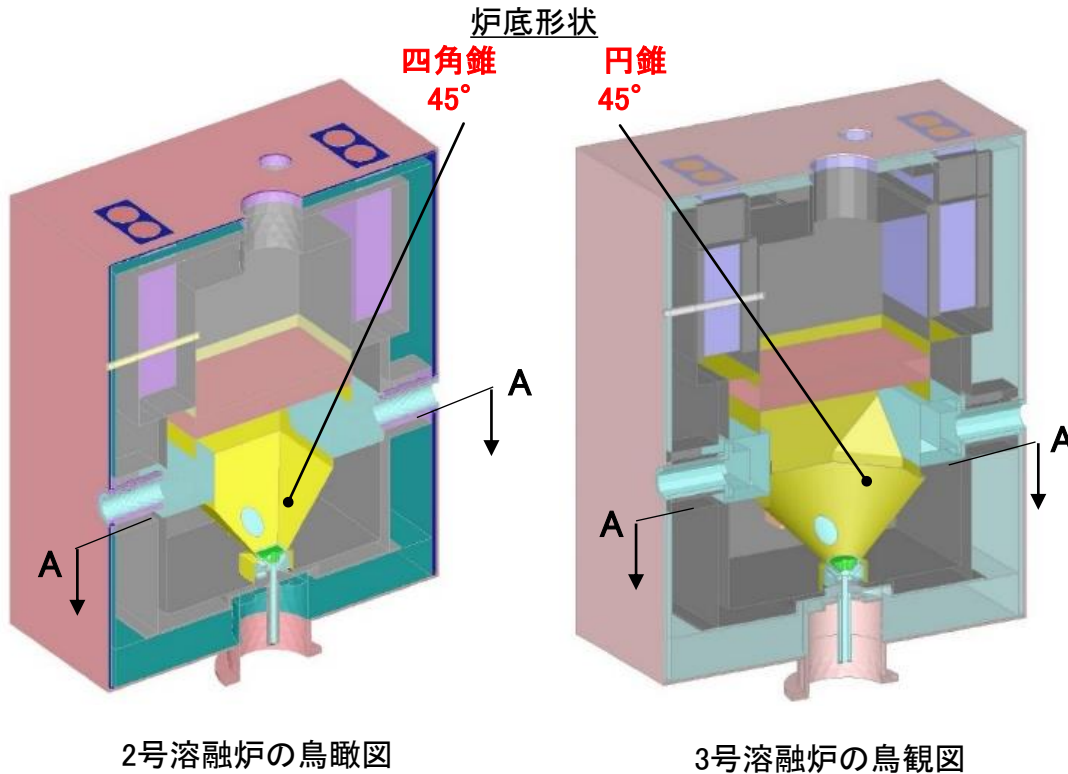
### 各ケースの比較評価

	開発要素の有無	既設との取合性	白金族元素の 抽出性	評価結果
<b>炉底形状</b> ・円錐 ・八角錐	<ul style="list-style-type: none"> <li>円錐及び八角錐ともに、国内外において実績を有している。</li> <li>耐火レンガ製作実績も有している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>円錐及び八角錐ともに、炉底勾配が現行の45° の場合には、溶融炉の外形寸法の変更は許容範囲であり、既設との取合に問題は生じない。</li> <li>高周波加熱機構を設ける場合は、給電システムを追加する必要があり、固化セル内の改造に係る遠隔作業に長期間を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>谷部に白金族元素が堆積しやすい傾向があることから、四角錐(2号溶融炉)⇒八角錐⇒円錐の順に抽出性が向上する。</li> </ul>	白金族元素の抽出性が最も良く、耐火レンガの製作実績を有しており、既設との取り合いに問題が生じないため、 <b>円錐形状</b> を採用した。
<b>炉底勾配</b> ・45° ・60°	<ul style="list-style-type: none"> <li>炉底勾配が現行の45° より大きくなると、炉の高さが高くなり、底部電極から主電極下端までの距離も長くなる。このため、2号溶融炉と同等の温度分布が得られない可能性がある。</li> <li>よって、45° より大きい炉底勾配を採用する場合、モックアップ試験により温度分布(運転性)を検証する必要がある。</li> <li>また、炉底部の加熱性向上のために、炉底部に高周波加熱機構を新たに設ける必要がある。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>急勾配の方が抜き出し性が向上する(60° &gt; 45° )。</li> </ul>	60° の方が、白金族元素の抽出性の向上が見込めるものの、炉底部の寸法が変わることにより、モックアップ試験での検証や固化セル内での改造等の開発要素があることから、開発要素の少ない <b>炉底勾配45°</b> を採用した。

# 1. TVFの熔融炉の更新

## 1.7 3号熔融炉の構造の検討(6/6)

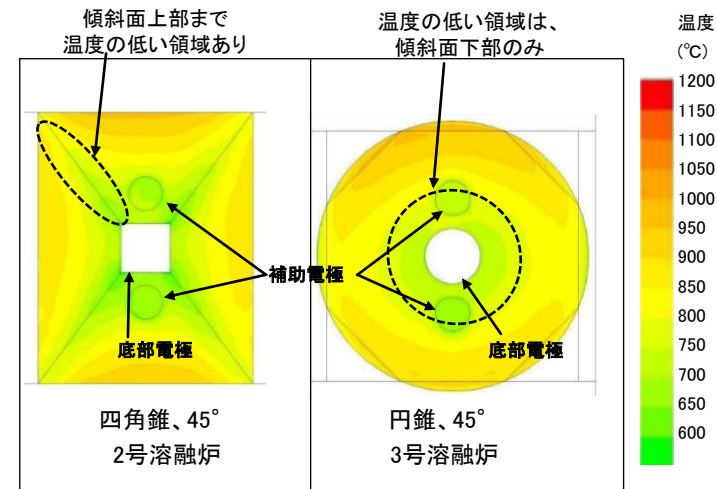
- 比較評価した結果、開発期間が最短で不確実性が少なく、白金族元素の抜き出し性が現行2号熔融炉より優れることが期待される**円錐45°**の炉底形状・炉底勾配を採用した。



2号熔融炉と3号熔融炉の比較

・四角錐形状では傾斜面の谷部に沿って温度が低い領域(ガラスの粘性の高い領域)が生じる。  
 ⇒谷部で白金族元素が流れにくくなり、谷部に沿って堆積する。

・円錐形状では谷部がないため、傾斜面上部に温度の低い領域はない。  
 ⇒白金族元素が堆積しにくい。



炉底傾斜面の温度解析  
 (炉底を上から見た図、左図のA-A矢視)

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.8 2号溶融炉における不具合事象の反映(1/4)

### 【2号溶融炉における不具合事象概要】

**発生事象:** ガラス流下の停止  
**発生部位:** 流下ノズル  
**発生時期:** 令和元年7月  
**事象概要:**

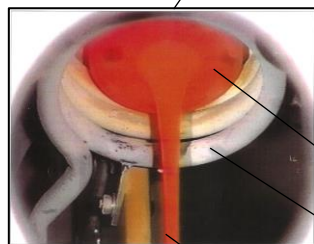
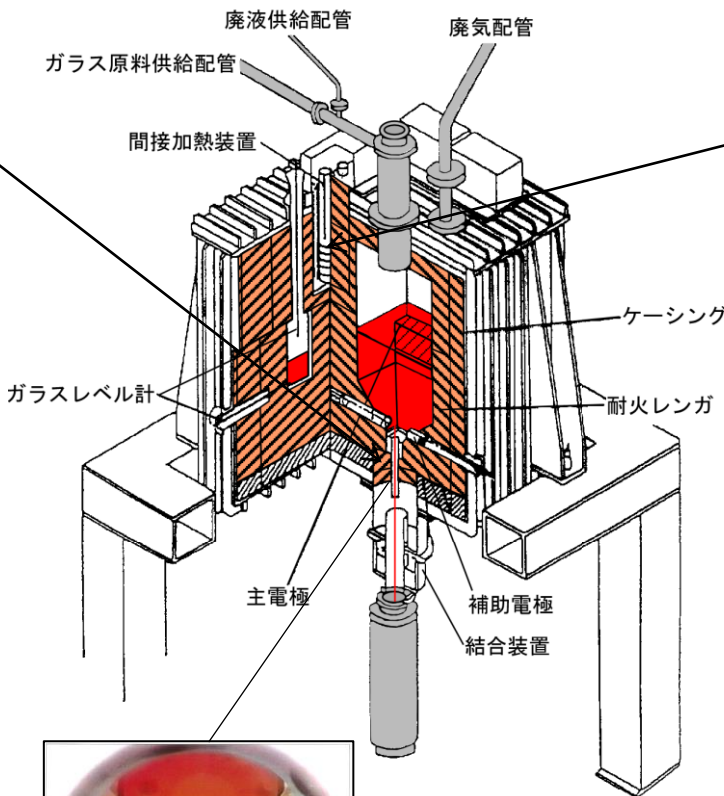
ガラスの流下中、流下ノズルの加熱電源系統に漏電が発生したことにより、流下ノズルの加熱が停止し、流下が停止した。

#### 2号溶融炉における対策

- ・本事象は、流下ノズルと加熱コイルの接触により生じたものである。
- ・これらのクリアランスを確保するため、内径を80 mmから90 mmに拡大した加熱コイルに交換した。

#### 3号溶融炉への反映事項

- ・2号溶融炉において実施した対策に加え、流下ノズルの傾きの発生を抑制できるように、流下ノズルを取り付けているインナーケーシングの構造を変更する。(17,18 ページ参照)



流下ノズル  
 加熱コイル  
 流下ガラス

**発生事象:** 熱電対の断線  
**発生部位:** 間接加熱装置  
**発生時期:** 平成29年6月  
**事象概要:**

溶融炉の運転停止の際、炉内ガラスを全量抜き出すため、間接加熱装置による炉内の加熱を行っていたところ、本装置内部の発熱体の温度を監視するための全10本の熱電対のうち、2本が断線した。

#### 2号溶融炉における対策

- ・本事象は、熱電対の素線を保護するアルミナ保護管が割れ、割れ目から不純物が入り込み、素線に付着して断線(素線の低融点化)した。
- ・アルミナ保護管の施工方法を改善した。

#### 3号溶融炉への反映事項

- ・2号溶融炉において実施した対策に加え、熱電対が断線しても運転を継続できるように、遠隔操作により間接加熱装置のユニット毎に電源を遮断できる構造とする。(19ページ参照)



# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.8 2号溶融炉における不具合事象の反映(2/4)

### 【流下停止事象の原因】

固化処理運転(19-1キャンペーン;令和元年7月)において、**流下停止事象**が発生

#### 【原因】

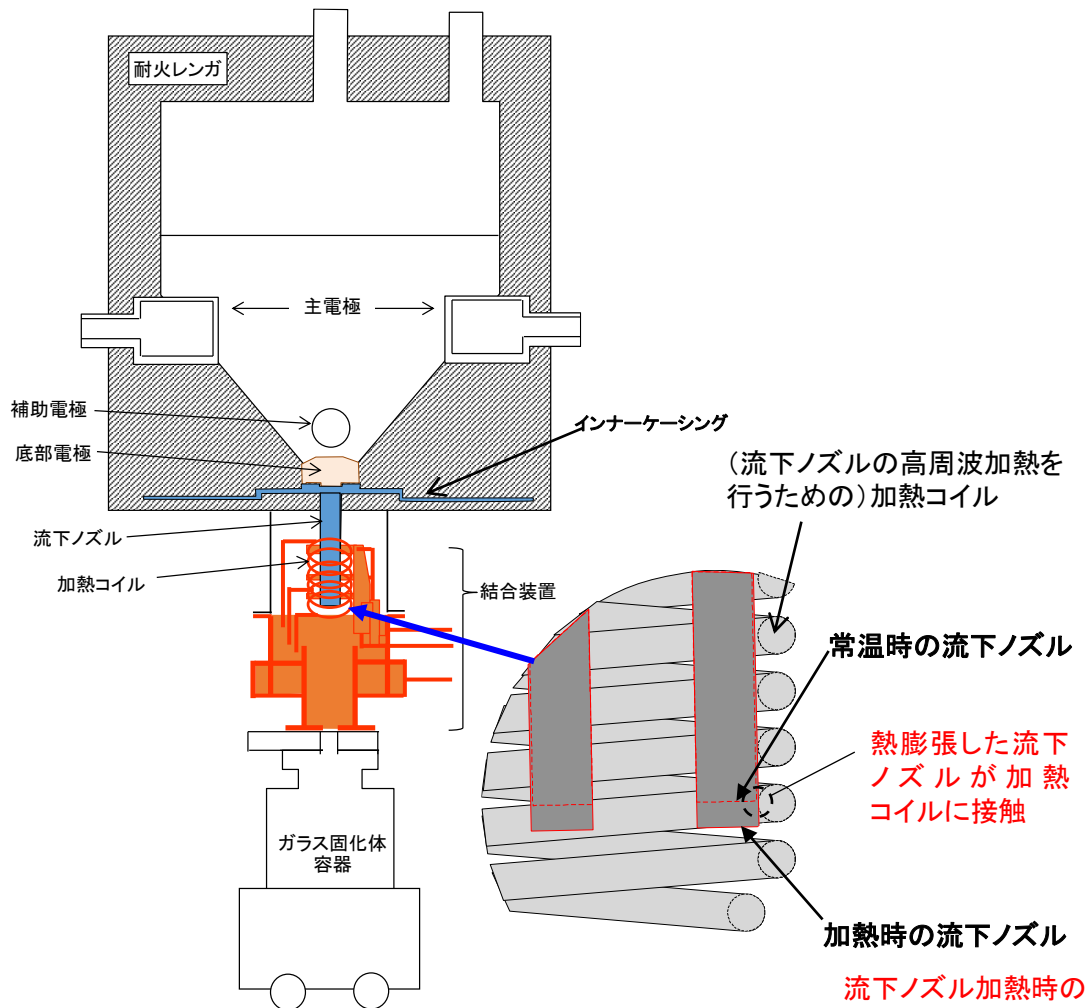
- 流下ノズルに高周波を印加し加熱すると流下ノズル内のガラスが溶け流下が始まる。
- 流下ノズルの加熱を停止し、流下ノズルに空気を吹き付け冷却すると流下ノズル内のガラスが固まり流下が停止する。
- 流下ノズルの加熱と冷却により、流下ノズルが取り付けられているインナーケーシングに塑性ひずみが発生し、インナーケーシングが非対称構造であるため、流下ノズルに傾きが生じる。
- 加熱と冷却の繰り返しにより流下ノズルの傾きが進展する。



流下ノズルの加熱時に、流下ノズルの熱膨張により流下ノズルが加熱コイルに接触



漏電の発生により、流下ノズルの加熱が自動停止



### 流下停止事象

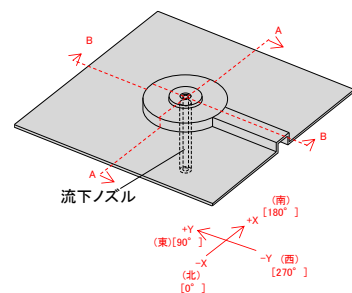
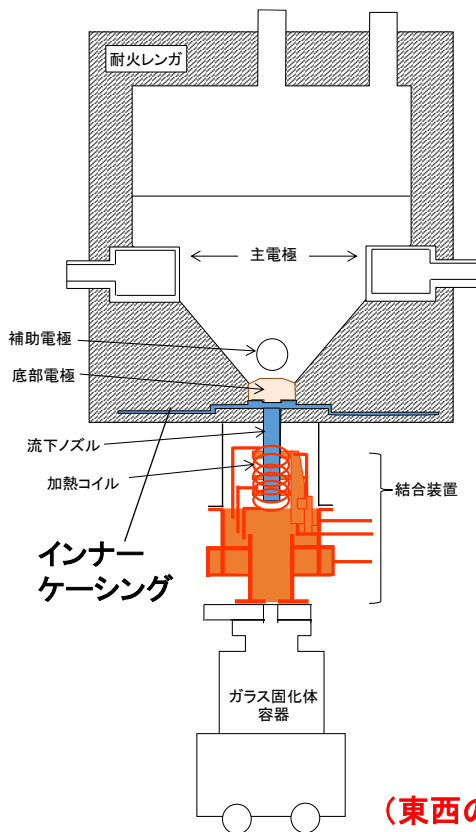
流下ノズル加熱時の熱膨張  
 ・径方向:約0.5 mm  
 ・軸方向:約6.8 mm

# 1. TVFの溶融炉の更新

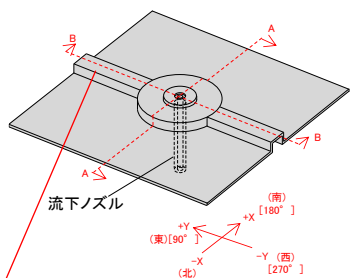
## 1.8 2号溶融炉における不具合事象の反映 (3/4)

### 【流下停止事象の反映】

- 2号溶融炉において発生した流下停止事象は、流下ノズルを取り付けているインナーケーシングが非対称構造であることに起因したものであることから、3号溶融炉では、本事象の発生防止対策として、流下ノズルの傾きの発生を抑制するため、**インナーケーシングを現行の非対称構造から対称構造に変更する。** (対策検討の概要は、34ページ参照)

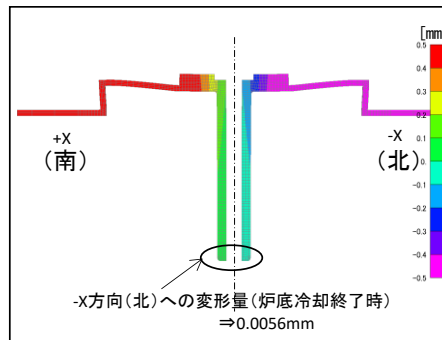


2号溶融炉インナーケーシング鳥観図

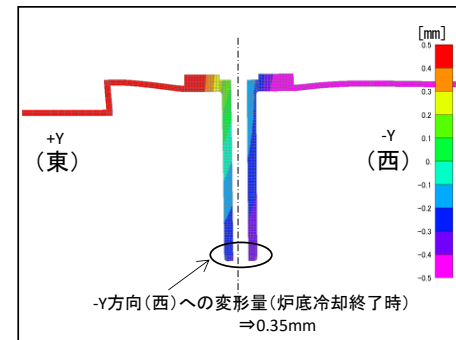


**構造変更箇所  
(東西の構造を対称とした)**

3号溶融炉インナーケーシング鳥観図

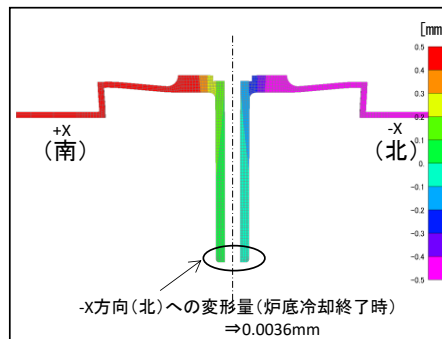


A-A断面の変形量分布

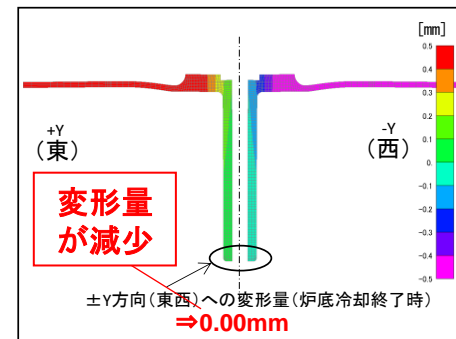


B-B断面の変形量分布

**インナーケーシングの熱応力解析結果**



A-A断面の変形量分布



B-B断面の変形量分布

**インナーケーシングの熱応力解析結果**

使用解析コード：汎用有限要素解析コード「ABAQUS」

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.8 2号溶融炉における不具合事象の反映(4/4)

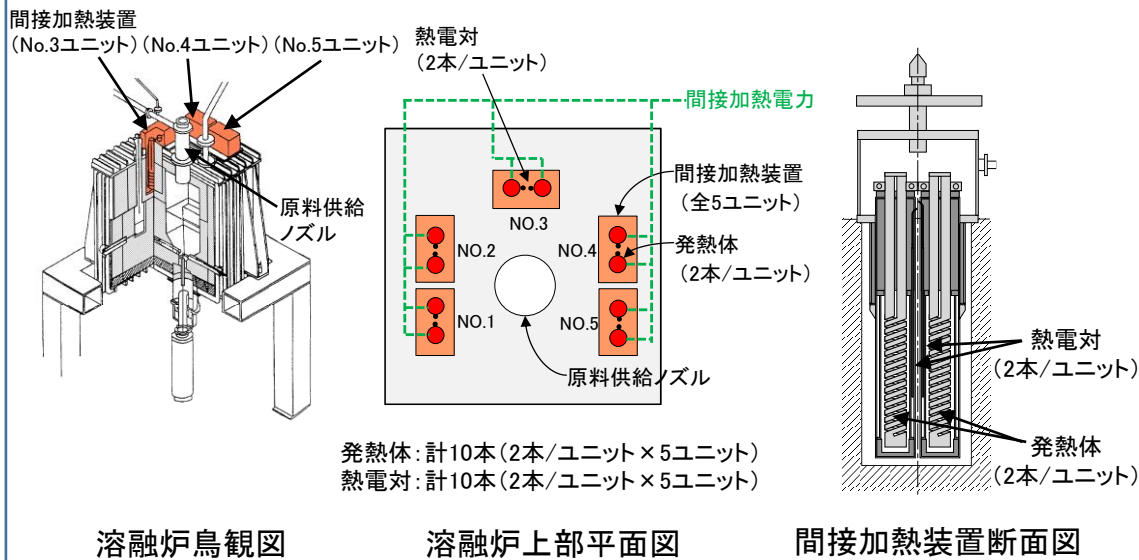
### 【間接加熱装置の熱電対断線事象の反映】

固化処理運転(17-1キャンペーン;平成29年1~6月)において、**間接加熱装置の熱電対断線事象**が発生

#### 間接加熱装置概要

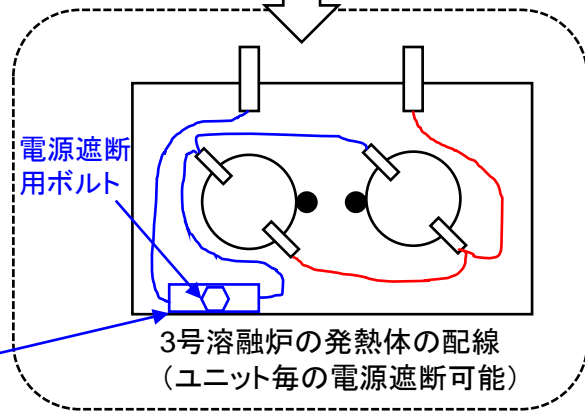
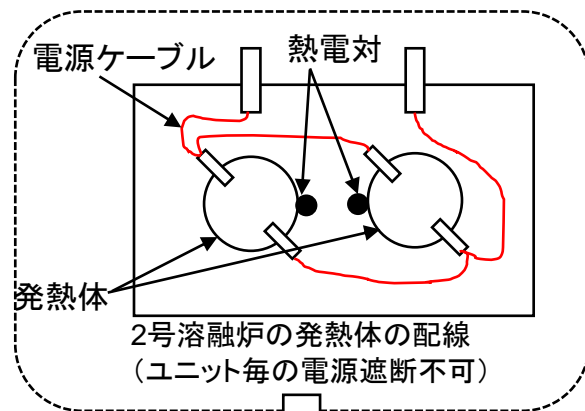
⇒ 溶融炉の熱上げ(35ページ参照)に使用する装置であり、5ユニットで構成(各ユニットは溶融炉上面で並列の通電回路で接続されており、ユニット毎の電源入切操作は行えない。)

⇒ 各ユニットに、発熱体及び発熱体温度監視用の熱電対を2本ずつ設置



### 【熱電対が断線しても熱上げを継続するための対策】

- 間接加熱装置は、5ユニットの内、3ユニットあれば運転可能な設計
- 熱電対が断線したユニットを間接加熱装置の電源系統から切り離すことで、他のユニットにて溶融炉の運転が継続できるよう、遠隔操作により**ユニット毎に電源を遮断できる構造**とする。



固化処理運転(17-1キャンペーン;平成29年1~6月)において、熱電対の施工不良により、複数の**熱電対の断線事象**が発生

⇒ 2号溶融炉では、熱電対の施工不良の対策として、施工管理の改善を行った。

⇒ 3号溶融炉では、**熱電対が断線しても熱上げが継続できるように対策を講じる。**

電源遮断用ボルトを回すことにより発熱体の電源が遮断される機能追加

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.9 施設の安全性への影響(1/3)

### 【安全性への影響】

- 溶融炉の更新において、「再処理施設の技術基準に関する規則」の適合性を評価し、**TVFの安全性に影響は生じない設計**としている。

TVFの安全性	溶融炉更新に伴う安全性への影響
放射線・被ばく管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉は遮蔽機能を有しておらず、また、溶融炉更新によりTVFで取り扱う放射エネルギーに変更は生じないため、<b>放射線・被ばく管理に変更はない。</b></li> </ul>
地震対策	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>廃止措置計画用設計地震動*によって溶融炉に生じる応力に、溶融炉運転による発生応力(耐火レンガ等の熱膨張荷重、ケーシングの熱応力)を加えた値が、溶融炉の材料の許容応力以下となる設計とする。</b></li> </ul>
火災・爆発対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉は、炉内表面が耐火レンガで覆われており、耐火レンガの耐久温度を超えて使用されることはないため、過熱により溶融炉が損傷し、内包された溶融ガラスが漏れ出る事により<b>火災に至るおそれはない。</b>また、溶融炉は固化セル内に設置され、周辺には可燃性物質がなく、溶融炉は発火源にはならない。</li> <li>廃液の放射線分解によりは発生する水素ガスは爆発の原因となり得るが、溶融炉においては、廃液の放射線分解による水素ガスの発生及び可燃性ガスの使用はないことから、<b>爆発による損傷のおそれはない。</b></li> </ul>
臨界防止対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVFでは、ガラス固化体及び高放射性廃液中のウラン濃度が十分小さい濃度であることから、臨界は発生しないと評価しており、溶融炉の更新により、高放射性廃液及びガラス固化体中のウラン濃度に変更がないことからTVFの<b>臨界安全に係る評価に変更はない。</b></li> </ul>
停電対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉の運転中に停電が発生した場合、炉内の溶融ガラスは、加熱されなくなり、冷えて固まるため、非常用発電機からの給電等の停電対策がなくても安全上問題はないことから、溶融炉の更新において、TVFの<b>停電対策(非常用発電機等からの給電)に係る変更はない。</b></li> </ul>

\* 日本原子力研究開発機構より「基準地震動」として申請したものについて、原子力規制委員会が令和2年2月10日の廃止措置計画変更認可時に「廃止措置計画における安全対策の検討に用いる地震動」として位置付けたもの。

## 1.9 施設の安全性への影響(2/3)

TVFの安全性	溶融炉更新に伴う安全性への影響
誤操作防止対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVFは、溶融ガラスの誤流下を防止するため、ガラス固化体容器と溶融炉が結合されていない場合は、流下ノズルの加熱ができないようにインターロックを設ける等、誤操作によって事故が発生するおそれのあるところにはインターロックを設ける対策を実施しているが、溶融炉の更新において、これらの誤操作防止対策に変更はない。</li> </ul>
漏水防止対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVFにおいて、放射性廃液を内包する系統及び機器は放射性廃液が漏えいし難い構造及び十分に耐食性がある材料を採用している。</li> <li>万一、放射性廃液が漏えいした場合でも、漏えい液は各セル及び室のドリフトレイに回収し、放射性廃液が施設外に漏えいすることはない。</li> <li>溶融炉の更新において、上記の漏水防止対策に係る設備に変更はない。</li> </ul>
自然現象対策(地震以外)	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVF建家については、津波、竜巻、火山、外部火災等に対する健全性の評価を行っており、評価結果に応じて対策を講じる。</li> <li>溶融炉の更新において、TVF建家の変更はなく、上記の評価、対策に変更はない。</li> </ul>
放射性廃棄物の管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVFにおいては、固化処理に伴い発生する放射性廃棄物の内、気体及び液体の廃棄物について、適切な処理を行った上で、それぞれ、大気中及び海中に放出を行う。</li> <li>固体の放射性廃棄物(ガラス固化体以外)については、高放射性及び低放射性固体廃棄物の分類を行った上で、それぞれの貯蔵施設に搬出する。</li> <li>溶融炉の更新において、上記の放射性廃棄物の処理方法に変更はない。</li> </ul>
周辺公衆の線量評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉更新においてTVFで取り扱う放射エネルギー、遮蔽構造に変更は生じないため、東海再処理施設における平常時の周辺公衆の被ばく評価(約<math>2.2 \times 10^{-2}</math> mSv/年)、TVFにおいて想定されている事故時(ガラスの誤流下、短時間の全動力電源喪失)の周辺公衆の被ばく評価(それぞれ約<math>2 \times 10^{-3}</math> mSv、約<math>2 \times 10^{-2}</math> mSv)、また、東海再処理施設全体からの直接線量及びスカイシャイン線量の評価(約<math>3.5 \times 10^{-3}</math> mSv/年)に変更はない。</li> </ul>
放出放射エネルギーの管理目標値	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融炉更新においてTVFで取り扱う放射エネルギーに変更は生じないため、気体及び液体廃棄物の放出放射エネルギーに変更はなく、これらの放出管理目標値(36ページ参照)に変更はない。</li> </ul>

## 1.9 施設の安全性への影響(3/3)

### 【3号熔融炉の耐震性】

#### 耐火レンガの組積構造

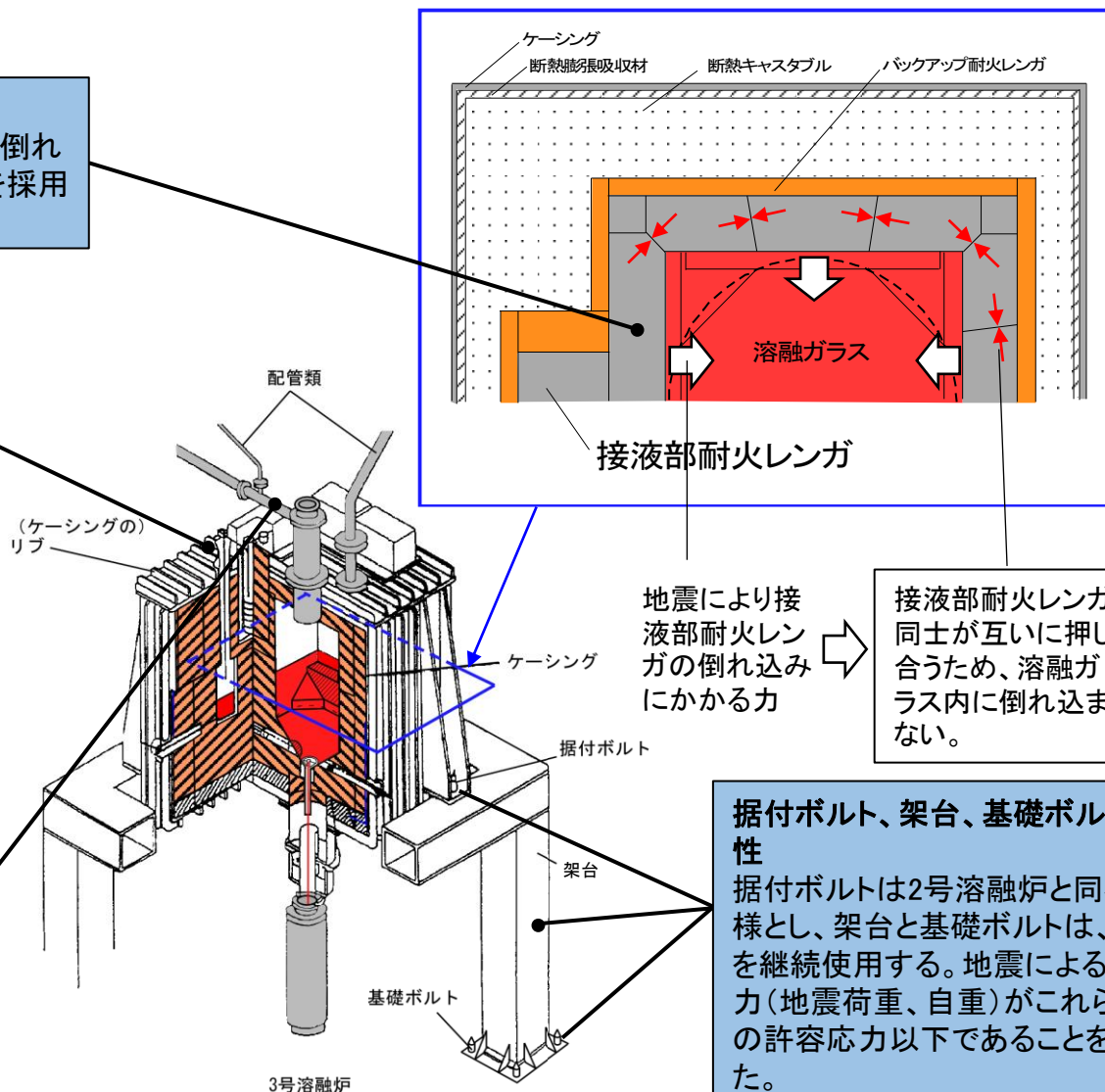
2号熔融炉と同様、地震発生時に炉内に倒れ込まないように、迫持ち(せりもち)構造を採用した。

#### ケーシングの耐震性

2号熔融炉と同様、リブによる補強を行っており、地震による発生応力(地震荷重、自重)に熔融炉運転による発生応力(耐火レンガ等の熱膨張荷重、ケーシングの熱応力)を加えた値が、ケーシング材料の許容応力以下であることを評価した。

#### 熔融炉に付帯する配管類の耐震性

配管類は2号熔融炉と同様の仕様とし、地震による発生応力(地震荷重、自重)に熔融炉運転による発生応力(配管内圧)を加えた値が、配管類材料の許容応力以下であることを評価した。



地震により接液部耐火レンガの倒れ込みにかかる力

接液部耐火レンガ同士が互いに押し合うため、熔融ガラス内に倒れ込まない。

#### 据付ボルト、架台、基礎ボルトの耐震性

据付ボルトは2号熔融炉と同様の仕様とし、架台と基礎ボルトは、既設品を継続使用する。地震による発生応力(地震荷重、自重)がこれらの材料の許容応力以下であることを評価した。

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.10 溶融炉更新計画(1/5)

### 【溶融炉更新状況】

- 現在、3号溶融炉は、各部品(ケーシング、耐火レンガ、電極等)の加工を進めている。

### 溶融炉更新工程

	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度
1. 許認可 (R3年6月29日申請、 R3年10月5日認可)	申請 ▽ 認可 ▽			
2. 3号溶融炉の製作	各部品の材料手配、加工			
3. 2号溶融炉の取外し		中間組立(メーカー工場)・ 最終組立(原子力機構モックアップ試験棟)		
4. 3号溶融炉の据付け				

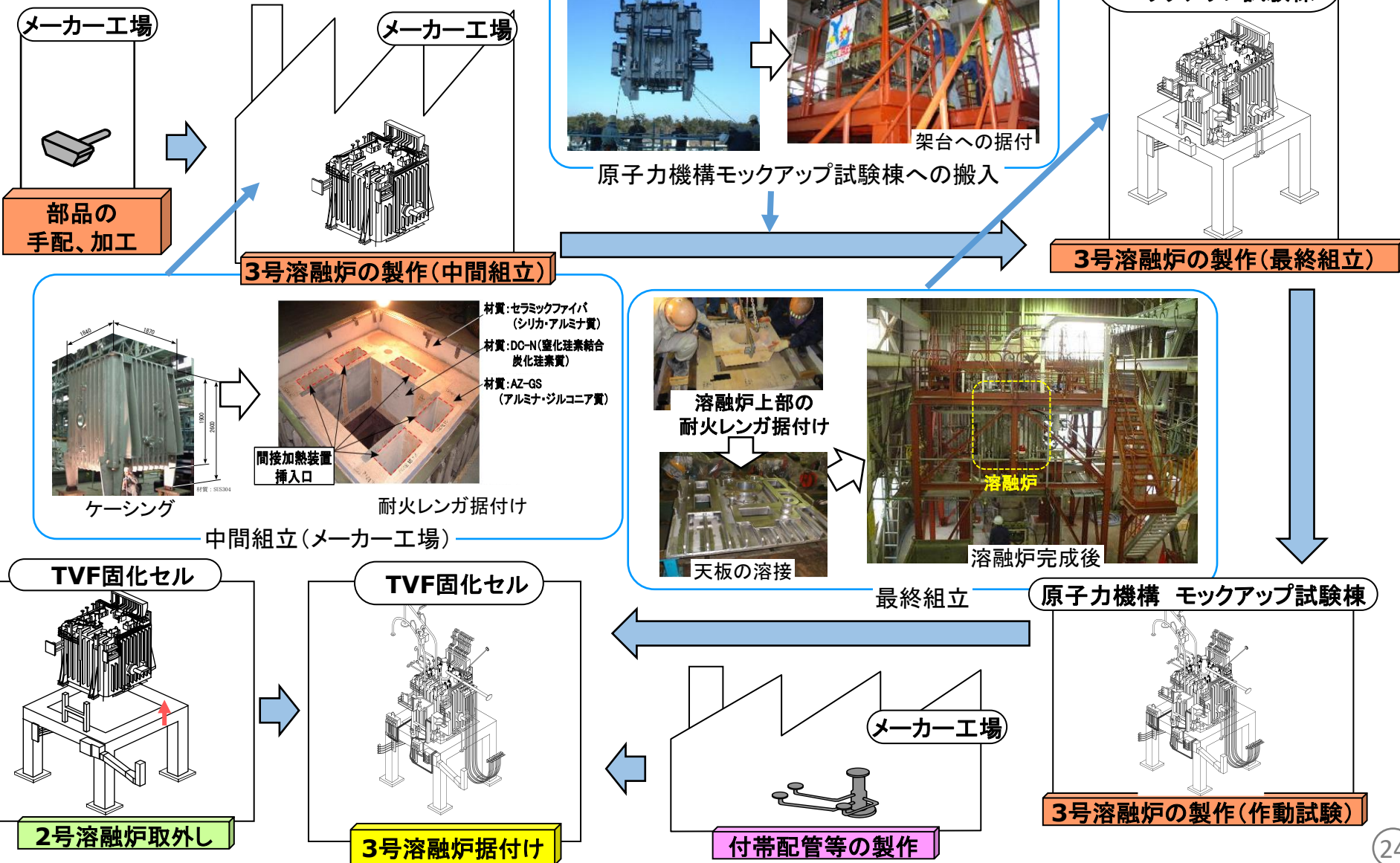
2号溶融炉の撤去、3号溶融炉の据付け時期は、2号溶融炉の設計寿命(ガラス固化体500本製造相当)を目安とするが、高放射性廃液のガラス固化体550本その他、廃止措置(工程洗浄、系統除染等)で発生する廃液のガラス固化体の本数を考慮し、2号溶融炉の運転状況に応じて、3号溶融炉への更新時期を検討する。

# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.10 溶融炉更新計画(2/5)

### 【溶融炉更新フロー】

(写真:2号溶融炉製作時(平成14~15年))





# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.10 溶融炉更新計画(3/5)

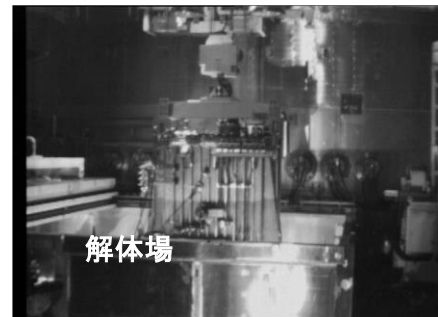
- 溶融炉の取外し・据付け作業期間中は、高放射性廃液を高放射性廃液貯蔵場に返送し、高放射性廃液を保有しないため、TVFにおいて廃液の蒸発乾固等の安全上のリスクはない。
- 固化セル内の溶融炉の取外し・据付け作業は制御室からの遠隔操作で行う。3号溶融炉の固化セル搬入の際は除染セル内に作業員が入域し、搬入準備作業を行う。この搬入準備作業では、事前モニタリングに基づき被ばく管理を行う。

### 【遠隔操作による溶融炉の取外し・据付けの手順(1/2)】

① 2号溶融炉の取外し ⇒ 固化セル内の解体場へ移動

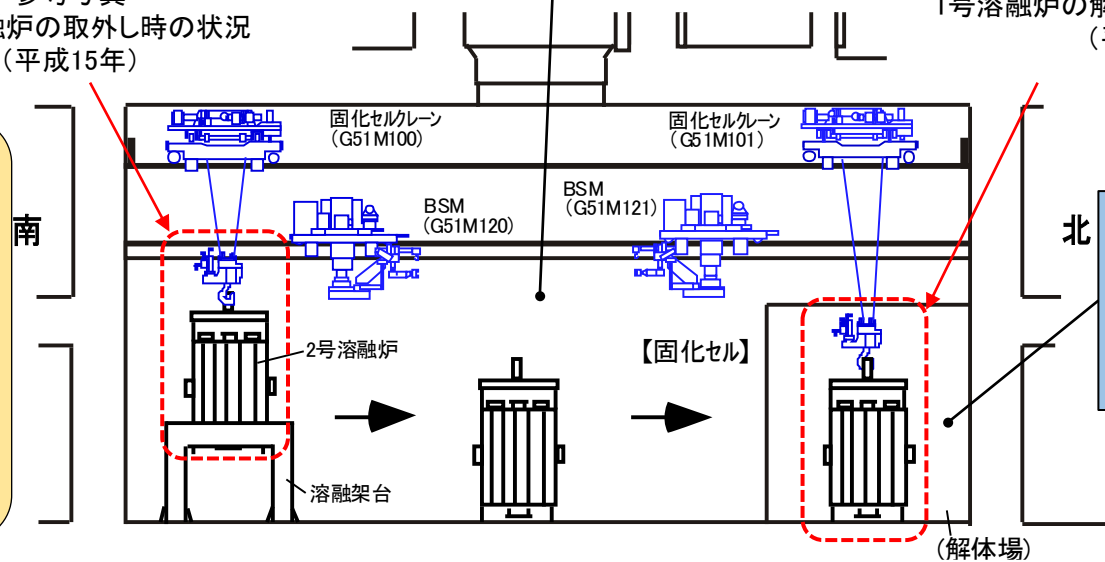


参考写真  
1号溶融炉の取外し時の状況  
(平成15年)



参考写真  
1号溶融炉の解体場への移動時の状況  
(平成15年)

固化セル内での作業は、全て遠隔操作で行う。



【参考：1号溶融炉の取り外し実績】  
 ・作業期間（付帯配管等の取り外し含む）：  
 平成14年12月～平成15年5月  
 ・作業期間中の作業員一人当たりの被ばく線量：  
 検出下限値(0.1mSv)未滿  
 ・作業中の不具合等：  
 なし

解体場内で2号溶融炉を解体し、解体に伴い発生した高放射性固体廃棄物は、東海再処理施設内の第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設へ搬出する。

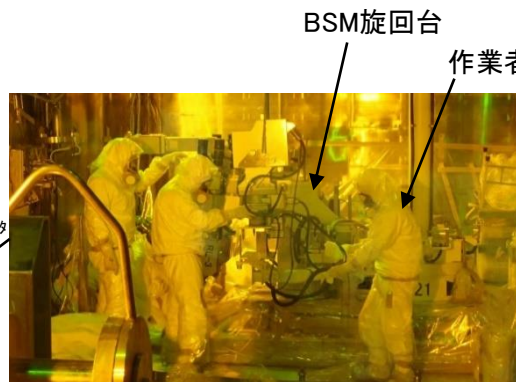
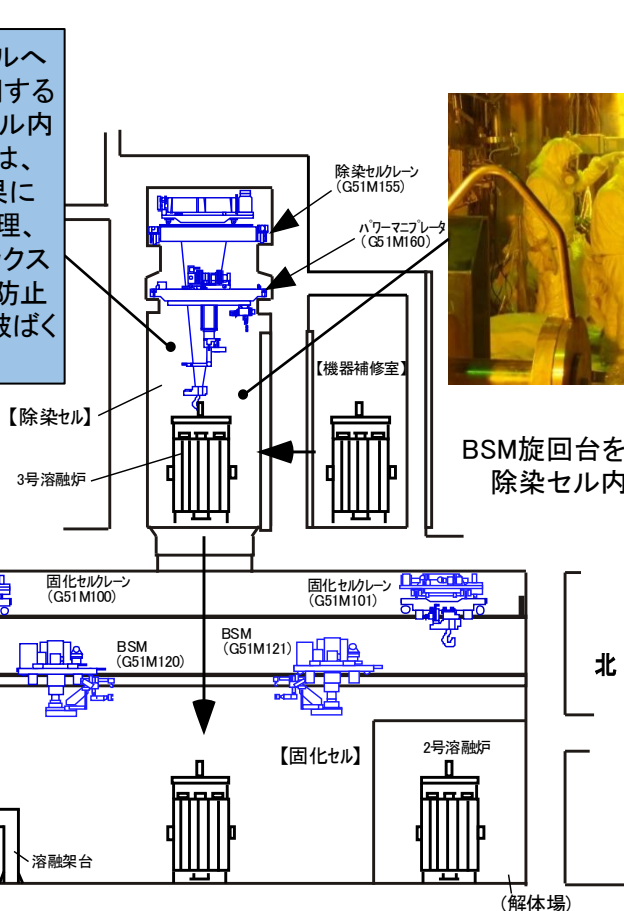
# 1. TVFの溶融炉の更新

## 1.10 溶融炉更新計画(4/5)

### 【遠隔操作による溶融炉の取外し・据付けの手順(2/2)】

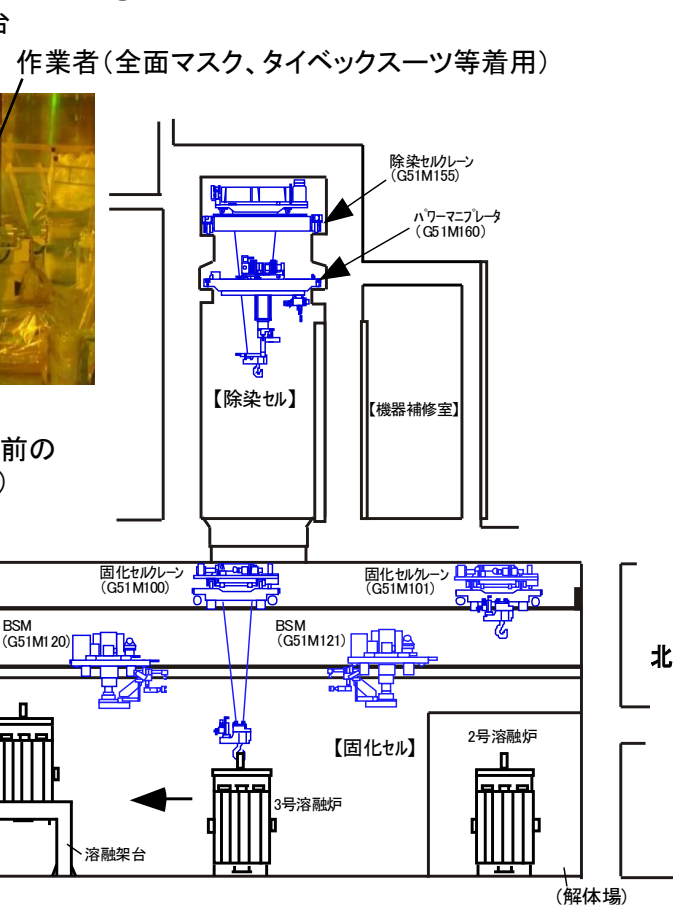
#### ② 3号溶融炉を固化セル内に搬入

除染セルは、固化セルへの機器搬出入に使用するエリアであり、除染セル内での作業に当たっては、事前モニタリング結果に基づく作業時間の管理、全面マスクやタイベックスーツ着用による汚染防止等により、作業員の被ばく低減を図る。



参考写真  
BSM旋回台を固化セルへ搬入する前の  
除染セル内作業状況(平成30年)

#### ③ 3号溶融炉据付け



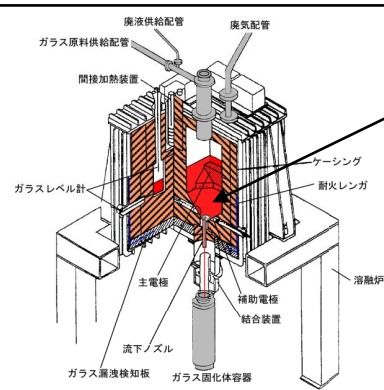

#### 【参考:2号溶融炉の据付け実績】

- ・作業期間 (付帯配管等の据付け含む) : 平成16年4月~8月
- ・作業期間中の作業員一人当たりの被ばく線量 : 検出下限値(0.1mSv)未満  
→溶融炉の固化セル搬入時の除染セル内作業では、モニタリングに基づく計画値を超える被ばくはなかった。
- ・作業中の不具合等 : 溶融炉据付け時の位置調整に時間を要した。

## 1.10 溶融炉更新計画(5/5)

### 【溶融炉更新を着実に進めるための対応】

- ▶ 溶融炉更新を着実に進めるため、2号溶融炉から3号溶融炉への変更点及び前回の溶融炉更新(平成14~16年度)の実績を踏まえ、想定される遅延要因を洗い出し、対策を講じている。以下に、主な遅延要因及びその対策を示す。

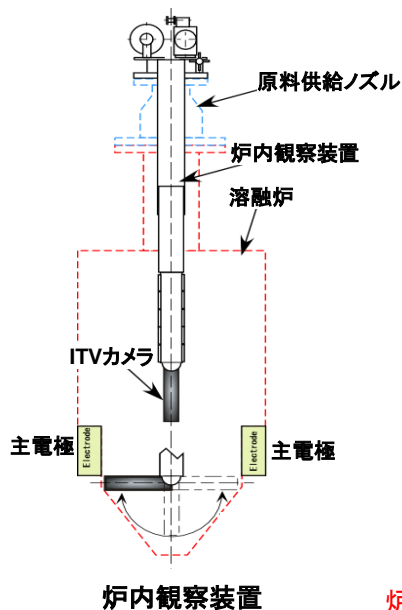
分類	変更内容、実績	遅延要因	対策
2号溶融炉からの変更点	炉底耐火レンガの形状を四角錐から円錐に変更した。(レンガブロックの形状を変更した。)	円錐形状を構成するレンガブロックの鑄込み条件の調整に期間を要し、溶融炉製作工程に遅れが生じる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成30年度に<b>レンガブロックの試作</b>を行い、鑄込み条件の調整を行った。</li> <li>調整した鑄込み条件により令和2年度に3号溶融炉に使用するレンガブロックの鑄込みを行った結果、欠陥は生じなかった。</li> </ul>   <p>円錐形状の一部を構成する耐火レンガの試作品(平成31年1月)</p>
前回更新の実績	前回の更新において溶融炉据付け時の位置調整に時間を要した。	固化セル内での遠隔操作による3号溶融炉及び付帯配管等の据付けに期間を要し、更新工程に遅れが生じる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>前回(平成14~16年度)の溶融炉の更新作業に関わった遠隔操作の経験者4名により、<b>溶融炉更新に係る手順書の見直し</b>を行う。</li> <li>見直した手順書により、TVFへの3号溶融炉の搬入前に、モックアップ試験棟(コールド施設)にて<b>実機を用いた操作訓練</b>を行う。その際、前回の更新において時間を要した溶融炉据付け時の位置調整については、モックアップ試験棟にて調整方法の確認を行う。</li> <li>TVFへの搬入、固化セル内への搬入等、前回実績を反映した手順書を基に、操作手順、不具合防止のホールドポイントの確認をはじめ、溶融炉の吊りバランス等、<b>溶融炉の遠隔操作に係る確認</b>を実施する。</li> <li>固化セル内への搬入・据付け時の作業体制として、前回の溶融炉更新の経験者を中心とした<b>遠隔操作体制(約6名)</b>を整備する。</li> </ul>

## 2. 固化処理の状況

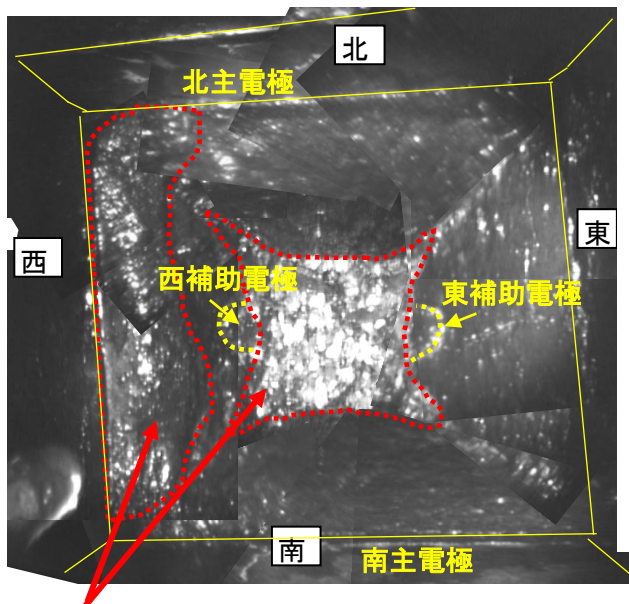
### 2.1 直近の運転(21-1キャンペーン)の経緯

- 60本の固化体製造を予定し、令和3年8/17に2号熔融炉による固化処理運転(21-1キャンペーン)を開始したが、9/13に11本目の流下開始前の熔融炉の**主電極間補正抵抗値(ガラス温度1000°C換算)の確認において、管理指標に達したことから、熔融炉の運転停止操作を行った。**
- その後、ガラス熔融炉の冷却期間を経て、9/29、30に熔融炉内部の観察を行い、炉底部にガラスが残留していることを確認したため、次回運転に向けて残留したガラスの除去作業を行うこととした。このため、今回の運転(21-1キャンペーン)は**10/4をもって終了した。(21-1キャンペーンにおける固化体製造本数:13本)**

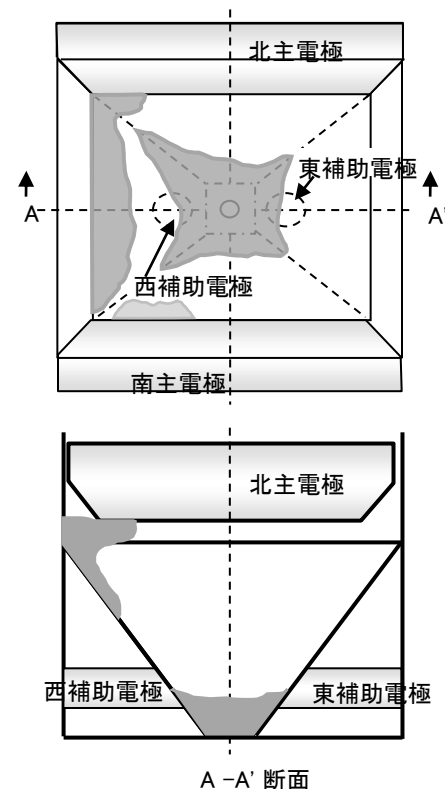
#### 【炉内観察の結果(炉内のガラスの残留状況)】



炉内観察装置



炉内に残留しているガラス



A-A' 断面

## 2. 固化処理の状況

### 2.2 主電極間補正抵抗の早期低下に係る対応(1/2)

#### 【原因調査】

#### 運転の経緯

年度	H20-22	~	H27	H28	H29	H30	R元	R2	R3
運転	残留ガラス除去		13本製造 16-1CP	46本製造 17-1CP	7本製造 19-1CP	13本製造 21-1CP			

#### 原因調査の概要

#### 21-1CP開始時とドレンアウト前の炉内状態の推定

- 19-1CPと21-1CPの運転データの比較(37ページ参照)(19-1CP停止時の影響を検討)
- 21-1CP運転経過に伴う運転データの変化(38ページ参照)からドレンアウト前の炉内状態を推定
- 炉内観察の結果を(2)で推定した炉内状態と照合

#### 21-1CPドレンアウト前の炉内状態に至った要因の絞込み

- 21-1CPのこれまでの運転との違いや変更点(結合装置の交換、溶接機の調整に伴う保持運転など)を踏まえた要因解析図により、想定よりも少ない本数で主電極間補正抵抗が低下した要因の洗出し
- 流動解析\*などにより、洗出した要因の絞込み

\* 流動解析では、溶融炉の非対称性(東側の耐火レンガが厚くなっている)を考慮した解析モデルを使用する。

#### 前々回運転(17-1CP)

- 44本目(残留ガラス除去完了から累計57本目)で主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、ドレンアウト(44本目の流下を含め、3本流下)を行い、溶融炉を停止した(CP合計46本製造(累計59本製造))。
- 炉内の残留ガラス除去を行った。

#### 前回運転(19-1CP)

- 1~7本目の流下は正常に終了した。
- 8本目の流下において、約120kg流下した時点で漏電により流下停止事象が発生した。
- その後、3回の流下を試みたが漏電により流下できず溶融炉内にガラスを保有した状態で停止した(CP合計7本製造)。
- 漏電対策として結合装置の交換を行った。

#### 今回運転(21-1CP)

- 8本目(残留ガラス除去完了から累計15本目)に溶接機の調整のため2日間の保持運転を行った。
- 9本目(累計16本目)に閉じ込め確認の再検査のため3日間の保持運転を行った。
- 11本目(累計18本目)で主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、ドレンアウト(11本目の流下を含め、3本流下)を行い、溶融炉を停止した(CP合計13本製造(累計20本製造))。
- 炉内残留ガラス除去を実施中。

## 2. 固化処理の状況

### 2.2 主電極間補正抵抗の早期低下に係る対応(2/2)

#### 【運転データの比較に基づき推定した原因】(39ページ参照)

- 前回(19-1CP)の運転では、8本目の流下中に流下ノズルと加熱コイルの接触による漏電が発生し、流下が途中で停止した。その後、3回、炉底加熱を行い、流下を試みたが、同様の漏電により流下できず、炉内にガラスを保有した状態で溶融炉を停止した。
- この再流下のための炉底加熱により、炉内の白金族元素が炉底傾斜面全体に沈降・堆積した。
- 21-1CPでは1本目の流下で炉底部の白金族元素の一部は抜き出されたが、西側炉底傾斜面上部に比較的に多くの白金族元素の堆積が残留した\*。
- その後の運転により炉底傾斜面上部に堆積した白金族元素に主電極間電流が流れ、ガラスの溶融性が低下するとともに、炉底傾斜面上部の温度上昇に伴うガラスの流動の変化により、炉底傾斜面上部へ白金族元素が多く運ばれるようになり、堆積量が増えていった。
- このように西側炉底傾斜面上部の堆積が成長し、主電極下端に接触し、管理指標に到達した。
- その他の白金族元素の沈降堆積に係る加速要因も含めて原因調査を進めていく。

\* 溶融炉の運転シミュレーション解析により、西側炉底傾斜面上部に白金族元素が堆積した要因を特定する。



#### 【対策】

- 起因事象として推定している流下停止事象の対策として、既に、今回の運転前に流下ノズルの加熱コイルの拡大等を実施しており、2号溶融炉によるガラス固化体約200本の製造実績を踏まえ、これまで通りのガラス組成管理等、適切な運転管理により、運転状況に応じてフレキシブルに対応していくことから、主電極間補正抵抗の早期低下の再発は防止できると考えている。さらに現在製作中の3号溶融炉では、流下ノズルを取り付けているインナーケーシングの構造を流下ノズルの傾きを抑制する構造に見直している。
- 白金族元素の堆積に係る対策として、ガラス中の白金族元素濃度を下げため、白金族元素を含有していない模擬廃液による洗浄運転や薄い廃液を供給する方法等が考えられ、3号溶融炉に適用できるかどうか検討を進めていく。
- なお、今後の原因調査において、新たな要因が確認された場合は、必要に応じて3号炉の設計に反映する。

## 2. 固化処理の状況

### 2.3 TVF次回運転に向けた取り組み状況

- ① 今回の運転における主電極間補正抵抗値(ガラス温度1000°C換算)の低下による溶融炉の停止は、予め想定していた事象であったものの想定よりも少ない本数で低下したことから、残留ガラス除去と併行して**要因の絞り込みを行い、対策を検討し、次回の運転に反映する。**
- ② **溶融炉内に残留したガラスを機械的に除去(残留ガラス除去)する。**残留ガラス量は、溶融炉へのガラス原料の供給量・抜き出し量の収支から約36 kgと想定しており、作業期間は6ヶ月程度を想定している。**その後、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス観察や熱上げ用のガラスカレットの炉内投入(35ページ参照)などの運転準備作業を行った後に運転を再開する。**  
残留ガラス除去作業に向け、クリティカルとなる固化セル内の高放射性固体廃棄物の搬出\*を進め、その期間を活用し、炉底部の残留ガラスの状態を踏まえた除去作業訓練を実施し、除去作業を着実に進める。  
\*固化セル内の高放射性固体廃棄物は、残留ガラス除去作業と作業場所が干渉するため、残留ガラス除去作業開始する前までに、固化セルから搬送セルに搬出する。なお、搬送セルに搬出した高放射性固体廃棄物は、第二高放射性固体廃棄物貯蔵施設へ払い出す。
- ③ ガラス固化処理計画については、今回の運転結果、主電極間補正抵抗値の低下の対策を踏まえ、キャンペーン毎の運転本数や3号溶融炉への更新時期の前倒し等の検討を行い、ガラス固化処理を着実に進めていく。

# 【参考資料-1】 高放射性廃液に含まれる白金族元素について

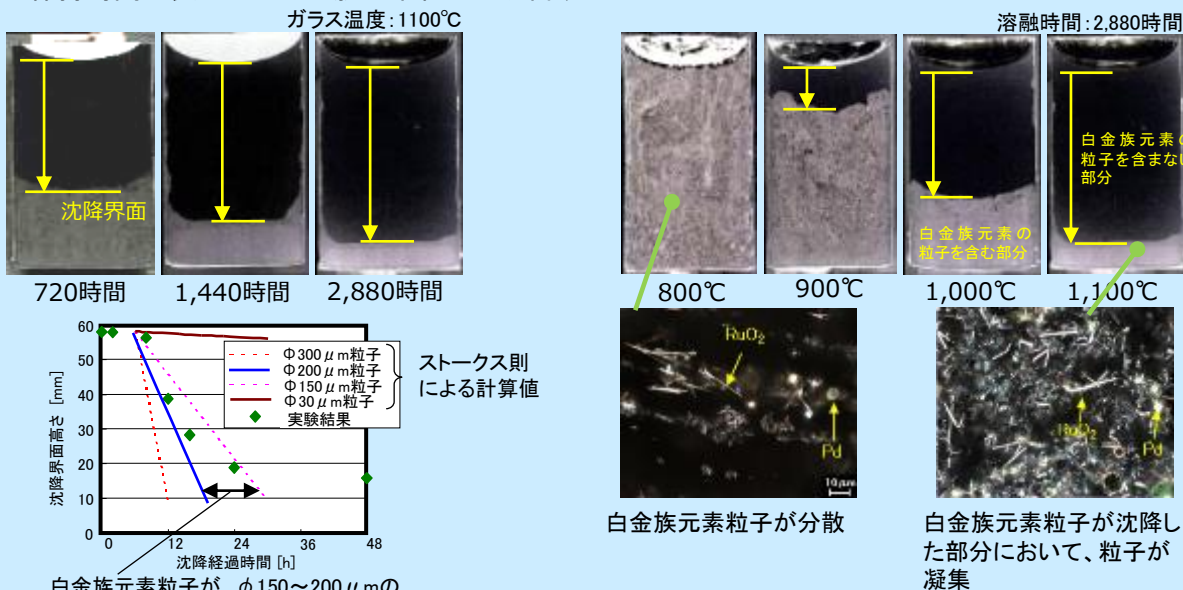
## 白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- ① ホウケイ酸ガラスに対して溶けにくく、密度が大きい ( $\text{RuO}_2: 7\text{g}/\text{cm}^3$ , ガラス:  $2.5\sim\text{g}/\text{cm}^3$ )  
 ⇨析出した白金族元素は酸化物もしくは金属粒子として沈降・堆積する
- ② ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると比抵抗が低くなる。  
 ⇨堆積ガラスは、溶融ガラスより電流が流れやすい
- ③ ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると、粘度が高くなる。  
 ⇨堆積ガラスは、流れにくく抜き出しがし難い

## 模擬ガラス中の白金族元素の観察

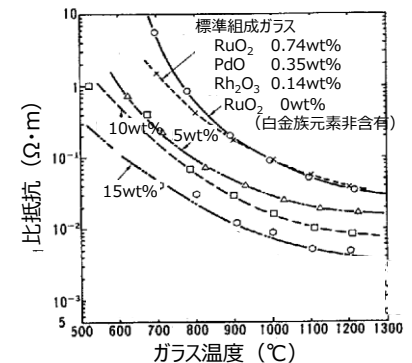
白金族元素の粒子を含むガラスを溶融した状態で保持すると、時間とともに粒子が沈降する。また、温度が高いほど粒子の沈降が速い。

- 保持時間が長いほど白金族元素粒子は沈降する
- 温度が高いほど白金族元素粒子は沈降しやすい

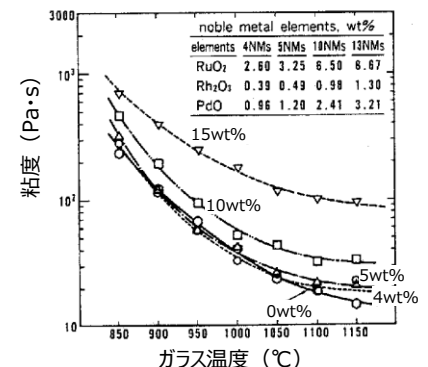


## ① 白金族元素のガラス溶解度

酸化物	溶解度(wt%)	ガラス中の濃度(wt%)
$\text{RuO}_2$	<0.1	0.74
$\text{PdO}$	<0.05	0.35
$\text{Rh}_2\text{O}_3$	<0.05	0.14



## ② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 (RuO2の依存性)

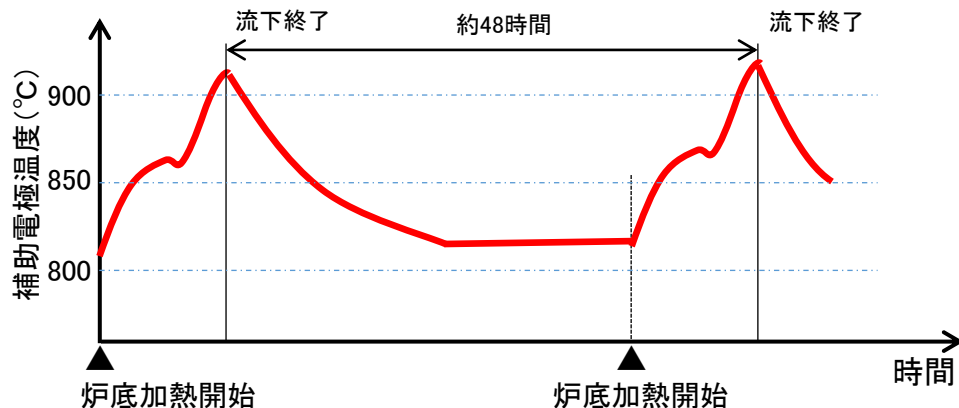
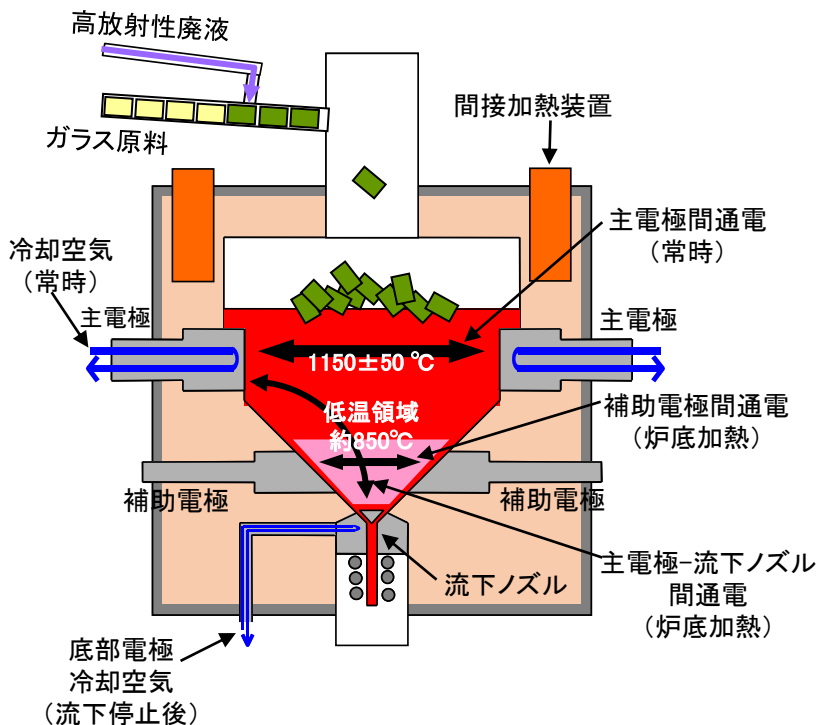


## ③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性



# 【参考資料-2】 炉底低温運転について

原理：溶融炉底部のガラス温度を低温に維持することで、ガラスの粘性を増加させ、白金族元素粒子の沈降を抑制する



溶融炉運転時の溶融炉底部の温度変化 (イメージ)

## 運転管理及び操作

- 主電極通電によりガラス温度 $1150^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ に保ち、同時に補助電極間電流を調節することで、炉底部のガラス温度を約 $850^{\circ}\text{C}$ とするために、補助電極温度を約 $820^{\circ}\text{C}$ に管理する。
- 流下にあたり、炉底加熱により炉底部の温度を上げる必要がある。また、流下中は、高温のガラスが炉底部に流れ込み温度が高くなる。
- 流下終了後、速やかに炉底低温状態に移行させるために、主電極-流下ノズル間の通電を止めるとともに、底部電極に冷却空気を流して、炉底部の温度を下げる運転操作を行う。

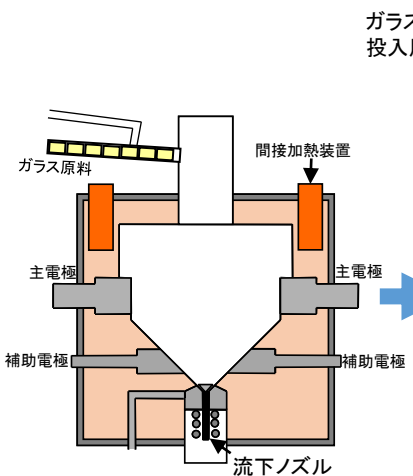
## 【参考資料-3】 流下停止事象に係る3号溶融炉の対策検討の概要

分類	項目	対策の検討結果
設計	流下ノズルの傾きの発生抑制	熱応力解析により、流下ノズルインナーケーシングの構造を現行の非対称構造から対称構造に変更することで、流下ノズルの傾きの発生を抑制できることを確認したことから、3号溶融炉では、対称構造のインナーケーシングを採用する。
	流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確保	3号溶融炉の作動試験後(3号溶融炉の固化セル搬入前)の流下ノズルの位置を踏まえ、取付可能な最大の加熱コイル径を設定する。 流下ノズルの傾きの発生に応じて、加熱コイルの位置を遠隔操作により調整する機構を追加することを検討したが、加熱コイルと結合装置、冷却空気配管の取り合いを踏まえると、調整機構の取付けが困難であるため、断念した。
	流下ノズルと加熱コイル間の絶縁確保	流下ノズルと加熱コイルが接触しても漏電を発生させないための対策として、加熱コイルと流下ノズル間に絶縁材を取り付けることを検討したが、絶縁材にガラスが付着することで絶縁材が劣化し、絶縁性能が低下するため、断念した。
製作管理	3号溶融炉の運転初期において耐火レンガの熱膨張により発生する流下ノズルの芯ずれへの対応	3号溶融炉の製作において、インナーケーシング及びビインナーケーシングと取合う耐火レンガの据付誤差の管理を行う。
		3号溶融炉の作動試験後(3号溶融炉の固化セル搬入前)、流下ノズルの位置(芯ずれ)を計測する。 計測結果を基に流下ノズルが加熱コイルの中心となるように、加熱コイルの位置を調整する。
運転管理	流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確認	流下中は、流下ノズル加熱電源系統における漏電の発生の有無を確認するとともに、溶融炉の運転停止期間中に、TVカメラにより流下ノズルと加熱コイルの位置関係を確認する。

# 【参考資料-4】 溶融炉の運転手順

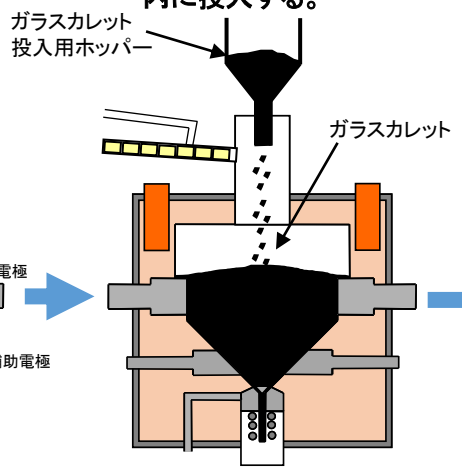
## 【残留ガラスを除去した状態から熱上げを行う場合】

① 残留ガラス除去完了後の状態



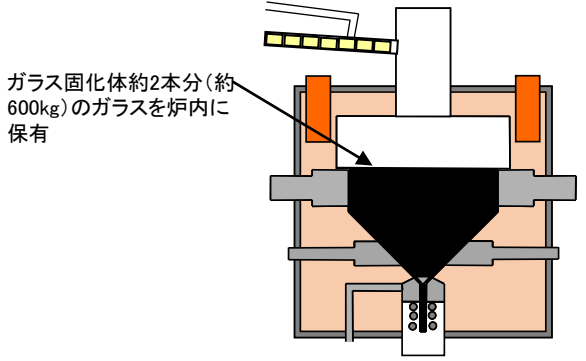
流下ノズル  
(流下ノズル内の残留ガラスは、次回の運転時の最初の流下により押し流されるため、残留ガラス除去作業による除去は不要である。)

② ガラス固化体約2本分(約600kg)のガラスカレットを炉内に投入する。

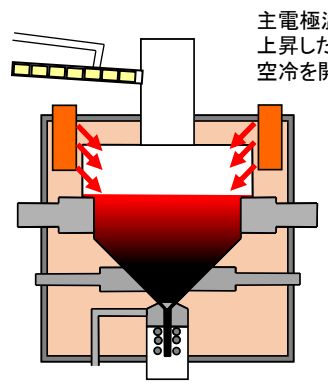


## 【ガラスを保有したまま溶融炉の運転を停止した状態から熱上げを行う場合】

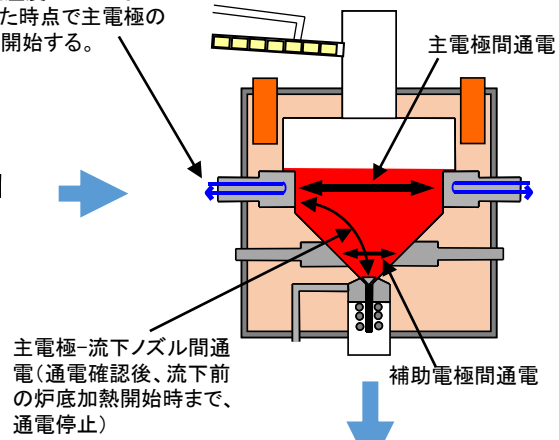
①' 溶融炉運転停止後の状態



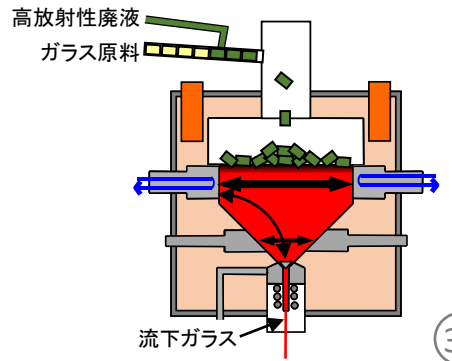
③ 間接加熱装置により炉内のガラスを加熱する。



④ 主電極温度450°C以上で主電極間通電を開始する。その後、他の通電系統の通電を順次開始するとともに間接加熱装置を停止する。(熱上げ完了)



⑤ ガラス原料及び高放射性廃液の供給を開始し、ガラスの液面が所定の液面まで上昇した後、ガラスの流下を行う。



# 【参考資料-5】 気体及び液体廃棄物の放出管理目標値

## 東海再処理施設からの気体廃棄物の放出管理目標値

	3ヶ月間平均濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	3ヶ月間放出放射エネルギー (Bq)	年間放出放射エネルギー (Bq)
クリプトン(Kr-85)*1	2.3	$2.0 \times 10^{15}$	$2.0 \times 10^{15}$
放射性ヨウ素(I-129、I-131)*1	I-129: $7.8 \times 10^{-7}$ I-131: $7.0 \times 10^{-6}$	I-129: $5.2 \times 10^8$ I-131: $4.8 \times 10^9$	I-129: $1.7 \times 10^9$ I-131: $1.6 \times 10^{10}$
トリチウム(H-3)*1	$2.9 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{12}$	$1.0 \times 10^{13}$
炭素(C-14)*2	$2.3 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{12}$	$5.1 \times 10^{12}$

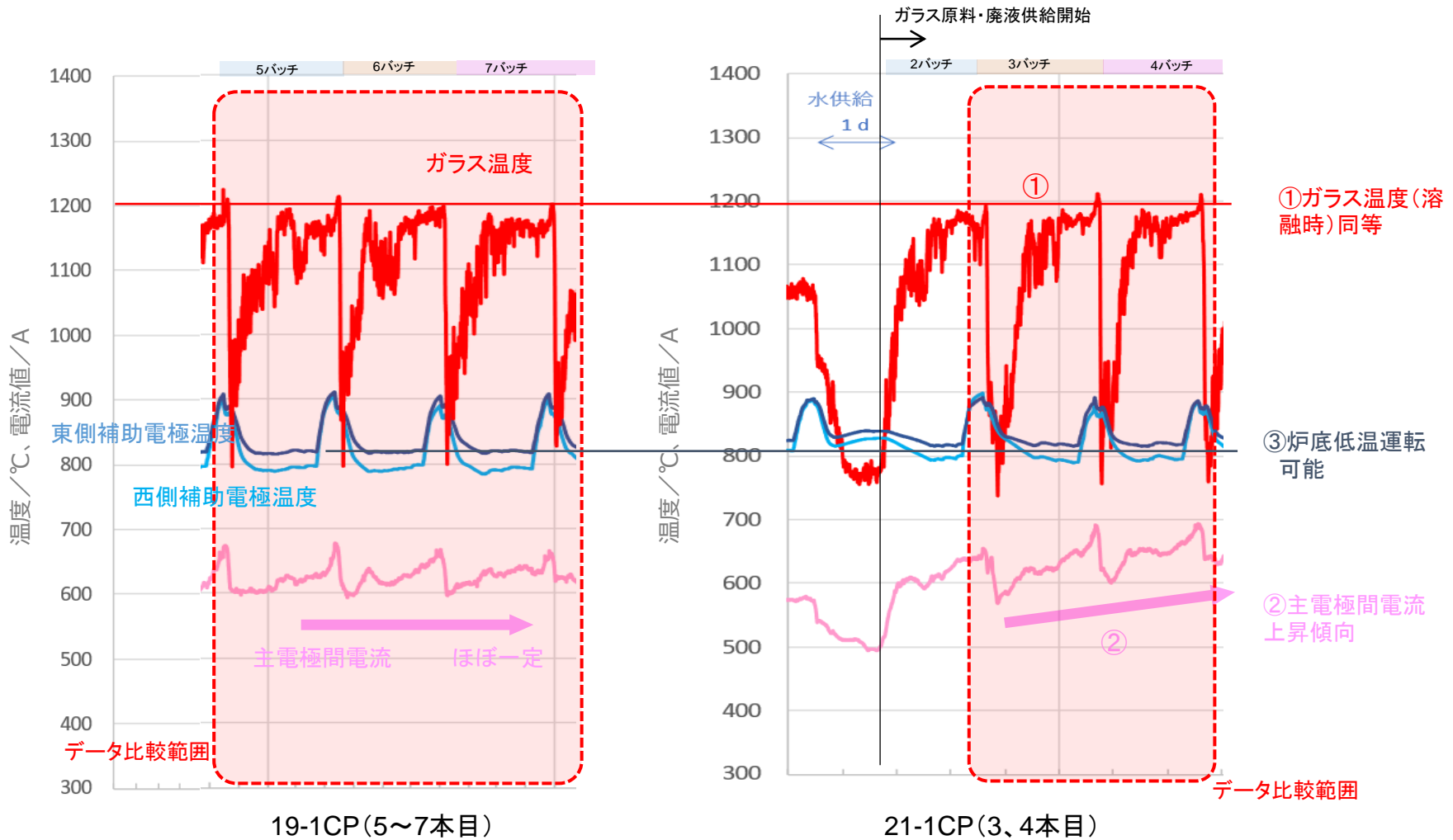
- \*1 TVFにおけるガラス固化処理実績より、ガラス固化処理に伴い放出するクリプトン(Kr-85)、放射性ヨウ素(I-129、I-131)及びトリチウム(H-3)の3ヶ月間平均濃度は、検出下限値未満と推定する。(検出下限値: クリプトン(Kr-85)  $2.4 \times 10^{-3}$  Bq/cm<sup>3</sup>、放射性ヨウ素(I-129、I-131)  $3.7 \times 10^{-8}$  Bq/cm<sup>3</sup>、トリチウム(H-3)  $3.7 \times 10^{-5}$  Bq/cm<sup>3</sup>)
- \*2 TVFにおけるガラス固化処理実績より、ガラス固化処理を3ヶ月間継続した場合、ガラス固化処理に伴う炭素(C-14)の放出量は、3ヶ月間で最大  $4 \times 10^{10}$  Bqと推定する。

## 東海再処理施設からの液体廃棄物の放出管理目標値

	3ヶ月間平均濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	3ヶ月間放出放射エネルギー (Bq)	年間放出放射エネルギー (Bq)
全放射能(トリチウム(H-3)を除く全β放射能)*3	3.7	$2.4 \times 10^{11}$	$9.6 \times 10^{11}$
トリチウム(H-3)*4	$2.5 \times 10^4$	$2.0 \times 10^{13}$	$4.0 \times 10^{13}$

- \*3 TVFにおけるガラス固化処理実績より、ガラス固化処理に伴い放出するトリチウム(H-3)を除く全β放射性核種の3ヶ月間平均濃度は、検出下限値未満と推定する。(検出下限値: トリチウム(H-3)を除く全β放射性核種  $2.2 \times 10^{-2}$  Bq/cm<sup>3</sup>)
- \*4 TVFにおけるガラス固化処理実績より、ガラス固化処理を3ヶ月間継続した場合、ガラス固化処理に伴うトリチウム(H-3)の放出量は、3ヶ月間で最大  $4 \times 10^{11}$  Bqと推定する。

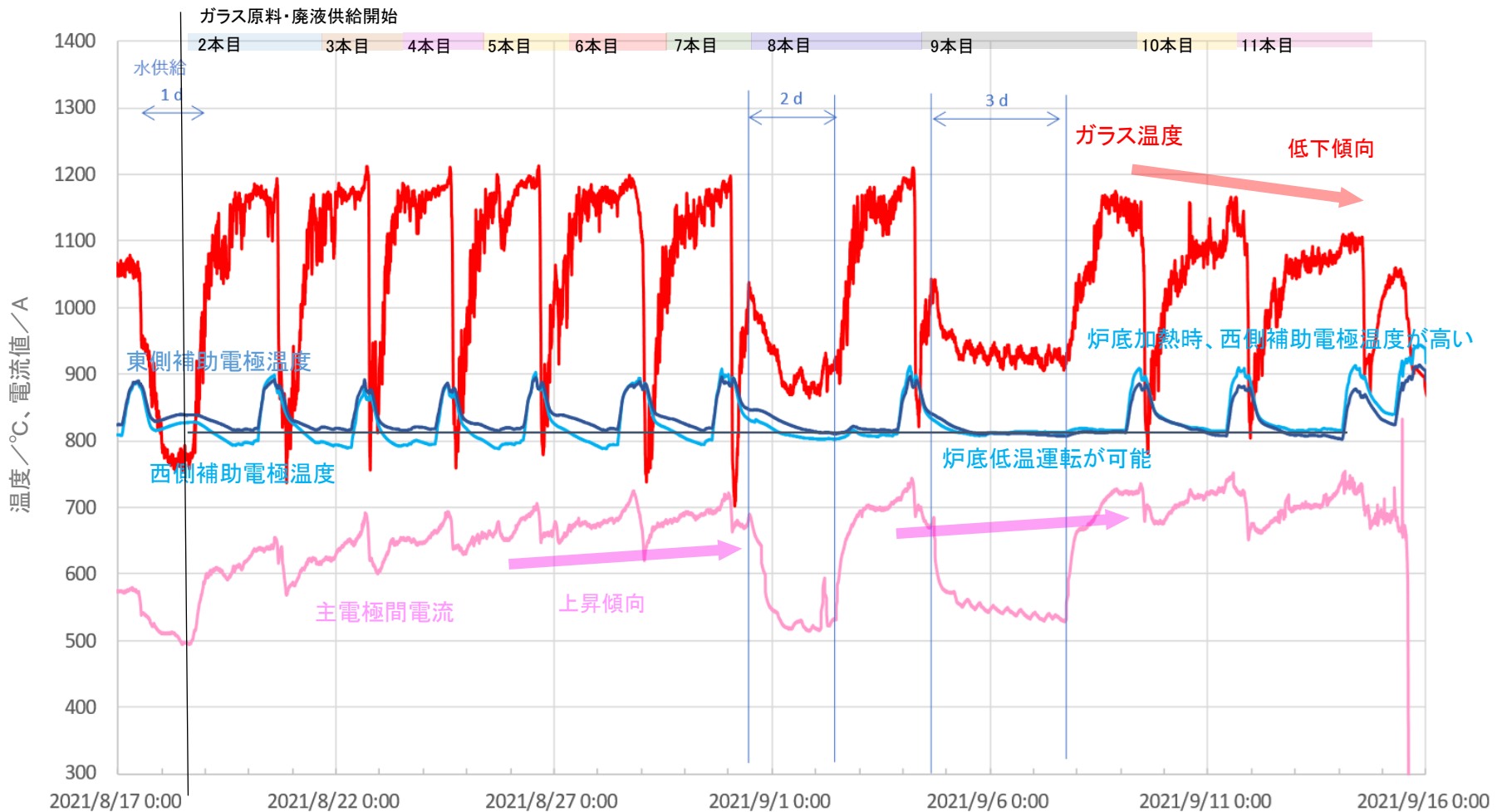
# 【参考資料-6】 19-1CPと21-1CPの運転データの比較



ガラス原料及び廃液供給を開始した2本目は除いて、溶融状態が安定する3、4本目を比較の対象とした。

## 19-1CP及び21-1CP ガラス溶融運転時の各パラメータの推移

# 【参考資料-7】 21-1CP運転経過に伴う運転データの変化

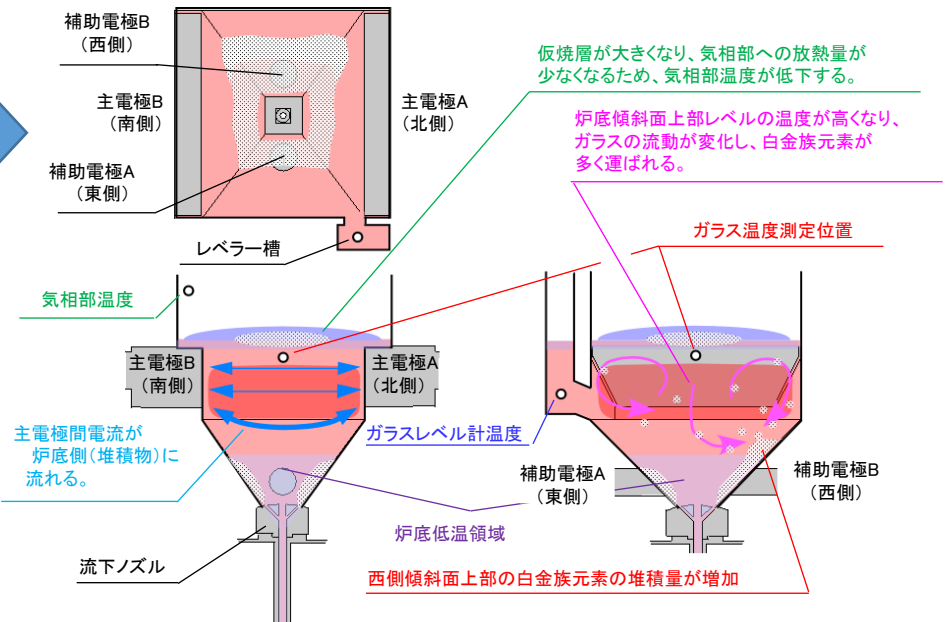
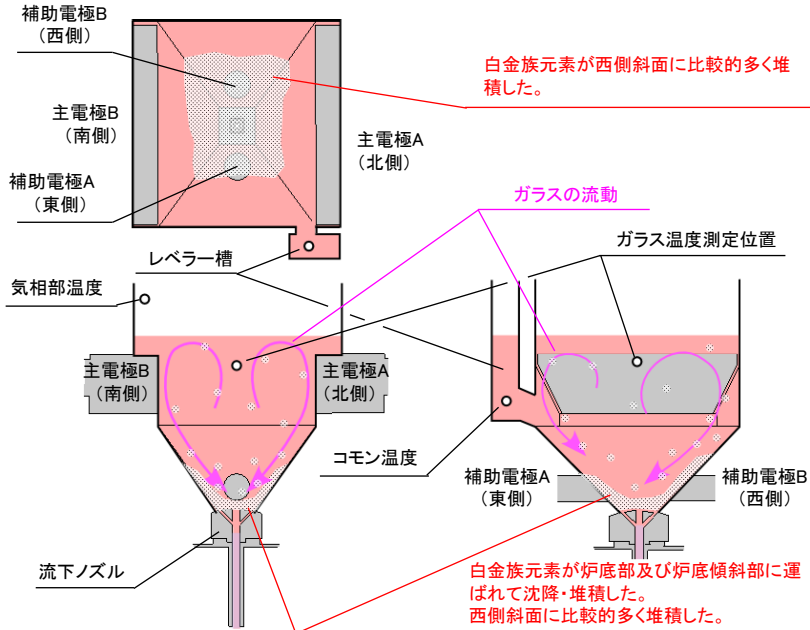


21-1CP ガラス溶融運転時の各パラメータの推移

# 【参考資料-8】 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

- ✓ 19-1CPの流下停止事象(300kg流下するところ約120kgで流下停止)により西側炉底傾斜面上部に東西のガラス対流の違いにより比較的多く堆積した。
- ✓ 21-1CPは、19-1CPの流下停止事象の仕掛品(残り180kg)の流下(1本目)を行ったが、西側炉底傾斜面上部に比較的によく堆積物が残留した。

- ✓ 21-1CPの運転により、西側炉底傾斜面上部の堆積物(白金族元素を多く含ため電気抵抗が小さい)が起点となり、堆積物に流れる主電極間電流が多くなり(温度上昇)、その温度上昇領域に沿ってガラスの流動が変わり、徐々に西側炉底傾斜面上部の堆積量が増加。
- ✓ 21-1CP終盤(19-1CPから累計18本目)には、西側炉底傾斜面上部の堆積物が成長し、主電極下端に接触し、管理指標に到達。



・19-1CPでは、残り180kgの流下で抽出される白金族元素(約1.6 kg)が炉内に残り、再流下のための炉底加熱により炉内の白金族元素が炉底傾斜面全体に沈降・堆積した。

・21-1CPの仕掛品の流下では炉底部の白金族元素の一部は抜き出されたが、西側炉底傾斜面上部に比較的によく堆積物が残留した。

・西側炉底傾斜面上部の堆積物に流れる主電極間電流が多くなると  
 → 炉底傾斜面上部レベルのガラス温度(ガラスレベル計温度)が上昇。  
 → 仮焼層付近の温度が低下し、気相部温度が低下。  
 → ガラスの流動が変わり、西側炉底傾斜面上部へ白金族元素が多く運ばれるようになり、堆積量が増え、より多くの主電極間電流が堆積物に流れ、上記の事象が加速していった。**主電極間電流の上昇、ガラス温度測定位置でのガラス温度低下(37ページ、38ページ参照)**