

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の  
浸水防止設備(浸水防止扉)の耐津波補強工事  
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)に、今後ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波及び耐震評価を行う計画であることを示した。

この計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備(浸水防止扉:TVF-1~TVF-10)について、廃止措置計画用設計津波と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した津波影響評価、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震評価を実施した。この結果、TVF-1~TVF-9については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10については、一部の部位(2カ所)の耐震性が不足することが確認できたため、耐震補強を行う。

本補強にあたっては、材料検査、据付・外観検査等により、設計を満足していることを確認する。

令和3年8月19日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 1. 目的

令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の「別添 6-1-3-3 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書」の「Ⅲ-2 設計津波に対する浸水防止設備(浸水防止扉)の強度評価」に今後ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波及び耐震評価を行う計画であることを示した。

この計画に基づき、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備(浸水防止扉:TVF-1~TVF-10)について、廃止措置計画用設計津波と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した津波影響評価、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震評価を実施した(添付-1:津波評価(TVF-10)、添付-2 耐震評価(TVF-10 の閉状態での補強後評価結果)を示す。)

この結果、TVF-1~TVF-9 については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10 については、一部の部位(発生応力が部材耐力を超える部位 2 か所:締結金物、扉体止めブラケット)の耐震性が不足することが確認できたため、耐震補強を行う(表-1、表-2)。

## 2. 設備概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟外壁の扉及びシャッター一部には、緊急安全対策として T.P.+14.4 m の範囲で浸水防止扉を設置(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9 及び浸水防止扉 TVF-10)している(図-1)。

浸水防止扉(TVF-1~4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、扉体部品(ヒンジ、扉支持金具、締結金具)及びアンカーボルトから構成され、扉を扉枠に支持させる構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である(図-2)。

ガラリ延長ダクト(TVF-5, 8) は、給排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

### 3. 設計条件

浸水防止扉である TVF-1~4, TVF-6, TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態での強度評価を行う。浸水防止扉 TVF-10 は、平日日勤時の時間帯における運転員及びその他の職員等の通行のため、開状態となっているものの、大津波警報が発令された場合は、津波襲来前に当該浸水防止扉の閉操作が可能であることを確認している。このため、浸水防止扉 TVF-10 については、閉状態での評価に加え、開状態における耐震評価を実施する。

本補強においては、廃止措置計画用設計地震動が作用したとしても当該浸水防止扉からの浸水が生じさせないようにする。これにより、建家内部に設置されている安全機能を担う設備が設計津波により機能を喪失するおそれがないようにする。

補強後の強度評価は、令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の高放射性廃液貯蔵場(HAW)と同様の方法、手順により実施し、設定している廃止措置計画用設計地震動を踏まえ、浸水防止扉の評価部位の発生応力が許容限界内に収まることを確認する。

### 4. 設計方針

廃止措置計画用設計地震動に対して耐力が不足する箇所は、TVF-10 の締結金物と扉体止めブラケットである(図-3、図-4)。

締結金物は、閉状態で固定するレバーであり、板厚を 16mm から 19mm、材質を SM400 から SM490 に材質を変更することにより部材自体の構造強度を上げる(図-5)。

扉体止めブラケットは扉を開状態で固定するものであり、H 型鋼材から角型鋼材への材質を変更することにより揺れに対して構造強度を上げる(図-6)。

### 5. 工事の方法

本工事で交換する締結金物と扉体止めブラケットを図-5、図-6 に示す。これらは浸水防止扉及び床面にボルトで固定されていることから、ボルトを外し既設と交換する。

本工事を行うにあたっては、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、扉板や扉枠の変更はなく、ボルトで固定している交換可能な部品であり、扉の機能への波及的な影響は生じない。

本工事において、材料検査、据付・外観検査、寸法検査を実施する。

### 5. 安全機能への影響

非管理区域のガラス固化技術管理棟とガラス固化技術開発棟間の連絡通路の浸水防止扉であり、施設の閉じ込め機能への影響はない。

また、工事の際には、扉の開閉や事故対処の妨げにならないようにする。

#### 6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-3に示す。

表-1 耐津波評価結果(応力比<sup>※1</sup>)

			扉板	主桁	縦桁	戸当り横桁	ダクト配管	排気口ボックス
TVF-1	閉	浸水防止扉	0.46	0.51	0.35			
TVF-2	閉	浸水防止扉	0.39	0.43	0.20			
TVF-3	閉	浸水防止扉	0.39	0.43	0.20			
TVF-4	閉	浸水防止扉	0.45	0.52	0.35			
TVF-5	閉	ガラリ延長ダクト		0.33	0.22		0.02	0.35
TVF-6	閉	浸水防止扉	0.33	0.40	0.20			
TVF-7	閉	浸水防止扉	0.44	0.56	0.38			
TVF-8	閉	ガラリ延長ダクト		0.59	0.25		0.02	0.52
TVF-9	閉	窓遮へい板	0.55	0.37				
TVF-10	閉	浸水防止扉	0.30	0.48	0.21	0.67		
	開							

※1:応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2:ハッチング箇所は対象外

表-2 耐震評価結果(応力比<sup>※1</sup>)

			ヒンジピン	ヒンジボルト (扉体側)	ヒンジボルト (枠体側)	扉支持金具	締結金具	取付けボルト	扉体止めブラ ケット	アンカーボルト
TVF-1	閉	浸水防止扉	0.35	0.67		0.67	0.86			0.70
TVF-2	閉	浸水防止扉	0.19	0.06		0.59				0.10
TVF-3	閉	浸水防止扉	0.19	0.06		0.59				0.11
TVF-4	閉	浸水防止扉	0.24	0.16	0.08	0.57	0.41	0.73		0.69
TVF-5	閉	ガラリ延長ダクト								0.07
TVF-6	閉	浸水防止扉	0.19	0.06			0.60			0.14
TVF-7	閉	浸水防止扉	0.28	0.10		0.38	0.83			0.12
TVF-8	閉	ガラリ延長ダクト								0.15
TVF-9	閉	窓遮へい板								0.02
TVF-10	閉	浸水防止扉	0.17	0.28			1.15 →0.61 (板厚を16mm から19mm、材 質をSM400か らSM490に変 更)			0.03
	開		0.12	0.45					1.79 →0.21 (H型鋼材から 角型鋼材へ材 質変更)	0.03

※1:応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2:ハッチング箇所は対象外

表-3 補強対策に係る工事工程表

	令和3年度										備考	
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
補強工事												

工事(※)

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

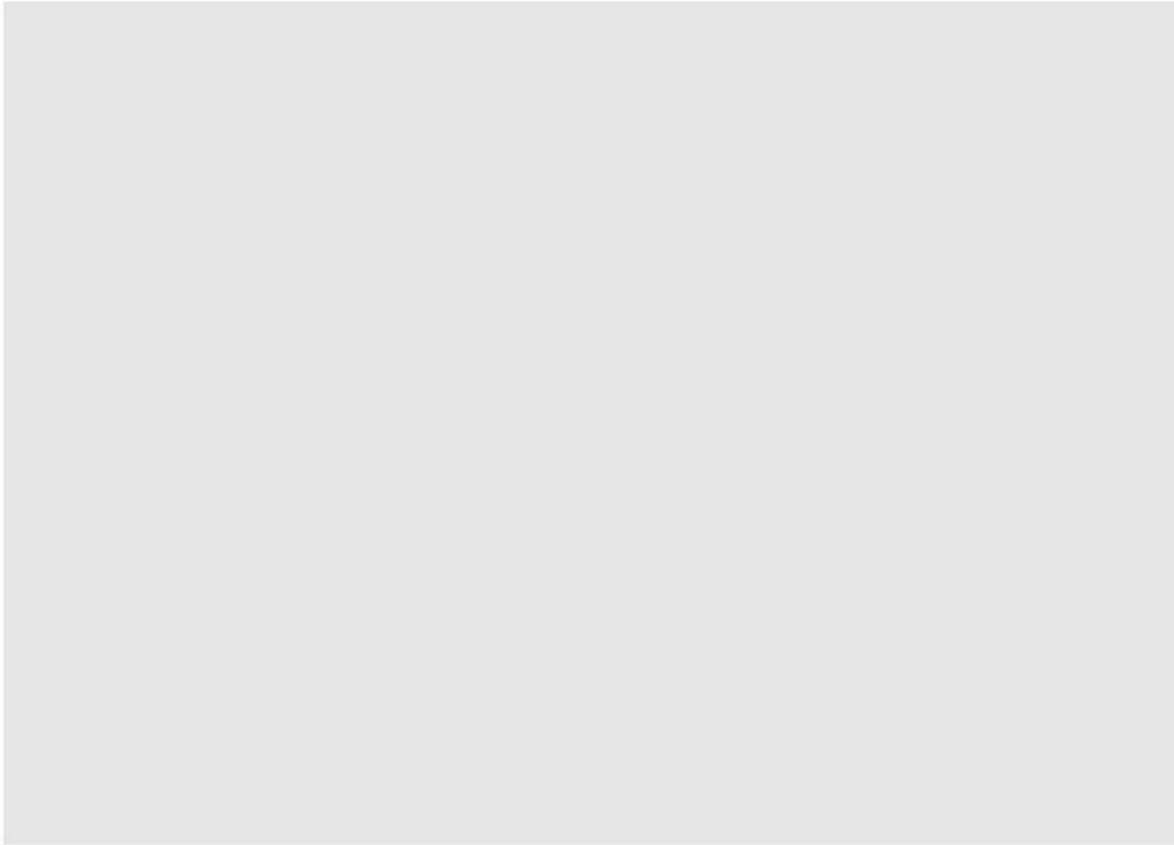


図-1 浸水防止設備の設置位置図  
(ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟)



TVF-1



TVF-2



TVF-3



TVF-4



TVF-6



TVF-7



TVF-10

図-2 浸水防止設備の設置状態 (片開きスイング扉)



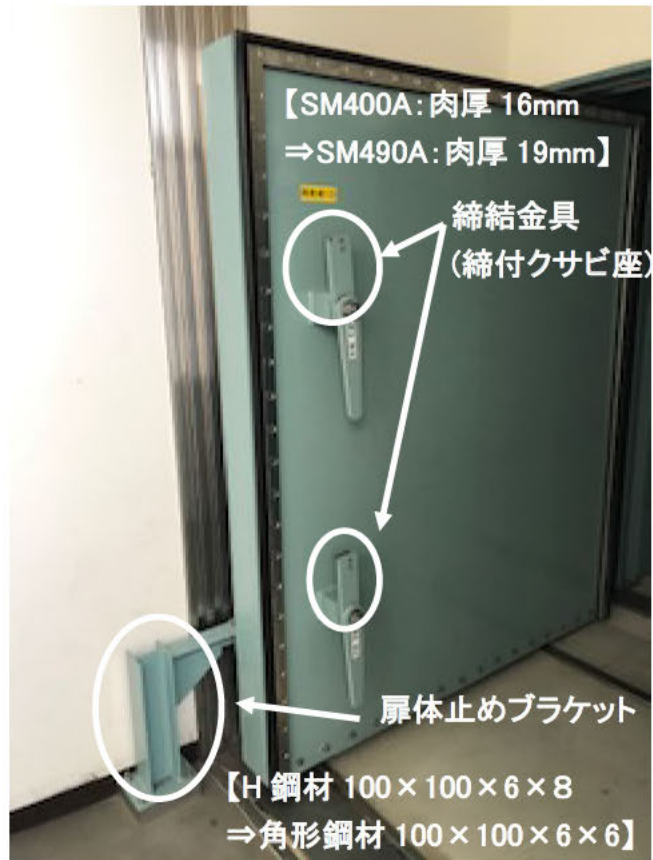
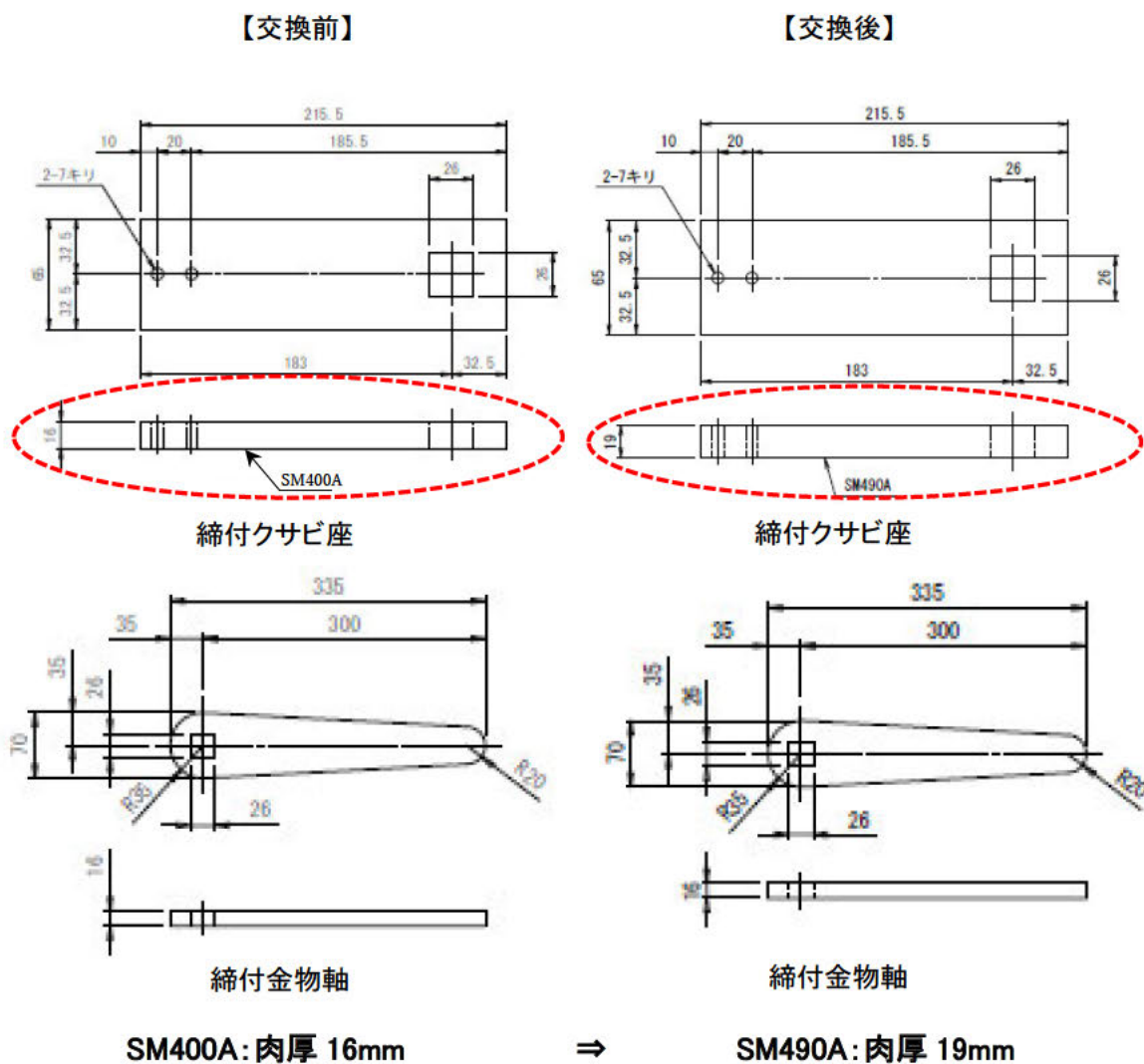


図-3 浸水防止扉 TVF-10（開状態）の耐震補強を行う箇所



図-4 浸水防止扉 TVF-10（閉状態）

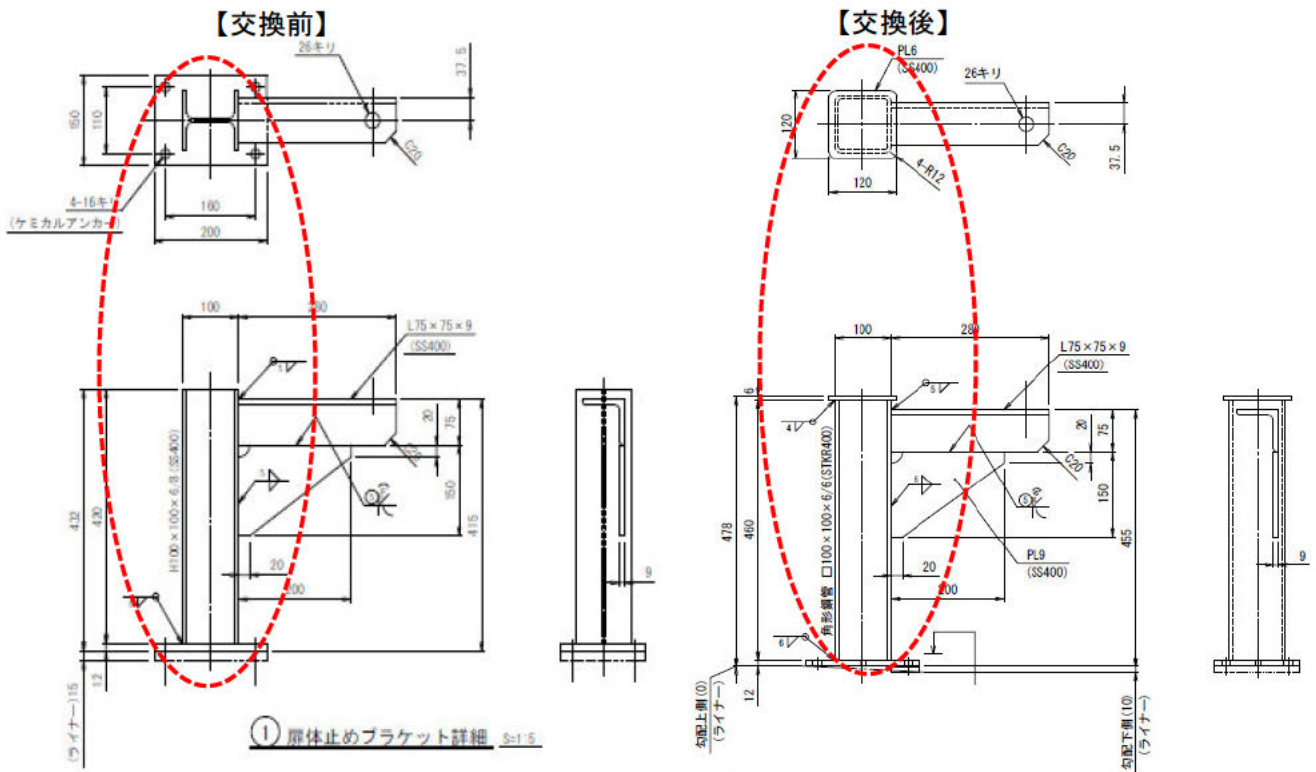


縮結金具の強度評価結果

	発生応力(N/mm <sup>2</sup> )	許容応力(N/mm <sup>2</sup> )	応力比
交換前: 16mm-SM400A	270	235	1.15
交換後: 19mm-SM490A	192	315	0.61

応力比は、発生応力/許容応力を示す。

図-5 縮結金具の概要図



H 鋼材 100×100×6×8



角形鋼材 100×100×6×6

扉体止めブラケットの強度評価結果

	発生応力(N/mm <sup>2</sup> )	許容応力(N/mm <sup>2</sup> )	応力比
交換前:H 鋼材	419	235	1.79
交換後:角形鋼管材	51	235	0.22

応力比は、発生応力/許容応力を示す。

図-6 扉体止めブラケットの概要図

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟  
設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価

## 1. 概要

本資料は、令和2年9月25日付け原規規発第2009252号にて認可を受けた廃止措置計画の変更認可申請書 別添6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」(令02原機(再)029)に基づき、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9 及び浸水防止扉 TVF-10)について評価を行う。

浸水防止扉である TVF-1~4, TVF-6, TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態での強度評価を行う。浸水防止扉 TVF-10 は、平日日勤時は通行のため開状態、夜間休日時は閉状態であることから、開状態及び閉状態における強度評価を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図 2-1-1 に示す。

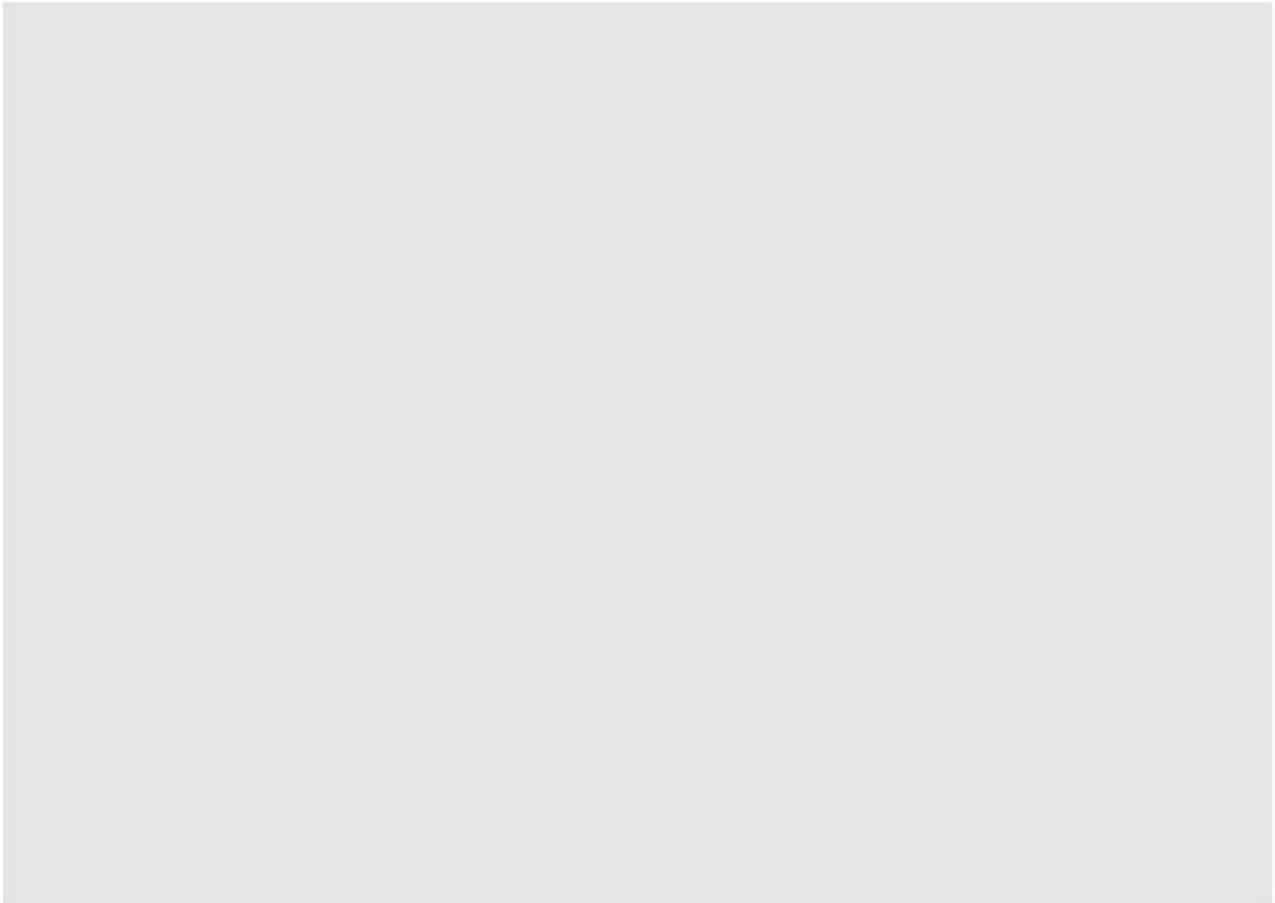


図 2-1-1 浸水防止設備の設置位置図  
(ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟)

## 2.2 構造概要

浸水防止扉(TVF-1～4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

### 2.3 評価方針

浸水防止設備の強度評価は、核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 別添 6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、浸水防止設備の評価部位の発生応力が許容限界内に収まることを確認する。

各設備の評価部位の発生応力は「荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重から、「計算方法」に示す方法により算出し、許容限界は「許容限界」に示す値とする。

浸水防止設備の強度評価フローを図 2-3-1 に示す。評価部位は、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

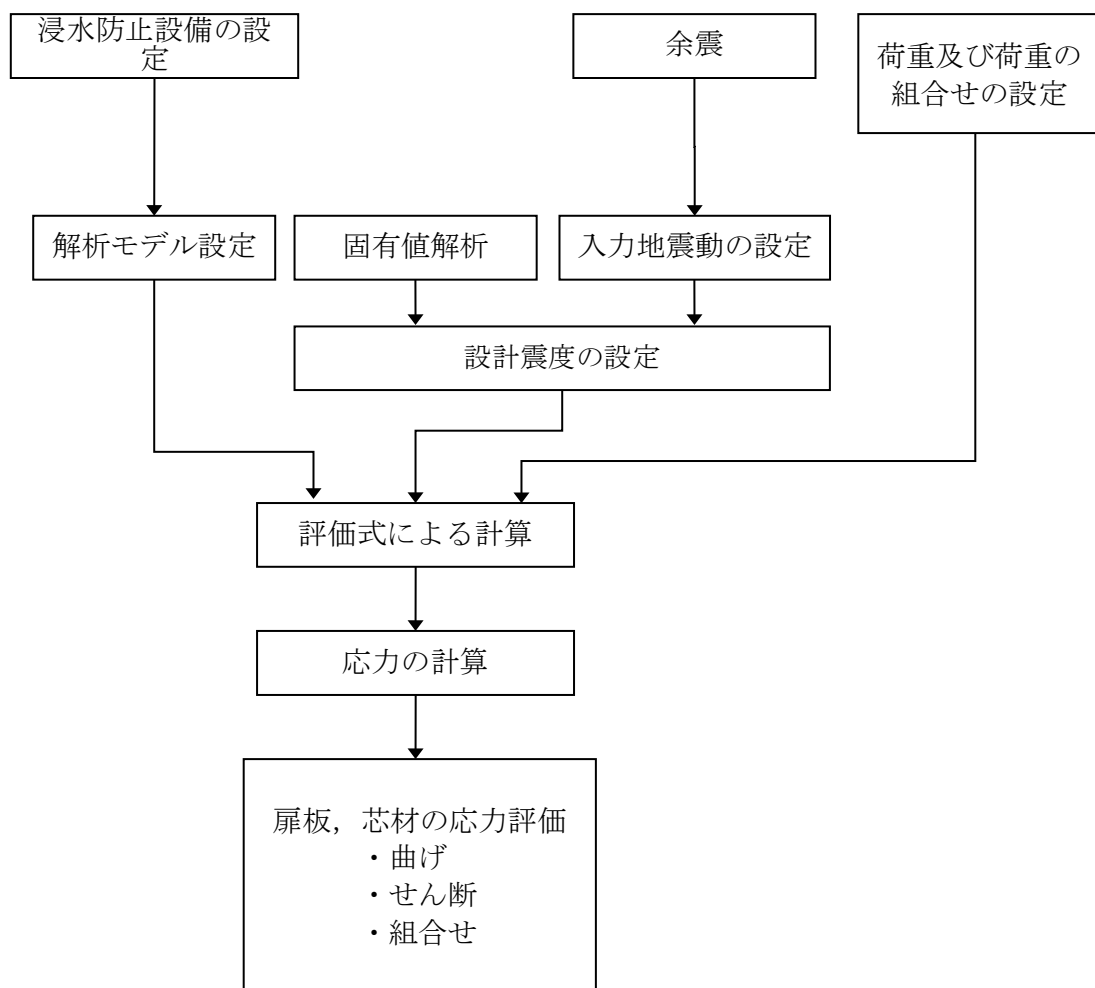


図 2-3-1 強度評価フロー



## 2.4 適用基準

適用する基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005 改定）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- (4) 日本工業規格 JIS G 4304（2012）熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

3. 浸水防止扉(TVF-1)  
省略
4. 浸水防止扉(TVF-2)  
省略
5. 浸水防止扉(TVF-3)  
省略
6. 浸水防止扉(TVF-4)  
省略
7. ガラリ延長ダクト(TVF-5)  
省略
8. 浸水防止扉(TVF-6)  
省略
9. 浸水防止扉(TVF-7)  
省略
10. ガラリ延長ダクト(TVF-8)  
省略
11. 窓遮へい板(TVF-9)  
省略

## 12. 浸水防止扉 (TVF-10)

### 12.1 記号の説明

浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる記号を表 12-1-1 に示す。

表 12-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	定義	単位
$h$	波力算定用津波高さ	m
$P_{hn}$	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	$\text{kN/m}^2$
$\rho$	海水の単位体積重量 (密度)	$\text{t/m}^3$
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$H_{Xn}$	当該部分の浸水深	m
$K_S$	単位面積あたりの余震による地震荷重	$\text{t/m}^2$
$S_d$	弾性設計用地震動	
$G$	扉体自重	t
$K_H$	水平震度	—
$b$	扉全体の受圧幅	m
$H_g$	受圧高	m
$P'_n$	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	$\text{kN/m}$
$P_n$	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	$\text{kN/m}^2$
$B$	受圧幅	m
$\sigma_{pa\ n\ m}$	津波と地震荷重により扉板に生じる応力 (区画 n, m)	$\text{N/mm}^2$
$\sigma_p$	扉板に生じる応力	$\text{N/mm}^2$
$t$	扉板の板厚	mm
$\beta, \beta_n$	扉板に発生する応力の応力係数	—
$C_n$	扉板の短辺側の長さ	mm
	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	$\text{kN/m}$
$a_i$	主桁ピッチ	m
$M_n$	主桁に生じる曲げモーメント	$\text{kN}\cdot\text{m}$
$L$	主桁の長さ	m
$Q_n$	主桁に生じるせん断力	$\text{kN}\cdot\text{m}$
$\sigma_n$	主桁に生じる曲げ応力	$\text{N/mm}^2$
$Z_{Xn}$	主桁の断面係数	$\text{mm}^3$
$\tau_n$	主桁に生じるせん断応力	$\text{N/mm}^2$
$A_{Wn}$	主桁のせん断断面積	$\text{mm}^2$

表 12-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	定義	単位
$\sigma_{cn}$	主桁に生じる組合せ応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_c$	主桁に生じる組合せ応力 (最大値)	N/mm <sup>2</sup>
$b_m$	縦桁ピッチ	m
$M'_n$	縦桁に生じる曲げモーメント	N・m
$P_{an}$	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/l
$P_{bn}$	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
$Q'_n$	縦桁に生じるせん断力	kN
$\sigma'_n$	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm <sup>2</sup>
$Z'_{xn}$	縦桁の断面係数	mm <sup>3</sup>
$\tau'_n$	縦桁に生じるせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
$A'_{wn}$	縦桁のせん断断面積	mm <sup>2</sup>
$\sigma'_{cn}$	縦桁に生じる組合せせん断応力	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma'_c$	縦桁に生じる組合せせん断応力 (最大値)	N/mm <sup>2</sup>

## 12.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、基礎・支持構造として扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、締付装置により扉が扉枠に固定される構造である。また、扉枠を建家の開口部周辺に、アンカーボルトにより固定する構造である。

主体構造として片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に、差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。また、扉と扉の接続はヒンジを介する構造である。

浸水防止扉(TVF-10)に生じる津波に伴う荷重は、扉板から芯材、芯材から扉枠に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

浸水防止扉(TVF-10)の構造図を図 12.2-1、評価部位を図 12.2-2 に示す。

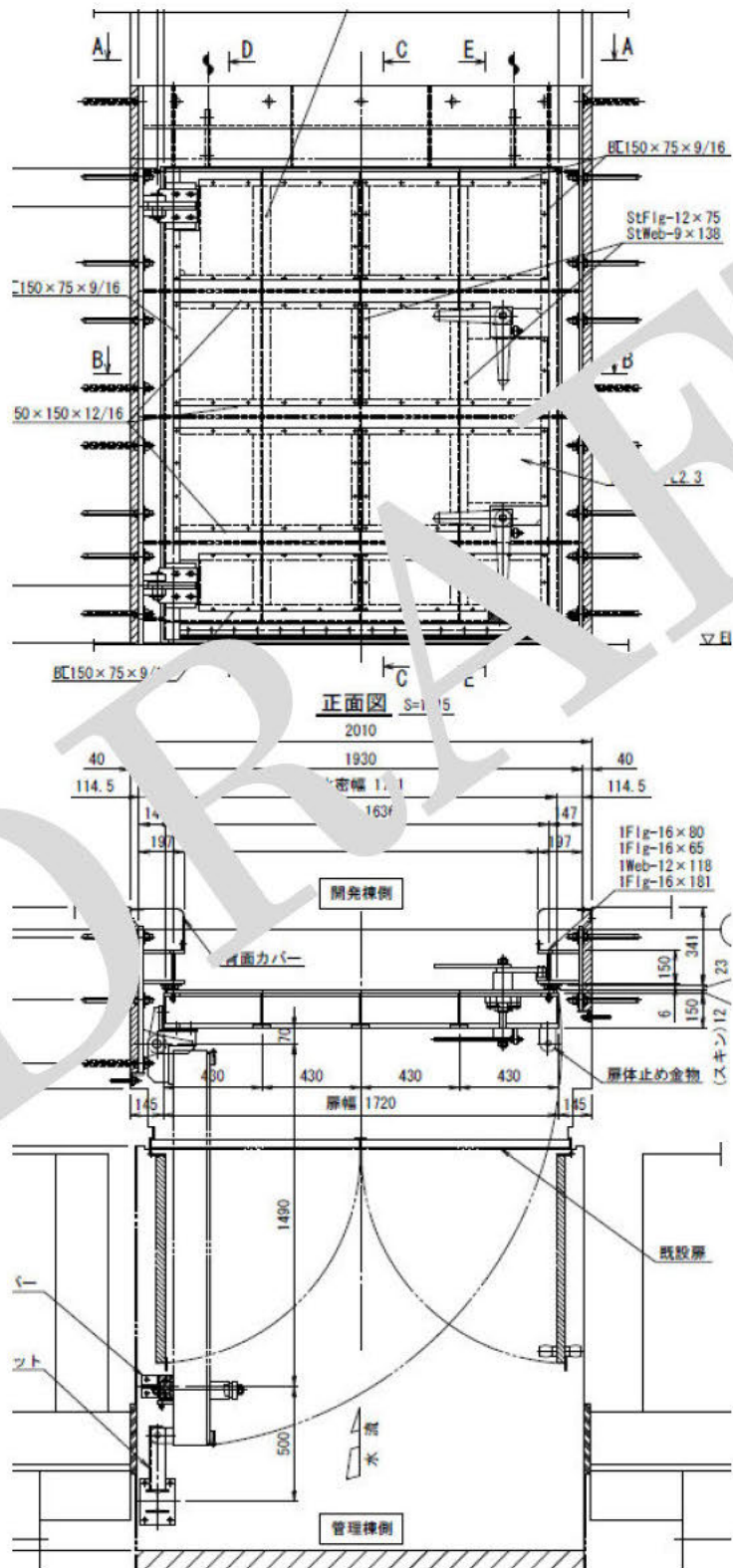


図 12. 2-1 浸水防止扉 (TVF-10) の構造図 (1/2)

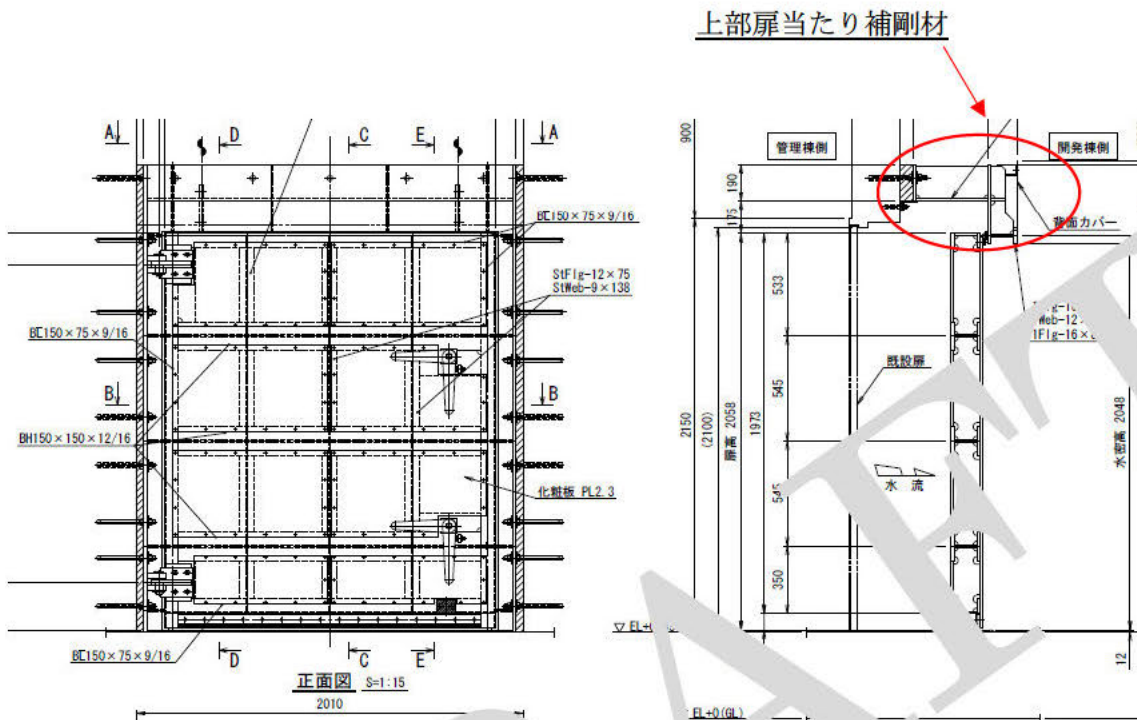


図 12.2-1 水止扉 (VF-1) の構造図 (2/2)

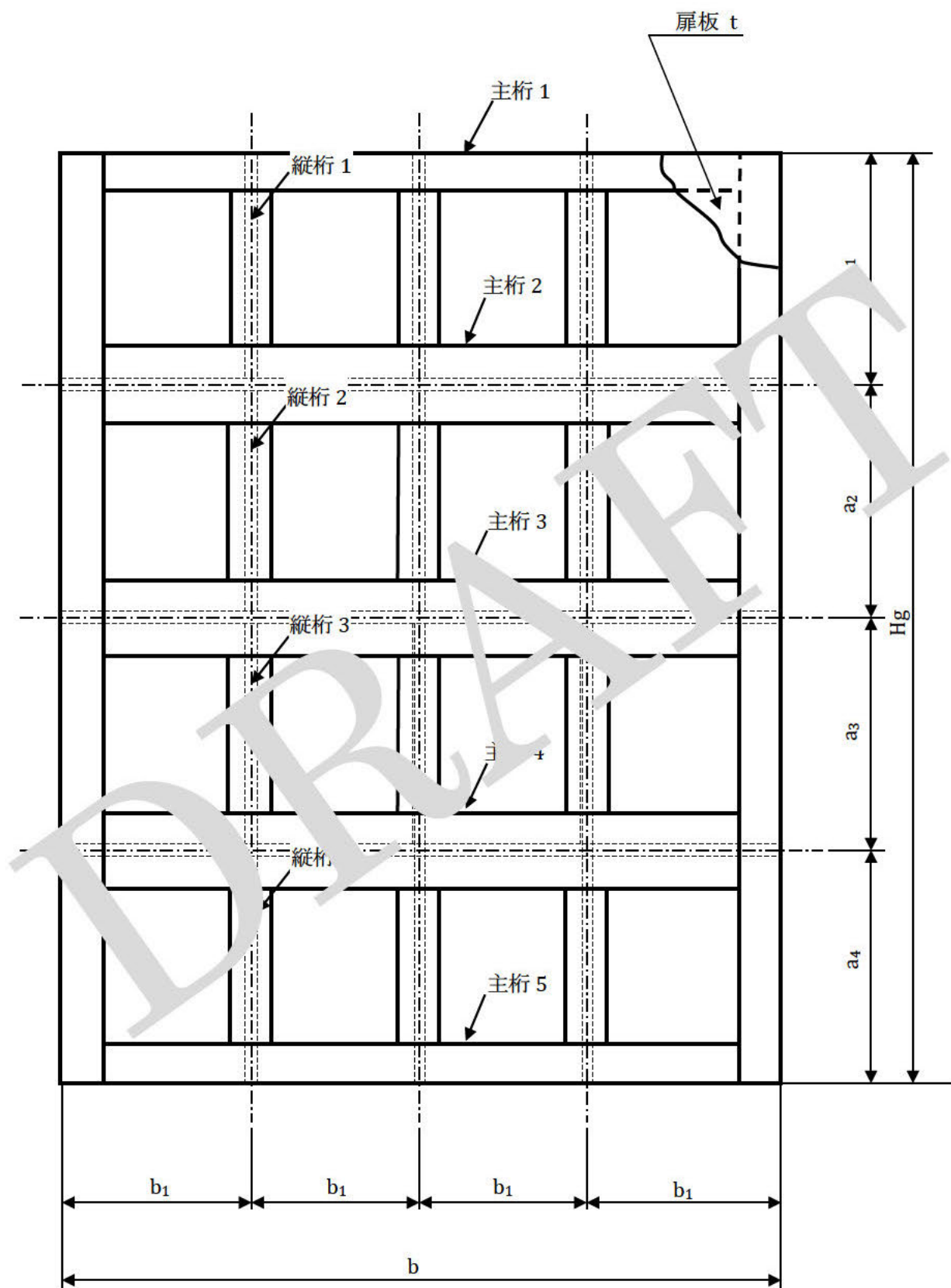


図 12. 2-2 浸水防止扉 (TVF-10) の評価部位



### 12.3 構造強度評価方法

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価は、「12.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「12.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「12.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「12.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

DRAFT

## 12.4 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、以下のとおりとする。

### (1) 荷重

#### a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さ $h$ までの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数 $\alpha=3$ を考慮する。

#### b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添 6-1-3-2「II 余震による地震応答解析」の応値による慣性力を考慮する。

#### c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 30 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

#### d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき指定行政庁が指定するものに該当しないため考慮しない。

### (2) 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

#### a. 津波に伴う遡上津波荷重 ( $P_{hn}$ )

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn} = \rho \cdot g \cdot H_{Xn}$$

設計津波高さが T.P. +12.3 m、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の G.L. が T.P. +7.65 m であることから、浸水深 4.65 m となり、水深係数  $\alpha=3.0$  を考慮して、津波の浸水高さは 13.95 m として評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表 12.4-1 に示す。

表 12.4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

扉名称	水圧作用高さ EL. [m]	海水の密度 [t/m <sup>3</sup> ]
浸水防止扉(TVF-10)	13.95	1.03

b. 余震荷重 (K<sub>S</sub>)

余震による荷重は、弾性設計用地震動S<sub>a</sub>に伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。地震による荷重K<sub>S</sub>は、浸水扉の固定荷重Gに水平震度K<sub>H</sub>を乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重 (P'<sub>n</sub>)

縦桁に作用する荷重は、上記 a,b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅 B を乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

### (3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-2「高放射性廃液（HAW）の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 III-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力+余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-10 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 12.4-2 に示す。

表 12.4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
浸水防止扉 (TVF-10)	$=P_{hn} + K_s$

※  $P_{hn}$  は津波による波力、 $K_s$  は余震による荷重を示す。

## 12.5 許容限界

### (1) 使用材料

浸水防止扉(TVF-10)を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 12.5-1 に示す。

表 12.5-1 扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SM400A	1973×1120×12
芯材	主桁（最上段及び最下段）	SM400A	C150×5×9×16
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	T150×75×9×12※
上部戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170

※ 板の組合せ構造

### (2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」を基として表 12.5-2 の値とする。

表 12.5-2 扉板及び芯材の許容限界

材 料	短期許容応力度[N/mm <sup>2</sup> ]	
	曲げ	せん断
SM400A※	235	135

※ 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「鋼構造設計規準—溶接構造用(t≤40mm)」に基づく。

## 12.6 設計用地震力

別添 1 に示したとおり浸水防止扉(TVF-10)の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、浸水防止扉(TVF-10)の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

DRAFT

## 12.7 計算方法

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

### (1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会 構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\ nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot C_1^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot C_2^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \text{MIN}(a_n, b_m)$$

$$\sigma_p = \text{MAX}(\sigma_{pa\ nm})$$

$$(n = 1 \sim 4, m = 1)$$

浸水防止扉(TVF-10)の扉板に生じる応力評価部位の番号を図 12.7-1 に、扉板に生じる応力の例を図 12.7-2 を示す。

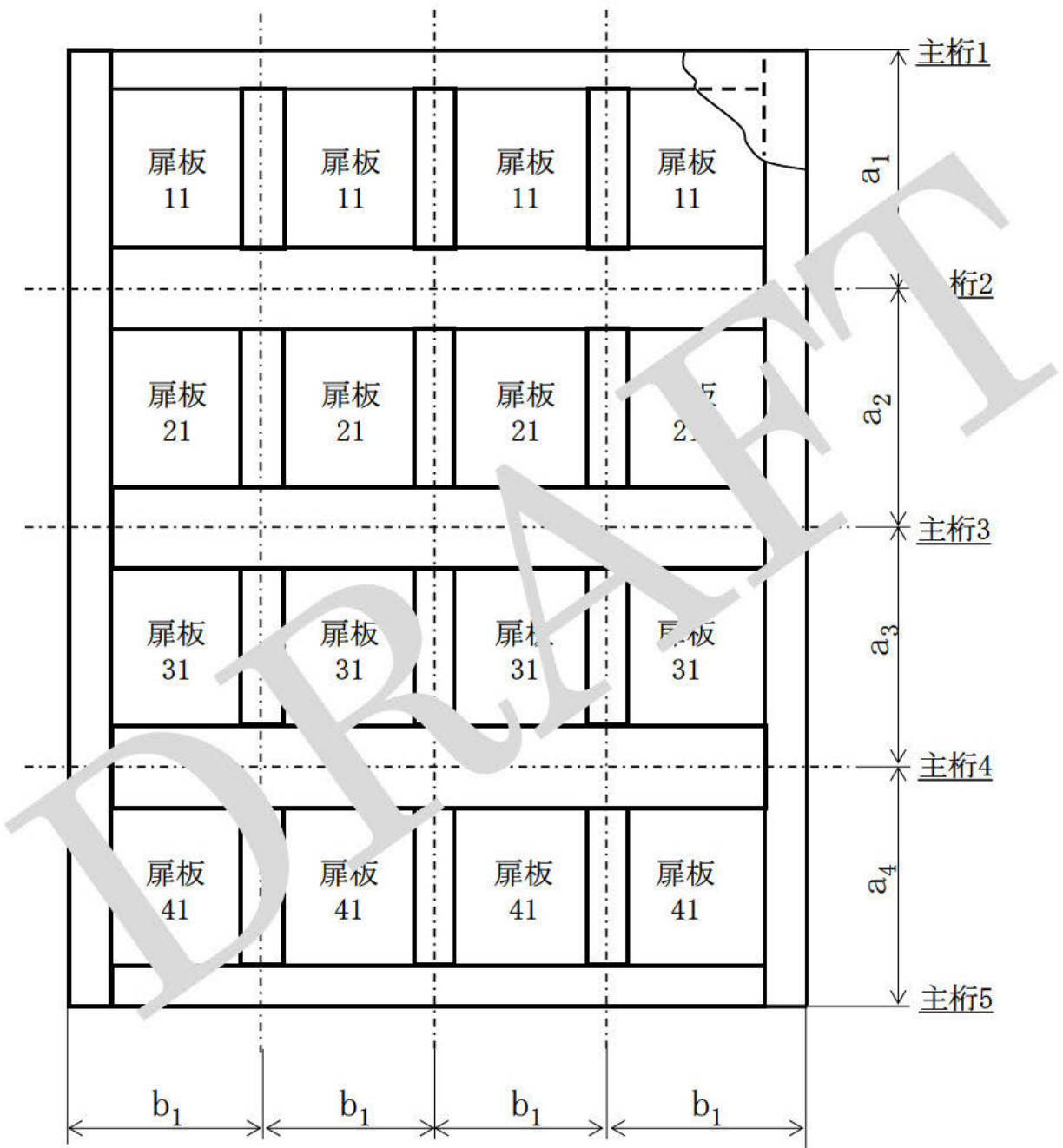


図 12.7-1 扉板に生じる応力評価部位番号



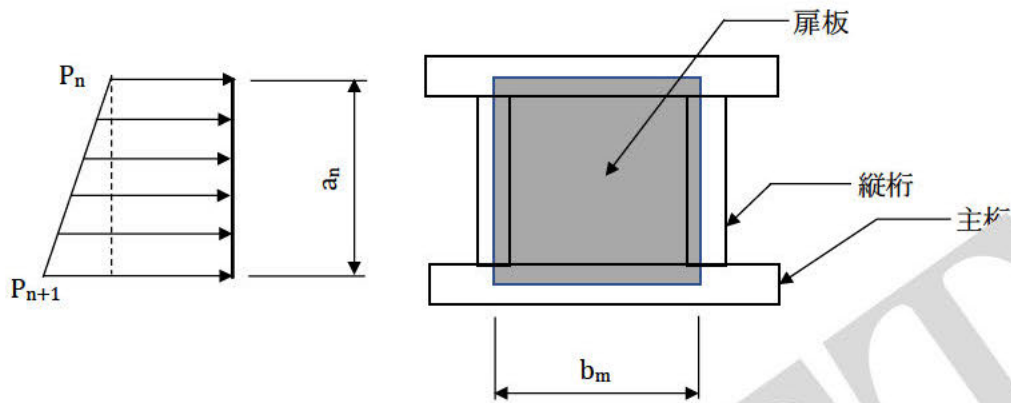


図 12. 7-2 扉板に生じる応力 例

(1) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震による荷重を考慮し、重量を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて「日本機械学会 機械工学 覧 基礎編 A4 材料力学」の「はり」の節に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付主桁については、扉板に生じる荷重を算定し、次式により算定する。扉板に生じる荷重の例を図 12.7-3 に示す。

$$V_1 = \frac{(P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6} + \frac{(2P_4 + P_5) \cdot a_4}{6}$$

$$W_5 = \frac{(2P_5 + P_4) \cdot a_4}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

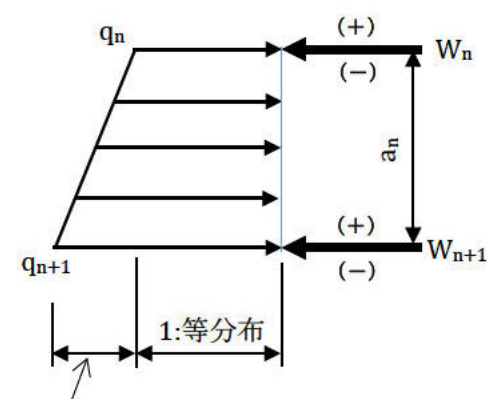
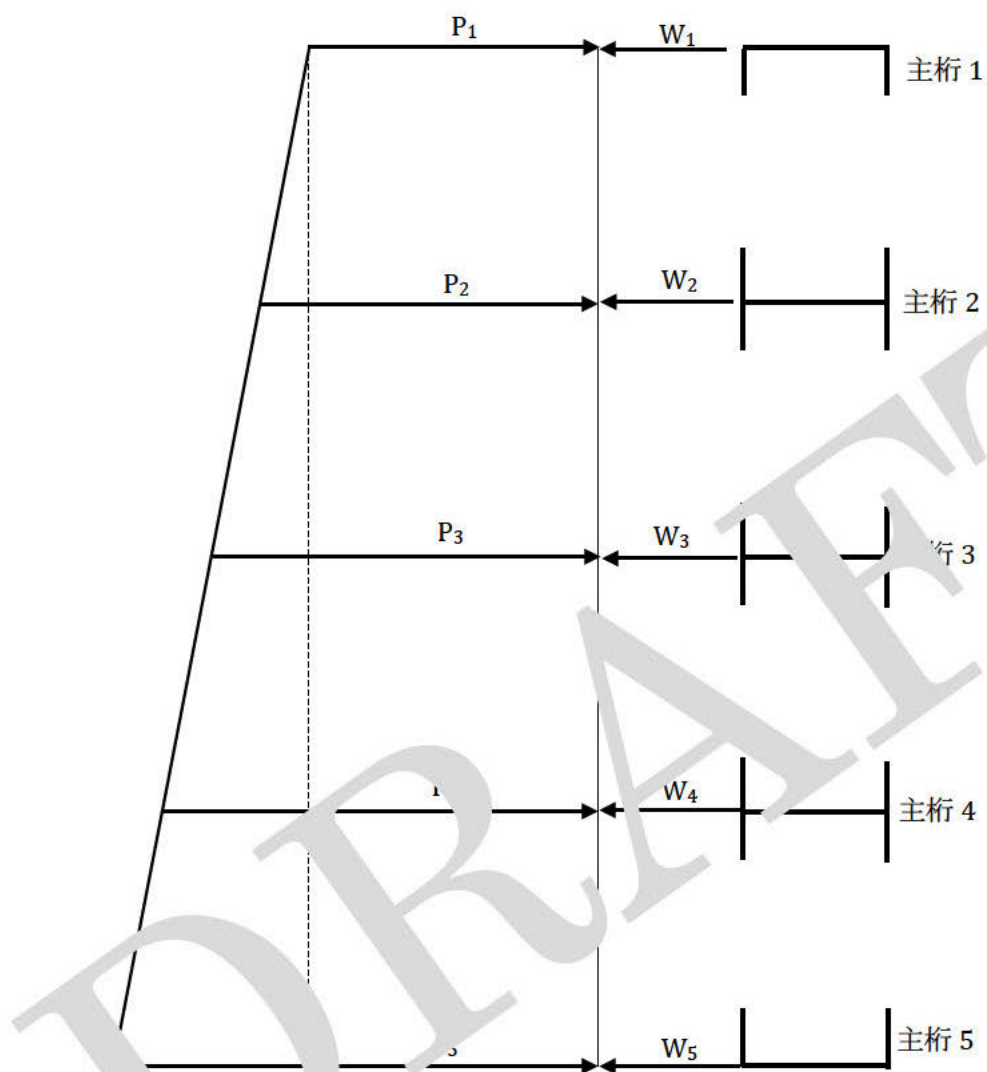
$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3\tau_n^2}$$

$$\sigma_c = \text{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 5)$$

DRAFT



1: 等分布  
2: 直線形分布

図 12.7-3 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 12.7-4 に示す。

$$M'_n = a_n^2 \cdot \left( \frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8} \right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left( \frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2} \right)$$

$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n, \quad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'^2_n + 3\tau'^2_n}$$

$$\sigma'_c = \text{MAX}(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

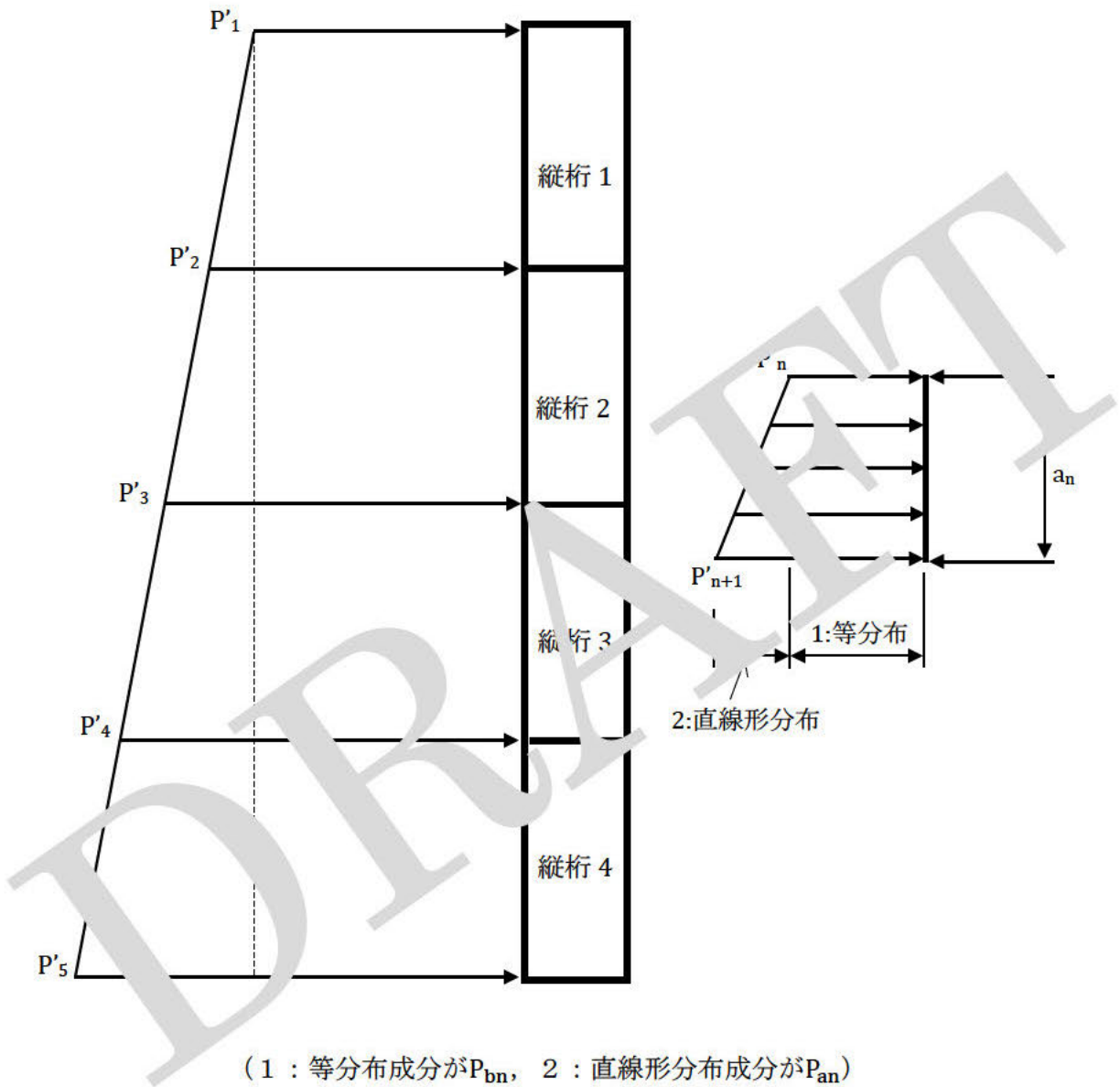


図 12.7-4 縦桁に生じる荷重の例

(2) 上部戸当たり (水平補剛材及び鉛直補剛材)

上部戸当りに生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を、鉛直補剛材に作用させ、水平補剛材及び鉛直補剛材のそれぞれが受け持つ荷重を算定する。

それぞれの補剛材が受け持つ荷重に対して、鉛直補剛材と壁面の接合部を固定した鉛直補剛材及び水平補剛材からなる片持ち梁として、それぞれの補剛材の部材力を算定する。

算定された部材力をもとに、それぞれの部材に生じる応力を算定する。上部戸当たりが受け持つ荷重、水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力の例を図 12.7-5 に示す。

a. 上部戸当りが受持つ荷重

鉛直補剛材に作用する静水圧( $P_0, P_1$ )

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot h_0$$

$$W_0 = P_0 \cdot B_{g0}$$

b. 水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

鉛直補剛材

曲げモーメント

$$M_{11} = \frac{(2 \cdot W_1 + W_0) \cdot H_{g0}^2}{6}$$

せん断力

$$Q_{11} = \left\{ W_0 + \frac{(W_1 - W_0)}{2} \right\} \cdot H_{g0}$$

水平補剛材

曲げモーメント

$$M_{12} = M_{11} + \frac{W_0 \cdot L_{g0}^2}{2}$$

せん断力

$$Q_{12} = W_0$$

軸力

$$N_{12}$$

水平補剛材及び鉛直補剛材の応力

曲げ応力及せん断応力は鉛直補剛材及び水平補剛材のリブ断面（4箇所）で算出する。

鉛直補剛材

$$\sigma_{b11} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{11}}{6 \cdot Z_{x11}}$$

$$\tau_{11} = \frac{1000 \cdot Q_{11}}{6 \cdot A_{w11}}$$

$$\sigma_{c11} = \sqrt{\sigma_{b11}^2 + 3\tau_{11}^2}$$

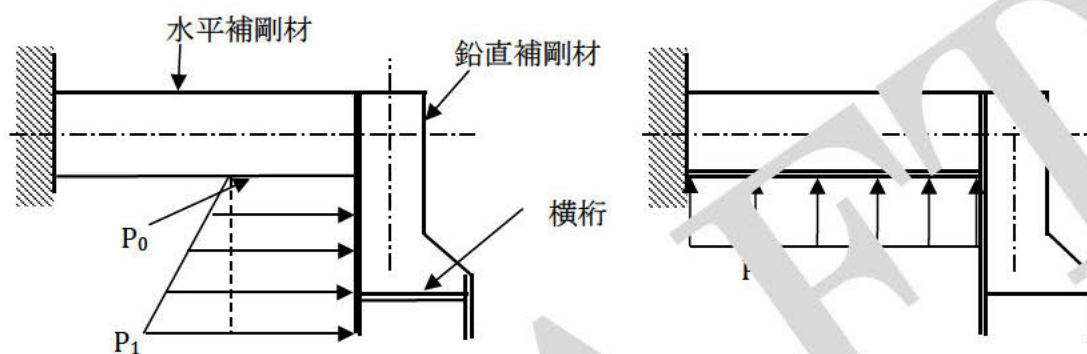
水平補剛材

$$\sigma_{b12} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{12}}{(4 \cdot Z_{X11} + 2 \cdot Z_{X12})}$$

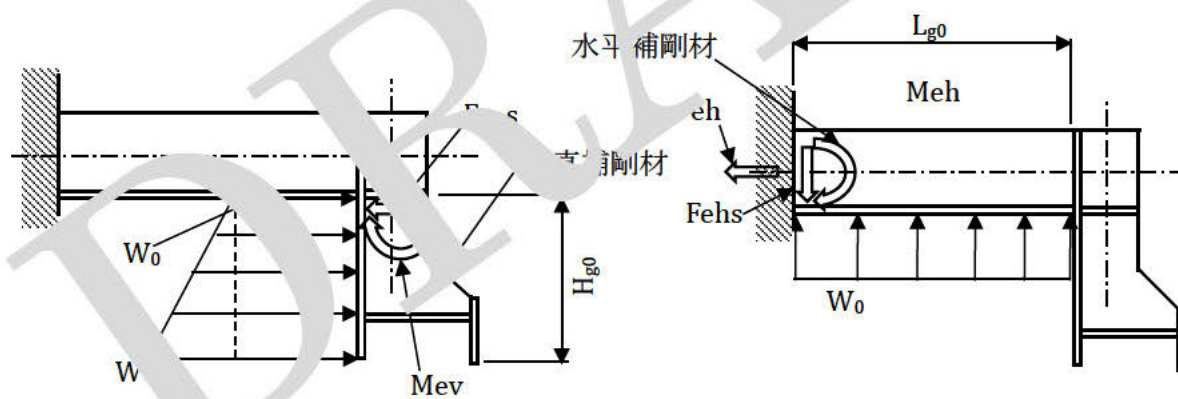
$$\sigma_{t12} = \frac{1000 \cdot P_{12}}{(4 \cdot A_{g11} + 2 \cdot A_{g12})}$$

$$\tau_{12} = \frac{1000 \cdot Q_{12}}{(4 \cdot A_{W11} + 2 \cdot A_{W12})}$$

$$\sigma_{c12} = \sqrt{(\sigma_{b12} + \sigma_{t12})^2 + 3\tau_{12}^2}$$



上部戸当り（水平補剛材及び鉛直補剛材）が受持つ荷重の例



水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

図 12.7-5 上部戸当りが受持つ荷重の例

## 12.8 計算条件

「12.7 計算方法」に用いる評価条件を表 12.8-1 に示す。

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価に用いる条件(1/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉板	$H_{X1}$	m	水頭高さ(主桁1)	11.430
	$H_{X2}$	m	水頭高さ(主桁2)	11.900
	$H_{X3}$	m	水頭高さ(主桁3)	508
	$H_{X4}$	m	水頭高さ(主桁4)	13.13
	$H_{X5}$	m	水頭高さ(主桁5)	13.40
	t	mm	扉板厚さ	12
	$\beta_1$	-	応力係数(等分布荷重成分) (n=1)	0.3800
			応力係数(等分布荷重成分) (n=2,3)	0.4100
	$\beta_2$	-	応力係数(直線分布荷重成分) (n=1,4)	0.2300
			応力係数(直線分布荷重成分) (n=2,3)	0.2500
	c	m	扉板の短辺側の長さ(n=1~3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n=4)	0.350
	c <sub>2</sub>	m	扉板の短辺側の長さ(n=1~3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n=4)	0.350
	$a_1$	m	主桁ピッチ	0.533
	$a_2$	m	主桁ピッチ	0.545
	$a_3$	m	主桁ピッチ	0.545
	$a_4$	m	主桁ピッチ	0.350
	$b_1$	m	縦桁ピッチ	0.430



表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (2/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
扉 板	$P_{h1}$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 1)	115.5
	$P_{h2}$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 2)	120.8
	$P_{h3}$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 3)	126
	$P_{h4}$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 4)	31.8
	$P_{h5}$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 5)	135.4
	$K_S$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの余震荷重	1.734
	$P_1$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 1)	117.2
	$P_2$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 2)	122.5
	$P_3$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 3)	128.0
	$P_4$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 4)	133.5
	$P_5$	$\text{kN/m}^2$	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 5)	137.1
	$\sigma_{pa 11}$	$\text{N/mm}^2$	扉板に生じる応力 (区画 1, 1)	58.75
	$\sigma_{pa 21}$	$\text{N/mm}^2$	扉板に生じる応力 (区画 2, 1)	66.26
	$\sigma_{pa 31}$	$\text{N/mm}^2$	扉板に生じる応力 (区画 3, 1)	69.15
$\sigma_{pa 41}$	$\text{N/mm}^2$	扉板に生じる応力 (区画 4, 1)	47.27	

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (3/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (主桁)	L	m	主桁の長さ	1.720
	$W_1$	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁 1)	31.69
	$W_2$	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 2)	66.03
	$W_3$	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 3)	69.73
	$W_4$	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 4)	59.97
	$W_5$	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 5)	23.77
	$M_1$	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	11.72
	$M_2$	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	24.42
	$M_3$	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	25.79
	$M_4$	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	21.98
	$M_5$	kN・m	主桁 5 に生じる曲げモーメント	8.79
	$Q_1$	kN	主桁 1 に生じるせん断力	27.25
	$Q_2$	kN	主桁 2 に生じるせん断力	56.79
	$Q_3$	kN	主桁 3 に生じるせん断力	59.97
	$Q_4$	kN	主桁 4 に生じるせん断力	51.11
	$Q_5$	kN	主桁 5 に生じるせん断力	20.44
	$Z_{x1}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (主桁 1)	160800
	$Z_{x2}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (主桁 2)	310600
	$Z_{x3}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (主桁 3)	310600
	$Z_{x4}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (主桁 4)	310600
$Z_{x5}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (主桁 5)	160800	

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (4/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (主桁)	$A_{W1}$	$\text{mm}^2$	せん断断面積 (主桁 1)	1062
	$A_{W2}$	$\text{mm}^2$	せん断断面積 (主桁 2)	1416
	$A_{W3}$	$\text{mm}^2$	せん断断面積 (主桁 3)	1416
	$A_{W4}$	$\text{mm}^2$	せん断断面積 (主桁 4)	416
	$A_{W5}$	$\text{mm}^2$	せん断断面積 (主桁 5)	1062
	$\sigma_1$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 1 の曲げ応力	72.8
	$\sigma_2$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 2 の曲げ応力	78.62
	$\sigma_3$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 3 の曲げ応力	83.03
	$\sigma_4$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 4 の曲げ応力	70.77
	$\sigma_5$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 5 の曲げ応力	54.66
	$\tau_1$	$\text{N}/\text{mm}^2$	縦桁 1 のせん断応力	25.66
	$\tau_2$	$\text{N}/\text{mm}^2$	縦桁 2 のせん断応力	40.11
	$\tau_3$	$\text{N}/\text{mm}^2$	縦桁 3 のせん断応力	42.35
		$\text{N}/\text{mm}^2$	縦桁 4 のせん断応力	36.09
		$\text{N}/\text{mm}^2$	縦桁 5 のせん断応力	19.25
	$\sigma_{c1}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 1 の組合せ応力	85.37
	$\sigma_{c2}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 2 の組合せ応力	104.9
	$\sigma_{c3}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 3 の組合せ応力	110.8
	$\sigma_{c4}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 4 の組合せ応力	94.43
	$\sigma_{c5}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	主桁 5 の組合せ応力	64.03

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10) の強度評価に用いる条件(5/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	B	m	受圧幅	0.430
	P' <sub>1</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁1の位置)	50.40
	P' <sub>2</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁2の位置)	52.68
	P' <sub>3</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁3の位置)	55.04
	P' <sub>4</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁4の位置)	57.41
	P' <sub>5</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁5の位置)	58.95
	P <sub>a1</sub>	N/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁1)	2.28
	P <sub>a2</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁2)	2.36
	P <sub>a3</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁3)	2.37
	P <sub>a4</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁4)	1.54
	P <sub>b1</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁1)	50.40
	P <sub>b2</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁2)	52.68
	P <sub>b3</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁3)	55.04
	P <sub>b4</sub>	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁4)	57.41

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (6/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	$M'_1$	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	1.831
	$M'_2$	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	2.001
	$M'_3$	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	2.09
	$M'_4$	kN・m	縦桁 4 に生じる曲げモーメント	0.891
	$Q'_1$	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	3.84
	$Q'_2$	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	14.78
	$Q'_3$	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	15.43
	$Q'_4$	kN・m	縦桁 4 に生じるせん断力	10.23
	$Z'_{x1}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (縦桁 1)	48930
	$Z'_{x2}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (縦桁 2)	48930
	$Z'_{x3}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (縦桁 3)	48930
	$Z'_{x4}$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (縦桁 4)	48930
	$A'_{w1}$	mm <sup>2</sup>	せん断面積 (縦桁 1)	1242
	$A'_{w2}$	mm <sup>2</sup>	せん断面積 (縦桁 2)	1242
	$A'_{w3}$	mm <sup>2</sup>	せん断面積 (縦桁 3)	1242
	$A'_{w4}$	mm <sup>2</sup>	せん断面積 (縦桁 4)	1242
	$\sigma'_1$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 1 に生じる曲げ応力	37.42
	$\sigma'_2$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 2 に生じる曲げ応力	40.90
	$\sigma'_3$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 3 に生じる曲げ応力	42.69
	$\sigma'_4$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 4 に生じる曲げ応力	18.21

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (7/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	$\tau'_1$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 1 に生じるせん断応力	11.14
	$\tau'_2$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 2 に生じるせん断応力	11.90
	$\tau'_3$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 3 に生じるせん断応力	12.42
	$\tau'_4$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 4 に生じるせん断応力	23.7
	$\sigma'_{c1}$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 1 に生じる組合せ応力	2.11
	$\sigma'_{c2}$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 2 に生じる組合せ応力	45.80
	$\sigma'_{c3}$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 3 に生じる組合せ応力	47.81
	$\sigma'_{c4}$	N/mm <sup>2</sup>	縦桁 4 に生じる組合せ応力	23.13

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (9/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
上部戸当り (水平補剛材・鉛直補剛材)	$h_0$	m	水頭高さ (鉛直補剛材)	11.255
	$P_0$	kN/m <sup>2</sup>	鉛直補剛材に作用する静水圧	113.7
	$B_{g0}$	m		1.536
	$P_1$	kN/m <sup>2</sup>	主桁 1 に作用する荷重	117.8
	$W_0$	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (鉛直補剛材)	174.6
	$W_{11}$	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (鉛直補剛材：主桁 1 に作用する荷重)	180.0
	$H_{g0}$	m		0.225
	$M_{11}$	kN・m	鉛直補剛材の曲げモーメント	4.51
	$Q_{11}$	kN	鉛直補剛材のせん断力	39.89
	$L_{g0}$	m		0.39
	$M_{12}$	kN・m	水平補剛材の曲げモーメント	17.79
	$Q_{12}$	kN	水平補剛材のせん断力	68.09
	$P_{12}$	kN	水平補剛材の軸力	39.89
	$Z_{x11}$	m <sup>3</sup>	断面係数 (鉛直補剛材)	8438
	$Z_{x12}$	m <sup>3</sup>	断面係数 (水平補剛材)	43350
	$A_{s11}$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積 (鉛直補剛材)	675
	$A_{s12}$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積 (水平補剛材)	1530
	$A_{G11}$	mm <sup>2</sup>	断面積 (鉛直補剛材)	675
$A_{G12}$	mm <sup>2</sup>	断面積 (水平補剛材)	1530	

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価に用いる条件(10/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
上部戸 当り	$\sigma_{b11}$	N/mm <sup>2</sup>	鉛直補剛材の曲げ応力	89.10
	$\tau_{11}$	N/mm <sup>2</sup>	鉛直補剛材のせん断応力	9.85
	$\sigma_{c11}$	N/mm <sup>2</sup>	鉛直補剛材の組合せ応力	90.00
	$\sigma_{b12}$	N/mm <sup>2</sup>	水平補剛材の曲げ応力	11.69
	$\sigma_{t12}$	N/mm <sup>2</sup>	水平補剛材の軸応力	6.90
	$\tau_{12}$	N/mm <sup>2</sup>	水平補剛材のせん断応力	11.82
	$\sigma_{c12}$	N/mm <sup>2</sup>	水平補剛材の組合せ応力	156.00



## 12.9 評価結果

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価結果を表 12.9-1 に示す。浸水防止扉(TVF-10)の各部位にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉(TVF-10)が構造強度を有することを確認した。

表 12.9-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	② 許容応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	①/ 検定比
浸水防止扉 TVF-10	扉板	70	235	0.30
	主桁	111	235	0.48
	縦桁	48	235	0.21
	戸当り横桁	156	235	0.67

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟  
浸水防止設備（浸水防止扉）の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 別添 6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」(令02原機(再)020)に基づき、廃止措置計画用設計地震動(以下「設計地震動」という)による地震力(以下「設計地震力」という)に対して、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9及び浸水防止扉 TVF-10)について評価を行う。

浸水防止扉であるTVF-1～4, TVF-6, TVF-7は、通常が閉状態であることから閉の状態での耐震評価を行う。浸水防止扉 TVF-10は、通常時が開状態であることから、開及び閉のそれぞれの状態について耐震評価を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図2-1-1に示す。

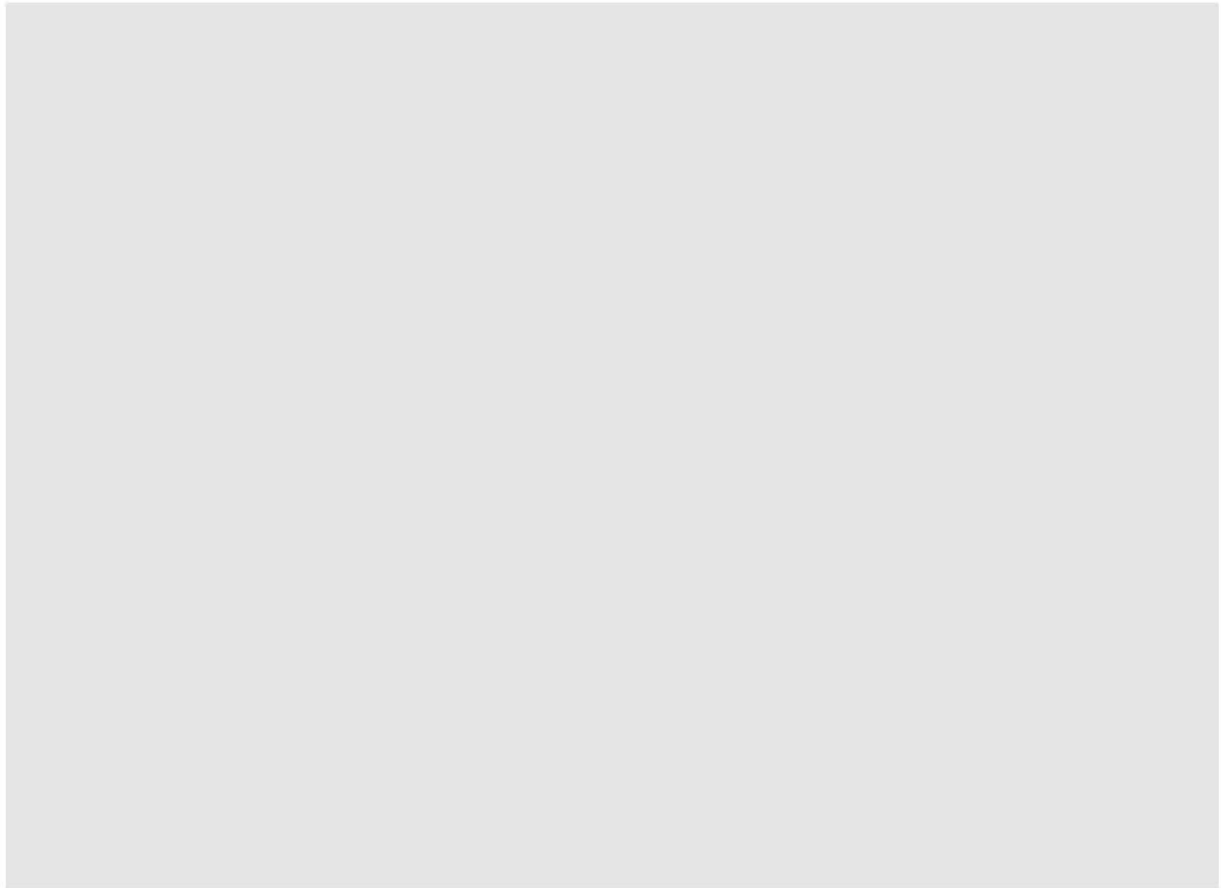


図2-1-1 浸水防止設備の設置位置図  
(ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟)

## 2.2 構造概要

浸水防止扉(TVF-1～4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

### 2.3 評価方針

浸水防止設備の耐震評価は、表2-3-1に示すとおり構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性評価は、「別添1 固有周期」にて算出する固有振動数に基づく設計地震力による応力が許容限界内に収まることを各浸水防止設備の構造強度評価に示す方法にて確認することで実施する。

浸水防止設備の耐震評価フローを図2-3-1に示す。評価部位は、浸水防止扉の構造上の特徴を踏まえ、地震及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

表2-3-1 浸水防止設備の耐震評価項目

評価方針	評価項目	地震力	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	設計地震動	各浸水防止設備の「評価部位」にて設定する部位	発生応力が許容限界を超えないことを確認する	短期許容応力

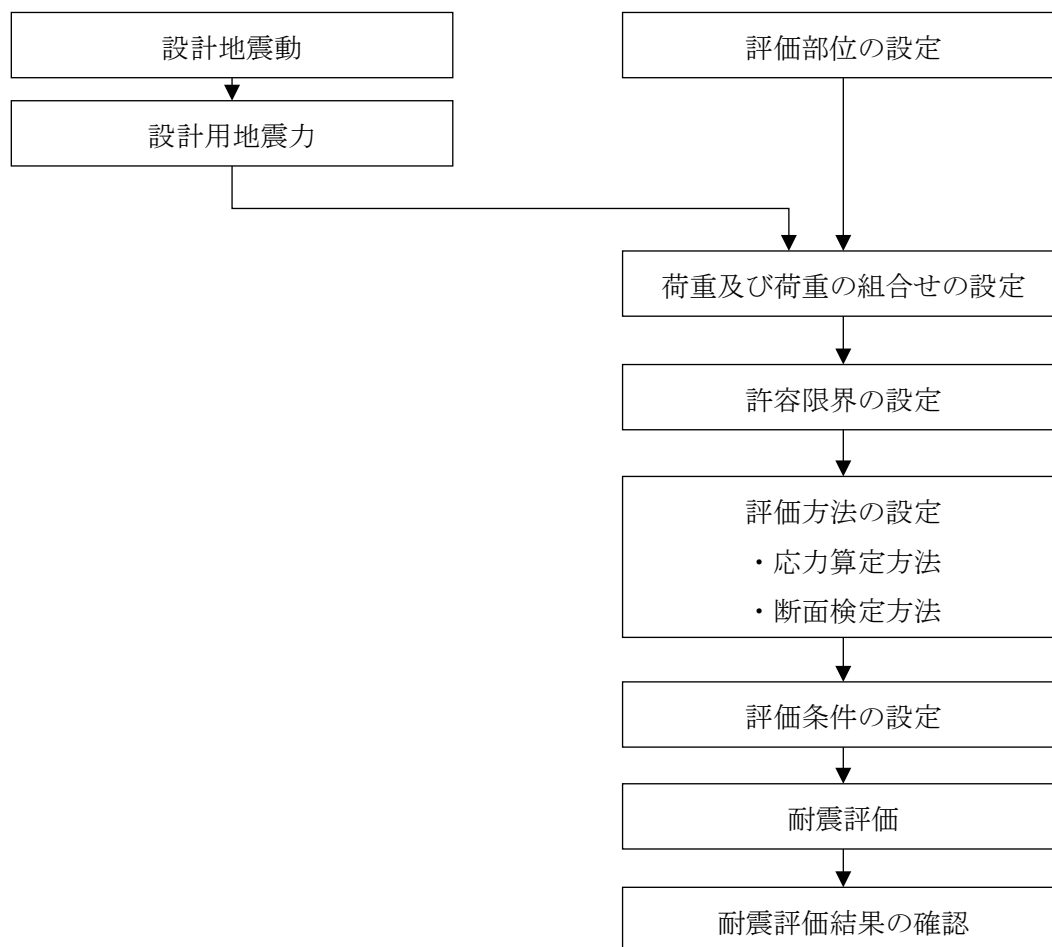


図2-3-1 浸水防止設備の耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準 —許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補—1984  
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和59年9月）
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601—1987  
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和62年8月）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601—1991追補版）  
（日本電気協会電気技術基準調査委員会 平成3年6月）
- (6) 国土交通省告示第314号（平成18年2月28日）
- (7) 国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針  
（平成18年7月7日）

3. 浸水防止扉(TVF-1)  
省略
4. 浸水防止扉(TVF-2)  
省略
5. 浸水防止扉(TVF-3)  
省略
6. 浸水防止扉(TVF-4)  
省略
7. ガラリ延長ダクト(TVF-5)  
省略
8. 浸水防止扉(TVF-6)  
省略
9. 浸水防止扉(TVF-7)  
省略
10. ガラリ延長ダクト(TVF-8)  
省略
11. 窓遮へい板(TVF-9)  
省略
12. 浸水防止扉(TVF-10)の閉状態評価結果  
省略
13. 浸水防止扉(TVF-10)の開状態評価結果  
省略
14. 浸水防止扉(TVF-10)の閉状態補強後の評価結果  
資料-1
15. 浸水防止扉(TVF-10)の開状態補強後の評価結果  
省略



## 14. 浸水防止扉 (TVF-10) の閉状態補強後の評価結果

## 14.1 記号の説明

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号を表14-1-1に示す。

表14-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号 (1/3)

記号	定義	単位
G	浸水防止扉 (TVF-10) の固定荷重	t
G <sub>D</sub>	浸水防止扉 (TVF-10) の扉体荷重	t
G <sub>F</sub>	浸水防止扉 (TVF-10) の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K <sub>s</sub>	地震荷重	kN
K	設計震度	—
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
t	扉板の板厚	mm
B <sub>1</sub>	締付金具の金具幅	mm
B <sub>2</sub>	締付金具の金切欠き幅	mm
B <sub>3</sub>	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
S <sub>s</sub>	基準地震動	—
K <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
K <sub>V</sub>	鉛直方向設計震度	—
P <sub>H</sub>	水平方向地震力 (TVF-10)	kN
P <sub>V</sub>	鉛直方向地震力 (TVF-10)	kN
F <sub>Z</sub>	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重 (TVF-10)	kN
F <sub>X</sub>	ヒンジ部に作用するX方向荷重 (TVF-10)	kN
L <sub>a</sub>	ヒンジ中心間距離 (TVF-10)	mm
L <sub>b</sub>	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離 (TVF-10)	mm
τ <sub>hp</sub>	ヒンジピンに発生するせん断応力 (TVF-10)	N/mm <sup>2</sup>
F <sub>XZ</sub>	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力 (TVF-10)	kN
A <sub>ps</sub>	ヒンジピンのせん断断面積 (TVF-10)	mm <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	ヒンジピンの断面積 (TVF-10)	mm <sup>2</sup>
σ <sub>b</sub>	ヒンジボルトに発生する引張応力 (扉体側) (TVF-10)	N/mm <sup>2</sup>
τ <sub>b</sub>	ヒンジボルトに発生するせん断応力 (扉体側) (TVF-10)	N/mm <sup>2</sup>
n <sub>i</sub>	ヒンジボルトの本数 (扉体側) (TVF-10)	本
A <sub>s</sub>	ヒンジボルトの有効断面積 (TVF-10)	mm <sup>2</sup>
σ <sub>rb</sub>	締付金具に発生する曲げ応力 (TVF-10)	N/mm <sup>2</sup>

表14-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号 (2/3)

記号	定義	単位
$Z_R$	締付金具の断面係数 (TVF-10)	$\text{mm}^3$
$\tau_{rs}$	締付金具に発生するせん断応力 (TVF-10)	$\text{N}/\text{mm}^2$
$A_{rs}$	締付金具のせん断断面積 (TVF-10)	$\text{mm}^2$
$A_R$	締付金具の断面積 (TVF-10)	$\text{mm}^2$
$\sigma_r$	締付金具に発生する組合せ応力 (TVF-10)	$\text{N}/\text{mm}^2$
$F$	基準強度	—
$f_t$	許容引張応力	$\text{N}/\text{mm}^2$
$f_b$	許容曲げ応力	$\text{N}/\text{mm}^2$
$f_s$	許容せん断応力	$\text{N}/\text{mm}^2$
$T_a$	アンカーボルトの引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$T_{a1}$	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$T_{a2}$	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$T_{a3}$	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$\sigma_y$	アンカーボルトの降伏強度	$\text{N}/\text{mm}^2$
$a_0$	アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工考慮)	$\text{mm}^2$
$\sigma_B$	コンクリートの圧縮強度	$\text{N}/\text{mm}^2$
$A_c, A_{cb}, A_{ca}$	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	$\text{mm}^2$
$l_e$	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	$\text{mm}$
$l$	アンカーボルトの埋め込み長さ (穿孔長)	$\text{mm}$
$d_a$	アンカーボルトの呼び径	$\text{mm}$
$b$	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離 (はしあき)	$\text{mm}$
$a$	隣接アンカーボルトのピッチ (最小値) (へりあき)	$\text{mm}$
$A'_a, A'_{cb}, A'_{ca}$	接合面	$\text{mm}^2$
$T_{as}$	あと施工アンカーを用いた接合部 (1本あたり) の短期許容引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
	アンカーボルトのせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$Q_{a1}$	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$Q_{a2}$	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$Q_{a3}$	上限値より決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$s^a_c$	アンカーボルトの公称断面積	$\text{mm}^2$
$E_c$	コンクリートのヤング係数	$\text{N}/\text{m}^2$
$Q_{as}, Q'_{as}$	短期許容せん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$\phi_s$	低減係数 (短期=0.6)	—

表14-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の耐震評価に用いる記号（3/3）

記号	定義	単位
$A_{cl}$	有効投影面積（はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合）	$mm^2$
$P_{Ha}$	アンカーボルトに作用する引張力	kN
$P_{Va}$	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
$P_h$	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
$n_a$	アンカーボルトの本数（強度評価対象）	本

DRAFT

## 14.2 評価部位

評価対象部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添2参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図14-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図14-2-2に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図14-2-3に示す。

DRAFT

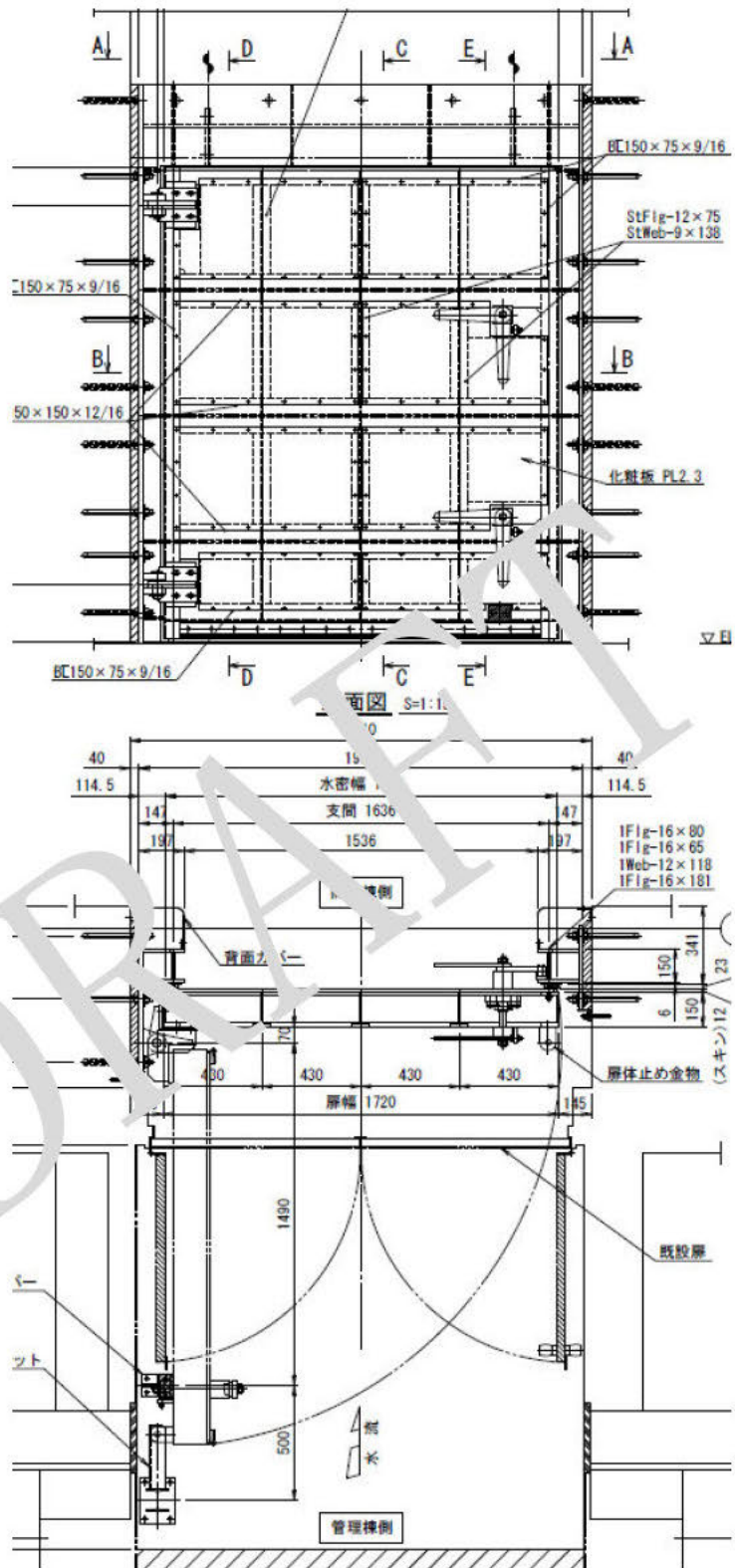


図14-2-1 浸水防止扉(TVF-10)の構造図

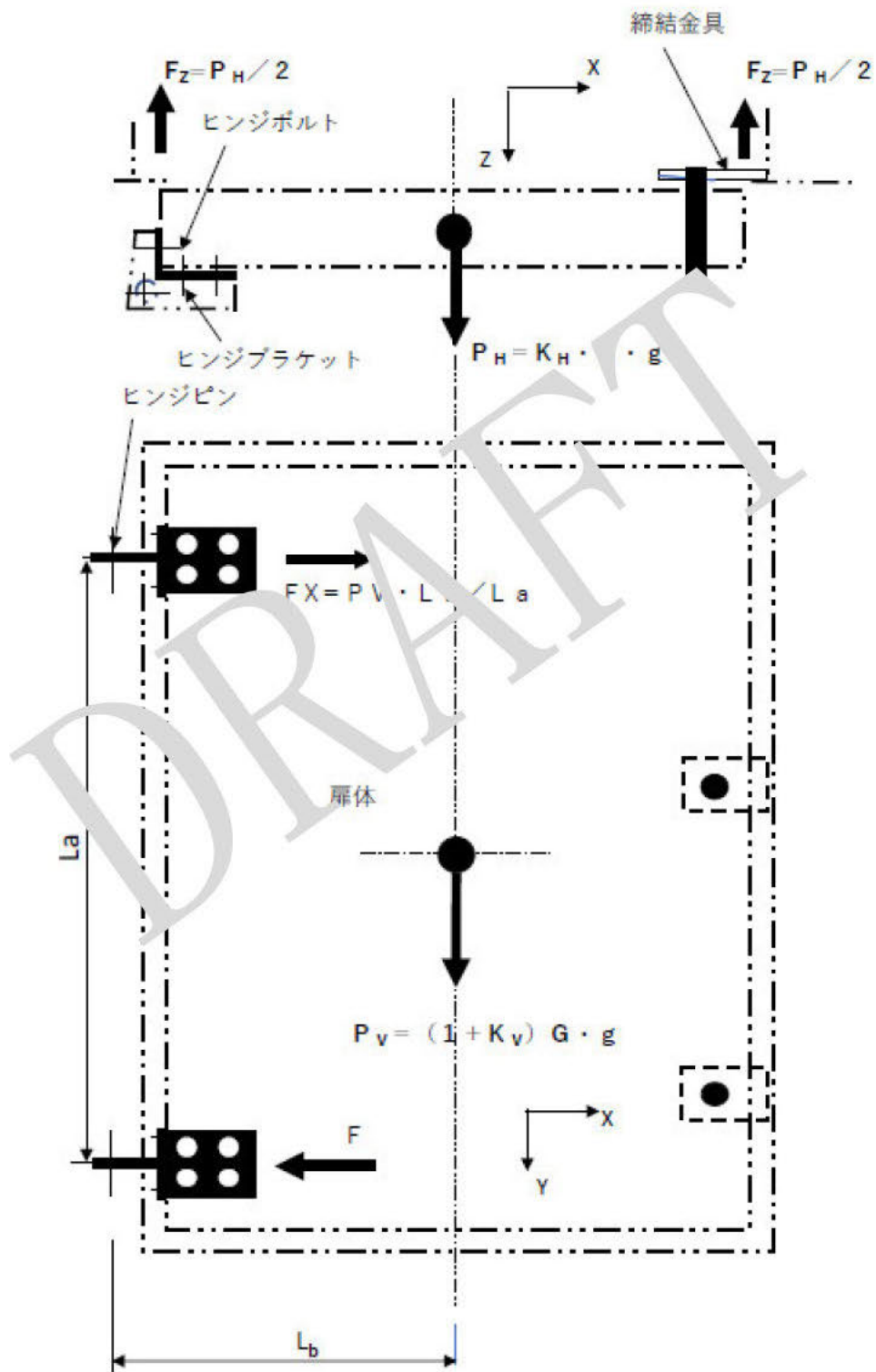


図14-2-2 浸水防止扉（TVF-10）閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位

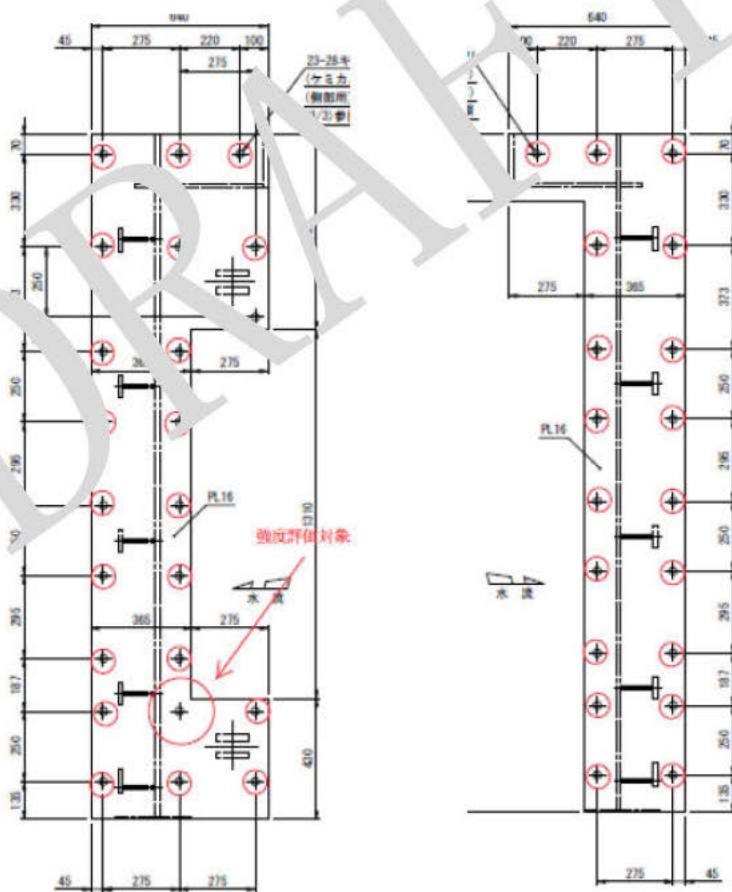
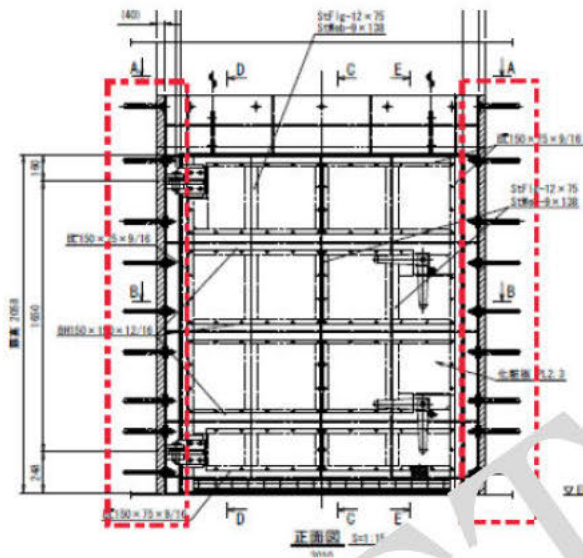


図14-2-3 浸水防止扉 (TVF-10) アンカーボルト位置と評価対象

### 14.3 構造強度評価方法

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価は、「14.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「14.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「14.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「14.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 14.4 荷重及び荷重の組合せ

#### (1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

- G : 浸水防止扉 (TVF-10) の固定荷重
- G<sub>D</sub> : 浸水防止扉 (TVF-10) の扉体荷重
- G<sub>F</sub> : 浸水防止扉 (TVF-10) の戸当り荷重
- P : 積載荷重
- K<sub>s</sub> : 地震荷重

浸水防止扉 (TVF-10) は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

#### (2) 荷重の設定

##### a. 固定荷重(G)

浸水防止扉 (TVF-10) の自重を表14-4-1に示す。

表14-4-1 浸水防止扉 (TVF-10) の自重

扉名称	固定荷重G	
	扉体G <sub>D</sub> [t]	戸当りG <sub>F</sub> [t]
浸水防止扉 (TVF-10)	1.0	1.0

##### b. 地震荷重 (K<sub>s</sub>)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

#### (3) 荷重の組合せ

浸水防止扉 (TVF-10) に作用する荷重の組合せを表14-4-2に示す。

表14-4-2 浸水防止扉 (TVF-10) の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 (TVF-10) 部品	G <sub>D</sub> + K <sub>s</sub>
アンカーボルト	G <sub>D</sub> + G <sub>F</sub> + K <sub>s</sub>



#### 14.5 使用材料及び許容限界

浸水防止扉 (TVF-10) を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表14-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-5-1に示す。

##### (1) 使用材料

浸水防止扉 (TVF-10) を構成する扉板、芯材及びヒンジ部の使用材料を表14-4-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-4-2に示す。

表14-4-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁 (上段及び下段)	SM400A	C150×75×9×16
	主桁 (中間)	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12*
上部 戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL150×75
	水平補剛材	SM400A	PL150×170
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ5
	取付ボルト	SUS304	M12
	締結金具	SM490A	5(B <sub>1</sub> )×26(B <sub>2</sub> )×163(B <sub>3</sub> )×t19
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M20×180L

※ t は板厚，φ は径，M は呼び径，L は穿孔長を示す。

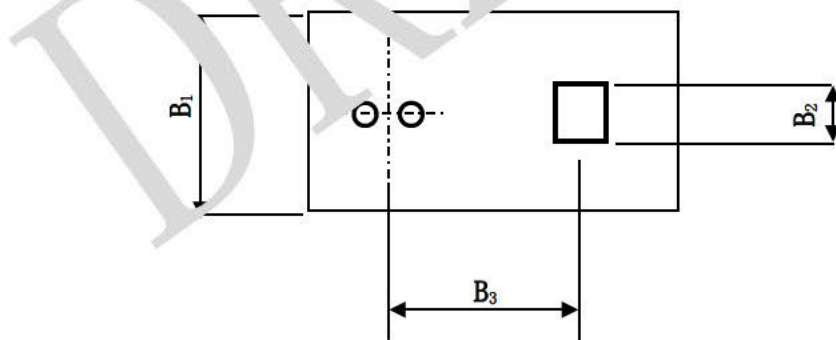


図14-4-2 締結金具の形状 (浸水防止扉 (TVF-10))

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」を踏まえて表14-3-2の値とする。

表14-3-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	
	曲げ	せん断
SUS304 <sup>※1</sup>	205	118
SM400A <sup>※2</sup>	235	135
SM490A <sup>※2</sup>	315	181

※1 許容応力度を決定する場合の基準強度 $F_t$ の値は、「JIS G 4303：20 ステンレス鋼棒」，「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※2 許容応力度を決定する場合の基準強度 $F_t$ の値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」，「鋼構造設計規準 溶接構造用 ( $t \leq 40\text{mm}$ )」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成13年7月7日）に基づく。

#### 14.6 評価用地震力

浸水防止設備 TVF-1, TVF-2, TVF-3, TVF-4, TVF-5, TVF-6, TVF-7, TVF-8, TVF-9, TVF-10の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表12-6-1に示す。

表14-6-1 浸水防止扉(TVF-10)の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所及び床面高さ [m]	地震による設計震度	
		基準地震動 $S_s$	ガラス固化技術開発施設 (TVF) 3階
		鉛直方向 $K_V$	0.79

DRAFT

#### 14.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具及び扉支持金具）及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

##### (1) 荷重算定

###### ① 水平方向地震力 $P_H$

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

###### ② 扉体自重及び鉛直方向地震力 $P_V$

$$P_V = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

###### ③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重 $F_Z$

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

###### ④ ヒンジ部に作用するX方向荷重 $F_X$

$$F_X = \frac{P_V \cdot L}{L_a}$$

##### (2) 応力算定

###### ① ヒンジピンに発生するせん断応力 $\tau_{hp}$

$$F_{xz} = \sqrt{F_X^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000F_{xz}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4}A_p$$

(機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

###### ② ヒンジボルトに発生する引張応力 $\sigma_b$ 及びせん断応力 $\tau_b$

・扉体正面

$$\sigma_{b1} = \frac{1000F_Z}{n_1 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b1} = \frac{1000F_x}{n_1 \cdot A_s}$$

・扉体側面

$$\sigma_{b2} = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b2} = \frac{1000F_z}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_3}{2Z_r}$$

・せん断応力

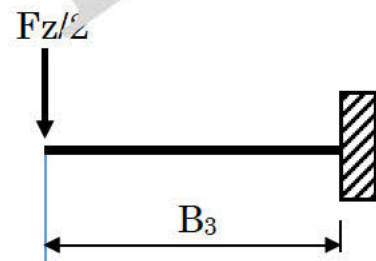
$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{t}{3} \cdot B_3$$

( 械工学便 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{rb}^2 + 3\tau_{rs}^2}$$



## 12.8 許容応力

(1) ヒンジピン, ヒンジボルト, 扉支持金具 (取付ボルトを除く) 及び締結金具

「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (社) 日本建築学会, 2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準強度 $F$ として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

$T_a$  : 引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

$T_{a1}$  : アンカーボルトの呼び径により決まる引張耐力

$\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏強度

$a_0$  : アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工を考慮)

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

$T_{a2}$  : コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度

$A_c$  : コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

$l_e$  : アンカーボルトの有効埋め込み長さ

$l$  : アンカーボルトの埋め込み長さ (穿孔長)

$d_a$  : アンカーボルトの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離 (はしあき)  $b$  がアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、 $b < l$  の場合、 $A_c$  に替え  $A_{cb}$  を使用して  $T_{a2}$  を算出す

る。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$  の場合,  $A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2 \cos^{-1} \left( \frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}} \right) \quad \text{ただし, } \theta_b [^\circ]$$

$$A_{cb} = 0.5 \left( 2\pi - \frac{\theta_b}{180} \pi + \sin \theta_b \right) \left( l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \pi d_a^2$$

はしあきによる欠損面積 $A'_b$ は、以下の通り算出する。

$$A'_b = 0.5 \left( \frac{\theta_b}{180} \pi - \sin \theta_b \right) \left( l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2$$

隣接アンカーボルトのピッチ(最小値)よりあき $a$ が  $2(l_e + \frac{d_a}{2})$  を下回る場合、すなわち、 $\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$  の場合も $A_c$ に替えて $A_{ca}$ を使用して $T_{a2}$ を算出する。

$$\theta_a = 2 \cos^{-1} \left( \frac{a}{2(l_e + \frac{d_a}{2})} \right) \quad \text{ただし, } \theta_a [^\circ]$$

$$A_{ca} = 0.5 \left( 2\pi - \frac{\theta_a}{180} \pi + \sin \theta_a \right) \left( l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \pi d_a^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積 $A'_a$ は、以下の通り算出する。

$$A'_a = 0.5 \left( \frac{\theta_a}{180} \pi - \sin \theta_a \right) \left( l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2$$

$T_{a2}$ については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10 \sqrt{\left( \frac{\sigma_B}{21} \right)} \cdot \pi d_a l_e$$

$T_{a3}$  : コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a \text{ が } T_{a2} \text{ 又は } T_{a3} \text{ で決まる場合})$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a \text{ が } T_{a1} \text{ で決まる場合})$$

$T_{as}$  : あと施工アンカーを用いた接合部 (1本あたり) の短期許容引張耐力

b. せん断耐力  $Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$   
 $Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$

$Q_a$  : アンカーボルトのせん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times s a_c$$

$Q_{a1}$  : アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力

$\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏強度

$s a_c$  : アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times s a_c$$

$Q_{a2}$  : コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

$E_c$  : コンクリートのヤング係数

$\sigma_B$  : コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times s a_c$$

$Q_{a3}$  : 上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

$Q_{as}$  : 短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q_{as} = \sqrt{10} \times A_{cl} \times f_{ct} / 10$$

ただし、

$f_{ct}$  : 低減係数 (短期許容 = 0.6)

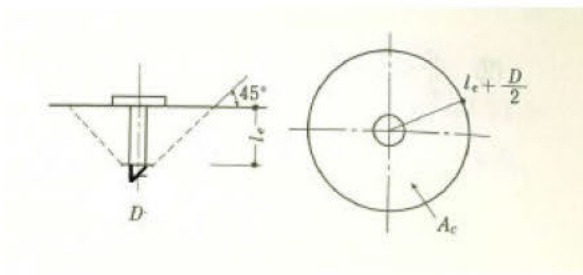
$A_{cl}$  : 有効投影面積 ( $= \frac{1}{2} \pi a^2$ )

この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図14-8-1に示す。

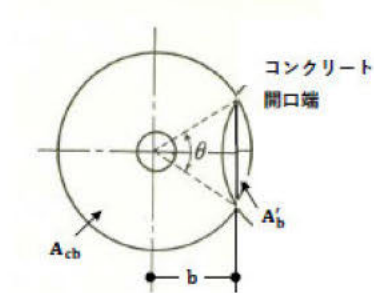




**有効水平投影面積**

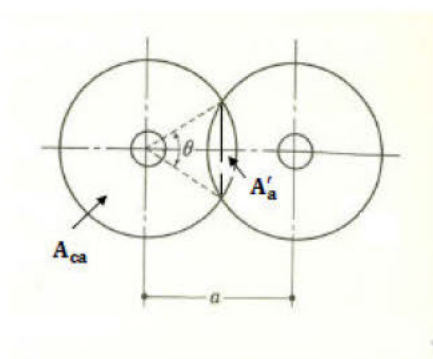
(アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上)

(はしあき；有効埋込み長さ以上)



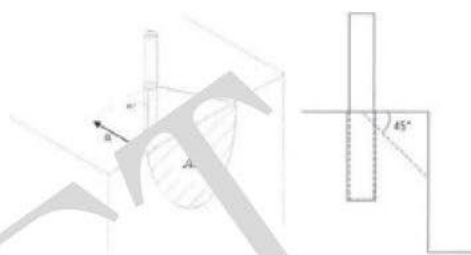
**有効水平投影面積**

(はしあき；有効埋込長さ未満)



**有効水平投影面積**

(アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満)



**有効投影面積**

(アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満)

図1. 8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

DRAFT

#### 14.9 計算条件

「14.7 計算方法」に用いる評価条件を表14-9-1に示す。

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-10)）（1/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	$G_D$	ton	扉体	1.0
	$G_F$	ton	戸当り	1.0
震度	$K_H$	—	水平方向設計震度	1.12
	$K_V$	—	鉛直方向設計震度	0.79
地震荷重	$P_H$	kN	扉体にかかる水平方向地震力	11.57
	$P_V$	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	$F_Z$	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	5.785
	$F_X$	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	9.434
	$P_{Ha}$	kN	アンカーボルトに作用する引張力	21.97
	$F_s$	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	35.11
強度計算荷重	$F$	kN	津波により扉体にかかる強度計算荷重	425.7
ヒンジ	$L_a$	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	$L$	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジ部	$A_p$	mm <sup>2</sup>	断面積	706.9
	$A_{ps}$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	530.2
	$F_{xz}$	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	9.867
ヒンジボルト	$n_1$	本	本数（扉体正面）	4
	$n_2$	本	本数（扉体側面）	2
	$A_s$	mm <sup>2</sup>	有効断面積	84.3
締結金具	$B_3$	mm	支点から荷重作用点までの距離	163
	$A_{rs}$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	494
	$A_r$	mm <sup>2</sup>	断面積	741
	$Z_r$	mm <sup>3</sup>	断面係数	2346.5
アンカーボルト	$n_a$	本	本数（強度評価対象）	42
	$l$	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	$d_a$	mm	呼び径	16
	$l_e$	mm	有効埋め込み長さ	114

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-10)）（2/2）

記号	単位	定義	数値
$\sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの降伏強度	205
$a_0$	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工を考慮)	245
$\sigma_B$	mm <sup>2</sup>	コンクリートの圧縮強度	20.6
$E_C$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのヤング係数	2.15E+04
$s^{ac}$	mm <sup>2</sup>	アンカーボルトの公称断面積	314
$a_1$	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	187
$a_2$	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	250
$a_3$	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
$a_4$	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
$A_c$	mm <sup>2</sup>	コンクリートのせん断破壊面の有効水 投面積	59414
$T_{a1}$	kN	アンカーボルトの降伏により決まる 引張耐力	50.2
$T_{a2}$	kN	コンクリートのせん断破壊により決まる 引張耐力	62.0
$T_{a3}$	kN	コンクリートの付着破壊により決まる 引張耐力	99.6
$Q_a$	kN	アンカーボルトの降伏により決まる せん断耐力	45.1
$Q_{a2}$	kN	コンクリートの支圧により決まる せん断耐力	83.7
$Q_{a3}$	kN	上限値より決まるせん断耐力	92.3

#### 14.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表14-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-10）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表14-10-2及び表14-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-10）が構造強度を有することを確認した。

表14-9-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 [kN]	強度計算荷重 [kN]	耐震強荷重比
11.6	426	0.03

表14-9-2 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価対象部位	発生応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	許容応力 [N/mm <sup>2</sup> ]	応力比	
ヒンジピン	19	118	0.17	
ヒンジボルト	扉体正面	9	205	0.05
	扉体後面	56	205	0.28
締金具	192	315	0.61	

表14-9-3 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（アンカーボルト）

応力	発生荷重 [kN/本]	許容耐力 [kN/本]	耐力比
引張	0.6	50.2	0.02
せん断	0.8	30.0	0.03

## 廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

### 【概要】

- 廃溶媒処理技術開発施設に敷設されている蒸気配管において、経年変化による腐食が進展し、その結果、蒸気配管の一部に貫通孔が生じたことから、当該蒸気配管を更新する。
- 本更新においては、蒸気配管の一部を撤去し、既設と同等の強度及び肉厚を有した配管を設置する工事を行う。
- 更新にあたっては、材料検査、耐圧・漏えい検査、据付・外観検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年8月19日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 件名  
 廃溶媒処理技術開発施設の蒸気配管の一部更新

2. 概要

昭和 57 年 4 月 10 日に認可（57 安（核規）第 110 号）を受けた「その他再処理設備の附属施設（その 14）廃溶媒処理技術開発施設」のうち、廃溶媒処理技術開発施設（以下「ST 施設」という。）に敷設されている蒸気配管において、経年変化による腐食が進展し、その結果、蒸気配管の一部に貫通孔が生じたことから、当該蒸気配管を更新するものである。本更新工事に当たっては、貫通孔が確認された蒸気配管を既設と同等の強度及び肉厚を有した配管に更新する。

3. 本工事による建物・設備及び工程への影響

ST 施設の蒸気配管は、主に廃液処理のための蒸発缶の運転や貯槽等が設置されているセルのドリフトレイ液の移送用スチームジェットの駆動に使用するものである。

本施設は現在、工程運転を停止中であり、蒸気の使用はない。また、万一のスチームジェットを使用する場合に備えて、隣接する廃溶媒貯蔵場から蒸気供給用のホースを仮設して蒸気を供給できるようにホース及び接続治具を配備しており、施設への蒸気の供給が停止しても工程への影響はない。

これにより、本工事による建物・設備及び工程への影響は生じない。

4. 設計及び工事の計画の内容

4.1 建物・設備及び工程

ST 施設の蒸気配管は、主に廃液処理のための蒸発缶の運転や貯槽等が設置されているセルのドリフトレイ液の移送用スチームジェットの駆動に必要な蒸気供給設備として設置している。

4.2 設計条件及び仕様

蒸気配管の更新範囲は、屋外の壁貫通部近傍の垂直配管から施設内の隔離対象バルブ（328W682）のフランジ継手までとし、既設と同じ位置に既設サポートを用いて敷設する。更新する蒸気配管は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した炭素鋼製配管とし、接続は溶接及びフランジ継手とする。

蒸気配管の設計条件を表-1 に、一部更新する蒸気配管類の仕様を表-2 に示す。

表-1 蒸気配管の設計条件

名称	流体	設置場所	材質	最高使用温度(°C)	最高使用圧力(MPa)	溶接機器区分	耐震分類
蒸気配管	蒸気	屋外	炭素鋼	200	1.5	—	C
		保守区域(A110)					

表-2 一部更新する蒸気配管類の仕様

名称	仕様			
	材料(適用規格)	呼び径	呼び圧力	スケジュール(肉厚)
配管	圧力配管用炭素鋼鋼管(STPG370:JIS G 3454)	50A	/	Sch40(3.9mm)
エルボ	配管用鋼製突合せ溶接式管継手(PT370:JIS B 2312)	50A		Sch40(3.9mm)
フランジ	機械構造用炭素鋼鋼材(S25C:JIS G 4051)	50A	20K	/

4.3 保守

蒸気配管は、その機能を維持するため、適切な保守ができるようにする。保守において交換する部品類は、ボルト・ナット、ガスケット類であり、適時、これらの予備品を入手し、再処理施設保安規定に基づき交換する。

## 5. 工事の方法

### 5.1 工事の方法及び手順

本工事に用いる蒸気配管類は、材料を入手後、工場にて配管接続用のフランジなどの加工・溶接を行った後、現地に搬入する。

本工事を行うに当たっては、更新範囲を弁操作により隔離した後、更新範囲の蒸気配管類を切断、撤去する（図-1 参照）。蒸気配管類を接続する既設配管取り合い部の加工等を行い、工場にて製作した蒸気配管類を既設サポートに取り付け、既設配管と溶接にて接続する。据付後、所要の試験・検査を行う。

本工事フローを図-2 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目（調達管理等の検証のために行う検査を含む）、検査対象、検査方法及び判定基準を以下に示す。

#### (1) 試験・検査項目

試験・検査は、工事の工程に従い、次の項目について実施する。

##### ① 材料検査

対象：配管、エルボ、フランジ

方法：蒸気配管類の仕様を材料証明書により確認する。

判定：表-2 の仕様であること。

##### ② 耐圧・漏えい検査(1)（耐圧試験）

対象：配管、エルボ、フランジ

方法：表-1 の最高使用圧力の 1.5 倍以上の水圧をかけ、目視により漏れの有無を確認する。

判定：漏れないこと。

##### ③ 耐圧・漏えい検査(2)（浸透探傷試験）

対象：配管

方法：耐圧試験の実施が困難な箇所の溶接部について、溶接部の浸透探傷試験（JIS Z 2343）を行い、浸透指示模様の有無を目視により確認する。

判定：浸透指示模様がいないこと。

##### ④ 耐圧・漏えい検査(3)（通気試験）

対象：配管、エルボ、フランジ

方法：検査対象の蒸気配管系統に蒸気を供給し、目視により漏えいの有無を確認する。

判定：漏れないこと。

##### ⑤ 据付・外観検査

対象：配管、エルボ、フランジ

方法：検査対象の蒸気配管類の位置及び外観を目視により確認する。

判定：更新した蒸気配管類が図-1 の位置にあること。また、有害な傷、変形がないこと。

### 5.2 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

(1) 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。

(2) 本工事においては、蒸気配管の一部更新に係る作業手順、装備、汚染管理、連絡体制等について十分に検討した作業計画書、特殊放射線作業計画書を作成し、作業を実施する。

(3) 本工事においては、経年変化を考慮して作業場所の汚染確認を実施するとともに、必要に応じ、除染等の処置を講じて作業場所の汚染拡大を防止する。

(4) 本工事においては、ヘルメット、革手袋、保護メガネ等の保護具を着用し、災害防止に努める。

(5) 本工事における火気使用時は、可燃物の撤去、不燃シートの設置等の火災を防止するための必要な措置を講じる。

(6) 本工事に係る作業の開始前と終了後において、周辺設備の状態に変化がないことを確認し、設備の異常の早期発見に努める。

(7) 本工事において、建家貫通部の配管を更新する際は、管理区域が屋外と開放状態とならないように処置し、汚染拡大防止、負圧維持及び核物質防護上の措置を行う。

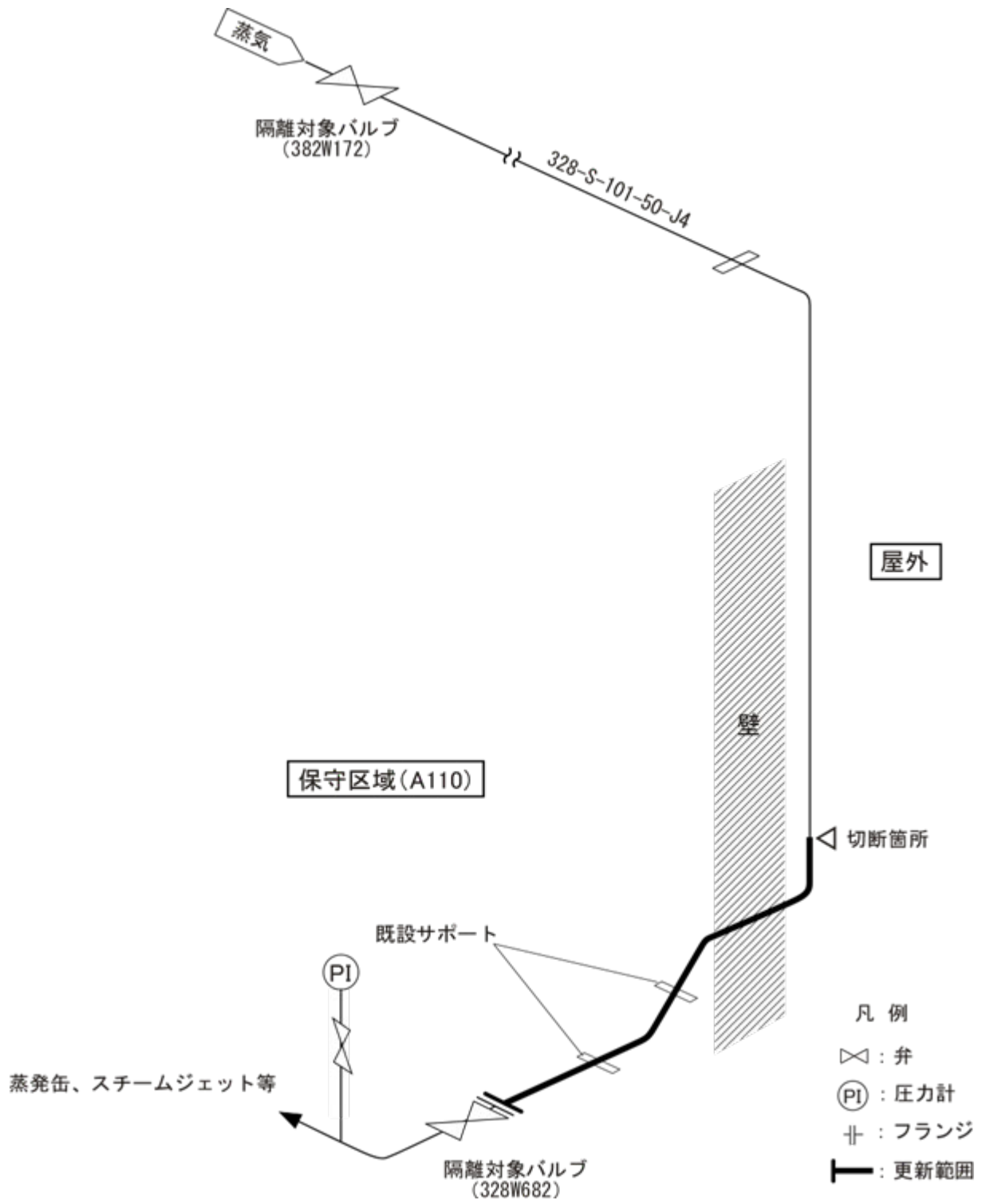


図-1 蒸気配管の更新範囲 概要図



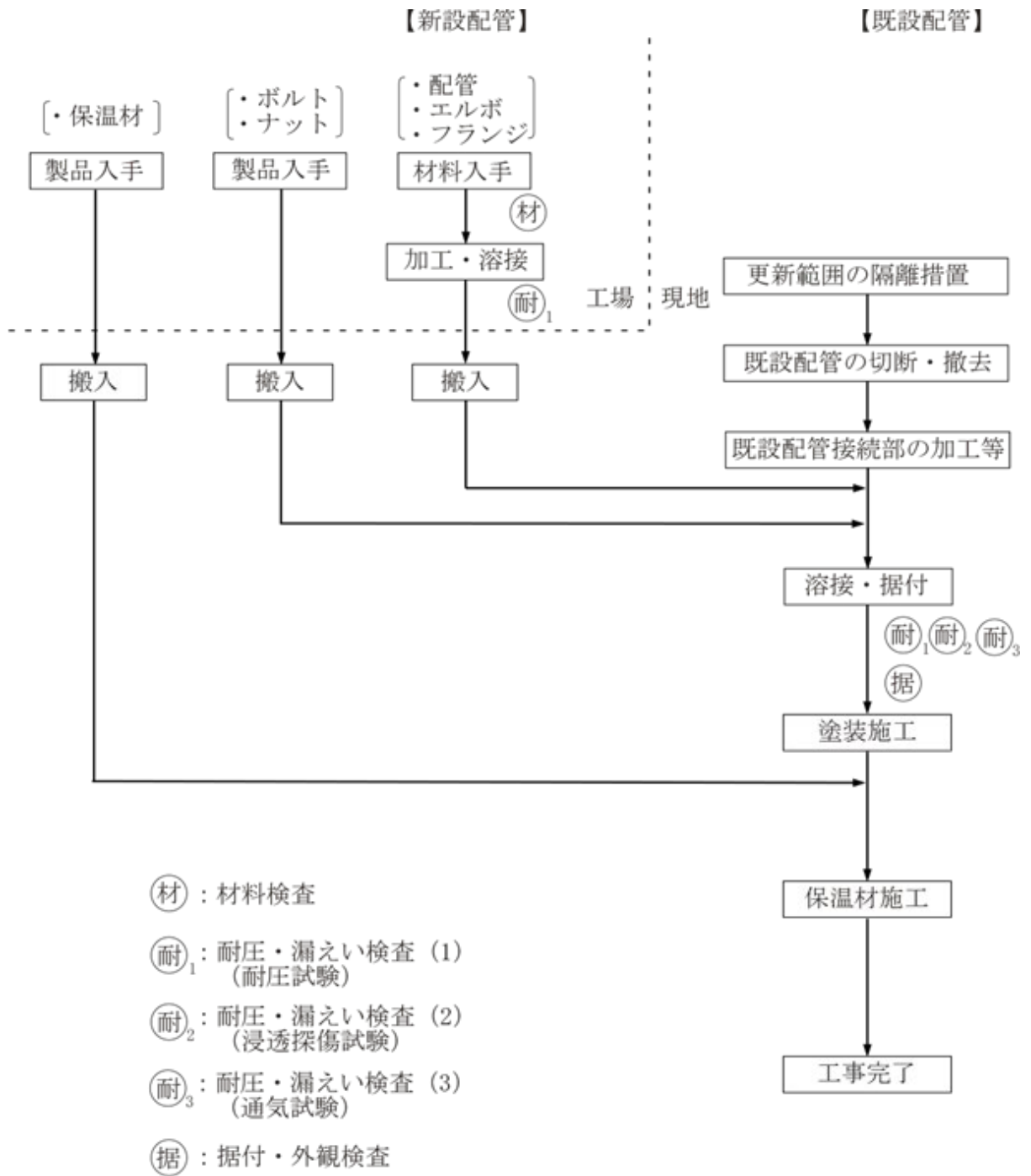


図-2 蒸気配管の一部更新に係る工事フロー

5. 再処理施設の技術基準に関する規則との適合性

本申請は、「再処理施設の技術基準に関する規則」の第六条（地震による損傷の防止）の第1項、第十六条（安全機能を有する施設）の第2項及び第3項、第十七条（材料及び構造）の第1項及び第2項に該当する。

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2 耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

1 本申請に係る蒸気配管の一部更新は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した配管に更新するものであり、弁等の荷重の追加もなく、配管の支持方法も変わらないことから、配管の耐震性に問題はない。

第十六条（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その安全機能を発揮することができるように設置されたものでなければならない。

2 安全機能を有する施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、再処理施設の運転中又は停止中に検査又は試験ができるように設置されたものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、その安全機能を維持するため、適切な保守及び修理ができるように設置されたものでなければならない。

4 安全機能を有する施設に属する設備であって、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により損傷を受け、再処理施設の安全性を損なうことが想定されるものは、防護措置その他の適切な措置が講じられたものでなければならない。

5 安全機能を有する施設は、二以上の原子力施設と共用する場合には、再処理施設の安全性が損なわれないように設置されたものでなければならない。

2 蒸気配管は、ST施設の停止中に検査又は試験が可能である。本申請は、蒸気配管の一部を更新するものであり、蒸気配管の健全性及び能力を確認するための検査又は試験に影響を与えないため、問題はない。

3 蒸気配管は、保守及び修理が可能である。本申請は、蒸気配管の一部を更新するものであり、蒸気配管の機能を維持するための適切な保守及び修理に影響を与えないため、問題はない。

#### 第十七条（材料及び構造）

安全機能を有する施設に属する容器及び管並びにこれらを支持する構造物のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なもの（以下この項において「容器等」という。）の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十六条第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。

- 一 容器等に使用する材料は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有すること。
  - 二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。
    - イ 設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。
    - ロ 容器等に属する伸縮継手にあつては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。
    - ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。
  - 三 容器等の主要な溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。
    - イ 不連続で特異な形状でないものであること。
    - ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。
    - ハ 適切な強度を有するものであること。
    - ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したのものにより溶接したものであること。
- 2 安全機能を有する施設に属する容器及び管のうち、再処理施設の安全性を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。

- 1 本申請で更新する蒸気配管は、既設配管と同等の強度及び肉厚を有した配管を用いる。  
更新する蒸気配管類について、材料検査を行い適切な機械的強度及び化学成分であることを確認する。
- 2 本申請に係る蒸気配管の更新箇所について、耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを確認する。

6. 設計及び工事に係る品質管理

設計及び工事に係る品質管理は、「廃止措置に係る品質マネジメントシステム」により行う。

7. 使用前自主検査

検査項目及び立会区分を表-3に示す。

表-3 検査項目及び立会区分（案）

検査対象	検査項目	検査場所 <sup>*1</sup>	契約仕様書に基づく検査 (処理第1課)	使用前自主検査 (品質保証課 <sup>*2</sup> )	備考
蒸気配管類	①材料検査	工場	△	△	
	②耐圧・漏えい検査(1) (耐圧試験)	現地 (一部、工場)	◎	○	
	③耐圧・漏えい検査(2) (浸透探傷試験)	現地	◎	◎	
	④耐圧・漏えい検査(3) (通気試験)	現地	◎	◎	
	⑤据付・外観検査	現地	◎	◎	

立会区分 ◎：立会検査、○：立会検査（一部書類確認）、△：記録検査<sup>\*3</sup>

\*1 契約仕様書に基づく検査の検査場所を示す。また、使用前自主検査の検査場所は全て現地とする。

\*2 品質保証課は、当該工事が認可を受けた廃止措置計画に基づき行われていることを確認する。

\*3 記録検査については、「契約仕様書」に基づき購買検査員が実施した工場立会検査等の購買検査記録（試験・検査成績書）を用いた書類による検査とする。

8. 工事工程表

現地工事、使用前自主検査の工程を表-4に示す。

表-4 工事工程表（予定）

	令和3年度							
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 現地工事					●	●	●	●
2. 使用前自主検査								●●*

\* 「材料検査、耐圧・漏えい検査、据付・外観検査」を実施する。

9. 事業指定申請書との対応

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成30年6月13日付け原規規発第1806132号をもって認可を受け、令和3年4月27日付け原規規発第2104272号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画について、変更認可の申請を行う。

10. 設計及び工事の方法の申請区分

その他再処理設備の附属施設（その14）廃溶媒処理技術開発施設

以上

高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)  
ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外で放射性物質を  
貯蔵又は取り扱う分離精製工場(MP)等の施設に対する  
廃止措置段階における安全対策の考え方についての  
補足説明

【概要】

- 令和3年6月29日に申請した廃止措置計画の変更認可申請書において、高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外で放射性物質を貯蔵又は取り扱う分離精製工場(MP)等の施設(以下「その他の施設」という。)に対して、今後の廃止措置段階において講じるとした安全対策を示した。
- 上記安全対策については現在申請中であるが、その対策検討の基本となっている考え方を再整理したので、補足説明として示す。

令和3年8月19日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

**高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外で放射性物質を貯蔵又は取り扱う分離精製工場（MP）等の施設に対する廃止措置段階における安全対策の考え方について**

令和 3 年 6 月 29 日に申請した廃止措置計画の変更認可申請書において示した、高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟及びそれらに関連する施設以外で放射性物質を貯蔵又は取り扱う分離精製工場（MP）等の施設（以下「その他の施設」という。）に対して、今後の廃止措置段階において講じるとした安全対策について、その対策検討の基本となっている考え方を以下に整理して示す。

- 高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）とガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については、想定される津波及び地震から両施設を守ることが重要であり、廃止措置計画用設計津波及び廃止措置計画用設計地震動を想定し、必要な安全対策を実施することを最優先とした。
  - ・高放射性廃液に伴うリスクとは、高放射性廃液中に含まれる核分裂性物質等が発する崩壊熱によって自発的に溶液の温度が上昇し、沸騰・蒸発乾固に至ることで過度の放射性物質が放出されることである。
  - ・このリスクに対する安全対策としては、高放射性廃液の閉じ込め機能を維持するとともに、崩壊熱の除去機能も併せて維持する対策が必要である。
  - ・以上より、高放射性廃液貯蔵場（HAW）とガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟については廃止措置計画用設計津波及び廃止措置計画用設計地震動に対して高放射性廃液の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こととした。
  - ・それらの安全対策は、施設の耐震裕度向上や津波漂流物防護柵の設置といった種々のハード対策に加えて、可搬型設備を用いて施設外部から電源や冷却水の供給する事故対処も含めた複合的な対策としている。
- 一方、その他の施設については、津波、地震、その他外部事象等に対してリスクに応じた安全対策を実施することとした。
  - ・その他の施設で取り扱う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であって、発熱量や放射線量が小さいことから、高放射性廃液の様に自発的に過度の放射性物質の放出に至るような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。
  - ・したがって、その他の施設で重大な事故が発生するおそれはなく、取り扱う放射性物質によって周辺公衆に放射線影響を与えることを防止するための安全対策としては、既認可の安全管理を維持・継続することを前提とした上で、外部事象等に対しても放射性物質を施設内に閉じ込めておくことが何よりも重要である。
  - ・一方、再処理施設の敷地は廃止措置計画用設計津波に対してウェットサイトであり、同津

波が生じた場合には、その他の施設も津波の影響を受けることとなる。

- ・津波の影響によってその他の施設で保管していた放射性物質が施設外に放出されるような場合には、周辺公衆への影響だけでなく、敷地内の広範囲が汚染し周囲の放射線量が上昇することによって津波の発生時に実施する必要のある高放射性廃液貯蔵場（HAW）とガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の事故対処活動への波及的影響が予想される。
- ・また、その他の施設には低放射性廃液の処理・低放射性固体廃棄物の貯蔵のように、今後70年程度を要する再処理施設の廃止措置期間において長期に運用を続ける施設が含まれている。
- ・以上のように、再処理施設の廃止措置期間中における安全性の確保及び確実な廃止措置の継続の観点から、その他の施設においても廃止措置計画用設計津波を想定し、その影響（津波の起因として廃止措置計画用設計地震動が津波襲来前に発生することから、地震影響も重ねて考慮）を受けたとしても有意に放射性物質を建家外に流出・放出させないことを基本として、対策を講ずることとした。
- ・建家が倒壊あるいは全壊しなければ建家外への有意な放射性物質の流出を防止するための閉じ込めが期待できる。したがって、廃止措置計画用設計地震動に対しては建家が倒壊しないことを確認するために、建築基準法に基づく大規模地震時の必要保有水平耐力を参考とした簡易評価を行う。廃止措置計画用設計津波に対しては、各建家に作用する波力と最大質量の漂流物の衝突による荷重によって建家が倒壊しないことを、建家の保有水平耐力と比較することで評価する。
- ・放射性物質の施設内部への閉じ込めとしては、放射性物質を閉じ込めている第一の障壁である貯槽や容器、グローブボックスで閉じ込める（固縛されていない容器の場合は、容器自体が施設外へ流出しないことが前提）か、あるいは第二の障壁であるセル・建家内に閉じ込めることを方針とする。
- ・なお防護対象は貯槽に保管されている放射性廃液や容器等に封入された放射性固形物とする。厳密に見れば管理区域内における微量の汚染物等も存在するが、それらが津波の海水中に溶出して施設外に漏れ出る量は微小であって影響は十分小さいと考えられることから、それらに起因するものは有意ではないと見なした。
- ・新規基準において地震・津波以外に想定している竜巻等の外部事象に対するその他の施設の安全対策も、津波に対するものと同じく、有意に放射性物質を施設外に放出しないようにすることとする。

以上

## 再処理施設の廃止措置計画(安全対策)の変更に伴う

### 保安規定の変更について

#### 【概要】

○再処理施設の安全対策の基本設計については、令和2年5月29日、令和2年8月7日、令和2年10月30日、令和3年2月10日及び令和3年6月29日における廃止措置計画変更認可申請をもって申請を完了した。

今後、これらの廃止措置計画で示した安全対策に基づいて再処理施設の保安活動を展開するために、保安規定の変更申請を順次行う計画である。

○変更する項目の詳細については、別表に示すように廃止措置計画変更認可申請書に記載した安全対策について、保安規定に反映すべき事項に抜け落ちがないように整理しているところである。

変更申請時期については、安全対策に係る施設及び設備、体制の整備状況やガラス固化処理の運転計画などを考慮して項目ごとに判断するものの、体制の整備、工事の完了あるいは可搬型設備の新規配備を待たずに運用を開始できる事項については、概ね令和3年12月末頃までに変更申請を行い、速やかな運用を目指す。

令和3年8月19日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



別表 安全対策の申請において運用により安全性を担保するとした事項のリスト（整理中）

ID. / 対策	対象施設	保安規定・下位文書等において規定する事項
F01	内部 火災	HAW、TVF <b>【申請書：別添 6-1-1-6】</b> ・ 火災防護計画の策定。 - 少量危険物及び可燃性物質の持ち込み制限及び保管管理（鋼製キャビネット等での保管） - 追加設置する火災報知器の発報時の対処。 - 火災報知機の代替として運用する ITV カメラ及びセル内雰囲気温度計による監視体制。 - 初期消火活動の確実性向上のための、消火用資機材の充実、配備場所の確保（耐火隔離含む）及び訓練の拡充。 - 代替策及び事故対処に用いる可搬型設備及び資機材（予備ケーブル等）の配備場所（耐火隔離含む）の確保。 - 今後の施設内改造等における火災防護要求（使用する難燃材・難燃ケーブル・保温材等のグレード要求等）。
F02	内部 火災	TVF <b>【申請書：別添 6-1-1-6】</b> ・ TVF 固化セル内での両腕型マニピュレータ（BSM）を用いた遠隔消火操作の対応。 - 資機材の確保及び管理の方法。 - 消火操作手順及び訓練計画。
F03	内部 火災	HAW、TVF <b>【申請書：添付書類 6-1-1-6-3】</b> ・ 初期消火失敗時に複数系統電源ケーブルの機能が喪失した場合の、予備ケーブルを用いた代替策の整備。 - 代替策の手順及び訓練計画 - 資機材の管理の方法
F04	内部 火災	HAW、TVF <b>【申請書：添付書類六】</b> ・ 性能維持施設とする火災防護設備の保全、検査の方法。 （※ 対象設備の詳細は設工認時に設定）
E01	地震	HAW、TVF <b>【申請書：別紙 6-1-2-2-1-1、添付資料 6-1-2-4-1】</b> ・ 高放射性廃液貯槽等の耐震裕度向上のための液量管理の方法（管理値、運転手順、計装、管理値を一時的に超過した場合の対応等） 《申請済：令和 2 年 12 月 18 日（令 02 原機（再）062）》
T01	津波	HAW、TVF <b>【申請書：添付資料 6-1-3-1-1、添付資料 6-1-3-1-2】</b> ・ 漂流物防護柵設置範囲内において漂流物となりうる車両、資機材、構築物の管理。（設置の可否の判断および許可、設置時の措置等）
T02	津波	HAW、TVF <b>【申請書：添付資料 6-1-3-2-1、添付資料 6-1-3-3-1】</b> ・ 建家内に浸水があった場合の排水の処置。
T03	津波	HAW、TVF <b>【申請書：添付資料 6-1-3-3-1、添四別紙 1-1-36】</b> ・ 大津波警報発令時の浸水防止扉の閉状況確認。 - 確認手順及び訓練計画。
T04	津波	TVF <b>【申請書：別添 6-1-3-1】</b> ・ 大津波警報発令時の浸水防止扉（片開き扉）の閉止対応。 - 閉操作手順及び訓練計画。
T05	津波	TVF <b>【申請書：添付資料 6-1-3-3-1、別紙 6-1-3-3-1-2】</b> ・ ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟と T20 トレンチの接続箇所の建家外壁を貫通している飲料水配管からの浸水防止に係るバルブ操作の対応。
T06	津波	HAW、TVF <b>【申請書：添付資料 6-1-3-2-2、別紙 6-1-3-2-2-1、別紙 6-1-10-1-3-1、添四別紙 1-1-36、別冊 1-32】</b> ・ 制御室における津波の状況監視。 - 代替措置を含めた監視の手順及び訓練計画。 - 資機材の確保及び管理の方法。

ID. / 対策		対象施設	保安規定・下位文書等において規定する事項
T07	津波	HAW、TVF	【申請書：添付書類六、別冊 1-24、別冊 1-27】 ・性能維持施設とする漂流物防護柵等の保全、検査の方法。
V01	火山 事象	HAW、TVF	【申請書：別添 6-1-4-6】 ・HAW、TVF の屋上スラブ、屋上設備及び給気口を降下火砕物の影響から防護するための対処。 - 降下火砕物除去に使用する資機材の確保及び管理の方法。 - 給気口に設置するフィルタの配備及び管理の方法。 - 降灰が確認された場合の火山非常態勢及び監視強化、除去等の対応手順及び訓練計画。
V02	火山 事象	その他施設	【申請書：添付資料 6-1-3-4-8】 ・除灰の優先度、除灰の対応 ・降下火砕物の除去に使用する資機材（シャベル、箒、エアダスター、除灰ポリ袋、ゴーグル、防塵マスク等）の配備
H01	竜巻	HAW、TVF	【申請書：別添 6-1-4-1】 ・竜巻影響範囲において飛来物となりうる車両、資機材、構築物の管理。（設置の可否の判断および許可、設置時の措置等）
H02	竜巻	HAW、TVF	【申請書：別添 6-1-4-1、別紙参考 6-1-4-4-5-2、添四別紙 1-1-37】 ・HAW、TVF の屋上に設置されている重要な安全機能を担う設備が竜巻飛来物の衝突により損傷した場合に備えた対処。 - 予備品、補修資機材等の確保及び管理の方法。 - 損傷した場合の補修手順及び訓練計画。
H03	竜巻	HAW、TVF	【申請書：添付書類六、別冊 1-19、別冊 1-30】 ・性能維持施設とする防護板等の日常管理（扉の開閉確認）、保全、検査の方法
H04	竜巻	その他施設	【申請書：添付資料 6-1-3-4-7】 ・外壁等の貫通部の補修、養生に使用する資材の配備 ・事象発生時の対応
W01	外部 火災	HAW、TVF	【申請書：別紙 6-1-4-8-4-1、別紙 6-1-4-8-6-1、別紙 6-1-4-8-6-2、別冊 1-31、添四別紙 1-1-37】 ・防火帯の維持管理の方法、消防隊による森林火災発生時の対応及び訓練計画。
W02	外部 火災	HAW、TVF	【申請書：別紙 6-1-4-8-4-1、別紙 6-1-4-8-6-1、別紙 6-1-4-8-6-2】 ・HAW、TVF、防火帯周辺に可燃物を設置する場合の管理。（設置の可否の判断および許可、設置時の措置等）
W03	外部 火災	HAW、TVF	【申請書：別紙 6-1-4-9-5】 ・核サ研敷地内に入所してくる燃料輸送車両の防火管理。（監視人の立会いと、初期消火・連絡体制）
W04	外部 火災	HAW、TVF	【申請書：－】 ・外部火災の評価条件（敷地外の条件）の変化に対する確認。 - 森林火災：植生等の変化 - 石油コンビナート等の火災爆発：工場等立地状況の変化 - 航空機墜落：航空機運行状況の変化
W05	外部 火災	その他施設	【申請書：添付資料 6-1-3-4-9】 ・草木の管理（施設と森林間の離隔距離の確保）
O01	溢水	HAW	【申請書：別添 6-1-6-1】 ・使用する用途のない HAW 空調系蒸気配管の閉止。 ※ バルブ等による閉止処置であればバルブの施錠管理等が必要となるが、切断－溶接プラグ止め等の誤操作のおそれのない場合は対応不要
O02	溢水	HAW、TVF	【申請書：別添 6-1-6-1】 ・漏えい検知時の給水等の停止操作の対応。（HAW の R008、TVF の A013（A011 の隣接）、R103、W362、G145（G142 に隣接）、W360（A311 に隣接））

ID. / 対策		対象施設	保安規定・下位文書等において規定する事項
O03	溢水	TVF	【申請書：別添 6-1-6-1】 ・地下スラブへ排水された溢水の後処理に関する対応手順。 - 分析等による確認と、排出先の受入手順等。
O04	溢水	TVF	【申請書：補足説明資料 8】 ・配管分岐室（A024、A025）における蒸気配管漏えい発生時の対応手順。 - 事象発生の検知手順（室内温度計・蒸気供給系統圧力計の運用を含む）と検知時の対応手順 - 資機材等の確保及び管理の方法 - 手順書の整備及び訓練計画
O05	溢水	HAW、TVF	【申請書：添付書類六】 ・性能維持施設とする溢水対策設備の保全、検査の方法。 (※ 対象設備の詳細は設工認時に設定。被水板や堰は対象外と考えられる。蒸気遮断弁や配管分岐室の温度警報などの動的設備、警報／インターロックに関わる計装は対象になり得る。)
O06	溢水	HAW、TVF	【申請書：別添 6-1-6-1】 ・施設外からの供給が継続する浄水、純水等について溢水量を制限するために漏えい箇所近傍の仕切弁を閉止する操作。
O07	溢水	TVF	【申請書：別添 6-1-6-1】 ・固化セル（R001）内における蒸気配管等からの漏えい発生時の対応手順。 - 事象発生の検知手順（セル内温度による検知）と検知時の対応手順 - セル内圧力上昇の対応手順
C01	制御室	HAW (MP)、TVF	【申請書：別紙 6-1-10-1-3-2、添四別紙 1-1-37、別冊 1-17】 ・有毒ガス防護のための外気の流入防止措置等に係る手順の整備。 - 制御室の外気からの隔離の手順及び訓練計画。 - 資機材（酸素呼吸器、有毒ガス検知器等含む）の管理の方法。
C02	制御室	TVF	【申請書：別紙 6-1-10-1-3-3】 ・今後新たな化学物質等を使用する場合の管理。（取扱の可否の判断および許可、取扱時の措置等）
C03	制御室	TVF	【申請書：添付書類六、別冊 1-17、別冊 1-32】 ・性能維持施設とする可搬型設備、制御室パラメータ監視・屋外監視システムの日常管理、保全、検査の方法。
C04	制御室	HAW、TVF	【申請書：添付資料 6-1-10-1-3】 ・事故時の制御室機能の集約に係る対応手順。 - MP 制御室機能の扱い、駐在者の採るべき措置等の規定。
A01	事故対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1】 ・事故の選定結果（蒸発乾固）と事故対処についての非常の場合に採るべき処置への反映。
A02	事故対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1-31】 ・事故発生後 6 日間後までに、再処理施設の事故収束対応を維持するための支援を受けられる体制・支援計画を定める。
A03	事故対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1（表 1-2-2-3、表 1-2-2-4）】 ・今後配備する設備及び事故対処設備の配備後における実効性の検証の計画及びその結果に基づく事故対処手順等の改正。 - 可搬型貯水設備 - 地下式貯油槽 - 可搬型チラー、可搬型冷却設備 - 接続端子盤等の給電設備
A04	事故対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1-32】 ・可搬型計装設備を用いた測定手順の整備。

ID. / 対策		対象施設	保安規定・下位文書等において規定する事項
A05	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1-33】 ・可搬型監視測定設備を用いた測定手順の整備。
A06	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1 (1.4 まとめ)、添四別紙 1-1-2～25】 ・事故対処の継続的な訓練による習熟。 - 事故対処資機材の操作マニュアル整備と日常点検等を通じた操作習熟 - 施設設備の状況変化に応じた訓練 - 夜間、悪天候等の厳しい環境条件を想定した訓練
A07	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：添付書類六、添四別紙 1-1-39】 ・性能維持施設とする可搬型事故対処設備（計装、監視測定設備を含む）の日常管理、保全、検査の方法。（固縛対策等の管理を含む。）
A08	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1 (2.5 及び 2.6)、添四別紙 1-1-41】 ・地震・津波以外のその他事象（ガラス固化体保管ピットの強制換気、大型航空機の衝突等により大規模な火災が発生した場合の消火活動等）への対応の整備 - 資機材等の確保及び管理の方法 - 手順書の整備及び訓練計画
A09	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：添四別紙 1-1-2～25】 ・事故対処の体制整備 - 現場対応班の体制整備（南東地区移動時） - 事故対処要員の招集体制及び招集手順 - 事故対処要員の力量の確保及び訓練計画
A10	事故 対処	HAW	【申請書：添四別紙 1-1-12】 ・予備貯槽（272V36）に遅延対策のための水を貯留することについての変更及び管理の方法。
A11	事故 対処	TVF	【申請書：添四別紙 1-1-23】 ・純水貯槽（G85V20）に遅延対策のための水を貯留することについての変更及び管理の方法。
A12	事故 対処	TVF	【申請書：添四別紙 1-1-36】 ・全電源喪失時に TVF の濃縮操作を停止する操作についての変更及び停止操作に用いる希积水（洗浄液調整槽または純水貯槽に確保）の管理の方法。
A13	事故 対処	HAW、TVF	【申請書：別冊 1-26】 ・事故対処設備の保管場所の整備のために、再処理施設保全区域の南側を変更。
S01	性能 維持 施設	—	【申請書：添六別紙 1】 ・新たに性能維持施設として追加した安全対策設備を施設の管理（定期事業者検査の項目等）に関わる規定に反映。

対象施設：その他施設も含む。漂流物防護柵、防火帯、事故対処設備は HAW・TVF 関連とする。

規定すべき事項における【】内の記載：申請書における記載該当場所を示す。

# TVFにおける固化処理状況について

令和3年8月19日

日本原子力研究開発機構(JAEA)



# 1. 運転までのスケジュールと実績

## - 概要 -

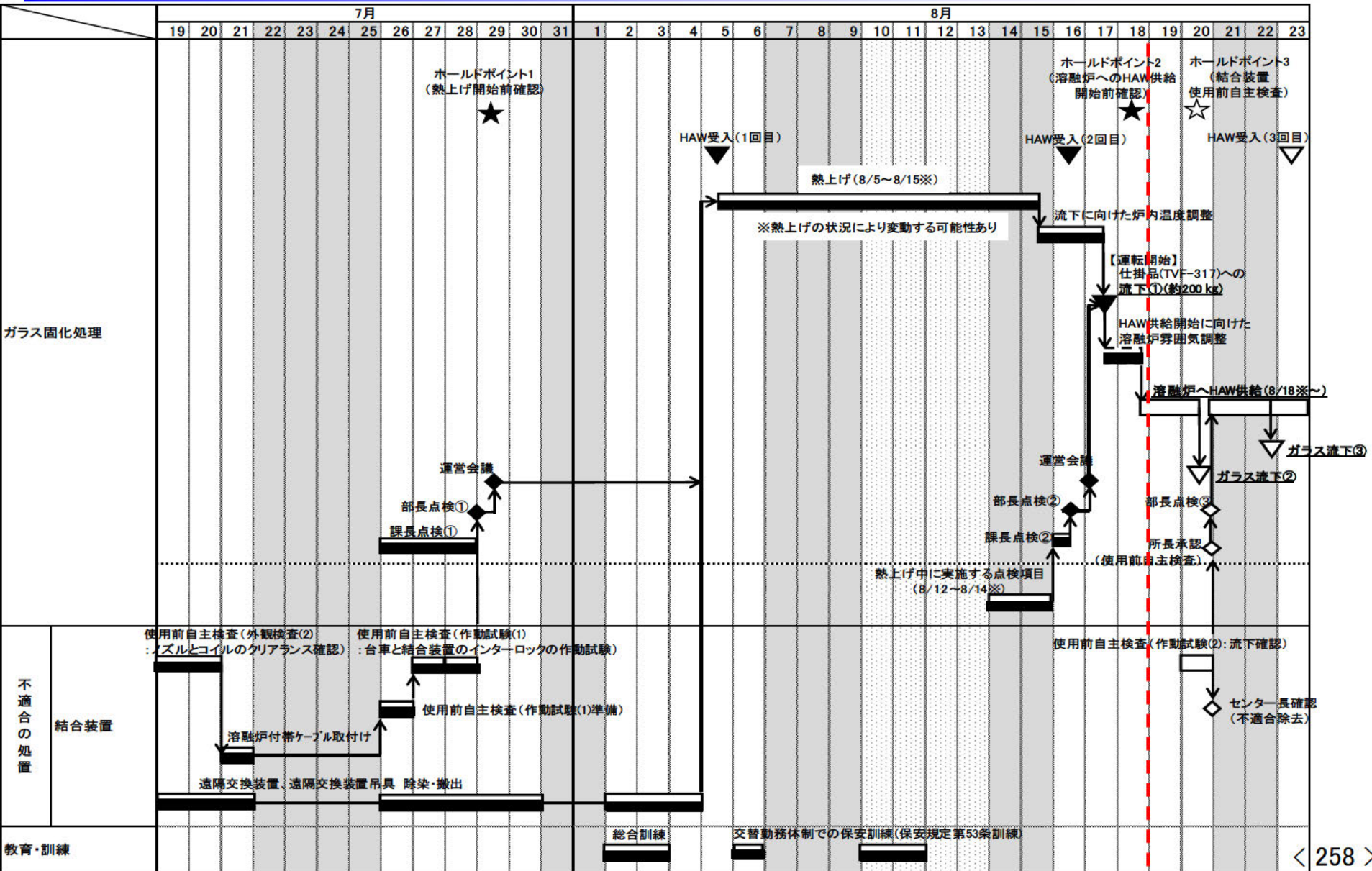
新結合装置と溶融炉の取合いフランジ部に生じた隙間からの空気の流入について、令和3年7月5日の再処理施設安全監視チーム会合で報告した通り、6月28日に新結合装置の取付再調整後の確認を行い、隙間がないこと、7月2日に交換前と同様の制御状況であることを確認したことから、熱上げに向け、以下の通り作業を進め、8月5日から熱上げを実施し、8月17日からガラス固化処理を開始した。

- 7月14日～16日にかけて、既設配管と新結合装置を取り合う遠隔継手（給電フィーダ側6本及び圧空配管側4本）を取付け、取り付け後の作動確認及び通水確認において、漏れのないことを確認した。
- 7月20日に、使用前自主検査（外観(2)：ノズルとコイルのクリアランス確認）を実施し、ノズルとコイルのクリアランスを確認したところ設計通りのクリアランス（設計10 mmに対し約9.7 mm）が確保できていることを確認した。
- 7月28日に、使用前自主検査（作動試験(1)：台車と結合装置のインターロック作動試験）を実施し、所定の負圧によりインターロックが作動することを確認した。これにより、熱上げ前までに計画していた点検及び検査は全て完了した。
- 8月5日に熱上げを開始し、熱上げ中に実施する作動確認（溶融炉オフガス配管の水洗浄、廃液供給配管の漏えい確認等）及び訓練（事故対処訓練）を8月15日までに完了した。その後、8月17日に前回製造途中（仕掛品）のガラス固化体の容器にガラス流下（運転開始）した。
- 8月18日にガラス溶融炉へガラス原料及び廃液の供給を開始し、8月20日のガラス流下（21-1CP：2本目）の際に使用前自主検査（作動試験(2)：流下確認）を実施する予定。



# 1. 運転までのスケジュールと実績

## - スケジュール -





# 1. 運転までのスケジュールと実績

## - ホールドポイント -

- 各ホールドポイントにおいて、ガラス固化部長等は保安規定第182条に基づき施設を点検し、異常のないことを確認する。
- ガラス固化部長は、各ホールドポイントでの確認結果を再処理廃止措置技術開発センター長、核燃料サイクル工学研究所長、役員へ報告する。

### ① ホールドポイント1: 溶融炉の熱上げ開始前確認

- ・施設の整備、作動確認、運転要領書の整備、教育・訓練、不適合除去が完了していること(熱上げ中に実施する作動確認、訓練を除く)。
- ・結合装置の使用前自主検査については、作動試験(1)(台車と結合装置のインターロック試験)迄の検査が終了していること。

### ② ホールドポイント2: 溶融炉へHAW供給開始前確認(運転開始)

- ・熱上げ中に実施する作動確認(溶融炉オフガス配管の水洗浄、廃液供給配管の漏えい確認)、訓練(事故対処訓練)が完了していること。

### ③ ホールドポイント3: 結合装置の使用前自主検査(作動試験(2))

- ・結合装置の使用前自主検査(作動試験(2):ガラス固化体1本分の流下の確認)が終了し、全ての使用前自主検査が完了したこと。
  - 核燃料サイクル工学研究所長の承認
- ・結合装置の全ての使用前自主検査の終了により、ガラス流下停止事象の不適合が除去できたことの再検証が完了したこと。
  - 再処理廃止措置技術開発センターの承認





運転操作訓練(各班毎に実施)

総合訓練の概要(8月3日)



受入槽等への直接給水(遅延対策①)(各班毎に実施)

事故対処訓練の概要(8月10日) < 260 >

【交替勤務(5班3交替:10名/班)で、各工程を24時間連続で運転】

・受入工程, 前処理工程

高放射性廃液を約1週間に1回の頻度で受入れ、分析結果に基づき組成、濃度を調整する。

・ガラス溶融工程

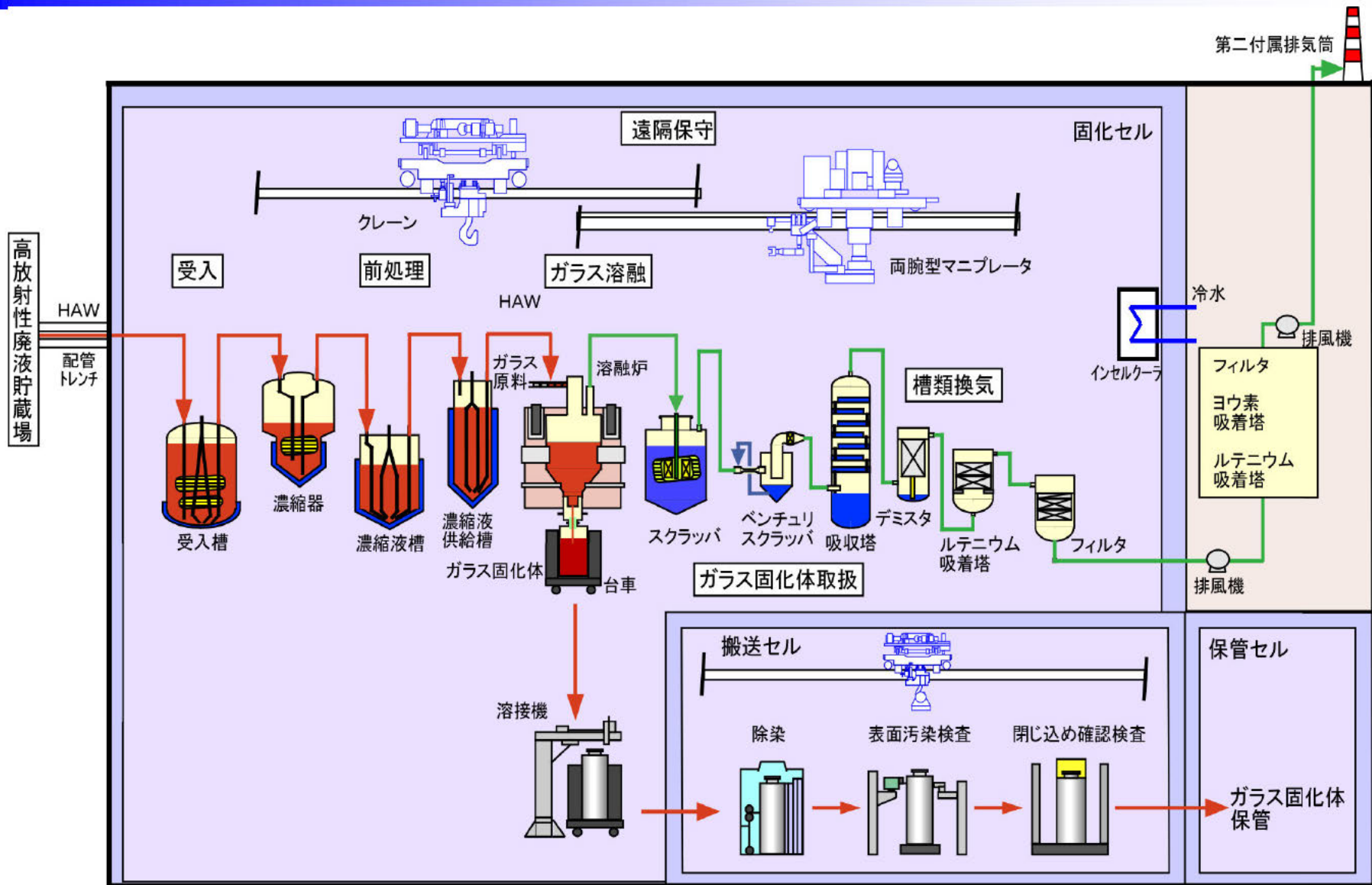
組成、濃度を調整した高放射性廃液及びガラス原料をガラス溶融炉に連続供給して約1100～1200度で溶融し、溶融したガラスを約2日に1回の頻度で、溶融炉下部に設置された流下ノズルよりガラス固化体容器に注入(約300 kgを約3時間で注入)する。

・ガラス固化体取扱工程

ガラスを注入したガラス固化体容器に蓋を溶接し、除染を行う。その後、ガラス固化体を搬送セルに移動して汚染検査等を行い、保管ピットに保管する(流下終了から保管まで約5日間)。

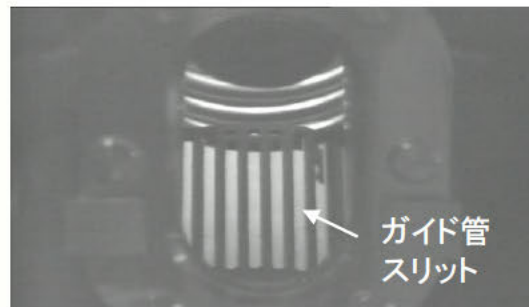
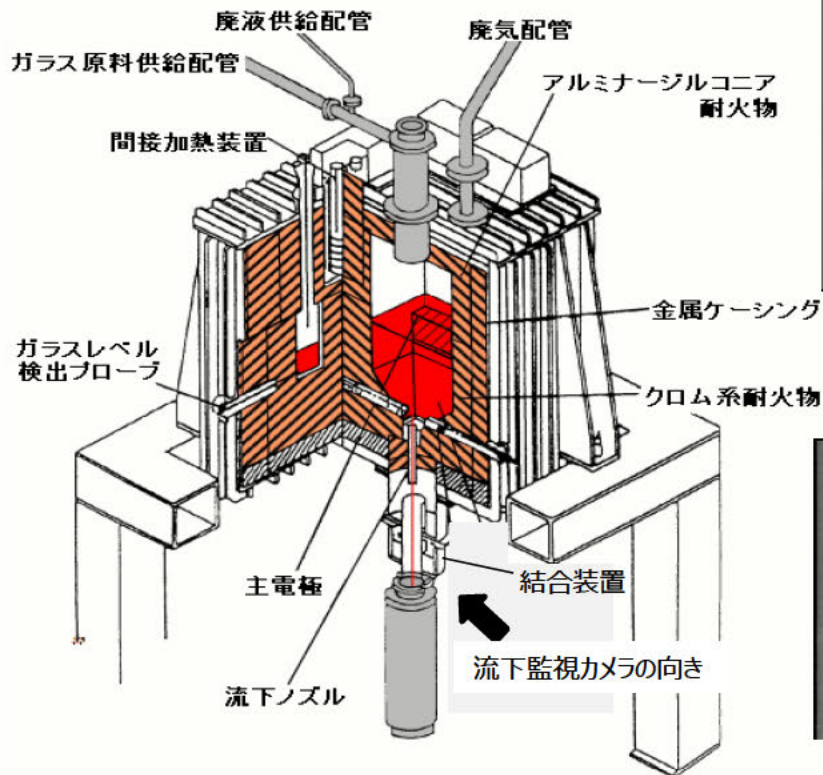
### 3. 固化処理の状況

#### - ガラス固化プロセスの概要(2/2) -

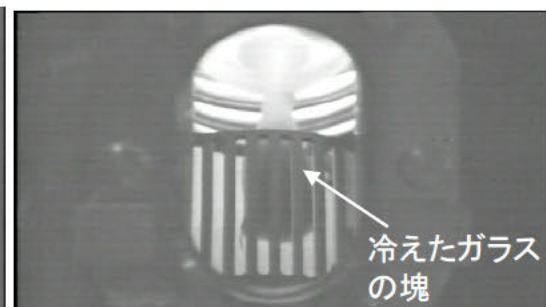


### 3. 固化処理の状況

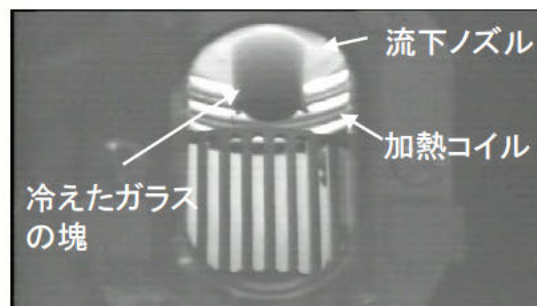
- ガラス流下の概要 -



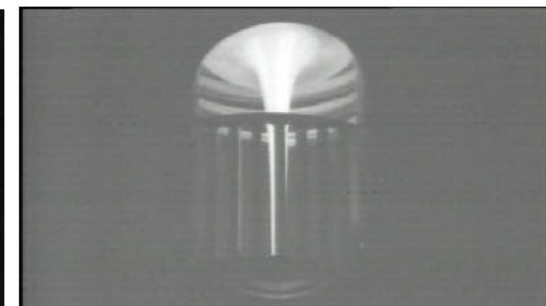
①流下開始前: 流下ノズル先端を冷えたガラスで栓をしている状況



③流下開始時: 流下ノズル先端が加熱されガラスが流れ出した状況



②流下開始前: 流下ノズル先端より冷えたガラスが抜き出されている状況



④流下中: 安定した流速でのガラス流下の状況

流下監視カメラによる流下の状況



結合装置  
-高周波加熱コイル-

ガイド管スリット

以降、参考。

- (1) 設計上想定した不具合事象への対策(インターロックリスト)、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)において発生した不具合事象の是正処置(要領書改訂、設備改造・更新等)を整理した。
- (2) 前回運転(19-1CP)で発生したガラス流下停止事象については、原因調査結果を踏まえ、加熱コイル径の拡大等の対策を講じた結合装置の製作・交換を行うとともに、予備品の手配や3号溶融炉への反映を進めている。
- (3) また、2004年(2号溶融炉の運転開始)以降の運転経験に基づく気がかり事象を抽出し、事象が発生した場合の復旧方法及び工程への影響を机上整理した。
- (4) さらに、結合装置の再調整等の事象を踏まえ、追加の不具合事象を抽出した。
- (5) 以上より、運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を整理した。
  - ・ 運転継続することにより起こる事象: 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など
  - ・ TVF特有の機器の不具合事象: 両腕型マニピレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など
  - ・ 運転準備段階での不具合事象: 結合装置の遠隔継手の取り付け不良
- (6) 運転終了後の保守作業(定期事業者検査等)に要する期間を踏まえ、運転(21-1CP)は遅くとも12月中旬頃に終了する(60本製造の計画※)。

※進捗状況に応じて本数が変更となる可能性がある。

(1) 遅延リスク評価

設計上想定した不具合事象(インターロックリストから抽出)約525件に加え、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)の不具合事象[26件]を反映

○上記の不具合発生時の予備品への交換や代替策を整理した。

抽出不具合事象: 約550件

(2) 19-1CP以降に発生した不具合事象の反映

- 不具合事象: 2件
- ・ガラス流下停止
- ・冷却塔コイルからの水漏れ

抽出不具合事象  
: 2件

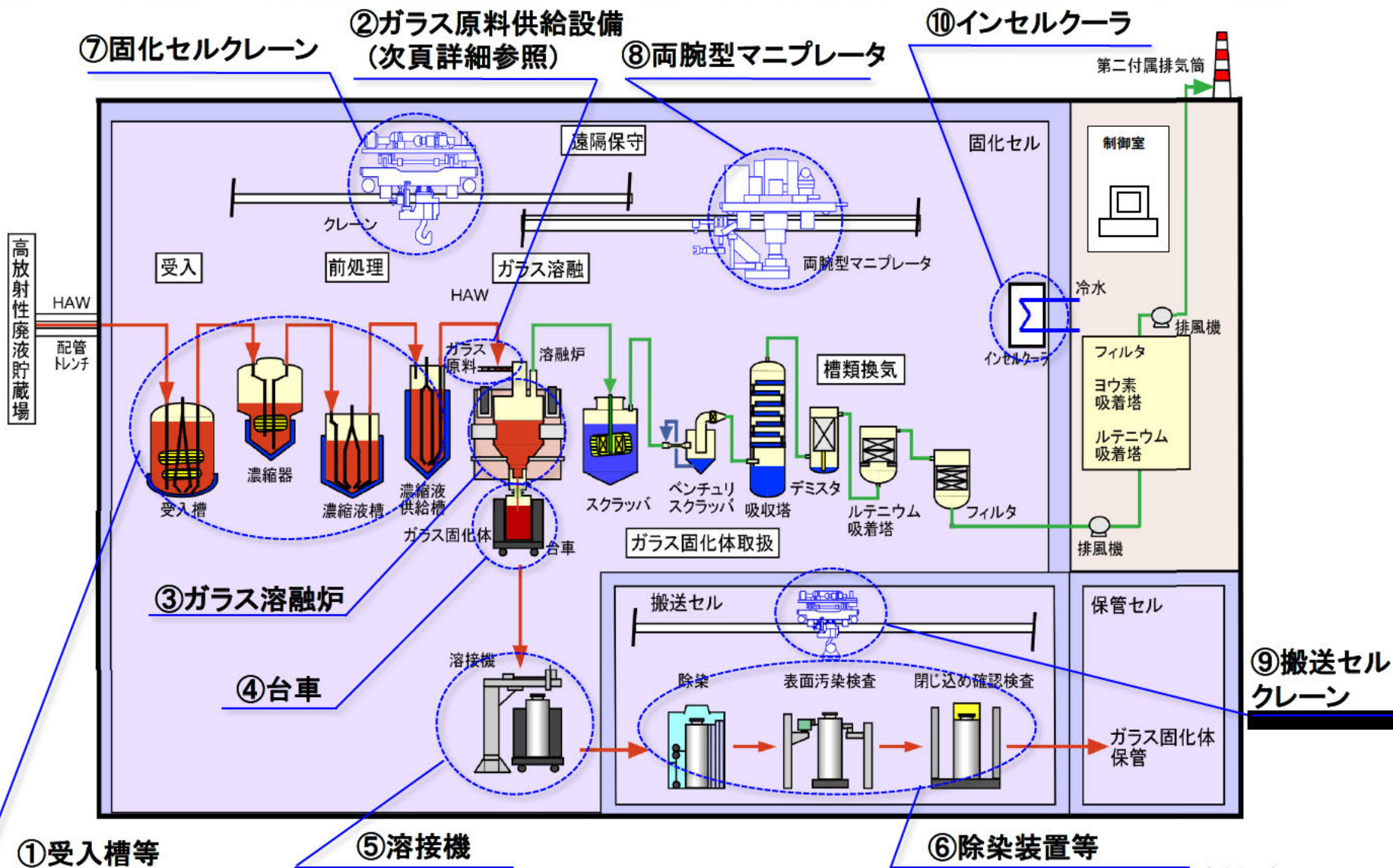
抽出不具合事象  
: 23件

(3) 机上整理(運転経験に基づく気がかり事象などを含む)  
不具合事象等: 23件

抽出不具合事象: 約570件

(4) 運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を示す。

- (a) 運転継続することにより起こる事象 : 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など(30件)
- (b) TVF特有の機器の不具合事象 : 両腕型マニプレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など(9件)
- (c) 運転準備段階での事象 : 結合装置の遠隔継手の取付不良(1件)

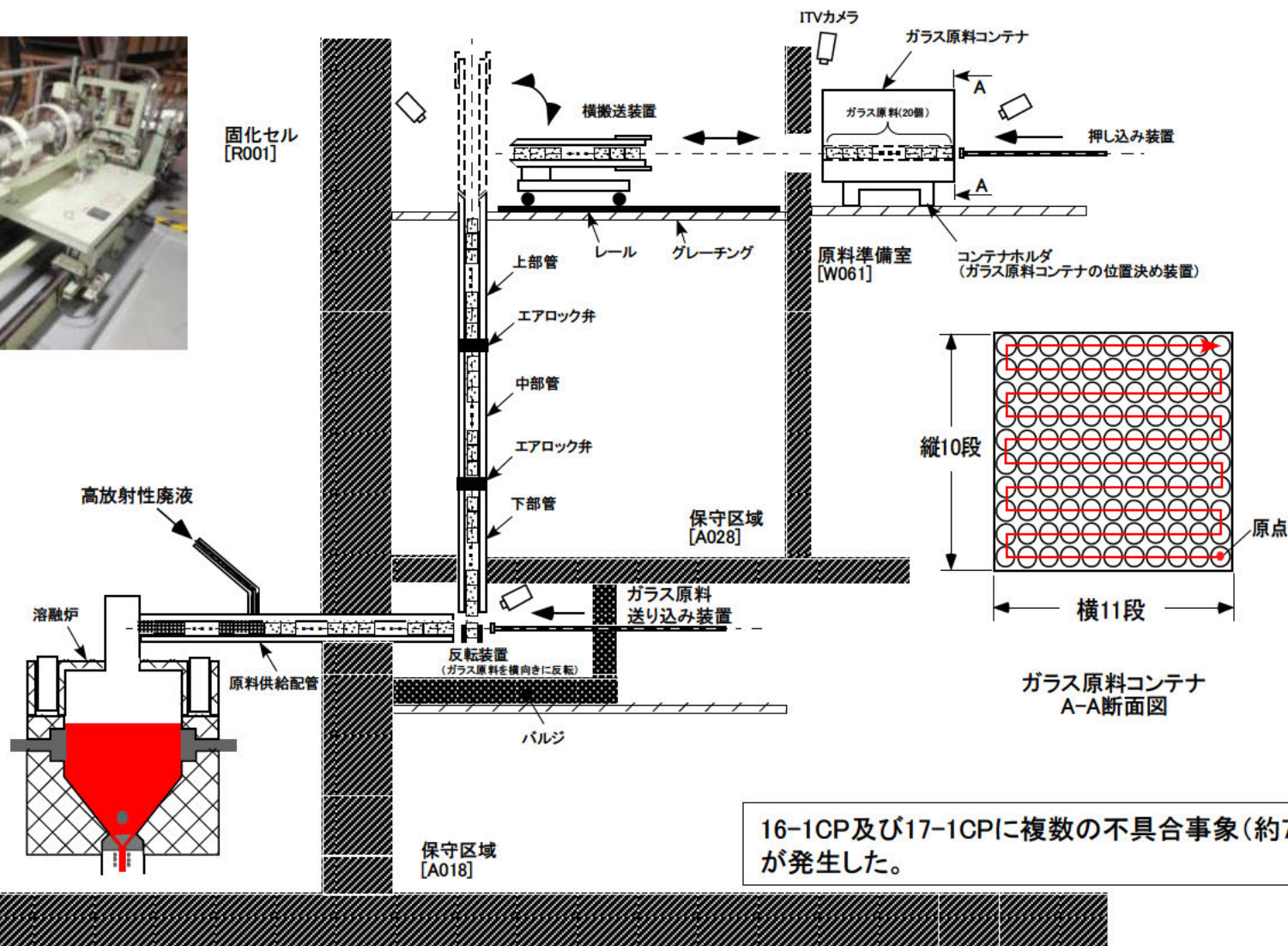


ガラス固化処理工程概要図





横搬送装置写真



ガラス原料供給装置概要図

○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	対策	復旧期間
①受入槽等	HAWのサンプリング不調 (a)	サンプリングニードルの閉塞	サンプリングニードルを予備品と交換する。	約1日
	パルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約1時間
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	析出物等による配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作を実施し、詰まりを除去する。	約2時間
②ガラス原料供給設備	ガラス原料横搬送装置の走行不良、倒立不良 (a)	横搬送装置の走行駆動用Vベルト、走行ローラーの劣化	Vベルト、走行ローラーを予備品と交換する。	約1日
	ガラス原料の送り込み荷重上昇 (a)	溶融炉へガラス原料及び廃液を供給する原料供給ノズルにおいて、ガラス粉塵の堆積等によるガラス原料送り込み抵抗の増加	ガラス原料送り込み荷重をモニタリングし、随時駆動部への注油する。	—
			ガラス原料及び廃液供給を一時停止し、原料供給ノズル内を水洗浄する。	約1時間
	ガラス原料コンテナ交換時のコンテナ蓋の開閉不良等 (a)	コンテナ蓋のガイドレールの歪みによるコンテナ蓋の開閉抵抗の増大等	コンテナ蓋のガイドレールの歪みを修正する。 または、歪みを生じたガラス原料コンテナを使用しない。	約1時間
	ガラス原料反転カップ起伏異常 (a)	欠けや割れたガラス原料が反転カップの駆動部への詰まり	反転カップ内の欠けや割れたガラス原料を取り除く。	約1時間
縦管下部原料検知異常 (a)	ガラス原料の引っかかりにより縦管中部から下部へ原料が落下しない	縦管のハンマリングにより、ガラス原料の引っかかりを解除する。	約1時間	

### ○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	溶融炉温度計の指示不良(a)	熱電対の断線	熱電対を予備品と交換する。	約1週間
			ガラス温度計(TI10.27)は、前回運転(17-1CP)後に予防保全の観点で交換した。	—
			その他予備品を保有していない熱電対等については、代替策(他の温度計による代替監視)により対応する。	—
	間接加熱装置の温度計指示不良(a)	熱電対の断線	1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち、2本とも断線した場合は運転を中断して、予備品と交換する。 なお、断線の原因となった熱電対の施工方法を見直した間接加熱装置の予備品を確保しており熱電対の断線の原因となった施工方法について、他の熱電対で同様の施工方法がないことも確認済み。	1か月
			1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち1本断線したとしても、他の熱電対で温度評価可能であり、運転を継続する。	—
	主電極冷却ユニットの作動不良(a)	電動機ユニットの故障	予備系の冷却ユニットに切替える。 また、電動機ユニットを予備品と交換する。	約5日
結合装置内圧上昇インターロック作動(流下ノズル加熱電源断)や流下時間の長期化(b)	結合装置の更新に伴う結合装置内圧力制御パラメータの調整が十分でない	結合装置の更新に伴い流下状況を確認しながら流下操作パラメータ(流下ノズル加熱電力、流下停止時の冷却エア流量、結合装置内圧力等)を調整しながら流下する。運転開始後の3本程度の流下までは、特に状況を注視しながら流下する。その後、運転状況に応じて随時調整する。	—	



# 想定される不具合事象

【参考資料】

## - 想定される不具合事象等の抽出(3/9) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	主電極間補正抵抗の低下(b)	白金族元素が主電極近傍まで堆積	<p>管理値である主電極間補正抵抗に加えて、補助電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間（堆積が進むと長期化）に着目し、約110本の固化体を製造した2007年までの運転実績と前回の運転（2019年7月）実績を比較した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主電極間補正抵抗：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。</li> <li>・補助電極間補正抵抗：2007年までの運転の約50バッチ目に相当する値まで低下している。</li> <li>・炉底低温運転への移行時間：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。</li> </ul> <p>以上から、補助電極間補正抵抗は、溶融炉の運転を停止し残留ガラス除去に移行する管理値ではないが、今回の運転本数や運転期間の見通しを得るため、以下の項目について傾向確認する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 補助電極間補正抵抗の低下傾向 （①のポイント）←運転開始後10バッチ程度</li> <li>2. 炉底低温運転への移行時間 （②のポイント）←①以降10～20バッチ程度</li> </ol>	—
			<p>主電極間補正抵抗が管理値に到達した場合は、溶融炉内のガラスをドレンアウトにより抜き出し、カレット洗浄を実施し、炉内残留ガラス除去作業後に運転を再開する。</p>	約半年
		<p>高放射性廃液の性状変化（酸化物濃度・Na濃度等）による原料供給速度やガラス温度の変動。</p>	<p>受入れた高放射性廃液のサンプリング、分析結果に応じて、濃縮器において濃縮、試薬を添加し、酸化物濃度、ナトリウム濃度を一定に調整する。</p>	—

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	漏電によるガラス流下自動停止(b)	流下ノズルと加熱コイルの接触	<p>結合装置据付後に、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認すること。通電確認試験により通電可能なことを運転開始前に実施することから、運転開始時には接触の可能性は無いと考えている。</p> <p>なお、運転中の接触による漏電発生については以下の対策を図り、早期の検知に努める。</p> <p>1. 加熱コイル給電系統にリークモータを設置して漏れ電流発生の有無を継続的にモニタリングする。</p>	—
		想定よりも大きな流下ノズルの偏心により流下ノズルと加熱コイルが接触。	<p>炉内ガラスを全量抜き出すことが必要な場合(ドレンアウト)、流下ノズルと加熱コイルが接触しても漏電が発生しないよう、高周波加熱給電系統に絶縁トランスを設置する。</p>	約半年
		流下ガラスの偏流により流下ガラスと加熱コイルが接触。	<p>予備品の材料手配に着手しており、流下ノズルと加熱コイルの位置を測定し、ノズル位置に応じた結合装置を製作して交換する。</p>	1年
	廃気冷却管の閉塞(a)	<p>オフガス中のホウ素やナトリウムの析出(ホウ酸や硝酸ナトリウム)により、配管に閉塞事象が生じ、排気流量が低下する。</p>	<p>加熱コイル周りにガラスが付着していないこと、流下経路に閉塞物がないことを確認し、再流下する。</p> <p>結合装置の更新に伴い流下状況を確認しながら流下操作パラメータを調整しながら流下する。運転開始後の3本程度の流下までは、特に状況を注視しながら流下する。</p>	10時間程度
④台車	台車の故障(b)	<p>リミットスイッチの経年劣化により、所定の位置で停止しないため、周辺機器との衝突、溶融炉とのインターロック等不成立により運転不可。</p>	<p>ガラス固化体台車を一式更新する。</p> <p>・機器の設計は終了している。既設との取り合い部について3次元計測を行い、その結果を機器を製作に反映する。</p>	約1～1.5年



# 想定される不具合事象

【参考資料】

## - 想定される不具合事象等の抽出(5/9) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧期間
⑤溶接機	XYスライダユニットの動作不良(b)	溶接電極を移動させるXYスライダユニットの故障	XYスライダユニットを予備品と交換する。	約1ヶ月
	仮付け溶接時の蓋の浮き上がり(a)	溶接電極と蓋の溶着	蓋の抑え等により、蓋の浮き上がりを修正し、再溶接する。	数時間
⑥除染装置等	除染装置内ホイスのガラス固化体吊具の動作不良(a)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化(摩耗等)	ガラス固化体吊具を予備品と交換する。	約3週間
	ガラス固化体閉じ込め検査での汚染検出(a)	ラドントロン等による閉じ込め検査装置のサンプリング配管内汚染(2系統あるため1系統で対応可能)	空運転(加熱)により、サンプリング配管内を除染する。	約1日
		ガラス固化体の汚染	セル内入室し、水洗浄等によりサンプリング配管内を除染する。	約3週間
⑦固化セルクレーン	絶縁抵抗の低下(a)	6月～9月頃、外気(温度、湿度)の影響により、固化セル内の湿度が上昇し、固化セルクレーン(G51M100、M101)の各駆動系(主巻、走行、横行等)の絶縁抵抗が低下する。	照明の点灯による雰囲気温度の上昇、動作による駆動系の温度上昇などにより、絶縁抵抗の回復を図る。	1～2日
⑧両腕型マニプレータ	制御信号系の異常(b)	両腕型マニプレータスレープアームの制御信号系に異常が生じスレープアームが動作しない。	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
	テレスコチューブ/スレープアームの動作不良(b)	駆動系、ポテンシオメータ、コネクタ部の劣化または接触不良	駆動系等を予備品と交換する。 < 273 >	約1週間



# 想定される不具合事象

【参考資料】

## - 想定される不具合事象等の抽出(6/9) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧期間
㊸搬送セルクレーン	ガラス固化体吊具の爪の開閉不可 (b)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化 (摩耗等)	予備品と交換する。 なお、動作回数により交換頻度を定めており、本CP内での動作不良の発生は低い。	約2週間
	停止位置異常 (a)	位置検出用リミットスイッチの作動不良	手動にて停止位置を確認しながら運転継続する。	約1時間
㊸インセルクーラ	ファンの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化 ※運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはない	ファンユニット (電動機+送風機) を予備品と交換する。	約2週間
㊸その他	M/Sマニプレータ伸縮動作不良(a)	固化セル内及び搬送セル内でのM/Sマニプレータのマスターアームまたはスレーブアームの動作不良  駆動用ワイヤの噛み込み等	マスターアームや駆動用ワイヤ等を予備品と交換する。	約1週間
	冷却塔散水ポンプの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化	ポンプ一式を予備品と交換する。	約1日
	2次廃液処理系移送ポンプの異常(a)	シャフトスリーブやベアリング等の摺動部品の摩耗による過負荷  (予備機に自動で切り替わるため、蒸発缶の運転には直接影響しない。)	分解して摩耗した部品を交換する。	約1ヶ月 (熔融炉の運転を停止し、分解整備可能な運転状態に移行するまでに約3週間を要する。)
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	水素希釈空気配管や計装導圧配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	約2時間  < 274 >



# 想定される不具合事象

【参考資料】

## - 想定される不具合事象等の抽出(7/9) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
⑩その他	バルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約5時間
	工程制御装置のプログラムエラー (a)	設備更新後、ドレンアウトの実証確認が取れておらず、ドレンアウトのプログラムに不具合が生じ、ドレンアウトができない。	ドレンアウト中はメーカを常駐することにより、不具合に対して速やかに対応できる体制を構築する。	数時間
	ITVカメラの不具合(a)	制御基板や撮像管等の劣化	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
		ケーブルの劣化	ケーブルを予備品と交換する。	約1週間
	結合装置の遠隔継手からの冷却水の漏えい	給電フィーダダクトにのぞき窓が設置されており、遠隔継手からの漏えいの有無を確認する。 遠隔継手からの漏えいの場合は、遠隔継手を予備品と交換する。	約1週間	
	固化セル内での水漏れ(b) ※固化セル内のドリフトレイに設置している仮設計器によりドリフトレイの液位変化をモニタリングしており、警報発報前に検知可能	中放射性廃液貯槽のサンプリングポットからの漏えい	定期的にサンプリングポットへ廃液を循環させ、閉塞状況の確認を行っている。閉塞傾向が認められた場合は、純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	数時間
	インセルクーラ、溶接機等固化セル内機器の冷却水配管からの漏えい	固化セル内ITVカメラで漏えい箇所を確認し、予備品等へ交換する。 インセルクーラは運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはないことから当該漏えいした系統の隔離処置(閉)を行う。	約1週間	



設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
⑩その他	冷水設備ポンプ停止(a)	冷凍機制御系のリレー、電磁接触器等の接触不良	リレー等を予備品と交換する。 なお、過去の不適合の是正処置として定期的（1年・5年・10年周期）に制御系のリレーを交換している。	約1日
	圧空作動弁の動作不良 (a)	リミットスイッチの作動不良	予備品と交換する	約5時間
	ユーティリティ系配管からの水漏れ（蒸気漏れ含む）(a)	腐食等によるピンホールからの水漏れ	補修治具（金属パテ、クランプ等）などにより水漏れ箇所の止水処置を施す。	数時間
	建家及びセル換気系送排風機、冷却水ポンプ等の故障(a)	ベアリング等の摺動部品の摩耗による過負荷 (予備機に自動で切り替わるため、運転には直接影響しない。)	予備品（電動機含む）と交換する。	約1日
	工程監視盤演算器の故障(a)	不足停電時、ヒューズ切れやボタン電池切れによる交換時の静電気の発生	演算器を予備品に交換する	数時間



# 想定される不具合事象

【参考資料】

## - 想定される不具合事象等の抽出(9/9) -

### ○運転準備段階で想定される不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
ガラス溶融炉	結合装置の取り付け不良(c)	既設配管との新規配管接合部(ジャンパー管)の取り付け誤差。	既設結合装置の製作時の位置情報を反映した治具に合わせて製作管理し、既設ジャンパー管を用いる。	—
			既設のジャンパー管が取付かない(冷却水の漏れが発生する場合を含む)場合は、現在保有している予備のジャンパー管を位置調整して取付ける。	約1週間
			上記の対応でも取りつかない場合は、既設配管との取り合いを3次元計測して、計測結果を反映した新規ジャンパー管を製作し交換する。	約3ヶ月
		既設との取り合い部や絶縁材貫通部の隙間等からのインリーク量が増加する(結合装置内圧上昇)。	流下操作パラメータ(流下ノズル加熱電力、流下停止時の冷却エア-流量、結合装置内圧力等)を調整する。	—

### ○その他設備機器の不具合以外の事象

事象	想定される要因	対策	復旧期間
運転員の新型コロナウイルス感染	運転員(5班3交替、1班10名体制)のコロナ感染により、運転体制を維持できず運転中断	機構の新型コロナウイルス感染症に関する対応ガイドラインに従って感染防止に努める。 運転員と日勤との接触を回避するため、休憩室、食事等の場所を分ける。 また、運転員(全員)は腕章を着用し、認識強化と日勤との識別を図る。	—
		10名/班(班長1名含む)を維持するため、出勤見合わせとなった運転員を日勤の代直要員(各担当約2名、全体で約20名)により補い、運転体制(5班3交替)を維持する。	—
		日勤の代直要員により運転体制(5班3交替)を維持できない場合は、出勤見合わせとなった運転員が、班長または各工程の代直員数を上回った場合は、4班3交替により運転が継続できるかどうか検討する。 なお、4班3交替は、労務管理上短期間(約1か月間以内)の対応となる。	—
		日勤の代直により運転体制(4班3交替)を維持できない場合一旦運転を中断する。	約2週間 < 277 >

### 【炉底低温運転について (1/2)】

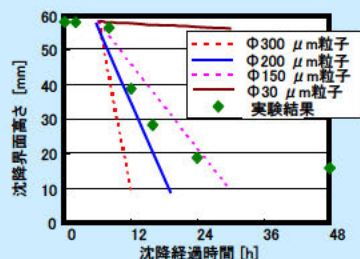
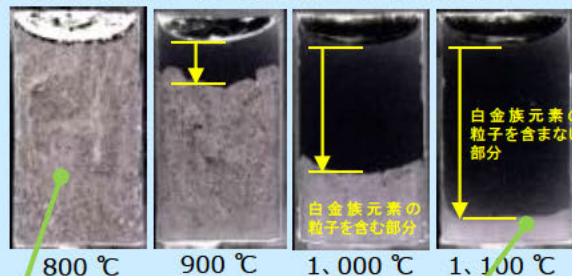
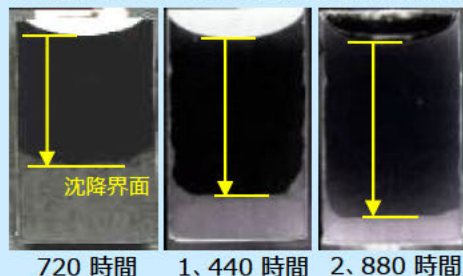
#### 白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- ① ホウケイ酸ガラスに対して溶けにくく、密度が高い ( $\text{RuO}_2$ :  $7 \text{ g/cm}^3$ 、ガラス: $2.5 \sim \text{g/cm}^3$ )  
⇒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

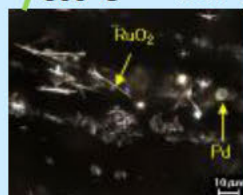
#### 模擬ガラス中の白金族元素の観察

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粒子は沈降しやすい



炉底部に沈降する白金族粒子サイズは  
150~200 μmと推定



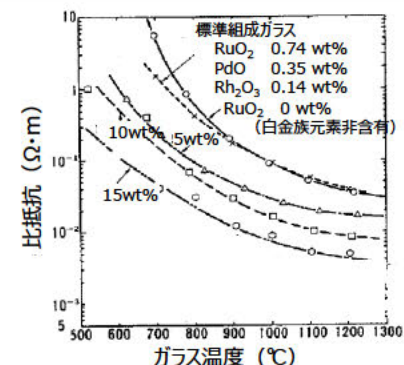
●「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。



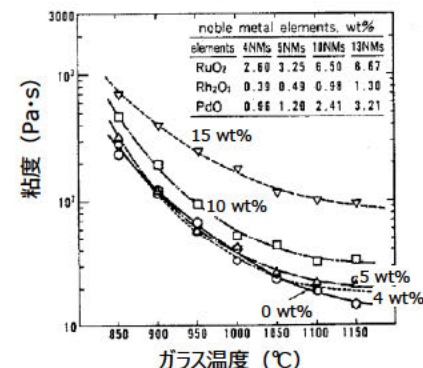
●底部の「堆積ガラス」は、 $\text{RuO}_2$ の針状粒子が絡みあっている。

#### 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

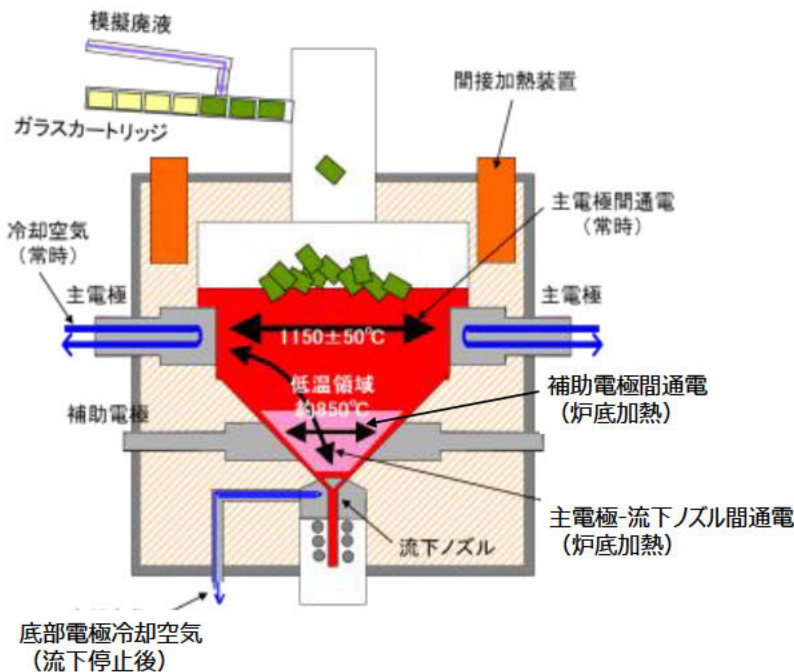


#### ② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 ( $\text{RuO}_2$ の依存性)

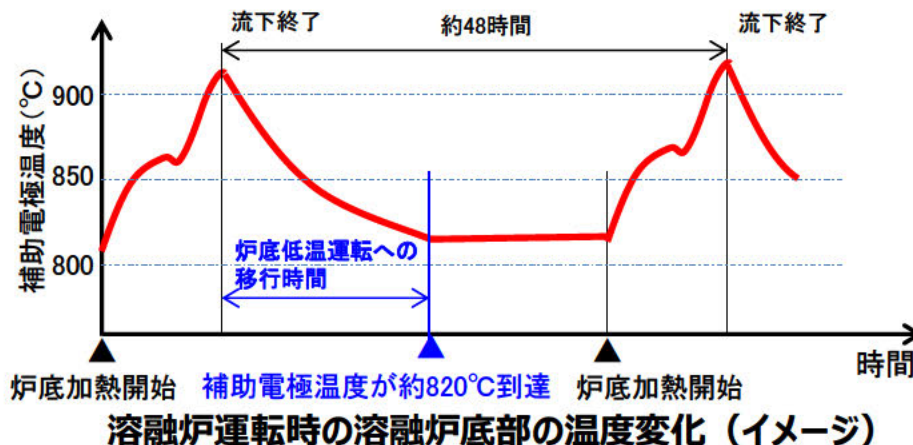


#### ③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性

### 【炉底低温運転について (2/2)】



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



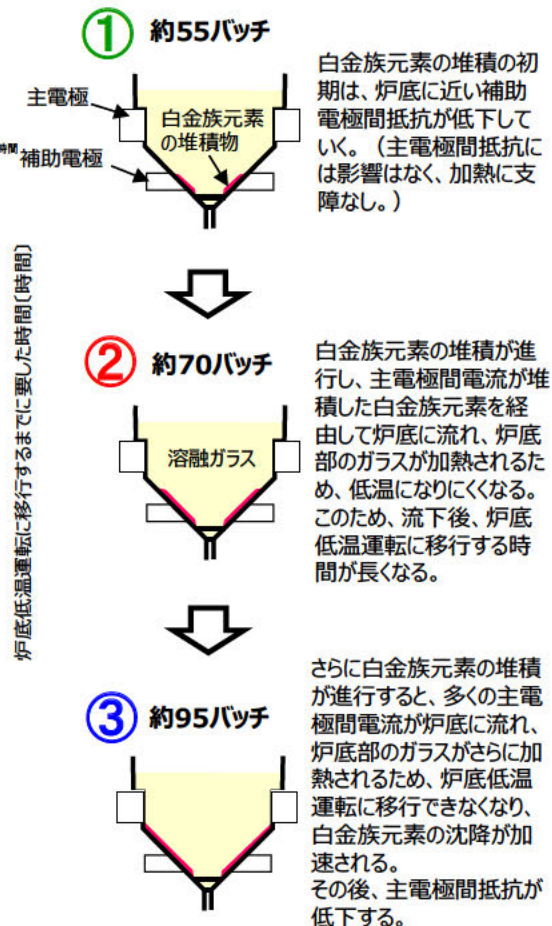
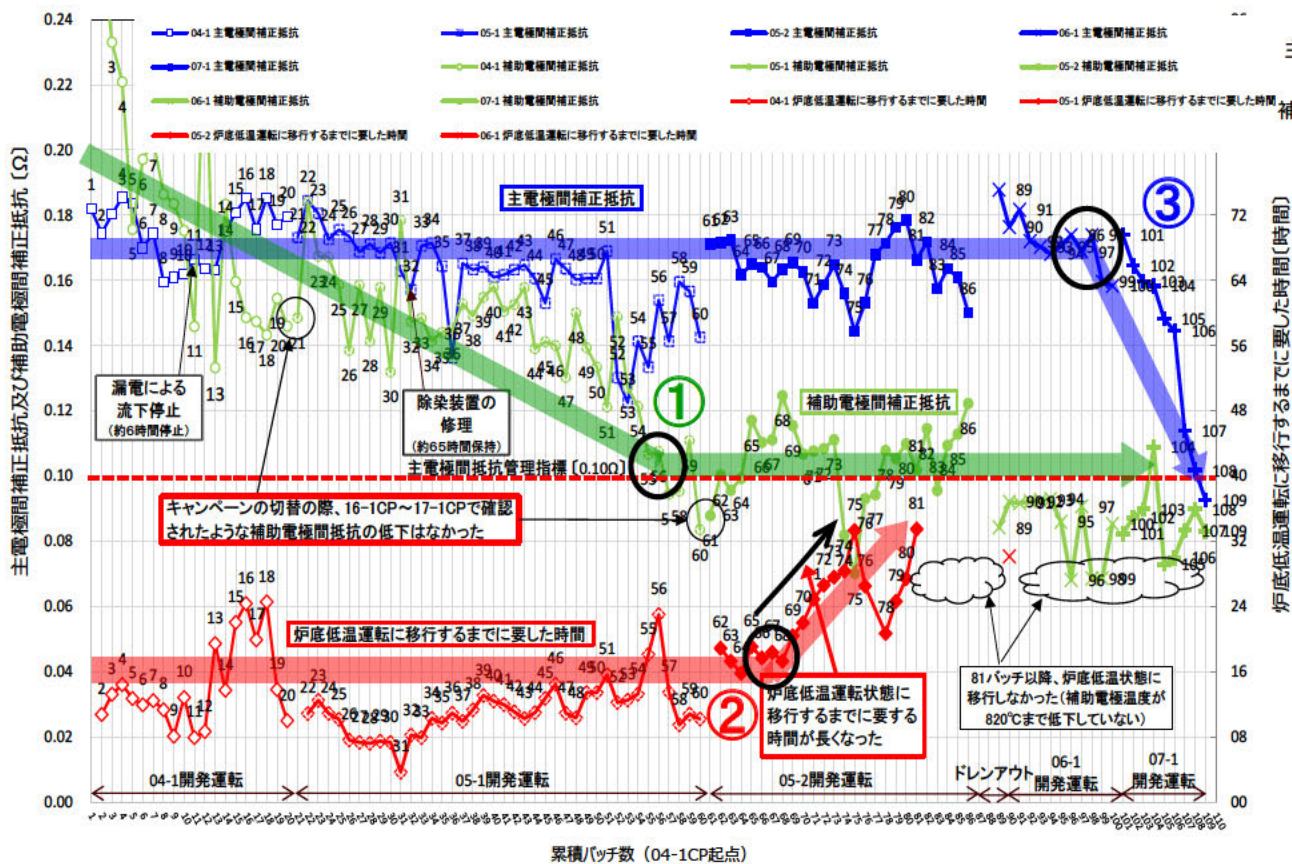
### 運転管理及び操作

- 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。

### 【電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間の推移（2007年までの運転実績）】

TVF溶融炉は運転継続に伴い、白金族元素が徐々に炉底部に堆積する。  
白金族元素堆積に係る運転パラメータは、ガラス固化体製造に伴い以下のように推移。

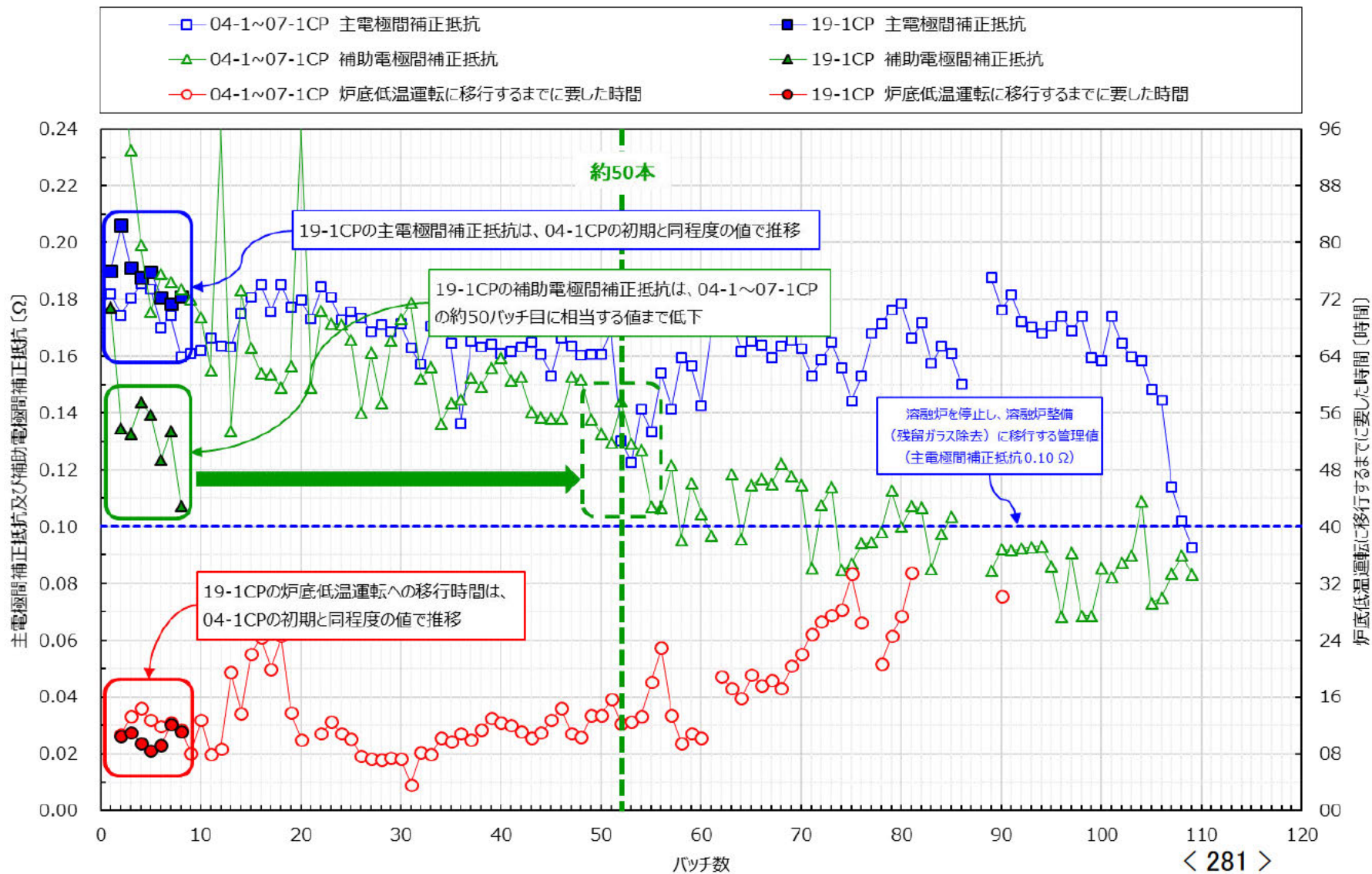
#### ➤ TVF2号溶融炉における2007年までの実績(炉内整備まで：ガラス固化体110本製造)



主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転\*1に移行するまでに要した時間の推移

\*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング

## 【2007年までの運転 (04-1~07-1CP) と前回運転 (19-1CP) の運転データの比較】



東海再処理施設の安全対策に係る面談スケジュール(案)

令和3年8月19日  
再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (下線: 次回変更審査案件)		令和3年									
		7月					8月				9月
		~2日	~9日	~16日	~23日	~30日	~6日	~13日	~20日	~27日	~3日
<b>廃止措置計画変更認可申請に係る事項</b>											
安全対策	津波による 損傷の防止	○TVF浸水防止扉の耐震補強 設計及び工事の計画					▼29			▽19	◇24
	事故対処	○事故対処設備の 保管場所の整備 (アクセスルートの検討)				▼20		▼5▼6		▽19	◇24
		○PCDF斜面補強 設計及び工事の計画 (機電設備)						▼5		▽19	◇24
	内部火災	○代替措置の有効性		◆5				▼29		▽19 ▽20	◇24
		○HAW内部火災対策工事 設計及び工事の計画						▼29		▽19	◇24
		○TVF内部火災対策工事 設計及び工事の計画								▽19	◇24
溢水	○HAW溢水対策工事 設計及び工事の計画								▽19	◇24	
	○TVF溢水対策工事 設計及び工事の計画								▽19	◇24	
その他 /工事進捗			▼8	▼20	▼29	▼6			▽19	◇24	
LWTFの計画変更 セメント固化設備及び 硝酸根分解設備の設置	○実証プラント規模試験の実施と 硝酸根分解技術の再評価 ○セメント固化設備の技術的成立 性について(4/20面談資料の改 訂) ○実証規模プラント試験の計画に ついて	▼29	◆5								▽2
	○LWTFにおける外部事象に関する 評価について										
工程洗浄		▼29	◆5					▼5			▽2
その他	○TVF保管能力増強に係る 一部補正 ○その他の設工認・報告事項							▼5			
<b>廃止措置の状況</b>											
ガラス固化処理の進捗状況		▼29	◆5 ▼8 ▼13				▼29			▽19	◇24

▽:面談 ◇:監視チーム会合