

## 東海第二発電所

# ブローアウトパネル閉止装置追加加振試験

平成30年7月31日

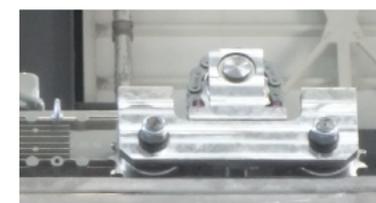
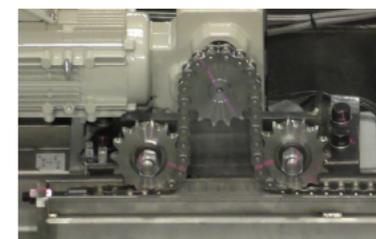
日本原子力発電株式会社

## 【目的】

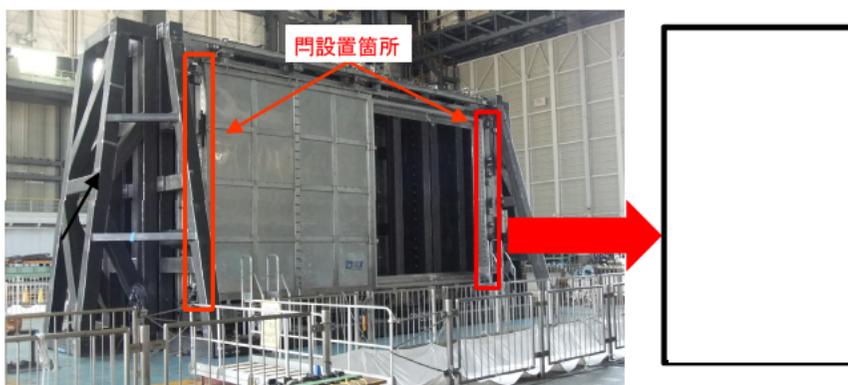
- ◆ブローアウトパネル閉止装置(以下、「閉止装置」という。)に要求される機能を確認するため、実施した実機規模の試験体を用いた加振試験において、チェーン破損及び扉閉止状態の加振後の再閉止不可の不具合が発生した。
- ◆このため、対策済みの試験体を用いた追加加振試験を行い、対策の妥当性を確認することとした。

## 【不具合対策一覧】

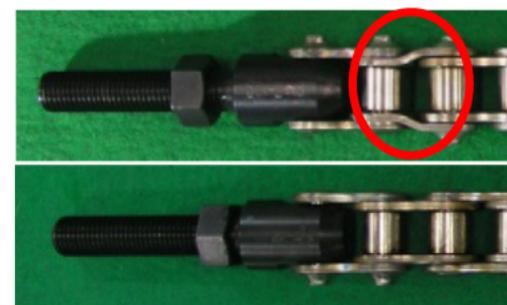
不具合	対策方針	具体的な対策
チェーン破損	加振時の荷重(変位)を低減	・門の追設(第1図参照)
	加振時の荷重に耐える対策	・チェーン材質をステンレスから炭素鋼に変更 ・モータ軸及びsprocketの支持を両受に変更 ・チェーンのオフセットリンク構造の取止め
	チェーン部の荷重低減	・チェーンのリンク数を増加
扉閉止状態の加振後の再閉止不可	扉が閉止状態時に移動(開放)しない対策	・門の設置



第2図 スプロケットの支持変更  
(上:変更前,下:変更後)



第1図 門設置箇所及び門部拡大



第3図 オフセットリンク  
構造の取止め  
(上:変更前,下:変更後)

## 【試験結果(概要)】

◆ 門の動作及びチェーンに破損等の異常は確認されず、不具合対策の妥当性を確認した。

区分	No	試験項目	目的/試験内容	門有無	7/24 (火)	7/25 (水)	7/26 (木)	7/31 (火)
事前確認	1	センサ確認	加速度センサの動作確認	—	完了			
	2	振動特性試験	ランダム波による門状態での振動特性(固有値)確認	有	完了			
要素試験 (門単体)	3	加振試験1.0Ss(扉開) ・門作動確認	加振後の門動作確認	有	良好			
気密性能確認 (加振無)	4	気密性能試験	気密性能確認(門間隙を考慮し扉位置を変えて実施)	有		良好		
加振試験 (予備試験)	5	加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→扉閉操作(門含む) →気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での扉開閉確認(門含む)	有			良好	
	6	加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での開閉操作(門含む)	有		良好	本日の試験内容	
加振試験 (本試験)	7	加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→扉閉操作(門含む) →気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での扉開閉確認(門含む)*	有				
	8	加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での開閉操作(門含む)	有				
その他 確認試験	参考	加振試験1.0Ss(扉開) ・扉開閉試験	強度を増加させたチェーンでの加振試験	無			良好	

\*電動による扉、門の動作確認の結果、電流値、開閉時間に有意な差がない場合には省略

# 追加試験結果(固有振動数)

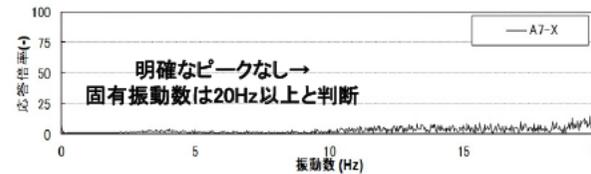
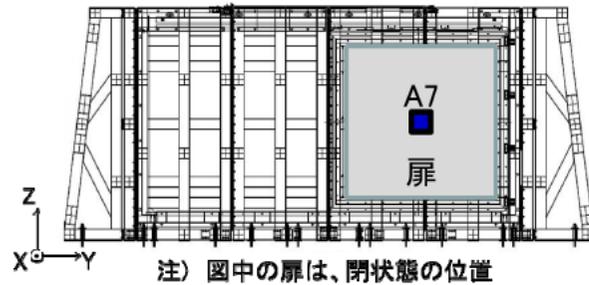


## 【閉止装置の固有振動数測定】

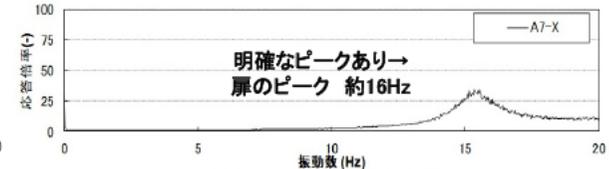
- ◆ ブローアウトパネル閉止装置の固有振動数を確認するため、扉が開状態と閉状態時に、各方向(X,Y,Z方向)単独で、0.1Hz～30Hz程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波(加振レベル2.0m/s<sup>2</sup>程度)で加振し、閉止装置の固有振動数を確認する。

## 【測定結果】

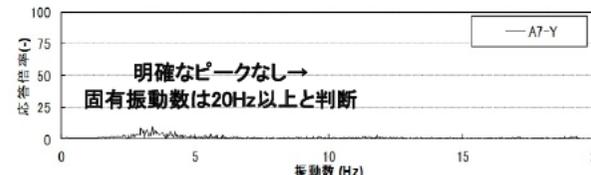
- ◆ 扉開状態では、X方向、Y方向、Z方向ともに明確な振動数ピークは確認されず、扉の固有振動数は20Hz以上と評価した。
- ◆ 扉閉状態では、X方向(面外方向)にのみピークが確認され、閉状態面外方向の固有振動数は、前回加振時と同様に約16Hz(約0.0625秒)と評価した。



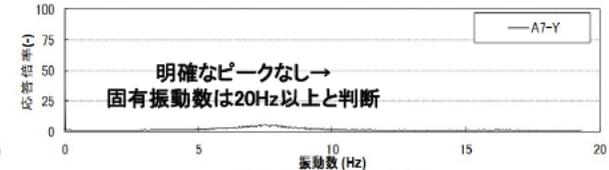
(1)X方向加振時のX方向応答



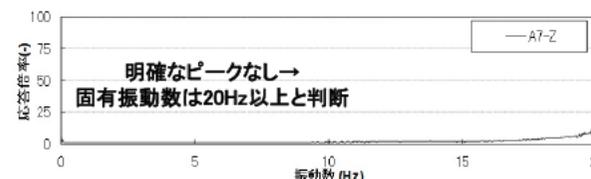
(1)X方向加振時のX方向応答



(2)Y方向加振時のY方向応答

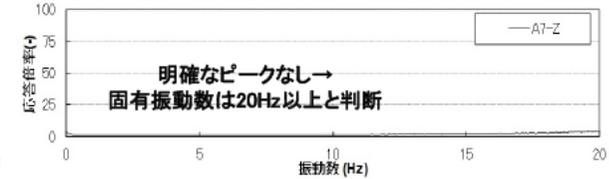


(2)Y方向加振時のY方向応答



(3)Z方向加振時のZ方向応答

ランダム波に対する扉の応答(扉:開)



(3)Z方向加振時のZ方向応答

ランダム波に対する扉の応答(扉:閉)

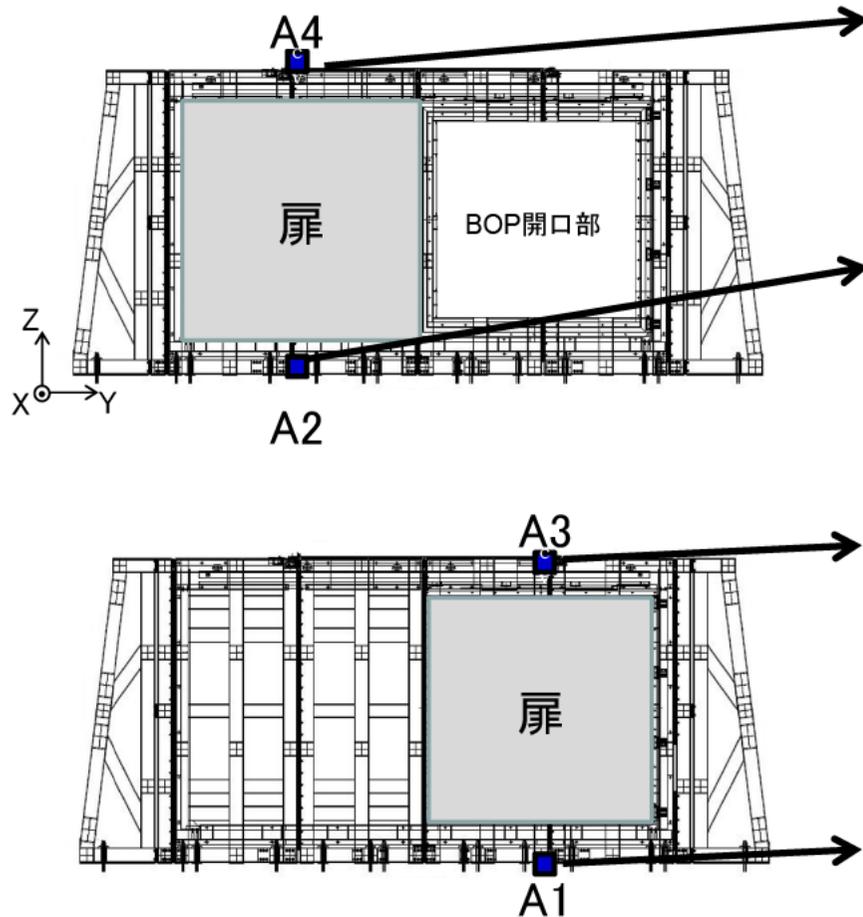
扉状態 (加振時)	試験日	固有振動数
開	7/24	・面外方向:20Hz以上 ・面内方向:20Hz以上 ・鉛直方向:20Hz以上
閉		・面外方向:約16Hz ・面内方向:20Hz以上 ・鉛直方向:20Hz以上

# 追加試験結果(加振レベル1.0Ssの加速度結果)



## 【加振試験時の加速度の妥当性】

- ◆ 閉止装置の上部及び下部の最大加速度は、Ss包絡条件を超えており、必要な加振がされていることを確認した。  
(扉上部:第1表, 第3表 扉下部:第2表, 第4表)



第1表 扉「開」上部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A4(扉上部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8m/s^2$ )	
X	1.66 <	3.72	○
Y		3.12	○
Z	1.21 <	2.39	○

第2表 扉「開」下部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8m/s^2$ )	
X	1.34 <	1.46	○
Y		1.52	○
Z	1.09 <	1.70	○

第3表 扉「閉」上部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A3(扉上部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8m/s^2$ )	
X	1.66 <	3.32	○
Y		2.66	○
Z	1.21 <	2.27	○

第4表 扉「閉」下部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A1(扉下部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8m/s^2$ )	
X	1.34 <	1.39	○
Y		1.59	○
Z	1.09 <	1.67	○

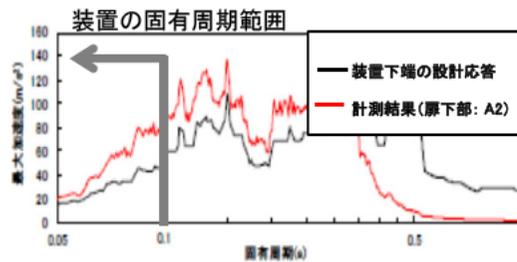
扉開閉時の最大加速度の比較(7月25日(閉状態)及び26日(開状態)1.0Ss加振時)

# 追加試験結果(「開」加振レベル1.0Ssの応答スペクトル結果)

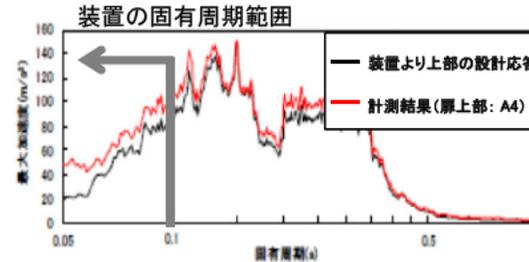


## 【扉開 加振時の応答スペクトル】

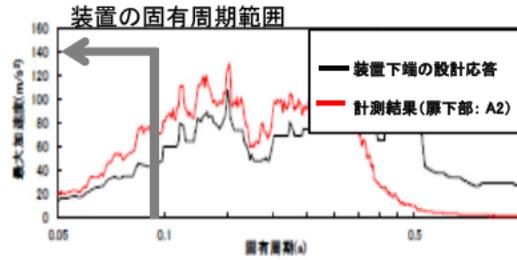
- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認



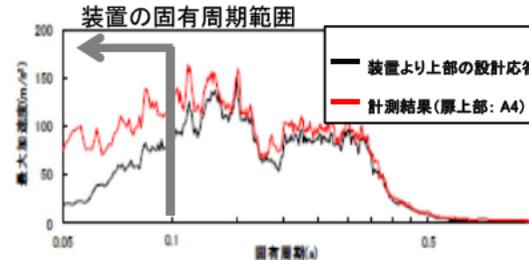
(a) 応答スペクトル(X方向)



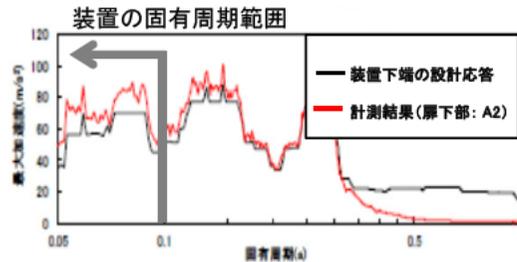
(a) 応答スペクトル(X方向)



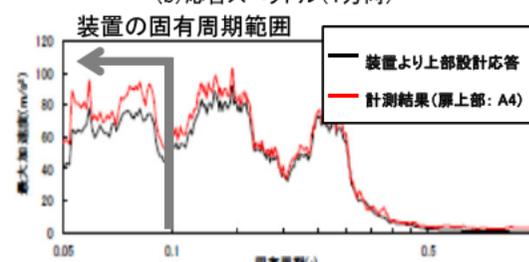
(b) 応答スペクトル(Y方向)



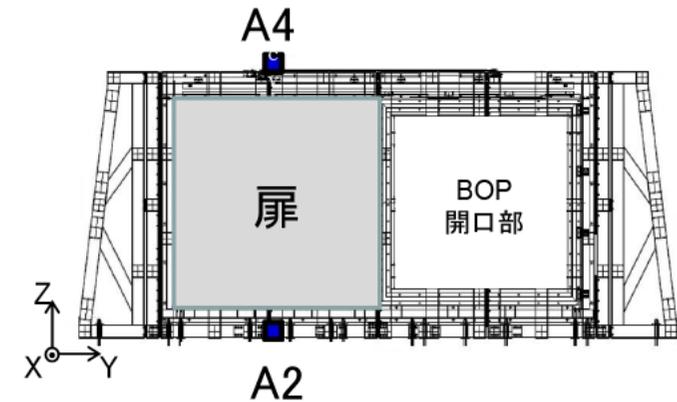
(b) 応答スペクトル(Y方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)



応答スペクトルによる判定結果

方向	装置下端での判定結果 <sup>注1</sup>	装置上端での判定結果 <sup>注2</sup>
X	○	○
Y	○	○
Z	○	○

注1) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置下端での設計応答スペクトルを上回ることを確認

注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認

第1図 扉の下部(計測位置:A2)

第2図 扉の上部(計測位置:A4)

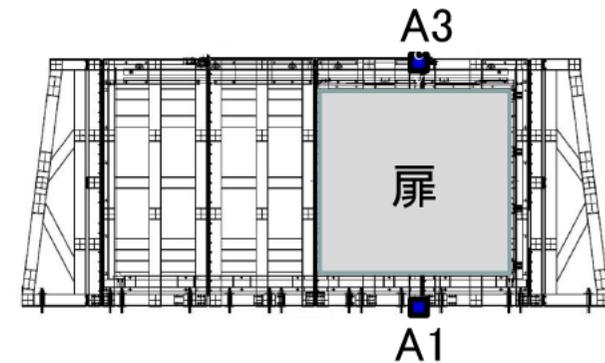
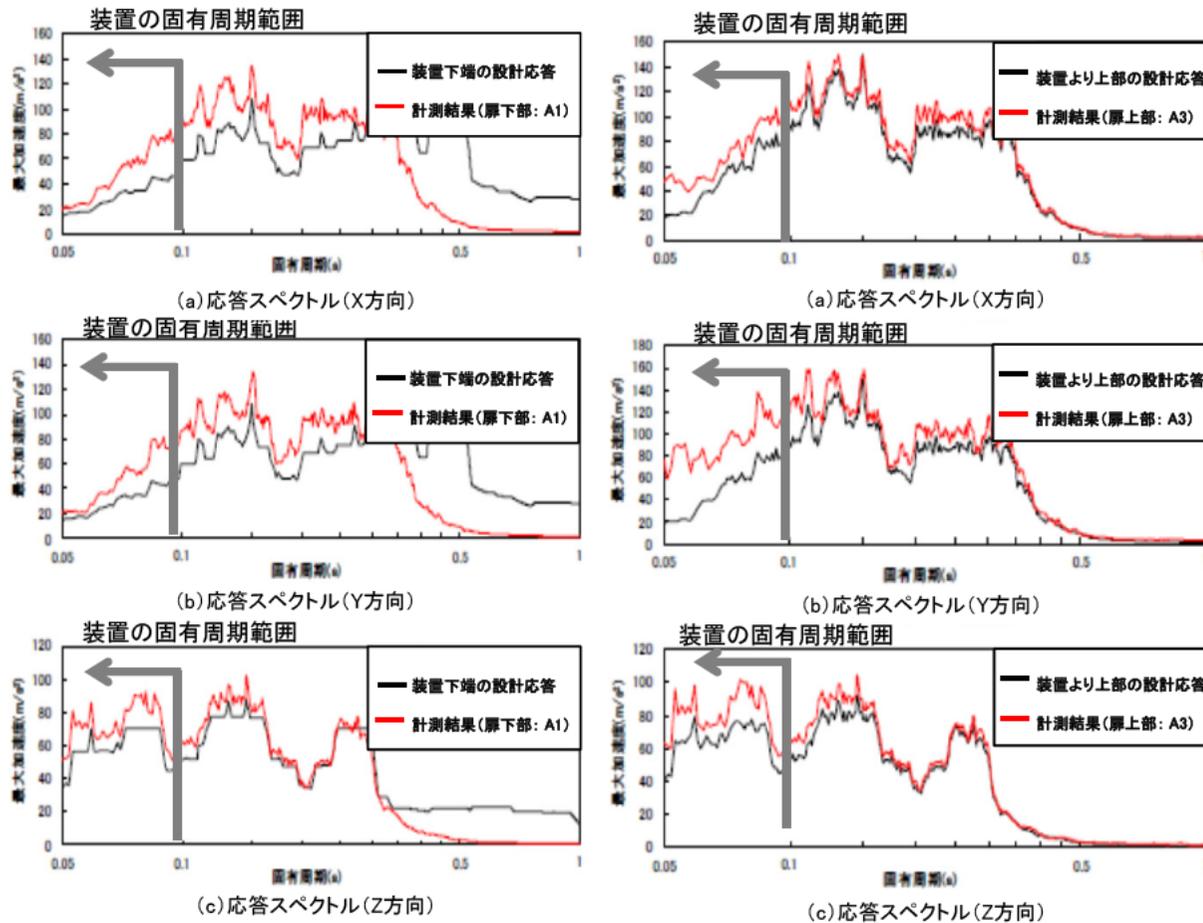
扉開時の応答スペクトルの比較(1.0Ss加振試験結果とSs包絡条件(減衰定数1.0%)を比較)

# 追加試験結果(「閉」加振レベル1.0Ssの応答スペクトル結果)



## 【扉閉 加振時の応答スペクトル】

- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認



## 応答スペクトルによる判定結果

方向	装置下端での判定結果 <sup>注1</sup>	装置上端での判定結果 <sup>注2</sup>
X	○	○
Y	○	○
Z	○	○

注1) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置下端での設計応答スペクトルを上回ることを確認

注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認

第1図 扉の下部(計測位置:A1)

第2図 扉の上部(計測位置:A3)

扉閉時の応答スペクトルの比較(1.0Ss加振試験結果とSs包絡条件(減衰定数1.0%)を比較)

## 追加試験結果(加振レベル1.0Ss後の目視及び気密性能)



### 【加振試験結果の詳細】

◆ 門を設置した結果、チェーン破損はなく、扉開放等の不具合は認められなかった。

試験No.	試験条件	外観目視点検結果			
		チェーン	扉開閉止	門	その他部位
5	1.0Ss／扉開	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし
6	1.0Ss／扉閉	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし
7	1.0Ss／扉開				
8	1.0Ss／扉閉				

擦れ跡有



加振後の門ピン

### 【気密性能試験結果】

◆ 今回新しいパッキンに取替えを行い、気密性能を確認した結果、前回と同程度の気密性能を確保していることを確認した。

◆ 加振試験後においても、気密性が確保でき、原子炉建屋気密性能も確保できることを確認した。

試験No.	試験条件	通気量[m <sup>3</sup> /h・m <sup>2</sup> ] (63Pa時)	備考	【参考】前回試験 通気量[m <sup>3</sup> /h・m <sup>2</sup> ]
4	初期状態	0.28 0.28 0.32	・門穴の間隙による扉移動(最大±5mm)を考慮して試験実施 ・数値は上から扉停止位置、閉側に5mm移動させた位置、開側に8mm(設計最大量+3mm)移動させた位置での試験結果	0.25 — —
5	1.0Ss／扉開	0.28	加振後に扉を閉止し試験	0.25
6	1.0Ss／扉閉	0.32	扉閉状態での加振後の状態で試験	—
7	1.0Ss／扉開		加振後に扉を閉止し試験	0.26
8	1.0Ss／扉閉		扉閉状態での加振後の状態で試験	0.26

<原子炉建屋としての負圧達成について>

・既設建屋の推定量は約1,710m<sup>3</sup>/h@63Pa、閉止装置10個の合計面積は約213m<sup>2</sup>

・試験結果より閉止装置適用時の原子炉建屋推定漏えい量: 1710m<sup>3</sup>/h+213m<sup>2</sup>×0.32m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>=1779m<sup>3</sup>/h

⇒非常用ガス処理系定格容量は3570m<sup>3</sup>/hであり、推定漏えい量1779m<sup>3</sup>/hを上回るため、非常用ガス処理系にて63Pa以上の負圧達成可能

## 追加試験結果(加振レベル1.0Ss後の扉及び門作動)



### 【扉及び門作動試験(電動/手動)】

- ◆ 扉及び門の作動時間/電流値が判定基準以内であることを確認した。
- ◆ 扉及び門のシリンダの電動機を含む駆動系に異常のないことを確認した。
- ◆ 門設置により他の部位への悪影響がないことを確認した。

### 【門作動試験結果】

試験No.	加振条件	門位置	電動				手動	
			押上時		挿入時		押上時	挿入時
			作動時間 (目標15秒以内)	電流 (2.1A以内)	作動時間 (目標15秒以内)	電流 (2.1A以内)		
5	1.0Ss/扉開 (予備試験)	扉開側	約8秒	1.62A	約8秒	1.44A	異常なし	異常なし
		扉閉側	約8秒	1.64A	約8秒	1.47A	異常なし	異常なし
6	1.0Ss/扉閉 (予備試験)	扉開側	約8秒	1.60A	約8秒	1.49A	異常なし	異常なし
		扉閉側	約8秒	1.61A	約8秒	1.48A	異常なし	異常なし
7	1.0Ss/扉開 (本試験)	扉開側						
		扉閉側						
8	1.0Ss/扉閉 (本試験)	扉開側						
		扉閉側						

### 【扉の作動試験結果】

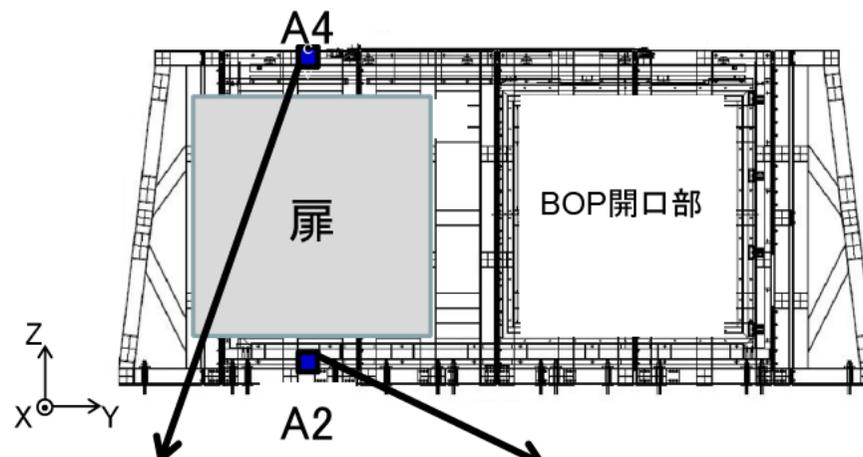
試験No.	加振条件	電動				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	
5	1.0Ss/扉開	約99秒	4.35A	約97秒	4.39A	開→閉 異常なし
6	1.0Ss/扉閉	約99秒	4.45A	約96秒	4.46A	閉→開 異常なし
7	1.0Ss/扉開					
8	1.0Ss/扉閉					

# 【参考】門なし(炭素鋼コーティングチェーン)における加振結果



- ◆ 門の作動時間／電流値が判定基準以内であり、扉の駆動系に異常のないことを確認した。
- ◆ 不具合対策により他の部位への悪影響がないことを確認した。
- ◆ 扉は約30mm閉方向に移動したが、チェーンの破損及び機能に影響するような伸びはなく、扉の開閉に問題なし。

試験No.	加振条件	電動				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	
参考	1.0Ss/扉開	約100秒	4.31A	約97秒	4.39A	—



チェーンの伸び量(20リンク分)

- ◆ チェーンが伸び易い閉側:約1.07mm
- ◆ チェーンが伸び難い開側:約0.18mm

方向	S <sub>s</sub> 包絡条件 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	A4(扉上部)	判定結果	方向	S <sub>s</sub> 包絡条件 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果 (×9.8m/s <sup>2</sup> )				計測結果 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	
X	1.66 <	3.22	○	X	1.34 <	1.48	○
Y		2.09	○	Y		1.50	○
Z	1.21 <	2.11	○	Z	1.09 <	1.67	○

### 加振条件の妥当性確認

(扉上部及び下部の加振加速度は、当該高さの最大応答加速度を超えていることを確認)