

島根原子力発電所 2号炉

地震による損傷の防止

(耐震設計の論点)

[機器・配管系に係る論点のうち
動的機能維持評価の実施他]

令和元年 1 2 月
中国電力株式会社

目次

論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく論点

<機器・配管系>

No.	論点	説明頁
1	[論点Ⅱ－20] 動的機能維持評価の実施	2～3
2	[論点Ⅱ－8] 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施	4～14
3	[論点Ⅱ－9] 一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価	15～17

論点Ⅱ－20 動的機能維持評価の実施（1）

■ 耐震設計の論点

【論点Ⅱ－20：動的機能維持評価の実施】（論点の重み付け：D1）

○地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とした評価を行う。

■ 論点に係る説明の概要

- 地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とした評価を行う。

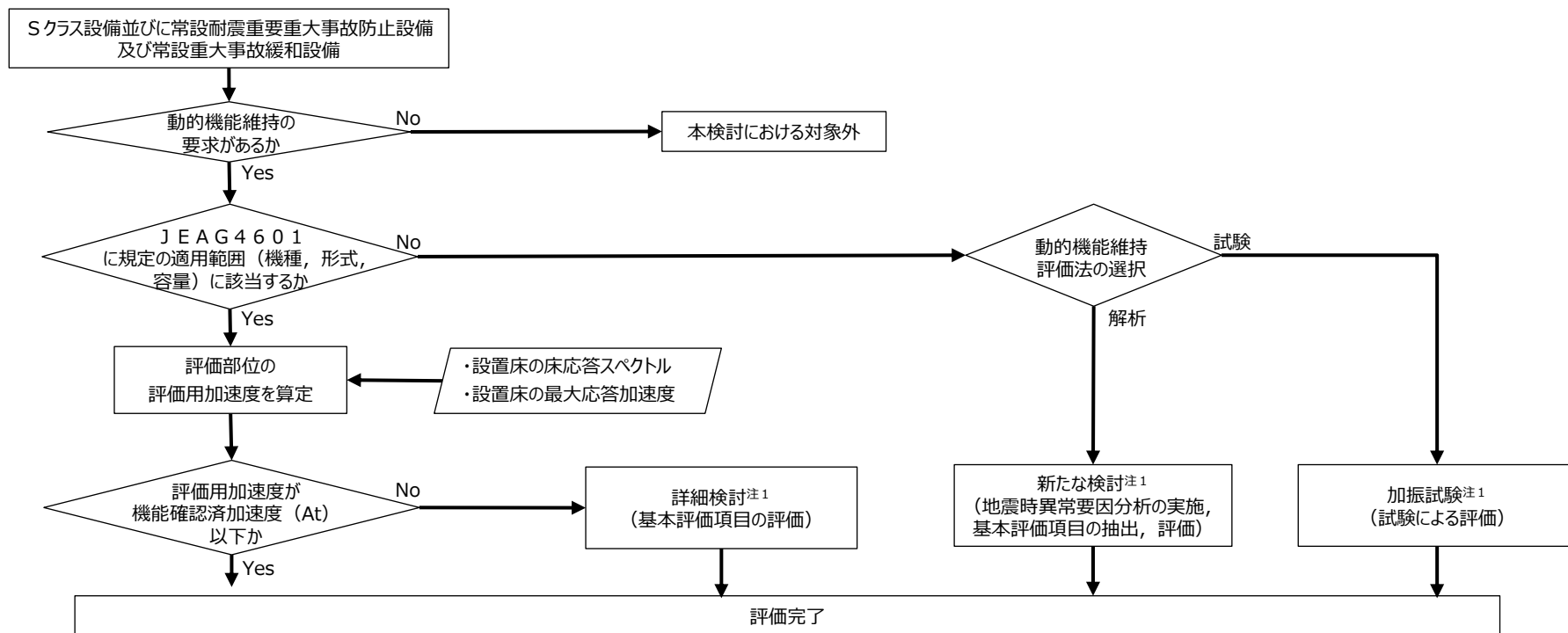
■ 先行プラント実績

- 本手法は大間1号炉建設工認、東海第二及び先行PWRプラント等の新規制審査での適用例がある。

論点Ⅱ-20 動的機能維持評価の実施（2）

1. 動的機能維持の評価

- Sクラス設備並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に対して、動的機能維持の要求の有無を確認し、要求がある設備については、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991追補版（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）」に規定の適用範囲内であるかを確認する。
- J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲に該当する設備については、基準地震動 S_s による評価対象設備の応答加速度を求め、その加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。
- 基準地震動 S_s による応答加速度が機能確認済加速度を上回る設備については、J E A G 4 6 0 1 等を参考に、動的機能維持を確認する上で評価が必要となる項目を抽出し対象部位ごとの構造強度評価又は動的機能維持評価を行い、発生値が評価基準値を満足していることを確認する。



動的機能維持の評価手順

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（1）

■ 耐震設計の論点

【論点Ⅱ-8：規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施】（論点の重み付け：B1）

○燃料移送ポンプ等の動的機能維持評価について、JEAG4601の考え方及び既往研究の知見を用いて詳細評価（異常要因分析や構造強度評価）を実施する。

■ 論点に係る説明の概要

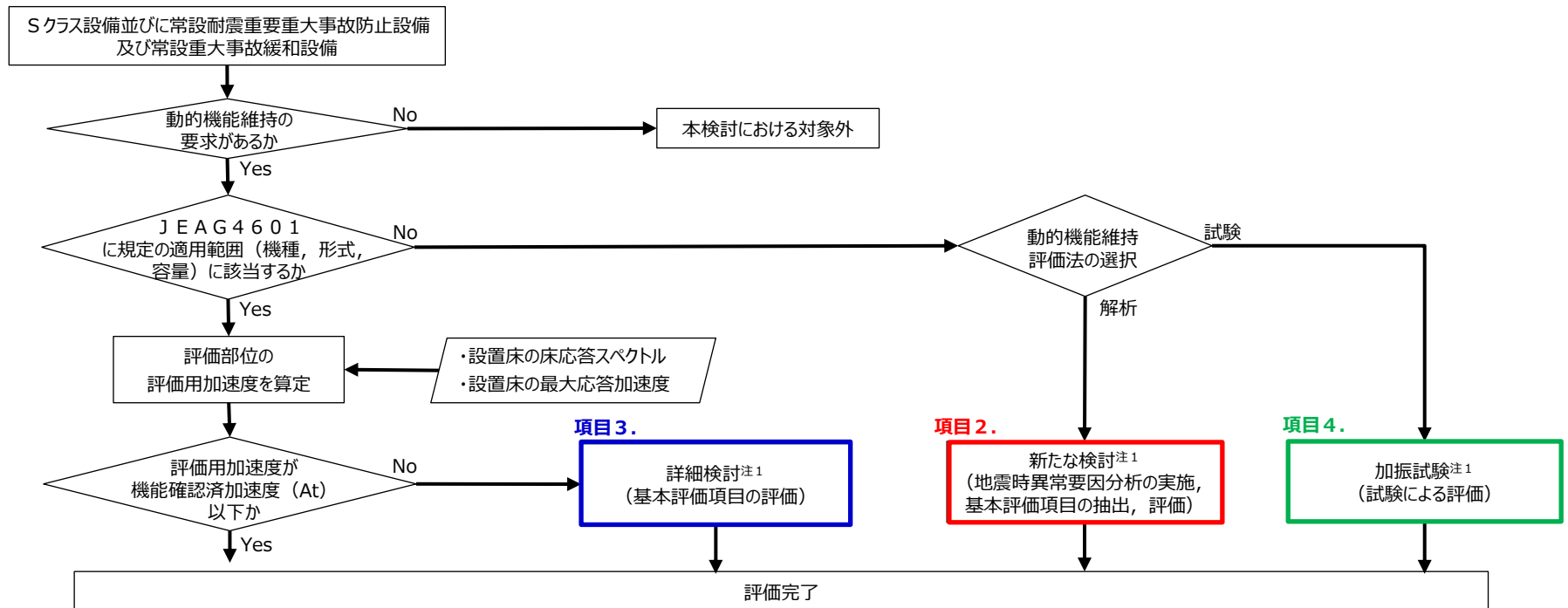
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991追補版（以下「J E A G 4 6 0 1」という）に定められた適用範囲から外れた機器に対して、動的機能維持の評価を新たに検討する。
- 島根2号炉においては、新たに検討が必要な設備として、スクリー式ポンプ及びガスタービン機関が抽出された。
- スクリー式ポンプ及びガスタービン機関について、類似機種の既往研究等を参考に、設備の地震時異常要因分析を実施し、その分析に基づき抽出された設備の基本評価項目を選定した。
- J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲であり、評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備については、代表機種ごとに規定された全ての基本評価項目について、構造強度評価又は動的機能維持評価を実施する。

■ 先行プラント実績

- J E A G 4 6 0 1 の適用範囲外であるスクリー式ポンプの動的機能維持評価は、東海第二の新規制審査での適用例がある。
- J E A G 4 6 0 1 の適用範囲外であるガスタービン機関の動的機能維持評価は、先行PWRの新規制審査での適用例がある。

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（2）

1. 動的機能維持のための新たな検討，詳細検討又は加振試験が必要な設備の抽出方針
 動的機能維持の要求がある設備のうち，動的機能維持評価の検討フローにより抽出された，新たな検討，詳細検討又は加振試験が必要な設備について，動的機能維持評価方法を検討する。
- 設備が，J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲外であり，解析による評価を実施
 ⇒ “新たな検討”（地震時異常要因分析の実施，基本評価項目の抽出，評価）が必要な設備
 - 設備が，J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲であり，評価用加速度が機能確認済加速度を超える
 ⇒ “詳細検討”（基本評価項目の評価）が必要な設備
 - 設備が，J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲外であり，試験による評価を実施
 ⇒ “加振試験”が必要な設備



注1：評価の成立性が確認できない場合，補強等による対策を実施

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（3）

2. 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討

- 動的機能維持評価の評価フローにより，新たな検討が必要な設備を以下のとおり抽出した。

<スクルー式ポンプ>

- ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ
- ・ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ

<ガスタービン機関>

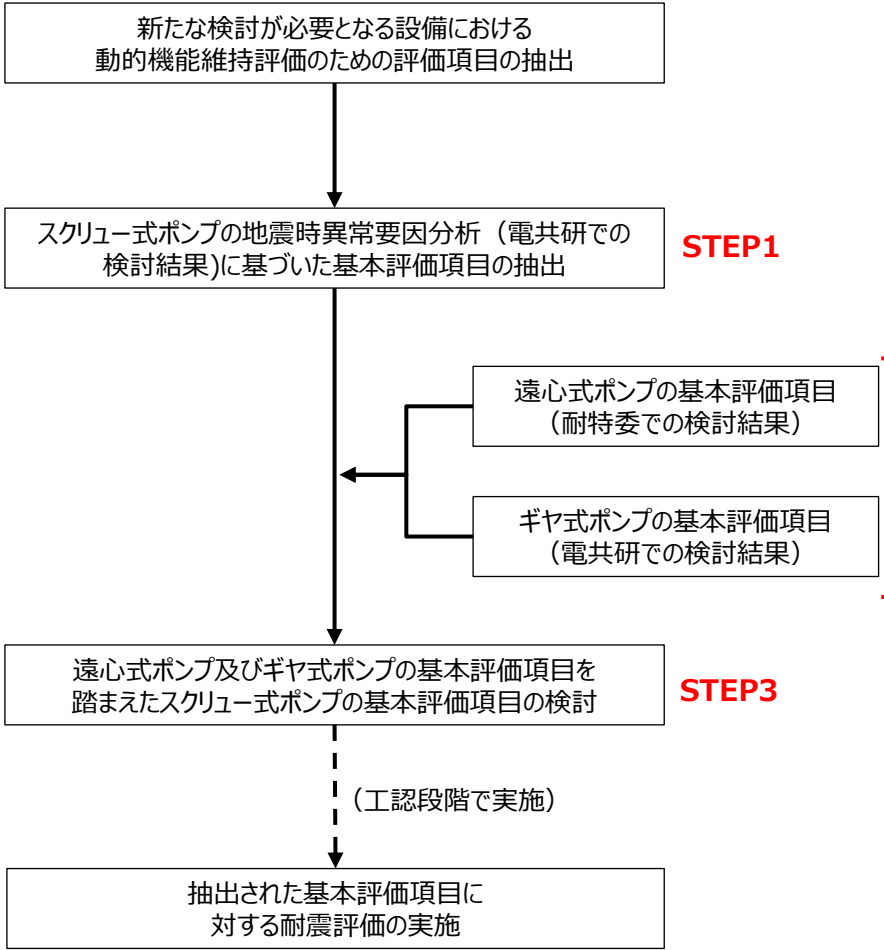
- ・ガスタービン発電機

- 新たな検討が必要な設備においては，公知化された検討として類似機種の原子力発電耐震設計特別調査委員会（以下「耐特委」という。）及び電力共通研究（以下「電共研」という。）を参考に，設備の地震時異常要因分析を実施し，その分析に基づき抽出された設備の基本評価項目に対して，構造強度評価又は動的機能維持評価を行い，発生値が許容限界を満足していることを確認する。

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施 (4)

2.1 スクリュー式ポンプに対する検討 (1)

スクリュー式ポンプにおける動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを以下に示す。



STEP1

- ・スクリュー式ポンプに対して地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定する。

対象	異常機能	要因	現象	喪失機能	
スクリューポンプ	④ 回転機能	ポンプ本体応答過大	ケーシング転倒モーション	基礎ボルト応力過大	基礎ボルト損傷 ①
		ケーシング応力過大	支持脚力過大	支持脚損傷	②
		ケーシング変位過大	流の経路狭小		③
		ケーシング変位過大	流の経路狭小		③
	⑤ 移送機能	ケーシング変位過大	流の経路狭小		③
		ケーシング変位過大	流の経路狭小		③
	⑥ 流体保持機能	軸系(主ねじ)応答過大	軸心力過大	軸(主ねじ)損傷	④
			軸変位過大	メカニカルシール損傷	⑤
			軸変位過大	軸変位損傷	⑥
			軸変位過大	スリップと主ねじ咬合部の損傷	⑦
	電動機応答過大	電動機変位過大	電動機損傷	⑧	
	電動機変位過大	電動機変位過大	電動機損傷	⑧	
	配管応答過大	配管反力過大	ケーシングノズル損傷	⑨	

スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図

STEP2

- ・STEP1で選定したスクリー式ポンプの基本評価項目について、遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプに対する耐特委及び電共研での異常要因分析及び基本評価項目との比較により、類似する評価項目が抽出されていることを確認する。

STEP3

- ・STEP1,2の検討結果を踏まえた基本評価項目に対し、動的機能維持評価における評価対象部位を選定する。

スクリー式ポンプの基本評価項目の抽出フロー

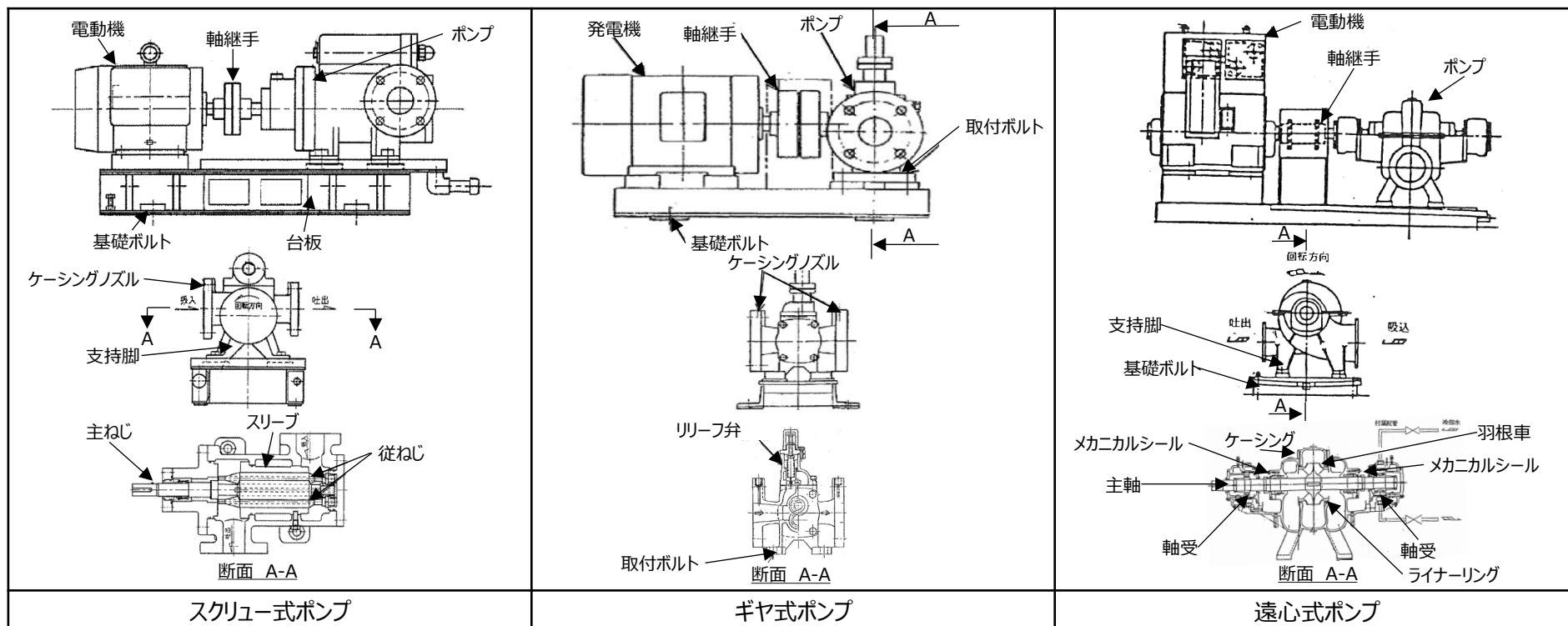
論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（5）

2.1 スクリュー式ポンプに対する検討（2）

作動原理又は構造が類似している構成設備を有する遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプを参考とする。

スクリュー式ポンプにおいて参考とする機種／形式

新たな検討が必要な設備		参考とする機種／形式
設備名	機種／形式	
<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ ・ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ 	横形ポンプ／スクリュー式	横形ポンプ／単段遠心式
		横型ポンプ／ギヤ式



スクリー式ポンプと参考とする機種の構造概要図

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施 (6)

2.1 スクリュー式ポンプに対する検討 (3)

参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプにおける異常要因分析図との比較により、類似する評価項目が抽出されていることを確認する。

類似する構成設備を有するスクリュー式ポンプ及び遠心式ポンプについては、異常要因分析及び抽出された評価項目においても類似している

スクリュー式ポンプ				遠心式ポンプ			
対象	要求機能	異常	異常現象	要求機能	異常	異常現象	喪失機能
スクリュー式ポンプ	地震後の起動・運転と輸送性能確保	ポンプ本体応答過大	④ ⑤ ⑥	地震後の運転と水力性能確保	ポンプ本体応答過大	④ ⑤ ⑥	
	⑤ 回転機能	ケーシング転倒モーメント応答過大	④ ⑤ ⑥	⑤ 回転機能	ケーシング転倒モーメント過大	④ ⑤ ⑥	
	⑤ 移送機能	ケーシング応力過大	④ ⑤ ⑥	⑥ 水力特性機能	ケーシング応力過大	④ ⑤ ⑥	
	⑤ 流体保持機能	ケーシング変形過大	④ ⑤ ⑥	⑦ 流体保持機能	ケーシング変形過大	④ ⑤ ⑥	
		軸系(主ねじ)応答過大	④ ⑤ ⑥		軸系(ロータ)応答過大	④ ⑤ ⑥	
		電動機応答過大	④ ⑤ ⑥		電動機応答過大	④ ⑤ ⑥	
		配管応答過大	④ ⑤ ⑥		配管応答過大	④ ⑤ ⑥	

スクリュー式ポンプの評価対象部位の抽出結果

- 基本評価項目
- ・基礎ボルト (取付ボルト含む)
 - ・摺動部
 - ・軸系
 - ・逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)
 - ・逃がし弁 (移送機能)
 - ・軸受
 - ・電動機

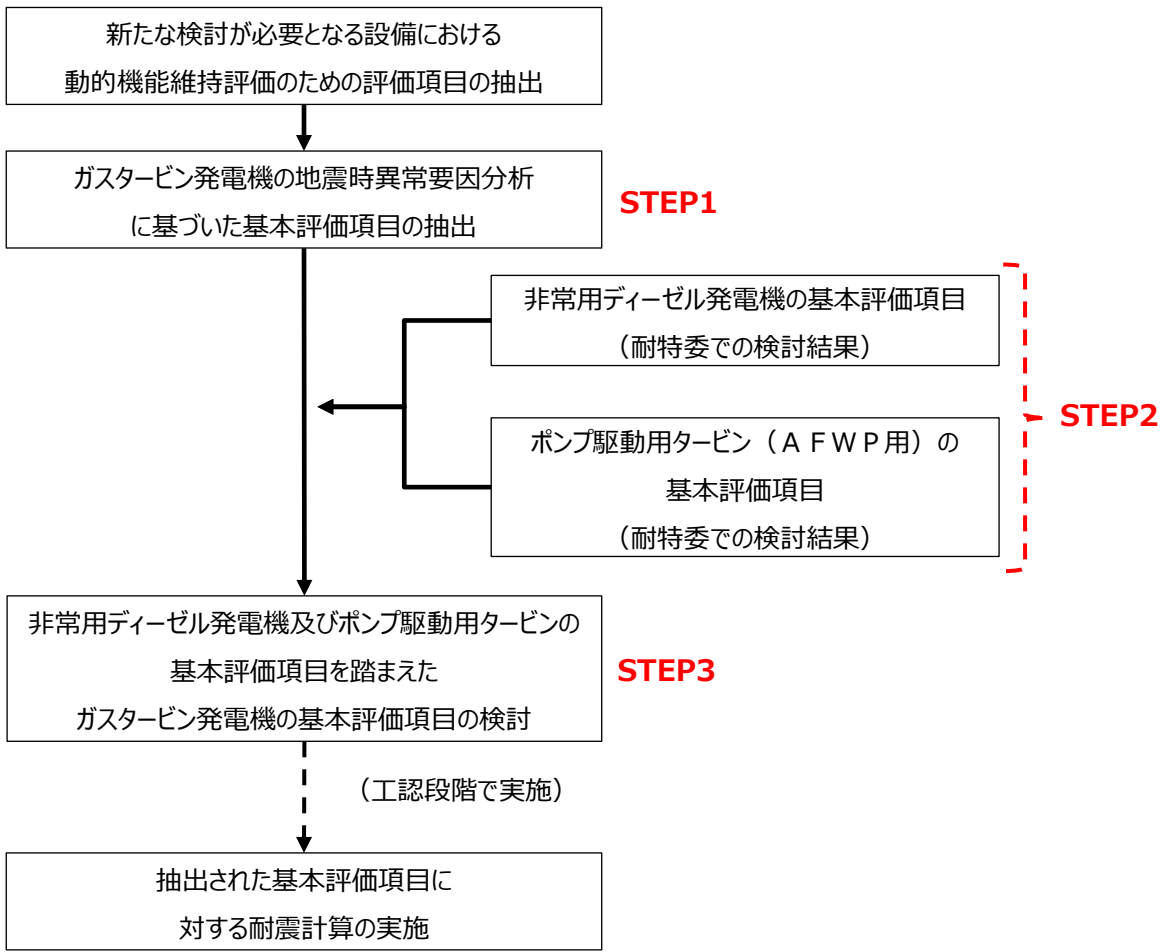
□: 遠心式ポンプ固有の異常要因であり、比較不可

異常要因分析図の比較 (遠心式ポンプとの比較例)

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（7）

2.2 ガスタービン発電機に対する検討（1）

ガスタービン発電機における動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを以下に示す。



STEP1

・ガスタービン発電機に対して地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定する。

異常要因モード図（①ガスタービン）

対象	要求機能	要因	現象	そう失機能
①ガスタービン (回転の継続、 駆動性能の維持)	ガスタービン駆動 応答過大	タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
(機関回転速度の減速)	減速時 応答過大	タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能
		タービン駆動トルク過大	駆付トルク過大	燃焼運転不能

ガスタービン発電機の地震時異常要因分析図(一例)

STEP2

・STEP1で選定したガスタービン発電機の基本評価項目について、非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンに対する耐特委での異常要因分析及び基本評価項目との比較により、類似する評価項目が抽出されていることを確認する。

STEP3

・STEP1,2の検討結果を踏まえた基本評価項目に対し、動的機能維持評価における評価対象部位を選定する。

ガスタービン発電機の基本評価項目の抽出フロー

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施 (8)

2.2 ガスタービン発電機に対する検討 (2)

作動原理, 構造又は機能が類似している構成設備を有する非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンを参考とする。

ガスタービン発電機において参考とする機種/形式

新たな検討が必要な設備		参考とする機種/形式
設備名	機種/形式	
ガスタービン発電機	ガスタービン発電機/機関本体	非常用ディーゼル発電機/機関本体
		ポンプ駆動用タービン/AFWP用

ガスタービン発電機	非常用ディーゼル発電機	ポンプ駆動用タービン (A F W P 用)

ガスタービン発電機と参考とする機種の構造概要図

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施 (9)

2.2 ガスタービン発電機に対する検討 (3)

参考とする非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンにおける異常要因分析図との比較により、類似する評価項目が抽出されていることを確認する。

類似する構成設備を有するガスタービン発電機及びポンプ駆動用タービンについては、異常要因分析及び抽出された評価項目においても類似している。

ガスタービン発電機				ポンプ駆動用タービン			
<p>異常要因モード図 (①ガスタービン)</p>							
対象	要求機能	要因	現象	そう失機能	対象	要求機能	異常要因モード図 (②ポンプ駆動用タービン)
①ガスタービン (回転の継続、駆動性能の維持)	ガスタービン部応答過大						
	ケーシング応答過大	ケーシング転倒モード過大 ケーシング変形過大	取付ボルト応力過大 取付ボルト切損	機関運転不能			
(機関回転速度の減速)	軸系応答過大	軸応答過大 軸変形過大 軸受荷重過大	軸・ケーシング接触 軸受損傷	機関運転不能 機関運転不能 機関運転不能			
	燃焼器応答過大	ケーシング転倒モード過大	取付ボルト応力過大 取付ボルト切損	機関運転不能			
	減速機応答過大						
	ケーシング応答過大	ケーシング転倒モード過大 ケーシング変形過大	基礎ボルト応力過大 基礎ボルト折損	機関運転不能			
	軸系応答過大	軸応答過大 軸変形過大 歯車荷重過大 軸受荷重過大	軸・ケーシング接触 軸受損傷 歯車損傷 軸受損傷	機関運転不能 機関運転不能 機関運転不能 機関運転不能			

- ガスタービン発電機の評価対象部位の抽出結果
- ・ガスタービン機関摺動部
(軸とケーシングとのクリアランス)
 - ・ガスタービン機関軸受
 - ・減速機取付ボルト
 - ・燃料制御ユニット,
燃料制御ユニットドライバ制御機能

□ : ポンプ駆動用タービン固有の異常要因であり、比較不可

異常要因分析図の比較 (ポンプ駆動用タービンとの比較例)

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（10）

3. 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討

評価用加速度が機能確認済加速度を超えた設備については、J E A G 4 6 0 1 及び耐特委報告書にて、地震時異常要因分析に基づき選定された動的機能維持の評価上必要な基本評価項目に対し、構造強度評価又は動的機能維持評価を実施する。

評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備における基本評価項目^{注1}

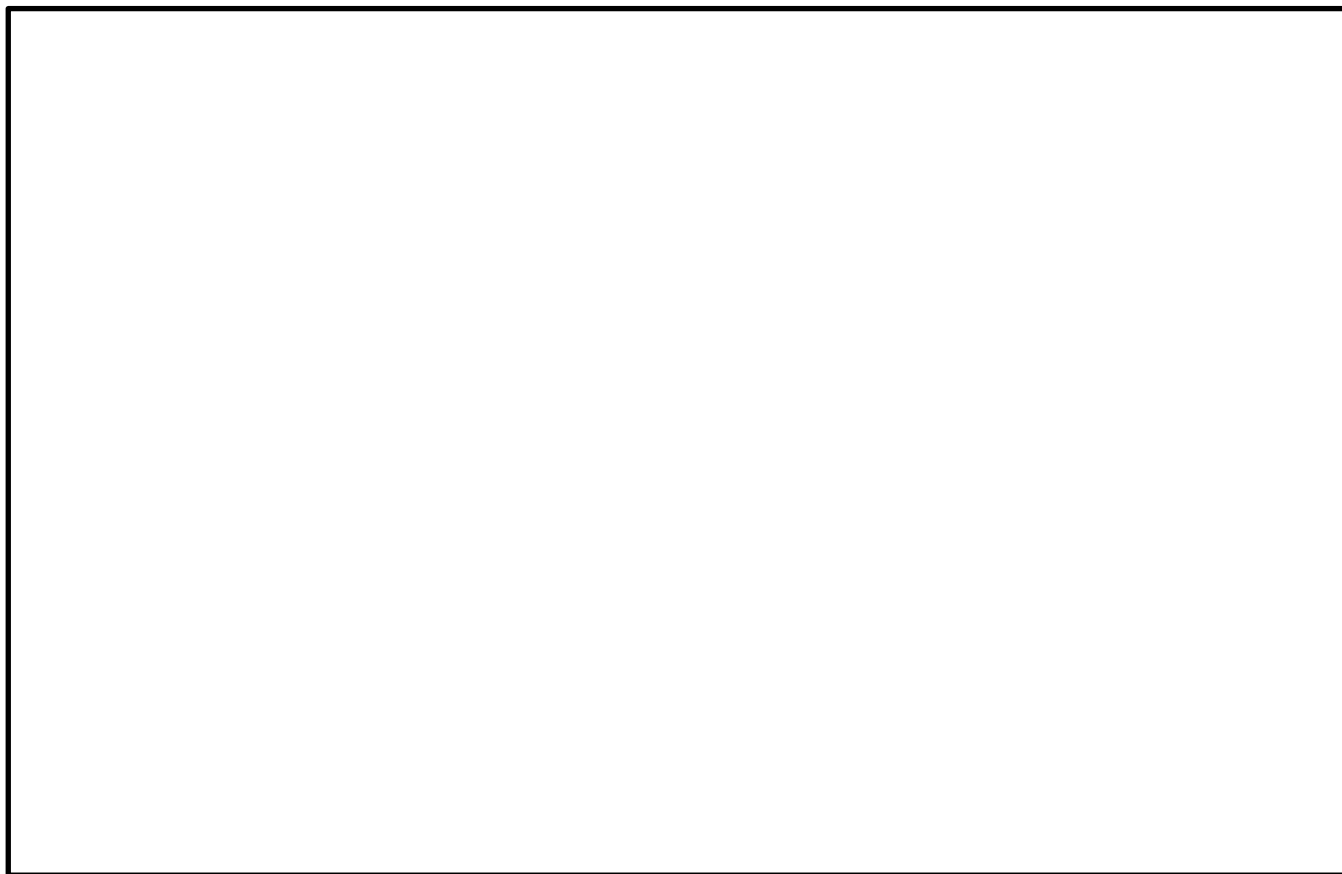
詳細検討が必要な設備	機種／形式	基本評価項目		
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機海水ポンプ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 	立形ポンプ／ 斜流式	①基礎ボルト、取付ボルト ②ディスチャージケーシング ③バレル	④コラム ⑤軸受 ⑥軸	⑦冷却水配管 ⑧メカニカルシール熱交換器 ⑨電動機
<ul style="list-style-type: none"> 燃料プール冷却ポンプ 	横形ポンプ／ 単段遠心式	①基礎ボルト ②支持脚 ③摺動部 (ライナーリング部)	④軸 ⑤メカニカルシール ⑥軸受 ⑦電動機	⑧軸継手 ⑨ケーシングノズル部 ⑩冷却水配管
<ul style="list-style-type: none"> ほう酸水注入ポンプ 	往復動式ポンプ／ 横形3連往復動式	①基礎ボルト ②ポンプ本体取付ボルト ③クランク軸軸受 ④コネクティングロッド軸受	⑤クロスヘッドガイド摺動部 ⑥バルブシート面 ⑦吸入・吐出ノズル ⑧減速機取付ボルト	⑨歯車軸軸受 ⑩歯車 ⑪電動機 ⑫軸継手 ⑬油配管
<ul style="list-style-type: none"> 燃料プール冷却ポンプ用電動機 原子炉補機海水ポンプ用電動機 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ用電動機 ほう酸水注入ポンプ用電動機 非常用ガス処理系排風機用電動機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ用電動機 	電動機／ 横形ころがり軸受、 立形ころがり軸受	①端子箱 ②フレーム ③基礎ボルト、取付ボルト	④固定子 ⑤軸（回転子） ⑥軸受	⑦固定子と回転子のクリアランス ⑧軸継手
<ul style="list-style-type: none"> 非常用ガス処理系排風機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ 	ファン／ 遠心直結型	①ケーシング ②ケーシング取付ボルト ③軸 ④軸受	⑤軸受取付ボルト ⑥インペラ ⑦ベローズ ⑧軸継手	⑨メカニカルシール ⑩電動機取付ボルト ⑪電動機 ⑫基礎ボルト ⑬フレキシブルダクト継手

注1：今後の詳細設計の進捗に併せて変更の可能性があることから、工認段階で再度、設備及び評価方法の整理を行う。

論点Ⅱ-8 規格適用範囲外の動的機能維持評価の実施（11）

4. 加振試験が必要な設備における動的機能維持評価の検討

高圧原子炉代替注水ポンプは、海外メーカー製であり、異常要因分析や基本評価項目の抽出が容易ではないことから、加振試験による評価を実施する。



高圧原子炉代替注水ポンプの構造概要図

論点Ⅱ－９ 一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価（１）

■ 耐震設計の論点

【論点Ⅱ－９：一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価】（論点の重み付け：B2）

○弁等の機器の動的機能維持評価にあたって、応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加すると考えられるときは配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込んだ評価を行う。

■ 論点に係る説明の概要

- J E A G 4 6 0 1において、弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度（Z P A）を用いること。また、柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を行い、算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動的機能維持評価を実施することとされている。
- 今回工認における島根2号炉の弁駆動部での応答加速度値の設定は、上記J E A G 4 6 0 1の規定に加えて、一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。

■ 先行プラント実績

- 本手法は東海第二や先行PWRプラント等の新規制審査での適用例がある。

論点Ⅱ－9 一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価（2）

1. 弁の動的機能維持評価に用いる配管系の応答値

弁等の機器の動的機能維持評価にあたって、応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加すると考えられるときは、配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込んだ評価を実施する。

【規格基準に基づく設計手順との比較及び方針】

弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が J E A G 4 6 0 1 にて示されており、島根 2 号炉の今回工認における弁駆動部での応答加速度の設定については、J E A G 4 6 0 1 における規定に加えて、一定程度の余裕を見込み評価を実施する（下表参照）。

弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較

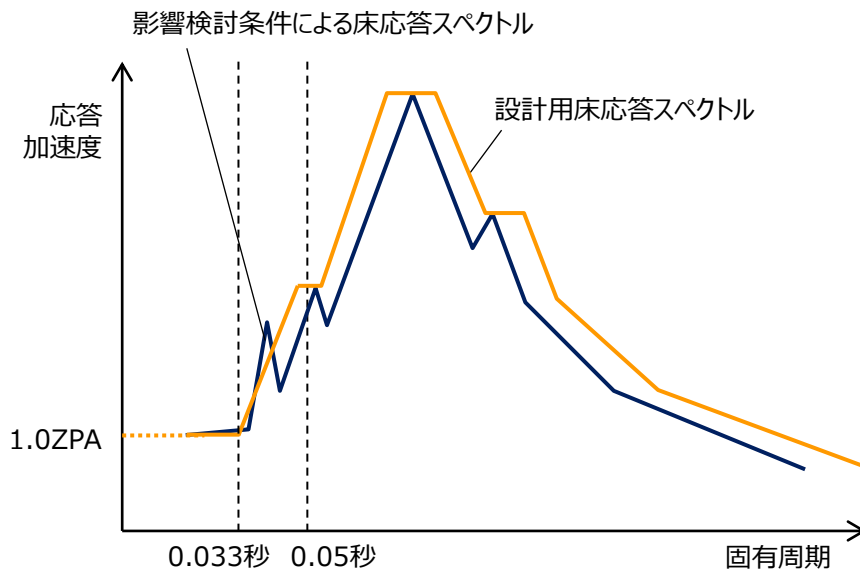
配管系の 固有値	弁駆動部の応答加速度の算定方針	
	J E A G 4 6 0 1	島根 2 号炉
“剛”の場合	“最大加速度（ZPA）”を適用	“最大加速度（ZPA）を1.2倍した値（1.2ZPA）”を適用 （最大加速度（ZPA）に一定の余裕を考慮）
“柔”の場合	設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を適用	①（J E A G 4 6 0 1 の方針と同様） 設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を実施し、弁駆動部の応答加速度を算出 ②1.2倍した最大加速度（1.2ZPA）による弁駆動部の応答加速度を算定（剛領域の振動モードの影響を考慮）

①，②のいずれか大きい加速度を適用する

論点Ⅱ－9 一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価（3）

【弁駆動部の応答加速度】

- 弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数領域の振動モードまで考慮した地震応答解析を実施する。
(スペクトルモーダル解析において考慮する高周波数領域の範囲については、応答解析結果を用いた検討を踏まえて決定する。)
- 剛領域の振動モードの考慮において、周期0.05秒未満の領域については応答増幅を考慮しない剛な領域として扱うが、0.045秒から0.033秒の間は直線で補間（加速度を0.045秒において1質点系の応答加速度、0.033秒において1.0ZPA（床面の最大応答加速度）とする）した床応答スペクトル（設計用床応答スペクトル）を適用する。
- なお、設計用床応答スペクトルにおいて、周期0.05秒未満の領域で応答増幅を考慮しないことについては、時刻歴解析等によりその影響を確認する。



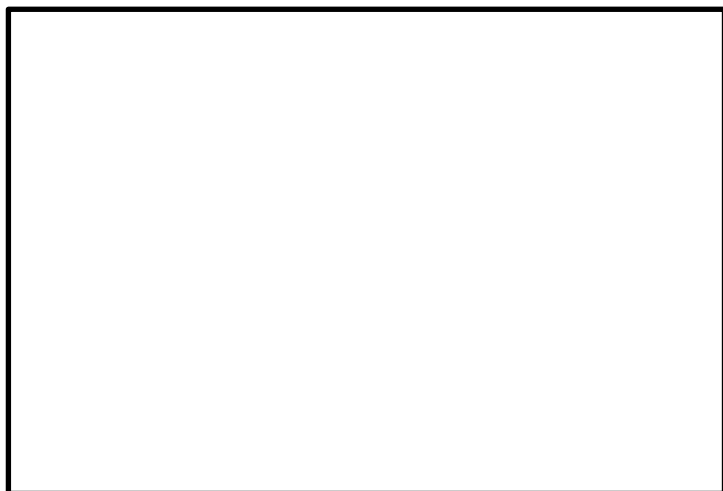
弁の動的機能維持評価に適用する床応答スペクトル（イメージ）

添付資料

【論点Ⅱ－8】

添付資料 1 高圧原子炉代替注水ポンプの加振試験

- 高圧原子炉代替注水ポンプはタービンと一体構造であるため、ガバナ等の付属品を含む形で試験を実施した。
- 振動特性把握試験により固有振動数を確認し、機器の据付位置における評価用加速度を包絡する加振波により、水平（前後、左右）及び鉛直方向に三軸同時加振を行う。



振動試験装置外観

加振試験条件

項目	試験条件
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平2方向+鉛直方向の三軸同時加振試験
運転状態	停止中加振（満水状態）
取付状態	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け

試験加速度と島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプ評価用加速度の比較

方向	島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプ評価用加速度 ^{注1} [G]	試験により確認された機能確認済加速度 [G]
X	0.81	
Y	0.81	
Z	0.58	

注1：評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

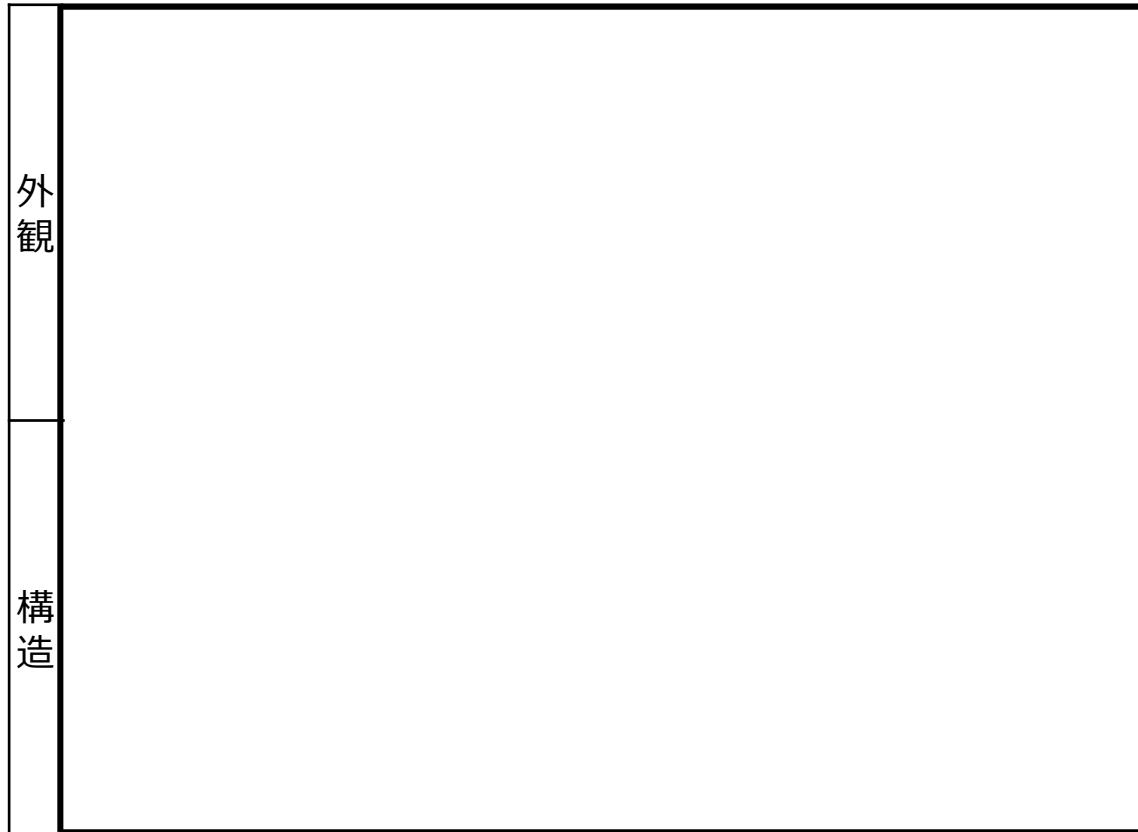
高圧原子炉代替注水ポンプの主な仕様の比較

		試験体	島根2号炉 高圧原子炉代替注水 ポンプ
外形寸法		1430mm（長さ） 940mm（幅） 1285mm（高さ）	1394mm（長さ） 850mm（幅） 1251.5mm（高さ）
重量		3740kg	3280kg
ポンプ	種類	ターボ形	
	容量	136 m ³ /h	93 m ³ /h
原動機	種類	背圧式蒸気タービン	
	出力	553kW	567kW

參考資料

(参考) ガスタービン発電機の加振試験 (1)

- 米国PWR向けのガスタービン（以下「US-APWRガスタービン」という）に対する加振試験が実施されている^[1]。
- US-APWRガスタービンは、米国における電気設備の加振試験に関して規定されているIEEE Std 344^[2]に基づき試験を行う。



US-APWRガスタービンの構造概要

加振試験条件

項目	試験条件
試験体	US-APWRガスタービン (発電機部分を除く)
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平1方向+鉛直方向の 2軸同時加振試験
運転状態	・停止中加振 ・運転中加振 ・加振中起動
取付条件	振動台上に設置された台板 にボルトにて取り付け

[1] Mitsubishi Heavy Industries, LTD., "Initial Type Test Result of Class 1E Gas Turbine Generator System" (MUAP-10023-NP[R7]), December 2013

[2] IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations

(参考) ガスタービン発電機の加振試験 (2)

- 試験対象のUS-APWRガスタービンの仕様は、島根2号炉のガスタービンと類似している。
- 加振試験では、島根2号炉の評価用加速度を上回る加速度においても健全性が確認されており、島根2号炉のガスタービンにおいても、同等の健全性を有すると考えられる。

ガスタービンの主な仕様の比較

		US-APWR ガスタービン	島根2号炉 ガスタービン
型式			
エンジン基数			
構造	圧縮機		
	タービン		
	燃焼器		
	減速機		
	外形寸法	2877 mm(全長) 2180 mm(幅) 2275 mm(高さ)	同左
定格出力 [発電機出力]		5,625 kVA [4,500 kW]	6,000 kVA [4,800 kW]
電圧		6,900 V	同左
周波数		60 Hz	同左
回転数	ガスタービン		
	発電機	1,800 min ⁻¹	同左
始動方式		空気始動方式	電気始動方式

試験加速度と 島根2号炉ガスタービン評価用加速度の比較

US-APWRガスタービンの 試験により確認された 機能確認済加速度 [G]	島根2号炉ガスタービン 評価用加速度 ^{注1} [G]
水平：2.2 鉛直：3.1	水平：1.47 鉛直：0.69

注1：評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

(参考) 論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく 論点のうち機器・配管系に係る論点一覧表 (1)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	論点整理 結果※	今回 説明	備考
機器 配管系	[論点Ⅱ-5] サブプレッション・チェンバ内部 水質量の考え方の変更	・既工認では内部水全体を剛体と見なし、 水の全質量を用いていたが、今回工認 ではタンクの耐震設計に一般的に用いら れている有効質量の考え方を適用する。	—	A	—	—
	[論点Ⅱ-6] 機器・配管系への制震装 置の適用	・取水槽ガントリクレーン及びSクラス以外 の配管系に制震装置を設置するため、 地震応答解析において制震装置の特性 を適切にモデル化し、時刻歴応答解析 を適用する。	BWR (柏崎6,7号 既工認他) ^{注1}	A	—	第796回審査会合 (R元年11月12日) にて説明(コメント回 答予定)
	[論点Ⅱ-7] 地震時の燃料被覆管の 閉じ込め機能の維持	・燃料被覆管の閉じ込め機能維持の観 点で、地震時の荷重を考慮した一次+ 二次応力の評価を実施する。	—	A	—	第759回審査会合 (R元年8月27日) にて説明
	[論点Ⅱ-8] 規格適用範囲外の動的 機能維持評価の実施	・燃料移送ポンプ等の動的機能維持評 価について、JEAG4601の考え方及び 既往研究の知見を用いて詳細評価(異 常要因分析や構造強度評価)を実施 する。	BWR (東海第二)	B1	○	—
	[論点Ⅱ-9] 一定の余裕を考慮した弁 の動的機能維持評価	・弁等の機器の動的機能維持評価にあ たって、応答加速度が当該機器を支持 する配管の地震応答により増加すると考 えられるときは、配管の地震応答の影響 を考慮し、一定の余裕を見込んだ評価 を行う。	PWR BWR (東海第二他)	B2	○	—

※(論点整理結果の定義)

A : 過去に適用実績がないもの(新規性:高)

B1 : 新規制審査実績はあるが、個別の確認を要するもの(新規性:中), B2 : 新規制審査実績が十分にあるもの(新規性:低), B3 : 過去の工認実績はあるが、一部差異があるもの(新規性:低)

C : 過去の工認実績と相違がなく、個別審査が不要なもの

D1 : 過去に十分な工認実績があり、工認段階の審査とするもの

注1 : 排気筒への制震装置の適用例がある。

(参考) 論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく 論点のうち機器・配管系に係る論点一覧表 (2)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	論点整理 結果※	今回 説明	備考
機器 配管系	[論点Ⅱ-10] 取水槽ガントリクレーンへの 非線形時刻歴応答解析 の適用	・取水槽ガントリクレーンの耐震性評価に おいて、浮き上がりやすべりを考慮した解 析モデルによる非線形時刻歴応答解析 を適用する。	BWR (大間1号 既工認他)	B3	—	第796回審査会合 (R元年11月12日) にて説明(コメント回 答予定)
	[論点Ⅱ-11] 原子炉格納容器スタビライ ザばね定数の変更	・既工認では、1対のトラス(パイプ2 本)の荷重-変位関係によりばね定数 を算定していたが、今回工認では、取り 合い部であるガセットプレート及びシヤラグ もモデル化対象に含め、全体系モデルに よるFEM解析により、実現象に即した ばね定数を算定する。	BWR (大間1号 既工認他)	B3	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明(コメント回 答予定)
	[論点Ⅱ-12] 容器等の応力解析へのF EMモデルの適用	・既工認において公式等による評価にて 耐震計算を実施していた設備について、 3次元FEMモデルを適用した耐震評 価を実施する。	BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明
	[論点Ⅱ-13] 水平方向の原子炉建物 -大型機器連成モデルの 変更(原子炉圧力容器 スタビライザのばね定数変 更を含む)	・水平方向の応答解析モデルについて、 既工認ではPCV-RPVモデルとRPV-Rin モデルの2種類のモデルを用いていたが、 今回工認ではPCV-RPV-Rinモデルを用 いる。 ・RPVスタビライザのばね定数算出方法 を変更する。	BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明

※(論点整理結果の定義)

A : 過去に適用実績がないもの(新規性:高)

B1 : 新規制審査実績はあるが、個別の確認を要するもの(新規性:中), B2 : 新規制審査実績が十分にあるもの(新規性:低), B3 : 過去の工認実績はあるが、一部差異があるもの(新規性:低)

C : 過去の工認実績と相違がなく、個別審査が不要なもの

D1 : 過去に十分な工認実績があり、工認段階の審査とするもの

(参考) 論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく 論点のうち機器・配管系に係る論点一覧表 (3)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	論点整理 結果※	今回 説明	備考
機器 配管系	[論点Ⅱ-14] 鉛直方向応答解析モデル の追加	・鉛直方向の動的地震力に対する考慮 が必要となったことから、鉛直方向につい ても動的地震力の算定を行うための解析 モデルを作成する。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明
	[論点Ⅱ-15] 鉛直方向の減衰定数の 考慮	・鉛直方向の動的地震力を適用すること に伴い、鉛直方向の設計用減衰定数を 新たに設定する。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明
	[論点Ⅱ-16] 最新知見として得られた減 衰定数の採用	・今回工認では最新知見として得られた 減衰定数を採用する。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明
	[論点Ⅱ-17] 水平方向と鉛直方向の二 乗和平方根 (SRSS) 法 による組合せ	・水平方向及び鉛直方向ともに動的な 地震力での評価となったことから、方向ご との最大加速度の生起時刻に差があるとい う実挙動を踏まえて、二乗和平方根 (SRSS) 法による組合せ法を適用する。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明

※ (論点整理結果の定義)

A : 過去に適用実績がないもの (新規性: 高)

B 1 : 新規制審査実績はあるが、個別の確認を要するもの (新規性: 中), B 2 : 新規制審査実績が十分にあるもの (新規性: 低), B 3 : 過去の工認実績はあるが、一部差異があるもの (新規性: 低)

C : 過去の工認実績と相違がなく、個別審査が不要なもの

D 1 : 過去に十分な工認実績があり、工認段階の審査とするもの

(参考) 論点[Ⅱ]既工認と今回工認の手法の相違点の整理に基づく 論点のうち機器・配管系に係る論点一覧表 (4)

分類	項目	内容	適用実績・ 審査実績	論点整理 結果※	今回 説明	備考
機器 配管系	[論点Ⅱ-18] 原子炉建物天井クレーンの非線形時刻歴応答解析の適用	・浮き上がりやすさを考慮した解析モデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。	BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第796回審査会合 (R元年11月12日) にて説明
	[論点Ⅱ-19] 立形ポンプの応答解析モデルの精緻化	・既工認モデルに対してJEAG4601-1991追補版に基づくモデルの精緻化を行う。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明
	[論点Ⅱ-20] 動的機能維持評価の実施	・地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とした評価を行う。	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	○	—
	[論点Ⅱ-21] 等価繰返し回数の設定	・基準地震動の変更に伴い、機器・配管系の耐震評価における疲労評価に用いる等価繰返し回数の見直しを行う。 (第701回審査会合(平成31年4月9日)における指摘事項「機器・配管系の地震等価繰返し回数の設定については、論点として抽出した上で、既工認、他プラントとの比較の観点から重み付けを行い、その結果を説明すること。」の回答)	PWR BWR (大間1号 既工認他)	D1	—	第781回審査会合 (R元年10月8日) にて説明

※ (論点整理結果の定義)

A : 過去に適用実績がないもの (新規性: 高)

B 1 : 新規制審査実績はあるが、個別の確認を要するもの (新規性: 中), B 2 : 新規制審査実績が十分にあるもの (新規性: 低), B 3 : 過去の工認実績はあるが、一部差異があるもの (新規性: 低)

C : 過去の工認実績と相違がなく、個別審査が不要なもの

D 1 : 過去に十分な工認実績があり、工認段階の審査とするもの