

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-04
提出年月日	2022年2月9日

動的機能維持の詳細評価について
(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価に
ついて)

2022年2月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. はじめに	1
2. 動的機能維持評価において個別検討が必要な設備の検討方針	2
3. 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出	2
3.1 検討対象設備の整理	2
3.2 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出	3
3.3 抽出結果	5
4. 「詳細検討」又は「新たな検討」が必要な設備の検討内容詳細	9

別紙1 「新たな検討」が必要な設備の評価

別紙2 「詳細検討」が必要な設備の評価

今回提出範囲：

1. はじめに

本資料では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正（以下「技術基準規則解釈等の改正」という。）を踏まえて、動的機能維持についての検討方針、新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出及び検討結果を示す。

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（P19）

第5条（地震による損傷の防止）

3 動的機器に対する「施設の機能を維持していること」とは、基準地震動による応答に対して、当該機器に要求される機能を保持することをいう。具体的には、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、既往研究で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することをいう。

耐震設計に係る工認審査ガイド（P28, 29）

4.6.2 動的機能

【審査における確認事項】

Sクラスの施設を構成する主要設備又は補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器については、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析結果の応答値が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する。

【確認内容】

動的機能については以下を確認する。

- (1) 水平方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。（中略）また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。
- (2) 鉛直方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が水平方向の動的機能保持に関する評価に係る JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。（中略）また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。

(3) 上記(1)及び(2)の評価に当たっては、当該機器が JEAG4601 に規定されている機種、形式、適用範囲等と大きく異なる場合又は機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考にして設定された機能確認済加速度を超える場合（評価方法が JEAG4601 に規定されている場合を除く。）については、既往の研究等を参考に異常要因分析を実施し、当該分析に基づき抽出した評価項目ごとに評価を行い、評価基準値を超えていないこと。

また、当該分析結果に基づき抽出した評価部位について、構造強度評価等の解析のみにより行うことが困難な場合には、当該評価部位の地震応答解析結果の応答値が、加振試験（既往の研究等において実施されたものを含む。）により動的機能保持を確認した加速度を超えないこと。

なお、本資料が関連する工認図書は、VI-2 「耐震性に関する説明書」である。

2. 動的機能維持評価において個別検討が必要な設備の検討方針

動的機能維持評価は、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版（以下「JEAG 4601」という。）に従い実施するものとするが、JEAG 4601 で定める機能確認済加速度（JEAG 4601 に定められた既往研究で機能維持の確認がなされた入力又は応答レベル）と機能維持評価用加速度との比較による評価法には、適用できる機種、形式及び適用範囲（流量、出力）が定められている。

JEAG 4601 に基づく機能確認済加速度と機能維持評価用加速度との比較による評価方法が適用できない設備については、以下に示すいずれかの個別検討を実施して動的機能維持評価を行う。本資料では以下の評価方法の詳細も含めて、島根原子力発電所第2号機における動的機能維持評価方法をまとめるものである。

- ①「詳細検討」（基本評価項目の評価）
- ②「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及び評価）
- ③加振試験

ここで、基本評価項目とは、地震時に発生する可能性のある異常現象を抽出し、その要因分析を行い、機能維持の評価項目として選定したものである。基本評価項目のうち、既往研究等により十分な耐震性が確認されている項目については評価を省略し、代表評価項目のみを評価することで動的機能維持を確認する。

3. 「詳細検討」、「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出

3.1 検討対象設備の整理

耐震Sクラス設備並びに常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）より、動的機器を整理し、動的機能が必要な設備を検討対象設備とする。

なお、電気計装機器については、原則として加振試験により電氣的機能維持を確認することから、動的機能維持評価の検討対象設備から除いている。

3.2 「詳細検討」, 「新たな検討」又は加振試験が必要な設備の抽出

図1に設備の抽出及び検討のフローを示す。

3.1項に示す検討対象設備について, JEAG4601の機種, 形式及び適用範囲に該当する設備かを確認し, 該当する設備については, 機能維持評価用加速度がJEAG4601及び既往の研究*により妥当性が確認されている機能確認済加速度(A_t)以下であることの確認を行う。この評価方法で動的機能の健全性が確認できない設備については, 検討フローに従い以下3種類の評価方法のいずれかによって評価を実施する。

①「詳細検討」(基本評価項目の評価)

JEAG4601の適用範囲内の機器において, 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合, JEAG4601に記載されている基本評価項目(地震時の異常要因分析を踏まえ, 設備に要求される機能を保持するために健全性の確認が必要な項目)の評価を行い動的機能の健全性を確認する。

②「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及び評価)

JEAG4601の適用範囲外の機器において, 解析による構造健全性の確認を実施する場合, 既往の研究等を参考に地震時異常要因分析を実施し, 当該分析に基づき抽出した評価項目の評価を行い動的機能の健全性を確認する。

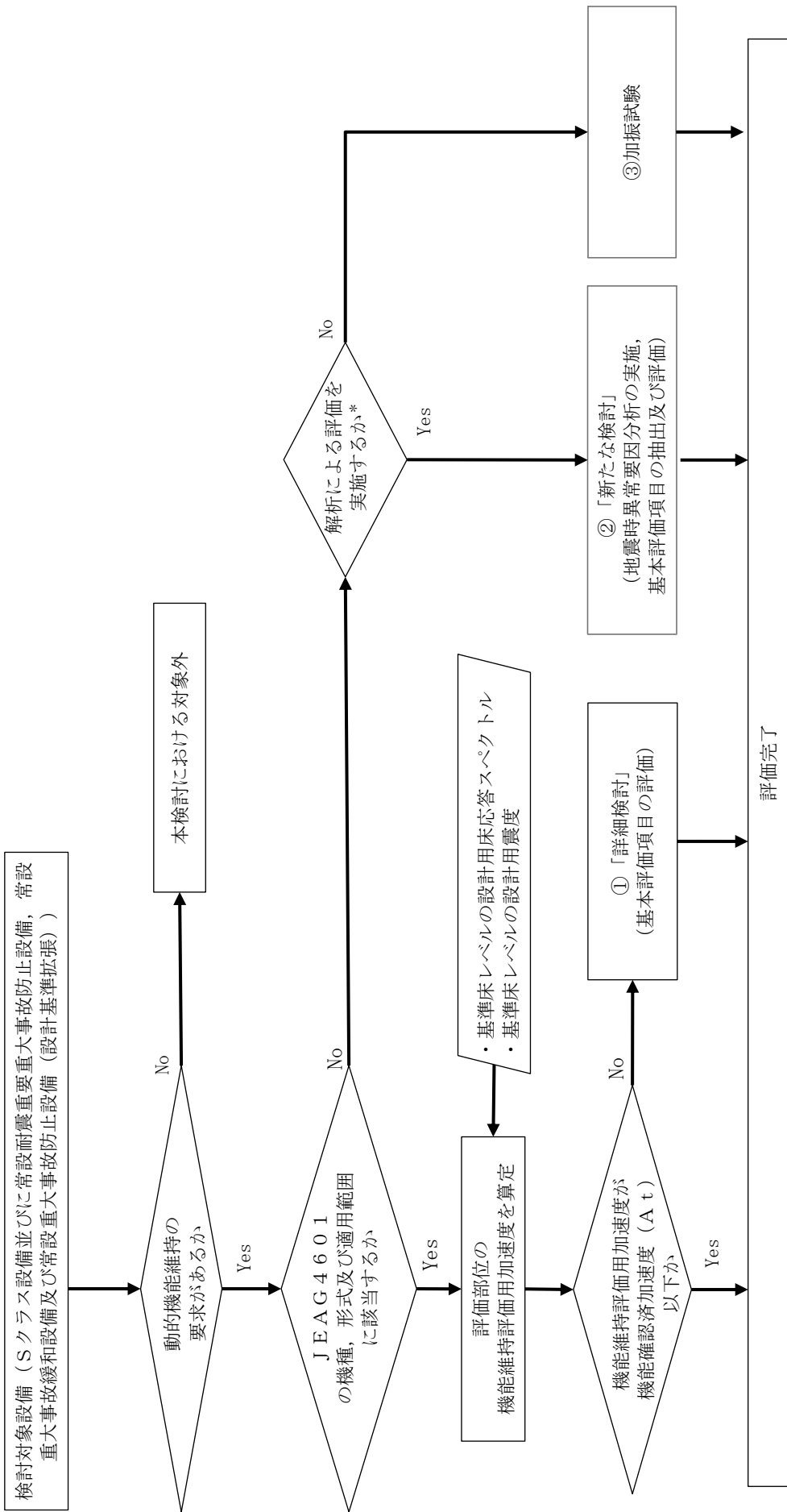
③加振試験

JEAG4601の適用範囲外の機器において, 解析による構造健全性の確認を実施しない場合, 加振試験を実施し動的機能の健全性を確認する。

なお, 弁についてはJEAG4601にて機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められており, 基本評価項目の評価を行う①「詳細検討」とは異なるものの, 設備の抽出作業は①「詳細検討」に含めて整理を行う。

上記を整理するために検討対象設備について, JEAG4601に該当する機種名等を別表1に整理した。

注記* : 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(平成10年度～平成13年度)」



注記* : 構造強度評価等の解析実施が困難な場合はNo

図1 動的機能維持評価の検討フロー

3.3 抽出結果

別表1をもとに、図1にて①「詳細検討」、②「新たな検討」及び③加振試験を実施する設備を抽出した結果を表1に示す。

①「詳細検討」(基本評価項目の評価)

機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超え、「詳細検討」が必要となる設備として、以下の設備が該当する。これらの設備は、J E A G 4 6 0 1に定められた機種、形式及び適用範囲であることを確認していることから、「詳細検討」(基本評価項目の評価)を実施する。

[横形ポンプ]

- ・燃料プール冷却ポンプ

[電動機]

- ・燃料プール冷却ポンプ用電動機
- ・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ワ用電動機
- ・非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ用電動機

[ファン]

- ・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ワ

[往復動式ポンプ]

- ・ほう酸水注入ポンプ

[特殊弁]

- ・主蒸気隔離弁
- ・主蒸気逃がし安全弁

[一般弁]

- ・弁 (グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁)

②「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及び評価)

「新たな検討」が必要な設備としては、以下の設備が該当する。

[スクリー式ポンプ]

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

[ガスタービン発電機]

- ・ガスタービン機関及び発電機

スクリー式ポンプは、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において遠心式横形ポンプやギヤ式ポンプ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。)での地震時機能維持評価についての検討*¹や電力共通研究*²(以下「電共研」という。)での検討結果を参考とすることが可能であるこ

とから、解析による評価を実施する。

ガスタービン発電機は、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において、非常用ディーゼル発電機やポンプ駆動用タービンの耐特委での地震時異常要因分析の検討結果*¹を参考とすることが可能であることから、解析による評価を実施する。

注記* 1：耐特委報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書（昭和 62 年 2 月）」

* 2：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成 25 年 3 月）」

③加振試験

加振試験を実施する設備として以下の設備を抽出した。

- ・ 高圧原子炉代替注水ポンプ

ポンプ形式はタービン駆動の横形多段遠心式だが、ポンプとタービンが一体となった構造であり（図 2 参照）、J E A G 4 6 0 1 に記載の横形ポンプの構造例とは大きく構造が異なる。また、J E A G 4 6 0 1 に構造例が示されている補助給水ポンプ用タービンはポンプとタービンが一体となった構造であるものの、補助給水ポンプ用タービンとも構造の相違点が多数ある。以上より、本設備は J E A G 4 6 0 1 の適用範囲外と判断し加振試験を実施した。詳細は下記資料参照。

NS2-補-027-10-10 高圧原子炉代替注水ポンプの耐震性についての計算書に関する補足説明資料

表1 「新たな検討」又は「詳細検討」が必要な設備の抽出結果(1/2)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 形式, 適用範囲に該当するか ○:該当 ×:否(「新たな検討」又は加振試験による確認が必要)	機能確認済加速度(A _t)以下か ○:Yes ×:No(「詳細検討」が必要) -:対象外
立形ポンプ	残留熱除去ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイポンプ	○	○
	低圧炉心スプレイポンプ	○	○
	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	○	○
横形ポンプ	高圧原子炉代替注水ポンプ	× (加振試験による確認)	-
	原子炉隔離時冷却ポンプ	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○	○
	残留熱代替除去ポンプ	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ	○	○
	燃料プール冷却ポンプ	○	×
	非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	× (別紙1参照)	-
ポンプ駆動用タービン	原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン	○	○
電動機	残留熱除去ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイポンプ用電動機	○	○
	低圧炉心スプレイポンプ用電動機	○	○
	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	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ用電動機	○	○
	残留熱代替除去ポンプ用電動機	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ用電動機	○	○
	燃料プール冷却ポンプ用電動機	○	×
	ほう酸水注入ポンプ用電動機	○	×
	中央制御室送風機用電動機	○	○

表1 「新たな検討」又は「詳細検討」が必要な設備の抽出結果(2/2)

機種名	設備名称	J E A G 4 6 0 1 の機種, 形式, 適用範囲に該当するか ○:該当 ×:否(「新たな検討」又は加振試験による確認が必要)	機能確認済加速度(A _t)以下か ○:Yes ×:No(「詳細検討」が必要) -:対象外
電動機	中央制御室非常用再循環送風機用電動機	○	○
	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ワ用電動機	○	×
	非常用ディーゼル発電設備A-ディーゼル燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	非常用ディーゼル発電設備B-ディーゼル燃料移送ポンプ用電動機	○	×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ用電動機	○	○
ファン	中央制御室送風機	○	○
	中央制御室非常用再循環送風機	○	○
	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ワ	○	×
非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル発電機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル発電機	○	○
ガスタービン発電機	ガスタービン機関	× (別紙1参照)	-
	ガスタービン発電機	○	○
往復動式ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	○	×
制御棒	制御棒(地震時挿入性)	○	○*1
特殊弁	主蒸気隔離弁	○	×*2
	主蒸気逃がし安全弁	○	×*2
	制御棒駆動水圧系スクラム弁	○	○
一般弁	弁(グローブ弁, ゲート弁, バタフライ弁, 逆止弁)	○	×*2

注記*1:地震応答解析結果から求めた燃料集合体相対変位が,加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位以下となることを確認(詳細については,NS2-補-027-10-11参照)

*2:機能維持評価用加速度がJ E A G 4 6 0 1及び既往の研究等により妥当性が確認されている機能確認済加速度(A_t)を超過する一部の弁について「詳細検討」を実

施する。



図 2 高圧原子炉代替注水ポンプ構造図

4. 「詳細検討」又は「新たな検討」が必要な設備の検討内容詳細

J E A G 4 6 0 1 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種
の範囲から外れ新たに評価項目の検討が必要として 3 項で抽出した設備の検討内容詳細に
ついては別紙 1 に示す。また、「詳細検討」が必要として 3 項で抽出した設備の検討内容詳細
については別紙 2 に示す。

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (1/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能確認加速度 (At) との比較		機能維持評価用加速度が At 以下か、 ○：以下 ×：超過 -：対象外	備考	
			機種	形式	設備容量 (0)内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1			機能確認加速度 (At)
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 使用済燃料貯蔵槽浄化設備 燃料プール冷却系										
燃料プール冷却ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	機形ポンプ	単段速心式	~2400m ³ /h (196m ³ /h)	水平	(追面)	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	×*2	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	機形ころがり軸受	~950kW (110kW)	鉛直	(追面)	1.0		
原子炉冷却系統施設										
原子炉冷却材再循環設備										
原子炉再循環ポンプ	無	-	-	-	-	-	-	-	-	-
残留熱除去設備										
残留熱除去系										
残留熱除去ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットパレル形	~1800m ³ /h (1218m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (560kW)	鉛直	(追面)	0.87		
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備										
高圧炉心スプレイス										
高圧炉心スプレイポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットパレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (2380kW)	鉛直	(追面)	0.87		
低圧炉心スプレイス										
低圧炉心スプレイポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	ピットパレル形	~1800m ³ /h (1074m ³ /h)	水平	1.17	10.0	○	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	立形すべり軸受	~2700kW (910kW)	鉛直	(追面)	0.87		
高圧原子炉代替注水系										
高圧原子炉代替注水ポンプ	有	加振試験による確認	-	-	-	水平	1.17	3.2	-	J E A G 4 6 0 1 の通用範囲外の構造であるため、今回工認の詳細のために新たに加振試験を実施した。
			-	-	-	鉛直	(追面)	0.87		
低圧原子炉代替注水系										
低圧原子炉代替注水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	機形ポンプ	多段速心式	~700m ³ /h (230 m ³ /h)	水平	(追面)	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○*2	機能維持評価用加速度が At 超過のため、「詳細検討」を実施する。
			電動機	機形ころがり軸受	~950kW (210 kW)	鉛直	(追面)	1.0		

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (2/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能確認加速度(A _t)との比較		機能維持評価用加速度がA _t 以下か ○：以下 ×：超過 -：対象外	備考	
			機種	形式	設備容量 (0)内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1			機能確認加速度 (A _t)
原子炉冷却材補給設備										
原子炉隔離時冷却系										
原子炉隔離時冷却ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	楕形ポンプ	多段遠心式	~700m ³ /h (99 m ³ /h)	水平	1.17	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			ポンプ駆動用タービンを有	R C I Cポンプ用	プラント出力等による構造、寸法の違いはほとんどない。	鉛直	0.87	1.0		
原子炉補機海水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	楕形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (1680 m ³ /h)	水平	0.92	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (360 kW)	鉛直	0.97	1.0		
原子炉補機海水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	立形斜流式	~7600m ³ /h (2040 m ³ /h)	水平	0.97	4.7	○	
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (410 kW)	鉛直	(追前)	10.0		○*2
高圧炉心スプレィ補機冷却系及び高圧炉心スプレィ補機海水系										
高圧炉心スプレィ補機冷却水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	楕形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (240 m ³ /h)	水平	1.17	3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向)	○	
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (37 kW)	鉛直	0.87	1.0		
高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	立形ポンプ	立形斜流式	~7600m ³ /h (336 m ³ /h)	水平	1.17	4.7	○	
			電動機	立形ころがり軸受	~1300kW (75 kW)	鉛直	0.87	1.0		○*2
計測制御系統施設										
制御材										
制御棒(地震時挿入性)			有							地震応答解析結果の相対変位量と制御棒の挿入性試験結果の比較による確認

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (3/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度(A _t)との比較			備考
			機種	形式	設備容量 (0)内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能維持評価用加速度 (A _t)	
ほう酸水注入設備									
ほう酸水注入系									
ほう酸水注入ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	往復動式 ポンプ	横形3連往復動式	流量、吐出圧力等ほぼ 同一(9.72 m ³ /h)	水平	(追面)	1.6	×** 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (45 kW)	鉛直	(追面)	1.0	
放射性廃棄物の廃棄施設									
換気設備									
中央制御室空調換気系									
中央制御室送風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (2000m ³ /min)	水平	1.10	2.3	○ 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (180 kW)	鉛直	0.92	1.0	
中央制御室非常用再循環送風 機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (534 m ³ /min)	水平	1.21	2.3	○ 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (30 kW)	鉛直	0.96	1.0	
原子炉格納施設									
原子炉格納容器安全設備									
原子炉格納容器スプレイ設備									
残留熱代替除去系									
残留熱代替除去ポンプ	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	横形ポンプ	単段遠心式	~2400m ³ /h (150 m ³ /h)	水平	1.17	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)	○ 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (75 kW)	鉛直	0.87	1.0	
放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御並びに格納容器再循環設備									
非常用ガス処理系									
非常用ガス処理系排風機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2900m ³ /min (74m ³ /min)	水平	(追面)	2.3	×** 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (22 kW)	鉛直	(追面)	1.0	
可燃性ガス濃度制御系									
可燃性ガス濃度制御系再結合 装置ブロー	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	ファン	遠心直結型	~2500m ³ /min (4.25 m ³ /min)	水平	(追面)	2.6	×** 機能維持評価用加速度がA _t 超 過のため、「詳細検討」を実施 する。
			電動機	横形ころがり軸受	~950kW (15 kW)	鉛直	(追面)	1.0	

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (4/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能確認加速度(A _t)との比較			備考	
			機種	形式	設備容量 (0)内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能確認加速度 (A _t)		機能維持評価用加速度がA _t 以下か ○：以下 ×：超過 -：対象外
その他発電用原子炉の附属施設										
非常用電源設備										
非常用発電装置										
非常用ディーゼル発電設備										
非常用ディーゼル機関	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	非常用ディーゼル機関 (中速形)	機関本体	~15500kW (6150kW)	水平	0.81	1.1	○	
				調速装置	UG形	水平	0.81	1.8	○	
非常用ディーゼル発電機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形すべり軸受	~1400kW (-)	水平	0.81	2.6	○	発電機の基本構造は電動機と同一であることから、電動機における機能確認加速度を適用する。
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリュウ式	(4 m ³ /h)	水平	-	-	-	設備の形式が J E A G 4 6 0 1 の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
		J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形ころがり軸受	~950kW (2.2 kW)	水平	(追面)	4.7	○*2	
						鉛直	(追面)	1.0		
非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリュウ式	(4 m ³ /h)	水平	-	-	-	設備の形式が J E A G 4 6 0 1 の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
		J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形ころがり軸受	~950kW (2.2 kW)	水平	(追面)	4.7	×*2	機能維持評価用加速度が A _t 超過のため、「詳細検討」を実施する。
						鉛直	(追面)	1.0		
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備										
高圧炉心スプレイス系ディーゼル機関	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	非常用ディーゼル機関 (中速形)	機関本体	~15500kW (3480kW)	水平	0.81	1.1	○	
				調速装置	UG形	水平	0.81	1.8	○	
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電機	有	J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形すべり軸受	~1400kW (-)	水平	0.81	2.6	○	発電機の基本構造は電動機と同一であることから、電動機における機能確認加速度を適用する。
						鉛直	0.58	1.0		
高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認	横形ポンプ	スクリュウ式	(4 m ³ /h)	水平	-	-	-	設備の形式が J E A G 4 6 0 1 の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
		J E A G 4 6 0 1 による確認	電動機	横形ころがり軸受	~950kW (2.2 kW)	水平	(追面)	4.7	○*2	
						鉛直	(追面)	1.0		

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (5/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確認方法	J E A G 4 6 0 1 適用性確認			機能維持評価用加速度がAt			備考
			機種	形式	設備容量 (0)内は当該設備の容量	方向	機能維持評価用 加速度*1	機能維持評価用 加速度(At)	
ガスタービン発電機									
ガスタービン機関	有	「新たな検討」による確認	ガスタービン機関	機関本体 燃料制御ユニット (軸連装置)	- (4800kW)	水平 鉛直	- -	- -	設備の形式がJ E A G 4 6 0 1の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
ガスタービン発電機	有	J E A G 4 6 0 1による確認	電動機	機形ころがり軸受	~950kW (-)	水平	1.43	4.7	発電機の基本構造は電動機と同一であることから、電動機における機能維持評価を適用する。
ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ	有	「新たな検討」による確認 J E A G 4 6 0 1による確認	機形ポンプ 電動機	スクュー式 機形ころがり軸受	- (4 m³/h) ~950kW (3.7 kW)	水平 鉛直	- -	- -	設備の形式がJ E A G 4 6 0 1の適用外であるため、「新たな検討」を実施する。
弁									
特殊弁									
主蒸気隔離弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	主蒸気隔離弁	~850A	水平 鉛直	(追面) (追面)	10.0 6.2	×*2
安全弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	主蒸気逃がし安全弁	~200A	水平 鉛直	(追面) (追面)	9.6 6.1	×*2
制御駆動水圧系スクラム弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	CRD スクラム弁	~50A	水平 鉛直	1.02 1.28	6.0 6.0	○
一般弁									
グループ弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	グループ弁	~500A	水平 鉛直	(追面) (追面)	6.0 6.0	×*2
ゲート弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	ゲート弁	~650A	水平 鉛直	(追面) (追面)	6.0 6.0	×*2
バタフライ弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	バタフライ弁	~1800A	水平 鉛直	(追面) (追面)	6.0 6.0	×*2
逆止弁*3	有	J E A G 4 6 0 1による確認	弁	逆止弁	~850A	水平 鉛直	(追面) (追面)	6.0 6.0	×*2

注記*1:機能維持評価用加速度は各設備の耐震性についての計算書より引用している。

*2:基本設計段階の暫定値に基づき判断したものであり、機能維持評価用加速度を確認後、確認結果を反映する。

*3:同形式の弁のうち、水平方向の機能維持評価用加速度が最大となった弁の評価結果を記載している。

「新たな検討」が必要な設備の評価

目 次

1. はじめに
2. 評価項目の抽出方針
3. ガスタービン発電機に対する検討
 - 3.1 検討対象設備の概要
 - 3.2 動的機能維持評価の評価項目の抽出
 - 3.3 ガスタービン発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目の抽出
 - 3.4 耐特委で検討された非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目
 - 3.5 耐特委で検討されたポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析による基本評価項目
 - 3.6 ガスタービン発電機の評価対象部位の検討
 - 3.7 まとめ

別紙 1-1 ガスタービン発電機の加振試験について

1. はじめに

非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ及びガスタービン発電機用燃料移送ポンプ（以下、3設備をまとめて「燃料移送ポンプ」という。）及びガスタービン発電機の動的機能維持評価については、J E A G 4 6 0 1 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種
の範囲から外れることから、新たに評価項目の検討が必要となる。本資料では、上記のうち、ガスタービン発電機の動的機能維持の評価内容を示す。

2. 評価項目の抽出方針

燃料移送ポンプ及びガスタービン発電機については、J E A G 4 6 0 1 に定められた適用範囲から外れ機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できないことから、「新たな検討」（新たに評価項目の検討）が必要となる設備である。

J E A G 4 6 0 1 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種の範囲から外れた設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として原子力発電耐震設計特別調査委員会（以下「耐特委」という。）での地震時機能維持評価についての検討*¹により取り纏められた類似機器における検討及び電力共通研究*²（以下「電共研」という。）にて取り纏められた類似機器の検討をもとに実施する。

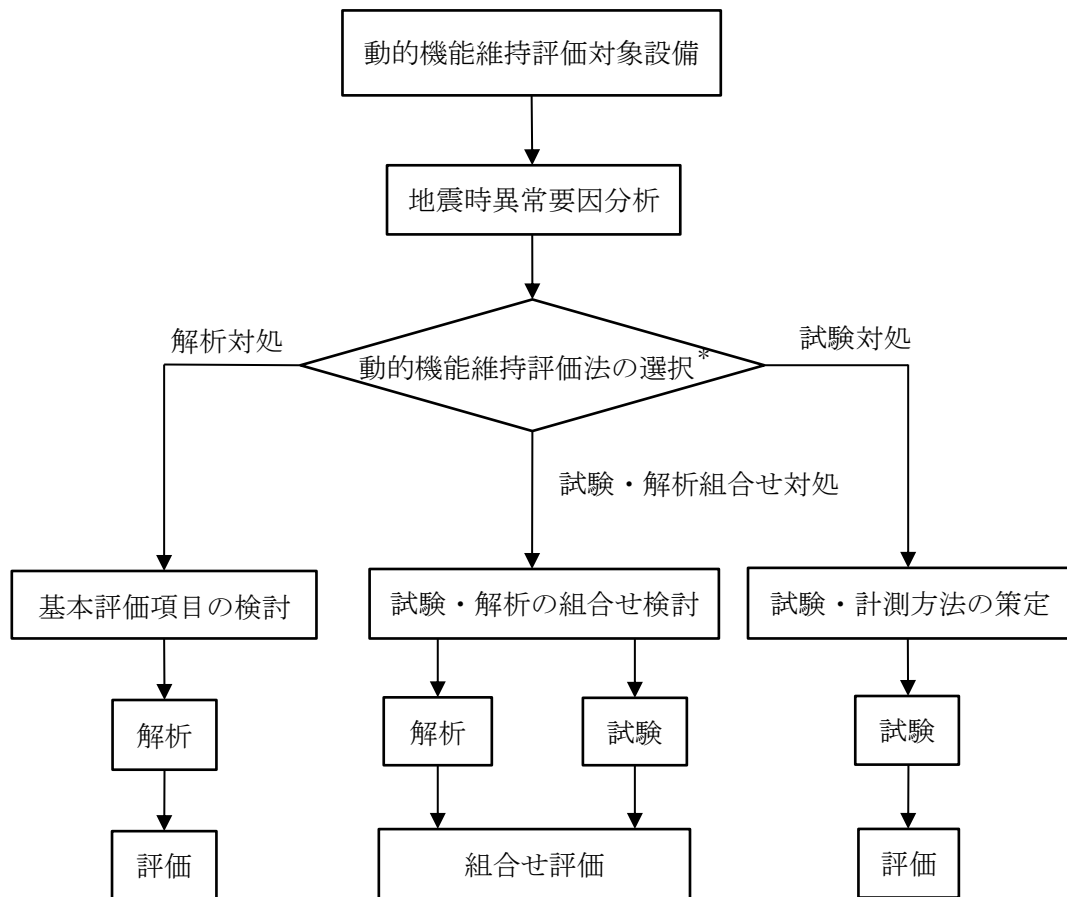
具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し、その分析により動的機能上の評価点を検討し、動的機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目を選定している。また、電共研の検討では、耐特委及び原子力発電技術機構（以下「NUPEC」という。）での検討を踏まえて、動的機能維持の基本評価項目を選定している。

今回 J E A G 4 6 0 1 に定められた適用機種の範囲から外れた設備については、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機種／形式に対する耐特委及び電共研での検討を参考に、形式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し動的機能維持評価を実施する。動的機能維持評価のフローを別紙 1-1 図に示す。

なお、J E A G 4 6 0 1 においても、機能維持評価の基本方針として、地震時の異常要因分析を考慮し、動的機能の維持に必要な評価のポイントを明確にすることとなっている。

注記* 1：耐特委報告書「動的機器の地震時機能維持評価に関する調査報告書（昭和 62 年 2 月）」

* 2：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成 25 年 3 月）」



注記*：対象物の複雑さ等で選択

別紙 1-1 図 動的機能維持評価フロー

3. ガスタービン発電機に対する検討

3.1 検討対象設備の概要

ガスタービン発電機については、地震時異常要因分析を実施し、当該分析に基づき基本評価項目を抽出する。

また、基本評価項目が網羅的に抽出されていることを確認するため、作動原理、構造又は機能が類似している非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンの耐特委における検討を参照する。別紙 1-1 表に「新たな検討」が必要な設備及び参考とする機種／形式を示すとともに、別紙 1-2 図に今回工認において、「新たな検討」が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機の構造概要図を、別紙 1-3 図に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の構造概要図を示す。

また、主要仕様を別紙 1-2 表に示す。

ガスタービン発電機は別紙 1-2 図に示すように、同一の台板上にガスタービンと発電機が据え付けられた構造となっている。ガスタービンと発電機は、軸継手によって連結されており、ガスタービンによって出力軸を回転させ、軸継手を介して発電機回転子を回転させて

発電を行っている。ガスタービン発電機には、運転に必要な空気の取り込み、排出を行うために、伸縮継手を介して専用のダクト（吸排気設備）を設けている。

ここで、ガスタービン発電機の動的機能維持評価において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ついて、ガスタービンとの類似性を以下に示す。

(1) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機は機関の構造は異なるが、動力機関と発電機及び付帯設備からなる非常用発電機という点で類似な設備であり、系統構成が同等である。各構成設備においても、その機能・作動原理から類似といえる機器が存在する。以下に、類似性を有する構成機器及びその根拠を示す。

a. ガスタービン（機関）

非常用ディーゼル発電機の過給機と以下の点において類似性を有する。

非常用ディーゼル発電機の過給機とガスタービン（機関）の構造比較を別紙 1-4 図に示す。非常用ディーゼル発電機の過給機とガスタービン（機関）は、共に昇圧した燃焼用空気を機関に送気する機能を有したターボ機械である。過給機は、燃焼後の排気ガスにて動力を得るための軸流型タービンと燃焼用空気を過給するためのインペラ型圧縮機を一軸上に配した回転軸を 2 つの軸受で支持した構造である。一方、ガスタービン（機関）も圧縮機とタービンを一軸上の回転軸に配し両端の軸受で支持した構造である。

共に高速で回転する回転軸が支持している軸受を介してケーシング内に内包された構造であり、このケーシングを本体取付面にボルト結合されている点で類似の構造である。また、共に回転軸は常用の回転速度において固有振動数が危険速度と一致しないように離調されており、この軸振動特性を確保するために回転軸のみならず軸受及びこれを支えるケーシングに対しても変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、機関全体が高い剛性を有しており、振動特性の観点からも両者は類似している。

b. ガスタービン（減速機）

非常用ディーゼル発電機のギヤリングと以下の点において類似性を有する。

非常用ディーゼル発電機のギヤリングとガスタービン（減速機）の構造比較を別紙 1-5 図に示す。非常用ディーゼル発電機のギヤリングは、クランクの回転より得た動力をクランクギヤ、アイドルギヤ、及びカムギヤ等で構成された歯車機構を介して燃料噴射系及び排気動弁系の機器を駆動させるカムへ伝達する機能を有している。一方、ガスタービン（減速機）も遊星歯車等の歯車で構成された歯車機構を介してガスタービン（機関）主軸より得た動力を適切な回転速度に減速調整して出力軸より発電機へ伝達する機能を有しており、類似の動力伝達の機能を有した機器である。また、共に回転する歯車軸が軸受を介してケーシング内に内包された構造であり、このケーシングを台板にボルト結合されている点で類似の構造を有している。

また、動力伝達時に歯車同士が噛み合うことで生じる反力を歯車軸で受けながら円滑な回転を確保するために、歯車軸をはじめ、軸受及びこれを支えるケーシングに対して

も変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、機関全体が高い剛性を有しており、振動特性の観点からも類似性を有している。

c. ガスタービン付きポンプ（主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ）

非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプと以下の点において類似性を有する。

非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプとガスタービン付きポンプ（主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ）の構造比較を別紙 1-6 図に示す。非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプは、機関各部へ潤滑油を供給するため、機関本体に付属して回転するクランク軸（クランクギヤ）より歯車を介して動力を得る回転式ポンプである。一方、ガスタービン付きポンプ（主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ）も機関各部へ燃料油や潤滑油を供給するため、ガスタービン（減速機）に付属して回転する減速機軸より動力を得る回転式ポンプであり、共に主機関より動力を得て流体を輸送するポンプ機能を有する点で類似している。

また、共に流体を押し出す回転部品とケーシングで構成された単純な構造の機器であり、主機関にボルト結合された支持構造であることから、振動特性の観点からも類似性を有している。

d. 燃料制御装置（燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料供給電磁弁）

非常用ディーゼル発電機のガバナ及びオーバースピードトリップ装置と以下の点において類似性を有する。

非常用ディーゼル発電機のガバナは、ディーゼル機関の回転数を一定に保つために、燃料流量を制御しており、機構は異なるものの同様に回転数を一定に保つために燃料流量制御を行うガスタービンの燃料制御装置と機能面で類似性を有している。

また、非常用ディーゼル発電機のオーバースピードトリップ装置とガスタービン発電機の燃料供給電磁弁は、共に過速度トリップ機能として燃料供給制御を行う点で類似性を有している。

(2) ポンプ駆動用タービン

ポンプ駆動用タービンとガスタービン発電機は、以下の点で類似性を有するターボ機械である。

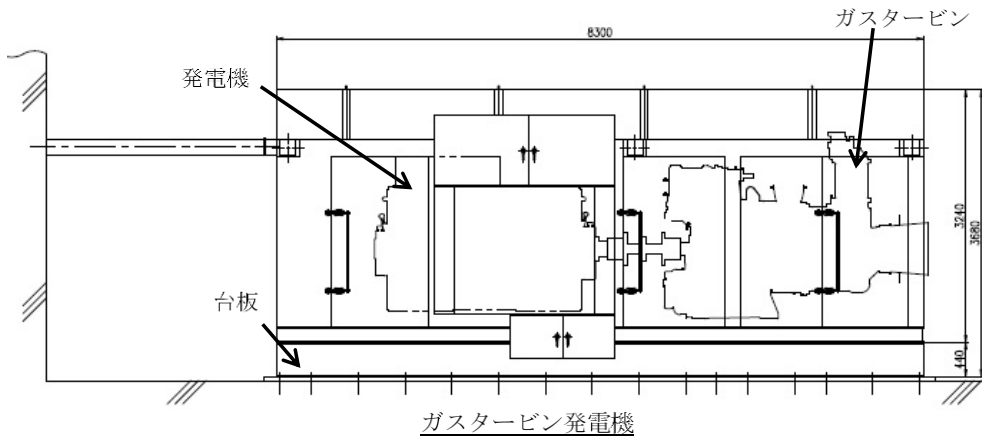
ポンプ駆動用タービンとガスタービン（機関）の構造比較を別紙 1-7 図に示す。ポンプ駆動用タービンは、駆動用蒸気を動力とする軸流型タービンとポンプタービンを一軸上に配した回転軸を複数の軸受で支持した構造である。一方、ガスタービン（機関）も、圧縮機とタービンからなる一軸の回転軸を両端の軸受で支持した構造である。共に高速で回転する回転軸を支持する軸受を介してケーシング内に内包した構造であり、このケーシングを本体取付面にボルト結合している点で類似の構造を有している。

また、共に回転軸は常用の回転速度において固有振動数が危険速度と一致しないように離調されており、この軸振動特性を確保するために回転軸のみならず軸受、及びこれを支えるケーシングに対しても変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、

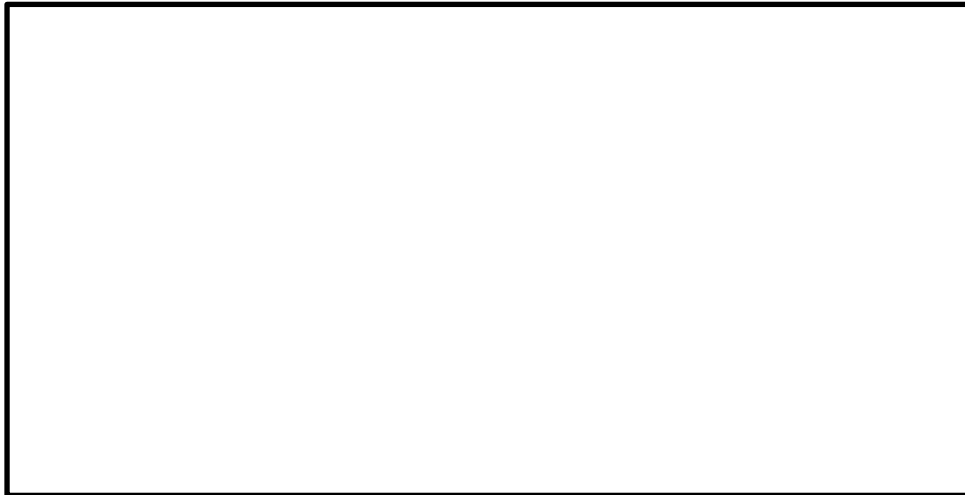
回転軸及び関連部位が高い剛性を有しており，振動特性の観点からも両者は類似している。

別紙 1-1 表 「新たな検討」が必要な設備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

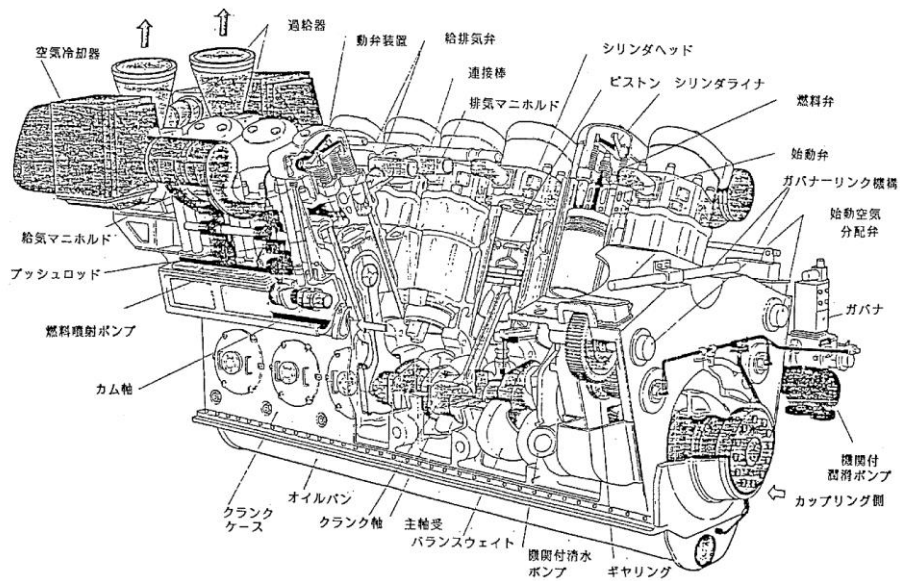


ガスタービン

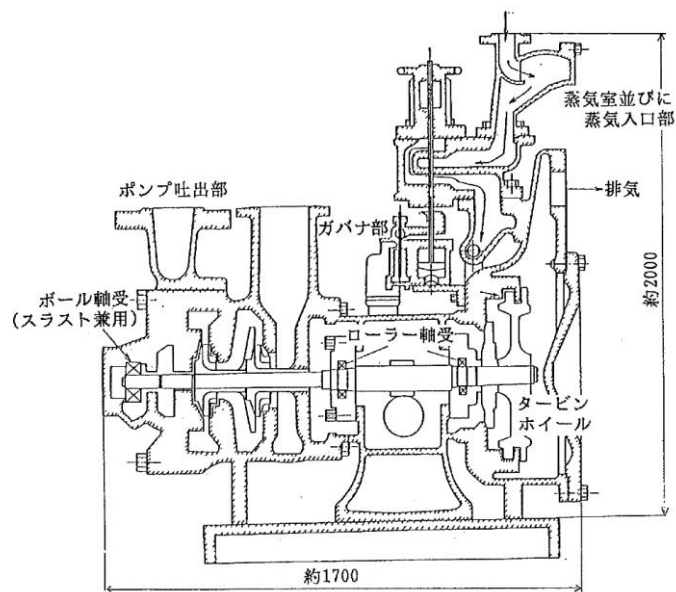


ガスタービン機関

別紙 1-2 図 ガスタービン発電機の構造概要図



(a) 非常用ディーゼル発電機



(b) ポンプ駆動用タービン

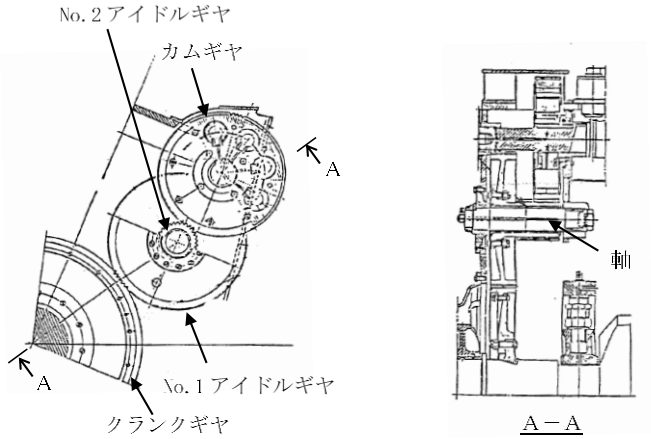
別紙 1-3 図 非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンの構造概要図

別紙 1-2 表 ガスタービン発電機の主要仕様

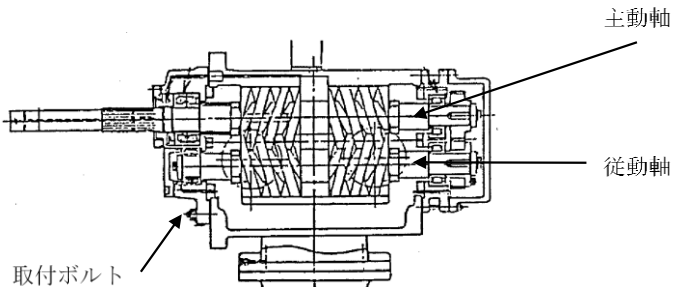
		ガスタービン発電機
型式		
エンジン基数		
構造	圧縮機	
	タービン	
	燃焼器	
	減速機	
	外形寸法	2877 mm(全長) 2180 mm(幅) 2275 mm(高さ)
定格出力 [発電機出力]		6,000 kVA [4,800 kW]
電圧		6,900 V
周波数		60 Hz
回転数	ガスタービン	
	発電機	1,800 min ⁻¹
始動方式		電気始動方式

<p>非常用ディーゼル発電機の過給機</p>	
<p>ガスタービン (機関)</p>	
<p>類似点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼用空気を機関に送気する機能を有したターボ機械である。 ・ 圧縮機とタービンを一軸上の回転軸に配置し両端の軸受で支持した構造である。 ・ 回転軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・ 機関全体が高い剛性を有している。

別紙 1-4 図 非常用ディーゼル発電機の過給機とガスタービン (機関) の比較

<p>非常用ディーゼル発電機のギヤリング</p>	
<p>ガスタービン（減速機）</p>	
<p>類似点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 歯車機構を介して動力を伝達する機能を有する。 ・ 歯車軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・ 機器全体が高い剛性を有している。

別紙 1-5 図 非常用ディーゼル発電機のギヤリングとガスタービン（減速機）の比較

<p>非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプ</p>	
<p>ガスタービン付きポンプ（主燃料油ポンプ・潤滑油ポンプ）</p>	
<p>類似点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・主機関より動力を得て流体を輸送するポンプ機能を有する。 ・流体を押し出す回転部品とケーシングで構成された単純な構造の機器である。 ・主機関にボルト結合されている。

別紙 1-6 図 非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプとガスタービン付きポンプ
（主燃料油ポンプ，潤滑油ポンプ）の比較

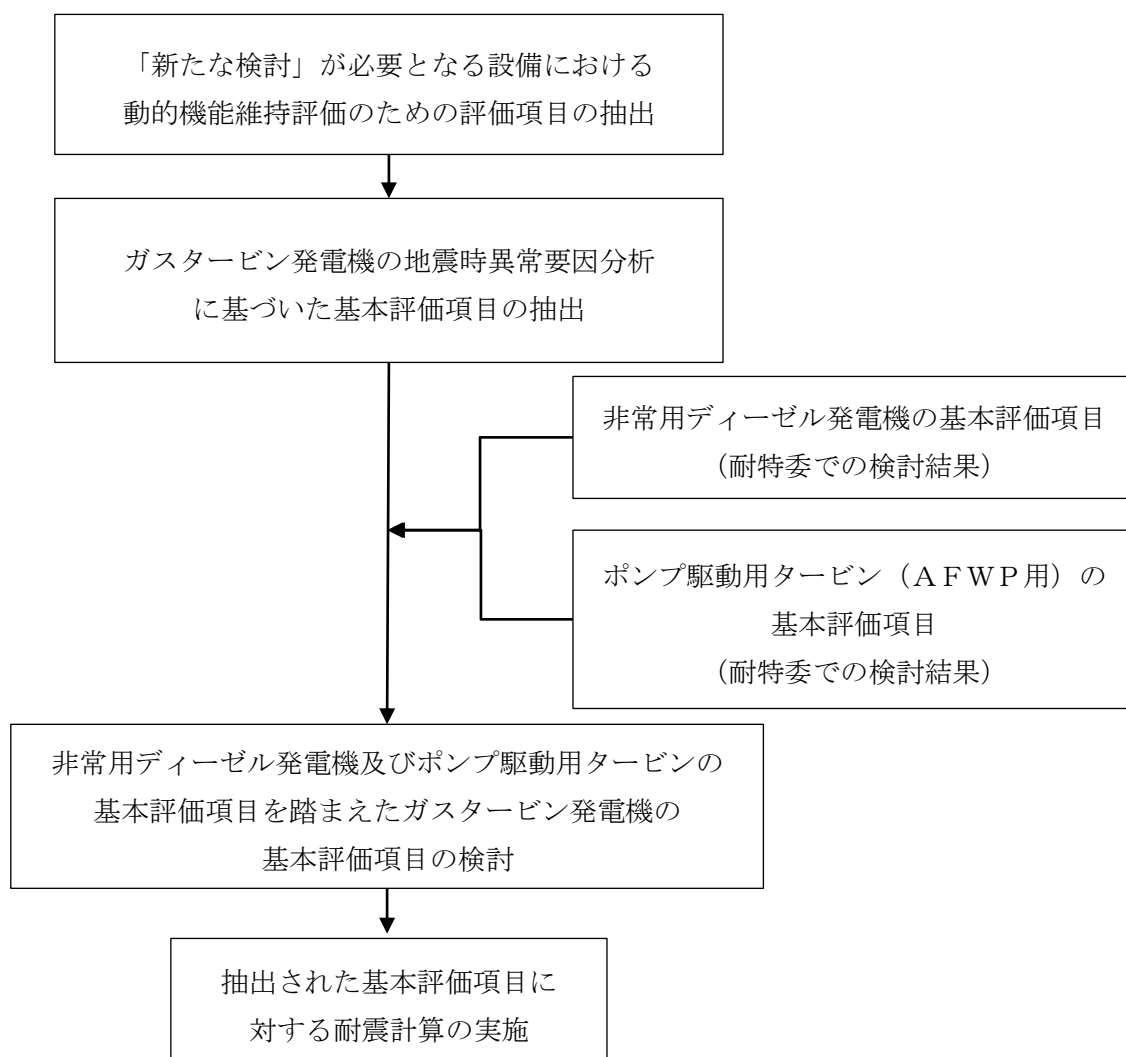
<p>ポンプ駆動用タービン</p>	
<p>ガスタービン (機関)</p>	
<p>類似点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・タービンにより高速で回転する回転軸を有する。 ・回転軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・回転軸及び関連部位が高い剛性を有する。

別紙 1-7 図 ポンプ駆動用タービンとガスタービン (機関) の比較

3.2 動的機能維持評価の評価項目の抽出

「新たな検討」が必要な設備であるガスタービン発電機の動的機能維持評価の評価項目については、ガスタービン発電機に対する地震時異常要因分析を踏まえて基本評価項目を抽出する。また、耐特委で検討された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地震時異常要因分析による基本評価項目を参照し、ガスタービン発電機の基本評価項目の網羅性を確認する。

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別紙1-8図に示す。



別紙1-8図 動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フロー

3.3 ガスタービン発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目の抽出

ガスタービン発電機の動的機能維持を評価する上で、ガスタービン及びガスタービン付き機器を対象に評価項目を検討した。別紙 1-2 図に示すガスタービン発電機のうち、台板等の構造物は動作を要求される機器ではないため、本検討の対象外とした。また、ガスタービン発電機の関連設備として、非常用ディーゼル発電機における吸排気設備やデイトンク等と同様の付帯設備として設置される設備も存在するが、既往の非常用ディーゼル発電機にて評価手法が確立されているため、本検討の対象外とした。発電機については、非常用ディーゼル発電機における発電機の評価と同様に、基本構造が同一である電動機における機能確認済加速度との比較により動的機能維持評価を行う。なお、ガスタービンと発電機は、軸継手により連結しているが、それぞれの軸は機器両端の軸受で支持されており、軸継手には変位吸収が可能なダイヤフラムカップリングを用いて、軸端の応答が互いに影響を及ぼさない構造となっているため、機器は個別に評価が可能である。

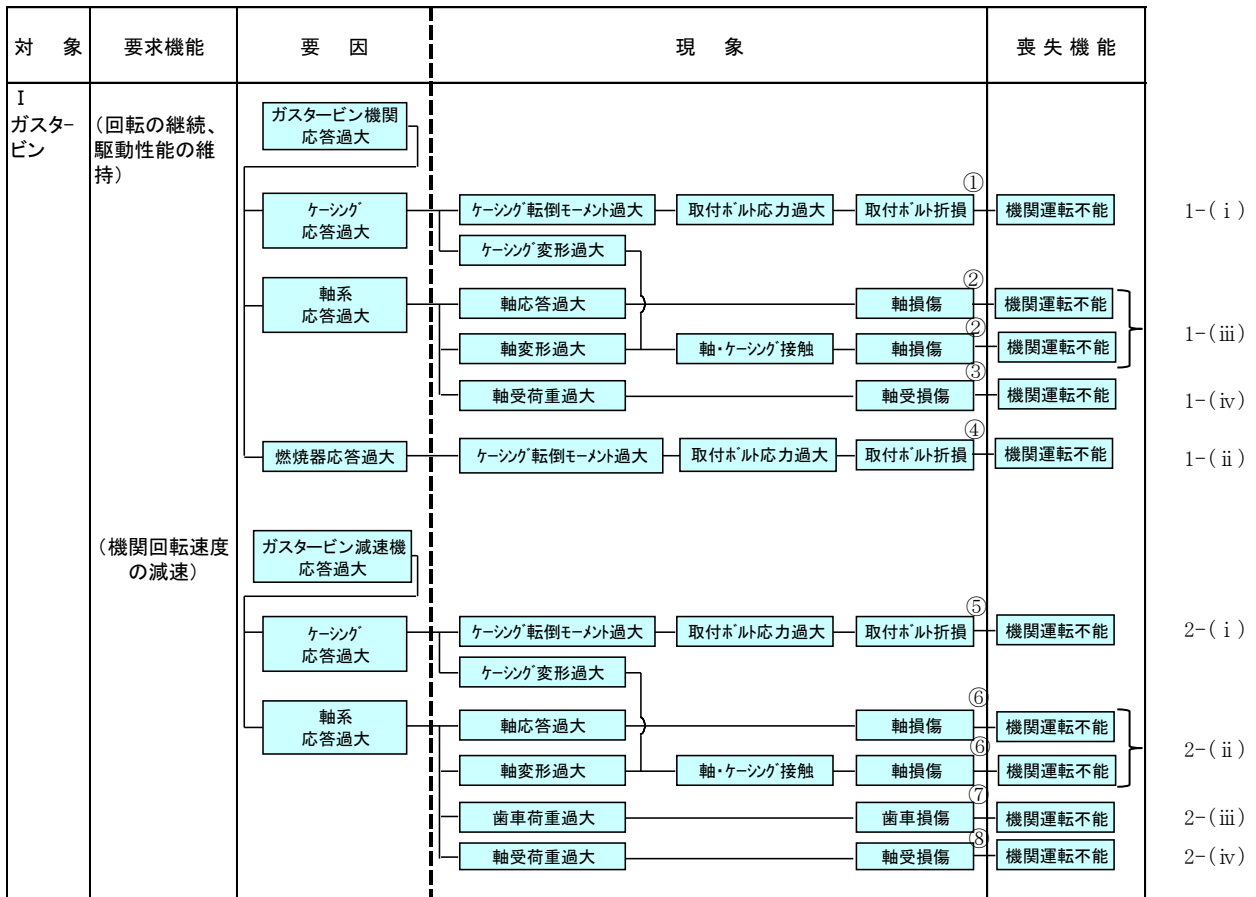
ガスタービン発電機の異常要因分析図を別紙 1-9 図～別紙 1-14 図に示す。また、要因分析図に基づき抽出されるガスタービン発電機の基本評価項目及び各基本評価項目について動作機能の喪失に至る異常要因を検討した結果を別紙 1-3 表に示す。ガスタービン発電機の異常要因分析は以下の区分に分類し実施した。

<異常要因分析の検討区分>

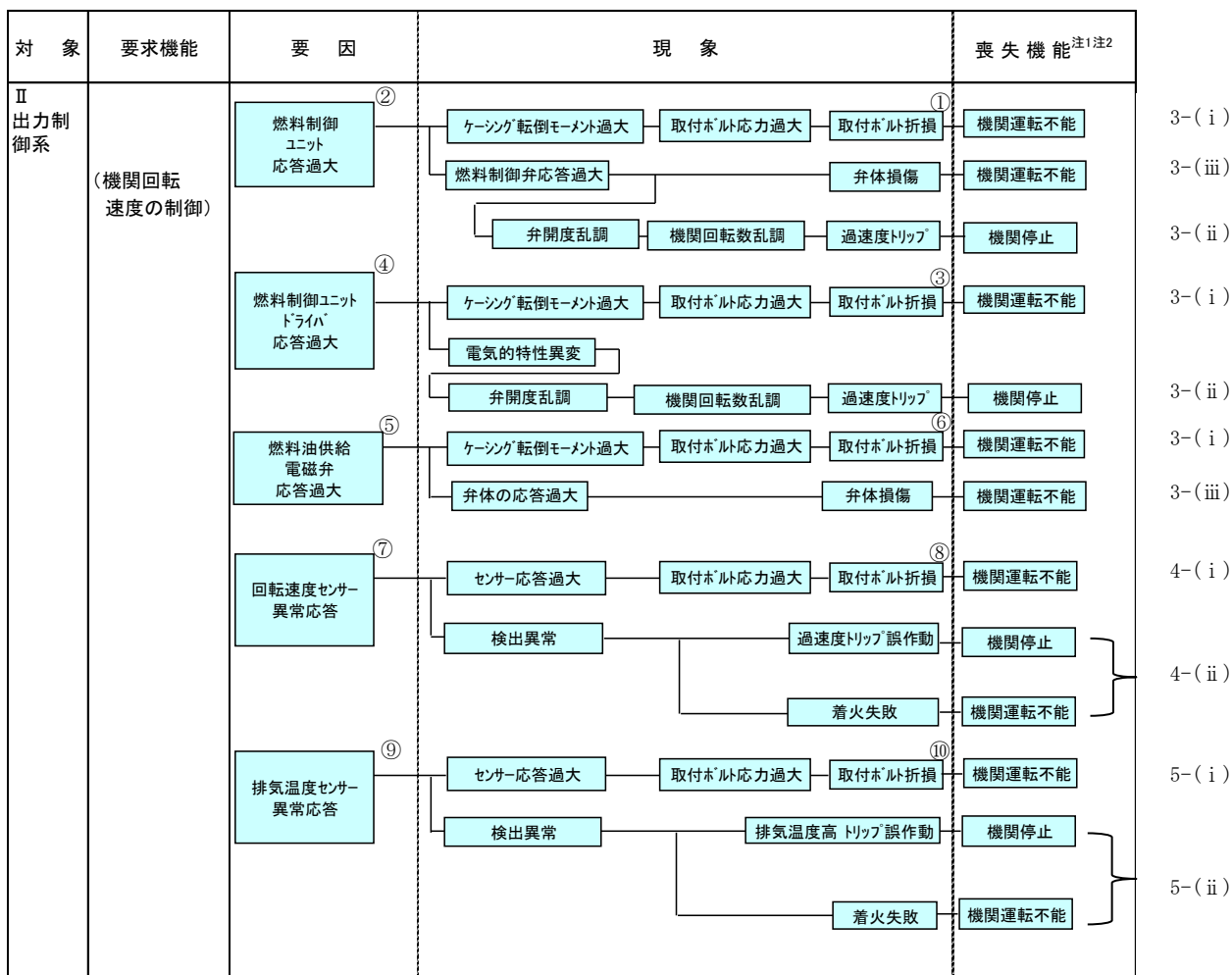
- I ガスタービン（機関、減速機）
- II 出力制御系
- III 着火系
- IV 始動系
- V 燃料油系
- VI 潤滑油系

なお、ガスタービン（機関）等の軸応答過大による軸損傷は、次の理由により基本評価項目から除外した。

軸損傷は軸部のケーシングへの接触や破断がその対象となる。いずれも軸に作用する外力によって軸の変形を伴う事象であるが、構造的な特徴として破断に至る前に軸とケーシングが接触する。よって、軸の破断に対する強度評価は軸とケーシングとのクリアランスを評価することで包絡可能である。



別紙 1-9 図 異常要因分析図と構造図 (ガスタービン)



注1 機関運転不能：構成機器の損傷や動作不良により運転が不能となる

注2 機関停止：誤信号によるトリップにより運転が停止する（損傷に至らない）



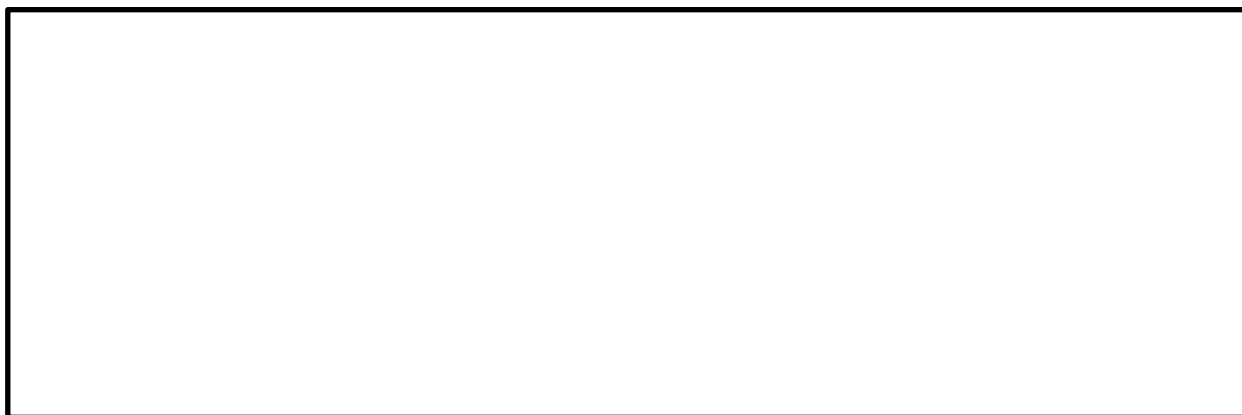
別紙 1-10 図 異常要因分析図と構造図（出力制御系）

対 象	要求機能	要 因	現 象	喪 失 機 能		
Ⅲ 着火系	(始動時の点火)	点火プラグ異常応答	取付ホルスト応力過大	取付ホルスト折損 ^②	機関運転不能	6-(i)
			点火プラグ動作不良 ^①	着火失敗	機関運転不能	6-(ii)
		点火エキシタ異常応答	取付ホルスト応力過大	取付ホルスト折損 ^④	機関運転不能	7-(i)
			点火エキシタ動作不良 ^③	着火失敗	機関運転不能	7-(ii)



別紙 1-11 図 異常要因分析図と構造図 (着火系)

対 象	要求機能	要 因	現 象	喪 失 機 能			
Ⅳ 始動系	(始動機能)	スタータモータ 応答過大	ケージンギ転倒モーメント過大	取付ホルスト応力過大	取付ホルスト折損 ^①	機関運転不能	8-(i)
			軸受荷重過大		軸受損傷 ^②	機関運転不能	8-(iii)
			軸応答過大		軸損傷 ^③	機関運転不能	8-(ii)

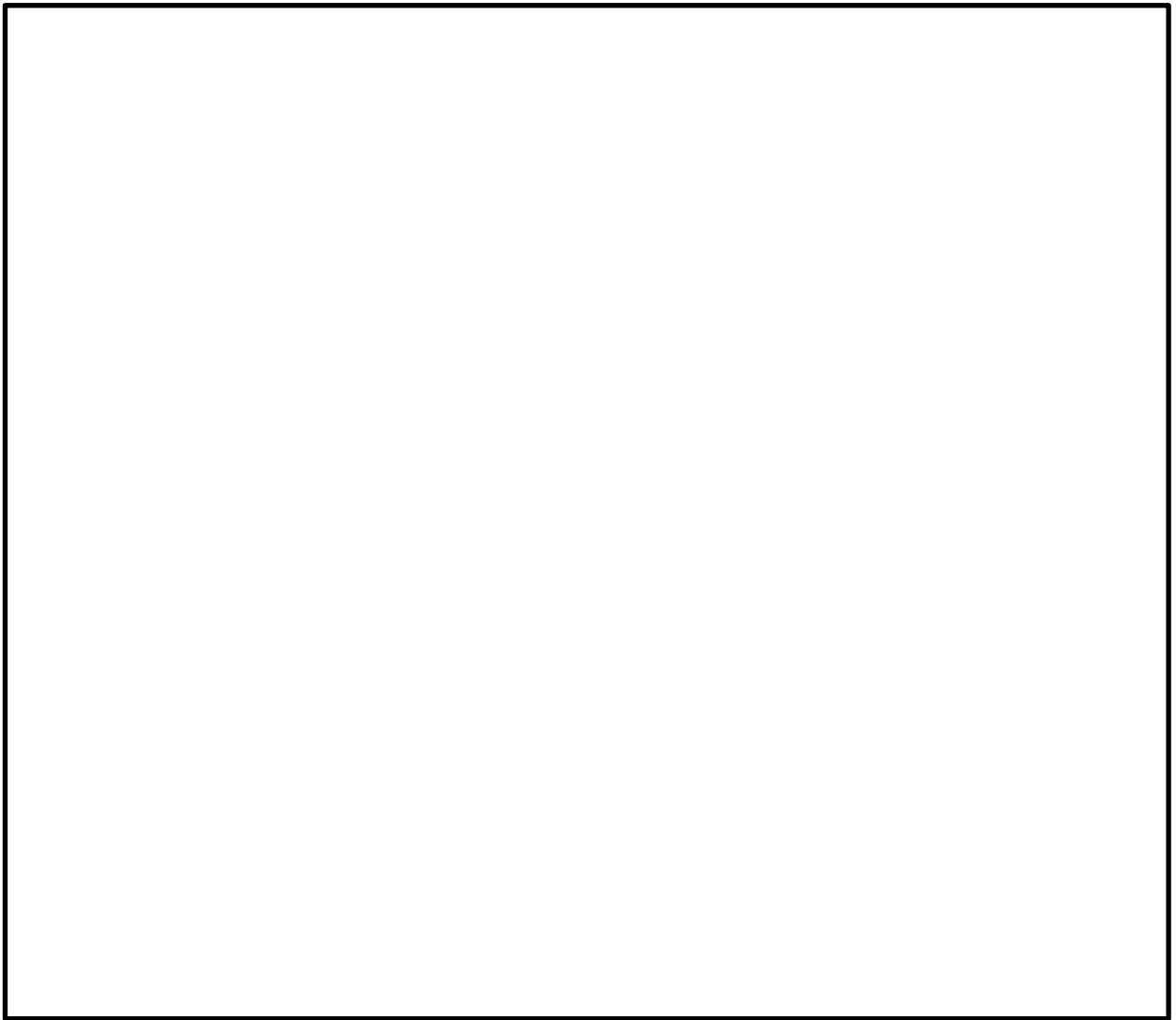


別紙 1-12 図 異常要因分析図と構造図 (始動系)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能				
V 燃料油 系	(燃料油供給機能)	主燃料油ポンプ 応答過大	ケーシング転倒 モーメント過大	取付ホルト応答過大	取付ホルト折損 ^①	燃料噴射不能	機関運転不能	9-(i)
			軸受荷重過大	軸受損傷 ^②			機関運転不能	9-(iii)
			軸応答過大	軸損傷 ^③			機関運転不能	9-(ii)
		始動用燃料油ポンプ 応答過大	ケーシング転倒 モーメント過大	取付ホルト応答過大	取付ホルト折損 ^④	燃料噴射不能	機関運転不能	10-(i)
			軸受荷重過大	軸受損傷 ^⑤			機関運転不能	10-(iii)
			軸応答過大	軸損傷 ^⑥			機関運転不能	10-(ii)
		始動用燃料油ポンプ用 モータ応答過大	ケーシング転倒 モーメント過大	取付ホルト応答過大	取付ホルト折損 ^⑦		機関運転不能	11-(i)
			軸受荷重過大	軸受損傷 ^⑧			機関運転不能	11-(iii)
			軸応答過大	軸損傷 ^⑨			機関運転不能	11-(ii)

別紙 1-13 図 異常要因分析図と構造図 (燃料油系)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能
VI 潤滑系	(潤滑機能)	潤滑油ポンプ 応答過大		12-(i) 機関運転不能 12-(iii) 機関運転不能 12-(ii)



別紙 1-14 図 異常要因分析図と構造図 (潤滑油系)

別紙 1-3 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (1/5)

No.	基本評価項目	異常要因の検討結果
1-(i)	ケーシング取付ボルト	ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、転倒モーメントによるガスタービン (機関) の取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、機関ケーシング部が脱落し、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。
1-(ii)	燃焼器取付ボルト	燃焼器の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となり損傷に至る。その結果、燃焼器が脱落し、燃焼ガスを保持できなくなり機関の回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。
1-(iii)	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) の地震応答が過大となると、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングに付随する静止部と接触する。その結果、軸部が損傷に至り、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。なお、クリアランスを形成する静止部は軸よりも外径側にあり、かつ耐圧構造で剛性の高いケーシングに固定されているため、その変形量は軽微となる。よって、変形量の評価は軸のみを対象とする。
1-(iv)	ガスタービン機関軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより回転の継続及び駆動性能の維持機能が喪失する。
2-(i)	減速機取付ボルト	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる減速機取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、全体系 (減速機、機関及び燃焼器) が転倒することで機関回転速度の減速機能を喪失する。
2-(ii)	減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、回転体である歯車の応答が過大となり、歯車軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、機関回転速度の減速機能を喪失する。

別紙 1-3 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (2/5)

No.	基本評価項目	異常要因の検討結果
2-(iii)	減速機歯車	減速機軸系の地震応答が過大となると、減速機歯車荷重が過大となる。その結果、歯車が損傷することで機関回転速度の減速機能を喪失する。
2-(iv)	減速機軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより機関回転速度の減速機能を喪失する。
3-(i)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁 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、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、脱落することで機関回転速度の制御機能を喪失する。
3-(ii)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ	燃料制御ユニットドライバの地震応答が過大となると、回路の電気的特性に異変が生じ、制御信号に乱れが生じる可能性がある。制御信号の乱れ又は燃料制御ユニットの燃料制御弁の過大応答により弁開度が乱調し、適切な燃料投入量が得られなくなることで、機関回転数の乱調に伴う過速度トリップによりガスタービンが停止する。
3-(iii)	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁 弁体	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、弁体の損傷に至り、機関回転速度の制御機能を喪失する。
4-(i)	回転速度センサー取付ボルト	回転速度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる回転速度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、回転速度センサーが脱落すると機関回転速度の制御機能を喪失する。
4-(ii)	回転速度センサー	回転速度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による過速度トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗（機関回転速度の制御機能の喪失）に至る可能性がある。

別紙 1-3 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (3/5)

No.	基本評価項目	異常要因の検討結果
5-(i)	排気温度センサー取付ボルト	排気温度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる排気温度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、排気温度センサーが脱落することで、始動中の機関回転速度の制御機能を喪失する。
5-(ii)	排気温度センサー	排気温度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による排気温度高トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗（機関回転速度の制御機能の喪失）に至る可能性がある。
6-(i)	点火プラグ取付ボルト	点火プラグの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる点火プラグの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火プラグが脱落することで始動時の点火機能を喪失し、着火失敗に至る。
6-(ii)	点火プラグ	点火プラグの地震応答が過大となることで、始動時に電氣的動作不良が発生すると、点火機能を喪失し、着火失敗に至る。
7-(i)	点火エキサイタ取付ボルト	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる点火エキサイタの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火エキサイタが脱落することで始動時の点火機能を喪失し、着火失敗に至る。
7-(ii)	点火エキサイタ	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、電氣的動作不良が発生すると、点火機能を喪失し、着火失敗に至る。
8-(i)	スタータモータ取付ボルト	スタータモータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、スタータモータが転倒することで始動機能を喪失する。

別紙 1-3 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目(4/5)

No.	基本評価項目	異常要因の検討結果
8-(ii)	スタータモータ摺動部（軸とケーシングのクリアランス）	スタータモータの地震応答が過大となることで、回転体である軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、始動機能を喪失する。
8-(iii)	スタータモータ軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより始動機能を喪失する。
9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが脱落することで燃料油供給機能を喪失する。
9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部（軸とケーシングのクリアランス）	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。
9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	主燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで燃料油供給機能を喪失する。
10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが転倒することで燃料油供給機能を喪失する。
10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部（軸とケーシングのクリアランス）	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転体軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。
10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	始動用燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより燃料油供給機能を喪失する。

別紙 1-3 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (5/5)

No.	基本評価項目	異常要因の検討結果
11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、転倒することでモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。
11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 摺動部(軸とケーシングのクリアランス)	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、モータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。
11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受	始動用燃料油ポンプ用モータの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することによりモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。
12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトの損傷に至り、ポンプが脱落することで、潤滑機能を喪失する。
12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部(軸とケーシングのクリアランス)	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、潤滑機能を喪失する。
12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	潤滑油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより潤滑機能を喪失する。

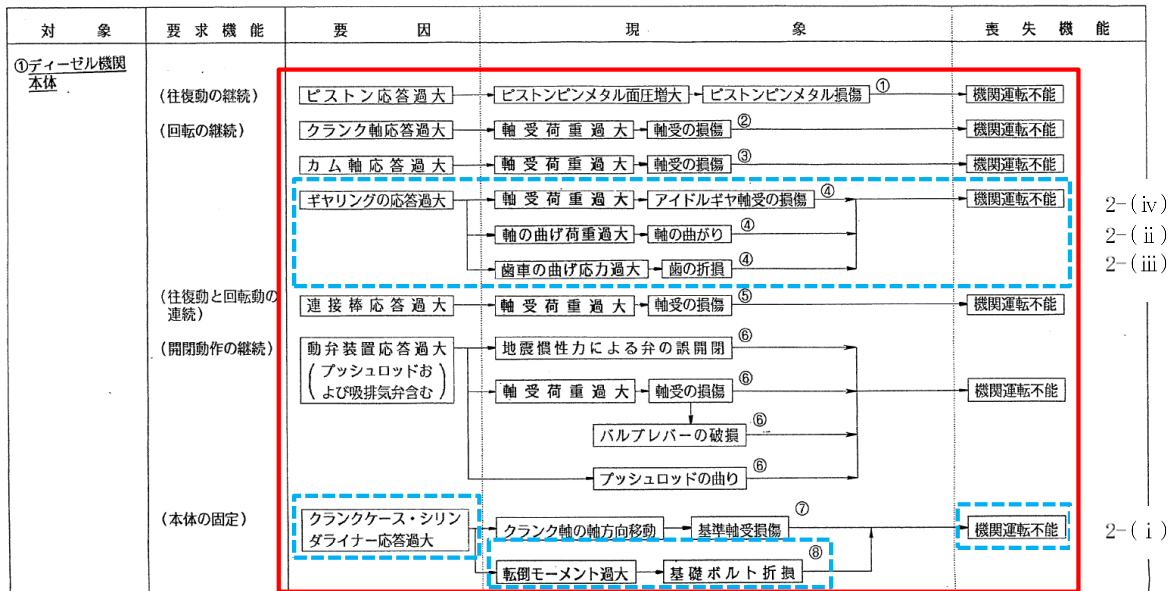
3.4 耐特委で検討された非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目

「新たな検討」が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機の基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委での非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析図を別紙 1-15 図～別紙 1-20 図に、地震時異常要因分析図から抽出される非常用ディーゼル発電機の基本評価項目とこれに対応するガスタービン発電機における類似評価項目を別紙 1-4 表～別紙 1-7 表に示す。

別紙 1-15 図～別紙 1-20 図及び別紙 1-4 表～別紙 1-7 表より、ガスタービン発電機に属する機器のうち、非常用ディーゼル発電機と類似性を有する機器については、異常要因分析に基づいて抽出された評価項目においても類似性を有していることが確認できる。また、異常要因分析の考え方についても、ガスタービン発電機は、非常用ディーゼル発電機での異常要因分析の手法に倣い、要求機能別に分類した各機器の構造や作動原理から地震時に

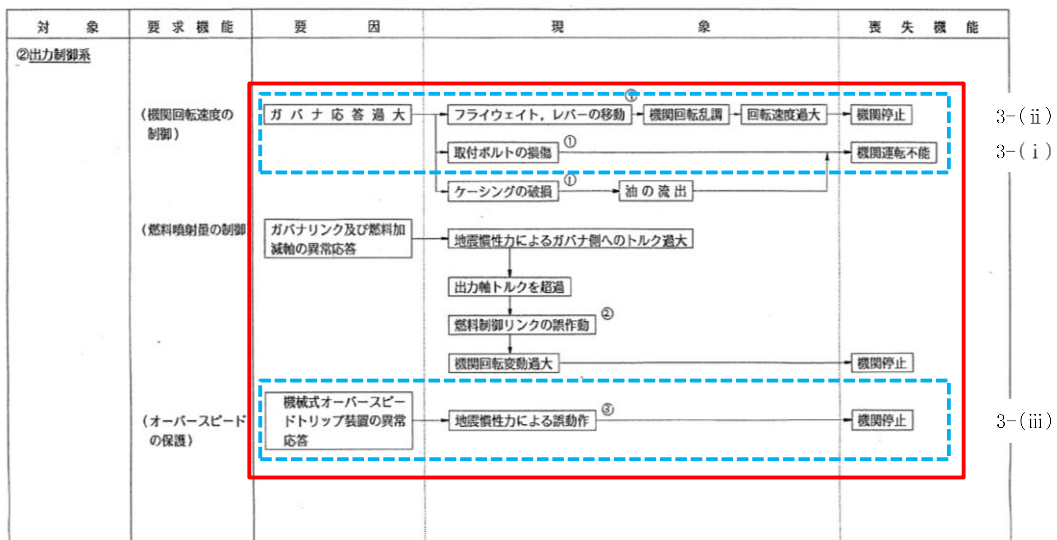
発生し得る異常現象を抽出したことから、ガスタービン発電機と非常用ディーゼル発電機の要因分析結果の類似性が確認できる。

以上より、ガスタービン発電機に対して、非常用ディーゼル発電機と類似性を有する評価項目が網羅的に抽出されていることが確認された。



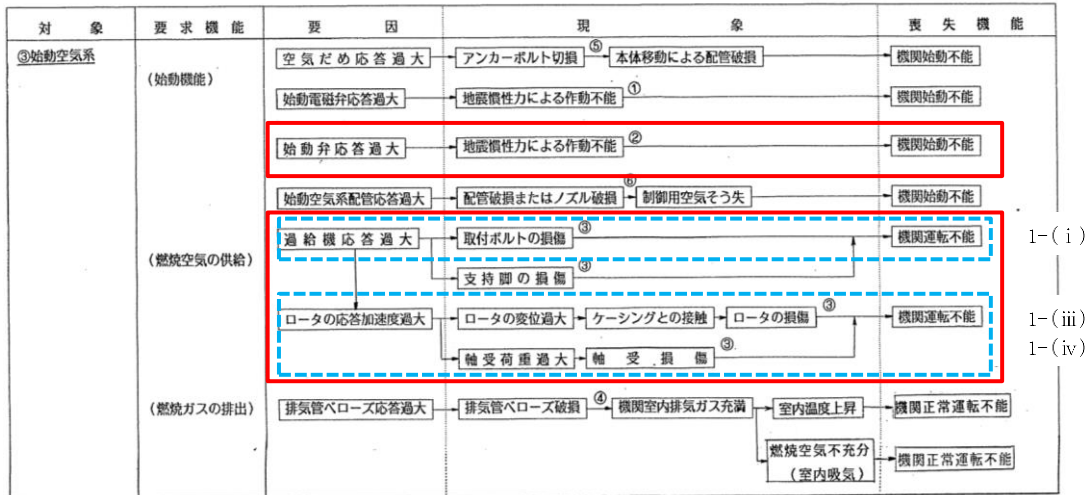
 : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-15 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (ディーゼル機関本体)



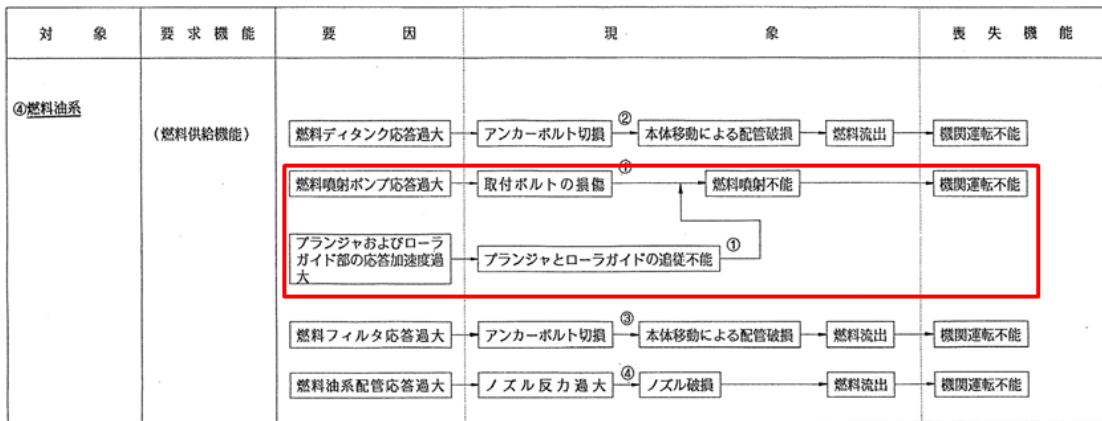
 : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-16 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (出力制御系)



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
□ : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-17 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (始動空気及び吸排気系)



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
□ : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-18 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (燃料油系)

対 象	要 求 機 能	要 因	現 象	喪 失 機 能
⑤冷却水系	(冷却機能の保持)	清水冷却器応答過大	アンカーボルト切損 ^② → 本体移動による配管破損 → 冷却水流出	機関運転不能
		冷却水ポンプ応答過大	取付ボルト切損 ^① → 配管破損 → 冷却水流出 軸受荷重過大 ^① → 軸受の損傷 → 冷却水流出	機関運転不能
		冷却水系配管応答過大	ノズル反力過大 ^③ → ノズル破損 → 冷却水流出	機関運転不能

□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
□ : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-19 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (冷却水系)

対 象	要 求 機 能	要 因	現 象	喪 失 機 能
⑥潤滑油系	(潤滑機能)	潤滑油サンプタンク 応答過大	アンカーボルト切損 ^③ → 本体移動による配管破損 → 潤滑油流出 波 立 ち 量 大 ^② → ポンプによる吸込み不能 → 潤滑油流出	機関運転不能
		潤滑油ポンプ応答過大	軸 受 荷 重 過 大 ^① → 軸受の損傷 → 潤滑油流出 取付ボルト切損 ^① → 配管破損 → 潤滑油流出	機関運転不能
		潤滑油冷却器応答過大	アンカーボルト切損 ^④ → 本体移動による配管破損 → 潤滑油流出	機関運転不能
		潤滑油フィルタ応答過大	取付ボルト切損 ^⑤ → 本体移動による配管破損 → 潤滑油流出	機関運転不能
		潤滑油系配管応答過大	ノズル反力過大 ^⑥ → ノズル破損 → 潤滑油流出	機関運転不能

9-(iii)
 12-(iii)
 9-(i)
 12-(i)

□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
□ : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-20 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (潤滑油系)

別紙1-4表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (ディーゼル機関係本体)

No.	非常用ディーゼル発電機			ガスタービン発電機で対応する評価項目	
	機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	評価項目
1	ピストン	ピストンピンメタル損傷	軸受強度	-	該当なし
2	クランク軸	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
3	連接棒	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
4	カム軸	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
5	ギヤリング	アイドルギヤ軸受の損傷	軸受強度	2-(iv)	ガスタービン (減速機) 軸受
		軸の曲がり	軸の強度	2-(ii)	ガスタービン (減速機) 摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)
6	動弁装置	歯の折損	歯車の強度	2-(iii)	ガスタービン (減速機) 歯車
		バルブレバターの破損	軸受強度	-	該当なし
		プッシュロッドの曲がり	プッシュロッド強度	-	該当なし
		バルブレバターの破損	バルブレバターの強度	-	該当なし
		地震慣性力による弁の誤開閉	プッシュロッド弁	-	該当なし
		基準軸受損傷	軸受ハウジング強度	-	該当なし
7	基準軸受	基準軸受損傷	軸受強度	-	該当なし
8	機関係本体	基礎ボルト折損	基礎ボルト強度	2-(i)	減速機取付ボルト

別紙1-5表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較（出力制御系）

No	非常用ディーゼル発電機			ガスタービン発電機で対応する評価項目		
	機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	評価項目	
9	ガバナ	フライウエイト、レバーの移動	ガバナの健全性評価 (地震時の機能維持確認)	3-(ii)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	
		取付ボルトの損傷		3-(i)		燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料油供給電磁弁 取付ボルト
		ケーシングの破損		—		該当なし
10	ガバナリンク及び燃料加減軸	燃料制御リンクの誤作動	地震時の抵抗 コントローラック中の燃料加減軸のつかえ有無	—	該当なし	
				地震慣性力による誤作動	3-(iii)	燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁 弁体

別紙 1-6 表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (始動空気系, 燃料油系, 冷却水系)

No.	非常用ディーゼル発電機		ガスタービン発電機		
	機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	
始動空気系					
12	始動弁	地震慣性力による 動作不能	弁棒の変形	—	該当なし
			弁棒の曲げ	—	該当なし
			弁の誤開閉	—	該当なし
13	過給機	取付ボルトの損傷 支持脚の損傷 ロータの損傷	取付ボルトの強度	1-(i)	ケーシング取付ボルト
			支持脚の強度	—	該当なし
			軸とケーシングのクリ アランス (たわみ)	1-(iii)	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)
燃料油系					
14	燃料噴射 ポンプ	取付ボルトの損傷 プランジャとローラガイ ドの追従不能	取付ボルトの強度	—	該当なし
			押付け力評価	—	該当なし
冷却水系					
15	冷却水 ポンプ	取付ボルト折損 軸受荷重過大	取付ボルトの強度	—	該当なし
			軸受強度	—	該当なし
			インペラとケーシング のクリアランス	—	該当なし

別紙1-7表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較（潤滑油系）

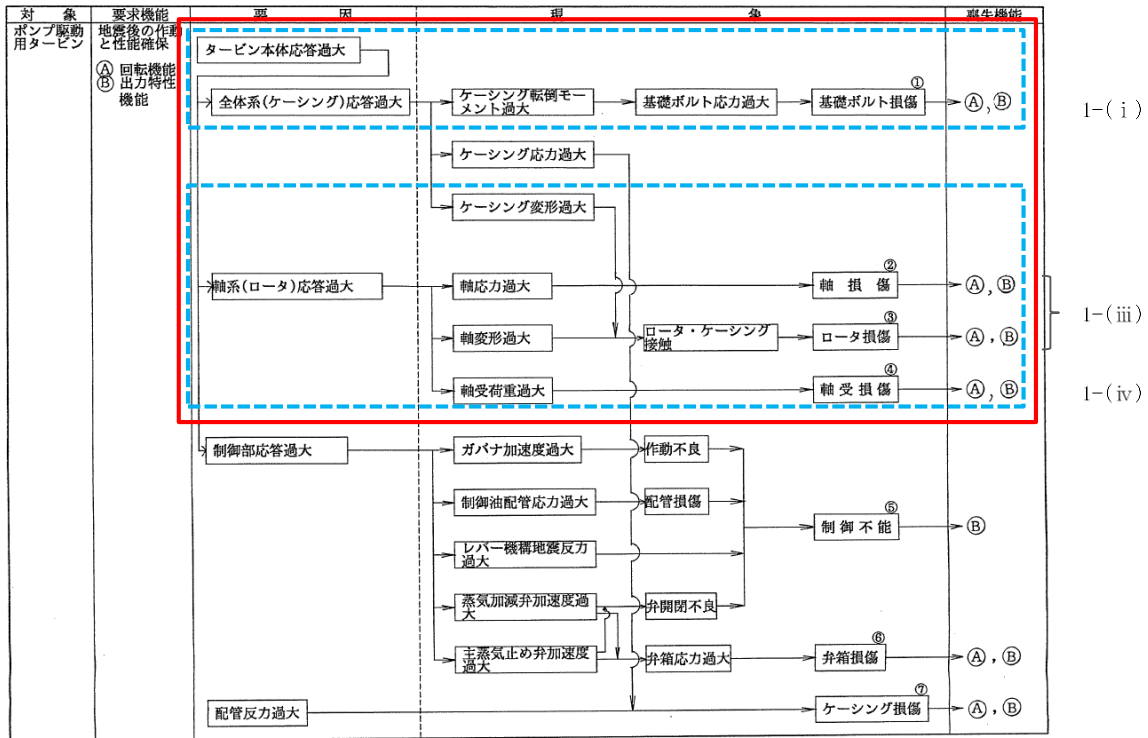
No.	非常用ディーゼル発電機		ガスタービン発電機	
	機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.
潤滑油系				
16	潤滑油 ポンプ	取付ボルト折損	取付ボルトの強度	9-(i) 主燃料油ポンプ取付ボルト
			軸受強度	12-(i) 潤滑油ポンプ取付ボルト
		軸受荷重過大	軸受強度	9-(iii) 主燃料油ポンプ軸受
			軸とケーシングのクリ アランス	12-(iii) 潤滑油ポンプ軸受
		軸とケーシングのクリ アランス	9-(ii) 主燃料油ポンプ摺動部（軸とケーシングのクリ アランス）	
		軸とケーシングのクリ アランス	12-(ii) 潤滑油ポンプ摺動部（軸とケーシングのクリ アランス）	

3.5 耐特委で検討されたポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析による基本評価項目

「新たな検討」が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機の基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委でのポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析図を別紙 1-21 図に、地震時異常要因分析図から抽出されるポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）の基本評価項目とこれに対応するガスタービン発電機における類似評価項目を別紙 1-8 表に示す。

ガスタービン発電機に属する機器のうちポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）と類似性を有する機器については、異常要因分析に基づいて抽出された評価項目においても類似性を有していることが確認できる。また、異常要因分析の考え方についても、ガスタービン発電機とポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）の異常要因分析結果の類似性が確認できる。

以上より、ガスタービン発電機に対して、ポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）と類似性を有する評価項目が網羅的に抽出されていることが確認された。



□ : ポンプ駆動用タービンのうちタービン本体の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

別紙 1-21 図 ポンプ駆動用タービンの異常要因分析図

別紙 1-8 表 ポンプ駆動用タービンとガスタービン発電機の評価項目比較

No.	ポンプ駆動用タービン (タービン本体部分)		ガスタービン発電機で対応する評価項目	
	機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.
1	ケーシング	基礎ボルト損傷	基礎ボルト強度	1-(i)
2	軸系	軸損傷	ロータ変位	1-(iii)
		ロータ損傷		
		軸受損傷	軸受強度	1-(iv)
			ケーシング取付ボルト	
			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	

3.6 ガスタービン発電機の評価対象部位の検討

ガスタービン発電機は高温高圧の燃焼ガスによる熱的荷重、高速回転による遠心力に十分耐えられる材料、構造、強度を有しており、地震加速度による影響は小さいと考えられる。また、島根原子力発電所第2号機のガスタービンと類似の仕様である米国PWR向けガスタービンに対して加振試験が実施されており、試験では島根原子力発電所第2号機の機能維持評価用加速度を上回る加速度により健全性が確認されている。米国PWR向けのガスタービン発電機に対する加振試験について別紙1-1に示す。これらを踏まえて前項までの検討により異常要因分析図から抽出された基本評価項目に対し、構造上の特徴や損傷による影響を考慮して動的機能維持評価における評価対象部位を選定した。評価対象部位の選定結果及びその理由を別紙1-9表に示す。

別紙1-9表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果(1/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
1-(i)	ケーシング取付ボルト	×	ケーシング取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。
1-(ii)	燃焼器取付ボルト	×	燃焼器取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。
1-(iii)	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）	○	ガスタービンの軸及びケーシングは十分剛な構造であり、地震による変形量は軽微であるが、軸とケーシング間のクリアランスもわずかであること、軸とケーシングの接触に伴う軸損傷が運転に及ぼす影響が大きいことから評価対象部位として選定した。

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (2/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
1-(iv)	ガスタービン機関軸受	○	<p>ガスタービン（機関）の軸は他の動的機器と比べても高速回転（18,000rpm）であり、軸受部は軸の回転を支持する動的機能維持上重要な部位である。また、軸受の損傷は機関全体の重大な損傷につながる可能性がある。ガスタービン（機関）の軸受は、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている軸受の中で、ガスタービン（減速機）の一部の軸受を除いて裕度が小さい。ここで、ガスタービン（減速機）の軸受のうち、運転時に加わる機械荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して地震荷重の寄与分に対する強度上の裕度（＝（許容値－運転時荷重）／地震のみの荷重）が大きいことが確認されている。一方、地震荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して耐震裕度が大きいことが確認されている。したがって、異常発生時の影響の大きさも考慮して、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン（機関）の軸受を評価対象部位として選定した。</p>
2-(i)	減速機取付ボルト	○	<p>減速機取付ボルトは、ガスタービン及びガスタービン付き機器の重量を支えるボルトであり、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている取付ボルトの中で転倒モーメントが大きく、裕度が小さいため、本取付ボルトを評価対象部位として選定した。</p>

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (3/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
2-(ii)	減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン (減速機) の軸は、歯車の両側近傍に軸受を有した構造であり、ガスタービン (機関) の軸と比較して軸受間距離が短く、たわみ発生量が小さい。また、クリアランスはガスタービン (機関) と比較して大きい傾向にあり、最狭部でも同程度である。したがって、ガスタービン (機関) の軸とケーシングを代表評価部位とし、減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス) については評価対象外とした。
2-(iii)	減速機歯車	×	ガスタービン (減速機) の歯元曲げ応力を支配するのは運転時に加わる機械荷重であり、地震により加わる荷重は十分小さく、耐震性を有していることが確認されていることから、減速機歯車については評価対象外とした。(非常用ディーゼル発電機のギヤリングと同様の整理。)
2-(iv)	減速機軸受	×	ガスタービン (減速機) の軸受は、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン (機関) の軸受を代表評価部位とするため、減速機軸受については評価対象外とした。
3-(i)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料油供給電磁弁取付ボルト	×	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ及び燃料油供給電磁弁取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
3-(ii)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	○	高速回転機器であるガスタービンの回転数を制御する装置であり、回転の機能維持上重要であることから燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバを評価対象部位として選定した。

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果(4/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
3-(iii)	燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁弁体	×	弁体のばね力評価については, ばね力を打ち消す地震による慣性力が弁体等の重量に比例するが, 比較的軽量であり, その影響は軽微であることから, 評価対象外とした。
4-(i)	回転速度センサー取付ボルト	×	回転速度センサー取付ボルトについては, 減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため, 評価対象外とした。
4-(ii)	回転速度センサー	×	<p>回転速度センサーは, 下記理由により取付部の健全性を確認することで, 電氣的機能維持を確保できるため, 評価対象外とした。</p> <p>①回転速度センサーには電磁ピックアップ式センサーが用いられており動作部がない。</p> <p>②軽量かつ単純構造であり, 地震力により発生する荷重が小さく, 構造強度について十分な裕度を持っている。</p> <p>③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電氣計装機器のうち, 剛体と見なせる器具に該当すると考えられ, 構造健全性が保たれている限り, その機能が失われることはないと考えられる。</p>
5-(i)	排気温度センサー取付ボルト	×	排気温度センサー取付ボルトについては, 減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため, 評価対象外とした。

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (5/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
5-(ii)	排気温度センサー	×	<p>排気温度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。</p> <p>①排気温度センサーにはシース熱電対が用いられており動作部がない。</p> <p>②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。</p> <p>③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電氣計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</p>
6-(i)	点火プラグ取付ボルト	×	<p>点火プラグ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。</p>
6-(ii)	点火プラグ	×	<p>点火プラグは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。</p> <p>①点火プラグにはスパークプラグが用いられており動作部がない。</p> <p>②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。</p> <p>③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電氣計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</p>
7-(i)	点火エキサイタ取付ボルト	×	<p>点火エキサイタ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。</p>

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (6/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
7-(ii)	点火エキサイタ	×	<p>点火エキサイタは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。</p> <p>①点火エキサイタには Capacitor Discharge Ignition 方式の点火装置が用いられており動作部がない。</p> <p>②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。</p> <p>③ J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</p>
8-(i)	スタータモータ取付ボルト	×	スタータモータ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。
8-(ii)	スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	<p>スタータモータはガスタービン機関に比べて小型軽量であり、ガスタービン(機関)と比較して軸受間距離も短くたわみ発生量が小さい。</p> <p>従って、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、スタータモータ摺動部(軸とケーシングのクリアランス)については評価対象外とした。</p>
8-(iii)	スタータモータ軸受	×	ガスタービン(機関)の軸受に対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。
9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	×	主燃料油ポンプ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (7/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	主燃料油ポンプはガスタービン機関に比べて小型軽量であり、ガスタービン(機関)と比較して軸受間距離も短くたわみ発生量が小さい。 従って、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、主燃料油ポンプ摺動部(軸とケーシングのクリアランス)については評価対象外とした。
9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン(機関)の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	×	始動用燃料油ポンプ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	始動用燃料油ポンプはガスタービン機関に比べて小型軽量であり、ガスタービン(機関)と比較して軸受間距離も短くたわみ発生量が小さい。 従って、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、始動用燃料油ポンプ摺動部(軸とケーシングのクリアランス)については評価対象外とした。
10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン(機関)の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	×	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。

別紙 1-9 表 ガスタービンの動的機能維持評価における
評価対象部位の選定結果 (8/8)

No.	基本評価項目	評価対象	理由
11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	始動用燃料油ポンプ用モータはガスタービン機関に比べて小型軽量であり、ガスタービン (機関) と比較して軸受間距離も短くたわみ発生量が小さい。 従って、ガスタービン (機関) の軸とケーシングを代表評価部位とし、始動用燃料油ポンプ用モータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス) については評価対象外とした。
11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	×	潤滑油ポンプ取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。
12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	潤滑油ポンプはガスタービン機関に比べて小型軽量であり、ガスタービン (機関) と比較して軸受間距離も短くたわみ発生量が小さい。 従って、ガスタービン (機関) の軸とケーシングを代表評価部位とし、潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス) については評価対象外とした。
12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。

3.7 まとめ

島根原子力発電所第2号機における規格適用外の動的機能維持評価が必要な設備のうち、「新たな検討」が必要な設備であるガスタービン発電機について、ガスタービン発電機に対する地震時異常要因分析を踏まえた基本評価項目を抽出した。また、耐特委での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検討結果を参考に、構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、動的機能維持を確認するための基本評価項目の網羅性を確認した。

その結果、ガスタービン発電機の基本評価項目は、参考とした非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンと類似性を有する機器について、異常要因分析に基づいて抽出された評価項目においても類似性を有し、評価項目が網羅的に抽出されていることが確認できた。

以上の検討結果から、島根原子力発電所第2号機のガスタービン発電機における動的機能維持評価の基本評価項目については、別紙1-10表のとおり整理し、抽出された基本評価項目に対して、耐震計算を実施する。また、抽出された基本評価項目における許容値の設定を別紙1-11表に、具体的な評価結果について別紙1-12表に示す。

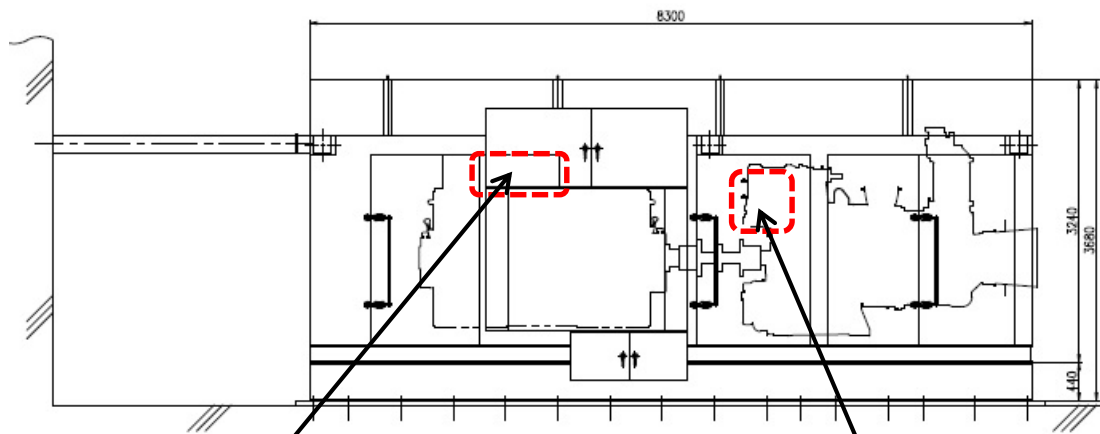
なお、ガスタービン発電機の評価の詳細は、個別の耐震計算書VI-2-10-1-2-3-1「ガスタービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書」にて示す。

別紙 1-10 表 島根原子力発電所第 2 号機の高タービン発電機における動的機能維持評価
 の評価項目の検討結果 (1/2)

No.	評価項目	評価内容
I	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)	<p>ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であるといえる。したがって、ガスタービンの軸とケーシングのクリアランスも、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンの荷重条件を用いて軸の変位量を評価する。</p> <p>なお、両端を軸受で支持された軸のたわみ量の算出において、軸受自体の剛性による変位は 程度と十分小さく、軸とケーシングとのクリアランスを評価する上では有意とはならないため考慮は不要と判断している。一方、軸受による軸の支持条件は単純支持として、軸のたわみ量が大きくなるよう保守的に評価する。</p>
II	ガスタービン機関軸受	<p>ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であるといえる。したがって、ガスタービンの軸受も、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンにおける軸受の評価方法を適用可能であるが、ここでは軸受荷重の許容値がメーカー規定の基本静定格荷重 (メーカー保証値) で設定されていることから、J I S (J I S B 1519-2009) に基づくメーカー規定の計算式 (ガスタービン回転軸に地震力や運転中のスラスト荷重が作用することにより軸受に発生する静等価荷重) にて評価する。</p> <p>軸受強度は、軸受の剛性に関わりなく軸受に作用する荷重が許容される荷重以下であることで評価される。</p>

別紙 1-10 表 島根原子力発電所第 2 号機の高タービン発電機における動的機能維持評価
 の評価項目の検討結果 (2/2)

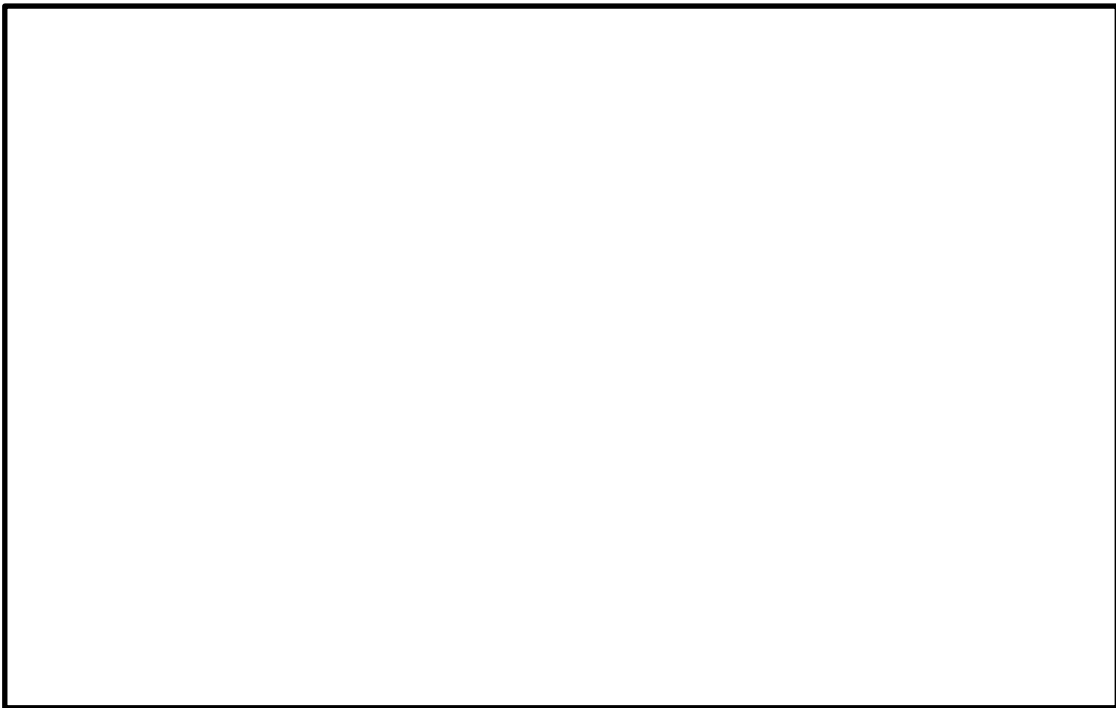
No.	評価項目	評価内容
III	減速機取付ボルト	ガスタービンと非常用ディーゼル発電機はいずれも剛性の高い設備であり, 1 質点系モデルに置き換えることが可能である。したがって, 減速機取付ボルトも, 非常用ディーゼル発電機と同様に 1 質点系モデルにより評価する。
IV	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバは解析による評価が困難であるため, 実機を加振試験することにより電氣的機能維持の確認を行う。燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバの加振試験を別紙 1-22 図に示す。加振試験により燃料制御ユニットの機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。



ガスタービン発電機

燃料制御ユニットドライバ

燃料制御ユニット



試験装置

別紙 1-22 図 燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバ加振試験

別紙 1-11 表 許容値の設定

評価項目	許容値の設定
I 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)	回転の継続及び駆動性能の確保の観点から、メーカーが規定する軸とケーシング間の最小クリアランスを許容値とした。
II ガスタービン機関軸受	回転の継続及び駆動性能の確保の観点から、メーカーが規定する基本静定格荷重を許容値とした。
III 減速機取付ボルト	支持性能の確保の観点から、機関回転速度の減速機能に影響を与えるような優位な変形を伴わない(局部的に塑性化しても、全体としては弾性挙動となるような) IV_{AS} を許容値とした。
IV 燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	機関回転速度の制御の観点から、加振試験により確認した機能確認済加速度である水平 $13.0 (\times 9.8m/s^2)$, 鉛直 $13.0 (\times 9.8m/s^2)$ を許容値とした。

別紙 1-12 表 ガスタービン発電機評価結果

評価部位	項目	評価対象	算出式*	発生値*	許容値*	評価
I 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)	変位 (mm)	圧縮機翼最小クリアランス [第1段インペラ]	$\delta = \delta D + \delta S s + U$ δ : 評価部位における変位量 (mm) δD : 死荷重による変位量 (mm) $\delta S s$: $\delta H + \delta V$ δH : 水平方向設計用震度による変位量 (mm) δV : 鉛直方向設計用震度による変位量 (mm) U : アンバランスによる変位量 (mm) ここで、 δD , δH 及び δV は FEM 解析より算出	0.072		○
		タービン最小クリアランス [第1段ディスク]		0.087		○
		最大変位部 [第2段インペラ]		0.107		○
II ガスタービン 機関軸受	荷重 (N)	玉軸受	$P o = \text{Max} (X o \cdot F r + Y o \cdot F a, F r)$ $X o$: 静ラジアル荷重係数 $Y o$: 静アキシアル荷重係数 $F a$: 軸受に作用するアキシアル荷重 (N) $F r$: 軸受に作用するラジアル荷重 (N)	6.880×10 ³		○
		ころ軸受	6.150×10 ³	○		
III 減速機取付ボルト	応力 (MPa)	引張応力	$\sigma_{b t 2} = \frac{F_{b t 2}}{A_{b t 2}}$ $F_{b t 2}$: 取付ボルトに作用する引張力 (1本あたり) (N) $A_{b t 2}$: 取付ボルト軸断面積 (mm ²)	109		○
		せん断応力	$\tau_{b 2} = \frac{Q_{b 2}}{n_2 \cdot A_{b t 2}}$ $Q_{b 2}$: 取付ボルトに作用するせん断力 (N) n_2 : 取付ボルト本数 $A_{b t 2}$: 取付ボルト軸断面積 (mm ²)	52		○
IV 燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	加速度 (×9.8m/s ²)	水平方向	—	1.43		○
		鉛直方向	—	0.69		○

注：IIIは、構造強度評価の対象部位でもあることから、構造強度評価結果を動的機能維持の評価にも適用するため設計用震度 I (基準地震動 S s) を上回る設計震度 [水平：2.96, 鉛直：1.00] で評価する。I, II 及びIVは、動的機能維持評価のみの対象であることから、I 及びIIは設計用震度 I (基準

地震動S s)を上回る設計震度[水平:2.47,鉛直:0.84]で評価し,Ⅳは,設計用震度Ⅰ(基準地震動S s)により定まる加速度(1.0ZPA)[水平:1.43(×9.8m/s²),鉛直:0.69(×9.8m/s²)]で評価する。なお,各設計用地震力はⅥ-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

注記*:算出式・発生値・許容値については,添付資料Ⅵ-2-10-1-2-3-1「ガスタータービン発電機ガスタービン機関及び発電機の耐震性についての計算書」に記載する。

ガスタービン発電機の加振試験について

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。）について、加振試験が実施されている^[1]。

島根原子力発電所第 2 号機のガスタービンと US-APWR ガスタービンは類似の仕様であることから、島根原子力発電所第 2 号機のガスタービン発電機に対する動的機能維持のための新たな検討の補足として、US-APWR ガスタービンに対する加振試験を示すとともに、US-APWR ガスタービンと島根原子力発電所第 2 号機のガスタービンの類似性を示す。

1. US-APWR ガスタービン加振試験

1.1 試験概要

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]に基づき試験が実施されている。実規模の試験における US-APWR ガスタービンの構造概要を別紙 1-1-1 図に示す。



別紙 1-1-1 図 US-APWR ガスタービンの構造概要

1.2 振動特性把握試験

1.2.1 試験条件

振動特性把握試験における試験条件を別紙 1-1-1 表に示す。水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向に対して、それぞれ 1~50Hz の振動数範囲で加振レベル約 0.1 G の正弦波掃引加振を実施し，ガスタービンの固有振動数を確認した。計測センサー取付位置を別紙 1-1-2 図に示す。

別紙 1-1-1 表 正弦波掃引加振の試験条件

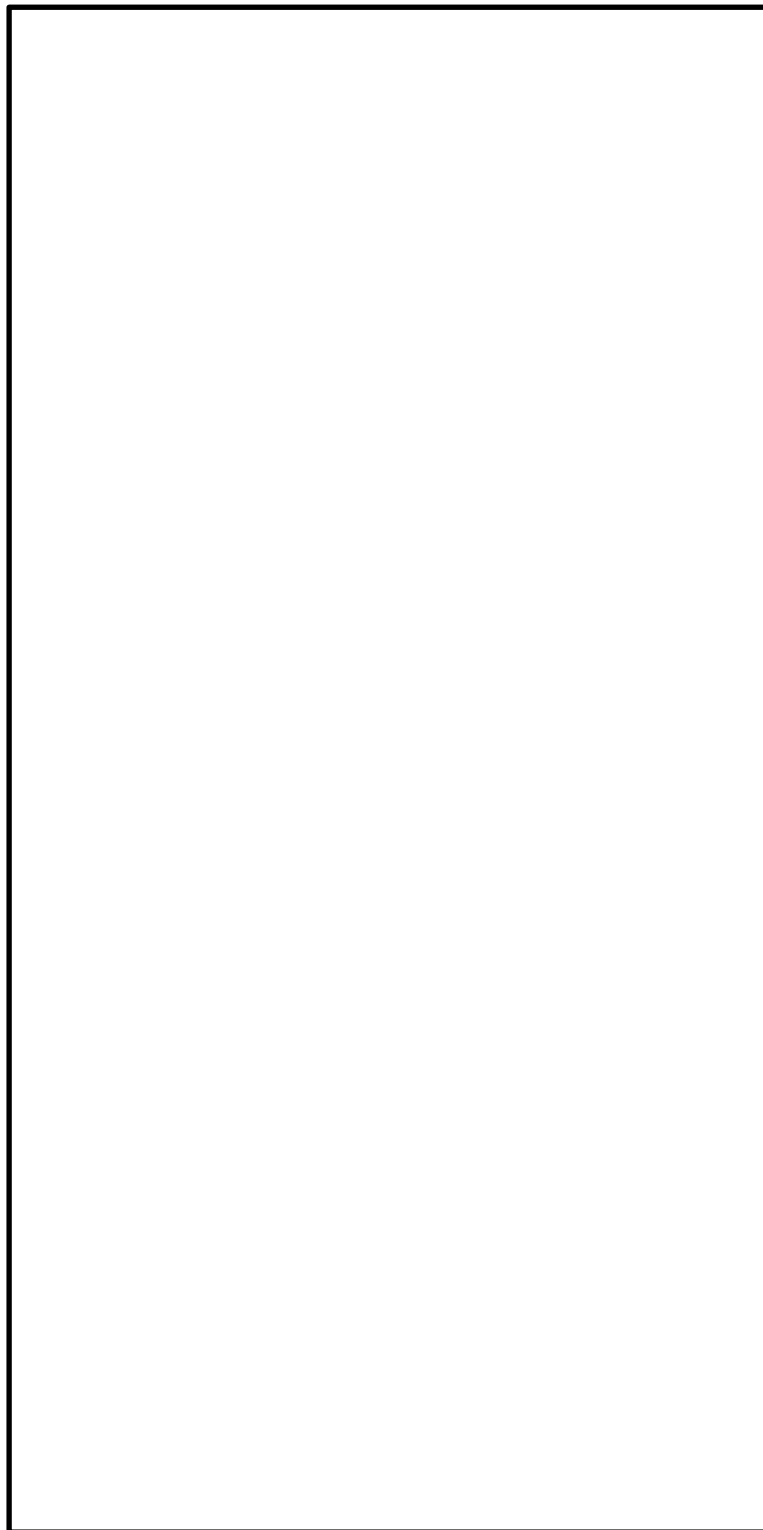
項目	試験条件
掃引振動数	1~50Hz
加振レベル	0.1G
加振方向	水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向単独



別紙 1-1-2 図 計測センサー取付位置

1.2.2 試験結果

試験結果として得られた周波数応答関数を別紙 1-1-3 図に、各方向での固有振動数を別紙 1-1-2 表に示す。別紙 1-1-2 表より、ガスタービンが剛構造であることを確認した。



別紙 1-1-3 図 周波数応答関数

別紙 1-1-2 表 各方向の固有振動数

--

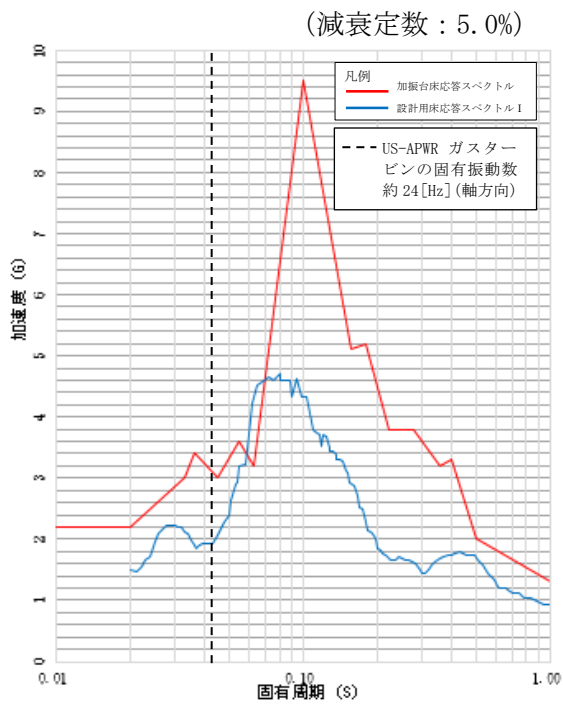
1.3 加振試験

1.3.1 試験条件

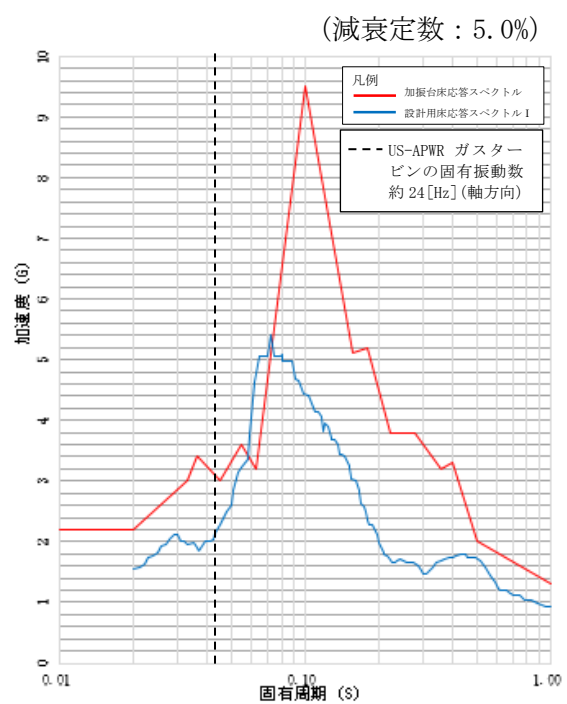
加振試験における試験条件を別紙 1-1-3 表に示す。また、US-APWR ガスタービンの加振試験は地震波加振により実施されているため、参考として加振台にて計測された波形の床応答スペクトル（以下「加振台床応答スペクトル」という。）と島根原子力発電所第 2 号機のガスタービン設置位置における設計用床応答スペクトル I の比較を別紙 1-1-4 図に示す。なお、別紙 1-1-4 図に示す加振台床応答スペクトルの減衰定数は、IEEE Std 344^[2]に基づき、米国の加振試験における加振波の設定において推奨されている減衰定数 5.0%を用いている。

別紙 1-1-3 表 加振試験条件

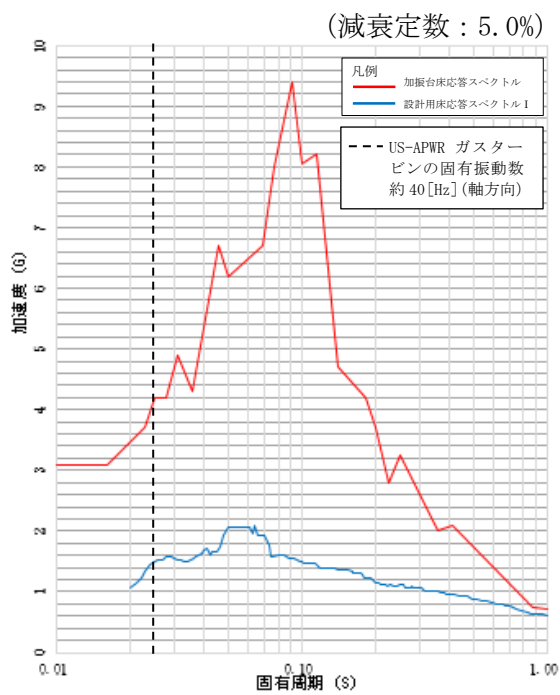
項目	試験条件
試験体	US-APWR ガスタービン（発電機部分を除く）
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平 1 方向 + 鉛直方向の 2 軸同時加振試験
ガスタービン 運転状態	<ul style="list-style-type: none"> ・ 停止中加振 ・ 運転中加振 ・ 加振中起動
取付条件	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け



水平方向 (NS)



水平方向 (EW)



鉛直方向

別紙 1-1-4 図 加振台床応答スペクトルと設計用床応答スペクトル I の比較

1.3.2 試験結果

US-APWR ガスタービンの試験結果を別紙 1-1-4 表に示す。加振試験時及び加振試験後において、ガスタービンの運転性能に異常は確認されず、US-APWR ガスタービンの機能確認済加速度として、水平方向：2.2G、鉛直方向：3.1G が得られた。

別紙 1-1-4 表 加振試験結果

項目		試験結果
最大 加速度	水平	2.2G
	鉛直	3.1G
試験結果		すべての運転状態（停止中加振、運転中加振、加振中起動）において、ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。
試験後確認		試験後の確認運転において、ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。また、試験後の開放点検においても、外観、寸法、構成部品の動作に異常のないことを確認した。

2. 島根原子力発電所第2号機のガスタービンとUS-APWR ガスタービンの類似性

US-APWR ガスタービンと島根原子力発電所第2号機のガスタービンの主な仕様の比較を別紙 1-1-5 表に、ガスタービン機関の構造概要の比較を別紙 1-1-5 図に示す。また、US-APWR ガスタービン加振試験における機能確認済加速度と、原子力発電所第2号機ガスタービンの動的機能維持における機能維持評価用加速度の比較を別紙 1-1-6 表に示す。

別紙 1-1-5 表及び別紙 1-1-5 図のとおり、US-APWR ガスタービンと島根原子力発電所第2号機のガスタービンの構造及び仕様は類似している。また、島根原子力発電所第2号機の機能維持評価用加速度を上回る加速度による加振試験により健全性が確認されている。このため、島根原子力発電所第2号機のガスタービンにおいても、加振試験結果を確認したUS-APWR ガスタービンと同等の耐震性を有しており、基準地震動 S_s による地震力に対して機能を維持できると考えられる。

別紙 1-1-5 表 ガスタービンの主な仕様の比較

		US-APWR ガスタービン	島根原子力発電所 第2号機ガスタービン
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

US-APWR ガスタービン	島根原子力発電所第2号機 ガスタービン

別紙1-1-5図 ガスタービン機関の構造概要の比較

別紙1-1-6表 US-APWR ガスタービンの機能確認済加速度と島根原子力発電所第2号機ガスタービン機能維持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]	島根原子力発電所第2号機 ガスタービン 機能維持評価用加速度 [G]
水平：2.2 鉛直：3.1	水平：1.43 鉛直：0.69

【参考文献】

- [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