

# 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)

[上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響]

令和 2 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

## 論点[ I ]設置変更許可申請における既許可からの変更点等を踏まえた論点

### <機器・配管系, 建物・構築物, 土木構造物>

No.	論点	説明頁
1	[論点 I - 5] 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響	2~25
2	指摘事項No.4 第701回審査会合における指摘事項に対する回答	26~52
	(別紙) 下位クラス配管に係る波及的影響評価の考え方について	53~63

## 1. 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響

## 論点 I - 5 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響

### ■ 耐震設計の論点

#### 【論点 I - 5】 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響

設計基準対象施設のうち耐震重要度分類の S クラスに属する施設，その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物が，下位クラス施設の波及的影響によって，その安全機能を損なわないことについて，設計図書類を用いた机上検討及び現地調査（プラントウォークダウン）による敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い，評価を実施する。

### ■ 論点に係る説明概要

島根原子力発電所 2 号炉の設計基準対象施設のうち耐震重要度分類の S クラスに属する施設，その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物（以下「S クラス施設等」という。）が，下位クラス施設の波及的影響によって，その安全機能を損なわないことについて，また，島根原子力発電所 2 号炉の重大事故等対処施設のうち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並びにこれらが設置される常設重大事故等対処施設（以下「重要 S A 施設」という。）が，下位クラス施設の波及的影響によって，重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないことについて，設計図書類を用いた机上検討及び現地調査（プラントウォークダウン）による敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い，評価を実施する。

ここで，S クラス施設等と重要 S A 施設を合わせて「上位クラス施設」と定義し，S クラス施設等の安全機能と重要 S A 施設の重大事故等に対処するために必要な機能を合わせて「上位クラス施設の有する機能」と定義する。また，上位クラス施設に対する波及的影響の検討対象とする「下位クラス施設」とは，上位クラス施設以外の発電所内にある施設（資機材等含む）をいう。

本資料では，設置許可段階で整理した波及的影響評価対象施設の抽出結果を示すものであり，対象施設の基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価については詳細設計段階において提示する。なお，詳細設計段階において，設置，撤去予定の施設の状況も踏まえ，施設の抽出結果について再度整理する。

# 新規制基準における要求事項

## 実用発電用原子炉及びその付属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈

耐震重要施設が，耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって，その安全機能を損なわないように設計すること。この波及的影響の評価に当たっては，敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて，事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに，耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用すること。

なお，上記の「耐震重要施設が，耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって，その安全機能を損なわない」とは，少なくとも次に示す事項について，耐震重要施設の安全機能への影響が無いことを確認すること。

- ・設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ・耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- ・建屋内における下位のクラスの施設の損傷，転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- ・建屋外における下位のクラスの施設の損傷，転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

以上の規則の解釈を踏まえた波及的影響に関する評価方針を次頁以降に示す。

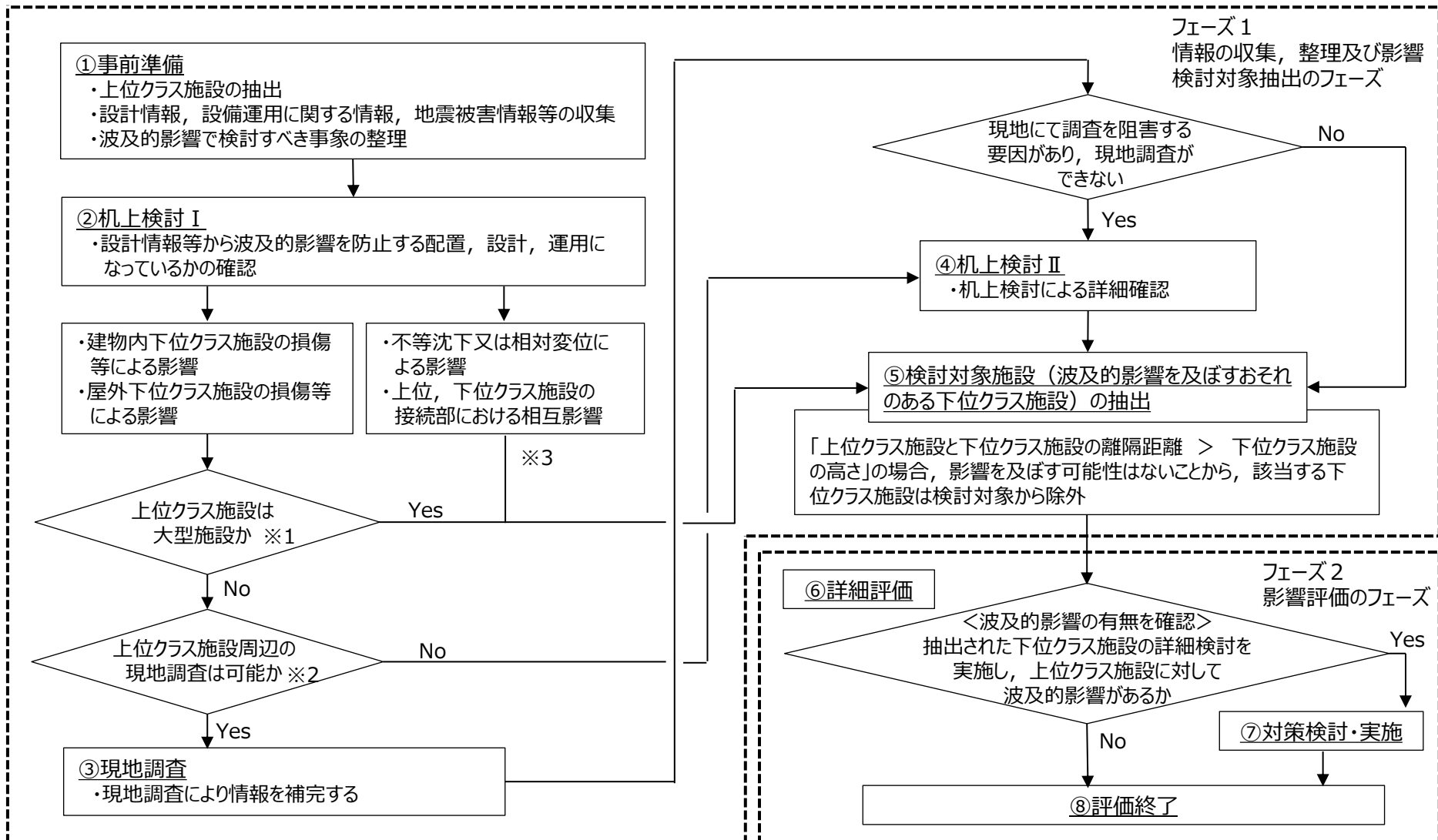
# 波及的影響に関する評価方針

波及的影響評価は以下に示す方針に基づき実施する。

- (1) 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の別記2（以下「別記2」という。）に記載された4つの事項を基に、検討すべき事象を整理する。また、原子力発電所の地震被害情報を基に、別記2の4つの事項以外に検討すべき事象の有無を確認する。
- (2) (1) で整理した検討事項を基に、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出する。
- (3) (2) で抽出された下位クラス施設について、配置、設計、運用上の観点から上位クラス施設への影響評価を実施する。

波及的影響評価に係る検討フローを次頁に示す。

# 波及的影響評価に係る検討フロー



- ※1 建物、屋外重要土木構造物、原子炉圧力容器、原子炉格納容器等の大型施設は、その重量比から仮置物や照明器具等の影響を受けないため机上検討のみで判断
- ※2 現地調査が不可能な施設例：狭暗部、内部構造物等機器の内部、地下に設置される施設及びコンクリート埋設施設
- ※3 机上検討で確認した情報が現地の状況と差異がないことを現地確認

## 別記 2 に記載された事項に基づく事象検討

別記2に記載された4つの事項を基に、具体的な検討事象を整理する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響
  - (1) 地盤の不等沈下による影響
    - ・ 地盤の不等沈下による下位クラス施設の傾きや倒壊に伴う隣接した上位クラス施設への衝突
  - (2) 建物の相対変位による影響
    - ・ 上位クラス施設と下位クラス施設の建物の相対変位による隣接した上位クラス施設への衝突
- ② 上位クラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響
  - ・ 機器・配管系において接続する下位クラス施設の損傷と隔離に伴う上位クラス施設側の系統のプロセス変化
  - ・ 下位クラス機器・配管系の損傷に伴う機械的荷重の影響
  - ・ 電気計装設備において接続する下位クラス施設の損傷に伴う電気回路、信号伝送回路を介した悪影響
- ③ 建物内における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による上位クラス施設への影響
  - ・ 下位クラス施設の損傷、転倒及び落下に伴う上位クラス施設への衝突
  - ・ 可燃物を内包した下位クラス施設の損傷に伴う火災
  - ・ 水・蒸気を内包した下位クラス施設の損傷に伴う溢水
- ④ 屋外における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による上位クラス施設への影響
  - (1) 施設の損傷、転倒、落下等による影響
    - ・ 下位クラス施設の損傷、転倒及び落下に伴う上位クラス施設への衝突
    - ・ 可燃物を内包した下位クラス施設の損傷に伴う火災
    - ・ 水・蒸気を内包した下位クラス施設の損傷に伴う溢水
  - (2) 周辺斜面の崩壊による影響
    - ・ 周辺斜面の崩壊による土塊の衝突



# 地震被害事例に基づく事象の検討

別記2に記載された事項の他に考慮すべき事項がないかを確認するため、原子力施設情報公開ライブラリ（NUCIA）に登録された以下の地震を対象に原子力発電所の被害情報を抽出した。

- ・宮城県沖地震（女川：平成17年8月）
- ・能登半島地震（志賀：平成19年3月）
- ・新潟県中越沖地震（柏崎刈羽：平成19年7月）
- ・駿河湾地震（浜岡：平成21年8月）
- ・東北地方太平洋沖地震（福島第二，女川，東海第二，福島第一：平成23年3月）

被害情報の整理の結果，地震被害の発生要因は以下のⅠ～Ⅵに分類された。

- Ⅰ：地盤の不等沈下による損傷
- Ⅱ：建物間の相対変位による損傷
- Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等
- Ⅳ：周辺斜面の崩壊
- Ⅴ：燃料プール等のスロッシングによる溢水
- Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

Ⅰ～Ⅴの要因は波及的影響評価における検討事項①～④に分類されており，地震による原子力発電所の被害情報から確認された被害要因を踏まえても，特に追加すべき事項がないことが確認された。

番号	波及的影響評価における検討事項	地震被害発生要因
①	設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響	地盤の不等沈下による影響 Ⅰ
		建物間の相対変位による影響 Ⅱ
②	上位クラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響	接続部における相互影響 Ⅱ，Ⅲ
③	建物内における下位クラス施設の損傷，転倒，落下等による上位クラス施設への影響	施設の損傷，転倒，落下等による影響 Ⅲ，Ⅴ
④	屋外における下位クラス施設の損傷，転倒，落下等による上位クラス施設への影響	施設の損傷，転倒，落下等による影響 Ⅰ，Ⅲ
		周辺斜面の崩壊による影響 Ⅳ

# 上位クラス施設の確認

波及的影響評価を実施するに当たって、防護対象となる上位クラス施設は以下のとおりとする。

- (1) 設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類のSクラスに属する施設  
(津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む。)
- (2) (1)の間接支持構造物である建物・構築物
- (3) 屋外重要土木構造物
- (4) 重大事故等対処施設のうち、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
- (5) (4)が設置される常設重大事故等対処施設（間接支持構造物である建物・構築物）

上位クラス施設一覧の例を以下に示す。

整理番号	屋外上位クラス施設	区分
0001	原子炉補機海水ポンプ (A), (C)	Sクラス
0002	原子炉補機海水ポンプ (B), (D)	Sクラス
0003	原子炉補機海水ストレナ (A)	Sクラス
0004	原子炉補機海水ストレナ (B)	Sクラス
0005	原子炉補機海水系配管	Sクラス
0006	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	Sクラス
0007	高圧炉心スプレイ補機海水ストレナ	Sクラス
0008	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	Sクラス
0009	排気筒 (非常用ガス処理系用)	Sクラス/SA施設
0010	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク (A)	Sクラス

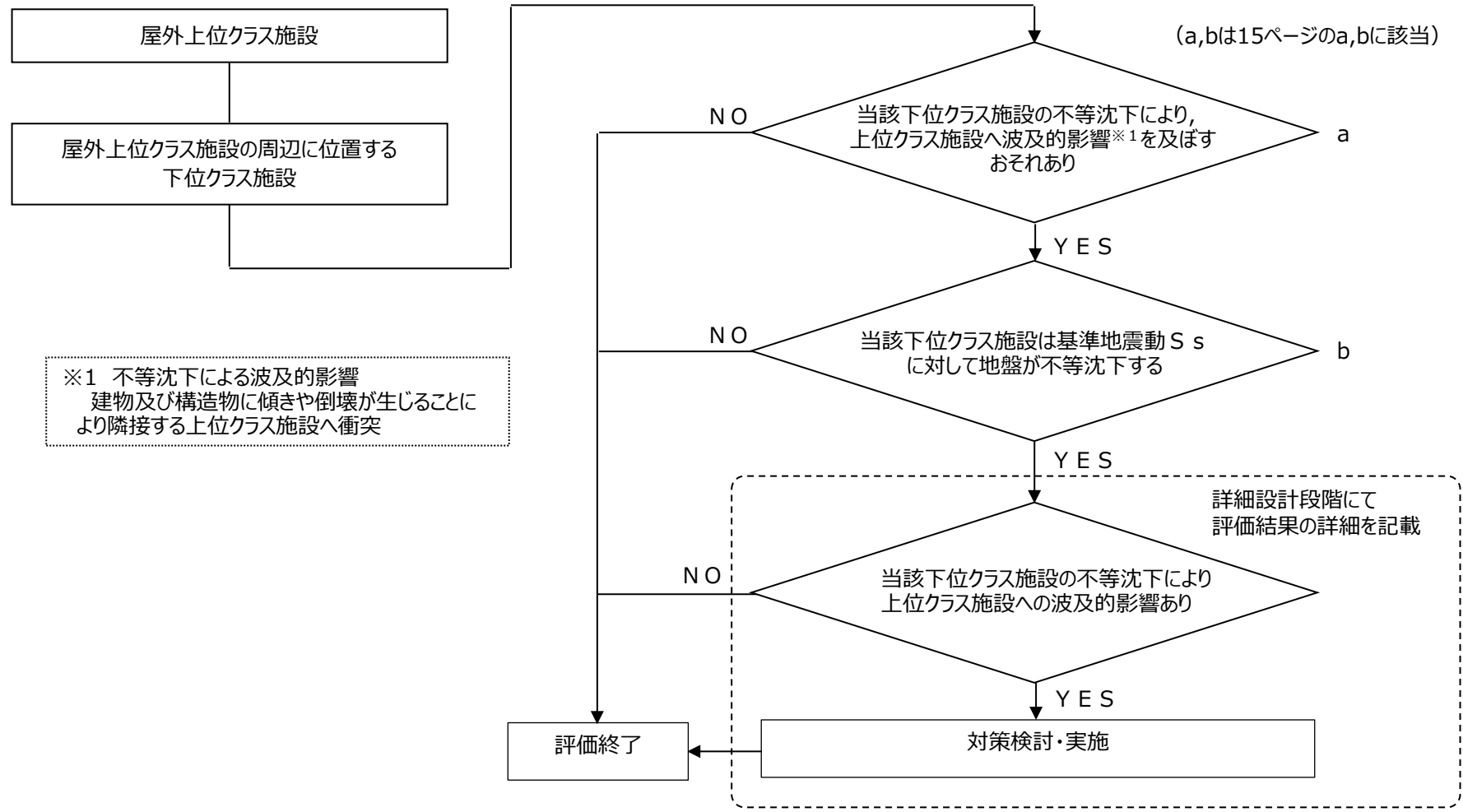
⋮

整理番号	建物内上位クラス施設	区分	設置建物	エリア
E001	燃料集合体	Sクラス	R/B	PCV内
E002	炉心支持構造物	Sクラス	R/B	PCV内
E003	原子炉圧力容器	Sクラス/SA施設	R/B	PCV内
E004	原子炉圧力容器支持構造物	Sクラス	R/B	PCV内
E005	原子炉圧力容器付属構造物	Sクラス	R/B	PCV内
E006	原子炉圧力容器内部構造物	Sクラス	R/B	PCV内
E007	燃料プール	Sクラス/SA施設	R/B	R-M2F-102N
E008	キャスク置場	Sクラス	R/B	R-M2F-100N
E009	使用済燃料貯蔵ラック	Sクラス/SA施設	R/B	R-M2F-102N
E010	制御棒・破損燃料貯蔵ラック	Sクラス/SA施設	R/B	R-M2F-102N

⋮

# 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法 地盤の不等沈下による影響

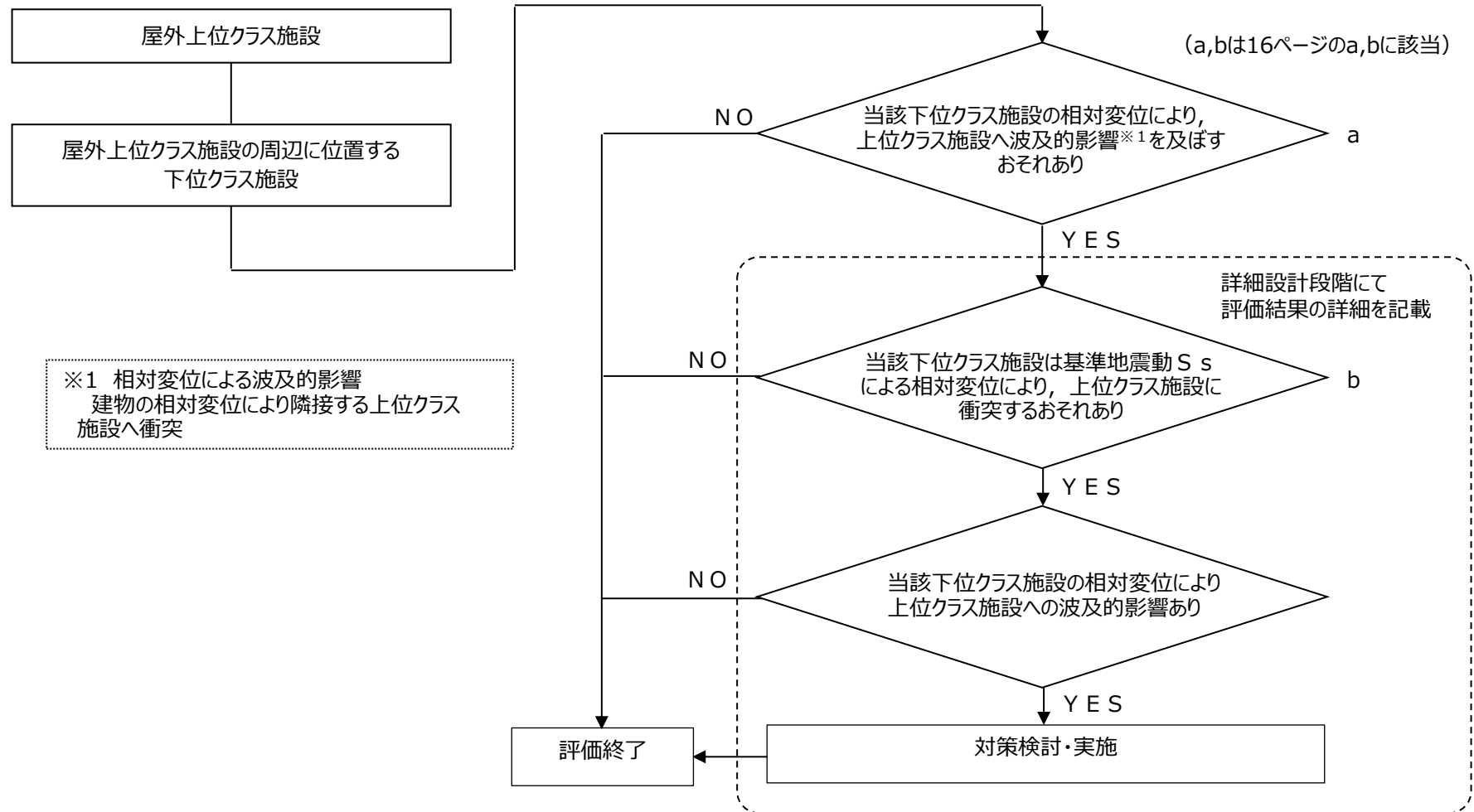
下図のフローに従い、上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響の有無を検討する。



# 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法

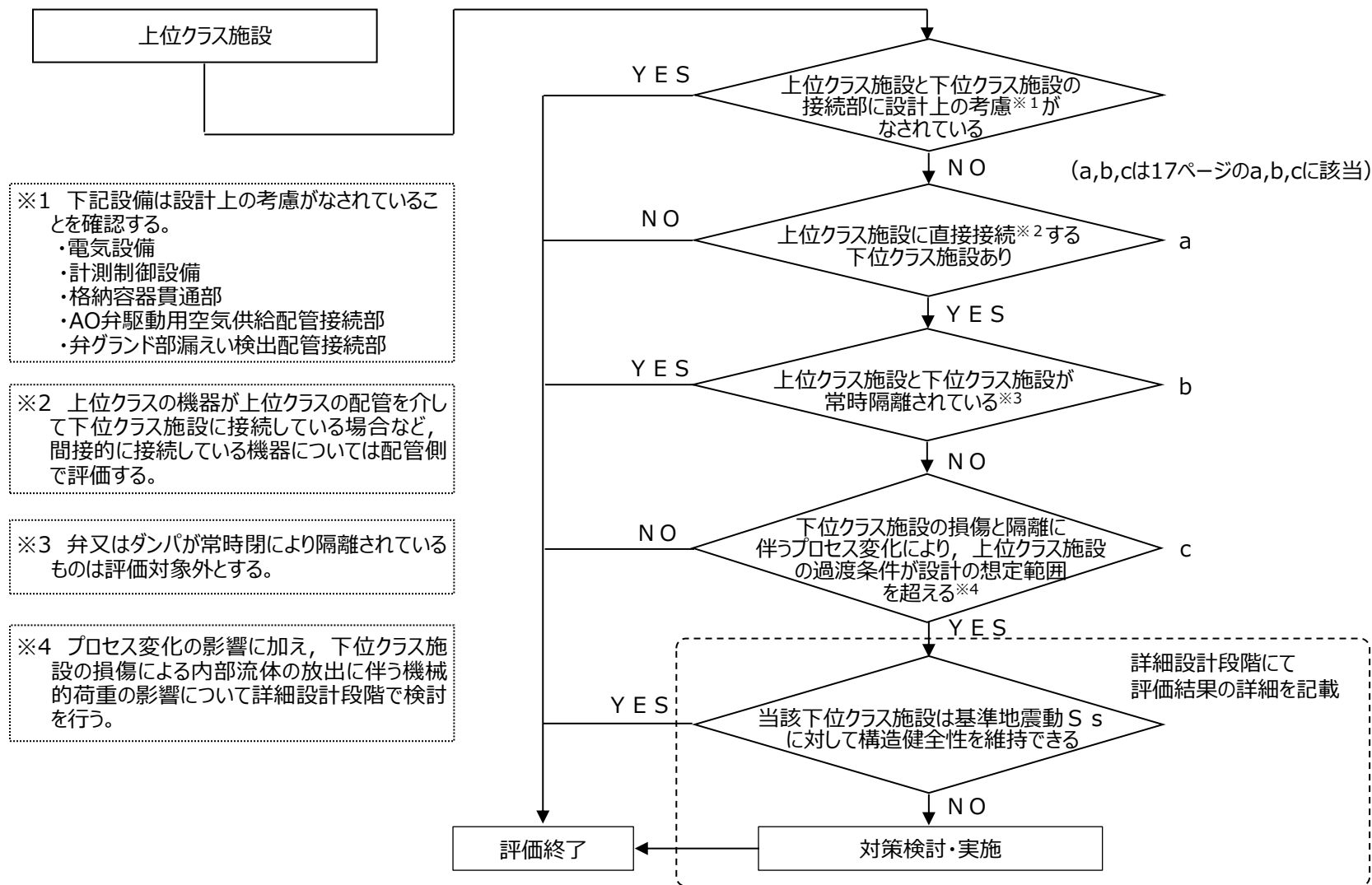
## 建物間の相対変位による影響

下図のフローに従い、上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響の有無を検討する。



# 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法 接続部における相互影響

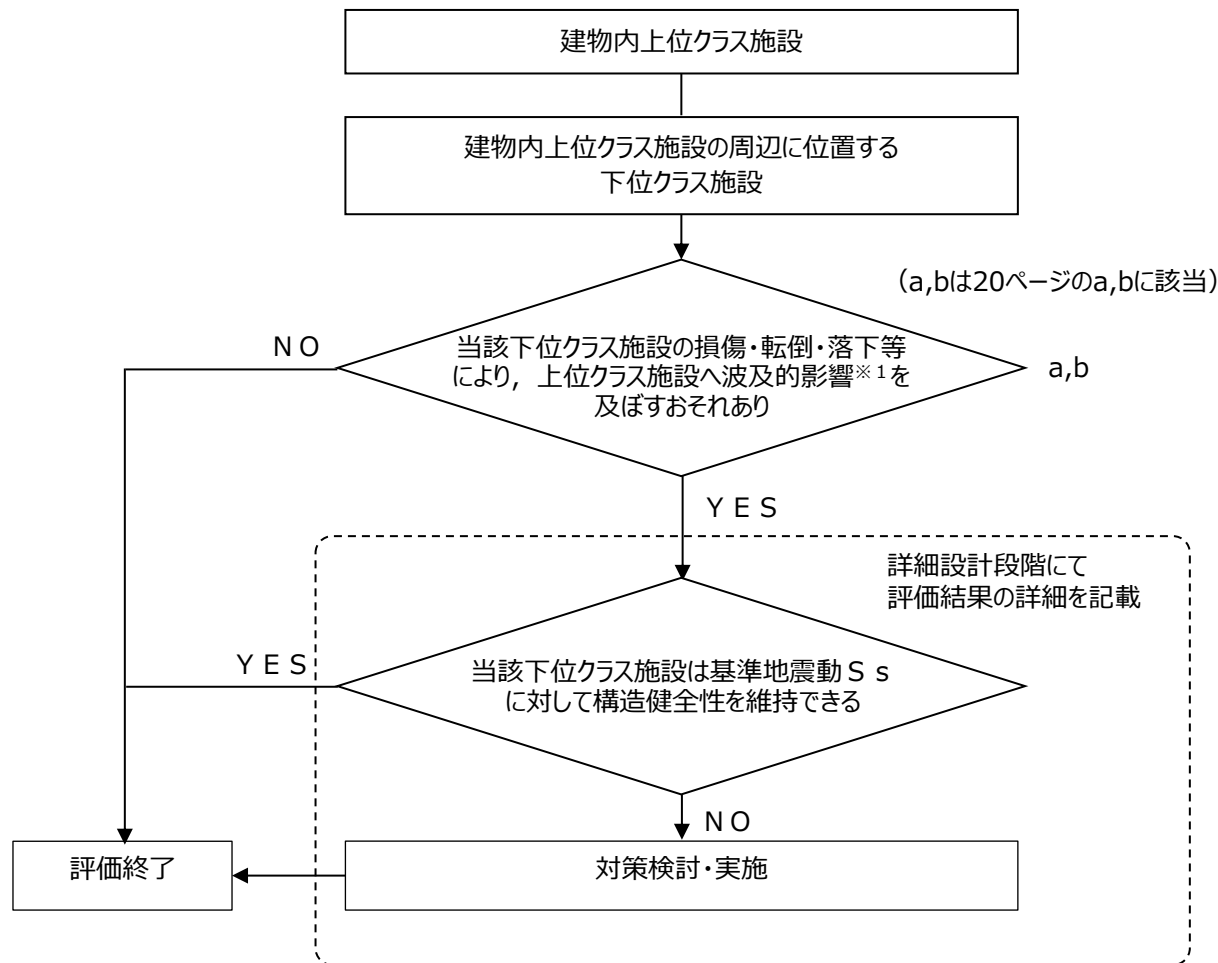
下図のフローに従い、上位クラス施設と接続する下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。



# 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法

## 建物内における損傷，転倒，落下等による影響

下図のフローに従い，建物内の上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し，波及的影響の有無を検討する。

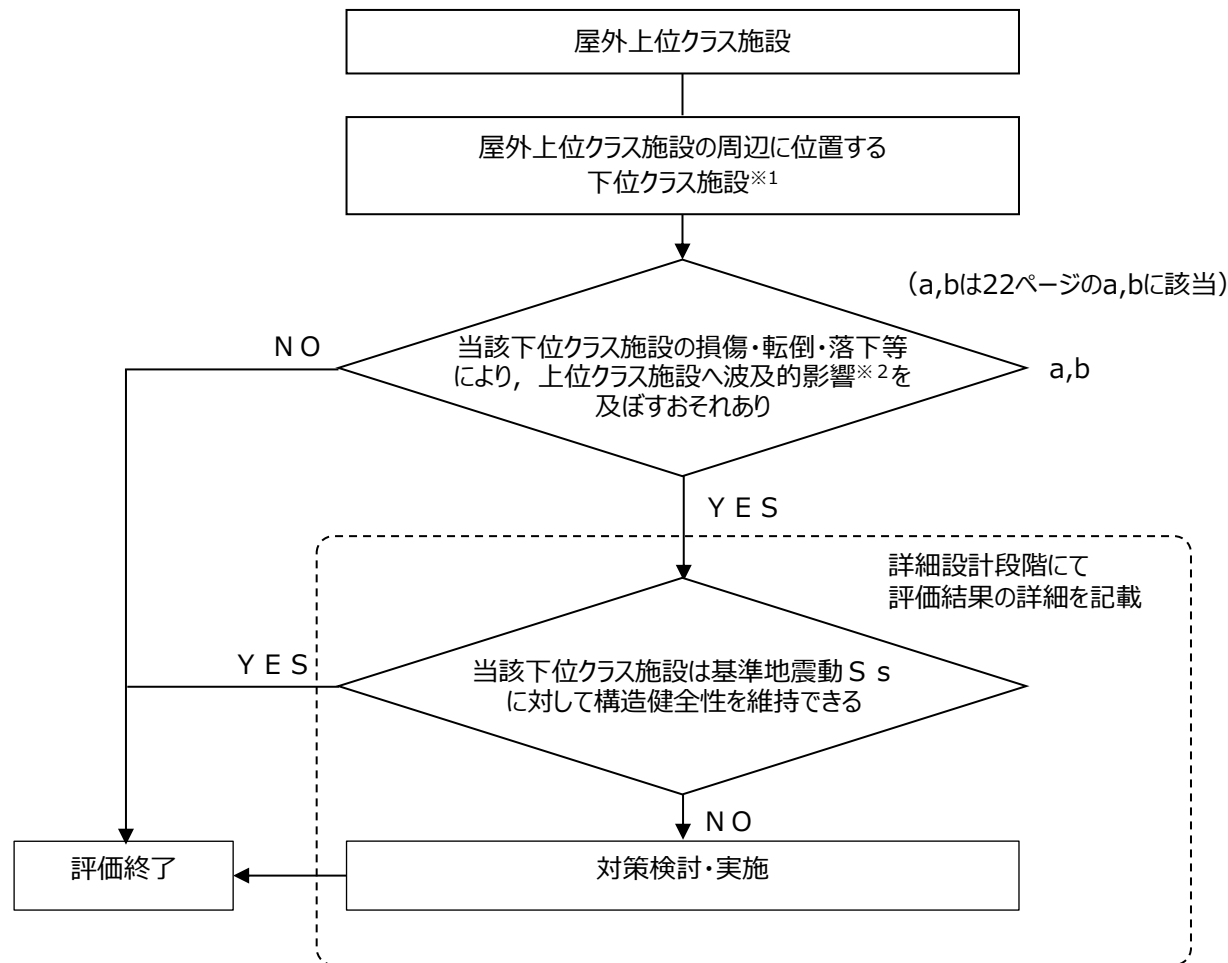


※1 損傷・転倒・落下等による波及的影響  
下位クラス施設が損傷・転倒・落下等により上位クラス施設と衝突する距離にあり，かつ当該下位クラス施設の構造上の特徴，上位クラス施設との位置関係，重量等から評価し，機能を損なうおそれがある。

# 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法

## 屋外における損傷，転倒，落下等による影響

下図のフローに従い，屋外の上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し，波及的影響の有無を検討する。



※1 原子炉建物及び廃棄物処理建物に設置する建物開口部竜巻防護対策設備はSs機能維持設計とする。

※2 損傷・転倒・落下等による波及的影響  
下位クラス施設が損傷・転倒・落下等により上位クラス施設と衝突する距離にあり，かつ当該下位クラス施設の構造上の特徴，上位クラス施設との位置関係，重量等から評価し，機能を損なうおそれがある。

# 下位クラス施設の検討結果

## 不等沈下又は相対変位による影響 (1/2)

### (1) 地盤の不等沈下による影響

机上検討をもとに、上位クラス施設に対して、地盤の不等沈下により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出し、影響検討した結果、詳細設計段階において基準地震動 S s に対する構造健全性評価により影響を確認する下位クラス施設を選定した。

- <影響検討方法>
- a. 地盤の不等沈下による下位クラス施設の傾きや倒壊を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な離隔距離をとって配置されていることを確認し、離隔距離が十分でない下位クラス施設を抽出
  - b. a. で抽出した下位クラス施設について、基準地震動 S s に対して、基礎地盤が十分な支持性能を持つ岩盤に設置されていることの確認により、不等沈下しないことを確認 → 不等沈下のおそれのある下位クラス施設を選定

a

屋外 上位クラス施設	区分	波及的影響を及ぼす おそれのある 下位クラス施設	波及的影響のおそれ ○:あり ×:なし
ガスタービン発電機 用軽油タンク	SA施設	—	×
制御室建物	Sクラス SA施設 Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	1号炉原子炉建物	○
		1号炉タービン建物	○
		1号炉廃棄物処理建物	○
		1号炉排気筒	○
2号炉廃棄物 処理建物	Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	1号炉廃棄物処理建物	○
		1号炉排気筒	○
2号炉排気筒	Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	2号炉排気筒モニタ室	×
		燃料移送ポンプエリア 竜巻防護対策設備	×



b

屋外 上位クラス施設	波及的影響を 及ぼす おそれのある 下位クラス施設	評価方針
ガスタービン発電機 用電路	輪谷貯水槽 (西側)	基準地震動 S s に対する構造健全性評価により、影響を確認する。

**影響検討結果**  
(地盤の不等沈下による影響)

⋮  
下位クラス施設の抽出結果例



# 下位クラス施設の検討結果

## 不等沈下又は相対変位による影響 (2/2)

### (2) 建物の相対変位による影響

机上検討をもとに、上位クラス施設に対して、建物の相対変位により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出し、影響検討した結果、詳細設計段階において基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価により影響を確認する下位クラス施設を選定した。

- <影響検討方法>
- a. 地震による建物の相対変位を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な離隔距離をとって配置されていることを確認し、離隔距離が十分でない下位クラス施設を抽出
  - b. a. で抽出した下位クラス施設について、基準地震動  $S_s$  に対して、建物の相対変位による上位クラス施設への衝突がないことを確認 → 衝突のおそれが否定できない下位クラス施設を選定

a

屋外上位クラス施設	区分	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	波及的影響のおそれ ○:あり ×:なし
ガスタービン発電機用軽油タンク	SA施設	—	×
制御室建物	SクラスSA施設 Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	1号炉原子炉建物	×
		1号炉タービン建物	○
		1号炉廃棄物処理建物	○
		1号炉排気筒	×
2号炉廃棄物処理建物	Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	1号炉廃棄物処理建物	○
		1号炉排気筒	×
2号炉排気筒	Sクラス施設間接支持構造物 SA施設間接支持構造物	2号炉排気筒モニタ室	○
		燃料移送ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○



b

屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針
制御室建物	1号炉タービン建物	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、影響を確認する。
2号炉タービン建物		
制御室建物	1号炉廃棄物処理建物	
2号炉廃棄物処理建物		
2号炉排気筒	2号炉排気筒モニタ室	
	燃料移送ポンプエリア 竜巻防護対策設備	

⋮  
下位クラス施設の抽出結果例

影響検討結果  
(建物の相対変位による影響)

# 下位クラス施設の検討結果

## 接続部における相互影響 (1/3)

### (1) 接続部の損傷（破損）による影響

机上検討をもとに、上位クラス施設と接続する下位クラス施設のうち、下位クラス施設の損傷と隔離によるプロセス変化により上位クラス施設に影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出し、影響検討した結果、詳細設計段階において基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価を実施する下位クラス施設を選定した。

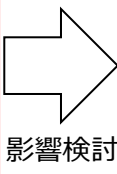
<影響検討方法>

a. 上位クラス施設と下位クラス施設が接続する箇所を抽出

b. a. で抽出した接続部から評価対象を選定 → 上位クラス設計の弁又はダンパにより常時閉隔離されているものは、評価対象外とする

c. b. で抽出した下位クラス施設について、下位クラス施設が損傷した場合の系統隔離等に伴うプロセス変化により、上位クラス施設の過渡条件が設計の想定範囲内であることを確認 → 設計の想定範囲外となる下位クラス施設を選定

上位クラス施設	区分	設置場所	a	b	接続配管等	備考
			下位クラスとの接続 有:○ 無:×	評価対象 対象:○ 対象外:×		
原子炉補機海水ストレナ (A)	Sクラス	屋外	×	—		
原子炉補機海水ストレナ (B)	Sクラス	屋外	×	—		
原子炉補機海水系配管	Sクラス	屋外	○	×	ベント・ドレンライン	通常閉の弁を介して接続されているため評価対象外
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	Sクラス	屋外	○	○	グランドドレンライン	



上位クラス施設	c	評価方針
	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス接続配管等 【 】: 耐震クラス	
原子炉補機冷却系配管	燃料プール冷却系ポンプ室冷却機【C】	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、耐震性が確保されることを確認する。

接続部一覧表の例

影響検討結果

# 下位クラス施設の検討結果

## 接続部における相互影響 (2/3)

### (2) 接続部の損傷 (閉塞) による影響

上位クラス施設と接続する下位クラス施設のうち、閉塞により影響を及ぼすおそれがある、上位クラス施設と隔離されずに接続されている下位クラス配管を抽出し、影響検討した結果、詳細設計段階において基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価を実施する下位クラス施設を選定した。

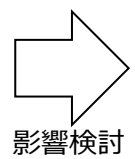
#### 1) 建物の相対変位又は不等沈下の影響による閉塞

- <影響検討方法>
- a. 上位クラス施設と隔離されずに接続されている下位クラス配管のうち、建物間を渡り敷設されている対象の下位クラス配管を抽出
  - b. a. で抽出した対象下位クラス配管について、建物の相対変位による閉塞のおそれがないことを確認 → 閉塞のおそれがある対象下位クラス配管を選定
  - c. a. で抽出した対象下位クラス配管について、地盤の不等沈下による閉塞のおそれがないことを確認

a

対象下位クラス配管	設置場所
原子炉補機海水系配管 (原子炉補機冷却系熱交換器出口ライン)	R/B T/B RSW配管ダクト
高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器出口ライン)	R/B T/B

下位クラス施設抽出結果



#### (i) 建物の相対変位による影響

b

対象下位クラス配管	評価方針
原子炉補機海水系配管 (原子炉補機冷却系熱交換器出口ライン)	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、耐震性が確保されることを確認する。
高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器出口ライン)	

#### (ii) 地盤の不等沈下による影響

c  
対象下位クラス配管は、地盤の不等沈下による閉塞のおそれがないことを確認

影響検討結果

# 下位クラス施設の検討結果

## 接続部における相互影響 (3/3)

### 2) 周辺の下位クラス施設の影響による閉塞

<影響検討方法>

a. 上位クラス施設と隔離されずに接続されている対象の下位クラス配管を抽出

b. a. で抽出した対象下位クラス配管に対して、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出

c. b. で抽出した下位クラス施設について、損傷、転倒、落下等により対象下位クラス配管に波及的影響（閉塞）を及ぼすおそれがないことを確認 → 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を選定

a	b	c
対象下位クラス配管	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	波及的影響のおそれ 有：○ 無：×
		損傷・転倒・落下
原子炉補機海水系配管 (原子炉補機冷却系熱交換器 出口ライン)	タービン補機 海水系配管 RSW配管ダクト	○ ○
高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (高圧炉心スプレイ補機冷却系熱 交換器出口ライン)	—	×
非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関 ミスト管	—	×
非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料 デイトンクベント管	—	×
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル機関ミスト管	—	×
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料デイトンクベント管	—	×
ガスタービン発電機用サービスタンク ベント管	—	×



対象下位クラス配管	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針
原子炉補機海水系配管 (原子炉補機冷却系 熱交換器出口ライン)	タービン補機 海水系配管	基準地震動 S <sub>s</sub> に対する構造健全性評価により、 損傷、転倒及び 落下しないことを 確認する。
	RSW配管ダクト	

### 影響検討結果

### 下位クラス施設抽出結果

# 下位クラス施設の検討結果

## 建物内における損傷，転倒，落下等による影響（1/2）

机上検討及び現地調査をもとに，建物内上位クラス施設に対して，損傷，転倒，落下等により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し，影響検討した結果，詳細設計段階において基準地震動 S s に対する構造健全性評価を実施する下位クラス施設を選定した。

- ＜影響検討方法＞
- a. 下位クラス施設の損傷，転倒，落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な距離をとって配置されていることを確認し，離隔距離が十分でない場合には，落下防止措置等の対策を適切に実施していない下位クラス施設を抽出
  - b. a.で抽出した下位クラス施設について，損傷，転倒，落下等を想定した場合に，上位クラス施設の有する機能を損なうおそれがないことを確認 →波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を選定

a

建物内上位クラス施設	区分	設置建物	エリア	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	波及的影響のおそれ (○:あり, ×:なし)
燃料集合体	Sクラス	R/B	PCV内	—	×
炉心支持構造物	Sクラス	R/B	PCV内	—	×
原子炉圧力容器	Sクラス/SA施設	R/B	PCV内	ガンマ線遮蔽壁	○
原子炉圧力容器支持構造物	Sクラス	R/B	PCV内	—	×
原子炉圧力容器付属構造物	Sクラス	R/B	PCV内	—	×
原子炉圧力容器内部構造物	Sクラス	R/B	PCV内	—	×
燃料プール	Sクラス/SA施設	R/B	R-M2F-102N	原子炉建物天井クレーン	○
				燃料取替機	○
				制御棒貯蔵ハンガ	○
				チャンネル着脱装置	○
				チャンネル取扱ブーム	○
キャスク置場	Sクラス	R/B	R-M2F-100N	原子炉建物天井クレーン	○
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	Sクラス/SA施設	R/B	R-M2F-102N	制御棒貯蔵ハンガ	○

⋮

下位クラス施設の抽出結果例

# 下位クラス施設の検討結果

## 建物内における損傷，転倒，落下等による影響（2/2）

b			b		
建物内上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針	建物内上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針
原子炉圧力容器	ガンマ線遮蔽壁	基準地震動 S <sub>s</sub> に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。	原子炉格納容器	原子炉ウェルシールドプラグ	基準地震動 S <sub>s</sub> に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。
燃料プール キャスク置場 使用済燃料貯蔵ラック 制御棒・破損燃料貯蔵ラック スキマサージタンク 静的触媒式水素処理装置 他	原子炉建物天井クレーン		安全設備制御盤（2-903） 原子炉補機制御盤（2-904-1） 原子炉制御盤（2-905） 他	中央制御室 天井照明	
燃料プール キャスク置場 使用済燃料貯蔵ラック 制御棒・破損燃料貯蔵ラック スキマサージタンク 燃料プール冷却系配管 他	燃料取替機		燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック	チャンネル取扱ブーム	
燃料プール キャスク置場 使用済燃料貯蔵ラック 制御棒・破損燃料貯蔵ラック スキマサージタンク 燃料プール冷却系配管 他	制御棒貯蔵ハンガ		原子炉補機冷却系配管	燃料プール冷却系ポンプ室冷却機	
燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック 制御棒・破損燃料貯蔵ラック	チャンネル着脱装置		原子炉補機海水系配管 高圧炉心スプレイ補機海水系配管	循環水系配管	
燃料プール 使用済燃料貯蔵ラック 燃料プール水位・温度（SA） 燃料プール水位（SA）	耐火障壁		原子炉補機海水系配管	タービン補機海水系配管 給水系配管 タービンヒーダレン系配管	
原子炉補機冷却系熱交換器（A1～A3） 原子炉補機冷却系熱交換器（B1～B3） 中央制御室送風機 中央制御室非常用再循環送風機 他			非常用ガス処理系配管	復水輸送系配管 復水系配管	
			非常用ガス処理系配管 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管 他	グランド蒸気排ガスフィルタ	
		HVR入口隔離弁（AV217-19）	格納容器空気置換排風機		

# 下位クラス施設の検討結果

## 屋外における損傷，転倒，落下等による影響（1/3）

机上検討及び現地調査をもとに，屋外上位クラス施設に対して，損傷，転倒，落下等により影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し，影響検討した結果，詳細設計段階において基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価を実施する下位クラス施設を選定した。

- ＜影響検討方法＞
- a. 下位クラス施設の損傷，転倒，落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な距離をとって配置されていることを確認し，離隔距離が十分でない場合には，落下防止措置等の対策を適切に実施していない下位クラス施設を抽出
  - b. a.で抽出した下位クラス施設について，損傷，転倒，落下等を想定した場合に，上位クラス施設の有する機能を損なうおそれがないことを確認 →波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を選定

a

屋外上位クラス施設	区分	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	波及的影響のおそれ (○:あり, ×:なし)
高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	Sクラス	取水槽海水ポンプエリア竜巻防護対策設備	○
		取水槽ガントリクレーン	○
		1号炉排気筒	○
		除じん機	○
高圧炉心スプレイ補機海水系配管	Sクラス	取水槽海水ポンプエリア竜巻防護対策設備	○
		取水槽循環水ポンプエリア竜巻防護対策設備	○
		取水槽ガントリクレーン	○
		1号炉排気筒	○
		循環水系配管	○
		循環水ポンプ	○
排気筒（非常用ガス処理系用）	Sクラス/SA施設	高光度航空障害灯管制器	○
		2号炉西側切取斜面	○
非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク（A）	Sクラス	—	×

⋮

下位クラス施設の抽出結果例

# 下位クラス施設の検討結果

## 屋外における損傷，転倒，落下等による影響（2/3）

b			b		
屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針※1	屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針※1
原子炉補機海水ポンプ (A)～(D) 原子炉補機海水系配管 他	取水槽海水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	①	排気筒（非常用ガス処理系用）	高光度航空障害灯管制器	①
原子炉補機海水ポンプ (A), (C) 原子炉補機海水系配管	除じんポンプ		非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ (A) 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 他	燃料移送ポンプエリア 竜巻防護対策設備	
原子炉補機海水ポンプ (B), (D) 原子炉補機海水系配管	タービン補機海水ポンプ		取水槽水位計	取水槽海水ポンプ エリア防水壁	
原子炉補機海水ポンプ (A)～(D) 原子炉補機海水ストレナ (A) 原子炉補機海水ストレナ (B) 他	取水槽ガントリクレーン		防波壁	サイトバンカ建物	
原子炉補機海水ポンプ (A)～(D) 原子炉補機海水ストレナ (A) 原子炉補機海水ストレナ (B) 他	1号炉排気筒	②	1号放水連絡通路防波扉	1号放水連絡通路防波扉 周辺斜面	③
原子炉補機海水ポンプ (A)～(D) 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	除じん機	①	防波壁	1, 2号炉北東防波壁 周辺斜面 3号炉北西防波壁周辺 斜面	
原子炉補機海水ストレナ (A) 原子炉補機海水ストレナ (B) 高圧炉心スプレイ補機海水ストレナ 原子炉補機海水系配管 他	取水槽循環水ポンプエリア 竜巻防護対策設備		排気筒（非常用ガス処理系用） 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料移送ポンプ (A) 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 圧力開放板 他	2号炉西側切取斜面	
2号炉排気筒	2号炉排気筒モニタ室				

※1 評価方針は以下のとおり

- ①：基準地震動 S s に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。
- ②：基準地震動 S s に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。なお，影響の確認にあたっては地盤の液状化による影響を考慮する。（地盤の液状化による影響の確認にあたっては，下位クラス施設周辺の液状化評価対象層の分布状況等を確認し，詳細設計段階で示す。）
- ③：基準地震動 S s に対する安定解析により，斜面が崩落しないことを確認する。



# 下位クラス施設の検討結果

## 屋外における損傷，転倒，落下等による影響（3/3）

b

屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針※1
圧力開放板 低圧原子炉代替注水系配管（接続口） 格納容器代替スプレイ系配管（接続口） ペダスタル代替注水系配管（接続口）他	1号炉南側切取斜面	③
ガスタービン発電機用軽油タンク ガスタービン発電機建物 ガスタービン発電機用燃料移送配管 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用 軽油タンク～ガスタービン発電機） 他	ガスタービン発電機建物 周辺斜面	
制御室建物	1号炉原子炉建物	②
制御室建物 2号炉タービン建物	1号炉タービン建物	
制御室建物 2号炉廃棄物処理建物	1号炉廃棄物処理 建物	
緊急時対策所 緊急時対策所発電機接続プラグ盤	緊急時対策所周辺 斜面	③

b

屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価方針※1
緊急時対策所 緊急時対策所発電機接続プラグ盤	免震重要棟遮蔽壁	②
原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ 原子炉補機海水系配管 高圧炉心スプレイ補機海水系配管	循環水系配管	①
原子炉補機海水系配管 高圧炉心スプレイ補機海水系配管 取水槽海水ポンプエリア水密扉	循環水ポンプ	
原子炉補機海水系配管	タービン補機海水系 配管	
2号炉排気筒 ガスタービン発電機用電路	主排気ダクト 輪谷貯水槽（西側）	
— ※2	建物開口部竜巻防護 対策設備※2	

※1 評価方針は以下のとおり

- ①：基準地震動 S s に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。
- ②：基準地震動 S s に対する構造健全性評価により，損傷，転倒及び落下しないことを確認する。なお，影響の確認にあたっては地盤の液状化による影響を考慮する。（地盤の液状化による影響の確認にあたっては，下位クラス施設周辺の液状化評価対象層の分布状況等を確認し，詳細設計段階で示す。）
- ③：基準地震動 S s に対する安定解析により，斜面が崩落しないことを確認する。

※2 原子炉建物及び廃棄物処理建物の開口部に設置している建物開口部竜巻防護対策設備は，比較的大型の鋼製構造物であり，建物の上部にも設置されているため，地震により破損・脱落した場合の影響範囲の限定が難しいことから，上位クラス施設は特定しないが，波及的影響の設計対象とする。

# まとめ

島根 2 号炉について、別記2に記載された以下の4つの事項を基に、波及的影響評価を実施した。

- ・設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- ・耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- ・建物内における下位のクラスの施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響
- ・屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響

具体的には、4つの事項について、机上検討及び現地調査をもとに、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、配置、設計、運用上の観点から上位クラス施設への影響を検討した。

上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれがあると評価された下位クラス施設については、詳細設計段階において基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性評価を実施し、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを説明する。

## 2. 第701回審査会合における指摘事項に対する回答

# 第701回審査会合における指摘事項に対する回答

## ■ 指摘事項

【No. 4（論点 I - 5）上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響】

- 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響について、波及的影響を及ぼす可能性についての検討や抽出のプロセスを確認するため、その判断根拠として防護対象とその周辺施設を図示するなどして、資料に基づき評価プロセスを含めて説明すること。
- 波及的影響に係る検討対象を網羅的に抽出して説明すること。特に、タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震 S クラスの原子炉補機海水系配管、高圧炉心スプレイ補機海水系配管等への下位クラス設備（低クラス配管等）による波及的影響、非常用ガス処理系排気筒への下位クラス設備（空調ダクト等）による波及的影響など、島根原子力発電所の特徴を踏まえて網羅的に説明すること。

## ■ 回答

- 上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響評価においては、損傷、転倒、落下等を考慮した下位クラス施設と上位クラス施設の位置関係に着目して評価を実施する。施設の位置関係に関わる島根 2 号炉の特徴である取水槽及びタービン建物内に設置している上位クラス施設に対して、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出過程を網羅的に説明する。
- 主排気ダクト（空調ダクト）については、別紙-9\_6.4項に示すとおり、上位クラス施設である 2 号炉排気筒に対して波及的影響を及ぼすおそれがあるため、詳細設計段階において、基準地震動 Ss に対する構造健全性評価により、上位クラス施設の有する機能を損なわないことを確認する（別紙-9\_参考資料 5 参照）。

# 上位クラス施設の設置状況（1/3）

施設の位置関係に関わる島根 2 号炉の特徴である取水槽及びタービン建物内に設置している上位クラス施設を表1に，配置状況を図1に示す。

表1 取水槽及びタービン建物内に設置している上位クラス施設

エリア	上位クラス施設	エリア	上位クラス施設
取水槽 (取水槽海水ポンプエリア，取水槽循環水ポンプエリア)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水ポンプ</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</li> <li>・原子炉補機海水系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水系配管</li> <li>・原子炉補機海水ストレーナ</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ</li> <li>・原子炉補機海水系電路</li> <li>・取水槽水位計</li> <li>・取水槽床ドレン逆止弁</li> <li>・取水槽海水ポンプエリア水密扉</li> </ul>	タービン建物 1 階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常用ガス処理系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管</li> <li>・非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路</li> <li>・非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路</li> <li>・原子炉補機海水系配管</li> <li>・原子炉補機海水系電路</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水系配管</li> </ul>
タービン建物地下 1 階	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機海水系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水系配管</li> <li>・非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機海水系電路</li> <li>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路</li> <li>・非常用ガス処理系配管</li> <li>・原子炉補機海水系電路</li> <li>・原子炉建物境界水密扉</li> </ul>		

# 上位クラス施設の設置状況 (2/3)

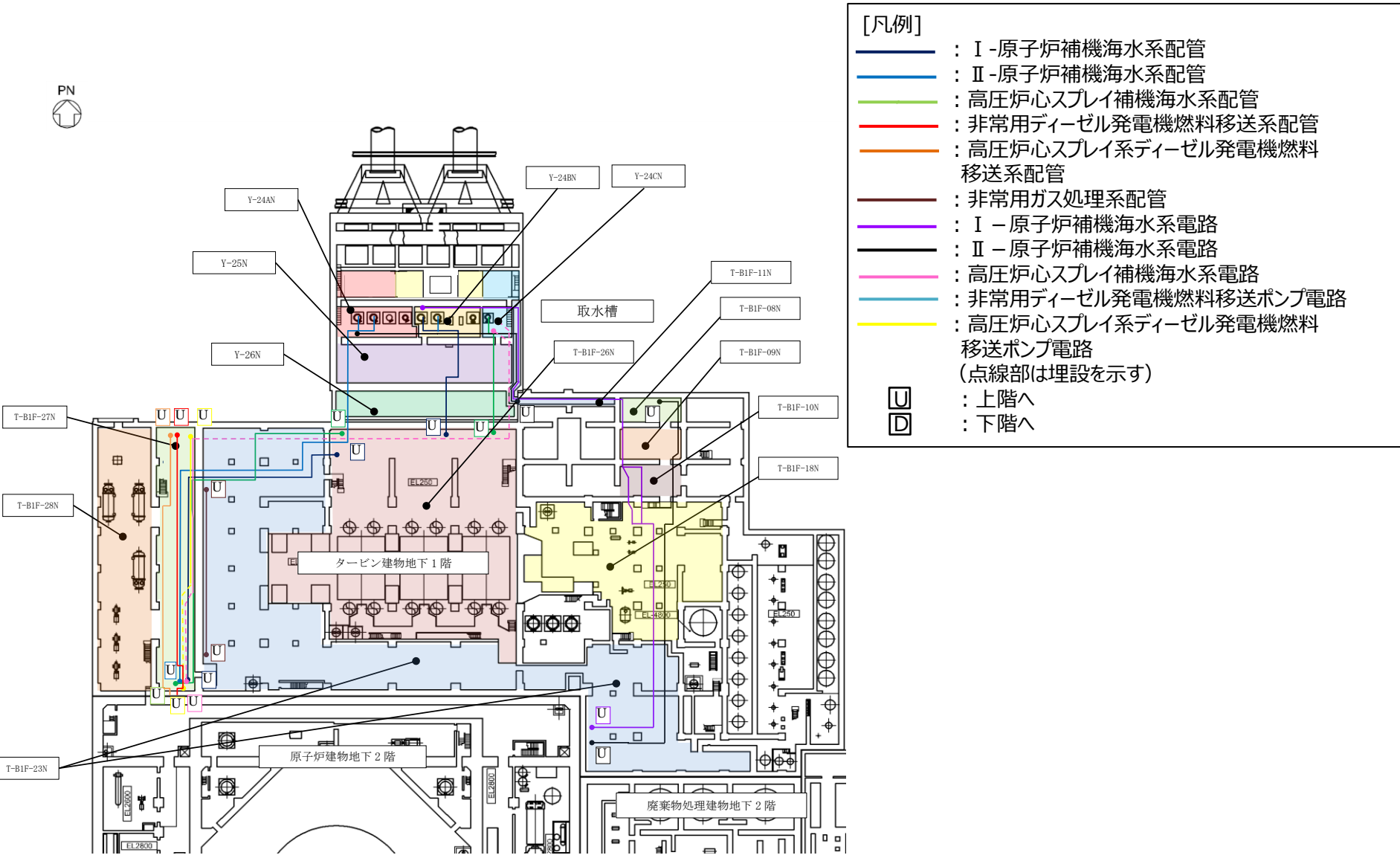


図1 取水槽及びタービン建物内に設置している上位クラス施設の配置図 (1/2)

# 上位クラス施設の設置状況 (3/3)

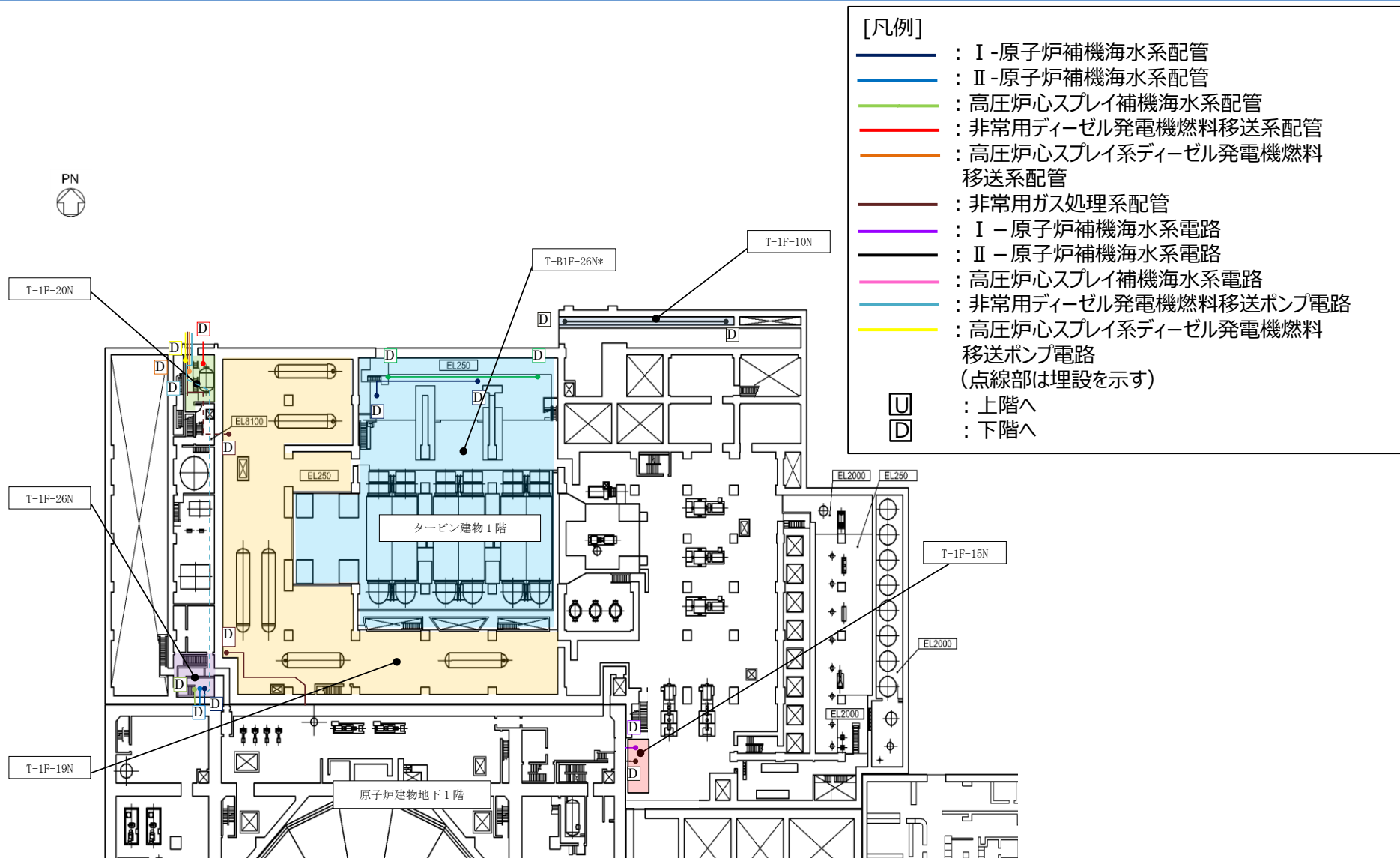
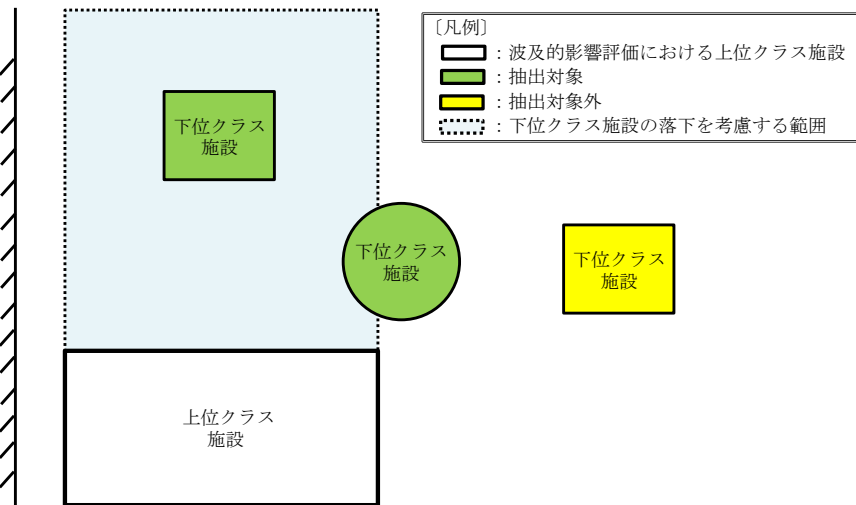
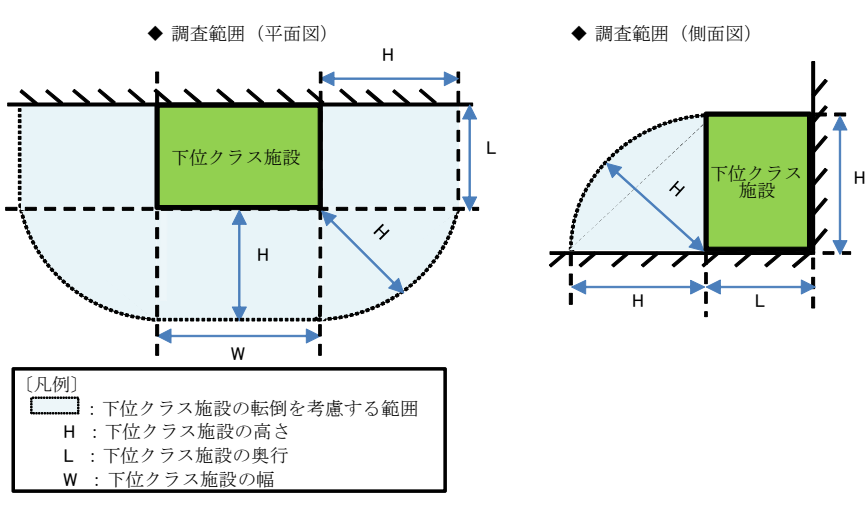


図1 取水槽及びタービン建物内に設置している上位クラス施設の配置図 (2/2)

# 下位クラス施設の抽出方法

下位クラス施設の具体的な抽出方法は、以下に示すとおり、下位クラス施設の落下及び転倒を想定し、上位クラス施設の直上及び離隔距離が十分でない下位クラス施設を抽出する。なお、対象となる上位クラス施設に対して、下位クラス施設が影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等である場合（小口径配管、照明器具等）は影響なしと判断する。

下位クラス施設の落下を想定した抽出方法	下位クラス施設の転倒を想定した抽出方法
<p>上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されている場合、当該下位クラス施設は上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として抽出する。</p>	<p>下位クラス施設の高さ(H)の範囲に上位クラス施設が設置されている場合、当該下位クラス施設は上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として抽出する。</p>
 <p>[凡例]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ : 波及的影響評価における上位クラス施設</li> <li>■ : 抽出対象</li> <li>■ : 抽出対象外</li> <li>⋯ : 下位クラス施設の落下を考慮する範囲</li> </ul>	 <p>◆ 調査範囲（平面図）</p> <p>◆ 調査範囲（側面図）</p> <p>[凡例]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ : 下位クラス施設の転倒を考慮する範囲</li> <li>H : 下位クラス施設の高さ</li> <li>L : 下位クラス施設の奥行</li> <li>W : 下位クラス施設の幅</li> </ul>



# 下位クラス施設の抽出結果（1/9）

上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果を表2に、その位置関係を図2-1～7に示す。

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（1/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考	
			直上	水平			
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし （「○」の場合は、離隔距離を記載）			
取水槽	取水槽海水ポンプエリア【Y-24AN】	原子炉補機海水ポンプ（B）	タービン補機海水ポンプ（C）【高さ：3.2m】	－	○（1.4m）	○	現場状況を図2-1に示す。
		II -原子炉補機海水系配管（700A）	タービン補機海水ポンプ（C）【高さ：3.2m】	－	○（2.0m）	○	
			タービン補機海水系配管（750A）	○	－	○	
			消火系配管（150A）	○	－	○	
		取水槽海水ポンプエリア防水壁	取水槽海水ポンプエリア防水壁	○	○	○	
			取水槽水位計	取水槽ガントリクレーン	○	○	○
		1号炉排気筒		○	○	○	
		原子炉補機海水ポンプ（B） 原子炉補機海水ポンプ（D）		取水槽ガントリクレーン	○	○	○
		II -原子炉補機海水系配管（700A）	取水槽海水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○	○	○	
		取水槽床ドレン逆止弁 II -原子炉補機海水系電路	1号炉排気筒	○	○	○	

# 下位クラス施設の抽出結果（2/9）

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（2/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考	
			直上	水平			
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし				十分な隔離距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし （「○」の場合は，隔離距離を記載）
取水槽	取水槽海水ポンプエリア 【Y-24BN】	原子炉補機海水ポンプ（A）	除じんポンプ（B） 【高さ：1.2m】	－	○（0.4m）	○	
		I－原子炉補機海水系配管 （700A）	タービン補機海水系配管 （750A）	○	－	○	現場状況を 図2-2に示す。
			除じんポンプ（B） 【高さ：1.2m】	－	○（0.5m）	○	
		取水槽水位計	取水槽海水ポンプエリア防水壁	○	○	○	
			取水槽ガントリクレーン	○	○	○	
			1号炉排気筒	○	○	○	
		原子炉補機海水ポンプ（A） 原子炉補機海水ポンプ（C） I－原子炉補機海水系配管 （700A） 取水槽床ドレン逆止弁 I－原子炉補機海水系電路 II－原子炉補機海水系電路	取水槽ガントリクレーン	○	○	○	
			取水槽海水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○	○	○	
			1号炉排気筒	○	○	○	

# 下位クラス施設の抽出結果 (3/9)

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果 (3/9)

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考	
			直上	水平			
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし 〔○〕の場合は，離隔距離を記載)			
取水槽	取水槽海水ポンプエリア【Y-24CN】	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (250A) 取水槽床ドレン逆止弁 I - 原子炉補機海水系電路 II - 原子炉補機海水系電路	取水槽ガントリクレーン	○	○	○	
			取水槽海水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○	○	○	
			1号炉排気筒	○	○	○	
	取水槽循環水ポンプエリア【Y-25N】	I - 原子炉補機海水系配管 (700A)	循環水ポンプ (A) 【高さ：5.0m】	－	○ (2.5m)	○	
			循環水ポンプ (B) 【高さ：5.0m】	－	○ (1.9m)	○	現場状況を 図2-3に示す。
		II - 原子炉補機海水系配管 (700A)	循環水ポンプ (C) 【高さ：5.0m】	－	○ (1.7m)	○	
			消火系配管 (150A)	○	－	○	
		高圧炉心スプレイ補機海水系配管 (250A)	循環水ポンプ (A) 【高さ：5.0m】	－	○ (1.9m)	○	

# 下位クラス施設の抽出結果（4/9）

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（4/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 -：対象外	備考	
			直上	水平			
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，-：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，-：なし (「○」の場合は，離隔距離を記載)			
取水槽	取水槽循環水ポンプエリア【Y-25N】	循環水ポンプ（A） 【高さ：5.0m】	-	○（2.9m）	○		
		循環水ポンプ（B） 【高さ：5.0m】	-	○（1.9m）	○		
		循環水ポンプ（C） 【高さ：5.0m】	-	○（4.6m）	○		
	取水槽海水ポンプエリア水密扉	I - 原子炉補機海水系配管（700A） II - 原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A） 取水槽海水ポンプエリア水密扉 取水槽床ドレン逆止弁	取水槽ガントリクレーン	○	○	○	
		取水槽循環水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○	○	○		
		1号炉排気筒	○	○	○		
		原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ I - 原子炉補機海水系配管（700A） II - 原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A）	循環水系配管（2600ID）	○	○	○	現場状況を 図2-4に示す。
	取水槽循環水ポンプエリア（ストレーナエリア）【Y-26N】	原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ I - 原子炉補機海水系配管（700A） II - 原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A） 取水槽床ドレン逆止弁	取水槽ガントリクレーン	○	○	○	
		取水槽循環水ポンプエリア 竜巻防護対策設備	○	○	○		
		1号炉排気筒	○	○	○		

# 下位クラス施設の抽出結果 (5/9)

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果 (5/9)

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考
			直上	水平		
T/B_B1F	【T-B1F-26N】	循環水系配管(A)(100A)	○	－	○	
		循環水系配管(B)(100A)	○	－	○	
		消火系配管(150A)	○	－	○	
		循環水系配管(3100ID)	○	○ (1.7m)	○	
	II – 原子炉補機海水系配管(700A)	循環水系配管(3100ID)	○	○ (1.3m)	○	現場状況を図2-5に示す。
		タービン補機海水系配管(750A)	○	－	○	現場状況を図2-5に示す。
	高圧炉心スプレイ補機海水系配管(250A)	循環水系配管(3100ID)	○	○ (1.7m)	○	
	高圧炉心スプレイ補機海水系電路	－	－	－	－	

# 下位クラス施設の抽出結果（6/9）

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（6/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考
			直上	水平		
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし （「□」の場合は，離隔距離を記載）		
T/B_B1F	I－原子炉補機海水系配管（700A）	給水系配管（500A）	○	－	○	現場状況を図2-6に示す。
		タービンヒータドレン系配管（300A）	○	－	○	現場状況を図2-6に示す。
	II－原子炉補機海水系配管（700A）	給水系配管（500A）	○	－	○	
		タービンヒータドレン系配管（300A）	○	－	○	
	高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A）	－	－	－	－	
	非常用ガス処理系配管（400A）	消火系配管（100A）	○	－	○	
	I－原子炉補機海水系電路	－	－	－	－	
	II－原子炉補機海水系電路	－	－	－	－	

# 下位クラス施設の抽出結果（7/9）

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（7/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考
			直上	水平		
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし 〔「○」の場合は，離隔距離を記載〕		
T/B_B1F	【T-B1F-27N】	I－原子炉補機海水系配管（700A）	－	－	－	
		II－原子炉補機海水系配管（700A）	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A）	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管（50A）	－	－	－	
		非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管（A）（50A）	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ補機海水系電路	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路	－	－	－	
	【T-B1F-28N】	原子炉建物境界水密扉	－	－	－	
	【T-B1F-08N,09N,10N,11N】	I－原子炉補機海水系電路	－	－	－	
		II－原子炉補機海水系電路	－	－	－	
	【T-B1F-18N】	I－原子炉補機海水系電路	－	－	－	
		II－原子炉補機海水系電路	－	－	－	

# 下位クラス施設の抽出結果（8/9）

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果（8/9）

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考	
			直上	水平			
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な隔離距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし （「○」の場合は，隔離距離を記載）			
T/B_1F	【T-1F-19N】 非常用ガス処理系配管（400A）	復水輸送系配管(150A)	○	－	○	現場状況を 図2-7に示す。	
		復水系配管(700A)	○	－	○	現場状況を 図2-7に示す。	
		復水系配管(500A)	○	－	○		
		真空掃除系配管(100A)	○	－	○		
	【T-1F-20N】	非常用ガス処理系配管（400A）	グランド蒸気排ガスフィルタ【高さ：2.5m】	－	○（1.5m）	○	
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管（50A）	グランド蒸気排ガスフィルタ【高さ：2.5m】	－	○（0.5m）	○	
		非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管（50A）	グランド蒸気排ガスフィルタ【高さ：2.5m】	－	○（1.9m）	○	
		非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路	－	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電路	－	－	－	－	



# 下位クラス施設の抽出結果 (9/9)

表2 上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出結果 (9/9)

エリア	上位クラス施設	下位クラス施設	上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係		波及的影響を及ぼす可能性の検討対象 ○：対象 －：対象外	備考
			直上	水平		
			上位クラス施設の直上に下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし	十分な離隔距離を有していない下位クラス施設が設置されているか ○：あり，－：なし (「□」の場合は、離隔距離を記載)		
T/B_1F	【T-1F-26N】	I－原子炉補機海水系配管(700A)	－	－	－	
		II－原子炉補機海水系配管(700A)	－	－	－	
		高圧炉心スプレイ補機海水系配管(250A)	－	－	－	
	【T-1F-15N】	I－原子炉補機海水系電路	－	－	－	
		II－原子炉補機海水系電路	－	－	－	
	【T-1F-10N】	II－原子炉補機海水系電路	－	－	－	

# 下位クラス施設の現場状況（1/4）

エリア	取水槽海水ポンプエリア【Y-24AN】
上位クラス施設（赤色）	原子炉補機海水ポンプ（B）
下位クラス施設（青色）	タービン補機海水ポンプ（C） 【高さ：3.2m】

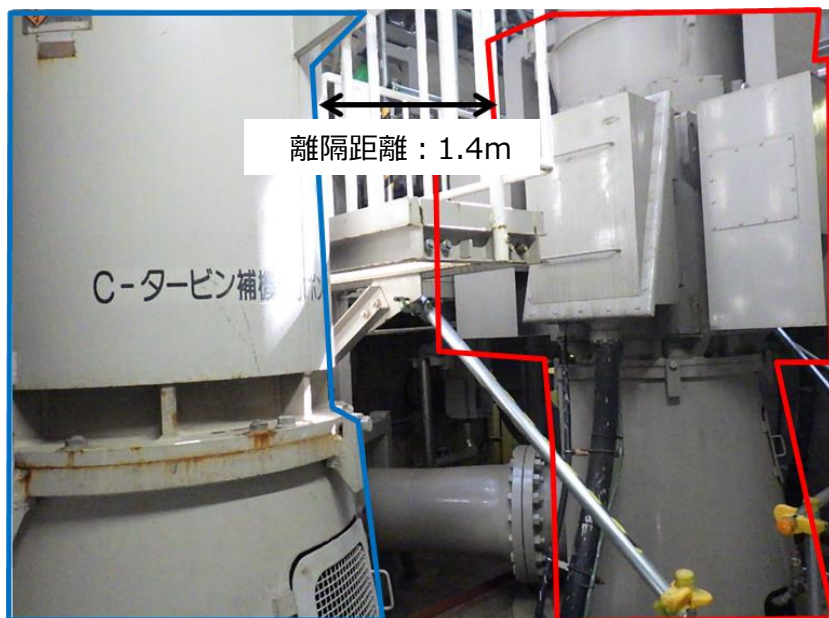


図2-1 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

エリア	取水槽海水ポンプエリア【Y-24BN】
上位クラス施設（赤色）	I - 原子炉補機海水系配管（700A）
下位クラス施設（青色）	タービン補機海水系配管（750A）



図2-2 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

# 下位クラス施設の現場状況（2/4）

エリア	取水槽循環水ポンプエリア【Y-25N】
上位クラス施設（赤色）	I - 原子炉補機海水系配管（700A）
下位クラス施設（青色）	循環水ポンプ（B）【高さ：5.0m】

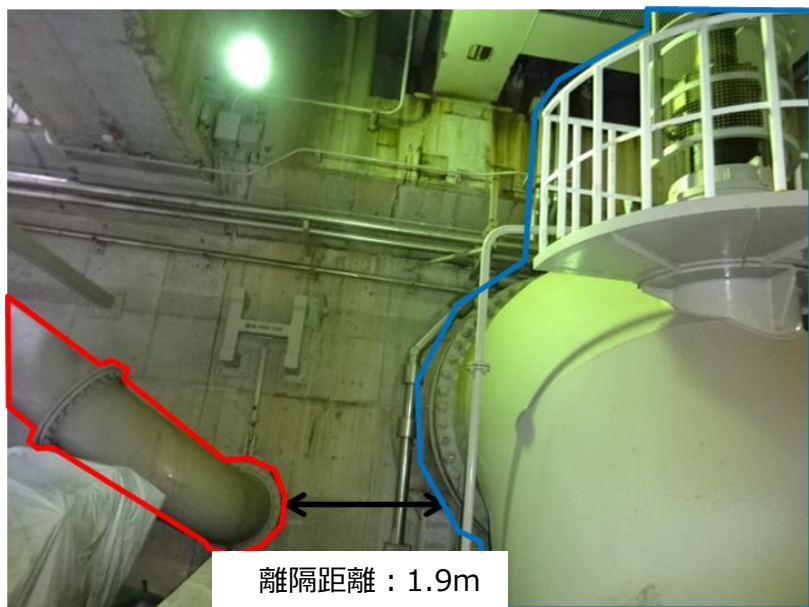


図2-3 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

エリア	取水槽循環水ポンプエリア （ストレーナエリア）【Y-26N】
上位クラス施設（赤色）	原子炉補機海水ストレーナ（A）
下位クラス施設（青色）	循環水系配管（2600ID）

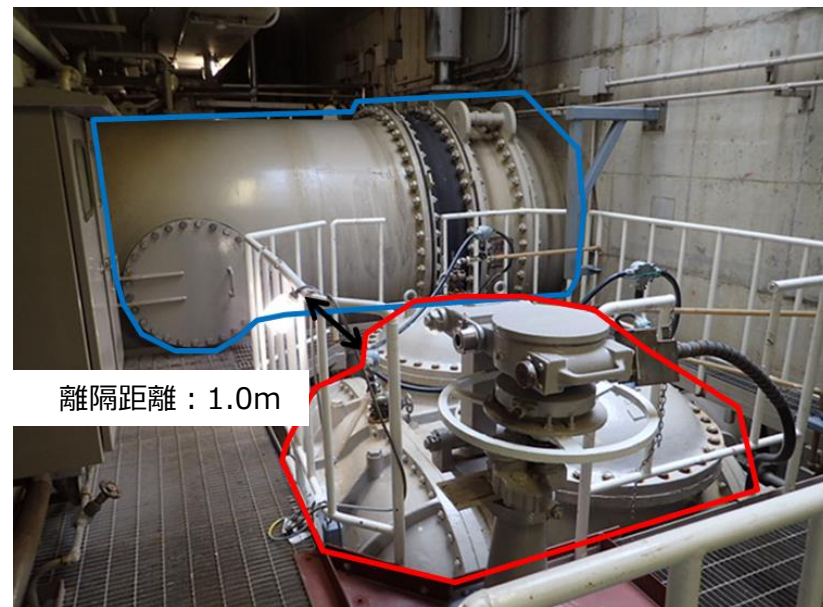


図2-4 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

# 下位クラス施設の現場状況 (3/4)

エリア	復水器室【T-B1F-26N】
上位クラス施設 (赤色)	Ⅱ - 原子炉補機海水系配管 (700A)
下位クラス施設 (青色)	循環水系配管 (3100ID) , タービン補機海水系配管(750A)

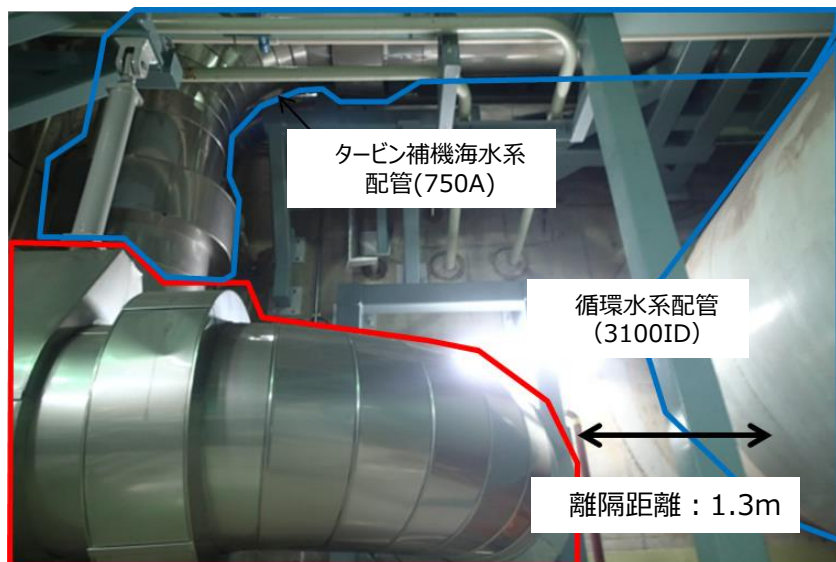


図2-5 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

エリア	T-B1F-23N
上位クラス施設 (赤色)	I - 原子炉補機海水系配管 (700A)
下位クラス施設 (青色)	給水系配管 (500A) , タービンヒーダレン系配管 (300A)

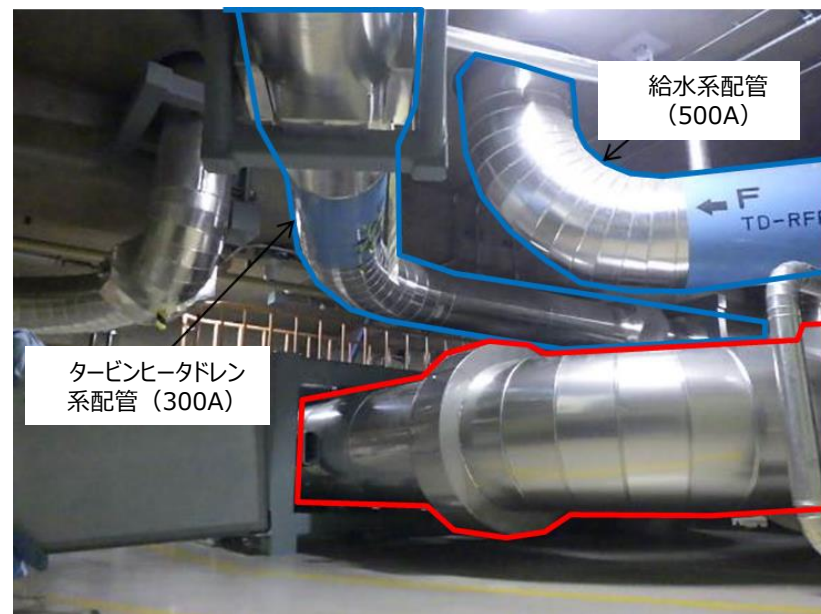


図2-6 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

# 下位クラス施設の現場状況（4/4）

エリア	T-1F-19N
上位クラス施設（赤色）	非常用ガス処理系配管（400A）
下位クラス施設（青色）	復水系配管（700A）, 復水輸送系配管（150A）

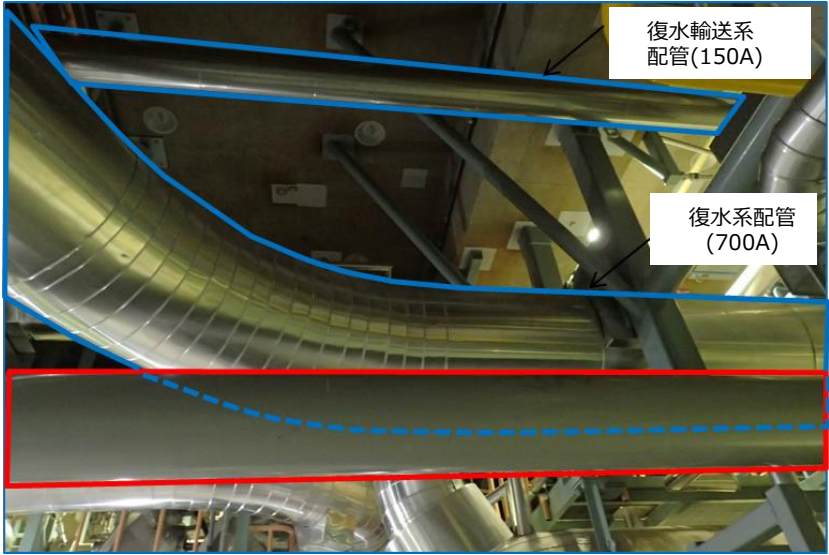


図2-7 上位クラス施設と下位クラス施設の位置関係

# 評価結果及び評価方針（1/5）

（2）で抽出した下位クラス施設のうち、上位クラス配管の1/4以下の口径の下位クラス配管については、相対的に小口径の配管とし、下位クラス配管の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないと判断した（別紙参照）。一方、上位クラス施設の有する機能への影響が否定できない下位クラス施設については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して構造健全性評価を行い、上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれがないことを確認する。下位クラス施設に対する評価結果及び評価方針を表3に示す。

なお、建物内の間仕切壁等については、その損傷により上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれがあるが、建物全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従し、また、建物全体が剛性の高い構造となっており、耐震壁の変形が小さく間仕切壁等の変形も抑えられる。

よって、詳細設計段階において、間仕切壁の位置・構造等を踏まえ、基準地震動 $S_s$ に対する地震応答解析により、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足することで間仕切壁等の構造健全性を確認し、上位クラス施設の有する機能を損なわないことを確認する。

表3 下位クラス施設の評価結果及び評価方針（1/5）

エリア	上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価結果及び評価方針	備考
取水槽	I - 原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A） 取水槽海水ポンプエリア水密扉	循環水ポンプ（A）	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、循環水ポンプが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	I - 原子炉補機海水系配管（700A） 取水槽海水ポンプエリア水密扉	循環水ポンプ（B）	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、循環水ポンプが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	II - 原子炉補機海水系配管（700A） 取水槽海水ポンプエリア水密扉	循環水ポンプ（C）	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、循環水ポンプが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	原子炉補機海水ポンプ（B） II - 原子炉補機海水系配管（700A）	タービン補機海水ポンプ（C）	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、タービン補機海水ポンプが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	原子炉補機海水ポンプ（A） I - 原子炉補機海水系配管（700A）	除じんポンプ（B）	基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性評価により、除じんポンプが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定

# 評価結果及び評価方針（2/5）

表3 下位クラス施設の評価結果及び評価方針（2/5）

エリア	上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある 下位クラス施設	評価結果及び評価方針	備考
取水槽	原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレィ補機海水ストレーナ Ⅰ－原子炉補機海水系配管（700A） Ⅱ－原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレィ補機海水系配管（250A）	循環水系配管（2600ID）	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、 循環水系配管が落下・転倒しないことを確認する。	工認計算書 添付予定
	Ⅰ－原子炉補機海水系配管（700A） Ⅱ－原子炉補機海水系配管（700A）	タービン補機海水系配管 （750A）	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、 タービン補機海水系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書 添付予定
	Ⅱ－原子炉補機海水系配管（700A）	消火系配管（150A）	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の 有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照
	原子炉補機海水ポンプ（A） 原子炉補機海水ポンプ（B） 原子炉補機海水ポンプ（C） 原子炉補機海水ポンプ（D） 高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ 原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレィ補機海水ストレーナ Ⅰ－原子炉補機海水系配管（700A） Ⅱ－原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレィ補機海水系配管（250A） Ⅰ－原子炉補機海水系電路 Ⅱ－原子炉補機海水系電路 取水槽海水ポンプエリア水密扉 取水槽水位計 取水槽床ドレン逆止弁	取水槽ガントリクレーン	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、 取水槽ガントリクレーンが落下・転倒しないことを 確認する。	工認計算書 添付予定

# 評価結果及び評価方針 (3/5)

表3 下位クラス施設の評価結果及び評価方針 (3/5)

エリア	上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある 下位クラス施設	評価結果及び評価方針	備考
取水槽	原子炉補機海水ポンプ (A) 原子炉補機海水ポンプ (B) 原子炉補機海水ポンプ (C) 原子炉補機海水ポンプ (D) 高圧炉心スプレー補機海水ポンプ Ⅰ - 原子炉補機海水系配管 (700A) Ⅱ - 原子炉補機海水系配管 (700A) 高圧炉心スプレー補機海水系配管 (250A) Ⅰ - 原子炉補機海水系電路 Ⅱ - 原子炉補機海水系電路 取水槽床ドレン逆止弁	取水槽海水ポンプエリア竜巻防護 対策設備	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により, 取水槽海水ポンプエリア竜巻防護対策設備が落 下・転倒しないことを確認する。	工認計算書 添付予定
	原子炉補機海水ストレーナ (A) 原子炉補機海水ストレーナ (B) 高圧炉心スプレー補機海水ストレーナ Ⅰ - 原子炉補機海水系配管 (700A) Ⅱ - 原子炉補機海水系配管 (700A) 高圧炉心スプレー補機海水系配管 (250A) 取水槽海水ポンプエリア水密扉 取水槽床ドレン逆止弁	取水槽循環水ポンプエリア竜巻防護 対策設備	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により, 取水槽循環水ポンプエリア竜巻防護対策設備が 落下・転倒しないことを確認する。	工認計算書 添付予定
	取水槽水位計	取水槽海水ポンプエリア防水壁	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により, 取水槽海水ポンプエリア防水壁が落下・転倒しな いことを確認する。	工認計算書 添付予定



# 評価結果及び評価方針（4/5）

表3 下位クラス施設の評価結果及び評価方針（4/5）

エリア	上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価結果及び評価方針	備考
取水槽	取水槽水位計 原子炉補機海水ポンプ（A） 原子炉補機海水ポンプ（B） 原子炉補機海水ポンプ（C） 原子炉補機海水ポンプ（D） 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 原子炉補機海水ストレーナ（A） 原子炉補機海水ストレーナ（B） 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ I－原子炉補機海水系配管（700A） II－原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A） I－原子炉補機海水系電路 II－原子炉補機海水系電路 取水槽海水ポンプエリア水密扉 取水槽床ドレン逆止弁	1号炉排気筒	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、1号炉排気筒が落下・転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
T/B	非常用ガス処理系配管（400A） 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送系配管（50A） 非常用ディーゼル発電機燃料移送系配管（50A）	グラウンド蒸気排ガスフィルタ	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、グラウンド蒸気排ガスフィルタが転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	I－原子炉補機海水系配管（700A） II－原子炉補機海水系配管（700A） 高圧炉心スプレイ補機海水系配管（250A）	循環水系配管(3100ID)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、循環水系配管が落下・転倒しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	II－原子炉補機海水系配管（700A）	タービン補機海水系配管（750A）	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、タービン補機海水系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	非常用ガス処理系配管（400A）	復水系配管(700A)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、復水系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	非常用ガス処理系配管（400A）	復水系配管(500A)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、復水系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定

# 評価結果及び評価方針（5/5）

表3 下位クラス施設の評価結果及び評価方針（5/5）

エリア	上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある 下位クラス施設	評価結果及び評価方針	備考
T/B	I - 原子炉補機海水系配管（700A） II - 原子炉補機海水系配管（700A）	給水系配管(500A)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、給水系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	I - 原子炉補機海水系配管（700A） II - 原子炉補機海水系配管（700A）	タービンヒータドレン系配管(300A)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、タービンヒータドレン系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	非常用ガス処理系配管（400A）	復水輸送系配管(150A)	基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、復水輸送系配管が落下しないことを確認する。	工認計算書添付予定
	I - 原子炉補機海水系配管（700A）	消火系配管(150A)	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照
	I - 原子炉補機海水系配管（700A）	循環水系配管(A)(100A)	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照
	I - 原子炉補機海水系配管（700A）	循環水系配管(B)(100A)	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照
	非常用ガス処理系配管（400A）	消火系配管(100A)	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照
	非常用ガス処理系配管（400A）	真空掃除系配管(100A)	下位クラス施設の落下を想定しても上位クラス施設の有する機能に影響を及ぼさないことを確認する。	別紙参照

# 評価方針を踏まえた対策概要（1/2）

基準地震動 $S_s$ による地震力に対して構造健全性の維持を確認できなかった下位クラス施設については、健全性を維持できる構造への改造、上位クラス施設と下位クラス施設との間に衝撃に耐える緩衝体の設置、下位クラス施設の移設等により波及的影響を防止する。以下に対策概要の例を示す。

## a. 循環水ポンプの耐震補強（案）

循環水ポンプの転倒を想定した場合、上位クラス施設の原子炉補機海水系配管及び高圧炉心スプレイ補機海水系配管に波及的影響を及ぼすおそれがあるため、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して構造健全性が維持できるよう耐震補強を実施する。耐震補強の概要を図3に示す。

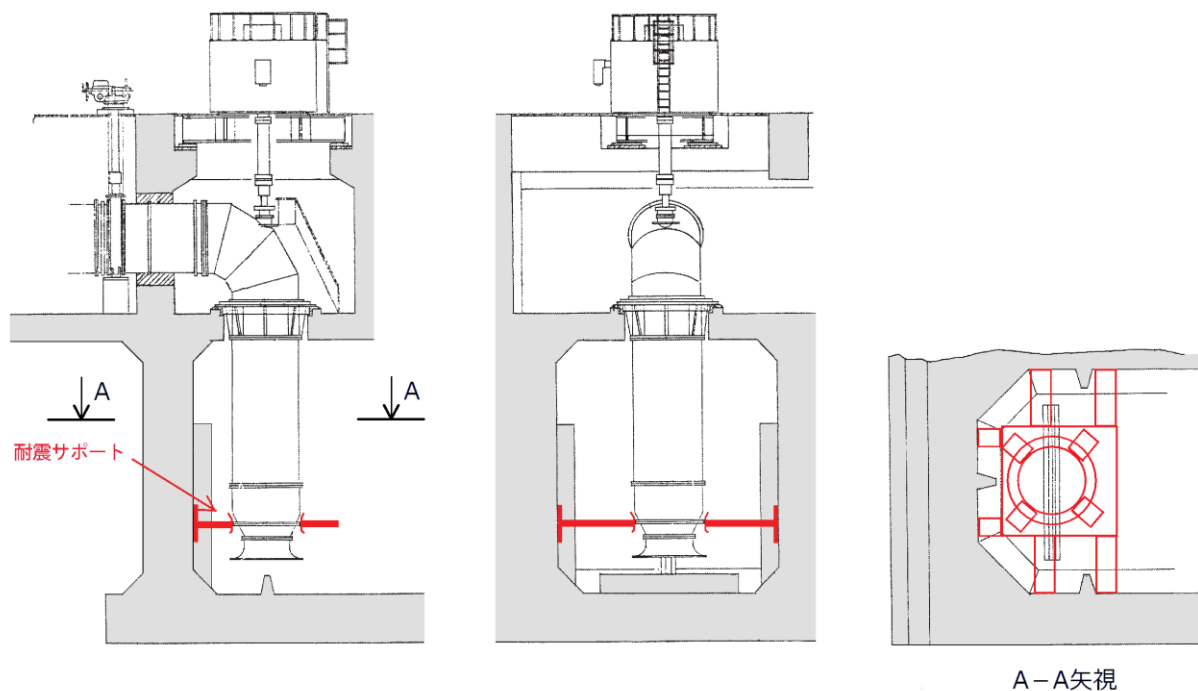


図3 循環水ポンプ耐震補強概要図（案）

# 評価方針を踏まえた対策概要（2/2）

## b. タービン補機海水系配管の耐震補強（案）

取水槽海水ポンプエリアに設置しているタービン補機海水系配管について、落下・転倒を想定した場合、上位クラス施設の原子炉補機海水ポンプ及び原子炉補機海水系配管に波及的影響を及ぼすおそれがあるため、基準地震動Ssによる地震力に対して構造健全性が維持できるよう耐震補強を実施する。耐震補強の概要を図4に示す。

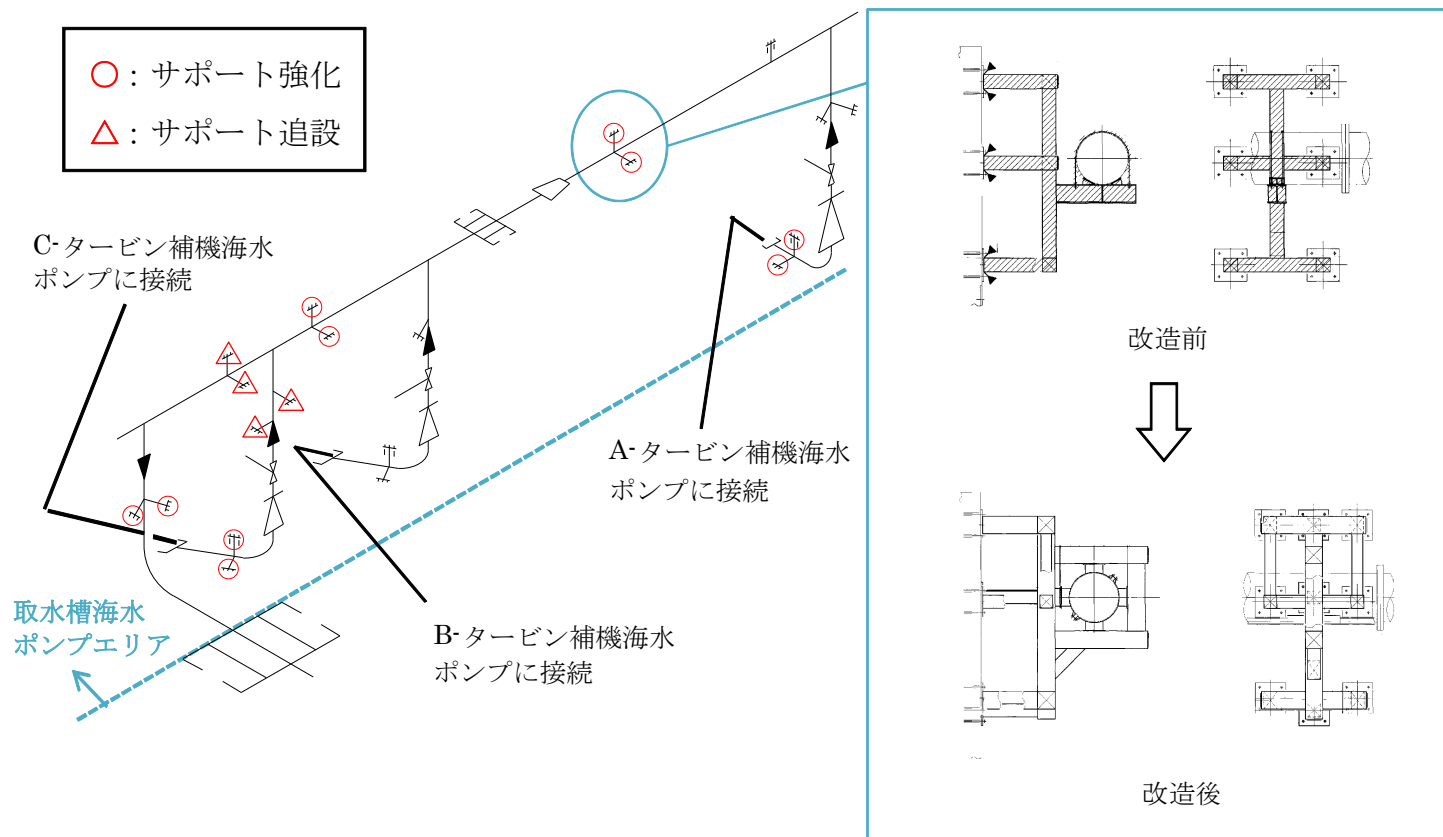


図4 タービン補機海水系配管の耐震補強概要図（案）

# 島根 2号炉排気筒廻りの波及的影響評価について

2号炉排気筒は、上位クラス施設である排気筒（非常用ガス処理系用）の間接支持構造物であるため、上位クラス施設としている。2号炉排気筒と排気筒（非常用ガス処理系用）の位置関係を図5-1に示す。

これらの排気筒のうち、2号炉排気筒に波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として主排気ダクト（空調ダクト）を抽出しており、詳細設計段階において、基準地震動Ssに対する構造健全性評価により、上位クラス施設の有する機能を損なわないことを確認する。2号炉排気筒と主排気ダクトの位置関係を図5-2に示す。

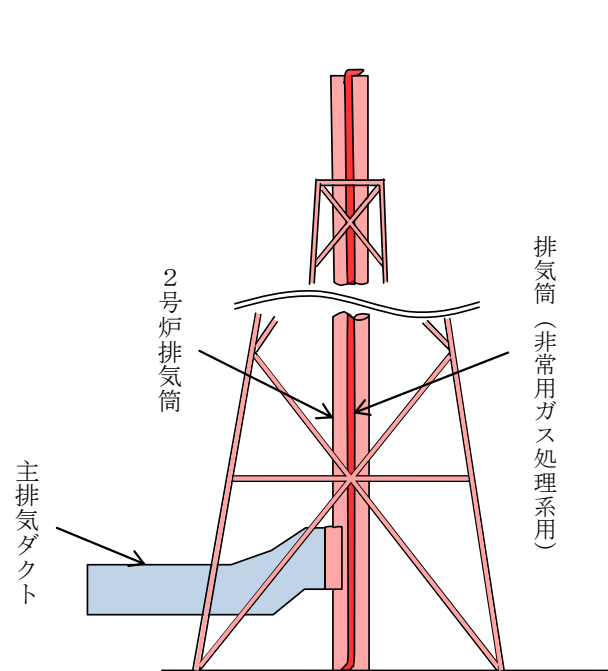


図5-1 2号炉排気筒と排気筒（非常用ガス処理系用）の位置関係

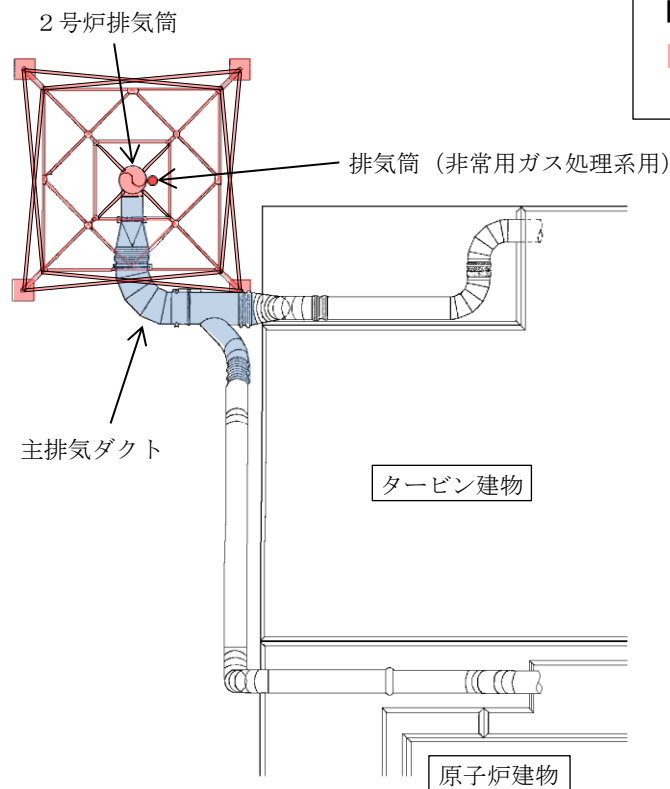


図5-2 2号炉排気筒と主排気ダクトの位置関係

## 【凡例】

■ : 上位クラス施設

■ : 下位クラス施設 (Ss機能維持)

## <主排気ダクトの構造概要>

- ✓ 主排気ダクトは、原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物内に設置している排風機から主排気ダクトを經由して2号炉排気筒から排気するための流路であり、各建物の屋上、壁面及び2号炉排気筒廻りに設置されている。
- ✓ 2号炉排気筒廻りの主排気ダクトは、ダクト本体（角型：内径2500W×5000H，丸型：φ3800又はφ2700），エキスパンションジョイント及び支持構造物が主な構造部材である。

波及的影響評価においては、タービン建物及び取水槽内の上位クラス施設に対して、下位クラス施設のうち落下を想定しても影響を及ぼさない程度の大きさ、重量等である小口径配管は波及的影響を及ぼさないものと判断した。具体的には、上位クラス配管の1/4以下の口径の下位クラス配管を小口径配管とし、波及的影響を及ぼさない施設とした。

下位クラス配管の地震による損傷形態の観点と、下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの観点の両面から、上記の判断の妥当性を確認する。それぞれの観点の確認方法を以下に示す。

## 1. 下位クラス配管の地震による損傷形態の確認

- ① 既往知見や地震被災事例収集による確認
- ② 保守的な条件を設定した配管の時刻歴応答解析による確認

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

- ① 上位クラス配管の貫通有無の確認（衝突部の局所的な影響の観点）
- ② 上位クラス配管に対する衝突荷重の影響の確認（配管全体に与える影響の観点）

2つの観点での確認の結果、地震により配管が落下に至るような損傷は生じ難く、仮に下位クラス配管が落下したとしても、下位クラス配管の衝突により上位クラス配管に与える影響は軽微であることが確認された場合は、当該下位クラス配管が波及的影響を及ぼすおそれはないと判断する。

# 1. 下位クラス配管の地震による損傷形態の確認

## ① 既往知見や地震被災事例収集による確認

### ○ 知見の収集結果

原子力発電所における配管系の耐震設計で考慮すべき損傷形態：低サイクルラッチェット疲労<sup>(1)</sup>  
 配管系終局強度試験<sup>(2)</sup>において確認された配管の損傷形態：曲げ管やT管の応力集中部の配管軸方向の疲労き裂

### ○ 被災事例の収集結果

原子力発電所のB, Cクラス機器・配管の地震被災事例<sup>(3)(4)</sup>：配管の落下に至る損傷は確認されていない

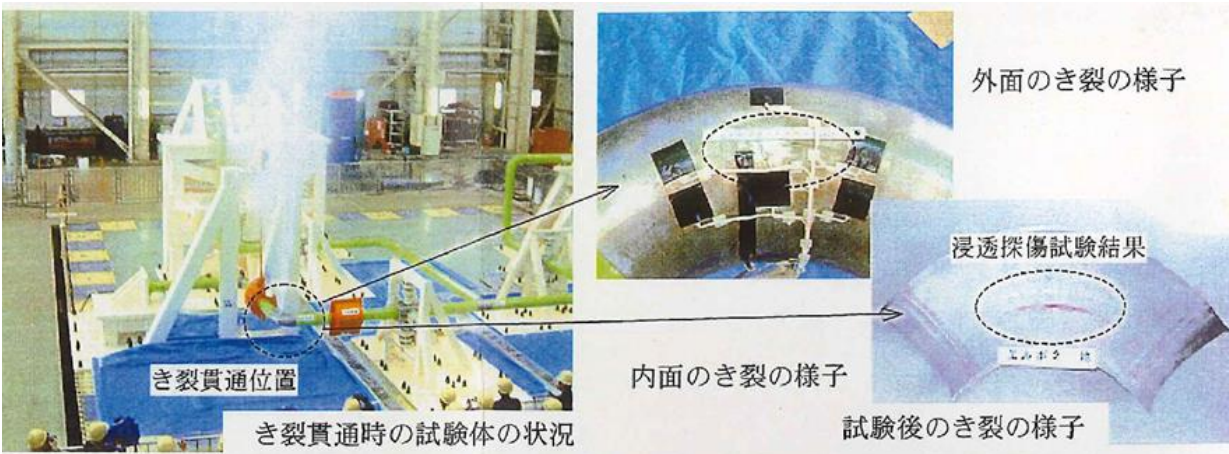


図 配管系終局強度試験における試験体の損傷状況

表 地震による配管の機能低下及び機能喪失レベルの損傷事例

設置場所		バウンダリ機能	支持機能
屋内	原子炉建物	0	0
	タービン建物	1	0
	その他建物	0	0
屋外	岩着	0	0
	非岩着(地上)	4	0
	非岩着(地中)	6	0
合計		11	0

(1) 社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会：原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008  
 (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構(平成16年6月)：平成15年度原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書 配管径終局強度  
 (3) 森田ら (2013)：原子力発電所の被災事例に基づく低耐震クラス機器の耐震信頼性に関する研究, 日本機械学会, No.13-18, Dynamics and Design Conference論文集203  
 (4) Morita, R. (2014)：Statistical Analysis of Seismic Effects for Low Aseismic Class Equipment based on Actual Damage Case in NPPs, IAEA/ISSC Meeting on Selected Topics in Seismic Safety

# 1. 下位クラス配管の地震による損傷形態の確認

## ②時刻歴応答解析による確認(1/2)

島根2号炉のタービン建物及び取水槽の下位クラス配管が、地震により落下に至る損傷が生じるか確認するため、配管の弾塑性特性を考慮した評価を実施する。

- 適用規格：発電用設備規格 設計・建設規格 第I編 軽水炉規格 事例規格「弾塑性応答解析に基づく耐震Sクラス配管の耐震設計に関する代替規定」(JSME S NC-CC-008)
- 評価部位：配管の直管部（母材部）（選定理由を以下に記載）
  - ・配管の構造上の弱部である曲げ管やT管は配管軸方向のき裂であり、損傷した場合でも配管の落下に至らない。
  - ・直管は周方向のき裂となるため、直管2か所が周方向に損傷した場合には配管の落下に至る可能性がある。
- 入力地震力：島根2号炉の配管系設置フロアにおける基準地震動 $S_s$ による床応答のうち加速度応答スペクトルのピーク値が最大のもの（2方向（配管直角2方向）同時入力）

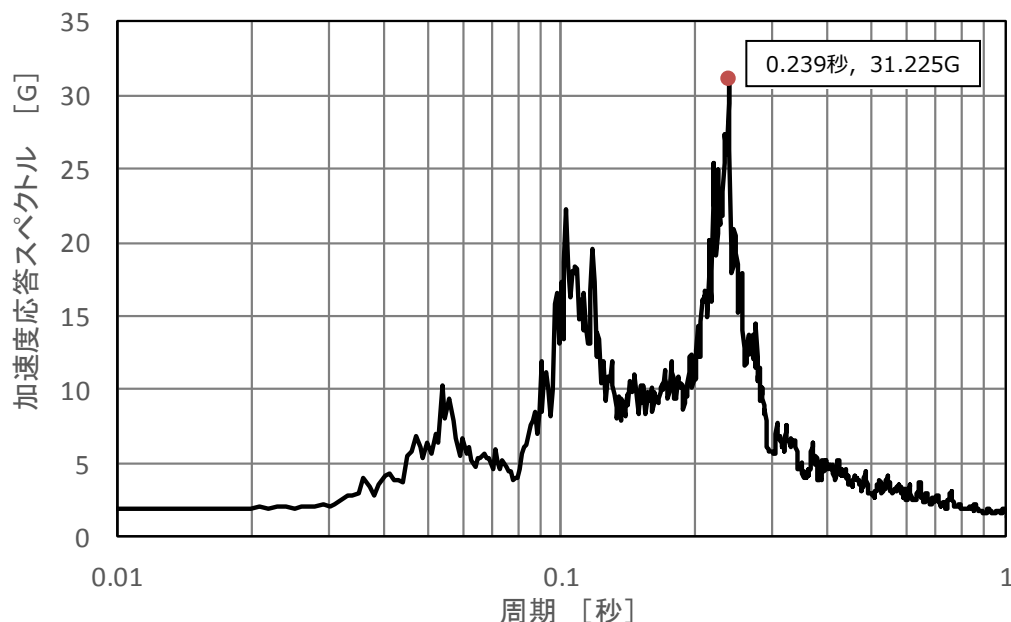


図 加速度応答スペクトル（減衰0.5%）



# 1. 下位クラス配管の地震による損傷形態の確認

## ②時刻歴応答解析による確認(2/2)

### ○解析条件

- ・解析モデル：両端単純支持（1スパン），シェル要素（評価上影響を及ぼさない範囲は梁要素）
- ・部材長さ：加速度応答スペクトルのピーク周期と配管の一次固有周期が一致するように設定
- ・配管諸元：口径750A，肉厚9.5mm，材質SM400A（薄肉大口径の配管としてタービン補機海水系配管を想定）
- ・解析プログラム：Abaqus/Standard 6.11-1, 6.14-1
- ・減衰比：0.5%（レイリー減衰）

### ○解析結果

地震の等価繰り返し回数を150回（基準地震動  $S_s$  による暫定値）とした最大相当ひずみ振幅の発生値が許容値を下回っていることから，保守的な条件を考慮した評価においても疲労き裂は発生せず，配管が地震により破断して落下することはないことが確認された。

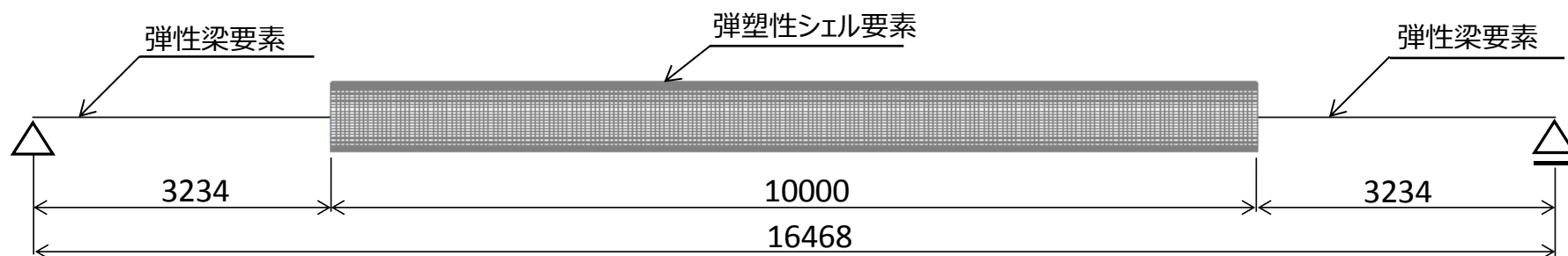


図 解析モデル概要

単位：mm

表 解析結果

	発生値	許容値	判定
最大相当ひずみ振幅	$4.20 \times 10^{-3}$	$5.97 \times 10^{-3}$	OK

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

- 下位クラス配管が落下することを仮定し、下位クラス配管が上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いを確認する。
- 下位クラス配管のうち大口径配管(上位クラス配管の1/4を超える口径)：  
波及的影響を及ぼすおそれがあるものとして抽出対象とする。(衝突による上位クラス配管への影響が大きいと想定)
- 下位クラス配管のうち小口径の配管(上位クラス配管の1/4以下の口径)：  
上位クラス配管に衝突した場合の影響を衝突評価により確認する。
- 衝突評価の観点：
  - ①上位クラス配管の貫通有無  
(衝突部の局所的な影響の観点)
  - ②上位クラス配管に対する衝突荷重の影響  
(配管全体に与える影響の観点)

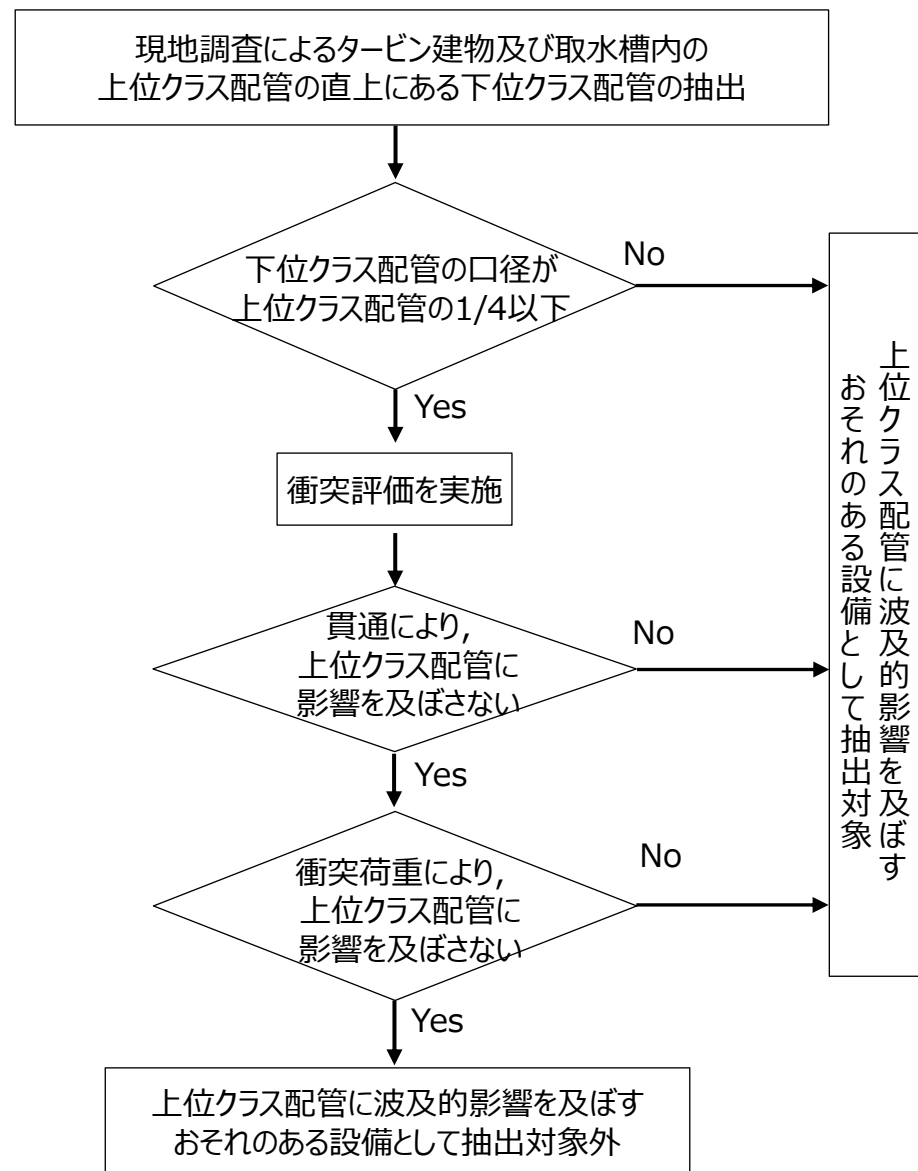


図 下位クラス配管の衝突評価に係る評価フロー

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認 衝突評価の対象となる上位クラス配管と下位クラス配管の組み合わせ

タービン建物及び取水槽内の上位クラス配管に対して、現地調査により抽出された直上にある下位クラス配管を表に示す。

なお、衝突評価においては、直上にある下位クラス配管のうち上位クラス配管口径の1/4以下のものについて、上位クラス配管に衝突した場合の影響を確認する。

表 上位クラス配管と下位クラス配管の位置関係及び諸元

No	設置区画	上位クラス配管			直上にある下位クラス配管のうち 上位クラス配管口径の1/4以下のもの			
		系統	口径	肉厚 [mm]	系統	口径	肉厚 [mm]	初期高さ [m]
1	取水槽	原子炉補機 海水系	700A	9.5	消火系	150A	7.1	0.5
2	取水槽				消火系	150A	7.1	0.2
3	タービン建物 B1F				循環水系(A)	100A	6.0	1.5
4	タービン建物 B1F				循環水系(B)	100A	6.0	3.0
5	タービン建物 B1F				消火系	150A	7.1	0.5
6	タービン建物 B1F	非常用ガス 処理系	400A	9.5	消火系	100A	6.0	2.0
7	タービン建物 1F				真空掃除系	100A	4.5	1.5

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

### ① 上位クラス配管の貫通有無の確認(1/2)

#### ○確認方法

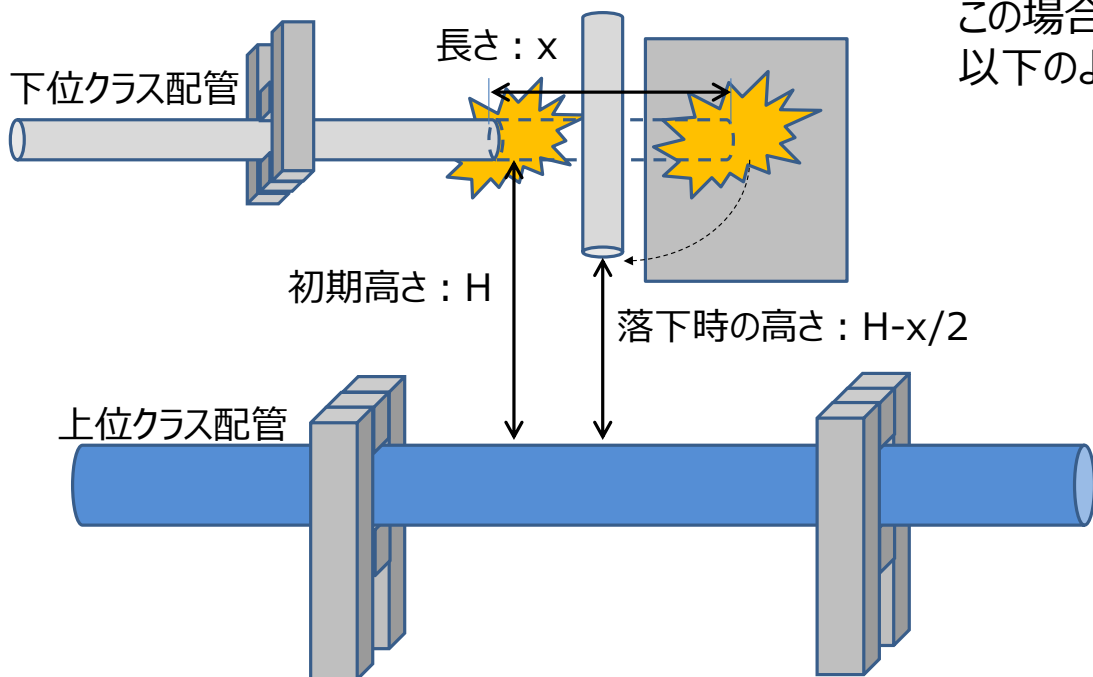
下位クラス配管が落下し、上位クラス配管に衝突した場合の上位クラス配管の貫通厚さを評価する方法として、竜巻影響評価における飛来物の鋼板に対する貫通厚さの算出にて実績のあるBRL式を用いた評価を実施する。

・BRL式（鋼板に対する貫通厚さT）：
$$T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{1.4396 \times 10^9 K^2 D^{3/2}}$$

T:鋼板貫通厚さ (m)  
M:ミサイル質量 (kg)  
V:ミサイル速度 (m/s)  
D:ミサイル直径 (m)  
K:鋼板の材質に関する係数 (≒1)

・下位クラス配管の衝突方向：配管軸方向

・下位クラス配管の落下時の高さ：H-x/2 (下位クラス配管の初期高さHから下位クラス配管の長さxの半分x/2を引いた値)



この場合、BRL式中のミサイル重量Mとミサイル速度Vは以下のように書き換えられる。

$$M = \rho x \quad \rho: \text{配管の単位長さあたりの重量 (kg/m)}$$

$$V = \sqrt{2g \left( H - \frac{x}{2} \right)}$$

よって、BRL式は以下のとおり、xの2次関数となり、x=Hで鋼板貫通厚さTが最大となる。

$$T^{3/2} = \frac{\rho g \left( Hx - \frac{x^2}{2} \right)}{1.4396 \times 10^9 K^2 D^{3/2}}$$

x=Hを設定し、貫通厚さを算出。

図 下位クラス配管の初期高さ及び長さ設定の概要図

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

### ① 上位クラス配管の貫通有無の確認(2/2)

#### ○貫通評価結果

下位クラス配管の落下による貫通厚さ  $t_1$  は、上位クラス配管の公称厚さ  $t$  から計算上必要な厚さ  $t_r$  を差し引いた値を下回っており、上位クラス配管の安全機能に影響を及ぼさないことを確認した。

表 BRL式による貫通評価結果

No	上位クラス配管					下位クラス配管							評価 ( $t-t_r > t_1$ : OK)
	口径	系統	公称厚さ $t$ [mm]	計算上必要な厚さ $t_r$ [mm]	厚さ余裕 $t-t_r$ [mm]	系統	口径	公称厚さ [mm]	質量 <sup>※1</sup> [kg]	落下時の高さ [m]	衝突速度 <sup>※2</sup> [m/s]	貫通厚さ $t_1$ [mm]	
1	700 A	原子炉 補機 海水系	9.5	4.96	4.54	消火系	150 A	7.1	13.8	0.25	2.22	0.13	OK
2						消火系	150 A	7.1	5.5	0.10	1.40	0.04	OK
3						循環水系(A)	100 A	6.0	24.0	0.75	3.84	0.49	OK
4						循環水系(B)	100 A	6.0	48.1	1.50	5.43	1.22	OK
5						消火系	150 A	7.1	13.8	0.25	2.22	0.13	OK
6	400 A	非常用 ガス 処理系	9.5	0.60	8.9	消火系	100 A	6.0	32.1	1.00	4.43	0.72	OK
7						真空掃除系	100 A	4.5	18.3	0.75	3.84	0.47	OK

※1 配管長さより算出

※2 落下時の高さより算出

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

### ② 上位クラス配管に対する衝突荷重の影響の確認(1/2)

下位クラス配管が落下し、上位クラス配管に衝突した場合に上位クラス配管が受ける衝突荷重を数値解析により算出する。衝突荷重から上位クラス配管の曲げ応力を算出し、地震による応力と組み合わせて評価する。

#### ○解析条件

- ・解析プログラム：汎用有限要素法構造解析プログラム Virtual Performance Solution
- ・評価対象配管：上位クラス配管 非常用ガス処理系配管(400A)  
下位クラス配管 消火系配管(100A) } (口径比が4:1の組み合わせ)
- ・配管長さ：上位クラス配管 10m (実機配管の支持間隔を概ね包絡)  
下位クラス配管 10m (実機配管の周方向溶接継ぎ手間の長さを概ね包絡)
- ・下位クラス配管の初期高さ：2m (実機における下位クラス配管の初期高さ)
- ・衝突位置：下位クラス配管と上位クラス配管のそれぞれの重心位置で直交するように衝突  
(上位クラス配管に作用する曲げ応力を保守的に算出するため)
- ・上位クラス配管の支持条件：両端単純支持 (曲げ応力を保守的に算出するため)

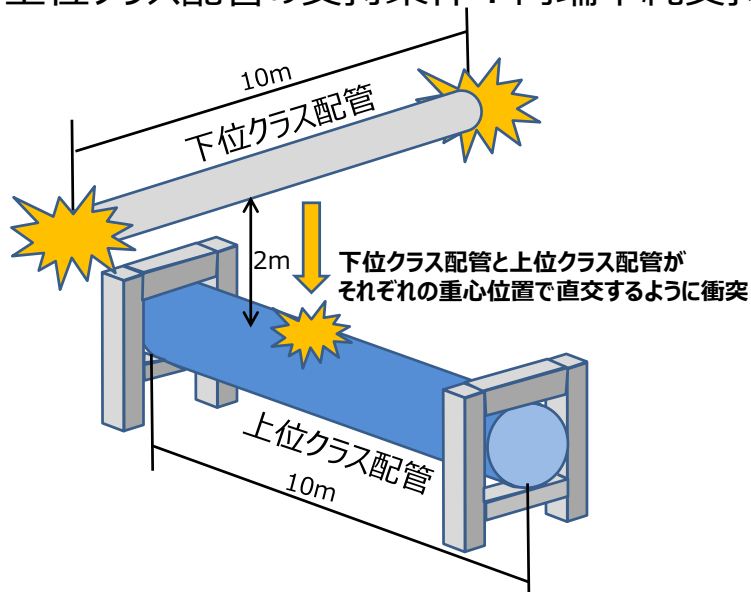


表 衝突解析における評価対象配管

上位クラス配管					直上にある下位クラス配管						
系統	口径	材質	厚さ [mm]	配管長さ [m]	系統	口径	材質	厚さ [mm]	初期高さ [m]	配管長さ [m]	質量 [kg]
非常用 ガス 処理系	400 A	STPT 410	9.5	10	消火 系	100 A	STPT 410	6.0	2.0	10	161

図 上位クラス配管と下位クラス配管の位置関係の概要

## 2. 下位クラス配管が落下して上位クラス配管に衝突した場合の影響度合いの確認

### ② 上位クラス配管に対する衝突荷重の影響の確認(2/2)

- 衝突解析結果
  - ・ 衝突荷重の最大値：67.0kN
- 応力評価方法
  - ・ 発生応力の算出方法：両端単純支持条件の梁の公式
  - ・ 衝突荷重と組み合わせる応力：自重・内圧による応力，地震（Ss）による応力
  - ・ 応力の組み合わせ方法：SRSS法（衝突荷重による応力と地震による応力の最大値の非同時性を考慮）
  - ・ 地震による応力：当該上位クラス配管における最大発生応力（当該配管モデル内の最大値）

○ 応力評価結果  
 下位クラス配管の衝突荷重による応力と自重・内圧及び地震による応力を組み合わせた応力は，上位クラス配管の許容応力以下であり，上位クラス配管の安全機能に影響を及ぼさないことを確認した。

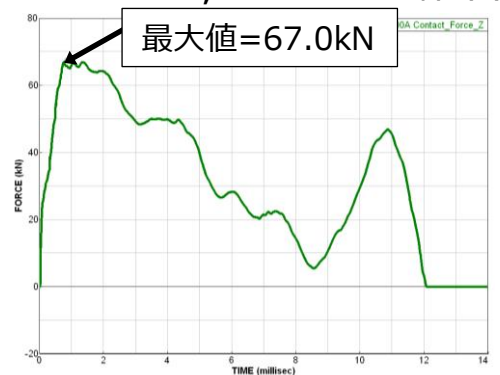


図 衝突荷重の時刻歴

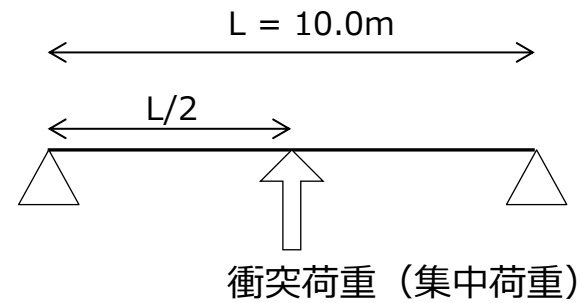


図 応力算出モデル

表 上位クラス配管の応力評価（一次応力） [MPa]

上位クラス配管 口径	下位クラス配管 口径	衝突荷重に よる応力	自重・内圧による 応力	地震による 応力	左記を組み合わせた 応力	許容応力 (Ds)
400A	100A	146	2	133	200	363

# (別紙) 下位クラス配管に係る波及的影響評価の考え方について まとめ

小口径(上位クラス配管の1/4以下)の下位クラス配管に係る確認結果を以下に示す。

表 小口径(上位クラス配管の1/4以下)の下位クラス配管に係る確認結果

	確認項目	確認結果
配管の損傷形態の確認	知見・被災事例の収集による確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管系終局強度試験において確認された配管の損傷形態は、構造上弱部である曲げ管やT管の応力集中部に生じた配管軸方向の疲労き裂であり、配管の全周破断は生じ難いことを確認した。</li> <li>原子力発電所の地震被災事例においても、配管の落下は確認されておらず、配管の落下に至る損傷は生じ難いことを確認した。</li> </ul>
	時刻歴応答解析による確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守的な条件を考慮した評価においても、直管（母材部）に疲労き裂は発生せず、配管が地震により破断して落下する可能性は十分小さい。</li> </ul>
衝突による影響の確認	貫通の観点での確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>下位クラス配管の落下による貫通厚さは、上位クラス配管の公称厚さから計算上必要な厚さを差し引いた値を下回っており、上位クラス配管の安全機能に影響を及ぼさない。</li> </ul>
	衝突荷重の観点での確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>下位クラス配管の落下による衝突荷重による応力、自重・内圧による応力、地震(Ss)による応力及びこれらを組み合わせた応力は、上位クラス配管の許容応力以下であり、上位クラス配管の安全機能に影響を及ぼさない。</li> </ul>
	まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震により配管が落下に至るような損傷は生じ難く、仮に下位クラス配管が落下したとしても、下位クラス配管の落下により上位クラス配管に与える影響は軽微であることから、波及的影響を及ぼすおそれはない。</li> </ul>