

機器・配管系の耐震評価の設計成立性について

本資料は、選定した代表の機器・配管系の耐震評価を実施し、耐震性が確保されること（設計成立性）を示すものである。

第 1.1 表及び第 1.2 に代表機器・配管系の耐震評価結果（最小裕度となる評価部位の評価結果）を示す。添付 1～14 に各機器・配管系の耐震評価結果を示す。

第 1.1 表 代表機器・配管系の耐震評価結果 (最小裕度となる評価部位の評価結果)

機器名	評価部位	応力分類	発生値 (地震動)	許容値 (許容応力状態)	評価結果	添付資料
原子炉容器 (本体、リークジャケット)	一次ナトリウム入口ノズル	一次一般膜応力	105 (Sd 地震)	133 (Ⅲ _A S)	○	添付 1
1 次主冷却系配管 (内管、外管) *1	配管系①-1 (外管), 予熱室素ガス系配管接続部 (管台)	一次応力	40 (Sd 地震)	122 (Ⅲ _A S)	○	添付 2
1 次補助冷却系配管 (内管、外管) *1	配管系②-3 (外管), エルボ	一次応力	21 (Sd 地震)	124 (Ⅲ _A S)	○	添付 3
1 次ナトリウム充填・ドレン系配管 (内管、外管) *1	配管系④-10 (内管), ティー	一次応力	222 (Ss 地震)	366 (Ⅳ _A S)	○	添付 4
原子炉附属建物 使用済燃料貯蔵ラック	後日提示					添付 5
原子炉附属建物 水冷却池	後日提示					添付 6
炉心バレル構造物、炉心支持構造物	後日提示					添付 7
主中間熱交換器 (本体、リークジャケット)	後日提示					添付 8
1 次主循環ポンプ (本体、リークジャケット)	吸込ノズル	一次一般膜応力	73 (Sd 地震)	133 (Ⅲ _A S)	○	添付 9

*1 : 炉周囲遮へいコンクリート内のもの

第 1.2 表 代表機器・配管系の耐震評価結果 (最小裕度となる評価部位の評価結果)

機器名	評価部位	応力分類	発生値 (地震動)	許容値 (許容応力状態)	評価結果	添付資料
格納容器	後日提示					添付 10
1 次オーバーバフロー系配管*1	配管系③-3, 4, エルボ	一次応力	112 (Ss 地震)	351 (IV _A S)	○	添付 11
1 次アルゴンガス系配管*1	配管系⑦-6, エルボ	一次応力	143 (Ss 地震)	347 (IV _A S)	○	添付 12
回転プラグ	後日提示					添付 13
安全容器	耐震用スタビライザのボルト	引張応力	59 (Ss 地震)	108 (IV _A S)	○	添付 14

* 1 : 炉周囲遮へいコンクリート内のもの

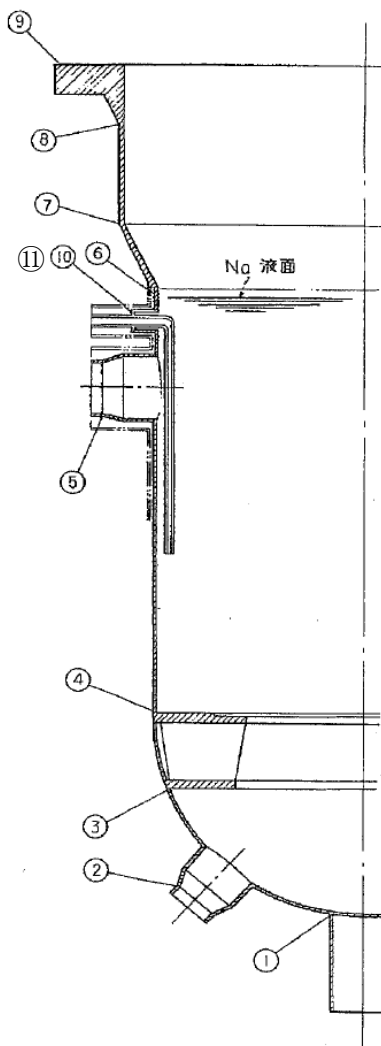
原子炉容器の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

原子炉容器の耐震クラスは、Sクラスである。

設計用床応答スペクトルは、原子炉容器が設置されている原子炉建物の各フロア（質点②及び④）を包絡したスペクトル（減衰定数：1.0%）を用いる。

2. 評価部位



	評価部位
①	下鏡板振れ止め取付部
②	1次ナトリウム入口ノズル
③	コアサポート取付下部
④	コアサポート取付上部
⑤	1次ナトリウム出口ノズル
⑥	円筒胴液面部
⑦	円錐胴上部
⑧	上部フランジハブ下端
⑨	上部フランジ最外周部
⑩	補助系出口ノズル
⑪	補助系入口ノズル

3. 評価結果

評価の結果、各評価部位は許容値を満足する。

3.1 各部の応力

基準地震動Ssによる評価結果

	評価部位	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	備考
①	下鏡板振れ止め取付部	一次一般膜応力	42	260	
		一次応力	43	390	
		一次＋二次応力	50	333	
②	1次ナトリウム入口ノズル	一次一般膜応力	144	260	
		一次応力	144	390	
		一次＋二次応力	468 ^{*1}	333	疲労評価 0.022 ≤ 1.0
③	コアサポート取付下部	一次一般膜応力	37	260	
		一次応力	68	390	
		一次＋二次応力	26	333	
④	コアサポート取付上部	一次一般膜応力	28	260	
		一次応力	54	390	
		一次＋二次応力	34	333	
⑤	1次ナトリウム出口ノズル	一次一般膜応力	64	235	
		一次応力	64	352	
		一次＋二次応力	38	735	
⑥	円筒胴液面部	一次一般膜応力	20	235	
		一次応力	20	352	
		一次＋二次応力	24	735	
⑦	円錐胴上部	一次一般膜応力	21	235	
		一次応力	26	352	
		一次＋二次応力	24	735	
⑧	上部フランジハブ下端	一次一般膜応力	23	281	
		一次応力	18	421	
		一次＋二次応力	28	411	
⑨	上部フランジ最外周部	一次一般膜応力	2	281	
		一次応力	3	421	
		一次＋二次応力	4	411	
⑩	補助系出口ノズル	一次一般膜応力	69	235	
		一次応力	69	352	
		一次＋二次応力	94	735	
⑪	補助系入口ノズル	一次一般膜応力	56	235	
		一次応力	56	352	
		一次＋二次応力	66	735	

※一次＋二次応力は、地震動のみによる応力振幅

* 1: 簡易弾塑性解析を実施

弾性設計用地震動Sdによる評価結果(静的地震力と比べて大きい方で評価)

評価位置	評価部位	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	備考
①	下鏡板振れ止め取付部	一次一般膜応力	41	133	
		一次応力	42	199	
		一次+二次応力	46	333	
②	1次ナトリウム入口ノズル	一次一般膜応力	105	133	
		一次応力	105	199	
		一次+二次応力	311	333	
③	コアサポート取付下部	一次一般膜応力	35	133	
		一次応力	68	199	
		一次+二次応力	22	333	
④	コアサポート取付上部	一次一般膜応力	22	133	
		一次応力	49	199	
		一次+二次応力	24	333	
⑤	1次ナトリウム出口ノズル	一次一般膜応力	69	117	
		一次応力	69	176	
		一次+二次応力	58	294	
⑥	円筒胴液面部	一次一般膜応力	17	117	
		一次応力	16	176	
		一次+二次応力	16	294	
⑦	円錐胴上部	一次一般膜応力	17	117	
		一次応力	22	176	
		一次+二次応力	16	294	
⑧	上部フランジハブ下端	一次一般膜応力	19	164	
		一次応力	14	246	
		一次+二次応力	18	411	
⑨	上部フランジ最外周部	一次一般膜応力	1	164	
		一次応力	2	246	
		一次+二次応力	2	411	
⑩	補助系出口ノズル	一次一般膜応力	64	117	
		一次応力	64	176	
		一次+二次応力	72	294	
⑪	補助系入口ノズル	一次一般膜応力	52	117	
		一次応力	52	176	
		一次+二次応力	52	294	

※一次+二次応力は、地震動のみによる応力振幅

3.2 リークジャケット

機器名	許容応力状態	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
原子炉容器 (リークジャケット)	III _A S	一次一般膜応力	33	106
		一次応力	33	159
		一次+二次応力	45	212
	IV _A S	一次一般膜応力	39	207
		一次応力	39	311
		一次+二次応力	59	212

3.3 ボルトの応力

機器名	評価部位	許容応力状態	応力分類	発生値 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)
原子炉容器	取付ボルト	Ⅲ _{AS}	引張応力	0	444
			せん断応力	10	341
		Ⅳ _{AS}	引張応力	8	444
			せん断応力	13	341
	基礎ボルト	Ⅲ _{AS}	引張応力	0	444
			せん断応力	16	341
		Ⅳ _{AS}	引張応力	6	444
			せん断応力	21	341

1 次主冷却系配管の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1 次主冷却系配管のうち、炉周囲遮へいコンクリート内に配管を有するのは①-1（炉容器～主中間熱交換器）及び①-4（1 次主循環ポンプ～炉容器）であり、2 重管となっている。

対象配管系は耐震 S クラスである。

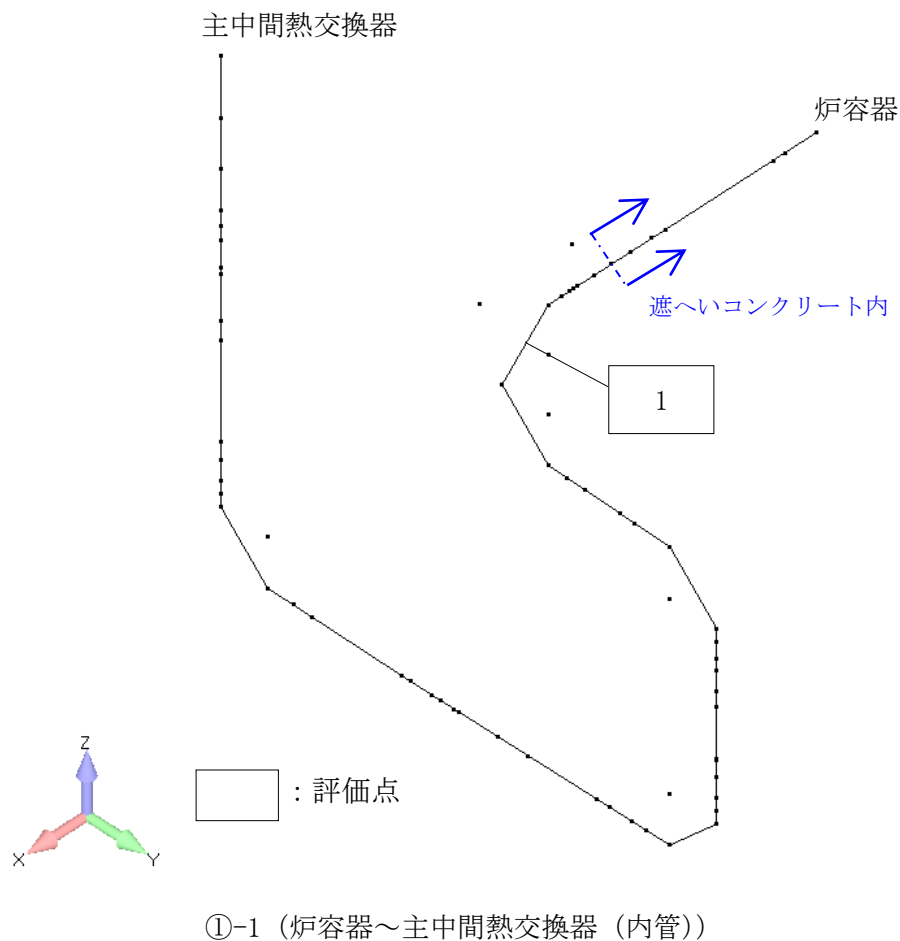
設計用床応答スペクトルは、当該配管が設置されている原子炉建物の各フロア（①-1 の配管系が質点②、③及び④、①-4 の配管系が質点③及び④）を包絡したスペクトル（減衰定数：2.5%）を用いる。

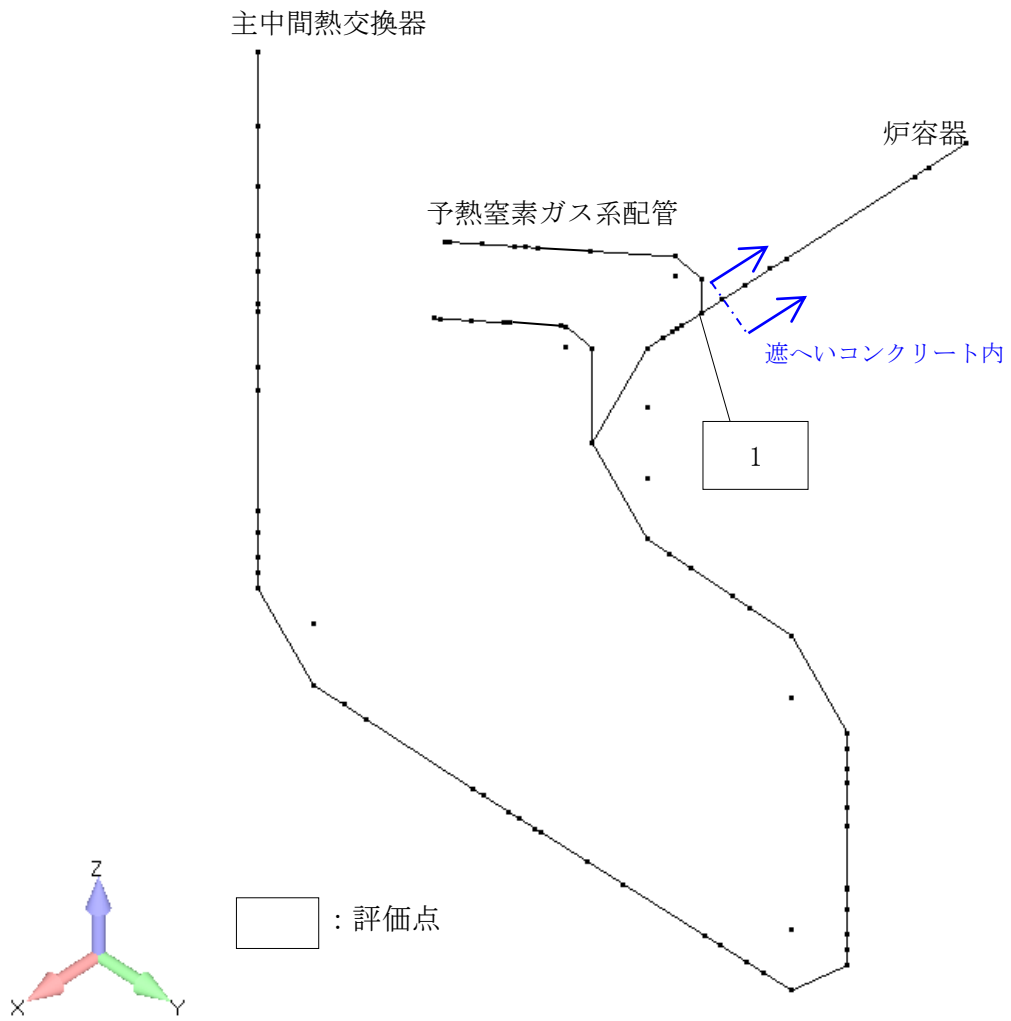
当該配管は、炉周囲遮へいコンクリート外において、一部の配管支持装置の交換等を行う。

2. 評価点

2.1 配管系：①-1（炉容器～主中間熱交換器）

当該配管は炉周囲遮へいコンクリート内にエルボ等の比較的応力の高い部位がないため、内管については遮へいコンクリートの外側に近いエルボ部、外管については遮へいコンクリートの外側に近い予熱室素ガス系に接続される管台部を評価点としている。

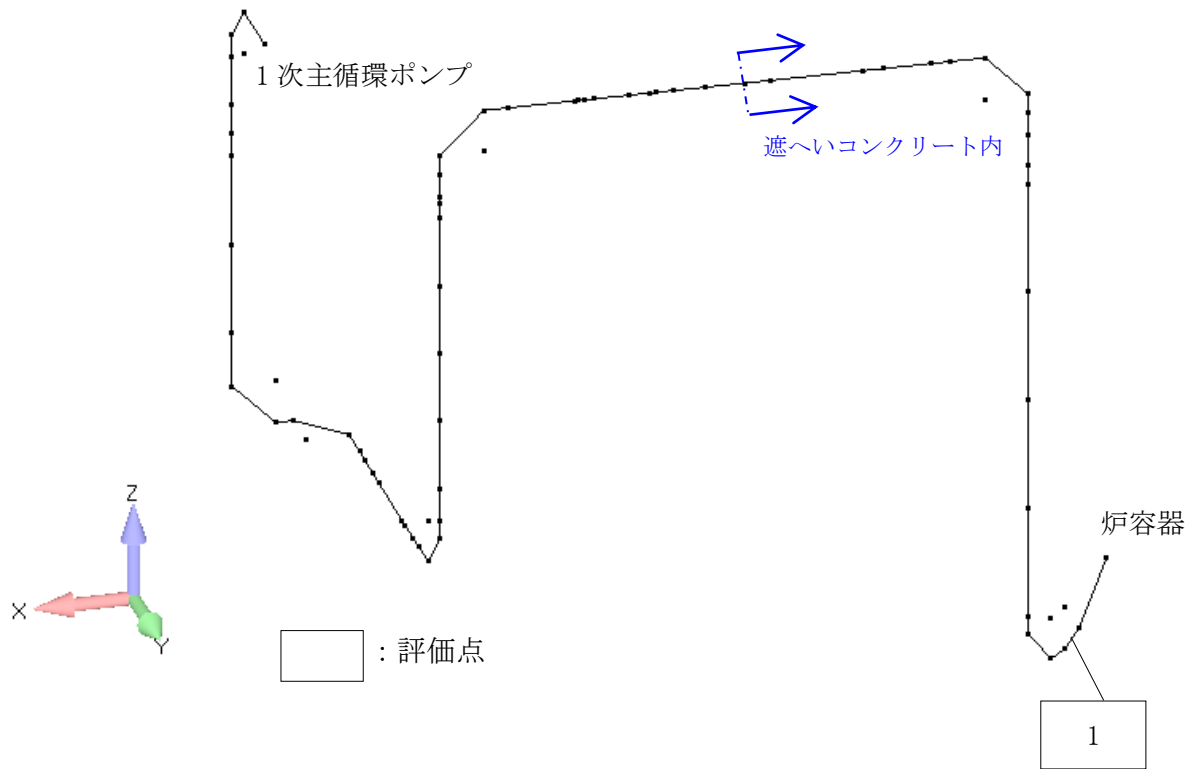




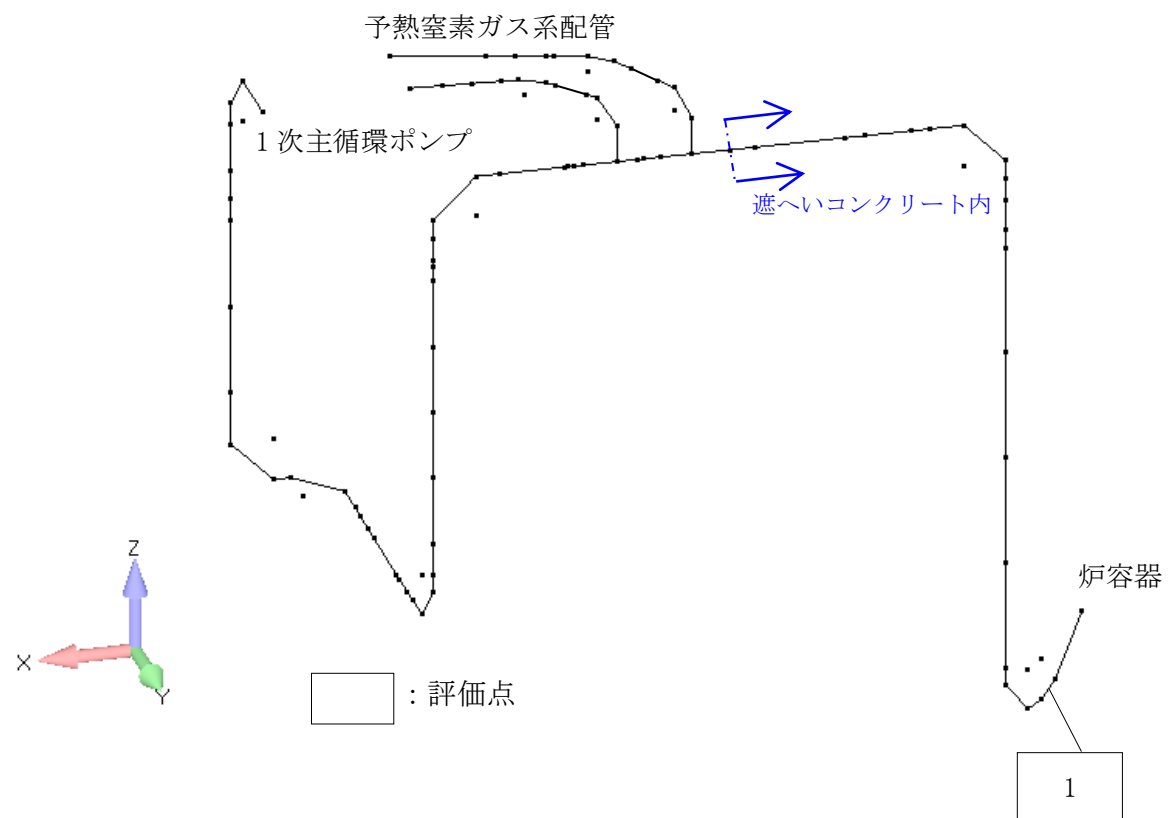
①-1 (炉容器～主中間熱交換器 (外管))

2.2 配管系：①-4 (1次主循環ポンプ～炉容器)

内管、外管とも、炉周囲遮へいコンクリート内において、応力の厳しいエルボ部としている。



①-4 (1次主循環ポンプ～炉容器 (内管))



①-4 (1次主循環ポンプ～炉容器 (外管))

3. 評価結果

3.1 配管系：①-1 (炉容器～主中間熱交換器 (内管))

下表に示すように、評価点の一次応力、ひずみ、及びクリープ疲労損傷の各制限を満足する。

単位 (応力：N/mm²)

評価点	一次応力の制限	評価法の区分	ひずみの制限										クリープ疲労損傷の制限		
			一次+二次応力の制限					S _a 制限	累積非弾性ひずみの制限		運転状態IVに関する制限			D _f	D _f +D _c
			S _n [*] (3S _{mit})	S _n (3S _m)	S _n (2.5(3S _m))	S _n [*] (3S _m)	S _e (3S _m)	P'+Q' (S _a)	ε _{EC} +ε _{mEF}	ε _{EC} +ε _{mEF} +ε _{bEF}	S _n [*] (2.5(3S _{mit}))	領域 (E, S ₁ , S ₂ , P)	D _c	(D)	
1	合格	B	43 (304)	159 (277)	-	-	-	154 (157)	0.0000 (0.0100)	0.0012 (0.0200)	49 (758)	E	0.00 0.30	0.31 (0.60)	

注記 (1) ()内の値は、許容値又は判定値を示す。

(2) 評価法の区分の記号の意味は、次のとおりである。

A：一般規定の場合

B：長期一次応力が低い場合

C：クリープ効果が顕著でない場合

(3) P'+Q' = <P_L+P_L^{*} + (P_b+P_b^{*})/K_t>_{max} + <Q+Q^{*}>_R

一次応力の制限

単位 (応力：N/mm²)

評価点	運転状態	評価項目	計算値	許容値
1	運転状態III	膜 ≦ 1.2Sm	2	121
		膜 + 曲げ ≦ 1.2KsSm	17	154
	運転状態IV	膜 ≦ 2Sm	2	203
		膜 + 曲げ ≦ 2KsSm	19	257

3.2 配管系：①-1 (炉容器～主中間熱交換器 (外管))

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価係数
			内圧応力 ① SP	自重応力 ② SMa	短期的機械荷重応力及び地震応力 ③ SMb	二次応力* ④ SMc	計算応力 ①+② ①+②+③ ①+②+③	許容応力 1.5S Sy, 1.2S** 1.5(0.6Su)	計算応力 ①+②+④ SS (Sd) SS (Ss)	許容応力 — Sa (ノハ) 2.0Sy 2.0Sy	
1	管台	設計条件 (I _A , II _A)	3	21	—	—	23	135	—	—	—
		III _A S	3	4	—	90	—	—	96	288	—
		IV _A S	3	15	23	1	40	122	46	226	—
		IV _A S	3	15	36	1	53	347	72	226	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、III_AS、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

** オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.0Syと1.2Sのうち大きい方の値とする。

3.3 配管系：①-4（1次主循環ポンプ～炉容器（内管））

下表に示すように、評価点の応力評価、疲労評価とも満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次応力評価 (N/mm ²)				一次+二次応力評価 (N/mm ²)					疲労評価 疲れ累積係数
			一次応力 (PL+Pb) (PL+Pb)Sd (PL+Pb)Ss	許容応力 1.5Sm 2.25Sm 3.0Sm	振り応力 St (Sd) St (Ss)	許容応力 0.55Sm 0.73Sm	一次+二次応力 Sn	地震による一次+二次応力 Ss (Sd) Ss (Ss)	熱膨張応力 Se	熱を除いた一次+二次応力 Sc	許容応力 3.0Sm 3.0Sm 3.0Sm	
1	エルボ	I _A , II _A	20	153	—	—	89	—	—	—	333	0.0006
		III _A S	45	249	9	61	—	76	—	—	333	0.0003
		IV _A S	60	333	13	81	—	123	—	—	333	0.0003

3.4 配管系：①-4（1次主循環ポンプ～炉容器（外管））

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 疲れ累積係数
			内圧応力 ① SP	自重応力 ② Sma	短期的機械荷重応力及び地震応力 ③ SMb	二次応力* ④ SMc	計算応力 ①+② — ①+②+③ ①+②+③	許容応力 1.5S — Sy, 1.2S** 1.5(0.6Su)	計算応力 — ①+②+④ SS (Sd) SS (Ss)	許容応力 — Sa (ハ) 2.0Sy 2.0Sy	
1	エルボ	設計条件	2	19	—	—	21	154	—	—	—
		(I _A , II _A)	2	10	—	40	—	—	52	298	—
		III _A S	2	10	17	1	29	132	36	248	—
		IV _A S	2	10	26	1	38	351	54	248	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、B_AS、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

** オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.0Syと1.2Sのうち大きい方の値とする。

1次補助冷却系配管の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1次補助冷却系配管のうち、炉周囲遮へいコンクリート内に配管を有するのは②-1（炉容器～補助中間熱交換器）及び②-3（循環ポンプ～炉容器）であり、2重管となっている。

対象配管系は耐震Sクラスである。

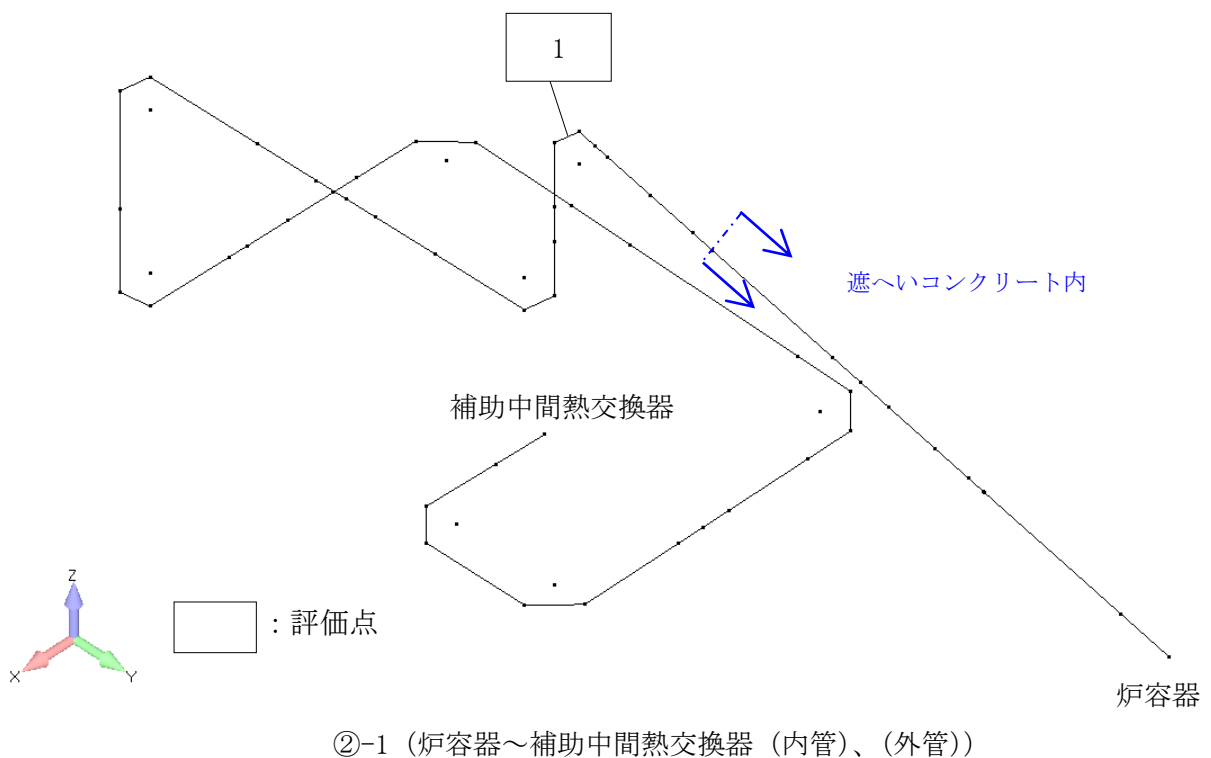
設計用床応答スペクトルは、当該配管が設置されている原子炉建物の各フロア（②-1の配管系が質点③及び④、②-3の配管系が質点②、③及び④）を包絡したスペクトル（減衰定数：2.5%）を用いる。

当該配管は、炉周囲遮へいコンクリート外において、一部の配管支持装置の交換等を行う。

2. 評価点

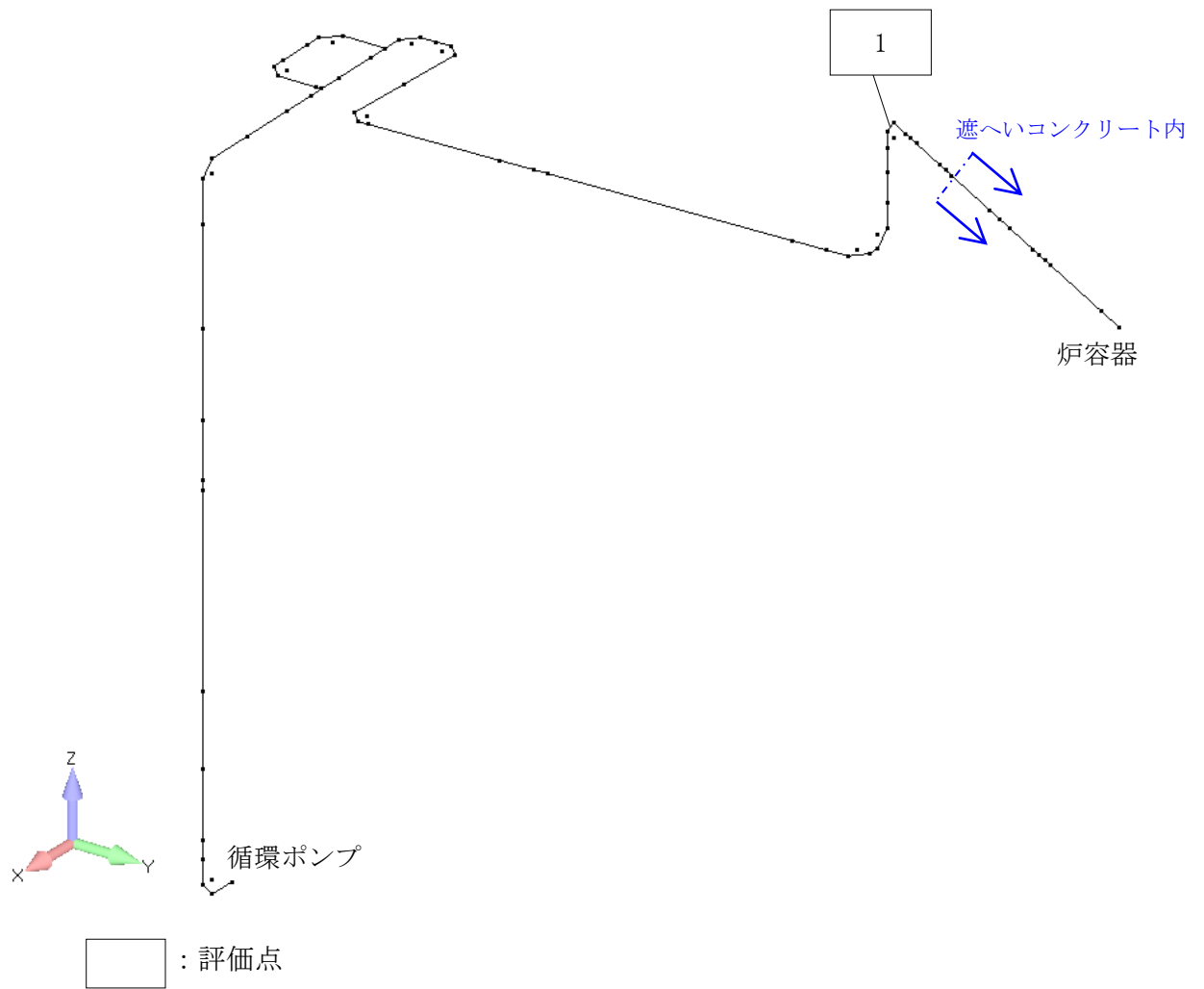
2.1 配管系：②-1（炉容器～補助中間熱交換器）

当該配管は炉周囲遮へいコンクリート内にエルボ等の比較的応力の高い部位がないため、内管、外管とも、遮へいコンクリートの外側に近いエルボ部を評価点としている。



2.2 配管系：②-3（循環ポンプ～炉容器）

当該配管は炉周囲遮へいコンクリート内にエルボ等の比較的応力の高い部位がないため、内管、外管とも、遮へいコンクリートの外側に近いエルボ部を評価点としている



②-3（循環ポンプ～炉容器（内管）、（外管））

3. 評価結果

3.1 配管系：②-1 (炉容器～補助中間熱交換器 (内管))

下表に示すように、評価点の一次応力、ひずみ、及びクリープ疲労損傷の各制限を満足する。

単位 (応力 : N/mm²)

評価点	一次応力の制限	評価法の区分	ひずみの制限										クリープ疲労損傷の制限			
			一次+二次応力の制限					S _a 制限	累積非弾性ひずみの制限		運転状態IVに関する制限			D _f	D _f +D _c	
			S _n [*] (3S _{mh})	S _n (3S _m)	S _n (2.5(3S _m))	S _n ' (3S _m)	S _e (3S _m)	P'+Q' (S _g)	ε _{EC} +ε _{mEF}	ε _{EC} +ε _{mEF} +ε _{bEF}	S _n [*] (2.5(3S _{mh}))	領域 (E, S ₁ , S ₂ , P)	D _c			(D)
1	合格	C	45 (317)	285 (356)	-	-	-	-	-	-	-	-	63 (793)	E	0.00 0.10	0.10 (0.86)

注記 (1) ()内の値は、許容値又は判定値を示す。

(2) 評価法の区分の記号の意味は、次のとおりである。

A : 一般規定の場合

B : 長期一次応力が低い場合

C : クリープ効果が顕著でない場合

(3) $P'+Q' = \langle P_L+P_L^* + (P_b+P_b^*)/K_t \rangle_{\max} + \langle Q+Q^* \rangle_R$

一次応力の制限

単位 (応力 : N/mm²)

評価点	運転状態	評価項目	計算値	許容値
1	運転状態 III	膜 $\leq 1.2S_m$	2	120
		膜 + 曲げ $\leq 1.2K_s S_m$	18	153
	運転状態 IV	膜 $\leq 2S_m$	2	211
		膜 + 曲げ $\leq 2K_s S_m$	23	268

3.2 配管系：②-1 (炉容器～補助中間熱交換器 (外管))

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 疲れ累積係数
			内圧応力 ① SP	自重応力 ② SMa	短期的機械荷重応力及び地震応力 ③ SMb	二次応力* ④ SMc	計算応力 ①+② ①+②+③ ①+②+③	許容応力 1.5S Sy, 1.2S** 1.5(0.6Su)	計算応力 ①+②+④ SS (Sd) SS (Ss)	許容応力 — Sa (ノ) 2.0Sy 2.0Sy	
1	エルボ	設計条件 (I _A , II _A)	2	8	—	—	10	135	—	—	—
		III _A S	2	4	—	70	—	—	76	293	—
		IV _A S	2	4	6	4	12	127	20	234	—
		IV _A S	2	4	10	4	16	351	28	234	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、III_AS、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

** オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.0Syと1.2Sのうち大きい方の値とする。

3.3 配管系：②-3（循環ポンプ～炉容器（内管））

下表に示すように、評価点の一次応力、ひずみ、及びクリープ疲労損傷の各制限を満足する。

単位（応力：N/mm²）

評価点	一次応力の制限	評価法の区分	ひずみの制限										クリープ疲労損傷の制限				
			一次+二次応力の制限					S _a 制限	累積非弾性ひずみの制限		運転状態IVに関する制限			D _f	D _f +D _c		
			S _n [*] (3S _{mit})	S _n (3S _m)	S _n (2.5(3S _m))	S _n [*] (3S _m)	S _e (3S _m)	P'+Q' (S _a)	ε _{EC} +ε _{mEF}	ε _{EC} +ε _{mEF} +ε _{bEF}	S _n [*] (2.5(3S _{mit}))	領域 (E, S ₁ , S ₂ , P)	D _c	(D)			
1	合格	C	38 (310)	150 (321)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56 (777)	E	0.00 0.10	0.10 (0.86)

注記 (1) ()内の値は、許容値又は判定値を示す。

(2) 評価法の区分の記号の意味は、次のとおりである。

A：一般規定の場合

B：長期一次応力が低い場合

C：クリープ効果が顕著でない場合

(3) $P'+Q' = \langle P_L+P_L^* + (P_b+P_b^*)/K_t \rangle_{\max} + \langle Q+Q^* \rangle_R$

3.4 配管系：②-3（循環ポンプ～炉容器（外管））

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 係数
			内圧応力	自重応力	短期的機械荷重応力及び地震応力	二次応力*	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	
			① SP	② SMa	③ SMb	④ SMc	①+② —	1.5S —	①+②+④ —	Sa (ハ) —	
1	エルボ	設計条件	2	15	—	—	17	154	—	—	—
		(I _A , II _A)	2	8	—	38	—	—	48	291	—
		III _A S	2	8	11	2	21	124	26	230	—
		IV _A S	2	8	17	2	27	350	38	230	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、B_AS、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

** オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.0Syと1.2Sのうち大きい方の値とする。

1次ナトリウム充填・ドレン系配管の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1次ナトリウム充填・ドレン系配管のうち、炉周囲遮へいコンクリート内に配管を有するのは炉容器の部分ドレンを行う際に用いる④-10（ドレンヘッド～炉容器）であり、炉容器側の一部が2重管となっている。

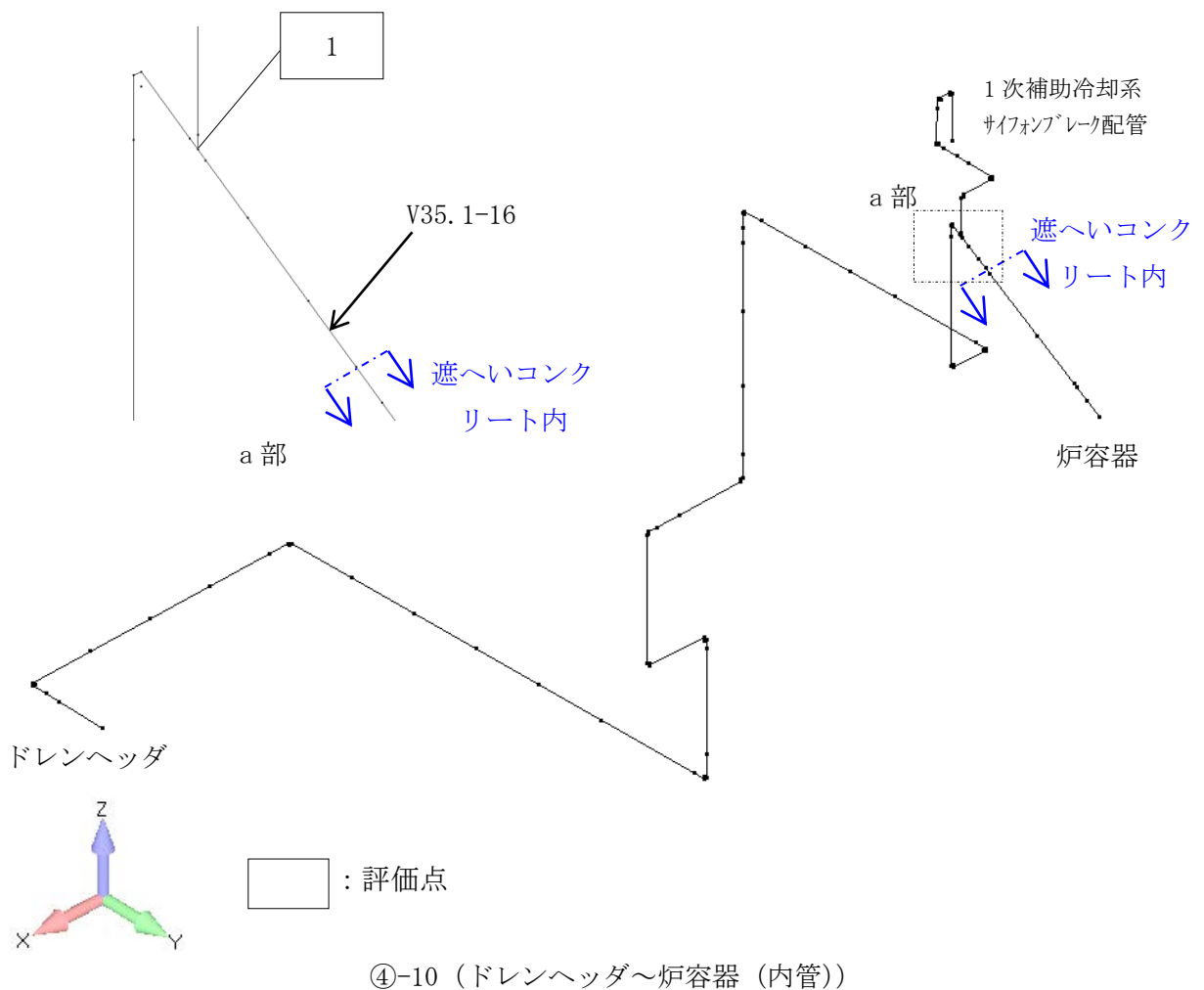
対象配管系の一部は耐震Sクラスである。

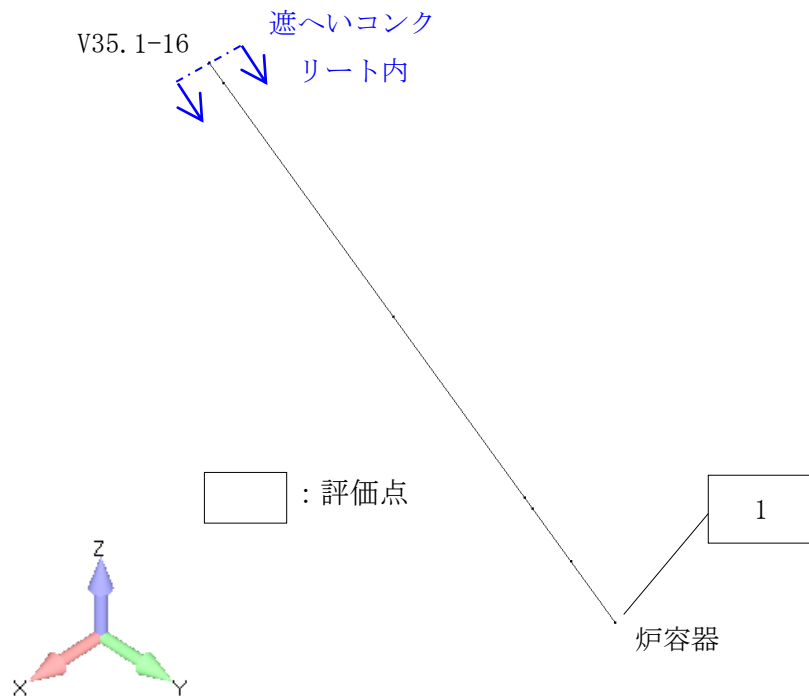
設計用床応答スペクトルは、当該配管が設置されている原子炉建物の各フロア（質点③及び④）を包絡したスペクトル（減衰定数：1.5%）を用いる。

当該配管は、炉周囲遮へいコンクリート外において、一部の配管支持装置の交換等を行う。

2. 評価点

当該配管は炉周囲遮へいコンクリート内にエルボ等の比較的応力の高い部位がないため、内管については、遮へいコンクリートの外側に近いティータ部を評価点としている。外管については、直管のみであるため、炉容器ノズルを評価点としている。





※：外管は炉容器から弁（V35.1-16）まで設置されている。

④-10（ドレンヘッド～炉容器（外管））

3. 評価結果

3.1 配管系：④-10（ドレンヘッド～炉容器（内管））

下表に示すように、評価点の応力評価、疲労評価とも満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次応力評価 (N/mm ²)				一次+二次応力評価 (N/mm ²)					疲労評価 疲れ累積係数
			一次応力	許容応力	振り応力	許容応力	一次+二次応力	地震による一次+二次応力	熱膨張応力	熱を除いた一次+二次応力	許容応力	
			(PL+Pb) (PL+Pb)Ss	1.5Sm 3.0Sm	St (Ss)	0.73Sm	Sn	Ss (Ss)	Se	Sc	3.0Sm 3.0Sm	
1	ティー	I _A , II _A IV _A S	41 222	183 366	— 95	— 89	307	— 689*	— —	— —	366 366	0.00073 0.22038

*印は振りによる応力が許容応力を超えていることを示し、下表に曲げと振りによる応力評価結果を示す。

評価点	一次応力評価 (N/mm ²)			
	振り応力	許容応力	曲げと振り応力	許容応力
	St (Ss)	0.73Sm	St+Sb(Ss)	2.4Sm
1	95	89	136	292

3.2 配管系：④-10（ドレンヘッド～炉容器（外管））

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 疲れ累積係数
			内圧応力	自重応力	短期的機械荷重応力及び地震応力	二次応力*	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	
			① SP	② SMa	③ SMb	④ SMc	①+② —	1.5S —	— ①+②+④	— Sa (ハ)	
1	ノズル	設計条件	1	1	—	—	2	135	—	—	—
		(I _A , II _A)	1	1	—	3	—	—	5	288	—
		III _A S	1	1	11	0	13	122	22	226	—
		IV _A S	1	1	17	0	19	347	34	226	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、III_AS、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

** オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、1.0Syと1.2Sのうち大きい方の値とする。

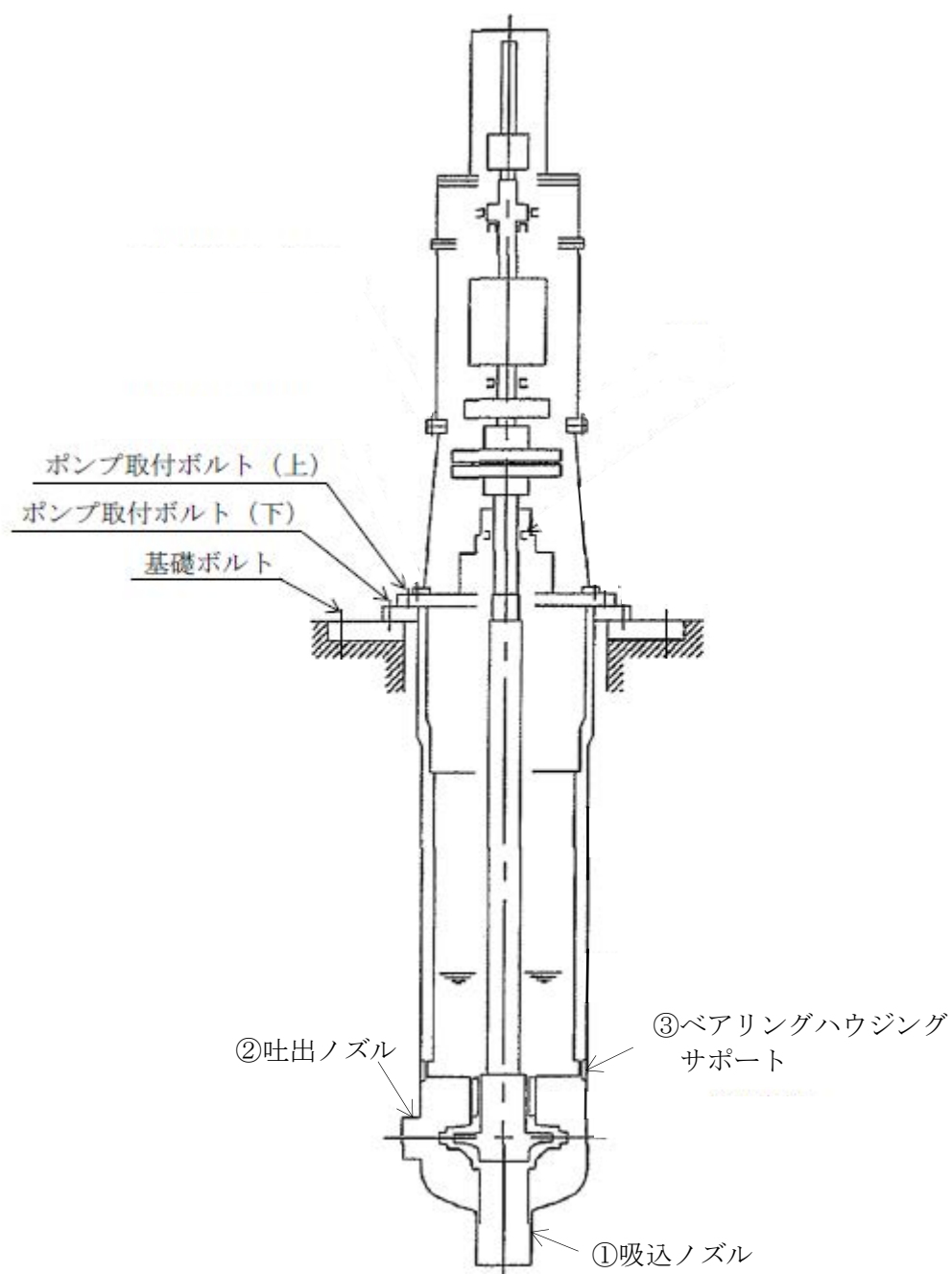
1 次主循環ポンプの耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1 次主循環ポンプの耐震クラスは、S クラスである。

設計用床応答スペクトルは、1 次主循環ポンプが設置されている原子炉建物のフロア（質点④）のスペクトル（減衰定数：1.0%）を用いる。

2. 評価部位



3. 評価結果

評価の結果、各評価部位は許容値を満足する。

3.1 各部の応力

基準地震動Ssによる評価結果

評価部位	評価位置	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	備考
吸込ノズル	①	一次一般膜応力	68	260	
		一次応力	68	390	
		一次+二次応力	58	333	
吐出ノズル	②	一次一般膜応力	50	260	
		一次応力	50	390	
		一次+二次応力	155	333	
ベアリングハウジングサポート	③	一次一般膜応力	16	260	
		一次応力	16	390	
		一次+二次応力	5	333	

弾性設計用地震動SdIによる評価結果(静的地震力と比べて大きい方で評価)

評価部位	評価位置	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	備考
吸込ノズル	①	一次一般膜応力	73	133	
		一次応力	73	199	
		一次+二次応力	81	333	
吐出ノズル	②	一次一般膜応力	50	133	
		一次応力	50	199	
		一次+二次応力	135	333	
ベアリングハウジングサポート	③	一次一般膜応力	16	133	
		一次応力	16	199	
		一次+二次応力	7	333	

3.2 リークジャケット

機器名	許容応力状態	評価項目	発生応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
1次主循環ポンプ (リークジャケット)	Ⅲ _A S	一次一般膜応力	30	114
		一次応力	30	171
		一次＋二次応力	40	228
	Ⅳ _A S	一次一般膜応力	22	232
		一次応力	22	349
		一次＋二次応力	25	228

3.3 ボルトの応力

機器名	評価部位	許容応力状態	応力分類	発生値 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)
1次主循環ポンプ	ポンプ取付 ボルト(上)	Ⅲ _A S	引張応力	0	105
			せん断応力	3	80
		Ⅳ _A S	引張応力	2	126
			せん断応力	2	96
	ポンプ取付 ボルト(下)	Ⅲ _A S	引張応力	0	105
			せん断応力	19	80
		Ⅳ _A S	引張応力	3	126
			せん断応力	8	96
	基礎ボルト	Ⅲ _A S	引張応力	0	158
			せん断応力	13	122
		Ⅳ _A S	引張応力	0	190
			せん断応力	5	146

1次オーバーフロー系配管の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1次オーバーフロー系配管のうち、炉周囲遮へいコンクリート内に配管を有するのは③-1（炉容器～オーバーフロータンク）、③-3, 4（循環ポンプ～炉容器）である。

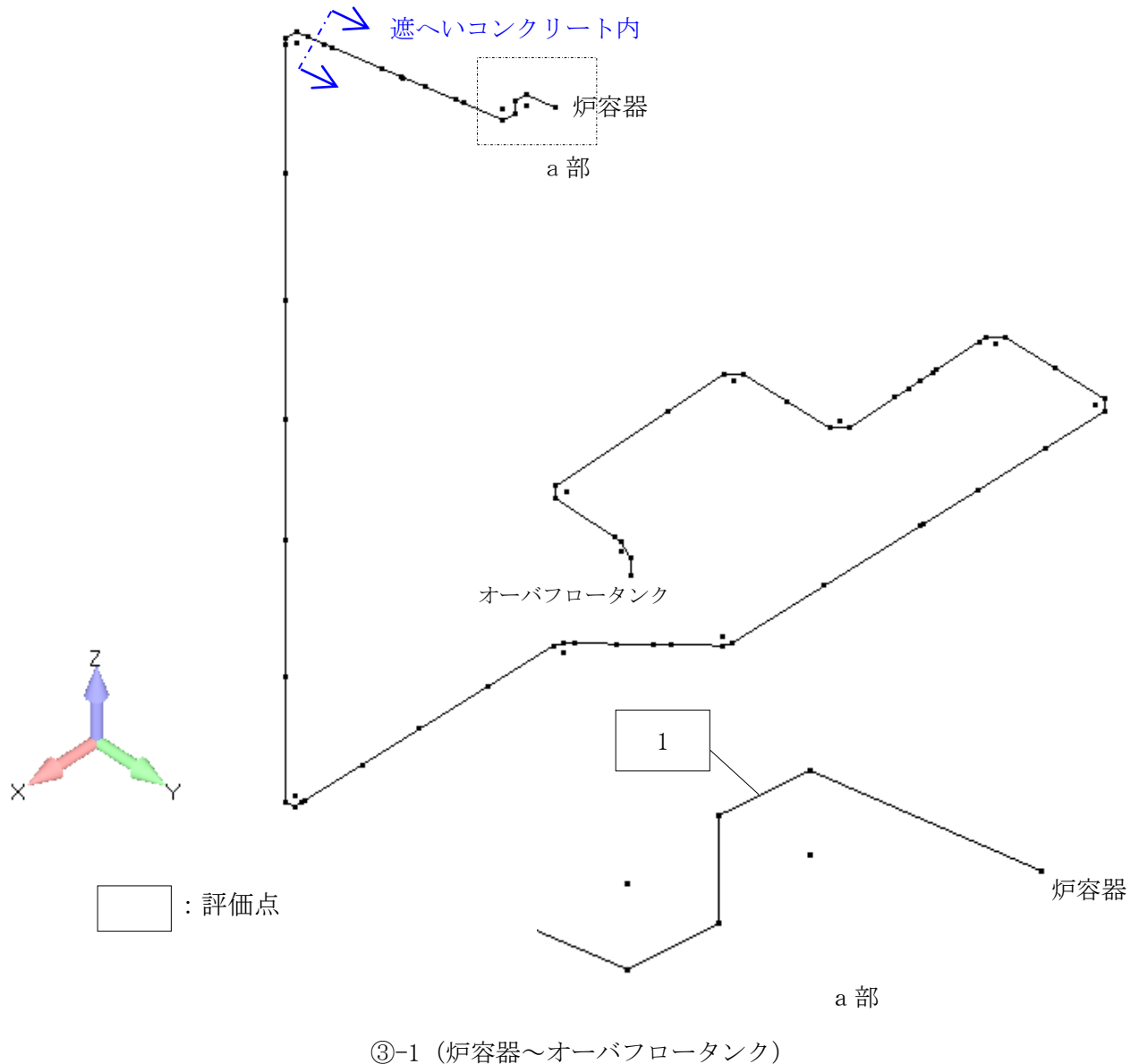
対象配管系は耐震Sクラスの原子炉容器に接続しているため、基準地震動 S_s を用いて応力評価を行い、原子炉容器に波及的影響を及ぼさないことを確認する。

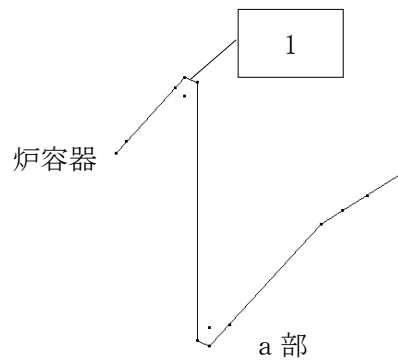
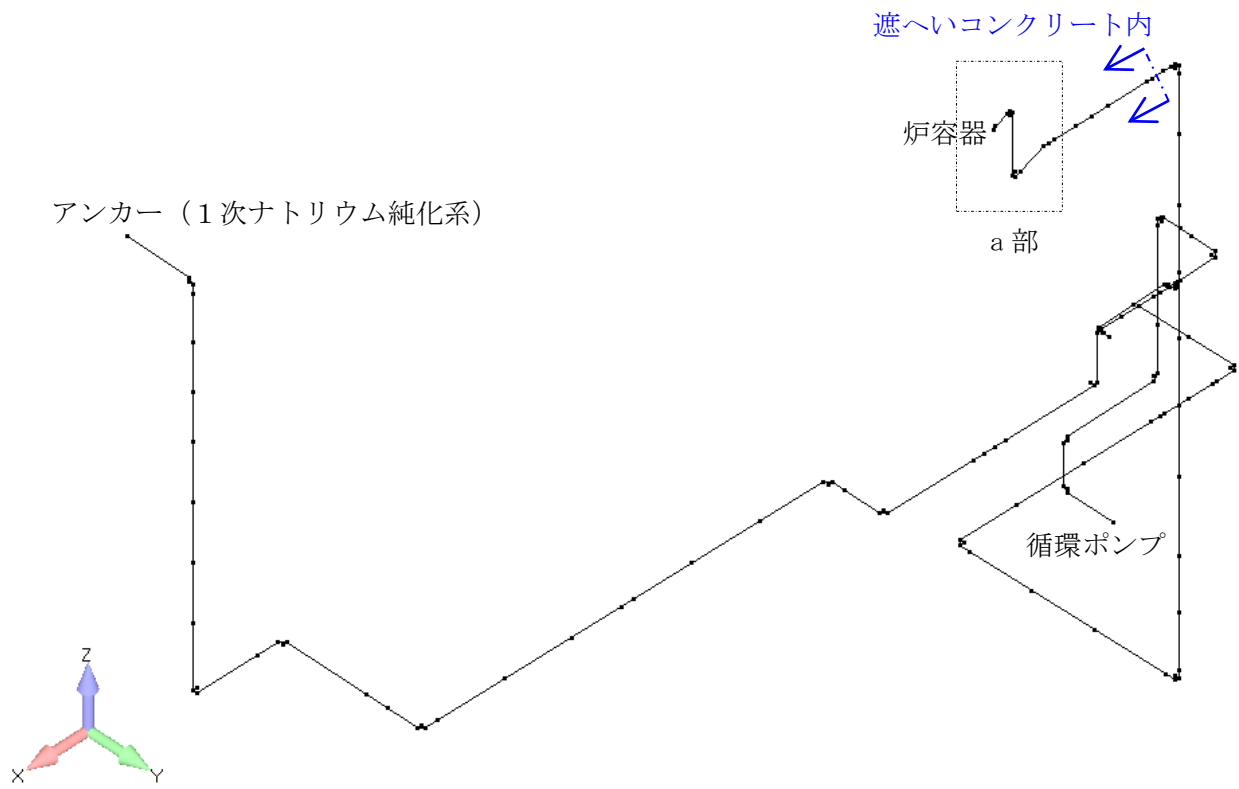
設計用床応答スペクトルは、当該配管が設置されている原子炉建物の各フロア（質点②、③、④及び⑱）を包絡したスペクトル（減衰定数：2.5%）を用いる。

当該配管は、炉周囲遮へいコンクリート外において、一部の配管支持装置の交換等を行う。

2. 評価点

評価点は、炉周囲遮へいコンクリート内において、応力の厳しいエルゴ部としている。





□ : 評価点

③-3, 4 (循環ポンプ～炉容器)

3. 評価結果

3.1 配管系：③-1（炉容器～オーバフロータンク）

下表に示すように、評価点の一次応力、ひずみ、及びクリープ疲労損傷の各制限を満足する。

単位（応力：N/mm²）

評価点	一次応力の制限	評価法の区分	ひずみの制限										クリープ疲労損傷の制限		
			一次+二次応力の制限					S _a 制限	累積非弾性ひずみの制限		運転状態IVに関する制限			D _f	D _f +D _c
			S _n [*] (3S _{mit})	S _n (3S _m)	S _n (2.5(3S _m))	S _n [*] (3S _m)	S _e (3S _m)	P'+Q' (S _a)	ε _{EC} +ε _{mEF} (0.01)	ε _{EC} +ε _{mEF} +ε _{bEF} (0.02)	S _n [*] (2.5(3S _{mit}))	領域 (E, S ₁ , S ₂ , P)	D _c	(D)	
1	合格	B	42 (304)	108 (277)	-	-	-	91 (157)	0.0000 (0.0100)	0.0032 (0.0200)	106 (761)	E	0.00 0.30	0.31 (0.60)	

注記 (1) ()内の値は、許容値又は判定値を示す。

(2) 評価法の区分の記号の意味は、次のとおりである。

A：一般規定の場合

B：長期一次応力が低い場合

C：クリープ効果が顕著でない場合

(3) $P'+Q' = \langle P_L+P_L^* + (P_o+P_o^*)/K_t \rangle_{\max} + \langle Q+Q^* \rangle_R$

一次応力の制限

単位（応力：N/mm²）

評価点	運転状態	評価項目	計算値	許容値
1	運転状態III	膜 ≤ 1.2S*	2	123
		膜 + 曲げ ≤ 1.2K _s S*	25	156
	運転状態IV	膜 ≤ 2S*	3	205
		膜 + 曲げ ≤ 2K _s S*	47	261

3.2 配管系：③-3,4 (循環ポンプ～炉容器)

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 疲れ累積係数
			内圧応力	自重応力	短期的機械荷重応力及び地震応力	二次応力*	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	
			① SP	② SMa	③ SMb	④ SMc	①+② — ①+②+③	1.5S — 1.5(0.6Su)	— — ①+②+④ SS (Ss)	— — Sa (ハ) 2.0Sy	
1	エルボ	設計条件	1	10	—	—	11	135	—	—	—
		(I _A , II _A)	1	5	—	151	—	—	157	292	—
		IV _{AS}	1	5	106	0	112	351	212	232	—

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、IV_{AS}は地震相対変位応力を記す。

1 次アルゴンガス系配管の耐震評価（設計成立性）

1. 概要

1 次アルゴンガス系配管のうち、炉周囲遮へいコンクリート内に配管を有するのは⑦-6（主中間熱交換器(A), (B)～炉容器）である。

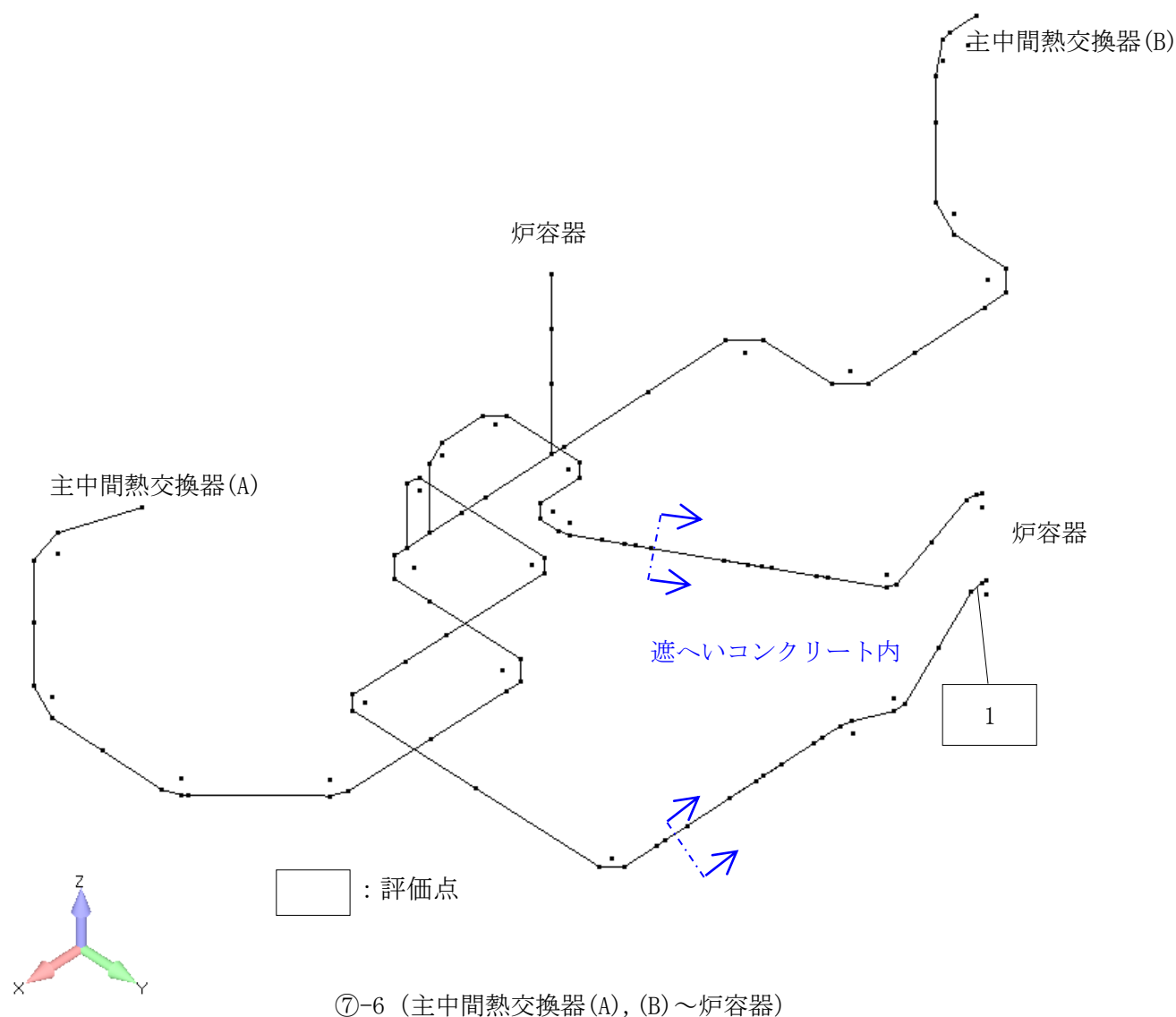
対象配管系は耐震 S クラスの原子炉容器に接続しているため、基準地震動 S_s を用いて応力評価を行い、原子炉容器に波及的影響を及ぼさないことを確認する。

設計用床応答スペクトルは、当該配管が設置されている原子炉建物の各フロア（質点③及び④）を包絡したスペクトル（減衰定数：1.5%）を用いる。

当該配管は、炉周囲遮へいコンクリート外において、一部の配管支持装置の交換等を行う。

2. 評価点

評価点は、炉周囲遮へいコンクリート内において、応力の厳しいエルボ部としている。



3. 評価結果

下表に示すように、評価点の応力評価を満足する。

評価点	配管要素名称	許容応力状態	一次及び二次応力 (N/mm ²)				一次応力評価 (N/mm ²)		一次+二次応力評価 (N/mm ²)		疲労評価 疲れ累積 係数
			内圧応力	自重応力	短期的機械 荷重応力及 び地震応力	二次応力*	計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	
			① SP	② SMa	③ SMb	④ SMc	①+② — ①+②+③	1.5S — 1.5(0.6Su)	— — SS (Ss)	— — Sa (ハ) 2.0Sy	
1	エルボ	設計条件	1	25	—	—	26	135	—	—	—
		(I _A , II _A)	1	13	—	53	—	—	67	288	—
		IV _A S	1	13	129	0	143	347	258	226	0.00023

* (I_A, II_A)は熱による支持点変位及び熱膨張応力、IV_ASは地震相対変位応力を記す。

3. 評価結果

評価の結果、各評価部位は許容値を満足する。

(1) 各部の応力

基準地震動Ssによる評価結果

機器名	評価部位	評価項目	計算値 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)
安全容器	最上端部	一次一般膜応力	13	234
		一次応力	13	351
		一次＋二次応力	19	334
	最下端部	一次一般膜応力	20	234
		一次応力	20	351
		一次＋二次応力	21	334
	炉容器振れ止め 取付部	一次一般膜応力	67	223
		一次応力	67	335
		一次＋二次応力	56	300
	基礎ボルト	引張応力	28	135
		せん断応力	26	103
安全容器耐震用スタビライザ	安全容器胴板	一次一般膜応力	10	234
		一次応力	14	351
		一次＋二次応力	186	334
	スタビライザ部	組合せ応力(曲げ、せん断)	81	195
	スタビライザ部ボルト	引張応力	59	108
		せん断応力	60	112

(2) ベローズの評価

基準地震動Ssによる評価結果

機器名	評価部位	評価項目	計算値	許容値
安全容器	ベローズ	疲労累積係数	0.00668	1