

VI-2-9-4-4 原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-1 格納容器スプレイ冷却系の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-1-1 ドライウェルスプレイ管の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 設計荷重	12
4.3 解析モデル及び諸元	13
4.4 固有周期	16
4.5 設計用地震力	19
4.6 計算方法	22
4.7 計算条件	24
4.8 応力の評価	24
5. 評価結果	25
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	25
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
6. 参照図書	30

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器スプレイ管（ドライウェル側）（以下「ドライウェルスプレイ管」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ドライウェルスプレイ管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応設工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるドライウェルスプレイ管の評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェルスプレイ管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ドライウェルスプレイ管の配管サポートは、原子炉格納容器トップスラブ部に支持される。</p> <p>ドライウェルスプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部及びパイプホイップレストレントストラクチャに支持される。</p> <p>ドライウェルスプレイ管は原子炉格納容器トップスラブ部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>ドライウェルスプレイ管は、外径 216.3mm 及び厚さ 12.7mm のパイプで作られ、直径 m の円環構造である。</p> <p>ドライウェルスプレイ管案内管は、外径 216.3mm 及び厚さ 12.7mm のパイプで作られ、スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ドライウェルスプレイ管の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウェルスプレイ管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

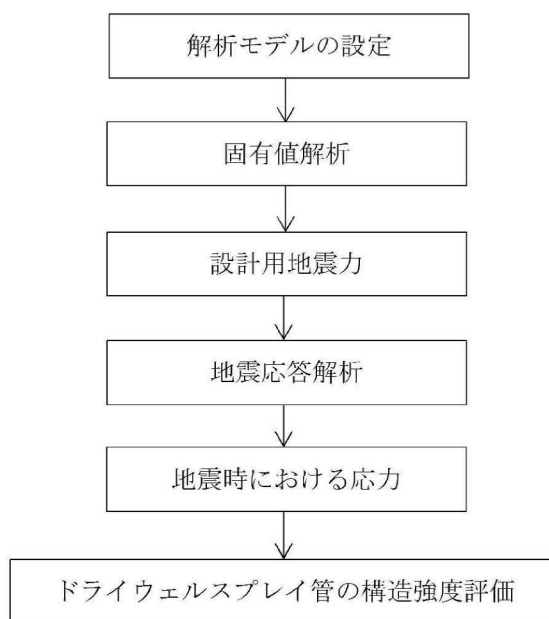


図 2-1 ドライウェルスプレイ管の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) J S M E S
N C 1 -2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_i	地震層せん断力係数	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重, 直径	—, mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_p	許容支圧応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
F_x	管軸方向の反力	kN
F_y	鉛直方向の反力	kN
F_z	配管軸水平直角方向反力	kN
m_i	質量 ($i = 0, 1$)	kg/m
M_D	機械的荷重	—
M_{SAD}	機械的荷重 (SA時)	—
M_x	管軸回りのモーメント	kN・m
M_y	鉛直軸回りのモーメント	kN・m
M_z	管軸直角回りのモーメント	kN・m
P_D	圧力	—
P_{SAD}	圧力 (SA時)	—, MPa
S	許容引張応力	MPa
S_d	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力	—
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力のいずれか大きいほうの地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_D	温度	°C
T_{SAD}	温度 (SA時)	°C
ν	ポアソン比	—

2.5 計算精度と計算数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

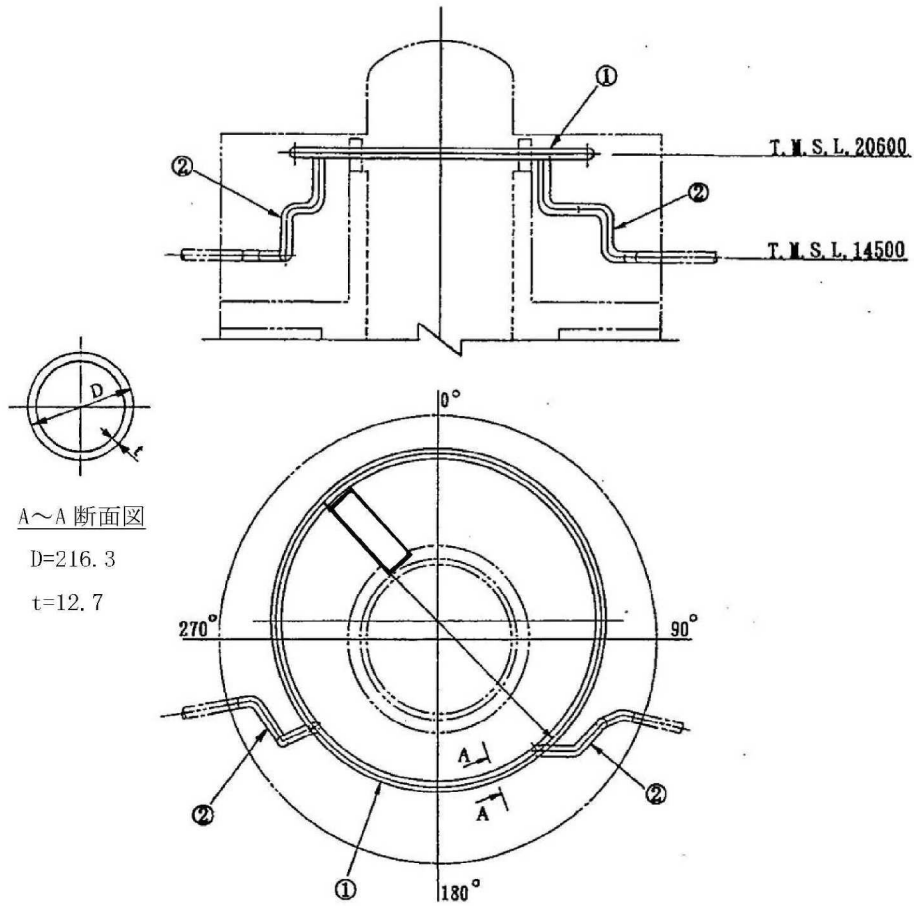
表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	MPa	—	—	小数点第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
固有周期	s	小数点第 4 位	四捨五入	小数点第 3 位
縦弾性係数	MPa	有効数字 6 桁	四捨五入	整数位
許容応力*	MPa	小数点第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点第 1 位	切上げ	整数位
計算荷重	kN	小数点第 1 位	切上げ	整数位

注記*：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法を図3-1に、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。



①ドライウェルスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位：mm)

図3-1 ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法

表3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当
レストレイント	SGV42	SGV410 相当

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ドライウェルスプレイ管に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。ドライウェルスプレイ管の耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、参照図書(1)及びVI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に示す手法に従い構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェルスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。詳細な荷重の組合せは、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ドライウェルスプレイ管の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 及び表 4-4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		設備名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (ドライウエル側)	S	クラス2管	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (ドライウエル側)	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S*2

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
III _A S	S_y ただし、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、上記値と $1.2 \cdot S$ との 大きい方。	S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い疲労累積係数が1.0以下であるこ 事。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であ れば、疲労解析は不要である。 *1	
IV _A S	$0.9 \cdot S_u$		
V _A S ^{*2}			

注記*1: $2 \cdot S_y$ を超える場合、設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

(ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)

*2: V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。

表 4-4 支持構造物の許容応力*5、*6

許容応力 状態	一次応力						一次+二次応力				
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*3	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
Ⅲ _△ S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$				$1.5 \cdot f_p$	
Ⅳ _△ S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$3 \cdot f_t^{*4}$	$3 \cdot f_s$ <small>*1, *4</small>	$3 \cdot f_b$ <small>*2, *4</small>	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_b$ $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$
V _△ S*7	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$					

注記*1：すみ肉溶接部にあつては、最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

*2：設計・建設規格 SSB-3121.1(4)b.により求めた f_b とする。

*3：組合せ応力の許容応力は、設計・建設規格に基づく値とする。

*4：地震動のみによる応力振幅について評価する。

*5：材料の許容応力を決定する場合の基準値Fは、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値又は表 9 に定める値の 0.7 倍のいずれか小さい方の値とする。ただし、使用温度が 40 度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.35 倍の値、表 9 に定める 0.7 倍の値又は室温における表 8 に定める値のいずれか小さい値とする。

6： f_t^ 、 f_s^* 、 f_c^* 、 f_b^* 、 f_p^* は、 f_t 、 f_s 、 f_c 、 f_b 、 f_p の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて計算した値とする。

*7：V_△SとしてⅣ_△Sの許容限界を用いる。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	171	—	211	404	—
レストレイント	SGV42	周囲環境 温度	171	—	192	365	—

注記*1：STS42 は STS410 相当を示す。

*2：SGV42 は SGV410 相当を示す。

11

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	200	—	207	404	—
レストレイント	SGV42	周囲環境 温度	200	—	189	362	—

注記*1：STS42 は STS410 相当を示す。

*2：SGV42 は SGV410 相当を示す。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用圧力，最高使用温度及び死荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 最高使用圧力及び最高使用温度

圧力 3.43MPa

温度 171℃

b. 死荷重

ドライウェルスプレイ管* N/m

プレイ管案内管* N/m

注記*：管内保有水及びノズルの重量を含めた自重を死荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

圧力 P_{SAD} 3.43MPa

温度 T_{SAD} 200℃

4.3 解析モデル及び諸元

(1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、ドライウェルスプレイ管質量及び内部水質量を考慮して固有値解析及び構造強度評価を実施する。動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ドライウェルスプレイ管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-7(1)に示す。
- b. ドライウェルスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し、固有値解析及び構造強度評価を実施する。
- c. 拘束条件は、ドライウェルスプレイ管においては、レストレイントを支持条件（レストレイントの向きに応じた並進拘束）とする。また、スプレイ管案内管においては、レストレイントを支持条件とし、アンカ部を固定条件（並進拘束及び回転拘束）とする。
- d. 解析コードは「I S A P」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等時のドライウェルスプレイ管の解析モデルは、設計基準対象施設と同じとする。機器の諸元について表4-7(2)に示す。

表 4-7(1) 機器諸元 (設計基準対象施設)

項目		記号	単位	入力値
質量*	ドライウェルスプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_D	°C	171
縦弾性係数		E	MPa	193320
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記* : ドライウェルスプレイ管には, 管内保有水及びノズルの質量を含む。スプレイ管案内管には, 管内保有水の質量を含む。

表 4-7(2) 機器諸元 (重大事故等対処設備)

項目		記号	単位	入力値
質量*	ドライウェルスプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_{SAD}	°C	200
縦弾性係数		E	MPa	191000
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記* : ドライウェルスプレイ管には, 管内保有水及びノズルの質量を含む。スプレイ管案内管には, 管内保有水の質量を含む。

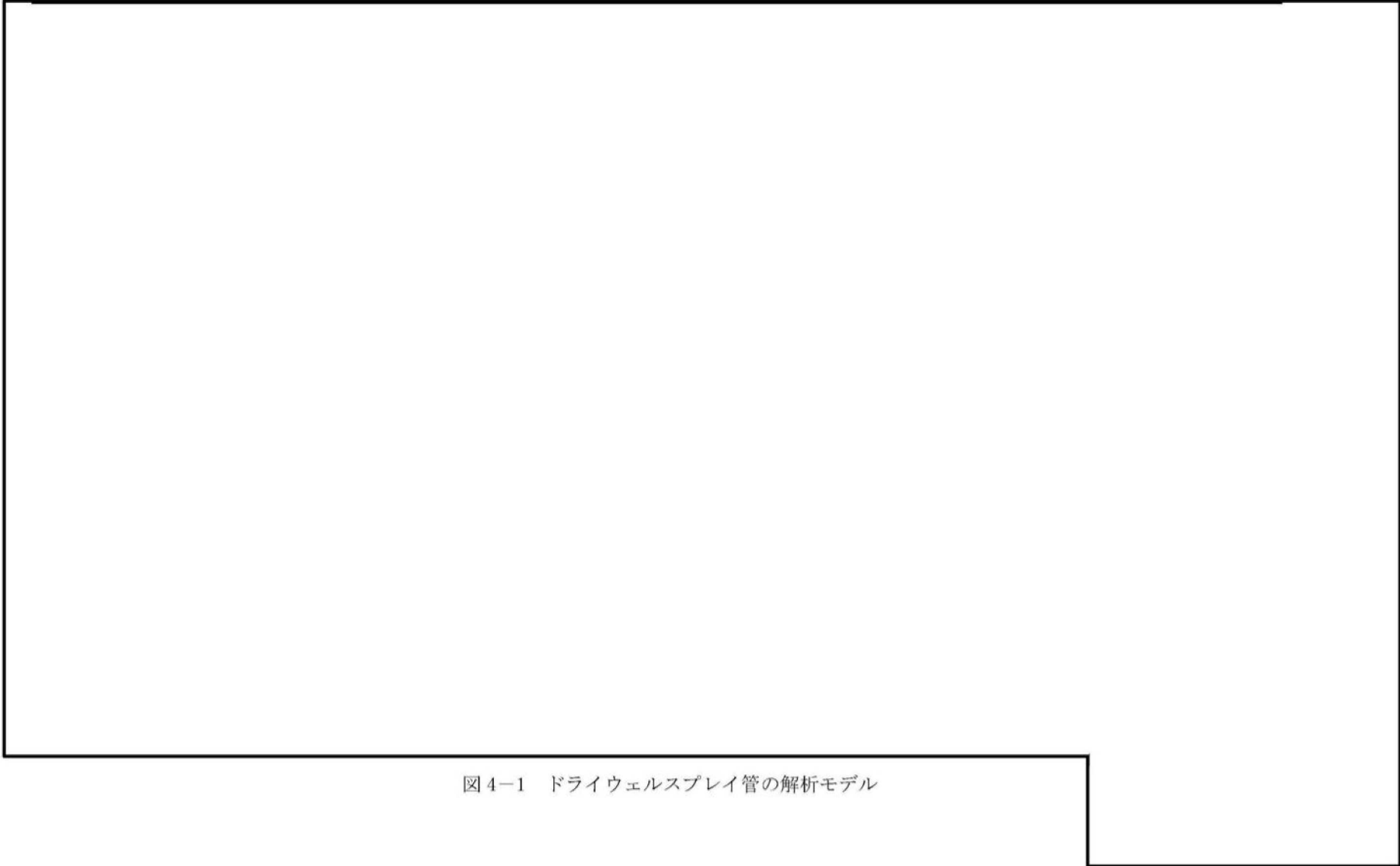


図 4-1 ドライウェルスプレイ管の解析モデル

4.4 固有周期

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備における固有周期を表 4-8(1)及び表 4-8(2)に、振動モード図を3次まで代表して図 4-2(1)及び図 4-2(2)に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-8(1) 固有周期 (設計基準対象施設)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.139	0.042	0.002	0.003
2次	0.099	0.118	0.008	0.117
3次	0.093	0.491	0.019	0.161
4次	0.090	0.305	0.089	0.152
5次	0.090	0.408	0.081	0.216
6次	0.088	0.084	0.045	0.226
7次	0.084	0.031	0.042	0.183
8次	0.083	0.003	0.070	0.026
29次	0.051	0.082	0.099	0.149

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8(2) 固有周期 (重大事故等対処設備)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.140	0.042	0.002	0.003
2次	0.099	0.120	0.008	0.117
3次	0.093	0.467	0.020	0.170
4次	0.091	0.116	0.113	0.047
5次	0.091	0.510	0.039	0.245
6次	0.089	0.097	0.045	0.228
7次	0.084	0.023	0.046	0.177
8次	0.084	0.003	0.067	0.039
29次	0.051	0.080	0.103	0.148

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

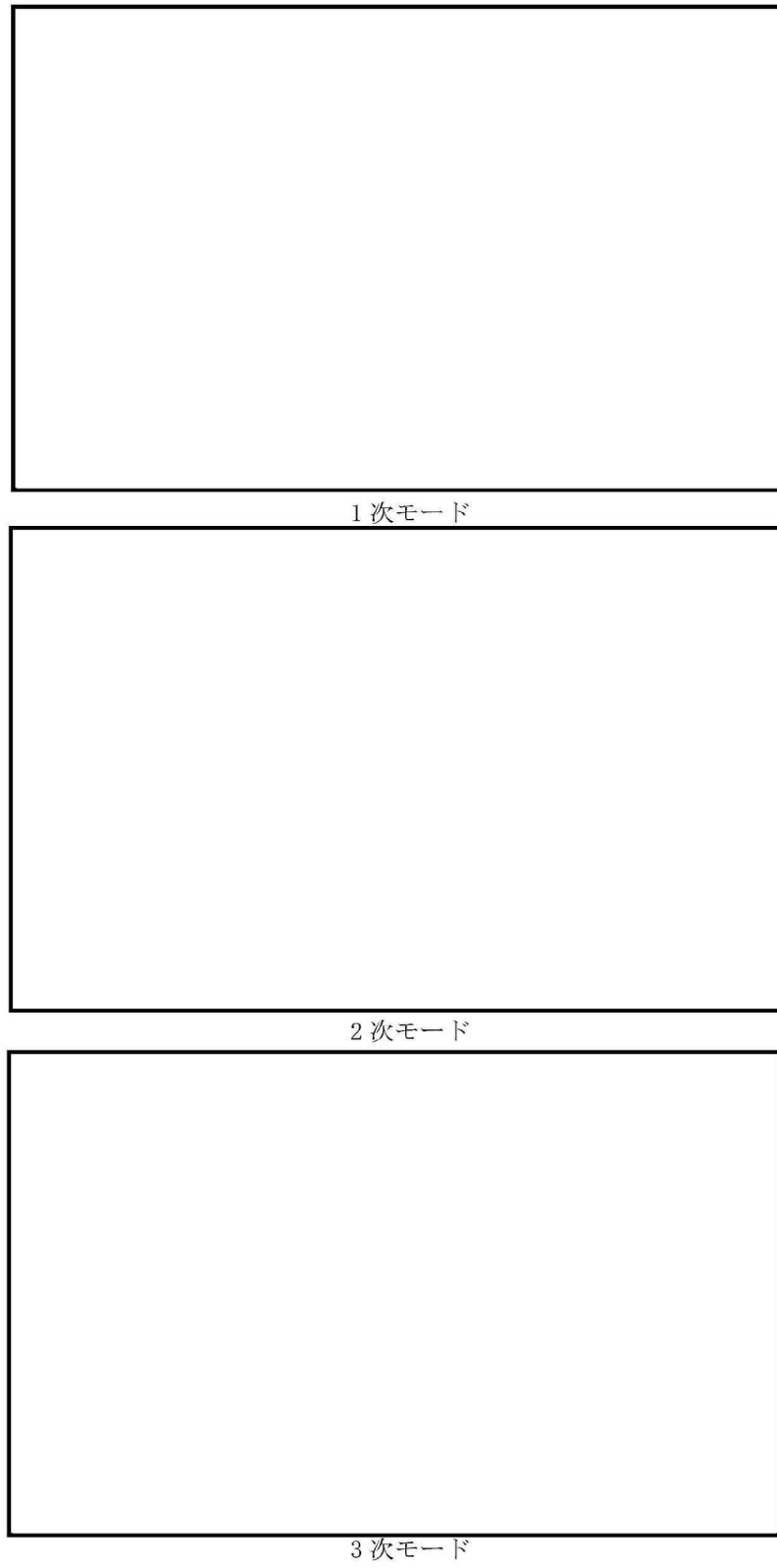


図 4-2(1) 振動モード図 (設計基準対象施設)

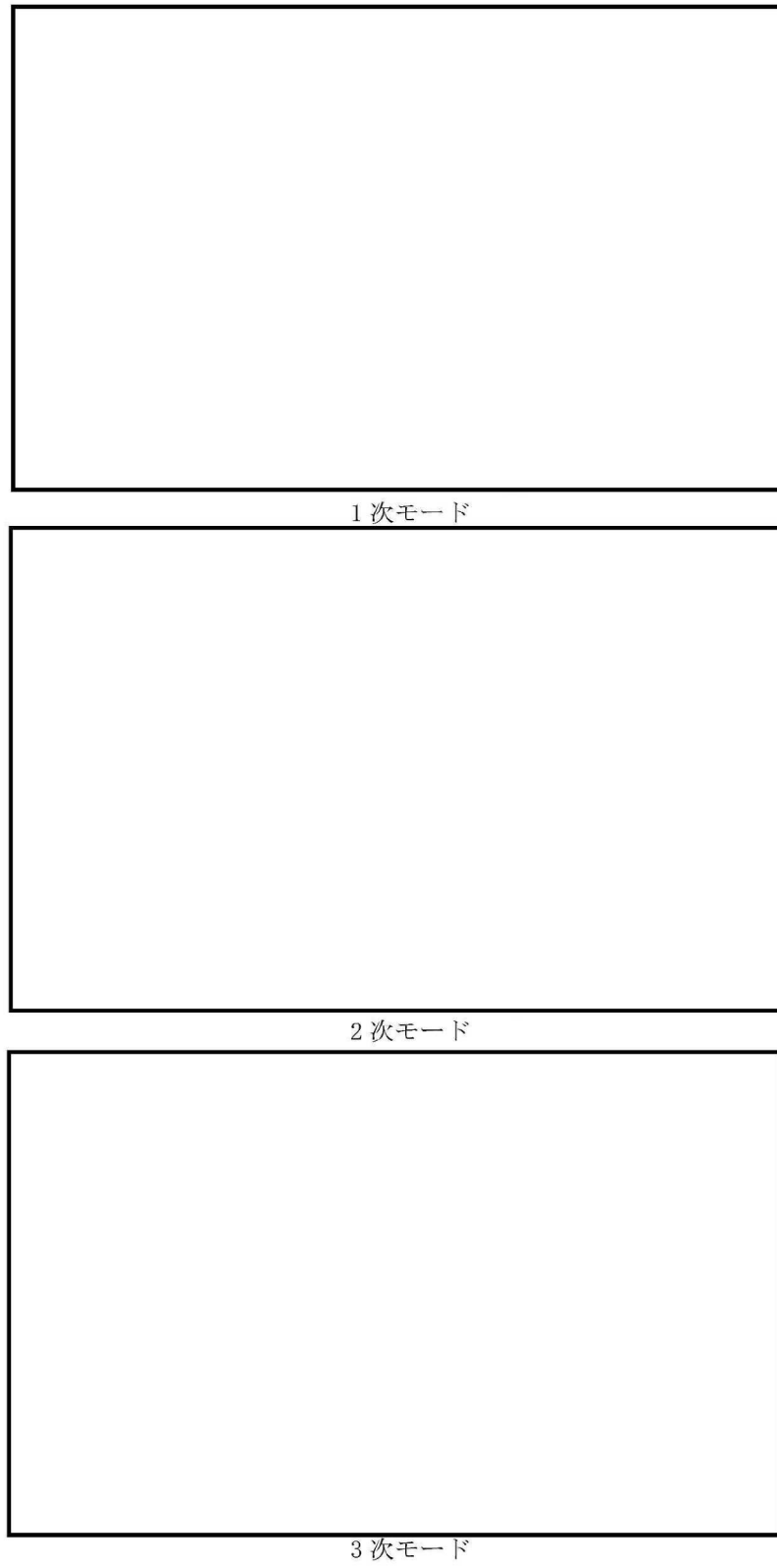


図4-2(2) 振動モード図（重大事故等対処設備）

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9(1)及び表 4-9(2)に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-9(1) 設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 18. 100~16. 850 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500~12. 300					
減衰定数 (%)		水平 : 2. 0 ^{*1} 鉛直 : 2. 0 ^{*1}					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度 ^{*2}		応答鉛直 震度 ^{*2}	応答水平震度 ^{*2}		応答鉛直 震度 ^{*2}
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0. 139						
2次	0. 099						
3次	0. 093						
4次	0. 090						
5次	0. 090						
6次	0. 088						
7次	0. 084						
8次	0. 083						
29次	0. 051						
30次 ^{*3}	0. 049	—	—	—	—	—	—
動的地震力 ^{*4}		0. 81	0. 81	0. 56	1. 64	1. 64	1. 13
静的地震力 ^{*5}		0. 78	0. 78	0. 29	—	—	—

注記*1 : ドライウェルスプレイ管は配管に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

*2 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*3 : 29次までは固有周期が0.050sより長いモード、30次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4 : S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*5 : 静的震度 (3.6C_i及び1.2C_v)を示す。

表 4-9(2) 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所及び 設置高さ (m)		原子炉遮蔽壁 T. M. S. L. 18. 100~16. 850 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500~12. 300					
減衰定数 (%)		水平 : 2.0* ¹ 鉛直 : 2.0* ¹					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²	応答水平震度* ²		応答鉛直 震度* ²
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0.140						
2次	0.099						
3次	0.093						
4次	0.091						
5次	0.091						
6次	0.089						
7次	0.084						
8次	0.084						
29次	0.051						
30次* ³	0.049						
動的地震力* ⁴		—	—	—	1.64	1.64	1.13
静的地震力* ⁵		—	—	—	—	—	—

注記*1 : ドライウェルスプレイ管は配管に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

*2 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*3 : 29次までは固有周期が0.050sより長いモード、30次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*4 : S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*5 : 静的震度 (3.6C_i及び1.2C_v)を示す。

4.6 計算方法

ドライウェルスプレイ管の応力評価点は、ドライウェルスプレイ管を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4-10 及び図 4-3 に示す。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P3 は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重を用いて評価する。

応力評価点 P4 は VI-2-1-12 「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき評価する。

表 4-10 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
P 3	スプレイ管案内管
P 4	レストレイント



図 4-3 ドライウェルスプレイ管の応力評価点

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェルスプレイ管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

(2) 支持構造物評価結果（ドライウェルスプレイ管支持構造物）
支持構造物評価の結果を表 5-3 に示す。

表 5-1 許容応力状態ⅢA Sに対する評価結果 (D + P_D + M_D + S_d*)

評価対象設備	応力評価点		応力分類	Ⅲ A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	83	211	○	
			一次+二次応力	125	422	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	54	211	○	
			一次+二次応力	72	422	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	66	211	○	
			一次+二次応力	94	422	○	

表 5-2 許容応力状態ⅣA Sに対する評価結果 (D + P_D + M_D + S_s)

評価対象設備	応力評価点		応力分類	Ⅳ A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	136	363	○	
			一次+二次応力	232	422	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	81	363	○	
			一次+二次応力	141	422	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	101	363	○	
			一次+二次応力	188	422	○	

表 5-3 支持構造物評価結果 (D + P_D + M_D + S_s)

応力評価点		型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _X * ¹	F _Y	F _Z * ²	M _X	M _Y	M _Z			
P4	レストレイント	ラグ	SGV410	171	58	65	61	—	—	—	せん断	37	110

注記* 1 : 周方向 (配管軸方向) 反力を示す。

* 2 : 配管軸水平直角方向反力を示す。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェルスプレイ管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

(2) 支持構造物評価結果（ドライウェルスプレイ管支持構造物）

支持構造物評価の結果を表 5-3 に示す。

表 5-4 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S)

評価対象設備	応力評価点		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	122	363	○	
			一次+二次応力	196	414	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	85	363	○	
			一次+二次応力	149	414	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	105	363	○	
			一次+二次応力	202	414	○	

表 5-5 支持構造物評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S)

応力評価点		型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
					F _X * ¹	F _Y	F _Z * ²	M _X	M _Y	M _Z			
P4	レストレイント	ラグ	SGV410	200	59	62	67	—	—	—	せん断	38	109

注記* 1 : 周方向 (配管軸方向) 反力を示す。

* 2 : 配管軸水平直角方向反力を示す。

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-3-5「ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

VI-2-9-4-4-1-2 サプレッションチェンバースプレイ管の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 設計荷重	12
4.3 解析モデル及び諸元	13
4.4 固有周期	16
4.5 設計用地震力	19
4.6 計算方法	22
4.7 計算条件	24
4.8 応力の評価	24
5. 評価結果	25
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	25
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	28
6. 参照図書	30

1. 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉格納容器スプレイ管（サブプレッションチェンバ側）（以下「サブプレッションチェンバスプレイ管」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

サブプレッションチェンバスプレイ管は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応設工認対象となる設計用地震力及び重大事故等時に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるサブプレッションチェンバスプレイ管の評価は、平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による（以下「既工認」という。）。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サブプレッションチェンバスプレイ管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>サプレッションチェンバースプレイ管の配管サポートは、ダイヤフラムフロア部に支持される。</p> <p>サプレッションチェンバースプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部に支持される。</p> <p>サプレッションチェンバースプレイ管はダイヤフラムフロア部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>サプレッションチェンバースプレイ管は、外径 114.3mm 及び厚さ 8.6mm のパイプで作られ、直径 \squarem の円環構造である。</p> <p>サプレッションチェンバースプレイ管案内管は、外径 114.3mm 及び厚さ 8.6mm のパイプで作られ、スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

サブプレッションチェンバスプレイ管の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サブプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価フローを図2-1に示す。

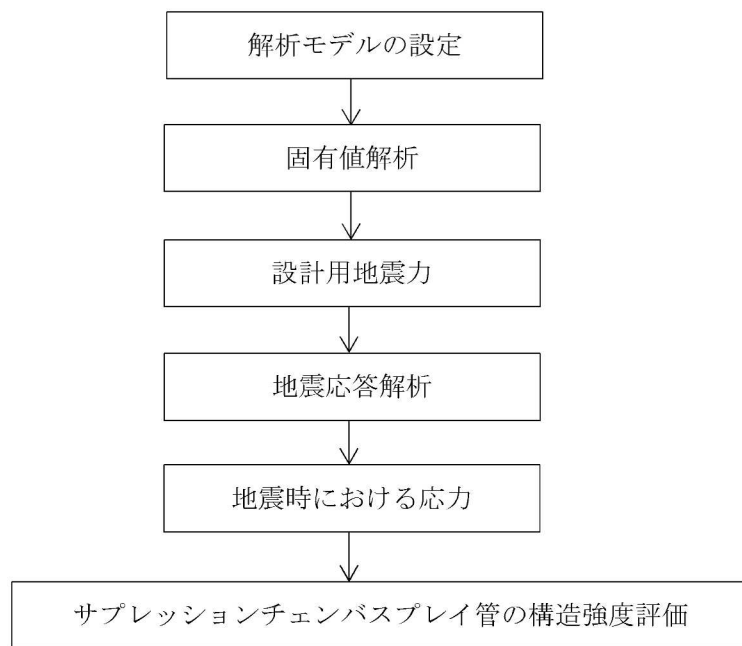


図2-1 サブプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E S N C 1-2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_i	地震層せん断力係数	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重, 直径	—, mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_p	許容支圧応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	許容引張応力	MPa
F_x	管軸方向の反力	kN
F_y	鉛直方向の反力	kN
F_z	配管軸水平直角方向反力	kN
m_i	質量 ($i = 0, 1$)	kg/m
M_D	機械的荷重	—
M_{SAD}	機械的荷重 (SA時)	—
M_x	管軸回りのモーメント	kN・m
M_y	鉛直軸回りのモーメント	kN・m
M_z	管軸直角回りのモーメント	kN・m
P_D	圧力	—
P_{SAD}	圧力 (SA時)	—, MPa
S	許容引張応力	MPa
S_d	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力	—
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は静的地震力のい ずれか大きいほうの地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	—
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_D	温度	°C
T_{SAD}	温度 (SA時)	°C
ν	ポアソン比	—

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりである。

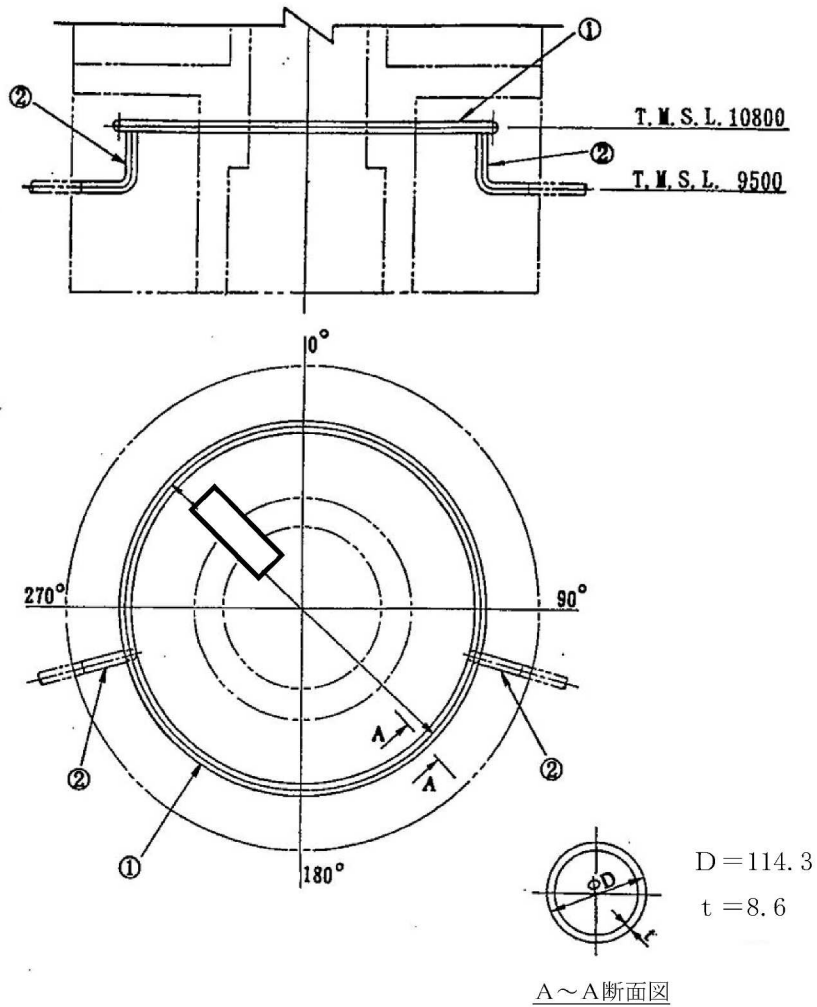
表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	MPa	—	—	小数点第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
縦弾性係数	MPa	有効数字 6 桁	四捨五入	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
計算荷重	kN	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記*：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法を図3-1に、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。



①サプレッションチェンバスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位：mm)

図3-1 サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法

表3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
サプレッションチェンバスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当
レストレイント	SS41	SS400 相当

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) サプレッションチェンバスプレイ管に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。サプレッションチェンバスプレイ管の耐震評価として、VI-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」及びVI-2-2-4「原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、参照図書(1)及びVI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」に示す手法に従い構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバスプレイ管の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 及び表 4-4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		設備名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (サブプレッション チェンバ側)	S	クラス2管	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	原子炉格納容器 スプレイ管 (サブプレッション チェンバ側)	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S*2

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

応力分類 許容 応力状態	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
$III_{\Delta} S$	S_y ただし、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、上記値と $1.2 \cdot S$ との 大きい方。	S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い疲労累積係数が1.0以下であるこ と。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれ ば、疲労解析は不要である。	
$IV_{\Delta} S$	$0.9 \cdot S_u$		
$V_{\Delta} S^{*2}$			

注記*1: $2 \cdot S_y$ を超える場合、設計・建設規格 PPB-3536(1), (2), (4)及び(5)の簡易弾塑性解析を用いることができる。

(ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。)

*2: $V_{\Delta} S$ として $IV_{\Delta} S$ の許容限界を用いる。

表 4-4 支持構造物の許容応力*5、*6

許容応力 状態	一次応力						一次+二次応力				
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	組合せ*3	引張り /圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_t$				$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_b$ $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$3 \cdot f_t^{*4}$	$3 \cdot f_s$ *1, *4	$3 \cdot f_b$ *2, *4	$1.5 \cdot f_p^*$	
V _A S*7	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$1.5 \cdot f_t^*$					

注記*1: すみ肉溶接部にあつては、最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。

*2: 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)b.により求めた f_b とする。

*3: 組合せ応力の許容応力は、設計・建設規格に基づく値とする。

*4: 地震動のみによる応力振幅について評価する。

*5: 材料の許容応力を決定する場合の基準値Fは、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値又は表 9 に定める値の 0.7 倍のいずれか小さい方の値とする。ただし、使用温度が 40 度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.35 倍の値、表 9 に定める 0.7 倍の値又は室温における表 8 に定める値のいずれか小さい値とする。

6: f_t^ , f_s^* , f_c^* , f_b^* , f_p^* は、 f_t , f_s , f_c , f_b , f_p の値を算出する際に設計・建設規格 SSB-3121.1(1)本文中「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値」とあるのを「付録材料図表 Part5 表 8 に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて計算した値とする。

*7: V_ASとしてⅣ_ASの許容限界を用いる。

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	104	—	219	404	—
レストレイント	SS41	周囲環境 温度	104	—	219	373	—

注記*1：STS42 は STS410 相当を示す。

*2：SS41 は SS400 相当を示す。

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	周囲環境 温度	200	—	207	404	—
レストレイント	SS41	周囲環境 温度	200	—	193	373	—

注記*1：STS42 は STS410 相当を示す。

*2：SS41 は SS400 相当を示す。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用圧力，最高使用温度及び死荷重は，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 最高使用圧力及び最高使用温度

圧力 3.43MPa

温度 104℃

b. 死荷重

サブプレッションチェンバスプレイ管* N/m

プレイ管案内管* N/m

注記*：管内保有水及びノズルの重量を含めた自重を死荷重とする。

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

圧力 P_{SAD} 3.43MPa

温度 T_{SAD} 200℃

4.3 解析モデル及び諸元

(1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、サプレッションチェンバスプレイ管質量及び内部水質を考慮して固有値解析及び構造強度評価を実施する。動的解析手法としては、スペクトルモーダル解析法を用いる。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. サプレッションチェンバスプレイ管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-7(1)に示す。
- b. サプレッションチェンバスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し、固有値解析及び構造強度評価を実施する。
- c. 拘束条件は、スプレイ管においては、レストレイントを支持条件（レストレイントの向きに応じた並進拘束）とする。また、スプレイ管案内管においては、アンカ部を固定条件（並進拘束及び回転拘束）とする。
- d. 解析コードは「I S A P」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等時のサプレッションチェンバスプレイ管の解析モデルは、設計基準対象施設と同じとする。機器の諸元について表4-7(2)に示す。

表 4-7(1) 機器諸元 (設計基準対象施設)

項目		記号	単位	入力値
質量*	サプレッションチェンバ スプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_D	℃	104
縦弾性係数		E	MPa	197680
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記* : サプレッションチェンバースプレイ管には, 管内保有水及びノズルの質量を含む。
スプレイ管案内管には, 管内保有水の質量を含む。

表 4-7(2) 機器諸元 (重大事故等対処設備)

項目		記号	単位	入力値
質量*	サプレッションチェンバ スプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_{SAD}	℃	200
縦弾性係数		E	MPa	191000
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記* : サプレッションチェンバースプレイ管には, 管内保有水及びノズルの質量を含む。
スプレイ管案内管には, 管内保有水の質量を含む。

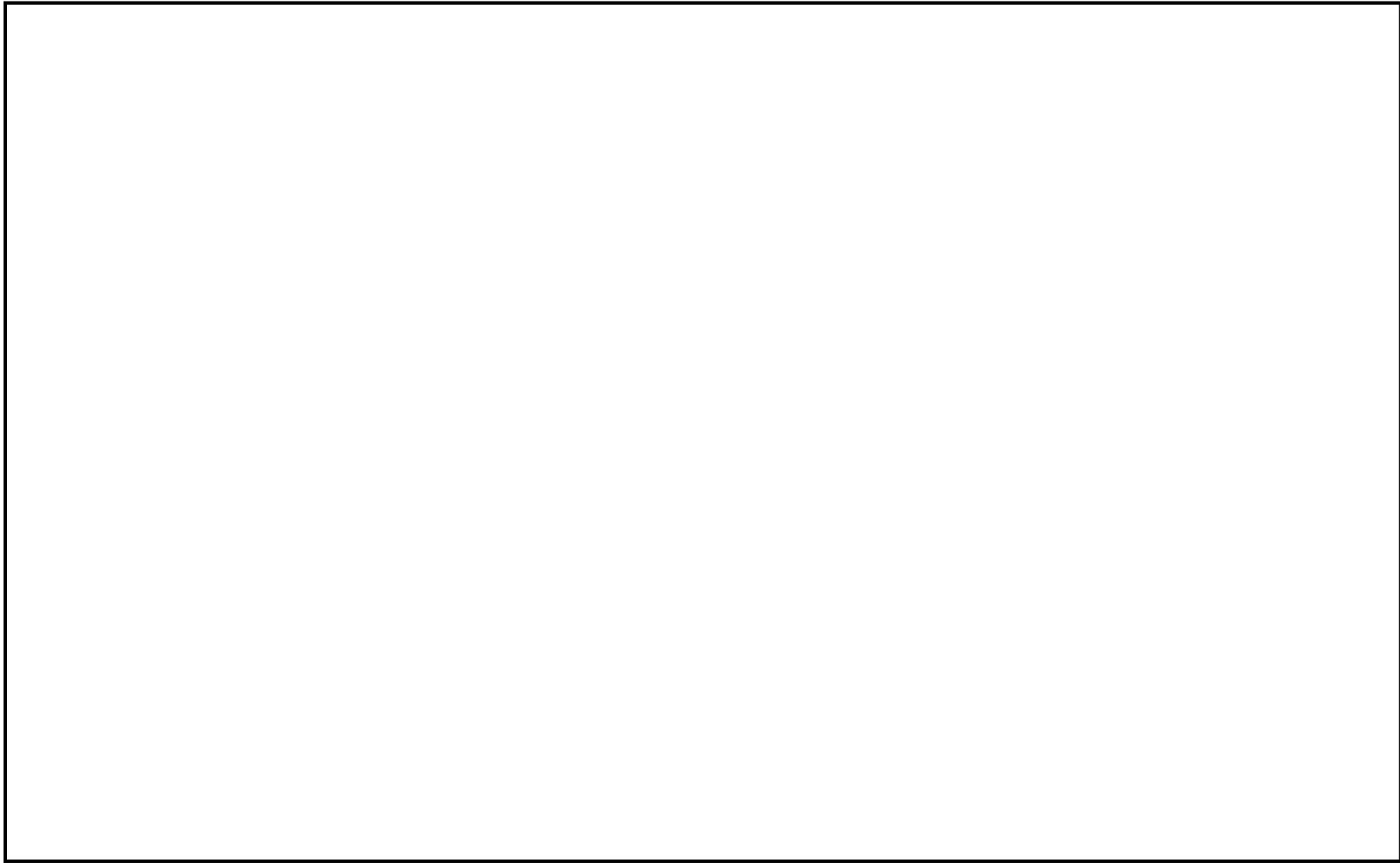


図 4-1 サプレッションチェンバスプレイ管の解析モデル

4.4 固有周期

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備における固有周期を表 4-8(1)及び表 4-8(2)に、振動モード図を3次まで代表して図 4-2(1)及び図 4-2(2)に示す。固有周期は0.05秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-8(1) 固有周期 (設計基準対象施設)

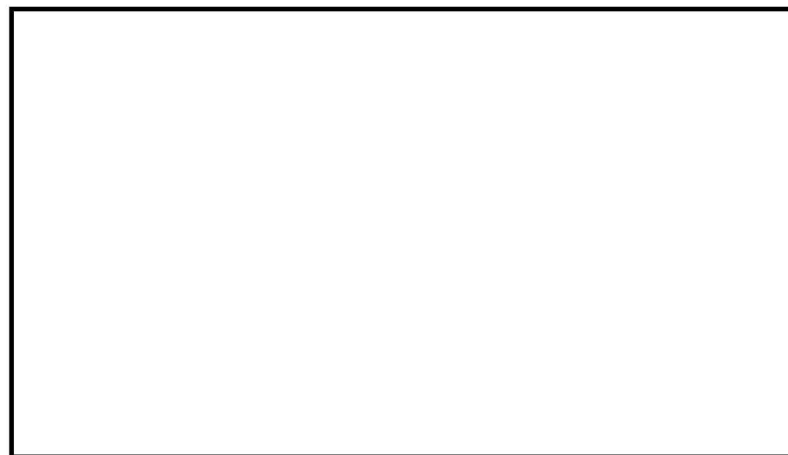
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.169	0.000	0.000	0.066
2次	0.126	0.014	0.016	0.002
3次	0.123	0.026	0.002	0.003
4次	0.122	0.001	0.001	0.020
5次	0.120	0.000	0.001	0.065
6次	0.114	0.001	0.007	0.056
7次	0.114	0.008	0.022	0.023
8次	0.112	0.002	0.001	0.231
26次	0.076	0.036	0.397	0.005

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8(2) 固有周期 (重大事故等対処設備)

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.170	0.000	0.000	0.066
2次	0.128	0.014	0.016	0.002
3次	0.125	0.026	0.002	0.003
4次	0.124	0.001	0.001	0.019
5次	0.122	0.000	0.001	0.061
6次	0.116	0.001	0.007	0.046
7次	0.116	0.007	0.021	0.019
8次	0.114	0.002	0.001	0.223
26次	0.077	0.037	0.397	0.004

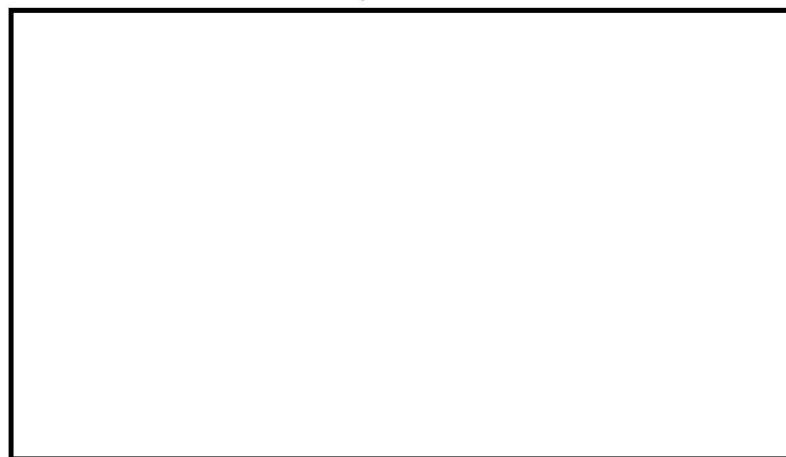
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



1次モード



2次モード

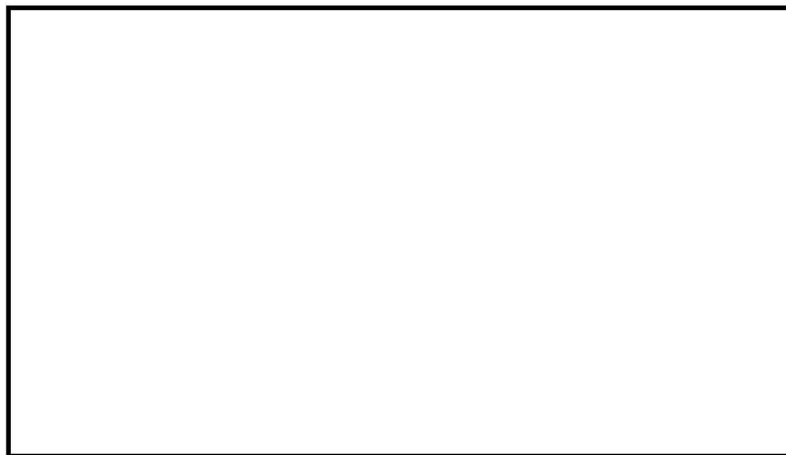


3次モード

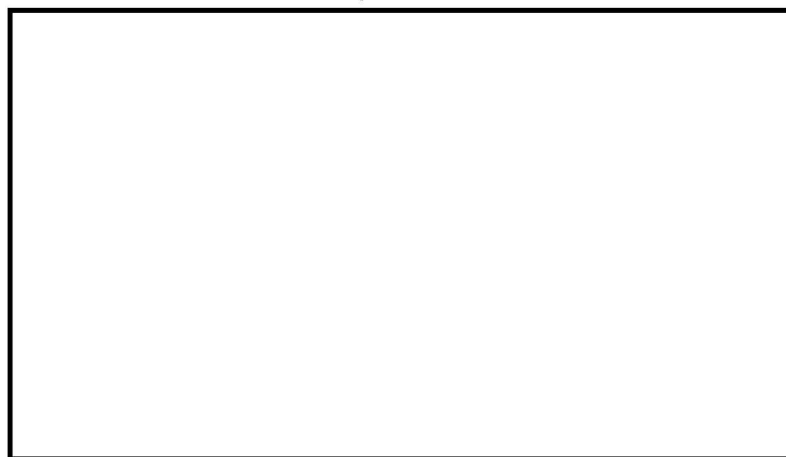
図 4-2(1) 振動モード図 (設計基準対象施設)



1次モード



2次モード



3次モード

図 4-2(2) 振動モード図 (重大事故等対処設備)

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9(1)及び表 4-9(2)に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-9(1) 設計用地震力 (設計基準対象施設)

据付場所及び 設置高さ (m)		ダイヤフラムフロア* ¹ 原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800~12.300 原子炉本体基礎 T.M.S.L. 12.300					
減衰定数 (%)		水平 : 2.0* ² 鉛直 : 2.0* ²					
地震力		弾性設計用地震動 S d 又は静的震度			基準地震動 S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0.169						
2次	0.126						
3次	0.123						
4次	0.122						
5次	0.120						
6次	0.114						
7次	0.111						
8次	0.112						
26次	0.076						
27次* ⁴	0.047						
動的地震力* ⁵		0.58	0.58	0.52	1.16	1.16	1.05
静的地震力* ⁶		0.67	0.67	0.29	—	—	—

注記*1 : ダイヤフラムフロアに支持構造物が設置されるため、原子炉建屋及び原子炉本体基礎を包絡した震度を適用する。

*2 : サプレッションチェンバースプレイ管は配管に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

*3 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*4 : 26次までは固有周期が0.050sより長いモード、27次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*5 : S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6 : 静的震度 (3.6C_i 及び 1.2C_v) を示す。

表 4-9(2) 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所及び 設置高さ (m)		ダイヤフラムフロア* ¹ 原子炉建屋 T.M.S.L. 4.800~12.300 原子炉本体基礎 T.M.S.L. 12.300					
減衰定数 (%)		水平 : 2.0* ² 鉛直 : 2.0* ²					
地震力		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³	応答水平震度* ³		応答鉛直 震度* ³
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次	0.170						
2次	0.128						
3次	0.125						
4次	0.124						
5次	0.122						
6次	0.116						
7次	0.116						
8次	0.114						
26次	0.077						
27次* ⁴	0.048						
動的地震力* ⁵		—	—	—	1.16	1.16	1.05
静的地震力* ⁶		—	—	—	—	—	—

注記*1 : ダイヤフラムフロアに支持構造物が設置されるため、原子炉建屋及び原子炉本体基礎を包絡した震度を適用する。

*2 : サプレッションチェンバースプレイ管は配管に区分されるため、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の配管の減衰定数を用いる。

*3 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*4 : 26次までは固有周期が0.050sより長いモード、27次は固有周期0.050s以下のモードを示す。

*5 : S_d又はS_s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

*6 : 静的震度 (3.6C_i及び1.2C_v) を示す。

4.6 計算方法

サブプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点は、サブプレッションチェンバスプレイ管を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4-10 及び図 4-3 に示す。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P3 は「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重を用いて評価する。

応力評価点 P4 は VI-2-1-12 「配管及び支持構造物の耐震計算について」に基づき評価する。

表 4-10 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
P 3	スプレイ管案内管
P 4	レストレイント

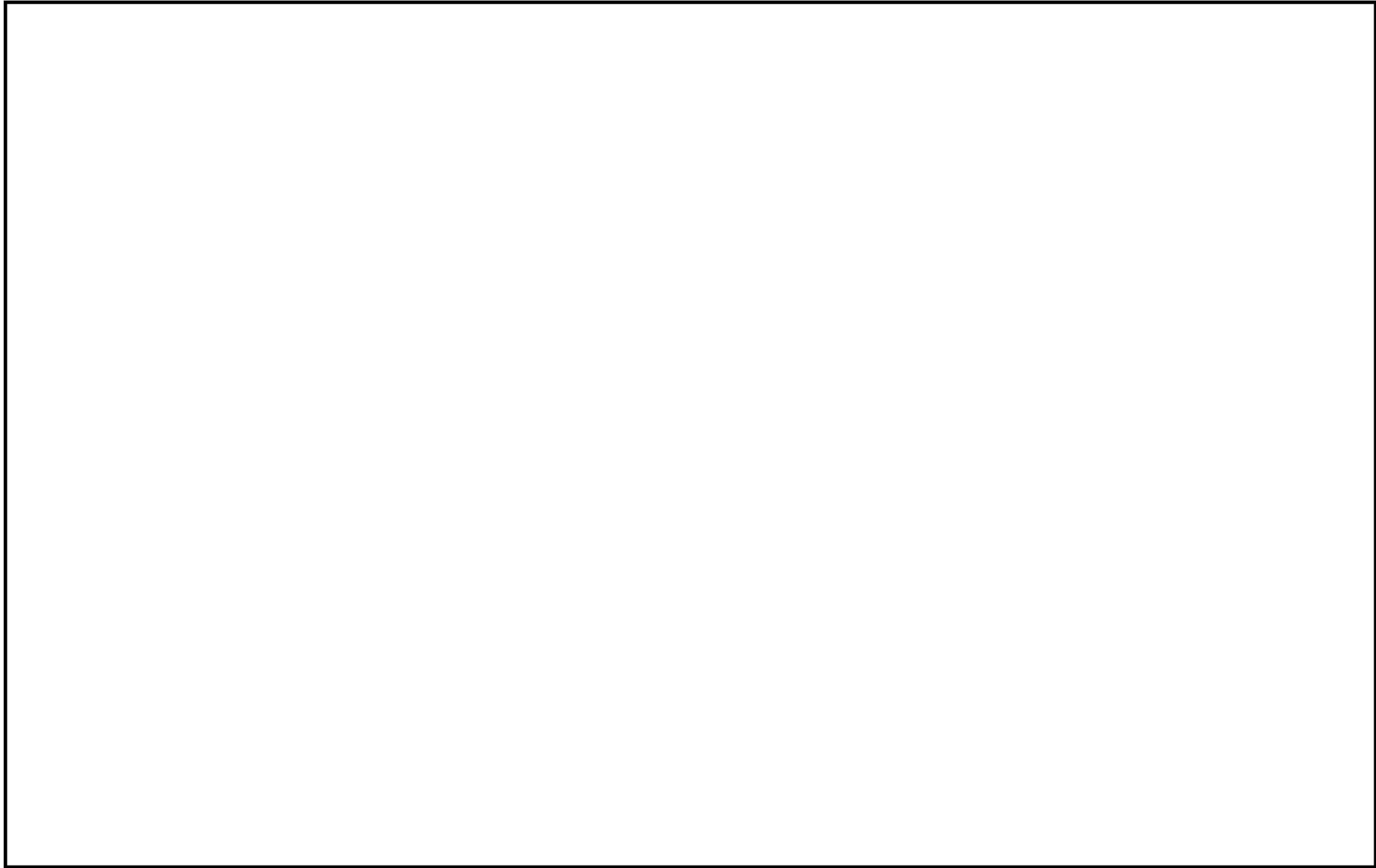


図 4-3 サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバスプレイ管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

(2) 支持構造物評価結果（サプレッションチェンバスプレイ管支持構造物）

支持構造物評価の結果を表 5-3 に示す。

表 5-1 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D + P_D + M_D + S_d^{*})

評価対象設備	応力評価点	応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考	
			算出応力 MPa	許容応力 MPa			
サブレーション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	66	219	○	
			一次+二次応力	70	438	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管 との接続部	一次応力	28	219	○	
			一次+二次応力	29	438	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	38	219	○	
			一次+二次応力	33	438	○	

表 5-2 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果 (D + P_D + M_D + S_s)

評価対象設備	応力評価点	応力分類	Ⅳ _A S		判定	備考	
			算出応力 MPa	許容応力 MPa			
サブレーション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	106	363	○	
			一次+二次応力	155	438	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管 との接続部	一次応力	43	363	○	
			一次+二次応力	65	438	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	54	363	○	
			一次+二次応力	73	438	○	

表 5-3 支持構造物評価結果 (D + P_D + M_D + S_s)

応力評価点		型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x * ¹	F _y	F _z * ²	M _x	M _y	M _z			
P4	レストレイント	Uプレート	SS400	104	0	11	16	—	—	—	曲げ	253	438

注記* 1 : 周方向 (配管軸方向) 反力を示す。

* 2 : 配管軸水平直角方向反力を示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

サブプレッションチェンバスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-4 に示す。

(2) 支持構造物評価結果（サブプレッションチェンバスプレイ管支持構造物）

支持構造物評価の結果を表 5-5 に示す。

表 5-4 許容応力状態 VAS に対する評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s)

評価対象設備	応力評価点		応力分類	V A S		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	107	363	○	
			一次+二次応力	157	414	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管 との接続部	一次応力	42	363	○	
			一次+二次応力	63	414	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	54	363	○	
			一次+二次応力	73	414	○	

表 5-5 支持構造物評価結果 (D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s)

応力評価点		型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _X *1	F _Y	F _Z *2	M _X	M _Y	M _Z			
P4	レストレイント	Uプレート	SS400	200	0	11	16	—	—	—	曲げ	246	386

注記* 1 : 周方向 (配管軸方向) 反力を示す。

* 2 : 配管軸水平直角方向反力を示す。

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-3-6 「サブプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書」

VI-2-9-4-4-2 格納容器下部注水系の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目 次

1.	概要	1
2.	概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1	概略系統図	2
2.2	鳥瞰図	7
3.	計算条件	9
3.1	計算方法	9
3.2	荷重の組合せ及び許容応力状態	10
3.3	設計条件	11
3.4	材料及び許容応力	17
3.5	設計用地震力	18
4.	解析結果及び評価	19
4.1	固有周期及び設計震度	19
4.2	評価結果	25
4.2.1	管の応力評価結果	25
4.2.2	支持構造物評価結果	26
4.2.3	弁の動的機能維持評価結果	27
4.2.4	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	28

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、格納容器下部注水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値/発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

設計及び工事の計画書に記載される範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

(3) 弁

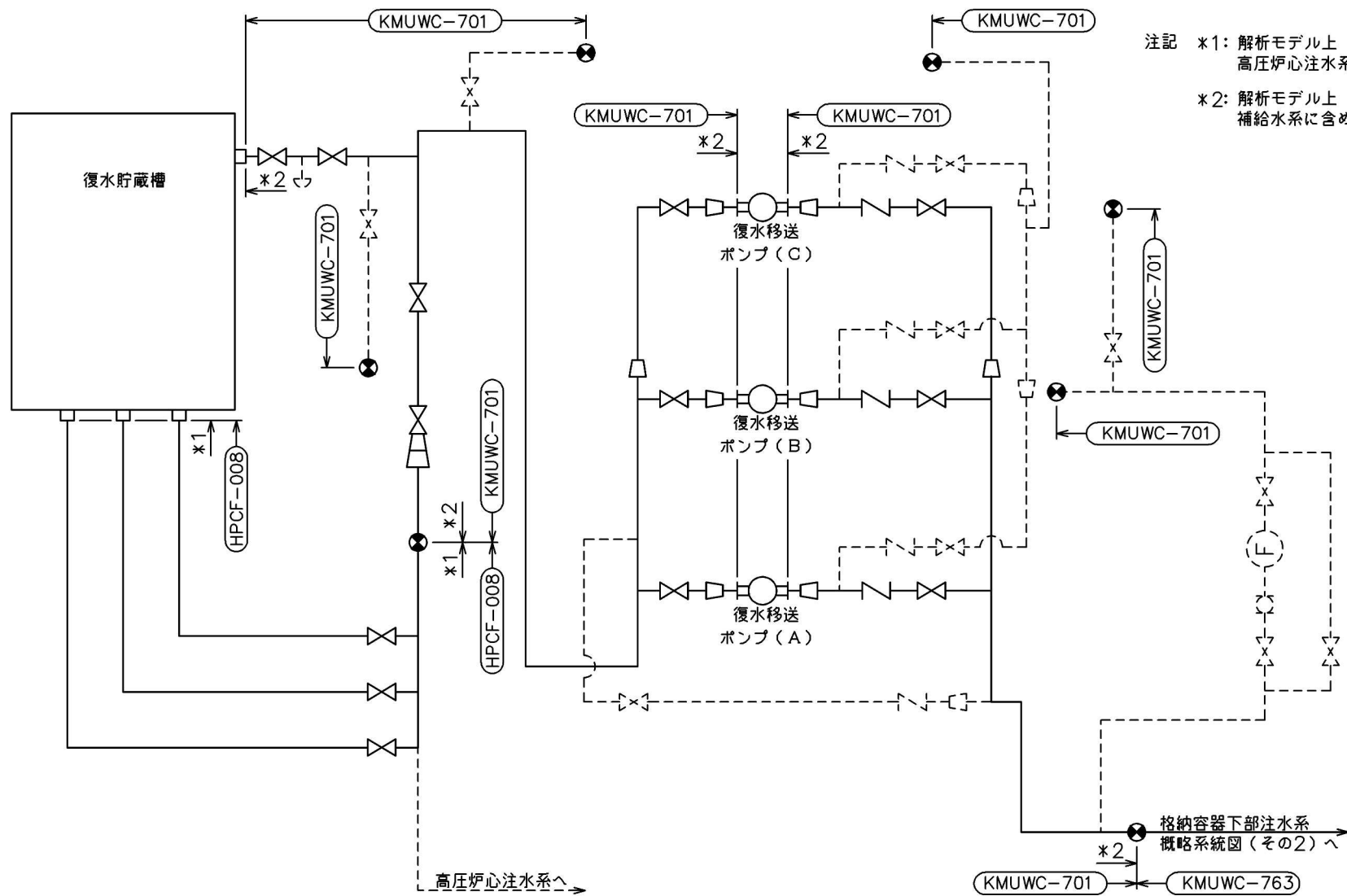
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

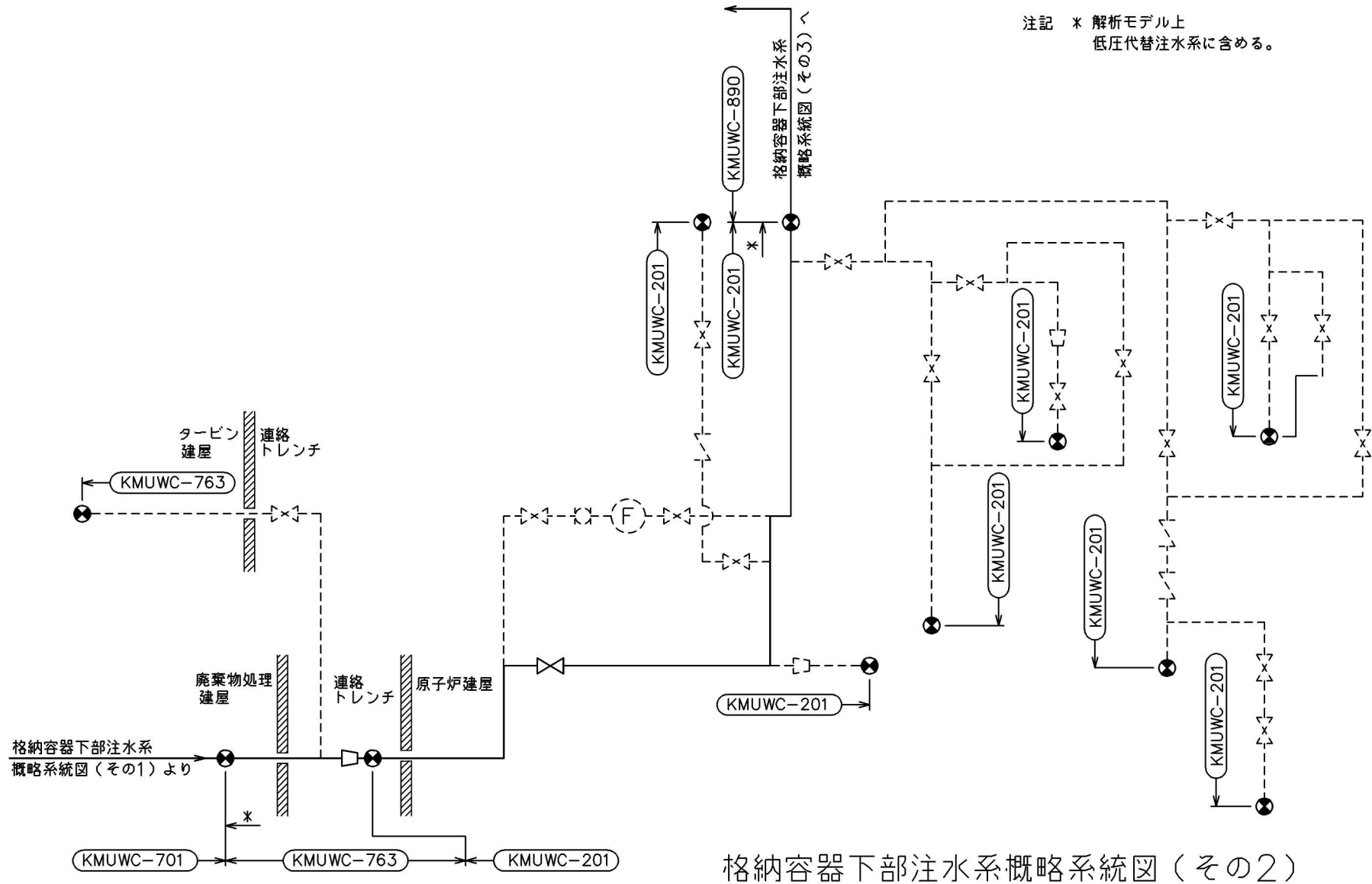
概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



注記 *1: 解析モデル上
高圧炉心注水系に含める。
*2: 解析モデル上
補給水系に含める。

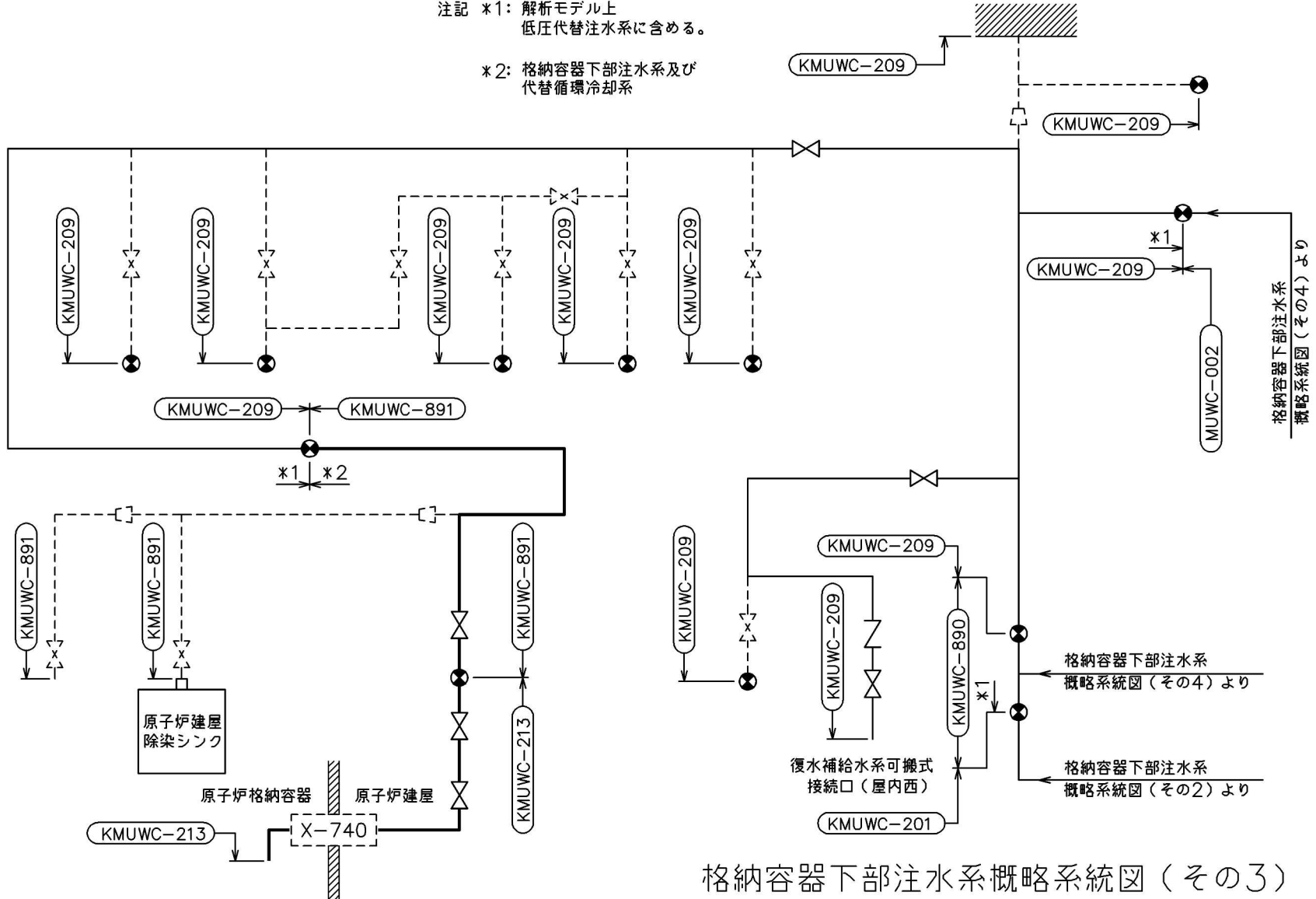
格納容器下部注水系概略系統図(その1)



注記 * 解析モデル上
 低圧代替注水系に含める。

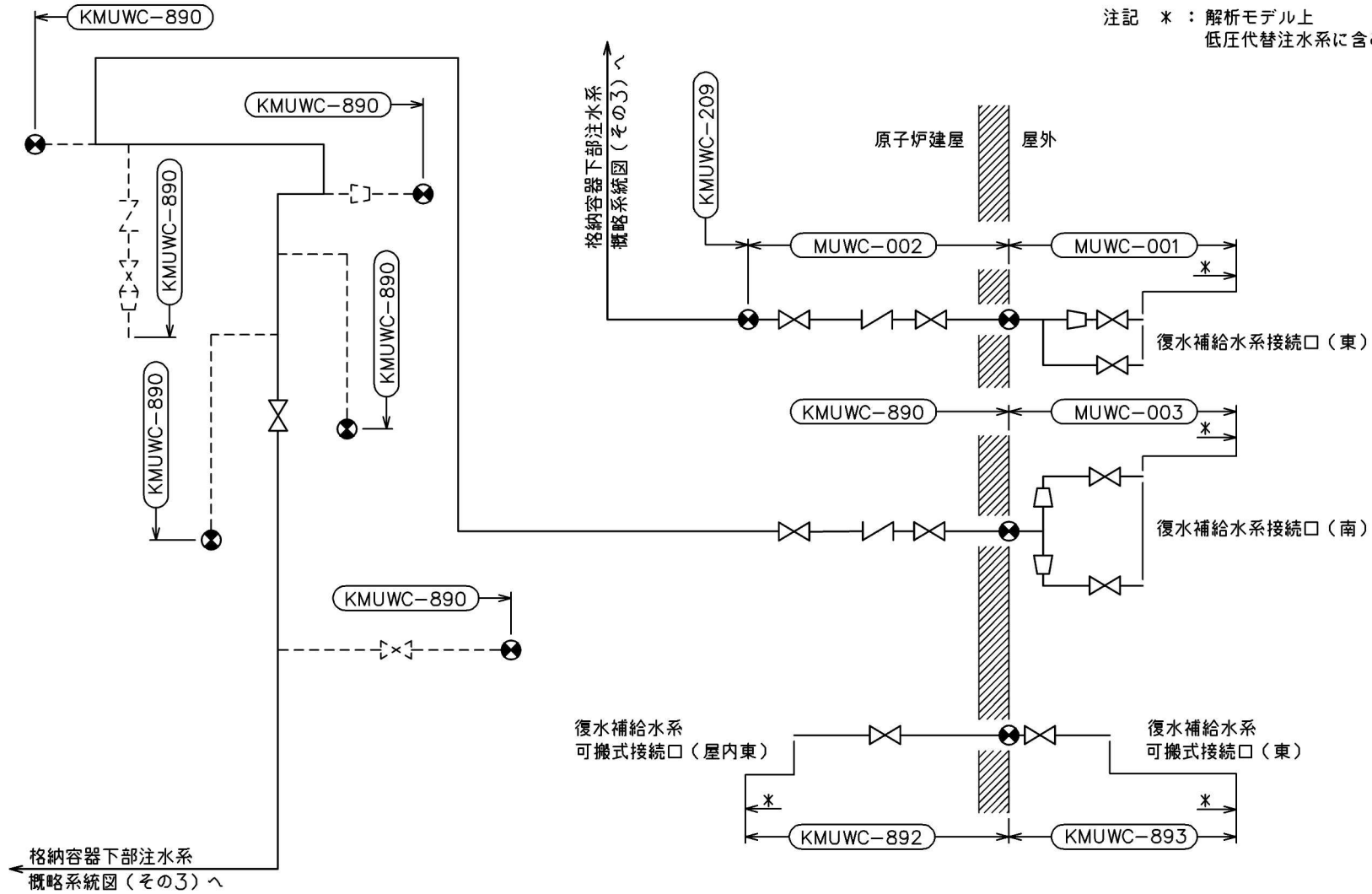
格納容器下部注水系概略系統図 (その2)

注記 *1: 解析モデル上
 低圧代替注水系に含める。
 *2: 格納容器下部注水系及び
 代替循環冷却系



格納容器下部注水系概略系統図(その3)


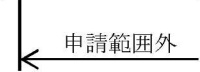



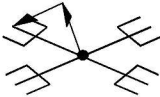
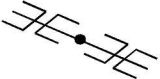

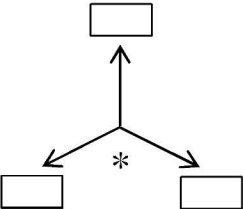
注記 * : 解析モデル上
 低圧代替注水系に含める。



格納容器下部注水系概略系統図 (その4)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	設計及び工事の計画書記載範囲外の管
	設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に変位量を記載する。)

K6 ① VI-2-9-4-4-2-1 (重) R0

∞

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3	許容応力状態*4
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	格納容器 下部注水系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _{L+S} S	V _A S
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等 クラス2管	—	V _{L+S} S	V _A S

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*4：許容応力状態V_ASは許容応力状態IV_ASの許容限界を使用し，許容応力状態IV_ASとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 K M U W C - 2 1 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	2.00	85	114.3	6.0	STPT370	—	199200
2	2.00	200	114.3	6.0	STS410	—	191000
3	0.620	200	114.3	6.0	STS410	—	191000
4	0.620	200	114.3	6.0	STS410	—	191000
5	0.620	200	114.3	6.0	STPT370	—	191000
6	0.620	200	114.3	6.0	STPT370	—	191000

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 KMUWC - 2 1 3

管名称	対 応 す る 評 価 点												
1	1	2											
2	4	5	6										
3	8	9	10	11	12	13	14						
4	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
5	31	32	907										
6	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	907	915	

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 KMUWC-213

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
1		14		21		33		40	
5		15		22		34		41	
9		16		23		35		42	
10		17		24		36		907	
11		18		25		37		915	
12		19		31		38			
13		20		32		39			

鳥 瞰 図 KMUWC-213

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
2		6	
3		7	
4		8	
29		27	
30		28	

鳥 瞰 図 KMUWC-213

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	3			
弁2	7			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 KMUWC-213

支持点部のばね定数を下表に示す。

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
5						
9						
13						
16						
19						
907						
915						

K6 ① VI-2-9-4-4-2-1 (重) R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT370	85	—	191	354	—
	200	—	178	350	—
STS410	200	—	207	404	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線はVI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを
用いる。また、減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高 (m)	減衰定数 (%)
KMUWC-213	原子炉本体基礎		
	原子炉建屋		

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 KMUWC-213

適用する地震動等		S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X方向	Z方向	Y方向
1 次	[Redacted]	[Redacted]		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				
10 次				
動的震度*2				

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 KMUWC-213

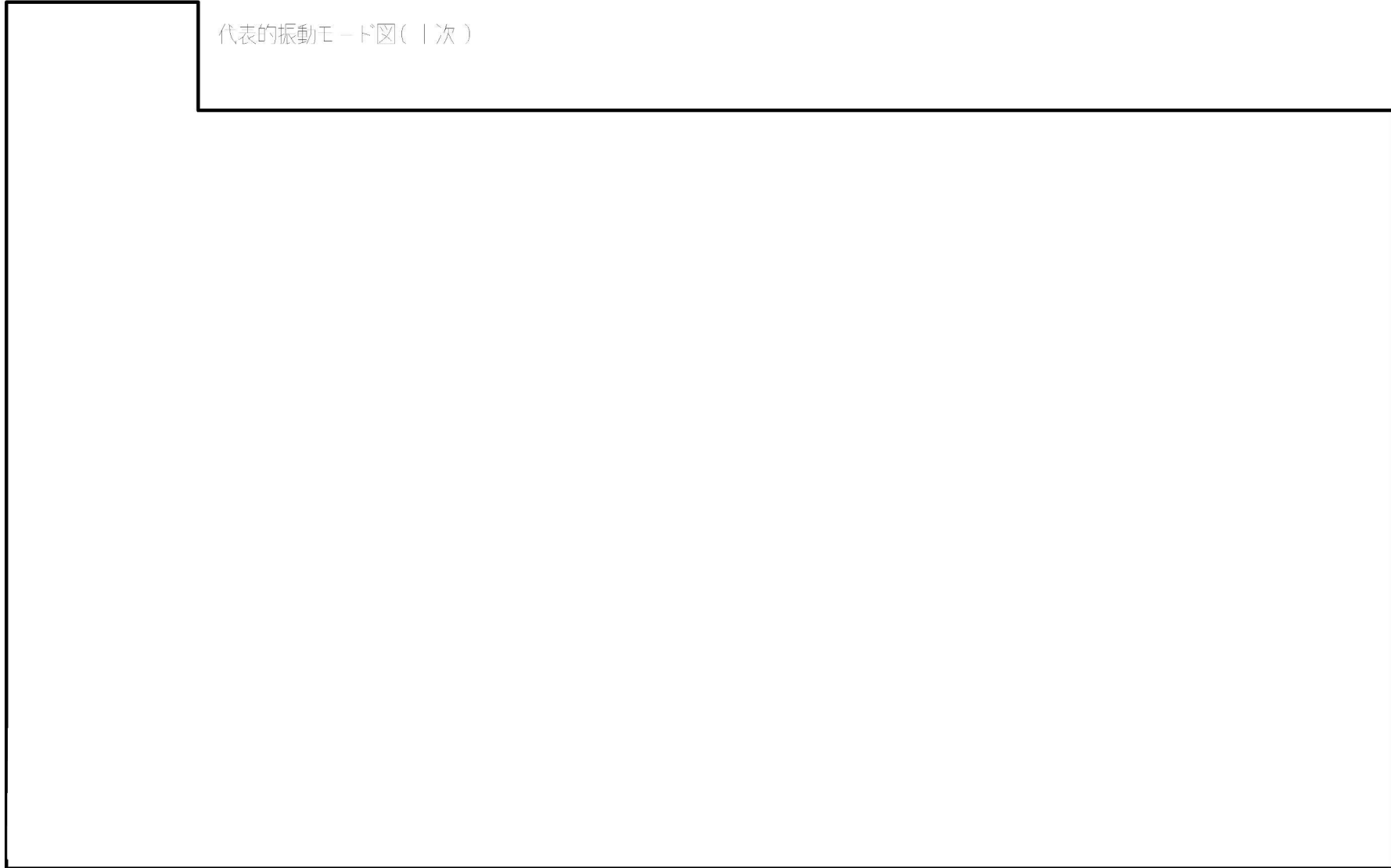
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1 次		[Blank area for data]		
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
9 次				

注記*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

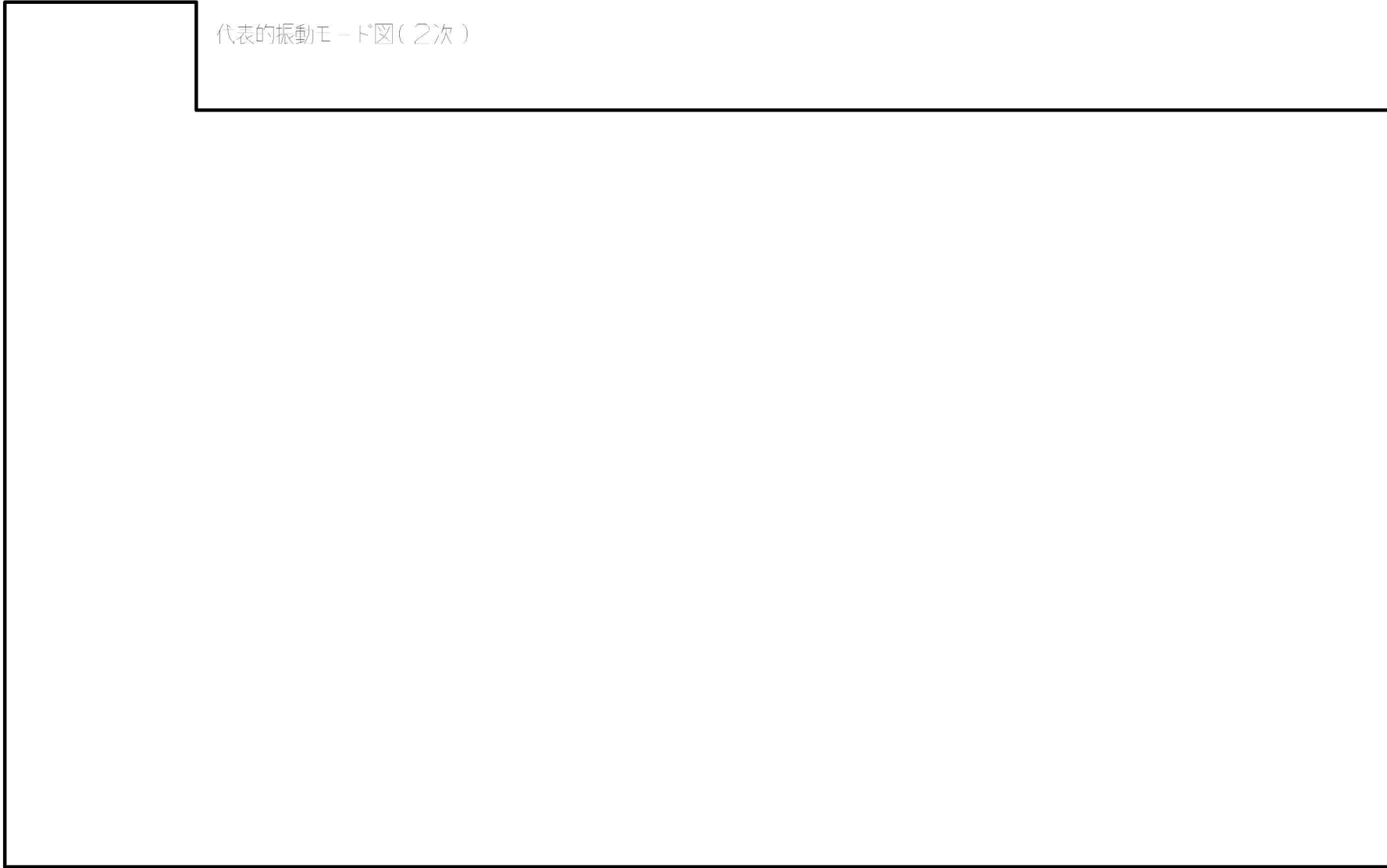
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

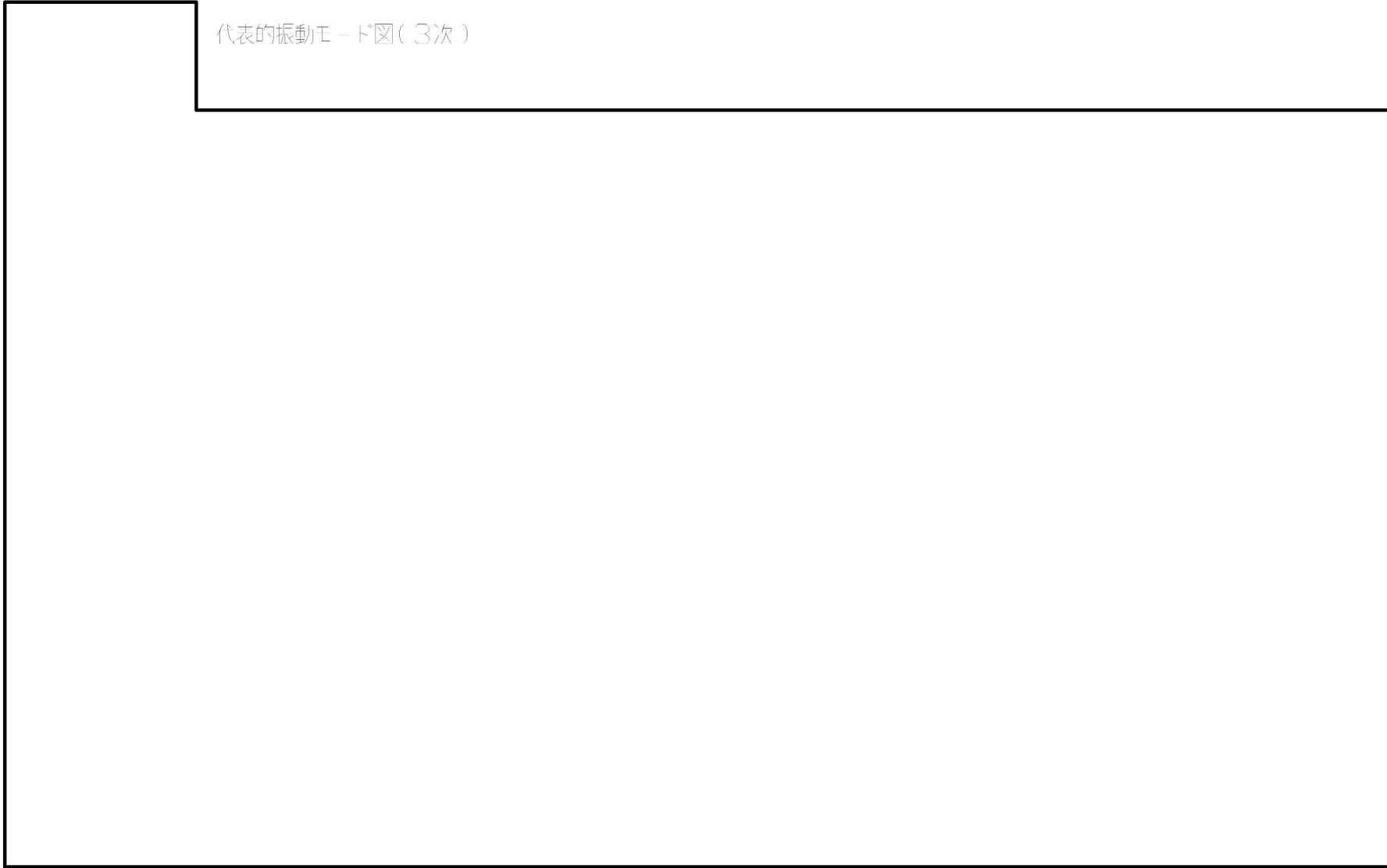
代表的振動モード図(1次)



代表的振動モード図(2次)



代表的振動モード図(3次)



4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力 $S_{pr m}(S_s)$	許容応力 $0.9 \cdot S_u$	計算応力 $S_n(S_s)$	許容応力 $2 \cdot S_y$	疲労累積係数 $U S_s$
KMUWC- 213	$V_A S$	1	$S_{pr m}(S_s)$	150	318	—	—	—
	$V_A S$	1	$S_n(S_s)$	—	—	257	382	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

支持構造物評価結果 (応力評価)

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
KMUWC-213-005R	レストレイント	Uプレート	SS400	200	8	9	0	—	—	—	組合せ	36	111
KMUWC-213-001A	アンカ	ラグ	SGV410	85	6	9	13	5	3	5	組合せ	64	246

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)	
			水平	鉛直	水平	鉛直	計算応力	許容応力
—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管 モデル	許容応力状態 VAS												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	疲 勞 累 積 係 数	代 表
1	KMUWC-213	1	150	318	2.12	○	1	257	382	1.48	○	—	—	—
2	KMUWC-891	86	77	318	4.12	—	73	142	382	2.69	—	—	—	—

VI-2-9-4-4-3 代替循環冷却系の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-3-1 管の耐震性についての計算書

重大事故等対処設備

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2
3. 計算条件	12
3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	12
4. 解析結果及び評価	13

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、代替循環冷却系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。

(2) 支持構造物



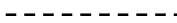
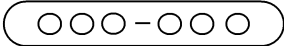
設計及び工事の計画書に記載される範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

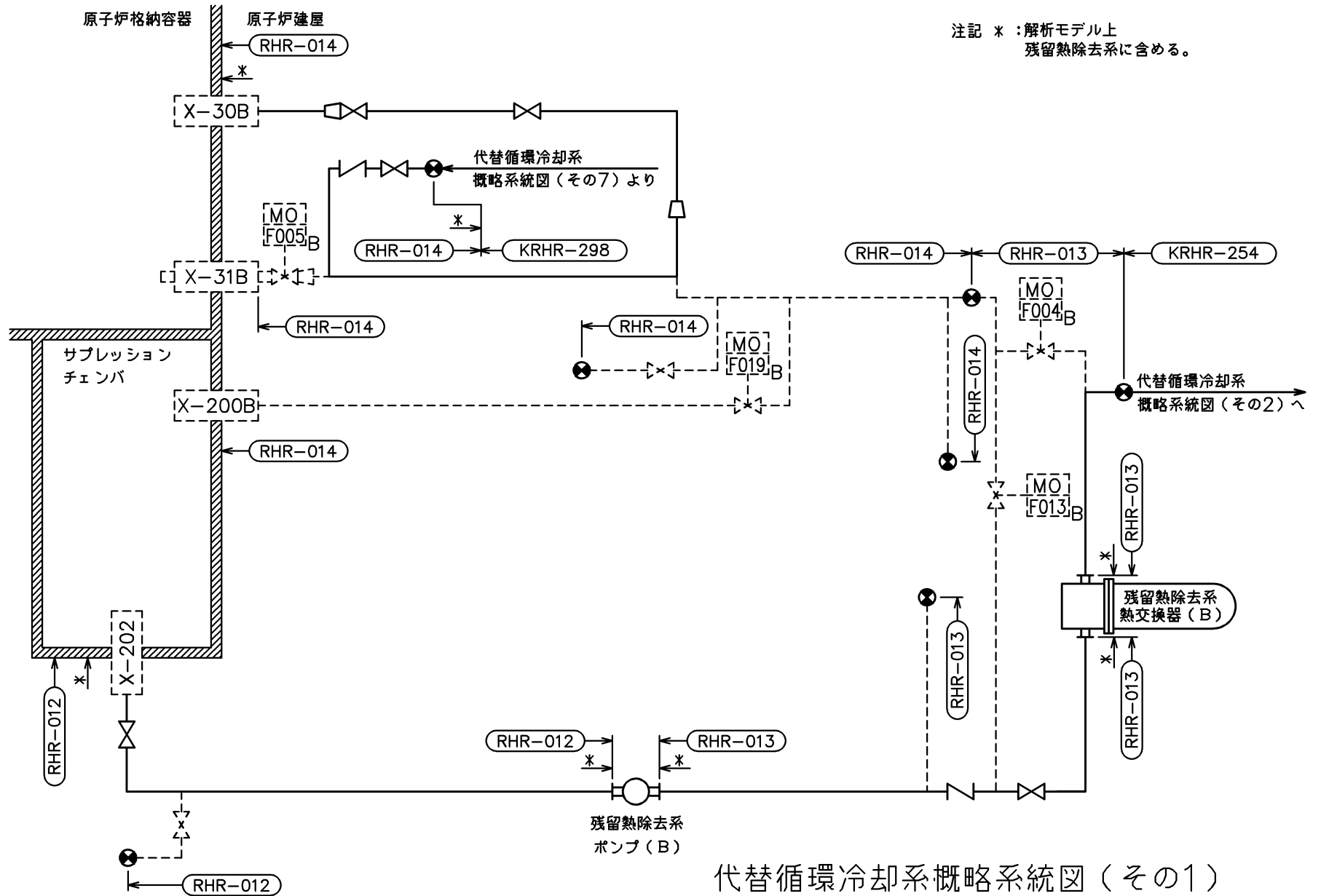
(3) 弁

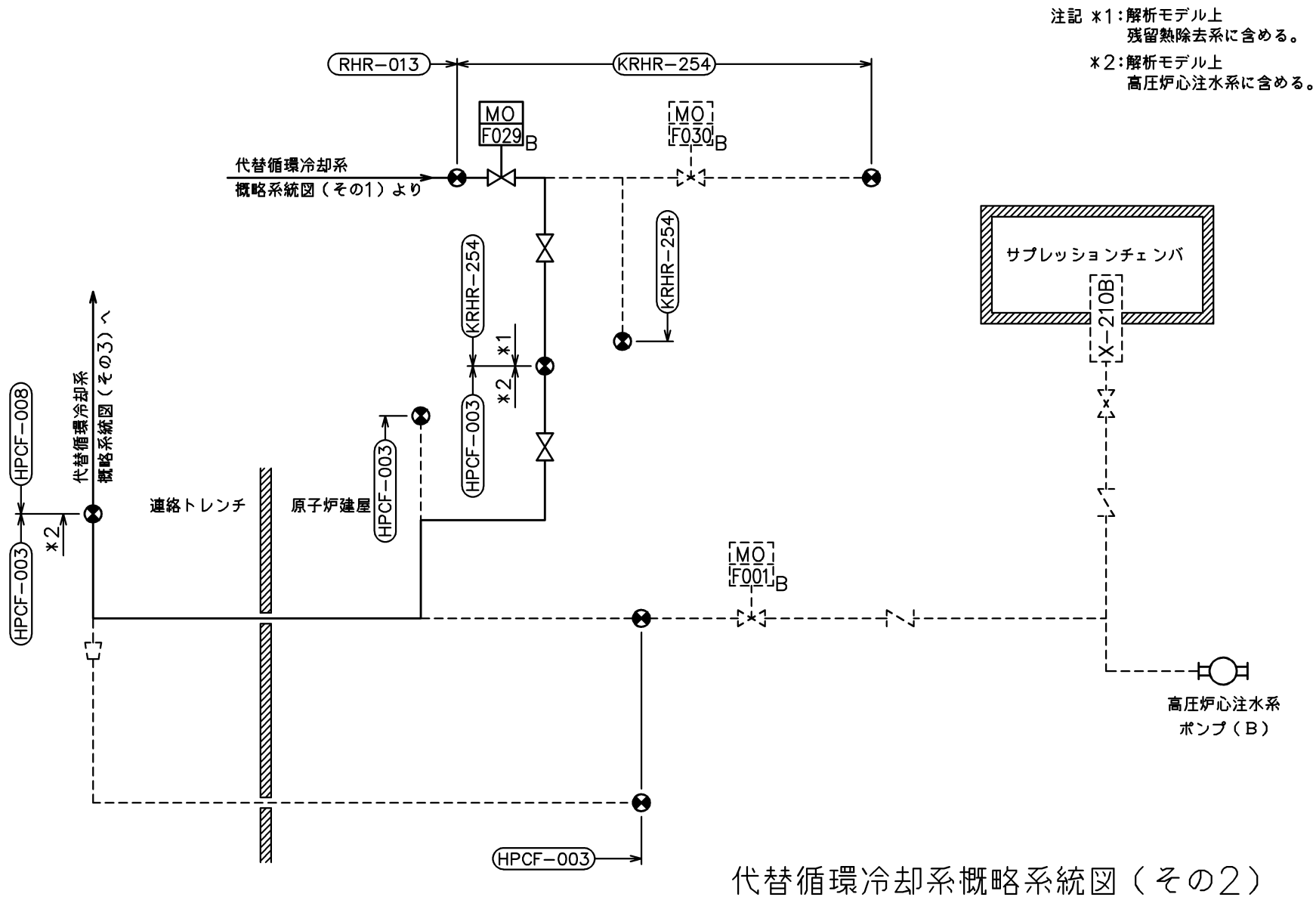
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

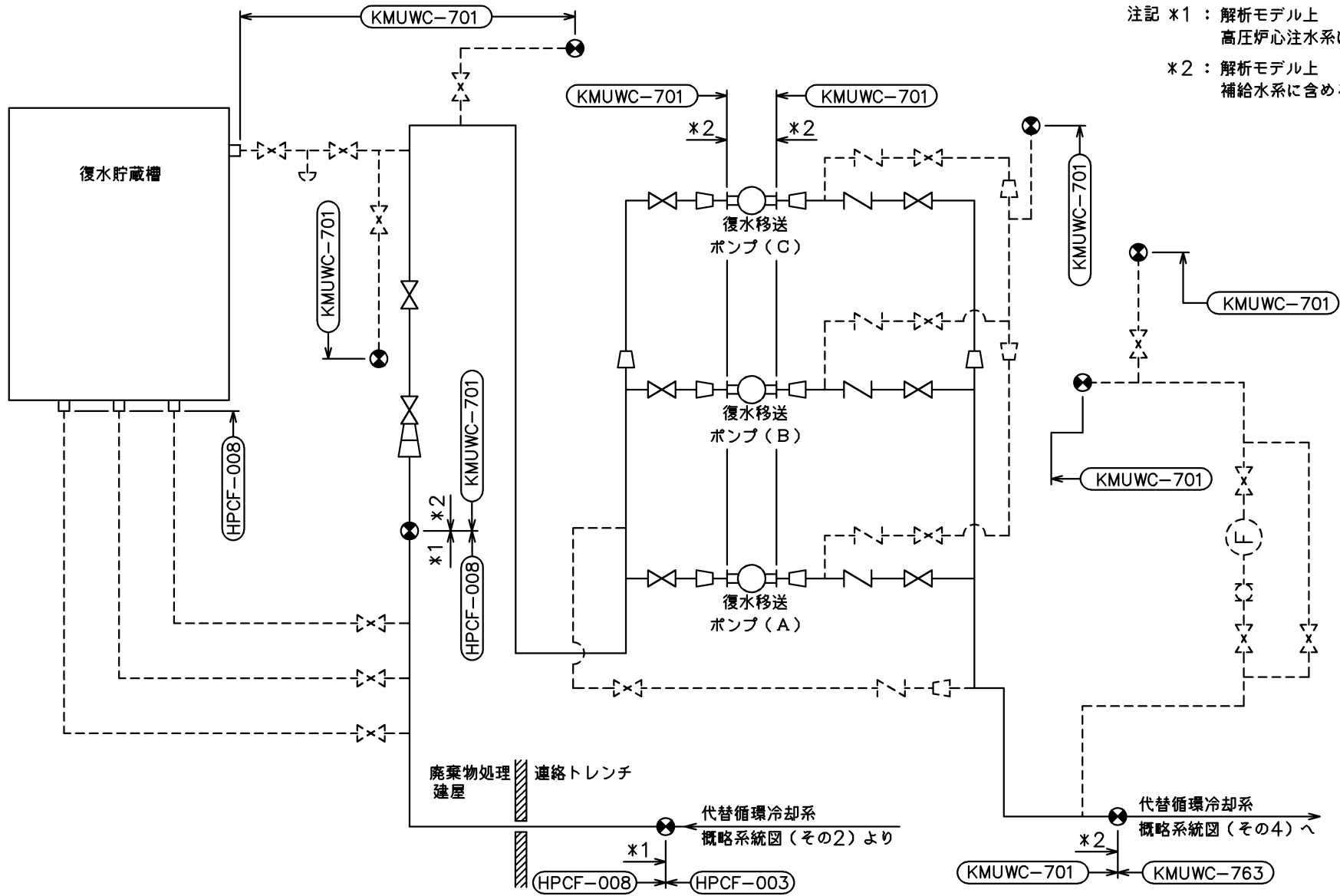
2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



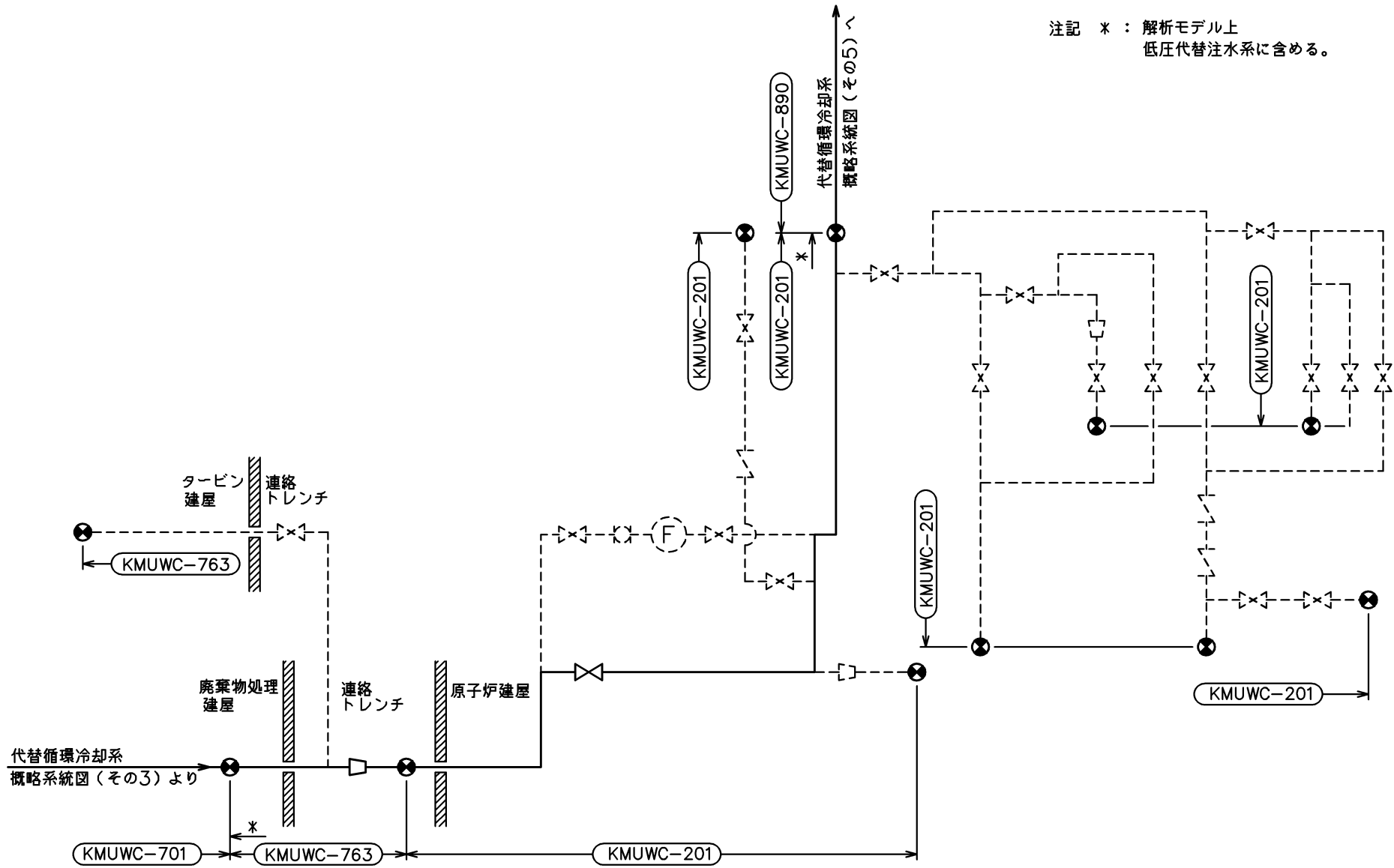




注記 *1 : 解析モデル上
高圧炉心注水系に含める。

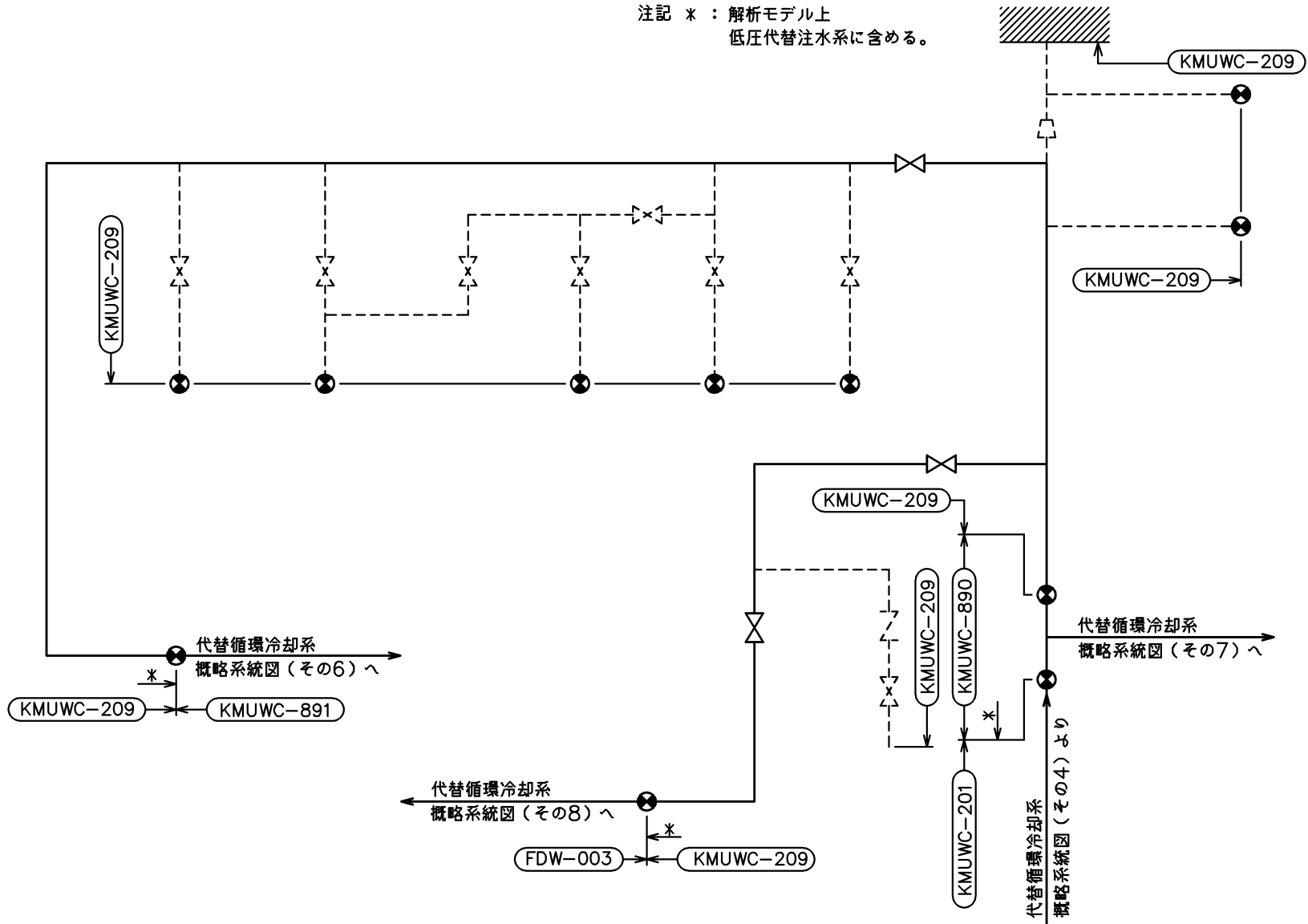
*2 : 解析モデル上
補給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図 (その3)

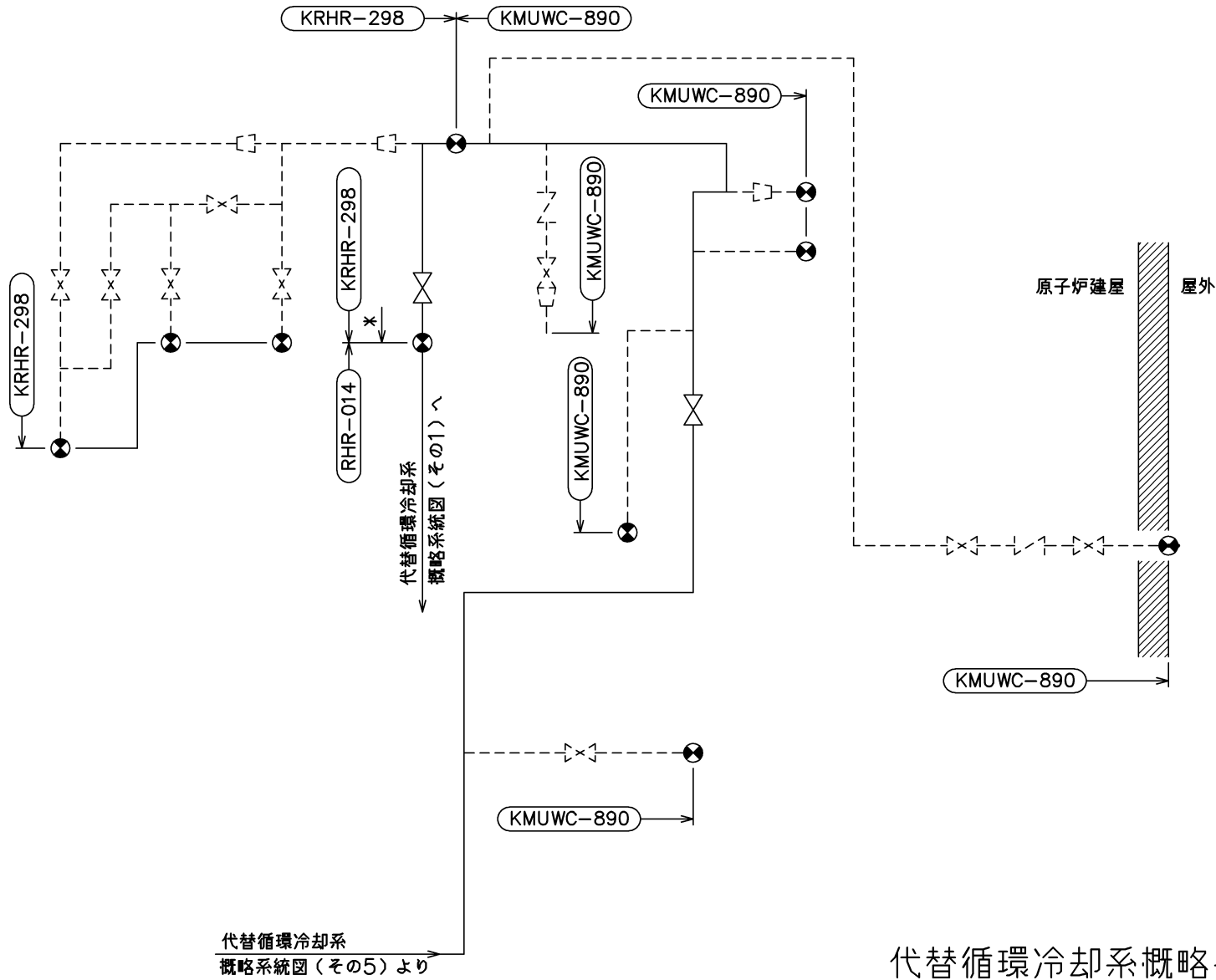


代替循環冷却系概略系統図(その4)

注記 * : 解析モデル上
低圧代替注水系に含める。

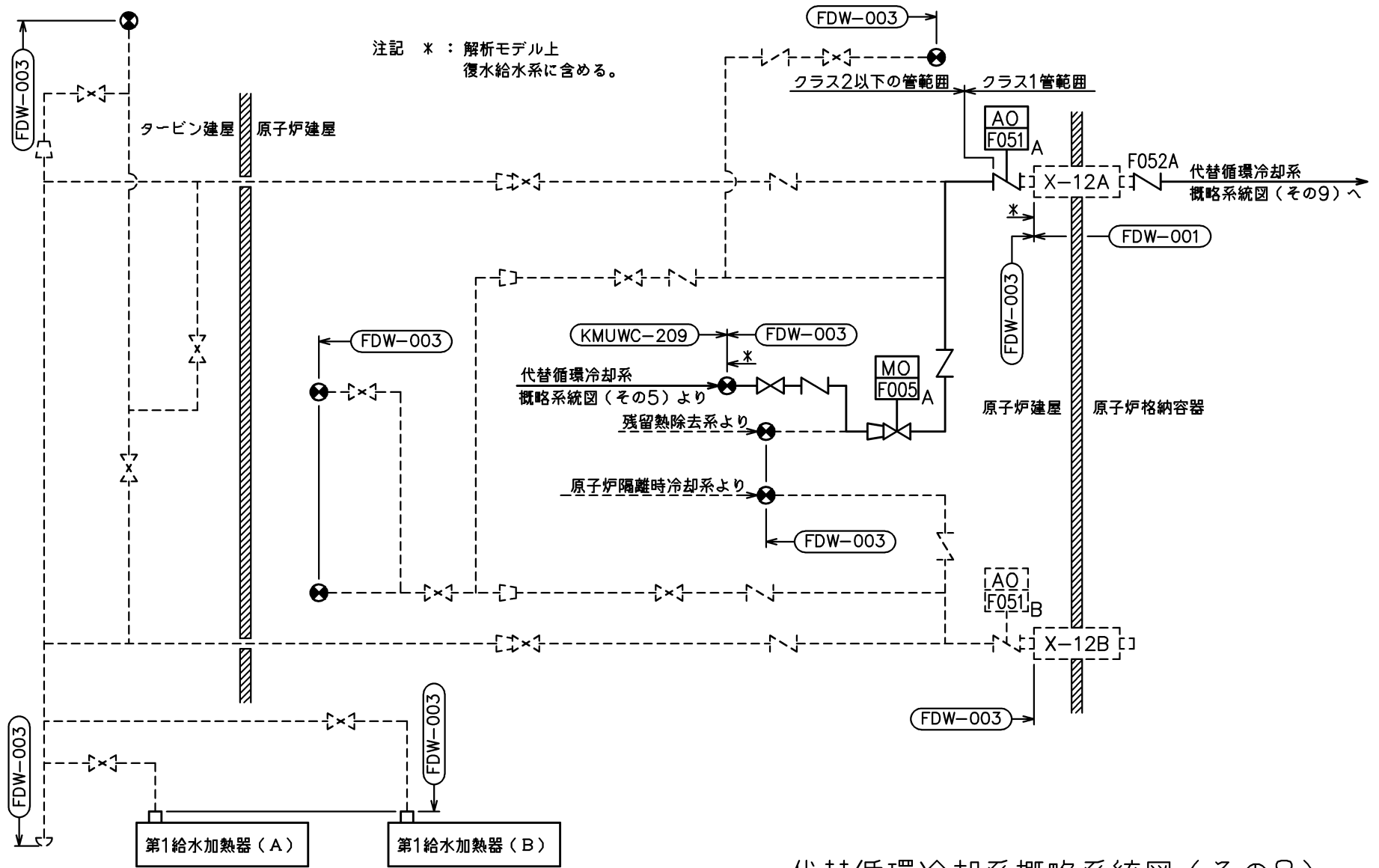


代替循環冷却系概略系統図(その5)



注記 * : 解析モデル上
低圧代替注水系に含める。

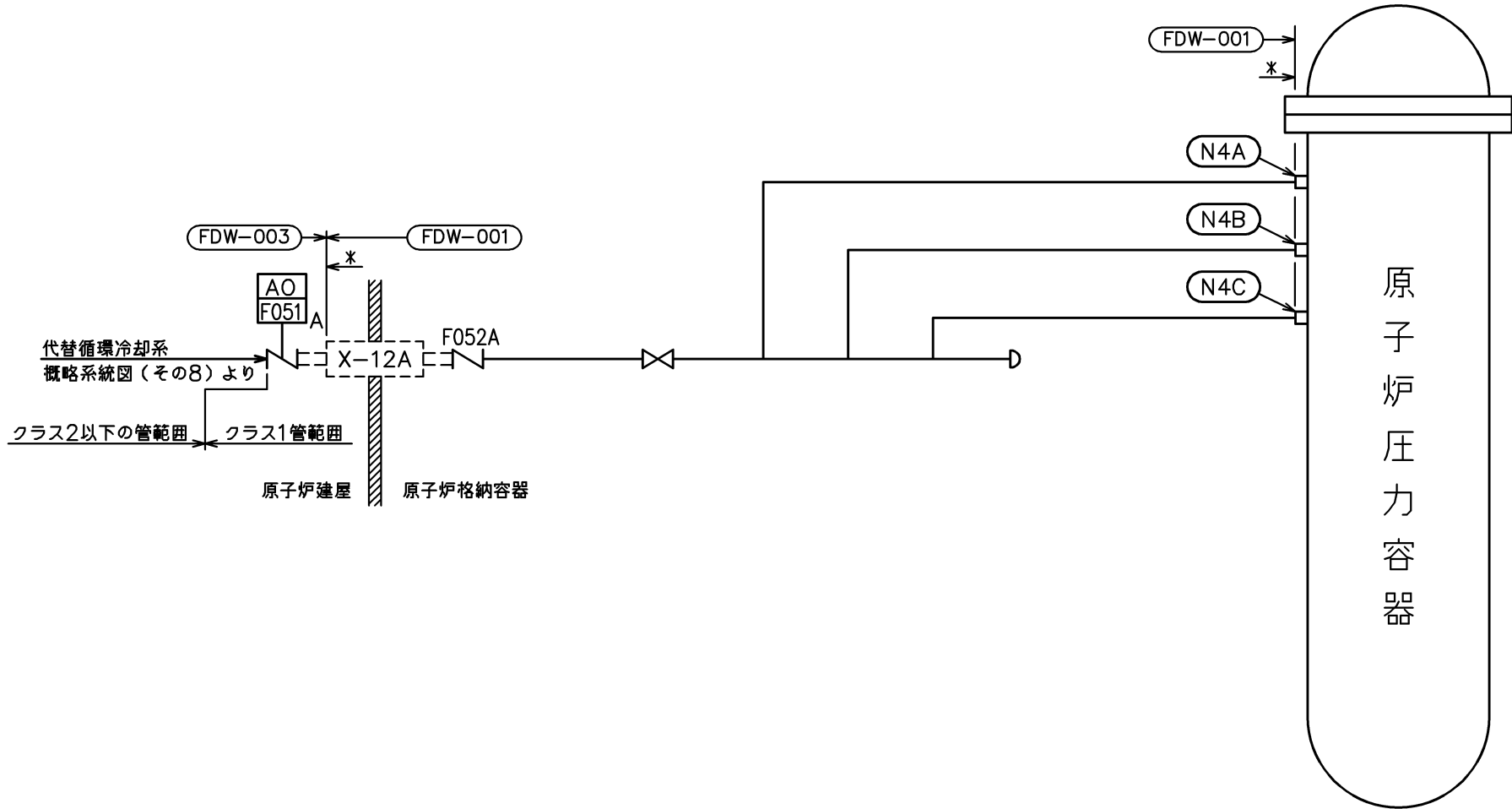
代替循環冷却系概略系統図(その7)



代替循環冷却系概略系統図 (その8)

注記 * : 解析モデル上
復水給水系に含める。

11



代替循環冷却系概略系統図(その9)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
原子炉格納施設	圧力低減設備その他安全設備	代替循環冷却系	S A	常設/緩和	重大事故等クラス2管	—	$V_L(L) + S_d$	V_{AS}
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期間荷重が作用している状態を示す。

*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5：許容応力状態 V_{AS} は許容応力状態 IV_{AS} の許容限界を使用し，許容応力状態 IV_{AS} として評価を実施する。

4. 解析結果及び評価

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれる。

「VI-2-5-1(2) 管の耐震性についての計算書(原子炉冷却材の循環設備 復水給水系)」

「VI-2-5-3-1-5 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-5-4-4-1 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-5-5-1-3 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-9-4-4-1-1 ドライウェルスプレイ管の耐震性についての計算書」

「VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書」