

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0312_改1
提出年月日	2021年10月12日

VI-2-5-4-1-4 管の耐震性についての計算書  
(残留熱除去系)

2021年10月

東北電力株式会社

## 設計基準対象施設

## 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	8
3. 計算条件	17
3.1 計算方法	17
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	18
3.3 設計条件	19
3.4 材料及び許容応力評価条件	31
3.5 設計用地震力	32
4. 解析結果及び評価	36
4.1 固有周期及び設計震度	36
4.2 評価結果	60
4.2.1 管の応力評価結果	60
4.2.2 支持構造物評価結果	66
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	68
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	70

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 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、残留熱除去系の管、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。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 18 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

工事計画記載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

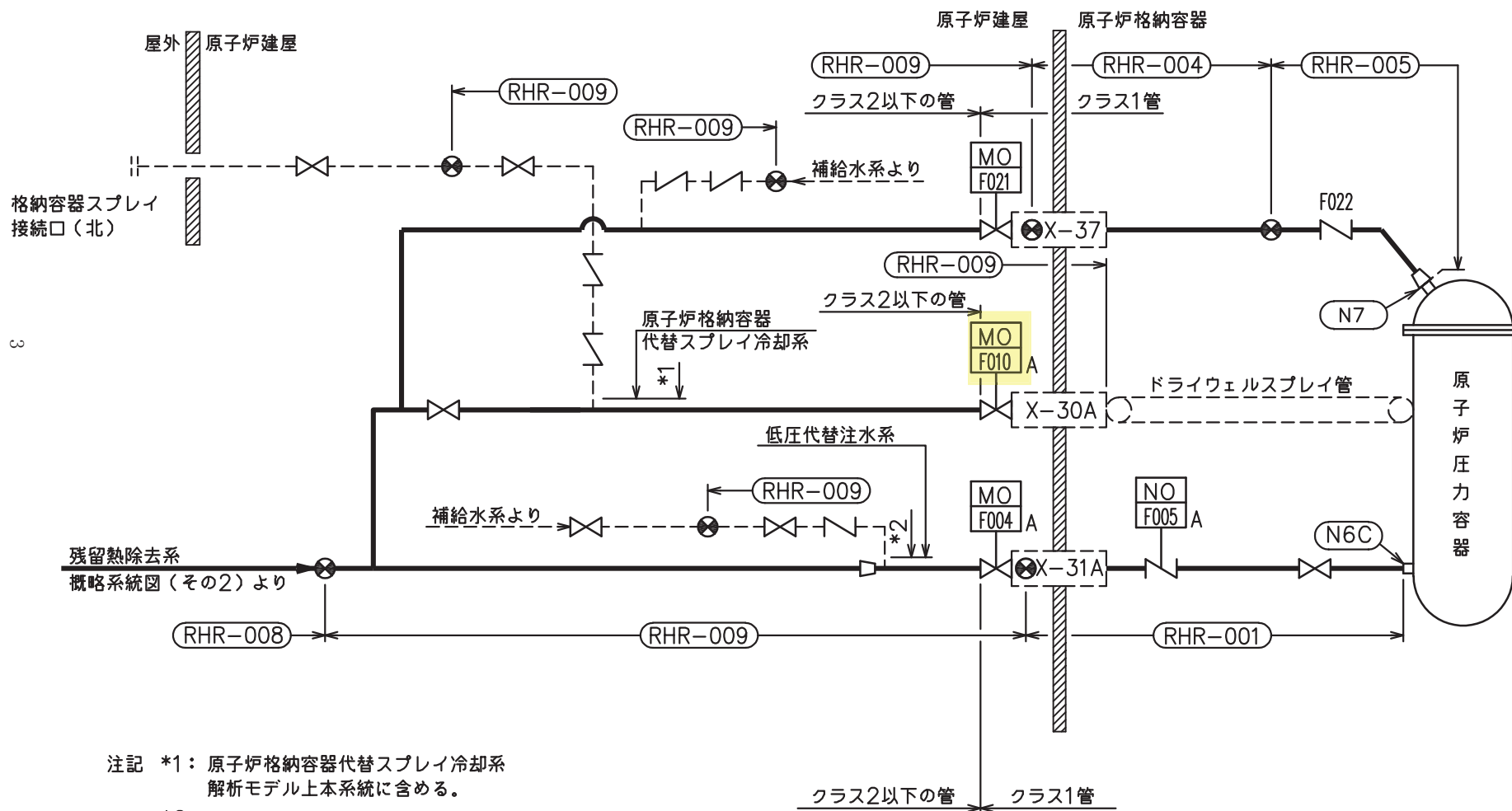
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

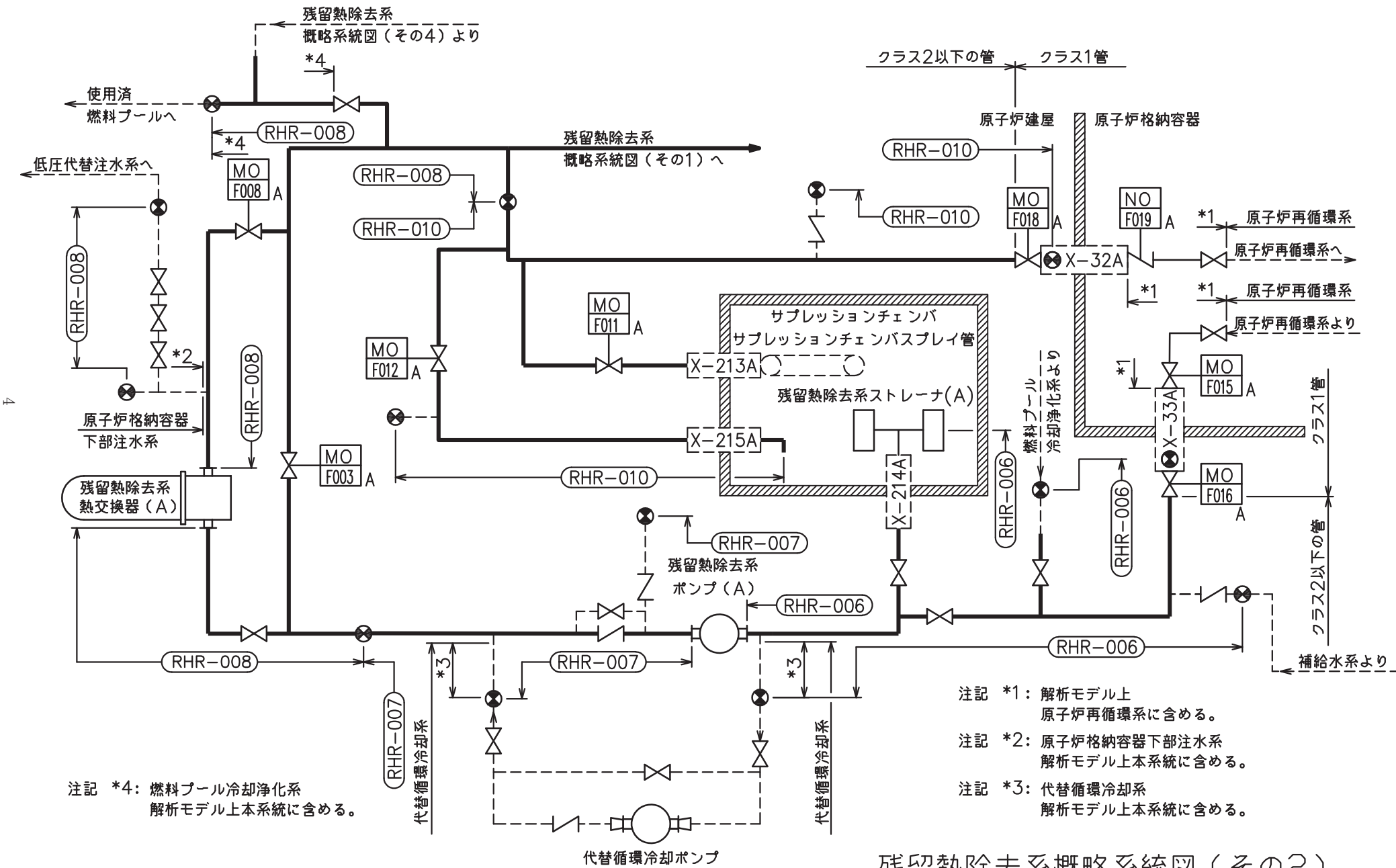
概略系統図記号凡例

記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



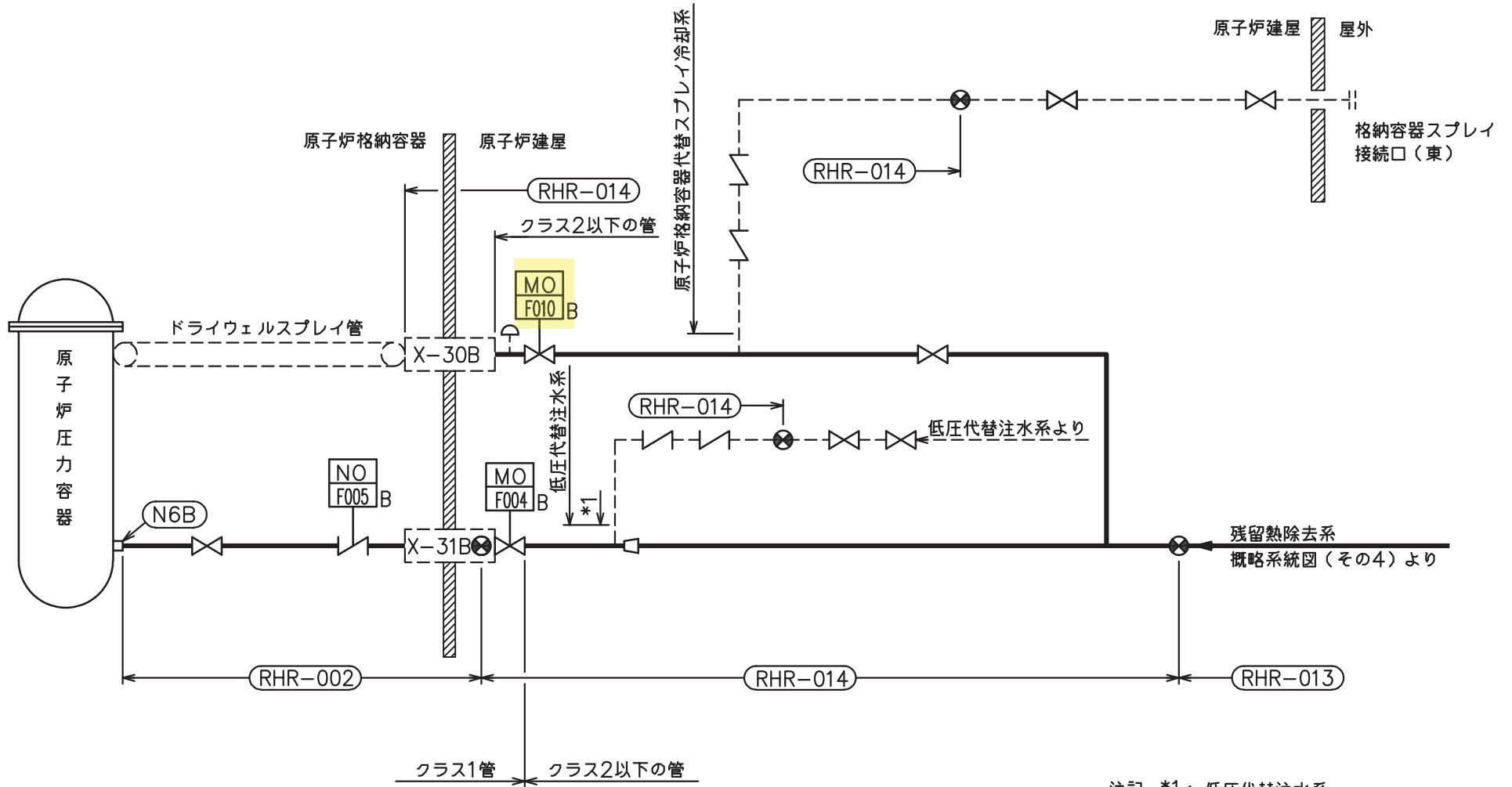
注記 \*1: 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系  
解析モデル上本系統に含める。  
\*2: 低圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図(その1)



残留熱除去系概略系統図(その2)

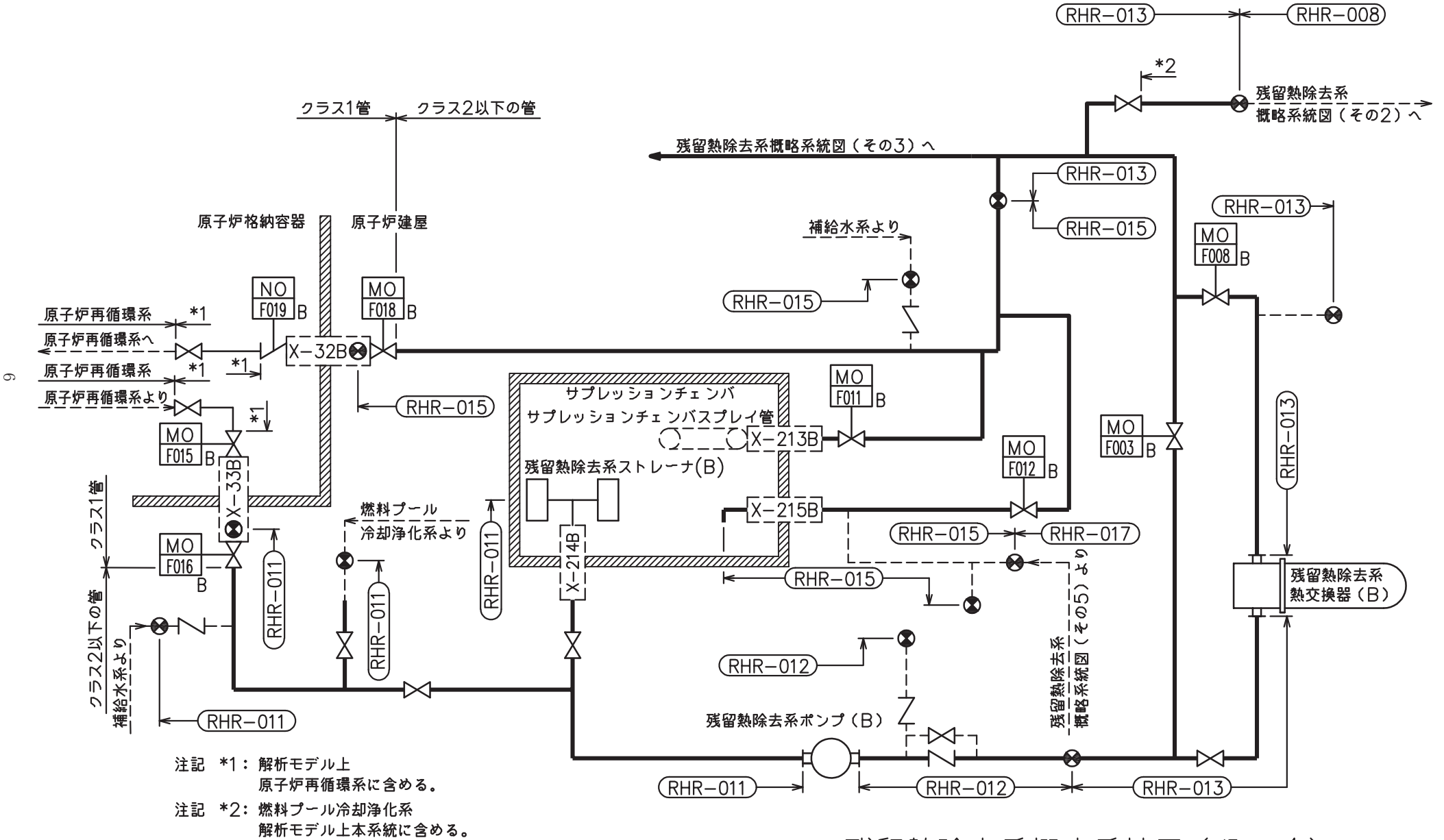
5



注記 \*1: 低圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図(その3)

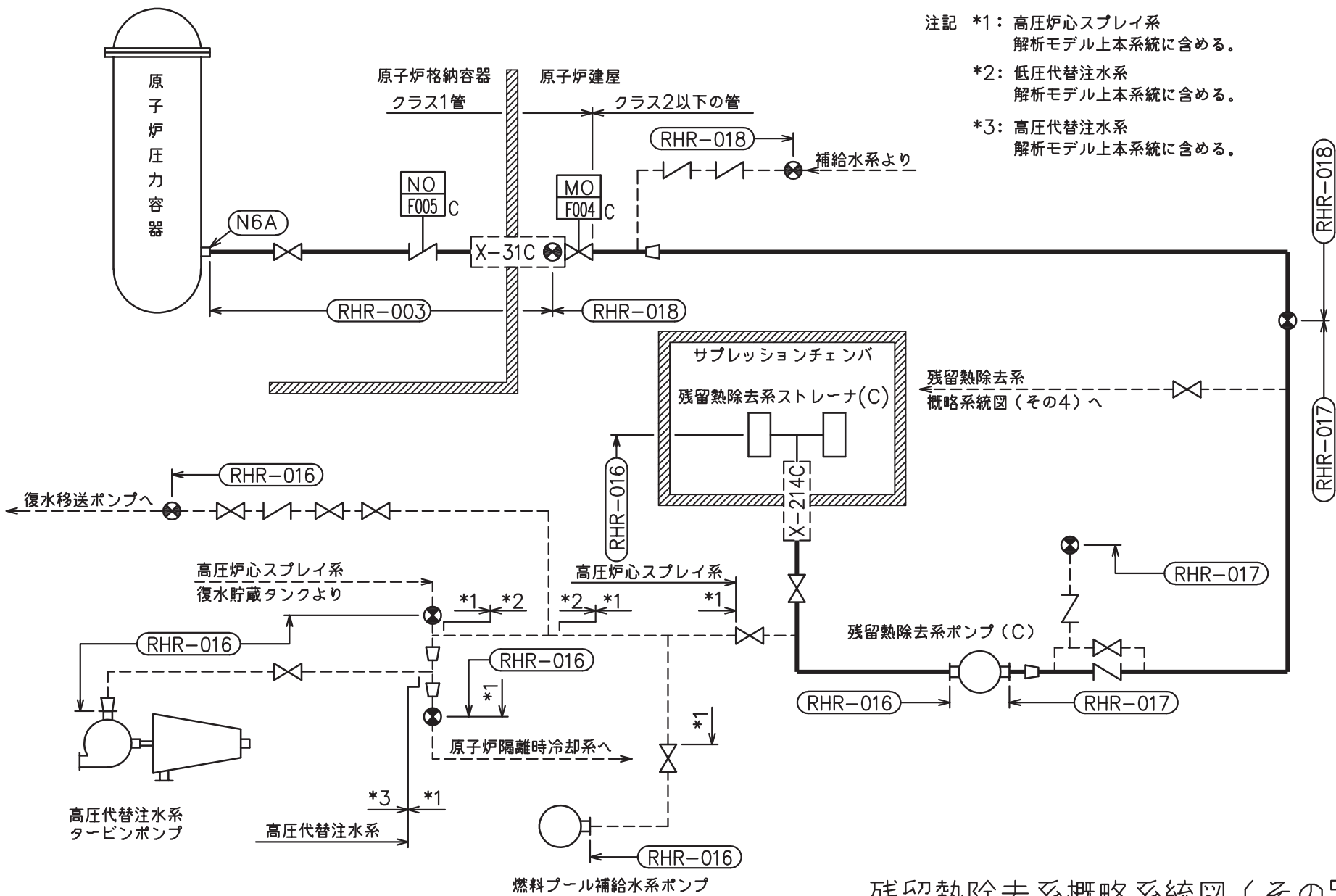




注記 \*1: 解析モデル上  
原子炉再循環系に含める。

注記 \*2: 燃料プール冷却浄化系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その4)


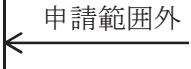




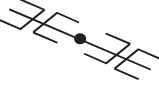

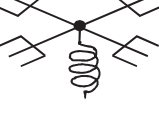
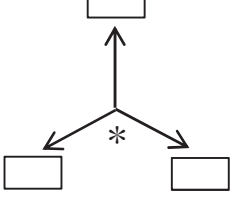


- 注記 \*1: 高压炉心スプレイ系  
解析モデル上本系統に含める。
- \*2: 低压代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。
- \*3: 高压代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その5)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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，<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span>内に変位量を記載する。)</p>

6

鳥瞰図	RHR-003
-----	---------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図	RHR-005
-----	---------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図	RHR-010-1/4
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010-2/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RHR-010-4/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

15

鳥瞰図	RHR-015-1/2
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-015-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 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」及び「S A P-V」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、添付書類「VI-5 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	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2, *3	許容応力状態
原子炉冷却 系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	DB	—	クラス1管 クラス2管	S	I <sub>L</sub> + S d	III <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + S d	
							IV <sub>L</sub> (L) + S d	
							I <sub>L</sub> + S s	IV <sub>A</sub> S
							II <sub>L</sub> + 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：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を示す。

\*3：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。

### 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 RHR-003

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	8.62	302	267.4	18.2	STS410	S	184760

設計条件

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 RHR-003

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	
	37	38	39	40	801	901	902	905								

配管の質量（付加質量含む）

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)
5		12		19		29		39	
6		13		23		30		40	
7		14		24		34		801	
8		15		25		35		901	
9		16		26		36		902	
10		17		27		37		905	
11		18		28		38			

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)
20		31	
21		32	
22		33	

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	21			
弁2	32			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-003

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
6						
** 6 **						
** 11 **						
14						
25						
40						
** 901 **						
** 902 **						
905						

--

O2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(設) R0



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 RHR-005

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	8.62	302	114.3	11.1	STS410	S	184760
2	8.62	302	165.2	14.3	STS410	S	184760

設計条件

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 RHR-005

管名称	対 応 す る 評 価 点																																							
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	24	28	29	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	901	903	904	905
2	30	112	113																																					

配管の質量（付加質量含む）

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		9		18		102		110	
2		10		19		103		111	
3		11		20		104		112	
4		12		21		105		113	
5		13		28		106		901	
6		14		29		107		903	
7		16		30		108		904	
8		17		101		109		905	

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
22	
23	
24	

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	23			

O2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(設) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-005

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						
** 4 **						
13						
** 16 **						
** 19 **						
21						
30						
** 901 **						
** 903 **						
** 904 **						
** 905 **						

--

O2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(設) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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 RHR-010

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	3.73	186	318.5	10.3	STS410	S	192120
2	427kPa (0.427MPa)	104	318.5	10.3	STS410	S	197680
3	3.73	186	114.3	6.0	SF490A	S	192120
4	3.73	186	114.3	6.0	STS410	S	192120
5	3.73	104	114.3	6.0	STS410	S	197680

設計条件

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 RHR-010

管名称	対 応 す る 評 価 点																																
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	22	23	24	25	26	27	80	81	82	97	800	801	802	809	909	910	913	917
2	29	30	31	32	33	34	35	36	83	84	85	86	87	88	89	90	91	810	813	912	915												
3	11	803	804																														
4	38	39	40	41	42	43	44	45	46	98	804	812	815	911	916																		
5	48	49	50	51																													

配管の質量（付加質量含む）

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)
3		22		40		85		809	
4		23		41		86		810	
5		24		42		87		812	
6		25		43		88		813	
7		26		44		89		815	
8		30		45		90		909	
9		31		49		91		910	
10		32		50		97		911	
11		33		51		98		912	
12		34		80		800		913	
13		35		81		801		915	
14		36		82		802		916	
15		38		83		803		917	
16		39		84		804			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
17		27		46	
18		28		47	
19		29		48	
74		76		78	
75		77		79	

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	18			
弁2	28			
弁3	47			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-010

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
3						
26						
31						
** 37 **						
40						
45						
** 52 **						
52						
** 52 **						
** 77 **						
79						
80						
82						
** 89 **						
** 909 **						
** 910 **						
** 911 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 915 **						
** 916 **						
917						



O 2 ⑤ VI-2-5-4-1-4 (設) R 0

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 RHR-015

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	3.73	186	318.5	10.3	STS410	S	192120
2	3.73	186	114.3	6.0	SF490A	S	192120
3	3.73	186	114.3	6.0	STS410	S	192120
4	3.73	104	114.3	6.0	STS410	S	197680
5	427kPa (0.427MPa)	104	318.5	10.3	STS410	S	197680

設計条件

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 RHR-015

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	42	43	44	45	46	47	80	81	805	806	807	812	814	815	915
	916	917	919												
2	9	808	809												
3	27	28	29	30	31	32	33	34	35	809	813	817	918		
4	37	38	39	40											
5	49	50	51	52	53	54	55	56	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	802	803	816	902	903								

配管の質量（付加質量含む）

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		27		45		87		813	
2		28		46		88		814	
3		29		50		89		815	
4		30		51		90		816	
5		31		52		91		817	
6		32		53		92		902	
7		33		54		802		903	
8		34		55		803		915	
9		38		56		805		916	
10		39		80		806		917	
11		40		81		807		918	
12		42		84		808		919	
13		43		85		809			
14		44		86		812			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
15		35		47	
16		36		48	
17		37		49	
74		76		78	
900		77		79	

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	16			
弁2	36			
弁3	48			

O 2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(設) R 1



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-015

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						
29						
34						
** 41 **						
41						
** 41 **						
46						
51						
** 57 **						
77						
79						
80						
81						
** 90 **						
900						
** 902 **						
** 903 **						
916						
** 917 **						
918						
** 919 **						
** 921 **						

O 2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(設) R 1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>h</sub> (MPa)
SF490A	186	—	214	438	—
STS410	104	—	219	404	—
	186	—	208	404	—
	302	122	182	—	—

### 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、添付書類「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、添付書類「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。

本計算書の疲労評価は、設備ごとに個別に設定した等価繰返し回数162回(S s)及び278回(S d)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R H R - 0 0 3	原子炉しゃへい壁		

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、添付書類「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、添付書類「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。

本計算書の疲労評価は、設備ごとに個別に設定した等価繰返し回数216回(S s)及び311回(S d)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R H R - 0 0 5	原子炉圧力容器		
	原子炉格納容器		

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、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「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	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R H R - 0 1 0	原子炉建屋		

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、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「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	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R H R - 0 1 5	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 RHR-003

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向
1 次							
2 次							
3 次							
4 次							
5 次							
6 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

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：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4： $3.6C_I$  及び  $1.2C_V$  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 RHR-003

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 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。

鳥瞰図 RHR-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

40

鳥瞰図 RHR-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-005

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1
		X 方 向	Z 方 向	Y 方 向	X 方 向	Z 方 向	Y 方 向
1 次							
2 次							
3 次*2							
動的震度*3							
静的震度*4							

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：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4： $3.6C_I$  及び  $1.2C_V$  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 RHR-005

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 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。

鳥瞰図 RHR-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RHR-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-010

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
14 次								
15 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

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：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
 \*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4： $3.6C_1$  及び $1.2C_v$  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 RHR-010

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 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。

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RHR-015

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
13 次								
14 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

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：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4： $3.6C_1$  及び $1.2C_v$  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 RHR-015

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
13 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。

鳥瞰図 RHR-015

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-015

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-015

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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。

クラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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 疲労累積係数
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次応力	許容応力	
					$S_{p r m}(S d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S d)$	$3 \cdot S_m$	
					$S_{p r m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$	$U+U S d$
RHR-003	III <sub>A</sub> S	35	ELBOW	$S_{p r m}(S d)$	153	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	39	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	105*	67	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	35	ELBOW	$S_n(S d)$	—	—	—	—	377**	366	0.0123
	III <sub>A</sub> S	40	NOZZLE	$U+U S d$	—	—	—	—	—	—	0.0447
	IV <sub>A</sub> S	35	ELBOW	$S_{p r m}(S s)$	243	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	39	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	193*	89	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	35	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	680**	366	0.2826
	IV <sub>A</sub> S	40	NOZZLE	$U+U S s$	—	—	—	—	—	—	0.5620

\*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

\*\*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥 瞰 図 RHR-003

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 S <sub>t</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>d</sub> ) S <sub>t</sub> +S <sub>b</sub> (S <sub>s</sub> )	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
35	54 92 *	67 89	118 208	219 292
39	105 * 193 *	67 89	111 202	219 292



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。

クラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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 疲労累積係数
					一次応力	許容応力	ねじり応力	許容応力	一次+二次応力	許容応力	
					$S_{p r m}(S d)$	$2.25 \cdot S_m$	$S_t(S d)$	$0.55 \cdot S_m$	$S_n(S d)$	$3 \cdot S_m$	
$S_{p r m}(S s)$	$3 \cdot S_m$	$S_t(S s)$	$0.73 \cdot S_m$	$S_n(S s)$	$3 \cdot S_m$						
RHR-005	III <sub>A</sub> S	104	BUTT WELD	$S_{p r m}(S d)$	120	274	—	—	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	28	ELBOW	$S_t(S d)$	—	—	70*	67	—	—	—
	III <sub>A</sub> S	29	ELBOW	$S_n(S d)$	—	—	—	—	374**	366	0.0250
	III <sub>A</sub> S	112	REDUCER	U+U S d	—	—	—	—	—	—	0.0689
	IV <sub>A</sub> S	29	ELBOW	$S_{p r m}(S s)$	197	366	—	—	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	28	ELBOW	$S_t(S s)$	—	—	129*	89	—	—	—
	IV <sub>A</sub> S	29	ELBOW	$S_n(S s)$	—	—	—	—	675**	366	0.4586
	IV <sub>A</sub> S	112	REDUCER	U+U S s	—	—	—	—	—	—	0.6667

\*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

\*\*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sのとき $0.55 \cdot S_m$ ，又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sのとき $0.73 \cdot S_m$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥 瞰 図 RHR-005

評価点	一次応力評価 (MPa)			
	ねじり応力 $S_t(S_d)$ $S_t(S_s)$	許容応力 $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b(S_d)$ $S_t + S_b(S_s)$	許容応力 $1.8 \cdot S_m$ $2.4 \cdot S_m$
28	70 * 129 *	67 89	85 160	219 292

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。

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	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				S p r m ( S d ) S p r m ( S s )	S y *1 0. 9 ・ S u	S n ( S s )	2 ・ S y	
RHR-010	Ⅲ <sub>A</sub> S	29	S p r m ( S d )	118	219	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	29	S p r m ( S s )	206	363	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	29	S n ( S s )	—	—	403	438	—

注記 \*1: 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、S<sub>y</sub>と1.2・S<sub>h</sub>のうち大きい方とする。

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。

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	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				S p r m ( S d ) S p r m ( S s )	S y *1 0. 9 ・ S u	S n ( S s )	2 ・ S y	
RHR-015	Ⅲ <sub>A</sub> S	47	S p r m ( S d )	124	208	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	9	S p r m ( S s )	198	394	—	—	—
	Ⅳ <sub>A</sub> S	39	S n ( S s )	—	—	358	438	—

注記 \*1: 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、S<sub>y</sub>と1.2・S<sub>h</sub>のうち大きい方とする。

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)
RHR-006-084S	メカニカルスナップ	SMS-10-100	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		173*	150
RHR-006-908B	ロッドレストレイント	RTS-25			149	375
RHR-011-085H	スプリングハンガ	VS30T-17			27	39
RHR-011-956S	メカニカルスナップ	SMS-25-100			173	375
RHR-005-021H	コンスタントハンガ	CDS-150-09			3088N	1650N×2

注記\*：当該メカニカルスナップの計算荷重が許容荷重を超えるため、詳細評価を実施する。

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 <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RHR-010-026R	レストレイント	ラグ	STS410	186	204	133	228	-	-	-	せん断	75	120
RHR-008-085A	アンカ	ラグ	SGV410	186	105	28	65	21	54	25	組合せ	94	228

メカニカルスナップの詳細評価結果

支持構造物 番号	型式	評価結果					
		強度評価				機能確認	
		評価部位*	応力分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)
RHR-006-084S	SMS-10-100	ベアリング押え	曲げ	323	404	173	219

注記\*：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

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を超える弁については、詳細評価を実施する。

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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平	鉛直	水平	鉛直
E11-F005B	テストブル チェック弁	$\beta$ (S s)	9.2*	10.6*	6.0	6.0
E11-F011B	ゲート弁	$\beta$ (S s)	7.5*	3.4	6.0	6.0
E11-F012A	グローブ弁	$\beta$ (S s)	10.7*	2.4	6.0	6.0

注：機能維持評価用加速度は、配管系の地震応答解析による打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

注記\*：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、詳細評価を行う。

**詳細評価結果**

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が駆動部の動作機能確認済加速度以下及び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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )		駆動部の動作機能確認済 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	評価部位*1	応力分類	計算応力	許容応力
E11-F005B	テストブル チェック弁	$\beta$ (S s)	9.2	10.6	14.0*2	14.0*2	ボルト	引張	71	259
E11-F011B	ゲート弁	$\beta$ (S s)	7.5	3.4	20.0	20.0	ヨーク	曲げ	242	354
E11-F012A	グローブ弁	$\beta$ (S s)	10.7	2.4	20.0	20.0	ヨーク	曲げ	204	354

注記\*1：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

\*2：逆止弁のため開機能維持又は閉機能維持のための動作機能確認済加速度を示す。



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、応力分類ごとに裕度が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(クラス1管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> S												
		一次応力					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	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労累積係数	代表
1	RHR-001	11	119	274	2.30	—	11	188	366	1.94	—	11	577	366	0.63	—	11	0.1299	—
2	RHR-002	38	110	274	2.49	—	38	134	366	2.73	—	9	469	366	0.78	—	38	0.1039	—
3	RHR-003	35	153	274	1.79	○	35	243	366	1.50	○	35	680	366	0.53	○	40	0.5620	—
4	RHR-004	19	82	274	3.34	—	19	141	366	2.59	—	19	370	366	0.98	—	903	0.0887	—
5	RHR-005	104	120	274	2.28	—	29	197	366	1.85	—	29	675	366	0.54	—	112	0.6667	○

注記\*：III<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス 2 以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III <sub>A</sub> S					許容応力状態 IV <sub>A</sub> S												
		一次応力					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	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	RHR-006	16	96	190	1.97	—	16	149	326	2.18	—	16	346	380	1.09	—	—	—	—
2	RHR-007	1	76	208	2.73	—	1	93	363	3.90	—	28	248	416	1.67	—	—	—	—
3	RHR-008	22	90	208	2.31	—	22	129	363	2.81	—	22	214	416	1.94	—	—	—	—
4	RHR-009	235	86	208	2.41	—	235	104	363	3.49	—	235	215	416	1.93	—	—	—	—
5	RHR-010	29	118	219	1.85	—	29	206	363	1.76	○	29	403	438	1.08	○	—	—	—
6	RHR-011	39	108	208	1.92	—	39	152	363	2.38	—	16	301	380	1.26	—	—	—	—
7	RHR-012	1	87	208	2.39	—	29	120	363	3.02	—	29	289	416	1.43	—	—	—	—
8	RHR-013	12	113	208	1.84	—	12	182	363	1.99	—	12	319	416	1.30	—	—	—	—
9	RHR-014	43	64	208	3.25	—	9	80	363	4.53	—	203	180	416	2.31	—	—	—	—
10	RHR-015	47	124	208	1.67	○	9	198	394	1.98	—	39	358	438	1.22	—	—	—	—
11	RHR-016	11	86	200	2.32	—	11	145	334	2.30	—	18	281	402	1.43	—	—	—	—
12	RHR-017	31	112	220	1.96	—	31	158	364	2.30	—	35	310	440	1.41	—	—	—	—
13	RHR-018	19	91	220	2.41	—	19	122	364	2.98	—	1	221	440	1.99	—	—	—	—

注記\* : III<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

## 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	8
3. 計算条件	13
3.1 計算方法	13
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	14
3.3 設計条件	15
3.4 材料及び許容応力評価条件	18
3.5 設計用地震力	19
4. 解析結果及び評価	20
4.1 固有周期及び設計震度	20
4.2 評価結果	26
4.2.1 管の応力評価結果	26
4.2.2 支持構造物評価結果	27
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	28
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	29

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 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、残留熱除去系の管、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。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 13 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

工事計画記載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

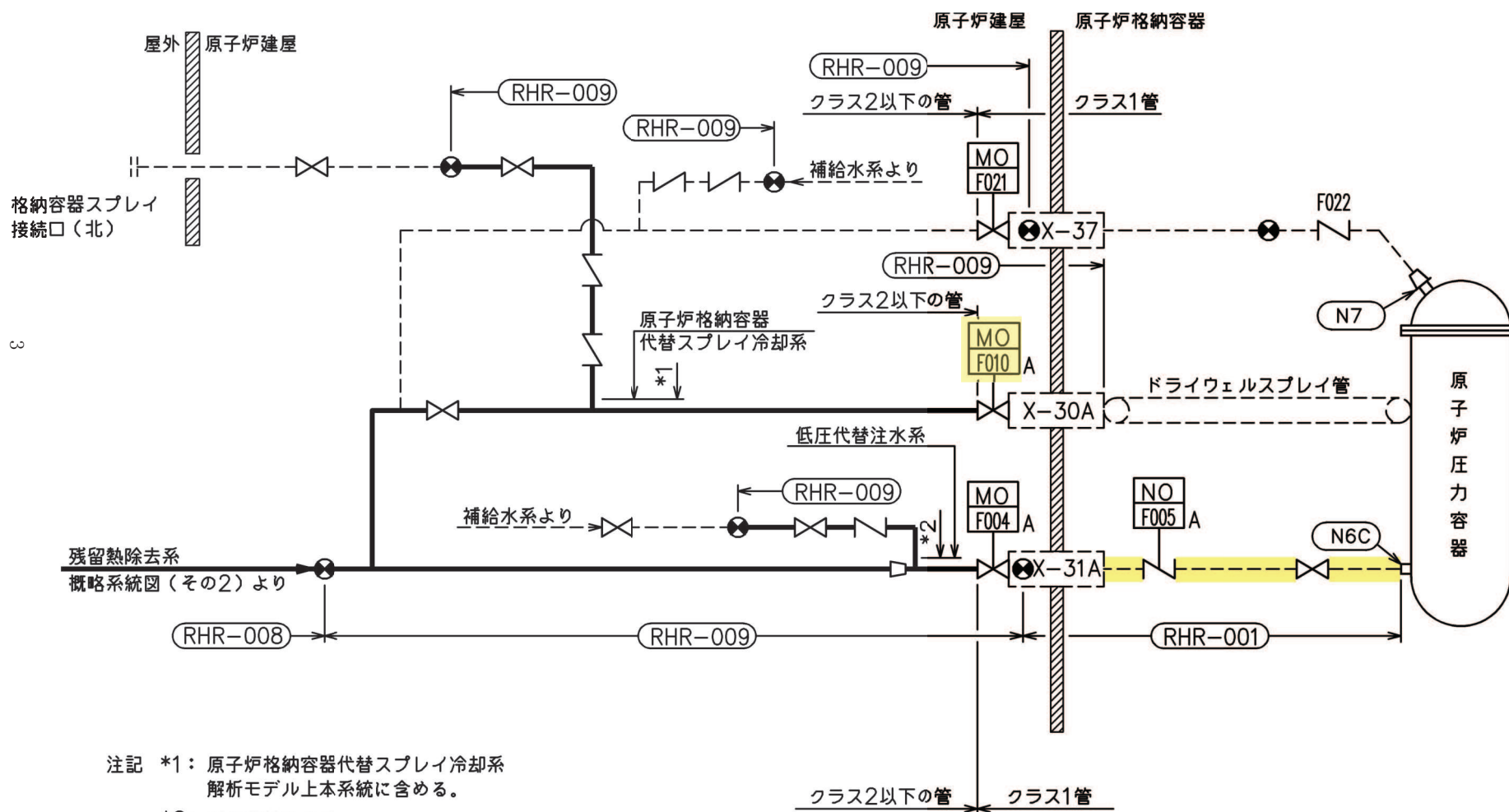
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

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

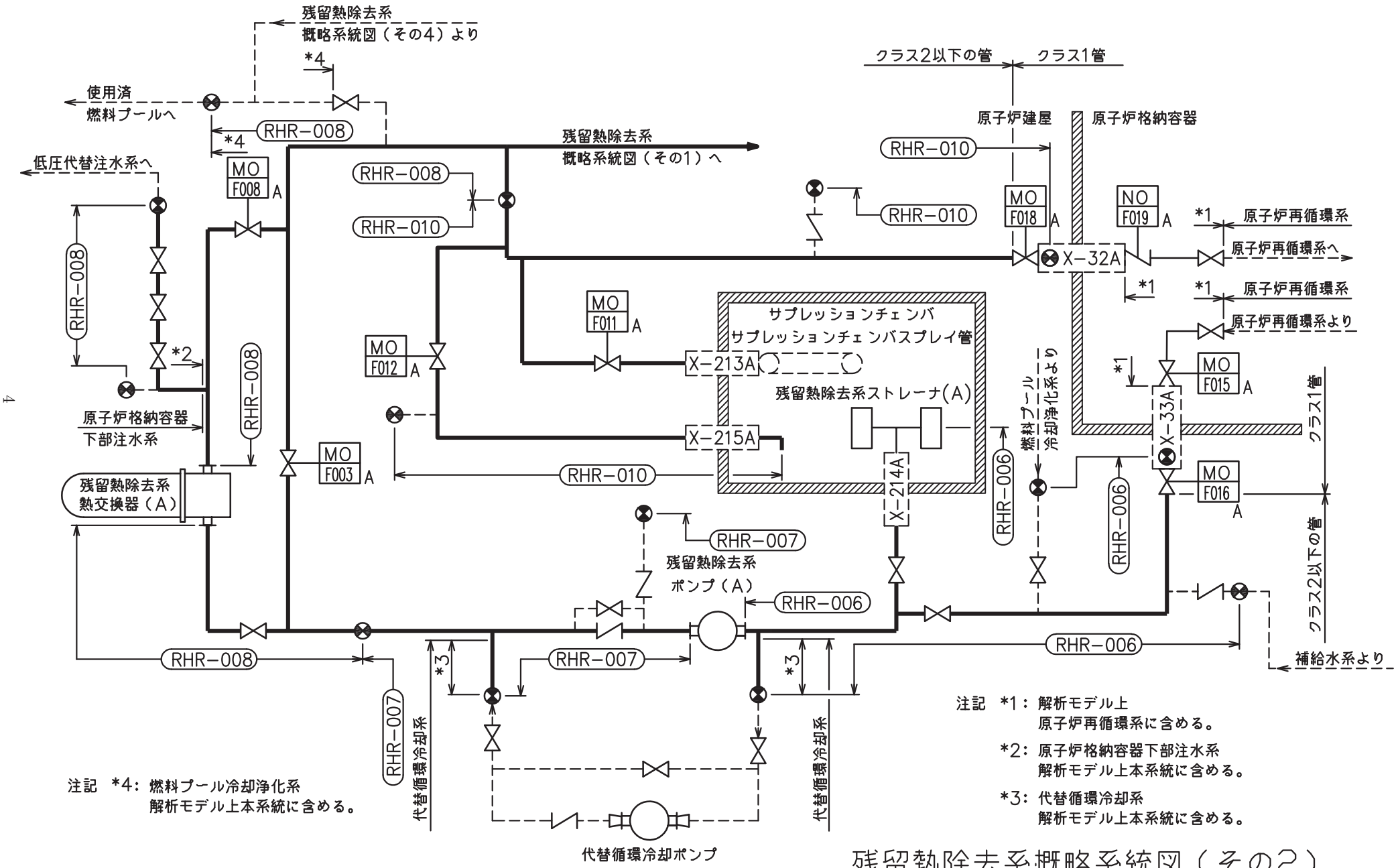
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



注記 \*1: 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系  
解析モデル上本系統に含める。

\*2: 低圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。

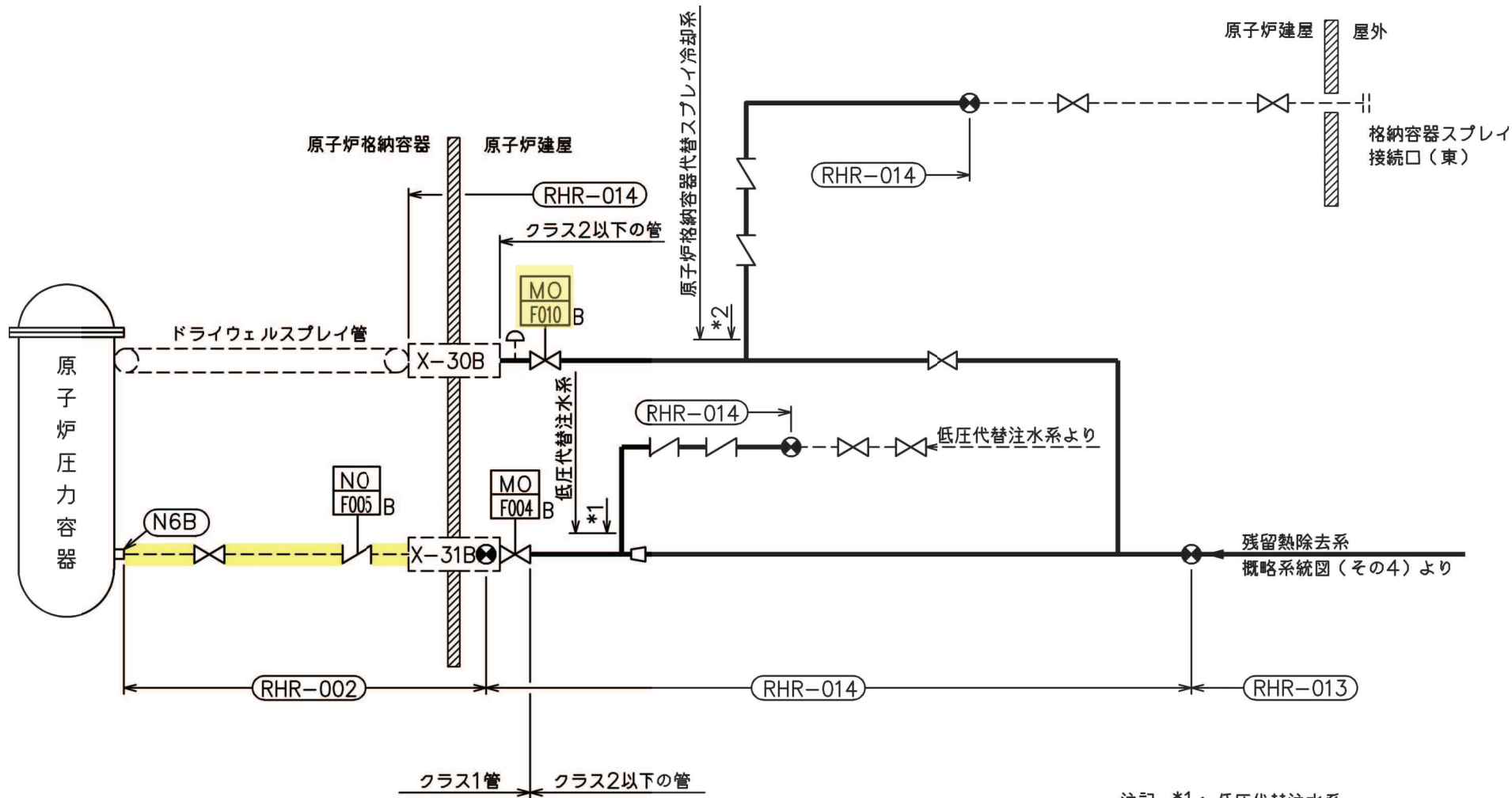
残留熱除去系概略系統図(その1)



残留熱除去系概略系統図 (その2)

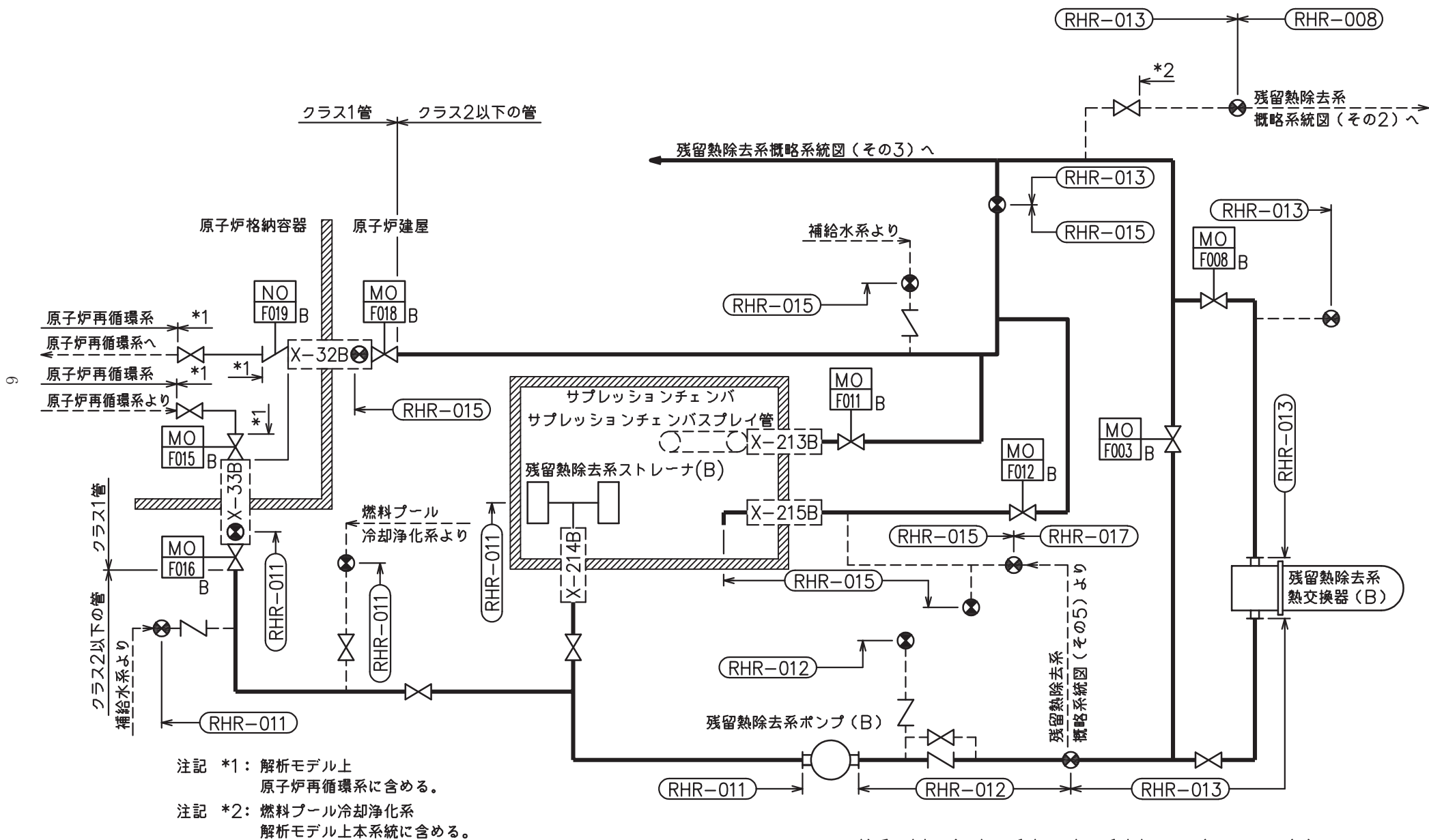


5

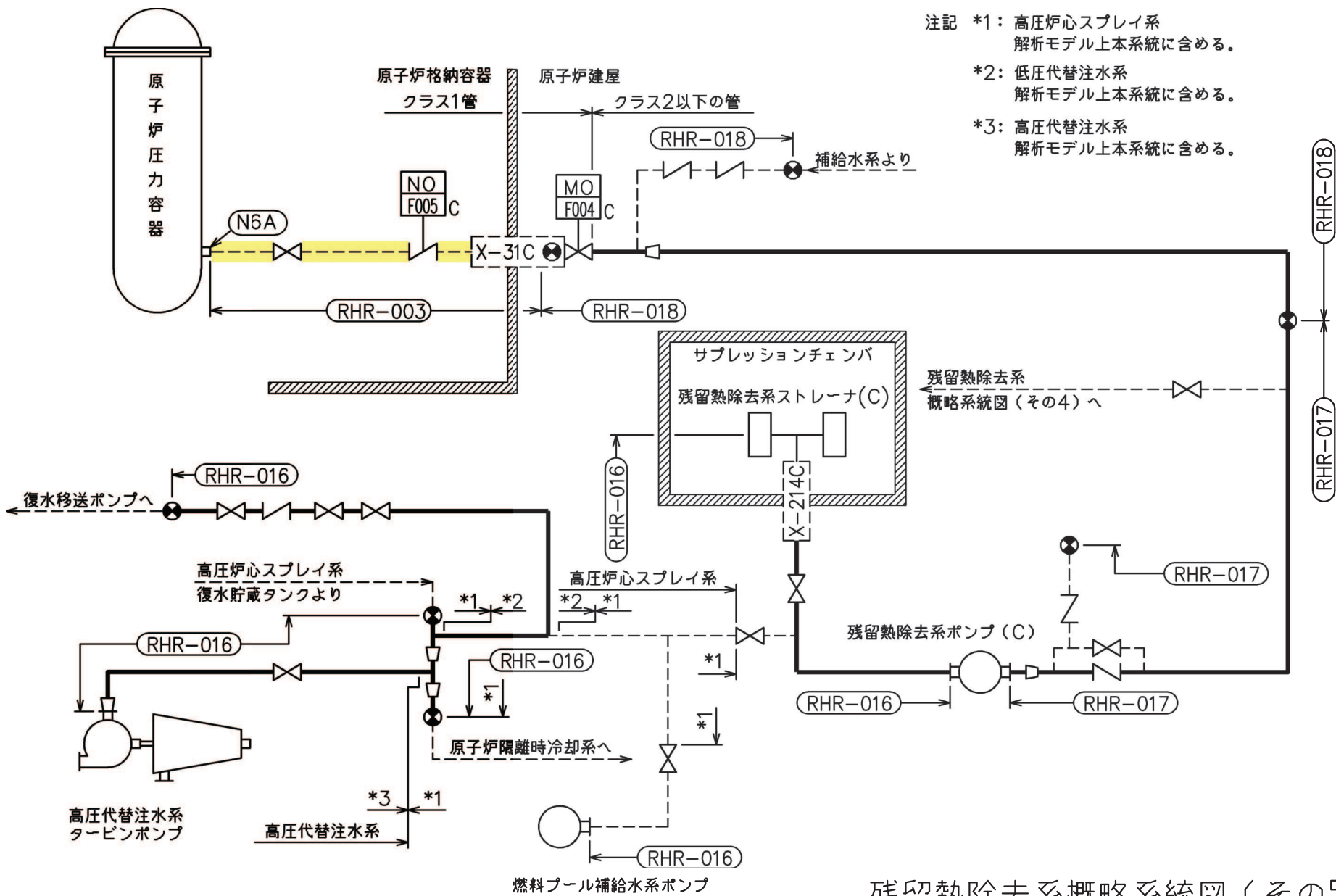


注記 \*1: 低圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。  
注記 \*2: 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その3)



残留熱除去系概略系統図(その4)


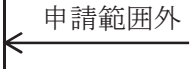




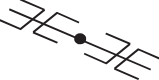

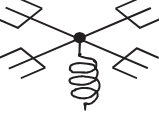
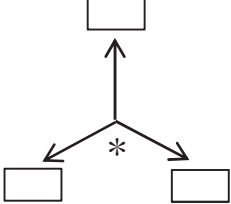


注記 \*1: 高圧炉心スプレイ系  
解析モデル上本系統に含める。  
\*2: 低圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。  
\*3: 高圧代替注水系  
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その5)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管</p>
	<p>工事計画記載範囲外の管</p>
	<p>工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>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。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>
	<p>ガイド</p>
	<p>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，<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。)</p>

6

鳥瞰図	RHR-010-1/4
-----	-------------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

10

鳥瞰図 RHR-010-2/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010-4/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 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」及び「S A P-V」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、添付書類「VI-5 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, *4	許容応力状態*5
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系	SA	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L(L) + S_d$	$V_{AS}$
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	残留熱除去系 (格納容器スプレ イ冷却モード)	SA	常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 クラス 2 管	—	$V_L(L) + S_d$	$V_{AS}$
							$V_L(LL) + S_s$	
							$V_L + S_s$	
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	残留熱除去系 (サプレッション プール水冷却 モード)	SA	常設／防止 (DB 拡張)	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／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張) 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) より更に長期的に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。

### 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 RHR-010

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	3.73	186	318.5	10.3	STS410	—	192120
2	854kPa (0.854MPa)	200	318.5	10.3	STS410	—	191000
3	3.73	186	114.3	6.0	SF490A	—	192120
4	3.73	186	114.3	6.0	STS410	—	192120
5	3.73	200	114.3	6.0	STS410	—	191000

設計条件

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 RHR-010

管名称	対 応 す る 評 価 点																																
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	22	23	24	25	26	27	80	81	82	97	800	801	802	809	909	910	913	917
2	29	30	31	32	33	34	35	36	83	84	85	86	87	88	89	90	91	810	813	912	915												
3	11	803	804																														
4	38	39	40	41	42	43	44	45	46	98	804	812	815	911	916																		
5	48	49	50	51																													

配管の質量（付加質量含む）

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)
3		22		40		85		809	
4		23		41		86		810	
5		24		42		87		812	
6		25		43		88		813	
7		26		44		89		815	
8		30		45		90		909	
9		31		49		91		910	
10		32		50		97		911	
11		33		51		98		912	
12		34		80		800		913	
13		35		81		801		915	
14		36		82		802		916	
15		38		83		803		917	
16		39		84		804			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
17		27		46	
18		28		47	
19		29		48	
74		76		78	
75		77		79	

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	18			
弁2	28			
弁3	47			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-010

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
3						
26						
31						
** 37 **						
40						
45						
** 52 **						
52						
** 52 **						
** 77 **						
79						
80						
82						
** 89 **						
** 909 **						
** 910 **						
** 911 **						
** 912 **						
** 913 **						
** 915 **						
** 916 **						
917						



O2 ⑤ VI-2-5-4-1-4(重) R0

### 3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>h</sub> (MPa)
SF490A	186	—	214	438	—
STS410	186	—	208	404	—
	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、添付書類「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、添付書類「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。

本計算書の疲労評価は、設備ごとに個別に設定した等価繰返し回数340回(S<sub>s</sub>)で実施する。

鳥 瞰 図	建物・構築物	標高(O.P. (m))	減衰定数(%)
R H R - 0 1 0	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 RHR-010

適用する地震動等		S d 及び静的震度			S s			
モード	固有周期 (s)	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	応答水平震度*1		応答鉛直震度*1	
		X 方向	Z 方向	Y 方向	X 方向	Z 方向	Y 方向	
1 次								
2 次								
3 次								
4 次								
5 次								
6 次								
7 次								
8 次								
14 次								
15 次*2								
動的震度*3								
静的震度*4								

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：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4： $3.6C_1$  及び $1.2C_v$  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 RHR-010

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X 方向	Y 方向	Z 方向
1 次				
2 次				
3 次				
4 次				
5 次				
6 次				
7 次				
8 次				
14 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。

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

25

鳥瞰図 RHR-010

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{p r m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
RHR-010	$V_A S$	29	$S_{p r m}(S_s)$	210	363	—	—	—
	$V_A S$	29	$S_n(S_s)$	—	—	422 *	414	0.7118

\*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

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)
RHR-006-908B	ロッドレストレイント	RTS-25	添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐 震計算について」参照		181	375
RHR-011-956S	メカニカルスナップ	SMS-25-100			210	375
RHR-016-956B	ロッドレストレイント	RTS-16			187	240
RHR-011-085H	スプリングハンガ	VS30T-17			27	39

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 <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>			
RHR-010-026R	レストレイント	架構	STKR400	130	105	79	108	-	-	-	組合せ	165	225
RHR-016-021A	アンカ	架構	STKR400	130	54	15	346	4	2	18	曲げ	240	375

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果



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 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—	—	—	—



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、応力分類ごとに裕度が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	疲労 累積 係数	代表
1	RHR-006	16	145	326	2.24	—	16	348	380	1.09	—	—	—	—
2	RHR-007	320	96	363	3.78	—	28	248	416	1.67	—	—	—	—
3	RHR-008	111	132	363	2.75	—	145	257	462	1.79	—	—	—	—
4	RHR-009	233	102	363	3.55	—	233	243	416	1.71	—	—	—	—
5	RHR-010	29	210	363	1.72	○	29	422	414	0.98	○	29	0.7118	○
6	RHR-011	39	149	363	2.43	—	3	349	378	1.08	—	—	—	—
7	RHR-012	29	117	363	3.10	—	29	289	416	1.43	—	—	—	—
8	RHR-013	12	179	363	2.02	—	12	319	416	1.30	—	—	—	—
9	RHR-014	9	77	363	4.71	—	101	323	468	1.44	—	—	—	—
10	RHR-015	9	195	394	2.02	—	39	386	414	1.07	—	—	—	—

No.	配管モデル	許容応力状態 V A S												
		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	疲労 累積 係数	代表
11	RHR-016	11	127	325	2.55	—	3	308	378	1.22	—	—	—	—
12	RHR-017	31	155	364	2.34	—	35	310	440	1.41	—	—	—	—
13	RHR-018	19	119	364	3.05	—	1	221	440	1.99	—	—	—	—