

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-19-0332_改1
提出年月日	2021年10月12日

VI-2-5-7-1-6 管の耐震性についての計算書
(原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系)

2021年10月

東北電力株式会社

- (1) 原子炉補機冷却水系
- (2) 原子炉補機冷却海水系

(1) 原子炉補機冷却水系

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	11
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	26
3.5 設計用地震力	27
4. 解析結果及び評価	29
4.1 固有周期及び設計震度	29
4.2 評価結果	41
4.2.1 管の応力評価結果	41
4.2.2 支持構造物評価結果	43
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	44
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	45

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、原子炉補機冷却水系の管、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 24 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

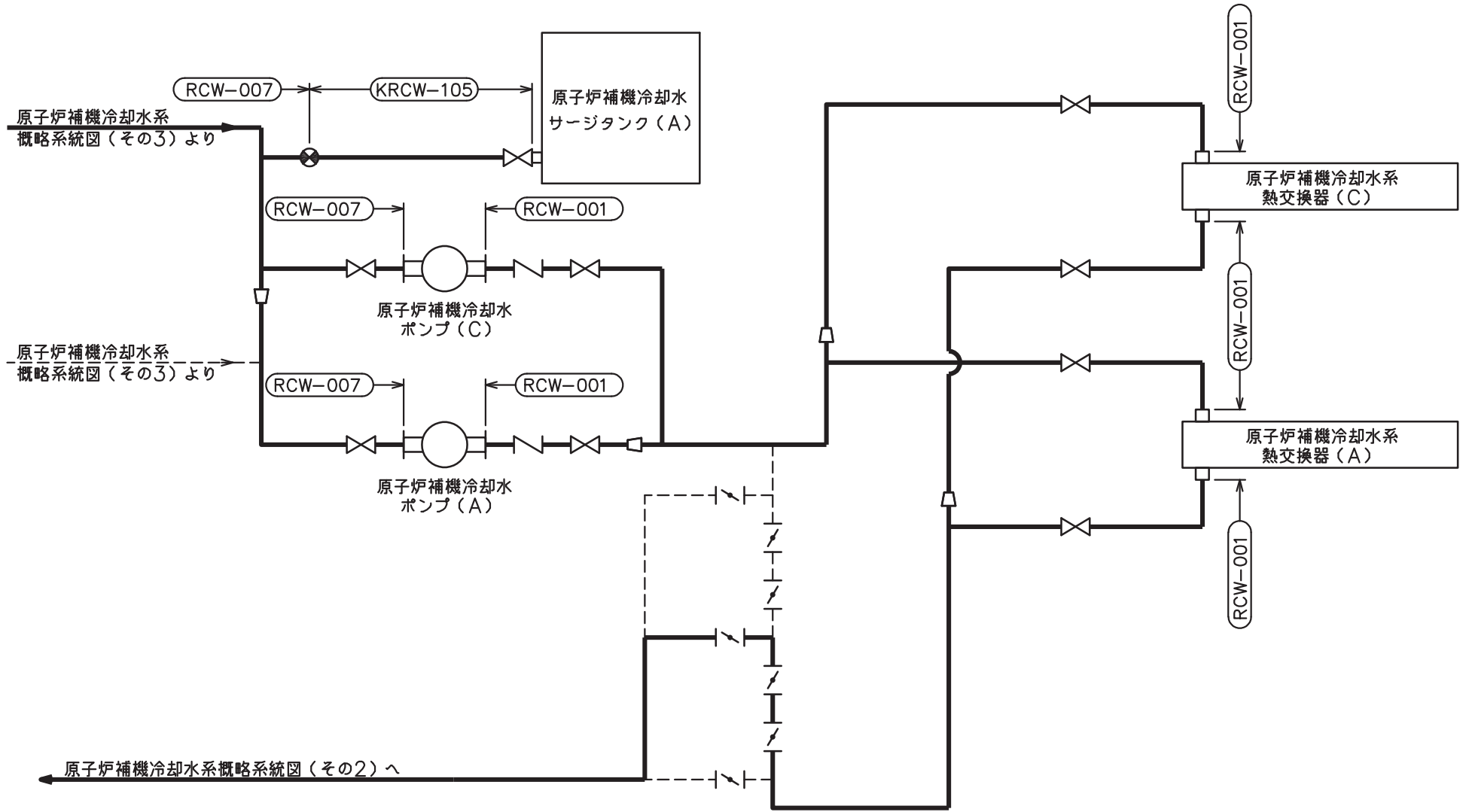
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

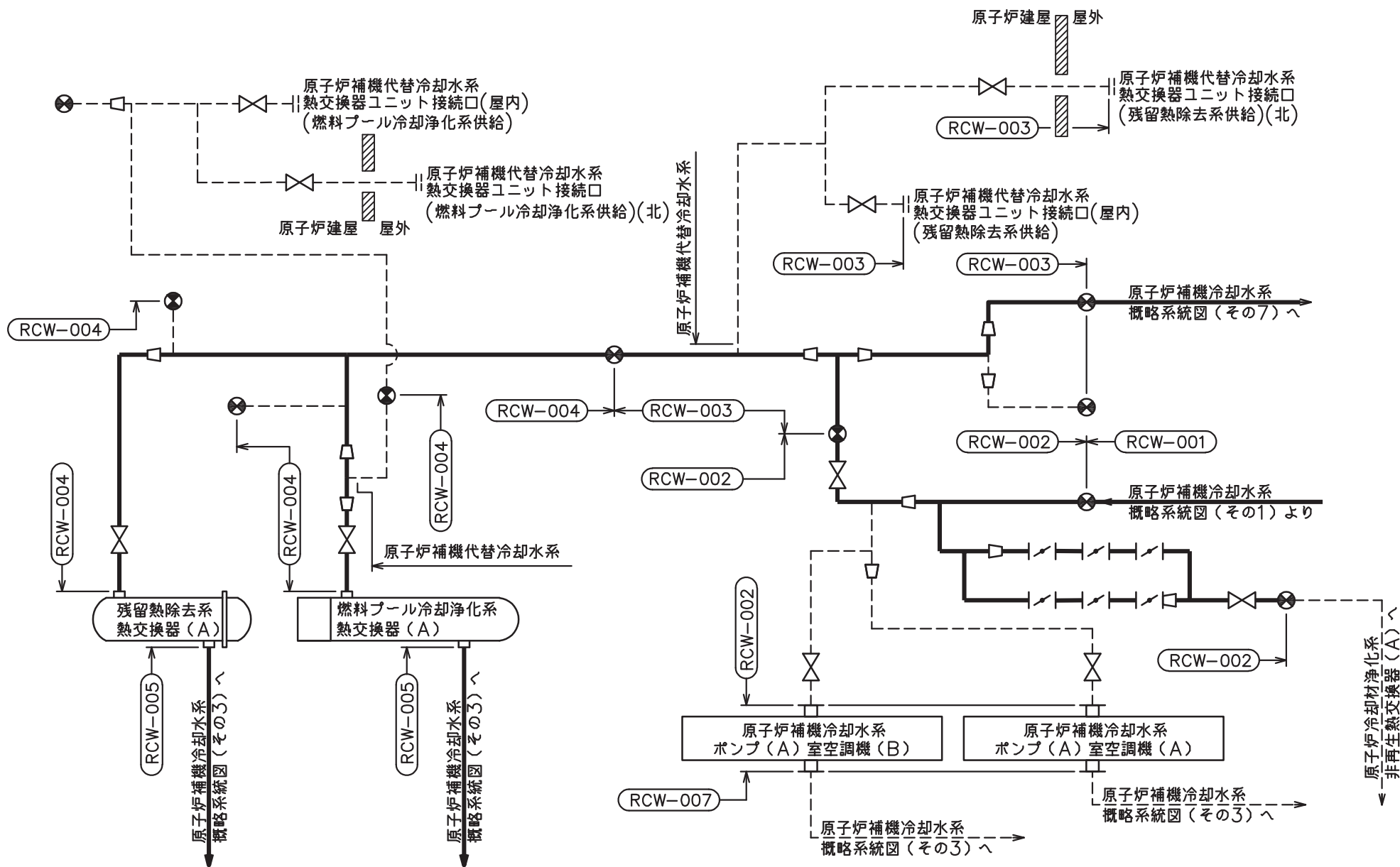
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

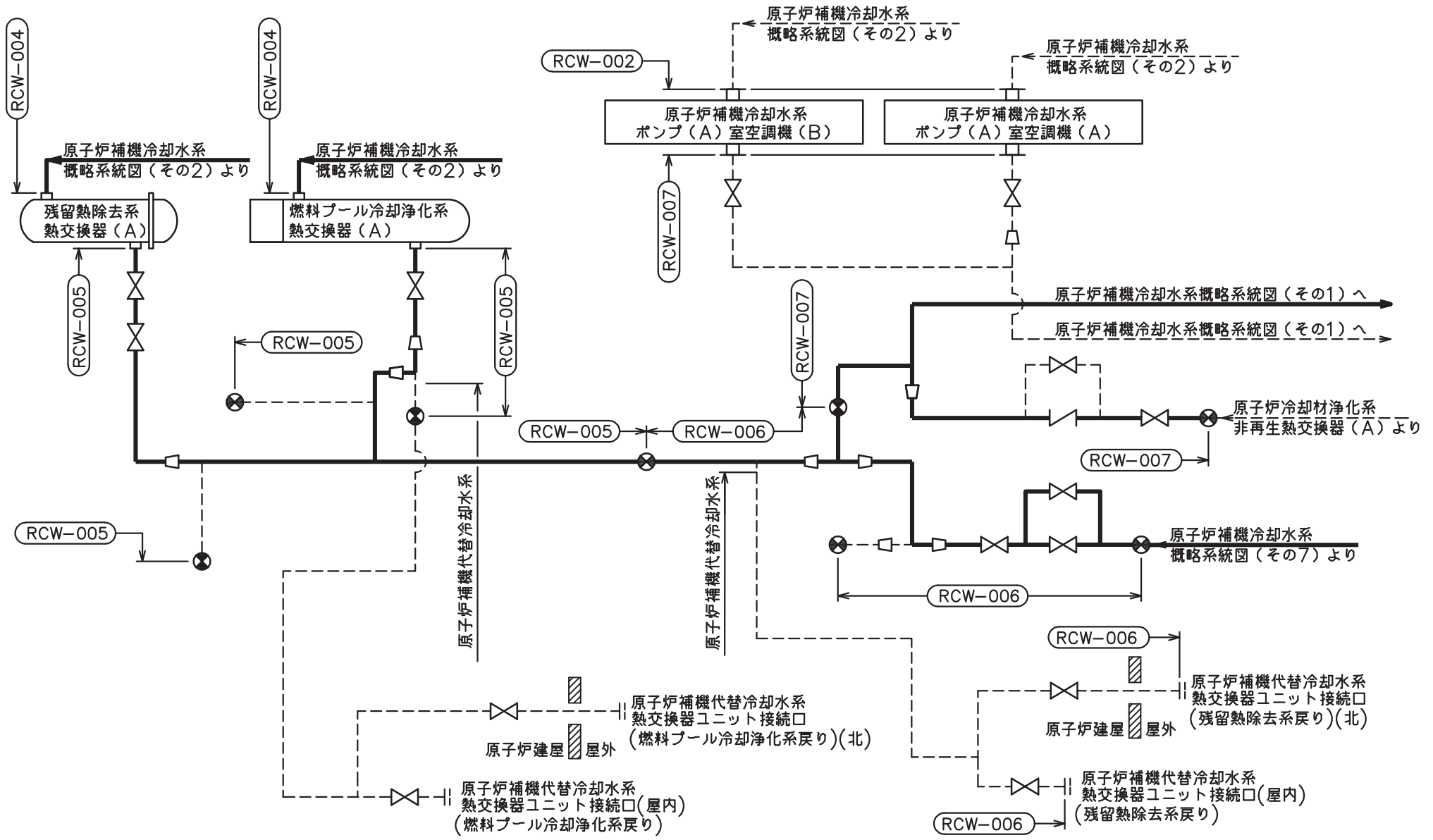
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



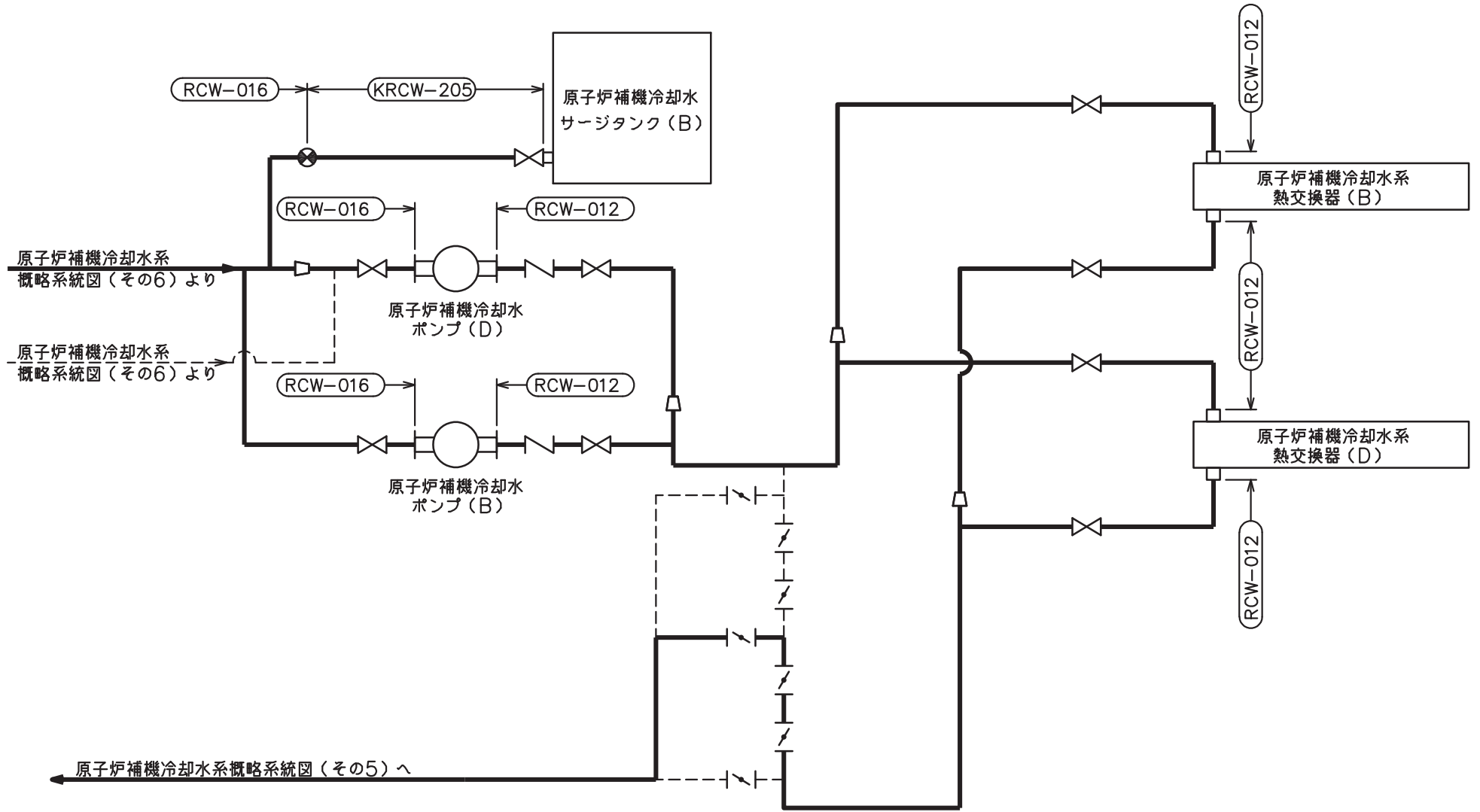
原子炉補機冷却水系概略系統図 (その1)



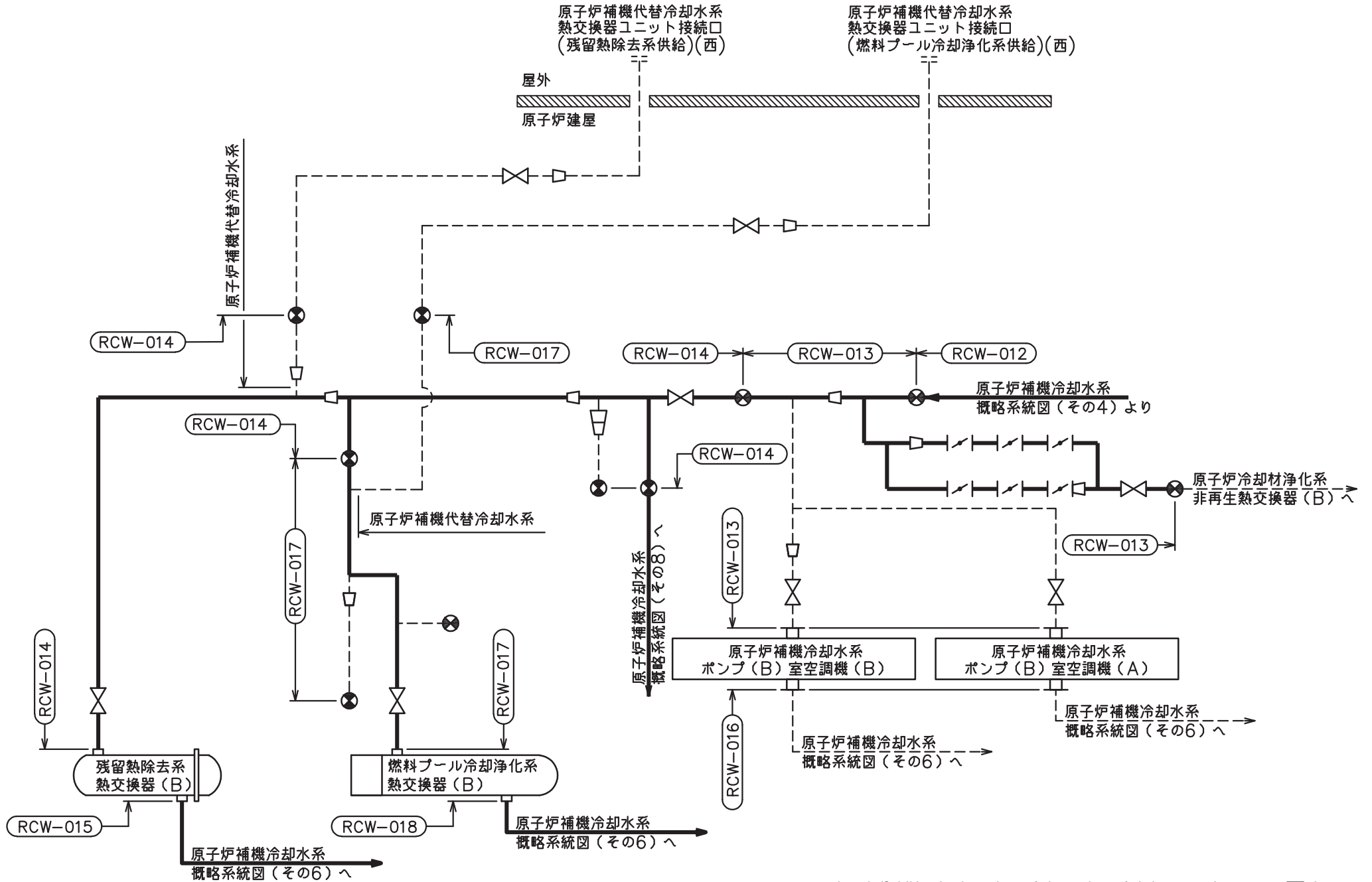
原子炉補機冷却水系概略系統図(その2)



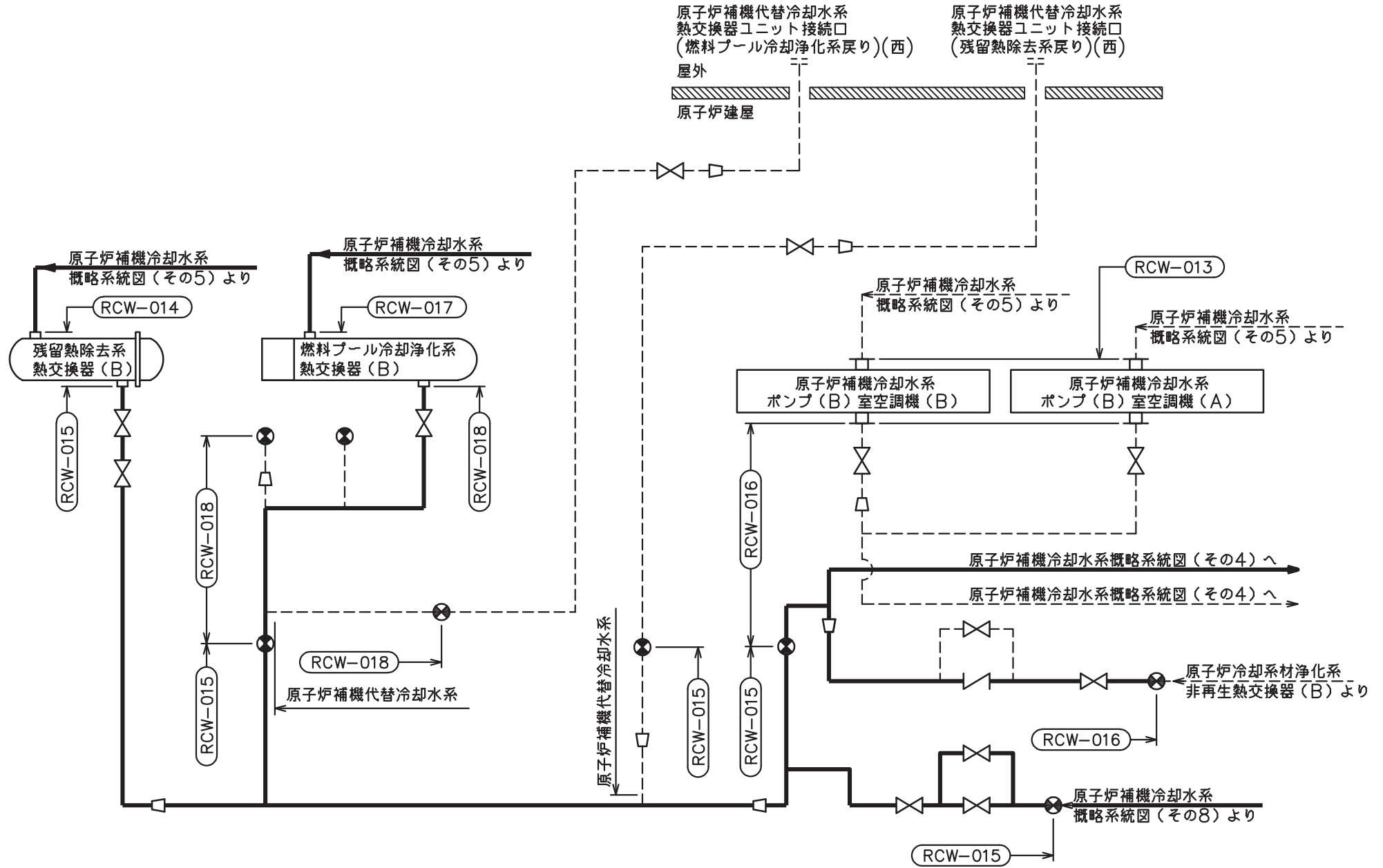
原子炉補機冷却水系概略系統図 (その3)



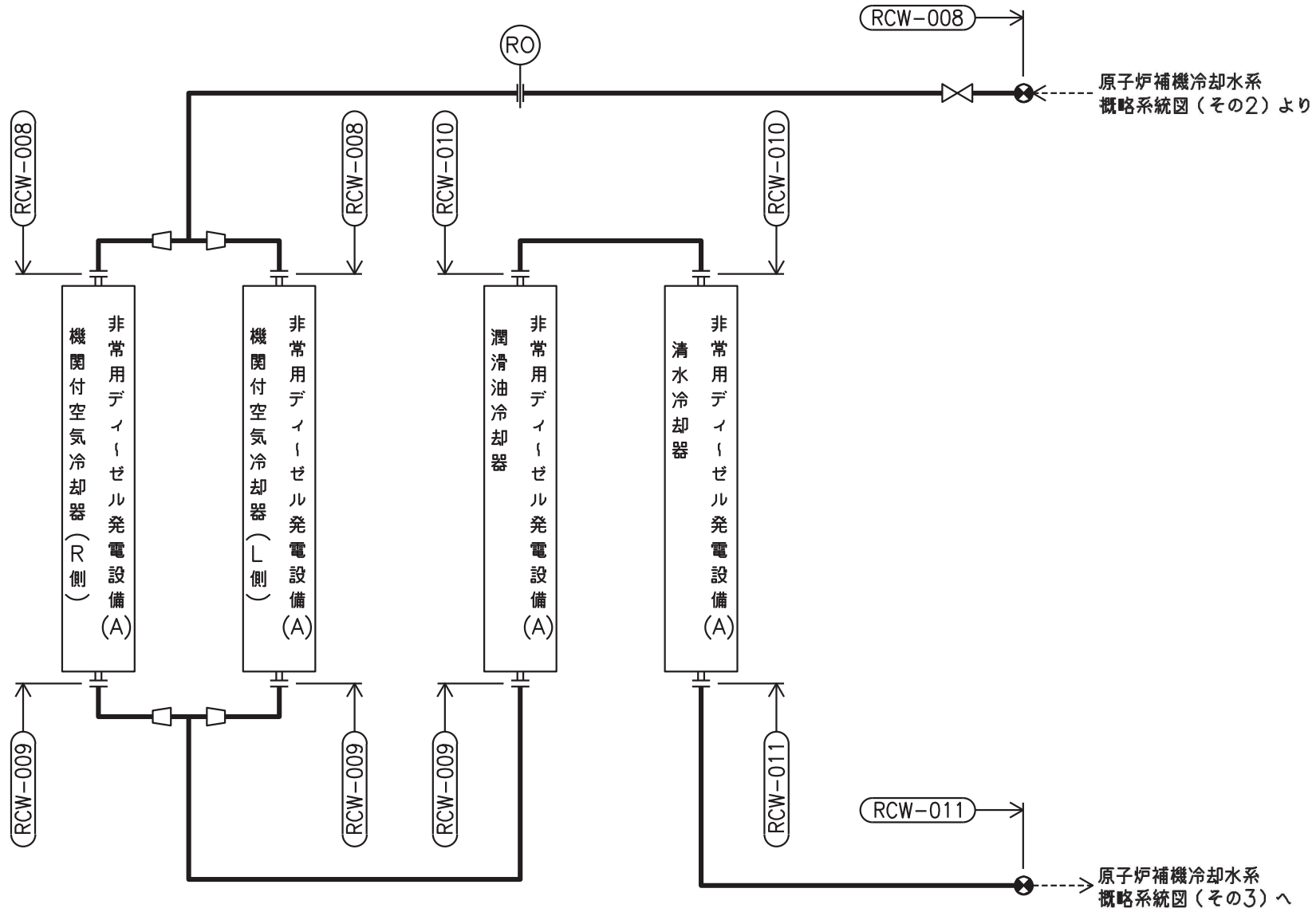
原子炉補機冷却水系概略系統図(その4)



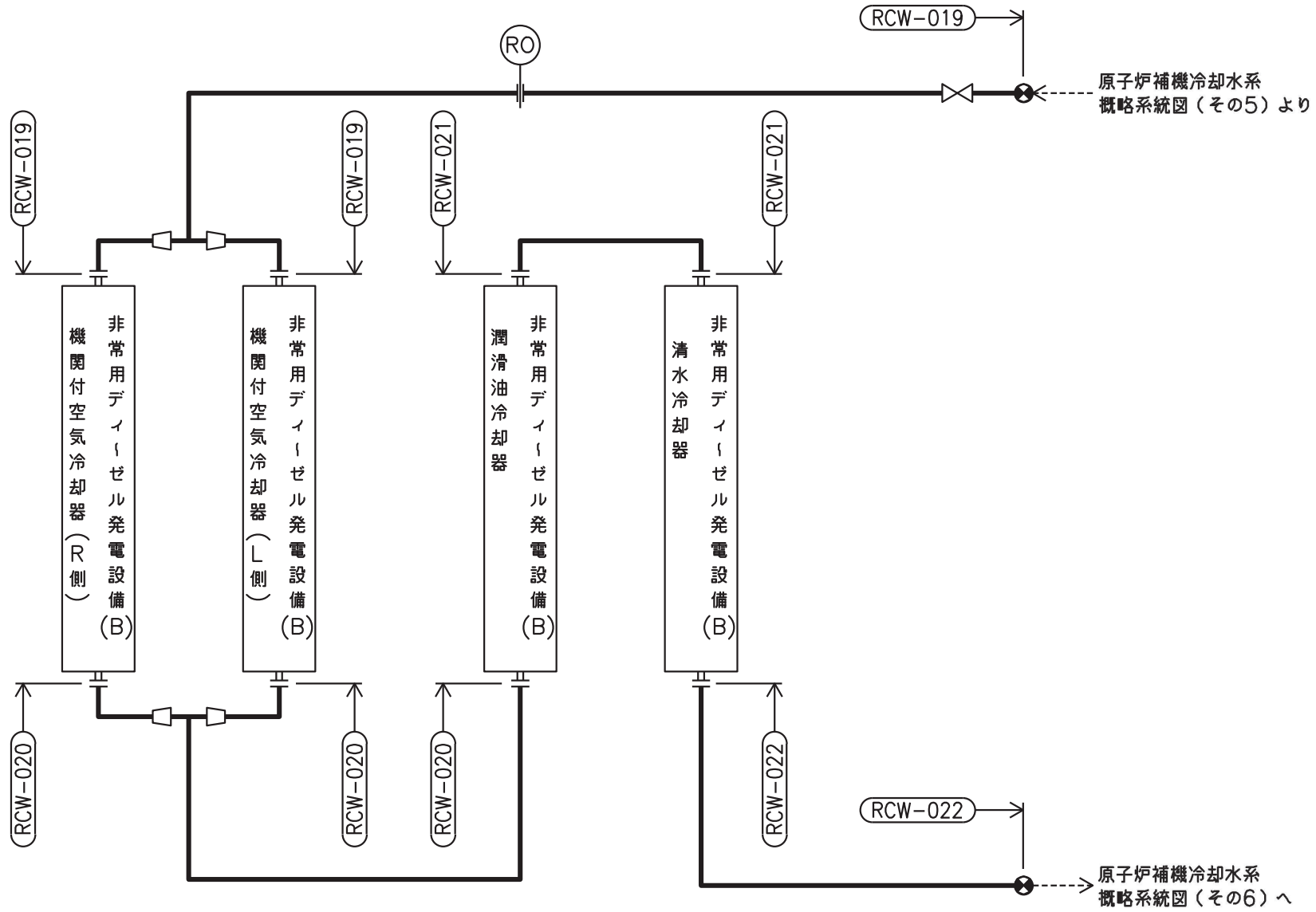
原子炉補機冷却水系概略系統図(その5)



原子炉補機冷却水系概略系統図(その6)



原子炉補機冷却水系概略系統図 (その7)


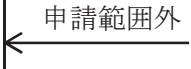



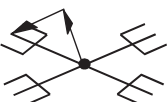
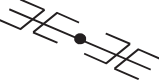

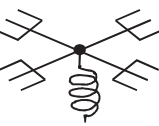
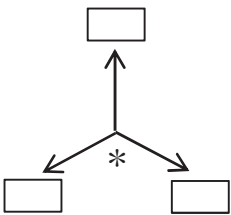


01

原子炉補機冷却水系概略系統図 (その8)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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
	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
	ガイド
	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， 内に変位量を記載する。)

鳥瞰図 RCW-013-1/3

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	RCW-013-2/3
-----	-------------

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 RCW-013-3/3

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 KRCW-205-1/2

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 KRCW-205-2/2

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」, 「S A P-V」, 「S O L V E R」及び「N X N A S T R A N」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	原子炉補機冷却 水設備	原子炉補機 冷却水系	DB	—	クラス3管	S	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S s	IV _A S
							II _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：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*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 R C W - 0 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	1.18	70	609.6	9.5	SM400CA	S	200200
2	1.18	70	609.6	17.5	SM400CA	S	200200
3	1.18	70	508.0	9.5	SM400CA	S	200200
4	1.18	70	406.4	12.7	SM400CA	S	200200
5	1.18	70	406.4	9.5	SM400CA	S	200200
6	1.18	70	406.4	9.5	STS410	S	200200
7	1.18	70	318.5	10.3	STS410	S	200200
8	1.18	70	318.5	10.3	SM400CA	S	200200

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 RCW-013

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	3	105	106	801	802										
2	2	105	106													
3	3	4	5	6	7	8	108	803	804	903						
4	2	107														
5	41	42	58	82	83	84	86	87	103	104	107	109	110	114	115	
	806															
6	43	81	110	114												
7	43	44	45	46	48	49	51	52	53	55	56	57	67	68	69	
	70	71	73	74	75	77	78	80	81	111	112	113	116	127	128	
	805	900	901	902												
8	42	58	111	116												

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 RCW-013

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		44		81		110		803	
2		45		82		111		804	
3		52		83		112		805	
4		56		87		113		806	
5		57		103		114		900	
6		58		104		115		901	
7		67		105		116		902	
8		68		106		127		903	
41		69		107		128			
42		70		108		801			
43		74		109		802			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
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)
46		49		53		71		75	
47		50		54		72		76	
48		51		55		73		77	
		88						90	
		89						91	
		94						97	
		95						98	
		96						99	
弁 6		弁 7							
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)						
78		84							
79		85							
80		86							
		92							
		93							

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	47			
弁2	50			
弁3	54			
弁4	72			
弁5	76			
弁6	79			
弁7	85			

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 R C W - 0 1 3

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						
8						
52						
74						
82						
87						
900						
901						
902						
** 903 **						

0 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (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 K R C W - 2 0 5

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	1.18	70	318.5	10.3	STS410	S	200200

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 K R C W - 2 0 5

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	
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
	63	64	65	66	67	68	69	90	100	200	801	802	810	811	900	
	901	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)
4		20		36		52		68	
5		21		37		53		69	
6		22		38		54		90	
7		23		39		55		100	
8		24		40		56		200	
9		25		41		57		801	
10		26		42		58		802	
11		27		43		59		810	
12		28		44		60		811	
13		29		45		61		900	
14		30		46		62		901	
15		31		47		63		902	
16		32		48		64		903	
17		33		49		65			
18		34		50		66			
19		35		51		67			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
1	
2	
3	

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	2			

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (設) R O

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 KRCW-205

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						
11						
14						
17						
20						
26						
30						
35						
41						
48						
51						
54						
58						
64						
66						
69						
100						
200						
900						
902						
903						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (設) R 0

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 _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SM400C	70	—	233	383	—
STS410	70	—	229	407	—

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 C W - 0 1 3	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(%)
K R C W - 2 0 5	原子炉建屋		

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (設) R 0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCW-013

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								
18 次								
19 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 RCW-013

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				
18 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 RCW-013

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 RCW-013

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 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 KRCW-205

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								
20 次								
21 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 KRCW-205

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				
20 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 KRCW-205

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 KRCW-205

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 KRCW-205

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 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
				$S_{pr m}(S_d)$ $S_{pr m}(S_s)$	S_y^{*1} $0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	
RCW-013	III _A S	4	$S_{pr m}(S_d)$	125	233	—	—	—
	IV _A S	4	$S_{pr m}(S_s)$	237	344	—	—	—
	IV _A S	4	$S_n(S_s)$	—	—	456	466	—

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_y と $1.2 \cdot S_h$ 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 S p r m (S d) S p r m (S s)	許容応力 S y *1 0. 9 ・ S u	計算応力 S n (S s)	許容応力 2 ・ S y	疲労累積係数 U S s
K R C W - 2 0 5	Ⅲ _A S	51	S p r m (S d)	142	229	—	—	—
	Ⅳ _A S	51	S p r m (S s)	244	366	—	—	—
	Ⅳ _A S	51	S n (S s)	—	—	440	458	—

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 y と 1. 2 ・ S h 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)
RCW-002-505BA	ロッドレストレイント	RSA-10	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		113	150
RCW-003-917S	メカニカルスナップ	SMS-3-100			16	45
RCW-007-117H	スプリングハンガ	VS30C-17			21	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 _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RCW-016-001A	アンカ	ラグ	SGV410	70	67	67	292	65	96	19	組合せ	124	252
RCW-001-020R	レストレイント	架構	STKR400	40	281	143	126	—	—	—	組合せ	232	280

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(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A 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	RCW-001	18	95	233	2.45	—	18	163	344	2.11	—	18	313	466	1.48	—	—	—	—
2	RCW-002	8	84	233	2.77	—	16	120	344	2.86	—	11	242	466	1.92	—	—	—	—
3	RCW-003	2	39	233	5.97	—	2	50	344	6.88	—	2	201	466	2.31	—	—	—	—
4	RCW-004	903	57	229	4.01	—	903	95	366	3.85	—	31	192	458	2.38	—	—	—	—
5	RCW-005	1	63	229	3.63	—	1	93	366	3.93	—	1	204	458	2.24	—	—	—	—
6	RCW-006	908	39	233	5.97	—	908	50	344	6.88	—	45	170	466	2.74	—	—	—	—
7	RCW-007	7	111	233	2.09	—	7	163	344	2.11	—	30	351	466	1.32	—	—	—	—
8	RCW-008	29	52	229	4.40	—	29	75	366	4.88	—	29	243	458	1.88	—	—	—	—
9	RCW-009	43	68	229	3.36	—	43	104	366	3.51	—	1	220	458	2.08	—	—	—	—
10	RCW-010	23	27	229	8.48	—	22	39	366	9.38	—	22	118	458	3.88	—	—	—	—
11	RCW-011	21	23	229	9.95	—	20	34	366	10.76	—	1	76	458	6.02	—	—	—	—
12	RCW-012	111	104	233	2.24	—	111	179	344	1.92	—	100	355	466	1.31	—	—	—	—
13	RCW-013	4	125	233	1.86	—	4	237	344	1.45	○	4	456	466	1.02	○	—	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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 _A S					許容応力状態 IV _A 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
14	RCW-014	32	63	229	3.63	—	32	101	366	3.62	—	32	213	458	2.15	—	—	—	—
15	RCW-015	21	73	233	3.19	—	21	121	344	2.84	—	21	265	466	1.75	—	—	—	—
16	RCW-016	1	77	233	3.02	—	1	108	344	3.18	—	27	249	466	1.87	—	—	—	—
17	RCW-017	26	77	229	2.97	—	26	120	366	3.05	—	26	201	458	2.27	—	—	—	—
18	RCW-018	59	81	229	2.82	—	59	129	366	2.83	—	59	216	458	2.12	—	—	—	—
19	RCW-019	36	66	229	3.46	—	36	107	366	3.42	—	51	235	458	1.94	—	—	—	—
20	RCW-020	33	79	229	2.89	—	33	120	366	3.05	—	33	242	458	1.89	—	—	—	—
21	RCW-021	15	51	229	4.49	—	15	78	366	4.69	—	15	166	458	2.75	—	—	—	—
22	RCW-022	1	22	229	10.40	—	1	31	366	11.80	—	26	153	458	2.99	—	—	—	—
23	KRCW-105	8	107	229	2.14	—	8	190	366	1.92	—	8	373	458	1.22	—	—	—	—
24	KRCW-205	51	142	229	1.61	○	51	244	366	1.50	—	51	440	458	1.04	—	—	—	—

注記* : III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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	11
3. 計算条件	15
3.1 計算方法	15
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	16
3.3 設計条件	17
3.4 材料及び許容応力評価条件	20
3.5 設計用地震力	21
4. 解析結果及び評価	22
4.1 固有周期及び設計震度	22
4.2 評価結果	28
4.2.1 管の応力評価結果	28
4.2.2 支持構造物評価結果	29
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	30
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	31

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、原子炉補機冷却水系の管、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 24 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

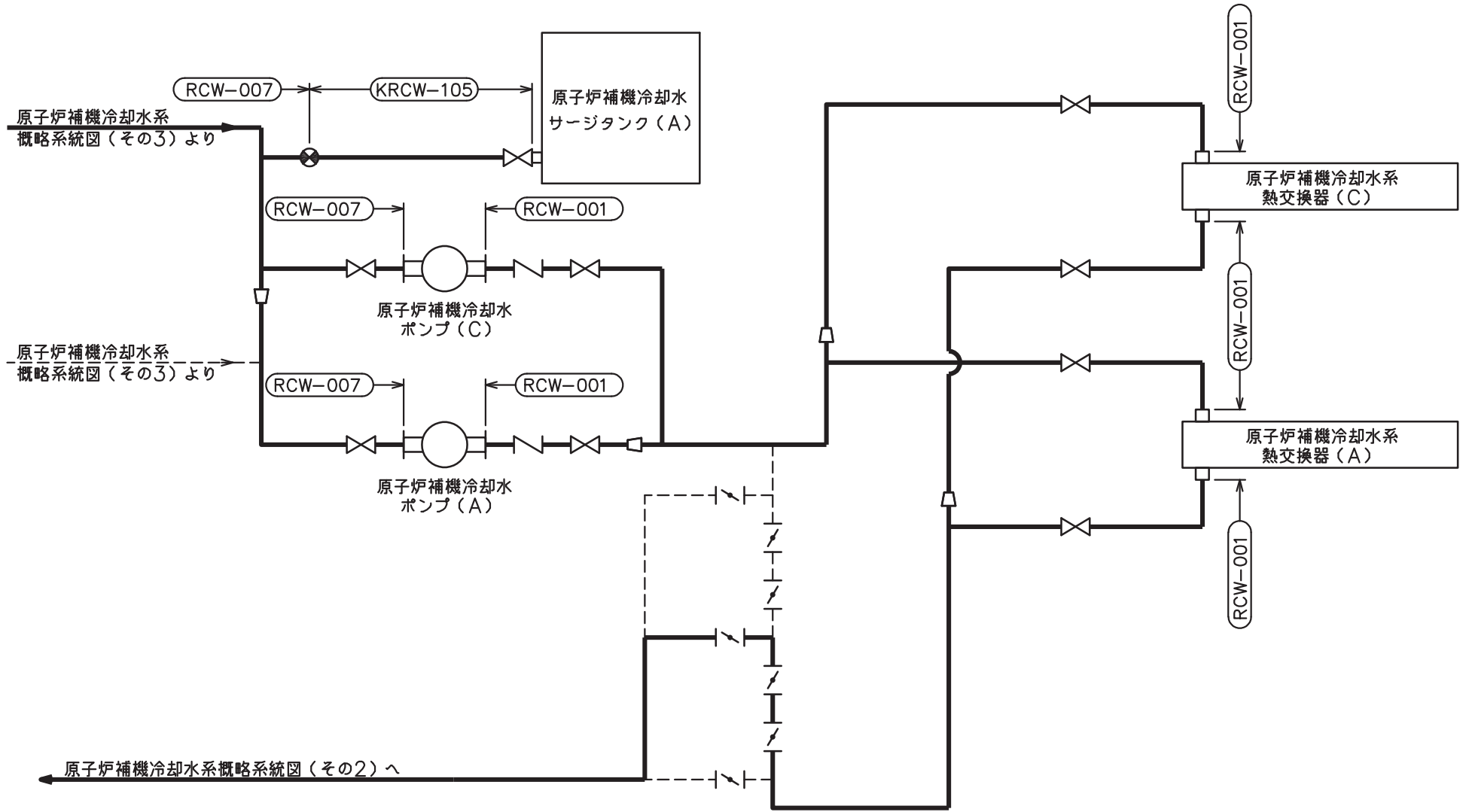
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

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

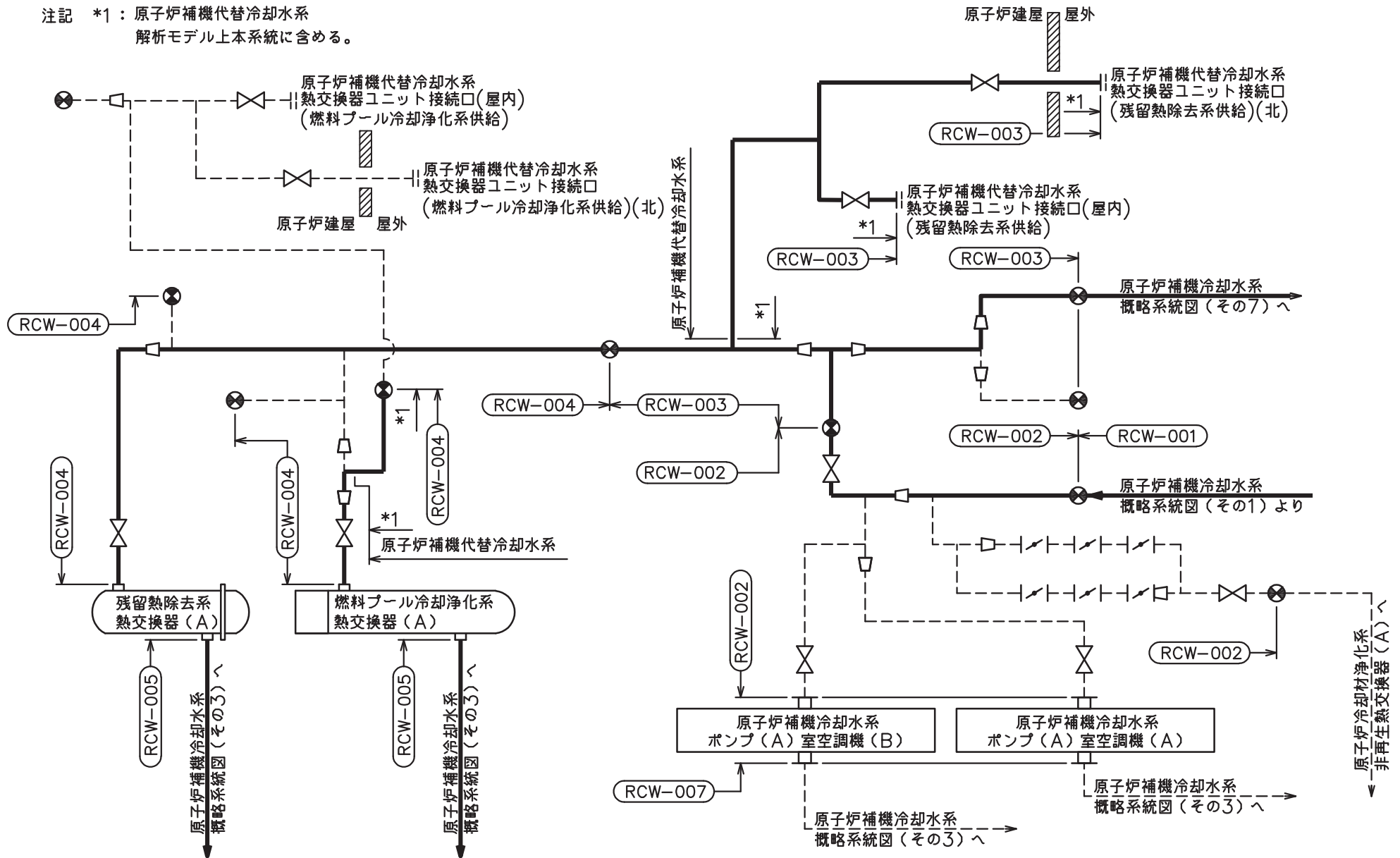
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



3

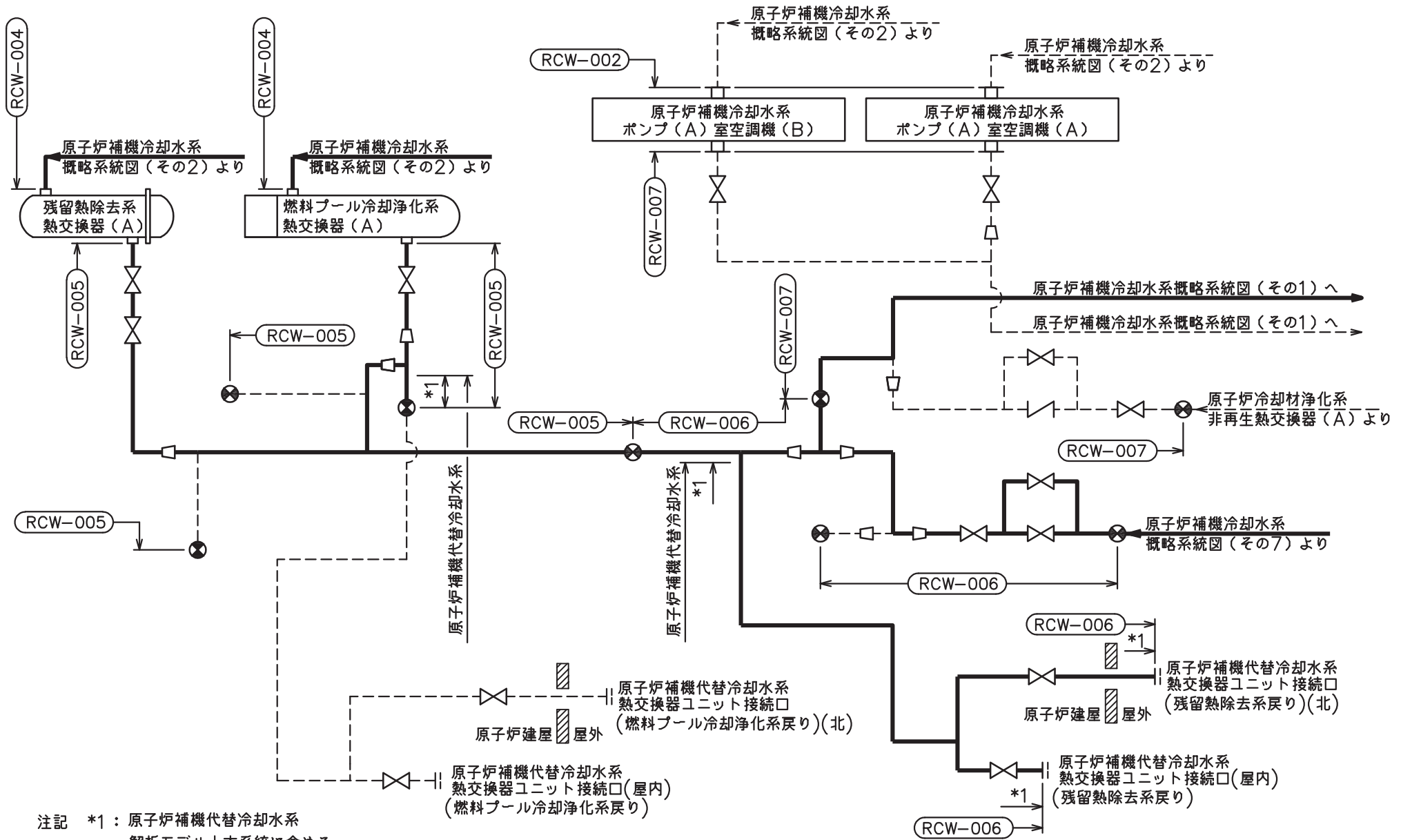
原子炉補機冷却水系概略系統図(その1)

注記 *1 : 原子炉補機代替冷却水系
解析モデル上本系統に含める。



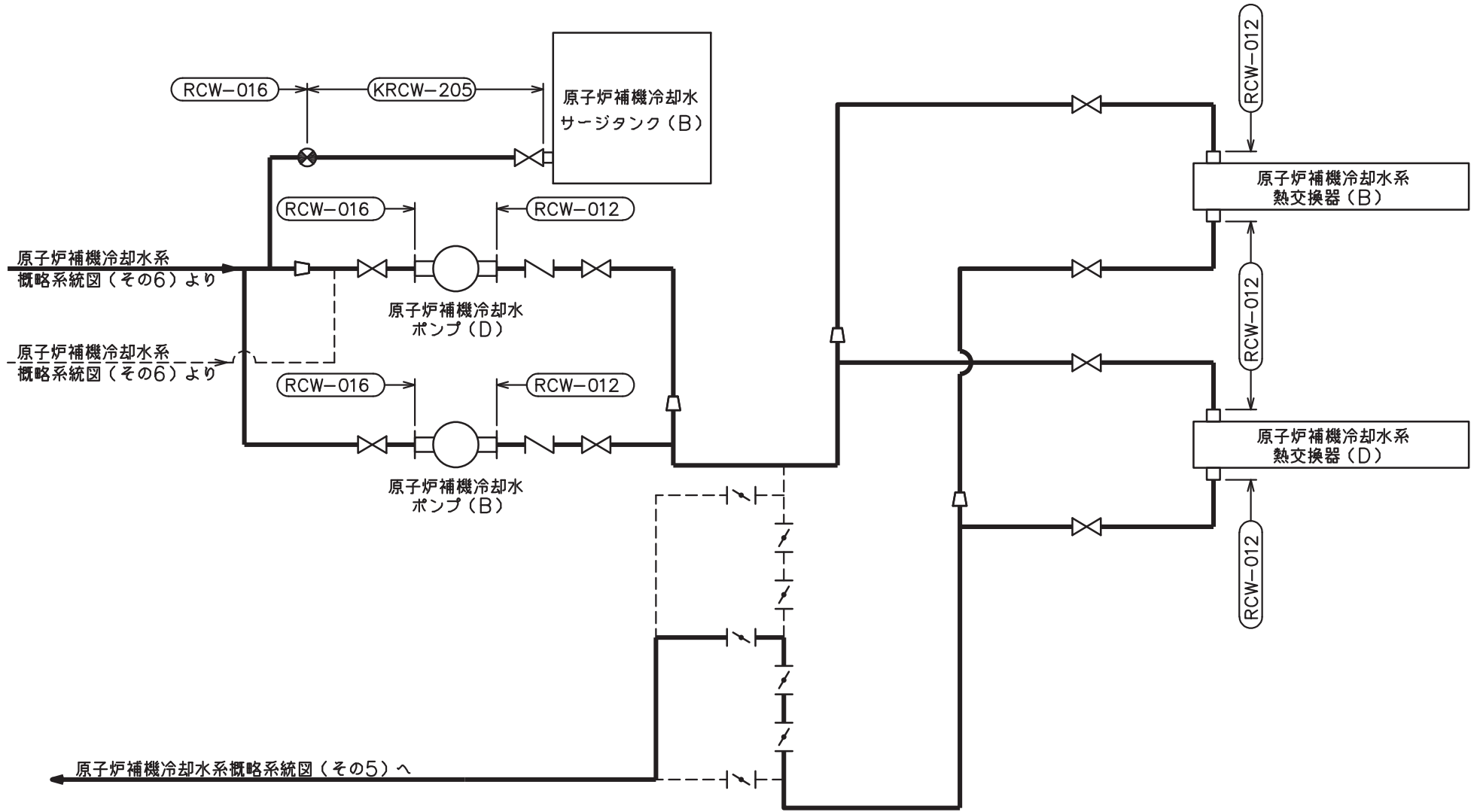
原子炉補機冷却水系概略系統図(その2)

5



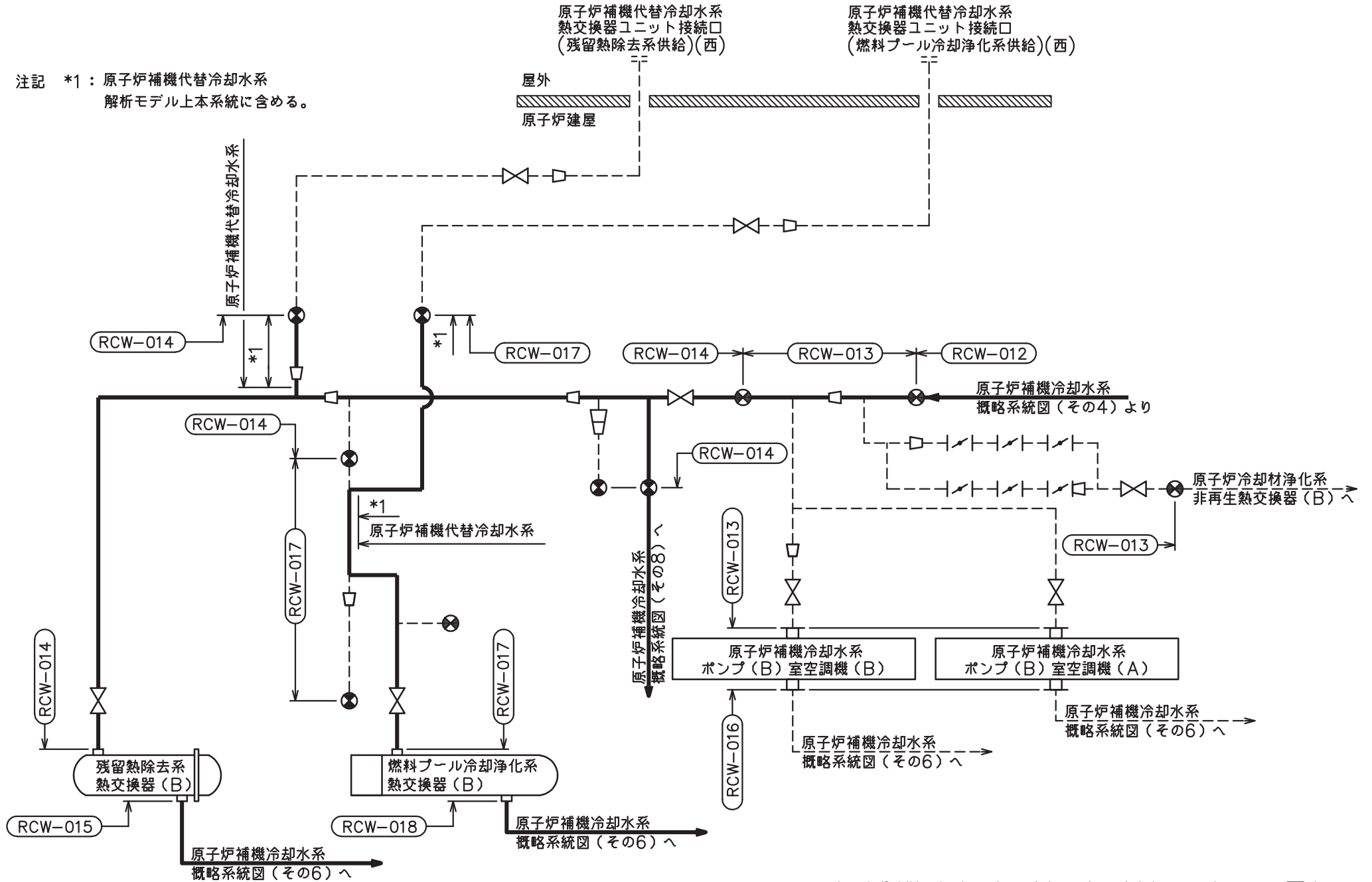
注記 *1: 原子炉補機代替冷却水系
解析モデル上本系統に含める。

原子炉補機冷却水系概略系統図(その3)



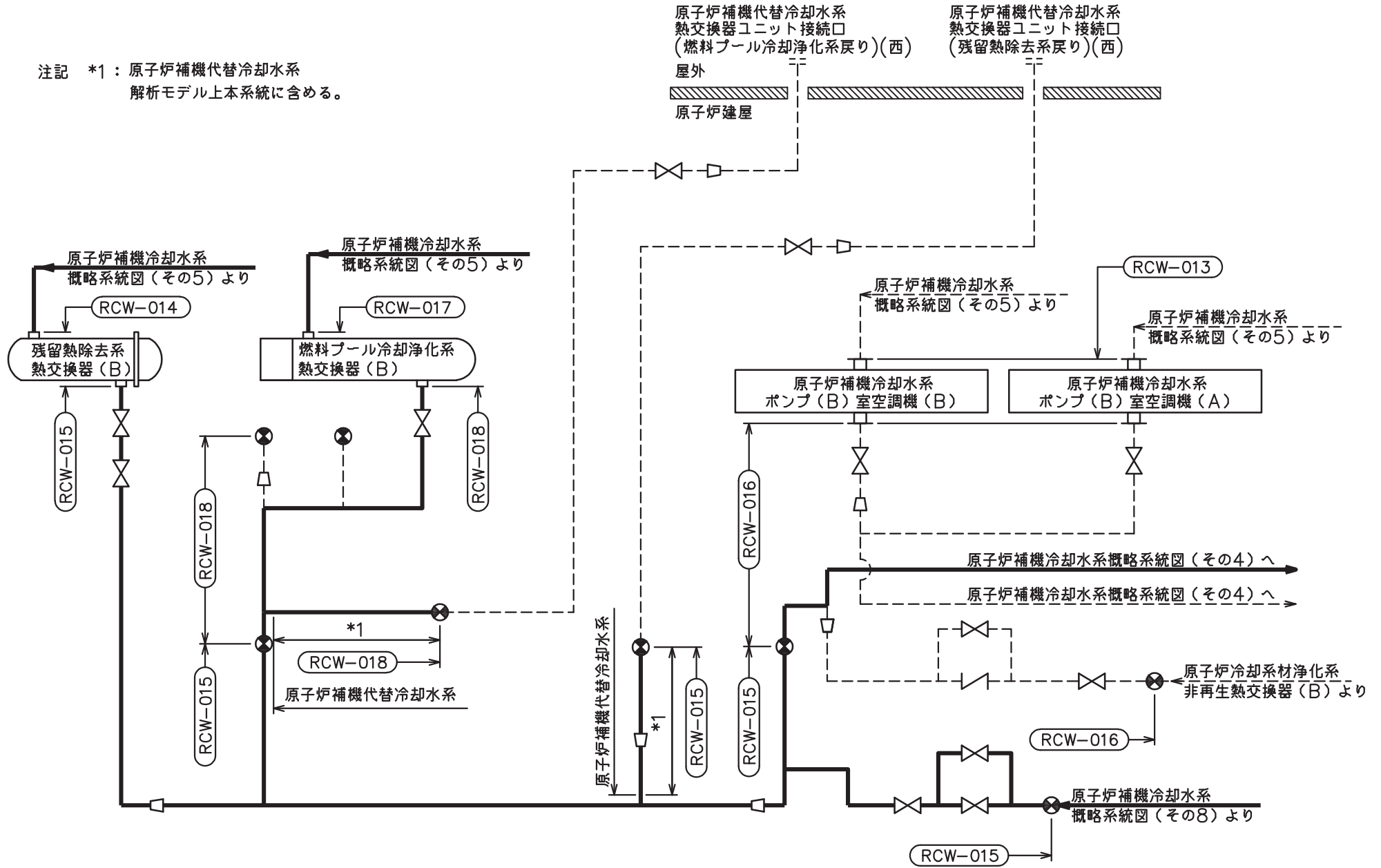
原子炉補機冷却水系概略系統図(その4)

注記 *1：原子炉補機代替冷却水系
解析モデル上本系統に含める。

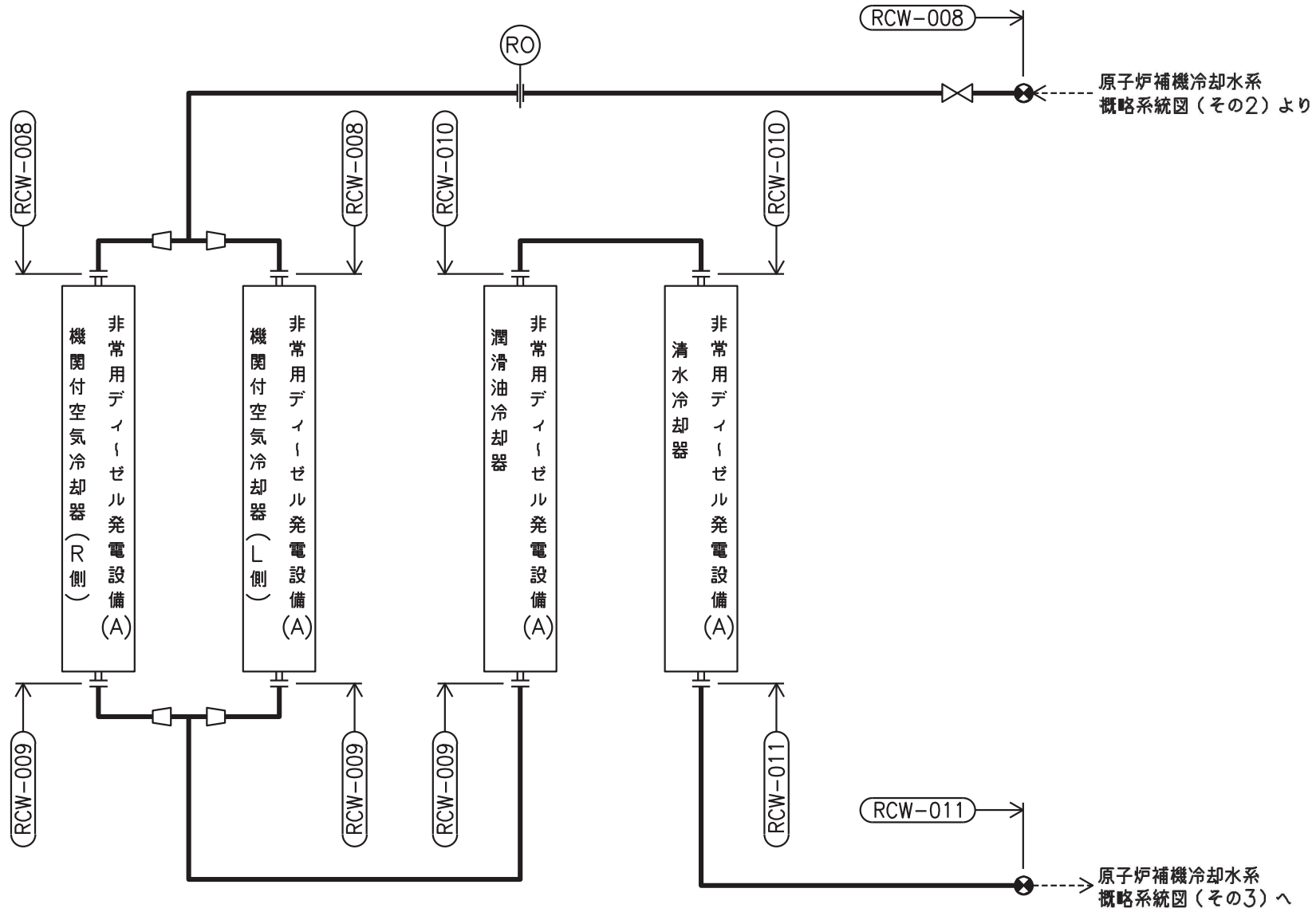


原子炉補機冷却水系概略系統図(その5)

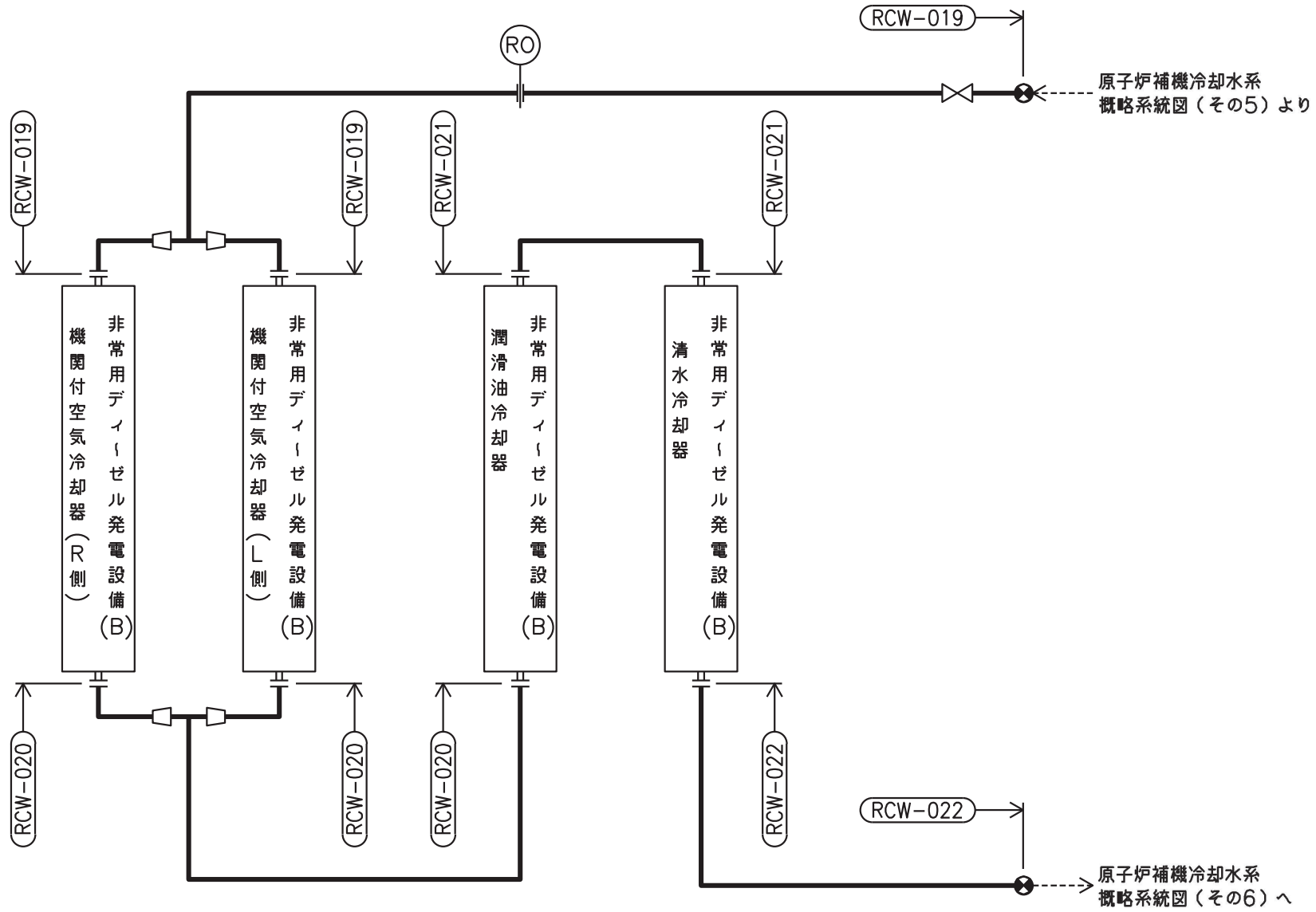
注記 *1：原子炉補機代替冷却水系
解析モデル上本システムに含める。



原子炉補機冷却水系概略系統図(その6)



原子炉補機冷却水系概略系統図(その7)


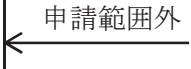



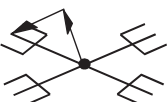
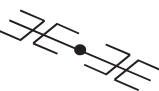

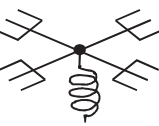
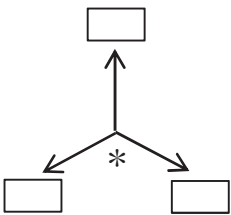


01

原子炉補機冷却水系概略系統図(その8)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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
	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
	ガイド
	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， 内に変位量を記載する。)

鳥瞰図	RCW-013-1/3
-----	-------------

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 RCW-013-2/3

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 RCW-013-3/3

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」, 「S A P-V」, 「S O L V E R」及び「N X N A S T R A N」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	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系	SA	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	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／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)，「常設／緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張) 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 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ 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 R C W - 0 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	1.18	70	609.6	9.5	SM400C	—	200200
2	1.18	70	609.6	17.5	SM400C	—	200200
3	1.18	70	508.0	9.5	SM400C	—	200200

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 RCW-013

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	1	3	105	106	801	802					
2	2	105	106								
3	3	4	5	6	7	8	108	803	804	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)
1		5		105		802	
2		6		106		803	
3		7		108		804	
4		8		801		903	

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 R C W - 0 1 3

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						
8						
** 903 **						

--

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 _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SM400C	70	—	233	383	—

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 C W - 0 1 3	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 RCW-013

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								
18 次								
19 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 RCW-013

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				
18 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。

25

鳥瞰図 RCW-013

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 RCW-013

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 RCW-013

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
				$S_{p r m}(S s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S s)$	$2 \cdot S_y$	$U S s$
RCW-013	$V_A S$	4	$S_{p r m}(S s)$	236	344	—	—	—
	$V_A S$	4	$S_n(S s)$	—	—	456	466	—

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)
RCW-002-505BA	ロッドレストレイント	RSA-10	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		113	150
RCW-003-917S	メカニカルスナップ	SMS-3-100			16	45
RCW-007-117H	スプリングハンガ	VS30C-17			21	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 _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RCW-003-039A	アンカ	ラグ	SGV410	70	17	18	195	7	7	8	組合せ	71	252
RCW-001-020R	レストレイント	架構	STKR400	40	281	143	126	—	—	—	組合せ	232	280

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	RCW-001	18	161	344	2.13	—	18	313	466	1.48	—	—	—	—
2	RCW-002	16	118	344	2.91	—	11	242	466	1.92	—	—	—	—
3	RCW-003	2	48	344	7.16	—	2	201	466	2.31	—	—	—	—
4	RCW-004	903	94	366	3.89	—	31	192	458	2.38	—	—	—	—
5	RCW-005	1	92	366	3.97	—	1	204	458	2.24	—	—	—	—
6	RCW-006	908	49	344	7.02	—	302	221	458	2.07	—	—	—	—
7	RCW-007	7	161	344	2.13	—	30	351	466	1.32	—	—	—	—
8	RCW-008	29	75	366	4.88	—	29	243	458	1.88	—	—	—	—
9	RCW-009	43	104	366	3.51	—	1	220	458	2.08	—	—	—	—
10	RCW-010	22	39	366	9.38	—	22	118	458	3.88	—	—	—	—
11	RCW-011	20	34	366	10.76	—	1	76	458	6.02	—	—	—	—
12	RCW-012	111	177	344	1.94	—	100	355	466	1.31	—	—	—	—
13	RCW-013	4	236	344	1.45	○	4	456	466	1.02	○	—	—	—
14	RCW-014	32	100	366	3.66	—	32	213	458	2.15	—	—	—	—

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 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
15	RCW-015	21	120	344	2.86	—	21	265	466	1.75	—	—	—	—
16	RCW-016	27	96	344	3.58	—	27	249	466	1.87	—	—	—	—
17	RCW-017	26	119	366	3.07	—	26	201	458	2.27	—	—	—	—
18	RCW-018	59	128	366	2.85	—	59	216	458	2.12	—	—	—	—
19	RCW-019	36	107	366	3.42	—	51	235	458	1.94	—	—	—	—
20	RCW-020	33	120	366	3.05	—	33	242	458	1.89	—	—	—	—
21	RCW-021	15	78	366	4.69	—	15	166	458	2.75	—	—	—	—
22	RCW-022	1	31	366	11.80	—	26	153	458	2.99	—	—	—	—
23	KRCW-105	8	190	366	1.92	—	8	373	458	1.22	—	—	—	—
24	KRCW-205	51	244	366	1.50	—	51	440	458	1.04	—	—	—	—

(2) 原子炉補機冷却海水系

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	5
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 材料及び許容応力評価条件	15
3.5 設計用地震力	16
4. 解析結果及び評価	17
4.1 固有周期及び設計震度	17
4.2 評価結果	23
4.2.1 管の応力評価結果	23
4.2.2 支持構造物評価結果	24
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	26

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、原子炉補機冷却海水系の管、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 14 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

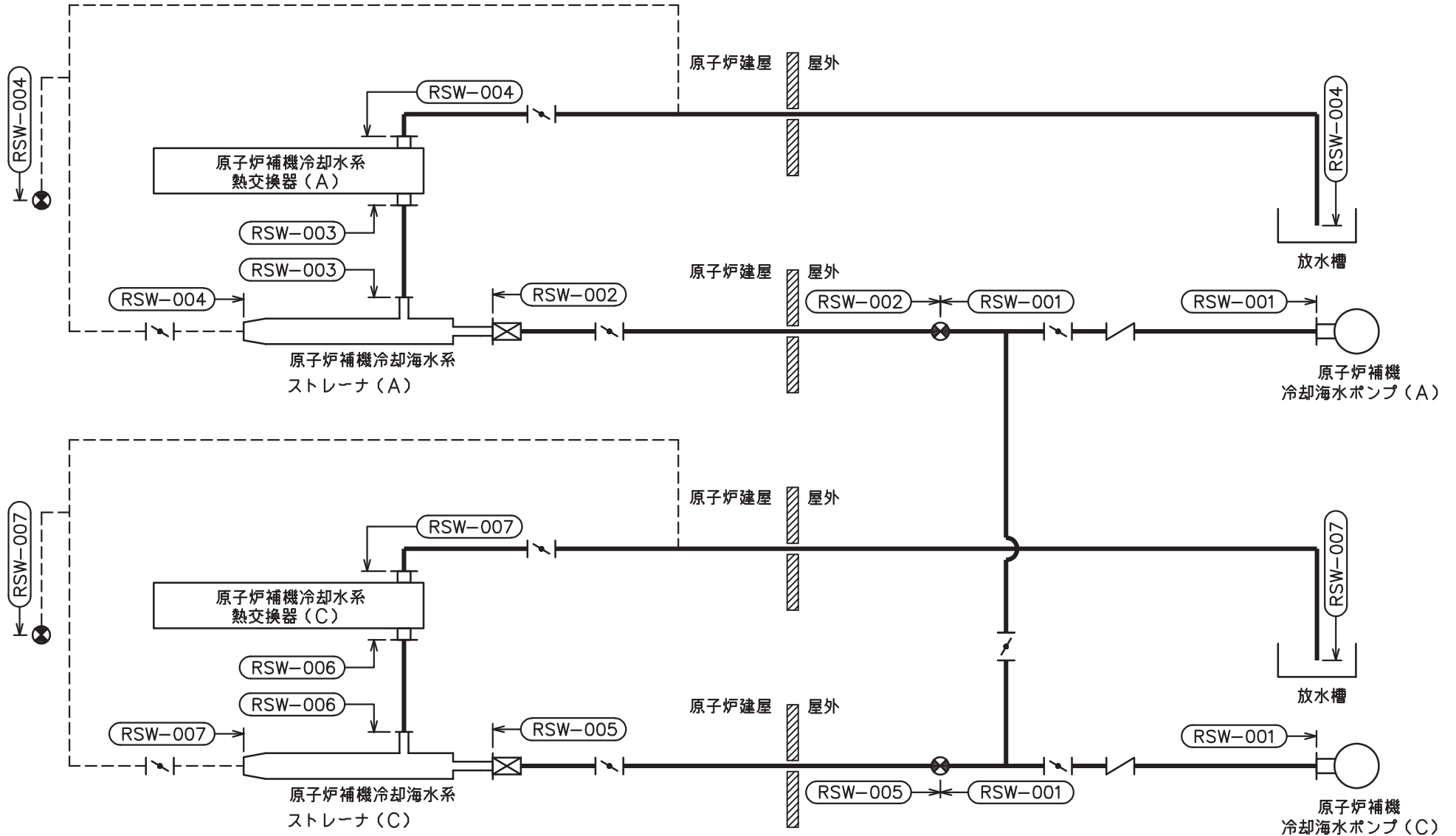
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

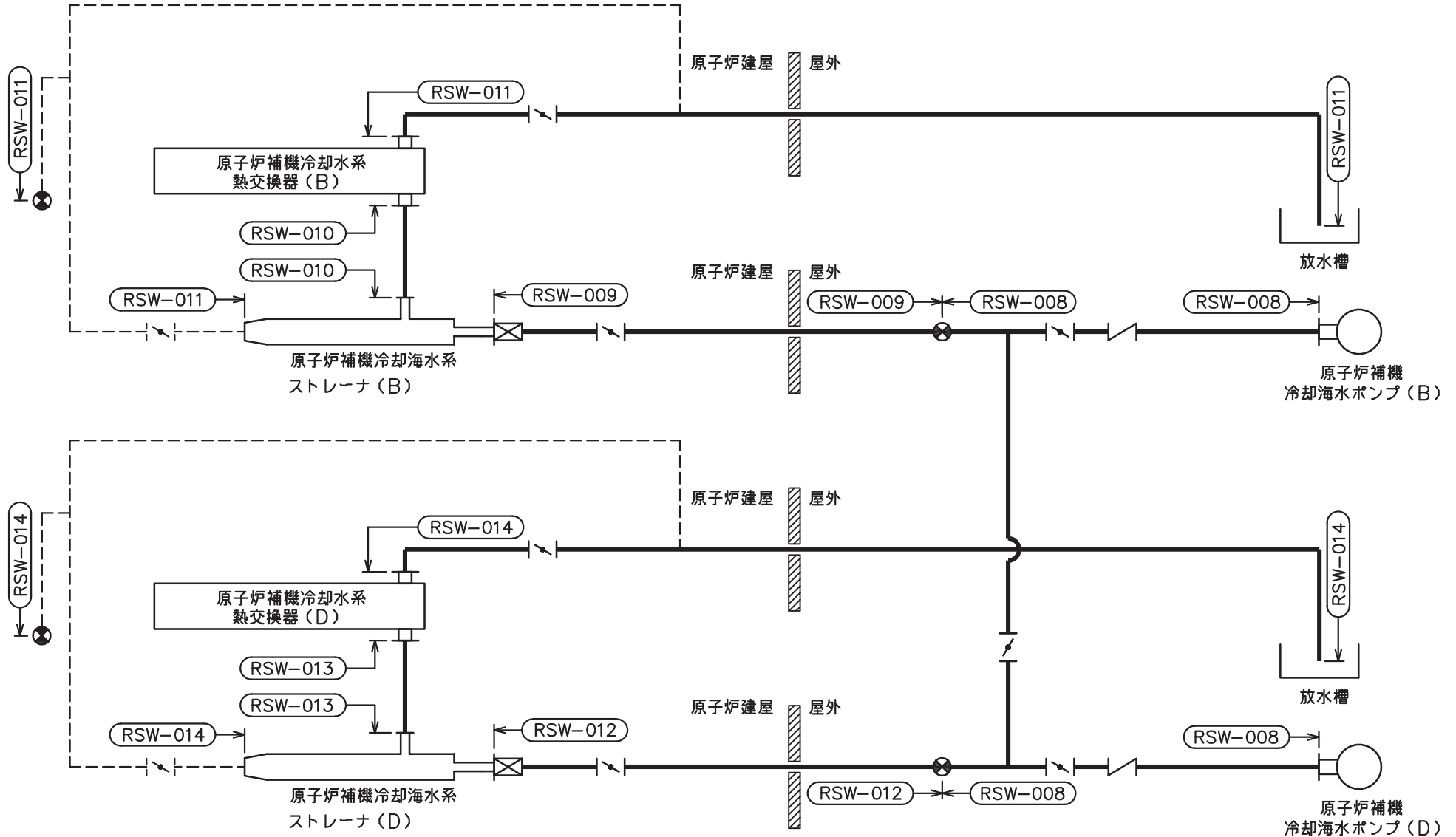
概略系統図記号凡例

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



原子炉補機冷却海水系概略系統図 (その1)


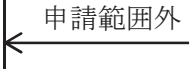




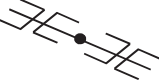

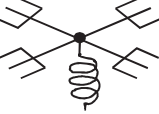
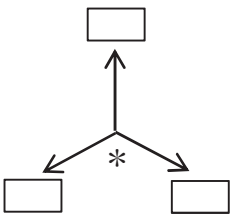
4



原子炉補機冷却海水系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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
	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
	ガイド
	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, 内に変位量を記載する。)

9

鳥瞰図 RSW-004-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 RSW-004-2/3

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 RSW-004-3/3

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」,「S A P-V」及び「M S A P (配管)」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	原子炉補機冷却 設備	原子炉補機 冷却海水系	DB	—	クラス3管	S	I _L +S d	III _A S
							II _L +S d	
							I _L +S s	IV _A S
							II _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：運転状態の添字Lは荷重を示す。

*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 R S W - 0 0 4

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	0.78	50	508.0	9.5	SM400C	S	201000

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 R S W - 0 0 4

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	200	302	303	305	801
	802	803	804	807	808	809	810	820	821	901	902	903	904	905	906
	907	908	914	915	916	917	918	919							

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

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		30		56		82		803	
2		31		57		83		804	
3		32		58		84		807	
4		33		59		85		808	
8		34		60		86		809	
9		35		61		87		810	
10		36		62		88		820	
11		37		63		89		821	
12		38		64		90		901	
13		39		65		91		902	
14		40		66		92		903	
15		41		67		93		904	
16		42		68		94		905	
17		43		69		95		906	
18		44		70		96		907	
19		45		71		97		908	
20		46		72		98		914	
21		47		73		99		915	
22		48		74		100		916	
23		49		75		101		917	
24		50		76		200		918	
25		51		77		302		919	
26		52		78		303			
27		53		79		305			
28		54		80		801			
29		55		81		802			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
5	
6	
7	

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	6			

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 R S W - 0 0 4

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						
10						
13						
20						
27						
35						
38						
43						
50						
59						
62						
72						
75						
81						
90						
96						
100						
901						
902						
903						
904						
905						
906						
** 907 **						
** 908 **						
914						
915						
916						
917						
918						
919						

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(2) (設) R 0

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 _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SM400C	50	—	241	394	—

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 S W - 0 0 4	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 R S W - 0 0 4

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								
26 次								
27 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 R S W - 0 0 4

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				
26 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。

20

鳥瞰図 RSW-004

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 RSW-004

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 RSW-004

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 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	U S s
R S W - 0 0 4	Ⅲ _A S	38	S p r m (S d)	156	241	—	—	—
	Ⅳ _A S	38	S p r m (S s)	253	354	—	—	—
	Ⅳ _A S	38	S n (S s)	—	—	481	482	—

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 y と 1. 2 ・ S h 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)
RSW-007-905S	オイルスナップ	307256AP	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		246	300
RSW-002-906R	ロッドレストレイント	RSAZ 40			450	600

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			
RSW-004-038R	レストレイント	架構	STKR400	40	0	33	547	-	-	-	組合せ	179	280
RSW-008-061A	アンカ	ラグ	SGV410	50	370	54	19	5	16	33	組合せ	63	152

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(クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III _A S					許容応力状態 IV _A 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	RSW-001	19	99	241	2.43	—	19	183	355	1.93	—	19	370	482	1.30	—	—	—	—
2	RSW-002	11	145	241	1.66	—	12	230	355	1.54	—	11	457	482	1.05	—	—	—	—
3	RSW-003	1	37	241	6.51	—	1	46	354	7.69	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
4	RSW-004	38	156	241	1.54	○	38	253	354	1.39	○	38	481	482	1.00	○	—	—	—
5	RSW-005	810	113	241	2.13	—	810	168	355	2.11	—	4	333	482	1.44	—	—	—	—
6	RSW-006	1	37	241	6.51	—	1	46	354	7.69	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
7	RSW-007	913	146	241	1.65	—	82	219	354	1.61	—	82	402	482	1.19	—	—	—	—
8	RSW-008	10	91	241	2.64	—	10	135	355	2.62	—	451	246	482	1.95	—	—	—	—
9	RSW-009	508	95	241	2.53	—	508	135	355	2.62	—	7	326	482	1.47	—	—	—	—
10	RSW-010	1	37	241	6.51	—	1	46	354	7.69	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
11	RSW-011	14	100	241	2.41	—	14	168	354	2.10	—	29	324	482	1.48	—	—	—	—
12	RSW-012	5	39	241	6.17	—	5	57	355	6.22	—	7	376	482	1.28	—	—	—	—
13	RSW-013	1	37	241	6.51	—	1	46	354	7.69	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
14	RSW-014	24	116	241	2.07	—	35	201	354	1.76	—	35	381	482	1.26	—	—	—	—

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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	5
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 材料及び許容応力評価条件	15
3.5 設計用地震力	16
4. 解析結果及び評価	17
4.1 固有周期及び設計震度	17
4.2 評価結果	23
4.2.1 管の応力評価結果	23
4.2.2 支持構造物評価結果	24
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	26

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、原子炉補機冷却海水系の管、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 14 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。

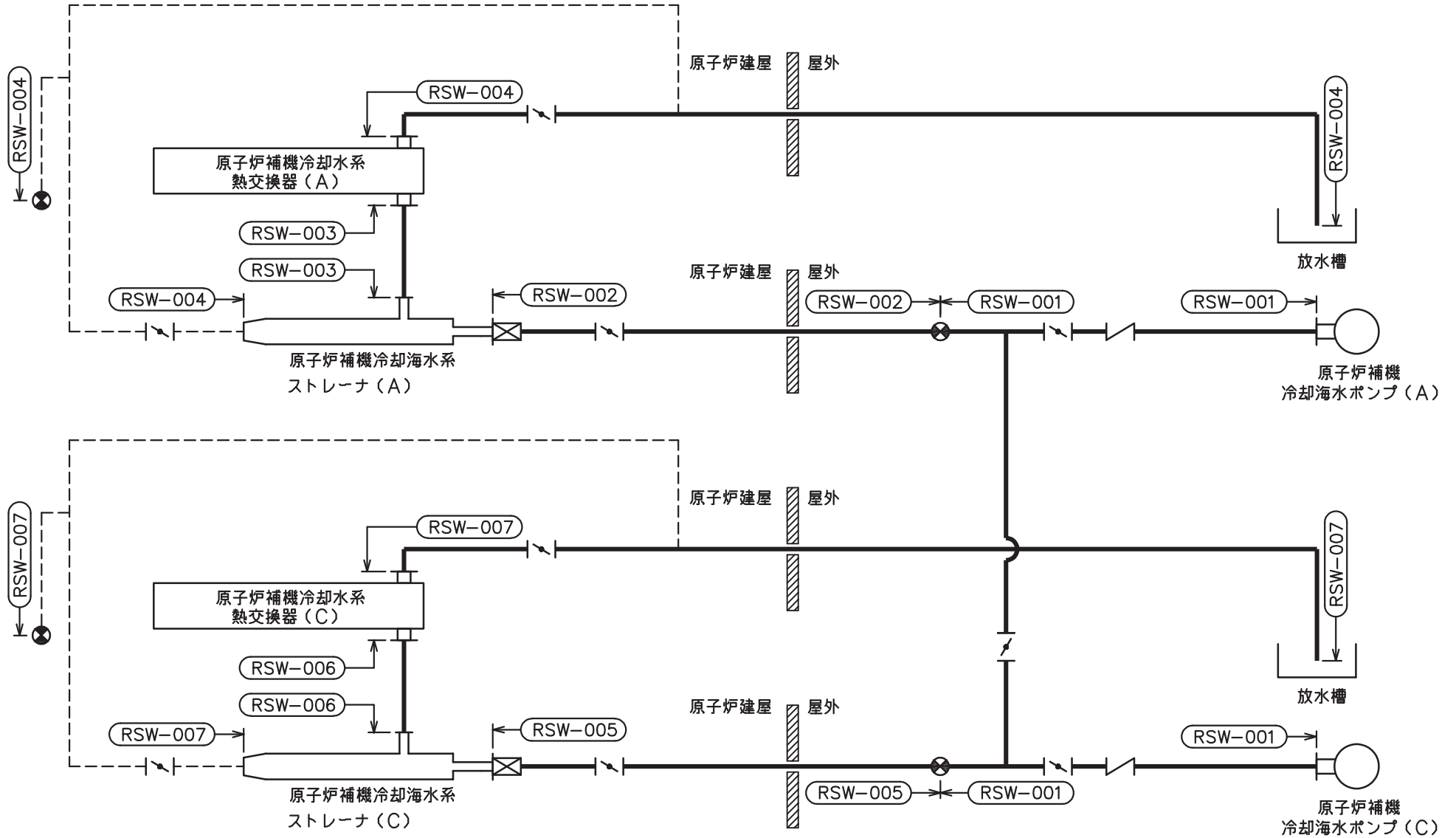
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

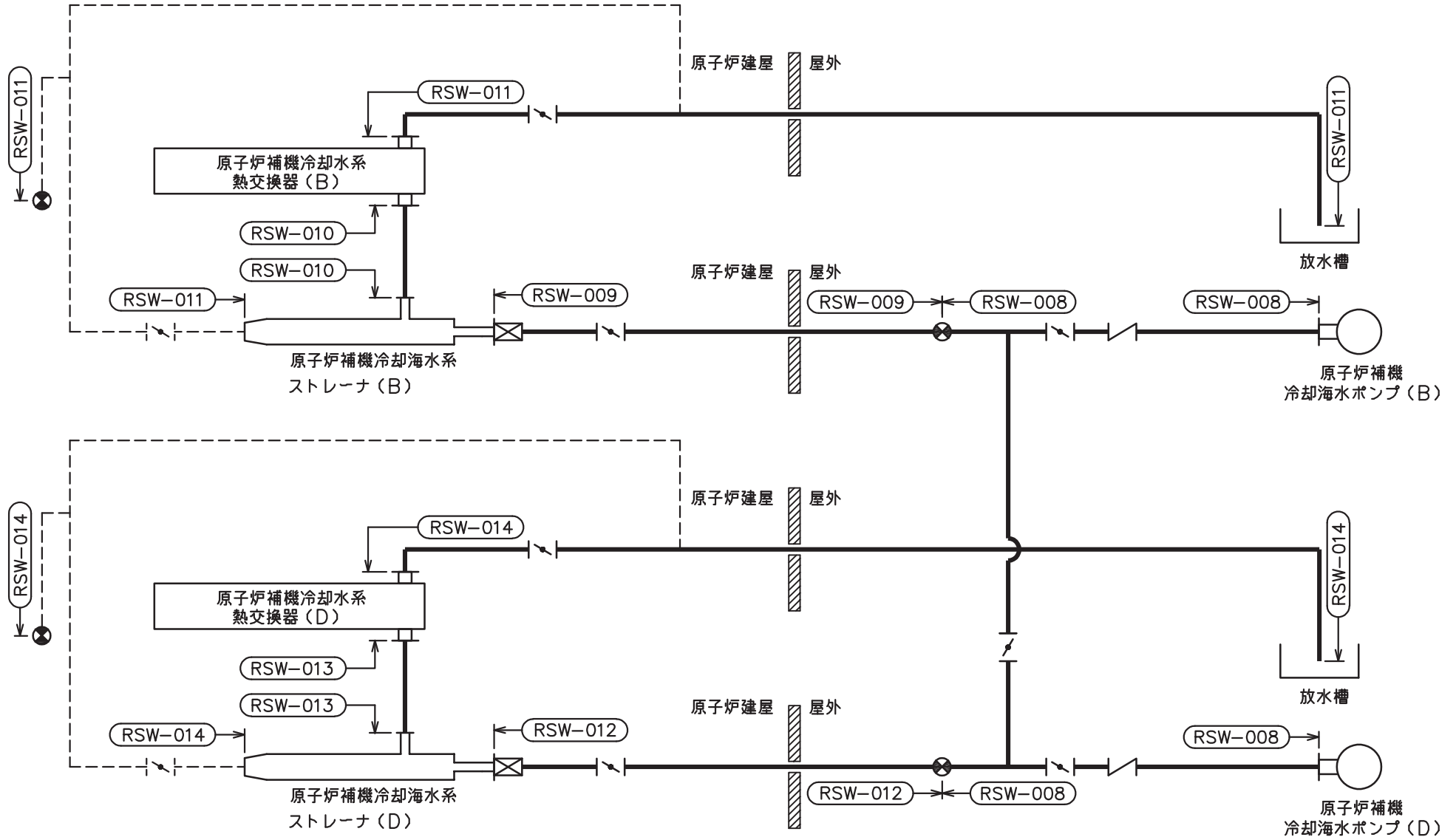
記 号	内 容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

3



原子炉補機冷却海水系概略系統図 (その1)


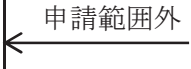



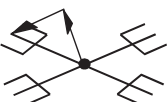
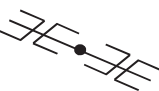

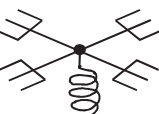
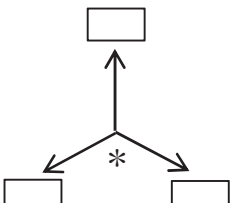
4



原子炉補機冷却海水系概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	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
	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
	ガイド
	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， 内に変位量を記載する。)

9

鳥瞰図 RSW-004-1/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7

鳥瞰図 RSW-004-2/3

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 RSW-004-3/3

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」, 「S A P - V」及び「M S A P (配管)」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	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却海水系	SA	常設／防止 (DB 拡張) 常設／緩和 (DB 拡張)	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／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)，「常設／緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張) を示す。

*3：運転状態の添字 L は荷重示す。

*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 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ 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 R S W - 0 0 4

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	0.78	50	508.0	9.5	SM400C	—	201000

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 R S W - 0 0 4

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	200	302	303	305	801
	802	803	804	807	808	809	810	820	821	901	902	903	904	905	906
	907	908	914	915	916	917	918	919							

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

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		30		56		82		803	
2		31		57		83		804	
3		32		58		84		807	
4		33		59		85		808	
8		34		60		86		809	
9		35		61		87		810	
10		36		62		88		820	
11		37		63		89		821	
12		38		64		90		901	
13		39		65		91		902	
14		40		66		92		903	
15		41		67		93		904	
16		42		68		94		905	
17		43		69		95		906	
18		44		70		96		907	
19		45		71		97		908	
20		46		72		98		914	
21		47		73		99		915	
22		48		74		100		916	
23		49		75		101		917	
24		50		76		200		918	
25		51		77		302		919	
26		52		78		303			
27		53		79		305			
28		54		80		801			
29		55		81		802			

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
5	
6	
7	

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	6			

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 R S W - 0 0 4

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						
10						
13						
20						
27						
35						
38						
43						
50						
59						
62						
72						
75						
81						
90						
96						
100						
901						
902						
903						
904						
905						
906						
** 907 **						
** 908 **						
914						
915						
916						
917						
918						
919						

[Redacted area]

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(2) (重) R 0

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 _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)
SM400C	50	—	241	394	—

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 S W - 0 0 4	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 RSW-004

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								
26 次								
27 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 R S W - 0 0 4

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				
26 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。

20

鳥瞰図 RSW-004

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 RSW-004

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 RSW-004

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
				$S_{p r m}(S_s)$	$0.9 \cdot S_u$	$S_n(S_s)$	$2 \cdot S_y$	$U S_s$
R S W - 0 0 4	$V_A S$	38	$S_{p r m}(S_s)$	252	354	—	—	—
	$V_A S$	38	$S_n(S_s)$	—	—	481	482	—

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)
RSW-007-905S	オイルスナップ	307256AP	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		246	300
RSW-002-906R	ロッドレストレイント	RSAZ 40			450	600

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			
RSW-004-038R	レストレイント	架構	STKR400	40	0	33	547	-	-	-	組合せ	179	280
RSW-008-061A	アンカ	ラグ	SGV410	50	370	54	19	5	16	33	組合せ	63	152

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 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
1	RSW-001	19	183	355	1.93	—	19	370	482	1.30	—	—	—	—
2	RSW-002	12	230	355	1.54	—	11	457	482	1.05	—	—	—	—
3	RSW-003	1	45	354	7.86	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
4	RSW-004	38	252	354	1.40	○	38	481	482	1.00	○	—	—	—
5	RSW-005	810	168	355	2.11	—	4	333	482	1.44	—	—	—	—
6	RSW-006	1	45	354	7.86	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
7	RSW-007	82	218	354	1.62	—	82	402	482	1.19	—	—	—	—
8	RSW-008	10	135	355	2.62	—	451	246	482	1.95	—	—	—	—
9	RSW-009	508	135	355	2.62	—	7	326	482	1.47	—	—	—	—
10	RSW-010	1	45	354	7.86	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
11	RSW-011	14	167	354	2.11	—	29	324	482	1.48	—	—	—	—
12	RSW-012	5	57	355	6.22	—	7	376	482	1.28	—	—	—	—
13	RSW-013	1	45	354	7.86	—	1	76	482	6.34	—	—	—	—
14	RSW-014	35	200	354	1.77	—	35	381	482	1.26	—	—	—	—