

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-005-39
提出年月日	2023年2月22日

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

S2 補 VI-2-5-7-1-6 R0

2023年2月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(1) 原子炉補機冷却系

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	9
3. 計算条件	20
3.1 計算方法	20
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	21
3.3 設計条件	23
3.4 材料及び許容応力	39
3.5 設計用地震力	40
4. 解析結果及び評価	41
4.1 固有周期及び設計震度	41
4.2 評価結果	53
4.2.1 管の応力評価結果	53
4.2.2 支持構造物評価結果	55
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	56
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	57

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 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、原子炉補機冷却系の管、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を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、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26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。






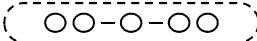

(3) 弁

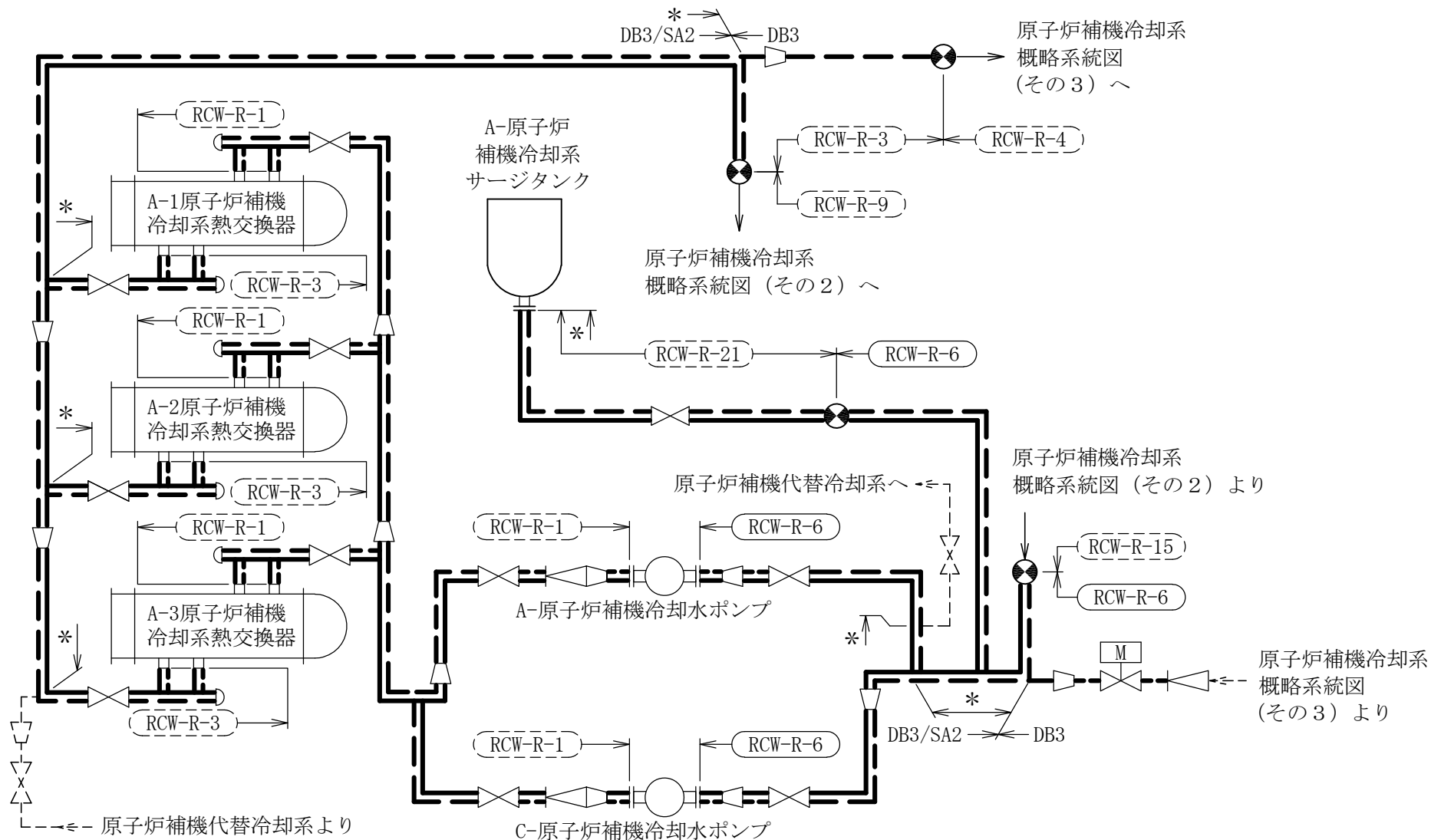
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

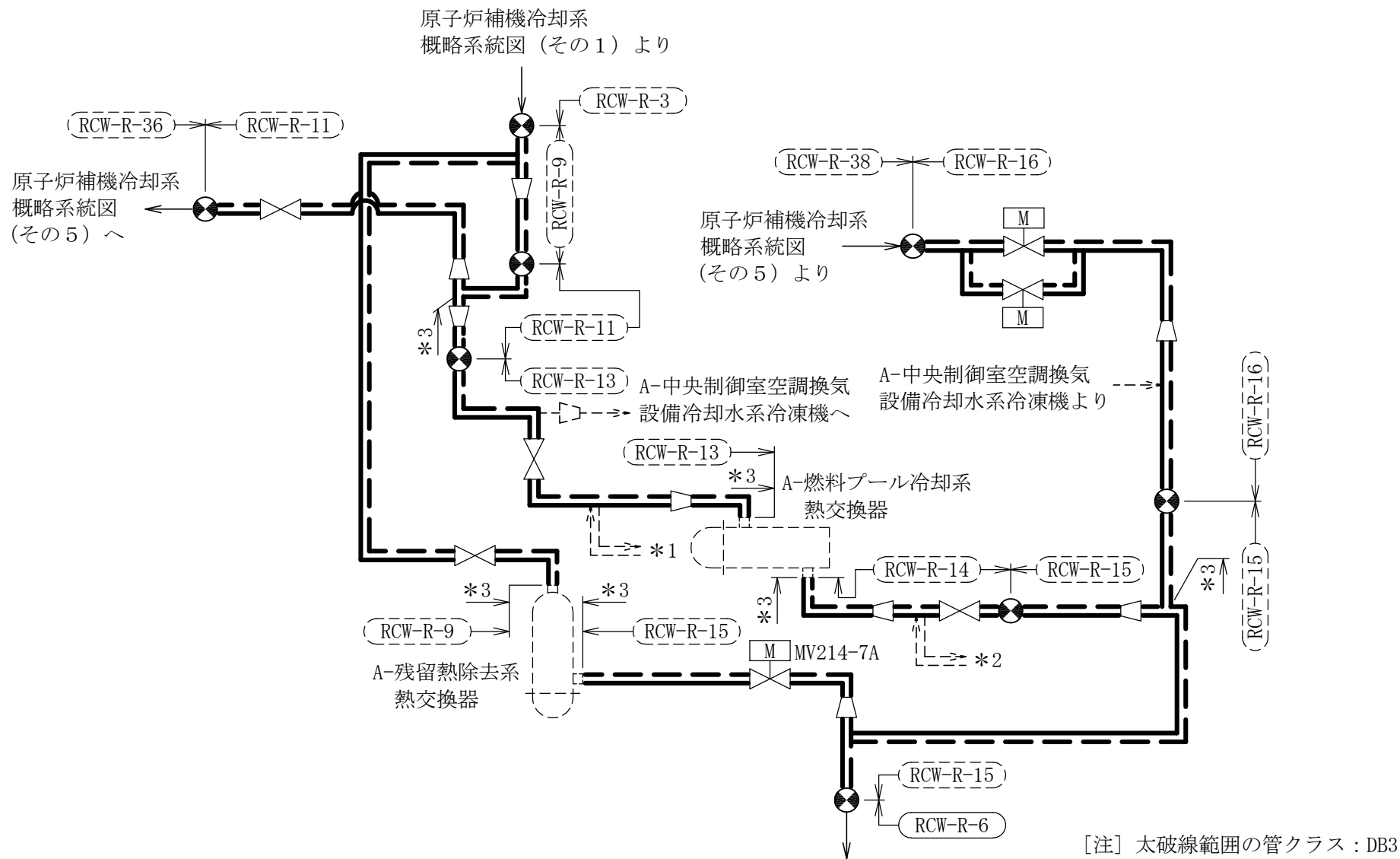
概略系統図記号凡例

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 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (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 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び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 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管



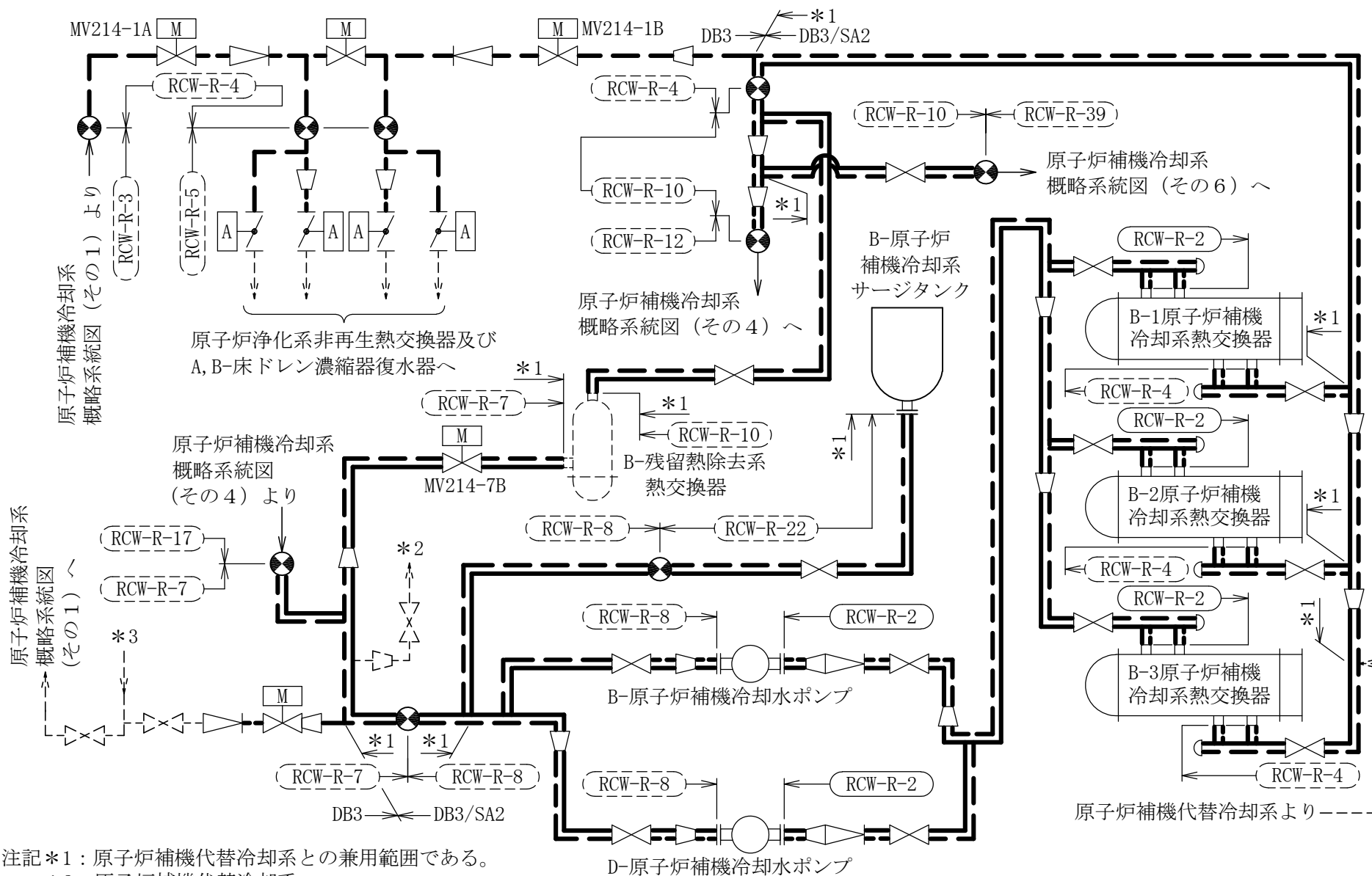
注記* : 原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。

原子炉補機冷却系概略系統図 (その1)



注記*1 : 原子炉補機冷却系概略系統図 (その4) の*1より (〜)
 *2 : 原子炉補機冷却系概略系統図 (その4) の*2より (〜)
 *3 : 原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。

原子炉補機冷却系
概略系統図 (その1) へ 原子炉補機冷却系概略系統図 (その2)

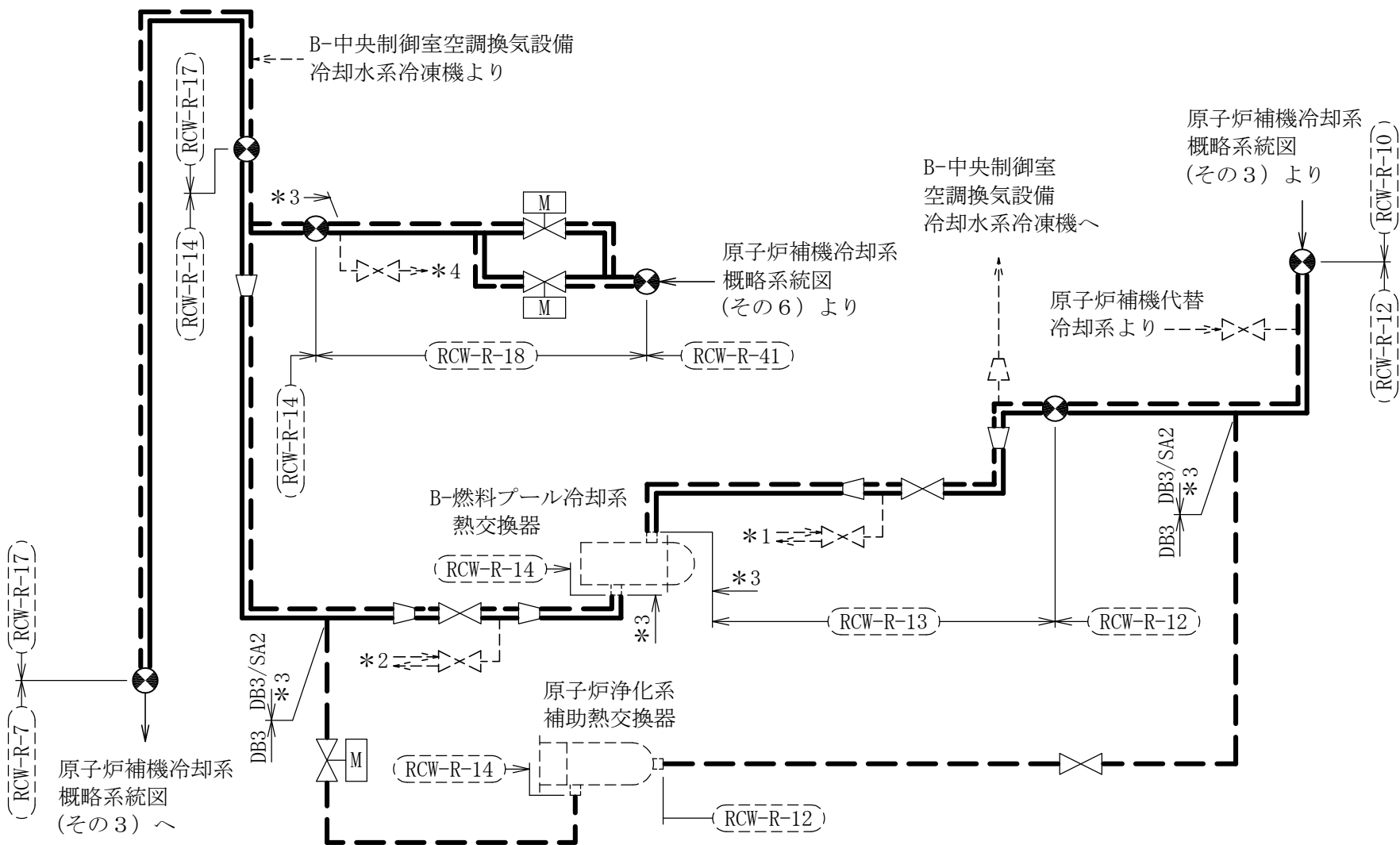


注記*1：原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。

*2：原子炉補機代替冷却系へ

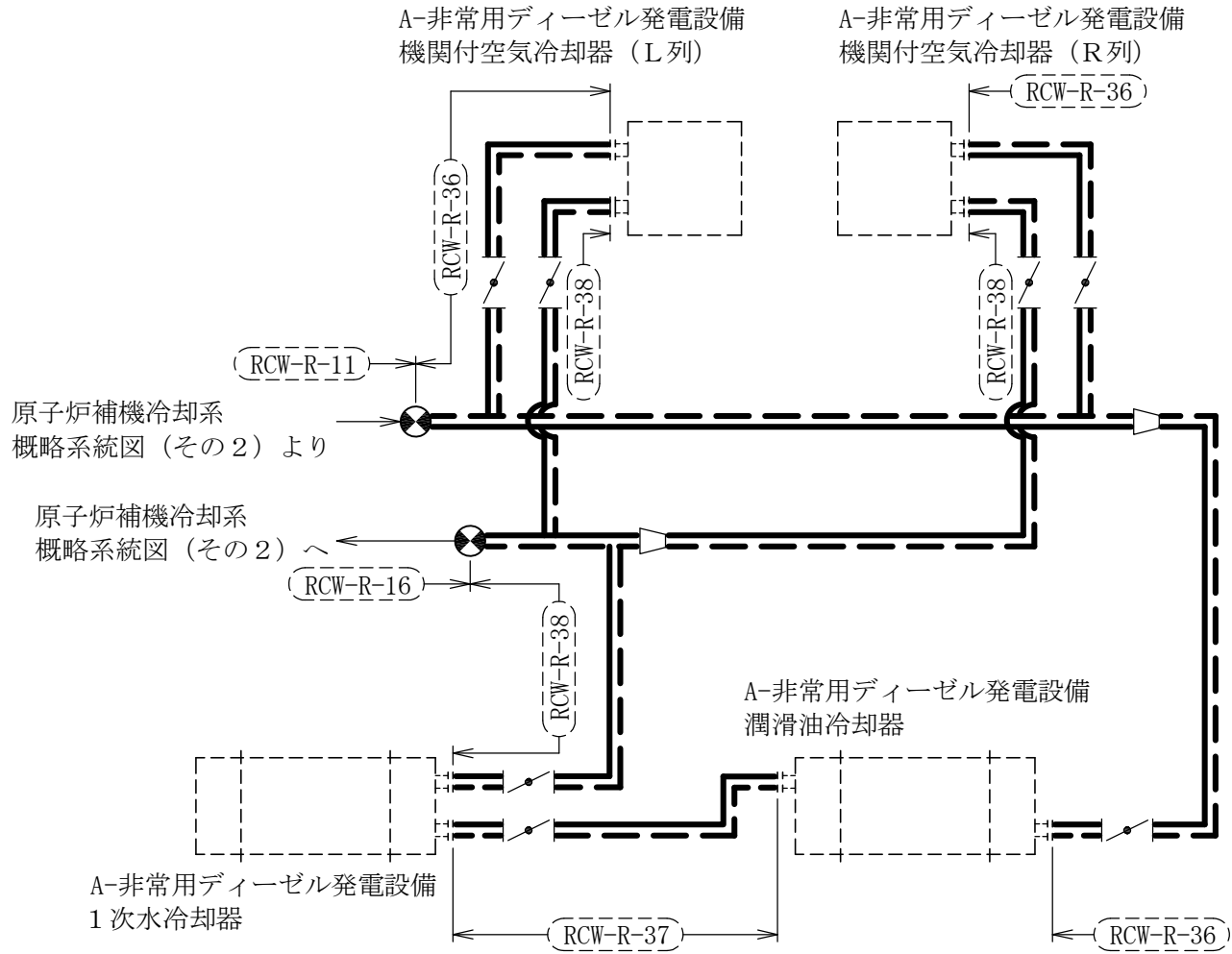
*3：原子炉浄化系非再生熱交換器及びA, B-床ドレン濃縮器復水器より

原子炉補機冷却系概略系統図 (その3)



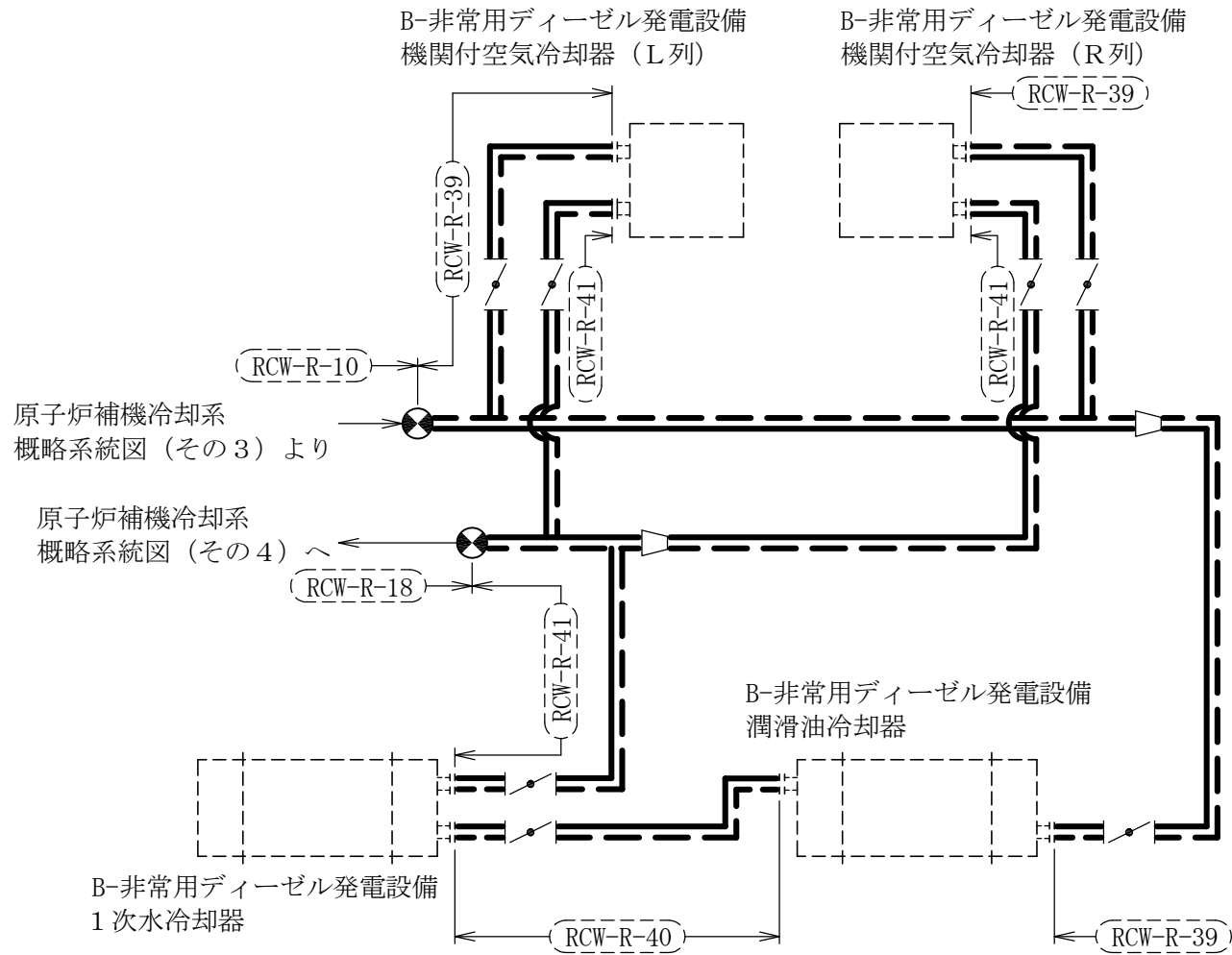
- 注記 *1: 原子炉補機冷却系概略系統図 (その2) の*1より (〜)
 *2: 原子炉補機冷却系概略系統図 (その2) の*2より (〜)
 *3: 原子炉補機代替冷却系との兼用範囲である。
 *4: 原子炉補機代替冷却系へ

原子炉補機冷却系概略系統図 (その4)



[注] 太破線範囲の管クラス : DB3
太線範囲の管クラス : SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その5)



原子炉補機冷却系
概略系統図 (その3) より



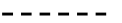


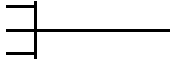
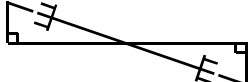
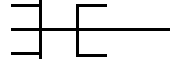
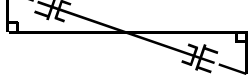

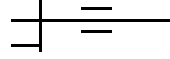
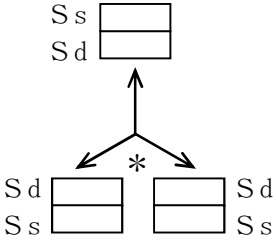
原子炉補機冷却系
概略系統図 (その4) へ

[注] 太破線範囲の管クラス : DB3
太線範囲の管クラス : SA2

原子炉補機冷却系概略系統図 (その6)

2.2 鳥瞰図

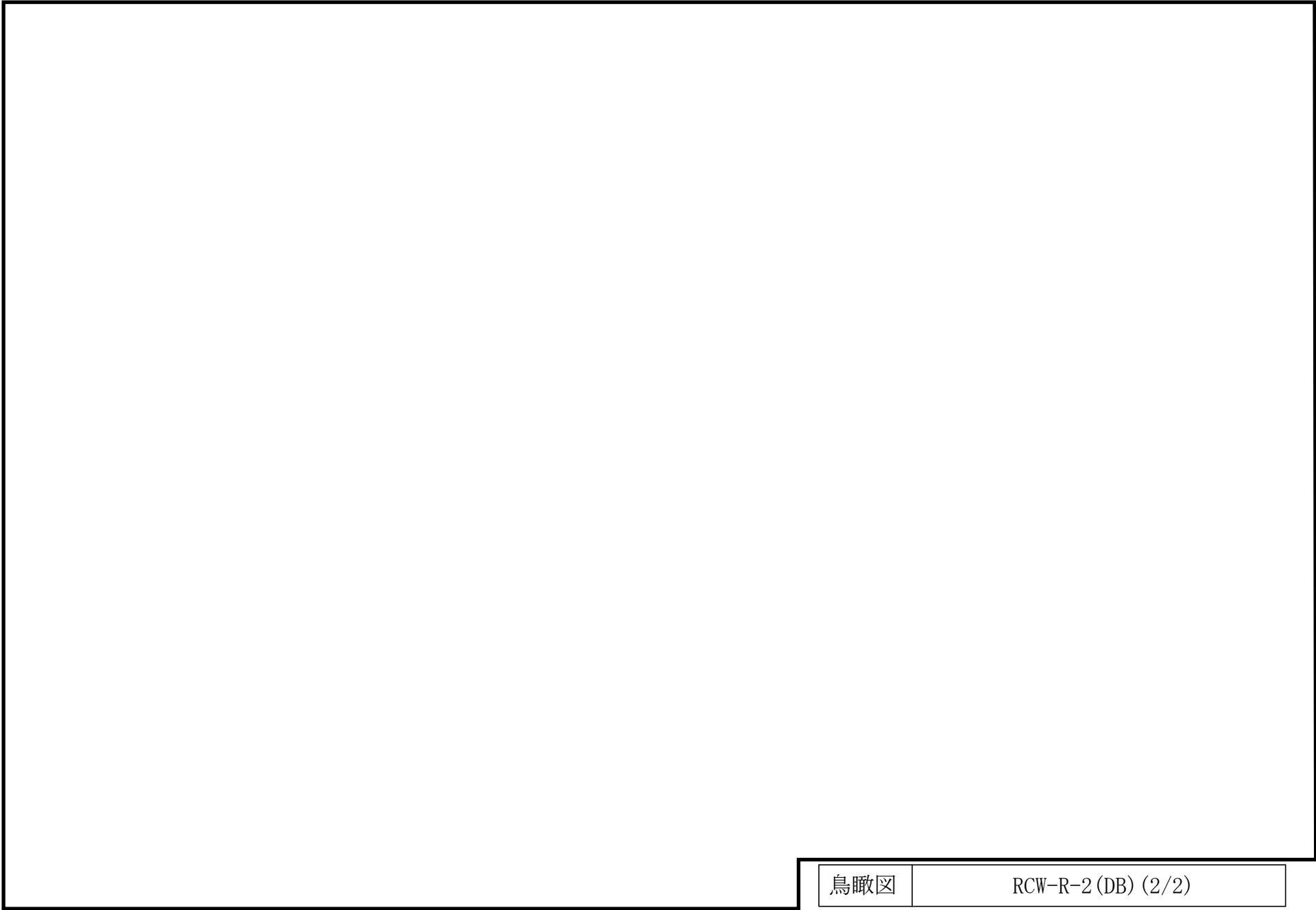
鳥瞰図記号凡例

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 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (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 本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管 であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	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, 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。) 注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



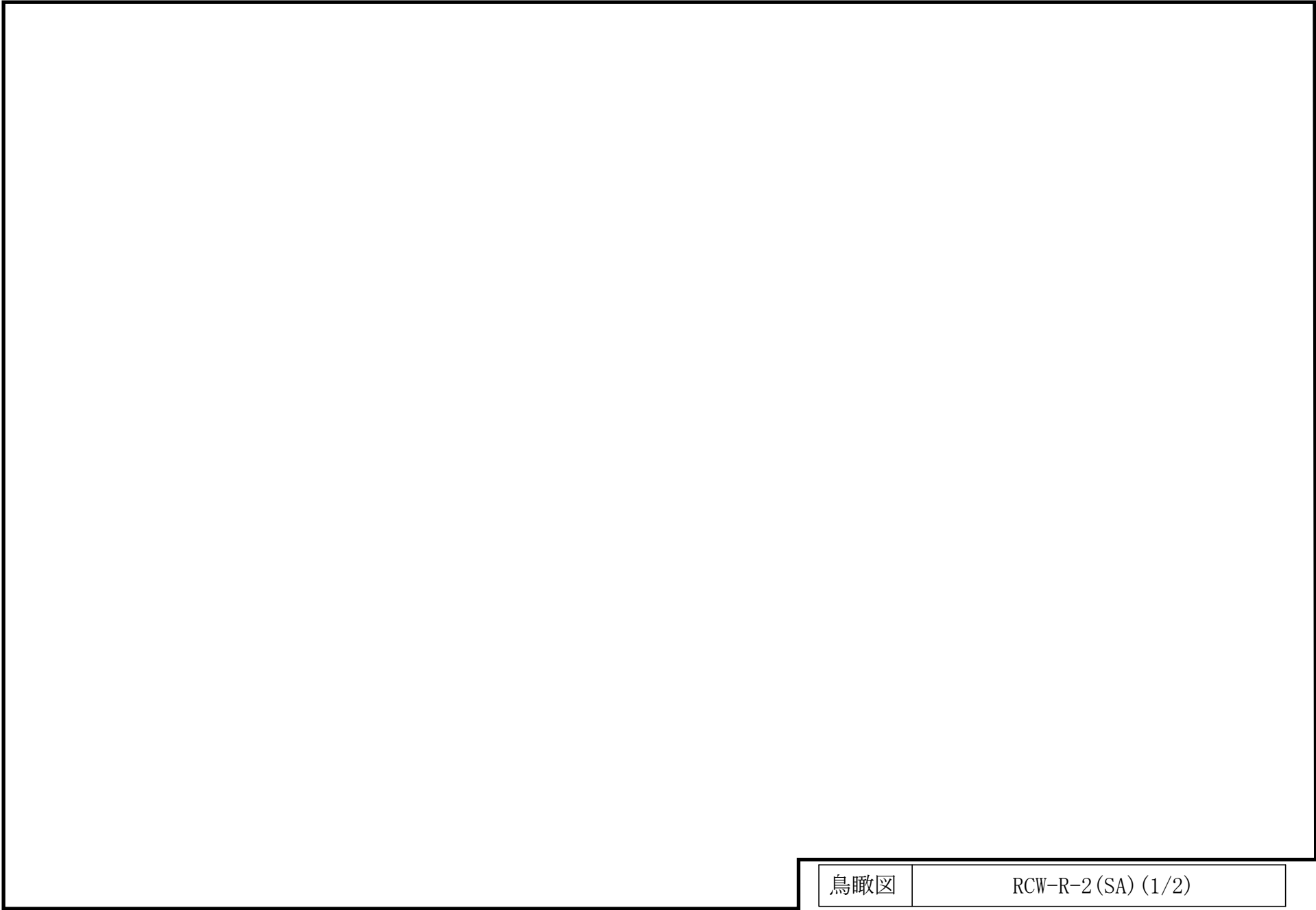
鳥瞰図

RCW-R-2 (DB) (1/2)



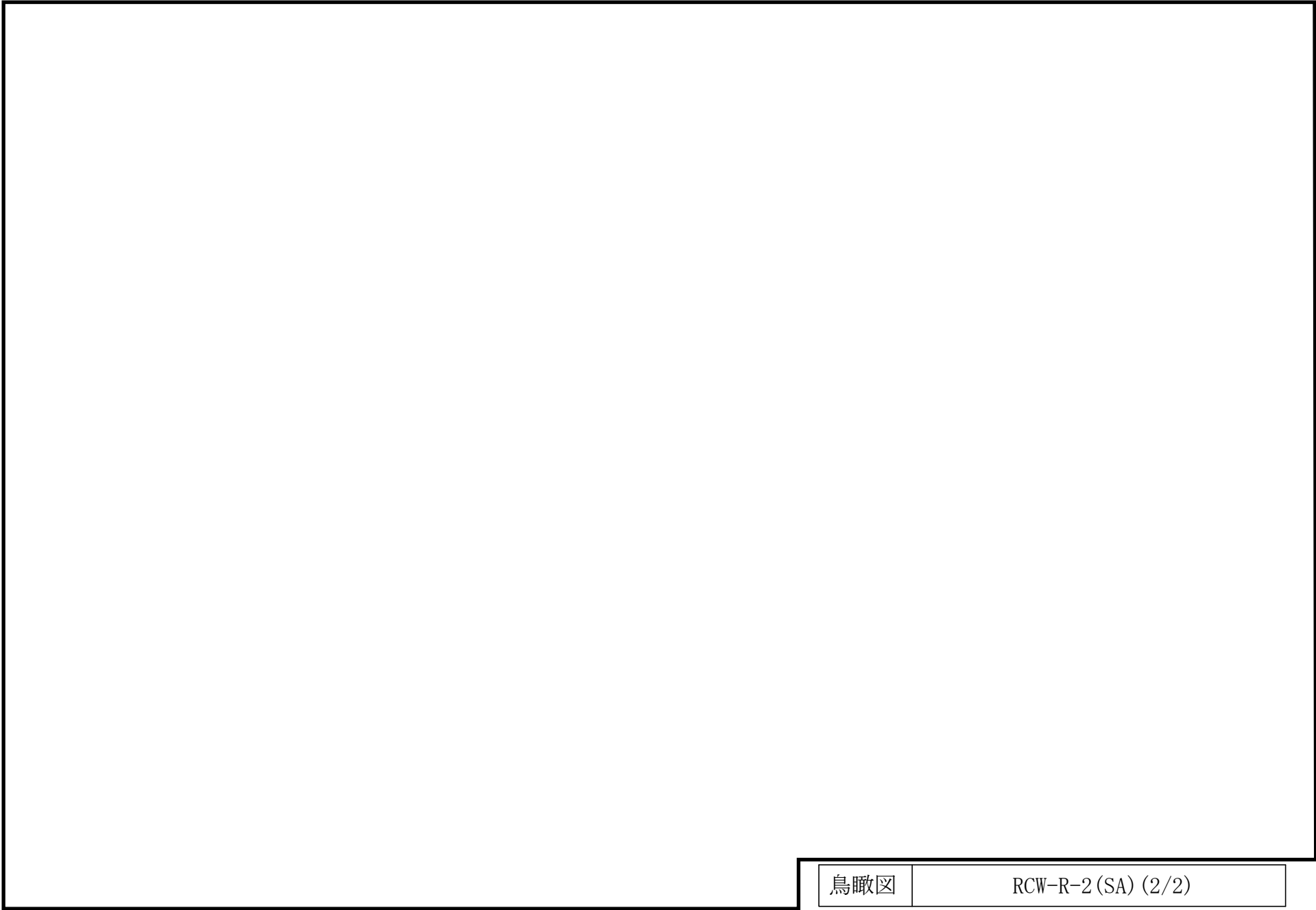
鳥瞰図

RCW-R-2 (DB) (2/2)



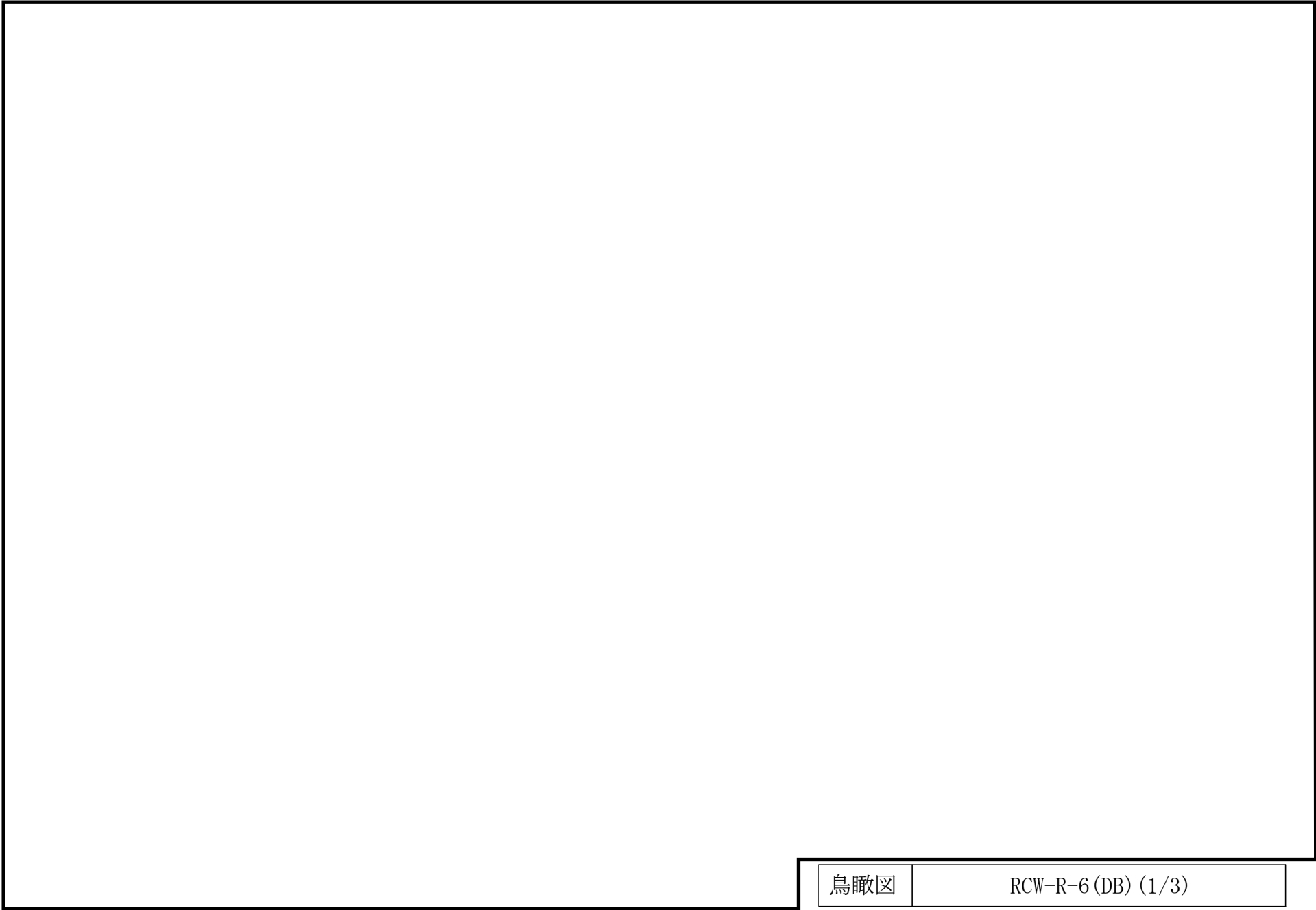
鳥瞰図

RCW-R-2 (SA) (1/2)



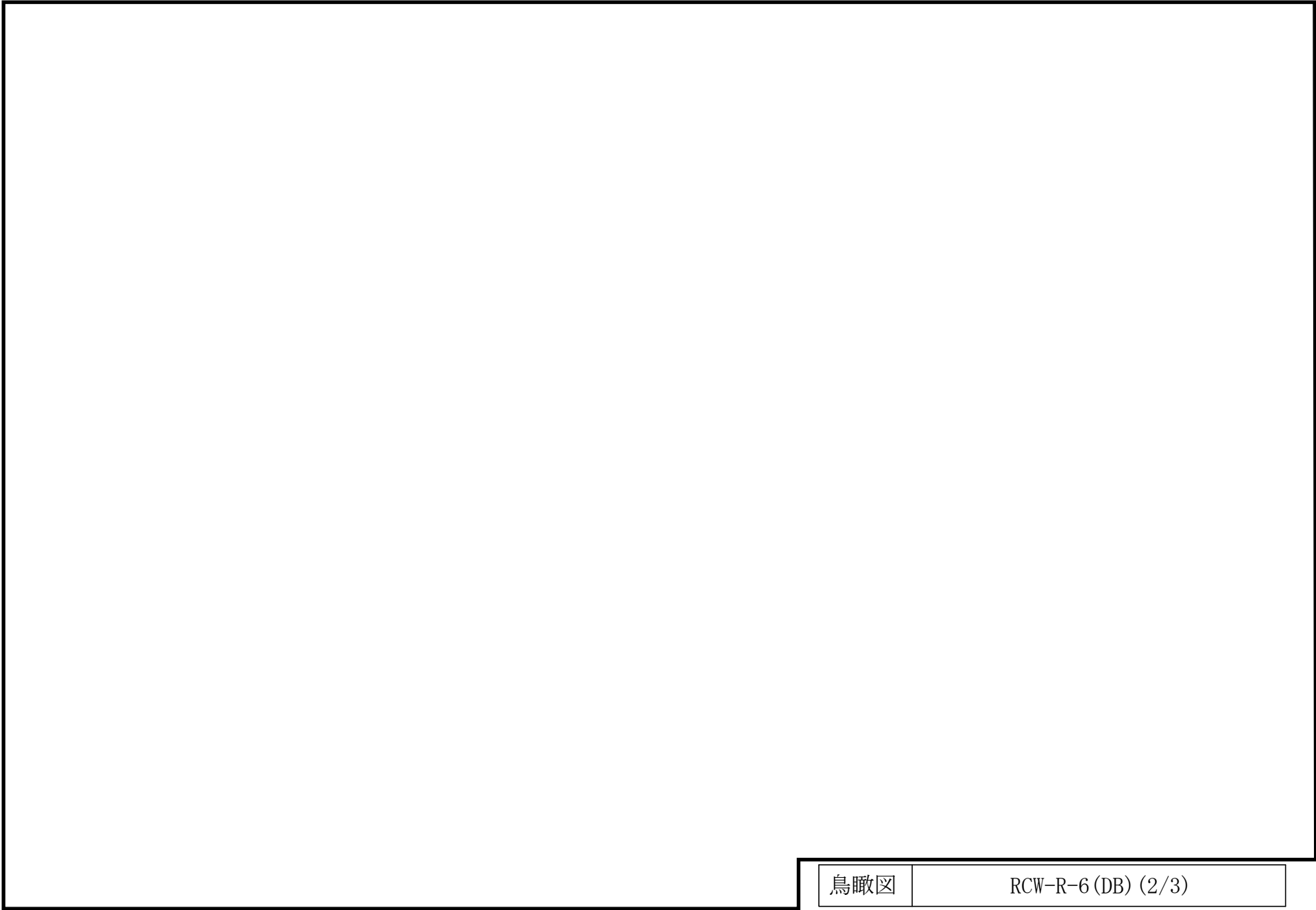
鳥瞰図

RCW-R-2 (SA) (2/2)



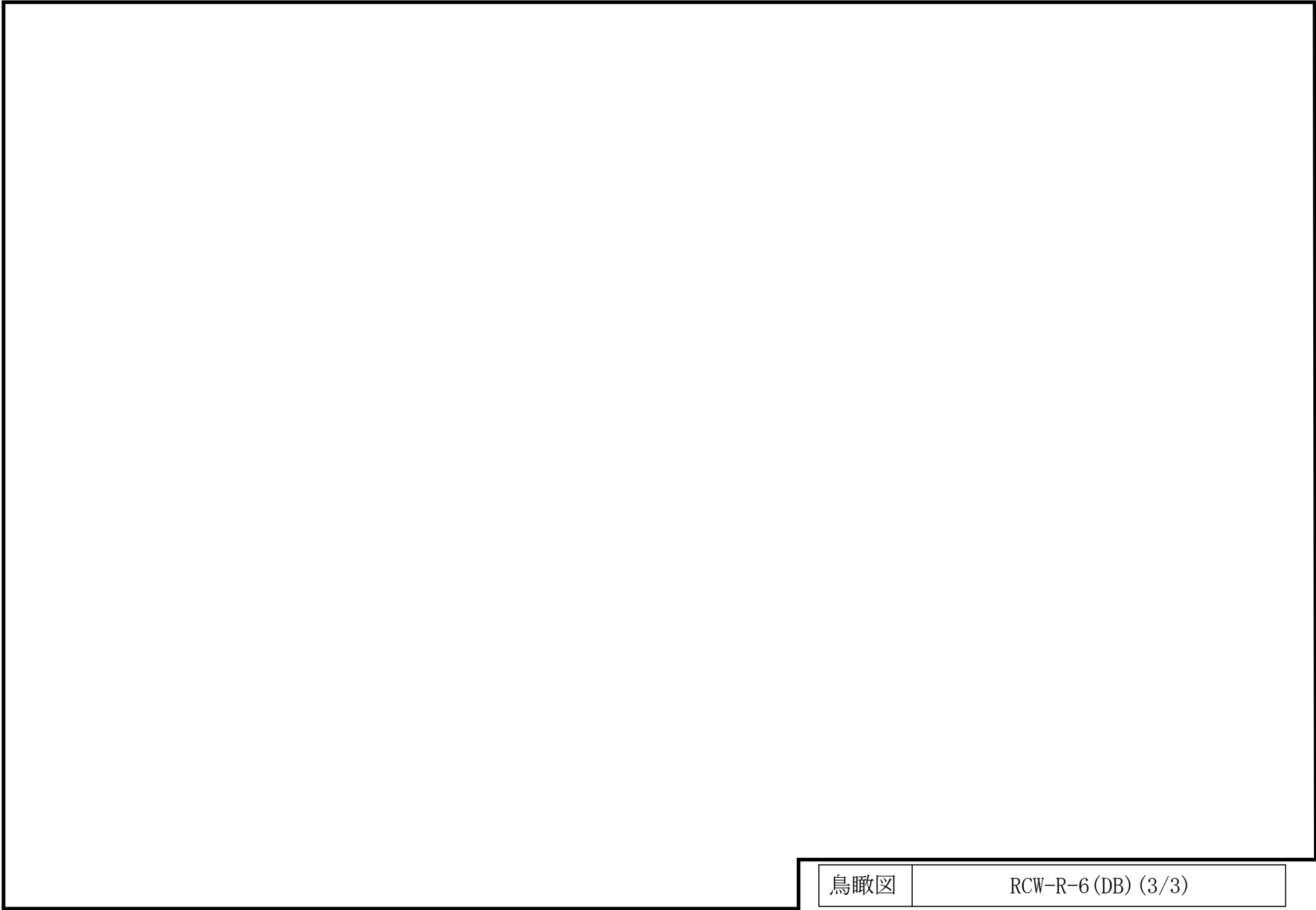
鳥瞰図

RCW-R-6 (DB) (1/3)

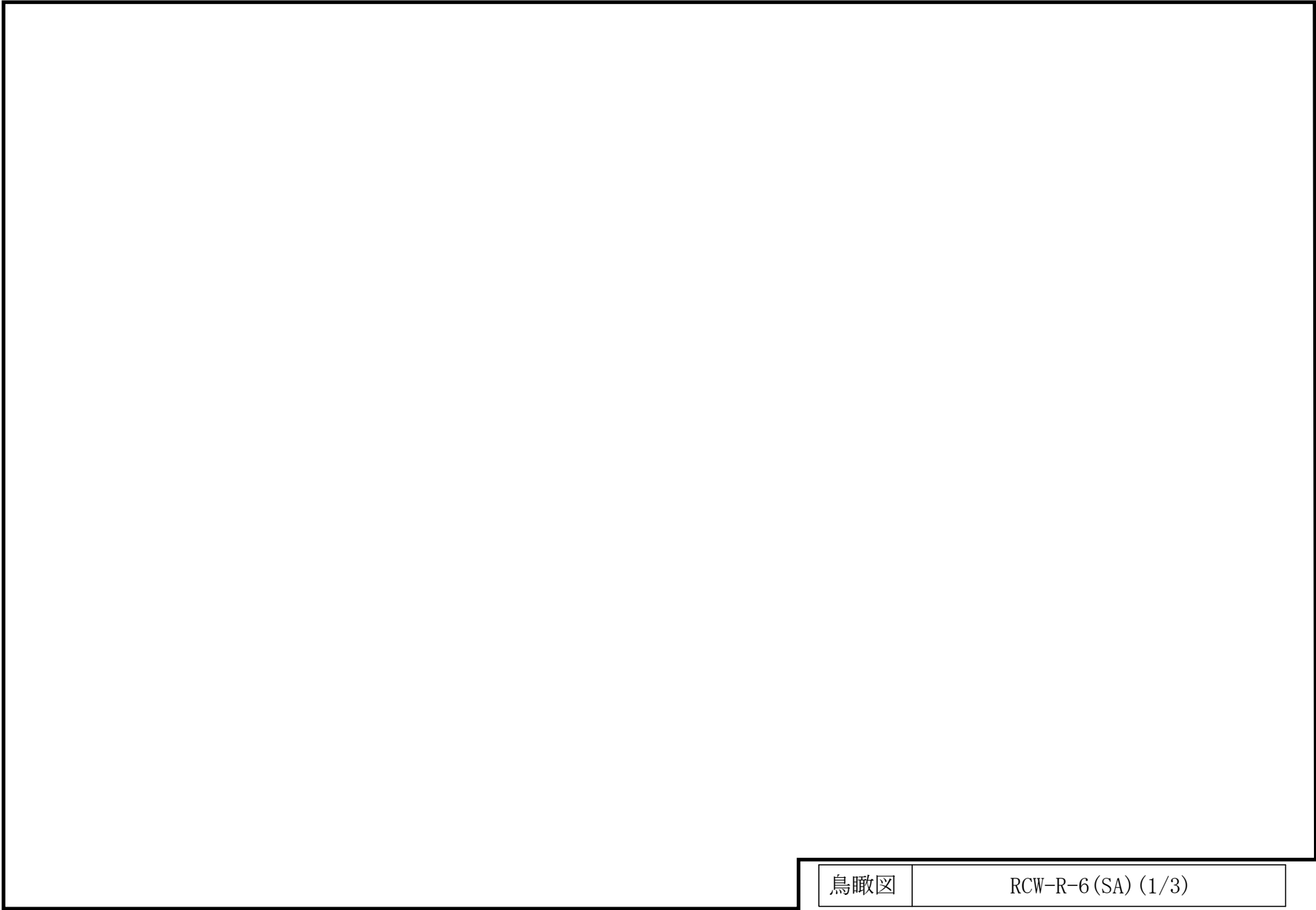


鳥瞰図

RCW-R-6 (DB) (2/3)



鳥瞰図	RCW-R-6 (DB) (3/3)
-----	--------------------

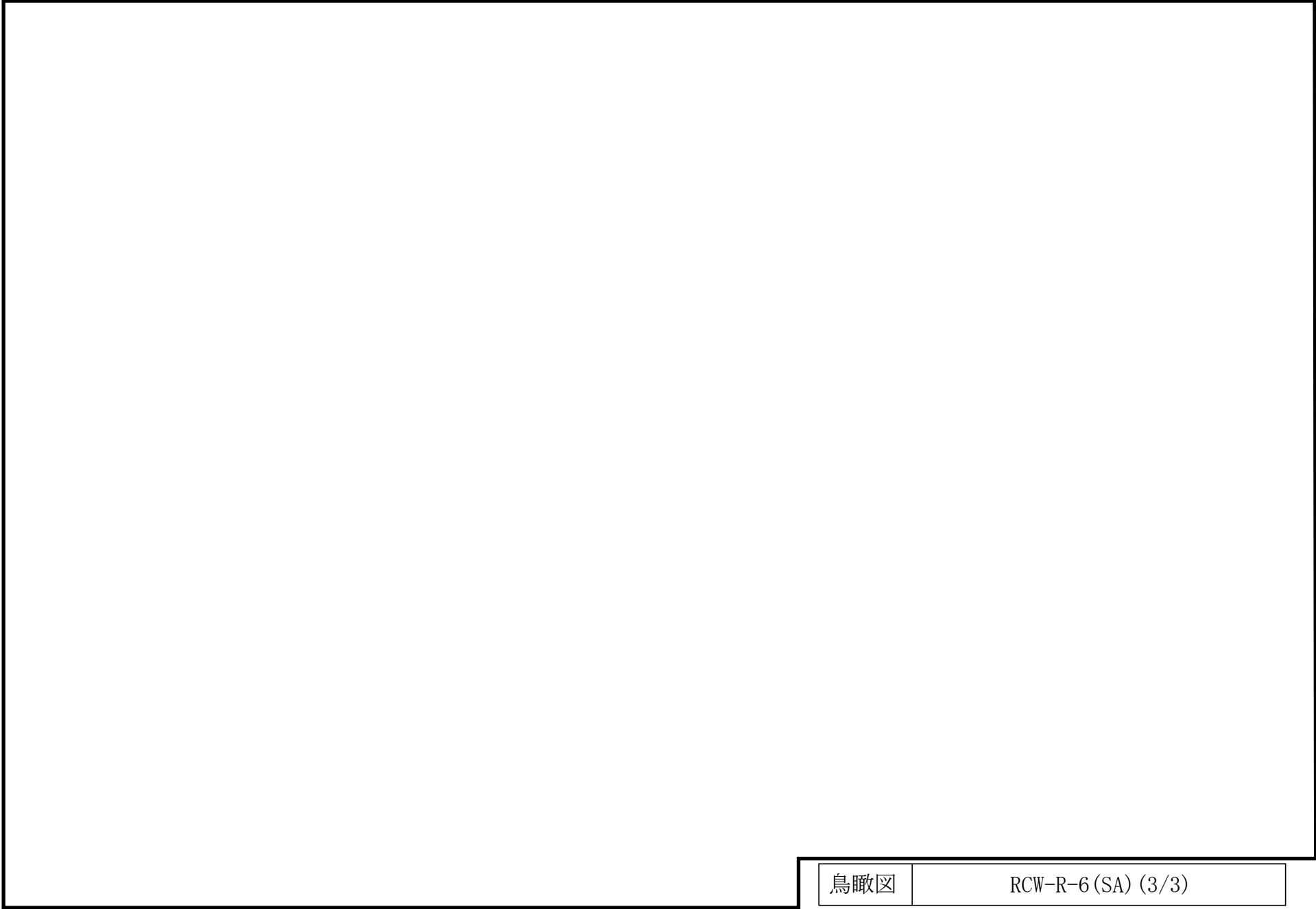


鳥瞰図

RCW-R-6 (SA) (1/3)

鳥瞰図

RCW-R-6 (SA) (2/3)



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「H 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、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	
			SA	常設／防止 (DB拡張)	重大事故等 クラス2管	—	I _L +S _s	IV _A S
							II _L +S _s	
V _L +S _s ^{*6}	V _A S							

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	原子炉補機代替冷却系	S A	常設耐震／防止	重大事故等クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
							V _L + S _s ^{*6}	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：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「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。

*6：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから，重大事故等時の最大荷重とS_s地震力の組合せを考慮する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1N~3, 32~34N 50~52, 54~64N 62~70N, 68~71 80~82, 84~92N 90~98N, 96~99 104~108, 110~121N 119~127N, 125~128	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
2	5~7, 9~12 16~26, 28~30	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
3	13~16, 16~48	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
4	48~49, 49~75	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
5	49~50	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
6	76~79, 79~103	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
7	79~80	III _A S	1.37	85
		IV _A S	1.37	85
		V _A S	1.37	85

設計条件

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

鳥 瞰 図 RCW-R-2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~3, 32~34N 50~52, 54~64N 62~70N, 68~71 80~82, 84~92N 90~98N, 96~99 104~108, 110~121N 119~127N, 125~128	406.4	12.7	STPT42	S	201000
2	5~7, 9~12 16~26, 28~30	508.0	9.5	SM41C	S	201000
3	13~16, 16~48	711.2	12.7	SM41C	S	201000
4	48~49, 49~75	723.8	19.0	SM41C	S	201000
5	49~50	419.0	19.0	SM41C	S	201000
6	76~79, 79~103	558.8	12.7	SM41C	S	201000
7	79~80	406.4	12.7	SM41C	S	201000

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCW-R-2

質量	対応する評価点
<div style="border: 2px solid black; width: 50px; height: 50px; margin: 0 auto;"></div>	1N～3, 32～34N, 49～52, 54～64N, 62～70N 68～71, 79～82, 84～92N, 90～98N, 96～99 104～108, 110～121N, 119～127N, 125～128
	5～7, 9～12, 16～26, 28～30, 76～79 79～103
	13～16, 16～49, 49～75

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-2

質量	対応する評価点
<input type="text"/>	1N, 34N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	4~5, 30~31	<input type="checkbox"/>	7~9, 26~28
<input type="checkbox"/>	52~54, 82~84	<input type="checkbox"/>	108~110

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCW-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
4~5				7~9			
26~28				30~31			
52~54				82~84			
108~110							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-R-2

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
1N						
1001						
10						
11						
24						
25						
3401						
34N						
37						
46						
59						
64N						
70N						
77						
81						
92N						
98N						
106						
107						
112						
121N						
127N						

S2 補 VI-2-5-7-1-6(1) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-6

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	3~5, 6~7	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	—	—
2	8~9	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	—	—
3	9~20	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
4	21~22, 23~38 19~102, 104~111 112~127	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
5	39~44N, 128~133N	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
6	102~104	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
7	9~209A	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-6

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
8	11~301	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85
9	301~3061, 307~318A	Ⅲ _A S	1.37	85
		Ⅳ _A S	1.37	85
		Ⅴ _A S	1.37	85

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RCW-R-6

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	3～5, 6～7	609.6	12.7	SM41C	S	201533
2	8～9	711.2	12.7	SM41C	S	201533
3	9～20	711.2	12.7	SM41C	S	201533
4	21～22, 23～38 19～102, 104～111 112～127	508.0	9.5	SM41C	S	201533
5	39～44N, 128～133N	457.2	9.5	SM41C	S	201533
6	102～104	508.0	9.5	STPT410	S	201533
7	9～209A	558.8	12.7	SM41C	S	201533
8	11～301	165.2	7.1	SF45A	S	200533
9	301～3061, 307～318A	165.2	7.1	STPT42	S	201533

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RCW-R-6

質量	対応する評価点
□	3～5, 6～7, 8～20
□	21～22, 23～38, 19～111, 112～127, 9～209A
□	39～44N, 128～133N
□	11～3061, 307～318A

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-6

質量	対応する評価点
	33F, 36F, 122F, 125F
	44N, 133N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RCW-R-6

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	2~3		5, 6
	5001		5002
	5004		22~23, 111~112
	3061~307		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RCW-R-6

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
2~3				5~5001			
5001~5002							
5003~5004							
22~23							
3061~307							
				5002~5003			
				5001~6			
				111~112			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RCW-R-6

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
** 5003 **						
5003						
12						
12						
17						
18						
24						
25						
26						
29						
40						
44N						
** 107 **						
113						
115						
118						
129						
133N						
201						
209A						
308						
318A						

S2 補 VI-2-5-7-1-6(1) 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
STPT42	85	—	224	406	—
SM41C	85	—	227	377	—
SM41C	85	—	218	377	—
STPT410	85	—	224	406	—
SF45A	85	—	212	401	—

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スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。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。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
RCW-R-2	原子炉建物				
RCW-R-6	原子炉建物				

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-R-2

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	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*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							
2次							
3次							
4次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-R-2

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
2次				
3次				
4次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

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、次頁以降に示す。

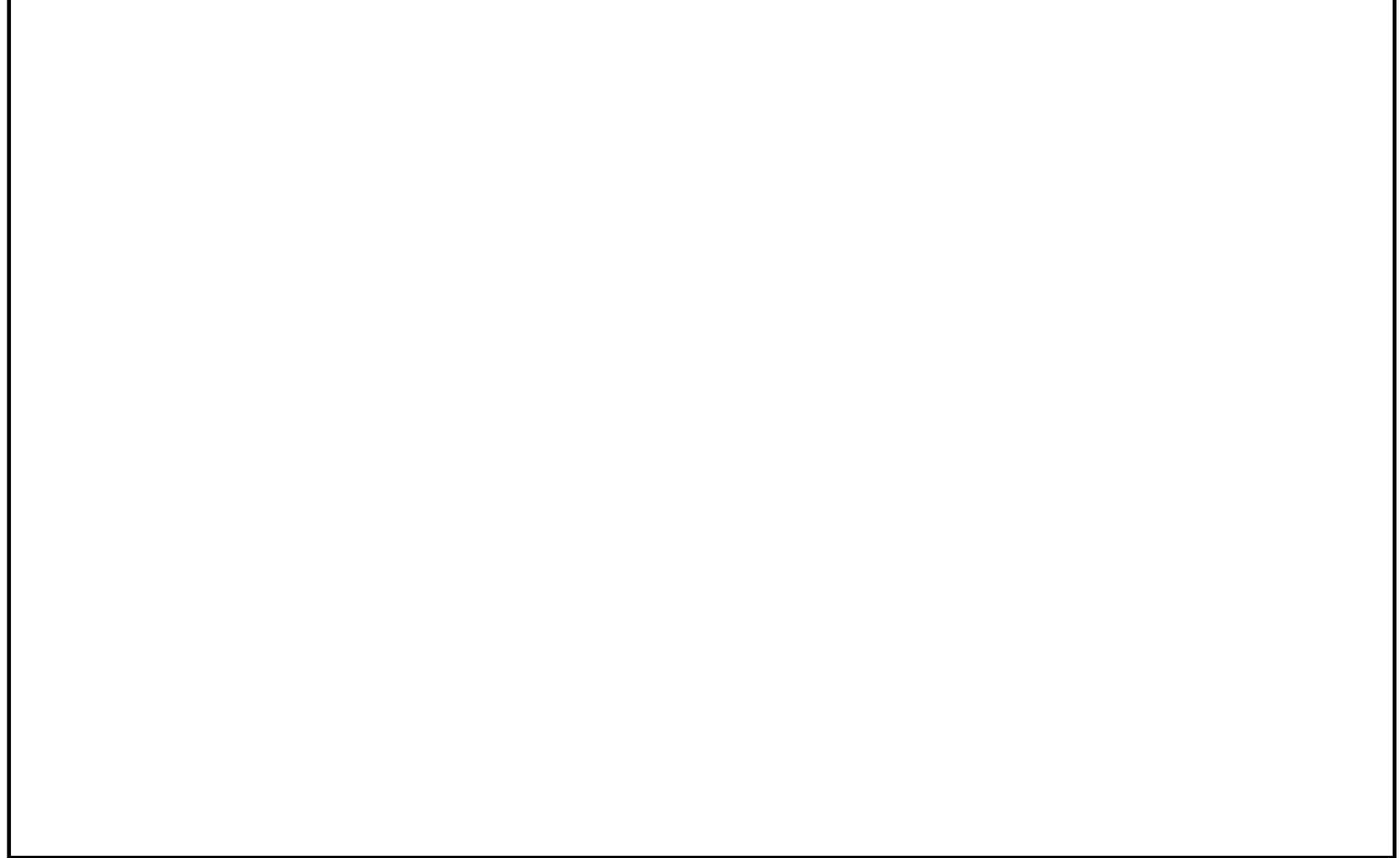
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCW-R-6

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S _d 及び静的震度			基準地震動 S _s			
モード*1	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*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								
2次								
3次								
4次								
5次								
6次								
7次								
8次								
9次								
動的震度*4, *5								
静的震度*6								

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトルⅡ(弾性設計用地震動 S_d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトルⅡ(基準地震動 S_s)により得られる震度

*4：設計用震度Ⅱ(弾性設計用地震動 S_d)及び設計用震度Ⅱ(基準地震動 S_s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-R-6

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				
9次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

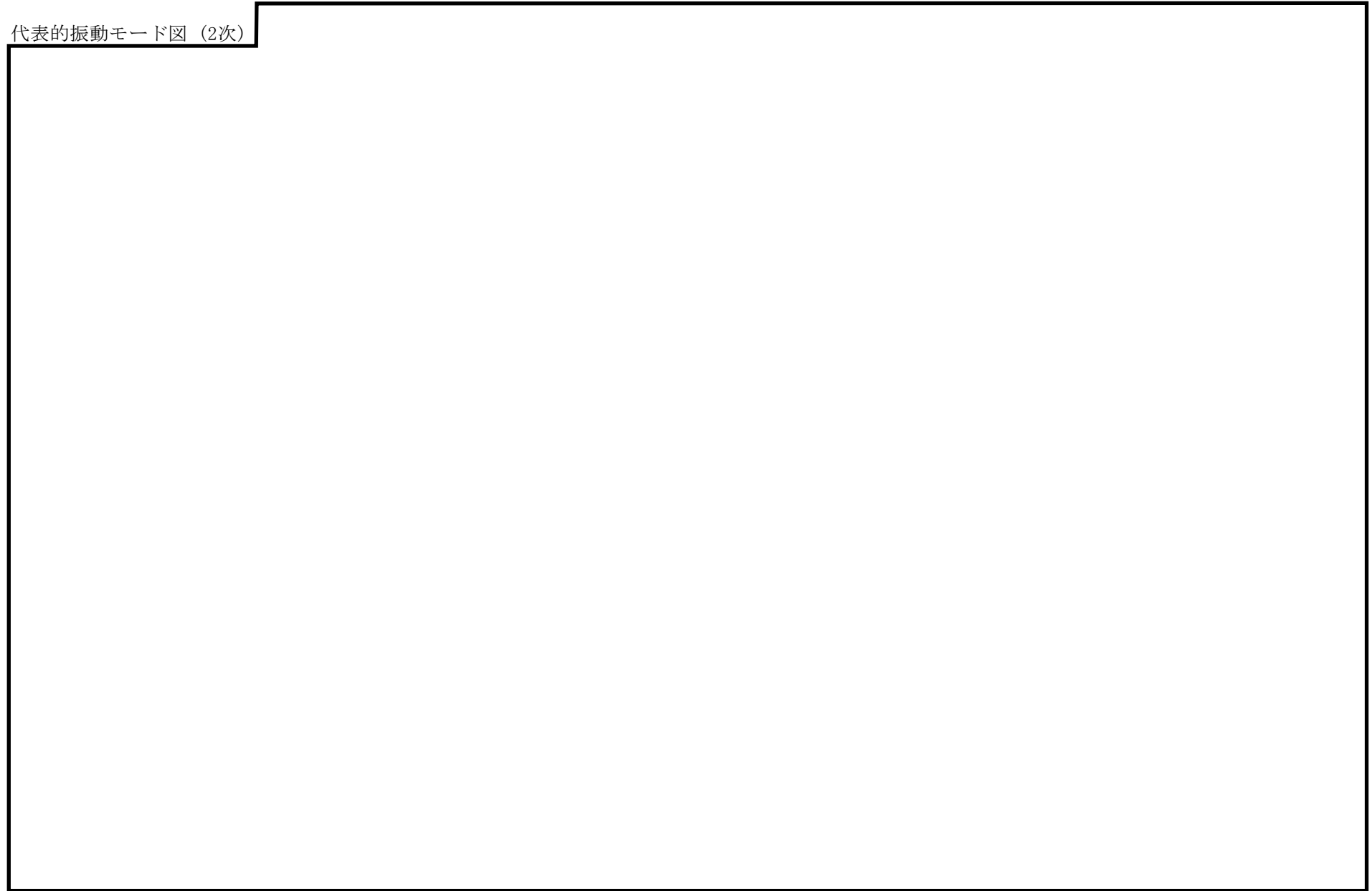
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



53
50

代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



52

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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
Ⅲ _A S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	RCW-R-6	9	129	227	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-2	79	199	454	—
Ⅳ _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RCW-R-2	79	216	339	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-2	79	382	454	—

注記* : 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 $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。

評価結果

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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RCW-R-2	79	216	339	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-2	79	382	454	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RCW-R-2	79	216	339	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RCW-R-2	79	382	454	—

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)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
SNO-RCW-817	オイルスナッパ	SN-25		197	375	—	
RE-RCW-908	ロッドレストレイント	RTS-25		175	450	—	
SH-RCW-815	スプリングハンガ	VSB1F-19		57	72		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

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 _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-RCW-284	レストレイント	ラグ	SGV410	85	0	205	17	—	—	—	圧縮	42	142
AN-RCW-234	アンカ	ラグ	SGV410	85	237	107	54	26	58	75	組合せ	58	142

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり **水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。**

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	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	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
MV214-1B	電動ゲート弁	β (S s)	3.1	1.3	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—
MV214-7B	電動グローブ弁	β (S s)	3.8	2.4	—	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：**水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し、水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。**

*3：**詳細評価対象外の場合は「—」と記載する。**

*4：**水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり、詳細評価を実施する場合に使用する。**

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
1	RCW-R-1	45	117	227	1.94	—	79	159	436	2.74	—	—
2	RCW-R-2	79	124	227	1.83	—	79	199	454	2.28	—	○
3	RCW-R-3	31	125	227	1.81	—	31	196	454	2.31	—	—
4	RCW-R-4	123	112	227	2.02	—	123	179	454	2.53	—	—
5	RCW-R-5	17	116	227	1.95	—	17	149	454	3.04	—	—
6	RCW-R-6	9	129	227	1.75	○	9	190	454	2.38	—	—
7	RCW-R-7	76	105	218	2.07	—	76	165	436	2.64	—	—
8	RCW-R-8	50	119	227	1.90	—	50	143	454	3.17	—	—
9	RCW-R-9	101	106	227	2.14	—	24	156	454	2.91	—	—
10	RCW-R-10	115	117	227	1.94	—	79	153	454	2.96	—	—
11	RCW-R-11	66	82	224	2.73	—	66	108	448	4.14	—	—
12	RCW-R-12	33	98	224	2.28	—	33	136	448	3.29	—	—
13	RCW-R-13	126	118	224	1.89	—	126	179	448	2.50	—	—
14	RCW-R-14	97	114	224	1.96	—	158	165	454	2.75	—	—
15	RCW-R-15	95	113	227	2.00	—	95	143	454	3.17	—	—

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
16	RCW-R-16	102	68	224	3.29	—	102	95	448	4.71	—	—
17	RCW-R-17	42A	126	227	1.80	—	42A	166	454	2.73	—	—
18	RCW-R-18	82	74	224	3.02	—	82	95	448	4.71	—	—
19	RCW-R-21	67A	102	224	2.19	—	67A	170	448	2.63	—	—
20	RCW-R-22	48	76	224	2.94	—	48	107	448	4.18	—	—
21	RCW-R-36	101	78	224	2.87	—	11	136	448	3.29	—	—
22	RCW-R-37	3	45	224	4.97	—	7	57	448	7.85	—	—
23	RCW-R-38	62	57	224	3.92	—	62	86	448	5.20	—	—
24	RCW-R-39	12	42	224	5.33	—	211	56	448	8.00	—	—
25	RCW-R-40	3	45	224	4.97	—	7	57	448	7.85	—	—
26	RCW-R-41	58	34	224	6.58	—	58	36	448	12.44	—	—

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	RCW-R-1	79	200	339	1.69	—	79	362	436	1.20	—	—
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	—	○
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	—	31	378	454	1.20	—	—
4	RCW-R-4	123	207	339	1.63	—	123	323	454	1.40	—	—
5	RCW-R-5	17	174	339	1.94	—	17	270	454	1.68	—	—
6	RCW-R-6	9	194	339	1.74	—	318A	353	448	1.26	—	—
7	RCW-R-7	76	194	339	1.74	—	76	316	436	1.37	—	—
8	RCW-R-8	50	192	339	1.76	—	50	291	454	1.56	—	—
9	RCW-R-9	24	178	339	1.90	—	24	303	454	1.49	—	—
10	RCW-R-10	115	189	339	1.79	—	115	285	454	1.59	—	—
11	RCW-R-11	66	132	365	2.76	—	66	208	448	2.15	—	—
12	RCW-R-12	33	161	365	2.26	—	33	261	448	1.71	—	—
13	RCW-R-13	126	197	365	1.85	—	126	339	448	1.32	—	—
14	RCW-R-14	89	183	365	1.99	—	158	305	454	1.48	—	—
15	RCW-R-15	95	161	339	2.10	—	95	238	454	1.90	—	—

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
16	RCW-R-16	110	108	365	3.37	—	102	177	448	2.53	—	—
17	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—
18	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—
19	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—
20	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—
21	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—
22	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
23	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—
24	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—
25	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
26	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	RCW-R-1	79	200	339	1.69	—	79	362	436	1.20	—	—
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	—	○
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	—	31	378	454	1.20	—	—
4	RCW-R-4	56	201	339	1.68	—	98	270	454	1.68	—	—
5	RCW-R-6	9	194	339	1.74	—	318A	353	448	1.26	—	—
6	RCW-R-7	76	194	339	1.74	—	76	316	436	1.37	—	—
7	RCW-R-8	50	192	339	1.76	—	50	291	454	1.56	—	—
8	RCW-R-9	24	178	339	1.90	—	24	303	454	1.49	—	—
9	RCW-R-10	115	189	339	1.79	—	115	285	454	1.59	—	—
10	RCW-R-11	66	132	365	2.76	—	66	208	448	2.15	—	—
11	RCW-R-12	33	161	365	2.26	—	33	261	448	1.71	—	—
12	RCW-R-13	126	197	365	1.85	—	126	339	448	1.32	—	—
13	RCW-R-14	89	183	365	1.99	—	158	305	454	1.48	—	—
14	RCW-R-15	95	161	339	2.10	—	95	238	454	1.90	—	—
15	RCW-R-16	110	108	365	3.37	—	102	177	448	2.53	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
16	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—
17	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—
18	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—
19	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—
20	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—
21	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
22	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—
23	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—
24	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
25	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
1	RCW-R-1	79	200	339	1.69	—	79	362	436	1.20	—	—
2	RCW-R-2	79	216	339	1.56	○	79	382	454	1.18	—	○
3	RCW-R-3	31	216	339	1.56	—	31	378	454	1.20	—	—
4	RCW-R-4	56	201	339	1.68	—	98	270	454	1.68	—	—
5	RCW-R-6	9	194	339	1.74	—	318A	353	448	1.26	—	—
6	RCW-R-7	76	194	339	1.74	—	76	316	436	1.37	—	—
7	RCW-R-8	50	192	339	1.76	—	50	291	454	1.56	—	—
8	RCW-R-9	24	178	339	1.90	—	24	303	454	1.49	—	—
9	RCW-R-10	115	189	339	1.79	—	115	285	454	1.59	—	—
10	RCW-R-11	66	132	365	2.76	—	66	208	448	2.15	—	—
11	RCW-R-12	33	161	365	2.26	—	33	261	448	1.71	—	—
12	RCW-R-13	126	197	365	1.85	—	126	339	448	1.32	—	—
13	RCW-R-14	89	183	365	1.99	—	158	305	454	1.48	—	—
14	RCW-R-15	95	161	339	2.10	—	95	238	454	1.90	—	—
15	RCW-R-16	110	108	365	3.37	—	102	177	448	2.53	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
16	RCW-R-17	42A	203	339	1.66	—	42A	320	454	1.41	—	—
17	RCW-R-18	82	119	365	3.06	—	82	188	448	2.38	—	—
18	RCW-R-21	67A	182	365	2.00	—	67A	329	448	1.36	—	—
19	RCW-R-22	48	118	365	3.09	—	48	191	448	2.34	—	—
20	RCW-R-36	101	144	365	2.53	—	11	267	448	1.67	—	—
21	RCW-R-37	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
22	RCW-R-38	62	117	365	3.11	—	62	204	448	2.19	—	—
23	RCW-R-39	211	65	365	5.61	—	211	102	448	4.39	—	—
24	RCW-R-40	7	72	365	5.06	—	7	116	448	3.86	—	—
25	RCW-R-41	58	52	365	7.01	—	58	70	448	6.40	—	—

(2) 原子炉補機海水系

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	4
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	31
3.5 設計用地震力	32
4. 解析結果及び評価	33
4.1 固有周期及び設計震度	33
4.2 評価結果	45
4.2.1 管の応力評価結果	45
4.2.2 支持構造物評価結果	47
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	48
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	49

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 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、原子炉補機海水系の管、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を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、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6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。






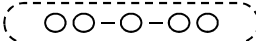

(3) 弁

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、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図



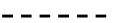


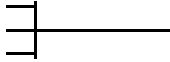
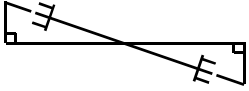
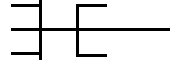
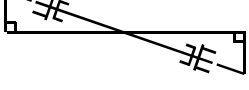

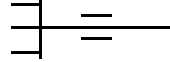
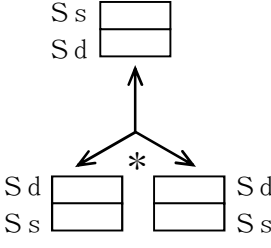
2.1 概略系統図

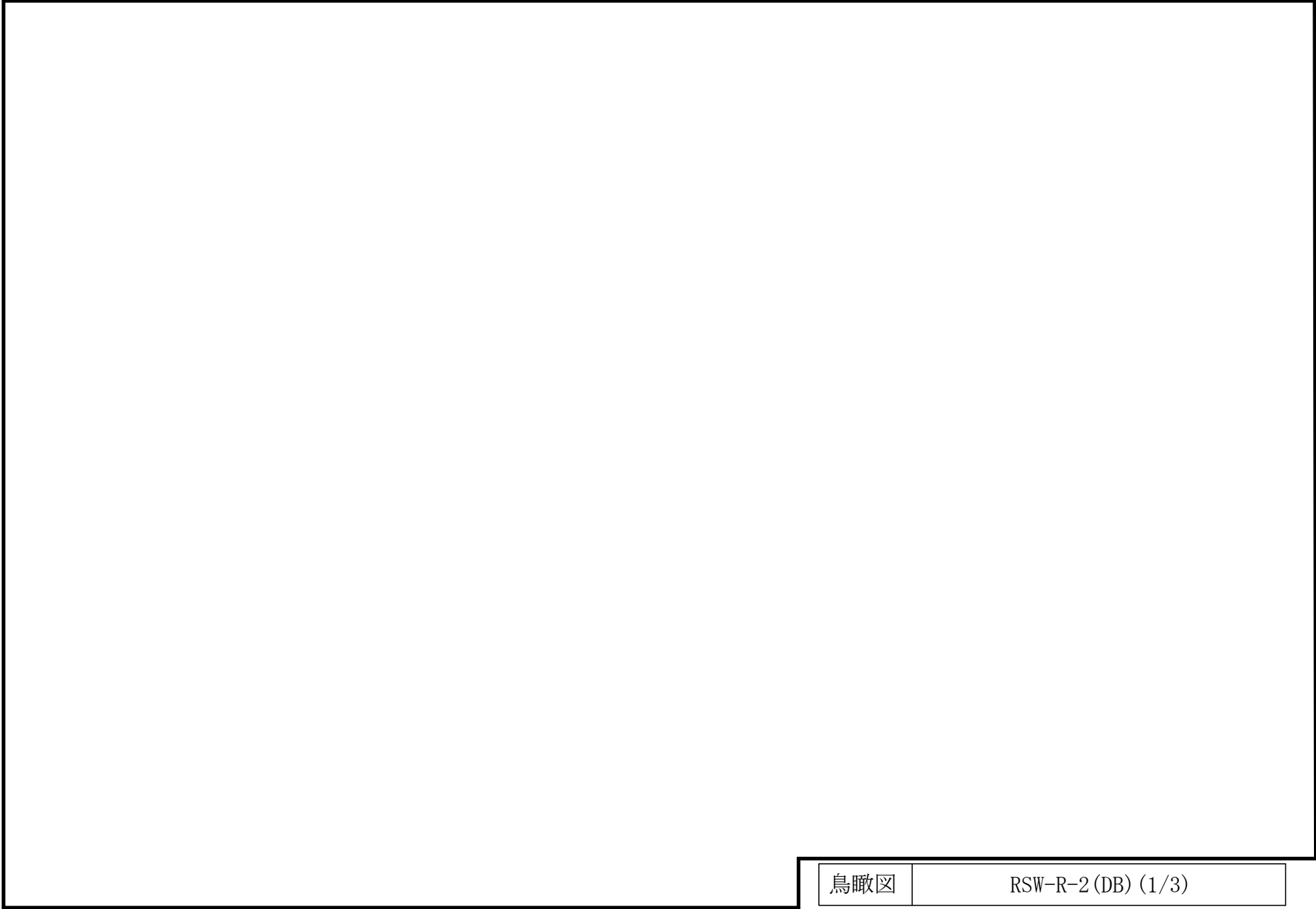
概略系統図記号凡例

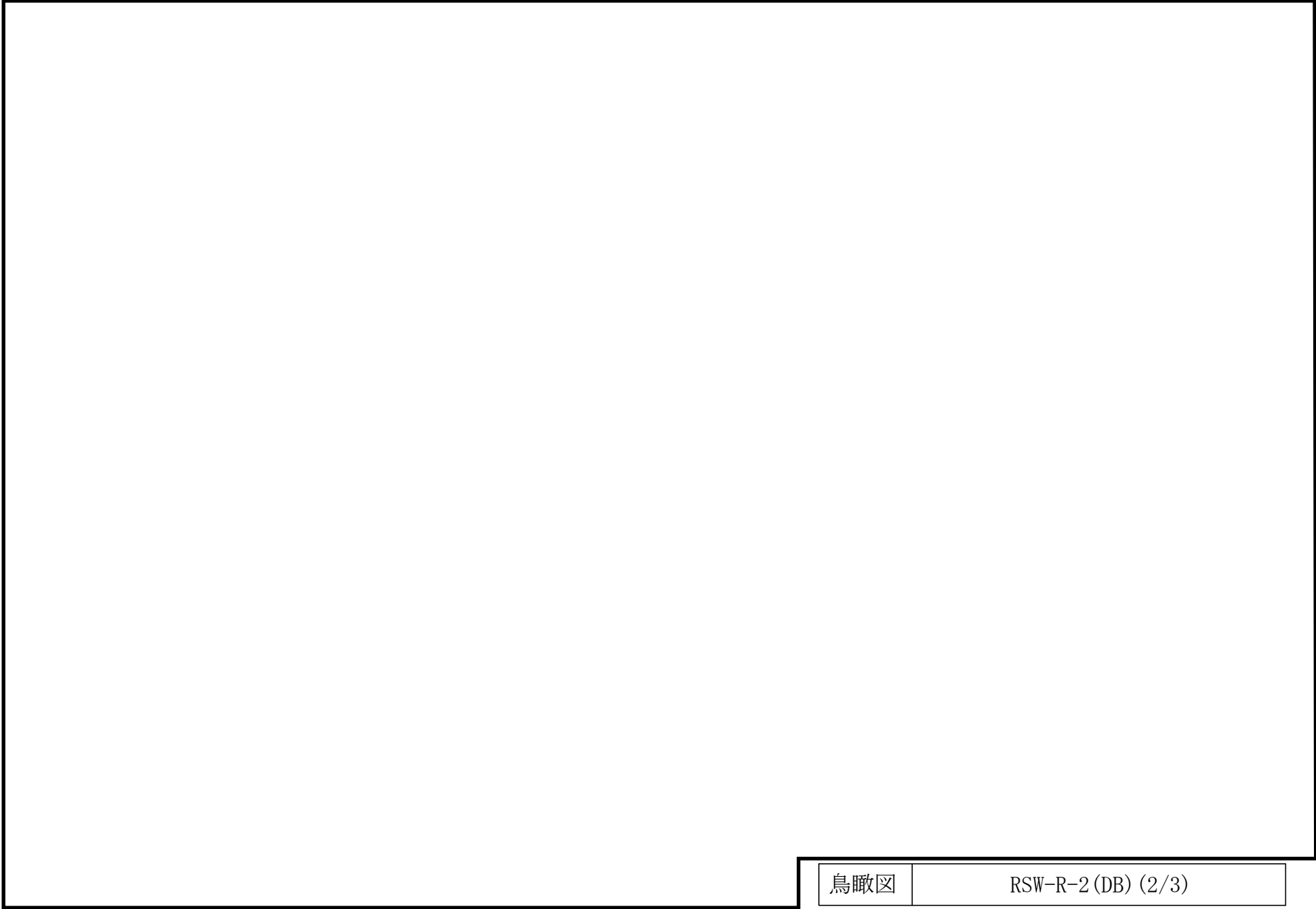
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (重大事故等対処設備)
 (太破線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管 (設計基準対象施設)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他 計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管，又は工事計画記載範囲の管 のうち本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管 及び他系統の管であって系統の概略を示すために表記 する管
	鳥瞰図番号 (代表モデル)
	鳥瞰図番号 (代表モデル以外)
	アンカ
[管クラス] DB1 DB2 DB3 DB4 SA2 SA3 DB1/SA2 DB2/SA2 DB3/SA2 DB4/SA2	クラス 1 管 クラス 2 管 クラス 3 管 クラス 4 管 重大事故等クラス 2 管 重大事故等クラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 3 管 重大事故等クラス 2 管であってクラス 4 管

2.2 鳥瞰図

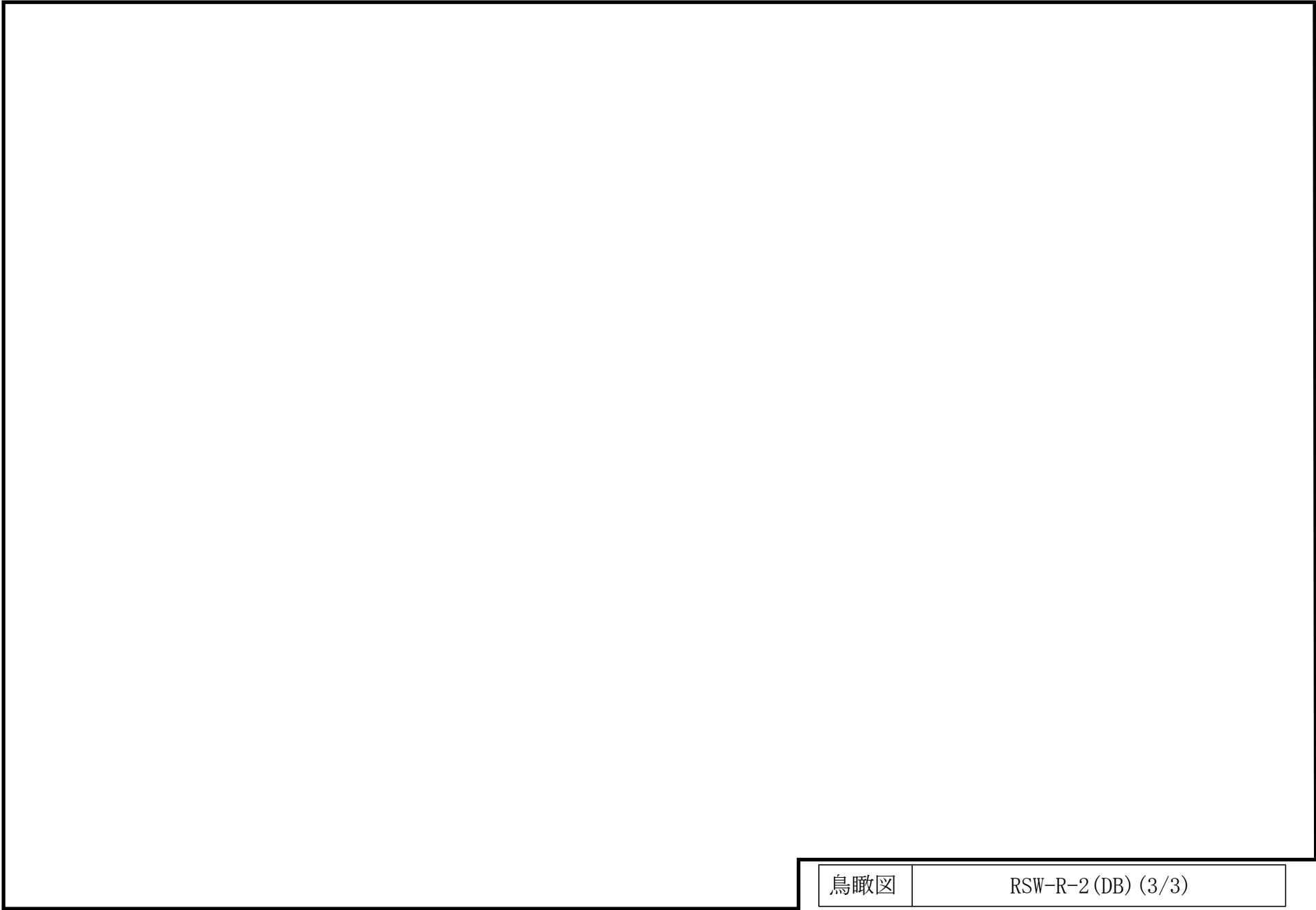
鳥瞰図記号凡例

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 (重大事故等対処設備の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(SA)」, 設計基準対象施設の場合は鳥瞰図番号の末尾を「(DB)」とする。)
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本システム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 本系統の管であって計算書作成対象範囲外の管及び他系統の管 であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント
	レストレイント (斜め拘束の場合)
	スナップ
	スナップ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	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, 内に変位量を記載する。なお, S s 機能維持の範囲は S s 地震動による変位量のみを記載する。) 注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

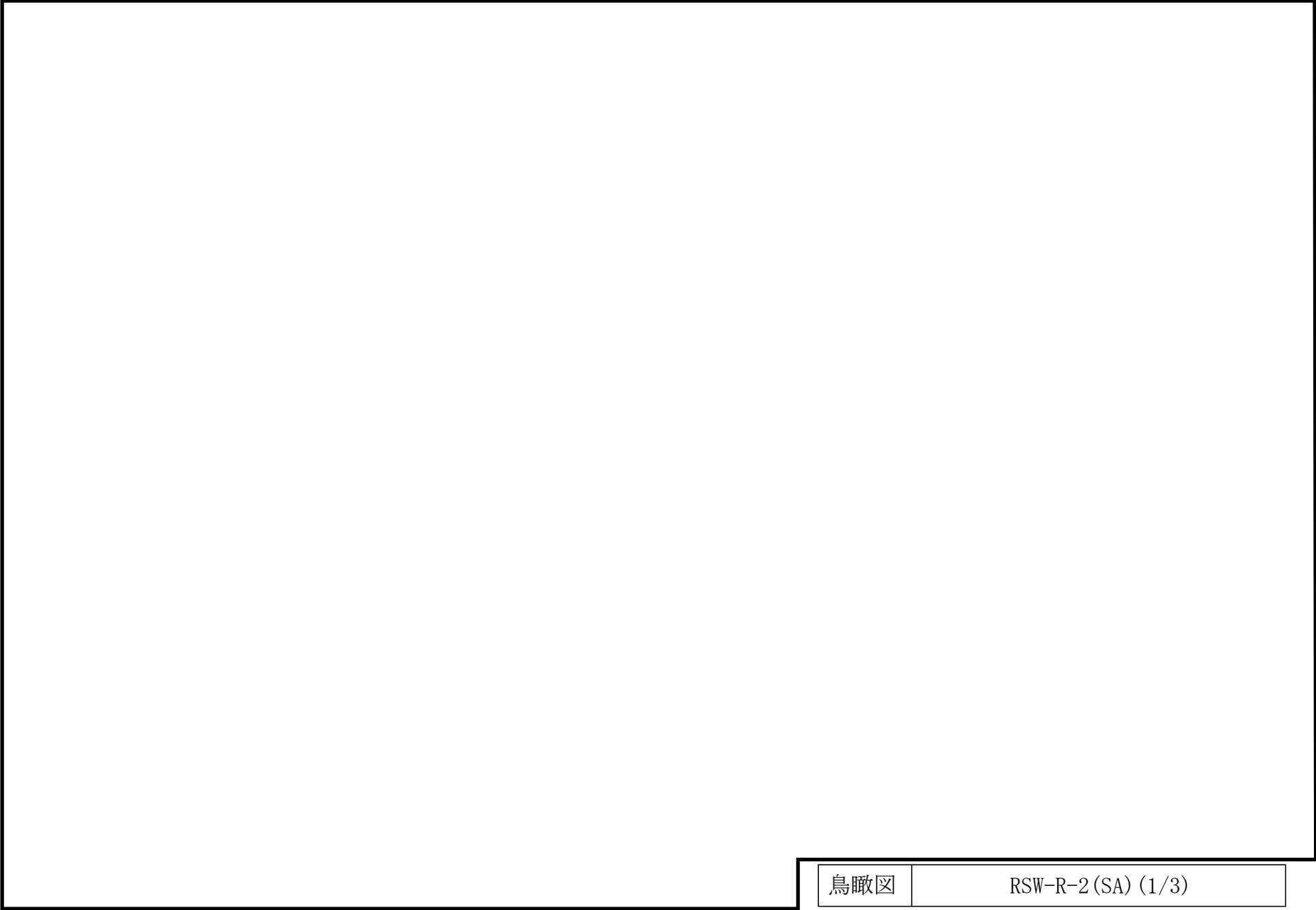




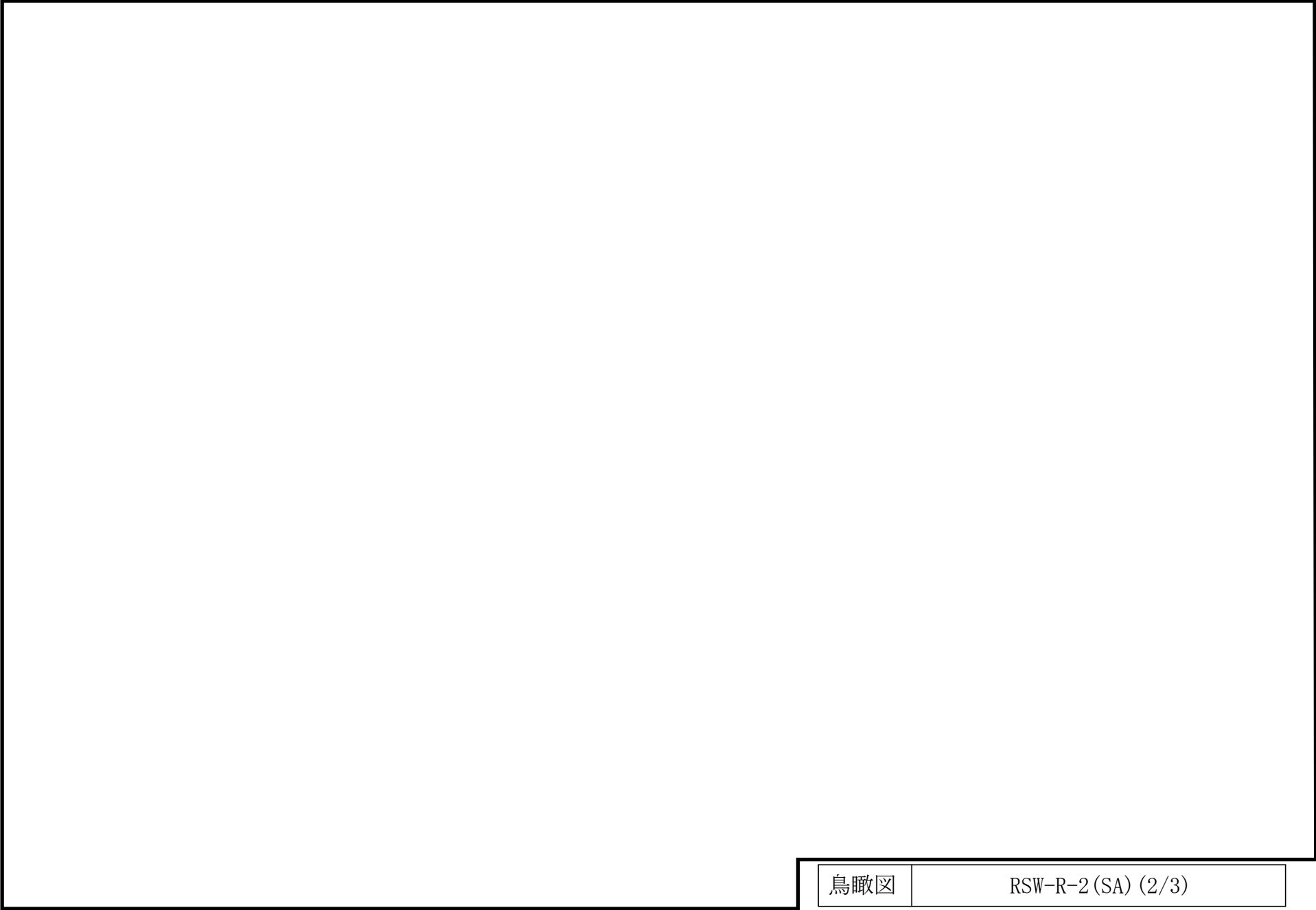
鳥瞰図	RSW-R-2 (DB) (2/3)
-----	--------------------



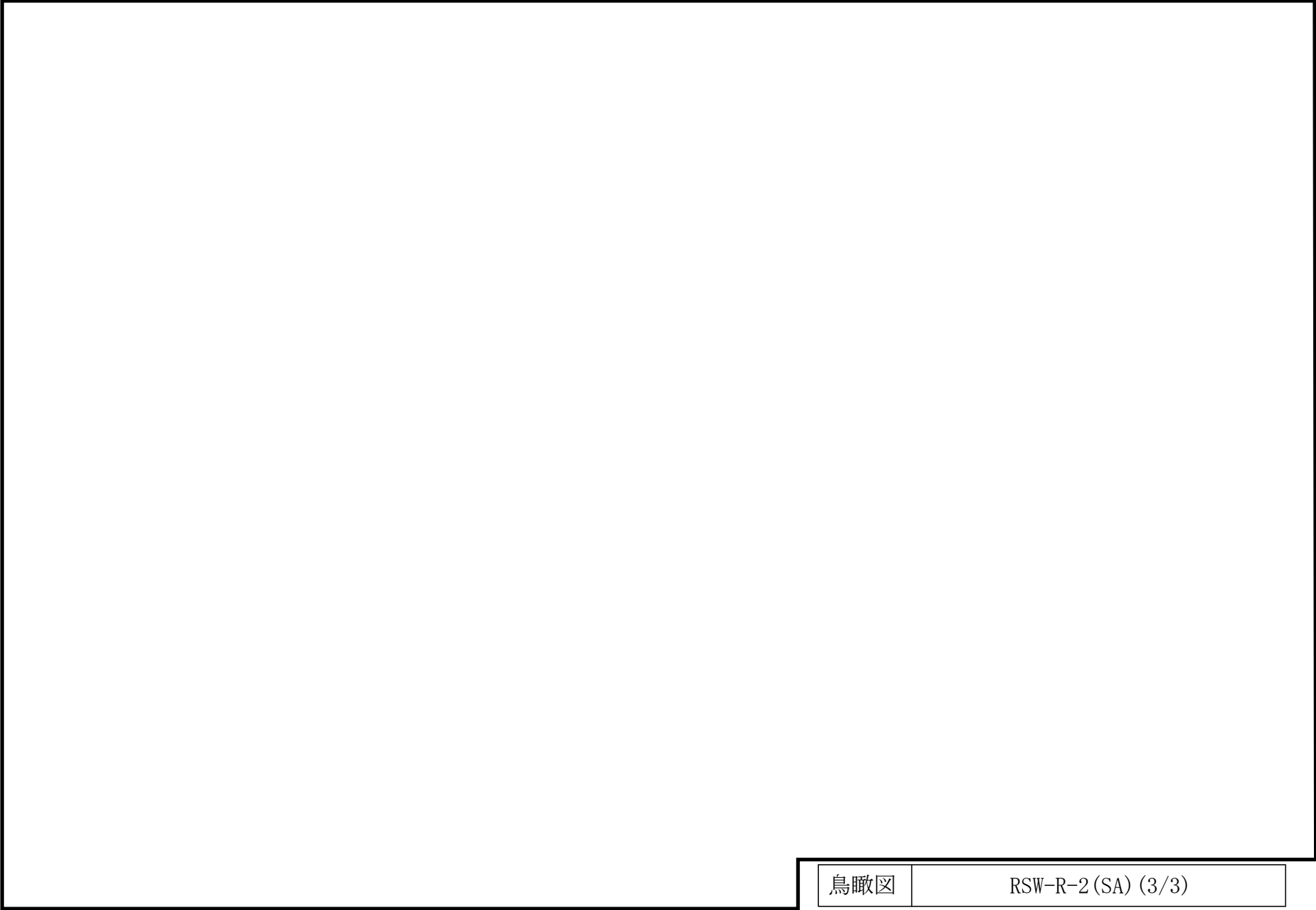
鳥瞰図	RSW-R-2 (DB) (3/3)
-----	--------------------



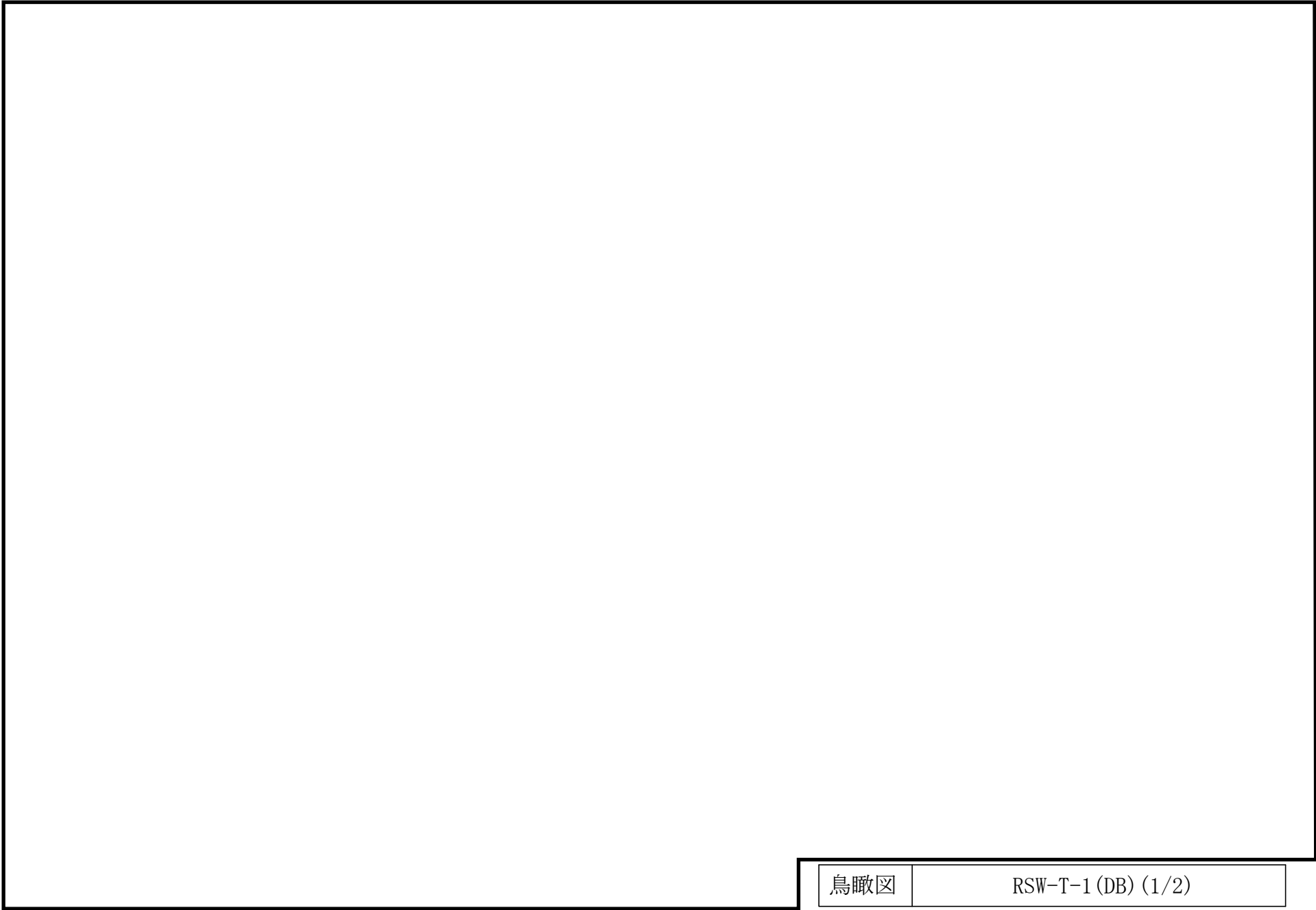
鳥瞰図	RSW-R-2(SA) (1/3)
-----	-------------------



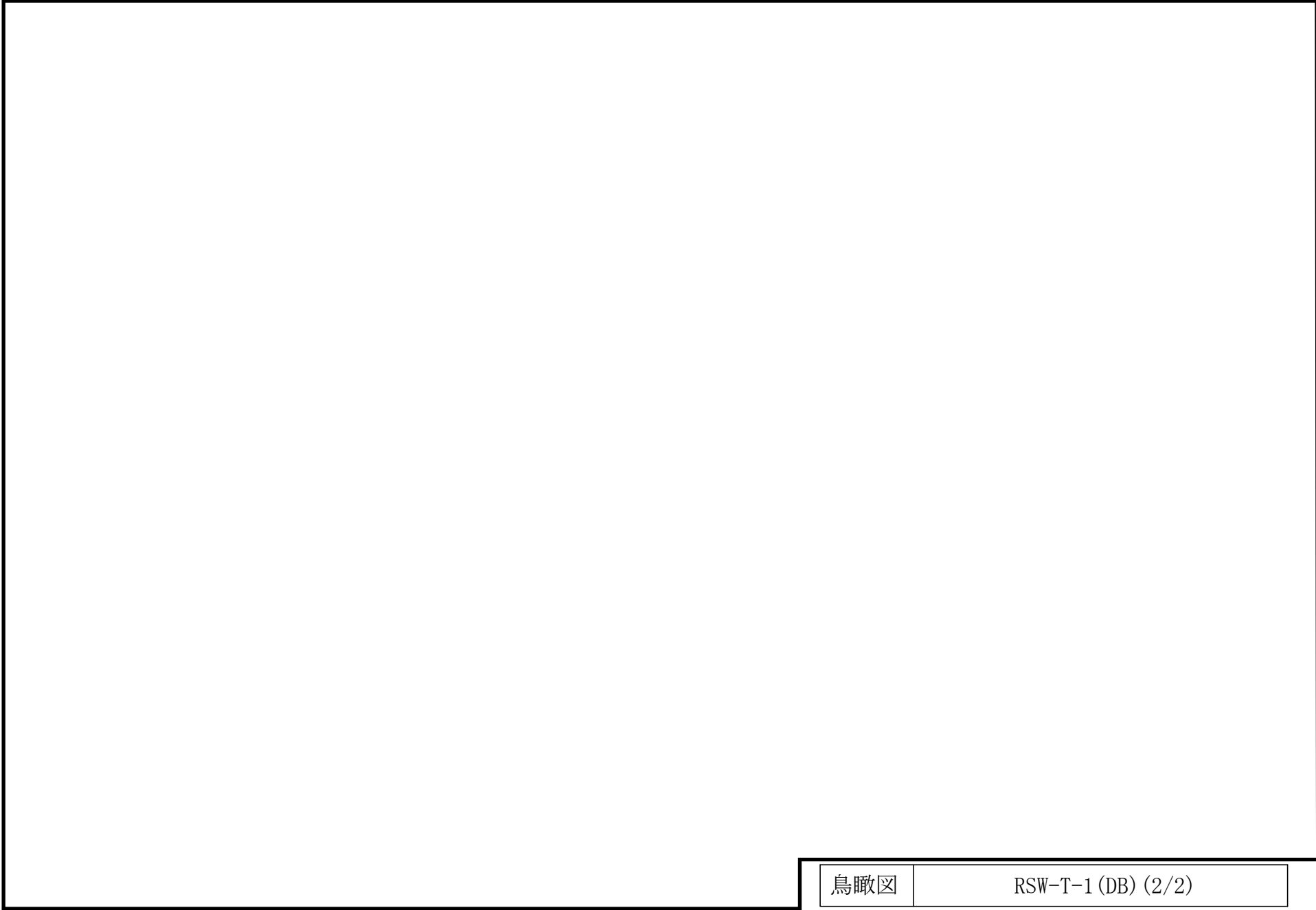
鳥瞰図	RSW-R-2(SA) (2/3)
-----	-------------------

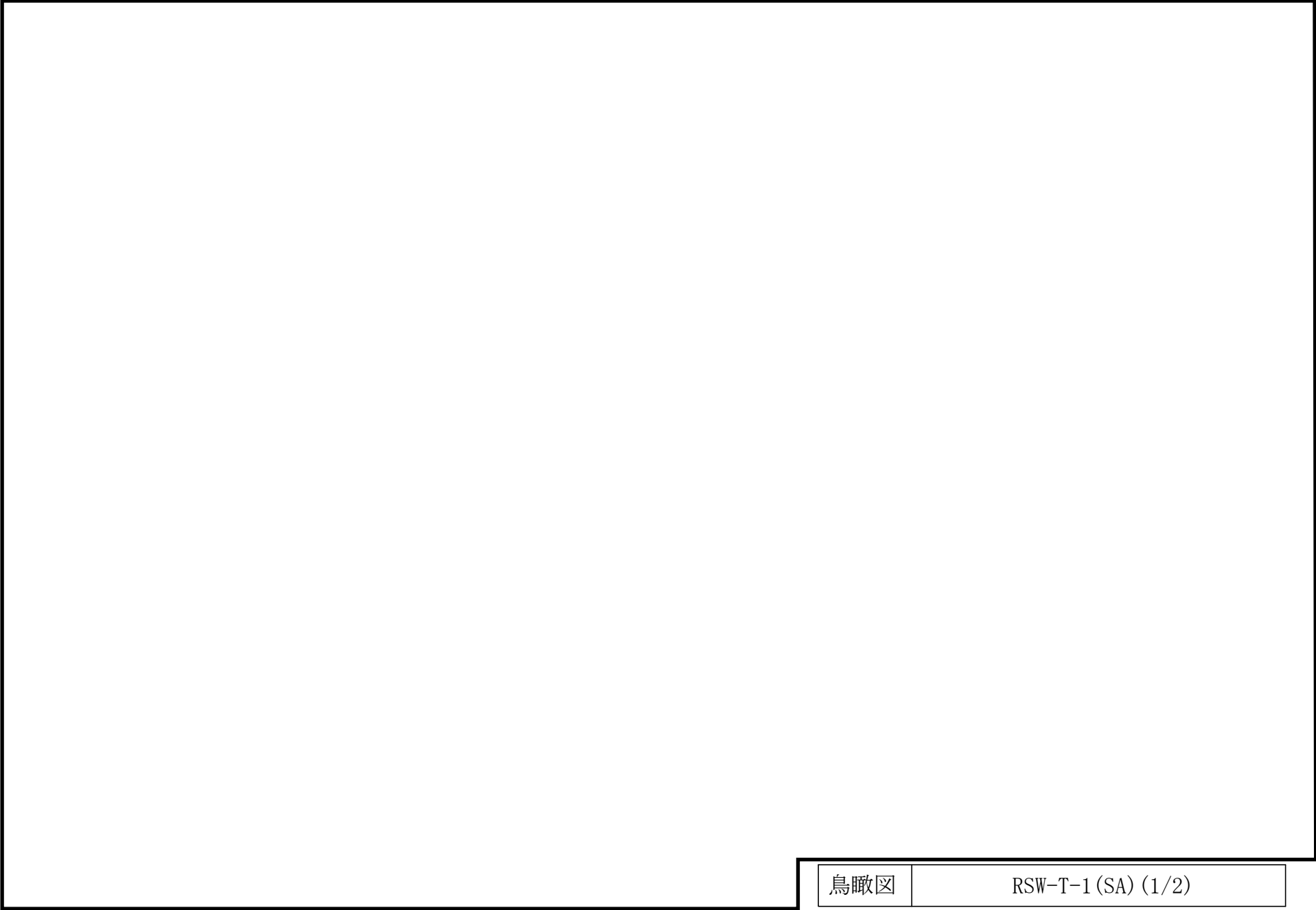


鳥瞰図	RSW-R-2(SA) (3/3)
-----	-------------------

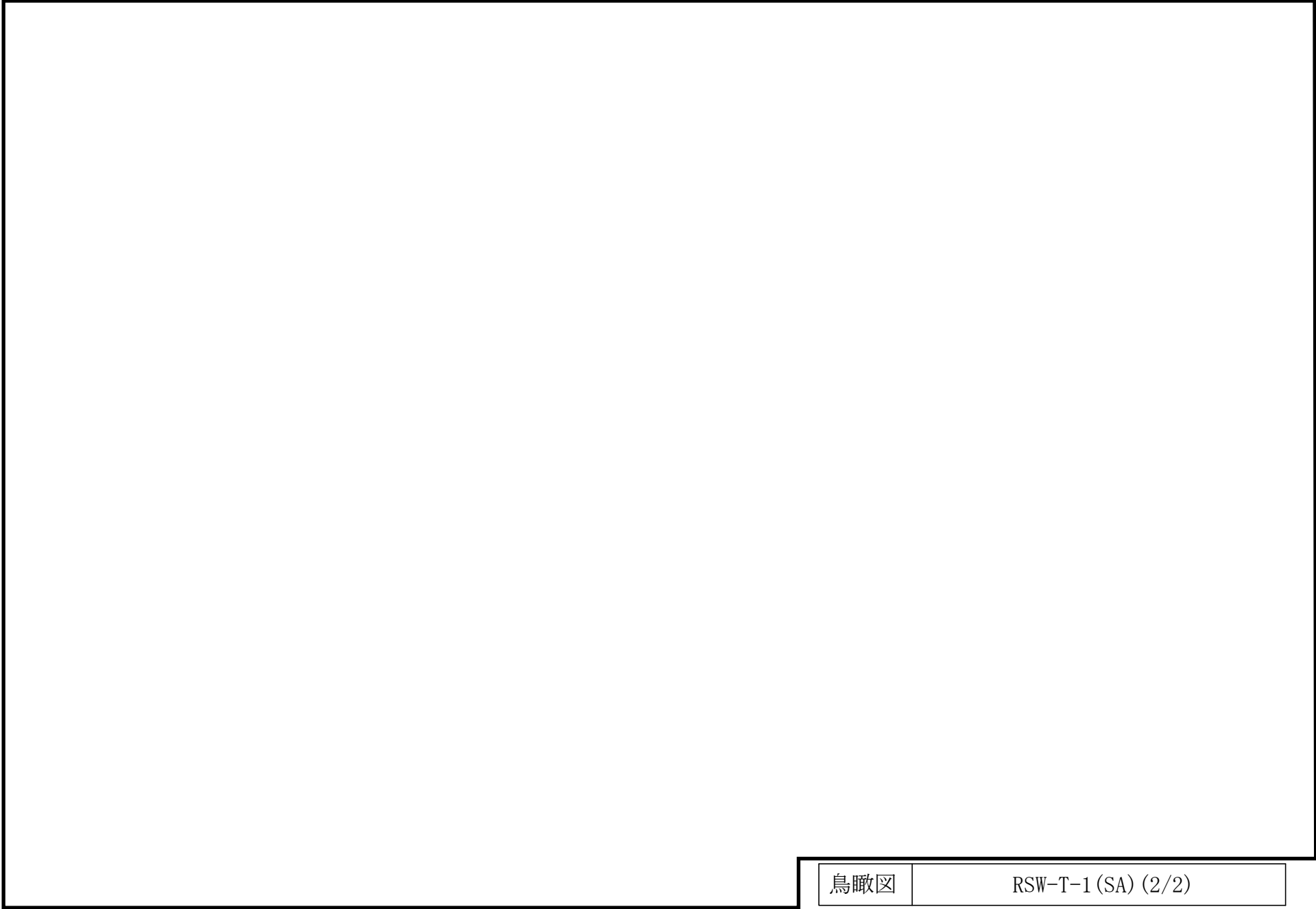


鳥瞰図	RSW-T-1 (DB) (1/2)
-----	--------------------





鳥瞰図	RSW-T-1 (SA) (1/2)
-----	--------------------



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「H 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、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	
			SA	常設／防止(DB拡張)	重大事故等クラス2管	—	I _L + S _s	IV _A S
							II _L + S _s	
V _L + S _s ^{*6}	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)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_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。

*6：原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器バウンダリを除く設備は必ずしも重大事故等時の荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから，重大事故等時の最大荷重とS_s地震力の組合せを考慮する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RSW-R-2

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1A~37F, 38F~44 4501~46	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40
2	44~4501	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40
3	47~58, 60~61	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40
4	58~60	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40
5	62~72N, 73~82N 83~97N	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40
6	59~73, 45~83	Ⅲ _A S	0.98	40
		Ⅳ _A S	0.98	40
		Ⅴ _A S	0.98	40

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RSW-R-2

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1A～37F, 38F～44 4501～46	711.2	9.5	SM41C	S	201667
2	44～4501	720.8	14.3	SM41C	S	201667
3	47～58, 60～61	558.8	9.5	SM41C	S	201667
4	58～60	568.4	14.3	SM41C	S	201667
5	62～72N, 73～82N 83～97N	457.2	9.5	SM41C	S	201667
6	59～73, 45～83	466.8	14.3	SM41C	S	201667

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RSW-R-2

質量	対応する評価点
□	1A～37F, 38F～46
□	47～61
□	62～72N, 59～82N, 45～97N

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RSW-R-2

質量	対応する評価点
	1F, 3F, 8F, 10F, 12F, 14F, 17F, 22F, 25F, 27F, 29F, 32F 34F, 39F, 41F
	37F, 38F
	48F, 49F, 51F, 54F, 57F
	63F, 64F, 66F, 67F, 69F, 73F, 74F, 76F, 77F, 79F, 83F, 85F 87F, 89F, 92F, 94F
	72N, 82N, 97N

弁部の質量

鳥 瞰 図 RSW-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
<input type="text"/>	37F, 38F	<input type="text"/>	3701
<input type="text"/>	3702		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 RSW-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
37F~3701				3701~3702			
3701~38F							

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RSW-R-2

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
1A						
101						
3001						
** 3001 **						
7001						
8						
** 1001 **						
1001						
1201						
15						
15						
17						
20						
24						
** 26 **						
** 26 **						
2701						
32						
3601						
39						
49						
54						
** 57 **						
** 57 **						
630						

S2 補 VI-2-5-7-1-6(2) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RSW-R-2

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
64						
67						
72N						
7401						
77						
7701						
82N						
8301						
8301						
8501						
** 87 **						
** 87 **						
890						
9200						
97N						

S2 補 VI-2-5-7-1-6(2) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RSW-T-1

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1N~65A	III _A S	0.98	40
		IV _A S	0.98	40
		V _A S	0.98	40

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 RSW-T-1

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~65A	711.2	9.5	SM41C	S	202333

配管の付加質量

鳥 瞰 図 RSW-T-1

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	4S~65A

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 RSW-T-1

質量	対応する評価点
□	1N
□	101F
□	6F, 801F, 901F, 110F, 130F, 150F, 170F, 190F, 210F, 220F, 240F, 261F 280F, 290F, 310F, 330F, 350F, 380F, 410F, 431F, 460F, 480F, 51F, 530F 560F, 580F, 601F, 620F

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RSW-T-1

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
1N						
9						
1102						
12						
13						
15						
16						
17						
** 22 **						
** 22 **						
2402						
2601						
2802						
32						
321						
331						
35						
381						
44						
441						
46						
471						
50						
52						
54						
551						
6000						
6001						

S2 補 VI-2-5-7-1-6(2) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RSW-T-1

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
** 6202 **						
6203						
65A						

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
SM41C	40	—	245	400	—

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スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定したものをを用いる。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。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S _d	S _s
RSW-R-2	原子炉建物				
	タービン建物				
RSW-T-1	タービン建物				
	取水槽				

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-R-2

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	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*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							
2次							
3次							
4次							
5次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度

*3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度

*4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)

*5：最大応答加速度を1.2倍した震度

*6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_V$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RSW-R-2

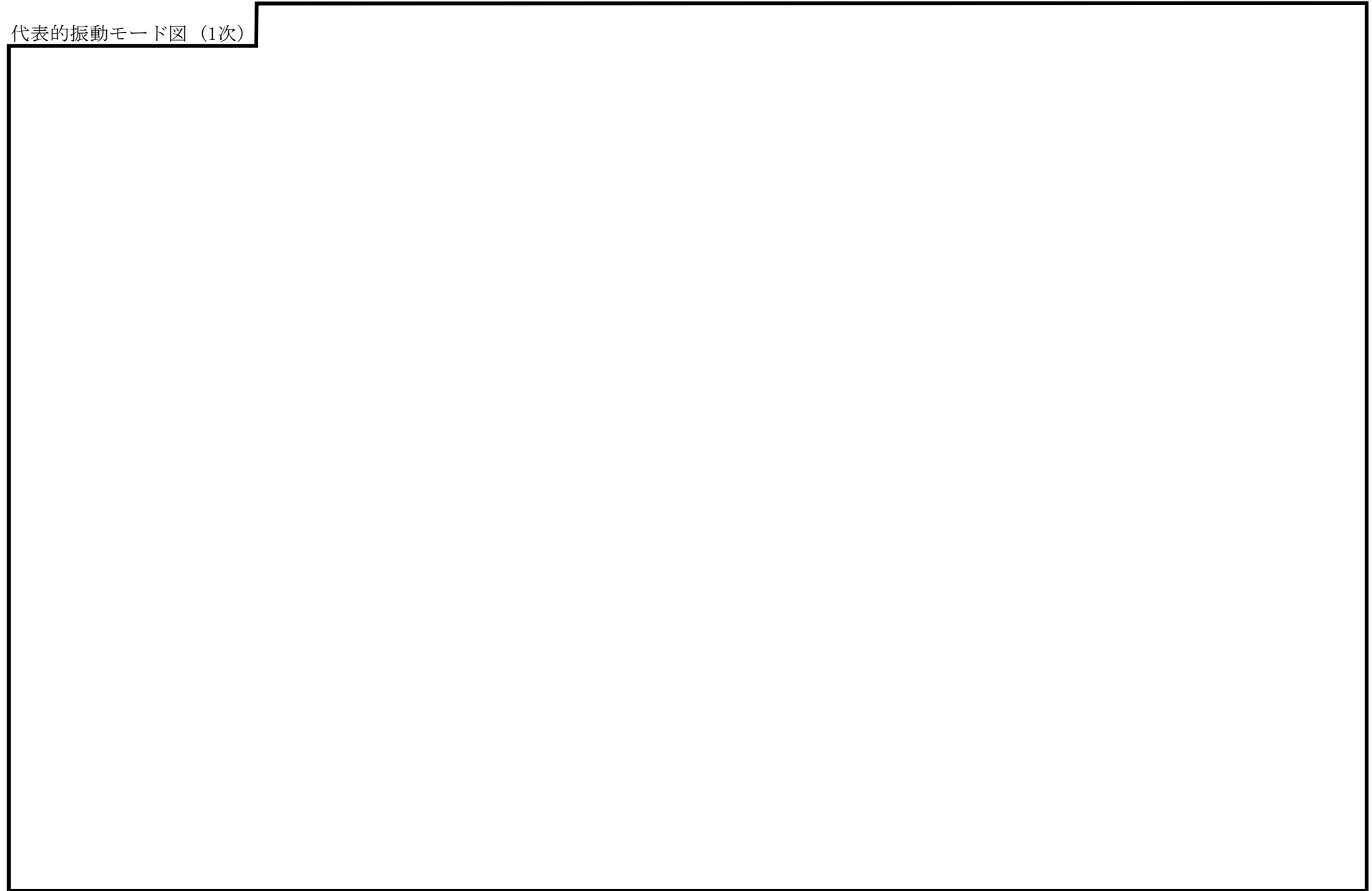
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
2次				
3次				
4次				
5次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

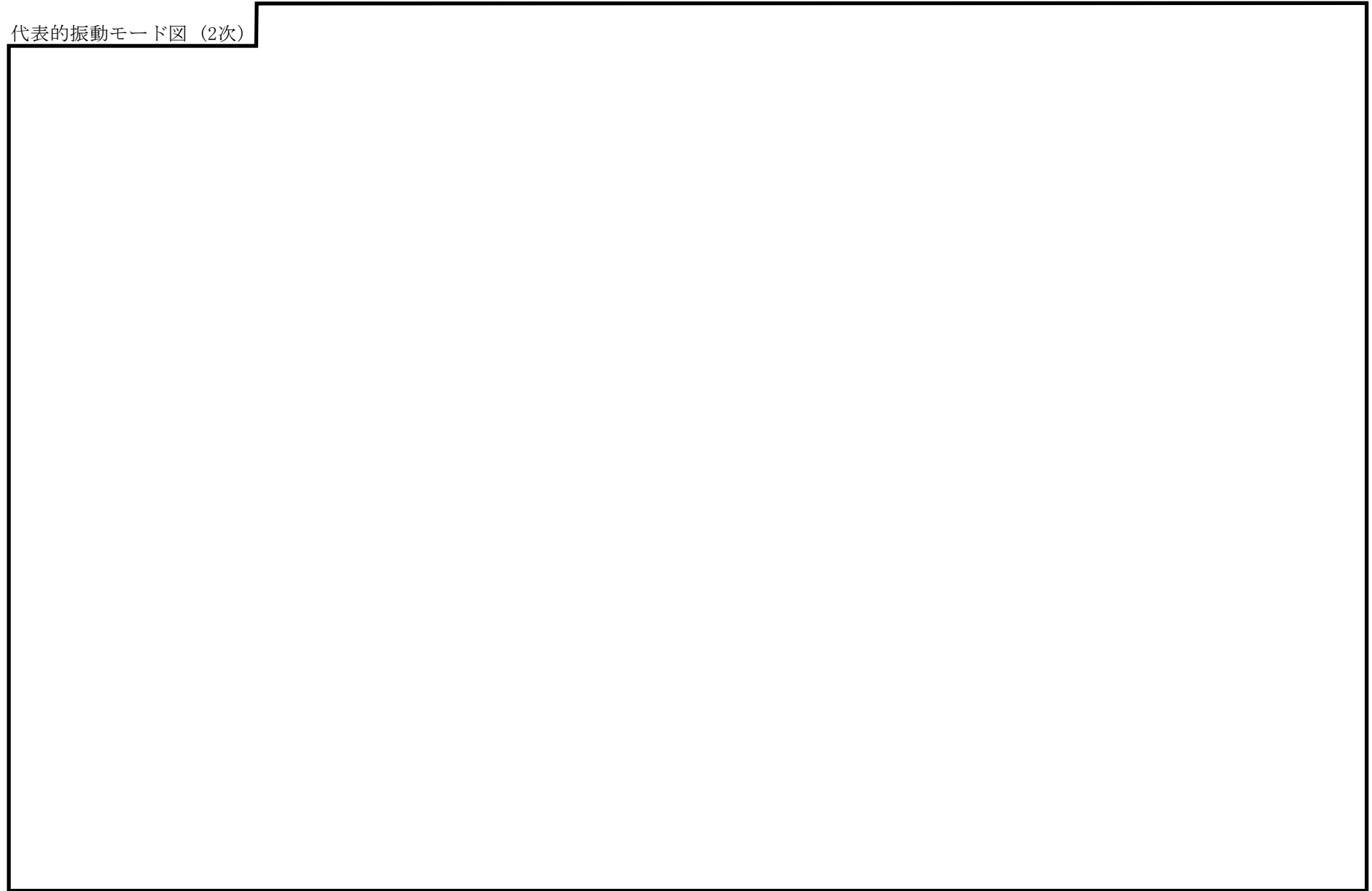
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)

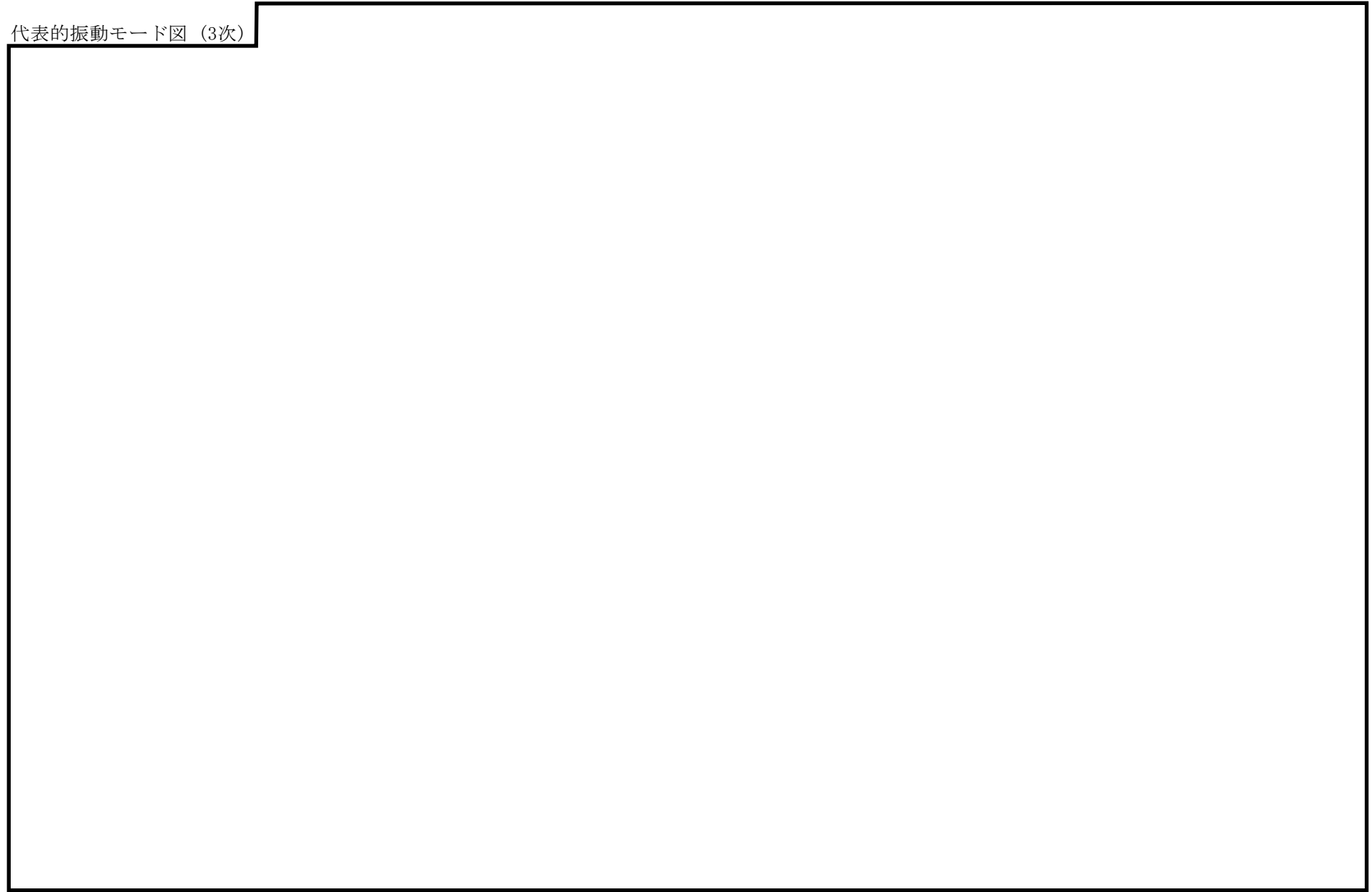


36
105

代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



38
107

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RSW-T-1

適用する地震動等		弾性設計用地震動 S d 及び静的震度			基準地震動 S s		
モード*1	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*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							
2次							
3次							
動的震度*4, *5							
静的震度*6							

注記*1：固有周期が0.050 s以上のモードを示す。0.020 s以上0.050 s未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

- *2：設計用床応答スペクトル I (弾性設計用地震動 S d)により得られる震度
- *3：設計用床応答スペクトル I (基準地震動 S s)により得られる震度
- *4：設計用震度 I (弾性設計用地震動 S d)及び設計用震度 I (基準地震動 S s)
- *5：最大応答加速度を1.2倍した震度
- *6： $3.6 \cdot C_I$ 及び $1.2 \cdot C_v$ より定めた震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RSW-T-1

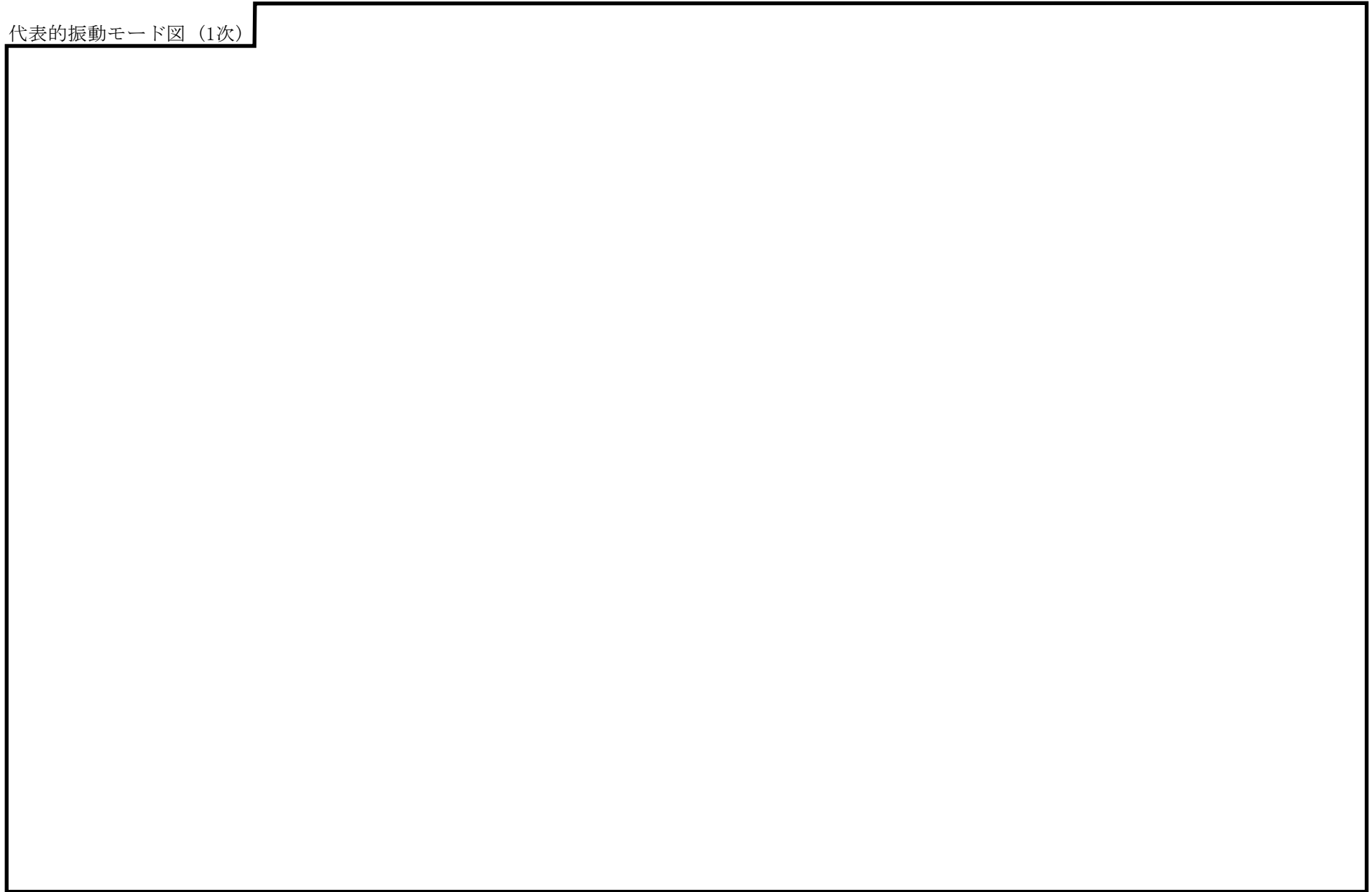
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				

注記*：モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

代表的振動モード図

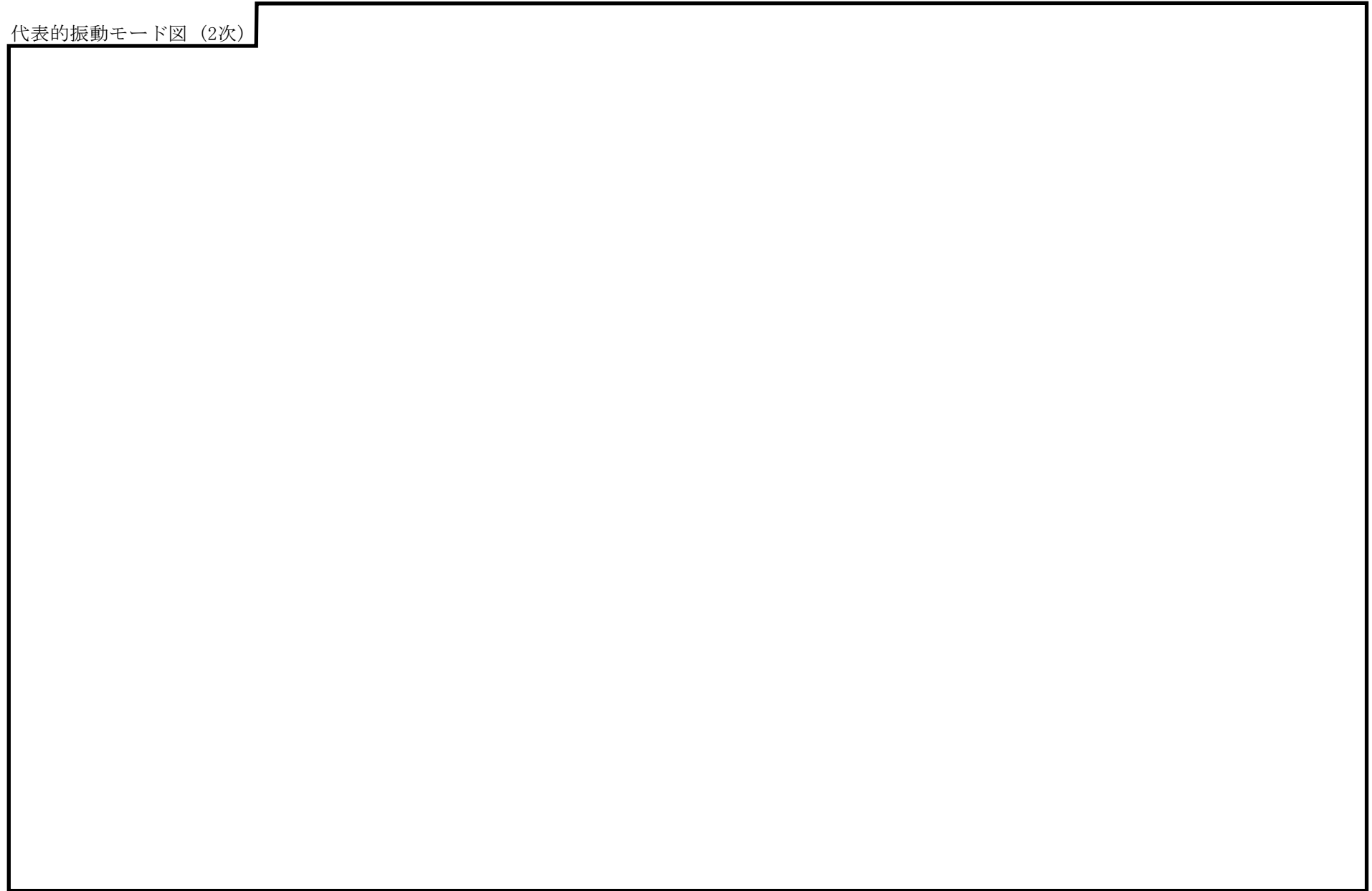
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



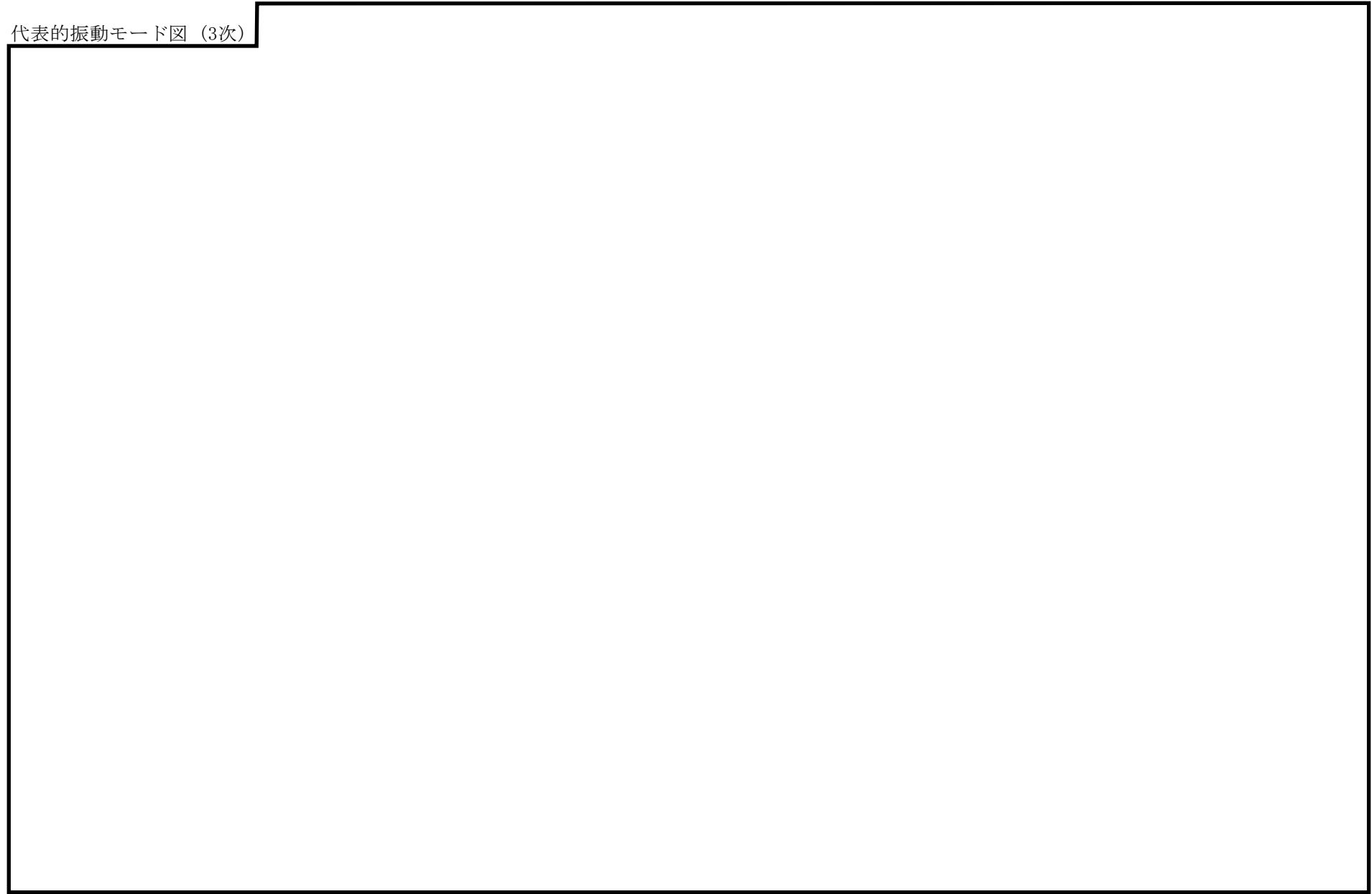
42
↑↑↑

代表的振動モード図 (2次)



43
112

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。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S d U S s
Ⅲ _A S	一次応力 $S_{p r m}(S_y^*)$	RSW-T-1	1N	101	245	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RSW-R-2	9	224	490	—
Ⅳ _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RSW-T-1	1N	159	360	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RSW-R-2	9	400	490	—

注記* : 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 $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。

評価結果

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

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RSW-T-1	1N	159	360	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RSW-R-2	9	400	490	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	RSW-T-1	1N	159	360	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	RSW-R-2	9	400	490	—

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)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構 造物の耐震計 算について」参 照	—	—	—	
SNO-RSW-769	オイルスナッパ	SN-25		344	375	—	
RE-RSW-212-2	ロッドレストレイント	RSA-16		203	288	—	
SH-RSW-811	スプリングハンガ	VSA1B-14×2*3		33	34		
—	コンスタントハンガ	—		—	—		
—	リジットハンガ	—		—	—		

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

*3：2台の支持装置を用いて同一支持点、同一方向を支持（2本引き）

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			
RE-RSW-711	レストレイント	ラグ	SGV410	40	751	53	49	—	—	—	組合せ	55	70
AN-RSW-722	アンカ	ラグ	SGV410	40	65	191	66	127	48	469	組合せ	100	155

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	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	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し、水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価対象外の場合は「—」と記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり、詳細評価を実施する場合に使用する。

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態ⅢA S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	RSW-R-1	69	84	245	2.91	—	9	189	490	2.59	—	—
2	RSW-R-2	59	93	245	2.63	—	9	224	490	2.18	—	○
3	RSW-T-1	1N	101	245	2.42	○	1N	176	490	2.78	—	—
4	RSW-T-2	26	59	245	4.15	—	1N	64	490	7.65	—	—
5	RSW-I-1	15	82	245	2.98	—	15	66	490	7.42	—	—
6	RSW-I-2	15	58	245	4.22	—	15	88	490	5.56	—	—

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。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積 係数	代表
1	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—

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。

重大事故等クラス2管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態 V A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		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	疲労累積係数	代表
1	RSW-R-1	69	128	360	2.81	—	9	394	490	1.24	—	—
2	RSW-R-2	59	142	360	2.53	—	9	400	490	1.22	—	○
3	RSW-T-1	1N	159	360	2.26	○	1N	352	490	1.39	—	—
4	RSW-T-2	230F	87	360	4.13	—	7	137	490	3.57	—	—
5	RSW-I-1	15	107	360	3.36	—	15	122	490	4.01	—	—
6	RSW-I-2	15	90	360	4.00	—	15	152	490	3.22	—	—