

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-04-0071_改1
提出年月日	2021年6月10日

VI-3-3-3-3-1-5-2 管の応力計算書（残留熱除去系）

2021年6月

東北電力株式会社

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-2 クラス1機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-2 クラス1管の強度計算方法」並びに「VI-3-1-3 クラス2機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス2管の強度計算方法」並びに「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設 or 新設	施設時の技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか			条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)						SA条件 圧力 (MPa)
RHR-001	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	SA-2	—
RHR-002	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	SA-2	—
RHR-003	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	有	8.62	302	10.34	315	S55告示	設計・建設規格 又は告示	SA-2	—
RHR-004	既設	有	有*	DB-2	DB-1	—	無	8.62	302	—	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	DB-1	—
RHR-005	既設	有	有*	DB-2	DB-1	—	無	8.62	302	—	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	DB-1	—
RHR-006	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	186	1.37	186	S55告示	既工認	SA-2	—
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	427 (kPa)	104	854 (kPa)	200	S55告示	設計・建設規格 又は告示	SA-2	—
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	1.37	186	1.37	186	—	設計・建設規格	DB-2 SA-2	—
RHR-007	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	186	—	設計・建設規格	SA-2	—
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	S55告示	既工認	SA-2	—
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	3.73	186	3.73	186	—	設計・建設規格	DB-2 SA-2	—
新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	3.73	186	—	設計・建設規格	SA-2	—

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設 or 新設	施設時の技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスタップするか			条件アッブするか				施工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス
			クラスタップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アッブ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)					
RHR-008	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	既工認	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.73	186	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	66	設計・建設規格	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	既工認	—	SA-2
RHR-009	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.73	186	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	60	設計・建設規格	—	SA-2
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.73	186	設計・建設規格	—	SA-2
RHR-010	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	既工認	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	427 (kPa)	104	854 (kPa)	200	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.73	186	3.73	200	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-011	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	186	1.37	186	既工認	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	427 (kPa)	104	854 (kPa)	200	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設 or 新設	施設時の技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 における 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)						SA条件 温度 (°C)	
RHR-012	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	有	S55告示	既工認	—	SA-2	
RHR-013	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	有	S55告示	既工認	—	SA-2	
RHR-014	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	無	S55告示	既工認	—	SA-2	
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	3.73	186	3.73	186	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2	
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	無	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2	
	新設	—	—	DB-2	DB-2	SA-2	—	3.73	171	200	3.73	200	—	S55告示	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2
RHR-015	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	—	60	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	
	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.73	186	—	—	設計・建設規格	—	SA-2	
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	3.73	186	3.73	186	有	S55告示	既工認	—	SA-2	
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	427 (kPa)	104	854 (kPa)	3.73	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
RHR-016	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.73	186	3.73	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2	
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	427 (kPa)	104	854 (kPa)	3.73	200	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	100	1.37	100	有	S55告示	既工認	—	SA-2	
	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	有	S55告示	既工認	—	SA-2	
新設	—	—	—	—	SA-2	—	1.37	66	1.37	66	—	—	設計・建設規格	—	DB-2 SA-2		

・評価条件整理表

応力計算 モデルNo.	既設 or 新設	施設時の 技術基準に 対象とする 施設の規定 があるか	クラスアップするか				条件アップするか				施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件 圧力 (MPa)	DB条件 温度 (°C)	SA条件 圧力 (MPa)					SA条件 温度 (°C)
RHR-016	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SA-2
	新設	有	無	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	—	DB-2 SA-2
RHR-017	既設	有	無	DB-2	SA-2	無	3.73	100	3.73	100	S55告示	既工認	—	—	SA-2
RHR-018	既設	有	無	DB-2	SA-2	無	3.73	100	3.73	100	S55告示	既工認	—	—	SA-2

注記*：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

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	14
3.1 設計条件	14
3.2 材料及び許容応力	19
4. 評価結果	21
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-3-1-2 クラス 1 機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-2 クラス 1 管の強度計算方法」並びに「VI-3-1-3 クラス 2 機器の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-4 クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

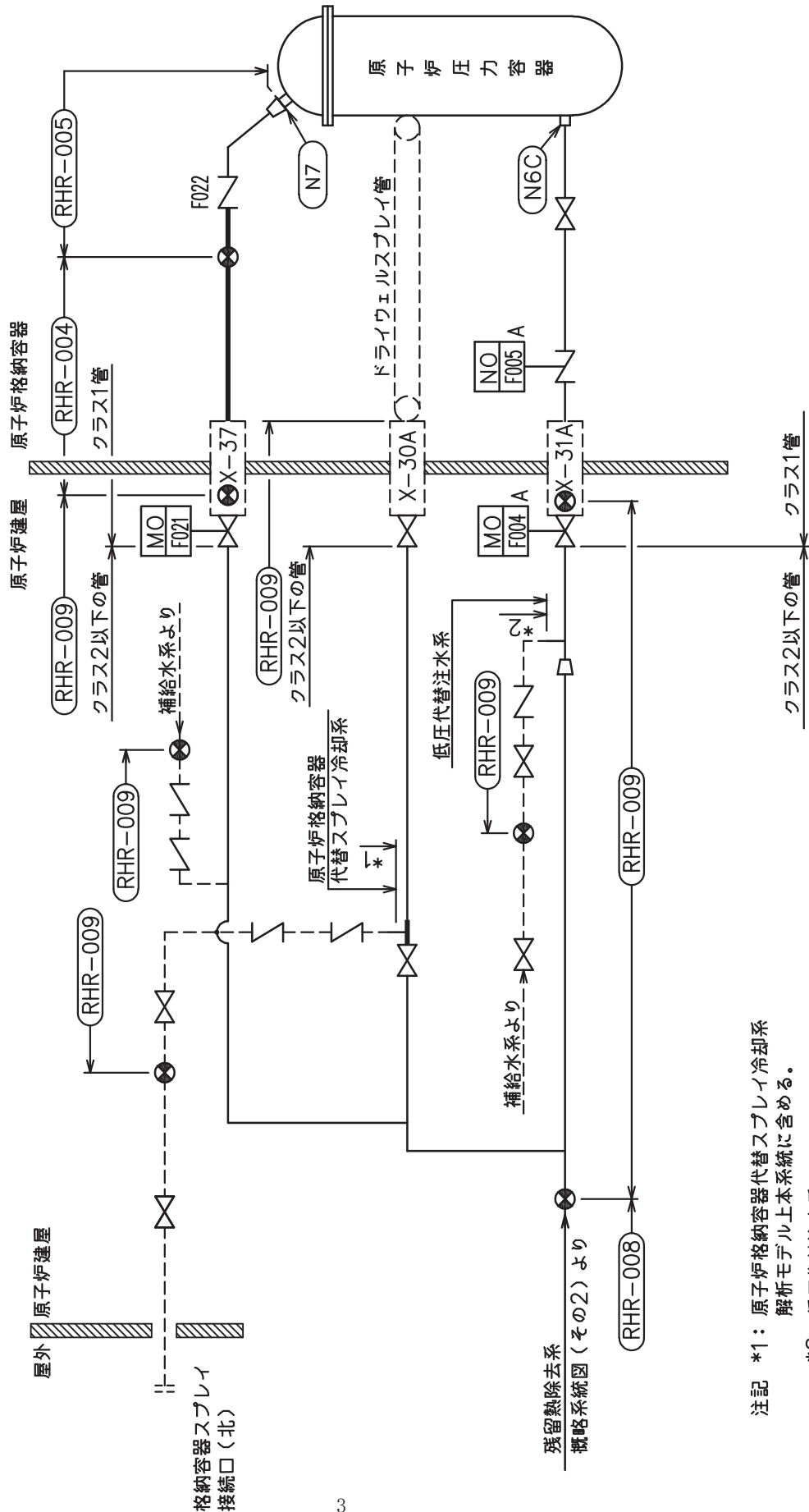
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 7 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

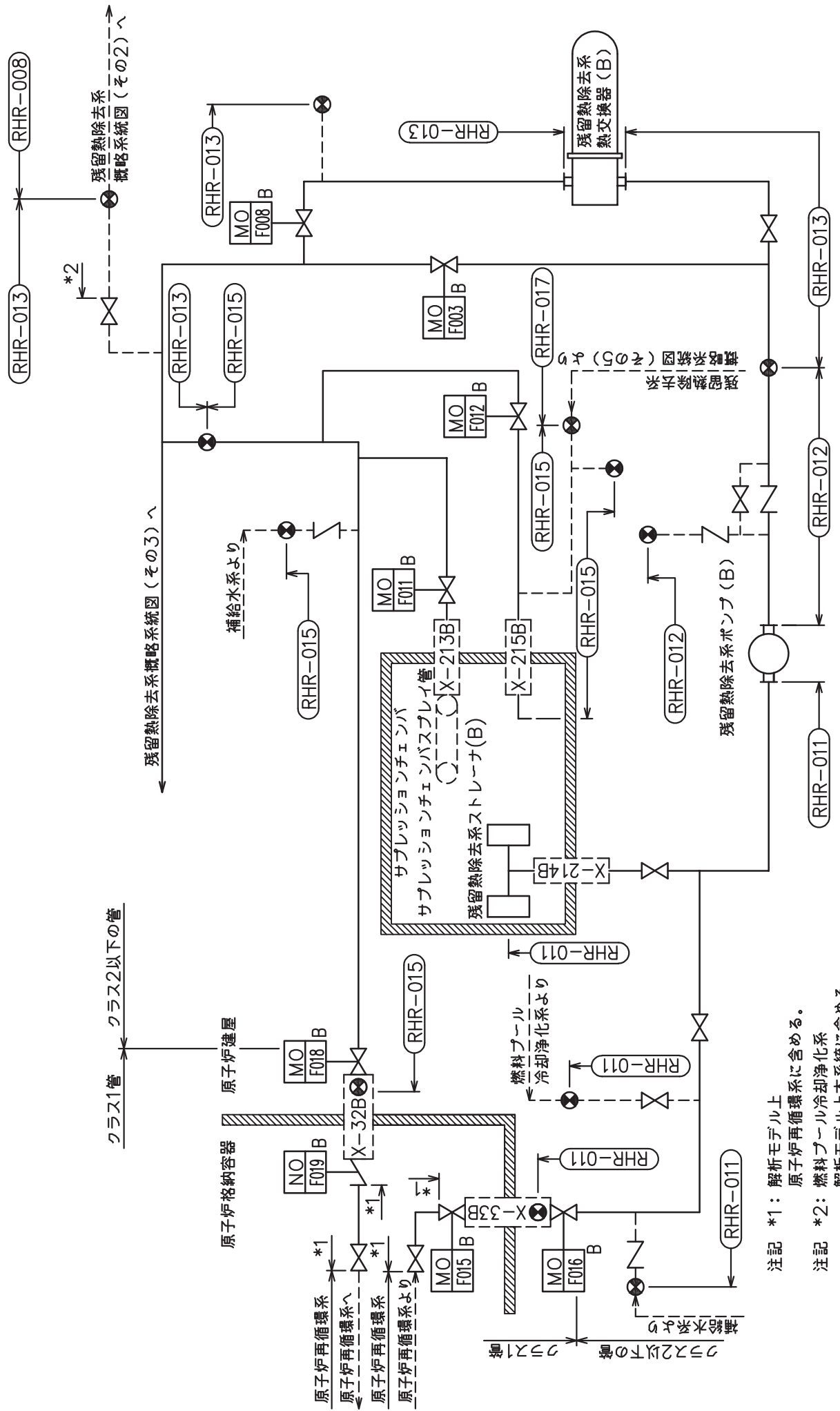
概略系統図記号凡例

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



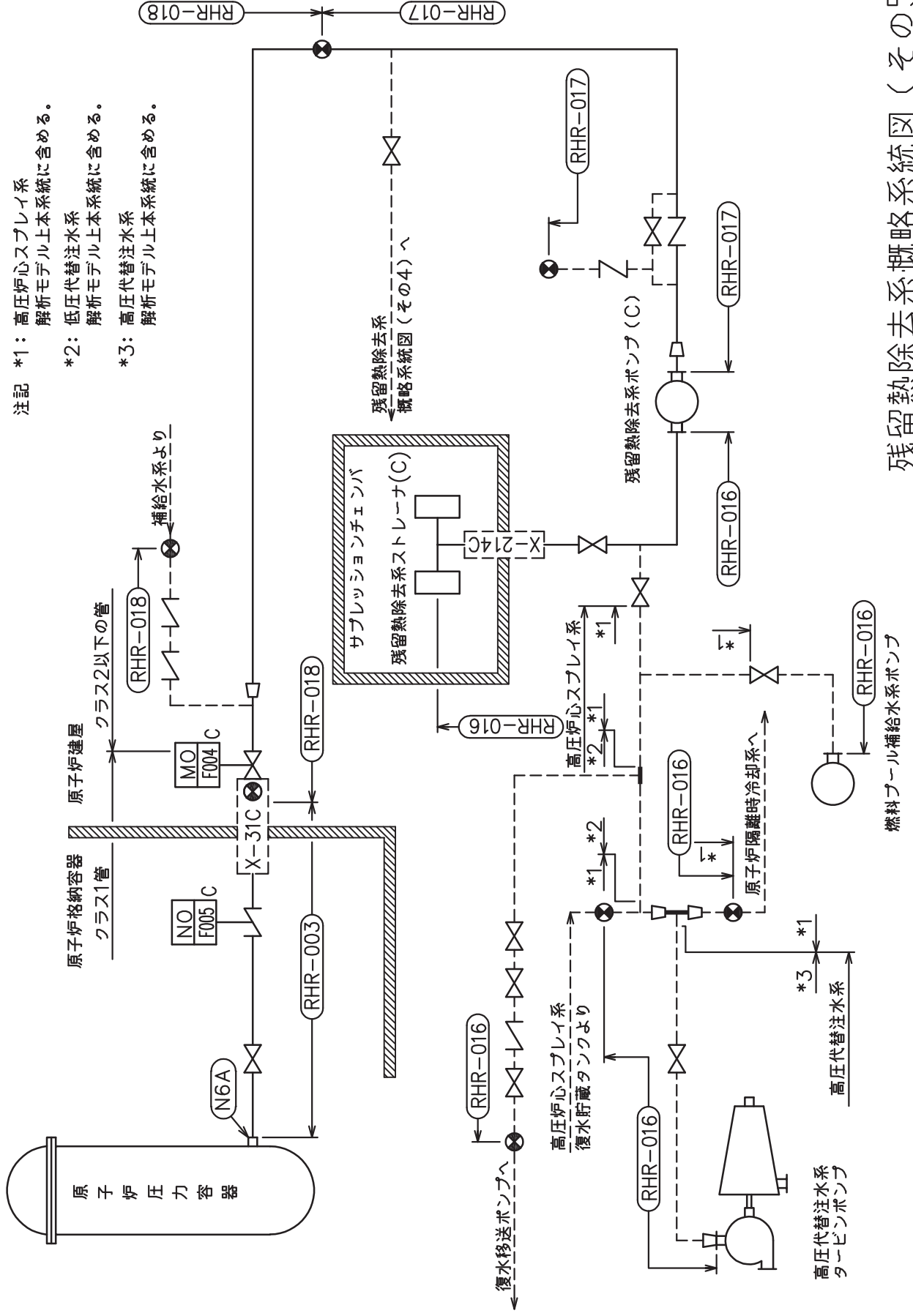
注記 *1: 原子炉格納容器代替スブレイ冷却系
 解析モデル上本系統に含める。
 *2: 低圧代替注水系
 解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図(その1)



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。


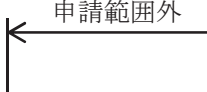



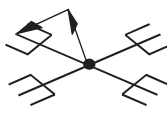
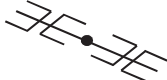



注記 *1: 高圧炉心スプレイ系
解析モデル上本系統に含める。
*2: 低圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。
*3: 高圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その5)

2.2 鳥瞰図

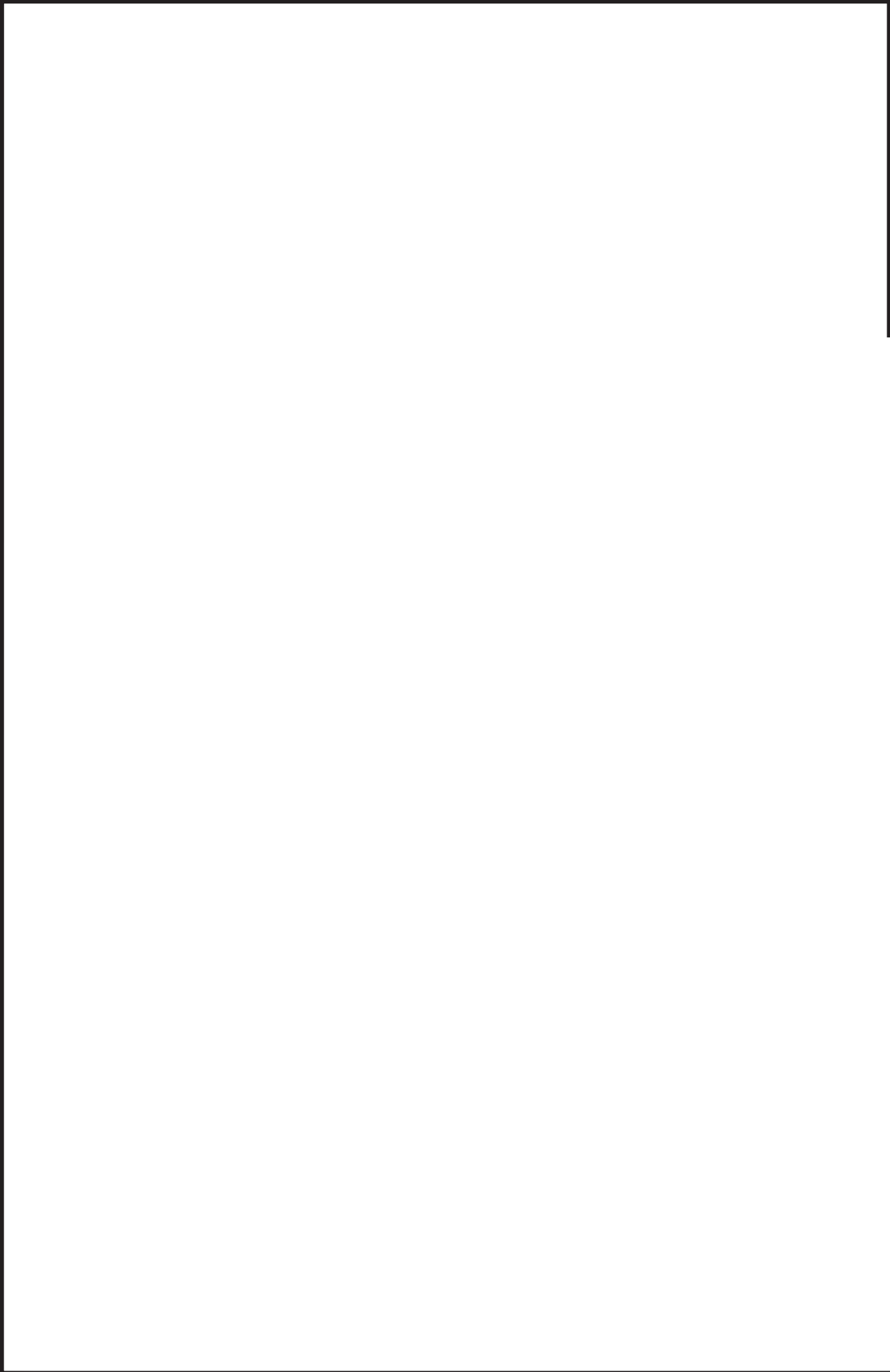
鳥瞰図記号凡例

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な記載方法とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>



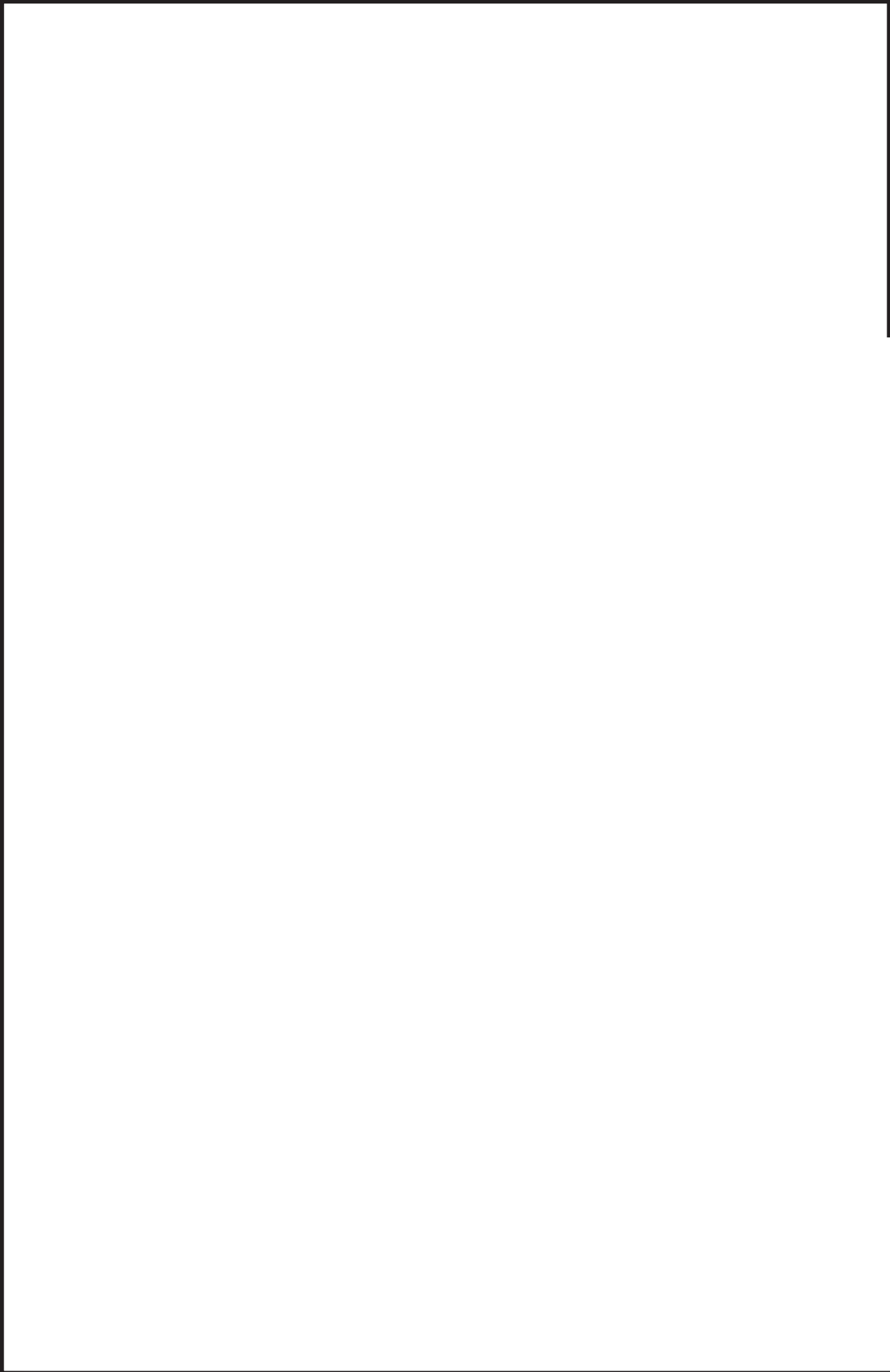
鳥瞰図 RHR-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



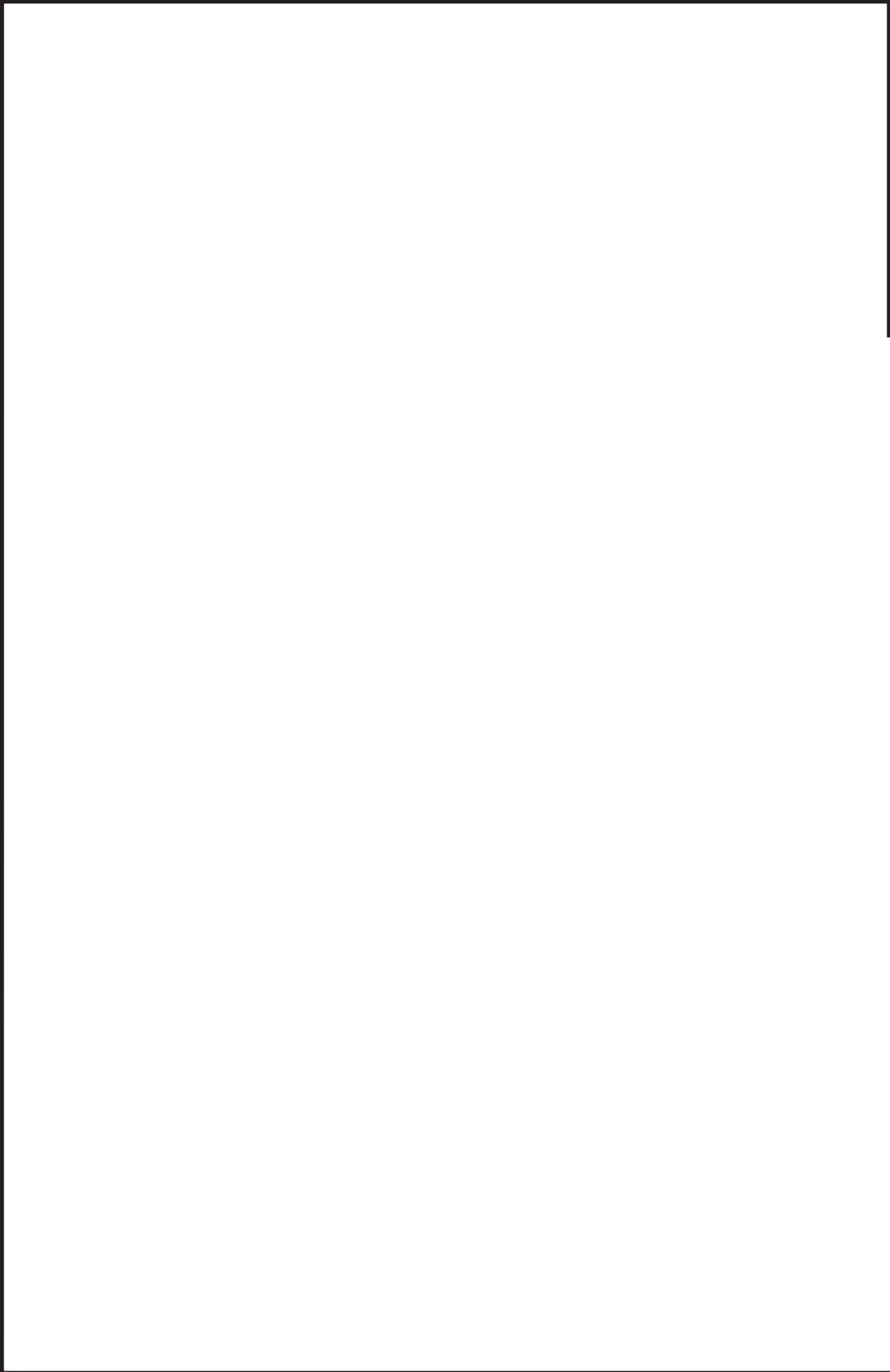
鳥瞰図 RHR-009-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



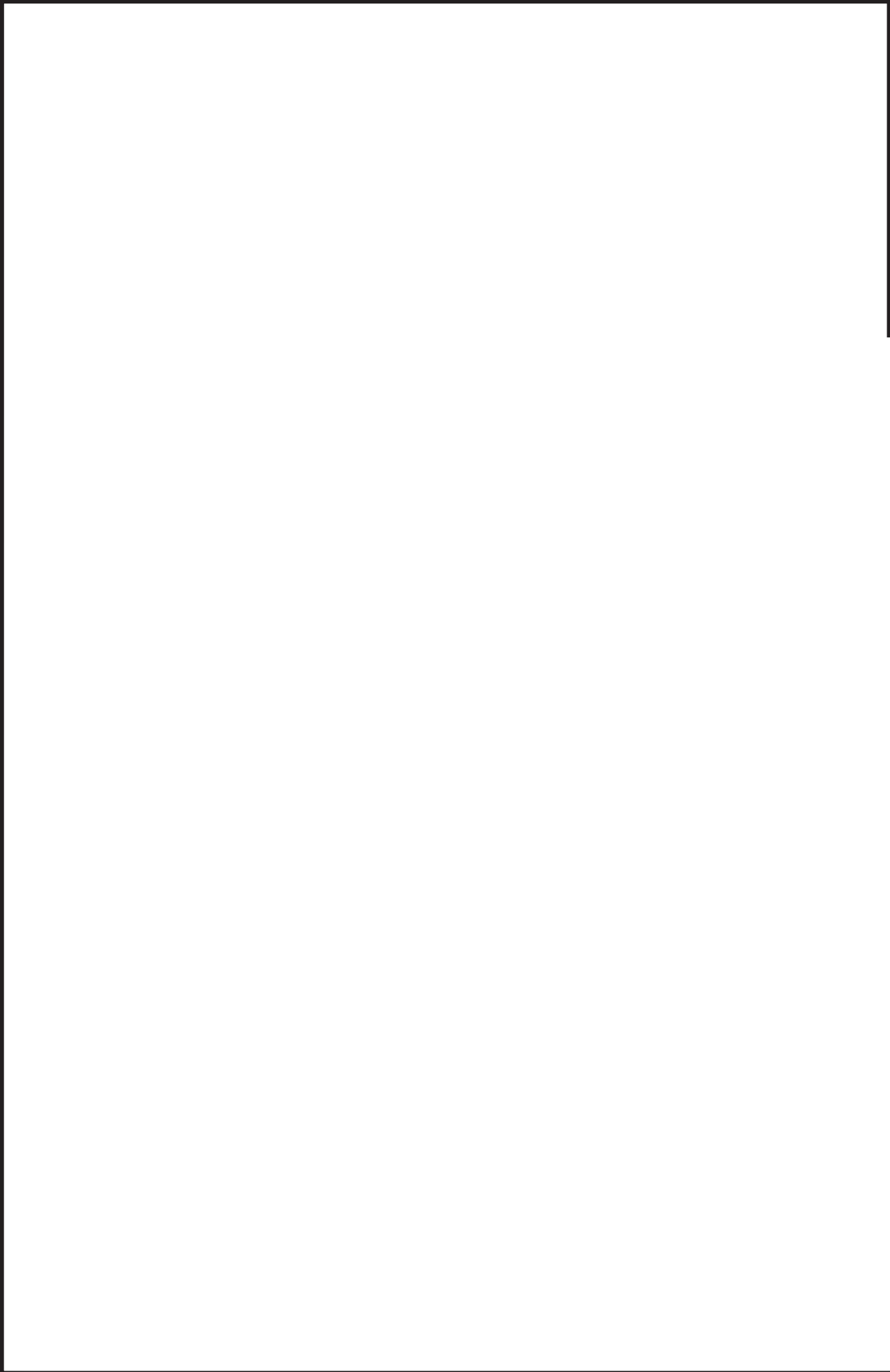
鳥瞰図 RHR-009-2/4

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-009-3/4

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-009-4/4

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 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 H R - 0 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
1	8.62	302	114.3	11.1	STS410

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	101	102	901	903	904	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)
1		7		13		20		904	
2		8		14		21		905	
3		9		16		101			
4		10		17		102			
5		11		18		901			
6		12		19		903			



O 2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(設) R 1

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						
** 901 **						
** 903 **						
** 904 **						
** 905 **						

--

O 2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2 (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-009

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
1	3.73	186	267.4	9.3	STS410

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-009

管名称	対 応 す る 評 価 点
1	235 236 237

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)
235		236		237	

3.2 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。

告示501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)	
		S m	S h
STS410	186	—	102
	302	122	—

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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)		
		S m	S y	S h
STS410	186	—	—	103
	302	122	182	—

4. 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

告示第501号第46条から第48条による評価結果

鳥瞰図 RHR-005

運転状態	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 Sprm	許容応力 $1.5 \cdot Sm$ $2.25 \cdot Sm$ $3 \cdot Sm$	一次+二次応力 Sn	熱膨張 応力 Se	熱を除いた 一次+二次 応力 Sn'	許容 応力 $3 \cdot Sm$		
(I, II)	18	ELBOW	Spr m(1)	41	183	—	—	—	—	—	—
(I, II)	17	ELBOW	Sn	—	—	271	—	—	366	—	—
(I, II)	—	—	Se	—	—	—	—	—	—	—	—
(I, II)	—	—	Sn'	—	—	—	—	—	—	—	—
(I, II)	2	ST. PIPE	U	—	—	—	—	—	—	—	0.0167
III	18	ELBOW	Spr m(2)	41	274	—	—	—	—	—	—
IV	18	ELBOW	Spr m(3)	41	366	—	—	—	—	—	—

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
設計・建設規格 PPB-3500による評価結果

鳥瞰図 RHR-005

供用状態	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)			熱応力評価 (°C)		疲労評価	
				一次応力 Sprm	許容応力 $1.5 \cdot S_m$ $\text{Min}(2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$ $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$	一次+二次応力 Sn	熱膨張 応力 Se	熱を除いた 一次+二次 応力 Sn'	許容 応力 3 · Sm	温度差 の変動 範囲 ΔT		許容 温度差
(A, B)	18	ELBOW	Spr m(1)	39	183	—	—	—	—	—	—	—
(A, B)	17	ELBOW	Sn	—	—	215	—	—	—	366	—	—
(A, B)	—	—	Se	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(A, B)	—	—	Sn'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(A, B)	—	—	ΔT	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(A, B)	2	ST. PIPE	U	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0135
C	18	ELBOW	Spr m(2)	39	274	—	—	—	—	—	—	—
D	18	ELBOW	Spr m(3)	39	364	—	—	—	—	—	—	—

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
告示第 5 0 1 号第 56 条による評価結果

鳥瞰図	運転状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力 S p r m (1) S p r m (2)	許容応力 S h 1. 2 ・ S h	計算応力 — 147 — 149	許容応力*2 S a (c) S a (d)
RHR-009	(I, II)	235	S p r m (1)	60	102	—	—
	(I, II)	235	S n (a)	—	—	147	255
	(I, II)	235	S p r m (2)	63	122	—	—
	(I, II)	235	S n (b)	—	—	149	275

注記 *1: S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 1 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力, S n (a), S n (b)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(イ), (ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a (c), S a (d)はそれぞれ, 告示第 5 0 1 号第 56 条第 2 号(ハ), (ニ)に基づき計算した許容応力を示す。

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	供用 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分*1	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)	
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力*2
RHR-009	(A, B)	235	S p r m(1)	101	154	—	—
	(A, B)	235	S n(a)	—	—	152	257
	(A, B)	235	S p r m(2)	104	185	—	—
	(A, B)	235	S n(b)	—	—	154	278

注記 *1: S p r m(1), S p r m(2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力, S n(a), S n(b)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)a, bに基づき計算した一次+二次応力を示す。
*2: S a(c), S a(d)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3530(1)c, dに基づき計算した許容応力を示す。

5. 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	供用状態 (I, II)													
		一次応力(膜+曲げ) ^{*1}						一次+二次応力(Sn) ^{*2}						疲労評価 ^{*3}	
		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	疲労係数	代表	
1	RHR-004	20	33	183	5.54	—	20	256	366	1.42	—	12	0.0082	—	
2	RHR-005	18	41	183	4.46	○	17	271	366	1.35	○	2	0.0167	○	

注記*1：告示第501号第46条第1号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第4号に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*3：告示第501号第46条第5号に基づき計算した疲労累積係数を示す。

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	供用状態Ⅲ				供用状態Ⅳ					
		一次応力(膜+曲げ) *4				一次応力(膜+曲げ) *5					
		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
1	RHR-004	20	33	274	8.30	—	20	33	366	11.09	—
2	RHR-005	18	41	274	6.68	○	18	41	366	8.92	○

注記*4：告示第501号第46条第2号に基づき計算した一次応力を示す。

*5：告示第501号第46条第3号に基づき計算した一次応力を示す。

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	供用状態 (A, B)													
		一次応力(膜+曲げ)*1						一次+二次応力(Sn)*2						疲労評価*3	
		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	疲労係数	代表	
1	RHR-004	20	32	183	5.71	—	20	90	366	4.06	—	12	0.0065	—	
2	RHR-005	18	39	183	4.69	○	17	215	366	1.70	○	2	0.0135	○	

注記*1：設計・建設規格 PPB-3520 に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3531 に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*3：設計・建設規格 PPB-3535 に基づき計算した疲労累積係数を示す。

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	供用状態 C					供用状態 D				
		一次応力(膜+曲げ) *4					一次応力(膜+曲げ) *5				
		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
1	RHR-004	20	32	274	8.56	—	20	32	364	11.37	—
2	RHR-005	18	39	274	7.02	○	18	39	364	9.33	○

注記*4：設計・建設規格 PPB-3552 に基づき計算した一次応力を示す。

*5：設計・建設規格 PPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (I, II) *1					供用状態 (I, II) *2				
		一次応力					一次応力				
		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
1	RHR-006	501	23	102	4.43	—	501	26	122	4.69	—
2	RHR-007	306	31	102	3.29	—	306	34	122	3.58	—
3	RHR-009	235	60	102	1.70	○	235	63	122	1.93	○
4	RHR-014	134	43	102	2.37	—	134	46	122	2.65	—
5	RHR-016	505	22	126	5.72	—	603	23	151	6.56	—

注記*1：告示第501号第56条第1号(イ)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号(ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (I, II) *3				供用状態 (I, II) *4					
		一次+二次応力				一次+二次応力					
		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
1	RHR-006	503	109	255	2.33	—	503	112	275	2.45	—
2	RHR-007	306	89	255	2.86	—	306	92	275	2.98	—
3	RHR-009	235	147	255	1.73	○	235	149	275	1.84	○
4	RHR-014	134	131	255	1.94	—	134	133	275	2.06	—
5	RHR-016	510	141	318	2.25	—	510	142	343	2.41	—

注記*3：告示第501号第56条第2号(イ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：告示第501号第56条第2号(ロ)に基づき計算した一次+二次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *1					供用状態 (A, B) *2				
		一次応力					一次応力				
		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
1	RHR-006	502	30	154	5.13	—	502	33	185	5.60	—
2	RHR-007	305	34	154	4.52	—	305	37	185	5.00	—
3	RHR-009	235	101	154	1.52	○	235	104	185	1.77	○
4	RHR-014	134	62	154	2.48	—	134	65	185	2.84	—
5	RHR-016	603	38	189	4.97	—	603	42	226	5.38	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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管)

No.	配管モデル	供用状態 (A, B) *3					供用状態 (A, B) *4				
		一次+二次応力					一次+二次応力				
		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
1	RHR-006	503	113	257	2.27	—	503	116	278	2.39	—
2	RHR-007	306	93	257	2.76	—	306	96	278	2.89	—
3	RHR-009	235	152	257	1.69	○	235	154	278	1.80	○
4	RHR-014	134	136	257	1.88	—	134	138	278	2.01	—
5	RHR-016	510	138	318	2.30	—	510	139	343	2.46	—

注記*3：設計・建設規格 PPC-3530(1)aに基づき計算した一次+二次応力を示す。

*4：設計・建設規格 PPC-3530(1)bに基づき計算した一次+二次応力を示す。

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	15
3.1 設計条件	15
3.2 材料及び許容応力	24
4. 評価結果	26
5. 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-3-1-5 重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき、管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。






(1) 管

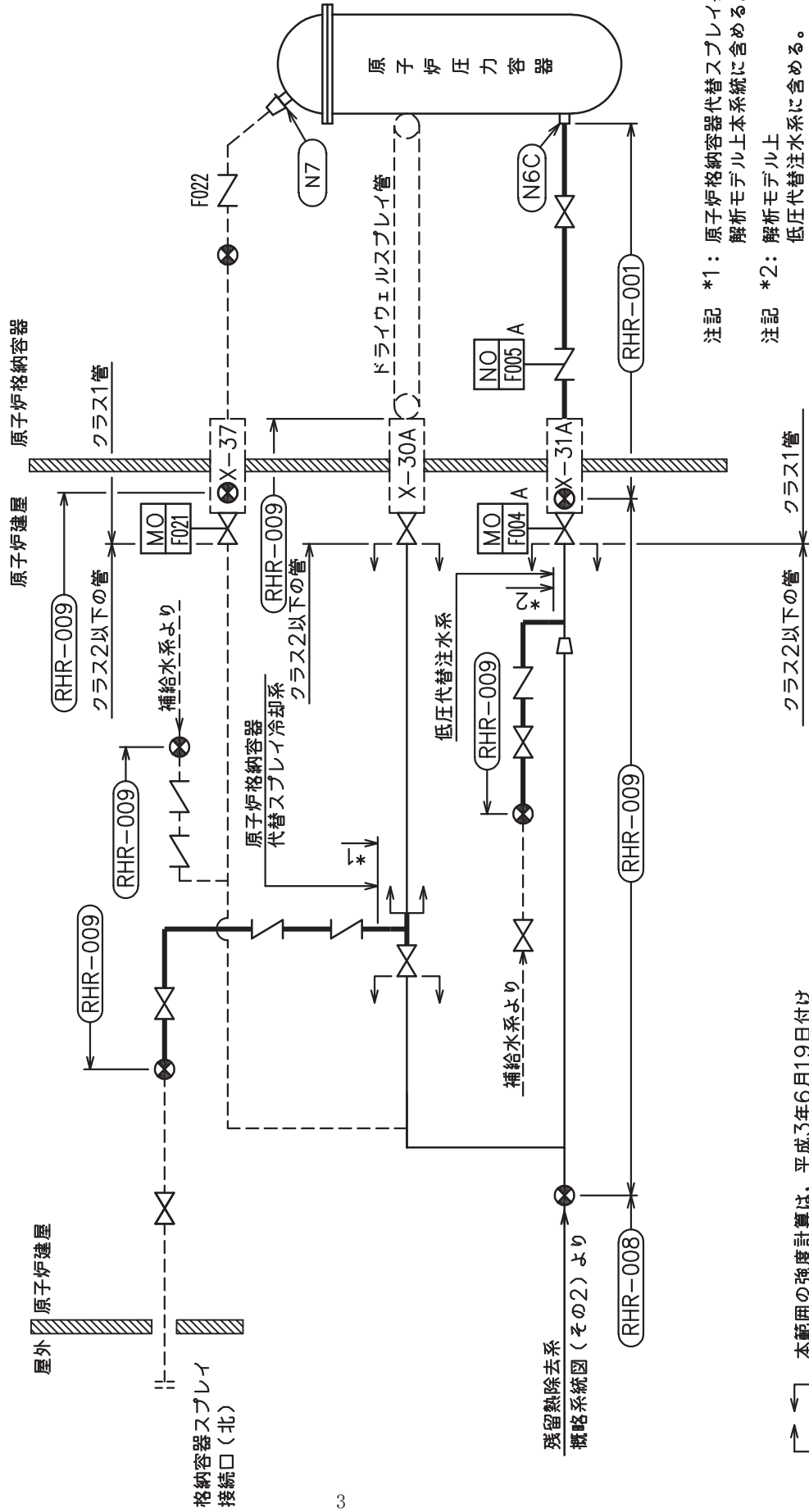
工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 13 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

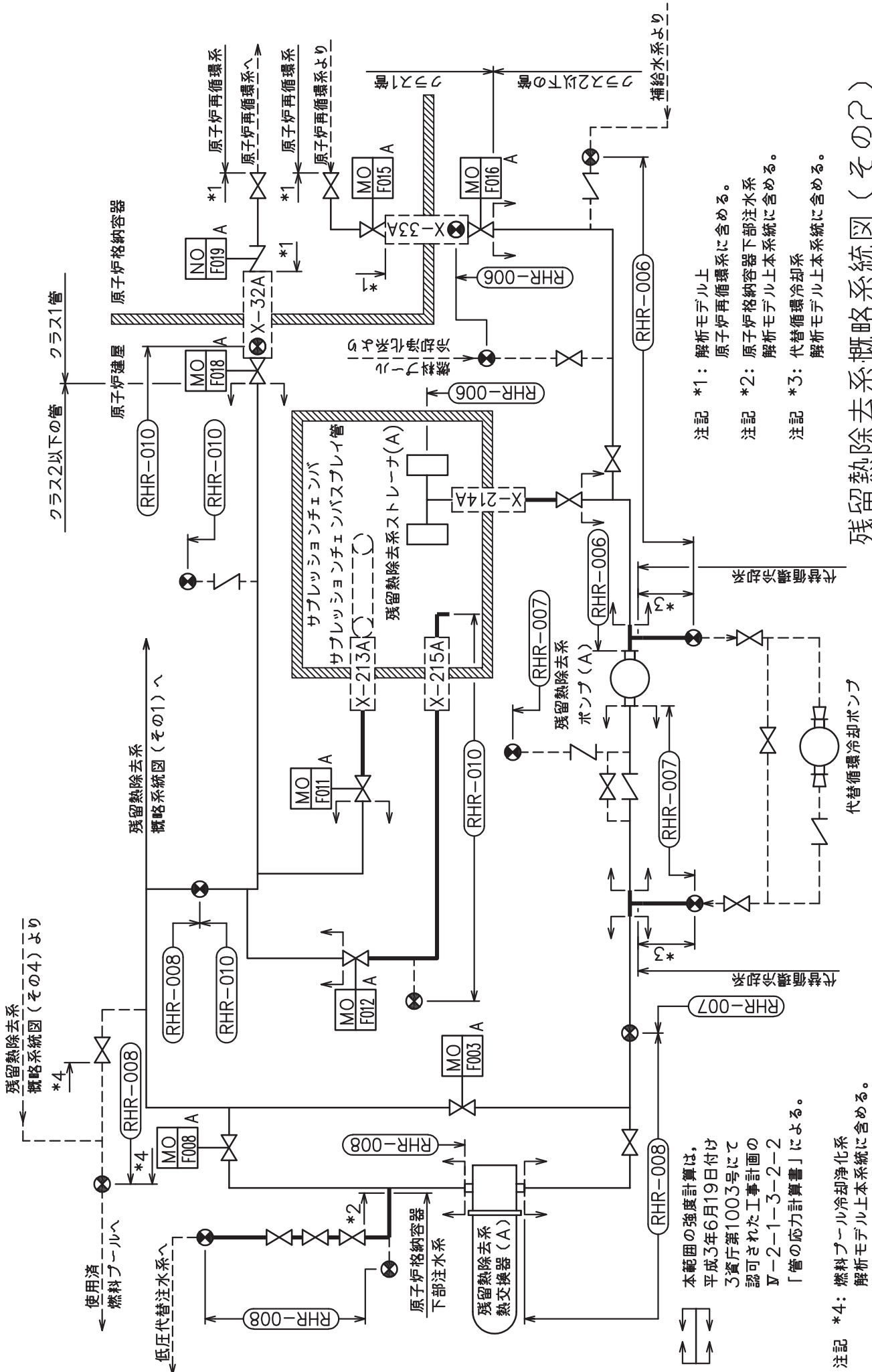
概略系統図記号凡例

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

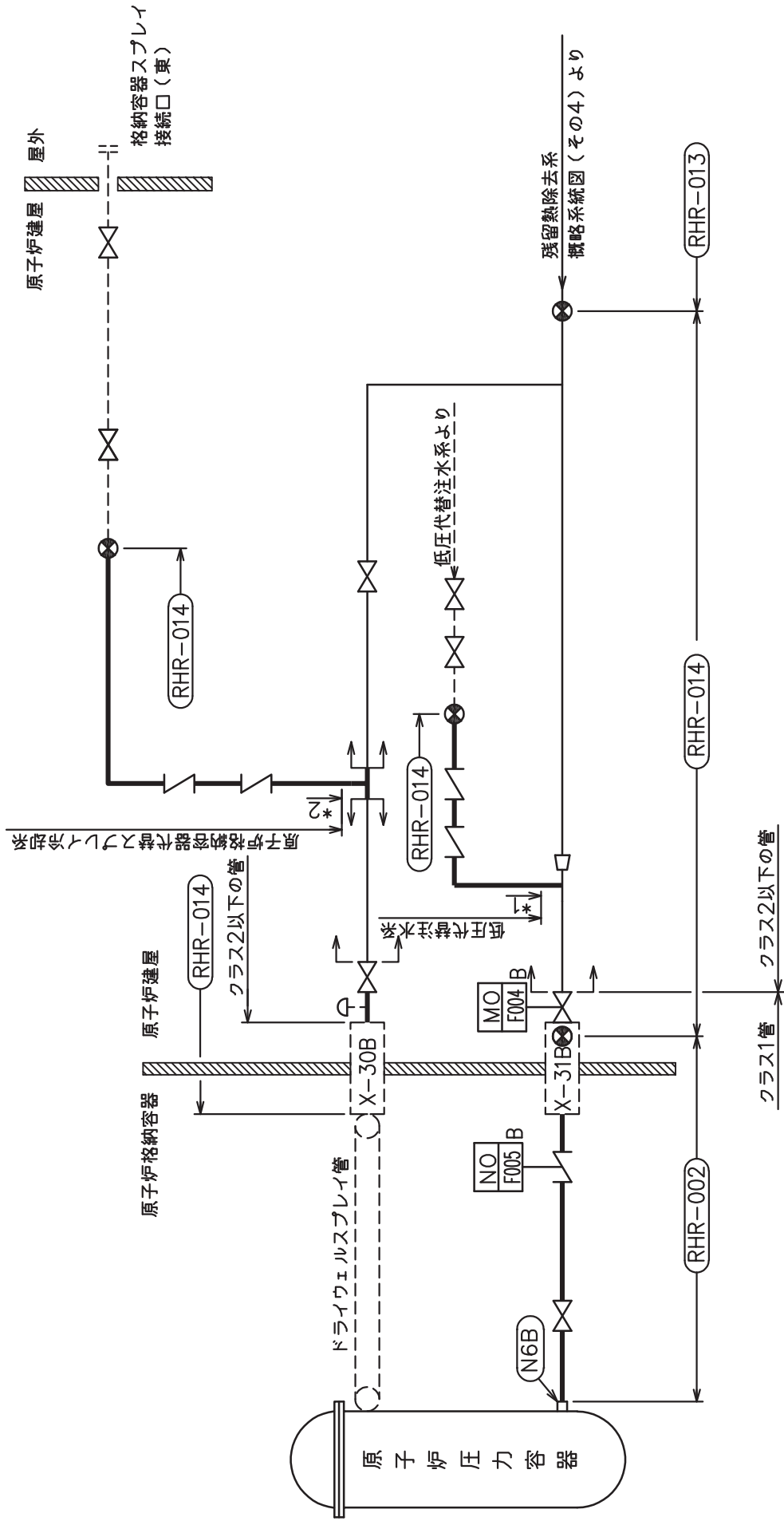


本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け
3資庁第1003号にて認可された工事計画の
Ⅴ-2-1-3-2-2「管の応力計算書」による。

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)

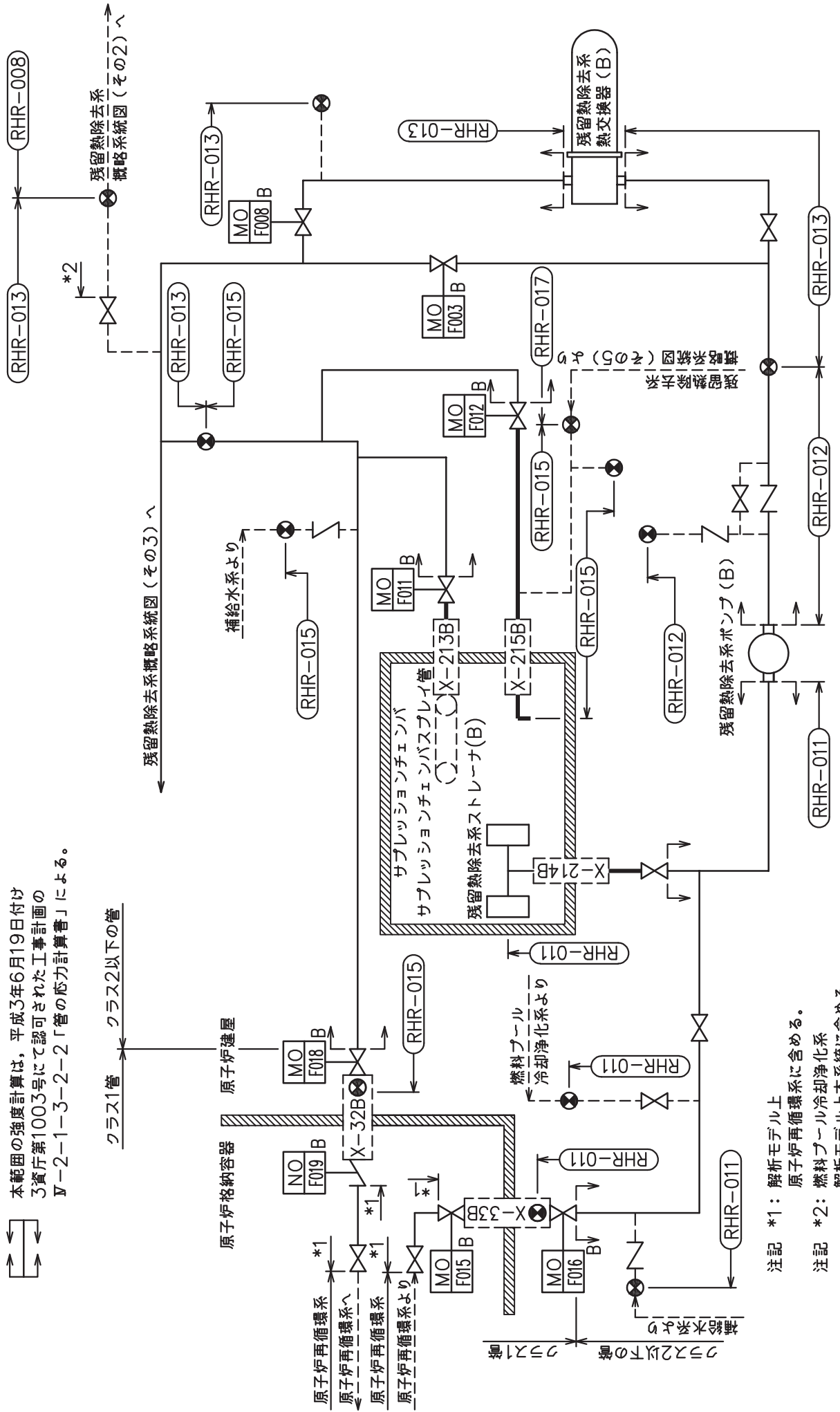


注記 *1: 低圧代替注水系
 解析モデル上本系統に含める。
 注記 *2: 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系
 解析モデル上本系統に含める。

本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け
 3資庁第1003号にて認可された工事計画の
 V-2-1-3-2-2「管の応力計算書」による。

残留熱除去系概略系統図(その3)

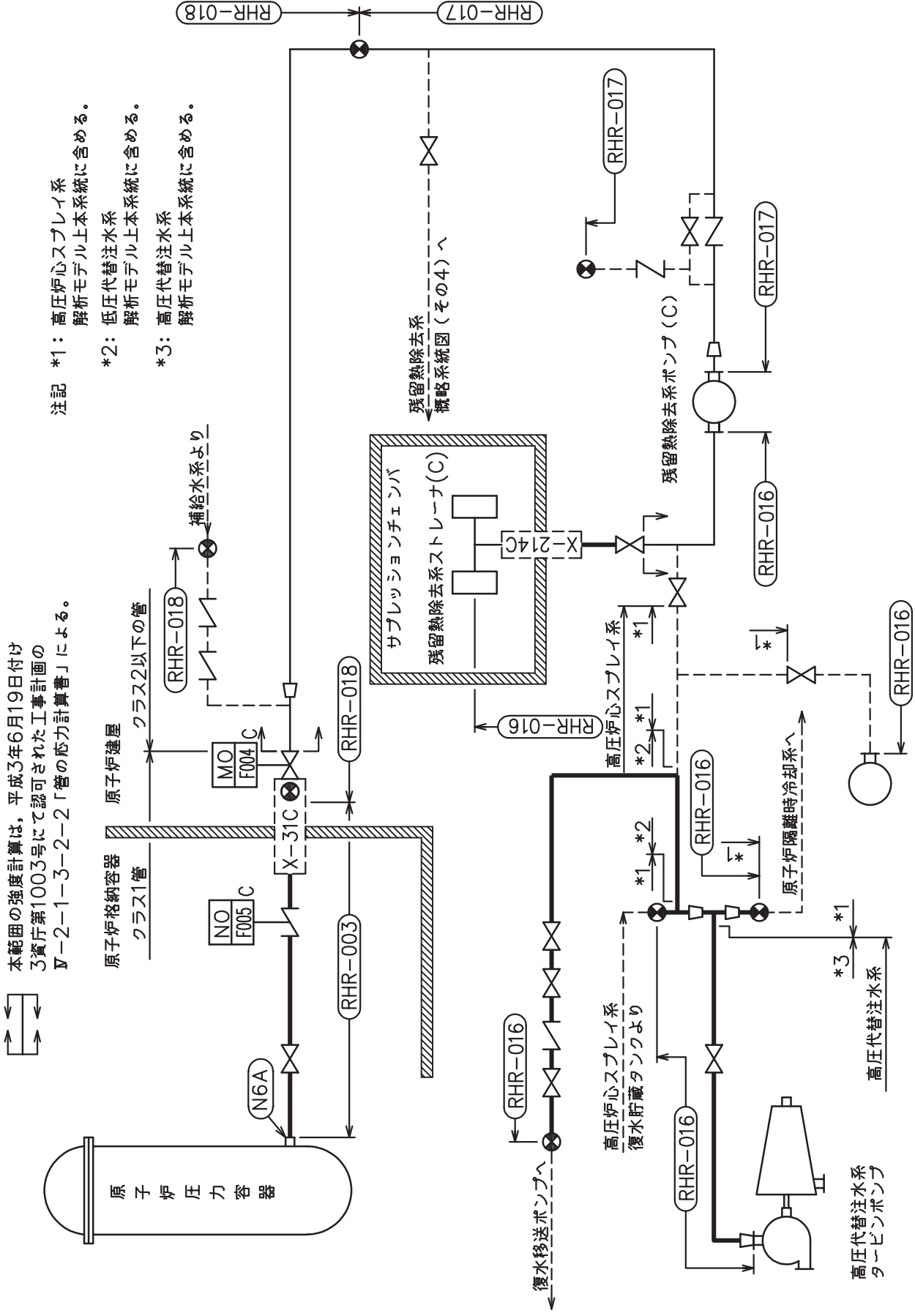
本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け
3頁第1003号にて認可された工事計画の
Ⅴ-2-1-1-3-2-2「管の応力計算書」による。



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)

本範囲の強度計算は、平成3年6月19日付け
3資庁第1003号にて認可された工事計画の
Ⅴ-2-1-3-2-2「管の応力計算書」による。


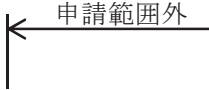


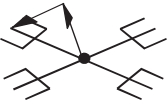
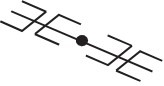



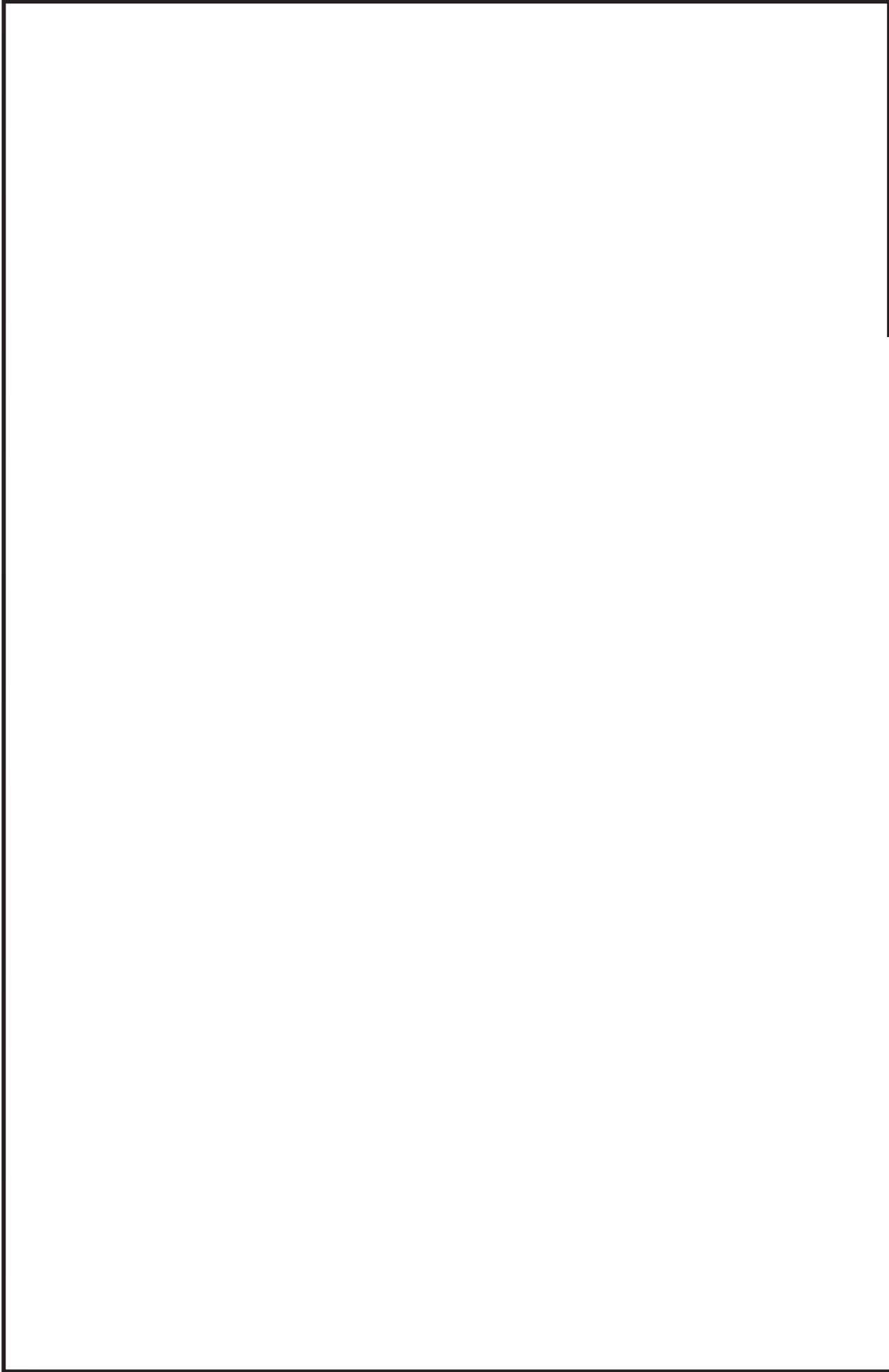
- 注記
- *1: 高圧炉心スプレイ系
解析モデル上本系統に含める。
 - *2: 低圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。
 - *3: 高圧代替注水系
解析モデル上本系統に含める。

残留熱除去系概略系統図 (その5)

2.2 鳥瞰図

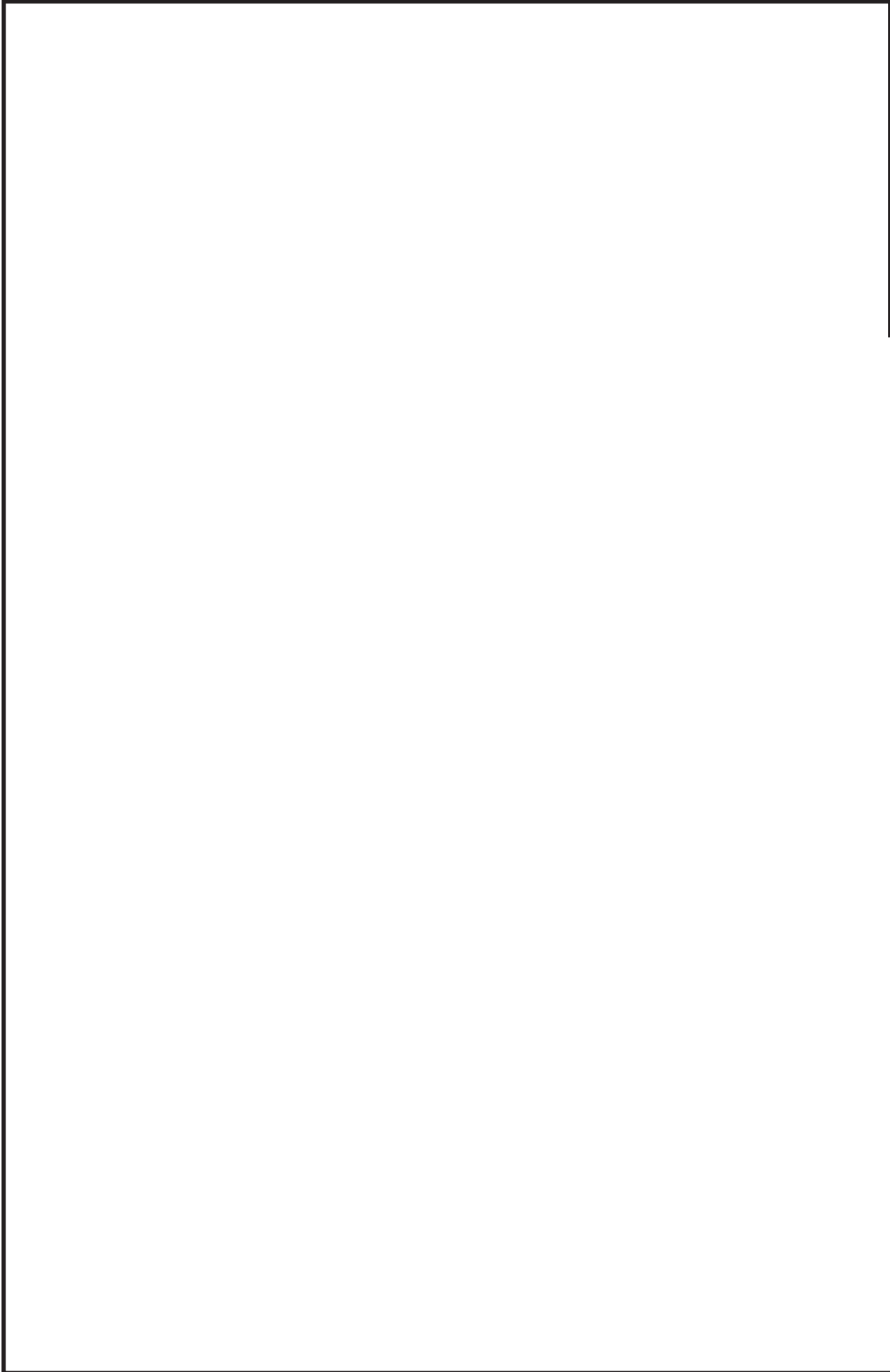
鳥瞰図記号凡例

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>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。スナツバについても同様な記載方法とする。)</p>
	<p>スナツバ</p>
	<p>ハンガ</p>



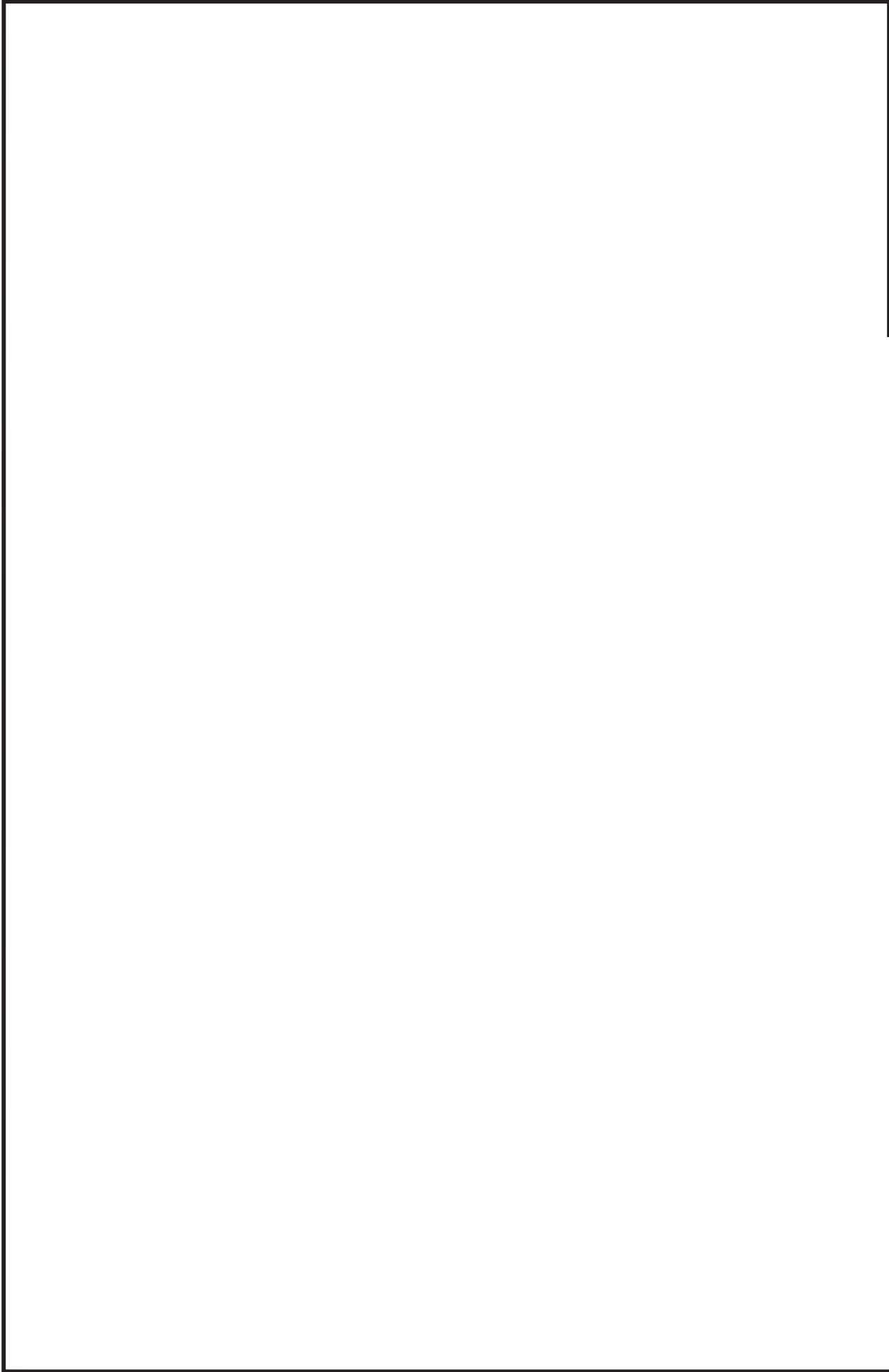
鳥瞰図	RHR-002
-----	---------

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



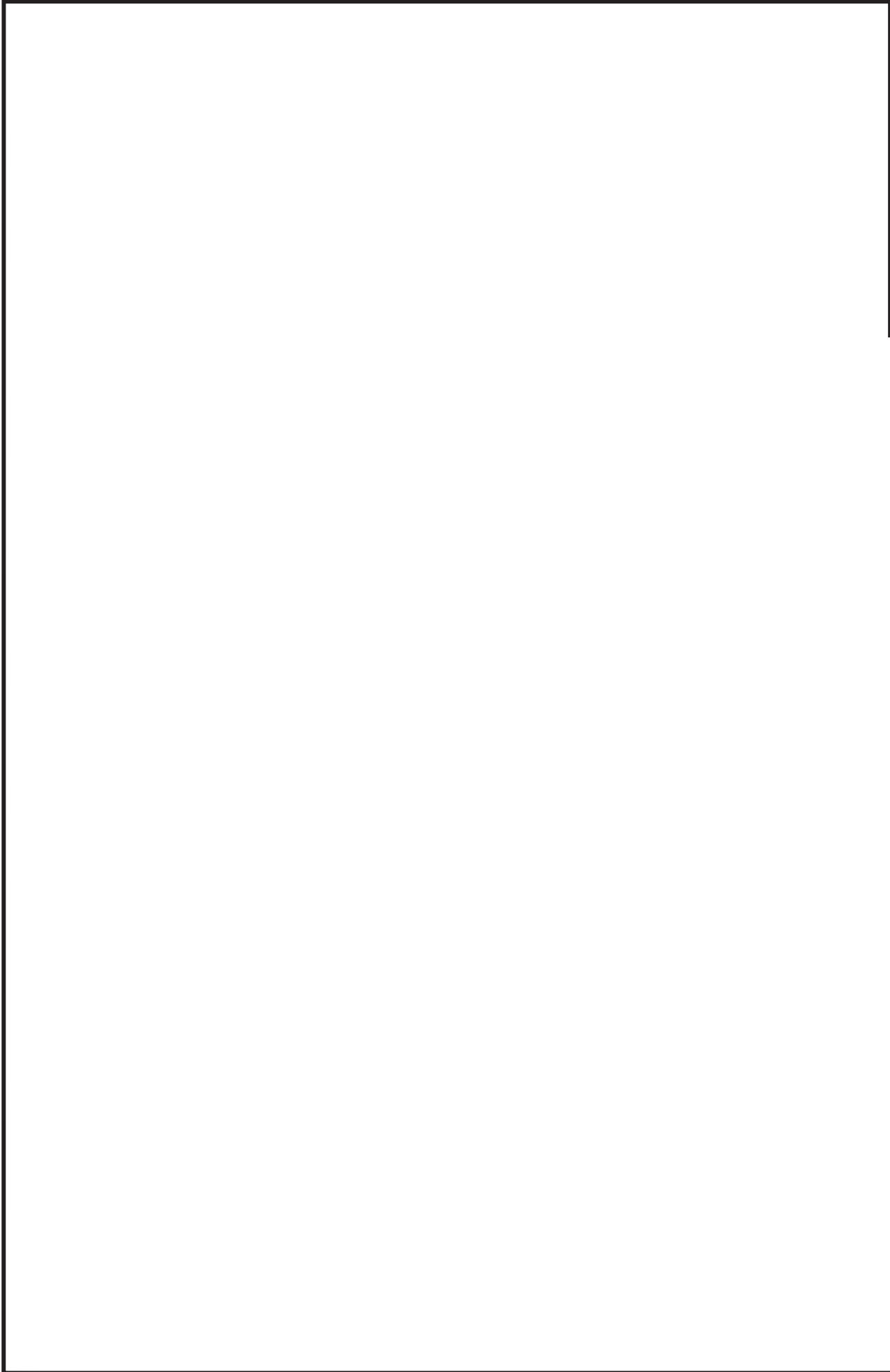
鳥瞰図 RHR-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



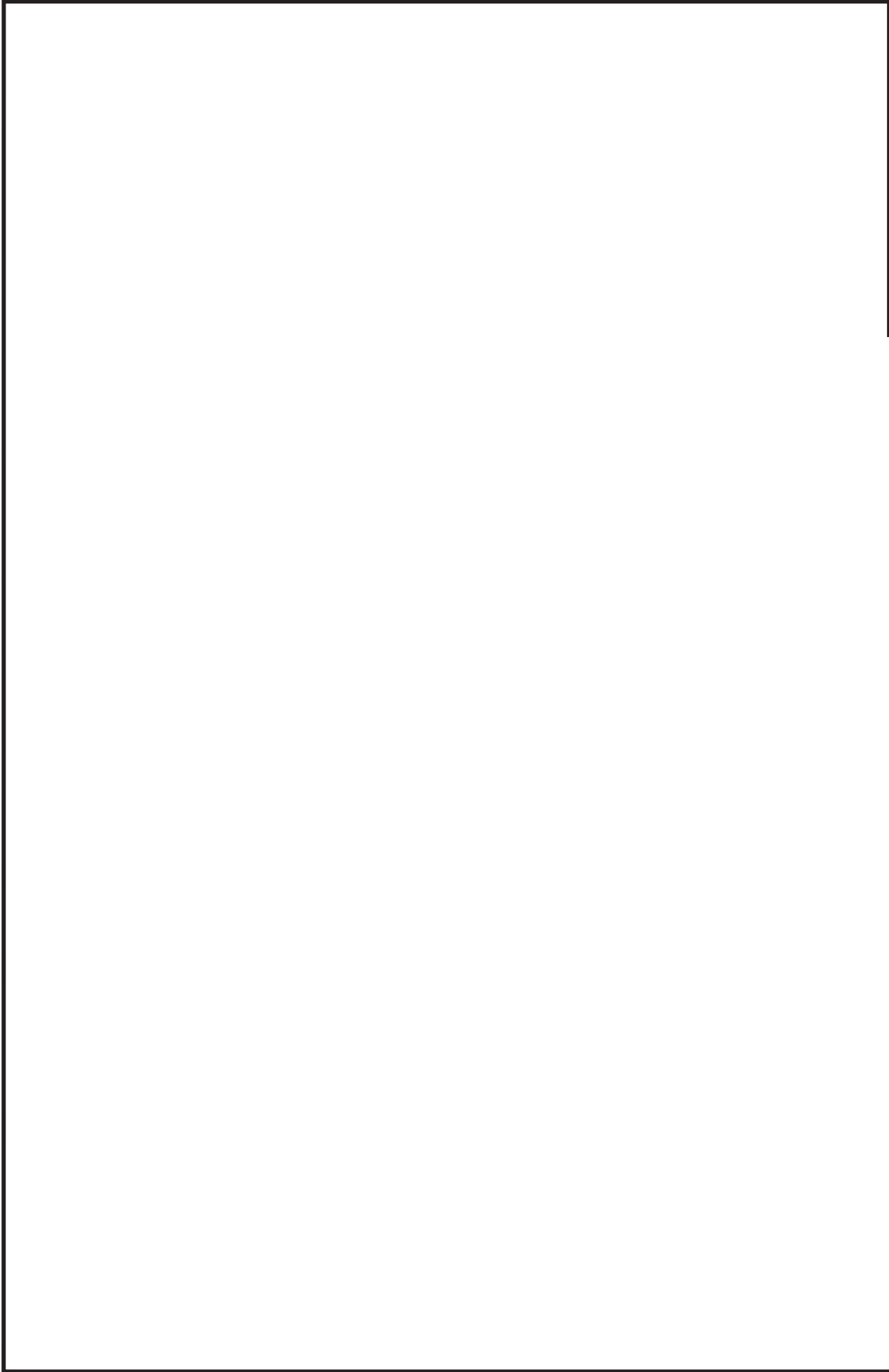
鳥瞰図 RHR-009-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



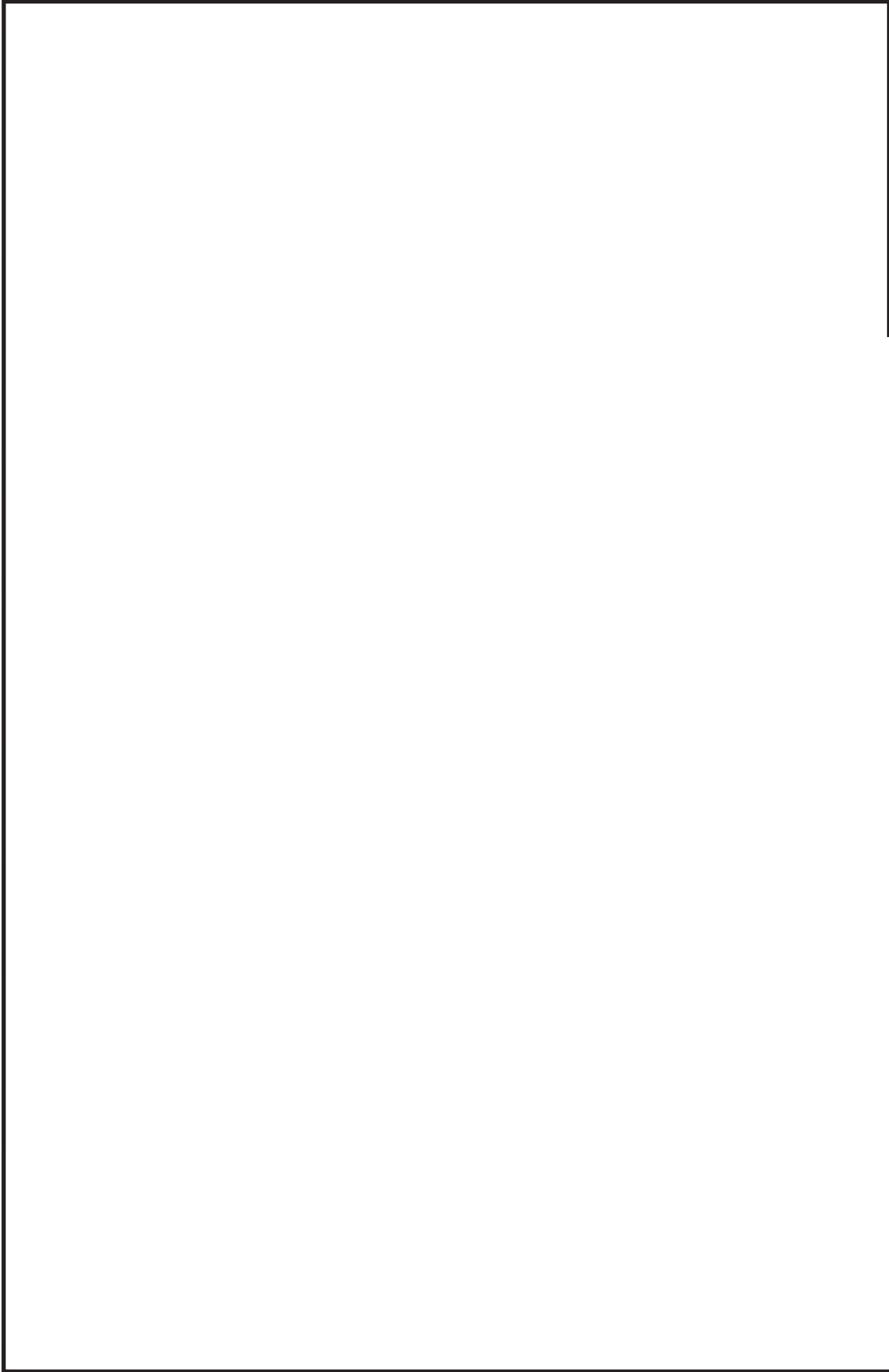
鳥瞰図 RHR-009-2/4

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-009-3/4

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-009-4/4

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 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 H R - 0 0 2

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
1	10.34	315	267.4	18.2	STS410

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-002

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	
	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	35	36	
	37	38	801	901	902	903	904	906								

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		22		32		801	
6		13		23		33		901	
7		14		24		34		902	
8		18		25		35		903	
9		19		26		36		904	
10		20		27		37		906	
11		21		31		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)
15		28	
16		29	
17		30	

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	29			

O2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-002

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 **						
14						
20						
** 23 **						
25						
38						
901						
902						
** 903 **						
** 904 **						
** 906 **						

--

O 2 ⑤ VI-3-3-3-3-1-5-2(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。

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
1	10.34	315	267.4	18.2	STS410

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			

O2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(重) R0

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						

O 2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(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。

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-009

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
1	1.37	66	114.3	6.0	STS410
2	3.73	186	114.3	6.0	STS410
3	3.73	186	267.4	9.3	STS410
4	3.73	186	165.2	7.1	STS410
5	1.37	60	165.2	7.1	STS410

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-009

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	40	102	827	932											
2	11	34	35	37	38	39	100	121	813						
3	235	236	237												
4	224	225	226	227	228	230	231	232	233	234	235				
5	201	202	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
	217	218	219	220	221	222									

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)
11		206		214		225		236	
34		207		215		226		237	
38		208		216		227		813	
39		209		217		231		827	
40		210		218		232		932	
121		211		219		233			
201		212		220		234			
205		213		221		235			

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)
37		102		202		222		228	
36		101		203		223		229	
35		100		204		224		230	
		103							
	900								

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	36			
弁2	101			
弁3	203			
弁4	223			
弁5	229			

O2 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 RHR-009

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
40						
121						
** 121 **						
201						
207						
210						
215						
218						
225						
** 227 **						
** 900 **						
932						

--

02 ⑤ VI-3-3-3-1-5-2(重) R0

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.2 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。

告示第501号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)	
		S m	S h
STS410	60	—	102
	66	—	102
	186	—	102
	315	120	—

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。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)		
		S m	S y	S h
STS410	60	—	—	103
	66	—	—	103
	186	—	—	103
	315	120	180	—

4. 評価結果

下表に示すとおり最大応力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1管
告示第501号第46条第3号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 3・S m
RHR-002	38	S p r m	56	360

評価結果

下表に示すとおり最大応力はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管2管であってクラス1管
設計・建設規格 PPB-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 Min(3・S m, 2・S y)
RHR-002	38	S p r m	56	360

評価結果

下表に示すとおり最大応力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1管
告示第501号第46条第3号による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力 S p r m	許容応力 3・S m
RHR-003	7	S p r m	56	360

評価結果

下表に示すとおり最大応力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
告示第501号第56条による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
RHR-009	235 235	S p r m (1) S p r m (2)	60 63	S h 1.2・S h 102 122

注記 * : S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 告示第501号第56条第1号(イ), (ロ)に基づき計算した一次応力を示す。

下表に示すとおり最大応力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
設計・建設規格 PPC-3500による評価結果

鳥瞰図	最大応力 評価点	最大応力 区分*	一次応力評価 (MPa)	
			計算応力	許容応力
RHR-009	235	S p r m (1)	S p r m (1)	1. 5・S h
	235	S p r m (2)	S p r m (2)	1. 8・S h

注記 * : S p r m (1), S p r m (2)はそれぞれ, 設計・建設規格 PPC-3520(1), (2)に基づき計算した一次応力を示す。

5. 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余裕を算出し、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1管)

No.	配管モデル	運転状態 (V) *				
		一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度 代表	
1	RHR-001	7	53	360	6.79	—
2	RHR-002	38	56	360	6.42	○
3	RHR-003	7	56	360	6.42	○

注記*：告示第501号第46条第1号及び第3号に基づき計算した一次応力を示す。

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1管)

No.	配管モデル	供用状態 (E) *				代表
		一次応力				
		評価 点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	
1	RHR-001	7	51	360	7.05	—
2	RHR-002	38	56	360	6.42	○
3	RHR-003	7	54	360	6.66	—

注記* : 設計・建設規格 PPB-3520 及び PPB-3562 に基づき計算した一次応力を示す。

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	運転状態 (V) *1				運転状態 (V) *2					
		一次応力				一次応力					
		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
1	RHR-006	501	23	102	4.43	—	3	57	122	2.14	—
2	RHR-007	306	31	102	3.29	—	306	34	122	3.58	—
3	RHR-008	131	40	102	2.55	—	131	43	122	2.83	—
4	RHR-009	235	60	102	1.70	○	235	63	122	1.93	○
5	RHR-010	48	33	102	3.09	—	48	35	122	3.48	—
6	RHR-011	7	20	102	5.10	—	3	57	122	2.14	—
7	RHR-014	134	43	102	2.37	—	134	46	122	2.65	—
8	RHR-015	49	31	102	3.29	—	49	32	122	3.81	—
9	RHR-016	11	38	102	2.68	—	3	54	122	2.25	—

注記*1：告示第501号第56条第1号（イ）に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第56条第1号（ロ）に基づき計算した一次応力を示す。

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	供用状態 (E) *1				供用状態 (E) *2					
		一次応力				一次応力					
		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
1	RHR-006	502	30	154	5.13	—	3	98	185	1.88	—
2	RHR-007	320	39	154	3.94	—	320	43	185	4.30	—
3	RHR-008	131	50	154	3.08	—	131	54	185	3.42	—
4	RHR-009	235	101	154	1.52	○	235	104	185	1.77	○
5	RHR-010	50	33	154	4.66	—	50	35	185	5.28	—
6	RHR-011	7	27	154	5.70	—	3	99	185	1.86	—
7	RHR-014	134	62	154	2.48	—	134	65	185	2.84	—
8	RHR-015	50	49	154	3.14	—	50	50	185	3.70	—
9	RHR-016	11	44	154	3.50	—	3	93	185	1.98	—

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。