

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改 27
提出年月日	2023年2月16日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

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。

補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
 - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
 - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
 - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
 - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
 - 1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重，風荷重及び積雪荷重の設定
 - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
 - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
 - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
 - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
 - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価

2. 浸水防護施設の耐震，強度計算に関する補足説明
 - 2.1 防波壁に関する補足説明
 - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
 - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
 - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
 - 2.5 津波監視設備に関する補足説明
 - 2.6 漂流防止装置に関する補足説明
 - 2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
 - 2.8 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

2. 浸水防護施設の耐震、強度計算に関する補足説明

2.4 浸水防止設備に関する補足説明

2.4.1 屋外排水路逆止弁に関する補足説明

2.4.2 防水壁に関する補足説明

2.4.2.1 防水壁の止水性について

2.4.2.2 防水壁の設計に関する補足説明

2.4.2.3 復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震性に関する補足説明

2.4.3 水密扉に関する補足説明

2.4.3.1 水密扉の止水性について

2.4.3.2 水密扉の設計に関する補足説明

2.4.4 床ドレン逆止弁に関する補足説明

2.4.5 隔離弁に関する補足説明

2.4.6 貫通部止水処置に関する補足説明

2.4.7 堰に関する補足説明

2.4.8 防水板に関する補足説明

今回提出範囲：

2.4.2.3 復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震性に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	4
3. 評価部位	4
4. 構造強度評価	7
4.1 構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.3 許容限界	9
4.4 計算方法	11
4.5 計算条件	11
5. 評価結果	30

1. 概要

本資料は、復水器エリア防水壁を貫通する配管が、基準地震動 S_s による地震力に対して、十分な耐震性を有することにより、復水器エリア防水壁が止水機能を維持することを説明するものである。復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震重要度分類を表1-1に示す。

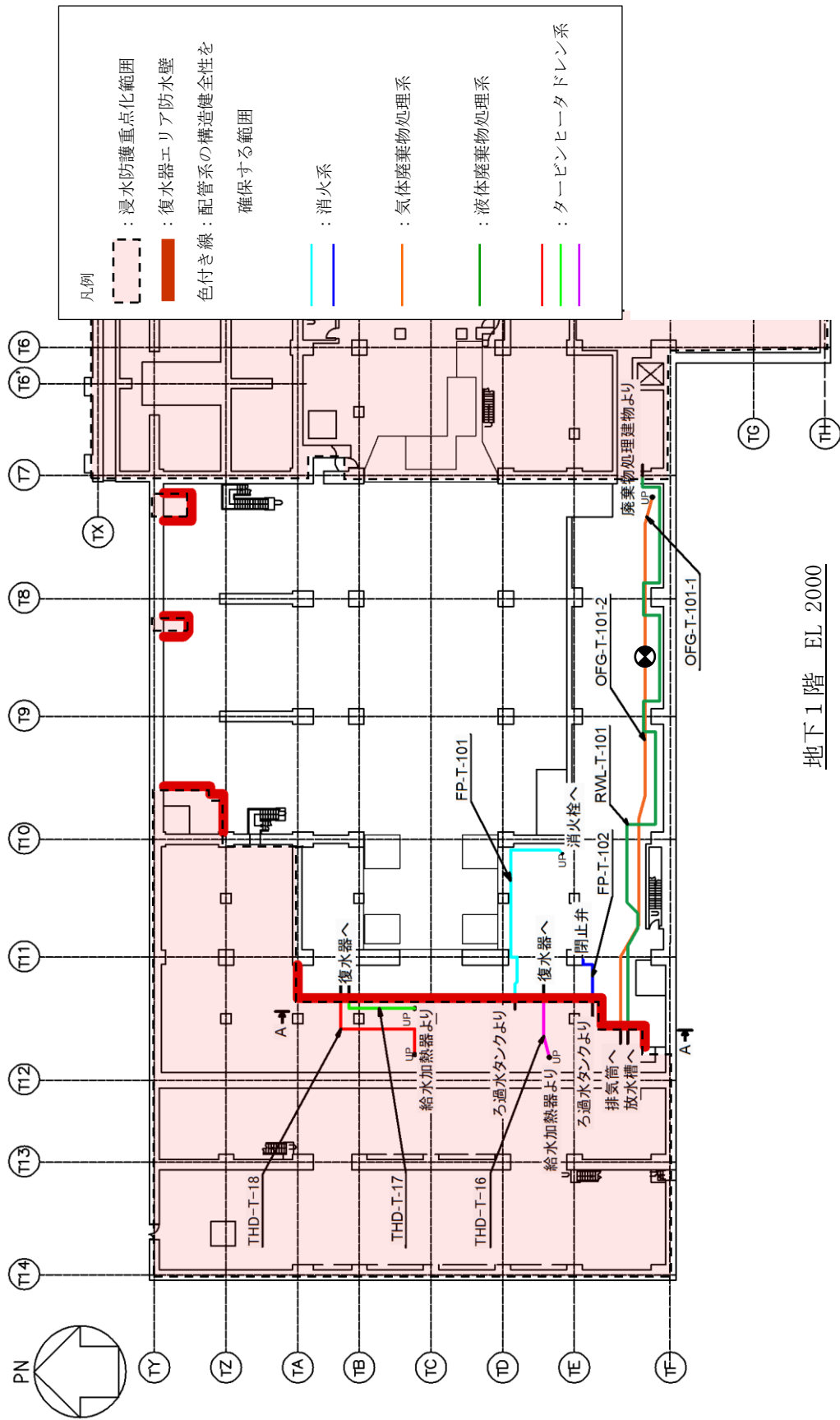
表1-1 復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震重要度分類

対象系統	耐震重要度分類
消火系	C
気体廃棄物処理系	B
液体廃棄物処理系	C
タービンヒータドレン系	B

2. 一般事項

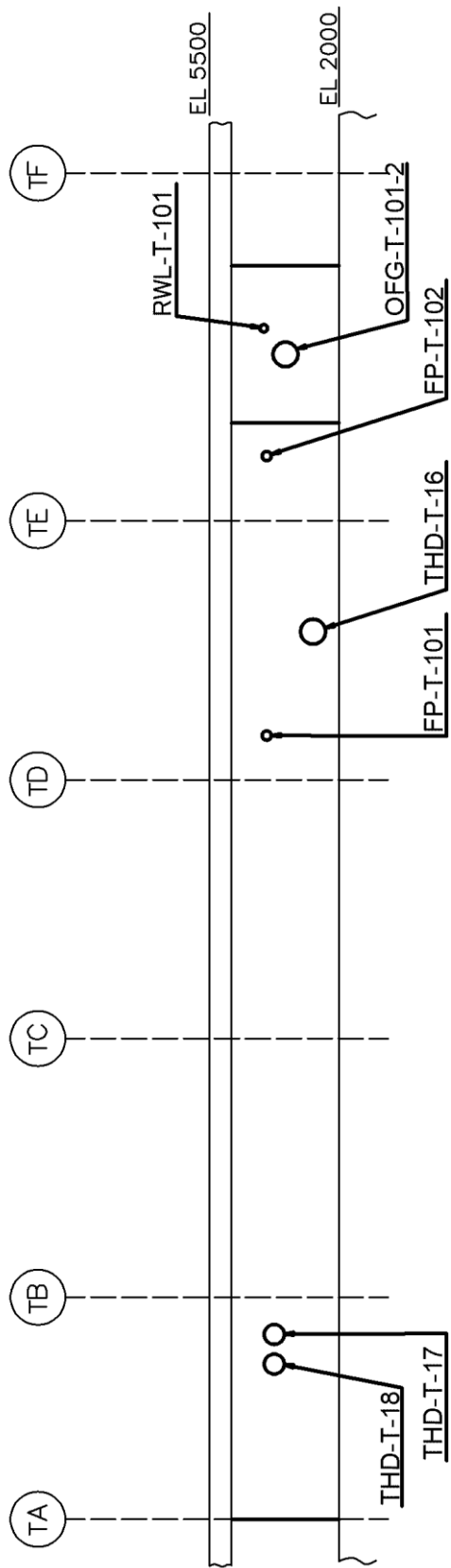
2.1 配置概要

対象の配管は、タービン建物に設置されている。復水器エリア防水壁を貫通する配管の配置概要及び配管系の構造健全性を確保する範囲を図2-1に示す。



地下1階 EL 2000

図2-1 復水器エリアの防水壁 貫通部配管配置図 (1/2)



断面A-A

図2-1 復水器エリア防水壁 貫通部配管配置図 (2/2)

2.2 評価方針

復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震評価は、本資料の「4.2 荷重の組合せ及び許容応力状態」及び「4.3 許容限界」にて設定している荷重、荷重の組合せ及び許容限界を踏まえて、評価部位に作用する応力が許容限界内にあることを、「4.1 構造強度評価方法」に示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補一 1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

3. 評価部位

復水器エリア防水壁が止水機能を維持するためには、管本体の損傷及び支持構造物の損傷による支持機能の喪失を防ぐ必要があることから、管本体及び支持構造物を評価部位として選定する。

復水器エリア防水壁の止水機能維持の観点で配管系の構造健全性を確保する範囲は、配管の敷設状況に応じて、浸水防護重点化範囲内または外において防水壁近傍の鉛直配管や閉止可能な弁の有無を踏まえ、表3-1のとおり選定する。構造健全性を確保する範囲の概要を図3-1から図3-4に示す。なお、配管系の構造健全性を確保する範囲から1つ先の二方向拘束点までをS_s機能維持範囲とする。

表 3-1 構造健全性を確保する範囲

対象系統	解析モデル	構造健全性を確保する範囲		
		分類	復水器エリア防水壁からの範囲	概要図
消火系	FP-T-101	浸水防護重点化範囲外	EL5300まで	図3-3
	FP-T-102	浸水防護重点化範囲外	閉止弁まで	図3-4
気体廃棄物処理系	OFG-T-101-1, 2	浸水防護重点化範囲外	EL5300まで	図3-3
液体廃棄物処理系	RWL-T-101	浸水防護重点化範囲外	復水器エリア全域	図3-2
タービン ヒータドレン系	THD-T-16	浸水防護重点化範囲内	EL5300まで	図3-1
	THD-T-17	浸水防護重点化範囲内	EL5300まで	図3-1
	THD-T-18	浸水防護重点化範囲内	EL5300まで	図3-1

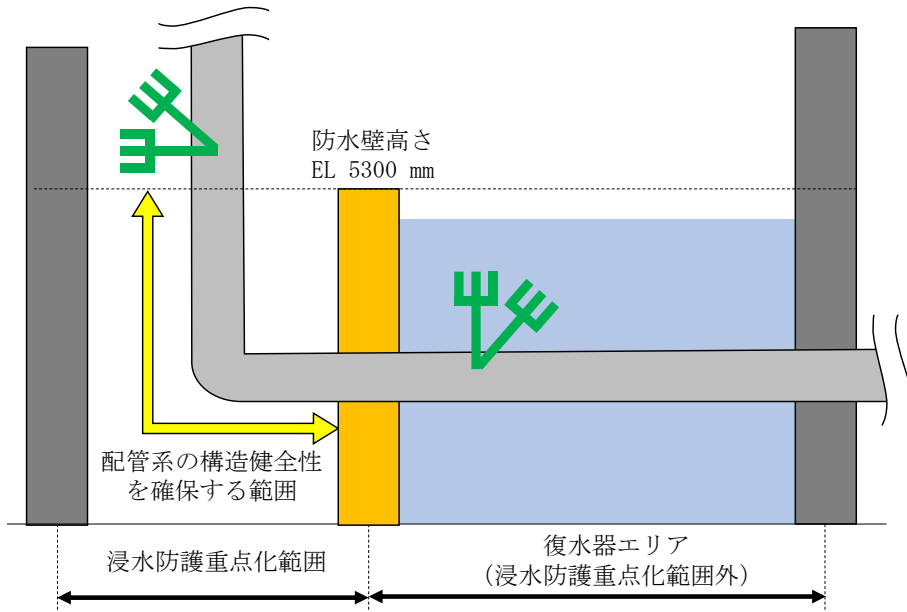


図 3-1 浸水防護重点化範囲内で構造健全性を確保する範囲の概要

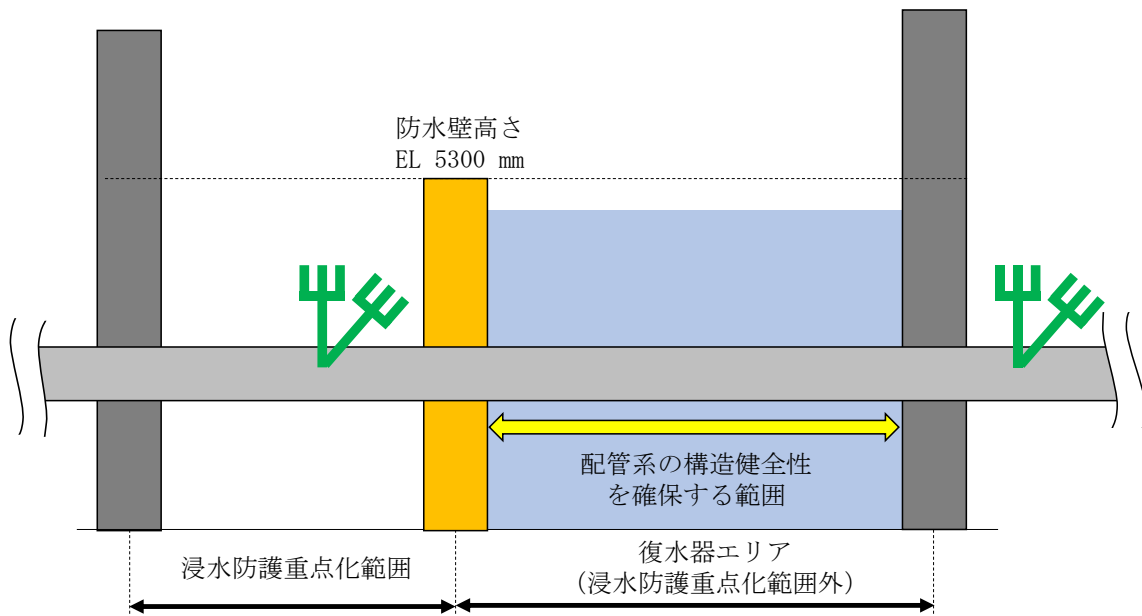


図 3-2 浸水防護重点化範囲外で構造健全性を確保する範囲の概要

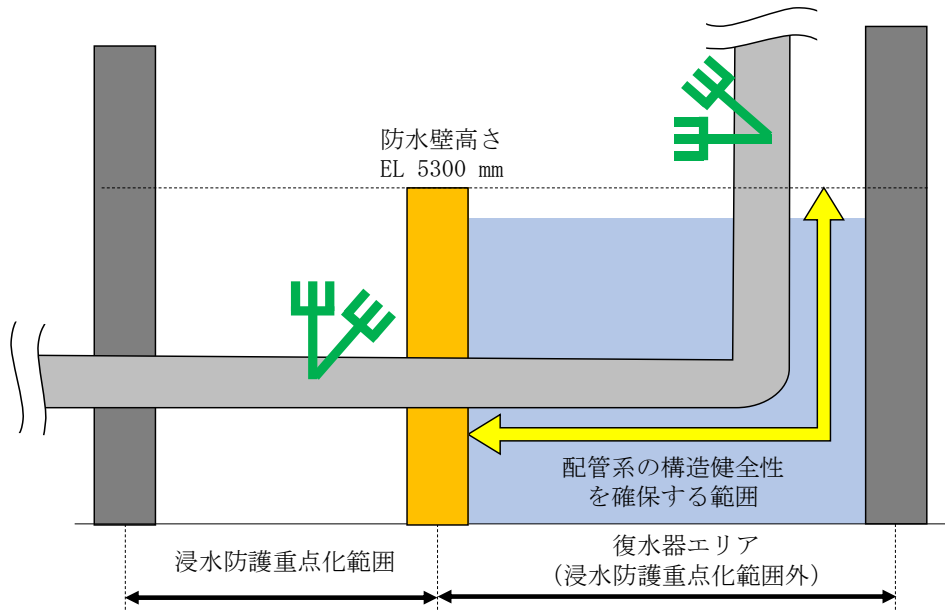


図 3-3 浸水防護重点化範囲外で構造健全性を確保する範囲の概要

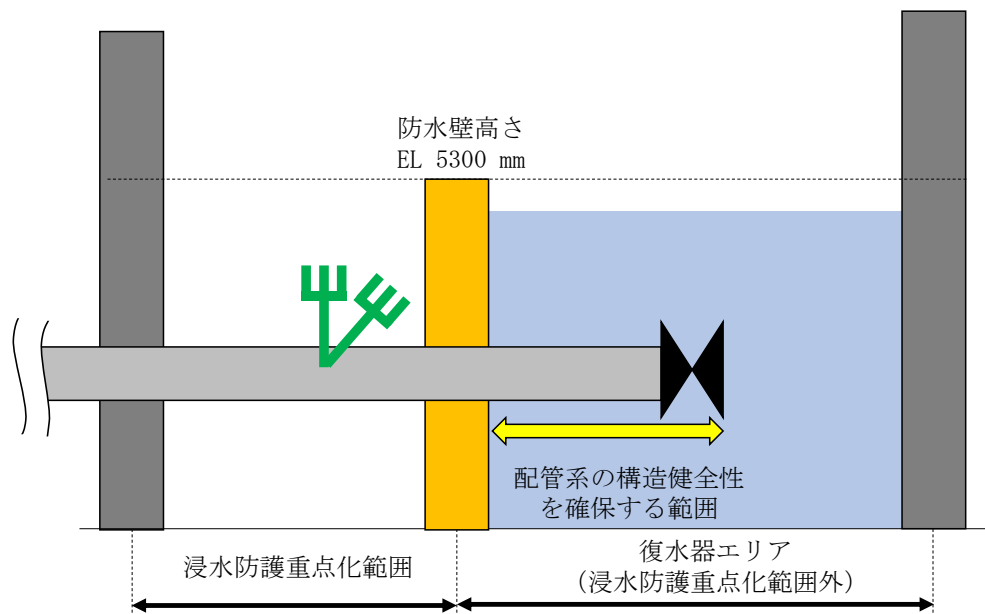


図 3-4 浸水防護重点化範囲外で構造健全性を確保する範囲の概要

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

4.1.1 地震応答解析方法

配管系の動的解析手法としては、スペクトルモード解析法を用いる。評価に当たっては、以下の荷重を考慮する。また、水平2方向及び鉛直方向地震力は個別に作用させる。水平2方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、SRSS法を適用する。

- a. 内圧
- b. 機械的荷重（自重その他の長期的荷重）
- c. 機械的荷重（逃がし弁又は安全弁の吹出し反力及びその他の短期的荷重）
- d. 地震荷重（基準地震動 S_s による慣性力及び相対変位）

4.1.2 構造強度評価方法

復水器エリア防水壁を貫通する配管の耐震評価は、本資料の「3. 評価部位」に示す評価部位に対し、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力状態」及び「4.3 許容限界」に示す荷重、荷重の組合せ及び許容限界を踏まえ、「4.4 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 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。

系統名称	施設 分類 ^{*1}	荷重の組合せ ^{*2, 3}	許容応力 状態
消火系	DB	I L + S _s ^{*4}	IVAS
		II L + S _s ^{*4}	
気体廃棄物処理系	DB	I L + S _s ^{*4}	IVAS
		II L + S _s ^{*4}	
液体廃棄物処理系	DB	I L + S _s ^{*4}	IVAS
		II L + S _s ^{*4}	
タービンヒータドレン系	DB	I L + S _s ^{*4}	IVAS
		II L + S _s ^{*4}	

注記*1：DBは設計基準対象施設を示す。

*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。

*4：復水器エリア防水壁の止水機能維持を目的として、基準地震動S_sに対する評価を実施する。

4.3 許容限界

復水器エリア防水壁を貫通する配管の評価の許容限界は、本資料の「3. 評価部位」にて設定している評価部位ごとに、許容応力状態Ⅳ_ASの許容応力を用いる。

評価部位ごとの許容限界を表4-3及び表4-4に示す。なお、記号は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の記号を用いる。

表 4-3 配管の許容限界

荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界			
		一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ピーク応力
$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S	$0.6 \cdot S_u^{*1}$	左欄の1.5倍の値	^{*2} S_d 又は S_s 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。	

注記*1：軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ_ASの一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

*2： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格PPB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 4-4 支持構造物の許容限界

荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界 ^{*1, *2, *3} (ボルト等以外)										許容限界 ^{*2, *4} (ボルト等)	形式試験に よる場合		
		一次応力					一次+二次応力								
		引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈 ^{*5}			引張	せん断
D+P _D +M _D +S _S	IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s^{*6}$	$3 \cdot f_b^{*7}$	$1.5 \cdot f_p^{*8}$	$1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y,d}}{S_{y,t}}$	許容荷重

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

*3：耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

*4：コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のばらつき等を考慮して、III_ASの許容応力を一次引張応力に対しては f_t 、一次せん断応力に対しては f_s として、またIV_AS→III_ASとして応力評価を行う。

*5：薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

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

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

*8：自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

4.4 計算方法


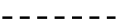


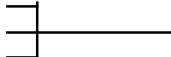
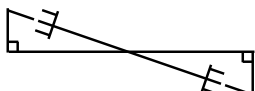
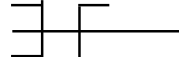
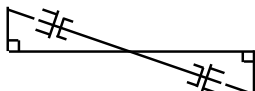

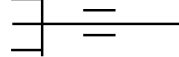
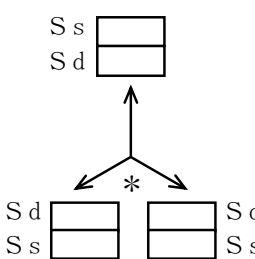

- (1) 基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性が確保され、復水器エリア防水壁の止水性が維持できることを確認するために、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認する。
- (2) 設計用床応答スペクトルは、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき策定したものをを用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。
- (3) 解析コードは「H I S A P」または「M 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。

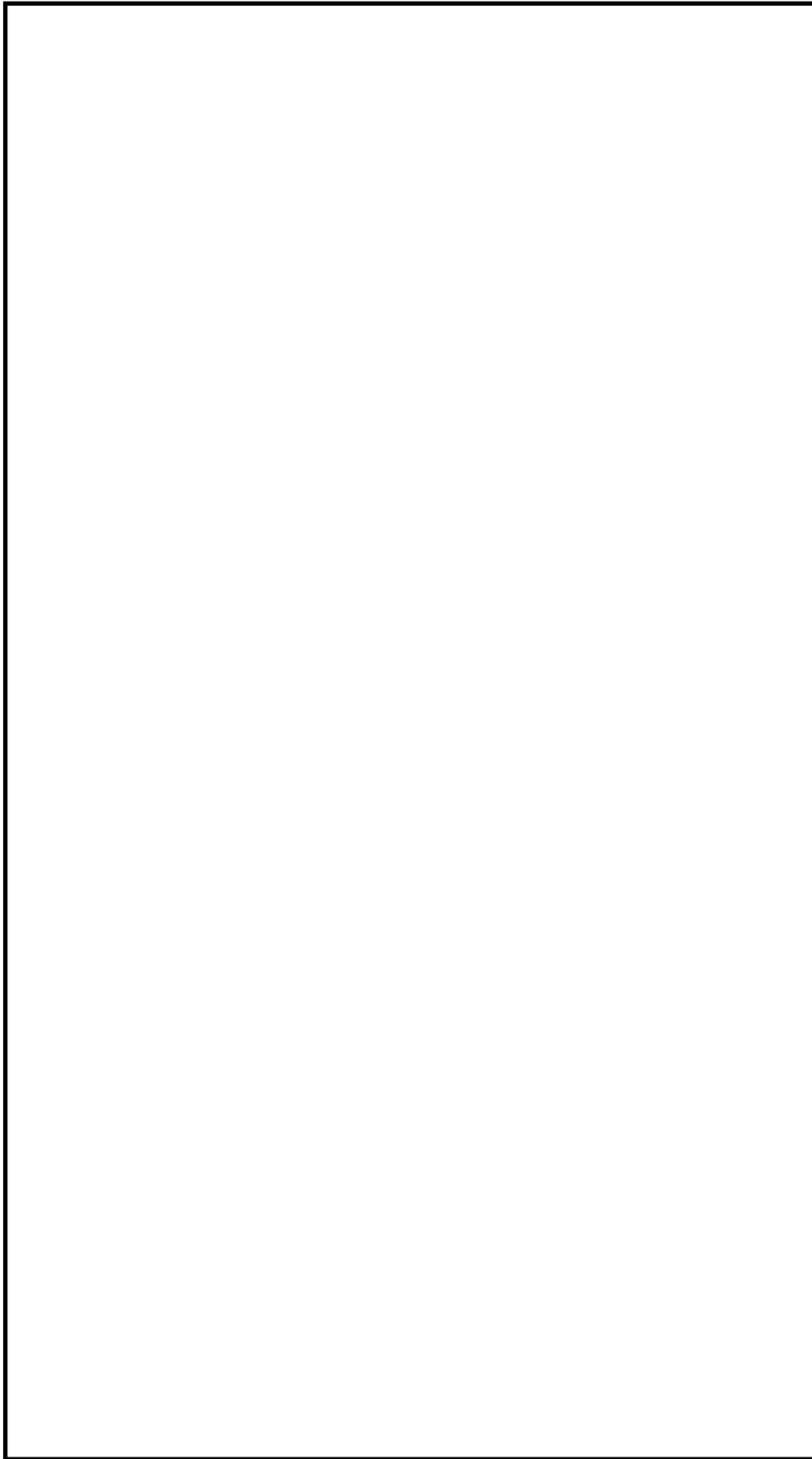
4.5 計算条件

評価対象の管のうち、系統単位に評価上厳しい解析モデルを代表として鳥瞰図及び配管諸元を記載する。

4.5.1 鳥瞰図

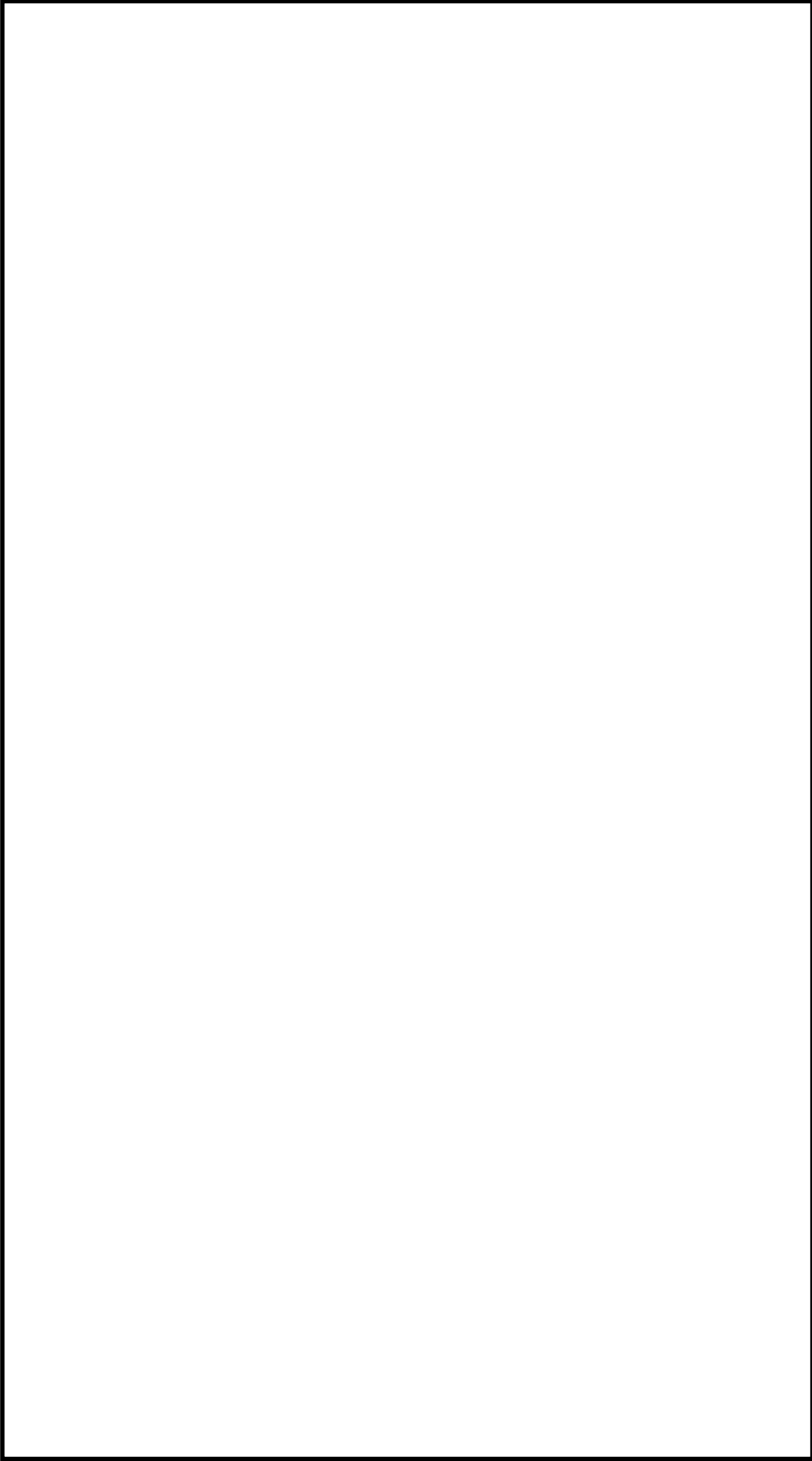
鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	評価対象範囲の管
 (破線)	評価対象範囲外の管
	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)
	スナッパ
	スナッパ (斜め拘束の場合)
	ハンガ
	リジットハンガ
	<p>拘束点の地震による相対変位量(mm)</p> <p>(*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また,  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。)</p> <p>注: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>



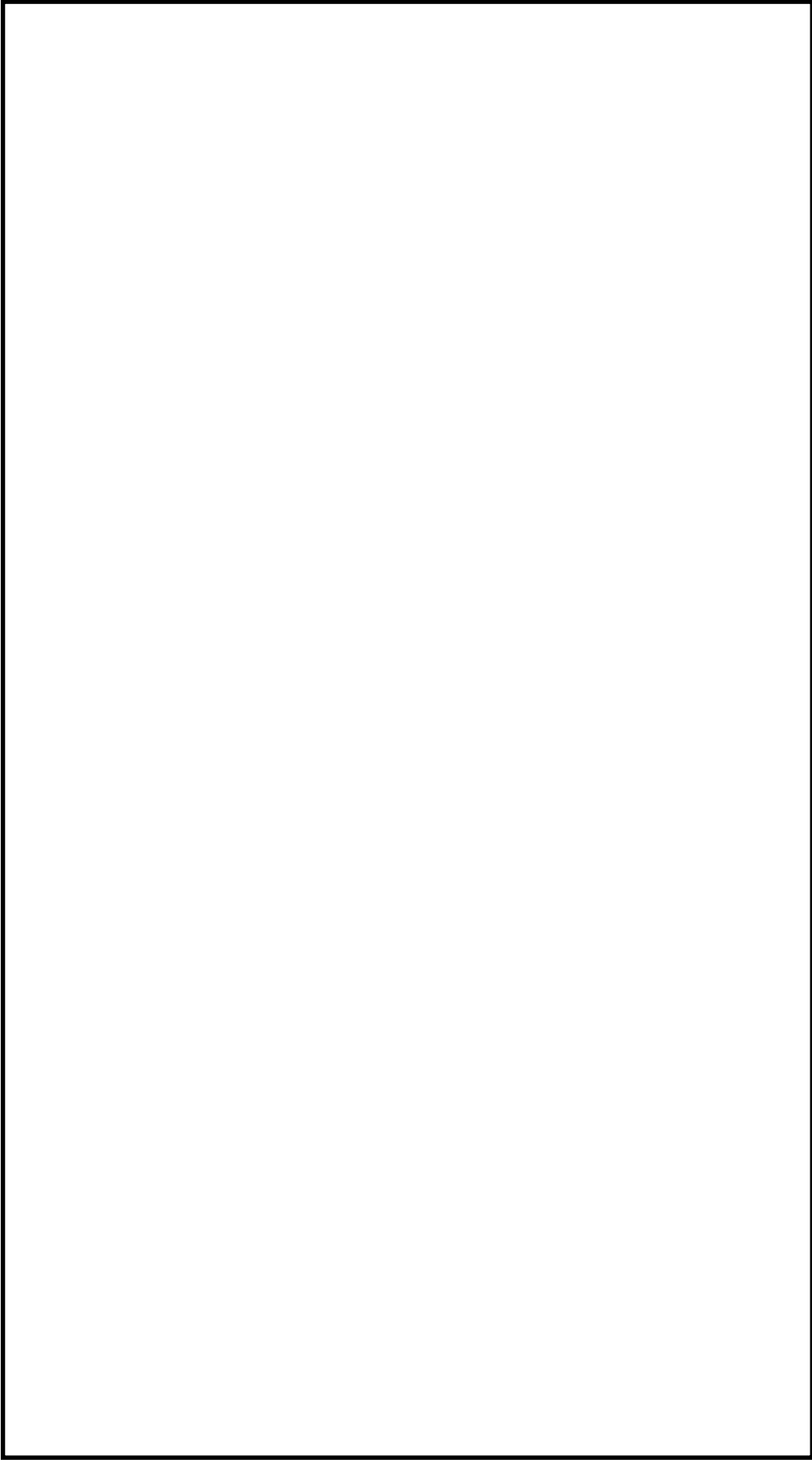
鳥瞰図

FP-T-102(1/4)



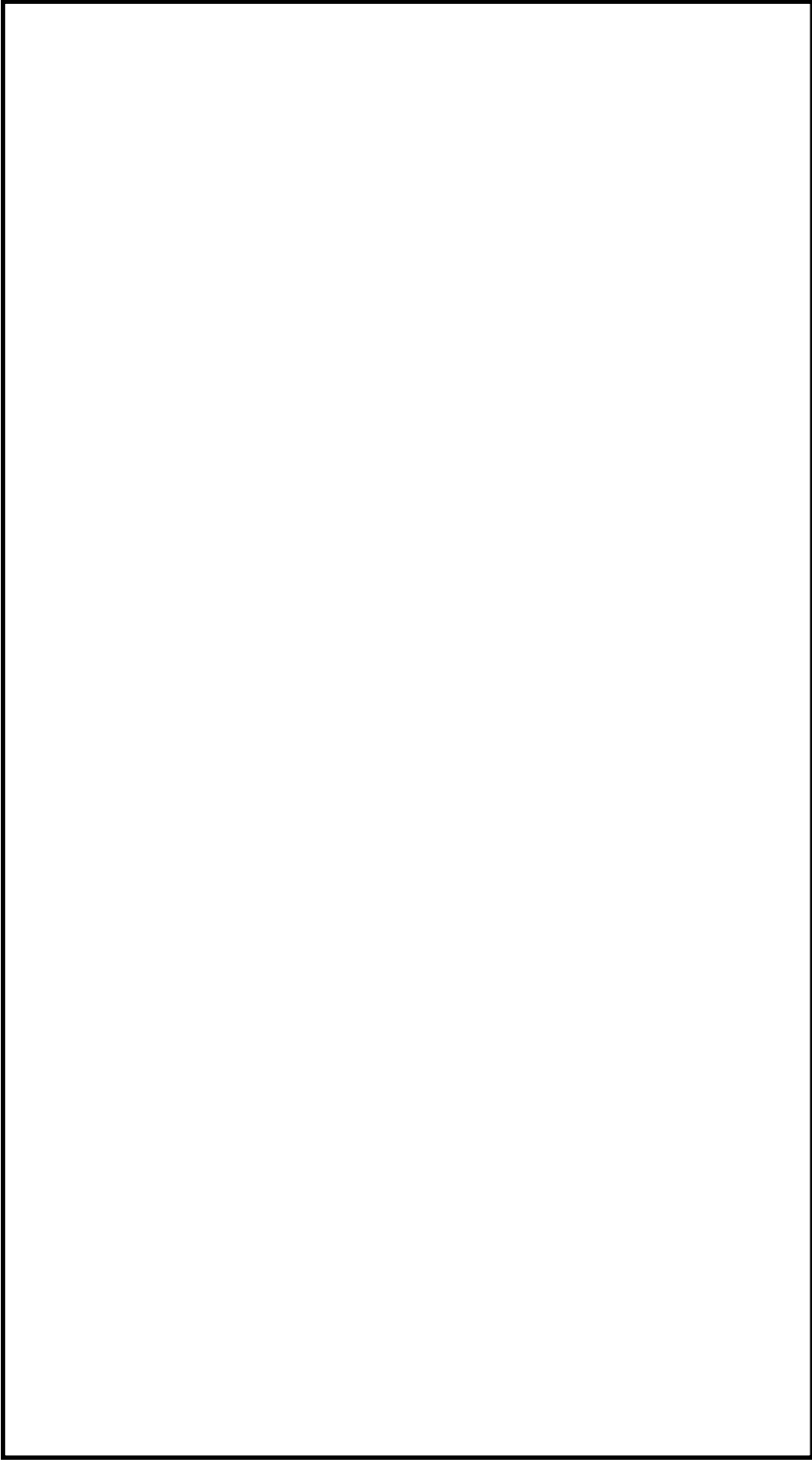
鳥瞰図

FP-T-102 (2/4)



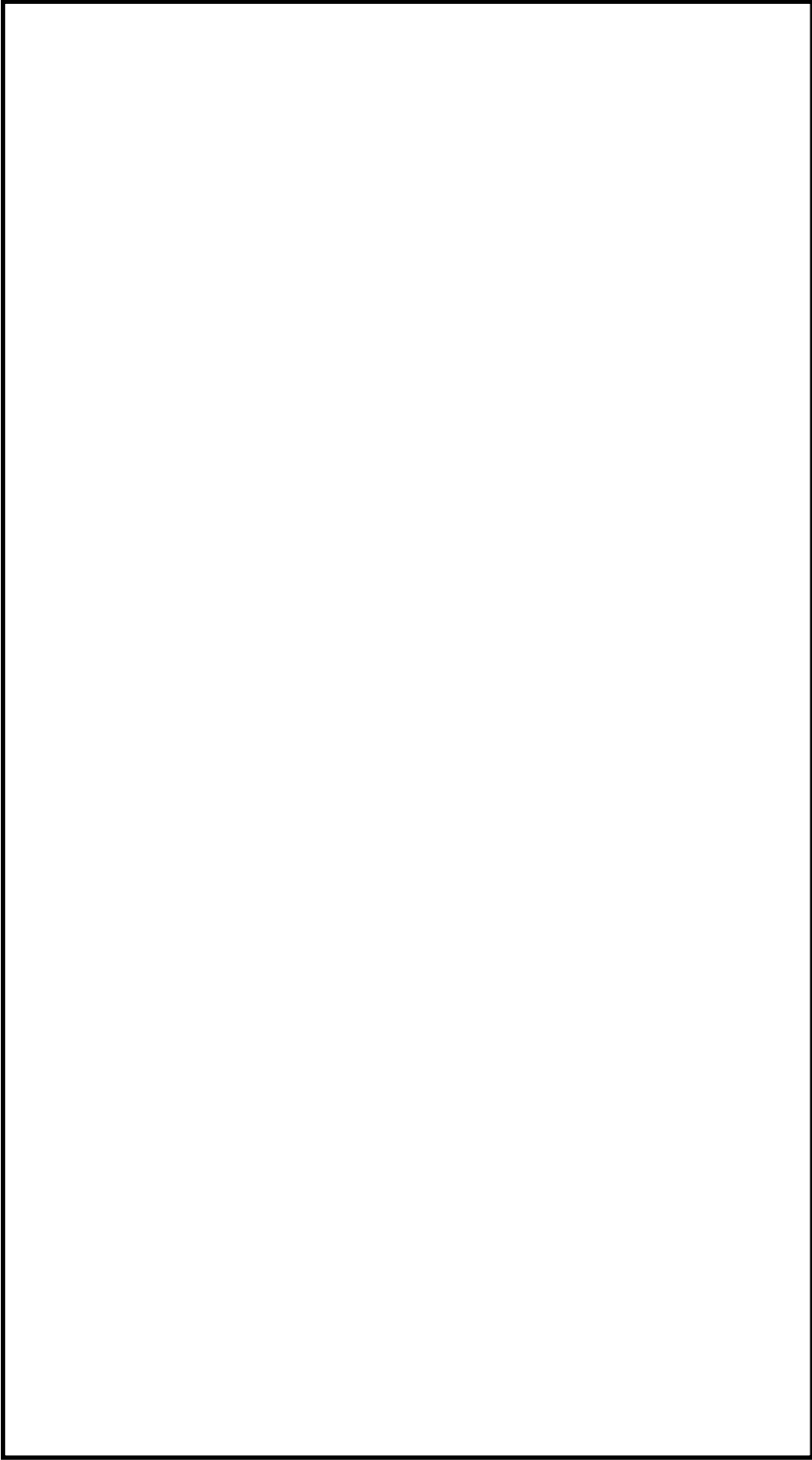
鳥瞰図

FP-T-102 (3/4)



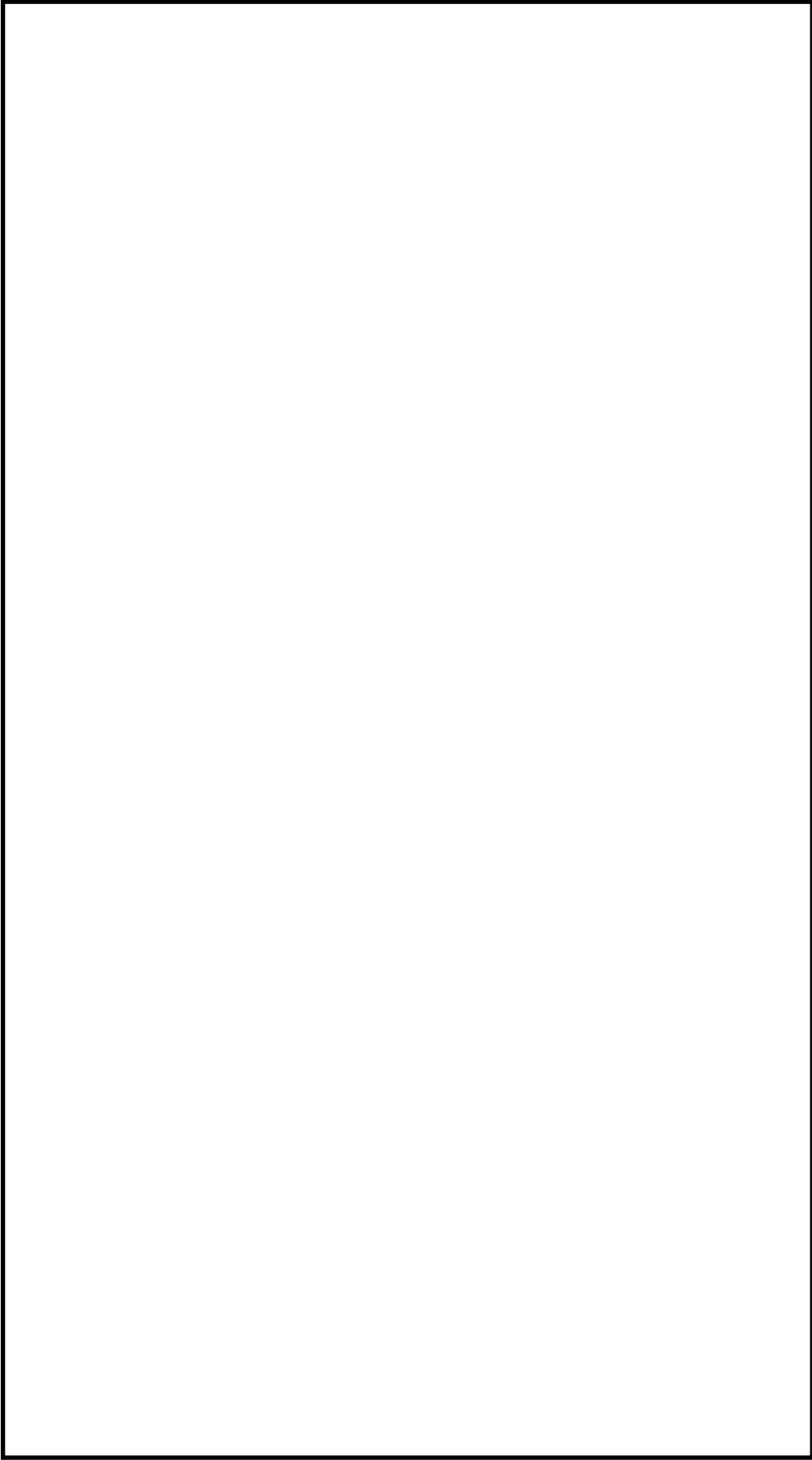
鳥瞰図

FP-T-102 (4/4)



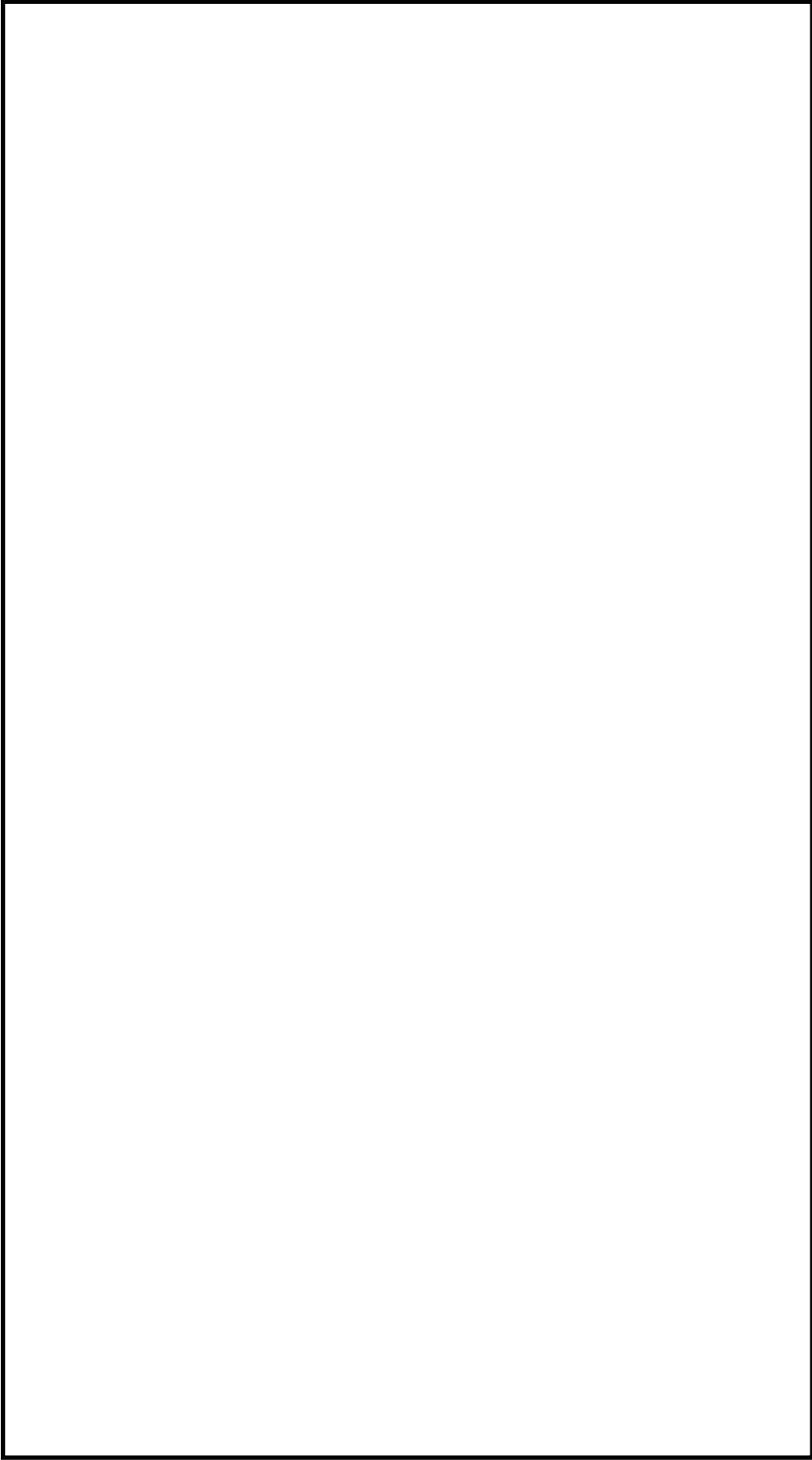
鳥瞰図

0FG-T-101-2 (1/4)



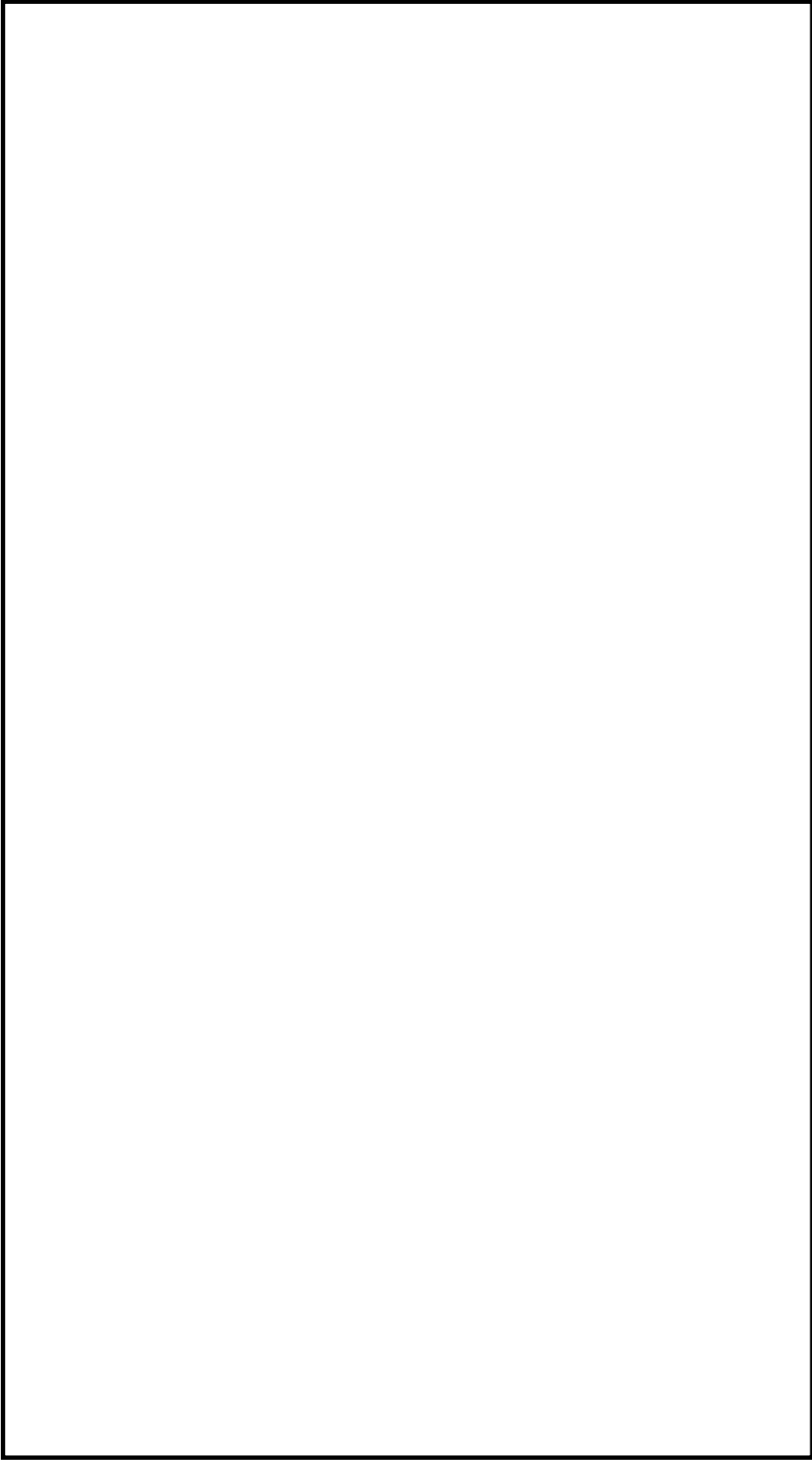
鳥瞰図

0FG-T-101-2 (2/4)



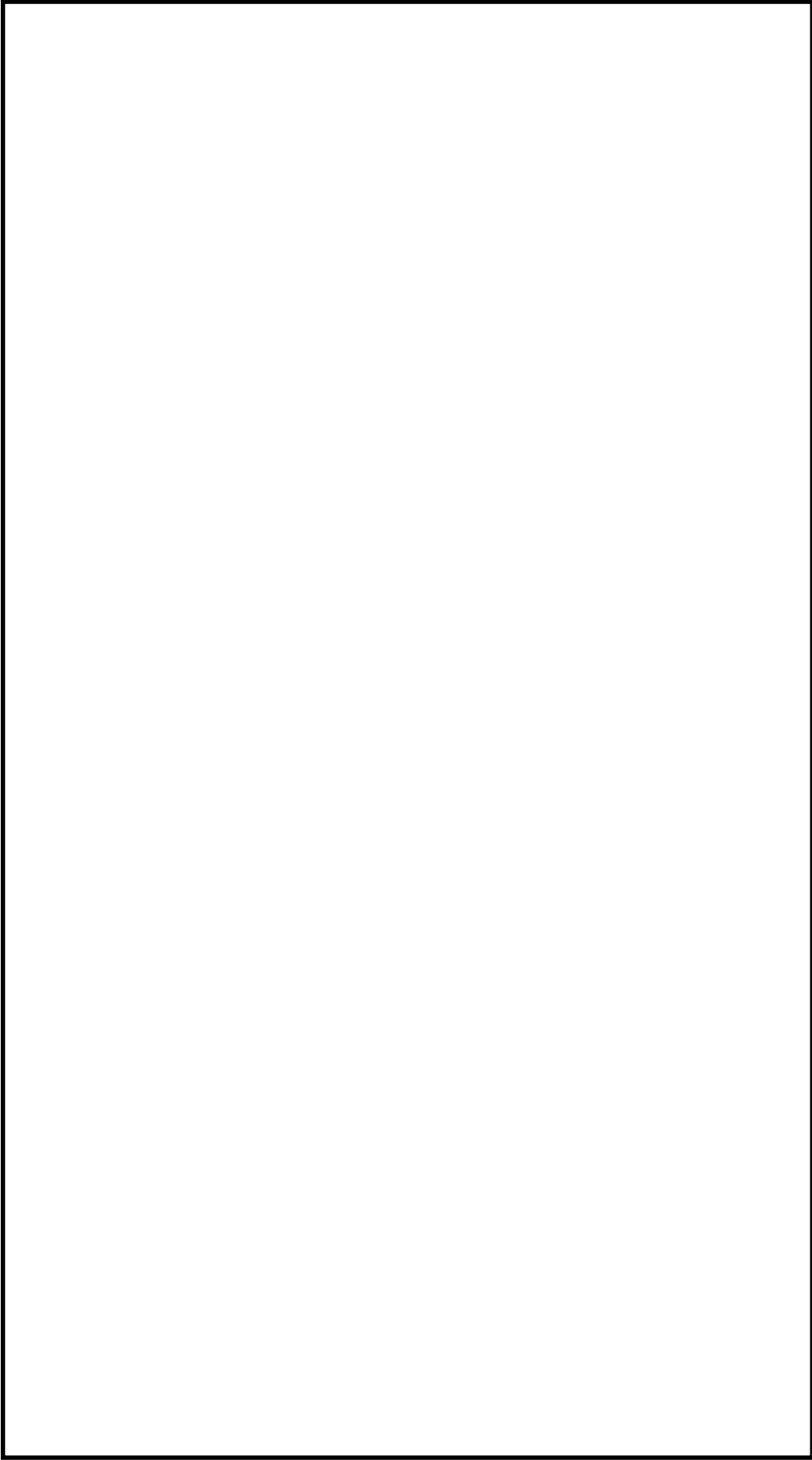
鳥瞰図

0FG-T-101-2 (3/4)



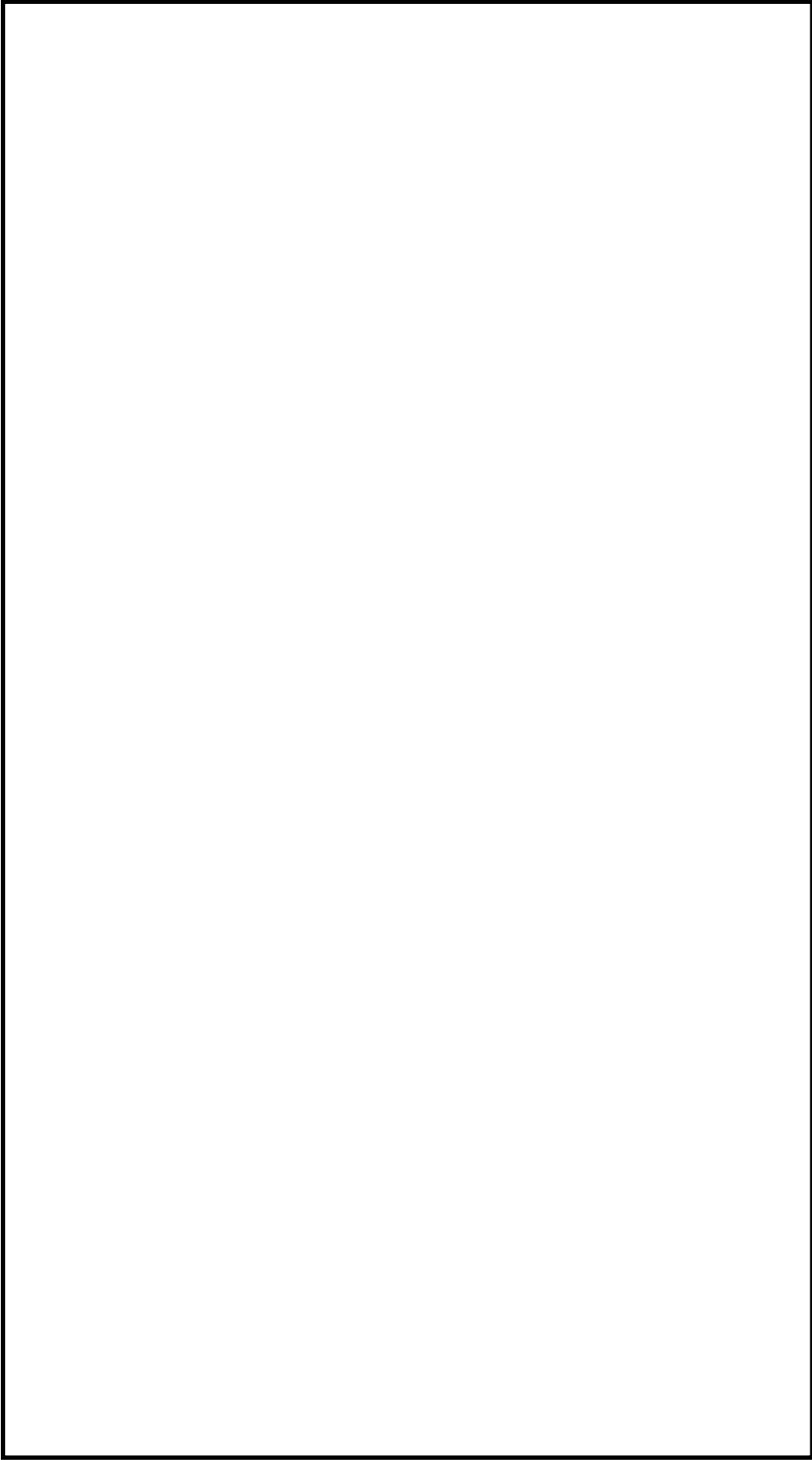
鳥瞰図

0FG-T-101-2 (4/4)



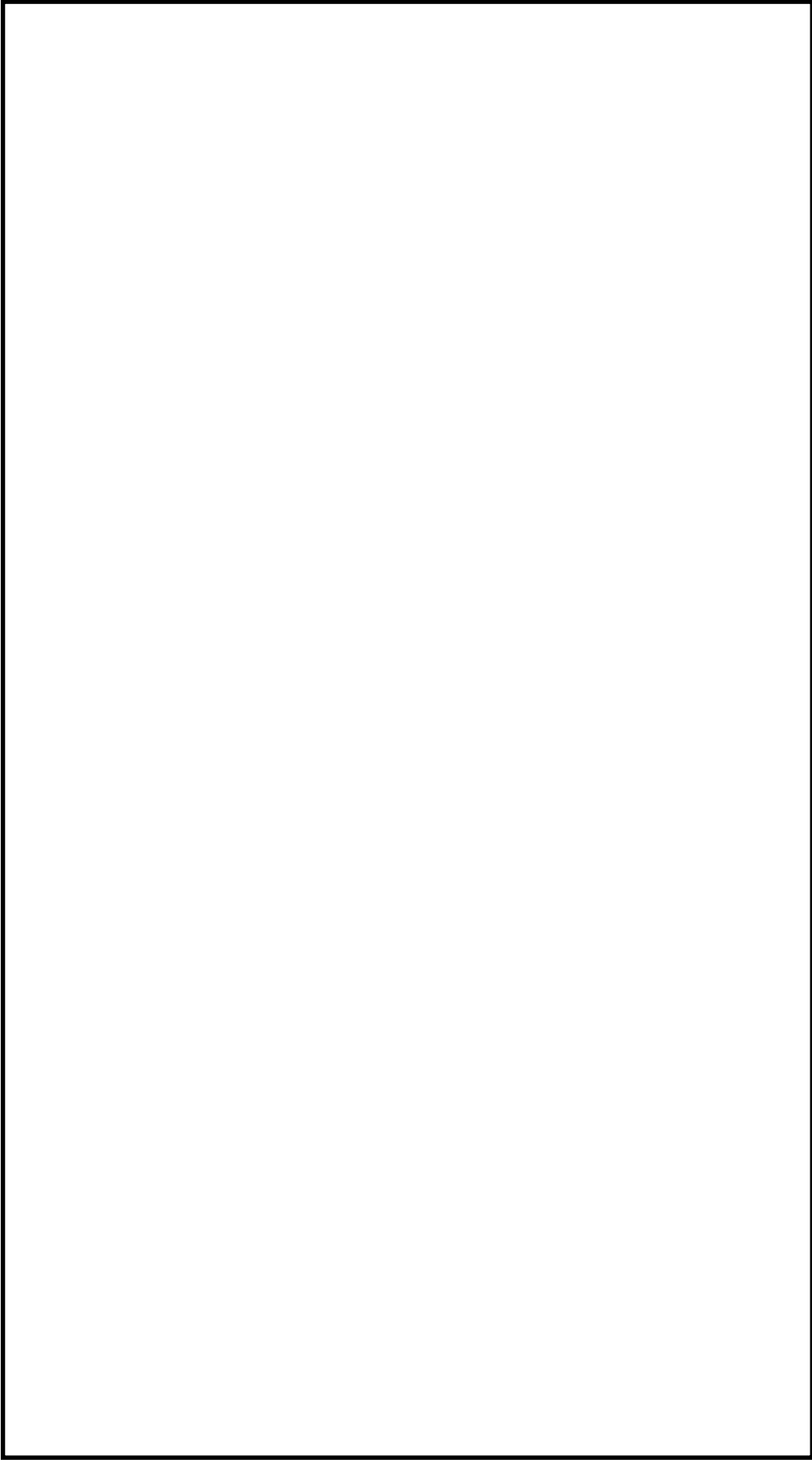
鳥瞰図

RWL-T-101 (1/5)



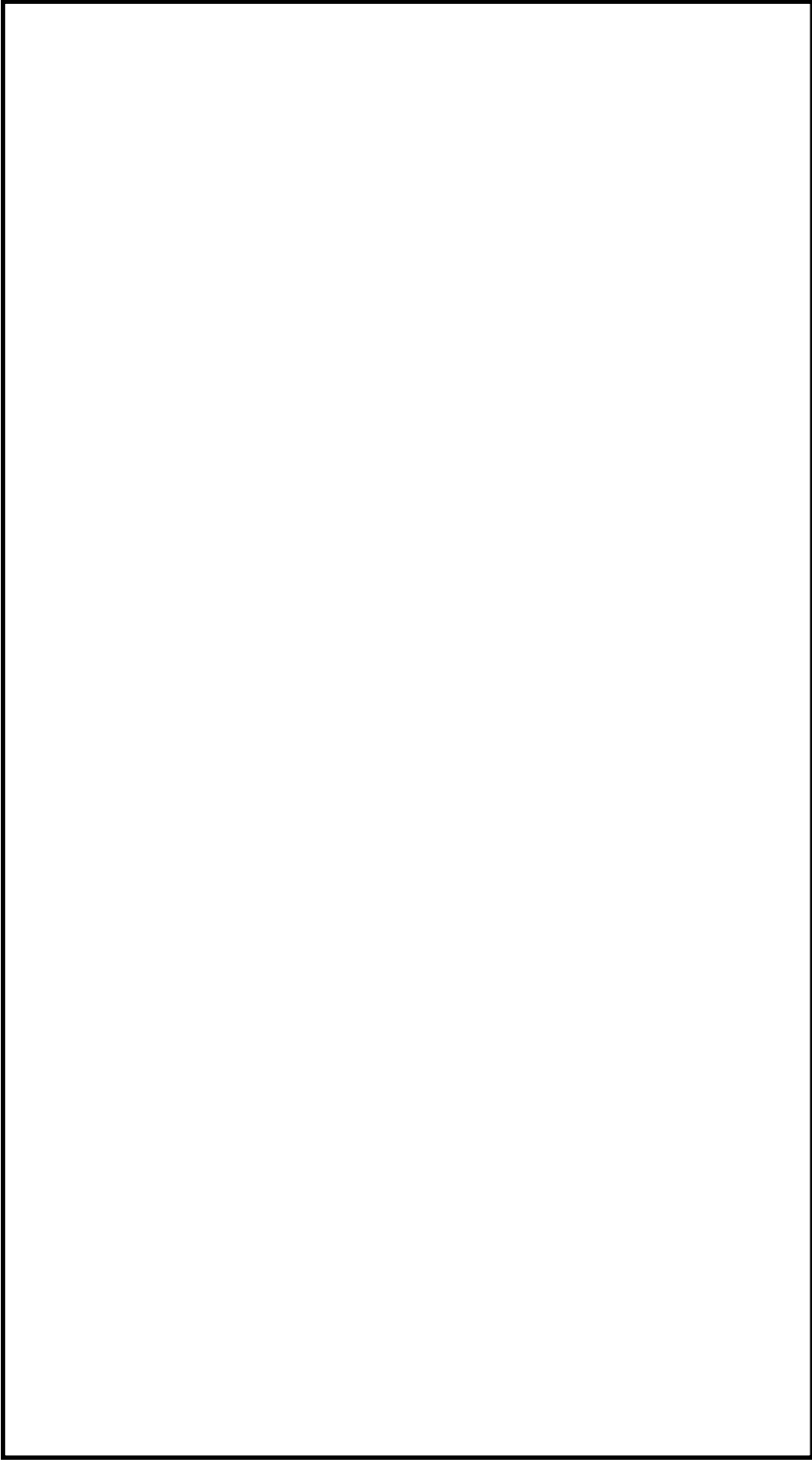
鳥瞰図

RWL-T-101 (2/5)



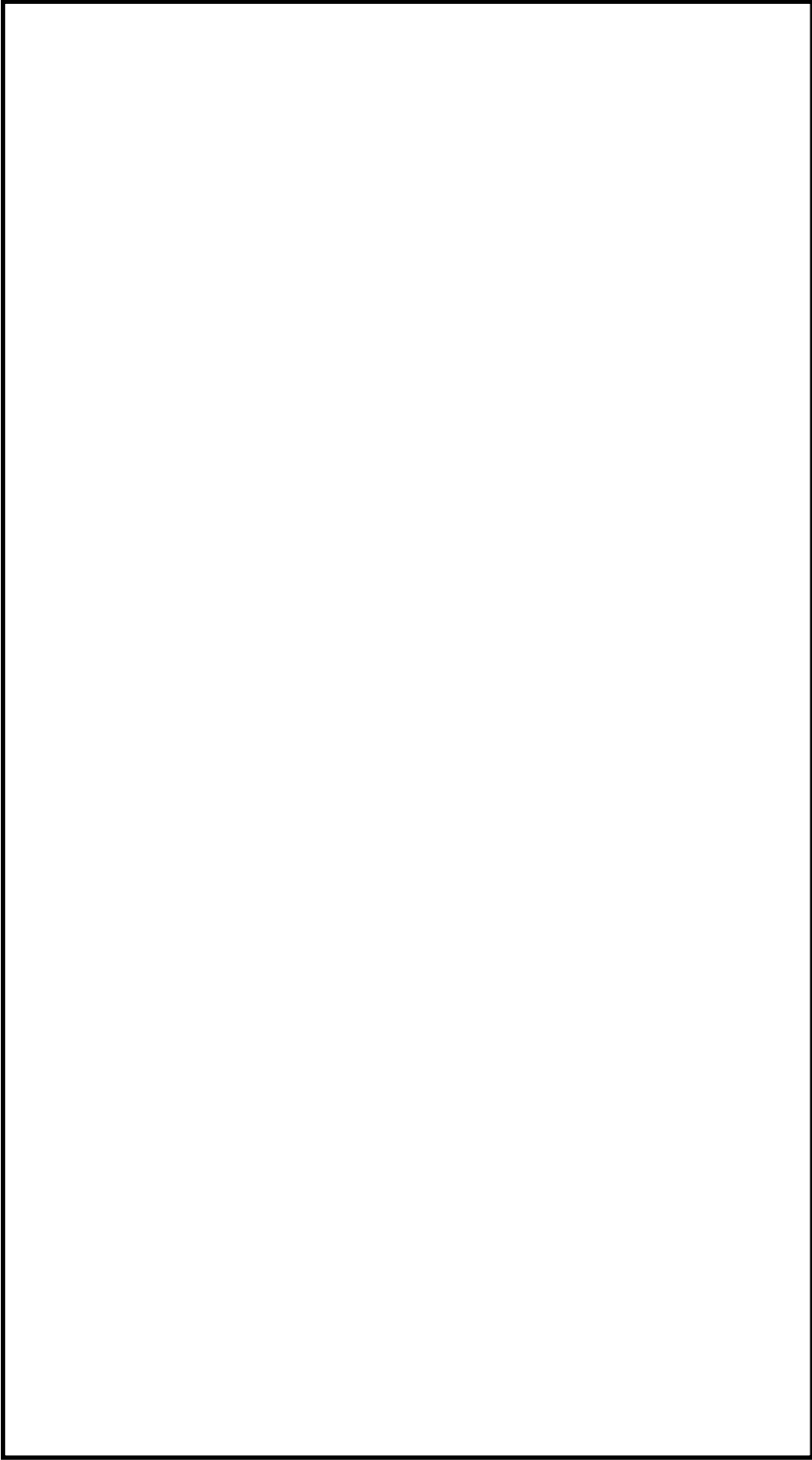
鳥瞰図

RWL-T-101 (3/5)



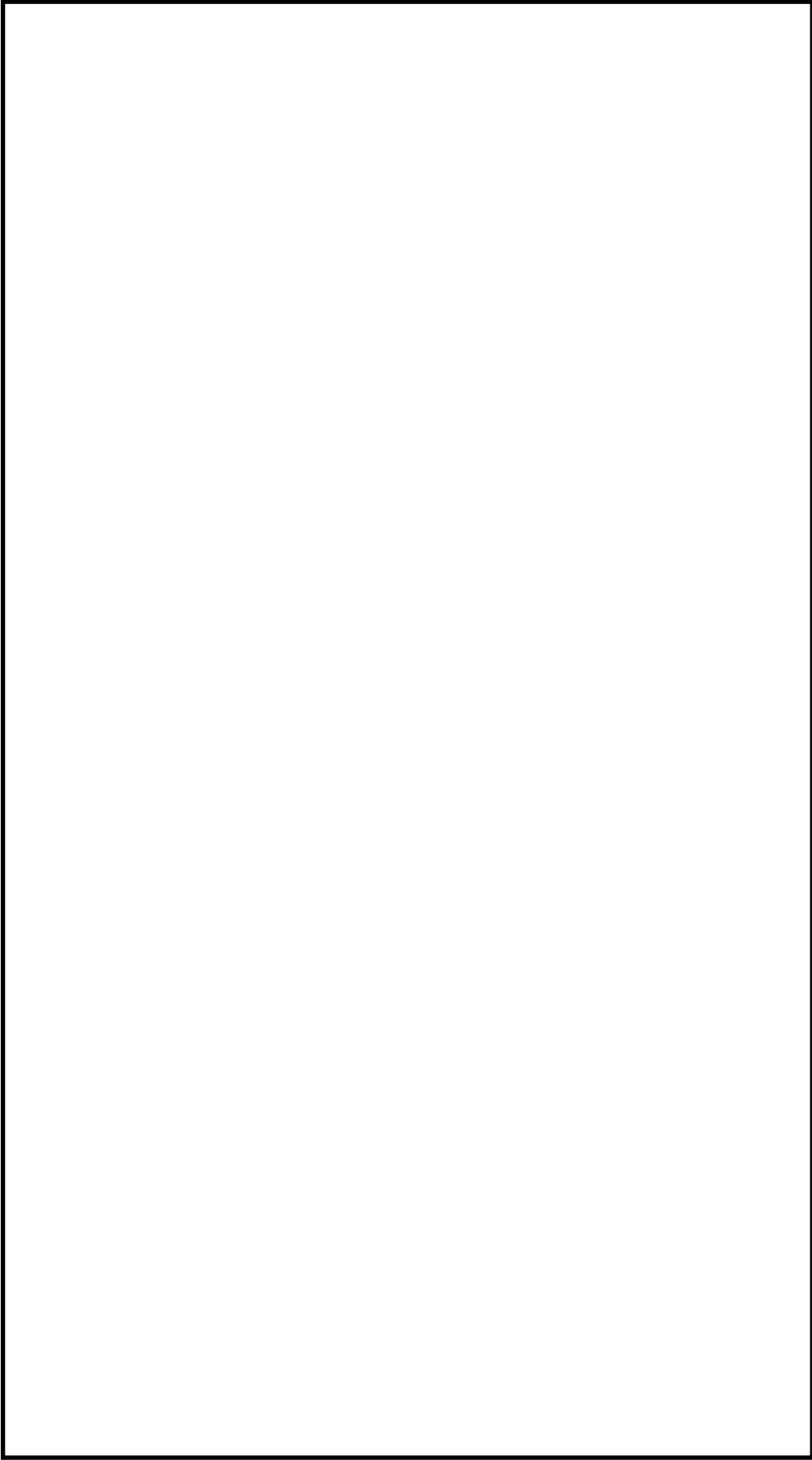
鳥瞰図

RWL-T-101 (4/5)



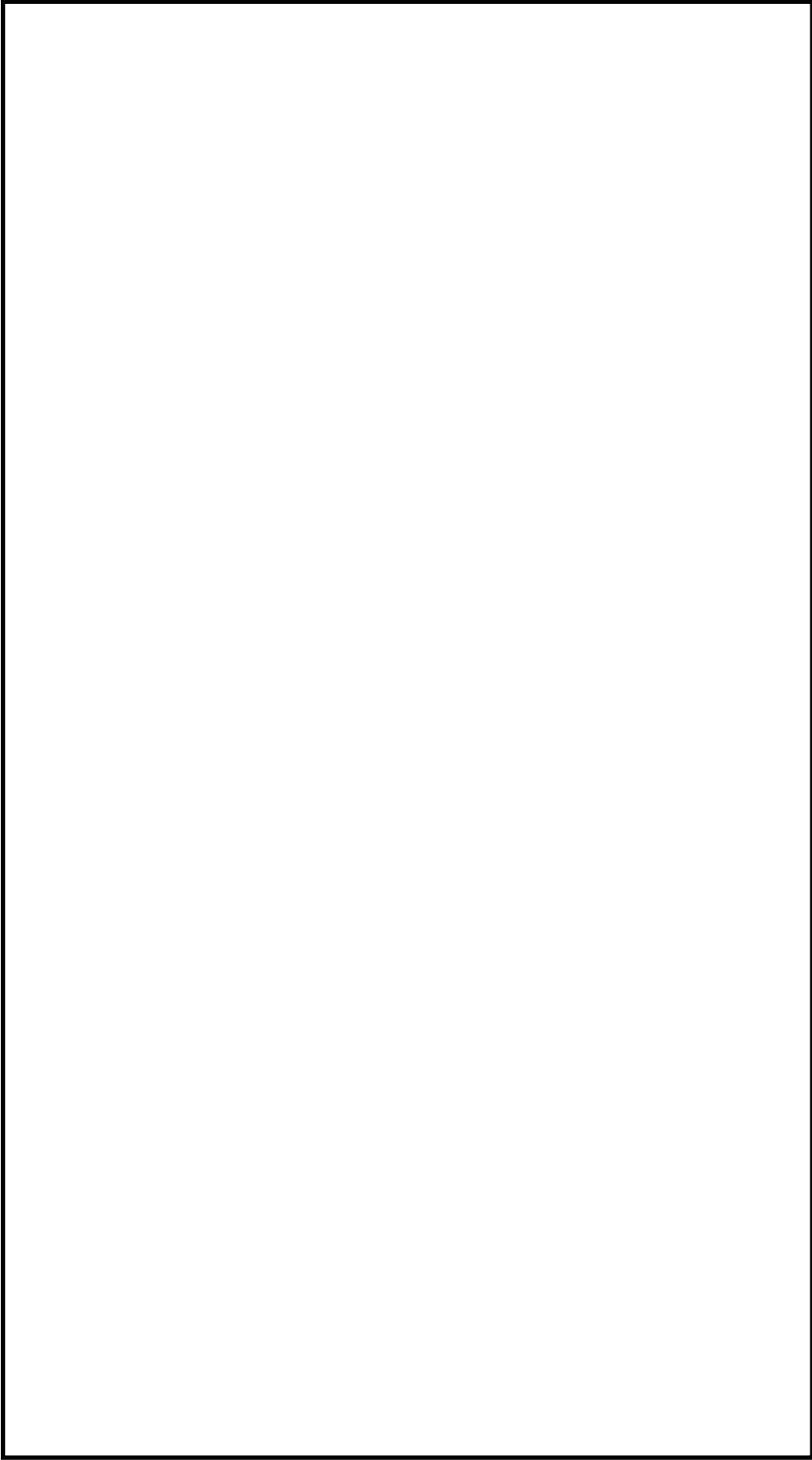
鳥瞰図

RWL-T-101 (5/5)



鳥瞰図

THD-T-16(1/2)



鳥瞰図

THD-T-16 (2/2)

4.5.2 配管諸元

鳥瞰図 F P - T - 1 0 2

管名称	対応する 評価点	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	802~4, 6~10, 12~13 15~16, 18~19, 21~507	1.20	66	60.5	3.9	STPG370	C	200000
2	4~6, 10~12, 13~15 16~18, 19~21	1.20	66	60.5	3.9	STPT370	C	200000
3	508~22, 24~509	1.20	66	48.6	3.7	STPG370	C	200000
4	22~24	1.20	66	48.6	3.7	STPT370	C	200000
5	509~1001	1.20	66	48.6	3.7	SUS304TP	C	192000

鳥瞰図 O F G - T - 1 0 1 - 2

管名称	対応する 評価点	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	805~855 411~412,	0.02	90	558.8	9.5	SM400A	B	199000
2	413~42, 42~46	0.02	90	60.5	5.5	STPT410	B	199000
3	412~413, 42	0.02	90	60.5	5.5	S25C	B	199000
4	46~1001	0.02	90	60.5	5.5	SUS304TP	B	190000

鳥瞰図 R W L - T - 1 0 1

管名称	対応する 評価点	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	11~815	0.98	66	89.1	5.5	STPT410	C	200000

鳥瞰図 T H D - T - 1 6

管名称	対応する 評価点	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	301~343	0.72	172	457.2	9.5	SB42	B	195240

5. 評価結果

表5-1に示すとおり，算出応力はそれぞれの許容応力以下である。

なお，表5-1においては，算出応力と許容応力を踏まえ，評価上厳しい箇所の結果について記載する。

表 5-1 基準地震動 S s に対する配管及び支持構造物の応力評価結果

区分	評価対象系統	建物・構築物	標高 EL (m)	評価部位	応力の種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
配管及び支持構造物	消火系	タービン建物	2.00～5.50	配管本体	一次＋二次	326	379
				支持構造物	一次	29	270
	気体廃棄物処理系	タービン建物	2.00～20.60	配管本体	一次＋二次	277	315
				支持構造物	荷重*1	210 (kN)	375 (kN)
	液体廃棄物処理系	タービン建物	2.00～5.50	配管本体	一次＋二次	377	463
				支持構造物	一次	82	282
	タービンヒータードレン系	タービン建物	5.50	配管本体	一次＋二次	234	384
				支持構造物	荷重*2	83 (kN)	90 (kN)

注記*1：支持構造物はロッドレストレイントであり，評価にあたっては荷重評価を実施しており，許容荷重 \geq 発生荷重を満たしていることを確認しているため，応力の種類は荷重とする。

*2：支持構造物はオイルスナッパであり，評価にあたっては荷重評価を実施しており，許容荷重 \geq 発生荷重を満たしていることを確認しているため，応力の種類は荷重とする。