

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-014-33
提出年月日	2023年2月22日

VI-2-11-2-8 管の耐震性についての計算書
(波及的影響)

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。

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	3
2.1 配置概要	3
2.2 鳥瞰図	20
3. 計算条件	24
3.1 計算方法	24
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	25
3.3 設計条件	27
3.4 材料及び許容応力	33
3.5 設計用地震力	34
4. 解析結果及び評価	35
4.1 固有周期及び設計震度	35
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	42
4.2.3 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	43

1. 概要

本計算書は、VI-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、表1-1に示す下位クラス施設である配管系（以下「下位クラス配管」という。）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、直下又は近傍に設置された上位クラス施設に対して、下位クラス配管の転倒及び落下による波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

表1-1 下位クラス施設と上位クラス施設の対応

下位クラス施設			直下又は近傍に設置された上位クラス施設	
設備名称	耐震クラス	解析モデル名	設備名称	施設区分*
循環水系配管	C	① CSW-T-H1	復水器エリア防水壁	DB
			タービン建物漏えい検知器	DB
タービン補機 海水系配管	C	② TSW-T-1	原子炉補機海水系配管	DB/SA
		③ TSW-T-2	原子炉補機海水系配管（放水配管）	DB/SA
		④ TSW-Y-1	復水器エリア防水壁	DB
給水系配管	B	⑤ FW-T-4	原子炉補機海水系配管	DB/SA
タービンヒータ ドレン系配管	B	⑥ THD-T-17	原子炉補機海水系配管	DB/SA
復水輸送系配管	B	⑦ CWT-T-1-2	非常用ガス処理系配管	DB/SA
		⑧ CWT-T-2		
復水系配管	B	⑨ CW-T-10	非常用ガス処理系配管	DB/SA
		⑩ FW-T-3		
消火系配管	C	⑪ FP-T-E1	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	DB/SA
液体廃棄物 処理系配管	C	⑫ RWL-T-1	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	DB/SA
床ドレン系配管	C	⑬ DR-T-E1	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	DB/SA
		⑭ DR-T-E2		

注記*：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

評価対象範囲の管のうち、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 4.2.3 に記載する。

(2) 支持構造物

評価対象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。

2. 一般事項

2.1 配置概要

下位クラス配管は、図 2-1-1～図 2-2-13 に示すように、上位クラス施設である配管系（上位クラス配管）の直上又は近傍に設置されており、地震時において本配管系が転倒、落下した場合は、上位クラス配管に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

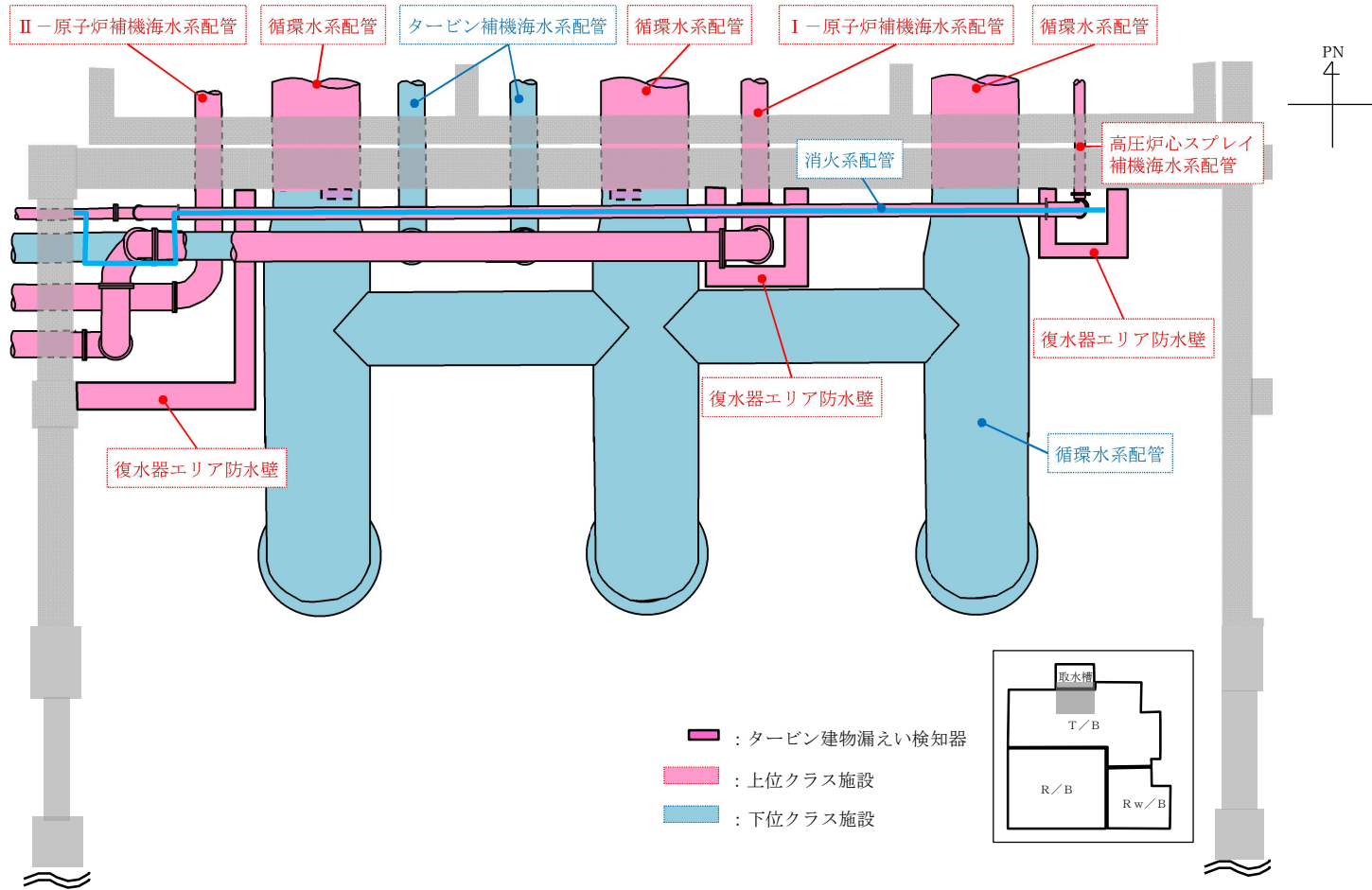


図 2-1-1 配置概要 (全体図: タービン建物 EL 2.000m, 5.500m)

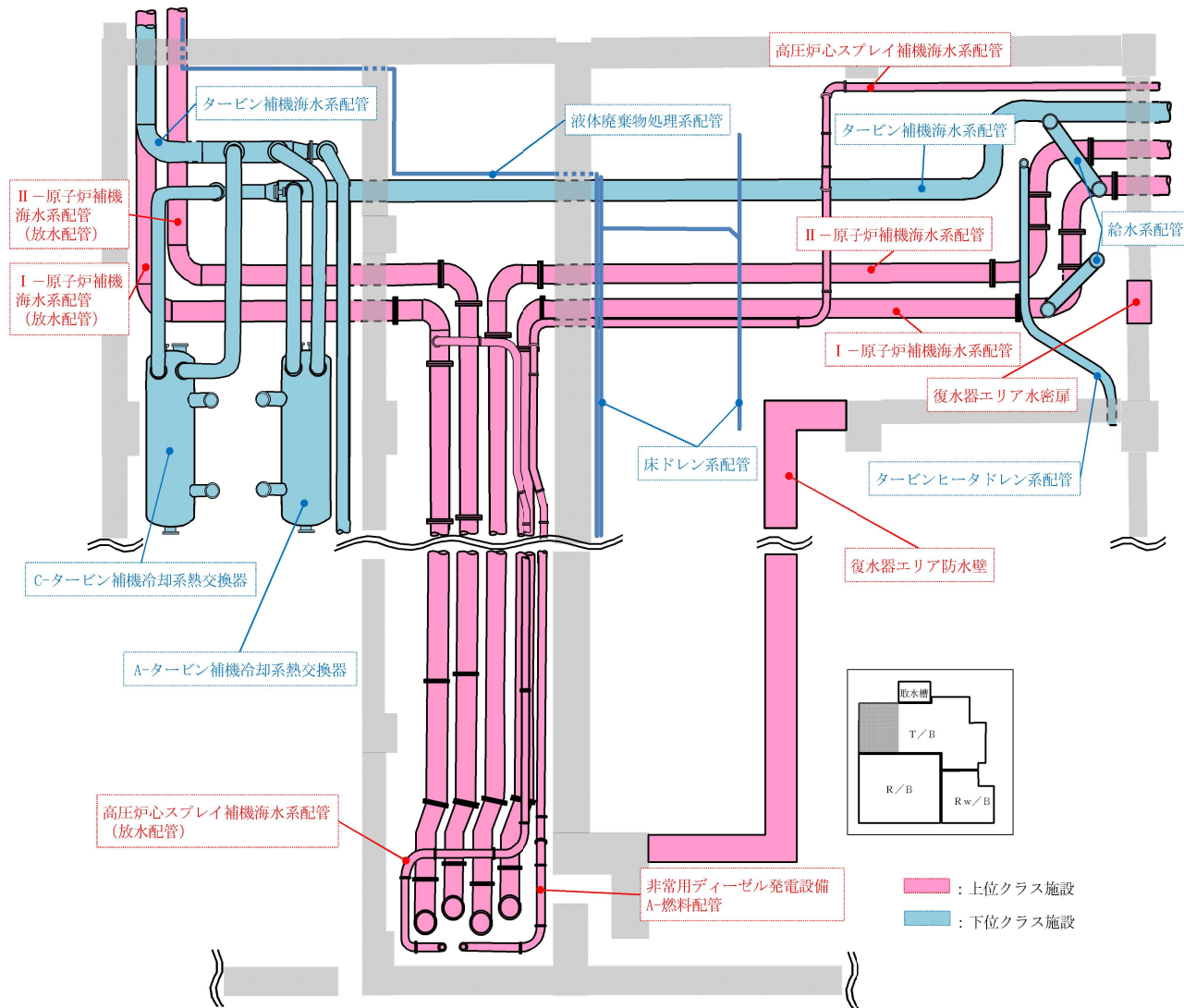


図 2-1-2 配置概要 (全体図：タービン建物 EL 2.000m)

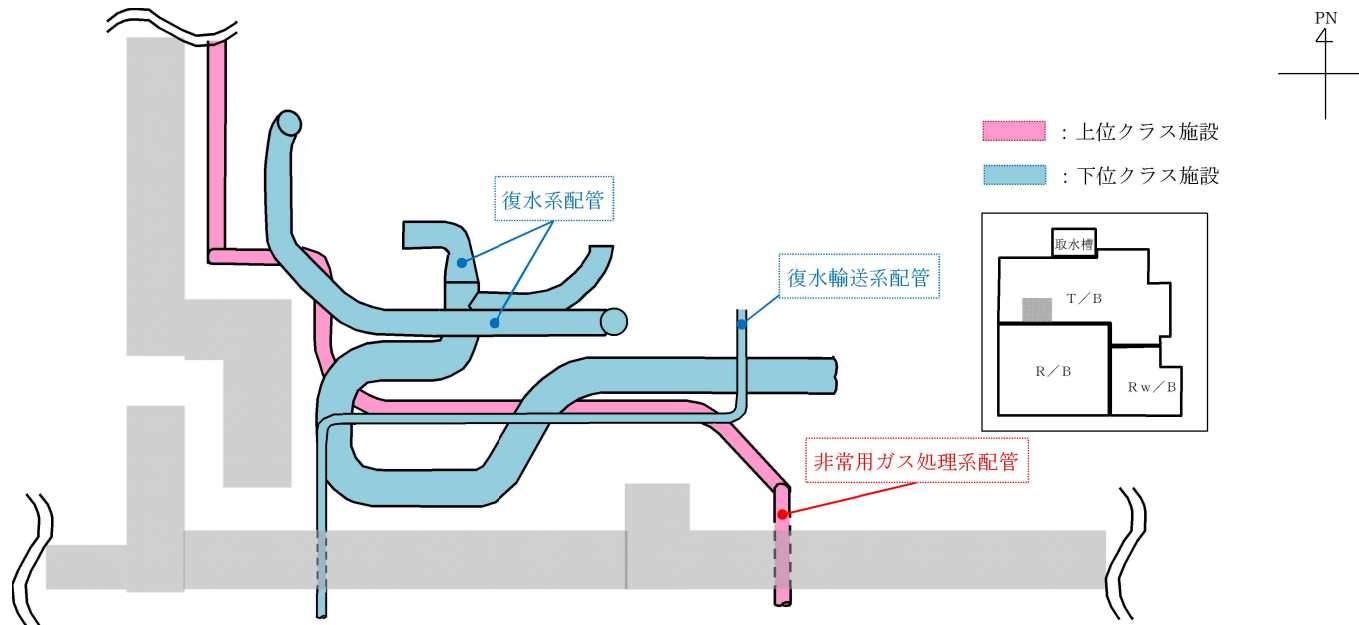


図 2-1-3 配置概要 (全体図：タービン建物 EL 5.500m)

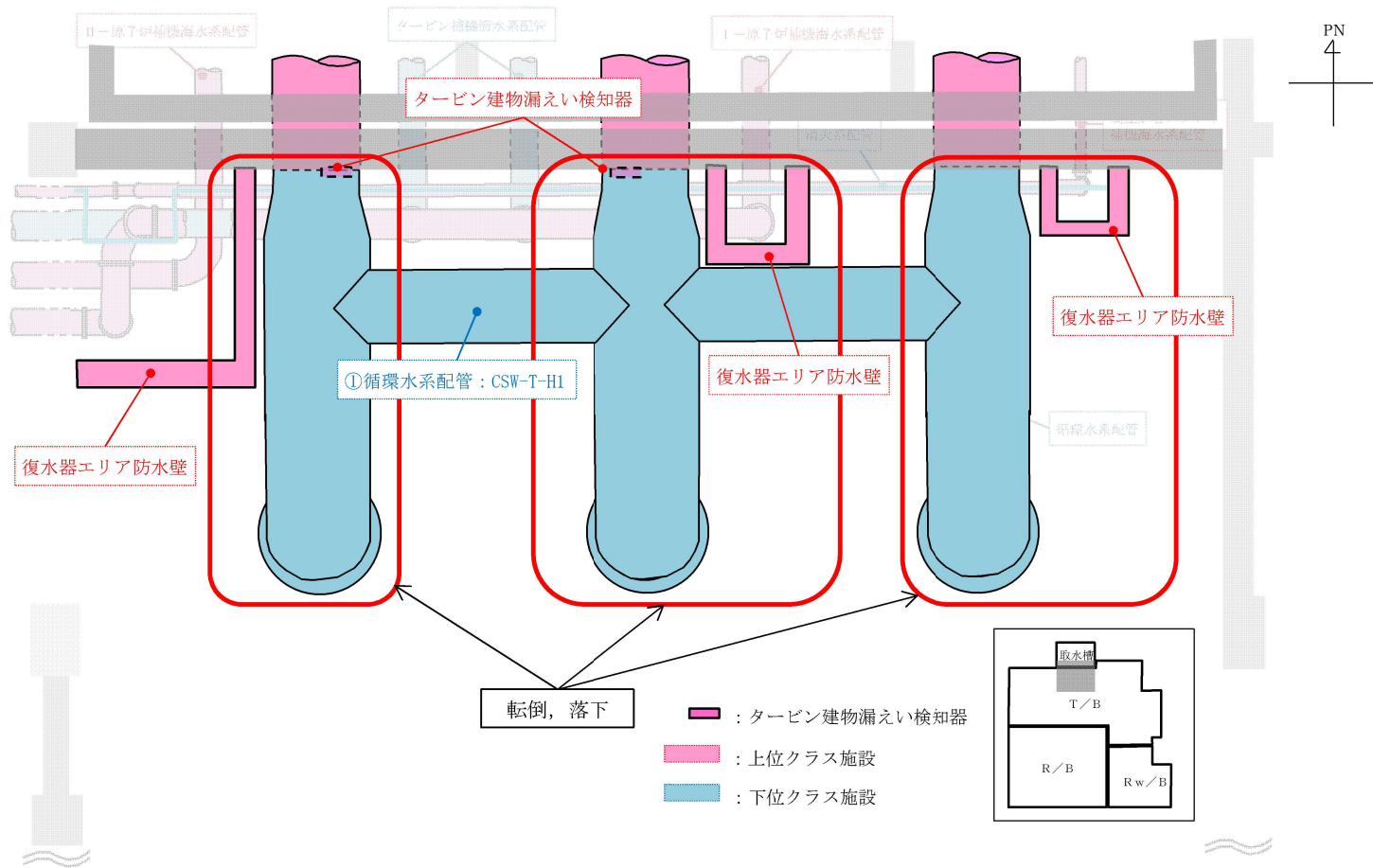


図 2-2-1 配置概要（循環水系配管）

8

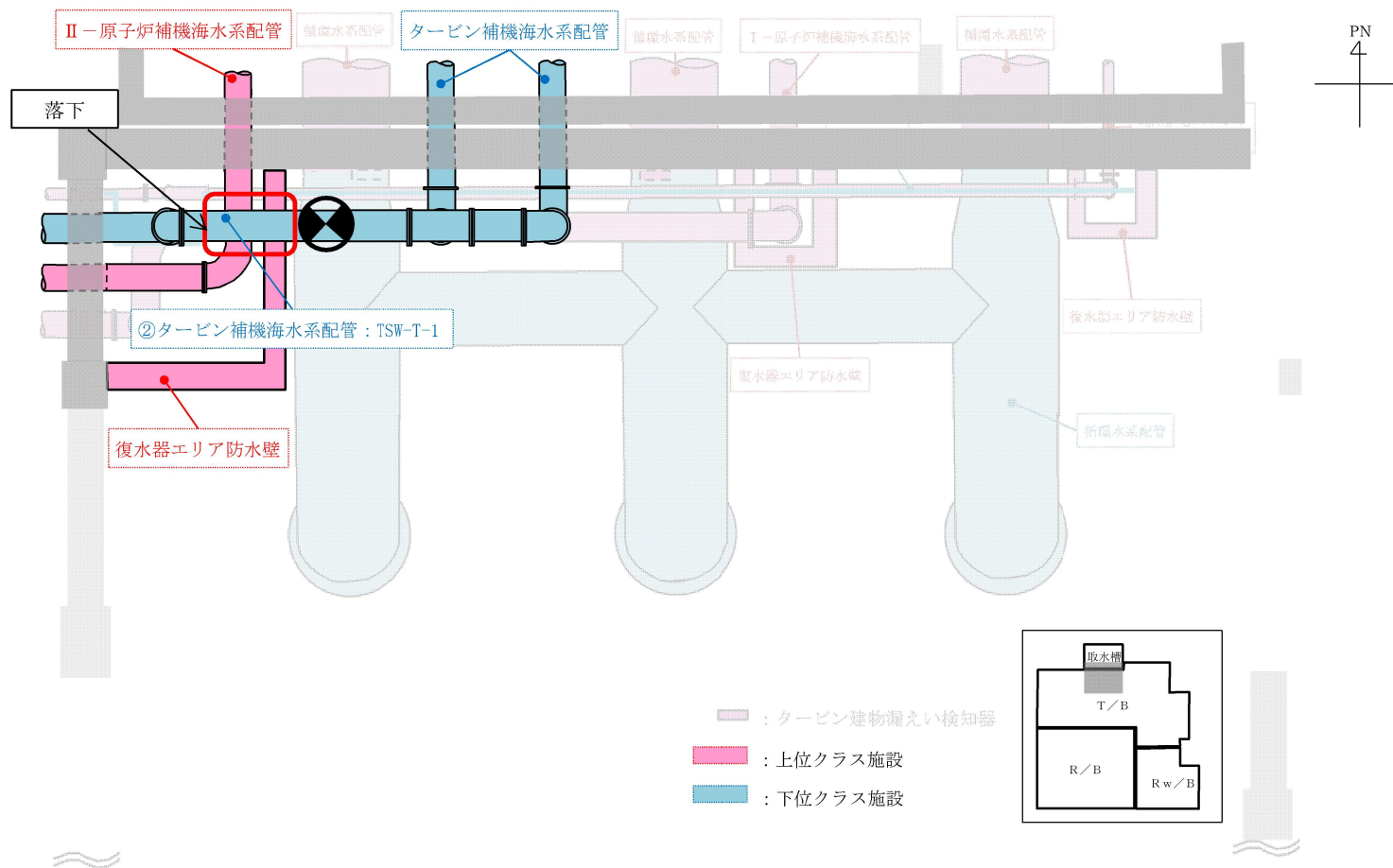


図 2-2-2 配置概要 (タービン補機海水系配管)

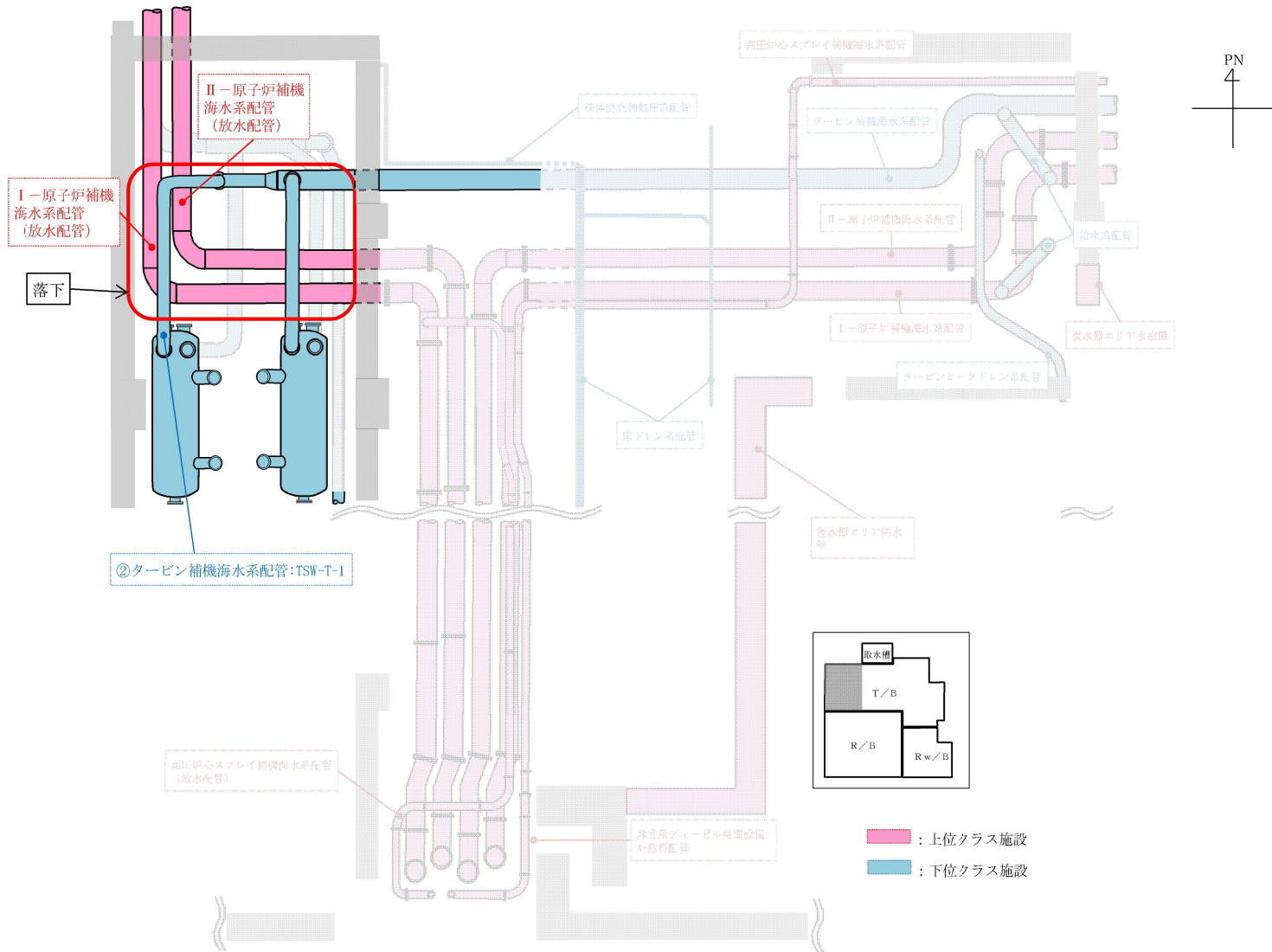


図 2-2-3 配置概要 (タービン補機海水系配管)

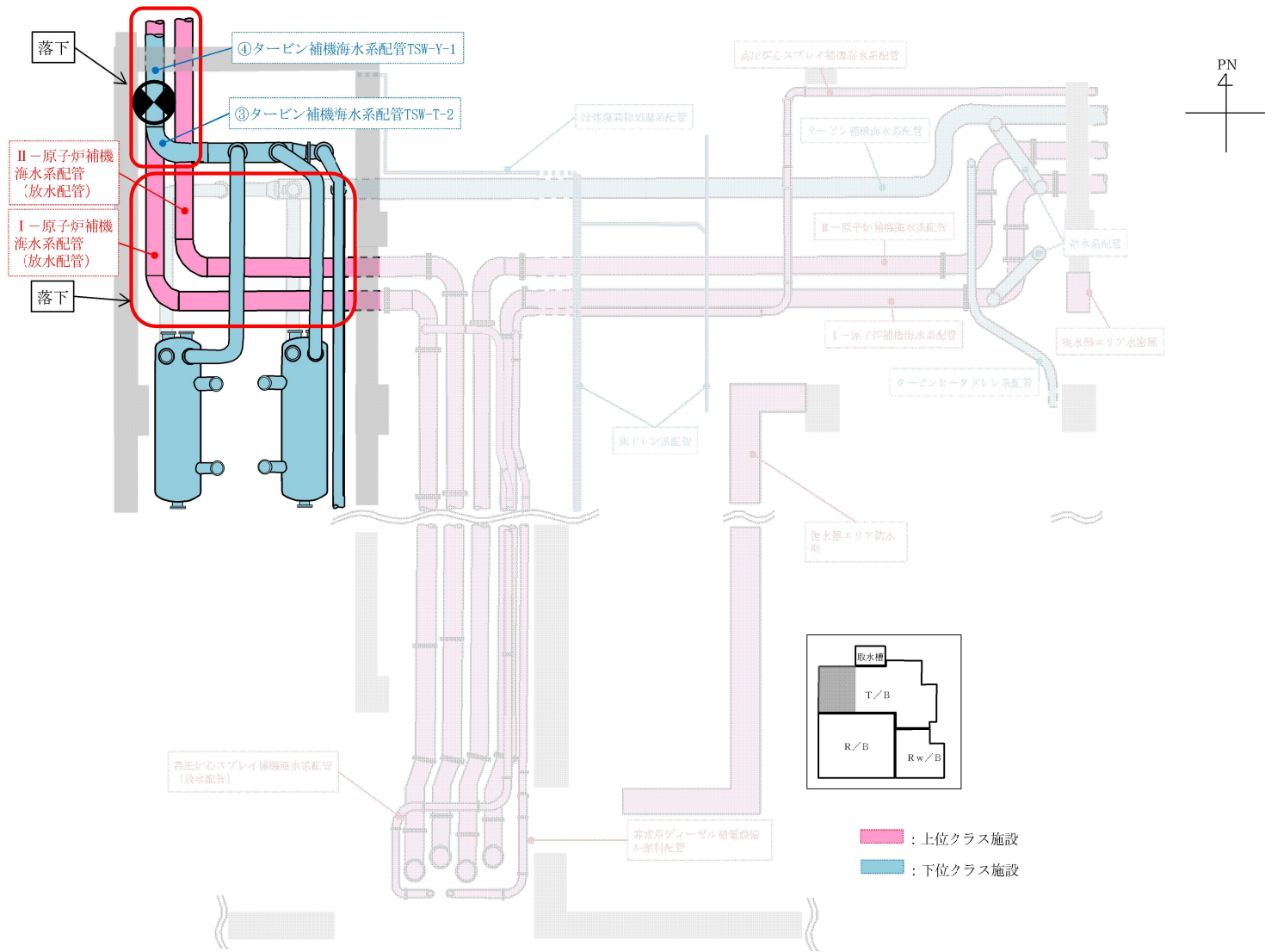


図 2-2-4 配置概要 (タービン補機海水系配管)

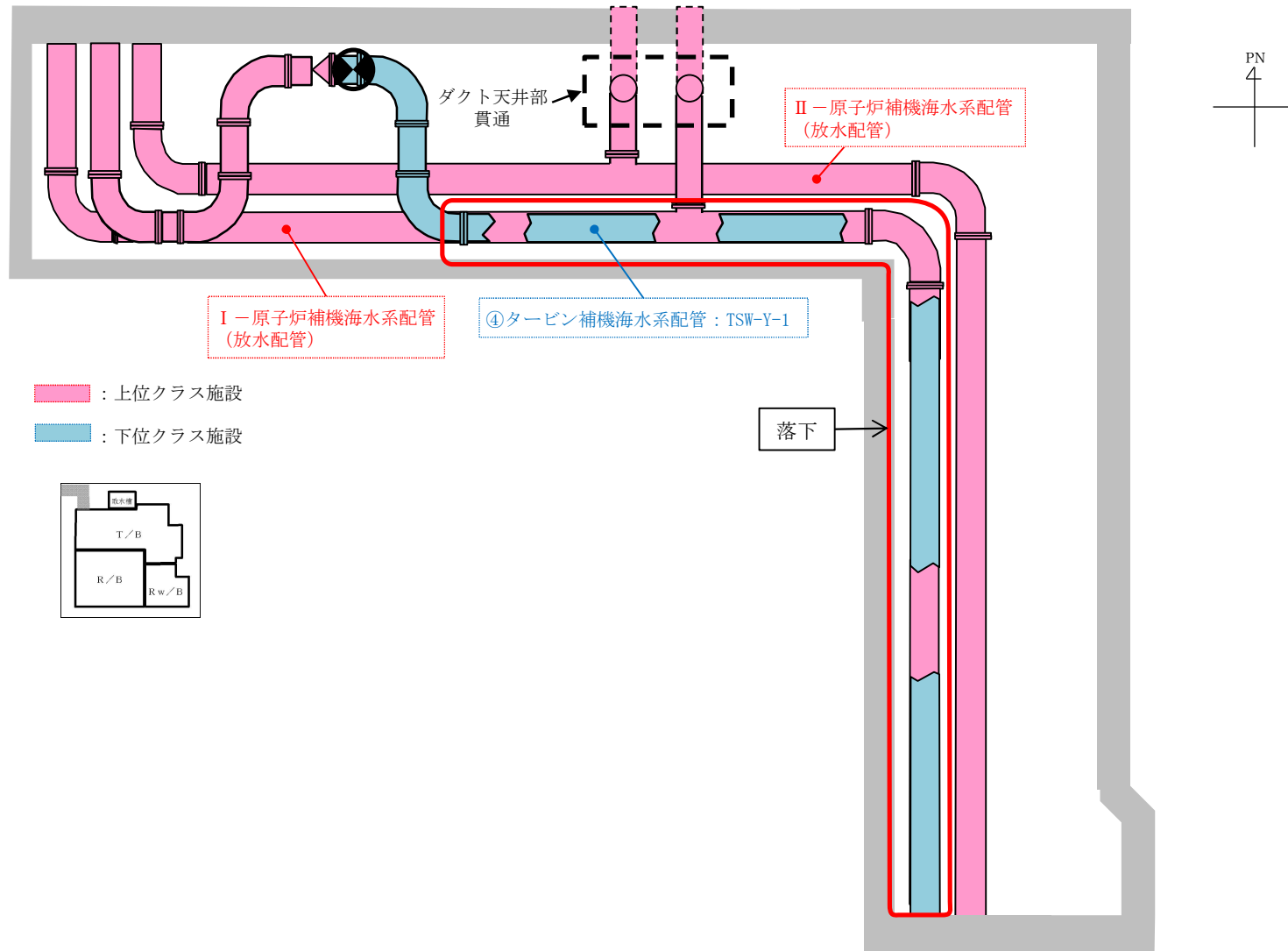


図 2-2-5 配置概要 (タービン補機海水系配管)

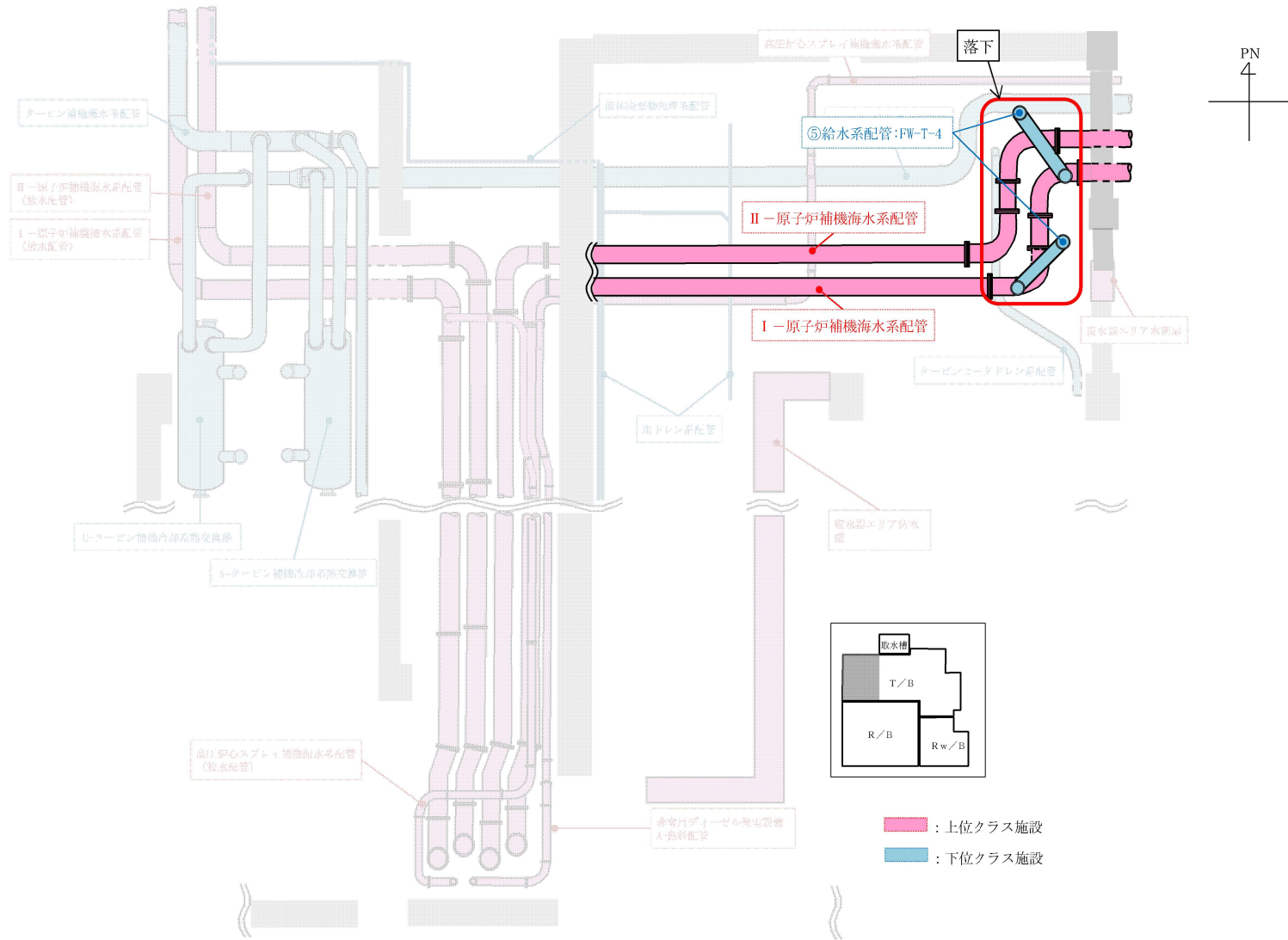


図 2-2-6 配置概要 (給水系配管)

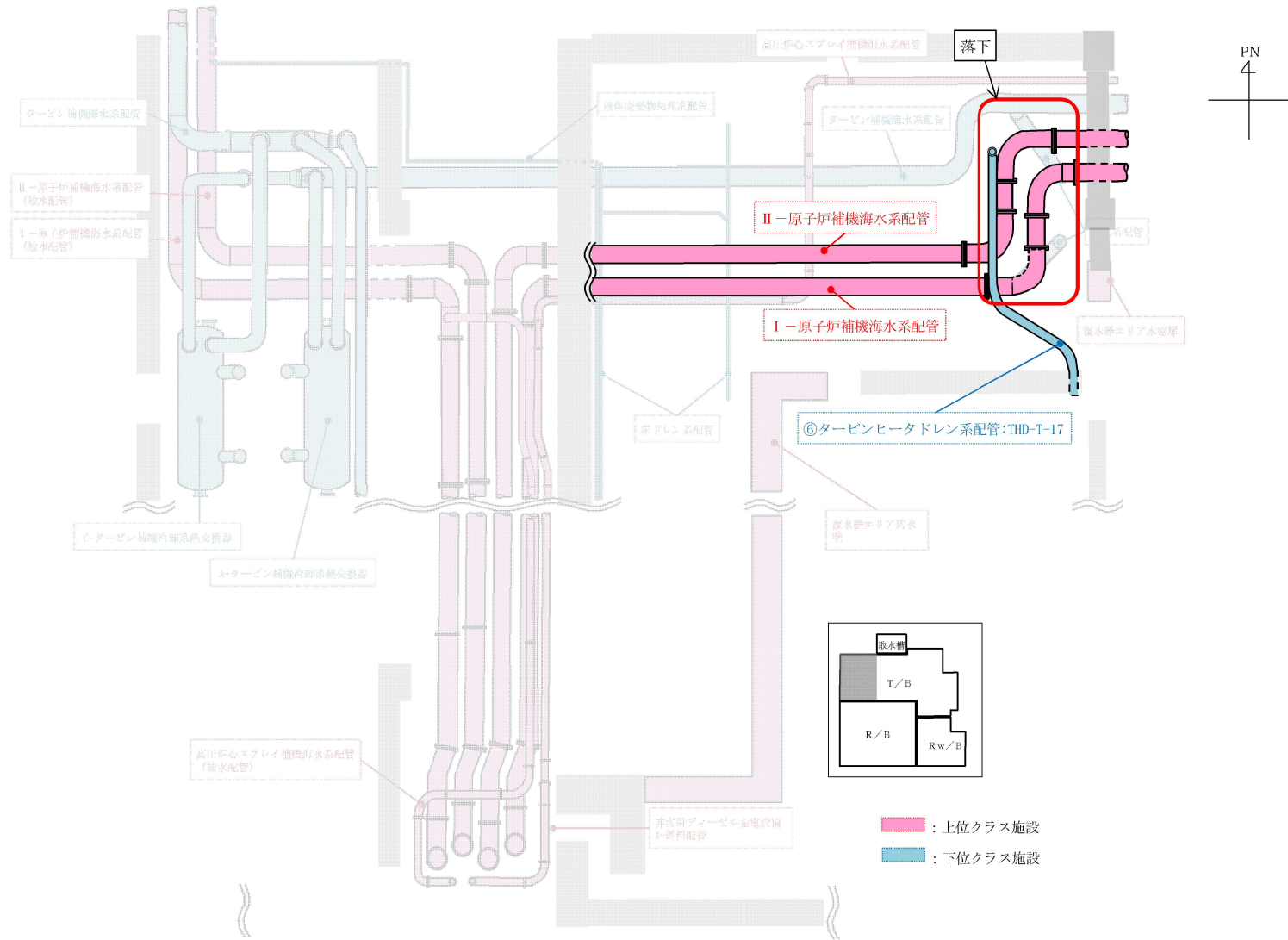


図 2-2-7 配置概要 (タービンヒータドレン系配管)

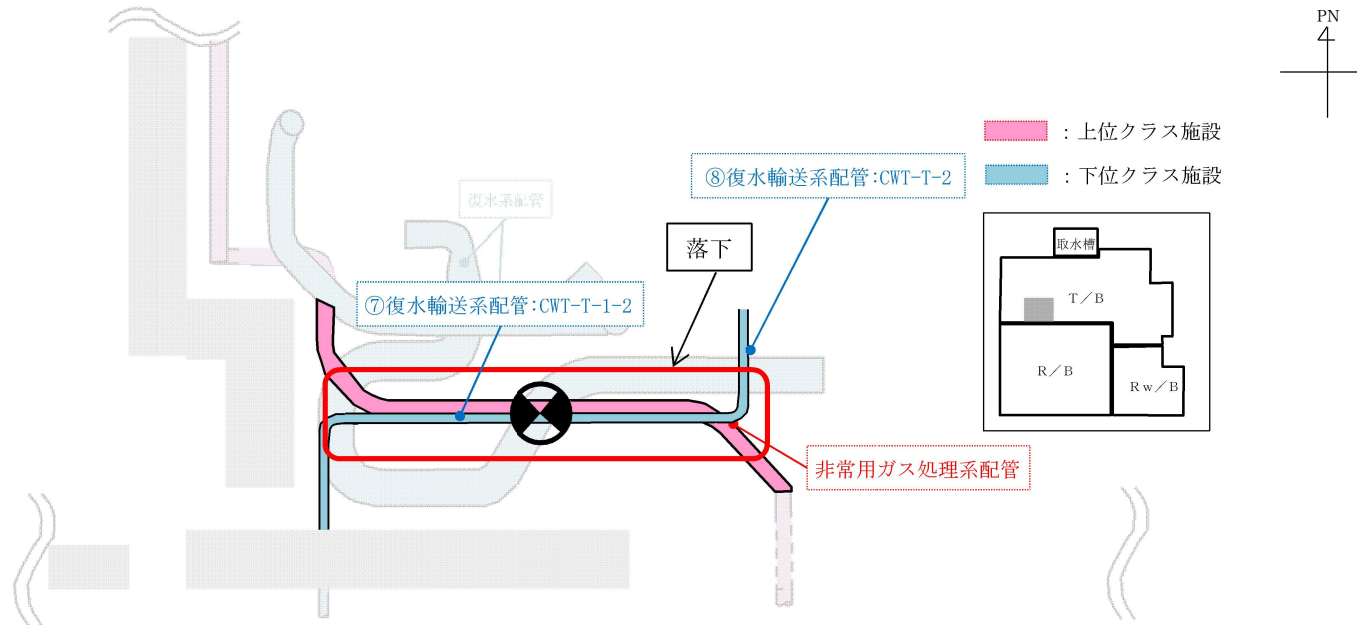


図 2-2-8 配置概要 (復水輸送系配管)

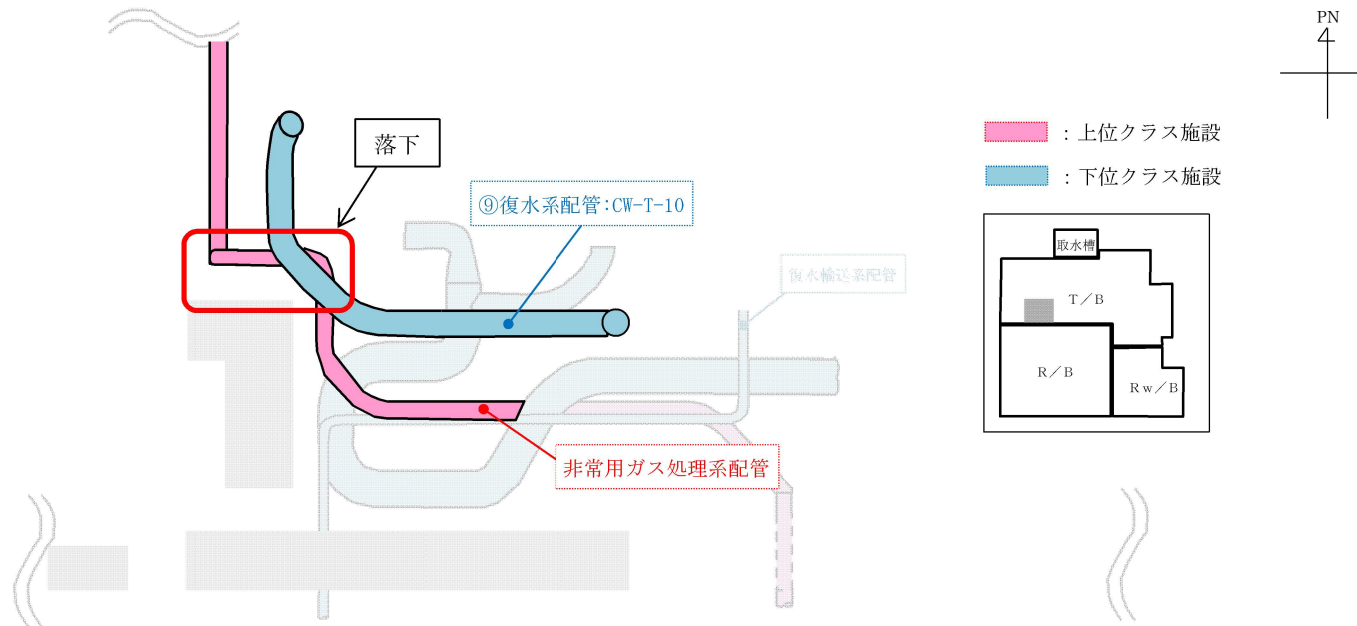


図 2-2-9 配置概要 (復水系配管)

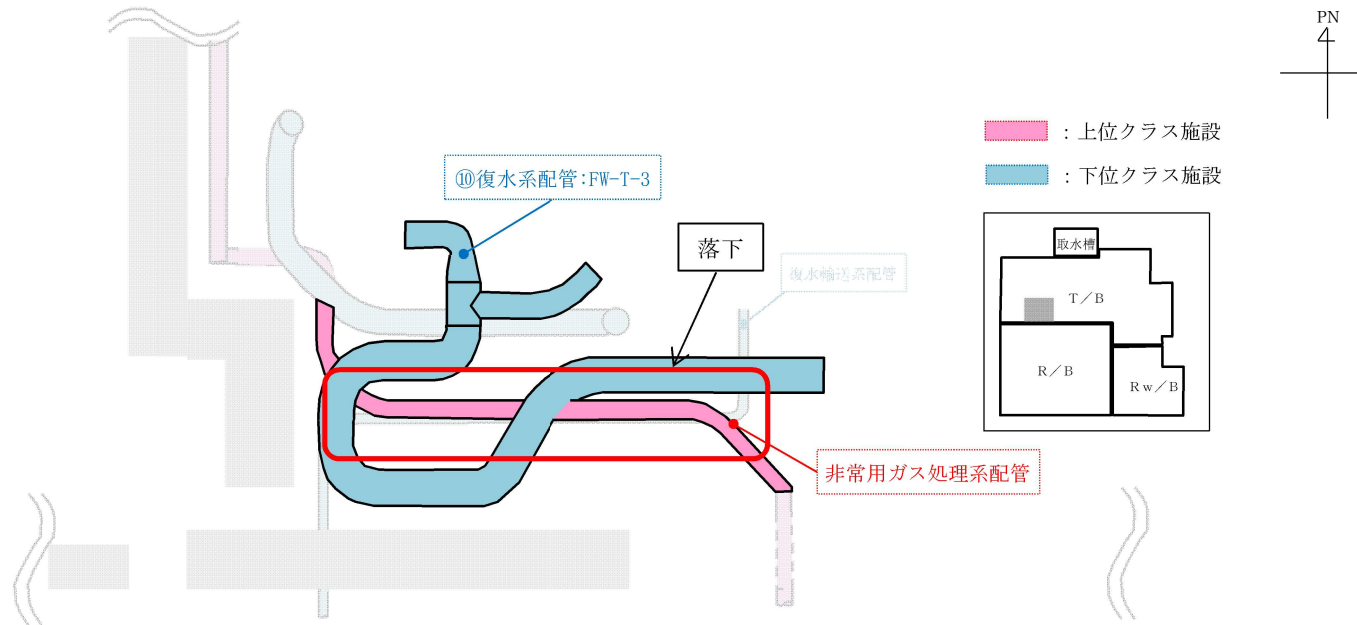


図 2-2-10 配置概要 (復水系配管)

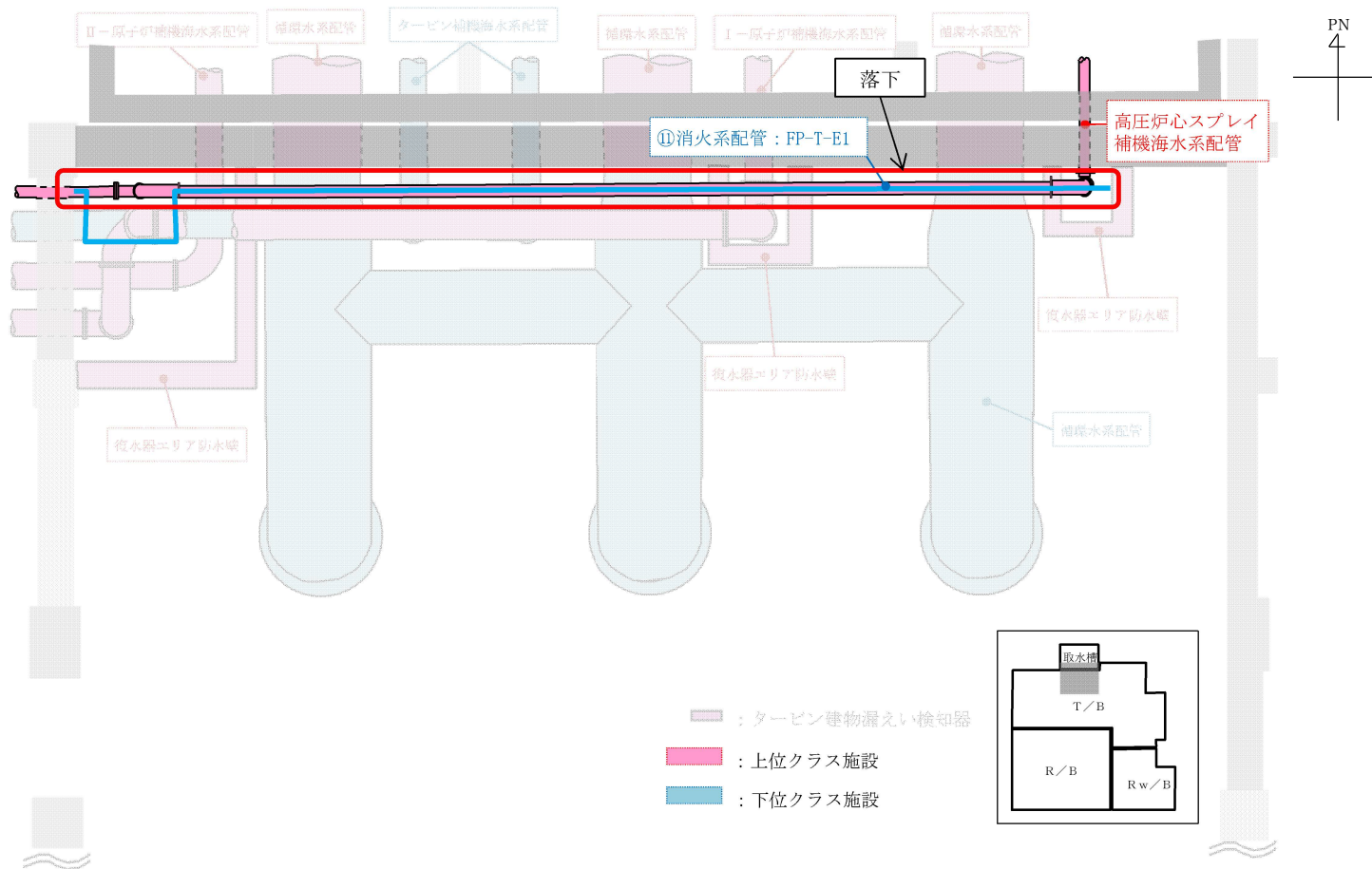


図 2-2-11 配置概要 (消火系配管)

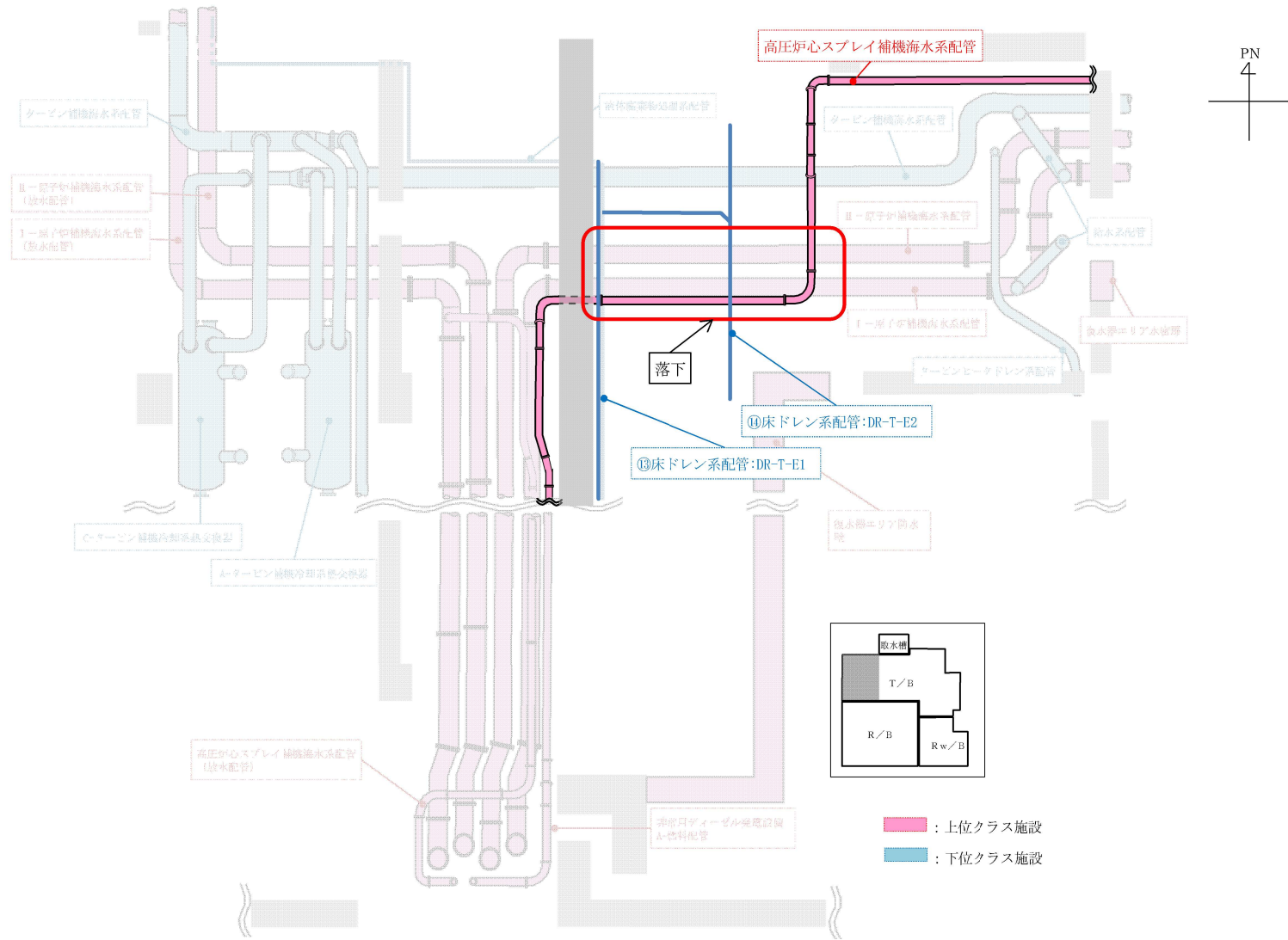

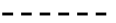


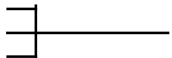
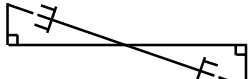

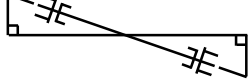

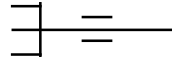
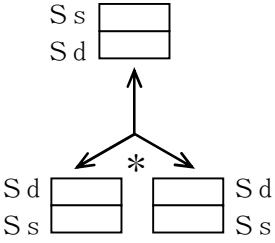
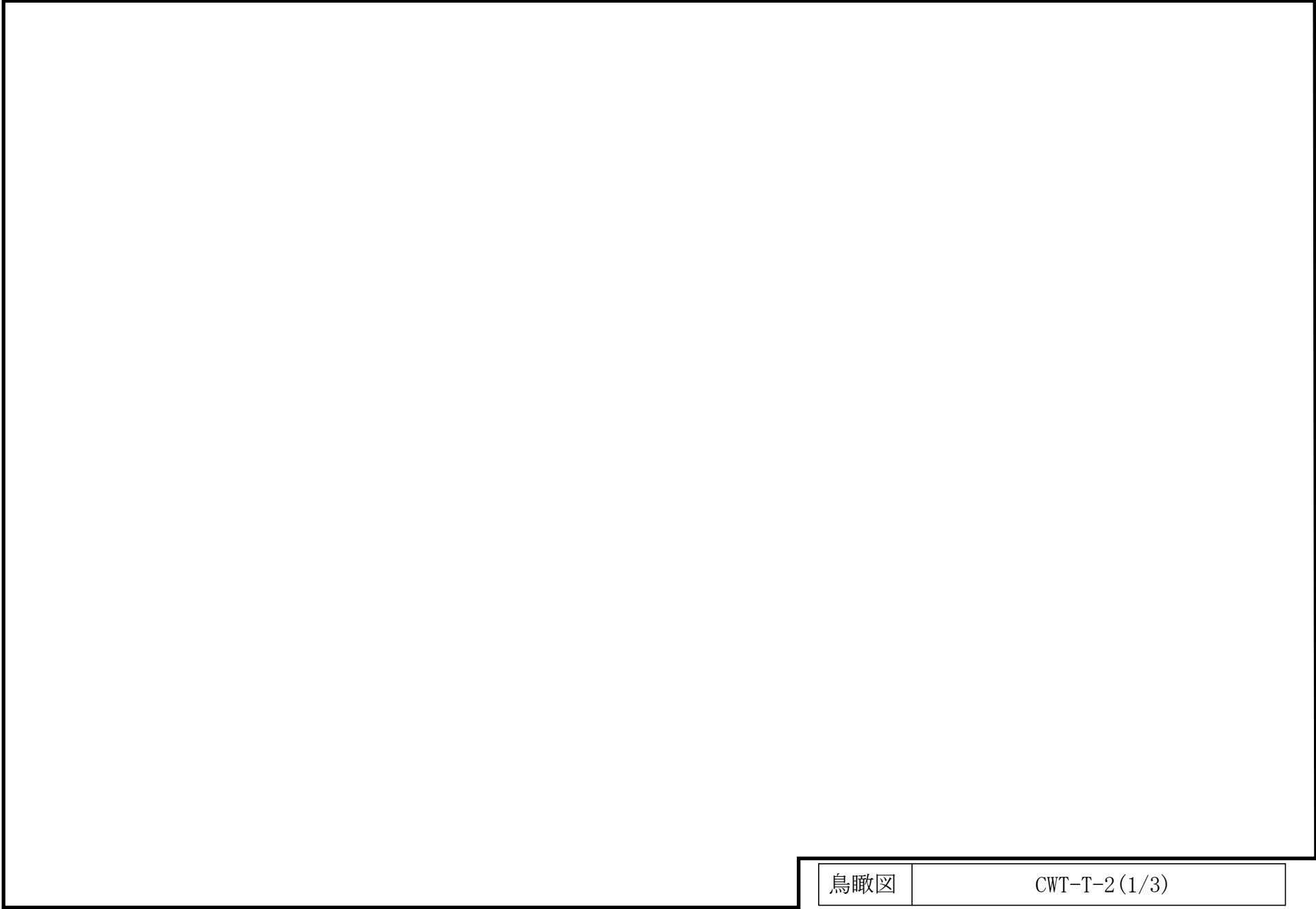


図 2-2-13 配置概要 (床ドレン系配管)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	本計算書に評価結果を記載する管
 (破線)	本計算書に評価結果を記載しない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
	<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, 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。)</p> <p>注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。</p>



鳥瞰図	CWT-T-2(1/3)
-----	--------------



鳥瞰図	CWT-T-2 (2/3)
-----	---------------



鳥瞰図	CWT-T-2 (3/3)
-----	---------------

3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、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」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」又は「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。

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。

系統名称	施設分類 ^{*1}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*2}	許容応力状態 ^{*3}
循環水系	DB	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
タービン補機海水系	DB	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
給水系	DB	クラス3管	B	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
タービンヒータドレン系	DB	クラス3管	B	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
復水輸送系	DB	クラス3管	B	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
復水系	DB	クラス3管	B	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
消火系	DB	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}
液体廃棄物処理系	DB	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}

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}	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*2}	許容応力状態 ^{*3}
床ドレン系	DB	クラス3管	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IV_{AS}
				$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS}^{*4}

注記*1：DBは設計基準対象施設を示す。

*2：荷重の種類及び荷重の組合せに用いている記号はVI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づく。

*3：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。

*4：上位クラス施設の施設分類に応じて、許容応力状態 V_{AS} に対する評価を実施する。

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 CWT-T-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~1001, 2~3 4~20	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	66
		Ⅴ _A S	1.37	66
2	1002~2	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	66
		Ⅴ _A S	1.37	66
3	7~89A	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.37	66
		Ⅴ _A S	1.37	66

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 CWT-T-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~1001, 2~3 4~20	165.2	7.1	STPG38	B	200600
2	1002~2	165.2	7.1	STPG370	B	200600
3	7~89A	89.1	5.5	STPG370	B	200600

配管の付加質量

鳥 瞰 図 CWT-T-2

質量	対応する評価点
<input type="checkbox"/>	1A～1001, 1002～3, 4～20
<input type="checkbox"/>	7～89A

弁部の質量

鳥 瞰 図 CWT-T-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	1001~1002		3, 4
	301		302
	304		

弁部の寸法

鳥 瞰 図 CWT-T-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)
1001~1002				3~301			
301~302				302~303			
303~304				301~4			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CWT-T-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						
** 303 **						
5						
16						
20						
20						
89A						

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
STPG38	66	—	189	357	—
STPG370	66	—	189	357	—

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
CWT-T-2	タービン建物				

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CWT-T-2

適用する地震動等		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
		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				
29次				
動的震度*3, *4				

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(基準地震動 S s)により得られる震度

*3：設計用震度Ⅱ(基準地震動 S s)

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 CWT-T-2

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				
29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)

40

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3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 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CWT-T-2	20	170	321	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CWT-T-2	20	304	378	—
V _A S	一次応力 $S_{p r m}(0.9 \cdot S_u)$	CWT-T-2	20	170	321	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	CWT-T-2	20	304	378	—

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-CW-1200	オイルスナッパ	SN-25			354	375	—
RE-TSW-MH0005	ロッドレストレイント	RSA60			560	1080	—
—	スプリングハンガ	—			—	—	—
—	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-TSW-MH0006	レストレイント	Uボルト	SCM435	40	—	120	490	—	—	—	せん断	241	375
AN-TSW-MH0003	アンカ	ラグ	SM400A	40	390	54	33	9.4	14	47	組合せ	84	161

4.2.3 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3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	CSW-T-H1	6	190	360	1.89	—	6	303	470	1.55	—	—
2	TSW-T-1	812	106	360	3.39	—	812	167	490	2.93	—	—
3	TSW-T-2	16	45	360	8.00	—	16	41	490	11.95	—	—
4	TSW-Y-1	609	171	360	2.10	—	609	364	490	1.34	—	—
5	FW-T-4	47N	119	382	3.21	—	47N	128	458	3.57	—	—
6	THD-T-17	12	108	363	3.36	—	12	251	410	1.63	—	—
7	CWT-T-1-2	7	118	252	2.13	—	7	172	280	1.62	—	—
8	CWT-T-2	20	170	321	1.88	○	20	304	378	1.24	—	○
9	CW-T-10	1N	171	386	2.25	—	1N	292	464	1.58	—	—
10	FW-T-3	351	184	382	2.07	—	351	242	458	1.89	—	—
11	FP-T-E1	48Z	153	321	2.09	—	48Z	297	378	1.27	—	—
12	RWL-T-1	146	183	366	2.00	—	142	308	462	1.50	—	—
13	DR-T-E1	26	143	310	2.16	—	26	278	346	1.24	—	—
14	DR-T-E2	16	153	310	2.02	—	16	266	346	1.30	—	—

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3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	TSW-T-1	812	106	360	3.39	—	812	167	490	2.93	—	—
2	TSW-T-2	16	45	360	8.00	—	16	41	490	11.95	—	—
3	TSW-Y-1	609	171	360	2.10	—	609	364	490	1.34	—	—
4	FW-T-4	47N	119	382	3.21	—	47N	128	458	3.57	—	—
5	THD-T-17	12	108	363	3.36	—	12	251	410	1.63	—	—
6	CWT-T-1-2	7	118	252	2.13	—	7	172	280	1.62	—	—
7	CWT-T-2	20	170	321	1.88	○	20	304	378	1.24	—	○
8	CW-T-10	1N	171	386	2.25	—	1N	292	464	1.58	—	—
9	FW-T-3	351	184	382	2.07	—	351	242	458	1.89	—	—
10	FP-T-E1	48Z	153	321	2.09	—	48Z	297	378	1.27	—	—
11	RWL-T-1	146	183	366	2.00	—	142	308	462	1.50	—	—
12	DR-T-E1	26	143	310	2.16	—	26	278	346	1.24	—	—
13	DR-T-E2	16	153	310	2.02	—	16	266	346	1.30	—	—