

別冊 29

ゼオライト土嚢等処理設備に係る補足説明

I ゼオライト土嚢等処理設備の耐震性に係る補足説明

1 基本方針

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、液体放射性物質を内包し、地上階に設置する設備については、2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された耐震クラス分類と地震動の適用の考え方を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいしたゼオライト土嚢等の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価されることから、耐震Bクラスと位置付けられる。また、ゼオライト土嚢等処理設備のうち、耐震上の安全機能に関わらない設備については耐震Cクラスと位置付けられる。

ゼオライト土嚢等処理設備は、耐震Bクラスまたは耐震Cクラスの設備に要求される地震動に対して必要な強度を確保する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）等」に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお、ゼオライト土嚢等処理設備に使用する耐圧ホース、ポリエチレン管等については、材料の可撓性により耐震性を確保する。

また、ゼオライト土嚢等処理設備は、原子炉設置許可申請書及び工事計画認可申請書において、発災前に耐震Bクラスとして許可及び認可を受けたプロセス主建屋および高温焼却炉建屋に設置する。

2 耐震評価の方法・結果

2.1 補給水ポンプ

2.1.1 評価箇所

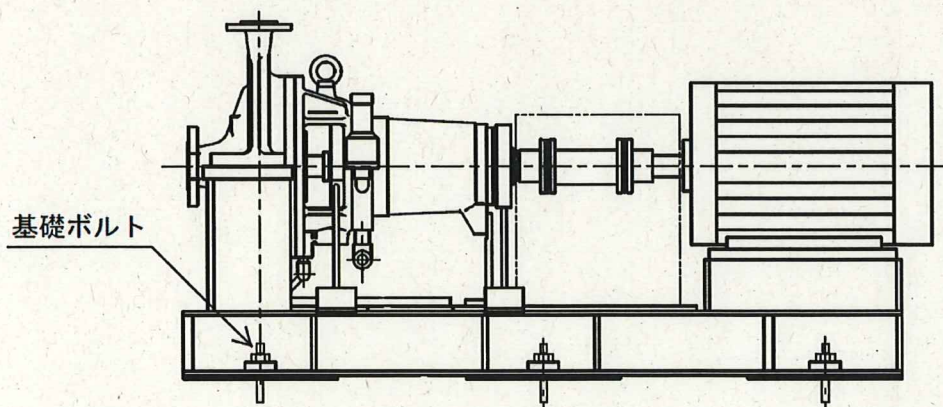


図-I-1 補給水ポンプ評価箇所

2.1.2 設計条件

機器名称	据付場所	耐震設計上 重要度分類	固有周期 (s)	水平方向 設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用 温度 (°C)	周囲環境 温度 (°C)
補給水 ポンプ	プロセス主建屋 高温焼却炉建屋	B	—*	$C_H=0.36$	$C_p=0.21$	40	40

※ 固有周期は十分小さく、計算は省略する。

2.1.3 機器要目

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	l_{1i}^{*1} (mm)	l_{2i}^{*1} (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	n_{fi}^{*1}
基礎ボルト ($i=1$)	■	■	■ ■	■ ■	■ ■	■	■	■ ■

部材	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)	F_i (MPa)	転倒方向	M_p (N·mm)
基礎ボルト ($i=1$)	*2 215	*2 400	215	軸直角	—

H_p (μ m)	N (rpm)
40	3000

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：周囲環境温度で算出

2.1.4 評価結果

2.1.4.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bi}	Q_{bi}
基礎ボルト ($i=1$)	21.66	2.615×10^3

2.1.4.2 応力結果

(単位：MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト ($i=1$)	SS400	引張り	$\sigma_{bi}=1$	$f_{tsi}=161^*$
		せん断	$\tau_{bi}=3$	$f_{sbi}=124$

すべて許容応力以下である。 注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.2 ゼオライト保管容器

2.2.1 評価箇所

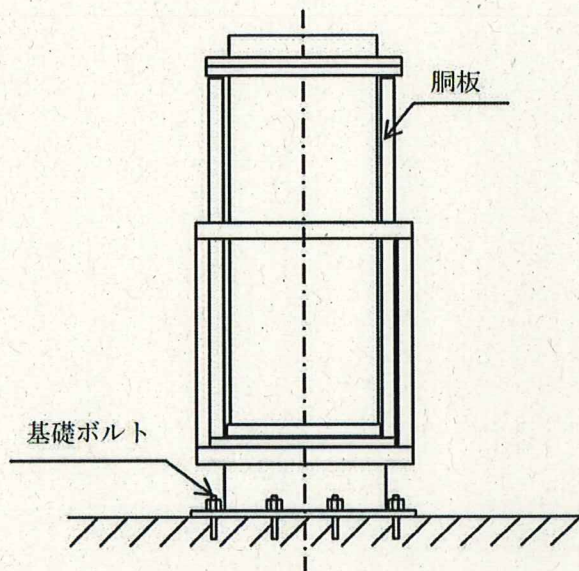


図-I-2 ゼオライト保管容器評価箇所

2.2.2 設計条件

機器名称	据付場所	耐震設計上 重要度分類	固有周期 (s)	水平方向 設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
ゼオライト保管容器	プロセス主建屋 高温焼却炉建屋	B	0.028	$C_H=0.36$	0.98	100	40

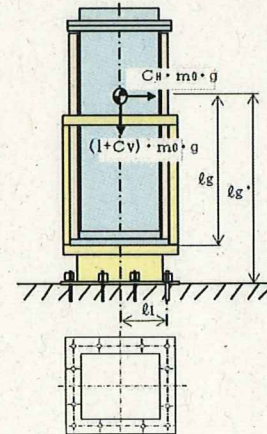
2.2.3 機器要目

m_0 (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	ℓ_g (mm)	ℓ_g' (mm)	ℓ_1 (mm)	s	n_t	n_s	A_b (mm ²)
■ ^{*3}	■	■	■	193000 ^{*1}	74200 ^{*1}	■ ^{*3}	■ ^{*4}	■ ^{*4}	■	■	■	■

(単位: MPa)

	周方向応力	軸方向応力	せん断応力
内圧による応力	$\sigma_{\theta 1} = 49$	$\sigma_{z1} = 25$	-
鉛直方向地震による引張応力	-	-	-
空質量による圧縮応力	-	$\sigma_{z2} = 1$	-
鉛直方向地震による軸方向応力	-	-	-
水平方向地震による応力	-	$\sigma_{z4} = 5$	$\tau = 2$
応力の和	引張側	$\sigma_{\theta} = 49$	$\sigma_{zz} = 28$
	圧縮側	-	$\sigma_{zz} = 19$
組合せ力 応力	引張り	$\sigma_{\theta} = 49$	
	圧縮	-	

S_v (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) ¹ (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)
235 ^{*2} (径 ≤ 40 mm)	400 ^{*2} (径 ≤ 40 mm)	235



注記*1: 最高使用温度で算出
 *2: 周囲環境温度で算出
 *3: 固有周期及び剛の応力算出に用いる値
 *4: 取付ボルトの応力算出に用いる値

2.2.4 評価結果

2.2.4.1 固有周期

(単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H = 0.028$
鉛直方向	-

2.2.4.2 応力結果

(単位: MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
銅板	ASME SA240 Type 316L	一次一般膜	$\sigma_0 = 49$	$S_a = 172$
基礎ボルト	JIS G 3101 SS400	引張り	-	$f_{ts} = 176$ *
		せん断	$\tau_b = 21$	$f_{sb} = 135$

すべて許容応力以下である。

注記 *: 以下より算出

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{ts0} - 1.6 \cdot \tau_b \text{ かつ } f_{ts} \leq f_{ts0}$$

2.3 補給水タンク

2.3.1 評価箇所

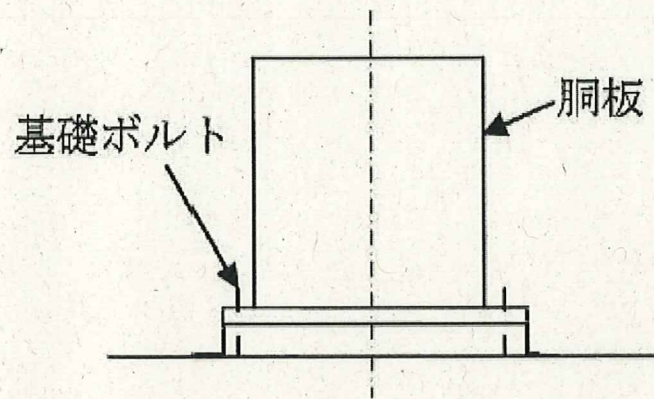


図-I-3 補給水タンク評価箇所

2.3.2 設計条件

機器名称	据付場所	耐震設計上 重要度分類	固有周期 (s)	水平方向 設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
補給水タンク	プロセス主建屋 高温焼却炉建屋	B	0.010	$C_H=0.36$	静水頭	40	40

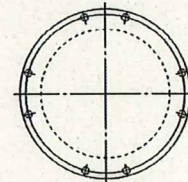
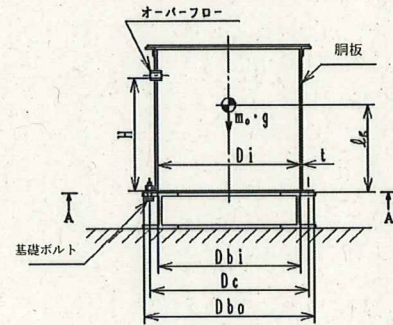
2.3.3 機器要目

m_o (kg)	m_e (kg)	D_i (mm)	t (mm)	E (MPa)	G (MPa)	l_g (mm)	H (mm)	s	n
■	■	■	■	191000*1	74600*1	■	■	■	■

D_c (mm)	D_{b_o} (mm)	D_{b_i} (mm)	d (mm)	A_s (mm ²)	M_s (N・mm)
■	■	■	■	■	■

S_y (鋼板) (MPa)	S_u (鋼板) (MPa)	S (鋼板) (MPa)	S_y (基礎ボルト) (MPa)	S_u (基礎ボルト) (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)
295*1	520*1	129*1	215*2 (10mm径)	400*2	215

注記*1: 最高使用温度で算出
*2: 周囲環境温度で算出



A~A矢視図

(基礎ボルト) (基礎ボルト) (基礎ボルト) 基礎ボルト

2.3.4 評価結果

2.3.4.1 固有周期

4.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	$T_H=0.010$

2.3.4.2 応力結果

(1) 胴に生じる応力

(単位: MPa)

		周方向応力	軸方向応力	せん断応力
静水頭による応力		$\sigma_{\phi 1}=3$	-	-
空質量による圧縮応力		-	$\sigma_{x2}=1$	-
水平方向地震による応力		-	$\sigma_{x4}=1$	$\tau=1$
応力の和	引張側	$\sigma_{\phi}=3$	$\sigma_{xt}=1$	-
	圧縮側	$\sigma_{\phi}=-3$	$\sigma_{xc}=1$	-
組合せ応力	引張り	$\sigma_{ot}=3$		
	圧縮	$\sigma_{oc}=2$		

(2) 基礎ボルトに生じる応力

(単位: MPa)

引張応力	$\sigma_b =$	-
せん断応力	$\tau_b =$	11

(3) 評価結果

(単位: MPa)

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
胴板	SUS304	一次一般膜	$\sigma_o=3$	$S_a=205$
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha_B(P/A)}{f_c} + \frac{\alpha_B(M/Z)}{f_b} \leq 1$	0.01 (無次元)
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b =$	$f_{ts} = 161^*$
		せん断	$\tau_b = 11$	$f_{sb} = 124$

すべて許容応力以下である。 注記*: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4 主配管

2.4.1 設計条件及び要目

配管分類	主配管 (鋼管)		
配管クラス	クラス 3 相当		
耐震クラス	B クラス		
設計温度 (°C)	40		
設計圧力 (MPa)	0.98		
材料	STPT410		
配管口径 (mm)	48.6 (40A)	60.5 (50A)	89.1 (80A)
配管肉厚 (mm)	5.10 (Sch80)	5.50 (Sch80)	5.50 (Sch40)
保温	無		
設計温度における降伏点 S_y (at40°C) (MPa)	245		
供用状態 C_s における一次応力許容値 (MPa)	245		
水平方向震度	0.36		

2.4.2 評価結果

配管分類	主配管 (鋼管)		
設計温度 (°C)	40		
材料	STPT410		
配管口径	40A	50A	80A
Sch	80	80	40
設計圧力 (MPa)	0.98		
内圧, 自重, 地震による発生応力 S (MPa)	14	15	17
供用状態 C_s における一次応力許容値 (MPa)	245		
最大支持間隔 (m)	2.3	2.6	3.1

II. ゼオライト土嚢等処理設備の構造強度に係る補足説明

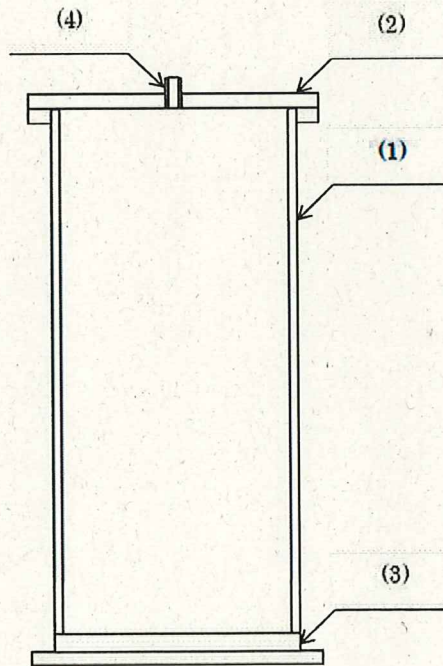
1. 基本方針

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、ゼオライト土嚢等又はR0処理水を内包する容器及び配管については、「JSME S NC1-2005/2007 追補版 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス3機器に準拠して評価を行う。

2. 構造強度評価

2.1 ゼオライト保管容器

2.1.1 評価箇所



図中の番号は、2.1.2の番号に対応する。

図- II - 1 ゼオライト保管容器概要図

2.1.2 設計要目及び評価結果

(1) 胴の厚さ

設計・建設規格 PVD-3010 及び 3110 (PVC-3120 準用)

胴板名称		(1) 胴板
材料		ASME SA240 Type 316L
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
胴の内径	D_i (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η (-)	0.70
継手の種類		裏当金(取り除く)を使用した突合せ片側溶接
放射線検査の有無		無し
規格上の必要厚さ	t_1 (mm)	1.50
計算上の必要厚さ	t_2 (mm)	7.63
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	7.63
呼び厚さ	t_{SO} (mm)	12.70
最小厚さ	t_s (mm)	■
評価	$t_s \geq t$, よって十分である。	

(2) 上部平板の厚さ

取付方法及び穴の有無

設計・建設規格 PVD-3310 及び PVD-3320

平板名称	(2) 上部平板
平板の取付方法	(a)
平板の穴の有無	有り
平板の径 d (mm)	■
穴の径 d _h (mm)	■
評価: $d_h \leq d/2$, よって PVD-3322(1)b. により計算を行う。	

平板の厚さ

設計・建設規格 PVD-3322(1)b.

平板名称	(2) 上部平板
材料	ASME SA240 Type 316L
最高使用圧力 P (MPa)	0.98
最高使用温度 (°C)	100
許容引張応力 S (MPa)	115
取付方法による係数 K	0.17
平板の径 d (mm)	■
平板の必要厚さ t (mm)	73.83
平板の呼び厚さ t _{p0} (mm)	88.90
平板の最小厚さ t _p (mm)	■
評価: $t_p \geq t$, よって十分である。	

(3) 下部平板の厚さ

取付方法及び穴の有無

設計・建設規格 PVD-3310 及び PVD-3320

平板名称	(3) 下部平板
平板の取付方法	(j)
平板の穴の有無	無し
平板の径 d (mm)	■
穴の径 d_h (mm)	■
評価： PVD-3310 により計算を行う。	

平板の厚さ

設計・建設規格 PVD-3310

平板名称	(3) 下部平板
材料	ASME SA240 Type 316L
最高使用圧力 P (MPa)	0.98
最高使用温度 (°C)	100
許容引張応力 S (MPa)	115
取付方法による係数 K	0.33
平板の径 d (mm)	■
平板の必要厚さ t (mm)	66.00
平板の呼び厚さ t_{p0} (mm)	88.90
平板の最小厚さ t_p (mm)	■
評価： $t_p \geq t$, よって十分である。	

(4) 管台の厚さ

設計・建設規格 PVD-3010 及び 3110 (PVC-3610 準用)

N1 入口

管台名称	N1 入口	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D _o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	—	
必要厚さ	t ₁ (mm)	0.26
必要厚さ	t ₃ (mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t (mm)	0.26
呼び厚さ	t _{n.o.} (mm)	3.91
最小厚さ	t _n (mm)	■
評価: t _n ≥ t ₁ , よって十分である。		

N2 上部フィルタ出口

管台名称	N2 上部フィルタ出口	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D _o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	—	
必要厚さ	t ₁ (mm)	0.21
必要厚さ	t ₃ (mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t (mm)	0.21
呼び厚さ	t _{n.o.} (mm)	3.68
最小厚さ	t _n (mm)	■
評価: t _n ≥ t ₁ , よって十分である。		

N3 下部フィルタ出口

管台名称	N3 下部フィルタ出口	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D_o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	-	
必要厚さ	t_1 (mm)	0.21
必要厚さ	t_3 (mm)	-
t_1, t_3 の大きい値	t (mm)	0.21
呼び厚さ	$t_{n.o}$ (mm)	3.68
最小厚さ	t_n (mm)	■
評価: $t_n \geq t_1$, よって十分である。		

N4 ベント

管台名称	N4 ベント	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D_o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	-	
必要厚さ	t_1 (mm)	0.14
必要厚さ	t_3 (mm)	-
t_1, t_3 の大きい値	t (mm)	0.14
呼び厚さ	$t_{n.o}$ (mm)	3.38
最小厚さ	t_n (mm)	■
評価: $t_n \geq t_1$, よって十分である。		

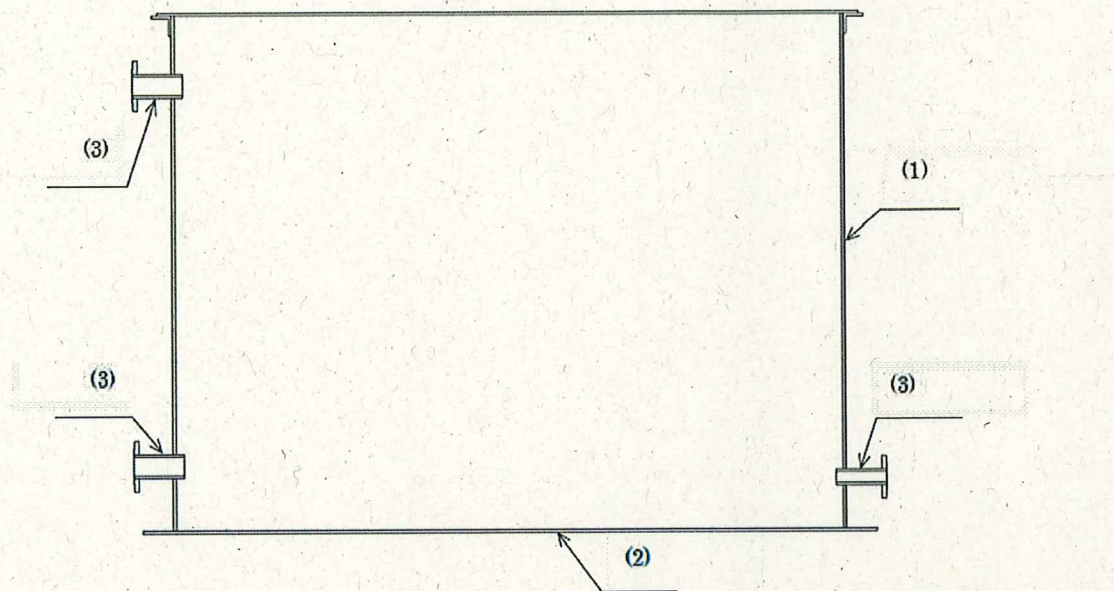
N5 液位計

管台名称	N5 液位計	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D _o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	-	
必要厚さ	t ₁ (mm)	0.26
必要厚さ	t ₃ (mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t (mm)	0.26
呼び厚さ	t _{no} (mm)	3.91
最小厚さ	t _n (mm)	■
評価: t _n ≥ t ₁ , よって十分である。		

N6 液位計

管台名称	N6 液位計	
材料	ASME SA312 Gr. TP316L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.98
最高使用温度	(°C)	100
管台の外径	D _o (mm)	■
許容引張応力	S (MPa)	115
継手効率	η	1.00
継手の種類	継手無し	
放射線検査の有無	-	
必要厚さ	t ₁ (mm)	0.26
必要厚さ	t ₃ (mm)	-
t ₁ , t ₃ の大きい値	t (mm)	0.26
呼び厚さ	t _{no} (mm)	3.91
最小厚さ	t _n (mm)	■
評価: t _n ≥ t ₁ , よって十分である。		

2.2 補給水タンク
2.2.1 強度評価箇所



図中の番号は、2.2.2の番号に対応する。

図-Ⅱ-2 補給水タンク概要図

2.2.2 設計要目及び評価結果

(1) 胴の厚さ

設計・建設規格 PVD-3010 及び 3110 (PVC-3920 準用)

- a. PVC-3920(1)による胴の厚さ： t_1
- b. PVC-3920(2)による胴の厚さ： t_2
- c. PVC-3920(3)による胴の厚さ： t_3

胴板名称			(1) 胴板
材料			SUS304
水頭	H	(m)	■
最高使用温度			40
胴の内径	D_i	(m)	■
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	129
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	0.25
必要厚さ	t_3	(mm)	—
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t	(mm)	1.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	9.00
最小厚さ	t_s	(mm)	■
評価： $t_s \geq t$, よって十分である。			

(2) 底板の厚さ

設計・建設規格 PVD-3010 (PVC-3960 準用)

底板名称			(2) 底板
材料			SUS304
必要厚さ	t	(mm)	3.00
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_b	(mm)	■
評価： $t_b \geq t$, よって十分である。			

(3) 管台の厚さ

設計・建設規格 PVD-3010 及び PVC-3110 (PVC-3980 準用)

a. PVC-3980(1)による胴の厚さ： t_1

b. PVC-3980(2)による胴の厚さ： t_2

補給水出口

管台名称		補給水出口
材料		SUS304TP-S
水頭	H (m)	■
最高使用温度	(°C)	40
管台の内径	D_i (m)	■
液体の比重	ρ	1.00
許容引張応力	S (MPa)	129
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t_1 (mm)	0.01
必要厚さ	t_2 (mm)	3.50
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no} (mm)	5.50
最小厚さ	t_n (mm)	■
評価： $t_n \geq t$, よって十分である。		

ドレン

管台名称			ドレン
材料			SUS304TP-S
水頭	II	(m)	■
最高使用温度		(°C)	40
管台の内径	D_i	(m)	■
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	129
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	2.40
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	2.40
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t_n	(mm)	■
評価： $t_n \geq t$, よって十分である。			

オーバーフロー

管台名称			オーバーフロー
材料			SUS304TP-S
水頭	H	(m)	■■■■
最高使用温度			40
管台の内径	D_i	(m)	■■■■
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	129
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	0.01
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2 の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t_n	(mm)	■■■■
評価： $t_n \geq t$, よって十分である。			

(4) 補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格 PVD-3512

胴板名称			
胴の穴の径 (補給水出口)	d	(mm)	■■■■
胴の穴の径 (ドレン)	d	(mm)	■■■■
胴の穴の径 (オーバーフロー)	d	(mm)	■■■■
評価：補強の計算を要する 85mm を超える穴の名称			無し。 よって、穴の補強計算は不要である。

2.3 主配管 (鋼管)

2.3.1 評価箇所

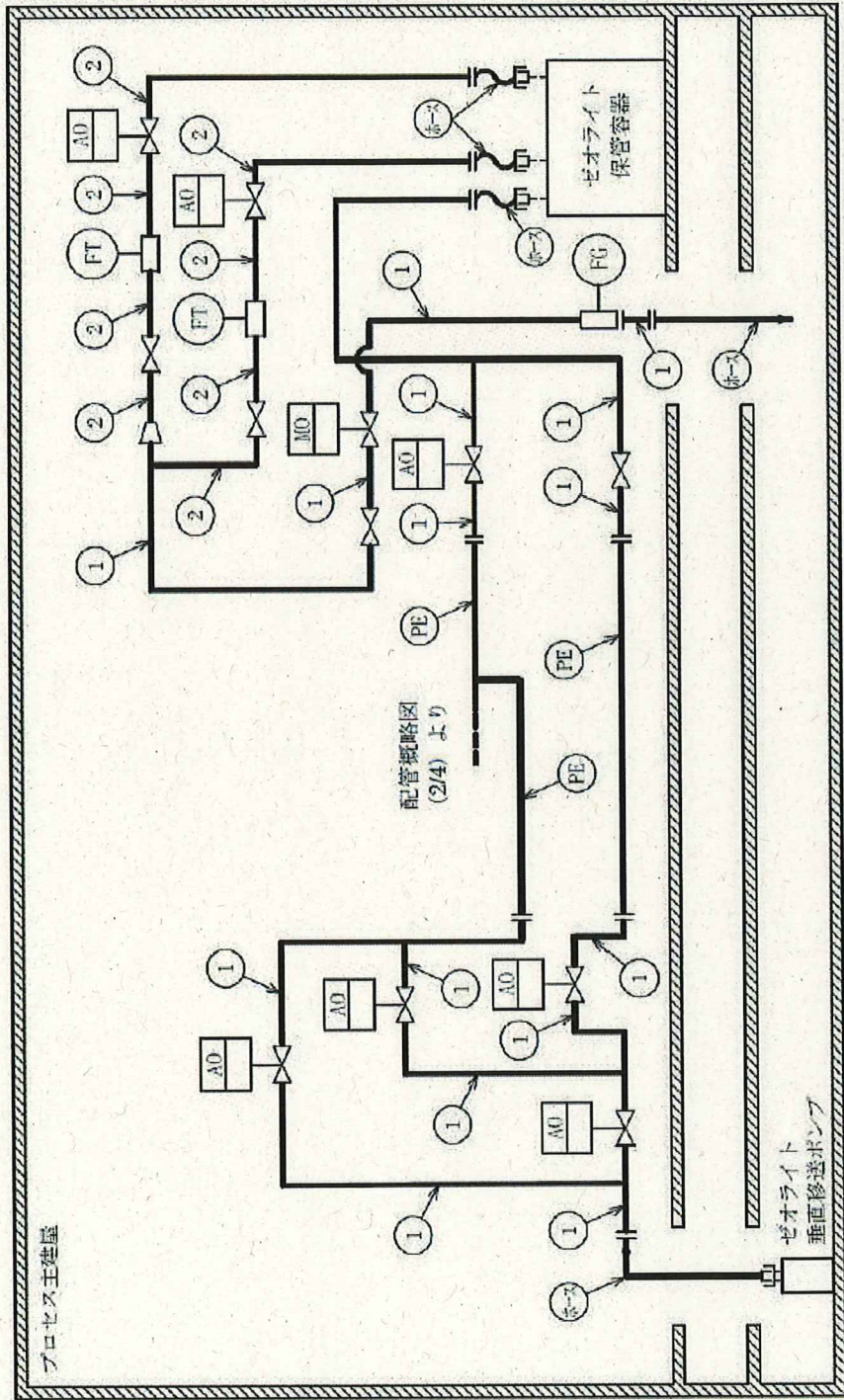
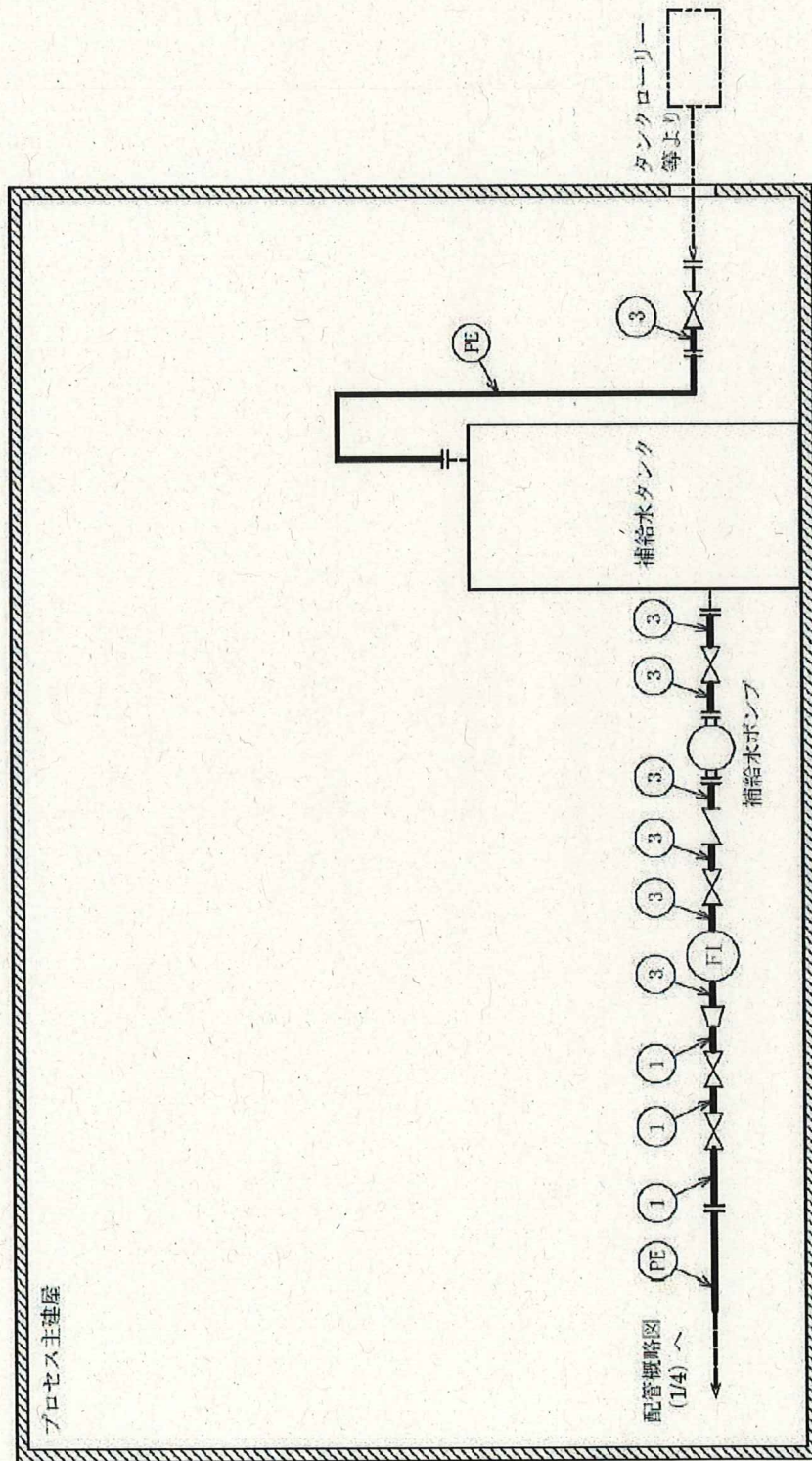
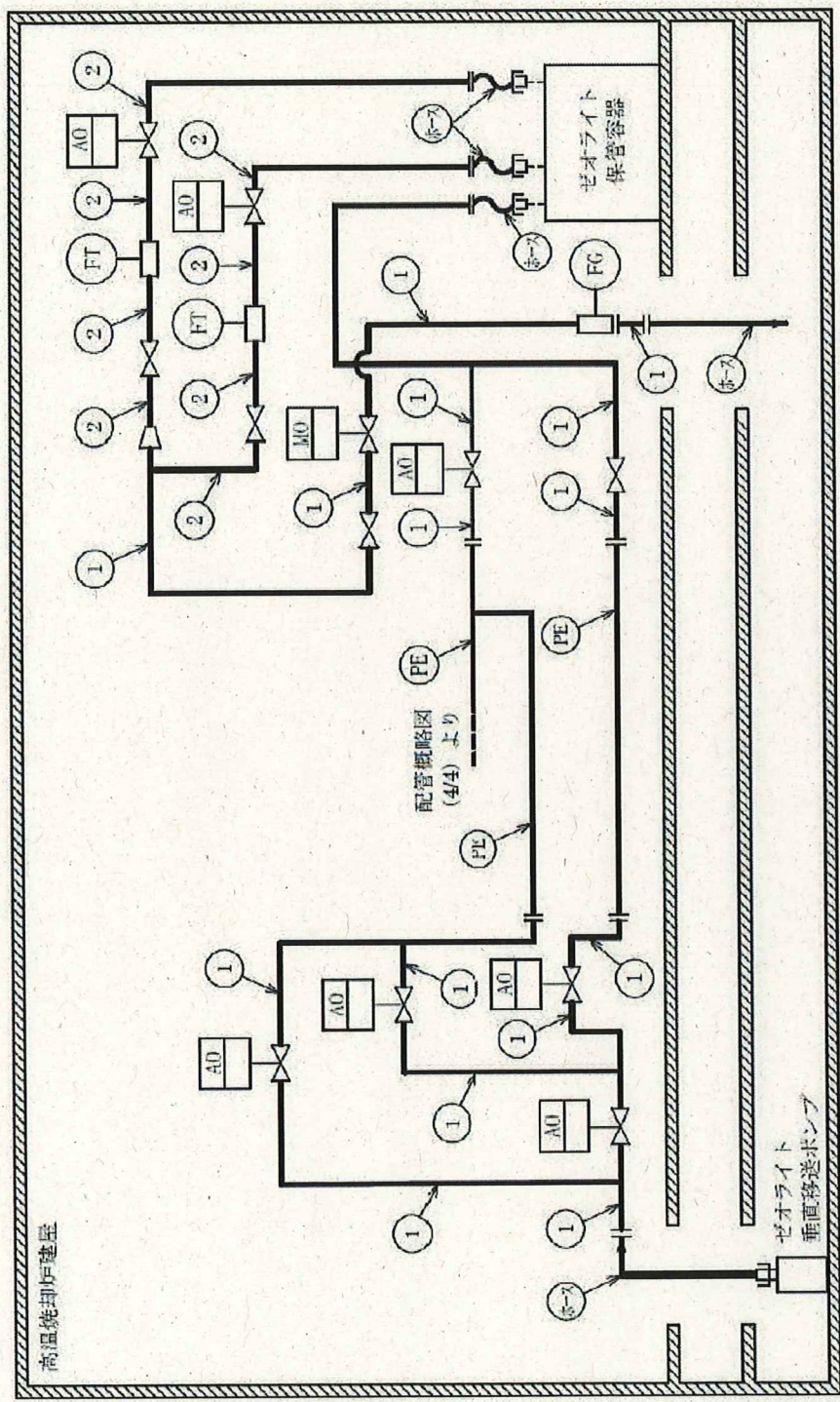


図-Ⅱ-3 配管概略図 (1/4)
(主配管 (プロセス主建屋))



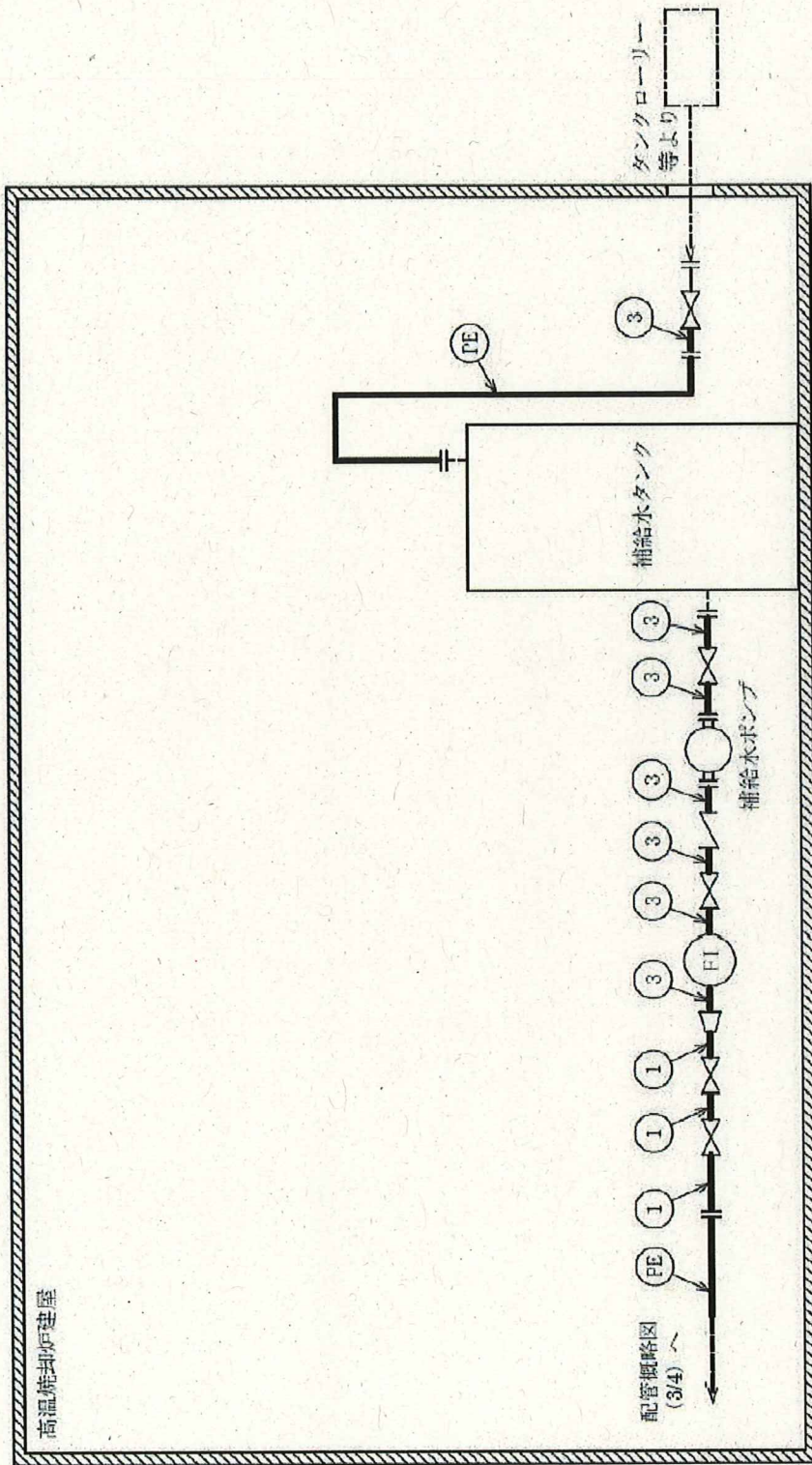
記号凡例
PE : ポリエチレン管

図-Ⅱ-4 配管概略図 (2/4)
(主配管 (プロセス主建屋))



記号凡例
 ホース：耐圧ホース
 PE：ポリエチレン管

図一Ⅱ-5 配管概略図 (3/4)
 (主配管 (高温焼却炉建屋))



記号凡例
PE : ポリエチレン管

図一Ⅱ-6 配管概略図 (4/4)
(主配管 (高温焼却炉建屋))

2.3.2 設計要目及び評価結果

設計・建設規格 PPD-3411

配管 No.	外径 D _o (mm)	材料	最高 使用 圧力 P (MPa)	許容 引張 応力 S (MPa)	継手 効率 η (-)	最高 使用 温度 (°C)	厚さの 負の 許容差 Q (%)	公称 厚さ (mm)	必要 厚さ t _r (mm)	最小 厚さ t _s (mm)
①	■	STPT410	0.98	103	1.0	40	12.5	5.50	2.40	4.81
②	■	STPT410	0.98	103	1.0	40	12.5	5.10	2.20	4.46
③	■	STPT410	0.98	103	1.0	40	12.5	5.50	3.00	4.81

III ゼオライト土嚢等処理設備の公称値の許容範囲について

表-1 ゼオライト保管容器の許容範囲について

主要寸法 (mm)			許容範囲	根拠
胴板	内径	1244.6	■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準
	厚さ	12.7	■ mm	
上部平板	厚さ	88.9	■ mm ■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準
下部平板	厚さ	88.9	■ mm ■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準
高さ		3106.9	■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準

表-2 補給水タンクの許容範囲について

主要寸法 (mm)			許容範囲	根拠
胴板	内径	2500	■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準
	厚さ	9.0	■ mm ■ mm	
底板	厚さ	12.0	■ mm ■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準
高さ		1821	■ mm	製造能力、製造実績を考慮したメーカー基準