

別冊 2

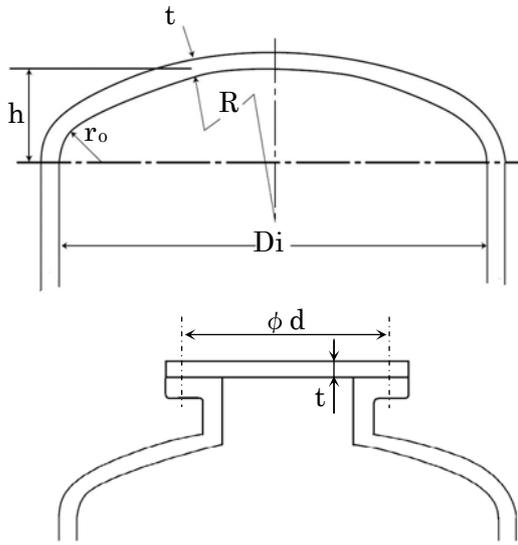
原子炉格納容器内窒素封入設備に係る補足説明

I 原子炉格納容器内窒素封入設備の構造強度及び耐震性について

1. 窒素ガス分離装置の構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

窒素ガス分離装置 (A), (B), (C) 及び非常用窒素ガス分離装置に用いる容器の一部については、圧力容器構造規格の第二種圧力容器構造規格を適用しており、JIS B 8265 (圧力容器の構造—一般事項) の規格計算を行い、必要板厚を満足することを確認する。



- t : 必要計算厚さ (mm)
- P : 設計圧力 (MPa)
- Di : 胴の内径 (mm)
- σ_a : 設計温度における材料の許容引張応力 (N/mm²)
- η : 溶接継手効率
- α : 腐れ代 (mm)
- M : 皿形鏡板の形状による係数
- R : 皿形鏡板の中央の球形部の内半径 (mm)
- ro : 皿形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)
- D : 半だ円形鏡板のだ円の内長径 (mm)
- 2h : 半だ円形鏡板のだ円の内短径 (mm)
- K : 半だ円形鏡板の形状による係数
- d : 円形平ふた板のボルト中心円の直径 (mm)

円筒胴の計算厚さ (内径基準) : $t = \frac{PDi}{2\sigma_a\eta - 1.2P} + \alpha \quad P \leq 0.385\sigma_a\eta$ の場合

皿形鏡板の計算厚さ (内径基準) : $t = \frac{PRM}{2\sigma_a\eta - 0.2P} + \alpha$

皿形鏡板の形状による係数 : $M = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r_o}} \right)$

半だ円形鏡板の計算厚さ (内径基準) : $t = \frac{PDK}{2\sigma_a\eta - 0.2P} + \alpha$

半だ円形鏡板の形状による係数 : $K = \frac{1}{6} \left(2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right)$

円形平ふた板の計算厚さ : $t = d \sqrt{\frac{0.25P}{\sigma_a\eta}}$

必要板厚計算に用いるパラメータは下表の通り。

設備名		部位	P	D_i	σ_a	η	α
窒素ガス 分離装置 (A)	吸着槽	胴板	■	■	■	■	■
	製品槽						
窒素ガス 分離装置 (B)	吸着槽						
	製品槽						
窒素ガス 分離装置 (C)	活性炭槽						
	空気槽						
	吸着槽						
	製品槽						
非常用 窒素ガス 分離装置	活性炭槽						
	吸着槽						
	製品槽						

設備名		部位	P	R	σ_a	H	α	r_o
窒素ガス 分離装置 (A)	吸着槽	皿形鏡板	■	■	■	■	■	■
	製品槽							
窒素ガス 分離装置 (B)	吸着槽							
	製品槽							
非常用 窒素ガス 分離装置	活性炭槽		■	■	■	■	■	■
	製品槽		■	■	■	■	■	■

設備名		部位	P	D	σ_a	η	α	2h
窒素ガス 分離装置 (A)	吸着槽	半だ円形 鏡板	■	■	■	■	■	■
窒素ガス 分離装置 (B)	吸着槽		■	■	■	■	■	■
窒素ガス 分離装置 (C)	活性炭槽		■	■	■	■	■	■
	空気槽							
	吸着槽							
	製品槽							
非常用 窒素ガス 分離装置	吸着槽		■	■	■	■	■	■

設備名		部位	P	σ_a	η	d
窒素ガス 分離装置 (A)	吸着槽	円形 平ふた板	■	■	■	■
窒素ガス 分離装置 (B)	吸着槽		■	■	■	■
窒素ガス 分離装置 (C)	活性炭槽		■	■	■	■
	吸着槽					

表一 1 に板厚計算の結果を示す。当該機器は必要板厚を満足しており，原子炉格納容器内窒素封入設備の最高使用圧力に十分耐えうる構造強度を有していることを確認した。

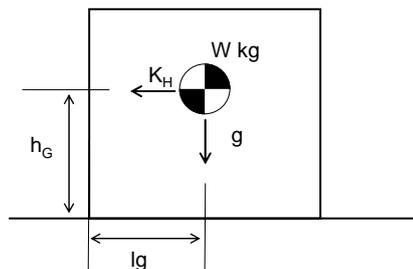
表一 1 第二種圧力容器 板厚計算結果

設備名		部位	必要板厚 (mm)	使用板厚 (mm)
窒素ガス 分離装置 (A)	吸着槽	胴板	5.56	9
		皿形鏡板	5.86	9
		半楕円形鏡板	4.17	12
		平ふた板	21.93	26
	製品槽	胴板	5.21	6
		皿形鏡板	5.49	6
窒素ガス 分離装置 (B)	吸着槽	胴板	4.86	6
		皿形鏡板	5.11	6
		半楕円形鏡板	3.69	9
		平ふた板	21.93	26
	製品槽	胴板	4.86	6
		皿形鏡板	5.11	6
窒素ガス 分離装置 (C)	活性炭 槽	胴板	3.51	4.5
		半楕円形鏡板	2.75	4.5
		平ふた板	11.94	22
	空気槽	胴板	4.23	4.5
		半楕円形鏡板	3.24	4.5
	吸着槽	胴板	4.23	4.5
		半楕円形鏡板	3.24	4.5
		平ふた板	17.67	24
	製品槽	胴板	4.23	4.5
		半楕円形鏡板	3.24	4.5
非常用 窒素ガス 分離装置	活性炭 槽	胴板	4.07	6
		皿形鏡板	4.27	5
	吸着槽	胴板	4.39	6
		半楕円形鏡板	4.19	5
	製品槽	胴板	3.77	6
		皿形鏡板	3.94	5

(2) 耐震性

窒素ガス分離装置 (A), (B), (C) 及び非常用窒素ガス分離装置については、「建築設備耐震設計・施工指針 (2005 年版)」を参考とし、静的地震力を用いて、耐震設計審査指針上の耐震Cクラス相当の地震力 ($1.2C_i = 0.24$) にて設備が転倒しないことの評価を行う。

・設備の転倒評価



- K_H 水平方向設計震度
- W 機器重量
- g 重力加速度
- h_G 据付面から重心までの距離
- l_g 転倒支点から機器重心までの距離

地震によるモーメント： $M_1 = W \times g \times K_H \times h_G$

自重によるモーメント： $M_2 = W \times g \times l_g$

転倒評価に用いるパラメータは下表の通り。

	K_H	g	W	h_G	l_g
窒素ガス分離装置 (A)	0.24	9.80665			
窒素ガス分離装置 (B)					
窒素ガス分離装置 (C)					
非常用窒素ガス分離装置					

表一2に転倒評価の結果を示す。当該機器は地震力に対して転倒せず、必要な耐震性を有していることを確認した。

表一2 窒素ガス分離装置 転倒評価結果 (耐震Cクラス相当の静的震度)

設備名称	地震によるモーメント M_1 [N・m]	自重によるモーメント M_2 [N・m]	評価
窒素ガス分離装置 (A)	4920	14023	転倒しない
窒素ガス分離装置 (B)	3602	9169	転倒しない
窒素ガス分離装置 (C)	7259	15877	転倒しない
非常用窒素ガス分離装置	24172	85219	転倒しない

なお、非常用窒素ガス分離装置については耐震Sクラス相当の静的震度 (3.6Ci = 0.72) での評価も行い、転倒しないことを確認した。表-3に転倒評価の結果を示す。

表-3 非常用窒素ガス分離装置 転倒評価結果 (耐震Sクラス相当の静的震度)

設備名称	地震によるモーメント M ₁ [N・m]	自重によるモーメント M ₂ [N・m]	評価
非常用窒素ガス分離装置	72515	85219	転倒しない

2. ゴムホース

(1) 構造強度

ゴムホースは設計・建設規格に記載がない材料であるが、通常運転状態における漏えい確認試験を行い、有意な変形や漏えいがないことを確認していることから、必要な構造強度を有しているものと判断する。

(2) 耐震性

ゴムホースは、フレキシビリティを有しており、地震変位による有意な応力は発生しないと考えられる。

3. 既設設備の耐震性

原子炉圧力容器及び原子炉格納容器への窒素の封入ライン (既設配管) の耐震性は以下の表-3の通り。

表-3 窒素封入ライン (既設配管) の耐震性

	原子炉圧力容器	原子炉格納容器
1号機	原子炉圧力容器頂部冷却系 (耐震Sクラス) ジェットポンプ計装ラック (耐震Sクラス)	不活性ガス系 (耐震Cクラス)
2号機	原子炉圧力容器水位計装ライン (耐震Sクラス)	可燃性ガス濃度制御系 (耐震Sクラス)
3号機	原子炉圧力容器水位計装ライン (耐震Sクラス)	原子炉格納容器漏えい率検査用予備ライン (耐震Sクラス)

2/3号機については、原子炉圧力容器及び原子炉格納容器とも耐震Sクラス配管より窒素が供給されており、耐震上問題はない。

1号機については原子炉格納容器への窒素の封入は耐震Cクラス設備である不活性ガ

ス系より行われているため、大きな地震が発生した場合、既設配管の影響が懸念される。しかし、原子炉压力容器への窒素封入ラインが耐震Sクラスであることから、原子炉压力容器へ封入した窒素が原子炉格納容器側に流入し窒素で満たされるため問題はない。これらの既設封入ラインは東北地方太平洋沖地震でも健全性が維持されていたものことから、実力的にSクラス相当の耐震性を有しているものと考えられる。

なお、既設設備の強度、耐震性等については以下の工事計画認可申請書等による。

- ・ 1号機 原子炉压力容器頂部冷却系
建設時第7回工事計画認可申請書（43公第13412号 昭和44年4月7日認可）
建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第503号 昭和45年7月2日届出）
工事計画認可申請書（53資庁第10621号 昭和53年9月25日認可）
工事計画認可申請書（平成20・08・26原第10号 平成20年9月10日認可）
- ・ 1号機 ジェットポンプ計装ラック
福島第一原子力発電所原子炉施設保安規定変更認可申請書（平成22・03・25原第9号 平成23年2月7日認可）
- ・ 2号機 原子炉压力容器水位計装ライン
建設時第14回工事計画認可申請書（46公第11145号 昭和46年8月17日認可）
建設時第3回工事計画軽微変更届出書（総官第685号 昭和47年9月28日届出）
工事計画認可申請書（53資庁第13643号 昭和54年1月5日認可）
- ・ 3号機 原子炉压力容器水位計装ライン
建設時第11回工事計画認可申請書（47公第8267号 昭和47年9月28日認可）
建設時第26回工事計画軽微変更届出書（総官第459号 昭和49年7月11日届出）