

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

TK-1-494 改1

2018年5月18日
日本原子力発電(株)

使用済燃料乾式貯蔵建屋の使用済燃料乾式貯蔵容器冷却性能について

目次

1. 概要.....	1
2. 基本条件.....	1
3. 記号の定義.....	3
4. 計算方法.....	4
5. 計算結果.....	4
6. 評価結果.....	6

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は、使用済燃料を収納した使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「貯蔵容器」という。）を24基保管するが、貯蔵容器で使用済燃料の崩壊熱を貯蔵建屋内の空気の自然対流によって除熱するよう設計する。

本資料は、竜巻防護対策として、貯蔵建屋上部の排気口に追設する使用済燃料乾式貯蔵容器竜巻防護対策施設（防護ネット及び車両防止柵）によって、貯蔵建屋の除熱設計に影響がないことを確認するものである。

2. 基本条件

2.1 貯蔵容器の仕様

- | | |
|----------------|----------------|
| (1) 外径×全長 | φ 2391×5725 mm |
| (2) 発熱量（1基当たり） | 17.1 kW |

2.2 貯蔵建屋給排気温度

- | | |
|----------------|-------|
| (1) 給気温度（外気温度） | 32 °C |
| (2) 排気温度 | 45 °C |

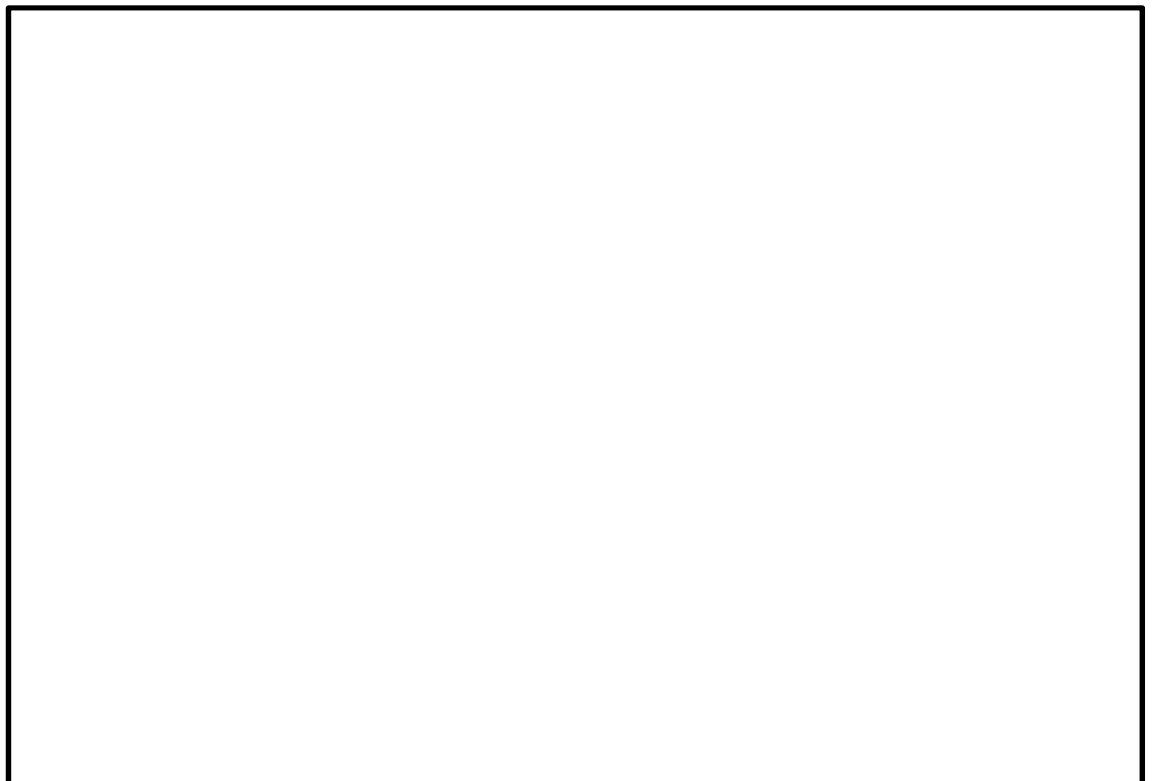
2.3 評価モデル

- (1) 貯蔵建屋のドラフト高さ


貯蔵容器蓋表面と排気口中心の高さの差とする。

- (2) 評価領域

貯蔵建屋貯蔵エリアの1スパン（7 m）当たり、給排気口が各2組配置されている。除熱計算は、図 2-1 に示すように給排気口1組で、4基の貯蔵容器が収納された状態で評価する。



—：追設部

：評価領域

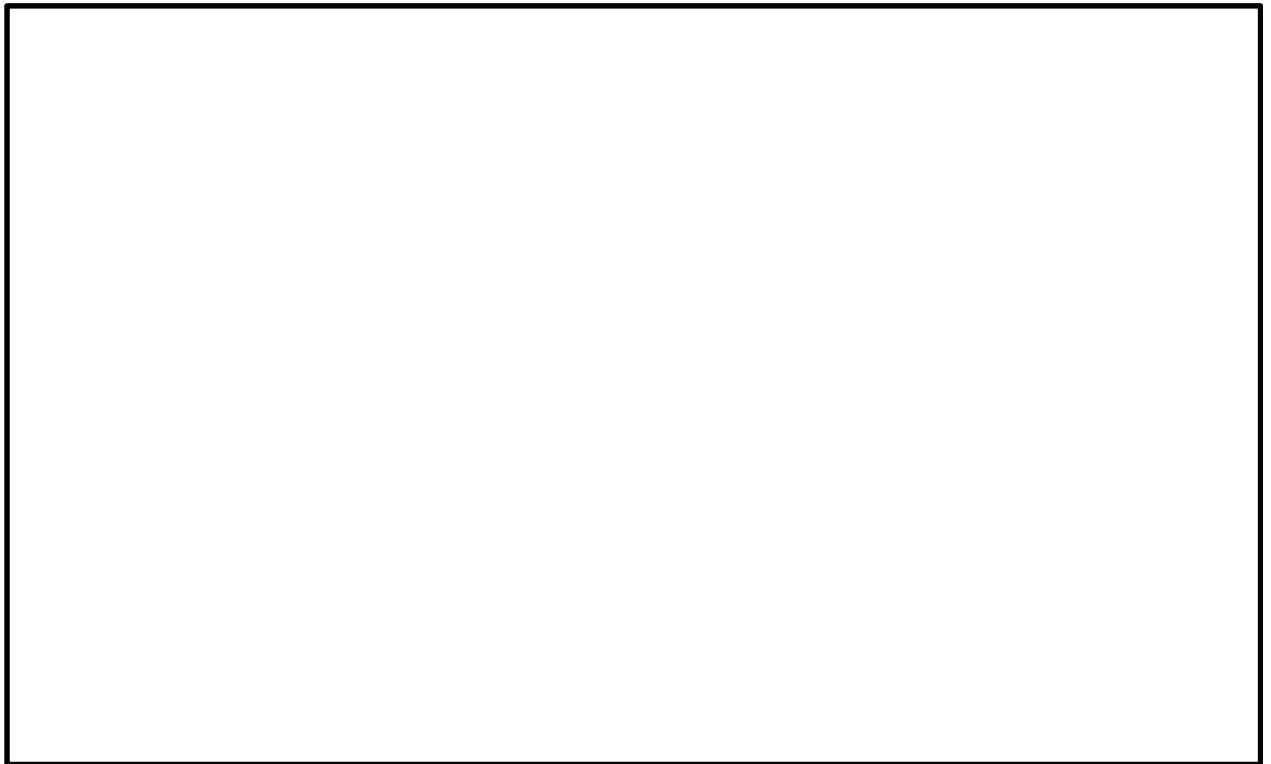


図 2-1 評価領域及び検討対象流路

(3) 流路の形状，寸法

評価対象流路の形状，寸法を表 2-1 に示す。

表 2-1 評価対象流路の形状，寸法（単位：m）

対象流路		部位	流路寸法（高さ×幅） (m)	圧損計算用寸法 (m)	備考
給気流路	ガラリ A	図 2-1①			
	防虫金網	図 2-1②			
	給气流路	図 2-1③			
	吐出口	図 2-1④			
貯蔵容器横断流 (最速部)		図 2-1⑤			
排气流路	ガラリ 誘導部	図 2-1⑥			
	ガラリ B	図 2-1⑦			

対象流路		部位	流路寸法（高さ×幅） (m)	圧損計算用寸法 (m)	備考
排気流路 (続き)	防虫金網	図 2-1⑧			
	防護ネット	図 2-1⑨			
	車両防止柵	図 2-1⑩			

2.4 評価方法

本貯蔵建屋では貯蔵容器の冷却を空気自然対流によって行うため、冷却性能は熱ドラフトと空気の圧力損失の平衡点で決まる。

熱ドラフトは、貯蔵建屋の排気部の高さ及び外気との温度差で決まり、また圧力損失は風路の圧力損失係数と風量で決まる。

排気温度が 45℃以下の場合、貯蔵容器及び周辺設備の健全性が確保されることより、給排気温度差（13℃）による貯蔵建屋の熱ドラフトが空気の圧力損失より大きいことを確認する。

3. 記号の定義

表3-1 評価に用いる記号

記号	単位	定義
W	m ³ /s	評価領域当たりの必要風量
Q	kW	貯蔵容器1基分の発熱量
n	—	評価領域に設置される貯蔵容器の数量
ρ	kg/m ³	給排気の平均密度
ρ_1	kg/m ³	給気（外気）の密度
ρ_2	kg/m ³	排気の密度
C _P	kJ/kg℃	空気の比熱
ΔT	℃	給排気の温度差
ΔP	Pa	空気の圧力損失
ζ_i	—	各流路の圧力損失係数
A _i	m ²	各流路の断面積
g	m/s ²	重力加速度
h	Pa	貯蔵建屋の熱ドラフト
H	m	貯蔵建屋のドラフト高さ

4. 計算方法

(1) 必要風量

$$W = \frac{n \cdot Q}{\rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

(2) 圧力損失

$$\Delta P = \sum_i \frac{\zeta_i}{A_i^2} \times \frac{\rho \cdot W^2}{2}$$

(3) 熱ドラフト

$$h = (\rho_1 - \rho_2) \times g \times H$$

5. 計算結果

(1) 空気の密度と比熱

表 5-1 空気の密度と比熱

	32°C	45°C	平均値
密度 ρ (kg/m ³)	1.158	1.110	1.134
比熱 C_p (kJ/kg°C)	1.007	1.007	1.007

(2) 必要風量

表 5-2 必要風量

Q (kW)	n	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg°C)	ΔT (°C)	W (m ³ /s)

(3) 圧力損失

表 5-3 圧力損失

$\sum_i \zeta_i / A_i^2$ (m ⁻⁴)	ρ (kg/m ³)	W (m ³ /s)	ΔP (Pa)

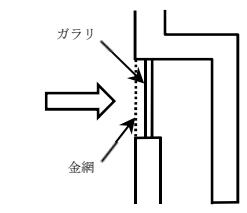
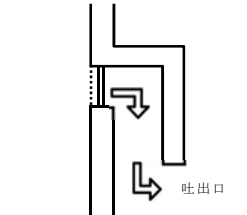
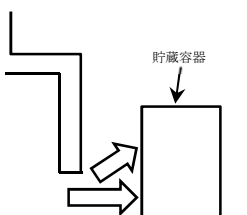
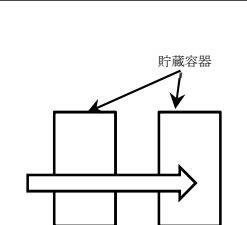
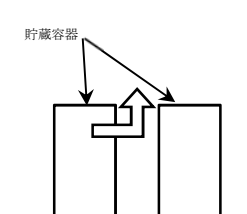
※：圧力損失係数の算出方法は表 5-5 による。

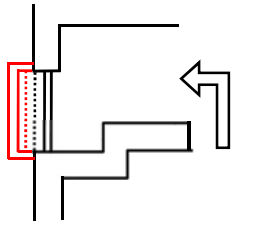
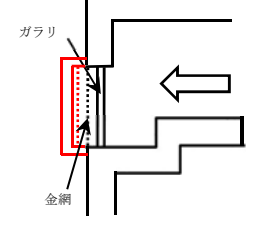
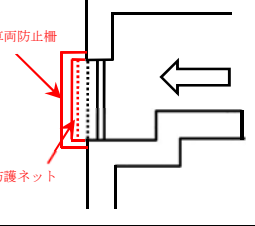
(4) 貯蔵建屋の熱ドラフト

表 5-4 貯蔵建屋の熱ドラフト

ρ_1 (kg/m ³)	ρ_2 (kg/m ³)	H (m)	g (m/s ²)	h (Pa)

表 5-5 流路の圧力損失係数

No.	流路形状	部位	流路面積 (m)	圧損係数	ζ_i / A_i^2 (m ⁻⁴)	圧損係数の 出典
① ②		給気側の ガラリ・ 金網				
③		給気風路 の曲がり				
④		貯蔵エリ アへの吐 出口				
⑤		貯蔵容器 を横切る 流れ				
		横切る流 れ～上昇 流				

No.	流路形状	部位	流路面積 (m)	圧損係数	ζ_i / A_i^2 (m ⁻⁴)	圧損係数の 出典
⑥		排気口への曲がり				
⑦ ⑧		排気口のガラリ、金網、防護ネット				
⑨ ⑩		排気口の防護ネット、車両防止柵 (追設部)				

※車両防止柵により、圧損の大きくなる東側排気口について評価

6. 評価結果

自然対流による空気の圧力損失 (Pa) に対して、貯蔵建屋の熱ドラフト (Pa) が大きく、除熱性能は満足されている。