

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）

（その4：耐竜巻設計）

2023年1月31日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

大洗研究所高速実験炉部

第 6 条：外部からの衝撃による損傷の防止

(その 4：耐竜巻設計)

目 次

1. 要求事項の整理
2. 設置許可申請書における記載
3. 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 3.1 安全設計方針
 - 3.2 気象等
 - 3.3 設備等
4. 要求事項への適合性
 - 4.1 基本方針
 - 4.2 耐竜巻設計
 - 4.3 手順等
 - 4.4 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 6 条）への適合性説明

(別紙)

別紙 1：竜巻に対する安全施設の安全機能の確保

別紙 2：設計竜巻の最大風速の設定

別紙 3：竜巻影響評価におけるランキン渦モデルとフジタモデルの適用範囲

別紙 4：風圧力及び気圧差による圧力の設定

別紙 5：設計竜巻荷重の設定における設計飛来物の選定

別紙 6：竜巻以外の自然現象の考慮

別紙 7：竜巻が原子炉施設に到達するおそれが確認された場合の対応フロー

別紙 8：設計竜巻荷重に対する構造健全性評価結果（原子炉建物（格納容器を含む）及び原子炉附属建物並びに主冷却機建物）

別紙 9：設計竜巻荷重に対する構造健全性評価結果（第一使用済燃料貯蔵建物及び第二使用

済燃料貯蔵建物)

別紙 10：設計竜巻荷重に対する構造健全性評価結果（主冷却機のうち屋外部分）

別紙 11：設計竜巻荷重に対する構造健全性評価結果（補機冷却設備のうち非常用ディーゼル電源系に関連する冷却塔）

別紙 12：設計竜巻荷重に対する構造健全性評価結果（主排気筒）

別紙 13：設計飛来物に対する竜巻影響評価対象施設の貫通及び裏面剥離評価結果

別紙 14：竜巻随伴事象のうち溢水に係る評価結果

別紙 15：竜巻随伴事象のうち火災に係る評価結果

(添付)

添付 1 : 設置許可申請書における記載

添付 2 : 設置許可申請書の添付書類における記載（安全設計）

添付 3 : 設置許可申請書の添付書類における記載（適合性）

添付 4 : 設置許可申請書の添付書類における記載（気象等）

【 本 日 ご 提 示 範 囲 】

竜巻随伴事象のうち溢水に係る評価結果

竜巻随件事象として、建物屋上に位置する配管及び地上階のうち外壁に面した部屋に位置する配管の中で設計飛来物（ガイド鋼製材）の衝突により溢水が生じる可能性がある配管に対して溢水が生じることを想定し、安全機能への影響を評価する。

影響評価の結果を第1表に示す。評価対象とした配管から溢水が発生した場合にあっても、すべての評価対象は溢水による損傷の防止における評価に包絡されるため、安全機能への影響は生じない。

第1表 竜巻随件事象のうち溢水による影響評価結果

建物	部屋番号	溢水源	評価結果
原子炉附属建物	A-802	補機系冷却水供給配管:補機系冷却塔出口配管	屋上であり影響ない
主冷却機建物	S-402	主冷却機建家空調用冷却水配管	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される
	S-404	主冷却機建家空調用冷却水配管	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される
	S-404	ろ過水配管	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される
	S-408	蒸気式窒素ガス気化器	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される
	S-705	主冷却機建家空調用冷却水配管	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される
	S-705	ろ過水配管	破断した場合の評価を溢水による損傷の防止において実施しており、包絡される

竜巻随伴事象のうち火災に係る評価結果

1. 影響評価に係る火災諸元の設定

竜巻随件事象として、設計飛来物として選定したワゴン車が飛散し、建物近傍で車両火災が発生することを想定し、影響を評価する。選定したワゴン車の仕様を第 1.1 表に示す。影響評価に当たっては、ワゴン車の全長、全幅より車体底部の面積を求め、当該面積の円を想定し、火災半径を設定した。以下の項目について評価する。ここでは、想定される燃料油の漏えい面積を円筒の底面と仮定し、火炎長を燃焼半径の 3 倍とした円筒火炎モデルを使用するものとする。火災諸元の設定を第 1.2 表に示す。

- ・ 燃焼半径
- ・ 火炎長
- ・ 燃焼速度
- ・ 燃焼継続時間
- ・ 火炎輻射発散度

第 1.1 表 ワゴン車の仕様

項目	単位	数値等
車体全長	m	5.2
車体全幅	m	1.9
燃料種別	-	ガソリン
燃料タンク容量	m ³	0.065

第 1.2 表 火災諸元の設定

項目	記号	単位	値	備考
燃焼半径	R	m	1.7734	$R = \sqrt{5.2 \times 1.9 / \pi}$
火炎長 (火炎高さ)	L_f	m	5.320	$L_f = 3R$
燃料積載量	V	m ³	0.065	
質量低下速度	M	kg/m ² /s	0.055	文献調査結果 ^[1]
燃料密度	ρ	kg/m ³	780	文献調査結果 ^[2]
燃焼速度	v	m/s	7.051×10^{-5}	$v = M / \rho$
燃焼継続時間	t	s	93.30	$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$
火炎輻射発散度	Rf	W/m ²	58,000	文献調査結果 ^[3]
外壁との離隔距離	Li	m	2.0	

[1] 「Fire Dynamics Tools (FDTs) - Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program (NUREG-1805)」

[2] 昭和シェル石油、「安全データシート(ENEOS レギュラーガソリン)」、令和 5 年 1 月

[3] 消防庁特殊災害室、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」、平成 25 年 3 月

2. 影響評価結果

評価対象施設の外壁表面温度評価に係る評価式等を以下に示す。当該評価式等により、評価対象施設の外壁輻射強度を算出し、評価対象施設外壁表面温度を評価する。

評価対象施設外壁表面温度の最高温度は、約 180℃であり、許容温度である 200℃を下回る（第 2 表参照）。

外壁における輻射強度 E (W/m²) : E = RfΦ

形態係数 Φ

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{A(n-1)}{B(n+1)} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = \frac{L_f}{R} \doteq 3, \quad n = \frac{L_i}{R}, \quad A = (1+n)^2+m^2, \quad B = (1-n)^2+m^2$$

L_i : 離隔距離 (m)

外壁表面温度

$$T = T_0 + \frac{2 \times E \sqrt{\alpha \times t}}{\lambda} \times \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \times \exp \left(-\frac{\chi^2}{4 \times \alpha \times t} \right) - \frac{\chi}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \times \operatorname{erfc} \left(\frac{\chi}{2 \times \sqrt{\alpha \times t}} \right) \right]$$

T₀ : コンクリート外壁表面初期温度 (40℃)

第 2 表 ワゴン車の車両火災による熱的影響評価結果

離隔距離 (m)	形態係数 (-)	外壁にお ける輻射強度 (W/m ²)	外壁表面温 度 (°C)
2.0	0.043	25711	179.7