

東海第二発電所

外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置, 構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止
 - 別添資料 1 竜巻影響評価について
 - 別添資料 2 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について
 - 別添資料 3 運用, 手順説明資料

東海第二発電所

竜巻影響評価について

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

目 次

1. 竜巻に対する防護	1
1.1 概要	1
1.2 評価の基本方針	2
1.2.1 竜巻から防護する施設の抽出	2
1.2.2 竜巻影響評価の対象施設	2
1.2.3 評価の基本的な考え方	12
1.2.3.1 評価方法	12
1.2.3.2 評価対象施設に作用する荷重	12
1.2.3.3 施設の安全性の確認方針	13
2. 基準竜巻・設計竜巻の設定	14
2.1 概要	14
2.2 竜巻検討地域の設定	14
2.2.1 気象総観場の分析	15
2.2.2 総観場の気象条件に基づく竜巻検討地域 $T A_1$ の設定	18
2.2.3 竜巻集中地域に基づく竜巻検討地域 $T A_2$ の設定	20
2.2.4 竜巻検討地域 $T A$ の設定	21
2.3 基準竜巻の最大風速 (V_B) の設定	22
2.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})	22
2.3.2 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})	23
2.3.3 発生頻度の分析	24
2.3.4 竜巻風速, 被害幅, 被害長さの確率密度分布並びに相関係数	29
2.3.5 竜巻影響エリアの設定	31
2.3.6 ハザード曲線の算定	33

2.3.7	竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})	36
2.3.8	竜巻ハザードの不確かさの検討	37
2.3.9	基準竜巻の最大風速 (V_B)	40
2.3.10	竜巻データの更新に関する対応	40
2.4	設計竜巻の設定	42
2.4.1	設計竜巻の最大風速 (V_D) の設定	42
2.4.2	設計竜巻の特性値	44
3.	竜巻影響評価	47
3.1	概要	47
3.2	評価対象施設	47
3.3	設計荷重の設定	48
3.3.1	設計竜巻荷重の設定	48
3.3.2	設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定	60
3.4	評価対象施設の設計方針	62
3.4.1	許容限界	62
3.4.2	設計方針	63
3.5	竜巻随伴事象に対する評価	70

: 今回ご説明範囲

添付資料

1. 竜巻防護施設のうち評価対象施設の抽出について
別紙 1-1 緊急時対策所の竜巻防護方針について
2. 耐震 S クラス施設について
別紙 2-1 外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備，
及び津波監視設備の防護方針について
3. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出について
4. 竜巻検討地域の設定について
5. ハザード曲線による竜巻最大風速 (V_{B2}) の計算について
別紙 5-1 海上の F スケール不明竜巻の按分方法の妥当性について
別紙 5-2 竜巻発生数の確率分布 (ポアソン，ポリヤ分布) がハザード結果に及ぼす影響について
6. 地形効果による竜巻の増幅の可能性について
7. 竜巻影響評価の概要及び保守性について
8. 竜巻影響評価及び竜巻防護対策の概要
別紙 8-1 評価対象施設の設計荷重について
別紙 8-2 竜巻防護対策のうち飛散防止対策の概要について
別紙 8-3 飛来物化する可能性がある物品の管理について
別紙 8-4 竜巻準備体制の発令の判断基準について
別紙 8-5 原子炉建屋ブローアウトパネルに対する対応方針について
9. 設計飛来物の設定について
別紙 9-1 分解され小型軽量となる物品及び損傷するが飛来物とならない物品について
別紙 9-2 空力パラメータについて

別紙 9-3 フジタモデル採用時に「竜巻影響評価ガイド」の鋼製材を
設計飛来物とすることの妥当性について

別紙 9-4 車両の飛散距離について

別紙 9-5 東海発電所 廃止措置作業の概要及び解体・撤去物品の
管理について

10. 竜巻時に発生する雹の影響について

11. 竜巻随件事象の抽出について

原子炉建屋ブローアウトパネルに対する対応方針について

1. 概要

原子炉建屋原子炉棟外壁のブローアウトパネル（以下、「ブローアウトパネル」という。）の竜巻に対する対応方針について整理した。

2. ブローアウトパネルへの竜巻による影響と要求機能との関係

竜巻襲来時にブローアウトパネルに想定される状態、プラントへの影響及び対応方針を整理した結果を、別表 5-1 に示す。

飛来物によるブローアウトパネルの損傷（貫通）については、ブローアウトパネルへの衝突防止対策を行う方針とする。また、負圧によるブローアウトパネルの開放に伴い生じる開口部への竜巻の影響及び対応方針については、次項に整理した。

別表 5-1 竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態とプラントへの影響

竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	対応方針
負圧による開放	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能喪失	事故と竜巻の重畳の頻度は十分小さいため、開放した場合は再閉止する。
	開口部の発生による、建屋内部の評価対象施設への竜巻荷重（風、飛来物）の到達	各施設の状態を踏まえた、以下対策の実施 ・風の侵入防止 ・飛来物の侵入防止
飛来物による損傷（貫通）	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能喪失	ブローアウトパネルへの飛来物衝突防止対策の実施
	飛来物の侵入による、建屋内部の評価対象施設の損傷	（上記対策により包含される）

3. ブローアウトパネルの開放に伴う開口部への竜巻の影響及び対応方針

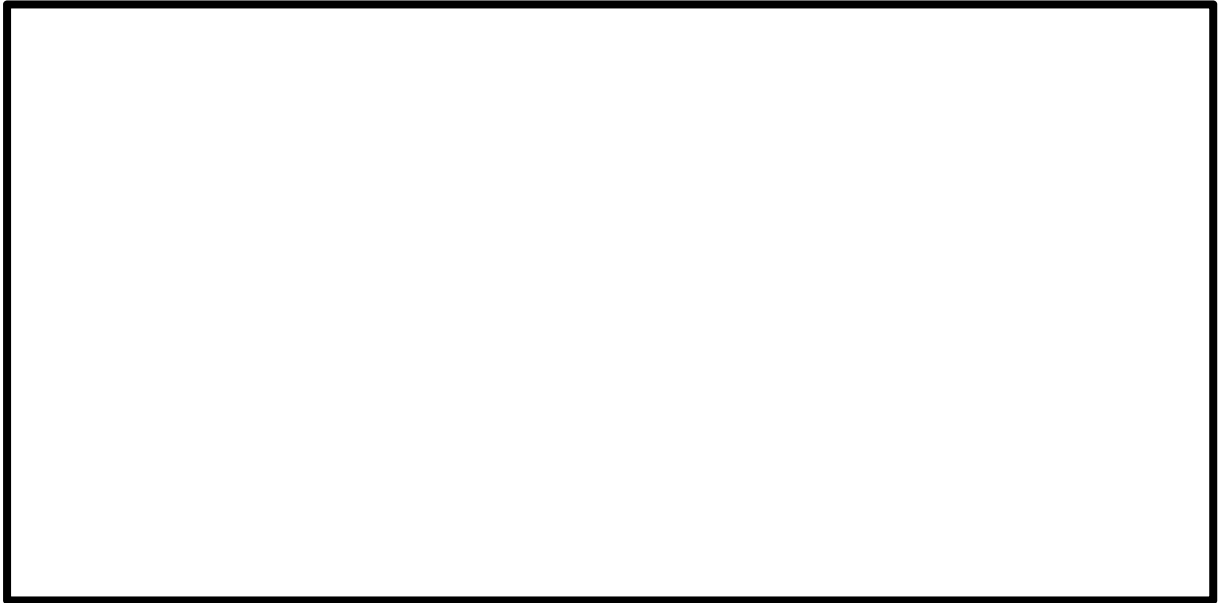
ブローアウトパネルは設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差で開放する可能性があるが、その際に原子炉建屋原子炉棟には開口が生じた状態となることから、その状態に対する竜巻の影響及び対応方針について評価した。

3.1 原子炉建屋内の竜巻防護施設

ブローアウトパネルが設置されている、原子炉建屋原子炉棟 5 階及び 6 階の評価対象施設を別表 5-2 に、評価対象施設及びブローアウトパネルの配置を別図 5-1 に示す。

別表 5-2 原子炉建屋原子炉棟 5 階及び 6 階の評価対象施設

フロア		評価対象施設
6 階		<ul style="list-style-type: none">・使用済燃料プール (①)・燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 (②)・燃料交換機 (③)・原子炉建屋天井クレーン (④)
5 階	東側	<ul style="list-style-type: none">・非常用ガス再循環系設備 (⑤) (排風機, フィルタ, ダンパ, ダクト等)・非常用ガス処理系設備 (⑥) (排風機, フィルタ, ダンパ, ダクト等)
	西側	<ul style="list-style-type: none">・ほう酸水注入系設備 (⑦) (ポンプ, タンク, 弁, 配管等)



別図 5-1 原子炉建屋原子炉棟 5, 6 階におけるブローアウトパネル及び
評価対象施設の配置

3.2 評価対象施設に作用し得る荷重

ブローアウトパネルが気圧差により開放した場合，当該開口部から原子炉建屋原子炉棟 5 階及び 6 階の評価対象施設に作用し得る竜巻に関連する荷重について，別表 5-3 のとおり整理した。その結果，風圧力による荷重 (W_w) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) が考慮すべき荷重として抽出された。

別表 5-3 ブローアウトパネル開口部から原子炉建屋原子炉棟内部に作用し得る竜巻関連荷重

荷重	考慮の 要否	評価	
風圧力による荷重 (W_w)	要	<ul style="list-style-type: none"> ・同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されることから、考慮対象とする。 ・風速は、設計竜巻の最大風速 100m/s とする。 	
気圧差による荷重 (W_p)	否	<ul style="list-style-type: none"> ・開口部の近傍には密閉された設備が無いことから、考慮不要とする。 	
設計飛来物による 衝撃荷重 (W_M)	要	<ul style="list-style-type: none"> ・開口部から飛来物が侵入する可能性は否定できないことから、考慮対象とする。 ・想定する飛来物は、設計飛来物（鋼製材）とする。 	
随 伴 が 考 え ら れ る 事 象	雷	否	開口部からの雷の侵入は考え難いため、考慮しない。
	降水	否	雨の吹込みは開口部近傍に限られるとともに、重要設備は内部溢水対策による防水措置が施されていることから、影響はない。
	ひょう	否	施設への影響が無い設計飛来物である「砂利」と、寸法及び運動エネルギーが同程度であり、施設への影響はないと考える。 【添付資料 10「竜巻時に発生するひょうの影響について」参照】

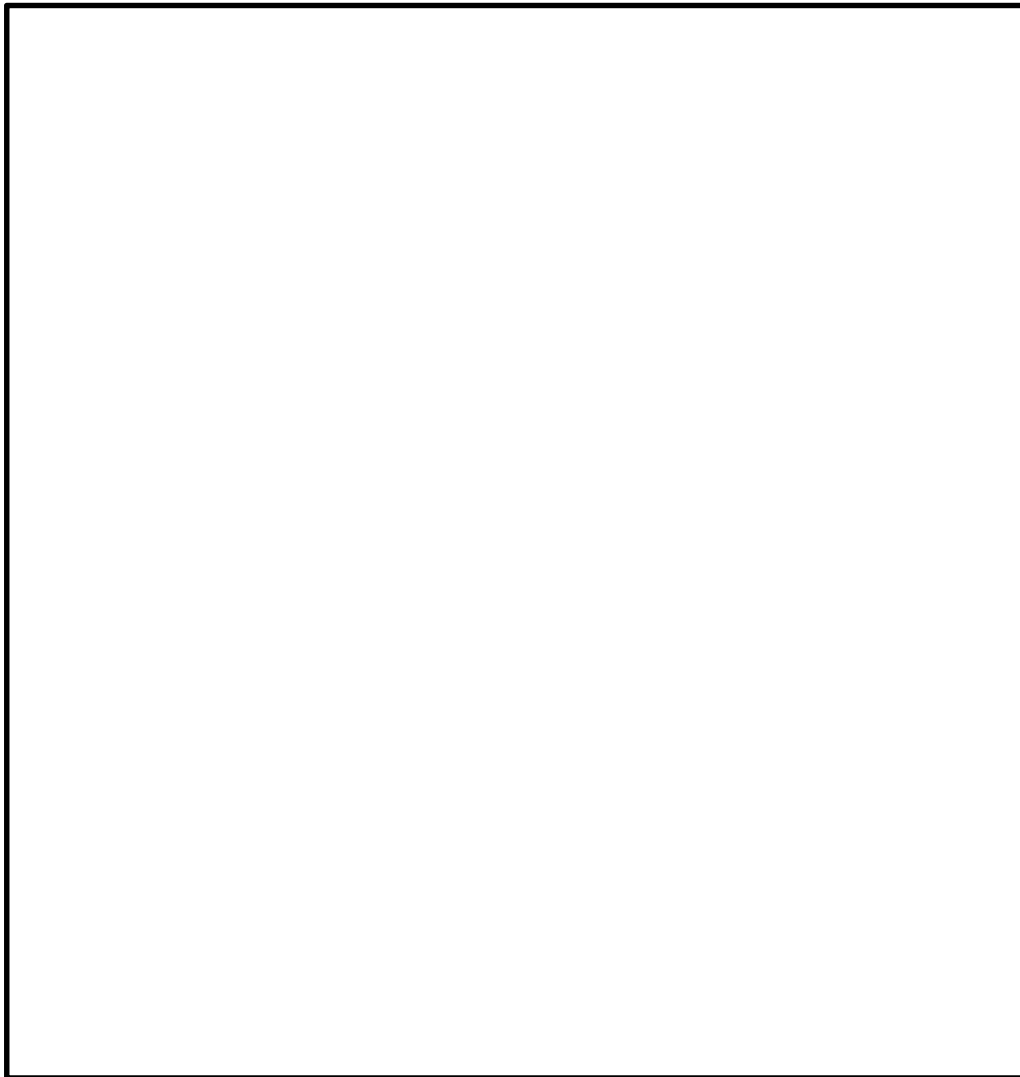
3.3 評価対象施設に対する影響評価と防護方針

各評価対象施設において、それぞれに要求される機能が上で抽出された荷重 (W_w , W_M) に対し維持可能かを評価するとともに、機能維持が難しいと考えられる荷重に対する防護方針を検討した。結果を別表 5-4 に示す。

別表 5-4 竜巻荷重に対する評価対象施設の機能維持評価及び機能維持のための防護方針

評価対象施設	要求される機能	荷重に対する機能維持評価		防護の要否	機能維持のための防護方針	
		荷重	評価			
6 階	使用済燃料プール	放射性物質を貯蔵する機能 (PS-2)	W _w	構造的に、風荷重の影響を受けない。	不要	—
			W _M	プール内の使用済燃料に衝突した場合、燃料の損傷の恐れがある。	要	建屋内への飛来物侵入防止
	燃料プール冷却浄化系真空破壊弁	放射性物質放出の防止機能 (MS-2)	W _w	構造的に、風荷重の影響を受けない。	不要	—
			W _M	施設に衝突した場合、損傷し機能を喪失する恐れがある。	要	建屋内への飛来物侵入防止
	燃料交換機	燃料を安全に取り扱う機能 (PS-2)	W _w	風荷重に対し損傷し、機能を喪失する可能性を否定できない。	要	竜巻の襲来が予想される場合、燃料取扱作業の中止
			W _M	施設に衝突した場合、損傷し機能を喪失する可能性を否定できない。	要	
	原子炉建屋天井クレーン	波及的影響の防止機能	W _w	風荷重に対し損傷し、機能を喪失する可能性を否定できない。	要	竜巻の襲来が予想される場合、使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁に影響を及ぼさない位置（通常の待機位置）に退避する運用
			W _M	施設に衝突した場合、損傷し機能を喪失する可能性を否定できない。	要	

評価対象施設		要求される機能	荷重に対する機能維持評価		防護の要否	機能維持のための防護方針	
			荷重	評価			
5階	東側	非常用ガス再循環系設備	放射性物質の閉じ込め及び放出低減機能 (MS-1)	W _w	当該エリア (別図 5-1 の⑤, ⑥) には多数の設備が存在し, 風荷重に対し損傷し機能を喪失する可能性を否定できない。 (計装ラックの機能喪失 (フレームの変形等) を想定)	要	建屋内への風の侵入防止
				W _M	エリア内の大部分の設備で, 飛来物が施設に衝突した場合, 損傷し機能を喪失する恐れがある。(別図 5-2 参照)	要	建屋内への飛来物侵入防止
	非常用ガス処理系設備	放射性物質の閉じ込め及び放出低減機能 (MS-1)	W _w	当該エリア (別図 5-1 の⑤, ⑥) には多数の設備が存在し, 風荷重に対し損傷し機能を喪失する施設がある可能性を否定できない。 (計装ラックの機能喪失 (フレームの変形等) を想定)	要	建屋内への風の侵入防止	
			W _M	エリア内の大部分の設備で, 飛来物が施設に衝突した場合, 損傷し機能を喪失する恐れがある。(別図 5-2 参照)	要	建屋内への飛来物侵入防止	
	西側	ほう酸水注入系設備	未臨界維持機能 (MS-1)	W _w	ブローアウトパネルから離れた場所にあり, 竜巻の風の主な流路 (別図 5-2 参照) を考えると, 風の影響を受けない。	不要	—
				W _M	施設はブローアウトパネルの開口部から見通せない場所にあるため (別図 5-2 参照), 飛来物が衝突することはない。	不要	—



別図 5-2 原子炉建屋原子炉棟 5 階の風の通過経路及び西側区画
ブローアウトパネルからの飛来物の到達範囲

3.4 開口部の発生に対する防護奉

別表 5-3 の整理に基づく、5 階、6 階それぞれの防護対策は以下のとおりであり、「竜巻飛来物防護対策設備の設置」及び「防風設備の設置」を実施する。なお、飛来物防護対策については、ブローアウトパネル自身への飛来物衝突防止対策に包含される。

また、飛来物防護機能と防風機能を兼ねた設備とすることも可能とする。

(1) 原子炉建屋原子炉棟 6 階の防護方針

- ・ 開口部から侵入する飛来物に対する防護方針

建屋内への飛来物の侵入防止（竜巻飛来物防護対策設備の設置）

- ・ 開口部から侵入する風の荷重に対する防護方針

なし（風荷重による影響を受けない）

(2) 原子炉建屋原子炉棟 5 階の防護方針

- ・ 開口部から侵入する飛来物に対する防護方針

東側（2 箇所）：建屋内への飛来物の侵入防止

（竜巻飛来物防護対策設備（防護ネット）の設置）

多数の評価対象施設があり、個々に防護設備を設置することは配置上も難しいため、飛来物防護設備（ネット等）を開口部に設置することで、外殻防護による飛来物の侵入防止を図る

西側（2 箇所）：なし（飛来物による影響を受けない）

- ・ 開口部から侵入する風の荷重に対する防護方針

東側（2 箇所）：建屋内への風の侵入防止（防風設備）の設置）

多数の評価対象施設の全てに対し健全性確認を行うより、防風設備（防風板）を開口部に設置する方が合理的との判断に基づき、防風設備を開口部に設置することで、外殻防護による風の侵入防止を図る。

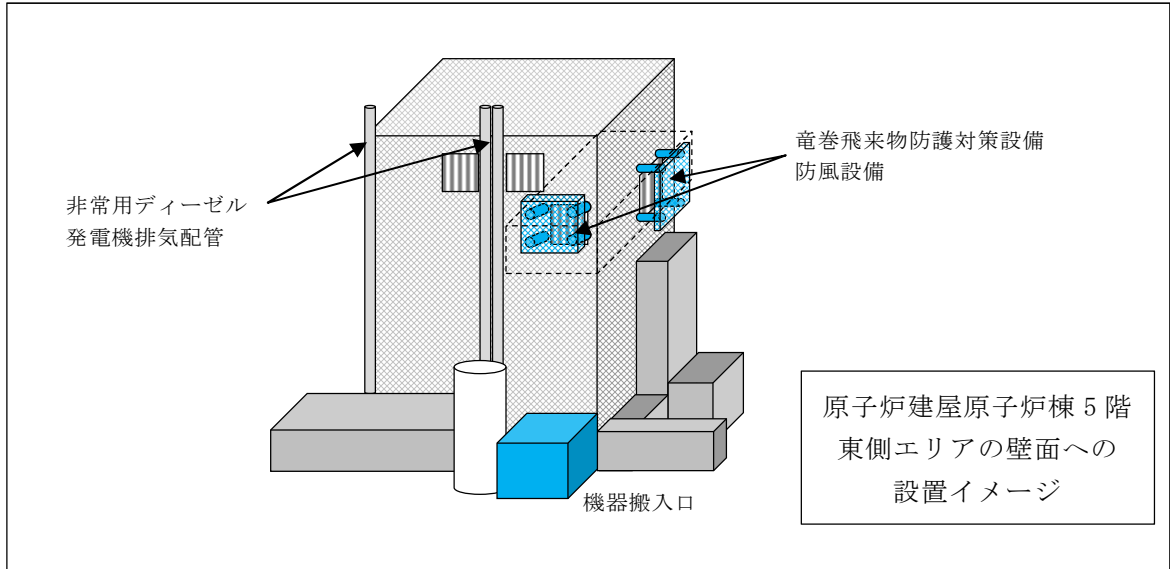
西側（2 箇所）：なし（風荷重による影響を受けない）

原子炉建屋原子炉棟外面に竜巻飛来物防護対策設備又は防風設備を設置する場合のイメージを別図 5-4 に示す。なお、防風設備の設計に際しては、以下について、モックアップ試験もしくはシミュレーションにより確認する。

- ・ 防風設備通過後に、開口部から建屋内部に侵入する流れの有無

- ・ 建屋内部に侵入する流れがある場合は、その速度が設計基準風速*以下であること。

*：建築基準法施行令にて定められる，東海村の基準風速（30m/s）に基づく風速



別図 5-4 竜巻飛来物防護対策設備及び防風設備の設置イメージ
(原子炉建屋 5 階東側エリアの壁面への設置の例)