

# 東海第二発電所

## 外部からの衝撃による損傷の防止 (竜巻)

平成29年8月9日  
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、の内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

1. 東海第二発電所の竜巻影響評価方針.....	3
2. 竜巻影響評価の対象施設の抽出.....	4
3. 設計竜巻の設定.....	7
3-1. 竜巻検討地域( $T_A$ )の設定.....	8
3-2. 基準竜巻の最大風速( $V_B$ )の設定.....	9
3-3. 設計竜巻の最大風速( $V_D$ )の設定.....	10
4. 竜巻影響評価.....	11
4-1. 設計荷重の設定.....	11
4-2. 評価対象施設の防護設計方針.....	17
4-3. 竜巻防護対策.....	19
5. 外部事象に対する津波防護施設等の防護方針.....	20
5-1. 外部事象に対する津波防護施設等の機能維持.....	21

# 1. 東海第二発電所の竜巻影響評価方針



原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」第六条において，外部からの衝撃による損傷の防止として，「安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない」としており，敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして，竜巻の影響を挙げている。

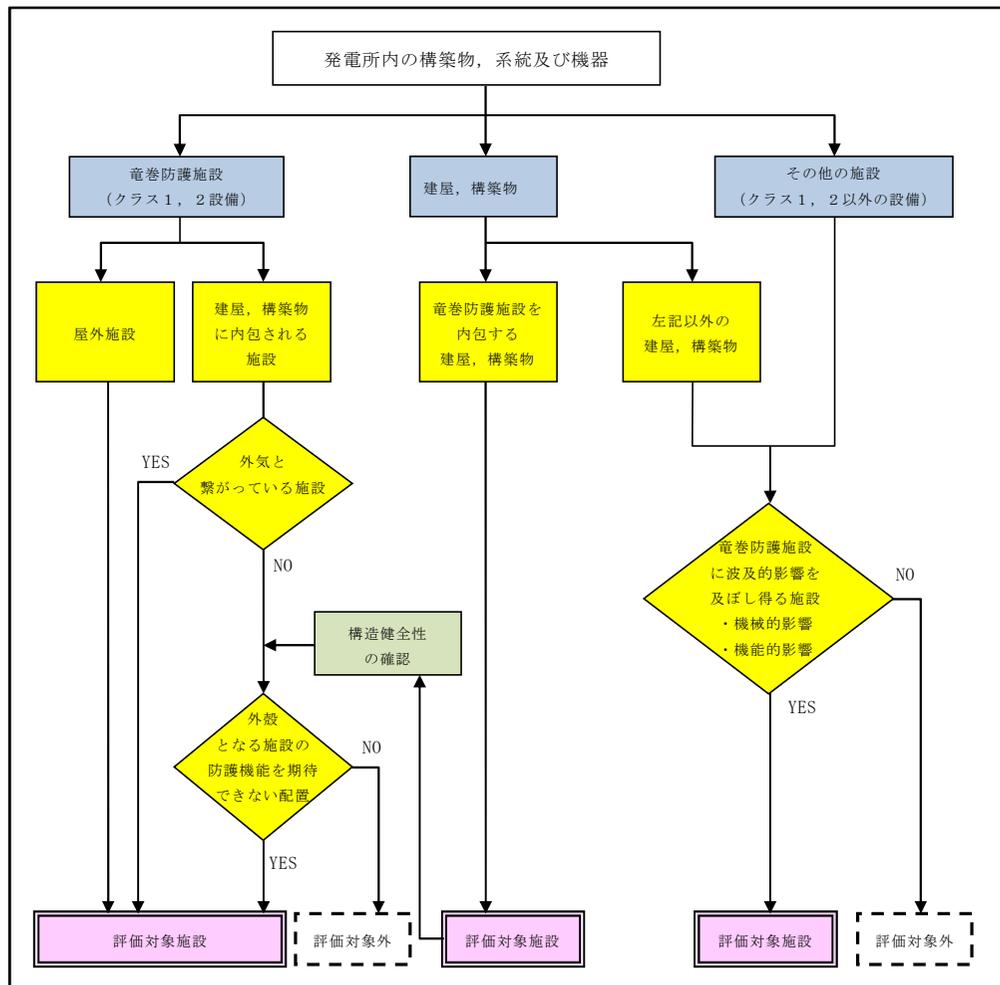
発電用原子炉施設の供用期間中に極めてまれに発生する突風，強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随伴事象等によって発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため，「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参照し，竜巻影響評価を実施し，安全機能が維持されることを確認する。

東海第二発電所の竜巻影響評価での特有の事項は以下の項目がある。

- ① 東海第二発電所敷地外から飛来物の影響  
（近隣の一般国道，近隣施設及び東海発電所（廃止措置中））
- ② 飛散評価の竜巻風速場モデルへのフジタモデルの適用

## 2. 竜巻影響評価の対象施設の抽出

竜巻影響評価の評価対象施設は、図2-1にしたがい、表2-1のとおり抽出した。



( Page.6条(竜巻)-1-3参照 )

竜巻防護施設	屋外施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディーゼル発電機吸気フィルタ</li> <li>・ディーゼル発電機室ルーフベントファン</li> <li>・中央制御室換気系冷凍機</li> <li>・海水ポンプ室内設備</li> <li>・非常用ガス処理系排気配管</li> <li>・排気筒</li> </ul>
	竜巻防護施設内包する施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋</li> <li>・タービン建屋</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵建屋</li> <li>・軽油貯蔵タンク室</li> </ul>
	屋内の施設で外気と繋がっている施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御室換気系隔離弁, ファン (ダクト含む)</li> <li>・ディーゼル発電機室換気系ダクト</li> <li>・原子炉建屋換気系隔離弁, ダクト</li> </ul>
竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設	外殻となる施設による防護機能が期待できない施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御室換気系ファン</li> <li>・非常用電源盤</li> <li>・非常用ガス処理系設備</li> <li>・非常用ガス再循環系設備</li> <li>・使用済燃料プール</li> <li>・燃料プール冷却浄化系真空破壊弁</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵容器</li> </ul>
	屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス建屋</li> <li>・鋼製防護壁</li> <li>・海水ポンプ室</li> <li>・排気筒</li> <li>・ディーゼル発電機排気消音器</li> <li>・ディーゼル発電機附属設備配管</li> <li>・海水ポンプ室内設備附属配管</li> </ul>

( Page.6条(竜巻)-1-4,10参照 )

図2-1 評価対象施設の抽出フロー

表2-1 評価対象施設

## 2. 竜巻影響評価の対象施設の抽出

竜巻影響評価の評価対象施設のうち、竜巻防護施設の配置図を図2-2に示す。

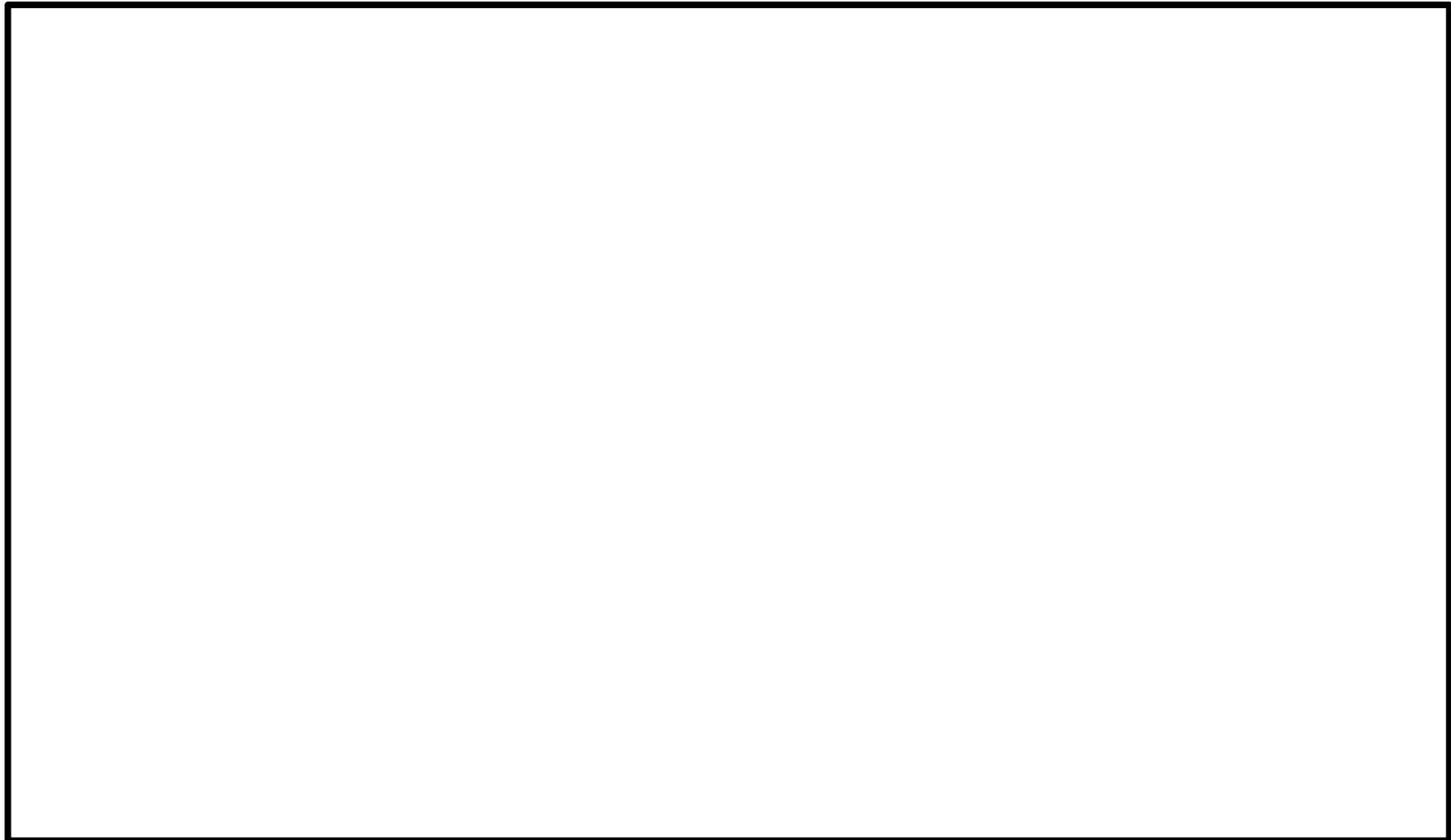


図2-2 竜巻防護施設（屋外施設）の配置図

## 2. 竜巻影響評価の対象施設の抽出

竜巻影響評価の評価対象施設のうち、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の配置図を図2-3に示す。

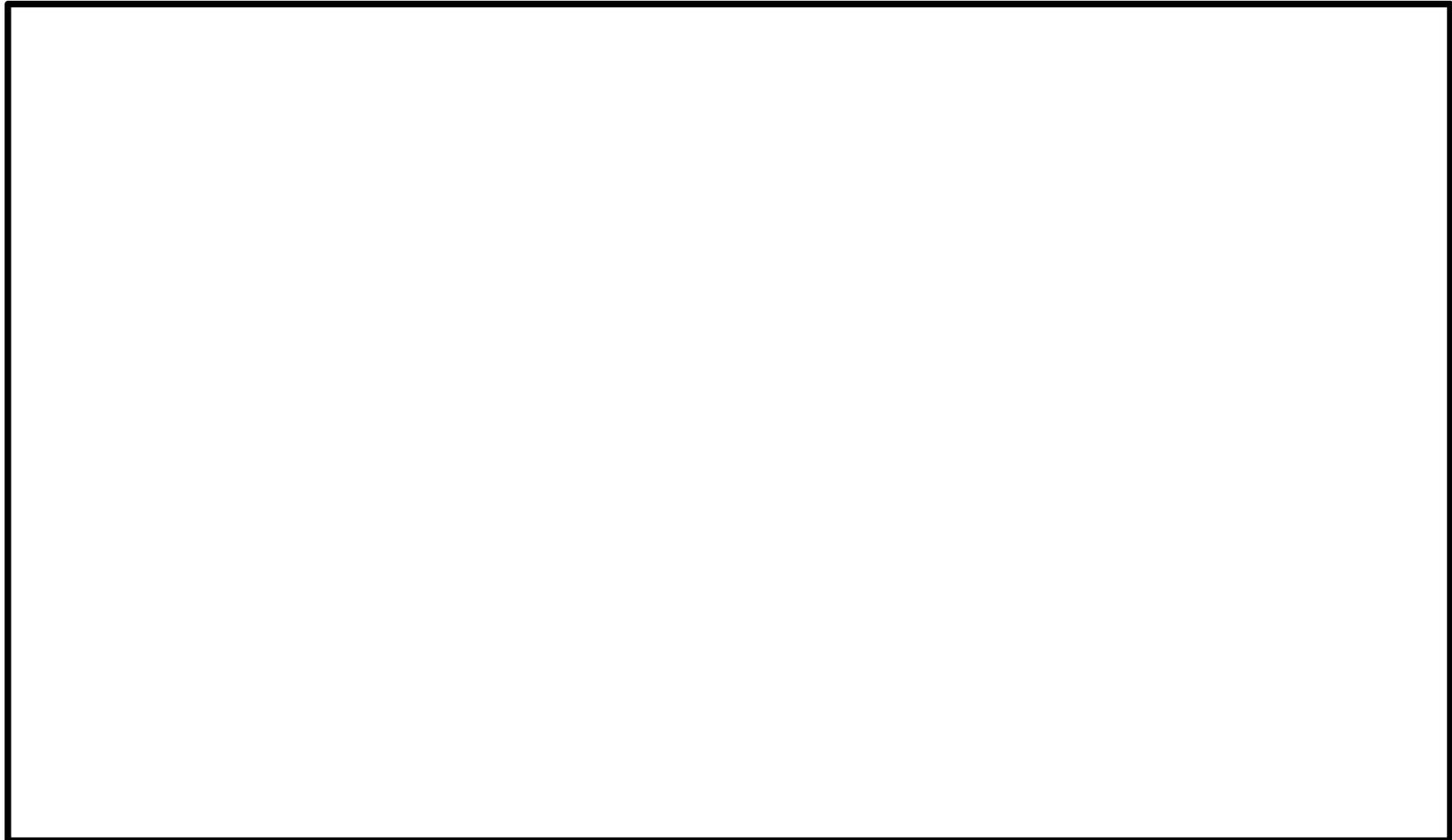


図2-3 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の配置図

### 3. 設計竜巻の設定

竜巻影響評価に用いる設計竜巻は、図3-1にしたがって設定した。

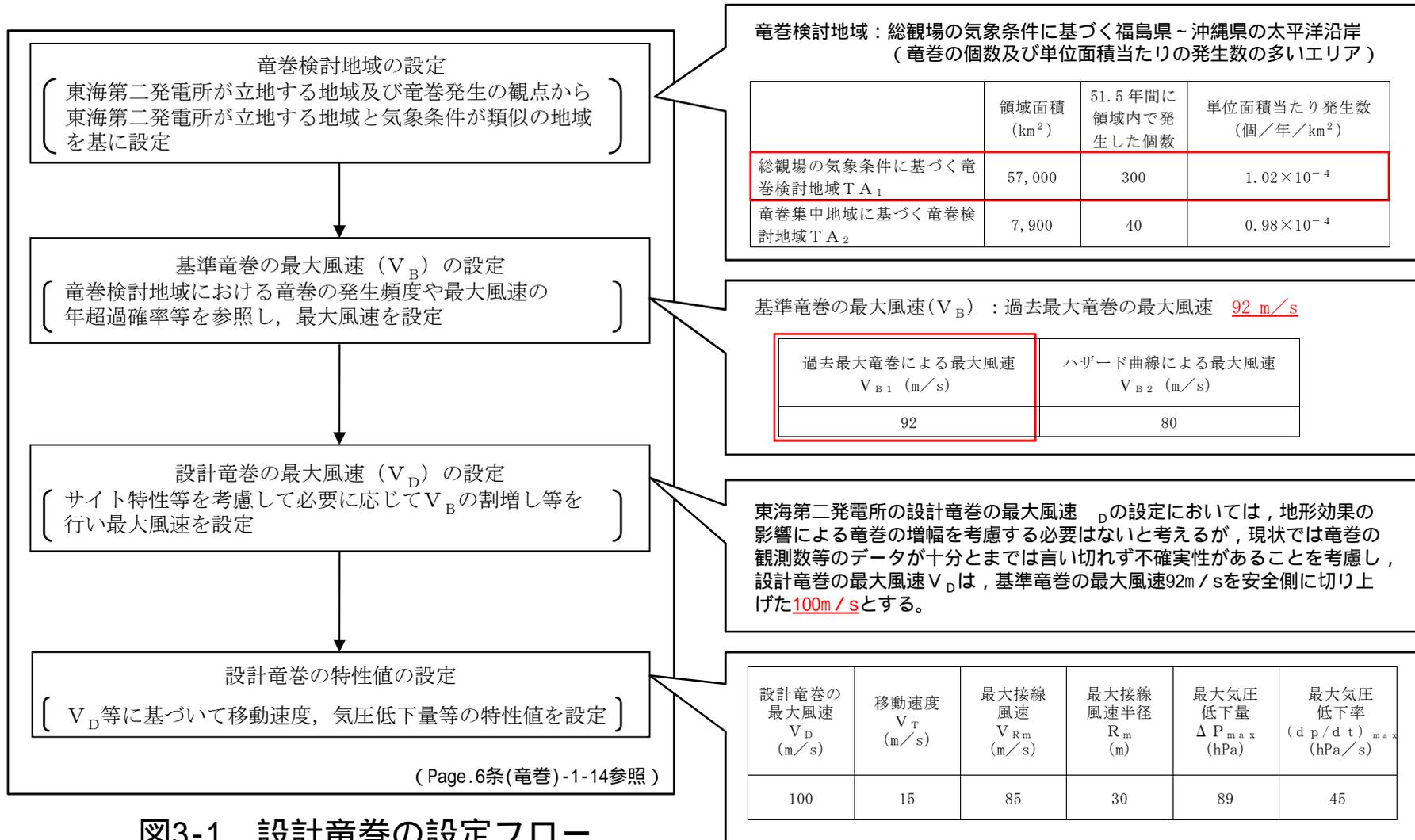
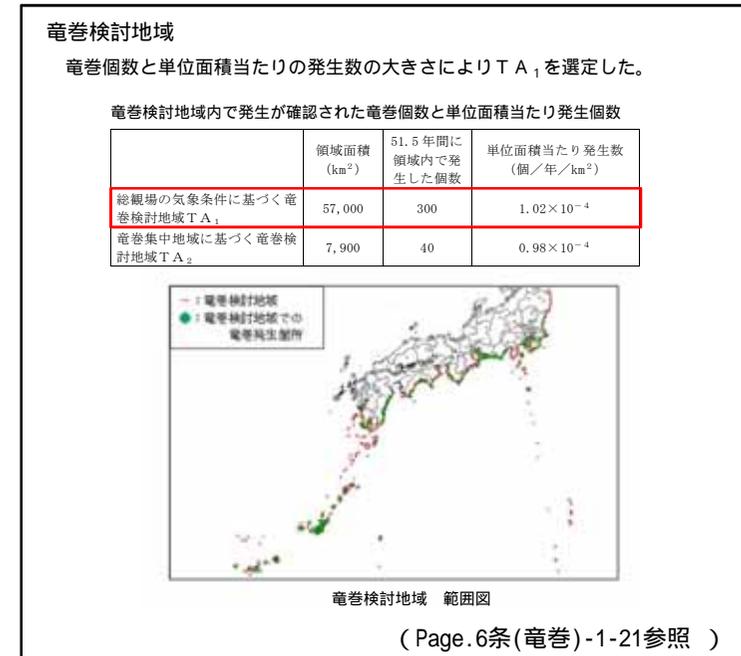
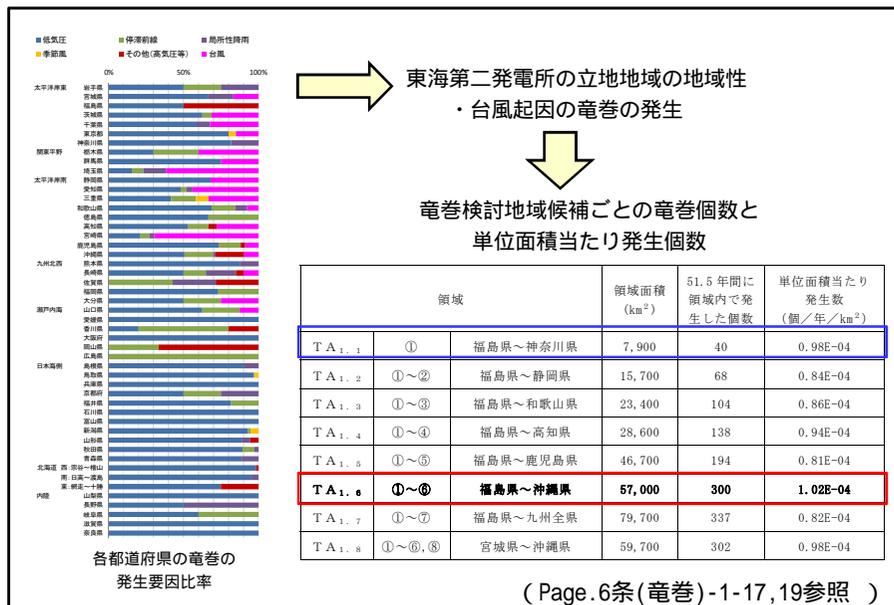
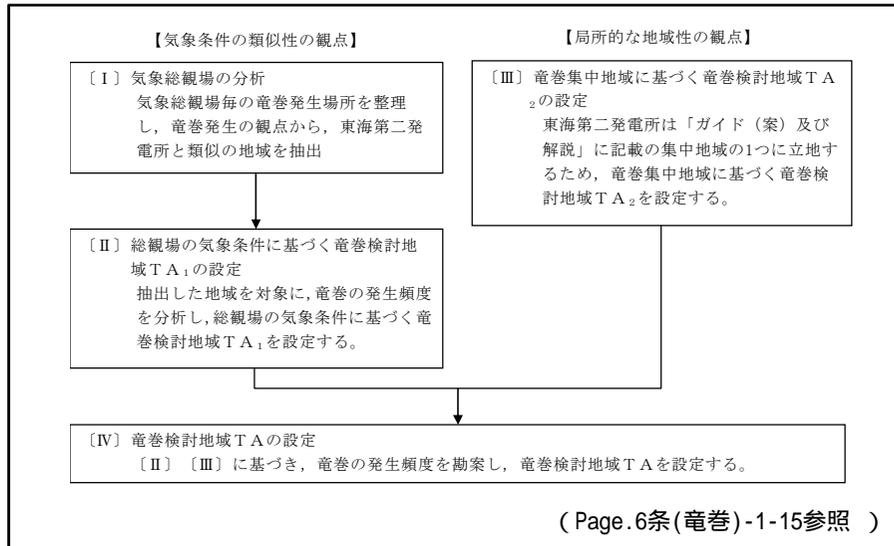


図3-1 設計竜巻の設定フロー

# 3. 設計竜巻の設定



## 3-1. 竜巻検討地域(T<sub>A</sub>)の設定



# 3. 設計竜巻の設定

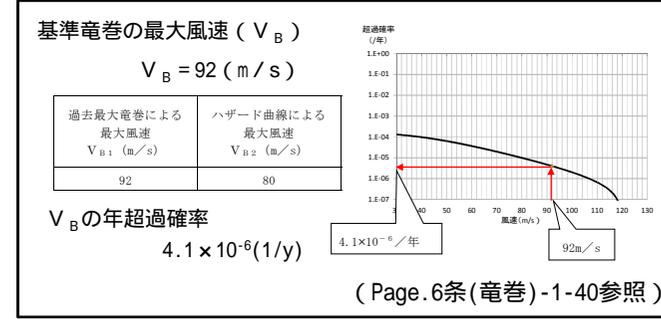
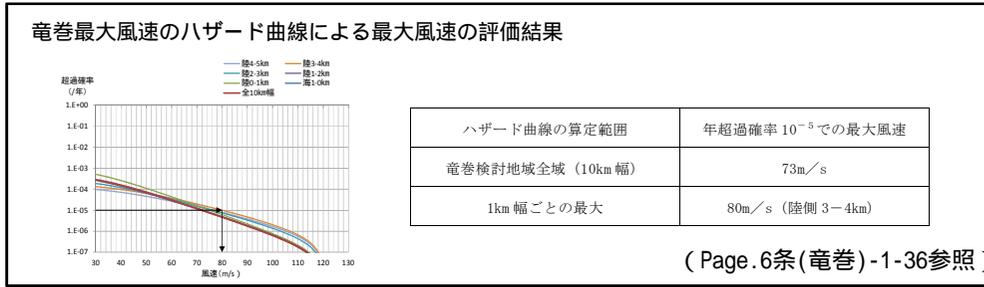
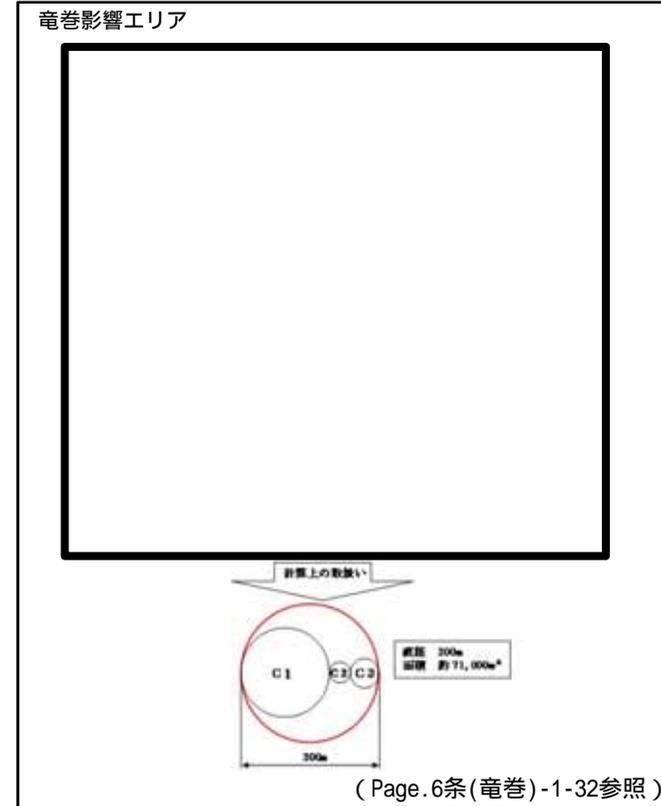
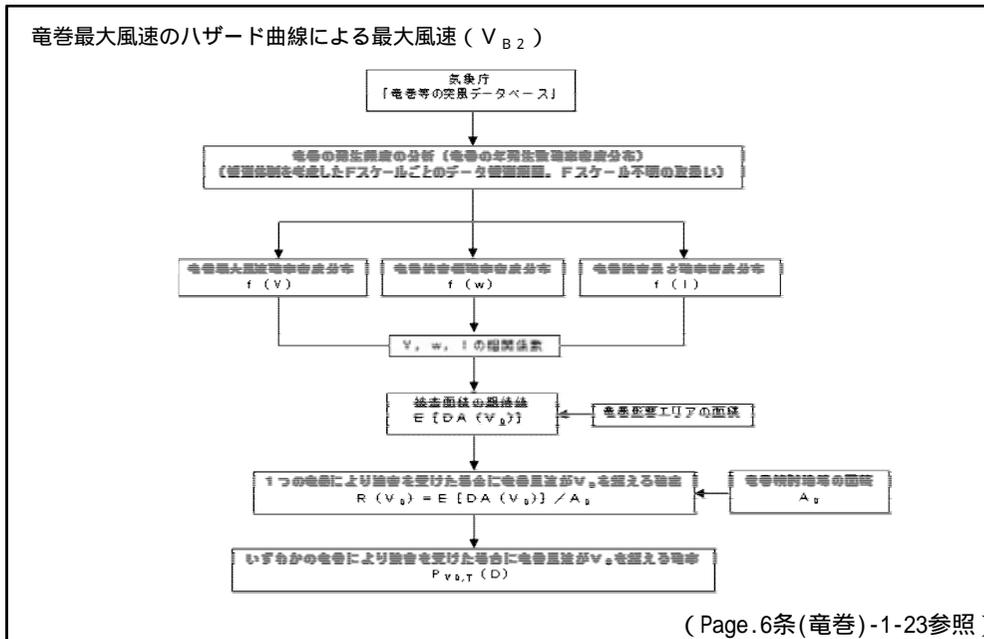


## 3-2. 基準竜巻の最大風速 ( $V_B$ ) の設定

過去に発生した竜巻による最大風速 ( $V_{B1}$ )

気象庁の「竜巻等の突風データベース」に基づき、竜巻検討地域内で過去（1961年1月～2012年6月）に発生した竜巻のうち最大であるF3スケールにおける風速は70m/s～92m/sであることから、過去に発生した竜巻による最大風速  $V_{B1}$  を92m/sとする。

(Page.6条(竜巻)-1-22参照)

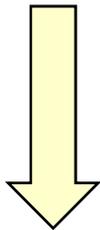


### 3. 設計竜巻の設定

#### 3-3. 設計竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) の設定

##### 設計竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) の設定

- (1) 地形効果による竜巻風速への影響  
角運動量の保存側より、基本的に竜巻の渦が上り斜面を移動する時渦は弱まり、下り斜面を移動する時には強まる。
- (2) 東海第二発電所の敷地周辺における地形と竜巻風速への影響  
敷地周辺は、最大でも標高40 m程度のなだらかな地形であり、竜巻渦の旋回強度に影響を及ぼすと考えられるマイクロスケール(数百m)規模の起伏は認められないことから、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低い。



東海第二発電所の設計竜巻の最大風速  $V_D$  の設定においては、地形効果の影響による竜巻の増幅を考慮する必要はないと考えるが、現状では竜巻の観測数等のデータが十分とまでは言い切れず不確実性があることを考慮し、設計竜巻の最大風速  $V_D$  は、基準竜巻の最大風速92m/sを安全側に切り上げた100m/sとする。

設計竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) 100m/s

(Page.6条(竜巻)-1-43参照)

#### 3-4. 設計竜巻の特性値

設計竜巻の 最大風速 $V_D$ (m/s)	移動速度 $V_T$ (m/s)	最大接線風速 $V_{Rm}$ (m/s)	最大接線 風速半径 $R_m$ (m)	最大気圧 低下量※ $\Delta P_{max}$ (hPa)	最大気圧 低下率※ $(dp/dt)_{max}$ (hPa/s)
100	15	85	30	89	45

フジタモデルを包絡し、計算に解析を要せず算出が容易なランキン渦モデルの数値を使用

(Page.6条(竜巻)-1-45参照)

# 4. 竜巻影響評価



## 4-1. 設計荷重の設定

### 設計竜巻荷重の設定

上記特性値を踏まえ、以下の3種の荷重を設定。(ガイドに例示される式に準拠)

#### (1) 風圧力による荷重の設定

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

q: 設計用速度圧 ( $= (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$ )

G: ガスト影響係数 (=1.0)

C: 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位 (屋根, 壁等) に応じて設定)

A: 施設の受圧面積

( Page.6条 (竜巻)-1-48参照 )

#### (2) 気圧差による荷重の設定

$$W_p = \Delta P_{max} \cdot A$$

$\Delta P_{max}$ : 最大気圧低下量

A: 施設の受圧面積

( Page.6条 (竜巻)-1-49参照 )

#### (3) 設計飛来物による衝撃荷重の設定

設計竜巻の最大風速100m/sによる設計飛来物の衝撃荷重は、砂利と比べ運動エネルギーが大きくなる鋼製材の衝突方向及び衝突面積を考慮し、鋼製材が評価対象施設に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向で算出する。

##### [設計飛来物]

設計飛来物は、現場調査結果を踏まえ、飛来物防護対策として設置する設備の規模と固縛等の飛来物発生防止対策を要する物品の物量のバランスを考えて鋼製材を設定した。(次項参照)

東海第二発電所の設計飛来物

飛来物の種類	砂利	鋼製材
サイズ (m)	長さ×幅×高さ 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×高さ 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	0.18	135
最大水平速度 (m/s)	62	51
最大鉛直速度 (m/s)	42	34

( Page.6条 (竜巻)-1-57参照 )



## 4. 竜巻影響評価

### 4-1. 設計荷重の設定

#### 設計飛来物の設定

##### 設計飛来物以外の飛来物源に対する措置

##### (1) 基本方針

設計飛来物以外の飛来物源については、設計竜巻の最大風速における衝突時の運動エネルギー又は貫通力が鋼製材を上回る飛来物源（コンテナ等）については飛来物発生防止対策（固縛，固定，移設（竜巻防護施設からの退避含む，撤去等）により，設計飛来物による影響を上回らないものとする。

##### (2) 発電所敷地外からの飛来物の影響

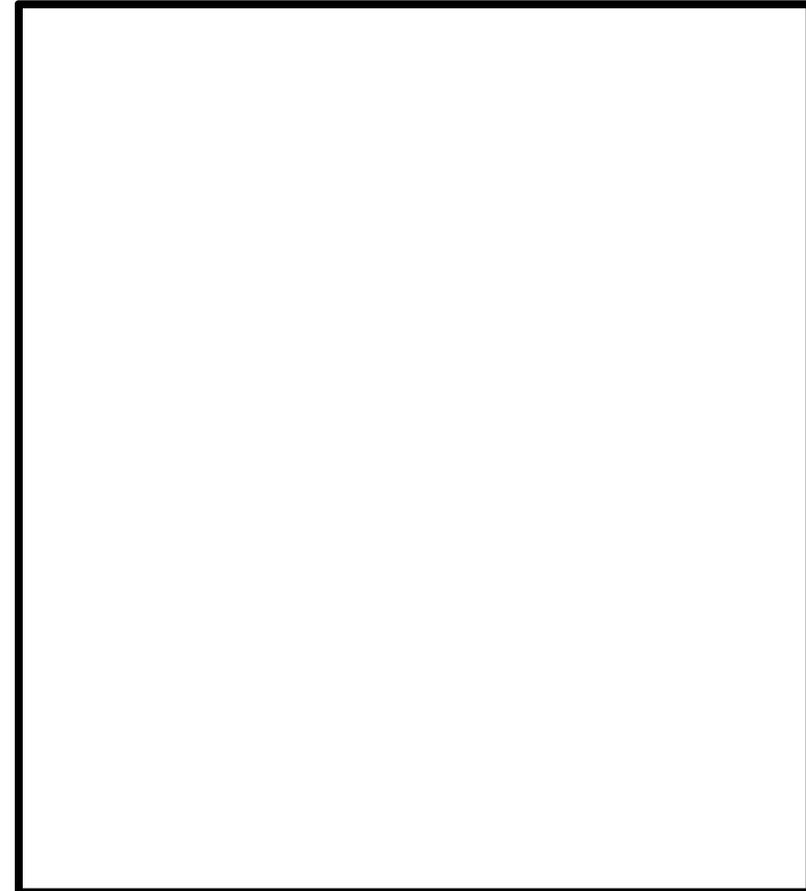
東海第二発電所の敷地近傍には、一般道や近隣施設があり、そこからの飛来物の影響が考えられる。

その影響範囲は、保守性を含めた解析により、設計飛来物よりも影響の大きな飛来物源の飛散距離が最大でも250m程度であることから、影響を受ける可能性の有る施設の構造や配置，分散配置等の配置方針，を考慮すると，施設の機能に影響を及ぼす可能性は低いと判断している。

##### (3) 東海発電所からの飛来物の影響

東海第二発電所に隣接する東海発電所（廃止措置中）からの飛来物の影響が考えられる。

東海発電所の廃止措置作業には、作業計画の工夫等により、飛来物を発生させないような配慮を行い，廃止措置側の規定等で管理することを考慮すると，東海第二発電所施設の機能に影響を及ぼす可能性は低いと判断している。



発電所敷地外からの飛来物の影響範囲

( Page.6条(竜巻)-1-54 ~ 56参照 )

# 4. 竜巻影響評価

## 4-1. 設計荷重の設定

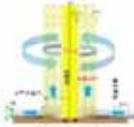
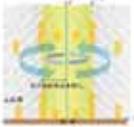
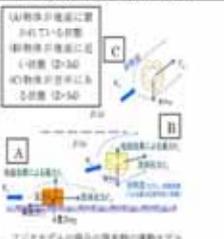
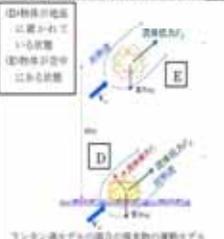
### 設計飛来物の設定

飛来物源の飛散評価の風速場モデルにフジタモデルを適用する。

#### 【フジタモデルの適用】

東海第二発電所は、敷地近傍に一般道や近隣施設が存在することから、飛来物源の配置位置を考慮した上で、竜巻による飛来物化の影響度合いに対して浮上の有無の観点を含めて、より現実的に捉えることができるフジタモデルを飛散評価の風速場モデルとして適用した。

#### 「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」の特徴及び飛散評価手法の比較

	フジタモデル (及び同モデルを用いた飛散解析手法)	ランキン渦モデル (及び同モデルを用いた飛散解析手法)
モデルの概要	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fujitaにより実験に基づき考案された竜巻風速場モデルであり、流線に近い風速場構造を有する</li> <li>• 半径方向に3つの領域 (内部コア、外部コア及び最外領域) を有し、外部コアに上昇流が存在する</li> <li>• 旋回風速や上昇風速に高さ依存性がある</li> <li>• 米国DOEの重要施設の基準において、竜巻飛来物の速度及び飛散高さの設定に使用</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現</li> <li>• 上昇流は全領域に存在</li> <li>• 旋回風速や上昇風速に高さ依存性がなく、地面から吹き出しが生じる流れとなっている (飛散評価を行う場合、地上からの物体の浮上、飛散挙動を表現できないため、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定し評価することになる)</li> <li>• 米国NRC Regulatory Guide 1.76にて採用</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地面に置かれた物体へ影響を与える風速場をよく表現できており、地上からの物体の浮上、飛散解析が可能</li> <li>→ 地上にある物体に対する力や挙動を表現するのに適しているモデルであり、防護対策や同種対象の新設や高度について、実効性の高い対策とすることが可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現可能</li> </ul>
デメリット	<p>特になし。 (ランキン渦モデルに比べ解析プログラムが複雑になるが、近年の計算機能力の向上や評価フェールの高度化により問題とならない)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 風速場に高さ依存性がなく、上昇流が全領域に存在する (地面からも吹き出しがある) ため、現象から浮遊しており、地上からの物体の浮上、飛散挙動を表現できない</li> <li>→ 地上における積雪物に対し、過度に保守的な防護対策や同種対策が必要となる。</li> </ul>
物体の浮上、飛散モデル	 <p>物体の浮上、飛散モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 物体の存在により物体上面と下面の流れが対象となることで生じる地面効果による揚力 (左図A-B) と流れの速度方向に平行な抵抗力 (左図A-C、但し地面付近では抵抗力の影響は小さい) を考慮し、地面に置かれた状態からの浮上高さや飛散速度等を評価</li> <li>• 揚力係数 <math>C_L</math> 等</li> <li>• 地面から浮き上がる際の物体挙動を理論的に評価することは困難であるため、翼のような曲線形状を除き保守的となるよう、風洞実験の結果を踏まえ、代用の揚力係数を設定 (物体の風の受け方や高度を変化させた場合でも、代用揚力係数が実験値より保守的になっていることを確認)</li> </ul>	 <p>物体の浮上、飛散モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 物体に働く流れの速度方向に平均的な抵抗力 (左図D) と自重の関係から、物体が飛散するか否かを判定し、飛散する場合には、風速場を表現できていない空中浮遊状態からの浮上高さや飛散速度等を評価</li> <li>• 抵抗力係数 <math>C_D A</math></li> <li>• 物体がランダム回転し、物体の各面に均等に力を受けるものとして、抵抗力係数 <math>C_D A</math> 方向の平均値を設定</li> </ul>
竜巻が物体に与える速度に関する設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 竜巻内の物体の揺動依存性 (風速場における竜巻風速の不均一性) を考慮し、風速場における物体の中から、最大の飛散速度や飛散距離を設定</li> <li>• 実際に竜巻が流方から近づく場合には、最大風速より低い風速に晒された時点で飛散する可能性があるが、物体を強制的に高速域に晒し、物体が瞬時に最大風速を受けるよう設定</li> </ul>	同左

# 4. 竜巻影響評価

## 4-1. 設計荷重の設定

### 設計飛来物の設定

飛来物源の飛散評価に用いる空力パラメータは以下のとおり算出する。

物品の飛散解析に用いる空力パラメータは「竜巻影響評価ガイド」の参考文献<sup>(1)</sup>及び米国NRCの竜巻設計のための飛来物特性を与えるNUREG-0800 (1996)<sup>(2)</sup>に引用されている文献<sup>(3)</sup>を参照し、下式により算出する。

$$\frac{C_D A}{m} = c \frac{(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$$

ここで、

$\frac{C_D A}{m}$  : 空力パラメータ (m<sup>2</sup>/kg)

$m$  : 物品の質量 (kg)

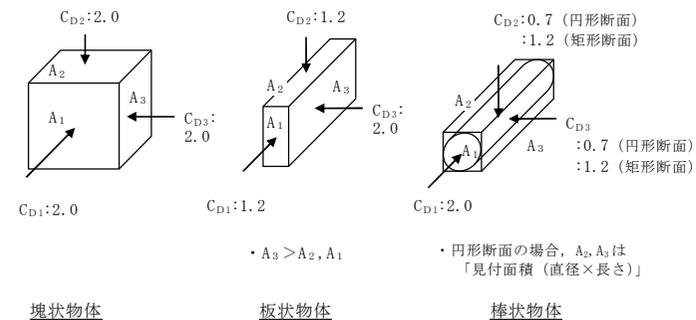
$c$  : 係数 (0.33)

$C_{D1}, C_{D2}, C_{D3}$  : 直交3方向における物品の抗力係数(別表2-1より選定)

$A_1, A_2, A_3$  :  $C_{D1} \sim C_{D3}$ を定義した各方向に対する見付面積 (m<sup>2</sup>)

別表 2-1 空力パラメータ算出のための抗力係数

物体の形状	$C_{D1}$	$C_{D2}$	$C_{D3}$
塊状	2.0	2.0	2.0
板状	1.2	1.2	2.0
棒状	2.0	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)



#### 参考文献

- (1) 東京工芸大学 (2011): 平成21~22年度原子力安全基盤調査研究(平成22年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構
- (2) US-NRC: "3.5.1.4 MISSILE GENERATED BY NATURAL PHENOMENA," Standard Review Plan, NUREG-0800, 1996.
- (3) E.Simiu, M. Cordes: "Tornado-Borne Missile Speeds," NBSIR76-1050, National Bureau of Standards, Washington D.C., 1976.

(Page.6条(竜巻)-1-添付資料-9 別紙-2-1~3 参照)

## 4. 竜巻影響評価



### 4-1. 設計荷重の設定

#### 設計竜巻荷重の組合せ

竜巻影響評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重( $W_W$ )、気圧差による荷重( $W_P$ )、及び設計飛来物による衝撃荷重( $W_M$ )を組み合わせた複合荷重とし、以下の式によって算出する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5W_P + W_M$$

$W_{T1}$ ,  $W_{T2}$ : 設計竜巻による複合荷重

$W_W$ : 設計竜巻の風圧力による荷重

$W_P$ : 設計竜巻の気圧差による荷重

$W_M$ : 設計飛来物による衝撃荷重

なお、複合荷重 $W_{T2}$ の算出は、 $W_W$ 、 $W_P$ 及び $W_M$ の作用方向が同一となるように扱うこととしており、ランキン渦モデルベースの $W_P$ を用いることは、複合荷重としても保守側になる。

(Page.6条(竜巻)-1-58 ~ 59参照)

#### 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。

(1) 評価対象施設に常時作用する荷重

対象荷重: 自重, 死荷重及び活荷重

(2) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻と同時に発生する可能性のある自然現象(雷, 雪, 雹及び大雨)の組合せによる荷重は設計竜巻荷重に包絡されるため、対象なし。

(3) 設計基準事故時荷重

設計竜巻と設計基準事故は独立事象であり、同時に発生する頻度は十分小さいことから、組合せは考慮しない。

(Page.6条(竜巻)-1-59 ~ 60参照)

# 4. 竜巻影響評価



## 4-1. 設計荷重の設定

### 設計竜巻による荷重に対する竜巻風速場モデルの適用方針

東海第二発電所の設計竜巻による荷重算出における竜巻風速場モデルの適用方針は以下のとおりである。

- (1) 設計竜巻の風圧力による荷重 ( $W_W$ ) : 竜巻風速場モデルに依存しない。
- (2) 設計竜巻の気圧差による荷重 ( $W_P$ ) : ランキンモデルでの評価式を採用。下記参照

$W_P$ の設定においては、 $W_M$ の方針に合わせフジタモデルを用いる選択肢も取り得るが、上記方針を踏まえた以下の理由により、ランキン渦モデルに基づく「竜巻影響評価ガイド」に示される評価式を採用した。

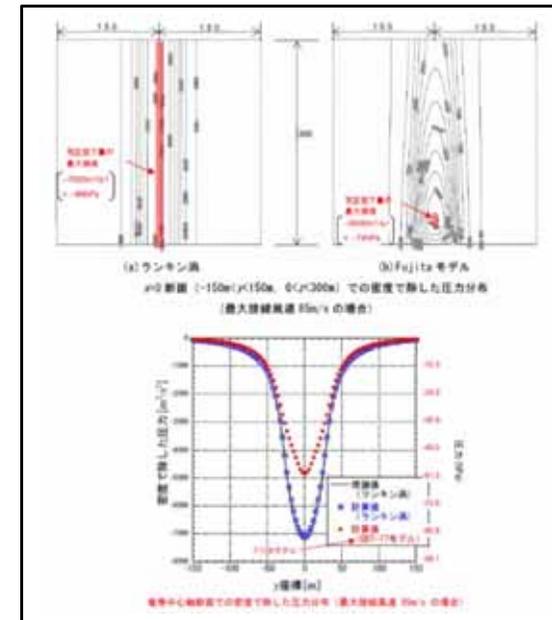
- ・ 右図に示すとおり、ランキン渦モデルの気圧低下量の分布がフジタモデルの分布を包含するため、保守性を確保出来る。
- ・ フジタモデルによる気圧低下量の計算には計算機を用いた数値解析が必要で、第三者による作業を要するが、上記の評価式に基づく計算は、事業者自身が手計算で容易に実施可能。
- ・ 複合荷重 $W_{T2}$ の算出は、 $W_W$ 、 $W_P$ 及び $W_M$ の作用方向が同一となる様に扱うこととしており、ランキン渦モデルベースの $W_P$ を用いることは、複合荷重としても保守側になる。

- (3) 設計飛来物による衝撃荷重 ( $W_M$ )

: 飛散評価の風速場モデルは「フジタモデル」を採用。(前述)

設計飛来物である鋼製材の設定値は、保守的な「竜巻影響評価ガイド」の値を用いており、実質的な構造健全性の評価においてフジタモデルの数値を用いる箇所はない。

(Page.6条(竜巻)-2-別紙2-1~2参照)



設計竜巻 ( $V_{Rm}: 85m/s$ ) における圧力分布

## 4. 竜巻影響評価



### 4-2. 評価対象施設の防護設計方針

#### (1) 竜巻防護施設のうち、外殻となる施設により防護される施設（外気と繋がっている施設を除く）

竜巻防護施設のうち、外殻となる施設による防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）は、建屋、構築物の外殻となる防護機能により設計荷重に対して影響を受けない設計とする。

（Page.6条（竜巻）-1-62参照）

#### (2) 竜巻防護施設のうち、外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

外殻となる施設（建屋、構築物）に内包される竜巻防護施設のうち、外殻となる施設が設計竜巻の影響により健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発生し安全機能を損なう可能性がある場合には、施設の補強、竜巻飛来物防護対策設備又は固縛等の飛来物発生防止対策による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

（Page.6条（竜巻）-1-66～67参照）

#### (3) 竜巻防護施設のうち、屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

##### <外殻となる施設に内包され防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋がる施設>

外殻となる施設に内包され防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋がる施設は、設計荷重の影響を受けても、安全機能を損なわない設計とする。

（Page.6条（竜巻）-1-65参照）

##### <屋外施設>

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重による影響により安全機能を損なわない設計とする。安全機能を損なう場合には防護ネット等の竜巻飛来物防護対策設備又は固縛等の飛来物発生防止対策による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

（Page.6条（竜巻）-1-62～64参照）

## 4. 竜巻影響評価



### 4-2. 評価対象施設の防護設計方針

#### (4) 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する施設は、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部(扉類)の破損により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

(Page.6条(竜巻)-1-64参照)

#### (5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても、竜巻防護施設に影響を及ぼさないよう、設備又は固縛等の飛来物発生防止対策による竜巻防護対策を実施することにより、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

(Page.6条(竜巻)-1-67～69参照)

#### 【貫通評価】

設計竜巻荷重による構造健全性評価とは別に、竜巻飛来物による貫通損傷についても評価。

- ・ 鋼板部位 : BRL式による簡易評価 又は、FEM解析による詳細評価
  - ↳ 「タービンミサイル評価について(原子炉安全専門審査会)」中の、鋼板に対する貫通厚さ算出式
- ・ コンクリート部位 : Degen式(貫通)、Chang式(裏面剥離)、修正NDRC式による簡易評価 又は FEM解析による詳細評価
  - ↳ 飛来物の衝突に対する評価として、NEI07-13及び米国NRCの基準類に記載の算定式

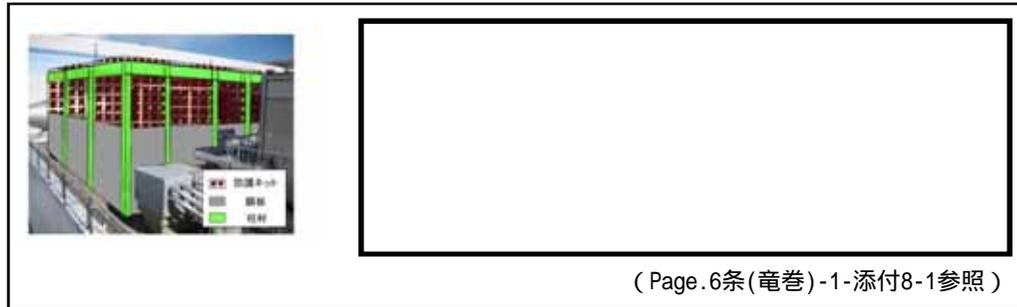
# 4. 竜巻影響評価

## 4-3. 竜巻防護対策

### 竜巻防護対策

#### 飛来物防護対策

設計飛来物の衝突によって損傷する可能性がある竜巻防護施設については、飛来物防護対策（竜巻防護ネット、防護鋼板）を設置する。

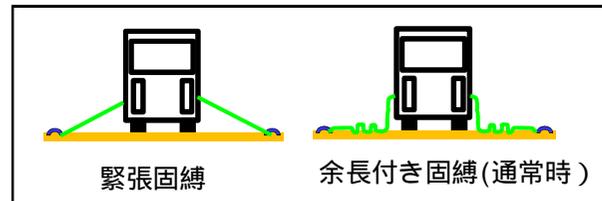


(Page.6条(竜巻)-1-添付8-1参照)

飛来物防護対策例のイメージ図

#### 飛来物発生防止対策

設計飛来物の影響（運動エネルギー、貫通力）を超え、かつ竜巻防護施設まで到達し得る範囲に配置される飛来物源に対しては、飛来物発生防止対策（固縛、固定、移設、撤去等）を実施する。



固縛対策のイメージ図



車両の移設（退避）エリア図

(Page.6条(竜巻)-1-添付8 別紙-2-2参照)

# 4. 竜巻影響評価

## 4-3. 竜巻防護対策

### 飛来物発生防止対策手法の選定

東海第二発電所の対策手法の選定

飛来物発生防止対策の対象物品

管理下でない物品か  
(敷地外の飛来物源)

撤去できるか

移設・建屋等内  
収納できるか

地震時の機能要求  
があるか

加振試験時に固定するか  
(転倒リスクの有無)

緊張固縛での  
加振試験時の機能維持  
できるか

固定\*1  
固縛\*2 (コンテナ)

余長付き固縛\*3 (可搬型重大事故等  
対処設備(車両))

緊張固縛\*2 (可搬型重大事故等  
対処設備(車両))

注) ※1~3は別図2-4-1の対策例を示している。

凡例

対策手法	(代表物品)
個別評価	(敷地外物品)
撤去	(不要物品)
移設 収納	(乗用車) (ケーブル)

飛散防止対策	対策の概要図		別図2-1-1 の記載
固定		飛来物源に固定金具を 取り付けて固定	対策例①
緊張固縛		飛来物源に車輪部を 連結材と固定金具 を用いて固定  【挙動させない】	対策例②
		飛来物源を連結材 (ロープ)を用いて 固縛  【挙動させない】	
余長付き 固縛	(通常時)  (地震時(展張の可能性もある))  (竜巻時(展張)) 	飛来物源を連結材 (ロープ)を用いて 固縛	対策例③

( Page.6条(竜巻)-1-添付8-別紙2-2参照 )

# 5. 外部事象に対する津波防護施設等の防護方針

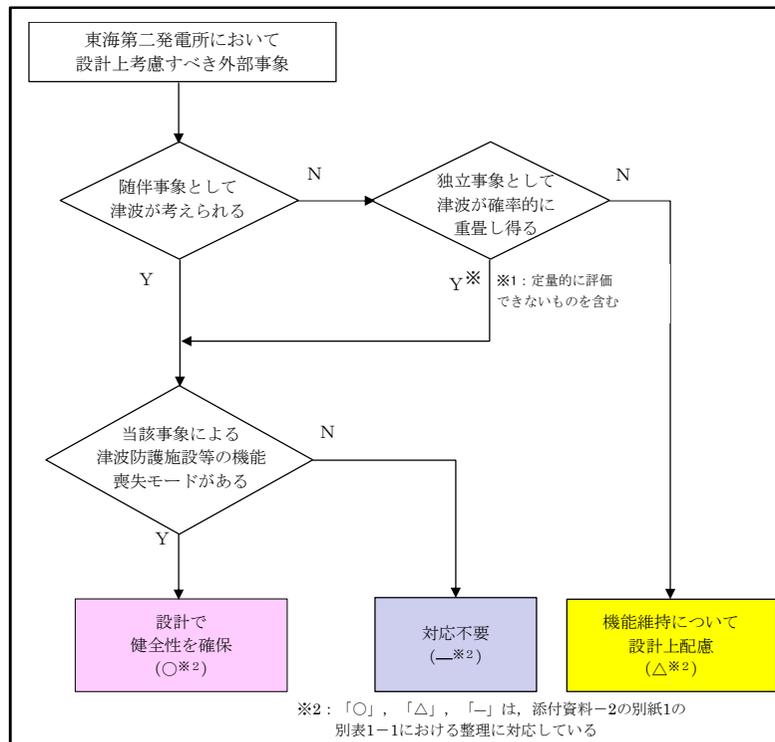


## 5-1. 外部事象に対する津波防護施設等※の機能維持

津波防護施設，浸水防止設備，及び津波監視設備を津波防護施設等という。

### 外部事象に対する津波防護施設等に対する防護方針

#### 防護方針の検討フロー



外部事象に対する津波防護施設等の  
機能維持対応検討フロー図

#### (1) 津波防護施設等に対する防護に関する考え方

外部事象に対する津波防護施設等の機能維持のための対応の要否について以下のように整理した。

- ① 設計上考慮すべき事象が，津波もしくは津波の随伴，重畳が否定できない事象に該当するかを確認する。定量的な重畳確率が求められない事象については，保守的にその影響を考慮する。
- ② 津波の随伴，重畳が否定できない場合は，当該事象による津波防護施設等の機能喪失モードの有無を確認する。機能喪失モードが認められる場合は，設計により健全性を確保する。
- ③ 津波の随伴，重畳が有意でないと評価される事象についても，東海第二発電所の防潮壁については，基準津波の高さや防護範囲の広さ等その重要性が高いことを鑑み，設計においては，これらの事象により機能喪失に至らない，もしくは損傷防止が困難な事象においては敷地高さを超える津波の襲来前に復旧が可能な構造について配慮する。

( Page.6条(竜巻)-1-添付2-別紙1-1~2参照 )

# 5. 外部事象に対する津波防護施設等の防護方針



## 5-1. 外部事象に対する津波防護施設等※の機能維持

外部事象に対する津波防護施設等に対する防護方針

防護方針の検討フロー

### (1) 「竜巻」、「火山」以外の外部事象※に対する防護方針

※ 地震, 洪水, 風(台風), 凍結, 降水, 積雪, 落雷, 地滑り, 生物学的事象, 森林火災, 高潮

これらの外部事象に対しては、津波との随伴もしくは重畳の可能性を否定できないため、荷重の重ね合わせのタイミングも考慮した上で設計への反映の要否を検討し、津波防護施設等への影響が考えられる事象については、設計により津波防護施設等の健全性を維持する。

### (2) 「火山」の外部事象に対する防護方針

設計で想定する降下火砕物の給源の噴火と安全施設の中で最も低所に配置される海水ポンプを内包する海水ポンプ室壁頂部高さ(EL.+約6m)に等しい津波が重畳する年超過確率は、約 $8.6 \times 10^{-8}$ (1/y)であり、火山と津波の重畳は有意ではない。したがって堆積した降下火砕物について適時除去が可能な構造とし、津波防護施設等の機能を喪失しないよう設計上配慮する。

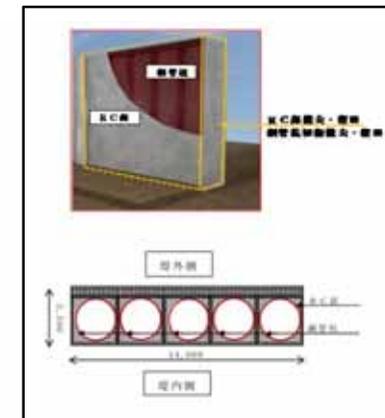
### (3) 「竜巻」の外部事象に対する防護方針

設計竜巻と安全施設の中で最も低所に配置される海水ポンプの設置高さ(EL.+約3m)に等しい津波が重畳する年超過確率は約 $3.8 \times 10^{-8}$ (1/y)であり、竜巻と津波の重畳は有意ではない。

しかしながら、防潮壁は、基準津波の高さや防護範囲の広さ等その重要性が高いことに鑑み、設計においては、これらの事象により機能喪失に至らない、若しくは損傷防止が困難な事象においては、敷地高さを超える津波の襲来前に復旧が可能な構造について配慮する。

なお、飛来物源の飛散解析結果を鑑みると、設計飛来物以上のエネルギーを持って飛散する物品は、密度が低く実際には柔飛来物と考えられるものが主であるため、防潮壁の広範囲が大きく破壊され、大規模な復旧が必要となる可能性は高くないと考えられる。

また、仮に一区画(約14m)全体の取替えが必要となる様な損傷を想定したとしても、竜巻の襲来後に海水ポンプの設置高さを超える津波が重畳する確率が有意になるには発生間隔約2.7年が必要と評価されるため、復旧に要する期間(18か月(1.5年)以内と想定)は十分に確保可能と判断している。



防潮壁の概要図

(Page.6条(竜巻)-1-添付2-別紙1-2~4参照)