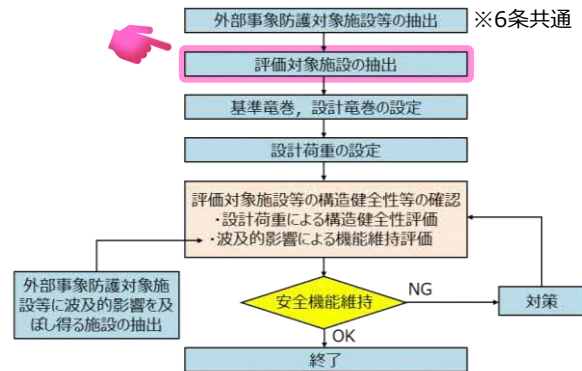
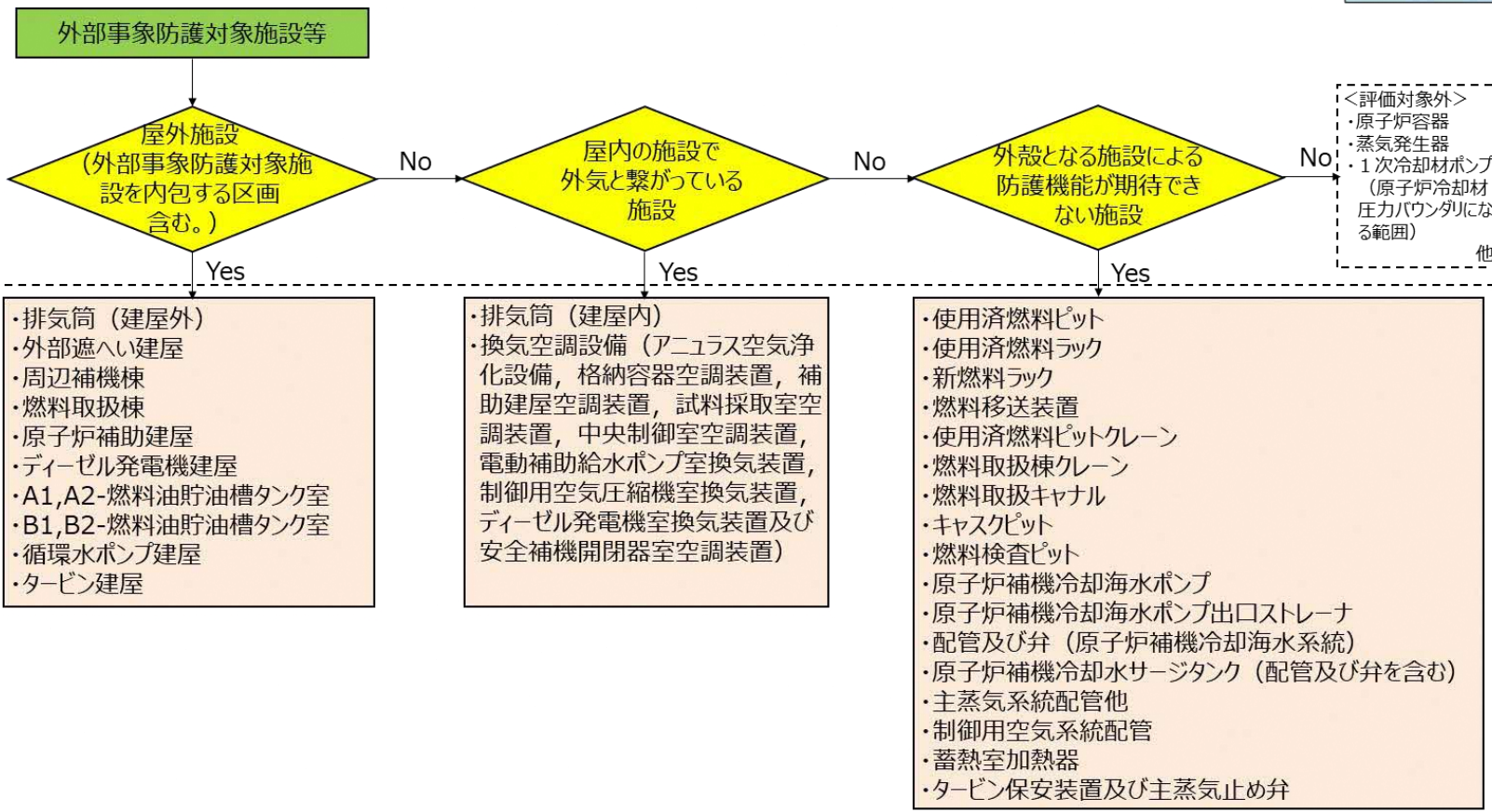


# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 2/10）

## 竜巻影響評価の基本フロー

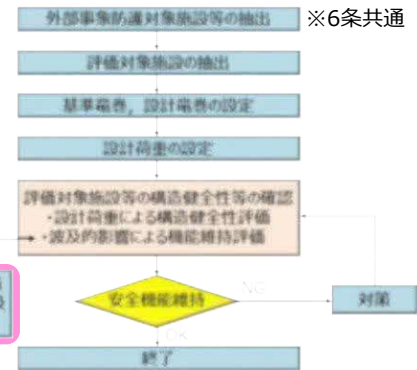


## 評価対象施設の抽出

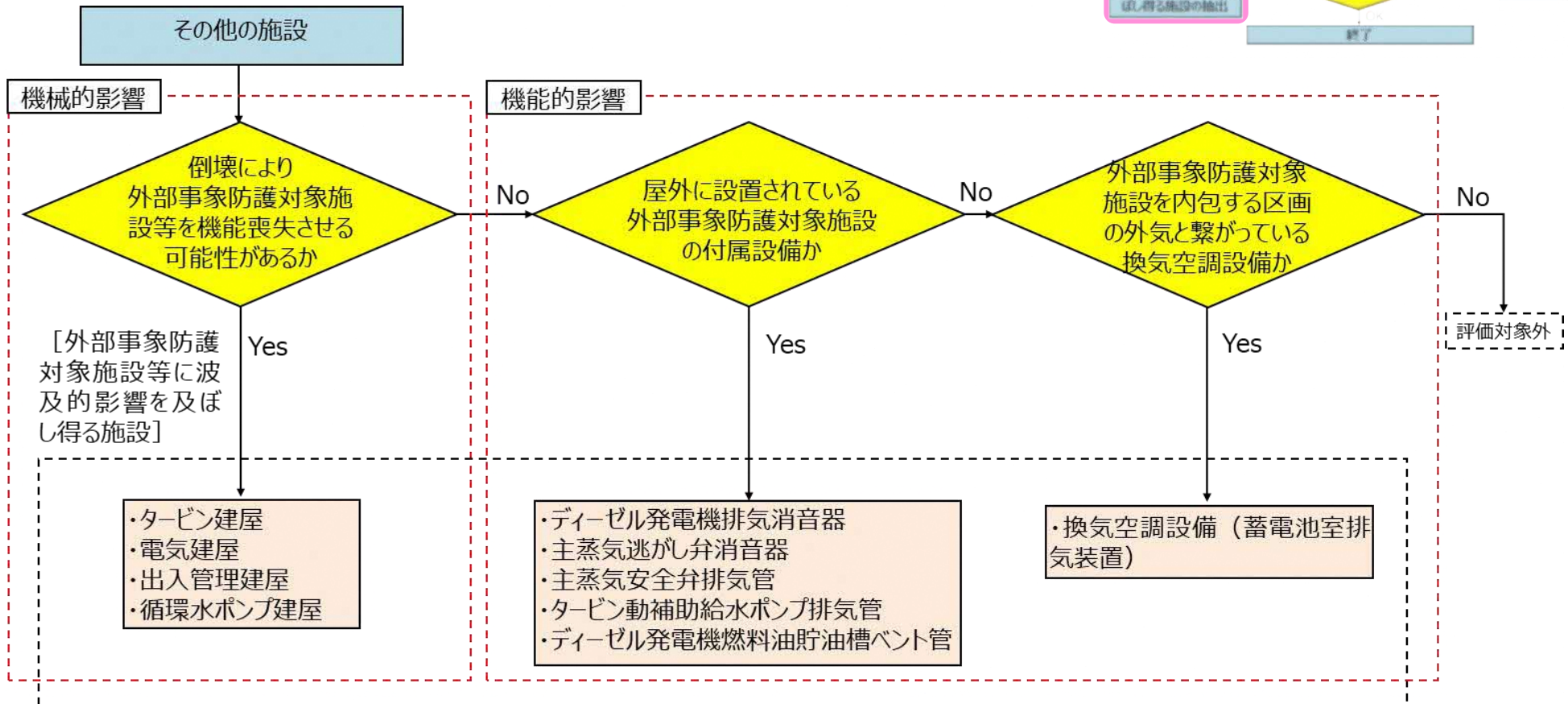


# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 3/10）

竜巻影響評価の基本フロー



## 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出

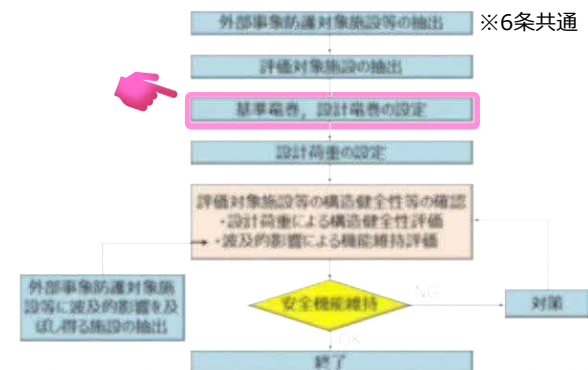


## 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 4/10）

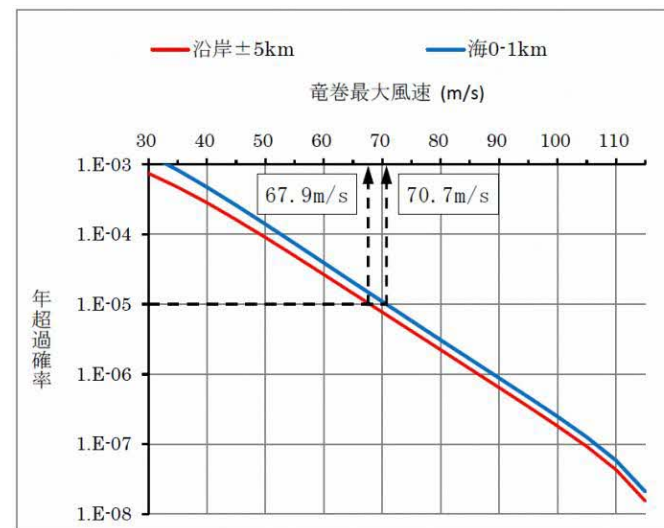
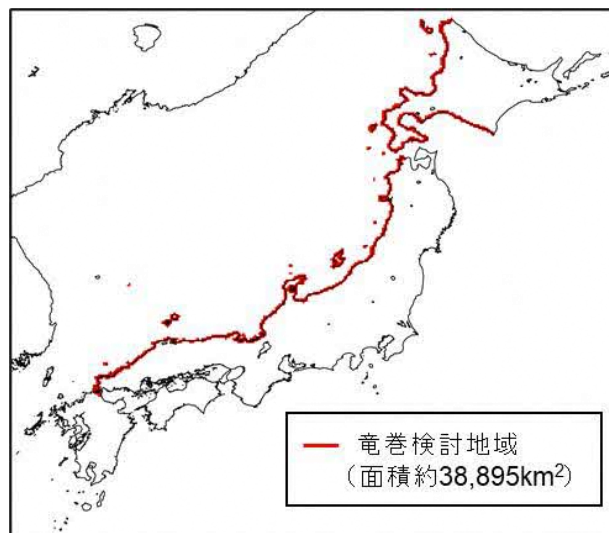
### 基準竜巻，設計竜巻の設定

- ・基準竜巻の最大風速 ( $V_B$ ) は，過去に発生した竜巻による最大風速 ( $V_{B1}$ ) 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 ( $V_{B2}$ ) のうち，大きな風速を設定
- ・設計竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) は，周辺の地形や竜巻の移動方向を考慮し，基準竜巻の最大風速の割り増し要否を検討して設定

### 竜巻影響評価の基本フロー



### 竜巻最大風速ハザード曲線の設定



泊発電所が立地する地域と気象条件の類似性の観点で検討し，上記海岸線の陸側・海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域に設定

『竜巻検討地域』における竜巻の特性から，泊3号炉の評価対象施設を包絡するエリア（直径920mの範囲）に竜巻が影響する確率，竜巻最大風速のハザード曲線を設定



# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 5/10）

## 【基準竜巻の最大風速( $V_B$ )】

Fスケール	発生日	発生場所
F3	1971年07月07日	埼玉県浦和市
F3	1990年12月11日	千葉県茂原市
F3	1999年09月24日	愛知県豊橋市
F3	2006年11月07日	北海道網走支庁佐呂間町
F3	2012年05月06日	茨城県常総市

日本で過去に発生した最大竜巻（F3）



### ・過去に発生した竜巻による最大風速 ( $V_{B1}$ )

日本で過去に発生した竜巻の最大風速より設定

F3の風速 (70~92m/s)

$$V_{B1} = 92\text{m/s} > V_{B2} = 70.7\text{m/s}$$

以上より、基準竜巻の最大風速 ( $V_B$ ) を92m/sに設定

$$V_B = \underline{92\text{m/s}}$$

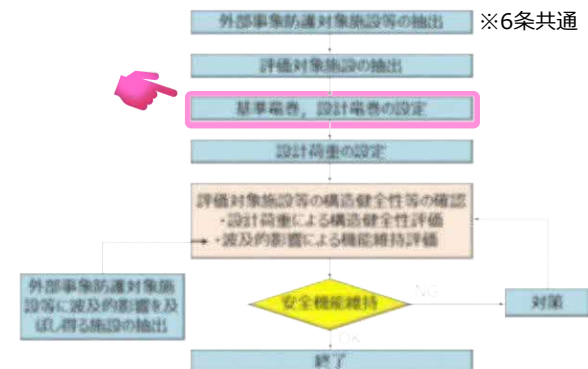


## 【設計竜巻の最大風速( $V_D$ )】

- ・地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要は無いと考えられるが、基準竜巻の92m/sを安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速 ( $V_D$ ) を100m/sに設定

$$V_D = \underline{100\text{m/s}}$$

## 竜巻影響評価の基本フロー



(前ページより)

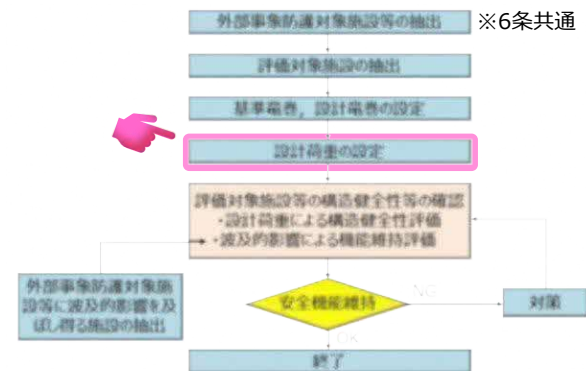


### ・ハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )

竜巻検討地域における陸側及び海側それぞれ 5 km の範囲及び 1 km 範囲に細分化した場合のハザード曲線を算出し、年超過確率 $10^{-5}$ 年の風速値より設定

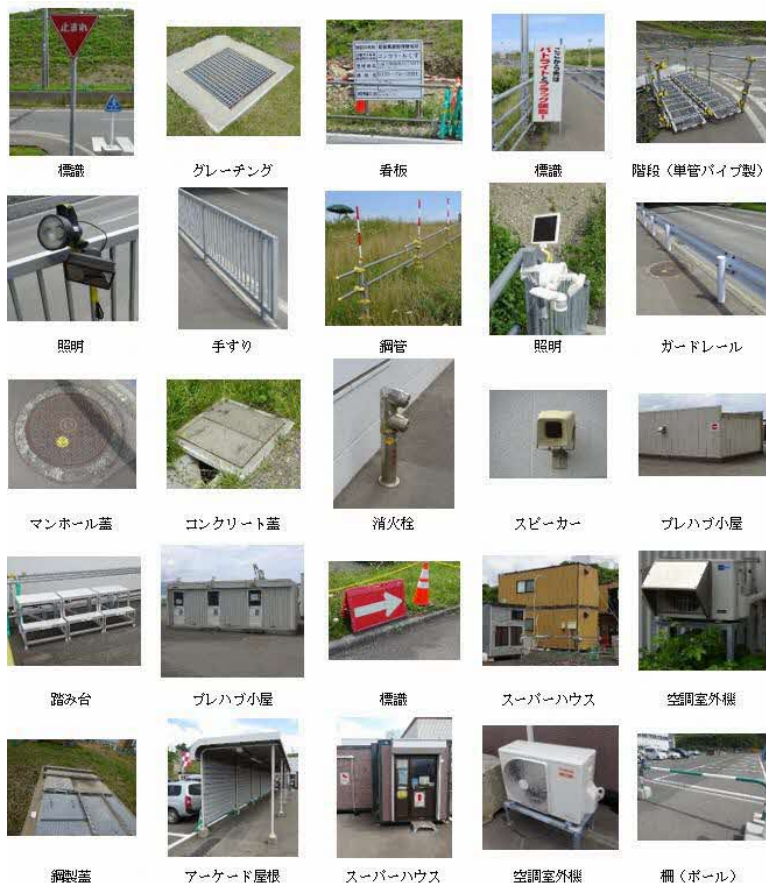
# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 6/10）

## 竜巻影響評価の基本フロー



## 設計荷重の設定

- 設計竜巻の最大風速 $V_D$ 等に基づき、設計竜巻荷重（風圧力、気圧差、設計飛来物による衝撃）を設定するとともに、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重（常時作用する荷重等）を設定



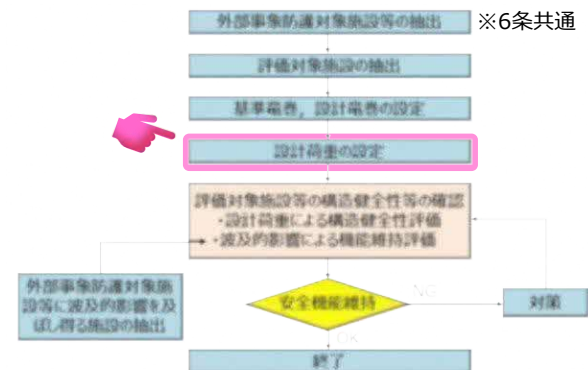
## 設計飛来物の設定

- 発電所構内における竜巻飛来物となり得る物品を網羅的に調査  
浮き上がりの有無、飛来物発生防止対策（撤去、固縛等）の可否、運動エネルギー及び貫通力を考慮し、設計飛来物として「鋼製材」・「鋼製パイプ」・「砂利」を選定

(例) 竜巻飛来物となり得る物品調査

# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 7/10）

## 竜巻影響評価の基本フロー



### 設計飛来物の設定（前ページのつづき）

- ・鋼製材，鋼製パイプの水平及び鉛直の最大速度は，竜巻影響評価ガイドに示される設計竜巻の最大風速（=100m/s）の場合と同じ値とし，下表のとおり設定
- ・竜巻影響評価ガイドに記載のない砂利の最大速度については，ランキン渦を仮定した風速場の中での速度を算出し設定

### 泊発電所における設計飛来物

項目	飛来物の種類		
	砂利	鋼製パイプ	鋼製材
サイズ[m]	長さ×幅×奥行 0.04×0.04×0.04 <sup>※1</sup>	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2
質量[kg]	0.18	8.4	135
最大水平速度[m/s]	62 <sup>※2</sup>	49 <sup>※4</sup>	57 <sup>※4</sup>
最大鉛直速度[m/s]	42 <sup>※3</sup>	33 <sup>※4</sup>	38 <sup>※4</sup>

- ※1 砂利のサイズは，竜巻防護ネットの金網が目開き5cm×5cmを2枚重ね，4cm×4cmを1枚重ねの構造，又は4cm×4cmを3枚重ねの構造となっていることを考慮して選定
- ※2 設計竜巻風速100m/s，当社が実施するランキン渦モデルの風速場を用いた飛散評価手法による結果
- ※3 竜巻影響評価ガイドに基づき最大水平速度の2/3として算出
- ※4 衝撃荷重による影響を保守的に評価するため，竜巻影響評価ガイドに示される竜巻の最大風速（ $V_D$ ）=100m/sの場合と同じ値とする。また，鋼製材については，竜巻影響評価ガイド改正前の値とする。

選定した設計飛来物の形状（イメージ）



（砂利）

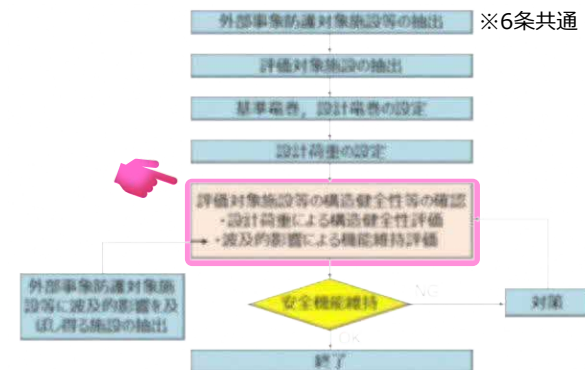


（鋼製パイプ）



（鋼製材）

## 竜巻影響評価の基本フロー



## 評価対象施設等の設計方針

- ・評価対象施設等は，必要に応じて竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を講じ，設計荷重に対して，安全機能を損なわない。

評価対象施設等		設計方針
外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設	屋外施設 (外部事象防護対象施設を内包する建屋（区画）を含む)	必要に応じて竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を講じる。 なお，外殻となる施設等による防護機能が期待できる屋内施設は，その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。
	屋内の施設で外気と繋がっている施設	必要に応じて竜巻飛来物防護対策設備である竜巻防護鋼板の設置又は運用による竜巻防護対策を講じる。
	外殻となる施設による防護機能が期待できない施設	必要に応じて竜巻飛来物防護対策設備である竜巻防護鋼板等の設置又は運用による竜巻防護対策を講じる。
外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設		必要に応じて施設の補強，竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

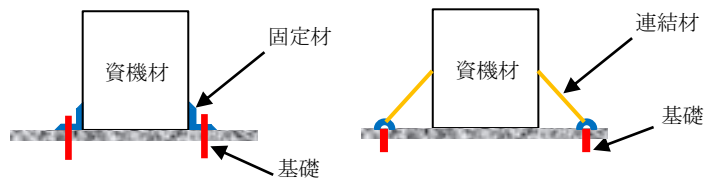
# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 9/10）

## 竜巻影響評価の基本フロー



## 飛来物発生防止対策（資機材・車両）

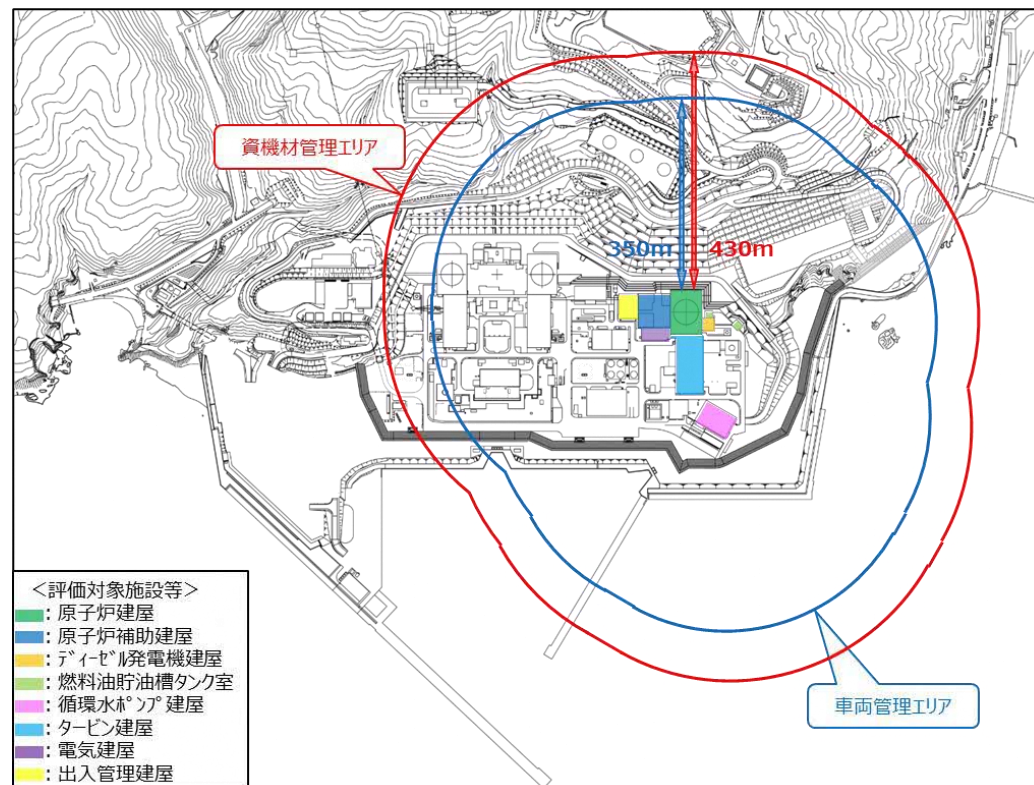
- 設計飛来物（鋼製材又は鋼製パイプ）より運動エネルギー又は貫通力が大きいもので、評価対象施設等に到達するものは、**固定、固縛等**を実施する。
- 「資機材管理エリア」内に設置する資機材等（発電機、コンテナ等）は、**移設・撤去**を行う。また、移設や撤去が困難なものは、浮き上がりや横滑りを考慮し**固縛等**を行う運用とする。
- 車両の飛散防止対策として、移設、撤去、固縛に加え、作業中車両は、竜巻発生確度ナウキャスト等を活用し**即座に車両を移動できる体制**を整え、「車両管理エリア」外への**退避**を行う運用とする。



資機材の固定、固縛イメージ



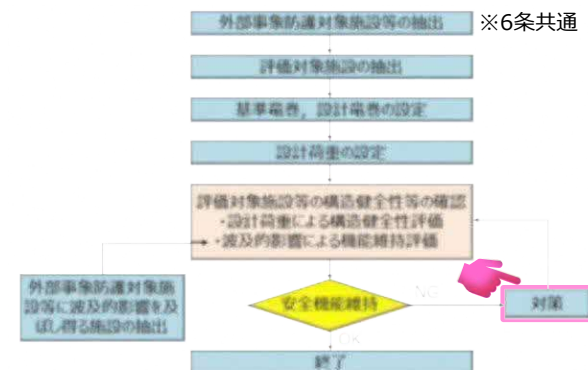
車両の固縛イメージ





# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻 10/10）

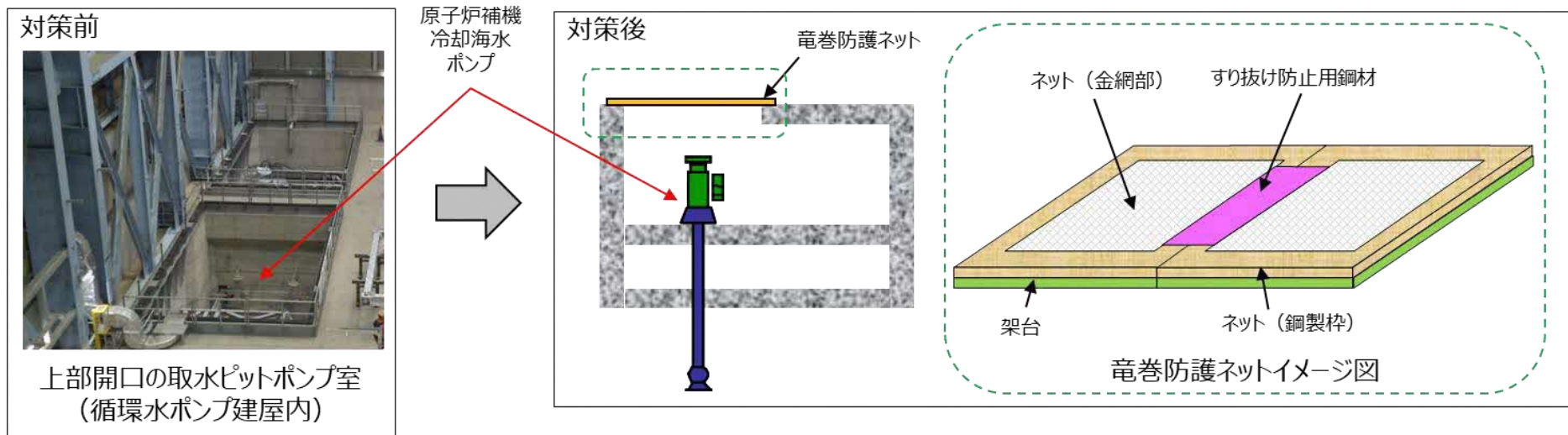
## 竜巻影響評価の基本フロー



## 飛来物防護対策

- 設計飛来物によって損傷する可能性がある外部事象防護対象施設について、竜巻防護ネットや竜巻防護鋼板等による防護対策を実施する。

## 竜巻防護ネットの設置イメージ



- 原子炉補機冷却海水ポンプ等を設置する循環水ポンプ建屋内の取水ピットポンプ室等の上部開口部に、すり抜け防止用鋼材、架台及びネットで構成した竜巻防護ネットを設置し、設計飛来物（鋼製材）の侵入を防止する。

# 6条：外部からの衝撃による損傷の防止（火山 1/7）

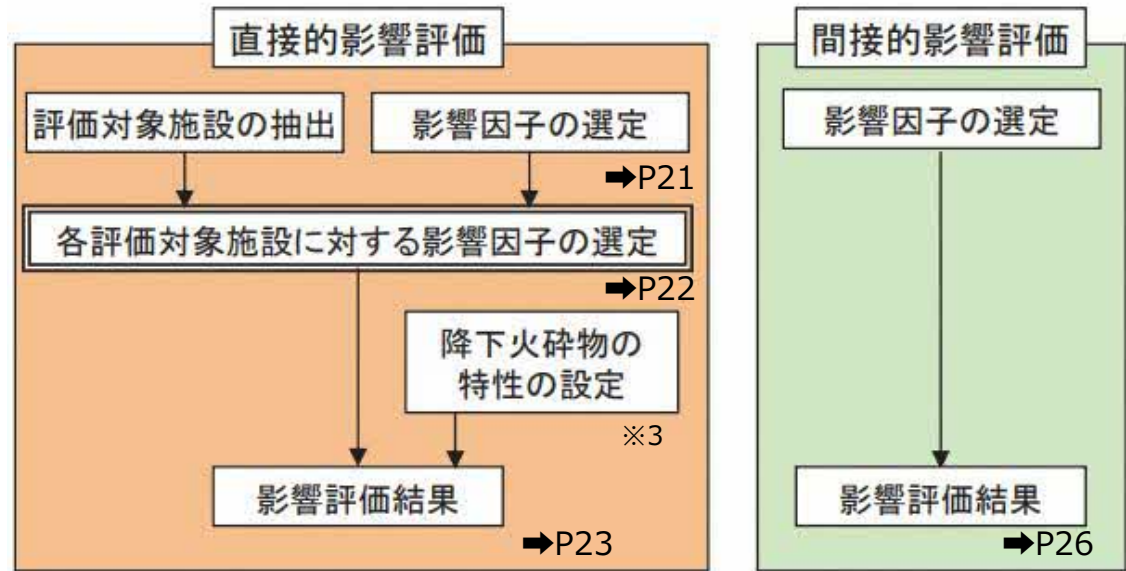
## 【火山影響評価】

- ▶ 火山の影響により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、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について、評価を行う。
- ▶ 泊発電所に影響を及ぼし得る火山事象は「降下火砕物」※1であることから、降下火砕物に対して防護すべき評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に防護の基本方針を示す。

## 【防護の基本方針】

降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

- ① 直接的影響評価  
降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩擦，腐食等）に対して安全機能を損なわない。
- ② 間接的影響評価  
降下火砕物による間接的な影響（外部電源喪失，発電所外での交通の途絶）に対し，必要な安全機能※2に係わる電源供給がディーゼル発電機により継続できる設計とすることで，安全機能を損なわない。
- ③ 発電所内の設備における降下火砕物の除去等の対応ができる。



※1 泊発電所に影響を及ぼし得る火山事象として、「降下火砕物」は対象であるが、それ以外についてはハザード側の審査結果を踏まえ考慮する。

※2 原子炉の停止及び停止後の冷却，使用済燃料ピットの冷却にかかる機能

※3 層厚，密度及び粒径に関する内容であり，ハザード側にて審議中