

## 第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）

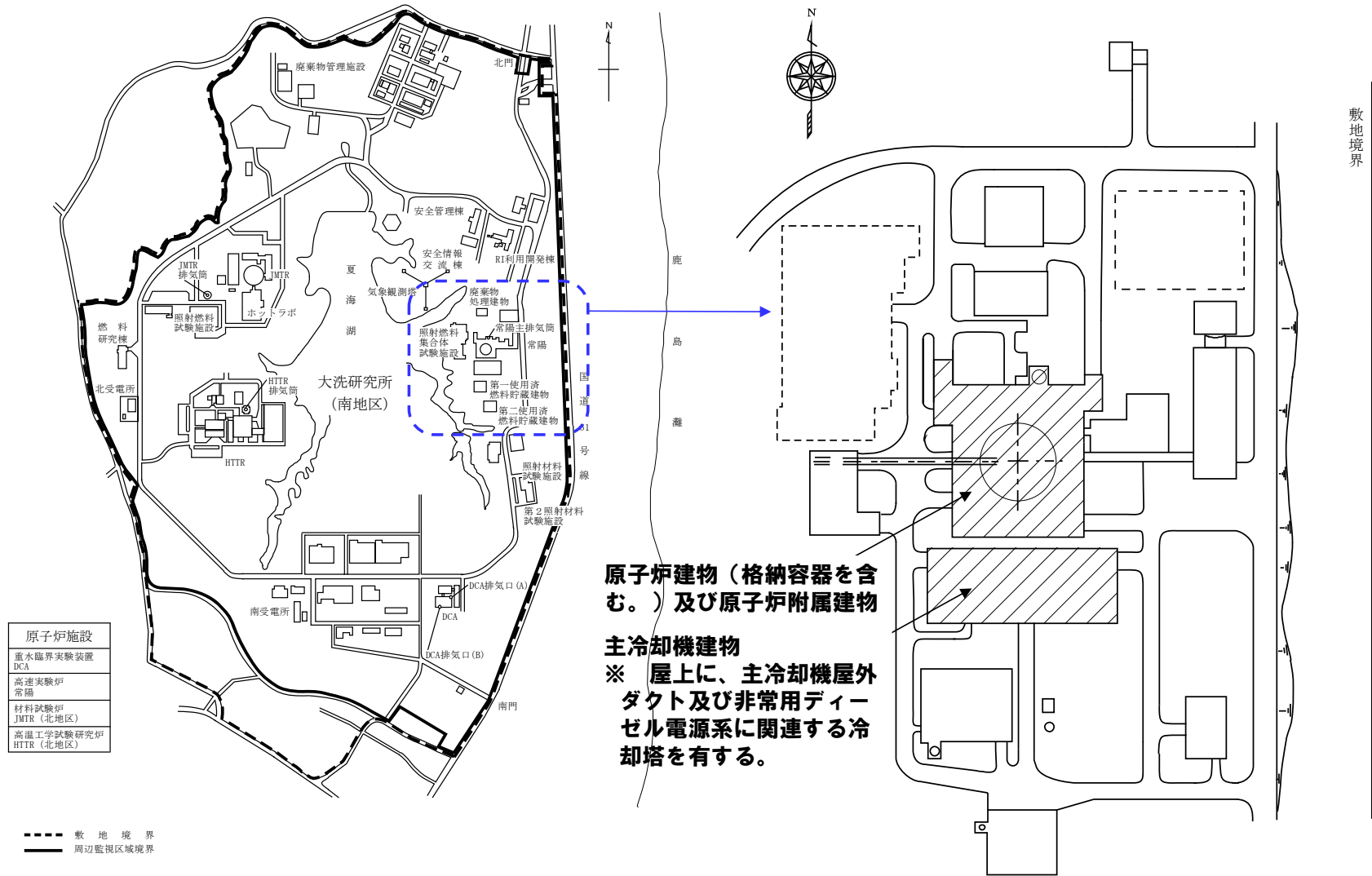
### （その4：竜巻）に係る説明書

#### 一 設計飛来物の衝突を防止するための措置の基本的な考え方 一

2022年1月25日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所  
高速実験炉部

# 耐竜巻設計において 外部からの衝撃による損傷の防止に係る重要安全施設 に該当する構築物、系統及び機器の配置



第375回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合：資料-3において、外部火災に対する安全施設の安全機能の確保の内容に同じ

# 設計飛来物の選定及び 設計飛来物の衝突を防止するための措置の基本的な考え方

施設周辺のウォークダウン結果等を踏まえ、  
最大風速：100m/s・竜巻渦モデル：フジタモデルにより、以下の設計飛来物を選定

飛来物の種類	板状物	棒状物	塊状物	塊状物
	足場材 (初期高さ0m*1)	鋼製材 (初期高さ0m*1)	ワゴン車 (初期高さ0m*1)	コンクリートブロック (初期高さ12.5m*2)
サイズ (m)	4.0×0.4×0.051	4.2×0.3×0.2	5.2×1.9×2.3	0.39×0.15×0.19
質量 (kg)	17.4	135	1,890	14.3
飛散距離 (m)	256	6.3	161	139
飛散高さ (m)	0.40	0.15	12	3.2
最大水平速度 (m/s)	43	12	52	47
運動エネルギー (kJ)	16	9.0	2,530	16
衝撃荷重*3 (kN)	627	90	2,670	210

\*1: 地表面からの飛来を想定

\*2: 主冷却機建物屋上からの飛来を想定

\*3: 衝撃荷重は以下の式により算出

$$F = mv^2 / L_1 \quad * \quad F: \text{飛来物の衝撃荷重} \quad m: \text{飛来物の質量} \quad v: \text{飛来物の最大水平速度} \quad L_1: \text{飛来物の最短辺}$$

設計飛来物の衝突を防止するための措置の基本的な考え方として以下を想定

設計飛来物の衝突を想定する 重要安全施設又は外設施設	板状物	棒状物	塊状物	塊状物
原子炉建物（格納容器を含む） 及び原子炉附属建物	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止	— ※ 離隔 ※ 離隔距離 > 飛散距離	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止
主冷却機建物	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止	防護柵	— ※ 壁厚により、 貫通・裏面剥離防止
主冷却機屋外ダクト	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	— ※ 鋼板厚により、 貫通防止
非常用ディーゼル電源系 に関連する冷却塔	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	離隔 ※ 設置高さ > 飛散高さ	冷却塔用防風壁

# 防護柵の構造概要

## 下記の防護柵の構造のうち、アラミド繊維シートを候補として検討

	鋼板	アラミド繊維シート	アラミド繊維シート（孔有り）
構造概要	厚さ7mm*1以上の鋼板を使用	左記の鋼板厚さ以上に相当するアラミド繊維シートを使用	左記のアラミド繊維シートの単位面積当たりの繊維量を保持した上で、開孔により、風受圧面積を低減したアラミド繊維シートを使用
基礎に与える質量	△ 自重：大	○ 自重：小	○ 自重：小
風荷重の大きさ	△ 風荷重：大	△ 風荷重：大	○ 風荷重：小
他サイト実績（許認可実績）	○ 女川2号機、東海第2 他	△ 原子力施設における実績なし。 ※ 噴石対策として実用化済。	△ 原子力施設における実績なし。 ※ 防風用高性能樹脂シートの加工技術を適用して製作可能。

防風用高性能樹脂シートの設置例



\*1：ワゴン車を想定飛来物とし、BRL式で概算評価した場合の数値（暫定値）

### <竜巻防護柵の設置イメージ>

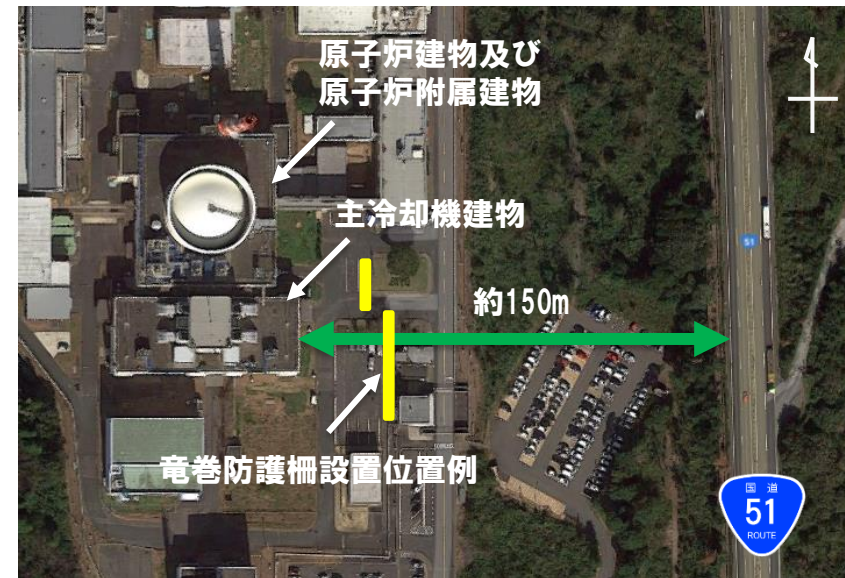
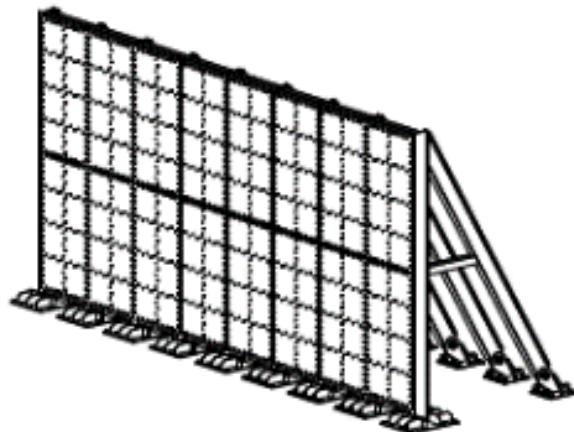
ワゴン車の想定飛散距離：161m > 主冷却機建物と国道までの距離：約150m

→ [国道と主冷却機建物の間に竜巻防護柵を設置（一例：右図参照）](#)

### 防護柵イメージ (鋼板式の場合)

※ 架台は、今後の詳細設計において、合理化することを予定。

※ 先行炉で実績がある高強度金網については、ワゴン車の飛来を想定した場合に、配置が困難であり、検討から除外。



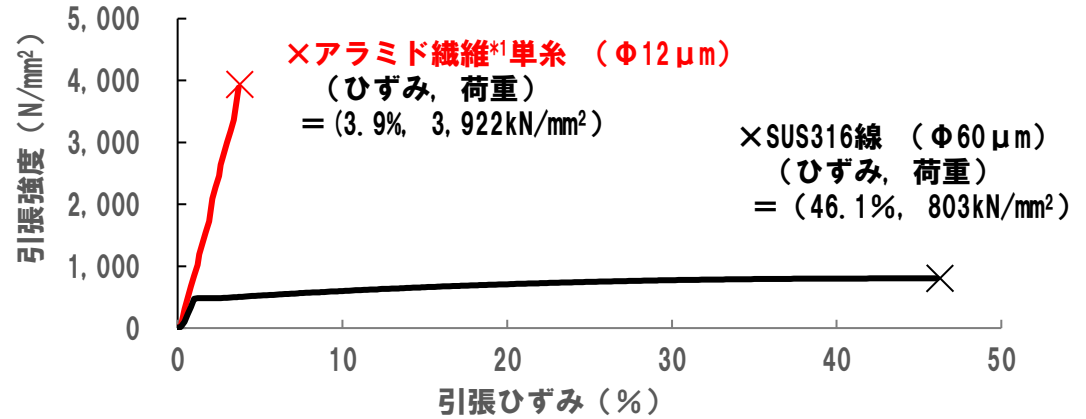
# 防護柵における鋼板のアラミド繊維シート等への置き換えについて

- アラミド繊維\*1は、右図に示す通り、**SUS316線材の約5倍の引張強度**を有する**高強度部材**である。

(参考情報)  
耐衝撃部材としての使用実績

- 防弾チョッキ
  - 装甲車
  - 竜巻用シェルタ等
- 高強度、高弾性、耐切創性等の特性が求められる用途で多くの実績有。

引張強度（試験値）の比較

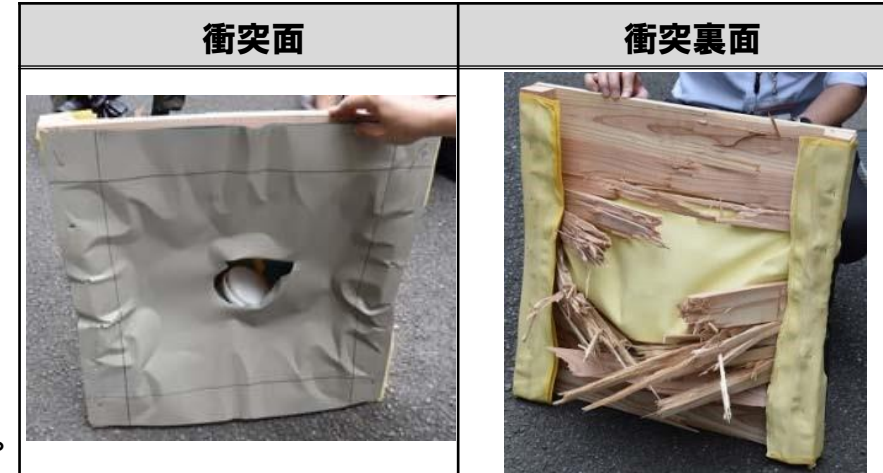
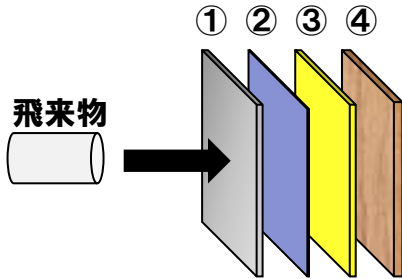


内閣府による活火山における退避壕の検討\*2における衝突試験で、アラミド繊維シートを構成要素とした退避壕補強屋根に貫通は生じなかった。飛来物の諸元

- 衝突速度：99.9m/s
- 質量：2.66kg
- 直径：φ90mm
- 鋼板貫通限界厚さ (BRL式\*3)：4.9mm

退避壕補強屋根（模擬）

- ①0.4mm ガルバリウム鋼板
  - ②1.0mm 防水シート（非強度メンバ）
  - ③1.4mm アラミド繊維シート
  - ④18.0mm 杉板（鋼板1.8mmと同等と算定\*4）
- ⇒鋼板厚さ2.7mm分 (4.9mm-0.4mm-1.8mm) を1.4mmのアラミド繊維シートが受け止めた。



参考) 左記①~④と同構成の衝突側供試体での試験写真

**鋼板：2.7mmとアラミド繊維シート：1.4mmを等価とし、鋼板をアラミド繊維シートに置き換えて、詳細設計を実施する。**

\*4：BRL式評価1.9mmとなる飛来物条件での試験より、合板1mmは鋼板0.1mm相当と判断した。杉板は合板と同等の強度と見なし、杉板18mmは鋼板1.8mmと同等と算定した。

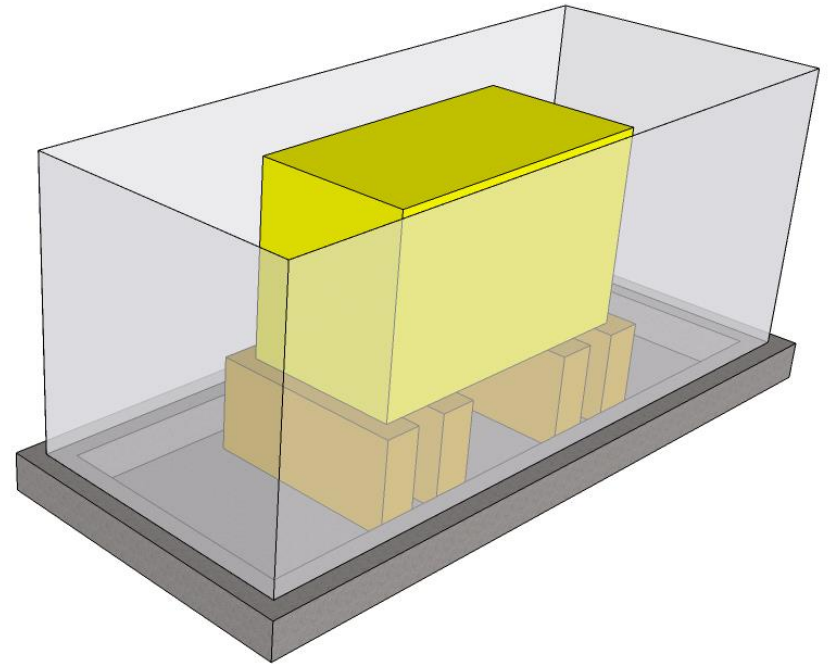
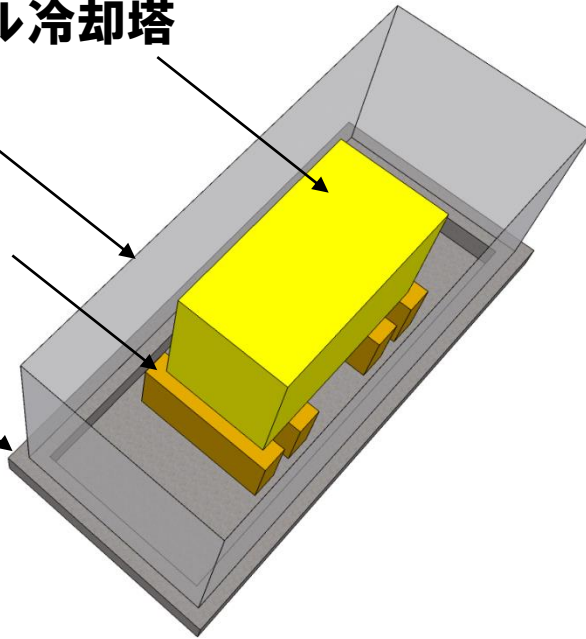
\*1：東レ・デュポン社製ケブラー®を使用  
 \*2：内閣府（防災担当）：平成27年12月 活火山における退避壕等の充実に向けた手引き（参考資料）  
 \*3：日本機械学会、竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン、JSME S NX6-2019

## 非常用ディーゼル冷却塔用防風壁の構造概要

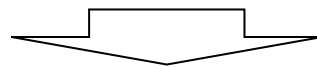
非常用ディーゼル電源系に関連する冷却塔に、防風壁を追設し、竜巻(100m/s)による風圧力及び飛来物衝突から防護。

非常用ディーゼル冷却塔

防風壁  
冷却塔架台  
防風壁基礎



非常用ディーゼル冷却塔防風壁の設置イメージ



非常用ディーゼル冷却塔本体の構造健全性評価には、建築基準法に基づき、大洗町の基準風速(34m/s)を使用する。