

東海第二発電所

ブローアウトパネルについて

平成29年10月6日

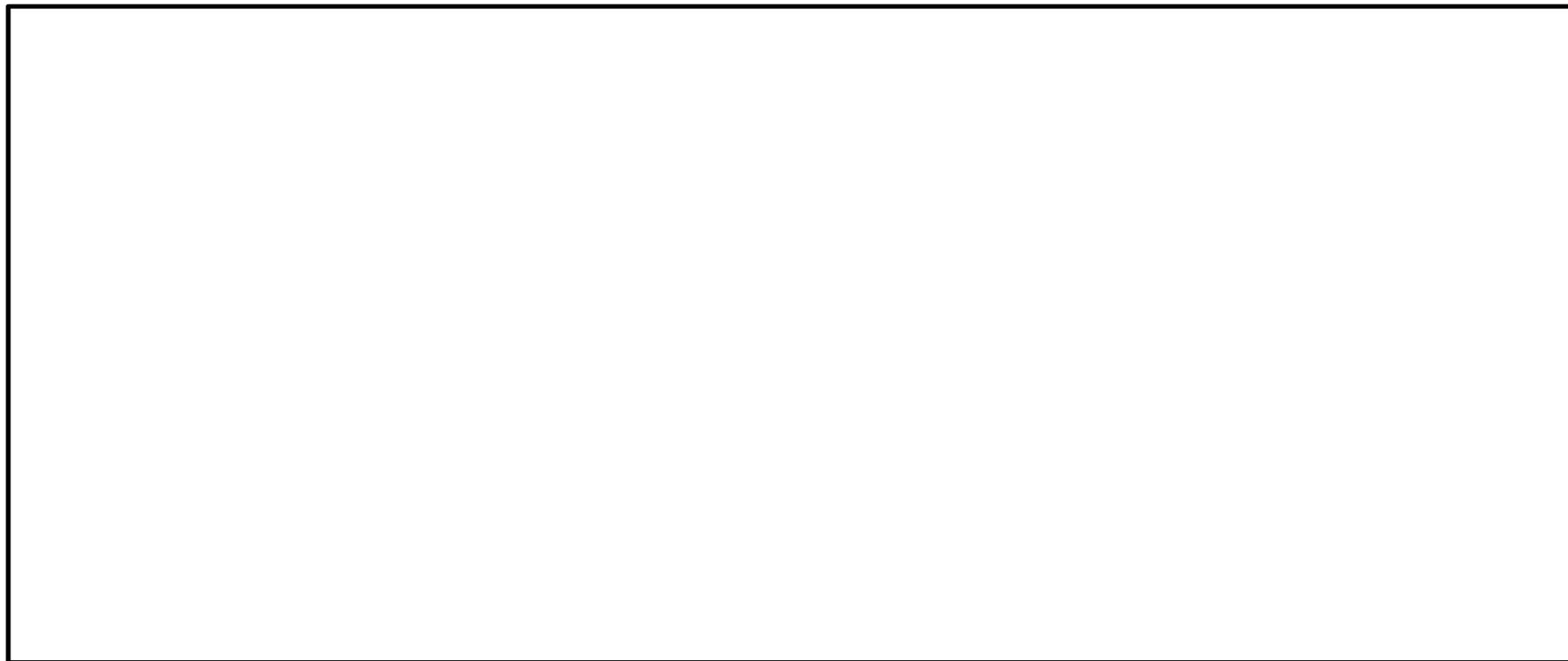
日本原子力発電株式会社

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。

1. 東海第二発電所のブローアウトパネルについて



- ◆ 東海第二発電所では、原子炉建屋原子炉棟の外壁に合計12枚のブローアウトパネル（大きさ 約4m×4m, 重さ 約1.5t）が設置されている。
 - ・原子炉建屋6階（オペレーティングフロアー）： 東西南北の壁面に各2か所の合計8か所
 - ・原子炉建屋5階： 東西南北の壁面に各1箇所の合計4か所



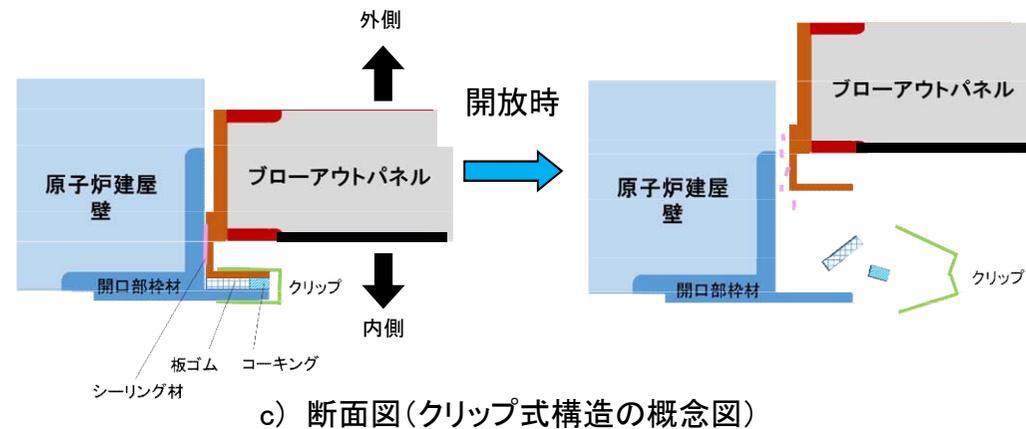
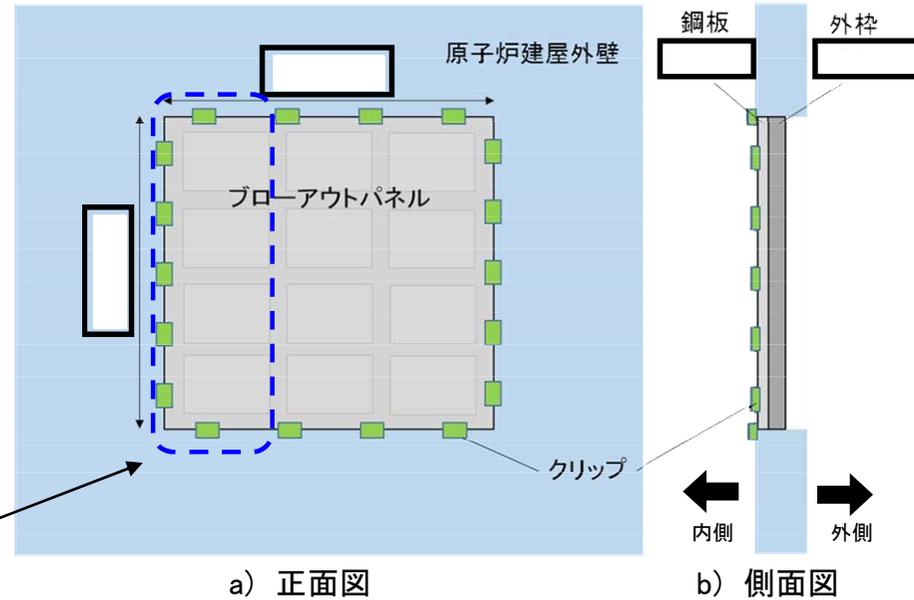
原子炉棟 6階
(— : パネル(全8枚))

原子炉棟 5階
(— : パネル(全4枚))

2. 東海第二発電所のブローアウトパネルの構造について



A-A' 矢視 (クリップ部拡大)



c) 断面図(クリップ式構造の概念図)

◆ 設計差圧1psi(6.9kPa)によりクリップが壊れ、差圧によりパネルが外側に押し出され外れる仕組み

3. ブローアウトパネルに対する要求事項



【要求事項】

設計基準対処施設及び重大事故等対処施設として、ブローアウトパネルに要求される事項と対応方針を以下に整理した

No	DB/SA	要求事項	具体的な検討内容
①	DB	主蒸気管破断事故(MSLBA)時には開放し、建屋内環境を維持すること	必要枚数が内圧により開くこと
②	DB	基準竜巻で開放した場合、建屋内防護対象設備を防護できること	設計竜巻の差圧で開かないこと、もしくは、建屋内機器を竜巻の風速等から防護できること
③	SA	開放状態で炉心損傷した場合には、速やかに閉止できること	開放した場合は、速やかに閉止できること
④	SA (大規模損壊)	放水砲による使用済燃料プールへの放水のため、必要な箇所を開放できること	必要箇所が手動で開放できること

【対応の基本方針】

- ◆ 原設計を極力踏襲し、可能な限りブローアウトパネル枚数を多く確保した上で、GOTHICコードによる解析により、主蒸気管破断事故(MSLBA)時の建屋内温度、圧力が設計条件内にあることを確認し、これを踏まえて竜巻に対する対応、SA時の要求を考慮し、ブローアウトパネル枚数の最適化を図る
- ◆ 上記対策を実施することで、従来の評価に影響を与える場合は、再評価を行い影響の無いことを確認するとともに、対策が必要な場合は、必要な対策を実施
 - ・添付十(安全解析)のMSLBA時の被ばく評価は、全量の地上放出を仮定しており、ブローアウトパネル枚数に影響しないため、ブローアウトパネル枚数変更の影響なし
 - ・内部溢水の蒸気影響評価(環境温度の影響確認と必要な場合の防護対策)
 - ・IS-LOCA時の環境条件(同上)

4. ブローアウトパネルへの要求事項と対応方針



【原子炉棟 6階面 のブローアウトパネル】

設置 エリア	要求事項				左記条件を 包絡する 対策案	
	①MSLBA	②竜巻		③再閉止		④放水砲
		気圧低下	飛来物			
東面 (2枚)	全8枚中4枚 以上開放で、 MSLBA時の 設計条件(温 度, 圧力)を 満足するため、 各壁面で1枚 以上を確保 根拠: GOTHICによ る解析結果 (内部火災で の隔壁等を反 映)	開放を許容	飛来物の衝突、 貫通によるパネ ルの損傷、建屋 内への飛来物 侵入を防止	開放を想定する パネルは、速や かに再閉止	何れか1箇所は、 建屋外から強制 開放	・ブローアウト機能維持 +再閉止設備の設置 ・竜巻飛来物防止対策 ・2枚のうち1枚については、 強制開放設備の設置
南面 (2枚)					何れか1箇所は、 建屋外から強制 開放	同上
西面 (2枚)					何れか1箇所は、 建屋外から強制 開放	同上
北面 (2枚)					— (放水砲の設置が 想定されないた め)	・ブローアウト機能維持 +再閉止設備の設置 ・竜巻飛来物防止対策

5. ブローアウトパネルへの要求事項と対応方針



【原子炉棟 5階面 のブローアウトパネル】

設置 エリア	要求事項				左記条件を 包絡する 対策案	
	①MSLBA	②竜巻		③再閉止		④放水砲
		気圧低下	飛来物			
東面 (1枚)	GOTHIC解析 結果によれば、 開放は必須で はない	5階東側には安全機 能を有する SGTS/FRVSが設置 されており、風荷重 から防護	飛来物の衝突、 貫通によるパネ ルの損傷、建屋 内への飛来物 侵入を防止	開放を想定す るパネルは、速 やかに再閉止	— (5階面への放水 の必要性なし)	・竜巻対策を優先し、ブロー アウトパネルは閉鎖
南面 (1枚)						
西面 (1枚)		5階西側には安全機 能を有するほう酸水 注入ポンプ等が設 置されているが、パ ネルの配置から風 の影響なし				・ブローアウト機能維持 +再閉止設備の設置 ・竜巻飛来物防止対策
北面 (1枚)						同 上



6. ブローアウトパネル対応方針 まとめ



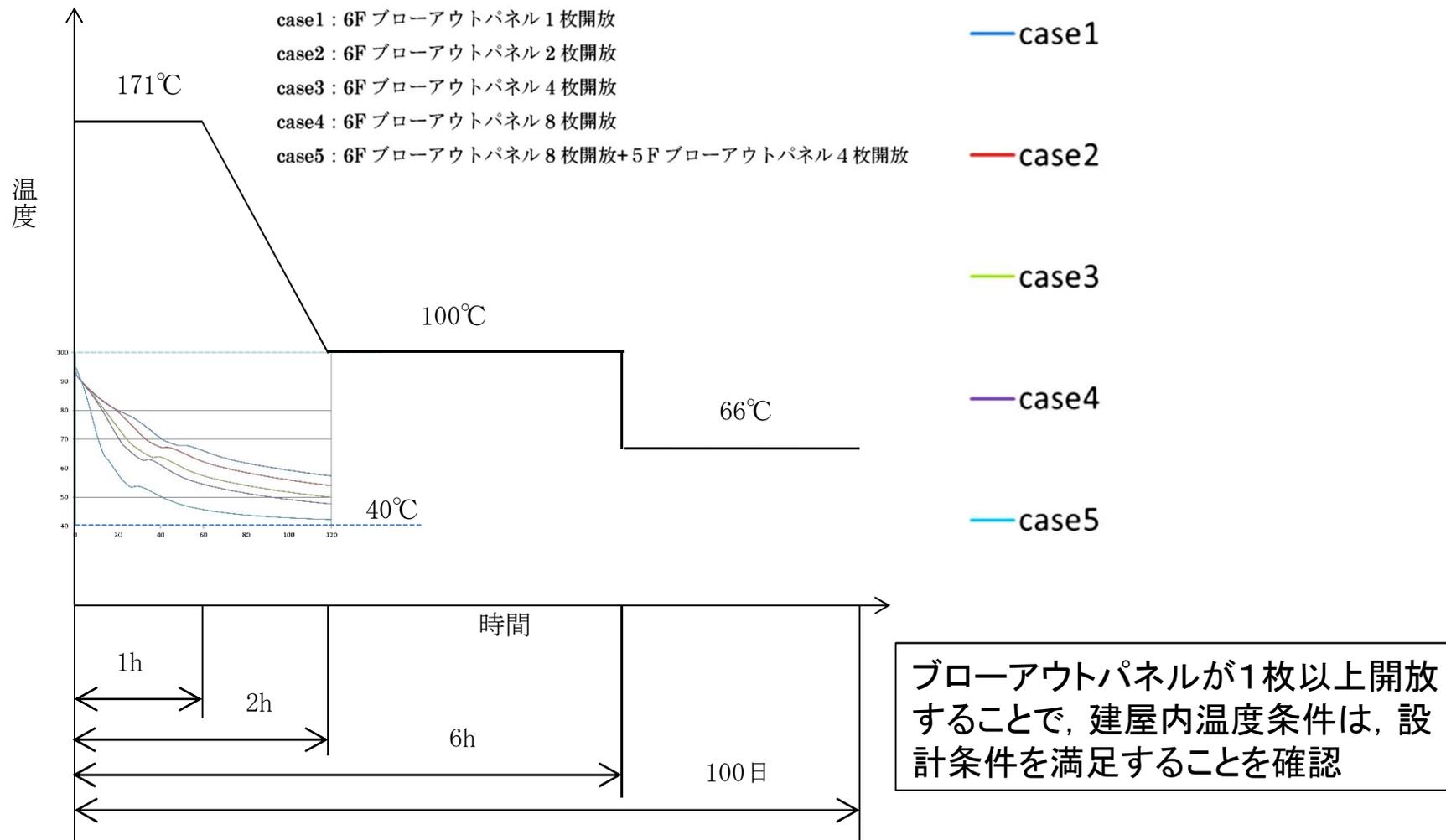
- ◆ ブローアウトパネル毎に要求事項を満足させるための対応方針を以下にまとめた。
 - ・ブローアウトパネルとしての機能(設計温度, 圧力)を確保(4枚以上のブローアウトパネル機能を確保)
 - ・竜巻対策として, 開放可能性があるブローアウトパネル部には, 竜巻防護対策(防護ネット)を設置
 - ・開放状態で炉心損傷した場合を想定し, 速やかに閉止できる機能を設置
 - ・原子炉棟6階のブローアウトパネルのうち, 東西南の各1箇所(合計3か所)は, 放水砲による使用済燃料プールへの注水のため手動による開放機能を設置

設置エリア		対策方針			備考
		BOP	閉止機能	竜巻飛来物対策ネット	
6階	北1	開	閉のみシャッター	有	
	北2	開	閉のみシャッター	有	
	東1	開	閉のみシャッター	有	
	東2	開	開閉可能シャッター	有	放水砲用
	西1	開	閉のみシャッター	有	
	西2	開	開閉可能シャッター	有	放水砲用
	南1	開	閉のみシャッター	有	
	南2	開	開閉可能シャッター	有	放水砲用
5階	東	閉止	—	—	風荷重からのSGTS等の防護
	南	閉止	—	—	
	南	開	閉のみシャッター	有	
	北	開	閉のみシャッター	有	

7. 蒸気影響評価におけるBOP必要枚数の検証



原設計で想定するMSLBA時の原子炉棟内の環境条件に対し、解析結果の検証を行い以下を確認。



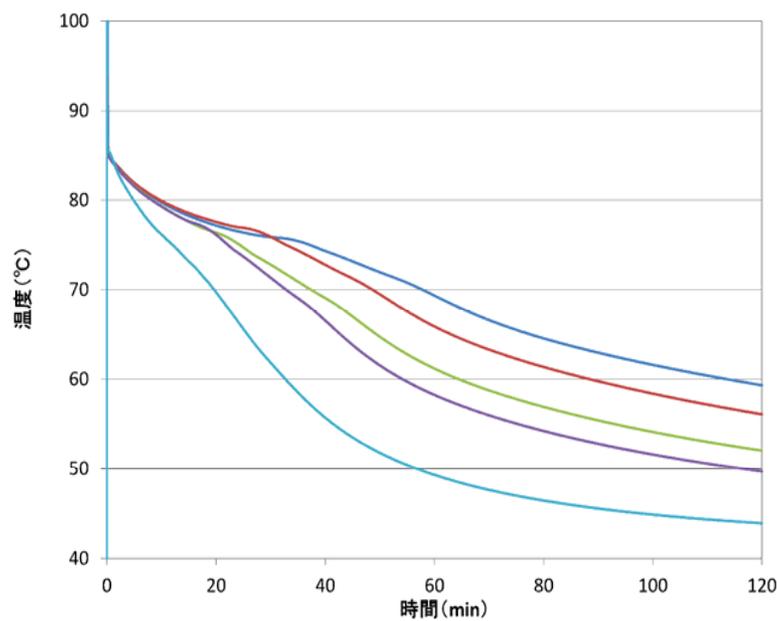
第1図 MSLBA時の原子炉棟内温度状態と解析結果の比較

7. 蒸気影響評価におけるBOP必要枚数の検証

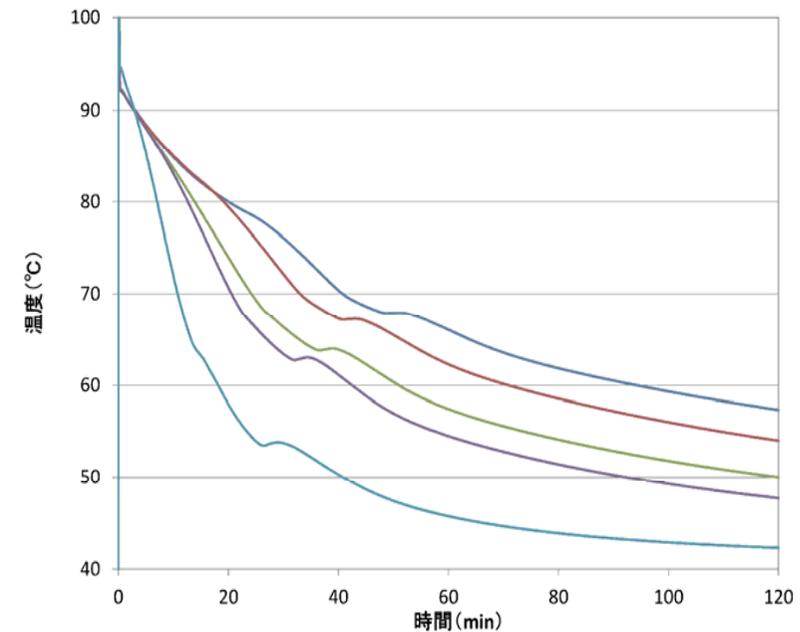


内部溢水影響評価において、防護対象設備への影響が大きい原子炉棟3階の解析結果を示す。

- case1：6F ブローアウトパネル1枚開放
- case2：6F ブローアウトパネル2枚開放
- case3：6F ブローアウトパネル4枚開放
- case4：6F ブローアウトパネル8枚開放
- case5：6F ブローアウトパネル8枚開放+5F ブローアウトパネル4枚開放



(原子炉棟 3階西)



(原子炉棟 3階東)

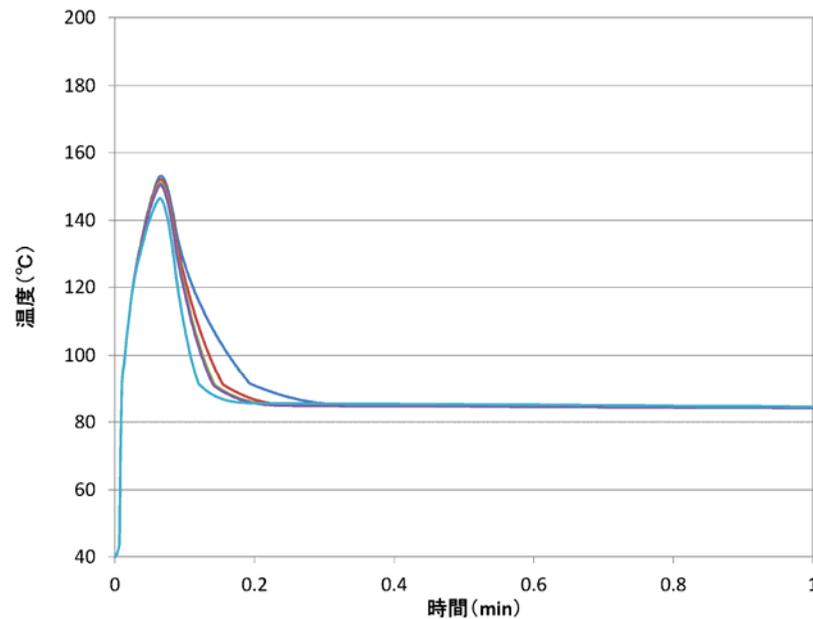
第2図 ブローアウトパネル作動枚数による温度状況比較

7. 蒸気影響評価におけるBOP必要枚数の検証

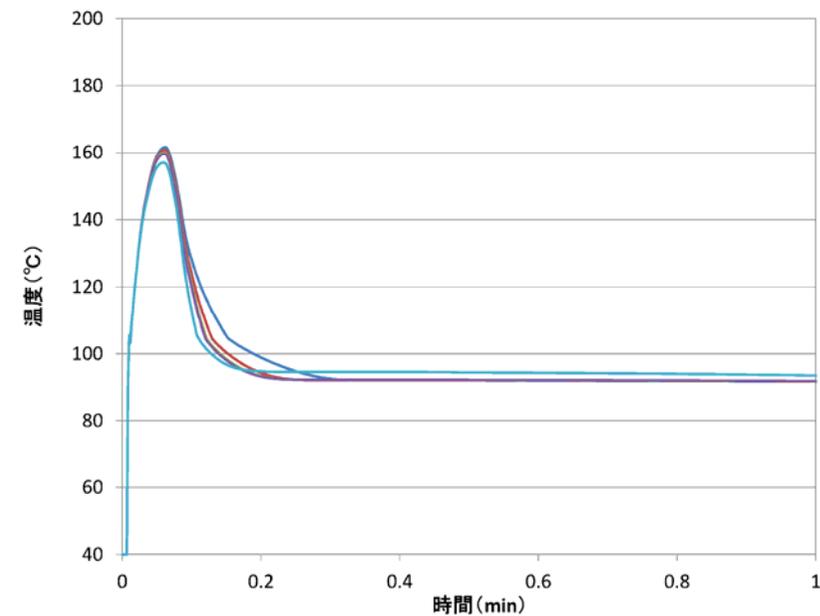


原子炉棟3階の解析結果の詳細(最高温度)を示す。

- case1 : 6F ブローアウトパネル 1 枚開放
- case2 : 6F ブローアウトパネル 2 枚開放
- case3 : 6F ブローアウトパネル 4 枚開放
- case4 : 6F ブローアウトパネル 8 枚開放
- case5 : 6F ブローアウトパネル 8 枚開放+ 5F ブローアウトパネル 4 枚開放



(原子炉棟 3階西)



(原子炉棟 3階東)

第3図 ブローアウトパネル作動枚数による温度状況比較(最高温度)

7. 蒸気影響評価におけるBOP必要枚数の検証

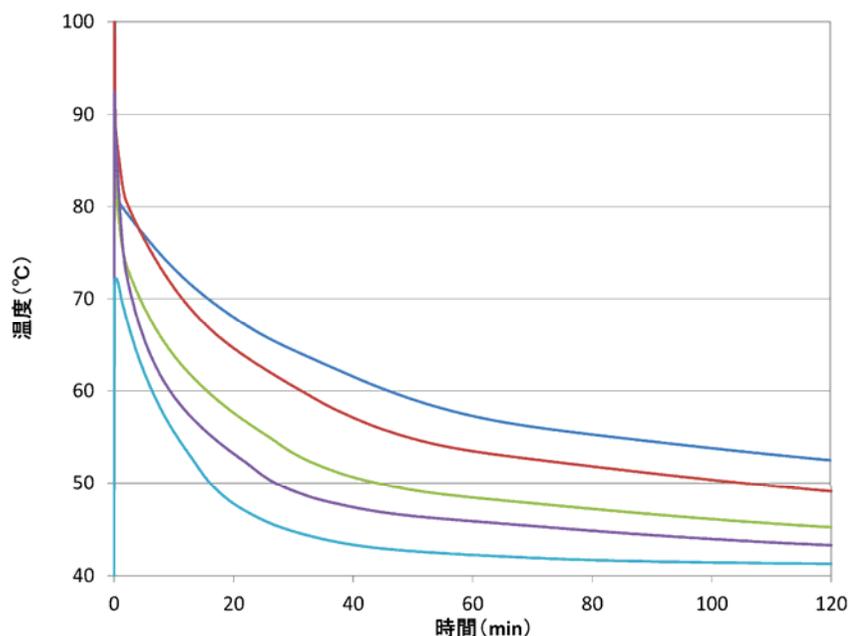


原子炉棟6階の温度及び圧力評価結果を示す。

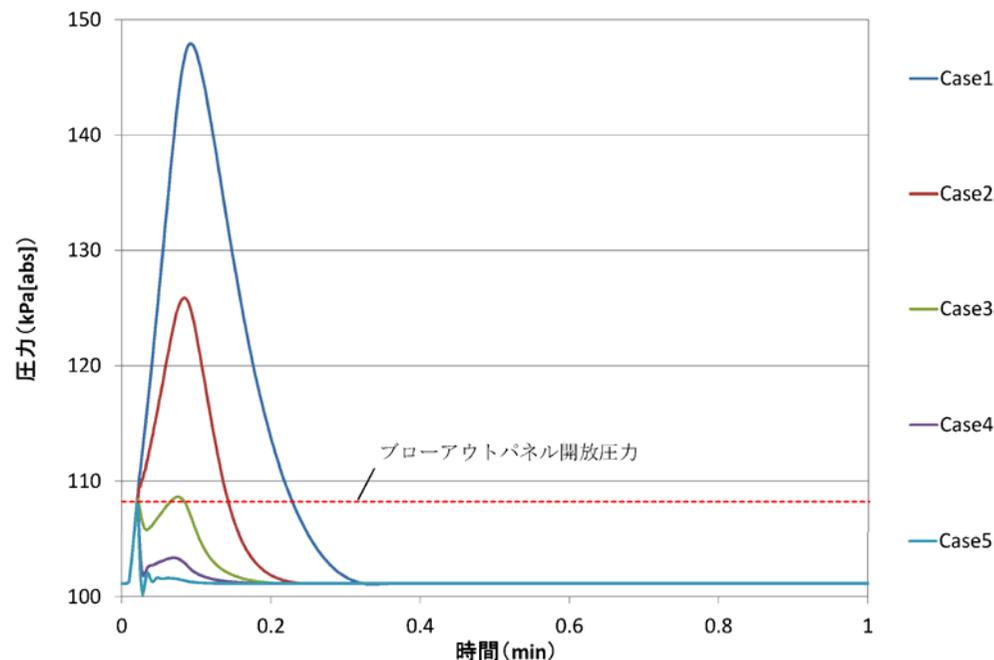
- case1: 6F ブローアウトパネル 1 枚開放
- case2: 6F ブローアウトパネル 2 枚開放
- case3: 6F ブローアウトパネル 4 枚開放
- case4: 6F ブローアウトパネル 8 枚開放
- case5: 6F ブローアウトパネル 8 枚開放+5F ブローアウトパネル 4 枚開放

圧力解析結果より以下を確認した

- ・MSLBA時には、ブローアウトパネル開放に必要な設定圧力に達することを確認
- ・6階に設置された4枚が開放することで、格納容器の設計外圧を越えないこと



温度状況比較



圧力状況比較

(原子炉棟 6階)

第4図 ブローアウトパネル作動枚数による温度及び圧力状況比較

8. 要求事項を満足させるための設備対策方針

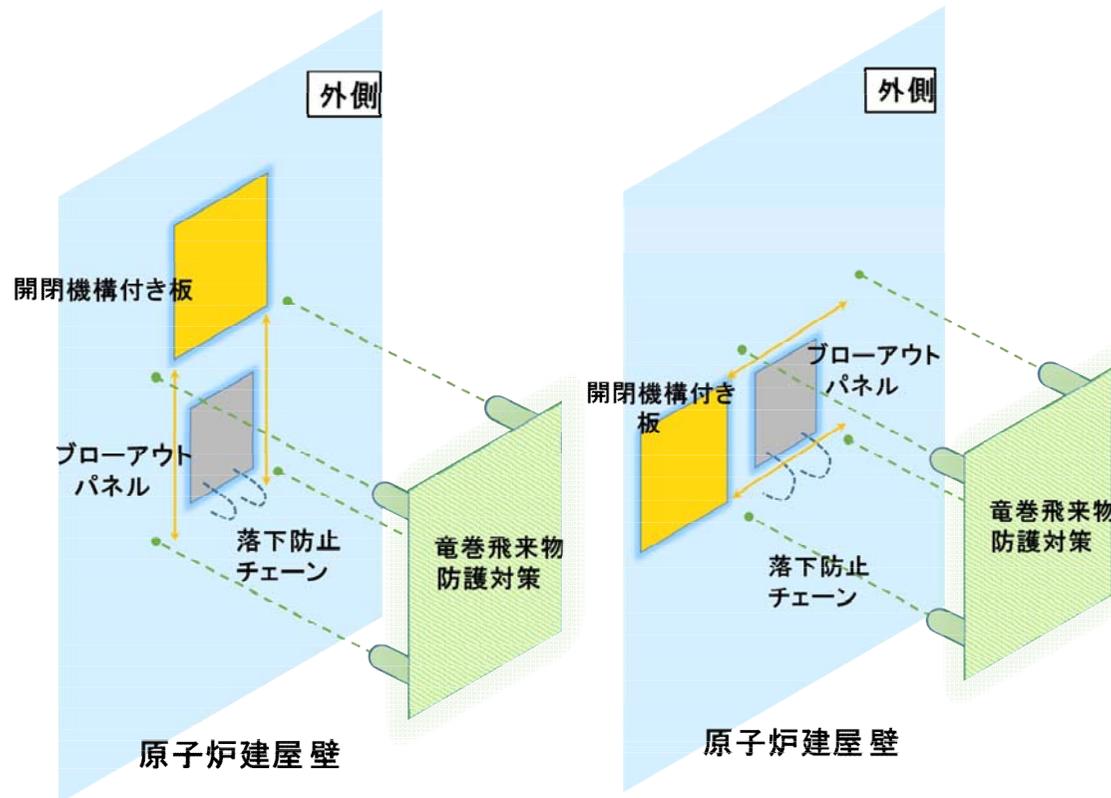
設備設計方針

(1) 閉止機能付シャッター

- ・ 気密性の高いJIS等級 (A4等級) の建具を用いることで原子炉建屋の負圧を確保
- ・ 遠隔及び手動による閉止機能を設置
- ・ 原子炉棟6階面の東西南の各1枚のシャッターについては、手動による開放機能を設置

(2) 竜巻飛来物防護対策

- ・ シャッターの開閉機能, ブローアウトパネルの開放機能に干渉しないよう設置

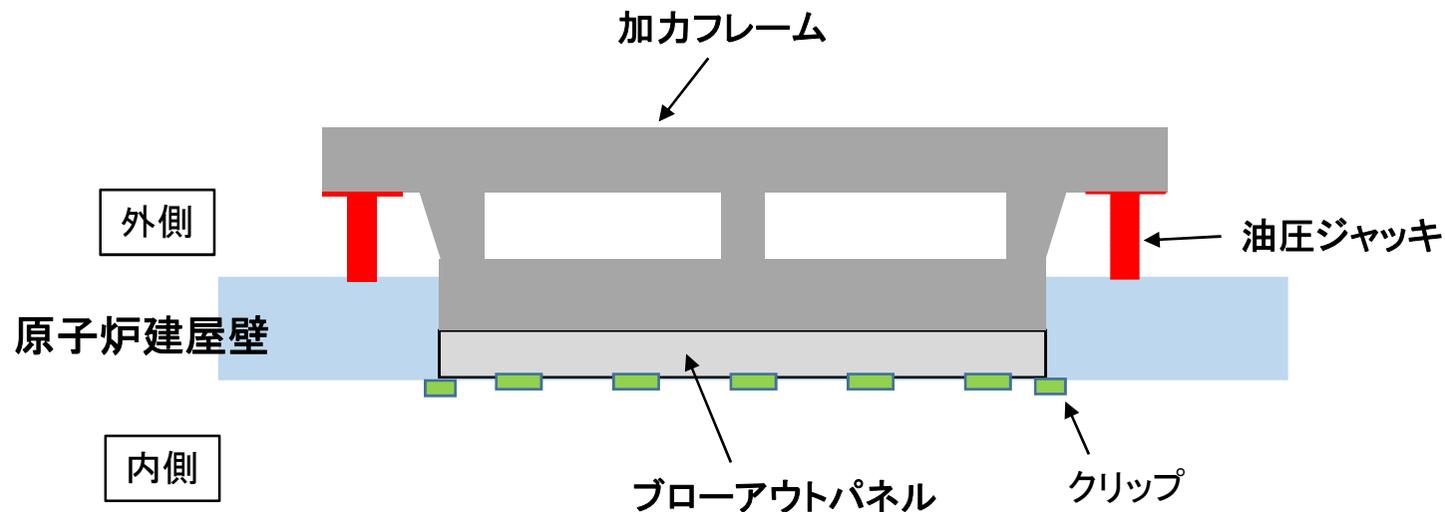


<上下方向スライド案>

<横方向スライド案>

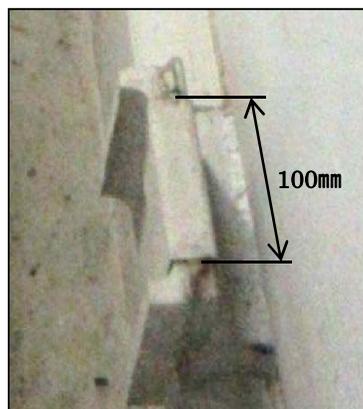
参 考 资 料

- 設置場所: 原子炉建屋6階北側ブローアウトパネル2枚
- 設置経緯: 2012年に緊急安全対策の一環として設置



- ・既設のブローアウトパネルが、「加カフレーム」を背負っている構造。
- ・パネル1枚につき、油圧ジャッキ6個が作用。
- ・ジャッキ作用により、パネルは外側方向へ押し出され、やがてクリップが変形し、強制的にパネルが開放される仕組み。
- ・油圧ジャッキには各々、操作場所から建屋壁外面に敷設されている耐震クラスSの油圧配管を通じて油圧が供給される。

- ◆ ブローアウトパネル 寸法:4.145m × 3.650m ⇒ 15.129m²
 - ◆ 開放時の設計差圧6.9kPa
 - ◆ ブローアウトパネルに設計差圧が負荷される際にパネルが受ける荷重
 $15.129\text{m}^2 \times 6.9 = 104.392\text{kN}$
⇒ パネル1枚当たり, $10.65 \times 10^3 \text{ kg}$ の負荷荷重
 - ◆ クリップは18個設置されているため, クリップ1個あたりに約591kgの荷重が負荷
- ↓
- ◆ クリップは厚さ数mmであり, 切り欠きも負荷されており, 約600kgの荷重が負荷される場合には破損する



クリップ部拡大

原子炉建屋ブローアウトパネルの開放後の状態における
原子炉建屋への竜巻の影響について

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。）については、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について評価した。

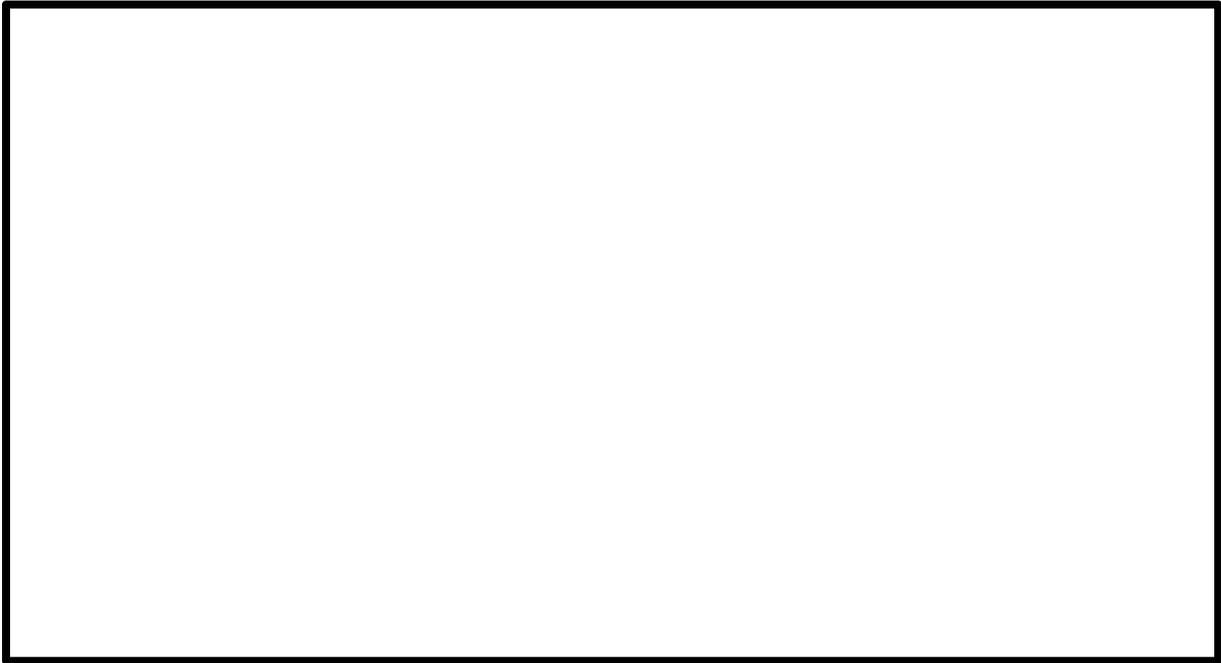
2. ブローアウトパネルの開放による竜巻の影響

2.1 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 5 階及び 6 階の評価対象施設を別表 5-1 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 5-1 原子炉建屋 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 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

2.2 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 5-2 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 5-2 ブローアウトパネル開口部から原子炉建屋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】

2.3 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 5-3 に示す。

別表 5-3 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 原子炉建屋 天井クレーン	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	
		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	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。	要	建屋内への風の侵入防止
		放射性物質の閉じ込め及び放出低減機能 (MS-1)	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
	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。	要	
		放射性物質の閉じ込め及び放出低減機能 (MS-1)	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
	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 5-3 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 5-3 参照), 飛来物が衝突することはないと考え難い。	不要	—



別図 5-3 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ほう酸水注入系設備方向への見通し

3. 防護対策

別表 5-3 より，5 階，6 階それぞれの防護方針は以下のとおりであり，機能維持の対応として「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。

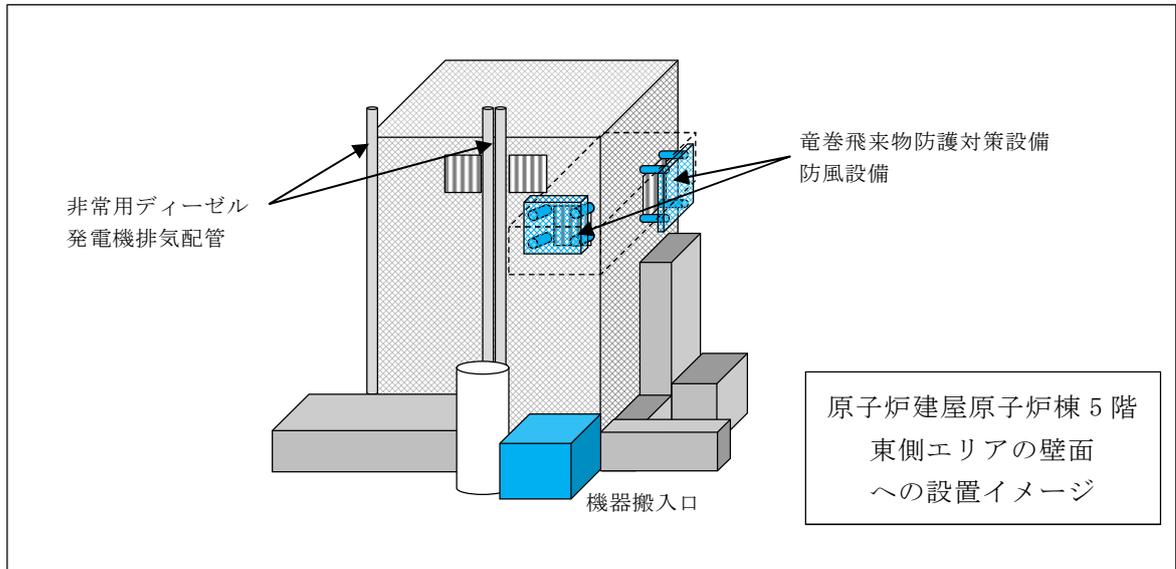
(1) 原子炉建屋原子炉棟 6 階の防護方針

- ・ 開口部から侵入する飛来物の衝突に対する防護方針
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の衝突に対する防護方針
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）
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
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。



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)