

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

重大事故等発生時に期待する
原子炉建屋ブローアウトパネルについて

平成29年4月

東京電力ホールディングス株式会社

1. はじめに

原子炉建屋ブローアウトパネルについては、重大事故等発生時に機能を期待することから、重大事故等対処設備として取り扱うこととした。

以降、当該設備に期待する機能及び設計方針について説明する。

2. 原子炉建屋ブローアウトパネルに期待する機能

(1) 開放機能

重大事故等対策の有効性評価のうち、格納容器バイパス（インターフェイスシステム LOCA）においては、原子炉格納容器外かつ原子炉建屋原子炉区域（以下、「原子炉区域」という。）で低圧設計配管が破断することを想定しているため、原子炉区域で瞬時に減圧沸騰して大量の水蒸気が発生する。このため、原子炉区域の圧力が急上昇するが、開放設定圧力 3.4kPa[gage]に到達した時点で原子炉建屋オペレーティングフロアに設置した原子炉建屋ブローアウトパネルが自動的に開放し、原子炉区域内を減圧する。

また、開放した原子炉建屋ブローアウトパネルの開口面（全面）を經由して外気と熱交換が行われることにより原子炉区域内でも人力での操作が可能となる。インターフェイスシステム LOCA 発生時には、基本的には中央制御室で隔離弁を閉操作するが、万が一中央制御室から操作できない場合には、現場で隔離弁を操作することとしている。

なお、原子炉区域内の環境の観点からの本要件は、所定の時間内に必要な環境を整えることが可能であれば、ブローアウトパネル以外の設備で対応することも考えられる。

(2) 閉じ込め機能

重大事故等対策の有効性評価のうち、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（以下、「大 LOCA シナリオ」という。）においては、中央制御室の運転員等の被ばく低減のために非常用ガス処理系（以下、「SGTS」という。）によって原子炉区域内を負圧に維持するため、原子炉区域のバウンダリの一つである原子炉建屋ブローアウトパネルについても閉状態を維持し、放射性物質を閉じ込める。

3. 重大事故等対処設備としての原子炉建屋ブローアウトパネルの設計方針

(1) 設置許可基準規則第 46 条

原子炉建屋ブローアウトパネルは「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」(以下、「設置許可基準規則」という。)第 46 条 (インターフェイスシステム LOCA 隔離弁) に関連する『常設耐震重要重大事故防止設備』として位置付ける。

このとき、原子炉建屋ブローアウトパネルに要求される機能は 2.(1)に示した開放機能であるため、以下の 2 点を満足する設計とする。

- ① 原子炉区域の圧力が上昇した際に開放設定圧力 3.4kPa[gage]で全パネルが確実に開放し、かつ以後も原子炉区域の圧力上昇を抑制すること
- ② 圧力上昇によって開放する際には所定の時間内に原子炉区域内での操作が可能となる環境条件を整えることが可能となる開口面積を満足すること

(2) 設置許可基準規則第 59 条

原子炉建屋ブローアウトパネルは設置許可基準規則第 59 条 (被ばく線量の低減) に関連する『常設重大事故緩和設備』として位置付ける。

このとき、原子炉建屋ブローアウトパネルに要求される機能は 2.(2)に示した閉じ込め機能であるため、以下の 2 点を満足する設計とする。

- ① 原子炉区域の圧力が上昇しない事象においては全パネルが閉状態を維持すること
- ② SGTS による負圧維持に期待している期間中に想定する重畳事象に対しても閉状態を維持すること、または開放状態になったとしても速やかに再開止すること

(3) 設置許可基準規則第 43 条

原子炉建屋ブローアウトパネルは(1)(2)の通り常設重大事故等対処設備と位置付けることから、設置許可基準規則第 43 条第 1 項及び第 2 項に適合する設計とする。(添付資料参照)

4. 結論

原子炉建屋ブローアウトパネルは、2.(1)(2)に示す機能を満たすよう、3.(1)(2)(3)で示した設計方針で設計する。

なお、詳細な設計及び手順等については、工事計画認可申請及び保安規定変更認可申請の審査時に説明する。

以上

添付資料 1：原子炉建屋ブローアウトパネルの設置許可基準規則第 43 条適合性
(柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 重大事故等対処設備について 記載事項)

添付資料 2：柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 原子炉建屋ブローアウト
パネルに対する外部事象防護方針について

原子炉建屋ブローアウトパネルの設置許可基準規則第 43 条適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、「柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉重大事故等対処設備について」2.3 重大事故等対処設備の基本設計方針 に従い、設置許可基準規則第 43 条に適合する設計とする。

原子炉建屋ブローアウトパネルに関する個別の設計方針は以下の通り。

1. 設置許可基準規則第 43 条への適合方針

1. 1 設置許可基準規則第 43 条第 1 項への適合方針

(1) 環境条件及び荷重条件（設置許可基準規則第 43 条第 1 項一）

(i) 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合における温度，放射線，荷重その他の使用条件において，重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮するものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは，原子炉区域と屋外の境界に設置する設備であることから，想定される重大事故等時における，原子炉区域内及び屋外の環境条件及び荷重条件を考慮し，その機能を有効に発揮することができるよう，以下の表-1 に示す設計とする。

表-1 想定する環境条件及び荷重条件

環境条件等	対応
温度・圧力・湿度・放射線	設置場所である原子炉区域と屋外の境界で想定される温度，圧力，湿度及び放射線条件下に耐えられる性能を確認した機器を使用する。
屋外の天候による影響	重大事故等が発生した場合においても，降水及び凍結によりその機能が損なわれないことを確認する。（添付資料 2 参照）
海水を通水する系統への影響	海水を通水することはない。
地震	設置場所で想定される適切な地震荷重との組合せを考慮した上で機器が損傷しないことを確認する（詳細は「2.1.2 耐震設計の基本方針」に示す）。
風（台風）・積雪	原子炉区域と屋外の境界に設置するため，風（台風）荷重及び積雪荷重を考慮しても機器が損傷しないことを確認する。（添付資料 2 参照）
電磁的障害	重大事故等が発生した場合においても，電磁波によりその機能が損なわれない設計とする。

(2) 操作性（設置許可基準規則第 43 条第 1 項二）

(i) 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において確実に操作できるものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、遠隔もしくは人力により確実に操作できる設計とする。

なお、中央制御室に操作スイッチを設ける場合には、運転員の操作性を考慮して十分な操作空間を確保する。また、操作対象については銘板をつけることで識別可能とし、運転員の操作及び監視性を考慮して確実に操作できる設計とする。

(3) 試験及び検査（設置許可基準規則第 43 条第 1 項三）

(i) 要求事項

健全性及び能力を確認するため、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、発電用原子炉の運転中又は停止中に機能・性能試験、若しくは外観検査が実施可能な設計とする。

(4) 切り替えの容易性（設置許可基準規則第 43 条第 1 項四）

(i) 要求事項

本来の用途以外の用途として重大事故等に対処するために使用する設備にあつては、通常時に使用する系統から速やかに切り替えられる機能を備えるものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは他の系統との切り替えが不要な設計とする。

(5) 悪影響の防止（設置許可基準規則第 43 条第 1 項五）

(i) 要求事項

工場等内の他の設備に対して悪影響を及ぼさないものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、誤開放しない構造又は開放した場合においても速やかに閉止できる構造とし、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。また、開放した場合においても、適切な離隔距離を確保することで、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。

(6) 設置場所（設置許可基準規則第 43 条第 1 項六）

(i) 要求事項

想定される重大事故等が発生した場合において重大事故等対処設備の操作及び復旧作業を行うことができるよう、放射線量が高くなるおそれが少ない設置場所の選定、設置場所への遮蔽物の設置その他の適切な措置を講じたものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルの操作を行う場合には、中央制御室もしくは現場において操作できる設計とし、操作位置の放射線量が高くなるおそれが少ない場所で操作が可能となる設計とする。

1. 2 設置許可基準規則第 43 条第 2 項への適合方針

(1) 容量（設置許可基準規則第 43 条第 2 項一）

(i) 要求事項

想定される重大事故等の収束に必要な容量を有するものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、原子炉区域内に蒸気等が漏えいし、原子炉区域内圧力が開放設定圧力3.4kPa[gage]に到達した場合に開放し、蒸気等を原子炉建屋外に排気して原子炉区域の圧力上昇を抑制するために必要となる容量を確保するよう設計する。

(2) 共用の禁止（設置許可基準規則第 43 条第 2 項二）

(i) 要求事項

二以上の発電用原子炉施設において共用するものでないこと。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合であって、同一の工場等内の他の発電用原子炉施設に対して悪影響を及ぼさない場合は、この限りでない。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、二以上の発電用原子炉施設において共用しない設計とする。

(3) 設計基準事故対処設備との多様性（設置許可基準規則第 43 条第 2 項三）

(i) 要求事項

常設重大事故防止設備は、共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。

(ii) 適合性

原子炉建屋ブローアウトパネルは、重大事故防止及び緩和設備であり、同一目的の重大事故等対処設備はない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉
原子炉建屋ブローアウトパネルに対する外部事象防護方針について

1. はじめに

原子炉建屋ブローアウトパネルについては、通常運転時においても原子炉建屋と一体となり、原子炉建屋原子炉区域負圧維持のための閉じ込め機能に期待をするとともに、重大事故等である格納容器バイパス（インターフェイスシステム LOCA）時における原子炉建屋原子炉区域減圧のための開放機能と、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（大 LOCA シナリオ）時における原子炉建屋原子炉区域負圧維持のための閉じ込め機能に期待する重大事故等対処設備として取り扱うこととした。当該設備に対する外部事象防護方針について以下に示す。

2. 通常運転時における考え方

設計基準規模の外部事象として、例えば、設計竜巻（最大瞬間風速 92m/s）を想定した場合、竜巻の気圧差荷重による原子炉建屋ブローアウトパネルの開放が考えられるが、原子炉建屋内の安全系等の防護対象施設には影響はない。

また、竜巻による飛来物に対しては、原子炉建屋ブローアウトパネル内側に、例えば竜巻防護ネットを設置する等、建屋開口部からの飛来物の侵入を防止することで、使用済燃料プール内の燃料等にも影響はない。

そのため、設計基準規模の外部事象により設計基準事故には至らない。

また、第 6 条において選定した竜巻以外の外部事象（風（台風）、低温（凍結）、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、火災・爆発、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害）についても同様に、風（台風）であれば竜巻の影響に包絡される、火山（降下火砕物）の影響や積雪等であれば原子炉建屋ブローアウトパネルの閉じ込め機能には影響しない等により、設計基準規模の外部事象によって設計基準事故には至らない。

3. 重大事故等発生時における考え方

(1) 考慮すべきシナリオ等の前提の整理

重大事故等と外部事象の重畳については、以下を念頭に組み合わせを考慮する。

- ・ 重大事故等の発生頻度としては、炉心損傷頻度の性能目標^{*1,*2}である 10^{-4} /炉年
- ・ 重大事故等と外部事象の重畳の判断目安は、航空機落下の判断基準^{*3,*4} や設計基準対象施設の耐震設計のスクリーニング基準^{*5}の 10^{-7} 年に保守性をもたせた 10^{-8} /炉年

また、考慮すべきシナリオは図 1 に示す「①外部事象を起因とした重大事故等が発生する場合」と「②重大事故等発生後に外部事象が発生する場合」に分けて整理する。①は重大事故等対処設備の保管時、②は重大事故等対処設備の機能要求時に該当することから、

その際に考慮すべき外部事象については、第 43 条第 1 項及び第 2 項において選定した自然現象 11 事象（地震，津波，風（台風），竜巻，低温（凍結），降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象）及び外部人為事象 4 事象（火災・爆発，有毒ガス，船舶の衝突，電磁的障害）とする。

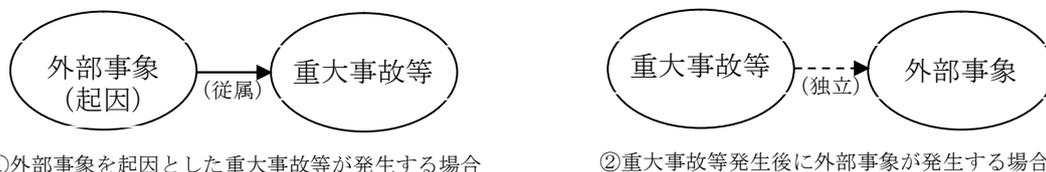


図 1 重大事故等と外部事象重畳の考慮すべきシナリオ

※1： Regulatory Guide 1.174 Rev.1,2002, An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis

※2： 第 1 回 原子力規制委員会（平成 25 年 4 月 3 日）資料 6-2「放射性物質放出量と発生頻度との関係（概念図）」

※3： STANDARD REVIEW PLAN 3.5.1.6 AIRCRAFT HAZARDS

※4： 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（平成 21・06・25 原院第 1 号。平成 21 年 6 月 30 日原子力安全・保安院制定）

※5： JEAG4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」

(2)原子炉建屋ブローアウトパネルに対する外部事象防護方針

① 外部事象を起因とした重大事故等が発生する場合

外部事象を起因とした重大事故等の発生を考慮する場合には、起因事象となる外部事象の発生頻度と炉心損傷に至る確率を踏まえた上で、原子炉建屋ブローアウトパネルに対する防護方針を検討する必要がある。

具体的には、地震 PRA においては、地震を起因とした場合の炉心損傷頻度は 5.2×10^{-6} /年（6 号炉）， 5.0×10^{-6} /年（7 号炉）としているため、地震起因の重大事故等に対しては、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能維持に対する考慮が必要となる。

一方、竜巻等の事象では、2.の通り非常用炉心冷却系等の機器については外殻となる建屋に防護されているため、炉心損傷の起因事象としては外部電源喪失が考えられ、外部電源喪失が考えられる竜巻の年超過頻度おおよそ 10^{-4} /年（年超過頻度 10^{-3} /年以上の竜巻は最大瞬間風速 10m/s 以下のため）及び外部電源喪失が発生した場合の条件付炉心損傷確率 8.6×10^{-8} （6 号炉，7 号炉ともに同じ）を踏まえると、竜巻を起因とした場合の炉心損傷頻度は(1)の重大事故等と外部事象の重畳の判断目安に比べて十分低く、竜巻等の事象を起因とした重大事故等が発生し、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能が必要となる可能性は、十分低いものとする。

また、津波や有毒ガス等については、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に直接影響する事象ではないことも考慮する必要がある。

以上を踏まえ、外部事象を起因とした重大事故等の発生に対する原子炉建屋ブローアウトパネルの防護方針は表 1 を示す通りとする。

表 1 外部事象を起因とした重大事故等の発生に対する
原子炉建屋ブローアウトパネル（開放機能・閉じ込め機能※）防護方針

事 象		防護方針
自然現象	地震	地震起因の炉心損傷頻度は約 10^{-6} /年であり，地震による原子炉建屋ブローアウトパネルの開放等が考えられることから，速やかに閉止又は地震により開放しない設計とする。
	津波	津波は原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響する事象ではない。
	風（台風）	風，竜巻，低温（凍結），降水，積雪の年超過頻度，及び外部電源喪失が発生した場合の条件付炉心損傷確率（ 8.6×10^{-8} ）を踏まえると，風，竜巻，低温（凍結），降水，積雪を起因とした場合の炉心損傷頻度は，重大事故等と外部事象の重畳の判断目安に比べて十分低く，風，竜巻，低温（凍結），降水，積雪による重大事故等が発生し原子炉建屋ブローアウトパネルの機能が必要となる可能性は十分低い。
	竜巻	
	低温（凍結）	
	降水	
積雪		
自然現象	落雷	落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，有毒ガス，船舶の衝突，電磁的障害は原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響する事象ではない。
	地滑り	
	火山の影響	
	生物学的事象	
外部人為事象	有毒ガス	森林火災に対しては，原子炉建屋ブローアウトパネルは，防火帯内側に設置をしていることから，原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響はない。また，変圧器等や航空機落下による火災に対しては，非常用 D/G サイレンサにより輻射が遮られる，又は火災源との離隔があるため，原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響はない。
	船舶の衝突	
	電磁的障害	
火災・爆発		

※：重大事故等発生前の想定であることから，開放機能及び閉じ込め機能の両方が対象。

② 重大事故等発生後に外部事象が発生する場合

重大事故等発生後において，外部事象が重畳して発生する場合には，重大事故等の発生頻度とその後発生する外部事象の年超過頻度を踏まえた上で，原子炉建屋ブローアウトパネルに対する防護方針を検討する必要がある。

(1)の重大事故等と外部事象の重畳の判断目安 10^{-8} /炉年及び原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に期待している重大事故等対処設備の有効性評価や被ばく評価においては，重大事故等発生後 7 日迄の期間を評価していることを踏まえて，重大事故等発生後において重畳させる外部事象の規模としては，プラント寿命期間中に発生する規模の年超過発生頻度 10^{-2} /年を想定し，原子炉建屋ブローアウトパネルの機能を損なわない方針とする。

表 2 に重大事故等発生後における外部事象の発生に対する原子炉建屋ブローアウトパネル防護の考え方を示す。

重大事故等発生後 7 日以降については、原子炉建屋からの大気中への放射性物質 (Cs-137) の累計の放出量には大きな増加はない。また、上記方針に基づき年超過発生頻度 10^{-2} /年規模の外部事象に対して、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能は維持される。

重大事故等発生後約 60 日以降については、設計基準規模の外部事象を想定し、外部事象により原子炉建屋ブローアウトパネルの開放や損傷等があった場合でも、現場作業について外部からの参集要員等に期待することができることから、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能を復旧する方針とする。

なお、地震においては、上記方針に基づき、原子炉冷却材バウンダリや原子炉格納容器バウンダリを構成する設備等に対し、重大事故等発生後約 3 日以降は弾性設計用地震動 S_d 、約 60 日以降は基準地震動 S_s との組み合わせを考慮している。

表 2 重大事故等発生後における外部事象の発生に対する
原子炉建屋ブローアウトパネル（閉じ込め機能※）防護方針

事 象		防護方針
自然 現象	地震	地震荷重による原子炉建屋ブローアウトパネルの開放等が考えられることから、速やかに閉止又は地震により開放しない設計とする。
	津波	津波は原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響する事象ではない。
	風（台風）	年超過頻度 10^{-2} /年（最大風速 27.9m/s）の風荷重に対し、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能が喪失しない設計とする。 飛来物については、竜巻対策による資機材や屋根等の固縛・撤去等、及び設計飛来物である仮設足場については最大風速 27.9m/s により飛散しないことを確認し、原子炉建屋ブローアウトパネルが飛来物影響を受けない設計とする。
	竜巻	年超過頻度 10^{-2} /年の最大瞬間風速は 10m/s 以下であり、風（台風）の影響に包絡され、気圧差による原子炉建屋ブローアウトパネルの開放はない。 なお、竜巻事象の不確実性を踏まえ、年超過頻度 10^{-3} /年を参照した場合においても最大瞬間風速は 10m/s 以下である。
	低温（凍結）	低温（凍結）、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象は原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響する事象ではない。
	降水	
	積雪	
	落雷	
	地滑り	
火山の影響		
生物学的事象		

※：インターフェイスシステム LOCA 時の開放機能は事象発生後すぐに期待するものであり、以降も開放維持のため対象外。従って、重大事故等発生後においては、原子炉建屋原子炉区域負圧維持のための閉じ込め機能が対象。

(表 2 続き)

事 象		防護方針
外 部 人 為 事 象	有毒ガス	有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害は原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響する事象ではない。
	船舶の衝突	
	電磁的障害	
	火災・爆発	森林火災に対しては、原子炉建屋ブローアウトパネルは、防火帯内側に設置をしていることから、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響はない。 また、変圧器等や航空機落下による火災に対しては、非常用 D/G サイレンサにより輻射が遮られる、又は火災源との離隔があるため、原子炉建屋ブローアウトパネルの機能に影響はない。

4. まとめ

原子炉建屋ブローアウトパネルの外部事象防護方針については、2.及び3.に示す通りとし、詳細設計等については、工事計画認可申請及び保安規定変更認可申請の審査時に説明する。

以 上