

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

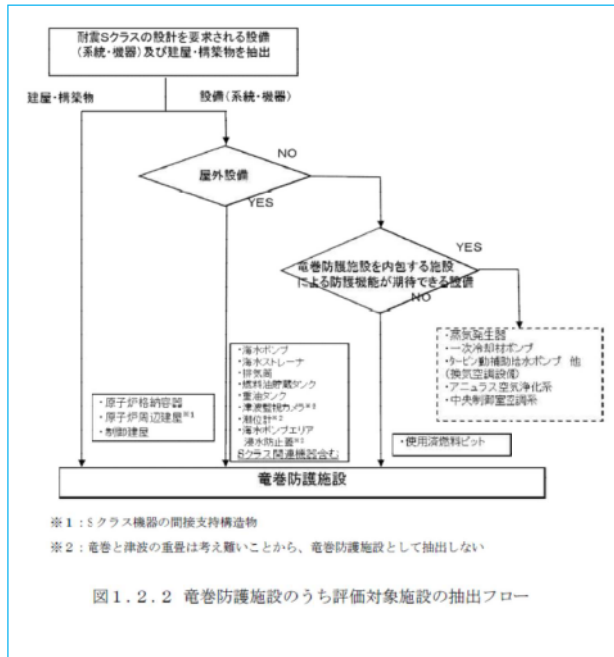
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(建屋に内包されるが防護が期待できない設備)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料ピット ・主蒸気管他 	<p>(外殻となる施設による防護機能が期待できない設備)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機冷却海水ポンプ ・蓄熱室加熱器 ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ ・配管および弁（原子炉補機冷却海水系統） ・原子炉建屋の原子炉補機冷却水サージタンク・空調用冷水膨脹タンク室に設置されている原子炉補機冷却水サージタンクおよび原子炉補機冷却水系統の配管・弁（以下、「原子炉補機冷却水サージタンク他」という。） ・原子炉建屋の主蒸気管室に設置されている主蒸気系統、主給水系統、補助給水系統および制御用空気系統の配管・弁（以下、「配管および弁（主蒸気管室内）」という。） ・制御用空気系統配管 ・使用済燃料ピット（使用済燃料ラック含む） ・新燃料ラック ・燃料移送装置 ・使用済燃料ピットクレーン <p>(建屋内の施設で外気と繋がっている設備)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排気筒（建屋内） ・換気空調設備（アニュラス空気浄化設備、格納容器空調装置、補助建屋空調装置、試料採取室空調装置、中央制御室空調装置、電動補助給水ポンプ室換気装置、制御用空気圧縮機室換気装置、ディーゼル発電機室換気装置、安全補機開閉器室空調装置の外気と繋がるダクト・ファン・空調ユニット及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁） 	<p>(f) 排気筒 (g) 原子炉建屋 <以下、外部事象防護対象施設を内包する区画> (h) タービン建屋（気体廃棄物処理設備エリア排気放射線モニタ等を内包） (i) 制御建屋（中央制御室を内包） (j) 軽油タンク室（軽油タンクA系及び軽油タンクB系を内包） (k) 軽油タンク室（H）（軽油タンクHPCS系を内包）</p> <p>b. 屋内の施設で外気と繋がっている施設 (a) 中央制御室換気空調系、計測制御電源室換気空調系及び原子炉補機室換気空調系 (b) 原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系） (c) 軽油タンクA系（燃料移送ポンプ等含む。） (d) 軽油タンクB系（燃料移送ポンプ等含む。） (e) 軽油タンクHPCS系（燃料移送ポンプ等含む。）</p> <p>c. 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設 (a) 原子炉補機室換気空調系</p>	<p>差異理由</p> <p>記載表現相違 対象施設の相違 ・評価対象施設の相違</p> <p>記載内容の相違 ・泊では建屋内の施設で外気と繋がっている設備を記載している（大飯でも、外気と繋がる施設は有るが、記載していない）</p>

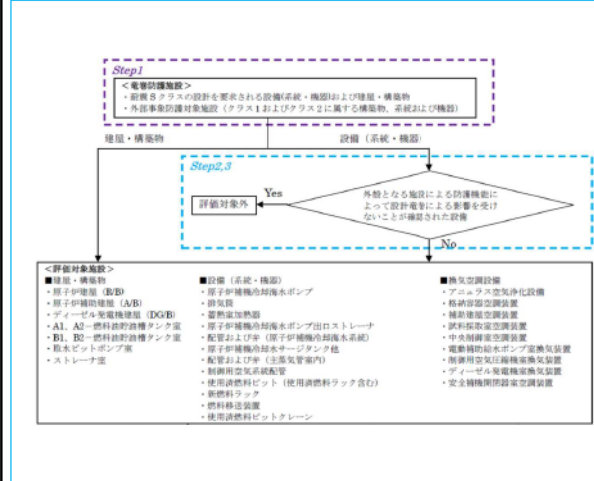
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

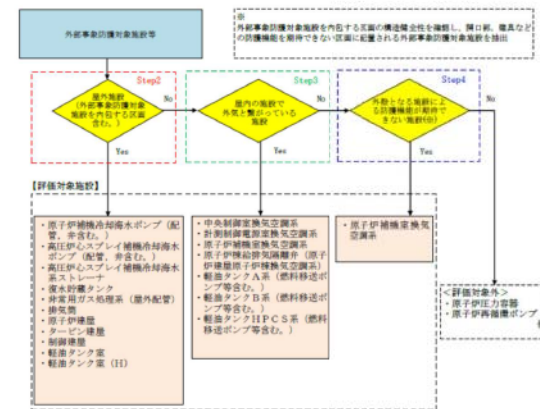
大飯発電所3/4号炉



泊発電所3号炉



女川原子力発電所2号炉



第1.2.2-2 図 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出フロー

記載箇所の相違
 ・大飯では安全重要分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、1.2.2に記載

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(2) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p>竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としては、当該施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設、またはその施設の特定の区画とする。</p> <p>以下の①及び②に示す施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。</p> <p>図1.2.3に竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としての抽出フローを示す。</p> <p>① 機械的影響の観点での抽出 発電所構内の設備及び建屋・構築物のうち、竜巻防護施設を内包する施設に隣接している施設、及び倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設として、以下を抽出し、評価を実施する。 （竜巻防護施設を内包する施設に隣接している施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> タービン建屋 廃棄物処理建屋 永久構台 <p>（倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐火隔壁 <p>② 機能的影響の観点での抽出 発電所構内の設備及び建屋・構築物のうち、屋外にある竜巻防護施設の付属設備及び竜巻防護施設を内包する区画の換気空調設備のうち、外気と繋がるダクト・ファン、外気との境界となるダンパ・パタフライ弁として、以下を抽出し、評価を実施する。 （竜巻防護施設の付属設備）</p> <ul style="list-style-type: none"> 主蒸気逃がし弁消音器 主蒸気安全弁排気管 タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管 ディーゼル発電機排気消音器 燃料油貯蔵タンクベント管 重油タンクベント管 タンクローリー 	<p>b. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設</p> <p>評価ガイドにおいて、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は「当該施設の破損等により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性が否定できない施設、又はその施設の特定の区画（竜巻防護施設を内包する区画）」とされていることを踏まえ、以下の（a）項及び（b）項に示す施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。</p> <p>竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設（評価対象施設）抽出フローを図2.4に示す。（補足説明資料11参照）</p> <p>（a）竜巻防護施設への機械的影響の観点から抽出 竜巻防護施設の外殻となる施設に隣接している施設及び倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設として、以下を抽出し評価を実施する。 （竜巻防護施設の外殻となる施設に隣接している施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> タービン建屋（T/B）（原子炉建屋に隣接する施設） 電気建屋（EL/B）（原子炉建屋、原子炉補助建屋に隣接する施設） 出入管理建屋（AC/B）（原子炉補助建屋に隣接する施設） <p>（倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> 循環水ポンプ建屋（CWP/B） <p>（b）竜巻防護施設への機能的影響の観点から抽出 屋外にある竜巻防護施設の付属設備および竜巻防護施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備として、以下を抽出し評価を実施する。</p> <p>（屋外にある竜巻防護施設の付属設備）</p> <ul style="list-style-type: none"> ディーゼル発電機排気消音器（ディーゼル発電機の付属設備） 主蒸気逃がし弁消音器（主蒸気逃がし弁の付属設備） 主蒸気安全弁排気管（主蒸気安全弁の付属設備） タービン動補助給水ポンプ排気管（タービン動補助給水ポンプの付属設備） ディーゼル発電機燃料油貯油槽ベント管（ディーゼル発電機燃料油貯油槽の付属設備） 	<p>(2) 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【添付資料1.3】</p> <p>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は、その他の施設（外部事象防護対象施設以外の施設）のうち、倒壊により外部事象防護対象施設等を機能喪失させる（機械的影響）可能性があるもの及び屋外に設置される外部事象防護対象施設の付属設備のうち、設計竜巻の風圧力、気圧差及び設計飛来物等の衝突による損傷により外部事象防護対象施設を機能喪失させる（機能的影響）可能性があるものとする。</p> <p>なお、津波防護施設等は、基準津波の高さや防護範囲の広さ等の重要性を鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。</p> <p>第1.2.2-4図に、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フロー及び抽出された施設を示す。</p> <p>また、第1.2.2-4図において抽出した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配置図を第1.2.2-5図に示す。</p> <p>a. 外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 補助ボイラー建屋 (b) 1号炉制御建屋 (c) サイトバンカ建屋 (d) 海水ポンプ室門型クレーン <p>b. 外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) 非常用ディーゼル発電設備排気消音器及び高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備排気消音器（以下「非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器」という。） (b) 非常用ディーゼル発電設備燃料デイトンクミスト配管、非常用ディーゼル発電設備燃料油ドレタンクミスト配管、非常用ディーゼル発電設備機関ミスト配管及び非常用ディーゼル発電設備潤滑油サンプタンクミスト配管並びに高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備燃料デイトンクミスト配管、高圧炉心スプレイス系ディーゼル発電設備燃料油ドレタンクミスト配管、高 	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違 ・建屋の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違 ・大阪の燃料油貯蔵タンク及び重油タンクは、ディーゼル発電機の運転のための燃料であり、泊の燃料油貯油槽に相当 対象施設の相違 ・大阪では、非常用ディーゼル発電機が7日間連続運転するた</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(外気と繋がるダクト・ファン、外気との境界となるダンパ・バタフライ弁)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アニュラス空気浄化設備 ・格納容器排気系統 ・補助建屋排気系統 ・放射線管理室排気系統 ・中央制御室空調装置 ・安全補機閉閉器室の換気空調設備 ・電動補助給水ポンプ室の換気空調設備 ・制御用空気圧縮機室の換気空調設備 ・ディーゼル発電機室の換気空調設備 ・蓄電池室の換気空調設備 	<p>(竜巻防護施設を内包する区画の外気と繋がっている換気空調設備)</p> <p>・換気空調設備（蓄電池室排気装置の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ）</p>	<p>圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備機関ミスト配管及び高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備潤滑油補給タンクミスト配管（以下「非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備を含む。）付属ミスト配管」という。）</p> <p>(c) 軽油タンクA系ペント配管、軽油タンクB系ペント配管及び軽油タンクHPCS系ペント配管</p>	<p>めに、タンクローリーによる重油タンクからの燃料の補給が必要であり、タンクローリーを防護する必要がある</p> <p>記載表現の相違</p> <p>対象設備の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・波及的影響を及ぼし得る施設の相違（2次系飛来物については、泊では補足説明資料29にて記載）
<p>図1. 2. 3 波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー</p>	<p>図2.4 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設（評価対象施設）抽出フロー</p>	<p>第1.2.2-4図 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フロー</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の相違
<p>(3) 竜巻防護施設を内包する施設</p> <p>竜巻防護施設を内包する施設（竜巻防護施設を内包する建屋・構築物等）として、以下を抽出し評価を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉格納容器 ・原子炉周辺建屋 ・制御建屋 ・燃料油貯蔵タンク基礎 ・重油タンク基礎 	<p>c. 竜巻防護施設の外殻となる施設</p> <p>竜巻防護施設の外殻となり得る施設（竜巻防護施設を内包する建屋・構築物）として、以下を抽出し評価を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋（R/B） 外部遮へい建屋（O/S） 周辺補機棟（E/B） 燃料取扱棟（FH/B） 		<p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																								
<p>なお、海水ポンプ室に設置する竜巻飛来物防護対策設備については、竜巻防護施設を内包する施設となり得るが、竜巻飛来物防護対策設備として竜巻による影響評価を実施する。</p> <p>表1.2.1に 竜巻防護施設を内包する施設の抽出結果を、図1.2.4に抽出した竜巻防護施設のうち、主な評価対象施設と竜巻防護施設を内包する建屋及び構築物を示す。</p> <table border="1" data-bbox="91 531 689 850"> <caption>表1.2.1 竜巻防護施設を内包する施設の抽出結果</caption> <thead> <tr> <th>竜巻防護施設を内包する施設 (評価対象施設)</th> <th>内包する竜巻防護施設</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉格納容器(PCCV)</td> <td>原子炉容器 蒸気発生器 1次冷却材ポンプ他</td> </tr> <tr> <td>原子炉周辺建屋(E/B)</td> <td>余熱除去ポンプ よう素除去薬品タンク 主蒸気管他</td> </tr> <tr> <td>制御建屋(C/B)</td> <td>中央制御室他</td> </tr> <tr> <td>燃料油貯蔵タンク基礎</td> <td>燃料油貯蔵タンク</td> </tr> <tr> <td>重油タンク基礎</td> <td>重油タンク</td> </tr> </tbody> </table>	竜巻防護施設を内包する施設 (評価対象施設)	内包する竜巻防護施設	原子炉格納容器(PCCV)	原子炉容器 蒸気発生器 1次冷却材ポンプ他	原子炉周辺建屋(E/B)	余熱除去ポンプ よう素除去薬品タンク 主蒸気管他	制御建屋(C/B)	中央制御室他	燃料油貯蔵タンク基礎	燃料油貯蔵タンク	重油タンク基礎	重油タンク	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補助建屋（A/B） ・ディーゼル発電機建屋（DG/B） ・A1, A2-燃料油貯油槽タンク室 ・B1, B2-燃料油貯油槽タンク室 ・取水ピットポンプ室 ・ストレーナ室 <table border="1" data-bbox="719 560 1317 879"> <thead> <tr> <th colspan="2">竜巻防護施設の外殻となる施設(評価対象施設)</th> <th>内包する竜巻防護施設</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">原子炉建屋(R/B)</td> <td>外部遮へい建屋(O/S)</td> <td>原子炉容器、1次冷却材ポンプ他</td> </tr> <tr> <td>周辺補機棟(E/B)</td> <td>主蒸気管、主蒸気安全弁他</td> </tr> <tr> <td>燃料取扱棟(FH/B)</td> <td>使用済燃料ピット、使用済燃料ラック他</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋(A/B)</td> <td></td> <td>余熱除去ポンプ、ほう酸タンク他</td> </tr> <tr> <td>ディーゼル発電機建屋(DG/B)</td> <td></td> <td>ディーゼル発電機、蓄熱室加熱器他</td> </tr> <tr> <td>A1, A2-燃料油貯油槽タンク室</td> <td></td> <td>A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽</td> </tr> <tr> <td>B1, B2-燃料油貯油槽タンク室</td> <td></td> <td>B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽</td> </tr> <tr> <td>取水ピットポンプ室</td> <td></td> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ他</td> </tr> <tr> <td>ストレーナ室</td> <td></td> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他</td> </tr> </tbody> </table> <p>d. 自主的に機能維持のための配慮を行う施設</p> <p>津波防護施設等は、基準津波の高さや防護対象範囲の広さ等の重要性を鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。</p>	竜巻防護施設の外殻となる施設(評価対象施設)		内包する竜巻防護施設	原子炉建屋(R/B)	外部遮へい建屋(O/S)	原子炉容器、1次冷却材ポンプ他	周辺補機棟(E/B)	主蒸気管、主蒸気安全弁他	燃料取扱棟(FH/B)	使用済燃料ピット、使用済燃料ラック他	原子炉補助建屋(A/B)		余熱除去ポンプ、ほう酸タンク他	ディーゼル発電機建屋(DG/B)		ディーゼル発電機、蓄熱室加熱器他	A1, A2-燃料油貯油槽タンク室		A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽	B1, B2-燃料油貯油槽タンク室		B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽	取水ピットポンプ室		原子炉補機冷却海水ポンプ他	ストレーナ室		原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他		<p>記載内容の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大阪では海水ポンプ室の竜巻防護対策について記載 ・大阪では防護施設を内包する施設を抽出することの説明を記載 <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建屋の相違 <p>最新知見の反映</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川では津波防護施設等に自主的な機能維持の配慮を行なうとしているため、泊においても津波防護施設等に自主的な機能維持の配慮をすることとした
竜巻防護施設を内包する施設 (評価対象施設)	内包する竜巻防護施設																																										
原子炉格納容器(PCCV)	原子炉容器 蒸気発生器 1次冷却材ポンプ他																																										
原子炉周辺建屋(E/B)	余熱除去ポンプ よう素除去薬品タンク 主蒸気管他																																										
制御建屋(C/B)	中央制御室他																																										
燃料油貯蔵タンク基礎	燃料油貯蔵タンク																																										
重油タンク基礎	重油タンク																																										
竜巻防護施設の外殻となる施設(評価対象施設)		内包する竜巻防護施設																																									
原子炉建屋(R/B)	外部遮へい建屋(O/S)	原子炉容器、1次冷却材ポンプ他																																									
	周辺補機棟(E/B)	主蒸気管、主蒸気安全弁他																																									
	燃料取扱棟(FH/B)	使用済燃料ピット、使用済燃料ラック他																																									
原子炉補助建屋(A/B)		余熱除去ポンプ、ほう酸タンク他																																									
ディーゼル発電機建屋(DG/B)		ディーゼル発電機、蓄熱室加熱器他																																									
A1, A2-燃料油貯油槽タンク室		A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽																																									
B1, B2-燃料油貯油槽タンク室		B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽																																									
取水ピットポンプ室		原子炉補機冷却海水ポンプ他																																									
ストレーナ室		原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ他																																									

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

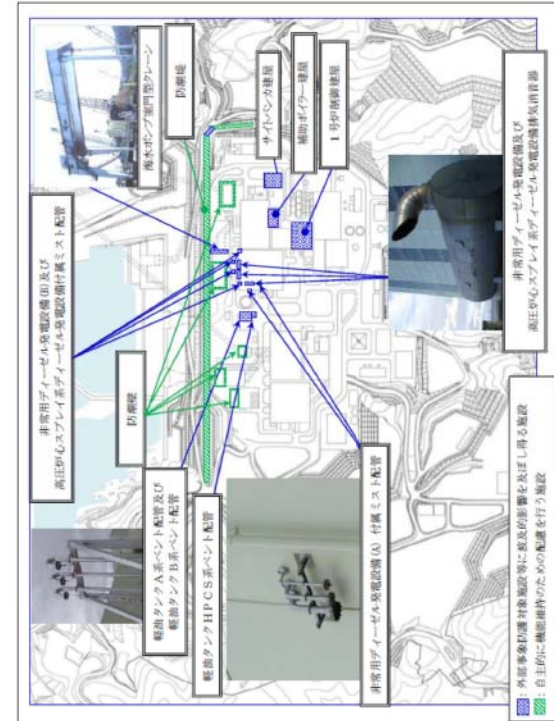
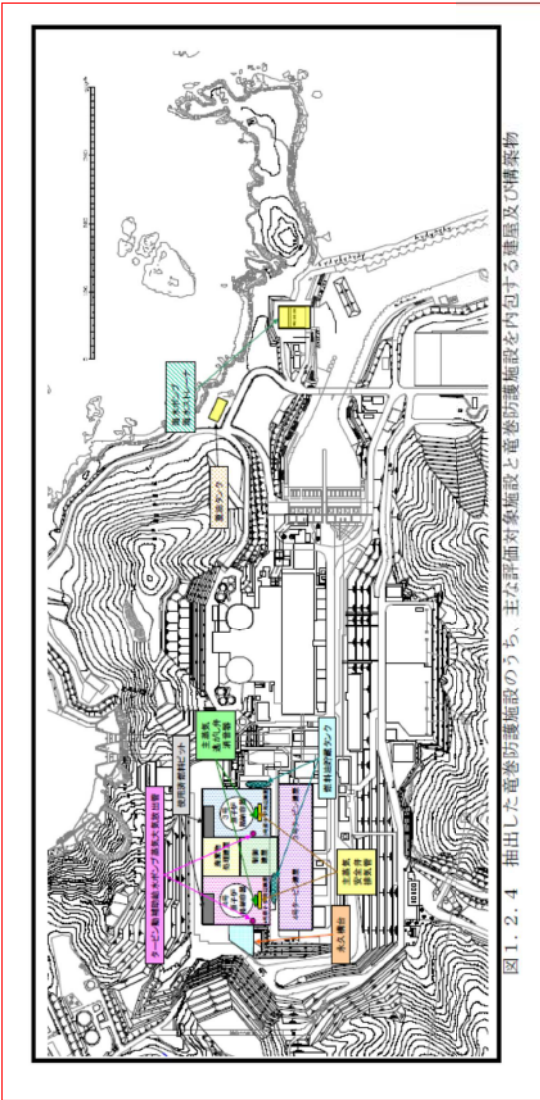
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

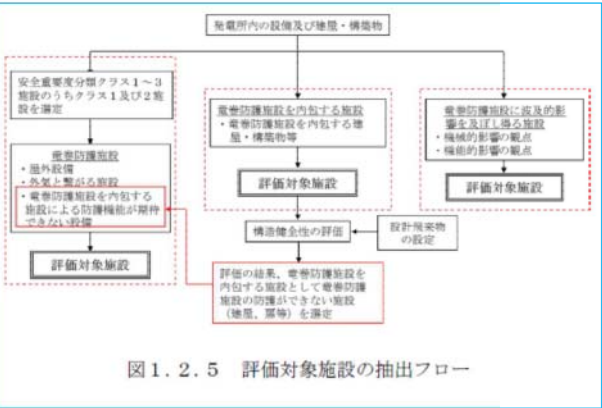
差異理由



対象施設の相違
 ・建屋の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.2.2 重要度分類による竜巻影響評価の対象施設の抽出確認</p> <p>1.2.1にてガイドに従い、耐震Sクラス施設を評価対象施設として抽出した。</p> <p>本項では、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」におけるクラス1、クラス2及びクラス3の構築物、系統及び機器が評価対象施設から抜けがないことを確認するため、重要度分類から竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を抽出する。</p> <p>評価対象施設の抽出フローを図1.2.5に示す。</p>  <p>図1.2.5 評価対象施設の抽出フロー</p> <p>(1) 竜巻防護施設</p> <p>設計竜巻から防護する施設としては、「発電用軽水炉型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、2及び3に該当する構築物、系統及び機器とする。</p> <p>設計竜巻から防護する施設のうち、クラス3に属する施設は損傷する場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に修復すること等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を損なわない設計としていることから、クラス1及び2に属する施設を竜巻防護施設とする。</p> <p>なお、現状において、大飯発電所3、4号機にクラス1及び2に属する津波防護施設はないが、今後の設計変更等において、クラス1及び2に属する津波防護施設が設置された場合でも、竜巻は気象現象、津波は地震または海底地すべりにより発生し、発生原因が異なるため、偶発的に同時に発生することは考え難いことから、竜巻防護施設として抽出しない。</p> <p>竜巻防護施設は以下に分類できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋又は構築物に内包され、防護される施設（外気と繋がっている施設を除く） ・ 屋外施設 ・ 建屋内の施設だが、外気と繋がっている施設 			<p>差異理由</p> <p>記載箇所の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 泊で安全重要度分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、2. (1) a.に記載 <p>記載箇所の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 泊では、耐震Sクラスを含め、安全重要度分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、2. (1) a.に記載

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>・ 建屋に内包されるが防護が期待できない施設 なお、内包する施設による防護機能が期待できない設備については、「1.4.4 施設の構造健全性の確認」の結果に基づいて抽出する。 図1.2.6に竜巻防護施設のうち評価対象施設の抽出フローを示す。</p> <p>(屋外施設) ・海水ポンプ（配管、弁含む） ・海水ストレーナ ・排気筒（建屋外）</p> <p>(建屋に内包されるが防護が期待できない施設) ・使用済燃料ピット ・主蒸気管他</p> <p>(建屋内の施設だが、外気と繋がっている施設) ・換気空調設備（アニュラス空気浄化設備、格納容器排気系統、補助建屋排気系統、放射線管理室排気系統、中央制御室空調装置、安全補機閉閉器室の換気空調設備、電動補助給水ポンプ室の換気空調設備、制御用空気圧縮機室の換気空調設備及びディーゼル発電機室の換気空調設備の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁） ・排気筒（建屋内）</p> <div data-bbox="73 821 683 1204" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>図1.2.6 竜巻防護施設のうち評価対象施設の抽出フロー</p> </div> <p>(2) 竜巻防護施設を内包する施設 竜巻防護施設を内包する主な施設を、以下のとおり抽出する。 ・原子炉格納容器（原子炉容器他を内包する建屋） ・原子炉周辺建屋（ディーゼル発電機、主蒸気管他を内包する建屋） ・制御建屋（中央制御室他を内包する建屋） ・廃棄物処理建屋（ガスサージタンク他を内包する建屋） ・燃料油貯蔵タンク基礎（燃料油貯蔵タンクを内包する構造物）</p>			<p>差異理由</p> <p>記載箇所の相違 ・泊では、耐震Sクラスを含め、安全重要度分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、2.(1) a.に記載</p>

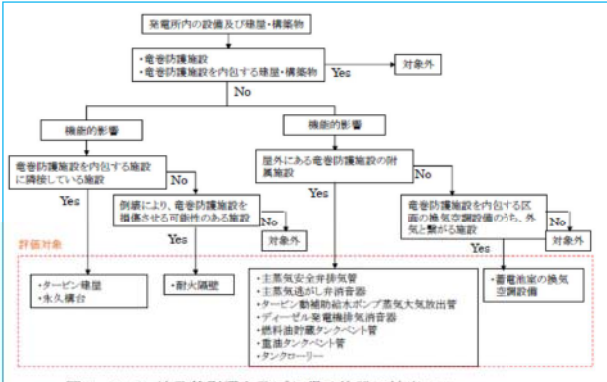
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>・重油タンク基礎（重油タンクを内包する構築物） 図1.2.7に発電所内の建屋・構築物のうち評価対象施設の抽出フローを示す。</p> <div data-bbox="78 252 694 662" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <pre> graph TD A[発電所内に設置されている建屋及び構築物] --> B{竜巻防護施設を内包している} B -- Y --> C[・原子炉格納容器 ・原子炉周辺建屋 ・制御建屋 ・廃棄物処理建屋 ・燃料油貯蔵タンク基礎 ・重油タンク基礎] B -- N --> D[対象外] </pre> </div> <p>図1.2.7 発電所内の建屋・構築物のうち評価対象施設の抽出フロー</p> <p>(3) 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としては、当該施設の破損により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせる可能性が否定できない施設、又はその施設の特定の区画とする。 具体的には、竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る施設及び竜巻防護施設に機能的影響を及ぼし得る施設を以下のとおり抽出する。 竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る施設としては、施設の高さと、竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設との距離を考慮して、竜巻防護施設を内包する施設に隣接している施設、倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。 また、竜巻防護施設に機能的影響を及ぼし得る施設としては、屋外にある竜巻防護施設の附属施設及び竜巻防護施設を内包する区画の換気空調設備のうち外気と繋がるダクト及び外気との境界となるダンパを竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。 図1.2.8に竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フローを示す。</p> <p>①竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る主な施設 （竜巻防護施設を内包する施設に隣接している施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タービン建屋（制御建屋に隣接する施設） ・永久構台（原子炉周辺建屋に隣接する施設） <p>（倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐火隔壁（倒壊により海水ポンプを損傷させる可能性がある施設） 			<p>記載箇所の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊では、耐震Sクラスを含め、安全重要度分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、2.(1) a.に記載

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>②竜巻防護施設に機能的影響を及ぼし得る主な施設 （屋外にある竜巻防護施設の附属施設）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気逃がし弁消音器（主蒸気逃がし弁の附属施設） ・主蒸気安全弁排気管（主蒸気安全弁の附属施設） ・タービン動補助給水ポンプ蒸気大気放出管（タービン動補助給水ポンプの附属施設） ・ディーゼル発電機排気消音器（ディーゼル発電機の附属施設） ・燃料油貯蔵タンクベント管（燃料油貯蔵タンクの附属施設） ・重油タンクベント管（重油タンクの附属施設） ・タンクローリー（燃料油貯蔵タンク及び重油タンクの付属設備） <p>（竜巻防護施設を内包する区画の換気空調設備のうち、外気と繋がるダクト及び外気との境界となるダンパ）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・換気空調設備（蓄電池室の換気空調設備）  <p>図 1.2.8 波及的影響を及ぼし得る施設の抽出フロー</p> <p>（4）重要度分類による抽出結果 ガイドに従い耐震Sクラス施設より竜巻防護施設を抽出するプロセスと、安全重要度分類指針に基づくクラス1及び2に属する施設より竜巻防護施設を抽出するプロセスにて、竜巻防護施設を抽出した結果、廃棄物処理建屋及び換気空調設備についてガイドに基づく抽出プロセスにおいては、「竜巻防護施設に機械的影響を及ぼし得る施設」として抽出されるが、安全重要度分類指針に基づくクラス1及び2に属する施設より竜巻防護施設を抽出するプロセスにおいては、廃棄物処理建屋及び換気空調設備（蓄電池室の換気空調設備を除く）はそれぞれ「竜巻防護施設を内包する施設」及び「竜巻防護施設」として抽出されることとなり、抽出結果の分類が異なるものの、評価対象となる施設は同一であることを確認した。</p>			<p>記載箇所の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊では、耐震Sクラスを含め、安全重要度分類クラス1及びクラス2を防護対象とすることは、2. (1) a.に記載

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.2.3 評価の基本的な考え方</p> <p>1.2.3.1 評価の基本フロー</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに、評価対象施設を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設の構造健全性について検討を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されていることの確認を行う。</p> <p>1.2.3.2 評価対象施設に作用する荷重</p> <p>以下に示す設計荷重を適切に設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻荷重</p> <p>設計竜巻荷重を以下に示す。</p> <p>①風圧力 設計竜巻の最大風速による風圧力</p> <p>②気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力</p> <p>③飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設に衝突し得る飛来物（以下、「設計飛来物」という）が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重</p> <p>(2) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重</p> <p>設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。</p> <p>①評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等</p> <p>②竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等</p> <p>なお、上記(2)の②の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(2)の①の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を判断する。</p> <p>具体的な荷重については、1.4.3.2に示す。</p>	<p>(2) 評価の基本的な考え方</p> <p>a. 評価の基本フロー</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに評価対象施設を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設の構造健全性について検討を行い、必要に応じて対策を行うことで竜巻防護施設の安全機能が維持されることを確認する。</p> <p>b. 評価対象施設に作用する荷重</p> <p>以下に示す設計荷重を適切に設定する。</p> <p>(a) 設計竜巻荷重</p> <p>設計竜巻荷重を以下に示す。</p> <p>①風圧力 設計竜巻の最大風速による風圧力</p> <p>②気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力</p> <p>③飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設に衝突し得る飛来物（以下「設計飛来物」という。）が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重</p> <p>(b) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重</p> <p>設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。</p> <p>①評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等</p> <p>②竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等</p> <p>なお、上記(b)の②の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(b)の①の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を判断する。</p> <p>具体的な荷重については、4.(3)b.に示す。</p>	<p>1.3 評価の基本的な考え方</p> <p>1.3.1 評価方法</p> <p>基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定するとともに、評価対象施設等を抽出し、考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性について評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されていることを確認する。</p> <p>竜巻影響評価の基本フローを第1.3.1-1図に示す。</p> <div data-bbox="1406 379 1908 742" data-label="Diagram"> <pre> graph TD A[外部事象防護対象施設等の抽出] --> B[基準竜巻、設計竜巻の設定] B --> C[評価対象施設の抽出] C --> D[竜巻影響評価 設計荷重の設定] D --> E[評価対象施設等の構造健全性の確認 (安全機能の維持の確認) ・設計荷重による構造健全性評価 ・波及的影響による機能維持評価] E --> F{安全機能が維持されるか?} F -- NO --> G[対策] F -- OK --> H[終了] G --> E </pre> </div> <p>第1.3.1-1図 竜巻影響評価の基本フロー</p> <p>1.3.2 評価対象施設等に作用する荷重</p> <p>以下に示す設計荷重を適切に設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻荷重</p> <p>設計竜巻荷重を以下に示す。</p> <p>a. 風圧力による荷重 設計竜巻の最大風速による風圧力</p> <p>b. 気圧差による圧力 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設等の内外の気圧差による圧力</p> <p>c. 飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって評価対象施設等に衝突し得る飛来物（設計飛来物）が評価対象施設等に衝突する際の衝撃荷重</p> <p>(2) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重</p> <p>設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。</p> <p>a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等</p> <p>b. 竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等</p> <p>なお、上記(2)b.の荷重については、竜巻以外の自然現象及び事故の発生頻度等を参照して、上記(2)a.の荷重と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を考慮して判断する。</p> <p>具体的な荷重については、「3.3.2設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定」に示す。</p>	<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.2.3.3 施設の安全性の確認方針</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>(3) 施設の安全性の確認方針</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで竜巻防護施設の安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>1.3.3 施設の安全性の確認方針</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組合せ荷重（常時作用している荷重、竜巻以外の自然現象による荷重、設計基準事故時荷重等）を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設等、あるいはその特定の区画の構造健全性等の評価を行い、必要に応じて対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。</p>	<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>1.3.1 概要</p> <p>ガイドに基づき、設計竜巻荷重を設定するまでの基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フローを図1.3.1に示す。</p> <p>図1.3.1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p>	<p>3. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>(1) 概要</p> <p>ガイドに基づき、設計竜巻荷重を設定するまでの基本的な流れを図3.1に示す。</p> <p>図3.1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p>	<p>2. 基準竜巻・設計竜巻の設定</p> <p>2.1 概要</p> <p>基準竜巻及び設計竜巻の設定フローを第2.1-1図に示す。</p> <p>第2.1-1図 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー</p>	<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>竜巻検討地域は、原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生を観点から原子力発電所が立地する地域と気象条件等が類似の地域から設定する。竜巻検討地域の設定フローを図1.3.2に示す。</p>	<p>(2) 竜巻検討地域の設定</p> <p>竜巻検討地域は、原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生を観点から原子力発電所が立地する地域と気象条件等が類似の地域から設定する。竜巻検討地域の設定フローを図3.2に示す。</p>	<p>2.2 竜巻検討地域の設定</p> <p>女川原子力発電所に対する竜巻検討地域について、ガイドを参考に、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を行い、第2.2-1図に示すとおり北海道襟裳岬から千葉県九十九里町までの海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域に設定した（面積約18,800km²）。以下にその妥当性確認の結果を示す。</p> <div data-bbox="1429 373 1832 887" data-label="Figure"> </div> <p>第2.2-1図 竜巻検討地域</p> <p>2.2.1 竜巻検討地域の妥当性確認</p> <p>竜巻検討地域の妥当性について、以下の観点から確認を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 気候区分による確認 (2) 総観場の分析に基づく地域特性の検討 (3) 突風関連指数に基づく地域特性の検討 <p>竜巻検討地域は、(1)の確認により、日本海側と太平洋側が気候特性の異なる地域に整理されることを確認するとともに、女川原子力発電所が立地する気候区分（区分IV3）を確認した。</p> <p>「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説」の考え方に基づき、竜巻発生要因となる気象条件（総観場）を確認する観点から、(2)の分析により地域特性を確認した。</p> <p>また、一般的に大気現象は時空間スケールの階層構造が見られ、ある大気現象はスケールの小さな現象を内包しているため、大きな竜巻の発生要因となる環境場の形成のし易さを把握する観点から、(3)の分析により、竜巻の発生スケールに近いメソスケールの気象場が有する地域性と齟齬がないことについても確認した。竜巻とその関連気象の時空間スケールを第2.2.1-1図に、検討の流れを示</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

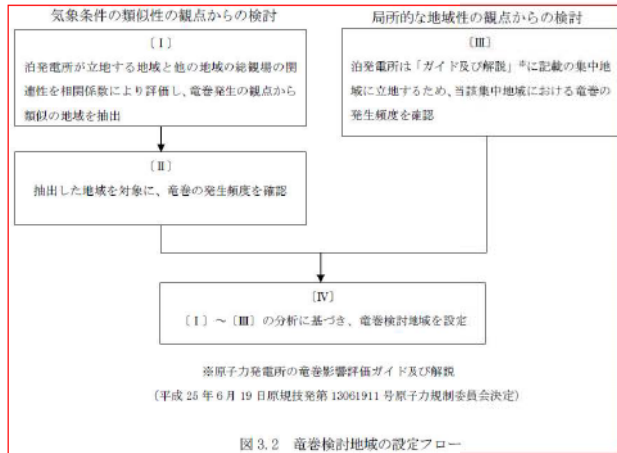
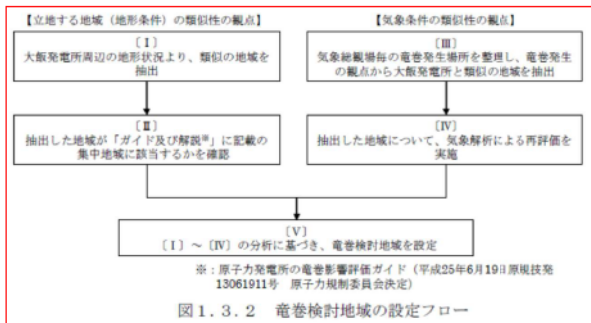
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

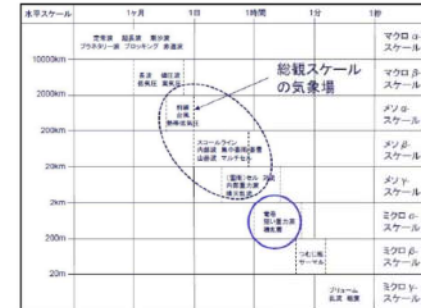
泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

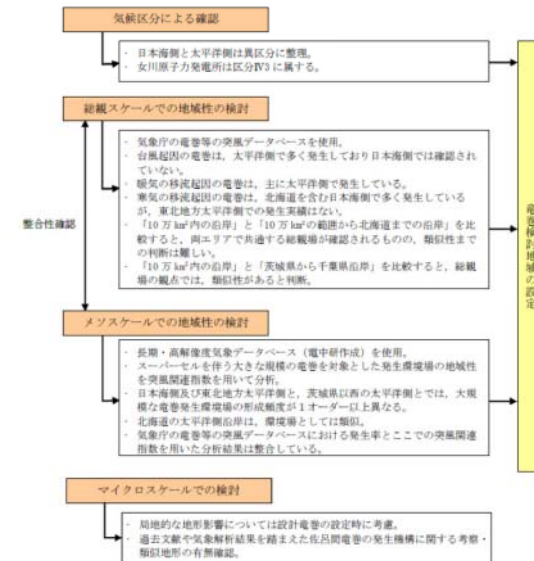
差異理由



したフローを第2.2.1-2図に示す。
 なお、(3)の突風関連指数を用いた分析は、“大きな竜巻の発生に対する大気場の必要条件”を把握する上で有効であることを踏まえ、(3)の分析結果のみで竜巻検討地域を設定するものではなく、設定した竜巻検討地域の妥当性を確認するために用いている。



第2.2.1-1図 竜巻とその関連気象の時空間スケール



第2.2.1-2図 竜巻検討地域の検討フロー

検討方法の相違

・竜巻検討地域の設定については、ガイドにて「原子力発電所が立地する地域及び竜巻発生観点から原子力発電所が立地する地域と気象条件等が類似の地域から設定する」としており、その類似性の検討方法が発電所の立地条件の違いによりサイト毎に異なる
 なお、気象条件の類似性および局所的な地域性（竜巻集中地域）の観点からの検討を行っていることに相違なし

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																				
<p>1.3.2.1 地域（地形条件）に関する類似性</p> <p>(1) 地域（地形条件）による類似地域の抽出</p> <p>大飯発電所周辺の地形は、狭隘形状を呈する複雑な地形であるリアス式海岸であることから、狭隘な海岸線地形を地域（地形条件）に関する類似条件として、狭隘形状である地形を有しかつ大飯発電所の周辺地域である福井県、京都府、兵庫県の日本海側を大飯発電所が立地する地域の類似地域として抽出した。</p> <p>表1.3.1に福井県、京都府及び兵庫県の竜巻の観測件数を示す。</p> <p>表1.3.1 福井県、京都府及び兵庫県の竜巻の観測件数（1961年～2012年6月）</p> <table border="1" data-bbox="94 483 663 595"> <thead> <tr> <th>観測場所</th> <th>F0</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>不明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>福井県</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>京都府</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>兵庫県</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	観測場所	F0	F1	F2	不明	福井県	1	2	0	10	京都府	1	0	0	4	兵庫県	0	0	0	5	<p>a. 気象条件の類似性の観点からの検討</p> <p>(a) 竜巻総観場の出現数に関する相関係数を用いた類似性の抽出</p> <p>独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究の成果、(以下、「東京工芸大学委託成果」という。)においては、「竜巻等突風の気象的発生要因はいくつかあるが、明らかに地域性が見られる。」としている。また、竜巻の発生分布性状は総観場に大きく影響を受けることから、総観場による解析は重要であると考えられる。このため、国内全域を気象の傾向が類似する地域として区分した16の地域区分の総観場を解析することにより、竜巻検討地域を設定する。</p> <p>総観場の地域性の概要を把握するため、国内全域と泊発電所が含まれる北海道日本海側、東日本の関東甲信地方及び西日本の九州南部地方について比較した。図3.3に示す総観場の集計結果によると、国内全地域を対象とした集計では「暖気の移流」、「寒気の移流」、「寒冷前線」、「気圧の谷」、「停滞前線」及び「台風」の総観場の出現頻度が高い。北海道日本海側では、上記総観場のうち「寒気の移流」及び「気圧の谷」の出現頻度が高いが、九州南部地方ではこれらの総観場は竜巻発生時の主要な気象特性とはなっていない。一方で、国内全域で出現頻度の高い総観場である「暖気の移流」、「停滞前線」及び「台風」は北海道日本海側ではほとんど出現しておらず、関東甲信地方及び九州南部地方で多い傾向が見られる。一部地域の比較からではあるが、竜巻の成因となる総観場の出現には地域性があるものと考えられる。</p> <p>このように、竜巻発生に関する総観場には地域特性があると考えられることから、地域特性について相関係数を用いて検討した。相関係数は、2組のデータがどれだけ関連性があるかを示す係数で、2組のデータの関連性が強ければ相関係数は1に近づき、関連性が低ければ0に近づく。相関係数を利用して、2つの地域の総観場の関連性を評価し、関連性が強ければ、2つの地域は総観場の出現の観点から類似の地域であると判断した。</p> <p>具体的には、表3.1の総観場の集計結果から、北海道日本海側とその他地域間の、総観場の出現数に関する相関係数を求め、出現する総観場の種類及び出現頻度の関連性の強さを評価した。なお、相関係数については、無相関検定を行い有意水準1%で無相関について確認している。</p> <p>相関係数を算出した結果は、表3.2のとおりであり、「北海道日本海側」と相関が認められる地域は、「北海道太平洋側」、「東北日本海側」、「北陸地方」、「近畿日本海側」及び「山陰地方」となった。</p>	<p>2.2.2 気候区分による確認</p> <p>女川原子力発電所が立地している宮城県の大牡半島は、第2.2.2-1図に示す日本の気候区分において、区分IV3に属している。区分IV3の沿岸部は、おおよそ宮城県から千葉県九十九里町までの広範囲な太平洋側をカバーする区域となっている。</p> <p>また、ガイドにおいては、日本海側と太平洋側は気象条件が異なることが例示されており、気候区分においても日本海側と太平洋側は異なる区分であるとされている。</p>  <p>出典：関口武「日本の気候区分」東京教育大学地理学研究報告（1959）</p> <p>第2.2.2-1図 日本の気候区分</p> <p>2.2.3 総観場の分析に基づく地域特性の検討</p> <p>2.2.3.1 総観場ごとのFスケール別竜巻発生分布</p> <p>気象庁の竜巻等の突風データベース※では、竜巻を発生させた総観場を約40種に分類しているが、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説」を参考に、竜巻を発生させる親雲の発生要因を考慮して8種に再編し、発生分布の特徴を分析した。第2.2.3.1-1表に総観場の分類法と発生分布の特徴、第2.2.3.1-1図に全国で発生した竜巻の総観場ごとのFスケール別竜巻発生分布、第2.2.3.1-2図にF2以上の竜巻発生箇所を示す。</p> <p>※ 気象庁 竜巻等の突風データベース（http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html）</p> <p>2.2.3.2 総観場を用いた分析対象範囲</p> <p>ガイドでは、竜巻検討地域を設定する際に、IAEAの基準※が参考になるとされており、おおよそ10万km²の範囲を目安とすることが挙げられている。</p> <p>日本海側は太平洋側と気候的にも異なることを踏まえ、女川原子力発電所を中心とする10万km²（半径180km）の範囲の太平洋側沿岸を確認したところ、第2.2.3.2-1図に示すとおり、気候区分IV3及びIV2にまたがった範囲が該当する。</p> <p>日本海側と太平洋側の気候的な類似性が無いことについては、以下に示す総観場の観点からも確認を行っている。</p>	<p>検討方法の相違</p> <p>大飯は、竜巻集中地域に該当しないため、初めに地域（地形条件）に関する類似性の検討を実施しているが、泊は竜巻集中地域に該当するため、本検討は未実施</p> <p>泊は地域区分の竜巻総観場の出現数に関する相関係数を用いた類似性の抽出を実施</p>
観測場所	F0	F1	F2	不明																			
福井県	1	2	0	10																			
京都府	1	0	0	4																			
兵庫県	0	0	0	5																			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>脈との間の竜巻街道（トルネード・アレー）と呼ばれる領域においても確認されている（添付資料2.7参照）。</p> <p>③ 寒気の移流起因の竜巻は、北海道を含む日本海側で多く発生しているが、東北地方太平洋側での発生実績はない。北海道を含む日本海側で発生数が多い要因としては、北からの寒気が山岳等に遮られずに直接流入するためと考えられる（第2.2.3.1-1図(c)）。</p> <p>また、地域ごとの竜巻発生総観場及び寄与割合の比較結果（第2.2.3.2-2図）より、以下の内容を確認した。</p> <p>④ 「日本海側」と「太平洋側」を比較すると、総観場の分布が大きく異なっており、この点からも気候区分として差別化することが可能と考えられる（第2.2.3.2-2図(a), (b)）。</p> <p>⑤ 「10万km²内の沿岸」と「10万km²の範囲から北海道までの沿岸」を比較すると、両エリアで暖気の移流や局地性など共通する総観場を確認できるが、竜巻の発生実績が少ないエリアということもあり、総観場の観点から明確に差別化はできない（第2.2.3.2-2図(c), (d)）。</p> <p>⑥ 「10万km²内の沿岸」と「茨城県から千葉県沿岸」を比較すると、竜巻の発生数は少ないものの「10万km²内の沿岸」で確認された総観場全てが、「茨城県から千葉県沿岸」において確認できるため、類似性のあるエリアとして取り扱うことが適切と考えられる（第2.2.3.2-2図(d), (e)）。</p> <p>以上の分析結果より、発電所の立地地域より北側のエリア（竜巻集中地域を含んだ北海道までの沿岸）は、総観場的に地域性が異なると明確に差別化することはできず、また、南側のエリア（千葉県までの沿岸）については、発生数は少ないものの総観場的に類似性のあるエリアとして考慮する必要があると判断した。</p> <p>よって、北海道から千葉県までの太平洋側沿岸を竜巻検討地域として設定することが適切と判断した。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																
	<p>(b) 抽出した地域を対象とした竜巻の発生頻度の分析</p> <p>「北海道日本海側」と相関が認められる地域の竜巻発生数を考慮し、ハザード曲線が保守的なものとなるよう、以下のとおり竜巻検討地域を絞り込む。相関が認められる地域のうち、北海道太平洋側の襟裳岬から東側の海岸線及び陸奥湾の海岸線においては、表3.3のとおり竜巻はほとんど発生していない。このため、この地域を竜巻検討地域に含めた場合には、ハザード曲線評価において竜巻発生個数が極端に少ない割りに、リスク対象評価面積が大きくなり、ハザードが過小評価されることになるため、北海道太平洋側の襟裳岬から東側の海岸線及び陸奥湾から竜飛岬にかけての海岸線を竜巻検討地域から除く。更に、日本海側は同様の気候区分に分類されることを考慮し、「山陰地方」を山口県の日本海側までとする。</p> <p>表 3.3 襟裳岬から東側の海岸線等における竜巻発生数</p> <ul style="list-style-type: none"> 襟裳岬から知床半島までの海岸線における竜巻の発生実績 <table border="1" data-bbox="745 560 1281 614"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>発生日時</th> <th>発生場所</th> <th>藤田スケール</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1969/10/11 09:25</td> <td>北海道根室支庁(海上)</td> <td>不明</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 竜飛岬までの陸奥湾西側海岸線における竜巻の発生実績 <table border="1" data-bbox="745 639 1281 694"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>発生日時</th> <th>発生場所</th> <th>藤田スケール</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1966/10/05 16:02</td> <td>青森県 青森市</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※詳細な発生場所データがないことから、海岸10km範囲での発生かどうか不明 (出典：気象庁 HP 竜巻等の突風データベース (2013年9月))</p>	番号	発生日時	発生場所	藤田スケール	1	1969/10/11 09:25	北海道根室支庁(海上)	不明	番号	発生日時	発生場所	藤田スケール	1	1966/10/05 16:02	青森県 青森市	—		<p>検討方法の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 泊では、(a)で相関が認められた地域に対して、ハザードが過小評価されないよう、竜巻検討地域を絞り込んでいる
番号	発生日時	発生場所	藤田スケール																
1	1969/10/11 09:25	北海道根室支庁(海上)	不明																
番号	発生日時	発生場所	藤田スケール																
1	1966/10/05 16:02	青森県 青森市	—																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

(2) 竜巻の集中する地域についての確認

日本の中で竜巻が集中する地域は図1.3.3に示す19の地域に限定され、大飯発電所の周辺地域は、竜巻の集中する地域に該当しない。

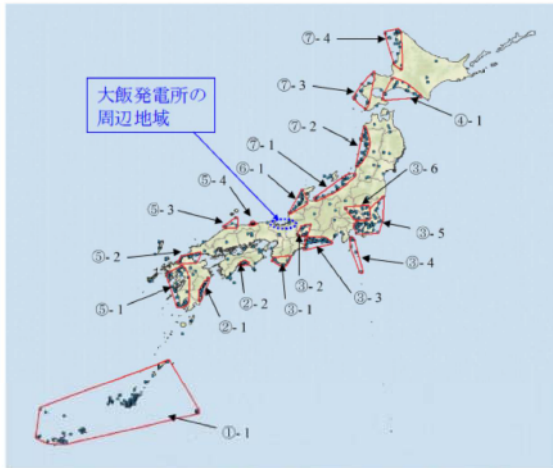


図1.3.3 竜巻の発地点と竜巻が集中する19の地域*

※出典：東京工芸大学、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（平成22年度）」、独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究

泊発電所3号炉

b. 局所的な地域性の観点からの検討

独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説」においては、竜巻集中地域に原子力発電所が立地している場合、当該地域の竜巻の年発生頻度（単位面積当たりの年発生数）を調査して総観スケールの気象条件から設定した地域の年発生頻度と比較し、発生頻度の高い方を竜巻検討地域とする、としている。

泊発電所は図3.4に示すように竜巻集中地域に位置していることから、この地域の竜巻の年発生頻度を、a.で総観スケールの気象条件から設定した地域の竜巻の年発生頻度と比較する。

2つの地域の竜巻発生頻度は、表3.4に示すとおりほぼ同一と見なせる。このため、竜巻発生個数を多く確保できる総観スケールの気象条件から設定した地域の方が、竜巻検討地域に適しているものと判断される。

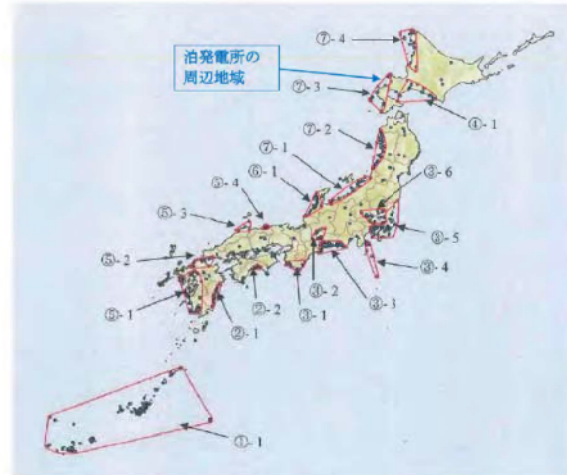


図3.4 竜巻の発地点と竜巻が集中する19箇の地域*

※出典：東京工芸大学、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（平成22年度）」、独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究

表3.4 竜巻集中地域及び竜巻検討地域候補地の竜巻発生頻度の比較

	対象面積 (km ²)	竜巻発生個数(個) (観測期間 51.5年)	発生頻度 (個/km ² /年)
竜巻集中地域	3,850	19	9.6×10 ⁻⁵
竜巻検討地域候補地	38,895	206	1.1×10 ⁻⁴

女川原子力発電所2号炉

差異理由

立地地域の相違
 ・泊は竜巻集中地域に立地していることによる相違

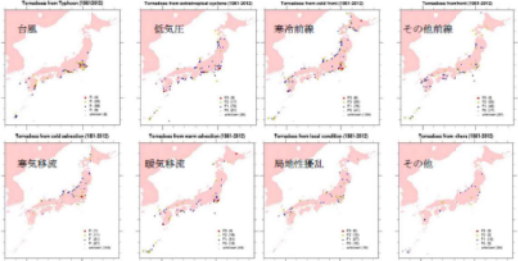
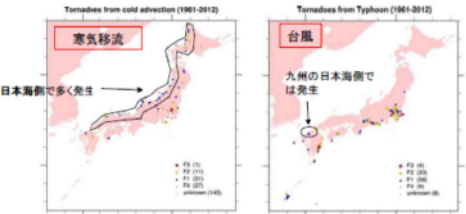
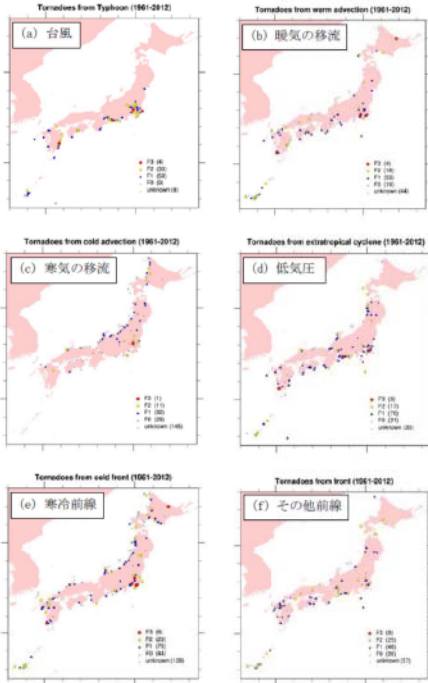
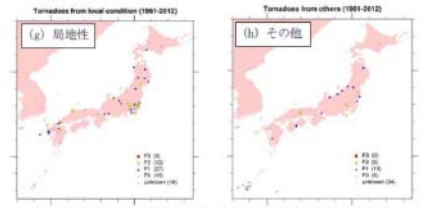
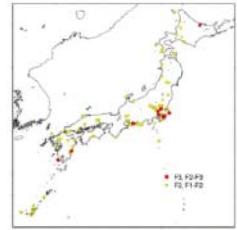
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																											
		<p style="text-align: center;">第2.2.3.1-1表 総観場の分類と特徴</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">総観場</th> <th style="width: 40%;">気象庁DBの分類</th> <th style="width: 50%;">特徴</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>寒気の移流</td> <td>寒気の移流</td> <td>大気上層に寒気が流入することで大気が不安定になり竜巻の観雲を形成する環境場。下層に暖気の移流があると、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。</td> </tr> <tr> <td>低気圧</td> <td>熱帯低気圧(台風以外)、南岸低気圧、日本海低気圧、二つ玉低気圧、東シナ海低気圧、オホーツク海低気圧、その他(低気圧)</td> <td>寒気と暖気が接し傾圧不安定による組織的な雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。</td> </tr> <tr> <td>寒冷前線</td> <td>寒冷前線、気圧の谷</td> <td>大気上層への寒気の移流と、それともなう組織的な前線の形成により観雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。</td> </tr> <tr> <td>その他前線</td> <td>温暖前線、閉塞前線、停滞前線、梅雨前線、前線帯、不安定線、その他(前線)</td> <td>寒冷前線以外の前線により観雲を形成する環境場。暖湿流が主要因となる場合が多い。</td> </tr> <tr> <td>局地性</td> <td>局地性擾乱、雷雨(熱雷)、雷雨(熱雷を除く)、地形効果、局地性降水</td> <td>地域的な大気循環により観雲を形成する環境場。観雲の形成に地形的な影響も受けることも多い。</td> </tr> <tr> <td>暖気の移流</td> <td>暖気の移流、湿舌</td> <td>大気下層に暖湿流が流入することで竜巻の観雲を形成する環境場。上層の寒気の移流がある場合、観雲の更なる発達を促す。</td> </tr> <tr> <td>台風</td> <td>台風</td> <td>台風により竜巻の観雲を形成する環境場。台風中心の北東方向では、南東からの強い暖気移流があるため、非常に活発な積乱雲が発生しやすいため、F3竜巻も多くみられる。</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>移動性高気圧、中緯度高気圧、太平洋高気圧、大陸高気圧、オホーツク海高気圧、帯状高気圧、その他(高気圧)、季節風、大循環異常、その他</td> <td>上記に当てはまらない環境場。気圧配置の変わり目が多いが、全体の個数は少ない。</td> </tr> </tbody> </table>	総観場	気象庁DBの分類	特徴	寒気の移流	寒気の移流	大気上層に寒気が流入することで大気が不安定になり竜巻の観雲を形成する環境場。下層に暖気の移流があると、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。	低気圧	熱帯低気圧(台風以外)、南岸低気圧、日本海低気圧、二つ玉低気圧、東シナ海低気圧、オホーツク海低気圧、その他(低気圧)	寒気と暖気が接し傾圧不安定による組織的な雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。	寒冷前線	寒冷前線、気圧の谷	大気上層への寒気の移流と、それともなう組織的な前線の形成により観雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。	その他前線	温暖前線、閉塞前線、停滞前線、梅雨前線、前線帯、不安定線、その他(前線)	寒冷前線以外の前線により観雲を形成する環境場。暖湿流が主要因となる場合が多い。	局地性	局地性擾乱、雷雨(熱雷)、雷雨(熱雷を除く)、地形効果、局地性降水	地域的な大気循環により観雲を形成する環境場。観雲の形成に地形的な影響も受けることも多い。	暖気の移流	暖気の移流、湿舌	大気下層に暖湿流が流入することで竜巻の観雲を形成する環境場。上層の寒気の移流がある場合、観雲の更なる発達を促す。	台風	台風	台風により竜巻の観雲を形成する環境場。台風中心の北東方向では、南東からの強い暖気移流があるため、非常に活発な積乱雲が発生しやすいため、F3竜巻も多くみられる。	その他	移動性高気圧、中緯度高気圧、太平洋高気圧、大陸高気圧、オホーツク海高気圧、帯状高気圧、その他(高気圧)、季節風、大循環異常、その他	上記に当てはまらない環境場。気圧配置の変わり目が多いが、全体の個数は少ない。	
総観場	気象庁DBの分類	特徴																												
寒気の移流	寒気の移流	大気上層に寒気が流入することで大気が不安定になり竜巻の観雲を形成する環境場。下層に暖気の移流があると、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。																												
低気圧	熱帯低気圧(台風以外)、南岸低気圧、日本海低気圧、二つ玉低気圧、東シナ海低気圧、オホーツク海低気圧、その他(低気圧)	寒気と暖気が接し傾圧不安定による組織的な雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。																												
寒冷前線	寒冷前線、気圧の谷	大気上層への寒気の移流と、それともなう組織的な前線の形成により観雲を形成する環境場。南からの下層の暖湿流がある場合、観雲の更なる発達を促すため、F3竜巻も見られる。																												
その他前線	温暖前線、閉塞前線、停滞前線、梅雨前線、前線帯、不安定線、その他(前線)	寒冷前線以外の前線により観雲を形成する環境場。暖湿流が主要因となる場合が多い。																												
局地性	局地性擾乱、雷雨(熱雷)、雷雨(熱雷を除く)、地形効果、局地性降水	地域的な大気循環により観雲を形成する環境場。観雲の形成に地形的な影響も受けることも多い。																												
暖気の移流	暖気の移流、湿舌	大気下層に暖湿流が流入することで竜巻の観雲を形成する環境場。上層の寒気の移流がある場合、観雲の更なる発達を促す。																												
台風	台風	台風により竜巻の観雲を形成する環境場。台風中心の北東方向では、南東からの強い暖気移流があるため、非常に活発な積乱雲が発生しやすいため、F3竜巻も多くみられる。																												
その他	移動性高気圧、中緯度高気圧、太平洋高気圧、大陸高気圧、オホーツク海高気圧、帯状高気圧、その他(高気圧)、季節風、大循環異常、その他	上記に当てはまらない環境場。気圧配置の変わり目が多いが、全体の個数は少ない。																												

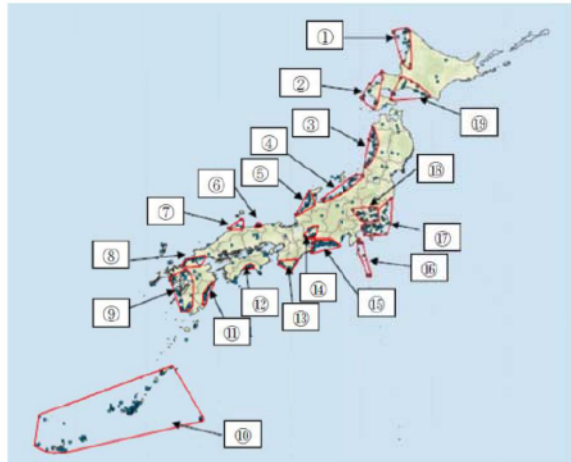
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3.2.2 気象条件に関する類似性</p> <p>(1) 気象総観場による検討</p> <p>竜巻は、台風、前線、低気圧等様々なパターンで発生するが、地域による特徴があることから、全国で比較的大きな竜巻（F2以上）を網羅した総観場による竜巻発生状況について調査を行った。</p> <p>①日本海側と太平洋側の総観場の違い</p> <p>図1.3.4に示すとおり、太平洋側では台風起因の大きな竜巻が多く発生しているのに対し、日本海側や北海道では全く発生していない。また、前線や低気圧起因の竜巻は日本全国で起こっているが、規模的には、太平洋側ではF2を超える（F2～F3、F3）竜巻が観測されているのに対し、日本海側ではF2が最大となっている。</p>  <p>図1.3.4 総観場によるFスケール別竜巻発生地点の分布（日本海側と太平洋側の総観場の違い）</p> <p>②日本海側九州とそれ以外の総観場の違い</p> <p>図1.3.5に示すとおり、九州の日本海側は台風起因の竜巻が発生しており、一方、北海道の日本海側から本州の日本海側では多く発生している寒気移流起因の竜巻が九州の日本海側ではほとんど発生していない。</p>  <p>図1.3.5 総観場によるFスケール別竜巻発生地点の分布（日本海側九州とそれ以外の総観場の違い）</p> <p>①②より、日本海側では、台風起因の竜巻は発生していないこと、大きな竜巻（F2～F3、F3）は発生していないこと、寒気移流起因の竜巻が多いことから、気象条件の類似性に関する竜巻発生総観場による検討においては、北海道および本州の日本海側を類似する地域として選定した。</p>		<p>女川原子力発電所2号炉</p>  <p>第2.2.3.1-1図 総観場ごとのFスケール別竜巻発生分布（1/2）</p>  <p>第2.2.3.1-1図 総観場ごとのFスケール別竜巻発生分布（2/2）</p>  <p>第2.2.3.1-2図 F2以上の竜巻発生箇所 （気象庁「竜巻等の突風データベース」をもとに作成）</p>	<p>差異理由</p> <p>検討方法の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 大阪では、泊とは異なる方法（相関係数を用いた検討とは異なる方法）で気象総観場による検討を実施

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		 <p>第2.2.3.1-3図 竜巻集中地域 (JNES「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説」より引用)</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																		
		<p>第2.2.3.3-1表 総観場ごとの竜巻発生分布の傾向</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1379 220 1435 244">総観場</th> <th data-bbox="1435 220 1944 244">傾向</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1379 244 1435 491">台風</td> <td data-bbox="1435 244 1944 491"> <ul style="list-style-type: none"> 太平洋側で多く発生しており日本海側では確認されていない。規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 関東地方、中部地方の太平洋側及び九州地方の太平洋側では発生が集中しており、これらの地域は太平洋側の竜巻集中地域に整理されている（第2.2.3.1-3図参照）。 台風は北上（低緯度から中高緯度へ移動）するに従い減衰するため、東北地方や北海道など、北部での発生数は少なく、規模も小さくなると考えられる。本州に接近・上陸する台風の減衰は、地表面摩擦の増大による風速の減衰に加え、海水温が低下するため、台風の維持、発達に必要な海から供給される水蒸気量が減少し減衰する。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 491 1435 651">暖気の移流</td> <td data-bbox="1435 491 1944 651"> <ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で発生している。 規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が多く発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 太平洋側では、暖湿流が大気下層に流入することが多いため、関東以西で発生数が多くなる。特に関東平野では太平洋側から流入する暖気が遮られずに内陸深くまで流入するため、内陸部でも発生が集中している。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 651 1435 738">寒気の移流</td> <td data-bbox="1435 651 1944 738"> <ul style="list-style-type: none"> 北海道を含む日本海側で多く発生しているが、東北地方太平洋側での発生実績はない。 日本海側は北からの寒気が山岳等に遮られずに直接流入するため、発生数が多いと考えられる。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 738 1435 818">低気圧</td> <td data-bbox="1435 738 1944 818"> <ul style="list-style-type: none"> 主に太平洋側の関東以西で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流と上層の寒気が靄雲の更なる発達を促すため、関東以西の太平洋側で発生頻度が高くなる。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 818 1435 882">寒冷前線</td> <td data-bbox="1435 818 1944 882"> <ul style="list-style-type: none"> 日本海側の沿岸部及び関東以西の太平洋側で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、太平洋側で強い竜巻の発生数が多くなる。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 882 1435 970">その他前線</td> <td data-bbox="1435 882 1944 970"> <ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で多く発生しており、関東平野で発生が集中している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、関東の平野部では発生数が多くなる。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 970 1435 1002">局地性</td> <td data-bbox="1435 970 1944 1002"> <ul style="list-style-type: none"> 地形的な影響によるものであり、全国で発生している。 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1379 1002 1435 1026">その他</td> <td data-bbox="1435 1002 1944 1026"> <ul style="list-style-type: none"> 全国的に発生数は少なく、地域差はみられない。 </td> </tr> </tbody> </table>	総観場	傾向	台風	<ul style="list-style-type: none"> 太平洋側で多く発生しており日本海側では確認されていない。規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 関東地方、中部地方の太平洋側及び九州地方の太平洋側では発生が集中しており、これらの地域は太平洋側の竜巻集中地域に整理されている（第2.2.3.1-3図参照）。 台風は北上（低緯度から中高緯度へ移動）するに従い減衰するため、東北地方や北海道など、北部での発生数は少なく、規模も小さくなると考えられる。本州に接近・上陸する台風の減衰は、地表面摩擦の増大による風速の減衰に加え、海水温が低下するため、台風の維持、発達に必要な海から供給される水蒸気量が減少し減衰する。 	暖気の移流	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で発生している。 規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が多く発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 太平洋側では、暖湿流が大気下層に流入することが多いため、関東以西で発生数が多くなる。特に関東平野では太平洋側から流入する暖気が遮られずに内陸深くまで流入するため、内陸部でも発生が集中している。 	寒気の移流	<ul style="list-style-type: none"> 北海道を含む日本海側で多く発生しているが、東北地方太平洋側での発生実績はない。 日本海側は北からの寒気が山岳等に遮られずに直接流入するため、発生数が多いと考えられる。 	低気圧	<ul style="list-style-type: none"> 主に太平洋側の関東以西で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流と上層の寒気が靄雲の更なる発達を促すため、関東以西の太平洋側で発生頻度が高くなる。 	寒冷前線	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側の沿岸部及び関東以西の太平洋側で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、太平洋側で強い竜巻の発生数が多くなる。 	その他前線	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で多く発生しており、関東平野で発生が集中している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、関東の平野部では発生数が多くなる。 	局地性	<ul style="list-style-type: none"> 地形的な影響によるものであり、全国で発生している。 	その他	<ul style="list-style-type: none"> 全国的に発生数は少なく、地域差はみられない。 	
総観場	傾向																				
台風	<ul style="list-style-type: none"> 太平洋側で多く発生しており日本海側では確認されていない。規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 関東地方、中部地方の太平洋側及び九州地方の太平洋側では発生が集中しており、これらの地域は太平洋側の竜巻集中地域に整理されている（第2.2.3.1-3図参照）。 台風は北上（低緯度から中高緯度へ移動）するに従い減衰するため、東北地方や北海道など、北部での発生数は少なく、規模も小さくなると考えられる。本州に接近・上陸する台風の減衰は、地表面摩擦の増大による風速の減衰に加え、海水温が低下するため、台風の維持、発達に必要な海から供給される水蒸気量が減少し減衰する。 																				
暖気の移流	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で発生している。 規模的には、関東以西の太平洋側ではF3を含む規模の大きな竜巻が多く発生しているが、東北地方太平洋側ではF1が1件発生しているのみである。 太平洋側では、暖湿流が大気下層に流入することが多いため、関東以西で発生数が多くなる。特に関東平野では太平洋側から流入する暖気が遮られずに内陸深くまで流入するため、内陸部でも発生が集中している。 																				
寒気の移流	<ul style="list-style-type: none"> 北海道を含む日本海側で多く発生しているが、東北地方太平洋側での発生実績はない。 日本海側は北からの寒気が山岳等に遮られずに直接流入するため、発生数が多いと考えられる。 																				
低気圧	<ul style="list-style-type: none"> 主に太平洋側の関東以西で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流と上層の寒気が靄雲の更なる発達を促すため、関東以西の太平洋側で発生頻度が高くなる。 																				
寒冷前線	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側の沿岸部及び関東以西の太平洋側で多く発生している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、太平洋側で強い竜巻の発生数が多くなる。 																				
その他前線	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側での発生数は少なく、主に太平洋側の関東以西で多く発生しており、関東平野で発生が集中している。 太平洋側では、大気下層に流入する南からの暖気の移流による影響も寄与するため、関東の平野部では発生数が多くなる。 																				
局地性	<ul style="list-style-type: none"> 地形的な影響によるものであり、全国で発生している。 																				
その他	<ul style="list-style-type: none"> 全国的に発生数は少なく、地域差はみられない。 																				

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																																																
		<p>(a) 日本海側沿岸(192個)</p> <table border="1"> <tr><th>Category</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>44%</td></tr> <tr><td>局地性</td><td>2%</td></tr> <tr><td>その他</td><td>2%</td></tr> <tr><td>その他前線</td><td>4%</td></tr> <tr><td>寒冷前線</td><td>33%</td></tr> <tr><td>低気圧</td><td>15%</td></tr> </table> <p>(b) 太平洋側沿岸(337個)</p> <table border="1"> <tr><th>Category</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>6%</td></tr> <tr><td>その他</td><td>6%</td></tr> <tr><td>台風</td><td>21%</td></tr> <tr><td>局地性</td><td>4%</td></tr> <tr><td>その他前線</td><td>13%</td></tr> <tr><td>寒冷前線</td><td>22%</td></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>12%</td></tr> </table> <p>(c) 北海道から10 km以内の沿岸(3個)</p> <table border="1"> <tr><th>Category</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>6%</td></tr> <tr><td>局地性</td><td>4%</td></tr> <tr><td>その他前線</td><td>13%</td></tr> <tr><td>寒冷前線</td><td>66%</td></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>11%</td></tr> <tr><td>台風</td><td>17%</td></tr> <tr><td>局地性</td><td>17%</td></tr> </table> <p>(d) 茨城県から千葉県までの沿岸(11個)</p> <table border="1"> <tr><th>Category</th><th>Percentage</th></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>6%</td></tr> <tr><td>その他</td><td>2%</td></tr> <tr><td>台風</td><td>22%</td></tr> <tr><td>局地性</td><td>4%</td></tr> <tr><td>その他前線</td><td>6%</td></tr> <tr><td>寒冷前線</td><td>12%</td></tr> <tr><td>雷電の移流</td><td>27%</td></tr> <tr><td>台風</td><td>27%</td></tr> </table> <p>()は竜巻個数を示す</p> <p>第2.2.3.2-2図 地域ごとの竜巻発生総観場及び害割合の比較</p>	Category	Percentage	雷電の移流	44%	局地性	2%	その他	2%	その他前線	4%	寒冷前線	33%	低気圧	15%	Category	Percentage	雷電の移流	6%	その他	6%	台風	21%	局地性	4%	その他前線	13%	寒冷前線	22%	雷電の移流	12%	Category	Percentage	雷電の移流	6%	局地性	4%	その他前線	13%	寒冷前線	66%	雷電の移流	11%	台風	17%	局地性	17%	Category	Percentage	雷電の移流	6%	その他	2%	台風	22%	局地性	4%	その他前線	6%	寒冷前線	12%	雷電の移流	27%	台風	27%	
Category	Percentage																																																																		
雷電の移流	44%																																																																		
局地性	2%																																																																		
その他	2%																																																																		
その他前線	4%																																																																		
寒冷前線	33%																																																																		
低気圧	15%																																																																		
Category	Percentage																																																																		
雷電の移流	6%																																																																		
その他	6%																																																																		
台風	21%																																																																		
局地性	4%																																																																		
その他前線	13%																																																																		
寒冷前線	22%																																																																		
雷電の移流	12%																																																																		
Category	Percentage																																																																		
雷電の移流	6%																																																																		
局地性	4%																																																																		
その他前線	13%																																																																		
寒冷前線	66%																																																																		
雷電の移流	11%																																																																		
台風	17%																																																																		
局地性	17%																																																																		
Category	Percentage																																																																		
雷電の移流	6%																																																																		
その他	2%																																																																		
台風	22%																																																																		
局地性	4%																																																																		
その他前線	6%																																																																		
寒冷前線	12%																																																																		
雷電の移流	27%																																																																		
台風	27%																																																																		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）


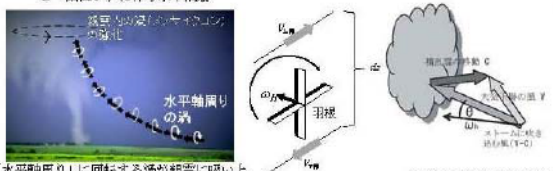
大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(2)気象解析による検討</p> <p>総観場での検討に加え、ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）による再解析データをもとに、気象モデル WRF（Weather Research and Forecasting model；Skamarock et al. 2005）を用いて、風向、風速及び相当温位を算出した。</p> <p>温位とは、下式に示すように気温 T と気圧 p に関する量であり、ある空気塊を断熱的に基準圧力 1000hPa に戻したときの絶対温度である。気温は高度によって変わるが、温位は同じ空気塊では常に一定（断熱過程では温位は保存される）な物理量であるため、空気塊のあたたかさ、浮力特性及び不安定性を把握するのに用いられる。</p> $\theta = T \left(\frac{1000}{p} \right)^{\frac{R}{C_p}} \quad (R: \text{気体定数}, C_p: \text{定圧比熱})$ <p>1990年12月11日に千葉県茂原市で発生した日本最大級 F3 竜巻時の気象解析結果を図 1.3.6 に示す。太平洋側は暖かく湿潤な大気状態にあり、12月の冬季としては暖かく湿った大気（緑色）が太平洋側から千葉県南東部房総半島沿岸に発生した地点に流れ込んでいる。この大気は内陸部に中心をもつ低気圧の大きな渦に沿って日本海側へ運ばれているが、日本海側では、相当温位が低くなり、不安定性（湿潤状態）が解消されていることがわかる。つまり、太平洋側から流れ込んだ暖湿な大気が高い山岳によって遮蔽されることなく太平洋側の発生地点周辺の平野部に流入し、日本海側へは暖湿な大気が流入していない。</p>  <p>図 1.3.6 1990年に千葉県茂原市で発生した日本最大級F3竜巻時の気象解析結果（白色はモデル地形標高が海拔100m以上を指す。）</p> <p>別の事例として、2006年11月7日に北海道網走支庁佐呂間町で発生したF3竜巻における気象解析結果を図 1.3.7 に示す。太平洋上起源の暖かく湿潤な大気が佐呂間町へ流入していることが把握できる。日高山脈を境にして暖湿・低乾な大気場に大きく分かれている。高い標高の山の両側で空気塊の性質は変わりうるため、竜巻発生の観点では、日高山脈を境に道内を2つの地域に分けるのが妥当であると考え。襟裳岬以西の太平洋側は日本海側と同じ性質と考えられる。</p>		<p>2.2.4 突風関連指数に基づく地域特性の検討</p> <p>総観場での検討に加え、大きな被害をもたらす強い竜巻の発生要因となる環境場の形成のし易さに対する地域特性を検討するため、気象庁や米国気象局における現業においても竜巻探知・予測に活用されており、竜巻の発生し易さを数値的に示すことができる突風関連指数を用いて地域特性の検討を行った。なお、突風関連指数を用いての検討については日本海側と太平洋側の地域性が異なること、さらに立地地域とその他の地域の特性を確認するために実施したものであり、特定規模の竜巻発生の可能性を評価するものではない。</p> <p>2.2.4.1 突風関連指数を用いた竜巻予測の技術について</p> <p>竜巻の主な発生メカニズムは、二つに大別されると考えられている。一つは局地的な前線（寒気団と暖気団との境界線）に伴って生じた渦が上昇流によって引き伸ばされて竜巻となるもので、比較的寿命が短く強い竜巻になりにくいとされている。</p> <p>もう一つは「スーパーセル」と呼ばれる、回転する継続した上昇気流域（メソサイクロン）を伴った非常に巨大な積乱雲に伴って竜巻が発生するものである。スーパーセル内では、下降流域と上昇流域が分離されるため、巨大な積乱雲が長時間持続する傾向にある。近年、ドップラーレーダによる解析を基にした竜巻の事例調査が進んだことにより、大きな被害をもたらす強い竜巻の多くはスーパーセルに伴って発生することが判明している。現状、竜巻を直接予測することは困難であるが、大規模竜巻の発生と関係が深いスーパーセルの発生環境を予測することにより竜巻発生を間接的に予測できる。以下に、竜巻発生予測について、突風関連指数を適用している例を示す。</p> <p><u>気象庁での突風関連指数の適用状況</u></p> <p>気象庁では平成 20 年 3 月から、低気圧の発達等に関して半日から 1 日程度前に発表する予告的な気象情報において、11 種類の突風関連指数を算出し、竜巻やダウンバースト等の激しい突風が発生する可能性があるとして予測される場合には、当気象情報において注意喚起することとした。</p> <p>その後、気象庁では竜巻等の突風の予測プロダクトとして、平成 22 年 5 月より竜巻発生確度ナウキャスト情報の提供を開始した。竜巻発生確度ナウキャストは、「竜巻が今にも発生する（又は発生している）可能性の程度」（発生確度）を 10 分ごとに解析した結果をもとに、降水域の移動ベクトル等を用いて 1 時間先まで発生確度を予測する。発生確度の解析は、以下の二つの技術を組み合わせて実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気象ドップラーレーダ観測によるメソサイクロン（親雲）検出技術 ・メソ数値予測（MSM）を用いた突風危険指数の算出技術 <p>竜巻発生確度ナウキャストにおけるデータ等の流れを第 2.2.4.1-1 図に示す。竜巻発生確度ナウキャストは最新の観測・解析データをもって短いリードタイムの予測を迅速に行うことが主目</p>	<p>検討方法の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大飯では、(1)気象総観場による検討に加えて、(2)気象解析による検討を実施することで、北海道の襟裳岬以西の太平洋側は日本海側と同じ性質と考え、(1)(2)を踏まえ、竜巻検討地域を設定している

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

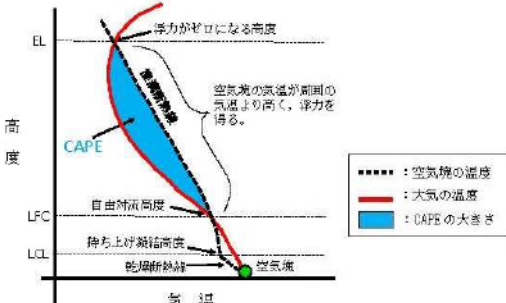
大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>図1.3.7 2006年北海道網走支庁佐呂間町で発生したF3竜巻における気象解析結果</p> <p>過去発生した大きな竜巻（F2～F3およびF3）の解析結果においても例外なく、大きな竜巻の発生時は、太平洋側から流れ込んだ暖湿な大気が高い山岳によって遮蔽されることなく太平洋側の発地点周辺の平野部に流入していたこと、日本海側へは暖湿な大気が流入していなかったことから、竜巻発生の総観場の特徴と気象解析の結果を踏まえ、竜巻発生の気象条件を観点とした類似地域として、北海道から本州の日本海側および北海道の襟裳岬以西を選定した。</p>		<p>的のため、レーダプロダクトに重みを置いている。また、小さな竜巻も見逃しなく予測できるような説明変数として突風関連指数を選択している。</p> <p>以上のように、気象庁では竜巻の監視や様々なリードタイムに対する予測に突風関連指数を活用している。</p> <p>海外での突風関連指数の適用状況</p> <p>海外では、米国の気象庁にあたるNOAAのSPC（ストーム予測センター）においても気象庁と同様に、突風関連指数の情報とレーダー観測のデータが現業で活用されており、突風関連指数に関する検討も盛んに行われている。</p> <p>第2.2.4.1-1図 竜巻発生確度ナウキャストの解析・予測技術</p> <p>2.2.4.2 検討に用いる突風関連指数について</p> <p>大きな被害をもたらす竜巻の親雲の多くはスーパーセルであり、スーパーセルの発生環境は予測できる技術があつて気象庁等でも活用されていることを述べてきた。ここでは、本検討に用いる突風関連指数について説明する。</p> <p>第2.2.4.2-1図に竜巻の発生メカニズムを示す。スーパーセルが発生しやすい環境場として、大気下層の鉛直シア（異なる高度間での風向・風速差）と、強い上昇気流を起こすきっかけとしての不安定な大気場が必要である。本検討では、大気的不安定度を表す指標として「CAPE」、鉛直シアに伴って発生する水平渦度が親雲に取り込まれる度合いを表す指標として「SReH」を採用し、両者の指標が同時に高くなる頻度について、地域的な特徴を確認する分析を行った。また、両者を掛け合わせた指標であるEHIによる分析も行い、SReH・CAPEの同時超過頻度分析との比較を行った。</p>	

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>SRH, CAPE, EHI については、竜巻の発生実態を解明する研究において国内外で広く利用され、竜巻発生環境場との関連づけ等の知見が多く蓄積されており、気象庁での竜巻予測に用いる突風関連指数の中でも主な指標として紹介されているため、本検討を行う上でも妥当なものと考えられる。</p> <p>SRH, CAPE 及びその複合指数である EHI について以下に説明する。</p>  <p>風向・風速差による渦の発生 上昇気流の発生 竜巻の発生</p> <p>第 2.2.4.2-1 図 竜巻の発生メカニズム</p> <p>(1) SRH (Storm Relative Helicity : ストームの動きに相対的なヘリシティ)</p> <p>風向・風速差により発生した渦度が親雲に取り込まれる度合であり、値が大きいほど、積乱雲はスーパーセルに発達しやすい(第 2.2.4.2-2 図)。</p> $SRH = \int_{地面}^{500hPa} (\mathbf{V} - \mathbf{C}) \cdot \boldsymbol{\omega} \, dz$ <p> \mathbf{V} : 水平風速ベクトル \mathbf{C} : ストームの移動速度 $\boldsymbol{\omega}$: 鉛直シアに伴う水平渦度 </p>  <p>「水平軸周りに回転する渦が親雲に吸い上げられて、「鉛直軸周りに回転する渦」となる</p> <p>積乱雲の移動と積乱雲に吹き込む風</p> <p>第 2.2.4.2-2 図 SRH の概念図</p>	

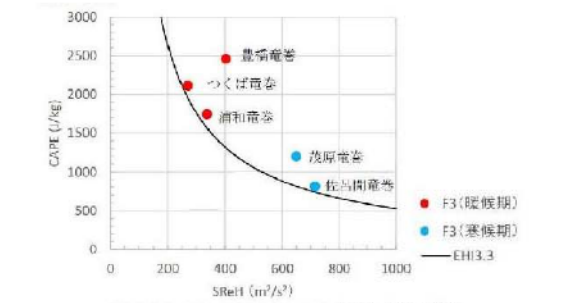
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>(2) CAPE (Convective Available Potential Energy：対流有効位置エネルギー)</p> <p>上昇気流の発生しやすさを表し、値が大きいほど背の高い積乱雲に発達しうるため、大気不安定度の指標となる（第2.2.4.2-3図）。</p> $CAPE = \int_{z_0}^{z_1} g \frac{\theta'_s(z) - \theta'_e(z)}{\theta_e(z)} dz$ <p> g：重力加速度 θ'_s：ストーム周囲の相当温位 θ'_e：持ち上げ空気塊の相当温位 dz：鉛直方向の層厚 </p>  <p>第2.2.4.2-3図 CAPEの算出概念</p> <p>(3) EHI (Energy Helicity Index)</p> <p>SReH及びCAPEを用いて算出し、スーパーセルや竜巻の発生しやすさを経験的に指標化したものであり、米国ではCAPE単独又はSReH単独に比べると、竜巻発生との相関関係が高いとされている。</p> $EHI = \frac{SReH \times CAPE}{160,000}$ <p>(参考) 相当温位</p> <p>温位とは、下式に示すように気温Tと気圧pに関する量であり、ある空気塊を断熱的に基準圧力1,000hPaに戻したときの絶対温度である。</p> <p>2つの空気塊を比較した場合、温位の高い空気塊は軽く上昇しやすく（不安定であり）、単位体積中に含まれる水蒸気量が多いため、大きな積乱雲の発生につながる。</p> <p>相当温位は、空気塊に含まれる水蒸気を持っている潜熱（水蒸気が凝結する際に空気塊の温度が上昇）の影響も考慮された温位である。</p> $\theta = T \left(\frac{1,000}{p} \right)^{\frac{\kappa}{\gamma}} \quad (\kappa: \text{気体定数}, \gamma: \text{定圧比熱})$ <p>2.2.4.3 突風関連指数の地域特性</p> <p>これまでに発生したF3竜巻に対する突風関連指数の分析結果を第2.2.4.3-1図に示す。WRFモデル（Weather Research and Forecasting model）と呼ばれる数値気象モデルを用いて当時の気象</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>場を解析（再現）し、それをもとに突風関連指数を算出している。 第2.2.4.3-1図をみると、季節によってCAPEの値が大きく異なるものの、F3竜巻事例では共通してSReHとCAPEの両方が大きく異なる傾向が見られた。</p>  <p>第2.2.4.3-1図 F3竜巻におけるSReHとCAPEの関係</p> <p>大きな竜巻を引き起こすスーパーセルの発生要因の指標であるSReHとCAPEについて、国内で（太平洋側で）発生したF3竜巻では、SReHとCAPEの両方（あるいは複合指数であるEHI）が大きな値をとる傾向が見られる。また、これまでに発生した国内におけるF2-F3を含めた全てのF3竜巻（6事例）は、スーパーセルを伴っていたことが報告されている。</p> <p>したがって、SReHとCAPEそれぞれに対して閾値を設け、その閾値を同時に超える頻度（以下「同時超過頻度」という。）を分析することにより、スーパーセルに伴って発生するような大規模な竜巻の発生環境を観点とした地域性を見出すことができると考えられる。</p> <p>2.2.4.4 突風関連指数の同時超過頻度による地域性の検討</p> <p>SReHとCAPEの閾値については、第2.2.4.4-1図のF3竜巻のデータをもとに、実際の竜巻発生地点と対応するよう、下記のように設定した。また、CAPEの閾値については、緯度・季節で絶対値が大きく変わるため、5月～10月（暖候期）及び11月～4月（寒候期）に分けて閾値を設定した。</p> <p>[5月～10月（暖候期）] SReH：250m²/s²、CAPE：1,600J/kg [11月～4月（寒候期）] SReH：250m²/s²、CAPE：600J/kg</p> <p>第2.2.4.4-1図は、1961年～2010年までの50年間にわたって1時間ごとに解析されたデータをもとに、SReHとCAPEの同時超過頻度分布をマップ化したものである。また、気象庁「竜巻等の突風データベース」で確認されたF2-F3竜巻及びF3竜巻の発生箇所を第2.2.4.4-2図に示す。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<div data-bbox="1442 165 1890 363"> <p>暖候期 5～10月 寒候期 11月～4月 第2.2.4.4-1図 F3規模以上を対象としたSReH、CAPE同時超過頻度分布 [%]</p> </div> <div data-bbox="1442 418 1850 632"> <p>暖候期 5～10月 寒候期 11月～4月 第2.2.4.4-2図 F2規模以上の発生箇所 (気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成)</p> </div> <p>また、EHI についても、SReH と CAPE と同様に閾値を設け超過頻度について分析した。EHI の閾値については、過去のいずれのF3事例においても EHI が3.5 程度を越えていることから、それを包含する値としてEHI:3.3 を設定した（暖候期と寒候期は分けない）。EHI の超過頻度分布をマップ化したものについても第2.2.4.4-3図に示す。SReH、CAPE の同時超過頻度分布（第2.2.4.4-1図）に対応した結果となっており、EHI を用いて通年レベルの評価を行った場合でも地域特性がはっきり表れている。</p> <p>以上により、CAPE、SReH、EHI についてF3以上を想定した特定の閾値を設けた場合の分析を実施したが、突風関連指数については不確実性が存在するため、EHI: 3.0 及び3.6 を設定した場合についても同様の地域性が現れることを確認した（第2.2.4.4-4図）。ただし、閾値を大きくした場合、実際にF3が発生した関東平野内を包含できなくなる。また閾値を小さくした場合、小さな竜巻が発生する環境場をカウントすることから、地域性は薄れていくことがわかる。</p> <p>なお、CAPE、SReH についても同様の感度解析を実施しており、同様の傾向が得られることを確認した。【添付資料2.2 付録E】</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<div data-bbox="1532 172 1778 379" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1503 381 1807 399">第2.2.4.4-3図 EHIの超過頻度分布（閾値3.3）</p> <div data-bbox="1435 413 1877 608" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1509 612 1778 651">閾値3.0 閾値3.6 第2.2.4.4-4図 EHIの超過頻度分布</p> <p data-bbox="1361 694 1957 802">突風関連指数による、大規模な竜巻形成につながる環境場の発生頻度分析を行った結果、福島県以北の東北地方太平洋側及び日本海側は、茨城県以西の太平洋側沿岸よりも1～2オーダー以下の頻度となることが分かった。</p> <p data-bbox="1361 810 1957 890">スーパーセルに伴って発生する大規模な竜巻形成につながる環境場の発生頻度分布の観点からも、東北地方太平洋側及び日本海側は、茨城県以西の太平洋側と地域特性の違いがあることを確認した。</p> <p data-bbox="1361 927 1957 1007">参考として、F2規模の竜巻について同様の検討を行った。閾値の設定はF2規模の竜巻発生時の実績をもとに以下の様に設定した。</p> <p data-bbox="1402 1015 1917 1037">[5月～10月（暖候期）] SReH：200m²/s²，CAPE：1,000J/kg</p> <p data-bbox="1402 1045 1899 1067">[11月～4月（寒候期）] SReH：200m²/s²，CAPE：350J/kg</p> <p data-bbox="1402 1075 1711 1098">EHIを用いる場合の閾値 EHI：1.5</p> <p data-bbox="1361 1106 1957 1214">SReH、CAPEの同時超過頻度分析の結果を第2.2.4.4-5図に、EHIの超過頻度分布を第2.2.4.4-6図に示す。F3規模以上を対象とした閾値の分析結果に比べ、頻度は全体的に上がったが、概ね同様の傾向が確認できた。</p>	

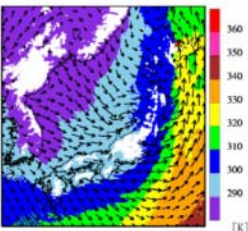

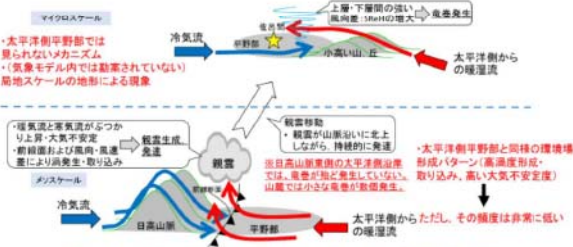
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<div data-bbox="1429 165 1845 357"> <p>第 2.2.4.4-5 図 F 2 規模の竜巻形成につながる環境場の閾値の同時超過頻度分布</p> </div> <div data-bbox="1496 389 1778 580"> <p>第 2.2.4.4-6 図 EHI の超過頻度分布（閾値：1.5）</p> </div> <p>F 2 規模相当の閾値での同時超過頻度を解析した結果をみても、東北地方太平洋側及び日本海側は、茨城県以西の太平洋側と比較して頻度が低くなっていることが確認できる。</p> <p>日本海側で大きな竜巻が発生しにくい原因としては、太平洋側から暖かく湿った空気が、日本列島の中央部に存在する高く複雑な山岳域を湿潤不安定な状態のまま乗り越えてくることが出来ないため、日本海側では大きな竜巻を引き起こす環境場が形成しにくくなっていることが考えられる。</p> <p>2.2.4.5 佐呂間町で発生した竜巻について</p> <p>突風関連指数を用いた解析結果から、F 3 規模以上の竜巻が発生しやすいとされる地域が分かったが、そのエリアに含まれていない北海道網走支庁佐呂間町では 2006 年 11 月に F 3 竜巻が発生している（以下「佐呂間竜巻」という。）。</p> <p>佐呂間竜巻は、太平洋沿岸で発生した竜巻と比較すると、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内で唯一内陸部（丘陵地の麓）において発生した竜巻である。 ・F 3 竜巻としては継続時間（1分）と移動距離（約 1.4km）が非常に短かった。 <p>という点で異なっている。</p> <p>佐呂間竜巻の発生した地域では、太平洋側からの暖湿流が小高い丘を越えて流入するような地形になっており、平野部の冷気流とぶつかることにより大きな上層・下層間の風向差が生じる環境場となっていた（第 2.2.4.4-5-1 図、第 2.2.4.4-5-2 図）。</p> <p>また、日高山脈の東側では、山を越えた冷気流と太平洋側の暖気流がぶつかる地点となっており、ここで発生した親雲が山脈沿いに北上しながら持続的に発達し、佐呂間地域で F 3 規模の竜巻を形成するに至ったと考えられる。</p> <p>これらの発生メカニズムについて、第 2.2.4.4-5-3 図に模式的に示す。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>第2.2.4.5-1図 佐呂間竜巻発生時の風向・風速及び相当温位の分布（海拔500m高度）</p>  <p>第2.2.4.5-2図 親雲の発生箇所と移動方向（左）及び竜巻の発生箇所（右）</p>  <p>第2.2.4.5-3図 佐呂間竜巻の発生メカニズムに関する模式図[※]</p>  <p>※軽水型原子力発電所の竜巻影響評価における設計竜巻風速及び飛来物速度の設定に関するガイドライン、日本保全学会、原子力規制関連事項検討会、平成27年1月</p>	


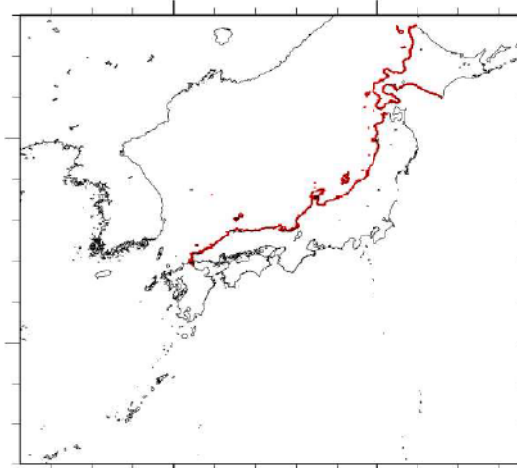
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>このように、佐呂間竜巻の発生メカニズムは、太平洋側沿岸域にて発生しているF3竜巻のメカニズムとは大きく異なっており、竜巻の持続時間・被害域長さも大きく異なっている。</p> <p>竜巻影響評価における取り扱いとしては、基準竜巻設定で対象としている地域性・空間スケールよりも局地的な地形影響を受けており、そういった影響については、設計竜巻V_bの設定時に考慮するのがガイドの趣旨に沿ったものとなる。</p> <p>考慮する際のポイントは、以下の2点である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太平洋側からの暖湿流が高標高山岳等に遮断されずに直接流入しうる地域である。 ・近隣地形（数キロ程度四方の範囲）において、（太平洋側からの）暖気流の流入する風上側に尾根状の丘・山が存在すること。 <p>その観点で女川原子力発電所周辺の地形を確認すると、以下のよう整理できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太平洋側沿岸部に立地しているため暖湿流が直接流入するが、気流の流入する風上側は海域であるため、尾根状の丘・山は存在しない。 <p>したがって、女川原子力発電所で佐呂間竜巻と同様な地形条件にはなっていないことを確認した。</p> <p>2.2.5 竜巻検討地域の妥当性確認結果</p> <p>総観場ごとのFスケール別竜巻発生分布より、発生する竜巻の規模には地域差があり、また、突風関連指数の分析結果から、東北地方太平洋側は茨城県以西の太平洋側と大規模な竜巻形成につながる環境場の傾向が異なることが確認できた。</p> <p>一方、総観場による分析では、北海道から千葉県にかけての太平洋側沿岸部は、地域を差別化するには至らない。</p> <p>以上の分析結果を踏まえれば、女川原子力発電所の竜巻検討地域として、北海道から千葉県にかけての太平洋側沿岸を設定することが妥当と判断した。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3.2.3 竜巻検討地域</p> <p>竜巻検討地域は、大阪発電所が立地する地域（地形条件）と気象条件等が類似する地域を基に北海道から本州の日本海側および北海道の襟裳岬以西の海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域（面積約38,895km²）に設定する。図1.3.8に竜巻検討地域を示す。</p>  <p>図1.3.8 竜巻検討地域</p>	<p>c. 竜巻検討地域</p> <p>竜巻検討地域は、竜巻発生の観点から泊発電所が立地する地域と気象条件が類似する地域を基に、北海道から本州の日本海側及び北海道の襟裳岬以西の海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域（面積約38,895km²）に設定する。図3.5に竜巻検討地域を示す。</p>  <p>図3.5 竜巻検討地域</p>		<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																																																																				
<p>1.3.3 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定 基準竜巻の最大風速は、過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})、およ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、大きな風速を設定する。</p> <p>1.3.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1}) 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})の設定にあたっては、現時点で当社は竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できるだけの知見を有していないことから、日本で過去に発生した竜巻の観測データを用いてV_{B1}を設定する。なお、今後も地域特性に関する検討、新たな知見の収集やデータの拡充などに取組み、より信頼性のある評価が可能ないように努力する。</p> <p>日本で過去に発生した最大の竜巻はF3スケールである。F3スケールにおける風速は70m/s～92m/sであることから、その最大風速を基に過去に発生した最大の竜巻の最大風速V_{B1}を92m/sとする。表1.3.2に日本におけるF3スケールの竜巻一覧を示す。</p> <table border="1" data-bbox="100 750 672 917"> <caption>表3.5 F3の竜巻発生リスト（1961年～2012年6月）</caption> <thead> <tr> <th>Fスケール</th> <th>発生日時</th> <th>発生場所緯度</th> <th>発生場所経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F3</td> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分45秒</td> <td>139度40分13秒</td> <td>埼玉県 浦和市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1990年12月11日19時13分</td> <td>35度25分27秒</td> <td>140度17分19秒</td> <td>千葉県 茂原市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒</td> <td>137度23分5秒</td> <td>愛知県 豊橋市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒</td> <td>143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 佐呂間町</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒</td> <td>139度56分44秒</td> <td>茨城県 常総市</td> </tr> </tbody> </table> <p>1.3.3.2 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2}) 竜巻最大風速のハザード曲線は、ガイドに従い、既往の算定方法に基づき、具体的には、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」（以下、東京工芸大委託成果）を参照して算定する。図1.3.9に竜巻最大風速のハザード曲線算定フローを示す。</p>	Fスケール	発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所	F3	1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県 浦和市	F3	1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県 茂原市	F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県 豊橋市	F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町	F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県 常総市	<p>(3) 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定 基準竜巻の最大風速は、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、大きな風速を設定する。</p> <p>a. 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1}) 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})の設定にあたっては、現時点で当社は竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速を十分な信頼性のあるデータ等に基づいて評価できるだけの知見を有していないことから、日本で過去に発生した竜巻の観測データを用いてV_{B1}を設定する。なお、今後も地域特性に関する検討、新たな知見の収集やデータの拡充などに取組み、より信頼性のある評価が可能ないように努力する。</p> <p>日本で過去に発生した最大の竜巻はF3スケールである。F3スケールにおける風速は70m/s～92m/sであることから、その最大風速を基に過去に発生した竜巻の最大風速V_{B1}を92m/sとする。表3.5に日本におけるF3の竜巻発生リスト（1961年～2012年6月）を示す。</p> <table border="1" data-bbox="712 726 1317 909"> <caption>表3.5 F3の竜巻発生リスト（1961年～2012年6月）</caption> <thead> <tr> <th>発生日時</th> <th>発生場所緯度</th> <th>発生場所経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分45秒</td> <td>139度40分13秒</td> <td>埼玉県 浦和市</td> </tr> <tr> <td>1990年12月11日19時13分</td> <td>35度25分27秒</td> <td>140度17分19秒</td> <td>千葉県 茂原市</td> </tr> <tr> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒</td> <td>137度23分5秒</td> <td>愛知県 豊橋市</td> </tr> <tr> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒</td> <td>143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 佐呂間町</td> </tr> <tr> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒</td> <td>139度56分44秒</td> <td>茨城県 常総市</td> </tr> </tbody> </table> <p>b. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2}) 竜巻最大風速のハザード曲線は、ガイドに従い、既往の算定方法に基づき、具体的には、東京工芸大学委託成果を参照して算定する。図3.6に算定の流れを示す。</p>	発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所	1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県 浦和市	1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県 茂原市	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県 豊橋市	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県 常総市	<p>2.3 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定 基準竜巻の最大風速は、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、大きな風速を設定する。</p> <p>2.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1}) 女川原子力発電所が立地する東北地方太平洋側は、過去の発生実績及び突風関連指数を用いた分析結果から、大規模な竜巻は発生しにくいものと考えられる。 また、竜巻は観測の歴史が浅いこと及び気象庁における竜巻観測体制の変遷を踏まえると、他の気象観測データに比べ不確かさがあると考えられる。 上記を勘案し、日本で過去に発生した竜巻の最大風速をV_{B1}として設定する。 日本で過去に発生した最大の竜巻はF3スケールである。Fスケールと風速の関係より、F3スケールの風速は70～92m/sであるため、過去に発生した竜巻による最大風速V_{B1}は、F3スケールの上限値である92m/sとする。 第2.3.1-1表に日本で過去に発生したF3竜巻を示す。</p> <table border="1" data-bbox="1377 702 1926 965"> <caption>第2.3.1-1表 日本で過去に発生したF3竜巻（気象庁「竜巻等の突風データベース」より作成）</caption> <thead> <tr> <th>Fスケール</th> <th>発生日時</th> <th>発生場所緯度</th> <th>発生場所経度</th> <th>発生場所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F3</td> <td>1971年07月07日07時50分</td> <td>35度52分45秒</td> <td>139度40分13秒</td> <td>埼玉県浦和市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1990年12月11日19時13分</td> <td>35度25分27秒</td> <td>140度17分19秒</td> <td>千葉県茂原市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>1999年09月24日11時07分</td> <td>34度42分4秒</td> <td>137度23分5秒</td> <td>愛知県豊橋市</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2006年11月07日13時23分</td> <td>43度58分39秒</td> <td>143度42分12秒</td> <td>北海道網走支庁 佐呂間町</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>2012年05月06日12時35分</td> <td>36度6分38秒</td> <td>139度56分44秒</td> <td>茨城県常総市</td> </tr> </tbody> </table> <p>2.3.2 竜巻最大風速のハザード曲線の求め方【添付資料2.4.1.】 竜巻最大風速のハザード曲線は、気象庁「竜巻等の突風データベース」より竜巻検討地域における竜巻の観測記録を抽出・評価し、既往の算定法(Wen and Chu及びGarson et.al.)に基づき算定した。具体的な算定方法は、JNES委託研究成果報告書[※]を参考とし、第2.3.2-1図に示すフローに従いハザード曲線を算定した。なお、ハザード曲線は、竜巻検討地域の竜巻特性を適切に考慮できる海岸線から海側及び陸側それぞれ5kmの範囲内で算定した。加えて、竜巻検討地域において過去に発生した竜巻は、竜巻発生確認数にばらつきがあることを踏まえ、ガイドに基づき、ハザード曲線に保守性をもたせるために竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに短冊状に細分化した場合のハザード曲線も算定した。 ※ 東京工芸大学：「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委託研究成果報告書、平成23年2月</p>	Fスケール	発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所	F3	1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県浦和市	F3	1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県茂原市	F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県豊橋市	F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町	F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県常総市	<p>記載表現の相違</p>
Fスケール	発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所																																																																																			
F3	1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県 浦和市																																																																																			
F3	1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県 茂原市																																																																																			
F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県 豊橋市																																																																																			
F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町																																																																																			
F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県 常総市																																																																																			
発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所																																																																																				
1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県 浦和市																																																																																				
1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県 茂原市																																																																																				
1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県 豊橋市																																																																																				
2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町																																																																																				
2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県 常総市																																																																																				
Fスケール	発生日時	発生場所緯度	発生場所経度	発生場所																																																																																			
F3	1971年07月07日07時50分	35度52分45秒	139度40分13秒	埼玉県浦和市																																																																																			
F3	1990年12月11日19時13分	35度25分27秒	140度17分19秒	千葉県茂原市																																																																																			
F3	1999年09月24日11時07分	34度42分4秒	137度23分5秒	愛知県豊橋市																																																																																			
F3	2006年11月07日13時23分	43度58分39秒	143度42分12秒	北海道網走支庁 佐呂間町																																																																																			
F3	2012年05月06日12時35分	36度6分38秒	139度56分44秒	茨城県常総市																																																																																			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

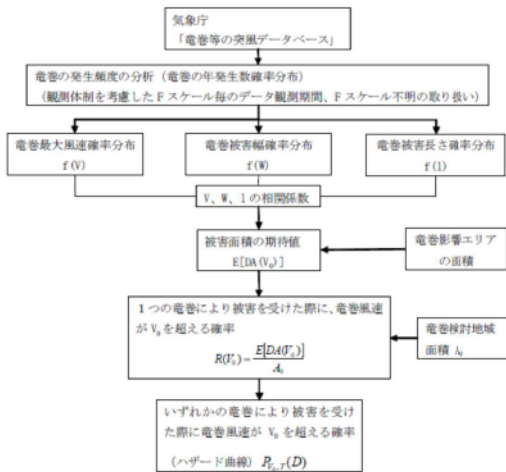


図 1.3.9 竜巻最大風速のハザード曲線算定フロー

竜巻最大風速のハザード曲線の算定に当たっては、竜巻検討地域（海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の範囲）で評価、および竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに細分化した評価にて算定し、そのうち保守的な設定となるV_{B2}を設定する。

1.3.3.3 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価
 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価条件を表 1.3.3に示す。
 情報の信頼性が高い陸上竜巻も発生数にカウントする。

表 1.3.3 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価条件

項目	発生数	被害幅	被害長さ
評価条件	陸上進入竜巻 [※] もカウント	全幅	全長

※：今回の検討において、陸上進入竜巻は観測されていない。

1.3.3.4 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」をもとに、1961年～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出した。なお、観測体制の変遷（図1.3.10参照）による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の①～③の基本的な考え方に基づいて整理を行った。分析結果に基づいて整理した竜巻の発生数を表1.3.5に示す。

①被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を採用

泊発電所3号炉

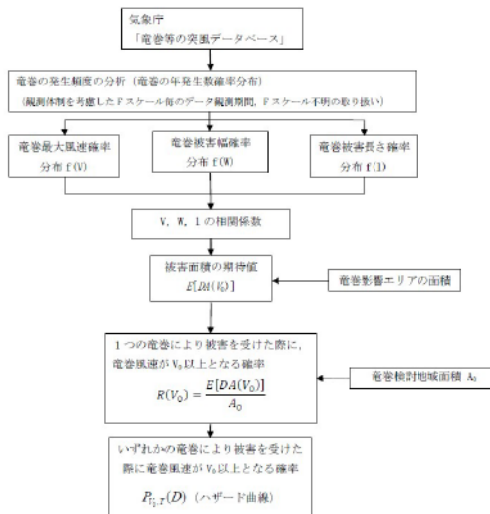


図 3.6 竜巻最大風速のハザード曲線算定フロー

竜巻最大風速のハザード曲線の算定に当たっては、竜巻検討地域（海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の範囲）で評価、及び竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに細分化した評価にて算定し、そのうち保守的な設定となるV_{B2}を設定する。

c. 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価
 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価条件を表3.6に示す。
 情報の信頼性が高い陸上竜巻も発生数にカウントする。

表3.6 海側陸側それぞれ5kmの評価条件

項目	発生数	被害幅	被害長さ
評価条件	陸上進入竜巻 [※] もカウント	全幅	全長

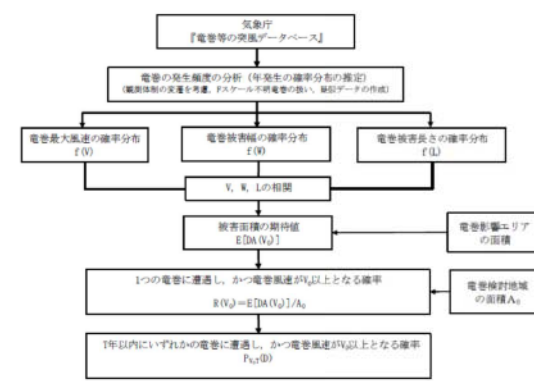
※：今回の検討において、陸上進入竜巻は観測されていない。

d. 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」をもとに、1961年～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出した。なお、観測体制の変遷（図3.7参照）による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の①～③の基本的な考え方に基づいて整理した。分析結果に基づいて整理した竜巻の発生数を表3.8に示す。

①被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を採用

女川原子力発電所2号炉



第 2.3.2-1 図 竜巻最大風速のハザード曲線の算定フロー

2.3.3 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域の評価
 本評価では、竜巻検討地域外で発生して竜巻検討地域内に移動した竜巻である通過竜巻も発生数にカウントする。被害幅及び被害長さは、それぞれ被害全幅及び被害全長を用いる。

2.3.4 竜巻の発生頻度の分析【添付資料 2.4 2.】

気象庁「竜巻等の突風データベース」を基に1961年1月～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出した。なお、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつき（第2.3.4-1図参照）を踏まえ、以下の①～④の基本的な考え方に基づいて整理を行った。

① 被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケールが不明な竜巻は、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を採用する。

差異理由

記載表現の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>②被害が比較的軽微なF1竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を採用</p> <p>③被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられるF2及びF3竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を採用</p> <p>また、Fスケール不明竜巻については、以下の取扱いを行うこととする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・陸上で発生した竜巻（以下、陸上竜巻）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのFスケールが推定されるため、陸上でのFスケール不明竜巻は、被害が少ないF0竜巻と見なした。 ・Fスケール不明の海上竜巻については、その竜巻のスケールを推定することは困難であることから、「海岸線から海上5kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である」という仮定にもとづいて各Fスケールに分類した。 <p>その結果、Fスケール不明の海上竜巻の取扱いにより、表1.3.4のとおり観測実績に対して保守性を高めた評価としている。</p>	<p>②被害が比較的軽微なF1竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を採用</p> <p>③被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられるF2及びF3竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を採用</p> <p>また、Fスケール不明竜巻については、以下の取扱いを行うこととする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・陸上で発生した竜巻（以下、陸上竜巻）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのFスケールが推定されるため、陸上竜巻のFスケール不明竜巻は、被害が少ないF0竜巻と見なした。 ・Fスケール不明の海上竜巻については、その竜巻のスケールを推定することは困難であることから、「海岸線から海上5kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である」という仮定にもとづいて各Fスケールに分類した。 <p>その結果、Fスケール不明の海上竜巻の取扱いにより、表3.7のとおり観測実績に対して保守性を高めた評価としている。</p>	<p>② 被害が比較的軽微なF1竜巻については、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を採用する。</p> <p>③ 被害が比較的大きく見逃されることが少ないF2、F3竜巻については、観測データが整備された1961年1月以降の全期間の年間発生数や標準偏差を採用する。</p> <p>④ 51.5年間の発生数を、①～③の観測期間との比率からFスケールごとに推計する。</p> <p>また、Fスケールが不明な竜巻については、以下の考え方に基ついて分類した。</p> <p>⑤ 陸上で発生したFスケールが不明な竜巻及び海上で発生しその後上陸したFスケール不明竜巻はF0に含める。これにより、全ての陸上竜巻をF0～F3に分類する。</p> <p>⑥ 沿岸部近傍での海上竜巻の特性は、陸上竜巻の特性と類似しているとの仮定の下、不明な海上竜巻の発生数を陸上竜巻のFスケール別発生比率で按分する。</p> <p>上記の基本的な考え方に基ついて観測記録を整理・推定した結果を第2.3.4-1表に示す。 なお、竜巻発生確率モデルは、ガイドに従つてポアソン過程に従うものとし、年発生数の確率分布には、ポリヤ分布を適用した。</p>	<p>差異理由</p> <p>記載表現の相違 ・泊はF0竜巻と見なす対象を明確化した（評価条件に相違なし）</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

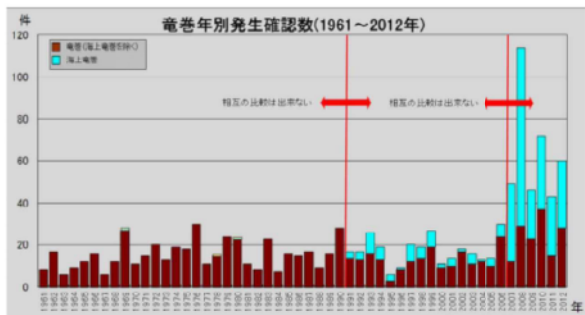


図1.3.10 竜巻の年発生数（出典：気象庁HP）

表1.3.4 竜巻発生数の分析結果

竜巻検出地域 (沿岸±5km)	発生数の統計	小計	竜巻スケール					不明	総数
			F0	F1	F2	F3	陸上		
1961~2012/6 (51.5年間)	期間内総数	90	30	47	13	0	3	113	206
	平均値(年)	1.748	0.583	0.913	0.252	0	0.058	2.194	4.000
	標準偏差(年)	2.526	2.003	1.020	0.522	0	0.309	5.662	7.687
1991~2012/6 (21.5年間)	期間内総数	60	30	27	3	0	3	112	175
	平均値(年)	2.791	1.395	1.256	0.140	0	0.140	5.209	8.140
	標準偏差(年)	3.467	2.956	1.124	0.356	0	0.473	8.294	10.683
2007~2012/6 (5.4年間)	期間内総数	32	26	6	0	0	0	93	125
	平均値(年)	5.818	4.727	1.091	0.000	0	0	16.909	22.727
	標準偏差(年)	6.087	4.614	1.337	0.000	0	0	10.961	14.700
疑似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	322	244	65	13	0	0	371	1193
	平均値(年)	6.236	4.727	1.256	0.252	0	0	16.909	23.145
	標準偏差(年)	4.970	4.614	1.124	0.522	0	0	10.661	11.762
疑似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	1195	905	241	49	0	0	1195	3202
	平均値(年)	23.102	17.514	4.653	0.935	0	0	23.102	32.004
	標準偏差(年)	9.567	9.265	2.163	1.004	0	0	9.567	11.957

注1：切り上げの関係で総計数が一致していない箇所がある。
 注2：色塗り部分については、竜巻発生頻度の分析に用いるデータを示している。

表1.3.5 分析結果に基づいて整理した竜巻の発生数

疑似 51.5年間 (全竜巻)	統計	F0	F1	F2	F3	F不明	小計
	期間内総数	905	241	49	0	0	1195
	平均値(年)	17.573	4.680	0.951	0	0	23.204
	標準偏差(年)	9.265	2.163	1.004	0	0	9.567

泊発電所3号炉

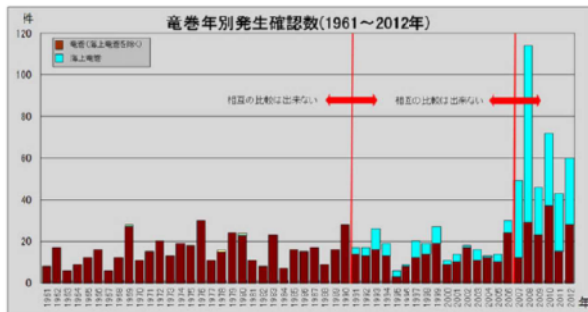


図3.7 竜巻年別発生確認数（1961年～2012年（出典：気象庁HP））

表3.7 竜巻発生数の分析結果

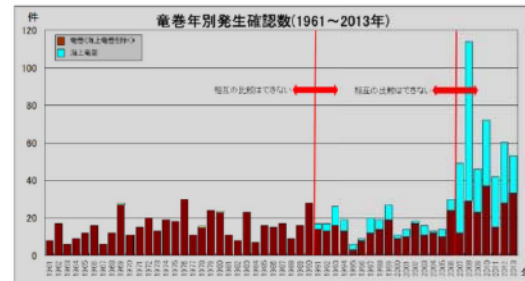
竜巻検出地域 (沿岸±5km)	発生数の統計	小計	竜巻スケール					不明	陸上	海上	含む不明
			F0	F1	F2	F3	陸上				
1961~2012/6 (51.5年間)	期間内総数	90	30	47	13	0	3	113	206		
	平均値(年)	1.748	0.583	0.913	0.252	0	0.058	2.194	4.000		
	標準偏差(年)	2.526	2.003	1.020	0.522	0	0.309	5.662	7.687		
	期間内総数	60	30	27	3	0	3	112	175		
1991~2012/6 (21.5年間)	期間内総数	60	30	27	3	0	3	112	175		
	平均値(年)	2.791	1.395	1.256	0.140	0	0.140	5.209	8.140		
	標準偏差(年)	3.467	2.956	1.124	0.356	0	0.473	8.294	10.683		
	期間内総数	32	26	6	0	0	0	93	125		
2007~2012/6 (5.4年間)	期間内総数	32	26	6	0	0	0	93	125		
	平均値(年)	5.818	4.727	1.091	0.000	0	0	16.909	22.727		
	標準偏差(年)	6.087	4.614	1.337	0.000	0	0	10.961	14.700		
	期間内総数	322	244	65	13	0	0	371	1193		
疑似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	322	244	65	13	0	0	371	1193		
	平均値(年)	6.236	4.727	1.256	0.252	0	0	16.909	23.145		
	標準偏差(年)	4.970	4.614	1.124	0.522	0	0	10.661	11.762		
	期間内総数	1195	905	241	49	0	0	1195	3202		
疑似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	1195	905	241	49	0	0	1195	3202		
	平均値(年)	23.102	17.514	4.653	0.935	0	0	23.102	32.004		
	標準偏差(年)	9.567	9.265	2.163	1.004	0	0	9.567	11.957		

注1：切り上げの関係で総計数が一致していない箇所がある。
 注2：色塗り部分については、竜巻発生頻度の分析に用いるデータを示している。

表3.8 分析結果に基づいて整理した竜巻の発生数

疑似 51.5年間 (全竜巻)	統計	F0	F1	F2	F3	F不明	小計
	期間内総数	905	241	49	0	0	1195
	平均値(年)	17.573	4.680	0.951	0	0	23.204
	標準偏差(年)	9.265	2.163	1.004	0	0	9.567

女川原子力発電所2号炉



第2.3.4-1図 竜巻の年別発生確認数（気象庁HPより）

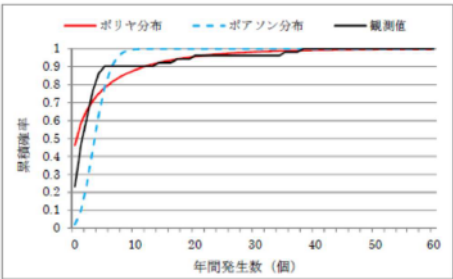
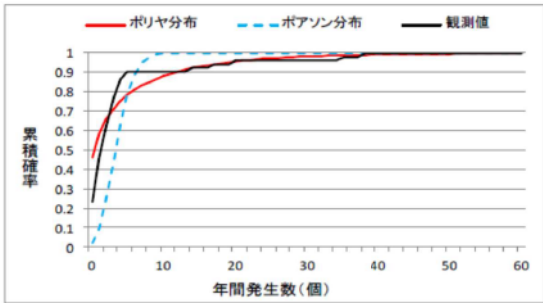
第2.3.4-1表 竜巻発生数の分析結果

竜巻検出地域 (沿岸±5km)	発生数の統計	小計	竜巻スケール					不明	陸上	海上	含む不明
			F0	F1	F2	F3	陸上				
1961~2012/6 (51.5年間)	期間内総数	23	2	13	7	1	3	3	28		
	平均値(年)	0.45	0.04	0.25	0.14	0.02	0.06	0.06	0.56		
	標準偏差(年)	0.67	0.20	0.56	0.35	0.14	0.31	0.31	0.81		
1991~2012/6 (21.5年間)	期間内総数	14	2	10	2	0	1	3	18		
	平均値(年)	0.65	0.09	0.47	0.09	0.00	0.05	0.14	0.84		
	標準偏差(年)	0.80	0.30	0.75	0.20	0.00	0.22	0.47	0.97		
2007~2012/6 (5.5年間)	期間内総数	3	1	2	0	0	0	2	5		
	平均値(年)	0.55	0.18	0.36	0.00	0.00	0.00	0.36	0.91		
	標準偏差(年)	0.58	0.43	0.55	0.00	0.00	0.00	0.88	0.80		
疑似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	42	10	24	7	1	0	19	61		
	平均値(年)	0.80	0.18	0.47	0.14	0.02	0.00	0.36	1.17		
	標準偏差(年)	0.93	0.43	0.75	0.35	0.14	0.00	0.68	1.27		
疑似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	63	15	35	11	2	0	0	67		
	平均値(年)	1.17	0.29	0.68	0.20	0.03	0.00	0.00	1.67		
	標準偏差(年)	1.13	0.52	0.80	0.42	0.17	0.00	0.00	1.67		

差異理由

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(参考) ポリヤ分布の適用について</p> <ul style="list-style-type: none"> ガイドにて、V_{B2}算定の参考になるとされている東京工芸大委託成果によれば、Wen and Chuが、竜巻に遭遇しかつ竜巻風速がある値以上となる確率モデルの推定法を提案し、竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定した場合、竜巻の年発生数の確率分布はポアソン分布もしくはポリヤ分布に従うとしている。 ポアソン分布は、生起確率が正確に分らないが稀な現象の場合に有用な分布である。一方、ポリヤ分布は、発生状況が必ずしも独立でない稀現象（ある現象が生ずるのは稀であるが、一旦ある現象が発生するとその周囲にもその現象が生じやすくなる性質）の場合に有用な分布である（例えば伝染病の発生件数など）。台風や前線により竜巻が発生した場合、同時多発的に複数の竜巻が発生する状況が考えられるため、ポリヤ分布の方が実現象をより反映できると考えられる。 なお、国内を対象とした竜巻の年発生数の分布の適合性に関する検討結果は、上述の東京工芸大委託成果に示されており、陸上竜巻及び海上竜巻の両方の発生数について、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れているとしている。 今回、竜巻検討地域で発生した竜巻を対象に、発生数に関するポアソン分布及びポリヤ分布の適合性を検討した。竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積頻度を図1.3.11に示す。その結果、竜巻検討地域においても、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れていることを確認した。 以上より、ハザード曲線の評価に当たって使用する竜巻年発生数の確率密度分布は、ポリヤ分布を採用した。  <p>図1.3.11 竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積頻度</p>	<p>(参考) ポリヤ分布の適用について（詳細は補足説明資料1、1.4参考1)</p> <ul style="list-style-type: none"> ガイドにて、V_{B2}算定の参考になるとされている東京工芸大委託成果によれば、Wen and Chuが、竜巻に遭遇しかつ竜巻風速がある値以上となる確率モデルの推定法を提案し、竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定した場合、竜巻の年発生数の確率分布はポアソン分布もしくはポリヤ分布に従うとしている。 ポアソン分布は、生起確率が正確に分らないが稀な現象の場合に有用な分布である。一方、ポリヤ分布は、発生状況が必ずしも独立でない稀現象（ある現象が生ずるのは稀であるが、一旦ある現象が発生するとその周囲にもその現象が生じやすくなる性質）の場合に有用な分布である（例えば伝染病の発生件数など）。台風や前線により竜巻が発生した場合、同時多発的に複数の竜巻が発生する状況が考えられるため、ポリヤ分布の方が実現象をより反映できると考えられる。 なお、国内を対象とした竜巻の年発生数の分布の適合性に関する検討結果は、上述の東京工芸大委託成果に示されており、陸上竜巻及び海上竜巻の両方の発生数について、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れているとしている。 今回、竜巻検討地域で発生した竜巻を対象に、発生数に関するポアソン分布及びポリヤ分布の適合性を検討した。その結果、竜巻検討地域においても、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れていることを確認した。図3.8に竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積頻度を示す。 以上より、ハザード曲線の評価に当たって使用する竜巻年発生数の確率密度分布は、ポリヤ分布を採用した。  <p>図3.8 竜巻検討地域における竜巻の年発生数の累積頻度</p>		<p>記載表現の相違</p> <p>記載箇所の相違 ・記載順序が異なるのみであり、実質的な相違なし</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3.3.5 竜巻風速、被害幅、被害長さの確率分布及び相関係数</p> <p>竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数、被害幅、被害長さを基に確率密度分布については、ガイド並びにガイドが参考としている東京工芸大委託成果を参照し、対数正規分布に従うものとした。</p> <p>なお、竜巻風速については、観測値であるFスケールの超過確率に適合させるため、表1.3.5に記載のFスケールの各区分の中央値により竜巻風速の対数正規分布を算出している。</p> <p>また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いておらず、保守的な評価を行っている。</p> <p>このように、前述のFスケール不明竜巻の取扱い等も含め、データについては保守的な評価となる取扱いを行っている。</p> <p>表1.3.6に竜巻風速、被害幅及び被害長さの統計量を、表1.3.5に竜巻風速、被害幅及び被害長さの相関係数を、図1.3.12～17に風速、被害幅、被害長さの確率分布密度および超過確率を示す。</p>	<p>e. 竜巻風速、被害幅、被害長さの確率分布及び相関係数</p> <p>竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数、被害幅、被害長さを基に確率密度分布については、ガイド並びにガイドが参考としている東京工芸大委託成果を参照し、対数正規分布に従うものとした。</p> <p>なお、竜巻風速については、観測値であるFスケールの超過確率に適合させるため、表3.9に記載のFスケールの各区分の中央値により竜巻風速の対数正規分布を算出している。</p> <p>また、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅・長さの情報がない竜巻には、被害幅・長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は、被害幅・長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅・長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅・長さ0のデータについては計算に用いておらず、保守的な評価を行っている。</p> <p>このように、前述のFスケール不明竜巻の取扱い等も含め、データについては保守的な評価となる取扱いを行っている。</p> <p>表3.9に竜巻検討地域における竜巻パラメータ（51.5年間の推定結果）を、表3.10に竜巻風速、被害幅、被害長さの相関係数を、図3.9～図3.14に風速、被害幅、被害長さの確率分布密度及び超過確率を示す。</p>	<p>2.3.5 竜巻最大風速、被害幅、被害長さの確率分布及び相関係数【添付資料2.43.】【添付資料2.44.】</p> <p>竜巻ハザードを評価するためには、一つの竜巻が発生した際の竜巻最大風速、被害幅及び被害長さの確率分布が必要となることから、これらの確率密度分布を求める。</p> <p>なお、竜巻風速の確率密度分布は、Fスケール別の竜巻発生数から求める。</p> <p>竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数、被害幅及び被害長さを基に、確率密度分布についてはガイド及びガイドが参考としているJNES委託研究成果報告書を参照し、対数正規分布に従うものとする（第2.3.5-1図～第2.3.5-6図）。</p> <p>なお、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅又は被害長さの情報がない竜巻には、被害幅又は被害長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は、被害幅又は被害長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅又は被害長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅又は被害長さ0のデータについては計算に用いておらず、保守的な評価を行っている。</p> <p>このように、前述のFスケール不明竜巻の取扱い等も含め、データについては保守的な評価となる取扱いを行っている。</p> <p>また、竜巻のハザードの計算においては、2変量あるいは3変量の確率分布関数を対象とするため、竜巻最大風速、被害幅及び被害長さについての相関係数を求めた。第2.3.5-1表に1961年以降の観測データのみを用いて、竜巻最大風速、被害幅及び被害長さについて相関係数を求めた結果を示す。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

表1.3.5 竜巻風速、被害幅及び被害長さの統計量

竜巻検討地域 (沿岸±5km)	パラメータ	統計量	小計	竜巻スケール			
				F0	F1	F2	F3
疑似 51.5年間 (全竜巻)	発生数	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(年)	23.204	17.573	4.680	0.951	0
		標準偏差(年)	9.567	9.265	2.163	1.004	0
	被害幅	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(m)	117.7	116.2	113.5	167.1	0
		標準偏差(m)	130.6	121.5	103.1	309.4	0
	被害長さ	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(km)	1.572	1.084	3.156	2.812	0
		標準偏差(km)	2.68	1.427	4.741	3.043	0

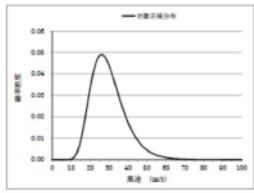


図1.3.12 風速の確率密度分布

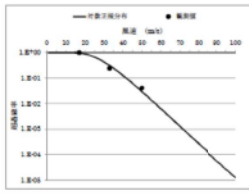


図1.3.13 風速の超過確率

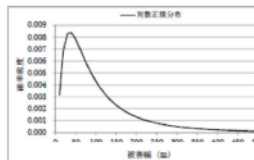


図1.3.14 被害幅の確率密度分布

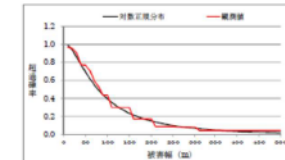


図1.3.15 被害幅の超過確率

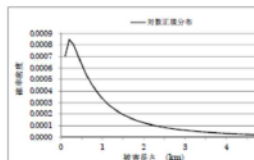


図1.3.16 被害長さの確率密度分布

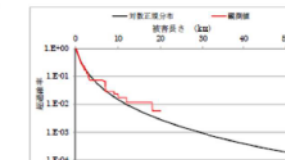


図1.3.17 被害長さの超過確率

表1.3.6 竜巻風速、被害幅及び被害長さの相関係数*

相関係数(対数)	風速(m/s)	被害幅(m)	被害長さ(m)
風速(m/s)	1.000	0	0.301
被害幅(m)	—	1.000	0.458
被害長さ(m)	—	—	1.000

※：観測データのみを用いて算定

なお、竜巻検討地域における風速と被害幅の相関係数は-0.057と弱い負の相関を示していた。風速が大きくなるほど被害幅が小さくなる負の相関をそのまま使用することは非保守的との判断から、検定を行い、無相関であることが否定されないことを確認した後、相関係数を0と置いた。

泊発電所3号炉

表3.9 竜巻検討地域における竜巻パラメータ (51.5年間の推定結果)

竜巻検討地域 (沿岸±5km)	パラメータ	統計量	小計	竜巻スケール			
				F0	F1	F2	F3
疑似 51.5年間 (全竜巻)	発生数	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(年)	23.204	17.573	4.680	0.951	0
		標準偏差(年)	9.567	9.265	2.163	1.004	0
	被害幅	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(m)	117.7	116.2	113.5	167.1	0
		標準偏差(m)	130.6	121.5	103.1	309.4	0
	被害長さ	期間内総数	1195	905	241	49	0
		平均値(km)	1.572	1.084	3.156	2.812	0
		標準偏差(km)	2.680	1.427	4.741	3.043	0

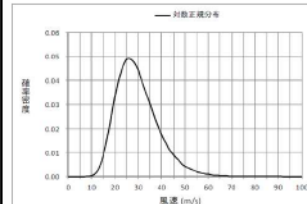


図3.9 風速の確率密度分布

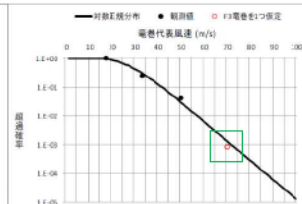


図3.10 風速の超過確率

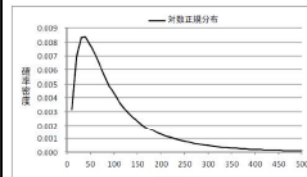


図3.11 被害幅の確率密度分布

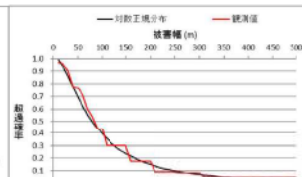


図3.12 被害幅の超過確率

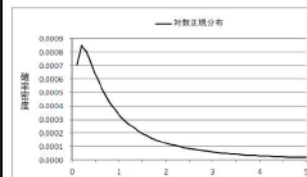


図3.13 被害長さの確率密度分布

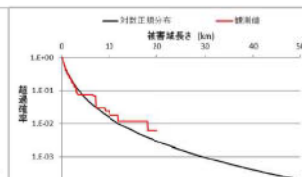


図3.14 被害長さの超過確率

表3.10 竜巻風速、被害幅、被害長さの相関係数*

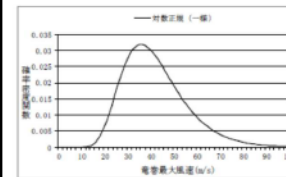
相関係数(対数)	風速(m/s)	被害幅(m)	被害長さ(m)
風速(m/s)	1.000	0	0.301
被害幅(m)	—	1.000	0.458
被害長さ(m)	—	—	1.000

※：観測データのみを用いて算定

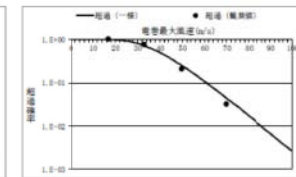
なお、竜巻検討地域における風速と被害幅の相関係数は-0.057と弱い負の相関を示していた。風速が大きくなるほど被害幅が小さくなる負の相関をそのまま使用することは非保守的との判断から、検定を行い、無相関であることが否定されないことを確認した後、相関係数を0と置いた。

女川原子力発電所2号炉

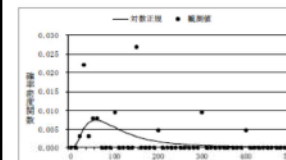
差異理由



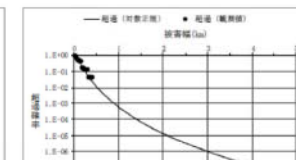
第2.3.5-1図 竜巻最大風速の確率密度分布



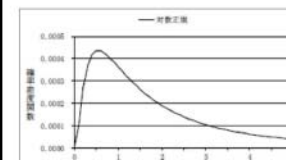
第2.3.5-2図 竜巻最大風速の超過確率分布



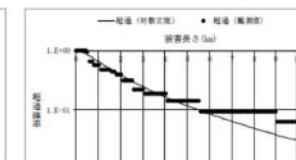
第2.3.5-3図 被害幅の確率密度分布



第2.3.5-4図 被害幅の超過確率分布



第2.3.5-5図 被害長さの確率密度分布



第2.3.5-6図 被害長さの超過確率分布

第2.3.5-1表 竜巻最大風速、被害幅、被害長さの相関係数(単位無し)


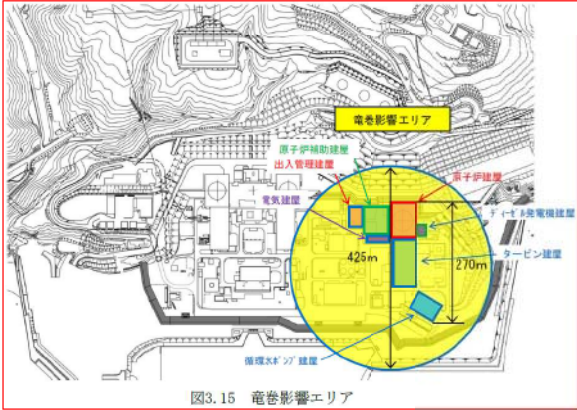
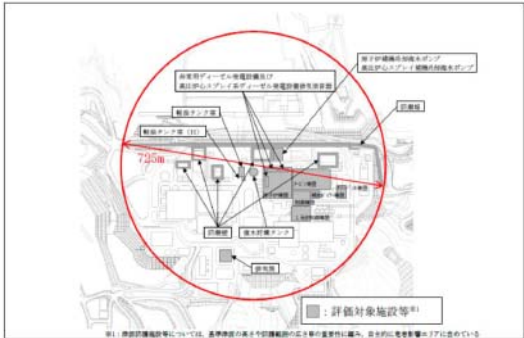
	竜巻最大風速	被害幅	被害長さ
竜巻最大風速	1.000	-0.073*	0.590
被害幅	—	1.000	0.173
被害長さ	—	—	1.000

*竜巻最大風速と被害幅は無相関との知見が得られたため、ハザード算定の際には、相関係数0として計算

記載表現の相違
 ・泊は観測していない
 F3 竜巻を1つ仮定しても、適合度が良いことを示すために赤丸を記載している
 (評価には影響なし)

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																																			
<p>1.3.3.6 竜巻影響エリアの設定</p> <p>竜巻影響エリアは、大飯発電所3、4号機の評価対象施設の面積（表1.3.7）および設置位置を考慮して、図1.3.18に示すとおり評価対象施設を包絡するエリア（直径350m、面積約96,200m²）として設定する。なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。</p> <table border="1" data-bbox="136 408 636 740"> <caption>表1.3.7 評価対象施設の面積</caption> <thead> <tr> <th>施設名</th> <th>3号 (m²)</th> <th>4号 (m²)</th> <th>小計 (m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉格納容器</td> <td rowspan="2">7,113</td> <td rowspan="2">7,298</td> <td rowspan="2">14,411</td> </tr> <tr> <td>原子炉周辺建屋</td> </tr> <tr> <td>制御建屋</td> <td colspan="2">3,066</td> <td>3,066</td> </tr> <tr> <td>廃棄物処理建屋</td> <td colspan="2">3,038</td> <td>3,038</td> </tr> <tr> <td>タービン建屋</td> <td colspan="2">12,267</td> <td>12,267</td> </tr> <tr> <td>永久構台</td> <td colspan="2">2,948</td> <td>2,948</td> </tr> <tr> <td>設備</td> <td colspan="2">1,204</td> <td>1,204</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td colspan="2"></td> <td>36,934</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図1.3.18 竜巻影響エリア</p> <p>枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません</p> <p>1.3.3.7 ハザード曲線の算定</p> <p>以下に示す式により、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV₀以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率10⁻⁶における風速を求めると、57.5m/sとなるため、小数点を切り上げ、58m/sとした。</p> <p>図1.3.19に竜巻検討地域における竜巻最大風速のハザード曲線を示す。</p>	施設名	3号 (m ²)	4号 (m ²)	小計 (m ²)	原子炉格納容器	7,113	7,298	14,411	原子炉周辺建屋	制御建屋	3,066		3,066	廃棄物処理建屋	3,038		3,038	タービン建屋	12,267		12,267	永久構台	2,948		2,948	設備	1,204		1,204	合計			36,934	<p>f. 竜巻影響エリアの設定</p> <p>竜巻影響エリアは、泊発電所3号炉の評価対象施設の面積（表3.11）及び設置位置を考慮して、図3.15に示すとおり評価対象施設を包絡するエリア（直径425m、面積約142,000m²）として設定する。なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。</p> <table border="1" data-bbox="768 416 1308 730"> <caption>表3.11 評価対象施設の面積</caption> <thead> <tr> <th>評価対象施設</th> <th>設置面積 (m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉建屋 (R/B)</td> <td>4,889</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋 (A/B)</td> <td>3,689</td> </tr> <tr> <td>ディーゼル発電機建屋 (DG/B)</td> <td>493</td> </tr> <tr> <td>タービン建屋 (T/B)</td> <td>5,225</td> </tr> <tr> <td>電気建屋 (EL/B)</td> <td>1,214</td> </tr> <tr> <td>出入管理建屋 (AC/B)</td> <td>1,603</td> </tr> <tr> <td>循環水ポンプ建屋 (CWP/B)</td> <td>2,748</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>19,861</td> </tr> </tbody> </table>  <p>図3.15 竜巻影響エリア</p> <p>g. ハザード曲線の算定</p> <p>以下に示す式により、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV₀以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率10⁻⁶における風速を求めると、58.7m/sとなるため、小数点を切り上げ、59m/sとした。</p> <p>図3.16に竜巻検討地域における竜巻最大風速のハザード曲線を示す。</p>	評価対象施設	設置面積 (m ²)	原子炉建屋 (R/B)	4,889	原子炉補助建屋 (A/B)	3,689	ディーゼル発電機建屋 (DG/B)	493	タービン建屋 (T/B)	5,225	電気建屋 (EL/B)	1,214	出入管理建屋 (AC/B)	1,603	循環水ポンプ建屋 (CWP/B)	2,748	合計	19,861	<p>2.3.6 竜巻影響エリアの設定【添付資料2.4.5.】</p> <p>竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速（V_{B2}）の算定にあたり、V_{B2}の発生エリアである竜巻影響エリアを設定する。竜巻影響エリアは、女川原子力発電所2号炉の評価対象施設等の設置面積の合計値及び推定される竜巻被害域（被害幅、被害長さから設定）に基づいて設定する。</p> <p>女川原子力発電所2号炉における評価対象施設等の位置を第2.3.6-1図に示す。評価対象施設等の位置が分散しているため、保守的にそれぞれを包含する円形エリアを竜巻影響エリア（面積約413,000m²（直径725mの円））として設定した。</p> <p>なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻移動方向の依存性はない。</p>  <p>第2.3.6-1図 評価対象施設等の位置</p> <p>2.3.7 竜巻最大風速のハザード曲線の算定【添付資料2.4.6.】</p> <p>T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV₀以上となる確率を求め、竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリア分布の適合性が高い。ポリア分布は式(1)で示される。</p>	<p>記載表現の相違 プラント配置の相違 ・竜巻影響エリアの設定範囲の相違</p> <p>評価結果の相違 ・「竜巻影響エリア面積の相違」によるハザード結果の相違</p>
施設名	3号 (m ²)	4号 (m ²)	小計 (m ²)																																																			
原子炉格納容器	7,113	7,298	14,411																																																			
原子炉周辺建屋																																																						
制御建屋	3,066		3,066																																																			
廃棄物処理建屋	3,038		3,038																																																			
タービン建屋	12,267		12,267																																																			
永久構台	2,948		2,948																																																			
設備	1,204		1,204																																																			
合計			36,934																																																			
評価対象施設	設置面積 (m ²)																																																					
原子炉建屋 (R/B)	4,889																																																					
原子炉補助建屋 (A/B)	3,689																																																					
ディーゼル発電機建屋 (DG/B)	493																																																					
タービン建屋 (T/B)	5,225																																																					
電気建屋 (EL/B)	1,214																																																					
出入管理建屋 (AC/B)	1,603																																																					
循環水ポンプ建屋 (CWP/B)	2,748																																																					
合計	19,861																																																					

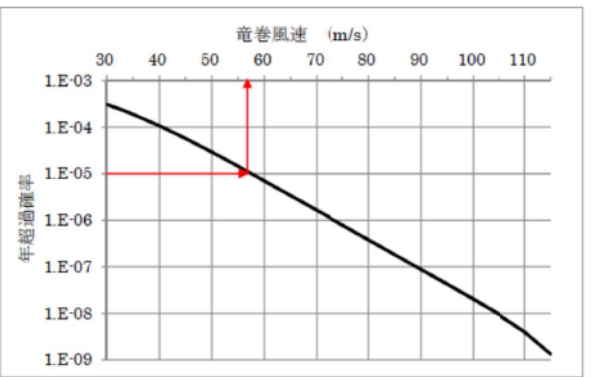
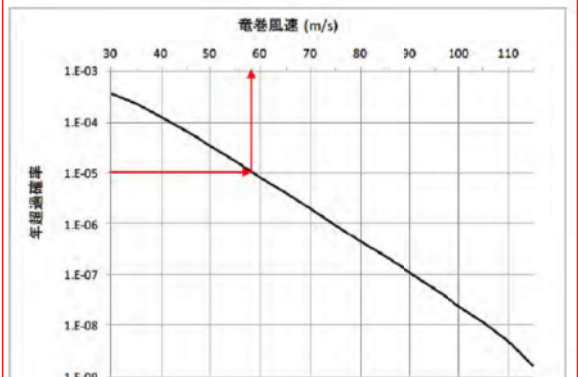
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 を超える確率</p> $P_{v,r}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta}$ <p>$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1\right) \times \frac{1}{v}$: 竜巻の年発生数の平均値と標準偏差で表されるパラメータ</p> <p>$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0}$: 評価対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、竜巻風速が V_0 以上となる確率</p> <p>$E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl$: 被害面積の期待値</p> <p>$+ L \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f(V, l) dV dl + L \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w) dV dw + S \int_0^{\infty} f(V) dV$</p> <p>$W(V_0) = \left(\frac{V_{max}}{V_0}\right)^{11.6} w$</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>v: 竜巻の年平均発生数 T: 年数 σ: 竜巻の年発生数の標準偏差 $E[\cdot]$: 期待値 $DA(V_0)$: 1つの竜巻により被害を受け竜巻風速が V_0 以上となる面積 V: 風速、W: 被害幅、l: 被害長さ $f(\cdot)$: 確率密度分布 L: 円形構造物の直径、S: 円形構造物の面積 $W(V_0)$: 竜巻の被害幅のうち風速が V_0 を超える部分の幅</p> </div>	<p>T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率</p> $P_{v,r}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta}$ <p>$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1\right) \times \frac{1}{v}$: 竜巻の年発生数の平均値と標準偏差で表されるパラメータ</p> <p>$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0}$: 評価対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、竜巻風速が V_0 以上となる確率</p> <p>$E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl$: 被害面積の期待値</p> <p>$+ L \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} l f(V, l) dV dl + L \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w) dV dw + S \int_0^{\infty} f(V) dV$</p> <p>$W(V_0) = \left(\frac{V_{max}}{V_0}\right)^{11.6} w$</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>v : 竜巻の年平均発生数 T: 年数 σ : 竜巻の年発生数の標準偏差 $E[\cdot]$: 期待値 $DA(V_0)$: 1つの竜巻により被害を受け竜巻風速が V_0 以上となる面積 V : 風速、W : 被害幅、l : 被害長さ $f(\cdot)$: 確率密度分布 L : 円形構造物の直径、S : 円形構造物の面積 $W(V_0)$: 竜巻の被害幅のうち風速が V_0 以上となる部分の幅</p> </div>	$P_T(N) = \frac{(vT)^N}{N!} (1 + \beta v T)^{-N-1/\beta} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k)$ (1) <p>ここで、 N: 竜巻の年発生数 v: 竜巻の年平均発生数 T: 年数</p> <p>βは分布パラメータであり式(2)で示される。</p> $\beta = \left(\frac{\sigma^2}{v} - 1\right) \times \frac{1}{v}$ (2) <p>ここで、 σ: 竜巻の年発生数の標準偏差</p> <p>D をリスク評価対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、$R(V_0)$ をリスク評価対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、竜巻風速が V_0 以上となる確率と定義すると、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率は式(3)で示される</p> $P_{v,r}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta}$ (3) <p>この $R(V_0)$ は、竜巻影響評価の対象地域の面積を A_0 (つまり竜巻検討地域の面積約 18,800km²)、1つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式(4)で示される。</p> $R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0}$ (4) <p>ここで、$E[DA(V_0)]$ は、$DA(V_0)$ の期待値を意味する。</p> <p>本評価では、以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し、式(4)により $R(V_0)$ を推定して、式(3)により $P_{v,r}(D)$ を求める。竜巻最大風速を V、被害幅 w、被害長さ l、移動方向 α 及び構造物の寸法を A, B とし、$f(V, w, l)$ 等の同時確率密度関数を用いると、$DA(V_0)$ の期待値は式(5)で示される。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f(V, w, l) dV dw dl + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} H(\alpha) \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w, l) dV dw dl + A \int_0^{\infty} f(V) dV$ (5) <p>ここで、$W(V_0)$ は竜巻風速が V_0 以上となる幅であり、式(6)で示される。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
 <p>図1.3.19 竜巻最大風速のハザード曲線</p>	 <p>図3.16 竜巻最大風速のハザード曲線</p>	<p>$H(\alpha)$及び$G(\alpha)$はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面にリスク評価対象構造物を投影した時の長さであり、式(7)で示される。</p> $W(V_0) = \left(\frac{V_{min}}{V_0} \right)^{1.6} W \quad (6)$ <p>ここで、 V_{min}: 被害幅 W 内の最小竜巻風速 V_0: 被害が発生する最小風速</p> $H(\alpha) = B \sin \alpha + A \cos \alpha $ $G(\alpha) = A \sin \alpha + B \cos \alpha \quad (7)$ <p>本評価ではリスク評価対象構造物を円形構造物（竜巻影響エリア）で設定しているため、$H(\alpha)$、$G(\alpha)$ともに竜巻影響エリアの直径725mで一定（竜巻の移動方向に依存しない）となる。円の直径をD_0とした場合の計算式は式(8)で示される。</p> <p>なお、竜巻最大風速のハザード曲線の算定において、風速の積分範囲の上限値はハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として120m/sに設定している。</p> $E[D_A(V_0)] = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w, i) dV dw di$ $+ D_0 \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f(V, i) dV di + D_0 \int_0^{\infty} W(V_0) f(V, w) dV dw$ $+ (D_0^2 \pi / 4) \int_0^{\infty} f(V) dV \quad (8)$	<p>評価結果の相違 ・「竜巻影響エリア面積の相違」によるハザード結果の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

1.3.3.8 1km範囲ごとに細分化した評価

1km範囲ごとの評価は、1km幅は変えずに順次ずらして移動するケース（短冊ケース）を設定して評価した。その解析条件を表1.3.8に示す。

表1.3.8 1km範囲の解析条件

面積	・竜巻検討地域の内、海側、陸側それぞれ3km範囲内を1kmの範囲に分けて検討を行う。 ・但し、海側1km以上の海上竜巻については、全てFスケールが不明であるため、ハザード曲線の算定は不可。
竜巻発生数	・各1km範囲で発生した竜巻 ・各1km範囲からの侵入竜巻 ・5km以内からの侵入竜巻 ・5km範囲内での評価と同様に年代による竜巻発生数の違いを考慮して51.5年間の疑似データを作成する
竜巻風速、被害幅、被害長さ	（竜巻被害面積期待値）・1kmエリア内の風速、被害幅、被害長さ （相関係数）・5km範囲内での評価で用いたものと同じ
その他	・他はガイドに従い算定

上記解析条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の評価と同様の方法で算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、海側0～1kmを対象とした場合の69.2m/sが最大となるため、小数点を切り上げ、70m/sとした。図1.3.2.0に竜巻検討地域における1km範囲ごとの竜巻最大風速のハザード曲線を示す。

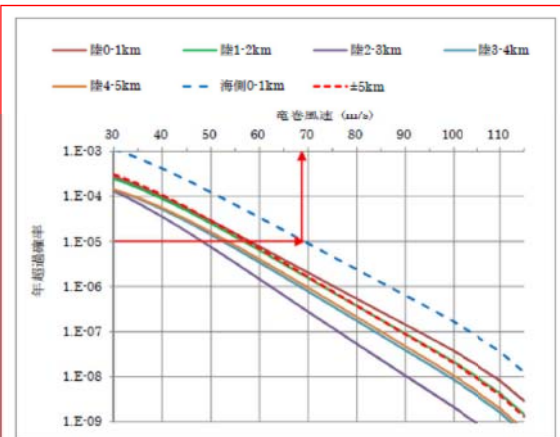


図1.3.2.0 竜巻最大風速のハザード曲線（1km範囲の評価）

泊発電所3号炉

h. 1km範囲ごとに細分化した評価

1km範囲ごとの評価は、1km幅は変えずに順次ずらして移動するケース（短冊ケース）を設定して評価した。その条件を表1.12に示す。

表3.12 1km範囲の解析条件

面積	・竜巻検討地域の内、海側、陸側それぞれ5km範囲内を1kmの範囲に分けて検討を行う。 ・但し、海側1km以上の海上竜巻については、全てFスケールが不明であるため、ハザード曲線の算定は不可。
竜巻発生数	・各1km範囲で発生した竜巻 ・各1km範囲からの侵入竜巻 ・5km以内からの侵入竜巻 ・5km範囲内での評価と同様に年代による竜巻発生数の違いを考慮して51.5年間の疑似データを作成する（Fスケール不明上陸竜巻はF0とする）
竜巻風速、被害幅、被害長さ	（竜巻被害面積期待値）・1kmエリア内の風速、被害幅、被害長さ （相関係数）・5km範囲内での評価で用いたものと同じ
その他	・他はガイドに従い算定

上記解析条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の評価と同様の方法で算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、海側0～1kmを対象とした場合の64.4m/sが最大となるため、小数点を切り上げ、65m/sとした。図3.17に竜巻検討地域における1km範囲ごとの竜巻最大風速のハザード曲線を示す。

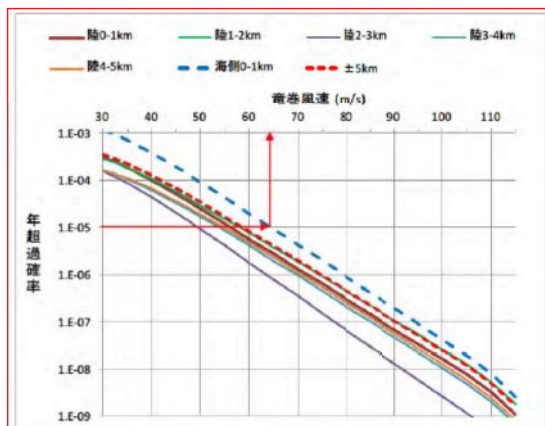


図3.17 竜巻最大風速のハザード曲線（1km範囲の評価）

女川原子力発電所2号炉

差異理由

評価条件の相違

・海上で発生した後、陸上に上陸してFスケールが不明と判断された上陸竜巻は、陸上で顕著な被害が見られなかったことから、陸上のF不明竜巻と同様にF0としている

評価結果の相違

・「竜巻影響エリア面積の相違」および「Fスケール不明上陸竜巻の扱いの相違」によるハザード結果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

1.3.3.9 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海側及び陸側それぞれ5km全域の評価と、1km範囲ごとの評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、70m/sとする。表1.3.9及び図1.3.21に竜巻の最大風速の算定結果を示す。

表1.3.9 竜巻の最大風速の算定結果

ハザード曲線算定範囲	年超過確率 10^{-5} 風速
海側・陸側5km範囲	58m/s
1km範囲毎	70m/s

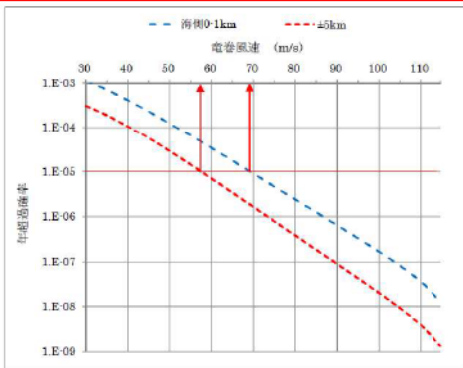


図1.3.2.1 竜巻最大風速のハザード曲線（5km範囲と1km範囲の評価の比較）

なお、年超過確率 10^{-5} の根拠については、ガイドを参考とするとともに、設計基準事故の発生頻度が $10^{-3}/年 \sim 10^{-4}/年^{*1}$ であることから、設計基準として考慮する竜巻の最大風速は $10^{-4}/年$ に設定することが妥当であると考え。ただし、データ数が十分でないことを踏まえ保守的に 10^{-4} より1桁下げて、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の年超過確率は 10^{-5} とする。

※1:発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準骨子案に対する意見募集の結果について（平成25年4月3日原子力規制庁技術基盤課）

泊発電所3号炉

i. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海側及び陸側それぞれ5km 全域の評価と、1km範囲ごとの評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、65m/sとする。表3.13及び図3.18に竜巻の最大風速の算定結果を示す。

表3.13 竜巻の最大風速の算定結果

ハザード曲線算定範囲	年超過確率 10^{-5} 風速
海側・陸側5km範囲	59m/s
1km範囲毎	65m/s

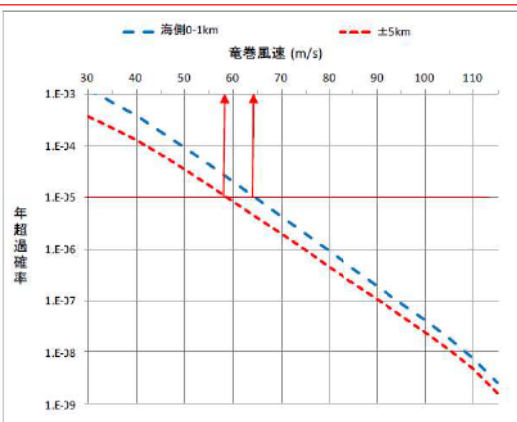


図3.18 竜巻最大風速のハザード曲線（5km範囲と1km範囲の評価の比較）

なお、年超過確率 10^{-5} の根拠については、ガイドを参考とするとともに、設計基準事故の発生頻度が $10^{-3}/年 \sim 10^{-4}/年^{*1}$ であることから、設計基準として考慮する竜巻の最大風速は $10^{-4}/年$ に設定することが妥当であると考え。ただし、データ数が十分でないことを踏まえ保守的に 10^{-4} より1桁下げて、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の年超過確率は 10^{-5} とする。

※1:発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準骨子案に対する意見募集の結果について（平成25年4月3日原子力規制庁技術基盤課）

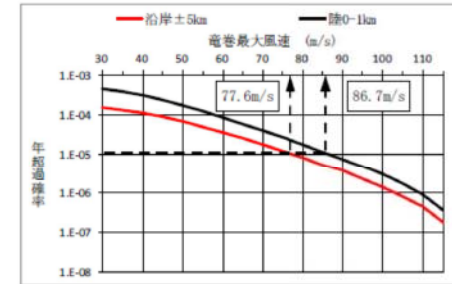
女川原子力発電所2号炉

2.3.8 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

第2.3.8-1図に、海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲全域（竜巻検討地域）及びガイドに従い竜巻検討地域を1km範囲ごとに細分化した場合の竜巻最大風速のハザード曲線を示す。

第2.3.8-1図より、陸側及び海側それぞれ5kmの範囲全域を対象とした場合の年超過確率 10^{-5} における風速は77.6m/s、竜巻検討地域を1km範囲ごとに細分化した場合の年超過確率 10^{-5} における風速は86.7m/s（陸側0～1km）となった。

よって、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2}) は、陸側及び海側それぞれ5kmの範囲全域及び1km範囲の竜巻最大風速のハザード評価結果のうち大きい方を採用し、 $V_{B2}=86.7m/s$ とする。



第2.3.8-1図 竜巻最大風速のハザード曲線（海側及び陸側それぞれ5kmの範囲及び1km範囲）

差異理由

評価結果の相違
 ・竜巻最大風速のハザード曲線の相違による最大風速の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

差異理由

1.3.3.10 基準竜巻の最大風速 (V_B)

以上より算定した竜巻の最大風速を表1.3.10及び図1.3.22に示す。基準竜巻の最大風速V_Bは、V_{B1}とV_{B2}のうち大きな風速とすることから、大飯発電所における基準竜巻の最大風速V_Bは92m/sとする。

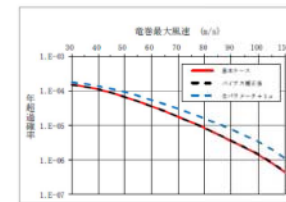
なお、V_Bの年超過確率は 5.7×10^{-7} となる。

j. 基準竜巻の最大風速(V_B)

以上より算定した竜巻の最大風速を表3.14及び図3.19に示す。基準竜巻の最大風速V_Bは、V_{B1}とV_{B2}のうち大きな風速とすることから、泊発電所における基準竜巻の最大風速V_Bは92m/sとする。

なお、V_Bの年超過確率は 1.4×10^{-7} となる。

また、不確かさ要素のハザード算定結果への影響を検討した結果を第2.3.8-2図に示す【添付資料2.4参考資料3】。第2.3.8-2図より、データ、確率分布形選択及びデータ量が少ないことによる不確かさを表したハザード曲線により、これらの不確かさが小さいことを確認した。



第2.3.8-2図 ハザード不確かさ検討結果
 (バイアス補正後及び全パラメータ+1σのハザード)

2.3.9 基準竜巻の最大風速 (V_B)

過去に発生した竜巻による最大風速 V_{B1}=92m/s 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 V_{B2}=86.7m/s のうち、大きい風速は92m/s である(第2.3.9-1表)。

よって、基準竜巻の最大風速 (V_B) は92m/s とする。

使用した竜巻の統計データの不確か性については前項までで検討を実施しているが、今後も最新のデータ・知見をもって竜巻検討地域や基準竜巻の最大風速について、必要に応じ見直しを行っていくものとする。

第2.3.9-1表 竜巻の最大風速の評価結果

項目	最大風速[m/s]
過去に発生した竜巻による最大風速(V _{B1})	92 (F3)
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V _{B2})	86.7
基準竜巻の最大風速 (V _B)	92

評価結果の相違
 ・竜巻最大風速のハザード曲線の相違による年超過確率の相違

表1.3.10 竜巻の最大風速の算定結果

	竜巻の最大風速
過去に発生した竜巻による最大風速(V _{B1})	92m/s
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V _{B2})	70m/s

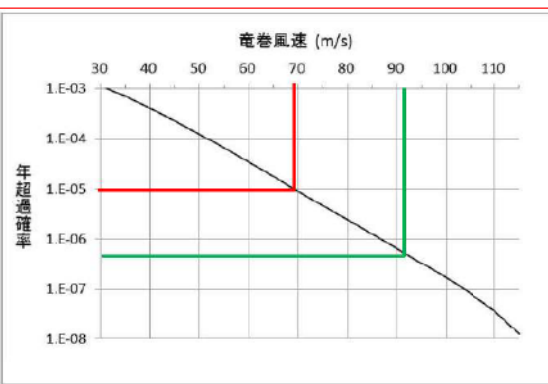


図1.3.22 竜巻最大風速のハザード曲線

表3.14 竜巻の最大風速の算定結果

	竜巻の最大風速
過去に発生した竜巻による最大風速(V _{B1})	92m/s
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V _{B2})	65m/s

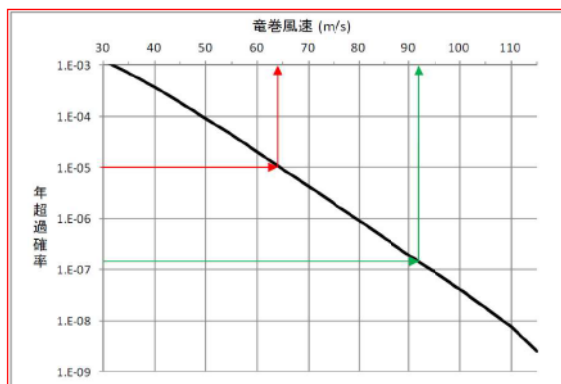


図3.19 竜巻最大風速のハザード曲線



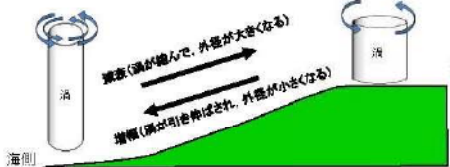
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>なお、2016年4月より、気象庁の「竜巻等の突風データベース」において、日本版改良藤田スケール（以下、JEFスケールという。）の運用が開始されている。</p> <p>現在公開されている「竜巻等の突風データベース」においては、JEFスケール2の竜巻（最大のもは、2016.8.22岩手県奥州市及び2016.10.5高知県高知市・南国市で発生した竜巻風速約60m/sの竜巻）のデータが収録されているが、これらのデータは速報として掲載されており、確定値となっていない。</p> <p>このため、JEFスケールのデータについては、「竜巻等の突風データベース」において確定値となった後に、そのデータの取り扱いを含め、適切に反映していくこととする。</p>	<p>k. 竜巻データの更新に関する対応</p> <p>(a) 評価時点以降のデータ更新分について</p> <p>上記の基準竜巻の検討には、検討実施時点で最新であった1961年1月～2012年6月までの気象庁竜巻データベースを用いているが、その後、気象庁により継続的にデータベースが更新されている*1。本状況においても、以下の理由より、最新データを参照した場合でも基準竜巻の最大風速は上記の評価結果を上回るものではなく、現時点での見直しは不要と判断している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2012年6月以降、現時点でのV_{B1}の風速92m/sを超える竜巻の報告はない。 ・2012年6月以降、竜巻検討地域で観測された竜巻はF0若しくはF1相当のものがほとんどであり、竜巻強度の分布はハザードを下げる方向に変化していると考えられるため、現時点でのV_{B2}が更新されることはない。 <p>※1：2022年8月末時点で、2016年3月までのデータ及び2016年4月以降の速報データが掲載されている。</p> <p>(b) 将来の気候変動について</p> <p>将来的な気候変動として予測される地球温暖化により竜巻の規模や発生数が増加する可能性も否定できない。</p> <p>しかしながら、将来的な気候変動を完全に予測することは難しいため、最新のデータ、知見をもって気候変動の影響に注視し、竜巻検討地域や基準竜巻の最大風速は、必要に応じ見直しを実施していくものとする。</p>	<p>2.3.10 竜巻データの更新に関する対応</p> <p>(1)評価時点以降のデータ更新分について</p> <p>上記の基準竜巻の検討には、検討実施時点で最新であった1961年1月～2012年6月までの気象庁竜巻データベースを用いているが、その後、気象庁により継続的にデータベースが更新されている*1。本状況においても、以下の理由より、最新データを参照した場合でも基準竜巻の最大風速は上記の評価結果を上回るものではなく、現時点での見直しは不要と判断している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2012年6月以降、現時点でのV_{B1}の風速92m/sを超える竜巻の報告はない。 ・2012年6月以降、竜巻検討地域で観測された竜巻はF0若しくはF1相当のものがほとんどであり、竜巻強度の分布はハザードを下げる方向に変化していると考えられるため、現時点でのV_{B2}が更新されることはない。 <p>※1：2017年3月末時点で、2016年3月までのデータ及び2016年4月以降の速報データが掲載されている。</p> <p>(2)将来の気候変動について</p> <p>将来的な気候変動として予測される地球温暖化により竜巻の規模や発生数が増加する可能性も否定できない。</p> <p>しかしながら、将来的な気候変動を完全に予測することは難しいため、最新のデータ、知見をもって気候変動の影響に注視し、竜巻検討地域や基準竜巻の最大風速は、必要に応じ見直しを実施していくものとする。</p>	<p>記載方針の相違</p> <p>女川の記載を追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討実施時点から時間が経過したことから、「竜巻データの更新に関する対応」として、「評価時点以降のデータ更新分について」および「将来の気候変動について」を追加

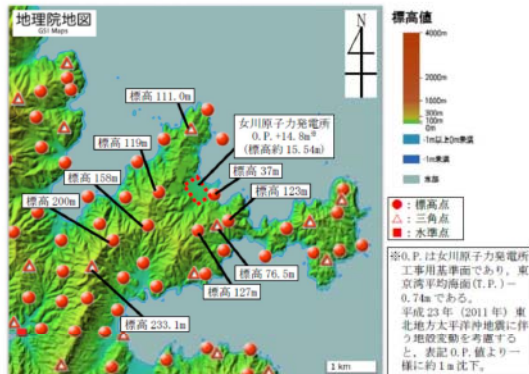
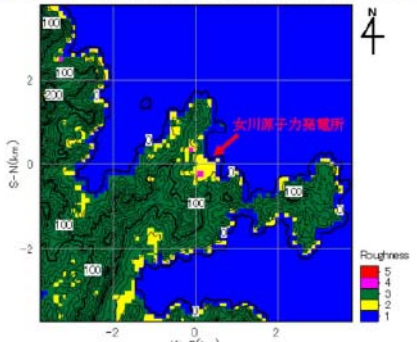
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.3.4 設計竜巻の最大風速 (V_D) の設定 発電所のサイト特性（地形効果や竜巻の移動方向）等を考慮してVBの割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。</p> <p>1.3.4.1 地形効果による竜巻の増幅の可能性 大飯発電所周辺の地形を図1.3.23に示す。立地する地形は、二方を山に囲まれ北西及び北東が開かれた狭隘な地形である。</p> <p>竜巻の渦は地表面粗度の影響を受けやすい。内陸・山岳部での竜巻発生数が海岸線付近に比べて少ないのは、この影響によるものが大きいと考えられる。</p> <p>力学的な知見からは、風洞を用いた竜巻状流れ場の可視化実験（松井・田村2005）等において、旋回流のパラメータの一つであるスワール比に応じて、地表面粗度が旋回流速度の低下に影響を与えることがわかっている。</p> <p>最近の知見として、ラージ・エディター・シミュレーション（LES）による非定常乱流解析（例えば、Lewellen, D. C., and W. S. Lewellen 2007）で得られたスワール比に依存した竜巻の渦構造に関する知見が妥当であることが実際の竜巻近くで行った観測結果から示唆されている（Karstens et al. 2010）。</p> <p>したがって、地表面粗度が大きい山間部を越えてくることは考えにくい。</p>  <p>図1.3.23 大飯発電所周辺の地形</p> <p>1.3.4.2 地形効果による竜巻増幅に関する知見 これまでの地形効果による竜巻増幅に関する知見等を収集し、大飯発電所が立地する地域の周辺地形による竜巻の増幅の可能性について検討を行う。</p> <p>主な知見として、Fujita (1989)やForbes(1998)等の被害調査に関する文献や、Lewellen (2012)のLES計算に関する文献に、下り斜面において竜巻の強さが増す傾向が見られたという報告がある。</p> <p>この他にも、上りの斜面で増幅するという知見も存在しており、現時点で、地形効果による竜巻増幅を十分に評価できるだけの信頼</p>	<p>(4) 設計竜巻の最大風速 (V_D) の設定 発電所のサイト特性（地形効果や竜巻の移動方向）を考慮してV_Bの割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。</p> <p>a. 地形効果による竜巻の増幅の可能性 泊発電所敷地の形状は、おおむね半円状であり、敷地前面（北西～南西方向）は日本海に面し、背後は積丹半島中央部の山嶺に続く標高40mから130mの丘陵地である。泊発電所周辺の地形図を図3.20に示す。</p> <p>竜巻の渦は地表面粗度の影響を受けやすい。内陸・山岳部での竜巻発生数が海岸線付近に比べて少ないのは、この影響によるものが大きいと考えられる。</p> <p>力学的な知見からは、風洞を用いた竜巻状流れ場の可視化実験（松井・田村2005）等において、旋回流のパラメータの一つであるスワール比に応じて、地表面粗度が旋回流速度の低下に影響を与えることが分かっている。</p> <p>最近の知見として、ラージ・エディター・シミュレーション（LES）による非定常乱流解析（例えば、Lewellen, D. C., and W. S. Lewellen 2007）で得られたスワール比に依存した竜巻の渦構造に関する知見が妥当であることが実際の竜巻近くで行った観測結果から示唆されている（Karstens et al. 2010）。</p> <p>したがって、竜巻が地表面粗度の大きい丘陵地を越えてくることは考えにくい。</p>  <p>図3.20 泊発電所周辺地形図</p> <p>b. 地形効果による竜巻増幅に関する知見 これまでの地形効果による竜巻増幅に関する知見等を収集し、泊発電所が立地する地域の周辺地形による竜巻の増幅の可能性について検討を行う。</p> <p>主な知見として、Fujita(1989)やForbes (1998)の被害調査に関する文献や、Lewellen(2012)のLES計算に関する文献に、下り斜面において竜巻の強さが増す傾向が見られたという報告がある。</p> <p>この他にも、上りの斜面で増幅するという知見も存在しており、現時点で、地形効果による竜巻増幅を十分に評価できるだけの信頼</p>	<p>2.4 設計竜巻の最大風速 (VD) の設定【添付資料 2.5】 発電所が立地する地域の特性として、周辺の地形や竜巻の移動方向を考慮して、基準竜巻 (VB) の割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。</p> <p>2.4.1 地形効果による竜巻風速への影響 地形効果が竜巻強度に及ぼす影響に関する知見として、(1)地形起伏による影響、(2)地表面粗度による影響、について既往の研究において示されており、その知見を踏まえ、女川原子力発電所周辺の地形効果による竜巻の増幅可能性について検討する。</p> <p>(1) 地形起伏による影響 竜巻のような回転する流れでは、角運動量保存則により「回転の中心からの距離」及び「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質がある。そのため、第2.4.1-1図に示すとおり、竜巻の渦が上り斜面を移動する時（海側から山側へ移動する場合）、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動する時（山側から海側へ移動する場合）には強まる。</p>  <p>第2.4.1-1図 竜巻旋回流の地形優越に関する模式図</p> <p>(2) 地表面粗度による影響 風は地表面の細かな凸凹が与える摩擦抵抗の影響を受けやすく、風速は、地表面において0となり上空に向かうにつれて増加する。地表面粗度は竜巻の旋回流を減衰させる効果を有し、地表面粗度の構成物が飛来物として運動することで風速が減衰することも示唆されていることから、地表面粗度の増加とともに竜巻に起因する強風の風速を低下させるといえる。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違 ・発電所の敷地形状が異なるため</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違 ・発電所の敷地形状が異なるため</p> <p>記載表現の相違</p>

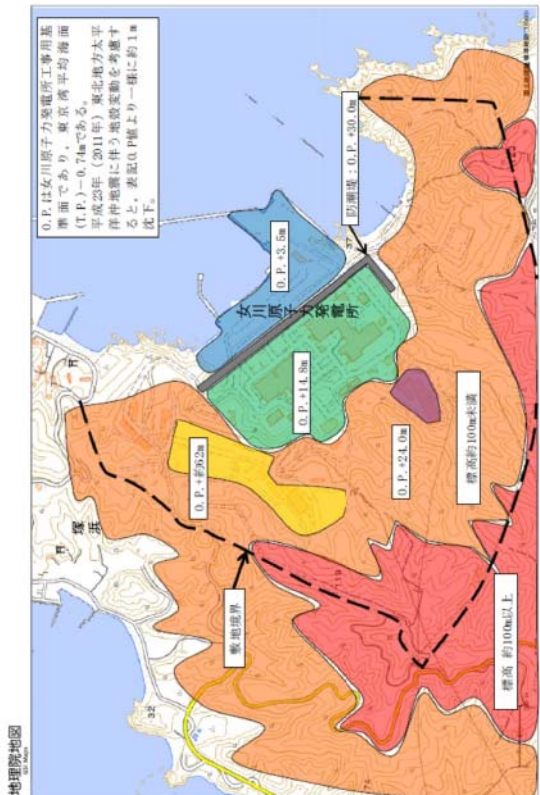
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>性を有する知見は存在しない。 今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p>	<p>性を有する知見は存在しない。 今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p>	<p>2.4.2 女川原子力発電所周辺の地形</p> <p>第2.4.2-1 図に女川原子力発電所周辺の地形図、第2.4.2-2 図に女川原子力発電所周辺の地表面粗度、第2.4.2-3 図に女川原子力発電所周辺の標高及び防潮堤高さを示す。発電所が立地する敷地は、北東が太平洋に面し、三方を山及び森林に囲まれた狭隘な地形である。</p>  <p>第2.4.2-1 図 女川原子力発電所周辺の地形（国土地理院「電子国土Web」より作成）</p>  <p>第2.4.2-2 図 女川原子力発電所周辺の地表面粗度</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		 <p>第2.4.2-3図 女川原子力発電所の周辺の標高及び防潮堤高さ</p>	

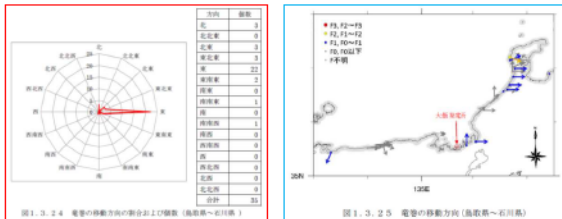
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

1.3.4.3 大飯発電所周辺で過去に発生した竜巻の移動方向
 大飯発電所の近傍エリアとして、鳥取県から石川県での竜巻の移動方向を調査した結果を図1.3.2.4と図1.3.2.5に示す。

35個の発生竜巻の内、竜巻の移動方向が海上から陸側へ向かう方向（北方向以外）が32個で91%を占めている。以上より、大飯発電所付近の竜巻は、海上から陸側へ向かう方向が卓越している。



1.3.4.5 発電所の実際の地形による考察

大飯発電所は図1.3.2.3に示すように、発電所の南西方向以外は海に囲まれる半島の先端に位置している。また、原子炉施設は、北東側のみが開け、その他の方向は山で囲まれた谷状の地形になっている。

このような地形であるため、傾斜を下る竜巻は南西側から進入してくる竜巻しかない。

南西の山側より竜巻が進入してくる場合には、地形による増速の可能性はあるものの、大飯発電所近傍エリアでは、東に向かう竜巻が卓越しているため、海上で発生し、発電所に進入して来る可能性が高い。また、陸から海に向かう方向である北向きについても、大飯発電所近傍エリアではいずれも水上発生した竜巻であり、山上で竜巻が発生する可能性は低い。

以上より、竜巻が傾斜地を通過する際に風速が増速する可能性はあるものの、大飯発電所は周囲を山で囲まれた地形に立地されており、海上で発生した竜巻は山を越える必要がある。この場合の地形効果による増幅は、上り勾配と下り勾配で相殺される。また、地表粗度の小さい海上から粗度の大きな陸上に上陸するため、粗度による減衰効果も期待できる。

従って、大飯発電所の敷地において地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと考えられるため、基準竜巻の最大風速の割り増しは行わず、設計竜巻の最大風速は $V_D = 92\text{m/s}$ とする。なお、今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。

泊発電所3号炉

c. 泊発電所の竜巻検討地域における竜巻の移動方向
 泊発電所の竜巻検討地域における過去の発生竜巻について、移動方向の傾向を整理した。

観測されている発生竜巻の実績は全206個であり、そのうち143個の竜巻について移動方向が判明しており、これらを整理した結果を図3.21に示す。

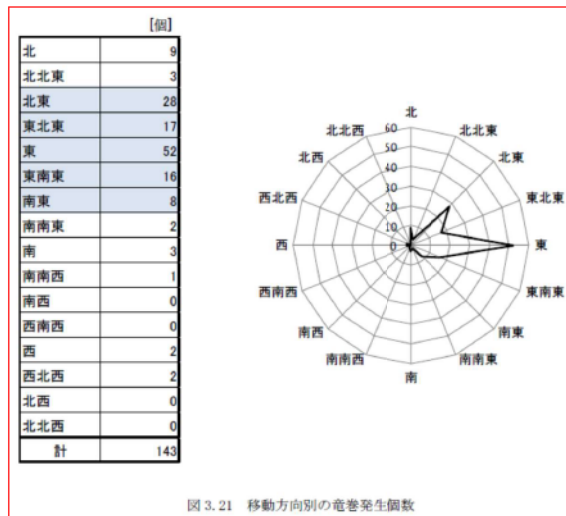


図3.21 移動方向別の竜巻発生個数

143個の発生竜巻のうち、東側方向に向けて移動する竜巻が大半を占めており、北東～南東までの範囲に121個が集中している。これは全個数のおよそ85%である。

特に、泊発電所が位置する北海道後志支庁沿岸部の発生竜巻については、全て東側（北東～南東までの範囲）方向への移動が確認されている。

以上より、泊発電所付近の竜巻は、海上から陸側へ向かう方向が卓越している。

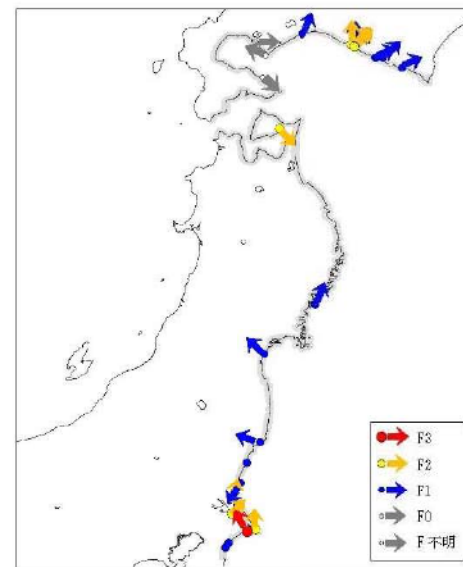
d. 設計竜巻の最大風速

泊発電所では竜巻は地形が平坦な海側から発電所敷地に進入してくる可能性が高く、発電所を含む敷地も平坦なため、地形効果による竜巻風速の増幅を考慮する必要はないと考えられることから、基準竜巻の最大風速に対する割り増しは行わず、設計竜巻の最大風速 V_D は 92m/s とする。

女川原子力発電所2号炉

2.4.3 竜巻の移動方向の分析

竜巻検討地域で発生した竜巻のうち、移動方向が判明している竜巻の移動方向を第2.4.3-1図に示す。第2.4.3-1図より、竜巻検討地域で発生した竜巻は、多くが海側から陸側の方向に移動していた。



第2.4.3-1図 竜巻移動方向

2.4.4 竜巻風速の増幅に関する検討

竜巻検討地域で発生した竜巻は、海側から陸側に進入する可能性が高く、竜巻が増幅することはないと考えられる。竜巻が海上から発電所に進入してきた場合は、地表面粗度の影響を受けて竜巻は減衰した後、さらに防潮堤（O.P. 30.0m）で大幅に減衰するため、竜巻による施設への影響は限定的となると考えられる。また、山側から発電所の敷地に移動してきた場合についても、発電所周辺は広い丘陵地に森林が存在しており、森林による粗度の影響を大きく受けるため減衰する。

従って、女川原子力発電所において地形効果による竜巻の増幅の影響は受けられないものと考えられる。

2.4.5 設計竜巻の最大風速(VD)

検討の結果、女川原子力発電所において地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要はないと考えられるため、基準竜巻の割り増しは不要と考えるが、将来的な気候変動による竜巻発生の不確実性を考慮し、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(VD)は 100m/s とする。

差異理由

設計方針の相違
 ・調査エリアとする範囲が異なるが、泊では敷地周辺のデータ数が少ないことから信頼性の観点で、より広い範囲でのデータにて傾向を確認している

記載方針の相違
 ・移動方向についての確認結果は、文章中で説明している

記載方針の相違
 ・泊では、地形効果については「d.設計竜巻の最大風速」の中で記載している

記載表現の相違

・発電所の敷地形状が異なるため

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																																																		
<p>1.3.4.6 設計竜巻の特性値</p> <p>設計竜巻の特性値は、原則として十分な信頼性を有した観測記録等に基づいて設定する必要があるが、現状では設定に足る十分な信頼性を有した観測記録等が無い場合、ガイドに示される方法に基づいて設定する。具体的には、ランキン渦モデルを仮定し、①～⑤に従い設定する。設定した結果を表1.3.1.2に示す。</p> <p>①設計竜巻の移動速度(V_T) $V_T = 0.15 \cdot V_D$ V_D(m/s): 設計竜巻の最大風速</p> <p>②設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm}) $V_{Rm} = V_D - V_T$ V_D(m/s): 設計竜巻の最大風速、V_T(m/s): 設計竜巻の移動速度</p> <p>③設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(R_m) $R_m = 30$(m)</p> <p>④設計竜巻の気圧低下量(ΔP) $\Delta P = \rho \cdot V_{Rm}^2$ ρ: 空気密度(1.22(kg/m³)), V_{Rm}(m/s): 設計竜巻の最大接線風速</p> <p>⑤設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)_{max}) $(dp/dt)_{max} = (V_T / R_m) \cdot \Delta P$ V_T(m/s): 設計竜巻の移動速度、R_m(m/s): 設計竜巻の最大接線風速半径</p> <p>表 1.3.1.2 設計竜巻の特性値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>最大風速 V_D(m/s)</th> <th>移動速度 V_T(m/s)</th> <th>最大接線風速 V_{Rm}(m/s)</th> <th>最大接線風速 半径R_m(m)</th> <th>気圧低下量 ΔP(hPa)</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)_{max}(hPa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>92</td> <td>13</td> <td>79</td> <td>30</td> <td>77</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、竜巻影響評価にあたっては、設計竜巻の最大風速 92m/s に更に余裕を持たせるため、安全側に数字を切り上げて、表 1.3.1.3 に示す最大風速 100m/s の竜巻の特性値に基づく設計荷重に対して、建屋・構築物及び系統・機器の安全機能維持について確認を行う。</p> <p>表 1.3.1.3 最大風速100m/sの竜巻の特性値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>最大風速 V_D(m/s)</th> <th>移動速度 V_T(m/s)</th> <th>最大接線風速 V_{Rm}(m/s)</th> <th>最大接線風速 半径R_m(m)</th> <th>気圧低下量 ΔP(hPa)</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)_{max}(hPa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>15</td> <td>85</td> <td>30</td> <td>89</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	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)	気圧低下量 ΔP (hPa)	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max} (hPa/s)	92	13	79	30	77	34	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)	気圧低下量 ΔP (hPa)	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max} (hPa/s)	100	15	85	30	89	45	<p>なお、設計竜巻については、今後も継続的に観測データや地形効果による竜巻風速の増幅に関する新たな知見等の収集に取り組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>(5) 評価に用いる設計竜巻の設定</p> <p>設計竜巻の特性値は、原則として十分な信頼性を有した観測記録等に基づいて設定する必要があるが、現状では設定に足る十分な信頼性を有した観測記録等が無い場合、評価ガイドに示される方法に基づいて設定する。具体的には、ランキン渦モデルを仮定し、①～⑤に従い設定する。設定した特性値を表3.15に示す。</p> <p>なお、竜巻影響評価にあたっては、竜巻の観測数のデータ数が少ないこと、観測体制の変遷により観測データの品質が一貫していないこと、また竜巻の直接的な観測が現状困難であるため竜巻後の被害状況を調査・分析して観測結果としていることや観測の内容（Fスケール、被害長さ、被害幅、移動方向）が部分的に揃っていないという不確実性があることから、保守性を十分に確保するため、設計竜巻の最大風速 (V_D) は $V_D=92$m/s を安全側に数字を切り上げて、$V_D=100$m/s の竜巻の特性値に基づく設計荷重に対して、竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。なお、$V_D=100$m/s の年超過確率はハザード曲線より 4.1×10^{-8} に相当する。</p> <p>①設計竜巻の移動速度(V_T) $V_T = 0.15 \cdot V_D$ ここで、V_D(m/s) : 設計竜巻の最大風速</p> <p>② 設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm}) $V_{Rm} = V_D - V_T$ ここで、V_D(m/s) : 設計竜巻の最大風速、V_T(m/s) : 設計竜巻の移動速度</p> <p>③設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(R_m) $R_m = 30$(m)</p> <p>④設計竜巻の最大気圧低下量(ΔP_{max}) $\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rm}^2$ ここで、ρ: 空気密度 (1.22 (kg/m³)), V_{Rm} (m/s): 設計竜巻の最大接線風速</p> <p>⑤設計竜巻の最大気圧低下率((dp/dt)_{max}) $(dp/dt)_{max} = (V_T / R_m) \cdot \Delta P_{max}$ ここで、V_T(m/s) : 設計竜巻の移動速度、R_m (m/s) : 設計竜巻の最大接線風速半径</p> <p>表 3.15 設計竜巻の特性値 ($V_D=100$m/s)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>最大風速</th> <th>移動風速</th> <th>最大接線風速</th> <th>最大接線風速半径</th> <th>最大気圧低下量</th> <th>最大気圧低下率</th> </tr> <tr> <th>V_D</th> <th>V_T</th> <th>V_{Rm}</th> <th>R_m</th> <th>ΔP_{max}</th> <th>(dp/dt)_{max}</th> </tr> <tr> <th>(m/s)</th> <th>(m/s)</th> <th>(m/s)</th> <th>(m)</th> <th>(hPa)</th> <th>(hPa/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>15</td> <td>85</td> <td>30</td> <td>89</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>	最大風速	移動風速	最大接線風速	最大接線風速半径	最大気圧低下量	最大気圧低下率	V_D	V_T	V_{Rm}	R_m	ΔP_{max}	(dp/dt) _{max}	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(hPa)	(hPa/s)	100	15	85	30	89	45	<p>2.5 設計竜巻の特性値【添付資料 2.6】</p> <p>竜巻風速場としてフジタモデルを選定した場合の設計竜巻の特性値については、第 2.5-1 表のとおり設定する。</p> <p>なお、最大気圧低下量と最大気圧低下率は、数値解析によって計算する。</p> <p>表 2.5-1 表 設計竜巻の特性値</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>最大風速 V_D</th> <th>移動速度 V_T</th> <th>最大接線風速 V_{Rm}</th> <th>最大接線風速 半径 R_m</th> <th>最大気圧低下量 ΔP_{max}</th> <th>最大気圧低下率 (dp/dt)_{max}</th> </tr> <tr> <th>[m/s]</th> <th>[m/s]</th> <th>[m/s]</th> <th>[m]</th> <th>[hPa]</th> <th>[hPa/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>15</td> <td>85</td> <td>30</td> <td>76</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table>	最大風速 V_D	移動速度 V_T	最大接線風速 V_{Rm}	最大接線風速 半径 R_m	最大気圧低下量 ΔP_{max}	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max}	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m]	[hPa]	[hPa/s]	100	15	85	30	76	53	<p>記載表現の相違</p> <p>記載方針の相違 ・100m/s とする理由について、泊の考え方を記載している</p>
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)	気圧低下量 ΔP (hPa)	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max} (hPa/s)																																																																
92	13	79	30	77	34																																																																
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)	気圧低下量 ΔP (hPa)	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max} (hPa/s)																																																																
100	15	85	30	89	45																																																																
最大風速	移動風速	最大接線風速	最大接線風速半径	最大気圧低下量	最大気圧低下率																																																																
V_D	V_T	V_{Rm}	R_m	ΔP_{max}	(dp/dt) _{max}																																																																
(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m)	(hPa)	(hPa/s)																																																																
100	15	85	30	89	45																																																																
最大風速 V_D	移動速度 V_T	最大接線風速 V_{Rm}	最大接線風速 半径 R_m	最大気圧低下量 ΔP_{max}	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max}																																																																
[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m]	[hPa]	[hPa/s]																																																																
100	15	85	30	76	53																																																																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.4 竜巻影響評価</p> <p>1.4.1 評価概要</p> <p>評価の概要は以下のとおりとする。</p> <p>(1) 設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）の設定</p> <p>(2) 原子力発電所における飛来物に係る調査</p> <p>(3) 飛来物防止対策</p> <p>(4) 考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることを確認</p> <p>1.4.2 評価対象施設</p> <p>「1.2.1 竜巻影響評価の対象施設」に示したとおりとする。</p> <p>1.4.3 評価荷重の設定</p> <p>1.4.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速VD等に基づき、「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根を含む）に作用する風圧力（PD）は、「建築基準法施行令」及び「日本建築学会建築物荷重指針・同解説」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数（G）はG=1.0、風力係数（C）は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p>q：設計用速度圧 G：ガスト影響係数 (=1.0) C：風力係数 A：施設の受圧面積</p> $q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$ <p>ρ：空気密度 V_D：設計竜巻の最大風速</p> </div> <p>(2) 設計竜巻による鉛直方向の風圧力</p> <p>建屋の底部や屋根スラブについて、鉛直方向の風圧力の影響を受けると考える。</p> <p>庇については、評価対象施設のうち、竜巻防護施設の外殻として機能する部分には存在しない。</p> <p>屋根スラブについては、鉄筋コンクリート造であることから、鉄</p>	<p>4. 竜巻影響評価</p> <p>(1) 概要</p> <p>評価の概要は以下のとおりとする。</p> <p>①設計竜巻及び設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重を適切に組み合わせた荷重）の設定</p> <p>②泊発電所における飛来物に係る調査</p> <p>③飛来物発生防止対策</p> <p>④飛来物に対する竜巻防護施設の防護対策</p> <p>⑤考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで竜巻防護施設の安全機能が維持されることを確認</p> <p>(2) 評価対象施設</p> <p>「2.(1)評価対象施設」に示したとおりとする。</p> <p>(3) 設計荷重の設定</p> <p>a. 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速V_D等に基づき、「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、以下のとおり設定する。</p> <p>(a) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって評価対象施設（屋根を含む）に作用する風圧力（P_D）すなわち風圧力による荷重（W_w）は、「建築基準法施行令」及び「日本建築学会建築物荷重指針・同解説（2004）」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数（G）はG=1.0、風力係数（C）は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $W_w (= P_D) = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p>ここで、</p> <p>q：設計用速度圧 (= (1/2) · ρ · V_D²) G：ガスト影響係数 (=1.0) C：風力係数 A：施設の受圧面積 ρ：空気密度 V_D：設計竜巻の最大風速</p> </div> <p>(b) 設計竜巻による鉛直方向の風圧力</p> <p>建屋の底部や屋根スラブについて、鉛直方向の風圧力の影響を受けると考える。</p> <p>庇については、評価対象施設のうち、竜巻防護施設の外殻として機能する部分には存在しない。</p> <p>屋根スラブについては、鉄筋コンクリート造であることから、鉄</p>	<p>3. 竜巻影響評価</p> <p>3.1 評価概要</p> <p>評価の概要は以下のとおり。</p> <p>(1) 設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組合せ荷重）の設定</p> <p>(2) 原子力発電所における飛来物に係る調査</p> <p>(3) 飛散防止対策</p> <p>(4) 考慮すべき設計荷重に対する評価対象施設等の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることを確認</p> <p>3.2 評価対象施設等</p> <p>「1.2.2 竜巻影響評価の対象施設」に示すとおり。</p> <p>3.3 設計荷重の設定</p> <p>3.3.1 設計竜巻荷重の設定</p> <p>設計竜巻の最大風速VD等に基づき、「風圧力」、「気圧差による圧力」及び「飛来物の衝撃荷重」について、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻による風圧力の設定</p> <p>設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根を含む）に作用する風圧力WWは「建築基準法施行令」及び「日本建築学会建築物荷重指針・同解説」に準拠して、下式により算定する。</p> <p>なお、ガスト影響係数Gは、G=1.0、風力係数Cは施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根、壁等）に応じて設定する。</p> $W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$ <p>q：設計用速度圧 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</p> $q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$ <p>ρ：空気密度 VD：設計竜巻の最大風速</p> <p>ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対して弱いと考えられる評価対象施設等が存在する場合には、フジタモデルの風速場により求める鉛直方向の風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮する。</p>	<p>記載表現の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大飯においても、1.6.2に防護対策は記載している <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p>

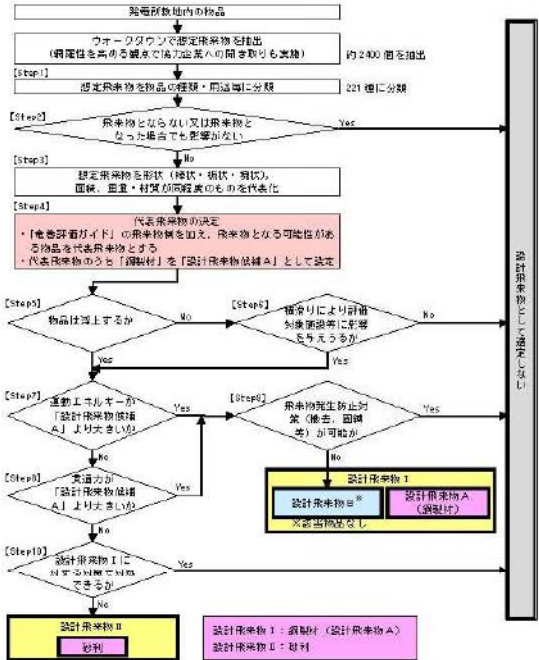
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>筋コンクリート造について、鉛直方向の風圧力に対する健全性の確認を行う。設備については、鉛直方向の風圧力に対して特に脆弱と考えられる部位はないことから、鉛直方向の最大風速等に基づいて算定した鉛直方向の風圧力の考慮は行わない。</p> <p>(3) 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力の設定 設計竜巻による評価対象施設内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量 (ΔP_{max}) に基づき設定する。</p> <p>①建屋・構築物等 建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重WPを以下の式により設定する。 $WP = \Delta P_{max} \cdot A$ ここで、ΔP_{max}：最大気圧低下量、A：施設の受圧面積</p> <p>竜巻防護施設を内包する建屋・構築物について、建屋壁及び屋根等の影響評価を実施し、当該施設が破損した場合には安全機能維持について確認を行う。</p> <p>②設備（系統、機器） 設備についても、上記と同様に圧力荷重WPを設定する。なお、外気と隔離されている区画の境界部等気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるか確認し、許容値を上回る場合には設備が破損した場合の安全機能維持への影響について確認する。</p> <p>(4) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定 ①大飯発電所3、4号機における飛来物に係る現地調査結果及び設計飛来物の妥当性について 大飯発電所3、4号機の竜巻影響評価における設計飛来物については、大飯発電所における飛来物に係る現地調査結果と、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの解説表4.1に示されている設計飛来物の設定例を参照し設定している。以下に、大飯発電所にて実施（2013年6月25日、8月1～2日）した飛来物の現地調査の結果と、その結果を元に抽出した設計飛来物の妥当性を示す。</p>	<p>筋コンクリート造について、鉛直方向の風圧力に対する健全性の確認を行う。 設備については、評価対象としている屋外設備には庇状の形状はないため、鉛直方向の風圧力に対して特に脆弱と考えられる部位はないことから、鉛直方向の最大風速等に基づいて算定した鉛直方向の風圧力の考慮は行わない。</p> <p>(c) 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による圧力の設定 評価対象施設内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量 (ΔP_{max}) に基づき設定する。</p> <p>①建屋・構築物等 建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重 (W_p) を以下の式により設定する。 $W_p = \Delta P_{max} \cdot A$ ここで、 ΔP_{max}：最大気圧低下量 A：施設の受圧面積</p> <p>竜巻防護施設を内包する建屋・構築物等について、建屋壁、屋根等の影響評価を実施し、当該施設が破損した場合には安全機能維持への影響について確認を行う。</p> <p>②設備（系統、機器） 設備についても、上記と同様に圧力荷重 (W_p) を設定する。なお、外気と隔離されている区画の境界部等気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるか確認し、許容値を上回る場合には設備が破損した場合の安全機能維持への影響について確認を行う。</p> <p>(d) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定 ①泊発電所における飛来物に係る現地調査結果及び設計飛来物の妥当性について 竜巻影響評価における設計飛来物については、泊発電所における飛来物に係る現地調査結果と、評価ガイドの解説表4.1に示されている設計飛来物の設定例を参照し設定している。以下に、泊発電所にて実施（平成25年6月24～25日、平成27年7月～11月）した飛来物の現地調査の結果と、その結果を元に抽出した設計飛来物の妥当性を示す。</p>	<p>(2) 気圧差による圧力の設定 設計竜巻による評価対象施設等の内外の気圧差による圧力は、最大気圧低下量 ΔP_{max} に基づき設定する。</p> <p>a. 建屋・構築物等 建屋については、気圧差による圧力荷重が最も大きくなる「閉じた施設」を想定し、内外気圧差による圧力荷重 WP を以下の式により設定する。 $W_p = \Delta P_{max} \cdot A$ ΔP_{max}：最大気圧低下量 A：施設の受圧面積</p> <p>外部事象防護対象施設を内包する建屋・構築物について、影響評価を実施し、当該施設が破損した場合には安全機能維持について確認を行う。</p> <p>b. 設備(系統、機器) 設備についても、上記と同様に圧力荷重 W_p を設定する。 なお、換気空調系のように外気と隔離されている区画の境界部等、気圧差による圧力影響を受ける設備について、圧力影響により作用する応力が許容値内であるか確認し、許容値を上回る場合には安全機能維持への影響について確認する。</p> <p>(3) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設等に衝突する際の衝突荷重の設定 a. 女川原子力発電所2号炉における設計飛来物等の選定【添付資料3.3】 女川原子力発電所2号炉の竜巻影響評価における設計飛来物等については、女川原子力発電所2号炉における飛来物源の現地調査結果及び「竜巻影響評価ガイド」の解説表4.1に示されている設計飛来物の設定例を参照して選定する。 第3.3.1-1 図に発電所における設計飛来物の選定フローを、第3.3.1-1 表に発電所における設計飛来物を示す。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p> <p>調査実施時期の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>a. 評価に用いる設計竜巻の特性 評価に用いる竜巻の速度は、100m/sとする（表1. 3. 1 3参照）。</p> <p>b. 飛来物に対する考え方 飛来物のうち、後述する設計飛来物に選定した鋼製材より運動エネルギー及び貫通力が大きいもの（コンテナ等）については、固縛を行うことで飛散させないものとする。また、衝突時に防護施設に与えるエネルギーが鋼製材の運動エネルギーより小さいものについては、適切な飛散防止対策を行う。</p> <p>c. 設計飛来物の選定 上記の考え方にに基づき、大飯発電所の飛来物になりえる物品の調</p>	<p>イ. 評価に用いる設計竜巻の特性 評価に用いる竜巻の最大風速は、100m/sとする。（表3.14参照）</p> <p>ロ. 飛来物に対する考え方 飛来物のうち、後述する設計飛来物に選定した鋼製材より運動エネルギー又は貫通力が大きいもの（コンテナ等）については、固縛等を行うことで飛散させないものとする。また、衝突時に防護施設に与えるエネルギーが鋼製材の運動エネルギーより小さいものについては、適切な飛散防止対策を行う。</p> <p>ハ. 設計飛来物の選定 上記の考え方にに基づき、泊発電所の飛来物になりえる物品の調査</p>	 <p>第3.3.1-1図 設計飛来物の選定フロー</p> <p>(a) 評価に用いる設計竜巻の特性 設計竜巻の最大風速は、100m/sとする。（第2.5-1表）</p> <p>(b) 設計飛来物の選定 i) 現地調査 飛来物となり得る物品を確認するため、女川原子力発電所の現</p>	<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>査を行い、設計飛来物の選定を行った。</p> <p>飛来物に係る調査の結果、大飯発電所において飛来物となる可能性があるものから、浮き上がりの有無、運動エネルギー及び貫通力の大きさから鋼製材を設計飛来物として抽出した。選定した鋼製材のサイズ及び質量については、現地調査及びガイドに基づいて、発電所内に保管されているもののうち施設への影響が大きなサイズ及び質量を選定した。</p> <p>さらに、後述する防護対策として設置する防護ネットをすり抜ける可能性がある飛来物として鋼製パイプ及び砂利を選定した。なお、砂利のサイズはネットの網目のサイズ（4cm）を考慮して設定した。</p> <p>図1.4.1に大飯発電所における設計飛来物の選定フロー、表1.4.1に抽出された大飯発電所における設計飛来物を示す。</p>	<p>を行い、設計飛来物の選定を行った。</p> <p>飛来物に係る調査の結果、泊発電所において飛来物となる可能性があるものから、浮き上がりの有無、運動エネルギー及び貫通力の大きさから鋼製材を設計飛来物として抽出した。選定した鋼製材のサイズ、質量については、評価ガイドを参考にして設定した。</p> <p>さらに、後述する竜巻防護対策として設置する防護ネットをすり抜ける飛来物として砂利を選定した。なお、砂利のサイズはネットの網目のサイズ（5cm）を考慮して設定した。また、防護ネットは通過しないが使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫に侵入した場合に燃料集合体に直接落下するものとして、鋼製パイプを選定した。</p> <p>図4.1に泊発電所における設計飛来物の選定フロー、表4.1に抽出された泊発電所における設計飛来物を示す。</p>	<p>地調査を実施した。調査範囲は、女川原子力発電所の敷地のみならず、発電所敷地近傍も含んだ、原子炉建屋から半径800mの範囲とした。後述の飛散評価の結果によれば、確認された物品の飛散距離は800mを十分に下回ることから、調査範囲は十分と考えられる。</p> <p>ii) 設計飛来物となり得る飛来物源の抽出</p> <p>現地調査で確認された物品の最大飛散距離は最大でも400m程度と評価された。したがって、女川原子力発電所2号炉の設計飛来物の設定に際しては、発電所敷地内で認められた物品に「竜巻影響評価ガイド」の解説表4.1に例示された物品を加えたものを飛来物源として抽出した。</p> <p>iii) 設計飛来物の設定</p> <p>上記の飛来物源から、第3.3.1-1図のフローに従い、「竜巻影響評価ガイド」に例示されている鋼製材を設計飛来物として設定した。</p> <p>さらに、鋼製材に対する飛来物防護対策として設置する防護ネットを通過し得る設計飛来物として、砂利を設定した。砂利のサイズはネットの網目のサイズを考慮して設定した。以降の設計飛来物とは、上記の鋼製材及び砂利の2つを示す。</p> <p>(c) 設計飛来物以外の飛来物源に対する措置</p> <p>i) 基本方針</p> <p>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100m/sにおける衝突時の運動エネルギー又は貫通力の大きさを、設計飛来物のうちこれらが最大となる鋼製材と比較し、鋼製材を上回る飛来物源（コンテナ等）については、以下のとおり対応する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川原子力発電所敷地内のは、飛来物発生防止対策（固縛等）を施すか、評価対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの隔離及び頑健な建物内への移動等の運用により、設計飛来物による影響を上回らないものとする。 	<p>記載表現の相違</p> <p>設備の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・網目のサイズはプラントにより異なる ・大飯では、鋼製パイプのサイズを考慮し、ネットの網目サイズを決めている ・泊は、ネットの目合をずらすことで、鋼製パイプのすり抜け防止を行っている

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

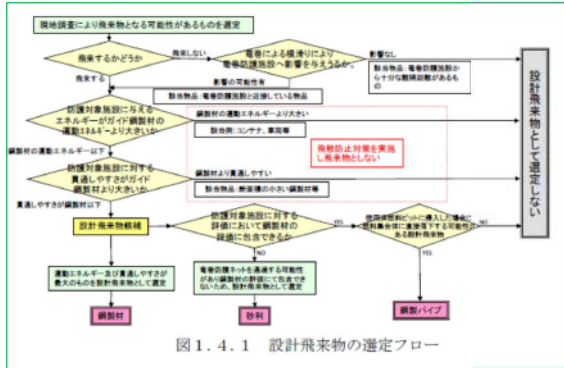


図1.4.1 設計飛来物の選定フロー

表1.4.1 大飯発電所における設計飛来物

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	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

②設計飛来物の速度の設定

設計竜巻による設計飛来物の最大水平速度 (MVHmax) 及び最大鉛直速度 (MVMmax) は、衝撃荷重による影響を保守的に評価するため、ガイドに示される竜巻の最大風速 (VD) =100m/sの場合と同じ値とし、表1.4.2のとおりとする。

ただし、ガイドに記載のない設計飛来物である砂利の速度については、文献※を参考にして、ランキン渦を仮定し風速場の中での速度を算出した。

泊発電所3号炉

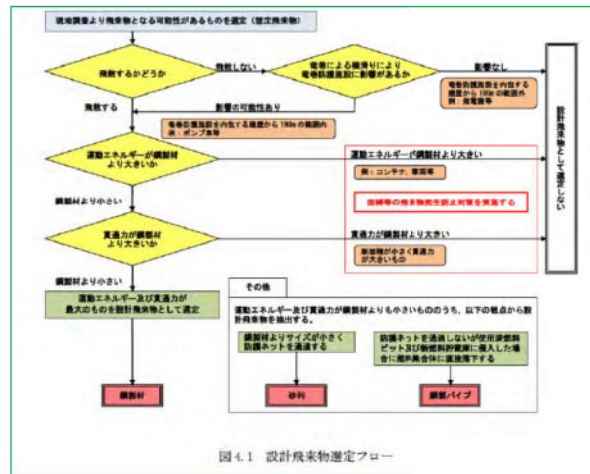


図4.1 設計飛来物選定フロー

表4.1 泊発電所における設計飛来物

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	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	0.17	8.4	135

②設計飛来物の速度の設定

設計竜巻による設計飛来物の最大水平速度及び最大鉛直速度は、衝撃荷重による影響を保守的に評価するため、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。なお、評価ガイドにおける鋼製材の最大水平速度及び最大鉛直速度については、平成26年9月17日に改正（最大水平速度が57m/sから51m/sに、最大鉛直速度が38m/sから34m/sに改正）されているが、竜巻防護設計に当たっては、より保守的な改正前の値を用いるものとし、表4.2のとおりとする。

ただし、ガイドに記載のない設計飛来物である砂利の速度については、文献※を参考にして、ランキン渦を仮定し風速場の中での速度を算出した。

女川原子力発電所2号炉

差異理由

記載表現の相違

設計方針の相違

・泊の砂利の質量は、泊敷地の主要岩盤の物性値

記載表現の相違

記載内容の相違

・泊では、鋼製材の最大水平速度、最大鉛直速度について、評価ガイド改正前の値を使用することを記載。飛来物の速度は、泊と大飯で相違無し

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

表1.4.2 大飯発電所における設計飛来物の速度（竜巻最大風速：100m/s）

飛来物の種類	砂利	鋼製パイプ	鋼製材
サイズ(m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2
質量(kg)	0.18	8.4	135
最大水平速度(m/s)	62	49	57
最大鉛直速度(m/s)	42	33	38

※：竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（東京工芸大学）
 E.Simiu and M.Cordes,NBSIR76-1050.Tornado Borne Missile Speeds,1976

泊発電所3号炉

表4.2 設計飛来物及び最大速度

飛来物の種類	砂利	鋼製パイプ	鋼製材
サイズ (m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	0.17	8.4	135
最大水平速度 (m/s)	62	49	57
最大鉛直速度 (m/s)	42	33	38

※：竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究（東京工芸大学）
 E.Simiu and M.Cordes,NBSIR76-1050.Tornado-Borne Missile Speeds,1976

女川原子力発電所2号炉

第3.3.1-1表 女川原子力発電所における設計飛来物

項目	飛来物の種類		
	砂利	鋼製材	
サイズ (m)	縦×横×高さ 0.04×0.04×0.04 ^{※1}	縦×横×高さ 4.2×0.3×0.2	
質量 (kg)	0.2	135	
初期高さ (m) ^{※2}	8.0	11.5	
計算結果 ^{※3}	最大水平速度 (m/s)	59.3	46.6
	最大鉛直速度 (m/s)	22.6~37.9 ^{※4}	16.7~34.7 ^{※4}
	浮き上がり高さ (m)	18.0	2.6
	飛散距離 (m)	209.5	139.4

※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枚重ねの構造となっていることを考慮して選定
 ※2 初期高さは感度解析の結果を踏まえて、最大水平速度の算出条件を適用
 ※3 設計竜巻風速100m/s、当社が実施するフラグメントの風速場を用いた飛散解析手法による結果
 ※4 敷地内の高台を考慮して設定

c. 設計飛来物の衝撃荷重の設定

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等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。

鋼製材の最大速度は第3.3.1-1表のとおりであり、静的な構造評価を実施する場合の衝撃荷重は、重量分布を均一な直方体として、Rieraの方法(1)を踏まえた下式にて算出した。

$$W_w = F_{MAX} = MV^2 / L_{MIN}$$

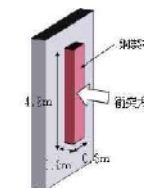
M：飛来物の質量

V：飛来物の衝突速度

L_{MIN}：飛来物の衝突方向長さ

Rieraの方法で衝撃荷重を算出する場合、衝撃荷重が最大となるのは第3.3.1-2図に示す向きの衝突となる。

なお、有限要素法による飛来物衝突評価を行う場合には、飛来物の衝突速度を初速値として入力し、衝突解析により衝撃荷重を算出する。衝突解析における鋼製材の衝突方向は、鋼製材が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる衝突方向とする。



第3.3.1-2図 最大衝撃荷重となる鋼製材衝突方向 (Rieraの方法⁽¹⁾)

設計方針の相違
 ・泊の砂利の質量は、泊敷地の主要岩盤の物性値

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>③設計竜巻荷重の組み合わせ</p> <p>評価対象施設の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、以下の式により算定する。</p> $W_{T1}=W_P$ $W_{T2}=W_W+0.5 \cdot W_P+W_M$ <p>ここで、 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</p> <p>なお、設計対象施設にはWT1及びWT2の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>1.4.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定 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。</p> <p>(1) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等 評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、さらに施設の運転により重畳して作用する運転時の荷重を適切に組み合わせる。</p> <p>(2) 竜巻以外の自然現象による荷重 竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり※1、積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、雹及び大雨である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については、今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>① 雷 竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>② 雪 大阪発電所が立地する地域においては、冬期、竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時や竜巻通過前に積った雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p>	<p>③設計竜巻荷重の組み合わせ</p> <p>評価対象施設の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、下式により算定する。</p> $W_{T1}=W_P$ $W_{T2}=W_W+0.5 \cdot W_P+W_M$ <p>ここで、 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：設計竜巻による気圧差による荷重 W_M：設計飛来物による衝撃荷重</p> <p>なお、評価対象施設にはW_{T1}及びW_{T2}の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>b. 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定 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。</p> <p>(a) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせる。(補足説明資料13参照)</p> <p>(b) 竜巻以外の自然現象による荷重 竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり※、積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は雷、雪、雹及び大雨である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については、今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>①雷 竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>②雪 泊発電所が立地する地域においては、冬期、竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時や竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p>	<p>d. 設計竜巻荷重の組合せ</p> <p>評価対象施設等の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WW、気圧差による荷重W_p、及び設計飛来物による衝撃荷重WMを組み合わせた複合荷重として、以下の式により算出する。</p> $W_{T1}=W_p$ $W_{T2}=W_W+0.5 \cdot W_p+W_M$ <p>ここで、 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</p> <p>ここで、竜巻襲来時のある瞬間において、各荷重の作用方向は必ずしも様ではないが、WT2の算出においてはWW、W_p及びWMの作用方向を揃えることとし、保守性を考慮する。また、評価対象施設等にはWT1及びWT2の両荷重をそれぞれ作用させる。</p> <p>3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定 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。</p> <p>(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重等 評価対象施設等に自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p> <p>(2) 竜巻以外の自然現象による荷重 竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり⁽²⁾、積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>なお、竜巻と同時に発生する自然現象については今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。</p> <p>①雷 竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重は発生しない。</p> <p>②雪 竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季の限定された期間に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪による荷重が同時に発生し、設備に影響を与えることは考えにくいとため、組合せを考慮しない。また、雪が堆積した状態における竜巻の影響については、除雪により雪を長期</p>	<p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>③ 雹 雹は積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大型の雹を想定した場合、その質量は約0.5kgとなる。10cm程度の雹の終端速度は59m/s※2、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、雹の衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④ 大雨 竜巻と大雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>（3）設計基準事故時荷重</p> <p>設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故などの設計基準事故の起因とはならないため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。 設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と設計竜巻との組合せは考慮しない。 仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、竜巻防護施設等のうち設計基準事故荷重が生じる設備としては動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力、温度が変わらず、機械的荷重が変化することはないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。</p> <p>※1：雷雨とメソ気象 大野久雄、東京堂出版 ※2：一般気象学 小倉義光、東京大学出版会</p>	<p>③雹 雹は積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径10cm程度の大型の雹を想定した場合でも、その重量は約0.5kgである。 竜巻と雹が同時に発生する場合においても、10cm程度の雹の終端速度は59m/s、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べて十分小さく、雹の衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④大雨 竜巻と大雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>（c）設計基準事故時荷重</p> <p>設計竜巻は設計基準事故の起因とはならない設計とするため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。また、設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重との組み合わせは考慮していない。 仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じる設備としては、動的機器である原子炉補機冷却海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力、温度が変わらず、機械的荷重が変化することはないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。（補足説明資料15参照）</p> <p>※：雷雨とメソ気象 大野久雄、東京堂出版</p>	<p>間堆積状態にしない方針であることから、組合せを考慮しない。 冬期に竜巻が襲来する場合は竜巻通過後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時は、竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされ、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>③ひょう ひょうは、積乱雲から直径5mm以上の氷の粒⁽³⁾であり、仮に直径10cm程度の大型のひょうを想定した場合、その重量は約0.5kgとなる。直径10cm程度のひょうの終端速度は59m/s⁽⁴⁾、運動エネルギーは約0.9kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>④降水 竜巻と降水が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。</p> <p>（3）設計基準事故時荷重 外部事象防護対象施設は、当該外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該外部事象防護対象施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して、適切に組み合わせる設計する。 外部事象防護対象施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから、設計竜巻と設計基準事故は独立事象であり、因果関係はない。 時間的変化の観点からは、事故の影響が長期に及ぶことが考えられる設計基準事故である原子炉冷却材喪失の発生頻度は小さく、また、外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼす竜巻の発生頻度も小さい。よって設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいため、設計基準事故時荷重と設計竜巻の荷重を組み合わせる必要はなく、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する衝撃による応力評価と変わらない。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
		<p>また、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、外部事象防護対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じ、竜巻による風荷重等の影響を受ける屋外施設としては原子炉補機冷却海水ポンプ等が考えられるが、設計基準事故時においても原子炉補機冷却海水ポンプ等の圧力及び温度は変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重を組み合わせる必要はないため、設計竜巻により外部事象防護対象施設に作用する衝撃による応力評価と変わらない。このため、設計竜巻の荷重と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.4.4 施設の構造健全性の確認</p> <p>1.4.4.1 概要</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重を適切に組み合わせさせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性が維持されて安全機能が維持されることを確認する。</p> <p>1.4.4.2 竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性の確認結果</p> <p>(1) 概要</p> <p>竜巻防護施設を内包する施設に求められる機能は、防護機能及び破損により竜巻防護施設へ影響を与えないことである。</p> <p>防護機能については、竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性を確認することにより、内包する竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。構造健全性の確認は、複合荷重(W_{T1}、W_{T2})に対する建屋の構造骨組、部位の評価、及び設計飛来物の衝突による貫通・裏面剥離評価を行う。</p> <p>外壁や屋根など竜巻防護施設を内包する施設の各部に破損が生じる場合は、破損により竜巻防護施設へ影響を与えないことを確認する。</p> <p>竜巻防護施設への影響がある場合は、防護対策を実施する。</p> <p>竜巻防護施設を内包する施設の概略配置図を図1.4.2に、評価フローを図1.4.3に示す。また、竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性の評価方法をそれぞれ一覧として、表1.4.3に示す。</p> <div data-bbox="85 842 636 1220" data-label="Image"> </div> <p>図1.4.2 竜巻防護施設を内包する施設の概略配置図</p> <div data-bbox="174 1284 636 1316" data-label="Text"> <p>枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。</p> </div>	<p>(4) 施設の構造健全性の確認</p> <p>a. 概要</p> <p>設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重を適切に組み合わせさせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性が維持されて安全機能が維持されることを確認する。</p> <p>b. 竜巻防護施設の外殻となる施設の構造健全性の確認結果</p> <p>(a) 概要</p> <p>竜巻防護施設の外殻となる施設に求められる機能は、防護機能及び破損により竜巻防護施設へ影響を与えないことである。</p> <p>防護機能については、竜巻防護施設の外殻となる施設の構造健全性を確認することにより、内包する竜巻防護施設が影響を受けないことを確認する。構造健全性の確認は、複合荷重(W_{T1}、W_{T2})に対する建屋の構造骨組、部位の評価及び設計飛来物の衝突による貫通・裏面剥離評価を行う。</p> <p>外壁や屋根など竜巻防護施設の外殻となる施設の各部に破損が生じる場合は、破損により竜巻防護施設へ影響を与えないことを確認する。</p> <p>竜巻防護施設への影響がある場合は、竜巻防護対策を実施する。</p> <p>竜巻防護施設の外殻となる施設の概略配置図を図4.2に、評価フローを図4.3に、評価に関する対象荷重及び評価内容を表4.3に示す。</p> <div data-bbox="725 842 1312 1204" data-label="Image"> </div> <p>図4.2 竜巻防護施設の外殻となる施設の概略配置図</p> <div data-bbox="725 1045 1312 1157" data-label="List-Group"> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 赤枠：竜巻防護施設の外殻となる施設 黒枠：竜巻防護施設の外殻となる施設（地中構造物） 青枠：竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設 </div>	<p>3.4 評価対象施設等の設計方針</p> <p>外部事象防護対象施設のうち評価対象施設等については、設計荷重に対してその構造健全性を維持すること又は取替、補修が可能なこと、設計上の要求を維持することにより、安全機能を損なわない設計とする。また、外部事象防護対象施設等に波及影響を及ぼし得る施設については、竜巻及びその随件事象に対して構造健全性を確保すること、設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により、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。</p> <p>(1) 許容限界</p> <p>建屋及び構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建築基準法 ・日本産業規格 ・日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類 ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会） ・震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会） ・原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類等 <p>系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生しない部材厚さ（貫通限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本産業規格 ・日本機械学会の基準・指針類 ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）等 <p>(2) 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）</p> <p>外部事象防護対象施設等のうち屋外施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて竜巻防護ネット等の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方針とする。</p> <p>なお、屋内に配置される施設のうち、外殻となる施設等による防護機能が期待できる施設の内部に配置される施設は、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。</p> <p>また、設計飛来物は評価対象施設等の全面に影響を及ぼすものとして評価及び対策を行う。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <p>・評価対象施設の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

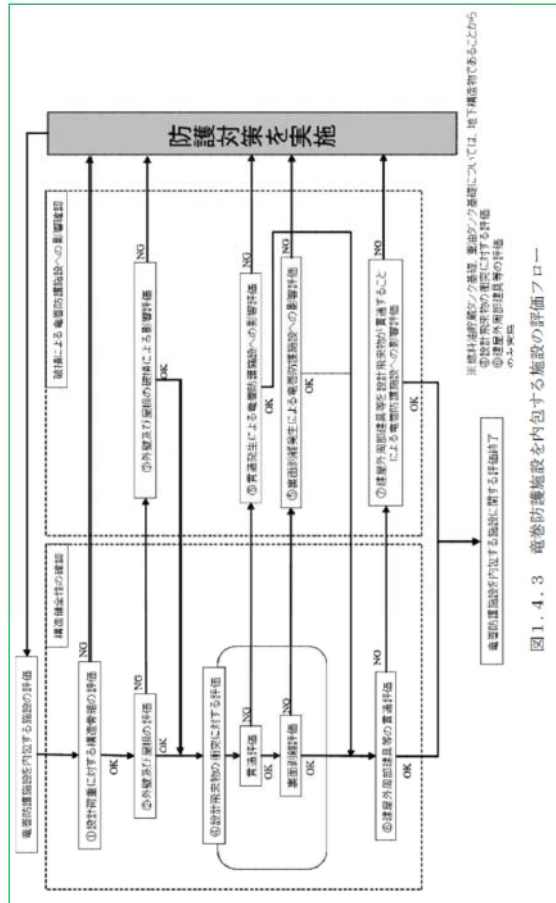
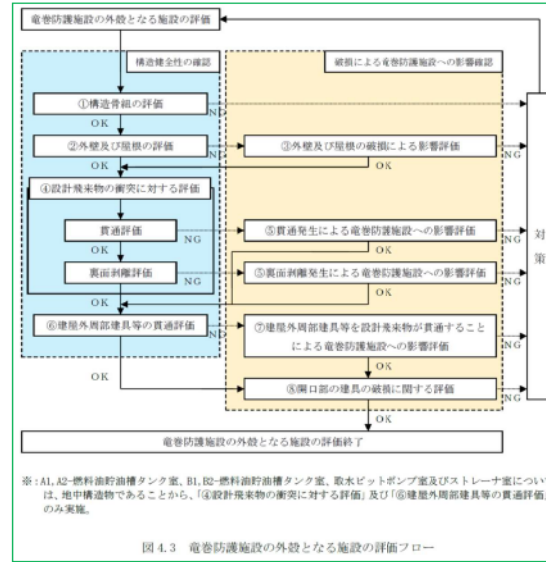


図1.4.3 竜巻防護施設を内包する施設の評価フロー

泊発電所3号炉



※: A1, B2-燃料油貯油槽タンク室, B1, B2-燃料油貯油槽タンク室, 取水ビットポンプ室及びストレーナ室については、地中構造物であることから、「④設計飛来物の衝突に対する評価」及び「⑥建屋外周部建具等の貫通評価」のみ実施。

図4.3 竜巻防護施設の外殻となる施設の評価フロー

女川原子力発電所2号炉

差異理由

- a. 原子炉補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む）

原子炉補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む）は，設計飛来物（鋼製材）の衝突により貫通することを考慮し，竜巻防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより，設計飛来物の衝突を防止し，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び原子炉補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む。）に常時作用する荷重に対して，構造健全性が維持され，安全機能を損なわない設計とする。なお，竜巻防護ネットの金網を通過する可能性がある設計飛来物として設定した砂利の衝突に対して，部材を貫通しない厚さを確保し，安全機能を損なわない設計とする。
- b. 高圧炉心スプレィ補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む）

高圧炉心スプレィ補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む）は，設計飛来物（鋼製材）の衝突により貫通することを考慮し，竜巻防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより，設計飛来物の衝突を防止し，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び高圧炉心スプレィ補機冷却海水ポンプ（配管，弁含む。）に常時作用する荷重に対して，構造健全性が維持され，安全機能を損なわない設計とする。なお，竜巻防護ネットの金網を通過する可能性がある設計飛来物として設定した砂利の衝突に対して，部材を貫通しない厚さを確保し，安全機能を損なわない設計とする。
- c. 高圧炉心スプレィ補機冷却海水系ストレーナ

高圧炉心スプレィ補機冷却海水系ストレーナは，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し，竜巻防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより，設計飛来物の衝突を防止し，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び高圧炉心スプレィ補機冷却海水系ストレーナに常時作用する荷重に対して，構造健全性が維持され，安全機能を損なわない設計とする。なお，竜巻防護ネットの金網を通過する可能性がある設計飛来物として設定した砂利の衝突に対して，部材を貫通しない厚さを確保し，安全機能を損なわない設計とする。
- d. 復水貯蔵タンク

復水貯蔵タンクは，風圧力による荷重，気圧差荷重及び設備に常時作用する荷重に対して構造健全性が維持され，安全機能を損なわない設計とする。設計飛来物の衝突により，復水貯蔵タンクの部材が損傷した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。
- e. 非常用ガス処理系（屋外配管）

非常用ガス処理系の屋外配管は，設計飛来物が衝突により貫通することを考慮しても，閉塞することではなく，非常用ガス処理系の排気機能が維持される設計とする。さらに，非常用ガス処理系の屋外配管は開かれた構造物であり気圧差荷重も作用しないこと

記載表現の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

差異理由

表 1.4.3 竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性の評価方法(1/2)

評価項目	評価対象部位	荷重	評価対象	評価基準値
① 構造骨組の評価	鉄筋コンクリート造 鉄骨造	W_{11} , W_{12} W_{11} , W_{12}	耐震設計のせん断ひずみ度 層間変形角	2.0×10^{-2} 以下 ^{※1} 1/120以下 ^{※2}
② 外壁及び屋根の評価	外壁及び屋根	W_{11} , W_{12} W_{11} , W_{12}	発生応力またはひずみ 発生応力またはひずみ 終局せん断力 以下	各部分の許容限界以下 終局せん断力 以下
④ 設計飛来物の衝突に対する評価	外壁及び屋根	設計飛来物 ^{※4} の衝突	設計飛来物（鋼製材）の衝突	貫通限界より大 表面剥離限界より大
⑤ 建屋外周部建具等の貫通評価	外壁（折戻壁） 扉、シャッター、ブローアウトパネル、燃料油貯蔵タンク及び軽油タンク基礎の鋼製蓋	設計飛来物 ^{※4} の衝突	設計飛来物（鋼製材）の衝突	貫通限界より大

※1：原子力発電所耐震設計技術指針（IEAG4001-1987）に示されている。鉄筋コンクリート耐震設計のせん断ひずみ度に関する許容限界の目安値。
 ※2：建築基準法施行令第82条の2に示されている。当該層間変位の当該各階の高さに対する割合の許容限界値。
 ※3：衝撃荷重 W_{11} と逆向きの荷重に対し検討を実施するため、設計飛来物による衝撃荷重 W_{12} は考慮しない。
 ※4：設計飛来物のうち鋼製材。
 ※5：扉、シャッター、ブローアウトパネル、AL2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及びB1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋。

※1：原子力発電所耐震設計技術指針（IEAG4001-1987）に示されている。鉄筋コンクリート耐震設計のせん断ひずみ度に関する許容限界の目安値。
 ※2：建築基準法施行令第82条の2に示されている。当該層間変位の当該各階の高さに対する割合の許容限界値。
 ※3：衝撃荷重 W_{11} と逆向きの荷重に対し検討を実施するため、設計飛来物による衝撃荷重 W_{12} は考慮しない。
 ※4：設計飛来物のうち鋼製材。
 ※5：扉、シャッター、ブローアウトパネル、AL2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及びB1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋。

表 4.3 竜巻防護施設の外殻となる施設の構造健全性の評価方法 (1/2)

評価項目	対象部位	荷重	評価内容	
			評価対象	評価基準値
① 構造骨組の評価	鉄筋コンクリート造 鉄骨造	W_{11} , W_{12}	せん断ひずみ	2.0×10^{-2} 以下 ^{※1}
			層間変形角	1/120以下 ^{※2}
② 外壁及び屋根の評価	外壁及び屋根	W_{11} , W_{12} W_{11} , W_{12}	発生応力、ひずみ	許容限界以下
			発生応力	終局耐力以下
④ 設計飛来物の衝突に対する評価	外壁及び屋根	設計飛来物 ^{※4} の衝突	部材厚さ	貫通限界厚さ
	外壁（表板）		貫通するものとし、破損による影響評価を実施	表面剥離限界厚さ
⑤ 建屋外周部建具等の貫通評価	扉、シャッター等 ^{※5}	設計飛来物 ^{※4} の衝突	建具等の厚さ	貫通限界厚さ

※1：原子力発電所耐震設計技術指針（IEAG4001-1987）に示されている。鉄筋コンクリート耐震設計のせん断ひずみに関する許容限界の目安値。
 ※2：建築基準法施行令第82条の2に示されている。当該層間変位の当該各階の高さに対する割合の許容限界値。
 ※3：衝撃荷重 W_{11} と逆向きの荷重に対し検討を実施するため、設計飛来物による衝撃荷重 W_{12} は考慮しない。
 ※4：設計飛来物のうち鋼製材。
 ※5：扉、シャッター、ブローアウトパネル、AL2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及びB1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋。

f. 排気筒

排気筒については、設計飛来物の衝突により筒身が貫通することを考慮しても、閉塞することなく、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。さらに、排気筒は開かれた構造物であり気圧差荷重は作用しないことから、風圧力による荷重、排気筒に常時作用する荷重及び設計飛来物の衝突荷重に対して、防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。

記載表現の相違

g. 原子炉建屋

原子炉建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋ブローアウトパネルについては、設計竜巻による気圧低下による開放及び設計飛来物の貫通により、原子炉建屋原子炉棟の放射性物質の閉じ込め機能を損なう可能性があるが、開放又は貫通した場合は、速やかにプラントを停止し、補修を実施することで安全機能を損なわない設計とする。

また、原子炉建屋は、外部事象防護対象施設を内包する建屋でもあるため、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により原子炉建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、原子炉建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

<以下、外部事象防護対象施設を内包する区画>

h. タービン建屋及び制御建屋

タービン建屋及び制御建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物等の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物等の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

i. 軽油タンク室及び軽油タンク室（H）

軽油タンク室及び軽油タンク室（H）は、地下埋設されており風圧力による荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び施設に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

差異理由

表 1. 4. 3 竜巻防護施設を内包する施設の構造健全性の評価方法(2/2)

評価項目	評価内容
③ 外壁及び屋根の破損による影響評価 貫通発生による竜巻防護施設への影響評価	破損により建屋内の竜巻防護施設に影響を及ぼさないことを確認 貫通した飛来物及び飛散コンクリートが竜巻防護施設に衝突しないことを確認
⑤ 裏面剥離による竜巻防護施設への影響評価	飛散コンクリートが竜巻防護施設に衝突しないことを確認 衝突したとしても竜巻防護施設に影響がないことを確認
⑦ 建屋外周部建具等を設計飛来物が貫通することによる竜巻防護施設への影響評価	貫通した飛来物が竜巻防護施設に衝突しないことを確認
⑧ 開口部の建具等の破損に関する評価	建屋内開口部周辺の竜巻防護施設の有無により、開口部の建具が破損したとしても建屋内の竜巻防護施設に影響を及ぼさないことを確認

表 4. 3 竜巻防護施設の外殻となる施設の構造健全性の評価方法 (2/2)

評価項目	評価内容
③ 外壁及び屋根の破損による影響評価	破損により建屋内の竜巻防護施設に影響を及ぼさないことを確認
⑤ 貫通発生による竜巻防護施設への影響評価 裏面剥離による竜巻防護施設への影響評価	貫通した飛散物及び飛散コンクリートが竜巻防護施設に衝突しないことを確認 飛散コンクリートが竜巻防護施設に衝突しないことと、衝突したとしても竜巻防護施設に影響がないことを確認
⑦ 建屋外周部建具等を設計飛来物が貫通することによる竜巻防護施設への影響評価	貫通した飛散物が竜巻防護施設に衝突しないことを確認
⑧ 開口部の建具の破損に関する評価	建屋内開口部周辺の竜巻防護施設の有無により、開口部の建具が破損したとしても建屋内の竜巻防護施設に影響を及ぼさないことを確認

機能を損なわない設計とする。また、ピット頂版（鉄筋コンクリート造）は設計飛来物による衝撃荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とし、ハッチ（鋼製）は設計飛来物の衝突においても貫通せず、変形に留まる設計とすることで、軽油タンクA系、軽油タンクB系及び軽油タンクHPCS系等の安全機能を損なわない設計とする。

- (3) 屋内の施設で外気と繋がっている施設
 外殻となる施設に内包され防護される外部事象防護対象施設のうち、外気と繋がっている施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて施設の補強、防護鋼板の設置等の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方針とする。
- a. 中央制御室換気空調系、計測制御電源室換気空調系及び原子炉補機室換気空調系
 中央制御室換気空調系、計測制御電源室換気空調系は、制御建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び設備に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。
 原子炉補機室換気空調系は、防護鋼板等の竜巻防護対策を行う原子炉建屋に内包されていることを考慮すると、設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び原子炉補機室換気空調系に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。
- b. 原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系）
 原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系）は、原子炉建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。
- c. 軽油タンクA系、軽油タンクB系及び軽油タンクHPCS系（燃料移送ポンプ等を含む）
 軽油タンクA系、軽油タンクB系及び軽油タンクHPCS系（燃料移送ポンプ等を含む）は、地下埋設されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び設備に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。
- (4) 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設
 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて開口部建

記載表現の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(2) 構造骨組の評価</p> <p>a. 評価方針</p> <p>鉄筋コンクリート造部分については、複合荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみ度を、地震応答解析モデルにおける各部材のせん断力の復元力特性（$\epsilon-\gamma$関係）により算定し、鉄筋コンクリート造耐震壁の最大応答せん断ひずみ度の評価基準値（2.0×10^{-3}）を下回ることを確認する。</p> <p>鉄骨造部分については、複合荷重により発生する層間変形角を、地震応答解析モデルにおける各部材の荷重変形関係（$Q-\delta$関係）から得られる水平変位より算定し、評価基準値（1/120）を下回ることを確認する。</p> <p>b. 評価結果</p> <p>鉄筋コンクリート造部分の構造骨組の健全性評価結果については表1.4.4に示すとおり、複合荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみ度が評価基準値2.0×10^{-3}を下回ることを確認した。評価結果は、各建屋について、最も応答せん断ひずみ度が大きくなった部材について示している。また評価結果には、余裕度として、（せん断ひずみ度2.0×10^{-3}時の部材のせん断力）/（竜巻により各部材に作用するせん断力）を記載する。</p> <p>鉄骨造部分の構造骨組の健全性評価結果については表1.4.5に示すとおり、複合荷重により発生する層間変形角が評価基準値1/120を下回ることを確認した。評価結果は、最も層間変形角が大きくなった部材について示している。</p> <p>なお、評価結果には、余裕度として、（層間変形角が1/120の時の部材のせん断力）/（竜巻により各層に作用するせん断力）を併記した。</p>	<p>(b) 構造骨組の評価</p> <p>イ. 評価方針</p> <p>鉄筋コンクリート造部分については、複合荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみを、地震応答解析モデルにおける各部材のせん断力の復元力特性（$Q-\gamma$関係）により算定し、鉄筋コンクリート造耐震壁の最大応答せん断ひずみ度の評価基準値（2.0×10^{-3}）を下回ることを確認する。</p> <p>鉄骨造部分については、複合荷重により発生する層間変形角を、地震応答解析モデルにおける各部材の荷重変形関係（$Q-\delta$関係）から得られる水平変位より算定し、評価基準値（1/120）を下回ることを確認する。</p> <p>ロ. 評価結果</p> <p>鉄筋コンクリート造部分については、表4.4に示すとおり、複合荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみ度が評価基準値を下回ることを確認した。評価結果は、各建屋について、最も応答せん断ひずみが大きくなった部材について示している。なお、評価結果には、各部材に作用するせん断力と各部材の終局耐力との比較による裕度を併記する。</p> <p>鉄骨造部分については、表4.5に示すとおり、複合荷重により発生する層間変形角が評価基準値を下回ることを確認した。評価結果は、最も層間変形角が大きくなった部材について示している。</p> <p>なお、評価結果には、各部材に作用するせん断力と各部材の保有水平耐力との比較による裕度を併記する。</p>	<p>具の補強等、防護鋼板の設置等の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方針とする。</p> <p>a. 原子炉補機室換気空調系</p> <p>原子炉補機室換気空調系は、設計飛来物の衝突により、開口部建具に貫通が発生することを考慮し、防護鋼板等で開口部建具の竜巻防護対策を行うことにより、原子炉補機室換気空調系への設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び原子炉補機室換気空調系に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(5) 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</p> <p>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外部事象防護対象施設等に影響を及ぼさないよう、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等の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>a. 補助ボイラー建屋、1号炉制御建屋、サイトバンカ建屋</p> <p>補助ボイラー建屋、1号炉制御建屋、サイトバンカ建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>b. 海水ポンプ室門型クレーン</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンは、竜巻の襲来が予想される場合には、運転を中止し、停留位置に固定することにより、風圧力による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>c. 非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器</p> <p>非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器が閉塞することがなく、ディーゼル発電機の機能が維持される設計とする。さらに、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器が風圧力による荷重、気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に機能的影響を及ぼさない設計とする。</p>	<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

差異理由

表 1.4.4 竜巻防護施設を内包する施設のうち鉄筋コンクリート造部分の構造骨組の健全性評価結果

建屋名	位置(EL.(m)) 方向	荷重 ケース ^{※1}	各部位に作用する せん断力(MN)	せん断ひずみ 度(×10 ⁻³)	判定	余裕度 ^{※2}
原子炉格納 容器(FCCV)		W ₁₂	9.3	0.0173	○	
原子炉周辺 建屋(E/B)		W ₁₂	4.5	0.0149	○	
制御建屋 (C/B)		W ₁₂	20.7	0.0084	○	
廃棄物処理 建屋(W/B)		W ₁₂	6.9	0.0378	○	

※1：W₁₂及びW₁₃を算出し、大きい荷重について評価を行った。
 ※2：余裕度=(せん断ひずみ度2.0×10⁻³時の部材のせん断力)/(竜巻により各部位に作用するせん断力)

表 1.4.5 竜巻防護施設を内包する施設のうち鉄骨造部分の構造骨組の健全性評価結果

建屋名	位置(EL.(m)) 方向	荷重 ケース ^{※1}	各層に作用する せん断力(MN)	層間変 形角	判定	余裕度 ^{※2}
原子炉周辺建屋 (E/B)		W ₁₂	5.3	1/248	○	

※1：W₁₂及びW₁₃を算出し、大きい荷重について評価を行った。
 ※2：余裕度=(層間変形角が1/120の時の部材のせん断力)/(竜巻により各層に作用するせん断力)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 4.4 竜巻防護施設の外殻となる施設のうち鉄筋コンクリート造部分の構造骨組の健全性評価結果

建屋	位置(T.P.)	荷重 [※]	複合荷重	せん断ひずみ	裕度
原子炉建屋(外部遮へい建屋)	41.0~47.6m	W ₁₂	16,149kN	2.28×10 ⁻⁵	25.3
原子炉建屋(燃料取扱棟・周辺補機棟) (NS方向)	41.0~47.6m	W ₁₂	12,552kN	2.45×10 ⁻⁵	22.7
原子炉補助建屋 (EW方向)	38.1~42.2m	W ₁₂	4,947kN	3.16×10 ⁻⁵	16.7
ディーゼル発電機建屋 (NS方向)	10.3~18.8m	W ₁₂	5,096kN	5.21×10 ⁻⁵	11.0

※：W₁₂及びW₁₃を算出し、大きい荷重にて評価を実施

表 4.5 竜巻防護施設の外殻となる施設のうち鉄骨造部分の構造骨組の健全性評価結果

建屋	位置(T.P.)	荷重 [※]	複合荷重	層間変形角	裕度
原子炉建屋(燃料取扱棟) (NS方向)	47.6~55.0m	W ₁₂	6,170kN	1/694	6.7

※：W₁₂及びW₁₃を算出し、大きい荷重にて評価を実施

d. 非常用ディーゼル発電設備(高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備を含む。)

付属ミスト配管非常用ディーゼル発電設備(高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備を含む。)付属ミスト配管は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、非常用ディーゼル発電設備(高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備を含む。)付属ミスト配管が閉塞することがなく、ディーゼル発電機の機能が維持される設計とする。さらに、非常用ディーゼル発電設備(高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備を含む。)付属ミスト配管が風圧力による荷重、気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機を含む。)に機能的影響を及ぼさない設計とする。

設計方針の相違
 ・評価対象施設及び評価結果の相違

e. 軽油タンクA系ベント配管、軽油タンクB系ベント配管、軽油タンクHPCS系ベント配管

軽油タンクA系ベント配管、軽油タンクB系ベント配管及び軽油タンクHPCS系ベント配管は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、軽油タンクベント配管が閉塞することがなく、軽油タンクA系、軽油タンクB系及び軽油タンクHPCS系の機能が維持される設計とする。

さらに、軽油タンクA系ベント配管、軽油タンクB系ベント配管及び軽油タンクHPCS系ベント配管が風圧力による荷重、気圧差による荷重及び常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である軽油タンクA系、軽油タンクB系及び軽油タンクHPCS系に機能的影響を及ぼさない設計とする。

f. 竜巻随伴事象の影響により外部事象防護対象施設等を機能喪失させる可能性がある施設(溢水により外部事象防護対象施設等の機能を喪失させる可能性がある設備、火災発生により外部事象防護対象施設等の機能を喪失させる可能性がある設備、外部電源)
 竜巻随伴事象の影響により外部事象防護対象施設等の機能を喪失させる可能性がある施設の設計方針は、「3.5 竜巻随伴事象に対する評価」に記載する。

(6) 基準津波の高さや防護範囲の広さ等の重要性に鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う施設

a. 防潮堤

風圧力による荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

設計飛来物による衝突については、衝撃荷重に対して、倒壊せず構造健全性を確保することで、安全機能に影響を及ぼさない設計とする。また、貫通により津波防護施設としての機能に影響が及ぶ可能性がある場合には、損傷状況を踏まえ、必要に応じ、ブ

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(3) 外壁及び屋根の評価</p> <p>a. 評価方針 外壁及び屋根は、100m/sの竜巻の風圧力による荷重(W_W)、100m/sの竜巻の気圧差による荷重(W_P)が衝撃荷重(W_M)とは逆向きの建屋の内側から外側方向に作用する。これらの荷重に対し、鉄骨造建屋の外壁及び屋根が破損の恐れがあると考えられるため、鉄骨造である原子炉周辺建屋(E/B)について検討を実施する。 外壁は構成部材である折板壁(厚さ0.6mm)・間柱・胴縁・縦枠及び耐風梁を、屋根はコンクリート屋根スラブ、鉄骨梁について検討を行い、(部材の終局耐力から算定される許容荷重)/(竜巻による荷重)を部材の余裕度とし、1.0以上あることを確認する。なお、上記余裕度が1.0を下回る場合には接合部のボルトのせん断耐力から算定される許容荷重が竜巻による荷重を上回ることにより、部材が飛散しないことを確認する。</p> <p>b. 評価結果 外壁に対する影響評価を表1.4.6に示すが、外壁の構成部材である折板、胴縁、耐風梁、間柱及び縦枠のいずれについても余裕度1.0を上回り、飛散しないことを確認した。 屋根の飛散に対する影響評価は表1.4.7に示すとおり、屋根スラブ、梁について余裕度が1.0を上回るため飛散しないことを確認した。</p>	<p>(c) 外壁及び屋根の評価</p> <p>(c-1) 複合荷重(W_{T1}, W_{T2})に対する評価</p> <p>イ. 評価方針 外壁及び屋根について部材厚が特に薄い箇所を検討対象とし、複合荷重により各部材に発生する応力、ひずみが許容限界以下であることを確認する。</p> <p>ロ. 評価結果 評価結果については、工認審査の場において説明を行う。</p> <p>(c-2) 風圧力による荷重(W_w)及び気圧差による荷重(W_p)に対する評価</p> <p>イ. 評価方針 外壁及び屋根は、設計竜巻の風圧力による荷重W_w及び気圧差による荷重W_pが衝撃荷重W_Mとは逆向きの建屋の内側から外側方向に作用する。これらの荷重に対し、鉄骨造建屋の外壁及び屋根が破損の恐れがあると考えられるため、鉄骨造である燃料取扱棟の外壁及び屋根について検討を実施する。</p> <p>ロ. 評価結果 外壁及び屋根に対する評価結果を表4.6に示す。いずれの部材も余裕度が1.0を上回ることから飛散しないことを確認した。</p>	<p>ラントを停止して修復する。</p> <p>b. 防潮壁 風圧力による荷重に対して、構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。 防潮壁の構造は主に構造的に強度を確保した複数の部材(支柱と壁部材)を組み合わせる構造とすることで、設計飛来物による衝突時の損傷は局所的となり、大規模な損傷に至らない設計とする。損傷した場合には損傷状況を踏まえ、必要に応じ、プラントを停止して修復する。</p>	<p>記載方針の相違 ・複合荷重に対する評価を実施する方針は大飯と泊で変わらないが、泊では評価方針を明記している</p> <p>記載表現の相違</p> <p>施設名称の相違</p> <p>記載表現の相違及び設備名称の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																																																																										
<p style="text-align: center;">表 1.4.6 外壁に対する影響評価</p> <table border="1" data-bbox="91 236 660 427"> <thead> <tr> <th>部材番号</th> <th>材質</th> <th>竜巻による荷重 (kN/m²)</th> <th>許容荷重^{※1} (kN/m²)</th> <th>余裕度</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>折板</td> <td>SS400</td> <td rowspan="5">8.9</td> <td>10.35</td> <td>1.16</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>胴縁</td> <td>SSC400</td> <td>11.93</td> <td>1.34</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>耐風梁 W1</td> <td>SM490A</td> <td>12.45</td> <td>1.39</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>間柱 W5</td> <td>SS400</td> <td>10.99</td> <td>1.23</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>縦枠 縦枠②</td> <td>SS400</td> <td>11.48</td> <td>1.29</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 最小余裕度部位の評価結果を記載</p> <p style="text-align: center;">表 1.4.7 屋根の飛散に対する影響評価</p> <table border="1" data-bbox="91 499 660 667"> <thead> <tr> <th>部材番号</th> <th>材質</th> <th>竜巻による荷重 (kN/m²)</th> <th>許容荷重^{※1} (kN/m²)</th> <th>余裕度</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>スラブ S15A-1</td> <td>鉄筋コンクリート</td> <td rowspan="3">10.55</td> <td>28.22</td> <td>2.67</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>小梁 小梁⑥</td> <td>SS400</td> <td>11.75</td> <td>1.11</td> <td>○^{※2}</td> </tr> <tr> <td>大梁 大梁⑤</td> <td>SM490A</td> <td>20.90</td> <td>1.98</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 最小余裕度部位の評価結果を記載 ※2 (部材の終局耐力から算定される許容荷重) / (竜巻による荷重) が1.0を下回ることから、接合部のボルトのせん断耐力から算定される許容荷重が竜巻による荷重を上回ることを確認</p>	部材番号	材質	竜巻による荷重 (kN/m ²)	許容荷重 ^{※1} (kN/m ²)	余裕度	判定	折板	SS400	8.9	10.35	1.16	○	胴縁	SSC400	11.93	1.34	○	耐風梁 W1	SM490A	12.45	1.39	○	間柱 W5	SS400	10.99	1.23	○	縦枠 縦枠②	SS400	11.48	1.29	○	部材番号	材質	竜巻による荷重 (kN/m ²)	許容荷重 ^{※1} (kN/m ²)	余裕度	判定	スラブ S15A-1	鉄筋コンクリート	10.55	28.22	2.67	○	小梁 小梁⑥	SS400	11.75	1.11	○ ^{※2}	大梁 大梁⑤	SM490A	20.90	1.98	○	<p style="text-align: center;">表 4.6 外壁及び屋根に対する影響評価</p> <table border="1" data-bbox="723 288 1265 507"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>竜巻による荷重</th> <th>許容荷重</th> <th>裕度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">外壁</td> <td rowspan="3">8.9 (kN/m²)</td> <td>波板</td> <td>30.8 (kN/m²)</td> </tr> <tr> <td>胴縁</td> <td>11.1 (kN/m²)</td> </tr> <tr> <td>間柱</td> <td>13.6 (kN/m²)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">屋根</td> <td rowspan="3">10.55 (kN/m²)</td> <td>スラブ</td> <td>70.3 (kN/m²)</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> <td>65.2 (kN/m²)</td> </tr> <tr> <td>小梁</td> <td>39.5 (kN/m²)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(d) 外壁及び屋根の破損による影響評価 イ. 評価方針 「(c) 外壁及び屋根の評価」を踏まえ、外壁及び屋根が破損する場合について、破損による建屋内の竜巻防護施設への影響評価を実施する。 ロ. 評価結果 評価結果については、工認審査の場において説明を行う。</p>	部位	竜巻による荷重	許容荷重	裕度	外壁	8.9 (kN/m ²)	波板	30.8 (kN/m ²)	胴縁	11.1 (kN/m ²)	間柱	13.6 (kN/m ²)	屋根	10.55 (kN/m ²)	スラブ	70.3 (kN/m ²)	大梁	65.2 (kN/m ²)	小梁	39.5 (kN/m ²)		<p>設計方針の相違 ・評価対象施設及び評価結果の相違</p> <p>記載方針の相違 ・泊では、評価項目毎の評価方針を漏れなく記載しているだけ</p>
部材番号	材質	竜巻による荷重 (kN/m ²)	許容荷重 ^{※1} (kN/m ²)	余裕度	判定																																																																								
折板	SS400	8.9	10.35	1.16	○																																																																								
胴縁	SSC400		11.93	1.34	○																																																																								
耐風梁 W1	SM490A		12.45	1.39	○																																																																								
間柱 W5	SS400		10.99	1.23	○																																																																								
縦枠 縦枠②	SS400		11.48	1.29	○																																																																								
部材番号	材質	竜巻による荷重 (kN/m ²)	許容荷重 ^{※1} (kN/m ²)	余裕度	判定																																																																								
スラブ S15A-1	鉄筋コンクリート	10.55	28.22	2.67	○																																																																								
小梁 小梁⑥	SS400		11.75	1.11	○ ^{※2}																																																																								
大梁 大梁⑤	SM490A		20.90	1.98	○																																																																								
部位	竜巻による荷重	許容荷重	裕度																																																																										
外壁	8.9 (kN/m ²)	波板	30.8 (kN/m ²)																																																																										
		胴縁	11.1 (kN/m ²)																																																																										
		間柱	13.6 (kN/m ²)																																																																										
屋根	10.55 (kN/m ²)	スラブ	70.3 (kN/m ²)																																																																										
		大梁	65.2 (kN/m ²)																																																																										
		小梁	39.5 (kN/m ²)																																																																										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>(4) 設計飛来物の衝突に対する評価</p> <p>a. 評価方針</p> <p>鉄筋コンクリート造部分については、設計飛来物の外壁及び屋根への衝突に対し、貫通評価及び裏面剥離によるコンクリート片の飛散の評価を実施する。</p> <p>設計飛来物が鉄骨造部分の折板外壁に衝突した場合については、貫通するものとする。</p> <p>鉄筋コンクリート造部分の外壁及び屋根における貫通または裏面剥離の有無は、設計飛来物の衝突に対し貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さをそれぞれ算出し、評価部材の最小厚さと比較することで確認する。屋根に裏面剥離が発生する場合は、剥離したコンクリートが飛散しないことをデッキプレートの有無により確認する。貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さの評価については、以下の式を用いる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>貫通及び裏面剥離評価</p> <p>修正NDR式(①式)、Degen式(②式)及びChang式(③式)に基づいて評価を実施する。このうち貫通評価については①式に示す修正NDR式を用いて貫入深さx_cを求め、Degenによる②式により貫通限界厚さを求める。</p> <p>また、裏面剥離評価はChangによる③式により裏面剥離限界厚さを求める。</p> $x_c = \alpha_c \sqrt{4KWND \left(\frac{V}{1000D} \right)^{1.8}}, \text{ for } \frac{x_c}{\alpha_c D} < 2.0 \quad \dots \textcircled{1}$ $t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\}, \text{ for } \frac{x_c}{\alpha_c D} < 1.52 \quad \dots \textcircled{2}$ $t_s = \alpha_s 1.84 \left\{ \frac{200}{V} \right\}^{0.13} \frac{(MV^2)^{0.4}}{(D/12)^{0.2} (144Fc)^{0.4}} \quad \dots \textcircled{3}$ <p>ここで、 x_c: 貫入深さ (in) α_c: 飛来物低減係数 K: $180/\sqrt{Fc}$ W: 飛来物重量 (lb) N: 形状係数 D: 飛来物直径 (in) V: 衝突速度 (ft/s) Fc: コンクリート強度 (psi) t_p: 貫通厚さ (in) α_p: 飛来物低減係数 t_s: 裏面剥離厚さ (ft) α_s: 飛来物低減係数 M: 質量 (lb/(ft/s²))</p> </div> <p>b. 評価結果</p> <p>各建屋の外壁及び屋根スラブ等への設計飛来物への衝突に対して、貫通及び裏面剥離の発生に関する評価結果を表1.4.8に示す。</p>	<p>(e) 設計飛来物の衝突に対する評価</p> <p>イ. 評価方針</p> <p>鉄筋コンクリート造部分については、設計飛来物の外壁及び屋根への衝突に対し、貫通評価及び裏面剥離によるコンクリート片の飛散の評価を実施する。</p> <p>設計飛来物が鉄骨造部分の外壁（波板）に衝突した場合は、貫通するものとする。</p> <p>鉄筋コンクリート造部分の外壁及び屋根における貫通または裏面剥離の有無は、設計飛来物の衝突に対し貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さ（貫通及び裏面剥離を生じないために必要な最小厚さ）をそれぞれ算出し、評価部材の最小厚さと比較することで確認する。屋根に裏面剥離が発生する場合は、剥離したコンクリートが飛散しないことをデッキプレートの有無により確認する。貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さの評価については、以下の式を用いる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><貫通及び裏面剥離評価式></p> <p>修正NDR式(①式)、Degen式(②式)及びChang式(③式)に基づいて評価を実施する。このうち、貫通評価については、①式を用いて貫入深さx_cを求め、②式により貫通限界厚さを求める。</p> <p>また、裏面剥離評価は③式により裏面剥離限界厚さを求める。</p> $x_c = \alpha_c \sqrt{4KWND \left(\frac{V}{1000D} \right)^{1.8}}, \text{ for } \frac{x_c}{\alpha_c D} < 2.0 \quad \dots \textcircled{1}$ $t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\}, \text{ for } \frac{x_c}{\alpha_c D} \leq 1.52 \quad \dots \textcircled{2}$ $t_s = \alpha_s 1.84 \left\{ \frac{200}{V} \right\}^{0.13} \frac{(MV^2)^{0.4}}{(D/12)^{0.2} (144Fc)^{0.4}} \quad \dots \textcircled{3}$ <p>ここで、 x_c: 貫入深さ (in) α_c: 飛来物低減係数 K: $180/\sqrt{Fc}$ W: 飛来物重量 (lb) N: 形状係数 D: 飛来物直径 (in) V: 衝突速度 (ft/s) Fc: コンクリート強度 (psi) t_p: 貫通厚さ (in) α_p: 飛来物低減係数 t_s: 裏面剥離厚さ (ft) α_s: 飛来物低減係数 M: 質量 (lb/(ft/s²))</p> </div> <p>ロ. 評価結果</p> <p>各建屋の外壁及び屋根スラブ等への設計飛来物の衝突に対して貫通及び裏面剥離の発生に関する評価結果を表4.7に示す。</p>		<p>記載表現の相違</p> <p>記載表現の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉

泊発電所3号炉

女川原子力発電所2号炉

差異理由

表1.4.8 設計飛来物による貫通及び裏面剥離の発生に関する評価結果

建屋及び構築物	設計飛来物の飛来方向	貫通限界厚さ (cm)	裏面剥離限界厚さ (cm)	評価対象部材		評価結果		備考
				位置H. (m)	最小厚さ (cm)	貫通	裏面剥離	
原子炉格納容器 (PCCV)	水平	24.8	38.0					
	鉛直	17.5	29.0					
原子炉周辺建屋 (E/B)	水平	-	-					
	鉛直	19.3	34.1					
制御建屋 (C/B)	水平	27.2	44.7					
	鉛直	19.3	34.1					
廃棄物処理建屋 (W/B)	水平	27.2	44.7					
	鉛直	19.3	34.1					
燃料油貯蔵タンク基礎 重油タンク基礎	鉛直	20.4	37.2					
	鉛直	20.3	37.0					

枠組みの範囲は構造に依存する事項で必ずしも適用することはできません。

(5) 貫通及び裏面剥離発生による竜巻防護施設への影響評価
 a. 評価方針

「(4) 設計飛来物の衝突に対する評価」のとおり、原子炉周辺建屋 (E/B) の外壁及び屋根は、設計飛来物の衝突により貫通が生じるため、貫通の発生が原子炉周辺建屋内の竜巻防護施設である使用済燃料ピットへ与える影響の評価を実施する。

表4.7 設計飛来物による貫通及び裏面剥離評価結果

建屋	方向	必要最小厚さ ^{a)}		評価対象部材		評価結果		備考
		貫通 (cm)	裏面剥離 (cm)	位置 T.P. (m)	最小厚さ (cm)	貫通	裏面剥離	
原子炉建屋 (外部窓へい建屋)	水平	28	45	41.0~60.5 (シリンダー部)	100	○	○	デッキアプレートにより剥離コンクリートは発生しない
	鉛直	20	34	66.5~83.1 (ドーム部)	30	○	○	
原子炉建屋 (周辺構築物)	水平	29	49	10.3~19.0 (外壁)	40	○	○	建屋内部に施工されている鋼板により剥離コンクリートは発生しない
	鉛直	21	37	49.0 (屋根スラブ)	48	○	○	
原子炉建屋 (燃料取扱機)	水平	-	-	47.6~55.0 (鉄骨部)	-	×	-	貫通を回避し、鉄骨部が設計飛来物の侵入により影響評価を実施
	鉛直	21	37	47.6, 55.0 (外壁)	26	○	○	
原子炉補助建屋	水平	29	49	10.3~17.6 (外壁)	35	○	○	建屋内部に施工されている鋼板により剥離コンクリートは発生しない
	鉛直	21	37	33.1 (屋根スラブ)	38	○	○	
A1, A2-燃料油貯蔵タンク室	水平	29	49	18.8~24.8 (屋根部外壁)	29 ^{b)}	○	○	建屋内部に施工されている鋼板により剥離コンクリートは発生しない
	鉛直	21	37	18.9 (屋根スラブ)	26	○	○	
B1, B2-燃料油貯蔵タンク室	水平	21	37	地中構築物	70	○	○	デッキアプレートにより剥離コンクリートは発生しない
	鉛直	20	34	地中構築物	70	○	○	
取水ピットポンプ室 ストレーナ室	水平	-	-	地中構築物	-	×	-	当該室の上層 (外壁及び屋根) の貫通を回避し、当該室上部の開口部から当該室内への設計飛来物の侵入について影響評価を実施
	鉛直	-	-	地中構築物	-	×	-	

※1：小敷高以下を切り上げており、数値以上の影響が生じれば、貫通または裏面剥離を生じないとする。

※2：最小厚さ 20mm (コンクリート 15mm (コンクリート換算 10mm以上))

(f) 貫通及び裏面剥離発生による竜巻防護施設への影響評価
 i. 評価方針

「(e) 設計飛来物の衝突に対する評価」のとおり、燃料取扱棟 (鉄骨造部分) の外壁に対しては設計飛来物の貫通を想定し、当該建屋内に設置されている使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫内に設計飛来物が侵入した場合の影響評価を実施する。また、取水ピットポンプ室及びストレーナ室の上層 (循環水ポンプ建屋) の外壁及び屋根に対しては設計飛来物の貫通を想定し、当該室の上部開口部から当該室内に設計飛来物が侵入した場合の影響評価を実施する。

対象施設の相違
 ・評価対象施設及び評価結果の相違

記載表現の相違

対象施設の相違
 ・評価対象施設の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大飯発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>b. 評価結果</p> <p>竜巻防護施設である使用済燃料ピットに設計飛来物が侵入した場合の影響評価を実施し、安全機能の維持に影響がないことを確認した。評価結果は「1. 4. 4. 4 設備の構造健全性の確認結果」に示す。</p> <p>(6) 建屋外周部建具等の貫通評価</p> <p>a. 評価方針</p> <p>建屋外周部の建具等（ブローアウトパネル、ディーゼル発電機室の水密扉、燃料油貯蔵タンク基礎及び重油タンク基礎の鋼製蓋）は鋼製である。建屋外周部の建具等の貫通評価は、鋼製板における貫通限界厚さをタービンミサイル評価等で用いられているBRL式※1を用いて算出し、各建具等の板厚と比較することで健全性を確認する。なお、以下の式は参考文献※2に記載の式をSI単位系に換算している。</p> <p>※1：BRL式：原子炉施設のタービンミサイルの評価に用いられている評価式。</p> <div data-bbox="114 799 656 943" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $T^{\frac{1}{2}} = \frac{0.5 \cdot M \cdot V^2}{14396 \times 10^6 \cdot K^2 \cdot d^{\frac{1}{2}}}$ <p>T: 鋼板貫通厚さ(m) M: ミサイル質量(kg) V: ミサイル速度(m/s) d: ミサイル直径(m) K: 鋼板の材質に関する係数(=1)</p> </div> <p>※2：参考文献：ISES7607-3「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3」</p> <p>ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討（高温構造安全技術研究組合）</p> <p>「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会）」の中で、鋼板に対する貫通厚さの算出厚さの算出式に使用されている。</p> <p>b. 評価結果</p> <p>設計飛来物の衝突による建屋外周部等の建具の貫通評価結果を表1. 4. 9に示すが、燃料取扱建屋の開口部建具、ブローアウトパネルについては、設計飛来物の衝突により貫通が発生する。燃料油貯蔵タンク及び重油タンクの鋼製蓋については、最小厚さが貫通限界厚さを上回っており、設計飛来物が鋼製蓋を貫通することはない。</p> <p>なお、ディーゼル発電機室の水密扉については、貫通する可能性があるため、詳細確認結果を補足説明資料1-1別紙2に記載する。</p>	<p>ロ. 評価結果</p> <p>使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫内に設計飛来物が侵入した場合の影響評価を実施し、安全機能の維持に影響を与えないよう、新燃料貯蔵庫内の新燃料ラック（貯蔵している燃料集合体）に対する竜巻防護対策を実施する。評価結果は、「d. 設備の構造健全性の確認」に示す。</p> <p>また、取水ピットポンプ室及びストレーナ室内に設計飛来物が侵入した場合の影響評価を実施し、安全機能の維持に影響を与えないよう竜巻防護対策を実施する。</p> <p>(g) 建屋外周部建具等の貫通評価</p> <p>イ. 評価方針</p> <p>建屋外周部建具等（扉、シャッター、ブローアウトパネル、A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯槽及びB1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯槽のプロテクター蓋）は鋼製である。建屋外周部建具等の貫通評価は、設計飛来物の貫通を生じないために必要な鋼板の最小厚さをタービンミサイル評価等で用いられているBRL式※を用いて算出し、各建具等の板厚と比較することで健全性を確認する。</p> <p>※：原子炉施設のタービンミサイルの評価に用いられている評価式</p> <div data-bbox="730 799 1317 1074" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><BRL式></p> $T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2D^{3/2}}$ <p>ここで、 T: 鋼板貫通厚さ (in) M: ミサイル質量 (lb·s²/ft) V: ミサイル速度 (ft/s) D: ミサイル直径 (in) K: 鋼板の材質に関する定数 (≒1)</p> <p>参考文献：ISES7607-3「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査その3ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」（高温構造安全技術研究組合）</p> <p>「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日原子炉安全専門審査会）」の中で、鋼板に対する貫通厚さの算出厚さの算出式に使用されている。</p> </div> <p>ロ. 評価結果</p> <p>建屋外周部建具等の貫通評価結果を表4.8に示す。建屋の開口部の扉（一部を除く）、シャッター及びブローアウトパネルについては、設計飛来物の衝突により貫通が発生する。A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯槽及びB1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯槽のプロテクター蓋については、鋼板製の蓋で覆われており、設計飛来物がプロテクター蓋を貫通することはない。</p>		<p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・評価対象施設の相違 <p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊では、SI単位系への換算はせずにそのまま記載している <p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊では、貫通限界厚さ未満の箇所に対し

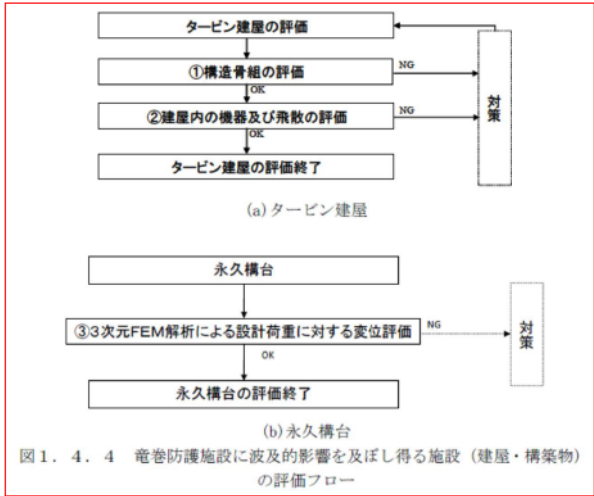
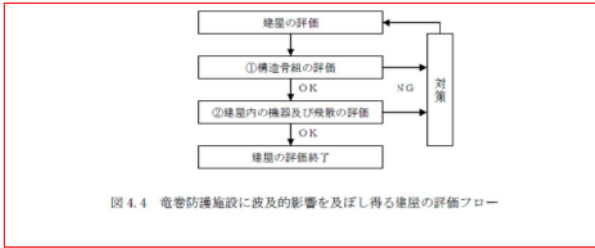
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由																											
<p>表 1.4.9 設計飛来物の衝突による建屋外周部等の建具の貫通評価結果^{※1}</p> <table border="1" data-bbox="91 256 680 539"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>貫通限界厚さ(mm)</th> <th>評価結果</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燃料取扱建屋の開口部建具</td> <td rowspan="5" style="background-color: black; color: black;">[Redacted]</td> <td rowspan="5" style="background-color: black; color: black;">[Redacted]</td> <td rowspan="5" style="background-color: black; color: black;">[Redacted]</td> </tr> <tr> <td>ブローアウトパネル</td> </tr> <tr> <td>ディーゼル発電機室水密扉</td> </tr> <tr> <td>燃料油貯蔵タンク及び重油タンクの鋼製蓋</td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：表中に記載の建具以外については、周辺に竜巻防護施設がないことを確認している。</p> <p>(7) 建屋外周部建具等を設計飛来物が貫通することによる竜巻防護施設への影響評価</p> <p>a. 評価方針</p> <p>「(6) 建屋外周部建具等の貫通評価」のとおり、燃料取扱建屋の開口部建具及びブローアウトパネルは、設計飛来物の衝突により貫通が発生するため、貫通した設計飛来物が竜巻防護施設に衝突しないことを確認する。</p> <p>b. 評価結果</p> <p>燃料取扱建屋の開口部建具については、開口部を貫通し建屋内に侵入した設計飛来物が建屋内の竜巻防護施設である使用済燃料ピットに衝突する可能性があるため、使用済燃料ピットの健全性確認を実施する。また、主蒸気配管室ブローアウトパネル部については、開口部を貫通し建屋内に侵入した設計飛来物が建屋内の竜巻防護施設に衝突する可能性があるため、防護対策を実施する。</p>	評価部位	貫通限界厚さ(mm)	評価結果	備考	燃料取扱建屋の開口部建具	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	ブローアウトパネル	ディーゼル発電機室水密扉	燃料油貯蔵タンク及び重油タンクの鋼製蓋		<p>表 4.8 設計飛来物の衝突による建屋外周部建具等の貫通評価結果</p> <table border="1" data-bbox="725 256 1314 432"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>必要最小厚さ</th> <th>評価結果</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>扉（ディーゼル発電機室）</td> <td>37 (mm)</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>シャッター、ブローアウトパネル、扉（上記を除く）</td> <td>37 (mm)</td> <td>×</td> <td>竜巻防護施設への影響評価を実施</td> </tr> <tr> <td>A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及び B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋</td> <td>22 (mm)</td> <td>○</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>(h) 建屋外周部建具等を設計飛来物が貫通することによる竜巻防護施設への影響評価</p> <p>イ. 評価方針</p> <p>「(g) 建屋外周部建具等の貫通評価」のとおり、建屋開口部の扉（一部を除く）、シャッター及びブローアウトパネルは、設計飛来物の衝突により貫通が発生するため、貫通した設計飛来物が竜巻防護施設に衝突しないことを確認する。</p> <p>ロ. 評価結果</p> <p>A, B吸気ガラリ室扉、原子炉補機冷却水サージタンク・空調用冷水膨脹タンク室扉、トラックアクセスエリア（2）扉及び主蒸気管室ブローアウトパネル部については、開口部を貫通し建屋内に侵入した設計飛来物が建屋内の竜巻防護施設に衝突する可能性があるため、竜巻防護対策を実施する。</p> <p>A, B吸気ガラリ室扉、原子炉補機冷却水サージタンク・空調用冷水膨脹タンク室扉、トラックアクセスエリア（2）扉及び主蒸気管室ブローアウトパネル以外の開口部については、竜巻防護施設が当該開口部周辺にないこと等から、設計飛来物が建屋内部に進入したとしても、竜巻防護施設に衝突することはないため竜巻防護施設への影響はない。</p> <p>(i) 建屋外周部建具の破損に関する評価</p> <p>イ. 評価方針</p> <p>建屋外周部建具である扉、シャッター及びブローアウトパネルのうち、複合荷重 (W_{T1}, W_{T2}) により破損するものについては、建屋内開口部周辺の竜巻防護施設の有無により、当該建具が破損したとしても建屋内の竜巻防護施設へ影響を及ぼさないことを確認する。</p> <p>ロ. 評価結果</p> <p>A, B吸気ガラリ室扉、原子炉補機冷却水サージタンク・空調</p>	評価部位	必要最小厚さ	評価結果	備考	扉（ディーゼル発電機室）	37 (mm)	○		シャッター、ブローアウトパネル、扉（上記を除く）	37 (mm)	×	竜巻防護施設への影響評価を実施	A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及び B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋	22 (mm)	○		<p>て特別な検討を実施しているものはないため不要</p> <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・評価対象施設及び評価結果の相違 <p>対象施設の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊では、評価項目毎の評価方針を漏れなく記載しているだけ
評価部位	貫通限界厚さ(mm)	評価結果	備考																											
燃料取扱建屋の開口部建具	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]																											
ブローアウトパネル																														
ディーゼル発電機室水密扉																														
燃料油貯蔵タンク及び重油タンクの鋼製蓋																														
評価部位	必要最小厚さ	評価結果	備考																											
扉（ディーゼル発電機室）	37 (mm)	○																												
シャッター、ブローアウトパネル、扉（上記を除く）	37 (mm)	×	竜巻防護施設への影響評価を実施																											
A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽及び B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯蔵槽のプロテクター蓋	22 (mm)	○																												

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻：別添1）

大阪発電所3/4号炉	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	差異理由
<p>1.4.4.3 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設(建屋・構築物)の構造健全性の確認結果</p> <p>(1) 概要</p> <p>竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設(建屋・構築物)であるタービン建屋及び永久構台について評価を行う。</p> <p>タービン建屋及び永久構台は、竜巻防護施設を内包する施設に隣接するため、波及的影響の評価としてそれぞれ設計竜巻により倒壊しないこと、設計荷重に対し竜巻防護施設を内包する施設に接触するような変位を生じないことを構造骨組の評価により確認する。</p> <p>竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設(建屋・構築物)の評価フローを図1.4.4に、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設(建屋・構築物)の評価内容を表1.4.10に示す。</p> <div data-bbox="73 834 665 1331" style="border: 1px solid red; padding: 5px;">  <p>図1.4.4 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設(建屋・構築物)の評価フロー</p> </div>	<p>用冷水膨脹タンク室扉、トラックアクセスエリア(2)扉及び主蒸気管室ブローアウトパネル部については、開口部周辺に竜巻防護施設があるため、竜巻防護対策を実施する。</p> <p>A、B吸気ガラー室扉、原子炉補機冷却水サージタンク・空調用冷水膨脹タンク室扉、トラックアクセスエリア(2)扉及び主蒸気管室ブローアウトパネル以外の開口部については、竜巻防護施設が当該開口部周辺にないこと等から、開口部の建具が破損したとしても竜巻防護施設への影響はない。</p> <p>c. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の構造健全性の確認結果</p> <p>(a) 概要</p> <p>竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設のうち、建屋である循環水ポンプ建屋、タービン建屋、電気建屋及び出入口管理建屋について評価を行う。</p> <p>循環水ポンプ建屋は、建屋の倒壊が竜巻防護施設に直接影響するため、また、タービン建屋、電気建屋及び出入口管理建屋は、竜巻防護施設の外殻となる施設に隣接するため、波及的影響の評価として設計竜巻により建屋が倒壊しないことを構造骨組の評価により確認する。</p> <p>評価フローを図4.4に、評価に関する対象荷重及び評価内容を表4.9に示す。</p> <div data-bbox="725 866 1317 1114" style="border: 1px solid red; padding: 5px;">  <p>図4.4 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る建屋の評価フロー</p> </div>	<p>女川原子力発電所2号炉</p>	<p>差異理由</p> <p>記載表現の相違</p> <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 泊では、建屋の倒壊が竜巻防護施設に直接影響する施設として、循環水ポンプ建屋がある <p>対象施設の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 評価対象施設の相違