東海第二発電所　新規制基準適合への対応状況(外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)(第6条))

設置許可基準規則第6条第1項及び第2項は，想定される竜巻が発生した場合においても安全施設の安全機能が損なわれないように設計することを要求しているため，以下の事項について対応状況を示す。

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条　安全施設は，想定される自然現象(地震及び津波を除く。次項において同じ。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 重要安全施設は，当該重要安全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重要安全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適切に考慮したものでなければならない。

3 (略)

(解釈)

第6条(外部からの衝撃による損傷の防止)

1 第6条は，設計基準において想定される自然現象(地震及び津波を除く。)に対して，安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等(重大事故等対処設備を含む。)への措置を含む。

2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは，敷地の自然環境を基に，洪水，風(台風)，竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。

3 第1項に規定する「想定される自然現象(地震及び津波を除く。)が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは，設計上の考慮を要する自然現象又はその組み合わせに遭遇した場合において，自然事象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件において，その設備が有する安全機能が達成されることをいう。

4 第2項に規定する「重要安全施設」については，「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」(平成2年8月30日原子力安全委員会決定)の「Ⅴ.2.(2)自然現象に対する設計上の考慮」に示されるものとする。

5 第2項に規定する「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」とは，対象となる自然現象に対応して，最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお，過去の記録，現地調査の結果及び最新知見等を参考にして，必要のある場合には，異種の自然現象を重畳させるものとする。

6 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは，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重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく，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た場合をいう。

7～8 (略)

外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)(第6条)

1.竜巻に対する防護に関して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針・・6 (竜巻)- 3
2.発生を想定する竜巻の設定 ・・6 (竜巻)- 7
(1) 竜巻検討地域の設定・・6 (竜巻)- 7
(2) 基準竜巻の設定・・6 (竜巻)-10
(3) 設計竜巻の設定・・6 (竜巻)-17
3. 設計荷重の設定・・・6 (竜巻)-21
(1) 設計竜巻荷重・・・6 (竜巻)-24
(1-1) 風圧力の設定 ・・・6 (竜巻)-24
(1-2) 気圧差による圧力 ・・6 (竜巻)-26
(1-3) 飛来物の衝撃荷重 ・・6 (竜巻)-28
(1-4) 設計竜巻荷重の組み合わせ ・・・6 (竜巻)-32
(2) 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重・・6 (竜巻)-33
4.設計対象施設の設計方針 ・・・6 (竜巻)-34
(1) 設計方針・・・6 (竜巻)-34
(2) 建屋･構築物等の構造健全性の確認【工事計画】 ・・・6 (竜巻)-39
(3) 設備の構造健全性の確認【工事計画】・・6 (竜巻)-40
(4) その他の確認事項【工事計画】・・・6 (竜巻)-41
5.竜巻随伴事象に対する設計対象施設の設計方針・・・6 (竜巻)-42

１．竜巻に対する防護に関して，設計上対処すべき施設を抽出するための方針

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
1.1 目的 原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6 条において、外部からの衝撃による損傷の防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、竜巻の影響を挙げている。本ガイドは、当該規定に関連して、原子炉施設の供用期間中に極めてまれに発生する突風強風を引き起こす自然現象としての竜巻及びその随伴事象（注1.1）等によって原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを設置許可段階において確認する一例として安全審査に活用することを目的とする。また、本評価ガイドは、竜巻影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。 設置許可段階の安全審査においては、以下の2点について確認する。 ・ 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（注1.2））が、本ガイドに示す基本的な方針を満足した上で適切に設定されていること。 ・ 設計荷重に対して、竜巻防護施設の構造健全性等が維持されて安全機能が維持される方針であること。 （注 1.1） 竜巻及び竜巻と同時に発生する可能性のある雷、大雨、雹等、あるいはダウンバースト等に伴って発生し得る事象 （注1.2） 2.2.2(2)参照 2.1 設計対象施設 以下の(1)及び(2)に示す施設を設計対象施設とする。 (1)竜巻防護施設 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震S クラスの設計を要求される設備（系統・機器）及び建屋・構築物等とする。(2)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設　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	(1)竜巻から防護する施設の抽出 ①　竜巻から防護する施設としては、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても、発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「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」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。	【「別添資料1　1.2.1」 （頁：6条(竜巻)-1-2）】
	(2)竜巻影響評価が必要となる施設を選定 別添資料において、竜巻影響評価が必要となる施設の選定について、既設プラントであることを踏まえ抽出フロー及び抽出結果を示す。 (2-1)竜巻防護施設の選定 ①　竜巻防護施設として、安全重要度分類指針に基づくクラス1及びクラス2に属する構築物、系統及び機器を抽出する方針としている。 竜巻から防護する施設のうちクラス1、クラス2に該当する構築物、系統及び機器（以下「竜巻防護施設」というは、以下のとおり分類している。 1.　屋外施設（竜巻防護施設を内包する施設を含む） 2.　屋内の施設で外気と繋がっている施設 3.　外殻となる施設による防護機能が期待できない施設 4.　防護機能を期待できることが確認できた施設（の区画）に内包される施設 上記の分類にしたがい、以下のとおり具体的な施設の例を確認した。 1.　屋外施設（竜巻防護施設を内包する施設を含む） (a)　非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ (b)　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気フィルタ （以下(a)(b)を区別不要の場合は，「ディーゼル発電機吸気フィルタ」という。） (c)　非常用ディーゼル発電機室ルーフベントファン (d)　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室ルーフベントファン （以下(c)(d)を区別不要の場合は，「ディーゼル発電機室ルーフベントファン」という。） (e)　中央制御室換気系冷凍機（配管，弁含む） （以下(e)を「中央制御室換気系冷凍機」という。） (f)　残留熱除去系海水系ポンプ（配管，弁含む） (g)　残留熱除去系海水系ストレーナ (h)　非常用ディーゼル発電機海水ポンプ（配管，弁含む） (i)　非常用ディーゼル発電機海水ストレーナ (j)　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水ポンプ（配管，弁含む） (k)　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水ストレーナ （以下(f)～(k)を区別不要の場合は，「海水ポンプ室内設備」という。	【「別添資料1　1.2」 （頁：6条(竜巻)-1-2 ～6条(竜巻)-1-11）】

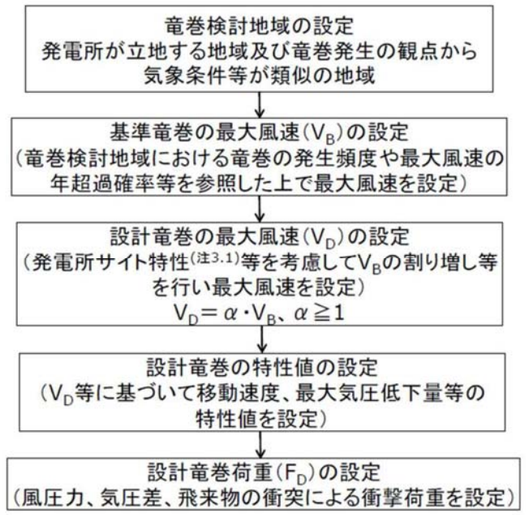
設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
させる可能性が否定できない施設，又はその施設の特定の区画（注2.1） 【解説】 解説2.1　設計対象施設 設計竜巻荷重は、基準地震動Ssによる地震荷重と同様に施設に作用するものと捉え、設計対象施設は、耐震設計上の重要度分類を引用して、耐震Sクラス施設及び耐震S クラス施設に波及的影響を及ぼし得る施設とした。ただし、竜巻防護施設の外殻となる施設等（竜巻防護施設を内包する建屋・構築物等）による防護機能によって、設計竜巻による影響を受けないことが確認された施設については、設計対象から除外できる。 竜巻防護施設の例としては、原子炉格納容器や安全機能を有する系統・機器（配管を含む）等が考えられる。外殻となる施設等による防護機能が期待できる設計対象施設の例としては、原子炉格納容器に内包された安全機能を有する設備等が考えられる。	(l)　非常用ガス処理系排気配管 (m)　排気筒 ＜以下，竜巻防護施設を内包する施設＞ (n)　原子炉建屋（原子炉圧力容器，原子炉再循環ポンプ等を内包） (o)　タービン建屋（気体廃棄物処理系隔離弁等を内包） (p)　使用済燃料乾式貯蔵建屋（使用済燃料乾式貯蔵容器を内包） (q)　軽油貯蔵タンクタンク室（軽油貯蔵タンクを内包） 2.　屋内の施設で外気と繋がっている施設 (a)　中央制御室換気系隔離弁，ファン（ダクト含む） (b)　非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト (c)　高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系ダクト （以下(b)(c)を区別不要の場合は，「ディーゼル発電機室換気系ダクト」という。） (d)　原子炉建屋換気系隔離弁，ダクト 3.　外殻となる施設（建屋，構築物）による防護機能が期待できない施設 (a)　中央制御室換気系ファン（空気調和器含む） (b)　中央制御室換気系フィルタユニット （以下(a)(b)を区別不要の場合は，「中央制御室換気系ファン」という。） (c)　非常用電源盤（原子炉建屋附属棟１階電気室） (d)　非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備 (e)　使用済燃料プール (f)　燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 (g)　使用済燃料乾式貯蔵容器 4.　防護機能を期待できることが確認できた施設（の区画）に内包される施設 別添資料において，竜巻影響評価が必要となる竜巻防護施設の抽出結果、安全機能の重要度分類及び耐震重要度分類との関係が整理され、抽出結果は網羅的である。 ②　別添資料において、耐震重要度Sクラス設備等が安全重要度分類クラス1、2に包絡されることを確認した。ただし、耐震重要度Sクラス設備である津波防護設備等は、竜巻に対応するための設備ではなく，発生頻度を踏まえると，機能が必要となる前の修復等の対応が可能と考え、竜巻防護施設としては抽出しないことを確認した。 ③　クラス3に属する施設については，竜巻及びその随伴事象による損傷を考慮して，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で，安全機能を損なうことのない設計とすることから抽出しない方針としている。	【「別添資料1　1.2」 （頁：6条(竜巻)-1-2～7）】 【「別添資料1　1.2.2」 （頁：6条(竜巻)-1-2）】 【「別添資料1　1.2.1」 （頁：6条(竜巻)-1-2）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	(2-2)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の選定 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として評価対象施設となる施設は，発電所構内の構築物，系統及び機器のうち，倒壊により竜巻防護施設を機能喪失させる（機械的影響）可能性があるもの，及び屋外に設置される竜巻防護施設の附属設備のうち，気圧差等による損傷により竜巻防護施設を機能喪失させる（機能的影響）可能性があるものとしている。 別添資料において，竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出結果は網羅的である。 ① 機械的影響の観点 発電所構内の構築物，系統及び機器のうち，竜巻により倒壊して，竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設を機能喪失させる可能性がある施設，またはその施設の特定の区画を抽出している。 (a) サービス建屋 (b) 海水ポンプ室 (c) 鋼製防護壁 (d) 排気筒 ② 機能的影響の観点 発電所構内の構築物，系統及び機器のうち，竜巻により損傷して，竜巻防護施設の機能喪失させる可能性がある屋外に設置されている竜巻防護施設の附属設備を抽出している。 (a) 非常用ディーゼル発電機排気消音器 (b) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器 (以下(a)(b)を区別不要の場合は，「ディーゼル発電機排気消音器」という。) (c) 非常用ディーゼル発電機排気配管 (d) 非常用ディーゼル発電機燃料デイタンクベント管 (e) 非常用ディーゼル発電機機関ベント管 (f) 非常用ディーゼル発電機潤滑油サンプタンクベント管 (g) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気配管 (h) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料デイタンクベント管 (i) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機機関ベント管 (j) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機潤滑油サンプタンクベント管 (以下(c)～(j)を区別不要の場合は，「ディーゼル発電機附属設備配管」という。) (k) 残留熱除去系海水系配管（放出側） (l) 非常用ディーゼル発電機海水配管（放出側） (m) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水配管（放出側） (以下(k)～(m)を区別不要の場合は，「海水ポンプ室内設備附属配管（放出側）」という。)	【「別添資料1　1.2」 （頁：6条(竜巻)-1-8 ～6条(竜巻)-1-11）】

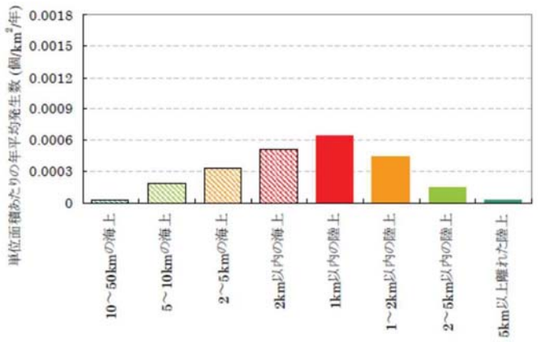
設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	(2-3)竜巻防護施設を内包する施設の選定 ①　竜巻防護施設の屋外施設にて，竜巻防護施設を内包する施設も含めて抽出している。	【「別添資料1　1.2」 （頁：6条(竜巻)-1-5）】

２．発生を想定する竜巻の設定

(1) 竜巻検討地域の設定

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
3. 基準竜巻･設計竜巻の設定 3.1 概要 設置許可段階の安全審査において、基準竜巻及び設計竜巻が適切に設定されていることを確認する。 【解説】 解説3.1　基準竜巻･設計竜巻の最大風速の設定 設計竜巻荷重を設定するまでの基本的な流れは解説図3.1に示すとおりである。  解説図3.1 基準竜巻･設計竜巻の設定に係る基本フロー (注3.1) 地形効果による竜巻の増幅特性等 3.2 竜巻検討地域の設定 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の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。 【解説】 解説3.2 竜巻検討地域の設定	東海第二発電所が立地する地域と気象条件の類似性の観点及び局所的な地域性の観点から検討を行い、竜巻検討地域を設定する。 ① 気象条件の類似性の観点では、気象総観場毎の竜巻発生場所を整理し、東海第二発電所と類似の地域を抽出する。 気象総観場は、気象庁「竜巻等の突風データベース」の総観場を基に、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。)を参考に、低気圧、台風、停滞前線、局地性降雨、季節風及びその他の6つに分類して竜巻検討地域を設定する。 別添資料において、竜巻発生箇所と竜巻検討地域の図を示す。 ② ①の出典元は以下のとおりである。 ・東京工芸大学(2011)：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報告書 ③ 竜巻検討地域は、太平洋側の福島県から沖縄県の海岸線から、陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域に設定する(面積約　5.7×10^4km^2)。 別添資料において、竜巻発生箇所と竜巻検討地域の図を示す。 ④ 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、全国19個の竜巻集中地域が示されており、東海第二発電所は、竜巻集中地域⑰に立地している。 ⑤ 竜巻発生の地域性が見られる台風起因の検討範囲で単位面積当りの竜巻発生数が最も大きくなること、当該範囲には、F2～F3などの大きな竜巻も取込めていることから、竜巻検討地域は妥当な設定となっている。 別添資料において、選定した地域の範囲は、単位面積当たりの竜巻発生数が大きくなるよう、かつ、藤田スケールが比較的大きな竜巻が含まれるよう設定している。	【「別添資料1　2.2.1」 (頁：6条(竜巻)-1-15 ～6条(竜巻)-1-17) 】 【「別添資料1　2.2.4」 (頁：6条(竜巻)-1-21) 】 【「別添資料1　2.2.3」 (頁：6条(竜巻)-1-20) 】 【「別添資料1　2.2.2」 (頁：6条(竜巻)-1-19) 】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
竜巻検討地域の設定にあたっては、IAEA の基準(参1)が参考になる。IAEAの基準では、ある特定の風速を超過する竜巻の年発生頻度の検討にあたって竜巻の記録を調査する範囲として、およそ10万km^2を目安にあげている。このIAEAの基準を参考として、竜巻検討地域の目安を、原子力発電所を中心とする10万km^2の範囲とする。しかしながら、日本では、例えば日本海側と太平洋側とで気象条件が異なる等、比較的狭い範囲で気象条件が大きく異なる場合があることから、必ずしも10万km^2に拘らずに、竜巻発生の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する地域を調査した結果に基づいて竜巻検討地域を設定することを基本とする。 (2)原子力発電所が海岸線付近に立地する場合の竜巻検討地域の設定 解説図3.2に日本における竜巻の発生分布(参2)を示す。解説図3.2より日本における竜巻の発生位置は、海岸線付近に集中している傾向が伺える。解説図3.3に日本の海岸線付近における竜巻の発生状況を示す。解説図3.3をみると、海岸線から1km 以内の陸上では単位面積あたりの1年間の平均発生数は6.0×10^{-4}(個/km^2/年)を少し超える程度であり、海岸線から離れるに従って竜巻の発生数が減少する傾向が伺える。例えば、解説図3.3の陸上側のｸﾞﾗﾌの分布をみると、海岸線から5km以上離れた地域では、竜巻の発生数が急激に減少する傾向がみられる。以上の傾向を踏まえて、原子力発電所が海岸線付近に立地する場合は、海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を目安に竜巻検討地域を設定することとする。なお、原子力発電所がこの範囲(海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲)を逸脱する地域に立地する場合は、海岸線付近で竜巻の発生が増大する特徴を踏まえつつ竜巻検討地域の範囲を別途検討する必要がある。		

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
 解説図3.2 日本における竜巻の発生分布 （1961～2011 年、気象庁作成）(参2)  解説図3.3 日本の海岸線付近における竜巻の発生状況(参3)(注3.2)（1961～2009年12月、規模:F0以上） （注3.2）被害の痕跡が残りにくい海上竜巻は、単位面積あたりの年平均発生数が、実際の発生数より特に少ない可能性が考えられる。		

(2) 基準竜巻の設定

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
3.3 基準竜巻の設定 以下の基本的な方針に基づいて基準竜巻の最大風速(V_B)を設定する。ここで、V_B は最大瞬間風速とする。 (1) 基準竜巻の最大風速(V_B)は、竜巻検討地域において、過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮して適切に設定する。 (2) 基準竜巻の最大風速(V_B)は、下記に示すV_{B1}とV_{B2}のうちの大きな風速とする。 ① 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1}) 日本で過去に発生した竜巻による最大風速をV_{B1}として設定することを原則とする。ただし、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場合においては、「日本」を「竜巻検討地域」に読み替えることができる。 ② 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2}) 竜巻検討地域における竜巻の観測記録等に基づいて作成した竜巻最大風速のハザード曲線上において、年超過確率(P_{B2})に対応する竜巻最大風速をV_{B2}とする。ここで、P_{B2}は10_{-5}(暫定値)を上回らないものとする。 また、竜巻検討地域において基準竜巻の最大風速(V_B)が発生する可能性を定量的に確認するために、V_Bの年超過確率を算定することとする。なお、V_BがV_{B1}から決定された場合(V_B=V_{B1}の場合)は、V_{B2}の算定に用いた竜巻最大風速のハザード曲線を用いて、V_Bの年超過確率を算定する。ちなみに、米国NRCの基準類(参4)では、設計に用いる竜巻(設計基準竜巻:Design-basis tornado)の最大風速は、年超過確率10^{-7}の風速として設定されている	基準竜巻の最大風速の設定に当たり、竜巻検討地域において過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮し、過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})と、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})を求め、その結果、大きい方を基準竜巻の最大風速として設定していることを確認した。 ① 基準竜巻の最大風速として、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})を算出していることを確認した。(→詳細は次ページ以降) ② その上で、V_{B1}とV_{B2}を比較し、大きい方のV_{B1}を基準竜巻の最大風速として設定していることを確認した。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}=80.0m/sより、東海第二発電所における基準竜巻の最大風速V_Bは92m/sとしている。	【「別添資料1　2.2.2」 （頁：6条(竜巻)-1-19）】
【解説】 解説3.3 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定 解説3.3.1 過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1})の設定 本文に記載のとおり、日本で過去に発生した竜巻による最大風速をV_{B1}として設定することを原則とする。	(1)過去に発生した竜巻による最大風速(V_{B1}) ① 具体的にV_{B1}の設定に当たっては、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の最大風速について、竜巻検討地域で過去に発生した最大の竜巻であるFスケール3(風速70～92m/s)の最大値(92m/s)を選定している。 竜巻検討地域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。 ② 竜巻検討地域で観測されたF3スケール竜巻にて評価し，日本全国の過去に発生した竜巻規模と同一である。	【「別添資料1　2.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-22）】

<table>
<tr><th>設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）</th><th>適合のための対応状況</th><th>審査資料該当箇所</th></tr>
<tr><td>
また、過去に発生した竜巻による最大風速は、竜巻による被害状況等に基づく既往のデータベース、研究成果等について十分に調査・検討した上で設定する必要がある。
日本における過去最大級の竜巻としては、例えば、1990年12月に千葉県茂原市で発生した竜巻、2012年5月に茨城県常総市からつくば市で発生した竜巻等があげられる。竜巻検討地域の観測記録等に基づいてV_{B1}を設定する場合において、これら過去最大級の竜巻を考慮しない場合には、その明確な根拠を提示する必要がある。
竜巻による被害状況から推定された最大風速を参照して設定された藤田スケールを用いて基準竜巻の最大風速を設定する場合は、藤田スケールの各区分(F0～F5)の最大風速を用いる。解説表3.1 に藤田スケールと風速の関係を示す。なお、風速計等によって観測された風速記録がある場合には、その風速記録を用いてもよい。

解説表3.1 藤田スケールと風速の関係(参5)
<table>
<tr><th>スケール</th><th>風速</th></tr>
<tr><td>F0</td><td>17～32m/s　(約 15 秒間の平均)</td></tr>
<tr><td>F1</td><td>33～49m/s　(約 10 秒間の平均)</td></tr>
<tr><td>F2</td><td>50～69m/s　(約 7 秒間の平均)</td></tr>
<tr><td>F3</td><td>70～92m/s　(約 5 秒間の平均)</td></tr>
<tr><td>F4</td><td>93～116m/s　(約 4 秒間の平均)</td></tr>
<tr><td>F5</td><td>117～142m/s　(約 3 秒間の平均)</td></tr>
</table>
</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>
解説3.3.2 竜巻最大風速のハザード曲線を用いた最大風速(V_{B2})の算定
既往の算定方法(Wen&Chu(参6)及びGarson et.al(参7、参8))に基づいてV_{B2}を算定する方法について、その基本的な考え方を以下に例示する。竜巻最大風速のハザード曲線の算定は、解説図3.4に示す算定フローに沿って実施する。なお、本ガイドに示すV_{B2}の具体的な算定方法については、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の成果(参3)が参考になる。
</td><td>
(2)竜巻最大風速ハザード曲線による最大風速(V_{B2})
① V_{B2}の設定に当たっては、竜巻検討地域におけるハザード曲線を基に、年超過確率10^{-5}に相当する最大風速(80m/s)を選定している。
別添資料において、V_{B2}の設定にあたって以下の順に算定したことを示す。
1. 算定フロー
2. 竜巻の発生頻度の分析
3. 竜巻被害幅、被害長さの分析
4. 竜巻風速、被害幅、被害長さの確率分布、相関係数
5. 竜巻影響エリア
6. ハザード曲線の算定方法
</td><td>【「別添資料1　2.3.1」
（頁：6条(竜巻)-1-23）】</td></tr>
</table>

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
竜巻による被害域幅、被害域長さ及び移動方向は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録に基づいて対数正規分布等を仮定して設定することを基本とする。また、竜巻による被害域幅、被害域長さ及び移動方向の設定に使用する竜巻の観測記録や仮定条件等は、後述する竜巻の最大風速の確率密度分布の設定に用いる観測記録や仮定条件等との整合性を持たせることを原則とし、V_{B2}の算定に使用するデータ等には一貫性を持たせるように配慮する。	7. 竜巻最大風速のハザード評価 8. 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定 また、その際に以下の項目を踏まえて算定していることを示す。 a. ポリヤ分布の適合性について b. 竜巻発生数の確率分布(ポアソン分布、ポリヤ分布)がハザード曲線に及ぼす影響について c.今回設定した竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})について	
	(2-1)竜巻影響エリアの設定 ① 竜巻影響エリアは、東海第二発電所の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア(直径300m、面積約7.1×10^4 m^2)として設定する。 ② 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東京工芸大学委託成果を参照し、対数正規分布に従うものとする。 ③ 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。 このように、前述のFスケール不明の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。 また、1961年以降の観測データのみを用いて、竜巻風速、被害幅及び被害長さについて相関係数を求めている。	【「別添資料1　2.3.5」 (頁：6条(竜巻)-1-29) ～6条(竜巻)-1-30) 】 【「別添資料1　2.3.3」 (頁：6条(竜巻)-1-26) 】 【「別添資料1　2.3.4」 (頁：6条(竜巻)-1-29) 】
(2)竜巻の年発生数の確率分布の設定 竜巻の年発生数の確率分布は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録等に基づいてポアソン過程等により設定することを基本とする。具体的には、竜巻検討地域を海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲に設定した場合は、少なくとも1km範囲ごとに竜巻の年発生数の確率分布を算定し、そのうちのV_{B2}が最も大きな値として設定される確率分布を設計で用いることとする。	(2-2)竜巻の年発生数の確率分布の設定 ① ハザード曲線の評価に当たっては、竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定し、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する。 ポリヤ分布を採用する理由を以下のとおり。 ・ 竜巻年発生数の確率分布の設定にはポアソン分布とポリヤ分布が考えられる。ポアソン分布は、生起確率が正確に分か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)。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。 ・ また、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、東京工芸大学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。	【「別添資料1　2.3.3」 (頁：6条(竜巻)-1-26) 】

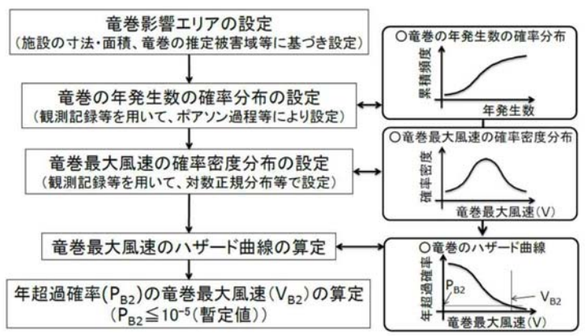
設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	② 竜巻の発生頻度の分析については、気象庁「竜巻等の突風データベース」をもとに、1961年～2012年6月までの51.5年間の統計量をF スケール別に算出するが、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の基本的な考え方で分析している。 ・ 被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。 ・ 被害が比較的軽微なF1竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。 ・ 被害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1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を用いる。 ※ また、Fスケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。 陸上で発生→海へ移動した竜巻：陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があって初めてそのFスケールが推定されるため、陸上でのFスケール不明の竜巻は、被害が少ないF0竜巻と見なす。 海上竜巻：海上で発生しその後上陸しなかった竜巻（以下「海上竜巻」という。）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。」という仮定に基づいて各Fスケールに分類する。その結果、Fスケール不明の海上竜巻の取扱いにより、観測実績に対して保守性を高めた評価としている。	【「別添資料1　2.3.3」 （頁：6条(竜巻)-1-24）】
(3)竜巻最大風速の確率密度分布の設定 竜巻最大風速の確率密度分布は、竜巻検討地域で過去に発生した竜巻の記録等に基づいて対数正規分布等を仮定して設定することを基本とする。竜巻最大風速の確率密度分布の設定にあたっては、竜巻の年発生数の確率分布の設定と同様に、竜巻検討地域を1km 範囲ごとに区切ってそれぞれの範囲で確率分布を算定し、そのうちのVB2が最も大きな値として設定される確率分布を設定する等、配慮する。 竜巻最大風速の確率密度分布の設定にあたって使用する観測された竜巻の最大風速を藤田スケールに基づいて評価する場合は、藤田スケールの各区分(F0～F5)の最小風速から最大風速のうち、V_{B2}が最も大きくなる風速を用いる。ただし、風速計等によって観測された風速記録がある場合には、その風速記録を用いてもよい。	(2-3)竜巻最大風速の確率密度分布の設定 ① (2-1)②にあるとおり、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東京工芸大学委託成果を参照し、対数正規分布に従うものとする。 ② 1km 範囲ごとに細分化した評価は、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）を設定する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1km範囲内の被害幅及び被害長さを用い、これに基づいて、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1km短冊ケースについてもハザード曲線を求め、陸側3～4kmを対象とした場合の風速80.0m/sをV_{B2}としている。 別添資料において、1km ごとの短冊各ケースのハザード曲線を示す。 ③ ハザード評価では、特定の風速以上となる超過確率が重要であることから観測値ベースの超過確率が適切に評価できる分布形が望ましいとの観点で、各藤田スケールの風速を中央値で設定していることを確認した。 別添資料において、ハザード曲線の算定方法を示す。	【「別添資料1　2.3.6」 （頁：6条(竜巻)-1-33）】 【「別添資料1　2.3.6」 （頁：6条(竜巻)-1-31） ～6条(竜巻)-1-32）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
(4)竜巻最大風速のハザード曲線の算定 上記で設定した竜巻の年発生数の確率分布及び竜巻最大風速の確率密度分布を用いて、竜巻最大風速のハザード曲線を算定する。 なお、竜巻最大風速のハザード曲線の算定において、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値を設定する場合は、竜巻最大風速の評価を行うハザード曲線が不自然な形状にならないように留意する。	(2-4)竜巻最大風速ハザード曲線の算定 ① (2-3)②にあるとおり、算定したハザード曲線から年超過確率10^{-5}における風速を求めると、陸側3～4kmを対象とした場合の風速80.0m/s が最大となる。 ハザード曲線は、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以上となる確率を求めて作成している。算出は以下のとおり。 竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式(a)で示される(Wen and Chu[1]) $$P_T(N)=\frac{(\nu T)^N}{N!}(1+\beta\nu T)^{-(N+1/\beta)}\prod_{k=1}^{N-1}(1+\beta k) \quad (a)$$ ここで、N は竜巻の年発生数、ν は竜巻の年平均発生数、T は年数である。 β は分布パラメータであり式(b)で示される。 $$\beta=\left(\frac{\sigma^2}{\nu}-1\right)\times\frac{1}{\nu} \quad (b)$$ ここで、σ は竜巻の年発生数の標準偏差である。D を竜巻影響評価となる対象構造物が風速V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、竜巻影響評価の対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速がV_0以上となる確率を$R(V_0)$とした時、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速がV0 以上となる確率は式(c)で示される。 $$P_{V_0,T}(D)=1-[1+\beta\nu R(V_0)T]^{-1/\beta} \quad (c)$$ 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$5.7\times10^4 km^2$)、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(d)で示される。 $$R(V_0)=\frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (d)$$ ここで、E[DA(V0)] はDA(V0)の期待値を意味する。 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(d)により$R(V_0)$を推定して、式(c)によりP_{V0}、T(D)を求める。風速をV、被害幅をw、被害長さをl及び移動方向をα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(e)で示される(Garsonet al.[2])。 $$E[DA(V_0)]=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_{V_0}^\infty W(V_0)\,l\,f(V,w,l)\,dV\,dw\,dl + \int_0^{2\pi}\int_0^\infty\int_{V_0}^\infty H(\alpha)\,l\,f(V,l,\alpha)\,dV\,dl\,d\alpha + \int_0^{2\pi}\int_0^\infty\int_{V_0}^\infty W(V_0)G(\alpha)\,f(V,w,\alpha)\,dV\,dw\,d\alpha \quad (e)$$	【「別添資料1　2.3.6」 （頁：6条(竜巻)-1-31） ～6条(竜巻)-1-32）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	$$+S\int_{V_0}^{\infty} f(V)dV$$ ここで、H(α)及びG(α)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竜巻影響評価対象構造物を投影した時の長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、H 、G ともに竜巻影響エリアの直径300mで一定(竜巻の移動方向に依存しない)となる。Sは竜巻影響エリアの面積(直径300mの円の面積:約7.1×10^4 m^2)を表す。円の直径をLとした場合の計算式は式(f)で示される。 $$E[DA(V_0)]=\int_0^{\infty}\int_0^{\infty}\int_{V_0}^{\infty} W(V_0)\,l\,f(V,w,l)\,dV\,dw\,dl$$ $$+L\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\int_{V_0}^{\infty} l\;f(V,l,\alpha)\,dV dl\,d\alpha$$ $$+L\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\int_{V_0}^{\infty} W(V_0)f(V,w,\alpha)\,dV dw\,d\alpha \qquad (f)$$ $$+S\int_{V_0}^{\infty} f(V)dV$$ また、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に設定する。 また、W(V_0)は、竜巻の被害幅のうち風速がV_0を超える部分の幅であり、式(g)で示される。この式により、被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布がある(被害幅の端ほど風速が小さくなる)ことが考慮されている(Garson et al. [(2)]、Garson et al.[(3)])。 $$W(V_0)=\left(\frac{V_{\min}}{V_0}\right)^{1/1.6} w \qquad (g)$$ ここで、係数の1.6について、既往の研究では例えば0.5や1.0 などの値も提案されている。ガイドにて参照しているGarson et al.[(3)]では、観測値が不十分であるため保守的に1.6を用いることが推奨されており、本評価でも1.6を用いる。 また、東海第二発電所の竜巻影響評価では、設計竜巻の最大風速V_Dより米国NRCの基準類[(4)] を参考として、ランキン渦モデルによる竜巻風速分布に基づいて設計竜巻の特性値等を設定している。ランキン渦モデルは高さ方向によって風速及び気圧が変化しないため、地表から上空まで式(g)を適用できる。 なお、式(g)において係数を1.0 とした場合がランキン渦モデルに該当する。 また、Vmin は、Gale intensity velocity と呼ばれ、被害が発生し始める風速に位置づけられる。Garson etal. [(3)]では、Vmin= 40mph≒ 18m/s(1mph≒1.61km/h)を提案している。米国気象局NWS(National Weather Service) では、Gale intensity velocity は34～ 47 ﾉｯﾄ(17.5～24.2m/s)とされている。また、気象庁が使用している風力階級では、風力9 は大強風(strong gale:20.8～24.4m/s)と分類されており、風力9では「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める。」とされている。	

<table>
<tr><th>設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）</th><th>適合のための対応状況</th><th>審査資料該当箇所</th></tr>
<tr><td>(4)竜巻最大風速のハザード曲線の算定
上記で設定した竜巻の年発生数の確率分布及び竜巻最大風速の確率密度分布を用いて、竜巻最大風速のハザード曲線を算定する。
なお、竜巻最大風速のハザード曲線の算定において、竜巻最大風速の確率密度分布の積分の上限値を設定する場合は、竜巻最大風速の評価を行うハザード曲線が不自然な形状にならないように留意する。</td><td>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^{-5}における風速を求めると、73m/s となる。

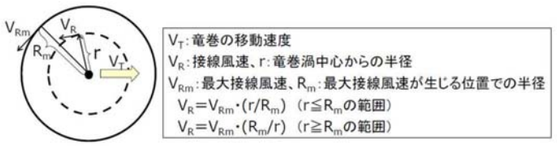
出典元
(1) Wen. Y. K and Chu. S. L.(1973):Tornado Risks and Design Wind Speed.Journalof the StructuralDivision, ASCE, Vol.99, No.ST12,pp.2409-2421.
(2) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C.A.(1975):Tornado Design Winds Based on Risk.Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.101,No.ST9,pp.1883-1897.
(3) Garson. R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C.A.(1975): Tornado Risk Evaluation using WindSpeed Profiles. Journal of the Structural Division,ASCE, Vol.101, No.ST5, pp.1167-1171.
(4) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION : REGULATORY GUIDE 1.76,DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADOMISSILES FOR NUCLEAR POWER PLANTS,Revision 1, March 2007

② 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な形状とならない程度の大きな値として120m/sに設定している</td><td>【「別添資料1　2.3.6」
（頁：6条(竜巻)-1-32）】</td></tr>
<tr><td>(5)年超過確率(P_{B2})に対応する竜巻最大風速(V_{B2})の算定
上記で算定した竜巻最大風速のハザード曲線において年超過確率がP_{B2}(≦10^{-5}(暫定値))の竜巻最大風速をV_{B2} とする。
 

解説図3.4 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速(V_{B2})の算定フロー</td><td>(2-5)年超過確率(P_{B2})に対応する竜巻最大風速(V_{B2})の算定
① (2-3)②にあるとおり、1km 範囲ごとに細分化した評価は、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)を設定して評価する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1km範囲内の被害幅及び被害長さを用いている。上記評価条件に基づいて、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ハザード曲線を算定する。これら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、陸側3～4kmを対象とした場合の80.0m/sが最大となる。
別添資料において、1kmごとに細分化した各短冊ケースの竜巻ハザード曲線が示されており、陸側3～4km を対象とした場合の風速(80.0m/s)が最大となることを示す。</td><td>【「別添資料1　2.3.7」
（頁：6条(竜巻)-1-34）】</td></tr>
</table>

(2) 設計竜巻の設定

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
3.4 設計竜巻の設定 以下の基本的な方針に基づいて設計竜巻の最大風速(V_D)及び特性値を設定する。ここで、V_D は最大瞬間風速とする。 (1) 設計竜巻の最大風速(V_D)は、原子力発電所が立地する地域の特性(地形効果による竜巻の増幅特性等)等を考慮して、科学的見地等から基準竜巻の最大風速(V_B)の適切な割り増し等を行って設定されていること。なお、V_D は、V_B を下回らないものとする。	3.4 設計竜巻の設定 ① 設計竜巻の最大風速の設定に当たり、東海第二発電所の地形等を踏まえれば、基準竜巻の最大風速を割り増す必要がないが、基準竜巻の最大風速を切り上げて設計竜巻の最大風速(100m/s)とする。 ② 竜巻の増幅可能性について以下のとおり考察した結果、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低い。 ・ Forbes[5]によると、下り斜面又は山裾で竜巻の強さは増すことが確認されている。 ・ Lewellen[6]では、山及び谷の地形を考慮したシミュレーションを行い、Forbes[5]の知見と合致する結果を得ている ・ 東海第二発電所の敷地周辺は，最大でも標高40m程度のなだらかな地形であり，竜巻渦の旋回強度に影響を及ぼすと考えられるマイクロスケール（数百m）規模の起伏は認められない。 出典元 (5) Forbes, G. S., Topographic influences on tornadoes in Pennsylvania, 19th Conference on SevereLocal Storms, American Meteorological Society, pp.269-272, 1998. (6) Lewellen, D. C., Effects of Topography on Tornado Dynamics: A Simulation Study,26th Conferenceon Severe Local Storms, American Meteorological Society, Nov.5-8, 2012. ③ 竜巻の減衰の効果は考慮していない。	【「別添資料1　2.4」 （頁：6条(竜巻)-1-40 ～6条(竜巻)-1-41）】
(2) 設計竜巻の特性値は、設計竜巻の最大風速(V_D)、並びに竜巻検討地域において過去に発生した竜巻の特性等を考慮して適切に設定する。 【解説】 解説3.4 設計竜巻の最大風速(V_D)及び特性値の設定 解説3.4.1 設計竜巻の最大風速(V_D)の設定で考慮する地形効果による竜巻の増幅特性 丘陵等による地形効果によって竜巻が増幅する可能性があると考えられる(参9ほか)ことから、原子力発電所が立地する地域において、設計対象施設の周辺地形等によって竜巻が増幅される可能性について検討を行い、その検討結果に基づいて設計竜巻の最大風速(V_D)を設定する。なお、竜巻が丘陵や段差等の上空を通過した際には、竜巻が減衰する可能性が指摘されている(参10、参11)が、V_Dの設定においては、そのような減衰の効果は考慮しない。	(2)設計竜巻の特性値の設定 ① 設計竜巻の特性値の設定に当たり，米国原子力規制委員会（NRC）の基準類を参考としたモデルを用いている。 ② ランキン渦モデルより複雑な竜巻渦を仮定した数学モデル等は使用していない。	【「別添資料1　2.4.4」 （頁：6条(竜巻)-1-42） ～6条(竜巻)-1-43）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
解説3.4.2 設計竜巻の特性値の設定 解説3.4.2.1 概要 竜巻検討地域で観測された竜巻に関する情報、並びに設計竜巻の最大風速(V_D)等に基づいて、下記(1)～(5)に示す設計竜巻の各特性値を設定する。 (1)移動速度(V_T) (2)最大接線風速(V_{Rm}) (3)最大接線風速半径(Rm) (4)最大気圧低下量(ΔP_{max}) (5)最大気圧低下率$(dp/dt)_{max}$ (1)～(5)の各特性値については原則として、十分な信頼性を有した観測記録等に基づいて設定したものを、その根拠の明示を条件として用いる。ただし、設定に足る十分な信頼性を有した観測記録等がない場合には、解説3.4.2.2 及び3.4.2.3 に示す方法で各特性値を設定することができる。 解説3.4.2.2 設計竜巻の特性値の設定に係る基本的な考え方 竜巻に関する観測データが不足している等の理由により、観測データ等に基づいた十分に信頼できる数学モデルの構築が困難な場合は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルを仮定して竜巻特性値を設定する。解説図3.5 にランキン渦モデルの概要を示す。ランキン渦では、高さ方向によって風速及び気圧が変化しない平面的な流れ場を仮定している。 なお、ランキン渦モデルに比べてより複雑な竜巻渦を仮定した数学モデル等を使用して竜巻特性値を設定する場合は、その技術的な妥当性を示す必要がある。  解説図3.5 ランキン渦モデルの概要		

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所

解説3.4.2.3 設計竜巻の特性値の設定

(1)設計竜巻の移動速度(V_T)の設定

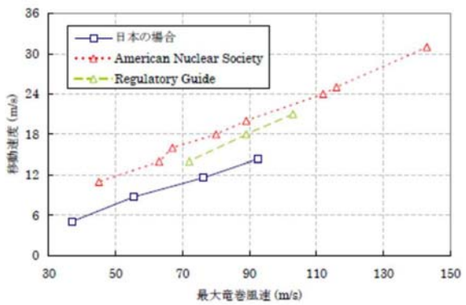
設計竜巻の移動速度(VT)は、以下の算定式を用いてV_D からV_T を算定する。

$V_T = 0.15 \cdot V_D$ ・・・ (3.1)

ここで、V_D(m/s)は設計竜巻の最大風速を表す。

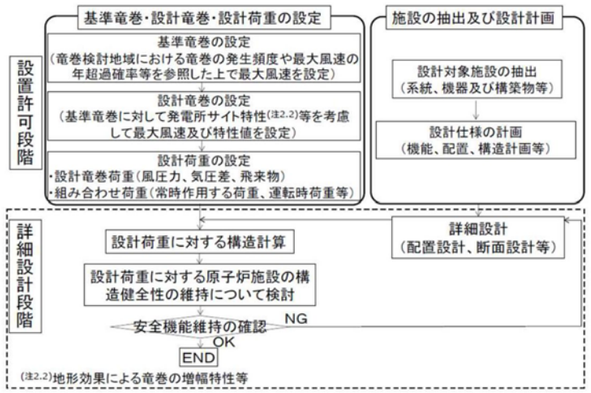
(3.1)式は、解説図3.6 に示される日本の竜巻の観測記録に基づいた竜巻移動速度と最大風速との関係(参3)を参考として設定したものである。解説図3.6 をみると、青線で示す日本の竜巻による移動速度は、米国NRC の基準類等(参4)による移動速度と比べて、同じ最大竜巻風速に対して小さい。解説図3.6 に示される日本の竜巻に対する移動速度は、藤田スケールに基づいた区分(F3、F2 及びF2～F3、F1 及びF1～F2、F0 及びF0～F1)ごとの平均値であるが、日本で発生する竜巻を個別にみれば、スーパーセルに伴って発生する竜巻等、米国の竜巻に比べて移動速度が速いものも存在すると考えられる。

本ガイドでは、設計竜巻の最大速度(V_D)が一定の場合、移動速度が遅い方が、最大気圧低下量(ΔP_{max})が大きな値になる((3.2)式、(3.4)式)ことを考慮して、スーパーセルに伴って発生する竜巻等の移動速度が速い竜巻の特性は採用せずに、観測記録の平均値に基づいた解説図3.6 の日本の竜巻における移動速度と最大竜巻風速の関係に基づく(3.1)式を採用することにした。



解説図3.6 竜巻の移動速度と最大風速の関係（参3）

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
(2)設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm})の設定 設計竜巻の最大接線風速(V_{Rm})は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、以下の算定式を用いてV_{Rm}を算定する。 $V_{Rm} = V_D - V_T$ ・・・ (3.2) ここで、V_D(m/s)及びV_T(m/s)は、設計竜巻の最大風速及び移動速度である。 (3)設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(Rm)の設定 設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径(Rm)は、日本における竜巻の観測記録をもとに提案された竜巻モデル(参3)に準拠して以下の値を用いる。 Rm = 30 (m) ・・・ (3.3) (4)設計竜巻の最大気圧低下量(ΔP_{max})の設定 設計竜巻の最大気圧低下量(ΔP_{max})は、米国NRCの基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて、最大気圧低下量(ΔP_{max})を設定する。 $\Delta P_{max} = \rho \cdot V_{Rm}2$ ・・・ (3.4) ここで、ρ 及びV_{Rm} は、それぞれ空気密度、設計竜巻の最大接線風速を示す。 (5)設計竜巻の最大気圧低下率($(dp/dt)_{max}$)の設定 設計竜巻の最大気圧低下率($(dp/dt)_{max}$)は、米国NRC の基準類(参4)を参考として、ランキン渦モデルによる風速分布に基づいて、最大気圧低下量(ΔP_{max})及び最大気圧低下率($(dp/dt)_{max}$)を設定する。 $(dp/dt)_{max} = (V_T/Rm) \cdot \Delta P_{max}$ ・・・ (3.5) ここで、V_T及びRmは、それぞれ設計竜巻の移動速度及び最大接線風速が生じる位置での半径を表す。		

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
2.2.1 設計の基本フロー 図2.1 に設計の基本フローを示す。設置許可段階では、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重が適切に設定されていること、並びに設計荷重に対して、機能・配置・構造計画等を経て抽出された設計対象施設の安全機能が維持される方針であることを確認する。ただし、設計荷重については、設置許可段階において、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。  図2.1　設計の基本フロー 【解説】 解説2.2.1　設計の基本フロー 詳細設計段階においては、配置・断面設計等を経て詳細な仕様が設定された施設を対象に、設計荷重の詳細を設定し、設計荷重に対する構造計算等を実施し、その結果得られた施設の変形や応力等が構造健全性評価基準を満足すること等を確認して、安全機能が維持されることが確認されることを想定している。	2.2.1 設計の基本フロー 竜巻に対する防護設計を行うため、設計竜巻荷重としては、「風圧力による荷重」、「評価対象施設内外の気圧差による荷重」及び「飛来物の衝撃荷重」を設定している。	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-46）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
2.2.2 設計対象施設に作用する荷重 以下に示す設計荷重を適切に設定する。 (1)設計竜巻荷重 設計竜巻荷重を以下に示す。 ① 風圧力 設計竜巻の最大風速による風圧力 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設計対象施設内外の気圧差による圧力 ③ 飛来物の衝撃荷重 設計竜巻によって設計対象施設に衝突し得る飛来物(以下、「設計飛来物」という)が設計対象施設に衝突する際の衝撃荷重 (2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重を以下に示す。 ① 設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等 ② 竜巻以外の自然現象(注2.3)による荷重、設計基準事故時荷重等 (注2.3) 竜巻との同時発生が想定され得る雷、雪、雹及び大雨等の自然現象を含む。 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。		

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4. 施設の設計 4.1 概要 設置許可段階の安全審査において以下を確認する。 ① 設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）が適切に設定されていること。ただし、設置許可段階においては、その基本的な種類や値等が適切に設定されていることを確認する。 （設計対象施設の各部位に作用させる設計荷重の詳細は、詳細設計段階において確認する） ② 設計荷重に対して、設計対象施設の構造健全性等が維持される方針であること。 4.2 設計対象施設 「2.1 設計対象施設」に示したとおりとする。		

(1)設計竜巻荷重

(1-1)風圧力の設定

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.3.1 設計竜巻荷重の設定 「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(1)設計竜巻荷重」で示した「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、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重を設定する。 【解説】 解説4.3.1 設計竜巻荷重の設定 解説4.3.1.1 設計竜巻の最大風速による風圧力の設定 解説4.3.1.1.1 概要 設計竜巻の最大風速(V_D)等に基づいて、設計竜巻によって設計対象施設に作用する風圧力を設定する。 解説4.3.1.1.2 基本的な考え方 (1)風圧力の算定に用いる風力係数 竜巻によって生じた被害状況と対応する最大風速は、一般的には、竜巻等の非定常な流れ場の気流性状を考慮した風力係数を用いるのではなく、いわゆる通常の強風等を対象とした風力係数を用いて、逆算により推定されることから、本ガイドにおける風圧力の算定には、通常の強風等を対象とした風力係数を用いることを基本とする。 (2)設計竜巻による鉛直方向の風圧力 竜巻による最大風速は、一般的には、竜巻によって生じた被害状況と対応する水平方向の風速として算定される。しかしながら、実際の竜巻によって生じた被害は、少なからず鉛直方向の風速の影響も受けていると考えられる。よって、本ガイドでは、設計竜巻の水平方向の最大風速(V_D)には、鉛直方向の風速の影響も基本的には含まれているとみなす。ただし、鉛直方向の風圧力に対して特に脆弱と考えられる設計対象施設が存在する場合は、VDを入力値とした竜巻の数値解析結果等から推定される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を考慮した設計を行う。	4.3.1 設計竜巻荷重の設定 ① 風圧力による荷重は、設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」(昭和25年11月16日政令第338号)、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示1454号(平成12年5月31日)に準拠して、算出する。 $W_W=q\cdot G\cdot C\cdot A$ ここで、 W_W :風圧力による荷重 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)に応じて設定する。) A :施設の受圧面積 $q=(1/2)\cdot\rho\cdot V_D^2$ ここで、 ρ :空気密度 V_D :設計竜巻の最大風速 ② 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ぜい弱と考えられる竜巻防護施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大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した設計としている。	【「別添資料1　3.3.1」 (頁：6条(竜巻)-1-46) 】 【「別添資料1　3.3.1」 (頁：6条(竜巻)-1-46) 】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
解説4.3.1.1.3 設計竜巻による風圧力の設定 設計竜巻の最大風速(V_D)による風圧力(P_D)の算定について以下に示す。 設計竜巻の水平方向の最大風速によって設計対象施設(屋根を含む)に作用する風圧力(P_D)は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」等を準用して、下式により算定する。 なお、(4.2)式のV_D は最大瞬間風速であり、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」の最大風速と定義が異なることに留意する。 $P_D = q \cdot G \cdot C \cdot A$ ・・・ (4.1) ここで、q は設計用速度圧、Gはガスト影響係数、Cは風力係数、Aは施設の受圧面積を表し、qは下式による。 $q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$ ・・・ (4.2) ここで、ρ は空気密度、V_D は設計竜巻の最大風速である。 (4.1)式に示すように、風圧力(P_D)は、(4.2)式で求められる設計用速度圧(q)に、ガスト影響係数(G)、風力係数(C)及び施設の受圧面積(A)を乗じて算定する。 ガスト影響係数G は、風の乱れによる建築物の風方向振動の荷重効果を表すパラメータであり、強風中における建築物の最大変位と平均変位の比で定義される。本ガイドの最大竜巻風速(V_D)は、最大瞬間風速として扱うことから G=1.0 を基本とする。 風力係数(C)は、「建築基準法施行令」、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説(2004)」等を参考として、施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根、壁等)に応じて適切に設定する。		

(1-2)気圧差による圧力

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.3.1 設計竜巻荷重の設定 「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(1)設計竜巻荷重」で示した「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、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重を設定する。 【解説】 解説4.3.1 設計竜巻荷重の設定 解説4.3.1.2 設計竜巻における気圧低下によって生じる設計対象施設内外の気圧差による圧力の設定 解説4.3.1.2.1 概要 前記において設定した設計竜巻による最大気圧低下量（ΔP_{max}）及び最大気圧低下率$(dP/dt)_{max}$に基づいて設計対象施設に作用する気圧差による圧力を設定する。 解説4.3.1.2.2 基本的な考え方 設計竜巻によって引き起こされる最大気圧低下量及び最大気圧低下率によって設計対象施設に作用する圧力を算定する際の基本的な考え方を以下に示す。なお、以下の考え方は、米国NRC基準類(参12)を参考としている。 ・完全に開かれた構築物等の施設が竜巻に曝されたとき、施設の内圧と外圧は竜巻通過中に急速に等しくなる。したがって、施設の内外の気圧の変化はゼロに近づくとみなせる。 ・閉じた施設(通気がない施設)では、施設内部の圧力は竜巻通過以前と以後で等しいとみなせる。他方、施設の外側の圧力は竜巻の通過中に変化し、施設内外に圧力差を生じさせる。この圧力差により、閉じた施設の隔壁(構築物等の屋根・壁及びタンクの頂部・胴部等)に外向きに作用する圧力が生じるとみなせる。 ・部分的に閉じた施設(通気がある施設等)については、竜巻通過中の気圧変化により施設に作用する圧力は複雑な過程により決定される。また、部分的に閉じた設計対象施設への圧力値・分布の精緻な設定が困難な場合は、施設の構造健全性を評価する上で厳しくなるよう	4.3.1 設計竜巻荷重の設定 ① 外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護施設を内包する施設の建屋壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる竜巻防護施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生し、保守的に「閉じた施設」を想定し次式のとおり算出する。 $W_P = \Delta P_{max} \cdot A$ ここで、 W_P ：気圧差による荷重 ΔP_{max}：最大気圧低下量 A ：施設の受圧面積	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-47）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
に作用する圧力を設定することとする。 解説4.3. 1.2.3 気圧差による圧力を作用させる施設の設定 気圧差による圧力を作用させる対象は、原子力発電所の図面等を参照して十分に検討した上で設定する。 (1)建屋・構築物等 建屋・構築物等の主要な部材(壁、屋根等)に気圧差による圧力を作用させることは当然であるが、気圧差による圧力の影響を受けることが容易に想定される以下の施設については、気圧差による圧力の影響について検討を行い、当該施設が破損した場合の安全機能維持への影響についても確認を行うこととする。 ・建屋・構築物等の開口部に設置された窓、扉、シャッター等 ・外気と隔離されているとみなせる区画の隔壁等(天井等) (2)設備 設備の主要な部材に気圧差による圧力を作用させることは当然であるが、気圧差による圧力の影響を受けることが容易に想定される以下の設備については、気圧差による圧力の影響について検討を行い、当該設備が破損した場合の安全機能維持への影響についても確認を行うこととする。 ・外気と隔離されているとみなせる区画の境界部(空調系ダクト類等) ・圧力差の影響を受け得る計器類や空調装置等		

(1-3)飛来物の衝撃荷重

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.3.1 設計竜巻荷重の設定 「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(1)設計竜巻荷重」で示した「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、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重を設定する。 【解説】 解説4.3.1 設計竜巻荷重の設定 解説4.3.1.3 設計竜巻による飛来物が設計対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定 解説4.3.1.3.1 概要 設計竜巻の最大風速(V_D)及び特性値等に基づいて、設計飛来物を選定あるいは設定し、それら設計飛来物の飛来速度を設定する。そして、設計飛来物が設定した飛来速度で設計対象施設に衝突することを想定して、飛来物の衝突による設計対象施設への衝撃荷重を設定する。 解説4.3.1.3.2 基本的な考え方 竜巻等の突風による被害は、風圧力によって引き起こされるだけでなく、飛来物による被害もかなりの部分を占める。また、竜巻による飛来物は上昇気流の影響もあって比較的遠方まで運ばれる可能性がある。これらの事項に留意して、設計対象施設に到達する可能性がある飛来物について検討を行った上で、設計飛来物を選定あるいは設定する。 一般的には、遠方からの飛来物は相対的に重量が軽いものが多く、仮に衝突した場合でも衝撃荷重は相対的に小さいと考えられることから、設計対象施設に到達する可能性がある飛来物を検討する範囲は、原子力発電所の敷地内を原則とする。ただし、原子力発電所の敷地外からの飛来物による衝撃荷重が、原子力発電所の敷地内からの飛来物による衝撃荷重を上回ると想定され得る場合は、原子力発電所の敷地外からの飛来物も考慮する。	(1) 設計飛来物の選定 ① 現地調査による敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、発電所構内の資機材、車両等の設置状況を踏まえ、竜巻防護施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。 ② 別添資料において、竜巻による設備等の損壊による二次的な飛来物を検討した結果、設備については複数の取付ボルトで固定されていることから二次飛来物になるようなことは考え難い。建屋・構築物についてはシャッター、窓ガラスやコンクリートの破片が考えられるが、これらは設計飛来物に包絡される。 ③ このうち「飛来物の衝撃荷重」の設定に当たっては、本発電所構内及び周辺において飛来物となり得るものを現地調査等により抽出した上で、運動エネルギ及び貫通力の大きさを踏まえ、設計上考慮すべき飛来物(以下「設計飛来物」という。)を設定している。 設計飛来物は、運動エネルギ及び貫通力を踏まえ、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」を参照して鋼製材を設定する。 別添資料において、車両等に関する運用管理等の飛来物発生防止対策が示されている。また、竜巻対策に関する資機材等のうち、車両等の運用管理については、①車両等の入構管理、②車両管理エリア内の停車制限，退避等の措置があることを示す。 別添資料において設計飛来物の選定と評価に使用する以下のパラメータが示されている。 ・ 飛来物源の諸元（外形寸法、重量、密実率） ・ 飛来物源の配置（初期高さ、防護対象設備との距離） ・ 空力パラメータ，運動エネルギ，貫通力 ・ 飛来物源の飛散評価（飛散距離，飛散速度） ・ 竜巻防護対策を考慮した設計飛来物の選定（砂利） ・ 飛来物発生防止対策の実現性 ④ その上で、衝突時に評価対象施設に与えるエネルギが設計飛来物によるものより大きくなるものについては、浮き上がりや横滑りの有無を考慮した上で、固定、固縛、頑健な建屋内収納等により確実に飛来物とならないようにする運用とする。このほか、竜巻防護施設，竜巻防護施設に波及的影響を及ぼす施設及び竜巻防護対策設備からの離隔対策を実施する。 また、以下のとおり飛来物発生防止対策について手順等を定める。 屋外の作業区画で飛散する恐れのある資機材、車両等については、飛来時の運動エネルギ等を評価し、竜巻防護施設への影響の有無を確認する 竜巻護施設へ影響を及ぼす資機材、車両等については、固縛、固定、竜巻防護施設，竜巻防護施設に波及的影響を及ぼす施設及び竜巻防護対策設備から離隔、頑健な建屋内収納又は撤去する。これら飛来物発生防止対策について手順を定める	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-47 ～6条(竜巻)-1-54）】 【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-52 ～6条(竜巻)-1-54）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
また、設計飛来物として、最低限以下の①～③を選定あるいは設定することとする。なお、以下の①～③の設定にあたっては、米国NRCの基準類(参13)を参考とした。 ① 大きな運動エネルギをもつ飛来物(自動車等) ② 施設の貫入抵抗を確認するための固い飛来物(鉄骨部材等) ③ 開口部等を通過することができる程度に小さくて固い飛来物（砂利等）	(2) 設計飛来物の速度の設定 ① 設計飛来物である鋼製材の寸法、最大水平速度及び最大鉛直速度(V_D=100m/s において)は、ガイドの解説表4.1にしたがって設定している。 ② 設計飛来物である砂利の最大水平速度及び最大鉛直速度はガイド及びガイドが参照している参考文献を基にランキン渦の風速場モデルでの速度で設定している。	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-54 ～6条(竜巻)-1-55）】
解説4.3.1.3.3 設計飛来物の速度の設定 (1)基本的な考え方 設計飛来物に設定する速度は、設計竜巻によって飛来した際の最大速度とする。設計飛来物の最大水平速度($_MVH_{max}$)は、非定常な乱流場を数値的に解析できる計算手法等による計算結果等に基づいて設定することを基本とする。ただし、安全側の設計になるように、設計竜巻の最大風速(V_D)を設計飛来物の最大水平速度として設定してもよい。 設計飛来物の最大鉛直速度($_MVV_{max}$)は、最大水平速度と同様に計算等により求めても良いし、米国NRCの基準類(参4)を参考に設定した下式により算定してもよい。 $_MVV_{max}$ = (2/3)・$_MVH_{max}$ ・・・ (4.3) ここで、$_MVH_{max}$は、設計飛来物の最大水平速度を表す。 (2)設計飛来物の設定例 設計飛来物の選定あるいは設定、並びに設計飛来物の最大速度を設定する際の参考として、解説表4.1に飛来物及びその最大速度の設定例を示す。解説表4.1の棒状物、板状物及び塊状物の最大水平速度($_MVH_{max}$)は、設計竜巻の最大風速(V_D)=100(m/s)とした条件下で解析的に算定した結果(参3)である。また、解説表4.1の最大鉛直速度($_MVV_{max}$)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として設定した(4.3)式を用いて算定した結果である。 なお、解説表4.1に示した飛来物よりも小さな開口部を飛来物が通過することの影響等を確認する場合は、さらに小さな飛来物を設定する必要がある。	(3) 設計飛来物の衝突方向、衝突範囲及び衝撃荷重の設定 ① 衝撃荷重は、飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物が竜巻防護施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで算出する。	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-55）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
また、設計飛来物として、最低限以下の①～③を選定あるいは設定することとする。なお、以下の①～③の設定にあたっては、米国NRCの基準類(参13)を参考とした。 ① 大きな運動エネルギをもつ飛来物(自動車等) ② 施設の貫入抵抗を確認するための固い飛来物(鉄骨部材等) ③ 開口部等を通過することができる程度に小さくて固い飛来物（砂利等） 解説4.3.1.3.3 設計飛来物の速度の設定 (1)基本的な考え方 設計飛来物に設定する速度は、設計竜巻によって飛来した際の最大速度とする。設計飛来物の最大水平速度($_{M}VH_{max}$)は、非定常な乱流場を数値的に解析できる計算手法等による計算結果等に基づいて設定することを基本とする。ただし、安全側の設計になるように、設計竜巻の最大風速(V_D)を設計飛来物の最大水平速度として設定してもよい。 設計飛来物の最大鉛直速度($_{M}VV_{max}$)は、最大水平速度と同様に計算等により求めても良いし、米国NRCの基準類(参4)を参考に設定した下式により算定してもよい。 $_{M}VV_{max} = (2/3)\cdot{}_{M}VH_{max}$ ・・・ (4.3) ここで、$_{M}VH_{max}$は、設計飛来物の最大水平速度を表す。 (2)設計飛来物の設定例 設計飛来物の選定あるいは設定、並びに設計飛来物の最大速度を設定する際の参考として、解説表4.1に飛来物及びその最大速度の設定例を示す。解説表4.1の棒状物、板状物及び塊状物の最大水平速度($_{M}VH_{max}$)は、設計竜巻の最大風速(V_D)=100(m/s)とした条件下で解析的に算定した結果(参3)である。また、解説表4.1の最大鉛直速度($_{M}VV_{max}$)は、米国NRCの基準類(参4)を参考として設定した(4.3)式を用いて算定した結果である。 なお、解説表4.1に示した飛来物よりも小さな開口部を飛来物が通過することの影響等を確認する場合は、さらに小さな飛来物を設定する必要がある。		

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
解説表4.1 飛来物及び最大速度の設定例 （V_D=100(m/s)の場合） （省略） 解説4.3.1.3.4 設計飛来物の衝突方向，衝突範囲及び衝撃荷重の設定 設計飛来物が設計対象施設に衝突する方向は、安全側の設計になるように設定する。 設計飛来物が到達する範囲について解析結果等から想定される場合は、その技術的根拠を示した上で設計飛来物が到達しない範囲を設定することができる。 各設計飛来物による衝撃荷重は、設計飛来物の形状及び剛性等の機械的特性を適切に設定した衝撃解析等の計算結果に基づいて設定するか、あるいは、安全側の設計となるように配慮して設計飛来物を剛体と仮定して設定してもよい。	ブローアウトパネルに設計飛来物が到達しないことを飛散評価解析により示す。	【「別添資料1　3.3.1」 （頁：6条(竜巻)-1-63 ～6条(竜巻)-1-64）】

(1-4)設計竜巻荷重の組み合わせ

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.3.1 設計竜巻荷重の設定 「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(1)設計竜巻荷重」で示した「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、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重を設定する。 【解説】 解説4.3.1 設計竜巻荷重の設定 解説4.3.1.4 設計竜巻荷重の組み合わせ 設計対象施設の設計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、複合荷重W_{T1}及びW_{T2}は、米国NRCの基準類(参12)を参考として設定した下式により算定する。 $W_{T1}=W_P$ ・・・ (4.4) $W_{T2}=W_W+0.5\cdot W_P+W_M$ ・・・ (4.5) ここで、(4.4)式及び(4.5)式の各変数は下記のとおり。 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 なお、設計対象施設にはW_{T1} 及びW_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。	① 竜巻防護施設等の設計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(WP)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、複合荷重WT1 及びWT2 は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。 $W_{T1}=W_P$ $W_{T2}=W_W+0.5\cdot W_P+W_M$ なお、竜巻防護施設等にはW_{T1} 及びW_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる	【「別添資料1　3.3.1」 (頁：6条(竜巻)-1-56 ～6条(竜巻)-1-57) 】

(2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.3.1 設計竜巻荷重の設定 「2.2.2 設計対象施設に作用する荷重」の「(2)設計竜巻荷重と組み合わせる荷重」に示した各荷重について、それぞれ技術的見地等から妥当な荷重として設定し、設計竜巻荷重と組み合わせる。	① 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定に当たり、設計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。	【「別添資料1　3.3.2」 （頁：6条(竜巻)-1-57）】
	② また、竜巻と同時に発生し得る自然現象による荷重については、竜巻と同時に発生し得る自然現象が与える影響のモードを踏まえた検討により、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮する必要がないとしている。 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とを確認した。これらの自然現象の組み合わ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ことから、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮しないことを確認した。 (b-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設計竜巻荷重への影響はない。 (b-2) 雪 影響の程度として竜巻は数分程度の極めて短い期間、積雪は年間でも冬季に限定された数日である。竜巻通過前に積雪があったとしても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。 (b-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 程度の大きさの雹を想定した場合、その質量は約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、運動エネルギは約0.9kJ であり、設計飛来物の運動エネルギ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。 (b-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。	【「別添資料1　3.3.2」 （頁：6条(竜巻)-1-57 ～6条(竜巻)-1-58）】
	③ さらに、設計基準事故時の荷重との組合せを適切に考慮する設計としている。 竜巻防護施設は、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、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。このため、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荷重との組み合わせは考慮しないことを確認した。 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時荷重が生じる設備としては動的機器である残留熱除去系海水系ポンプ等が考えられる。しかし、設計基準事故時においても残留熱除去系海水系ポンプ等の圧力、温度が変わらず、運転時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み合わせは考慮しない	【「別添資料1　3.3.2」 （頁：6条(竜巻)-1-58）】

4. 設計対象施設の設計方針

(1)設計方針

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
2.2.3 施設の安全性の確認 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、設計対象施設、あるいはその特定の区画(注 2.4)の構造健全性等が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。 （注 2.4） 竜巻防護施設を内包する区画。 4.4.1 概要 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、設計対象施設、あるいはその特定の区画(注4.1)の構造健全性が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。 （注4.1） 竜巻防護施設を内包する区画。	(1)設計竜巻に対する設計方針及び使用する基準類 ① 建屋，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する部材厚（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。 ・建築基準法 ・日本工業規格 ・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） ・原子力エネルギー協会（ＮＥＩ）の基準・指針類等 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，貫通が発生する部材厚（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。 ・日本工業規格 ・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	【「別添資料1　3.4.1」 （頁：6条(竜巻)-1-59）】
	(2-1)屋外施設（竜巻防護施設を内包する施設も含む） ① 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，防護ネットの設置等の防護対策を講じる方針とする。 (a) ディーゼル発電機吸気フィルタ ディーゼル発電機吸気フィルタは，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，吸気機能が維持される設計とする。また，風圧力による荷重及び気圧差による荷重，ディーゼル発電機吸気フィルタ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) ディーゼル発電機室ルーフベントファン ディーゼル発電機室ルーフベントファンは，設計飛来物に対しては防護ネットの設置等の防護対策を行うことを考慮すると，設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。また，風圧力による荷重，気圧差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。	【「別添資料1　3.4.1」 （頁：6条(竜巻)-1-60）】 【「別添資料1　3.4.1」 （頁：6条(竜巻)-1-60）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	(c)　中央制御室換気系冷凍機 中央制御室換気系冷凍機は，設計飛来物に対しては防護ネットの設置等の防護対策を行うことを考慮すると，設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，中央制御室換気系冷凍機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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-60）】
	(d)　海水ポンプ室内設備 海水ポンプ室内設備は，設計飛来物に対しては防護ネットの設置等の防護対策を行うことを考慮すると，設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，海水ポンプ室内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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-61）】
	(e)　非常用ガス処理系排気配管 非常用ガス処理系排気配管は，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，排気機能が維持される設計とする。また，風圧力による荷重，非常用ガス処理系排気配管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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-61）】
	(f)　排気筒 排気筒は，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，排気機能が維持される設計とする。また，風圧力による荷重，排気筒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。 排気筒の支持機能においても，設計飛来物の衝突により損傷が発生することを考慮しても，風圧力による荷重，排気筒の支持部材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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-61）】
	(g)　原子炉建屋，タービン建屋，使用済燃料乾式貯蔵建屋 風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物の衝撃荷重に対して，構造骨組の構造健全性が維持されるとともに，屋根，壁，開口部（扉類）の破損により当該建屋内の竜巻防護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，当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-61 ～6条(竜巻)-1-62）】
	(h)　軽油貯蔵タンクタンク室 風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物の衝撃荷重に対して，構造骨組の構造健全性が維持されるとともに，開口部（点検口類）の破損により内包する軽油貯蔵タンク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，貫通の発生により，内包する軽油貯蔵タンクが安全機能を損なわない設計とする。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-63）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	(2-2) 屋内の施設で外気と繋がっている施設 ① 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，防護ネットの設置等の防護対策を講じる方針とする。 (a) 中央制御室換気系隔離弁，ファン 中央制御室換気系隔離弁，ファンは，原子炉建屋に内包されていることを考慮すると，風圧力による荷重は作用しない。中央制御室換気系の取入口の建屋開口部は，防護ネットの設置等の防護対策を行うことを考慮すると，設計飛来物による衝撃荷重も作用しない。また，気圧差による荷重，中央制御室換気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) ディーゼル発電機室換気系ダクト ディーゼル発電機室換気系ダクトは，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突荷重は作用しない。また，気圧差による荷重，ディーゼル発電機室換気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) 原子炉建屋換気系隔離弁，ダクト 原子炉建屋換気系隔離弁，ダクトは，設計飛来物が衝突により貫通することを考慮しても，補修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する。また，建屋に内包されていることを考慮すると，風圧力による荷重は作用しない。したがって，気圧差による荷重，原子炉建屋換気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うことのない設計とする。	 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-62）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-62）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-63）】
	(2-3)外殻となる施設（建屋，構築物）による防護機能が期待できない施設 ① 設計竜巻荷重に対して，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等の防護対策を講じる方針とする。 (a) 中央制御室換気系ファン 中央制御室換気系ファンは，設計飛来物の衝突により，原子炉建屋附属棟壁面の貫通が発生することを考慮し，壁面補強等の防護対策を行うことにより，中央制御室換気系ファンへの設計飛来物の衝突を防止し，中央制御室換気系ファン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。 (b) 非常用電源盤 非常用電源盤は，設計飛来物の衝突により，原子炉建屋附属棟１階電気室扉の開放又は扉建具の貫通が発生することを考慮し，防護鋼板の設置等の防護対策を行うことにより，非常用電源盤への設計飛来物の衝突を防止し，非常用電源盤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。	 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-63）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-63）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
使用済燃料乾式貯蔵建屋に内包されていることを考慮すると，風圧力による荷重は作用しない。中央制御室換気系の取入口の建屋開口部は，防護ネットの設置等の防護対策を行うことを考慮すると，設計飛来物による衝撃荷重も作用しない。また，気圧差による荷重，中央制御室換気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。 また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，中央制御室換気系冷凍機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)　非常用ガス処理系設備，非常用ガス再循環系設備 非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備は，竜巻襲来による気圧差によって，原子炉建屋６階のブローアウトパネルが開放され，設計飛来物による衝突が考えられるが，ブローアウトパネルの配置高さを考慮すると，設計飛来物は到達せず，衝撃荷重も作用しないことにより，非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備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。 (d)　使用済燃料プール，燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁は，竜巻襲来による気圧差によって，原子炉建屋６階のブローアウトパネルが開放され，設計飛来物による衝突が考えられるが，ブローアウトパネルの配置高さを考慮すると，設計飛来物は到達せず，衝撃荷重も作用しないことにより，使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁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。 (e)　使用済燃料乾式貯蔵容器 使用済燃料乾式貯蔵容器は，使用済燃料乾式貯蔵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気圧差荷重は作用しない。建屋上部からの開口から設計飛来物による衝突が考えられるため，衝撃荷重に対して，使用済燃料乾式貯蔵容器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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-63）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-64）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-64）】
	(2-4)防護機能を期待できることが確認できた施設（の区画）に内包される施設 ①　屋内に配置される施設のうち，外殻となる施設等の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安全機能を損なうことのない方針とする。	
	(2-5)竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設 ①　設計荷重に対する当該施設の健全性評価を行い，必要に応じて施設の補強等の防護対策を講じる方針とする。 (a)　サービス建屋 サービス建屋は，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対して，倒壊により竜巻防護施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。 (b)　海水ポンプ室 海水ポンプ室は，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対して，倒壊により海水ポンプ室内設備へ波及的影響を及ぼさない設計とする。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-64）】 【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-64）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
	(c)　鋼製防護壁 鋼製防護壁は，風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対して，倒壊により海水ポンプ室内設備へ波及的影響を及ぼさない設計とする。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-64 ～6条(竜巻)-1-65）】
	(d)　排気筒 排気筒は，竜巻防護施設のうち評価対象施設として，構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計としており，転倒により竜巻防護施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-65）】
	(e)　ディーゼル発電機排気消音器 ディーゼル発電機排気消音器は，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，排気機能が維持される設計とすることにより，ディーゼル発電機に波及的影響を及ぼさない設計とする。また，風圧力による荷重及び気圧差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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-65）】
	(f)　ディーゼル発電機附属設備配管 ディーゼル発電機附属設備配管は，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，排気機能が維持される設計とすることにより，ディーゼル発電機に波及的影響を及ぼさない設計とする。また，風荷重による荷重，気圧差による荷重及びディーゼル発電機附属設備配管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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-65）】
	(g)　海水ポンプ室内設備附属配管（放出側） 海水ポンプ室内設備附属配管（放出側）は，設計飛来物の衝突により貫通が発生することを考慮しても，閉塞することはなく，放水機能が維持される設計とすることにより，海水ポンプ室内設備に波及的影響を及ぼさない設計とする。また，風荷重による荷重，気圧差による荷重及び海水ポンプ室内設備附属配管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。	【「別添資料1　3.4.2」 （頁：6条(竜巻)-1-65 ～6条(竜巻)-1-66）】

(2)建屋・構築物等の構造健全性確認【工事計画】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.4.2 建屋、構築物等の構造健全性の確認 設計荷重に対して、建屋・構築物等の構造健全性が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。 (1)設計荷重によって施設に生じる変形・応力等の算定 建屋・構築物等の形状や特徴等を反映して設定した設計荷重によって設計対象施設に生じる変形や応力等を算定する方針である。設計対象施設に生じる変形や応力等は、その技術的な妥当性を確認した上で、原則として、現行の法律及び基準類(注4.2)等に準拠して算定する。 (2)構造健全性の確認 「(1)設計荷重によって施設に生じる変形・応力等の算定」で算定される変形・応力等に基づいて、設計対象施設(建屋・構築物等)が以下の構造健全性評価基準を満足する方針であることを確認する。 ① 竜巻防護施設(外殻となる施設等による防護機能が確認された竜巻防護施設を除く) 設計対象施設が終局耐力等の許容限界(注4.2)に対して妥当な安全余裕を有している。 ② 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設 1) 設計対象施設あるいはその特定の区画(注4.3)が、終局耐力等の許容限界(注4.2)に対して妥当な安全余裕を有している。 2) 設計飛来物が設計対象施設あるいはその特定の区画(注4.3)に衝突した際に、竜巻防護施設の安全機能の維持に影響を与えない。(注4.4) (注4.2) 建築基準法、日本工業規格、日本建築学会及び土木学会等の規準・指針類、並びに日本電気協会の原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)等に準拠する。 (注4.3) 竜巻防護施設を内包する区画。 (注4.4) 貫通及び裏面剥離(コンクリート等の部材に衝突物が衝突した際に、衝突面の裏側でせん断破壊等に起因した剥離が生じる破壊現象)に対して、施設の構造健全性を確認することを基本とする。	詳細設計段階にて示す。	

(3)設備の構造健全性確認【工事計画】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.4.3 設備の構造健全性の確認 設計荷重に対して、設備(系統・機器)の構造健全性が維持されて安全機能が維持される方針であることを確認する。 (1)設計荷重によって施設に生じる変形・応力等の算定 設備の形状や特徴等を反映して設定した設計荷重によって設計対象施設に生じる変形や応力等を算定する方針である。設計対象施設に生じる変形や応力等は、その技術的な妥当性を確認した上で、原則として、現行の法律及び基準類(注4.5)等に準拠して算定する。 (2)構造健全性の確認 「(1)設計荷重によって施設に生じる変形・応力等の算定」で算定される変形・応力等に基づいて、設計対象施設(設備)が以下の構造健全性評価基準を満足する方針であることを確認する。 ① 竜巻防護施設(外殻となる施設等による防護機能が確認された竜巻防護施設を除く) 設計対象施設が許容応力度等に基づく許容限界(注4.5)に対して妥当な安全余裕を有している。 ② 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設 1) 設計対象施設あるいはその特定の区画(注4.6)が、許容応力度等に基づく許容限界(注4.5)に対して妥当な安全余裕を有している。 2) 設計飛来物が設計対象施設あるいはその特定の区画(注4.6)に衝突した際に、竜巻防護施設の安全機能の維持に影響を与えない。(注4.7) (注4.5) 日本工業規格、日本電気協会の原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)及び日本機械学会の規格・指針類等に準拠する。 (注4.6) 竜巻防護施設を内包する区画。 (注4.7) 貫通及び裏面剥離(コンクリート等の部材に衝突物が衝突した際に、衝突面の裏側でせん断破壊等に起因した剥離が生じる破壊現象)に対して、施設の構造健全性を確認することを基本とする。	詳細設計段階にて示す。	

(4)その他の確認事項【工事計画】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
4.5 その他の確認事項 4.4 に示す以外の確認事項については、原子力発電所の図面等を参照して十分に検討した上で設定する。例えば、中央制御室等の重要な区画等や非常用発電機等の重要な設備等に繋がる給排気ダクト類へ作用する風圧力が安全機能維持に与える影響等、安全機能維持の観点から重要と考えられる確認事項を設定する。そして、それぞれの項目について検討を行い、安全機能が維持される方針であることを確認する。	詳細設計段階にて示す。	

5．竜巻随伴事象に対する設計対象施設の設計方針

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
5.1 概要 竜巻随伴事象に対して、竜巻防護施設の安全機能が維持される方針であることを確認する。 5.2 基本的な考え方及び検討事項 検討対象とする竜巻随伴事象は、原子力発電所の図面等を参照して十分に検討した上で設定する。 ただし、竜巻随伴事象として容易に想定される以下の事象については、その発生の可能性について検討を行い、必要に応じてそれら事象が発生した場合においても安全機能が維持される方針であることを確認する。	(1)竜巻に伴い発生が想定される事象の抽出 ① 竜巻随伴事象として、過去の他地域における竜巻被害状況及び本発電所のプラント配置から想定される事象として、火災、溢水、外部電源喪失を抽出している	【「別添資料1　3.5」 （頁：6条(竜巻)-1-66 ～6条(竜巻)-1-68）】
(1)火災 設計竜巻等により燃料タンクや貯蔵所等が倒壊して、重油、軽油及びガソリン等の流出等に起因した火災が発生した場合においても、竜巻防護施設の安全機能の維持に影響を与えない。	(2)火災 ① 竜巻随伴事象として，竜巻による飛来物が建屋開口部付近の発火性又は引火性物質を内包する機器，屋外の危険物タンク等に飛来物が衝突する場合の火災が想定している。 ② 建屋内については，竜巻防護施設を設置している区画の開口部には防護ネット設置等の飛来物防護対策を行うことを考慮すると設計飛来物が到達することはない。仮に，設計飛来物が到達する場合でも，飛来物衝突位置となる開口部付近に，原子炉施設の安全機能を損なう可能性を有する発火性又は引火性物質を内包する機器が配置されていないことから，建屋内の竜巻防護施設の安全機能を損なうことはないことを確認している。 建屋外については，設計竜巻による発電所敷地内の危険物タンクの火災があり，外部火災評価における発電所敷地内の危険物タンクの火災影響評価と同様であり，竜巻防護施設の安全機能を損なうことのないことを確認している。なお、詳細については「外部火災に対する防護」にて記載する。	【「別添資料1　3.5」 （頁：6条(竜巻)-1-66）】
(2)溢水等 設計竜巻による気圧低下等に起因した使用済燃料プール等の水の流出、屋外給水タンク等の倒壊による水の流出等が発生した場合においても、竜巻防護施設の安全機能の維持に影響を与えない。	(3)溢水 ① 竜巻随伴事象として，竜巻による飛来物が建屋開口部付近の溢水源に衝突する場合，屋外タンクに飛来物が衝突する場合の溢水が想定している。 ② 建屋内については，竜巻防護施設を設置している区画の開口部には防護ネット設置等の飛来物防護対策を行うことを考慮すると設計飛来物が到達することはない。仮に，設計飛来物が到達する場合でも，飛来物衝突位置となる開口部付近に，原子炉施設の安全機能を損なう可能性を有する溢水源が配置されていないことから，建屋内の竜巻防護施設の安全機能を損なうことはないことを確認している。 建屋外については，溢水評価における屋外タンクの評価に包絡されるため，竜巻防護施設の安全機能を損なうことはないことを確認している。なお、詳細については「溢水による損傷の防止等（第9条関係）」に記載する。	【「別添資料1　3.5」 （頁：6条(竜巻)-1-66 ～6条(竜巻)-1-67）】

設置許可基準規則/解釈（竜巻影響評価ガイド）	適合のための対応状況	審査資料該当箇所
(3)外部電源喪失 設計竜巻、設計竜巻と同時発生する雷・雹等、あるいはダウンバースト等により、送電網に関する施設等が損傷する等して外部電源喪失に至った場合においても、竜巻防護施設の安全機能の維持に影響を与えない。	(4)外部電源喪失 ① 設計竜巻と同時に発生する雷等により外部電源が喪失することを想定している。 ② 外部電源喪失については、ディーゼル発電機を竜巻防護施設として設定し、その安全機能が損なわれないように防護する設計とする方針としている	【「別添資料1　3.5」 （頁：6条(竜巻)-1-67 ～6条(竜巻)-1-68）】