

令和 2 年 6 月
中国電力株式会社

島根原子力発電所 2 号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
1	平成27年2月3日	①過去発生した竜巻についてはVB1とVB2の設定については統計処理の妥当性について、②昨今の気象変動を踏まえて将来に発生することが想定される竜巻への考慮について、それぞれ説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 2.2.2.2 基準竜巻の設定 a.過去に発生した竜巻による最大風速（VB1） P 6条-10～11 別添2-1 添付資料2.1.数値気象解析に基づく突風関連指数の地域性について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-1-11～13 別添2-1 添付資料2.2.竜巻検討地域において発生した竜巻 P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-2-1～12 別添2-1 添付資料2.3.竜巻最大風速のハザード曲線の求め方 P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-3-2～11参照
2	平成27年2月3日	竜巻防護施設の抽出に関し、クラス 3 施設については抽出フローからは代替性や修復性により除かれているが、その代替性や修復性をどのように確認しているのか説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 添付資料1.2.評価対象施設等の抽出について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付1-2-26参照
3	平成27年2月3日	ノンクラスの施設については、竜巻防護施設とすべきものはないのか説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 添付資料1.2.評価対象施設等の抽出について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付1-2-14～24参照
4	平成27年2月3日	防護対象の抽出において、倒壊等により防護対象に影響を与える設備の抽出が漏れなく行われているか説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 添付資料1.2.評価対象施設等の抽出について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付1-2-14～24参照

島根原子力発電所 2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
5	平成27年2月3日	竜巻影響評価ガイドにおいては、竜巻検討地域の設定に際し、国内においてサイトと類似した地域を検討に加えることを意図しているが、この考え方への適合性について説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 竜巻影響評価について P 6条-別添2（竜巻）-1-16～21参照
6	平成27年2月3日	竜巻の発生要因として、台風との関連を考慮し説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 竜巻影響評価について P 6条-別添2（竜巻）-1-16～21参照
7	平成27年2月3日	竜巻検討地域の設定やその地域での竜巻の検討において、突風関連係数の使用目的及びその活用方法について説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 竜巻影響評価について P 6条-別添2（竜巻）-1-16～21 別添2-1 添付資料2.1.数値気象解析に基づく突風関連指数の地域性について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-1-11～13
8	平成27年2月3日	突風関連指数を用いて特定規模の竜巻の発生の可能性を評価する妥当性を説明すること。また、米国での竜巻発生に基づく経験式である E H I を我が国の竜巻発生評価への適用の妥当性を説明すること。なお、国内の限られたデータと米国文献のグラフで示されている誤差範囲を踏まえ、E H I と F スケールを関連付ける妥当性について説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 添付資料2.1.数値気象解析に基づく突風関連指数の地域性について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-1-11～13
9	平成27年2月3日	突風関連指数の不確かさを踏まえて S R e H 及び C A P E 指数の閾値設定の妥当性を説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 添付資料2.1.数値気象解析に基づく突風関連指数の地域性について P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-1-11～13

島根原子力発電所 2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
10	平成27年2月3日	気象庁での突風関連指数の適用状況を詳細に説明すること。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 竜巻影響評価について P 6条-別添2（竜巻） -1-26～27参照
11	平成27年2月3日	竜巻ハザード曲線の算定に用いる5.1.5年の疑似データにF3の発生を仮定した評価結果を示すこと。	平成27年3月31日 第213回審査会合 にて説明	平成30年11月5日提出まとめ資料 別添2-1 竜巻影響評価について 6条-別添2（竜巻） -1-43～46参照
12	平成25年11月28日	（竜巻）竜巻影響評価に関し、基準竜巻設定の信頼性（考慮している地域等）や、飛来物への防護策に関する妥当性等を説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	基準竜巻の設定では、発電所が立地する地域及び竜巻発生観点から竜巻検討地域を設定し、総観場等の地域特性の確認によって妥当性を確認した。 また、基準竜巻の最大風速VBの設定においては、統計データおよび将来的な気候変動の不確実性を考慮して竜巻検討地域で発生した過去最大竜巻F2より1ランク規模の大きいF3の風速範囲の上限値を踏まえ設定している。 設計飛来物によって損傷する可能性がある外部事象防護対象施設について、竜巻防護ネット設置等の竜巻防護対策を実施する。 P6条-別添2（竜巻） -1-添付3-1-1、P6条-別添2（竜巻） -1-添付3-2-2参照
13	平成27年3月31日	竜巻襲来時に必要な構築物、系統及び機器以外の構築物等が、代替もしくは安全上支障のない期間に修復が可能であることを説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	外部事象防護対象施設以外の安全重要度クラス3施設が損傷した場合でも、補修等を実施するとともに、保安規定の運転上の制限に従い、プラント停止等の対応を行うことにより、プラントの安全性は維持できる。 P 6条-別添2（竜巻） -1-添付1-2-27参照

島根原子力発電所 2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
14	平成27年3月31日	メソスケールでサイトでの竜巻発生（ミクロスケール）について議論することの妥当性を説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	空間スケールの観点では、メソスケール気象場の分析はスーパーセル型竜巻の発生しやすさの傾向・地域性を分析する目的には十分であるが、空間スケールが小さく、竜巻強度も小さい非スーパーセル型竜巻に対しては向かない。竜巻影響評価における設計竜巻を検討する際には、強度の大きな竜巻の発生に関する検討に適しているメソスケール気象場で分析することが妥当である。 P 6条-別添2（竜巻）-1-添付2-1-2～5, P 6条-別添2(竜巻)-1-30参照
15	平成27年4月9日	フジタモデルのパラメータ設定の妥当性について説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	フジタモデルの入力パラメータである移動速度、最大接線風速、最大接線風速半径について、設定の考え方を整理した。 P 6条-別添2（竜巻）-2-44～46参照
16	平成27年4月9日	竜巻影響評価については、その不確実性を踏まえて、ハザード設定から影響評価まで含めて、適切な保守性が考慮されることを説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	竜巻影響評価については、その不確実性を踏まえて、各ステップに対し保守性を考慮している。 P 6条-別添2（竜巻）-1-添付3-1-1参照
17	平成27年4月9日	飛来物の運動方程式において、飛来物に作用する力が適切に表現されるよう十分検討すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	飛来物に作用する力として、流体抗力、地面効果による揚力、重量が作用するとし、飛来物の運動をモデル化している。 地面効果による揚力は、物体の地面からの高さZが大きくなるほど小さくなるとしている。 P 6条-別添2（竜巻）-2-21～23参照
18	平成27年4月9日	地面効果による飛来物の揚力に関し、揚力係数の考え方について整理し説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	$C_{L\alpha}$ は風洞実験や数値シミュレーションにより求める必要があり、実用性と保守性確保の観点から、それを包含する代用揚力係数 $C_{D\alpha}$ を設定する。 P 6条-別添2（竜巻）-2-13～21参照
19	平成27年4月9日	各空力係数の適用可能性について確認し説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	No.18で回答 P 6条-別添2（竜巻）-2-13～21参照

島根原子力発電所 2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
20	平成27年4月9日	飛来物の運動を解析して評価するのであれば、様々な運動の様相、代表性等を考慮し、その評価方法の妥当性を説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	実際の竜巻による飛来物の挙動としては、飛散だけではなく、横滑りや転がりによる挙動が発生することも考えられるため、飛散以外の挙動に対する影響についても考慮している。 P 6条-別添2（竜巻） -2-38,39参照
21	平成27年4月9日	フジタモデルを使用する場合にも竜巻の特性を審査ガイドで示しているように最大風速、最大接線風速半径から決めていく方法について、RG1.76で示されているフジタモデルでのパラメータ設定上の課題も踏まえ、その妥当性を説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	Regulatory Guide1.76で示されているフジタモデルは多重渦型の竜巻モデル（DBT-78モデル）であり、当社が使用する単一渦型の竜巻モデル（DBT-77モデル）とは別のモデルである。 最大風速が同じ場合、DBT-78モデルはDBT-77モデルに比べ竜巻半径は大きくなるが、高速域の大きさはDBT-77モデルの方がDBT-78モデルに比べ大きくなるため飛来物は加速されやすく、飛散解析においては保守的であることから、当社の竜巻影響評価においては、単一渦型のDBT-77モデルを適用している。 P 6条-別添2（竜巻） -2-44～46参照
22	平成27年4月9日	抗力係数及び揚力係数の地表面距離依存性風洞試験結果について、円柱だけでなく自動車等関係する試験体についても整理し、そのモデル化について説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	No.18で回答 P 6条-別添2（竜巻） -2-13～21参照
23	平成27年4月9日	飛来物評価において、竜巻モデルによる違いを示す場合には飛来物の運動モデルは同じ条件で行うこと。（フジタモデルによる地上からの飛散解析結果と比較することを目的に、ランキン渦モデルによる地上からの飛散解析を実施する場合は、フジタモデルと同様に、地面効果による揚力を考慮する必要があるという主旨）	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	地面効果による揚力は地面の存在によって、水平な風が物体付近で湾曲・剥離することによって生じるものであるが、ランキン渦モデルの風速場では地面の有無によって物体周りの流況が大きく変化せず、地面効果による揚力は発生しにくいいため、ランキン渦モデルを用いた解析においては鉛直方向による揚力Lを付加していない。 P 6条-別添2（竜巻） -2-23,24参照

島根原子力発電所 2 号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
24	平成27年4月9日	フジタモデルにより算出される風速（V _W ）の不確実性について、既往の実例・実績を踏まえて考慮すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	フジタモデルにより算出される風速は、飛来物の衝撃荷重に影響を与えるパラメータであり、風速（V _W ）の不確実性に対しては、佐呂間竜巻の検証結果等を踏まえても、物体を多点配置することにより飛来物速度を保守的に評価できると考えている。 また、設計竜巻の最大風速の設定においても保守性を確保しており、不確実性は考慮できていると考えている。 P 6条-別添2（竜巻）-2-27～38参照
25	平成27年2月3日	ウォークダウンの詳細について説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	ウォークダウンの概要は以下の通り。 調査範囲：構内全域 調査対象：発電所構内の想定飛来物になる可能性のある物体 調査結果：想定飛来物（約1,000個）が抽出された P 6条-別添2（竜巻）-1-添付3-3-3～6参照
26	平成27年3月31日	スーパーセル以外を要因とする F 3 竜巻実績に対する設計余裕について説明すること。	令和元年5月9日 第713回審査会合 にて説明	Fujita et al.（1972）などの文献より、国内にて発生した全ての F3竜巻がメソサイクロンを伴うスーパーセル型であったと報告されており、スーパーセル以外を要因とする F3竜巻実績はないと考えられる。
27	令和元年5月9日	V _{B1} の設定に関する設計の考え方について改めて説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	V _{B1} は竜巻検討地域における過去最大竜巻F2の風速範囲の上限値 69m/sと設定する。 V _D は、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が、将来的な気候変動等を踏まえ、F3の風速範囲の上限値 92m/sと設定する。 （資料 1-2-3 P 6条-11, 21, 22）
28	令和元年5月9日	竜巻の地上付近の風速特性は不確定であることが報告されていることを踏まえ、フジタモデルにおける地上付近の風速が遅いことに対する保守性をどのように担保するのか説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	Kosibaらの研究は、現状ではフジタモデルの風速分布に直接関連付けられるものではないが、地表面付近の風速場の不確実性を踏まえて保守性を確保できていることを確認した。 （資料 1-2-3 P 6条-別添2（竜巻）-2-26～29）

島根原子力発電所 2 号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
29	令和元年5月9日	ナウキャスト予測に基づく人、車両等の退避について、60分先までの気象予測情報が得られるにもかかわらず、竜巻発生の可能性が高くとも30分前までは退避を開始しないとする考え方の妥当性を説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	竜巻襲来の可能性が高くなった場合に、より確実に人・車両等の退避を行えるよう、竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャストの予測の最大時間の60分先までの情報に基づき、対応を開始することとする。 (資料 1-2-3 P 6条-別添2 (竜巻) -1-添付3-2-6~18)
30	令和元年5月9日	砂利等の極小飛来物について、衝突荷重に対する影響以外に、砂等の粒子状の飛来物による目詰まり、閉塞及び噛込みなど、防護ネットを通過する極小飛来物が設備影響を与えないことを説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	砂等の粒子状の極小飛来物に対して、軸受け等の狭隘部を有する屋外施設、水循環系や換気系の流路を有する屋外施設・外気との接続がある施設・屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設について評価を実施し、影響が無いことを確認した。 (資料 1-2-3 P 6条-別添2 (竜巻) -1-添付3-3-61~68)
31	令和元年5月9日	設計風速を92m/sと設定することに対し、飛来物の設計で100m/sの風速を使用するとする考え方を整理して説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	従来は、設計竜巻の最大風速 $V_D=92\text{m/s}$ に対し、飛散解析に用いる風速は V_D を切り上げた100m/sを用いていたが、竜巻影響評価に一貫性を持たせ、飛散解析に用いる風速も92m/sを用いることとした。 (資料 1-2-3 一式)
32	令和元年5月9日	飛来物の初期高さ、障害物となり得る建物の高さ、想定される飛来物の軌跡等、必要な情報を整理した上で、飛来物発生防止対策エリアから、障害物となり得る建物等を考慮して一部の範囲を除外するとする考え方について説明すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	TONBOSによる飛散解析（92m/s）の結果、島根原子力発電所構内で確認された資機材・車両のうち最も飛散高さが高くなるのは「乗用車」の8mとなる。 外部事象防護対象施設と飛来物となり得る物体の間に建物高さが8m以上である1号機原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、管理事務所2号館を障害物として考慮する。 (資料 1-2-3 P 6条-別添2 (竜巻) -1-添付3-2-8~10)
33	令和元年5月9日	障害物を考慮すること等で、一部の物体を設計飛来物の対象外としているが、設計飛来物の選定フローから読み取れないため、フローを再精査すること。	令和元年6月27日 第736回審査会合 にて説明	横滑りの影響を確認する際に障害物の有無を考慮していること、竜巻防護ネットで防護できない極小飛来物を設計飛来物から除外していることが分かるように、設計飛来物の設定フローを修正した。 (資料 1-2-3 P 6条-別添2 (竜巻) -1-添付3-3-2)

島根原子力発電所 2 号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
34	令和元年6月27日	基準竜巻の最大風速 V_B 及び設計竜巻の最大風速 V_D の設定において考慮している将来的な気候変動等について、 V_B と V_D の関係を踏まえ、設計としてどの時点で考慮するべきか検討し説明すること。	令和元年9月12日 第770回審査会合 にて説明	指摘事項を踏まえ、 V_B 及び V_D の設定に関する考え方を以下の通り見直した。 V_{B2} においてデータの不確かさを踏まえ年超過確率 10^{-6} の風速値78m/sとする。 V_D において将来的な気候変動による竜巻発生の不確実性を踏まえ、F3の風速範囲の上限値92m/sとする。 (資料1-1-3 P 6条-12, 19, 21, 別添2(竜巻) -1-42, 47, 52)
35	令和元年6月27日	砂利については竜巻防護ネットを通過するものに該当するため、設計のプロセスの観点から設計飛来物の選定フローを見直し、再度説明すること。	令和元年9月12日 第770回審査会合 にて説明	竜巻影響評価ガイドに従い、竜巻防護ネットを通過する飛来物を設計飛来物として選定するよう設計飛来物の設定フローを見直し、砂利を設計飛来物として選定した。 (資料1-1-3 P 6条-別添2(竜巻) -1-57, -添付3-3-2)
36	令和元年6月27日	障害物となる建物としている建物の高さは設置許可、工事計画認可等の申請書で担保することを検討し説明すること。また、障害物となる建物としている1号機の建物については、1号機の廃止措置計画も踏まえて説明すること。	令和元年9月12日 第770回審査会合 にて説明	障害物となる建物として、管理事務所2号館、1号炉原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物を考慮していたが、一般的な事務棟である管理事務所2号館は「実用発電用原子炉及びその附属施設」とは位置付けておらず設置変更許可や工事計画認可の申請書で担保することが難しいこと、また、1号炉は廃止措置中であり将来的には建物を撤去することから、飛散する物品に対して建物を障害物として考慮せずに飛来物発生防止対策エリアを設定し、新たに飛来物発生防止対策エリアとなった範囲も含め固縛等の飛来物発生防止対策を実施することとする。 (資料1-1-3 P 6条-別添2(竜巻) -1-添付3-2-6~13)

島根原子力発電所 2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（設計基準対象施設：第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）））

No.	審査会合 実施日	コメント内容	回答状況	回答内容
37	令和元年6月27日	地表面付近の風速場の不確定性と地上からの初期高さの感度解析結果の関係を踏まえ、飛散解析を妥当とする根拠について、詳細に説明すること。	令和元年9月12日 第770回審査会合 にて説明	フジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性を考慮し、フジタモデルの風速場で約90m/sの風速となる高さである地上からの初期高さを5mとした場合の飛散解析も実施し、飛来物発生防止対策エリアの設定に対して、地表面付近の風速場の不確定性の影響は小さく、地表面に設置した物品に対する飛散解析結果を用いることは妥当であることを確認した。 (資料1-1-3 P6条-別添2(竜巻)-1-添付3-3-92～110)
38	令和元年6月27日	塊状以外の代表的な想定飛来物についても、地上からの初期高さに係る感度解析結果を示すこと。	令和元年9月12日 第770回審査会合 にて説明	3種類の物品形状（塊状、板状、棒状）のうち、それぞれ地上からの初期高さを0mとした場合の飛散距離が最大となる物品に対し、地上からの初期高さに係る感度解析を実施した。 仮設定場（板状）及び鋼製材（棒状）は地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離も大きくなる傾向が確認されたが、これらを含め構内の現地調査等で確認された板状、棒状の物品は、飛散した場合の影響が設計飛来物以下であることを確認しており、飛来物発生防止対策エリアの設定に影響しないことを確認した。 (資料1-1-3 P6条-別添2(竜巻)-1-添付3-3-111～113)