資料１－１－１

島根原子力発電所２号炉
外部火災影響評価について
（コメント回答）

令和元年10月
中国電力株式会社

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

Energia

審査会合での指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答項
1	令和元年8月22日	海水ポンプ各部位の直接輻射による影響評価を行った上で，直接輻射による影響と周辺空気の温度上昇による影響を比較し，評価の妥当性を説明すること。	p.2~4

審査会合での指摘事項に対する回答（No.1）（1/3）

■ 指摘事項（審査会合　令和元年8月22日）

　海水ポンプ各部位の直接輻射による影響評価を行った上で，直接輻射による影響と周辺空気の温度上昇による影響を比較し，評価の妥当性を説明すること。

【回答】

　海水ポンプ電動機の影響評価については，平成31年3月14日審査会合時に，海水ポンプ電動機外面に直接輻射が当たった際の影響を考慮した「直接輻射による影響評価」を行い，電動機外面に近く，その温度上昇の影響を最も受けやすいと考えられる「固定子巻線」を代表部位として，その評価結果を示したところである。

　その後，海水ポンプ電動機内部の各部位（固定子巻線，上部軸受，下部軸受）は冷却空気によって常時冷却されていることを踏まえ，冷却空気の温度上昇による影響について改めて評価方法を検討し，令和元年8月22日審査会合時に，冷却空気の温度上昇を考慮した「冷却空気による影響評価」に見直すこととした。また，海水ポンプ電動機の機能維持の観点で，冷却空気の許容温度が最も低い「下部軸受」を代表部位として，その評価結果を示したところである。

　これは，「直接輻射による影響評価」は，外気による冷却を考慮しない条件としていることから，電動機中心部に近い箇所に位置する軸受部の温度評価には必ずしも適しているものではなく，このため，各部位（固定子巻線，上部軸受，下部軸受）への火災の影響を考えた場合には，直接輻射が当たった際の影響を考慮するよりも，冷却空気の温度上昇による空気冷却機能への影響を考慮する方が，より実現象に近い形で適切に評価できるものと判断したことによるものである。

審査会合での指摘事項に対する回答（No.1）（2/3）

➢ 評価方法

冷却空気による影響評価［見直し後］	直接輻射による影響評価［見直し前］
● 海水ポンプ電動機の各部位（固定子巻線，上部軸受，下部軸受）は，外気の冷却空気によって冷却されていることから，温度上昇による空気冷却機能への影響を考慮する。 ● 外気の冷却空気の温度上昇とともに，冷却対象である「固定子巻線」，「上部軸受」及び「下部軸受」が一様に温度上昇※するものとした。 ● 許容温度が最も低い「下部軸受」を代表部位として，その機能維持に必要となる外気の冷却空気の温度が，許容温度以下となることを確認する。 ※：実際には，各部位は「外気」と「内気」又は「油」による熱交換により冷却されるが，本評価では熱交換を考慮せず，「外気」の温度上昇分，各部位が上昇するものとする。	● 原子炉建物外壁等の他の温度評価と同様，海水ポンプ電動機外面に直接輻射が当たった際の温度上昇の影響を考慮する。なお，冷却空気により冷却されているが，保守的に冷却空気による冷却効果を考慮しない条件とする。 ● 海水ポンプ電動機全体（電動機内部の「固定子巻線」，「上部軸受」及び「下部軸受」を含む）が一様に温度上昇するものとした。 ● 電動機外面に近く，定性的に，その温度上昇の影響を最も受けやすいと考えられる「固定子巻線」を代表部位として，許容温度以下となることを確認する。 ● 「上部軸受」及び「下部軸受」は，輻射を受ける電動機外面から離れた中心部に位置しており，「固定子巻線」よりも温度上昇の影響は小さくなることを考慮したものである。
□ 評価式 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，海水ポンプ電動機の冷却空気が一定の輻射強度によって昇温されるものとする。 $$T = T_0 + \frac{E \times A_T}{G \times C_p}$$ T：評価温度(℃)，　T_0：通常運転時の上昇温度(℃)， E：輻射強度(W／m²)，　A_T：輻射を受ける面積(m²)， G：重量流量(kg／s)，　C_p：空気比熱(J／kg／K)	□ 評価式 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，海水ポンプ電動機外面が一定の輻射強度によって昇温されるものとする。（外表面からの放熱は考慮） $$T = T_1 + \left(T_{out} - T_1 + \frac{\alpha E_V S_{RV}}{h S_L}\right)\left[1 - exp\left\{-\frac{h S_L}{\rho_M C_M V_M} \times t\right\}\right]$$ T：温度［℃］　T_1：初期温度［℃］　T_{out}：外気温度［℃］ t：燃焼継続時間［s］　α：外面吸収率［-］　E_V：輻射強度［W/m²］ S_{RV}：受熱面積［m²］　S_L：放熱面積［m²］　ρ_M：密度［kg/m³］ C_M：比熱［J/(kg·K)］　V_M：体積［m³］　h：熱伝達率［W/(m²·K)］

審査会合での指摘事項に対する回答（No.1）（3/3）

➢ 評価結果

森林火災による，冷却空気による影響評価及び直接輻射による影響評価結果を下表に示す。

対象部位	冷却空気による影響評価［見直し後］		直接輻射による影響評価［見直し前］	
	冷却空気の許容温度	冷却空気の評価温度※1	対象部位の許容温度	対象部位の評価温度※2
固定子巻線	115℃※3	89℃ (80℃+9℃)	155℃※5	49℃ (45℃+4℃)
上部軸受	55℃※4	29℃ (20℃+9℃)	95℃※6	49℃ (45℃+4℃)
下部軸受	55℃※4	31℃ (22℃+9℃)	95℃※6	49℃ (45℃+4℃)

※1：各対象部位の通常運転時の上昇温度に，火災源による冷却空気の上昇温度を加えた値
　（各対象部位の通常運転時の上昇温度　固定子巻線：80℃，上部軸受：20℃，下部軸受：22℃）
※2：海水ポンプの初期温度45℃ ※7に，火災源による輻射強度で各対象部位が直接昇温される温度を加えた値
※3：耐熱クラス155（F）における固定子巻線の許容最高温度【JEC-2137-2000】に，冷却空気の初期温度40℃※8を踏まえ設定
　（＝155℃−40℃）
※4：耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度【JEC-2137-2000】に，冷却空気の初期温度40℃ ※8を踏まえ設定
　（=95℃−40℃）
※5：耐熱クラス155（F）における固定子巻線の許容最高温度【JEC-2137-2000】
※6：耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度【JEC-2137-2000】
※7：海水ポンプの初期温度45℃は，鹿島地域気象観測所の最高気温37.5℃に対して，海水ポンプ外表面における温度評価モデルを使用した日射（太陽輻射）による温度上昇を考慮した海水ポンプ温度43.9℃を切り上げた値
※8：冷却空気の初期温度40℃は，鹿島地域気象観測所で観測された最高気温37.5℃に保守性を持たせた値

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。