

先行プラント（大飯3号機）と美浜3号機、高浜12号機の差異について

1. 概 要

本資料は、今回の HEAF (DG) 設工認申請における先行プラント（代表：大飯3号機）との主な差異を補足説明するものである。

2. 先行プラント（代表：大飯3号機）との主な差異について

HEAF (DG) 対策工事後の遮断器の遮断時間、及びアークエネルギーに差異があるが、非常用ディーゼル発電機の特性の違い等によるものであり、設計の考え方は先行プラントと同様である。

今回の HEAF (DG) 設工認申請における先行プラント（代表：大飯3号機）との主な差異を下表にまとめる。

【先行プラント】

大飯3号機 非常用ディーゼル発電機に関する高エネルギーアーク損傷対策工事

(2020年7月15日認可)

【今回申請】

美浜3号機、高浜12号機 非常用ディーゼル発電機に関する高エネルギーアーク損傷対策工事

(2021年4月15日申請)

項 目		記 載 内 容	先行プラント との主な差異
①	非常用電源設備の基本設計方針、適用基準及び適用規格	<ul style="list-style-type: none"> ・ HEAF (DG) 対策が必要な電気盤について、「遮断器の遮断時間の適切な設定及び非常用ディーゼル発電機の停止等により、高エネルギーのアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止することができる設計とする」旨を記載している。 ・ 本設工認における適合性を説明するために必要な適用基準等を記載している。 	・ 差異なし
②	発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本設工認で追加した工事の計画（基本設計方針）と設置許可申請書との整合性を示している。 	・ 差異なし
③	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	<ul style="list-style-type: none"> ・ アーク火災の発生を防止するための保護リレーを追加することによる影響を踏まえ 既設の非常用ディーゼル発電機に対して「多重性、多様性及び位置的分散」、「悪影響防止」、「環境条件等」の設計上の考慮について示している。 	・ 差異なし

項 目		記 載 内 容	先行プラントとの主な差異
④	発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	・審査ガイドを踏まえて、火災感知設備及び消火設備について HEAF が発生した場合を考慮して配置されていることを確認した結果、現在の配置が適切であり、これまでの設計を変更するものではないことを示している。	・差異なし
⑤	非常用発電装置の出力の決定に関する説明書	・HEAF (DG)対策の内容（アーク火災の発生を防止するための遮断器の遮断時間の設定等）について示している。	・差異あり (<u>遮断器の開放時間や非常用ディーゼル発電機の特性の違い等により、遮断時間及びアークエネルギーがプラント毎に異なる。</u>) (<u>詳細は次頁以降</u>)
⑥	設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	・設計及び工事に係る品質管理の方法等について示している。	・差異なし

3. 差異項目の理由説明について

先行プラント（代表：大飯3号機）との間でHEAF(DG)対策工事後の遮断器の遮断時間、及びアークエネルギーに差異がある理由は、非常用ディーゼル発電機の特性の違い等によるものであり、設計の考え方は同様である。

なお、アークエネルギー（ E_1 ）は、電気盤に発生するアーク電圧と三相短絡電流の積により算出したアークパワー（ W_1 ）をアーク放電の遮断時間（ t_1 ）で積分した値であり、以下の式により算出している。

$$E_1 = \int_0^{t_1} W_1 dt$$

E_1 : 三相のアークエネルギー W_1 : アークパワー t_1 : アーク放電の遮断時間

先行プラントとの差異理由を下表にまとめる。

項 目		差異の有無	理 由
1	アーク電圧	差異なし	電力中央研究所の試験結果より得られた値であり、すべてのプラントにおいて同じ値（1.33kV）となる。
2	三相短絡電流	差異あり ・大飯3号機：5.3kA ・美浜3、高浜12号機：2.9kA	非常用ディーゼル発電機の容量と遮断器までのケーブルのインピーダンス（抵抗値）の相違によるものであり、プラント毎に異なる。
3	保護継電器の動作時間	差異あり ・大飯3号機：0.200sec ・美浜3、高浜12号機：0.400sec	保護協調の観点から、メタクラ母線に設置される既設の保護継電器と同じ動作時間としてプラント毎に設定している。
4	保護継電器の誤差	差異なし	同型式の保護継電器で誤差：+0.025secで同じであるため。
5	継電器動作後の電流停止までの時間	差異あり ・大飯3号機：5.318sec ・美浜3号機：6.915sec ・高浜12号機：6.924sec	継電器動作から非常用ディーゼル発電機の消磁コンタクタの投入までの時間、及び消磁後の電流停止までの時間の和であり、非常用ディーゼル発電機の特性（時定数等）の違いによる。
6	アーク放電の遮断時間	差異あり ・大飯3号機：5.518sec ・美浜3号機：7.315sec ・高浜12号機：7.324sec	項目3「保護継電器の動作時間」と項目5「継電器動作後の電流停止までの時間」の和であり、それぞれの値の違いによる。
7	アークエネルギー	差異あり ・大飯3号機：6.93MJ ・美浜3号機：5.17MJ ・高浜12号機：5.19MJ	アークエネルギーの算出式における三相短絡電流及びアーク放電の遮断時間の違いによる。 (アーク電圧は同じ)

4. 差異あり箇所の詳細説明について

3章における「差異あり」箇所の詳細を以下に示す。

項目	差異の有無	理由
2	三相短絡電流 大飯3号機 : 5.3 kA 美浜3、高浜12号機 : 2.9 kA <u>⇒短絡電流は電源容量に比例して大きくなる。</u>	大飯3号機の非常用ディーゼル発電機容量は7100kW、美浜3及び高浜12号機の非常用ディーゼル発電機容量は3900kWであり、容量の違いが短絡電流に差を生じる主要因となる。短絡電流は時間の経過とともに変化することから、ここで記載している5.3kA、2.9kAは参考値として短絡後0.1secの短絡電流値を記載している。ただし、アークエネルギーの算出では短絡事故発生時から短絡電流供給停止時間まで減衰曲線を積分し算出している。 なお、非常用ディーゼル発電機出口から遮断器までのケーブル、変圧器等のインピーダンスは非常用ディーゼル発電機の内部インピーダンスと比較して非常に小さいため、「0」として評価している。
3	保護継電器の動作時間 大飯3号機 : 0.200 sec 美浜3、高浜12号機 : 0.400 sec <u>⇒アークエネルギーのしきい値以下となるように考慮した上で、保護協調の観点から、既設の保護継電器の動作時間に合わせる必要がある。</u>	非常用ディーゼル発電機の容量が大きい大飯3号機は三相短絡電流が大きくなるため、アークエネルギーの保護継電器の動作時間を早めに設定している。また、保護協調の観点から、メタクラ母線に設置される既設の保護継電器と同じ動作時間としている。なお、保護継電器はいずれのプラントも同じ型式のものを採用している。

項目	差異の有無	理由
5 継電器動作後の電流停止までの時間	大飯3号機 : 5.318 sec 美浜3号機 : 6.915 sec 高浜12号機 : 6.924 sec ⇒ <u>非常用ディーゼル発電機の短絡電流の減衰特性及び消磁コンタクトの動作時間の差異による。</u>	継電器動作後の非常用ディーゼル発電機の消磁コンタクト41Mの投入時間(大飯3号機:0.145sec、美浜3号機:0.135sec、高浜12号機:0.145sec)、及び短絡電流の減衰曲線(減衰するまでの時間)の差異による。 短絡電流は、非常用ディーゼル発電機の内部インピーダンスによって決まり、短絡発生後の非常用ディーゼル発電機の内部インピーダンスの変化(短絡電流を起因とした内部巻線による磁束の変化)によって短絡電流は減衰していく。短絡電流の減衰の度合はプラント毎の非常用ディーゼル発電機特性によって異なるため、減衰曲線に差異が生じている。一般的に発電機容量の相違による発電機構造(巻数・コイル長等)の違いがあるため、内部インピーダンスが異なる。なお、美浜・高浜は大飯3号機より内部インピーダンスが小さいため、減衰するまでの時間は長くなっている。
6 アーク放電の遮断時間	大飯3号機 : 5.518 sec 美浜3号機 : 7.315 sec 高浜12号機 : 7.324 sec ⇒ <u>継電器の動作時間+電流停止の時間</u>	項目3「保護継電器の動作時間」と項目5「継電器動作後の電流停止までの時間」の和がアーク放電の遮断時間となるため、項目3と項目5の値の差異による。
7 アークエネルギー	大飯3号機 : 6.93 MJ 美浜3号機 : 5.17 MJ 高浜12号機 : 5.19 MJ	アークパワー W_1 (項目1「アーク電圧」と項目2「三相短絡電流」の積)を項目6「アーク放電の遮断時間」で積分した値である。アークエネルギーの違いは、項目2「三相短絡電流」及び項目6「アーク放電の遮断時間」の差異による。

以上