

大飯発電所 3・4号機

高浜発電所 3・4号機

工事計画認可申請書 補足説明資料

(抜粋)

2020年5月

関西電力株式会社

## 目次（赤字部抜粋）

1. 概 要	3
2. 基本方針	4
3. 技術基準規則への適合が必要な電気盤	5
4. アーク放電を発生させる試験	6
4.1 電気盤の選定	6
4.2 短絡電流の目標値	35
4.3 HEAF 試験に用いる電気回路	37
4.4 測定項目	39
4.5 アーク放電の発生方法	43
4.6 アーク放電の継続時間	46
4.7 HEAF 試験の実施	49
4.8 アークエネルギーの計算	52
5. アーク火災発生の評価	53
5.1 アーク火災発生の評価の概要	53
5.2 評価に用いる必要なデータ	53
5.3 アーク火災が発生しないアークエネルギーのしきい値に係る評価	54
5.4 しきい値に係る解析による評価	57
6. HEAF に係る対策の判断基準	58

添付資料－1：同等性に影響を与える恐れのあるパラメータの整理に関する補足について

添付資料－2：火災感知設備及び消火設備の配置について

添付資料－3：HEAF 試験時における短絡電流の目標値について

添付資料－4：電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧について

添付資料－5：非常用 DG 保護ロジックへの 50 保護リレー追加に関わる既存設備への影響について

添付資料－6：50 保護リレー追加ロジックによる技術基準規則第十五条第二項に対する整理について

添付資料－7：圧力波形の考察について

#### 4. アーク放電を発生させる試験

メタルクラッド開閉装置、パワーセンタ及びコントロールセンタ(以下、それぞれ「M/C」、「P/C」、「C/C」という。また、メタルクラッド開閉装置のうち非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤については、「M/C (DG)」という。)においてアーク放電が発生した際にアーク火災が発生するアークエネルギーのしきい値を求めることを目的とし、アーク放電を発生させる試験(以下、「HEAF 試験」という。)を実施した。

##### 4.1 電気盤の選定

(審査ガイド抜粋【2.1 電気盤の選定】)

実用発電用原子炉施設内の電気は、原子炉運転中においては主発電機からの電力の一部が変圧器によって降圧された後、高圧電気盤及び低圧電気盤を介してモータ等に供給されている。HEAF 試験に用いられる電気盤は、実際に所内で使用されているものと同等の高圧電気盤及び低圧電気盤が選定されていることを確認する。

アーク火災は、添付資料-1 に示すメカニズムにより発生することから、アーク火災発生の有無は、①非密閉性の程度、②高温ガスの滞留場所、③可燃物及び④アークエネルギーによるものと考えられる。試験に用いられる電気盤については、これら4つのパラメータを踏まえて、実際に所内で使用されているもの(以下、「実機」という。)と同等の高圧電気盤及び低圧電気盤を選定した。なお、M/C (DG) 試験と M/C (DG) 以外の先行 M/C 試験(以下、「先行 M/C 試験」という。)で用いられる電気盤は、JEM-1425 及び JEC-2300 に基づき製造された同等の高圧電気盤である。

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (1/4)



種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
M/C	試験体①	遮断方式	VCB (真空遮断器)	
		系統	定格電圧：7.2kV 定格周波数：50Hz 定格短絡時間電流：40kA/2 秒	
		概略寸法	高さ 2.8m (含上部ダクト 0.4m) × 幅 1.0m × 奥行き 2.6m	
	試験体②	遮断方式	VCB (真空遮断器)	
		系統	定格電圧：7.2kV 定格周波数：50Hz 定格短絡時間電流：63kA/2 秒	
		概略寸法	高さ 2.6m (含上部ダクト 0.3m) × 幅 1.0m × 奥行き 2.5m	

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (2/4)




種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
P/C	試験体③	遮断方式	ACB (気中遮断器)	
	系統	定格使用電圧：AC480V 定格周波数：50Hz 定格短絡時間耐電流：50kA/1 秒		
	概略寸法	高さ 2.6m (含制御ダクト 0.3m) × 幅 0.65m × 奥行き 1.8m		
	試験体④	遮断方式	ACB (気中遮断器)	
	系統	定格使用電圧：AC480 V 定格周波数：50 Hz 定格短時間耐電流：50 kA/0.5 秒		
	概略寸法	【受電盤】高さ 2.3m × 幅 0.8m × 奥行き 2.0m  【フィーダー盤】高さ 2.3m × 幅 0.6m × 奥行き 2.0m		
	試験体⑤	遮断方式	ACB (気中遮断器)	
	系統	定格使用電圧：AC420V 定格周波数：50Hz 定格短時間耐電流：40kA/1 秒		
	概略寸法	【受電盤】高さ 2.3m × 幅 0.8m × 奥行き 2.2m 【フィーダー盤】高さ 2.3m × 幅 0.7m × 奥行き 2.2m		

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (3/4)

種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
C/C	試験体⑥	遮断方式	MCB(配線用遮断器)	
		系統	定格使用電圧：AC460V 定格周波数：50Hz 定格遮断電流：50kA	
		概略寸法	高さ 2.3m×幅 0.60m×奥行き 0.573m	

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (4/4)  
 (非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
M/C (DG)	試験体⑦	遮断方式	VCB (真空遮断器)	
		系統	定格電圧：7.2kV 定格周波数：50Hz 定格短絡時間電流：40kA/1 秒	
		概略寸法	高さ 2.3m×幅 1.0m×奥行き 2.5m (天井に換気口あり)	

1. 同等性に影響を与える恐れのあるパラメータについて

①非密閉性の程度、②高温ガスの滞留場所、③可燃物及び④アークエネルギーの4つのパラメータについて、電気盤選定の同等性に影響を与えるおそれのあるパラメータを整理すると以下のとおりである。よって、③高温ガスの滞留場所、④可燃物に対する電気盤選定の同等性について検証する。

表 4.1.2 同等性に影響を与える恐れのあるパラメータの整理

主要パラメータ	影響の有無	電気盤選定の同等性に関する考察
①非密閉性の程度	無	<p>HEAF 試験の結果や、添付資料-1 のとおり、電気盤は密閉構造ではなく開口部を有する構造であり、電気盤の開口部や盤内仕切板の変形により高温ガスは電気盤外に抜けることから、電気盤選定の同等性に影響を与えるおそれはない。</p> <p>なお、M/C (DG) 試験に用いる電気盤は、先行 M/C 試験で用いた電気盤と同様の構造であることから密閉構造ではなく開口部を有する。したがって、M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験では、ピーク圧力に違いはあるものの同様の波形形状を示しており開口部から高温ガスが電気盤外に抜けている。このことより先行 M/C 試験と同様であり電気盤選定の同等性に影響を与えるおそれはない。</p> <p>試験結果を比較するとピーク圧力に差がみられることについては、M/C (DG) 試験の方が電流値の試験条件が小さくアークパワーに差があるためである。詳細は、添付資料 1 参照。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ M/C (DG) 試験：ピーク圧力 2.98kPa</li> <li>・ 先行 M/C 試験：ピーク圧力 62.5kPa</li> </ul> <p>更に、規格類 (JEM-1425 等) に基づき、遮断器、母線、ケーブルをそれぞれ区分したコンパートメントに収納する構造となっている。また、JEM-1425 には換気に対する規定もありコンパートメント構造というものの開口部があってもいいとされていることから、換気のための開口や隙間は存在する。</p>



②高温ガスの滞留場所	有	<p>HEAF 試験の結果や、添付資料-1 のとおり、盤の構造等により電気盤選定の同等性に影響を与える恐れがある。</p> <p>また、アーク放電の発生方法については、審査ガイド 2.5 章に沿って、遮断器の受電側及び配電側で銅線をワイヤリングすることによって HEAF 試験を実施している。</p> <p>なお、M/C(DG)試験に用いた電気盤は、先行 M/C 試験で用いた電気盤と同様の構造である。</p>
③可燃物	有	<p>HEAF 試験の結果や、添付資料-1 のとおり、高温ガスの滞留場所の可燃物が主要な燃焼物となっていることから、可燃物の種類の差異により電気盤選定の同等性に影響を与える恐れがある。</p> <p>なお、M/C(DG)試験に用いた電気盤は、先行 M/C 試験で用いた電気盤と同様の構造である。</p>
④アークエネルギー	無	<p>アークエネルギーについては、審査ガイド 2.6 章に沿って、アーク放電の継続時間を段階的に変化させて HEAF 試験を実施しているものである。このパラメータは、同等性を有する電気盤に対する試験条件であることから、電気盤選定の同等性に影響をあたえるおそれはない。</p>

## ②高温ガスの滞留場所に対する同等性

高温ガスの滞留場所は、電気盤の構造及び盤サイズに左右される。盤サイズについては、定格電圧が決まれば、概略の盤サイズが決定されることを踏まえ、実機と同等の盤構造及び定格電圧の電気盤を試験体として選定した。

### a. M/C

実機の盤については、JEM-1425（日本電機工業会規格 金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ）に基づき製造されており、盤構造は「分類」のうちメタルクラッド形スイッチギヤ（遮断器、母線、ケーブルをそれぞれ区分したコンパートメントに収納する構造）を採用している。また、定格電圧は、「定格」のうち 7.2kV を採用している。さらに、「設計及び構造」の要求事項を満足するような構造となるように設計している。（表 4.1.3 参照）

また、実機の遮断器については、JEC-2300（電気学会 電気規格調査会標準規格 交流遮断器）に基づき製造されており、定格電圧は「定格」のうち 7.2kV を採用し、「一般構造」の要求事項を満足する設計としている。（表 4.1.4 参照）

このため、試験体についても JEM-1425 及び JEC-2300 に基づき製造され、盤構造がメタルクラッド型スイッチギヤとなっており、定格電圧が 7.2kV の電気盤を採用した。

表 4.1.11 に示すとおり、実機及び試験体の盤構造は、遮断器、母線、ケーブルをそれぞれ区分したコンパートメントに収納する構造となっており、盤サイズも同等となっている。

なお、M/C (DG) 試験の試験体についても前述と同様に JEM-1425 及び JEC-2300 に基づき製造されたものであることから同等である。

また、コンパートメントに収納する構造であることから、隣接した盤からのアーク放電の影響を受けにくい構造となっている。

表 4.1.3 JEM-1425 における試験体と実機の電気盤との比較・評価

JEM-1425 の主要な項目		比較・評価
4.分類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メタルクラッド形スイッチギヤ</li> <li>・コンパートメント形スイッチギヤ</li> <li>・キュービクル形スイッチギヤ</li> </ul>	実機、試験体の電気盤ともに、メタルクラッド形スイッチギヤを使用している
6.定格	定格電圧 3.6kV、7.2kV、12kV、17.5kV、24kV、36kV	実機、試験体の電気盤ともに、7.2kVの定格電圧である
7.設計及び構造	スイッチギヤは、平常運転及び保守点検作業が安全にできるように設計されていない。 (以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要求に基づき設計されている。

表 4.1.4 JEC-2300 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

JEC-2300 の主要な項目		比較・評価
4.定格	4.2 定格電圧 3.6kV、7.2kV、12kV、24kV、36kV、72kV、84kV、120kV・・・	実機、試験体の電気盤ともに、7.2kVの定格電圧である。
5.動作責務と構造	5.5 一般構造 5.5.1 遮断器の構造は、電気的および機械的に十分な耐久性を有し、操作は円滑確実に衝撃が少なく、保守点検は、安全かつ容易にできるよう、製作されなければならない。 (以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要求に基づき設計された構造となっている。

b. P/C

実機の盤については、JEM-1265（日本電機工業会規格 低圧金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ）に基づき製造されており、盤構造は、「低圧スイッチギヤの形」のうち、接地された金属閉鎖箱内に装置が一括して収納された構造（以下、「金属閉鎖形構造」という。）を採用している。また、定格電圧は、「定格」のうち 600V を採用している。さらに、「閉鎖箱」の要求事項を満足するような構造となるように設計している。（表 4.1.5 参照）

また、実機の遮断器については、JEC-160（電気学会 電気規格調査会標準規格 交流遮断器）に基づき製造されており、定格絶縁電圧は「定格」のうち 600V を採用し、「構造及び性能」の要求事項を満足する設計としている。（表 4.1.6 参照）

このため、試験体についても、JEM-1265 及び JEC-160 に基づき製造され、盤構造が金属閉鎖形構造となっており、定格絶縁電圧が 600V の電気盤を採用した。

表 4.1.11 に示すとおり、実機及び試験体の盤構造は、金属閉鎖形構造となっており、盤サイズも同等となっている。

表 4.1.5 JEM-1265 における試験体と実機の電気盤との比較・評価

JEM-1265 の主要な項目		比較・評価
5. 定格	定格絶縁電圧 250V、500V、600V	実機、試験体の電気盤ともに、600V の定格絶縁電圧である。
6.9 低圧スイッチギヤの形	接地された金属閉鎖箱内に装置が一括して収納されているもの。	実機、試験体の電気盤ともに、接地された金属閉鎖箱内に装置が一括して収納されている。
6.5 閉鎖箱	閉鎖箱は、金属製とする。(略) 低圧スイッチギヤは、通常の使用状態で起こり得る機械的、電氣的及び熱的応力に耐え、同時に温度変化にも耐え得る材料だけで構成しなければならない。(以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要求に基づき設計された構造となっている。

表 4.1.6 JEC-160 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

JEC-160 の主要な項目		比較・評価
4. 定格	定格絶縁電圧 600V	実機、試験体の電気盤ともに、600V の定格絶縁電圧である。
6. 構造及び性能	6.1 構造 6.1.1 構造一般 遮断器は、良質の材料を用いて丈夫に作られ、操作は安全・円滑・確実で、保守点検は安全・容易にでき、取替えを必要とする部品は互換性を有し、できるだけ簡単に取替えられなければならない。(以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要求に基づき設計されている。

c. C/C

実機については、JEM-1195（日本電機工業会規格 コントロールセンタ）に基づき製造されており、C/Cとは、「主回路開閉器・保護装置及び監視・制御器具などを単位回路ごとにまとめた単位装置を、閉鎖した外箱に集合的に組み込んだ装置」と定義されていることから、盤構造は、JEM-1195 に基づき製造されたC/Cであれば同様である。また、定格絶縁電圧は、「定格」のうち600Vを採用している。さらに、「構造」の要求事項を満足するような構造となるように設計している。(表 4.1.7 参照)

このため、試験体についても、JEM-1195 に基づき製造されたC/Cであり、定格絶縁電圧が600Vの電気盤を採用した。

表 4.1.11 に示すとおり、実機及び試験体の盤構造及び盤サイズは、同等となっている。

表 4.1.7 JEM-1195 における試験体と実機の電気盤との比較・評価

JEM-1195 の主要な項目		比較・評価
5.定格	定格絶縁電圧 250V、600V	実機、試験体の電気盤ともに、600V の定格絶縁電圧である。
8.構造	8.1 構造一般 a) 外箱は堅ろうな金属製とし、収納機器 の重量、動作による衝撃などに十分耐える 構造でなければならない。(以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要 求に基づき設計されている。

以上のとおり、選定した試験体の高温ガスの滞留場所については、実機に対して同等性を有している。

③可燃物に対する同等性

高温ガスの滞留場所にある可燃物は、主に通電部まわりの絶縁物である。当該箇所を使用される絶縁物の種類は、JEC 等<sup>\*1</sup>で規定される耐熱クラスに応じて決定されることから、通電部まわりの絶縁物の耐熱クラスが、実機と同等の電気盤を試験体として選定した。(表 4.1.8～表 4.1.10)

具体的には、実機は耐熱クラス B の絶縁物を使用していることから、M/C 及び P/C については、耐熱クラス B の絶縁物を使用している電気盤を試験体として採用し、C/C については、保守的に、実機より最高使用温度が低い耐熱クラス E の絶縁物を使用している電気盤を試験体として採用した。

このため、選定した試験体の可燃物は、実機に対して同等性を有している。なお、M/C (DG) 試験の試験体も前述と同様に耐熱クラス B の絶縁物を使用しており同等である。

※1 : M/C は JEC-2300、P/C は JEC-160、C/C は JEM-1195 による。

表 4.1.8 JEC-2300 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

JEC-2300 の主要な項目		比較・評価
4.定格	4.4 定格電流 遮断器の定格電流は、定格電圧および定格周波数のもとに、表 4 に示す温度上昇の限度および最高許容温度を超えないで、その遮断器に連続して通じうる電流の限度をいい、表 20 の値を標準とする。	実機、試験体ともに、主な絶縁物は、耐熱クラス B 種が使用されている。

表 4.1.9 JEC-160 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

JEC-160 の主要な項目		比較・評価
6.構造	6.2.1 温度上昇の限度 7.2.3 に規定する試験方法によって測定された遮断器の各部の温度上昇は、表 5 の値を超えてはいけない。	実機、試験体ともに、主な絶縁物は、耐熱クラス B 種が使用されている。

表 4.1.10 JEM-1195 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

JEM-1195 の主要な項目		比較・評価
5.性能	5.3 温度上昇 9.5 によって試験したとき、各部の温度上昇は、表 9 に示す値以下でなければならない。	実機の主な絶縁物は、耐熱クラス B 種であり、試験体は耐熱クラス B よりも低い耐熱クラス E 種が使用されている。

## 2. まとめ

アーク火災発生の有無は、①非密閉性の程度、②高温ガスの滞留場所、③可燃物及び④アークエネルギーによるが、試験に用いられる電気盤については、これら4つのパラメータの内、②、③が実際に所内で使用されているものとの同等性に影響を与えるおそれがあることから、②、③の観点で実機と同等の電気盤を試験体として選定した。

このため、試験に用いられる電気盤と実際に所内で使用されているものとは同等性がある。

なお、M/C(DG)試験においても、先行 M/C 試験と同様の考え方で電気盤を選定したものであることから同等である。