

美浜発電所3号機

高浜発電所1, 2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

対策に係る設計及び工事計画認可申請書

補足説明資料

2021年5月

関西電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

1. 概要

本資料は、非情報ディーゼル発電機に接続される電気盤の高エネルギーアーク損傷に係る対策工事（以下「H E A F対策工事」という。）に係る設計及び工事計画認可申請書について、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の要求に関する整理及び設計及び工事計画認可申請書に添付する書類に係る整理、並びに設計及び工事計画認可申請書の記載事項について補足説明するものである。

2. 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の要求に関する整理

H E A F対策工事に係る設計及び工事計画認可申請書における「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の要求についての検討結果を別紙1に示す。

3. 設計及び工事計画変更認可申請書に添付する書類

設計及び工事計画認可申請書に添付する書類は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則別表第二」にて要求されている。

H E A F対策工事に係る設計及び工事計画認可申請書における添付書類の要否の検討結果を別紙2に示す。

4. 設計及び工事計画変更認可申請書の「工事の方法」の該当箇所

「工事の方法」は、工事手順、使用前事業者検査の方法、工事上の留意事項を、それぞれ施設、主要な耐圧部の溶接部、燃料体に区分し定めており、これら工事手順及び使用前事業者検査の方法は、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に定めたプロセス等に基づいたものとしている。

また、工事の方法は、すべての施設を網羅するものとして作成しており、それを原子炉本体に記載し、その他施設については該当箇所を呼び込むことにしている。工事の方法のうち当該工事に該当する箇所を別紙3に示す。

5. 設計及び工事計画認可申請書の記載事項についての補足

設計及び工事計画認可申請書の記載事項のうちH E A F対策に係る設計について、補足説明を別紙4に示す。

○:対象となる条文
×:対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由
(第四条) 設計基準対象施設の地盤	○	×	設計基準対象施設の地盤については、平成28年10月26日付け原規規第1610261号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、設計基準対象施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五条) 地震による損傷の防止	○	×	地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第六条) 津波による損傷の防止	○	×	津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更は無く、津波から防護された建屋内に設置されており、津波防護対策の設計内容は変わらないことから既工事計画から変更はない。
(第七条) 外部からの衝撃による損傷の防止	○	×	外部からの衝撃による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更は無く、巻巻等から防護された建屋内に設置されており、外部からの衝撃による損傷の防止対策の設計内容は変わらないことから、既工事計画から変更はない。
(第八条) 立ち入りの防止	○	×	立ち入りの防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、立ち入りの防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第九条) 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	○	×	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十条) 急傾斜地の崩壊の防止	×	×	急傾斜地の崩壊の防止に対する要求であり、美浜発電所は、急傾斜地崩壊危険区域に指定された箇所がないことから、急傾斜地の崩壊の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十一条) 火災による損傷の防止	○	×	火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十二条) 発電用原子炉施設内における漏水等による損傷の防止	○	×	漏水等による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、漏水等による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十三条) 安全避難通路等	○	×	安全避難通路等については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、安全避難通路等に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十四条) 安全設備	○	○	安全設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十五条) 設計基準対象施設の機能	○	○	設計基準対象施設の機能については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十六条) 全交流動力電源喪失対策設備	×	×	全交流動力電源喪失対策設備に対する要求であり、本設備は、全交流電源喪失対策設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十七条) 材料及び構造	×	×	設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十八条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十九条) 流体振動等による損傷の防止	×	×	燃料体、反射材等の流体振動等による損傷の防止に対する要求であり、本設備は、燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十条) 安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十一条) 耐圧試験等	×	×	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器及び原子炉格納容器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十二条) 監視試験片	×	×	容器の中性子照射による劣化に対する要求であり、本設備は、容器の中性子照射による劣化に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十三条) 炉心等	×	×	炉心等に対する要求であり、本設備は、炉心等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十四条) 熱遮蔽材	×	×	熱遮蔽材に対する要求であり、本設備は、熱遮蔽材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十五条) 1次冷却材	×	×	1次冷却材に対する要求であり、本設備は、1次冷却材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十六条) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	×	×	燃料取扱施設や貯蔵施設に対する要求であり、本設備は、燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十七条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリに対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十八条) 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十九条) 1次冷却材処理装置	×	×	1次冷却材処理装置に対する要求であり、本設備は、1次冷却材処理装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十条) 逆止め弁	×	×	逆止め弁に対する要求であり、本設備は、逆止め弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十一条) 蒸気タービン	×	×	蒸気タービンに対する要求であり、本設備は、蒸気タービンに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十二条) 非常用炉心冷却設備	×	×	非常用炉心冷却設備に対する要求であり、本設備は、非常用炉心冷却設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十三条) 循環設備等	×	×	循環設備等に対する要求であり、本設備は、循環設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十四条) 計測装置	×	×	計測装置に対する要求であり、本設備は、計測装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十五条) 安全保護装置	×	×	安全保護装置に対する要求であり、本設備は、安全保護装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十六条) 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	×	反応度制御系統及び原子炉停止系統に対する要求であり、本設備は、反応度制御系統及び原子炉停止系統に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十七条) 制御材駆動装置	×	×	制御材駆動装置に対する要求であり、本設備は、制御材駆動装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十八条) 原子炉制御室等	×	×	原子炉制御室等に対する要求であり、本設備は、原子炉制御室等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十九条) 廃棄物処理設備等	×	×	廃棄物処理設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物処理設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十条) 廃棄物貯蔵設備等	×	×	廃棄物貯蔵設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物貯蔵設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十一条) 放射性物質による汚染の防止	×	×	放射性物質による汚染の防止に対する要求であり、本設備は、放射性物質による汚染の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十二条) 生体遮蔽等	×	×	生体遮蔽等に対する要求であり、本設備は、生体遮蔽等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十三条) 換気設備	×	×	換気設備に対する要求であり、本設備は、換気設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十四条) 原子炉格納施設	×	×	原子炉格納施設に対する要求であり、本設備は、原子炉格納施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十五条) 保安電源設備	○	○	要求事項が変更となり、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設後において、技術基準への適合性を確認する必要があるため、変更の工事時の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。
(第四十六条) 緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十七条) 警報装置等	×	×	警報装置等に対する要求であり、本設備は、警報装置等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十八条) 準用	○	○	補助ボイラー、電気設備等の準用については、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設に伴い、技術基準への適合性を確認する必要があるため、工事の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。

美浜3号機 設計及び工事計画認可申請に該当する技術基準規則の条文整理表(重大事故等対処設備)

○:対象となる条文
×:対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由(説明)
(第四十九条) 重大事故等対処施設の地盤	○	×	重大事故等対処施設の地盤については、平成28年10月26日付け原規規第1610261号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十条) 地震による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十一条) 津波による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の津波による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十二条) 火災による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十三条) 特定重大事故等対処施設	×	×	特定重大事故等対処施設に対する要求であり、本設備は、特定重大事故等対処施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十四条) 重大事故等対処設備	○	○	重大事故等対処設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第五十五条) 材料及び構造	×	×	重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十六条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十七条) 安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十八条) 耐圧試験等	×	×	クラス機器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十九条) 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×	×	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に対する要求であり、本設備は、緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十一条) 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十二条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十三条) 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	×	×	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に対する要求であり、本設備は、最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十四条) 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	×	×	原子炉格納容器内の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器内の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十五条) 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備	×	×	原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十六条) 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	×	×	原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十七条) 水素燃焼による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	×	×	水素燃焼による原子炉格納容器の破損を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素燃焼による原子炉格納容器の破損を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十八条) 水素燃焼による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×	×	水素燃焼による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素燃焼による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十九条) 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	×	×	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十条) 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	×	×	工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に対する要求であり、本設備は、工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十一条) 重大事故等の収束に必要な水の供給設備	×	×	重大事故等の収束に必要な水の供給設備に対する要求であり、本設備は、重大事故等の収束に必要な水の供給設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十二条) 電源設備	○	×	電源設備については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、電源設備に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第七十三条) 計装装置	×	×	計装装置に対する要求であり、本設備は、計装装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十四条) 原子炉制御室等	×	×	原子炉制御室等に対する要求であり、本設備は、原子炉制御室等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十五条) 監視測定設備	×	×	監視測定設備に対する要求であり、本設備は、監視測定設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十六条) 緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十七条) 通信連絡を行うために必要な設備	×	×	通信連絡を行うために必要な設備に対する要求であり、本設備は、通信連絡を行うために必要な設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十八条) 挙用	○	×	挙用については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、挙用に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。

○:対象となる条文
×:対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由
(第四條)設計基準対象施設の地盤	○	×	設計基準対象施設の地盤については、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、設計基準対象施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五條)地震による損傷の防止	○	×	地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第六條)津波による損傷の防止	○	×	津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更はなく、津波から防護された建屋内に設置されており、津波防護対策の設計内容は変わらないことから既工事計画から変更はない。
(第七條)外部からの衝撃による損傷の防止	○	×	外部からの衝撃による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更はなく、巻巻等から防護された建屋内に設置されており、外部からの衝撃による損傷の防止対策の設計内容は変わらないことから、既工事計画から変更はない。
(第八條)立ち入りの防止	○	×	立ち入りの防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、立ち入りの防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第九條)発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	○	×	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十條)急傾斜地の崩壊の防止	×	×	急傾斜地の崩壊の防止に対する要求であり、高浜発電所は、急傾斜地崩壊危険区域に指定された箇所がないことから、急傾斜地の崩壊の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十一條)火災による損傷の防止	○	×	火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十二條)発電用原子炉施設内における漏水等による損傷の防止	○	×	漏水等による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、漏水等による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十三條)安全避難通路等	○	×	安全避難通路等については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、安全避難通路等に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十四條)安全設備	○	○	安全設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十五條)設計基準対象施設の機能	○	○	設計基準対象施設の機能については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十六條)全交流動力電源喪失対策設備	×	×	全交流動力電源喪失対策設備に対する要求であり、本設備は、全交流電源喪失対策設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十七條)材料及び構造	×	×	設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十八條)使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十九條)流体振動等による損傷の防止	×	×	燃料体、反射材等の流体振動等による損傷の防止に対する要求であり、本設備は、燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十條)安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十一條)耐圧試験等	×	×	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器及び原子炉格納容器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十二條)監視試験片	×	×	容器の中性子照射による劣化に対する要求であり、本設備は、容器の中性子照射による劣化に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十三條)炉心等	×	×	炉心等に対する要求であり、本設備は、炉心等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十四條)熱遮蔽材	×	×	熱遮蔽材に対する要求であり、本設備は、熱遮蔽材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十五條)1次冷却材	×	×	1次冷却材に対する要求であり、本設備は、1次冷却材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十六條)燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	×	×	燃料取扱施設や貯蔵施設に対する要求であり、本設備は、燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十七條)原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリに対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十八條)原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十九條)1次冷却材処理装置	×	×	1次冷却材処理装置に対する要求であり、本設備は、1次冷却材処理装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十條)逆止め弁	×	×	逆止め弁に対する要求であり、本設備は、逆止め弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十一條)蒸気タービン	×	×	蒸気タービンに対する要求であり、本設備は、蒸気タービンに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十二條)非常用炉心冷却設備	×	×	非常用炉心冷却設備に対する要求であり、本設備は、非常用炉心冷却設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十三條)循環設備等	×	×	循環設備等に対する要求であり、本設備は、循環設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十四條)計測装置	×	×	計測装置に対する要求であり、本設備は、計測装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十五條)安全保護装置	×	×	安全保護装置に対する要求であり、本設備は、安全保護装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十六條)反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	×	反応度制御系統及び原子炉停止系統に対する要求であり、本設備は、反応度制御系統及び原子炉停止系統に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十七條)制御材駆動装置	×	×	制御材駆動装置に対する要求であり、本設備は、制御材駆動装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十八條)原子炉制御室等	×	×	原子炉制御室等に対する要求であり、本設備は、原子炉制御室等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十九條)廃棄物処理設備等	×	×	廃棄物処理設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物処理設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十條)廃棄物貯蔵設備等	×	×	廃棄物貯蔵設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物貯蔵設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十一條)放射性物質による汚染の防止	×	×	放射性物質による汚染の防止に対する要求であり、本設備は、放射性物質による汚染の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十二條)生体遮蔽等	×	×	生体遮蔽等に対する要求であり、本設備は、生体遮蔽等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十三條)換気設備	×	×	換気設備に対する要求であり、本設備は、換気設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十四條)原子炉格納施設	×	×	原子炉格納施設に対する要求であり、本設備は、原子炉格納施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十五條)保安電源設備	○	○	要求事項が変更となっており、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設後において、技術基準への適合性を確認する必要があるため、変更の工事時の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。
(第四十六條)緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十七條)警報装置等	×	×	警報装置等に対する要求であり、本設備は、警報装置等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十八條)準用	○	○	補助ボイラー、電気設備等の準用については、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設に伴い、技術基準への適合性を確認する必要があるため、工事の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。

高浜1号機 設計及び工事計画認可申請に該当する技術基準規則の条文整理表(重大事故等対処設備)

○: 対象となる条文
×: 対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由(説明)
(第四十九条) 重大事故等対処施設の地盤	○	×	重大事故等対処施設の地盤については、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十条) 地震による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十一条) 津波による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の津波による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十二条) 火災による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十三条) 特定重大事故等対処施設	×	×	特定重大事故等対処施設に対する要求であり、本設備は、特定重大事故等対処施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十四条) 重大事故等対処設備	○	○	重大事故等対処設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第五十五条) 材料及び構造	×	×	重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十六条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十七条) 安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十八条) 耐圧試験等	×	×	クラス機器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十九条) 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×	×	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に対する要求であり、本設備は、緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十一条) 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十二条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十三条) 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	×	×	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に対する要求であり、本設備は、最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十四条) 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	×	×	原子炉格納容器内の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器内の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十五条) 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備	×	×	原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十六条) 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	×	×	原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十七条) 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	×	×	水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十八条) 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×	×	水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十九条) 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	×	×	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十条) 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	×	×	工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に対する要求であり、本設備は、工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十一条) 重大事故等の取除に必要となる水の供給設備	×	×	重大事故等の取除に必要となる水の供給設備に対する要求であり、本設備は、重大事故等の取除に必要となる水の供給設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十二条) 電源設備	○	×	電源設備については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、電源設備に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第七十三条) 計装装置	×	×	計装装置に対する要求であり、本設備は、計装装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十四条) 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備	×	×	運転員が原子炉制御室にとどまるための設備に対する要求であり、本設備は、運転員が原子炉制御室にとどまるための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十五条) 監視測定設備	×	×	監視測定設備に対する要求であり、本設備は、監視測定設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十六条) 緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十七条) 通信連絡を行うために必要な設備	×	×	通信連絡を行うために必要な設備に対する要求であり、本設備は、通信連絡を行うために必要な設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十八条) 準用	○	×	準用については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、準用に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。

○:対象となる条文
×:対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由
(第四条) 設計基準対象施設の地盤	○	×	設計基準対象施設の地盤については、平成28年6月10日付け原規規第1606105号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、設計基準対象施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五条) 地震による損傷の防止	○	×	地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第六条) 津波による損傷の防止	○	×	津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更は無く、津波から防護された建屋内に設置されており、津波防護対策の設計内容は変わらないことから既工事計画から変更はない。
(第七条) 外部からの衝撃による損傷の防止	○	×	外部からの衝撃による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、本設備は設置位置の変更は無く、竜巻等から防護された建屋内に設置されており、外部からの衝撃による損傷の防止対策の設計内容は変わらないことから、既工事計画から変更はない。
(第八条) 立ち入りの防止	○	×	立ち入りの防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、立ち入りの防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第九条) 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	○	×	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十条) 急傾斜地の崩壊の防止	×	×	急傾斜地の崩壊の防止に対する要求であり、高浜発電所は、急傾斜地崩壊危険区域に指定された箇所がないことから、急傾斜地の崩壊の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十一条) 火災による損傷の防止	○	×	火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十二条) 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	○	×	溢水等による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、溢水等による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十三条) 安全避難通路等	○	×	安全避難通路等については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、安全避難通路等に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第十四条) 安全設備	○	○	安全設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十五条) 設計基準対象施設の機能	○	○	設計基準対象施設の機能については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第十六条) 全交流動力電源喪失対策設備	×	×	全交流動力電源喪失対策設備に対する要求であり、本設備は、全交流電源喪失対策設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十七条) 材料及び構造	×	×	設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十八条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第十九条) 流体振動等による損傷の防止	×	×	燃料体、反射材等の流体振動等による損傷の防止に対する要求であり、本設備は、燃料体及び反射材並びに炉心支持構造物、熱遮蔽材並びに一次冷却系統に係る容器、管、ポンプ及び弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十条) 安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十一条) 耐圧試験等	×	×	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器及び原子炉格納容器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十二条) 監視試験片	×	×	容器の中性子照射による劣化に対する要求であり、本設備は、容器の中性子照射による劣化に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十三条) 炉心等	×	×	炉心等に対する要求であり、本設備は、炉心等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十四条) 熱遮蔽材	×	×	熱遮蔽材に対する要求であり、本設備は、熱遮蔽材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十五条) 1次冷却材	×	×	1次冷却材に対する要求であり、本設備は、1次冷却材に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十六条) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	×	×	燃料取扱施設や貯蔵施設に対する要求であり、本設備は、燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十七条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリに対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十八条) 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第二十九条) 1次冷却材処理装置	×	×	1次冷却材処理装置に対する要求であり、本設備は、1次冷却材処理装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十条) 逆止め弁	×	×	逆止め弁に対する要求であり、本設備は、逆止め弁に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十一条) 蒸気タービン	×	×	蒸気タービンに対する要求であり、本設備は、蒸気タービンに該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十二条) 非常用炉心冷却設備	×	×	非常用炉心冷却設備に対する要求であり、本設備は、非常用炉心冷却設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十三条) 循環設備等	×	×	循環設備等に対する要求であり、本設備は、循環設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十四条) 計測装置	×	×	計測装置に対する要求であり、本設備は、計測装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十五条) 安全保護装置	×	×	安全保護装置に対する要求であり、本設備は、安全保護装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十六条) 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	×	反応度制御系統及び原子炉停止系統に対する要求であり、本設備は、反応度制御系統及び原子炉停止系統に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十七条) 制御材駆動装置	×	×	制御材駆動装置に対する要求であり、本設備は、制御材駆動装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十八条) 原子炉制御室等	×	×	原子炉制御室等に対する要求であり、本設備は、原子炉制御室等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第三十九条) 廃棄物処理設備等	×	×	廃棄物処理設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物処理設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十条) 廃棄物貯蔵設備等	×	×	廃棄物貯蔵設備等に対する要求であり、本設備は、廃棄物貯蔵設備等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十一条) 放射性物質による汚染の防止	×	×	放射性物質による汚染の防止に対する要求であり、本設備は、放射性物質による汚染の防止に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十二条) 生体遮蔽等	×	×	生体遮蔽等に対する要求であり、本設備は、生体遮蔽等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十三条) 換気設備	×	×	換気設備に対する要求であり、本設備は、換気設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十四条) 原子炉格納施設	×	×	原子炉格納施設に対する要求であり、本設備は、原子炉格納施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十五条) 保安電源設備	○	○	要求事項が変更となり、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設後において、技術基準への適合性を確認する必要があるため、変更の工事時の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。
(第四十六条) 緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十七条) 警報装置等	×	×	警報装置等に対する要求であり、本設備は、警報装置等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第四十八条) 準用	○	○	補助ボイラー、電気設備等の準用については、重要安全施設への電力供給に係る電気盤の保護継電器の追設に伴い、技術基準への適合性を確認する必要があるため、工事の内容(本申請内容)に関連し、審査対象条文である。

○:対象となる条文
×:対象外の条文

技術基準規則	適用条文	審査対象条文	理由(説明)
(第四十九条) 重大事故等対処施設の地盤	○	×	重大事故等対処施設の地盤については、平成28年6月10日付け原規規発第1606105号にて認可の工事計画(以下、「既工事計画」という)において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はなく、重大事故等対処施設の地盤は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十条) 地震による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の地震による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十一条) 津波による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の津波による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十二条) 火災による損傷の防止	○	×	重大事故等対処施設の火災による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、重大事故等対処施設の火災による損傷の防止に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第五十三条) 特定重大事故等対処施設	×	×	特定重大事故等対処施設に対する要求であり、本設備は、特定重大事故等対処施設に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十四条) 重大事故等対処設備	○	○	重大事故等対処設備については、既工事計画において適合性が確認されているが、工事の内容(本申請内容)がその適合性に影響を与えないことを確認する必要があるため、審査対象条文である。
(第五十五条) 材料及び構造	×	×	重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、本設備は、重大事故等対処設備に属する容器、管、ポンプ、弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十六条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、本設備は、クラス機器等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十七条) 安全弁等	×	×	安全弁等に対する要求であり、本設備は、安全弁等に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十八条) 耐圧試験等	×	×	クラス機器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、クラス機器に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第五十九条) 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×	×	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に対する要求であり、本設備は、緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十一条) 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十二条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十三条) 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	×	×	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に対する要求であり、本設備は、最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十四条) 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	×	×	原子炉格納容器内の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器内の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十五条) 原子炉格納容器の過圧破壊を防止するための設備	×	×	原子炉格納容器の過圧破壊を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器の過圧破壊を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十六条) 原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	×	×	原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十七条) 水素爆発による原子炉格納容器の破壊を防止するための設備	×	×	水素爆発による原子炉格納容器の破壊を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素爆発による原子炉格納容器の破壊を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十八条) 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×	×	水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に対する要求であり、本設備は、水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第六十九条) 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	×	×	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に対する要求であり、本設備は、使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十条) 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	×	×	工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に対する要求であり、本設備は、工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十一条) 重大事故等の取束に必要な水の供給設備	×	×	重大事故等の取束に必要な水の供給設備に対する要求であり、本設備は、重大事故等の取束に必要な水の供給設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十二条) 電源設備	○	×	電源設備については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、電源設備に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。
(第七十三条) 計装装置	×	×	計装装置に対する要求であり、本設備は、計装装置に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十四条) 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備	×	×	運転員が原子炉制御室にとどまるための設備に対する要求であり、本設備は、運転員が原子炉制御室にとどまるための設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十五条) 監視測定設備	×	×	監視測定設備に対する要求であり、本設備は、監視測定設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十六条) 緊急時対策所	×	×	緊急時対策所に対する要求であり、本設備は、緊急時対策所に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十七条) 通信連絡を行うために必要な設備	×	×	通信連絡を行うために必要な設備に対する要求であり、本設備は、通信連絡を行うために必要な設備に該当しないため、審査対象条文とならない。
(第七十八条) 準用	○	×	準用については、既工事計画において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更は無く、準用に係る設計は変更の工事の内容(本申請内容)に関係しないため、審査対象条文とならない。

H E A F 対策工事に係る設計及び工事計画認可申請書
(以下、「本工事計画」という。)における添付書類の要否の検討結果

(美浜 3 号機、高浜 1, 2 号機)

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
各発電用原子炉施設に共通		
送電関係一覧図	×	本工事計画では、送電設備の変更を伴わないため、送電関係一覧図に影響を与えないため添付不要。
急傾斜地崩壊危険区域内において行う制限工事に係る場合は、当該区域内の急傾斜地の崩壊の防止措置に関する説明書	×	本工事計画は、急傾斜地崩壊危険区域内での工事ではないため添付不要。
工場又は事業所の概要を明示した地形図	×	本工事計画は、地形図の変更を伴わないため、添付不要。
主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図	×	本工事計画は、主要設備の配置の変更を伴わないため添付不要。
単線結線図	×	本工事計画は、単線結線図の変更を伴わないため添付不要。
新技術の内容を十分に説明した書類	×	本工事計画は、新技術に該当しないため添付不要。
発電用原子炉施設の熱精算図	×	本工事計画は、発電用原子炉施設の熱精算に影響を与えないため添付不要。
熱出力計算書	×	本工事計画は、熱出力に影響を与えないため添付不要。
発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	本工事計画の内容について、設置許可との整合性を示す必要があることから添付する。
排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書	×	本工事計画は、排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
人が常時勤務し、又は頻繁に出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書	×	本工事計画は、人が常時勤務し、又は頻繁に出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	×	本工事計画は、発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書に関する記載の変更を伴わないため添付不要。
排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の概要を明示した図面	×	本工事計画は、排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の変更を伴わないため添付不要。
取水口及び放水口に関する説明書	×	本工事計画は、取水口及び放水口に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	×	本工事計画は、設備別記載事項の設定根拠に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
環境測定装置の構造図及び取付箇所を明示した図面	×	本工事計画は、環境測定装置の構造図及び取付箇所の変更を伴わないため添付不要。
クラス 1 機器及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書	×	本工事計画は、クラス 1 機器及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
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	○	本工事計画では、安全設備及び重大事故等対処設備である既設の非常用ディーゼル発電機に過電流保護リレーを追設するため、過電流保護リレーを含めた非常用ディーゼル発電機の使用される条件下における健全性への適合性を確認する必要があるため添付する。
発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	○	本工事計画では、既工事計画から設計内容に変更は無いが、火災感知設備及び消火設備が配置について、「高エネルギーアーク損傷 (HEAF) に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」に基づき確認する必要があるため、既工事計画から変更が無い旨を明記し添付する。
発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	×	本工事計画は、発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書	×	本工事計画は、発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
通信連絡設備に関する説明書	×	本工事計画は、通信連絡設備に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面	×	本工事計画は、通信連絡設備の取付箇所の変更を伴わないため添付不要。
安全避難通路に関する説明書	×	本工事計画は、安全避難通路に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
安全避難通路を明示した図面	×	本工事計画は、安全避難通路の変更を伴わないため添付不要。
非常用照明に関する説明書	×	本工事計画は、非常用照明に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
非常用照明の取付箇所を明示した図面	×	本工事計画は、非常用照明の取付箇所の変更を伴わないため、既工事計画に変更がなく添付不要。
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備		
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した図面	×	本工事計画は、非常用電源設備に係る機器の配置の変更を伴わないため添付不要。
非常用電源設備に係る機器の配置を明示した系統図	×	本工事計画は、非常用電源設備に係る機器の配置の変更を伴わないため添付不要。
非常用発電装置の出力の決定に関する説明書	○	本工事計画では、技術基準規則第45条への適合性を示すために添付する。
燃料系統図	×	本工事計画は、燃料系統図に影響を与えないため添付不要。
耐震性に関する説明書	×	本工事計画は、耐震性に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
強度に関する説明書	×	本工事計画は、強度に関する説明書に関する記載に影響を与えないため添付不要。
構造図	×	本工事計画は、構造図に影響を与えないため添付不要。
安全弁の吹出量計算書	×	本工事計画は、安全弁の吹出量計算書に関する記載に影響を与えないため添付不要。

その他、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第9条第3項に基づき、「発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド」にて要求のある「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」を添付する。

HEAF対策工事に係る設計及び工事計画認可申請書における「工事の方法」の該当箇所

(美浜3号機、高浜1, 2号機)

項目	対象要否	該当箇所の補足説明
1. 工事の手順		
図1 (設置又は変更の工事における工事の手順と検査)	○	今回のHEAF対策工事については、全ての検査は発電所で実施する検査となる。 今回の申請対象機器に関して、技術上の基準 [*] に適合しているか確認するため、「構造、強度又は漏えいに係る検査」と「機能又は性能に係る検査」を実施する。 ※実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
図2 (主要な耐圧部の溶接に係る工事の手順と検査)	—	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生しないため対象外。
図3 (燃料体に係る工事の手順と検査)	—	燃料体に係る検査が発生しないため対象外。
2. 使用前事業者検査の方法		
2.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
2.1.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
材料検査	—	材料、寸法に係る検査が発生しないため対象外。
寸法検査	—	
外観検査	○	50保護リレーに係る検査が該当する。
組立て及び据付け状態を確認する検査(据付検査)	○	
状態確認検査	—	状態確認検査、耐圧、漏えいに係る検査が発生しないため対象外。
耐圧検査	—	
漏えい検査	—	
原子炉格納施設が直接設置される基盤の状態を確認する検査	—	CV施設が直接設置される対象がないため対象外。
建物・構築物の構造を確認する検査	—	建物・構築物の構造を確認する検査が発生しないため対象外。
2.1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査	—	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生しないため対象外。
2.1.3 燃料体に係る検査	—	燃料体に係る検査が発生しないため対象外。
2.2 機能又は性能に係る検査		
2.2.1 燃料体を挿入できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.2 臨界反応操作を開始できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.3 工事完了時の検査	○	非常用ディーゼル発電機受電遮断器でのHEAF対策として、短絡電流の遮断時間がHEAF火災のしきい値以下となっていることを確認する検査が該当する。
2.3 基本設計方針検査	—	基本設計方針のうち表1、表5、表6、表7で確認できない事項はないため対象外。
2.4 品質マネジメントシステムに係る検査	○	「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」及び「工事の方法」のとおりにより工事管理が行われていることを確認することから、該当する。

項目	対象要否	該当箇所の補足説明
3. 工事上の留意事項		
3.1 設置又は変更の工事に係る工事上の留意事項		
a. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、周辺資機材、他の発電用原子炉施設及び環境条件からの悪影響や劣化等を受けないよう、隔離、作業環境維持、異物侵入防止対策等の必要な措置を講じる。	○	工事における一般的な留意事項であるため、該当する。
b. 工事にあたっては、既設の安全上重要な機器等へ悪影響を与えないよう、現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、作業に潜在する危険性又は有害性や工所用資機材から想定される影響を確認するとともに、隔離、火災防護、溢水防護、異物侵入防止対策、作業管理等の必要な措置を講じる。	○	
c. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、必要に応じて、供用後の施設管理のための重要なデータを採取する。	○	
d. プラントの状況に応じて、検査・試験、試運転等の各段階における工程を管理する。	○	
e. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、供用開始後に必要な機能性能を発揮できるよう製造から供用開始までの間、維持する。	○	
f. 放射性廃棄物の発生量低減に努めるとともに、その種類に応じて保管及び処理を行う。	—	管理区域内での工事はないため、該当しない。
g. 現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、放射線業務従事者に対して防護具の着用や作業時間管理等適切な被ばく低減措置と、被ばく線量管理を行う。また、公衆の放射線防護のため、気体及び液体廃棄物の放出管理については、周辺監視区域外の空気中・水中の放射性物質濃度が「線量限度等を定める告示」に定める値を超えないようにするとともに、放出管理目標値を超えないように努める。	—	
h. 修理の方法は、基本的に「図1 工事の手順と使用前事業者検査のフロー（燃料体を除く）」の手順により行うこととし、機器等の全部又は一部について、撤去、切断、切削又は取外しを行い、掘付、溶接又は取付け、若しくは同等の方法により、同等仕様又は性能・強度が改善されたものに取替を行う等、機器等の機能維持又は回復を行う。また、機器等の一部撤去、一部撤去の既設端部について閉止板の取付け、蒸気発生器、熱交換器又は冷却器の伝熱管への閉止栓取付け若しくは同等の方法により適切な処置を実施する。	—	修理は実施しないため、該当しない。
i. 特別な工法を採用する場合の施工方法は、技術基準に適合するよう、安全性及び信頼性について必要に応じ検証等により十分確認された方法により実施する。	—	特別な工法は採用しないため、該当しない。
3.2 燃料体の加工に係る工事上の留意事項	—	燃料体の加工に係る作業がないため対象外。

高エネルギーアーク損傷（HEAF）対策に係る
電気盤の設計について

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

目 次

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.....	12
4.1 電気盤の選定.....	12
4.2 短絡電流の目標値.....	42
4.3 HEAF 試験に用いる電気回路.....	44
4.4 測定項目.....	46
4.5 アーク放電の発生方法.....	47
4.6 アーク放電の継続時間.....	50
4.7 HEAF 試験の実施.....	51
4.8 アークエネルギーの計算.....	56
5. アーク火災発生の評価.....	59
5.1 アーク火災発生の評価の概要.....	59
5.2 評価に用いる必要なデータ.....	59
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.....	60
5.4 しきい値に係る解析による評価.....	63
6. HEAF に係る対策の判断基準.....	64

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：電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧について

添付資料－ 5：50 保護リレー追設を踏まえた非常用ディーゼル発電機の設計上の考慮について

添付資料－ 6：50 保護リレーに対する安全重要度分類の考え方について

添付資料－ 7：HEAF 対策として追設する 50 保護リレーの試験・検査方法について

添付資料－ 8：非常用発電装置の出力の決定に関する説明書における外部電源又は主発電機からの給電時の各遮断器の遮断時間について

1. 概 要

重要安全施設（「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の解釈」第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）電気盤について、技術基準規則に基づき、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これらの電気盤の損壊の拡大を防止することができる設計としている。

本資料では、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤を整理し、試験体電気盤に対する電気盤設計の妥当性及び遮断時間の適切な設定等により、高エネルギーのアーク放電によるこれらの電気盤の損壊の拡大を防止することができることを補足説明するものである。

なお、今回の申請対象は非常用ディーゼル発電機に接続する電気盤に対する HEAF 対策であるが、本資料では前回の HEAF 対策（外部電源又は主発電機からの給電時における非常用所内電源系統の電気盤に対する HEAF 対策）に今回の HEAF 対策の内容を追記することで、HEAF 対策の全貌が把握できるように資料を構成している。

2. 基本方針

重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤について、アーク火災による電気盤の損壊の拡大を防止することができるよう、高エネルギーアーク損傷（HEAF）に係る電気盤の設計に関する審査ガイド（以下、「審査ガイド」という。）に基づき、非常用ディーゼル発電機の停止または上流の遮断器によりアーク放電を遮断することとし、アーク放電の遮断時間を適切にを設定する。

設定した遮断時間と短絡電流等により求められるアークエネルギーが、試験により求められたしきい値を超えないことを評価することにより、HEAF 対策が適切に実施されていることを説明する。

3. 技術基準規則への適合が必要な電気盤

HEAF 対策が必要な電気盤は、技術基準規則の解釈第 45 条第 4 項にて「重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤」と定められている。

「重要安全施設」は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 12 条第 6 項に記載され、解釈第 11 項において重要度分類 MS-1 に分類される構築物等が対象と定義されている。

上記を基に、図 3.1 のフローにて HEAF 対策が必要な電気盤を整理した。整理した結果を表 3.1 に示し、また、具体的な系統図を図 3.2 に示す。

なお、美浜 3 号機における「3-3E 母線に接続される遮断器」については、重要安全施設への電力供給に係る電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤として整理されるが、既工認(平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号)にてアーク放電のしゃ断時間を設定・対策済みである。また、高浜 1, 2 号機については重要安全施設への電力供給に係る電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤は存在しない。

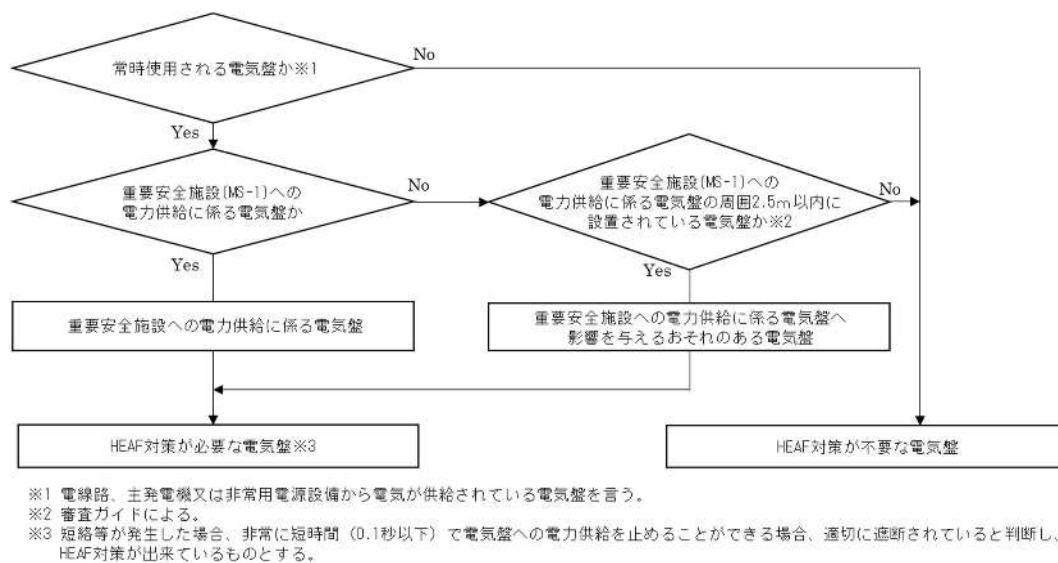


図 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤フロー図

表 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤の抽出結果 (1/3)
(美浜 3 号機)

給電条件	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器 (非常用ディーゼル発電機停止含む)	
	機器名称	遮断器名称		
外部電源又は主発電機からの給電時	メタルクラッド開閉装置	4-3C (4-3C M/C 受電遮断器(HT r 側))	130 G30	
		4-3SC (4-3C M/C 受電遮断器(ST r 側))	ST20	
		4-3EC (4-3C M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	
		4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3C,4-3SC,4-3EC,4-3AEG を除く)	4-3C 4-3SC 4-3EC	
		4-3D (4-3D M/C 受電遮断器(HT r 側))	130 G30	
		4-3SD (4-3D M/C 受電遮断器(ST r 側))	ST20	
		4-3ED (4-3D M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	
		4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3D,4-3SD,4-3ED,4-3BEG を除く)	4-3D 4-3SD 4-3ED	
		パワーセンタ	3-3C (3-3C P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-3CH
			3-3C 母線に接続される遮断器 (3-3C を除く)	3-3C
	3-3D (3-3D P/C 受電遮断器(動変 2 次側))		3-3DH	
	3-3D 母線に接続される遮断器 (3-3D を除く)		3-3D	
	3-3E (3-3E P/C 受電遮断器(動変 2 次側)) ※		3-3EH	
	3-3E 母線に接続される遮断器 (3-3E を除く) ※		3-3E	
	コントローラセンタ	3C1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3C1 原子炉 C/C 受電遮断器	
		3C2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3C2 原子炉 C/C 受電遮断器	
		3D1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3D1 原子炉 C/C 受電遮断器	
		3D2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3D2 原子炉 C/C 受電遮断器	
	非常用ディーゼル発電機からの給電時	メタルクラッド開閉装置	4-3AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	3A 非常用ディーゼル発電機停止
			4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3AEG を除く)	4-3AEG
4-3BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)			3B 非常用ディーゼル発電機停止	
4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3BEG を除く)			4-3BEG	

※：重要安全施設への電力供給に係る電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤

表 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤の抽出結果 (2/3)
(高浜 1 号機)

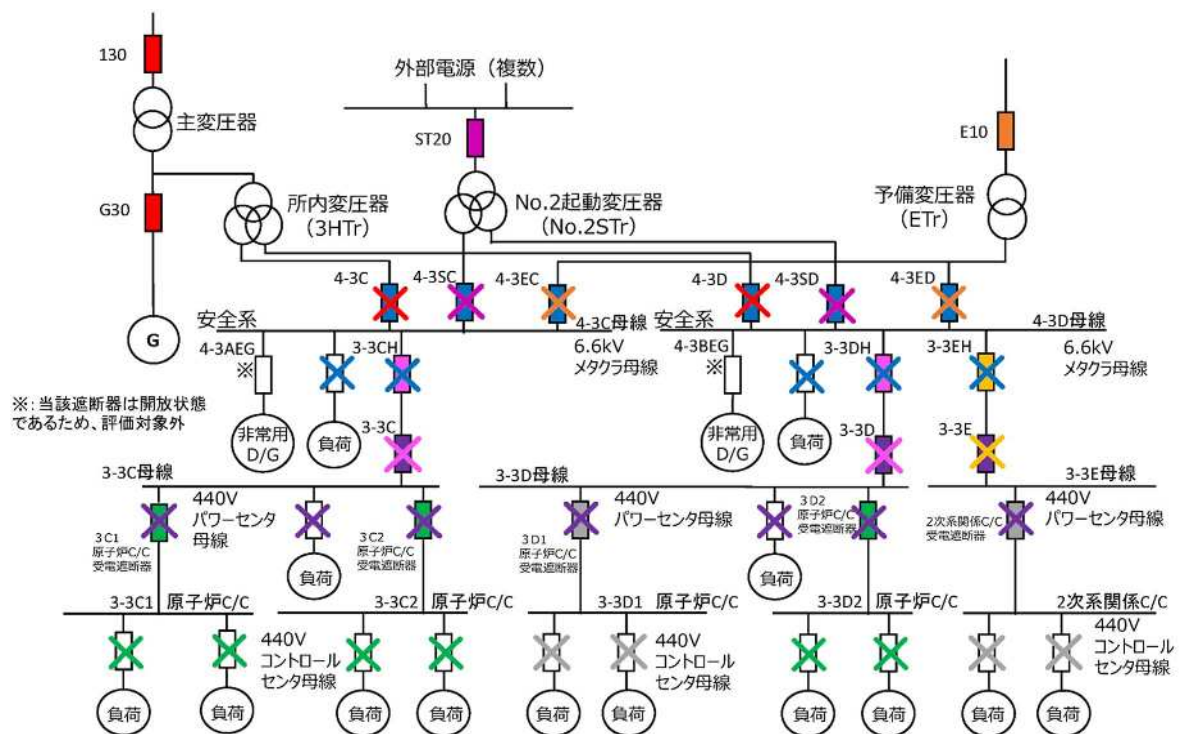
給電条件	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器 (非常用ディーゼル発電機停止含む)	
	機器名称	遮断器名称		
外部電源又は主発電機からの給電時	メタルクラッド開閉装置	4-1HA (4-1A M/C 受電遮断器(1AHT r 側))	110 G10	
		4-1SA (4-1A M/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	
		4-1EA (4-1A M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	
		4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1HA,4-1SA,4-1EA,4-1AEG を除く)	4-1HA 4-1SA 4-1EA	
		4-1HB (4-1B M/C 受電遮断器(3HT r 側))	110 G10	
		4-1SB (4-1B M/C 受電遮断器(3ST r 側))	ST10	
		4-1EB (4-1B M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	
		4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1HB,4-1SB,4-1EB,4-1BEG を除く)	4-1HB 4-1SB 4-1EB	
	パワーセンタ	3-1A (3-1A P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-1AH	
		3-1A 母線に接続される遮断器 (3-1A を除く)	3-1A	
		3-1B (3-1B P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-1BH	
		3-1B 母線に接続される遮断器 (3-1B を除く)	3-1B	
	コントローラセンタ	1A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A1 原子炉 C/C 受電遮断器	
		1A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A2 原子炉 C/C 受電遮断器	
		1B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B1 原子炉 C/C 受電遮断器	
		1B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B2 原子炉 C/C 受電遮断器	
	非常用ディーゼル発電機からの給電時	メタルクラッド開閉装置	4-1AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	1A 非常用ディーゼル発電機停止
		4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1AEG を除く)	4-1AEG	
		4-1BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	1B 非常用ディーゼル発電機停止	
		4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1BEG を除く)	4-1BEG	

重要安全施設への電力供給に係る電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤は存在しない。

表 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤の抽出結果 (3/3)
(高浜 2 号機)

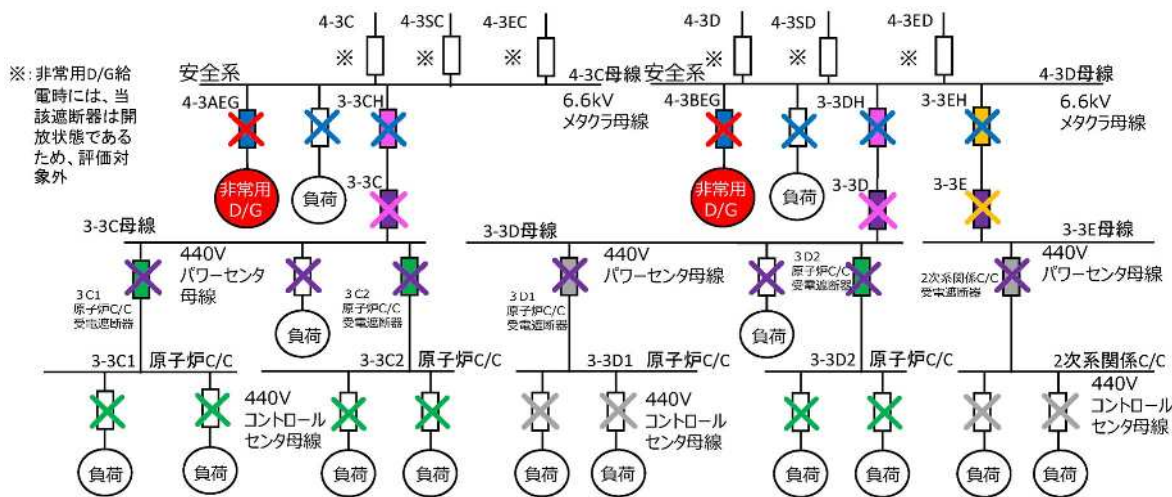
給電条件	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器 (非常用ディーゼル発電機停止含む)
	機器名称	遮断器名称	
外部電源又は主発電機からの給電時	メタルクラッド開閉装置	4-2HA (4-2A M/C 受電遮断器(2AHT r 側))	120
			G20
		4-2SA (4-2A M/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10
		4-2EA (4-2A M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10
		4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2HA,4-2SA,4-2EA,4-2AEG を除く)	4-2HA
			4-2SA
			4-2EA
		4-2HB (4-2B M/C 受電遮断器(2AHT r 側))	120
		G20	
	4-2SB (4-2B M/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	
	4-2EB (4-2B M/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	
	4-4B 母線に接続される遮断器 (4-2HB,4-2SB,4-2EB,4-2BEG を除く)	4-2HB	
		4-2SB	
		4-2EB	
	パワーセンタ	3-2A (3-2A P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-2AH
		3-2A 母線に接続される遮断器 (3-2A を除く)	3-2A
		3-2B (3-2B P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-2BH
		3-2B 母線に接続される遮断器 (3-2B を除く)	3-2B
	コントロールセンタ	2A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A1 原子炉 C/C 受電遮断器
		2A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A2 原子炉 C/C 受電遮断器
2B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		2B1 原子炉 C/C 受電遮断器	
2B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		2B2 原子炉 C/C 受電遮断器	
非常用ディーゼル発電機からの給電時	4-2AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	2A 非常用ディーゼル発電機停止	
	4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2AEG を除く)	4-2AEG	
	4-2BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	2B 非常用ディーゼル発電機停止	
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2BEG を除く)	4-2BEG	

重要安全施設への電力供給に係る電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤は存在しない。



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために開放する遮断器を示す。

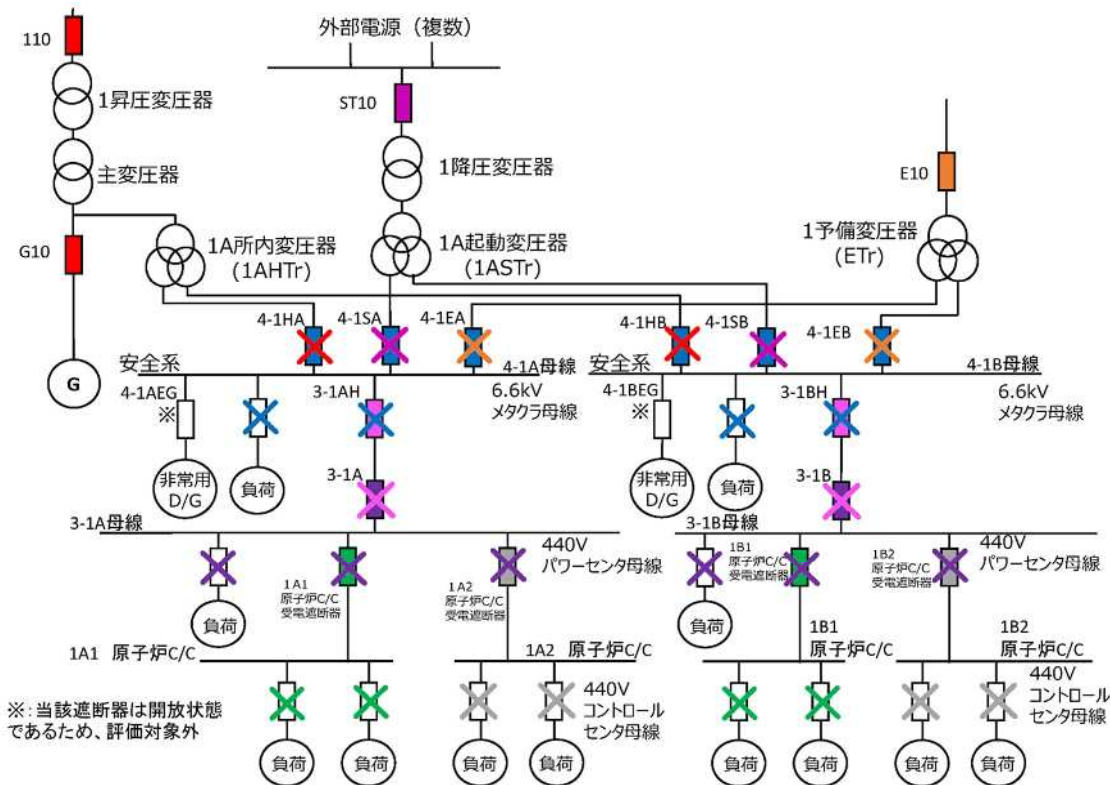
(外部電源又は主発電機からの給電時)



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した非常用D/G及び遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために停止又は開放する設備を示す。

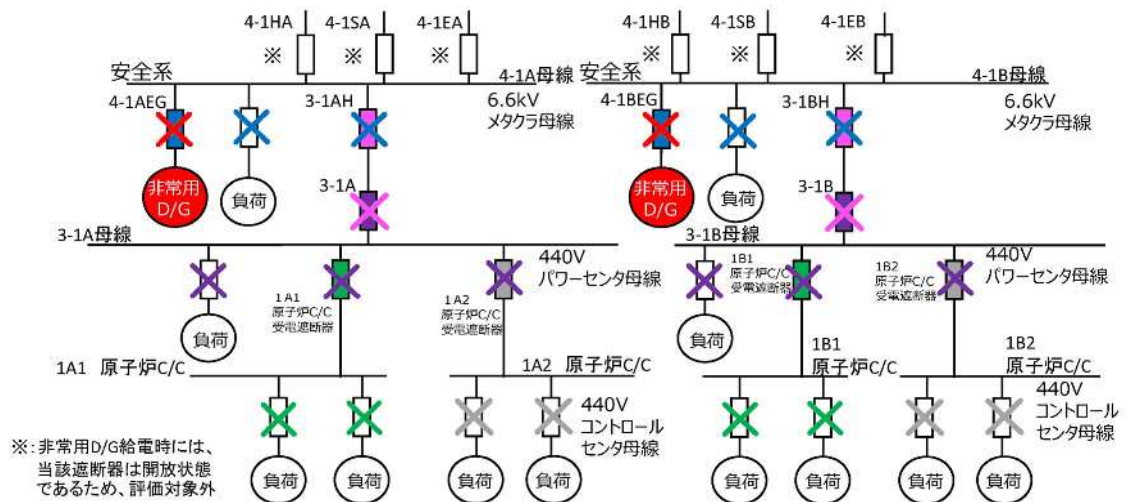
(非常用ディーゼル発電機からの給電時)

図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (1/3) (美浜 3 号機)



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために開放する遮断器を示す。

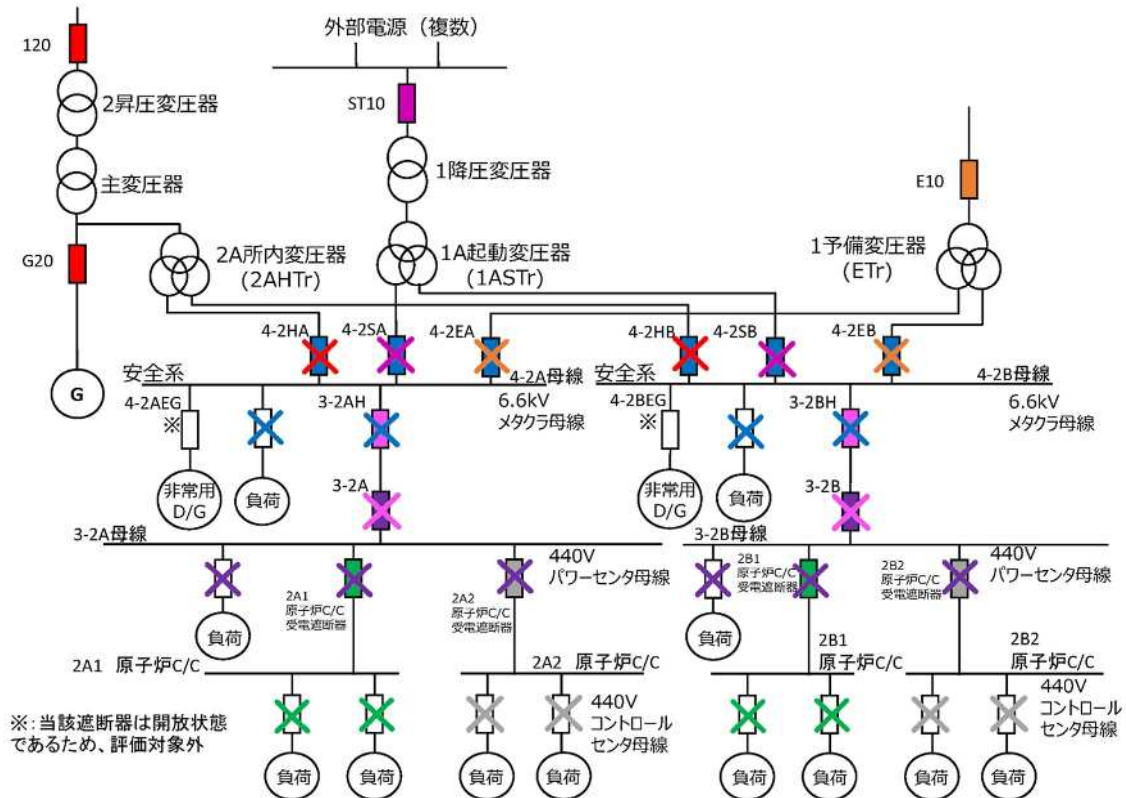
(外部電源又は主発電機からの給電時)



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した非常用D/G及び遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために停止又は開放する設備を示す。

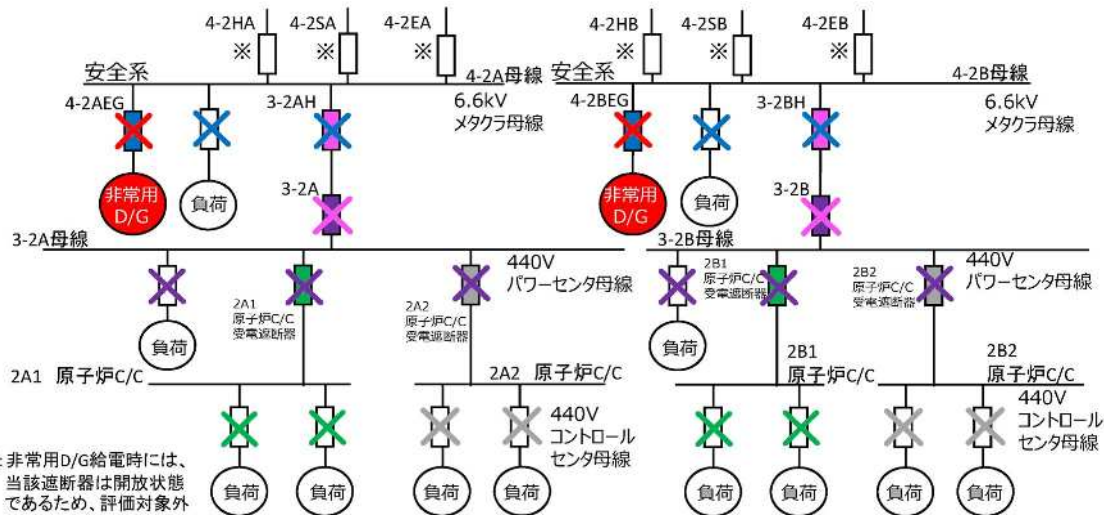
(非常用ディーゼル発電機からの給電時)

図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (2/3) (高浜 1 号機)



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために開放する遮断器を示す。

(外部電源又は主発電機からの給電時)



「×」は、アーク放電発生箇所を示し、塗潰した非常用D/G及び遮断器は、同色のアーク放電発生箇所へ流れ込む短絡電流を遮断するために停止又は開放する設備を示す。

(非常用ディーゼル発電機からの給電時)

図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (3/3) (高浜 2 号機)

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	
P/C	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	
P/C	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、②高温ガスの滞留場所、③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"> ・ M/C (DG) 試験：ピーク圧力 2.98kPa ・ 先行 M/C 試験：ピーク圧力 62.5kPa <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"> ・メタルクラッド形スイッチギヤ ・コンパートメント形スイッチギヤ ・キュービクル形スイッチギヤ 	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といけない。(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、操作は円滑確実で衝撃が少なく、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。当該箇所に使用される絶縁物の種類は、JEC 等^{※1}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

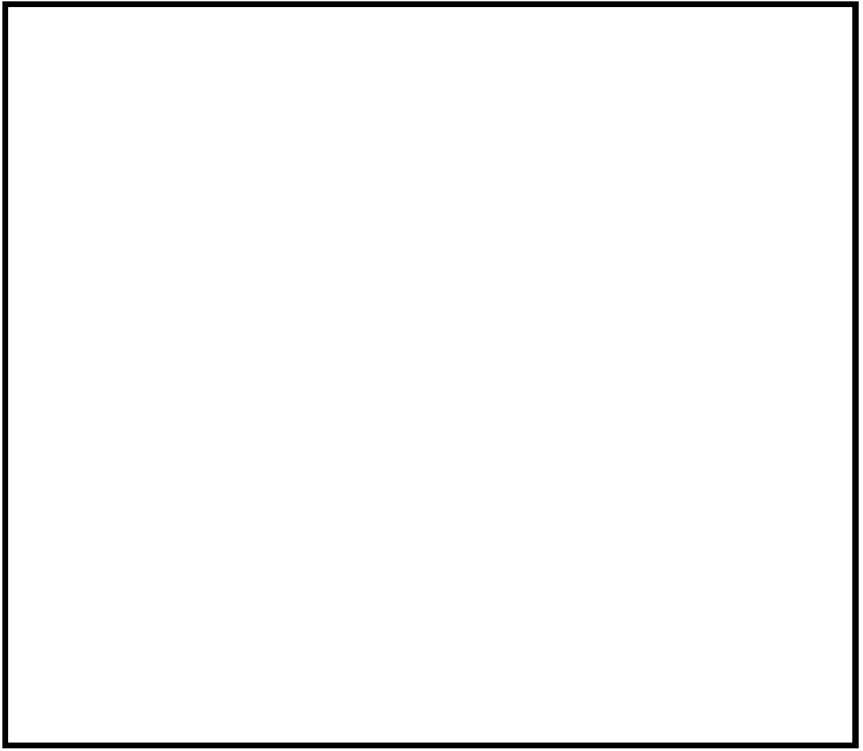
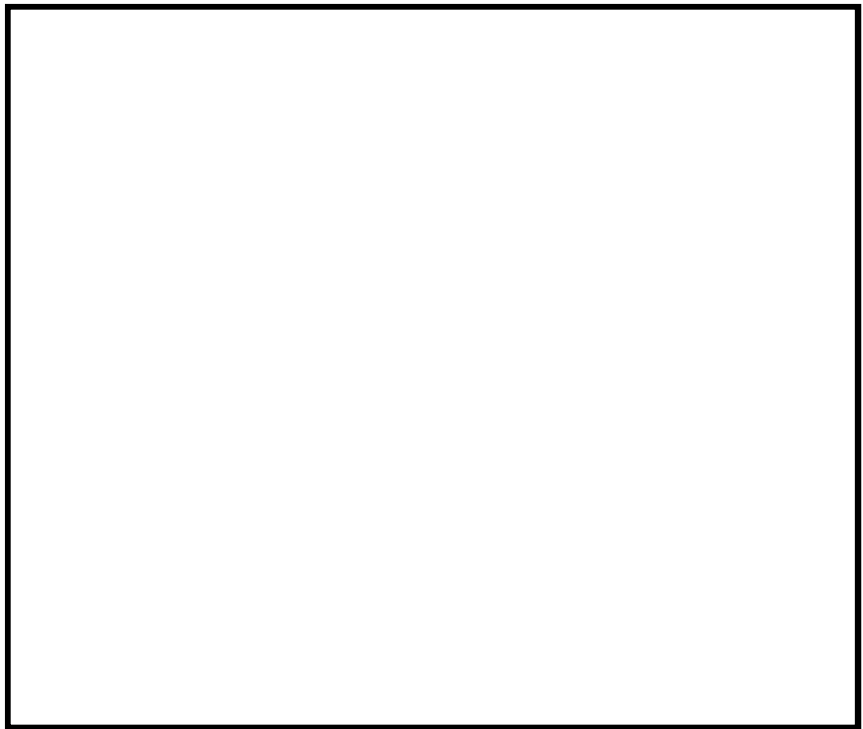
アーク火災発生の有無は、①非密閉性の程度、②高温ガスの滞留場所、③可燃物及び④アークエネルギーによるが、試験に用いられる電気盤については、これら4つのパラメータの内、②、③が実際に所内で使用されているものとの同等性に影響を与えるおそれがあることから、②、③の観点で実機と同等の電気盤を試験体として選定した。

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。

電気盤構造を分類した結果について以下の表に示す。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び 実機で使用している電気盤構造の分類 (1/10)

種類	電気盤	盤構造
M/C	試験体①	
M/C	試験体②	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (2/10)

種類	電気盤	盤構造
M/C	実機①	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (3/10)

種類	電気盤	盤構造
P/C	試験体③	
P/C	試験体④	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (4/10)

種類	電気盤	盤構造
P/C	試験体⑤	

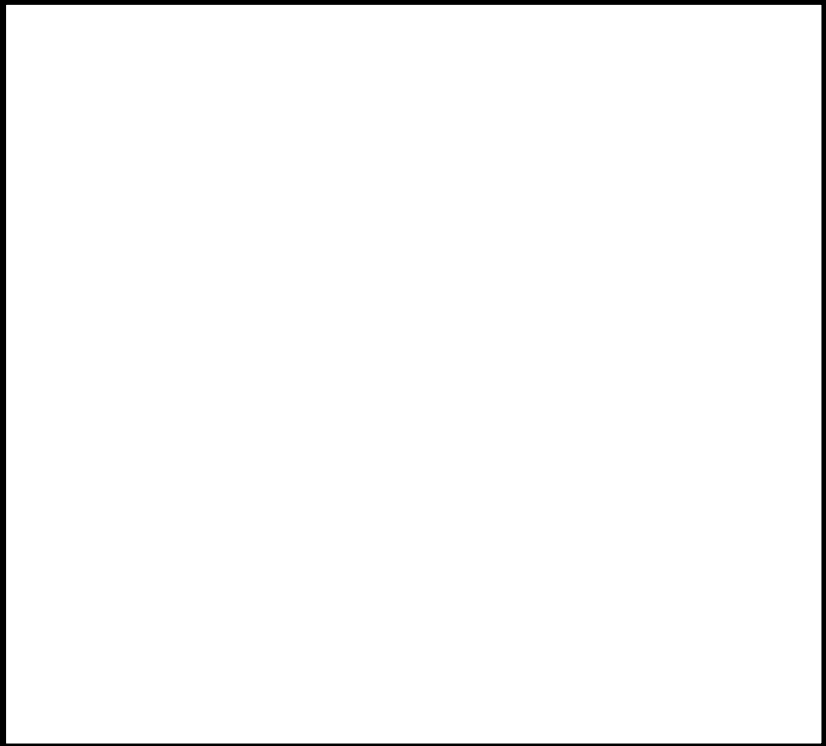
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (5/10)

種類	電気盤	盤構造
P/C	実機①	
P/C	実機②	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (6/10)

種類	電気盤	盤構造
C/C	試験体⑥	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (7/10)

種類	電気盤	盤構造
C/C	実機①	
C/C	実機②	

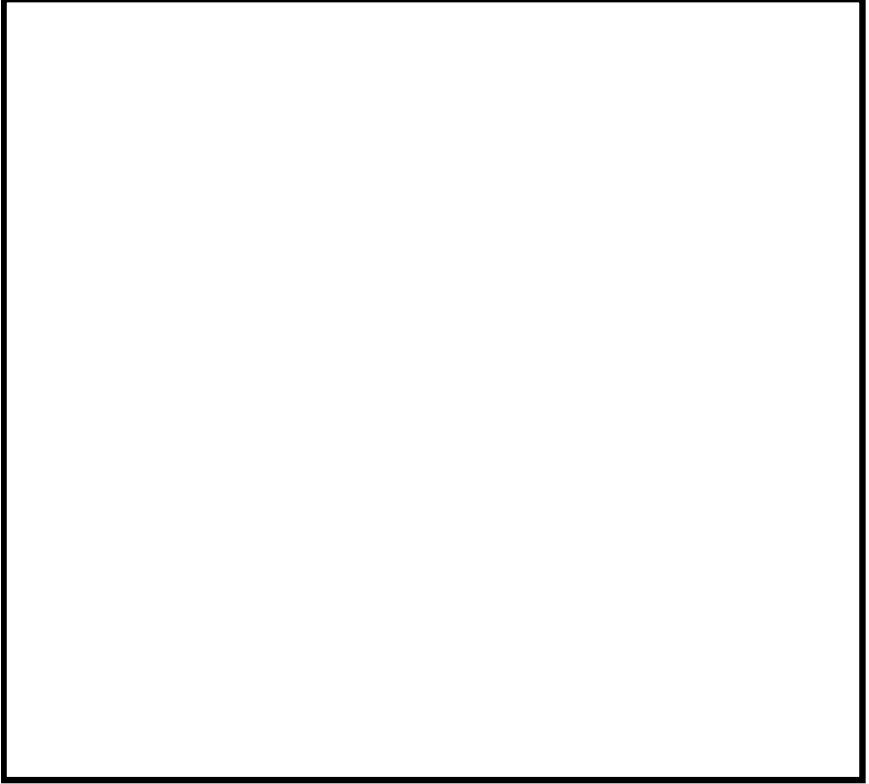
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び実機で使用している電気盤構造の分類 (8/10)

種類	電気盤	盤構造
C/C	実機③	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び 実機で使用している電気盤構造の分類 (9/10)
 (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	盤構造
M/C (DG)	試験体⑦	


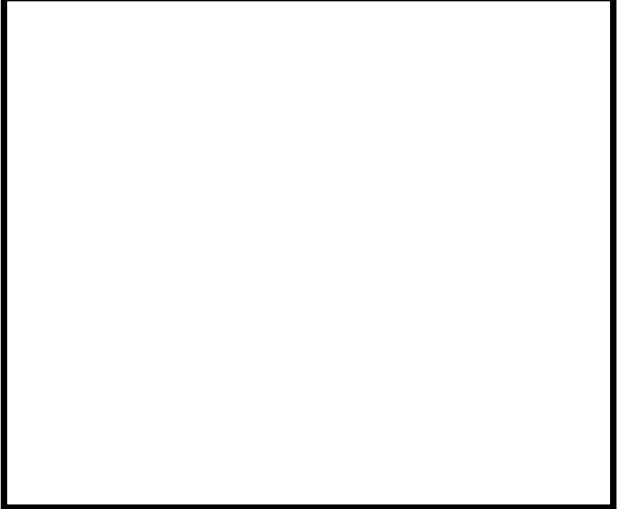

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.11 HEAF 試験に使用した電気盤及び 実機で使用している電気盤構造の分類 (10/10)
 (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	盤構造
M/C (DG)	実機①	


本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (1/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
M/C	試験体①	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ▶ モールドフレーム	
M/C	試験体②	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ▶ ブッシング	
M/C	実機①	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ▶ ブッシング	


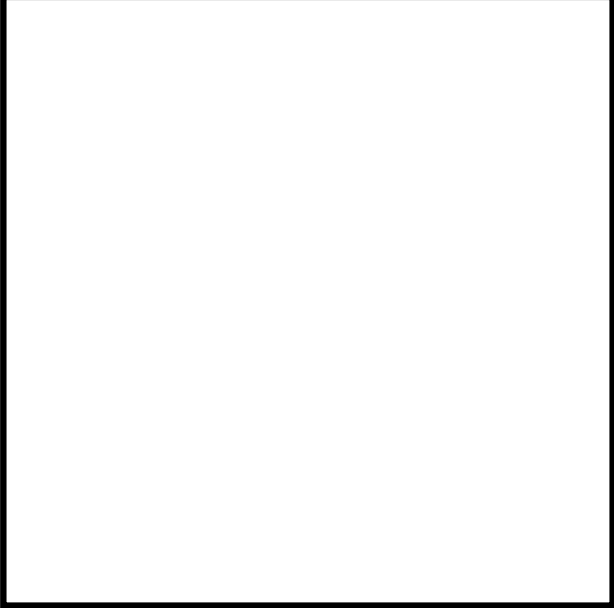
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (2/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
M/C	実機②	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ▶ ブッシング	

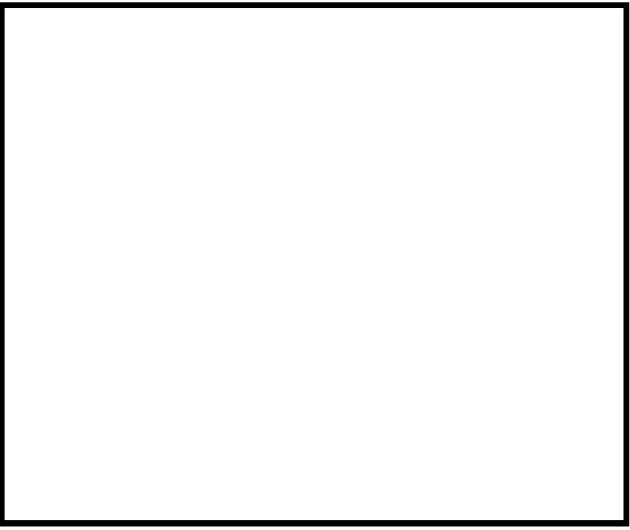
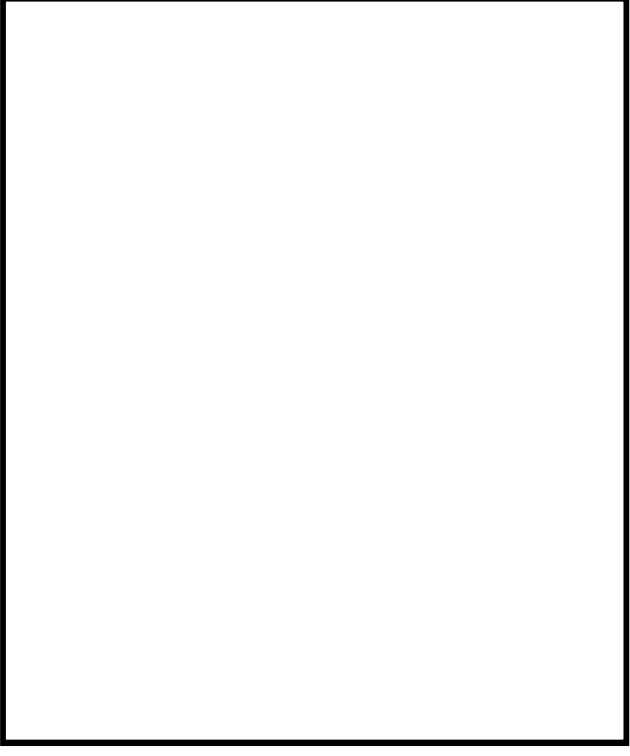
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (3/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
P/C	試験体③	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ▶ アークシュート (不飽和ポリエステル樹脂) ▶ 絶縁ベース	
P/C	試験体④	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ▶ モールドベース	

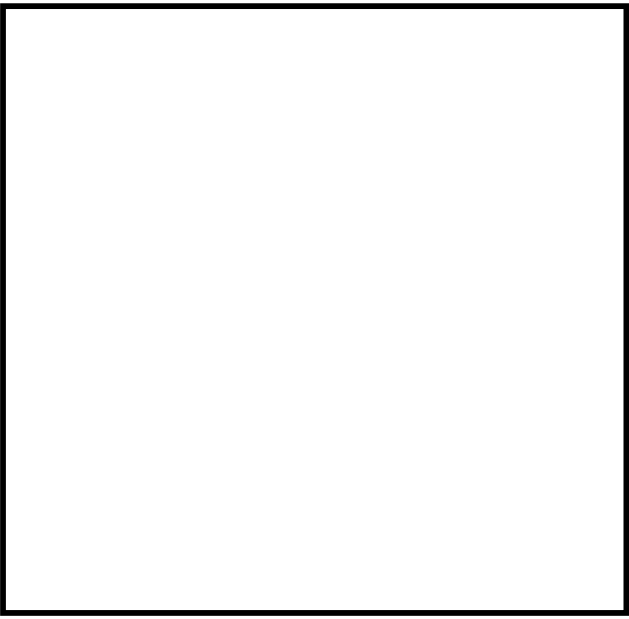
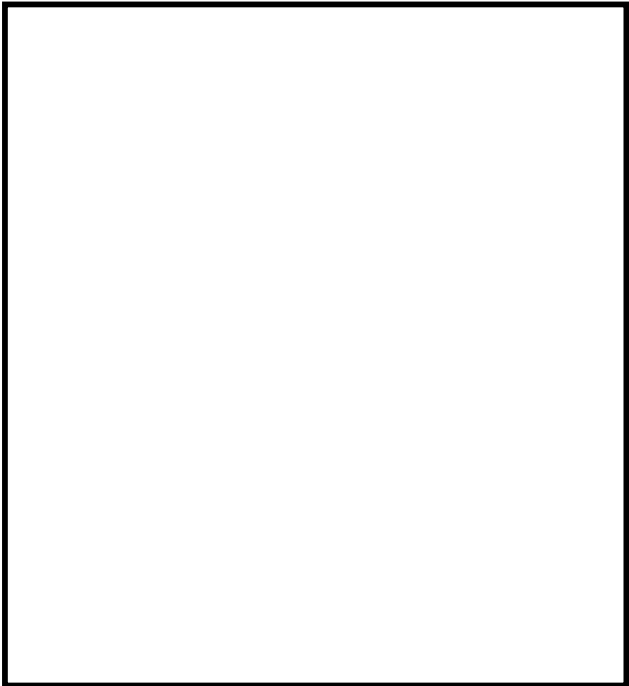
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (4/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
P/C	試験体⑤	耐熱クラス B (フェノール樹脂) ➤ 断路部	
P/C	実機①	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	

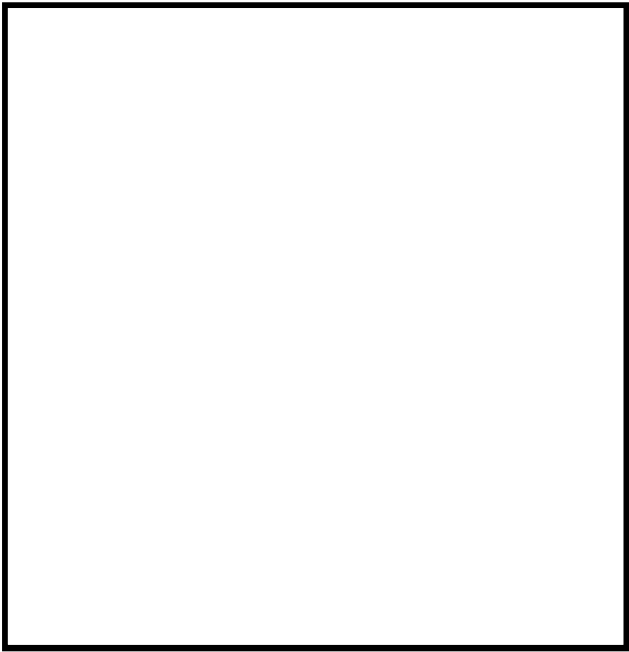
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (5/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
P/C	実機②	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	
P/C	実機③	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	

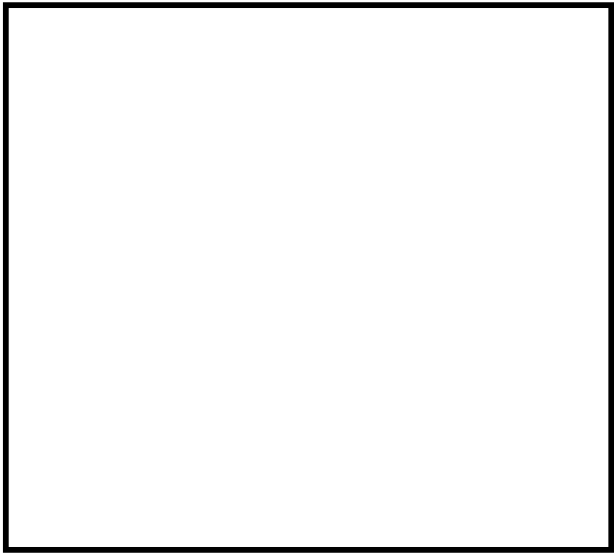
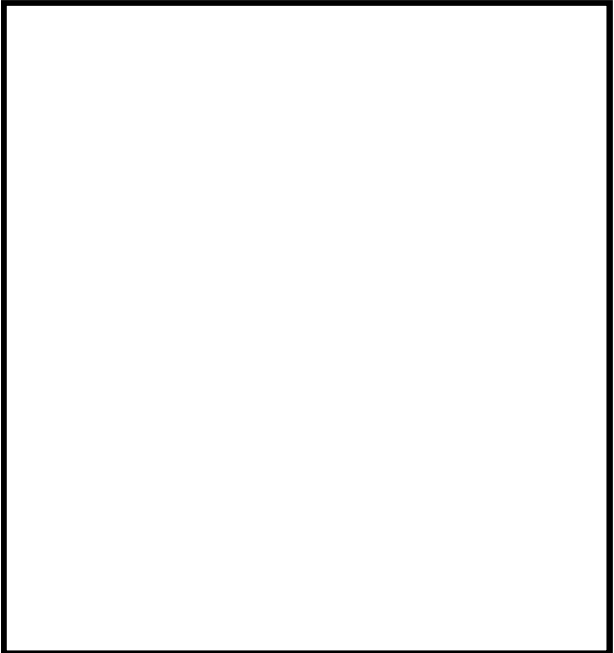
本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (6/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
P/C	実機④	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (7/8)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
C/C	試験体⑥	耐熱クラス E (変性ポリフェニレンエーテル) > 母線絶縁カバー	
C/C	実機①	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) > 母線絶縁カバー	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (8/8)
 (非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外径図
M/C	試験体⑦	耐熱クラス B (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	
M/C	実機①	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ➤ ブッシング	
M/C	実機②	耐熱クラス B (エポキシ樹脂) ➤ ブッシング (不飽和ポリエステル樹脂) ➤ モールドフレーム	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

4.2 短絡電流の目標値

(審査ガイド抜粋【2.2 短絡電流の目標値】)

HEAF 試験において電気盤にアーク放電を発生させる電流の目標値として、短絡電流値を設定する必要がある。各電気盤の短絡電流値は、電気系統の設計時に設定されている値を踏まえて、設定されていることを確認する。(解説－2)

なお、HEAF 試験に用いる電気盤の受電側に印加する電圧については、電気盤の実使用条件である定格電圧値を踏まえて、初期の印可電圧を設定していることを確認する。

(解説－2) 一般的な電気盤における短絡電流値の算出方法について

短絡電流値は、評価対象とする電気盤の受電側に接続している変圧器の二次側定格電流と当該変圧器の短絡インピーダンスによって算出される。

まず、変圧器二次側の定格電流 I_0 は、三相短絡容量 W 及び定格電圧 V_0 から次のように求められる。

$$I_0 = W / (\sqrt{3} \times V_0) \quad \text{式 (1)}$$

I_0 : 変圧器二次側の定格電流[A]、 W : 三相短絡容量[VA]、 V_0 : 定格電圧[V]

また、計算上最大の三相の短絡電流 I_b は、短絡インピーダンス Z 及び定格電流 I_0 から次のように求められる。

$$I_b = I_0 \times 100 / Z \quad \text{式 (2)}$$

I_b : 三相の短絡電流[A]、 I_0 : 定格電流[A]、 Z : 短絡インピーダンス[%]

ここで、短絡インピーダンスとは、変圧器の二次側を短絡させた状態で一次側に電圧を印加し、二次側の電流が定格電流になった時の一次側の電圧と二次側の定格電圧との比を百分率で表したもので、短絡電流の計算に使用されるものである。

HEAF 試験における短絡電流値の目標値は、実機プラントにて使用している電気盤の三相短絡電流値もしくは、試験に使用する電気盤の定格遮断電流に基づき表 4.2.1 のとおり設定した。

なお、実機プラント全ての短絡電流値について、添付資料－3に示す。

表 4.2.1 HEAF 試験時における短絡電流の目標値

電気盤	短絡電流目標値	【参考】美浜 3 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 21.1 kA～約 25.5 kA
P/C	45.0 kA	約 30.2 kA～約 30.8 kA
C/C	45.0 kA	約 15.4 kA～約 21.6 kA
M/C (D/G)	5kA	約 2.9kA [※]

※: 「第3回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合 (2018年10月15日)」での試験条件設定の考え方詳細 (補6) に示す通り、M/C (DG) 試験については、低電流が長時間流れる領域である初期ピーク後の低電流・長時間電流領域を短絡電流値とする。

また、HEAF 試験における初期の印可電圧は、美浜 3 号機、高浜 1, 2 号機において使用している電気盤の定格電圧値を踏まえて表 4.2.2 のとおり設定した。

表 4.2.2 HEAF 試験時における試験初期の印可電圧

電気盤	試験初期の印可電圧	【参考】美浜 3 号機、高浜 1, 2 号機の電気盤の定格電圧
M/C	6.9kV または 8.0kV	6.9kV
P/C	504V	460V
C/C	504V	440V
M/C (D/G)	6.9kV	6.9kV

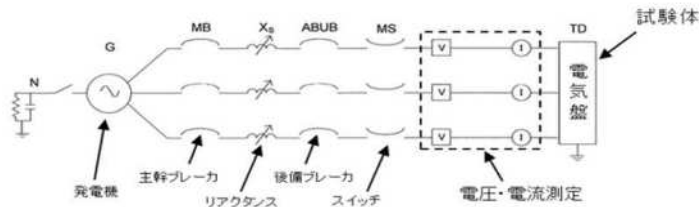
なお、アーク火災発生の有無は、電流及び電圧の積をアーク放電の継続時間で積分して算出されるアークエネルギーの値に依存しており（「4. アーク火災発生の評価」参照）、短絡電流値及び印可電圧の実機との違いは、試験結果に影響を及ぼすものではない。

4.3 HEAF 試験に用いる電気回路

(審査ガイド抜粋【2.3 HEAF 試験に用いる電気回路】)

HEAF 試験に用いる電気回路は、付録 A に示す電気回路又は同等の電気回路を用いていることを確認する。

付録 A HEAF 試験に用いる電気回路の一例



HEAF 試験に用いる電気回路は、短絡発電機、主遮断器、投入器、限流リアクトル、計器用変圧器、変流器等で構成されており、審査ガイドに示されているものと同等であるといえる。メタクラ、パワーセンタ、コントロールセンタそれぞれについて電気回路を以下に示す。

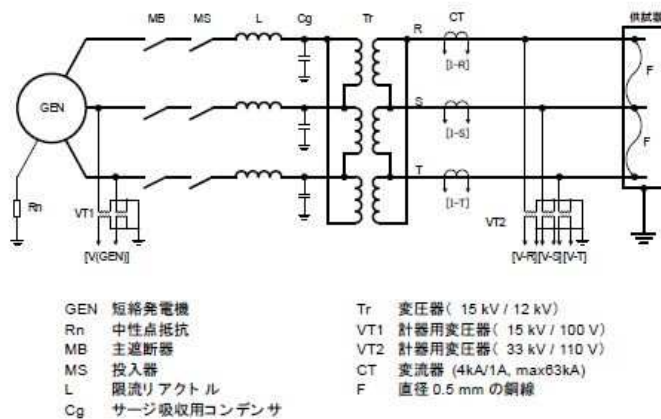


図 4.3.1 メタクラ試験回路

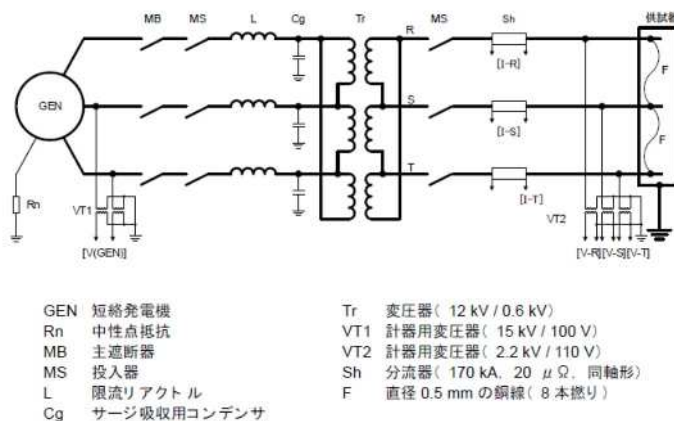
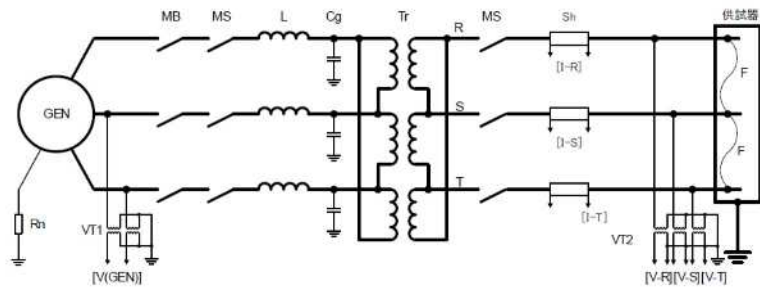
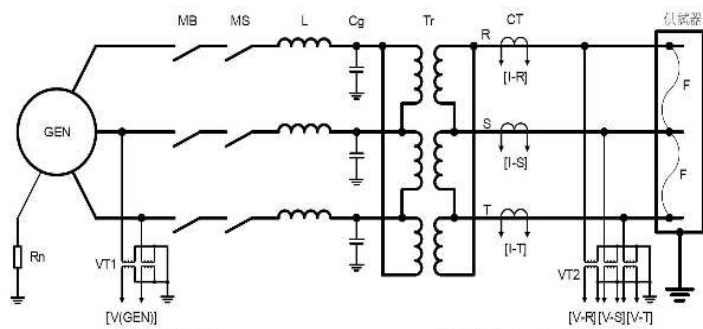


図 4.3.2 パワーセンタ回路



- | | | | |
|-----|-------------|-----|------------------------------------|
| GEN | 短絡発電機 | Tr | 変圧器 (12 kV / 0.6 kV) |
| Rn | 中性点抵抗 | VT1 | 計器用変圧器 (15 kV / 100 V) |
| MB | 主遮断器 | VT2 | 計器用変圧器 (2.2 kV / 110 V) |
| MS | 投入器 | Sh | 分流器 (170 kA, 20 $\mu\Omega$, 同軸形) |
| L | 限流リアクトル | F | 直径 0.5 mm の銅線 (8 本撚り) |
| Cg | サージ吸収用コンデンサ | | |

図 4.3.3 コントロールセンタ試験回路



- | | | | |
|-----|-------------|--------|-----------------------------|
| GEN | 短絡発電機 | Tr | 変圧器 (15 kV / 24 kV) |
| Rn | 中性点抵抗 | VT1 | 計器用変圧器 (15 kV / 100 V) |
| MB | 主遮断器 | VT2 | 計器用変圧器 (33 kV / 110 V) |
| MS | 投入器 | CT1, 2 | 変流器 (4 kA / 1 A, max 63 kA) |
| L | 限流リアクトル | F | 直径 0.5 mm の銅線 |
| Cg | サージ吸収用コンデンサ | | |

図 4.3.4 メタクラ試験回路

(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

4.4 測定項目

(審査ガイド抜粋【2.4 測定項目】)

HEAF 試験において電圧電流波形が測定されていることを確認する。具体的な測定項目、測定目的及び測定方法を表 1 に示す。(参考-1)

表 1 HEAF 試験の測定項目等

測定項目	測定目的	測定方法
電圧電流波形	アークパワー及びアークエネルギーを計算する。	電圧及び電流の波形を記録する。

(参考-1) その他の測定項目

本ガイドの適用範囲である、遮断器の遮断時間の設計に用いるものではないが、HEAF 試験において、火災の影響と同時に爆発の影響も評価する場合には、表 1 の測定項目のほか、HEAF を詳細に把握するため、電気盤周囲の熱流束 (NUREG/CR-685011 に規定される ZOI12 (電気盤の上部では 1.5m、前面及び側面では 0.9m 離れた位置 (付録 B 参照)) の境界線上を含む複数箇所に熱流束計を設置して測定する。)、電気盤内圧力、電極の損耗量 (例えば、電極の重量減)、衝撃波 (例えば、電気盤内の圧力及び電気盤外の音圧)、電磁力、電気盤内温度、赤外線カメラや高速度カメラによる動画等のデータも同時に取得していることが望ましい。

HEAF 試験時の測定項目を表 4.4.1 に示す。試験では、「4.3 HEAF 試験に用いる電気回路」に示す変流器 (CT) 又は分流器 (Sh) により電流波形を、計器用変圧器 (VT2) により電圧波形を測定した。

なお、審査ガイドの「(参考-1) その他の測定項目」に記載されている電気盤周囲の熱流束及び電気盤内圧力の測定ならびに高速度カメラによる動画撮影等についても実施した。

表 4.4.1 HEAF 試験時の測定項目

電気盤	測定項目
M/C	電圧波形、電流波形、電気盤内圧力、高速度カメラによる動画撮影
P/C	電圧波形、電流波形、電気盤内圧力、電気盤周囲の熱流束、高速度カメラによる動画撮影
C/C	電圧波形、電流波形、電気盤内圧力、電気盤周囲の熱流束、高速度カメラによる動画撮影
M/C (D/G)	電圧波形、電流波形、電気盤内圧力、電気盤周囲の熱流束、高速度カメラによる動画撮影

4.5 アーク放電の発生方法

(審査ガイド抜粋【2.5 アーク放電の発生方法】)

アーク放電を発生させる試験が、電気盤の遮断器の受電側及び配電側で実施されていることを確認する。アーク放電は、IEEE C37.20.7-2007 等に基づき、母線に導電性針金をワイヤリングした後、2.2から2.4の試験条件で大電流を流し三相短絡させて発生させていることを確認する。

電気盤の遮断器の受電側及び配電側でアーク放電を発生させて試験を実施している。(図 4.5.1～図 4.5.4 参照) なお、C/Cについては、遮断器の配電側でアーク放電を発生させた場合、当該遮断器によって 0.1 秒以下で遮断され、審査ガイドに基づき適切に HEAF 対策ができていないものと判断されることから、配電側でアーク放電を発生させて試験は実施していない。

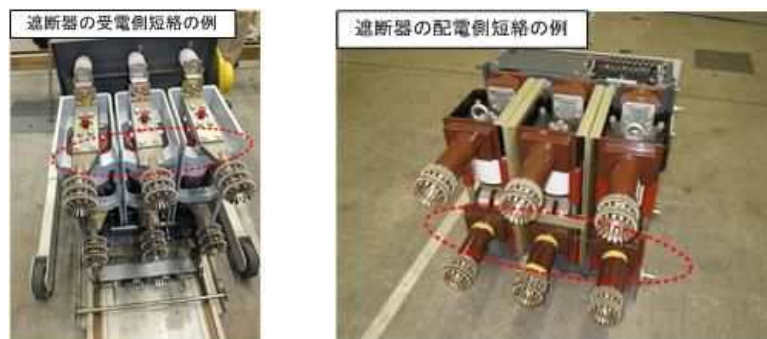


図 4.5.1 遮断器の短絡箇所 (M/C試験時)

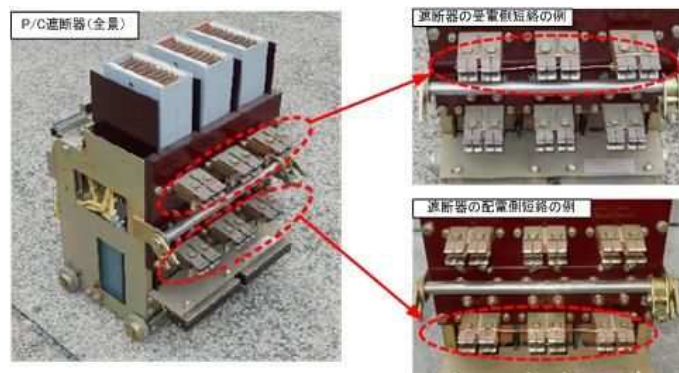


図 4.5.2 遮断器の短絡箇所 (P/C試験時)



図 4.5.3 遮断器の短絡箇所 (C/C試験時)



図 4.5.4 遮断器の短絡箇所 (M/C (D/G) 試験時)
(非常用発電機に接続される電気盤)

ワイヤリングは、直径 0.5mm の銅線 (M/C : 1 本撚り、P/C、C/C : 8 本) を張り、試験電流を
通電することで溶断発弧させた。銅線の選定は以下の国際規格を参考に決定した。

- ・ M/C・・・JEM1425(2011)、IEC62271-200(2011)
- ・ P/C、C/C・・・IEC/TR61641(2008)



発弧線の設置状況(遮断器2次側端子)

- ・ IEEE C37.20.7-2007 の抜粋

5.3 Arc initiation

For equipment defined by IEEE Std C37.20.1-2002: The arc shall be initiated by means of a metal wire 2.6 mm in diameter or 10 AWG.

For equipment defined by IEEE Std C37.20.2-1999 and IEEE Std C37.20.3-2001: The arc shall be initiated by means of a metal wire 0.5 mm in diameter or 24 AWG.

IEEE C37.20.1-2002 (Low-voltage switchgear AC254V～635V) で定義されている装置に関して、アークは直径 2.6mm または 10AWG の金属線によって発弧されなければならない。

IEEE C37.20.2-1999 (metal-clad switchgear AC5kV~35kV) で定義されている装置に関して、アークは直径 0.5mm または 24AWG の金属線によって発弧されなければならない。

・ JEM1425(2011)の抜粋

アークは、直径約 0.5mm の金属線によって相間（相分割導体の場合は、一相と接地との間）で点弧することが望ましい。

・ IEC62271-200(2011)の抜粋

The arc shall be initiated between all the phases under test by means of a metal wire of about 0.5mm in diameter...

(アークは、直径約 0.5mm の金属線によって試験対象となる全ての相間で点弧するものとする。)

・ IEC /TR61641(2008)の抜粋

The arc is initiated between the phases without connection to earth by means of a bare copper ignition wire connecting the adjacent conductors across the shortest distance, and connected to three phases.

(裸銅線によって隣接導体を最短距離で接続することにより、接地されていない相間にアークを点弧させる。)

With regard to the test current, the sizes of the copper ignition wire given in Table1 should be used.

(試験電流に関しては、表 1 に示される銅線のサイズを使用すべき。)

Table1 – Sizes of the copper ignition wire
without current limiting protection device

Test current (rms value) kA	Wire size mm ²
≤25	0.75
>25 ≤40	1.0
>40	1.5

(※P/C の試験電流は 45kA なので、銅線の太さは 1.5mm² となる。直径 0.5mm の銅線を使用した場合、1.5mm² を確保するために 8 本撚りとしている。(0.5×0.5×π÷4×8 本=1.57mm²)

4.6 アーク放電の継続時間

(審査ガイド抜粋【2.6 アーク放電の継続時間】)

アーク放電の継続時間を設定する際には、所内で実際に使用している継電器の設定時間を踏まえ、目標とするアークエネルギーの値が得られるよう、設定されていることを確認する。また、HEAF 試験により得られた電圧電流波形から、アーク放電の継続時間を求めていることを確認する。

HEAF 試験の実施にあたり、美浜 3 号機、高浜 1, 2 号機の保護継電器動作時間を踏まえ、実機で発生し得るアークエネルギーの最大値(目標とするアークエネルギーの値)が得られるよう、必要な試験条件を表 4.6.1 に整理した。

表 4.6.1 アークエネルギーしきい値設定に必要な HEAF 試験条件一覧表

種類	電気盤	試験初期の 印可電圧	試験初期の 印可電流	目標とする アークエネルギー	【参考】 電中研 試験番号
M/C	耐震盤	8.0kV	40.0kA	24.72MJ	5-3
P/C	耐震盤	504V	45.0kA	15.68MJ	7-5
C/C	非耐震盤	504V	45.0kA	3.74MJ	10-3
M/C (D/G)	非耐震盤	6.9kV	5kA	8.88MJ	9-2

各試験で得られた電圧電流波形からアーク放電の継続時間を求め、表 4.6.1 において目標とするアークエネルギーが得られていることを確認した。

4.7 HEAF 試験の実施

(審査ガイド抜粋【2.7 HEAF 試験の実施】)

HEAF 試験は 2. 1 で選定した電気盤を用いて実施されていることを確認する。初期の電圧及び電流値として 2. 2 で設定した値が用いられていることを確認する。また、HEAF 試験時の電圧及び電流値は電気盤よりも受電側で測定されていることを確認する。アーク放電の継続時間を変化させ、アーク火災が発生する場合としない場合の、それぞれのアーク放電の継続時間が得られていることを確認する。

HEAF 試験は、「4.1 電気盤の選定」にて選定した電気盤に対して、「4.2 短絡電流の目標値」で設定した初期印可電圧及び電流を用いて実施した。

また、試験時の初期の電圧及び電流値は、「4.3 HEAF 試験に用いる電気回路」の図 4.3.1～図 4.3.4 に示すとおり、HEAF 試験時の電圧及び電流値は、電気盤よりも受電側の電圧計（図中の VT2）及び電流計（図中の CT 又は Sh）で測定している。

試験では、保護継電器の動作時間を段階的に調整し、各試験で得られた電圧電流波形から、3 相短絡が継続している時間をアーク放電の継続時間（ t_1 ）として求め、同時にアーク火災発生有無についても確認した。

HEAF 試験結果は表 4.7.1 に示す通り、M/C、P/C、C/C 及び M/C (D/G) に対して、アーク火災が発生する場合としない場合のアーク放電継続時間が得られており、電圧電流波形についても図 4.7.1～図 4.7.4 のとおり採取している。

表 4.7.1 HEAF 試験条件及び試験結果 (1/2)

種類	電気盤	試験初期の印可電圧	試験初期の印可電流	アーク放電の継続時間 (sec)		アークエネルギー (MJ)	アーク火災有無	目標とするアークエネルギー (美浜3号機、高浜1,2号機の最大値) (MJ)	【参考】電中研試験番号	
				設定値	実測値					
M/C	試験体①	6.9kV	18.9 kA	0.1	0.103	3.09	無	22.90	1-1	
				0.3	0.302	8.17	無		1-2	
				0.5	0.527	12.9	無		2-1	
				0.5	0.526	10.4	無		2-2	
				1.0	1.23	24.7	無		3-1	
				1.0	1.23	20.3	無		3-2	
				1.0	1.23	27.6	有		3-3	
				2.0	2.18	41.8	有		3-4	
				2.0	2.39	44.6	有		4-1	
				1.0	1.23	17.7	無		4-2	
	試験体②	8.0 kV	40.0 kA	0.2	0.22	12.8	無	5-1		
				0.2	0.21	8.68	無	5-2		
				0.6	0.63	25.3	無	5-3		
P/C	試験体③	504V	45kA	0.2	0.20	2.49	無	17.32	6-1	
				0.5	0.51	6.34	無		6-2	
				1.5	1.53	19.8	有		6-3	
				1.0	0.18	2.91	無		6-4	
				試験体④	1.3	0.43	5.76		無	7-1
					1.3	0.06	0.88		無	7-2
					1.3	0.02	0.34		無	7-3
					1.3	1.32	18.5		無	7-4
	1.4	1.43	18.9	無	7-5					
	試験体⑤	1.3	1.32	17.4	無	8-1				
		1.3	1.32	17.3	無	8-2				
		1.4	1.44	18.7	無	8-3				
	C/C	試験体⑥	504V	45kA	0.1	0.064	0.9	無	1.64	10-1
0.5					0.522	7.56	有	10-2		
0.3					0.319	4.49	無	10-3		
0.21					0.066	1.02	無	11-1		
0.28					0.153	2.24	無	11-2		
0.28					0.052	0.80	無	11-3		
0.28					0.281	3.94	無	11-4		

：火災が発生した最小のアークエネルギー

：火災が発生しない最大のアークエネルギー

表 4.7.1 HEAF 試験条件及び試験結果 (2/2)

(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	試験初期の印可電圧	試験初期の印可電流	アーク放電の継続時間 (sec)		アークエネルギー (MJ)	アーク火災有無	目標とするアークエネルギー (美浜3号機、高浜1.2号機の最大値) (MJ)	【参考】電中研試験番号
				設定値	実測値				
M/C (DG)	試験体 ⑦	6.9kV	5 kA	2.65	2.69	14.7	無	6.35	9-1
				3.00	3.05	16.6	無		9-2
				6.10	6.27	32.3	有		9-3

 : 火災が発生した最小のアークエネルギー
 : 火災が発生しない最大のアークエネルギー

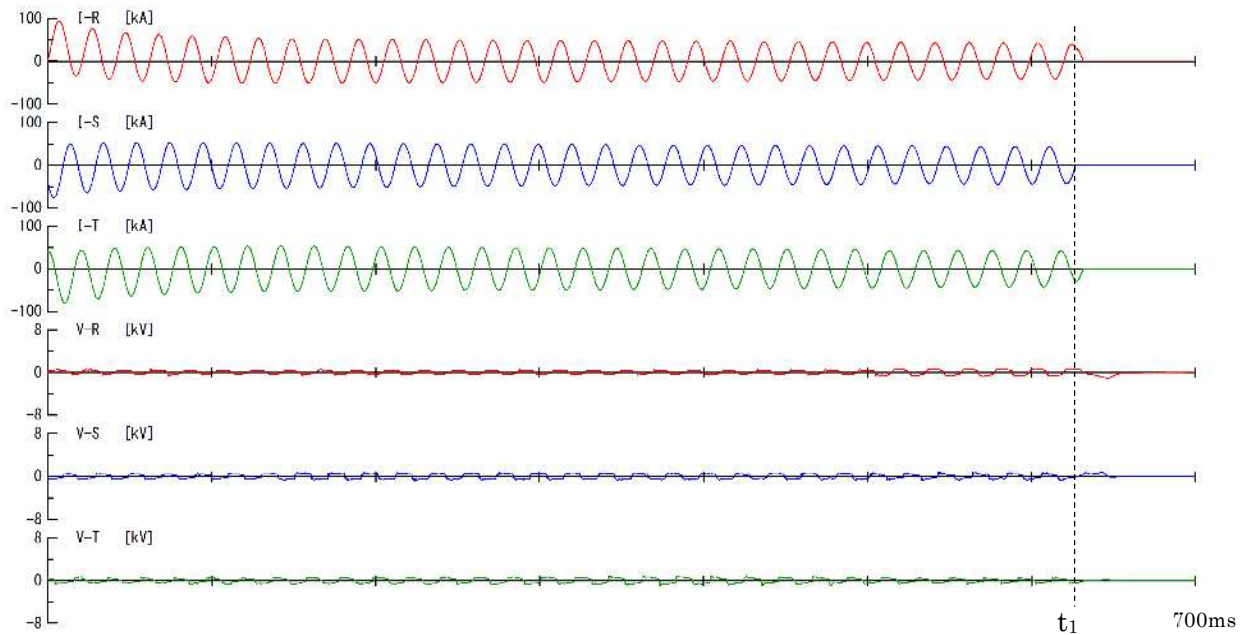


図 4.7.1 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (M/C)

=630ms

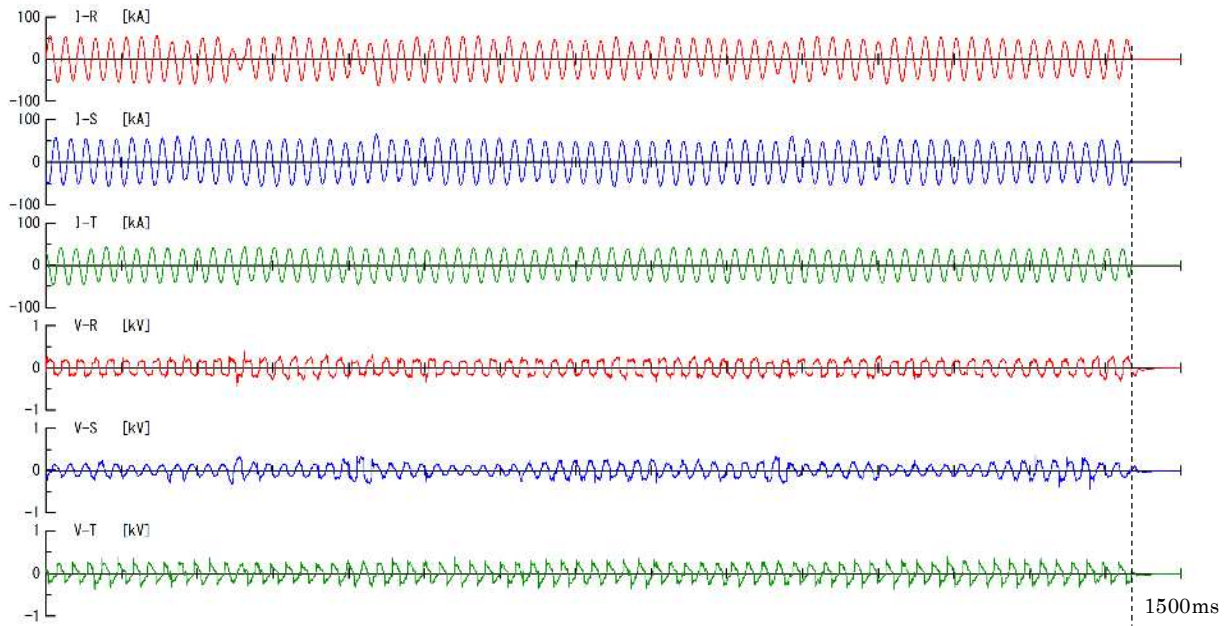


図 4.7.2 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (P/C)

t_1
=1,430ms

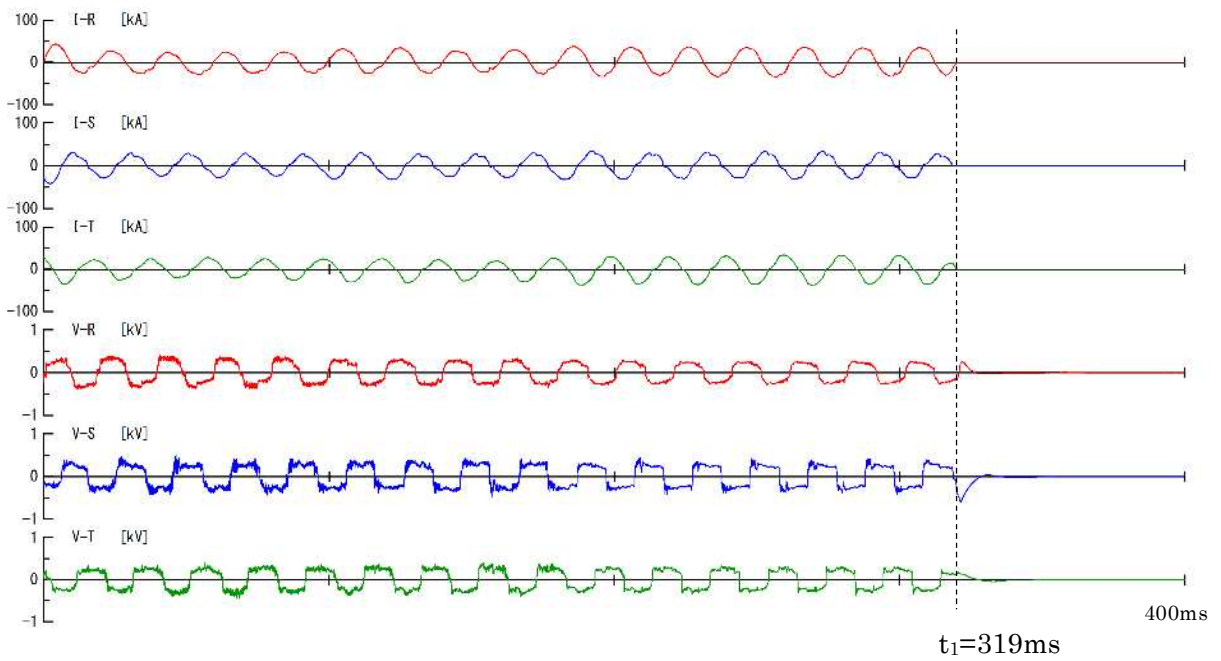


図 4.7.3 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (C/C)

$t_1=319ms$

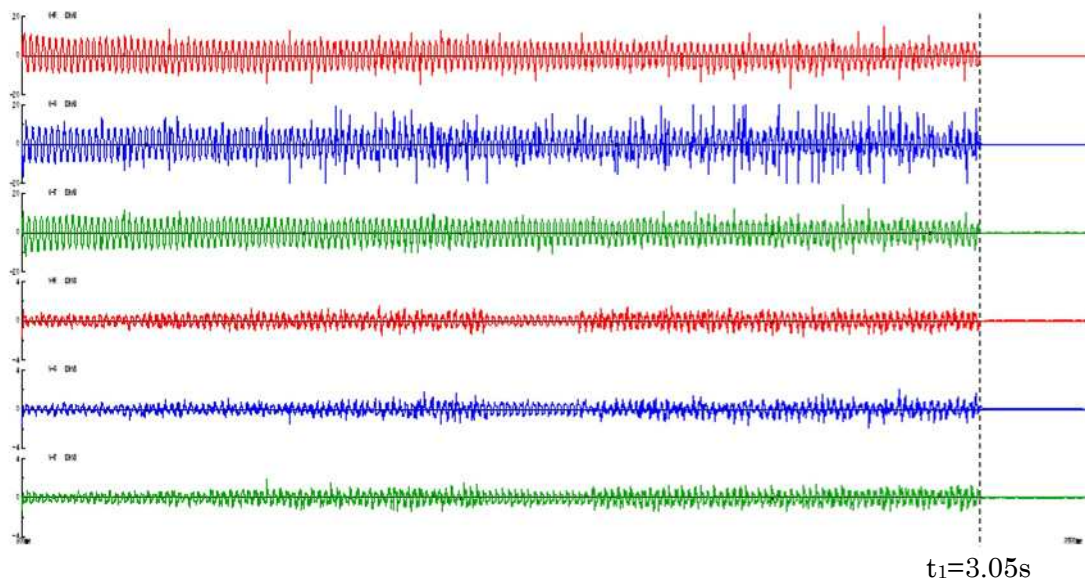


図 4.7.4 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (M/C (D/G))
 (非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

4.8 アークエネルギーの計算

(審査ガイド抜粋【2.8 アークエネルギーの計算】)

HEAF 試験におけるアークエネルギー (J) は、アークパワー (W) をアーク放電の継続時間 (s) で積分した値としていることを確認する。

HEAF 試験におけるアークエネルギーは、アークパワーをアーク放電の継続時間で積分した値としており、以下の式にて算出している。

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

E_1 : 三相のアークエネルギー W_1 : アークパワー t_1 : アーク放電の継続時間

しきい値の決定に係る HEAF 試験のアークパワー、アークエネルギーの算出結果 (M/C、P/C、C/C、M/C (DG)) を表 4.8.1～表 4.8.4 に示す。

表 4.8.1 電力中央研究所 HEAF 試験結果 (M/C の一例)

耐震/高圧電源盤・内部アーク試験結果詳細データ一覧

試験番号	発進箇所	試験電圧 ¹⁾ (kV)	相別	試験電流					投入位相 ²⁾ (deg)	通電時間 (s)	最大アークパワー (MW)	全アークエネルギー (MJ)	内部圧力			破損状況
				最大波高値 (kA)	初期3半波実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	測定箇所					最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (ms)		
5-1	盤1上段 VCB二次側端子 ⁴⁾	8.25	R	86.6	42.0	35.6	7.23	318	0.22	157	12.8	盤1上段ケーブル室	89.3	9.0	<ul style="list-style-type: none"> 天板一部外れ (M10ボルト3箇所破断) 背面扉開放 (M16ボルト2箇所破断) 割破変形 母線室と VCB 室の仕切り板 2枚外れ 燃焼継続せず 	
			S	74.9	42.8	36.2	7.69	267								
			T	75.9	41.6	36.3	7.70	267								
5-2	盤1下段 VCB室内ケーブル部 ⁵⁾	8.24	R	94.1	41.9	35.3	7.18	318	0.21	84.9	8.68	盤1下段ケーブル室	58.9	8.6	<ul style="list-style-type: none"> 天板変形 (M10ボルト破断無) 背面扉開放無 上面下扉変形 母線室と VCB 室の仕切り板 2枚変形 燃焼継続せず 	
			S	77.7	42.9	36.7	7.35	267								
			T	78.8	42.2	36.4	7.74	267								
5-3	盤1下段 VCB室内ケーブル部 ⁶⁾	8.23	R	94.0	42.2	29.4	19.0	318	0.63	87.4	25.3	盤1上段 VCB 室	62.5	14.5	<ul style="list-style-type: none"> 天板変形 (M10ボルト2箇所破断) 背面扉開放無 上面下扉変形 母線室と VCB 室の仕切り板 2枚変形 燃焼継続せず 	
			S	76.3	42.7	30.9	19.3	266								
			T	80.3	42.0	30.1	19.7	266								

備考

- 1) 発電機電圧より換算した値(参考値)
- 2) 発電機電圧(S-T相)を基準とした位相角
- 3) 内部圧力上昇値が、通電開始から最大値に達するまでの時間(100Hzのローパスフィルターを適用)
- 4) 全ての VCB 投入状態
- 5) 盤1上段 VCB を除く他の VCB 投入状態
- 6) 盤1下段 VCB のみ VCB 投入状態(盤1と盤1の間の母線を切断)

表 4.8.2 電力中央研究所 HEAF 試験結果 (P/C の一例)

非耐震/高岳製作所製 低圧電気盤の試験結果詳細データ一覧 (2/2)

試験番号	発進箇所	試験電圧 ¹⁾ (V)	相別	試験電流					投入位相 ²⁾ (deg)	通電時間 (s)	最大アークパワー (MW)	全アークエネルギー (MJ)	内部圧力			破損状況
				最大波高値 (kA)	初期3半波実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	測定箇所					最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (ms)		
7-4	ファイダ盤 O 下段 ACB 室内一次端子 ⁴⁾	504	R	60.2	37.3	24.5	38.4	133	1.32	25.3	18.5	ファイダ盤 O 下段	1.68	4.71	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼継続せず 盤 O と盤 M の下段 ACB 室の扉側の一次側端子がアークにより劣化 	
			S	60.8	38.0	30.9	41.9	87								
			T	51.1	29.0	28.9	32.6	87								
7-5	ファイダ盤 P 上段 ACB 室内一次端子 ⁵⁾	504	R	62.2	38.7	32.8	43.7	133	1.43	20.3	18.9	ファイダ盤 P 上段	1.27	4.04	<ul style="list-style-type: none"> 燃焼継続せず 盤 P の上, 中, 下段 ACB 室の扉側の一次側端子がアークにより劣化 	
			S	65.6	38.2	37.3	46.5	89								
			T	47.3	31.3	25.6	35.5	89								

備考

- 1) 発電機電圧より換算した値(参考値)
- 2) 発電機電圧(S-T相)を基準とした位相角
- 3) 内部圧力上昇値が、通電開始から最大値に達するまでの時間(100Hzのローパスフィルターを適用)
- 4) ファイダ盤 O 下段 ACB と発電盤 M 上段 ACB 投入、ファイダ盤 O 上段 ACB と発電盤 M 下段 ACB 開放
- 5) ファイダ盤 P 上段 ACB と発電盤 M 中段 ACB 投入、ファイダ盤 P 中, 下段 ACB と発電盤 M 下段 ACB 開放

試験実施日、温度、湿度
試験 7-4: 2017/8/8、32℃、54%
試験 7-5: 2017/8/10、30℃、64%

表 4.8.3 電力中央研究所 HEAF 試験結果 (C/C の一例)

試験結果詳細データ一覧 (1/2)

温度：34~40℃、湿度：50~58%

試験 台号	発弧 箇所	試験 電圧 ¹⁾ (V)	相別	試験電流				通電 時間 ³⁾ (s)	最大 アーク パワー ⁴⁾ (MW)	全アーク エネルギー ⁵⁾ (MJ)	内部圧力		備考		
				最大 波高値 (kA)	初期 3半端 実効値 ²⁾ (kA)	最終 実効値 ²⁾ (kA)	AC成分の 時間積分値 ²⁾ (kA·s)				投入 位相 ²⁾ (deg)	測定 箇所		最大値 (kPa)	到達 時間 ⁶⁾ (ms)
10-1	盤 Z 2 段目 MCCB 一次側	507	R	47.4	29.0	14.1	1.55	143	0.06	30.3	0.90	盤 Z 正面	26.0	3.10	・0.06 s で消弧 ・正面と背面扉が開放 ・火災の発生なし ・2 段目 MCCB 二次側ケーブルが溶断し、5 段目 MCCB 二次側が溶断
			S	54.6	30.9	15.0	1.66	84							
			T	42.5	26.1	9.38	1.37	84							
10-2	盤 Y 7 段目 MCCB エン と母線の接続 箇所	515	R	53.2	23.9	21.4	11.19	128	0.52	28.0	7.56	盤 Y 正面	19.5	2.42	・正面と背面扉が開放 ・火災の発生あり ・通電開始から 7 分 10 秒で消弧 ・1-7 段目 MCCB 二次側ケーブルが溶断 ・正面母線の下部が溶断
			S	62.8	23.7	20.6	10.61	69							
			T	50.3	21.6	20.8	10.22	69							
10-3	盤 Z 4 段目 MCCB エン と母線の接続 箇所	515	R	42.8	21.0	23.7	6.46	140	0.32	23.1	4.49	盤 Z 正面	16.7	2.82	・正面と背面扉が開放 ・火災の発生なし ・4 段目 MCCB 二次側ケーブルが溶断 ・正面母線の下部が溶断
			S	42.0	24.5	21.0	6.29	82							
			T	37.3	21.6	23.5	5.93	82							

備考

- 1) 発電機電圧より換算した値(参考値)
- 2) 発電機電圧(S-T 相)を基準とした位相角
- 3) 内部圧力上昇値が、第一相の通電開始から最大値に達するまでの時間(500 Hz のローパスフィルターを適用)
- 4) 試験番号 10-1 で使用した盤 Z を行直し、相間および対地間の絶縁性能を回復させた。なお、5 段目の MCCB エンと母線を接続する部品にペイントは、確実に絶縁回復させるために取り外した。

表 4.8.4 電力中央研究所 HEAF 試験結果 (M/C (D/G) の一例)

(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

試験結果詳細データ一覧

温度：20~23℃、湿度：78~84%

試験 番号	発弧 箇所	試験 電圧 ¹⁾ (kV)	相別	試験電流				通電 時間 ³⁾ (s)	最大 アーク パワー ⁴⁾ (MW)	全アーク エネルギー ⁵⁾ (MJ)	内部圧力		破損状況		
				最大 波高値 (kA)	初期 3半端 実効値 ²⁾ (kA)	最終 実効値 ²⁾ (kA)	AC成分の 時間積分値 ²⁾ (kA·s)				投入 位相 ²⁾ (deg)	測定 箇所		最大 値 (kPa)	到達 時間 ⁶⁾ (ms)
9-1	ブイダ盤 V 上段 VCB 室内 二次側端子 ⁷⁾	6.96	R	11.7	6.82	4.32	12.54	164	2.69	17.2	14.7	ブイダ 盤 V 上段 正面	4.24	8.33	・火災の発生なし ・発弧箇所の VCB 室以外に損傷なし
			S	10.2	6.77	3.95	12.43	93							
			T	10.8	6.62	3.88	12.11	93							
9-2	ブイダ盤 W 上段 VCB 室内 二次側端子 ⁷⁾	6.97	R	11.6	7.02	4.16	13.98	164	3.05	14.9	16.6	ブイダ 盤 W 上段 正面	3.98	8.24	・火災の発生なし ・発弧箇所の VCB 室以外に損傷なし
			S	10.3	6.79	4.16	13.87	91							
			T	10.7	6.63	3.75	13.34	91							
9-3	受電盤 U 下段 VCB 室内 二次側端子 ⁷⁾	6.96	R	11.7	6.84	3.31	24.17	163	6.27	14.4	32.3	受電 盤 U 下段 正面	2.70	6.41	・火災の発生あり ・通電開始から 44 分で消弧活動開始 ・VCB 室と母線室間のケーブルが溶断 ・母線の溶断なし
			S	9.91	6.79	2.83	24.05	95							
			T	11.1	6.66	3.85	22.67	95							

備考

- 1) 発電機電圧より換算した値(参考値)
- 2) 発電機電圧(S-T 相)を基準とした位相角
- 3) 内部圧力上昇値が、第一相の通電開始から最大値に達するまでの時間(500 Hz のローパスフィルターを適用)
- 4) ブイダ盤 V 上段 VCB と受電盤 U 下段 VCB 投入、ブイダ盤 V 下段ブリアクター開放
- 5) ブイダ盤 W 上段 VCB と受電盤 U 下段 VCB 投入、ブイダ盤 W 上段 VCB を再投
- 6) 受電盤 U 下段 VCB 投入、受電盤 U とブイダ盤 W の接続母線をブイダ盤 W 側において切断

5. アーク火災発生の評価

5.1 アーク火災発生の評価の概要

電気盤においてアーク火災が発生する場合には、アーク放電発生の数秒から数分後に目視により確認できる。また、電気盤周囲の熱流束を測定することによってもアーク火災の発生を確認できる。

アーク火災発生の有無とアークエネルギーの関係を評価することにより、アーク火災が発生する場合の電気盤固有のアークエネルギーのしきい値を求めることができる。

5.2 評価に用いる必要なデータ

(審査ガイド抜粋【3.2 評価に用いる必要なデータ】)

アーク火災評価には、アークエネルギー [J] 及びアーク放電の継続時間 [s] を用いる。なお、これらのデータについては、信頼性のある試験（事業者自らが直接行った試験に限らない。）に基づくものであることを確認すること。（解説－1）

HEAF 試験は、電力中央研究所に委託して実施しており、試験を実施した大電力試験所は、ISO/IEC17025 (JIS Q 17025) (校正機関および試験所能力に関する一般要求事項) に適合する試験所として、公益財団法人 日本適合性認定協会から「試験所認定」を取得していることから、評価に用いたデータは、信頼性のある試験に基づくものである。

【参考】電力中央研究所ホームページより抜粋 (<https://criepi.denken.or.jp/jp/hptl/quality.html>)

 **電力中央研究所**
電力技術研究所 大電力試験所

最終更新日 2018 年 5 月 28 日

[トップ](#) | [品質方針](#) | [試験業務](#) | [試験設備](#) | [組織](#) | [アクセス](#) | [パンフレット](#) | [English](#) |

トップマネジメントによる品質方針と目標

「常に信頼性の高い試験結果を提供することにより、依頼者の満足を得るとともに、電気事業、引いては社会の発展に寄与する」ため、『JIS Q 17025』および公益財団法人 日本適合性認定協会が発行する『試験所及び校正機関 認定基準』に適合した試験所システムを構築・運用するとともに、運用に必要な経営資源の適正化を図ることを、品質方針とする。

大電力試験所の経営管理に当たっては、この品質方針のもと、下記を目標とする。

1. 品質目標を適切に設定し、品質確保に努める。
2. 大電力試験所の全ての職員に、品質方針を周知励行させる。
3. 大電力試験所の全ての職員が、品質規程に精通し、かつ、方針および手順を遵守して業務を遂行する。
4. マネジメントシステムの構築および実施、ならびに継続的改善に万全を期す。
5. マネジメントシステムの適切性および有効性を確認するため、毎年 1 回、見直しを行う。
6. 大電力試験所の全ての職員も、横須賀運営センター環境マネジメントシステムの『環境方針』を遵守し、関連業務を遂行する。

一般財団法人 電力中央研究所
電力技術研究所長

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

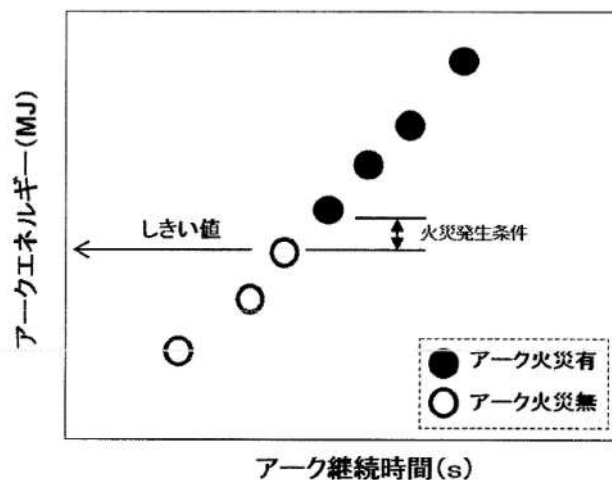
(審査ガイド抜粋【3.3 アーク火災が発生しないアークエネルギーのしきい値に係る評価】)

電気盤においてアーク火災が発生しないアークエネルギーのしきい値（以下単に「しきい値」という。（解説—3））を求める際には、アーク火災発生の有無とその時のアークエネルギーとの関係进行评估する。しきい値が、HEAF 試験においてアーク火災が発生しなかった場合の最大のアークエネルギー値となっていること及びアーク火災が発生した全てのアークエネルギー値を下回っていることを確認する。ただし、HEAF 試験の結果、火災の発生に至らないと判断された場合は、しきい値の算定は不要である。（解説—4）

(解説—3) しきい値

アーク火災が発生する場合の電気盤固有の真のしきい値（実際に火災が発生するしきい値）は、アーク火災が発生した時の値と発生しなかった時の値の間に存在する。（付録 D 参照）

付録 D 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の例



(解説—4) 火災の発生に至らないと判断された場合について

HEAF 試験の結果、アーク火災の発生に至らない場合がある（例えば、小型の電気盤などにおいて内部の構成部品が吹き飛び、通電できなくなることでアークエネルギーが比較的小さい値になる等）。この様な場合には、しきい値が存在しないことから、その算定は不要とする。

HEAF 試験により M/C、P/C、C/C、M/C (D/G) の電気盤において、それぞれ図 5.3.1～図 5.3.4 に示す試験結果が得られ、しきい値の設定については、それぞれの測定誤差を保守的に考慮した上で、さらに端数を切り捨てて、それぞれの電気盤においてしきい値（M/C 25MJ、P/C 18MJ、C/C 4.4MJ、M/C (D/G) 16MJ）を決定した。（表 5.3.1 参照）

また、しきい値が、HEAF 試験においてアーク火災が発生しなかった場合の最大のアークエネルギー値となっていること及びアーク火災が発生した全てのアークエネルギー値を下回っていることを確認した。

なお、アーク火災発生の判定については、以下の方法により実施した。

- アーク放電後、電気盤の盤外に対する炎の有無を目視により確認
- 盤外に炎が見られない時は
 - (1) 盤の扉を開けて内部を目視にて直接確認
 - ⇒M/C、P/C耐震盤
 - (2) 電気盤の発熱速度（HRR）の測定により、発熱速度の継続的な上昇の有無を確認
 - ⇒（1）以外

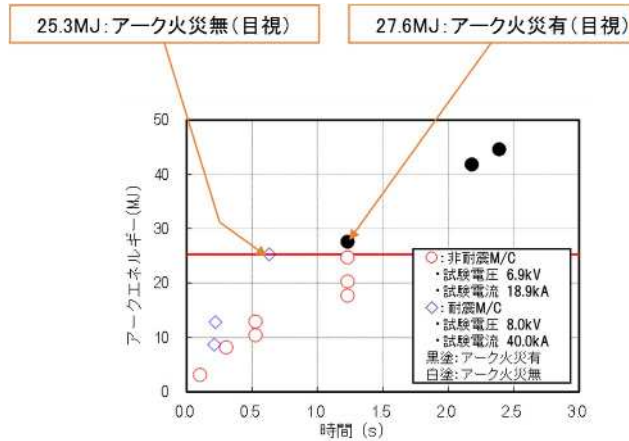


図 5.3.1 M/C 試験結果

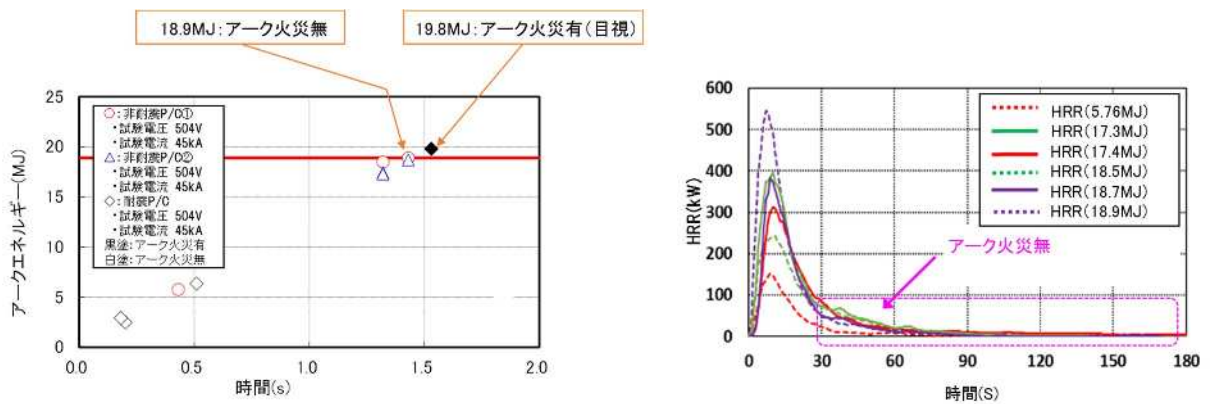


図 5.3.2 P/C 試験結果

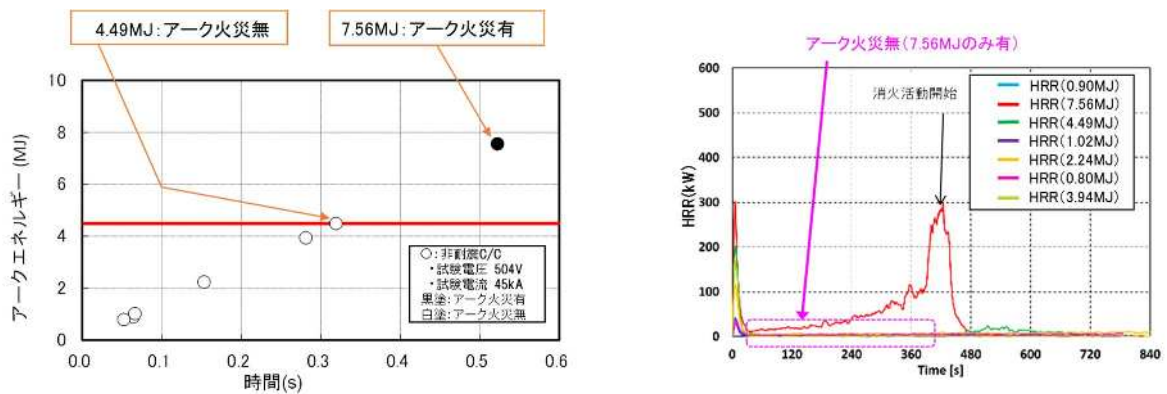


図 5.3.3 C/C 試験結果

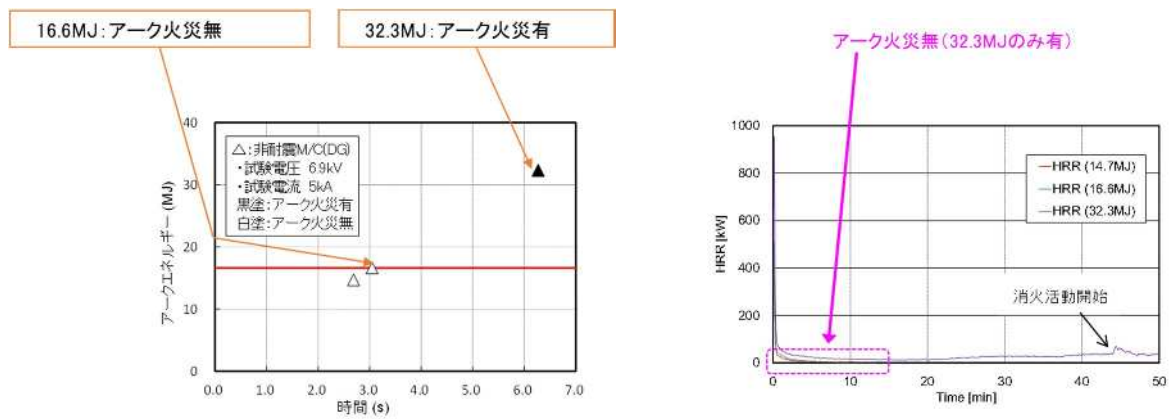


図 5.3.4 M/C (D/G) 試験結果
(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

表 5.3.1 測定誤差を考慮したしきい値の設定

	①アーク火災が発生しなかった最大のアークエネルギー (MJ)	測定誤差 (%)	測定誤差を含む①の値 (MJ)	しきい値 (MJ)
M/C	25.3	0.8	25.09	25
P/C	18.9	0.6	18.78	18
C/C	4.49	0.6	4.46	4.4
M/C (D/G)	16.6	0.8	16.46	16

5.4 しきい値に係る解析による評価

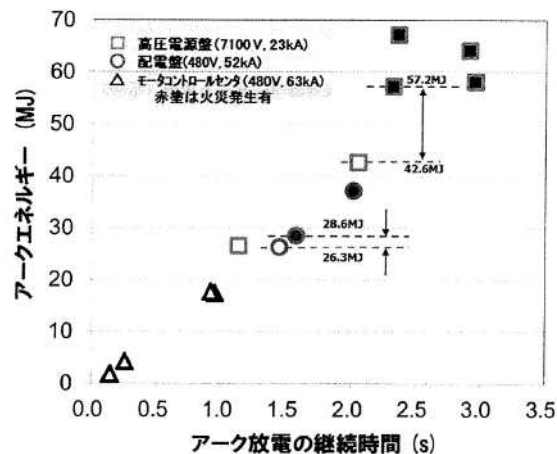
(審査ガイド抜粋【3.4 しきい値に係る解析による評価】)

しきい値については、HEAF 試験の結果に基づく解析によって評価してもよい。その際には、電気盤内の空間容積や密閉性、定格電圧や短絡電流値の大小等を考慮した条件設定が行われていることを確認する。(解説—5)

(解説—5) 空間容積や密閉性の考慮の必要性

過去に原子力規制庁が実施した HEAF 試験において、電気盤内の空間容積や密閉性によって、アーク火災の発生に必要なアークエネルギーが大きく異なることが示された。これにより、アーク火災の発生に必要なアークエネルギーは、電気盤内の空間容積の大小や密閉性の高低と関係するといえる。(付録 E 参照)

付録 E 原子力規制庁の HEAF 試験結果の一例



しきい値については、解析による評価は用いず、HEAF 試験の結果により評価し決定した。

なお、解説—5「空間容積や密閉性の考慮の必要性」については、M/C、P/C、C/C のそれぞれにおいて電気盤内の空間容積や密閉性の差があることから、それぞれ HEAF 試験を実施し、その結果より評価しアークエネルギーのしきい値を決定した。

また、M/C (DG) 試験についても、「4.1 電気盤の選定」の記載の通り、電気盤内の空間容積や密閉性において、M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験で明確な差はなくアークメカニズムも同様であることから、先行 M/C 試験と同様に解析による評価は用いず、HEAF 試験の結果により評価しアークエネルギーのしきい値を決定した。

6. HEAFに係る対策の判断基準

(審査ガイド抜粋【4. HEAFに係る対策の判断基準】)

実用発電用原子炉施設の保安電源設備のうち、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤（例えば、2.5m 以内にあるもの（解説－6））の遮断器の遮断時間が、3. 3又は3. 4において評価したしきい値に対応するアーク放電の継続時間と比べ、小さい値となっていることを確認する。

ただし、短絡等が起きたとしても非常に短時間（例えば、0.1 秒以下）で電気盤への電力供給を止めることができる場合（例えば、受電側に短絡継電器が設置されている等）や、火災の発生に至らないと判断された場合は、適切に遮断されていると判断してもよい。（解説－4）

(解説－4) 火災の発生に至らないと判断された場合について

HEAF 試験の結果、アーク火災の発生に至らない場合がある（例えば、小型の電気盤などにおいて内部の構成部品が吹き飛び、通電できなくなることでアークエネルギーが比較的小さい値になる等）。この様な場合には、しきい値が存在しないことから、その算定は不要とする。

(解説－6) 電気盤に影響を与えるおそれのある範囲について

米国においては、火災防護の要求として、ケーブル処理室でのケーブルトレイの水平距離を0.9m 以上離すとしている¹⁵。また、平成23年の東北地方太平洋沖地震の際に女川原子力発電所において発生したアーク火災において、水平距離2.5mより離れた電気盤にはHEAFの影響が及んでいなかったことを踏まえ、影響を与えるおそれのある範囲の目安として、2.5m以内にあるものとした。ただし、実験等によりアーク火災の影響範囲が特定できる場合は、その結果を考慮する必要がある。また、その際に、当該電気盤内の遮断器だけでなく、当該電気盤の受電側の遮断器についても、同様にその他必要な対策（参考－2）を含め、確認する。

(参考－2) 火災感知設備及び消火設備

火災防護審査基準は、

- ・火災感知設備について、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること
- ・消火設備について、火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等による二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置すること

を求めている。火災感知設備及び消火設備については、HEAFが発生した場合を配慮して配置されていることを確認する必要がある。

(1) アーク放電の遮断時間の設定

実用発電用原子炉施設の保安電源設備のうち、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤に発生するアークエネルギーが、「4.2 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」にて評価したアークエネルギーのしきい値以下となるよう、遮断器の遮断時間を適切に設定し、アーク放電の遮断時間を設定する。

電気盤に発生するアークエネルギーは、電気盤に発生する三相短絡電流及び HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧の積により算出したアークパワーをアーク放電の遮断時間で積分した値としており、以下の式にて算出した。

$$\begin{aligned} E_{3\phi} &= V_{\text{arc}} \times I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}} \\ &= 0.9 \times V_{\text{arc}} \times I_{\text{rms}} \times t_{\text{arc}} \end{aligned}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー
 V_{arc} : HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧
 I_{arc} : 三相短絡電流の平均値
 I_{rms} : 三相短絡電流の実効値
 t_{arc} : アーク発生時のアーク放電遮断時間

a. HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧について

アークエネルギーの算出時に使用するアーク電圧は、HEAF 試験の結果から表 6.2 に示すアーク電圧を用いた。

b. 各電気盤に発生する三相短絡電流について

アークエネルギーの算出時に使用する三相短絡電流は、実機で発生する三相短絡電流値に近い値を算出するため、電源から短絡箇所までの電路インピーダンス %Z (ケーブル、発電機、変圧器含む) を用いて、以下の式にて算出した。

$$\text{短絡電流 (A)} = \frac{\text{基準容量 (VA)}}{\sqrt{3} \times \text{基準電圧 (V)}} \times \frac{100}{\%Z}$$

c. 遮断機の遮断時間について

アークエネルギーの算出時に使用するアーク放電の遮断時間は、保護継電器及び補助リレーの動作時間並びに遮断器の開極時間等を積み上げた値を設定し、さらに保護継電器等の誤差を考慮してアーク放電遮断時間までに発生するアークエネルギーがアークエネルギーのしきい値以下となるよう設計している。(図 6.1)

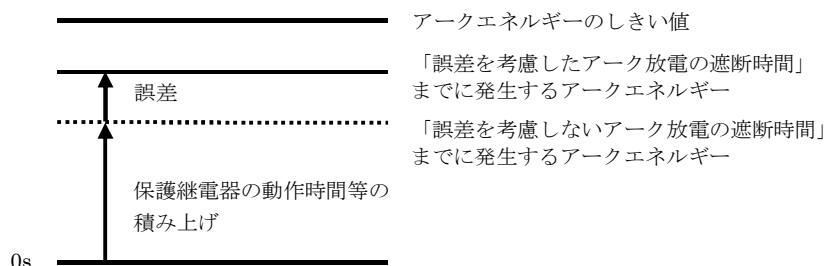


図 6.1 アーク放電遮断時間の考え方

また、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、当該遮断器と非常用ディーゼル発電機の間には遮断器がないことから、HEAF発生時には非常用ディーゼル発電機を停止することにより非常用ディーゼル発電機から供給されるアークエネルギーがアークエネルギーのしきい値以下となるよう設計している。

非常用ディーゼル発電機の短絡電流(発電機停止による電流減衰過程含む)は、文献に基づく一般的な以下の①及び②の算出式[1]を用いて計算した。ただし、過渡段階以降の同期インピーダンスにより算出される短絡電流(以下、「持続短絡電流」という。)を求める際の励磁特性に関する係数については、実際の非常用ディーゼル発電機に即したメーカー知見による係数を採用している。

この式に用いた定数は表 6.1 のとおり。計算結果を添付資料-4 に示す。①の算出式は、消磁コンタクトが投入されるより前の短絡電流の計算式であり、消磁コンタクトの投入により消磁された後は、②の式のとおり短絡回路の時定数によって電流が減衰する。

① 消磁前（持続短絡電流がある場合）の三相突発短絡電流

$$I_{rms1} = \sqrt{I_{ac1}^2 + I_{dc1}^2}$$

$$I_{ac1} = I_d + (I_d' - I_d)e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d')e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc1} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

② 消磁後（持続短絡電流がない場合）の三相突発短絡電流

$$I_{rms2} = \sqrt{I_{ac2}^2 + I_{dc2}^2}$$

$$I_{ac2} = I_d' e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d') e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc2} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

[1]参考文献：新田目 倅造『電力系統技術計算の応用』（1981）、P.84～P.88

表 6.1 短絡電流算出式定数一覧

記号	定数
I_{rms}	短絡電流の実効値
I_{ac}	短絡電流の交流分の瞬時値
I_{dc}	短絡電流の直流分の瞬時値
I_d	短絡電流持続電流
I_d'	短絡電流交流分の過渡電流
I_d''	短絡電流交流分の初期過渡電流
T_d'	短絡電流交流分の過渡時定数
T_d''	短絡電流交流分の初期過渡時定数
T_{dc}	短絡電流直流分の時定数
α	短絡瞬時の電圧の位相角

なお、アーク放電の遮断時間に含まれる誤差の考え方を図 6.2.1 及び図 6.2.2 に示し、考慮した誤差について表 6.2 に示す。

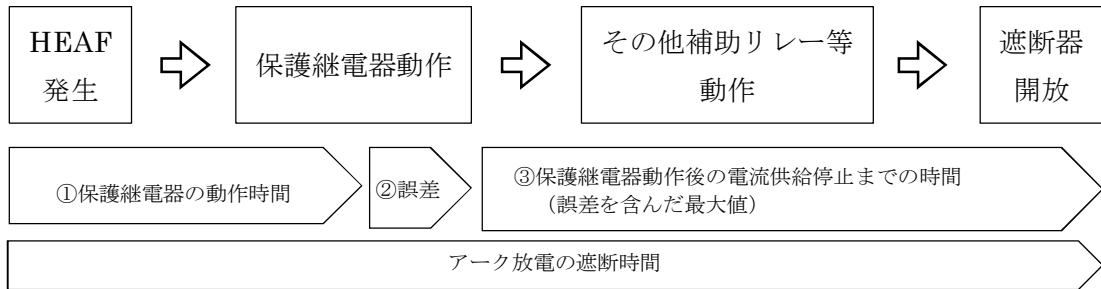


図 6.2.1 遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方

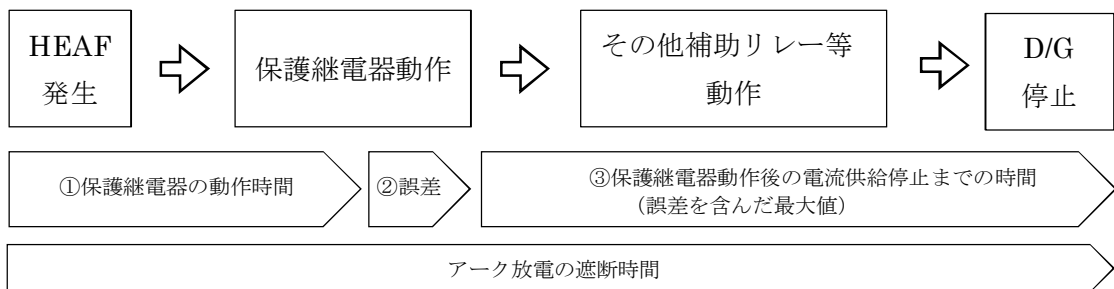


図 6.2.2 電流の供給停止時間に含まれる誤差の考え方
(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

表 6.2 遮断器の遮断時間に関する誤差

誤差 パターン	使用する保護継電器		誤差	備考
	機種	保護要素		
1	製品 A	51(過電流継電器)	+7%	
2		50(短絡継電器)	+0.025s	動作設定域：0.1 秒～0.4 秒
3			+5%	動作設定域：0.5 秒～1.0 秒
4	製品 B	50(短絡継電器)	—*	
5		87(比率差動継電器)	—*	
6	製品 C	50(短絡継電器)	—*	

※保護継電器の設定値に対するプラス誤差 0 秒。

実機プラント全ての電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧を添付資料－４に示す。

なお、アーク放電の遮断時間を設定する際に実施する保護継電器の動作時間の設定については、上流及び下流の保護継電器の動作時間と協調を図ることで、電気事故による影響範囲を局所化する設計とする。

非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤の場合、実機に設定する 50 保護リレーの動作時間は、その動作時間に対応するアーク放電の遮断時間が設計確認値以下となること及び保護協調を考慮した設定する。具体的には、他の保護リレーよりも先に動作しないよう協調取って設定されている既設のメタクラ母線過電流保護リレーの動作時間と同じ 0.400[sec]に設定する。この 50 保護リレーの追設による保護リレー整定のイメージを図 6.3 に示す。

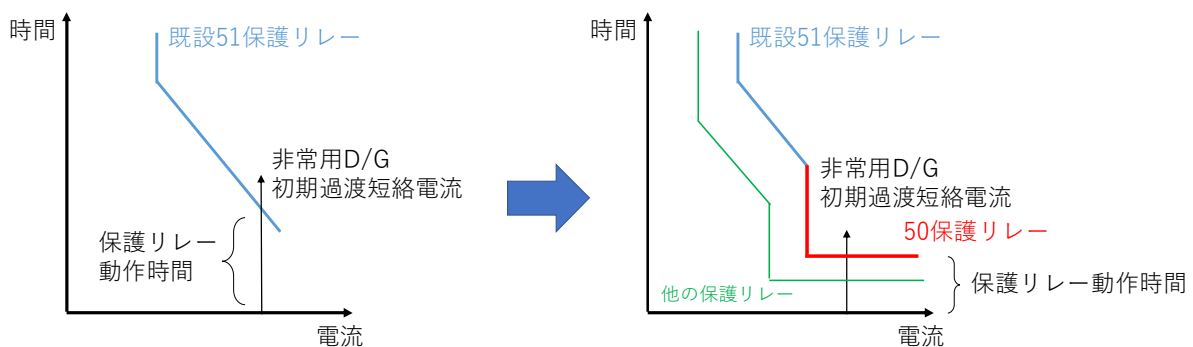


図 6.3 非常用ディーゼル発電機 50 保護リレー追設による保護リレー整定イメージ

また、非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤について、添付資料－４に示す遮断時間の考え方は、以下のとおり。

- ① 50 保護リレーの動作時間の設定値は 0.400[sec]とした。
- ② 50 保護リレーの動作時間により、表 6.2 の誤差パターン 2 に該当する 0.025[sec]の測定誤差を考慮した。
- ③-1 アーク放電をディーゼル発電機受電遮断器で遮断する場合の遮断時間は、補助リレー等の動作時間とディーゼル発電機受電遮断器の仕様（遮断器の開放時間）で決定した。
 - ・補助リレー等の動作時間（プラス誤差含む。）：0.100[sec]
 - ・ディーゼル発電機受電遮断器開放時間：0.084[sec]
- ③-2 アーク放電を非常用ディーゼル発電機の停止により遮断する場合は、非常用ディーゼル発電機の短絡電流の式により遮断時間を算出した。

d. 非常用ディーゼル発電機停止のための保護継電器追加における回路構成について

非常用ディーゼル発電機受電遮断器でアーク放電が発生した場合、HEAF 発生に起因した短絡電流を早期に検出し非常用ディーゼル発電機を停止するため、既存のディーゼル発電機制御盤内に過電流継電器（以下「50 保護リレー」という。）を追加する。今回の 50 保護リレー追加における追加ロジック、回路構成のインターロック図の概略を図 6.4 に示す。

追加する 50 保護リレーについては、SI 信号発信時においても HEAF による電気盤の損壊の拡大防止を優先する必要があるため、現状の 51 保護リレー（発電機過電流要素）とは別に保護リレーをディーゼル発電機盤内に追加し、重故障扱いとする。

また、アークエネルギー抑制の観点から、非常用ディーゼル発電機機関の停止後速やかに HEAF 発生点である非常用ディーゼル発電機受電遮断器への電流供給を停止する必要があることから、50 保護リレー動作で非常用ディーゼル発電機の消磁コンタクトを投入する。

なお、50 保護リレーは既存のディーゼル発電機制御盤内に追加し、耐震、溢水影響等については既評価から変更が無いよう設計する。

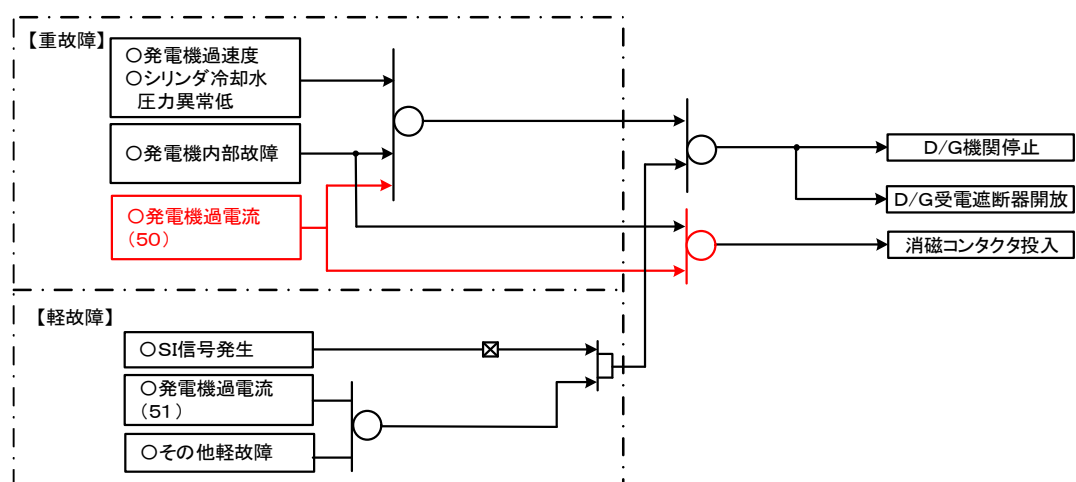


図 6.4 インターロック図（概要）

(2) 火災感知設備及び消火設備の配置

a. HEAF による火災影響の範囲

火災感知設備及び消火設備（以下、「火災感知設備等」という。）について、HEAF による火災影響の範囲（Zone Of Influence. 以下、「ZOI」という。）を HEAF 試験により確認した。

(a) HEAF 試験による評価対象設備の選定

HEAF 試験にあたって、図 6.5 に示すフローを用いて HEAF による火災の影響評価が必要な設備（以下、「評価対象設備」という。）の選定を行った。評価対象設備を抽出した結果、火災感知器が評価対象設備として選定された。（表 6.3、図 6.6 参照）

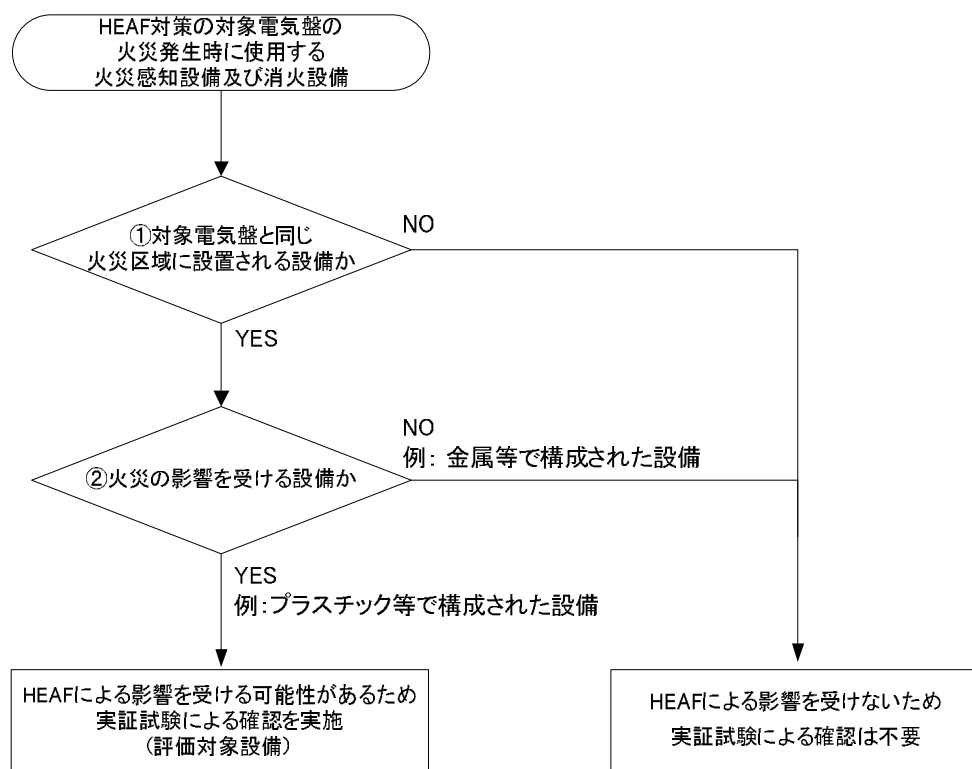


図 6.5 評価対象設備の選定フロー

表 6.3 評価対象設備の選定結果

HEAF 対策の対象電気盤の 火災発生時に使用する 火災感知設備及び消火設備		①対象電気盤と同じ火災区域に設置 される設備か 〔 ○ : YES × : NO 〕	②火災の影響を受 ける設備か 〔 ○ : YES × : NO 〕	評価対象 設備 〔 ○ : 対象 × : 対象外 〕
火災感知 設備	火災感知器	○	○	○
	火災受信機盤	×	—	×
消火設備	火災感知器	○	○	○
	ハロンボンベ	×	—	×
	選択弁	×	—	×
	容器弁	×	—	×
	制御盤	×	—	×
	ガス供給配管	○	×	×

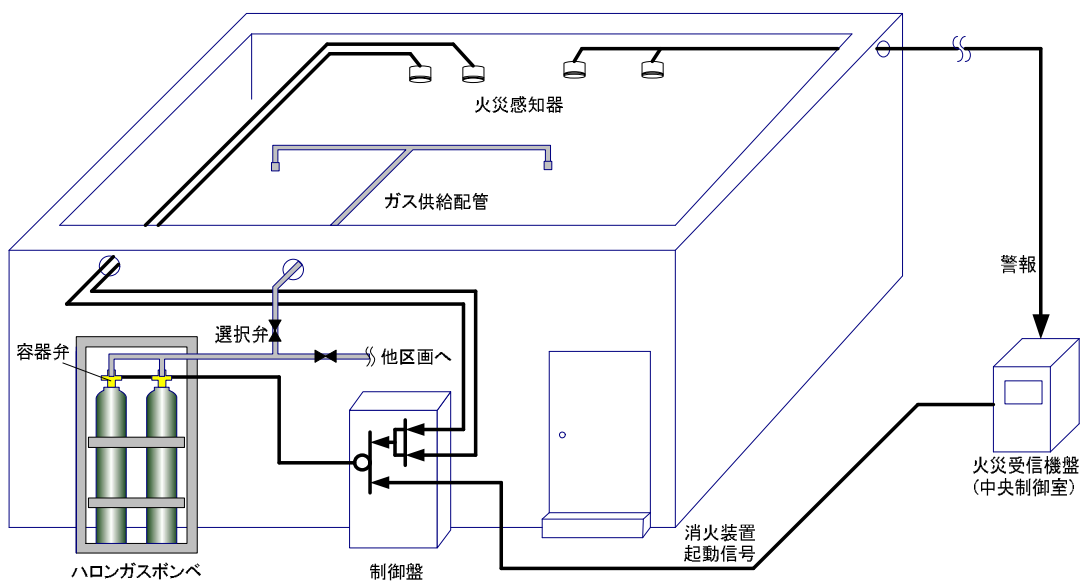


図 6.6 火災感知設備及び消火設備のシステム構成概要図

(b) 評価方法

NUREG/CR-6850（火災 PRA 評価手法）・付属書 M（以下、「NUREG」という。）において、HEAF による ZOI は、電気盤の上方 1.5m としていることから、HEAF 試験においては、電気盤の上方 1.5m に火災感知器を設置し、HEAF 発生後に機能喪失しないことを確認する。なお、NUREG においては、水平方向の ZOI は 0.9m と規定されているが、火災感知器は電気盤の水平方向に設置されないことから、鉛直方向のみの ZOI の確認を行った。

(c) 評価結果

HEAF 試験において、M/C、P/C、C/C ともに、HEAF 発生後も火災感知器の機能喪失はなかった。このため、NUREG で示された ZOI（鉛直方向）を適用する。

b. 火災感知設備等の配置の確認

重要安全施設（「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の解釈」第 2 条第 2 項第 9 号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）へ電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）のうち非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤（以下「HEAF 対策対象盤」という。）は、火災防護審査基準に基づき、火災防護対策を実施する機器として選定し、火災区域を設定して火災防護対策を実施している。

HEAF 対策対象盤の火災感知設備及び消火設備について、「審査ガイド」に基づき、HEAF が発生した場合を配慮して配置されていることを確認する。

なお、火災が発生した場合の影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できる設計としている。

「a. HEAF による火災影響の範囲」の評価結果に基づき、火災感知器が NUREG に示された図 6.7 の ZOI の範囲内に設置されていないことを確認する。

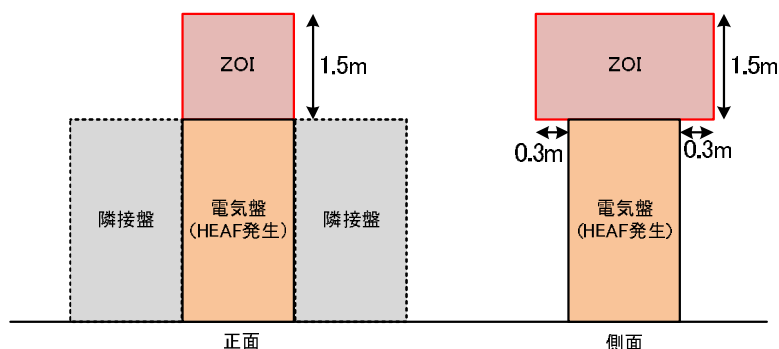


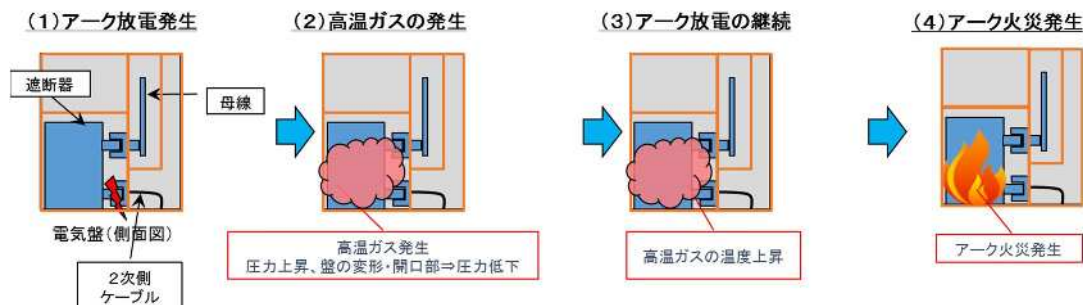
図 6.7 火災感知器に対する HEAF の ZOI

c. 確認結果

確認の結果、HEAF 対策対象盤の ZOI 範囲内に火災感知器はないことから、火災感知設備等は、HEAF を配慮して配置されている。確認の結果について、添付資料-2 に示す。

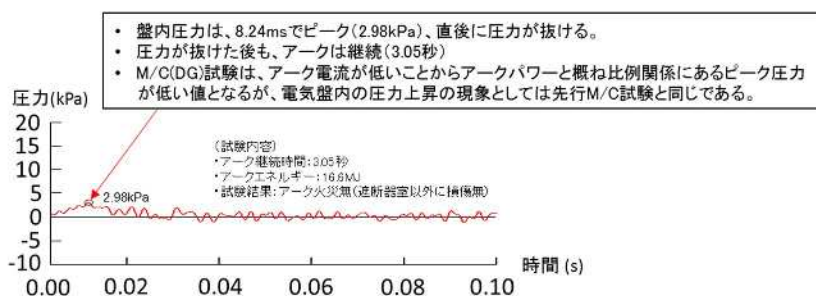
同等性に影響を与える恐れのあるパラメータの整理に関する補足について

1. アーク火災発生メカニズムについて



(1) 電気盤遮断器室内の遮断器の1次側（又は2次側）に銅線で三相短絡し、短絡電流を流すことによりアーク放電を発生させると、金属ヒュームを含んだ高温ガスが発生する。

(2) 電気盤は、金属ヒュームを含んだ高温ガス等の要因により、以下のグラフのとおり、0.01秒～0.02秒後（M/C(D/G)試験は約0.01秒後）に圧力上昇はピークとなり、その後電気盤の開口部や盤内仕切板の変形（M/C(D/G)試験ではアークパワーが小さいことから仕切板の変形には至らない）により高温ガスは電気盤外に抜け、盤内圧力は減少傾向になる。なお、電気盤は密閉構造ではなく開口部を有する構造であることから、圧力の上昇に伴い盤内の温度が上昇するものではない。



試験時に確認された内圧(M/C(D/G)試験時)



盤内開口部の状態(遮断器室)

(3, 4) 短時間で大部分の高温ガスは電気盤外に放出されるが、一部はアーク放電の発生箇所である遮断器近傍に滞留することから、高温ガスから可燃物にエネルギーが伝播し、あるしきい値以上のエネルギーが印加されるとアーク火災となる。試験体系上、アークを発生させた銅線をワイヤリングした箇所である遮断器近傍に最も高温ガスが滞留しやすいことから、遮断器室内の可燃物が主要な燃焼物であり、試験の結果とも一致している。



遮断器室アーク発生、アーク火災有、消火後の遮断器の様子

2. M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験との圧力上昇の相違点について

第3回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合（2018年10月15日開催）「資料3-2 高エネルギーアーク損傷（HEAF）に伴う火災対策に係る事業者の取り組み状況について」5頁（別添1参照）に試験体選定時の考え方を記載しており、HEAF発生時の圧力上昇は、盤の変形や開口部から圧力が抜けるため HEAF 発生直後の盤内温度上昇に盤内容積の大小は直接寄与しない旨説明している。

事業者意見の聴取に係る会合では、試験時に確認された電気盤の内圧は先行 M/C 試験を代表として記載しているが、HEAF 発生直後の最大圧力値は約 62.5kPa（火災が発生しない最大アークエネルギー）であった。それに比べて、M/C (DG) 試験は約 2.98kPa（火災が発生しない最大アークエネルギー）であった（別添2参照）。

先行 M/C 試験と同様にアーク火災を防止するためにはアーク火災となるアークエネルギー（しきい値）以内に抑える設計とすることについて、前述の M/C (DG) 試験、先行 M/C 試験の HEAF 発生直後の最大圧力の違いを踏まえてもアーク火災発生メカニズムとして同等であることについて補足説明する。

(1) M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験で用いた試験体、試験条件等の相違点

M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験で用いた試験体、試験条件等について纏めた結果は表1のとおりである（詳細は別添3参照）。

試験条件のうち試験電流については、M/C (DG) 試験は先行 M/C 試験の 1 / 4 程度の試験電流値である。それ以外（試験体、計測方法等）については明確な差はなく同等である。

表1 M/C (DG) 試験 - 先行 M/C 試験の比較について

	M/C (DG) 試験	先行 M/C 試験	比較・評価
試験体	規格： JEM-1425、JEC-2300 に基づき製造 開口面積：約 0.48m ²	規格： JEM-1425、JEC-2300 に基づき製造 開口面積：約 0.07m ²	同一の規格で製造されており形状、盤容積（遮断器室）、絶縁物の種別、開口部の大きさなどに明確な差はない。
試験条件	試験電圧：6.9kV 試験電流：5.0kA	試験電圧： 6.9～8.0kV 試験電流： 18.9～40.0kA	試験電圧は同等であるが試験電流については M/C (DG) 試験は非常用 D/G 給電時の 3 相短絡電流を模擬しており M/C 試験時の約 13～25% 程度の大きさである。
計測方法	圧力センサ（共和電業製・ひずみゲージ式・200kPa）	同左	センサ・測定箇所、測定方法ともに同等である。

(2) 試験電流値の差による影響について

アークエネルギーはアークパワーとアーク時間の積分値であるがアーク時間は可変パラメータであることから、HEAF 発生直後の現象の違いはアークパワー（アーク電圧とアーク電流の積）の差として現れる。

図1に HEAF 試験で得られた全ての M/C の最大アークパワー（アーク電圧とアーク電流の積）と圧力上昇最大値の関係を示すと概ね比例関係にあることがわかる。M/C (DG) 試験における、最大アークパワーは 14.4~17.2MW であり、先行 M/C 試験時における値（非耐震：33.6~68.3MW，耐震：84.9~156.9MW）と比べて小さい理由は、前述のとおり試験条件における電流値が小さいからである（M/C (DG) 5kA、M/C (DG) 以外の非耐震：18.9kA，耐震：40kA）。

このことから、電気盤内の圧力上昇の現象としては、M/C (DG) 試験および先行 M/C 試験の試験電流値の差によるものであり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試験状況からも開口部から高温ガスが電気盤外に抜けていることは明らかであることから圧力上昇の現象としては同様であると考えられる。（開放系アーク放電と試験データの比較については別紙1参照）

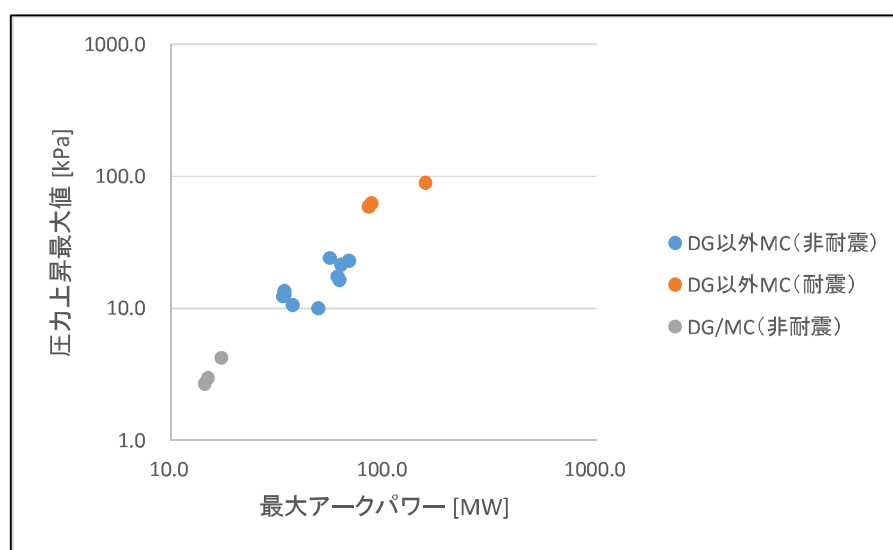


図1 最大アークパワーと圧力上昇最大値の関係

(3) まとめ

今回の HEAF 試験では、図1のとおりアークパワーと圧力上昇値は比例関係にあることから、HEAF 発生直後の圧力上昇という現象は、外部電源受電時と非常用ディーゼル発電機給電時に違いはなく同様のメカニズムであると考えられる。

よって、アーク火災発生メカニズムである以下の①、②について、非常用ディーゼル発電機給電時においても①については本考察のとおり外部電源受電時と同等のメカニズムであると考えられる。

- ①HEAF 発生直後の短時間で大部分の高温ガスは電気盤外に放出される。
- ②一部の高温ガスは、アーク放電の発生箇所である遮断器近傍に滞留することから、高温ガスから可燃物にエネルギーが伝播し、あるしきい値以上のエネルギーが印加されるとアーク火災となる。

また、②については第 3 回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合（2018 年 10 月 15 日開催）「資料 3 - 2 高エネルギーアーク損傷（HEAF）に伴う火災対策に係る事業者の取り組み状況について」補 10 頁（別添 1 参照）に記載のとおり M/C についてはアークエネルギーが約 25MJ 以上となれば火災となり、アーク継続時間とアークエネルギーは基準電流 25kA で換算すると外部電源受電時、非常用ディーゼル発電機給電時に違いはなく概ね比例関係にあることからも同等のメカニズムと考えることができる。

以 上

開放系アーク放電と試験データの比較について

開放系アーク放電に関する Babrauskas 博士の論文^[1]によると図 1-1 のとおりアークパワー（横軸）は、発生圧力×離隔距離（アーク発生箇所と圧力測定箇所との間の距離）の積（縦軸）で整理できる。今回の電気盤寸法は、高さ 2.3m×幅 1m×奥行き 2.5m であり、電気盤の正面で測定した圧力が最大値を示したため離隔距離を 0.5m とした。試験時の条件を下表に整理し図 1-1 黄色プロットで示すと概ね Baker's theory と示された赤線付近にあることから開放系の論文データと符合する。これより、アーク発生時の電気盤内圧力は、開放系のアークパワーと離隔距離の物理指標で整理できる。

また、試験状況ビデオからも高温ガスが開口部等から抜けることは明らかである。このことから M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験で使用した電気盤は盤内仕切り板変形や開口部を有する構造であることから、境界条件が開放系に近い同等の電気盤として扱うことができると推察する。

表 1-1 アーク発生時の電気盤内圧力に関連する物理量

物理量	M/C (DG) 試験時	先行 M/C 試験時
アークパワー (横軸)	$2\pi fVI$ $= 2 * \pi * 100\text{Hz} * 1.33\text{kV} * 5\text{kA}$ $\approx 4 * 10^9$ (9 乗オーダー) W/s	$2\pi fVI$ $= 2 * \pi * 100\text{Hz} * 1.34\text{kV} * 40\text{kA}$ $\approx 3.3 * 10^{10}$ (10 乗オーダー) W/s
圧力×離隔距離 (縦軸)	$2.98\text{kPa} * 0.5\text{ m}$ $\approx 1.5 * 10^3\text{ Pa} * \text{m}$	$62.5\text{kPa} * 0.5\text{ m}$ $\approx 3.1 * 10^4\text{ Pa} * \text{m}$

注) f : 周波数 (全波整流波形となることから $50 * 2 = 100\text{Hz}$)

V : アーク電圧、I : 試験電流

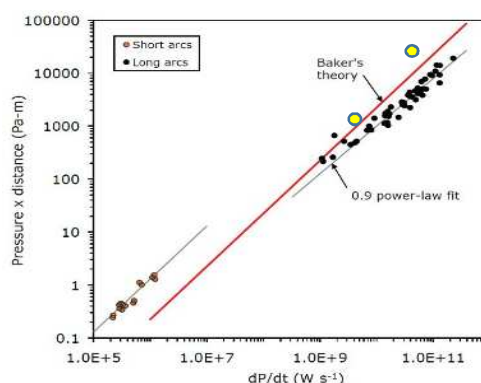


Figure 5 The results of Drouet and Nadeau for short (8 mm) and long (many meters) arcs

図 1-1 開放空間におけるアークパワーと圧力上昇の関係

出典 [1] V. Babrauskas, "Electric Arc Explosions", Proc. 12th Intl. Conf. Interflam, pp. 1283-1296, 2010

以上

資料 3-2 高エネルギーアーク損傷 (HEAF) に伴う火災対策に係る事業者の取り組み状況について (抜粋)

I-3. 試験条件(1/2)
5

図・写真: 出典(2)

・ 試験方法は、「高エネルギーアーク損傷(HEAF)に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」(以下、「審査ガイド」)を参照し、試験内容の妥当性を確認。(試験用電源盤の代表性、試験条件、アーク火災判定方法等)

・ 主な試験条件を以下に示す。【審査ガイドの各項目適合状況、「Ⅲ 補足資料」参照】

(1) 試験体の選定

同種類の電源盤単位(M/C・P/C・C/C毎)の場合は同等と扱い試験を実施

- アーク火災は、アーク放電エネルギーにより盤内で発生する高温ガスによる熱的影響により当該部位の可燃物が加熱され、アーク火災に至る。
 - ・ 盤内圧力は、14.5msecでピーク(62.5kPa)、直後に圧力が抜ける
 - ・ 圧力が抜けた後も、アークは継続(0.63秒)
- HEAF第一段階で盤内に発生した高温ガスによる盤内圧力上昇は、約0.01秒後にピークとなり約0.02秒後には圧力が抜ける。ボイル・シャルルの法則では、体積が一定の場合、圧力と温度は比例するが、電気盤は、盤の変形や開口部から圧力が抜けるため、盤内温度上昇に盤内容積の大小は直接寄与しない。また、盤内リレー・ケーブル等の可燃物は、同種類の電源盤(M/C・P/C・C/C)であれば、製造メーカーによらず、同程度であることを踏まえ、試験体を選定。

(試験内容)
・アーク継続時間: 0.63秒
・アークエネルギー: 25.3MJ
・試験結果: アーク火災無(盤扉、盤内仕切板等変形)

試験時に確認された内圧(M/C(D/G以外))

盤内仕切板の状態(母線室一遮断器室間) 試験後の盤正面の状態

補足1. 試験条件設定の考え方詳細
補 10

(3) 短絡電流の目標値(5/5)

○保護継電器の整定

- 試験毎に実測アーク電流は異なるものの基準試験電流20kAでアーク継続時間を補正した場合のアーク継続時間とアークエネルギーは比例関係を示すことから、保護継電器の設計においては、プラント電源盤固有の短絡電流値からアーク継続時間を換算し、換算したアーク継続時間以内に保護継電器の動作時間を設定する。

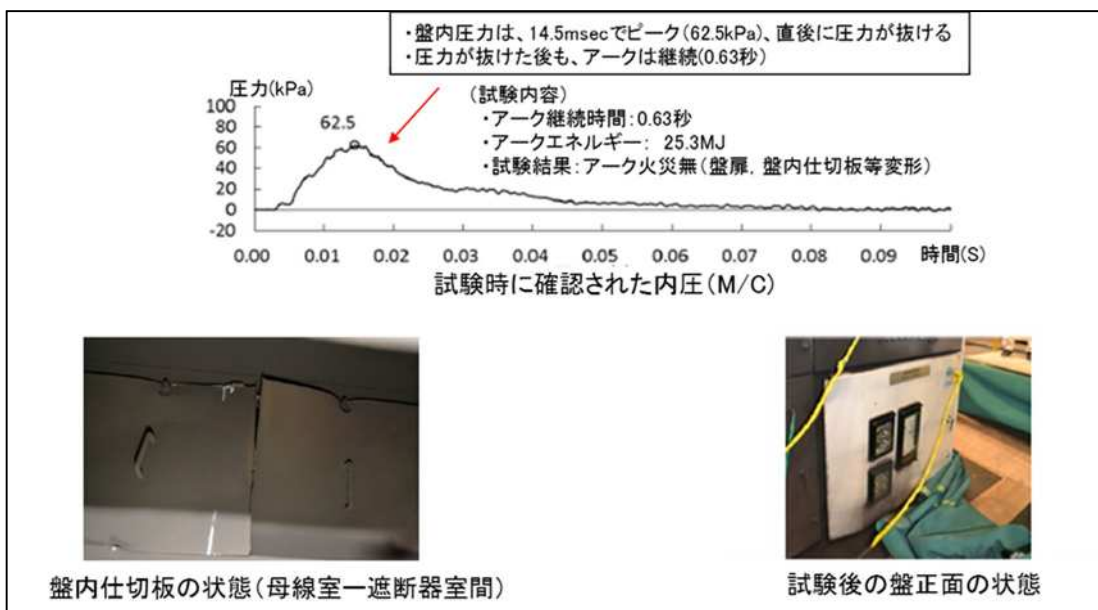
試験電圧 6.9kV
凡例:
黒塗 HEAF火災有
白塗 HEAF火災無

補正した通電時間tarc'で整理
tarc' = tarc(実測値) × 電流平均値(実測値) ÷ 基準電流20kA

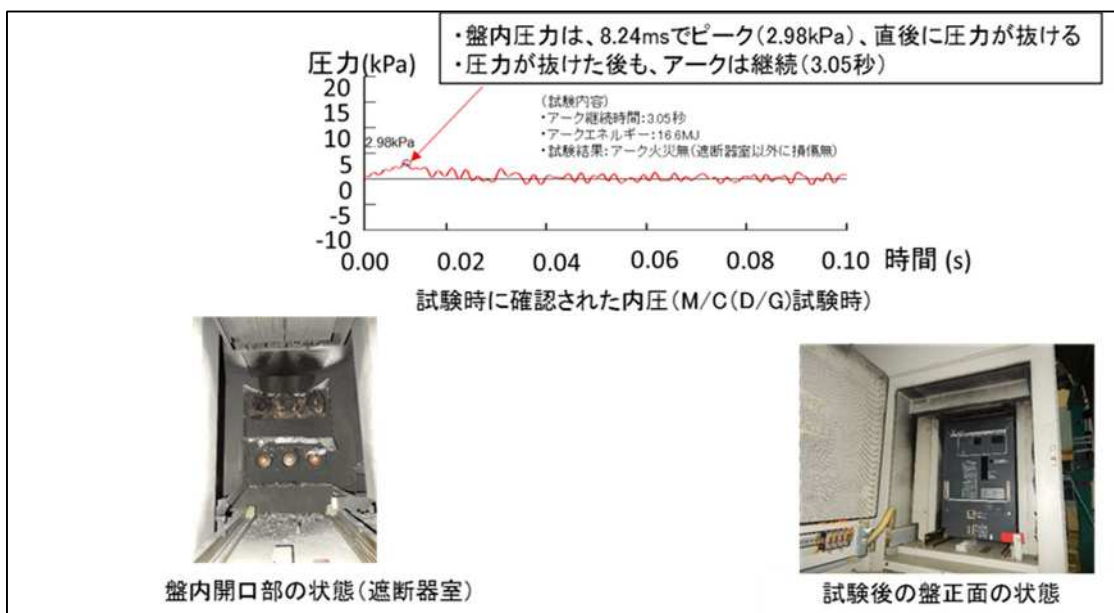
○ 非耐震MC (DG以外)
◇ 耐震MC (DG以外)
△ 非耐震MC (DG)

アーク継続時間—アークエネルギーの関係(基準電流20kA補正)

(1) 先行 M/C 試験の電気盤内圧









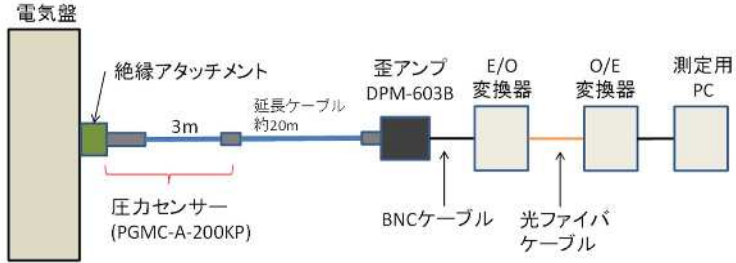
(2) M/C (DG) 試験の電気盤内圧



別表 1 M/C (DG) 試験と先行 M/C 試験の相違点について (1/3)

試験盤	M/C(DG)試験	先行M/C試験	
	試験盤③	試験盤①	試験盤②
対象機器	非耐震 6.9 kV	非耐震 7.2kV	耐震 7.2kV
			
相 数	三相		
試験周波数	50 Hz		
試験電圧	6.9 kV	6.9 kV	8.0 kV
試験電流	5.0 kA	18.9 kA	40.0 kA
発弧箇所	遮断器室	ケーブル室または遮断器室	

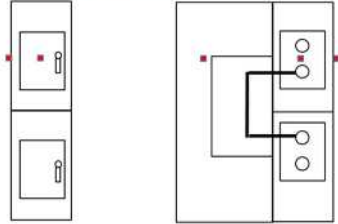
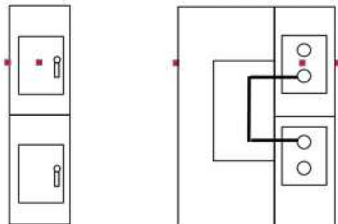
別表1 M/C (DG) 試験と先行M/C試験の相違点について (2/3)

試験盤	M/C(DG)試験	先行M/C試験	
	試験盤③	試験盤①	試験盤②
遮断器室内※1	 <p>拡大 仕切り板 (メッシュ板) (試験前)</p>		 <p>拡大 仕切り板の外れ (試験後)</p>
開口部等による高温ガスの主な放出経路※1	<ul style="list-style-type: none"> ・通気口 ・遮断器室-母線室間の仕切り板の隙間 (盤の変形はほとんど見られず)  <p>2016-05-31 10:48:29 7.01</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・扉と盤筐体との隙間 ・上下段遮断器室間の仕切り板の隙間 ・外れた天板、変形した扉・側板  <p>2012-11-22 19:30:46</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・天板(ケーブル引込口部) ・上下段遮断器室間の仕切り板の隙間 ・外れた天板、外れた仕切り板、変形した扉・側板 
電気盤内の主な圧力測定箇所※2	発弧箇所を有する電気盤の正面扉、側面	発弧箇所を有する電気盤の正面扉、側面、背面	
圧力測定器	 <p>電気盤 絶縁アタッチメント 3m 延長ケーブル 約20m 歪アンプ DPM-603B E/O 変換器 O/E 変換器 測定用 PC 圧力センサー (PGMC-A-200kPa) BNCケーブル 光ファイバケーブル</p> <p>電気盤側面に取付けた圧力計</p> <p>※絶縁アタッチメントについては、電源盤内の側板、正面扉に取り付けており、盤内部の圧力が測定できるように盤表面からねじ込み取り付けている。</p>		
	<p>ひずみゲージ方式、定格容量：200kPa(精度：±1.5%RO以内※3) サンプリング時間：20 μs以上</p>		

※1, 2: 開口部箇所(高温ガス放出経路含む)、圧力測定箇所については次項参照。

※3: センサーメーカーカタログ値では、±1.5%RO以内となっているものの、M/C(DG)試験データにおいて、公開文献「公益財団法人日本適合性認定協会「JAB NOTE 4 不確かさの求め方(電気試験/大電力試験分野)JAB RL504:2013」」に基づき不確かさを算出したところ、3%程度であり、2.89~3.07の間に真値が存在する。

別表1 M/C (DG) 試験と先行M/C試験の相違点について (3/3)










試験盤	M/C(DG)試験	先行M/C試験	
	試験盤③	試験盤①	試験盤②
開口箇所 (イメージ図)			
電気盤内の主な圧力測定箇所 (イメージ図)	<p>▪ 圧力測定箇所(正面、側面)</p>  <p>正面 側面</p> <p>※発弧位置が正面左上段の遮断器の場合</p>	<p>▪ 圧力測定箇所(正面、側面、背面)</p>  <p>正面 側面</p> <p>※発弧位置が正面左上段の遮断器の場合</p>	

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

火災感知設備及び消火設備の配置について

美浜3号機、高浜1/2号機の火災感知機及び消火設備の配置について、以降に示す。なお、配置図の凡例については(1)に記載の通りとする。

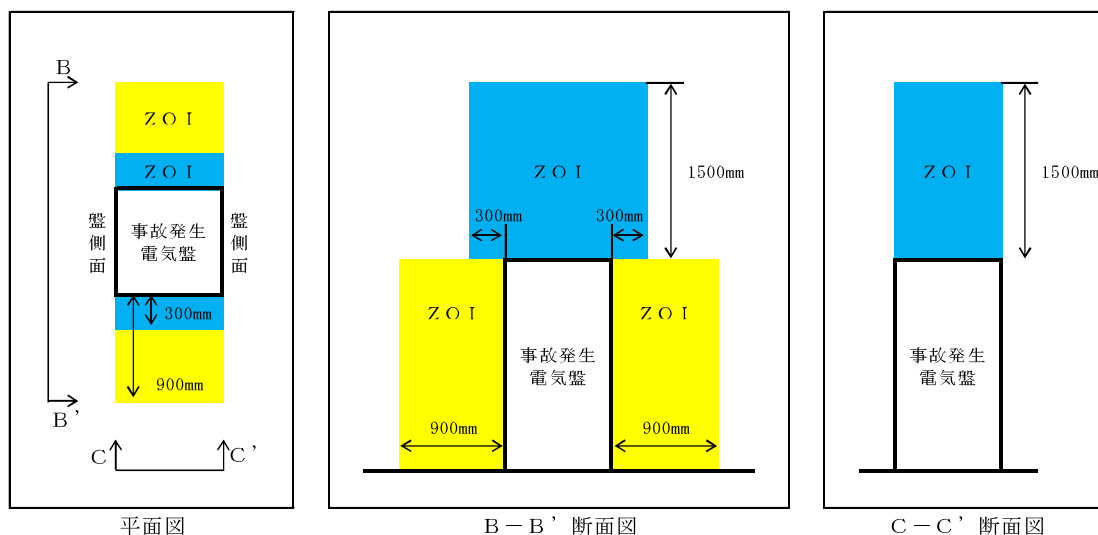
(1) 凡例

-  (平面図)  (断面図) : 炎感知器
-  (平面図)  (断面図) : 煙感知器
-  (平面図)  (断面図) : 熱感知器
-  : 全域ハロン消火装置配管
-  : 全域ハロン消火装置ノズル
-  Z O I (※)

※Z O I (Zone Of Influence) とは

電気盤内で発生したアーク放電の盤外への影響範囲のこと。詳細については下図参照。

-  : 垂直方向への影響範囲
-  : 水平方向への影響範囲



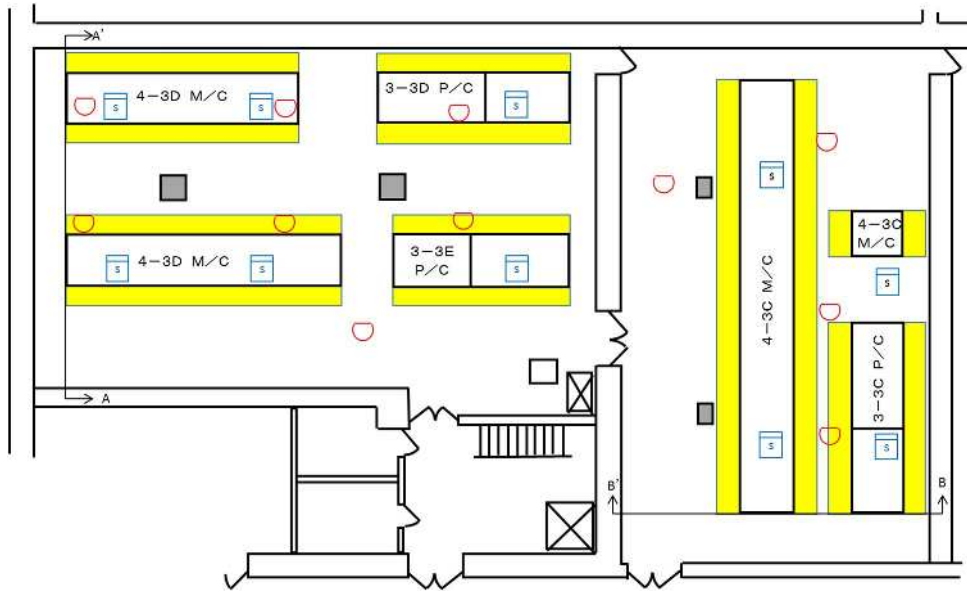
(2) 火災感知設備及び消火設備の配置図

各ユニットの火災感知設備及び消火設備の配置図について、以下のページに示す。

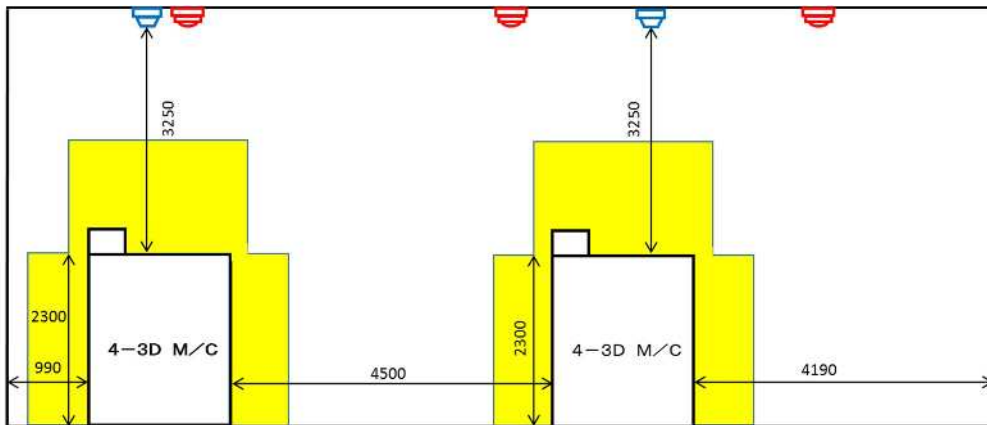
なお、図内に記載されている寸法の単位についてはミリメートルとする。

- a. 美浜3号機 . . . 2~4ページ
- b. 高浜1号機 . . . 5~6ページ
- c. 高浜2号機 . . . 7~8ページ

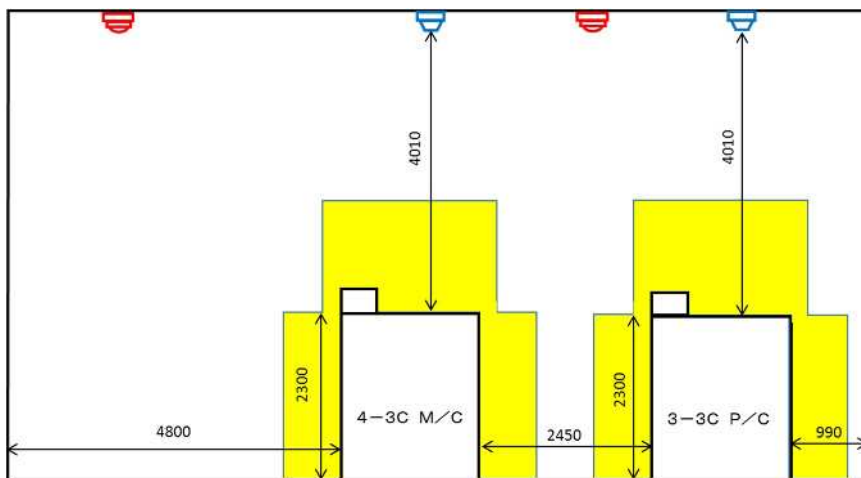
a. 美浜3号機 (メタクラ、パワーセンタ)



美浜発電所3号機 メタクラ室平面図 (E L 4.00M)

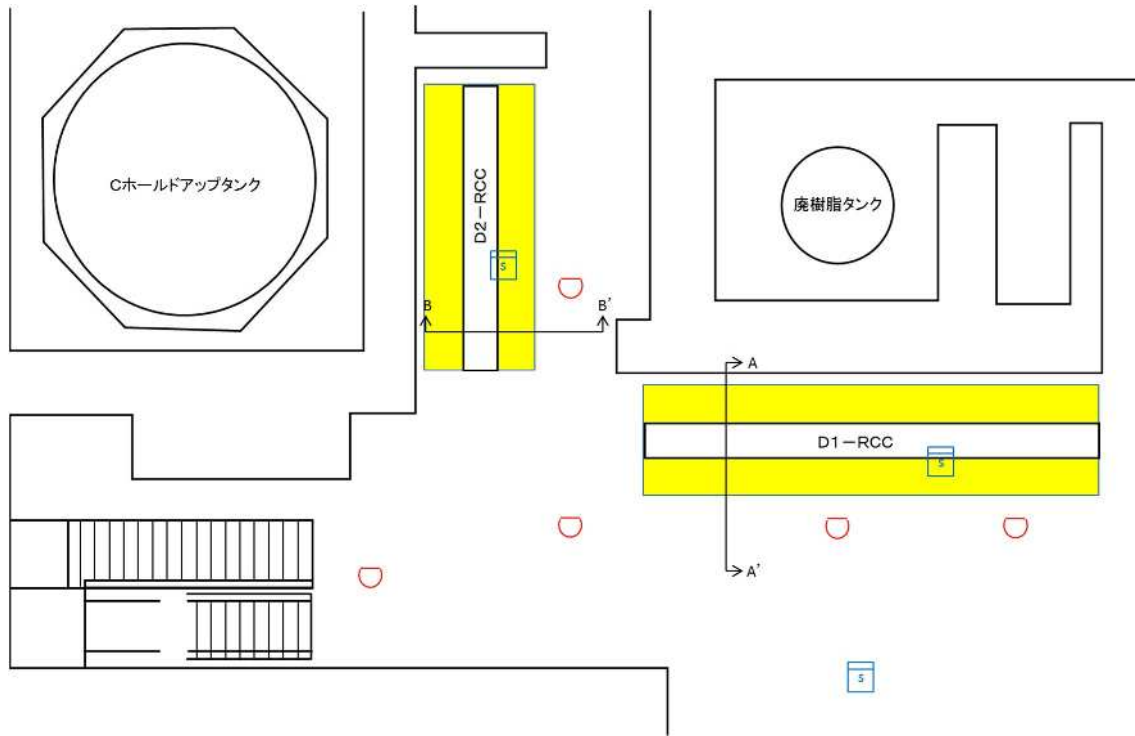


A-A' 断面 (Dメタクラ室)



B-B' 断面 (Cメタクラ室)

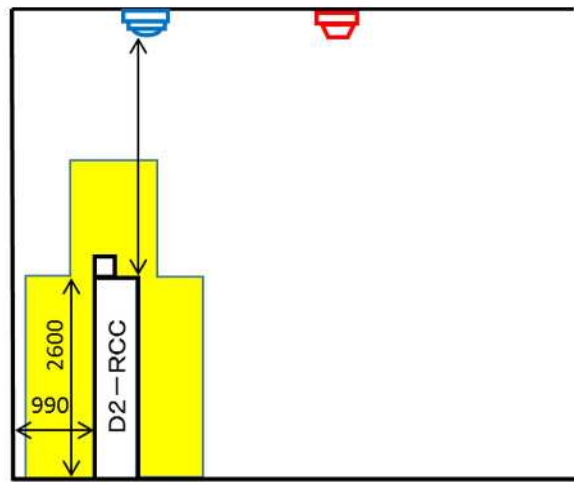
a. 美浜3号機 (C1、C2原子炉コントロールセンタ)



美浜発電所3号機 補助建屋 平面図 (E L 17.00M)

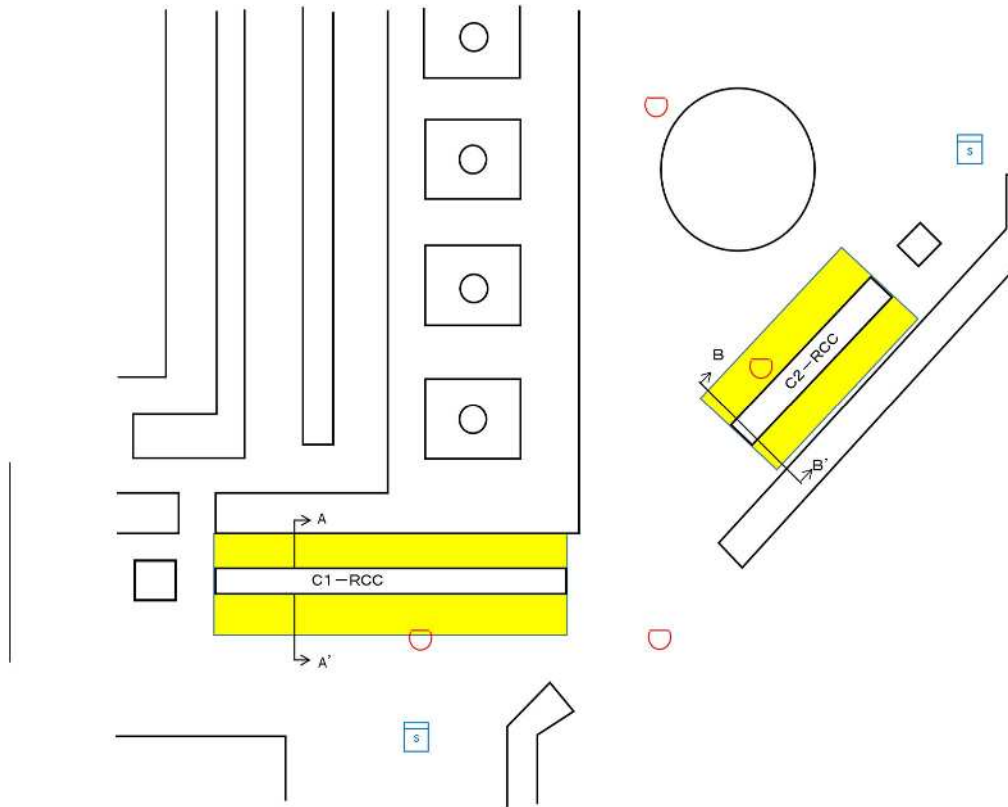


A-A' 断面 (補助建屋 17.00M)

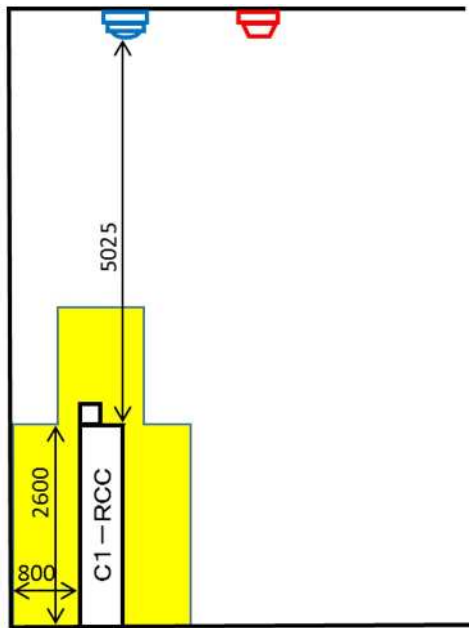


B-B' 断面 (補助建屋 17.00M)

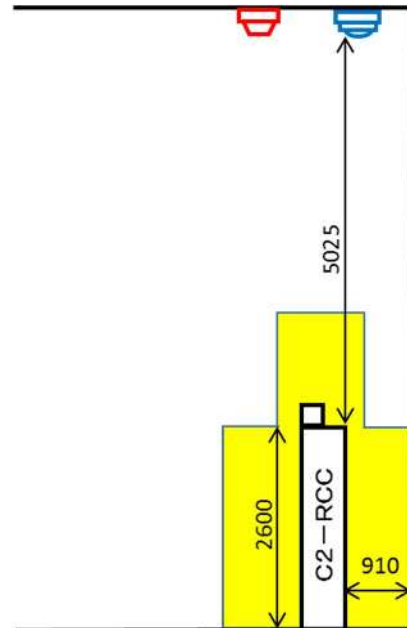
a. 美浜3号機 (D1, D2原子炉コントロールセンタ)



美浜発電所3号機 補助建屋 平面図 (E L 24.00M)

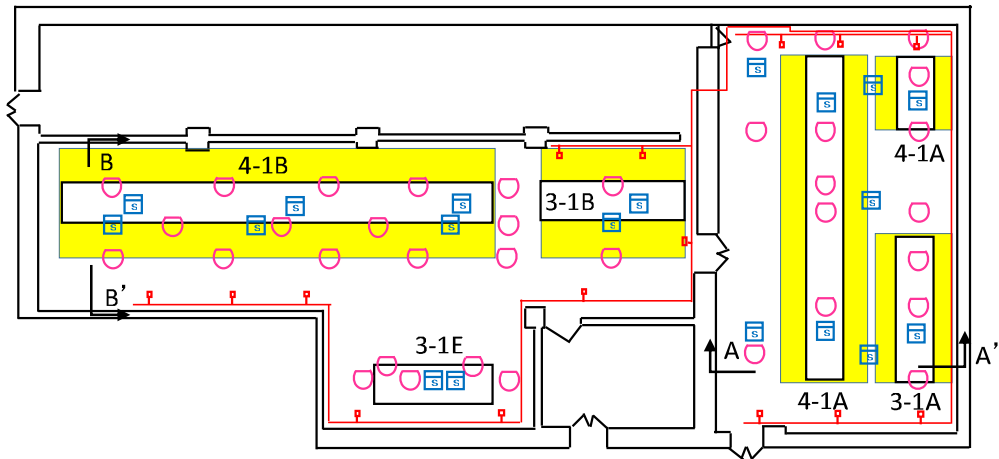


A-A' 断面 (補助建屋 24.00M)

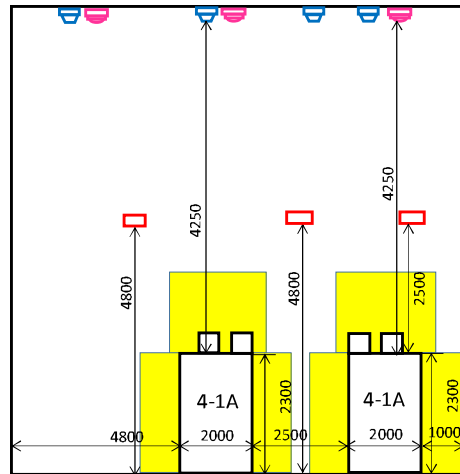


B-B' 断面 (補助建屋 24.00M)

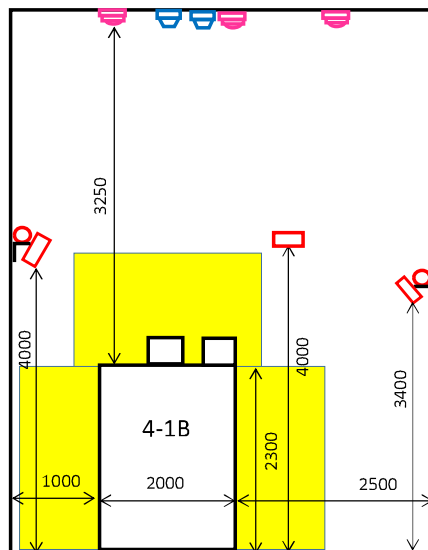
b. 高浜1号機 (メタクラ、パワーセンタ)



高浜発電所1号機 メタクラ室平面図 (E L 4.0M)

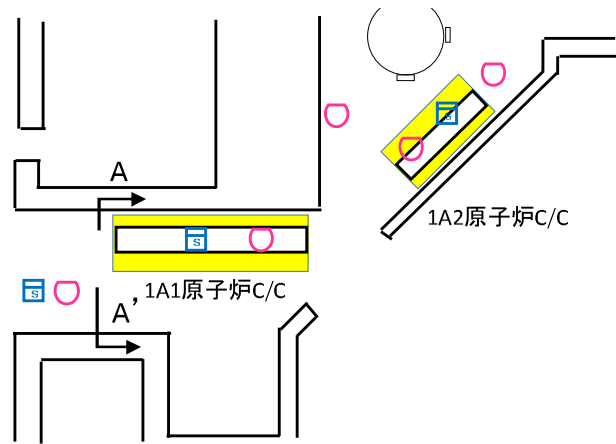


A-A' 断面

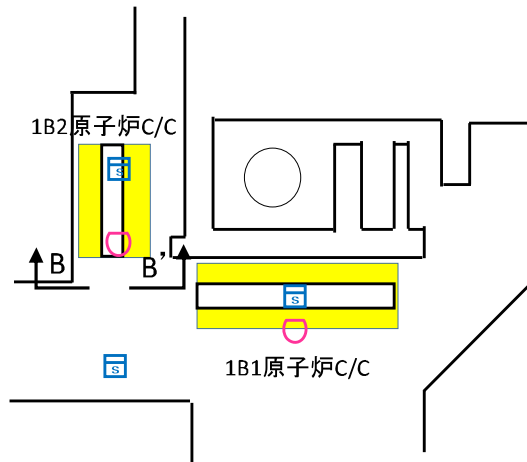


B-B' 断面

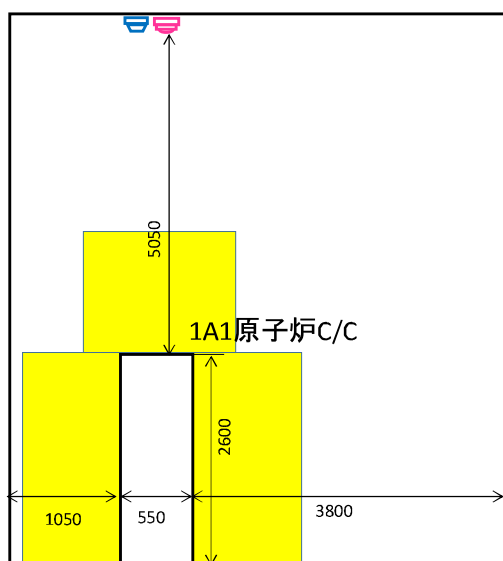
b. 高浜1号機（原子炉コントロールセンタ）



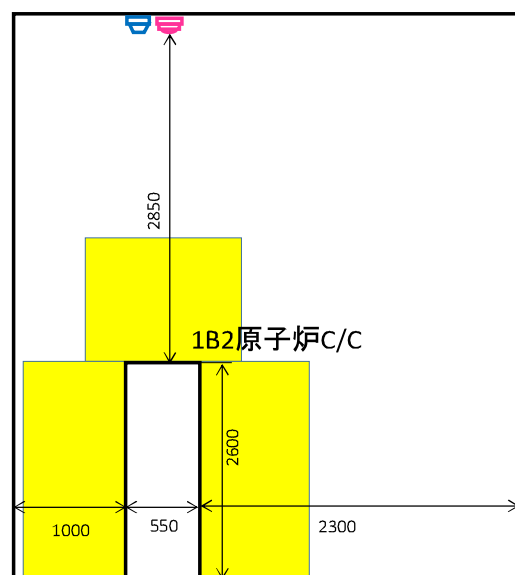
高浜発電所1号機 補助建屋 平面図 (E L 24.00M)



高浜発電所1号機 補助建屋 平面図 (E L 17.00M)

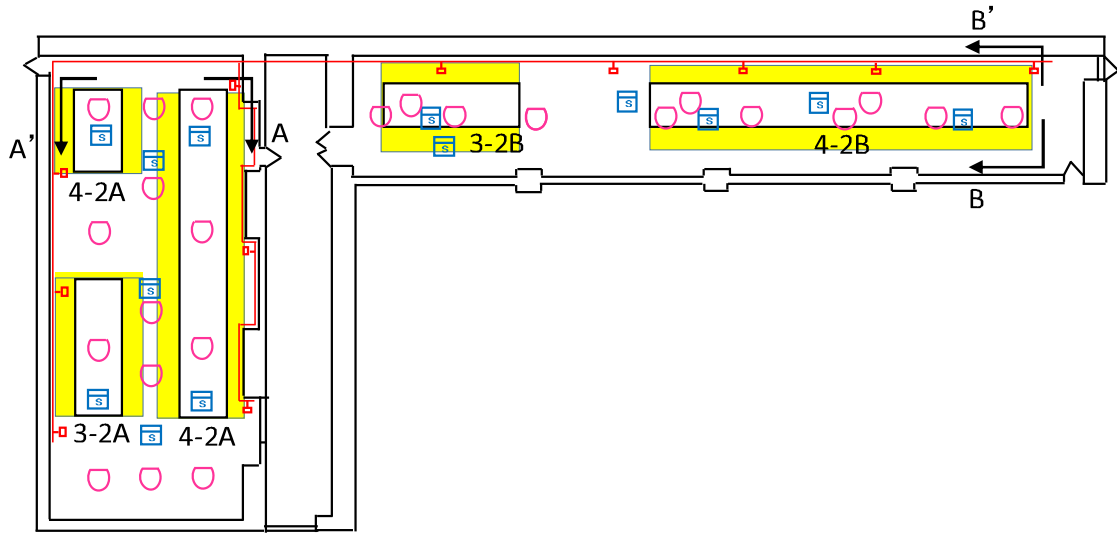


A-A' 断面

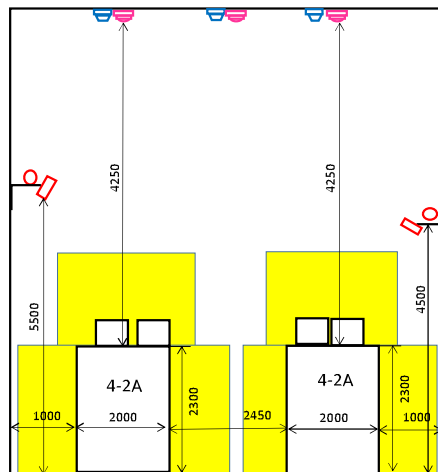


B-B' 断面

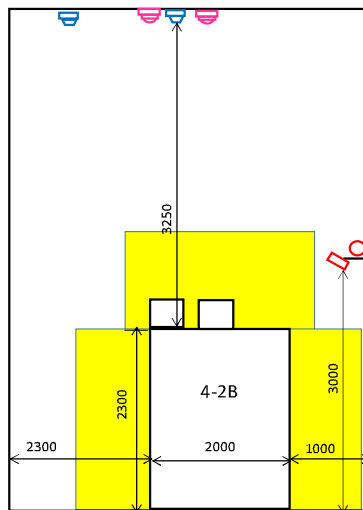
c. 高浜2号機 (メタクラ、パワーセンタ)



高浜発電所2号機 メタクラ室平面図 (E L 4. 0M)

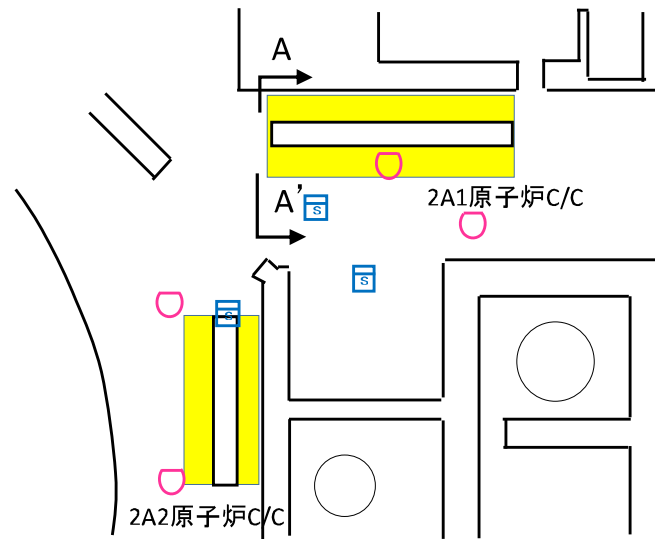


A-A' 断面

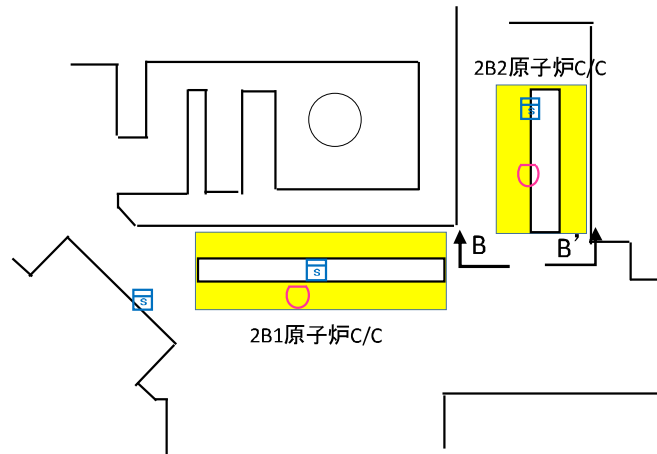


B-B' 断面

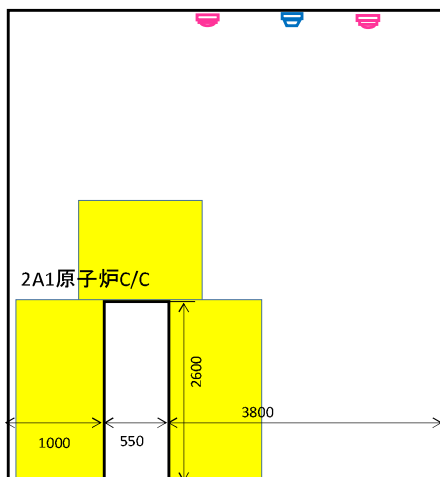
c. 高浜2号機（原子炉コントロールセンタ）



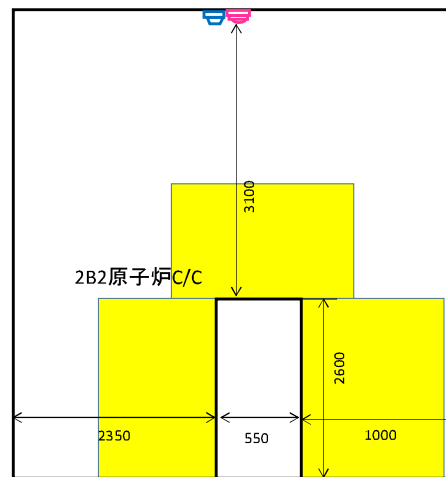
高浜発電所2号機 補助建屋 平面図 (E L 24.00M)



高浜発電所2号機 補助建屋 平面図 (E L 17.00M)



A-A' 断面



B-B' 断面

HEAF 試験時における短絡電流の目標値について

「4.2 短絡電流の目標値」で整理した表 4.2.1 について実機プラント全ての短絡電流値について表 3.1～3.3 に示す。

表 3.1 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(美浜 3 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】美浜 3 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 21.2 kA～約 25.5 kA
P/C	45.0 kA	約 30.7 kA～約 30.8 kA
C/C	45.0 kA	約 15.6 kA～約 21.6 kA
M/C(DG)	5 kA	約 2.9kA

表 3.2 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(高浜 1 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】高浜 1 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 23.1 kA～約 35.9 kA
P/C	45.0 kA	約 31.4 kA～約 31.5 kA
C/C	45.0 kA	約 16.3 kA～約 22.4 kA
M/C(DG)	5 kA	約 2.9kA

表 3.3 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(高浜 2 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】高浜 2 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 23.8 kA～約 35.9 kA
P/C	45.0 kA	約 31.4 kA～約 31.5 kA
C/C	45.0 kA	約 5.8 kA～約 18.2 kA
M/C(DG)	5 kA	約 2.9kA

電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧について

「6. HEAFに係る対策の判断基準」で整理した図 6.2.1、図 6.2.2 及び表 6.2 について、実機プラント全ての電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧を表 4.1～4.3 に示す。

また、非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーカ放電による短絡電流の減衰曲線を図 4.1、図 4.2 に示す。

表 4.1 電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧 (美浜 3 号機) (1/3)

機器 名称	アーカ放電発生箇所 遮断器名称	アーカ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーカ電圧(kV)	考慮している誤差パターン
						①+③遮断時間 (sec) ※	アーカエネルギー (MJ) ※	①+②+③遮断時間 (sec)	アーカエネルギー (MJ)			
メタルクラッド開閉装置	4・3C (4・3CM/C 受電遮断器(HT r 側))	130	0.600	—	0.050	0.650	19.95	0.650	19.95	25.44	1.34	4
		G30	0.600	—	0.094	0.694	21.30	0.694	21.30	25.44		4
	4・3SC (4・3CM/C 受電遮断器(ST r 側))	ST20	0.060	—	0.050	0.110	3.23	0.110	3.23	24.30		5
		4・3EC (4・3CM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	3.22	0.126	3.22		21.15
	4・3C 母線に接続される遮断器 (4・3C,4・3SC,4・3EC,4・3AEG を除く)	4・3C	0.400	0.025	0.100	0.500	15.35	0.525	16.11	25.44		2
		4・3SC	0.400	0.025	0.100	0.500	14.66	0.525	15.39	24.30		2
		4・3EC	0.400	0.025	0.100	0.500	12.76	0.525	13.40	21.15		2
	4・3D (4・3DM/C 受電遮断器(HT r 側))	130	0.600	—	0.050	0.650	19.90	0.650	19.90	25.38		4
		G30	0.600	—	0.094	0.694	21.25	0.694	21.25	25.38		4
	4・3SD (4・3DM/C 受電遮断器(ST r 側))	ST20	0.060	—	0.050	0.110	2.99	0.110	2.99	22.48		5
	4・3ED (4・3DM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	3.22	0.126	3.22	21.15		5
	4・3D 母線に接続される遮断器 (4・3D,4・3SD,4・3ED,4・3BEG を除く)	4・3D	0.400	0.025	0.100	0.500	15.31	0.525	16.07	25.38		2
		4・3SD	0.400	0.025	0.100	0.500	13.56	0.525	14.24	22.48		2
		4・3ED	0.400	0.025	0.100	0.500	12.76	0.525	13.40	21.15		2
パワーセンタ	3・3C (3・3C P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3・3CH	0.200	0.025	0.084	0.284	3.67	0.309	4.00	30.73	0.467	2
	3・3C 母線に接続される遮断器 (3・3C を除く)	3・3C	0.200	0.025	0.066	0.266	3.44	0.291	3.76	30.73		2
	3・3D (3・3D P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3・3DH	0.200	0.025	0.084	0.284	3.67	0.309	3.99	30.70		2
	3・3D 母線に接続される遮断器 (3・3D を除く)	3・3D	0.200	0.025	0.066	0.266	3.44	0.291	3.76	30.70		2
	3・3E (3・3E P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3・3EH	0.200	0.025	0.084	0.284	3.67	0.309	3.99	30.67		2
	3・3E 母線に接続される遮断器 (3・3E を除く)	3・3E	0.200	0.025	0.066	0.266	3.43	0.291	3.76	30.67		2

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.1 電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧 (美浜 3 号機) (2/3)

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン
機器名称	遮断器名称					①+③遮断時間 (sec) ※	アークエネルギー (MJ) ※	①+②+③遮断時間 (sec)	アークエネルギー (MJ)			
コントロールセンタ	3C1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3C1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.41	0.120	1.41	19.22	0.675	6
	3C2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3C2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.14	0.120	1.14	15.55		6
	3D1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3D1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.58	0.120	1.58	21.59		6
	3D2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	3D2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.28	0.120	1.28	17.46		6

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.1 電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧（美浜 3 号機）（3/3）

（非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤）

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器等	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	誤差を考慮しない場合			誤差を考慮した場合			三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン	
機器名称	遮断器名称				③継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+③遮断時間 (sec) *1	アークエネルギー (MJ) *1	③'継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+②+③'遮断時間 (sec)	アークエネルギー(MJ)				
メタルクラッド開閉装置	4-3AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	3A 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.915	7.315	5.17	7.277	7.702	6.25	2.9	1.33	2	
	4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3AEG を除く)	4-3AEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26			2.9	2
	4-3BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	3B 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.915	7.315	5.17	7.277	7.702	6.25			2.9	2
	4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3BEG を除く)	4-3BEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26			2.9	2

※1：工認申請には、本内容を記載

※2：非常用ディーゼル発電機受電遮断器が開放するまでの時間

【非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤について、プラント毎に遮断時間が異なる理由】

「①保護継電器の動作時間」及び「②誤差」はプラント毎の差はないが、「③継電器動作後の電流供給停止までの時間」は、非常用ディーゼル発電機の特性により決まるため、プラント毎に異なる場合がある。

表 4.2 電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧 (高浜 1 号機) (1/3)

機器名称	アーカ放電発生箇所 遮断器名称	アーカ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間(sec)	②誤差(sec)	③遮断器の開極時間等(sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーカ電圧(kV)	考慮している誤差パターン
						①+③遮断時間(sec) ※	アーカエネルギー(MJ) ※	①+②+③遮断時間(sec)	アーカエネルギー(MJ)			
メタルクラッド開閉装置	4-1HA (4-1AM/C 受電遮断器(1AHT r 側))	110	0.700	—	0.050	0.750	20.93	0.750	20.93	23.13	1.34	4
		G10	0.700	—	0.094	0.794	22.15	0.794	22.15	23.13		4
	4-1SA (4-1AM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.26	0.110	3.26	24.51		5
	4-1EA (4-1AM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.45	0.126	5.45	35.84		5
	4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1HA,4-1SA,4-1EA,4-1AEG を除く)	4-1HA	0.400	0.025	0.100	0.500	13.95	0.525	14.65	23.13		2
		4-1SA	0.400	0.025	0.100	0.500	14.78	0.525	15.52	24.51		2
		4-1EA	0.400	0.025	0.100	0.500	21.62	0.525	22.70	35.84		2
	4-1HB (4-1BM/C 受電遮断器(1AHT r 側))	110	0.700	—	0.050	0.750	20.83	0.750	20.83	23.02		4
		G10	0.700	—	0.094	0.794	22.05	0.794	22.05	23.02		4
	4-1SB (4-1BM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.27	0.110	3.27	24.62		5
	4-1EB (4-1BM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.40	0.126	5.40	35.52		5
	4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1HB,4-1SB,4-1EB,4-1BEG を除く)	4-1HB	0.400	0.025	0.100	0.500	13.89	0.525	14.58	23.02		2
		4-1SB	0.400	0.025	0.100	0.500	14.85	0.525	15.59	24.62		2
		4-1EB	0.400	0.025	0.100	0.500	21.42	0.525	22.49	35.52		2
パワーセンタ	3-1A (3-1A P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-1AH	1.146	0.081	0.084	1.230	16.25	1.311	17.32	31.42	0.467	1
	3-1A 母線に接続される遮断器 (3-1A を除く)	3-1A	0.400	0.025	0.066	0.466	6.16	0.491	6.49	31.42		2
	3-1B (3-1B P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-1BH	1.148	0.081	0.084	1.232	16.25	1.313	17.32	31.38		1
	3-1B 母線に接続される遮断器 (3-1B を除く)	3-1B	0.400	0.025	0.066	0.466	6.15	0.491	6.48	31.38		2

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.2 電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧（高浜 1 号機）（2/3）

アーカ放電発生箇所		アーカ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーカ電圧(kV)	考慮している誤差パターン
機器名称	遮断器名称					①+③遮断時間 (sec) ※	アーカエネルギー (MJ) ※	①+②+③遮断時間 (sec)	アーカエネルギー (MJ)			
コントロールセンタ	1A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.46	0.120	1.46	19.93	0.675	6
	1A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.19	0.120	1.19	16.30		6
	1B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.64	0.120	1.64	22.36		6
	1B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.31	0.120	1.31	17.93		6

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.2 電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧（高浜 1 号機）（3/3）

（非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤）

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器等	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	誤差を考慮しない場合			誤差を考慮した場合			三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン	
機器名称	遮断器名称				③継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+③遮断時間 (sec) *1	アークエネルギー (MJ) *1	③'継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+②+③'遮断時間 (sec)	アークエネルギー(MJ)				
メタルクラッド開閉装置	4-1AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	1A 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.924	7.324	5.19	7.313	7.738	6.35	2.9	1.33	2	
	4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1AEG を除く)	4-1AEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26			2.9	2
	4-1BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	1B 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.924	7.324	5.19	7.313	7.738	6.35			2.9	2
	4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1BEG を除く)	4-1BEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26			2.9	2

※ 1 : 工認申請には、本内容を記載

※ 2 : 非常用ディーゼル発電機受電遮断器が開放するまでの時間

【非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤について、プラント毎に遮断時間が異なる理由】

「①保護継電器の動作時間」及び「②誤差」はプラント毎の差はないが、「③継電器動作後の電流供給停止までの時間」は、非常用ディーゼル発電機の特性により決まるため、プラント毎に異なる場合がある。

表 4.3 電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧 (高浜 2 号機) (1/3)

機器名称	アーカ放電発生箇所 遮断器名称	アーカ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等(sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーカ電圧(kV)	考慮している誤差パターン
						①+③遮断時間 (sec) ※	アーカエネルギー (MJ) ※	①+②+③遮断時間 (sec)	アーカエネルギー (MJ)			
メタルクラッド開閉装置	4-2HA (4-2AM/C 受電遮断器(2AHT r 側))	120	0.700	—	0.050	0.750	21.63	0.750	21.63	23.91	1.34	4
		G20	0.700	—	0.094	0.794	22.90	0.794	22.90	23.91		4
	4-2SA (4-2AM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.22	0.110	3.22	24.22		5
	4-2EA (4-2AM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.43	0.126	5.43	35.70		5
	4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2HA,4-2SA,4-2EA,4-2AEG を除く)	4-2HA	0.400	0.025	0.100	0.500	14.42	0.525	15.14	23.91		2
		4-2SA	0.400	0.025	0.100	0.500	14.61	0.525	15.34	24.22		2
		4-2EA	0.400	0.025	0.100	0.500	21.53	0.525	22.61	35.70		2
	4-2HB (4-2BM/C 受電遮断器(2AHT r 側))	120	0.700	—	0.050	0.750	21.46	0.750	21.46	23.72		4
		G20	0.700	—	0.094	0.794	22.72	0.794	22.72	23.72		4
	4-2SB (4-2BM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.25	0.110	3.25	24.46		5
	4-2EB (4-2BM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.46	0.126	5.46	35.87		5
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2HB,4-2SB,4-2EB,4-2BEG を除く)	4-2HB	0.400	0.025	0.100	0.500	14.31	0.525	15.02	23.72		2
		4-2SB	0.400	0.025	0.100	0.500	14.75	0.525	15.49	24.46		2
		4-2EB	0.400	0.025	0.100	0.500	21.63	0.525	22.72	35.87		2
パワーセンタ	3-2A (3-2A P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-2AH	1.147	0.081	0.084	1.231	16.25	1.312	17.32	31.40	0.467	1
	3-2A 母線に接続される遮断器 (3-2A を除く)	3-2A	0.400	0.025	0.066	0.466	6.15	0.491	6.48	31.40		2
	3-2B (3-2B P/C 受電遮断器(動変 2 次側))	3-2BH	1.146	0.081	0.084	1.230	16.25	1.311	17.32	31.42		1
	3-2B 母線に接続される遮断器 (3-2B を除く)	3-2B	0.400	0.025	0.066	0.466	6.16	0.491	6.49	31.42		2

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.3 電気盤のアーカ放電遮断時間及びアーカエネルギーの一覧（高浜 2 号機）（2/3）

アーカ放電発生箇所		アーカ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーカ電圧(kV)	考慮している誤差パターン
機器名称	遮断器名称					①+③遮断時間 (sec) ※	アーカエネルギー (MJ) ※	①+②+③遮断時間 (sec)	アーカエネルギー (MJ)			
コントロールセンタ	2A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.16	0.120	1.16	15.82	0.675	6
	2A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	0.64	0.120	0.64	8.73		6
	2B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2B1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	0.81	0.120	0.81	11.10		6
	2B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2B2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.33	0.120	1.33	18.14		6

※ 工認申請には、本内容を記載

表 4.3 各電気盤のアーク放電遮断時間及びアークエネルギーの一覧（高浜 2 号機）（3/3）
（非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤）

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器等	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	誤差を考慮しない場合			誤差を考慮した場合			三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン
機器名称	遮断器名称				③継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+③遮断時間 (sec) *1	アークエネルギー (MJ) *1	③'継電器動作後の電流供給停止までの時間 (sec)	①+②+③'遮断時間 (sec)	アークエネルギー(MJ)			
メタルクラッド開閉装置	4-2AEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	2A 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.924	7.324	5.19	7.313	7.738	6.35	2.9	1.33	2
	4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2AEG を除く)	4-2AEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26	2.9		2
	4-2BEG (非常用ディーゼル発電機受電遮断器)	2B 非常用ディーゼル発電機停止	0.400	0.025	6.924	7.324	5.19	7.313	7.738	6.35	2.9		2
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2BEG を除く)	4-2BEG	0.400	0.025	0.140*2	0.540	2.06	0.184	0.609	2.26	2.9		2

※ 1 : 工認申請には、本内容を記載

※ 2 : 非常用ディーゼル発電機受電遮断器が開放するまでの時間

【非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤について、プラント毎に遮断時間が異なる理由】

「①保護継電器の動作時間」及び「②誤差」はプラント毎の差はないが、「③継電器動作後の電流供給停止までの時間」は、非常用ディーゼル発電機の特性により決まるため、プラント毎に異なる場合がある。

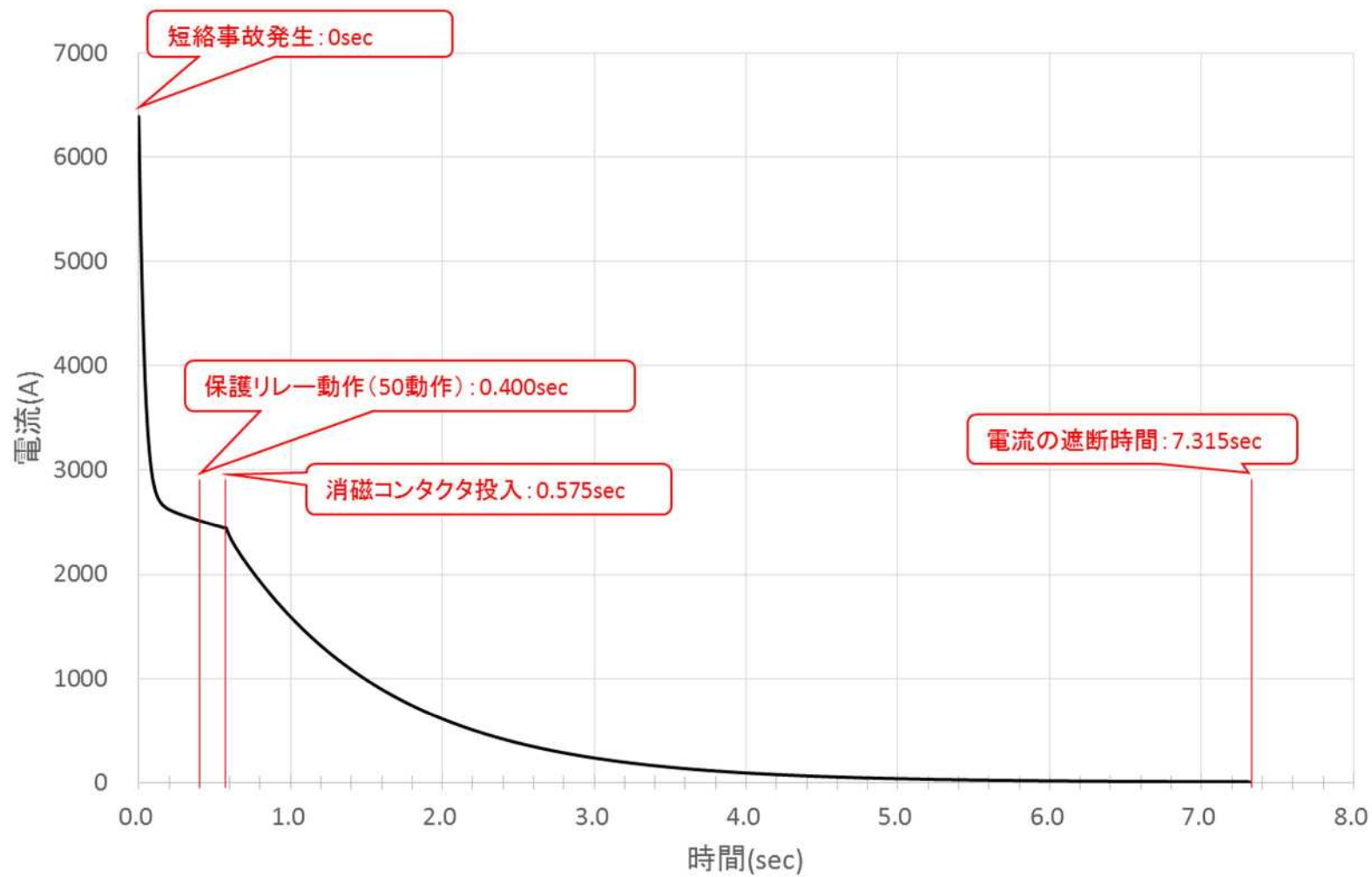


図 4.1 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーク放電による短絡電流の減衰（美浜 3 号機）

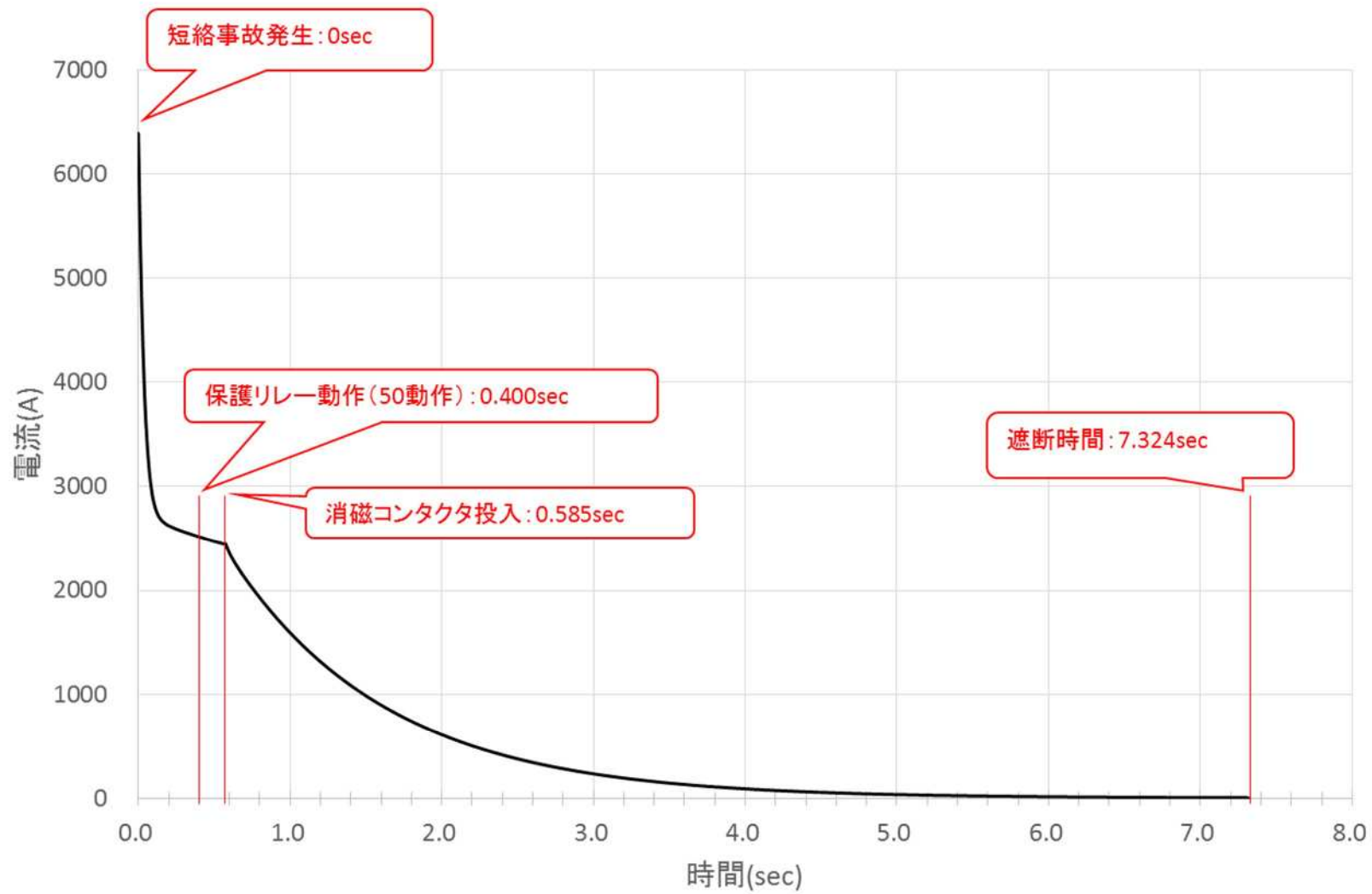


図 4.2 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーク放電による短絡電流の減衰 (高浜 1,2 号機)

50 保護リレー迫設を踏まえた非常用ディーゼル発電機の設計上の考慮について

1. 概要

非常用ディーゼル発電機は、技術基準規則の第14条、15条で要求される「多重性、多様性及び位置的分散」、「悪影響防止」、「環境条件等」に関する基準に適合した設計となっている。

今回の50保護リレー迫設については、上記の非常用ディーゼル発電機の基準適合性に影響を及ぼさない設計とする。

2. 非常用ディーゼル発電機に対する設計上の考慮について

(1) 非常用ディーゼル発電機に対する設計

非常用ディーゼル発電機は、「多重性、多様性及び位置的分散」、「悪影響防止」及び「環境条件等」の要求を踏まえ、以下のとおりの設計としている。

- ・ 十分高い信頼性を確保し、かつ維持しうる設計とする。また、当該系統を構成する機器に短期間では動的機器の単一故障、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかが発生した場合で、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能を達成できるよう、多重性及び独立性を持つ設計とする。
- ・ 他の設備から悪影響を受け、安全性を損なわないよう、配置上の考慮及び多重性を考慮する設計とする。
- ・ 付属する設備は、蒸気タービン、発電機及び内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する弁及び配管の破断、高速回転機器の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なうことのない設計とする。
- ・ 地震、火災、溢水及びその他の自然現象並びに外部人為事象による他設備からの悪影響により、非常用ディーゼル発電機の安全機能が損なわれないよう措置を講じた設計とする。

(2) 50保護リレー迫設についての設計上の考慮について

今回の50保護リレー迫設は、既工認で認可された(1)の設計に係る非常用ディーゼル発電機(MS-1)の基準適合性に影響を与えない設計とする。

具体的には、50保護リレーが非常用ディーゼル発電機に波及的影響を及ぼさないように、50保護リレーについて以下のとおり設計する。

- ・ 非常用ディーゼル発電機の高多重性及び独立性に影響を及ぼさないように、50保護リレーは既設の保護リレーと同様に、ディーゼル発電機制御盤内に設置する。
- ・ 「地震」に対しては、50保護リレーをディーゼル発電機制御盤内に設置し、耐震Sクラスの構造強度を有する設計とする。具体的には、今回設置する50保護リレーは、耐震Sクラスであるディーゼル発電機制御盤の既設の保護リレーと同じ方法で盤内に取り付け固定することで、50保護リレーが地震時に落下・脱落しない設計とする。また、ディーゼル発電機制御盤の評価用加速度は、既設安全系メタクラ盤に設置された50保護リレーと同型式の既設保護リレーの機能確認済加速度以下となるため、安全系メタクラ盤の既設保護リレーと同様に地震によって50保護リレーが機能喪失することはない。
- ・ 「津波、外部衝撃、火災、蒸気タービン・発電機等の損壊に伴う飛散物」に対しては、50保護リ

レーを既工認において基準適合性が確認されているディーゼル発電機制御盤内に設置することで、悪影響を及ぼさない設計とする。

- ・「溢水」に対しては、50 保護リレーをディーゼル発電機制御盤内の溢水による機能喪失高さより上に配置することで、悪影響を及ぼさない設計とする。
- ・「電気系統」の観点で50 保護リレー迫設が非常用ディーゼル発電機に悪影響を及ぼさないように、50 保護リレーは非常用電源系から受電し、保護リレー単独でも保守管理が可能な設計とする。

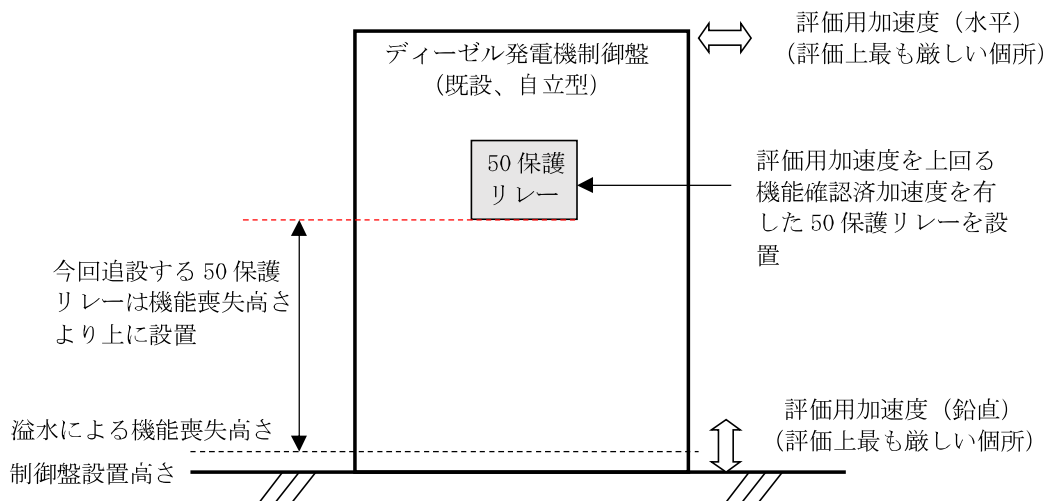


図 1 ディーゼル発電機制御盤内の 50 保護リレー設置イメージ

表 1 評価用加速度 (参考)

	評価用加速度 (水平) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	評価用加速度 (鉛直) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
美浜 3 号機	1.51	0.59
高浜 1 号機	2.02	0.50
高浜 2 号機	2.02	0.50

表 2 溢水による機能喪失高さ (参考)

	ディーゼル発電機 制御盤設置高さ	溢水による機能喪失高さ
美浜 3 号機	A : EL. 4.0m	A : EL. 4.17m
	B : EL. 4.0m	B : EL. 4.16m
高浜 1 号機	A : EL. 4.0m	A : EL. 4.10m
	B : EL. 4.0m	B : EL. 4.13m
高浜 2 号機	A : EL. 4.0m	A : EL. 4.12m
	B : EL. 4.0m	B : EL. 4.13m

(3) 50 保護リレー故障による悪影響に対する設計上の考慮

50 保護リレーは、非常用ディーゼル発電機の保護を目的としており、常に非常用ディーゼル発電機と接続している必要があるため、50 保護リレーの故障によって非常用ディーゼル発電機の安全機能の遂行が阻害されることがないように、以下の運転管理、保守管理による対応を行うものとする。なお、これらは保安規定に定める運転管理、保守管理に従い実施するものであり、今回の 50 保護リレーの設置に伴い変更するものではない。

① 運転管理による対応

当該保護リレーは、運転員が監視、巡視点検、運転操作、警報発信時の対応、故障時の対応、定期的な試験・確認等を実施する。具体的には、当該保護リレーには自己診断機能が備わっており、異常があった場合には故障警報を発信するため、運転員は中央制御室において、状態監視を行うとともに保安規定第 14 条に定める巡視点検時に目視で異常有無を確認する。

また、運転員が警報発信等により、当該保護リレーの点検、復旧が必要な状態を発見した場合は、速やかに設備主管箇所へ連絡する。

② 保守管理による対応

設備主管箇所は、当該保護リレーの点検計画を策定し、計画的に点検を実施することで設備の健全性を維持する。

また、運転員から当該保護リレーの点検、復旧依頼があった場合は、速やかに復旧作業を開始する。当該保護リレーの復旧は、CT 回路を短絡させ、リレーケースを引き抜くことで保護リレー単独で取替えることができる。復旧後は、非常用ディーゼル発電機停止信号をリセットし、非常用ディーゼル発電機を再起動することができる。

上記の運転管理及び保守管理に係る業務は、保安規定第 3 条の品質保証計画に基づく社内規定にしたがって実施することで、今回迫設する 50 保護リレーの健全性を維持するとともに、異常の早期発見及び早期復旧に努め、偶発故障（悪影響）に対応する。

3. まとめ

50 保護リレーはディーゼル発電機制御盤内に設置することで非常用ディーゼル発電機の悪影響防止、環境条件等に対する基準適合性に影響がないように設計しており、運転管理面及び保守管理面の対応により、50 保護リレーの故障（悪影響）によって非常用ディーゼル発電機の安全機能の遂行が阻害されることがない設計としている。

以 上

50 保護リレーに対する安全重要度分類の考え方について

1. 概要

今回追設する 50 保護リレーに対する安全重要度分類上の安全機能を有する設備であるかを整理した。

2. 安全機能の有無について

「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）」（以下、「重要度分類指針」という。）によると、表 1 に示すとおり、非常用所内電源系の重要度は MS-1 と整理されている。

表 1 重要度分類指針 付表（抜粋）

分類	異常影響緩和系						
	定義	機能	構築物、系統又は機器（PWR）	特記すべき関連系（PWR）	構築物、系統又は機器（BWR）	特記すべき関連系（BWR）	備考
MS-1		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系（低圧注入系、高圧注入系、蓄圧注入系）		非常用炉心冷却系（低圧炉心スプレイ系、低圧注水系、高圧炉心スプレイ系、自動減圧系）		
		6) 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器、アニュラス、原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ系、アニュラス空気再循環設備、安全補機室空気浄化系、可燃性ガス濃度制御系	原子炉格納容器排気筒	原子炉格納容器隔離弁、原子炉格納容器スプレイ冷却系、原子炉建屋、非常用ガス処理系、非常用再循環ガス処理系、可燃性ガス濃度制御系	排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）	
	2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	1) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系		安全保護系		
	2) 安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・換気空調系・原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、直流電源系、制御用圧縮空気設備（いずれも、MS-1 関連のもの）	ディーゼル発電機燃料輸送系、ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む。）	非常用所内電源系、制御室及びその遮へい・非常用換気空調系、非常用補機冷却水系、直流電源系（いずれも、MS-1 関連のもの）	ディーゼル発電機燃料輸送系、ディーゼル冷却系、取水設備（屋外トレンチを含む。）		

今回追設する 50 保護リレーは、非常用ディーゼル発電機の過電流等を検出する既設の保護リレーと同様に、非常用所内電源系に附属する設備である。

ここで、設置許可基準規則第二条第 1 項第五号によると、「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものとある。

- (1) その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能
- (2) 発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止し、

及び放射性物質が発電用原子炉を設置する工場又は事業所外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能

また、設置許可基準規則第十二条（安全施設）の解釈によると、「安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたもの」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」によるとある。

重要度分類指針の解説では、以下のとおり整理されている。

（重要度分類指針抜粋）

しかしながら、所要の安全機能は、当該系のみで単独に果たせるとは限らない。ECCS の場合には、起動信号を発生する安全保護系、^①動力を供給する電源系（非常用所内電源系を含む）、機器を冷却する補機冷却系等を始めとし、その信頼性を担保し、監視するための計装、試験用設備、機器の据付けの基礎、支持物、系統を収容する建屋とその換気空調系等が、程度の差はあっても必要である。このように、当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器を、本指針においては「関連系」と呼んでいる。

なお、上記の定義により、本来関連系として位置付けられるべきものであっても、その支援対象が広いものについては、それ自身を当該系と位置付ける。例えば、本指針第2表のMS-1の「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」がその例である。

^②これ以外の関連系は、2種に大別して、当該系の機能遂行に直接必要となる関連系及びそれ以外の関連系とし、前者については当該系と同位の重要度を有するものとみなし、また、後者については当該系より下位の重要度を有するものとみなすこととする。ただし、後者の関連系で当該系がクラス3のものは、安全に関連する機能を有することから、クラス3であるとみなすこととする。

上記文中実線下線部①の記載から、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」である非常用所内電源系は当該系ではなく本来は関連系である。また、同文中破線下線部②の記載から、それ以外の関連系は直接関連系または間接関連系と整理される。

この整理を踏まえると、非常用所内電源系の附属設備としての今回迫設する50保護リレーは、電気事故による過電流を検出し、電気事故範囲を限定するために遮断器を開放するなどの安全性を確保するための設備であるが、非常用所内電源系の機能遂行または機能維持に不可欠なものではないことから、非常用所内電源系には含まれず、直接関連系、間接関連系のいずれにも該当しない。

したがって、HEAF対策として今回迫設する50保護リレーは、安全機能を有していない機器として整理する。

以上

HEAF 対策として迫設する 50 保護リレーの試験・検査方法について

1. 概要

本資料は、今回 HEAF 対策として迫設する 50 保護リレーの試験・検査方法について補足説明するものである。

2. 迫設する 50 保護リレーの試験・検査方法について

HEAF 対策による健全性及び能力の確認は、保護リレー動作～遮断器解放までの時間計測についても範囲に含まれることから、それらの試験及び検査の方法について以下に記載する。

メタクラ母線フィーダー遮断器で HEAF 発生を想定した場合（メタクラ受電遮断器を開放）の試験・検査イメージを図 1 に、メタクラ受電遮断器で HEAF 発生を想定した場合（非常用 DG を停止）の試験・検査イメージを図 2 に示す。また、これらの試験・検査は、使用前事業者検査として実施する。

図 1 のケースでは、①、②の範囲について、①では保護リレー単体試験で動作確認、動作時間計測を行ない、②では模擬信号を入力することにより補助リレー等の動作ならびに遮断器解放動作、動作時間計測を行なうことによって健全性や能力を確認することができる。

図 2 のケースでは、①、②の範囲については、図 1 のケースと同様にそれぞれの動作確認、動作時間計測によって保護リレー等の動作ならびに消磁コンタクトの動作、動作時間計測を行なうことによって健全性や能力を確認することができる。③の消磁コンタクト ON から DG 停止までの間については、実電流測定ができないことからメーカーの解析結果を用いる代替記録による検査をすることによって保護リレー等の健全性や能力を確認することができる。

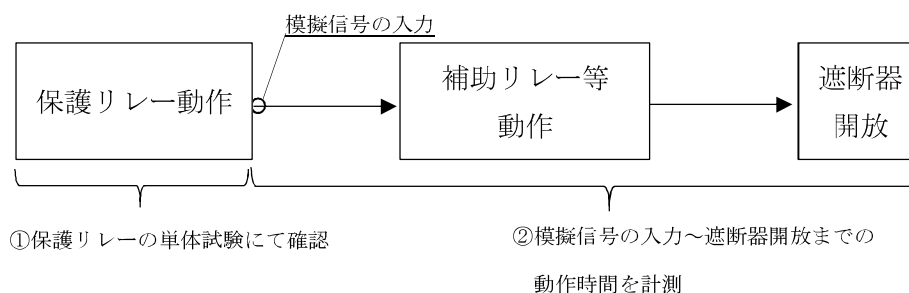


図 1 試験・検査イメージ図（メタクラ受電遮断器開放まで）

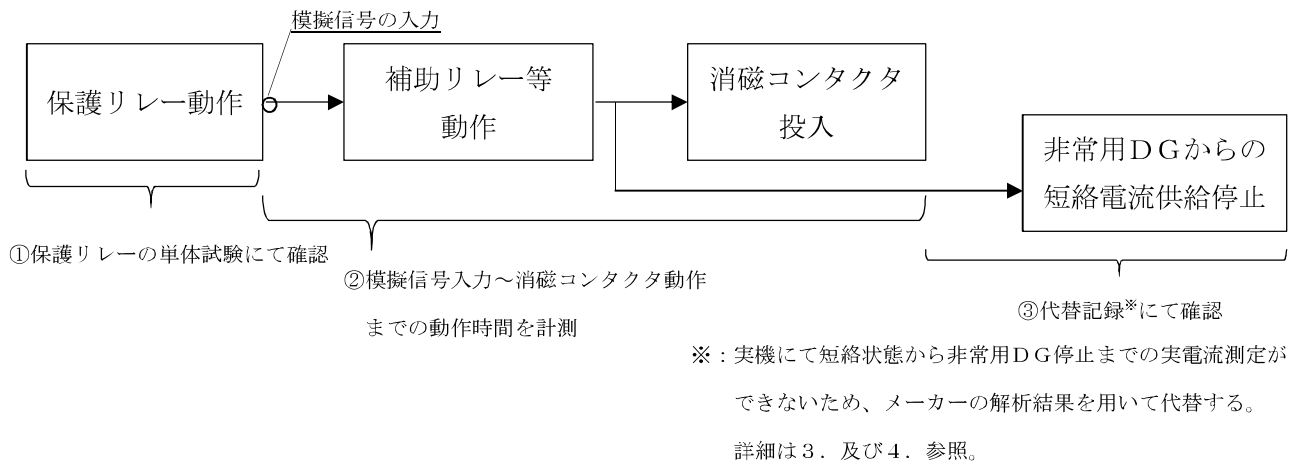


図2 試験・検査イメージ図（非常用DGの短絡電流供給停止まで）

3. 代替記録による検査が必要となる理由、検査の妥当性

(1) 実機での短絡電流供給停止までの時間計測可否

非常用DG受電遮断器でHEAFが発生した場合、HEAF保護完了は遮断器開放でなく、図2に示す通り非常用DGからの短絡電流供給停止となる。

電流供給停止となる時間を測定する場合は、非常用DGが出力する電流がほぼ0（メーカー解析結果では定格の0.01PU）となる時間を計測すればよいが、電流を計測するためには非常用DGを出力運転状態とする必要がある。すなわち、非常用DGが非常用の負荷に給電している状態から消磁コンタクタを投入することが必要であるが、実機で非常用DGが短絡電流を供給する状態を模擬する場合、非常用DGが短絡電流を供給する状態となる。これにより、機械的には短絡電流により発生する大きな回転トルクが主要部材（コイル固定部等）に過度のストレスを与え、損傷の可能性を招く。また、電気（熱）的には温度上昇による絶縁部の劣化を招くことになり、絶縁劣化進展による非常用DG自体の短絡事故（内部故障）を誘発することになるため、非常用DGの短絡電流供給状態模擬は、プラントの安全性低下を招く可能性がある。そのため、短絡電流供給停止までの時間を実機で計測することは困難である。

(2) 検査方法の検討

(1)より、消磁コンタクタ投入後から非常用DGからの短絡電流供給停止までの時間（図2の③）については、代替記録による必要があり、その方法を以下2ケースで検討した。

- ケース1：非常用DG無負荷運転中から消磁コンタクタ投入し、電流供給停止となる時間を計測
- ケース2：メーカーの解析結果を用いた代替記録の確認

ケース1について、実機での模擬を実施する場合は、非常用DG無負荷運転中（非常用DG受電遮断器は開放状態）から消磁コンタクタを投入し、非常用DGの電圧がほぼ0となる時間を計測することで、非常用DGの短絡電流供給停止までの時間を代替確認する方法が考えられる。

消磁コンタクタ投入後に供給される電流の値は消磁後の非常用DG残留電圧に依存するため、非常用DG無負荷運転中に消磁コンタクタを動作させた後の非常用DG電圧減衰挙動は、非常用DG短絡電流供給中に消磁コンタクタを動作させた後の電流挙動に近い挙動を示すと考える。但し、机上の評価では、メーカー解析結果による電流供給停止（定格の0.01PU）となる時間と実機で電圧がほぼ0（例えば定格の0.01PU）となる時間が完全に一致するとは言えず、電圧がほぼ0となる時間の明確な管理値を設けることは困難である。

プラントの安全性及び上記の観点より、消磁コンタクタ投入後から非常用DGの短絡電流供給停止までの時間（図2の③）計測については、ケース2のメーカーの解析結果を用いた代替記録の確認により実施する。

4. メーカーの解析結果を用いた代替記録について

美浜3号機及び高浜1/2号機における短絡電流減衰曲線を図3、4に示す。図3、4における③の区間（消磁コンタクタ動作から電流供給停止までの時間）は、前述の通り代替記録の確認を行う必要があるため、数値計算にて算出することとする。

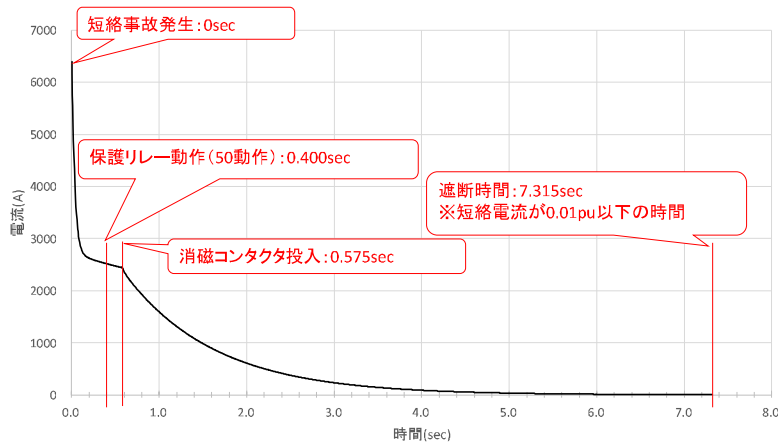


図3 非常用DG短絡電流減衰曲線(美浜3号機の場合)

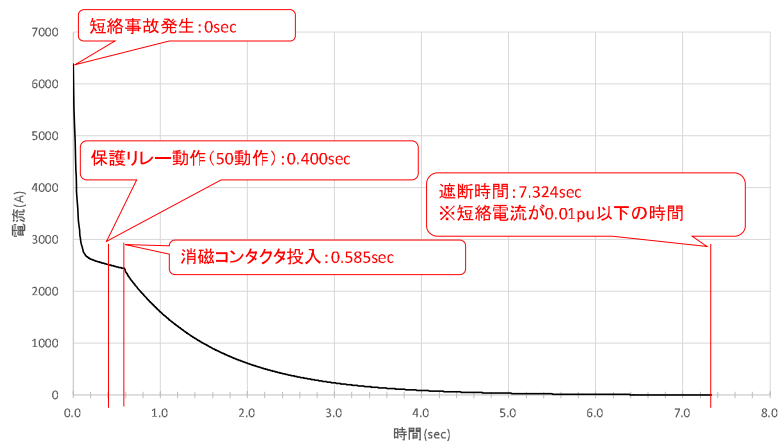


図4 非常用DG短絡電流減衰曲線(高浜1/2号機の場合)

一般的に、非常用DG給電時における短絡電流の減衰は、以下の算出式及び表1に示す定数によって評価することができる[1]。そこで、消磁コンタクタ動作から非常用DGの短絡電流供給停止となる時間(定格の0.01PU以下となる時間と定義)は、表1を用いた数値計算にて算出する。

なお、メーカーによる解析とは、表1を用いた短絡電流算出式は参考文献に基づく一般的な算出式[1]を用いて計算しているものである。ただし、永久短絡電流を求める際の計算に用いられる励磁特性に関する係数については、実際の非常用DGに即したメーカー知見による係数を採用している。

①の算出式は、消磁コンタクタが投入されるより前の短絡電流の計算式であり、消磁コンタクタの投入により消磁された後は、②の式のとおり短絡回路の時定数によって電流が減衰する。

① 消磁前(持続短絡電流がある場合)の三相突発短絡電流

$$I_{rms1} = \sqrt{I_{ac1}^2 + I_{dc1}^2}$$

$$I_{ac1} = I_d + (I_d' - I_d)e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d')e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc1} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

② 消磁後(持続短絡電流がない場合)の三相突発短絡電流

$$I_{rms2} = \sqrt{I_{ac2}^2 + I_{dc2}^2}$$

$$I_{ac2} = I_d' e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d') e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc2} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

[1]参考文献：新田目 倖造『電力系統技術計算の応用』(1981)、P. 84~P. 88

表1 短絡電流算出式定数一覧

記号	定数
I_{rms}	短絡電流の実効値
I_{ac}	短絡電流の交流分の瞬時値
I_{dc}	短絡電流の直流分の瞬時値
I_d	短絡電流持続電流
I_d'	短絡電流交流分の過渡電流
I_d''	短絡電流交流分の初期過渡電流
T_d'	短絡電流交流分の過渡時定数
T_d''	短絡電流交流分の初期過渡時定数
T_{dc}	短絡電流直流分の時定数
α	短絡瞬時の電圧の位相角

上記に基づき、非常用DGの短絡電流供給停止に至るまでの時間を算出した結果は表2の通りとなる。

表2 非常用DGの短絡電流供給停止に至るまでの時間

プラント	①保護リレー 動作時間	②補助リレー及び 消磁コンタクタ 動作時間	③電流供給停止時間 (定格の0.01PU 以下となる時間)
美浜3号機	0.400s	0.575s	7.315s
高浜1号機	0.400s	0.585s	7.324s
高浜2号機	0.400s	0.585s	7.324s

5. まとめ

HEAF対策として追設する50保護リレーについては、上述の方法で試験・検査を実施することにより使用前事業者検査にて保護リレーの健全性及び能力を確認できる。

以上

非常用発電装置の出力の決定に関する説明書における
外部電源又は主発電機からの給電時の各遮断器の遮断時間について

1. 概 要

本資料は、資料4（非常用発電装置の出力の決定に関する説明書）における外部電源又は主発電機からの給電時の各遮断器の遮断時間（第2-1表：既工認記載部分）について補足説明するものである。

2. 各遮断器の遮断時間について

本申請書に記載している資料4（非常用発電装置の出力の決定に関する説明書）のうち、第2-1表については、平成31年4月26日認可後、NRA 殿との面談「美浜3号機及び高浜1・2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工認申請の設計変更についての面談（令和元年12月17日）」（参考資料-1参照）を実施しており、その設計変更の内容を記載している。

以上



美浜3号機、高浜1, 2号機
高エネルギーアーク損傷対策に係る工認申請の
設計変更について

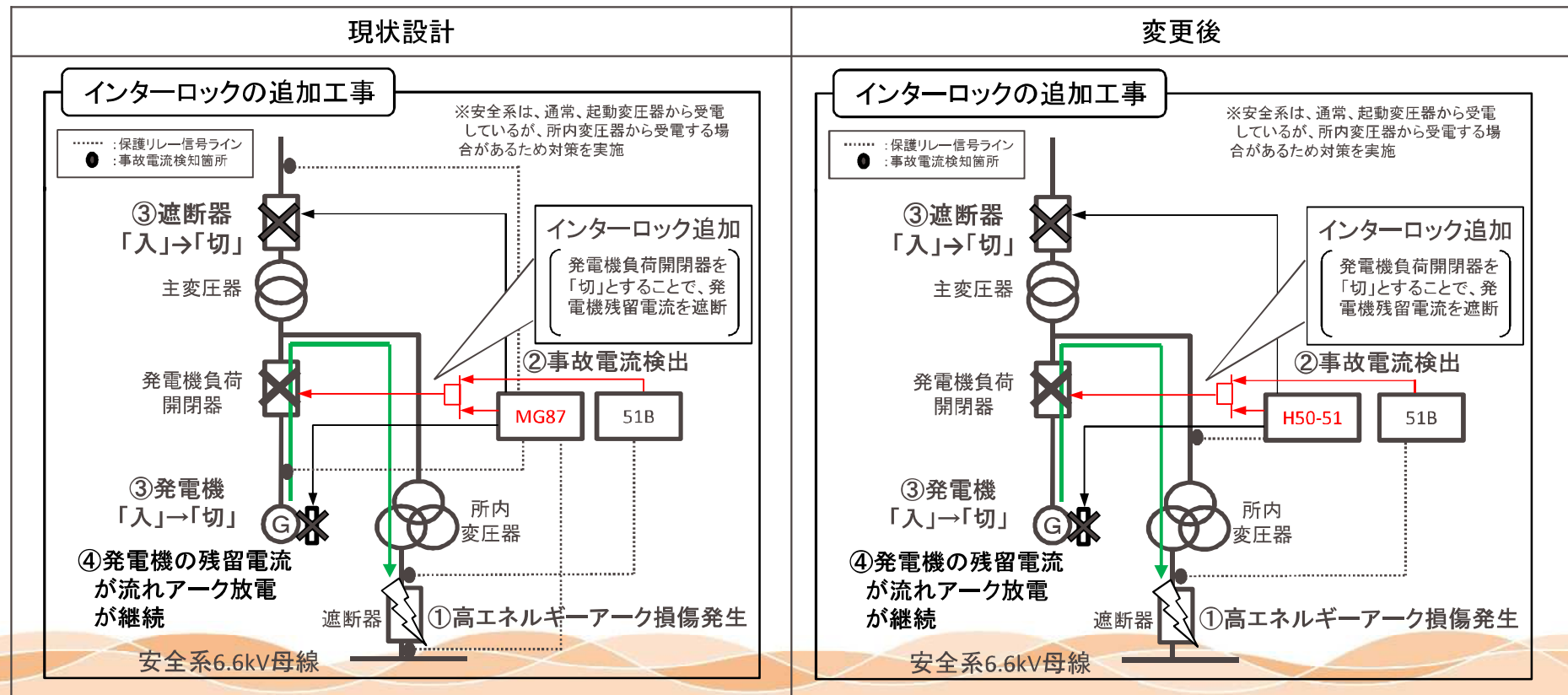
2019年12月17日

関西電力株式会社



1. 概要

- ✓ 2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた「美浜3号機、高浜1号機、高浜2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」において、所変受電時の所変受電遮断器へのHEAF対策に関して「2. 設計変更理由」により、保護リレーの動作確実性を考慮し、以下の図に示すとおり、保護ロジックの設計変更を実施する。
- ✓ 保護ロジックの設計変更とは、所変受電遮断器でのHEAF想定において、MG87保護リレーと51B保護リレーのアンドロジックにて、発電機負荷開閉器（美浜3号機の場合：G30）を開放する設計としていたものを、H50-51保護リレーと51B保護リレーのアンドロジックに変更するものである。（大飯3,4号機同様設計）※詳細な回路系統図は「7. 参考」参照。

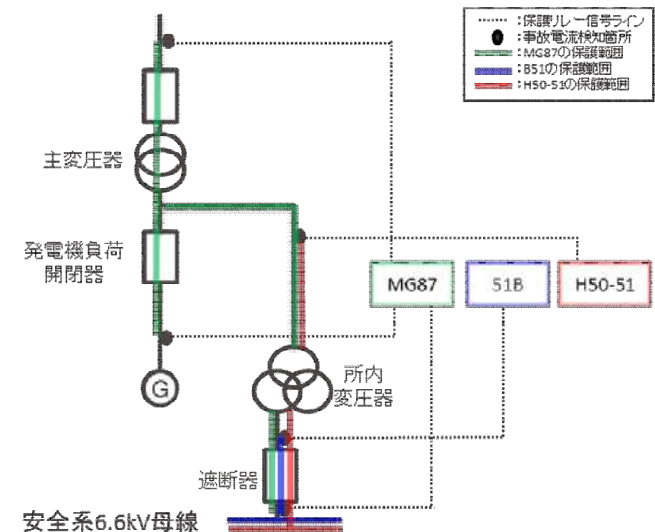


2. 設計変更理由

- ✓ 高浜1, 2号機及び美浜3号機で建設時より採用されているMG87保護リレーは、主変を含む発電機主回路から所変回路までが保護範囲（図の緑範囲）であり、可能な限り広い範囲を保護するという設計思想より採用されたものである。また、所変回路の保護にはもともとH50-51保護リレー（図の赤範囲）も設置されている。
- ✓ 美浜3号機及び高浜1, 2号機のHEAF対策としては、51B保護リレー（図の青範囲）との保護協調を考慮する必要がないこと、動作時間がH50-51保護リレーよりも動作時間が早いことから、MG87保護リレーと51B保護リレーとのアンドロジック設計で進め工認申請した。
- ✓ しかしながら、工事計画認可後にプラントメーカーにて詳細設計を進めたところ、51B保護リレーとのアンドロジックは、MG87保護リレーよりもH50-51保護リレーを採用する方が、以下の観点から現設計より信頼性あるHEAF対策となることが判明した。
 - ① MG87は主に所変1次側(主変～発電機主回路)の電気事故を検出するための保護リレーである。保護範囲としてHEAF事故点として想定する所変2次側も含まれるが、所変2次側へ供給される電流は1次側と比べ非常に小さく、相対的に所変2次側事故時の検出感度は下がる方向となる。
 - ② プラント建設時の設計思想では所変回路の保護はH50-51保護リレーを期待しており設計思想を踏まえたHEAF対策となる。

MG87保護リレー：広範囲保護（発電機～主変圧器～所内変圧器）、H50-51保護リレー：狭範囲保護（所内変圧器1次側から2次側）

- ✓ なお、これらの設計変更は、これまで工認申請でご説明した基本設計方針等を変更するものではなく、また、設計変更後の遮断時間から算出されるアークエネルギーについては、誤差を考慮しても閾値内に収まることは確認済である。



4. 工認計画認可申請書への影響

- ✓ 保護ロジックの設計変更に伴い工事計画認可申請書への影響については、添付資料内（非常用発電装置の出力の決定に関する説明書）の数値変更のみであり、本文記載には影響がないものである。

工事計画認可申請書	申請書への影響有無
本文	影響なし
添付資料	影響あり
補足説明資料【参考】	影響あり

- ✓ 変更箇所の一例（美浜3号機のメタクラC系の例）として以下に示す。
（詳細については、添付資料1参照。）

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	変更前		変更後		しきい値
機器名称	遮断器名称		遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	
メタクラッド開閉装置	4-3C (M/C受電遮断器 (HTr側))	130(主変遮断器)	<u>0.110</u>	<u>3.38</u>	<u>0.650</u>	<u>19.95</u>	<u>25MJ</u>
		G30(発電機負荷開閉器)	<u>0.750</u>	<u>23.02</u>	<u>0.694</u>	<u>21.30</u>	



設計変更前後のロジック図比較

5. 適合性確認検査のスケジュール

工認	工程		
	2018年	2019年	2020年
美浜3号機 主要工程		美浜3号機 25回定検	8/E (並列) ▽
美浜3号機 HEAF対策工事	工認申請 10/19 ▽	工認補正 2/15 ▽ 工認認可 4/26 ▽	2/B ▽ 工事着手 ←————→ 6/E ▽ 工事完了 2/M ★ 適合性確認検査* (D安全系母線、主変圧器、起動変圧器) ※：使用前検査については、美浜3号機は変更認可申請のため、全体の基本設計方針検査の中で確認する。 4/M ★ 適合性確認検査* (予備変圧器) 6/E ★ 適合性確認検査* (C安全系母線)

✓ 本設計変更にかかわる至近の検査については、美浜3号機11月28日に適合性確認検査である。
(高浜1, 2号機については、美浜3号機以降であり、時期は未定。)

6. 設計変更理由補足説明 (1/3)

- ✓ 現場工事を実施するにあたり2019年4月26日に認可後に詳細解析を実施した結果、保護を期待する保護リレー (MG87) の設計変更 (MG87 (差電流動作) → H50-51 (過電流動作) : 大飯34号機同様設計) を実施することにより、動作信頼性をより確実なものとする必要があることから保護ロジックについて設計変更するものである。
- ✓ 美浜3号機及び高浜1, 2号機の当初設計としては、保護リレー (51B) との保護協調を考慮する必要がないこと、動作時間がH50-51よりも早い (MG87動作時間: 0.060s) を考慮し、MG87を採用し設計を進めていた。
- ✓ しかし、詳細解析を実施したところ、図1～3に示す通り所変2次側事故(所変受電遮断器HEAF)の場合、MG87の動作判定条件となる差電流が小さくなり、HEAF時の動作点が保護境界近傍 (動作域側) となることが判明した。(図4参照)
 - ・通常は、図1に示す電流の流れとなり差電流Iは0となりMG87は動作しない。
 - ・MG87の主な保護範囲となる所変1次側事故では、図2の通り事故点に対して発電機側及び系統(主変)側から事故電流が供給され、所変2次側の入力ほぼ0のため差電流Iは190kAとなりMG87は動作する。

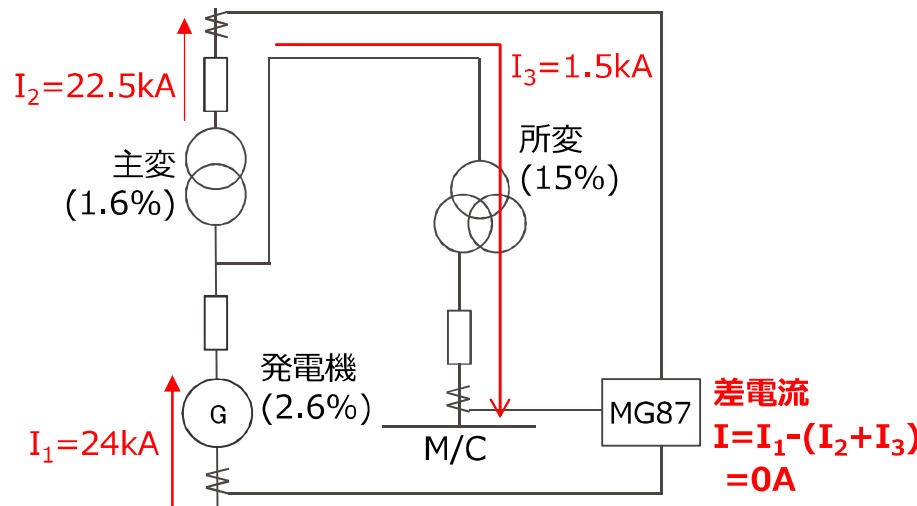


図1 MG87保護回路イメージ
(通常運転時)

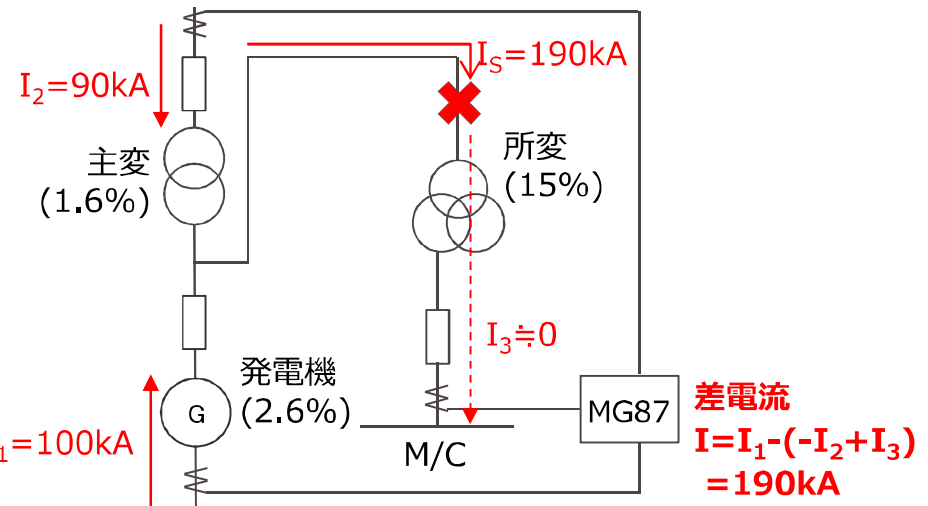


図2 MG87保護回路イメージ
(所変1次側事故時)

※ : ()内の数値は100MVAベースの%インピーダンスを示す

6. 設計変更理由補足説明 (2/3)

- ✓ 一方で、HEAF事故として想定している所変 2 次側事故では、所変のインピーダンス(抵抗)が発電機や主変と比べ大きいため、図 3 の通り系統(主変)側からの電流供給がほとんどなく、MG87が検出する差電流Iは非常に小さいものとなる。
- ✓ 差電流 I が非常に小さくなることで、図 4 の通りMG87の不動作域に入る可能性がある。従い、動作信頼性としてより確実に H E A F 保護が可能となるH50-51保護リレーを採用する。
⇒H50-51は、MG87とは異なり、回路抵抗より一定値で求まる短絡電流を検出して動作するため、系統やプラントの状態によらず確実に動作し、HEAF保護すること可能となる。

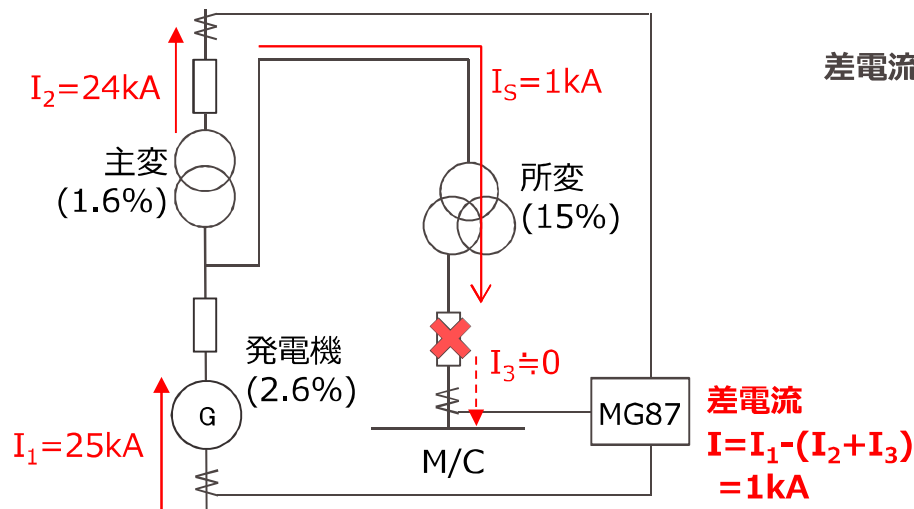


図3 MG87保護回路イメージ
(所変 2 次側事故時)

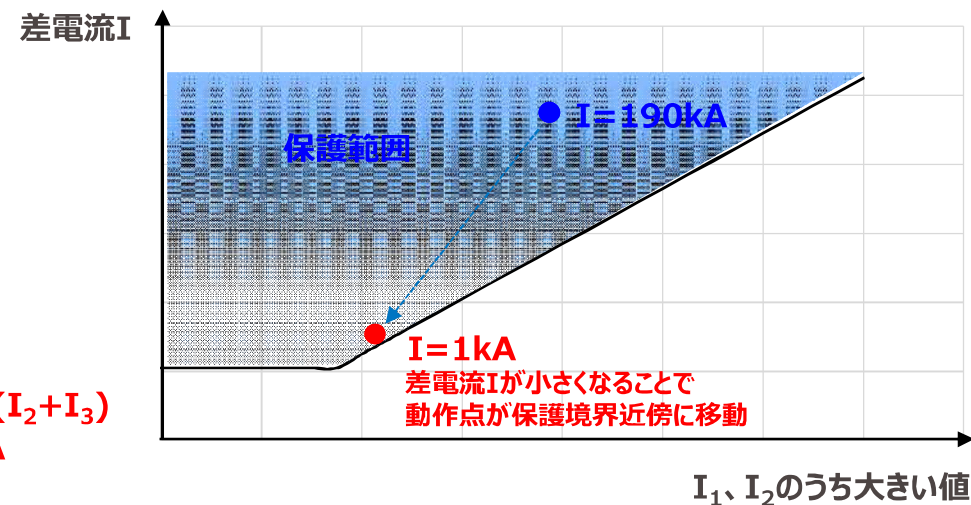


図4 MG87動作曲線イメージ

※ : ()内の数値は100MVAベースの%インピーダンスを示す

6. 設計変更理由補足説明 (3/3)

- ✓ なお、設計変更後の主変遮断器（美浜の場合：130）の開放時間から算出されるアークエネルギーについては、誤差等を考慮したとしてもアークエネルギー閾値（25MJ）内に収まることは確認済である。
- ✓ さらに図5の通りH50-51保護リレーを採用した場合においても保護協調に設計余裕をとっており、図6の短絡事故においてH50-51が51Bよりも先に動作(協調逆転)することは無いことも確認済である。

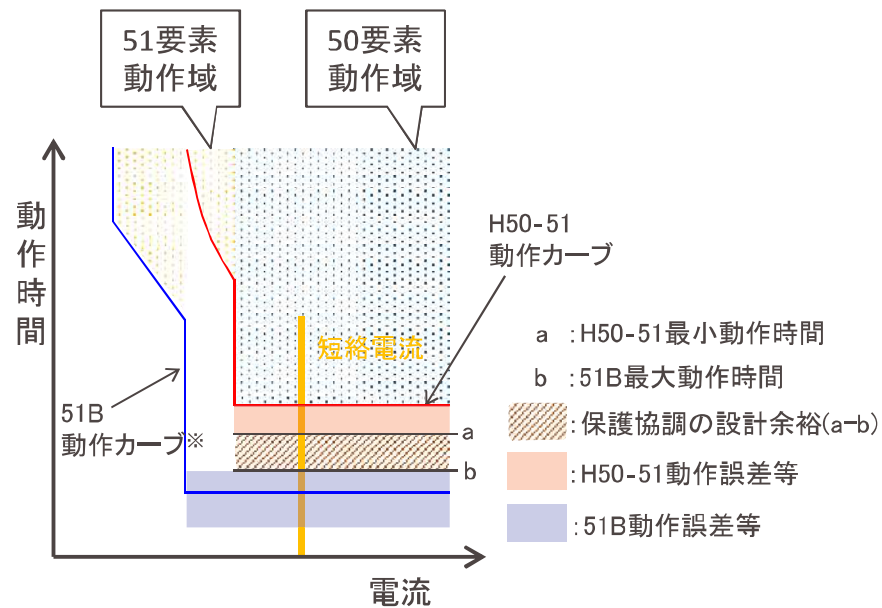


図5 保護協調カーブ

※51B保護リレーもH50-51保護リレーと同様に50要素は含まれているため、H50-51保護リレーと同様の50要素動作域を持っている。(51B動作カーブの横線より上側)

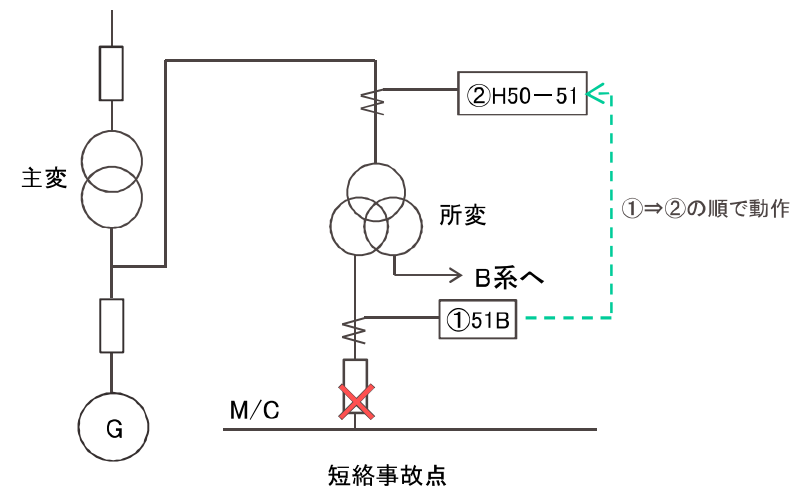
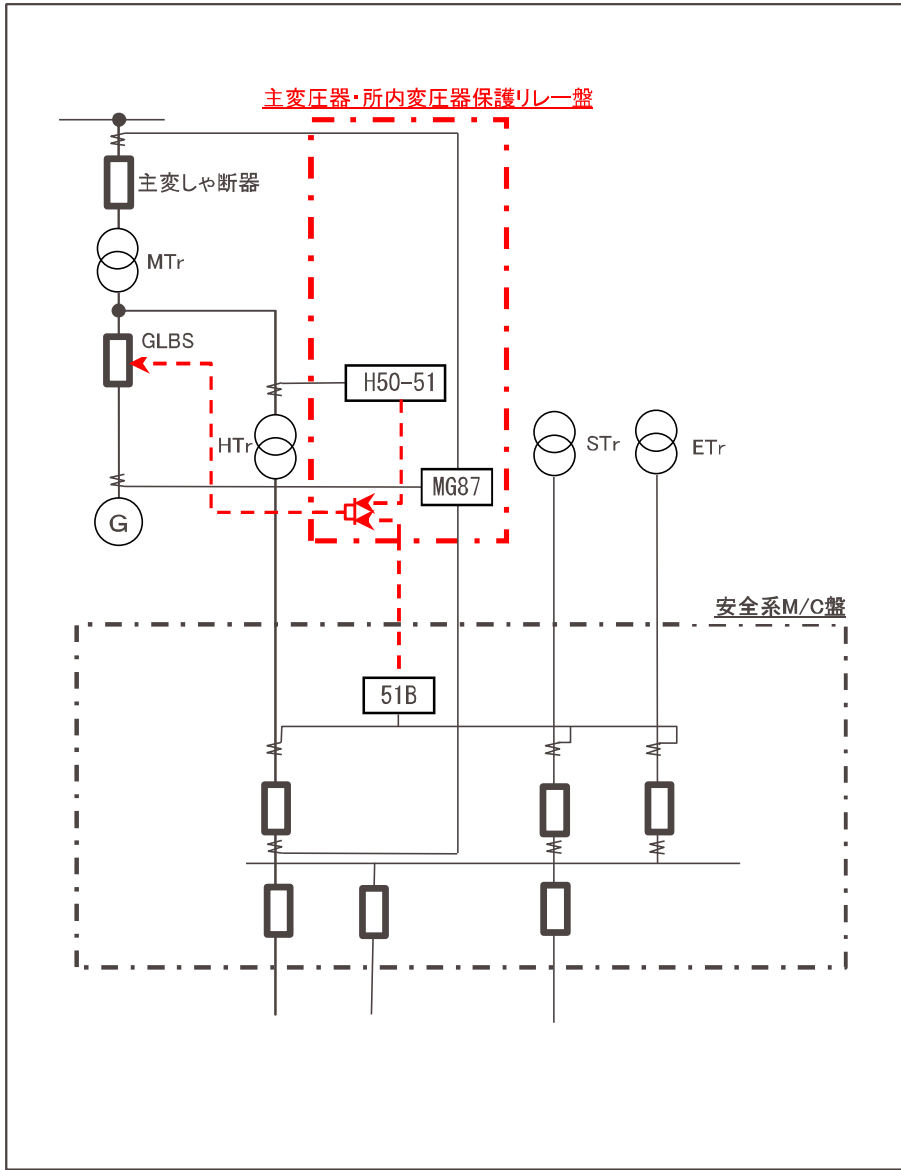


図6 保護協調イメージ



設計変更後の回路系統図

設計変更前後整理表

	変更前	変更後
保護リレー名称	MG87	H50-51
動作方式 (要素)	比率差動方式 (87)	過電流 瞬時動作方式 (50) ※1 過電流 限時動作方式 (51)
既設保護リレー 設置位置 (盤の設置場所) ※2	主変圧器・所内変圧 器保護リレー盤内 (3号機送電系 リレー室)	主変圧器・所内変圧 器保護リレー盤内 (3号機送電系 リレー室)
新設有無	なし	なし

※1：H E A F時は50要素で動作する

※2：美浜3号機の一例として記載

<頭文字の補足説明>

- B51のBは「Bus」の頭文字
- H50-51のHは「House Transformer」の頭文字
- MG87のMGは「Main Transformer」と「Generator」の頭文字

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「美浜3号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」抜粋

資料40 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

物件の機能に電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。発電機は、短絡電流及び非常調速装置が動作して達する回転速度に対して、十分な機械的強度を有する設計とし、三相短絡試験により異常のないことを確認する。発電所構内には、発電機の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

2.1.3 遮断器

遮断器は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

(1) 感電、火災等の防止

遮断器は、感電防止のため接地し、また、充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は、端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は、JESC E7002に基づき、通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、火災防止のため、閉鎖された金属製の外箱に収納し、隔離する設計とする。遮断器は、適切な接地工事を施し、鉄台及び金属性の外箱には、A種接地工事を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンスを設置する設計とする。

(2) 異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため、高圧電路に施設する過電流遮断器は、施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し、その作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計とする。

重要安全施設（「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の解釈」第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）へ電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤のうち非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤以外の電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）（以下「HEAF対策対象盤」という。）について、

アーク火災が発生しないアークエネルギーの閾値（M/C25MJ、P/C18MJ、C/C4.4MJ）を超えない時間でアーク放電が発生した遮断器の上流の遮断器を開放し、アーク放電の継続を防止することでアーク火災を防止し、電気盤の損壊

アークエネルギー
しきい値記載箇所

の拡大を防止することができる設計とする。

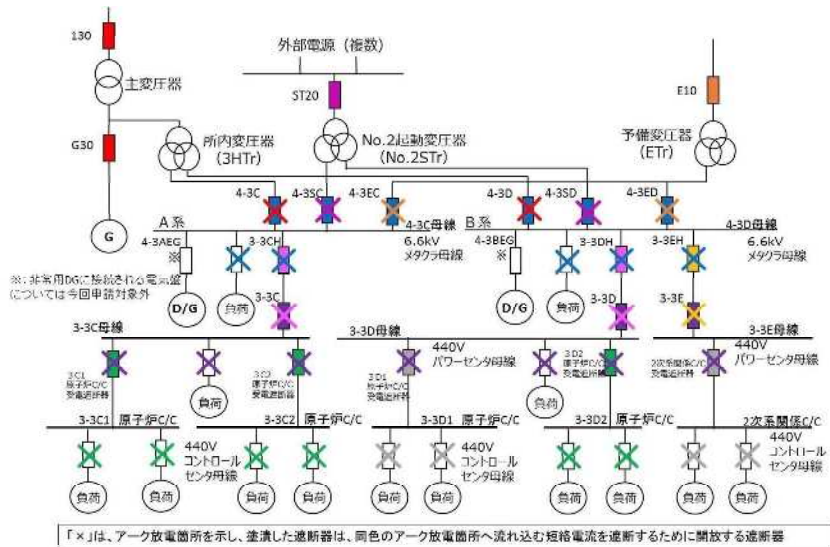
なお、HEAF対策対象盤は、「高エネルギーアーク損傷（HEAF）に係る電気盤の設計に関するガイド」を踏まえ、アーク放電を発生させる試験、アーク火災発生の評価を実施し、高エネルギーアーク損傷に係る対策の判断基準を設定する。

発生するアークエネルギーは、次式により求め、各遮断器の遮断時間を第2-1表に示す。

$$E_{3\phi} = V_{arc} \times I_{arc} \times t_{arc}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー
 V_{arc} : HEAF試験の結果から得られたアーク電圧
 I_{arc} : 三相短絡電流の平均値
 t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

第2-1図に示した各母線に接続されるすべての遮断器（ディーゼル発電機に係る部分を除く。）をアーク放電発生箇所とし、各アーク放電発生箇所の上流の遮断器を開放することによりアーク放電を遮断する。



第2-1図 アーク放電発生箇所とアーク放電を遮断する遮断器

(3) 電氣的、磁氣的障害の防止

遮断器は、閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。

発電所構内には、遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在し、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

：要修正箇所を示す

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1/2)

機器名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
	遮断器名称				
メ タ ル ク ラ フ ソ ド 開 閉 装 置	4-3C		130	0.110⇒0.650	3.38⇒19.95
	(4-3CM/C受電遮断器(HT r側))		G30	0.750⇒0.694	23.02⇒21.30
	4-3SC		ST20	0.110	3.23
	(4-3CM/C受電遮断器(ST r側))		E10	0.126	3.22
	4-3EC		4-3C	0.700⇒0.500	21.48⇒15.35
	(4-3CM/C受電遮断器(ET r側))		4-3SC	0.700⇒0.500	20.52⇒14.66
	4-3C母線に接続される遮断器 (4-3C, 4-3SC, 4-3EC, 4-3AEGを除く)		4-3EC	0.700⇒0.500	17.86⇒12.76
	4-3D		130	0.110⇒0.650	3.37⇒19.90
	(4-3DM/C受電遮断器(HT r側))		G30	0.750⇒0.694	22.96⇒21.25
	4-3SD		ST20	0.110	2.99
	(4-3DM/C受電遮断器(ST r側))		E10	0.126	3.22
	4-3ED		4-3D	0.700⇒0.500	21.43⇒15.31
	(4-3DM/C受電遮断器(ET r側))		4-3SD	0.700⇒0.500	18.98⇒13.56
	4-3D母線に接続される遮断器 (4-3D, 4-3SD, 4-3ED, 4-3BEGを除く)		4-3ED	0.700⇒0.500	17.86⇒12.76

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (2/2)

：要修正箇所を示す

機器名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
	遮断器名称				
パワーセンター	3-3C (3-3C P/C 受電遮断器(動変2次側))		3-3CH	0.384 ⇒ 0.284	4.96 ⇒ 3.67
	3-3C 母線に接続される遮断器 (3-3C を除く)		3-3C	0.366 ⇒ 0.266	4.73 ⇒ 3.44
	3-3D (3-3D P/C 受電遮断器(動変2次側))		3-3DH	0.384 ⇒ 0.284	4.96 ⇒ 3.67
	3-3D 母線に接続される遮断器 (3-3D を除く)		3-3D	0.366 ⇒ 0.266	4.73 ⇒ 3.44
	3-3E (3-3E P/C 受電遮断器(動変2次側))		3-3EH	0.384 ⇒ 0.284	4.95 ⇒ 3.67
	3-3E 母線に接続される遮断器 (3-3E を除く)		3-3E	0.366 ⇒ 0.266	4.72 ⇒ 3.43
	3C1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.41
	3C2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.14
	3D1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.58
	3D2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.28
コントロールセンター					

参考

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「美浜3号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」補足説明資料 抜粋

美浜発電所3号機
工事計画認可申請書 補足説明資料

平成31年2月
関西電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

(1) 遮断器の遮断時間の設定

実用発電用原子炉施設の保安電源設備のうち、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤に発生するアークエネルギーが、「4.2 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」にて評価したアークエネルギーのしきい値以下となるよう、遮断器の遮断時間を設定する。

電気盤に発生するアークエネルギーは、電気盤に発生する三相短絡電流及び HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧の積により算出したアークパワーを遮断器の遮断時間で積分した値としており、以下の式にて算出した。

$$E_{3\phi} = V_{\text{arc}} \times I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}$$

$$= 0.9 \times V_{\text{arc}} \times I_{\text{rms}} \times t_{\text{arc}}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー

V_{arc} : HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧

I_{arc} : 三相短絡電流の平均値

I_{rms} : 三相短絡電流の実効値

t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

a. HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧について

アークエネルギーの算出時に使用するアーク電圧は、HEAF 試験の結果から表 6.2 に示すアーク電圧を用いた。

b. 各電気盤に発生する三相短絡電流について

アークエネルギーの算出時に使用する三相短絡電流は、実機で発生する三相短絡電流値に近い値を算出するため、電源から短絡箇所までの電路インピーダンス%Z(ケーブル、発電機、変圧器含む)を用いて、以下の式にて算出した。

$$\text{短絡電流 (A)} = \frac{\text{基準容量 (VA)}}{\sqrt{3} \times \text{基準電圧 (V)}} \times \frac{100}{\%Z}$$

c. 遮断器の遮断時間について

アークエネルギーの算出時に使用する遮断器の遮断時間は、保護継電器及び補助リレーの動作時間並びに遮断器の開極時間等を積み上げた値を設定し、さらに保護継電器等の誤差を考慮した遮断器の遮断時間によるアークエネルギーがアークエネルギーのしきい値以下となるよう設計している。(図 6.1)

なお、工事計画(変更)認可申請書に記載している遮断器の遮断時間については、表 6.2 に示すとおり誤差を考慮しない遮断器の遮断時間を記している。

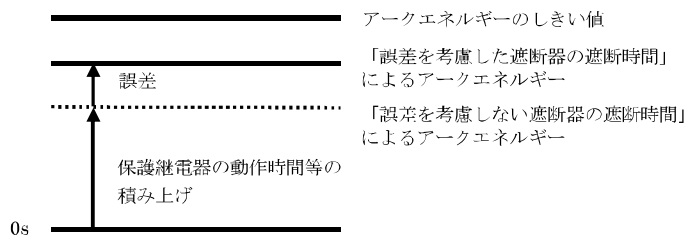


図 6.1 遮断器の遮断時間の考え方

遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方を図 6.2 に示し、考慮した誤差について表 6.1 に示す。

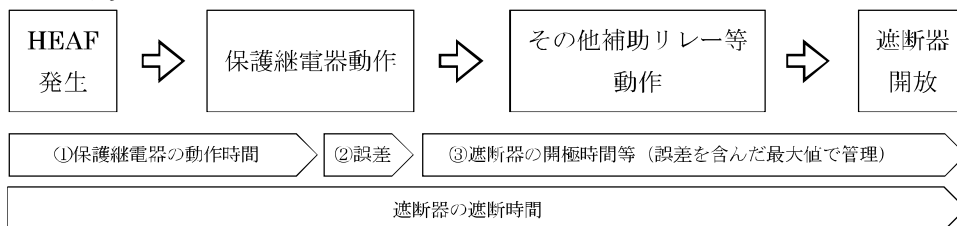


図 6.2 遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方

表 6.1 遮断器の遮断時間に関する誤差

誤差 パターン	使用する保護継電器		誤差	備考
	機種	保護要素		
1	製品 A	51(過電流継電器)	+7%	
2		50(短絡継電器)	+0.025s	動作設定域：0.1 秒～0.4 秒
3			+5%	動作設定域：0.5 秒～1.0 秒
4	製品 B	51(過電流継電器)	+12%	
5		50(短絡継電器)	—*	誤差無し(下記以外の場合)
6			+0.01s	誤差有り(ソフトウェアタマを使用する場合)
7		87(比率差動継電器)	—*	
8	製品 C	50(短絡継電器)	—*	

※保護継電器の設定値に対するプラス誤差 0 秒。

電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、表 6.2 に示す。

変更なし

また、実機プラント全ての電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、添付資料-4に示す。なお、遮断器の遮断時間の設定に当たっては、上流及び下流の遮断器の遮断時間の協調を考慮することにより、故障による影響範囲を局所化する設計とする。

：要修正箇所を示す

表 4.7 電気盤のアーケエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧 (美浜 3号機)

機器名称	アーケ放電発生箇所		アーケ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護継電器の動作時間 (sec)	②誤差 (sec)	③遮断器の開閉時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		二相短絡電流(A)	アーケ電圧(kV)	考慮している誤差パターン	
	①+③遮断時間 (sec)	①+③+⑤遮断時間 (sec)					アーケエネルギー (MJ)	アーケエネルギー (MJ)						
メタルケラント開閉装置	4*3C (4*3CM/C受電遮断器(HI r側))	130	0.600	0.060	0.050	0.050	0.110	0.110	0.630	0.630	25.44	1.34	5	
		G30	0.600	0.060	0.0694	0.694	0.694	0.110	0.110	0.694	0.694		25.44	5
	4*3SC (4*3CM/C受電遮断器(ST r側))	ST20	0.060	0.060	0.050	0.110	0.110	3.23	3.23	0.110	0.110	24.30	1.34	7
		E10	0.060	0.060	0.066	0.126	0.126	3.22	3.22	0.126	0.126	21.15		7
	4*3C母線に接続される遮断器 (4*3C, 4*3SC, 4*3EC, 4*3BEGを除く)	4*3C	0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	21.46	21.46	0.525	0.525	25.44	1.34	2
		4*3SC	0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	21.46	21.46	0.525	0.525	24.30		2
		4*3EC	0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	17.06	17.06	0.650	0.650	21.15		2
		130	0.600	0.600	0.050	0.694	0.694	21.25	21.25	0.694	0.694	25.38		5
		G30	0.600	0.600	0.050	0.694	0.694	21.25	21.25	0.694	0.694	25.38		5
		ST20	0.060	0.060	0.050	0.110	0.110	2.99	2.99	0.110	0.110	22.48		7
	4*3ED (4*3DM/C受電遮断器(ST r側))	4*3D	0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	21.46	21.46	0.525	0.525	25.38	1.34	2
		4*3SD	0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	19.96	19.96	0.525	0.525	22.48		2
4*3ED		0.400	0.400	0.100	0.500	0.500	17.06	17.06	0.650	0.650	21.15	2		
3*3CH		0.200	0.200	0.084	0.284	0.284	3.67	3.67	0.309	0.309	30.73	0.467		2
3*3C		0.200	0.200	0.066	0.266	0.266	3.44	3.44	0.291	0.291	30.73			
3*3D		0.200	0.200	0.084	0.284	0.284	3.67	3.67	0.309	0.309	30.70	2		
3*3E	0.200	0.200	0.084	0.284	0.284	3.67	3.67	0.309	0.309	30.67	2			
3*3E	0.200	0.200	0.066	0.266	0.266	3.43	3.43	0.291	0.291	30.67	2			

添付 4-14

※ 工認申請には、本内容を記載

変更なし

機器名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	①点検継電器の動作時間 (sec)	②熱差 (sec)	③遮断器の開閉時間等 (sec)	閉差を考慮しない場合		閉差を考慮した場合		三相短絡電流(A)	アーク電圧(kV)	考慮している断差パターン
	遮断器名称						①+③ (sec) ※	アークエネルギー (MJ) ※	①+②+③ (sec)	アークエネルギー (MJ)			
コントロールセンタ	3C1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.41	0.120	1.41	19.22	0.675	8
	3C2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.14	0.120	1.14	15.55		8
	3D1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.58	0.120	1.58	21.59	8	
	3D2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.100	—	0.020	0.120	1.28	0.120	1.28	17.46	8	

※ 丁認申請には、本内容を記載

-添付 4-15-

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「高浜1号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」抜粋

資料40 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。発電機は、短絡電流及び非常調速装置が動作して達する回転速度に対して、十分な機械的強度を有する設計とし、三相短絡試験により異常のないことを確認する。発電所構内には、発電機の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

2.1.3 遮断器

遮断器は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

(1) 感電、火災等の防止

遮断器は、感電防止のため接地し、また、充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は、端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は、JBSC E7002に基づき、通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、火災防止のため、閉鎖された金属製の外箱に収納し、隔離する設計とする。遮断器は、適切な接地工事を施し、鉄台及び金属性の外箱には、A種接地工事を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンスを設置する設計とする。

(2) 異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため、高圧電路に施設する過電流遮断器は、施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し、その作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計とする。

重要安全施設（「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の解釈」第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）へ電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤のうち非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤以外の電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）（以下「HEAF対策対象盤」という。）について、

アーク火災が発生しないアークエネルギーの閾値（M/C25MJ、P/C18MJ、C/C4.4MJ）を超えない時間でアーク放電が発生した遮断器の上流の遮断器を開放し、アーク放電の継続を防止することでアーク火災を防止し、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。

アークエネルギー
しきい値記載箇所

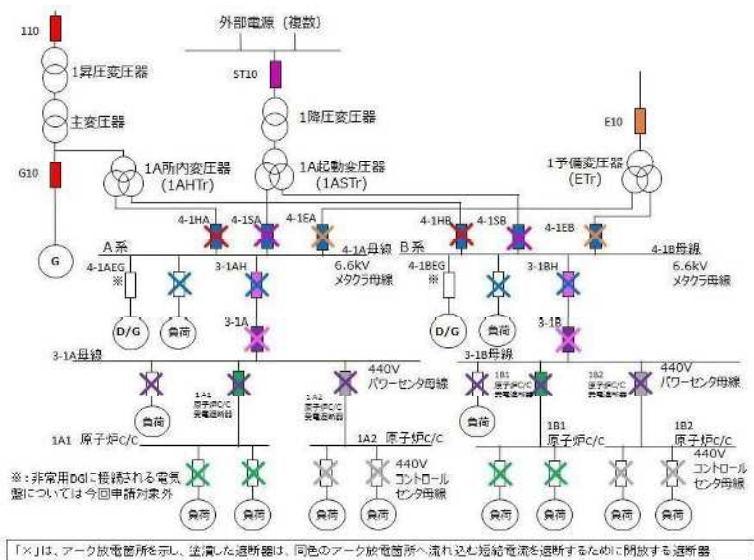
なお、HEAF対策対象盤は、「高エネルギーアーク損傷（HEAF）に係る電気盤の設計に関するガイド」を踏まえ、アーク放電を発生させる試験、アーク火災発生の評価を実施し、高エネルギーアーク損傷に係る対策の判断基準を設定する。

発生するアークエネルギーは、次式により求め、各遮断器の遮断時間を第2-1表に示す。

$$E_{3\phi} = V_{arc} \times I_{arc} \times t_{arc}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー
 V_{arc} : HEAF試験の結果から得られたアーク電圧
 I_{arc} : 三相短絡電流の平均値
 t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

第2-1図に示した各母線に接続されるすべての遮断器（ディーゼル発電機に係る部分を除く。）をアーク放電発生箇所とし、各アーク放電発生箇所の上流の遮断器を開放することによりアーク放電を遮断する。



第2-1図 アーク放電発生箇所とアーク放電を遮断する遮断器

(3) 電氣的、磁氣的障害の防止

遮断器は、閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。

発電所構内には、遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在し、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1 / 2)

：要修正箇所を示す

機器 名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	
	遮断器名称					
メ タ ル ク ラ ッ ド 開 閉 装 置	4-1HA (4-1AM/C 受電遮断器 (1AHT r 側))		110	0.110 ⇒ 0.750	3.07 ⇒ 20.93	
	4-1SA (4-1AM/C 受電遮断器 (1AST r 側))		G10	0.550 ⇒ 0.794	15.35 ⇒ 22.15	
	4-1EA (4-1AM/C 受電遮断器 (ET r 側))		ST10	0.110	3.26	
	4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1HA, 4-1SA, 4-1EA, 4-1AEG を除く)			E10	0.126	5.45
				4-1HA	0.500	13.95
				4-1SA	0.500	14.78
	4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1HB, 4-1SB, 4-1EB, 4-1BEG を除く)			4-1EA	0.500	21.62
		4-1HB (4-1BM/C 受電遮断器 (1AHT r 側))		110	0.110 ⇒ 0.750	3.06 ⇒ 20.83
		4-1SB (4-1BM/C 受電遮断器 (1AST r 側))		G10	0.550 ⇒ 0.794	15.27 ⇒ 22.05
	4-1EB (4-1BM/C 受電遮断器 (ET r 側))			ST10	0.110	3.27
				E10	0.126	5.40
				4-1HB	0.500	13.89
	4-1EB (4-1BM/C 受電遮断器 (ET r 側))			4-1SB	0.500	14.85
				4-1EB	0.500	21.42

変更なし

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (2 / 2)

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器 名称	遮断器名称			
パ ワ ー セ ン タ	3-1A (3-1A P/C 受電遮断器(動変2次側))	3-1AH	1.230	16.25
	3-1A 母線に接続される遮断器 (3-1A を除く)	3-1A	0.466	6.16
	3-1B (3-1B P/C 受電遮断器(動変2次側))	3-1BH	1.232	16.25
	3-1B 母線に接続される遮断器 (3-1B を除く)	3-1B	0.466	6.15
	1A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.46
コ ン ト ロ ー ル セ ン タ	1A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1A2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.19
	1B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.64
	1B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	1B2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.31

参考

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「高浜1号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」補足説明資料 抜粋

高浜発電所1号機

工事計画認可申請書 補足説明資料

平成31年2月

関西電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

(1) 遮断器の遮断時間の設定

実用発電用原子炉施設の保安電源設備のうち、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤に発生するアークエネルギーが、「4.2 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」にて評価したアークエネルギーのしきい値以下となるよう、遮断器の遮断時間を設定する。

電気盤に発生するアークエネルギーは、電気盤に発生する三相短絡電流及び HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧の積により算出したアークパワーを遮断器の遮断時間で積分した値としており、以下の式にて算出した。

$$E_{3\phi} = V_{\text{arc}} \times I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}$$

$$= 0.9 \times V_{\text{arc}} \times I_{\text{rms}} \times t_{\text{arc}}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー

V_{arc} : HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧

I_{arc} : 三相短絡電流の平均値

I_{rms} : 三相短絡電流の実効値

t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

a. HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧について

アークエネルギーの算出時に使用するアーク電圧は、HEAF 試験の結果から表 6.2 に示すアーク電圧を用いた。

b. 各電気盤に発生する三相短絡電流について

アークエネルギーの算出時に使用する三相短絡電流は、実機で発生する三相短絡電流値に近い値を算出するため、電源から短絡箇所までの電路インピーダンス%Z(ケーブル、発電機、変圧器含む)を用いて、以下の式にて算出した。

$$\text{短絡電流 (A)} = \frac{\text{基準容量 (VA)}}{\sqrt{3} \times \text{基準電圧 (V)}} \times \frac{100}{\%Z}$$

c. 遮断器の遮断時間について

アークエネルギーの算出時に使用する遮断器の遮断時間は、保護継電器及び補助リレーの動作時間並びに遮断器の開極時間等を積み上げた値を設定し、さらに保護継電器等の誤差を考慮した遮断器の遮断時間によるアークエネルギーがアークエネルギーのしきい値以下となるよう設計している。(図 6.1)

なお、工事計画(変更)認可申請書に記載している遮断器の遮断時間については、表 6.2 に示すとおり誤差を考慮しない遮断器の遮断時間を記している。

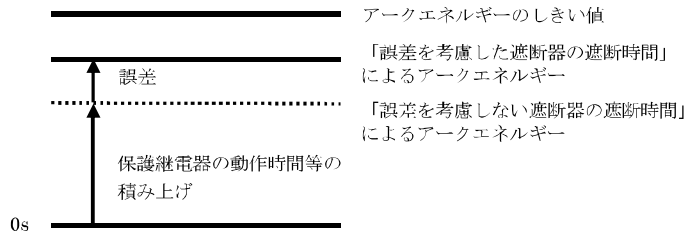


図 6.1 遮断器の遮断時間の考え方

遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方を図 6.2 に示し、考慮した誤差について表 6.1 に示す。

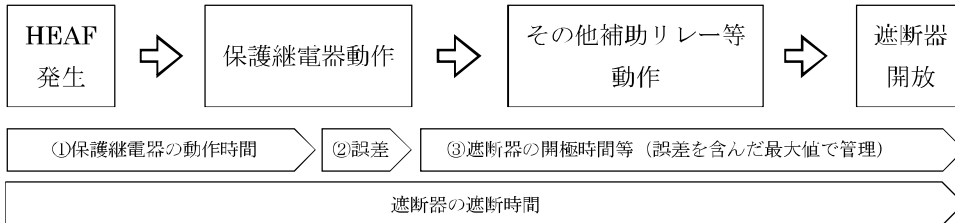


図 6.2 遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方

表 6.1 遮断器の遮断時間に関する誤差

誤差 パターン	使用する保護継電器		誤差	備考
	機種	保護要素		
1	製品 A	51(過電流継電器)	+7%	
2		50(短絡継電器)	+0.025s	動作設定域：0.1 秒～0.4 秒
3			+5%	動作設定域：0.5 秒～1.0 秒
4	製品 B	51(過電流継電器)	+12%	
5		50(短絡継電器)	—*	誤差無し(下記以外の場合)
6			+0.01s	誤差有り(ソフトウェアタマを使用する場合)
7		87(比率差動継電器)	—*	
8	製品 C	50(短絡継電器)	—*	

※保護継電器の設定値に対するプラス誤差 0 秒。

電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、表 6.2 に示す。

変更なし

また、実機プラント全ての電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、添付資料-4に示す。なお、遮断器の遮断時間の設定に当たっては、上流及び下流の遮断器の遮断時間の協調を考慮することにより、故障による影響範囲を局所化する設計とする。

表 4.3 電気盤のアーケエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧 (高浜 1 号機)

要修正箇所を示す

機器名称	アーケ放電発生箇所 遮断器名称	アーケ放電を遮断するために開放する遮断器	①保護继电器の動作時間 (sec)	②設定 (sec)	⑤遮断器の開閉時間 (sec)	設定を考慮しない場合		設定を考慮した場合		三相短路電流 (kA)	アーケ電圧 (kV)	考慮している誤差パターン
						①+③遮断時間 (sec)	アーケエネルギー (MJ)	①+②+③遮断時間 (sec)	アーケエネルギー (MJ)			
メタルクラッド開閉装置	4・1HA (4・1AM/C 受電遮断器(1AHT r 側))	110	0.700 0.060	—	0.050	0.730 0.730	20.93 20.93	0.730 0.730	20.93 20.93	23.13	1.34	7 5
	G10	0.700 0.060	0.025	0.094	0.734 0.734	22.15 22.15	0.734 0.734	22.15 22.15	23.13	2 5		
	4・1SA (4・1AM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.26	0.110	3.26	24.51	7	
	4・1EA (4・1AM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.45	0.126	5.45	35.84	7	
	4・1A 母線に接続される遮断器 (4・1HA, 4・1SA, 4・1EA, 4・1AEG を除く)	4・1HA	0.400	0.025	0.100	0.500	13.95	0.525	14.65	23.13	2	
	4・1SA	0.400	0.025	0.100	0.500	14.78	0.525	15.52	24.51	2		
	4・1EA	0.400	0.025	0.100	0.500	21.62	0.525	22.70	35.84	2 7		
	110	0.700 0.060	—	0.050	0.730 0.730	20.93 20.93	0.730 0.730	20.93 20.93	23.02	7 5		
	G10	0.700 0.060	0.025	0.094	0.734 0.734	22.15 22.15	0.734 0.734	22.15 22.15	23.02	2 5		
	4・1SB (4・1BM/C 受電遮断器(1AST r 側))	ST10	0.060	—	0.050	0.110	3.27	0.110	3.27	24.62	7	
	4・1EB (4・1BM/C 受電遮断器(ET r 側))	E10	0.060	—	0.066	0.126	5.40	0.126	5.40	35.52	7	
	パワーセンタ	4・1B 母線に接続される遮断器 (4・1HB, 4・1SB, 4・1EB, 4・1BEG を除く)	4・1HB	0.400	0.025	0.100	0.500	13.89	0.525	14.58	23.02	2
4・1SB		0.400	0.025	0.100	0.500	14.85	0.525	15.59	24.62	2		
4・1EB		0.400	0.025	0.100	0.500	21.42	0.525	22.49	35.52	2		
3・1A (3・1A P/C 受電遮断器(動変 2 次側))		3・1AH	1.146	0.081	0.084	1.230	16.25	1.311	17.32	31.42	1	
3・1A 母線に接続される遮断器 (3・1A を除く)		3・1A	0.400	0.025	0.066	0.466	6.16	0.491	6.49	31.42	2	
3・1B (3・1B P/C 受電遮断器(動変 2 次側))		3・1BH	1.148	0.081	0.084	1.232	16.25	1.313	17.32	31.38	1	
3・1B 母線に接続される遮断器 (3・1B を除く)	3・1B	0.400	0.025	0.066	0.466	6.15	0.491	6.48	31.38	2		

-添付 4-6-

※ 工認申請には、本内容を記載

変更なし

機器名称	アーク放電発生箇所 遮断器名称	①保護継電器の動作時間(sec)	②誤差(sec)	③遮断器の開極時間等(sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン
					①+③遮断時間(sec)※	アークエネルギー(MJ)※	①+②+③遮断時間(sec)	アークエネルギー(MJ)			
コントロールセンター	1A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.46	0.120	1.46	19.93	0.675	8
	1A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.19	0.120	1.19	16.30		
	1B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.64	0.120	1.64	22.36		
	1B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (1B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.31	0.120	1.31	17.93		

※ 工認申請には、本内容を記載

-添付 4-7-

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「高浜2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」抜粋

資料40 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。発電機は、短絡電流及び非常調速装置が動作して達する回転速度に対して、十分な機械的強度を有する設計とし、三相短絡試験により異常のないことを確認する。発電所構内には、発電機の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在することにより、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

2.1.3 遮断器

遮断器は、原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準を準用し、以下の設計とする。

(1) 感電、火災等の防止

遮断器は、感電防止のため接地し、また、充電部分に容易に接触できない設計とする。電路は大地から絶縁する設計とし、絶縁抵抗測定により異常のないことを確認する。電線の接続箇所は、端子台等により接続することで電気抵抗を増加させないとともに、絶縁性能の低下及び通常の使用状態において断線のおそれがない設計とする。遮断器は、JBSC E7002に基づき、通常の使用状態において発生する熱に耐える設計とし、火災防止のため、閉鎖された金属製の外箱に収納し、隔離する設計とする。遮断器は、適切な接地工事を施し、鉄台及び金属性の外箱には、A種接地工事を施す設計とする。取扱者以外の者の立入を防止するため発電所には、人が容易に構内に立ち入るおそれがないようフェンスを設置する設計とする。

(2) 異常の予防及び保護対策

異常の予防及び保護対策のため、高圧電路に施設する過電流遮断器は、施設する箇所を通過する短絡電流を遮断する能力を有し、その作動に伴いその開閉状態を表示する装置を有する設計とする。

重要安全施設（「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の解釈」第2条第2項第9号に規定する重要安全施設をいう。以下同じ。）へ電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤のうち非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤以外の電気盤（安全施設（重要安全施設を除く。）への電力供給に係るものに限る。）（以下「HEAF対策対象盤」という。）について、

アーク火災が発生しないアークエネルギーの閾値（M/C25MJ、P/C18MJ、C/C4.4MJ）を超えない時間でアーク放電が発生した遮断器の上流の遮断器を開放し、アーク放電の継続を防止することでアーク火災を防止し、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。

アークエネルギー
しきい値記載箇所

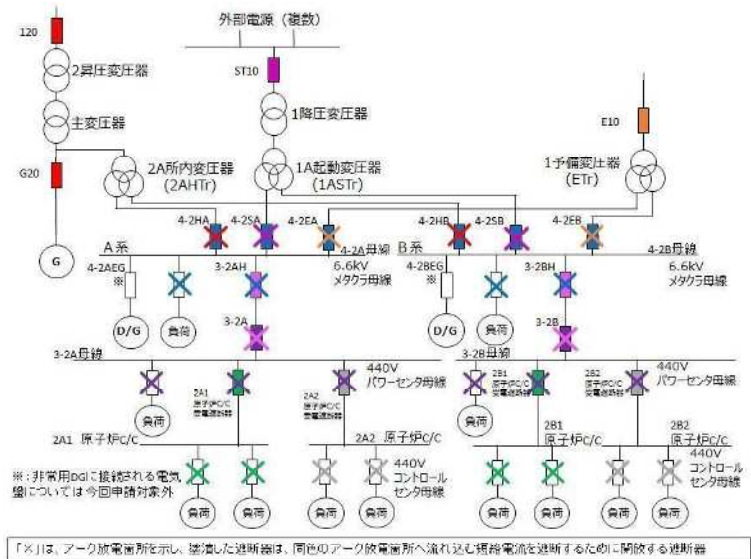
なお、HEAF対策対象盤は、「高エネルギーアーク損傷（HEAF）に係る電気盤の設計に関するガイド」を踏まえ、アーク放電を発生させる試験、アーク火災発生の評価を実施し、高エネルギーアーク損傷に係る対策の判断基準を設定する。

発生するアークエネルギーは、次式により求め、各遮断器の遮断時間を第2-1表に示す。

$$E_{3\phi} = V_{arc} \times I_{arc} \times t_{arc}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー
 V_{arc} : HEAF試験の結果から得られたアーク電圧
 I_{arc} : 三相短絡電流の平均値
 t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

第2-1図に示した各母線に接続されるすべての遮断器（ディーゼル発電機に係る部分を除く。）をアーク放電発生箇所とし、各アーク放電発生箇所の上流の遮断器を開放することによりアーク放電を遮断する。



第2-1図 アーク放電発生箇所とアーク放電を遮断する遮断器

(3) 電氣的、磁氣的障害の防止

遮断器は、閉鎖構造（金属製の筐体）及び接地の実施により、電氣的又は磁氣的な障害を与えない設計とする。

(4) 供給支障の防止

発電設備の損傷による供給支障の防止のため、過電流を生じた場合、保護継電器にて検知し、遮断器を開放して自動的に発電機を電路から遮断する設計とする。

発電所構内には、遮断器の運転に必要な知識及び技能を有する者が常時駐在し、常時監視しない発電所は施設しない設計とする。

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1 / 2)

：要修正箇所を示す

機器 名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)	
	遮断器名称					
メ タ ル ク ラ ッ ド 開 閉 装 置	4-2HA (4-2AM/C 受電遮断器 (2AHT r 側))		120	0.110 ⇒ 0.750	3.18 ⇒ 21.63	
	4-2SA (4-2AM/C 受電遮断器 (1AST r 側))		G20	0.550 ⇒ 0.794	15.86 ⇒ 22.90	
	4-2EA (4-2AM/C 受電遮断器 (ET r 側))		ST10	0.110	3.22	
	4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2HA, 4-2SA, 4-2EA, 4-2AEG を除く)	4-2HA		E10	0.126	5.43
		4-2SA		4-2HA	0.500	14.42
		4-2EA		4-2SA	0.500	14.61
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2HB, 4-2SB, 4-2EB, 4-2BEG を除く)	4-2HB (4-2BM/C 受電遮断器 (2AHT r 側))		4-2EA	0.500	21.53
		4-2SB (4-2BM/C 受電遮断器 (1AST r 側))		120	0.110 ⇒ 0.750	3.15 ⇒ 21.46
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2HB, 4-2SB, 4-2EB, 4-2BEG を除く)	4-2EB (4-2BM/C 受電遮断器 (ET r 側))		G20	0.550 ⇒ 0.794	15.74 ⇒ 22.72
		4-2HB		ST10	0.110	3.25
		4-2EB		E10	0.126	5.46
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2HB, 4-2SB, 4-2EB, 4-2BEG を除く)	4-2HB		4-2HB	0.500	14.31
		4-2SB		4-2SB	0.500	14.75
		4-2EB		4-2EB	0.500	21.63

変更なし

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (2 / 2)

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器名称	遮断器名称			
パワーセンター	3-2A (3-2A P/C 受電遮断器(動変2次側))	3-2AH	1.231	16.25
	3-2A 母線に接続される遮断器 (3-2Aを除く)	3-2A	0.466	6.15
	3-2B (3-2B P/C 受電遮断器(動変2次側))	3-2BH	1.230	16.25
	3-2B 母線に接続される遮断器 (3-2Bを除く)	3-2B	0.466	6.16
	2A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.16
コントロールセンター	2A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2A2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	0.64
	2B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2B1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	0.81
	2B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	2B2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.33

参考

2018年10月19日に工事計画認可申請し、2019年4月26日に認可いただいた
「高浜2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画」補足説明資料 抜粋

高浜発電所2号機
工事計画認可申請書 補足説明資料

平成31年2月
関西電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

-1-

(1) 遮断器の遮断時間の設定

実用発電用原子炉施設の保安電源設備のうち、重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤に発生するアークエネルギーが、「4.2 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」にて評価したアークエネルギーのしきい値以下となるよう、遮断器の遮断時間を設定する。

電気盤に発生するアークエネルギーは、電気盤に発生する三相短絡電流及び HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧の積により算出したアークパワーを遮断器の遮断時間で積分した値としており、以下の式にて算出した。

$$E_{3\phi} = V_{\text{arc}} \times I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}$$

$$= 0.9 \times V_{\text{arc}} \times I_{\text{rms}} \times t_{\text{arc}}$$

$E_{3\phi}$: 三相のアークエネルギー

V_{arc} : HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧

I_{arc} : 三相短絡電流の平均値

I_{rms} : 三相短絡電流の実効値

t_{arc} : アーク発生時の遮断器の遮断時間

a. HEAF 試験の結果から得られたアーク電圧について

アークエネルギーの算出時に使用するアーク電圧は、HEAF 試験の結果から表 6.2 に示すアーク電圧を用いた。

b. 各電気盤に発生する三相短絡電流について

アークエネルギーの算出時に使用する三相短絡電流は、実機で発生する三相短絡電流値に近い値を算出するため、電源から短絡箇所までの電路インピーダンス%Z(ケーブル、発電機、変圧器含む)を用いて、以下の式にて算出した。

$$\text{短絡電流 (A)} = \frac{\text{基準容量 (VA)}}{\sqrt{3} \times \text{基準電圧 (V)}} \times \frac{100}{\%Z}$$

c. 遮断器の遮断時間について

アークエネルギーの算出時に使用する遮断器の遮断時間は、保護継電器及び補助リレーの動作時間並びに遮断器の開極時間等を積み上げた値を設定し、さらに保護継電器等の誤差を考慮した遮断器の遮断時間によるアークエネルギーがアークエネルギーのしきい値以下となるよう設計している。(図 6.1)

なお、工事計画(変更)認可申請書に記載している遮断器の遮断時間については、表 6.2 に示すとおり誤差を考慮しない遮断器の遮断時間を記している。

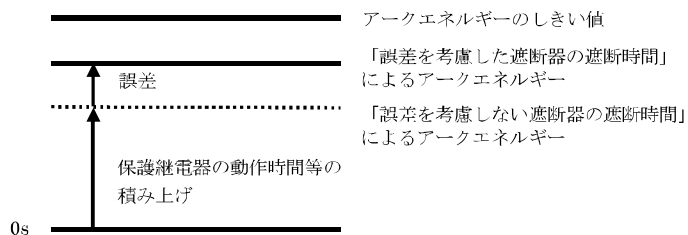


図 6.1 遮断器の遮断時間の考え方

遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方を図 6.2 に示し、考慮した誤差について表 6.1 に示す。

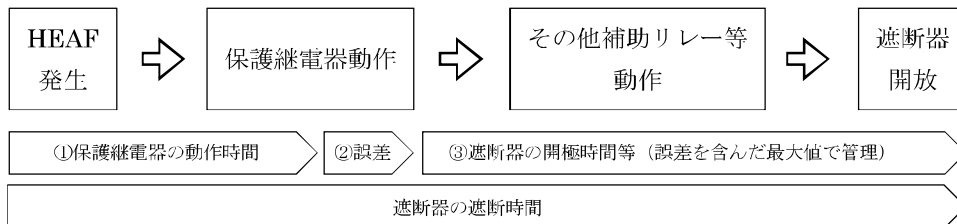


図 6.2 遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方

表 6.1 遮断器の遮断時間に関する誤差

誤差 パターン	使用する保護継電器		誤差	備考
	機種	保護要素		
1	製品 A	51(過電流継電器)	+7%	
2		50(短絡継電器)	+0.025s	動作設定域：0.1 秒～0.4 秒
3			+5%	動作設定域：0.5 秒～1.0 秒
4	製品 B	51(過電流継電器)	+12%	
5		50(短絡継電器)	—*	誤差無し(下記以外の場合)
6			+0.01s	誤差有り(ソフトウェアタマを使用する場合)
7		87(比率差動継電器)	—*	
8	製品 C	50(短絡継電器)	—*	

※保護継電器の設定値に対するプラス誤差 0 秒。

電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、表 6.2 に示す。

変更なし

また、実機プラント全ての電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間について、添付資料－４に示す。なお、遮断器の遮断時間の設定に当たっては、上流及び下流の遮断器の遮断時間の協調を考慮することにより、故障による影響範囲を局所化する設計とする。

表 4.4 電気盤のアーケエネルギーの遮断時間一覧 (高浜2号機) : 要修正箇所を示す

機器名称	アーケ放電発生箇所 遮断器名称	①保護継電器の動作時間 (sec)		②誤差 (sec)	③遮断器の開極時間等 (sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流 (kA)	アーケ電圧 (kV)	考慮している誤差パターン
		①+③遮断時間 (sec)	アーケエネルギー (MJ) ※			①+③遮断時間 (sec)	アーケエネルギー (MJ) ※					
メタルクラッド開閉装置	4-2HA (4-2AM/C 受電遮断器(2AHT r 側))	0.700 0.000	0.050 0.000	—	0.750 0.110	21.63 3.18	0.750 0.110	21.63 3.18	23.91	7	5	
	4-2SA (4-2AM/C 受電遮断器(1AST r 側))	0.700 0.400	0.094 0.100	—	0.794 0.575	22.90 17.06	0.794 0.575	22.90 17.06	23.91	2	5	
	4-2EA	0.060	0.050	—	0.110	3.22	0.110	3.22	24.22	7		
	4-2EA (4-2AM/C 受電遮断器(ET r 側))	0.060	0.066	—	0.126	5.43	0.126	5.43	35.70	7		
	4-2HA 母線に接続される遮断器	0.400	0.100	0.025	0.500	14.42	0.525	15.14	23.91	2		
	4-2SA (4-2HA, 4-2SA, 4-2EA, 4-2AEG を除く)	0.400	0.100	0.025	0.500	14.61	0.525	15.34	24.22	2		
	4-2EA	0.400 0.400	0.100 0.100	0.025	0.500 0.110	21.53 21.46	0.525 0.110	22.61 21.46	35.70	2	5	
	4-2HB (4-2B/M/C 受電遮断器(2AHT r 側))	0.700 0.400	0.034 0.100	—	0.734 0.575	22.72 16.74	0.734 0.575	22.72 16.74	23.72	7	5	
	4-2SB (4-2B/M/C 受電遮断器(1AST r 側))	0.060	0.050	—	0.110	3.25	0.110	3.25	24.46	7		
	4-2EB (4-2B/M/C 受電遮断器(ET r 側))	0.060	0.066	—	0.126	5.46	0.126	5.46	35.87	7		
	4-2B 母線に接続される遮断器 (4-2HB, 4-2SB, 4-2EB, 4-2BEG を除く)	0.400	0.100	0.025	0.500	14.31	0.525	15.02	23.72	2		
	3-2A (3-2A P/C 受電遮断器(動変2次側))	0.400	0.100	0.025	0.500	14.75	0.525	15.49	24.46	2		
3-2A 母線に接続される遮断器 (3-2A を除く)	0.400	0.100	0.025	0.500	21.63	0.525	22.72	35.87	2			
3-2B (3-2B P/C 受電遮断器(動変2次側))	1.147	0.084	0.081	1.231	16.25	1.312	17.32	31.40	1			
3-2A 母線に接続される遮断器 (3-2A を除く)	0.400	0.066	0.025	0.466	6.15	0.491	6.48	31.40	2			
3-2B (3-2B P/C 受電遮断器(動変2次側))	1.146	0.084	0.081	1.230	16.25	1.311	17.32	31.42	1			
3-2B 母線に接続される遮断器 (3-2B を除く)	0.400	0.066	0.025	0.466	6.16	0.491	6.49	31.42	2			

※ 工認申請には、本内容を記載

変更なし

アーク放電発生箇所		①保護継電器の動作時間(sec)	②誤差(sec)	③遮断器の開極時間等(sec)	誤差を考慮しない場合		誤差を考慮した場合		三相短絡電流(kA)	アーク電圧(kV)	考慮している誤差パターン
機器名称	遮断器名称				①+③遮断時間(sec)※	アークエネルギー(MJ)※	①+②+③遮断時間(sec)	アークエネルギー(MJ)			
コントロールセンタ	2A1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.16	0.120	1.16	15.82	0.675	8
	2A2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2A2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	0.64	0.120	0.64	8.73		8
	2B1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	0.81	0.120	0.81	11.10		8
	2B2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (2B2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)	0.100	—	0.020	0.120	1.33	0.120	1.33	18.14		8

※ 工認申請には、本内容を記載

-添付 4-9-

2019年12月17日

美浜3号機、高浜1, 2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る
工認申請の設計変更の品質プロセスについて

1. はじめに

「美浜3号機、高浜1号機、高浜2号機 高エネルギーアーク損傷対策に係る工事計画（2019年4月26日認可）」における所変受電遮断器へのHEAF対策について保護ロジック設計を変更すると申し出たことと工事計画認可申請書（以下、「申請書」という。）の品質プロセスとの関連性について説明するものである。

2. 今回の事象が発生した理由について

(1) 時系列

- ✓ 当該の工認申請は、2017年8月8日に「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」およびその解釈が改正されたことから、2018年10月19日に工事計画（変更）認可申請し、2019年4月26日に認可となった。
- ✓ 工事計画（変更）認可申請に係る当社活動の全体の流れについては、「資料17-1 設計及び工事に係る品質管理の方法等（以下、「品質管理の方法等」という。）」の第3図に記載のとおりであり、設計1、設計2までの結果を整理し「申請書」にまとめている。

第3図 適合性を確保するために必要な当社の活動（全体の流れ）

※1：バックフィット制度における工事計画認可申請上の「設計」とは、要求事項を満足した設備とするための基本設計方針を作成（設計1）し、既に設置されている設備の状況を念頭に置きながら、適合性確認対象設備を各条文に適合させるための設計（設計2）を行う業務をいう。また、この設計の結果を基に、本工事計画として申請が必要な範囲について、工事計画認可申請書にまとめる。

- ✓ 設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動については、「資料17-9 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画（以下、「様式1」という。）」に沿って実施しており、「様式1」の設計段階では、設計を主管する箇所（原子力事業本部電気設備G（以下、「電気設備G」という。）は、「申請書」作成のための保護リレー整定値に関し供給者であるプラントメーカーから提出された解析業務報告書をアウトプットとして技術基準の要求事項を満たしていることを検証し、申請書を作成・承認した。
- ✓ 「様式1」の工事及び検査段階では、工事を主管する箇所（美浜・高浜発電所電気保修課（以下、「電気保修課」という。）は、具体的な設備の設計（設計3）を実施することとなっており、調達要求に沿ってプラントメーカーから提出された設計図書（承認申請

図書を審査し、承認している。また、設計妥当性確認として適合性確認検査要領書を作成している。【この段階で今回の事象を発見】。

(2) 設計段階で今回の事象が発見できなかった理由

(1) 時系列に記載のとおり、それぞれの段階において、認可された申請書に記載の品質管理プロセスに基づいて設計が実施されていたものの、美浜3号機、高浜1・2号機は、発電機～主変圧器～所内変圧器までの広範囲を保護している保護リレーMG87を使用した設計であり、当該プラント以外のプラントでは所内変圧器1次側から2次側を保護するH51等の保護リレーを使用した設計であったこと等プラント間で違いがあったことから、技術基準には適合しているものの設計段階において解析業務報告書にまとめられた保護リレーMG87を使用した設計以外の設計に気づくことが必要であった。

しかしながら、後段の「3. 工事計画認可申請に係る品質プロセスについて」に記載のとおり今回の事象は、設計1、設計2、設計3の各段階における品質プロセスに問題はなく、また、事象の発見についても電気保修課担当者の気づき(良好事例)であり品質プロセスにフィードバックできる性格のものではなく、更には今回の気づきが無くとも技術基準に適合しているものであることから問題はない。

3. 工事計画認可申請に係る品質プロセスについて

- ✓ 2. に記載のとおり、工事計画(変更)認可申請に係る当社活動の全体の流れについては、「品質管理の方法等」第3図に記載のとおりであり、設計1、設計2までの結果を整理し「申請書」にまとめているが、「申請書」承認までのプロセスは、「品質管理の方法等」第2表の設計段階における3.3.3(3)設計のアウトプットに対する検証(本文品質保証計画7.3.5設計・開発の検証)により設計検証している。

【設計1、設計2の具体的な確認事項】

- 設計1では、技術基準規則第45条の改正に伴い、他の条文への影響の有無や添付書類への影響の有無等を確認したうえで(様式-3~7で整理・確認)、設置変更許可申請書本文や添付書類に記載されている内容を原文のまま引用し、その内容を見ながら、設計すべき項目を基本設計方針として作成している。具体的には、技術基準規則第45条第3項第1号が追加されたことから、様式-7を用いて当該要求事項が基本設計方針に設計反映されていることを電気設備G、電気保修課の両者が確認している。
- 設計2では、設計1で作成した基本設計方針を設計項目となる纏まりごと(設置要求、機能要求、評価要求)に整理する(様式-8)。そして、適合性確認対象設備を技術基準規則に適合したものとするために、必要となる詳細設計を実施する。また、詳細設計として実施したプロセスを様式-1に示すとともに、様式-8の工認設計結果(要目表/設計方針)に整理する。本工事計画に係る保護リレーの整定値の詳細設計は、

具体的には、電気設備G、電気保修課、プラントメーカーの3者が詳細設計のためのインプット条件等について事前に協議を重ねた上で調達による解析を実施しており、解析のアウトプットとなる解析業務の計画、解析業務の実施、解析業務の確認のそれぞれのステップにおいて、解析業務計画書（適用範囲、実施体制、解析手法、解析作業フロー等）、解析業務実施状況（解析者等の力量、入力根拠の明確化、解析結果の取り纏め結果）、委託報告書の解析結果（解析条件、諸元、解析結果等）を電気設備G、電気保修課の両者が確認している。

- ✓ 一方、今回の事象は、「品質管理の方法等」第2表の工事及び検査段階における 3.4.1 本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施（設計3）（本文品質保証計画 7.3.5 設計・開発の検証、7.3.6 設計・開発の妥当性確認）において確認されたものであるが、当該プロセスにおいても設計検証や妥当性確認を実施することにしている。

【設計3の具体的な確認事項】

- 設計3では、工事の段階において、本工事計画を実現するための具体的な設計（設計3）を実施する。当該の設計は電気保修課が工事を調達しその調達の中で供給者が実施する「設計3」の管理を電気保修課が調達管理の中で確認する。具体的には、電気保修課が調達として供給者から提出された承認申請図書・決定図書である保護リレー整定値検討書（保護リレーの整定値）、作業計画書（保護リレー整定の作業手順・試験方法等）等が本工事計画に適合していることを確認している。
 - 設計妥当性確認は、適合性確認対象設備が本工事計画に適合していることを確認するため、技術基準規則に適合するよう実施した設計結果を示した様式-8の欄ごとに適合性確認検査を計画することによって電気保修課が確認するものである。具体的には、電気保修課が設計要求に対する確認項目、確認視点、主な検査項目から設計結果に関する具体的な検査概要、判定基準を適合性確認検査の方法として明確にした適合性確認検査要領書を作成することによって設計妥当性を確認する。
 - 今回の事象の発見は、設計妥当性確認のために適合性確認検査要領書を作成する段階において設計2にも関与していた電気保修課担当者が偶然気づいたものであったことから品質プロセスにフィードバックできる性格のものではなかった。
- ✓ なお、工事及び検査のプロセスにおいて、設計を見直す場合は、品質管理の方法等の設計段階における 3.3.4 設計における変更（本文品質保証計画 7.3.7 設計・開発の変更管理）に沿い設計段階において影響を受けるものについて、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正することとなる。

上記のとおり、品質プロセスについては、工事計画（変更）認可申請に係る当社の品質プロセスに沿ったものであり問題はなかった。また、今回の事象の発見についても電

気保修課担当者の気づき（良好事例）であり品質プロセスにフィードバックできる性格のものではなかった。

したがって、当社の品質マネジメントシステムは有効に機能していたものと判断している。

3.3.4 設計における変更

設計を主管する箇所の長は、設計対象の追加又は変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 本工事計画における設計」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な詳細設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

4. 今後、同様の事象が発生する可能性

本設計変更以外の保護リレー設計変更については、今回の事象を踏まえて電気設備 G、電気保修課、プラントメーカーの3者により改めて確認したが、保護リレーMG 87を使用しているプラントが美浜3号機、高浜1号機、高浜2号機のみであること等から同様の事象は発生しないことを確認している。

なお、今回の事象については、前項に記載のとおり当社の品質マネジメントシステムが有効に機能した上での気づき（良好事例）であり当社の品質プロセスに問題ないと判断していることから粛々と設計変更手続きを進めることとする。

以 上

添付－1 資料17－1 設計及び工事に係る品質管理の方法等（抜粋）

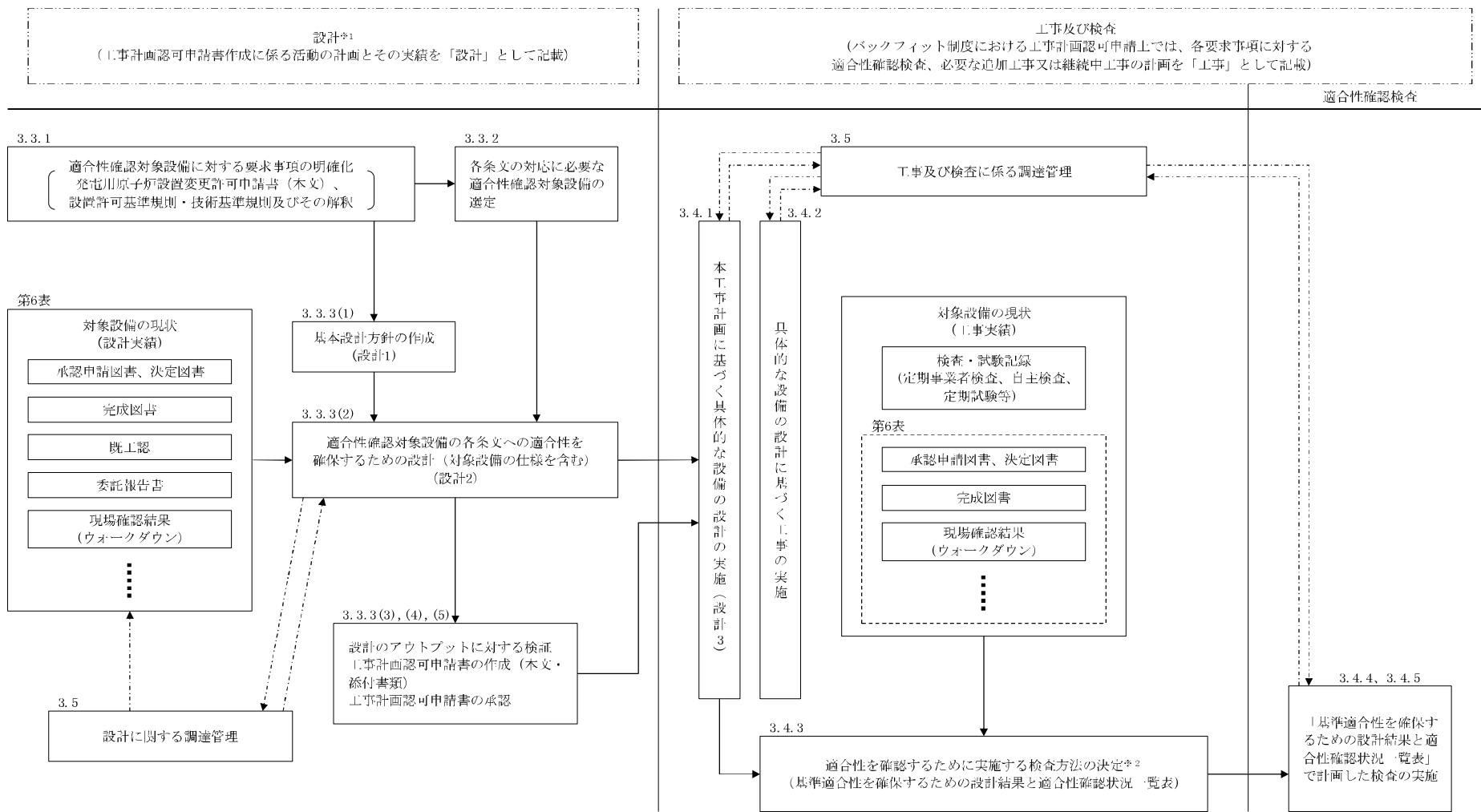
添付－2 資料17－9 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画
非常用電源設備（抜粋）

添付－3 本文品質保証計画（抜粋）

資料 1 7－ 1 設計及び工事に係る品質管理の方法等

第2表 本工事計画における設計、工事及び検査の各段階

各段階		本文品質保証 計画の対応項目	概要
設計	3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	7.3.2 設計・開発へのインプット
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	7.3.2 設計・開発へのインプット
	3.3.3(1)	基本設計方針の作成（設計1）	7.3.3 設計・開発からのアウトプット
	3.3.3(2)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）	7.3.3 設計・開発からのアウトプット
	3.3.3(3)	設計のアウトプットに対する検証	7.3.5 設計・開発の検証
	3.3.3(4)	工事計画認可申請書の作成	—
	3.3.3(5)	工事計画認可申請書の承認	—
3.3.4	設計における変更	7.3.7 設計・開発の変更管理	
工事及び検査	3.4.1	本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施（設計3）	7.3.5 設計・開発の検証 7.3.6 設計・開発の妥当性確認
	3.4.2	具体的な設備の設計に基づく工事の実施	—
	3.4.3	適合性確認検査の計画	7.3.6 設計・開発の妥当性確認
	3.4.4	検査計画の管理	—
	3.4.5	適合性確認検査の実施	8.2.4 検査及び試験
調達	3.5	本工事計画における調達管理の方法	7.4 調達 8.2.4 検査及び試験



※1:バックフィット制度における工事計画認可申請上の「設計」とは、要求事項を満足した設備とするための基本設計方針を作成(設計1)し、既に設置されている設備の状況を念頭に置きながら、適合性確認対象設備を各条文に適合させるための設計(設計2)を行う業務をいう。
また、この設計の結果を基に、本工事計画として申請が必要な範囲について、工事計画認可申請書にまとめる。

※2:条文ごとに適合性確認対象設備が本工事計画に適合していることを確認するための検査方法(代替確認の考え方を含む)の決定とその実施を工事の計画として明確にする。

□ : 本工事計画の範囲

---▶ : 必要に応じ実施する業務の流れ

第3図 適合性を確保するために必要な当社の活動(全体の流れ)

(b) 手計算による自社解析

自社で実施する解析（手計算）は、評価を実施するために必要な計算方法及び入力データを明確にした上で、当該業務の力量を持つ要員が実施する。

また、実施した解析結果に間違いがないようにするために、入力根拠、入力結果及び解析結果について、解析を実施した者以外の者によるダブルチェックを実施し、解析結果の信頼性を確保する。

(3) 設計のアウトプットに対する検証

設計を主管する箇所の長は、「3.3.3 本工事計画における設計」の「設計1」及び「設計2」で取りまとめた様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」を設計のアウトプットとして、これが設計のインプット（「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」及び「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」参照）で与えられた要求事項に対する適合性を確認した上で、要求事項を満たしていることの検証を、組織の要員に指示する。

なお、この検証は適合性確認を実施した者の業務に直接関与していない上位職位の者に実施させる。

(4) 工事計画認可申請書の作成

設計を主管する箇所の長は、本工事計画の設計として実施した「3.3.3(1) 基本設計方針の作成（設計1）」及び「3.3.3(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」からのアウトプットを基に、業務決定文書「工事計画認可申請における本文及び添付書類の作成要領について」に従って、本工事計画に必要な書類等を以下のとおり取りまとめる。

なお、以下の資料作成に当たり適合性確認対象設備を第7図及び第8図のフローに基づき分類し、その結果を様式-2(1/2)～(2/2)「設備リスト（例）」に取りまとめ、当該資料を作成する。

a. 要目表の作成

設計を主管する箇所の長は、「3.3.3(2) 適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計（設計2）」の設計結果及び図面等の設計資料を基に、実用炉規則別表第二の「設備別記載事項」の要求に従って、必要な事項（種類、主要寸法、材料、個数等）を設備ごとに表（要目表）又は図面等に取りまとめる。

(5) 工事計画認可申請書の承認

「3.3.3(3) 設計のアウトプットに対する検証」及び「3.3.3(4)d. 工事計画認可申請書案のチェック」を実施した工事計画認可申請書案について、工事計画認可申請書の取りまとめを主管する箇所の長は、設計を主管する箇所の長が作成した資料を取りまとめ、原子力発電安全委員会へ付議し、審議及び確認を得る。

また、工事計画認可申請書の提出手続きを主管する箇所の長は、原子力発電安全委員会の審議及び確認を得た工事計画認可申請書について、原子力規制委員会及び経済産業大臣への提出手続きを承認する。

3.3.4 設計における変更

設計を主管する箇所の長は、設計対象の追加又は変更が必要となった場合、「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」～「3.3.3 本工事計画における設計」の各設計結果のうち、影響を受けるものについて必要な詳細設計を実施し、影響を受けた段階以降の設計結果を必要に応じ修正する。

3.4 工事に係る品質管理の方法及びその検査のための方法

工事を主管する箇所の長は、本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施及びその結果を反映した設備を導入するために必要な工事を、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」の管理を適用して実施する。

なお、工事を主管する箇所の長は、自然環境の悪化を前提に、機材の転倒・損傷・飛散・落下等による安全上の重要な機器等への影響等、想定されるリスクを事前に検討する。また、工事の実施において自然環境の情報を積極的に入手し、関係者と情報の共有を図り、事前に定めた適切な処置を計画どおり実施していることを確認する。

また、検査を主管する箇所の長は、適合性確認対象設備の具体的な設計結果に適合していることを確認するための適合性確認検査を計画し、本工事計画に適合していることを確認する。

3.4.1 本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施（設計3）

本工事計画において、工事を主管する箇所の長は、工事段階において、以下の何れかの方法で、本工事計画を実現するための具体的な設計（設計3）を実施し、決定した具体的な設計結果を様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

また、工事を主管する箇所の長は、本工事計画に基づく設備の設置において、新規基準施行以前から設置している設備及び既に工事を着手し設置を終えている設

備について、既に実施された具体的な設計の結果が本工事計画に適合していることを確認し、様式-8「基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表（例）」の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめる。

(1) 自社で設計する場合

本店組織又は発電所組織の工事を主管する箇所の長は、「設計3」を実施する。

(2) 「設計3」を本店組織の工事を主管する箇所の長が調達し発電所組織の工事を主管する箇所の長が調達管理として「設計3」を管理する場合

本店組織の工事を主管する箇所の長は、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従った調達により「設計3」を実施する。

また、発電所組織の工事を主管する箇所の長は、その調達の中で供給者が実施する「設計3」の管理を、調達管理として、詳細設計の検証及び妥当性確認を行うことにより管理する。

(3) 「設計3」を発電所組織の工事を主管する箇所の長が調達しかつ調達管理として「設計3」を管理する場合

発電所組織の工事を主管する箇所の長は、「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従った調達により「設計3」を実施する。

また、発電所組織の工事を主管する箇所の長は、その調達の中で供給者が実施する「設計3」の管理を、調達管理として、詳細設計の検証及び妥当性確認を行うことにより管理する。

3.4.2 具体的な設備の設計に基づく工事の実施

工事を主管する箇所の長は、本工事計画に基づく設備を設置するための工事を「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に従い実施する。

なお、本工事計画に基づき設置する設備のうち、新規制基準施行以前から設置している設備及び既に工事を着手し設置を終えている設備については、以下のとおり取り扱う。

(1) 新規制基準施行以前に設置している適合性確認対象設備

本工事計画に基づく設備を設置する工事のうち、新規制基準施行以前から設置し本工事計画に基づく設備としての工事が完了している適合性確認対象設備については、「3.4.3 適合性確認検査の計画」以降の適合性確認検査の段階から実施する。

資料 1 7-9 本工事計画に係る設計の実績、工事及び検査の計画
非常用電源設備

各段階	設計、工事及び検査の業務フロー				組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当 ○:関連			実施 (○) / 計画 (△)	実施内容 (設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)		備考
	当社		供給者		原子力 事業 本部	発電所	供給者		業務実績又は業務計画	記録等	
									b. 各機器固有の設計 (a) 耐震評価 電気設備GCMは、耐震評価を資料17-4の「4. 地震による損傷防止に関する設計」で実施した。 【単線結線図】 【設備別記載事項の設定根拠に関する説明書】		
設計	3.3.3 (2)				◎	○	○	○	2.8 電気盤 電気設備GCMは、高エネルギーアーク損傷（以下「IEAF」という。）対策に係る設計として次のとおり実施した。 (1) IEAF対策を行う電気盤の選定 電気設備GCMは、関係法令及び基本設計方針をインプットとして、IEAF 対策を行う電気盤の対象を、非常用ディーゼル発電機に接続されるものを除く、重要安全施設への電力供給に係る電気盤（安全系メタルクラッド開閉装置、安全系パワーセンタ及び安全系コントロールセンタ）及び当該電気盤に影響を与える恐れのある電気盤とした。 (2) 設備仕様に係る設計 a. アークエネルギーのしきい値に係る評価 電気設備GCMは、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について、アーク火災が発生するアークエネルギーのしきい値に係る評価を次のとおり実施した。 ① 試験条件の設定 電気設備GCMは、「2.8(1) IEAF 対策を行う電気盤の選定」及び設備図書をインプットとして、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のアークエネルギーの試験電流、試験電圧及び通電時間を設定した。 ② IEAF試験の実施 電気設備GCMは、「2.8(2)a.① 試験条件の設定」をインプットとして、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のアークエネルギーのしきい値に係る評価を実施するために必要な試験条件を仕様書に定め、供給者へしきい値の評価を委託した。 供給者は、試験条件をインプットとして、IEAF 試験を実施し、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がアーク火災に進展する最小アークエネルギーを算出した。 ③ アークエネルギーのしきい値の算出 供給者は、「2.8(2)a.② IEAF 試験の実施」をインプットとして、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のアークエネルギーのしきい値を算出し、その結果を研究報告書として取りまとめ、当社へ提出した。 電気設備GCMは、供給者が取りまとめた研究報告書を確認し、承認した。 電気設備GCMは、研究報告書をインプットとして、アークエネルギーのしきい値に係る評価結果を取りまとめるとともに、取りまとめた評価結果を美浜発電所電気係課長へ送付した。 電気設備GCMは、取りまとめた評価結果を設計資料に取りまとめた。	・仕様書 ・研究報告書 ・総括報告書	

各段階	設計、工事及び検査の業務フロー		組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当 ○:関連			実施 (○) / 計画 (△)	実施内容 (設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)		備考
	当社	供給者	原子力 事業 本部	発電所	供給者		業務実績又は業務計画	記録等	
							<p>b. 電気盤の保護継電器整定値に係る設計</p> <p>美浜発電所電気保修課長は、電気設備GCMから送付された評価結果をインプットとして、IEAF対策の対象となる電気盤の保護継電器整定値に係る設計を行うために必要な仕様書を作成し、資料17-1の「3.5 本工事計画における調達管理の方法」及び資料17-4の「1. 設計に係る解析業務の管理」に基づく調達管理を実施した。</p> <p>① 保護継電器調査の実施</p> <p>供給者は、「2.8(2)a アークエネルギーのしきい値に係る評価」、設備図書及び単線結線図をインプットとして、IEAF対策の対象となるすべての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について、現行の整定値においてアークエネルギーを算出し、その結果をリスト化した。</p> <p>② 保護継電器整定値の見直し</p> <p>供給者は、「2.8(2)b.① 保護継電器調査の実施」をインプットとして、現行の整定値でアーク火災の可能性がある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について、保護継電器の動作時間の見直しを実施し、その結果をリストへ反映した。</p> <p>供給者は、「2.8(2)b.① 保護継電器調査の実施」及び「2.8(2)b.② 保護継電器整定値の見直し」で作成したリストを総括報告書として、当社へ提出した。</p> <p>美浜発電所電気保修課長は、供給者が提出した総括報告書を確認し、承認するとともに承認した総括報告書を電気設備GCMへ送付した。</p> <p>電気設備GCMは、美浜発電所電気保修課長から送付された総括報告書、関係法令、基本設計方針、単線結線図及び配置図をインプットとしてIEAF対策の対象となるすべての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の短絡事故時におけるアークエネルギーと保護継電器の動作時間を定め、アウトプットとして設計資料に取りまとめた。</p> <p>電気設備GCMは、「2.8(2)a. アークエネルギーのしきい値に係る評価」及び「2.8(2)b. 電気盤の保護継電器整定値に係る設計」で取りまとめた設計資料をレビューし、承認した。</p> <p>【非常用発電装置の出力の決定に関する説明書】</p>	<p>・設計資料(非常用電源設備)</p>	
設計	3.3.3 (3)	設計のアウトプットに対する検証	◎	-	-	○	<p>設計を主管する箇所の長は、設計のアウトプットである様式-8が、品質管理説明書に記載している「3.3.1 適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化」及び「3.3.2 各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定」で与えられた要求事項を満たしていることの検証を、適合性確認を実施した者の業務に直接関与していない上位職位の者に実施させ、承認した。</p>	<p>・様式-8 基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表</p>	
設計	3.3.3 (4)	工事計画認可申請書の作成	◎	-	-	○	<p>設計を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.3.3(4) 工事計画認可申請書の作成」に基づき、適用される要求事項の抜けがないように管理して作成した基本設計方針(設計1)及び適用される技術基準の条項に対応した基本設計方針を用いて実施した詳細設計の結果(設計2)をもとに、工事計画として整理することにより、本工事計画認可申請書案を作成した。</p> <p>設計を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.3.3(4)d. 工事計画認可申請書案のチェック」に基づき、作成した工事計画認可申請書案について、確認を行った。</p>	<p>・工事計画認可申請書案</p>	

各段階	設計、工事及び検査の業務フロー		組織内外の部門間の相互関係 ◎:主担当 ○:関連			突進 (○) / 計画 (△)	実施内容 (設計、工事及び検査に係る品質管理の方法等に関する活動の実施結果)		備考
	当社	供給者	原子力 事業 本部	発電所	供給者		業務実績又は業務計画	記録等	
設計	3.3.3 (5)	↓ 工事計画認可申請書の承認	◎	-	-	○	資料17-1の「3.3.3(3) 設計のアウトプットに対する検証」及び資料17-1の「3.3.3(4)d. 工事計画認可申請書案のチェック」を実施した工事計画認可申請書案について、原子力工事センター所長は、設計を主管する箇所の長が作成した資料を取りまとめ、資料17-1の「3.3.3(5) 工事計画認可申請書の承認」に基づき、原子力発電安全委員会へ付議し、審議及び確認を得た。なお、設計における変更において原子力工事センター所長が設計を主管する箇所とならない場合は、当該変更に係る設計を主管する箇所の長の代表者が原子力発電安全委員会へ付議し、審議及び確認を得た。また、工事計画認可申請書の提出手続きを主管する発電GCMは、原子力規制委員会及び経済産業大臣への提出手続きを承認した。	・原子力発電安全委員会議事録	
工事及び検査	3.4.1 3.4.2 3.4.3 3.4.4	↓ 本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施(設計3) ↓ 具体的な設備の設計に基づく工事の実施 ↓ 適合性確認検査の計画 ↓ 検査計画の管理	◎	◎	○	△	<p>工事を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.4.1 本工事計画に基づく具体的な設備の設計の実施(設計3)」に基づき、本工事計画を実現するための具体的な設計を実施し、決定した具体的な設計結果を様式-8の「設備の具体的な設計結果」欄に取りまとめるとともに、審査し、承認する。</p> <p>工事を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.4.2 具体的な設備の設計に基づく工事の実施」に基づき、本工事計画の対象となる設備の工事を実施する。</p> <p>工事を主管する箇所の長は、本工事計画申請時点で継続中の工事及び適合性確認検査の計画検討時に、追加工事が必要となった場合、資料17-1の「3.5 本工事計画における調達管理の方法」に基づき、供給者から必要な調達を実施する。</p> <p>調達に当たっては、資料17-1の「3.5.3(1) 仕様書の作成」及び様式-8に基づき、必要な調達要求事項を「仕様書」へ明記し、供給者への情報伝達を確実に実行する。</p> <p>検査を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.4.3 適合性確認検査の計画」に基づき、本工事計画の対象設備が、技術基準規則の要求を満たした設計の結果である本工事計画に適合していることを確認するための適合性確認検査を計画する。</p> <p>検査を主管する箇所の長は、適合性確認検査の計画に当たって、資料17-1の「3.4.3(1) 適合性確認検査の方法の決定」に基づき、検査項目及び検査方法を決定し、様式-8の「確認方法」欄へ明記するとともに、審査し、承認する。</p> <p>検査を主管する箇所の長は、適合性確認検査を実施するための全体工程を資料17-1の「3.4.4 検査計画の管理」に基づき管理する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・様式-8 基準適合性を確保するための設計結果と適合性確認状況一覧表 ・仕様書 ・検査計画 	
工事及び検査	3.4.5 3.6.2	↓ 適合性確認検査の実施	-	◎	-	△	<p>検査を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.4.3(1) 適合性確認検査の方法の決定」で計画した適合性確認検査を実施するため、資料17-1の「3.4.5(1) 適合性確認検査の検査要領書の作成」に基づき、以下の項目を明確にした「検査要領書」を作成し、主任技術者及び品質保証室長の審査を経て制定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査目的、検査場所、検査範囲、設備概要、検査方法、判定基準、検査体制、不適合処置要領、検査手順、検査工程、検査用測定機器、検査成績書の事項 <p>工事又は検査を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.6.2 識別管理及び追跡可能性」に基づき、適合性確認検査対象設備を識別する。</p> <p>検査を主管する箇所の長は、資料17-1の「3.4.5(3) 適合性確認検査の体制」に基づき、検査実施責任者に検査を依頼する。</p> <p>依頼を受けた検査実施責任者は、資料17-1の「3.4.5(4) 適合性確認検査の実施」に基づき、検査員を指揮して「検査要領書」に基づき確立された検査体制の下で適合性確認検査を実施し、その結果を検査を主管する箇所の長へ報告する。</p> <p>報告を受けた検査を主管する箇所の長は、適合性確認検査が検査要領書に基づき適切に実施されたこと及び検査結果が判定基準に適合していることを確認したのち、検査結果を承認する。また、検査を主管する箇所の長は、承認した検査結果を主任技術者に報告する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・検査要領書 ・検査記録 	

※ --▶ : 必要に応じ実施する。

1 2 設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する次の事項

- (1) 品質保証の実施に係る組織
- (2) 保安活動の計画
- (3) 保安活動の実施
- (4) 保安活動の評価
- (5) 保安活動の改善

1 2 (1) ～ 1 2 (5) について次に示す。

変更前	変更後
<p>7.3.5 設計・開発の検証</p> <p>(1) 設計・開発からのアウトプットが、設計・開発へのインプットで与えられている要求事項を満たしていることを確実にするために、計画されたとおりに(7.3.1参照)検証を実施する。</p> <p>なお、計画に従ってプロセスの次の段階に進む場合には、要求事項に対する適合性の確認をしなければならない。この検証の結果の記録、及び必要な処置があればその記録を作成し、これを管理する。(4.2.4参照)</p> <p>(2) 設計・開発の検証は、原設計者以外の者又はグループが実施する。</p> <p>7.3.6 設計・開発の妥当性確認</p> <p>(1) 結果として得られる原子炉施設が、指定された用途又は意図された用途に応じた要求事項を満たし得ることを確実にするために、計画した方法(7.3.1参照)に従って、設計・開発の妥当性確認を実施する。</p> <p>(2) 実行可能な場合にはいつでも、原子炉施設の使用前に、妥当性確認を完了する。ただし、原子炉施設の設置の後でなければ妥当性確認を行うことができない場合は、原子炉施設の使用を開始する前に、妥当性確認を行う。</p> <p>(3) 妥当性確認の結果の記録、及び必要な処置があればその記録を作成し、これを管理する。(4.2.4参照)</p> <p>7.3.7 設計・開発の変更管理</p> <p>(1) 設計・開発の変更を行った場合は変更内容を識別するとともに、記録を作成し、これを管理する。(4.2.4参照)</p> <p>(2) 変更に対して、レビュー、検証及び妥当性確認を適切に行い、その変更を実施する前に承認する。</p> <p>(3) 設計・開発の変更のレビューには、その変更が、当該の原子炉施設を構成する要素及び関連する原子炉施設に及ぼす影響の評価(当該原子炉施設を構成する材料又は部品に及ぼす影響の評価を含む。)を含める。</p> <p>(4) 変更のレビューの結果の記録、及び必要な処置があればその記録を作成し、これを管理する。(4.2.4参照)</p>	<p>変更なし</p>

【美浜3号機、高浜1, 2号機 設計変更反映資料】

- ・美浜3号機

資料40 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書

(抜粋)

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1 / 2)

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器 名称	遮断器名称			
メ タ ル ク ラ ッ ド 開 閉 装 置	4-3C (4-3CM/C 受電遮断器 (HT r 側))	130	0.650	19.95
	4-3SC (4-3CM/C 受電遮断器 (ST r 側))	G30	0.694	21.30
	4-3EC (4-3CM/C 受電遮断器 (ET r 側))	ST20	0.110	3.23
	4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3C, 4-3SC, 4-3EC, 4-3AEG を除く)	E10	0.126	3.22
		4-3C	0.500	15.35
		4-3SC	0.500	14.66
	4-3EC	0.500	12.76	
	4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3D, 4-3SD, 4-3ED, 4-3BEG を除く)	130	0.650	19.90
		G30	0.694	21.25
		ST20	0.110	2.99
	4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3D, 4-3SD, 4-3ED, 4-3BEG を除く)	E10	0.126	3.22
		4-3D	0.500	15.31
		4-3SD	0.500	13.56
	4-3ED	0.500	12.76	

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (2 / 2)

機器名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するために開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
	遮断器名称				
パワーセンター	3-3C (3-3C P/C 受電遮断器 (動変2次側))		3-3CH	0.284	3.67
	3-3C 母線に接続される遮断器 (3-3Cを除く)		3-3C	0.266	3.44
	3-3D (3-3D P/C 受電遮断器 (動変2次側))		3-3DH	0.284	3.67
	3-3D 母線に接続される遮断器 (3-3Dを除く)		3-3D	0.266	3.44
	3-3E (3-3E P/C 受電遮断器 (動変2次側))		3-3EH	0.284	3.67
	3-3E 母線に接続される遮断器 (3-3Eを除く)		3-3E	0.266	3.43
	3C1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.41
	3C2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3C2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3C2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.14
	3D1 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D1 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D1 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.58
	3D2 原子炉 C/C に接続される遮断器 (3D2 原子炉 C/C 受電遮断器を除く)		3D2 原子炉 C/C 受電遮断器	0.120	1.28
コントロールセンター					

- ・高浜1号機

資料40 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書
(抜粋)

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1 / 2)

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
機器 名称	遮断器名称			
メ タ ル ク ラ ッ ド 開 閉 装 置	4-1HA (4-1AM/C 受電遮断器 (1AHT r 側))	110	0.750	20.93
	4-1SA (4-1AM/C 受電遮断器 (1AST r 側))	G10	0.794	22.15
	4-1EA (4-1AM/C 受電遮断器 (ET r 側))	ST10	0.110	3.26
	4-1A 母線に接続される遮断器 (4-1HA, 4-1SA, 4-1EA, 4-1AEG を除く)	E10	0.126	5.45
		4-1HA	0.500	13.95
		4-1SA	0.500	14.78
	4-1EA	0.500	21.62	
	4-1HB (4-1BM/C 受電遮断器 (1AHT r 側))	110	0.750	20.83
	4-1SB (4-1BM/C 受電遮断器 (1AST r 側))	G10	0.794	22.05
	4-1EB (4-1BM/C 受電遮断器 (ET r 側))	ST10	0.110	3.27
	4-1B 母線に接続される遮断器 (4-1HB, 4-1SB, 4-1EB, 4-1BEG を除く)	E10	0.126	5.40
		4-1HB	0.500	13.89
		4-1SB	0.500	14.85
	4-1EB	0.500	21.42	

- ・ 高浜 2 号機

資料 4 0 非常用発電装置の出力の決定に関する説明書
(抜粋)

第2-1表 各遮断器の遮断時間 (1 / 2)

機器名称	アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するため に開放する遮断器	遮断時間 (s)	アークエネルギー (MJ)
	遮断器名称				
メ タ ル ク ラ ッ ド 開 閉 装 置	4-2HA (4-2AM/C 受電遮断器 (2AHT r 側))		120	0.750	21.63
	4-2SA (4-2AM/C 受電遮断器 (1AST r 側))		G20	0.794	22.90
	4-2EA (4-2AM/C 受電遮断器 (ET r 側))		ST10	0.110	3.22
	4-2A 母線に接続される遮断器 (4-2HA, 4-2SA, 4-2EA, 4-2AEG を除く)	E10		0.126	5.43
		4-2HA		0.500	14.42
		4-2SA		0.500	14.61
	4-2EA		4-2EA	0.500	21.53
	4-2HB (4-2BM/C 受電遮断器 (2AHT r 側))	120		0.750	21.46
		G20		0.794	22.72
	4-2SB (4-2BM/C 受電遮断器 (1AST r 側))	ST10		0.110	3.25
		E10		0.126	5.46
	4-2EB (4-2BM/C 受電遮断器 (ET r 側))	4-2HB		0.500	14.31
		4-2SB		0.500	14.75
		4-2EB		0.500	21.63