

川内原子力発電所 1, 2 号機
玄海原子力発電所 3, 4 号機

工事計画認可申請書
【高エネルギーアーク損傷に係る対策工事】

—補足説明資料—

九州電力株式会社

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。

目 次

補足説明資料 1	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
補足説明資料 2	工事計画認可申請書に添付する書類の整理について
補足説明資料 3	工事の方法に関する補足説明資料
補足説明資料 4	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

補足説明資料 1

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

1. 概 要

本資料では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく手続きを行うにあたり、申請対象が適用を受ける「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」の条文を整理するとともに、適合性の確認が必要となる条文を明確にする。

2. 適用条文の整理結果

本工事計画の申請対象である非常用ディーゼル発電機に接続する電気盤に対するHEAF対策の適用条文は、下表に示す通り。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
設計基準対象施設			
第4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、既工事計画において適合性が確認されており、設計内容に変更はなく、設計基準対象施設の地盤は工事の内容（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5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6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、既工事計画から設計内容に変更は無く、津波による損傷の防止に係る設計は工事の内容（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7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、既工事計画から設計内容に変更は無く、外部からの衝撃による損傷の防止に係る設計は工事の内容（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8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9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10条 急傾斜地の崩壊の防 止	×	×	急傾斜地の崩壊の防止については、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、急傾斜地の崩壊の防止に係る設計は工事の内容（本申請内容）に関係しないため、審査対象条文とならない。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 11 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 12 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 13 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 14 条 安全設備	○	○	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、審査対象条文である。
第 15 条 設計基準対象施設の機能	○	○	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、審査対象条文である。
第 16 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 17 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 18 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 19 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 20 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 21 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 22 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 23 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 24 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 25 条 一次冷却材	×	×	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 26 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備	×	×	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 27 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 28 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 29 条 一次冷却材処理装置	×	×	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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 30 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 31 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 32 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 33 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 34 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 35 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 36 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 37 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 38 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 39 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 40 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 41 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 42 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 43 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 44 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 45 条 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、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 46 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 47 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 48 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
重大事故等対処施設			
第 49 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 27 年 3 月 18 日付け原規規発第 1503181 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 50 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 51 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 52 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 53 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 54 条 重大事故等対処設備	○	○	非常用ディーゼル発電機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、審査対象条文である。
第 55 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 56 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 57 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 58 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 59 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 60 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 61 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 62 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 63 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 64 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 65 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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 66 条 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備	×	×	原子炉格納容器下部の熔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熔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 67 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 68 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 69 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 70 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 71 条 重大事故等の収束に必要となる水の供給設備	×	×	重大事故等の収束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、重大事故等の収束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。

技術基準規則	要否判断		理由
	申請	適用	
第 72 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 73 条 計装設備	×	×	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 74 条 原子炉制御室	×	×	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 75 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 76 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 77 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 78 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。

設計及び工事計画認可申請における適用条文一覧表

条文	総則			技術基準規則DB (条)																																												備考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
	適用範囲	定義	特殊な設計	地震盤	地震震波	外部衝撃	立ち入り防止	不法侵入	急傾斜地	火災	溢水	避難通路	安全設備	設計基準対象施設	全交流電源喪失	材料構造	破壊の防止	流体振動	安全弁	耐圧試験	監視試験片	炉心遮蔽材	熱遮蔽材	一次冷却材	燃料取扱設備	パウウンダリ隔離装置	パウウンダリ隔離装置	一次冷却材処理装置	逆止め弁	蒸気タービン	非常用炉心冷却設備	循環環設備	計測装置	安全保護装置	反応度制御	制御御棒	原子炉制御室	廃棄物処理設備	廃棄物貯蔵設備	汚染の防止	生体遮蔽	換気設備	原子炉格納施設	保安電源設備	緊急時対策所	警報装置等	準用	
施設区分 設備区分	分類 設備等			共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	共通	共通	個別	共通	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通		
その他発電 用原子炉の 附属施設 非常用電源 設備	メタルク ラッド開 閉装置(非 常用)												○	○																																		○

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

－：適合性確認が不要な条文

設計及び工事計画認可申請における適用条文一覧表

条文		技術基準規則 SA (条)																												備考		
		49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76		77	78
		地盤	地震	津波	火災	特重設備	重大事故等対処設備	材料構造	破壊の防止	安全弁	耐圧試験	未臨界	高圧時の冷却	ハウンドダリの減圧	低圧時の冷却	最終ヒートシンク	C V 冷却	C V 過圧破損防止	下部熔融炉心冷却	C V 水素爆発	原子炉建屋水素爆発	S F P 冷却	拡散抑制	水の供給	電源設備	計装設備	原子炉制御室	監視測定設備	緊急時対策所	通信	準用	
施設区分	設備区分	分類	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	共通	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	個別	共通
その他発電用原子炉の附属施設 非常用電源設備	メタルクラッド開閉装置(非常用)		-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

-：適合性確認が不要な条文

補足説明資料 2

工事計画認可申請書に添付する書類の
整理について

工事計画認可申請書に添付する書類の整理について

1. 概 要

川内原子力発電所1/2号機及び玄海原子力発電所3/4号機においては、高エネルギーアークによるアーク火災を防止するための対策工事を計画している。

本資料では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく当該工事計画の手続きを行うにあたり、工事計画認可申請書に添付する書類について整理する。

2. 添付書類の整理結果

工事計画認可申請書に添付すべき書類は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の別表第二の上覧に記載される種類に応じて、下欄に記載される添付書類を添付する必要があるが、別表第二では「認可の申請又は届出に係る工事の内容に関係あるものに限る。」との規定があるため、本申請範囲である「非常用電源設備」のうち、本工事に要求される添付書類の要否の検討を行った。検討結果を表1に示す。

表1 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく工事計画認可申請において
要求される添付書類及び本申請における添付の要否の検討結果

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	×	本工事計画は、送電系統設備の変更を伴わないため不要。
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	×	急傾斜地崩壊危険区域の設定はないため対象外。
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不要。
単線結線図	○	本工事計画は、単線結線図が変更となるため添付する。
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、耐震設計上重要な設備を設置する施設に関する説明書に関する記載に影響を与えないため不要。
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不要。
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の配置について、「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。

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
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及び系統図	×	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不要。
非常用発電装置の出力の決定に関する説明書	○	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、燃料系統図の変更を伴わないため不要。
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不要。
構造図	×	本工事計画は、構造図の変更を伴わないため不要。
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不要。
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	○	変更における「設計」に関する品質管理の方法等を示す必要があるため添付する。

補足説明資料 3

工事の方法に関する補足説明資料 補足説明資料

工事の方法に関する補足説明資料

1. 概 要

工事の方法として、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。

本資料では、工事の方法のうち当該工事に該当する箇所を明示するものである。

2. 当該工事に該当する箇所

工事の方法のうち、当該工事に該当する箇所を示す。

凡例

(黄色ハンチング) : 本設計及び工事の計画に該当する箇所

原子炉本体に係る工事の方法

変更前	変更後
<p>発電用原子炉施設の設置又は変更の工事並びに主要な耐圧部の溶接部における工事の方法として、原子炉設置(変更)許可を受けた事項、及び「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」(以下「技術基準」という。)の要求事項に適合するための設計(基本設計方針及び要目表)に従い実施する工事の手順と、それら設計や工事の手順に従い工事が行われたことを確認する使用前事業者検査の方法を以下に示す。</p> <p>これらの工事の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する。</p> <p>1. 工事の手順</p> <p>1.1 工事の手順と使用前事業者検査</p> <p>発電用原子炉施設の設置又は変更の工事における工事の手順を使用前事業者検査との関係を含め図1に示す。</p> <p>1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る工事の手順と使用前事業者検査</p> <p>主要な耐圧部の溶接部に係る工事の手順を使用前事業者検査との関係を含め図2に示す。</p> <p>1.3 燃料体に係る工事の手順と使用前事業者検査</p> <p>燃料体に係る工事の手順を使用前事業者検査との関係を含め図3に示す。</p> <p>2. 使用前事業者検査の方法</p> <p>構造、強度及び漏えいを確認するために十分な方法、機能及び性能を確認するために十分な方法、その他設置又は変更の工事がその設計及び工事の計画に従って行われたものであることを確認するために十分な方法により、使用前事業者検査を図1、図2及び図3のフローに基づき実施する。使用前事業者検査は「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に記載したプロセスにより、抽出されたものの検査を実施する。</p> <p>また、使用前事業者検査は、検査の時期、対象、方法、検査体制に加えて、検査の内容と重要度に応じて、立会、抜取り立会、記録確認のいずれかとするを要領書等で定め実施する。</p>	<p>変更なし</p>

変更前

変更後

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

構造、強度又は漏えいに係る検査ができるようになったとき、表1に示す検査を実施する。

表1 構造、強度又は漏えいに係る検査（燃料体を除く。）^(注1)

検査項目	検査方法		判定基準
「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に記載したプロセスにより、当該工事における構造、強度又は漏えいに係る確認事項として次に掲げる項目の中から抽出されたもの。 ・材料検査 ・寸法検査 ・外観検査 ・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 ・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 ・建物・構築物の構造を確認する検査	材料検査	使用されている材料の化学成分、機械的強度等が工事計画のとおりであることを確認する。	設工認のとおりであること、技術基準に適合するものであること。
	寸法検査	主要寸法が工事計画のとおりであり、許容寸法内であることを確認する。	設工認に記載されている主要寸法の計測値が、許容寸法を満足すること。
	外観検査	有害な欠陥がないことを確認する。	健全性に影響を及ぼす有害な欠陥がないこと。
	組立て及び据付け状態を確認する検査（据付検査）	組立て状態並びに据付け位置及び状態が工事計画のとおりであることを確認する。	設工認のとおりに組立て、据付けされていること。
	状態確認検査	評価条件、手順等が工事計画のとおりであることを確認する。	設工認のとおりであること。

変更なし

変更前

変更後

表 1 構造、強度又は漏えいに係る検査（燃料体を除く。）^(注1)

検査項目	検査方法	判定基準
^(注2) 耐圧検査	技術基準の規定に基づく検査圧力で所定時間保持し、検査圧力に耐え、異常のないことを確認する。耐圧検査が構造上困難な部位については、技術基準の規定に基づく非破壊検査等により確認する。	検査圧力に耐え、かつ、異常のないこと。
^(注2) 漏えい検査	耐圧検査終了後、技術基準の規定に基づく検査圧力により漏えいの有無を確認する。なお、漏えい検査が構造上困難な部位については、技術基準の規定に基づく非破壊検査等により確認する。	著しい漏えいのないこと。
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	地盤の地質状況が、原子炉格納施設の基盤として十分な強度を有することを確認する。	設工認のとおりであること。
建物・構築物の構造を確認する検査	主要寸法、組立方法、据付位置及び据付状態等が工事計画のとおり製作され、組み立てられていることを確認する。	設工認のとおりであること。

変更なし

(注 1) 基本設計方針のうち適合性確認対象に対して実施可能な検査を含む。

(注 2) 耐圧検査及び漏えい検査の方法について、表 1 によらない場合は、基本設計方針の共通項目として定めた「耐圧試験等」の方針によるものとする。

変更前	変更後
<p>2.1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査</p> <p>主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査は、技術基準第 17 条第 15 号、第 31 条、第 48 条第 1 項及び第 55 条第 7 号、並び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の解釈（以下「技術基準解釈」という。）に適合するよう、以下の(1)及び(2)の工程ごとに検査を実施する。</p> <p>(1) あらかじめ確認する事項</p> <p>次の①及び②については、主要な耐圧部の溶接をしようとする前に、「日本機械学会 発電用原子力設備規格 溶接規格(JSME S NB1-2007)」(以下「溶接規格」という。)第 2 部 溶接施工法認証標準及び第 3 部 溶接士技能認証標準に従い、表 2-1、表 2-2 に示す検査を行う。その際、以下のいずれかに該当する特殊な溶接方法は、その確認事項の条件及び方法の範囲内で①溶接施工法に関することを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 12 年 6 月以前に旧電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令（昭和 45 年通商産業省令第 81 号）第 2 条に基づき、通商産業大臣の認可を受けた特殊な溶接方法 ・平成 12 年 7 月以降に、一般社団法人日本溶接協会又は一般財団法人発電設備技術検査協会による確性試験により適合性確認を受けた特殊な溶接方法 <p>① 溶接施工法に関すること</p> <p>② 溶接士の技能に関すること</p> <p>なお、①又は②について、既に、以下のいずれかにより適合性が確認されているものは、主要な耐圧部の溶接をしようとする前に表 2-1、表 2-2 に示す検査は要さないものとする。</p> <p>① 溶接施工法に関すること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 12 年 6 月 30 日以前に電気事業法（昭和 39 年法律第 170 号）に基づき国の認可証又は合格証を取得した溶接施工法 ・平成 12 年 7 月 1 日から平成 25 年 7 月 7 日に、電気事業法に基づく溶接事業者検査において、各設置者が技術基準への適合性を確認した溶接施工法 	<p style="text-align: center;">変更なし</p>

変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> ・平成 25 年 7 月 8 日以降、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）に基づき、各設置者が技術基準への適合性を確認した溶接施工法 ・前述と同等の溶接施工法として、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）における他の施設にて、認可を受けたもの、溶接安全管理検査、使用前事業者検査等で溶接施工法の確認を受けたもの又は客観性を有する方法により確認試験が行われ判定基準に適合しているもの。ここで、他の施設とは、加工施設、試験研究用等原子炉施設、使用済燃料貯蔵施設、再処理施設、特定第一種廃棄物埋設施設、特定廃棄物管理施設をいう。 <p>② 溶接士の技能に関すること</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶接規格第 3 部 溶接士技能認証標準によって認定されたものと同等と認められるものとして、技術基準解釈別記-5 に示されている溶接士が溶接を行う場合 ・溶接規格第 3 部 溶接士技能認証標準に適合する溶接士が、技術基準解釈別記-5 の有効期間内に溶接を行う場合 	<p style="text-align: center;">変更なし</p>

変更前		変更後
表 2-1 あらかじめ確認すべき事項（溶接施工法）		
検査項目	検査方法及び判定基準	
溶接施工法の内容確認	計画している溶接施工法の内容が、技術基準に適合する方法であることを確認する。	
材料確認	試験材の種類及び機械的性質が試験に適したものであることを確認する。	
開先確認	試験をする上で、健全な溶接が施工できることを確認する。	
溶接作業中確認	溶接施工法及び溶接設備等が計画どおりのものであり、溶接条件等が溶接検査計画書のとおり実施されることを確認する。	
外観確認	試験材について、目視により外観が良好であることを確認する。	
溶接後熱処理確認	溶接後熱処理の方法等が技術基準に基づき計画した内容に適合していることを確認する。	
浸透探傷試験確認	技術基準に適合した試験の方法により浸透探傷試験を行い、表面における開口した欠陥の有無を確認する。	
機械試験確認	溶接部の強度、延性及び靱性等の機械的性質を確認するため、継手引張試験、曲げ試験及び衝撃試験により溶接部の健全性を確認する。	
断面検査確認	管と管板の取付け溶接部の断面について、技術基準に適合する方法により目視検査及びのど厚測定により確認する。	
(判定) ^(注)	以上の全ての工程において、技術基準に適合していることが確認された場合、当該溶接施工法は技術基準に適合するものとする。	
(注) () 内は検査項目ではない。		変更なし

変更前		変更後
表 2-2 あらかじめ確認すべき事項（溶接士）		
検査項目	検査方法及び判定基準	
溶接士の試験内容の確認	検査を受けようとする溶接士の氏名、溶接訓練歴等、及びその者が行う溶接施工法の範囲を確認する。	
材料確認	試験材の種類及び機械的性質が試験に適したものであることを確認する。	
開先確認	試験をする上で、健全な溶接が施工できることを確認する。	
溶接作業中確認	溶接士及びその溶接士が行う溶接作業が溶接検査計画書のとおりであり、溶接条件が溶接検査計画書のとおり実施されることを確認する。	
外観確認	目視により外観が良好であることを確認する。	
浸透探傷試験確認	技術基準に適合した試験の方法により浸透探傷試験を行い、表面に開口した欠陥の有無を確認する。	変更なし
機械試験確認	曲げ試験を行い、欠陥の有無を確認する。	
断面検査確認	管と管板の取付け溶接部の断面について、技術基準に適合する方法により目視検査及びのど厚測定により確認する。	
(判定) ^(注)	以上の全ての工程において、技術基準に適合していることが確認された場合、当該溶接士は技術基準に適合する技能を持った者とする。	
(注) () 内は検査項目ではない。		

変更前	変更後
<p>(2) 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項</p> <p>発電用原子炉施設のうち技術基準第 17 条第 15 号、第 31 条、第 48 条第 1 項及び第 55 条第 7 号の主要な耐圧部の溶接部について、表 3-1 に示す検査を行う。</p> <p>また、以下の①又は②に限り、原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器に対してテンパービード溶接を適用することができ、この場合、テンパービード溶接方法を含む溶接施工法の溶接部については、表 3-1 に加えて表 3-2 に示す検査を実施する。</p> <p>① 平成 19 年 12 月 5 日以前に電気事業法に基づき実施された検査において溶接後熱処理が不要として適合性が確認された溶接施工法</p> <p>② 以下の規定に基づく溶接施工法確認試験において、溶接後熱処理が不要として適合性が確認された溶接施工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 12 年 6 月以前に旧電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令（昭和 45 年通商産業省令第 81 号）第 2 条に基づき、通商産業大臣の許可を受けた特殊な溶接方法 ・平成 12 年 7 月以降に、一般社団法人日本溶接協会又は一般財団法人発電設備技術検査協会による確性試験による適合性確認を受けた特殊な溶接方法 	<p style="text-align: center;">変更なし</p>

変更前		変更後
表 3-1 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項		
検査項目	検査方法及び判定基準	
適用する溶接施工法、溶接士の確認	適用する溶接施工法、溶接士について、表 2-1 及び表 2-2 に示す適合確認がなされていることを確認する。	
材料検査	溶接に使用する材料が技術基準に適合するものであることを確認する。	
開先検査	開先形状、開先面の清浄及び継手面の食違い等が技術基準に適合するものであることを確認する。	
溶接作業検査	あらかじめの確認において、技術基準に適合していることが確認された溶接施工法及び溶接士により溶接施工しているかを確認する。	
熱処理検査	溶接後熱処理の方法、熱処理設備の種類及び容量が、技術基準に適合するものであること、また、あらかじめの確認において技術基準に適合していることを確認した溶接施工法の範囲により実施しているかを確認する。	
非破壊検査	溶接部について非破壊試験を行い、その試験方法及び結果が技術基準に適合するものであることを確認する。	
機械検査	溶接部について機械試験を行い、当該溶接部の機械的性質が技術基準に適合するものであることを確認する。	
耐圧検査 ^(注1)	規定圧力で耐圧試験を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを確認する。規定圧力で行うことが著しく困難な場合は、可能な限り高い圧力で試験を実施し、耐圧試験の代替として非破壊試験を実施する。 (外観の状況確認) 溶接部の形状、外観及び寸法が技術基準に適合することを確認する。	
(適合確認) ^(注2)	以上の全ての工程において、技術基準に適合していることが確認された場合、当該溶接部は技術基準に適合するものとする。	
<p>(注 1) 耐圧検査の方法について、表 3-1 によらない場合は、基本設計方針の共通項目として定めた「材料及び構造等」の方針によるものとする。</p> <p>(注 2) () 内は検査項目ではない。</p>		変更なし

変更前						変更後
<p align="center">表 3-2 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項 (テンパービード溶接を適用する場合)</p>						
検査項目	検査方法及び判定基準	同種材の溶接	クラッド材の溶接	異種材の溶接	バタリング材の溶接	
材料検査	1. 中性子照射 10^{19}nvt 以上受ける設備を溶接する場合に使用する溶接材料の銅含有量は、0.10%以下であることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	2. 溶接材料の表面は、錆、油脂付着及び汚れ等がないことを確認する。	適用	適用	適用	適用	
開先検査	1. 当該施工部位は、溶接規格に規定する溶接後熱処理が困難な部位であることを図面等で確認する。	適用	適用	適用	適用	
	2. 当該施工部位は、過去に当該溶接施工法と同一又は類似の溶接後熱処理が不要な溶接方法を適用した経歴を有していないことを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	3. 溶接を行う機器の面は、浸透探傷試験又は磁粉探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	4. 溶接深さは、母材の厚さの2分の1以下であること。	適用	—	適用	—	
	5. 個々の溶接部の面積は 650cm^2 以下であることを確認する。	適用	—	適用	—	
	6. 適用する溶接施工法に、クラッド材の溶接開先底部とフェライト系母材との距離が規定されている場合は、その寸法が規定を満足していることを確認する。	—	適用	—	—	
	7. 適用する溶接施工法に、溶接開先部がフェライト系母材側へまたがって設けられ、そのまたがりの距離が規定されている場合は、その寸法が規定を満足していることを確認する。	—	—	適用	—	
						変更なし

変更前						変更後
<p style="text-align: center;">表 3-2 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項 (テンパービード溶接を適用する場合)</p>						
検査項目	検査方法及び判定基準	同種材の溶接	クラッド材の溶接	異種材の溶接	バタリング材の溶接	
溶接作業検査	自動ティグ溶接を適用する場合は、次によることを確認する。					
	1. 自動ティグ溶接は、溶加材を通電加熱しない方法であることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	2. 溶接は、適用する溶接施工法に規定された方法に適合することを確認する。					
	①各層の溶接入熱が当該施工法に規定する範囲内で施工されていることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	②2層目端部の溶接は、1層目溶接端の母材熱影響部(1層目溶接による粗粒化域)が適切なテンパー効果を受けるよう、1層目溶接端と2層目溶接端の距離が1mmから5mmの範囲であることを確認する。	適用	—	適用	—	
	③予熱を行う溶接施工法の場合は、当該施工法に規定された予熱範囲及び予熱温度を満足していることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	④当該施工法にパス間温度が規定されている場合は、温度制限を満足していることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
⑤当該施工法に、溶接を中断する場合及び溶接終了時の温度保持範囲と保持時間が規定されている場合は、その規定を満足していることを確認する。	適用	適用	適用	適用		
⑥余盛り溶接は、1層以上行われていることを確認する。	適用	—	適用	—		
⑦溶接後の温度保持終了後、最終層ビードの除去及び溶接部が平滑となるよう仕上げ加工されていることを確認する。	適用	—	適用	—		
						変更なし

変更前						変更後
表 3-2 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項 (テンパービード溶接を適用する場合)						
検査項目	検査方法及び判定基準	同種材の溶接	クラッド材の溶接	異種材の溶接	バタリング材の溶接	
非破壊検査	溶接部の非破壊検査は、次によることを確認する。					
	1. 1層目の溶接終了後、磁粉探傷試験又は浸透探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	適用	-	-	-	
	2. 溶接終了後の試験は、次によることを確認する。					
	①溶接終了後の非破壊試験は、室温状態で48時間以上経過した後に実施していることを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	②予熱を行った場合はその領域を含み、溶接部は磁粉探傷試験又は浸透探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	適用	適用	適用	適用	
	③超音波探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	-	適用	適用	-	
④超音波探傷試験又は2層目以降の各層の磁粉探傷試験若しくは浸透探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	適用	-	-	-		
⑤放射線透過試験又は超音波探傷試験を行い、これに合格することを確認する。	-	-	-	適用		
3. 温度管理のために取り付けた熱電対がある場合は、機械的方法で除去し、除去した面に欠陥がないことを確認する。	適用	適用	適用	適用		
						変更なし

変更前	変更後
<p>2.1.3 燃料体に係る検査</p> <p>燃料体については、以下(1)～(3)の加工の工程ごとに表 4 に示す検査を実施する。なお、燃料体を発電用原子炉に受け入れた後は、原子炉本体として機能又は性能に係る検査を実施する。</p> <p>(1) 燃料材、燃料被覆材その他の部品については、組成、構造又は強度に係る試験をすることができる状態になった時</p> <p>(2) 燃料要素の加工が完了した時</p> <p>(3) 加工が完了した時</p> <p>また、燃料体については構造、強度又は漏えいに係る検査を実施することにより、技術基準への適合性が確認できることから、構造、強度又は漏えいに係る検査の実施をもって工事の完了とする。</p>	<p>変更なし</p>

変更前

変更後

表 4 構造、強度又は漏えいに係る検査（燃料体）^(注)

検査項目	検査方法		判定基準
(1) 燃料材、燃料被覆材その他の部品の化学成分の分析結果の確認その他これらの部品の組成、構造又は強度に係る検査	材料検査	使用されている材料の化学成分、機械的強度等が工事計画のとおりであることを確認する。	設工認のとおりであること、技術基準に適合するものであること。
	寸法検査	主要寸法が工事計画のとおりであり、許容寸法内であることを確認する。	
(2) 燃料要素に係る次の検査 一 寸法検査 二 外観検査 三 表面汚染密度検査 四 溶接部の非破壊検査 五 圧力検査 六 漏えい検査（この表の(3)三に掲げる検査が行われる場合を除く。）	外観検査	有害な欠陥等がないことを確認する。	
	表面汚染密度検査	表面に付着している核燃料物質の量が技術基準の規定を満足することを確認する。	
	溶接部の非破壊検査	溶接部の健全性を非破壊検査等により確認する。	
	漏えい検査	漏えい試験における漏えい量が、技術基準の規定を満足することを確認する。	
	圧力検査	初期圧力が工事計画のとおりであり、許容値内であることを確認する。	
(3) 組み立てられた燃料体に係る次の検査 一 寸法検査 二 外観検査 三 漏えい検査（この表の(2)六に掲げる検査が行われる場合を除く。） 四 質量検査	質量検査	燃料集合体の総質量が工事計画のとおりであることを確認する。	

変更なし

(注) 基本設計方針のうち適合性確認対象に対して実施可能な検査を含む。

変更前	変更後						
<p>2.2 機能又は性能に係る検査</p> <p>機能又は性能を確認するため、以下のとおり検査を行う。</p> <p>但し、表 1 の表中に示す検査により機能又は性能を確認できる場合は、表 5、表 6 又は表 7 の表中に示す検査を表 1 の表中に示す検査に替えて実施する。</p> <p>また、改造、修理又は取替の工事であって、燃料体を挿入できる段階又は臨界反応操作を開始できる段階と工事完了時が同じ時期の場合、工事完了時として実施することができる。</p> <p>構造、強度又は漏えいを確認する検査と機能又は性能を確認する検査の内容が同じ場合は、構造、強度又は漏えいを確認する検査の記録確認をもって、機能又は性能を確認する検査とすることができる。</p> <p>2.2.1 燃料体を挿入できる段階の検査</p> <p>発電用原子炉に燃料体を挿入することができる状態になったとき表 5 に示す検査を実施する。</p> <p style="text-align: center;">表 5 燃料体を挿入できる段階の検査^(注)</p> <table border="1" data-bbox="281 1050 1460 1554"> <thead> <tr> <th>検査項目</th> <th>検査方法</th> <th>判定基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要なものを確認する検査及び工程上発電用原子炉に燃料体を挿入する前でなければ実施できない検査</td> <td>発電用原子炉に燃料体を挿入するにあたり、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に係る機能又は性能を試運転等により確認するほか、発電用原子炉施設の安全性確保の観点から、発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要な工学的安全施設、安全設備等の機能又は性能を当該各系統の試運転等により確認する。</td> <td>原子炉に燃料体を挿入するにあたり、確認が必要な範囲について、設工認のとおりであり、技術基準に適合するものであること。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注) 基本設計方針のうち適合性確認対象に対して実施可能な検査を含む。</p>	検査項目	検査方法	判定基準	発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要なものを確認する検査及び工程上発電用原子炉に燃料体を挿入する前でなければ実施できない検査	発電用原子炉に燃料体を挿入するにあたり、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に係る機能又は性能を試運転等により確認するほか、発電用原子炉施設の安全性確保の観点から、発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要な工学的安全施設、安全設備等の機能又は性能を当該各系統の試運転等により確認する。	原子炉に燃料体を挿入するにあたり、確認が必要な範囲について、設工認のとおりであり、技術基準に適合するものであること。	<p style="text-align: center;">変更なし</p>
検査項目	検査方法	判定基準					
発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要なものを確認する検査及び工程上発電用原子炉に燃料体を挿入する前でなければ実施できない検査	発電用原子炉に燃料体を挿入するにあたり、核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設に係る機能又は性能を試運転等により確認するほか、発電用原子炉施設の安全性確保の観点から、発電用原子炉に燃料体を挿入した状態において必要な工学的安全施設、安全設備等の機能又は性能を当該各系統の試運転等により確認する。	原子炉に燃料体を挿入するにあたり、確認が必要な範囲について、設工認のとおりであり、技術基準に適合するものであること。					

変更前

変更後

2.2.2 臨界反応操作を開始できる段階の検査

発電用原子炉の臨界反応操作を開始することができる状態になったとき、表 6 に示す検査を実施する。

表 6 臨界反応操作を開始できる段階の検査^(注)

検査項目	検査方法	判定基準
発電用原子炉が臨界に達する時に必要なものを確認する検査及び工程上発電用原子炉が臨界に達する前でなければ実施できない検査	発電用原子炉の出力を上げるにあたり、発電用原子炉に燃料体を挿入した状態での確認項目として、燃料体の炉内配置及び原子炉の核的特性等を確認する。また、工程上発電用原子炉が臨界に達する前でなければ機能又は性能を確認できない設備について、機能又は性能を当該各系統の試運転等により確認する。	原子炉の臨界反応操作を開始するにあたり、確認が必要な範囲について、設工認のとおりであり、技術基準に適合すること。

(注) 基本設計方針のうち適合性確認対象に対して実施可能な検査を含む。

変更なし

2.2.3 工事完了時の検査

全ての工事が完了したとき、表 7 に示す検査を実施する。

表 7 工事完了時の検査^(注)

検査項目	検査方法	判定基準
発電用原子炉の出力運転時における発電用原子炉施設の総合的な性能を確認する検査、その他工事の完了を確認するために必要な検査	工事の完了を確認するために、発電用原子炉で発生した蒸気を用いる施設の試運転等により、当該各系統の機能又は性能の最終的な確認を行う。 発電用原子炉の出力を上げた状態における確認項目として、プラント全体での最終的な試運転により発電用原子炉施設の総合的な性能を確認する。	当該原子炉施設の供用を開始するにあたり、原子炉施設の安全性を確保するために必要な範囲について、設工認のとおりであり、技術基準に適合すること。

(注) 基本設計方針のうち適合性確認対象に対して実施可能な検査を含む。

変更前

変更後

2.3 基本設計方針検査

基本設計方針のうち「構造、強度又は漏えいに係る検査」及び「機能又は性能に係る検査」では確認できない事項について、表 8 に示す検査を実施する。

表 8 基本設計方針検査

検査項目	検査方法	判定基準
基本設計方針検査	基本設計方針のうち表 1、表 4、表 5、表 6、表 7 では確認できない事項について、基本設計方針に従い工事が実施されたことを工事中又は工事完了時における適切な段階で確認する。	「基本設計方針」のとおりであること。

2.4 品質マネジメントシステムに係る検査

実施した工事が、「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に記載したプロセス、「1. 工事の手順」並びに「2. 使用前事業者検査の方法」のとおり行われていることの実施状況を確認するとともに、使用前事業者検査で記録確認の対象となる工事の段階で作成される製造メーカ等の記録の信頼性を確保するため、表 9 に示す検査を実施する。

表 9 品質マネジメントシステムに係る検査

検査項目	検査方法	判定基準
品質マネジメントシステムに係る検査	工事が設工認の「工事の方法」及び「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に示すプロセスのとおり実施していることを品質記録や聞取り等により確認する。この確認には、検査における記録の信頼性確認として、基となる記録採取の管理方法の確認やその管理方法の遵守状況の確認を含む。	設工認で示す「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。

変更なし

変更前	変更後
<p>3. 工事上の留意事項</p> <p>3.1 設置又は変更の工事に係る工事上の留意事項</p> <p>発電用原子炉施設の設置又は変更の工事並びに主要な耐圧部の溶接部における工事の実施にあたっては、発電用原子炉施設保安規定を遵守するとともに、従事者及び公衆の安全確保や既設の安全上重要な機器等への悪影響防止等の観点から、以下に留意し工事を進める。なお、工事の手順と使用前事業者検査との関係については、図 1、図 2 及び図 3 に示す。</p> <p>a. 設置又は変更の工事を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。</p> <p>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事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。</p> <p>c. 設置又は変更の工事を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。</p> <p>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。</p> <p>e. 設置又は変更の工事を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、管理する。</p> <p>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。</p> <p>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「核原料物質又は核燃料物質の精錬の事業に関する規則等の規定に基づく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。</p> <p>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</p>	<p>変更なし</p>

変更前	変更後
<p>ついて、撤去、切断、切削又は取外しを行い、据付、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り替を行う等、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。</p> <p>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。</p> <p>3.2 燃料体の加工に係る工事上の留意事項</p> <p>燃料体の加工に係る工事の実施にあたっては、以下に留意し工事を進める。</p> <p>a. 工事対象設備について、周辺資機材、他の加工施設及び環境条件から波及的影響を受けないよう、隔離等の必要な措置を講じる。</p> <p>b. 工事を行うことにより、他の供用中の加工施設が有する安全機能に影響を与えないよう、隔離等の必要な措置を講じる。</p> <p>c. 工事対象設備について、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。</p> <p>d. 加工施設の状況に応じて、検査・試験等の各段階における工程を管理する。</p> <p>e. 工事対象設備について、供用開始後に必要な機能性能を発揮できるよう維持する。</p> <p>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。</p> <p>g. 放射線業務従事者に対する適切な被ばく低減措置と、被ばく線量管理を行う。</p>	<p>変更なし</p>

変更前

変更後

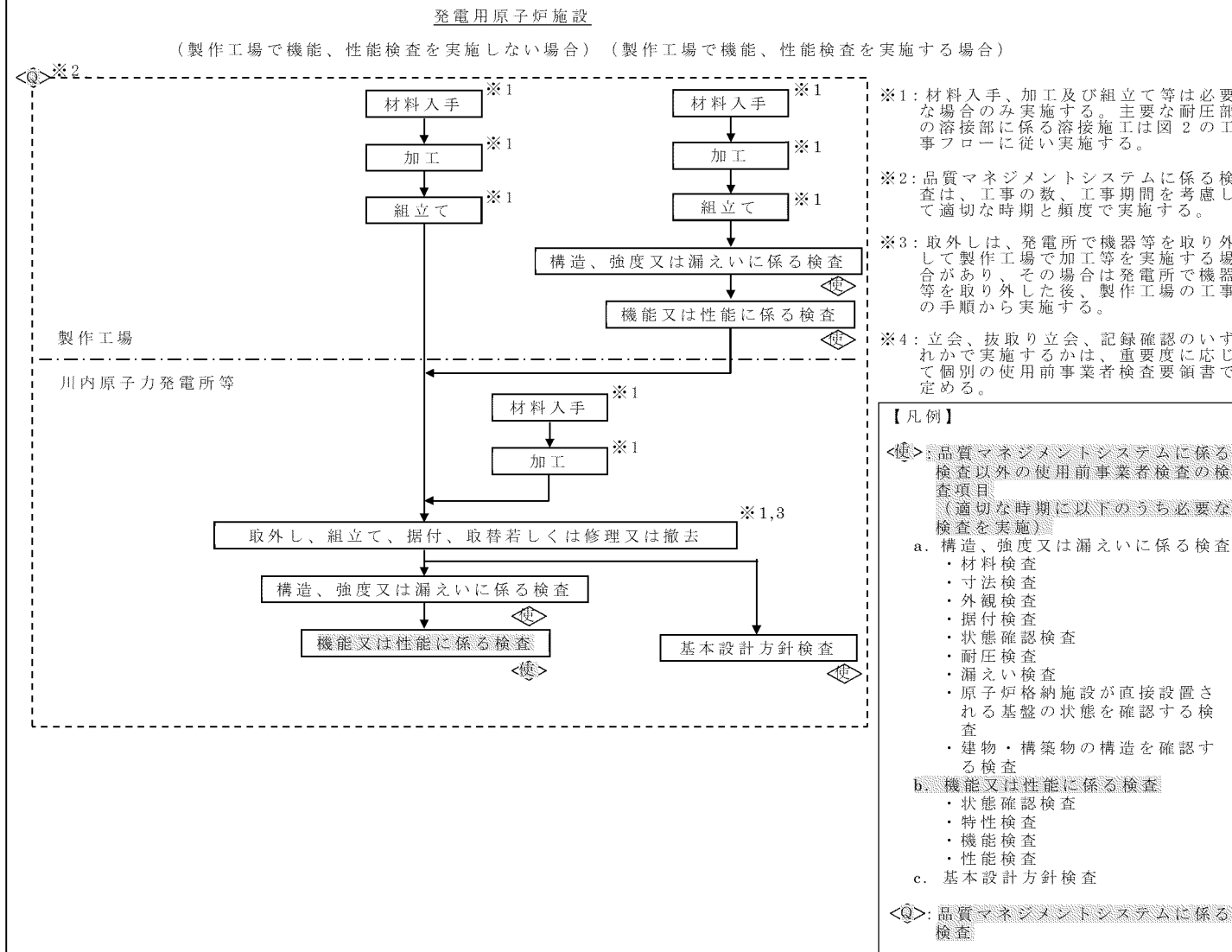


図1 工事の手順と使用前事業者検査のフロー (燃料体を除く。)

変更なし

変更前

変更後

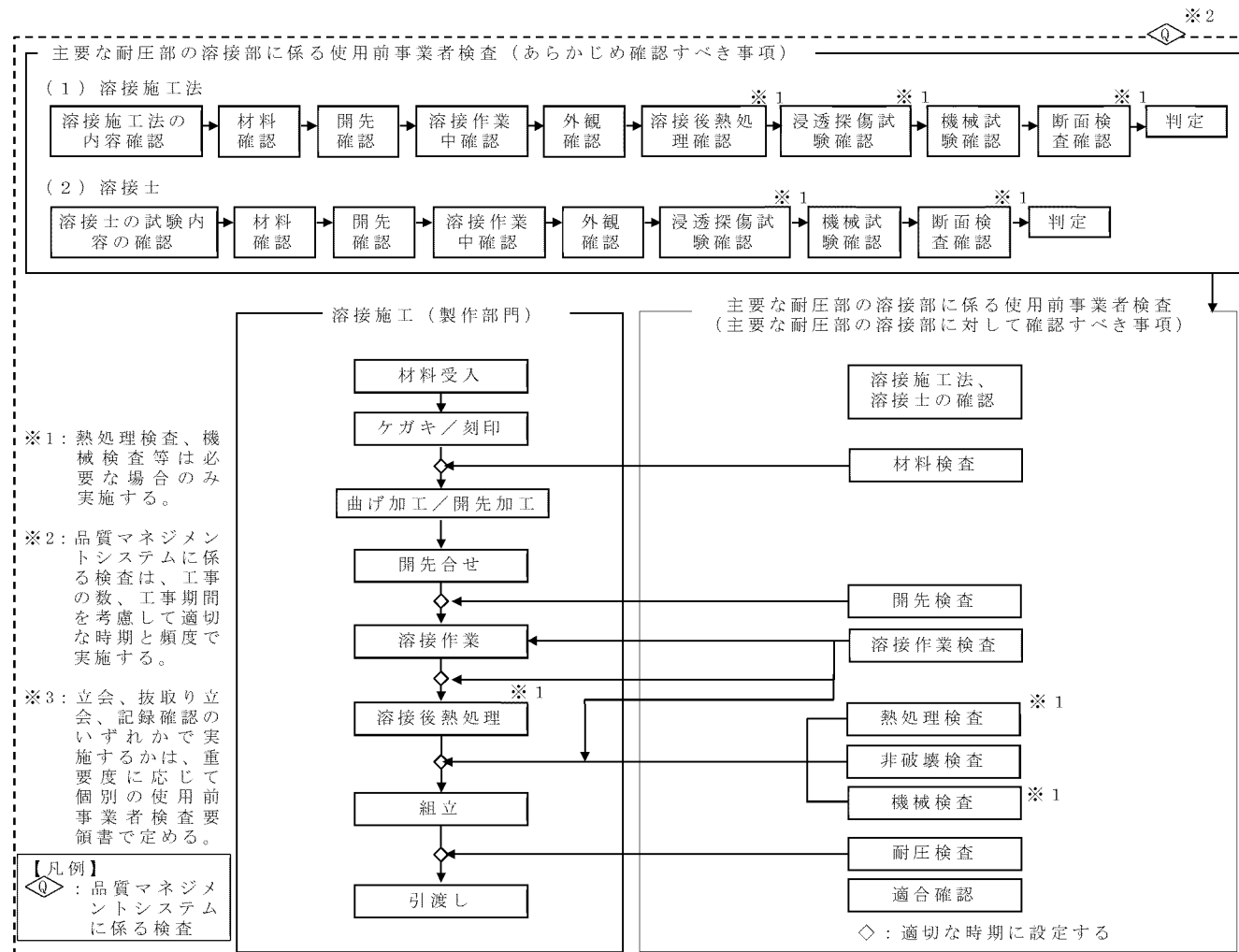
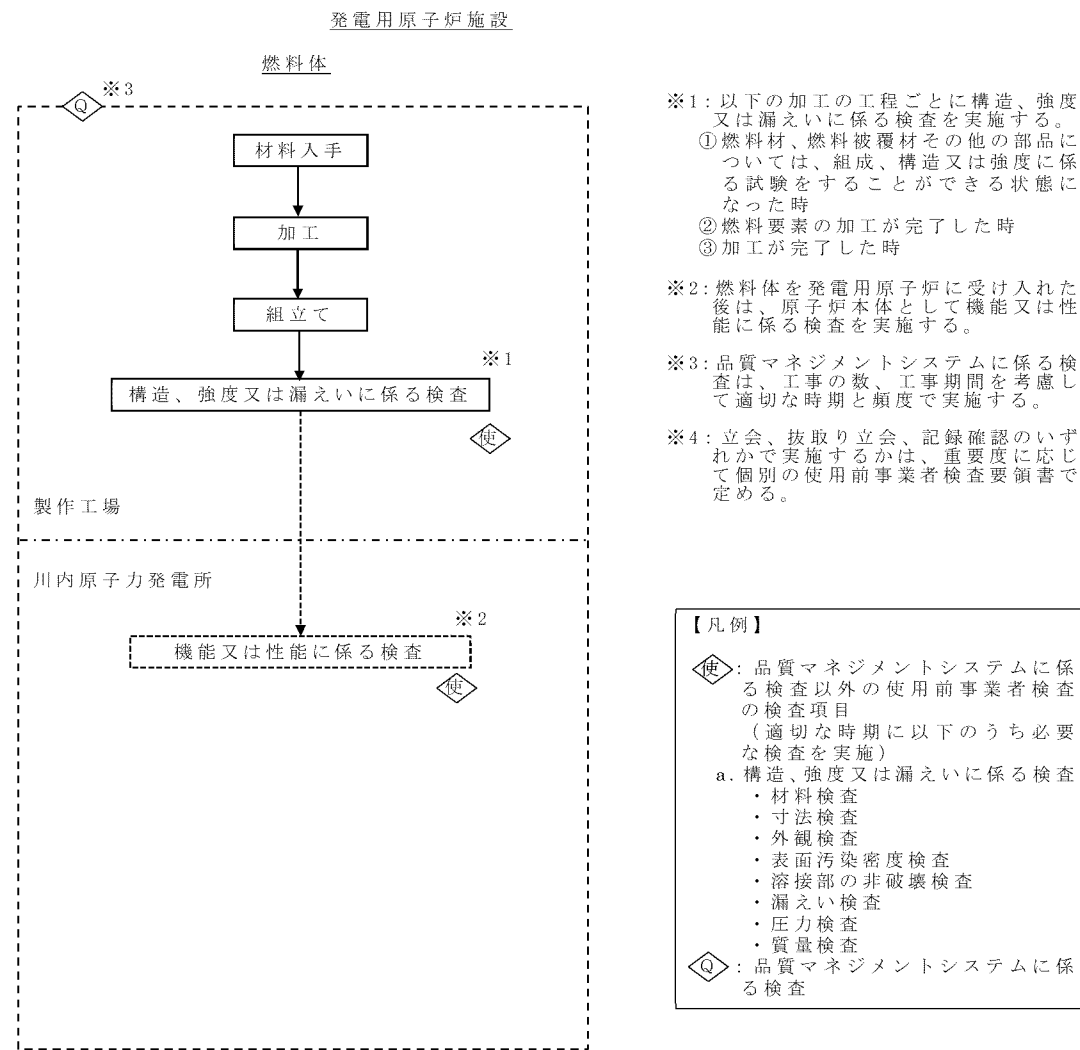


図2 主要な耐圧部の溶接部に係る工事の手順と使用前事業者検査のフロー

変更なし

変更前

変更後



変更なし

図3 工事の手順と使用前事業者検査のフロー（燃料体）

補足説明資料 4

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

工事計画に係る説明資料

(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)

—補足説明資料—

目次

1. 概 要.....	2
2. 基本方針.....	3
3. 技術基準規則への適合が必要な電気盤.....	4
4. アーク放電を発生させる試験.....	11
4.1 電気盤の選定.....	11
4.2 短絡電流の目標値.....	39
4.3 HEAF 試験に用いる電気回路.....	41
4.4 測定項目.....	43
4.5 アーク放電の発生方法.....	44
4.6 アーク放電の継続時間.....	47
4.7 HEAF 試験の実施.....	50
4.8 アークエネルギーの計算.....	53
5. アーク火災発生の評価.....	56
5.1 アーク火災発生の評価の概要.....	56
5.2 評価に用いる必要なデータ.....	56
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.....	57
5.4 しきい値に係る解析による評価.....	60
6. HEAF に係る対策の判断基準.....	61

添付資料－1：アーク火災発生メカニズムについて

添付資料－2：火災感知設備及び消火設備の配置について

添付資料－3：HEAF 試験時における短絡電流の目標値について

添付資料－4：電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧について

添付資料－5：50 保護リレー追加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

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。）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計等により、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。

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、遮断時間を適切に設定する。

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。

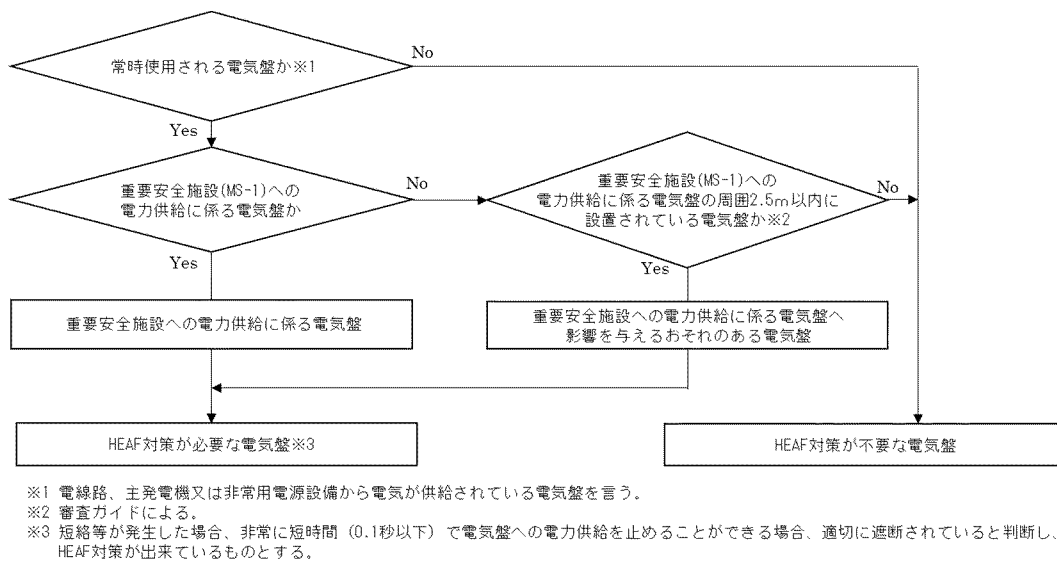


図 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤フロー図

表 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤の抽出結果 (1/2)

(1) 川内 1 号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時^{※1}

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するための措置
機器名称	遮断器名称	
ドツラクルタメ	4-1AEG	A-D/G 停止
	4-1C 母線に接続される遮断器 (4-1AEG を除く)	4-1AEG 開放
開閉装置	4-1BEG	B-D/G 停止
	4-1D 母線に接続される遮断器 (4-1BEG を除く)	4-1BEG 開放

※1 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成 31 年 4 月 8 日付け原規規発第 1904089 号にて認可された工事計画による。

(2) 川内 2 号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時^{※2}

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するための措置
機器名称	遮断器名称	
ドツラクルタメ	4-2AEG	A-D/G 停止
	4-2C 母線に接続される遮断器 (4-2AEG を除く)	4-2AEG 開放
開閉装置	4-2BEG	B-D/G 停止
	4-2D 母線に接続される遮断器 (4-2BEG を除く)	4-2BEG 開放

※2 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成 31 年 4 月 26 日付け原規規発第 19042611 号にて認可された工事計画による。

表 3.1 HEAF 対策が必要な電気盤の抽出結果 (2/2)

(3) 玄海 3 号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時^{※3}

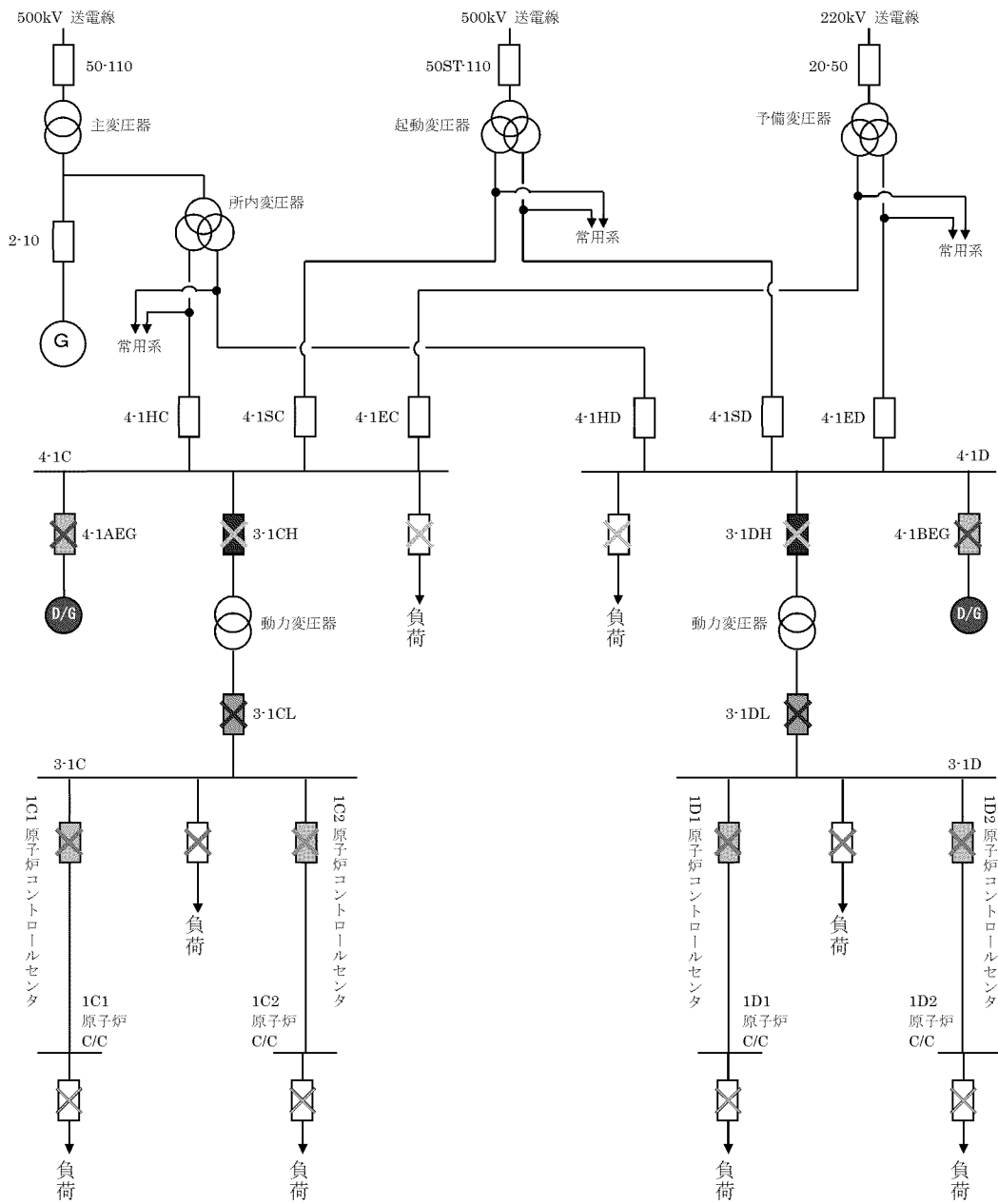
アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するための措置
機器名称	遮断器名称	
ドツラクルタメ 開閉装置	4-3AEG	A-D/G 停止
	4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3AEG を除く)	4-3AEG 開放
	4-3BEG	B-D/G 停止
	4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3BEG を除く)	4-3BEG 開放

※3 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成 31 年 4 月 8 日付け原規規発第 1904086 号にて認可された工事計画による。

(4) 玄海 4 号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時^{※4}

アーク放電発生箇所		アーク放電を遮断するための措置
機器名称	遮断器名称	
ドツラクルタメ 開閉装置	4-4AEG	A-D/G 停止
	4-4C 母線に接続される遮断器 (4-4AEG を除く)	4-4AEG 開放
	4-4BEG	B-D/G 停止
	4-4D 母線に接続される遮断器 (4-4BEG を除く)	4-4BEG 開放

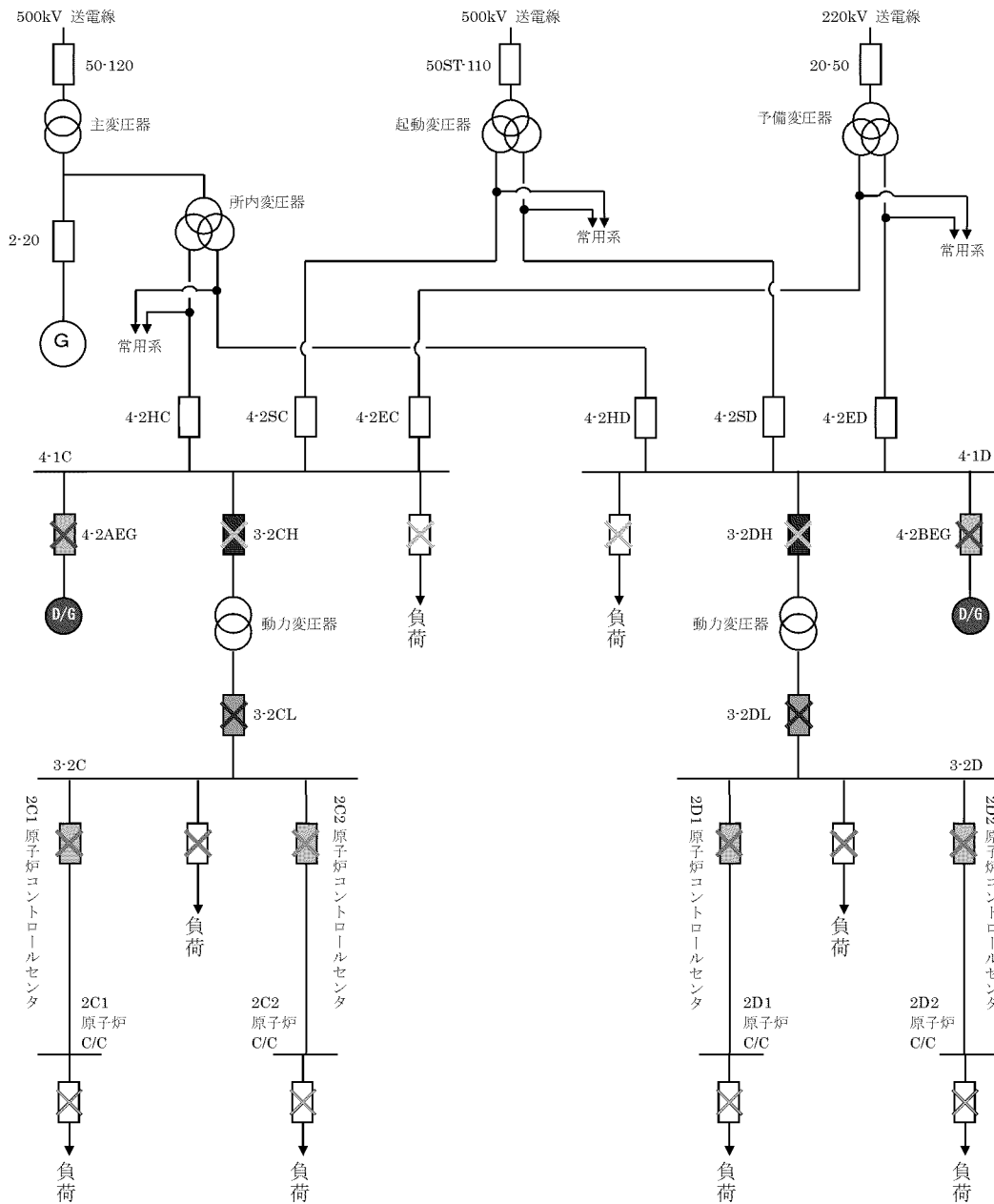
※4 非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤以外の電気盤におけるアーク放電の遮断時間については、平成 31 年 4 月 26 日付け原規規発第 19042610 号にて認可された工事計画による。



※1 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成 31 年 4 月 8 日付け原規規発第 1904089 号にて認可された工事計画による。

(1) 川内 1 号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時※1

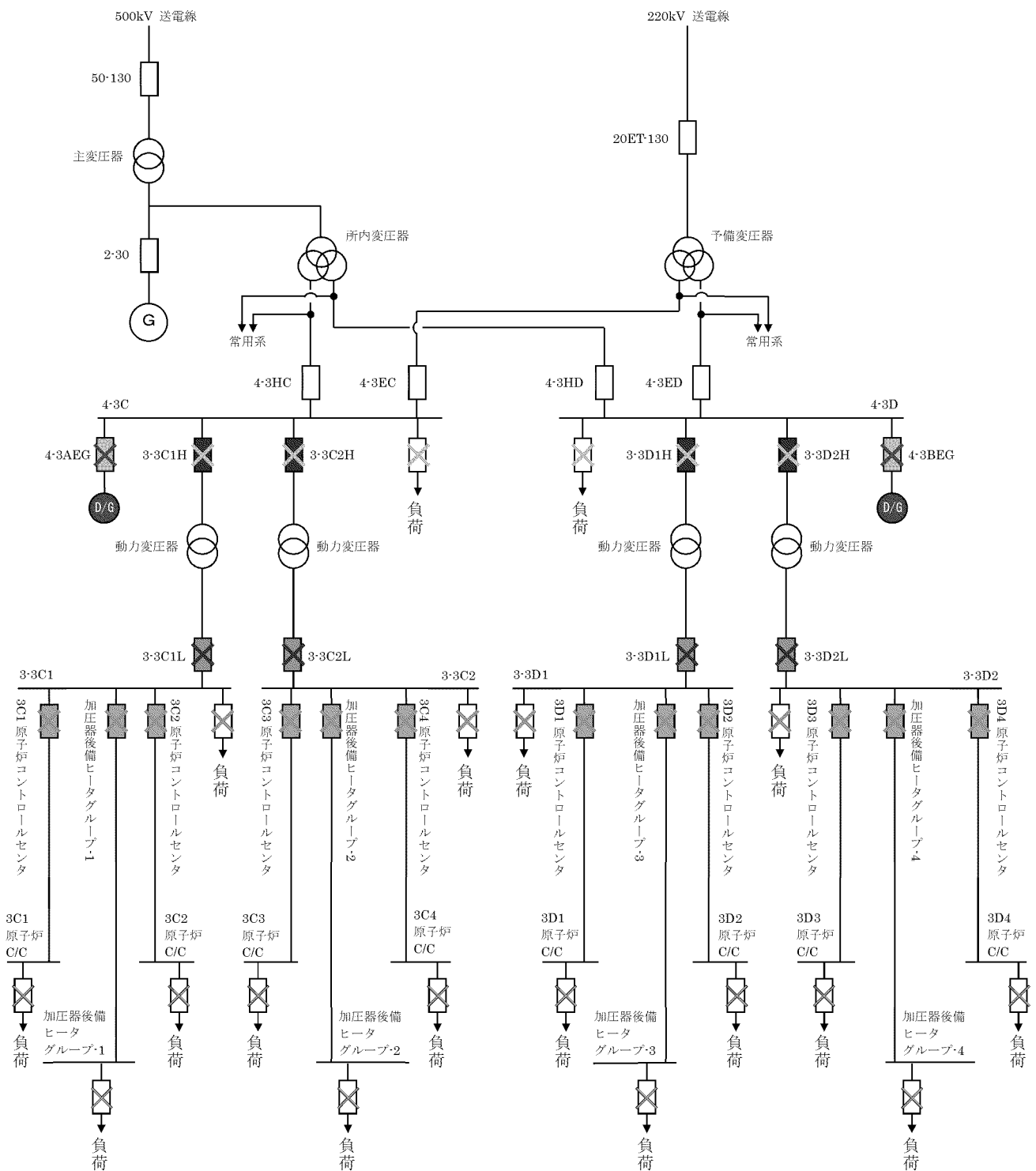
図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (1/4)



※2 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成31年4月26日付け原規発第19042611号にて認可された工事計画による。

(2) 川内2号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時^{※2}

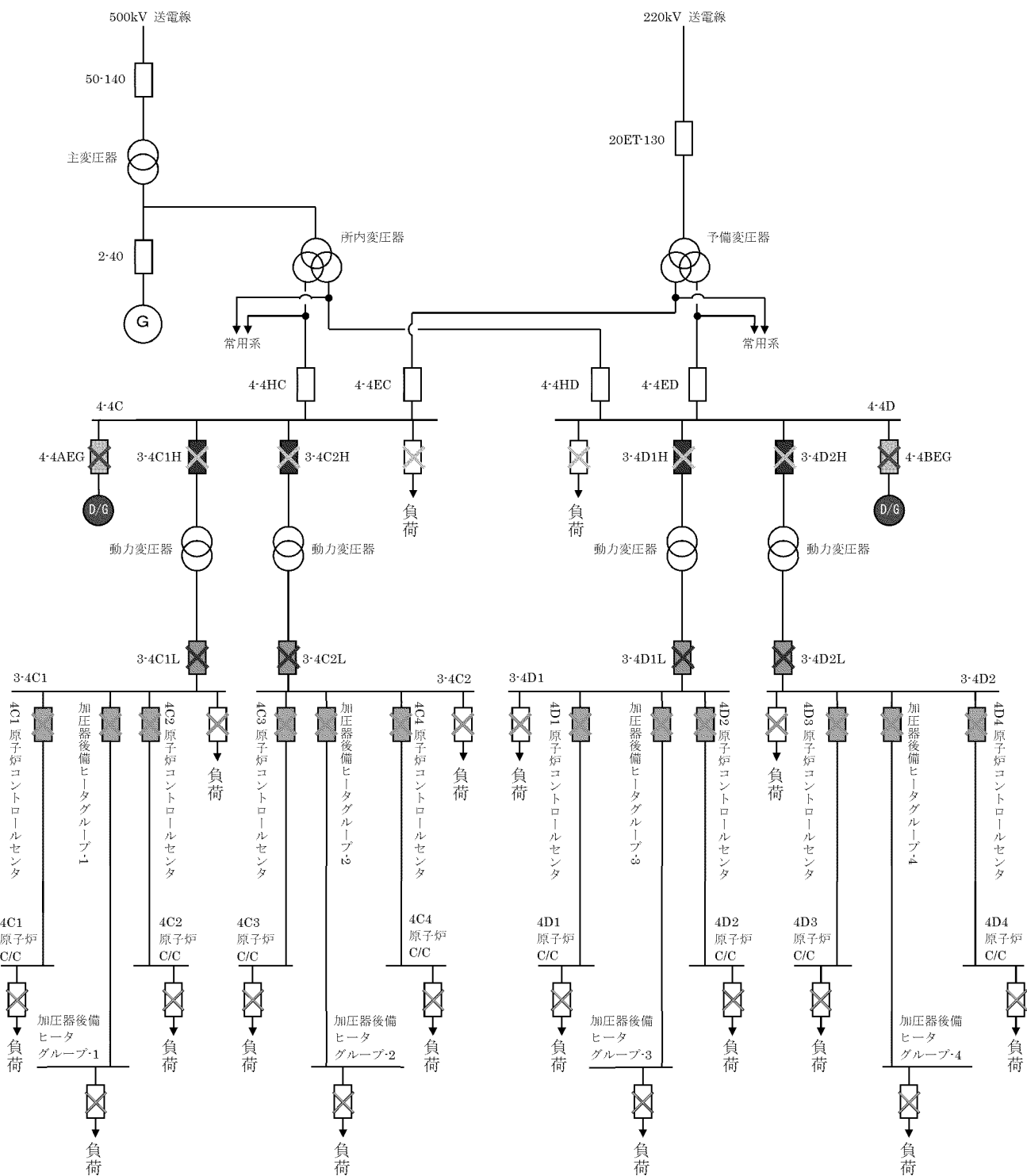
図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (2/4)



※3 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成31年4月8日付け原規規発第1904086号にて認可された工事計画による。

(3) 玄海3号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時※3

図 3.2 HEAF 対策が必要な電気盤系統図 (3/4)



※4 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におけるアーク放電の遮断時間については、平成31年4月26日付け原規規発第19042610号にて認可された工事計画による。

(4) 玄海4号機 非常用ディーゼル発電機からの給電時※4

図3.2 HEAF対策が必要な電気盤系統図(4/4)

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 (D/G)」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 (D/G) 試験と M/C(D/G)以外の先行 M/C 試験(以下、「先行 M/C 試験」という。)で用いられる電気盤は、JEM-1425 及び JEC-2300 に基づき製造された同等の高圧電気盤である。

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (1/4)

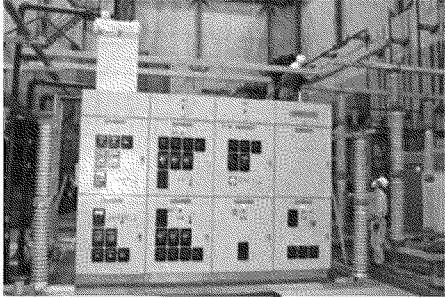
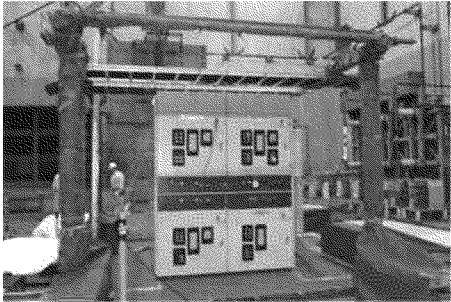
種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
M/C	試験体①	遮断方式	VCB (真空遮断器)	
		系統	定格電圧：7.2kV 定格周波数：50Hz 定格短絡時間電流：40kA/2 秒	
		概略寸法	高さ 2.8m (含上部ダクト 0.4m) × 幅 1.0m × 奥行き 2.6m	
	試験体②	遮断方式	VCB (真空遮断器)	
		系統	定格電圧：7.2kV 定格周波数：50Hz 定格短絡時間電流：63kA/2 秒	
		概略寸法	高さ 2.6m (含上部ダクト 0.3m) × 幅 1.0m × 奥行き 2.5m	

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (2/4)

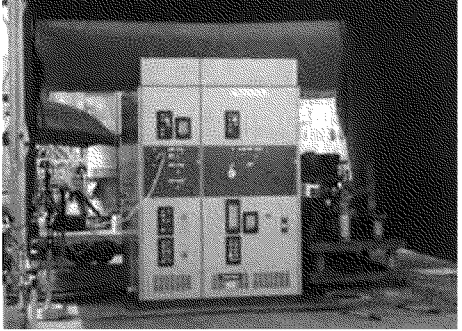

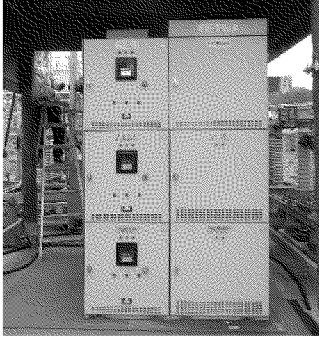
種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
P/C	試験体③	遮断方式	ACB (気中遮断器)	
		系統	定格使用電圧：AC480V 定格周波数：50Hz 定格短絡時間耐電流：50kA/1 秒	
		概略寸法	高さ 2.6m (含制御ダクト 0.3m) × 幅 0.65m × 奥行き 1.8m	
	試験体④	遮断方式	ACB (気中遮断器)	
		系統	定格使用電圧：AC480 V 定格周波数：50 Hz 定格短時間耐電流：50 kA/0.5 秒	
		概略寸法	【受電盤】高さ 2.3m × 幅 0.8m × 奥行き 2.0m 【フィーダー盤】高さ 2.3m × 幅 0.6m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

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (3/4)

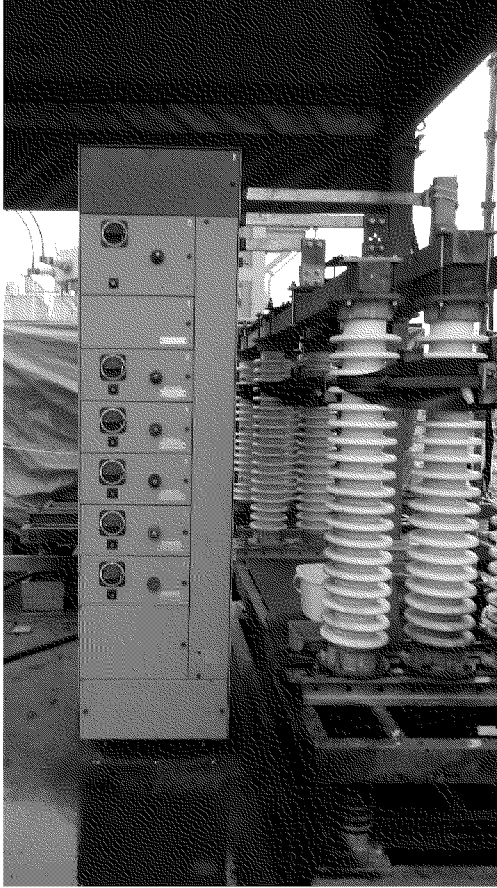
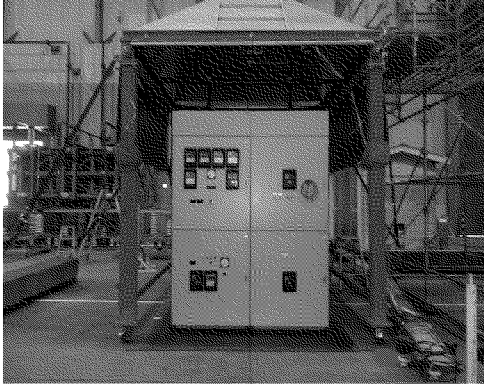
種類	電気盤	試験で用いた電気盤のスペック		電気盤の概況
C/C	試験体⑥	遮断方式	MCB (配線用遮断器)	
		系統	定格使用電圧：AC460V 定格周波数：50Hz 定格遮断電流：50kA	
		概略寸法	高さ 2.3m×幅 0.60m×奥行き 0.573m	

表 4.1.1 試験で用いた電気盤のスペック一覧表 (4/4)

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 (D/G)	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おそ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おそれのあるパラメータの整理 (1/2)

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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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>

表 4.1.2 同等性に影響を与えるおそれのあるパラメータの整理 (2/2)

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
②高温ガスの滞留場所	有	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おそれがある。 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。 なお、M/C (D/G) 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。
② 可燃物	有	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おそれがある。 なお、M/C (D/G) 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。
④アークエネルギー	無	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。

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 (D/G) 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、操作は円滑確実に衝撃が少なく、保守点検は、安全かつ容易にできるよう、製作されなければならない。(以下略)	実機、試験体の電気盤ともに、本要求に基づき設計された構造となっている。

b. P/C

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

要求事項を満足するような構造となるように設計している。(表 4.1.5 参照)

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

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

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

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

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

表 4.1.6 JEC-160 における試験体、実機の電気盤との比較・評価

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

c. C/C

実機については、JEM-1195 (日本電機工業会規格 コントロールセンタ) に基づき製造されており、C/Cとは、「主回路開閉器・保護装置及び監視・制御器具などを単位回路ごとにまとめた単位装置を、閉鎖した外箱に集合的に組み込んだ装置」と定義されていることから、盤構

造は、JEM-1195 に基づき製造されたC/Cであれば同様である。また、定格絶縁電圧は、「定格」のうち 600V を採用している。さらに、「構造」の要求事項を満足するような構造となるように設計している。(表 4.1.7 参照)

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

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

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

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

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

③可燃物に対する同等性

高温ガスの滞留場所にある可燃物は、主に通電部まわりの絶縁物である。当該箇所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 (D/G) 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(D/G)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 (1/9)

種類	電気盤	盤構造
M/C	試験体①	
M/C	試験体②	

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 (2/9)

種類	電気盤	盤構造
M/C	実機①	
M/C	実機②	

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 (3/9)

種類	電気盤	盤構造
P/C	試験体③	
P/C	試験体④	

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 (4/9)

種類	電気盤	盤構造
P/C	試験体⑤	

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 (5/9)

種類	電気盤	盤構造
P/C	実機①	

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 (6/9)

種類	電気盤	盤構造
C/C	試験体⑥	

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 (7/9)

種類	電気盤	盤構造
C/C	実機①	
C/C	実機②	

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 (8/9)
 (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 (D/G)	試験体⑦	

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 (9/9)
 (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	実機①	
M/C	実機②	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (1/7)

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) ➤ プッシング	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (2/7)

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	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (3/7)

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	
P/C	試験体⑤	耐熱クラス B (フェノール樹脂) ▶ 断路部	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (4/7)

種類	遮断器	遮断器に使用されている 主な絶縁物	外形図
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	
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	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (5/7)

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	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (6/7)
 (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	

表 4.1.12 試験体と実機の可燃物に対する同等性 (7/7)
 (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	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	

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。

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

I_b : 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】 玄海 3 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 37.3 kA～約 41.9 kA
P/C	45.0 kA	約 31.0 kA～約 31.6 kA
C/C	45.0 kA	約 24.9 kA～約 30.6 kA
M/C(D/G)	5kA	約 5.3kA※

※「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) に示すとおり、M/C(D/G)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加電圧は、玄海 3 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加電圧

電気盤	試験初期の印加電圧	【参考】玄海 3 号機の電気盤の定格電圧
M/C	6.9 kV または 8.0 kV	6.9 kV
P/C	504 V	460 V
C/C	504 V	440 V
M/C (D/G)	6.9 kV	6.9 kV

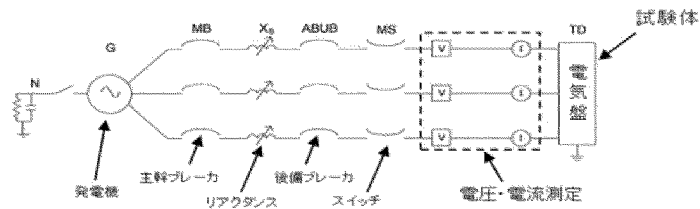
なお、アーク火災発生の有無は、電流及び電圧の積をアーク放電の継続時間で積分して算出するアークエネルギーに依存しており（「4. アーク火災発生の評価」参照）、短絡電流値及び印加電圧の違いは、試験結果に影響を及ぼすものではない。

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。

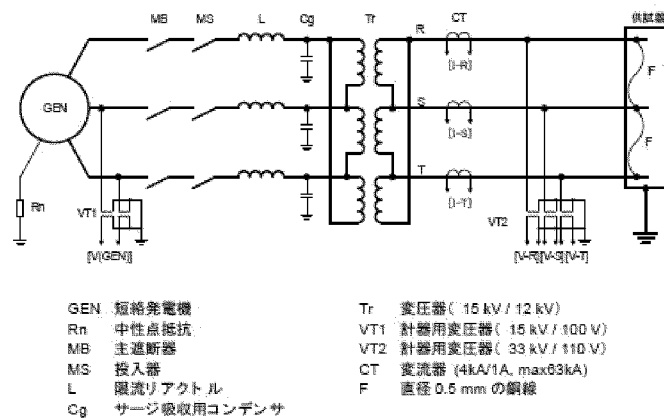


図 4.3.1 メタクラ試験回路

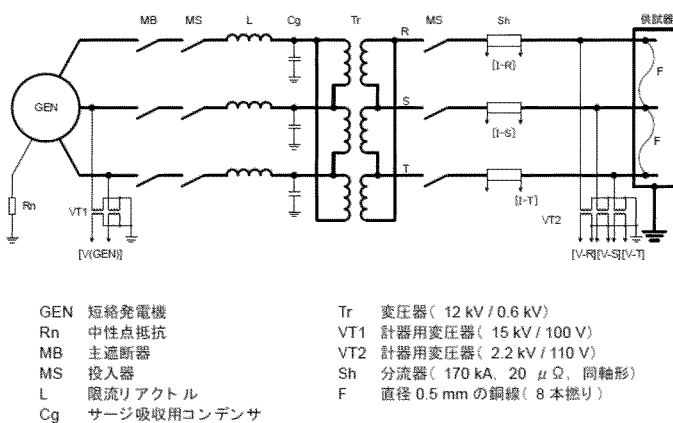
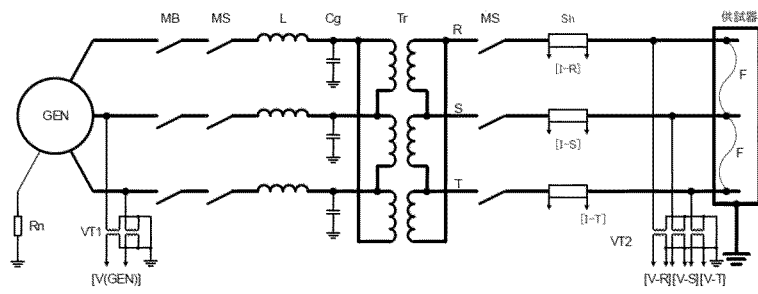
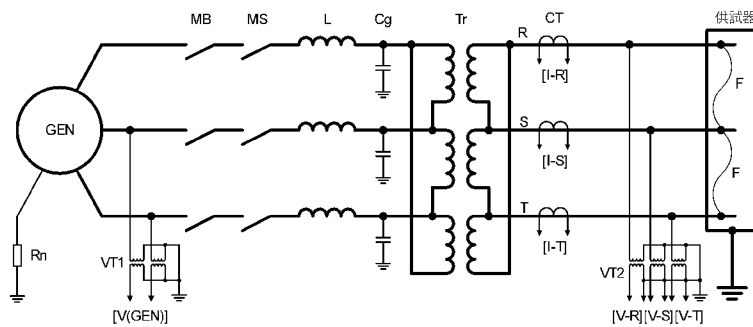


図 4.3.2 パワーセンタ回路



- | | | | |
|-----|-------------|-----|------------------------------------|
| 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、「4.3HEAF 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。

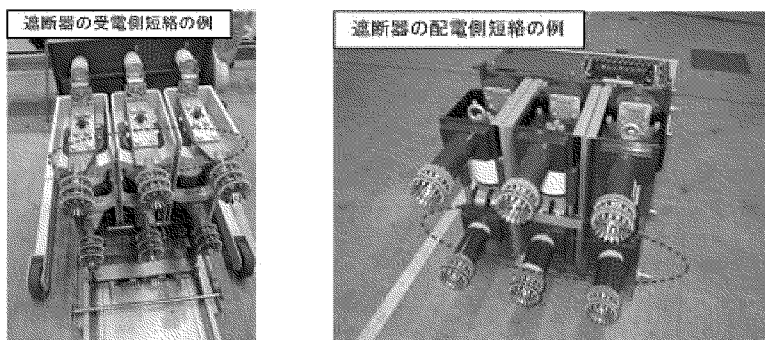


図 4.5.1 遮断器の短絡箇所 (M/C 試験時)

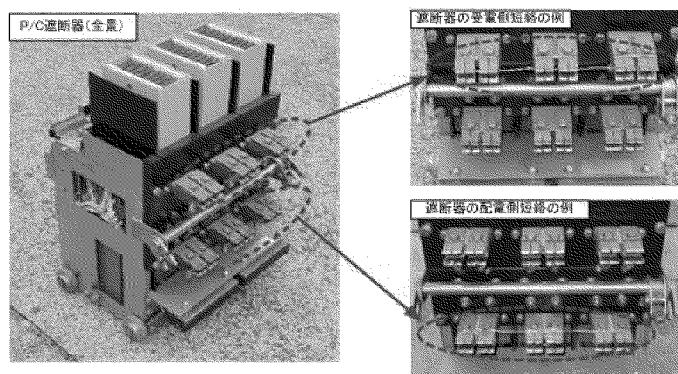


図 4.5.2 遮断器の短絡箇所 (P/C 試験時)



図 4.5.3 遮断器の短絡箇所 (C/C 試験時)

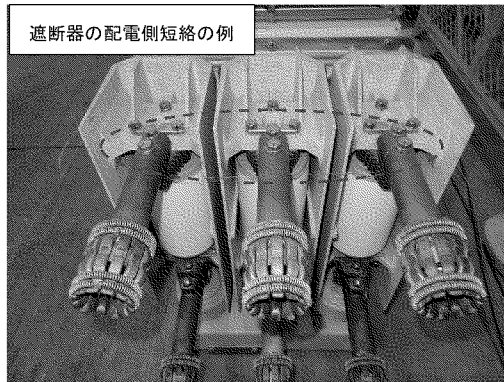
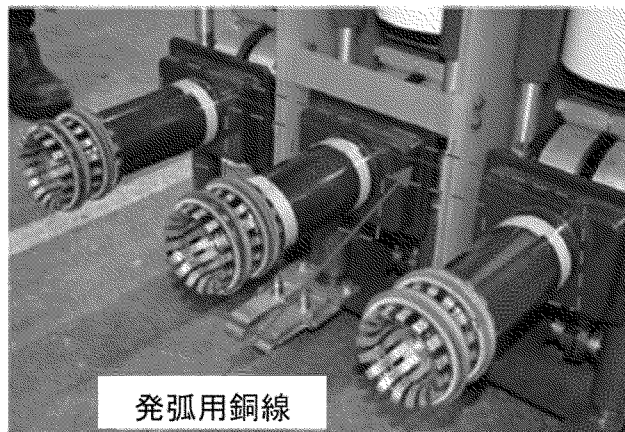


図 4.5.4 遮断器の短絡箇所 (M/C (D/G) 試験時)
(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

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、玄海 3 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 印加電圧	試験初期の 印加電流	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」で設定した初期印加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 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 に示すとおり、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 のとおり記録している。

表 4.7.1 HEAF 試験条件及び試験結果 (1/2)

種類	電気盤	試験初期の印加電圧	試験初期の印加電流	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 (玄海3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	24.46	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	16.80	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	
	試験体⑤	1.4	1.43	18.9	無	7-5					
		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	3.72	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	試験初期の印加電圧	試験初期の印加電流	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 (玄海3号機の最大値) (MJ)	【参考】電中研試験番号
				設定値	実測値				
M/C (D/G)	試験体 ⑦	6.9kV	5 kA	2.65	2.69	14.7	無	8.88	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

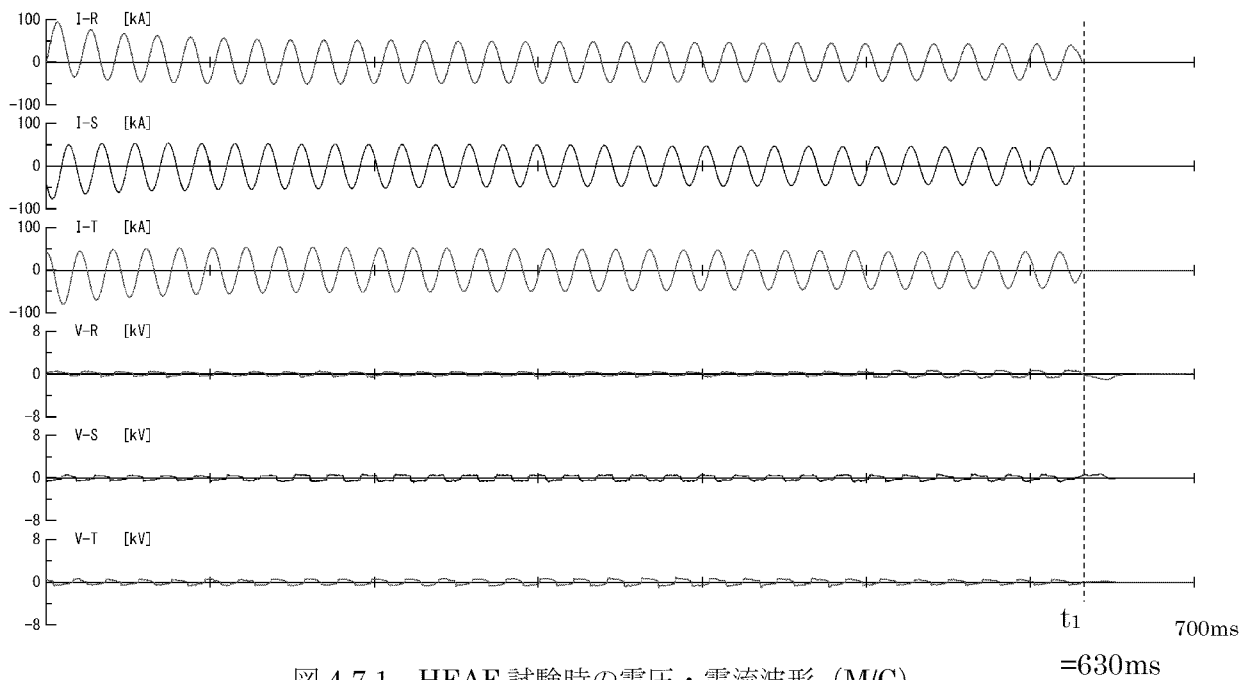


図 4.7.1 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (M/C)

=630ms

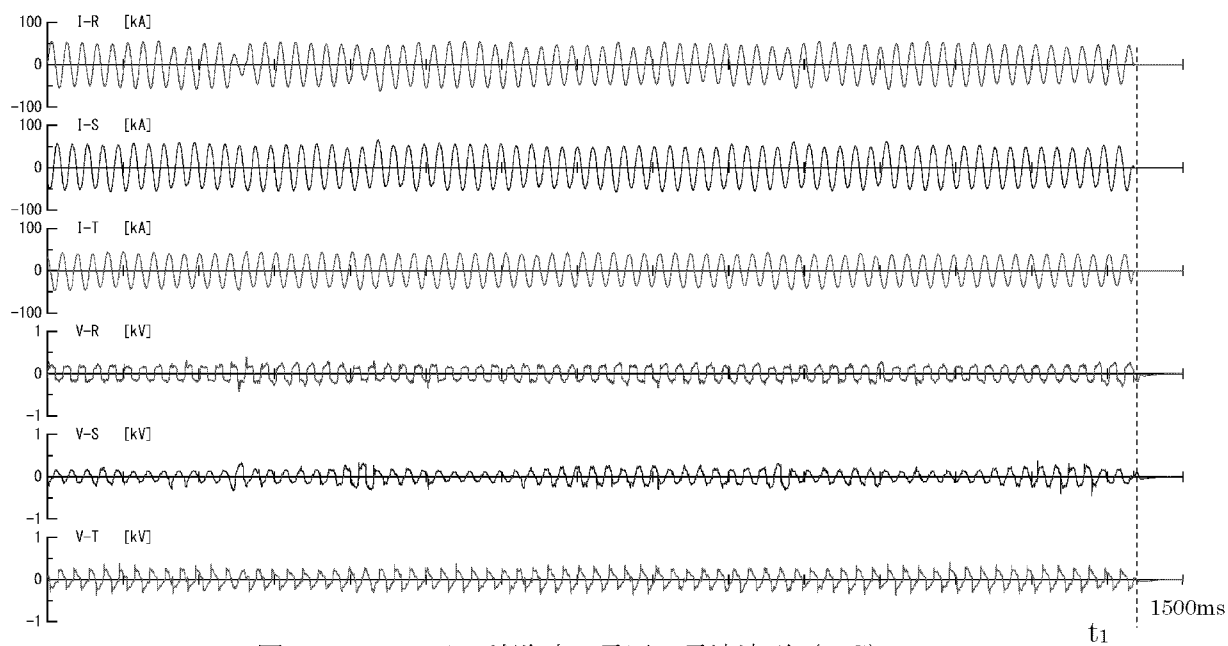


図 4.7.2 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (P/C)

t_1
=1,430ms

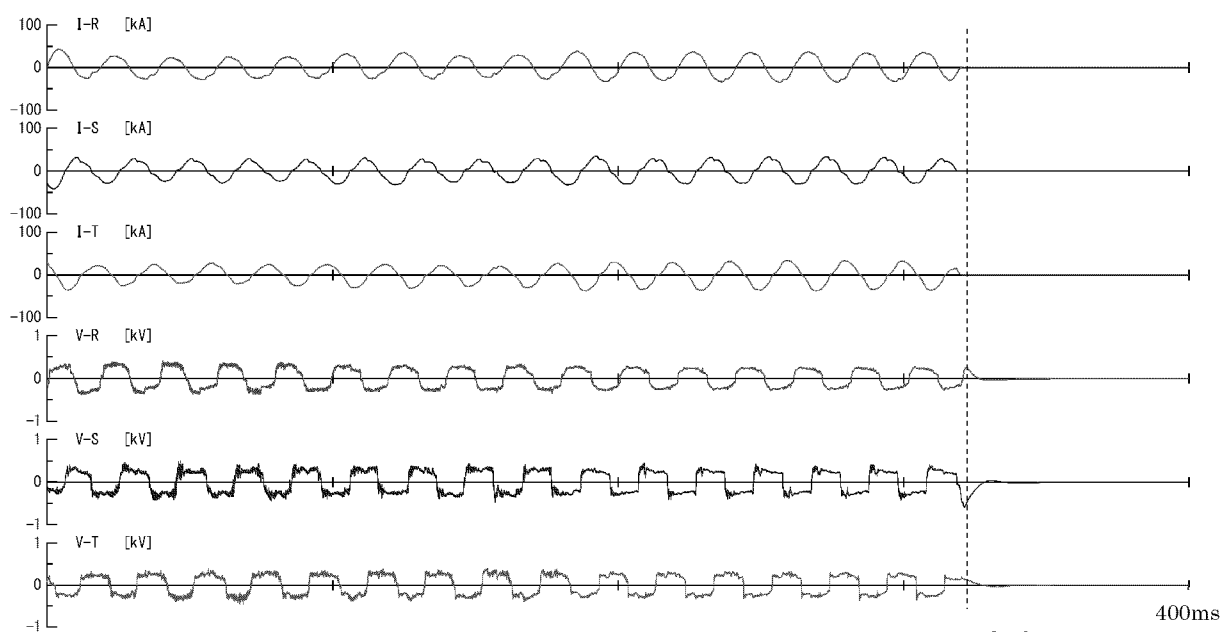


図 4.7.3 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (C/C)

$t_1=319ms$

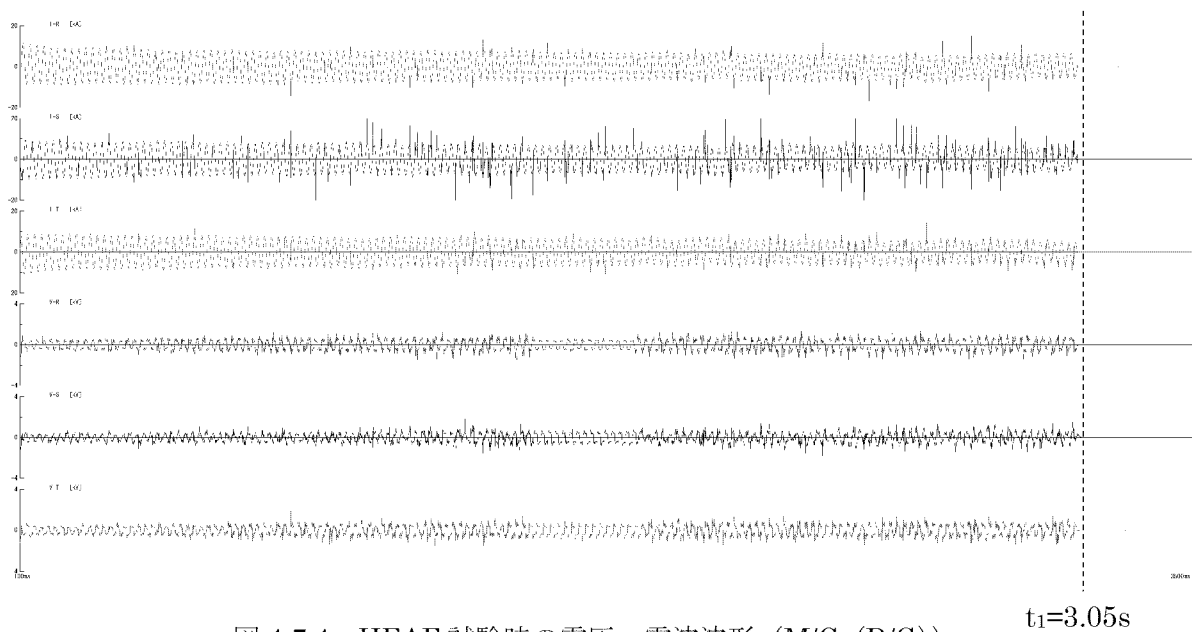


図 4.7.4 HEAF 試験時の電圧・電流波形 (M/C (D/G))
 (非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

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 (D/G)) 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	発弧箇所	試験電圧 ¹⁾ (kV)	相別	試験電流					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半端実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	投入位相 ²⁾ (deg)				測定箇所	最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (ms)	
5-1	盤 I 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 I 上段ケーブル室	89.3	9.0	・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) ・側板変形 ・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 I 下段 VCB 室内ターミナル部 ⁵⁾	8.24	R	94.1	41.9	35.3	7.18	318	0.21	84.9	8.68	盤 I 下段ケーブル室	58.9	8.6	・天板変形 (M10 ボルト破断無) ・背面扉開放無 ・正面下扉変形 ・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 J 下段 VCB 室内ターミナル部 ⁶⁾	8.23	R	94.0	42.2	29.4	19.0	318	0.63	87.4	25.3	盤 D 上段 VCB 室	62.5	14.5	・天板変形 (M10 ボルト 2 箇所破断) ・背面扉開放無 ・正面下扉変形 ・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 I 上段 VCB を除く他の VCB 投入状態
- 6) 盤 J 下段 VCB のみ VCB 投入状態(盤 I と盤 J 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	発弧箇所	試験電圧 ¹⁾ (V)	相別	試験電流					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半端実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	投入位相 ²⁾ (deg)				測定箇所	最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (ms)	
7-4	フィーダ盤 O 下段 ACB 室内一次側端子 ⁴⁾	504	R	60.2	37.3	24.5	38.4	133	1.32	25.3	18.5	フィーダ盤 O 下段正面	1.68	4.71	・燃焼継続せず ・盤 O と盤 M の下段 ACB 室の裏側の一次側端子がアークにより溶断
			S	60.8	38.0	30.9	41.9	87							
			T	51.1	29.0	28.9	32.6	87							
7-5	フィーダ盤 P 上段 ACB 室内一次側端子 ⁵⁾	504	R	62.2	38.7	32.8	43.7	133	1.43	20.3	18.9	フィーダ盤 P 上段正面	1.27	4.04	・燃焼継続せず ・盤 P の上, 中, 下段 ACB 室の裏側の一次側端子がアークにより溶断
			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) フィーダ盤 O 下段 ACB と受電盤 M 中段 ACB 投入、フィーダ盤 O 上・中段 ACB と受電盤 M 下段 ACB 開放
- 5) フィーダ盤 P 上段 ACB と受電盤 M 中段 ACB 投入、フィーダ盤 P 中・下段 ACB と受電盤 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%

試験番号	発弧箇所	試験電圧 ¹⁾ (V)	相別	試験電流					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			備考
				最大波高値 (kA)	初期3半端実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	投入位相 ²⁾ (deg)				測定箇所	最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 一次側ケーブルが溶断し、5段目 MCCB 一次側が溶損
			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ユニット 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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秒で消火 ・1~7段目 MCCB 一次側ケーブルが溶断 ・垂直母線の下部が溶損
			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ユニット と母線の接続 箇所 ⁴⁾	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	<ul style="list-style-type: none"> ・正面と背面扉が開放 ・火災の発生なし ・4段目 MCCB 一次側ケーブルが溶断 ・垂直母線の下部が溶損
			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(500Hz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を清掃し、相间および対地間の絶縁性能を回復させた。なお、5段目のMCCBユニットと母線を接続する部品については、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 (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半端実効値 (kA)	最終実効値 (kA)	AC成分の時間積分値 (kA・s)	投入位相 ²⁾ (deg)				測定箇所	最大値 (kPa)	到達時間 ³⁾ (ms)	
9-1	フィーダ盤V 上段 VCB室内 二次側端子 ⁴⁾	6.96	R	11.7	6.82	4.32	12.54	164	2.69	17.2	14.7	フィーダ 盤V 上段 正面	4.24	8.33	<ul style="list-style-type: none"> ・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	フィーダ盤W 上段 VCB室内 二次側端子 ⁵⁾	6.97	R	11.6	7.02	4.16	13.98	164	3.05	14.9	16.6	フィーダ 盤W 上段 正面	2.98	8.24	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ⁶⁾	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	<ul style="list-style-type: none"> ・火災の発生あり ・試験開始から44分で消火活動開始 ・VCB室と母線室間のバンチング材が溶損 ・母線の溶損なし
			S	9.91	6.79	2.83	24.05	95							
			T	11.1	6.66	2.85	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、三相の通電開始から最大値に達するまでの時間(500Hzのローパスフィルターを適用)
- 4) フィーダ盤V上段VCBと受電盤U下段VCB投入、フィーダ盤V下段断路器を開放
- 5) フィーダ盤W上段VCBと受電盤U下段VCB投入、フィーダ盤W下段VCBを開放
- 6) 受電盤U下段VCB投入、受電盤Uとフィーダ盤Wの接続母線をフィーダ盤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>)

RI 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

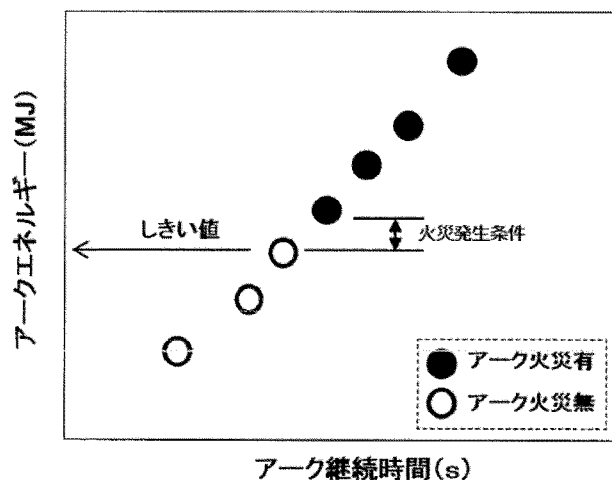
(審査ガイド抜粋【3.3 アーク火災が発生しないアークエネルギーのしきい値に係る評価】)

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

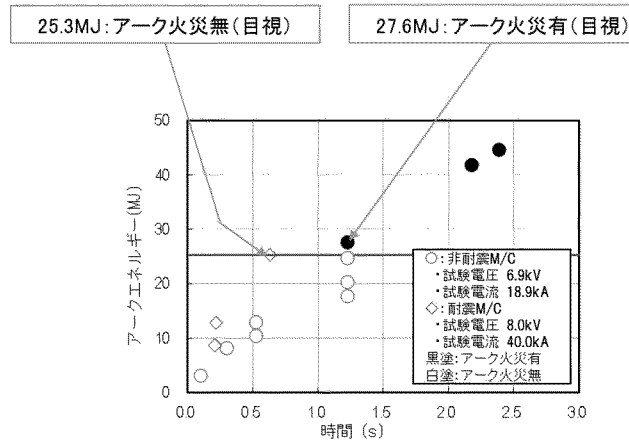


図 5.3.1 M/C 試験結果

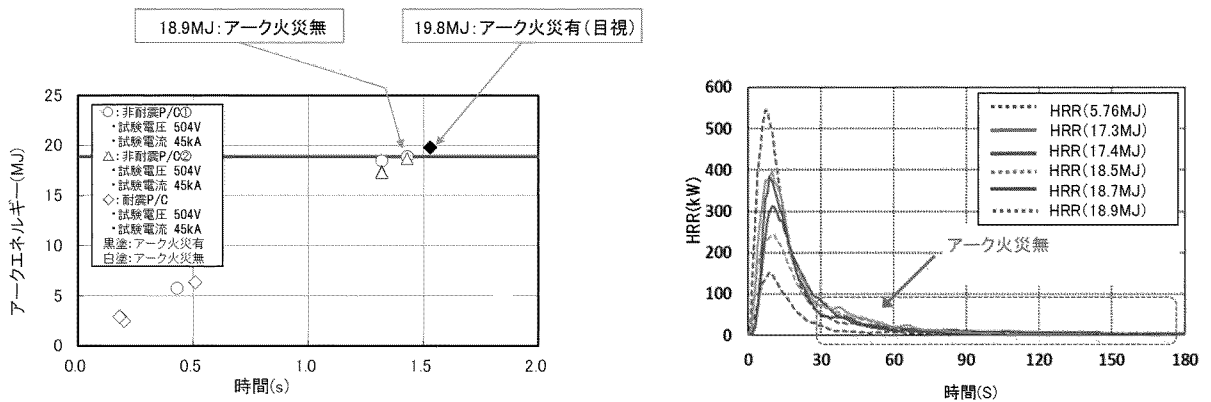


図 5.3.2 P/C 試験結果

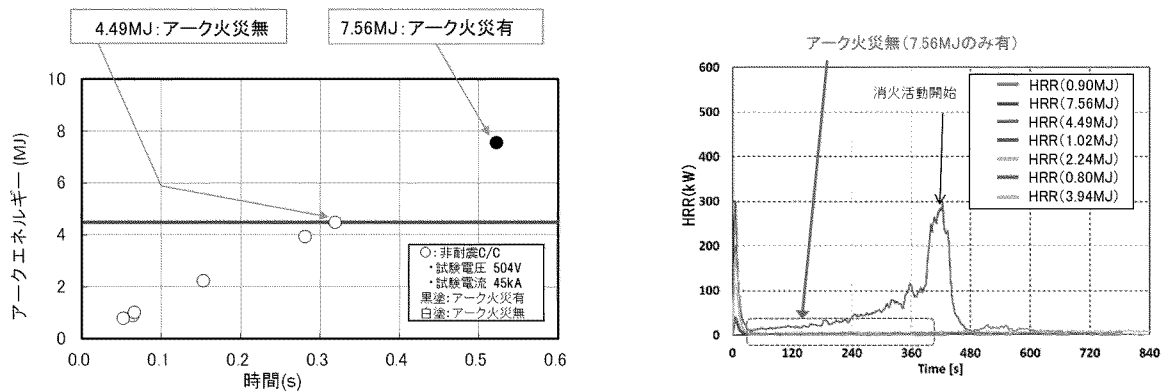


図 5.3.3 C/C 試験結果

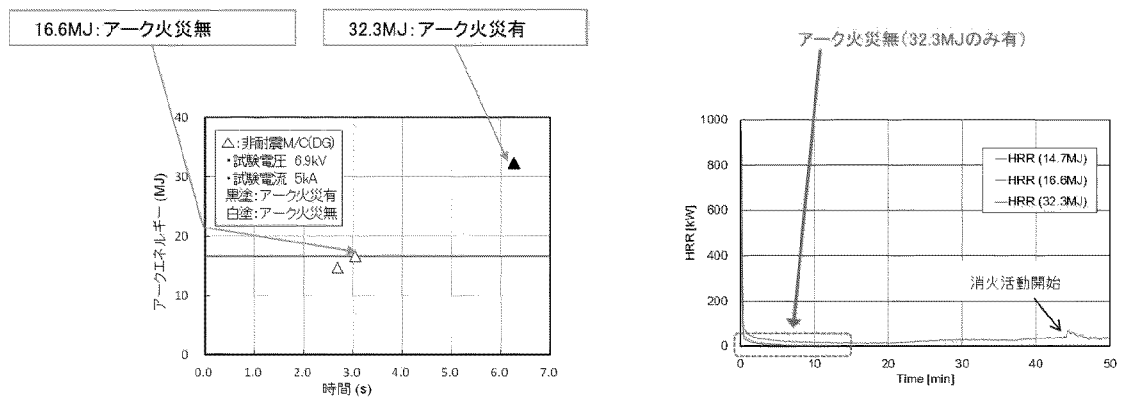


図 5.3.4 M/C (D/G) 試験結果
(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

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

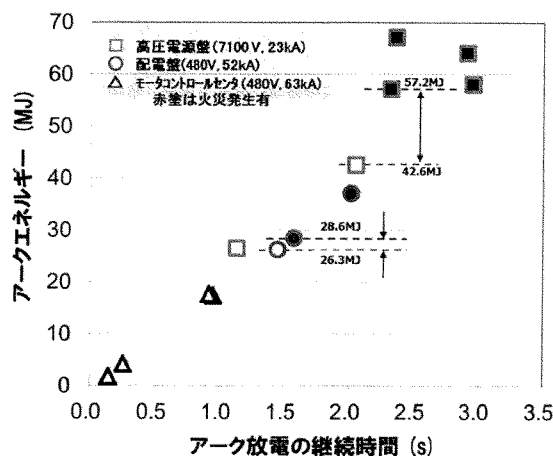
(審査ガイド抜粋【3.4 しきい値に係る解析による評価】)

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 (D/G) 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 (D/G) 試験と先行 M/C 試験で明確な差はなくアーク火災発生に関するメカニズムも同様であることから、先行 M/C 試験と応用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) 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。

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

$E_{3\phi}$: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 6.3 に示すとおり、非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤の場合 1.33kV とする。

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回路インピーダンス %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)

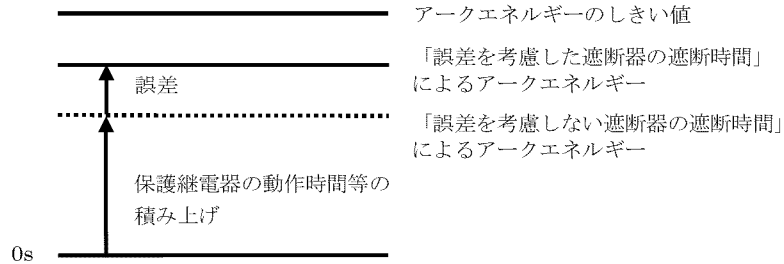


図 6.1 遮断器の遮断時間の考え方

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。計算結果を表 6.3 及び図 6.4 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

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

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

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

② 消磁後(持続短絡電流がない場合)の三相突発短絡電流

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

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

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

[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、設計及び工事計画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 6.3 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。

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。

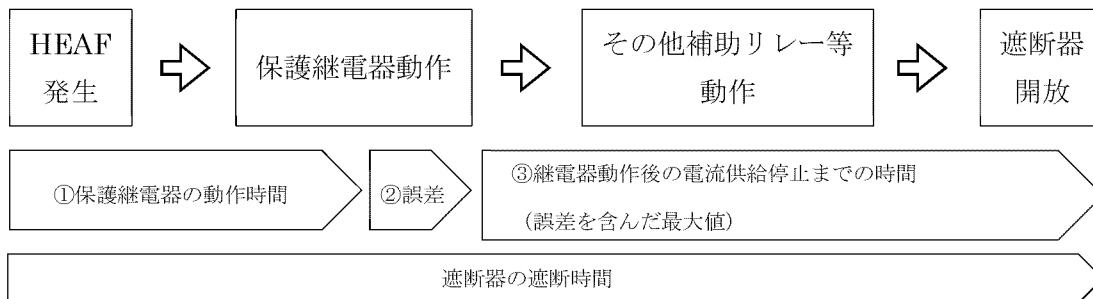


図 6.2.1 遮断器の遮断時間に含まれる誤差の考え方

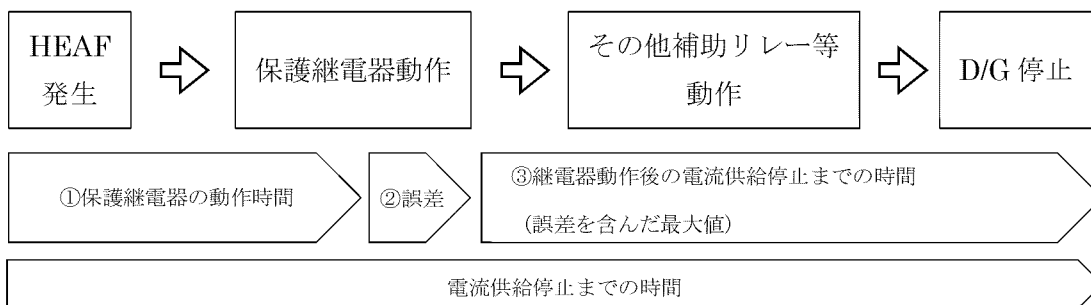


図 6.2.2 電流の供給停止時間に含まれる誤差の考え方
(非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤)

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	51(過電流継電器)	+12%	
5		50(短絡継電器)	—*	
6		87(比率差動継電器)	—*	
7	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。

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（玄海 3 号機）を表 6.3 に示す。

また、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、今回の 50 保護リレー追設に伴い既設保護リレーの設定に変更はないため、当該 50 保護リレーの動作時間は、当該 50 保護リレーと同じくメタクラ母線の過電流を保護し、メタクラの負荷や下流の保護リレーとの協調を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 0.200[sec]（玄海 3 号機）とした。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。実機プラント全ての保護協調により設定する 50 保護リレーの動作時間は、添付資料-4 に示す。

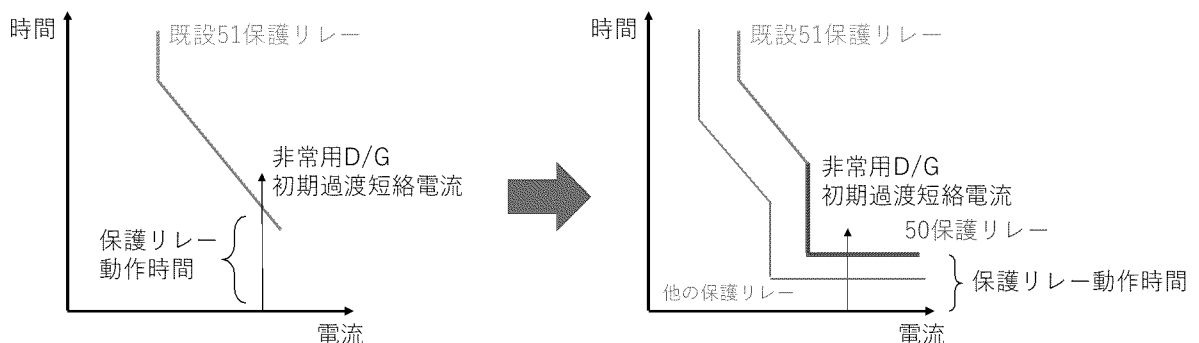


図 6.3 非常用ディーゼル発電機 50 保護リレー追設による保護リレー整定イメージ

表 6.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 3 号機）（1/3）

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)			
ドックラック 開閉装置	所内変圧器受電 (52/4-3HC)	50-130	0.400	0.025	0.060	0.460	20.69	0.485	21.81	37.28	1.34	2
		2-30	0.400	0.025	0.094	0.494	22.22	0.519	23.34	37.28		2
	予備変圧器受電 (52/4-3EC)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	21.39	0.450	21.39	39.40		5
	4-3C M/C 各フィーダ遮断器 (52/4-3AEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-3HC)	0.200	0.025	0.100	0.300	13.49	0.325	14.62	37.28		2
		予備変圧器受電 (52/4-3EC)	0.200	0.025	0.100	0.300	14.26	0.325	15.45	39.40		2
	所内変圧器受電 (52/4-3HD)	50-130	0.400	0.025	0.060	0.460	21.68	0.485	22.86	39.07		2
		2-30	0.400	0.025	0.094	0.494	23.28	0.519	24.46	39.07		2
	予備変圧器受電 (52/4-3ED)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	22.70	0.450	22.70	41.82		5
	4-3DM/C 各フィーダ遮断器 (52/4-3BEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-3HD)	0.200	0.025	0.100	0.300	14.14	0.325	15.32	39.07		2
		予備変圧器受電 (52/4-3ED)	0.200	0.025	0.100	0.300	15.14	0.325	16.40	41.82		2
タンセル ワバ	3-3C1 動力変圧器受電 (52/3-3C1L)	3-3C1 動力変圧器 (52/3-3C1H)	1.120	0.079	0.084	1.204	15.72	1.283	16.75	31.06	0.467	1
	3-3C1 P/C 各フィーダ遮断器	3-3C1 動力変圧器受電 (52/3-3C1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.09	0.491	6.41	31.06		2
	3-3C2 動力変圧器受電 (52/3-3C2L)	3-3C2 動力変圧器 (52/3-3C2H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.71	1.272	16.74	31.30		1
	3-3C2 P/C 各フィーダ遮断器	3-3C2 動力変圧器受電 (52/3-3C2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.14	0.491	6.46	31.30		2
	3-3D1 動力変圧器受電 (52/3-3D1L)	3-3D1 動力変圧器 (52/3-3D1H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.70	1.272	16.73	31.28		1
	3-3D1 P/C 各フィーダ遮断器	3-3D1 動力変圧器受電 (52/3-3D1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.13	0.491	6.46	31.28		2
	3-3D2 動力変圧器受電 (52/3-3D2L)	3-3D2 動力変圧器 (52/3-3D2H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.77	1.272	16.80	31.41		1
	3-3D2 P/C 各フィーダ遮断器	3-3D2 動力変圧器受電 (52/3-3D2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.18	0.491	6.51	31.52		2

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 6.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 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)			
タンセル ロトンコ	3C1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.45	0.200	3.45	28.37	0.675	7
	3C2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.23	0.200	3.23	26.57		7
	3C3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.69	0.200	3.69	30.35		7
	3C4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.51	0.200	3.51	28.85		7
	3D1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.44	0.200	3.44	28.27		7
	3D2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.27	0.200	3.27	26.84		7
	3D3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.72	0.200	3.72	30.55		7
	3D4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.51	0.200	3.51	28.88		7
	加圧器後備ヒータグループ-1 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-1	0.180	—	0.020	0.200	3.04	0.200	3.04	24.97		7
	加圧器後備ヒータグループ-2 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-2	0.180	—	0.020	0.200	3.20	0.200	3.20	26.31		7
	加圧器後備ヒータグループ-3 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-3	0.180	—	0.020	0.200	3.03	0.200	3.03	24.92		7
	加圧器後備ヒータグループ-4 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-4	0.180	—	0.020	0.200	3.19	0.200	3.19	26.25		7

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 6.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 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)				
ドッククルタメ 開閉装置	3A ディーゼル発電機受電 (4-3AEG)	3A ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88	5.3	1.33	2	
	4-3C 母線に接続される遮断器 (4-3AEG を除く)	4-3AEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2
	3B ディーゼル発電機受電 (4-3BEG)	3B ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88			5.3	2
	4-3D 母線に接続される遮断器 (4-3BEG を除く)	4-3BEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2

※1 工認申請書には、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

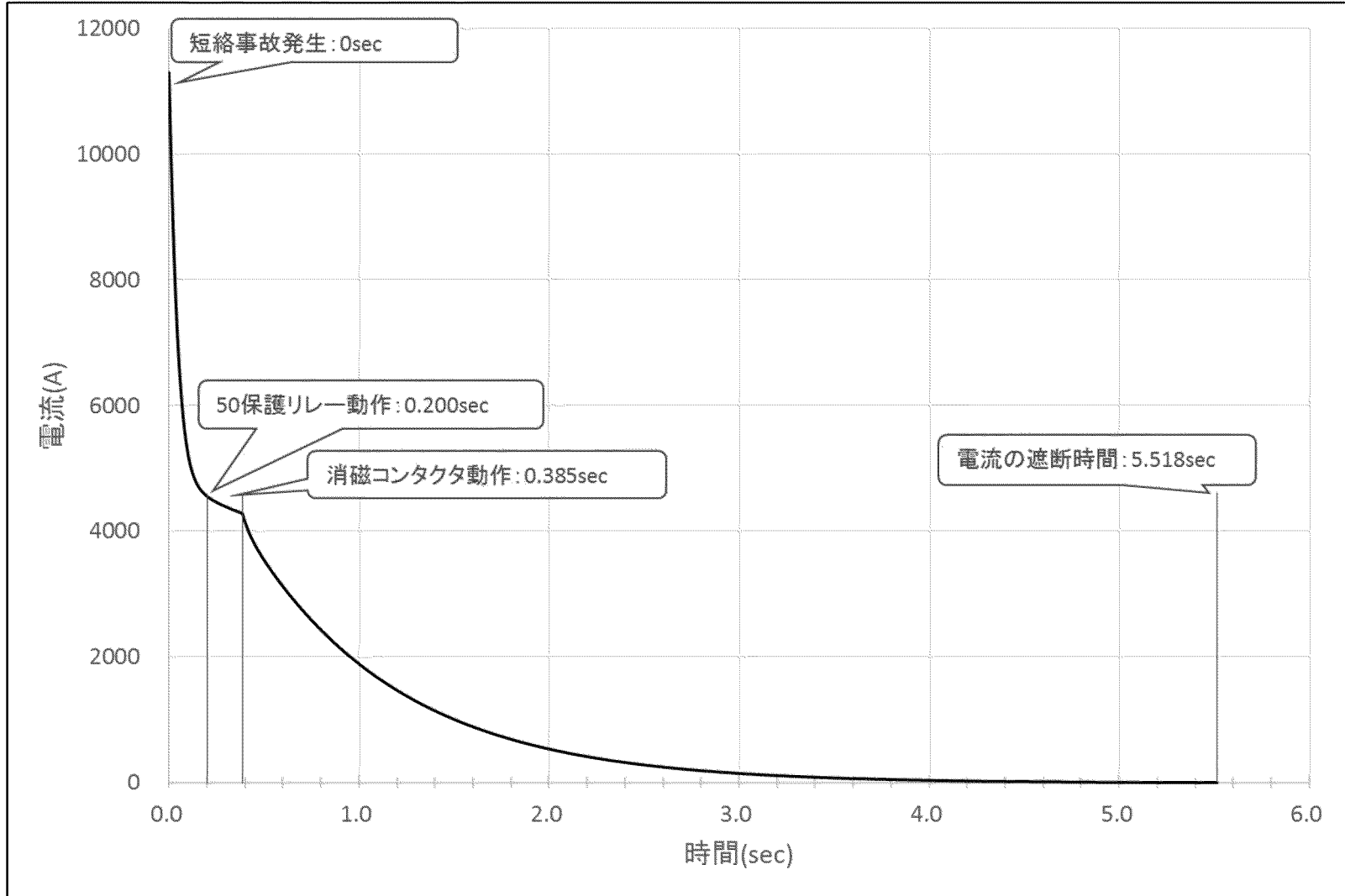


図 6.4 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーク電流の減衰（玄海 3 号機）

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6.5に示す。

追加する50保護リレーについては、SI 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。

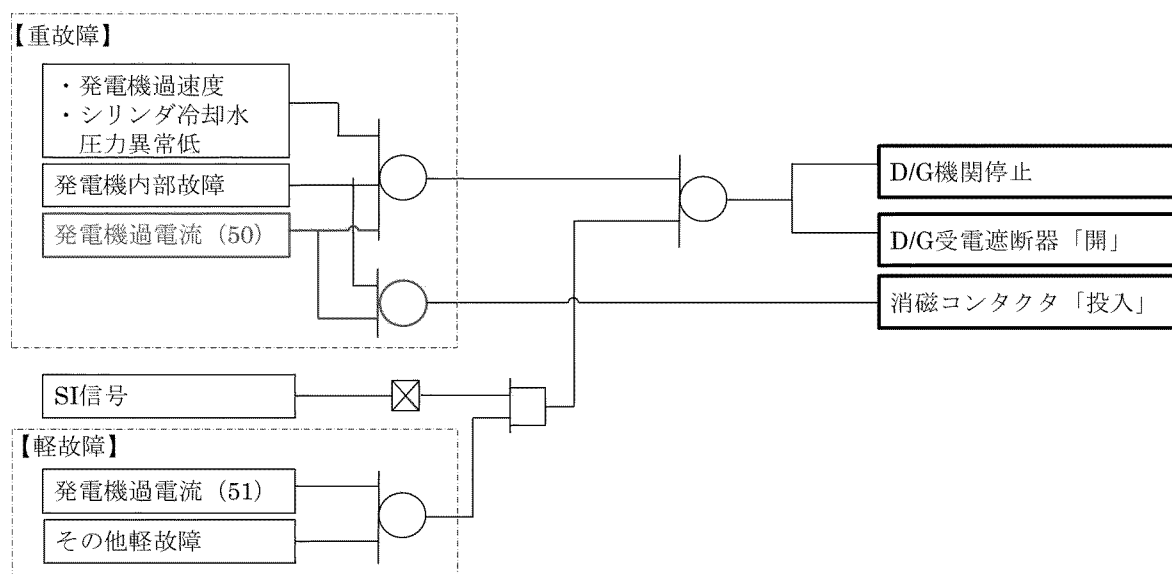


図 6.5 インターロック図（概要）

(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 6.6 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 6.4、図 6.7 参照）

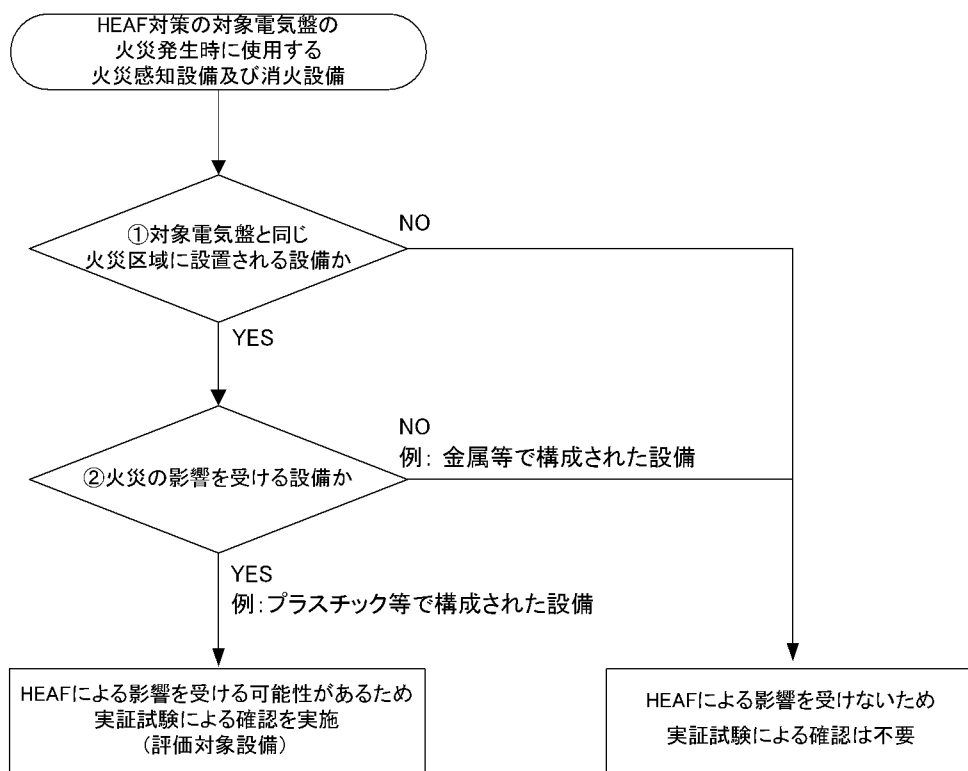


図 6.6 評価対象設備の選定フロー

表 6.4 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	○	×	×

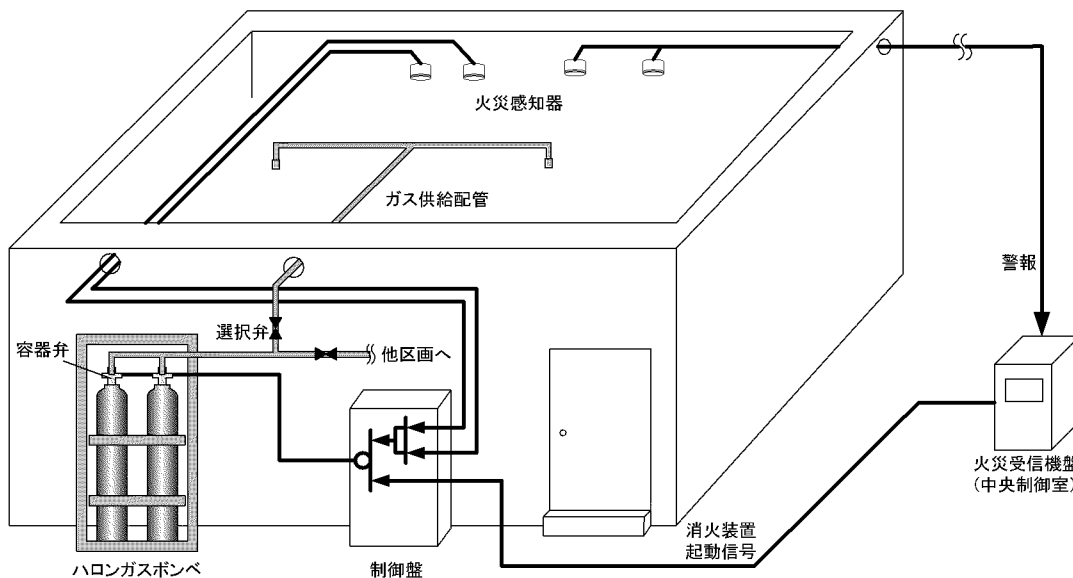


図 6.7 火災感知設備及び消火設備のシステム構成概要図

(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」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。）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 6.8 の ZOI の範囲内に設置されていないことを確認する。

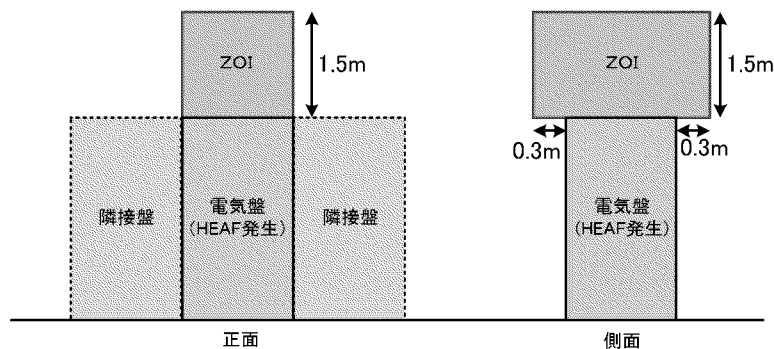
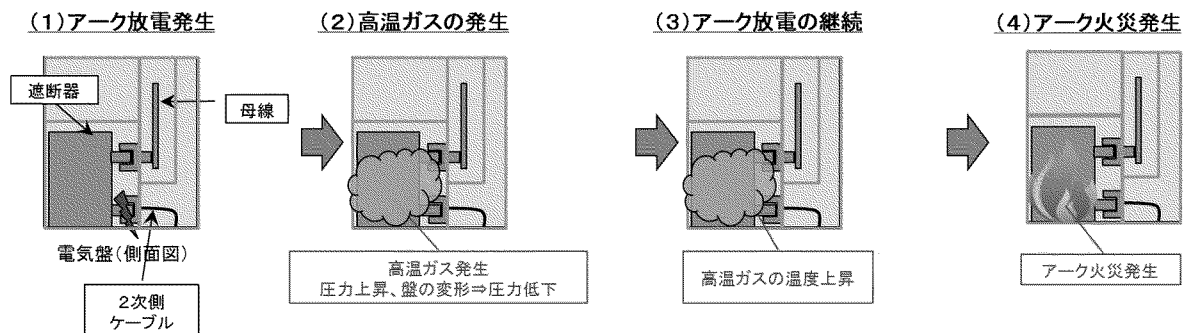


図 6.8 火災感知器に対する HEAF の ZOI

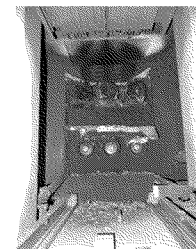
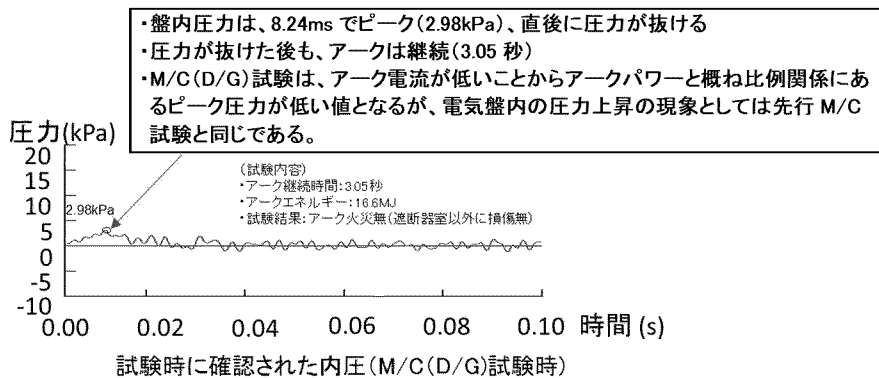
c. 確認結果

確認の結果、HEAF 対策の対象電気盤の 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。

アーク火災発生メカニズムについて

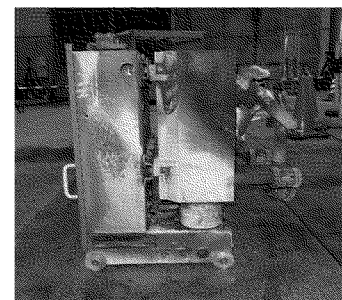


- (1) 電気盤遮断器室内の遮断器の1次側（又は2次側）に銅線で三相短絡し、短絡電流を流すことによりアーク放電を発生させると、金属ヒュームを含んだ高温ガスが発生する。
- (2) 電気盤は、金属ヒュームを含んだ高温ガス等の要因により、以下のグラフのとおり、0.01秒～0.02秒後（M/C（D/G）試験は約0.01秒後）に圧力上昇はピークとなり、その後電気盤の開口部や盤内仕切板の変形（M/C（D/G）試験ではアークパワーが小さいことから仕切板の変形には至らない）により高温ガスは電気盤外に抜け、盤内圧力は減少傾向になる。なお、電気盤は密閉構造ではなく開口部を有する構造であることから、圧力の上昇に伴い盤内の温度が上昇するものではない。



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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 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 (D/G) 試験 - 先行 M/C 試験の比較について

	M/C (D/G) 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 (D/G) 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
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 (D/G) 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 (D/G) 5kA、M/C (D/G) 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 (D/G) 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）

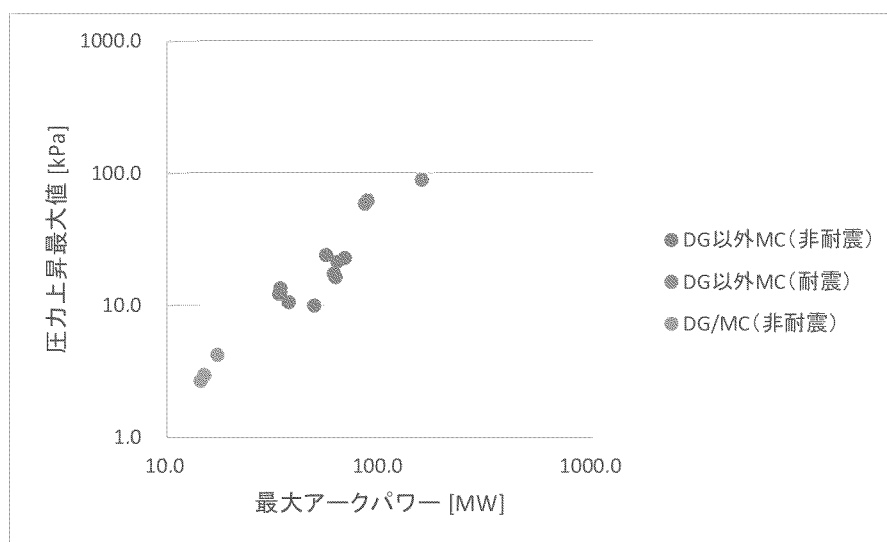


図1 最大アークパワーと圧力上昇最大値の関係

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

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

V : アーク電圧、I : 試験電流

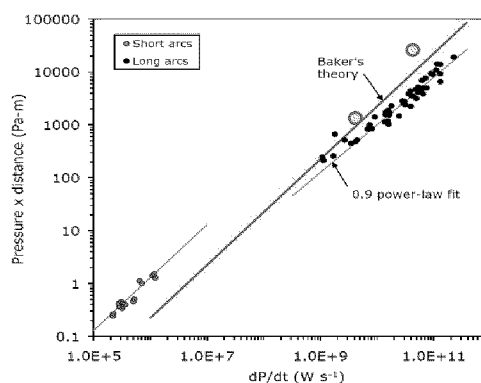


Figure 5 The results of Drouet and Nadeau for short (8 mm) and long (many meters) arcs

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。
- 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)

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)

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-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。

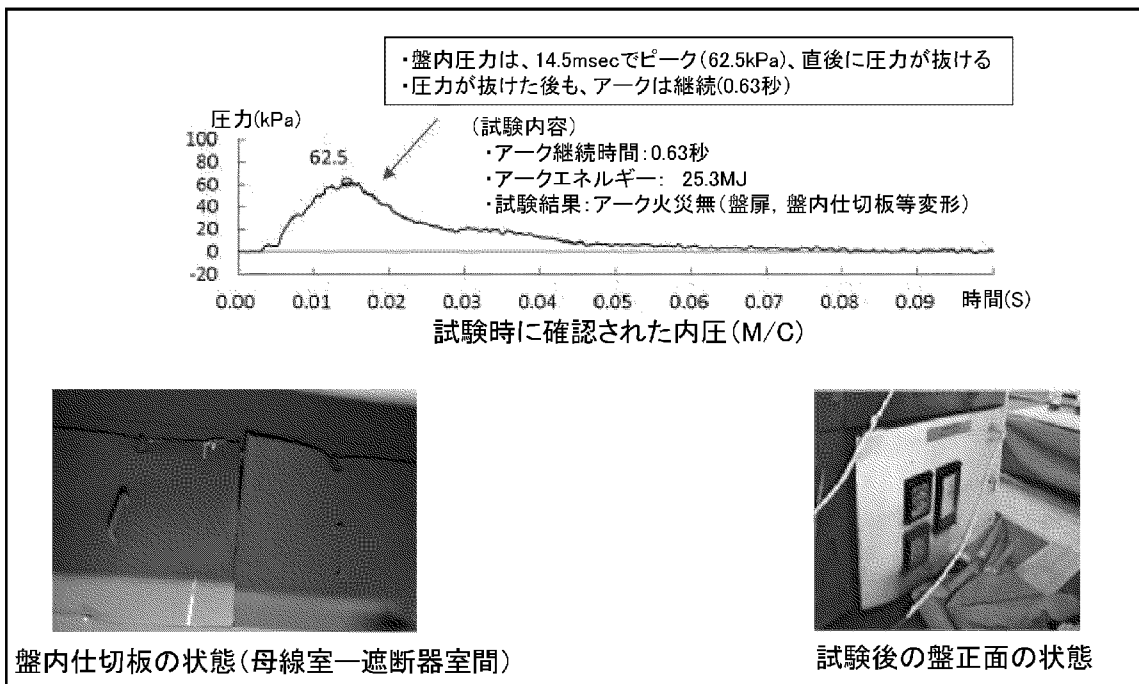
試験電圧 6.9kV
凡例:
黒塗 HEAF火災有
白塗 HEAF火災無

補正した通電時間 t_{arc}' で整理
 $t_{arc}' = t_{arc}(\text{実測値}) \times \text{電流平均値}(\text{実測値}) \div \text{基準電流}20\text{kA}$

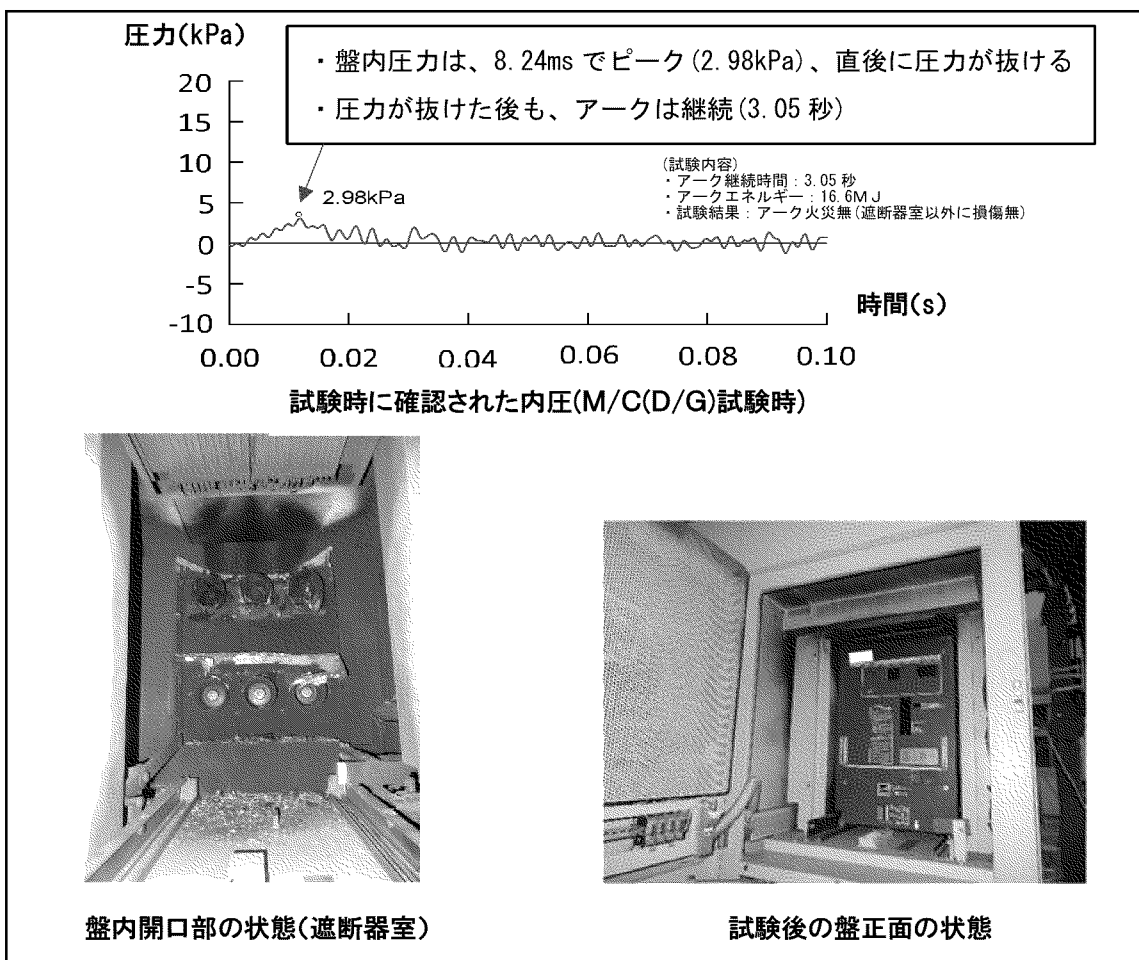
○ 非耐震MC (DG以外)
◇ 耐震MC (DG以外)
△ 非耐震MC (DG)

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)

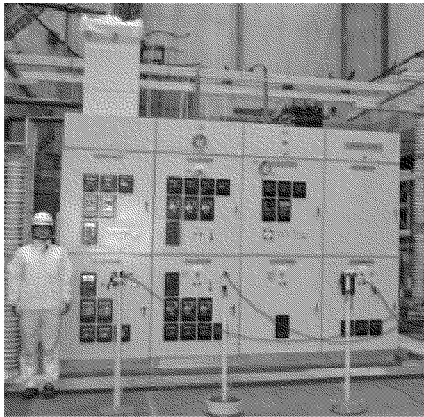
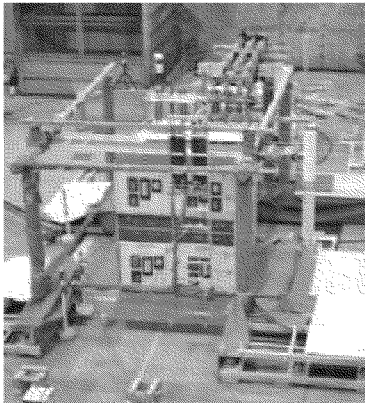
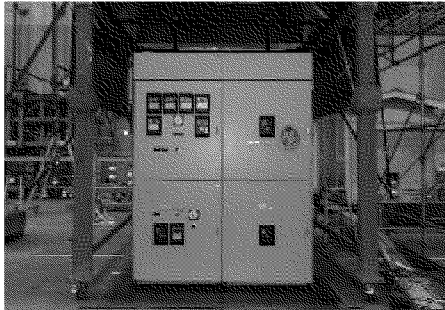
(1) 先行 M/C 試験の電気盤内圧




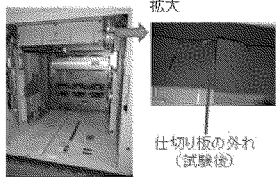
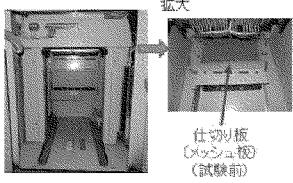


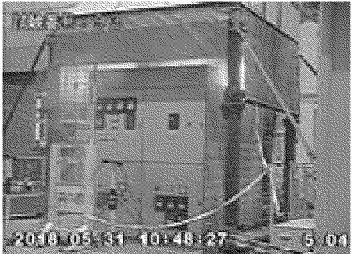
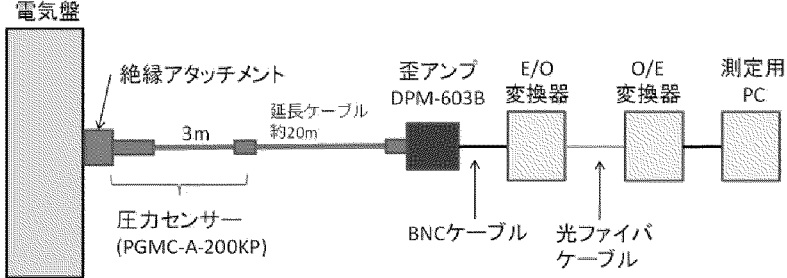
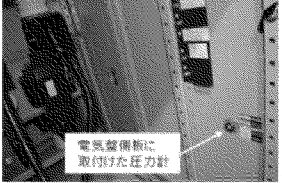
(2) M/C (DG) 試験の電気盤内圧



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

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

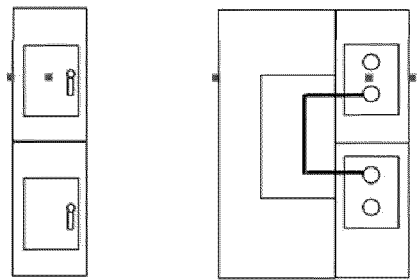
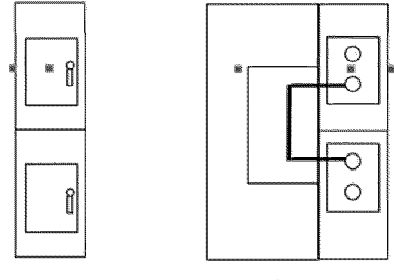
別表1 M/C (D/G) 試験と先行 M/C 試験の相違点について (2/3)

試験盤	先行M/C試験		M/C(D/G)試験
	試験盤①	試験盤②	試験盤③
遮断器室内※1			
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"> ・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 	<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 	<ul style="list-style-type: none"> ・通気口 ・上下段遮断器室間の仕切り板の隙間（扉の変形はほとんど見られず） 
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、背面		発弧箇所を有する電気盤の正面扉、側面
圧力測定器			 <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盤表面からねじ込み取り付けている。</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：20μs以上		

※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 (D/G) 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 NOTE4 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 (D/G) 試験と先行M/C試験の相違点について (3/3)


試験盤	先行M/C試験		M/C(D/G)試験
	試験盤①	試験盤②	試験盤③
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、背面)</p>  <p>正面 側面</p>		<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>※発弧位置が正面左上段の遮断器の場合</p>

火災感知設備及び消火設備の配置について

川内 1/2 号機、玄海 3/4 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

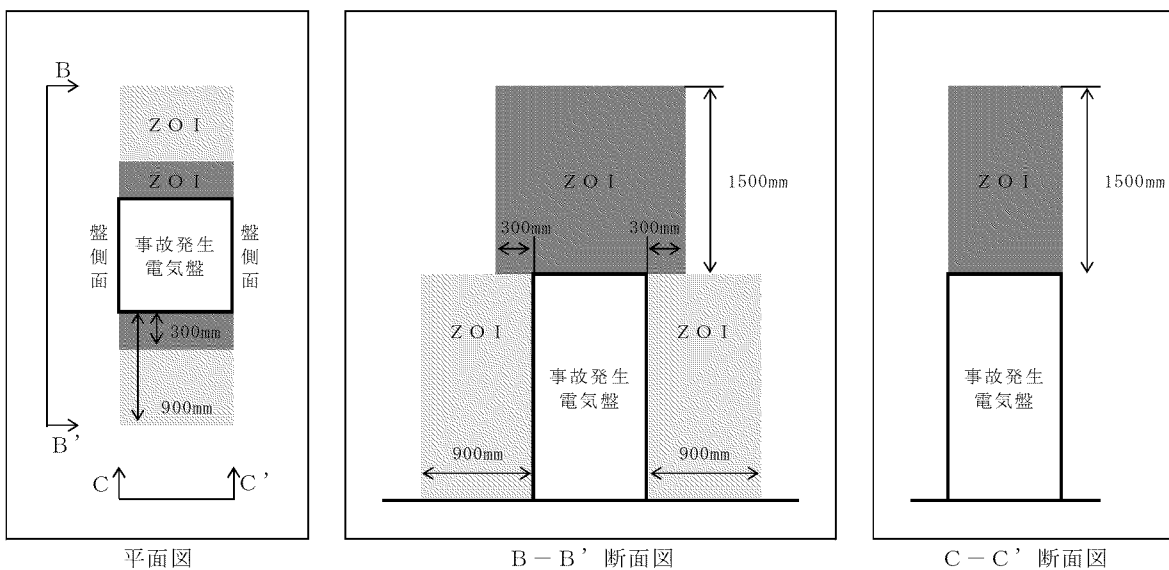
-  (平面図) 、  (断面図) : 煙感知器
-  (平面図) 、  (断面図) : 熱感知器

 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

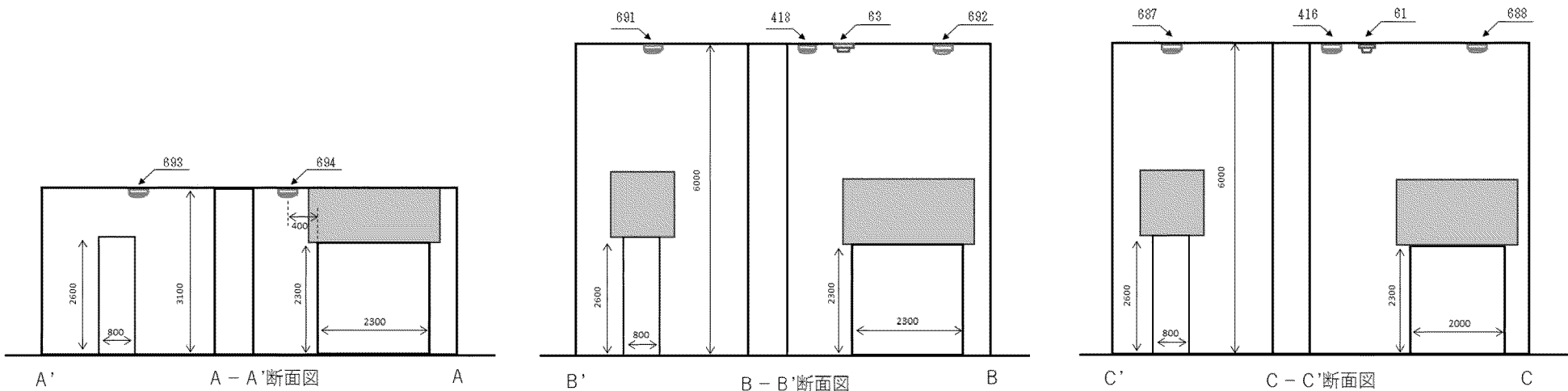
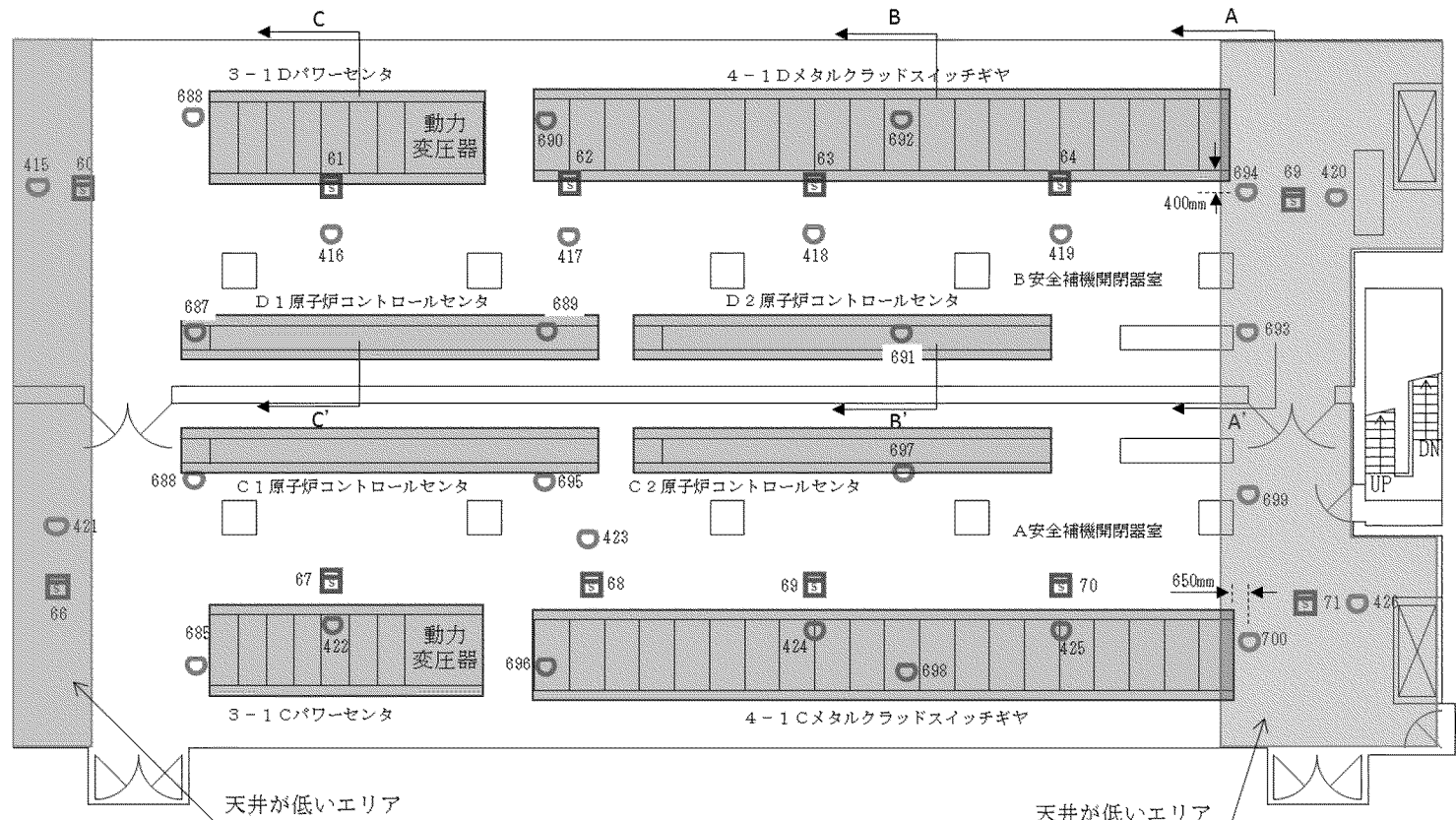
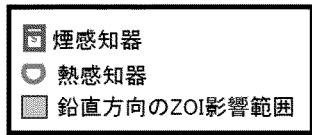


(2) 火災感知設備及び消火設備の配置図

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。

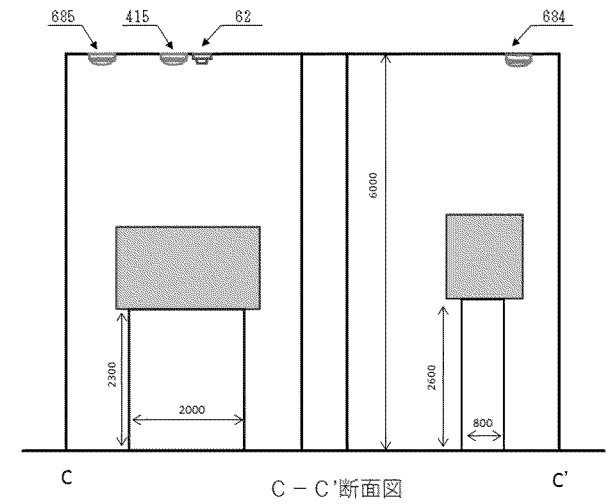
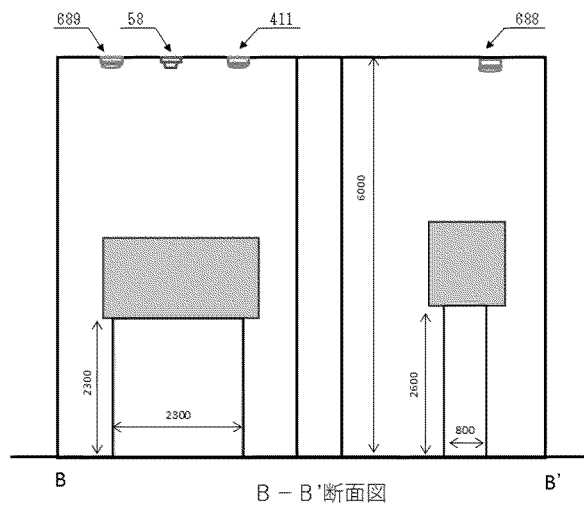
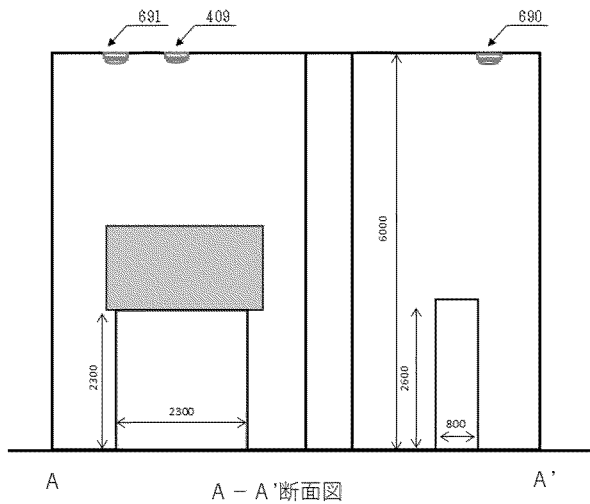
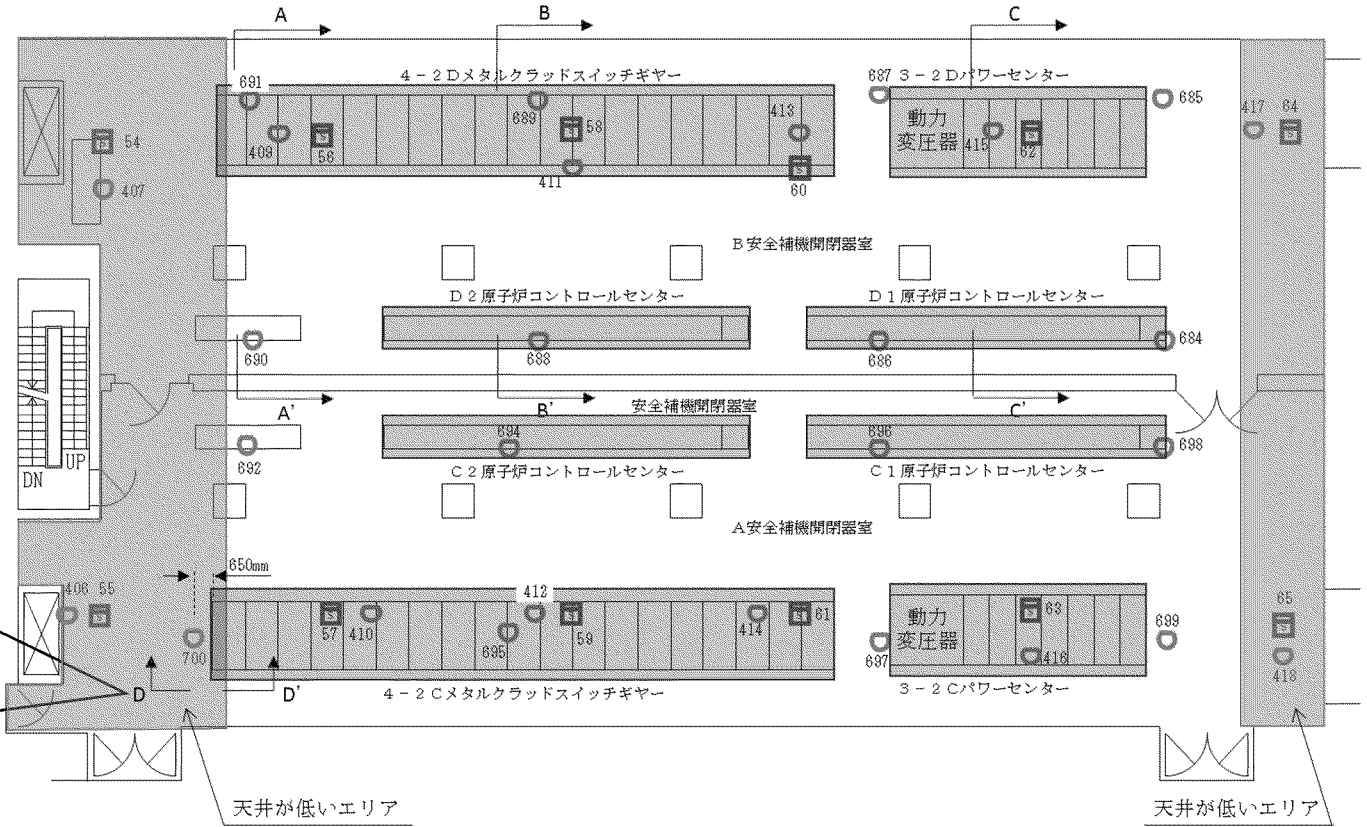
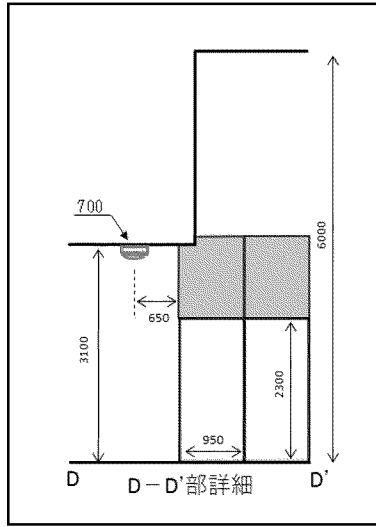
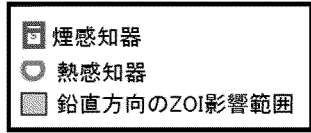
- a. 川内 1 号機 . . . 添 2-2 ページ
- b. 川内 2 号機 . . . 添 2-3 ページ
- c. 玄海 3 号機 . . . 添 2-4～添 2-5 ページ
- d. 玄海 4 号機 . . . 添 2-6～添 2-7 ページ

a. 川内1号機







※A安全補機開閉器室とB安全補機開閉器室の天井高さが同じであるため、代表としてB安全補機開閉器室の断面図を記載

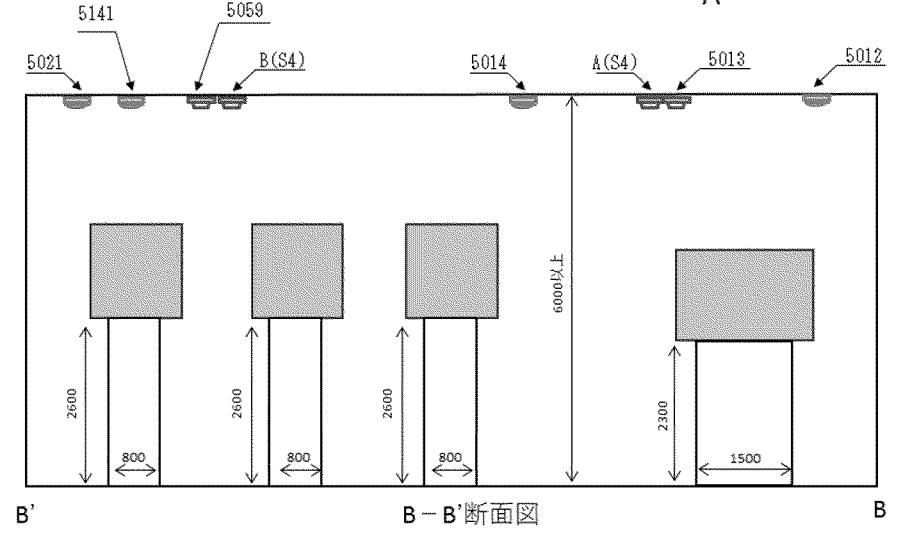
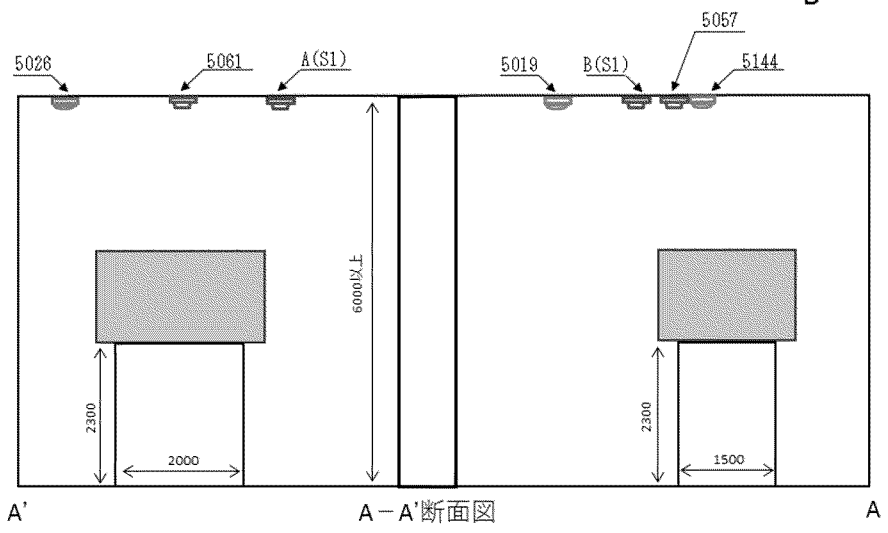
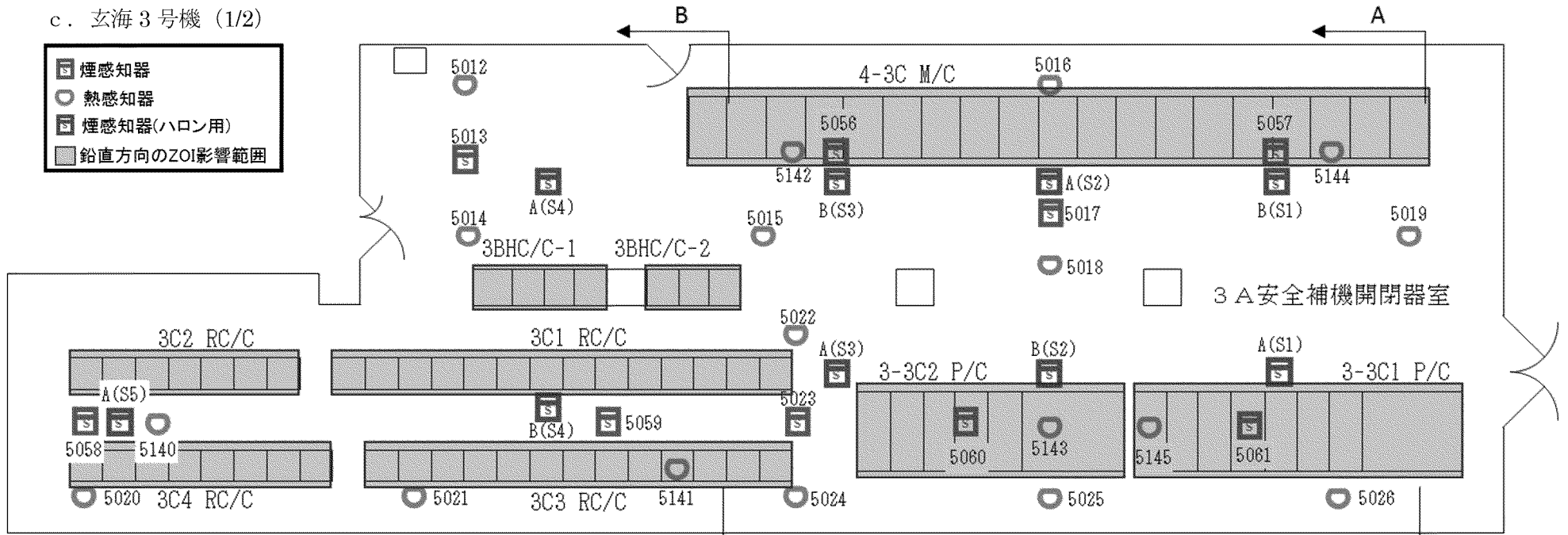
b. 川内2号機



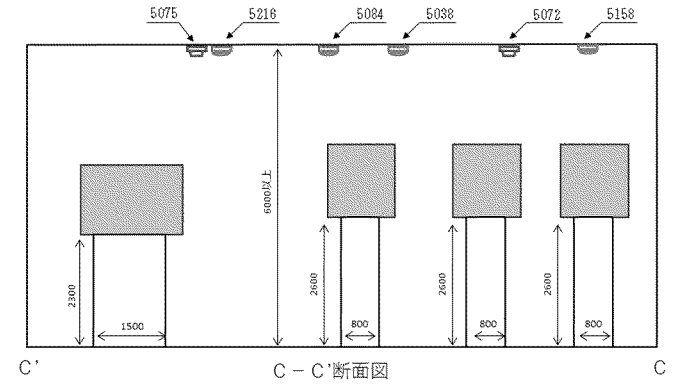
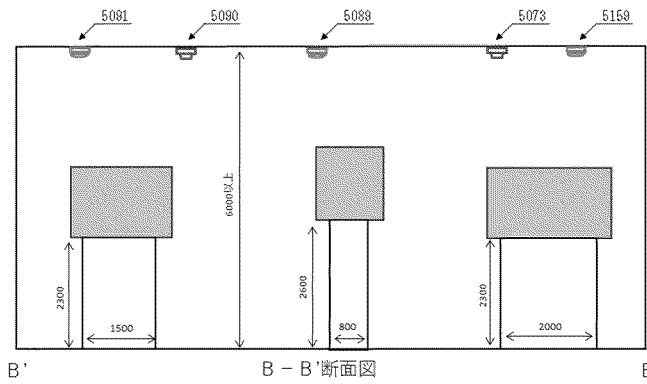
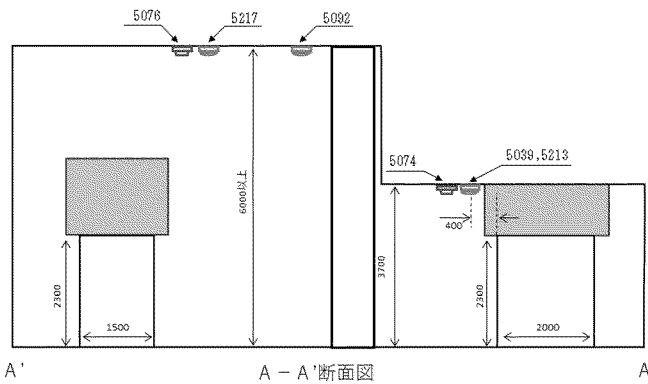
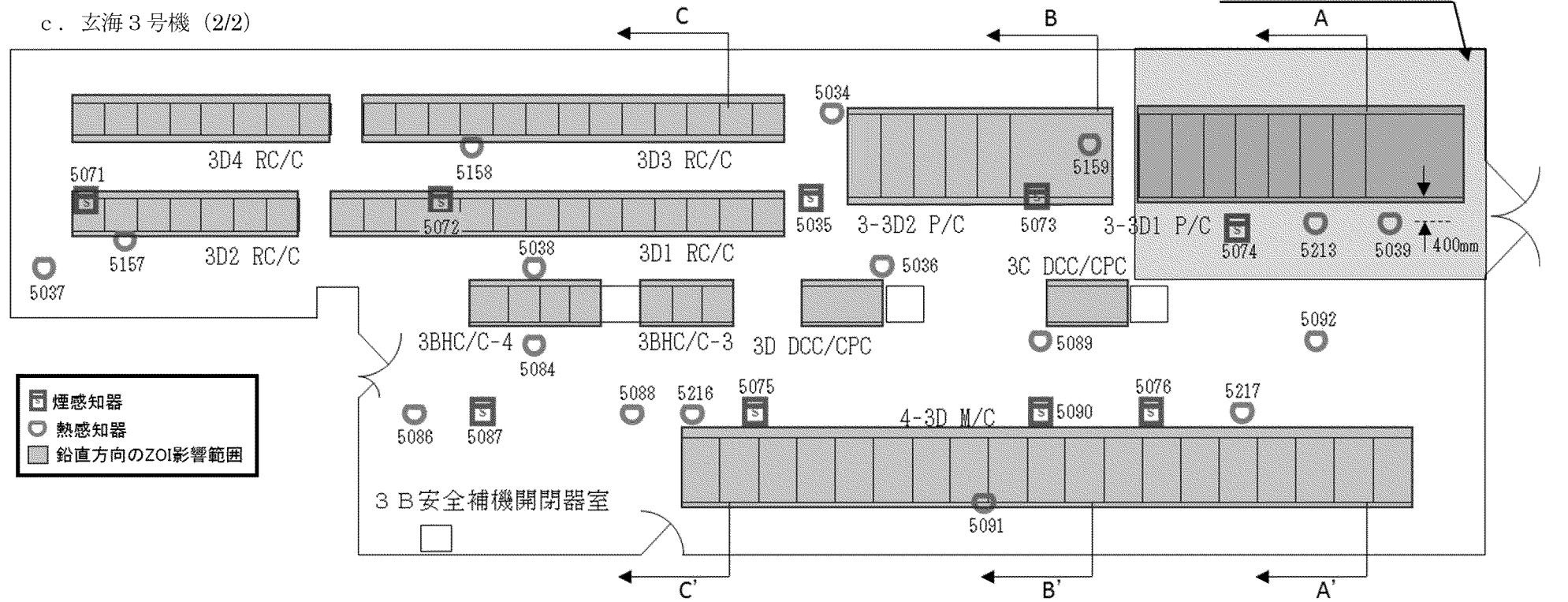
※A安全補機開閉器室とB安全補機開閉器室の天井高さが同じであるため、代表としてB安全補機開閉器室の断面図を記載

c. 玄海3号機 (1/2)

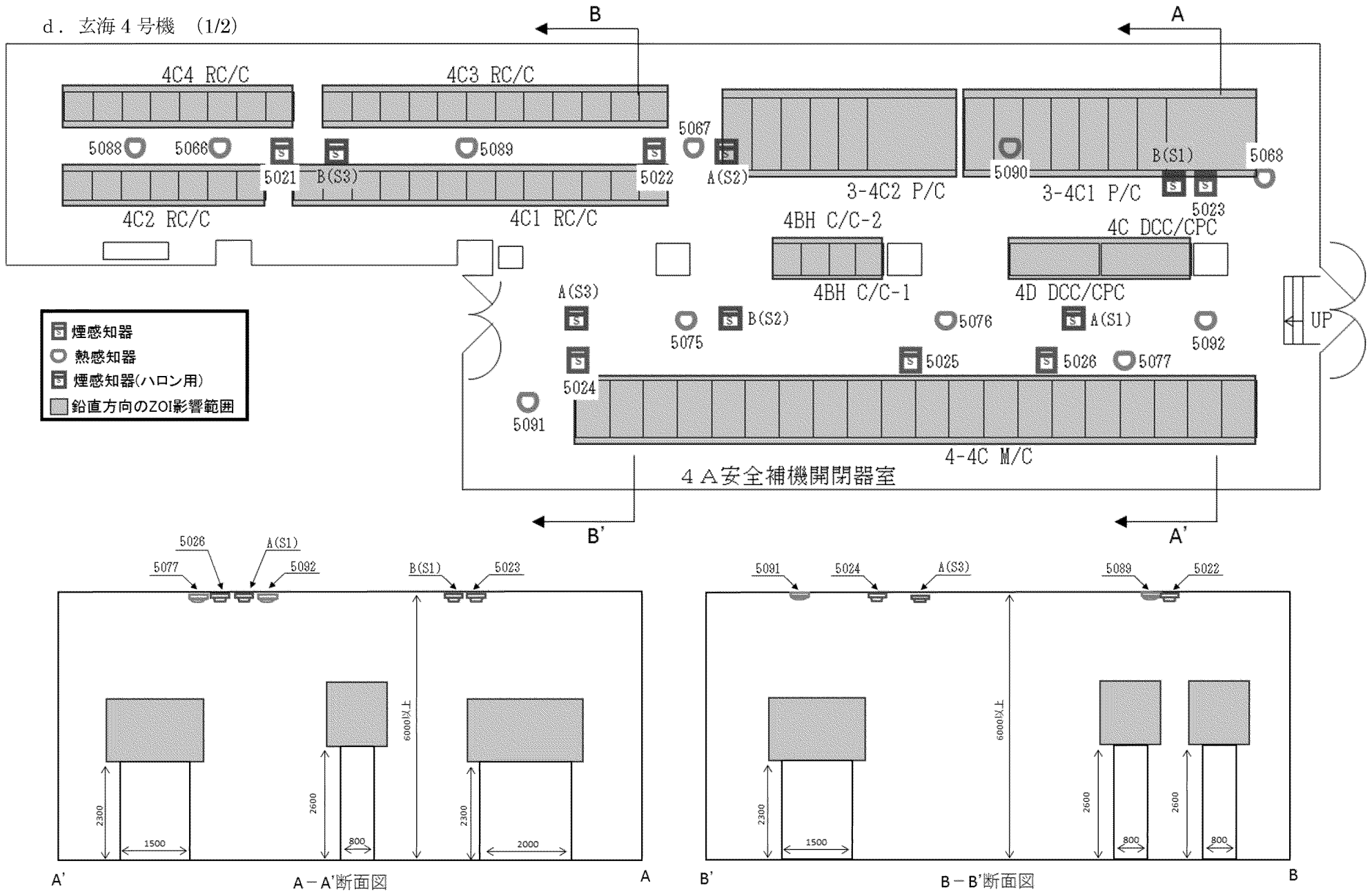
-  煙感知器
-  熱感知器
-  煙感知器(ハロン用)
-  鉛直方向のZOI影響範囲







c. 玄海3号機 (2/2)

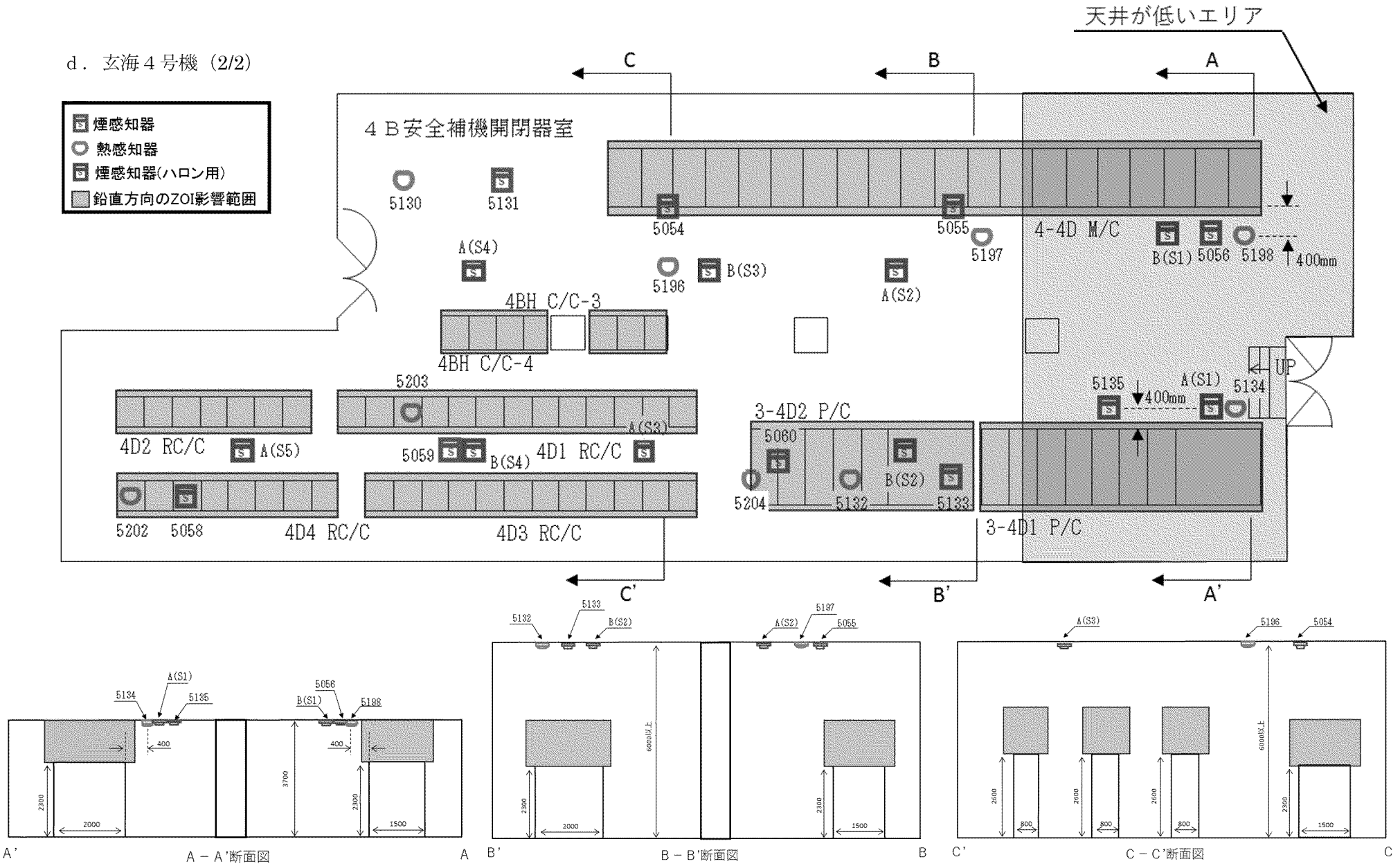


d. 玄海4号機 (1/2)



d. 玄海4号機 (2/2)

-  煙感知器
-  熱感知器
-  煙感知器(ハロン用)
-  鉛直方向のZOI影響範囲



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 3.1～3.4 に示す。

表 3.1 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(川内 1 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】川内 1 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 19.0 kA～約 27.2 kA
P/C	45.0 kA	約 30.2 kA～約 31.2 kA
C/C	45.0 kA	約 28.0 kA～約 29.5 kA
M/C(D/G)	5 kA	約 4.0 kA

表 3.2 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(川内 2 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】川内 2 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 19.0 kA～約 26.9 kA
P/C	45.0 kA	約 30.2 kA～約 31.2 kA
C/C	45.0 kA	約 27.5 kA～約 29.1 kA
M/C(D/G)	5 kA	約 4.0 kA

表 3.3 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(玄海 3 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】玄海 3 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 37.3 kA～約 41.9 kA
P/C	45.0 kA	約 31.0 kA～約 31.6 kA
C/C	45.0 kA	約 24.9 kA～約 30.6 kA
M/C(D/G)	5 kA	約 5.3 kA

表 3.4 HEAF 試験時における短絡電流の目標値(玄海 4 号)

電気盤	短絡電流目標値	【参考】玄海 4 号機の短絡電流値
M/C	18.9 kA または 40.0 kA	約 37.0 kA～約 41.0 kA
P/C	45.0 kA	約 30.7 kA～約 31.2 kA
C/C	45.0 kA	約 25.0 kA～約 30.4 kA
M/C(D/G)	5 kA	約 5.3 kA

電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧について

「6. HEAFに係る対策の判断基準」で整理した表 6.3 及び図 6.4 について、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一覧を表 4.1～4.4 及び図 4.1～4.2 に示す。

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考え方は、以下のとおり。

- ・「6. HEAFに係る対策の判断基準」で述べたとおり、50 保護リレーの動作時間は、既設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しており、玄海 3/4 号機では 0.200[sec]、川内 1/2 号機では 0.500[sec]である。
- ・50 保護リレーの動作時間により、玄海 3/4 号機では、「6. HEAFに係る対策の判断基準」表 6.2 の誤差パターン 2 (+0.025[sec])、川内 1/2 号機では誤差パターン 3 (+5%) に該当する動作誤差を考慮した。
- ・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。
 - ▶玄海 3/4 号機、川内 1/2 号機の補助リレー等の動作時間（プラス誤差含む。）：0.100[sec]
 - ▶玄海 3/4 号機 ディーゼル発電機受電遮断器開放時間：0.084[sec]
 - ▶川内 1/2 号機 ディーゼル発電機受電遮断器開放時間：0.050[sec]
- ・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、「6. HEAFに係る対策の判断基準」で示した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。

表 4.1 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（川内 1 号機）（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	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)			
ドツラクルタメ	所変受電(4-1HC)	50-110	0.060	—	0.050	0.110	3.61	0.110	3.61	27.17	1.34	6
		2-10	0.500	0.025	0.150	0.650	21.30	0.675	22.12	27.17		3
	予変受電(4-1EC)	20-50	0.668	0.081	0.050	0.718	16.75	0.799	18.64	19.34		4
	起変受電(4-1SC)	50ST-110	0.680	0.082	0.050	0.730	17.83	0.812	19.84	20.25		4
	4-1C M/C 各フィーダ遮断器 (4-1AEG 除く)	所変受電(4-1HC)	0.500	0.025	0.066	0.566	18.55	0.591	19.37	27.17		3
		予変受電(4-1EC)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.21	0.591	13.79	19.34		3
		起変受電(4-1SC)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.83	0.591	14.44	20.25		3
	所変受電(4-1HD)	50-110	0.060	—	0.050	0.110	3.56	0.110	3.56	26.83		6
		2-10	0.500	0.025	0.150	0.650	21.04	0.675	21.85	26.83		3
	予変受電(4-1ED)	20-50	0.693	0.084	0.050	0.743	16.95	0.827	18.87	18.91		4
	起変受電(4-1SD)	50ST-110	0.689	0.083	0.050	0.739	17.90	0.822	19.91	20.08		4
	4-1DM/C 各フィーダ遮断器 (4-1BEG 除く)	所変受電(4-1HD)	0.500	0.025	0.066	0.566	18.32	0.591	19.13	26.83		3
		予変受電(4-1ED)	0.500	0.025	0.066	0.566	12.91	0.591	13.48	18.91		3
		起変受電(4-1SD)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.71	0.591	14.32	20.08		3
タンセルワパ	3-1CL 受電	1C 動力変圧器 (3-1CH)	0.300	0.025	0.050	0.350	4.59	0.375	4.91	31.15	0.467	2
	3-1C P/C 各フィーダ遮断器	3-1CL 受電	0.300	0.025	0.066	0.366	4.80	0.391	5.12	31.15		2
	3-1DL 受電	1D 動力変圧器 (3-1DH)	0.300	0.025	0.050	0.350	4.58	0.375	4.91	31.13		2
	3-1D P/C 各フィーダ遮断器	3-1DL 受電	0.300	0.025	0.066	0.366	4.79	0.391	5.12	31.13		2
タンセルトロンコ	1C1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	1C1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.58	0.200	3.58	29.45	0.675	7
	1C2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	1C2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.49	0.200	3.49	28.72		7
	1D1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	1D1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.58	0.200	3.58	29.43		7
	1D2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	1D2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.49	0.200	3.49	28.71		7

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.1 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（川内 1 号機）（2/2）
（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)				
ドッククルタメ 開閉装置	1A ディーゼル発電機受電 (4-1AEG)	1A ディーゼル発電機停止	0.500	0.025	4.447	4.947	5.87	4.834	5.359	7.34	4.0	1.33	3	
	4-1C 母線に接続される遮断器 (4-1AEG を除く)	4-1AEG	0.500	0.025	0.106 ※2	0.606	3.07	0.150	0.675	3.33			4.0	3
	1B ディーゼル発電機受電 (4-1BEG)	1B ディーゼル発電機停止	0.500	0.025	4.447	4.947	5.87	4.834	5.359	7.34			4.0	3
	4-1D 母線に接続される遮断器 (4-1BEG を除く)	4-1BEG	0.500	0.025	0.106 ※2	0.606	3.07	0.150	0.675	3.33			4.0	3

※1 工認申請書には、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

表 4.2 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（川内 2 号機）（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	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)				
ドラックルタメ	所変受電(4-2HC)	50-120	0.060	—	0.050	0.110	3.56	0.110	3.56	26.81	1.34	6	
		2-20	0.500	0.025	0.150	0.650	21.02	0.675	21.83	26.81		3	
	予変受電(4-2EC)	20-50	0.670	0.081	0.050	0.720	16.78	0.801	18.67	19.32		4	
	起変受電(4-2SC)	50ST-110	0.697	0.084	0.050	0.747	17.98	0.831	20.00	19.95		4	
	4-2C M/C 各フィーダ遮断器(4-2AEG 除く)	所変受電(4-2HC)	0.500	0.025	0.066	0.566	18.31	0.591	19.11	26.81		3	
		予変受電(4-2EC)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.19	0.591	13.78	19.32		3	
		起変受電(4-2SC)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.62	0.591	14.22	19.95		3	
	所変受電(4-2HD)	50-120	0.060	—	0.050	0.110	3.54	0.110	3.54	26.64		6	
		2-20	0.500	0.025	0.150	0.650	20.89	0.675	21.69	26.64		3	
	予変受電(4-2ED)	20-50	0.692	0.084	0.050	0.742	16.94	0.826	18.86	18.93		4	
	起変受電(4-2SD)	50ST-110	0.704	0.085	0.050	0.754	18.02	0.839	20.05	19.81		4	
	4-2DM/C 各フィーダ遮断器(4-2BEG 除く)	所変受電(4-2HD)	0.500	0.025	0.066	0.566	18.19	0.591	18.99	26.64		3	
		予変受電(4-2ED)	0.500	0.025	0.066	0.566	12.93	0.591	13.50	18.93		3	
		起変受電(4-2SD)	0.500	0.025	0.066	0.566	13.53	0.591	14.12	19.81		3	
タンセル	ワバ	3-2CL 受電	2C 動力変圧器(3-2CH)	0.300	0.025	0.050	0.350	4.58	0.375	4.91	31.12	0.467	2
		3-2C P/C 各フィーダ遮断器	3-2CL 受電	0.300	0.025	0.066	0.366	4.79	0.391	5.12	31.12		2
		3-2DL 受電	2D 動力変圧器(3-2DH)	0.300	0.025	0.050	0.350	4.58	0.375	4.90	31.07		2
		3-2D P/C 各フィーダ遮断器	3-2DL 受電	0.300	0.025	0.066	0.366	4.78	0.391	5.11	31.07		2
タンセル	ロトンコ	2C1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	2C1 原子炉コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.53	0.200	3.53	28.98	0.675	7
		2C2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	2C2 原子炉コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.44	0.200	3.44	28.28		7
		2D1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	2D1 原子炉コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.54	0.200	3.54	29.09		7
		2D2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	2D2 原子炉コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.44	0.200	3.44	28.24		7

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.2 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（川内 2 号機）（2/2）
（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)				
ドッククルタメ 開閉装置	2A ディーゼル発電機受電 (4-2AEG)	2A ディーゼル発電機停止	0.500	0.025	4.447	4.947	5.87	4.834	5.359	7.34	4.0	1.33	3	
	4-2C 母線に接続される遮断器(4-2AEGを除く)	4-2AEG	0.500	0.025	0.106 ※2	0.606	3.07	0.150	0.675	3.33			4.0	3
	2B ディーゼル発電機受電 (4-2BEG)	2B ディーゼル発電機停止	0.500	0.025	4.447	4.947	5.87	4.834	5.359	7.34			4.0	3
	4-2D 母線に接続される遮断器(4-2BEGを除く)	4-2BEG	0.500	0.025	0.106 ※2	0.606	3.07	0.150	0.675	3.33			4.0	3

※1 工認申請書には、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

表 4.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 3 号機）（1/3）

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)			
ドックラック 開閉装置	所内変圧器受電 (52/4-3HC)	50-130	0.400	0.025	0.060	0.460	20.69	0.485	21.81	37.28	1.34	2
		2-30	0.400	0.025	0.094	0.494	22.22	0.519	23.34	37.28		2
	予備変圧器受電 (52/4-3EC)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	21.39	0.450	21.39	39.40		5
	4-3C M/C 各フィーダ遮断器 (52/4-3AEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-3HC)	0.200	0.025	0.100	0.300	13.49	0.325	14.62	37.28		2
		予備変圧器受電 (52/4-3EC)	0.200	0.025	0.100	0.300	14.26	0.325	15.45	39.40		2
	所内変圧器受電 (52/4-3HD)	50-130	0.400	0.025	0.060	0.460	21.68	0.485	22.86	39.07		2
		2-30	0.400	0.025	0.094	0.494	23.28	0.519	24.46	39.07		2
	予備変圧器受電 (52/4-3ED)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	22.70	0.450	22.70	41.82		5
	4-3DM/C 各フィーダ遮断器 (52/4-3BEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-3HD)	0.200	0.025	0.100	0.300	14.14	0.325	15.32	39.07		2
		予備変圧器受電 (52/4-3ED)	0.200	0.025	0.100	0.300	15.14	0.325	16.40	41.82		2
タンセル ワバ	3-3C1 動力変圧器受電 (52/3-3C1L)	3-3C1 動力変圧器 (52/3-3C1H)	1.120	0.079	0.084	1.204	15.72	1.283	16.75	31.06	0.467	1
	3-3C1 P/C 各フィーダ遮断器	3-3C1 動力変圧器受電 (52/3-3C1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.09	0.491	6.41	31.06		2
	3-3C2 動力変圧器受電 (52/3-3C2L)	3-3C2 動力変圧器 (52/3-3C2H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.71	1.272	16.74	31.30		1
	3-3C2 P/C 各フィーダ遮断器	3-3C2 動力変圧器受電 (52/3-3C2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.14	0.491	6.46	31.30		2
	3-3D1 動力変圧器受電 (52/3-3D1L)	3-3D1 動力変圧器 (52/3-3D1H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.70	1.272	16.73	31.28		1
	3-3D1 P/C 各フィーダ遮断器	3-3D1 動力変圧器受電 (52/3-3D1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.13	0.491	6.46	31.28		2
	3-3D2 動力変圧器受電 (52/3-3D2L)	3-3D2 動力変圧器 (52/3-3D2H)	1.110	0.078	0.084	1.194	15.77	1.272	16.80	31.41		1
	3-3D2 P/C 各フィーダ遮断器	3-3D2 動力変圧器受電 (52/3-3D2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.18	0.491	6.51	31.52		2

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 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)			
タンセル ロトンコ	3C1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.45	0.200	3.45	28.37	0.675	7
	3C2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.23	0.200	3.23	26.57		7
	3C3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.69	0.200	3.69	30.35		7
	3C4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3C4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.51	0.200	3.51	28.85		7
	3D1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.44	0.200	3.44	28.27		7
	3D2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.27	0.200	3.27	26.84		7
	3D3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.72	0.200	3.72	30.55		7
	3D4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	3D4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.51	0.200	3.51	28.88		7
	加圧器後備ヒータグループ-1 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-1	0.180	—	0.020	0.200	3.04	0.200	3.04	24.97		7
	加圧器後備ヒータグループ-2 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-2	0.180	—	0.020	0.200	3.20	0.200	3.20	26.31		7
	加圧器後備ヒータグループ-3 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-3	0.180	—	0.020	0.200	3.03	0.200	3.03	24.92		7
	加圧器後備ヒータグループ-4 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-4	0.180	—	0.020	0.200	3.19	0.200	3.19	26.25		7

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.3 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 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)				
ドッククルタメ 開閉装置	3A ディーゼル発電機受電 (4-3AEG)	3A ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88	5.3	1.33	2	
	4-3C 母線に接続される遮断器(4-3AEGを除く)	4-3AEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2
	3B ディーゼル発電機受電 (4-3BEG)	3B ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88			5.3	2
	4-3D 母線に接続される遮断器(4-3BEGを除く)	4-3BEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2

※1 工認申請書には、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

表 4.4 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 4 号機）（1/3）

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)			
ドックルタメ	所内変圧器受電(52/4-4HC)	50-140	0.400	0.025	0.060	0.460	20.48	0.485	21.59	36.91	1.34	2
		2-40	0.400	0.025	0.094	0.494	21.99	0.519	23.11	36.91		2
	予備変圧器受電(52/4-4EC)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	20.94	0.450	20.94	38.58		5
	4-4C M/C 各フィーダ遮断器 (52/4-4AEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-4HC)	0.200	0.025	0.100	0.300	13.36	0.325	14.47	36.91		2
		予備変圧器受電 (52/4-4EC)	0.200	0.025	0.100	0.300	13.96	0.325	15.13	38.58		2
	所内変圧器受電(52/4-4HD)	50-140	0.400	0.025	0.060	0.460	21.23	0.485	22.38	38.26		2
		2-40	0.400	0.025	0.094	0.494	22.80	0.519	23.95	38.26		2
	予備変圧器受電(52/4-4ED)	20ET-130	0.400	—	0.050	0.450	22.21	0.450	22.21	40.92		5
	4-4DM/C 各フィーダ遮断器 (52/4-4BEG 除く)	所内変圧器受電 (52/4-4HD)	0.200	0.025	0.100	0.300	13.85	0.325	15.00	38.26		2
		予備変圧器受電 (52/4-4ED)	0.200	0.025	0.100	0.300	14.81	0.325	16.04	40.92		2
タンセワバ	3-4C1 動力変圧器受電 (52/3-4C1L)	3-4C1 動力変圧器 (52/3-4C1H)	1.130	0.080	0.084	1.214	15.70	1.294	16.73	30.76	0.467	1
	3-4C1 P/C 各フィーダ遮断器	3-4C1 動力変圧器受電 (52/3-4C1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.03	0.491	6.35	30.76		2
	3-4C2 動力変圧器受電 (52/3-4C2L)	3-4C2 動力変圧器 (52/3-4C2H)	1.120	0.079	0.084	1.204	15.71	1.283	16.74	31.03		1
	3-4C2 P/C 各フィーダ遮断器	3-4C2 動力変圧器受電 (52/3-4C2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.08	0.491	6.41	31.03		2
	3-4D1 動力変圧器受電 (52/3-4D1L)	3-4D1 動力変圧器 (52/3-4D1H)	1.120	0.079	0.084	1.204	15.72	1.283	16.75	31.06		1
	3-4D1 P/C 各フィーダ遮断器	3-4D1 動力変圧器受電 (52/3-4D1L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.09	0.491	6.41	31.06		2
	3-4D2 動力変圧器受電 (52/3-4D2L)	3-4D2 動力変圧器 (52/3-4D2H)	1.120	0.079	0.084	1.204	15.73	1.283	16.76	31.07		1
	3-4D2 P/C 各フィーダ遮断器	3-4D2 動力変圧器受電 (52/3-4D2L)	0.400	0.025	0.066	0.466	6.11	0.491	6.44	31.18		2

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.4 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 4 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)			
タンセル ロトコ	4C1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4C1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.44	0.200	3.44	28.27	0.675	7
	4C2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4C2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.27	0.200	3.27	26.84		7
	4C3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4C3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.68	0.200	3.68	30.25		7
	4C4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4C4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.50	0.200	3.50	28.76		7
	4D1 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4D1 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.40	0.200	3.40	27.96		7
	4D2 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4D2 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.26	0.200	3.26	26.81		7
	4D3 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4D3 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.70	0.200	3.70	30.39		7
	4D4 原子炉 C/C 各フィーダ NFB	4D4 原子炉 コントロールセンタ	0.180	—	0.020	0.200	3.46	0.200	3.46	28.47		7
	加圧器後備ヒータグループ-1 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-1	0.180	—	0.020	0.200	3.06	0.200	3.06	25.16		7
	加圧器後備ヒータグループ-2 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-2	0.180	—	0.020	0.200	3.31	0.200	3.31	27.18		7
	加圧器後備ヒータグループ-3 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-3	0.180	—	0.020	0.200	3.04	0.200	3.04	24.97		7
	加圧器後備ヒータグループ-4 各フィーダ NFB	加圧器後備ヒータ グループ-4	0.180	—	0.020	0.200	3.22	0.200	3.22	26.43		7

※ 工認申請書には、本内容を記載

表 4.4 電気盤のアークエネルギー及び遮断器の遮断時間一覧（玄海 4 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)				
ドッククルタメ 開閉装置	4A ディーゼル発電機受電 (4-4AEG)	4A ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88	5.3	1.33	2	
	4-4C 母線に接続される遮断器(4-4AEGを除く)	4-4AEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2
	4B ディーゼル発電機受電 (4-4BEG)	4B ディーゼル発電機停止	0.200	0.025	5.318	5.518	6.93	5.703	5.928	8.88			5.3	2
	4-4D 母線に接続される遮断器(4-4BEGを除く)	4-4BEG	0.200	0.025	0.140 ※2	0.340	2.69	0.184	0.409	3.04			5.3	2

※1 工認申請書には、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

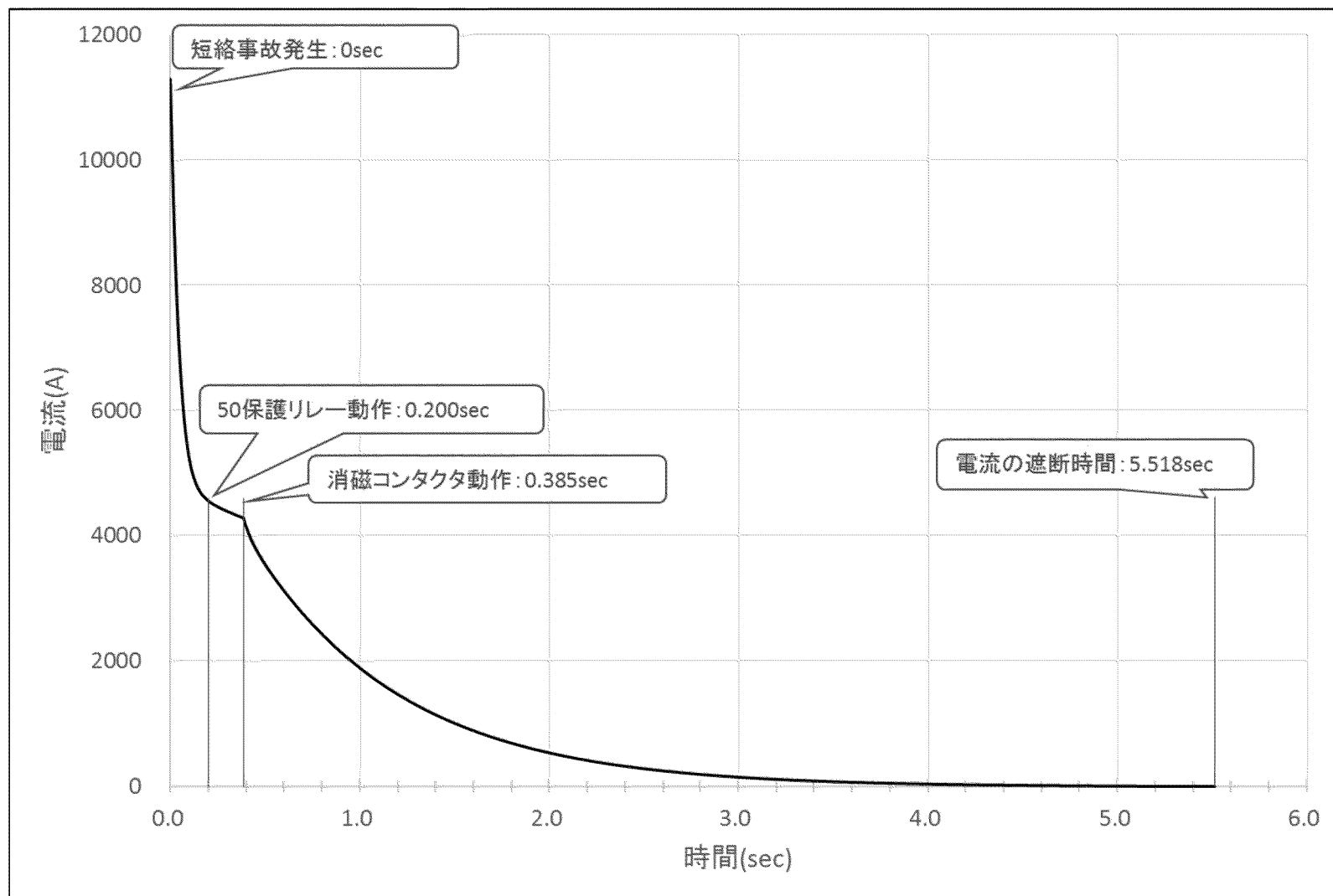


図 4.1 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーク電流の減衰（玄海 3/4 号機）

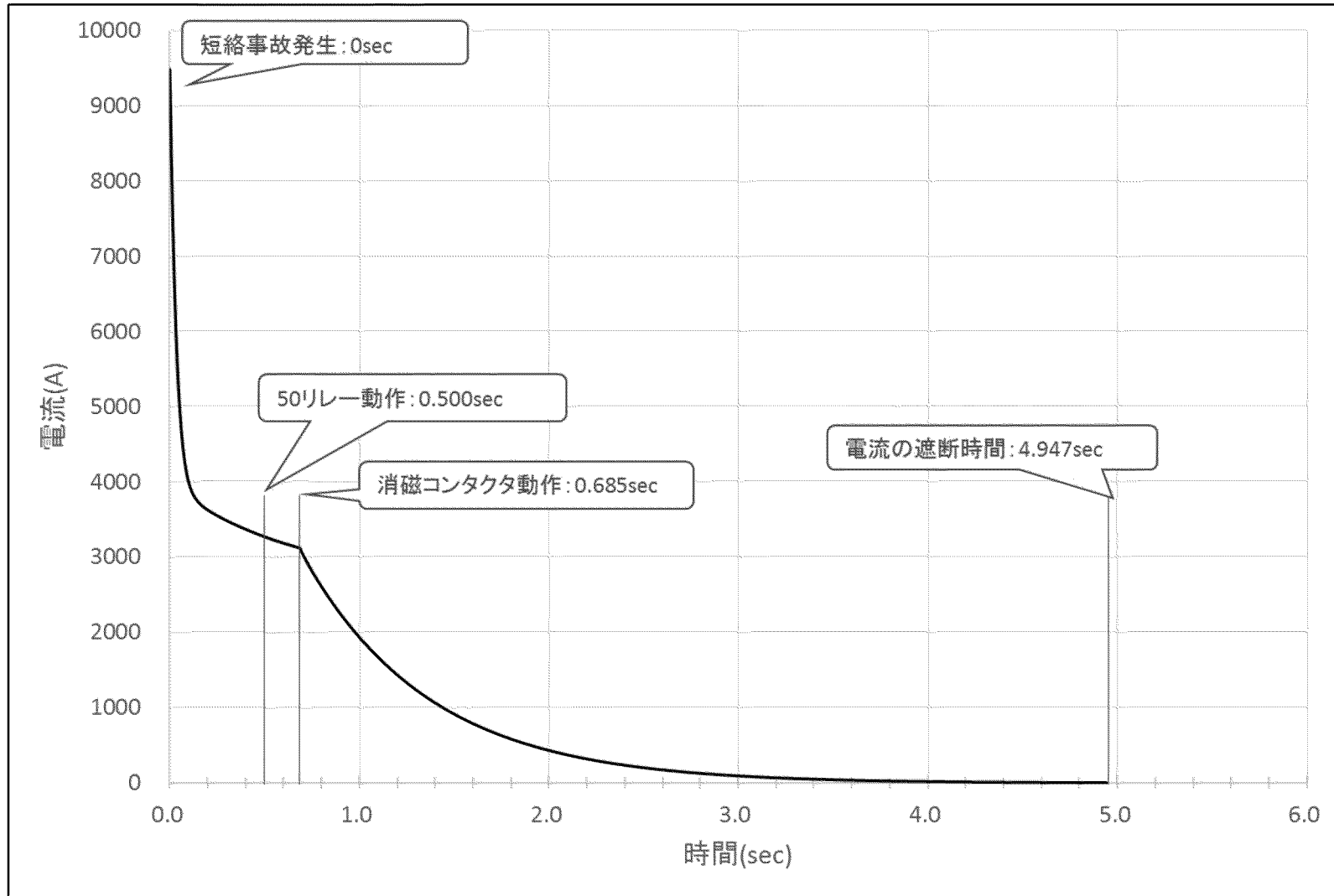


図 4.2 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合のアーク電流の減衰 (川内 1/2 号機)

50 保護リレー追加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、設置許可基準規則第 12 条及びその解釈並びに技術基準規則の第 14 条及び 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 保護リレー追設については、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 保護リレー追設についての設計上の考慮について

今回の 50 保護リレー追設は、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 クラスである既設の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

ディーゼル発電機制御盤の評価用加速度を上回る機能確認済加速度を有した 50 保護リレーを設置することで、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 保護リレー追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

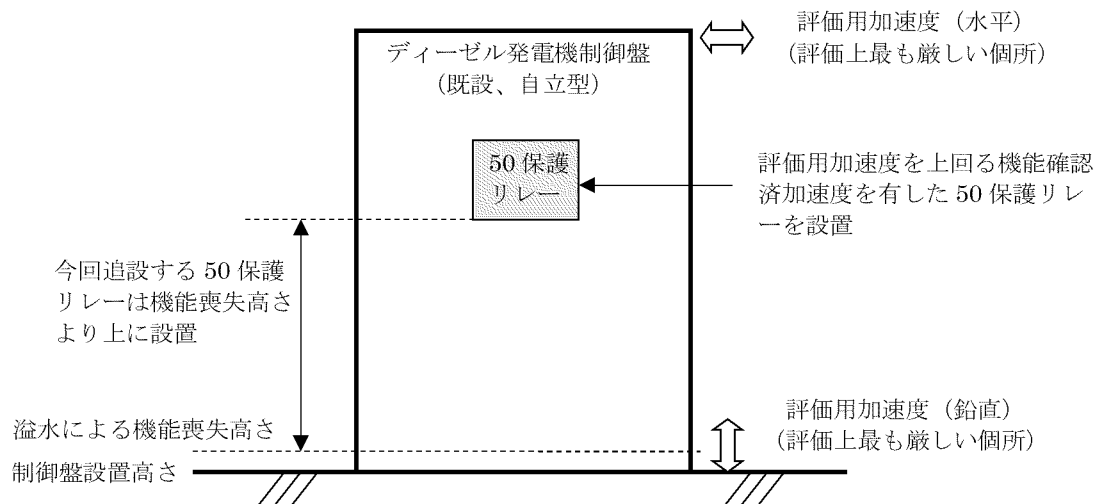


図 5.1 ディーゼル発電機制御盤内の 50 保護リレー設置イメージ

表 5.1 各プラントの評価用加速度 (参考)

プラント	評価用加速度 (水平) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	評価用加速度 (鉛直) ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
川内 1 号機	1.38	0.34
川内 2 号機	1.37	0.33
玄海 3 号機	2.21	0.69
玄海 4 号機	1.94	0.68

表 5.2 各プラントの溢水による機能喪失高さ（参考）

プラント	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
川内 1 号機	A,B : EL. 13.3m	A,B : EL. 13.47m
川内 2 号機	A,B : EL. 13.3m	A,B : EL. 13.47m
玄海 3 号機	A,B : EL. 11.3m	A,B : EL. 11.36m
玄海 4 号機	A,B : EL. 11.3m	A : EL. 11.36m B : EL. 11.38m

(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 保護リレーについては、設置許可基準規則第 12 条第 1 項及びその解釈、並びに設置許可添付書類八の設計方針に基づき、非常用ディーゼル発電機と分離及び隔離する必要がある。

【設置許可基準規則 第 12 条第 1 項】

安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。

【設置許可基準規則の解釈 第 12 条】

第 1 項に規定する「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。ここで、当該指針における「安全機能を有する構築物、系統及び機器」は本規定の「安全施設」に読み替える。

【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】

IV. 分類の適用の原則

3. 分離及び隔離の原則

安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら二つ以上のもの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって原子炉施設の安全が損なわれることのないように、機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮しなければならない。

【設置許可 添付書類八】（玄海 3 号機の例、玄海 4 号機及び川内 1/2 号機も同様）

1.3 安全機能の重要度分類

1.3.2 分類の適用の原則

- (3) 安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら 2 つ以上のもの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって発電用原子炉施設の安全が損なわれることのないように、機能的隔離及び物理的分離を適切に考慮する。
- (4) 重要度の異なる構築物、系統又は機器を接続するときは、下位の重要度のものに上位の重要度のものと同等の設計上の要求を課すか、又は上位の重要度のものと同等の隔離装置等によって、下位の重要度のものの故障等により上位の重要度のものの安全機能が損なわれないように、適切な機能的隔離が行われるよう考慮する。

ただし、本申請では、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 13 条に定める巡視点検時に目視で異常有無を確認する。

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、保安規定第 118 条により、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標準にしたがって実施することで、今回追設する 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。

（巡視点検）

第 13 条 発電第二課当直課長は、毎日 1 回以上、原子炉施設（原子炉格納容器内、第 105 条第 1 項で定める区域及び系統より切離されている施設^{※1}を除く。）を「運転基準」に基づき巡視し、次の施設及び設備について点検を行う。

- (1) 原子炉冷却系統施設
- (2) 制御材駆動設備
- (3) 電源、給排水及び排気施設

2 発電第二課当直課長は、「運転基準」に基づき原子炉格納容器内及び第 105 条第 1 項で定める区域を、関連するパラメータによる間接的な監視により、点検を行う。なお、原子炉格納容器内及び第 105 条第 1 項で定める区域（特に立入りが制限された区域を除く。）は一定期間^{※2}ごとに巡視し、点検を行う。

3 防災課長、技術第二課長、安全管理第二課長、保修第二課長、土木建築課長及び発電第二課当直課長は、「非常事態対策基準」、「技術基準」、「放射線管理基準」、「化学管理基準」、「保修基準」、「土木建築基準」及び「運転基準」に基づき、系統より切離されている施設について一定期間^{※2}ごとに巡視し、点検を行う。

※ 1：系統より切離されている施設とは、可搬設備、代替緊急時対策所設備及び通信連絡を行うために必要な設備等をいう。

※ 2：一定期間とは、1 か月を超えない期間をいい、その確認の間隔は 7 日間を上限として延長することができる。ただし、確認回数の低減を目的として、恒常的に延長してはならない。なお、定める頻度以上で実施することを妨げるものではない。

また、点検可能な時期が定期検査時となる施設については、定期検査ごととする。

（保守管理計画）

第 118 条 保守管理を実施するに当たり、以下の保守管理計画を定める。

— 中略 —

8 保全の実施

- (1) 発電所組織は、7 で定めた保全計画に従って点検・補修等の保全を実施する。
- (2) 発電所組織は、保全の実施に当たって、以下の必要なプロセスを実施する。
 - a 工事計画
 - b 設計管理
 - c 調達管理
 - d 工事管理
- (3) 発電所組織は、点検・補修等の結果について記録する。

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

今回追加する 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						備考
	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）	
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、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。）	

今回追加する 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、「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」（以下、「設置許可基準規則」という。）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、システム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対策として今回追加する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