

伊方発電所 3 号機  
デジタル安全保護系への変更工事  
補足説明資料

## 目次

補足説明資料 1	設計及び工事計画認可申請に該当する技術基準規則の 条文整理表
補足説明資料 2	設計及び工事計画認可申請に係る添付書類の可否検討 結果
補足説明資料 3	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の 下における健全性に関する補足説明
補足説明資料 4	発電用原子力施設の火災防護に関する補足説明
補足説明資料 5	発電用原子力施設の溢水防護に関する補足説明
補足説明資料 6	安全保護系の設計方針に関する補足説明
補足説明資料 7	安全保護系の信頼性評価に関する補足説明
補足説明資料 8	工事の方法に関する補足説明
補足説明資料 9	蓄電池容量に関する補足説明
補足説明資料 1 0	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 補足説明
補足説明資料 1 1	安全保護系の応答時間に関する補足説明
補足説明資料 1 2	耐震性に関する補足説明
補足説明資料 1 3	供給者における情報漏えい等発生時の不適合管理に関す る補足説明
補足説明資料 1 4	バックアップ設備に関する補足説明
補足説明資料 1 5	設計思想に関する補足説明

# 補足説明資料 1

設計及び工事計画認可申請に該当する  
技術基準規則の条文整理表

伊方3号機 デジタル安全保護系への変更工事  
設計及び工事計画認可申請に該当する技術基準規則の条文整理表

○:対象となる条文、×:対象外の条文

技術基準規則	安全保護系計器ラック			安全保護系ロジック盤			審査対象 条文 (全体)	理由
	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文		
(第四条) 設計基準対象施設の地盤	○	×	×	○	×	×	×	設計基準対象施設の地盤については、平成28年3月23日付け原規発第1603231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いる。本計画の工事は、対象となる安全保護系計器ラックおよび安全保護系ロジック盤(以下、「対象制御盤」という。)の設置場所を変更するものではなく、設計基準対象施設の地盤に係る設計に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
(第五条) 地震による損傷の防止	○	×	×	○	○	○	○	地震による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事において、安全保護系ロジック盤を取替えるため、耐震性について、技術基準への適合性を示す必要があることから、審査対象条文とする。ただし、安全保護系計器ラックについては、一部機能の追加であり、既工事計画で確認された耐震性に影響を与えないことから、技術基準への適合性は確認済みである。
(第六条) 津波による損傷の防止	○	×	×	○	×	×	×	津波による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事は、対象制御盤の設置場所の変更や津波防護施設等を変更するものではなく、津波による損傷の防止に係る設計に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
(第七条) 外部からの衝撃による損傷の防止	○	×	×	○	○	○	○	外部からの衝撃による損傷の防止については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事において、安全保護系ロジック盤を取替えるため、落雷・電磁的障害について、技術基準への適合性を示す必要があることから、補正申請にて審査対象条文とする。なお、対象制御盤の設置場所等を変更するものではないことから、その他の事象については対象外とする。ただし、安全保護系計器ラックについては、部分的な改造による機能追加であり、技術基準への適合には影響を与えないことから、技術基準への適合性は確認済みである。
(第八条) 立ち入りの防止	○	×	×	○	×	×	×	立ち入りの防止については、工場等に対する条文であることから適用条文とするが、今回の工事は、平成28年3月23日付け原規発第1603231号にて認可の工事計画において適合性が確認された発電所への立ち入りの防止に係る設計に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
(第九条) 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	○	×	×	○	×	×	×	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事は、対象制御盤の設置場所等を変更するものではなく、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止に係る設計に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
(第十条) 急傾斜地の崩壊の防止	×		×	×		×	×	伊方発電所において急傾斜地崩壊危険区域に指定された箇所はないため、適用条文とならない。
(第十一条) 火災による損傷の防止	○	×	×	○	○	○	○	発電用原子炉施設内における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いる。本計画の工事のうち、新設する安全保護系ロジック盤が技術基準に適合することを示す必要があることから、審査対象条文とする。ただし、安全保護系計器ラックについては、部分的な改造による機能追加であり、火災による損傷の防止に係る設計に影響を与えないことから、技術基準への適合性は確認済みである。
(第十二条) 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	○	×	×	○	○	○	○	発電用原子炉施設内における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いる。本計画の工事は、対象制御盤の設置場所を変更するものではないが、安全保護系ロジック盤を取替えるため、発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止について、技術基準への適合性を示す必要があることから、審査対象条文とする。ただし、安全保護系計器ラックについては、部分的な改造による機能追加であり、全ての取替えは行わないため、発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止に係る設計に影響を与えないことから、技術基準への適合性は確認済みである。

技術基準規則	安全保護系計器ラック			安全保護系ロジック盤			審査対象 条文 (全体)	理由
	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文		
(第十三条) 安全避難通路等	○	×	×	○	×	×	×	安全避難通路等については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事は、対象制御盤の設置場所等を変更するものではなく、安全避難通路等に係る設計に影響を与えるものではないことから、審査対象条文とならない。
(第十四条) 安全設備	○	×	×	○	○	○	○	安全設備の機能については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事において、安全保護系ロジック盤を取替えるため、安全保護系ロジック盤が技術基準に適合することを示す必要があることから、審査対象条文とする。ただし、安全保護系計器ラックについては、部分的な改造による機能追加であり、技術基準への適合には影響は与えないことから、技術基準への適合性は確認済みである。
(第十五条) 設計基準対象施設の機能	○	○	○	○	○	○	○	設計基準対象施設の機能については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事において、安全保護系計器ラックの一部機能追加を行い、保守点検に影響を与える可能性があることに加え、また安全保護系ロジック盤を取替えるため、安全保護系ロジック盤が技術基準に適合することを示す必要があることから、審査対象条文とする。
(第十六条) 全交流動力電源喪失対策設備	×		×	×		×	×	全交流動力電源喪失対策設備に対する要求であり、対象制御盤は、全交流電源喪失対策設備に該当しないため、適用条文とならない。
(第十七条) 材料及び構造	×		×	×		×	×	設計基準対象施設に属する容器、管、ポンプ、弁等の材料及び構造に対する要求であり、対象制御盤は、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、適用条文とならない。
(第十八条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×		×	×		×	×	クラス機器等の使用中の亀裂等による破壊の防止に対する要求であり、対象制御盤は、クラス機器等に該当しないため、適用条文とならない。
(第十九条) 流体振動等による損傷の防止	×		×	×		×	×	燃料体、反射材等の流体振動等による損傷の防止に対する要求であり、対象制御盤は、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、適用条文とならない。
(第二十条) 安全弁等	×		×	×		×	×	安全弁等に対する要求であり、対象制御盤は、安全弁等に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十一条) 耐圧試験等	×		×	×		×	×	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、対象制御盤は、クラス機器及び原子炉格納容器に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十二条) 監視試験片	×		×	×		×	×	容器の中性子照射による劣化に対する要求であり、対象制御盤は、容器の中性子照射による劣化に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十三条) 炉心等	×		×	×		×	×	炉心等に対する要求であり、対象制御盤は、炉心等に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十四条) 熱遮蔽材	×		×	×		×	×	熱遮蔽材に対する要求であり、対象制御盤は、熱遮蔽材に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十五条) 1次冷却材	×		×	×		×	×	1次冷却材に対する要求であり、対象制御盤は、1次冷却材に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十六条) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	×		×	×		×	×	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に対する要求であり、対象制御盤は、燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に該当しないため、適用条文とならない。
(第二十七条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×		×	×		×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリに対する要求であり、対象制御盤は、原子炉冷却材圧力バウンダリに該当しないため、適用条文とならない。
(第二十八条) 原子炉冷却材圧力バウンダリの 隔離装置等	×		×	×		×	×	原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置・検出装置に対する要求であり、対象制御盤は、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、適用条文とならない。
(第二十九条) 1次冷却材処理装置	×		×	×		×	×	1次冷却材処理装置に対する要求であり、対象制御盤は、1次冷却材処理装置に該当しないため、適用条文とならない。

○:対象となる条文、×:対象外の条文

技術基準規則	安全保護系計器ラック			安全保護系ロジック盤			審査対象 条文 (全体)	理由
	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文		
(第三十条) 逆止め弁	×		×	×		×	×	逆止め弁に対する要求であり、対象制御盤は、逆止め弁に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十一条) 蒸気タービン	×		×	×		×	×	蒸気タービンに対する要求であり、対象制御盤は、蒸気タービンに該当しないため、適用条文とならない。
(第三十二条) 非常用炉心冷却設備	×		×	×		×	×	非常用炉心冷却設備に対する要求であり、対象制御盤は、非常用炉心冷却設備に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十三条) 循環設備等	×		×	×		×	×	循環設備等に対する要求であり、対象制御盤は、循環設備等に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十四条) 計測装置	○	×	×	×		×	×	計測装置については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事は、安全保護系計器ラックの一部機能追加であり、計測装置に関する基本設計方針については、既工事計画において適合性が確認された基本設計方針から変更がないことから、審査対象条文とならない。
(第三十五条) 安全保護装置	○	○	○	○	○	○	○	安全保護装置については、既工事計画において適合性が確認されている。本計画の工事において、安全保護装置の設計方針を変更し、技術基準への適合性を示す必要があることから、審査対象条文とする。
(第三十六条) 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×		×	×		×	×	反応度制御系統及び原子炉停止系統に対する要求であり、対象制御盤は、反応度制御系統及び原子炉停止系統に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十七条) 制御材駆動装置	×		×	×		×	×	制御材駆動装置に対する要求であり、対象制御盤は、制御材駆動装置に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十八条) 原子炉制御室等	×		×	×		×	×	原子炉制御室等に対する要求であり、対象制御盤は、原子炉制御室等に該当しないため、適用条文とならない。
(第三十九条) 廃棄物処理設備等	×		×	×		×	×	廃棄物処理設備等に対する要求であり、対象制御盤は、廃棄物処理設備等に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十条) 廃棄物貯蔵設備等	×		×	×		×	×	廃棄物貯蔵設備等に対する要求であり、対象制御盤は、廃棄物貯蔵設備等に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十一条) 放射性物質による汚染の防止	×		×	×		×	×	放射性物質による汚染の防止に対する要求であり、対象制御盤は、放射性物質による汚染の防止に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十二条) 生体遮蔽等	×		×	×		×	×	生体遮蔽等に対する要求であり、対象制御盤は、生体遮蔽等に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十三条) 換気設備	×		×	×		×	×	換気設備に対する要求であり、対象制御盤は、換気設備に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十四条) 原子炉格納施設	×		×	×		×	×	原子炉格納施設に対する要求であり、対象制御盤は、原子炉格納施設に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十五条) 保安電源設備	×		×	×		×	×	保安電源設備に対する要求であり、対象制御盤は、保安電源設備に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十六条) 緊急時対策所	×		×	×		×	×	緊急時対策所に対する要求であり、対象制御盤は、緊急時対策所に該当しないため、適用条文とならない。
(第四十七条) 警報装置等	○	×	×	○	×	×	×	警報装置等については、既工事計画において適合性が確認されている。今回の工事は、既工事計画の基準適合結果に影響を与えないことが確認できることから、審査対象条文とならない。
(第四十八条) 準用	×		×	×		×	×	対象制御盤は、設計基準対象施設に施設する補助ボイラー、ガスタービン、内燃機関及び電気設備ではないため、適用条文とならない。

○:対象となる条文、×:対象外の条文

技術基準規則	安全保護系計器ラック			安全保護系ロジック盤			審査対象 条文 (全体)	理由
	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文		
(第四十九条) 重大事故等対処施設の地盤	○	×	×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であり、技術基準への適合には影響は与えないため、適用条文とならない。
(第五十条) 地震による損傷の防止	○	×	×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であり、技術基準への適合には影響は与えないため、適用条文とならない。
(第五十一条) 津波による損傷の防止	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十二条) 火災による損傷の防止	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十三条) 特定重大事故等対処施設	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十四条) 重大事故等対処設備	○	×	×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であり、技術基準への適合には影響は与えないため、適用条文とならない。
(第五十五条) 材料及び構造	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十六条) 使用中の亀裂等による破壊の防止	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十七条) 安全弁等	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十八条) 耐圧試験等	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第五十九条) 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。また、重大事故等対処設備である多様化自動作動盤(ATWS緩和設備)について、改造等はなく影響はない。
(第六十条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十一条) 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十二条) 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十三条) 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十四条) 原子炉格納容器内の冷却等のための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十五条) 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十六条) 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十七条) 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第六十八条) 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。

○:対象となる条文、×:対象外の条文

技術基準規則	安全保護系計器ラック			安全保護系ロジック盤			審査対象 条文 (全体)	理 由
	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文	適用条文	本工事の 内容に関 係あるもの	審査対象 条文		
(第六十九条) 使用済燃料貯蔵槽の冷却等の ための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十条) 工場等外への放射性物質の拡 散を抑制するための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十一条) 重大事故等の収束に必要な 水の供給設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十二条) 電源設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十三条) 計装装置	○	×	×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であり、技術基準への適合には影響は与えないため、適用条文とならない。
(第七十四条) 運転員が原子炉制御室にとど まるための設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十五条) 監視測定設備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十六条) 緊急時対策所	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十七条) 通信連絡を行うために必要な設 備	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。
(第七十八条) 準用	×		×	×		×	×	今回の工事は、設計基準対象施設に係る変更であることから、適用条文とならない。



## 補足説明資料 2

設計及び工事計画認可申請に係る  
添付書類の要否検討結果

伊方3号機 デジタル安全保護系への変更工事 設計及び工事計画認可申請書

添付書類並びに本設計及び工事計画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	×	送電線に関する工事ではないため、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、不要。
工場又は事業所の概要を明示した地形図	×	地形に関する工事ではないため、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	×	主要設備の配置に関する工事ではないため、不要。
単線結線図	×	単線結線図に関する工事ではないため、不要。
新技術の内容を十分に説明した書類	×	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	×	発電用原子炉施設の熱精算に関する工事ではないため、不要。
熱出力計算書	×	熱出力に関する工事ではないため、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	○ (資料 1)	設置許可申請書の基本方針に従った詳細設計であることを示すため添付する。
排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書	×	排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する工事ではないため、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	×	線量に関する工事ではないため、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	○ (資料 9)	外部事象のうち、落雷・電磁的障害に係る防護設計について示すために補正申請にて添付する。
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	×	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に関する工事ではないため、不要。
取水口及び放水口に関する説明書	×	取水口及び放水口に関する工事ではないため、不要。
設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	×	設定根拠を説明すべき要目表記載事項がないため、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	×	環境測定装置に関する工事ではないため、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	×	クラス1 機器及び炉心支持構造物に関する工事ではないため、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	○ (資料 2)	多重性又は多様性及び独立性並びに環境条件等に対する技術基準規則第 14 条への適合性、保守点検（試験・検査性）並びに共用及び相互接続に対する技術基準規則第 15 条への適合性を示すために添付する。
発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	○ (資料 3)	火災防護に対する技術基準規則第 11 条への適合性を示すために添付する。
発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	○ (資料 4)	溢水防護に対する技術基準規則第 12 条への適合性を示すために添付する。
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	×	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関する工事ではないため、不要。
通信連絡設備に関する説明書及び取付箇所を明示した図面	×	通信連絡設備に関する工事ではないため、不要。

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の可否 (○・×)	理 由
安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面	×	安全避難通路に関係する工事ではないため、不要。
非常用照明に関する説明書及び非常用照明の取付箇所を明示した図面	×	非常用照明に関係する工事ではないため、不要。
計測制御系統施設		
計測制御系統施設に係る機器（計測装置を除く。）の配置を明示した図面及び系統図	×	安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、計測制御系統施設に係る機器（計測装置を除く。）の配置等に関係する工事ではないため、不要。
制御能力についての計算書（最大反応度値、反応度制御能力、停止余裕、負の反応度添加率、ほう酸及びほう酸水の貯蔵量並びにほう素濃度の根拠に関する説明を併記すること。）	×	安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、制御能力等に関係する工事ではないため、不要。
耐震性に関する説明書（支持構造物を含めて記載すること。）	○ (資料 5)	耐震性に対する技術基準規則第 5 条への適合性を示すため、添付する。
強度に関する説明書（支持構造物を含めて記載すること。）	×	容器、管等ではないため、不要。
構造図	×	安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、構造図等に関係する工事ではないため、不要。
計測装置の構成に関する説明書、計測制御系統図及び検出器の取付箇所を明示した図面並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書	○ (資料 6)	不正アクセス行為等による被害の防止に対する技術基準規則第 35 条への適合性を示すため「計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書」を添付する。なお、安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、「計測制御系統図」及び「検出器の取付箇所を明示した図面」の添付は不要。
原子炉非常停止信号の作動回路の説明図及び設定値の根拠に関する説明書	○ (第 1 図)	安全保護系の制御方法の変更に伴うため、「原子炉非常停止信号の作動回路の説明図」を添付する。なお、原子炉非常停止信号の設定値に関係する工事ではないため、「原子炉非常停止信号の設定値の根拠に関する説明書」の添付は不要。
工学的安全施設等の起動（作動）信号の起動（作動）回路の説明図及び設定値の根拠に関する説明書	○ (第 1 図)	安全保護系の制御方法の変更に伴うため、「工学的安全施設等の起動（作動）信号の起動（作動）回路の説明図」を添付する。なお、工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値に関係する工事ではないため、「工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値の根拠に関する説明書」の添付は不要。
デジタル制御方式を使用する安全保護系等の適用に関する説明書	○ (資料 7)	安全保護系の制御方法の変更に伴うため、技術基準規則第 35 条への適合性を示すために添付する。
発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法に関する説明書	×	安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法に関係する工事ではないため、不要。
中央制御室の機能に関する説明書、中央制御室外の原子炉停止機能及び監視機能並びに緊急時制御室の機能に関する説明書	×	安全保護系の制御方法の変更に係る申請であり、中央制御室等の機能に関係する工事ではないため、不要。
安全弁の吹出量計算書（バネ式のものに限る。）	×	安全弁ではないため、不要。

その他、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第 9 条第 3 項に基づき、「発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド」にて要求のある「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書」（資料 8）を添付する。

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。

## 補足説明資料 3

安全設備及び重大事故等対処設備が使用  
される条件の下における健全性に関する  
補足説明資料

## 1. 概要

本資料は資料2「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」における安全保護系ロジック盤及び安全保護系計器ラックの健全性について、説明するものである。

## 2. 評価手法

### 2.1 温度に係る適合性評価手法

温度に係る適合性評価の手法は、機器が使用される環境温度下において、部材に発生する応力に耐えられること、絶縁や回転等の機能が阻害される温度に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器周囲温度の許容値や機器の最高使用温度を機器の温度耐性値とし、環境温度と機器の温度耐性値を比較する方法によるものとする。

環境温度は資料2のとおりとし、比較する機器の温度耐性値は、下記の評価手法を用いる。

#### 評価手法

温度仕様（機器周囲温度の許容値、最高使用温度）

### 2.2 圧力に係る適合性評価手法

圧力に係る適合性評価の手法は、機器が使用される環境圧力下において、部材に発生する応力に耐えられること、絶縁や回転等の機能が阻害される圧力に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器雰囲気圧力の許容値あるいは最高使用圧力を機器の圧力耐性値とし、環境圧力と機器の圧力耐性値を比較する方法によるものとする。

環境圧力は資料2のとおりとし、比較する機器の圧力耐性値は、下記の評価手法を用いる。

#### 評価手法

圧力仕様（機器雰囲気圧力の許容値、最高使用圧力）

※評価対象機器のうち、耐圧部にあつては最高使用圧力とする。雰囲気圧力は機器の外圧、最高使用圧力は機器の内圧であるが、機器の応力に寄与する圧力は内外圧力差であり、内外圧力差による応力評価より内圧による応力評価の方が保守的な評価となるため、最高使用圧力を機器の圧力耐性値とする。

※評価対象機器のうち、仕様として圧力仕様が設定されていないものについては、圧力仕様（圧力耐性）を「大気圧」と設定する。

### 2.3 湿度に係る適合性評価手法

湿度に係る適合性評価の手法は、機器が使用される環境湿度下において、機器の機能が阻害される湿度に到達しないことを確認する。

確認の手法は、機器雰囲気湿度の許容値を機器の湿度耐性値とし、環境湿度と機器の湿度耐性値を比較する方法によるものとする。

環境湿度は資料2のとおりとし、比較する機器の湿度耐性値は、下記の評価手法を用いる。

#### 評価手法

湿度仕様

### 2.4 放射線に係る適合性評価手法

放射線に係る適合性評価の手法は、機器が使用される環境放射線量下において、機器の機能が阻害される放射線量に到達しないことを確認する。

確認の手法は、環境放射線量率と線量率で表した機器の放射線耐性を比較する方法によるものとする。

環境放射線条件は資料2のとおりとし、比較する機器の放射線耐性値は、下記の評価手法を用いる。

#### 評価手法

耐性の低い部品（電子部品）の機能が維持される線量率

## 3. 内容

技術基準規則の第14条及び第15条（第1項及び第3項を除く）に対する適合性の整理について、安全保護系ロジック盤を第1表、また安全保護系計器ラックを第2表に示す。

第1表 安全保護系ロジック盤 第14,15条 に対する適合性の整理表

施設区分		設備分類	(設計基準対象施設・安全施設・重要施設・重要安全施設)	関連図書	
計測制御系統施設		設備名称	安全保護系ロジック盤		
第14条	第1項	多重性又は多様性、及び独立性	・トレン分離を行い、多重性及び独立性を確保している	・資料2	
			・トレン分離を行い、多重性及び独立性を確保している	・資料2	
	第2項	環境条件における健全性	温度	・環境温度(40℃) ≤ 設計値 <input type="text"/>	[設置場所]: A/B EL. 17.0m [環境温度]: 資料2 [設計値]: 温度仕様
			圧力	・環境圧力(大気圧) ≤ 設計値 <input type="text"/>	[環境圧力]: 資料2 [設計値]: 圧力仕様
			湿度	・環境湿度(80%) ≤ 設計値 <input type="text"/>	[環境湿度]: 資料2 [設計値]: 湿度仕様
			屋外天候	・屋内に設置	-
			放射線(線管)	・環境放射線(≤ 1μGy/h) ≤ 設計値 <input type="text"/>	[環境放射線]: 資料2 [設計値]: 耐性の低い部品(電子部品)の機能が維持される線量率
			放射線(人)	・第1項第6号に同じ	-
			海水	・海水を過水しない	-
			電磁波	・電子部品は金属筐体で取り囲まれており、電磁波によって機能が損なわれることはない	-
			荷重	・地震、風(台風)、竜巻、積雪及び火山による荷重に対して機能を有効に発揮できる設計としている	・資料2
			他設備からの影響	・地震の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第5条「地震による損傷の防止」に基づく設計としている ・火災の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第11条「火災による損傷の防止」に基づく設計としている ・溢水の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第12条「火災による損傷の防止」に基づく設計としている ・地震、火災、溢水以外の自然現象及び外部人為事象による波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第6条「津波による損傷の防止」及び第7条「外部からの衝撃による損傷の防止」に基づく設計としている	・資料5 ・資料3 ・資料4 ・資料9
			冷却材の性状	- (考慮不要)	-
			第15条	第2項	試験・検査(検査性、系統構成等)
第4項	源影響防止	その他(飛散物)		- (考慮不要)	
第5項	重要安全施設	共用又は相互接続の禁止		・共用又は相互接続するものに該当しない	-
第6項	安全施設	共用又は相互接続による安全性による影響の低減		・共用又は相互接続するものに該当しない	-

第2表 安全保護系計器ラック 第14,15条 に対する適合性の整理表

施設区分 計測制御系統施設		設備分類	(設計基準対象施設・安全施設・重要施設・重要安全施設)	関連図書	
		設備名称	安全保護系計器ラック		
第14条	第1項	単一故障時の機能達成	多重性又は多様性、及び独立性 ・トレン分離を行い、多重性及び独立性を確保している	・資料2	
	第2項	環境条件における健全性	温度	・環境温度(40℃)≦設計値 <input type="text"/>	【設置場所】: A/B EL. 17.0m 【環境温度】: 資料2 【設計値】: 温度仕様
			圧力	・環境圧力(大気圧)≦設計値 <input type="text"/>	【環境圧力】: 資料2 【設計値】: 圧力仕様
			湿度	・環境湿度(80%)≦設計値 <input type="text"/>	【環境湿度】: 資料2 【設計値】: 湿度仕様
			屋外天候	・屋内に設置	-
			放射線(機器)	・環境放射線(≦1mGy/h)≦設計値 <input type="text"/>	【環境放射線】: 資料2 【設計値】: 耐性の低い部品(電子部品)の機能が維持される線量率
			放射線(人)	・第1項第6号に同じ	-
			海水	・海水を通水しない	-
			電磁波	・電子部品は金属筐体で取り囲まれており、電磁波によって機能が損なわれることはない	-
			荷重	・地震、風(台風)、竜巻、積雪及び火山による荷重に対して機能を有効に発揮できる設計としている	・資料2
			他設備からの影響	・地震の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第5条「地震による損傷の防止」に基づく設計としている ・火災の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第11条「火災による損傷の防止」に基づく設計としている ・溢水の波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第12条「火災による損傷の防止」に基づく設計としている ・地震、火災、溢水以外の自然現象及び外部人為事象による波及的影響によりその機能を喪失しないように、技術基準規則第6条「津波による損傷の防止」及び第7条「外部からの衝撃による損傷の防止」に基づく設計としている	・資料5 ・資料3 ・資料4 ・資料9
	冷却材の性状	- (考慮不要)	-		
	第15条	第2項	設計基準対象施設 試験・検査 (検査性、系統構成等)	・模擬入力により機能・性能の確認(特性確認又は設定値確認)及び校正ができる設計とする。ただし、原子炉停止(手動)に係る設備は、手動操作による動作確認ができる設計とする。 ・ロジック回路を有する設備は、ロジック回路動作確認による機能・性能検査が可能な設計とする	・資料2
		第4項	設計基準対象施設 悪影響防止	その他(飛散物)	- (考慮不要)
第5項		重要安全施設	共用又は相互接続の禁止	・共用又は相互接続するものに該当しない	-
第6項		安全施設	共用又は相互接続による安全性による影響の低減	・共用又は相互接続するものに該当しない	-



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。

## 補足説明資料 4

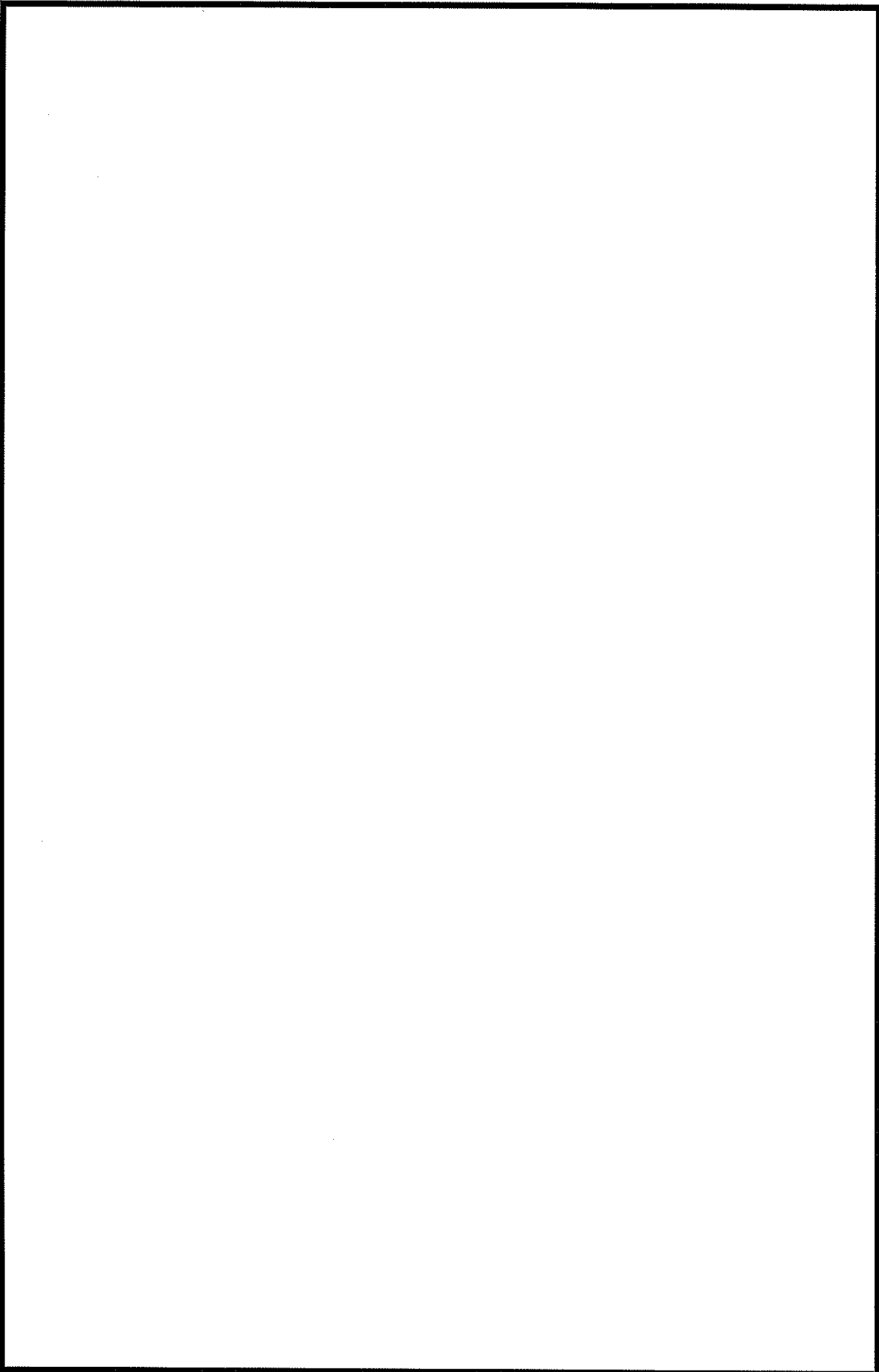
### 発電用原子力施設の火災防護に関する 補足説明

## 1. 目的

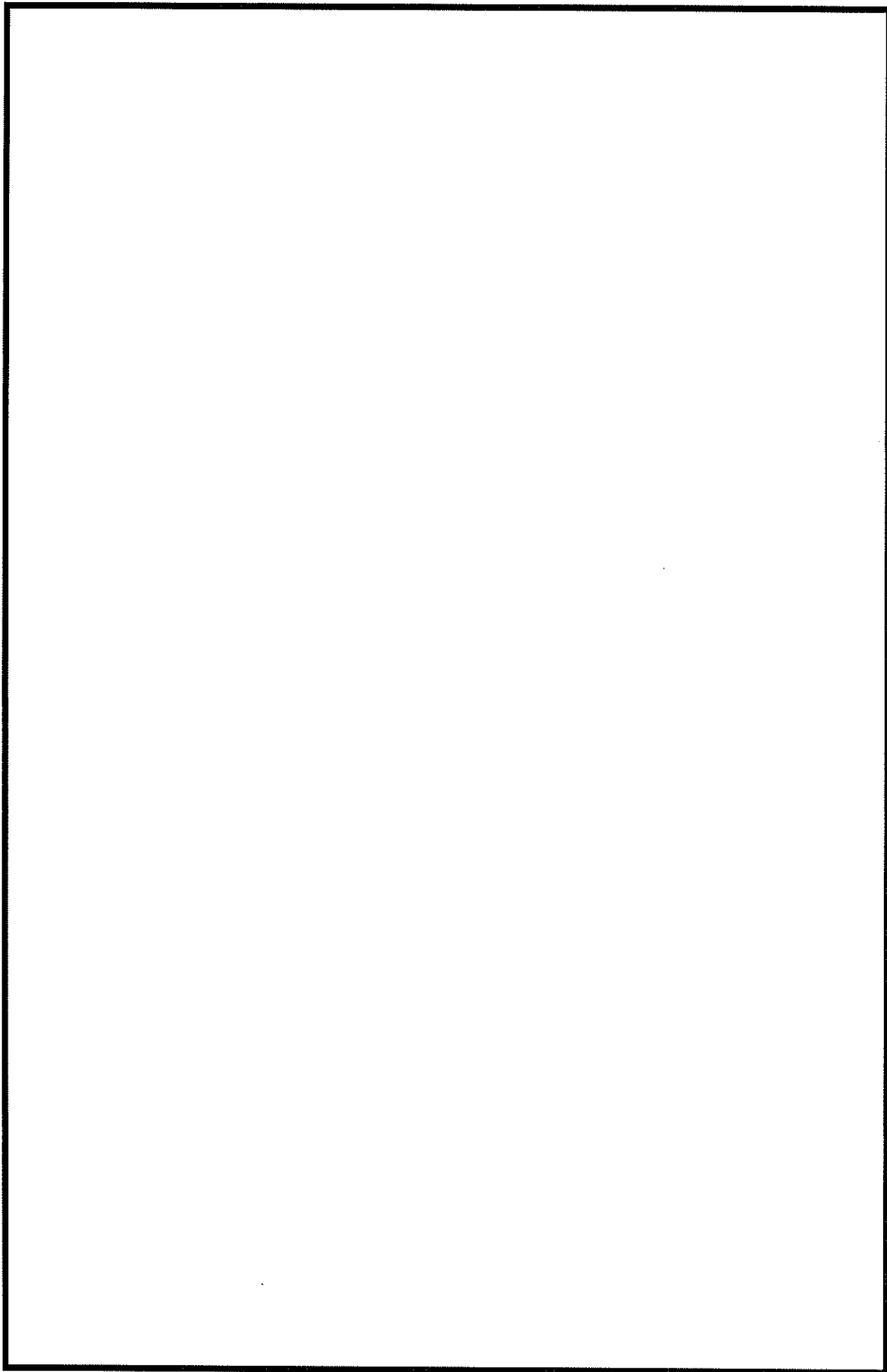
本資料は、資料3「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」の「6. 火災の影響軽減対策」に記載した「隣接する火災区域又は火災区画」について説明する。

## 2. 隣接する火災区域又は火災区画

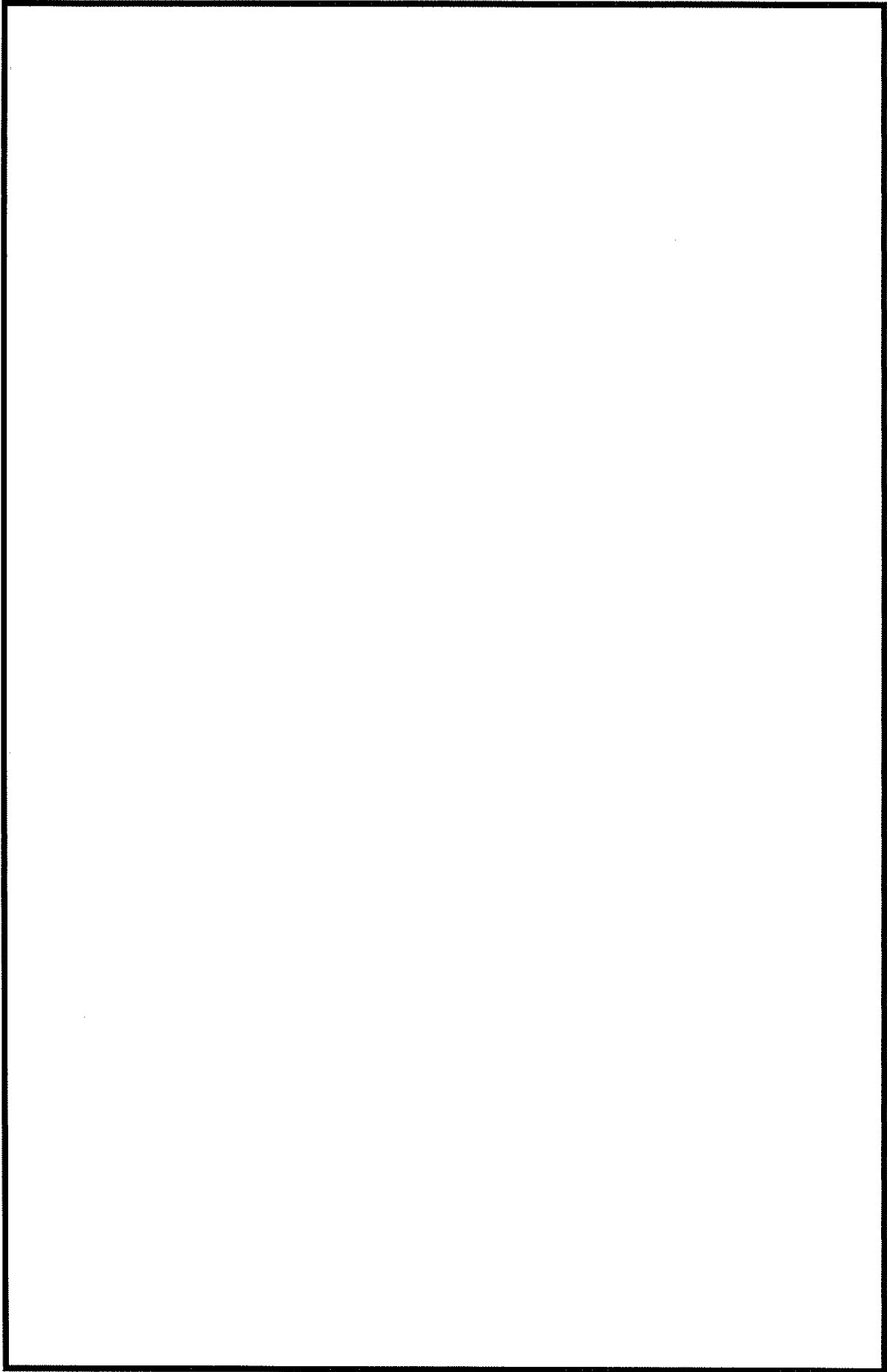
安全保護系ロジック盤を設置する火災区域に隣接する火災区域又は火災区画を第1-1～3図に示す。



第1-1図 隣接する火災区域又は火災区画 (原子炉補助建屋、原子炉建屋 EL. 17.0m)



第1-2図 隣接する火災区域又は火災区画（原子炉補助建屋、原子炉建屋 EL. 10.0m）



第1-3図 隣接する火災区域又は火災区画（原子炉補助建屋、原子炉建屋 EL. 24. 0m）

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。

## 補足説明資料 5

# 発電用原子力施設の溢水防護に関する 補足説明

## 補足説明資料 5 - 1

### 機能喪失高さ及び溢水防護区画について

## 1. 概要

本資料は、溢水評価が必要となる設備（以下、「溢水評価対象設備」という）である安全保護系ロジック盤及び安全保護系計器ラックについて、本工事で安全保護系ロジック盤の取替え及び安全保護系計器ラックの一部の改造を行うことを踏まえて、溢水影響により溢水評価対象設備の要求される機能を損なうおそれがある高さ（以下「機能喪失高さ」という。）及び設置される溢水防護区画を説明するものである。

## 2. 溢水評価対象設備の機能喪失高さ

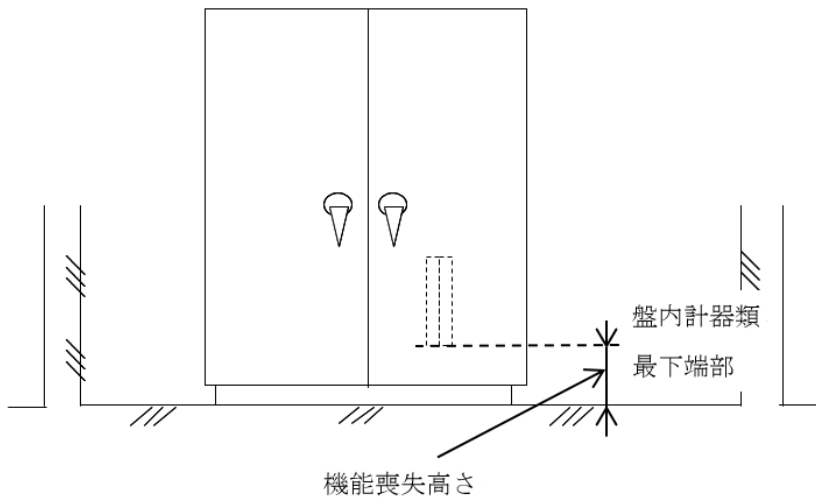
電気盤の機能喪失高さの考え方を第1表及び第1図に示したうえで、溢水評価対象設備の機能喪失高さを第2表に記載する。

安全保護系ロジック盤及び安全保護系計器ラックの機能喪失高さは、本工事前後においても変更はなく、設置される溢水防護区画にも変更はないことから、既工事計画の没水評価に影響を与えるものではない。



第1表 機能喪失高さの考え方

機器	機能喪失高さ
電気盤	盤内の計器類の最下部



第1図 機能喪失高さの考え方（電気盤）

第2表 溢水評価対象設備の機能喪失高さ

系 統	設 備	溢水防護 区画	設置建屋	設置高さ (注1)	機能喪失高さ	
					変更前	変更後
電気盤	安全保護系ロジック盤 3号(トンA)	3-4-G	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系ロジック盤 3号(トンB)	3-4-I1	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系ロジック盤 3号(トンC)	3-4-G	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系ロジック盤 3号(トンD)	3-4-I1	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系計器ラック 3号(チャンネルI)	3-4-G	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系計器ラック 3号(チャンネルII)	3-4-I1	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系計器ラック 3号(チャンネルIII)	3-4-G	原子炉 補助建屋			
電気盤	安全保護系計器ラック 3号(チャンネルIV)	3-4-I1	原子炉 補助建屋			

(注1) 溢水評価上基準となる床高さを示す。

補足説明資料 5 - 2  
「溢水防護に関する説明書」における  
工事計画の引用事項について

## 1. 概要

本資料は、本設計及び工事計画申請書（以下「設工認申請書」という。）の資料4「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」において引用している工事計画の記載事項を明確にするものである。

## 2. 工事計画の記載事項

以下に、引用している工事計画の記載事項を示す。二重枠は、設工認申請書の資料4の記載を示し、点線枠は引用している平成28年3月23日付原規規発第1603231号にて認可された工事計画（以下「既工事計画」という。）および平成31年2月6日付原規規発第19020613号にて認可された工事計画の資料2-1「溢水等による損傷防止の基本方針」の記載事項を示す。工事計画の記載事項は、前後のつながりを踏まえ節・項等の単位で抜粋する。

### 1. 概要

本資料は、「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「技術基準規則」という。）第12条及び「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の解釈」（以下「解釈」という。）に適合する設計とするため、安全保護系ロジック盤が、発電所施設内における溢水の発生によりその要求される機能を損なうおそれがないことを説明するものである。

### 2. 溢水等による損傷防止の基本方針

溢水等による損傷防止の基本方針は、平成28年3月23日付原規規発第1603231号にて認可された工事計画（以下「既工事計画」という。）の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」および平成31年2月6日付原規規発第19020613号にて認可された工事計画の資料2-1「溢水等による損傷防止の基本方針」から変更はない。

## 既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

### 2. 溢水等による損傷防止の基本方針

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」（以下「評価ガイド」という。）を参照し、溢水防護に係る設計時に発電用原子炉施設内で発生が想定される溢水の影響を評価（以下「溢水評価」という。）し、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計とする。さらに、使用済燃料ピットにおいては、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持できる設計とする。また、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を踏まえ、溢水により発生し得る原子炉外乱及び溢水の原因となり得る原子炉外乱を抽出し、主給水流量喪失、原子

炉冷却材喪失等の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の対処に必要な機器の単一故障を考慮しても異常状態を収束できる設計とする。

これらの機能を維持するために必要な設備（以下「防護対象設備」という。）が発生を想定する没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計（多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なわない設計）とする。重大事故等対処設備については、溢水影響を受けて設計基準事故対処設備及び使用済燃料ピット冷却系統設備等と同時に機能を損なうおそれがないよう、被水及び蒸気の影響に対しては可能な限り設計基準事故対処設備等の配置も含めて位置的分散を図り、没水影響に対しては溢水水位を考慮した位置に設置又は保管する。

防護対象設備及び重大事故等対処設備を防護すべき設備とし、設定方針を「2.1 防護すべき設備の設定」に示す。

溢水評価を実施するに当たり、溢水源及び溢水量を、想定する機器の破損等により生じる溢水（以下「想定破損による溢水」という。）、発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水（以下「消火水の放水による溢水」という。）並びに地震に起因する機器の破損及び使用済燃料ピットのスロッシングにより生じる溢水（以下「地震起因による溢水」という。）を踏まえ設定する。また、溢水防護に対する評価対象区画（以下「溢水防護区画」という。）及び溢水経路は、溢水防護区画内外で発生を想定する溢水に対して、当該区画内の溢水水位が最も高くなるように設定する。溢水源、溢水量、溢水防護区画及び溢水経路の設定方針を「2.2 溢水評価条件の設定」に示す。

溢水評価では、没水、被水及び蒸気の影響を受けて要求される機能を損なうおそれがある防護すべき設備に対して、溢水影響評価を実施する。具体的な評価及び設計方針を、「2.3.1 没水の影響に対する評価及び防護設計方針」、「2.3.2 被水の影響に対する評価及び防護設計方針」及び「2.3.3 蒸気影響に対する評価及び防護設計方針」に示す。

使用済燃料ピットの機能維持に関しては、発生を想定する溢水の影響を受けて、使用済燃料ピット冷却系統及び給水系統が要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。具体的な評価及び設計方針を、「2.3.4 使用済燃料ピットの機能維持に関する評価及び防護設計方針」に示す。

溢水防護区画を内包する建屋外から溢水が流入するおそれがある場合には、防護対策により溢水の流入を防止する。具体的な評価及び設計方針を、「2.3.5 溢水防護区画を内包する建屋外からの流入防止に関する溢水評価及び防護設計方針」に示す。

発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損により当該容器又は配管から放射性物質を含む液体が漏えいするおそれがある場合には、放射性物質を含む液体が管理区域外へ漏えいしない設計とする。管理区域外への漏えい防止に関する評価方針を「2.3.6 管理区域外への漏えい防止に関する溢水評価及び防護設計方針」に示す。

防護すべき設備が発生を想定する溢水により要求される機能を損なうおそれがある場合、又は放射性物質を含む液体が管理区域外に漏えいするおそれがある場合には、防護対策その他の適切な処置を実施する。実施する防護対策その他の適切な処置の設計方針を「2.4 溢水防護に関する施設の設計方針」に示す。

溢水評価条件の変更により評価結果が影響を受けないことを確認するために、溢水防護区画において、各種対策設備の追加及び資機材の持込みにより評価条件としている可燃性物質の量及び滞留面積に見直しがある場合は、溢水評価への影響確認を行うこととし、保安規定に定めて管理する。

有効性評価の前提となるインターフェイスシステムLOCA時に発生を想定する漏えい水が、余熱除去ポンプ入口弁（ユニハンドラー弁）へのアクセス性に影響を与える場合には、防護対策を実施する。実施する防護対策の設計方針を別添1「インターフェイスシステムLOCA時の1次冷却材の拡散防止に関する説明書」に示す。

平成31年2月6日付原規規発第19020613号にて認可された工事計画の資料2-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

## 2. 溢水等による損傷防止の基本方針

溢水等による損傷防止の基本方針については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画（以下「既工事計画」という。）の添付資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」において、防護すべき設備が、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、その安全機能を損なわないこと（以下「安全機能維持要求」という。）、及び発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管の破損により、放射性物質を含む液体が管理区域外へ漏えいしないこと（以下「管理区域外への漏えいの防止要求」という。）を説明している。

溢水源及び溢水量は、想定する機器の破損等により生じる溢水（以下「想定破損による溢水」という。）、発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水（以下「消火水の放水による溢水」という。）並びに地震に起因する機器の破損及び使用済燃料ピットのスロッシングにより生じる溢水（以下「地震起因による溢水」という。）を踏まえ設定しているが、技術基準規則等改正では、これらに加え、使用済燃料ピット以外のスロッシングその他の事象による溢水を考慮することが規定された。また、放射性物質を含む液体を内包する容器、配管以外のその他の設備（ポンプ、弁、使用済燃料ピット、原子炉キャビティ（燃料取替用チャネル含む。）等）から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、管理区域外へ漏えいしないことが規定された。今回の申請においては、これらの追加要求事項に対して、既工事計画の添付資料8「発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」の溢水影響に関する評価、溢水防護に関する施設の設計方針に対する影響がないことを確認し、防護処置その他の処置について既工事計画から変更がないことを説明する。

## 2.1 防護すべき設備の設定

防護すべき設備の設定方針については、既工事計画の資料8-2「防護すべき設備の設定」から変更がなく、安全保護系ロジック盤を防護すべき設備<sup>注</sup>に設定する。

注：既工事計画の資料8-2「防護すべき設備の設定」の「第2-5表 溢水評価対象の防護対象設備リスト」では、設備数も多数あるため、間接的に必要とする設備（サポート系設備）に対して★印を記載していたが、溢水の防護すべき設備としての扱いが直接的・間接的（サポート系）で変わることはない。また、今回の工事では、安全保護系ロジック盤のみが対象であり、サポート系の識別は必要無いため、サポート系の明記はしていない。

## 既工事計画の資料8-2「防護すべき設備の設定」

### 2.1 防護すべき設備の設定方針

溢水から防護すべき設備として、重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を維持するために必要な設備、並びに使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持するために必要な設備である防護対象設備を設定する。

また、重大事故等対処設備についても溢水から防護すべき設備として設定する。

### 2.2 防護対象設備の抽出

防護すべき設備のうち、防護対象設備の具体的な抽出の考え方を以下に示す。

#### (1) 重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備

重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備として、運転状態にある場合は原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持するために必要な設備、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な設備を防護対象設備として抽出する。

原子炉の高温停止、低温停止及びその維持に必要な系統又は機能として以下を選定し、これらの機能を達成するために必要な系統設備を防護対象設備として選定する。

- ・原子炉停止：原子炉停止系（制御棒）
- ・ほう酸添加：原子炉停止系（化学体積制御系ほう酸注入機能）
- ・崩壊熱除去：補助給水系、主蒸気系、余熱除去系
- ・1次系減圧：1次冷却材系統の減圧機能
- ・上記系統の関連系（原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、制御用空気系、換気空調系、非常用電源系、空調用冷水系、電気盤、計装回

### 路（検出器）

以上の系統設備に加え、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を対象として、溢水により発生し得る原子炉外乱及び溢水の原因となり得る原子炉外乱に対処するための設備（放射性物質の閉じ込め機能維持に必要な設備含む。）を抽出する。結果として、主給水管破断や主蒸気管破断といった溢水源となり得る事象も抽出される。

原子炉外乱としては、以下の溢水により発生し得る原子炉外乱及び溢水の原因となり得る原子炉外乱を考慮する。地震に対しては溢水だけではなく、地震に起因する原子炉外乱（主給水流量喪失、外部電源喪失等）も考慮する。

- ・想定破損による溢水（単一機器の破損を想定）
- ・消火水の放水による溢水（単一の溢水源を想定）
- ・地震起因による溢水

溢水評価上想定する起因事象として抽出する運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を第2-1表及び第2-2表に示す。また、溢水評価上想定する事象とその対処系統を第2-3表に示す。なお、抽出に当たっては溢水事象となり得る事故事象も評価対象とする。

第2-3表①～⑧の起因事象で原子炉が自動停止する場合は、通常の高温停止に必要な系統（安全保護系、原子炉停止系及び補助給水系）により原子炉を冷却していくため、これらの機能を達成するために必要な設備を溢水防護の対象に選定する。

一方、第2-3表⑨～⑪のような過冷却事象及び1次系の減圧事象では、1次系の圧力低下等を伴うため、高圧注入系が自動で動作する可能性があり、前述の原子炉を高温停止まで冷却する系統に高圧注入系を加えて溢水防護の対象に選定する。

また、第2-3表⑫原子炉冷却材喪失（以下「LOCA」という。）等では、炉心の冷却及び原子炉格納容器の冷却、減圧及び隔離のため、低圧注入系、格納容器スプレイ系及び格納容器隔離弁を加えて溢水防護の対象に選定する。

なお、これらの系統設備により事象を収束させた後には、1次冷却系統の健全性が損なわれる事象を除き、余熱除去系を用いて低温停止に移行する。

この一連の対応により、原子炉を「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能が果たされる。

## (2) 使用済燃料ピットの冷却及び給水機能維持に必要な設備

使用済燃料ピットを定められた水温（65℃以下）に維持する必要があるため、使用済燃料ピットの冷却系統の機能維持に必要な設備を抽出する。

また、使用済燃料ピットの放射線を遮蔽する機能を維持（水面の設計基準



線量当量率 $\leq 0.01\text{mSv/h}$  するための水量を確保する必要があるため、使用済燃料ピットへの給水系統の機能維持に必要な設備を抽出する。

具体的には、使用済燃料ピット冷却系統設備及び燃料取替用水系統設備を抽出する。

## 2.2 溢水評価条件の設定

### (1) 溢水源及び溢水量の設定

溢水評価条件の設定については、既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」から変更はなく、原子炉補助建屋における溢水源及び溢水量については、今回の工事による影響はないため、既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」に示す設定による。

## 既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

## 2.2 溢水評価条件の設定

### (1) 溢水源及び溢水量の設定

溢水源及び溢水量は、想定破損による溢水、消火水の放水による溢水及び地震起因による溢水を踏まえ設定する。また、その他の要因による溢水として、地下水の流入、地震以外の自然現象、機器の誤作動等により生じる溢水（以下「その他の溢水」という。）の影響も評価する。

想定破損による溢水では、評価ガイドを参照し、高エネルギー配管は「完全全周破断」、低エネルギー配管は「配管内径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラック（以下「貫通クラック」という。）」の破損を想定した評価とし、想定する破損箇所は溢水影響が最も大きくなる位置とする。

ただし、高エネルギー配管については、ターミナルエンドを除き、応力評価の結果により発生応力が許容応力の0.4倍を超え0.8倍以下であれば「貫通クラック」による溢水を想定した評価とし、0.4倍以下であれば破損は想定しない。低エネルギー配管については、配管の発生応力が許容応力の0.4倍以下であれば破損は想定しない。具体的には、高エネルギー配管のうち、貫通クラックを想定する補助蒸気系統の一般部（1Bを超える。）は、発生応力が許容応力の0.8倍以下を確保する設計とする。破損を想定しない低エネルギー配管は発生応力が許容応力の0.4倍以下を確保する設計とする。

発生応力と許容応力の比較により破損形状の想定を行う補助蒸気系統の一般部（1Bを超える。）及び破損を想定しない低エネルギー配管は、評価結果

に影響するような配管減肉がないことを確認するために、継続的な肉厚管理を実施することとし、保安規定に定めて管理する。

また、高エネルギー配管として運転している時間の割合が、当該系統の運転している時間の2%又はプラント運転期間の1%より小さいことから低エネルギー配管とする系統（補助給水系統、格納容器スプレイ系統、余熱除去系統及び安全注入系統）については、運転時間実績管理を実施することとし、保安規定に定めて管理する。

消火水の放水による溢水では、消火活動に伴う消火栓からの放水量を溢水量として設定する。消火栓以外の設備としては、スプリンクラや格納容器スプレイ系統があるが、防護すべき設備が設置される建屋には、自動作動するスプリンクラは設置しない設計とし、防護すべき設備が設置されている建屋外のスプリンクラに対しては、防護すべき設備が設置される建屋への溢水経路に、溢水により発生する水圧に対して止水性（以下「止水性」という。）を有する水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施することから溢水源として設定しない。

格納容器スプレイ系統の作動により発生する溢水については、原子炉格納容器内の防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがない設計とし、詳細は資料6「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」の「2.3 環境条件等」に示す。また、格納容器スプレイ系統は、作動信号系の単一故障により誤作動しないように設計されることから、誤作動による溢水は想定しない。

地震起因による溢水では、流体を内包することで溢水源となり得る機器のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力により破損するおそれがある機器からの漏水及び使用済燃料ピットのスロッシングによる漏水を溢水源として設定する。その際、破損を想定する容器は全保有水量の流出、配管は完全全周破断による流出流量を考慮する。耐震Sクラス機器については、基準地震動 $S_s$ による地震力によって破損は生じないことから溢水源として想定しない。また、耐震B,Cクラス機器のうち、耐震対策工事の実施あるいは製作上の裕度の考慮により、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性が確保されているものについては溢水源として想定しない。

溢水量の算出に当たっては、漏水が生じるとした機器のうち防護すべき設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとして評価する。

溢水量の設定において、隔離による漏えい停止を期待する場合には、漏えい停止までの適切な隔離時間を考慮し、配管の破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。

ここで漏水量は、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて設定する。

壁貫通部に溢水流出防止のための貫通部止水処置を実施した水密化区画は、

区画内のタンク保有水全量が漏えいしても区画外に漏えいしないよう、開口部高さは発生を想定する溢水水位を上回る設計とする。また、水密化区画を構成する壁については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、水密化区画外への溢水伝播防止機能を損なうおそれがない設計とすること、壁貫通部には流出防止のために止水処置を実施することから、区画内で発生する溢水は溢水源としない。

また、地震以外の自然現象により発生する溢水及び機器の誤作動等による漏えい事象による溢水についても防護すべき設備が溢水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれがない設計とする。

溢水源及び溢水量の設定の具体的な内容を資料8-3「溢水評価条件の設定」  
「2. 溢水源及び溢水量の設定」に示す。

#### 既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」

##### 2. 溢水源及び溢水量の設定

溢水影響を評価するために、評価ガイドを踏まえて発生要因別に分類した以下の溢水を設定し、溢水源及び溢水量を設定する。

- ・溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水（以下「想定破損による溢水」という。）
- ・発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水（以下「消火水の放水による溢水」という。）
- ・地震に起因する機器の破損等により生じる溢水（使用済燃料ピットのスロッシングにより発生する溢水を含む。）（以下「地震起因による溢水」という。）
- ・その他の要因（地下水の流入、地震以外の自然現象、機器の誤作動等）により生じる溢水（以下「その他の溢水」という。）

想定破損により生じる溢水では、溢水源となり得る機器は流体を内包する配管とし、地震起因による溢水では溢水源となり得る機器は流体を内包する容器（タンク、熱交換器、脱塩塔、フィルタ、空調ユニット等）及び配管として、それぞれにおいて対象となる機器を系統図より抽出し、抽出された機器が想定破損における応力評価又は耐震評価において破損すると評価された場合、それぞれの評価での溢水源とする。

## 2.2 溢水評価条件の設定

### (2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定

溢水防護区画及び溢水経路の設定については、既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」から変更はなく、溢水影響を評価するために設定する、原子炉補助建屋における溢水防護上の溢水防護区画及び溢水経路については、今回の工事による影響はないため、既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」に示す設定による。

## 既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

### 2.2 溢水評価条件の設定

#### (2) 溢水防護区画及び溢水経路の設定

溢水防護区画は、防護すべき設備を設置している全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。

溢水防護区画は壁、扉、堰等又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離される区画として設定する。

溢水経路は、溢水防護区画内外で発生を想定する溢水に対して、当該区画内の溢水水位が最も高くなるように設定する。消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝播を考慮した溢水経路とする。火災により壁貫通部止水処置の機能を損なうおそれがある場合でも、当該貫通部からの消火水の伝播により、防護すべき設備が溢水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれがない設計とする。

また、溢水経路を構成する水密扉については、閉止状態を確実にするために、中央制御室における閉止状態の確認、開放後の確実な閉止操作及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順書の整備を行うこととし、保安規定に定めて管理する。

溢水防護区画及び溢水経路の設定の具体的な内容を資料8-3「溢水評価条件の設定」「3. 溢水防護区画及び溢水経路の設定」に示す。

## 既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」

### 3. 溢水防護区画及び溢水経路の設定

溢水影響を評価するために、溢水防護上の溢水防護区画及び溢水経路を設定する。

溢水防護区画の設定は、防護すべき設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。

防護すべき設備が設置されるフロアを基準とし、平坦な床面は同一区画として考え、壁、扉及び堰又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離される区画として設定する。設定した溢水防護区画は、資料8-2「防護すべき設備の設定」の第2-1図に示す。

溢水経路の設定は、発生した溢水が階段あるいは機器ハッチを経由して、上層階から下層階へ全量が伝播するものとして、溢水防護区画内の水位が最も高くなるように保守的に設定する。

火災により壁貫通部の止水機能が損なわれ、当該貫通部から溢水防護区画に消火水が流入するおそれがある場合には、当該貫通部からの消火水の流入を考慮する。消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝播を考慮する。

溢水経路を構成する水密扉については、開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を定め、保安規定に定めて管理する。

### 3.1 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する溢水防護区画は、防護すべき設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。

溢水防護区画は壁、扉、堰等、又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画内の水位が最も高くなるように保守的に溢水経路を設定する。

### 3.2 溢水防護区画内漏えいでの溢水経路

溢水防護区画内漏えいでの溢水経路の設定においては、溢水防護区画内の水位が最も高くなるよう、原則として当該溢水防護区画から他区画への流出がないように溢水経路を設定するが、原子炉建屋と原子炉補助建屋の境界扉部等、溢水防護区画内水位が境界堰高さを超えた場合に他区画へ流出することが明らかな場合には、越流分の溢水が流出することを考慮して溢水経路を設定する。

#### (1) 床ドレン

溢水防護区画に床ドレン配管が設置され、他の区画とつながっている場合でも、他の区画への流出は想定しない。

#### (2) 床面開口部及び床貫通部

溢水防護区画床面に開口部又は貫通部が設置されている場合であっても、他の区画への流出は期待しない。

(3) 壁貫通部

溢水防護区画境界壁の貫通部が溢水による水位より低い位置にある場合であっても、その貫通部から他の区画への流出は期待しない。

(4) 扉

溢水防護区画に扉が設置されている場合であっても、当該扉から他の区画への流出は期待しないが、以下の場合には当該扉の下部枠高さを超える溢水について他の区画への流出を期待する。

- ・常時開の扉
- ・フェンスドア
- ・区画内に消火栓がなく、区画外の消火栓を用いて当該区画の扉を開放して消火活動を行う場合

(5) 堰及び壁

原則として他の区画への流出は期待しない。

(6) 排水設備

溢水防護区画に排水設備が設置されている場合であっても、当該区画の排水は期待しない。

### 3.3 溢水防護区画外漏えいでの溢水経路

溢水防護区画外漏えいでの溢水経路の設定においては、区画外からの溢水流入により溢水防護区画の水位が最も高くなるように溢水経路を設定する。

(1) 床ドレン

溢水防護区画の床ドレン配管が他の区画とつながっている場合は、水位差による流入量を考慮する。ただし、床ドレン配管に逆止弁が設置されている場合にはその効果を考慮する。

(2) 天井面開口部及び貫通部

溢水防護区画の天井面に開口部又は貫通部がある場合は、上部の区画で発生した溢水量の全量が流入するものとする。ただし、開口部又は貫通部に基準地震動 $S_s$ に対する耐震性および水圧に対する強度、水密性を有した流入防止対策を施している場合は、その効果を考慮する。

(3) 壁貫通部

溢水防護区画境界壁の貫通部が溢水による水位より低い位置にある場合は、その貫通部からの流入を考慮する。ただし、貫通部に基準地震動 $S_s$ 対

する耐震性および水圧に対する強度・水密性を有した流入防止対策を施している場合は、その効果を考慮する。

(4) 扉

扉については区画外からの流入を考慮する。ただし、基準地震動 $S_s$ に対する耐震性、水圧に対する強度及び水密性が確認された水密扉については、その効果を期待する。

(5) 堰

溢水防護区画境界に堰が設置されている場合であっても、区画外からの流入を考慮する。ただし、基準地震動 $S_s$ に対する耐震性、水圧に対する強度・水密性を有していることが確認されている堰についてはその効果を考慮する。

(6) 壁

基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、健全性を確認できる場合は溢水の流入防止を期待する。

(7) 排水設備

溢水防護区画に排水設備が設置されている場合であっても、当該区画の排水は考慮しない。

なお、上層階から階段あるいは機器ハッチを經由して下階へ伝播する場合は、上層階の溢水量を積算し、その溢水量が当該フロアに滞留するものとする。

## 2.3 適用規格

適用規格については、既工事計画の資料 8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」の「3. 適用規格」に示す規格、基準、指針等による。

### 既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

#### 3. 適用規格

適用する規格としては、既往工認で適用実績がある規格的のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

適用する規格、基準、指針等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC1-2005/2007)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編(JEAG4601・補-1984)
- ・原子力発電所配管破損防護設計技術指針(JEAG4613-1998)
- ・原子力発電所の火災防護指針(JEAG4607-2010)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1991 追補版)
- ・電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード) (JIS C 0920-2003)
- ・ステンレス鋼棒 (JIS G 4303-2012)
- ・熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯 (JIS G 4304-2012)
- ・熱間成形ステンレス鋼形鋼 (JIS G 4317-2013)
- ・建築基準法(昭和25年5月24日法律第201号)
- ・建築基準法施行令(昭和25年11月16日政令第338号)
- ・消防法(昭和23年7月24日法律第186号)
- ・消防法施行令(昭和36年3月25日政令第37号)
- ・実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則の解釈(平成25年6月19日原規技発第1306194号)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準 日本建築学会 1991年
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準 -許容応力度設計法- 日本建築学会 1999年
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準 日本建築学会 2010年
- ・鋼構造設計規準 -許容応力度設計法- 日本建築学会 2005年
- ・各種合成構造設計指針・同解説 日本建築学会 2010年
- ・発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針(平成2年8月30日 原子力安全委員会)
- ・原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説 日本建築学会 2015年
- ・水道施設耐震工法指針・解説 日本水道協会 1997年
- ・水道施設耐震工法指針・解説 日本水道協会 2009年
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕 土木学会 2002年

#### 2.4 溢水評価及び防護設計方針

発電用原子炉施設内で発生を想定する溢水の影響により、安全保護系ロジック盤が要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。

溢水評価を行うに当たり防護対策として期待する溢水防護に関する施設の設計方針については、既工事計画の資料8-5「浸水防護施設の詳細設計」による。

既工事計画の資料8-5「浸水防護施設の詳細設計」



## 2. 設計の基本方針

発電用原子炉施設内における溢水の発生により、資料8-2「防護すべき設備の設定」にて設定している防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれのないようにするため、あるいは、放射性物質を含む液体が管理区域外へ伝播するおそれがないようにするため、溢水防護に関する施設を設置する。

溢水防護に関する施設は、資料8-2「防護すべき設備の設定」で設定している溢水防護区画、資料8-3「溢水評価条件の設定」で設定している溢水源、溢水量及び溢水経路、資料8-4「溢水影響に関する評価」にて評価している溢水水位による静水圧、蒸気噴出荷重及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、その機能を維持又は保持できる設計とする。

溢水防護に関する施設の設計に当たっては、資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」にて設定している、溢水防護対策を実施する目的や設備の分類を踏まえて設備ごとの要求機能を整理するとともに、機能設計上の性能目標及び構造強度設計上の性能目標を設定する。

溢水防護に関する施設の機能設計上の性能目標を達成するため、設備ごとの各機能の設計方針を示す。

溢水防護に関する施設の設計フローを第2-1図に示す。

溢水水位による荷重に対し、強度が要求される溢水防護に関する施設の強度計算の基本方針、強度計算の方法及び結果を、資料14 別添3「浸水防護施設の強度に関する説明書」に示す。また湧水ピットポンプ吐出ラインの強度計算結果を資料14-3-5「クラス3管の強度計算書」に示す。

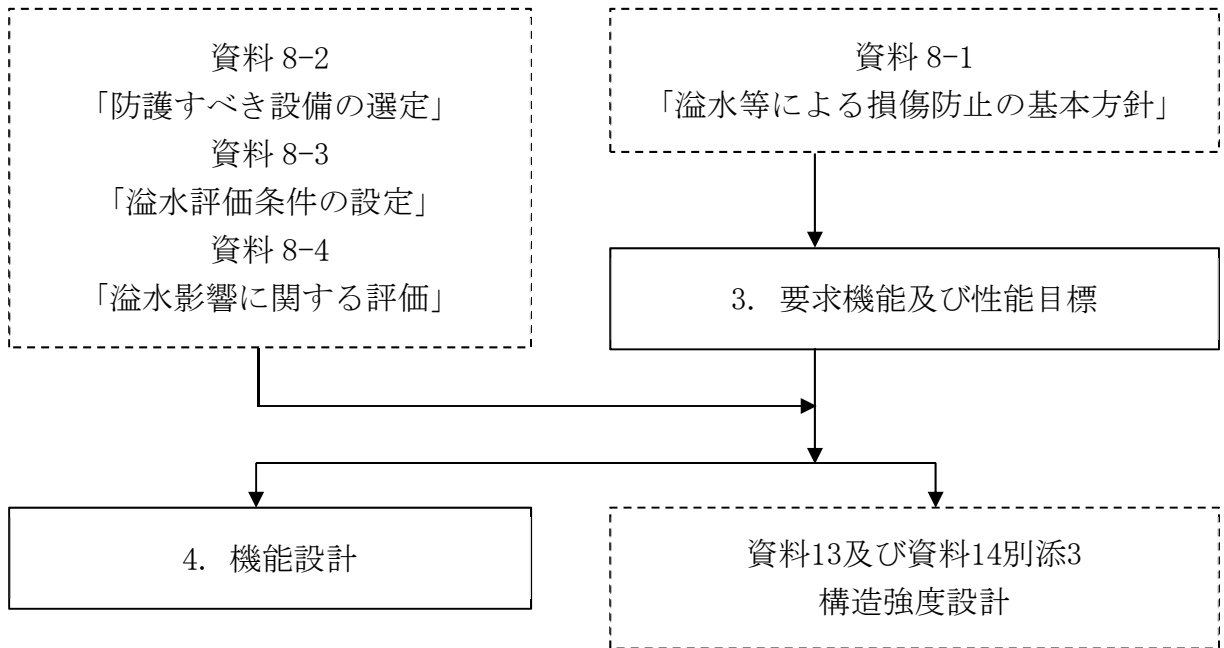
基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、止水性の維持を期待する溢水防護に関する施設のうち、工事計画の基本設計方針に示す浸水防護施設の主要設備リストに記載される機器（以下「主要設備リスト記載機器」という。）及び津波防護に係る耐震Sクラスの施設と共通設計である「床ドレン逆止弁」、「貫通部止水処置」の耐震計算については、資料13「耐震性に関する説明書」のうち資料13-9「機能維持の基本方針」に基づき実施し、耐震計算の方法及び結果については、資料13「耐震性に関する説明書」のうち資料13-17-9「浸水防護施設の耐震計算書」に示す。

基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、溢水伝播防止機能を維持するために必要な耐震Cクラスの湧水ピットポンプの耐震計算については、資料13 別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震計算の方針」に基づき実施し、耐震計算の方法及び結果については、資料13 別添2-3「湧水ピットポンプの耐震計算書」に示す。また、ポンプ吐出ラインについては、資料13 別添2-2「溢水源としない耐震B,Cクラス機器の耐震計算書」に示す。

なお、湧水ピットポンプは、耐震Sクラスの原子炉コントロールセンタから受電されており、その耐震計算については、資料13「耐震性に関する説明書」のうち資料13-9「機能維持の基本方針」に基づき実施し、耐震計算の方法及び結果については、資料

13「耐震性に関する説明書」のうち資料13-17-8-15「コントロールセンタの耐震計算書」に示す。

基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、止水性の維持を期待する水密区画壁の耐震計算については、資料13「耐震性に関する説明書」のうち評価対象が同一である、資料13-16-3「原子炉周辺補機棟及び燃料取扱棟の耐震計算書」及び資料13-16-6「原子炉補助建屋の耐震計算書」に示す。



(注) フロー中の番号は本資料での記載箇所の章を示す

第2-1図 溢水防護に関する施設的设计フロー

### 3. 要求機能及び性能目標

発生を想定する溢水の影響により、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないようにすること、放射性物質を含む液体が管理区域外へ伝播しないようにするために設置する溢水防護に関する施設を、資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」にて、設置目的別に溢水の伝播を防止する設備及び蒸気影響を緩和する設備として分類を設定している。これらを踏まえ、設備ごとに要求機能を整理するとともに、機能設計上の性能目標と構造強度設計上の性能目標を設定する。

各設備が要求機能を達成するために必要となる機能設計、強度設計及び耐震設計の区分を第3-1表に示す。

強度及び耐震以外の機能である溢水伝播防止及び蒸気影響緩和の機能設計については、「4. 機能設計」に示し、耐震設計及び強度設計については、資料13「耐震性に関する説明書」及び資料14別添3「浸水防護施設の強度に関する説明書」に示す。

### 3.1 溢水伝播を防止する設備

#### 3.1.1 設備

- (1) 水密扉
- (2) 水密区画壁
- (3) 海水ピットポンプ室防護壁
- (4) 漏えい・浸水防止堰
  - ・ 建屋冷房装置室漏えい防止堰
  - ・ 高圧注入ポンプ補助油ポンプ浸水防止堰
  - ・ 充てんポンプ室浸水防止堰
  - ・ 冷却材貯蔵タンク室入口漏えい防止堰
  - ・ 格納容器再循環サンプ隔離弁ピット浸水防止堰
- (5) 管理区域外伝播防止堰
- (6) 床ドレンライン逆止弁
- (7) 湧水ピットポンプ及び吐出ライン
- (8) 貫通部止水処置

#### 2.4.1 没水影響に対する評価

没水影響に対する評価については、安全保護系ロジック盤の設置場所に変更がないことから、既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」の「2.1 没水影響に対する評価」によるものとする。

### 既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」

#### 2.1 没水影響に対する評価

##### (1) 評価方法

溢水源、溢水量、溢水防護区画及び溢水経路から算出される溢水水位と防護すべき設備の機能喪失高さを比較し評価する。没水影響評価に用いる溢水水位の算出は、評価ガイドを踏まえ、漏えい発生階とその経路上の溢水防護区画の全てに対して行う。

溢水水位 (H) は、以下の式に基づいて算出する。床勾配が溢水防護区画にある場合には、保守的に床勾配分の滞留量は考慮せず、溢水水位の算出は床勾配高さ<sup>(注)</sup>分嵩上げする。

(注) 床勾配の下端から上端までの高さ

$$H=Q/A+h$$

H：溢水水位(m)

Q：流入量(m<sup>3</sup>)

設定した溢水量及び溢水経路に基づき評価対象区画への流入量を算出する。

A：滞留面積(m<sup>2</sup>)

評価対象区画内と溢水経路に存在する区画の総面積を滞留面積として評価する。滞留面積は、壁及び床の盛り上がり（コンクリート基礎等）範囲を除く有効面積を滞留面積とする。

h：床勾配高さ(m)（溢水防護区画に床勾配がある場合）

## (2) 判定基準

没水影響に関する判定基準を以下に示す。

- ・発生した溢水による水位が、防護すべき設備の要求される機能を損なうおそれがある高さ（以下「機能喪失高さ」という。）を上回らないこと。その際、溢水の流入状態、溢水源からの距離、人のアクセス等による一時的な水位変動を考慮し、発生した溢水による水位に対して100mm以上の裕度が確保されていること。さらに、溢水防護区画への資機材の持ち込み等による床面積への影響を考慮すること。
- ・防護すべき設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され同時に要求される機能を損なうおそれがないこと。その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。

## (3) 評価結果

防護すべき設備が、没水影響に関する判定基準のいずれかを満足することから要求される機能を損なうおそれはない。具体的な評価結果を第2-1表に示す。

### 2.4.2 被水影響に対する評価

被水影響に対する評価については、安全保護系ロジック盤の設置場所に変更がないことから、既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」の「2.2 被水影響に対する評価」によるものとする。

既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」

## 2.2 被水影響に対する評価

### (1) 評価方法

被水影響については、溢水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水<sup>(注)</sup>、及び天井面の開口部若しくは貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある防護すべき設備が被水により要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。

(注) 飛散距離については、評価ガイドでは管内圧力及び重力を考慮した弾道計算モデルが示されているが、本評価では管内圧力を高い側に包絡できる直線の軌道を採用する。また、放物線軌道による被水の影響についても現場確認を踏まえて評価する。被水影響範囲の考え方を第2-1図に示す。

### (2) 判定基準

被水影響に関する判定基準を以下に示す。

- a. 「JISC0920 電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード)」における第二特性数字4以上相当の保護等級を有すること。
- b. 防護すべき設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され、同時に要求される機能を損なうおそれがないこと。その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。
- c. 実機での被水条件を考慮しても、要求される機能を損なわないことを被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等による被水防護措置がなされていること。

### (3) 評価結果

想定破損及び地震起因による被水影響に対して、防護すべき設備が判定基準のいずれかを満足することから、被水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれはない。

消火水の放水による被水に対しては、防護すべき設備が設置されている溢水防護区画において、ハロン消火設備等の水消火を行わない消火手段を採用することにより、被水の影響が発生しない設計とする。

具体的な評価結果を第2-2表に示す。

### 2.4.3 蒸気影響に対する評価

蒸気影響に対する評価については、安全保護系ロジック盤の設置場所に変更がないことから、既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」の「2.3 蒸気影響に対する評価」によるものとする。

## 既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」

### 2.3 蒸気影響に対する評価

#### (1) 評価方法

##### a. 蒸気環境評価

蒸気影響を及ぼす可能性のある高温配管は、資料13 別添2-2「溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震計算書」にて、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、耐震性を有することを確認していることから、蒸気環境評価は、想定破損により発生を想定する蒸気が、防護すべき設備に与える影響を評価する。

防護すべき設備に対する漏えい蒸気の拡散による影響を確認するために、熱流体解析コードGOTHICを用い、空調条件、解析区画等を設定して解析を実施する。想定破損発生区画内での漏えい蒸気及び区画間を拡散する漏えい蒸気による防護すべき設備への影響を評価する。

また、破損想定箇所付近に防護すべき設備が設置される場合は、破損想定箇所と防護すべき設備との位置関係を踏まえ、漏えい蒸気の直接噴出による防護すべき設備への影響を評価する。

#### (a) 評価対象範囲について

抽出された高エネルギー配管を有する系統について、防護すべき設備の配置も踏まえ、蒸気影響を考慮する範囲を以下に示す。蒸気影響を評価する系統の抽出の考え方を第2-2図に、蒸気影響を考慮する範囲の概要図を第2-3図に示す。

##### イ. 化学体積制御系統（抽出ライン）

化学体積制御系統（抽出ライン）は、通常運転中、非再生冷却器により約 $50^{\circ}\text{C}$ まで冷却されることから、評価対象範囲は「C/V 貫通部～非再生冷却器」の間となる。

##### ロ. 1次系補助蒸気系統

1次系補助蒸気系統は、負荷の下流側に設置されたスチームトラップで完全に復水となり、温度、圧力とも低下して蒸気影響はなくなることから、評価対象範囲は「供給配管～スチームトラップ」の間となる。

(b) 蒸気拡散影響に対する評価

蒸気漏えいに伴う環境影響は、熱流体解析コードGOTHICを用い、空調装置の給排気量及び位置の条件並びに解析区画を設定して、区画ごとの温度及び湿度を算出する。評価に用いる熱流体解析コードGOTHICの検証、妥当性確認等の概要については、別紙1「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。具体的な評価の手順を以下に示す。

イ. 蒸気影響を考慮すべき建屋内の配管ルートの特定

ロ. 高エネルギー配管からの蒸気漏えい影響範囲の設定

蒸気漏えい影響範囲に防護すべき設備の有無を評価する。蒸気評価を実施する各系統の破損想定を第2-3表に示す。

ハ. 系統の隔離条件の設定

蒸気影響緩和対策として設置する蒸気漏えい検知システムにより、破損配管を隔離するための警報設定及び系統隔離条件を以下に示す。

(イ) 温度センサ (RTD) の警報は以下のとおり設定する。

- ・ 温度高警報：50℃（雰囲気温度（～40℃）+10℃）
- ・ 温度異常高警報：60℃（雰囲気温度（～40℃）+20℃）

(ロ) 蒸気影響を考慮する2系統の隔離条件は、以下のとおり設定する。

- ・ 1次系補助蒸気系統は温度異常高警報（60℃）により蒸気止め弁にて自動隔離し蒸気影響の緩和を図る。解析では、保守的に温度検出器の応答遅れを10秒、蒸気遮断弁の閉止時間を25秒として設定する。
- ・ 化学体積制御系統（抽出ライン）は、1次系補助蒸気系統に比べ蒸気影響は小さいため温度高警報（50℃）、温度異常高警報（60℃）、系統パラメータ、系統の警報等により中央制御室から遠隔手動隔離を行う。解析では、保守的に温度高（50℃）検知後、体積

制御タンク水位低下及び自動補給開始の確認に5分、抽出オリフィス隔離弁の閉止に10分を要するものとする。

## ニ. 漏えい蒸気流量の設定

破損配管からの漏えい蒸気流量は、各系統の内部流体条件に応じ、軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針において妥当性が認められている臨界流モデルを用いて設定する。蒸気影響緩和対策として防護カバーを設置した箇所は、配管と防護カバーのすき間の流路断面積を用いて、臨界流モデルにより漏えい蒸気流量を設定する。

## ホ. 空調条件の設定

蒸気漏えい影響範囲の給排気量及び位置を確認する。また、火災時のハロン消火設備動作に伴う空調機能の停止を考慮する。

### (イ) 自動ハロン消火区画

火災感知器が火災（蒸気）を感知し、自動でハロン消火設備が動作する場合は、空調機能を停止させる必要がある。従って運転員による空調機能復旧までの時間（温度異常高警報発信後30分）は空調機能が喪失<sup>(注)</sup>するものとして評価する。

(注) 実際は、火災感知器の作動後に空調設備が停止するまで空調機能は維持されるが、解析では保守的な評価とするために、配管破損発生（解析時間0秒）から、空調機能が喪失するものとする。

### (ロ) 手動ハロン消火区画

火災感知器が火災（蒸気）を感知した場合、運転員が火災か蒸気かを確認し、火災であることを確認した場合のみ、ハロン消火設備を動作させる。従って、蒸気漏えい時に空調機能が喪失することはなく、連続運転するものとして評価する。

## へ. 蒸気拡散解析の実施

蒸気の評価はその区画にある系統のうち最も蒸気流量の大きくなる箇所での破損を想定して評価を行う。また、保守的な評価とするために、ヒートシンクとなる構造物（コンクリート壁等）への熱伝達による蒸気温度低下はないものとする。



b. 蒸気曝露試験及び蒸気影響机上評価

漏えい蒸気による環境において要求される機能を損なうおそれがある電気設備又は計装設備を対象に、漏えい蒸気による環境条件（温度、湿度及び圧力）により対象設備が機能を損なうおそれがないことを評価するために実施する。

(a) 蒸気曝露試験

漏えい蒸気による環境において要求される機能を損なうおそれがある電気設備又は計装設備を対象に、漏えい蒸気による環境条件（温度、湿度及び圧力）により対象設備が機能を損なうおそれがないことを評価するために実施する。

イ. 試験条件

GOTHICによる解析で確認された、化学体積制御系統（抽出ライン）及び1次系補助蒸気系統からの漏えい蒸気による環境条件を包絡する試験条件を下記に示す。漏えい蒸気による環境条件は、蒸気影響緩和対策、換気空調条件及び漏えい蒸気系統の隔離条件を考慮する。

- ・温度：120℃
- ・湿度：飽和蒸気
- ・圧力：0.1MPa

ロ. 試験内容及び結果

漏えい蒸気による環境条件を踏まえた試験条件を設定し、蒸気曝露試験装置内で対象設備を蒸気曝露させ、試験中及び試験後に要求される機能を損なうおそれがないことを確認する。

蒸気曝露試験内容及び結果を第2-4表に示す。

(b) 蒸気影響机上評価

試験実施が困難な設備については、漏えい蒸気による環境条件（温度、湿度及び圧力）に対する耐性を机上で評価する。机上評価においては、対象設備のうち蒸気条件下において影響を受ける可能性がある構成部品を抽出し、抽出した構成部品に関する知見と漏えい蒸気による環境条件を比較し、当該部品の性能に影響を与えないことを確認することで対象設備が要求される機能を損なうおそれがないことを評価する。具体的には、設備の大きさの関係上、試験実

施が困難な電動機について、蒸気条件下で影響を受ける可能性がある構成部品を抽出し、評価した結果を第2-5表に示す。

## (2) 判定基準

蒸気影響に関する判定基準を以下に示す。

- ・漏えい蒸気による環境条件（温度、湿度及び圧力）が、蒸気曝露試験又は机上評価によって設備の健全性が確認されている条件を超えないこと。
- ・重大事故等対処設備が、設計基準事故対処設備等の配置も含めて分散配置され、要求される機能を同時に損なうおそれがないこと。

## (3) 評価結果

蒸気影響緩和対策を実施した結果、想定破損発生区画内での漏えい蒸気による影響、区画間を拡散する漏えい蒸気による影響及び漏えい蒸気の直接噴出による影響に対し、防護すべき設備は、判定基準のいずれかを満足することから、要求される機能を損なうおそれはない。

具体的な評価結果を、第2-6表に示す。

### 2.4.4 その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等により生じる溢水影響に対する評価及び防護設計方針

その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等により生じる溢水に対する評価及び防護設計方針については、既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」の「2.4 その他の溢水」及び平成31年2月6日付原規規発第19020613号にて認可された工事計画の資料2-1「溢水等による損傷防止の基本方針」の「(3) その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等により生じる溢水に対する評価及び防護設計方針」から変更はない。

## 既工事計画の資料8-3「溢水評価条件の設定」

### 2.4 その他の溢水

その他の溢水として、地震以外の自然現象に伴う屋外タンクの破損による溢水、地下水の流入による溢水及び機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象を想定する。

(1) 地震以外の自然現象に伴う屋外タンクの破損による溢水

屋外タンクへ影響を及ぼす可能性のある地震以外の自然現象を第2-10表のとおり整理し、検討すべき自然現象の抽出を行う。結果として、竜巻における飛来物の衝突による屋外タンクの破損を考慮するが、竜巻における飛来物によって海水ポンプエリアに影響を与える可能性のある屋外タンクの全てが破損したと想定した場合においても、屋外タンクからの溢水流量及び溢水量は、地震破損による評価に包絡される。

第2-10表 屋外タンクへ影響を及ぼす可能性のある地震以外の自然現象

事象	検討要否	理由
台風	不要	瞬間最大風速は設計竜巻以下であり、竜巻評価に包絡される。
竜巻	要	設計竜巻による飛来物により屋外タンクが破損した場合に発生する溢水については、地震時評価に包絡される。
凍結	不要	屋外設備で凍結のおそれのあるものは凍結防止対策を実施しており、凍結により屋外タンクが損傷することはない。
降水	不要	降水により屋外タンクが損傷することはない。
積雪	不要	地震時評価の組合せ荷重として考慮されており、地震時評価に包絡される。
落雷	不要	雷害防止対策として避雷設備を設置しており、落雷による溢水は発生しない。
地滑り	不要	屋外タンクは地滑りの影響を受けない位置に設置されている。
火山	不要	降下火砕物の影響により屋根板が損傷したと仮定してもタンクの貯水機能に影響はなく、溢水は発生しない。
森林火災	不要	発電所敷地内に防火帯を設置しており、屋外タンクが森林火災の影響を受けることはない。
高潮	不要	最高潮位は設計基準津波高さ以下であり、津波評価に包絡される。
津波	不要	屋外タンクは津波の影響を受けない高所に設置されている。
洪水	不要	敷地地形及び表流水の状況から、洪水による被害を受けることはない。

(2) 地下水の流入による溢水

地下水については、建屋基礎下に設置している集水配管により、建屋最下層にある湧水ピットに集水する設計とし、周囲の地下水水位を考慮しても溢水防護区画へ地下水が流入しないよう、湧水ピットポンプにより排水するこ

とが可能な設計となっており、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがある溢水事象となることはない。

湧水ピットポンプ、湧水ピットポンプ電源及び吐出ラインは、基準地震動Ssによる地震力に対してその機能を損なわない設計とすることから、地震時でも機能喪失することなく地下水を排水可能な設計となっている。

(3) 機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象

これらの漏えい事象については、基本的に床ドレン及びシステムドレンにより排水可能な設計であり、漏えい水が区画内に滞留しないように設計上考慮されている。また、当該区画若しくは排水先タンク等において漏えいの発生を早期に検知することが可能な設計となっており、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがある溢水事象となることはない。

平成31年2月6日付原規規発第19020613号にて認可された工事計画の資料2-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

(3) その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等により生じる溢水に対する評価及び防護設計方針

「2.2 溢水評価条件の設定」により抽出したその他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等（以下「その他漏えい事象」という。）により生じる溢水については、通常運転状態、設計で想定される状態、プラント停止中の保守作業等において想定される安全機能に影響を及ぼすおそれのない少量の漏えいが発生する事象であるため、漏えい検知による漏えい箇所の隔離等の漏えい停止等の措置に期待せず溢水防護設計を行っている。

その他漏えい事象に対しては、床ドレン及びシステムドレンにより排水可能な設計又は漏えい水が区画内に滞留しないように設計上考慮するとともに、運転管理の観点から、漏えいが拡大していないことを確認するため、漏えい状況を早期に把握し、漏えいの拡大防止に必要な措置を講じることとしており、この方針は、既工事計画から変更はない。このため、その他漏えい事象により生じる溢水に対する評価及び防護設計方針については、既工事計画の添付資料8-3「溢水評価条件の設定」の「2.4 その他の溢水」によるものとする。

今回申請において、運転管理として、既存の漏えい検知システム又は運転員の状況確認により、早期に検知し、漏えい箇所の特定及び隔離等により漏えいの拡大防止に必要な措置を講じる手順を整備することとし保安規定に定めて管理する。

#### 2.4.5 溢水防護区画を内包する建屋外からの流入防止に関する溢水評価及び防護設計方針

原子炉補助建屋における建屋外からの流入防止に対する評価については、既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」の「3. 溢水防護区画を内包する建屋外からの流入防止」から変更はない。

#### 既工事計画の資料8-4「溢水影響に関する評価」

### 3. 溢水防護区画を内包する建屋外からの流入防止

資料8-3「溢水評価条件の設定」にて考慮すべき溢水源として抽出されるタービン建屋、屋外タンク等からの溢水が、溢水防護区画を内包する建屋内へ流入し伝播しないことを評価する。

#### 3.1 タービン建屋からの流入防止

##### (1) 評価方法

資料8-3「溢水評価条件の設定」において、タービン建屋からの流入防止について考慮すべき溢水源として抽出している2次系機器、循環水管及び屋外タンクからの溢水が、溢水防護区画を内包する建屋へ伝播しないことを評価する。

##### a. 2次系機器の破損に伴う溢水量

2次系機器の破損に伴う溢水量として、2次系機器（機器及び配管）の保有水量を考慮する。

##### b. 循環水管の破損に伴う溢水量

循環水管の破損に伴う溢水量として、循環水管の伸縮継手部の全円周状の破損時に発生する溢水量を考慮する。なお、事象発生後から循環水ポンプ停止までに発生する溢水量で評価する。

##### c. 屋外タンクの破損に伴う溢水量

屋外タンクの破損に伴う溢水量としては、第3-1表に示す屋外タンクのうち第3-2表に示すタンクを除く、計8基のタンク容量の合計を考慮する。

屋外タンクの配置図を第3-1図に示し、溢水源として想定しない屋外タンクの標高分布を第3-2図に示す。

##### (2) 判定基準

タービン建屋からの溢水が溢水防護区画を内包する建屋の開口部高さを超えて伝播するおそれがなく、溢水防護区画を内包する建屋内の防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないこと。

## 2.5 溢水防護に関する施設の設計方針

溢水防護に関する施設の設計方針については、既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」から変更はない。

### 既工事計画の資料8-1「溢水等による損傷防止の基本方針」

## 2.4 溢水防護に関する施設の設計方針

「2.2 溢水評価条件の設定」及び「2.3 溢水評価及び防護設計方針」を踏まえ、溢水防護区画の設定、溢水経路の設定及び溢水評価において期待する浸水防護施設に関する設計方針を以下に示す。設計に当たっては、溢水防護に関する施設が要求される機能を踏まえ、溢水の伝播を防止する設備及び蒸気影響を緩和する設備に分類し設計方針を定める。

また、溢水防護に関する施設は、要求される機能を維持するため、計画的に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を実施することとし、保安規定に定めて管理する。

溢水防護に関する施設の設計方針を資料8-5「溢水防護に関する施設の設計方針」に示す。

### 2.4.1 溢水伝播を防止する設備

#### (1) 海水ポンプエリア水密扉

海水ポンプエリア周辺で発生を想定する溢水が海水ポンプエリア内へ伝播しない設計とするために、止水性を有する海水ポンプエリア水密扉を設置する。

海水ポンプエリア水密扉は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

#### (2) 原子炉補助建屋水密扉、原子炉建屋水密扉

タービン建屋及び主蒸気管室で発生を想定する溢水が、溢水防護区画へ伝播しない設計とするために、止水性を有する原子炉補助建屋水密扉、原子炉建屋水密扉を設置する。

原子炉補助建屋水密扉及び原子炉建屋水密扉は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(3) 海水ピットポンプ室防護壁

海水ポンプエリア周辺で発生を想定する溢水（屋外タンクの溢水を含む。）が海水ピットポンプ室内へ伝播しない設計とするために海水ピットポンプ室防護壁を設置する。

海水ピットポンプ室防護壁は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(4) 建屋冷房装置室漏えい防止堰

建屋冷房装置室にて発生を想定する溢水が原子炉補助建屋内へ伝播しない設計とするために建屋冷房装置室漏えい防止堰を設置する。

建屋冷房装置室漏えい防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(5) 高圧注入ポンプ補助油ポンプ浸水防止堰

原子炉建屋及び原子炉補助建屋にて発生を想定する溢水により、高圧注入ポンプ補助油ポンプが没水し安全機能を損なうことのない設計とするため、高圧注入ポンプ補助油ポンプ浸水防止堰を設置する。

高圧注入ポンプ補助油ポンプ浸水防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(6) 充てんポンプ室浸水防止堰

原子炉建屋及び原子炉補助建屋にて発生を想定する溢水により、充てんポンプが没水し安全機能を損なうことのない設計とするため、充てんポンプ室浸水防止堰を設置する。

充てんポンプ室浸水防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(7) 冷却材貯蔵タンク室入口漏えい防止堰

冷却材貯蔵タンク室にて発生した溢水が、原子炉補助建屋へ伝播しない設計とするため、冷却材貯蔵タンク室入口漏えい防止堰を設置する。

冷却材貯蔵タンク室入口漏えい防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(8) 格納容器再循環サンプ隔離弁ピット浸水防止堰

原子炉建屋及び原子炉補助建屋にて発生を想定する溢水により、格納容器再循環サンプ隔離弁が没水し安全機能を損なうことのない設計とするため、格納容器再循環サンプ隔離弁ピット浸水防止堰を設置する。

格納容器再循環サンプ隔離弁ピット浸水防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(9) 水密区画壁

水密化区画内で発生を想定する溢水を溢水源としない設計とするために、水密区画を構成する壁は、発生を想定する溢水水位を超える高さを有する設計とする。また、溢水水位による静水圧及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

(10) 床ドレンライン逆止弁

タービン建屋に滞留する溢水が、原子炉建屋及び原子炉補助建屋へ伝播しない設計とするために、止水性を有する床ドレンライン逆止弁を設置する。

床ドレンライン逆止弁は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。



#### (11) 貫通部止水処置

溢水防護区画を内包する建屋外にて発生を想定する溢水が溢水防護区画へ伝播しない設計とするため、貫通部止水処置を実施する。また、水密区画内で発生を想定する溢水が水密区画外へ伝播しない設計とするため、貫通部止水処置を実施する。

貫通部止水処置は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

#### (12) 湧水ピットポンプ及び吐出ライン

湧水ピットに集水される建屋周囲の地下水を処理し、地下水が溢水防護区画内へ伝播しない機能を維持する設計とする。

湧水ピットポンプ及び吐出ラインは、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、地下水の伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、湧水ピットポンプ電源についても、非常用母線に接続するとともに、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性を確保することにより、地下水の伝播を防止する機能を維持する設計とする。

#### (13) 管理区域外伝播防止堰

管理区域内で発生を想定する放射性物質を含む液体が、管理区域外へ伝播しない設計とするため、管理区域外伝播防止堰を設置する。

管理区域外伝播防止堰は、発生を想定する溢水水位による静水圧に対し、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。また、地震時及び地震後において、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、溢水伝播を防止する機能を維持する設計とする。

### 2.4.2 蒸気影響を緩和する設備

#### (1) 自動検知・遠隔隔離システム

配管の想定破損による漏えい蒸気の影響を緩和するために、蒸気漏えいを早期自動検知し、隔離（直ちに環境温度が上昇し、健全性が確認されている条件を超えるおそれがある場合は自動隔離、それ以外は中央制御室からの遠隔手動隔離）を行うために、自動検知・遠隔隔離システム（温度検出器、蒸気遮断弁、検知制御盤及び検知監視盤）を設置する。

#### (2) 防護カバー

配管の想定破損による漏えい蒸気が防護すべき設備へ与える影響を緩和するために、配管破断想定箇所に防護カバーを設置する。防護カバーと配管とのすき間寸法を管理し、漏えい蒸気流量を制限することで蒸気影響を緩和する。

防護カバーは配管からの蒸気の噴出による荷重により防護カバーの各構成部材に発生する応力に対して、蒸気影響を緩和する機能を損なうおそれがない設計とする。

## 補足説明資料 6

安全保護系の設計方針に関する補足説明

## 1. 概要

本資料では、デジタル安全保護系の設計方針について、説明する。

## 2. 更新前後における機能比較

安全保護装置のシステム構成について、更新前後の機能比較を行う。原子炉保護設備のシステム構成及び機能を第1図及び第1表に、工学的安全施設作動設備のシステム構成及び機能を第2図及び第2表にそれぞれ示す。

更新前では、原子炉トリップ信号又は工学的安全施設作動信号の発信に係るパラメータは、安全保護系計器ラック（以下「計器ラック」という。）に入力され、設定値比較される。この結果は、計器ラックの出力信号として、すべての安全保護系ロジック盤（以下「ロジック盤」という。）に信号分配され、2 out of 4（以下「2/4」という。）等の論理回路にて論理演算が行われる。

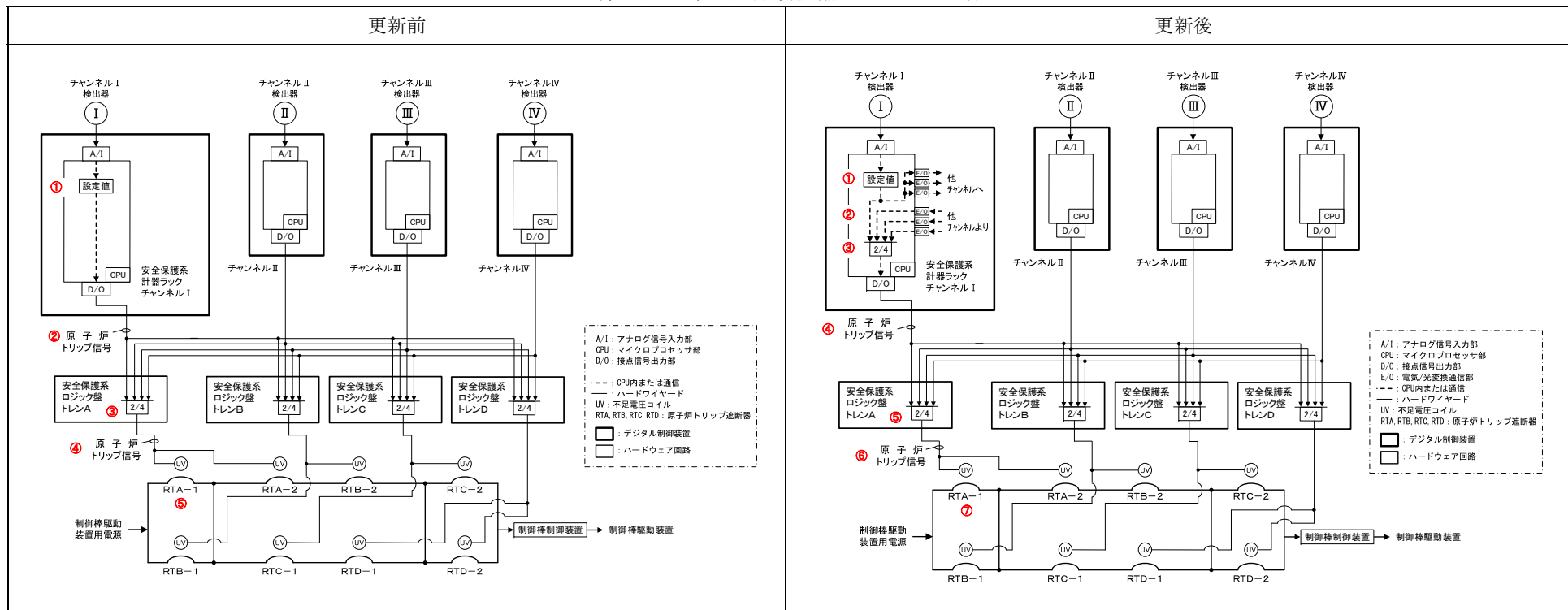
変更後では、上記の論理回路はデジタル制御装置である計器ラックに機能統合され、ソフトウェアで実現される。計器ラックのチャンネル間の通信は、計器ラックの故障が他チャンネルに影響を与えないよう光通信（光ケーブルを用いた光伝送方式）を用いて行う。併せて、新たに構築するロジック盤において、機能統合された計器ラックからの出力信号に対する2/4の論理回路を設ける。この論理回路は、計器ラックのものとは役割が異なり、4チャンネルある計器ラックのうち2チャンネル以上から、原子炉トリップ信号又は工学的安全施設作動信号が発信されているかを判断する機能を有している。ロジック盤に当該論理回路を設けることにより、更新後も既設同様に計器ラック誤動作故障時に当該チャンネルをバイパスすることが可能となるなど、ロジック盤を設けずに更新した場合に比べて運用性の向上を図ることができる。

また、工学的安全施設作動信号について、更新前では、安全防護系シーケンス盤において、ロジック盤の2トレンの出力信号に対する2/2の論理回路を設け、論理演算が成立した場合に、1トレンの工学的安全施設作動信号が発信する。（例えば、ロジック盤のトレンAとCの2/2回路で、トレンAの工学的安全施設作動信号が発信する。）

更新後では、上記の2/2の論理回路は、機能上、ロジック盤の2/4の論理回路に置き換わるため、ロジック盤の1トレンから工学的安全施設作動信号が発信によって、安全防護系シーケンス盤の1トレンから工学的安全施設作動信号が発信する設計とする。（例えば、ロジック盤のトレンAのみで、トレンAの工学的安全施設作動信号が発信する。）

なお、安全防護系シーケンス盤の2/2の論理回路は、機能上は不要になるものの、ケーブル損傷時の誤動作防止対策として、ロジック盤から同一信号を多重化して入力する。

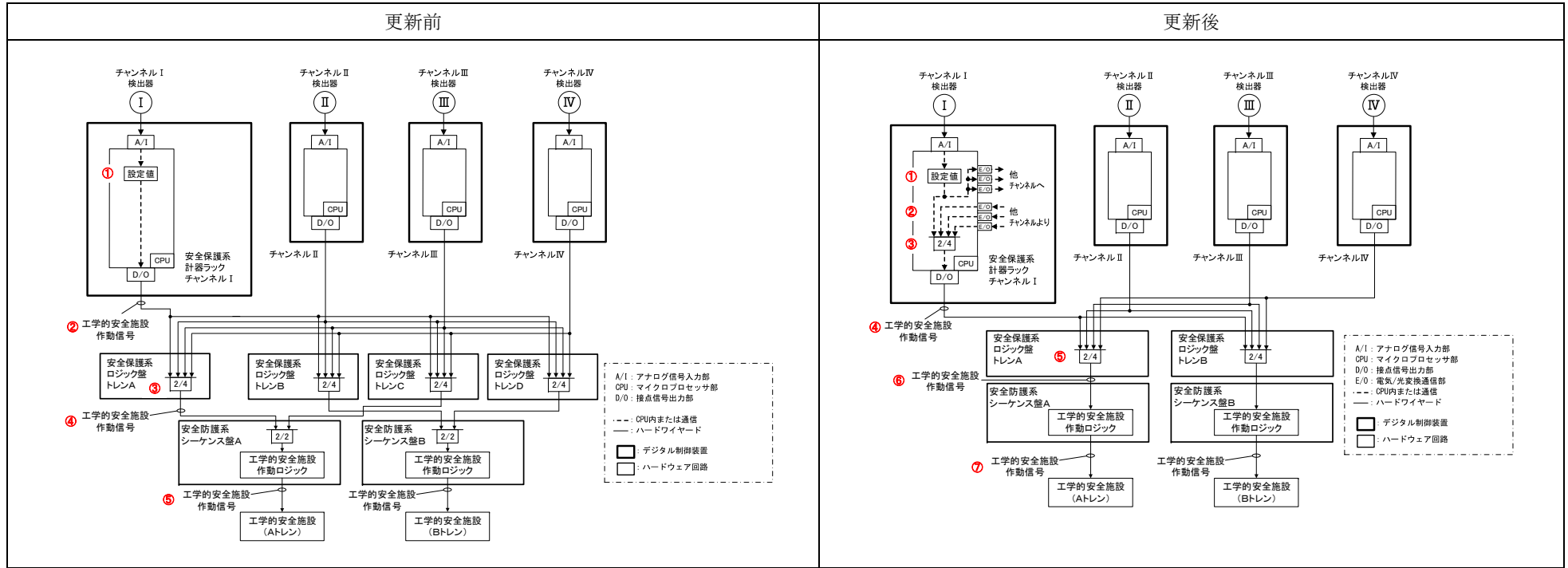
第1図 原子炉保護設備のシステム構成



第1表 原子炉保護設備の機能

	更新前	更新後
安全保護系計器ラック I~IV (4チャンネル)	①プロセス信号を受け、作動設定値との比較演算を行う。 ②作動設定値の比較演算の結果、作動設定値に達したチャンネルは、安全保護系ロジック盤に原子炉トリップ信号を発信する。	①プロセス信号を受け、作動設定値との比較演算を行う。 ②作動設定値の比較演算の結果、作動設定値に達したチャンネルは、4チャンネルすべてに原子炉トリップ信号を発信する。 ③ <u>チャンネルからの原子炉トリップ信号を受け、論理演算 (2/4 等) を行う。</u> ④ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合には、安全保護系ロジック盤に原子炉トリップ信号を発信する。
安全保護系ロジック盤 A~D (4トレン)	③ <u>安全保護系計器ラックからの原子炉トリップ信号を集約し、論理演算 (2/4 等) を行う。</u> ④ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合に、原子炉トリップ遮断器に原子炉トリップ信号を発信する。	⑤ <u>安全保護系計器ラックからの原子炉トリップ信号を集約し、論理演算 (2/4) を行う。</u> ⑥ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合には、原子炉トリップ遮断器に原子炉トリップ信号を発信する。
原子炉トリップ遮断器 (4トレン)	⑤ 安全保護系ロジック盤からの原子炉トリップ信号を受け、原子炉トリップ遮断器を開放する。	⑦ 安全保護系ロジック盤からの原子炉トリップ信号を受け、原子炉トリップ遮断器を開放する。

第2図 工学的安全施設作動設備のシステム構成



第2表 工学的安全施設作動設備の機能

	更新前	更新後
安全保護系計器ラック I～IV (4チャンネル)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① プロセス信号を受け、作動設定値との比較演算を行う。</li> <li>② 作動設定値の比較演算の結果、作動設定値に達したチャンネルは、安全保護系ロジック盤に工学的安全施設作動信号を発信する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① プロセス信号を受け、作動設定値との比較演算を行う。</li> <li>② 作動設定値の比較演算の結果、作動設定値に達したチャンネルは、4チャンネルすべてに工学的安全施設作動信号を発信する。</li> <li>③ <u>チャンネルからの工学的安全施設作動信号を受け、論理演算(2/4等)を行う。</u></li> <li>④ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合には、安全保護系ロジック盤に工学的安全施設作動信号を発信する。</li> </ul>
安全保護系ロジック盤 A～D (4トレン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>③ <u>安全保護系計器ラックからの工学的安全施設作動信号を集約し、論理演算(2/4等)を行う。</u></li> <li>④ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合に、安全防護系シーケンス盤に工学的安全施設作動信号を発信する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑤ <u>安全保護系計器ラックから工学的安全施設作動信号を集約し、論理演算(2/4)を行う。</u></li> <li>⑥ 論理演算の結果、作動条件が成立した場合には、安全防護系シーケンス盤に工学的安全施設作動信号を発信する。</li> </ul>
安全防護系シーケンス盤 A, B (2トレン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑤ <u>作動条件が成立した場合には、工学的安全施設の作動ロジックに従い、工学的安全施設に工学的安全施設作動信号を発信する。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑦ 工学的安全施設の作動ロジックに従い、工学的安全施設に工学的安全施設作動信号を発信する。</li> </ul>

### 3. 安全保護系ロジック盤の機能

#### 3.1 原子炉トリップ信号及び工学的安全施設作動信号の発信について

##### 3.1.1 通常時

###### (1) 原子炉トリップ信号の発信（通常時）

すべての安全保護装置が健全な状態（通常時）において、ロジック盤が原子炉トリップ信号の発信を阻害しないことを示す。パラメータが設定値に達した場合の原子炉トリップ信号発信時の状態を第3図に示す。

例えば、チャンネルIの検出器信号は、ハードワイヤードで計器ラックのチャンネルIに入力され、ソフトウェアに取り込まれた後、設定値比較が行われる。設定値比較回路の出力信号は、下流の論理回路に入力されるとともに、通信で他チャンネルの計器ラックに出力される。同様に、他チャンネルの検出器信号が通信で入力されるため、計器ラックには、すべてのチャンネルの検出器信号が入力される。

ロジック盤を設ける場合の図(a)では、計器ラックの論理回路の出力信号は、すべてのロジック盤に信号分配されるため、ロジック盤には、すべての計器ラックの出力信号が入力される。4つの検出器のうち、2つ以上が原子炉トリップの設定値に達した場合、計器ラックからの原子炉トリップ信号で、すべてのロジック盤から原子炉トリップ信号が発信され、すべての原子炉トリップ遮断器が動作（開放）して、原子炉トリップに至る。

ロジック盤を設けない場合の図(b)では、計器ラックの論理回路の出力信号は、それぞれ対応する原子炉トリップ遮断器へ発信される。4つの検出器のうち、2つ以上が原子炉トリップの設定値に達した場合、すべての計器ラックから原子炉トリップ信号が発信され、すべての原子炉トリップ遮断器が動作（開放）して、原子炉トリップに至る。

このため、ロジック盤は安全保護機能を阻害しない。

###### (2) 工学的安全施設作動信号の発信（通常時）

すべての安全保護装置が健全な状態（通常時）において、ロジック盤が工学的安全施設作動信号の発信を阻害しないことを示す。パラメータが設定値に達した場合の工学的安全施設作動信号発信時の状態を第4図に示す。

例えば、チャンネルIの検出器信号は、ハードワイヤードで計器ラックのチャンネルIに入力され、ソフトウェアに取り込まれた後、設定値比較が行われる。設定値比較回路の出力信号は、下流の論理回路に入力されるとともに、通信で他チャンネルの計器ラックに出力される。同様に、他チャンネルの検出器信号が通信で入力されるため、計器ラックには、すべてのチャンネルの検出器信号が入力される。

ロジック盤を設ける場合の図(a)では、計器ラックの論理回路の出力信号は、トレ

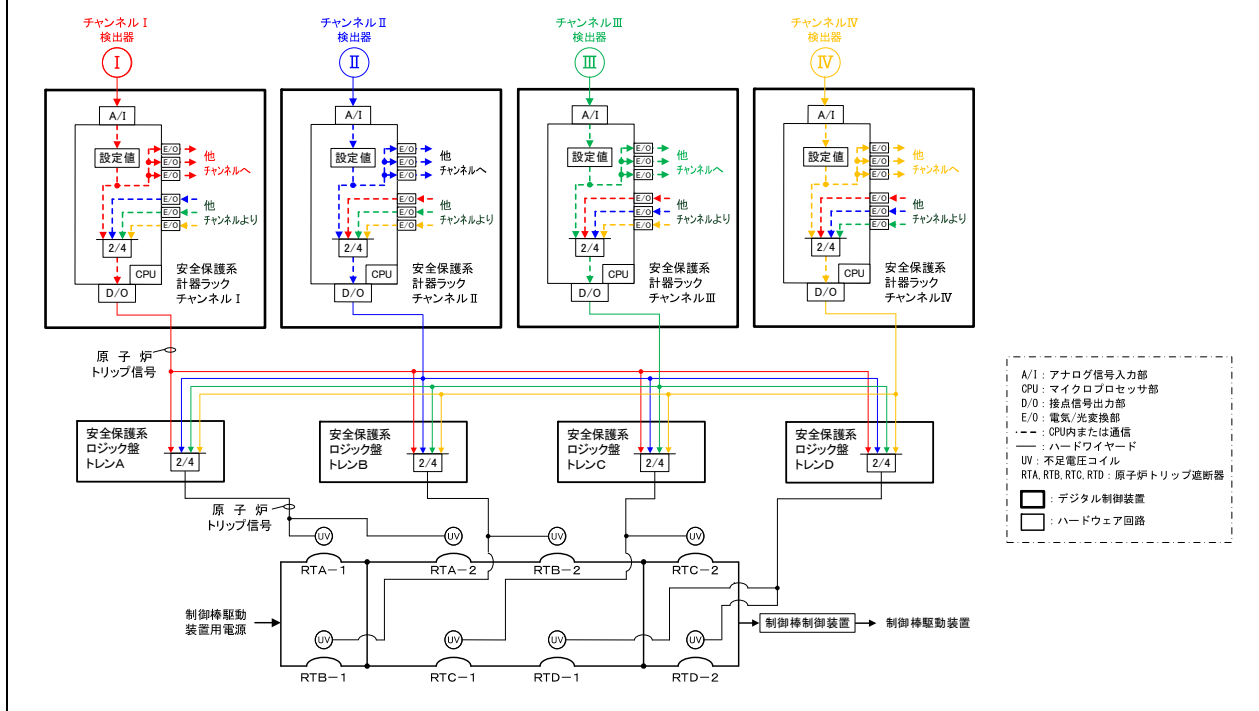
ン A 及び B のロジック盤に信号分配されるため、トレン A 及び B のロジック盤には、すべての計器ラックの出力信号が入力される。4つの検出器のうち、2つ以上が工学的安全施設作動の設定値に達した場合、計器ラックからの工学的安全施設作動信号で、すべてのロジック盤から工学的安全施設作動信号が発信され、トレン A 及び B の安全防護系シーケンス盤から工学的安全施設作動信号が発信し、工学的安全施設が作動する。

ロジック盤を設けない場合の図 (b) では、計器ラックの論理回路の出力信号は、チャンネル I 及び III はトレン A の安全防護系シーケンス盤に、またチャンネル II 及び IV はトレン B の安全防護系シーケンス盤に入力されることになる。4つの検出器のうち、2つ以上が工学的安全施設作動の設定値に達した場合、すべての計器ラックから工学的安全施設作動信号が発信され、トレン A 及び B の安全防護系シーケンス盤から工学的安全施設作動信号が発信し、工学的安全施設が作動する。

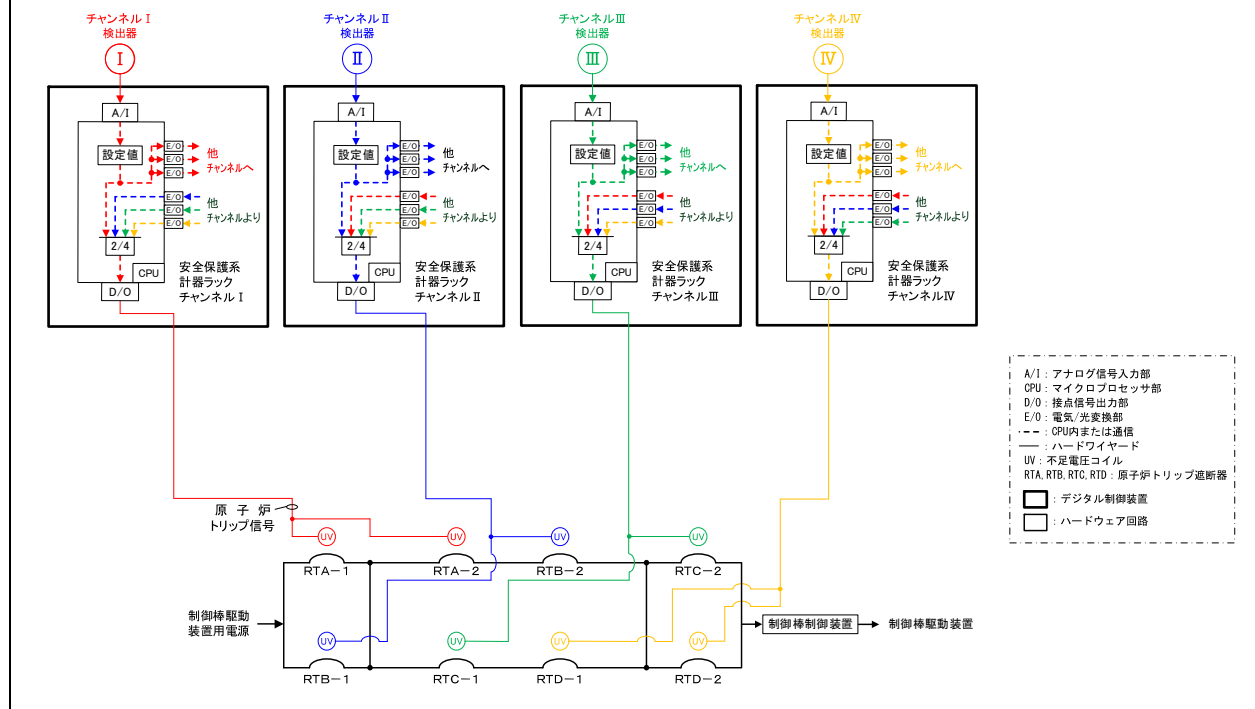
このため、ロジック盤は安全保護機能を阻害しない。



(a) 安全保護系ロジック盤を設ける場合

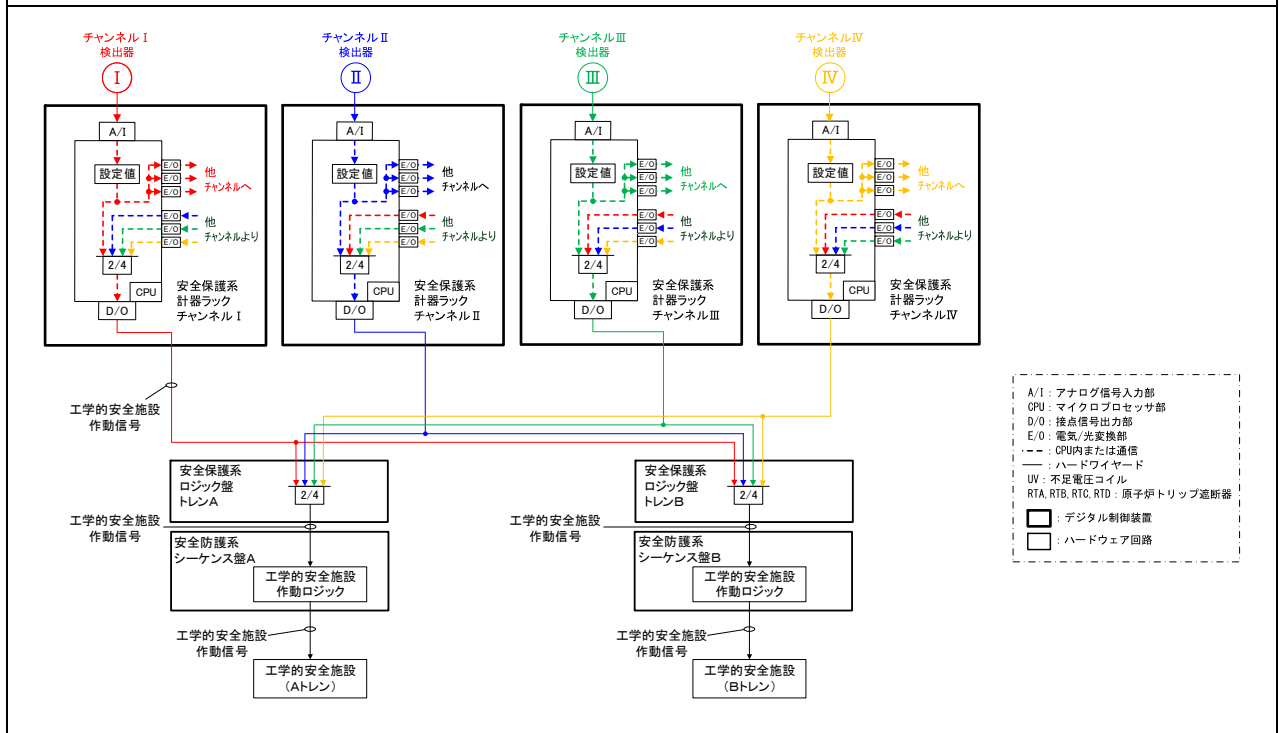


(b) 安全保護系ロジック盤を設けない場合

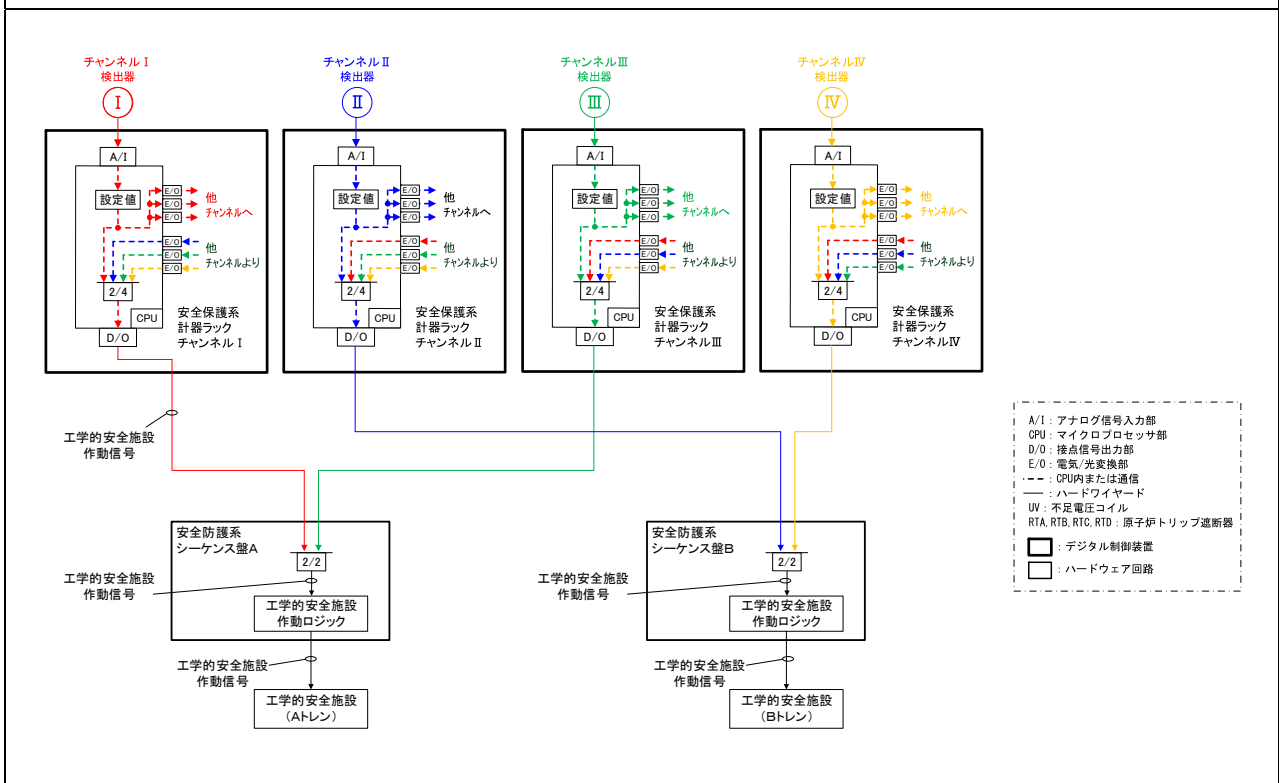


第3図 原子炉トリップ信号の発信（通常時）

(a) 安全保護系ロジック盤を設ける場合



(b) 安全保護系ロジック盤を設けない場合



第4図 工学的安全施設作動信号の発信（通常時）

### 3.1.2 故障時

#### (1) 原子炉トリップ信号の発信（故障時）

安全保護装置の不動作故障を想定した場合においても、ロジック盤が原子炉トリップ信号の発信を阻害しないことを示す。

例として、計器ラック又はロジック盤が単一故障に加えて追加故障を想定した場合に、パラメータが原子炉トリップ信号の設定値に達した場合の原子炉トリップ信号発信時の状態を第5図に示す。

2チャンネルの計器ラックの不動作故障を想定した場合の図(a)では、健全なチャンネルⅠ及びⅢの計器ラックにおいて、チャンネルⅠ及びⅢの検出器信号が入力されることから、2/4の論理回路が成立して、原子炉トリップ信号を発信する。

ロジック盤では、健全なチャンネルⅠ及びⅢの計器ラックから信号分配された2チャンネルの原子炉トリップ信号によって、すべてのロジック盤の2/4の論理回路が成立して、ロジック盤から原子炉トリップ信号が発信する。

また、2トレンのロジック盤の不動作故障を想定した場合の図(b)では、健全なトレンB及びDのロジック盤において、2/4の論理回路が成立して、ロジック盤から原子炉トリップ信号が発信する。

このため、ロジック盤は、安全保護機能を阻害しない。

#### (2) 工学的安全施設作動信号の発信（故障時）

安全保護装置の不動作故障を想定した場合においても、ロジック盤が工学的安全施設作動信号の発信を阻害しないことを示す。

例として、計器ラックが単一故障に加えて追加故障を想定した場合又はロジック盤が単一故障した場合に、パラメータが工学的安全施設作動信号の設定値に達した場合の工学的安全施設作動信号発信時の状態を第6図に示す。

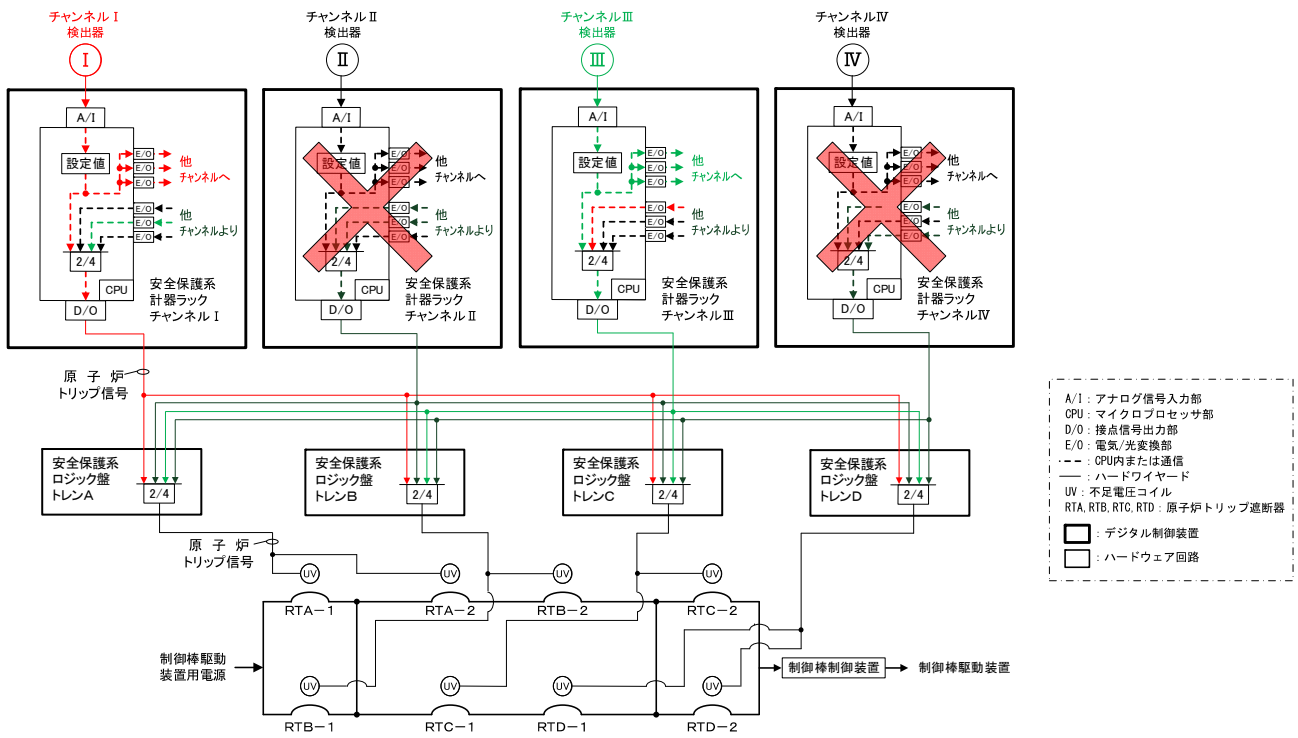
2チャンネルの計器ラックの不動作故障を想定した場合の図(a)では、健全なチャンネルⅠ及びⅢの計器ラックにおいて、チャンネルⅠ及びⅢの検出器信号が入力されることから、2/4の論理回路が成立して、工学的安全施設作動信号を発信する。

ロジック盤では、健全なチャンネルⅠ及びⅢの計器ラックから信号分配された2チャンネルの工学的安全施設作動信号によって、ロジック盤の2/4の論理回路が成立して、ロジック盤から工学的安全施設作動信号が発信される。

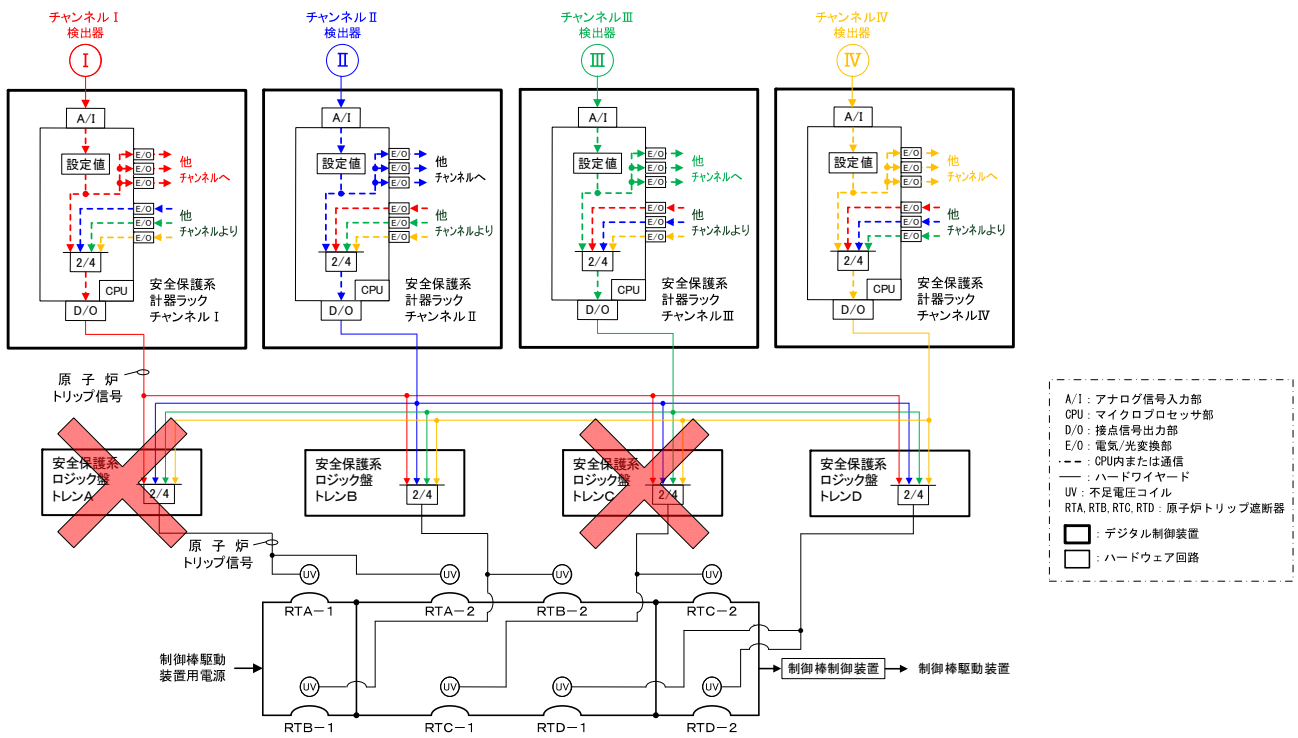
1トレンのロジック盤の不動作故障を想定した場合の図(b)では、健全なトレンBのロジック盤において、2/4の論理回路が成立して、工学的安全施設作動信号が発信される。

このため、ロジック盤は、安全保護機能を阻害しない。

(a) 安全保護系計器ラック (チャンネルII、IV) の故障時

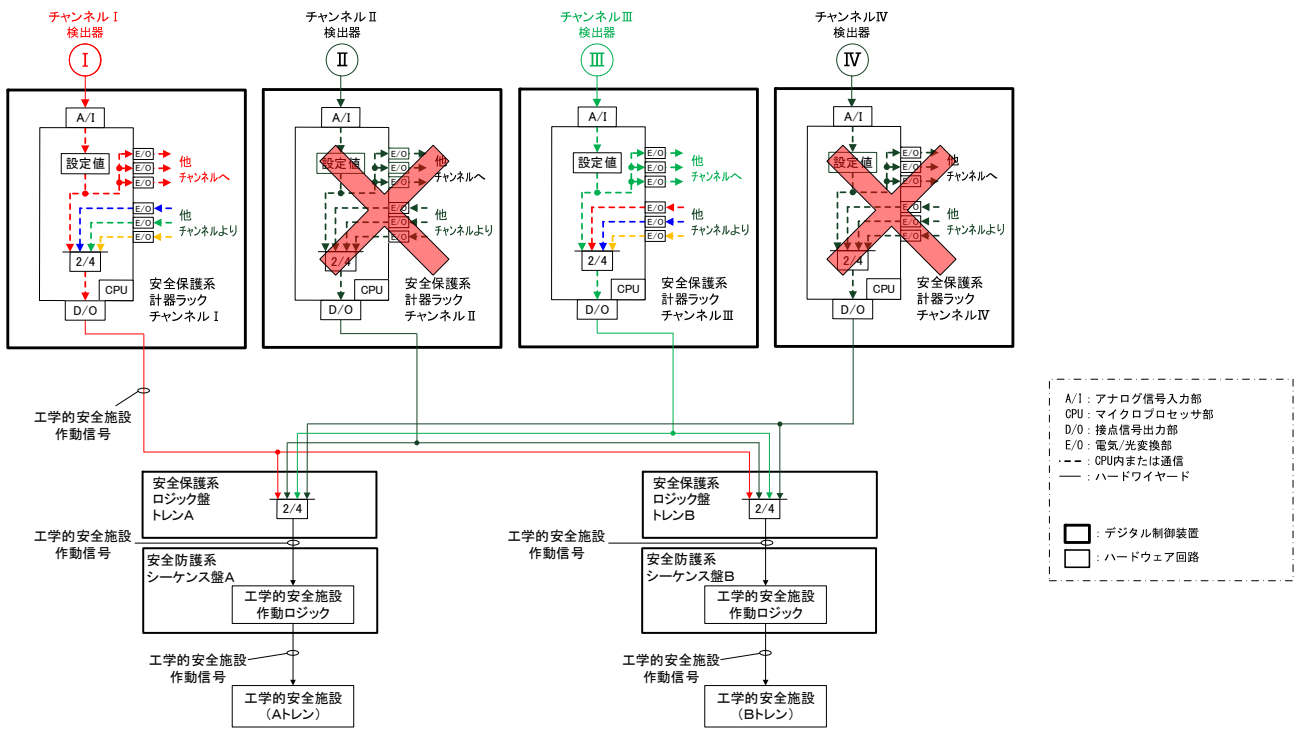


(b) 安全保護系ロジック盤 (トレンA、C) の故障時

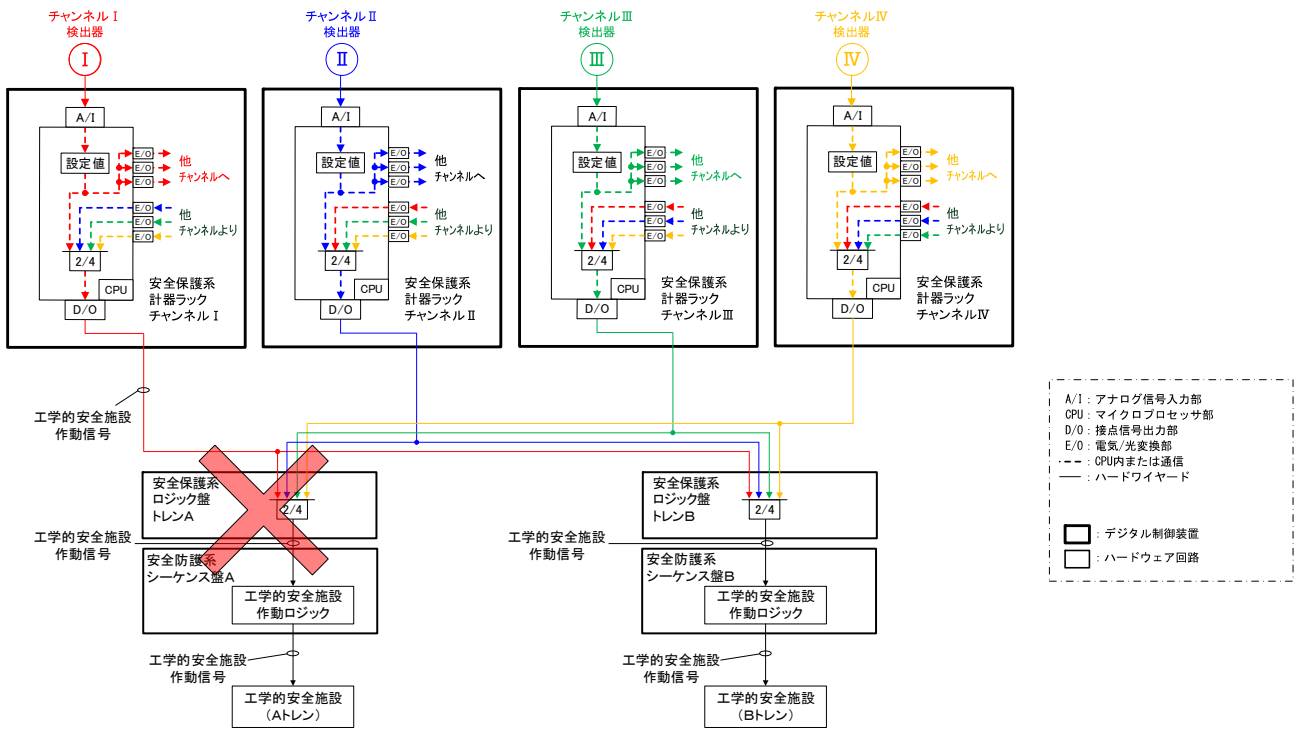


第5図 原子炉トリップ信号の発信 (故障時)

(a) 安全保護系計器ラック（チャンネルⅡ、Ⅳ）の故障時



(b) 安全保護系ロジック盤（トレンA）の故障時



第6図 工学的安全施設作動信号の発信（故障時）

## 3.2 運用性の向上

### 3.2.1 原子炉保護設備

計器ラックの誤動作故障時において、更新後にロジック盤を設けることによって更新後にロジック盤を設けない場合に比べて、原子炉保護設備の運用性向上を図った構成とする。(更新前に対しては、同等の運用性を維持する)

計器ラックの誤動作故障時の動作状況およびバイパス後<sup>\*1</sup>の時の状況について、更新前を第7図に、更新後ロジック盤を設ける場合を第8図に、更新後ロジック盤を設けない場合を第9図に示す。

#### (1)更新前

更新前における、計器ラックの誤動作故障時及び故障チャンネルのバイパス時のプラント状態を第7図に示す。

計器ラックは、図(a)のマイクロプロセッサ部等の故障に伴う誤動作時に、故障した計器ラックから原子炉トリップ信号が発信され、すべてのロジック盤の論理回路の状態が1/3となり、1チャンネルの計器ラックからの原子炉トリップ信号によって、ロジック盤が原子炉トリップ信号を発信する状態となる。

その後、故障した計器ラックを、図(b)の除外(バイパス)状態にすることによって、すべてのロジック盤の論理回路の状態は2/3の状態になり、2チャンネルの計器ラックからの原子炉トリップ信号によって、ロジック盤が原子炉トリップ信号を発信する状態に復帰する。

#### (2) 安全保護系ロジック盤を設ける場合

更新後にロジック盤を設ける場合における、計器ラックの誤動作故障時及び故障チャンネルのバイパス時のプラント状態を第8図に示す。

計器ラックは、図(a)のマイクロプロセッサ部等の故障に伴う誤動作時に、故障した計器ラックから原子炉トリップ信号が発信され、すべてのロジック盤の論理回路の状態が1/3となり、1チャンネルの計器ラックからの原子炉トリップ信号によって、ロジック盤が原子炉トリップ信号を発信する状態となる。

その後、故障した計器ラックを図(b)の除外(バイパス)状態にすることによって、すべてのロジック盤の論理回路の状態は2/3の状態になり、2チャンネルの計器ラックからの原子炉トリップ信号によって、ロジック盤が原子炉トリップ信号を発信する状態に復帰する。

#### (3) 安全保護系ロジック盤を設けない場合

更新後にロジック盤を設けない場合における、計器ラックの誤動作故障時及び故障チャンネルのバイパス時のプラント状態を第9図に示す。

計器ラックは、図(a)のマイクロプロセッサ部等の故障に伴う誤動作時に、故障

した計器ラックから原子炉トリップ信号が発信され、故障した計器ラックに対応する原子力トリップ遮断器が動作（開放）し、残り 1/3 で原子力トリップする状態となる。

その後、故障した計器ラックを、図(b)の除外（バイパス）状態にする場合、保安規定に、「原子炉保護系論理回路」の所要数を 4 系統<sup>※2</sup>と定めていることから、動作（開放）した原子炉トリップ遮断器を不動作（投入）に復帰させることは許容されない。

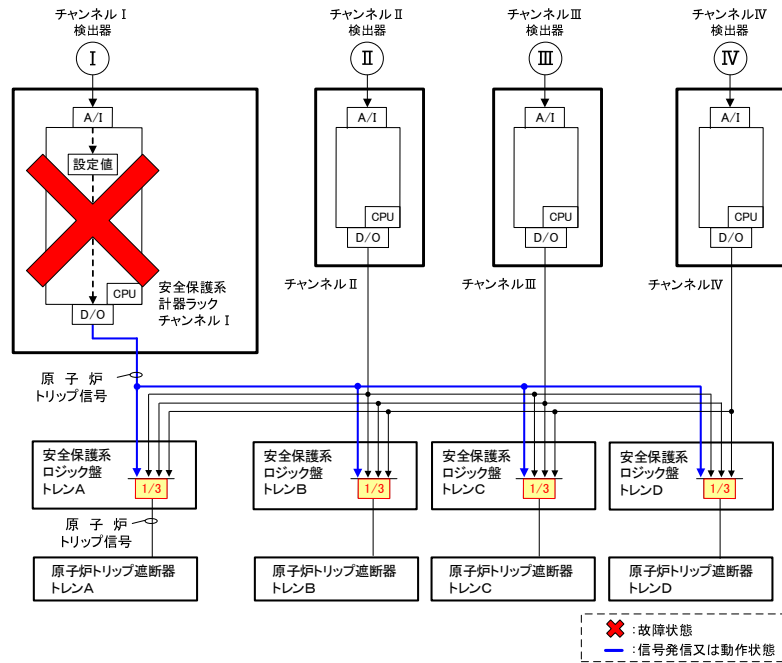
このため、故障した計器ラックの修理が完了するまでの間、残り 1/3 で原子力トリップする状態が継続し、他の 1 チャンネルの計器ラック又は他の 1 トレンの原子力トリップ遮断器の故障によって、誤トリップする。

※1：原子炉トリップ信号に用いるパラメータの一部については、従来の保安規定において「残り 3 チャンネルが動作可能であることを条件に、1 チャンネルをバイパスすることができる。この場合バイパスしたチャンネルを動作不能とはみなさない。」とされており、更新後に変更するものではない。具体的なパラメータは以下のとおり。

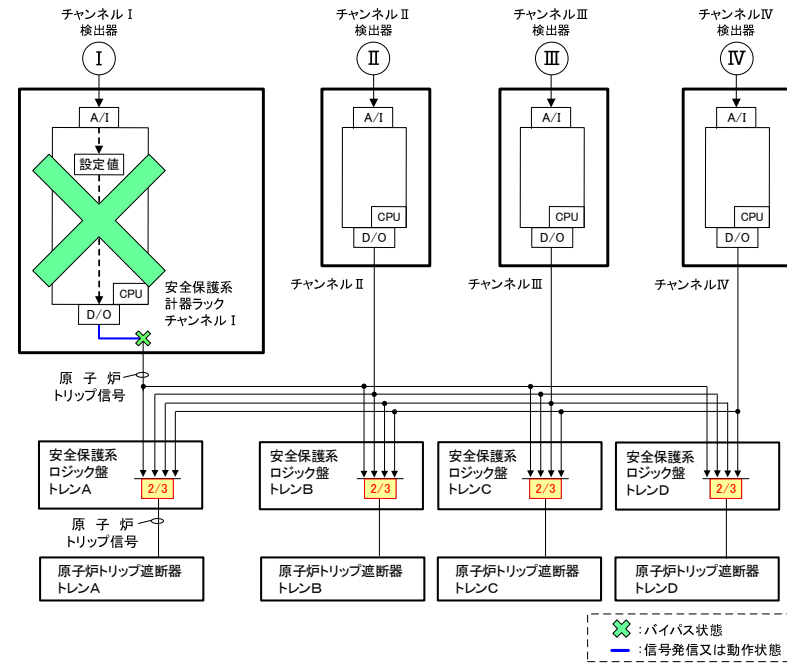
- ・ 1 次冷却材可変温度高（過大温度  $\Delta T$  高、過出力  $\Delta T$  高）
- ・ 原子炉圧力（低、高）
- ・ 加圧器水位高
- ・ 1 次冷却材流量低（1 ループ、2 ループ）
- ・ 蒸気発生器水位低
- ・ タービントリップ（タービン非常遮断油圧低）
- ・ 地震加速度高（水平方向、垂直方向）

※2：保安規定における動作可能の考え方として、「動作信号を出力させている状態、または誤動作により動作信号を出力している状態は、動作可能とみなす。」とされている。

(a) 安全保護系計器ラックの誤動作時



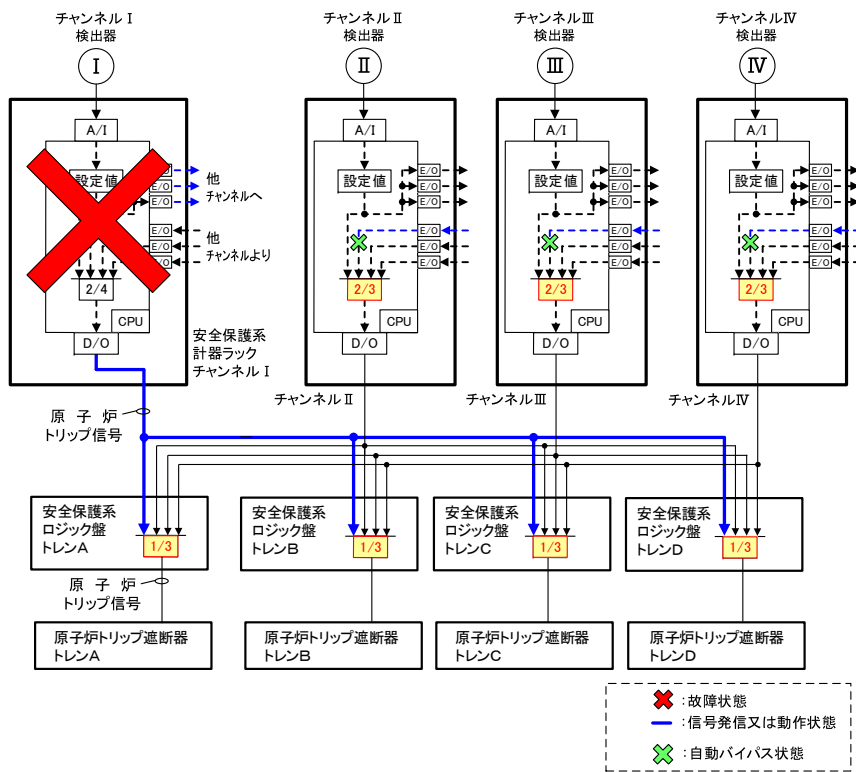
(b) 故障チャンネルのバイパス時



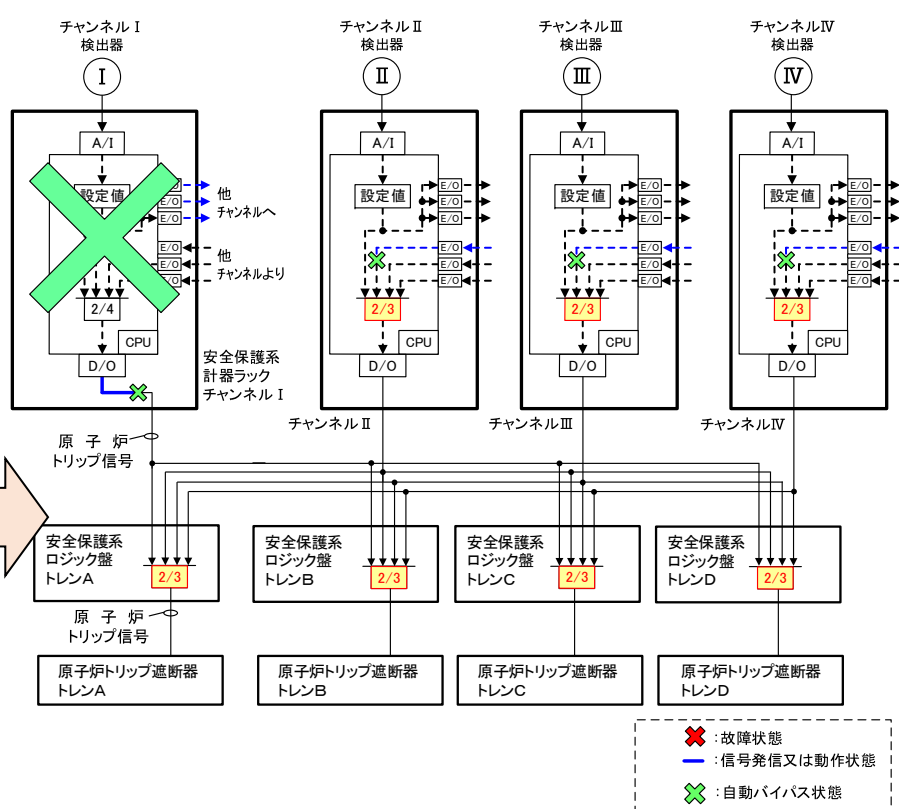
第7図 更新前（原子炉保護設備）



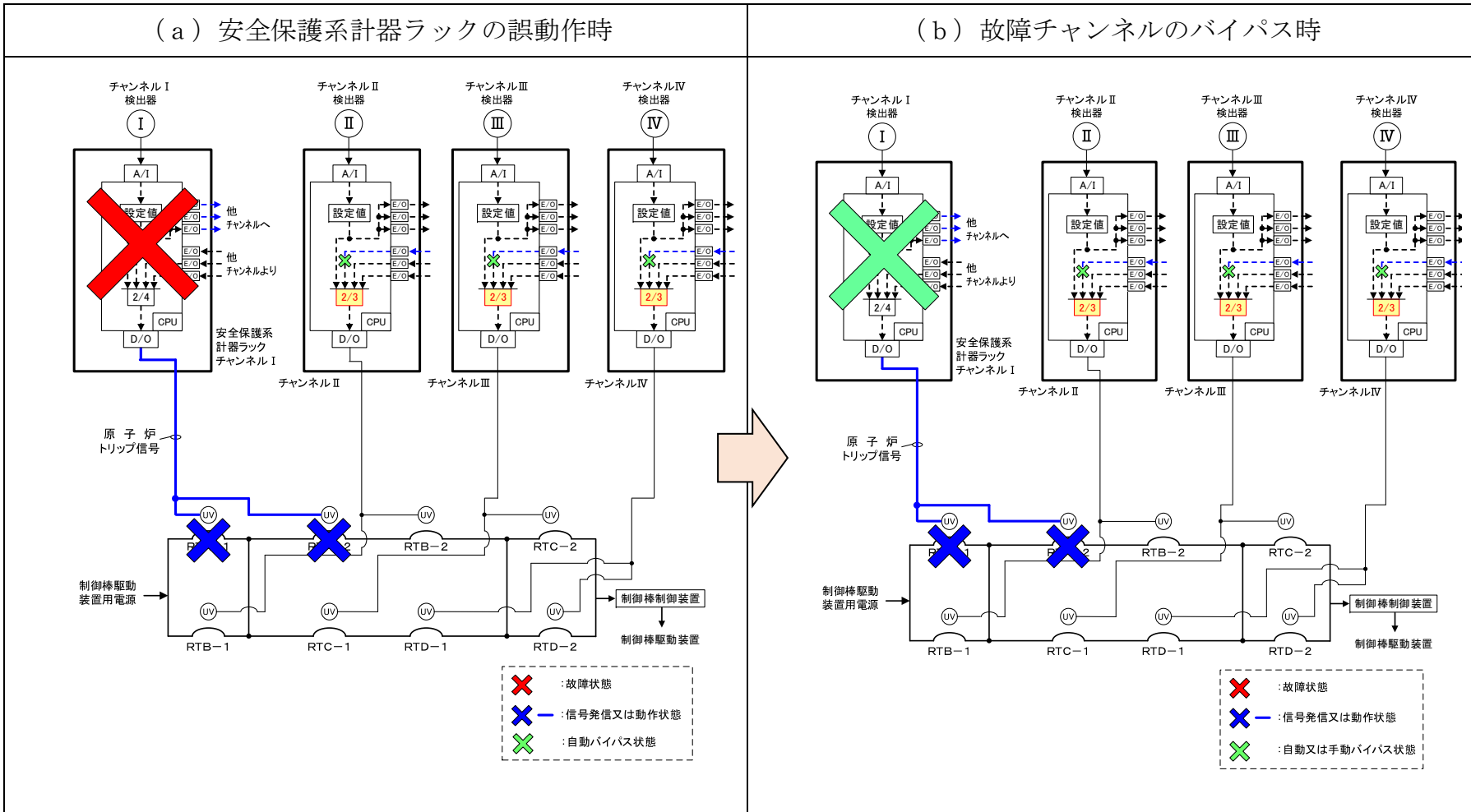
(a) 安全保護系計器ラックの誤動作時



(b) 故障チャンネルのバイパス時



第 8 図 更新後、安全保護系ロジック盤を設ける場合 (原子炉保護設備)



第9図 更新後、安全保護系ロジック盤を設けない場合（原子炉保護設備）

### 3.2.2 工学的安全施設作動設備

更新後にロジック盤を設けることによって、更新後にロジック盤を設けない場合に比べて工学的安全施設作動設備の運用性向上を図った構成とする。

#### 3.2.2.1 不動作故障時

不動作故障時の状態について更新後にロジック盤を設ける場合と設けない場合について第 10 図に示す。

##### (1) 安全保護系ロジック盤を設ける場合

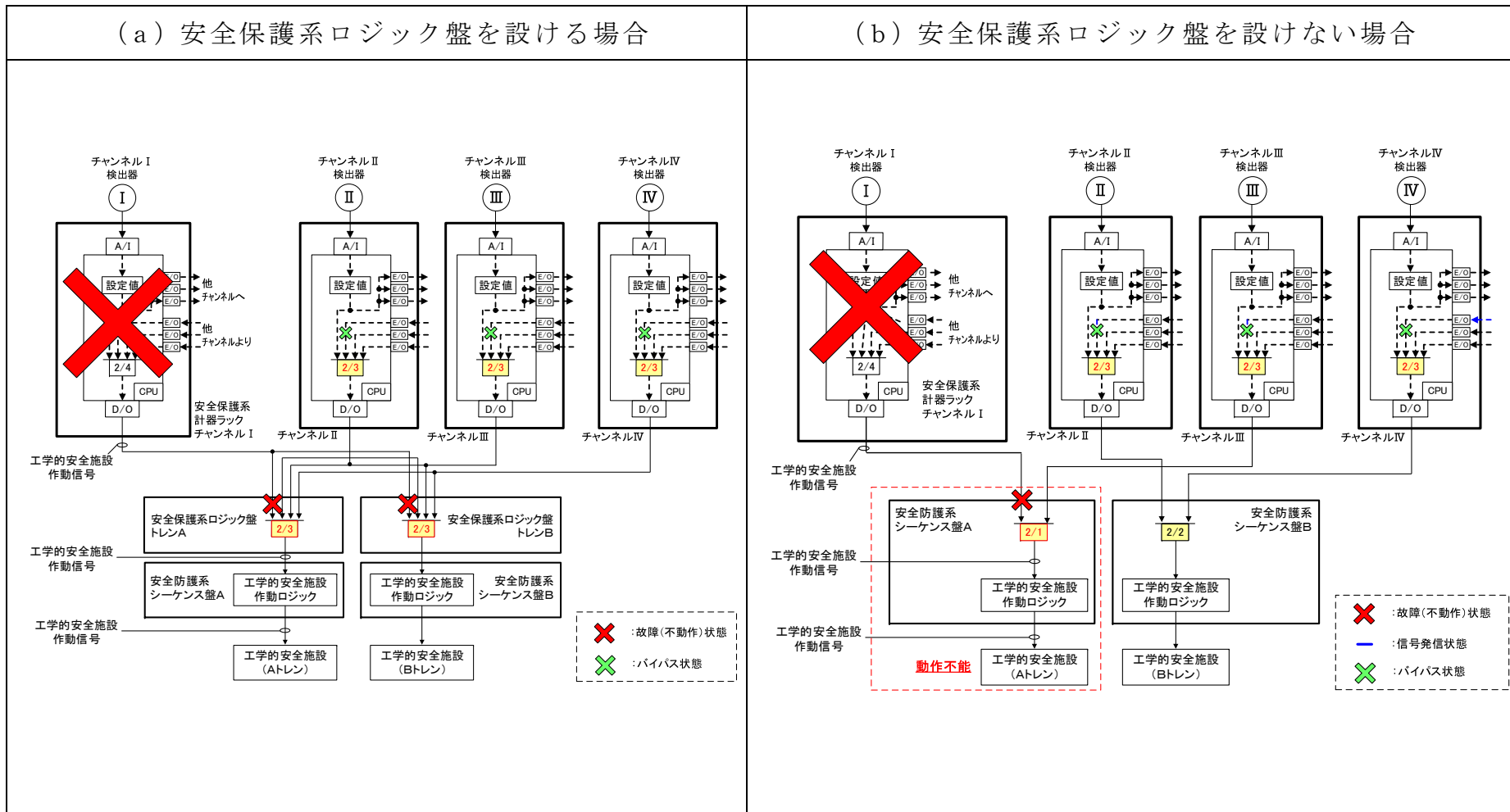
更新後にロジック盤を設ける場合における、計器ラックの不動作故障時のプラント状態を図(a)に示す。

トレン A 及び B のロジック盤の論理回路の状態は 2/3 状態になり、残りの健全な計器ラックからの 2 チャンネル以上の工学的安全施設作動信号によって、ロジック盤から工学的安全施設作動信号を発信する。

##### (2) 安全保護系ロジック盤を設けない場合

更新後にロジック盤を設ける場合における、計器ラックの不動作故障時のプラント状態を図(b)に示す。

トレン A 及び B の安全防護系シーケンス盤の論理回路の状態は、不動作故障した計器ラックから入力を受けるトレンでは、論理回路が成立しなくなり、当該トレンの工学的安全施設作動信号は発信しない。(例えば、チャンネル I の計器ラックが不動作故障した場合、トレン A の安全防護系シーケンス盤は工学的安全施設作動信号を発信できない。)



第 10 図 工学的安全施設作動設備に係る運用性の比較

### 3.2.2.2 誤動作故障時

#### (1) 安全保護系ロジック盤を設ける場合

更新後にロジック盤を設ける場合における、計器ラックの誤動作時及び故障チャンネルのバイパス時<sup>※1</sup>のプラント状態を第 11 図に示す。

計器ラックは、図(a)のマイクロプロセッサ部等の故障に、故障した計器ラックから工学的安全施設作動信号が発信され、トレン A 及び B のロジック盤の論理回路の状態が 1/3 となる。

その後、故障した計器ラックを、図(b)の除外（バイパス）状態にすることによって、残りの健全な計器ラック及びトレン A 及び B のロジック盤の論理回路の状態は 2/3 の状態になり、2 チャンネルの計器ラックからの工学的安全施設作動信号によって、ロジック盤から工学的安全施設作動信号を発信する状態に復帰する。

#### (2) 安全保護系ロジック盤を設けない場合

更新後にロジック盤を設けない場合における、計器ラックの誤動作時及び故障チャンネルのバイパス時<sup>※1</sup>のプラント状態を第 12 図に示す。

計器ラックは、マイクロプロセッサ部等の故障に伴う誤動作時に、故障した計器ラックから工学的安全施設作動信号が発信され、故障した計器ラックに対応するトレンの安全防護系シーケンス盤は残り 1 チャンネルで誤作動する状態になる。

保安規定に、「非常用炉心冷却系作動論理回路」等の所要数を 2 系統<sup>※2</sup>と定めていることから、故障した計器ラックから発信している工学的安全施設作動信号を除外（バイパス）することは許容されない。

このため、故障した計器ラックの修理が完了するまでの間、残り 1 チャンネルで工学的安全施設作動信号が作動する状態が継続し、他チャンネルの計器ラックの故障によって、誤作動する。

※1：工学的安全施設作動信号に用いるパラメータの一部については、従来の保安規定において「残り 3 チャンネルが動作可能であることを条件に、1 チャンネルをバイパスすることができる。この場合バイパスしたチャンネルを動作不能とはみなさない。」とされており、更新後に変更するものではない。具体的なパラメータは以下のとおり。

[非常用炉心冷却系作動]

- ・格納容器圧力高（高 1）
- ・原子炉圧力異常低
- ・原子炉圧力低と加圧器水位低の一致（原子炉圧力低、加圧器水位低）
- ・主蒸気ライン圧力低

[原子炉格納容器スプレイ系作動]

- ・格納容器圧力異常高（高3）

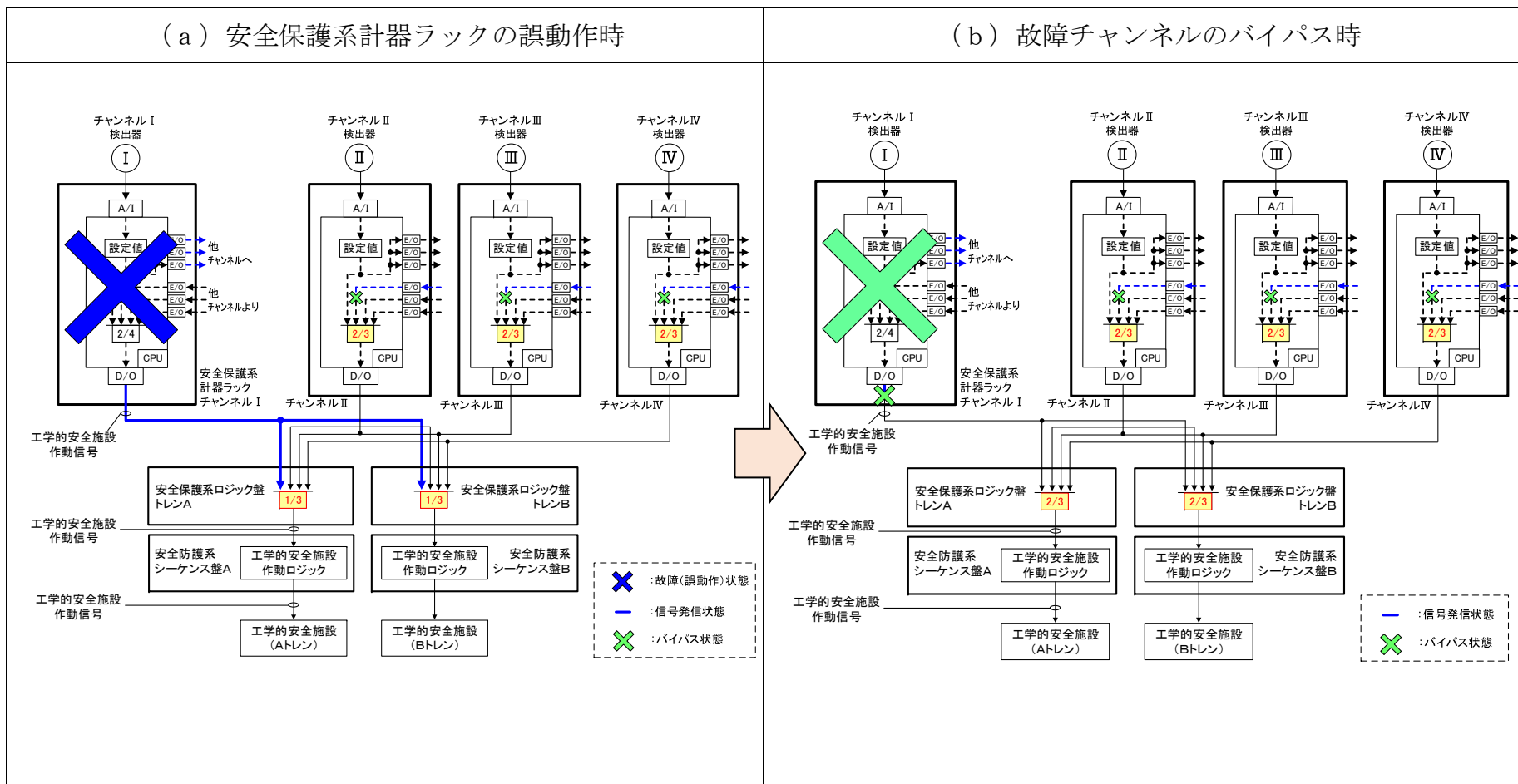
[主蒸気ライン隔離]

- ・格納容器圧力異常高（高2）
- ・主蒸気ライン圧力低
- ・主蒸気ライン圧力減少率高

[主給水隔離]

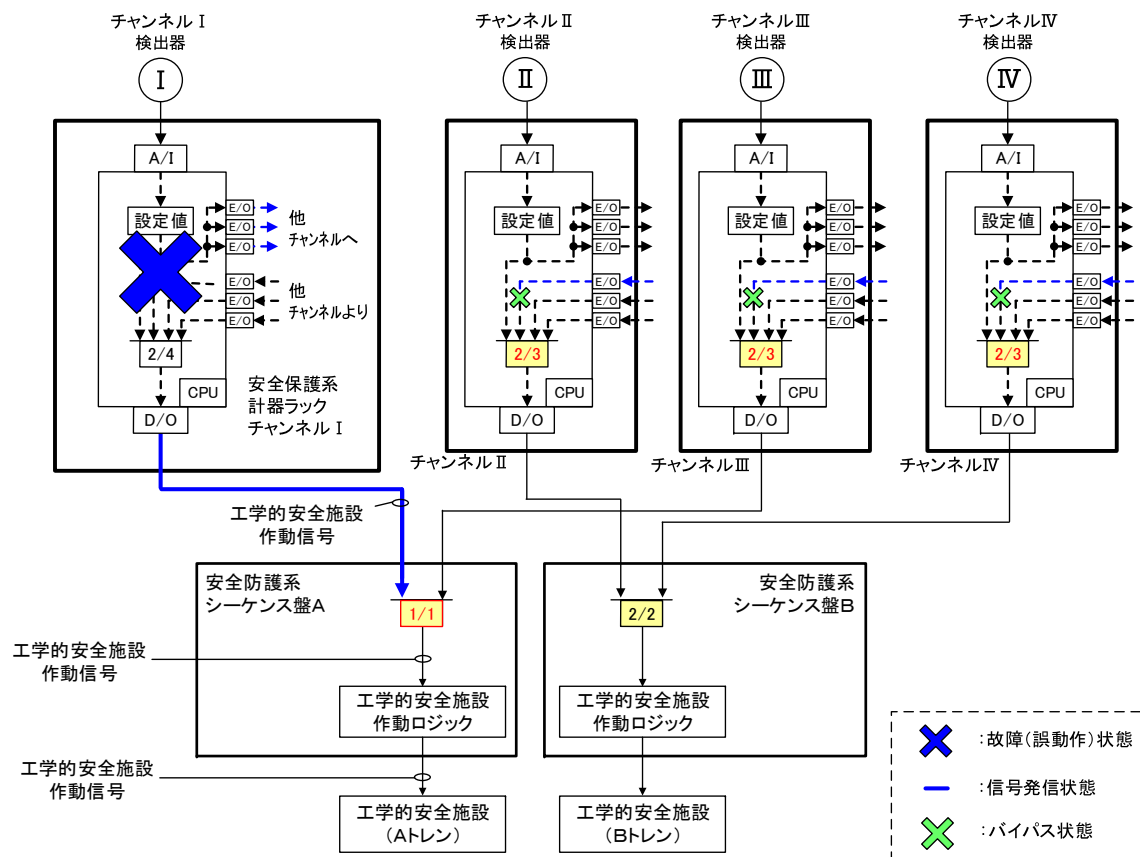
- ・蒸気発生器水位異常高
- ・1次冷却材平均温度低と原子炉トリップの一致（1次冷却材平均温度低）

※2：保安規定における動作可能の考え方として、「動作信号を出力させている状態、または誤動作により動作信号を出力している状態は、動作可能とみなす。」とされている。



第 11 図 更新後、安全保護系ロジック盤を設ける場合 (工学的安全施設作動設備)

### 安全保護系計器ラックの誤動作時



第 12 図 更新後、安全保護系ロジック盤を設けない場合 (工学的安全施設作動設備)



#### 4. 定期点検（サーベイランス）時における運用性向上

原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）時において、更新後は更新前に比べて工学的安全施設作動設備の運用性が向上する。

更新前及び更新後の設備構成における定期点検（サーベイランス）時の状態を第13図に示す。

##### (1) 更新前における定期点検（サーベイランス）時の状態

更新前では、原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）の実施時、図(a)に示す状態になる。

原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）では、原子炉保護設備で原子炉トリップ信号が発信されることを確認する必要があるが、原子炉トリップ信号の発信によって、原子炉トリップ遮断器が実動作（開放）することを防ぐために、ロジック盤からの出力信号をバイパスする。

この際、更新前では、原子炉トリップ信号に加えて、工学的安全施設作動信号もバイパスされる設備構成となっている。

安全防護系シーケンス盤は、工学的安全施設作動信号の2/2で工学的安全施設を作動させる回路となっているため、出力信号をバイパスしたロジック盤に対応するトレンの安全防護系シーケンス盤は、作動することができない。

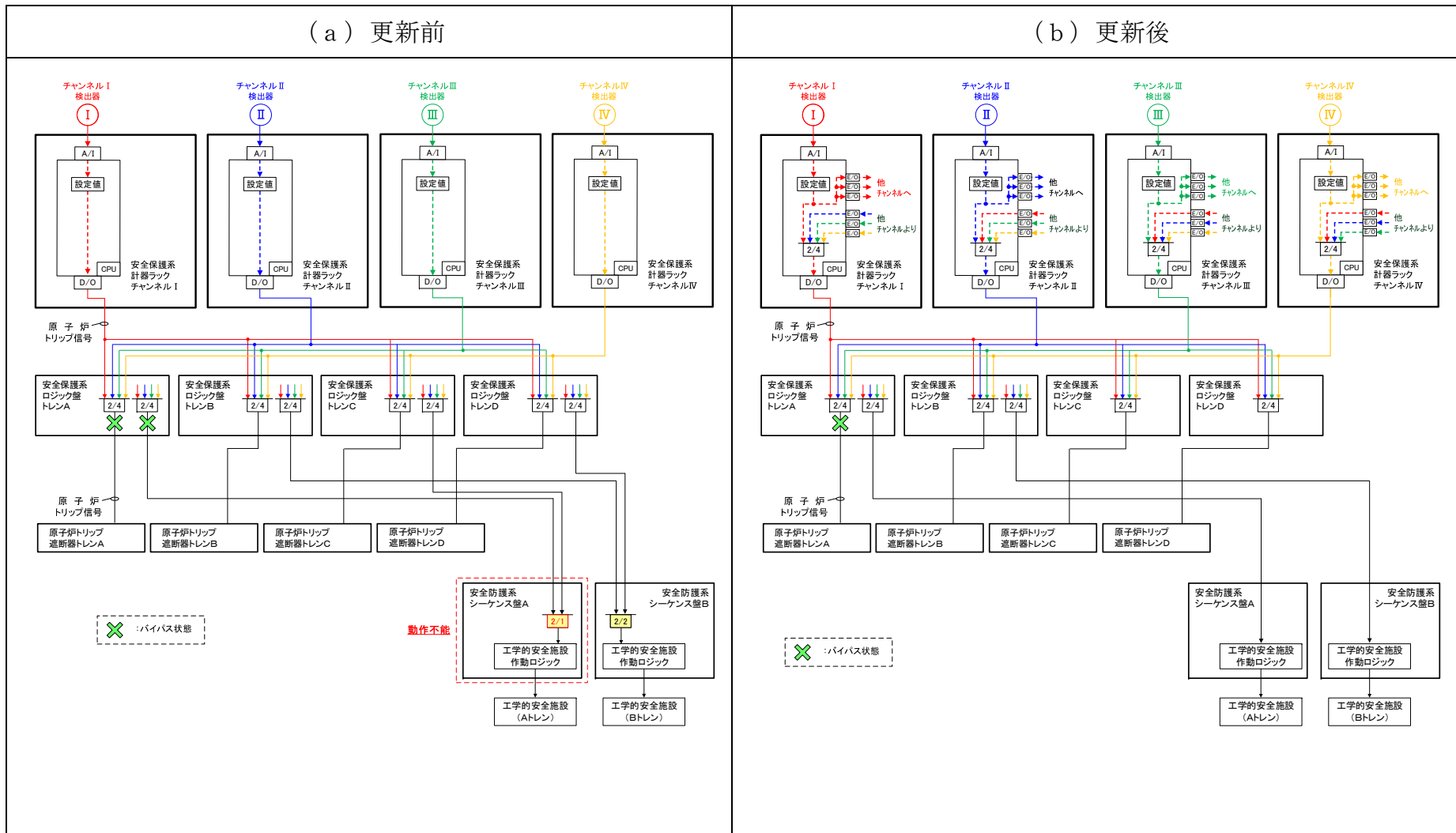
この理由から、保安規定には、非常用炉心冷却系作動論理回路等の工学的安全施設作動信号に係る機能の所要数について、「原子炉保護系論理回路の機能検査時においては、残り1系統が動作可能であることを条件に、2時間に限り、1系統をバイパスすることができる。この場合、バイパスした系統を動作不能とはみなさない。」と定めているが、この間、動作可能な工学的安全施設作動信号は1トレンになる。

##### (2) 更新後の設備構成における定期点検（サーベイランス）時の状態

更新後の設備構成では、原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）時は、図(b)に示す状態になる。

取替え後のロジック盤では、原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）時におけるロジック盤のバイパス時に、原子炉トリップ信号の出力信号のみがバイパスされ、工学的安全施設作動信号の出力信号をバイパスしない設計に変更する。

このため、原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）時においても、非常用炉心冷却系作動論理回路等の工学的安全施設作動信号に係る機能について、所要数を満足することができ、運用性の向上が図れる。



第 13 図 原子炉保護設備に係る定期点検（サーベイランス）時の状態

## 5. 保安規定に定める論理回路

### 5.1 原子炉保護系論理回路

保安規定に定める「原子炉保護系論理回路」は、原子炉トリップ遮断器を開放する信号の発信回路及び原子炉トリップ遮断器を指す。変更前、変更後(安全保護系ロジック盤が有る場合)における対象を第3表に示す。

第3表 原子炉保護系論理回路

設備	変更前	変更後
原子炉保護系論理回路	安全保護系ロジック盤の 論理回路 + 原子炉トリップ 遮断器	同左

### 5.2 非常用炉心冷却系作動論理回路等

保安規定に定める「非常用炉心冷却系作動論理回路等」<sup>※1</sup>は、工学的安全施設作動設備を作動する信号の発信回路及び工学的安全施設の作動回路を指す。変更前、変更後で安全保護系ロジック盤が有る場合と無い場合それぞれにおける対象を第4表に示す。

第4表 非常用炉心冷却系作動論理回路等

設備	変更前	変更後
非常用炉心冷却系作動論理回路等	安全防護系シーケンス盤の 論理回路 + 安全防護系シーケンス盤の 作動回路	安全保護系ロジック盤の 論理回路 + 安全防護系シーケンス盤 の作動回路

※1：「非常用炉心冷却系作動論理回路等」は、非常用炉心冷却系作動論理回路、原子炉格納容器スプレイ系作動論理回路、原子炉格納容器隔離作動論理回路、主蒸気ライン隔離作動論理回路及び主給水隔離作動論理回路をいう。

第5表 保安規定に定める「原子炉保護系論理回路」「非常用炉心冷却系作動論理回路」等の対象箇所

	変更前	変更後（安全保護系ロジック盤有り）
原子炉保護系論理回路	<p>必要系統数：<u>4</u>系統</p>	<p>必要系統数：<u>4</u>系統</p>
非常用炉心冷却系作動論理回路等	<p>必要系統数：<u>2</u>系統</p>	<p>必要系統数：<u>2</u>系統</p>

: 論理回路の該当箇所

## 6. まとめ

○更新後におけるロジック盤は、原子炉トリップ信号及び工学的安全施設作動信号の発信を阻害せず、安全保護機能に悪影響を与えない。

○更新後においてロジック盤を設けた場合とロジック盤を設けない場合を比較すると、ロジック盤を設けることによって下記の運用性向上が図れる。

### (1) 原子炉保護設備

- ✓ 計器ラックの誤動作故障時に、2チャンネル以上の検出器からの信号発信で原子炉トリップする通常状態に復帰することができる。(更新前と同等の運用性)

### (2) 工学的安全施設作動設備

- ✓ 計器ラックの不動作故障時に、2トレンの工学的安全施設が作動できる通常状態を維持できる。
- ✓ 計器ラックの誤動作故障時に、2チャンネル以上の検出器からの信号発信で、2トレンの工学的安全施設が作動できる通常状態に復帰することができる。

○更新前は、原子炉保護系論理回路の定期点検（サーベイランス）時に工学的安全施設作動設備の1トレンが動作不能となるが、更新後は2トレンが動作できる状態を維持でき、運用性が向上する。

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。

## 補足説明資料 7

### 安全保護系の信頼性評価に関する 補足説明

## 1. 概要

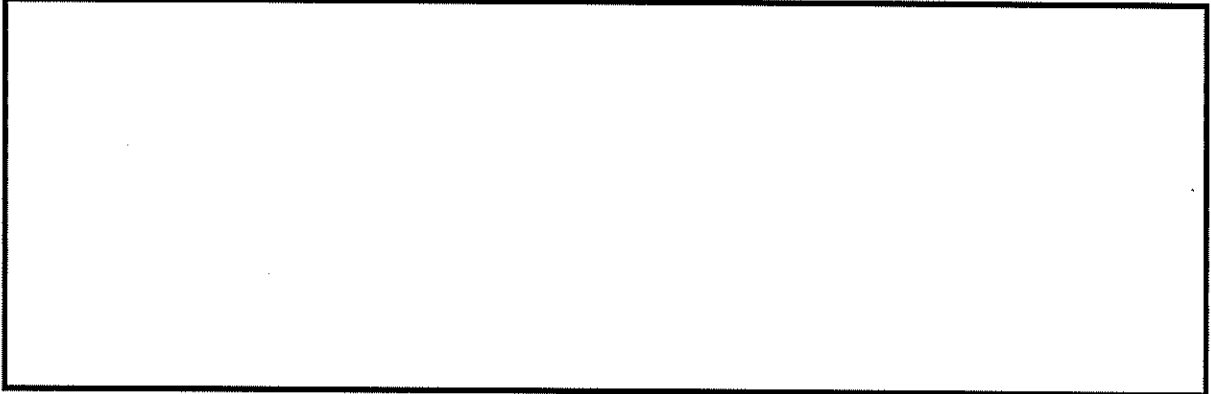
安全保護系の信頼性評価においては、採用する機器の特徴等を考慮して適切な評価を実施している。

本資料では、従来型アナログ設備とデジタル設備の信頼性評価の比較について、安全審査及びデジタル設備の評価手法の特徴を明確にすることで、妥当性を説明する。

また、信頼性評価は評価モデルや故障率の設定によって幅をもつことから、これらを変更した場合の信頼性評価について複数のケース検討を行ったうえで、デジタル設備が従来型アナログ設備に対して同等以上の信頼性を有していることを説明する。

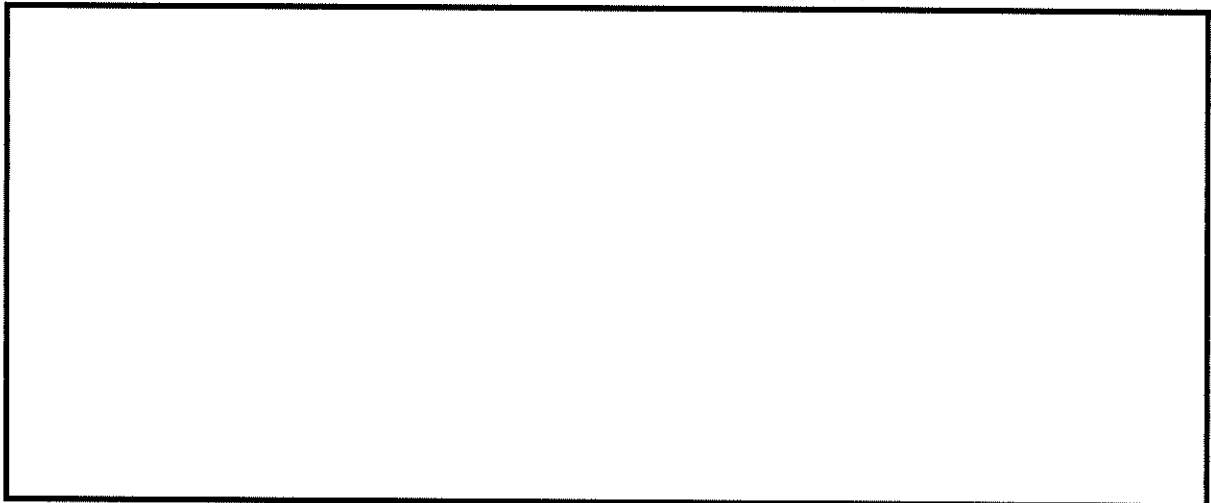
### 3. 従来型アナログ設備の信頼性評価

#### 3.1 評価方法



信頼性評価の結果を第2表に示す。

第1表 従来型アナログ設備の故障率

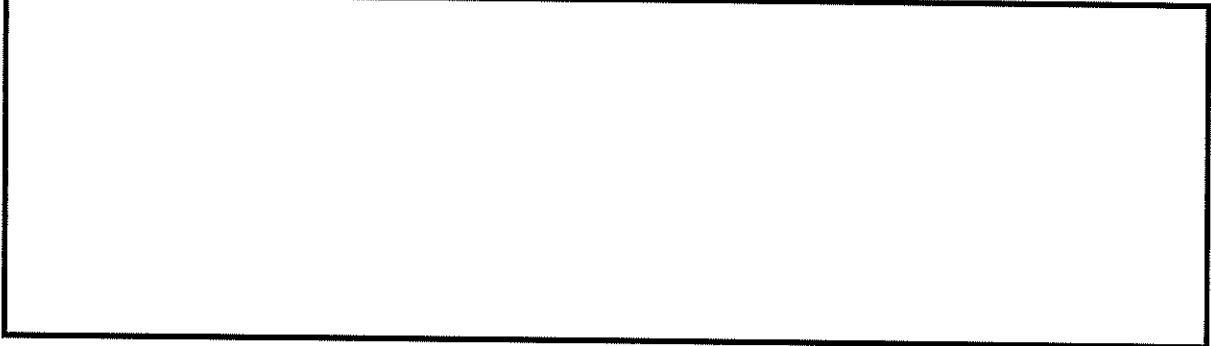


第2表 従来型アナログ設備の信頼性評価

信頼性	設備構成	従来型アナログ設備【A】
	アンアベイラビリティ	
	誤動作率	
	評価モデル/評価式	添付1参照



3.2 デジタル設備と同様の評価方法を適用した場合



第3表 従来型アナログ設備（ケース検討）の故障率

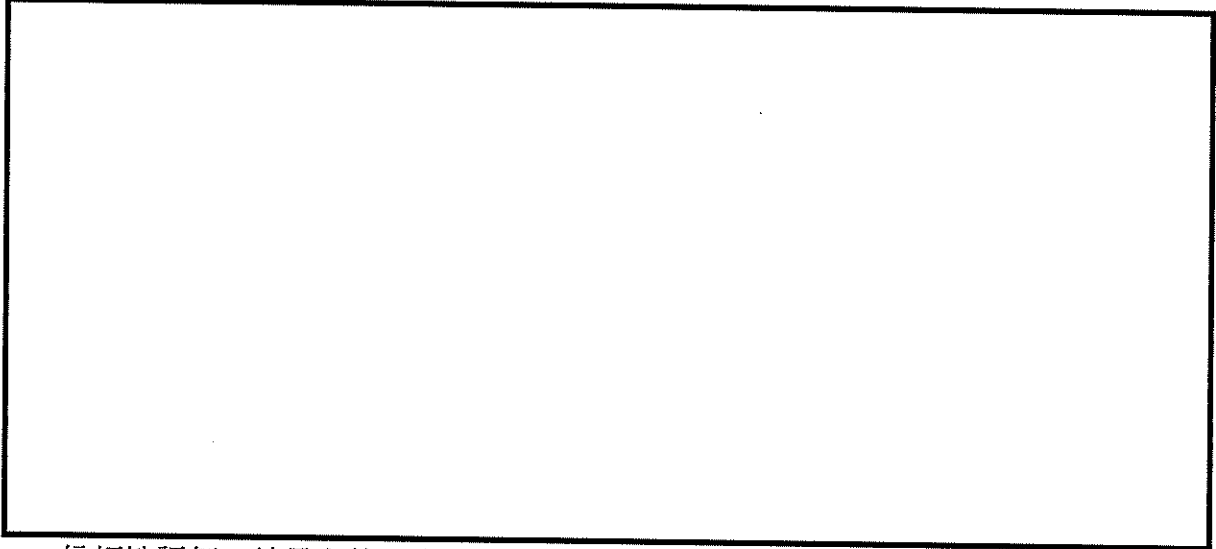
Empty table content	
---------------------	--

第4表 従来型アナログ設備（ケース検討）の信頼性評価

信頼性 \ 設備構成	従来型アナログ設備【B】
アンアベイラビリティ	
誤動作率	
評価モデル/評価式	添付2 参照

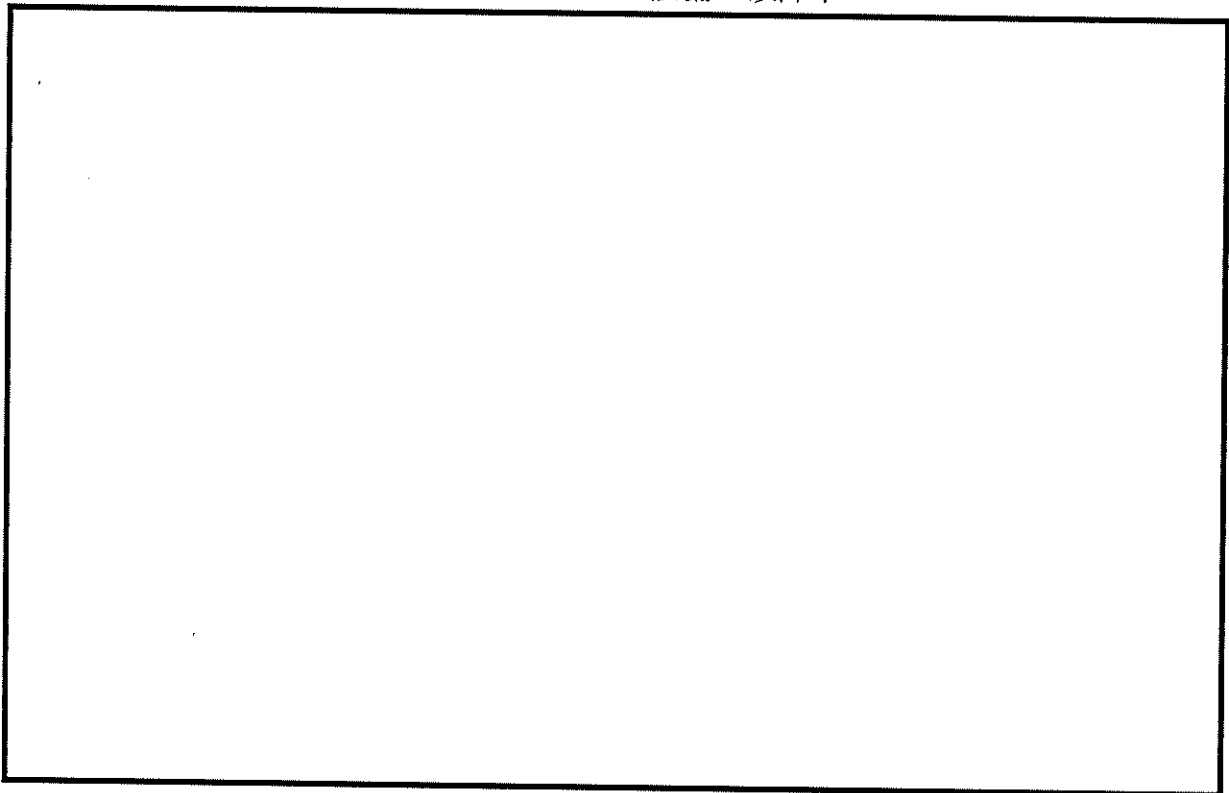
#### 4. デジタル設備の信頼性評価

##### 4.1 評価手法



信頼性評価の結果を第6表に示す。

第5表 デジタル設備の故障率

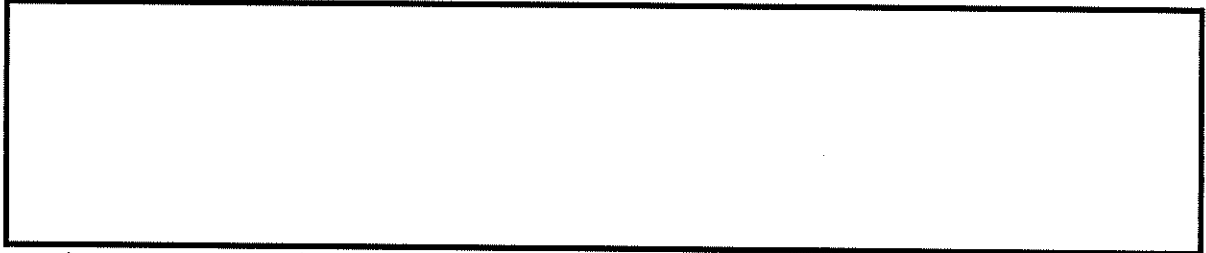


第6表 デジタル設備の信頼性評価

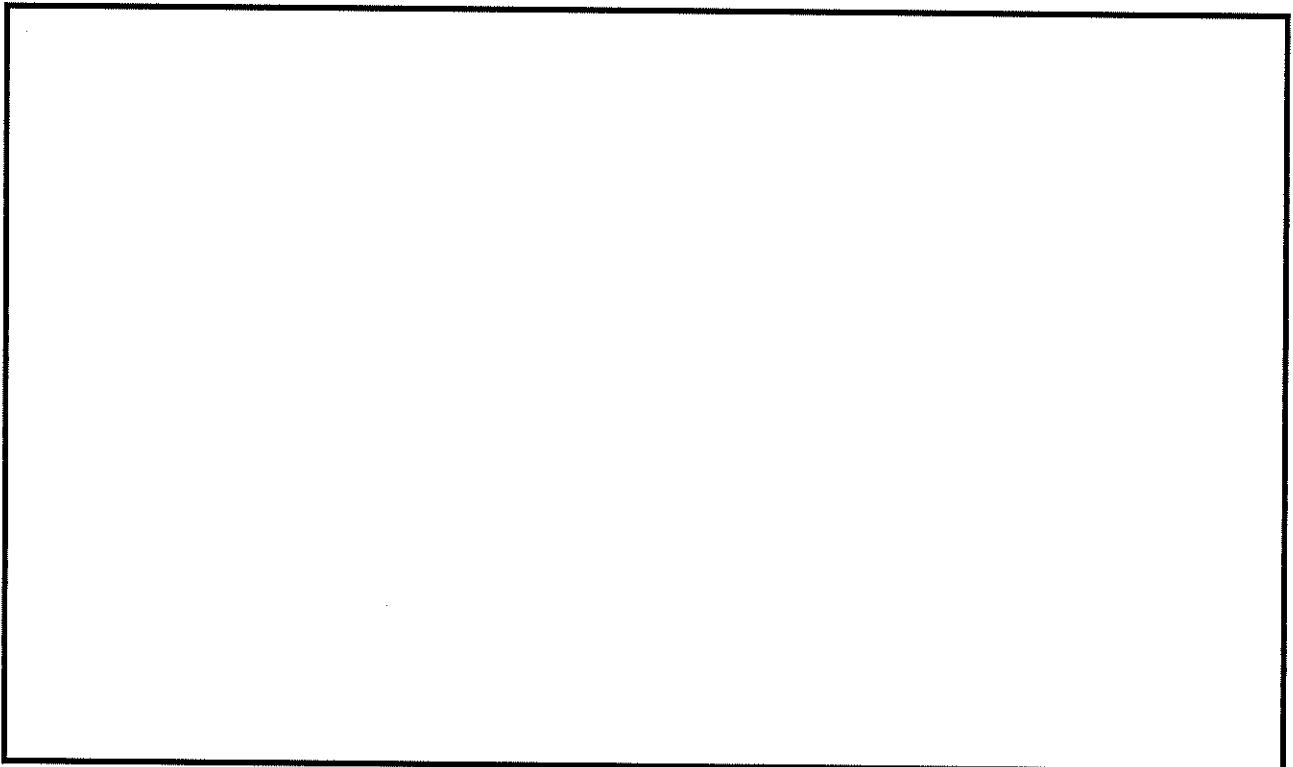
信頼性	設備構成	デジタル設備【C】
アンアベイラビリティ		
誤動作率		
評価モデル/評価式		添付3参照

#### 4.2 MIL-HDBK-217F について

デジタル設備の制御カード（入力回路、マイクロプロセッサ及び出力回路）の故障率の設定に用いている MIL-HDBK-217F（以下「MIL」という。）は、米国国防総省により刊行された信頼性予測法である。MIL は調達した膨大な軍用電子機器のフィールド使用実績に基づいたものであるが、軍用電子機器としての安全係数を十分に見込んだものとなっているため、算出された故障率は、実績値と比較すると、MIL の方が 10～100 倍程度高く算出されることが知られている。



なお、MIL は、デジタル素子の大規模化/高機能化等から適切な基礎故障が提供できなくなった等の理由から、1995 年に改訂版が刊行されて以降、改訂されておらず、その後、米国国防総省の外郭団体である信頼性解析センター（Reliability Analysis Center）から、MIL に代わる信頼性の高い予測手法として PRISM が提案されている。しかしながら、デジタル安全保護系としての評価としては、保守性があり、審査実績のある MIL を用いた数値を記載している。



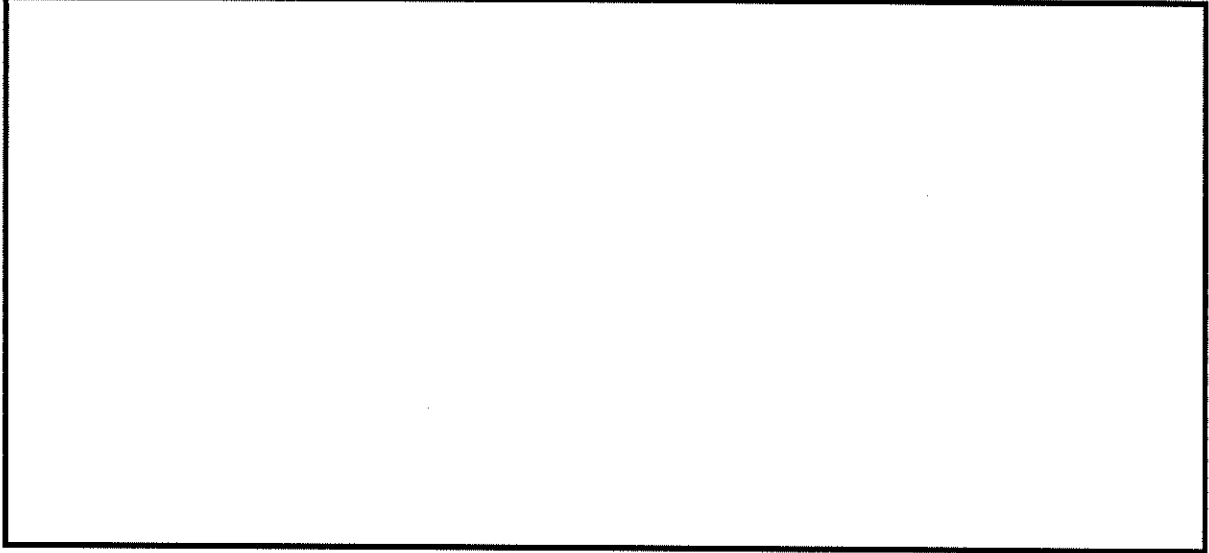
#### 4.3 新しい信頼性予測法について

MILの経験則モデル予測は、機器の故障率は機器を構成する部品により決まるという前提に立っており、これは部品が高い故障率を示し、機器が複雑でない場合には良い考え方である。一方、機器の複雑性の増加及び部品品質の向上により、機器の故障原因が部品そのものから部品以外の原因に移っているため、部品に全ての故障を帰着させるMILの考え方は過度な保守性を有している。

MILに代わる新しい信頼性予測法として開発されたPRISM<sup>®</sup>は、部品以外の故障原因（設計、製造等）も考慮した信頼性予測法であり、これは機器（システム）レベルの信頼性予測モデルと部品レベルの信頼性予測モデルからなっている。MILによる部品故障率の算出が基礎故障率に環境要素を変数とした乗算形式モデルであるのに対し、PRISMの部品レベルの信頼性予測モデルでは、各故障原因に個別の故障率を予測する加算と乗算の組合せたモデルであり、現実的な保守性を有している。

※PRISMは、MILに代わる高い予測精度に応えられる手法として、米国国防総省の外郭団体である信頼性解析センター（Reliability Analysis Center）により開発された信頼度予測法である。

4.4 マイクロプロセッサに実績や新しい信頼性予測法に基づく故障率を用いる場合



第7表 デジタル設備（ケース検討）におけるマイクロプロセッサの故障率

--	--

第8表 デジタル設備（ケース検討）の信頼性評価

信頼性	設備構成	デジタル設備【D】
アンアベイラビリティ		
誤動作率		

## 5. 信頼性評価のまとめ

信頼性評価においては、採用する機器の特徴等を考慮した適切な評価を実施しており、建設時の安全審査とデジタル設備の信頼性評価で、信頼性評価における評価モデルや算出過程で細部に違いがあるものの、それぞれの設備がもつ特徴を踏まえて信頼性評価がなされている。このため、これまでの審査との連続性も考慮して、従来型アナログ設備とデジタル設備の信頼性評価の比較では、第9表に示す建設時の安全審査とデジタル設備とで信頼性評価を比較しており、この結果、デジタル設備は従来型アナログ設備に比べて同等以上の信頼性を有している。

また、信頼性評価は評価モデルや故障率の設定によって幅をもつことから、従来型アナログ設備とデジタル設備について、第10表にそれぞれ3.2項及び4.4項のケース検討を実施した信頼性評価を比較しており、この結果においても、デジタル設備は従来型アナログ設備に比べて同等以上の信頼性を有している。

なお、従来型アナログ設備のケース検討における信頼性評価【B】の誤動作率は、検出器の個数等の保守性を排除しており、一方、デジタル設備の信頼性評価【C】の誤動作率は、マイクロプロセッサの故障率に大きな保守性を見込んでいることから、【B】と【C】を比較することは適切ではない。

第9表 従来型アナログ設備とデジタル設備との信頼性評価の比較

	従来型アナログ設備【A】	デジタル設備【C】
アンアベイラビリティ [/demand]		
誤動作率 [/hr]		

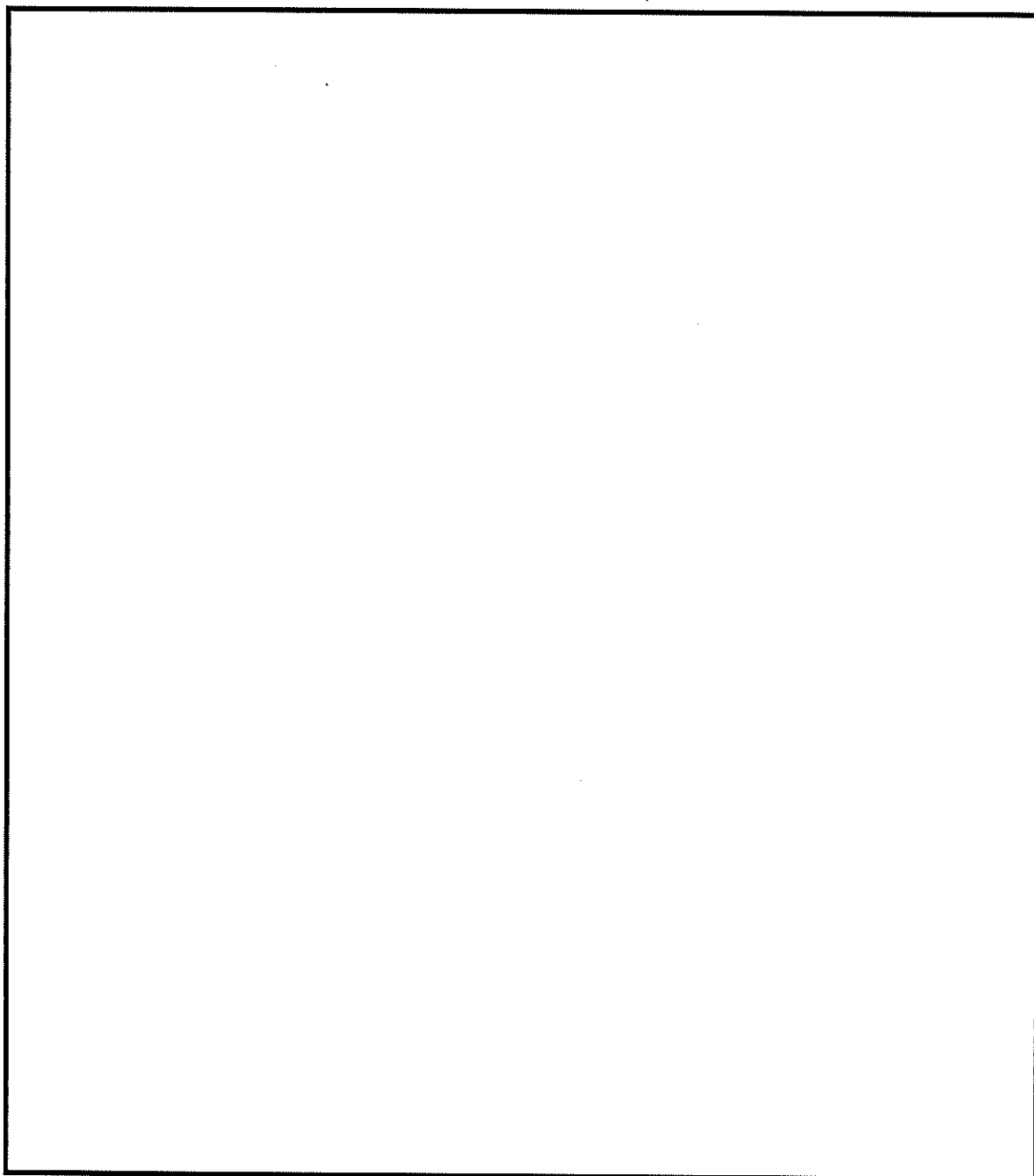
第10表 ケース検討における信頼性評価の比較

	従来型アナログ設備【B】	デジタル設備【D】
アンアベイラビリティ [/demand]		
誤動作率 [/hr]		

従来型アナログ設備（安全審査）の評価モデル／評価式

(1) 評価モデル

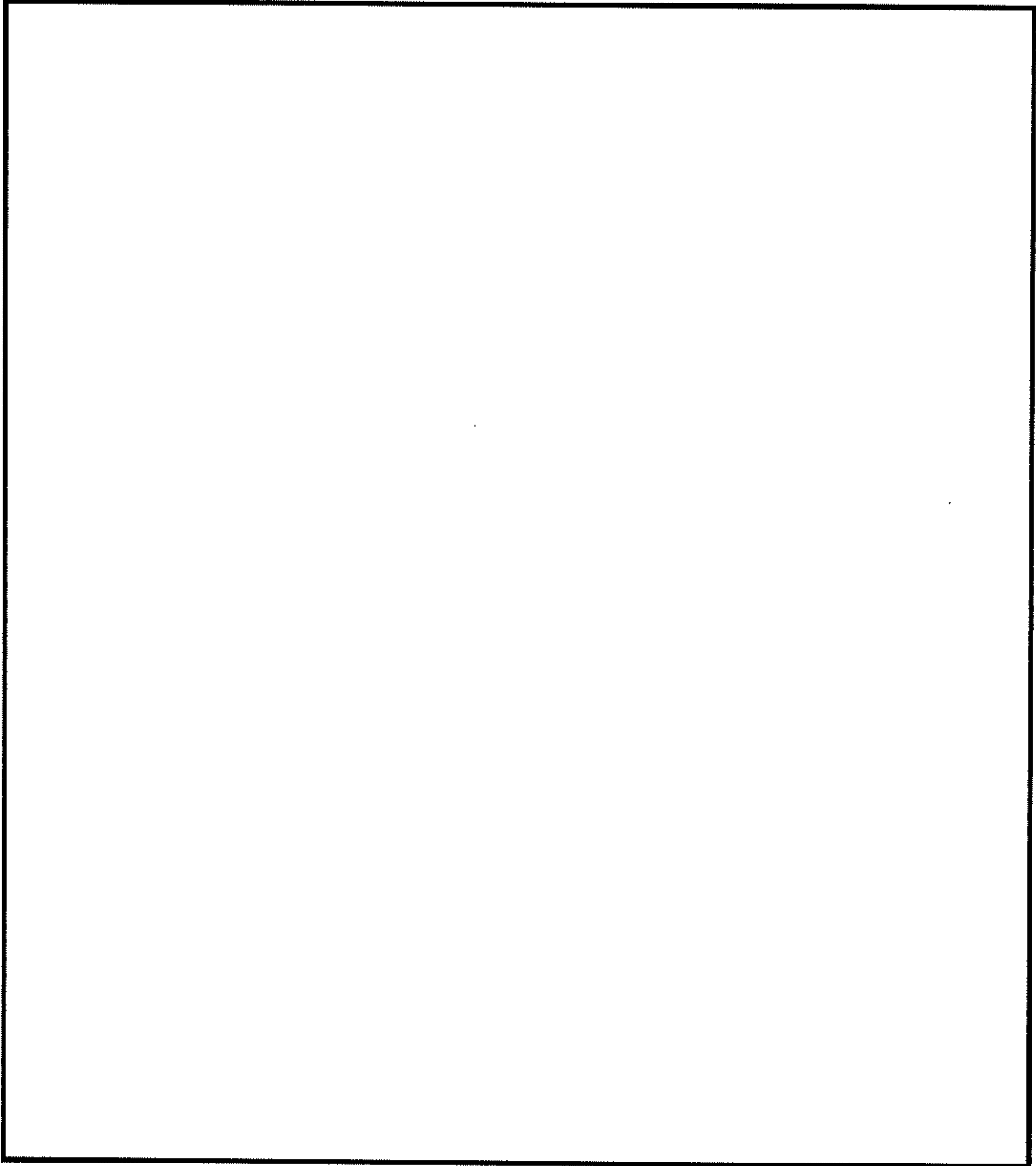
a. アンアベイラビリティ



[添付 1] 第 1 図 アンアベイラビリティ評価モデル



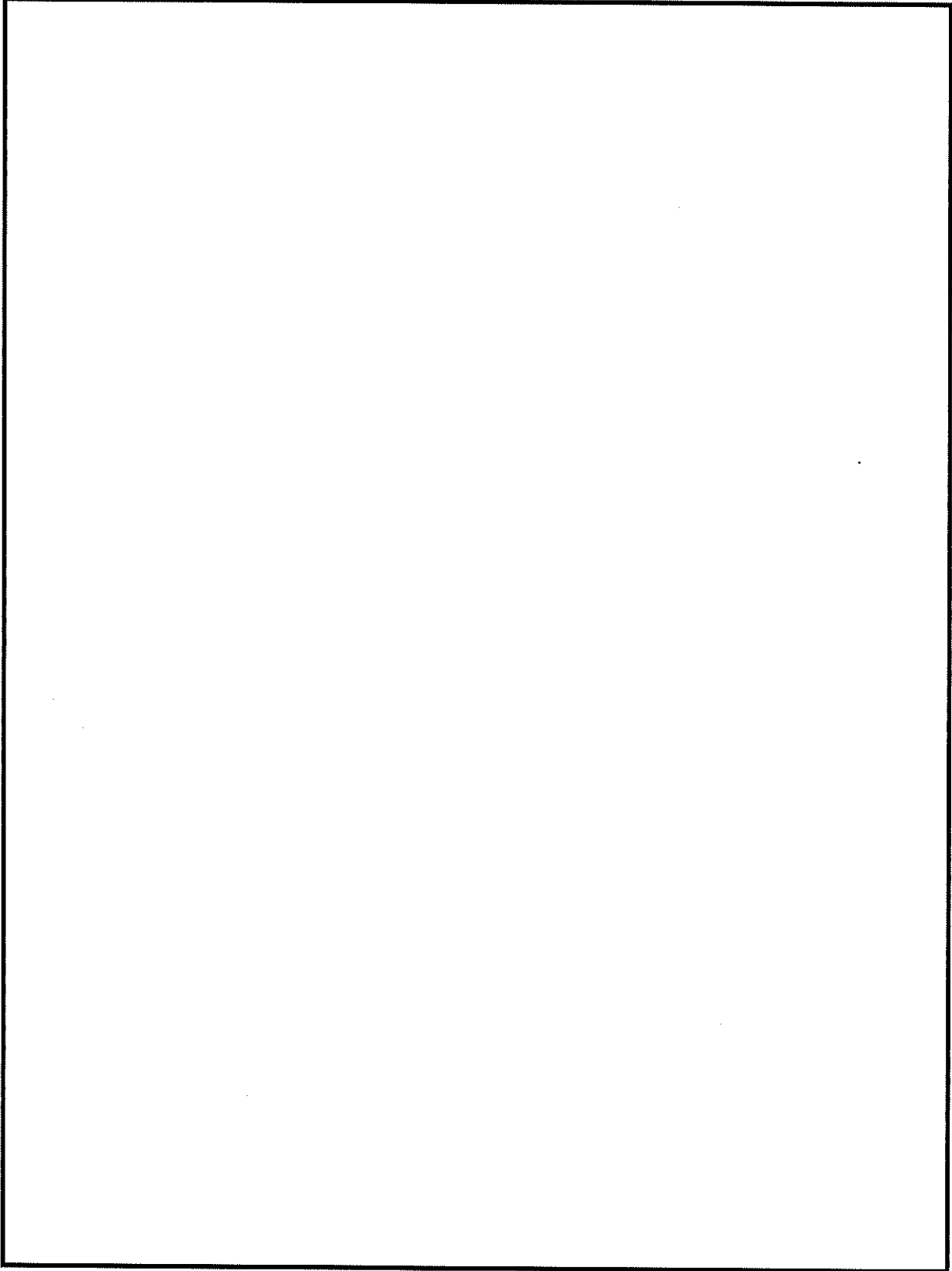
b. 誤動作率



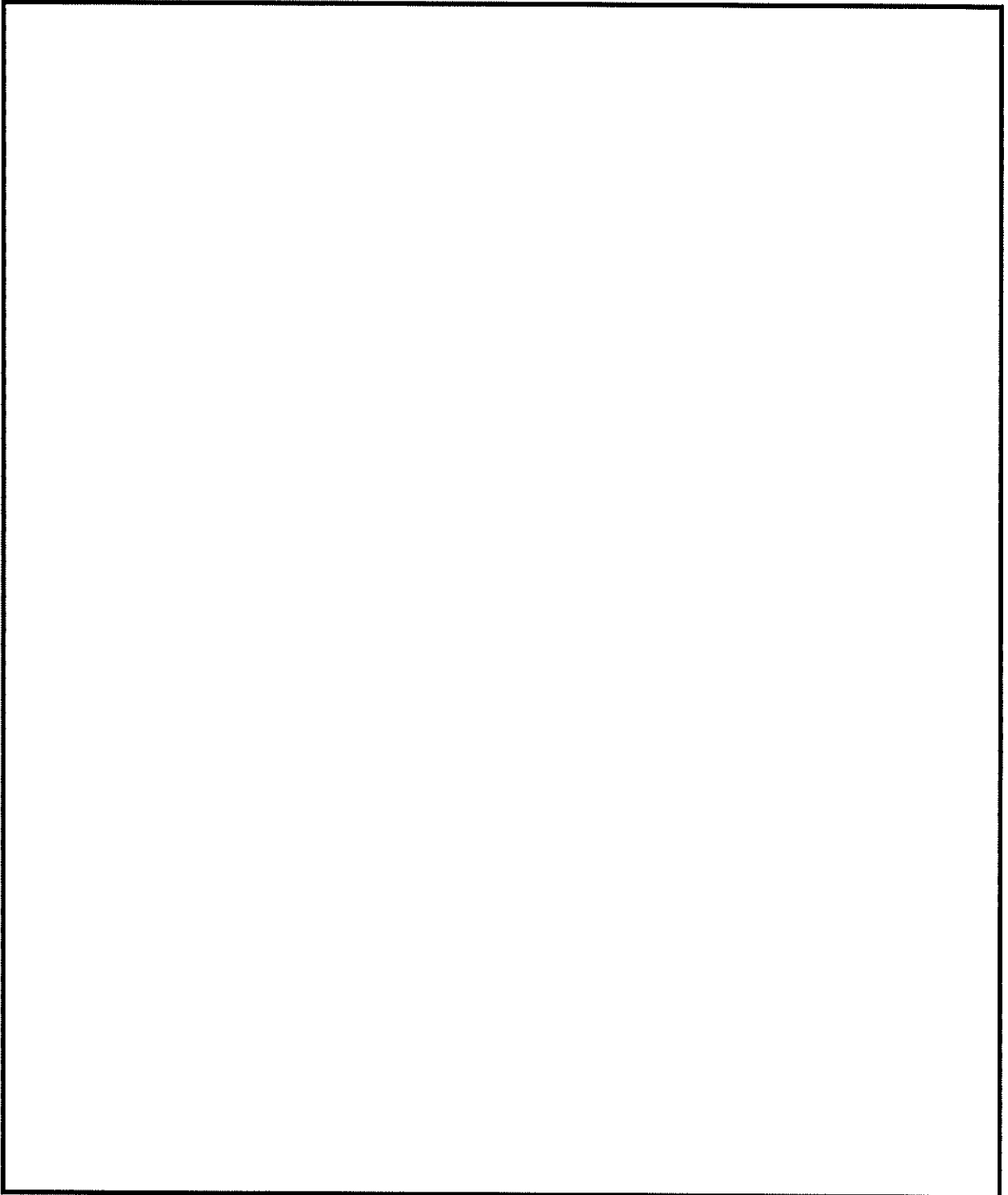
[添付1]第2図 誤動作率評価モデル

(2) 評価式

a. アンアベイラビリティ



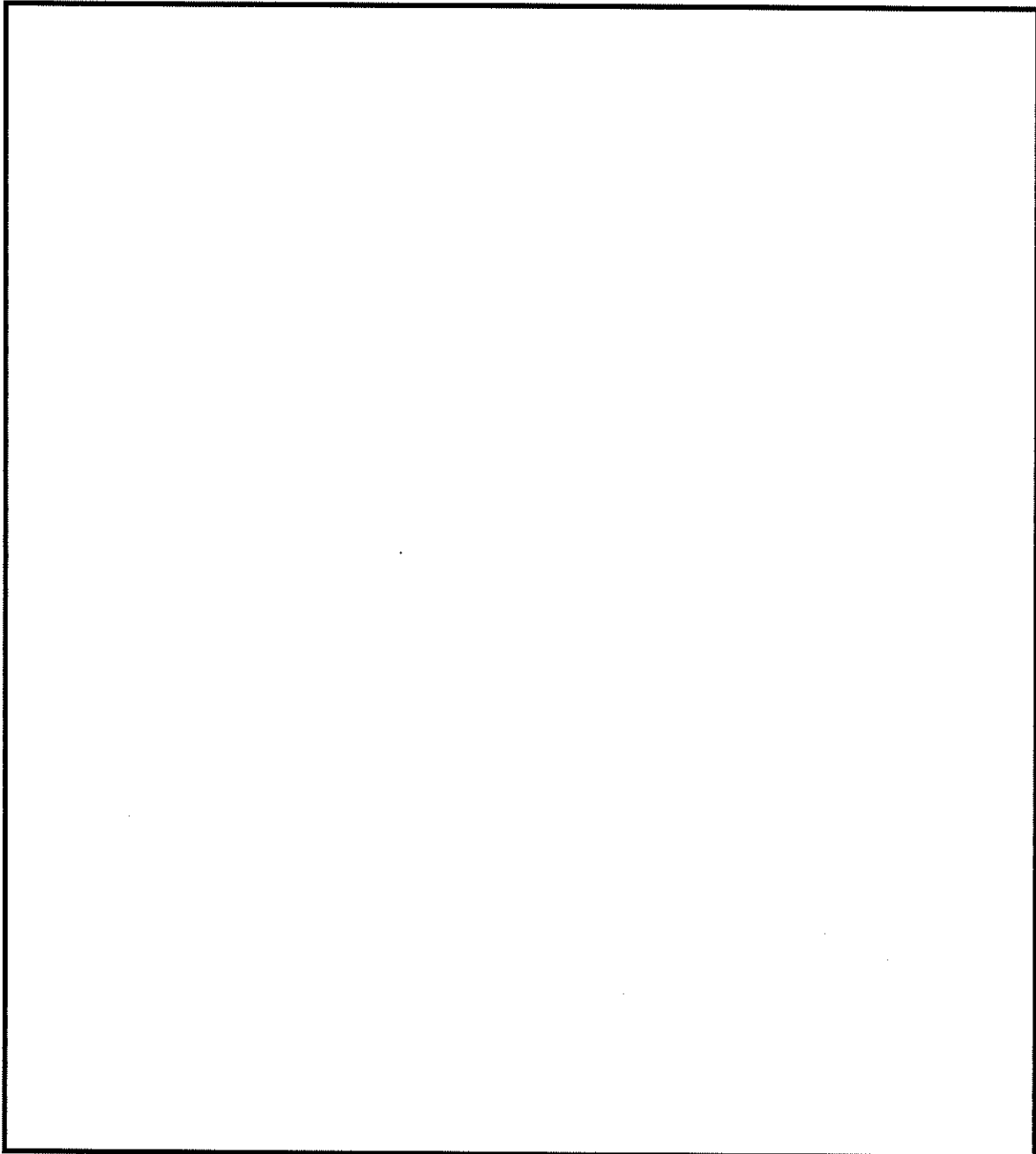
b. 誤動作率



従来型アナログ設備（ケース検討）の評価モデル／評価式

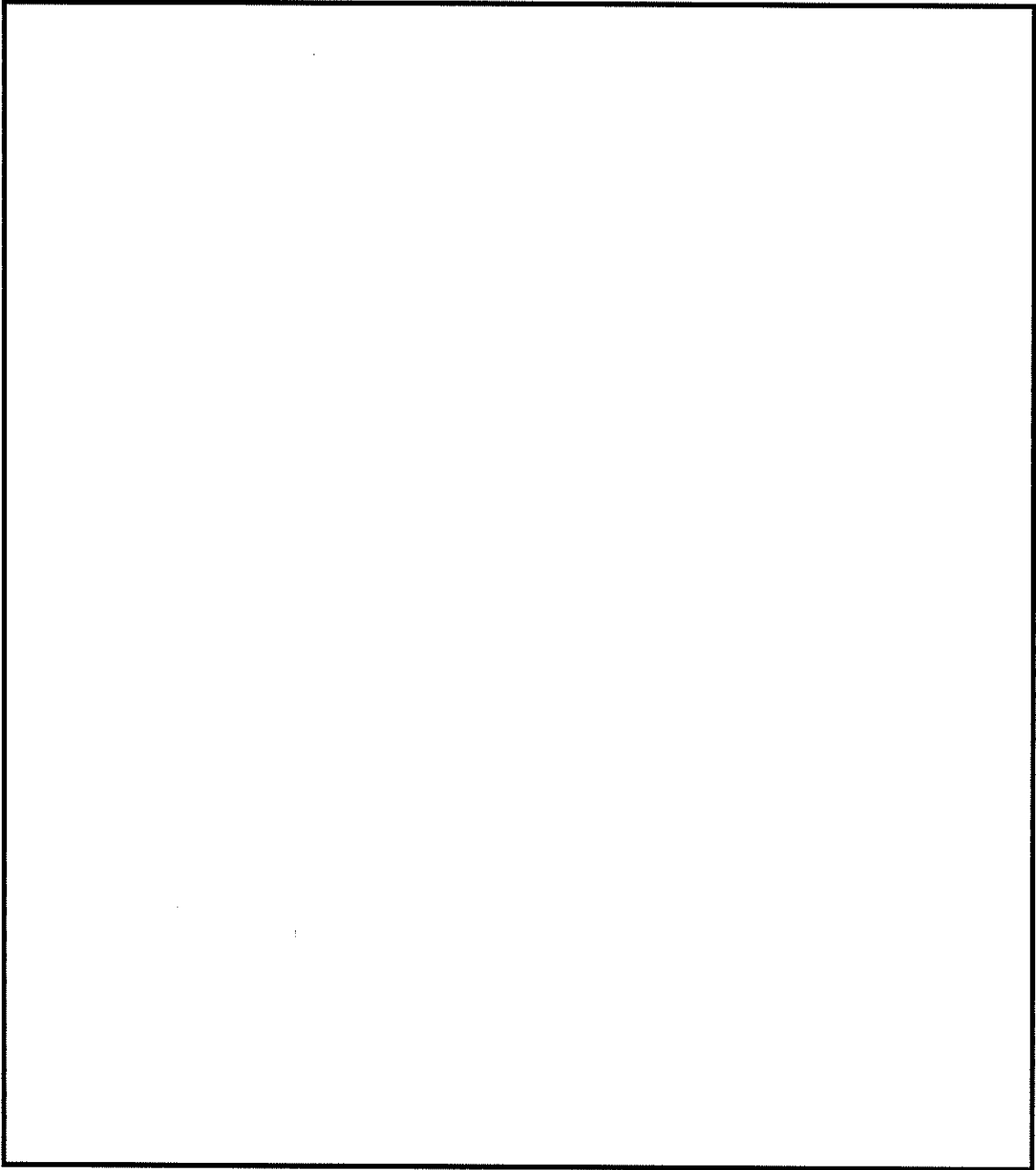
(1) 評価モデル

a. アンアベイラビリティ



[添付 2] 第 1 図 アンアベイラビリティ評価モデル

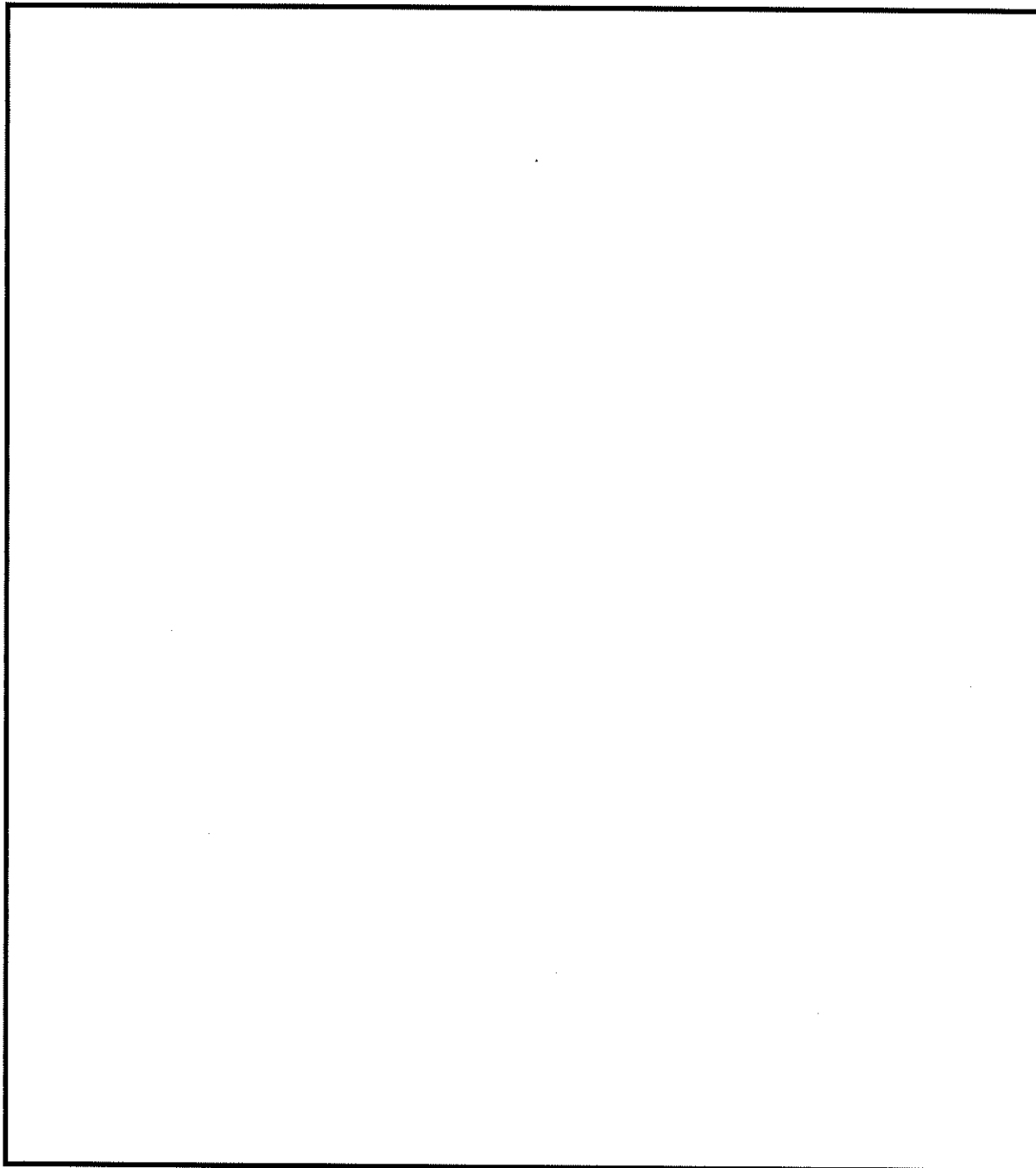
b. 誤動作率



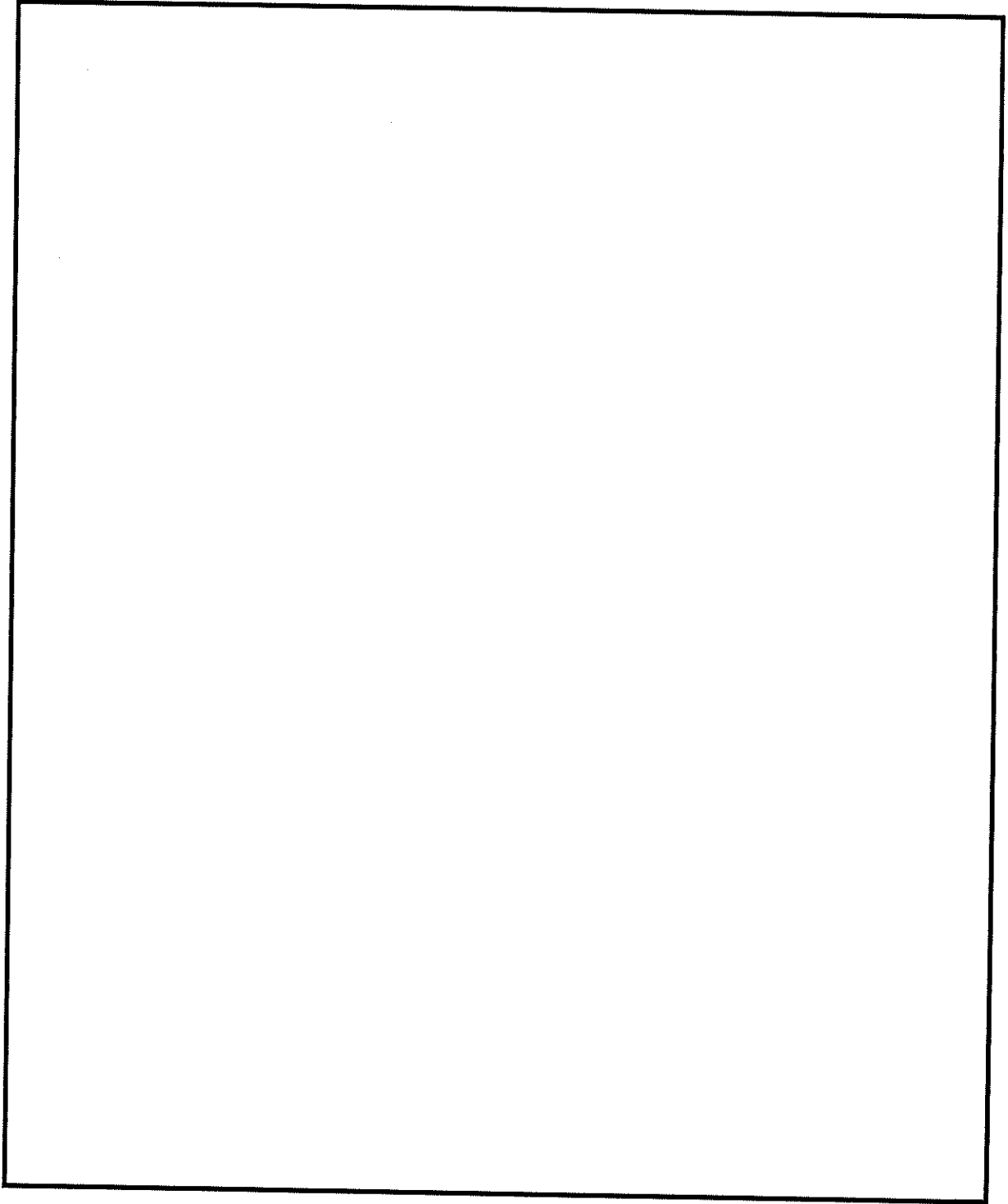
[添付 2] 第 2 図 誤動作率評価モデル

(2) 評価式

a. アンアベイラビリティ



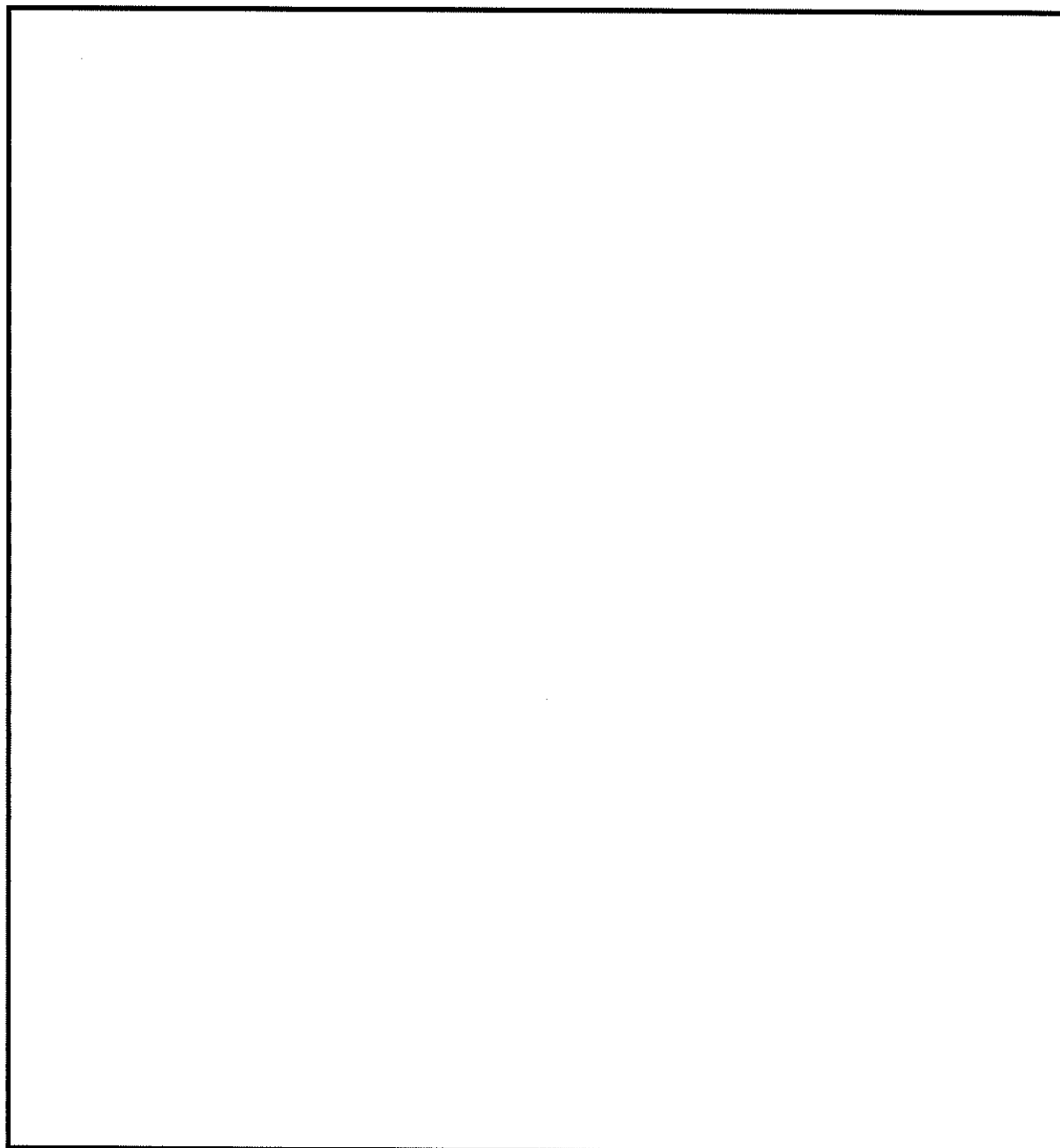
b. 誤動作率



デジタル設備の評価モデル／評価式

(1) 評価モデル

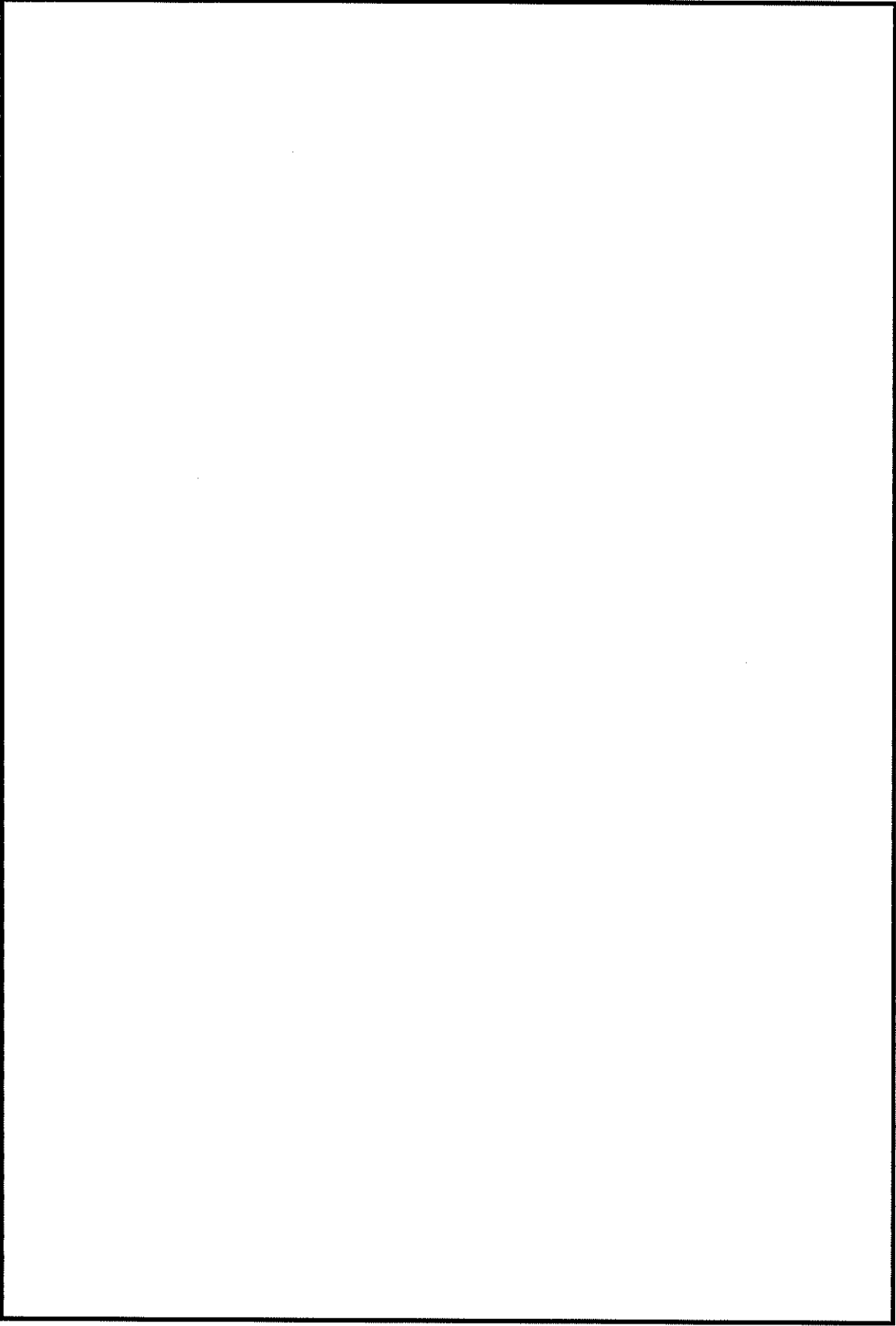
a. アンアベイラビリティ



[添付 3] 第 1 図 アンアベイラビリティ評価モデル



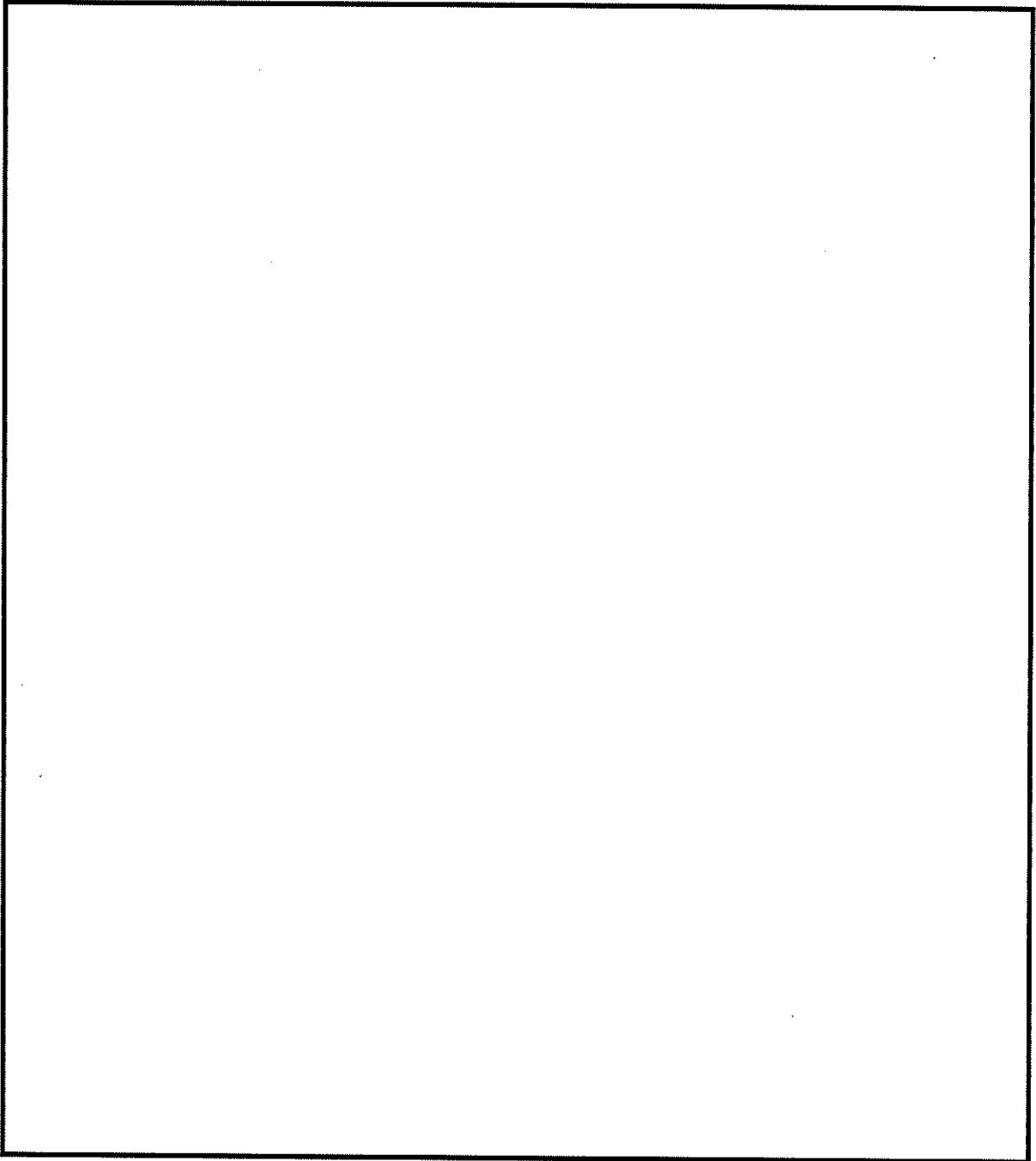
b. 誤動作率



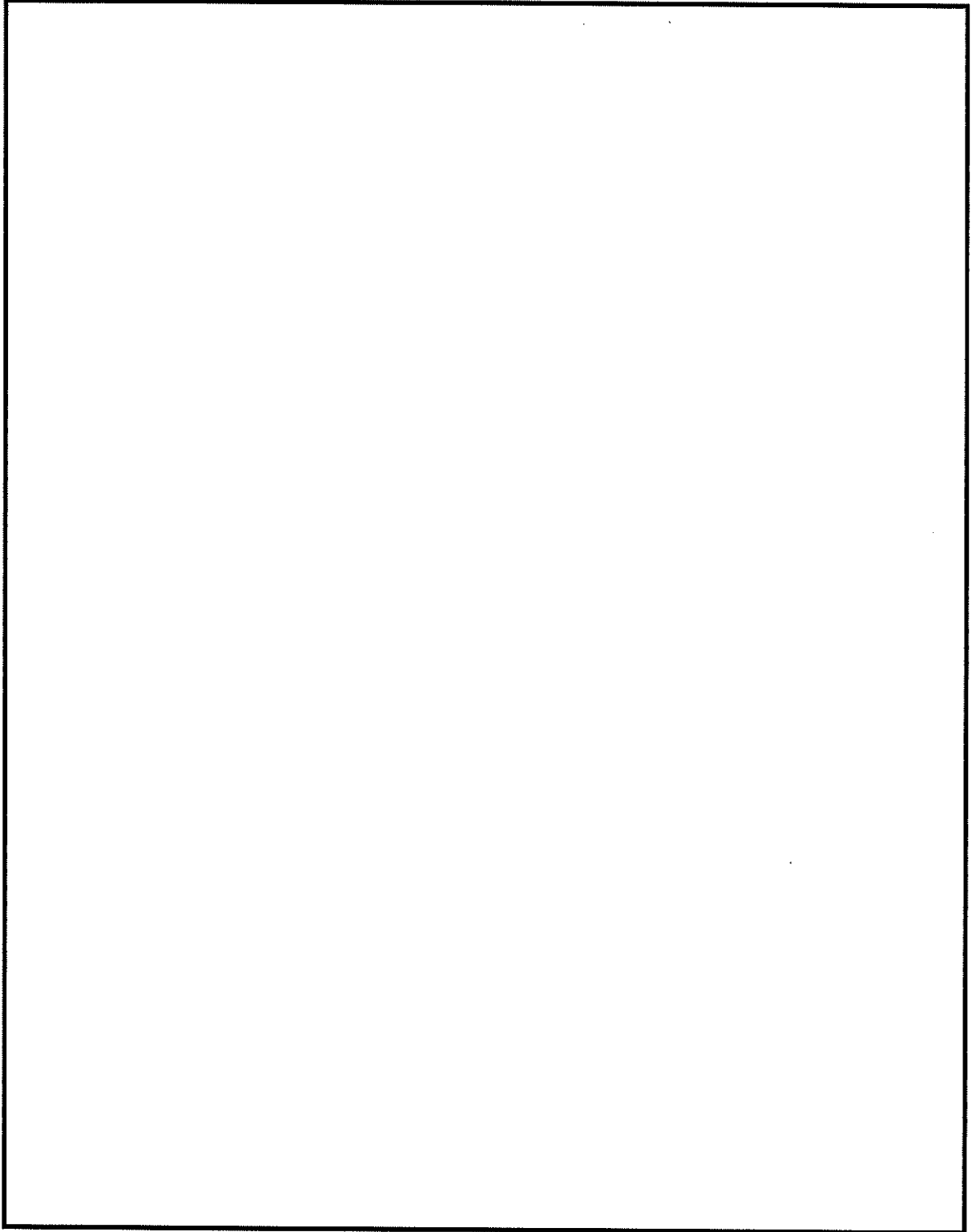
[添付3]第2図 誤動作率評価モデル

(2) 評価式

a. アンアベイラビリティ



b. 誤動作率



原子炉トリップ遮断器 2 トレンプラントの信頼性評価

1. 原子炉トリップ遮断器 2 トレンプラントのデジタル安全保護系の信頼性評価

--

[参考 1] 第 1 表 原子炉トリップ遮断器 2 トレンプラントにおける信頼性評価

設備構成	変更前	変更後 <sup>※</sup>
信頼性	従来型アナログ設備	デジタル安全保護系
アンアベイラビリティ		
誤動作率		

※伊方 1, 2 号機 (認可日 : 平成 20 年 11 月 28 日)

[参考 1] 第 2 表 伊方 3 号機における信頼性評価の比較【再掲】

設備構成	変更前	変更後
信頼性	従来型アナログ設備	デジタル安全保護系
アンアベイラビリティ		
誤動作率		

[参考 1] 第 3 表 チャンネル部／トレン部別の信頼性評価

信頼性		アンアベイラビリティ	
		2 トレンプラント	4 トレンプラント
設備構成			
チャンネル部			
トレン部	ロジック部		
	RTB		
合計			

信頼性		誤動作率	
		2 トレンプラント	4 トレンプラント
設備構成			
チャンネル部			
トレン部	ロジック部		
	RTB		
合計			

## 安全保護系ロジック盤の有無による信頼性評価の比較

## (1) 目的

デジタル安全保護系において、安全保護系ロジック盤を設ける場合と設けない場合の信頼性比較を行い、安全保護系ロジック盤の設置が安全保護系機能の信頼性に悪影響を与えないことを定量的に示す。

## (2) 信頼性評価の比較

安全保護系ロジック盤を設ける場合と設けない場合の信頼性を[参考 2]第 1 表に示す。アンアベイラビリティ及び誤動作率のいずれについても、安全保護系ロジック盤の有無で有意な変化がないことから信頼性は同等以上と評価できる。なお、誤動作率は、安全保護系ロジック盤を設けることで若干の改善が図られる。一般的に、誤動作率は構成する機器が増加することで数値は上昇する傾向にあるが、本ケースについては、原子炉トリップ遮断器と接続する制御盤が、安全保護系計器ラックより故障率の低い安全保護系ロジック盤に変わることによって改善に寄与したものと考えられる。

[参考 2]第 1 表 安全保護系計器ロジック盤の有無による信頼性評価の比較

設備構成 信頼性	安全保護系 ロジック盤：有り	安全保護系 ロジック盤：無し
アンアベイラビリティ [/demand]		
誤動作率 [/hr]		

現状設備（設定値比較のみデジタル化）における信頼性評価

(1) 目的

現状の安全保護系は、設定値比較器のみをデジタル化しており、新規制基準審査時に工事計画認可を受けている。この現状設備についての信頼性評価を行う。なお、評価にあたっては、第 2 表及び第 4 表の故障率を使用する。

(2) 信頼性評価の比較

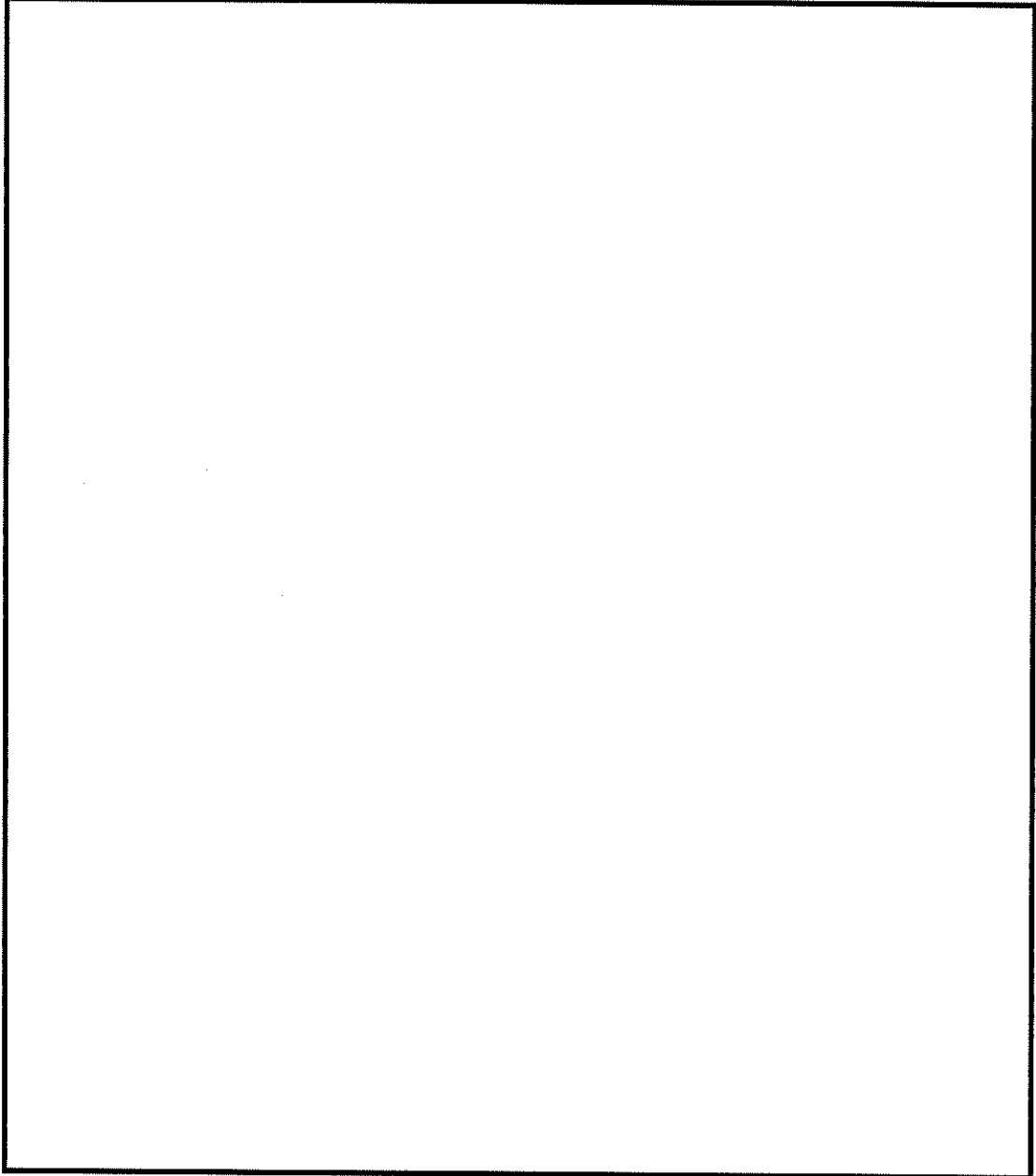
現状設備（設定値比較器のみデジタル化）に対して、変更後（論理演算回路をデジタル化）の信頼性は同等以上となっている。

[参考 3] 第 1 表 現状設備（設定値比較のみデジタル化）における信頼性評価

設備構成 信頼性	現状設備 (設定値比較のみデジタル化)	デジタル設備 (変更後) (論理演算回路をデジタル化)
アンアベイラビリティ [/demand]		
誤動作率 [/hr]		

(3) 評価モデル

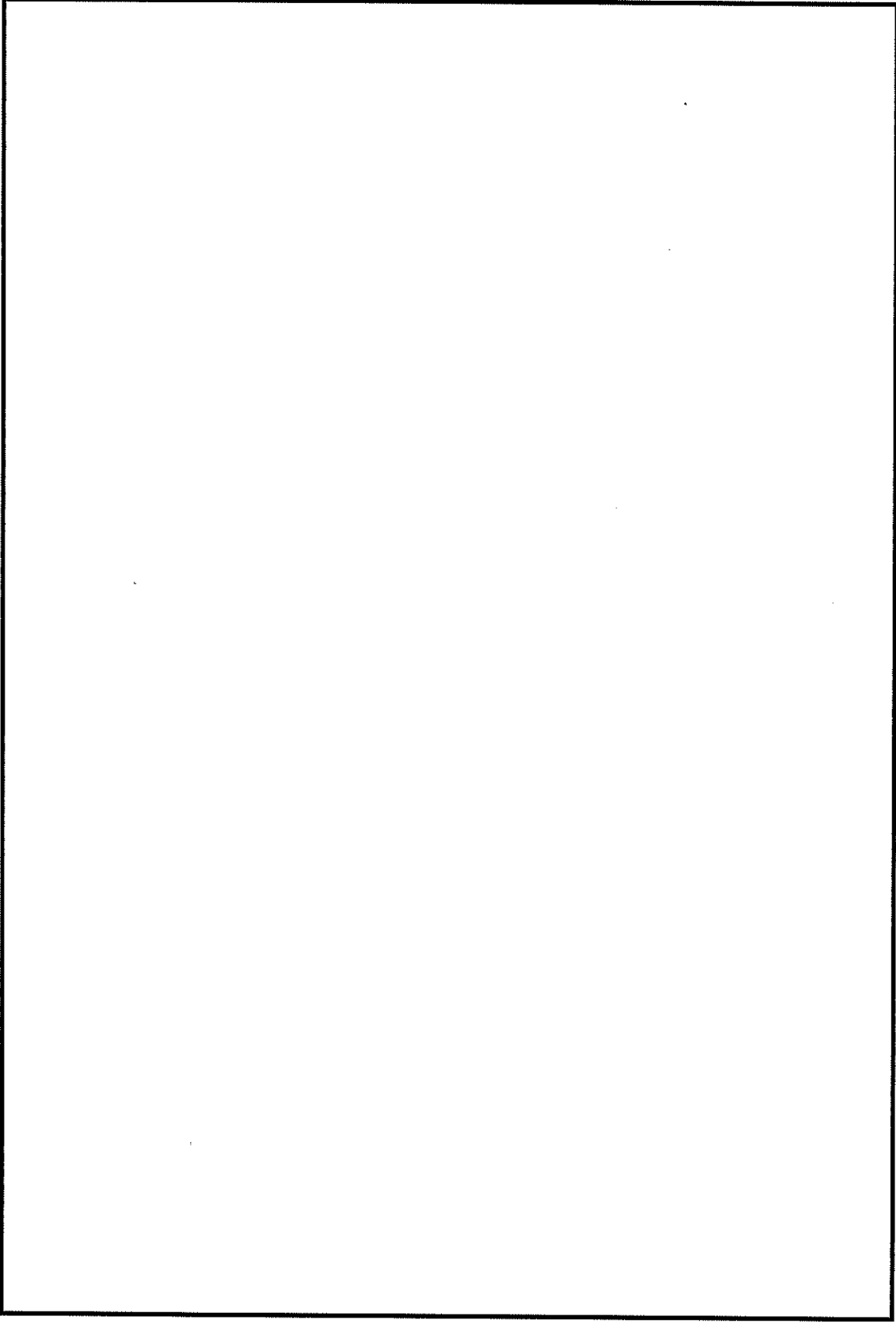
a. アンアベイラビリティ



[参考3]第1図 アンアベイラビリティ評価モデル



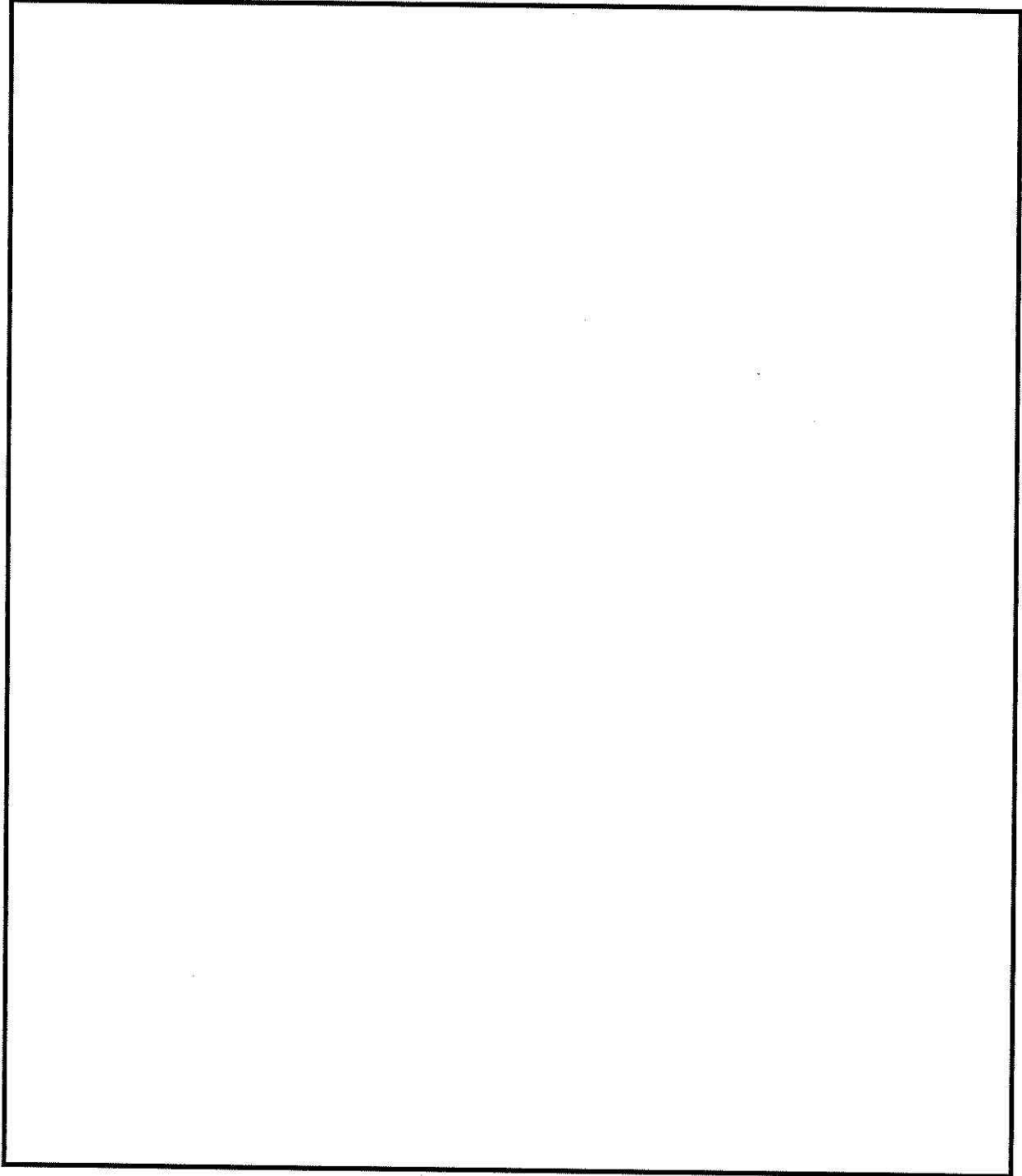
b. 誤動作率



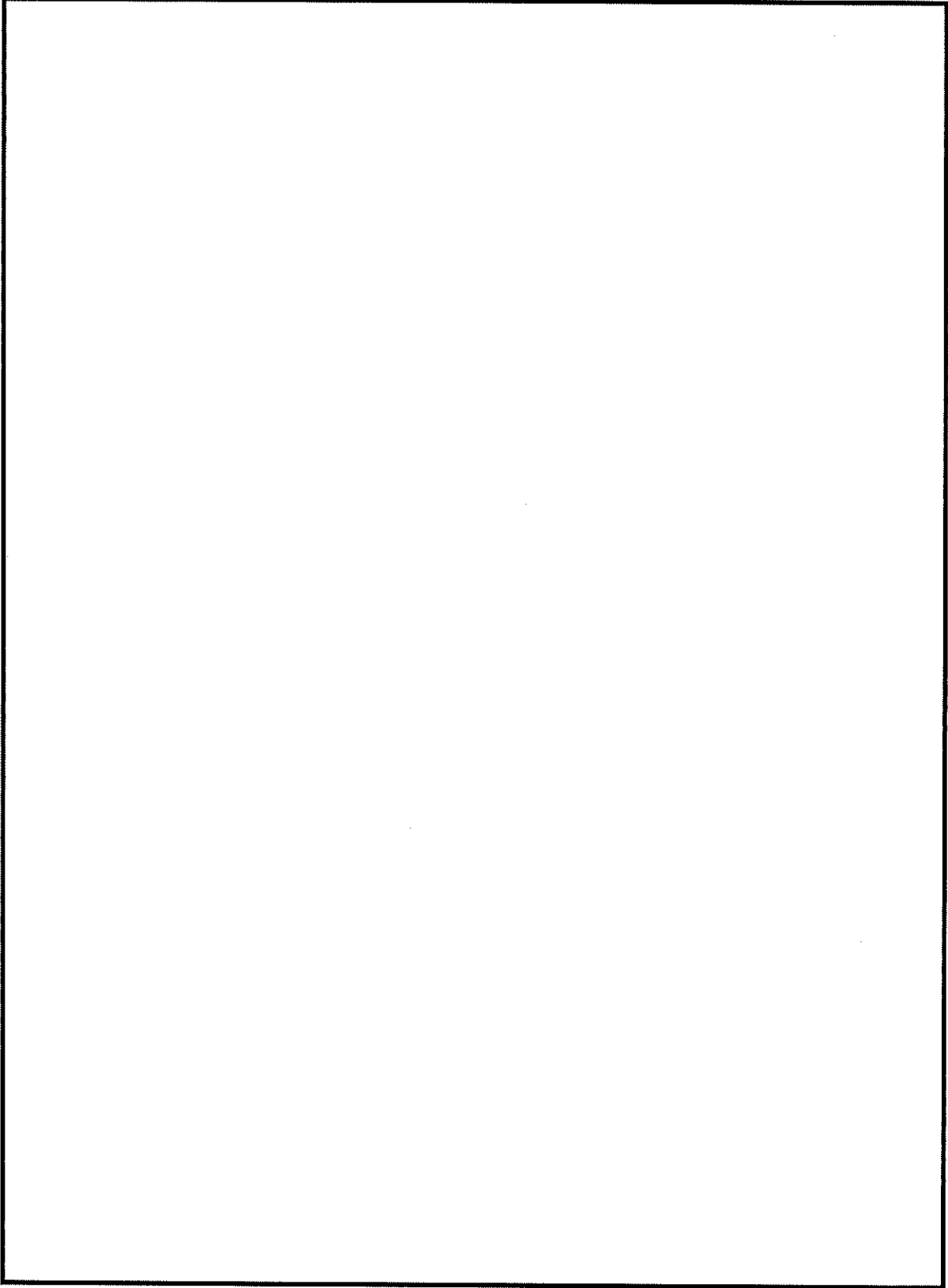
[参考3]第2図 誤動作率評価モデル

(4) 評価式

a. アンアベイラビリティ



b. 誤動作率



## 補足説明資料 8

### 工事の方法に関する補足説明

伊方3号機 デジタル安全保護系への変更工事 設計及び工事計画認可申請書  
 における「工事の方法」の該当箇所

項目	対象要否	該当箇所の補足説明
<b>1. 工事の手順</b>		
図1 (設置又は変更の工事における工事の手順と検査)	○	今回の工事については、全ての検査は発電所で実施する検査となる。 今回の申請対象機器に関して、技術上の基準※に適合しているか確認するため、「構造、強度又は漏えいに係る検査」と「機能又は性能に係る検査」を実施する。 ※実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
図2 (主要な耐圧部の溶接に係る工事の手順と検査)	—	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生しないため対象外。
図3 (燃料体に係る工事の手順と検査)	—	燃料体に係る工事が発生しないため対象外。
<b>2. 使用前事業者検査の方法</b>		
2.1.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
材料検査	—	材料、寸法に係る検査が発生しないため対象外。
寸法検査	—	
外観検査	○	安全保護系ロジック盤に係る検査が該当する。
組立て及び据付け状態を確認する検査(据付検査)	○	
状態確認検査	○	
耐圧検査	—	耐圧、漏えいに係る検査が発生しないため対象外。
漏えい検査	—	
原子炉格納施設が直接設置される基盤の状態を確認する検査	—	CV施設が直接設置される対象がないため対象外。
建物・構築物の構造を確認する検査	—	建物・構築物の構造を確認する検査が発生しないため対象外。
2.1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査	—	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生しないため対象外。
2.1.3 燃料体に係る検査	—	燃料体に係る検査が発生しないため対象外。
2.2 機能又は性能に係る検査		
2.2.1 燃料体を挿入できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.2 臨界反応操作を開始できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.3 工事完了時の検査	○	デジタル安全保護系として、設計要求を満足することを確認する検査が該当する。
2.3 基本設計方針検査	—	基本設計方針のうち表1、表5、表6、表7で確認できない事項はないため対象外。
2.4 品質マネジメントシステムに係る検査	○	「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」及び「工事の方法」のとおり工事管理が行われていることを確認することから、該当する。

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

## 補足説明資料 9

### 蓄電池容量に関する補足説明

## 1. 概要

安全保護系計器ラック及び安全保護系ロジック盤は、既工事計画において、全交流動力電源喪失時の蓄電池による給電対象負荷となっていることから、本工事に伴う既設蓄電池の給電時間への影響について説明する。

## 2. 変更内容

本工事において、安全保護系計器ラックに論理演算機能を追加し、安全保護系ロジック盤は取替えを行う。安全保護系計器ラックは、機能追加に伴って信号入出力等の部品点数が増加し、また安全保護系ロジック盤は、リレー等の部品を用いた制御盤に取替えることから、それぞれ消費電力が変更となる。

これら設備の変更前後における消費電力は下表のとおり。

	変更前	変更後
安全保護系計器ラック（チャンネルⅠ）	2.44kVA	2.86kVA
安全保護系計器ラック（チャンネルⅡ）	2.59kVA	2.93kVA
安全保護系計器ラック（チャンネルⅢ）	2.87kVA	3.18kVA
安全保護系計器ラック（チャンネルⅣ）	2.77kVA	3.09kVA
安全保護系ロジック盤（トレンA）	0.57kVA	0.35kVA
安全保護系ロジック盤（トレンB）	0.57kVA	0.35kVA
安全保護系ロジック盤（トレンC）	0.57kVA	0.35kVA
安全保護系ロジック盤（トレンD）	0.57kVA	0.35kVA

## 3. 確認結果

本工事後、蓄電池（非常用）及び蓄電池（重大事故等対処用）に必要な容量について、確認を実施した。

蓄電池（非常用）について、単体で8時間給電するために必要な容量は約1,440Ah/組であり、既設容量は1,600Ah/組であることから、給電時間への影響はない。

また、蓄電池（重大事故等対処用）について、全交流動力電源喪失時に蓄電池（非常用）による8時間の電気の供給を行った後、さらに必要な負荷以外を切り離して残り16時間給電するために必要な容量は約1,560Ah/組であり、既設容量は2,400Ah/組であることから、給電時間への影響はない。

さらに、蓄電池（3系統目）について、全交流動力電源喪失時に蓄電池（非常用）による24時間給電するために必要な容量は約2,930Ah/組であり、既設容量は3,000Ah/組であることから、給電時間への影響はない。



## 補足説明資料 1 0

設計及び工事に係る品質マネジメント  
システムに関する補足説明

## 1. 目的

本資料は、資料 8「設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに係る説明書」の「3.2 設工認における設計、工事及び検査の各段階とその審査」の第 3.2-1 表に示す「保安規定品質マネジメントシステム計画の対応項目」について、保安規定との詳細な対応を説明する。

## 2. 保安規定との詳細対応

設工認における各段階と保安規定の対応項目について、第 1 表に示す。

第1表 設工認における各段階と保安規定の対応項目について

各段階		保安規定品質マネジメントシステム計画の対応項目	対応項目の説明
設計	3.3	設計に係る品質管理の方法	7.3.1 (1) ・ 7.3.1(1)の設計開発計画を記載
	3.3.1	適合性確認対象設備に対する要求事項の明確化	7.3.2 (1) ・ 7.3.2(1)に記載の「個別業務等要求事項」を記載 ・ 上記要求事項を明確化する上で必要な設備を選定するとともに、抽出した設備に対する個別業務等要求事項(7.3.2(1))を抽出することを記載
	3.3.2	各条文の対応に必要な適合性確認対象設備の選定	
	3.3.3(1)	基本設計方針の作成(設計1)	7.3.3 (1)～(3) ・ 7.3.3(3)に記載の「設計開発の結果が要求事項に適合するものとする」ために、様式を作成することを記載 ・ 作成する様式は、7.3.3(1)に記載の「要求事項(技術基準条文など)と対比できる形式」としている ・ 作成した様式は、7.3.3(2)に記載の「承認」を実施することを記載
	3.3.3(2)	適合性確認対象設備の各条文への適合性を確保するための設計(設計2)	
	3.3.3(3)※	設計のアウトプットに対する検証	7.3.4 (1), (2) 7.3.5 (1), (3) ・ 7.3.4(1)に記載の「設計開発のレビュー」として、設計資料等をレビューする。 ・ レビューに当たっては、7.3.4(2)に記載の「設計開発に係る専門家」を参加させる ・ 7.3.5(1)に記載の「設計開発の検証」を実施 ・ 検証に当たっては、7.3.5(3)に記載の「設計開発を行ったもの以外」が検証を実施
	3.3.4	設計における変更	7.3.7 (1)～(3) ・ 7.3.7に規定している設計における変更が発生した場合の対応を記載。
工事及び検査	3.4.1	設工認に基づく具体的な設備の設計の実施(設計3)	7.3.3 (3) 7.3.5 (1) ・ 7.3.3(3)に記載の「設計開発の結果が要求事項に適合するものとする」ために具体的な設計を実施する。 ・ 7.3.3を実施後、設計結果が要求事項(設工認)を満足しているのかを7.3.5に記載の「設計開発の検証」を実施
	3.4.2	具体的な設備の設計に基づく工事の実施	—
	3.5.1	使用前事業者検査での確認事項	—
	3.5.2	設計の結果と使用前事業者検査対象の繋がり	—
	3.5.3	使用前事業者検査の計画	—
	3.5.4	検査計画の管理	—
	3.5.5	主要な耐圧部の溶接部に係る使用前事業者検査の管理	—
3.5.6	使用前事業者検査の実施	7.3.6 (1) 8.2.4 (1), (5) ・ 7.3.6に規定する「設計開発の妥当性確認」として使用前事業者検査を実施する。 ・ 8.2.4(1)に規定する「使用前事業者検査」を実施に当たっては、8.2.4(5)に規定する「独立性」を確保することを記載。	
調達	3.6	設工認における調達管理の方法	7.4 8.2.4 (1) ・ 設備等の調達に当たっては、7.4に従った調達管理を実施 ・ 7.4.3 調達物品等の検証として、8.2.4(1)に規定する「自主検査等」を実施する。

※：「3.2.2 設計、工事及び検査の各段階とその審査」で述べている「設計の各段階におけるレビュー」の各段階を示す

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。

## 補足説明資料 1 1

### 安全保護系の応答時間に関する 補足説明

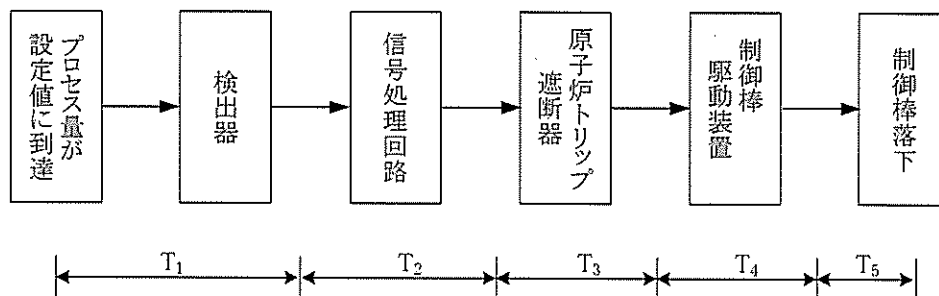
## 1. 概要

安全保護系の応答時間について、説明を行う。

## 2. 安全保護系の応答時間

### 2.1 原子炉保護設備

原子炉保護設備の原子炉トリップ信号の応答時間の内訳を以下に示す。



T<sub>1</sub>: プロセス量が設定値に達してから検出器が検知するまでの検出遅れ時間

T<sub>2</sub>: 信号処理回路部での信号処理遅れ時間

T<sub>3</sub>: 原子炉トリップ遮断器の開放時間

T<sub>4</sub>: 制御棒の切離し時間

T<sub>5</sub>: 制御棒の落下時間（制御棒クラスタ落下開始から全ストロークの85%に至るまでの時間）

原子炉トリップ信号	設計上考慮している値(秒)						
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	$\frac{T_1+T_2+T_3+T_4}{T_4}$	T <sub>5</sub>	(注2) $T_3+T_4+T_5$
出力領域中性子束高(高設定)					0.5	2.2	
出力領域中性子束高(低設定)					0.5		
過大温度 ΔT 高					6.0		
過出力 ΔT 高					6.0		
原子炉圧力高					2.0		
原子炉圧力低					2.0		
1次冷却材流量低					1.0		
1次冷却材ポンプ電源電圧低					1.2		
蒸気発生器水位低					2.0		
タービントリップ					1.0		

(注1)検出遅れ時間(T<sub>1</sub>)が十分小さいことから、検出遅れ時間(T<sub>1</sub>)と信号処理回路部での信号処理遅れ時間(T<sub>2</sub>)をまとめて記載

(注2)T<sub>3</sub>+T<sub>4</sub>+T<sub>5</sub>:原子炉トリップ遮断器のUVコイル動作から制御棒クラスタが全ストロークの85%に至るまでの時間

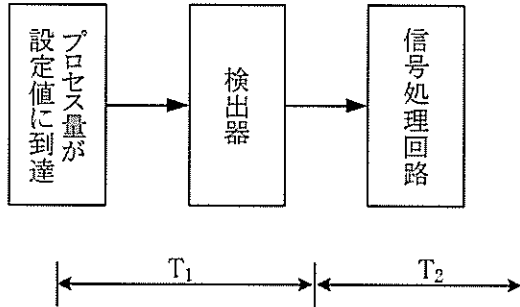
(注3)1次冷却材ポンプ電源電圧低(原子炉トリップ信号)のT<sub>1</sub>及びT<sub>2</sub>の定義は以下のとおり。

T<sub>1</sub>:1次冷却材ポンプが接続されている母線の電圧低下時間とする時間

T<sub>2</sub>:検出器の遅れ時間(タイマによる遅れ含む)と信号処理回路部での信号処理遅れ時間をまとめて記載

## 2.2 工学的安全施設作動設備

工学的安全施設作動設備の工学的安全施設作動信号の応答時間の内訳を以下に示す。



T<sub>1</sub>: プロセス量が設定値に達してから検出器が検知するまでの検出遅れ時間

T<sub>2</sub>: 信号処理回路部での信号処理遅れ時間

工学的安全施設作動信号		設計上考慮している値(秒)		
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> +T <sub>2</sub>
非常用炉心 冷却設備 作動信号	原子炉圧力低と加圧器水位低の一致			2.0
	原子炉圧力異常低			2.0
	主蒸気ライン圧力低			2.0
	原子炉格納容器圧力高			2.0
主蒸気 ライン 隔離信号	主蒸気ライン圧力低			2.0
原子炉 格納容器 スプレイ作 動信号	原子炉格納容器圧力異常高			2.0

### 3. 安全保護系の応答時間の根拠

#### 3.1 原子炉保護設備

設置（変更）許可を受けた安全評価の条件として考慮している応答時間（原子炉トリップ信号の応答時間： $T_1+T_2+T_3+T_4$ ）をプロセス量毎に設備の実現可能な範囲で割り当てた時間である。プラントの安全性確保の観点からは、 $T_1\sim T_4$ の合計値が安全評価で考慮している応答時間以内であれば問題なく、それぞれの割り当て時間は、設備に対する要求値として、設備の実力等を考慮して合理的な範囲で定めたものである。

原子炉保護設備の応答時間の根拠

原子炉トリップ信号	応答時間の根拠				合計 $T_1+T_2+T_3+T_4$
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	
出力領域中性子束高 (高設定) 出力領域中性子束高 (低設定)					0.5 秒
過大温度 $\Delta T$ 高 過出力 $\Delta T$ 高					6.0 秒
原子炉圧力高 原子炉圧力低					2.0 秒
1 次冷却材流量低					1.0 秒

原子炉トリップ信号	応答時間の根拠				
	T <sub>1</sub>			合計 T <sub>1</sub> +T <sub>2</sub> +T <sub>3</sub> +T <sub>4</sub>	
1次冷却材ポンプ電源電圧低					1.2秒
蒸気発生器水位低					2.0秒
タービントリップ					1.0秒



### 3.2 工学的安全施設作動信号

設置（変更）許可を受けた安全評価の条件として考慮している応答時間（工学的安全施設作動信号の応答時間： $T_1+T_2$ ）をプロセス量毎に設備の実現可能な範囲で割り当てた時間である。プラントの安全性確保の観点からは、 $T_1$ 、 $T_2$ の合計値が安全評価で考慮している応答時間以内であれば問題なく、それぞれの割り当て時間は、設備に対する要求値として、設備の実力等を考慮して合理的な範囲で定めたものである。

工学的安全施設作動設備の応答時間の根拠

工学的安全施設作動信号		応答時間の根拠		
		$T_1$	$T_2$	$T_1+T_2$
非常用炉心 冷却設備 作動信号	原子炉圧力低と加圧器水位低の一致			2.0 秒
	原子炉圧力異常低			2.0 秒
	主蒸気ライン圧力低			2.0 秒
	原子炉格納容器圧力高			2.0 秒
隔離信号 主蒸気ライン	主蒸気ライン圧力低			2.0 秒
格納容器スプレイ 作動信号 原子炉	原子炉格納容器圧力異常高			2.0 秒

#### 4. 安全保護系の応答時間の確認

##### 4.1 原子炉保護設備の応答時間

T<sub>1</sub>: プロセス量が設定値に達してから検出器が検知するまでの検出遅れ時間

検出器は工場試験等によりプロセス量を変化させ、出力が所定の値に到達するまでの応答時間を計測している。

T<sub>2</sub>: 信号処理回路部での信号処理遅れ時間

計器ラック等の信号処理入力部からステップ状の模擬信号を加えた時点からトリップ信号が動作するまで(原子炉トリップ遮断器 UV コイルが動作するまで)の応答時間を計測することが可能である。

T<sub>3</sub>: 原子炉トリップ遮断器の開放時間

原子炉トリップ遮断器の UV コイル動作から遮断器開までの応答時間(開極動作時間)を計測することが可能である。

T<sub>4</sub>: 制御棒の切離し時間

工場試験等により制御棒駆動装置の駆動用コイル電源断からラッチ機構開放までの応答時間(動作時間)を抜取り代表数体で計測している。

T<sub>5</sub>: 制御棒の落下時間(制御棒落下開始から全ストロークの 85%に至るまでの時間)

制御棒の落下時間は、原子炉トリップ信号発信から制御棒が全ストロークの 85%に至るまでの時間(T<sub>3</sub>~T<sub>5</sub>)を計測することが可能である。

##### 4.2 工学的安全施設作動設備の応答時間

T<sub>1</sub>: プロセス量が設定値に達してから検出器が検知するまでの検出遅れ時間

検出器は工場試験等によりプロセス量を変化させ、出力が所定の値に到達するまでの応答時間を計測している。

T<sub>2</sub>: 信号処理回路部での信号処理遅れ時間

計器ラック等の信号処理入力部からステップ状の模擬信号を加えた時点から工学的安全施設作動信号が動作するまで(マスタリレーが動作するまで)の応答時間を計測することが可能である。

## 5. 信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )について

### 5.1 原子炉保護設備

原子炉保護設備の応答時間のうち信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )について、1次冷却材流量低による原子炉トリップ応答時間の最短時間 $\square$ 秒<sup>※</sup>を満足するために、以下のとおり設計している。(第1図参照)

※出力領域中性子高(高設定、低設定)による原子炉トリップについて、検出遅れ時間( $T_1$ )と信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )を合わせた応答時間が $\square$ 秒であるが、設定超過の演算をアナログ設備で行うため、1次冷却材流量低による原子炉トリップが最も厳しい。

#### ①入力回路

アナログ信号からデジタル信号への変換を行う時間は $\square$ 秒である。

#### ②設定値超過演算、多数決論理演算

安全保護系計器ラックのマイクロプロセッサ部は、演算周期 $\square$ 秒で常に一定の周期で入力、演算、出力の各処理を行い、この周期は入力信号の変動など外部からの信号に影響されない設計としている。

各チャンネルのマイクロプロセッサ部の入力処理は周期的であるため、プロセス信号が変化してから実際に入力処理されるまでには、最大2演算周期の時間遅れを見込む必要がある。

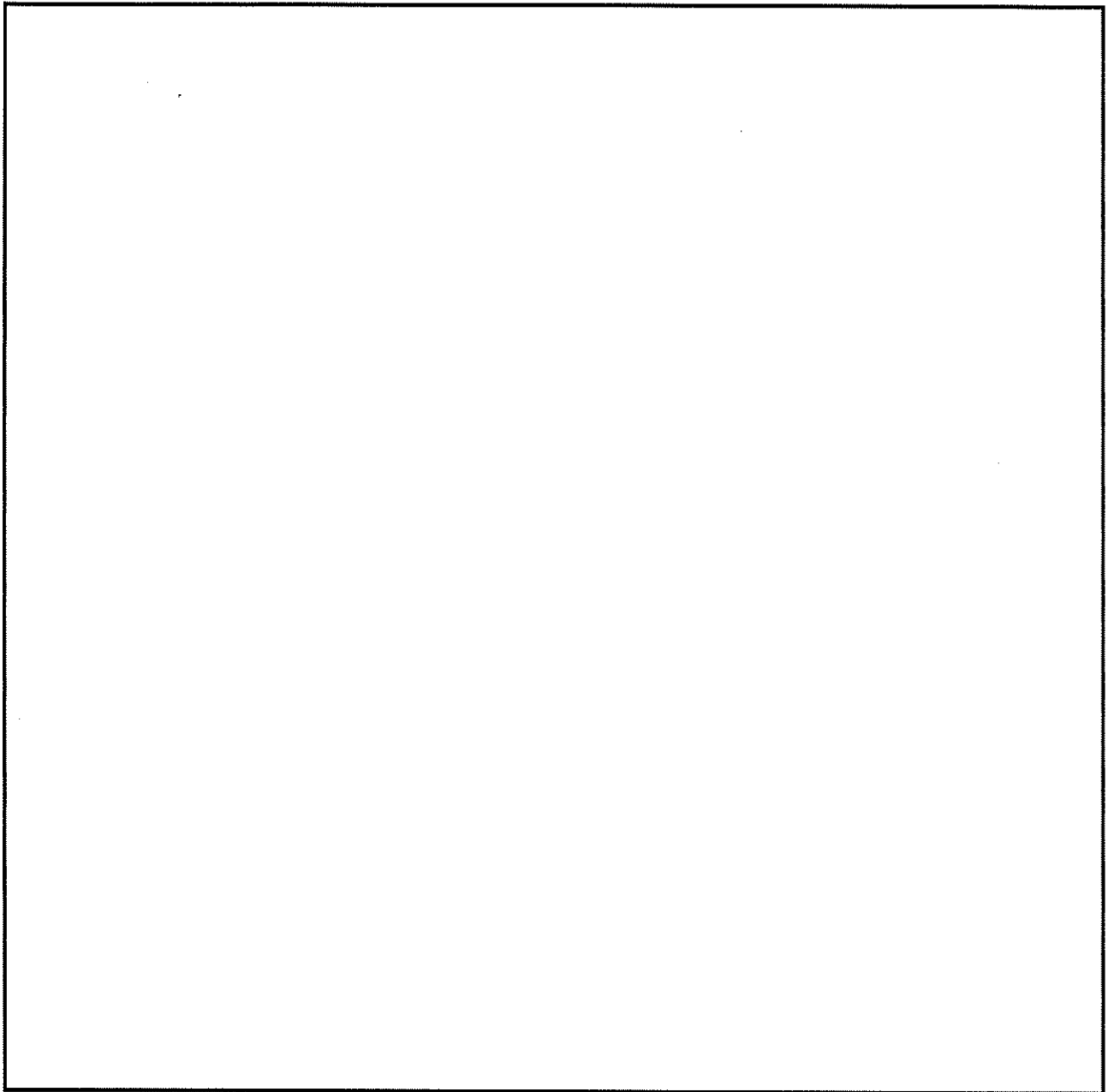
また、各チャンネルは、相互に非同期処理を実施しているため、他チャンネルの設定値超過の演算結果を用いる多数決演算では、チャンネル間に最大1演算周期のずれが生じる可能性があるため、2チャンネルの多数決演算が完了するためには、合計で2演算周期分の時間を見込む必要がある。

このため、1チャンネル分のマイクロプロセッサ部の応答時間として、最大4演算周期の $\square$ 秒を見込む。

#### ③出力回路及びリレー部

安全保護系計器ラックの信号出力部を含む安全保護系ロジック盤の遅れ時間は、リレー遅れ時間等から約 $\square$ 秒である。

以上から、原子炉保護設備の信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )は、要求される応答時間 $\square$ 秒を満足する設計としている。



第 1 図 原子炉保護設備における信号処理回路の遅れ時間の内訳

## 5.2 工学的安全施設作動設備

工学的安全施設作動設備の応答時間のうち信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )について、原子炉圧力低と加圧器水位低の一致による非常用炉心冷却設備作動信号及び原子炉格納容器圧力異常高による原子炉格納容器スプレイ作動信号の  秒を満足するために、以下のとおり設計している。(第2図参照)

### ①入力回路

アナログ信号からデジタル信号への変換を行う時間は  秒である。

### ②設定値超過演算、多数決論理演算

安全保護系計器ラックのマイクロプロセッサ部は、演算周期  秒で常に一定の周期で入力、演算、出力の各処理を行い、この周期は入力信号の変動など外部からの信号に影響されない設計としている。

各チャンネルのマイクロプロセッサ部の入力処理は周期的であるため、プロセス信号が変化してから実際に入力処理されるまでには、最大 2 演算周期の時間遅れを見込む必要がある。

また、各チャンネルは、相互に非同期処理を実施しているため、他チャンネルの設定値超過の演算結果を用いる多数決演算では、チャンネル間に最大 1 演算周期のずれが生じる可能性があるため、2チャンネルの多数決演算が完了するためには、合計で 2 演算周期分の時間を見込む必要がある。

このため、1チャンネル分のマイクロプロセッサ部応答時間として、最大 4 演算周期の  秒を見込む。

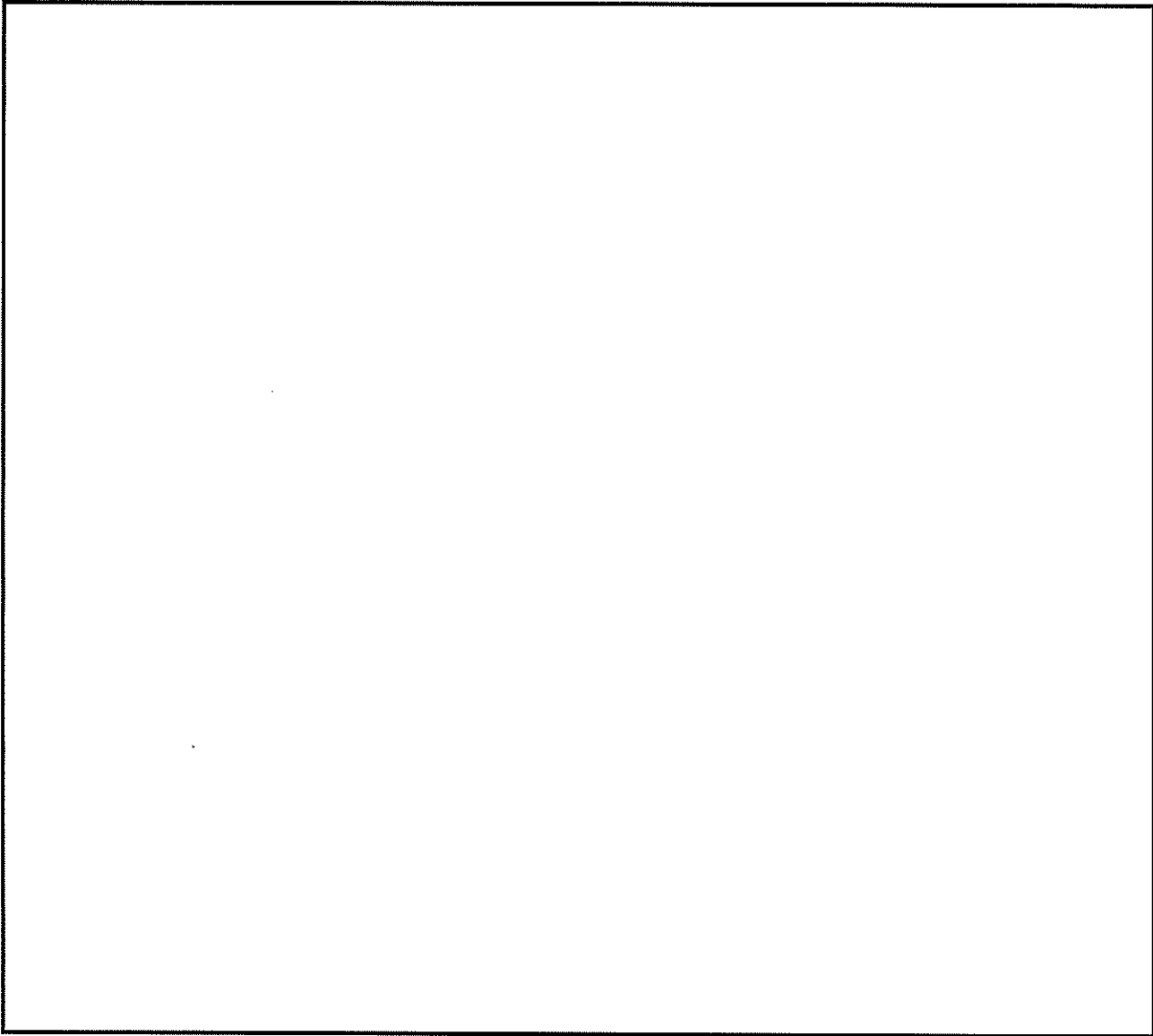
### ③出力回路及びリレー部

安全保護系計器ラックの信号出力部を含む安全保護系ロジック盤の遅れ時間は、リレー遅れ時間等から約  秒である。

### ④作動装置

安全防護系シーケンス盤の作動装置の遅れ時間は、約  秒である。

以上から、工学的安全施設作動設備の信号処理回路遅れ時間( $T_2$ )は、要求される応答時間  秒を満足する設計としている。



第2図 工学的安全施設作動設備における信号処理回路の遅れ時間の内訳

## 補足説明資料 1 2

### 耐震性に関する補足説明

## 1. 概要

安全保護系ロジック盤の耐震評価に用いる機能確認済加速度（鉛直）について説明する。

## 2. 機能確認済加速度

新たに設置する安全保護系ロジック盤には、既設の安全保護系ロジック盤には使用していなかった部品（分電パネル）を使用しており、当該部品の機能確認済加速度（鉛直）は  $2.0[\times 9.8\text{m/s}^2]$  となっている。新たに設置する安全保護系ロジック盤を構成する部品の中で、当該部品の機能確認済加速度（鉛直）が最も小さくなることから、安全保護系ロジック盤の耐震評価に用いる機能確認済加速度（鉛直）は  $2.0[\times 9.8\text{m/s}^2]$  としている。



## 補足説明資料 1 3

供給者における情報漏えい等発生時の  
不適合管理に関する補足説明

## 1. 概要

設工認に係る設計、工事及び検査において、供給者における情報漏えい等発生時の管理は、品質マネジメントシステム計画に基づき管理を行うことを説明する。

## 2. 供給者の管理について

供給先の管理については、保安規定品質マネジメントシステム計画「7. 4 調達」に基づき管理を行っている。

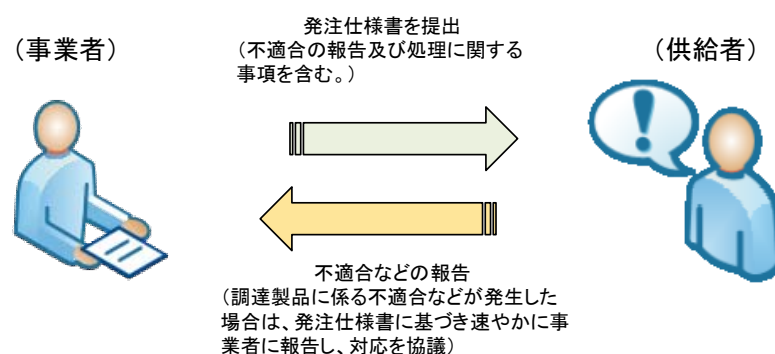
保安規定品質マネジメントシステム計画「7. 4 調達」では、設備を調達する際に供給先に要求すべき事項を規定しており、要求事項の1つとして「調達物品等の不適合の報告(偽造品または模造品等の報告を含む。)および処理に係る要求事項」がある。

(別紙-1 参照)

設備を調達する際には、本要求事項を発注仕様書に明記し、供給者と契約しており、情報漏えいやその他のトラブルにより調達する設備に関わる不適合が発生した場合は、発注仕様書に基づき、速やかに当社へ報告することとなっている。

その後、供給者はその原因を究明し、是正措置および再発防止対策を立案し、その内容を当社が確認するとともに、対策の実施状況を確認している。

(イメージ図)



以 上

伊方発電所原子炉施設保安規定  
(抜粋)

第2章 品質マネジメントシステム

(品質マネジメントシステム計画)

第3条 保安活動のための品質保証活動を実施するにあたり、以下のとおり品質マネジメントシステム計画を定める。

【品質マネジメントシステム計画】

(中略)

7. 4 調達

組織は、社内規定を定め、次の事項を実施する。

(中略)

7. 4. 2 調達物品等要求事項

- (1) 組織は、調達物品等に関する情報に、次に掲げる調達物品等要求事項のうち、該当するものを含める。
- a) 調達物品等の供給者の業務のプロセスおよび設備に係る要求事項
  - b) 調達物品等の供給者の要員の力量に係る要求事項
  - c) 調達物品等の供給者の品質マネジメントシステムに係る要求事項
  - d) 調達物品等の不適合の報告（偽造品または模造品等の報告を含む。）および処理に係る要求事項
  - e) 調達物品等の供給者が健全な安全文化を育成し、および維持するために必要な要求事項
  - f) 一般産業用工業品を機器等に使用するに当たっての評価に必要な要求事項
  - g) その他調達物品等に必要な要求事項

## 補足説明資料 1 4

### バックアップ設備に関する補足説明

## 1. 概要

今回の工事において、安全保護系の論理演算機能をデジタル制御装置である安全保護系計器ラックのソフトウェアにて実現する。

安全保護系計器ラックのソフトウェアについては、原子力発電所における安全のための品質保証活動に加え、「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」(JEAC4620-2008)及び「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」(JEAG4609-2008)に基づく品質保証活動を実施することによって、多重化された設備が共通要因で同時に故障(以下「共通要因故障」という。)を生じる可能性は十分に小さいと考えられるが、より一層の信頼性向上を目的として、ハードウェアを用いて「止める」「冷やす」「閉じ込める」の安全機能を合理的にバックアップする設備(以下「バックアップ設備」という。)を自主的に設置している。

具体的には、早期の作動を要求する原子炉トリップ、タービントリップ、主給水隔離、補助給水起動について、バックアップ設備から自動作動させる。

## 2. 設計方針

バックアップ設備に必要となる自動作動機能のうちタービントリップ及び補助給水起動については、技術基準規則第59条に対応するための重大事故等対処設備である多様化自動作動盤(ATWS緩和設備)に備わる機能を使用し、また原子炉トリップ及び主給水隔離については、共通要因故障に対応するためのバックアップ設備の機能として、多様化自動作動盤(ATWS緩和設備)にて機能を有する設計とする。また、バックアップ設備の概略構成を第1図に示す。

以下に、バックアップ設備の設計における考慮事項を示す。

### 2.1 構成品

バックアップ設備の構成品については、デジタル安全保護系の設備に対する多様性並びに十分な品質、信頼性及び実績を考慮して、アナログのハードウェア(アナログ信号処理回路、リレー回路など)を用いる設計とし、デジタル安全保護系のソフトウェアを介さない構成とする。

### 2.2 既設設備との分離

バックアップ設備は、安全保護系を構成する設備とは別盤とすることによって、物理的分離及び絶縁回路の設置による電气的分離を図り、バックアップ設備の故障による安全保護系への悪影響を防止する設計とする。

### 2.3 重大事故等対処設備への悪影響防止

バックアップ設備は、重大事故等対処設備である多様化自動作動盤（ATWS緩和設備）内に機能を有するが、耐震性、火災防護及び溢水防護に関して、重大事故等対処設備への悪影響を防止する設計とする。

具体的には、耐震性に関しては、バックアップ設備が重大事故等対処設備である多様化自動作動盤（ATWS緩和設備）の耐震Sクラス相当の設計に影響を与えず、火災防護に関しては、難燃ケーブルを使用することで火災防護の設計に影響を与えず、溢水に関しては、溢水防護上の機能喪失高さの設計に影響を与えない設計とすることにより、重大事故等対処設備への悪影響防止を図る設計とする。

### 2.4 耐震性

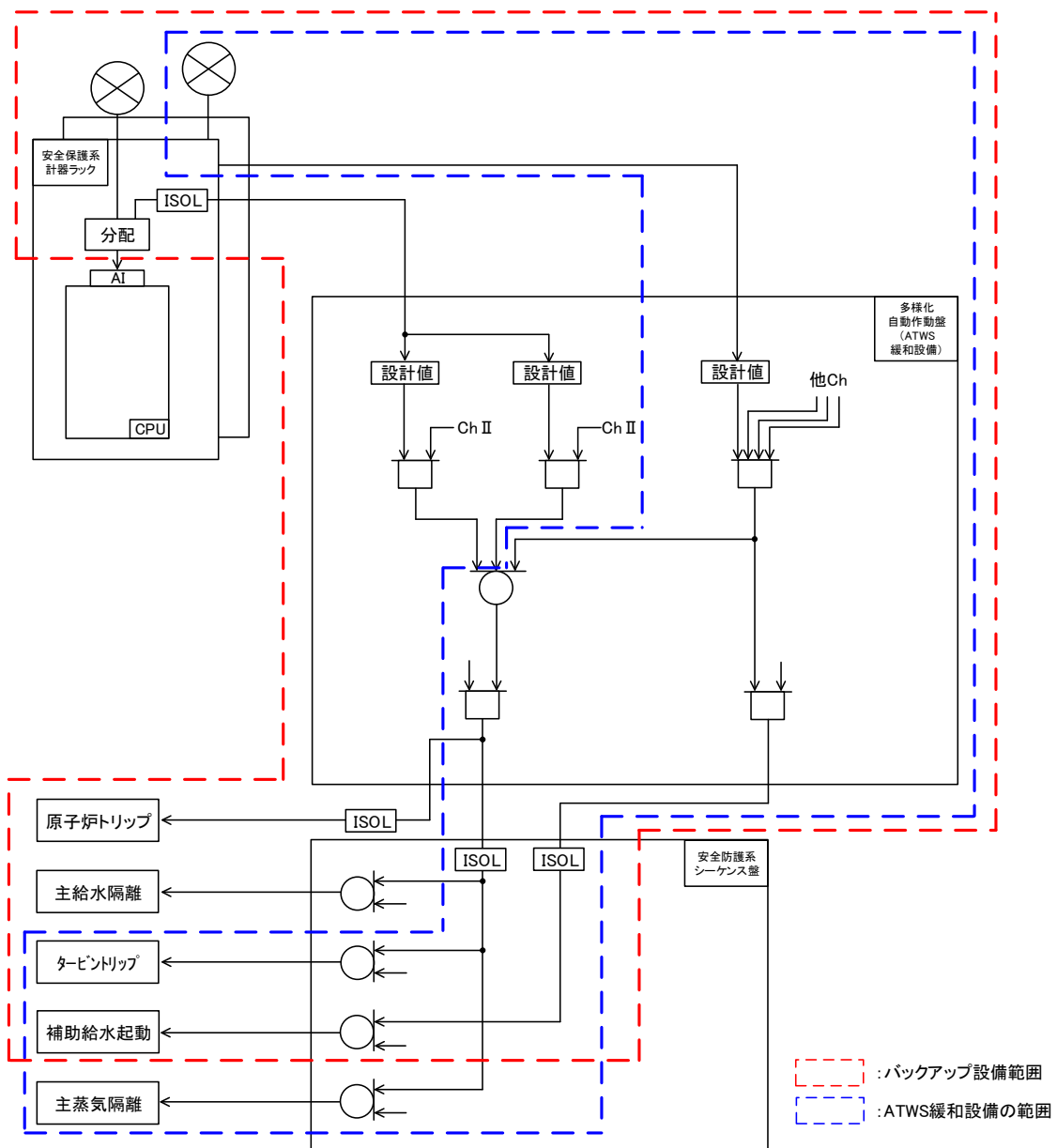
バックアップ設備に要求する耐震性は耐震Cクラスであるが、Sクラスの地震動においても誤動作のない設計とするとともに、安全保護系の設備と接続する回路については、耐震Sクラスとし、安全保護系の機能を阻害しない設計とする。

なお、本工事において、既に設置しているバックアップ設備の機能に変更はないことから、バックアップ設備の機能を有する多様化自動作動盤（ATWS緩和設備）の耐震性については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-17-4-30「多様化自動作動盤（ATWS緩和設備）の耐震計算書」から変更はない。

### 2.5 誤動作の防止

バックアップ設備は、故障による安全保護系への誤動作を防止するため、内部構成を多重化し、単一の故障により誤動作しない設計とする。

また、駆動源の喪失により誤動作を生じさせないように、リレー回路については駆動源がある場合に限って信号を発信する設計とする。具体的には、リレー回路は常時非励磁状態とすることで、駆動源がある場合に限って信号を発信とし、駆動源の喪失により誤動作を生じさせない設計とする。



第1図 バックアップ設備の概略構成

## 補足説明資料 1 5

### 設計思想に関する補足説明



## 1. 設計の流れ

まず、決定論にて故障を想定し、安全保護系の機能(ロジック盤設置、フェイル動作)を設計する。このとき、技術基準規則第35条第4号(フェイル動作)に適合するようにフェイル動作を設計する。

安全保護系の機能の設計後、システム全体の信頼性を「確率論」にて評価し、技術基準規則の解釈第35条第4項(デジタル安全保護系適用)の適合性を確認している。

## 2. 安全保護系の機能設計

### ○原子炉保護設備

#### (1)論理演算機能の移設

今回、ロジック盤の電子部品の製造中止等に伴いロジック盤を取替えるにあたって、ロジック盤が担っている、パラメータに対する論理演算機能(①)について、既設のデジタル制御装置である計器ラックのソフトウェアにて実現する。

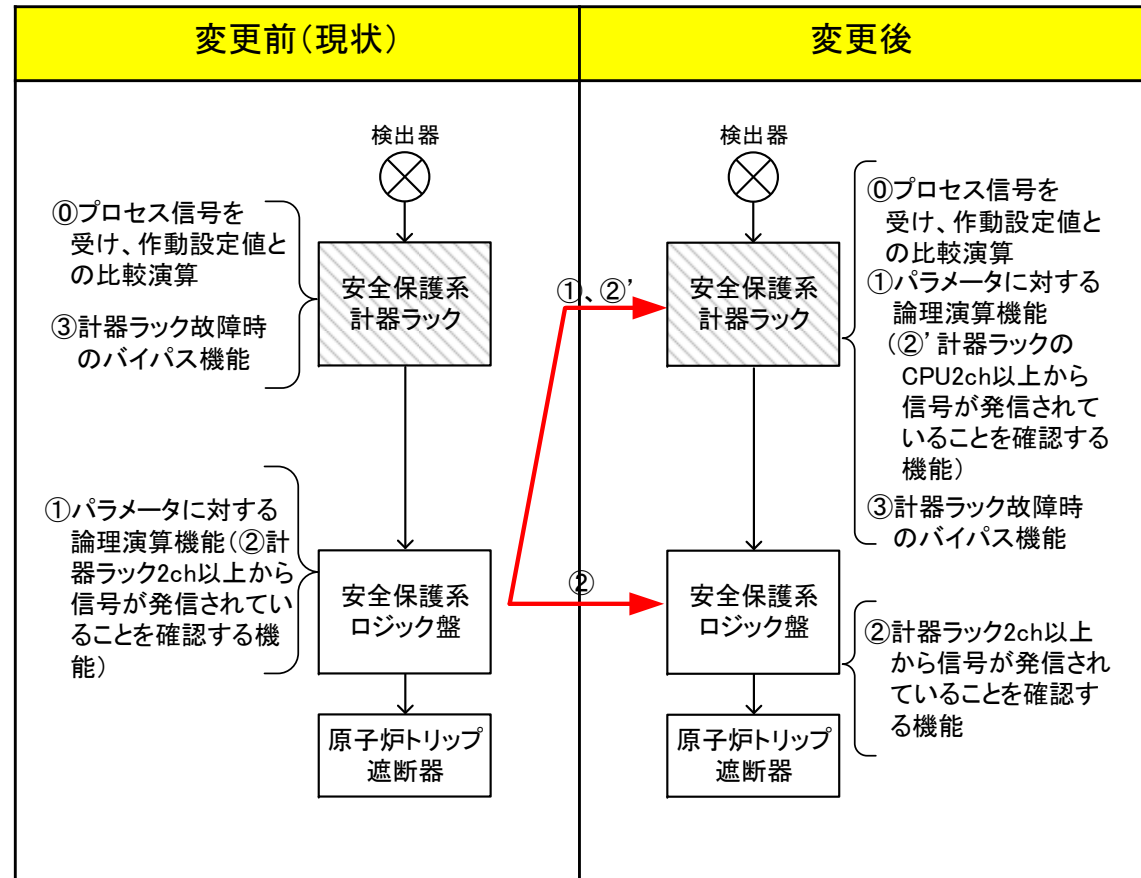
#### (2)設計における考慮事項

既設の計器ラックのCPUが1重化であるため、変更後において計器ラックの1重故障時の対応を考慮する。

ロジック盤を設置し、4chある計器ラックのうち2ch以上の信号が発信されているかを判断する機能(②)をロジック盤に持たせることで、計器ラック1chの誤動作時においても原子炉トリップ遮断器が不要に動作することはない。(※)また、②の機能をロジック盤に持たせることで、計器ラック1chの不動作時においても残りの健全な3チャンネルによって、原子炉トリップ遮断器を動作させることができる。

計器ラック1chの誤動作時、警報発信後、運転員または保修員が計器ラックの保守パネルに設置されている操作スイッチにて当該計器ラックを系統から除外(バイパス)することにより、残り1chの計器ラックの動作で原子炉トリップ遮断器が実動作し、原子炉トリップする状態から、残り2chの計器ラックの動作で原子炉トリップ遮断器が実動作する状態に復帰できる。(機能(③))(故障計器ラックの系統からの除外については5項参照のこと。)

※計器ラック誤動作時、フェイルセーフ設計により原子炉トリップ信号を発信するものの、当該信号以外の3チャンネルからの信号が発信していないことをもって当該信号が誤動作であることを正常なロジック盤が判定し、原子炉トリップ遮断器への信号発信を阻止することにより、原子炉トリップ遮断器の不要な動作を回避する設計としている。ロジック盤を設置することによる信頼性への影響については、4項のとおり信頼性評価として実施している。



## ○工学的安全施設作動設備

### (1) 論理演算機能の移設

原子炉保護設備同様に、ロジック盤が担っている、パラメータに対する論理演算機能(①)について、既設のデジタル制御装置である計器ラックのソフトウェアにて実現する。

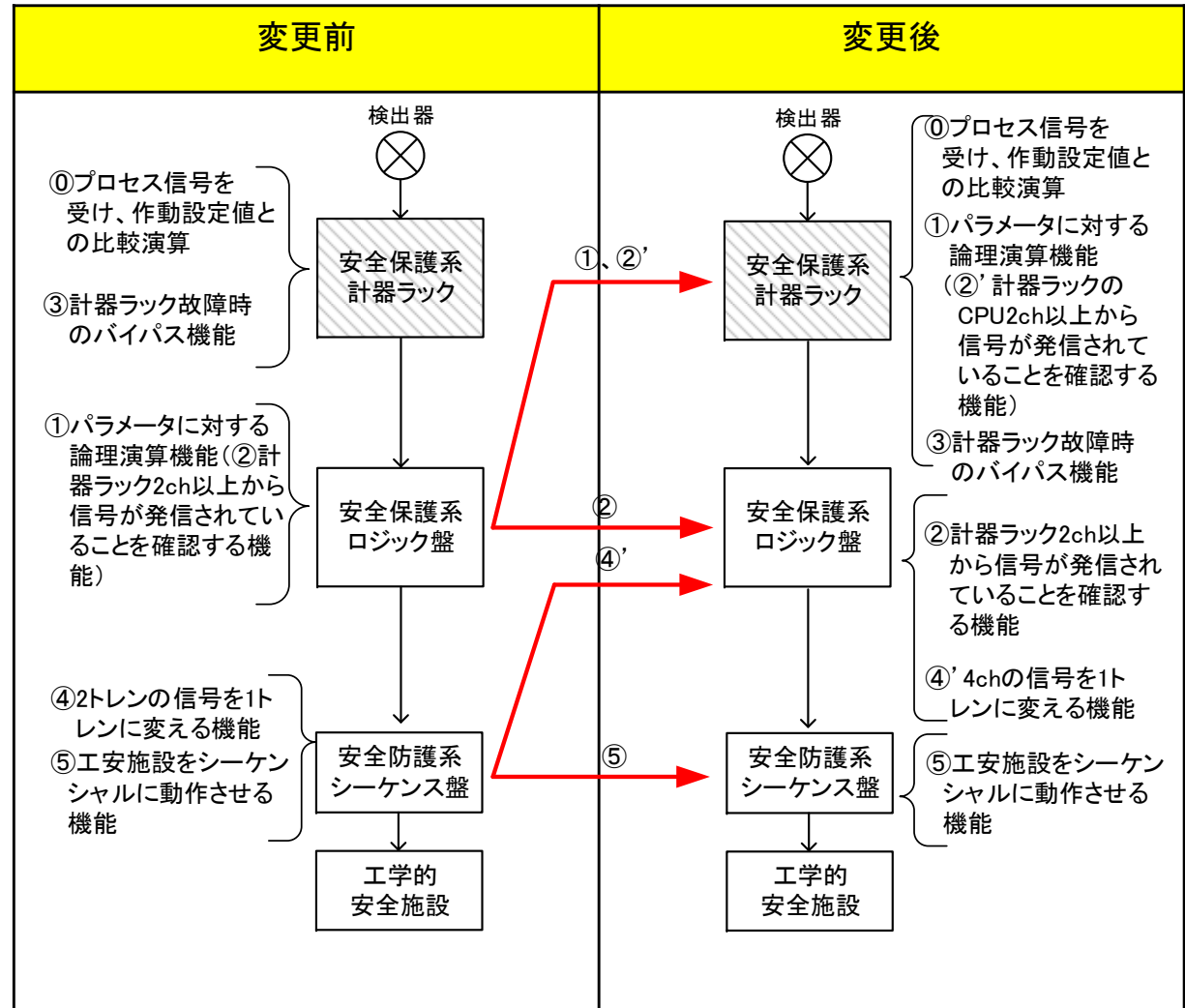
### (2) 設計における考慮事項

既設の計器ラックのCPUが1重化であるため、変更後において計器ラックの1重故障時の対応を考慮する。

ロジック盤を設置し、4chある計器ラックのうち2ch以上からの信号が発信されているかを判断する機能(②)を持たせることで、計器ラック1chの誤動作時においても、当該信号以外の3チャンネルからの信号が発信していないことをもって当該信号が誤動作であることを正常なロジック盤が判定し工学的安全施設への信号を阻止し、工学的安全施設の不要な動作を回避する設計としている。また、②および④'の機能をロジック盤に持たせることで、計器ラック1chの不動作時においても残りの健全な3チャンネルによって、工学的安全施設2トレンを動作させることができる。

変更前は、計器ラック1chの不動作時、4chある計器ラックのうち2ch以上からの信号が発信されているかを判断する機能(②)を持つロジック盤があることで工学的安全施設2トレンが動作可能であるが、変更後に仮にロジック盤を設置せず、既設同様にシーケンス盤で2/2の論理演算を行う設計とした場合、計器ラック1chの不動作時において工学的安全施設1トレンが動作不可となる。一方、変更後は2/4ロジックを持つロジック盤を設置することから、ロジック盤が4chの信号を1トレンに変える機能(④')を持つことにより、計器ラック1chの不動作時においても工学的安全施設2トレンが動作可能となる。

計器ラック1chの誤動作時、警報発信後、運転員または保修員が当該計器ラックを系統から除外(バイパス)することにより、残り1chの計器ラックの動作で工学的安全施設が実動作する状態から、残り2chの計器ラックの動作で工学的安全施設が実動作する状態に復帰できる。(機能(③))(故障計器ラックの系統からの除外については5項参照のこと。)



# デジタル安全保護系への変更工事の設計思想(3/5)

## (3) トレン構成

変更前のロジック盤が有する論理演算機能(①、②)については、4つのロジック盤で構成し、論理演算の結果、シーケンス盤に信号を発信している。シーケンス盤が有する論理演算機能(④)については、工学的安全施設作動設備が2トレン設備であること、また工学的安全作動設備全体の信頼性を評価した結果、2/2で必要十分であったことから2/2のロジックとしている。

変更後、ロジック盤の論理演算機能(①、②)が計器ラックに機能移設(①、②')されることによって、ロジック盤を設置せず、2つの計器ラックから発信された信号をシーケンス盤で2/2の論理演算を行うことでも成立するが、計器ラック1chの不動作故障を考慮した場合、工学的安全施設1トレンが動作不可となる。一方、2/4ロジックを持つロジック盤を設置する設計としていることから、変更前と同様に計器ラック1chの不動作故障時においても工学的安全施設2トレンの動作が可能となる。2/4ロジックを持つロジック盤が計器ラックからの4ch信号を1トレンに集約する機能(④')を有しているため、変更前にシーケンス盤が有している2/2の論理演算機能(④)は不要となる。このため、ロジック盤とシーケンス盤が1対1となるトレン構成となる。

## (4) ロジック盤の出力リレーの設計

### ・駆動源の喪失(フェイル動作)

技術基準規則第35条第4号において、駆動源の喪失、系統の遮断その他の不利な状況※が生じた場合においても、発電用原子炉施設をより安全な状態に移行する(フェイルセーフ)か、又は当該状態を維持する(フェイルアズイズ)ことにより、発電用原子炉施設の安全上支障がない状態を維持できることが要求されている。

工学的安全施設に関しては誤作動により、プラントに外乱等(例:プラント運転中の誤SI作動)を与え、安全上支障を及ぼす可能性があることから、工学的安全施設作動設備全体としてフェイルアズイズ設計とし、単一のフェイル動作によって工学的安全施設が誤動作しない範囲の一部についてはフェイルセーフの設計としている。これは工事前後で変更はない。具体的に、単一のフェイル動作によって工学的安全施設が誤動作しない計器ラック(検出器含む)については一部をフェイルセーフの設計とし、最終段の論理演算機能を持つロジック盤についてはフェイルアズイズの設計とし、システム全体としてフェイルアズイズの設計としている。

最終段の論理演算機能(④)については、駆動源の喪失に対してフェイルセーフの設計とした場合、当該制御盤の駆動源喪失時に工学的安全施設が実際に誤動作することからフェイルアズイズの設計としている。

このフェイルアズイズ設計としている当該論理演算機能は、既設ではシーケンス盤が担っているが、変更後ではロジック盤が担う(④')ことから、ロジック盤の出力リレーの駆動源喪失に対してはフェイルアズイズの設計とするため、出力リレーをb接からa接に変更する。これにより、既設同様に最終段の論理演算機能の駆動源の喪失に対してフェイルアズイズを実現している。最終段の論理演算機能を担う盤の駆動源の喪失を想定した場合において、1トレンが動作不能となるが、工学的安全施設作動設備は2トレン構成であり、残りの健全な1トレンにて安全保護系の機能は確保される。これは工事前後で変更はない。

※駆動源の喪失、系統の遮断その他の不利な状況として、電力もしくは計装用空気の喪失またはマイクロプロセッサ部の安全保護機能を喪失するような故障が考えられるが、ロジック盤はCPUを持たない電気盤であるため、駆動源の喪失(電力の喪失)のみが対象となる。

### ・単一の故障

出力リレーの不動作故障時、工学的安全施設作動設備の1トレンが動作不能となるが、残りの健全な1トレンにて安全保護系の機能は確保される。これは工事前後で変更はない。

(3)のとおり、変更後は、2/4ロジックをロジック盤に持たせ、2つのロジック盤で実現することから、ロジック盤とシーケンス盤が1対1となるトレン構成となる。このため、ロジック盤の出力リレーを1重化とした場合、出力リレー単体の誤動作故障(例:ノイズによるチャタリング等)により、シーケンス盤に誤信号が出力され、工学的安全施設が実際に誤動作し、外乱となる。これを回避するため、出力リレーを2重化(アンド回路)とする設計としている。

## 3. 電源の設計

安全保護系に限らず、停電時の影響が大きい制御盤については、保守性※も踏まえ2重化する設計としている。

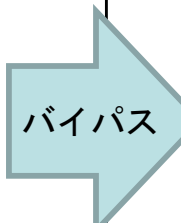
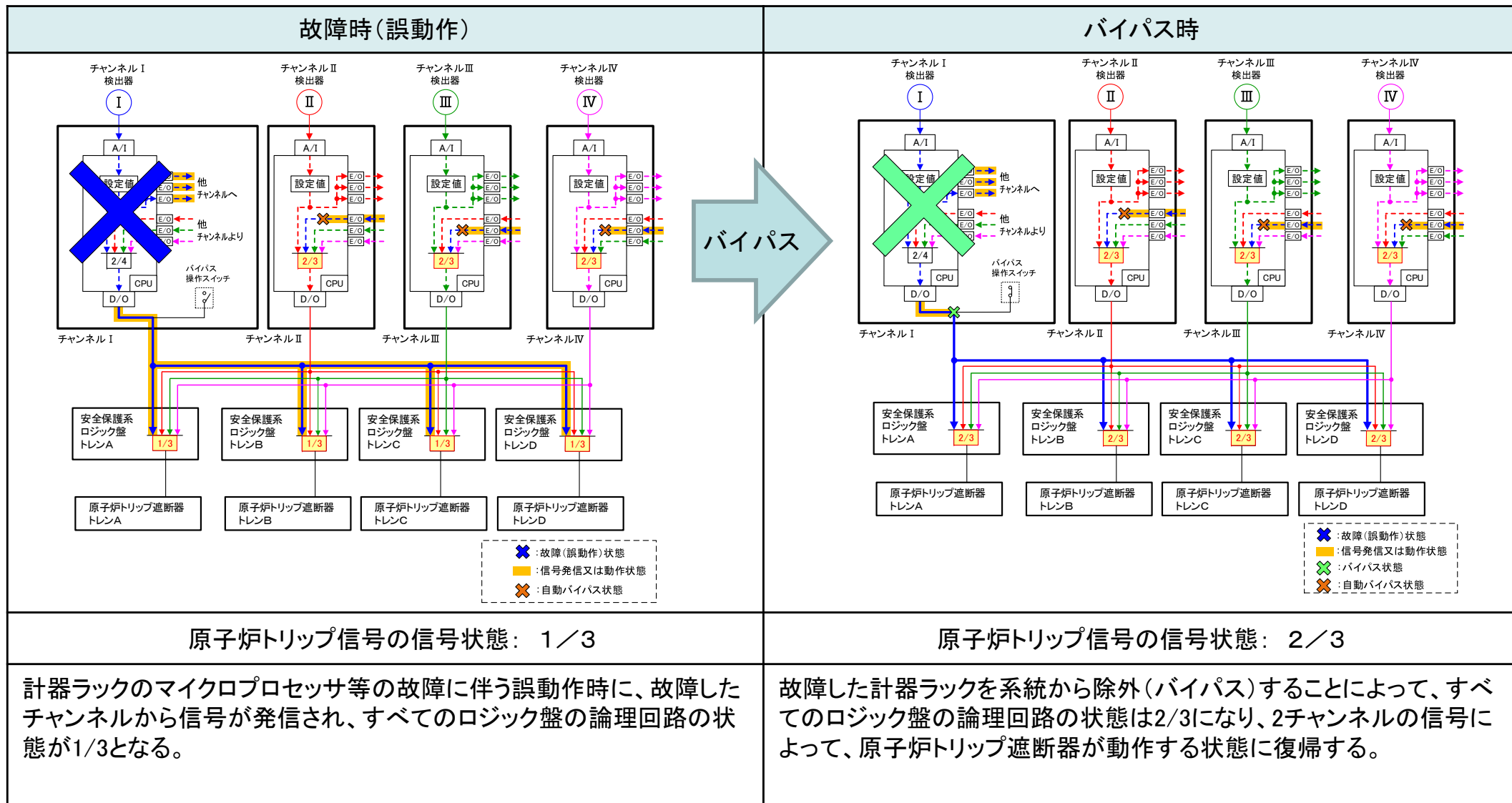
※電源を2重化することによって、電源側点検時に、当該制御盤を停止することなく点検することが可能。

## 4. 原子炉保護設備の信頼性評価

1項～3項にて設計した原子炉保護設備に対してシステム全体の信頼性を評価した結果、既設同等であり、技術基準規則の解釈第35条第4項(6)を満足することを確認している。

## 5. 故障計器ラックの系統からの除外について

警報発信後、運転員または保守員が計器ラックの保守パネルに設置されているバイパス操作スイッチにて、誤動作計器ラックからロジック盤へのD/O出力をハードワイヤードにて強制的に励磁(格納容器スプレイ作動については非励磁)することで、残り1chの計器ラックの動作で原子炉トリップ遮断器が実動作し、原子炉トリップする状態から残り2chの計器ラックの動作で原子炉トリップ遮断器が動作する状態に復帰する。(なお、下図は、原子炉保護設備に係る説明であるが、工学的安全施設作動設備においてもロジック盤がトレンA、Bとなるだけで挙動に差異はない。)



- ✖ : 故障(誤動作)状態
- : 信号発信又は動作状態
- ⊗ : バイパス状態
- ⊗ : 自動バイパス状態