

令和 3 年 2 月 17 日

安全保護系のフェイル動作及び保安規定に定める論理回路に関する説明

1. はじめに

原子炉保護設備及び工学的安全施設作動設備について、駆動源の喪失又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を生じた場合におけるフェイル動作の説明を行う。併せて、保安規定に定める論理回路に関して説明を行う。

2. 技術基準規則における要求事項及び設備設計の基本方針

2.1 技術基準規則における要求事項

【第 35 条（安全保護装置）第 4 項】

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か、又は当該状態を維持することにより、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。

2.2 設備設計の基本方針

上記要求より、安全保護系は発電用原子炉施設の安全上支障がない状態を維持する範囲で、「フェイル・セーフ」「フェイル・アズ・イズ」いずれかの設計とする必要がある。

これを踏まえたうえで、原子炉保護設備は、確実な原子炉停止を達成するために「フェイル・セーフ」とし、一方、工学的安全施設作動設備は、誤動作による外乱等を考慮して「フェイル・アズ・イズ」とすることを基本方針とする。

ただし、工学的安全施設作動設備については、単一のフェイル動作によって工学的安全施設作動設備が誤動作しない合理的な範囲について「フェイル・セーフ」の設計とする。

3. 原子炉保護設備のフェイル動作

第 1 表に、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原子炉保護設備のフェイル動作を示す。フェイル動作について、駆動源の喪失 (①)、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 (②) を識別して記載する。

第 1 表 原子炉保護設備のフェイル動作

設備	変更前	変更後	
		安全保護系 ロジック盤有り	安全保護系 ロジック盤無し
安全保護系計器ラック (検出器を含む)	①セーフ ②セーフ	①セーフ ②セーフ	①セーフ ②セーフ
安全保護系ロジック盤	①セーフ	①セーフ	—
原子炉トリップ遮断器	①セーフ	①セーフ	①セーフ

注：フェイル・セーフを「セーフ」と記載。

4. 工学的安全施設作動設備のフェイル動作

第2表に、変更前、変更後に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工学的安全施設作動設備のフェイル動作を示す。フェイル動作について、駆動源の喪失(①)、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(②)を識別して記載する。

ここで、安全保護系ロジック盤のフェイル動作について、変更前では、安全保護系ロジック盤の下流に安全防護系シーケンス盤のアンド回路(2/2)があることで、安全保護系ロジック盤の単一故障によって作動信号が発信しても、工学的安全施設の誤動作には至らないことから、基本設計に則り、一部*を除いてフェイル・セーフの設計としている。(第1図)

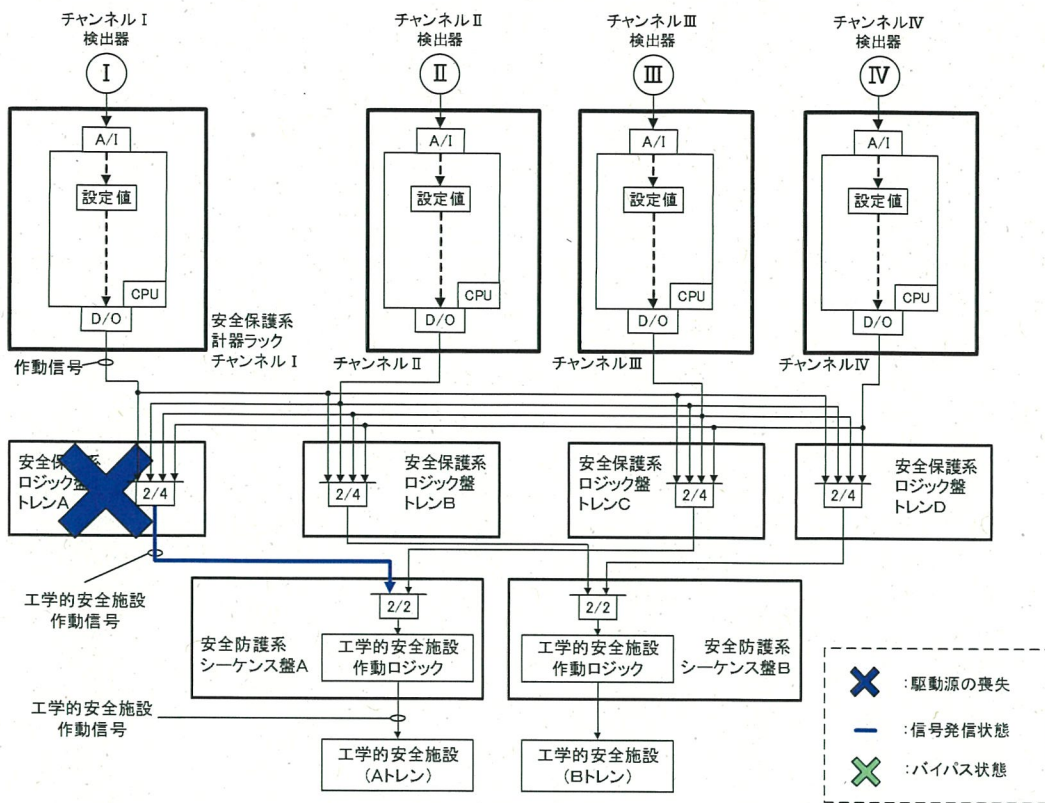
一方、変更後は、安全保護系ロジック盤の作動信号で工学的安全施設が直接動作するため、基本設計に則り、フェイル・アズ・イズの設計に変更する。(第2図)

※原子炉格納容器スプレイ作動信号

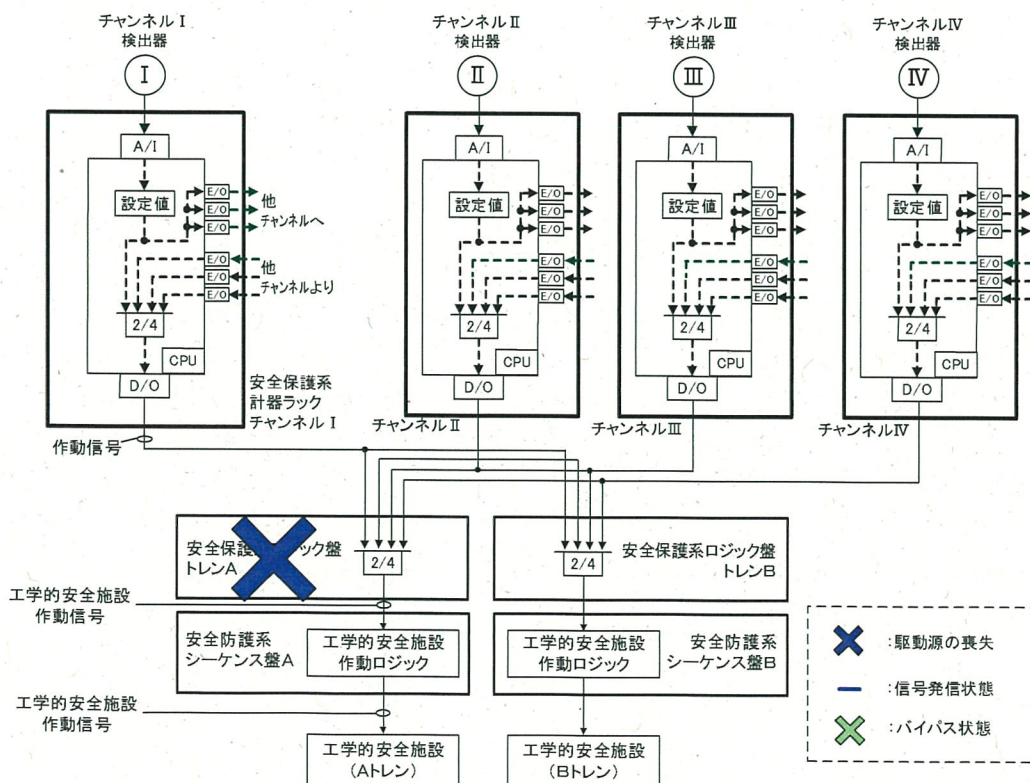
第2表 工学的安全施設作動設備のフェイル動作

設備	変更前	変更後	
		安全保護系 ロジック盤有り	安全保護系 ロジック盤無し
安全保護系計器ラック (検出器を含む)	①セーフ/アズ・イズ ②セーフ/アズ・イズ	①セーフ/アズ・イズ ②セーフ/アズ・イズ	①セーフ/アズ・イズ ②セーフ/アズ・イズ
安全保護系ロジック盤	①セーフ/アズ・イズ	①アズ・イズ	—
安全防護系シーケンス盤	①アズ・イズ	①アズ・イズ	①アズ・イズ

注：フェイル・セーフを「セーフ」、フェイル・アズ・イズを「アズ・イズ」と記載し、これらが混在する場合は「セーフ/アズ・イズ」と記載。



第1図 安全保護系ロジック盤のフェイル・セーフ動作 (変更前)



第2図 安全保護系ロジック盤のフェイル・アズ・イズ動作 (変更後 (安全保護系ロジック盤有り))

4.1 工学的安全施設作動信号別のフェイル動作

安全保護系計器ラック及び安全保護系ロジック盤では、フェイル・セーフとフェイル・アズ・イズが混在するため、工学的安全施設作動信号別のフェイル動作を説明する。

安全保護系計器ラックを介して発信する工学的安全施設作動信号には、非常用炉心冷却設備作動信号、主蒸気ライン隔離信号及び原子炉格納容器スプレイ作動信号があり、フェイル動作は下記のとおり。

(1) フェイル・セーフ動作

a. 非常用炉心冷却設備作動信号

- ①原子炉圧力低と加圧器水位低の一致
- ②原子炉圧力異常低
- ③主蒸気ライン圧力低
- ④原子炉格納容器圧力高

b. 主蒸気ライン隔離信号

- ①原子炉格納容器圧力異常高
- ②主蒸気ライン圧力低
- ③主蒸気ライン圧力減少率高

(2) フェイル・アズ・イズ動作

c. 原子炉格納容器スプレイ作動信号

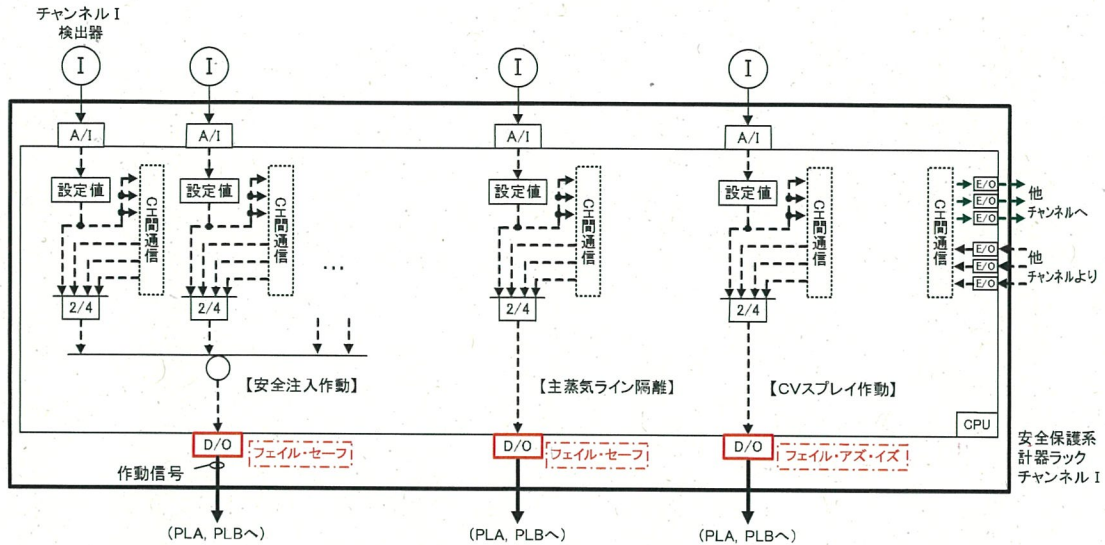
- ①原子炉格納容器圧力異常高

5. フェイル動作の設定

安全保護系計器ラック、安全保護系ロジック盤それぞれにおけるフェイル動作の設定方法を示す。

(1) 安全保護系計器ラック

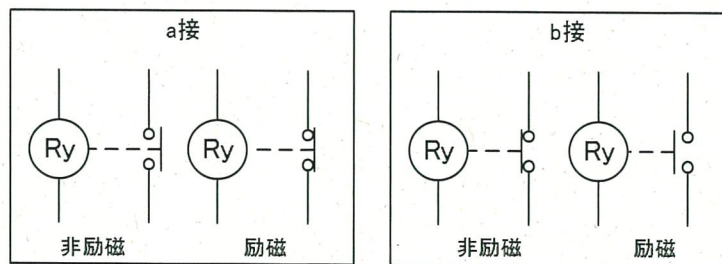
第3図に示すとおり信号毎に出力点 (D/O) を設けており、安全保護系計器ラック故障時のフェイル動作を出力点 (D/O) 毎に設定する。



第3図 安全保護系計器ラックにおけるフェイル動作の設定

(2) 安全保護系ロジック盤

第4図に示すとおり、接点リレーをa接 (非励磁で接点 OFF、励磁で接点 ON) 、b接 (非励磁で接点 ON、励磁で接点 OFF) で使い分けることで、故障時のフェイル動作を設定する。



第4図 安全保護系ロジック盤におけるフェイル動作の設定

6. 保安規定に定める論理回路

6.1 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	
		安全保護系 ロジック盤有り	安全保護系 ロジック盤無し
原子炉トリップ遮断器を開放する信号の発信回路	安全保護系ロジック盤の論理回路	同左	安全保護系計器ラックの論理回路
原子炉トリップ遮断器	原子炉トリップ遮断器	同左	同左

6.2 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」*1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。

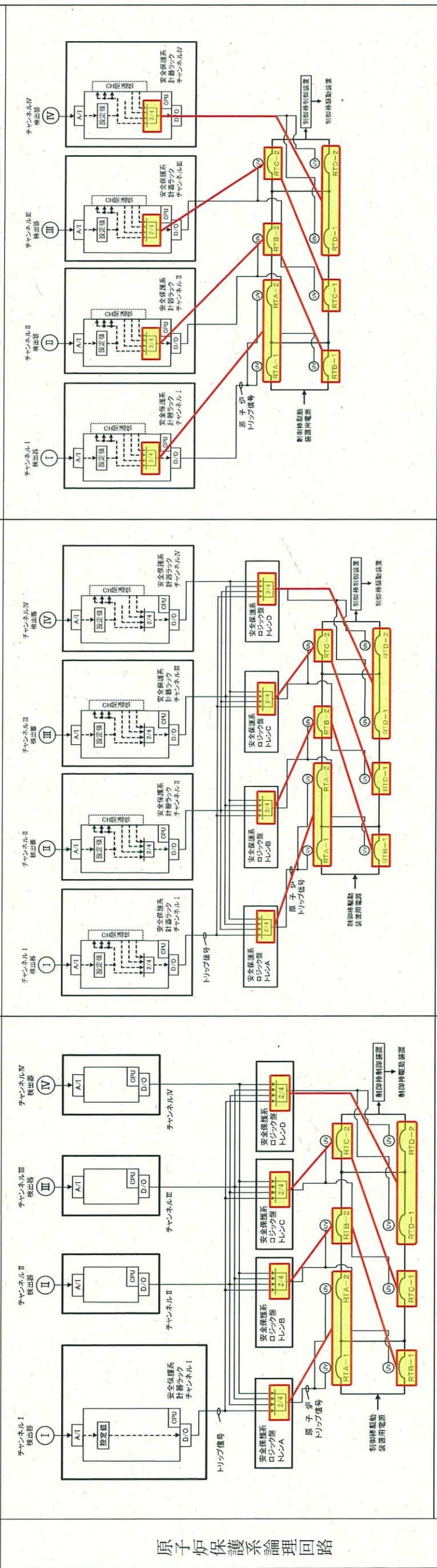
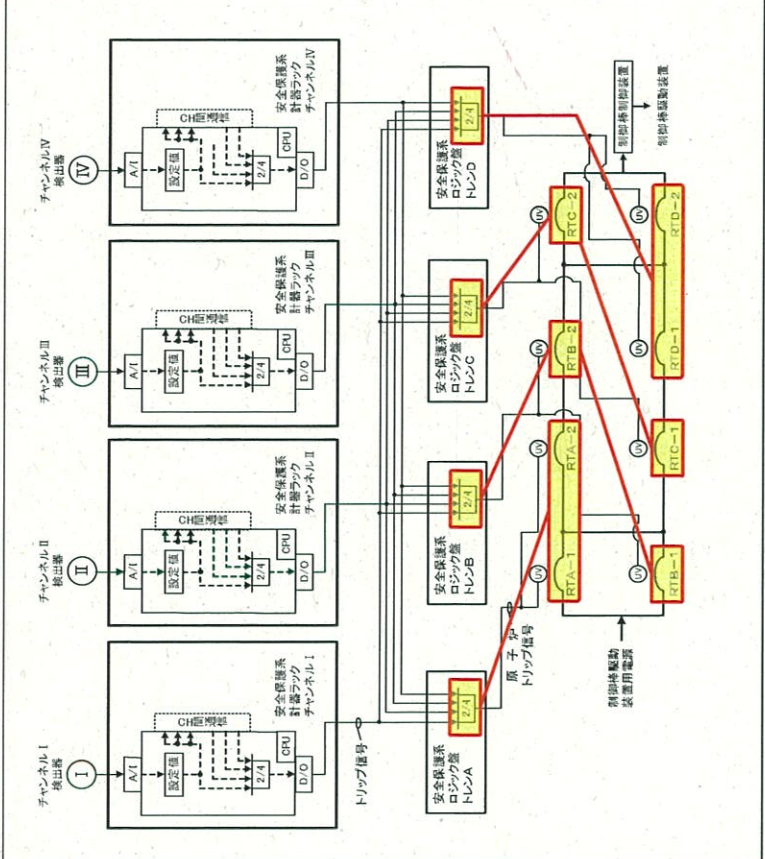
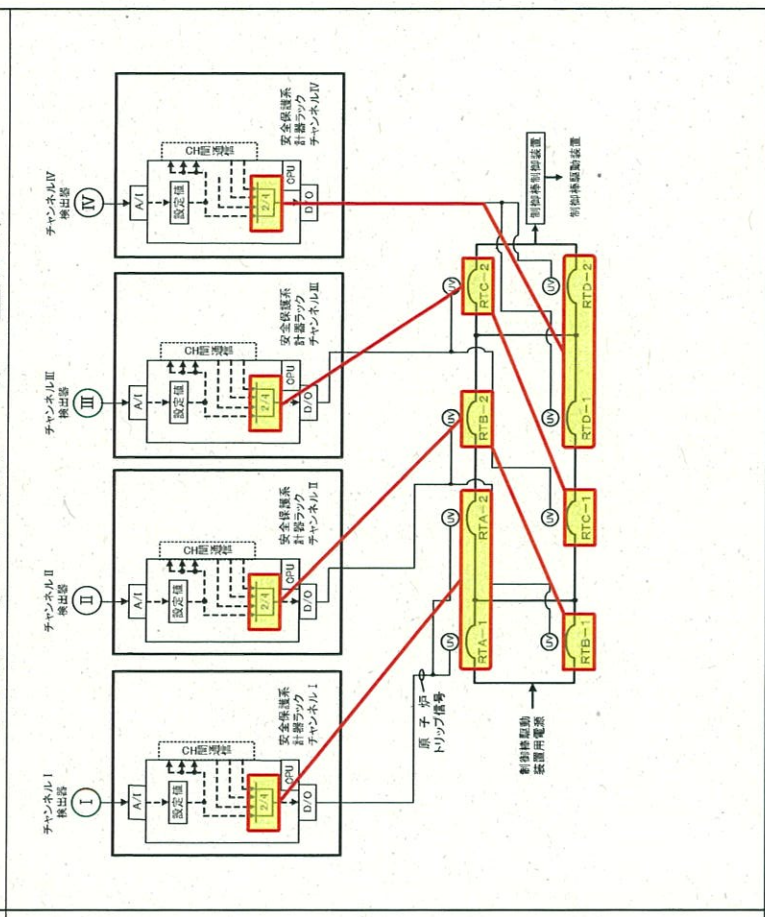
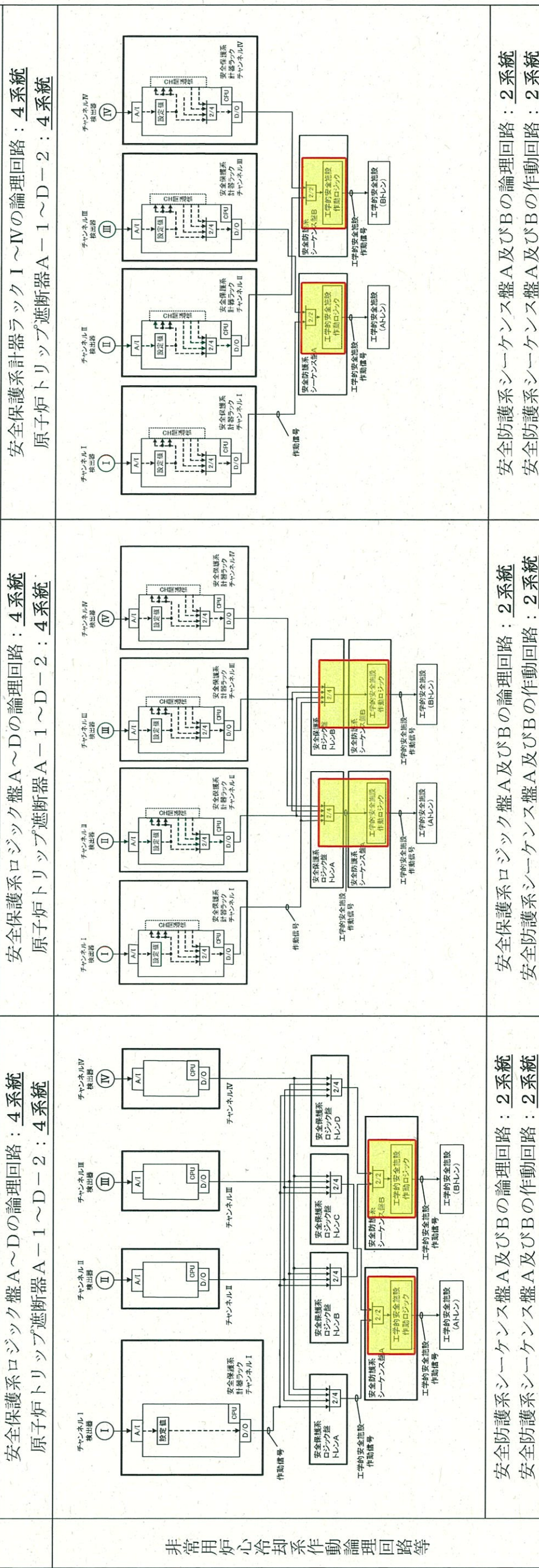
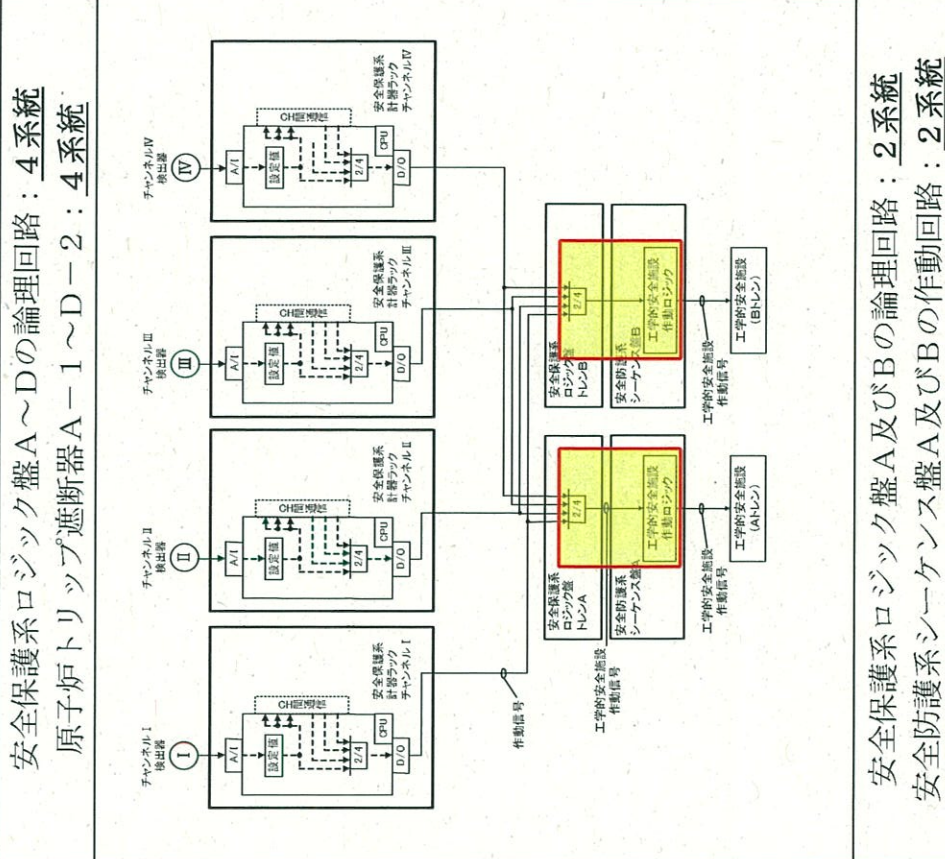
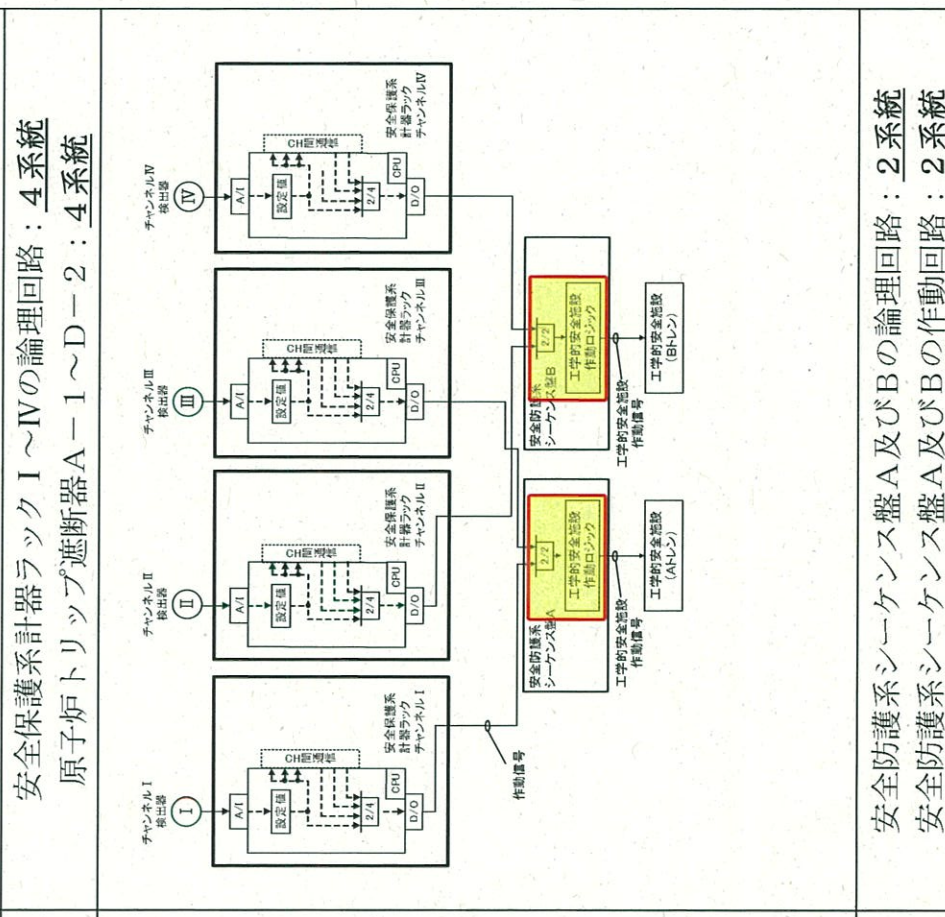
第4表 非常用炉心冷却系作動論理回路等

設備	変更前	変更後	
		安全保護系 ロジック盤有り	安全保護系 ロジック盤無し
工学的安全施設作動設備を作動する信号の発信回路	安全防護系シーケンス盤の論理回路*2	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論理回路
工学的安全施設の作動回路	安全防護系シーケンス盤の作動回路	同左	同左

※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、格納容器隔離A作動論理回路、格納容器隔離B作動論理回路、格納容器隔離Aと6.6kV非常用母線電圧低の一致による隔離作動論理回路、格納容器換気系隔離作動論理回路、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。

※2：安全保護系ロジック盤の故障時に、安全防護系シーケンス盤の論理回路は機能喪失するため、安全保護系ロジック盤は保安規定管理対象とする。

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)	変更後 (安全保護系ロジック盤無し)
<p>原子炉保護系論理回路</p> 	<p>変更後 (安全保護系ロジック盤有り)</p> 	<p>変更後 (安全保護系ロジック盤無し)</p> 
<p>非常用炉心冷却系作動論理回路等</p> 	<p>変更後 (安全保護系ロジック盤有り)</p> 	<p>変更後 (安全保護系ロジック盤無し)</p> 
<p>安全保護系ロジック盤A～Dの論理回路：4系統 原子炉トリップ遮断器A-1～D-2：4系統</p>	<p>安全保護系ロジック盤A～Dの論理回路：4系統 原子炉トリップ遮断器A-1～D-2：4系統</p>	<p>安全保護系ロジック盤A～Dの論理回路：4系統 原子炉トリップ遮断器A-1～D-2：4系統</p>
<p>安全防護系シーケンス盤A及びBの論理回路：2系統 安全防護系シーケンス盤A及びBの作動回路：2系統</p>	<p>安全防護系シーケンス盤A及びBの論理回路：2系統 安全防護系シーケンス盤A及びBの作動回路：2系統</p>	<p>安全防護系シーケンス盤A及びBの論理回路：2系統 安全防護系シーケンス盤A及びBの作動回路：2系統</p>

論理回路の該当箇所