

泊発電所3号機
誤操作を防止するための措置について
補足説明資料

平成25年10月29日

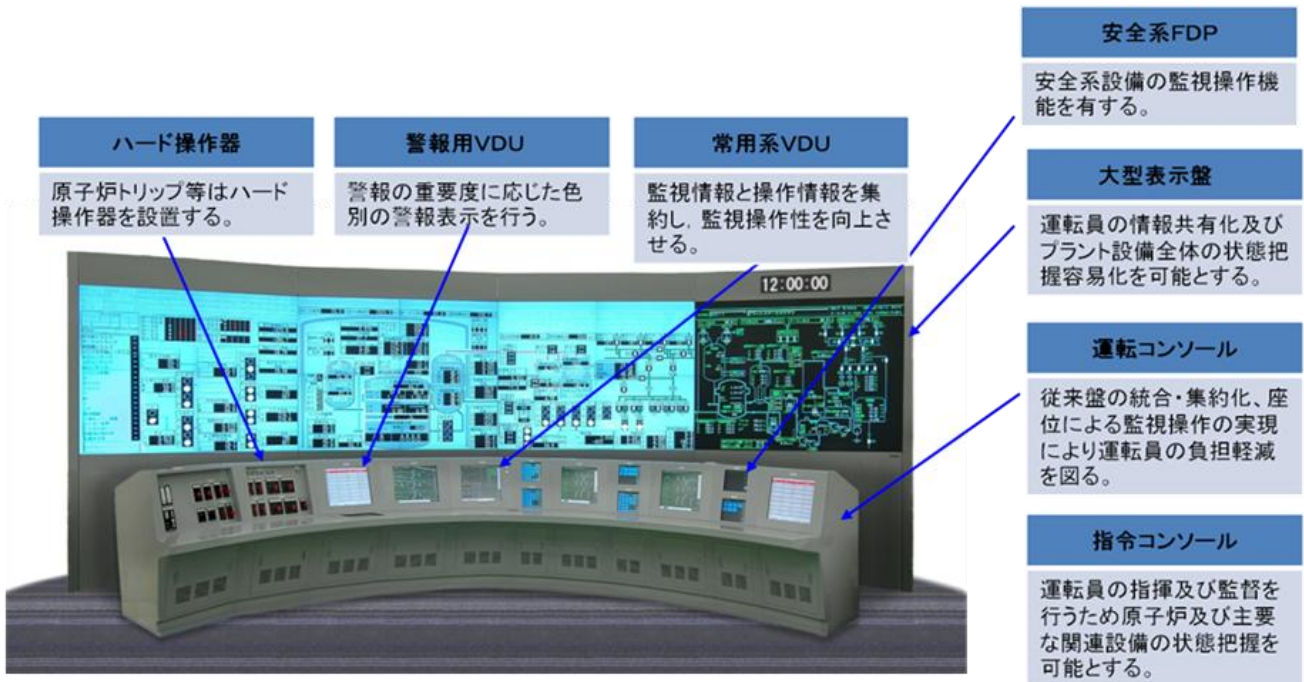
北海道電力株式会社

目 次

1. 泊発電所 3 号機中央制御盤の構成および特徴について	1
2. 中央制御室の環境条件について	1
3. 中央制御室の配置について	2
4. 表示機能、警報機能および操作機能について	3
5. 保守点検に対する配慮について	6
6. シミュレータ訓練時の誤操作防止のための基本動作について.....	7
7. 運転員の負担軽減のための自動化について.....	8
8. 新規制基準への適合状況（技術基準規則）	9

1. 泊発電所 3号機中央制御盤の構成及び特徴について

- (1) 中央制御盤は、原子炉及び主要な関連設備の集中的な監視操作を可能とした運転コンソール、運転員の指揮及び監督を行うための指令コンソール、運転員のプラント設備全体の状態把握を支援するための大型表示盤で構成している。
- (2) 監視及び操作の機能を集中したコンパクトコンソールの適用、運転員の情報共有化及びプラント設備全体の情報把握の容易化を可能とした大型表示盤の適用、監視及び操作の集約化を図ったタッチオペレーションの適用により、運転員の負担軽減及び情報の共有化を図っている。



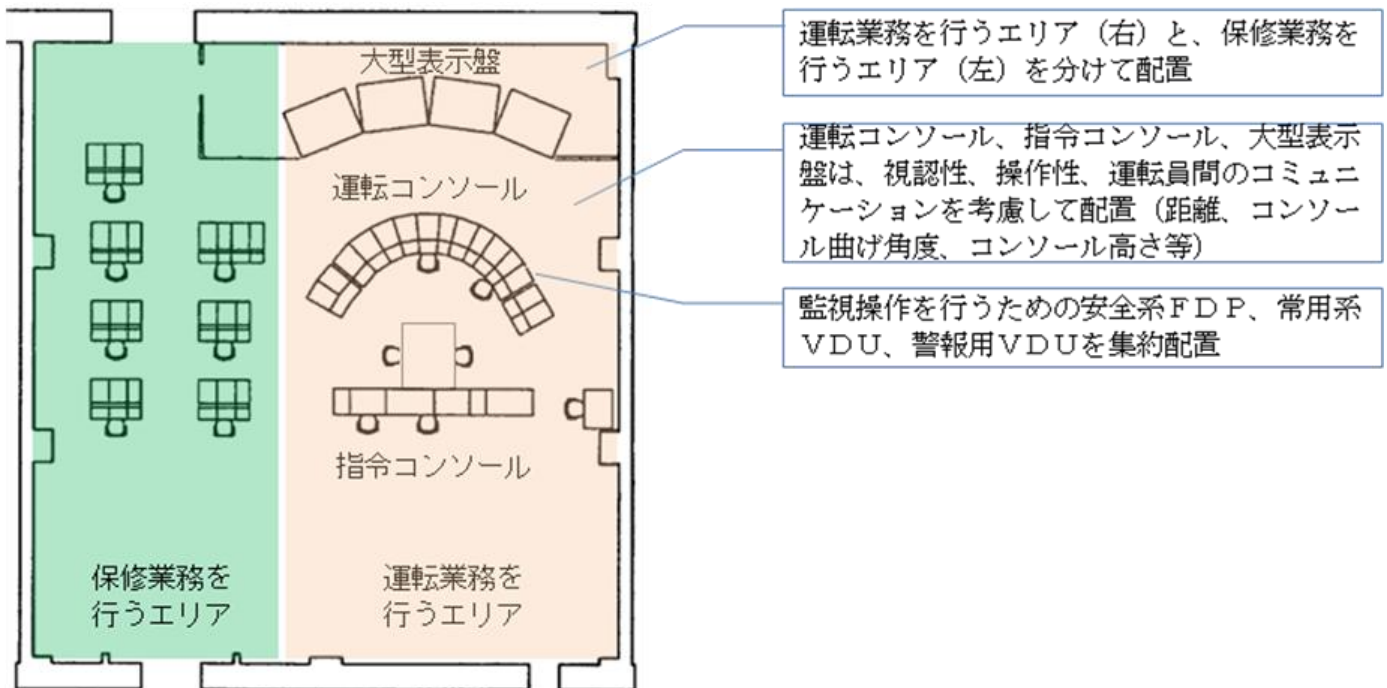
2. 中央制御室の環境条件について

運転員が適切に運転できるように、温湿度、照明、騒音の環境条件を考慮した設計としている。

項目	内容
温湿度	中央制御室の換気空調設備により、運転操作に適した室温(21~24℃)、湿度(40~60%RH)に調整可能である。
照度	運転操作に必要な照度(700ルクス以上)を確保可能としている。 また、監視操作で使用する安全系FDP、常用系VDU、警報用VDUおよび大型表示盤は、照明の映り込みを考慮した設計としている。 (照明の選定、表示デバイスの選定等)
騒音	騒音を発生させる機器を極力排除し、運転員間のコミュニケーションが適切に行えるようにしている。

3. 中央制御室の配置について

- (1) 中央制御室は、運転業務を行うエリアと保守業務を行うエリアに区分し、運転員と保守員の輻輳を回避している。
- (2) 運転業務を行うエリアには、運転コンソール、指令コンソールおよび大型表示盤を、運転員の視認性及び操作性並びに運転員間のコミュニケーションを考慮して配置している。
- (3) 監視操作を行うための安全系FDP、常用系VDU、警報用VDUは運転員が監視操作し易い位置に集約して設置することで運転員の負担軽減を図っている。



4. 表示機能、警報機能および操作機能について

(1) 表示機能

- ・運転員に必要な情報は、理解しやすい表示方法としている。

(例) 補機／弁等のシンボルの形状、状態変化の統一

- ・画面は運転員の慣習に適合した情報表示としている。

(例) 機器を上からA／B／Cの順に表示

- ・タスク分析から必要とされる情報のまとまりを極力1画面に表示している。
- ・画面内で用いるミミック表示は、実際の系統のつながりと整合をとっている。



常用系VDU表示(例)
(主給水系統画面)

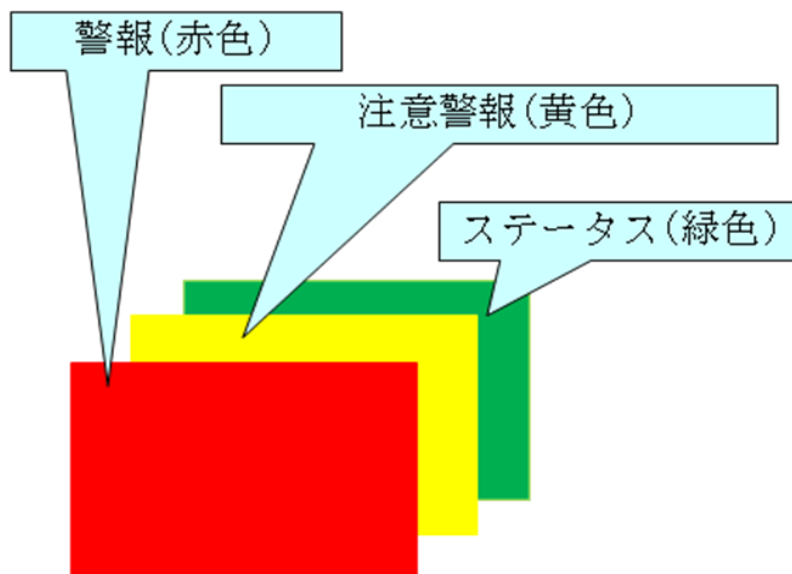
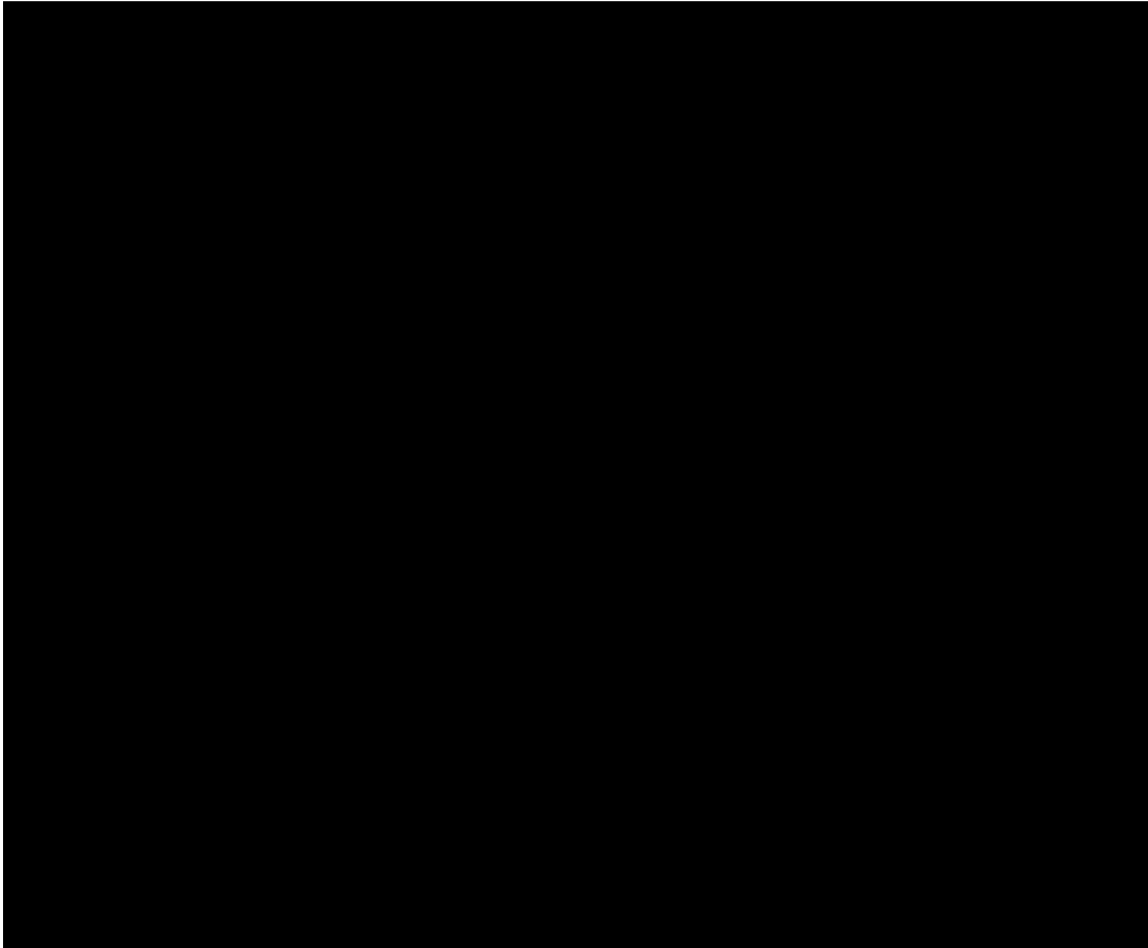
常用系VDU表示(例)
(原子炉補給水制御画面)

安全系FDP表示(例)
(右：格納容器関連パラメータ
表示画面)
(左：3A-原子炉補機冷却水
ポンプ操作器画面)

4. 表示機能、警報機能及び操作機能

(2) 警報機能

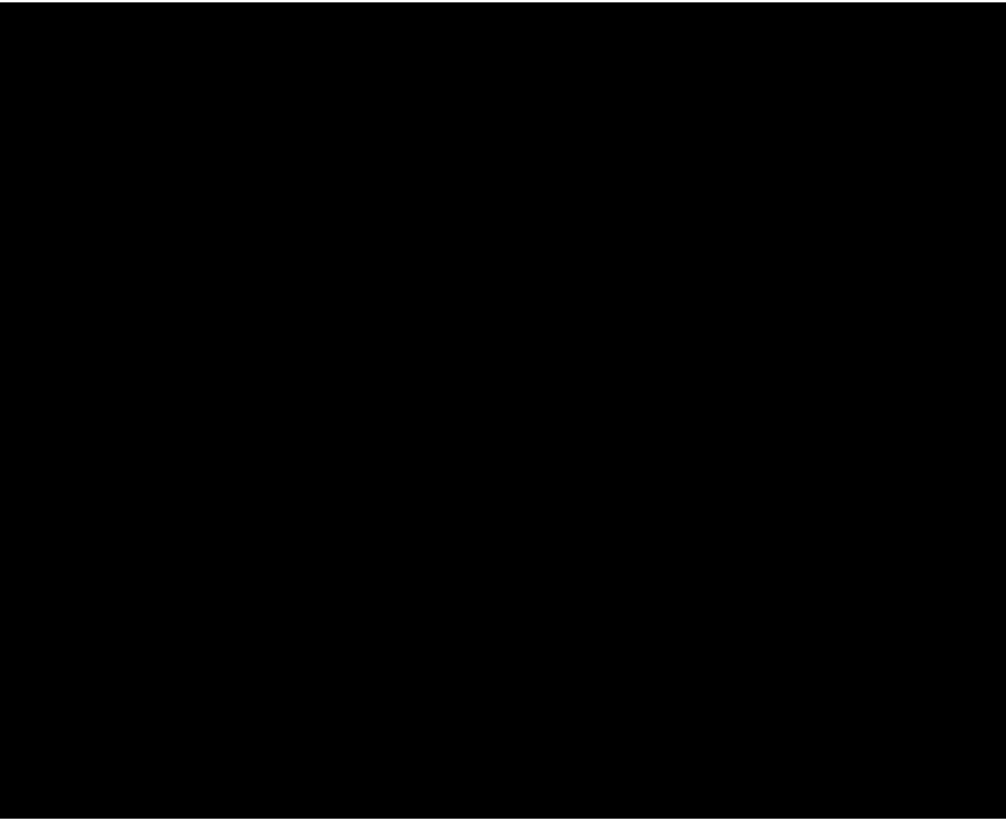
- ・警報発生時は、吹鳴音を吹鳴させ、大型表示盤および警報用VDUで警報を点滅表示する。
- ・警報用VDUでの警報確認後速やかにその警報の対応操作が行えるように、警報用VDUは常用系VDUおよび安全系FDPに近接して配置している。
- ・プラント運転状態に応じた不要な警報の発生を抑制することで、運転員の確認を要する警報数を低減させている。



4. 表示機能、警報機能及び操作機能

(3) 操作機能

- ・操作器は運転員の慣習に基づく動作・方向感覚に合致したものとしている。
(例) 操作器内の釦は上が「入（開）」、下が「切（閉）」
- ・操作器は、色、形、大きさのコーディングや操作方法に一貫性を持たせている。
- ・画面のタッチ領域は凸表示としタッチ可能な領域を識別するとともに、操作信号を出力するタッチ領域は十分な大きさを確保し、隣接するタッチ領域とも距離を離している。
- ・操作信号を出力する操作器は、操作器名称をタッチして操作器をアクティブにした状態でないと操作器内の操作が行えないようにしている。(従来の操作器カバーの役割)
なお、原子炉トリップ等のハード操作器については、従来の操作器カバーを設置している。

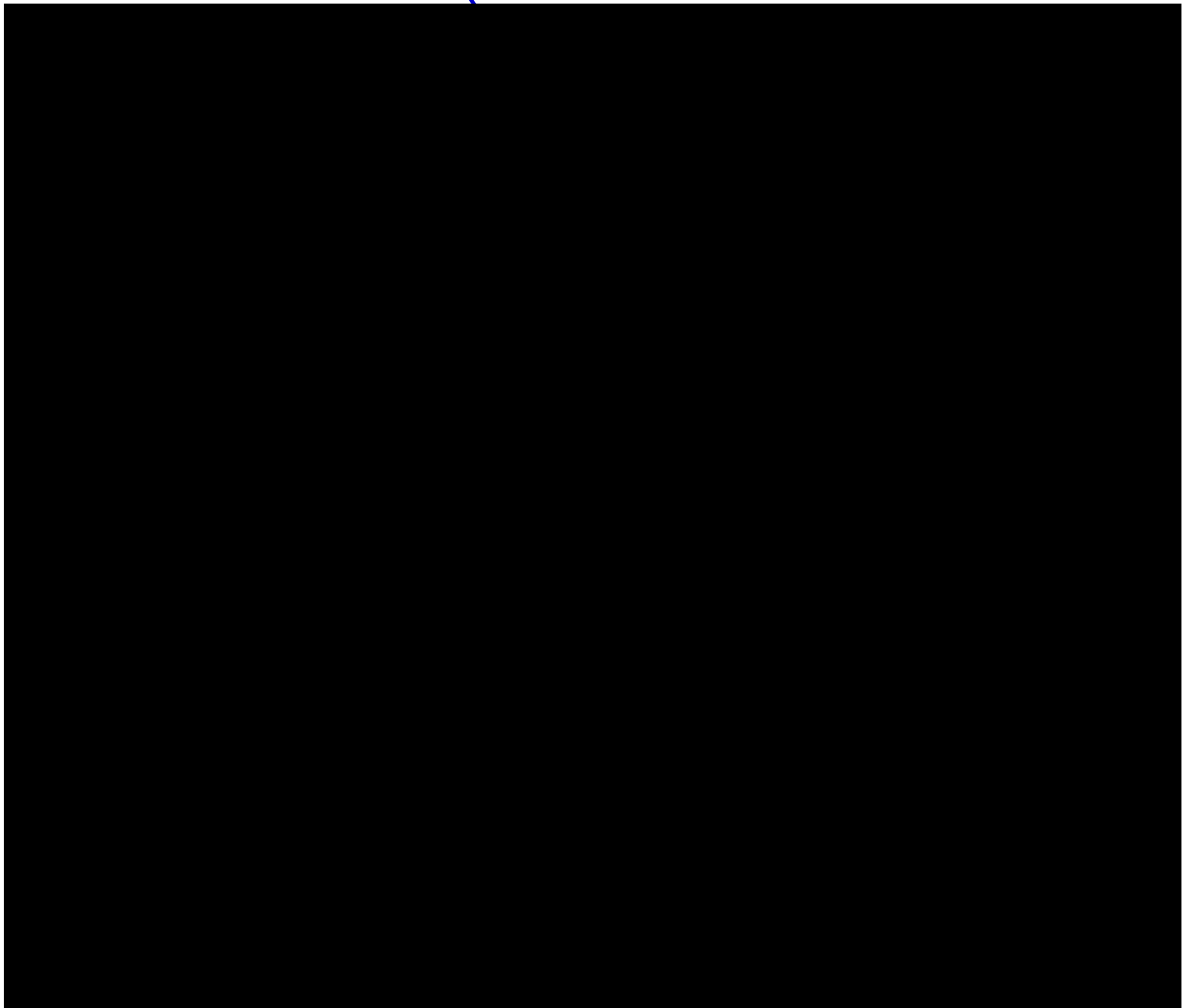


常用系V D U表示(例)
(充てん・抽出系統画面)

5. 保守点検に対する配慮について

- ・ 保守員が使用する保守コンソールは、運転員が使用する画面と同じ画面が表示されるようになっており、運転員の誤操作防止と同じ対策がとられている。
- ・ 保守コンソールでは、保守点検前に登録し発電課長（当直）が許可した操作器のみが使用可能となっており、誤った操作器は使用できないようにしている。

点検対象機器の情報詳細ウィンドウ



6. シミュレータ訓練時の誤操作防止のための基本動作について

運転員の誤操作防止のための基本動作を確実に実施するため、シミュレータ訓練時における指導ガイドラインを定めている。

本ガイドラインは、運転員の誤操作防止のための基本動作である、セルフ・チェック、3Wayコミュニケーション、ピア・チェックの各ツールにおける正しい手順と使用するべきタイミングを理解することを目的として定めており、これらのことを確実に実施することにより、誤操作防止が図られる。

1. 各誤操作防止ツールに対する指導事項

1) セルフ・チェック

セルフ・チェックは、操作者が操作する際、誤操作防止のため自らが行なうものである。セルフ・チェックの具体的手順は以下のとおりである。

- ・「操作前に機器を確認」し、
- ・「操作時に系統への影響と監視すべきパラメータを理解」した上で
- ・「指差呼称の後、確実な操作を行う」を実施後、
- ・「操作結果のレビュー」を行うこと、である。

2) 3Wayコミュニケーション

3Wayコミュニケーションは、送信者（管理者）が受信者（操作者）に対して、指示を与える際、お互いが正しく情報を共有するためのツールであり、以下の手順で行われる。

- ・1Way 「送信者は、フェイス・トゥ・フェイスで指示を正確に受信者へ伝える」
- ・2Way 「受信者は受けた指示の要点を繰り返し、指示を正しく理解したことを伝える」
- ・3Way 「送信者は受信者の2Wayにより、正しく理解したことが判れば指示を再復唱し、2Wayが正しくなければ再度指示を繰り返す」

3) ピア・チェック

ピア・チェックはセルフ・チェックを実施している操作者の誤操作を防ぐためのものであり、セルフ・チェックを補うものという位置付けであり、ピア（第三者）がチェックを行うことで、操作者には感じない危険を見つけることを目的とする。

なお、ピア・チェックは操作前・操作中に、操作者とピアの二名が同時にセルフチェックを行い、正しい行動であることを確認するものである。

7. 運転員の負担軽減のための自動化について

泊発電所3号機において、運転員の負担軽減を図るため自動化した設計の概要は以下の通り。

(1) 主給水制御弁／主給水バイパス制御弁自動切替

プラント起動・停止時において、原子炉出力上昇・減少に伴って蒸気発生器への主給水流量が増加・減少する。原子炉出力が約15%の段階で、主給水制御弁⇄主給水バイパス制御弁へ切替えるが、この切替前後の主給水流量が等しくなるように弁の切替を自動的に行うもの。この切替は開方向の弁の目標値を求め、各弁を一定方向で開閉することで行う。開方向の弁が目標値に達した時点で初期流量との間に偏差がある場合は修正動作を行う。

(2) 蒸気発生器水張制御自動化

プラント起動・停止時及び高温停止時の低流量の主給水流量制御のために蒸気発生器水張制御弁を使用するが、手動設定した蒸気発生器水位と実水位の偏差信号により蒸気発生器水張制御弁開度を調整し設定水位に保つように自動制御を行う。

(3) 再循環モードへの自動切替

LOCA時に余熱除去ポンプ等による燃料取替用水ピット水の炉心注入により燃料取替用水ピット水位が低下し、水位低警報設定点に達した場合に、運転員による再循環切替許可信号発信により注入モードから再循環モードへの切替（余熱除去ポンプ等のサクションを燃料取替用水ピットから格納容器再循環サンプへ切替）を自動的に行う。注入モードから再循環モードへの切替に際しては、原子炉補機冷却海水ポンプ及び原子炉補機冷却水ポンプを4台起動、余熱除去冷却器冷却水出口弁の開動作、格納容器再循環サンプ隔離弁の開動作等を自動的に行う。

(4) SGTTR時2次系汚染拡大防止一括隔離

SGTL又はSGTR発生時には汚染拡大防止処置（2次系の温水を系外へ排水する温水ピット排水ポンプの停止や蒸気発生器サンプラインCV外側隔離弁の閉止等）をする必要があるが、運転員によるSGTTR時2次系汚染拡大防止一括隔離信号発信により一括して隔離を行う。

8. 新規制基準への適合状況（技術基準規則）

第三十八条（原子炉制御室等）

新規制基準の項目	適合状況
<p>2 原子炉制御室には、反応度制御系統及び原子炉停止系統に係る設備を操作する装置、非常用炉心冷却設備その他の非常時に発電用原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置、発電用原子炉及び一次冷却系統に係る主要な機械又は器具の動作状態を表示する装置、主要計測装置の計測結果を表示する装置その他の発電用原子炉を安全に運転するための主要な装置（第四十七条第一項に規定する装置を含む。）を集中し、かつ、誤操作することなく適切に運転操作することができるよう施設しなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <p>7 第2項に規定する「誤操作することなく適切に運転操作することができる」とは「原子炉制御室における誤操作防止のための設備面への要求事項(別記-7)」によること。</p>	<p>中央制御室における誤操作防止を図るため、環境条件、配置・作業空間、制御盤の盤面配置、表示システム、制御機能に対し次表に示す対策が採られている。</p>

誤操作することなく適切に運転操作するための対策

項目	対策
環境条件	<p>(1) 中央制御室は作業に適した室温に調整可能とし、運転員が快適に運転できるようにする。</p> <p>(2) 安全系FDP，常用系VDU，警報用VDU及び大型表示盤は照明の映り込みを考慮したものとし、運転員が適切に運転できるようにする。</p> <p>(3) 中央制御室は騒音を発生させる機器を極力排除し、運転員間のコミュニケーションが適切に行えるようにする。</p>
配置及び作業空間	<p>(1) 中央制御室は運転業務を行うエリアと保修業務を行うエリアに区分する。また、運転業務を行うエリアは、指揮監督を行うエリアと運転操作を行うエリアに区分する。これにより、運転員と保修員の輻輳及び運転員間の輻輳を回避し、各々の運転員が自分のタスクを適切に行えるようにする。</p> <p>(2) 運転業務を行うエリアに設置する運転コンソール，指令コンソール及び大型表示盤は、運転員の視認性及び操作性並びに運転員間のコミュニケーションを考慮して配置する。</p> <p>(3) 運転に必要な情報を表示する安全系FDP，常用系VDU及び警報用VDUを集約して配置し、監視操作性を高めることで運転員の負担を軽減する。</p> <p>(4) 運転員の情報共有化及びプラント設備全体の状態把握容易化を目的として大型表示盤を設ける。</p>
中央制御盤の盤面配置	<p>(1) 中央制御盤に設置する安全系FDP，常用系VDU，警報用VDU等は、運転員が監視操作し易い位置に設置することで、誤操作及び誤認識を防止する。</p> <p>(2) 中央制御盤に設置する安全系FDP，常用系VDU，警報用VDU等は、一貫性を持った配置とすることで、誤操作及び誤認識を防止する。</p>
表示システム	<p>(情報機能)</p> <p>運転に必要な情報は、理解し易い表示方法で、監視に十分な範囲を適切な位置に表示する。</p> <p>(1) 安全上重要なパラメータは、安全系FDPに表示する。</p> <p>(2) 情報の表示は理解し易い適切な表示方法とする。具体的には以下の方法による。</p> <ul style="list-style-type: none"> a 画面内の情報配置，形状等に一貫性を持たせる。また，情報はその使われ方を考慮した形式で表示する。 b 画面は運転員の慣習に適合した情報表示とする。 c 機能分析及びタスク分析から必要とされる情報のまとまりを，極力1画面に表示する。 d 情報は，表示機能又は情報のまとまりごとにグループに分けて表示する。 e 画面内で用いるミミック表示は実際の系統のつながりと整合をとる。 <p>(3) 検出器などの不作動又は除外により情報を提供できない場合は，運転員が</p>

	<p>画面内で認識できるようにする。</p> <p>(4) データ収集及びデータ処理において、入力信号のサンプリング周期及び処理速度はプロセスの変化速度に十分追従できるようにする。</p> <p>(5) 表示データの更新は運転操作に対して十分な速度で行われるようにする。</p> <p>(6) 発電所緊急時対策所には、緊急時対策に必要な情報を運転員を介さずとも確認できる装置を設け、情報連絡の不備による誤判断が生じないようにする。</p> <p>(警報機能)</p> <p>警報発生時は、大型表示盤の代表警報及び警報用VDUで容易に警報の確認が行えるようにする。</p> <p>(1) 警報発生時には、警報音を吹鳴させ、大型表示盤及び警報用VDUで警報を点滅表示する。</p> <p>(2) 警報は、警報用VDUでの確認操作後に点滅から連続点灯に切り替わることで、確認した警報と未確認の警報を識別する。</p> <p>(3) 警報原因が復帰した場合には、警報は自動的に消灯状態となることで、警報再発信時の運転への告知に備える。</p> <p>(4) 新たな警報が発信した場合には、再度警報音を吹鳴させ、大型表示盤及び警報用VDUで警報を点滅表示する。</p> <p>(5) プラント運転状態に応じた不要な警報の発生を抑制することで、運転員の確認を要する警報数を軽減させる。</p> <p>(6) 警報用VDUでの警報確認後速やかにその警報の対応操作を行えるように、警報用VDUは常用系VDU及び安全系FDPに近接して配置する。</p> <p>(運転支援)</p> <p>プラント設備全体の状態把握容易化のため設置する大型表示盤は、情報を理解し易い形で提供するに留め、それらの機能が喪失した場合にもプラントの運転操作が行えるようにする。</p>
<p>制御機能</p>	<p>(1) 誤操作を最小にするよう、操作器及び制御器は操作し易いものとする。</p> <p>a 操作器及び制御器は、大きさ、操作に要する力、触覚フィードバック等が考慮されたものとする。</p> <p>b 操作器及び制御器は、運転員の慣習に基づく動作・方向感覚に合致したものとする。</p> <p>c 操作器及び制御器は、色、形、大きさのコーディング方法や操作方法について一貫性を持たせる。また、安全上重要な操作器は他の操作器と識別する。</p> <p>d 画面のタッチオペレーションは以下の仕様とし、運転員の誤操作、誤認識を防止する。</p> <p>(a) タッチ領域は原則凸表示としタッチ可能な領域を識別する。</p> <p>(b) タッチ時は原則凹表示に変化させタッチを受け付けたことを明確にす</p>

	<p>る。</p> <p>(c) 操作信号を出力するタッチ領域は十分な大きさを確保し，近接するタッチ領域とも距離を離す。</p> <p>(d) タッチ方式はタッチ時に信号を出力する方式を一貫して用いる。</p> <p>(e) 操作器及び制御器の呼出ボタンで呼び出される操作器及び制御器の数は原則1つとする。</p> <p>e 機器を制御する情報と制御結果は，その関係がわかり易いように表示する。</p> <p>f 操作器及び制御器を操作する際に必要となる監視情報は極力同じ画面に配置する。</p> <p>(2) 中央制御室から操作する機器は，プラントの安全を阻害するような非安全な操作ができないように，操作器及び制御器の適切な配置，保護カバーの設置，インターロックの設置等の対策をとる。</p> <p>(3) 自動制御されるものは，その対象設備の状態及び対象パラメータが常用系VDU又は安全系FDPで確認できるようにする。</p>
--	---