


中央制御盤のデジタル化更新について

令和2年12月15日



- ・最新の原子力発電所は近年のデジタル技術を駆使した中央制御盤が採用されている。

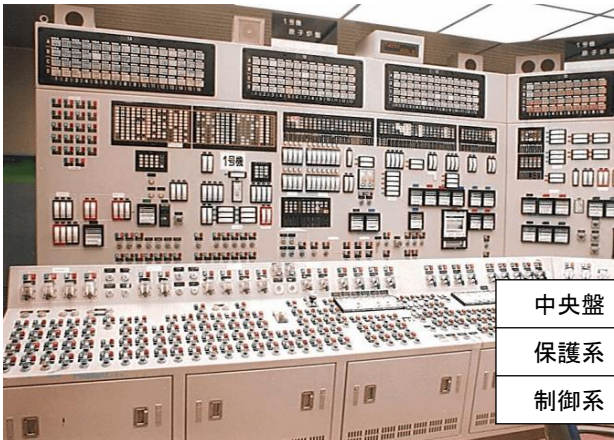
- ・当社原子力発電所の中央制御盤はアナログ計器を中心に構成されているが、既に多くのアナログ計器が生産中止となっているため、保守性向上の観点から、中央制御盤他について最新のデジタル式への取替えを計画している。

（検討対象プラント：高浜 1, 2 号機、美浜 3 号機）

- ・中央制御盤取替により、既設中央制御盤の機能を統合・集約すると共に、座位での監視操作により運転員の負担軽減及びヒューマンエラーの低減を実現する。

中央制御室・盤面設備の技術変遷 (1/2)

1970~1980年代



第1世代

中央盤	ハード計器
保護系	アナログ
制御系	アナログ



第2世代

中央盤	CRT導入
保護系	アナログ
制御系	アナログ

美浜1,2号機、高浜1,2号機（更新前）、美浜3号機（更新前）、大飯1,2号機

高浜3,4号機

1990年代



第3世代

中央盤	CRT主体運転
保護系	アナログ
制御系	デジタル

大飯3,4号機




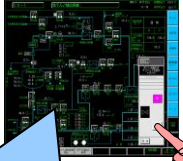
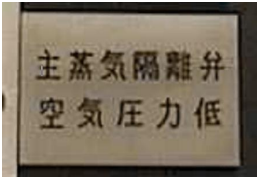








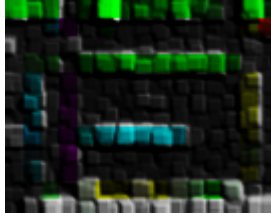
2000年代



第4世代

中央盤	CRTオペレーション
保護系	デジタル
制御系	デジタル

伊方1,2号機、泊3号機、高浜1,2号機（更新後）、美浜3号機（更新後）

盤面機器類	1970~1980年代 (第1世代、第2世代)	1990年代 (第3世代)	2000年代 (第4世代)	
スイッチ	<p>(M型スイッチ)</p>  <p>約 70mm</p> <p>約 140mm</p> <p>小型 SK スイッチをベースに、表示灯と一体モジュール化し、分離を満足しつつ小型化</p>	<p>(モジュールスイッチ)</p>  <p>55mm</p> <p>70mm</p> <p>低電圧化により小型化</p>	<p>(小型押釦スイッチ)</p>  <p>ソフト化</p> <p>(ソフトウェア・レーション)</p>  <p>VDU (24インチ画面)</p> <p>運転手順を踏まえた画面仕様</p>	
警報表示器	<p>(大型サイズ 警報窓)</p>  <p>70mm</p> <p>50mm</p> <p>中央盤高さ低減により小型化タイプ採用</p>	<p>(小型サイズ 警報窓)</p>  <p>50mm</p> <p>50mm</p> <p>ソフト化</p>	<p>(新型警報システム 警報VDU画面)</p>  <p>警報因果関係ロジックによる重要警報絞込</p>	
指示計器	<p>導圧配管指示計</p>  <p>信号の電気式化</p>	<p>電気式指示計 (IH型)</p>  <p>60mm</p> <p>150mm</p> <p>中央盤高さ低減により小型化タイプ採用</p>	<p>電気式指示計 (MS70KB)</p>  <p>36mm</p> <p>130mm</p> <p>ソフト化</p>	<p>(VDU画面)</p>  <p>監視操作情報の集約表示</p>
記録計	<p>ペン式記録計 (従来型)</p>  <p>288mm</p> <p>288mm</p>	<p>ペン式記録計 (インテリジェントタイプ)</p>  <p>電子化によるインテリジェント化</p>	<p>100mm</p> <p>100mm</p> <p>ソフト化</p>	<p>(計算機によるデータ記録とVDU画面へ表示)</p> 

PWRにおける新型中央盤に係る開発・検証のプロセス

表1：PWRにおける新型中央制御盤に係る開発・検証の変遷

開発項目	期間	目的	HFE V&V
新型中央制御盤の開発	1987.4 ～ 1991.3	概念設計の開発 ・VDUベースの監視操作 ・コンパクトな運転コンソール	静的検証試験（計1回） 対象：当直班12班（延べ43人） 動的検証試験（計3回） 対象：当直班12～13班（延べ39～44人）
運転支援システム（EOSS※）の開発	1993.8 ～ 1996.3	プラント情報診断及び 運転ガイダンスシステム開発	動的検証試験（計1回） 対象：当直班46班（延べ138人）
新型警報表示システム の開発	1994.10 ～ 1996.3	警報処理及び 画面設計開発	静的検証試験（計1回） 対象：当直班12班（延べ24人） 動的検証試験（計1回） 対象：当直班12班（延べ34人）
新型中央制御室 の開発	1996.10 ～ 2003.3	全体的なHSI設計 ・大型表示装置 ・監視操作VDU ・意思決定サポートシステム	静的検証試験（計1回） 対象：当直班12班（延べ36人） 動的検証試験（計3回） 対象：当直班12班（延べ37～39人）

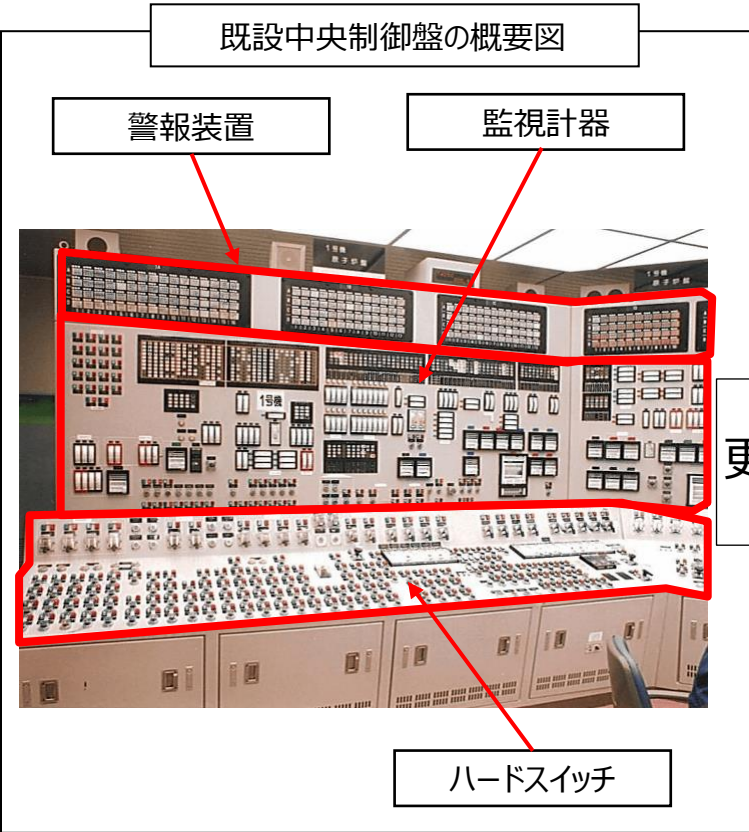
※EOSS：Emergency Operation Support System

中央制御盤取替工事の概要及び特徴

[工事目的]

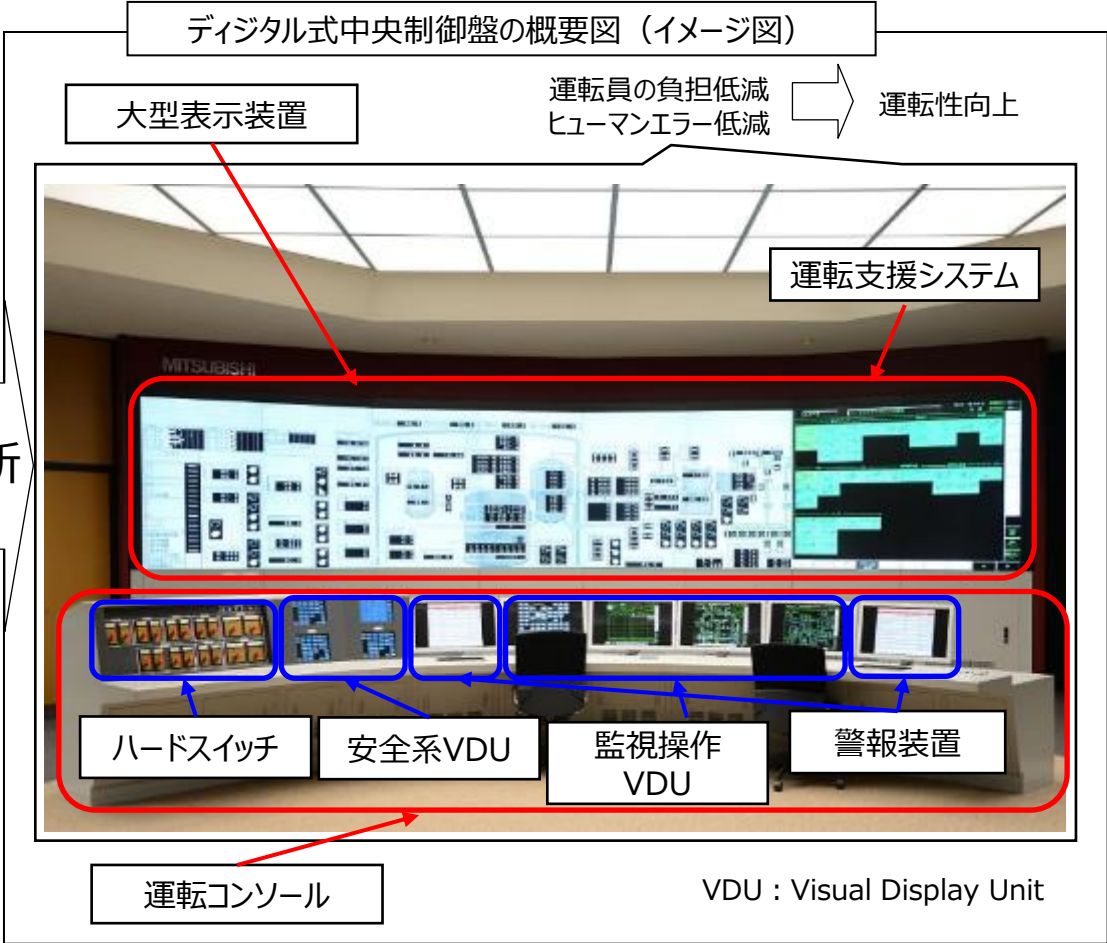
中央制御盤の指示計等は、既に多くが生産中止となっており、保守性向上の観点から、中央制御盤全体を最新のデジタル式に取替える。
また、中央制御盤取替えにより、保守性向上に加えて、運転員の負担低減を図ると共に、ヒューマンエラー低減による運転性の向上を図る。

既設中央制御盤の概要図



更新

デジタル式中央制御盤の概要図 (イメージ図)



運転コンソールの特徴

➤ 目的

従来盤の機能を統合・集約すると共に、座位での監視操作により運転員の負担軽減及びヒューマンエラーの低減を実現する。

➤ 設備構成

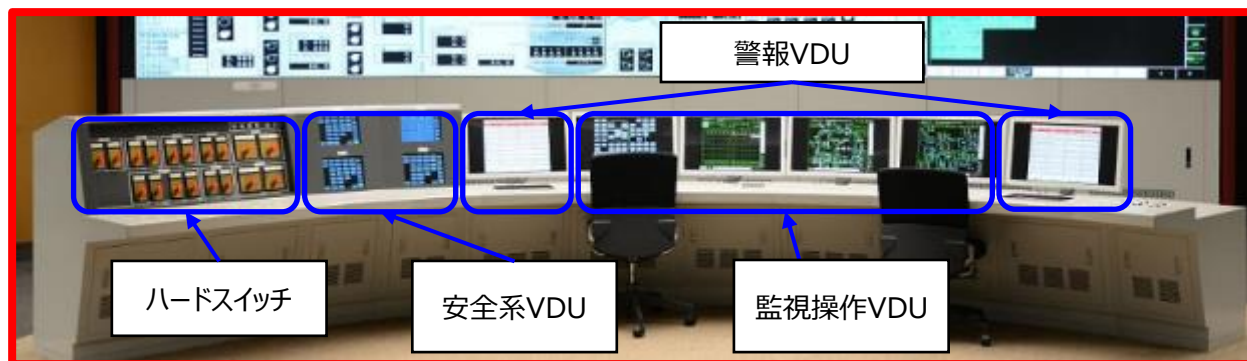
運転コンソールは、監視操作VDU4台、安全系VDU4台、警報VDU2台及びハードスイッチ一式により構成される。

➤ 主な特徴

- 指示計、記録計及び操作器等の機能統合
- タッチパネル方式の採用
- 原子炉の緊急停止等の急速な動作を必要とする機器について、ハードスイッチを設置

➤ 各設備の機能

1. 監視操作VDU：常用系及び安全系パラメータ・機器の監視操作、バイパス・パーミッシブ表示、OKモニタ※表示※事故時等において、プラント状態確認等の情報処理に伴う運転員の作業負担低減のため、原子炉トリップや工学的安全施設作動信号発信時に動作対象機器が期待通りに動作しているか、計算機により自動的にチェックした結果を表示するモニタ
2. 安全系VDU：安全系パラメータ・機器の監視操作、工学的安全施設作動信号等のリセット、ブロック等の操作
3. 警報VDU：警報情報が集約化され、重要度・優先度に応じ警報を表示
4. ハードスイッチ：原子炉の緊急停止等に必要な操作（原子炉トリップ、工学的安全施設作動）



運転コンソールの構成概要図

警報装置の特徴

➤ 目的

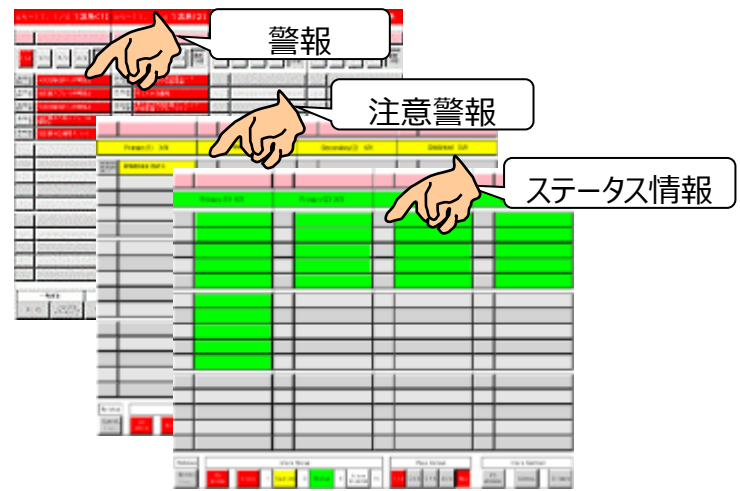
- ・重要度及び優先度に応じた警報表示により運転性を向上

➤ 特徴

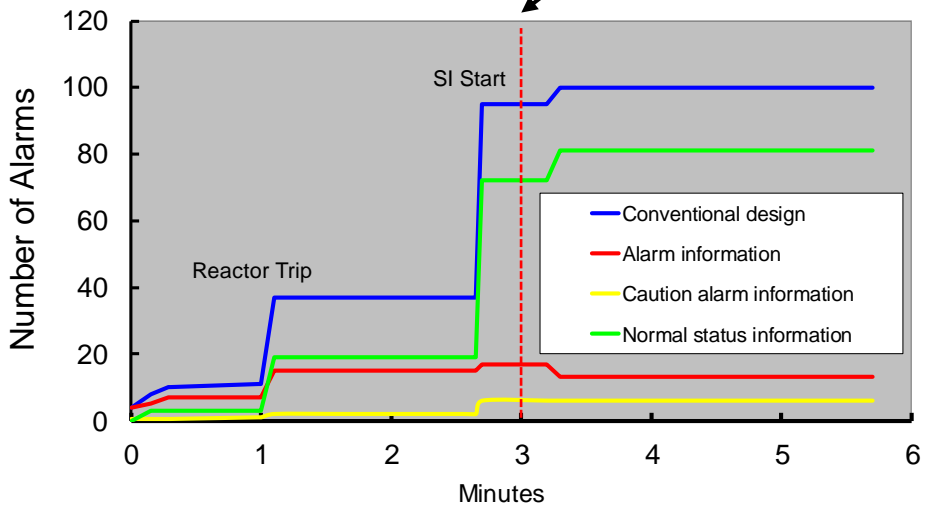
- ・プラント状態の進展に合わせて、警報の重要度を警報（赤）・注意警報（黄）・ステータス情報（緑）の3色に識別し表示

警報（赤）：運転員に対応操作を要求する警報
 注意警報（黄）：運転員に確認を要求する警報
 ステータス情報（緑）：運転員の対応操作や確認を必ずしも必要としない情報

更新前後の警報発生数
 （事象発生から3分後）
 更新前：95個（従来設計（青））
 更新後：23個（警報（赤）+注意警報（黄））
 ↓
 約70個削減



警報VDU表示画面イメージ



警報抑制による効果(SGTRの場合)

目的

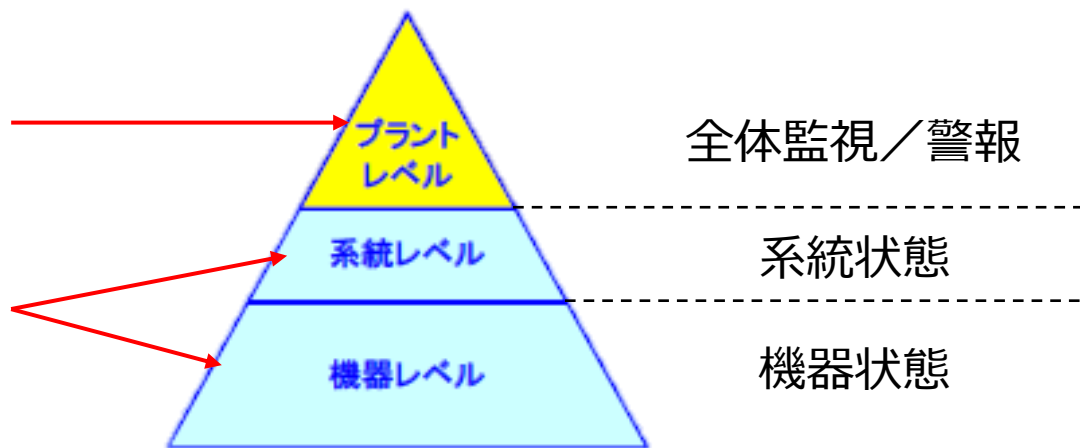
- ・プラント全体情報および運転員間で共通認識すべき情報を提供するため、系統画面上に常時監視すべき主要パラメータ、及び代表警報を配置。

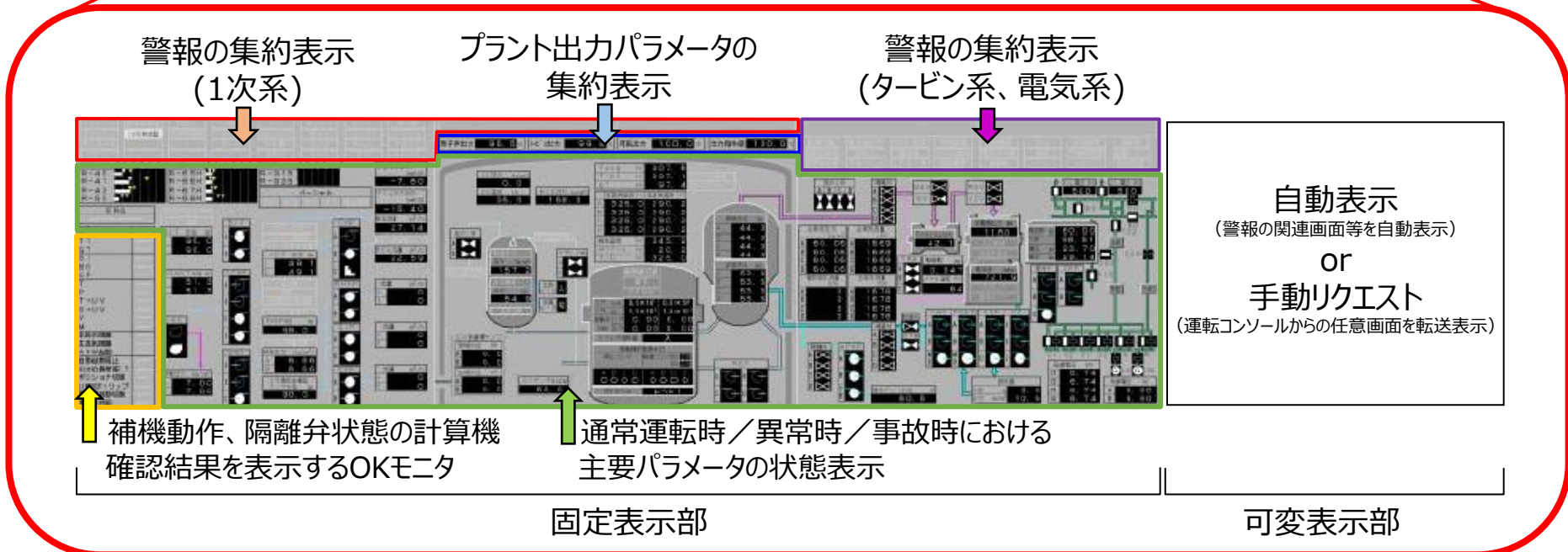
特徴

- ・プラント全体監視のため、中央制御盤における情報体系（プラント、系統、機器の3階層）のうち、最上位に位置するプラントレベルに該当する全体監視情報及び警報情報の表示を行う。

大型表示装置にて監視が可能な
パラメータ・警報

運転コンソールにて監視が可能な
パラメータ・警報





大型表示装置の表示イメージ

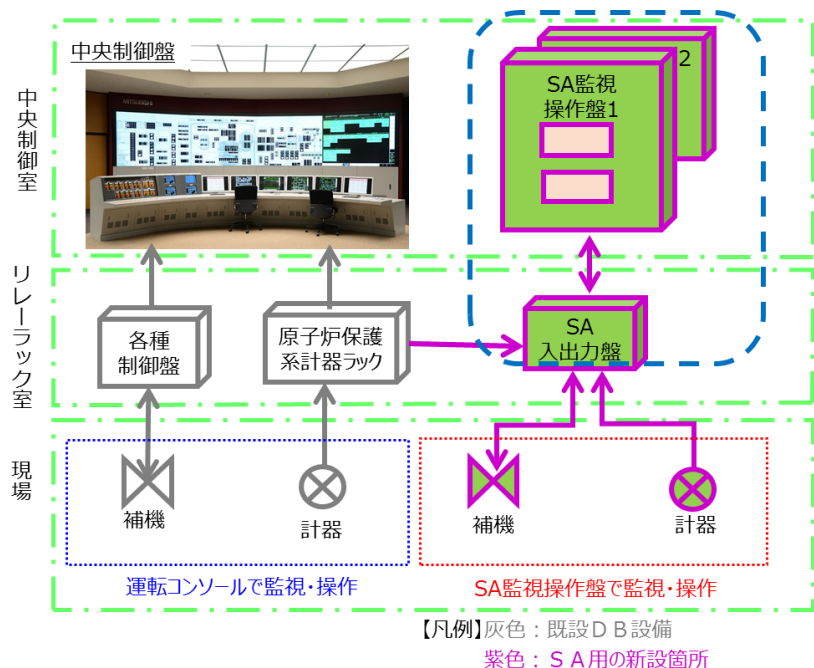
SA監視操作盤の特徴

目的

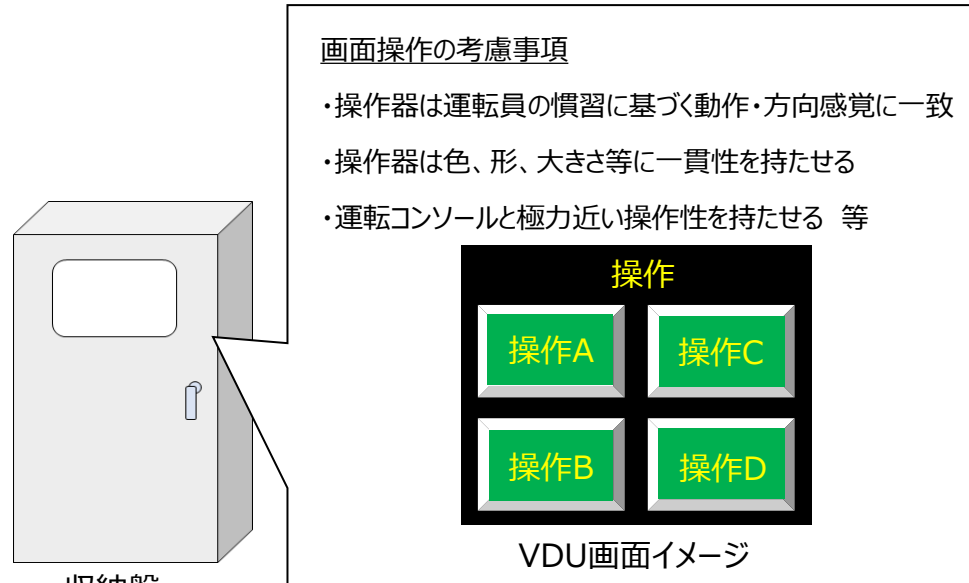
- ・中央制御室内に運転コンソールとは独立して設置し、重大事故等時において使用する運転パラメータの監視及び機器の操作の際に使用する。

特徴

- ・新規基準により監視・操作の要求が追加されたシビアアクシデント対策のための補機及びパラメータに特化して監視操作が可能な設計となっている。
- ・運転員の視認性及び操作性を考慮している。



SA監視操作盤の構成概略



SA監視操作盤の概要図

➤ 目的

- ・運転員の心理的負担が高く、ヒューマンエラー発生時の影響の大きいプラントの安全に関わる異常／事故を対象として、計算機により運転要領書をベースとした異常診断を行い、メッセージ・対応操作ガイド等の支援情報を大型表示装置及び運転コンソール等に表示、また、音声告知することで、運転員の作業支援を行う。

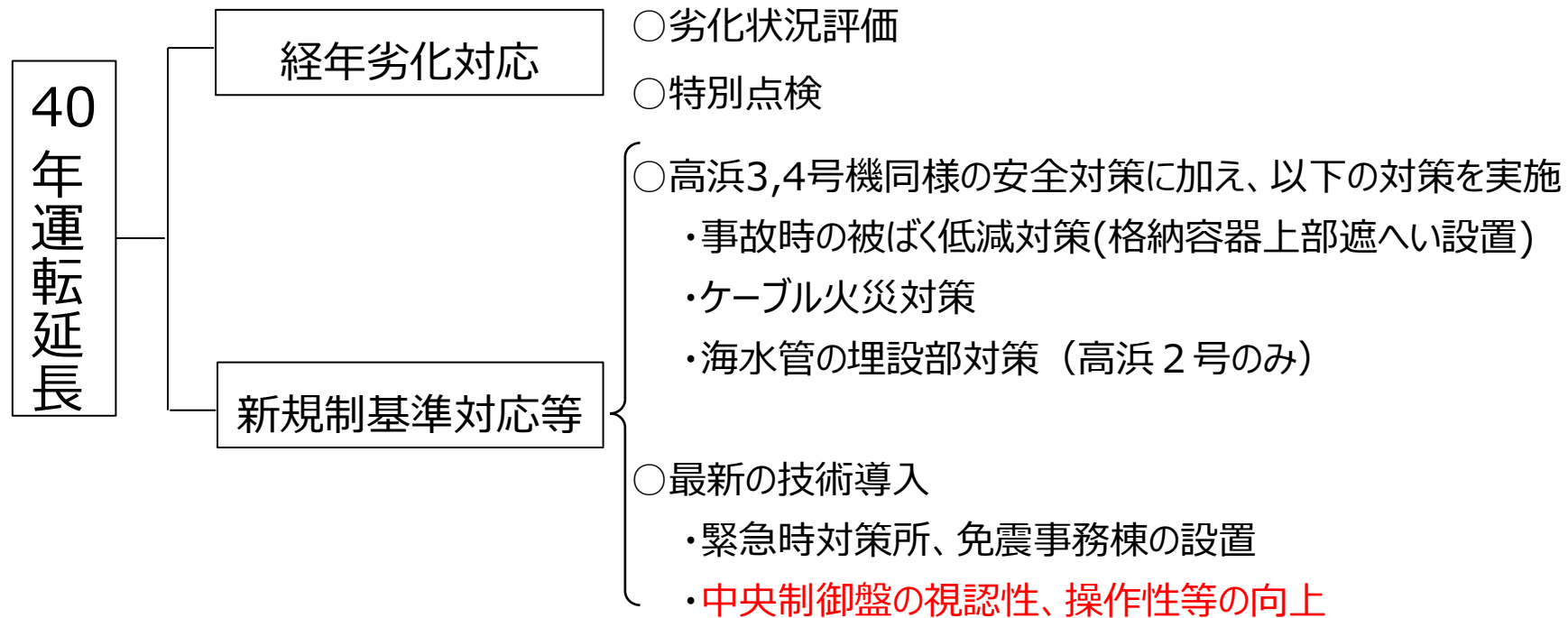
表2：EOSSの各機能

機能名称	内容
異常診断機能	事象判断条件のチェックと判断根拠の提示
対応操作ガイド機能	要領書ベースの対応操作と操作時に必要な情報提示
付随異常検知機能	インタロック動作、トリップ／SI時などの自動動作の確認
誤操作検知機能	プラント安全に係る重要操作についての誤操作チェック

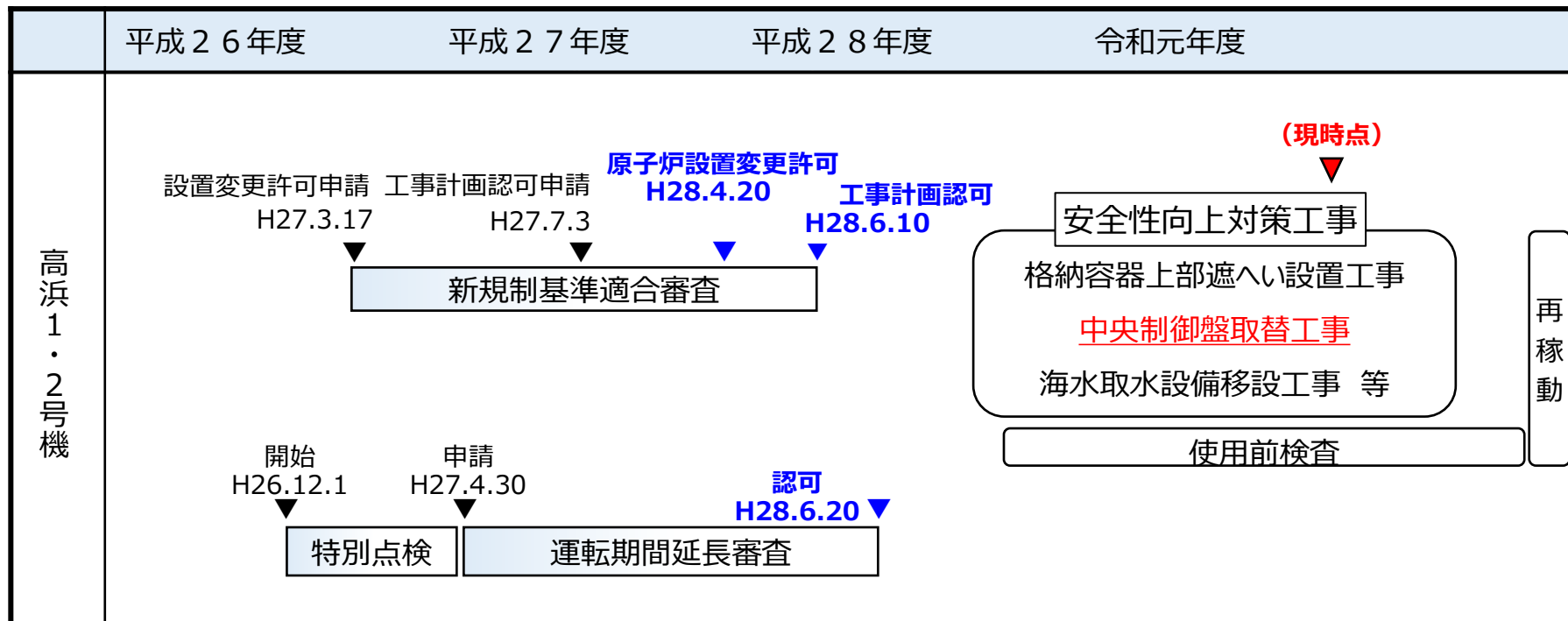
※EOSS:Emergency Operation Support System

○法的に運転期間を40年とし、認可を得れば1回に限り最大20年の運転期間の延長ができる運転期間延長認可制度が設けられた。

○運転期間延長のためには、60年を想定した高経年化技術評価だけでなく、最新の新規制基準への適合が必要。



- 新規制基準の適合にかかる許認可に加え、60年までの運転期間延長について認可を取得。
- 現在、新規制基準適合にかかる安全性向上対策工事を実施中。



中央制御盤取替工事の主な作業内容

- ①既設中央制御盤の撤去等 ➡ ②新設中央制御盤の設置 ➡ ③ケーブルの敷設、接続

