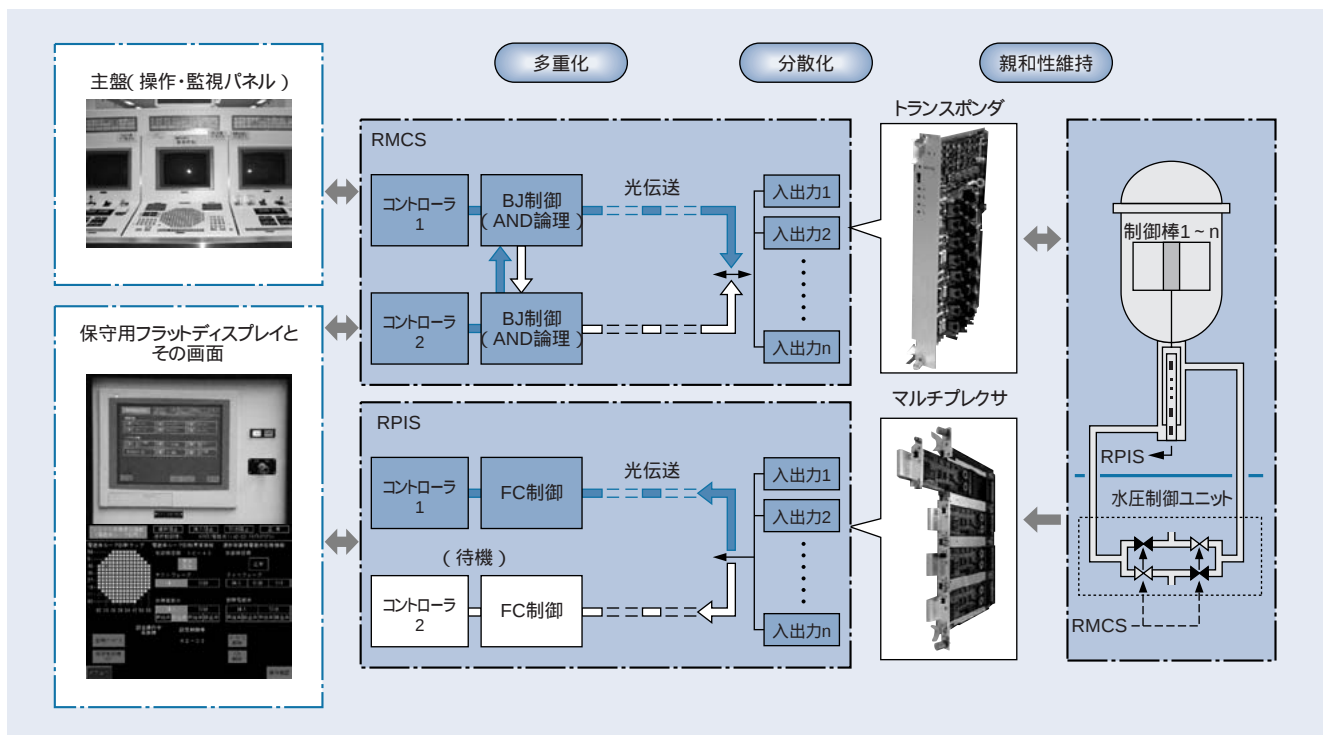


運転裕度向上を図った BWRのための制御棒制御システム

Rod Control System Oriented for Improving Operational Capability of BWR Plants

石井 一彦 Kazuhiko Ishii 小原 公平 Kouhei Kohara 宮下 克彦 Katsuhiko Miyashita



注：略語説明 RMCS(Reactor Manual Control System), RPIS(Rod Position Information System), BJ(Branch Junction), FC(File Control)

既設BWR(沸騰水型原子炉)のための制御棒制御システムの概略構成

機械設備とのインタフェースである現場盤の入出力カードは、既設システムの回路を二重化(診断機能付き)し、制御棒1本ごとに活栓挿抜を可能としている。

既設BWRプラントの安定稼動に寄与するために、新世代製品として開発を進めてきた制御棒手動操作システム(RMCS)と制御棒位置指示システム(RPIS)を完成させ、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第4号機と、中国電力株式会社島根原子力発電所第2号機での据付試験を終了した。2005年春には、そろってプラント起動を迎える見通しである。このシステムは、BWRプラントの制御棒を手動で操作するとともに、制

御棒の位置を監視する製品として、既設設備との親和性維持とシステム多重・分散化思想での運転裕度向上(単一故障での運転上の制限(LCO)逸脱の回避)を基本コンセプトとしている。従来技術のiC(TTL)を用いたロジック方式に代えて、最新iC(CMOS)を用いた最新コントローラ・光伝送カードなどを採用し、ソフトロジック方式として実現した。

1 はじめに

現在、既設BWR(沸騰水型原子炉)プラントで運用されて

いるシステムは、約30年前の米国GE社(General Electric Company)の製品からの適合化開発によるものである。以来、長期にわたってプラントの運転に寄与してきた。このたび、既設システムの優れた基本思想を継承して、さらに運転裕度向

うえ、回路の二重化を図った。RPISの制御部は待機二重化（既設は単一系）するとともに、入出力部はバイパス単位の制御棒ごとに回路の分散を図った。

3.2 開発とその成果

新たに開発した主な項目とその成果は以下のとおりである。

- (1) 最新コンポーネントを採用したシステムアーキテクチャを開発し、最新IC CMOS：Complementary Metal-Oxide Semiconductor を適用した光伝送カードと入出力カードの要素開発を行った。
- (2) モックアップ 模型 システムを開発し、性能確認を実施した（2002年8月完了）。

4 製品の特徴と運用状況

4.1 製品仕様と特徴

製品の仕様と特徴を表1に示す。その主なものは、以下のとおりである。

- (1) 系統仕様は、インタロックなど、既設と同一としているものの、その設計上、以下の改善を図っている。
 - (a) BWRにおけるデジタル出力領域モニタとの両更新を考慮し、制御棒引き抜き阻止（ロッドブロック）応答時間を解析し、評価した。
 - (b) 保守性を向上させるために、ビジュアル性を重視してインタロックブロック図を表記した。
 - (2) システムアーキテクチャに以下の技術を適用し、制御部から成る中央制御盤と入出力部から成る現場盤を非同期に更新することが可能な、柔軟性のあるハードウェア構成を実現した。
 - (a) RMCSにおける制御部（BJ Branch Junction 制御カード）と現場盤間の標準光伝送（HDL（High-Level Data Link Control）プロトコル）、現場盤の入出力カード（トランスポンダカード）間の電気伝送（既設方式ベース）、およびそのゲートウェイ機能を実現する光伝送カード（光BJカード）から構成した²⁾。
 - (b) RPISについても同様に構成した（FC制御カード、光FCカードほか）。
- なお、これらの特徴により、現場実装方法の異なる場合の既設BWRにおける設備更新も容易に実現することができる²⁾。
- (3) 主要機能（RMCS、RPIS、HMI）ごとに制御部を構成するコントローラをわけて多重化し、保守・補助機能を含めて実現した。
 - (4) RMCSでの手動操作に重要となるRPISの4制御棒の位置表示で、高速応答を実現した。
 - (5) 保守性向上のために、既設の特殊な故障情報表示に代えて、フラットディスプレイで集約、整理した情報を提示すると

表1 製品仕様と特徴

ハードウェア構成と機能のオプション選択が可能な、柔軟なシステムとしている。

項目	内容	備考
適用	BWR-3/4/5向け更新	
系統仕様	用途	水圧駆動型制御棒制御
	制御方式	手動操作によるシーケンスタイマ駆動
	インタロック	制御棒引き抜き阻止ほか
機器仕様	構成（オプションあり）	(1) 中央制御盤（更新）+ 現場盤（更新） (2) 中央制御盤（更新）+ 現場盤（既設）
	コントローラ（オプションあり）	(1) H-04M/R600 (2) H-04M/R600CH
	RMCS	中央制御盤：AND論理二重化 現場：制御棒ごとカード分散・回路二重化
	RPIS	中央制御盤：待機二重化 現場：制御棒ごとカード分散
	インタフェース（オプションあり）	(1) アナログ核計装：専用伝送 (2) デジタル核計装：標準伝送
	4制御棒表示	応答20 ms以下
	フラットディスプレイ表示機能	保守情報、全制御棒位置ほか
	保守機能	電磁弁ループ診断、PIP診断ほか
	補助機能（オプションあり）	燃料移動監視 スクラムタイミングレコーダ

注：略語説明 PIP（Position Indication Probe）

ともに、保守用パソコンでの記録などを可能とした。

4.2 新機能への対応

プラント定期検査時の炉内構造物関連の作業では、その信頼性と効率の向上のために、燃料移動監視装置の適用が進められている。このシステムでは、燃料移動監視装置と組み合わせた運用を可能にするための機能をRPISに有している（オプション）。

4.3 プラントでの更新状況

このシステムによる更新は、現時点では、全燃料取り出し予定の定期点検中に実施（試験は約30日）する計画である。更新状況は以下のとおりである。

- (1) 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第4号機のためのシステムは、プラントでの据付試験を終了している（2004年11月現在）。その更新後の状態を図2に示す。
- (2) 中国電力株式会社島根原子力発電所第2号機のためのシステムは、スクラムタイミングレコーダを更新範囲に含み、プラントでの据付試験を終了している（2004年11月現在）。その更新後の状態を図3に示す。
- (3) 東京電力株式会社福島第一原子力発電所第4号機向けシステムの設計を検討中である。

5 おわりに

ここでは、BWR用の新世代製品としての制御棒制御シス



図2 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第4号機の更新後

保守情報は、専用パネルのランプ表示から、カラー画面での集約表示（自己診断情報、全制御棒位置など）へと進化した。

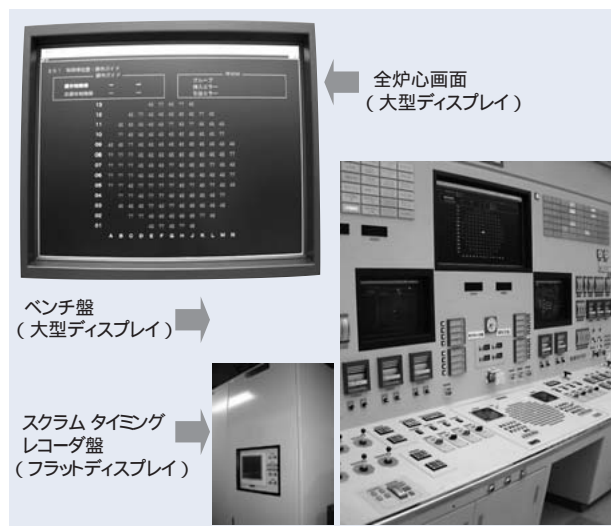


図3 中国電力株式会社島根原子力発電所第2号機の更新後

大型ディスプレイとカラー画面での集約表示へと進化した。

テムについて述べた。

日立製作所は、このシステムによる更新提案を進めるとともに、プラント経験を積みながら、電力会社のニーズにこたえるソリューションを提供していく考えである。

終わりに、システムの性能確認にあたってご指導いただいた東京電力株式会社原子力技術部、製品化にあたってご指導いただいた東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所、中国電力株式会社島根原子力発電所、および株式会社エネルギア・ニューテックの関係各位に、深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 山盛, 外: 最近の原子力発電所監視制御システム, 日立評論, 82, 2, 165~168 (2000.2)
- 2) K. Ishii, et al.: Reactor Manual Control System, United States Patent 6,590,952 B2, Aug. 30, 2001

執筆者紹介



石井 一彦

1979年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 原子力制御システム設計部 所属
現在、原子炉計装・制御の取りまとめと海外ビジネスに従事
日本原子力学会会員
E-mail: kazuhiko_ishii @ pis. hitachi. co. jp



野崎 健

1992年日立製作所入社、電力グループ 日立事業所 原子力制御計画部 所属
現在、原子炉計装・制御の計画設計に従事
E-mail: takeshi_nozaki @ pis. hitachi. co. jp



小原 公平

1991年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 原子力制御システム設計部 所属
現在、制御棒制御システムの設計に従事
E-mail: kouhei_kohara @ pis. hitachi. co. jp



鵜殿 茂

1981年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 原子力制御システム設計部 所属
現在、制御棒制御システムの設計に従事
E-mail: shigeru_udono @ pis. hitachi. co. jp



宮下 克彦

1983年日立製作所入社、電力グループ 原子力事業部 企画本部 原子力サービス部 所属
現在、原子力発電プラントの予防保全計画・プロジェクト取りまとめに従事
E-mail: katsuhiko_miyashita @ pis. hitachi. co. jp