

エコな電力供給を実現する スマートな発電制御技術

Achieving Eco-power by Implementing Smart Power Controls

鈴木 順一

Suzuki Junichi

石井 一彦

Ishii Kazuhiko

西岡 淳

Nishioka Atsushi

清藤 康弘

Kiyofuji Yasuhiro

深井 雅之

Fukai Masayuki

永井 克典

Nagai Katsunori

世界的な人口増加・産業化の進展に伴って問題となってきた地球温暖化に対して、CO₂排出低減に貢献する電力供給のためのスマートな発電制御技術へのニーズが高まっている。

日立グループは、火力におけるCO₂削減技術、プラントの安定稼動をめざした次期原子力発電総合監視制御システム、系統電圧・周波数への影響を抑制する風力発電制御システムなどの発電制御技術により、さらなる安全・安心に向けたエコな電力供給の取り組みを進めている。

1. はじめに

海外では新興諸国を中心にエネルギー需要が急増し、国内では豊かさや便利さを求めるライフスタイルの変化、少子高齢化やデジタル化の進展などにより、電力需要は増加の一途をたどる見通しである。

2009年のサミット（主要国首脳会議）では、地球温暖化の抑制をめざし、2050年までに温室効果ガス排出量を少なくとも50%削減するとの目標などが議論されている。

そのためには、電力の安定供給を確保しつつ、発電方式や技術の開発・改革によるCO₂削減努力が必要である。現在は石炭・ガス・石油など化石燃料が主流であるが、2050年までに再生可能エネルギーや原子力で全体の70%を賄うとする「電源のベストミックス」を確立できれば、CO₂排出量を半減することが可能となる（図1参照）。

日立グループは、このシナリオを達成するため、化石エネルギーに対しては、高効率な資源の有効活用をめざし、改良型沸騰水型原子炉・高効率石炭火力発電・IGCC（Integrated Coal Gasification Combined Cycle）・高速増殖炉などに、また、再生可能エネルギーに対しては、太陽光／風力発電などの発電システム、蓄電技術、CCS（Carbon Dioxide Capture and Storage）技術の開発などに取り組んでいる。これらを、その時々「電源のベストミックス」

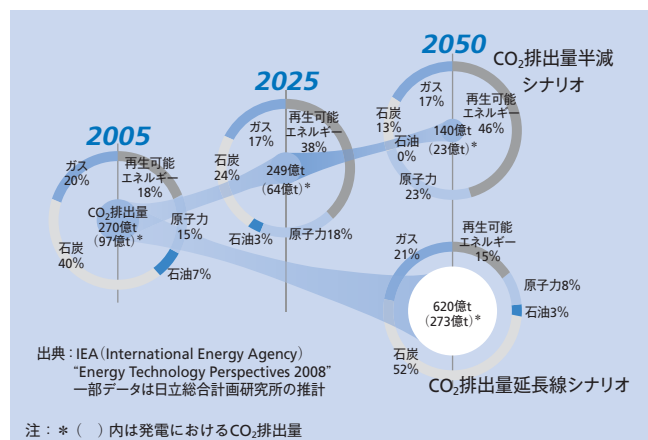


図1 | 世界の電力供給源の内訳とCO₂排出量の変化

CO₂排出量半減シナリオはCO₂排出量を現状の50%に削減する場合の電力供給源の内訳とCO₂排出量の予想、CO₂排出量延長シナリオは現在のCO₂排出量削減対策を継続した場合の電力供給源の内訳とCO₂排出量の予想である。

に合わせて最適に監視・制御する役割として、発電制御システムの重要性はきわめて大きい。さらに、電力の安定稼動をめざし、省エネルギー・省コスト・安全・安心も視野に入れた対応が望まれるところである。

ここでは、火力発電の環境対応技術と原子力発電の安定稼動技術、電力需給の安定化に向けた風力発電対応技術、安全・安心にプラントを運用するためのプラント異常予兆診断技術、および保守管理作業支援を目的としたRFID（Radio-frequency Identification）応用技術について述べる。

2. 環境と電力需要の安定化への対応

2.1 火力発電所の環境対応技術

2.1.1 インバータシステムによる省エネルギーとCO₂低減

火力発電所、特に石炭焚（だ）き火力発電所では環境対策がますます重要となってきている。日立グループは、大型補機の電動機にインバータを適用して省エネルギーやCO₂削減を図る取り組みを推進してきた。

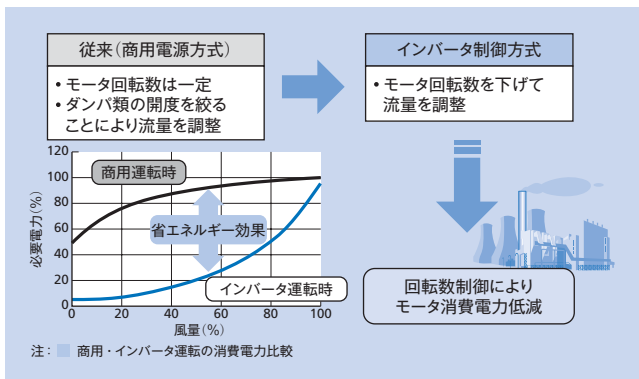


図2 | インバータ制御による省エネルギー効果
 従来ダンパ類で調整していた流量をインバータによる回転数制御方式にすることによって、モータの消費電力低減が期待できる。

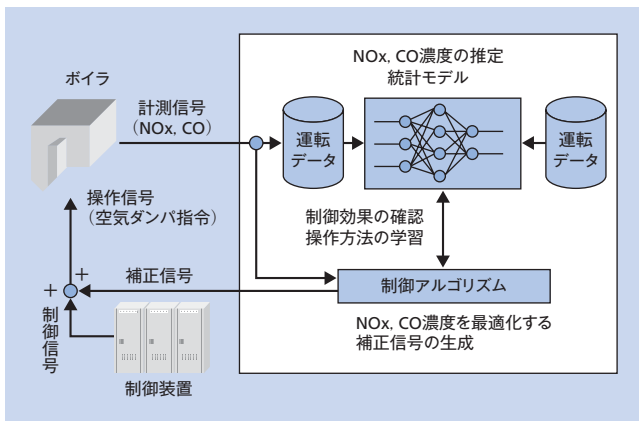


図3 | 環境負荷低減制御システム構成の概要
 強化学習報酬自動調整アルゴリズムにより、石炭焼きプラントのNO_x, CO濃度を最適化する補正信号を生成する。

インバータ化の対象補機は、ボイラ設備ではFDF(Forced Draft Fan：押し込み通風機)やIDF(Induced Draft Fan：誘引通風機)などの大型ファン、タービン設備では復水系統の復水ポンプや復水ブースタポンプなどである。納入実績には、石油・ガス焼き600 MW火力発電所のFDF(5,500 kW)があり、従来の商用運転と比較してFDF消費電力が定格負荷運転時に約30%、最低負荷運転時に約90%のCO₂が削減できた。今後さらに対象プラントを拡大し、CO₂低減を提案、実施していく(図2参照)。

2.1.2 環境負荷低減制御システム(NO_xとCOの低減)

2009年米国環境規制(Clean Air Act：大気浄化法)で、火力プラントが排出する一酸化炭素(CO)、窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、水銀(Hg)などの環境負荷物質に厳しい排出量規制が課せられた。環境負荷低減制御システムは、石炭焼きボイラのCOやNO_x排出量抑制、プラント効率向上によるCO₂排出量抑制を目的としている。これに対し、統計モデル自動切替機能、強化学習報酬自動調整アルゴリズムを開発し、石炭焼きプラントで実機検証中である(図3参照)。

2.1.3 CCS制御

日立グループは、火力発電所などから出るCO₂を分離・

回収して地中などに封じ込めるCCS技術を従来の火力プラント制御に付加し、プラントメーカーである特徴を生かしてボイラや蒸気タービン、ガスタービンとの連携制御を構築することで、安全かつ高効率な起動・停止や負荷運用を実現するための実証試験を進めている。

2.2 原子力の安定稼働

2.2.1 次期原子力発電総合監視制御システム

発電所の運用効率向上に寄与するスマートな原子力発電所の実現に向け、「制御と情報の融合」というフィロソフィーの下、グローバル市場に対応した次期原子力発電総合監視制御システムの開発を進めている(図4参照)。

この制御システムにおいては、30年以上のデジタル化の歴史を背景に、安全系主体のスコープにはグローバル市場でトレンドになりつつあるIEC(International Electrotechnical Commission)機能安全規格準拠の制御装置の開発・段階的適用を進めていく。常用系スコープには原子力・火力共通の制御装置の開発・適用によるグローバル市場対応を進めている。また、情報システムにおいては、サービスビジネスへの展開も指向して、プラント包括情報を蓄積する手段や機器・設備管理に寄与する発電EAM(Enterprise Asset Management)パッケージの開発を進めている。

2.2.2 機能安全コントローラ

高まる安全・安心に対する要求への対応の一つとして、日立グループは、機能安全コントローラ「R800FS/HSC800FS」を開発し、認証機関TÜV Rheinland社により、機能安全規格[IEC61508：2010(Edition2.0)]に基づくSIL(Safety Integrity Level)2認証を取得した。

機能安全規格では、コントローラの偶発故障や潜在不良が

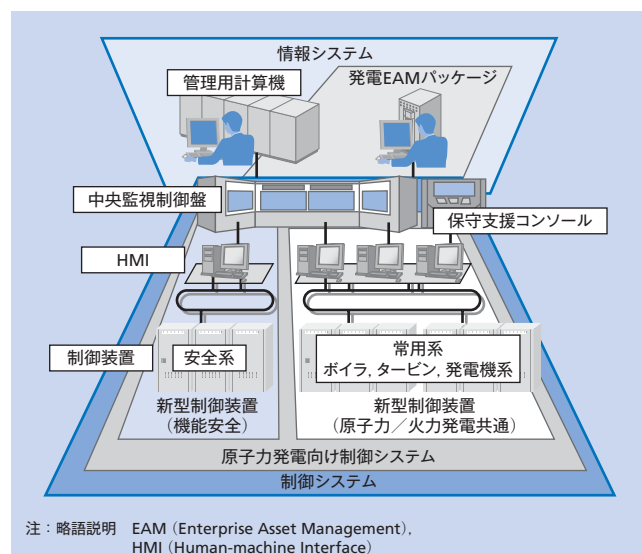


図4 | 次期原子力発電総合監視制御システムのコンセプト
 スマートな原子力発電所の実現に向けた情報・制御システムへの統合ビジョンを示している。市場に応じた柔軟なビジネス展開も包含する。

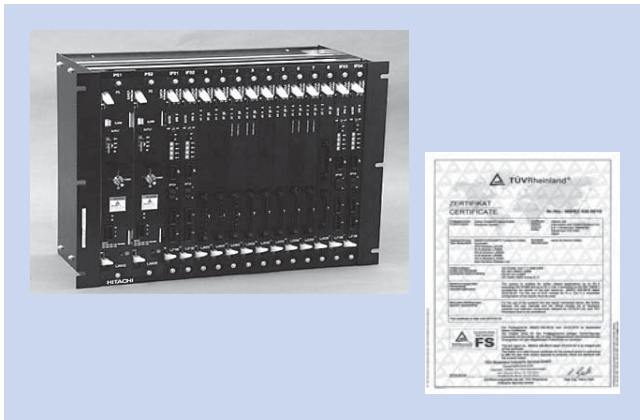


図5 | 機能安全コントローラR800のCUPユニット外観(左)、およびTÜV Rheinland社による認定状(右)
高度な自己診断と大規模制御のパフォーマンスを両立した。

原因でプラントが意図しない危険な状態に陥るといったことがないように、高い安全性が要求される。このため、故障してもプラントへの出力が安全側となるフェイルセーフ設計と高度な自己診断機能を実現した。R800FS CPU (Central Processing Unit) には、ルネサス エレクトロニクス株式会社製の「SuperH (SH) マイコン」を2台搭載して並列に演算を実行し、LSIで照合することにより高速演算を可能とした。

また、HSC800FS RIO (Remote Input/Output) はLSI内に同社の「SHコア」を搭載することにより、高度な診断を実現した。

さらにR800FS/HSC800FSでは、こうした要求事項に適合するだけでなく、同一CPUで安全タスクと一般制御タスクを実行でき、4,000点のRIOをサポート、制御ネットワークへの接続、CPUやRIOの二重化に対応するなど、原子力発電をはじめとする大規模かつ高度なプラント制御に要求されるパフォーマンスも両立させた。

R800FS/HSC800FSは、北米の電気安全規格CAN/CSA E61131-2とUL508の認証も取得し、コントローラの国際標準であるIEC 61131-3に準拠したプログラミング言語、および、IEC 61131-2で規定される環境・EMC (Electromagnetic Compatibility: 電磁両立性) 仕様にも対応している(図5参照)。

2.3 風力発電制御システム

国内では、風力発電を大幅に拡大する観点から、それらを系統に連系したときの出力変動の抑制と系統電圧や周波数を安定化する技術の確立が必須である。風力発電については、設置に適した風況のよい地域が偏っているため、系統調整能力の限界に近づいているケースもあり、対策として蓄電池を併設することもある。海外においても、特に中国などでは風況のよい地域の系統が弱く、出力変動の抑制が課題である。

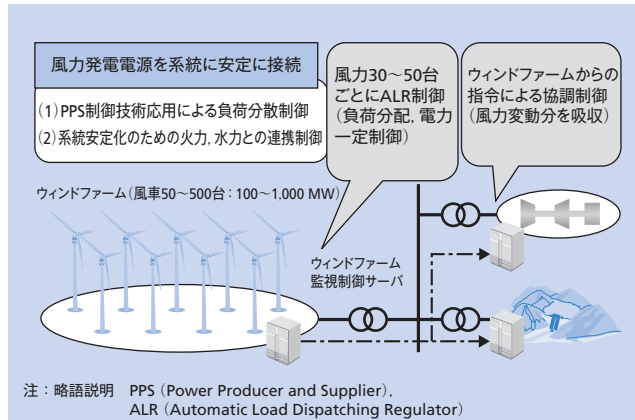


図6 | ウィンドファーム制御システム
従来の発電プラントで培ったノウハウを生かし、風力発電電源を系統に安定に接続する。

これまで、ウィンドファームの出力変動を抑制するために、十分な容量を持つ鉛蓄電池やNaS電池などを併設して出力を平滑化する方法が検討されてきた。日立グループは、蓄電池に頼らずに、各機の風力発電システムの出力制御と複数機の協調制御を組み合わせたウィンドファーム出力変動抑制制御の手法を考案し、その効果を評価している(図6参照)。

3. 安全・安心への対応

発電所の運用に関しては、安定稼働や環境対策に加え、「安全・安心」のニーズがさらに高まっている。日立グループは、このニーズに応えるために、次のようなシステムの開発と導入を推進している。

3.1 プラント状態診断システム

発電プラントでは時々刻々と変化する運転状態を把握し、適切なタイミングで保守する必要がある。これを実現する方法としてプラントの運転データに基づいて運転状態を自動的に診断する技術がある。しかし、数百から数千にもおよぶ発電プラントの運転データを適切に扱うためには多くの運転経験に基づく判断が必要であり、容易ではなかった。

プラント状態診断システムは、適応共鳴理論 (ART: Adaptive Resonance Theory) を基にグループという概念を用いて、プロセス値をオンラインで取り込んで自動的にプラントの状態を診断する。これは、計測データの組み合わせに応じて設備機器の状態をグループに分類し、正常状態として記憶させ、過去に経験がない状態の場合は新規グループを自動生成し、状態変化として検出することによってプラント状態を診断するものである。ユーザーによる煩雑な条件設定の必要がない、新しいプラント状態診断システムである(図7参照)。

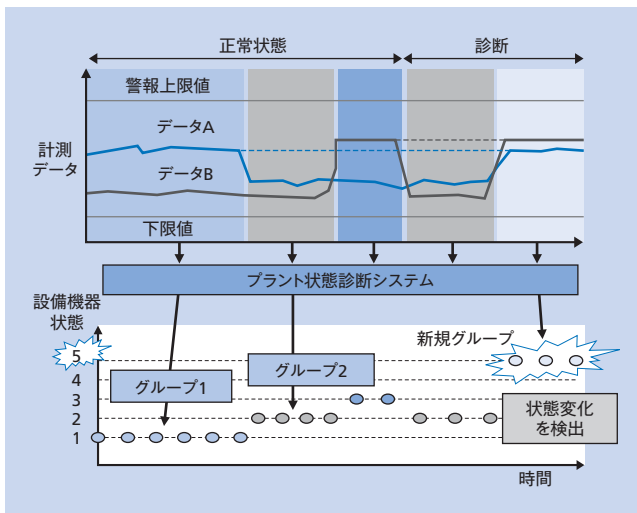


図7 | プラント状態診断システム

ART (Adaptive Resonance Theory: 適応共鳴理論) を用いたユーザーによる煩雑な条件設定の必要がない、新しいプラント状態診断システムである。

3.2 RFID応用システム

設備安全確保の観点から、火力発電所などのプラント設備は、劣化した部品などを保守するために、定期的にプラントを停止して分解・点検・補修・組立を行う定期点検を実施し、運転中のトラブル発生防止を図っている。

特に発電所は数多くの機械部品から成り立っており、部品管理業務や定期点検時などには高度な技術と経験を持った技術者を指揮者とし、多くの作業員に適切な指示をしながら工程管理と品質確保に努める必要がある。さらに、現場作業の効率化や点検作業の品質確保、人材育成・技術の継承にも留意する必要がある。

日立グループは、これらの課題解決のため、RFIDタグとITにより、保守管理作業支援システムである「発電所総合業務支援システム」を開発し、展開している(図8参照)。

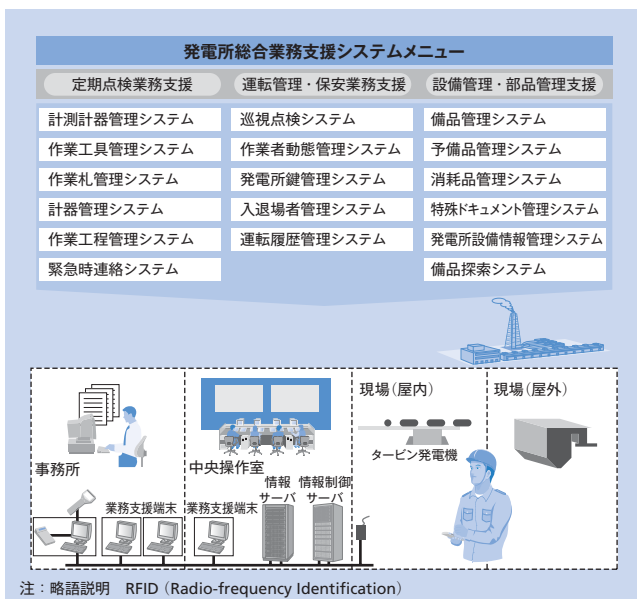


図8 | RFIDを応用した発電所総合業務支援システム

発電所の日常業務に適用可能な総合業務支援システムを提供している。

4. おわりに

ここでは、火力発電の環境対応技術と原子力発電の安定稼働技術、電力需給の安定化に向けた風力発電対応技術、安全・安心にプラントを運用するためのプラント異常予兆診断技術、および保守管理作業支援を目的としたRFID応用技術について述べた。

日立グループは、今後も、世界の電力の安定供給に寄与し、地球環境に配慮した発電監視・制御システムを供給することを目的に、さらなる技術向上と革新を図っていく。

参考文献など

- 1) 日立グループCSR報告書2009, ハイライト2009 持続可能な社会を拓く、電力の安定供給とCO₂排出抑制に向けて、
http://www.hitachi.co.jp/csr/csr_images/csr2009_digest.pdf
- 2) 村上, 外: 東京電力株式会社納め「定期点検支援システム(工程管理・検査記録管理)」の開発と適用, 日立評論, 90, 2, 184~187 (2008.2)
- 3) 河野, 外: 火力発電所の設備点検作業にITを活用した保守管理支援システム, 火力原子力発電技術協会, No.615, vol.58 (2007.12)

執筆者紹介



鈴木 順一

1981年日立製作所入社, 情報制御システム社 電力制御システム本部 発電制御システム設計部 発電制御開発センタ 所属
現在, 発電プラント監視制御システムの開発に従事



石井 一彦

1979年日立製作所入社, 情報制御システム社 電力制御システム本部 原子力制御システム設計部 所属
現在, 原子力プラント監視制御システムの海外拡販に従事
PE (U.S.A.)
日本プロフェッショナルエンジニア協会会員, 日本原子力学会会員



西岡 淳

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 情報制御ソリューション本部 制御装置設計部 所属
現在, 情報制御システムのコンポーネント開発に従事



清藤 康弘

1990年日立製作所入社, 情報制御システム社 パワーエレクトロニクスシステム本部 パワーエレクトロニクス設計部 所属
現在, 風力発電用電力変換装置の設計に従事



深井 雅之

1977年日立製作所入社, 情報制御システム社 電力制御システム本部 発電制御システム設計部 所属
現在, 発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事



永井 克典

1997年日立製作所入社, 情報制御システム社 電力制御システム本部 発電制御システム設計部 所属
現在, 発電プラント監視制御システムの設計に従事