火力発電所のボイラ制御システム

稲村　康男（いなむら　やすお）

1　まえがき

事業用火力発電は，電力供給の中間負荷運用設備として，最近再び注目が集まっている。

また，自家用火力発電では，規制緩和に伴う電力卸売事業（IPP）に関連した設備投資が活発化している。

一方，制御装置については，大容量化・高速化・高信頼化とハードウェアやデータ通信のオープン化など機能・性能の向上が著しい。このような中，富士電機はこれまでに発電設備の主要制御装置であるボイラ制御システムを700缶以上納入してきた。

本稿では，最近の火力発電所のボイラ制御システムの概要と技術動向について述べる。

2　事業用火力発電所のボイラ制御システム

2.1　システム構成

事業用火力発電所向けボイラ制御システムの代表的な構成を**図1**に示す。

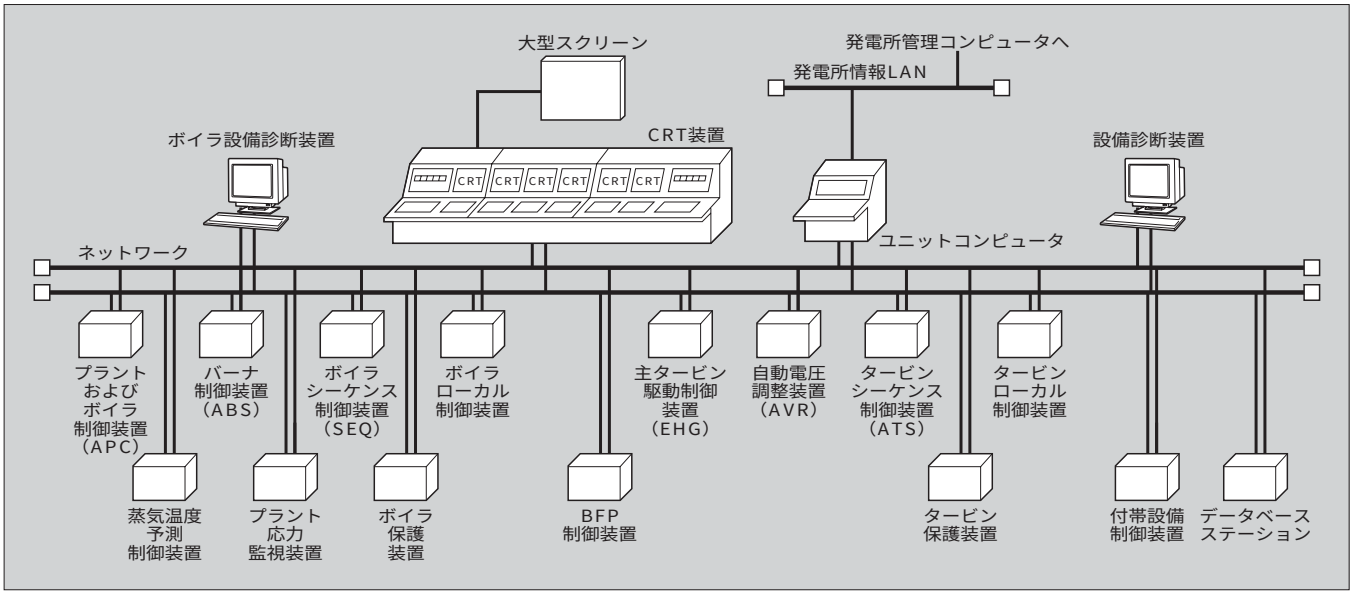
ボイラ制御装置は，中央給電所からの負荷要求指令に基づき，主タービン制御装置（EHG）へのガバナ開度指令やボイラの各種調節弁を操作する役目を持っており，APC（Automatic Power Plant Control）装置と呼ばれる。また，バーナ制御装置は，ボイラの負荷とバーナの油圧を基にバーナを自動的に点消火する機能を持っており，ABS（Automatic Burner Control）と呼ばれる。

ボイラ制御は，主制御であるAPC，ABSのほか，シーケンス制御装置（SEQ），ローカル制御装置などから構成される。これらの制御装置は，タービン側制御装置である主タービン駆動制御装置（EHG），タービンシーケンス制御装置（ATS），自動電圧調整装置（AVR）などと同一のネットワーク上に接続され，すべての装置が伝送により密結合されると同時に，CRTから監視操作できる。

2.2　主要制御機能

図2にAPC主制御系統の概要を示す。この制御方式は

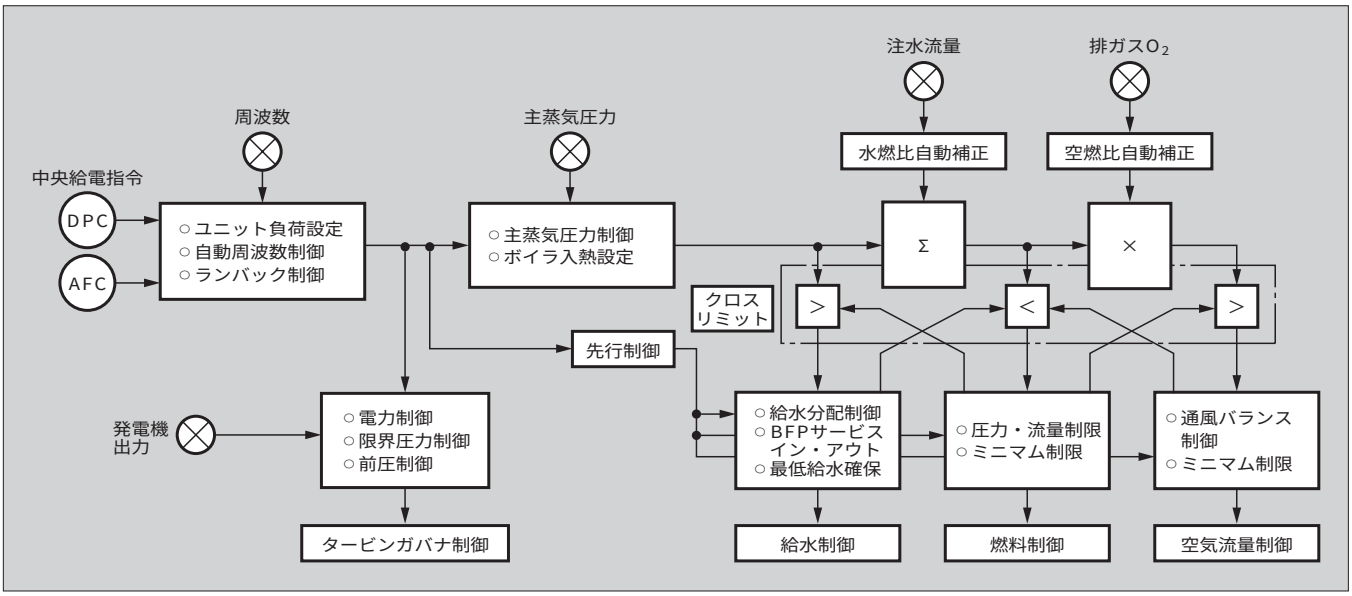
図1　事業用火力発電所向けボイラ制御システム



稲村　康男

エネルギー・原子力分野の計測制御技術およびエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ(株)エンジニアリング本部計測システム統括部計測技術第一部担当課長。

図２　APC 主制御系統の概要



ボイラ・タービン協調制御方式であり，中央給電指令に基づき主タービンおよびボイラの給水，燃料，空気がエネルギーバランスをとりながら目標値に高速に追従する。

2.3　システムの特徴

(1)　制御用コントローラ

制御用コントローラとしては，分散制御システム「MICREX」を用い，制御部，電源部，伝送部，入出力部を冗長化して高信頼化を図っている。また，基本的に一般民需用と同一のハードウェアを使用しているが，電源系統を含めた電源装置の冗長化など，一部事業用火力発電所用としての要求を満たす仕様となっている。

(2)　CRT 装置

パソコンの能力，容量，信頼性の向上から，CRT 装置としてはパソコンをベースとしたシステムが主流となっている。また，従来はボイラ・タービン発電機監視盤（BTG 盤）から監視・操作していた各操作スイッチ・監視機能の多くが CRT 装置に機能移植され，BTG 盤は大幅に小型化される傾向にある。

(3)　保守ツール

これまで事業用火力発電所用制御装置の保守ツールは，コンピュータを使用した専用の可視化ツールが使用されていた。しかし，現在では MICREX のエンジニアリングツールが飛躍的に機能・性能アップしたため，これを火力発電所制御装置の保守ツールとして採用している（ツール名：「HEART」）。これについては，別途4章に概要を記載する。

3　自家用火力発電所のボイラ制御システム

3.1　システム構成

自家用火力発電所（自家発）制御装置は，事業用火力発電所と類似の形態をとるが，制御装置の入出力点数や自動化範囲が小規模となるため，APC，ABS，ATS などを１～２台程度のコントローラに集約し，低価格・高機能と省スペース化を図っている。

図３は，複数のボイラを持っている自家発向け統合化システムの例である。本システムでは，すべての発電所のボイラ制御装置と，純水設備，ユーティリティ設備，受変電設備，エネルギー管理用コンピュータおよび CRT 装置を結合し，中央からの集中制御・管理・操作により省エネルギーと省力化を実現している。

3.2　主要制御機能

自家発の制御システムは，ボイラ・タービン，受変電設備を最適に監視制御することのほか，設備投資額ミニマムで自動化範囲を拡大したり，業務支援を提供することが重要である。**図４**に自家発統合化システムの機能構成を示す。

3.3　システムの特徴

自家発ボイラ制御システムの特徴を以下に述べる。

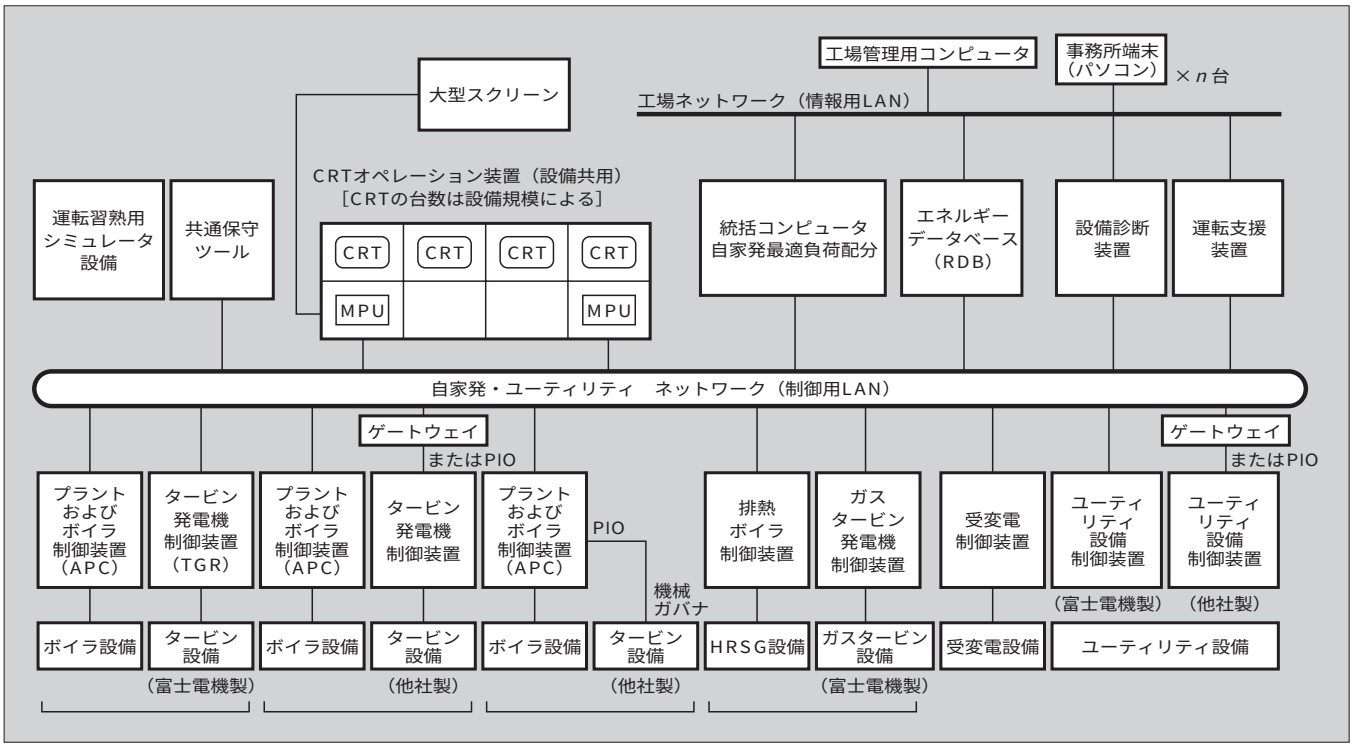
(1)　自家発の最適負荷配分

最適負荷配分システムは，生産計画やプラントモデル解析から工場内の各種エネルギー（副生ガス・油，電力，工場内蒸気負荷など）の需要変化量を予測し，コストミニマムとなるように各ボイラや各種燃料への最適負荷配分を自動的に行うものである。このシステムにより，優先使用燃料の調整やボイラ効率が最適な負荷領域での運用が可能となり，エネルギー損失の発生を抑制することができる。

(2)　自家発ボイラの自動化

IPP 用ボイラ制御装置では，起動から定格負荷までの操作を自動化し，運転員の負担を軽減しているケースが多い。事業所内に電力・蒸気を供給するための一般的な自家発では，ボイラ起動停止を１年以上のインターバルで行うため，設備投資に対する省力化の効果が出にくく，現場の操作端をすべて遠隔自動化するのが難しい。その場合は，運転員

図３　自家発向け統合化システム



が中央操作室で遠隔操作・監視している項目（ボイラの昇温昇圧，緊急操作など）を制御装置により自動化し，コストミニマムで最大限の効果を提供している。

(3)　業務支援

自家発の場合は，特に少人数で発電所を運転・管理するケースが多い。また，発電所の起動停止回数も少なく経験豊富な運転員が不足することも懸念されるので，少人数で安全に操業するために運転支援や保守支援，設備診断が導入されるようになった。例えば，インテリジェントアラームは，ベテラン運転員のノウハウを搭載した制御装置が警報発生の予測や発生した複数の警報から第一原因を解析判断するものである。

① 複数の瞬時プロセスデータの相関関係から逸脱した異常を通知する。

② 複数発生した警報内容から第一原因を推定判断する。

4　エンジニアリング機能

高効率型エンジニアリング用パッケージソフトウェアであるHEARTは，MICREXのエンジニアリングワークステーション（AES）に搭載される。ボイラ制御は，複雑なアナログ演算などからなる多変数制御系であり，各設備の制御方法は，制御仕様書（計装フロー図，ロジック図）にて取り決める。したがって，制御仕様書からソフトウェアを自動生成したり，仕様書をCRT装置で表示しながら試験ができるHEARTは，ボイラ向けのエンジニアリングツールとして適している。以下に特徴を述べる。

(1)　制御仕様書から制御ソフトウェアを自動作成

制御仕様書からコントローラのプログラムを自動生成する機能を持っている。すなわち，汎用ソフトウェアであるVisio〈注〉を使用し，このステンシルを結線することにより制御仕様書を作成するのと同時にプログラムを自動生成する。したがって仕様書とプログラムは完全に整合されるので，プログラムの漏れやコーディングミスが生じない。**図5**にHEARTの制御仕様書例を示す。

(2)　ソフトウェアのパッケージ化が容易

ボイラ制御を各制御ブロックごとに標準化した制御仕様書は再利用が容易であるため，品質向上とエンジニアリング費の低減が実現できる。

(3)　試験の効率化

HEARTにて作成したプログラムは，制御仕様書から自動生成されているため，コーディングチェックが不要である。また，HEARTはモニタ機能を使用し，AES画面に表示した制御仕様書上でコントローラの内部演算各データ（アナログ，ディジタル，パラメータなど）をリアルタイムで分かりやすく表現することができる。したがって，工場試験や現地試験・試運転調整を効率的に行える。また，社内や現地でのソフトウェア変更作業も，HEARTの制御仕様書を修正することにより容易である。

(4)　制御仕様書上の演算結果を運転用CRTに表示

前述のコントローラ内部演算結果を制御仕様書の形で表現するAES画面は，運転用CRT装置にも表示できる。したがって，CRT装置の画面ソフトウェアを作ることなく，運転員にAPCの演算上のデータやSEQのインタロック条件成立状態などをオンラインにて提供できる。

〈注〉Visio：米国Microsoft Corp.の登録商標

図４　自家発統合化システムの機能構成

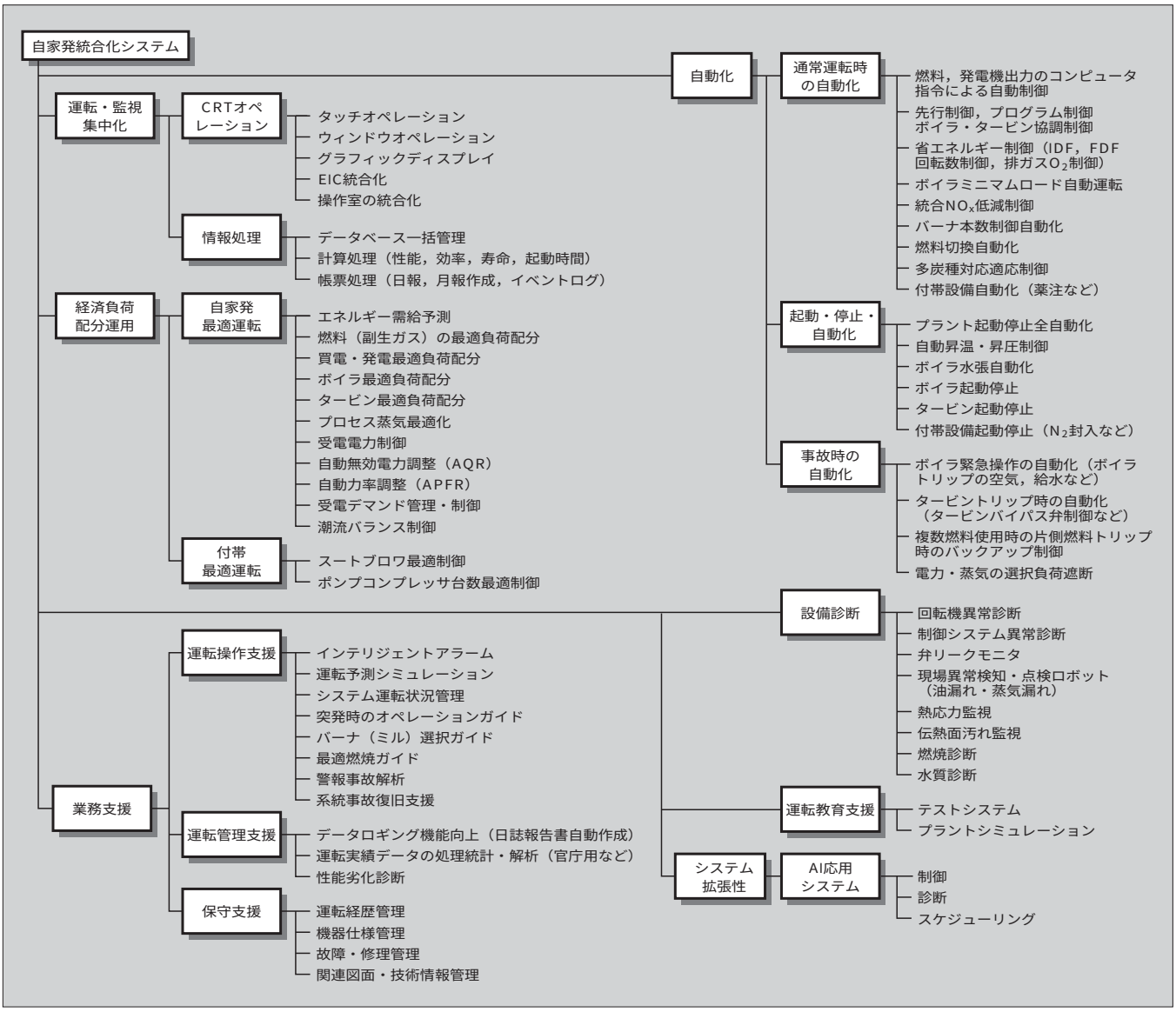
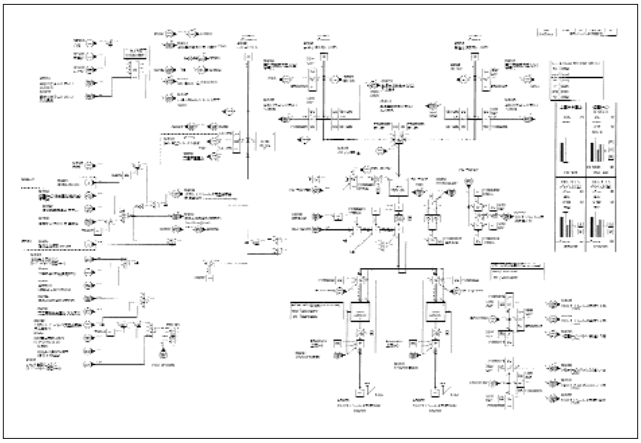


図５　HEARTの制御仕様書の例



5　あとがき

以上，最近の火力発電所のボイラ制御システムについて述べた。これからもユーザーの多様なニーズに的確に応え，「価値」の高い高機能・高品質のボイラ制御システムを開発・提供していく所存である。

参考文献

(1)　火力発電所の運転支援システム．火力原子力発電．vol.54, no.561, 2003, p.69–78.

(2)　火力原子力発電〈創立 50 周年記念〉50 年のあゆみ，Ⅳ．技術のあゆみ（5. 制御）．火力原子力発電技術協会．2000–10.

(3)　ボイラ（6 章ボイラの自動制御）．火力原子力発電技術協会講座．1988.

(4)　井上芳範ほか．火力発電所の計測技術．富士時報．vol.68, no.9, 1995, p.532–535.

(5)　若杉繁実．火力発電所のボイラ制御システム．富士時報．vol.70, no.7, 1997, p.359–363.