

火力発電の技術動向

Technical Trends of Fossil Fuel Power Plants

坂井 彰* Akira Sakai

近年、我が国の火力発電を取り巻く諸情勢は、燃料コストの高騰、多様化した燃料の安定確保、需要地からの遠隔化、負荷パターンの変化、そして環境保全と安全性の追求、それらのいずれをとってみても解決は容易なものではない。

本論文は、火力発電に対する社会的要求を踏まえ、最近の日立製作所の技術動向を紹介するとともに、中・長期的な視点に立った技術開発の展望について述べるものである。

1 緒言

近年の世界経済の停滞と省エネルギー施策の推進により、一次エネルギー価格は、一時的には安定化しているかのようにみえるが、中・長期的にみた場合、価格の上昇は必至であろう。

一方、このような状況のもとで、我が国の電力供給の将来像が昭和57年4月、電気事業審議会需給部会中間報告によって示されたが、火力発電の動向の特徴は、

- (1) 今後10年間の火力発電設備容量の増加は約380万kW/年であり、原子力設備増加約350万kW/年を上回る。
 - (2) 発電設備全体に占める石炭火力の割合が、昭和56年度の4.4%から昭和66年度には12.9%に増加する。
 - (3) 火力発電の利用率が、昭和56年度の43.4%から昭和66年度には41.9%と低下し、中間負荷運用がいつそう進む。
- という点にある。図1に年度別電源設備容量を示す。

火力発電は、高価な燃料を使用し、なおかつ中間負荷機能をも備えるというような、様々な課題を解決してゆかなければならない。火力発電を取り巻く社会的要求と技術的対応を図2に示す。

2 火力発電の技術動向

(1) 蒸気条件の上昇による効率向上

その国の平均発電コストは、電源構成と一次エネルギー価格に依存する。我が国でも、発電コストの低廉な原子力発電電力量が、昭和56年度には総電力量の17%に達し、自由世界の中で第4位に成長してきたが、火力発電電力量は66%と依然として主要電源の地位を保っている。

火力発電の発電コスト構成は、他の発電方式に比べて燃料費の占める比率が大きく、石油火力で80%と原子力発電の25%に比べ3倍以上となっている。したがって、火力発電の高効率化は、省エネルギー効果はもとより、発電コストの切下げにとって大きな貢献が可能である。

火力発電の熱効率は、図3に示すように主として主蒸気圧力・温度の上昇により向上してきた。すなわち、火力発電の効率は高温部材の材料開発により向上してきたといえる。この技術動向の延長として、蒸気条件を更に上昇させ、高効率化を目指す超高温・高圧プラント^{1)~3)}が浮上してきた。超高温・高圧プラントは、新技術に対する人的、技術的適応性の高い我が国で世界の先端をゆく技術として、実用化が間近に迫っている。

日立製作所では、ユニット出力700MW及び1,000MWで316atg、566℃級について、トータルプラントシステムとしての

概念設計をほぼ完了しており、機器の検討だけにとどまらず、超高温・高圧条件に最適な運転方法についても指針を得た。

超高温・高圧プラントは、プラント全体として高効率指向の強いシステムが導入され、最適熱サイクル構成及び高効率補機の採用、更に、将来は超電導発電機の採用も考えられ、機械寸法の縮小が図られるとともに、いつその効率改善が可能となる。

(2) コンバインドシステム化による効率向上

一方、従来技術による機器コンポーネントの組合せに対し、システム技術によって高効率火力を実現する発電方式として位置付けられるコンバインド発電は、現在、世界各国で既に約2,000万kWが運転されており、高い効率と優れた運用性が高く評価されている。図4に、米国及び我が国のコンバインドプラントの最大容量の変遷について示す。

日立製作所では、いち早く排熱回収式コンバインドプラントの優れた特性に着目し、鋭意開発を行ってきた。昭和56年4月、日本国有鉄道の指導のもとに、我が国で最初の排熱回収式141MWコンバインドプラントを完成し、営業運転を開始した。本プラントは、実運転で発電端効率40%以上、

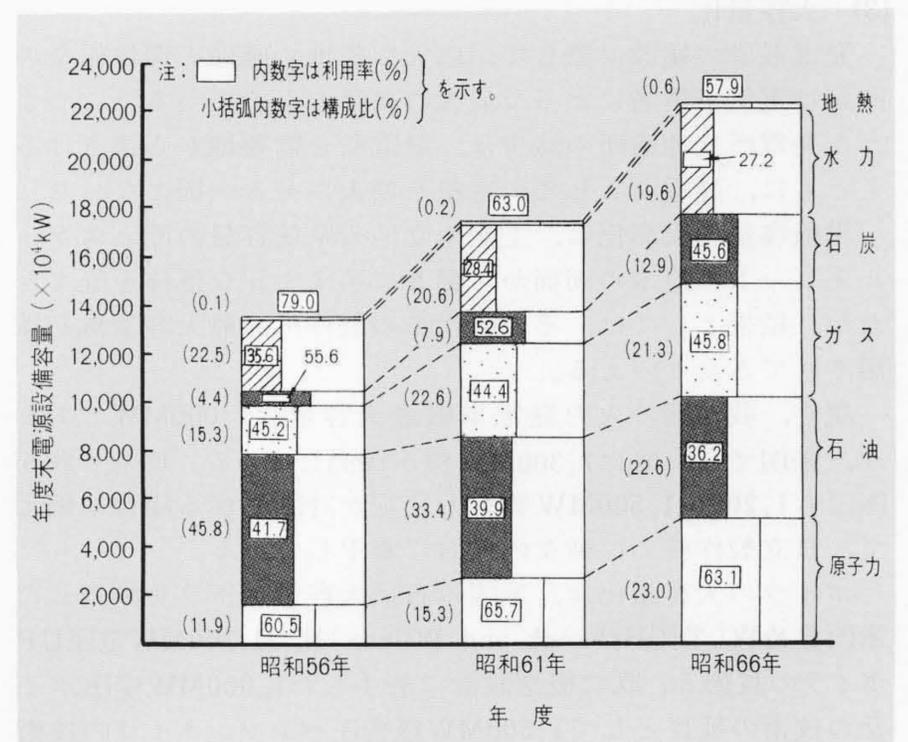


図1 年度別電源設備容量と利用率(資源エネルギー庁長期需給見通しから) 昭和66年度までに、火力発電設備は380万kW/年(うち石炭火力230万kW/年)増加するが、利用率は昭和56年度の43.4%(火力平均)から昭和66年度41.9%(火力平均)と減少する。

* 日立製作所電力事業部

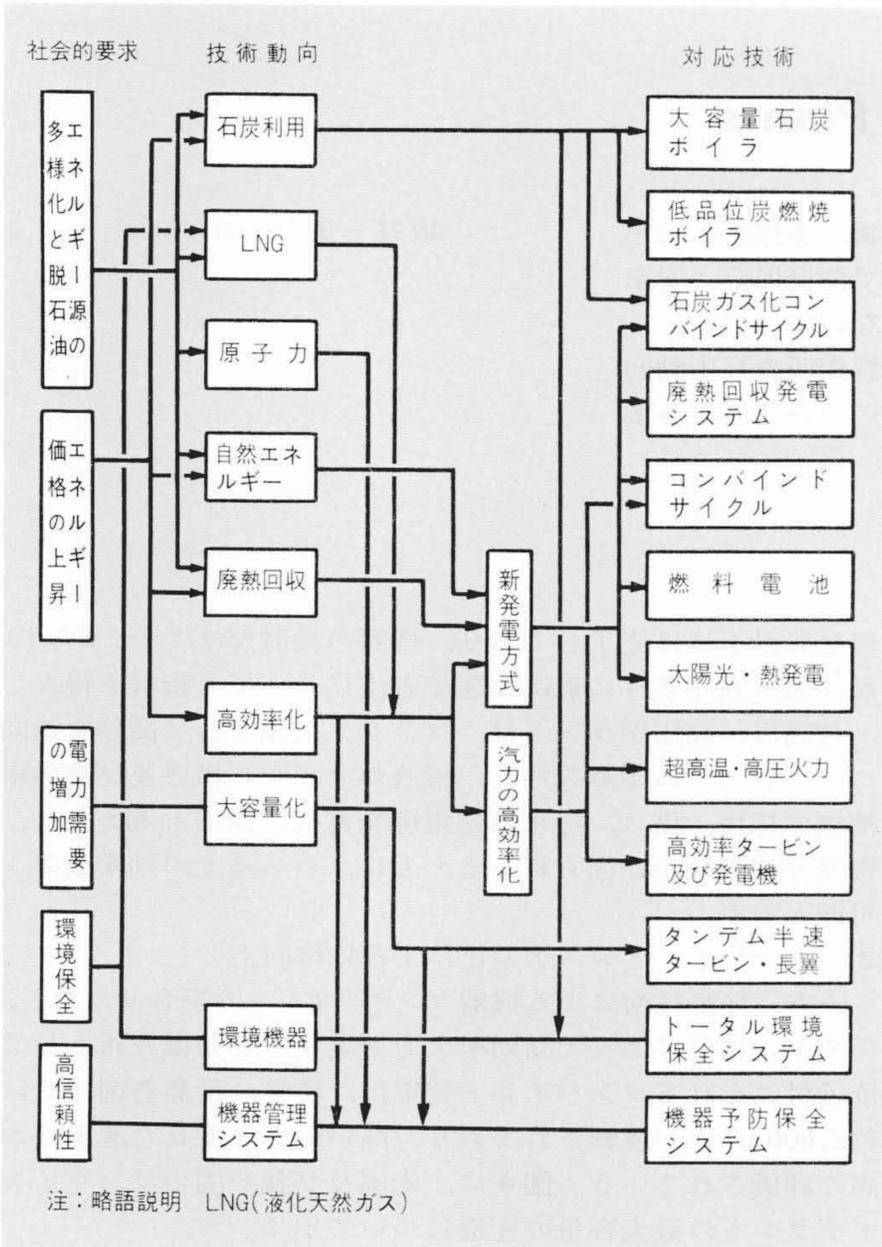


図2 火力発電に対する社会的要求と対応技術 火力発電を取り巻く社会的要求に対しては、多くの技術的選択がある。これらの評価と研究開発が課題といえる。

ホットスタート55分以下というプラント性能を達成している⁴⁾。

(3) 大容量化

発電設備の建設に際して、広大な敷地の確保と環境保全の問題は電気事業者にとって最大の課題となっている。このような発電所立地適所の減少は、発電所を需要地から遠ざけるとともに、発電所としての容量を増大させる一因となった。

単機容量の大形化は、上記の立地や系統容量の面とスケールメリットの追求の両面から図5に示すような推移を経てきたが、結果としては、その時代での製作可能最大容量機が採用されてきたといえる。

現在、我が国の火力発電単機最大容量は1,000MWであるが、米国では、既に1,300MW機が稼動している。将来、我が国でも1,200~1,500MW級火力発電が計画される場合に備えて、日立製作所では種々の検討に着手している。

ボイラの大容量化は、米国の石炭大容量ボイラを独占した米国B&W(米国Babcock and Wilcox)社の1,300MW定圧UPボイラの技術と、既に概念設計に着手した1,000MW変圧ボイラの技術の延長として1,500MW級変圧ペンソンボイラの技術開発を行なおうとしている。タービンの大容量化は、現状技術の範囲で40in級最終段翼を使用した6流排気方式とすることにより実現可能であるが、更に、50in級翼を使用した4流排気式の採用も考えられる。また、タービン発電機については、二極機で700MW級、四極機で1,100MW級が国内で稼動しており、1,500MW級プラントへの対応は至近技術であると考えている。

(4) 高信頼性

プラントの大容量化は、構成要素の増大や部品寸法の拡大によって信頼性を低下させる可能性を包含しているが、我が国では、製品品質が優れているうえに、保守及び運転熟練度が高い水準に維持されているため、大容量プラントでも、事故停止率は1%未満であるといわれている。近年、エレクトロニクスを応用した予防保全診断システムによって更に信頼性を高める努力がなされており、日立製作所でもボイラ、タービン⁵⁾及び発電機の予防保全診断システムの開発を完了している。

(5) 石炭火力

今後10年間に新設又は燃料転換によって石炭火力は約2,300万kWに達するとみられるが、日立製作所では石炭火力トータルシステムに対応する体制の確立及び機器を開発してきた。この成果を踏まえ、昭和58年3月の営業運転に向けて、国内

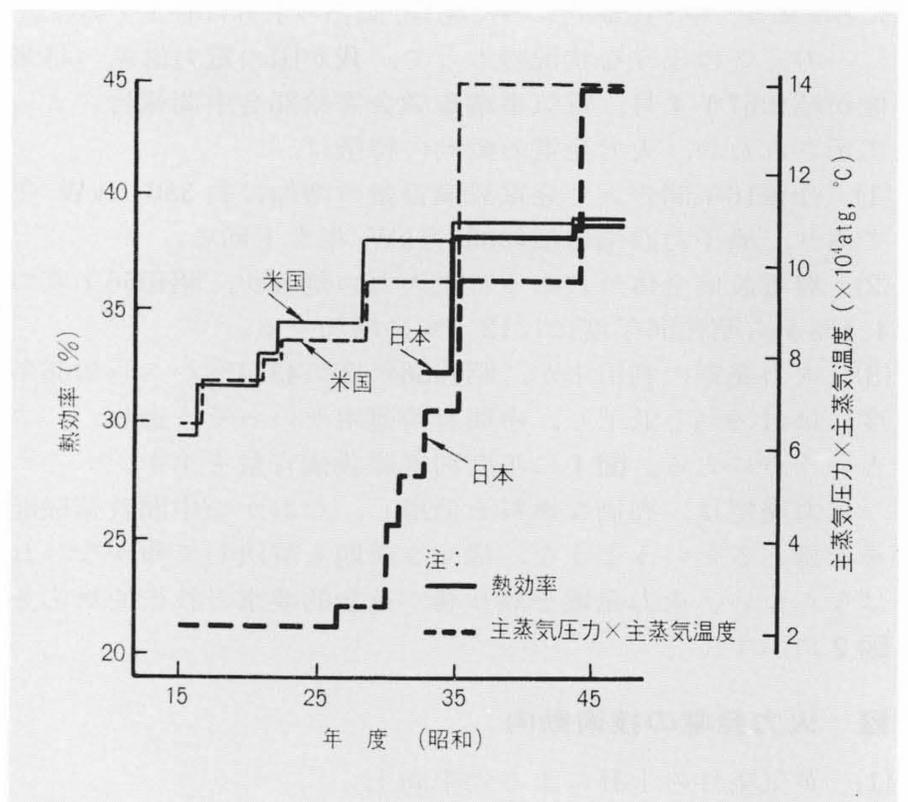


図3 主蒸気条件と熱効率 火力発電の熱効率は、主蒸気条件の上昇とともに向上してきた。我が国の主蒸気条件は米国のそれに比べ、数年間の遅れがあったが、今後は米国をしのぐものとなる。

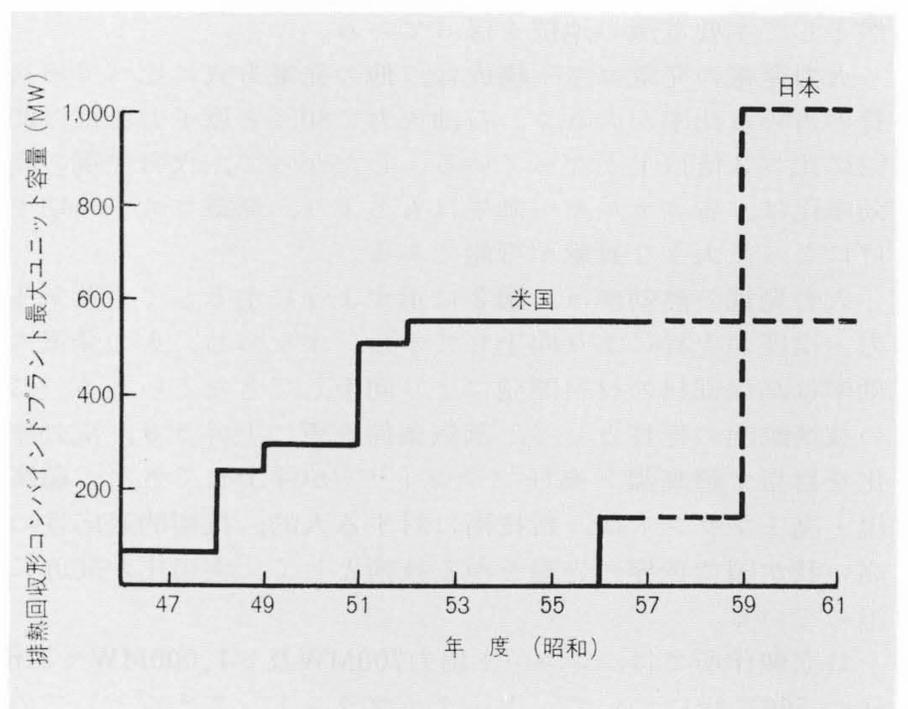


図4 排熱回収形コンバインドプラント最大ユニット容量の推移 コンバインド発電は複数台のユニットによって構成されるため、高効率・大容量の発電所が容易に実現可能である。今後我が国でも、大容量コンバインド発電所が建設される。

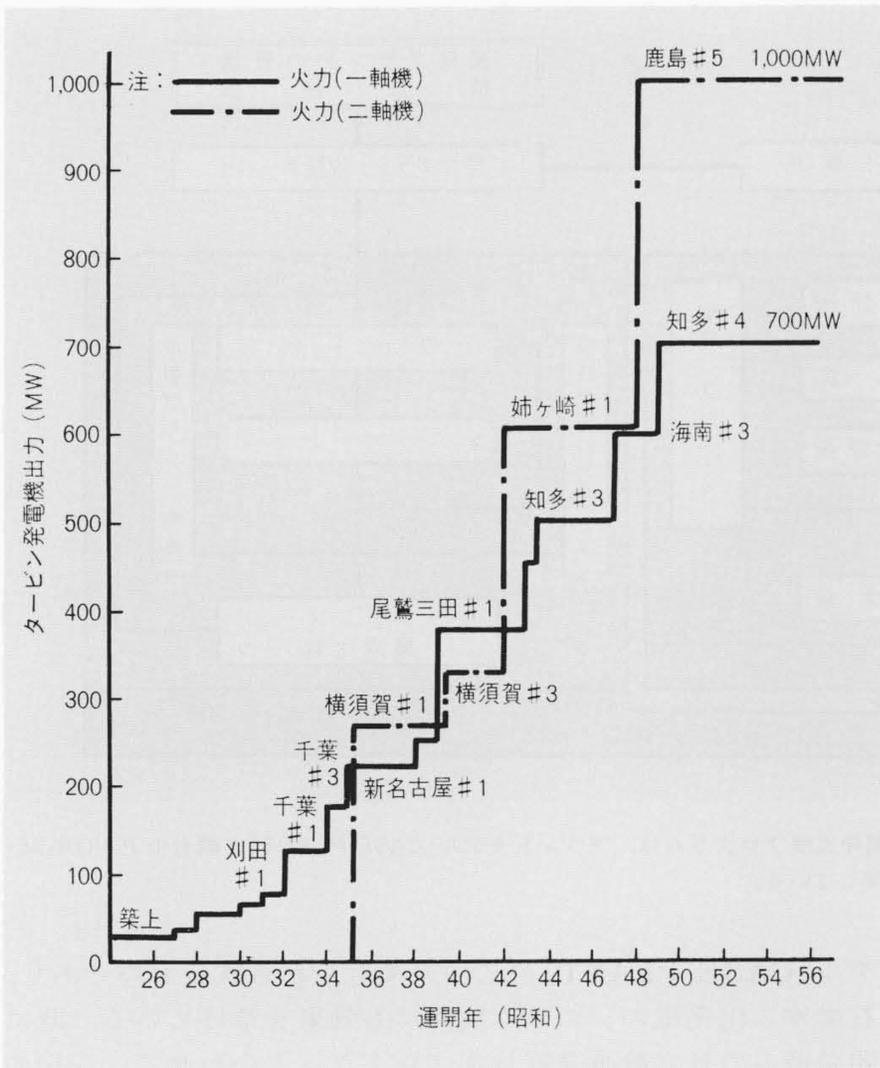


図5 単機容量の推移 火力発電の単機容量は、立地、電力系統容量、そしてスケールメリットの追求などの面から大形化が進められてきた。

最大容量石炭燃焼ボイラである電源開発株式会社700MW竹原3号機の試運転調整に鋭意取り組んでいる。このボイラは、蒸気量2,300t/h、蒸気条件255atg、541/543℃のUPボイラであり、米国B & W社の経験を取り入れた信頼性の高い設計がなされているほか、更に、19種類に及ぶ多銘柄炭に対処できる火炉設計とし、スラッキング防止、フォーリング防止などの配慮が随所に織り込まれている。再熱蒸気温度制御は、ガス再循環方式とともに過熱器及び再熱器出口にそれぞれダンパを配し、多種炭燃焼に際しての熱吸収の違いによる蒸気温度変化を調整している。タービン設備は国内60Hzとしては初めてのクロスコンパウンドCC4F-38を採用することにより、プラント効率のいっそうの向上を図るとともに、60Hz地域の大容量化の先鞭を付けるプラントとなっている。

(6) 環境保全

昭和56年度構成比4.4%(設備容量599万kW)であった石炭火力は、昭和66年度には構成比12.9%(設備容量2,876万kW)に増加するものと推定されている。このような火力発電燃料の石炭移行のためには、時代の要求にこたえる環境保全技術、特に大気汚染防止技術の確立が不可欠であるといえる。

日立製作所は石炭火力用として湿式石灰石-石こう法脱硫装置を既に実用化しているが、更に、活性炭を使用し単体硫黄を回収する乾式脱硫技術の開発をも進めており、電気事業連合会との共同研究による1,000Nm³/hテストプラントでの試験を進めている。また、NO_x(窒素酸化物)排出量低減のため、高ダスト条件下でも長期的に性能劣下の少ない脱硝装置を実用化しているが、更に新しい技術の開発にも努力している。多銘柄輸入炭を使用する我が国の石炭火力では、煤塵対策も独自の新技术開発を必要としているが、日立製作所では新しい方式として、湿式電気集塵装置の開発についても努力を傾注している。

(7) 運用

今後、火力発電の運用形態は従来にも増してミドル化が進み、DSS(毎日起動停止)機能及び長時間極低負荷運転機能が要求されつつある。低負荷運転域のプラント効率向上に有効な変圧運転は既に確立した技術となっているが、DSS及び極低負荷運転に必要な高寿命機器設計、計測・制御技術、補機容量及び駆動方式の最適化などが緊急の課題となっている。

3 将来の動向

発電所立地点の確保は将来ますます困難となり、遠隔地大容量発電所建設が増加し、単機超大容量機や超々高圧送電などの、いわゆる巨大技術が必要となろう。一方、クリーンエネルギーや廃熱を利用した需要地近接形中・小容量発電所などの、社会環境の複雑化に柔軟に適応した分散形発電に対する再評価が行なわれるであろう。容量選定と運用性の面で優れた特徴をもつガス燃焼コンバインド発電は、高効率発電だけでなく分散形発電としても有力な発電方式といえよう。

エネルギーの消費形態がいっそう効率化するのに併行して、電力需要構成は徐々に変革を来し、日負荷パターンも変化するものと考えられる。これに対応して火力発電の中間負荷機能の向上が追求されるとともに、種々の方法によるエネルギー貯蔵技術の開発が必要になってくると予想される。

石炭利用では、揚運炭・貯炭・環境・燃焼・ガス化・ガス精製と裾野の広い総合技術力が必要とされ、各サブシステム

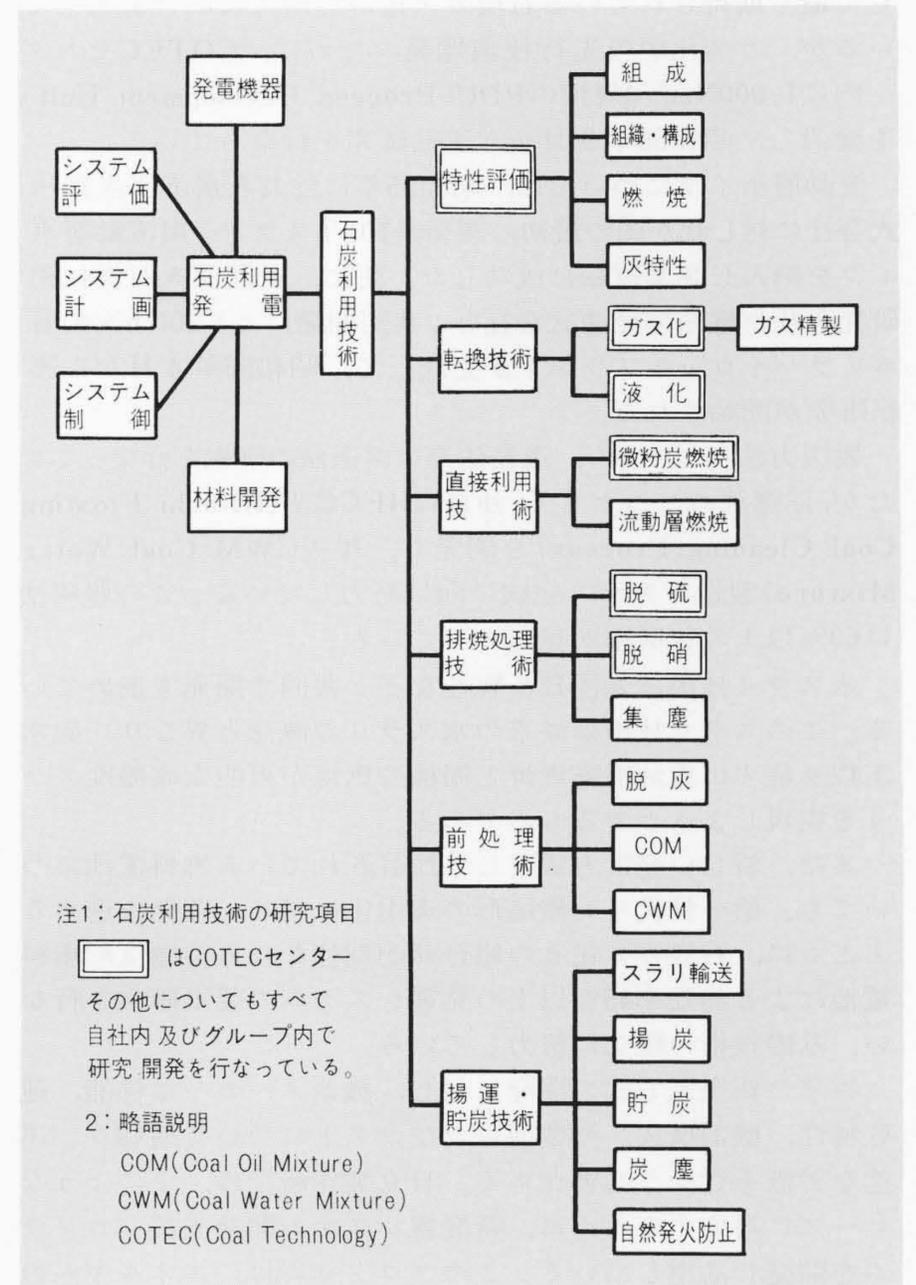


図6 石炭利用技術の研究項目 石炭利用には、幅広い技術が必要とされる。日立製作所ではCOTECセンターを中心とし、全力を挙げて技術開発を推進している。

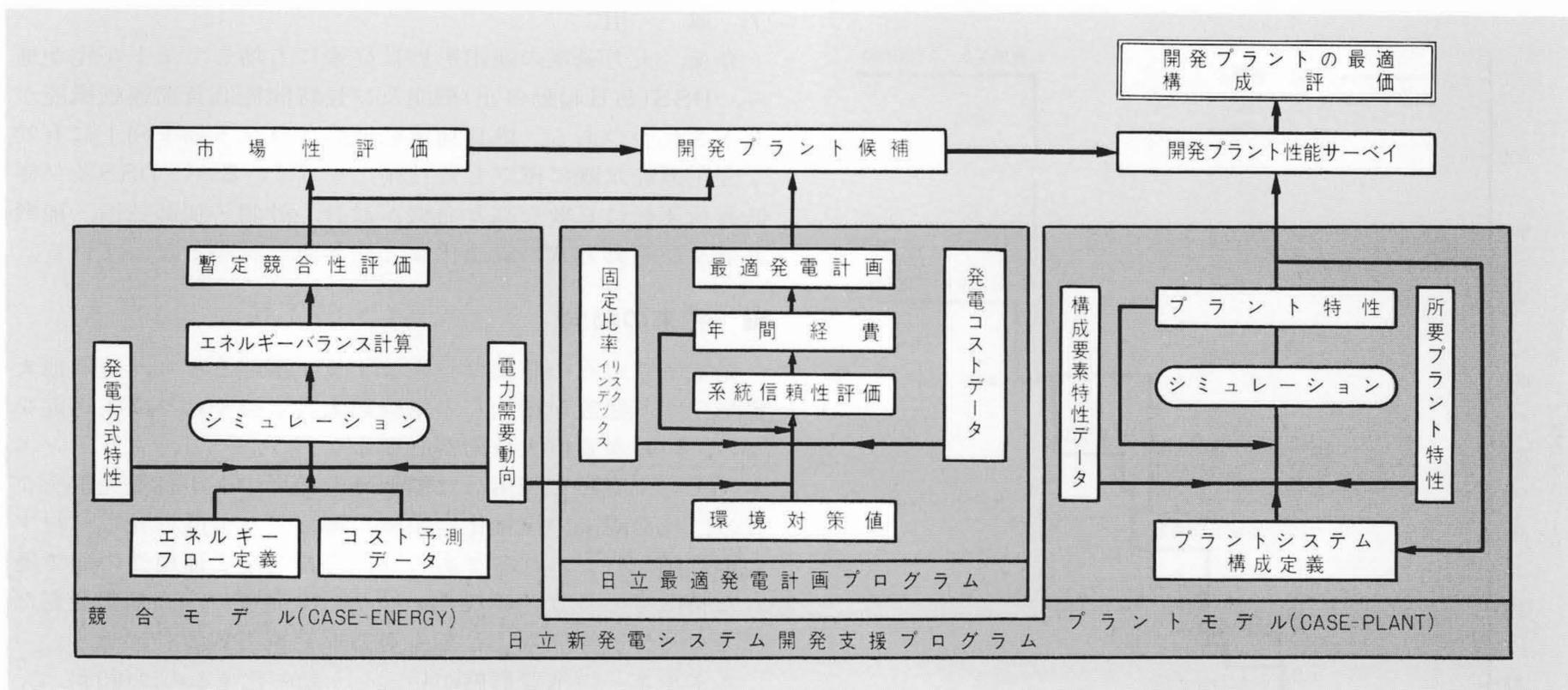


図7 新発電システム開発支援プログラム 日立製作所の新発電システム開発支援プログラムは、プラントモデル(CASE-PLANT)と競合モデル(CASE-ENERGY)から成り、最適発電プログラムと合わせて開発システムの策定に威力を発揮している。

間の相互調和が要求されるが、このような石炭利用総合技術開発を目的として、日立製作所では自社工場内にCOTEC (Coal Technology)センターを設立し、図6に示す研究開発を行なっている。日立製作所は、将来の石炭転換利用技術として最も期待されている石炭ガス化の実用化に向け努力しているが、ガス化炉の先行技術開発のために、COTECセンター内に1,000Nm³/d規模のPDU(Process Development Unit)を建設し、昭和56年9月から運転研究を行なっている。

流動層ボイラについては、昭和55年に住友石炭赤平炭砒株式会社に対し我が国で最初の蒸発量10t/hスラッジ炭流動層ボイラを納入し商業運転に成功した。更に、財団法人石炭技術研究所及び電源開発株式会社との共同開発による20t/h流動層ボイラパイロットプラントが完成して、昭和56年4月から運転研究が開始された。

脱灰方法についても、造粒法及び浮選法の研究を行ってきたが、浮選法の一つとして、独自にHFCC法(Hitachi Floating Coal Cleaning Process)を開発し、脱灰CWM(Coal Water Mixture)製造システム完成に向け努力している。この脱灰法は60%以上の脱灰率が見込まれている。

水スラリ技術は米国B&W社などと共同で開発を進めている。このスラリ技術は従来の水スラリの概念と異なり、脱水工程を経ずに重油噴霧燃焼と同様の燃焼が可能な高濃度スラリを実現しようとするものである。

また、新しい発電方式として注目されている燃料電池についても、第一世代リン酸塩形の実用化に向けて開発を進めるとともに、石炭ガス化との組合せが期待される熔融塩形燃料電池による熱効率45%以上の発電システムの要素研究を行ない、基礎技術の確立に努力している。

将来の新発電方式の開発に対し、機器メーカーは性能、運転特性、機器構成、所要面積及びコストについて適切かつ迅速な評価を行なう必要がある。日立製作所では、このようなニーズに対応するために、新発電システム開発支援プログラムを開発し活用している。このプログラムは、エネルギーの確保や価格と電力需要動向から、最適な発電方式を策定する競合モデル(CASE-ENERGY)と発電システムの各構成要素の特性をデータとして、システムの最適化を行なうプラントモ

デル(CASE-PLANT)の二つのモデルから成るものであり、石炭ガス化発電のシステム検討にも効果を挙げている。既に開発済みの日立最適発電計画プログラムと合わせて、今後の新発電方式の計画に寄与できるものである。その概要を図7に示す。

4 結 言

以上、最近の火力発電の技術動向と近い将来に必要とされる技術について紹介したが、今後の火力発電を取り巻く社会環境は厳しく、乗り越えるべき障壁は高いものといえる。

1973年と1979年の2回にわたる石油危機を経験し、我が国のエネルギー確保長期計画は一応その輪郭を整え、省エネルギーを基本施策として石炭と原子力を基調とした一次エネルギーの多様化が提言されるに至った。一方、経済高度成長期以来の都市化と工業化は発電所立地点の確保の困難さを増加させるとともに、環境保全対策の不可避なことを示した。また、今後はエネルギー使用形態の成熟化により、いっそう電力需要構造の変革が進むであろう。

このような状況のもとで、火力発電は蒸気条件の大幅な改善、新発電方式の開発、そして中間負荷機能の強化と技術の一大転換期にさしかかってきており、その新しい姿が模索されている。今後10年間の研究開発は、将来の我が国のエネルギー戦略とも密接な関係をもたざるを得ないものであり、その方向性の誤りは許されまい。日立製作所でも、関係各位の御指導を仰ぎながら、従来以上の努力を傾注して研究開発にのぞむ考えである。

参考文献

- 1) A.F.Armor : '81 American Power Conference
- 2) S.B.Benett : '81 American Power Conference
- 3) H.Hass : '82 American Power Conference
- 4) 近藤, 外 : 141MWコンバインドプラントの概要と試運転実績, 日立評論, 63, 7, 449~454 (昭56-7)
- 5) 古賀, 外 : 蒸気タービン用異常診断技術の開発, 火力原子力発電, Vol. 33, No.7, 29~40 (1982-7)