

発電設備における省エネルギー

河野 武史*

Takeshi Kohno

1 まえがき

近年のエネルギー資源の価格の高騰や供給量制約（化石燃料の枯渇化）等の懸念から、省エネルギー対策が我が国の最重要課題として登場した。省エネルギー対策は、家庭用機器から各種産業用機器まで広範囲に計画・実施されてきているが、火力発電を中心とした発電設備においても、設備の改修や運転の合理化などによる熱効率の向上対策を中心とし高熱効率発電方式や低密度エネルギーによる新発電方式の研究開発などによる省エネルギー対策が検討され実現されている。

本文では、現状の火力発電設備における省エネルギー対策に重点をおき、原子力発電設備等の省エネルギー対策について簡単に述べる。

2 火力発電設備における省エネルギー対策項目

火力発電設備は大きく事業用と自家用（産業用）に分類されるが、その規模・型式などに大きな相違があるし、業種別（電力・鉄鋼・紙・石油・化学等）に見ても、それぞれの特徴がある。発電設備の省エネルギー対策は、設備の構成要素である各機器の対策のように規模や業種による影響の少ない共通的なものと、逆に規模や業種による設備の特徴を利用するものに大別でき、各種対策1件当たりの年間省エネルギー量も 0.1×10^8 kcal（重油換算1kl）から 40×10^8 kcal（重油換算410 kcal）以上といった広範囲に分布している。発電設備の省エネルギー対策実施事例項目について、火力原子力発電技術協会関東支部による同管内の1,000kW以上の87発電所201ユニット分のアンケート調査の結果が発表されているが、この結果の一部を表1に示す。これらの対策実施例の他に次のようなものがある。

- (1) 余剰蒸気利用低圧復水タービンの設置
- (2) 廃ドレンによる発電（二相流・トータルフロー・フラッシュ等の各種タービンの設置）
- (3) ボイラ給水ポンプ暖機系統の変更
- (4) 各種冷却水の熱回収
- (5) 主変圧器の水冷化と熱回収
- (6) 副生ガス・廃ガス利用の発電設備の設置
- (7) 冷却塔ファン・ポンプの運転の適正化
- (8) 給水処理および管理の強化等によるボイラ連続ブローの取止めもしくはブロー量の低減
- (9) 低負荷高効率運転のためのタービン改造（最大出力の低減）
- (10) 蒸気負荷変動の大きいプロセス蒸気系へのアキュムレータの設置

先に述べたとおり各業種により異なった型式・系統を有する発電設備（産業用の場合は熱併給発電方式が殆んど）の省エネルギー対策は、それぞれの設備の特色を活かし、設備投資額と省エネルギー効果を十分に検討したうえで実施の可否を決定しなければならない。

対策の代表的な項目について具体的な説明を次節に示す。

3 火力発電設備の省エネルギー対策の具体例

火力発電設備の構成要素に応じ省エネルギー対策を次の五つに分類し、各々の代表的な対策について述べる。

- (1) ボイラ関係
- (2) タービン関係
- (3) 発電機関係
- (4) 補機関係
- (5) その他

3.1 ボイラ関係

ボイラの熱損失には種々のものがあるが、その中の一つに乾きガス熱損失がある。この損失は煙突からの排ガスが持ち去る熱量であり、排ガス量と排ガス温度

* 東京芝浦電気（株）火力プラント技術部プラント開発担当主務
〒108 東京都港区三田3-13-12 東京芝浦ビル

表1 省エネルギー対策実施事例項目一覧表

<p>空気予熱器改善</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサードライブシステムによる空気、ガス漏洩低減 ・SAH 加熱用抽気蒸気切換によるタービン効率向上 ・重油S分低下に合わせた低温部メタル平均温度低減 ・SAH 蒸気源を低圧蒸気に変更 ・伝熱面積の増加 ・重油S分低下に合わせたSAH 温度制御による蒸気削減 ・追加AH での工場廃熱利用 <p>タービン改造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高効率タービン翼への取替 ・タービンラビリンス構造の変更 ・タービン軸封を水シールより蒸気シールに変更 ・タービン取替によるタービン容量アップ <p>発電出力アップ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高圧給水加熱器増設 ・高圧給水加熱器容量アップ ・工場廃熱からの蒸気を脱気器へ受入 ・背圧力の設定変更によるタービン背圧力の低減 ・抽気蒸気流量計の取替によるタービン抽気圧力の低減 ・背圧タービンの復水タービン化 ・過熱器追設 ・タービン大型化による運転基数減少 ・設定変更によるタービン入口蒸気圧力上昇 ・タービンバイパス弁による背圧力制御の中止 ・減圧弁を背圧タービンに変更 <p>副生ガス有効利用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タービン取替による容量アップ ・ボイラ取替による容量アップ ・ボイラ燃料用低品位副生ガス混焼率上昇 ・タービン抽気量増加による稼働率増 ・低圧復水タービン設置による稼働率増 <p>運転合理化</p> <p>主 機</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AH 設置によるボイラ排ガス温度低減 ・ボイラ燃焼用空気下限値設定変更 ・部分負荷時の変圧運転 ・短時間起動時のノンブロー ・起動時缶水ブロー量の低減 	<ul style="list-style-type: none"> ・ユニット起動時間短縮 ・ボイラの適正組み合わせ ・高温高圧ボイラの停止による起動、停止損失の低減 ・ボイラ群負荷配分制御 <p>補 機</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ補機減台運転 ・タービン補機減台運転 ・補機運転インターバル見直し ・スートブロー実施パターン変更 ・大型電動機回転数制御 ・ユニット停止時 所内変圧器の回路からの切離し ・主変圧器冷却ファンの減台運転 ・軽負荷変圧器の負荷移行、休止化 ・コンピュータによるボイラ組み合わせの最適運転 ・適正容量モータへの取替 ・給水ポンプの小型化 ・適正圧力に見合った給水ポンプインベラークット ・運転変圧器台数の適正化 <p>蒸気ドレン回収</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドレントラップの温調化 (オイルライン) ・工場廃熱によるボイラ給水加熱 ・プロセス温排水によるボイラ給水予熱 ・SAH ドレンの脱気蒸気回収 ・給水加熱器ドレン回収 ・連続ブロー水の熱回収 ・ボイラ給水循環による工場廃熱回収 ・工場復水の脱気器への回収 ・高圧ボイラブロー水を低圧ボイラ給水へ回収 ・発電機冷却水回収 ・連続ブロー水による予備ボイラ保熱保圧 <p>そ の 他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・復水器連続洗浄装置の設置 ・重油加熱温度低減 ・復水器冷却水取水位置変更による冷却水温度低減 ・重油タンク保温 ・スチームエゼクター圧力低減 ・ボイラドッグハウスの保温強化 ・バーナ改造による低空気比運転 ・大気放出H₂ のボイラでの有効利用 ・CO 計設置による低空気比運転 ・粘度計による加温蒸気節減 ・重油磁化による燃焼効率の向上
--	---

(空気予熱器出口ガス温度—大気温度)に比例して変化する。燃料に重油・石炭・天然ガスなどを使用している一般的なボイラの場合、この乾きガス熱損失がボイラの全熱損失の45~50%を占めるのが一般的である。

乾きガス熱損失の減少がボイラ熱効率向上の有効な手段の一つである。この損失の低減は排ガス温度および排ガス量の低減により実現できる。図-1に一般的なC重油を燃料としたボイラの場合についての乾きガス熱損失・不完全燃焼熱損失と排ガス温度・排ガス量

(図では空気比と排ガス中酸素濃度で示した)との関係を計算例として示した。図から明らかなように低空気比・低排ガス温度運転により乾きガス熱損失の10~20%程度の低減が期待できる。

しかし、この乾きガス熱損失の低減にも限界があり、排ガス量の減少については、燃料を完全燃焼させるに必要な理論空気量以下での運転はもちろんのこと空気比1.05以下の運転になると不完全燃焼熱損失が急増する。したがって、低過剰空気運転領域の下限は、乾き

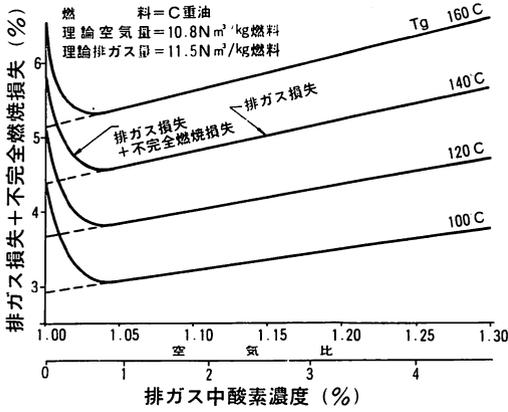


図-1 空気比と(排ガス損失+不完全燃焼損失)の関係

ガス熱損失と不完全燃焼熱損失の和が最低となる空気比の点と考えられよう。ただし、負荷変動の大きいボイラ、ストーカ焚き石炭ボイラや低品位燃料(高炉ガス・黒液等)を使用したボイラ等においては、それぞれに定められた運転限界が存在する。一方、排ガス温度の低減については、空気予熱器低温部での硫酸腐食との関連から燃料に応じた排ガス温度を選定することになり、その運転実績例を以下に示す。

- (1) ナフサ・LPG・LNG 120～140℃以下
- (2) 低硫黄原油 120～140℃以下
- (3) 高硫黄原油 160℃以下
- (4) 低硫黄原油 燃料中S分に応じた温度
(硫黄分1%以下のC重油使用で120℃以下の例がある)

この低排ガス温度運転の実現には伝熱管外面の掃除、蒸気式空気予熱器出口空気温度の低減または廃止、空気予熱器伝熱面積の増加等の対策が必要である。

3.2 タービン関係

タービン関係の省エネルギー対策としては

- (1) 内部効率の向上
- (2) 変圧運転
- (3) 給水管理
- (4) 減圧エネルギー回収抽気背圧もしくは背圧タービンの設置
- (5) 余剰蒸気利用低圧復水タービンの設置
- (6) 抽気・排気圧力の低減もしくは上昇運転
- (7) 高圧給水加熱器の設置
- (8) 二相流タービンの設置
- (9) トータルフロータービンの設置
- (10) フラッシュタービンの設置

等があるが、ここではタービン内部効率の向上対策を中心に述べる。

タービン内部損失にも種々のものがあるが、表2には損失の種類と損失低減のための着眼点を、図-2、図-3には典型的な段落における蒸気の流れの概念図、翼列の蒸気の流れを示した。

タービン内部効率の向上は、その改善量が直接熱効率の向上に寄与する点で最も効果的な省エネルギー対策であることから

- (1) 蒸気通路部の最適設計
- (2) 翼型の改良
- (3) チップ漏洩低減対策
- (4) ラビリンス漏洩の最適化

などについて長年にわたり開発・研究が行われてきた。これらの研究開発結果を事業用蒸気タービンに適用した場合、1～3% (相対値) の熱効率の改善が期待できる。営業運転開始後17年を経過した TCTF-26 220 MW 機にこれらの性能向上対策を適用した場合、計算上では相対値で2.54%の熱効率の向上が期待され、性能向上対策の施工前後における精密な実機の性能試験において、計画を上まわる2.76%の熱効率向上の結果を得ている。この例以外の性能向上対策機に

表2 損失の種類と対策の着眼点

損 失	対 策 の 着 眼 点
排 気 損 失	<ul style="list-style-type: none"> ・排気面積の増大 ・最適な排気面積の選択 ・速度エネルギーの圧力回復
プロフィール損失	<ul style="list-style-type: none"> ・一般段落翼型の高性能化 ・最終段落翼型の高性能化 ・入射角の精度向上 ・表面粗さの向上と劣化防止
二 次 損 失 チップ漏洩損失	<ul style="list-style-type: none"> ・翼高さの増加 ・二次流れの防止 ・チップ漏洩量の減少
ラビリンス漏洩損失 ルート漏洩損失	<ul style="list-style-type: none"> ・ラビリンス漏洩量の減少 ・ルート漏洩量の制御
湿 り 損 失	<ul style="list-style-type: none"> ・ドレン除去 ・水滴の加速
部分挿入損失	<ul style="list-style-type: none"> ・風損の減少 ・挿入弧数の減少
蒸気弁・ 配管圧力損失	<ul style="list-style-type: none"> ・流速を下げる ・圧力損失係数を小さくする
そ の 他	<ul style="list-style-type: none"> ・流れに対し不都合なものの除去 ・冷却蒸気を最小限にする ・静止部間の漏洩防止

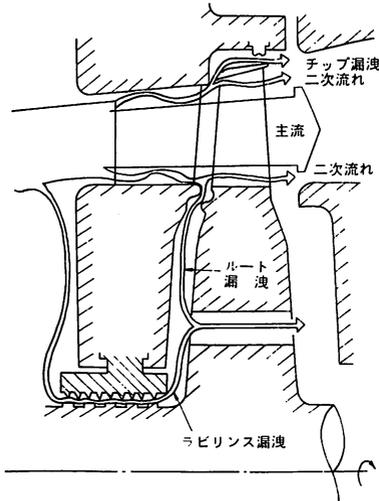


図-2 タービン段落における流れ

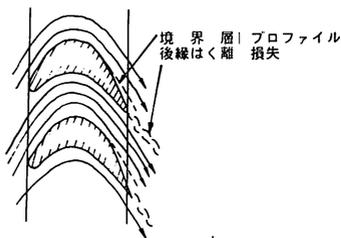


図-3 翼列の流れ

についても同様の結果を得ている。

これらの性能向上対策は事業用蒸気タービンばかりでなく産業用蒸気タービンにも応用可能である。ただし、これらの対策を実機に適用する場合には種々の制約をうける。一方、事業用・産業用に限らず、最近の設計機種については、古い機種に比較して性能向上対策に近い方策が既に取り入れられている場合もある。したがって、適用して効果のあがる方策の範囲も機種および製造時期等によって必ずしも一律ではない点に注意し、実際の蒸気タービンについて、どの性能向上対策を採用するかは、各対策による熱効率向上効果と設備投資額との関連において決定しなければならない。

これらは設備改造による対策であるが、運転方法の改善対策として事業用火力発電設備で採用されている変圧運転がある。これは、負荷に応じて主蒸気圧力を変化させる運転方法で定圧運転機に比較して部分負荷での熱効率の改善が大きく1/4負荷において相対値で4～5%の熱効率の改善となっている。この運転方

法の採用の効果は、ミドル火力のように部分負荷運転の機会と時間の長い設備ほど平均熱効率の向上効果が大きく、定格負荷付近での連続運転を基本としたベースロード設備については、この運転方法を採用しても熱効率の改善は期待できない。

一方、産業用蒸気タービン発電設備の場合は、燃料消費量の低減、購入電力の低減、自家発電々力の増加などが省エネルギー対策となる。これらの効果をあげるため産業用の分野でも種々の対策が実施され成果をあげており具体例について紹介する。

産業用発電設備の場合、プロセスの要求に応じた圧力・温度の蒸気を送気する熱併給発電方式を採用しているのが一般的であるが、各種の圧力の送気系を有しているため、ボイラ発生蒸気の一部あるいはタービン抽気や排気の一部を減圧減温して送気している場合がある。この場合、減圧減温装置に代えて小形の抽気背圧もしくは背圧タービンを設置することによりボイラ蒸発量の増減はなく減圧エネルギーを電力に変換し有効に利用することができる。しかし、このようなプロセスでは蒸気の体積流量が少ないため発電に利用するには、タービン内部効率が低くなる等の問題から経済性に難点があったが、昨今のタービン設計・製造技術の進歩は、最新技術であるタービン性能向上諸対策の採用、高強度材料の採用による高速化を可能にし高性能で十分な経済性を有する小型蒸気タービンを実現させた。

一方、抽気や排気を工場に送気している熱併給発電設備においては、送気量が計画値より減少し設備が遊休化している場合がある。この場合は、余剰蒸気を利用する低圧復水タービンを設置し、既設機の通過蒸気量を増し発電量を増加させると共に新設機の発電量を加えることにより、追加蒸気の蒸気消費率を低く評価できるし、新設機の出力と運用方法の組合せにより買電契約を変更する等の対策を含め総合的なユティリティ経費の節減についても期待できる。

3.3 発電機関係

誘導機を電源に接続し、他の原動機によって同期回転数以上で運転すると発電機として利用できることはよく知られている。最近、誘導発電機はその特性を活かし省エネルギー発電設備の発電機として採用されることが多くなっている。この発電機は励磁機を必要とせず、設備の簡素化、運転の容易化、無保守等の利点があり、現状では出力20～30 MWのものまで製造可能である。

3.4 補機関係

発電所で使用されている補機の動力は所内動力として発生電力から差し引かれるし、補機そのものの性能により発生電力を左右するものもあり、発電設備補機の省エネルギー対策としては、(1)所内動力の削減、(2)補機性能の向上が重要課題である。ここでは、この課題の一つである所内動力の削減について述べる。

事業用発電設備で主給水ポンプをタービン駆動とし給水流量の制御を絞りを制御から絞りのない回転数制御に移したの、ユニット出力が250～300 MW以上となった頃からであり、昭和48年の第一次オイルショック以前であるが熱効率の向上を目的としていた。当時はベース負荷運転を基本にした発電設備が建設され、負荷変化は少なく、所内動力の変化もわずかであった。しかし、最近のミドル運用の事業用火力や工場操業に応じて熱供給発電を行なう産業用発電設備においては、負荷の変化巾が大きく、部分負荷での運転時間が比較的長くなる等の理由により、燃焼用空気量、循環水量、復水量、給水量が負荷に応じて変化するし定格点以外での運転時間が長くなることになる。これらの状態量の変化に応じた制御をダンパや調整弁による絞り制御で行なうと図-4に示すように常に絞り損失が発生するし、部分負荷時にはこの絞り損失が大きくなり補機動力の低減効果はあまり期待できない。しかし、この制御方式を回転数もしくは翼角度制御方式に変更すると絞り損失がなくなるため負荷変化に応じて補機動力が大巾に変化する。補機動力の削減による省エネルギー効果は、その特性上変圧運転のタービンの場合と同様に部分負荷運転時に非常に大きくなる。

この他に、吐出圧力に余裕のある遠心式のポンプや

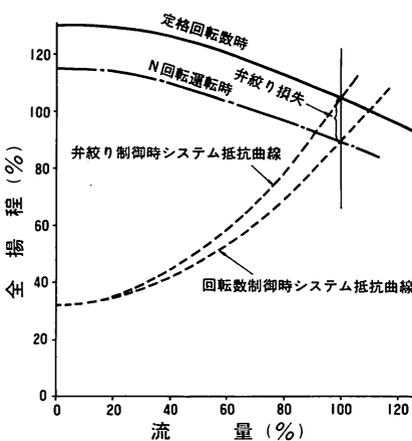


図-4 システムヘッド曲線

送風機類のインペラカットによる余裕の削減等の対策でも補機動力の削減は可能である。

発電設備における所内動力の削減は、そのまゝ送電電力の増加となる点で重要な省エネルギー対策項目であることは先に述べたが、設備の運転状況等に影響されるものであり、個々の補機について対策方法・効果および設備投資を含め十分な検討を行なうことが必要である。

3.5 その他

これまでに発電設備の主要機器に対する省エネルギー対策について述べたが、本項では運転合理化の手段として、最近、注目されてきているプロセスコンピュータを使用したボイラ・タービンの最適運転状態の決定と制御による省エネルギー対策について述べる。

この省エネルギー対策の主眼は、ある工場操業に必要な各種ユティリティの供給を確保する条件のもとで

- (1) 総合的なユティリティ経費を最小化する
- (2) 発電タ力を指定し燃料経費を最小化する
- (3) 燃料消費量を指定し蒸気発生量もしくは発電タ力を最大化する

等の問題を解き、オンタイムに複数台のボイラ・タービンの運転状態量を決定することにある。このように、定められた条件を満足させたうえで各種制約条件で定められた範囲内で目的に合致した運転状態量の決定を「最適負荷配分」と呼ぶ。最適負荷配分計算の最大の問題は、多数の状態量をオンタイムに決定することであったが、最近のプロセスコンピュータの大容量化・高速化によって問題が解決され実用化されるに至った。最適負荷配分による運転合理化の具体策は、最適負荷配分結果に基づき

- (1) 運転ガイドとしてCRTに表示しオペレータが従来どおり操作する
- (2) コンピュータもしくは他の制御装置により直接制御する

等が採用されている操作対象が多い場合や操作頻度が多い場合には直接制御方式を採用し、きめの細かい運転を実現できるように設備計画を行なうことが望ましいが、ガイドとするか直接制御方式とするかについては十分に検討しなければならない項目の一つである。

最適負荷配分による省エネルギー効果は、工場の操業に応じ変動する各種ユティリティ要求量に応じ、運転員が経験と勘によって配分を定め操作していたものを最新の機器特性を用い発電設備の数理モデルに基づいて定められた状態量をガイドもしくは設定値として

直接制御することにより、運転員の経験と勘によるユティリティの総合コスト削減の限界に挑戦し、少なくとも約1%以上程度が期待できる。

この対策は、現在、鉄鋼・紙・化学・石油等の業種で熱併給発電所の高効率運転、副生ガスの有効利用(混焼ボイラ間の配分、発生と消費のバランス)、プロセス内の動力削減等を主目的として注目され採用されている。

最適負荷配分について少し具体的に説明する。熱併給発電所における最適負荷配分は、発電所の数理モデルに基づき、圧力系別送気蒸気量、消費電力等のユティリティ要求量、各機器の稼働状態、配分モード(運転状態決定因子の現状状態量の変更の可否)を与え、(1)線形計画法、(2)非線形計画法により解を求めるものである。発電所の数理モデルは、各機器の運転状態を決定する因子の中で独立して調節できるものを独立変数として構築するが、コンピュータの容量・処理時間の関係から、これら全てを独立変数として取扱えないような場合は、目的に対し寄与度の高いものを独立変数として取扱い残りのものは現状運転状態量を代表値とする等の仮定を行ない、制御変数 $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ を定め、この制御変数 X を使用して

- (1) 目的関数 $f(X)$
- (2) 不等式制約条件 $g_i(X) \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$
- (3) 等式制約条件 $h_j(X) \quad j = 1, 2, 3, \dots, l$

を定式化する。目的関数とは発電所の運転目的を制御変数 X で表わした関数で

- (1) 「燃料費+買電費」のユティリティ供給経費
- (2) 「燃料費」(発生電力指定)
- (3) 「発生電力」, 「発生蒸気量」(燃料量指定)

等、種々のものが考えられる。不等式および等式制約条件には、機器特性式、所内蒸気量計算式、機器運転および買電量上下限、各種ユティリティ供給量が含まれる。数理モデルが全て線形で表わされている場合は線形計画問題、一つでも非線形関係が含まれる場合は非線形計画問題として取扱われる。これの解法については種々のものが利用されている。

さて、火力発電設備の構成機器は、一般的に非線形特性を有しており、タービンの弁ループ特性等は、その代表的なものである。強い非線形性を有する機器の数理モデルを線形で表現すると実機と数理モデルの間の誤差が大きくなり1%程度の省エネルギーを期待した対策としては、この誤差が問題となる。したがって計算機容量および処理時間の許す限り実機に近い非線

形モデルを考えるべきである。また、機器特性についても実機の最新の運転状態から得たものを使用する等の考慮が必要であり、計算機に特性把握機能を備えておくことが望ましい。

4 火力発電設備の省エネルギー対策の現状と将来

火力発電設備の省エネルギー対策も、石油危機に端を発した低経済成長時代に対応するための企業合理化の手段として推進され、投資額が少なく即効的な操業改善対策から技術改良・開発を中心とした投資額の大きい対策に移行し、大形投資による省エネルギー対策の比率が高くなると同時に投資回収年数も3~4年程度へと長期化する傾向が現われている。

このような状況下における省エネルギーの推進は、これまで以上に困難さを増すものと予測されるが、これまでと同様に構成要素の高性能化や最適負荷配分等を含む操業改善の継続的な実施と高熱効率発電設備の採用等が考えられている。高熱効率発電設備の中でも実現性の高い超高压高温発電設備について、以下に簡単に述べる。

超高压高温発電設備は事業用火力の標準的蒸気条件である主蒸気圧力 246 kg/cm²g, 蒸気温度 538 / 538 °C または 538 / 566 °C よりさらに高压高温である主蒸気圧力 316 ~ 352 kg/cm²g, 蒸気温度 593 ~ 649 °C の蒸気を使用することにより、熱効率を相対値で4~5%改善することを目標としている。この設備は現状の火力と同等の熱サイクルを有するが、超高压高の蒸気を使用する点で実現のためにはボイラのみならず蒸気タービン設備においても構造的、材料的な面での十分な検討が必要であり、現在、本設備の実現のため具体的検討が進められている。

5 原子力発電設備における省エネルギー対策

国内における原子力発電設備は、ベース負荷運用を主体として運転されているが、火力発電設備と同様にタービン内部効率の向上を含めたタービンサイクルの熱効率の向上対策が検討されている。その一つが、沸騰水型原子炉を採用した発電設備の低圧タービンへの流入蒸気を主蒸気およびタービン抽気を使用して再熱する再熱サイクルの検討であり、また、火力発電設備と同等の主蒸気圧力・温度と熱サイクルの採用を目標とした高温ガス冷却炉の研究も進められている。

一方、補機の性能向上や所内率の低減および定期点

検時の所内動力の削減等の対策が検討され、一部は実行されている。

6 ま と め

現状の火力発電設備を中心にした省エネルギー対策について述べると共に原子力発電設備のそれについても簡単に紹介した。

火力発電設備の省エネルギー対策は、今後、設備投資が大形化し投資回収年数が長くなる傾向にあるなど、これまでと異なった困難が生じると予想される。本文では、現状における対策に重点を置いて述べたため、

今後の対策の参考となるかどうか疑問であるが、本文が省エネルギー対策の計画、立案の一助となれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 是木他：発電用設備の省エネルギー，東芝レビュー Vol. 36 No. 1 (省エネルギー特集号)
- 2) 是木他：産業用設備の省エネルギー，(同上)
- 3) 火力発電所省エネルギー対策実態調査報告(抜粋)，火力原子力発電 Vol. 32 No. 9
- 4) 辺野木，馬場，鈴木，河野：エネルギー経済運用システム，電気学会研究会資料(昭56-12)

話 の 泉

富酸素化燃焼法

燃焼は何れの場合においても酸化現象で、酸素との結合によって多量の熱エネルギーを発生することは云うまでもない。燃焼用酸素は普通空気中の酸素を利用するが、燃焼には直接関係のない大量(酸素量の約4倍)の窒素を伴っていることは昔も今も変わらない。この窒素は燃焼に際して必要欠くべからざるものではなくて、単に大古からの習慣を踏襲しているに過ぎない。

燃焼時に余分の窒素の混入による弊害として考えられることは、(1)燃焼に際しての送風量の無駄、(2)大量の送風空気の前熱のためのエネルギーの無駄、(3)燃焼排熱ガスの持去る熱量の無駄、(4)燃焼ガス中のNO_xの発生に原因するといわれている大気汚染(オキシダント)など挙げられる。

これらの多くの無駄を減少することはそれだけ省エネルギーにつながり、燃焼の高率化が期待されることは云うまでもないことであるが、その実現の方法としては空気中の窒素の除去すなわち別の表現をすれば酸素の濃縮である。

高濃度の酸素を作ることは窒素を優先的に取り去るか或は酸素の積極的濃縮が考えられる。現状の技術と

しては液体空気からの酸素の分離は実施されているが、大量の濃縮酸素の製造法としては経済的に問題がある。空気中から窒素を大量に取り去るには高効率の吸着剤が選択的の化学反応による窒素の固定など考えられる。

また別の酸素の濃縮法としては、気体の拡散速度差を利用した半透膜が考えられる。薄膜を透過する拡散速度は理論的には分子量の $\frac{1}{2}$ 乗に反比例することからN₂とO₂との分離(濃縮)は可能ではあるが、両者の分離は分子量の差が小さいことから効率はよくないだろう。実際問題としては透過時の膜との親和性の差を利用する方法が提出されている。酸素透過膜としては、1例として厚さ10 μ 程度の多孔質の支持体に0.1 μ 以下のシリコン系高分子膜を貼りつけたものがある。

富酸素化燃焼による炉内の温度上昇は立ち上りとともに高温化するが、酸素濃度25%程度までは効果がよいがそれ以上は次第に頭打ちの傾向がみられるが、温度上昇は燃料の完全燃焼によるもので、その結果として加熱時間の短縮とともに燃料の節約となるらしい。

(F)