

石炭焚き発電プラント技術の現状と将来

An Overview on Technology of Coal Fired Power Plant at Present and Future

中 林 恭 之*

Yasuyuki Nakabayashi

1 はじめに

我国の今後のエネルギー問題を考えて行く上で、政府の長期エネルギー需給暫定見通し(昭和54年)にも見られる通り、海外より輸入する一般炭は52年度実績の95万トンに比べ、60年度2,200万トン、65年度5,350万トン、70年度8,050万トンと想定され、原子力、LNGと並ぶ脱石油エネルギーの大きな柱となっている。この輸入一般炭の大部分は今後建設される予定の石炭火力発電所で消費されることとなり、石炭火力発電所の与えるインパクトは産業上も、社会的にも環境的にも大きなものとなることが予想される。そのため、現時点で石炭焚き火力発電プラント技術の現状を正確に把握し、さらに将来技術を予測することは、有意義なことと考えられる。ただし、非常に遠い将来を予測することは不確定性が増え、あまり意味もないと思われるので、石炭液化、MHD等は除外し、2000年以前に商業が期待されそうな項目に限定することとした。

石炭焚き火力発電技術に関する開発課題を図-1にしたものを図-1に示す。

2 発電プラント技術の評価基準

石炭火力発電技術の現状と将来を正確に把握するために、最初に発電技術とは、一体どのような観点から評価されるべきであるかを考えてみたい。これについては、いろいろな考え方がありと思われるが、ここでは次の4つの柱をあげてみたい。

高効率化 (High Performance)

運転信頼性 (Reliability & Operability)

環境影響 (Environmental Impact)

総合経済性 (Total Economy)

発電所にとって高効率化は最重要課題である。即ち

高効率化とは、少い燃料でより多くの電力を発生することを意味し、石炭の流通経路を含めて省エネルギーであり、環境にも好影響を及ぼし、総合経済性も得られるからである。

運転信頼性は、発電所特有の課題である。それは、電力系統の要請に応じて、何時でも所定の電力を供給のできる設備信頼性と、負荷変動に应答する能力に分けられる。特に負荷変動は発電所特有の課題で、化学工業では即ち実用化されている石炭ガス炉を発電所に導入する時の最大課題が負荷応答性とされているのが、その一例である。

巨大な物量、エネルギーを扱う石炭火力にとって、環境問題が大切な事は言うまでもない。ただ環境対策は全て省エネルギーとは逆方向に働くので、環境と総合経済性との調和を計ることが大切である。

電力は、日本経済の原動力であるので安価で、安定した電力を供給することは電気事業に課せられた第一命題である。石炭火力にかかわる技術も経済性なしに実用化されることは、あり得ない。

3 石炭焚き発電プラント技術の現状

現在の石炭火力は、燃料は石炭の固体ハンドリング、燃焼は微粉炭機直結燃焼式、排煙処理は電気式集じん器により脱じん、湿式排煙脱硫装置、低NO_x燃焼および必要な場合は、触媒式排煙脱硝装置より成る総合排煙処理システム、灰処理は、埋立て土地造成を主体とした一部有効利用、発電は蒸気タービンと云うシステムとなっている。即ち図-1に示す現状技術である。現状システムは、それなりに信頼性があり高稼働率をあげているが、これを2項に掲げた評価基準により、少し詳細に見てみたい。

先ず高効率化の観点からである。発電所の効率を決定づけるものは、如何なる熱サイクルを採用するか、その時の熱的条件をどう設計するかである。現状技術

* 電源開発(株)火力部長代理

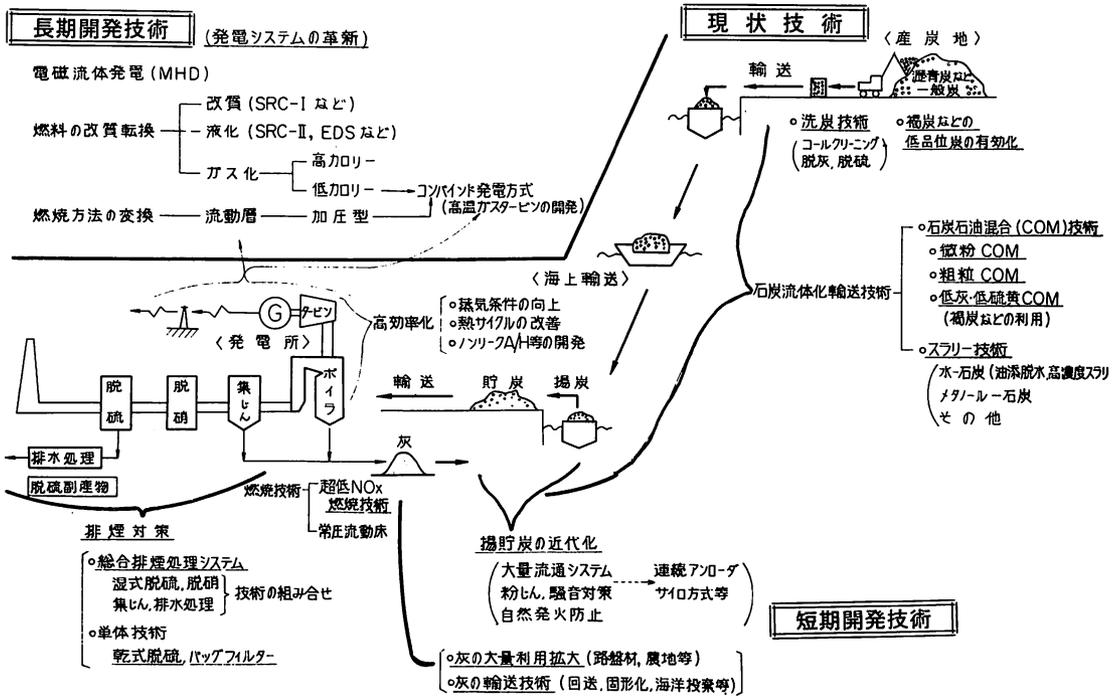


図-1 石炭火力をめぐる技術開発の体系

は 500~1000 MW級の大容量機の場合ランキン・サイクルをベースとした一段再熱、再生サイクルであり、最も進んだ蒸気条件は主蒸気圧力 3500 psig、主蒸気温度 1,000°F、再熱蒸気温度 1,000°Fのいわゆる超臨界圧であり、発電端効率は定格出力で40%を上廻る程度、年間利用率を70%として年間平均効率は39%を若干下廻る程度となる。この蒸気条件、効率は、1960年以來20年間も定着したもので、燃料費の安かった時代の反映である。これを送電端効率で見ると1970年代の環境対策技術の導入、特に排煙脱硫装置の影響が大きいのであるが、所内電力消費が増大し、送電端効率は低下している。環境対策導入前の石炭火力の所内率は5%前後であったのに比べ、現状では、これが9~10%に達している。正に高効率化、省エネルギーへの逆行である。従って、この点に関する反省から、今後の方向として、条気条件の向上を中心とした効率上昇、所内電力消費の少ない環境対策技術開発の必要性が重要と考えられる。

第二に運転信頼性についてである。日本における石炭火力の運転信頼性の実績は、排煙対策を中心とした環境対策設備を設置、運転しているにも拘らず、世界最高水準にあると云ってよい。即ち年間利用率85%以上を達成することが可能であり、これは定期点検期

間を除くと殆んど100%に近い Availability を維持していることとなる。この原因は、日本のメーカーの技術水準が高いことを示すと同時に、日本の電力会社、発電所側の運転、修繕管理能力が高いためと判断される。今や、欧米諸国も日本の発電所の高稼働率を学ぶ傾向になってきている。

しかし、将来、世界各国からの多品種の石炭を燃焼すれば、それだけ運転トラブルの原因も多様化する訳で、今後共に、高稼働率を維持する努力が必要である。

第三に環境影響対策である。石炭火力の運転が、十分な環境対策なくしてあり得ないことは云うまでもないが、この点に関しても日本は世界のトップレベルにあると云える。それは、世界で初めて高信頼性のある排煙脱硫装置の運転実績をあげたこと、触媒式全量脱硝装置の運転を開始したこと、低NOx燃焼技術の実施、乾式脱硫装置の開発、炭じん飛散防止対策の開発、防音対策の実施等全ての面にわたっている。

国土の狭い日本で石炭火力を運転するためには、今後も万全の努力をするべきであるが、次項の経済性との関連について充分留意して行かなければならない。

第4の経済性についてであるが、今後石炭火力を拡大して行く上で最も重要な課題である。即ち過去においては全発電力の4%程度しか占めない石炭火力で

あったために、全体に与える影響も、そう大きなものではなかった。しかし今後の石炭火力の役割の増大を考えると、高効率化の推進および調和のある環境対策を中心とした総合経済性の実現が最重要課題である。

4 短期将来技術

短期将来とは、具体的にどの時点を目指すのかは問題であるが、ここでは1990年代の前半に実用化されるこの前提で考えてみたい。

4.1 燃料輸送技術

ここでの燃料輸送技術は、石炭の外国山元から積出港までの輸送、積み込み、海上輸送、日本側での揚炭、発電所での貯炭、ボイラへの送炭までを含めて考えてみたい。

現状技術は、海外の内陸輸送は主として貨車輸送、部分的には最新の石炭専用車であるUnit Trainの使用、海上輸送は6万～12万DWT級の石炭専用船、揚炭はクラブ・バケット型揚炭機、貯炭は屋外貯炭中心、送炭はベルトコンベヤと云う要素から成っている。

この分野については近い将来にそう大きな変革は起らないだろうと思われる。即ちこの分野で期待される技術は石炭流体化技術であるが、COM(石炭・石油混合燃料)は実用化の段階に入っていくが、水スラリーについては技術開発は進展するものの、新設石炭火力建設スケジュールとの関連で本格実用化は遅れると思われる。

逆の見方をすれば、現状の石炭固体ハンドリング・システムは実績の上に立つ強固な技術で部分的改良により今後共使用されて行くと思われる。従って近い将来実現されるものは、様々の型式の屋内貯炭技術、炭じん飛散防止技術、自然発火対策であろう。

クラブ・バケット型揚炭機に対して連続アンローダ、船上に設置するセルフ・アンローダ等も検討されると思われるが過去の経緯、使用実績等を見ると、さして有望な技術とは思われない。

4.2 石炭燃焼技術

4.2.1 微粉炭燃焼技術

図-2に微粉炭燃焼の2方式を示す。現在、世界の電力用石炭焼きボイラの殆んど大部分は、(a)に示す微粉炭機直結方式である。これに対し(b)の微粉貯蔵方式は化学工業におけるある型の石炭ガス化炉、セメント・キルン等で実用化されており、日本の電力用ボイラでは過去に九州電力の新小倉発電所1・2号機で低品位炭燃焼を行った際に採用されたが現在では設備は撤去

されている。

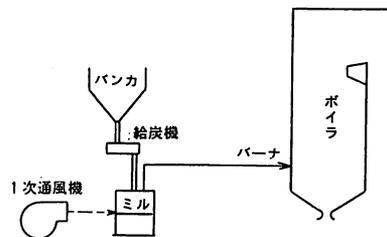
直結方式と貯蔵方式の比較を表1に示す。微粉炭貯蔵方式は、運転の容易さ、燃焼性の良さ、低NO_x化への期待、低動力等、種々の良い点があるが採用されないのは、貯蔵システムの微粉炭爆発の問題点からであろうと思われる。しかし、貯蔵方式は過去に採用された事もあり、セメント産業では現在も実用化している点から、近い将来の直結方式に対する代案として検討されるべき課題である。

4.2.2 流動床燃焼技術

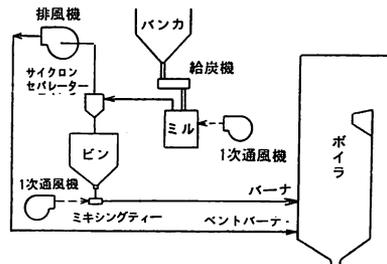
石炭の基本的な燃焼3方式を図-3に示す。この何れ的方式も実用化されているが、現在電力用ボイラに採用されているのは全てが噴流床方式に相当する微粉炭燃焼方式である。そして、微粉炭燃焼方式に対して近い将来、実用化が期待されるものとして流動床燃焼方式が登場してきた。流動床燃焼炉には常圧と加圧の二方式があるが、ここで微粉炭燃焼炉に競合し得るものとして取り上げるのは常圧流動床燃焼炉であり、加圧流動床燃焼炉は、石炭ガス化炉等のように若干、遠い技術と考えられる。

常圧流動床炉の特徴は、次のように云われている。

- (1) 微粉炭燃焼方式の火炉温度は最高約1,500℃に達するのに比べ、流動床の場合は設計にもよるが流動床の温度は800～1,000℃と低温燃焼である。



(a) 微粉炭機直結方式概略系統図



(b) 微粉炭貯蔵方式概略系統図

図-2 微粉炭燃焼システムの構成例

表1 微粉炭燃焼の直接式と貯蔵式の特徴比較

項目	直接燃焼方式 (Direct Firing System)	貯蔵燃焼方式 (Bin System)
1 設備	簡単 (ミル, 給炭機, 1次通風機, バーナ)	複雑 (左記の他排風機, サイクロンセパレーター, 微粉貯槽, 微粉炭フィーダ, ベントバーナ)
2 熱損失	小(ミル正圧のため空気洩れ込みない)	大
3 自然発火の危険性	なし	あり
4 所内動力	小	大
5 据付スペース	小	大
6 負荷変動に対する応答性	遅い	早い
7 ミルの運用	ボイラ負荷に応じて変化	ボイラ負荷に関係なく最高効率で運転
8 ミル予備機	必要性大	必要性小
9 微粉粒度・濃度	ミル負荷により変化	一定

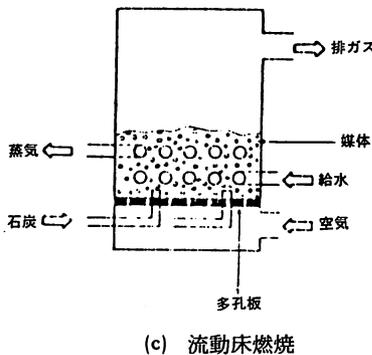
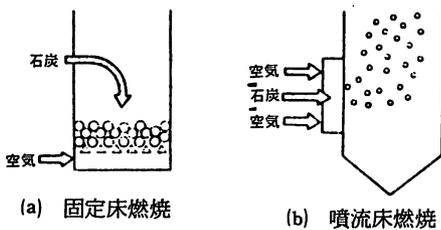


図-3

- (2) そのため全ての銘柄の石炭の灰融点以下で燃焼することとなり、微粉炭燃焼炉設計、運転時に大きな問題となる灰による Slagging および Fouling が起らないので、炭種に対する適合性が広がる。
- (3) 低温燃焼のため NO_x 発生が少ないことが期待できる。
- (4) 流動床内の熱伝達率が大きいので、ボイラの小型化が期待できる。
- (5) 低温燃焼のため石炭中の不燃性硫黄は酸化物として大気中に放出されず硫黄酸化物低減型の燃焼方式である。

開発段階	年度	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
コールドモデル														
ベンチテスト														
20t/h パイロットプラント														
200t/h 試運転プラント														

図-4 流動床ボイラ開発スケジュール

(6) 流動床形成剤に石灰石を使用すれば、炉内で一旦発生した硫黄酸化物を吸収することも期待できる。以上の長所がある反面、次の問題点も指摘されている。

- (1) 石炭供炭設備が複雑化する。
- (2) 流動床内管の摩耗、腐蝕が解明されていない。
- (3) 灰は微粉炭燃焼時の融溶灰とは異り、未融溶灰であるので、集じん技術、灰の有効利用、投棄についても技術開発が必要である。

以上の問題点はあるが、今後、微粉炭燃焼ボイラに対抗し得る唯一の燃焼方式と考えられるので、通産省の補助金を得て図-4に示すスケジュールで開発が予定されている。

4.2.3 灰処理技術

灰処理の現状は埋立土地造成をベースとし、有効利用としては、コンクリート混入用フライアッシュ、セメント原料用粘土の灰による代替が主であり、珪酸カリ肥料、アスファルト・フィラーとしての灰利用等が実用化の緒についたところである。

今後実用化される灰の有効利用技術としては、各種の骨材、路盤材、新硬化体、新セメント、特殊用途と

してロックウール等が開発されている。これらの諸技術は過去の経験から、何れも技術開発としては成功すると予想されるが、灰の有効利用技術の成否は、商業化段階にかかっており技術以外の制約条件が大きいかことを認識しなければならない。

また灰の有効利用を100%に持って行くことは、発電所の目的が灰の生産ではなく電気の生産である限り不可能なことであり、この観点から埋立土地造成は不可欠である。さらに一步進めて灰の有効投棄と云った観点から灰を主成分とした人工魚礁等の造成も重要な事項である。

現時点で、灰の微量成分等のからみで埋立方法その他について諸調査、解析が行われているが、今後データの蓄積に伴い常識的な線に落ち着いて行くと予想される。

4.2.4 排煙処理技術

排煙処理技術の現状は、灰については、低温または高温電気集じん器と排煙脱硫用湿式スクラバーの組み合わせにより、煙突出口で100~50 mg/Nm³程度、SO_xについては湿式・石灰石・石膏法により90%以上の脱硫効率、NO_xについては燃焼改善により300~200 ppmに低減され、さらに必要な場合は、アンモニア注入、触媒還元法による排煙脱硝で脱硝効率80%以上が得られていると云う段階である。

排煙脱硫技術の将来課題は、先ず湿式石灰石石膏法について見ると、性能的に既に満足される段階であるので、実績の積み重ねによる合理的設計による設備費低減および所内動力の低下である。また節水、省エネルギー、副産品としての硫黄と云った特徴を有する乾式脱硫装置が、立地条件によっては実用化されていくであろう。現時点では石膏の需給条件がタイトで全量売却されているが、今後の石炭火力発電所の増加を考えると石膏以外の脱硫副産品についても充分検討しておく必要がある。

NO_xについては、低NO_x燃焼技術の開発が更に進展し、炉内脱硝等の技法により、新設石炭ボイラの場合には100 ppmを下廻る可能性も予想される。ただし低NO_x燃焼採用缶の増加によるクリンカ・トラブルの増加、ボイラ管の腐蝕等については十分な注意を払う必要がある。

触媒式脱硝については、脱硝効率の90%への向上、触媒寿命延長による経済性の向上が将来課題である。

ばいじん対策は今後最も重視され、環境行政面からも規制強化が予想されるので、重油焚きなみの高性能

集じんシステムの開発に今後力を入れて行かなければならない。技術目標としては、煙突出口で一桁すなわち数 mg/Nm³のばいじん量と、サブ・ミクロン領域を中心とした粒経別集じん効率、粒経差による粒子成分の識別等があげられる。

ばいじん量一桁の高性能を得るためには、バッグ・フィルター等の機械式集じん装置、イオナイザー、パルス荷電、第3電極等の新型電気集じん器等の集じん装置単体の技術開発が必要であると同時に、排煙処理装置が脱硝・脱じんと巨大化、複雑化して来た状況を把握し、他の排煙処理装置のダスト発生状況、二段、三段の脱じん、集じん装置の設置位置等による総合経済性を考慮したシステム開発が不可欠である。

またサブ・ミクロン領域の粒経分布問題については精密な測定技術の開発が重要課題であり、この点については米国が先進国であり学ぶところが大きい。

以上の排煙処理技術は微粉炭焚きボイラに適用される最高レベルのもので、この実用化により近い将来、重油焚きボイラと同等の環境レベルの維持が可能となるであろう。

4.2.5 発電技術

先にも述べたように発電所関連技術の中で最も重要な点は高効率化であり、これを決定づける蒸気条件は1,000°F、3500 psigで20年経過して来たのである。今後のエネルギー価格の高騰、石炭火力の増大、環境へのインパクト等を考えると、蒸気条件の向上を中心とした石炭火力の高効率化は非常に重要である。後に触れる石炭ガス化発電と比較して、石炭焚きボイラ・タービン発電方式の蒸気条件の向上による効率向上試算を図-5に示す。

ボイラ・タービンの高温、高圧化のためには耐熱材料の開発が必要で、実績の積み重ねによる実機への採用と云うステップを踏まなければならない。

現在の予想としては、新しい耐熱材料を使わず、実績のある材料ベースで採用可能な蒸気条件は蒸気温度1,100°F前後、圧力4500 psigであり、二段再熱サイクルを採用することにより現在の効率を4%程度向上させることは近い将来可能であろうと考えられる。次の段階は温度1,200°F、圧力5000 psigで発電効率は7%程度の向上が見込まれるが、この場合には新しい材料の採用が必要なため、実用化は先の段階と予想される。

また高効率化のためには、蒸気条件以外にも熱サイクルの部分的改善、大型補機のタービン駆動、ノン・リーク型空気予熱器の開発等課題が多く、総合システ

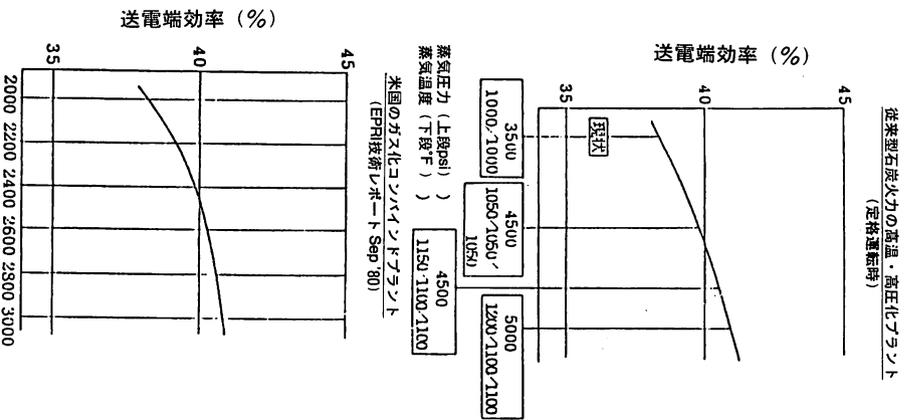


図-5 発電方式による性能比較

ム的に実用化を進めて行かなければならない。

高効率化への、もう一つのアプローチとしてユニット容量の大型化がある。日本では運転中では松島火力の500 MW、建設中では竹原火力3号機の700 MW、計画中では松浦火力の1,000 MWが最大容量機であるが、米国では1972年を最初に1,300 MWユニット機が8台運転に入っている。近い将来、極端な大型化は問題にならないと予想されるが、少し先の課題として1,500 MW機程度の実現を念頭におきおく必要がある。

また低負荷時の運転効率向上対策である変圧運転方式は現時点で石炭火力に導入されていないが、これは近い将来に採用されるであろう。

5 長期将来技術

長期将来技術とは、ここでは1990年代の後半から2000年にかけて実用化が予想される技術としてとらえてみたい。

5.1 燃料輸送技術

石炭流体化輸送技術には、COM、メタコール、水スラリー等、種々の形態があるが、この中で将来最も有望視されているのは、高濃度石炭・水スラリーであろう。現在実用化されている米国のブラク・メサ・パイプラインの水スラリーが、石炭/水比50/50であるのに対して、高濃度スラリーの場合は、石炭の粒度分布を特殊のものにし、これに界面活性剤を加えることにより石炭濃度70%以上でも流体輸送を可能とするものである。現在、世界の石炭流体化技術のいう勢はCOMから、この高濃度スラリーに移りつつあり、日本においても、電源開発(株)等において研究され、実験室規模では試作に成功し、パイロット・プラント試験に移行する段階である。

現在の固体ハンドリングによる石炭輸送システムにおいても、炭種にもよるが15~20%の水分を輸送している状態なので、高濃度スラリー技術が実用化されれば、現在の状態に10%前後の水分を加えて流体化が可能となり次の様なメリットが期待される。

- (1) パイプ・ライン輸送が可能となる。これは海外の内陸輸送と、国内のコール・センタからの配送の二つのケースが考えられる。パイプライン化により騒音、振動、道路交通への影響等をも、なくすことができる。
- (2) 現在の原油と同じようにパイプによる沖積み、沖取りが可能となり石炭輸送船の大型化を可能にし、石炭の輸送コストを低減する。
- (3) 国内における貯炭時にも波じん飛散、自然発火のおそれがなく、熱量損失もない。
- (4) 微粉炭燃焼および後述するガス化炉の何れにもフレード可能で、特に加圧型ガス化炉の場合にスラリー・フレードは好都合である。

高濃度スラリーは以上の特徴が期待されるが、それだけに、スラリー製造方法、ポンプ、パイプラインの摩耗、パーナチュアの摩耗、添加剤コスト等の多くの技術的課題を克服して行かなければならない。

また実用化する場合にも、海外の山元から日本の発電所まで一貫したスラリースystemになるのか、部分的にスラリー化されるのかは、その時点での競合相手等の経済的問題のみでなく社会的問題をも加味して決定されて行くであろう。

5.2 発電技術

長期将来技術として期待されるのは、やはり石炭がス化コンバインドサイクル発電技術であろう。本発電

方式の基本フロー図を図-6に示す。ガス化コンバインドサイクルにも、過給ボイラ方式、排熱助燃方式等いろいろ提案されているが、ここに示したのは、排熱回収型と呼ばれるもので、将来の超高温ガスタービンとの組合せにおいて、有望視されているものである。

ここで、注意しておきたいのは、ここで云うガス化発電とは、発電所以外の所で石炭をガス化し、ガス管で発電所にガスを導入する方式ではなく、発電所には石炭を持ち込み、発電所の中でガス化し、ガスタービンを駆動する方式である。つまり、現在の石炭焼きボイラの代わりに石炭ガス化炉が、蒸気タービンの代わりにガスタービンと排熱蒸気タービンの組み合わせが登場する訳で、発電所をブラックボックスとして見れば、発電所に石炭が搬入され、煙と灰が排出され、電気が生産される点については、現状技術と変りはないのである。もちろん、外部で液化なりガス化をして、これを発電所に持ちこむことも想定可能であるが、この種のもは、エネルギー効率の低い点で、直接発電所に石炭を持ち込む方式に比べて経済的でないと思われる。

さて石炭ガス化コンバインドサイクル発電方式は、次の点から、次代の発電方式として期待されている。

- (1) 超高温ガスタービンの実用化に伴い、排熱回収コンバインドサイクルの効率が向上し、これを石炭ガス化炉と結合することにより、発電効率の向上が期待できる。その傾向は図-5に示す。
 - (2) ガス化炉出口ガスをクリーン化することで、硫黄、ダストの除去の高率化が計れる。
 - (3) ガスタービン発電の部分は温排水に寄与しない。
 - (4) ガス化炉とコンバインドサイクル発電および化学プロセスを組み合わせたコンビナートを形成することにより総合的に効率のよい石炭利用が可能となる。
- しかし、この発電システムは、現在まで実用化されておらず、システムも複雑であるので実用化までには長い時間と資金が必要とされる。技術的な主な問題を次に示す。

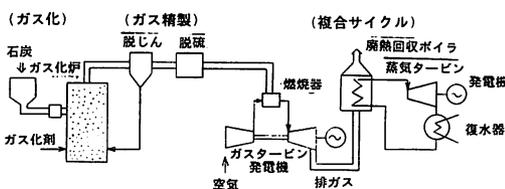


図-6 石炭ガス化複合発電サイクル

- (1) ガス化炉には固定床、流動床、噴流床、熔融塩炉の4型式がある。この中、発電用には流動床と噴流床が有望視されている。二つの型式の炉の開発計画の調査が必要である。
- (2) ガス化炉は還元雰囲気であるため、これに伴う一酸化炭素等への安全対策を確立する必要がある。
- (3) ガス化炉より排出される灰も酸化雰囲気である燃焼炉より排出される灰と性質が異ると想定されるので、この投棄、有効利用について検討する必要がある。
- (4) ガス精製は、脱じんと脱硫である。湿式と乾式があり、湿式は在来技術であるが効率低下をもたらす。乾式は未確立である。また超高温ガスタービンが許容する含じん率も未確定で、従って脱じん技術についても、はっきりしない。
- (5) 超高温ガスタービンの実用化が、本発電方式の中核であり、それにはLNGを燃焼するコンバインドサイクルの実績データが望まれる。
- (6) NO_xについては、高温タービンになるほど発生が増大が予想されるので、コンバインドサイクルに適した排煙脱硝が必要である。
- (7) 発電システムが複雑であるので、フレキシブルな運転を可能とさせる制御システムを開発しなければならない。

図-7に国が実施中の石炭ガス化発電のスケジュールを示すが、上記技術的課題の困難さを考えると、実用化までには、なお時間を要すると思われる。

6 おわりに

以上、石炭焼き発電プラント技術の現状と将来について、大ざっぱに眺めてみたが、これをまとめたものを表2に示す。この表を見て感ずることは、石炭火力の技術が、順次、現状技術から短期将来技術、さらに長期将来技術と全面的に変って行くと言うことではなく、その時々々の環境、技術、社会、政治等種々の制約の中で、現実の技術は実用化されて行くもので、現状技術も相当長期間存続して行くものと思われる。つまり、将来は、表2に示した現状および将来技術が混在する形で、少しずつ新しい技術へ変って行くであろう。

最後に観点を变えて、資源的な立場から石炭を見てみたい。ここで重要なのは亜瀝青炭、褐炭利用である。表3に埋蔵量を示す。これ等の低品位炭は、主として高水分に起因する低カロリーおよび自然発火性の強さのため一般炭として輸入の対象とならず、わずかに山元発電に消費されているのみである。石炭も有限の化

表2 石炭焼き発電プラント技術の現状、将来比較

項目	現状技術	短期将来技術 (1990年代前半)	長期将来技術 (1990年代後半)
石炭輸送	陸上輸送	貨車、一部ユニットトレイン	COMの実用化
	海上輸送	6~12 DWT 石炭船	
	揚炭	クラブバケット型アンローダ	防止技術〔屋内貯炭方式の増加〕
	貯炭	屋内貯炭、一部屋内	
燃焼技術	微粉炭機直結式	微粉炭貯蔵式流動床燃焼炉	流動床、噴流床式加圧型ガス化炉
灰処理技術	埋立土地造成一部有効利用	同左有効利用の拡大	還元雰囲気炉よりの排出灰の有効利用及び投棄
排煙処理	ばいじん	低温/高温 EP 湿式スクラバ	総合排煙処理
	SO _x	湿式石灰石、石膏法	
	NO _x	低 NO _x 燃焼触媒式排煙脱硝	性能向上
発電技術	蒸気タービン 主蒸気圧力 3,500 psig 主蒸気温度 1,000°F 再熱蒸気温度 1,000°F	蒸気タービン (第1段階) (第2段階) 主蒸気圧力 4,500 psig 5,000 psig 主蒸気温度 1,100°F 1,200°F 第1再熱温度 1,100°F 1,100°F 第2再熱温度 1,100°F 1,100°F 変圧運転の実施	超高温ガスタービンによるコンバインドサイクル、ガスタービン入口温度 1,300~1,500°C
石炭	瀝青炭	亜瀝青炭、褐色の使用	同左

年度	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
開発段階 (1974)	(1975)	(1976)	(1977)	(1978)	(1979)	(1980)	(1981)	(1982)	(1983)	(1984)	(1985)	(1986)	
5トン/日 ガス化 PUB													
40トン/日 ガス化パイロット プラント													
1000トン/日 100 MW 級 ガス化発電 プラント													

図-7 開発スケジュール

表3 技術的・経済的採埋蔵量 1977年 10⁹ tce

	ハード・コール(%)	ブラウンコール(%)	計(%)
アメリカ合衆国	113 (22.9)	64 (44.4) < 36 >	177 (27.8) < 100 >
中国	99 (20.1)	-	99 (15.5)
ソヴェト	83 (16.8)	27 (18.7) < 25 >	110 (17.3) < 100 >
英国	45 (9.1)	-	45 (7.1)
インド	33 (6.7)	-	33 (5.2)
南アフリカ	27 (5.5)	-	27 (4.2)
西ドイツ	24 (4.9)	11 (7.6) < 31 >	35 (5.5) < 100 >
ポーランド	20 (4.1)	1 (0.7) < 5 >	21 (3.3) < 100 >
オーストラリア	18 (3.7)	9 (6.3) < 33 >	27 (4.2) < 100 >
カナダ	9 (1.8)	1 (0.7) < 7 >	10 (1.6) < 100 >
その他	22 (4.4)	31 (21.6) < 58 >	53 (8.3) < 100 >
計	493 (100)	144 (100) < 23 >	637 (100) < 100 >

(第10回 世界エネルギー会議)

< >内は国別のブラウンコールの割合

(注) ハードコール ; 無煙炭及び瀝青炭
ブラウンコール; 亜瀝青炭及び褐炭 (低品位炭)

石燃料であり、亜瀝青炭、褐炭の大部分は露天掘可能で、一炭坑当りの埋蔵量が巨大な点を考慮すると、技術開発によりこの低品位炭を輸入可能にすることは、未利用資源の活用と云う資源的観点からも、瀝青炭の価格上昇に対する対抗手段と云う経済的観点からも非常に重要である。電源開発(株)では、豪州、米国の低品位炭を対象に脱水技術、自然発火防止技術の開発を実施中で、1990年代には、これらの低品位炭の輸入も実用化されるのではないかと予想している。

以上