

# 流動層ボイラの実用化

## Commercialization of the Fluidized Bed Boiler in Japan

昭和48年の石油危機以降、わが国では石炭火力のあり方が見直されてきた。しかし、このエネルギー危機の教訓から、ボイラの分野での新しい技術は、従来の石炭燃焼よりも幅広い燃料に対応可能であること、既設の油燃焼をリプレースして使えるよう大がかりな環境設備を必要としないこと、コンパクトで環境性能に優れた設備であることが要求された。

これらの要求に適したボイラとして、世界的に流動層燃焼ボイラが着目され、各国で流動層ボイラの研究開発の試みが行われた。電源開発株式会社とバブコック日立株式会社(以下、バブコック日立と言う。)は、電源開発株式会社若松石炭利用技術試験所に20 t/h流動層ボイラパイロットプラントを作り、共同で流動層ボイラの開発を行ってきた。さらに、事業用流動層ボイラの実用化のために、国内最大級の電気出力50 MWの流動層ボイラ実証プラントを、同じ若松に建設し順調に実証試験を行っている。その結果、現在まで約1万3,000時間にわたる実証試験を行い、ボイラの性能・運用性・信頼性について大形事業用流動層ボイラの実用化への見通しを得、350 MWの流動層ボイラについての設計も行える状況となった。

一方、産業用流動層ボイラについては、バブコック日立のボイラ・化学機械の分野で培ってきた流動層燃焼技術を基に十数缶の実績を持つに至り、実用化の域に入っており、現在では、さらに進んだものとして、循環流動層の実用化研究を行っている。

杉山生男\* *Ikuo Sugiyama*  
 居塚 穰\*\* *Minoru Izuka*  
 四方哲夫\*\*\* *Tetsuo Shikata*  
 大木勝弥\*\*\*\* *Katsuya Ōki*  
 古賀修二郎\*\*\*\*\* *Shūjirō Koga*  
 西山明雄\*\*\*\*\* *Akio Nishiyama*

### 1 緒 言

わが国での流動層燃焼技術は、昭和40年代後半から主として廃棄物の焼却処理を目的に開発が進められ、実用化されていた。このようななかで、二度の石油危機によって石油に代わるエネルギーとして石炭が見直され、従来の石炭燃焼ボイラよりも環境適応性に優れ、低品位な燃料を使える流動層ボイラが着目された。

わが国では、このような状況のなかで石炭利用技術活性化のため、昭和53年から国の補助事業として財団法人石炭技術研究所を中心に流動層ボイラの開発がスタートした。開発工程を図1に示す。

電源開発株式会社は事業用火力での豊富な運転経験を基に、またバブコック日立株式会社(以下、バブコック日立と言う。)では、それまでに培ってきた流動層燃焼技術を基に、両社と

も当初からこの研究に参加した。ベンチ炉による要素試験を経て、電源開発株式会社若松石炭利用技術試験所(以下、電発・若松と言う。)内に20 t/h流動層ボイラパイロットプラントを建設し、約3年間にわたって共同で試験を行った。このパイロットプラントの試験成果を基に、次のステップとして、昭和57年から50 MW流動層ボイラ実証プラントの設計製作を行った。この流動層ボイラは、電発・若松の既設2号缶微粉炭燃焼ボイラを流動層ボイラにリプレースしたもので、昭和62年3月に完成した。同年4月から電発が運転研究に入り、現在大形流動層ボイラの性能、信頼性にかかわる試験をほぼ終了し、平成2年4月から蒸気条件の高温化改造を行い、約1年半の試験ののち実証試験を終了する予定である。

また、次期の事業用商用プラントとして、電源開発株式会

\* 電源開発株式会社 火力部火力建設室 \*\* 電源開発株式会社 火力部火力技術室 \*\*\* バブコック日立株式会社  
 \*\*\*\* バブコック日立株式会社 呉工場 工学博士 \*\*\*\*\* バブコック日立株式会社 呉工場

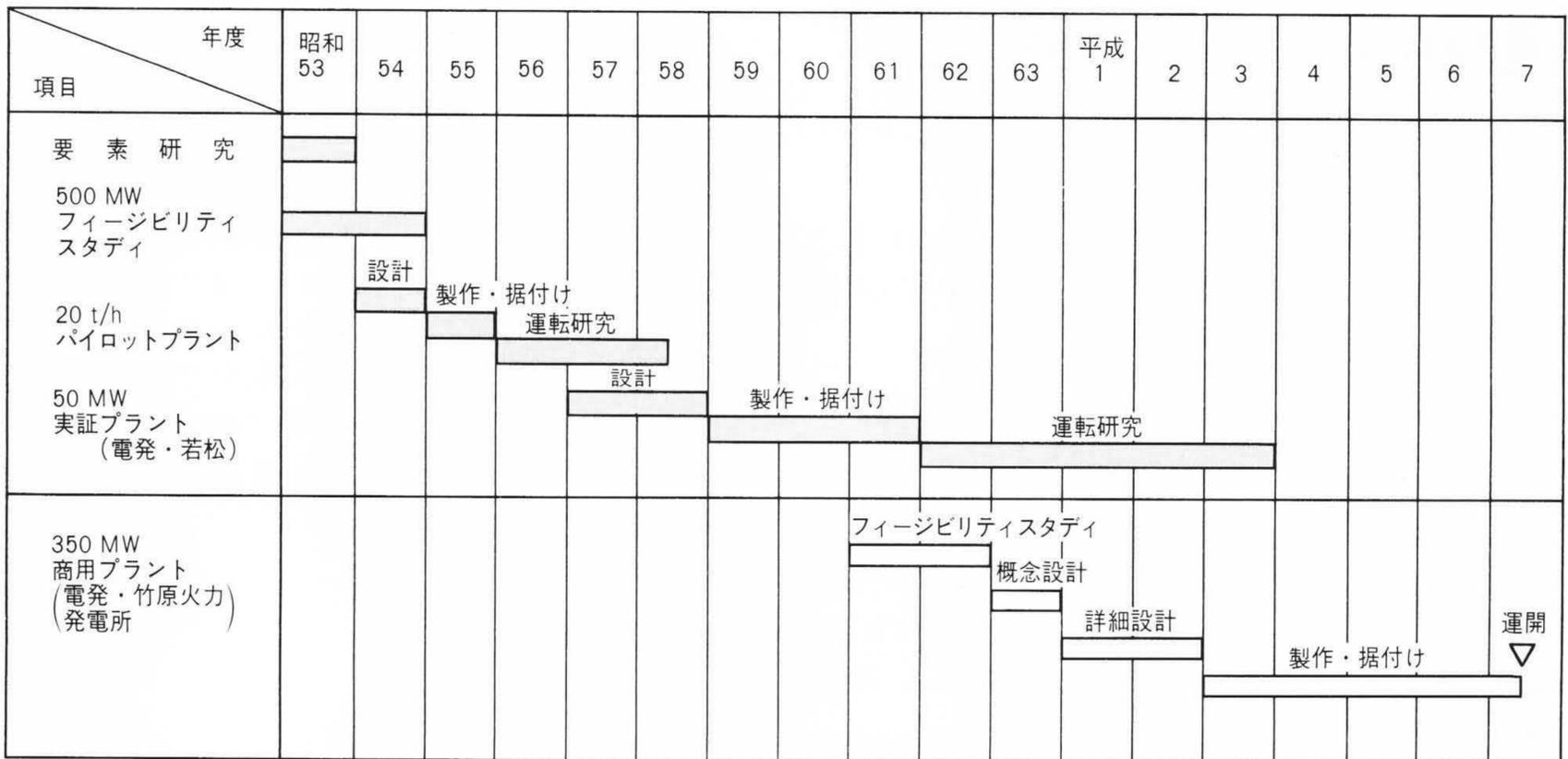


図1 資源エネルギー庁の流動層ボイラ開発工程 平成4年3月には実証試験を終了し、平成7年7月に商用プラントを運転する予定である。

社竹原火力発電所(以下、電発・竹原火力発電所と言う。)2号機地点(350 MW油燃焼ボイラ)への大形流動層ボイラ導入のため、概念設計を平成元年3月に終了し、4月から詳細設計に入っている。

一方、産業用ボイラでは建設中のプラントを含め、わが国で約50缶の流動層ボイラがある。バブコック日立では、昭和55年に国内初の流動層ボイラを住友石炭赤平炭鉱株式会社に納入して以来、多数の納入実績を持っている。さらに、昭和61年にスウェーデン王立研究所のスタッズビック社との技術提携により、循環流動層ボイラの技術も導入し、わが国の現状に合ったボイラとなるよう研究開発を進めている。さらに、流動層ボイラを加圧にし、ガスタービンと組み合わせて発電を行う加圧流動層ボイラについても検討を行っている。

本稿では、電発・若松の50 MW流動層ボイラ実証プラントの運転結果と、350 MW流動層ボイラの設計検討状況について電発と共同で報告するとともに、合わせてバブコック日立の循環流動層ボイラの実用化状況について述べる。

## 2 電発・若松50 MW流動層ボイラの運転状況

### 2.1 設備概要

この設備は、電発・若松の既設75 MW発電設備の鉄骨を利用し、ボイラ部分を流動層にリプレースしたものである。設備は流動層ボイラの大形化の実証を目的として作られ、以下の特徴を持っている。

- (1) プラント高効率化のため蒸気条件を高温化
- (2) 多銘柄の海外炭を対象としたボイラ
- (3) 将来の大形化での省スペースのために、多段積ベッド構

造ボイラの採用

- (4) 石炭供給系に対し、気流搬送によるベッド下込め給炭を採用
- (5) 燃焼効率向上のため、CBC(Carbon Burn-up Cell:再燃焼炉)を設置

設備の基本仕様は以下のとおりである。

- (1) 形式 流動層式屋内ドラム形自然循環ボイラ
- (2) 蒸発量 156 t/h
- (3) 蒸気温度 ステップⅠ: 595℃(過熱器出口)  
ステップⅡ: 652℃(過熱器出口)  
595℃(再熱器出口)
- (4) 蒸気圧力  $10.5 \times 10^6$  Pa(過熱器出口)  
 $2.5 \times 10^6$  Pa(再熱器出口)
- (5) 給水温度 237℃
- (6) 炉床負荷  $5.0 \times 10^6$  kJ/m<sup>2</sup>h
- (7) 最低負荷 40%(既設75 MW低圧タービン流用のため40%が制限)

プラント全体の鳥観図を図2に、そのシステムフローを図3に示す。ボイラの負荷制御は、流動層の下部にある風箱を壁で分割し(分割し独立した風箱をセルと言う。)負荷に応じて、その風箱への空気を入切させる、いわゆるセルスランピング方式としている。ボイラの伝熱面の配置およびそのセルの分割を図4に示す。

この設備は昭和61年12月から試運転に入り、すでに約1万3,000時間運転を行っている。現在までに表1に示す5炭種について試験を実施した。

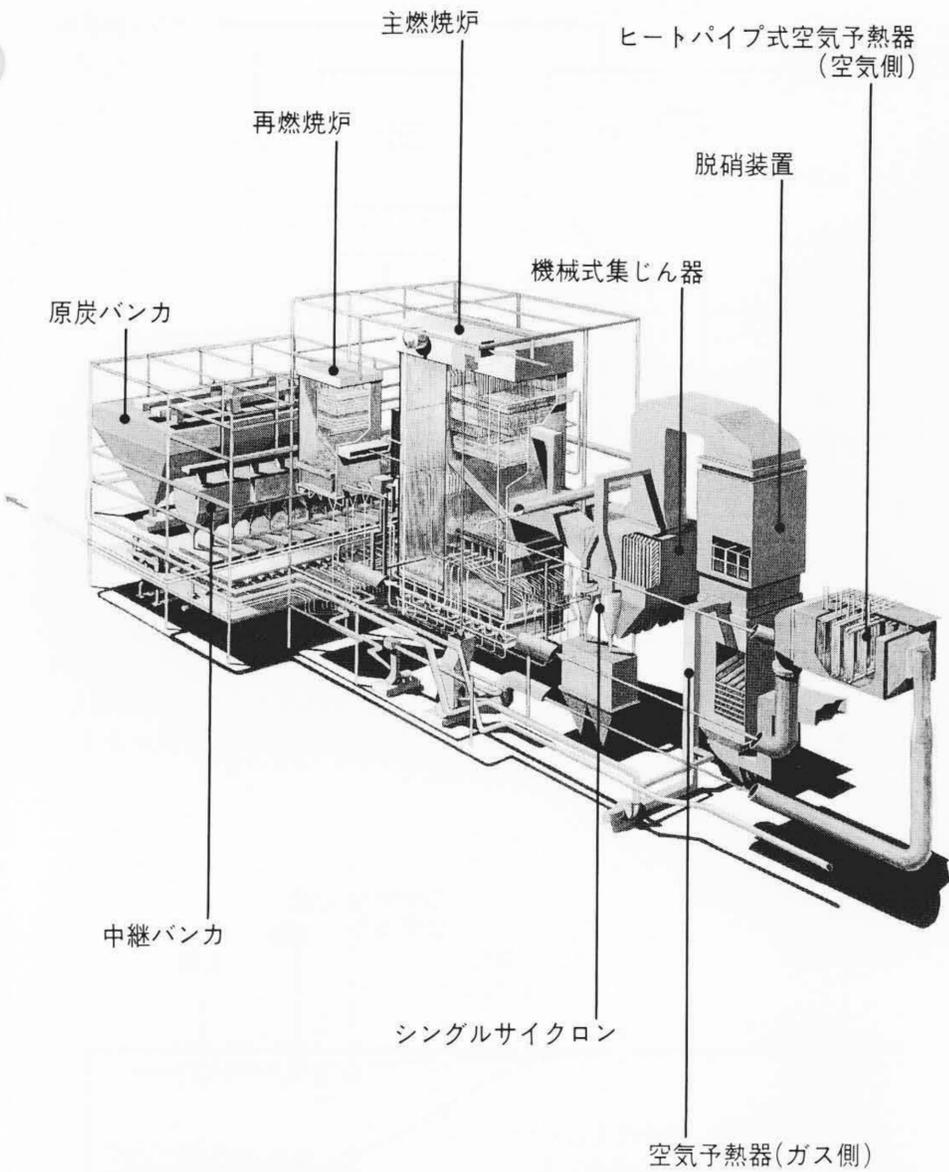
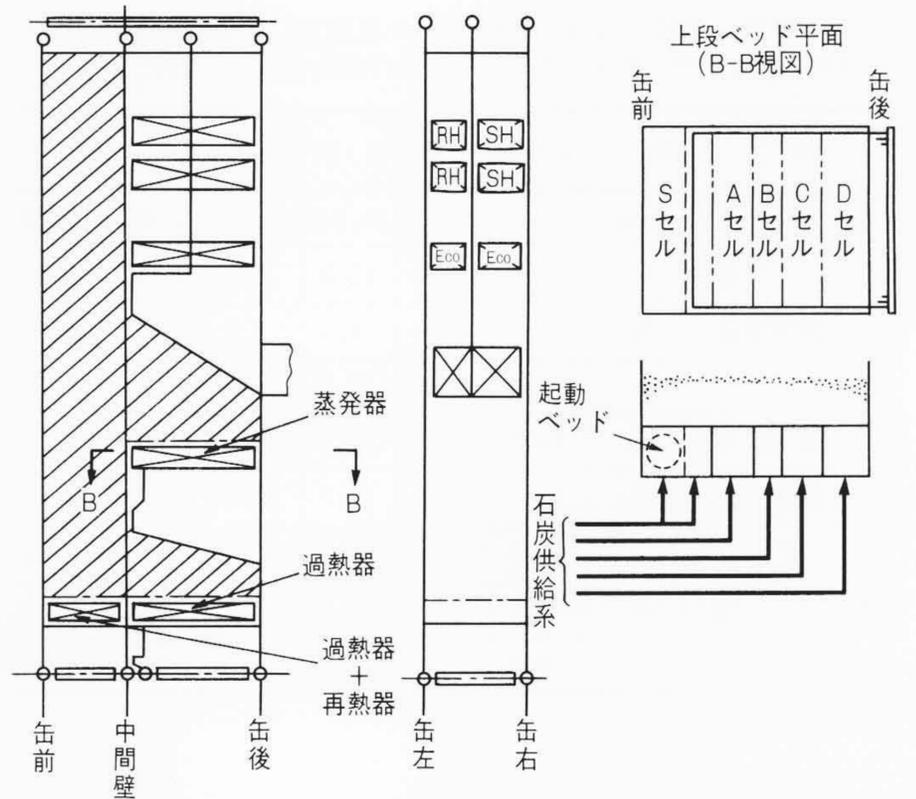


図2 電発・若松50 MW流動層ボイラ鳥観図 若松50 MW流動層ボイラは、昭和62年4月に完成し、現在も順調に試験を行っている。



注：略語説明 RH (Reheater：再熱器), SH (Superheater：過熱器)  
Eco (Economizer：節炭器)

図4 電発・若松50 MW流動層ボイラの伝熱面配置とセル分割 上段ベッドと下段ベッドの2段積構造とし、起動時の過熱器冷却用蒸気を確保するため、上段ベッドに独立した蒸発器を配置している。

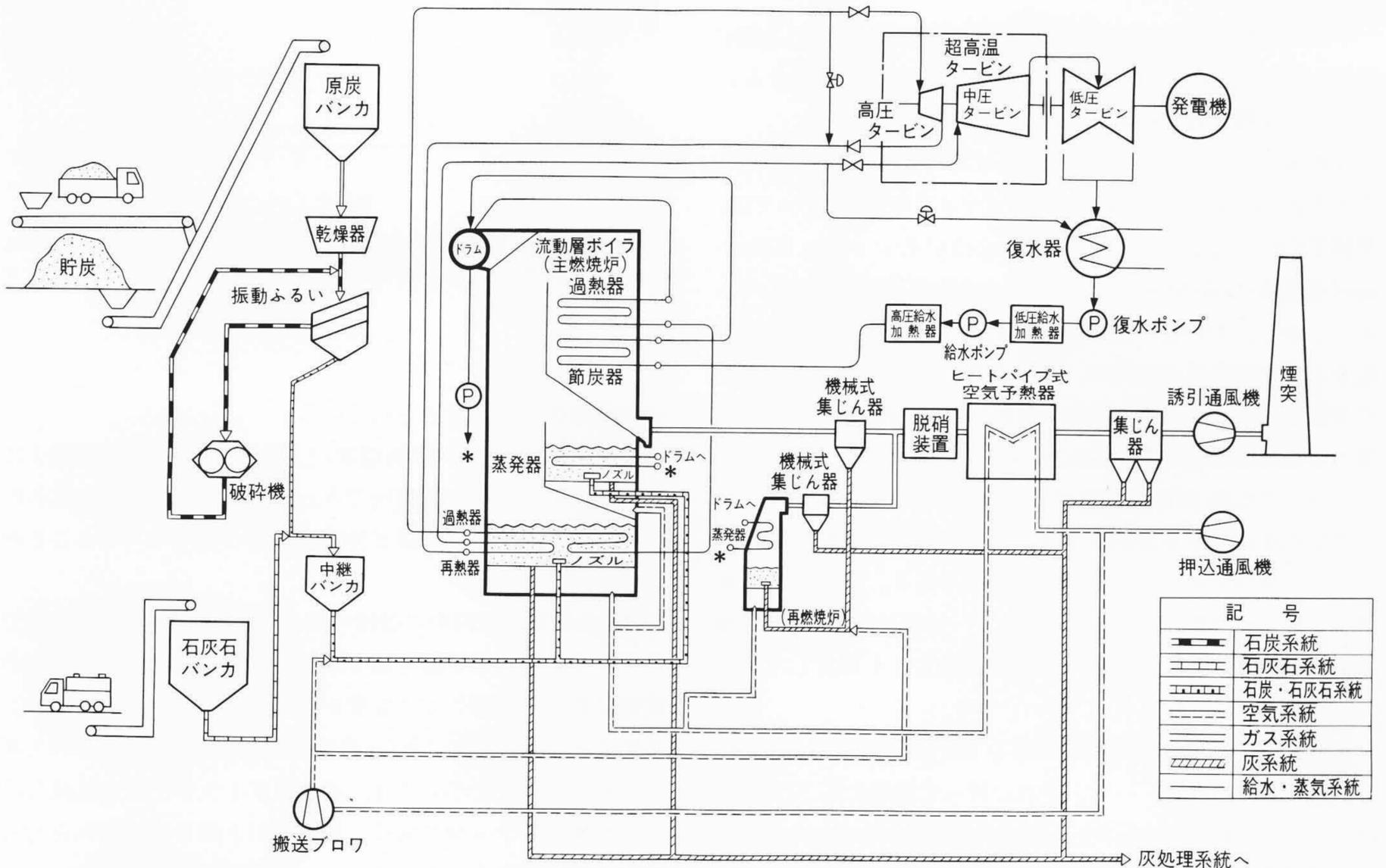


図3 電発・若松50 MW流動層ボイラシステム この50 MW流動層ボイラは、CBC(Carbon-Burn-up Cell)方式のボイラシステム構成となっている。

表1 電発・若松50 MW流動層ボイラ試験炭 昭和62年12月から平成元年11月までに性状の異なる5炭種の試験を行ってきた。

項 目		設計炭	A 炭	B 炭	C 炭	D 炭	E 炭	
発 熱 量	kJ/kg	29,009	28,126	28,348	28,917	21,433	26,623	
水 分	%	7.0	5.7	13.2	8.1	16.4	3.5	
工 業 分 析	固有水分	%	4.1	3.6	6.3	5.5	14.1	3.2
	灰 分	%	8.6	13.4	8.6	8.8	8.7	15.6
	揮 発 分	%	28.2	29.8	27.4	28.6	42.2	23.1
	固定炭素	%	59.1	53.2	57.7	57.1	35.0	58.1
全 硫 黄	%	0.7	0.84	0.24	0.74	0.17	0.52	
燃 料 比	—	2.1	1.79	2.11	2.00	0.83	2.52	
N 分	%	0.8	1.70	1.58	0.84	0.90	1.43	

## 2.2 実証試験結果

### (1) 燃焼特性

流動層ボイラでは石灰石を炉内に投入し、炉内脱硫を行うために、その最適温度である800℃程度の領域で運転している。従来の石炭燃焼ボイラに比べて燃焼温度がきわめて低いのが特徴であり、そのためスラッキング、ファウリングなどの灰のトラブルもないという優位性を持つ。しかし、低温燃焼であるために、燃焼性では微粉炭燃焼ボイラと同等とするためのくふうが必要である。

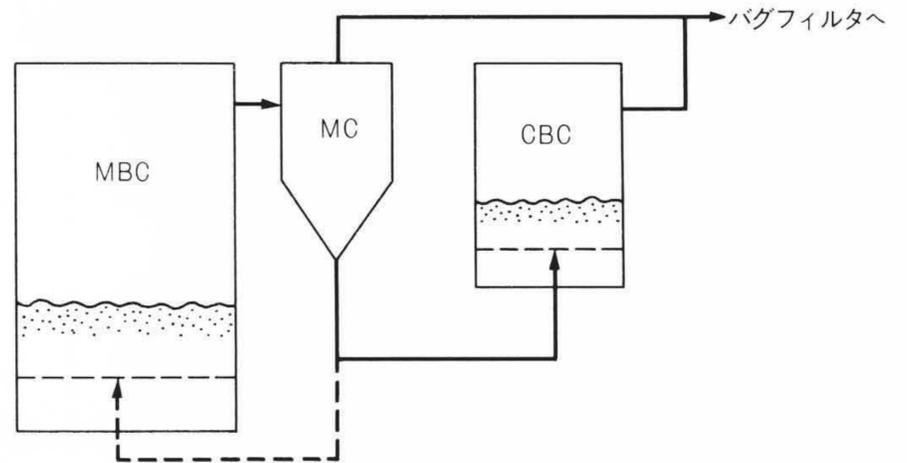
そこで流動層ボイラでは、未燃分の低減を図るために、MBC (Main Bed Cell: 主燃焼炉) の未燃カーボンに再燃焼するシステムが採用されている。

流動層ボイラのシステムは、図5に示すとおりMBCリサイクル方式とCBC方式がある。MBCリサイクル方式については、米国TVA (Tennessee Valley Authority) のシャウニ (Shawnee) 発電所の160 MWなど、すでに大形の実証機が稼働している。しかし、わが国の使用燃料と電力事業用としての要求性能を考えた場合、燃焼効率、灰中未燃分の点でCBC方式のほうが優れている。そこで電発・若松50 MW流動層ボイラは、電力事業用を前提としてCBC方式を採用した。

電発・若松50 MW流動層ボイラの炭種別性能試験で得られた燃焼効率に関する試験結果を、図6に示す。これは燃料比に対する燃焼効率の関係を示したものである。CBC方式で未燃カーボンに再燃焼することによって、燃料比2.5程度の炭種までほぼ98%以上の燃焼効率を得られることを確認した。

### (2) 環境性能

流動層ボイラでは、空気過剰率を下げることによってNOxは大幅に低減される。一方、それに伴って脱硫反応( $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 + CaO \rightarrow CaSO_4$ )が低下し、SOxの上昇を引き起こす。さらに燃焼効率の低下、酸素不足による層内管の還元腐食の進行などの問題もあるため、空気過剰率としては現状10~20%程



注：略語説明ほか MBC (Main Bed Cell: 主燃焼炉)  
MC (Multi Cyclone)  
CBC (Carbon Burn-up Cell: 再燃焼炉)  
— CBC方式  
--- MBCリサイクル方式

図5 流動層ボイラシステム 流動層ボイラはボイラ出口で捕集した灰をCBCで再燃する方式と、再び炉に戻すMBCリサイクル方式がある。

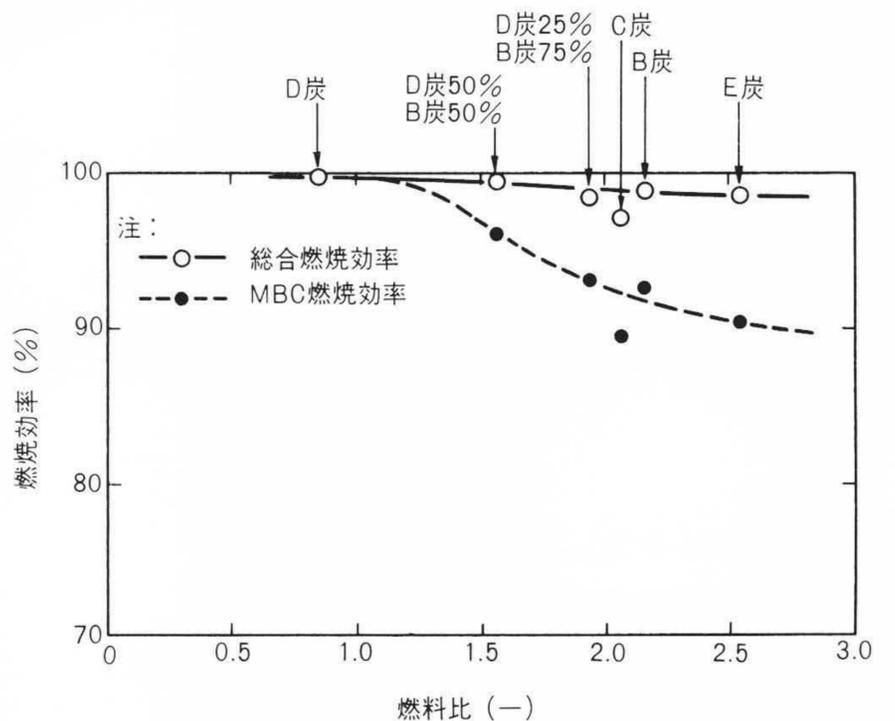


図6 燃料比と燃焼効率の関係 流動層ボイラは、CBC方式とすることにより、ボイラの総合燃焼効率を微粉炭ボイラと同等にすることができる。

度の運用が妥当と考えられている。

層温度 (流動層部の燃焼温度) とNOx, SOxの関係を図7に示す。この中でB炭のNOxできわめて興味深い現象が見られており、低温側にいくほどNOxが大きく低下していることがわかる。

B炭の場合、燃料中の微粉の割合がきわめて高いのが特徴であり、その微粉分が層上部で燃焼し、図8に示すように他の炭種に比べ層上部のガス温度が上昇していることがわかる。そのため、層上部でのNOx還元反応が急速に進んだものと考えられる。これについては、流動層ボイラでのNOx低減技術として重要なテーマであり、さらに引き続き原因究明を行っていく予定である。

次にSOxであるが、D炭 (亜歴青炭) やB炭のSOxはきわめて

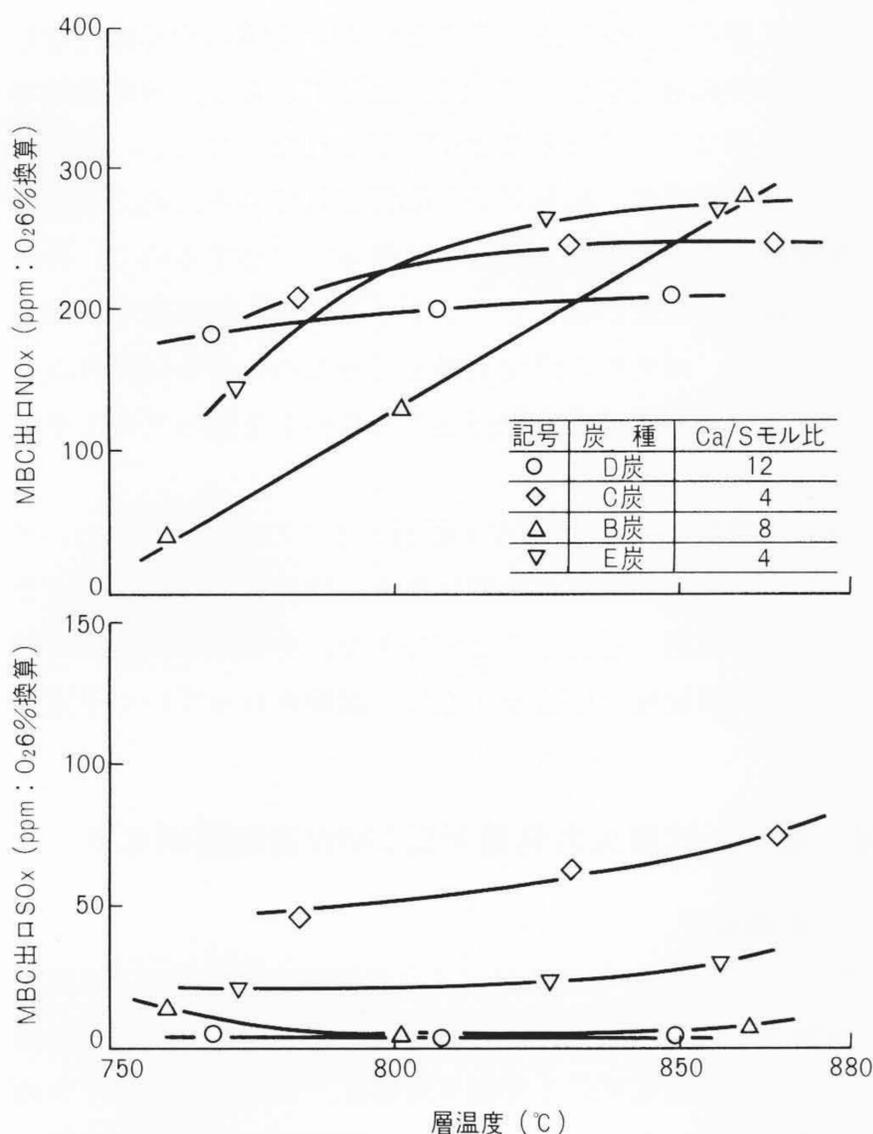


図7 層温とNOx, SOxの関係 層温度を下げるとB炭のNOxは著しく下がることわかる。

低く、10 ppm程度以下となっている。

電発・若松50 MW流動層ボイラでは、SOxは100 ppm以下となるよう設計しているが、S分~0.6%(燃焼性Sベース)に対して、負荷運用に伴う770~860℃の層温度運転、起動・停止、負荷変化過渡時の運転を含めて、SOx ≤ 100 ppmが十分可能ということを確認した。

(3) ボイラ運用性

電発・若松50 MW流動層ボイラの実証試験のなかでも、ボイラの運用特性の解析、最適運用技術の検討は重要な課題である。特に、他に例のない2段積ベッド形でのボイラの起動・停止、負荷変化などの運用特性の把握は、今後の大形化設計を行ううえで不可欠である。

① 部分負荷運用特性

流動層ボイラの部分負荷運用は、層温度変化とセルのスランプ操作の組み合わせで行うのが特徴である。そこで、炭種別に実施しているボイラ静特性試験の結果の例を図9に示す。本図は、電発・若松50 MW流動層ボイラ的设计基準炭は歴青炭であるが、流動層ボイラが多炭種対応性を調査する目的で、設計炭とは大きく性能の異なるD炭を専焼したときのボイラ負荷運用特性を示すものである。D炭は燃焼比が低く、MBCの燃焼効率がきわめて高いため、CBCでの未燃カーボンを再燃

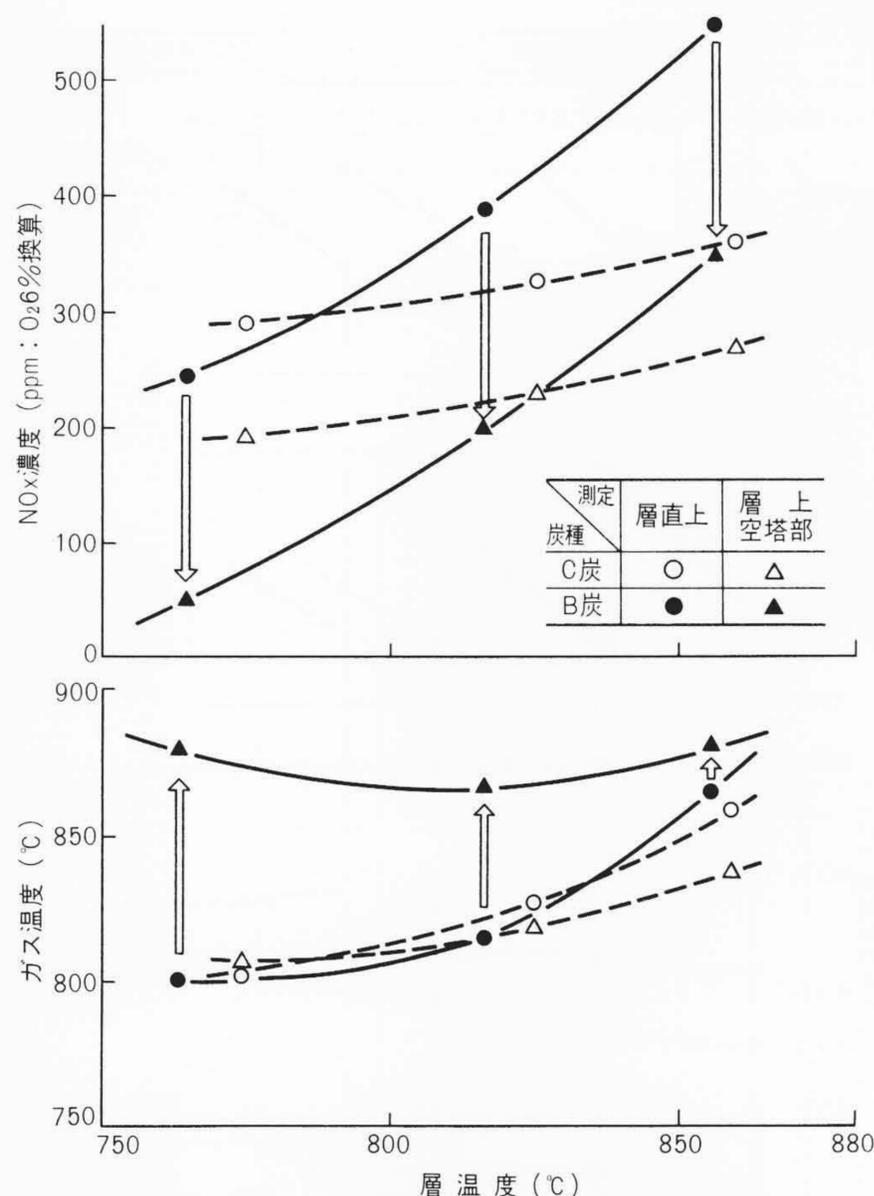


図8 上段ベッド燃焼特性比較 燃料中の微粉分が多いB炭は、層から飛散した微粉が層上部の空塔部分で燃焼しガス温度が高くなり、層上部でのNOx還元反応が進む。そのため、飛散する微粉の割合が多い層温度の低いときほどNOxは大きく下がる。

焼する必要がないのが特徴である。そこで、このような炭種に対しては、CBCでも石炭専焼を行うことによって50 MW定格出力運転を行い、現有設備で最低負荷(40% ECR: Economical Continuous Rating)から定格負荷までの負荷の連続運用が十分可能であることを確認した。その結果として、流動層ボイラのきわめて広い炭種適用性が実証されたと考えられる。

② 負荷変化特性

電発・若松50 MW流動層ボイラでは、これまで炭種ごとに動特性試験や負荷変化率向上試験を実施し、流動層ボイラ負荷変化特性の調査、セル操作の最適化について検討を行ってきた。その試験結果例を図10に示す。同図はタービン追従モードによる±3%/min(50 MW↔20 MW)の試験結果の一例であるが、これまでの試験結果から±4%/min程度までの負荷変化は十分可能であることが確認されている。

さらに、それ以上の高負荷変化率については流動層ボイラの特性を生かし、対応は十分可能と考えている。

③ DSS運用特性

これまでボイラ起動・停止試験を実施し、WSS(Weekly

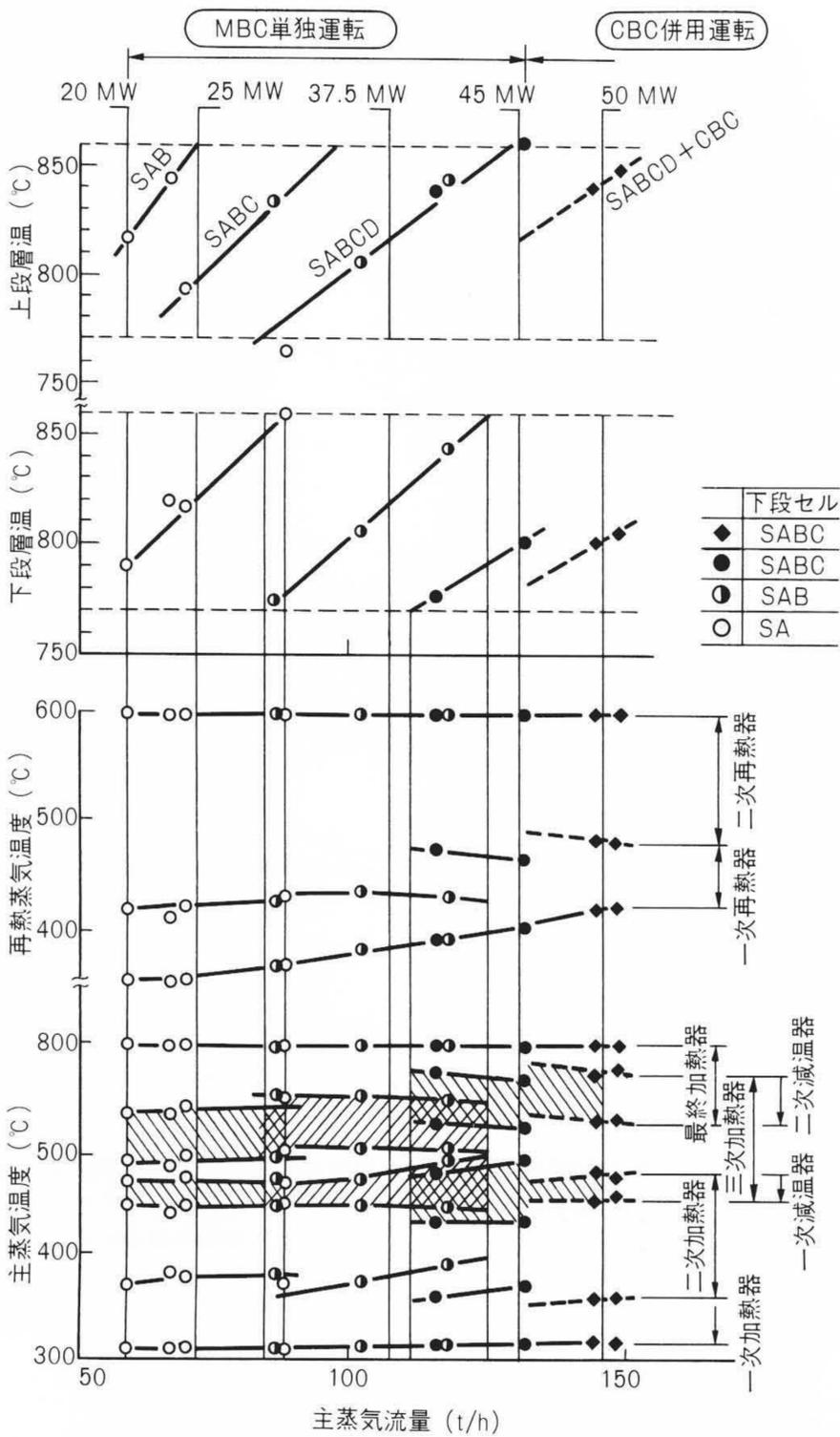


図9 ボイラ部分負荷運用特性 設計炭と性状の大きく異なるD炭を燃焼した場合でも、ボイラを改造することなく最低負荷から定格まで運用することができた。

Start and Stop)/DSS(Daily Start and Stop)運用への対応性をはじめとする種々の特性確認を行ってきた。ここではその一例として、DSS運用特性確認試験の結果を説明する。B炭とD炭の混炭で、8.5時間停止試験を行ったときの結果を図11に示す。流動層ボイラでは、セルを順次起動していく分割セル起動方式(セルスランピング方式)が採用され、この場合では合計16セルの起動を繰り返している。表2に示すとおり通風系起動から並列まで3.25時間と、ほぼ従来火力発電並みに起動でき、大形流動層ボイラの起動操作技術は確立されたと言える。

流動層ボイラは8時間停止では媒体の温度が500~600℃とまだ高いため、熱風炉を使用しなくても媒体の保有熱だけで石炭着火が可能である(給炭開始温度 $\geq 450$ ℃)。特に、上段ベッドおよびCBCは蒸発器管配置のため、停止中は自然循環

によって層内管が保護されることから、媒体の冷却操作なしでも停止中の層内管焼損の問題は生じておらず、再起動時の熱風炉使用は不要であることが実証された。ただし、下段ベッドには過熱器管・再熱器管が配置されているため、層内管の焼損防止のために停止操作中に媒体を冷却するので、再起動時の媒体の温度が低下してしまうことから熱風炉を使用した。今後、油燃料の完全省略を図るためにさらに操作改善を図り、流動層ボイラのDSS運用性の向上を図っていく予定である。

以上、電発・若松50 MW流動層ボイラの試験結果について述べたが、今まで試験は順調に進み、ほぼ大形流動層ボイラ実用化への見通しを得ることができた。今後は、残された試験期間内で多炭種対応性を中心に、試験を行っていく予定である。

### 3 電発・竹原火力発電所350 MW流動層ボイラ

#### 3.1 計画概要

電発・若松50 MW流動層ボイラの試験と並行して、事業用流動層ボイラ開発の最終目標である商用規模プラントの電発・竹原火力発電所の2号機を対象に、大形流動層ボイラの概念設計を行った。この計画では、商用規模の電発・竹原火力発電所2号油燃焼プラントを流動層ボイラにリプレースし、ボイラ設備以外は原則として既設を流用することとし、蒸気条件など既設と同様亜臨界圧プラントとしている。設備の計画概要は以下のとおりである。

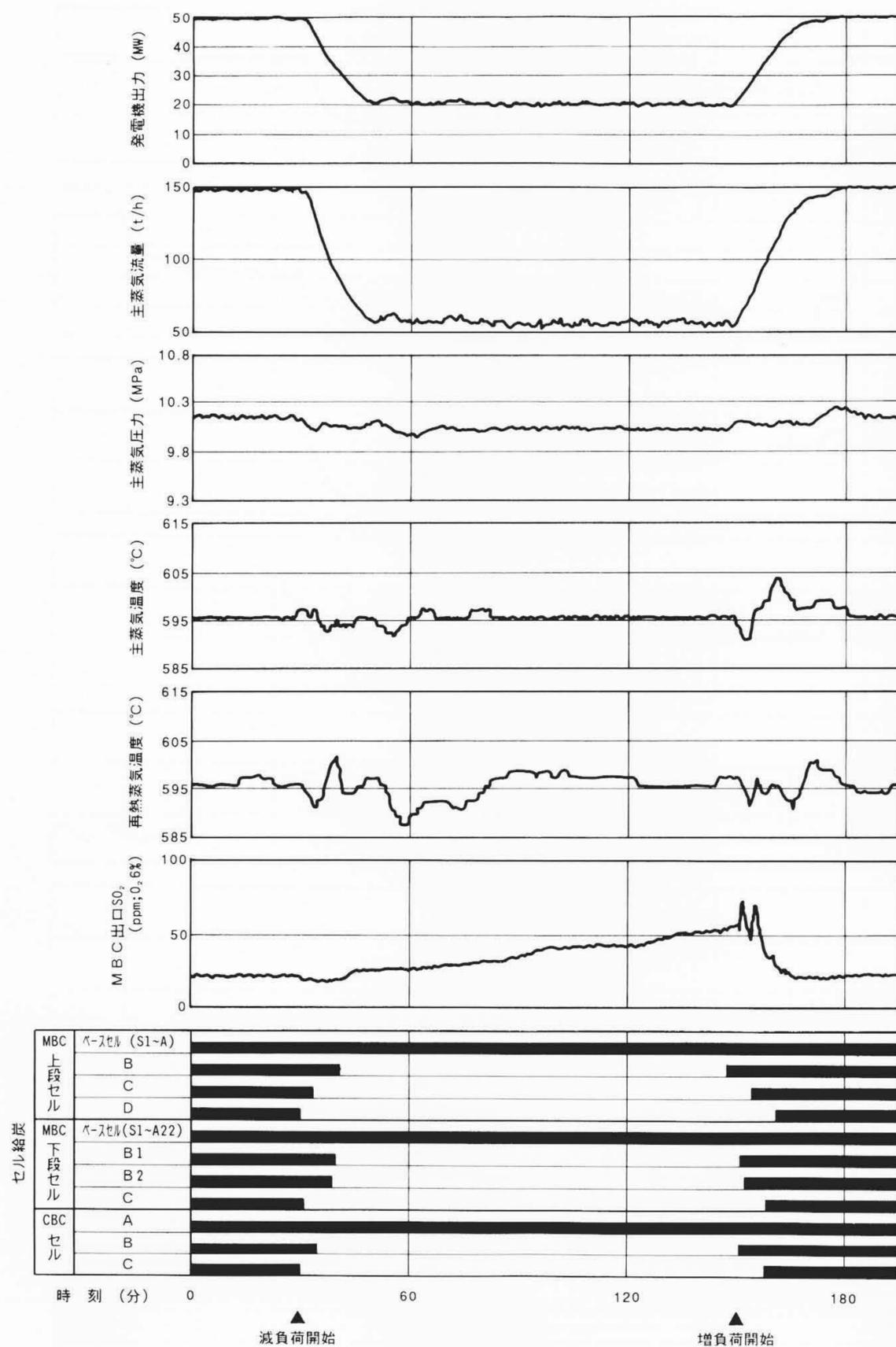
- (1) ユニット出力：350 MW
- (2) 蒸気条件(タービン入口)
  - 主蒸気圧力： $16.6 \times 10^6$  Pa
  - 主蒸気温度：566℃
  - 再熱蒸気温度：538℃
- (3) ボイラ形式：流動層燃焼方式屋内形
- (4) タービン形式：屋内くし形再熱再生復水式
- (5) 発電機形式：屋内横置円筒回転界磁形
- (6) 燃料：海外一般炭

#### 3.2 電発・竹原火力発電所350 MW流動層ボイラの設計

350 MW流動層ボイラの構造設計では、電発・若松50 MW流動層ボイラの実証試験の成果を反映し、信頼性の高いボイラにすることを基本に概念設計を行った。

まず、第1段階の基本設計として、電発・若松50 MWボイラ構造をベースに、350 MWにスケールアップした場合の構造設計を試みた。この設計の基本条件として次の3点を念頭に置いた。

- (1) 燃焼性能(燃焼効率)および層内管摩耗について、電発・若松50 MWでの実績を反映し、流動層部設計の基本となる空塔速度は1.5~1.7 m/sとした。
- (2) 燃焼システムは設計炭の燃料比が2程度と高く、燃焼効



日 時	平1.10.24(15:00~18:15)
炭 種	E炭
負 荷	50MW→20MW→50MW
変 化 率	3%/min
運転モード	タービン追従モード

図10 タービン追従モードによる負荷変化試験の結果 これまでの電発・若松50 MW流動層ボイラの試験結果から、±4%/min程度までの負荷変化速度は十分可能であることが確認された。

表2 ホットスタート起動実績 流動層ボイラの起動時間は、ほぼ微粉炭燃焼ボイラと同じである。

項 目	電発・若松50 MW流動層ボイラシステム実績 (昭63.10.12実績)
通風系起動～点火	0.25 h
点 火 ～ 通 気	2.5 h
通 気 ～ 並 列	0.5 h
計	3.25 h

率確保のためCBC方式を採用した。

(3) MBCは据付け面積の節減を図る目的で、流動層を2段階とした。この段階で設計したボイラ構造を図12に示す。

さらに、第2段階として、電発・若松50 MW流動層ボイラの相似形でスケールアップするだけでなく、以下の検討を加え350 MWクラス流動層の設計を行った。

- (a) MBC空塔部を有効に利用するためMBC内にCBCを取り込む構造の検討
- (b) 層外伝面(ガス対流部伝面)の層上部設置によるフリー

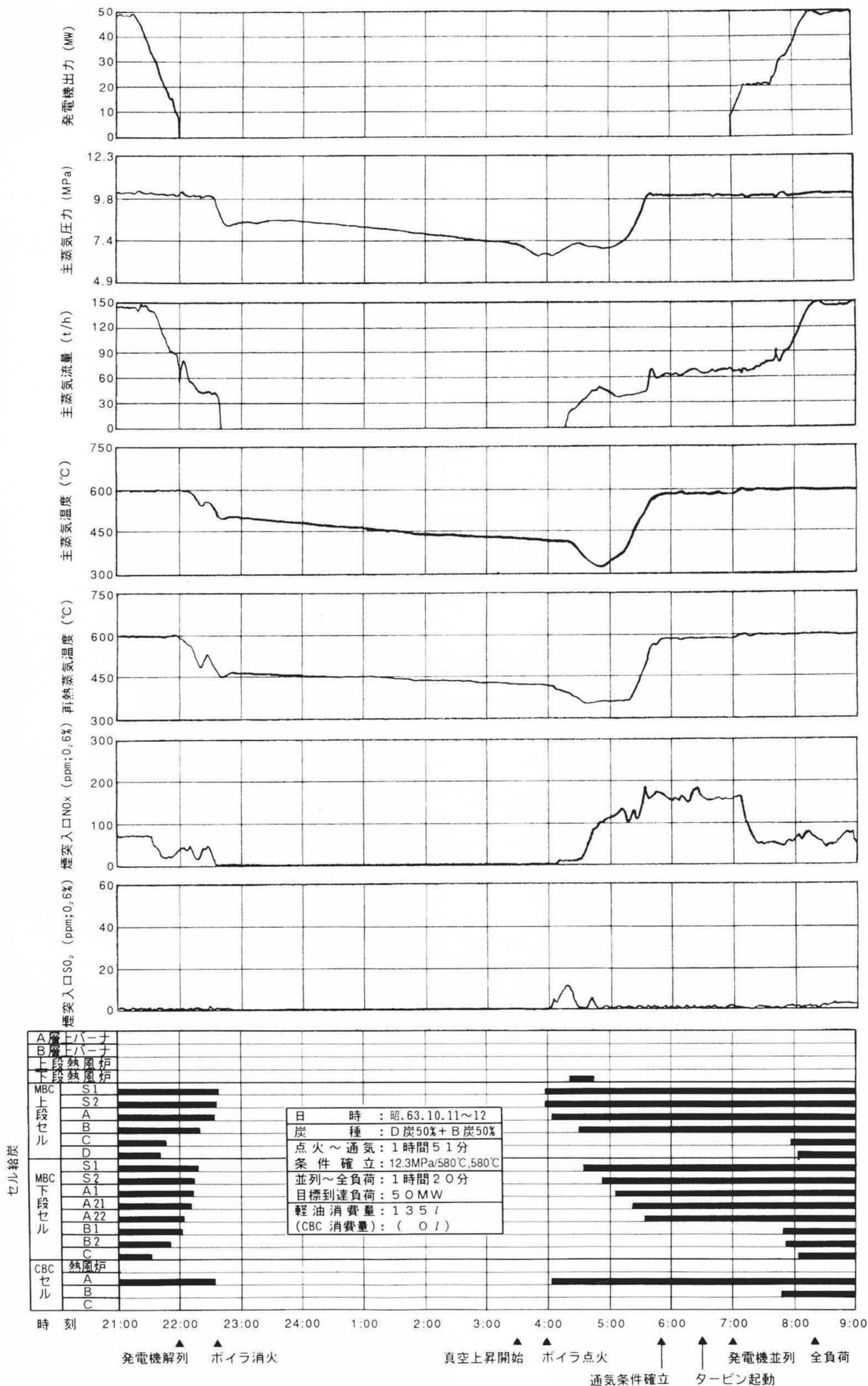
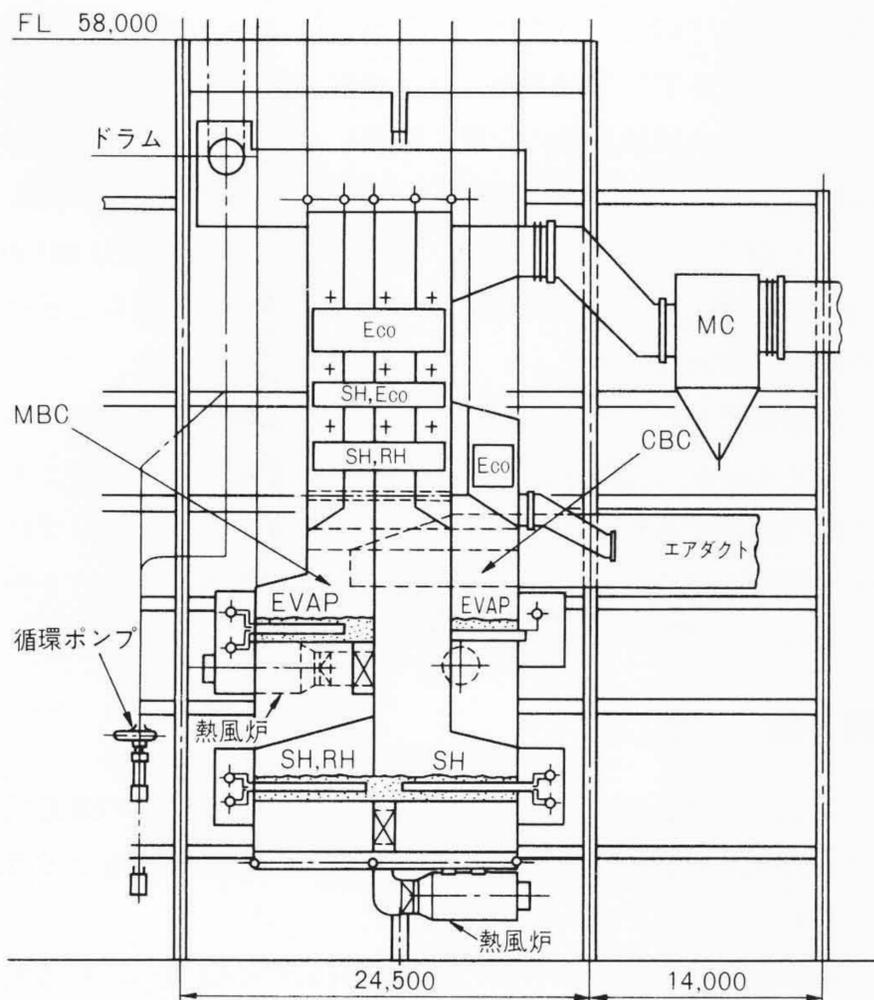


図11 ホットスタート起動実績 ホットスタート起動では、下段ベッドだけ油燃料による熱風炉を運転したが、今後の試験では、操作改善などによって起動時間の短縮、オイルレス化を図っていく。

ボード部の有効利用と、上段ベッドアーチ壁の省略によるボイラ高さ低減の検討  
種々のケーススタディを行った結果、図12に示す構造を最適設計案として選定した。

この設計案は、第1段階の単なるスケールアップのものに比べて伝熱面積で約10%、火炉高さで約4m低減できた。さらに、ボイラ建屋容積は約20%低減可能となった。

この電発・竹原火力発電所350 MW流動層ボイラは、平成



注：略語説明 EVAP (Evaporator：蒸発器)

図12 最適設計による350 MW流動層ボイラ側断面図 最適設計によるボイラ側断面を示し、MBC内にCBCを組み込んでいる。層外伝面はガス上昇流部に設置している。

7年に運転開始の予定で現在詳細設計を進めているものがあるが、この設計案をさらに信頼性の高い構造に仕上げるため検討を進めている。

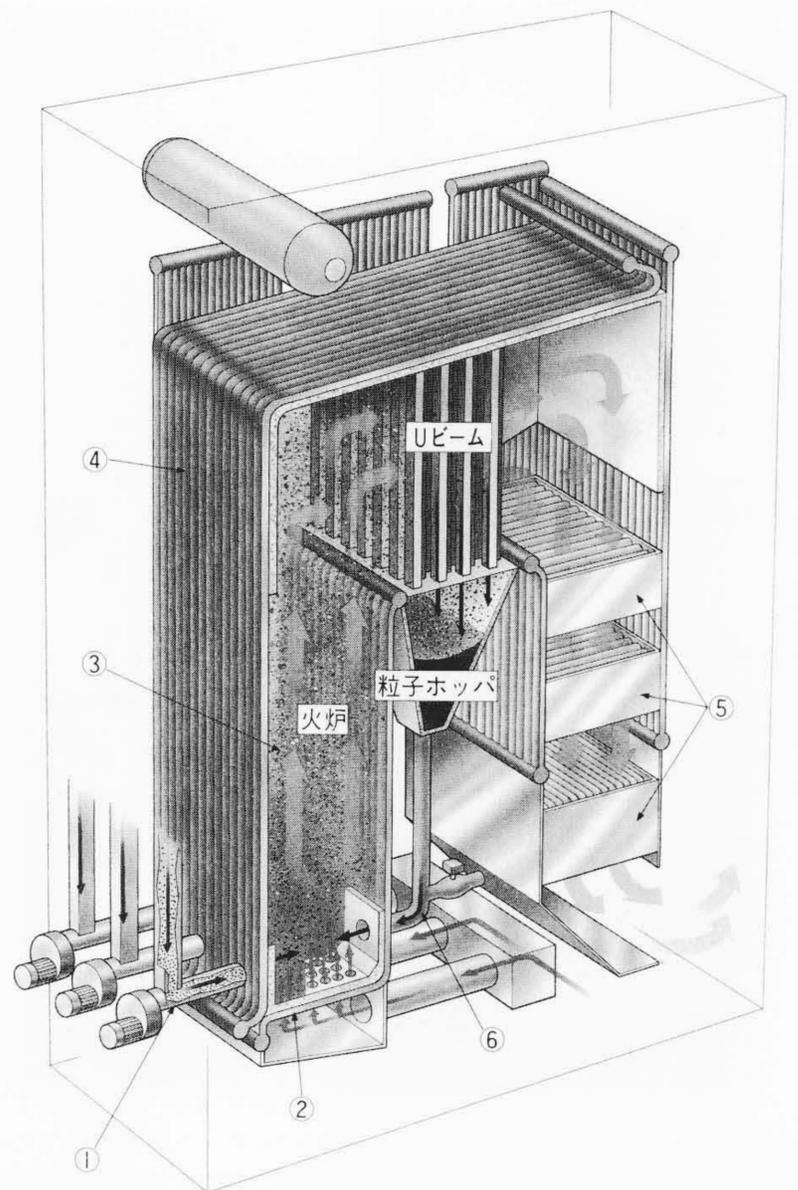
#### 4 循環流動層ボイラ

##### 4.1 概要

バブコック日立ではスウェーデンのスタッズビック社から、循環流動層の基本技術を導入し、これに自社開発になる在来形流動層ボイラの蓄積技術を加えて、循環流動層ボイラの実用化を図っている。このボイラは、在来形の流動層ボイラの利点、例えば低品位燃料を含めて、多種燃料の利用ができることなどの特長のほかに、次のような面で性能向上が期待されている。

- (a) 炉内脱硫用の石灰石の使用量が比較的少なくて済むため、ユーティリティコストの低減が図れる。
- (b) 二段燃焼によってNOx排出量を大幅に低減できるため、脱硝設備省略の可能性がある。
- (c) 火炉燃焼温度の制御は循環粒子量の調整で行うため、負荷運用が容易となる。

特に、上記(a), (b)の特長は今後ますます厳しくなると予想される環境規制に対し、環境保全性の優れた中・小容量の発電用ボイラとして重要な役割を担っていくと考えている。



項番	名称	項番	名称
①	燃料フィーダ	④	水冷壁
②	流動化空気	⑤	対流伝熱部
③	媒体粒子	⑥	Lバルブ

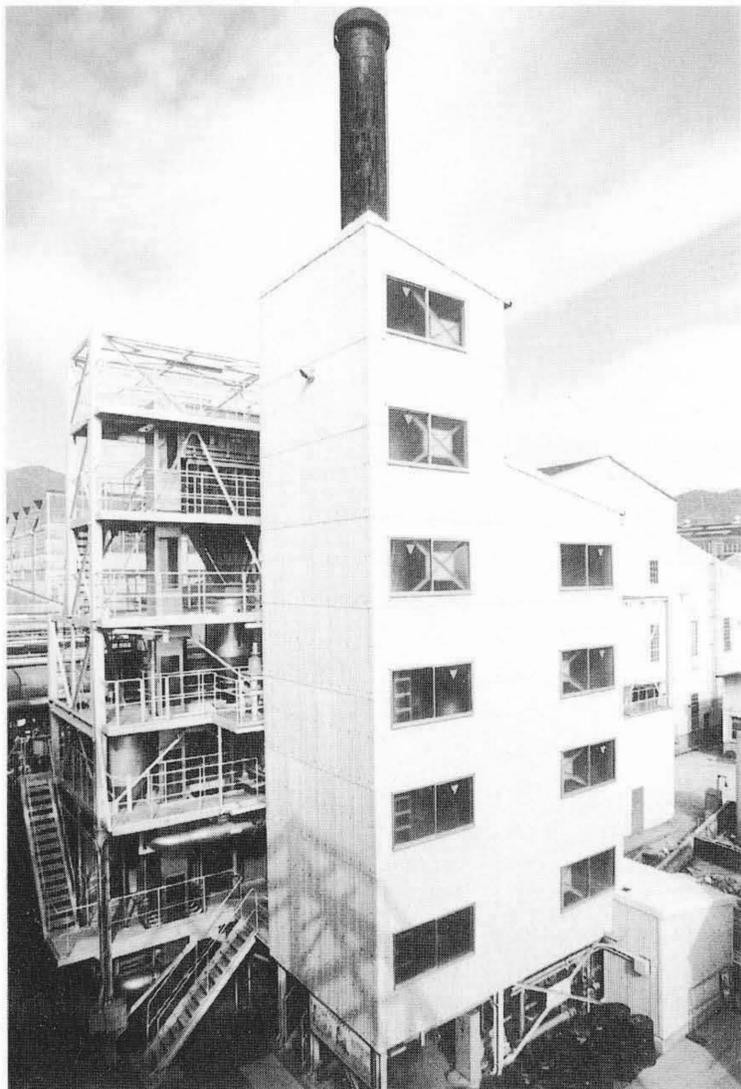
図13 日立循環流動層ボイラ火炉構成概略図 日立循環流動層ボイラは、UビームとLバルブが特徴である。

##### 4.2 日立循環流動層ボイラの特長

在来形の流動層に比べて比較的高い炉内流速で運転を行うため、供給された燃料は燃料の灰分や石灰石から成る流動媒体とともに、火炉上方へ浮遊飛散しながら燃焼する。未燃チャーを含む飛散した媒体粒子は粒子捕集器で捕集され、火炉へ再循環される。これが循環流動層と呼ばれている理由である。日立循環流動層ボイラの特長は次の2点である。

- (1) 媒体粒子の分離器に、Uビーム形の粒子分離器を用いて火炉と一体化し、コンパクトな設計としたこと。
- (2) 粒子循環系にLバルブを組み込んで循環量をコントロールできるようにし、負荷変動あるいは燃料性状の変化に応じて循環量を調節することで、火炉内の温度を均一に維持する方法を採用したこと。

ボイラ本体の概略構成を図13に示す。火炉出口排ガス中に含まれる媒体粒子は、ガス流れに対して直角に千鳥配置で構成したUビームに衝突し、ビームの壁を伝わって下方へ落下し



(a) □700コールド設備仕様

火炉断面寸法	700 mm×700 mm
火炉高さ	15 m
炉内ガス速度	2~8 m/s
粒子循環制御	Lバルブ
粒子捕集	Uビーム

(b) φ150 ホット設備仕様

火炉断面寸法	φ150 mm
火炉高さ	15 m
炉内温度	850℃
石炭量	Max. 20 kg/h
粒子循環制御	Lバルブ
粒子捕集	Uビーム

図14 循環流動層試験設備全景 700 mm角コールド試験設備と150 mm径ホット試験設備によって、あらゆるタイプの燃料試験を行うことができる。

分離される。分離された媒体粒子は、ホッパに一時的に貯蔵され、ホッパ下部のスタンドパイプを流下してLバルブに達する。Lバルブにはボイラ燃焼用空気の数パーセント以下のわずかな量のエアレーション空気を供給し、これを調節することで火炉へ吐き出される媒体粒子の循環量を制御する。これにより火炉内の媒体粒子濃度をコントロールし、ボイラ負荷を変化させる場合あるいは燃料の性状・種類が変わった場合でも、火炉壁への伝熱量を制御し、火炉温度を一定に保ち燃焼性能を最適条件に維持するという考え方である。

#### 4.3 実用化開発

技術導入後、実用化設計技術を確立するとともに、種々の燃料の燃焼性能評価を行うことを目的として、バブコック日立呉工場に700 mm角のコールドおよび150 mm径のホット設

備を設置している。いずれも火炉高さは15 mと実機規模であり、スケールアップ効果が十分に検討できるようになっている。これらの試験設備の全景を図14に示す。コールド設備では特にLバルブを含む粒子循環系の安定粒子循環条件の把握、ホット設備では石炭燃焼時の脱硫率90%以上、NO<sub>x</sub>値130 ppm (O<sub>2</sub> 6%)以下の同時達成時での運転条件の把握など種々の解析を進めている。

循環流動層ボイラの特長を生かし、石炭燃焼発電用ボイラとしても今後の展開を図っていくが、事業用ボイラへのこの技術の適用にあたっては、現状の段階ではスケールアップに伴う設備上のくふうなどのほかに、蒸気条件の検討などを行っていく必要がある。

## 5 結 言

以上、流動層ボイラについて、電発・若松50 MWの運転状況、大形流動層ボイラの設計の状況および循環流動層ボイラの実用化の状況について述べた。

流動層ボイラは、その広い燃料の対応性や環境への対応性から、現在ますますその需要は高まってきており、さらに多くの実績が出てくると予想される。また、先に述べた電発・若松50 MW流動層ボイラが、ほぼ所期の目的どおり順調に稼働していることから、事業用大形流動床ボイラの実用化への見通しを得ることができた。電源開発株式会社とバブコック日立はこれらの実績を踏まえ、さらに信頼性が高く運用性に優れたプラントの開発を推進していきたいと考えている。

終わりに、流動層ボイラ開発に多大のご協力とご指導をいただいている資源エネルギー庁および財団法人石炭技術研究所の関係各位に対し、深謝の意を表す次第である。

## 参考文献

- 1) 矢巻, 外: 若松50 MW流動床ボイラ実証試験実施状況, 第10回石炭利用技術発表会(昭62-8)
- 2) 小野, 外: 若松50 MW流動床ボイラ実証試験実施状況(第2回), 第11回石炭利用技術発表会(平元-8)
- 3) L. E. Amand: Emission of Nitrous Oxide From Fluidized Bed Boilers, 10th International Conference on Fluidized Bed Combustion(1989-5)
- 4) A. Manaker, et al.: Atmospheric Fluidized Bed Combustion Development at TVA, ASME/IEEE Power Generation Conference, Philadelphia(1988-9)
- 5) 火力原子力発電技術協会: ボイラ, 火原協会講座②(昭63-12)
- 6) K. Furuya: EPDC's Fluidized Bed Combustion RD & D: A Progress Report on Wakamatsu 50 MW Demonstration Test and World's Largest FBC Retrofit Project, The 10th International Conference on Fluidized Bed Combustion (1989-5)