

難燃性コークス類燃焼炉の特性

Characteristics and Performance of Hard Combustible Coke Disposal Incinerator

省資源・省エネルギーの観点から、従来、重油などの石油燃料を使用していた所内ボイラの燃料転換の一つとして、電極製造過程で回収されるコークス類を、ボイラ用燃料として再利用することに着目し、コークス燃焼炉の研究開発を行ってきた。

コークス類は、6,500kcal/kgと高発熱量をもち、かつ低硫黄分の良質な燃料であるが、燃焼温度に制限範囲があり燃焼の安定性が確保できないなど、燃焼技術面で困難なものとされていた。しかし、独自に開発した旋回形の多孔板をもつ流動層式燃焼炉を採用することで、流動層内に供給されたコークス類を迅速に拡散・混合させ、均一な燃焼を可能としたことから、難燃性物の有効な焼却方法を確立するとともに、燃焼炉と廃熱ボイラとの組合せによるボイラ設備を完成させた。

三上峯代* Mineyo Mikami
吉川茂樹* Shigeki Yoshikawa
佐藤雅行** Masayuki Satō
下村光弘*** Mitsuhiro Shimomura

1 緒 言

昭和48年に端を発したオイルショック以来、省資源・省エネルギーの気運は、あらゆる産業界に急速に浸透してきた。従来、重油などの石油燃料を使用していた所内ボイラの省エネルギー化でも、あらゆる角度から創意工夫が行なわれているのが現状である。昭和電工株式会社大町工場では、所内ボイラの燃料転換の一つとして、電極製造過程で回収されるコークス類をボイラ用燃料に再生することに着目し、バブコック日立株式会社へコークス類燃焼炉の研究開発を依頼した。

昭和電工株式会社大町工場は、各種の黒鉛製品を生産しており、製造過程で多量のコークス粉及び電気黒鉛粉が生成する。これらは特殊用途向けとして外販に供していたが、最近の重油燃料の高騰にかんがみ、所内ボイラ用の燃料として再生することに着目した。コークス粉及び電気黒鉛粉は難燃性ではあるが6,500kcal/kgと高い発熱量をもち、硫黄分などの少ない良質な燃料である。

問題は、コークス類の燃焼性の点にあった。黒鉛製品の中には、ウルトラハイパワー用電極などに用いる高純度で高密度の黒鉛があり、これは多孔質又は揮発成分をもつ一般燃料用コークスあるいは石炭などに比べ、着火性及び燃焼性が著しく悪く、固定床炉、移動床炉又は通常の流動床炉などでは燃焼が困難であるという欠点をもっている。

すなわち、安定な燃焼を保持するためには、(1)高温で均一な燃焼をいかに持続させるかの燃焼手段の選択が必要であること、(2)また、コークス類は製造過程での回収品であることから、微粉状、粒状あるいはまた若干でも土砂の混合した状態もあり得るわけで、これらを問題なく燃焼炉に投入するハンドリング法の選択が必要である。

バブコック日立株式会社は、ボイラ・焼却炉の専門メーカーであり、これまでに難燃性廃棄物の焼却に有効な方法として独自に開発した特殊な流動層焼却炉の技術をもっており、流動層焼却炉と燃焼排ガスによる廃熱ボイラの組合せを立案し研究を重ねた結果、このたび蒸気発生量6.5t/hの所内ボイラを完成させた。本ボイラは、昭和57年7月に運転を開始し、17t/dのコークス類を処理しており、現在まで連続運転を続け

ている。
本稿は、今後、コークス製造工場でのコークス類はもちろんのこと、有機廃材を含めた難燃性廃材を燃料としたボイラ計画で、燃料転換策及び廃熱回収方法の点で参考になる面が多いと考え発表することにしたものである。

2 コークス類の燃焼性

2.1 コークス類の性状

コークス類の組成及び発熱量の一例を表1に示す。すなわち、コークス類は炭素分が多く発熱量が高いこと、また、硫黄分が少なく良質な燃料であることを示している。また、コークス類と他のカーボンを主体とする重油灰及び無煙炭とのバーニングプロファイル比較を図1に示す。なお重油灰とは、重油燃焼ボイラの燃焼排ガス集じん器で捕集された燃焼灰で、主成分は未燃カーボンである。

図1から明らかなように、カーボンを主体とする物質の中で、コークス及び電気黒鉛は燃焼完結温度が830～940℃と高く、重油灰や無煙炭などよりも高温での燃焼を必要とする。

表1 コークス類組成分析結果 炭素分が多く、したがって、発熱量が高い。また硫黄分は少なく、良質の燃料である。

項目 \ コークス類	単 位	電気黒鉛 A	電気黒鉛 B	コークス C	コークス D
水 分	(%)	0.09	0.20	0.45	1.03
灰 分	(%)	33.8	24.5	17.0	34.5
炭 素	(%)	66.0	73.9	79.5	62.8
硫 黄	(%)	0.19	0.14	0.50	0.55
窒 素	(%)	0.44	0.48	0.40	0.30
発 熱 量	(kcal/kg)	5,050	5,930	6,510	5,080

* 昭和電工株式会社大町工場 ** バブコック日立株式会社呉工場 *** バブコック日立株式会社

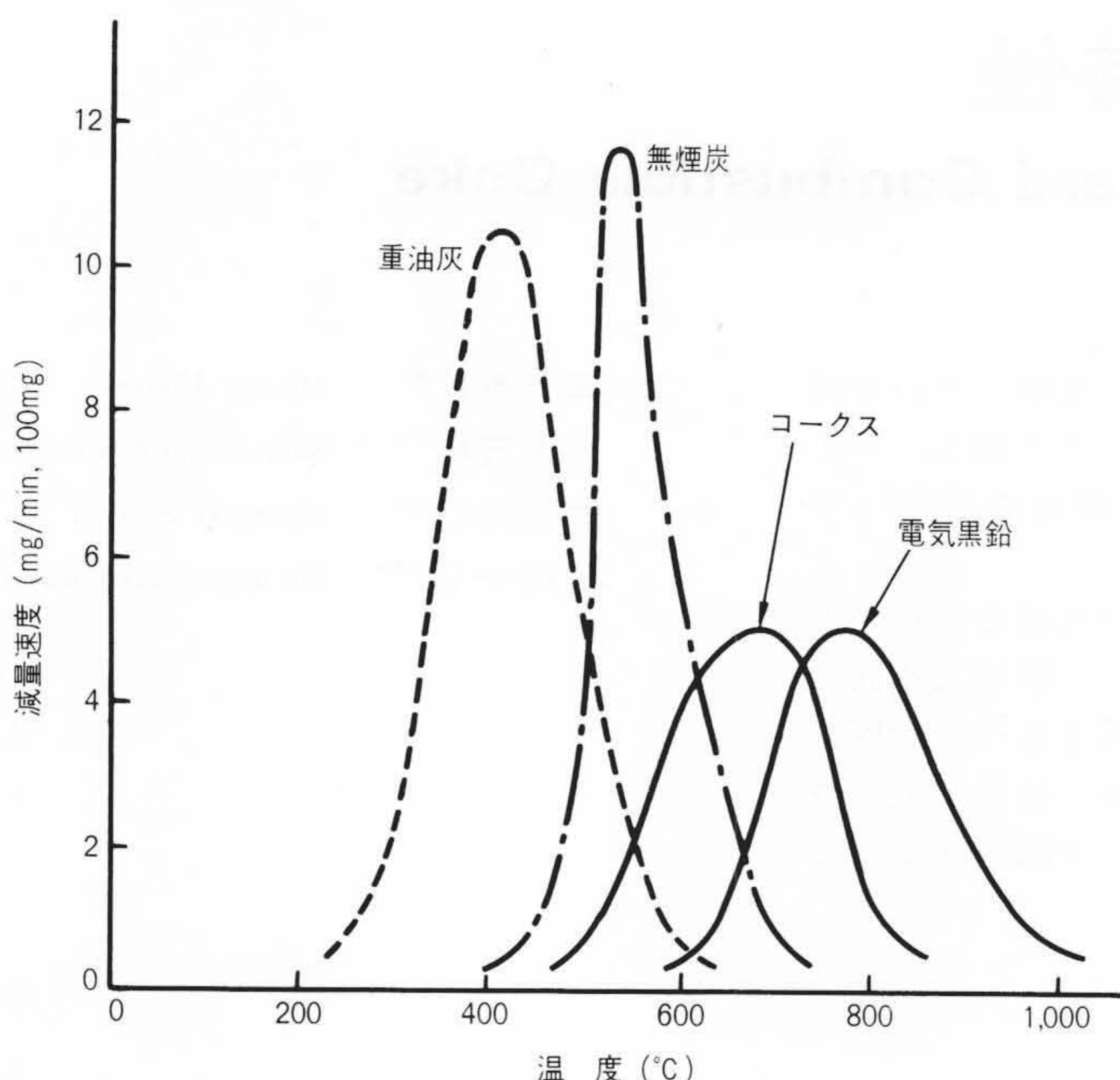


図1 バーニングプロファイルの比較 コークス及び電気黒鉛のコークス類は、燃焼完結温度が830～940℃と高く、また減量速度も遅いため、カーボンを主成分とする他の重油灰、無煙炭などよりも難燃性である。

また、減量速度すなわち燃焼速度も遅いため十分な滞留時間を必要とするなど、難燃性である。

またコークスの粒径分布は、発生元の設備により種々異なるが、燃焼炉へ投入されるコークス類の平均粒径は、190～290 μ mの範囲にあった。

2.2 燃焼性基礎実験

実験室での基礎実験で、(1)電気炉を用いての加熱試験では、コークス類は1,100℃で若干の溶融が見られ、1,200℃ではほとんどが溶融することを把握し、(2)高温に保持した燃焼管を用いての試験では、コークス類が気流中で十分着火・燃焼することを確認した。なお溶融現象は、コークス類中の無機成分によるものであることが判明した。

また300mm径燃焼試験装置を用いての試験結果からは、コークス類の燃焼効率を確保するための最適温度、層内ガス流速などの設計指針を得た。

以上の試験結果から、コークス類の燃焼温度としては950～1,050℃の限られた温度範囲で制御するとともに、燃焼炉内では十分な滞留時間の確保が必要であることが分かった。

3 流動層炉の利点

コークス類の燃焼性の検討段階では、コークス類の炉内への投入方法を含めた種々の燃焼方法を調査・検討した結果、熱容量が大きく流動媒体により層温度を限られた温度範囲内で均一に保つことができる流動層方式が、最も高い燃焼効率を得ることが分かった。

ここで言う「流動層の燃焼均一性が可能である」条件とは、層内の拡散・混合が十分迅速な流動層を必要とすることである。いま、新たにコークス類を図2に示す平形多孔板をもつ通常の流動層で燃焼させると、ただちに局部的なホットスポットが生じ流動媒体の固化が発生する。すなわち、コークス類の最適燃焼温度が種々の試験結果から950～1,050℃になったとしても、コークス類自身燃焼性が悪く、燃焼自体比較的緩慢であることから、コークス状態にある滞留部では一度燃

焼を開始すると、顕熱がたちどころに局部的にこもり、燃焼域周辺は局部的な温度上昇を呈することになる。その結果、コークス類中の灰分の融点と流動媒体に供しているセラミックの融点のいずれか低いほうの温度に達すると、ただちに粟おこし状のクリンカを生成して燃焼の継続が阻害される。

コークス類及びセラミックの融点は、それぞれ1,190℃及び1,350℃であり、流動媒体のほうは耐熱温度の高い高級セラミック粒子で対処可能であるが、コークス類中の灰分の融点についてはこれまでなす方法がなかった。コークス類の融点よりも十分低い安全な燃焼温度を選択すると燃焼が不可能となり、近づけると逆に溶融固化を生じる。

以上のことから、コークス類の燃焼に関しては流動層内で燃焼発生熱が速やかに層全体に広がるとともに、強力かつ均一な混合性能をもつ特殊な流動床を必要とすることになる。

ここで言う特殊な旋回形流動床とは、バブコック日立株式会社で旋回噴流層と称している多目的燃焼炉である。その原理は図3に示すとおりで、特殊なせん孔をもつ多孔板の旋回力と中央に位置する噴流の拡散力との効果的な組合せによって、理想的な流動層を形成する。本方式を用いることによって、通常の平形多孔板流動層では燃焼不可能であったコークス類を、容易に焼却処理することが可能となった。

また本方式のその他の利点として、

- (1) コークス粉貯槽から自動的かつクローズドシステムで燃焼炉までコークス類の気流輸送が可能であり、清潔な作業環境が得られること。
- (2) 起動停止時間が短く、また自動化も容易であり、中央制御室から運転監視と操作を行なうことができ、運転は容易であること。
- (3) 可動部分のない炉構造であり、耐火材の寿命が長く保守も容易であること。
- (4) 縦形のコンパクトな炉であり、自由な配置が可能で狭いスペースにも機能的なレイアウトができること。

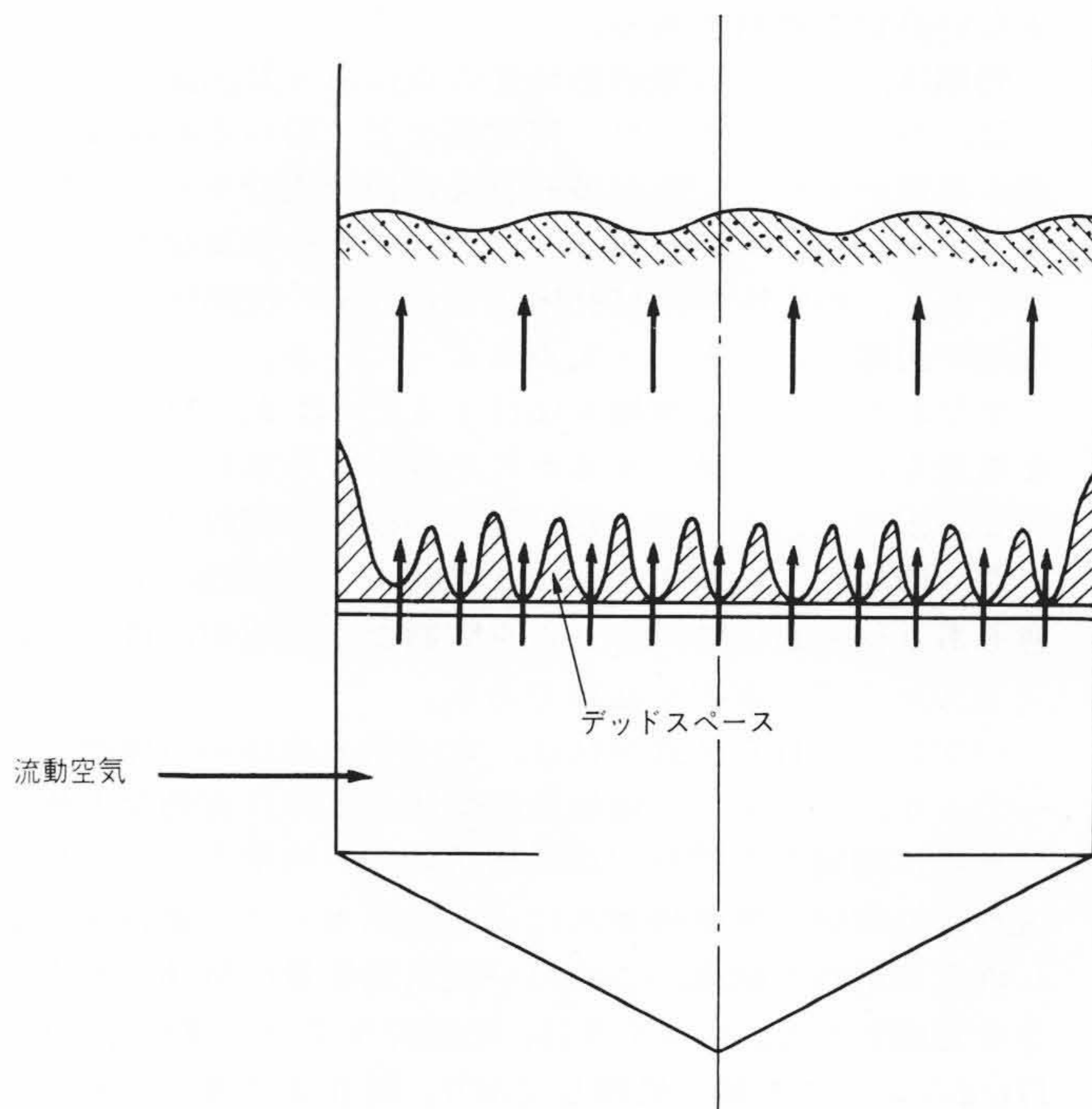


図2 平形多孔板 通常の流動層で使用されている多孔板であるが、コークス類を燃焼させると滞留部でのホットスポット発生により流動媒体の固化が生じる。

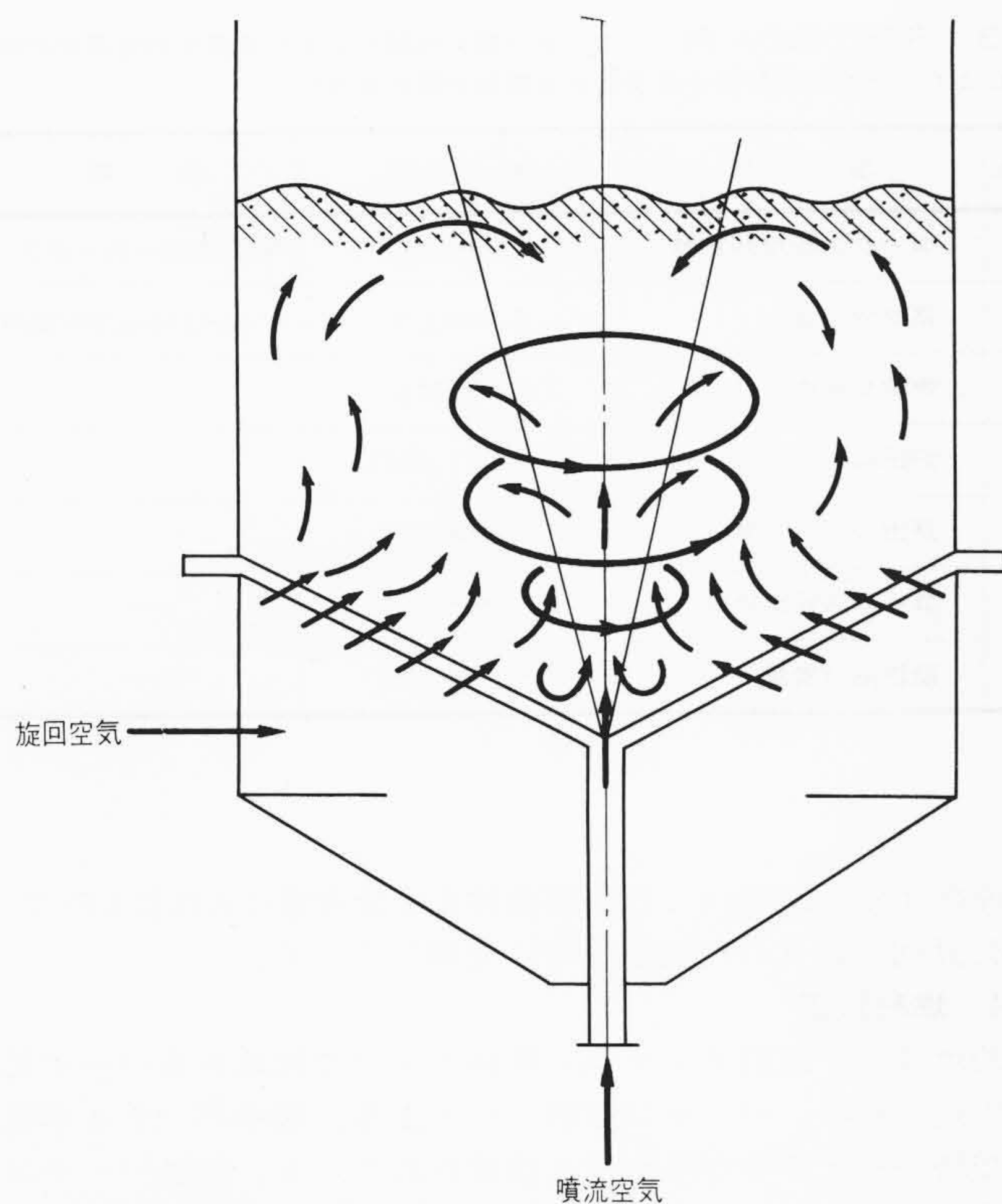


図3 旋回噴流層炉の原理 特殊なせん孔をもった多孔板の旋回力と中央に位置する噴流の拡散力との効果的な組合せにより、理想的な流動層を形成する。

4 コークス類燃焼炉設備の概要

本設備の全体系統を図4に、計画仕様を表2に示す。主な特徴は、排ガスを有効利用するため、流動化兼燃焼用空気の子熱用レキュペレータを設置したこと、また押込通風機及び誘引通風機に、発生蒸気の一部使用による蒸気タービン駆動方式を採用するなど、省エネルギー化を図ったことである。

以下、設備の概要について述べる。

4.1 コークス類供給設備

コークス粉貯槽内に貯留されたコークス類は、貯槽下部に設置されている定量フィーダで燃焼炉への投入量が調整されるとともに、押込通風機により昇圧された空気によってコークス類を燃焼炉層中へ圧送投入される。

4.2 燃烧炉設備

燃烧炉は旋回噴流層形式であり、図5に概略構造を示す。
 押込通風機からの送気により媒体を流動させ、コークス類供給設備で搬送されたコークス類を、旋回噴流作用により層内で混合攪拌し燃烧させる。層中からの燃烧ガスに同伴された未燃分は、空塔下部に設置したヘッダから炉内壁に沿って噴射された二次空気により、空塔部で燃烧を继续する。

4.3 排ガス処理設備

燃烧炉から排出された燃烧ガスは、廃熱ボイラ(単胴自立形自然循環ボイラ)及びエコマイザで熱回収後、バグフィルタへ導かれる。バグフィルタを出た排ガスは、押込通風機か

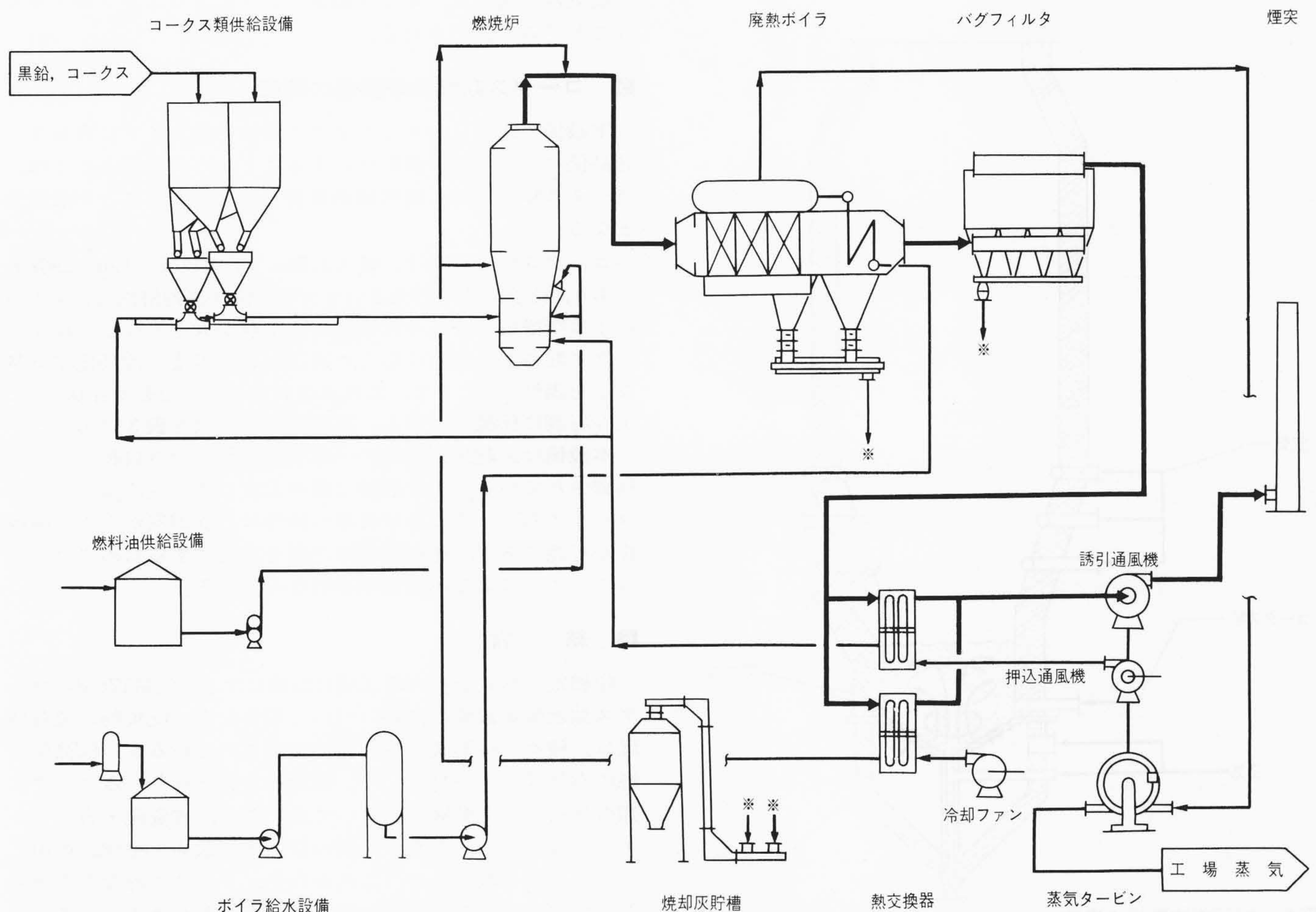


図4 コークス類燃焼炉設備の系統 流動層焼却炉と燃焼排ガスによる廃熱ボイラとの組合せによる蒸気発生設備の系統を示す。

表2 コークス類燃焼炉設備計画仕様 本設備の基本計画仕様を示すが、微粉状のコークス類を焼却処理することが特徴である。

形 式	旋 回 噴 流 層 炉
焼 却 能 力	コークス類：700kg/h (発熱量6,450kcal/kgで)
処 理 物 性 状	炭 素：60～80%
	灰 分：10～40%
	水 分：＜1%
	粒 径：＜1.5mm
排 ガ ス 性 状	ばいじん量：＜0.03g/m ³ N
	NOx ：＜250ppm (O ₂ ：12%換算値)
	排 ガ ス 量：12,500m ³ N/h
	排ガス温度：60℃

注：略語説明 NOx(窒素酸化物)

らの流動化空気及び冷却ファンからの冷却用空気とそれぞれ熱交換され、誘引通風機を経て煙突から排出される。

なお、燃焼炉で発生した焼却灰は、すべて燃焼排ガスに伴伴され廃熱ボイラに入る。廃熱ボイラの伝熱管は高濃度のばいじんにアタックされるので、通常のボイラでは不向きであり高ばいじん用として特別に配慮されたボイラが必要である。

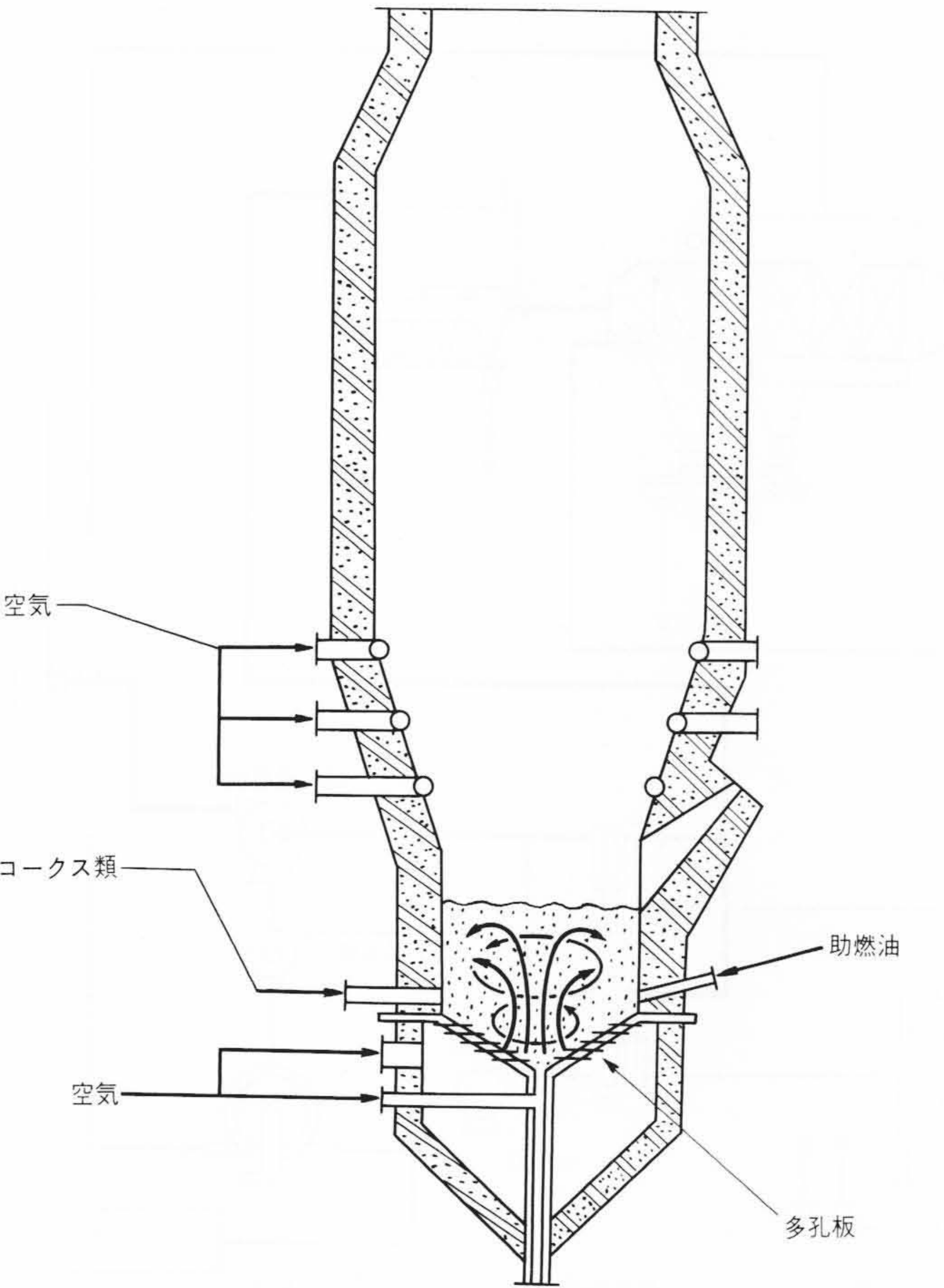


図5 旋回噴流層炉の構造 押込通風機からの送気により媒体を流動させ、気流搬送により層内へ投入されたコークス類を混合攪拌し、燃焼させる。

表3 運転仕様の一例 コークス類の性状に応じた適正な燃焼温度の設定により、助燃油消費量を最少とする運転が達成された。

No.	項 目	運 転 値	備 考
1	コークス粉焼却容量	700kg/h	電気黒鉛+コークス
2	蒸気発生量	6,500kg/h	ゲージ圧16kg/cm ² 飽和
3	燃焼炉層中温度	900～950℃	—
4	炉出口ガス温度	1,050～1,100℃	—
5	炉出口排ガス量	11,000m ³ N/h	—
6	コークス粉燃焼率	90%	—
7	助燃油消費量	30～70kg/h	—

本廃熱ボイラ設備はこれら諸条件を十分考慮に入れたもので、当初計画どおりの性能を十分に発揮している。

4.4 燃料設備

助燃油は、既設タンクから燃料ポンプで燃焼炉各バーナ元へ圧送される。バーナは起動バーナ1本、層中バーナ4本及び空塔バーナ2本がそれぞれ設置されている。起動バーナは現場操作のパルスイグナイタによる直接点火であり、昇温完了後は燃焼炉内温度を自動制御する層中及び空塔の各バーナに切り替えられる。

4.5 ボイラ給水設備

既設の軟水器からタンクに貯留された軟水はポンプによって脱気器へ送られ、ボイラ給水ポンプによりエコノマイザを経てドラムへ供給される。

5 コークス類燃焼炉設備の運転

本設備の設置目的がこれまでの重油燃焼ボイラに替わり、低品位コークス類の燃料化にあることから、運転としては、コークス類燃焼時の助燃油消費量を最少とすることが最優先となる。

コークス類の粒径は、最大1.5mm、平均粒径が190～290μmであり、粒子の比較的大きいコークス類は流動層内で、小さい粒子は空塔部でそれぞれ燃焼する割合が大きくなる。種々コークス類の混合割合に応じた適正な燃焼温度、流動化空気量などを調整することで、助燃油消費量最少の運転が達成され、現在好調に稼動している。運転仕様の一例を表3に示す。

本設備は、起動停止時の一部手動操作を除き自動的に運転制御されている。主な制御は層中温度の助燃油流量のコントロールである。また各補機類の操作は、制御室からの遠隔操作が可能であり、運転状態の把握を容易にするためグラフィックパネルによる運転表示を行なっている。

6 結 言

昭和電工株式会社大町工場に設置した、処理量17t/dのコークス類燃焼炉設備の概要について紹介した。廃棄物の焼却処理は、種々の炉形式で各方面で実施されているが、低品位資源の有効利用の一貫として、難燃物と言われているコークス類の燃料化を流動層炉を用いて成功させ、省資源・省エネルギー設備として、あまり類例のない燃焼設備を完成、運用していることを報告した。これから先、コークス粉などを燃料としたボイラ設備の計画に際し、参考になれば幸いと考える次第である。