

第 7 章

微粉炭火力の運用性の向上



第7章 微粉炭火力の運用性の向上 目次

CS推進室 受託推進グループ 部長 牧野 尚夫
 横須賀研究所 エネルギー機械部 主任研究員 沖 裕壮
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 木本 政義
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 小野 哲夫

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 7 - 1 | 研究の背景 | 77 |
| 7 - 2 | 低負荷燃焼安定性の改善 | 77 |
| 7 - 3 | 低NO _x 燃焼との併用 | 81 |
| 7 - 4 | 今後の展開 | 85 |
| コラム 2 | ：微粉炭濃度・粒度計測技術 | 86 |

牧野 尚夫（10ページに掲載）
 （7-1、7-4執筆）



沖 裕壮（1989年入所）
 これまで、微粉炭火力や石炭ガス化に関する研究に携わり、低負荷対応微粉炭バーナの開発や、事業用ボイラの伝熱・燃焼特性評価、ボイラおよびガス化炉で生成する灰の溶融特性評価などを行ってきました。現在は、石炭ガス化炉を対象に、炭種等による生成灰特性の違いを予測する技術の開発に従事しています。
 （7-2執筆）



木本 政義（1988年入所）
 これまで、微粉炭燃焼時のNO_x・灰中未燃分の同時低減技術や低負荷時の安定燃焼技術の開発を行うと共に、電気事業では未利用の低品位炭や高燃料比炭など多様な炭種の燃焼特性評価に従事してきました。現在は、石炭灰の有効利用量増大を図るための燃焼技術や灰物性評価に関連した研究に携わっています。今後も、微粉炭燃焼技術の高度化に取り組んでいきたいと考えています。
 （7-3執筆）



小野 哲夫（1962年入所）
 海外炭利用の初期には、貯炭場における石炭自然発火の発生機構の解明とその対策を検討しました。その後、微粉炭濃度・粒度の計測技術の開発、およびCWMの製造技術の開発と、一貫して石炭ハンドリングの問題を扱って来ています。
 （コラム2執筆）

7 - 1 研究の背景

微粉炭火力は1980年代に入ると新設、あるいは石油火力からの燃料転換などにより再び増加し、その電源に占める割合は、現在では10%を超えるようになってきている。一方、1980年代以前に、火力のほとんどを占めていた石油火力の割合は急激に減少してきている。このような電源構成上の割合の変化は、微粉炭火力に要請される機能にも大きな変化をもたらしてきている。すなわち、従来、ベース電源として位置付けられていた微粉炭火力が、近年、ミドル・ピーク対応火力としての運用も要求されるようになってきており、負荷調整機能の向上が望まれている。

微粉炭火力で負荷調整を行う場合、従来は、各バーナへの微粉炭供給量を低下させて調整することに加え、大幅に負荷を低下させる場合は、一部のバーナを消火し、燃焼に用いるバーナ本数を減少させることで行ってきた。しかし、バーナの点消火操作に時間を要するため負荷変化が遅くなると共に、下げられる負荷範囲も狭いという問題点があった。これに対し、各バーナの点消火を伴わずに負荷調整を行う方法は高い負荷追従性を有するが、その場合の負荷調整においては、要求される発電電力量に応じて各バーナへの微粉炭供給量を減少させることになる。微粉炭は固体であるため搬送が困難であり、微粉炭火力では気流中に微粉炭粒子を浮遊させ、空気輸送の形態で搬送する。搬送された微粉炭はバーナよりボイラ内に吹き出し、燃焼させる。低負荷時において微粉炭供給量を減少させることは、搬送用空気中の微粉炭濃度を下げることになり、特に大きく負荷を下げる場合には、

燃料が希薄の状態になり、安定燃焼が難しくなるという問題点を引き起こす。勿論、石炭の供給量の低下に応じて搬送用空気量を減少すれば、この問題は解決できるが、その場合には搬送用空気の流速が低下するため、微粉炭が配管内に沈降しやすくなり、バーナへの微粉炭の安定供給が難しくなる。このような状況から、微粉炭火力においては、低負荷時に希薄となった微粉炭の燃焼を安定させるため、微粉炭流の一部を適切な濃度に濃縮する技術の開発が重要になっている。

電力需要に応じた負荷運用性の向上のためには、低負荷時に微粉炭を安定に燃焼させる技術だけでなく、負荷の上昇あるいは低下を行う、負荷変化時の変化速度（負荷追従性）を速くすることも重要である。負荷変化時には、微粉炭の濃度が変動しやすく安定燃焼が困難になるため、微粉炭火力においては、石油火力に比べてどうしても変化速度を低くせざるを得ず、負荷追従性が悪いという欠点があった。すなわち、負荷変化時においても、変動する微粉炭濃度を適切な濃度にまで調整できる機能を加えることにより負荷追従性の改善が可能になる。

これらの、低負荷時に微粉炭が希薄となって燃焼安定性が悪くなる点、負荷変化時に微粉炭濃度が変動することにより、負荷変化速度を大きくできない点を改善するため、当研究所では微粉炭の濃縮機能を持つワイドレンジバーナ¹ および、一層の低NO_x燃焼を可能にした超低NO_xワイドレンジバーナの開発を行った。本章では、これらの技術について紹介する。

7 - 2 低負荷燃焼安定性の改善

7-2-1 低負荷対応用バーナ概念

微粉炭バーナから噴出する微粉炭濃度は、通常、Air/Coal(微粉炭搬送用空気量と微粉炭供給量の重量比、以降A/Cと表記)と呼ばれる指標を基に調節されている。

図7-2-1に、ミル負荷とA/Cとの関係を示す。

低負荷条件では、微粉炭供給量を減らすことになるが、微粉炭の搬送性を維持するために、搬送用空気量の低減には限界がある。従って、負荷があるところまで低下するとA/Cは急激に増加する。微粉炭バーナが安定燃焼を維持できるA/Cは2.5～3.0程度までとされ、これに

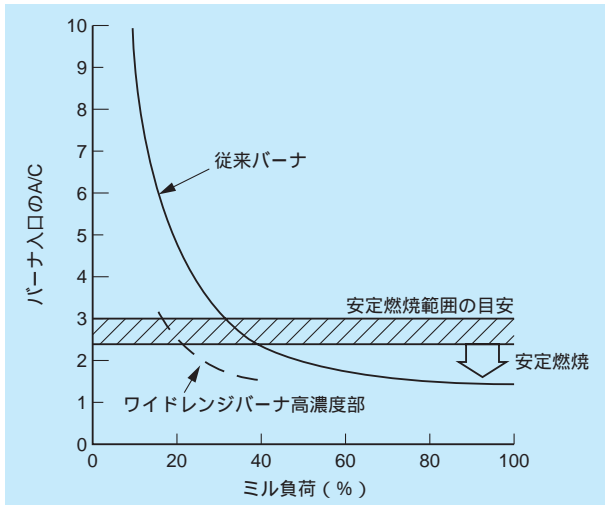


図7-2-1 ミル負荷とA/Cの関係

相当する負荷 35 ~ 40%が安定燃焼可能な最低負荷であった。

安定燃焼範囲を拡大し、微粉炭ボイラの運用性を向上させるためには、低負荷時の希薄微粉炭流を局部的に濃縮し、バーナ出口近傍の微粉炭濃度を局部的に高くすることが有効である。既に、図7-2-2に示すようなバーナ外部に微粉炭濃縮機構を有する低負荷対応用バーナが開発・実用化されているが、構造が複雑で、外部に大きな

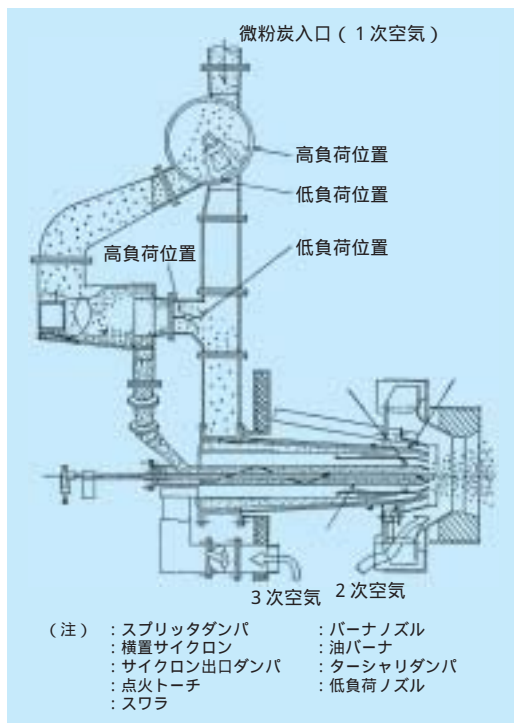


図7-2-2 従来の低負荷対応微粉炭バーナの一例

付帯機器を必要とすることなどから、新設火力に採用されることはあっても、既設火力の改造時に採用されることは少なかった。

そこで、当研究所と石川島播磨重工業㈱は、共同で、石油火力並の20%負荷までの安定燃焼を可能にするとともに、既設火力へのリプレースにも対応できるように、従来型バーナとほぼ同じ大きさのバーナの内部に微粉炭濃縮機構を設置したコンパクトな形式で安価な低負荷対応バーナの開発に着手した。

7-2-2 微粉炭濃縮機構の基本構造

微粉炭バーナ内部の限られた空間で希薄な微粉炭を濃縮するには、遠心力の利用が有効と考え、図7-2-3に示す内部セパレート型ワイドレンジバーナ（以降ワイドレンジバーナと表記）を考案した。

ワイドレンジバーナは、濃度調整リングと呼ばれる環状構造物を内蔵し、先端が三重管構造となっている。

接線方向から流入した旋回微粉炭流は、濃度調整リングを乗り越える際に外筒内面に集中する。濃度調整リングをノズル先端方向に押し込むと、外筒内面に濃縮された微粉炭が、そのまま外筒と中間筒の間から噴出され、濃度調整リングをノズル先端から離すと、いったん濃縮された微粉炭が再分散し、微粉炭は中間筒と内筒の間からも噴出される。このように、負荷に応じて濃度調整リングを移動することにより、低負荷時にもバーナ出口微粉炭濃度が局部的に高くなり、着火性が向上する。

濃縮した微粉炭を三重管構造のノズルの一部から噴出する場合、高濃度の微粉炭を、外周部、中間部、中心部のどこから噴出するのが、最も安定な燃焼を確保できるのかを検討した事例はない。そこで、燃焼量 150kg/hの

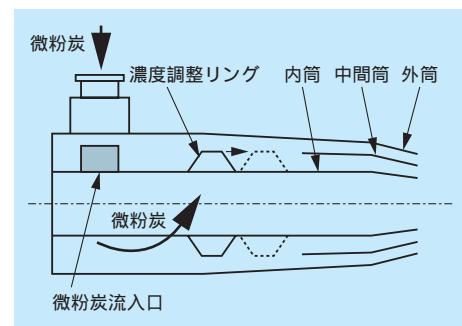
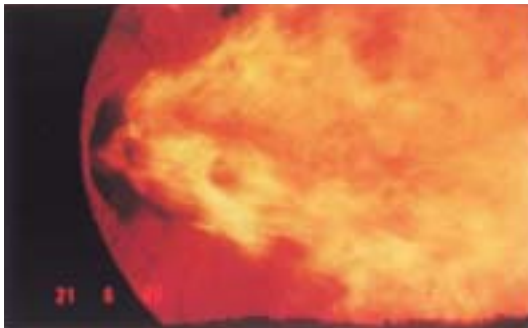


図7-2-3 内部セパレート型ワイドレンジバーナの概要

三重管バーナを製作し、高濃度微粉炭流を模擬した微粉炭流と、低濃度微粉炭流を模擬した空気の噴出位置の組み合わせを変えて試験を行った。各条件の燃焼状態を比較したところ図7-2-4に示すような結果が得られた。

すなわち、微粉炭の噴出位置の差異は、火炎形状に大きく影響し、微粉炭を外周部から噴出させた場合には火炎角度が大きく輝度の強い短炎が容易に形成され、良好な燃焼状態となった。一方、中間部から噴出した場合は火炎形状が安定せず、中心部から噴出した場合は細長い火炎形状で着火点が不安定であった。これらの結果から、微粉炭の濃縮流を外周側から噴出した条件が最も安定な火炎を形成できることが明らかとなった。遠心力により微粉炭を濃縮する場合、外周部から濃縮微粉炭を噴出す



外周部から微粉炭を噴出した場合



中間部から微粉炭を噴出した場合



中心部から微粉炭を噴出した場合

図7-2-4 三重管バーナの燃焼状況

ることは構造的にも容易であるため、この方式を採用することとした。

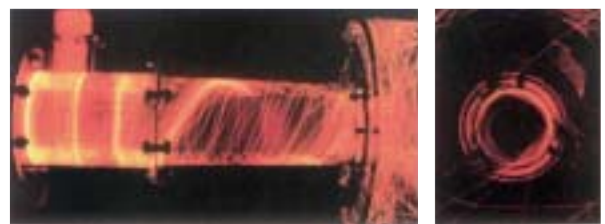
7-2-3 バーナ各部の最適化

微粉炭濃縮機構のポイントは、バーナに内蔵する濃度調整リングである。その形状により濃縮特性が大きく変わるため、形状および設置位置が濃縮特性に及ぼす影響の確認を行う必要がある。

そこで、バーナの亚克力ルモデルを製作し、バーナ内部の可視化試験とバーナ出口における濃度測定試験を行い、最適なリング形状として台形型のリングを選定すると共に、負荷に応じたリング設置位置の推奨値を把握した。

こうしてコールドフロー試験で最適と判断された形状のバーナを、当研究所石炭燃焼試験炉(燃焼量120kg/h)用に製作し、燃焼試験を実施した。

その結果、燃料比1.6の海外炭を用いた燃焼試験で25%負荷まで安定燃焼が確保できることを確認した。さらに、目標の20%負荷まで安定燃焼を可能とするため、低負荷で燃焼が不安定に至る状況を詳細に観察したところ、微粉炭流の偏り(濃縮微粉炭流が、1~2本程度の筋状の流れとなり、バーナ出口のごく一部のみから噴出される現象。円周方向の微粉炭濃度分布が著しく不均一となったもの。)による火炎形状の崩れが一因であることが明らかとなった。そこで、図7-2-5に示すバーナ内



偏流の著しいバーナの例



均一な微粉炭流が得られたバーナの例

図7-2-5 バーナ内部構造最適化のための可視化試験

部流動状況の可視化試験を行い、バーナ内部に設置されたディフレクター・アングル（微粉炭流の円周方向濃度分布を均一化するためにバーナ外筒内面に取り付けられた微粉炭分散用仕切棒）の長さ、本数、形状を最適化した。

可視化試験による改造と燃焼試験による検証を繰り返した結果、ベンチスケール燃焼試験において、定格の20%負荷まで安定な燃焼を維持することに成功した。

7-2-4 バーナ容量のスケールアップ

ベンチスケール試験では良好な結果を得たが、実機に適用するにはバーナのスケールアップが不可欠である。そこで、バーナ容量2.35t/hのパイロットスケールバーナを製作し、燃焼試験を実施した。試験にあたっては、同容量の従来型バーナをあわせて製作し、その性能を比較した。図7-2-6が比較試験の結果である。

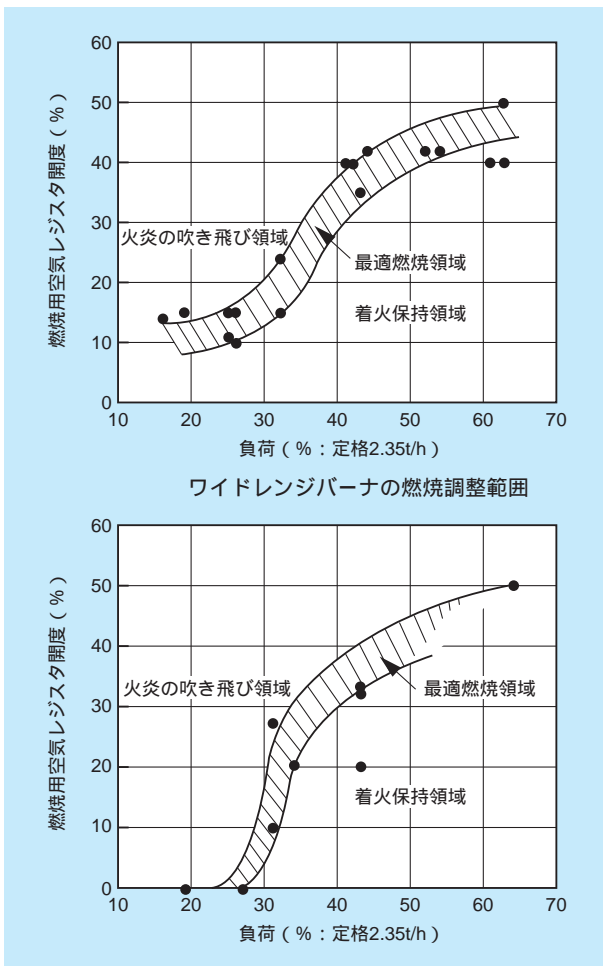


図7-2-6 パイロットスケールでの燃焼安定性の比較

この図は、横軸に負荷を、縦軸に二次空気の旋回力を調整するレジスタ開度を取り、各負荷において最適な燃焼状態を保持できる領域をハッチングで示したものである。

通常、負荷の低下に伴い微粉炭が希薄になると、着火点が離れ、火炎の吹き飛びが発生する。一般にこうした場合、レジスタ開度を減少させて二次空気の旋回力を強化し、着火点を保持する調整がなされる。この図からわかるように、従来型バーナでは、負荷30%までにレジスタを絞りきってしまうため、調整が不可能となっている。しかし、ワイドレンジバーナは20%以下の極低負荷条件においても、濃度調整リングの移動等により、安定な燃焼が維持でき、負荷16%程度までの安定燃焼が可能になった。

7-2-5 ワイドレンジバーナの実用化

スケールアップ試験の結果を受け、バーナ容量7.3t/hの実機用バーナを作成し、四国電力(株)西条発電所2号ボイラ（出力250MW）において、実証試験を行った。目的は、実機におけるバーナ最低負荷性能の確認とバーナ耐久性の検証（濃度調整リング等、直接微粉炭流にさらされ摩耗が懸念される部位を中心とした摩耗特性の把握と、耐摩耗鋼使用部位の選定）である。

本ボイラは3段4列対向燃焼のボイラで、最低負荷運転時には図7-2-7に示すBミル系統およびDミル系統の16バーナのうち、*印の8本のバーナが使用される。最低負荷時に使用されるこの8本のバーナのうち、Bミル系統の4本のバーナをワイドレンジバーナに改造した。なお、一部バーナでは微粉炭による摩耗を考慮し、バーナの一部に耐摩耗材を使用した。

試験中のバーナの燃焼状態は、常設の火炎検出器（ μ FR）および燃焼診断装置（FISS）に加え、応答速度の

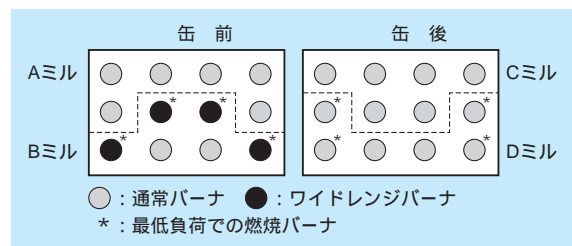


図7-2-7 供試ボイラのバーナ配置

速い特殊な2色式温度計を仮設し、複数の光学的燃焼診断装置により連続的に評価した。

その結果、最低負荷試験においては、プラントの運用最低負荷である50MWまで、負荷変化中を含め、一時的な燃焼状態の悪化もなく、安定した燃焼を維持できることが確認された。このように従来型バーナでは重油を燃焼していた最低負荷50MWまで、石炭専焼が可能となったため、図7-2-8に示すように、低負荷時の重油使用量が大幅に削減されるとともに、負荷変化に必要な時間が負荷降下時に100分、負荷上昇時に55分短縮され、迅速な負荷変化が可能となった。

また、ボイラ起動時には、ワイドレンジバーナの導入により、燃料を重油から石炭に切り替える時期が早くできるため、一回の起動あたり約5トンの起動用重油を削

減できることを確認した。

バーナの耐久性については、耐摩耗鋼を使用したバーナとステンレス製のバーナを約1年間運用した後に、それぞれの摩耗状況を比較することにより検討した。その結果、ごく一部の摩耗が顕著な箇所に硬化肉盛りおよび溶射加工を施せば、濃度調整リングを含むほとんど全てがステンレス製でよいことがわかり、コストダウンがはかれることを確認した。

実機実証試験の結果をうけ、ワイドレンジバーナは順調に導入が進められている。そのコンパクトな構造から、リプレース需要も多く、前述した西条発電所2号ボイラを含む国内外10基のボイラに合計190本が設置され、順調に運用されている。

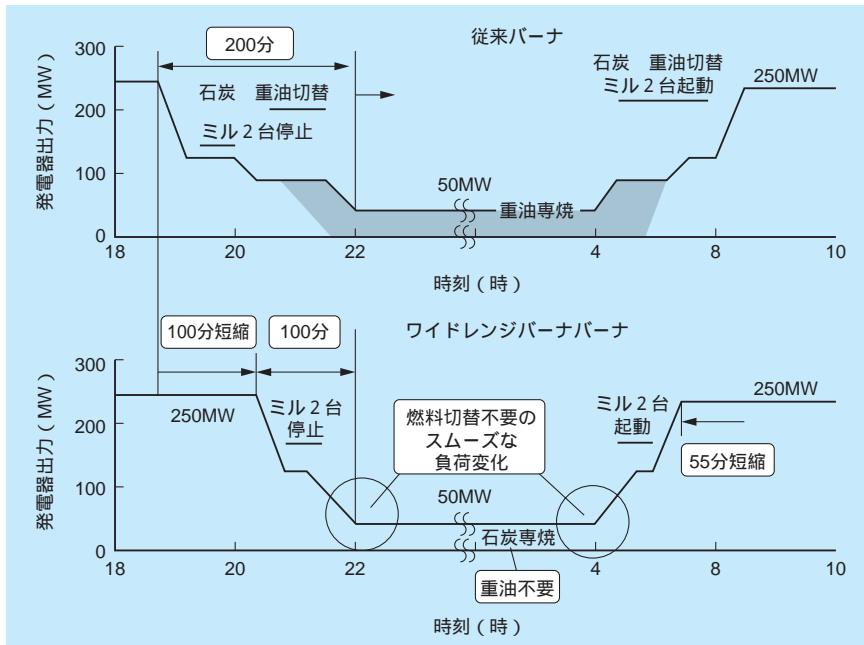


図7-2-8 バーナ導入による運用性改善

7-3 低NOx燃焼との併用

7-3-1 超低NOxバーナ用の微粉炭濃縮法の概念

前項のワイドレンジバーナの機能を、6-3節に示され

た超低NOxバーナ(CI-バーナ)に組み込むことにより、幅広い負荷条件に対応でき、かつNOx・灰中未燃分の大幅低減も可能な技術となる。当研究所では、石川島播磨重工業と共同で、これら二つの機能を一体化した超低NOx・ワイドレンジバーナの開発を行った。

超低 NO_x バーナは、定格負荷時の NO_x・灰中未燃分の排出量が既存低 NO_x バーナに比べて低だけでなく、バーナ近傍の微粉炭の滞留時間を長くでき、燃焼を促進する構造であるため、既存低 NO_x バーナの安定燃焼限界の40%負荷よりも低い、30%負荷での安定燃焼が可能である。この負荷での微粉炭濃度が本バーナの安定燃焼限界として考えると、当研究所の低負荷燃焼の目標である負荷20%時には、管内平均濃度に対し、1.5倍以上の濃縮効果が必要であると考えられる。しかし、本バーナは、火炉へ噴出する際に微粉炭流に旋回があると、NO_xの低減に重要な還元炎が効果的に形成できないという問題点があるため、旋回を利用するワイドレンジバーナの微粉炭濃縮方式をそのまま適用することはできないと考えられる。超低 NO_x・ワイドレンジバーナの開発にあたっては、この点を考慮に入れ、以下の二つの微粉炭濃縮方式を考案した。

ワイドレンジバーナと同じく旋回流により微粉炭を濃縮した後に、管出口部に設置した整流板により旋回を抑制する方式（接線流入式濃縮法）

超低 NO_x バーナの1次空気管の微粉炭流路に流線形状のリングを設置し、無旋回の流れ場で濃縮する方式（流線形リング式濃縮法）

これらの概念に基づき、小型バーナを用いたコールドフロー試験により、十分な濃縮特性を有することを明らかにした後に、バーナ容量をスケールアップした際の濃縮特性への影響を把握した。引き続き、微粉炭濃縮が燃焼特性に及ぼす影響を小型バーナおよび実規模級の大容量バーナを用いて明らかにした。

7-3-2 微粉炭濃縮装置の構造

接線流入式濃縮法

接線流入式濃縮法を用いるバーナの1次空気管構造を図7-3-1に示す。微粉炭の濃縮方式そのものは、前節に

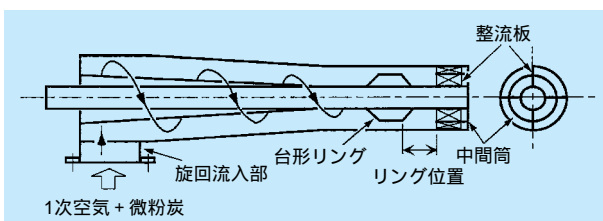


図7-3-1 接線流入式のバーナ1次空気管

示したワイドレンジバーナと同じであり、微粉炭流が接線方向から流入し、旋回が与えられるようになっている。微粉炭濃度の調節は、微粉炭通路に設置した移動可能な台形状リングにより行い、管出口部には、濃縮後の微粉炭濃度をバーナ出口まで維持するための中間筒が組み込まれている。1次空気管出口部の形状は、超低 NO_x バーナと同一の直管形状とし、微粉炭流入部から直管部まではテーパをつけた絞り形状となっている。濃縮後の微粉炭流の旋回抑制は、1次空気管の軸方向に沿って設置した整流板により行う形式となっている。

流線形リング式濃縮法

流線形リング式濃縮法を用いるバーナの1次空気管構造を図7-3-2に示す。この形式のバーナでは、超低 NO_x バーナの1次空気管に設置した流線形状のリングのみで微粉炭の濃縮を行っている。リングが移動可能であること、および管出口部に濃縮後の濃度維持のための中間筒が設置されていることは、接線流入式バーナと同様である。

リングの形状は、流れ場のシミュレーションにより、微粉炭粒子の濃縮特性を評価し、濃縮効果の最も大きな形状を選定した。リングを図7-3-2のような流線形にすると、リング後流の渦生成が抑制でき、リング通過後の気流は内周側に滑らかに広げることができる。一方、微粉炭は慣性によりリング通過後もしばらくは外周側を流れるため、リング後流の外周側微粉炭濃度を高くできる。また、リング上流側の傾斜角を緩やかにしているため、慣性力の大きな粗粒子の極端な衝突・反発が抑えられ、例えばリング表面に衝突した後に1次空気管外周部にも衝突し、再度反発して内周側に戻ってきて濃縮効果を阻害するような粒子挙動を防ぐことができる。

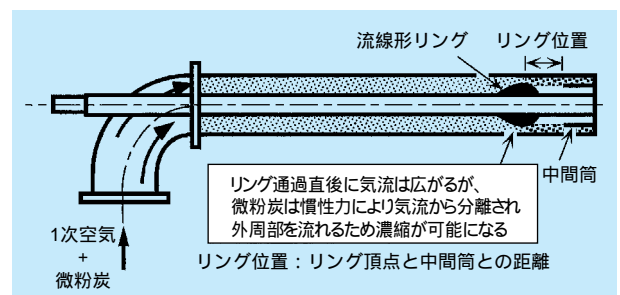


図7-3-2 流線形リング式のバーナ1次空気管

7-3-3 微粉炭の濃縮特性

接線流入式の小型バーナ（バーナ容量0.12t/h）を例に、微粉炭濃縮性能を示す。図7-3-3は、負荷20%相当の微粉炭をバーナに供給し、1次空気管出口における管内周側および管外周側の微粉炭濃度比（1次空気管内平均微粉炭濃度との比）とリング位置の関係を示している。

微粉炭濃縮効果は、リング位置をバーナ出口に近づけるほど大きくなり、目標とする1.5倍までの濃縮が可能であることが明らかとなった。濃縮の必要がない場合には、リング位置をバーナ出口から離すことで微粉炭濃度は管内平均濃度に近づけられる。すなわち、リング位置の調整により負荷に応じて最適濃度に設定できることが明らかになっている。

実機で使用される数t/h～10t/hの容量のバーナは、小型バーナに比べ、微粉炭通路が拡大され、気流や微粉炭粒子の挙動も小型バーナとは異なる。そこで、バーナ容量1.5t/hの大容量バーナにおいて、本接線流入式濃縮法の性能を評価し、小型バーナ同様、1.5倍以上の濃縮効果が得られること、ならびにリング位置により濃度調整が可能になることを明らかにした。

接線流入式濃縮法の場合、微粉炭の濃縮後に気流の旋回を抑制する必要がある。1次空気管出口に設置する整流板の長さおよび枚数を増加させると、旋回する気流に対して衝突する面積が増加するので、気流の旋回力は減

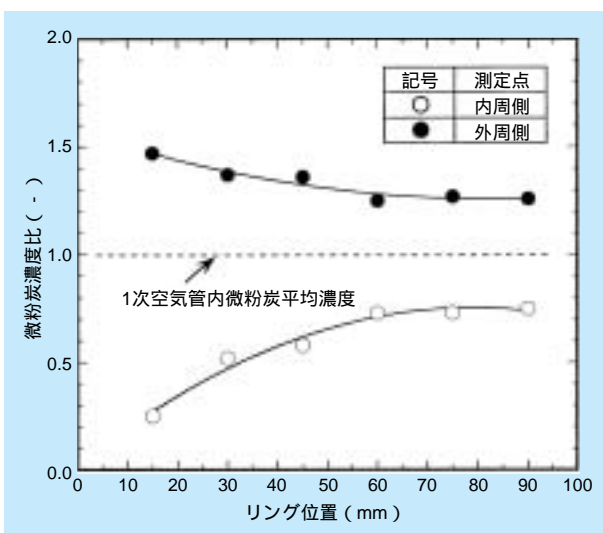


図7-3-3 リング位置と微粉炭濃縮率の関係

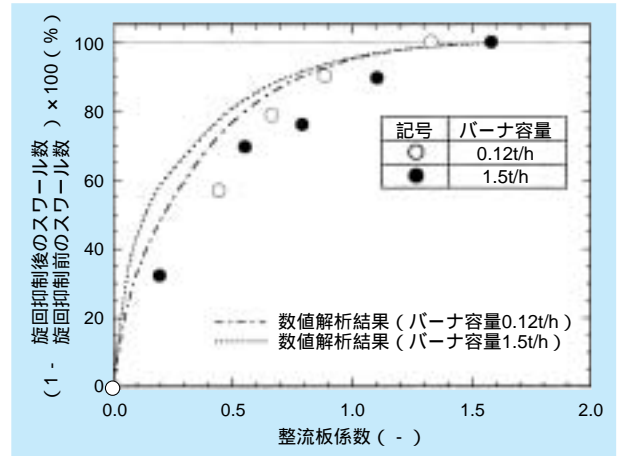


図7-3-4 整流板係数と旋回抑制率の関係

衰する。旋回抑制に最適な整流板設置条件を明らかにするため、これら整流板の条件を定量化して、旋回抑制効果との比較を行った。整流板条件の定量化指標として、1次空気通路断面積に対する整流板の面積の比で表される整流板係数を定義した。小型バーナを対象に、様々な整流板条件および初期旋回強度の影響を評価し、いずれの条件に対しても、整流板係数が1.2以上の条件で旋回をほぼ抑制できることが示された。また、この傾向は、1.5t/hの大容量バーナにおいても同様であり、バーナ容量に関わらず、整流板係数を1.2以上にすれば旋回が抑制できることが明らかになった。

なお、流線形リング式においても、接線流入式とほぼ同様の濃縮特性がバーナ容量に関わらず得られており、二種類の濃縮方式の性能は、ほぼ同程度であると考えられる。

7-3-4 実燃焼場での特性評価

微粉炭濃縮調整による燃焼特性への影響

石炭燃焼試験炉において接線流入式濃縮法を用いた場合の、バーナ負荷と燃焼効率（石炭中可燃分の燃焼した割合）の関係を、濃縮機能を持たない超低NOxバーナの関係とともに図7-3-5に示す。微粉炭濃縮により低負荷時の燃焼安定性が改善され、目標とした石油火力並の最低負荷20%での安定燃焼が達成できた。また、微粉炭の濃縮は、中間負荷領域における燃焼改善効果も有し、50%以下の負荷帯で濃縮機能を持つバーナの方が燃焼効率が高くなった。

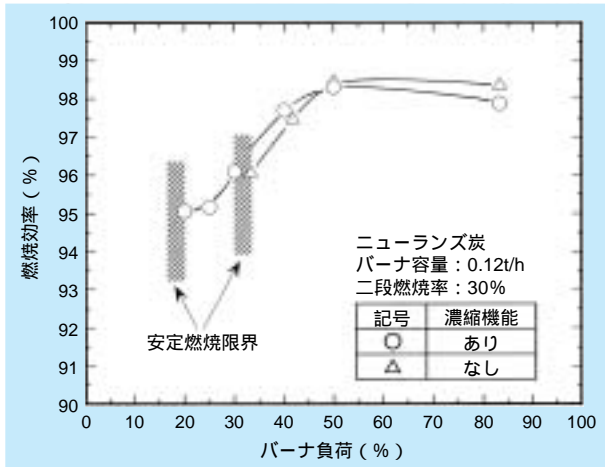


図7-3-5 濃縮機能の有無による燃焼効率の比較

各負荷に対してリング位置を変え、管出口の微粉炭濃度を变化させた際の燃焼効率およびNOx濃度を図7-3-6に示す。低負荷条件(50%および25%負荷)では、リング位置をバーナ出口に近づけ、外周部の微粉炭濃度を高めるほど燃焼効率は増大し、その効果は負荷が低い条件ほど顕著になる。この場合、NOx濃度は、着火性の向上に伴い、若干増加する。

一方、83%負荷の高負荷条件では、リングをバーナ出口に近づけ微粉炭を濃縮すると、微粉炭濃度が過濃になるため、燃焼効率は若干低下した。したがって、幅広い負荷帯で高い燃焼効率を維持するためには、負荷に応じてリング位置を調整することが望ましいと考えられる。なお、この傾向は、濃縮法を流線形リング式とした場合でも、最低負荷ならびに各負荷に対する燃焼効率とともに、接線流入式とほぼ同様であった。

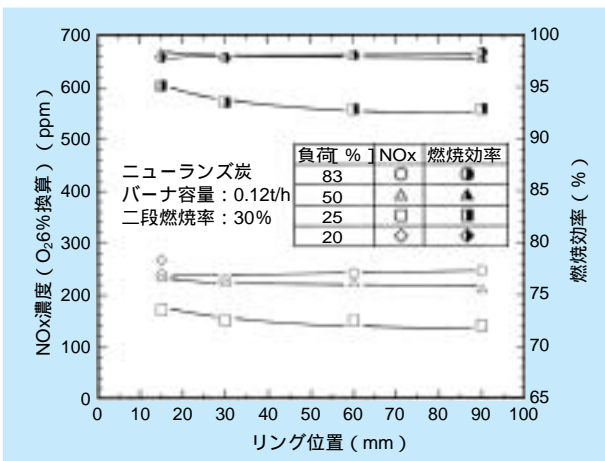


図7-3-6 リング位置とNOx濃度、燃焼効率の関係

スケールアップによる燃焼特性への影響

接線流入式バーナにおいて、バーナ容量を1.5t/hの大容量バーナまでスケールアップしても、低負荷時の燃焼安定性を、小型バーナの場合と同様、大きく改善できた。図7-3-7には、小型バーナと大容量バーナの、負荷変化時のNOx・灰中未燃分排出特性を示すが、最低負荷は、いずれにおいても目標とする20%を達成できることがわかる。空気比が同じとなる40%負荷以上で比較すると、バーナ容量をスケールアップした場合には、火炎が大きくなり、還元炎も拡大されるので、全ての条件で小型バーナよりもNOx濃度は減少する。また、火炉容量の増大に伴い、火炉壁からの熱損失が減少するため、灰中未燃分濃度も同様に減少した。また、負荷に対するNOx・灰中未燃分の変化傾向は、小型バーナと大容量バーナで共通の特性を持った。

図7-3-8は、大容量バーナにおける負荷変化時のNOx・灰中未燃分排出特性を、接線流入式および流線形リング式の濃縮装置を設置した超低NOxバーナと、濃縮機能を持たない超低NOxバーナとで比較したものの

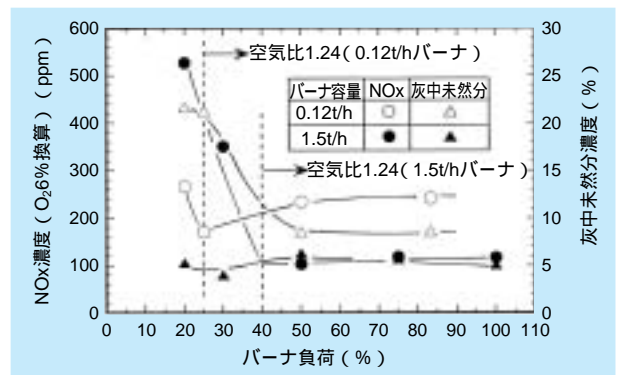
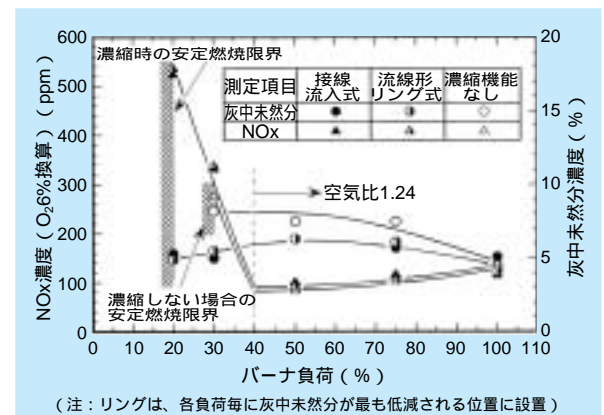


図7-3-7 バーナ容量の差異が燃焼特性に及ぼす影響



(注: リングは、各負荷毎に灰中未燃分が最も低減される位置に設置)

図7-3-8 大容量バーナにおける性能比較

である。

濃縮機能を持つ超低NOxバーナは、いずれの濃縮形式でも目標とした20%負荷での安定燃焼が可能であり、また、100%負荷では濃縮機能を持たない超低NOxバーナとほぼ同等のNOx濃度、灰中未燃分濃度を維持している。負荷を減少させた中間負荷帯では、NOx濃度は濃縮機能の有無によらずほぼ同等になるが、灰中未燃分濃度は濃縮機能を持つ場合の方が大幅に低減でき、その差は、低負荷になるほど大きくなった。これより、濃縮

機能を持つ超低NOxバーナは、ワイドレンジバーナと超低NOxバーナの両方の優れた機能を有すことに加え、中間負荷帯での灰中未燃分の低減にも大きな効果を有することが明らかになった。この特性は、濃縮方式によらずほぼ同一であるため、実機への適用に際しては、バーナの設置スペース、給炭管との接続、加工の容易さ等の要素も考慮して、設置しやすい方式を選定すれば良いと思われる。

7 - 4 今後の展開

今後も、微粉炭火力に対する負荷調整機能の要求は益々強くなっていくものと思われる。発電所によっては、毎日起動・停止操作を行うDSS運転なども要求されるようになると考えられている。

その場合に最も重要な機能としては、本章で述べた低負荷時の燃焼安定性の改善技術、NOx・灰中未燃分排出量の抑制技術ならびに、負荷追従性の高い燃焼技術だと考えられる。これに対する方策としては、低負荷時あるいは負荷変化時において、微粉炭濃度を適性値に調整する機能が最も重要である。最低負荷に関しては、ワイドレンジバーナ、超低NOx・ワイドレンジバーナのいずれもが、20%という極めて低いバーナ負荷においても安定燃焼可能であり、十分な機能を有していると言える。特に、超低NOx・ワイドレンジバーナは、40%負荷までNOxと灰中未燃分の濃度を定格負荷時とほぼ同等で維持できるなど、低負荷であっても一定負荷運転に対しては非常に高い性能を有している。今後は、一層のNOx・

灰中未燃分の低減を図ると共に、負荷変化時の濃度変動に対して、如何に速やかにその変動を検知し、バーナ操作条件を追従させるかなど、さらなる機能向上が重要になるとと思われる。また、近年微粉炭火力の利用石炭種が多様化しているため、燃焼性の悪い石炭に対しても十分な低負荷運転、負荷追従運転が可能になるように技術を高度化する必要がある。

なお、低負荷時にはミルも低負荷運転を行わざるを得なくなるため、その粉砕部の摩耗等、周辺技術も問題になってくると考えられる。これらの課題は低負荷運転の比率が高くなり、運転時間が長くなるほど、一層重要になってくるものと思われるが、少なくとも運転の初期から生じるほど極端な問題ではないと思われ、長期間に亘っての全体コストを総合的に評価した時に、どういう対策を施すのが最適であるか、あるいは摩耗部の交換頻度を多くすることで対処できるのか、などの観点から判断すべき課題と考えられる。

コラム 2 : 微粉炭濃度・粒度計測技術

微粉炭火力発電所の中間負荷運用に当たっては、低負荷時にも安定燃焼できることが不可欠である。当研究所では、これに対応する技術として、低負荷時に濃度が低くなる微粉炭流を濃縮して安定かつ低NO_x燃焼が可能なワイドレンジバーナの開発を行なって来た。このバーナは、噴出する微粉炭を燃焼に最適な濃度に制御するものであり、負荷の低下に伴って低濃度となる微粉炭流の濃縮条件を把握することが必要となる。条件把握のためには、バーナに送られる微粉炭の濃度と共に、その粒度も必要であることから、これらのオンライン計測システムをワイドレンジバーナと共に開発した。

濃度・粒度オンライン計測システムは、図に示すように燃料管から微粉炭を管内流速と等しい速度でサンプリングし、濃度を検出した後、粒度検出器に導く構成とした。

濃度検出器は、微粉炭濃度の制御用として応答性が速く、連続かつ簡易に信号検出できる差圧式粉体流量計を採用することとした。採用に当たっては、ボイラ微粉炭用として低濃度領域まで測定できるように改良した。一方、粒度検出器としては、大きい粒子から小さい粒子をルーバ型分級器2段とサイクロン型分級器2段とで粒子径別に捕集して、その粒子径と捕集率とから粒度分布を求めめる方法を開発した。

これら改良・開発した計測機器をシステムアップして、当研究所の石炭燃焼試験炉で濃度検出器および粒度検出器の基礎特性評価を行い、精度良く測定できることを検証した。さらに、本計測システムを、微粉炭火力発電所のボイラの微粉炭計測に用い、実機の微粉炭濃度・粒度計測にも充分適用できることを明らかにした。

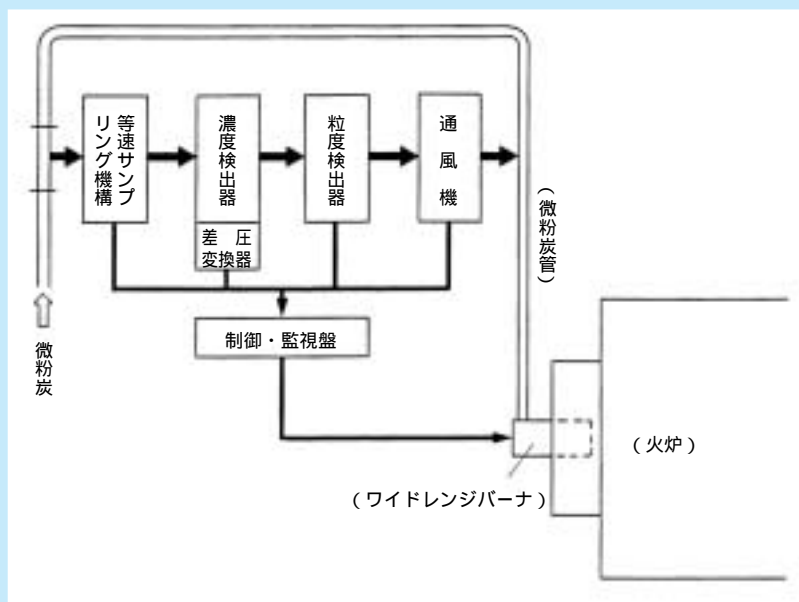


図 微粉炭濃度・粒度自動監視装置システムフロー