

環境に優しい 高効率・低公害ボイラ

燃焼負荷制御と低 NO_x バーナによる 省エネと低公害に寄与する小型貫流ボイラ

その手軽さから、設置台数が急増している小型貫流ボイラ。

株式会社 IHI 汎用ボイラは、ボイラの構造に工夫をこらし、運転の効率化と環境負荷の低減を図ってきた。

今回は、高効率・低公害化技術を評価され、「第 35 回優秀環境装置表彰」を受賞した新型ボイラ K-SE シリーズについて紹介する。

株式会社 IHI 汎用ボイラ
技術部

河岡 幸伸



K-2000SE



K-2500SE

開発の経緯

ボイラは、燃料を燃焼させて得た熱を水に伝え、高温・高圧の蒸気を得る装置である。火力発電所や船舶などの蒸気機関、各種工場の作業用や暖房用などに蒸気を供給するのに使用する。

貫流ボイラは、水を水管の一方から押し込み循環

させることなく管内で蒸気に変えるもので、起動性や負荷追従性に優れているため急速起動が可能で、小型ボイラに用いられる。しかし、蒸気量や蒸気温度を安定させるためには高度な制御技術が必要である。

小型貫流ボイラは、運転資格が不要で取扱いが容易なことなどから、一般産業分野で設置台数が急

増している。特に増加しているのは、毎時換算蒸発量 2 トン、2.5 トンのボイラである。これらのボイラは、複数台設置することによって、大型ボイラの代替機種として利用されているが、台数が増え環境に与える影響が大きくなるにつれ、さらなる高効率・低公害化が求められている。

同型式のボイラでは、負荷変化に追従して、燃焼量を段階的に変更する制御方法が採用されている。

株式会社 IHI 汎用ボイラ (IBK) では、初期製品において燃焼負荷制御を 3 位置制御 (100 - 50 - 0%) としていたが、ボイラを使用する一般的な工場の平均的な熱負荷は最高負荷の 40% 程度であったことから、4 位置制御 (100 - 65 - 30 - 0%) のボイラを開発し、低負荷時の発停による熱損失防止を図った。しかし、近年では操業度の低下によって、最低負荷が 30% を下回る場合もあり、より広い負荷範囲で高効率運転を行う必要が生じた。

IBK の K-SE 型ボイラは、より広範囲の熱負荷に対応し、さらなる高効率化・低公害化を図った製品として開発された。その技術を評価され、2009 年に日本産業機械工業会主催、経済産業省後援による「第 35 回優秀環境装置表彰」を受賞している。

K-2000SE ボイラの主要目は、次のとおり。

法規区分：小型ボイラ

換算蒸発量

高燃焼：2 000 kg/h

中燃焼：1 200 kg/h

低燃焼：400 kg/h

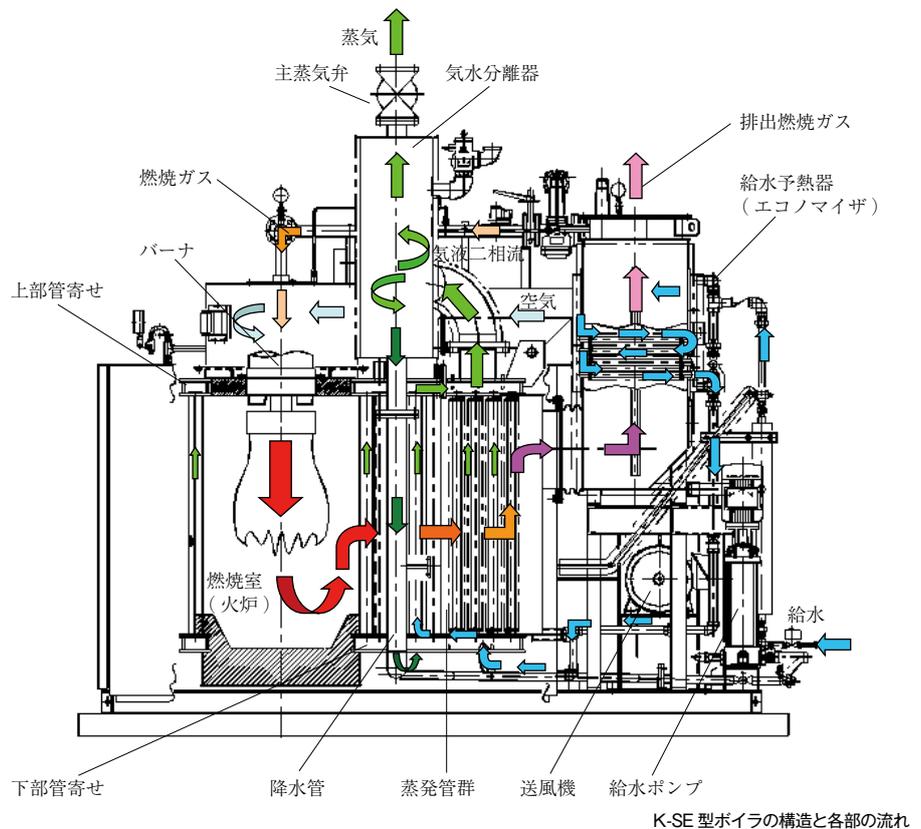
ボイラ効率：98%

使用燃料：天然ガス、LP ガス

設備電力：7.8 kW

外形寸法：W1200 × D2400 × H2445 mm

製品質量 (ドライ)：2 090 kg



K-SE 型ボイラの構造と各部の流れ

K-SE 型ボイラの構造

K-SE 型ボイラでは、燃料を燃焼し、発生した高温燃焼ガスの保有する熱量で蒸発管内を流れる水を温め、蒸気を発生させるとともに、排出燃焼ガスの残熱量を給水予熱器 (エコマイザ) で回収する。ボイラ本体は多管式貫流構造となっており、燃焼室 (火炉) と、上下の管寄せに連結された蒸発管群で構成されている。

給水ポンプで加圧された給水はエコマイザで予熱後、下部管寄せに通水され蒸発管内で加熱されて、蒸気と液体が混合した気液二相流となり、上部管寄せより気水分離器内に流入した後、蒸気と水に分離される。分離された蒸気は主蒸気弁によって負荷側に供給され、水は降水管から下部管寄せに戻る。

燃料は上部燃料配管ユニットで必要な圧力、量に調整され、送風機によって供給された空気と混合された後、炉上部に装備されたバーナで燃焼される。火炉内で完全燃焼した燃焼ガスは蒸発管群のすき間に流入し、蒸発管を加熱した後エコマイザで給水

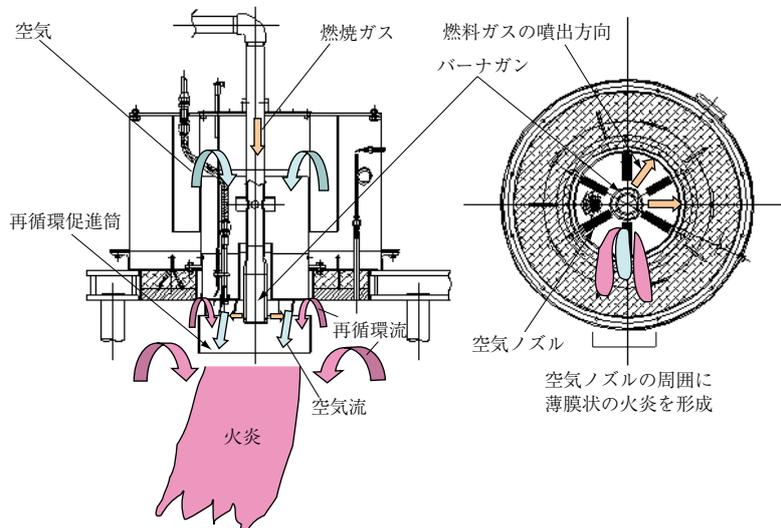
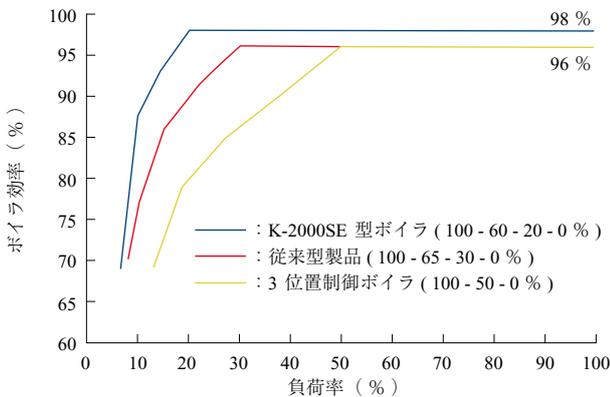
と熱交換を行い、排気部より排出される。

前ページの図は、毎時換算蒸発量 2.5 トンボイラの構造および水・蒸気・燃焼ガスの流れを示している。

運転効率の改善

今回の開発では、蒸発管群と給水予熱器の材質、形状および配置の最適化を図るとともに、燃焼ガスの流れの均一化のためにガス通路の内部形状を変更し、伝熱面の有効活用を図った。さらに、負荷範囲拡大のため、制御位置を 100, 60, 20, 0% とし、連続運転可能な最低負荷を従来型製品の 30% から 20% へと変更して、低負荷時の運転効率改善を図った。

毎時換算蒸発量 2 トン機種の連続運転時と負荷低下時の運転効率を示したのが、下のグラフである。



低 NO_x バーナの構造

る。K-SE 型ボイラでは、ボイラ構造の改善によって、連続運転時の効率が IBK 従来型製品の 96% から 98% へと 2 ポイント改善されたことが分かる。また、連続運転負荷範囲が 20 ~ 100% に拡大したことによって、従来製品 (30 ~ 100% の 4 位置制御) および 3 位置制御のボイラに比べ、低負荷時の運転効率が向上していることが確認できる。

これを具体的な例で見てみると、毎時換算蒸発量 2 トンの K-2000SE を IBK 初期製品 (3 位置制御、ボイラ効率 96%、運転負荷 20 ~ 80%) と比較した場合、燃料に 13 A ガス (70 円 / m³_N) を使用し、運転時間を 3 000 時間 (10 時間 / 日 × 25 日 / 月 × 12 か月) と仮定すると、ボイラ 1 台当たり年間 91 万円の燃料費削減および 23 ~ 29 トンの CO₂ 削減が可能と試算される。これは、杉の木の CO₂ 吸収量 1 600 ~ 2 000 本分に相当する。なお、冒頭で述べたように、本クラスのボイラは複数台設置される場合が多く、10 台設置した場合は、年間 1 000 万円近い燃料費の削減が可能となる。また、発停回数が大幅に減少するため、起動・停止に伴う機器の損耗が少なく、部品交換費などのコスト低減も期待される。

低 NO_x バーナの開発

一般に、ボイラにおける低公害化は、主に光化学スモッグの原因となる NO_x (窒素酸化物) および CO (一酸化炭素) の排出量を低減することを目的

としている。本ボイラでは、20～100%の全負荷燃焼領域で NO_x 値を 30 ppm (O₂ = 0%換算値) 以下 (IBK従来型バーナに対し 50%減) とすることを目標に、バーナ開発を行った。

NO_x は火炎温度が高温になるにつれ急激に発生量が増加することから、NO_x の発生を抑えるためには火炎の温度低下を図る必要がある。その方法としては、排ガスを自己再循環させることによって燃焼反応の速度を下げる方法や、燃焼用空気の出形状を工夫することによって火炎の放熱面積拡大を図る方法が知られている。

今回開発したバーナでは、再循環促進筒上面のすき間から空気流によって燃焼ガスを吸引し、保炎部上流に循環させることによって、従来型バーナでは構造上困難であった燃焼開始点での燃焼温度低下を図り、火炎全体の温度低下を実現した。また、空気ノズルを分散配置とし、中心部から噴霧する燃料ガスを内側から外側にかけて徐々に空気と混合、燃焼さ

せると同時に、空気ノズル周囲の広範囲に低温の薄い層状の火炎が形成される構造とすることで、火炎の放熱面積を拡大した。さらに、燃料ガスの主な噴出方向を各空気ノズルの中間とし、空気流との急激な混合を避けるなどの改良を行った。

NO_x・CO の削減

改良の結果、負荷別の燃焼性能は次のようになった。

NO_x 排出濃度

100%負荷時 30 ppm 以下 (空気比 1.15 以上)

60%負荷時 25 ppm 以下 (空気比 1.15 以上)

20%負荷時 20 ppm 以下 (空気比 1.30 以上)

CO 排出濃度：全負荷域で空気比 1.10～1.75 (排ガス残存 O₂ = 2～9%) の間で 100 ppm 以下

今回開発したバーナは、先述のとおり、IBK 従来型低 NO_x バーナに対し NO_x 値を約 50%削減することに成功した。低負荷時でも燃焼負荷に応じた再循環量を確保することができ、薄膜火炎化も促進されるため、NO_x 値はさらに低下する。

また、保炎部上流に燃焼ガスを再循環させることによって、負荷に応じた熱量が燃焼面に供給されるため、自立燃焼が促進される。CO の発生量も従来型低 NO_x バーナより少なく、目標とした 20%負荷時でも安定した燃焼が可能である。

期待される環境負荷低減への貢献

K-SE 型ボイラは、工場の実稼働率と低公害化を考慮して開発された。今後の経済動向によって、工場の実稼働率の変動はさらに大きくなると予想される。負荷低下時にも高効率を維持でき、低公害化も達成し得る製品として、K-SE 型ボイラは環境負荷低減への貢献をいっそう期待されている。

問い合わせ先

株式会社 IHI 汎用ボイラ 総務統括部

電話 (03) 5245-3130

URL : www.ibk-ihl.co.jp/

