

潜熱回収によるボイラー効率の上昇

Increase of Boiler Efficiency by Latent Heat Recovery from Flue Gas

(社)日本ボイラ協会省エネルギー委員会
委員 大政 国光
(川重冷熱工業(株))
by Kunimitsu Omasa

ボイラーの熱損失の大半は、排ガスの持ち去る熱量によるものである。ここでの熱回収を徹底していく場合、排ガスの顕熱回収を超えて、排ガス中の水分が持つ熱量すなわち潜熱（一般に潜熱が占める割合は、燃料発熱量に対し油で7%、天然ガスで10%と大きい。）の回収が重要なテーマとなる。

従来この領域には、腐食挙動、伝熱の理論解明、2次側の煙道・煙突の腐食対応、白煙・スノーヒューム、熱回収先とのヒートバランスなどの問題があったが、近年この課題に対し様々な知見が得られ、相応の対応も可能になりつつある。

そこで、ここでは、排ガスの潜熱回収による効果を、分かりやすく単純化してノモグラフで表示し、どの程度の省エネルギー効果が得られるかを計算するとともに、例題により関連事項について検討した。

なお、本ノモグラフでは、対象燃料は潜熱回収が効果的な13A都市ガスで代表させており、ボイラー効率は、放熱を無視して排ガス損失のみとして計算している。燃焼用空気温度を20℃（湿度70%）とし、排ガス温度に対するボイラー効率の変化を低発熱量基準に加え、高発熱量基準でも求められるようにした。本ノモグラフで、排ガス温度55℃前後でボイラー効率が急上昇するのは、ここが排ガスの水蒸気露点であり、排ガスの顕熱に加え凝縮熱が集中的に回収され始めるためである。

なお、熱量の計算を単純化するため、凝縮域では熱交換器（エコマイザーを想定）出口において排ガス中の水蒸気は、熱交換器出口排ガス温度の飽和蒸気とした。

1. 例題

13Aガスだきで、排ガス温度140℃（通常の顕

熱回収）、空気比1.3で計画されているボイラーを、潜熱回収により排ガス温度を50℃まで下げた場合に以下の事項を検討する。

- (1) ボイラー効率はどうなるか。
- (2) この結果、ボイラー省エネ率はどの様に算定されるか。
- (3) エコマイザーを使用するとしてヒートバランスは成立っているか。

なお、給水温度は20℃とし、効率1%当りの給水温度変化は6℃として簡略化する。

2. 効果とヒートバランス確認

(1) ボイラー効率

・現状：排ガス温度140℃で、低発熱量基準で93.7%（高発熱量基準で84.6%）

…ノモグラフA点

・潜熱回収実施後：排ガス温度50℃で、低発熱量基準で101.3%（高発熱量基準で91.4%）

…ノモグラフB点

(2) 潜熱回収による省エネ率（燃料削減率）

・低発熱量基準での計算：

$$(1.013 - 0.937) / 0.937 = 0.080 \quad (8\%)$$

・[高発熱量基準での計算：

$$(0.914 - 0.846) / 0.846 = 0.080 \quad (8\%)]$$

となり、省エネ率は8%となる。

(3) ヒートバランスの確認

① 通常の顕熱回収域（参考）

ボイラー本体出口における排ガス温度が280℃であり省エネ装置出口140℃であるとするれば、省エネ装置はガスエアーヒータ、またはエコマイザーでの対応になる。エコマイザー対応で高温給水となる場合でも、この領域でエコマイザー入口が100℃以下であ

潜熱回収によるボイラー効率の上昇

れば、ヒートバランス上の問題はない。

この領域でのボイラー効率の上昇は7.3%であり、給水温度の上昇は、 $7.3 \times 6 = 44^\circ\text{C}$ となる。

②潜熱回収域(排ガス温度 60°C 以下で潜熱回収域)

排ガス温度を 60°C から 50°C まで下げると、ボイラー効率は、97.9%から101.3%まで約3.4%上昇し、給水温度の上昇は概算で $6 \times 3.4 = 20^\circ\text{C}$ となる。すなわちこの間に給水温度は 20°C から約 40°C まで上昇することになり、上述の排ガス温度での熱交換において、放熱側と受熱側の温度差が逆転するなどの矛盾はない。

③顕熱回収努力域(排ガス温度 $140 \rightarrow 60^\circ\text{C}$)

この間、ボイラー効率は93.7%から97.9%になり、ボイラー効率上昇は4.2%、給水温度の上昇は $6 \times 4.2 = \text{約}25^\circ\text{C}$ となる。この結果、給水温度は、 40°C から 65°C まで上昇すると概算される。この温度レベルでは、①における熱回収において、ヒートバランス上の矛盾はない。

これらの温度バランスは下図の通りとなる。

最終エコノマイザー出口での給水温度 109°C は、約 0.04MPa での飽和温度であり、通常の圧力 0.5MPa 以上の蒸気ボイラーでのエコノマイザーで蒸気が発生する領域でない。

