

回収ボイラ最適制御システム

2N-5

尾崎信之, 原山かおる

株式会社 東芝

1. はじめに

回収ボイラの、最適制御システムの概要と、実プラントへの適用例を報告する。

2. 回収ボイラの特徴

回収ボイラとは、製紙工場のチップ蒸解工程の廃液(黒液と呼ばれる)を燃焼させるものである。(図1)回収ボイラの機能は、蒸気の発生、チップ蒸解工程の薬品回収の2つである。黒液中には、チップに含まれていた可燃性有機成分と、チップ蒸解に使用した薬品成分(ソーダ)とが含まれている。可燃性有機成分は、燃焼され、その保有熱は蒸気として取り出される。一方薬品成分は、黒液中に硝酸ナトリウム Na_2SO_4 の形で含まれる。これは、還元反応によって、スメルト(硝化ナトリウム) Na_2S になり、溶解状態で炉底から取り出される。

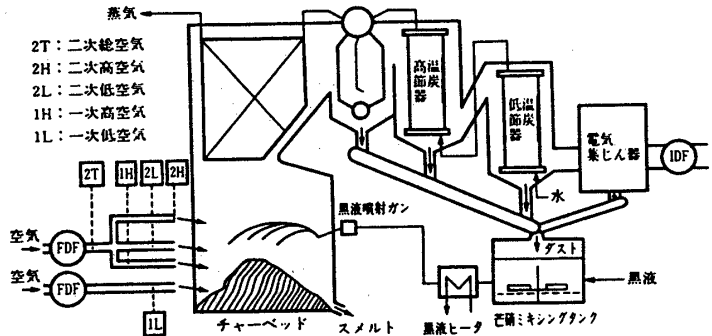


図1 回収ボイラの概略フロー

薬品回収にはこのように還元雰囲気形成が必要である。このためには、チャーベッドと称する半乾燥状態の黒液の堆積を炉内に形成し、これを燃焼することが必要とされる。炉内に噴霧された黒液は、燃焼の放射熱により、水分を奪われながら落下し、炉底にチャーベッドを形成する。燃焼用空気はチャーベッドを取り巻くようにして炉内の格段に吹き込まれる。

回収ボイラの特徴は、このように、2つの機能を持つことと、チャーベッドを燃焼させるという特殊な燃焼形態をとることである。また、通常のボイラに比べ、回収ボイラは安定燃焼が難しいといわれる。これは、チップ蒸解工程の影響で、燃焼黒液の性質が一定でないことと、チャーベッド燃焼の安定化が難しいことによる。

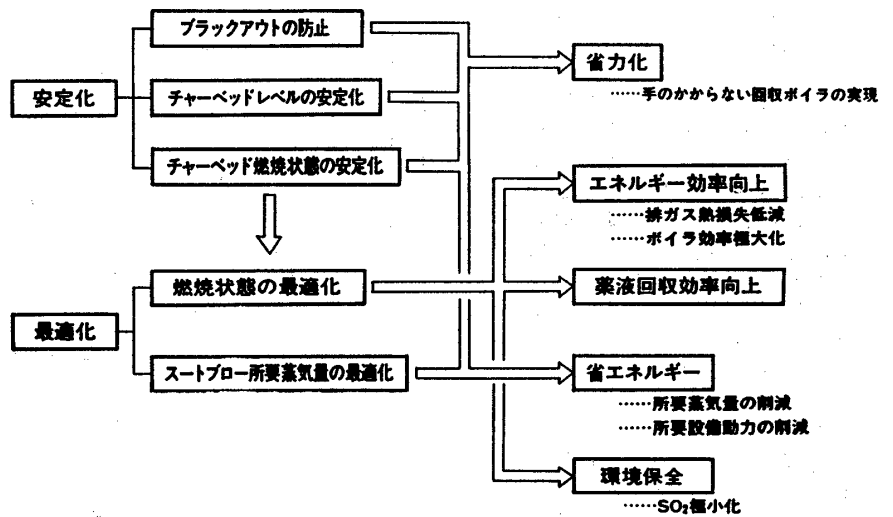
3. システムの概要

回収ボイラ制御システムの、主な機能には、以下のものがある。

効果、目的は、図2の通りである。

- (1) 燃焼制御
- (2) ブラックアウト監視/制御
- (3) ドロップサイズ制御
- (4) 還元ゾーン制御
- (5) シーケンススタートブロー制御
- (6) グループスタートブロー制御

また、本システムは、制御パラメータの多くを、ユーザーに解放しているため、ボイラの経年変化に対応して、ユーザーサイドで再チューニングすることが可能である。



4. 各制御機能

(1) 燃焼制御

過剰空気を低減し、排ガス熱損失の低減を図るため、黒液有機成分比より、適正な、総空気量を設定する。

図2. 回収ボイラ最適制御システムの目的と効果

(2) ブラックアウト監視・制御

ボイラの失火(ブラックアウト)の前兆を監視し、一次低空気(1L)を増加させることで、失火を事前に防ぐ。

(3) ドロップサイズ制御

チャーベッドの高さを適当に保つため、適正な黒液温度を設定する。

(4) 還元ゾーン制御

薬品回収率の向上と、環境保全を図るため、制約条件を満たした上で、SO₂、チャーベッド温度、ボイラ効率(黒液処理量あたりの蒸気発生率)が、目標に最も近づくよう、空気配分比を試行錯誤的に変更していく。本制御は、ボイラの状態が安定している場合のみ、有効である。この制御は、3つの制御量に対して、2つの操作変数があり、モデルが非常に作りにくいプラントであるため、非線形最適化手法の一つであるシプレックス法(試行錯誤法)を、オンライン制御用に、簡略化した。すなわち、試行錯誤中の操作変数の出力は、全て、実プラントに対して設定し、操作に対する評価値、制約値も、実プラントのデータを用いた。

評価関数Fは、次式を用いる。Fが、最大になるまで、操作量を変化させる。

$$F(X_1, X_2, X_3) = - \{ (T_1 - X_1)^2 + (T_2 - X_2)^2 + (T_3 - X_3)^2 \}$$

X₁, X₂, X₃: 評価対象変数、現在値(SO₂、チャーベッド温度、ボイラ効率)

T₁, T₂, T₃: 評価対象変数の、目標値

(5) シーケンススタートブロー制御、グループスタートブロー制御

スタートブローによる使用蒸気量を低減するため、ボイラの部位毎に、ダストによる目詰まりを監視し、目詰まりがひどくなった部位を、良くなるまでブローする。

5. 実プラントへの適用例

本システムを、実プラントでの操作に適用した結果を以下に示す。

通常操作時には、燃焼制御で、適正な総空気量を決定し、シーケンススタートブロー制御で、ダストの目詰まりを防ぎ、ドロップサイズ制御で、黒液温度を設定している。燃焼状態がやや悪くなる(SO₂が増加しチャーベッド温度、ボイラ効率が低下する)と、還元ゾーン制御が、空気量の配分比に介入する。(1日に、数回程度)グループスタートブロー制御は、シーケンススタートブローを補う形で、ダストによる目詰まりが生じた部位のスタートブローを行っている。(1日に、数回程度)

還元ゾーン制御が試行錯誤を行い、最適な空気配分比を決定したさいのデータを表1.及び、図3に示す。

	操作時刻	操作変数1	操作変数2	評価時刻	評価関数値
1	8:23	1869	0.636	8:23	-21.23
2	8:23	1852	0.636	8:43	-15.86
3	8:43	1852	0.621	9:03	-14.03
4	9:03	1835	0.621	9:23	-11.88
5	9:23	1835	0.606	9:43	-18.03
6	9:43	1835	0.636	10:03	-6.45
7	10:03	1818	0.621	10:23	-4.18

表1. 還元ゾーン制御結果 (評価関数目標値 = -5)

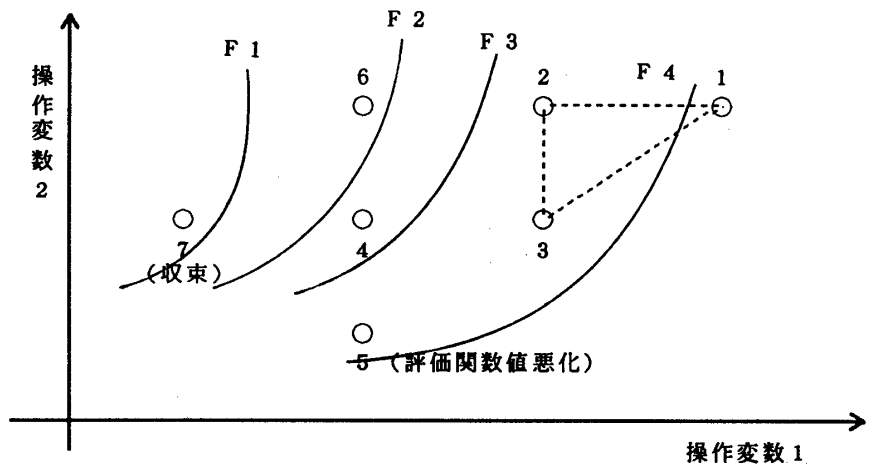


図3. 還元ゾーン制御、操作変数の遷移、及び評価関数値等高線

(F: 評価関数値 F1 > F2 > F3 > F4)

6. おわりに

回収ボイラの最適制御システムを実プラントに適用した結果を報告した。

本システムは、1990年4月より、稼働している。ユーザーより、システムが、ユーザーオープンである点を、高く評価されている。今後は、画像フィードバックアルゴリズムを用いた、回収ボイラの、インテリジェントシステムの開発を行う予定である。