

ごみガス化溶融炉プラント運転訓練シミュレータの開発

Development Of Training Simulator For Refuse Gasifying Melting Plant

宮本 裕一* 宮崎 英隆* 横山 賢一** ○東 章夫**
YUICHI MIYAMOTO HIDETAKA MIYAZAKI KENICHI YOKOYAMA TAKAO HIGASHI

*川崎重工業(株) 電子・制御技術開発センター／〒673-866 明石市川崎町1-1(明石工場)
Kawasaki Heavy Industries, Ltd. Electronic & Control Technology Development
Center/1-1 Kawasaki-cho, Akashi, 673-8666, Japan

**川崎重工業(株) エンジニアリングサポートセンター
／〒650-8680 神戸市中央区東川崎町1-1-3(神戸クリスタルタワー)
Kawasaki Heavy Industries, Ltd. Engineering Support Center
/Kobe Crystal Tower, 1-1-3 Higashikawasaki-cho, Kobe, 650-8680, Japan

Abstract

The objective of this study is to develop a training simulator for a refuse gasifying melting plant. A refuse gasifying melting plant needs new operations and control systems. Therefore, operators should be trained using a training simulator to make stable operations. In this system, dynamic characteristic analysis models of a refuse gasifying melting plant are used.

Key words: a refuse gasifying melting plant, a training simulator

1. はじめに

ごみ焼却プラントの経済性、低公害性に関する諸重要課題に対し、総合的に対応できる次世代ごみ焼却システムとして、ガス化炉でごみを一旦ガス化した後、発生した未燃灰をごみの持つ熱量を利用して溶融するガス化溶融炉プラントが提唱され、当社を含め多数の環境装置メーカーがシステムの開発展開している。ガス化溶融炉プラントは運転方法や制御系が従来のごみ焼却プラントと異なるためオペレータ教育、安定運転のためにはシミュレータによる運転訓練の実施が有効である。

本報ではごみガス化溶融プラントの動特性解析モデルを活用し、運転訓練シミュレータを開発したことを報告する。

2. ごみガス化溶融プラントの概要

当社が次世代ごみ焼却システムとして開発している「流動床ガス化溶融システム」の概略図をFig.1に示す。本システムは流動床炉と旋回溶融炉を組み合わせた方式である。部分燃焼炉である流動床炉に投入されたごみは500～600℃の流動層内で0.2～0.3程度の還元性雰囲気中で熱分解し未燃ガスと未燃灰を発生する。さらに部分燃焼炉で生成し未燃ガス、未燃灰を旋回溶融炉内にて1300～1400℃で高温燃焼させ、灰分を溶融スラグ化し、排ガスは未燃ガスと一緒に排熱ボイラで利用される。千葉県袖ヶ浦市に本システムの実証プラント(処理量15t/d)を建設し運転試験を実施した。

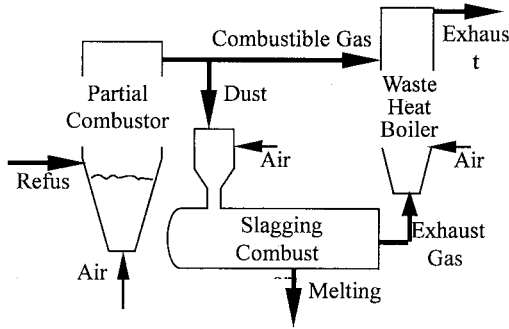


Fig.1 Concept of Refuse Gasifying Melting Plant

ごみのガス化溶融炉の特徴として、燃料としてのごみの物理的、科学的性状が不均一であることがあげられる。このため、給じん装置速度が一定であっても、ごみの形状や容積の不均一性から、炉内に供給されるごみの供給量が変動する。また、含有水分比等、ごみの成分比が変化するため、ごみ低位発熱量が変動し、これらの変動がごみのガス化溶融の安全性を阻害する外乱要因となる。さらに、代表状態量と主要操作量の間には Fig. 2 のような相互干渉が見られる。

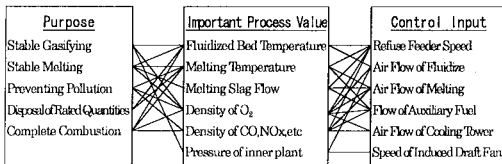


Fig.2 Purpose of Control in Gasifying and Melting

3. シミュレータの特徴

3-1. シミュレータの構成

本シミュレータのシステム構成を Fig. 3 に示す。シミュレータでは実機と同等の運転感覚を実現することが重要である。そのため本シミュレータでは実機と同一の監視制御システム（オペレータコンソール、制御装置）を用いる構成とした。さらに、溶融スラグ流下の模擬画像を表示するプロジェクトを接続した。このように実機と同一の制御システムにスラグ流下画像模擬装置を接続した構成により、訓練者は実機同等の運転感覚をシミュレータにより得ることができる。

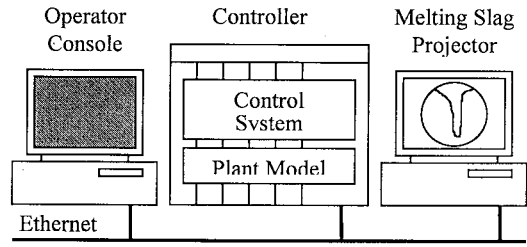


Fig.3 System Configuration of Simulator

3-2. シミュレータの機能

本シミュレータは、下記に示す機能により効率的な運用を可能としている。

- ①シミュレーションの初期状態設定：訓練開始時のプラントモデルのプロセス量の設定
- ②訓練の一時停止、再スタート
- ③シミュレーション速度の変更
- ④スラグ流下画像模擬：実機のスラグ流下画像を用いた模擬画像の動画表示

3-3. 動特性解析モデル

ごみガス化溶融炉の動特性解析モデルを開発し、シミュレータのプラントモデルとして活用した。モデルは流動床炉、旋回溶融炉、排熱ボイラ、排ガス分析、通風系統等に分割して開発し、それらを統合することによりプラント全体のモデルを構築した。

部分燃焼炉の動特性解析モデルの数式の一例を下記に示す。

- ・エネルギーバランス

$$\frac{d}{dt}(C_B W_B + C_R W_R) T_{BL} = Q_{RL} + Q_{al} + Q_{cl} - Q_{LL} - Q_{dl} + Q_{BI} - Q_{BO} - Q_{gl} - Q_{aF}$$

- ・マスバランス

$$\frac{d}{dt} W_R = K_R G_R - \eta W_R - (G_{dl} + G_N) / (1 - w)$$

C_B：層物質比熱 C_R：ごみ比熱 W_B：層物質重量 W_R：層内ごみ滞留量 T_{BL}：層温度 K_R：係数 G_R：ごみ供給量 η：ごみ燃焼速度 G_{dl}：未燃灰生成量 G_N：未燃物排出量 w：ごみ中水分比 Q_{RL}：ごみ持

込顕熱 Q_{aL} : 空気持込顕熱 Q_{cL} : 燃焼熱量 Q_{LL} :
 放熱顕熱 Q_{dL} : 未燃灰損失 Q_{BI} : 層物質持込顕熱
 Q_{BO} : 層物質拔出損失 Q_{gL} : 排ガス顕熱 Q_{aF} : フ
 リーボード到達空気顕熱

一方、ごみ供給量のみの変動であれば、熔融炉温度変
 動に加えて流動層温度も変動する。また、流動空気量操
 作では、流動層温度への影響が大きく、熔融炉温度への
 影響は小さい。

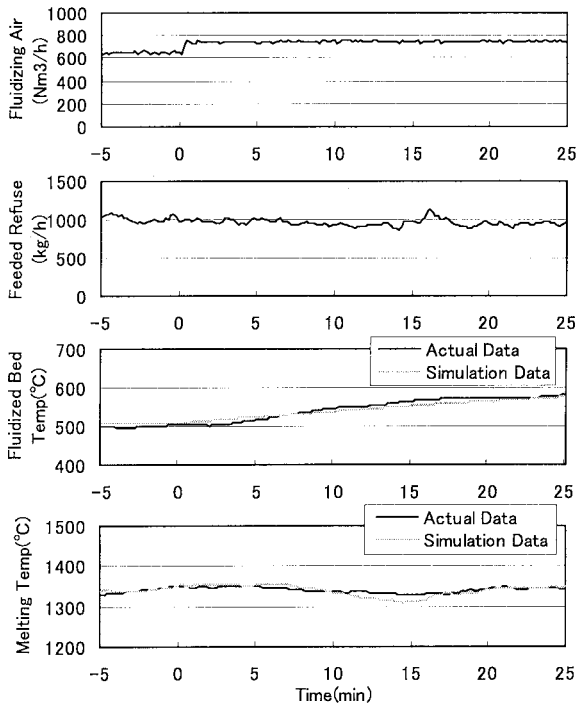


Fig.4 Comparison Between Actual Plant Data and Simulation Result

動特性解析モデルの妥当性に関しては、動特性シミュ
 レーション結果と、実プラントでの動特性試験結果を比
 較し確認した。Fig. 4 は、流動空気量を時間 0 分にステ
 ップ状に変化させた試験の実プラントデータと、試験時
 の流動空気量、及び排ガスO₂濃度から推算したごみ供
 給量を入力したシミュレーション結果の比較である。動
 特性試験結果とシミュレーションはよく一致しており、
 数式モデルが妥当であることが確認できた。

さらに、作成した数式モデルによる、ごみの含有水分
 比変化、及びごみ供給量変化外乱、流動空気量操作対
 する流動層温度、熔融炉温度、排ガスO₂濃度の感度解
 析結果を Fig. 5 に示す。たとえば含有水分比のみの変動
 であれば、熔融炉温度の変動が大きく、流動層温度への
 影響は小さい。

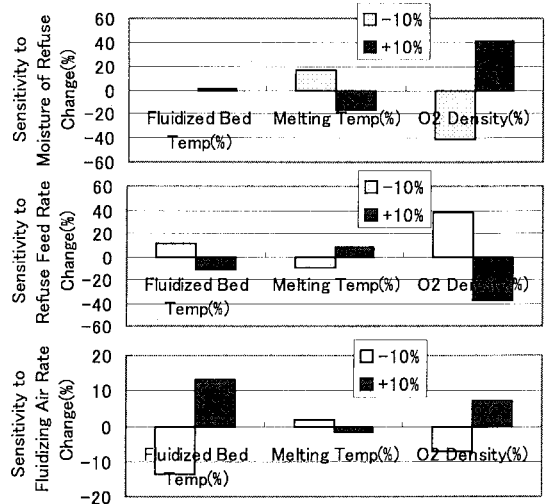


Fig.5 Results of Sensitivity Analysis

下記方法でプラントモデルを制御装置に組み込み、制
 御系プログラムと接続することによりシミュレータを
 構築した。

- ①制御系のAO/DOをプラントモデルに接続
 - ②動特性解析モデルの入出力関係を機能ブロック（四則演算、積分器、定数設定、折れ線等）で表現しプロセス量を計算
 - ③プロセス量を制御系のAI/DIに接続
- プラントモデルと制御系プログラム間のデータフローを Fig. 6 に示す。

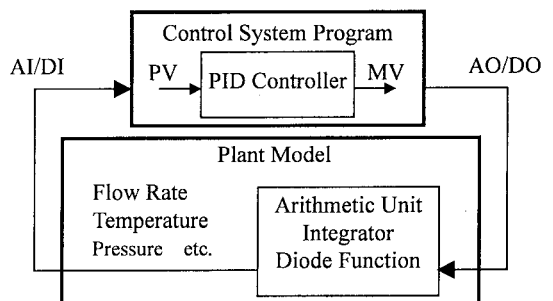


Fig.6 Data Flow Diagram

3-4. スラグ流下画像模擬装置

ガス化溶融炉プラントの運転では、各プロセス量の監視と同時に巡回溶融炉のスラグ流下画像の監視も重要となることを考慮し、本シミュレータではスラグ流下画像模擬装置を開発した。特徴的なスラグ流下画像を数パターン用意し、巡回溶融炉シミュレーション結果に連動してスラグ流下画像の動画表示切替を行う。これにより、プラント操作に伴うスラグ流下状態変化を視覚的に確認でき運転訓練効果の向上が図れる。

4. まとめ

ごみガス化溶融炉を対象として、動特性解析モデルを活用し運転訓練シミュレータを開発した。

今後、需要の増加が予想されるガス化溶融プラントに対して、運転訓練シミュレータの導入による安定運転の実現に寄与する方針である。

参考文献

- 1) 宮本, 林, 宮崎, 小谷野, 南部, 藤山: 流動床ごみ焼却炉動特性シミュレータの開発、第 35 回計測自動制御学会学術講演会予稿集、pp899-900(1996)
- 2) 黒崎、宮本、湯浅、林、橋寺、片岡: ごみ焼却プラントの動特性解析と運転訓練シミュレータ、計測自動制御学会第 5 回制御シンポジウム資料、pp13-16(1997)
- 3) 黒崎、宮本、林、宮崎、藤山: ごみガス化溶融プラントの動特性解析、第 38 回計測自動制御学会学術講演会予稿集、(1999)