

# サーモセレクト方式ガス化改質炉制御システム

## Thermoselect Waste Gasification and Reforming Process Control System

藤原 善治 FUJIWARA Yoshiharu JFE エンジニアリング 制御技術部第二技術室 グループマネージャー  
長井 俊久 NAGAI Toshihisa JFE エンジニアリング 制御技術部第二技術室長  
山田 純夫 YAMADA Sumio JFE エンジニアリング 環境ビジネス統括本部 参与

### 要旨

JFE エンジニアリングは2005年3月に水島エコワークス(株)のサーモセレクト方式ガス化改質炉設備を稼働させ、その後、長崎県、徳島県、埼玉県に順次3プラントを竣工させた。サーモセレクト方式の廃棄物処理は、ガス化改質技術によって環境への悪影響を極限まで低減し、すべての生成物の再資源化を可能とする廃棄物処理プロセスである。ごみレベル計としてマイクロ波を用いたレベル計を開発、炉頂温度制御、カロリー制御などサーモセレクト方式の制御システムの特長について報告する。

### Abstract:

Thermoselect waste gasification and reforming plant in Mizushima was completed by JFE Engineering in March 2005. After this installation three other plants with the same type also started their operations in Nagasaki, Tokushima, and Saitama Prefecture. Thermoselect system is a waste treatment process which achieves pollution-free waste treatment with full-scale product recycling by gasification and reforming technology. This paper reports on the development of a level meter that uses micro wave as a waste level meter and the feature of the regulating system for Thermoselect system such as the furnace top temperature control and the calorie control, etc.

## 1. はじめに

サーモセレクト方式<sup>1)</sup>は、廃棄物を溶融ガス化・改質することで、廃棄物処理過程で懸念される環境への悪影響を極限まで低減するとともに、高カロリー燃料ガスを始めメタル・スラグ・亜鉛などの有用な資源回収が可能な「ガス化改質方式」<sup>2)</sup>の廃棄物溶融技術であり、主にケミカルリサイクルの観点から循環型社会構築に寄与する新しい廃棄物処理プロセスである。

本方式を採用した「倉敷市・資源循環型廃棄物処理施設」は、水島エコワークス(株)により運営される施設であり、施設規模は185 t/d × 3炉構成となっている。回収ガスは外販し、本施設 (Fig. 1) は2005年3月に竣工、4月より営業運転を開始し、その後以下の3施設が稼働した。

- ・ 県央県南広域環境組合 (長崎県) :  
100 t/d × 3炉, 発電有, 営業運転開始; 2005年4月
  - ・ 中央広域環境施設組合 (徳島県) :  
60 t/d × 2炉, 発電有, 営業運転開始; 2005年8月
  - ・ 彩の国資源循環工場整備事業 (埼玉県) :  
225 t/d × 2炉, 発電有, 営業運転開始; 2006年6月
- 本報告ではサーモセレクト方式ガス化改質炉において安



Fig. 1 Mizushima eco-works plant

定したごみ処理を図るための高温反応炉の制御、ごみレベル計、ガス利用制御について概要を紹介する。

## 2. サーモセレクト方式ガス化改質炉の概要

### 2.1 プラントの概要

サーモセレクトプロセスのフローを Fig. 2 に示す。廃棄物は前処理なしでプレスにて圧縮、脱ガスチャンネルで乾燥・熱分解処理後、高温反応炉に供給され酸素と熱分解炭

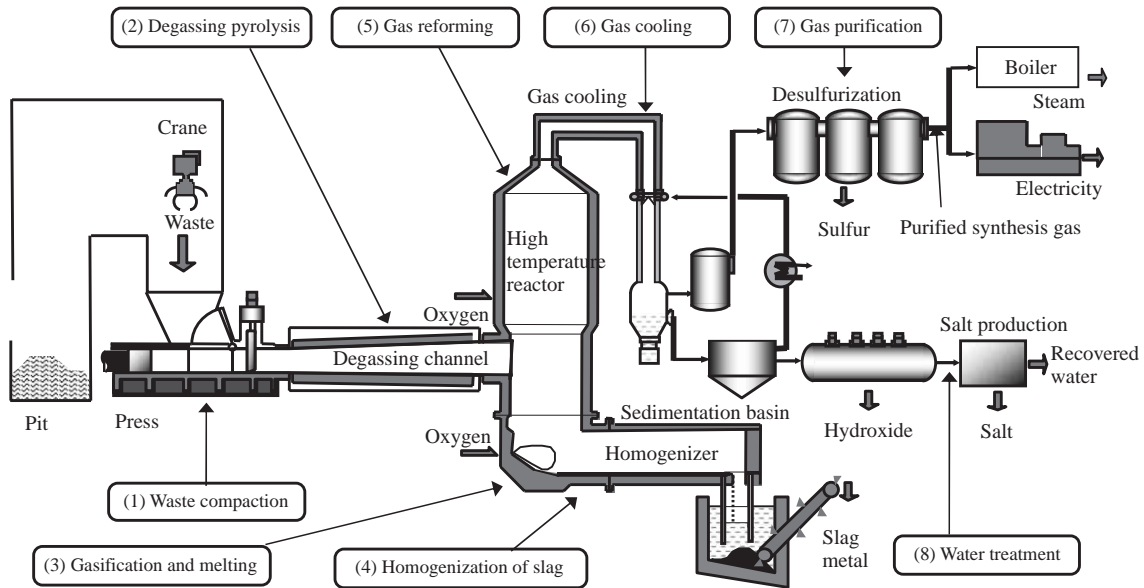


Fig.2 Thermoselect process

素の反応により熔融とガス生成が行われ、発生ガスは改質・急冷・精製により清浄な精製合成ガスとして回収される。

## 2.2 プラントの特長

本プラントの特長を要約すると以下のとおりである。

- (1) ダイオキシン類・飛灰を発生させない。  
発生したガスを約 1200°C で 2s 以上保持した後に約 70°C まで無酸素の状態での急冷することで飛灰を含むダイオキシン類の発生を原理的に抑止したガス回収を実現している。
- (2) 廃棄物を再資源化する。  
廃棄物は資源として再利用が可能な「精製合成ガス」、「水砕スラグ」、「メタル」、「金属水酸化物」、「硫黄」、「工業塩」などに変換され回収される。
- (3) 高カロリーでクリーンなガスを回収する。  
回収された精製合成ガスは水素と一酸化炭素が主成分であり、コンビナートなど他施設に燃料として販売、ガスエンジン発電、ガス焼きボイラ発電および蒸気発生用ガス焼きボイラの燃料として利用している。
- (4) 一般廃棄物と産業廃棄物を混在処理する。  
本施設は、一般廃棄物と産業廃棄物の併わせ処理を行うことを特長としており、一般廃棄物の可燃ごみに他焼却施設からの焼却灰や下水汚泥が加わることで不足する含有発熱量を産業廃棄物で補い、効率的な処理を行うものである。

## 3. 制御システムの概要

サーモセレクト方式ガス化改質炉は DCS (distributed control system) にて制御システムを構築し、操作監視はすべて中央操作室にて行うものである。本施設の制御システ

ムの特徴的な部分を以下に概説する。

### 3.1 高温反応炉制御

高温反応炉の制御フローを Fig. 3 に示す。高温反応炉の主な制御には炉頂ガス温度制御、ガスのカロリー制御、精製合成ガスへの酸素混入防止制御がある。以下にこれらの制御について説明する。

- (1) 炉頂ガス温度制御  
ガス改質の安定化、耐火物の長寿命化の観点から炉頂ガス温度を所定の温度に維持することが重要である。炉頂ガス温度制御は炉頂温度制御コントローラと上部酸素流量制御コントローラのカスケード制御を基本とする制御である。温度変化のフォローと遅れなどを補償するよう PID の定数を定め、さらにカスケード制御系では対応できない温度変化に対しては、一時的に流量調節計出力を事前に設定している開度出力に切り換えるロジックを用い炉頂温度を一定に制御している。
- (2) 精製ガスのカロリー制御  
回収された精製ガスを燃料として安定的に利用するためにはガスカロリーを一定以上に維持する制約がある。ガスカロリーはごみ質などに依存するため、ガス冷却後の分析計にて測定したガス成分をもとにカロリーを演算し、補助燃料供給量を制御しカロリーを一定以上に保っている。
- (3) 精製合成ガスへの酸素混入防止制御  
精製合成ガスを燃料として安全に利用するため酸素の混入を防止することが重要である。精製合成ガス中の成分を監視して炉内に過剰な酸素が供給されないよう酸素流量を制御し、かつプロセス各所の圧力を監視し一定以上の圧力となるよう制御している。

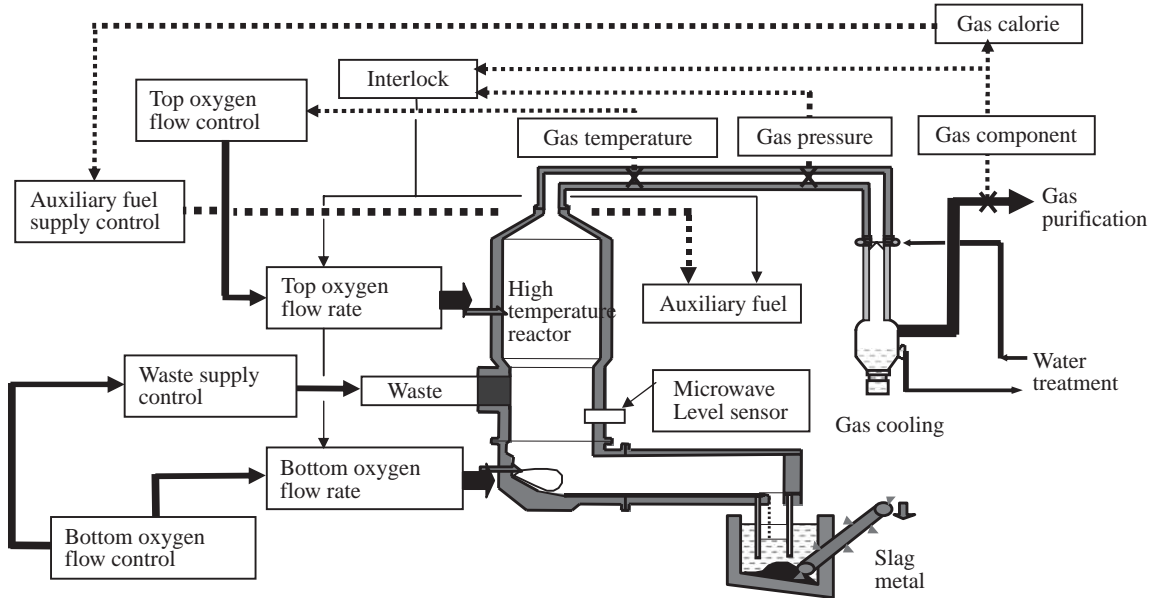


Fig. 3 High temperature reactor control diagram

### 3.2 高温反応炉内レベル計

高温反応炉内ごみレベル計はごみ供給量制御のため炉内のごみレベルを把握するセンサである。γ線センサを使用していたが、より取り扱いの容易なマイクロ波技術を応用したレベル計を開発した。

開発に際し、市販のマイクロ波レベル計を薄い耐火物の外側に設置し、試験したところ、冷間時では問題なかったが高温操業下では壁面耐火物を流れるスラグ・メタル、バーナ火炎などの影響により安定した信号が得られなかった。実験結果をもとに、

- (1) 炉内にアンテナを挿入し炉壁面の影響を排除する。
- (2) 送信出力を上げる。
- (3) 受信感度を上げる。

などの改造を行った。その仕様を **Table 1** に示す。設置の概略図を **Fig. 4** に示し、得られた波形を **Fig. 5** に示す。γ線レベル計の場合は炉内のごみ密度に応じて検出する透過量をもとに、ごみの存在量をレベルに換算している。マ

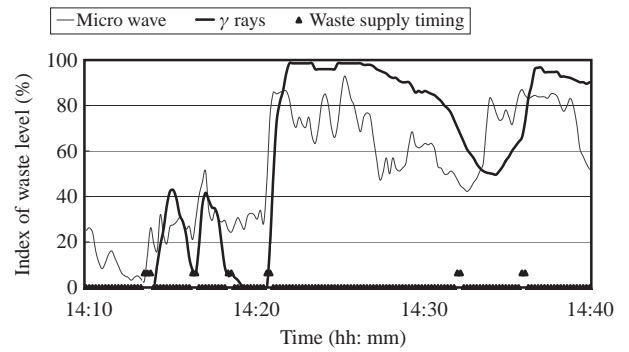


Fig. 5 Trend of microwave level measurement and γ rays

マイクロ波レベル計では送信されたマイクロ波がごみなどに吸収されて受信側に到達するとして、検出される信号強度をもとにレベルに換算している。ごみレベルを表す絶対値を測定できないため両者のレベル計の挙動を観察し、設置位置の違い、測定方式の違いなどを考慮した上で、供給前後の挙動の一致からごみレベルを捕らえていると判断した。

実機化においては使用中のバーナ配管をアンテナとして利用し、バーナガス吹込みによってスラグなどの詰まりがなく安定した測定を可能としている。

Table 1 Specifications of microwave sensor

Item	Test system	New system
Antenna	Conical antenna	Burner pipe
Power	30 mW	1 500 W
Frequency	10 GHz	10 GHz
Receiver amplifier	base	+70 dB

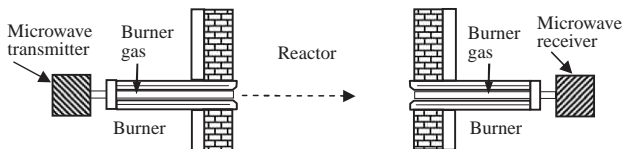


Fig. 4 Installation of microwave sensor

### 3.3 回収ガス利用制御

**Fig. 6** に回収ガス利用制御フローを示す。本制御は施設

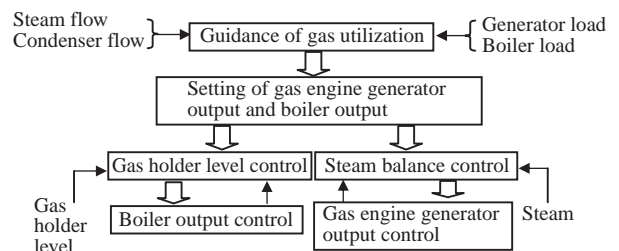


Fig. 6 Gas utilization control diagram

内の蒸気需給を満足する蒸気量を確保した上で、発電量を安定かつ最大にすることを目的に、発電、蒸気発生設備に供給する熱量をガイダンスする。発生ガス量の短時間的な変動はボイラ負荷制御で吸収し、長時間的な変動はガスエンジン発電量の負荷制御により吸収している。

#### 4. 運転状況

2005年4月倉敷・資源循環型廃棄物処理施設が稼働以降、前述の3施設も順調に稼働している。

炉頂温度の状況を Fig. 7 に示す。約 5 min 程度ごとにごみがバッチ的に供給されても、1200°C 設定に対し安定した制御を行っている。

精製ガスのカロリー制御により精製ガスは燃料として活用できる一定以上のカロリーを保有している。補助燃料投入不要な場合もあり補助燃料削減制御方向の制御を主としている。

高温反応炉内レベル計の測定値はごみレベルの挙動を示す指標としてごみ供給制御に使用し、適切なタイミングでのごみ供給を実現している。

倉敷市の一般廃棄物の可燃ごみ、焼却灰、下水道汚泥および産業廃棄物の特性の一例を Table 2 に示す。これらの一般廃棄物および産業廃棄物の混合処理において得られた精製合成ガスの平均性状は H<sub>2</sub> 33.2%、CO 31.4%、CO<sub>2</sub> 31.9%、N<sub>2</sub> 3.3% であった。精製合成ガス中ダイオキシン類濃度は、0.000 027 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub> (O<sub>2</sub>:12%換算値<sup>3)</sup> であり、基準値 (0.1 ng-TEQ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>) 以下であった。長崎県のガスエンジン発電におけるエネルギーバランスの実例を

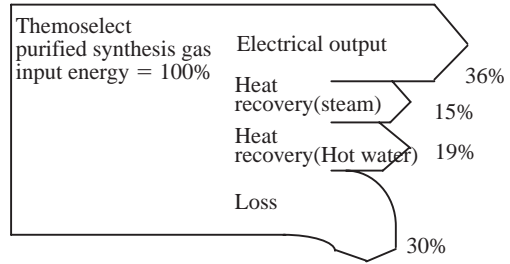


Fig.8 Energy balance at 100% load (1 500 kw)

Fig. 8 に示す。定格発電 (1 500 kW) 運転時の発電効率は 36% であり、熱回収 (温水と蒸気) も合わせた総合効率は 70% であった。

#### 5. おわりに

サーモセレクト方式ガス化改質炉は、ダイオキシン類の発生が極めて少なく、燃料ガス回収、亜鉛などの重金属の山元還元が可能であるなど新しい廃棄物処理方式として循環型社会構築に重要な役割を果たすものと考えている。

ここで紹介した制御システムによりサーモセレクト方式ガス化改質炉の特性を最大限に生かした制御を実現した。今後も操業側のニーズを取り入れ、機能の向上を図っていく所存である。

末筆ながら、各施設の立ち上げにご尽力を頂いた水島エコーワークス(株) 殿、県央県南広域環境組合殿、中央広域環境施設組合殿、彩の国資源循環工場整備事業殿に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 山田純夫ほか. JFE 技報. no. 3, 2004-03, p. 20-24.
- 2) 三好史洋. プラスチックエージ. 臨時増刊号, 2001, p. 128-132.
- 3) 厚生省. “ダイオキシン類の濃度の算出方法”. 厚生省告示第7号. 2000-01-14.

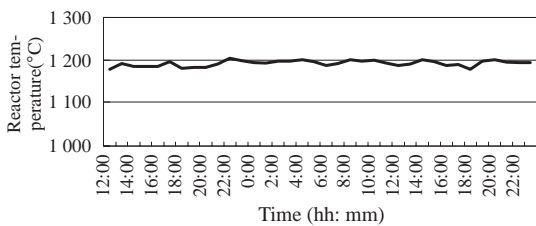


Fig.7 Example of reactor temperature

Table 2 Characteristics of municipal solid waste(MSW), ash, sludge, and industrial waste

	3 Components (Average %)		
	Moisture content	Ash content	Volatile matter
MSW	51.8	4.8	43.4
Ash	29.7	62.3	7.9
Sludge	62.5	17.4	20.1
Industrial waste	34.4	3.8	61.8



藤原 善治



長井 俊久



山田 純夫