P12-07 廃棄物からの熱分解ガスによるガスエンジン発電稼動状況

○ 正 小沢 昇 (川崎製鉄), 清水益人 (川崎製鉄)
尾前純也 (川崎製鉄), 山田純夫 (川崎製鉄)

Operating condition of Gas-Engine with pyrolysis gas produced in the waste treatment process

Noboru OZAWA, Masuto SHIMIZU, Jyunya OZAKI, Sumio YAMADA
Kawasaki Steel, 1 Kawasaki-cho, Chuo-ku, Chiba, 260-0835, Japan

This paper describes the operating condition of 1.5MW gas engine system with pyrolysis gas produced in the waste gasification plant. This system started since October 2001 at Kawasaki-Steel Chiba works. The results show the following four conclusions;

- (1) Gas engine can operate continuously with pyrolysis gas of which LHV is between approximately 1500 and 2200 kcal/m³_N, even when the fluctuation of LHV is approximately 3%/30s.
- (2) Electrical efficiency is 37% at 100% load and 33% at 50% load respectively.
- (3) The concentration of dioxins in the exhaust gas was approximately 0.001 ng-TEQ/m³_N.
- (4) The concentration of NO_x in the exhaust gas is less than 100 ppm (O₂=0%) without SCR.

Key Words: Gas-Engine, Pyrolysis, Waste, Fluctuation of LHV

1. 緒 言

川崎製鉄では、1999年9月より千葉製鉄所構内で施設規模 300t/d(150t/d×2 系列)の廃棄物ガス化溶融設備(川鉄サーモセレクト方式)を稼動開始している¹⁾。同施設では、一般廃棄物処理の実証試験を終え、2000年4月より産業廃棄物処理事業を開始している。

川鉄サーモセレクト方式の特徴は、ダイオキシン類の発生を極限まで抑制し、水素と一酸化炭素などを主成分とする回収ガス(熱分解ガス)、スラグ、メタル、金属水酸化物、硫黄等の再資源化をすることである。現在、廃棄物より製造した熱分解ガスの全量を、施設が製鉄所内に設置されていることもあり、製鉄所の燃料ガスの一部として利用している。この熱分解ガスの利用方法には燃料ガスだけでなく、発電や化学原料にも利用することが可能であり、その中でも分散型発電に利用することが最も一般的である。発電方式としては、施設の処理規模に応じて蒸気タービン・ガスタービン・ガスエンジン・燃料電池などが挙げられる

が、比較的小規模な処理施設では経済的で高効率な面からガスエンジン発電が有望である。

しかし、一般的なガスエンジンの燃料は都市ガスがほとんどで、近年バイオガスでの事例もある²⁾が、双方ともメタンが主成分であり、今回の様な水素・一酸化炭素を主成分とする熱分解ガスでの実用化は国内ではない。そこで、廃棄物ガス化溶融設備からの熱分解ガスでのガスエンジン発電特性を把握することを目的に、2001年10月に1.5MWガスエンジン発電装置を設置し稼動を開始した。

本報告では、熱分解ガスの特性、設備概要、運転特性について述べる。

2. 熱分解ガスの特性

2-1 川鉄サーモセレクト方式の概要¹⁾

本ガスエンジンで燃料として使用する熱分解ガスは川鉄サーモセレクト方式ガス化溶融設備からの回収ガスを適用する。figure1に川鉄サーモセレクト方式の概要を示す。廃棄物のごみピットで受入れ、プレス装置で圧縮し、脱ガスチャンネルで間接加熱により乾燥・熱分解処理して高温反応炉

Figure1 Schematic diagram of Kawatetsu-Thermo Select process

へ装入される。高温反応炉では酸素と熱分解カーボンとの反応で高温熔融され、炉上部ではガス中のタール分やダイオキシン類およびその前駆体を分解するために約 1200℃で 2 s 以上滞留させる。

生成した熱分解ガスは、ダイオキシン再合成を回避するために急冷し、ガス精製にて脱硫除湿することにより、清浄な燃料ガスとして回収される。

2-2 熱分解ガスの特徴

熱分解ガスの主成分は水素、一酸化炭素、二酸化炭素で、低位発熱量(LHV)は約 2000kcal/m³_N である。Table1 に、熱分解ガスのガス組成の例を示す。

Table1 Composition example

H ₂	32.4	vol%
CO	43.1	vol%
CO ₂	18.8	vol%
LHV	2120	kcal/m ³ _N

Figure2 Distribution of LHV fluctuation

また、熱分解ガスの発生状況は処理する廃棄物の特性などに依存し変化する。Figure2 に低位発熱

量変動率の構成分布を示す。一般にガスエンジン運転では、低位発熱量がほぼ一定であることを前提としているが、熱分解ガスの低位発熱量の変動率は最大 3%/30s であることが判る。熱分解ガスの特徴を整理すると

- ①主成分は水素・一酸化炭素・二酸化炭素
- ②低位発熱量は
約 2000kcal/m³_N

- ③低位発熱量の変動率は最大 3%/30s

である。したがって本研究の主要課題は、水素を含有しかつ発熱量が変動するガスで安定運転を達成することである。

3. 設備概要

3-1 全体フロー

Figure3 に、本研究におけるガスエンジンシステムの全体フローを示す。

廃棄物ガス化熔融設備からの熱分解ガスの一部を、ガス昇圧設備を介してガスエンジンに導入するシステムとした。ガスエンジンからの排気ガスは排熱回収ボイラーで減温し煙突から排出し、附帯としてガスエンジン本体や潤滑油などの各冷却装置を配置した。低位発熱量変動に対して一定発電量制御をすべく、ガス昇圧部で発熱量を計測し、変動する発熱量に追従して空気比を制御するものとした。

3-2 設備主仕様

Table2 に今回導入したガスエンジンの主仕様を示す。導入の際、国内外で水素を含有するガスでの運転実績を重視してメーカー選定した。

Table2 Specification of Gas-Engine

Type	Lean-Burn Engine
Cylinders	20
Bore/Stroke	190/220mm
Electrical output	1507kW (100% Load)
Rotation	1500rpm
Maker	JENBACHER

Figure3 Diagram of gas engine system

また、このガスエンジンは単室・火花点火式で過給器を有している。発電能力は、今後の廃棄物ガス化溶融設備における実機サイズでの運転特性を把握するために、100%負荷時 1.5MW を選定した。また、起動停止時の安定性を確保すべく、起動時は都市ガス(13A)で開始し、低負荷運転を継続した状態で熱分解ガスに切替ることとした。

4. 運転特性

4-1 発電状況

2001 年 10 月に、ガスエンジン発電装置の稼動を開始した。運転はノッキング・バックファイヤ・アフターファイヤ等の異常もなく順調である。

Figure4 に、典型的な発熱量 (約 $2000\text{kcal}/\text{m}^3_{\text{N}}$) でかつ変動を伴う場合での 1.5MW 発電状況例を示す。Figure4 より、変動する発熱量に対してガスエンジンでの熱分解ガス流量を変化させ、一定発電を継続していることが判る。また、処理する廃棄

Figure4 Example 1.5MW operating under typical LHV

物を調整し熱分解ガスの低位発熱量を変化させて実験し、低位発熱量が約 $1500\text{kcal}/\text{m}^3_{\text{N}}$ から約 $2200\text{kcal}/\text{m}^3_{\text{N}}$ の範囲、および最大の変動率でも運転が継続可能であることも確認した。

4-2 エネルギーバランス

運転と平行して、ガスエンジン各冷却水の温度や排熱回収ボイラーでの蒸気発生量等を測定しエネルギーバランスを評価した。Figure5 に、100%負荷運転時でのエネルギーバ

ランスを示す。

発電効率は 37% を達成し、従来の都市ガス仕様ガスエンジン³⁾と比較しても同等の発電効率を達成した。同時に 35% 程度の熱回収 (温水と蒸気) も可能であり、本システムでの総合効率は 72% 程度に達することを確認できた。

4-3 部分負荷特性

各部分負荷運転における発電効率を評価した。

Figure6 に部分負荷と発電効率の相関を示す。50% 負荷での効率は約 33% であり、100% 負荷時と比較して、約 4% の低下である。

4-4 低位発熱量と発電効率

ガスエンジンの低位発熱量に対する特性を把握するために、廃棄物を調整し熱分解ガスの低位発熱量を変化させ実験した。Figure7 に 100% 負荷運転時の低位発熱量と発電効率の関係を示す。

Figure7 より、今回の低位発熱量の範囲ではほとんど発電効率は変化しないことが判った。

Figure5 Energy balance at 100% load

Figure6 Electrical efficiency in partial load

Figure7 Electrical efficiency vs. LHV

4-5 排気ガス特性

Table3 に排気ガス特性の測定例を示す。また、各部分負荷運転時の NO_x の発生状況を調査した。Figure8 に部分負荷率と NO_x の発生状況を示す。

Table3 Emission example

Dust	<0.5	mg/m ³ _N (O ₂ =0%)
NO _x	<100	ppm(O ₂ =0%)
DXNs	≒0.001	ng-TEQ/m ³ _N

Remark: DXNs=PCDDs+PCDFs+co-PBCs

Figure8 NO_x value in partial load

Table3 より各値とも充分に小さい結果を得た。ダイオキシン類の毒性等量については、ダイオキシン類対策特別措置法の規制値 0.1ng-TEQ/m³_N 以下を満足することが判った。Figure8 より、 NO_x 発生量の変化は部分負荷率変化に対して小さく、脱硝処理(SCR)なしに 100ppm(O₂=0%)未満である。都市ガス仕様ガスエンジンの脱硝処理なしでの NO_x 発生量は 200ppm(O₂=0%)程度⁴⁾であり、これと比較しても 50%程度低いことが確認できた。

5. 結 言

廃棄物ガス化溶融設備からの熱分解ガスを燃料として、2001年10月より 1.5MW ガスエンジン発

電装置を稼動開始し、以下の知見を得た。

- ①熱分解ガスの低位発熱量が約 1500 ~ 2200kcal/m³_Nの範囲で、発熱量変動が 3%/30s 程度でも、一定発電運転の継続は可能である。
- ②100%負荷時の発電効率は 37%で、50%負荷時 33%程度であり、都市ガス仕様ガスエンジンと比較しても同等な発電効率である。
- ③排気ガス中のダイオキシン類は 0.001ng-TEQ/m³_N程度である。
- ④排気ガス中の NO_x 発生量は、脱硝処理なしに 100ppm(O₂=0%)未満である。

6. 謝 辞

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構における平成12年度と平成13年度の産業技術実用化開発費補助事業に採択され実施したものである。関係各位に、感謝致します。

7. 参考文献

- 1) 三好；化学装置、40 (1998) 7、p38
- 2) 石川；省エネルギー、(1992)、p14
- 3) 三浦；日本機械学会誌、104 (2001) 4、p29
- 4) 本田；「環境圏の新しい燃焼工学」、フジ・テクノシステム(1999)、p681