高温ガス化直接溶融炉におけるバイオコークス使用による CO₂ 排出量削減*内山武^{*1}, 奥山契一^{*1}, 中山剛^{*1}, 渡辺純也^{*1}, 秋山肇^{*1}, 鈴木康夫^{*2}
小田昭浩^{*3}, 星靖^{*3}, 村田博敏^{*4}, 田中一嘉^{*5}, 井田民男^{*6}Decrease in CO₂ Emission by Using Bio-Coke at High-Temperature Gasifying and Direct Melting FurnaceTakeshi UCHIYAMA^{*1}, Keiichi OKUYAMA, Takashi NAKAYAMA, Junya WATANABE,
Hajime AKIYAMA, Yasuo SUZUKI, Hiroaki ODA, Yasushi HOSHI, Hiroto MURATA,
Kazuyoshi TANAKA and Tamio IDA^{*1} JFE Engineering Corporation
2-1 Suehiro-cho, Tsurumi-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 230-8611 Japan

JFE Engineering Corp. has provided ten facilities of high temperature gasifying and direct melting plant in Japan. These plants are able to treat various kinds of waste, such as municipal solid waste(MSW), industrial waste, ash, refuse derived fuel(RDF), asbestos, etc. Recently, a social demand of reducing the coke consumption is becoming larger. In this situation, JFE Engineering Corp. has studied various methods of reducing the coke consumption. In this paper, we show test results of application of Bio-coke as an alternative energy resource. However Bio-coke contains more than 70wt% of volatile matter, coke can be substituted by Bio-coke having some calorific value. In this study, the cut-down ratio exceeded 50%. This shows possibility of remarkable decrease in CO₂ emission.

Key Words : Furnace, Gasification, Alternative Energy, Coke, Bio-Coke, Waste, Melting Plant

1. 緒 言

当社の高温ガス化直接溶融炉設備は、廃棄物をガス化するとともに、コークスを使用し灰分を溶融させるため、一般廃棄物をはじめ、産業廃棄物、焼却灰、掘り起こしごみ、アスベストなど多様な廃棄物を処理でき、2003 年の初号機竣工以降 10 プラントの納入実績がある。昨今、CO₂ 排出量削減に関する社会的要望が強まっている中、当社ではコークス使用量の削減により、CO₂ 排出量を削減する方策について、鋭意検討を進めている^{(1)~(3)}。その一環として、バイオマス由来の固体燃料（バイオコークス）を使用することで、化石燃料由来のコークス使用量を削減する実機試験を実施し、良好な結果が得られたので報告する。

2. 高温ガス化直接溶融炉の概要

図 1 に JFE 高温ガス化直接溶融炉の炉内断面図を示す。炉頂から廃棄物、コークス、石灰石が投入される。廃棄物層の上段では、水分の蒸発、可燃分の熱分解が進行する。廃棄物中の固定炭素と灰分は、投入されたコークス、石灰石とともに溶融炉内を予熱されながら下降し、炉下部に到達する。炉下部では、コークス充填層が形成され、主羽口から供給された酸素富化空気によりコークスと固定炭素が燃焼し、その燃焼熱で灰分が溶融され、

* 原稿受付 2011 年 9 月 29 日

^{*1} JFE エンジニアリング(株) (〒230-8611 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2-1)^{*2} 正員, JFE エンジニアリング(株) (〒230-8611 神奈川県横浜市鶴見区末広町 2-1)^{*3} 正員, 日本砥研(株) (〒036-0412 青森県黒石市大字袋字兵岩沢 9-2)^{*4} (株)ナニワ炉機研究所 (〒579-8037 大阪府東大阪市新町 12-34)^{*5} 大阪府森林組合 (〒569-1051 大阪府高槻市大字原 1052-1)^{*6} 正員, 近畿大学 理工学部 (〒577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1)

E-mail: uchiyama-takeshi@jfe-eng.co.jp

Fig. 1 Schematic configuration of high temperature gasifying and direct melting furnace

Fig. 2 Photo of Bio-coke

溶融スラグとして出滓口から連続的に排出される。炉下部から廃棄物層にかけて発生した可燃性ガスは、溶融炉後段の二次燃焼室で完全燃焼する。完全燃焼したガスは、ボイラーで熱回収され、排ガス処理系へ送られる。

3. バイオコークス使用試験

3・1 バイオコークス性状および試験方法

実機試験は、盛岡・紫波地区環境施設組合清掃センターごみ焼却施設（処理量 80t/d×2 炉）の 2 号炉において、2 回に分けて実施した。試験 1 ではコークス削減率 20%を目標とし、試験 2 では同 50%を目標とした。

使用したバイオコークスは、バイオマス原料を加熱圧縮により成形したものであり、製造方法の詳細については既報⁽⁴⁾を参照されたい。試験 1 および試験 2 で使用したバイオコークスは、それぞれりんごの絞り粕および木屑を原料とした。木屑を原料とするバイオコークスの外観を図 2 に示す。形状は直径 100mm、長さ 50～100mm の円柱状である。バイオコークスの性状分析結果を、通常使用しているコークス（以下、通常コークスと称す）と比較して表 1 に示す。本バイオコークスは通常コークスと比較して、固定炭素が少なく、揮発分が多い。これは製造過程で揮発分放出を伴う乾留処理をしていないためであり、バイオマスの保有する熱量が炉内熱源として有効利用されることが期待される。

バイオコークス使用により通常コークス使用量を削減する場合に最も懸念されることは、炉下部においてスラグを溶融させる熱が不足し、スラグの溶融および排出が困難となることである。そこで本試験では、バイオコークスの使用量を増加させながら、スラグの出滓状況を確認し、スラグ温度が基準値を下回らないように、通常コークス使用量を削減した。

Table 1 Composition of Cokes

	Bio-coke		Coke
	Residue of squeezed apple	Wood	
Water [wt%]	6.5	10.4	5.0
Ash [wt%-dry]	2.8	2.0	12.6
Volatile matter [wt%-dry]	80.5	76.6	1.6
Fixed carbon [wt%-dry]	16.7	21.4	85.8
Calorific value [kJ/kg]	16,770	16,170	29,260

3・2 試験結果

3・2・1 コークス削減効果

本試験結果を評価するに当り、バイオコークス使用率 R_B (%) および通常コークス削減率 $R_{\Delta C}$ (%) を以下と定義する。

$$R_B = B / C_0 \times 100 \quad (1)$$

$$R_{\Delta C} = (C_0 - C) / C_0 \times 100 \quad (2)$$

ここで、 C_0 はベース条件（通常コークスのみによる操業）における通常コークス原単位 (kg/t-ごみ)、 C は本試験中の通常コークス原単位 (kg/t-ごみ)、 B は本試験中のバイオコークス原単位 (kg/t-ごみ) を示す。

通常コークス削減率とバイオコークス使用率との関係を図3および図4に示す。試験1および試験2における最大コークス削減率は、それぞれ 18.9% および 56.6% であった。このことから、本バイオコークスを使用することにより、50% 以上の通常コークスを削減可能であることが確認された。

図3および図4には、バイオコークス使用率 R_B に対し、投入したバイオコークスと等価な重量、熱量および固定炭素量の通常コークスが削減されたと仮定した場合の関係を直線で示した。試験1および試験2における通常コークス削減率は、固定炭素量が同一となる値の3倍以上となり、かつ熱量が同一となる値よりも大きくなった。

ここで、バイオコークスに対する通常コークスの置換率を $(C_0 - C) / B$ と定義すると、(1)および(2)式より(3)式となる。

$$(C_0 - C) / B = R_{\Delta C} / R_B \quad (3)$$

すなわち、図3および図4の傾きは置換率を表す。試験1および試験2における最大置換率をパーセント表示すると、それぞれ 68.8% および 68.4% である。

Fig. 3 Cut-down ratio of coke consumption (Test 1)

Fig. 4 Cut-down ratio of coke consumption (Test 2)

図5には、ベース条件における通常コークスの熱量を 100 とした場合の、試験1および試験2における燃料種類の供給熱量指数を示す。バイオコークスを使用することにより炉への全供給熱量の減少が確認された。以上のことより、バイオコークス中の揮発分がコークス削減に寄与しており、さらにバイオコークスの持つ熱量が、通常コークス以上に炉下部においてスラグの溶融に有効に作用するものと考えられる。

Fig. 5 Input heat index of fuel

3・2・2 スラグ温度と品質

何れの試験においてもスラグ平均温度は、安定操作の目安となる 1,400℃と同等レベルを維持し、連続出滓状況も良好であった。

試験中のスラグについて、鉛の含有試験および溶出試験を実施した。測定値は定量下限値以下となり、バイオコークスを使用した場合でもスラグの鉛含有量および溶出量に影響を及ぼさないことを確認した。

3・2・3 CO₂削減効果

今回の試験結果より CO₂削減効果を試算した。年間コークス使用量 2,000t/年、コークス中炭素濃度 85%、コークス削減率を 50% とすると、年間の CO₂削減量は 3,100t-CO₂/年と試算される。

4. 結 語

CO₂排出量削減に対する社会的要望が強まっている中、高温ガス化溶融炉において、バイオコークス使用により、通常コークス使用量を削減する実機試験を実施した。本試験で使用したバイオコークスは、当社の高温ガス化直接溶融炉において、固定炭素分だけでなく揮発分を保持したまま炉下部に到達し、灰分の溶融に有効に利用できることが示された。通常コークスは等価熱量のバイオコークスで代替可能であった。更に、通常コークスの削減率は 50%以上に到達し、大幅な CO₂排出量削減が可能であることを実証した。

当社は本研究成果の実用化を含み、高温ガス化直接溶融炉のさらなる性能向上を目指し、継続的な研究開発に取り組む所存である。

文 献

- (1) 中山剛, 植竹規人, 秋山肇, 吉田朋広, “高温ガス化直接溶融炉におけるコークス使用量削減に関する研究”, 第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, pp. 435-436. (2010)
- (2) 内山武, 秋山肇, “高温ガス化直接溶融炉におけるコークス使用量削減”, 産業機械, No.729 (2011), pp.19-22.
- (3) 内山武, 中山剛, 秋山肇, 井田民男, 村田博敏, 小田昭浩, 星靖, “高温ガス化直接溶融炉におけるバイオコークス使用による CO₂排出量削減”, 第 20 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, (2011), pp. 322-323.
- (4) 井田民男, “非炭化転換技術による次世代コークス代替燃料「バイオコークス」の製造技術開発”, 日本エネルギー学会誌, vol. 90, No. 1 (2011), pp. 2-9.