

HPCC21型ストーカ式焼却炉 川崎市王禅寺処理センターの運転状況

塚本輝彰* 佐瀬正光* 佐々木稔*

Operation of the HPCC21 Stoker System at Kawasaki City Ozenji Municipal Solid Waste Treatment Center

by Teruaki TSUKAMOTO, Masamitsu SASE, & Minoru SASAKI

Treatment plants for municipal solid waste have recently been required to deal with a wide range of issues, such as hygienic treatment, reduction of the burden on the environment, waste volume reduction, material recycling and efficient energy use. In particular, their role as a power generation source has become important. In this background, the construction of the Ozenji Municipal Solid Waste Treatment Center was completed on March 30, 2012. The Center is intended to serve as a key facility for the treatment of municipal solid waste in the northern area of Kawasaki City. This paper introduces and discusses the outline and the operation of the Center.

This plant uses Ebara Environmental Plant Co., Ltd.'s advanced stoker technology with the goal of achieving harmony with the surrounding environment based on three main concepts: low carbon emissions, resource recovery, and coexistence with nature.

Featuring low air ratio operation based on exhaust gas recirculation and minimizing heat loss through the advanced process of dry exhaust gas treatment, the plant provides efficient power generation and reliable incineration.

Keywords: Solid waste management, Incinerator, Stoker furnace, High-efficiency power generation, Low air ratio combustion, Advanced dry gas treatment system, Exhaust gas recirculation, Forcible air-cooling type stoker

1. はじめに

近年、日本の廃棄物を取り巻く環境は大きく変化し、衛生処理や環境負荷の軽減に加え、廃棄物の減量化や資源化、エネルギーの有効利用と、幅広い視野から廃棄物処理の取組み方が求められている。また、東日本大震災以降、日本国内の電力供給に関する問題が顕在化し、廃棄物を用いた発電拠点としての役割が改めて見直されている。そのような背景の中、川崎市北部のごみ処理における基幹的役割を担う施設として、2012年3月30日に王禅寺処理センター（写真1）が竣工を迎えた。本施設は、仮称リサイクルパークあさお整備事業として、既設王禅寺処理センター解体後、新規のごみ焼却処理施設と資源化処理施設を併設した施設として計画された（図1）。本施設は、ごみ焼却処理を担う新王禅寺処理センターとして、2007年12月から約4年4箇月の建設期間を経て完成



12-74 01/236

写真1 外観写真

Photo 1 General view of plant

した。将来は既存施設の跡地に資源化処理施設、プラザ棟及び健康とふれあいの広場を川崎市が完工することで、整備事業全体が完成する予定である。

本施設は、低炭素・資源循環・自然共生を3本柱とし、「CCかわさき“エコ暮らし”」といった、川崎市の環境

* 荏原環境プラント(株)

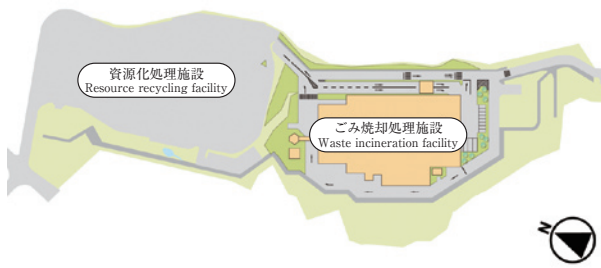


図1 施設配置図
Fig. 1 Plant layout

問題に対する取組みを背景に、周辺環境に溶け込んだ施設づくり、最新技術を導入した施設づくりをモットーに建設された。ここでは、荏原環境プラント(株)が納入した最新施設の概要及びその運転状況を紹介する。

2. 施設概要

2-1 周辺環境に配慮した施設

本施設は、川崎市と横浜市の市境に位置し、敷地の西半分は山地、東半分が谷地であり、全体的な勾配も北から南に向けて傾斜がついているといった難しい立地にある。敷地は北部から南部に向けて長く伸び、幅方向が狭いのが大きな特徴である(図2)。2008年2月から地質調査を開始し、約1年間は土地の切盛り等の造成工事及び地盤改良を行い、地震に強い地盤作りを行った。また、立地条件を生かしたプランニングに配慮し、南東谷地側

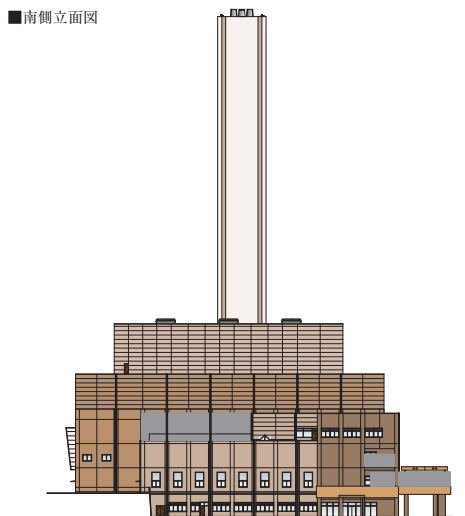


図2 南面
Fig. 2 South elevation of the plant

地下一階に管理諸室を、その上にプラットホームを配置し、ごみピット容量を十分に確保しつつ、地下部の掘削量を軽減することに努めた(図3)。また、プラットホームへの車両動線も傾斜を無くすことで、搬出入車両の円滑な通行にも配慮した。

周辺環境にあった施設作りとして、土砂や樹皮など自然景観をベースとした白と茶色を基調とし、周囲の斜面林とも同化・融和しやすい色彩とした。特に、外壁にはプラント特有の突起物等が見えないよう配慮するとともに、ルーフトレンなども建屋のデザインとして利用した。また、煙突外筒は、変形六角形を採用し、従来の円筒形の煙突から大きく外観を変え、ごみ焼却場といった旧来のイメージを払拭させるデザインとすることで、近隣のランドマークとしてのイメージ作りにも配慮した。これらのデザインは川崎市と様々な検討協議を進め、より周辺環境に合った施設を計画し、住民参加型投票を取り入れるなど様々な取組みを行い決定した。

2-2 HPCC21ストーカの採用

本施設は、最新のストーカ式焼却炉モデルであるHPCC21型(High Pressure Combustion Control 21)ストーカを採用し、次に示すコンセプトを基本に設計した。

- ・環境負荷低減：有害ガス物質濃度、排ガス量の低減
- ・エネルギー有効利用：高効率発電、最適プロセス
- ・長期安定稼働：容易かつ安定、安全な運転
- ・経済性：イニシャル、ランニングコストの削減
- ・廃棄物順応性：幅広いごみ質、形状、変化への適応

処理フローを図4に示す。環境負荷低減の具体策として、高温燃焼技術によるダイオキシン類の削減、低空気比排ガス再循環システムによるNOxの発生抑制、高度

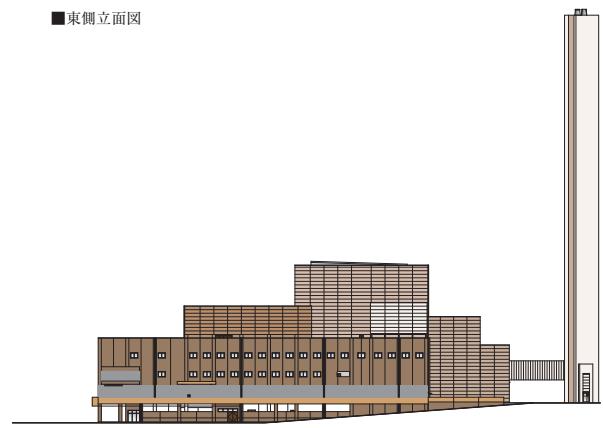


図3 東面
Fig. 3 East elevation of the plant

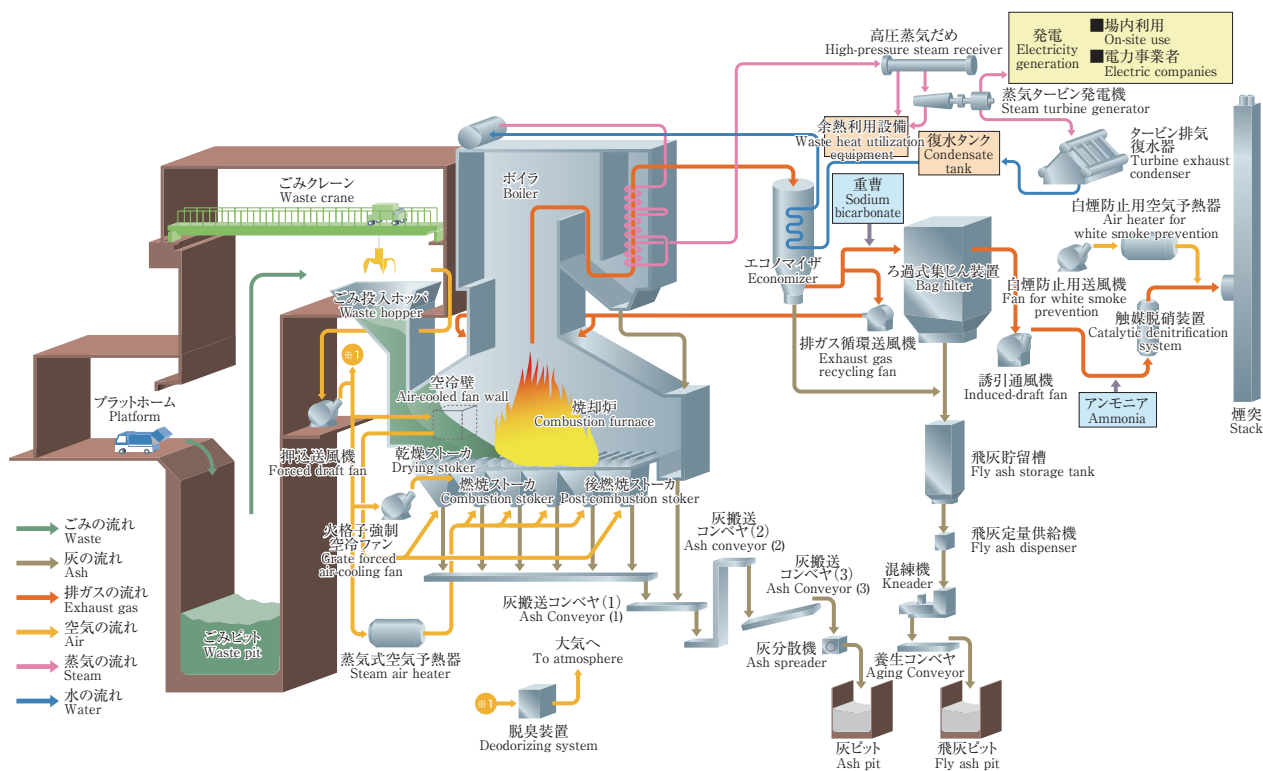


図4 処理フロー (HPCC21ストーカー)
Fig. 4 Process flow of the HPCC21 stoker system

乾式排ガス処理システムによるSOx, HClの高効率除去を採用した。

排ガス処理フロー最後段に設置している触媒反応塔は、NOx除去及びダイオキシン類の分解に効果を発揮するが、その反応温度は200℃程度の高温域が望ましい。一方、従来の消石灰類を用いた乾式排ガス処理システムでは、有害ガスに対する除去効率が低温域で高くなるため、ボイラから出た排ガスを一旦水噴霧などで減温させてから、ろ過式集じん機にて有害ガス除去を行っていた。そのため、触媒反応塔の前で蒸気等のエネルギーを利用し再加熱する必要があった。本施設で乾式有害ガス除去に使用するアルカリ系薬剤の微粉重曹は、200℃前後においても効率の高い除去効率を有するため、ボイラから出る排ガスを減温することなく、SOx, HCl等の有害ガスを除去し、再加熱することなく後段の触媒脱硝装置での性能も維持することが可能である。このように、エネルギーロスを最小とした排ガス処理プロセスを採用することで燃焼エネルギー利用の最大化をはかっている。また、ごみが燃焼するとき発生するエネルギーを回収するボイラの蒸気条件は、4 MPa, 400℃を採用し、蒸気ター

ビンによる積極発電を実施することで、ごみの持つエネルギーを有効利用している。以下に本施設の主な設備仕様を示す。

- (1) 焼却炉
形 式：全連続燃焼ストーカー式 (エバラ HPCC21型)
処理量：450 t/d (150 t/d × 3基)
- (2) ボイラ
形 式：過熱器付自然循環式水管ボイラ
蒸 発 量：最大23.1 t/h × 3基
蒸気条件：4.0 MPa (ゲージ圧力) × 400℃ (過熱器出口)
- (3) 排ガス処理設備
バグフィルタ (重曹吹込み), 触媒脱硝装置
- (4) 発電設備
形 式：抽気復水タービン
発電機定格：7500 kW
- (5) 公害防止基準 [煙突出口基準値]
ば い じ ん：0.02 g/m³ (NTP) 以下 (O₂12%換算値)
硫 黄 酸 化 物：15 ppm 以下 (O₂12%換算値)
塩 化 水 素：20 ppm 以下 (O₂12%換算値)
窒 素 酸 化 物：50 ppm 以下 (O₂12%換算値)

ダイオキシン類：0.01 ng-TEQ/m³以下 (O₂12%換算値)
 一酸化炭素：15 ppm以下 (4時間平均値) (O₂12%換算値)

熱灼減量：3%以下

本施設のストーカ炉は、炉出口位置を燃焼ゾーンの中心に配置し、火炎形成を阻害することなく燃焼させ、再循環ガスによる混合攪拌を加えることでごみ質の変動による燃焼速度の変化が生じてでも完全燃焼を達成することができる。ストーカ駆動部は、乾燥、燃焼Ⅰ、燃焼Ⅱ、後燃焼帯に分割した独立駆動機構を採用しており、燃焼状況に応じて作動スピードを制御し、適切な燃焼完結点を維持することができる。図5にストーカ炉の模式図を、写真2に焼却炉内部の様子を示す。

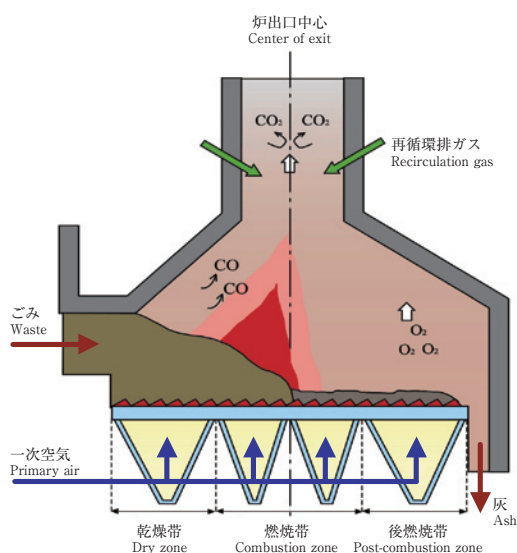


図5 ストーカ炉模式図

Fig. 5 Schematic view of the stoker furnace

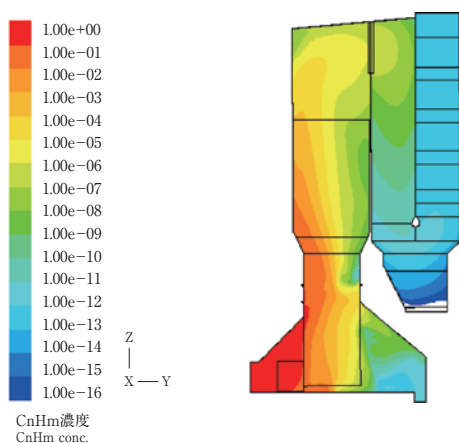


図6 炉内燃焼シミュレーション

Fig. 6 Combustion simulation result (CnHm Concentration)

焼却炉内の燃焼シミュレーション解析の結果を図6に示す。ストーカ上面から発生した燃焼ガスは、炉内中間空気及び排ガス再循環ガスにより適切に混合され、CO等の未燃炭素を完全に除去することができる。設計ごみ質において適切に運転できるよう、炉のプロポーシオンを設計することで、適切な火炎形成と混合攪拌が達成されている。

排ガス再循環による低空気比運転は従来から採用されているが、今回新たな取組みとして除じん前の排ガスを循環させる方式を採用した。これにより、集じん装置以降の機器をコンパクトにできるため、施設のコンパクト化及びランニングコストの低減に大きく寄与することができる。一方ダストを含有するガスを取り扱うことにより送風機及びダクトの磨耗、腐食、閉塞が懸念された。これには通ガス状態のシミュレーションや実機テストを事前に行うことで、問題点の抽出、対策を行い、安定的な運転を実現している。

本施設では、低空気比高温燃焼運転を行うことから、少量の空気でも効果的な火格子冷却が要求される。火格子の冷却は、ストーカ炉下シュートから供給される燃焼空気が火格子裏面を通過することにより行われる。しかし、火格子全体を冷却する方法では、低空気比運転による冷却効果の不足により火格子表面が高温化し、焼損の激しい部分が生じることが懸念された。そこで本施設では安定した燃焼状態での長期連続運転と火格子の長寿命化を図るため、強制空冷火格子を採用した。

強制空冷火格子は燃焼空気系統から独立した冷却空気系統により、火格子先端の高温部に積極的かつ定量的に冷却空気を吹きつけ、効率的に火格子を冷却するシステムである。これは、燃焼空気量の変化に影響を受けない



12-74 02/236

写真2 焼却炉内部

Photo 2 Inside of the combustion chamber



12-74 03/236

写真3 強制空冷ストーカー
Photo 3 Forcible air-cooling type stoker

直接的かつ効率的な冷却方式である。他施設の運転実績では、従来比で2倍以上の耐用年数を確認している。

火格子の焼損は、高温域における溶融塩と排ガス腐食成分の複合による粒界腐食であることが確認されており、腐食進行は火格子温度に依存している。火格子温度が400℃を超えると急激に腐食減肉が進行するため、火格子焼損抑制には火格子温度を350℃以下に低減させることが効果的である。

他施設における火格子温度の評価では、強制空冷用の送風機を運転すると、運転前に平均475℃であった火格子温度が平均260℃程度まで低下し冷却効果が高いことが証明された。強制空冷による減温効果で、目標である

火格子温度350℃以下を維持しており、焼損の抑制が十分に期待でき、長期安定運転や経済性に貢献できる。強制空冷ストーカーを写真3に示す。

最新ハード技術、プロセス技術に加え、最新制御技術を採用した。自動燃焼制御（ACC）を構成するシステムとして、最新の燃焼完結点監視システムを設置し、炉内監視カメラの映像から約5秒毎に燃焼完結点の位置を検知することで、リアルタイムに補正できる応答性の早い制御を可能にした。それにより、非定常時の炉内燃焼変化時の状況も適切に把握し、安定した自動燃焼制御による運転を継続している。図7に燃焼完結点監視システム画面例を、写真4に炉内の様子を示す。

蒸発量一定制御機能としては、完全燃焼かつ有害ガス抑制を原則とし、ごみ質変化に応じた独立駆動式ストーカー制御、燃焼状況に応じた可変ロジックでより安定した燃焼制御を実現している。図8に運転データを示す。

3. 施設の運転状況

本施設の性能試験における運転結果を示す（表）。

排ガス及び焼却灰、飛灰とも国の環境基準値及び市条例による基準値に加え、自主規制値に対しても十分クリアしている結果となった。また、発電所としての使用前自主検査負荷試験では、ボイラ最大蒸気発生量を安定に発生させ、蒸気タービン発電機の定格7500 kWを十分に維持可能であることを確認した。本施設では、冬期性能試験時において発電端効率18.6%での運転が確認され、今後、電力供給に大きく貢献することが期待される。

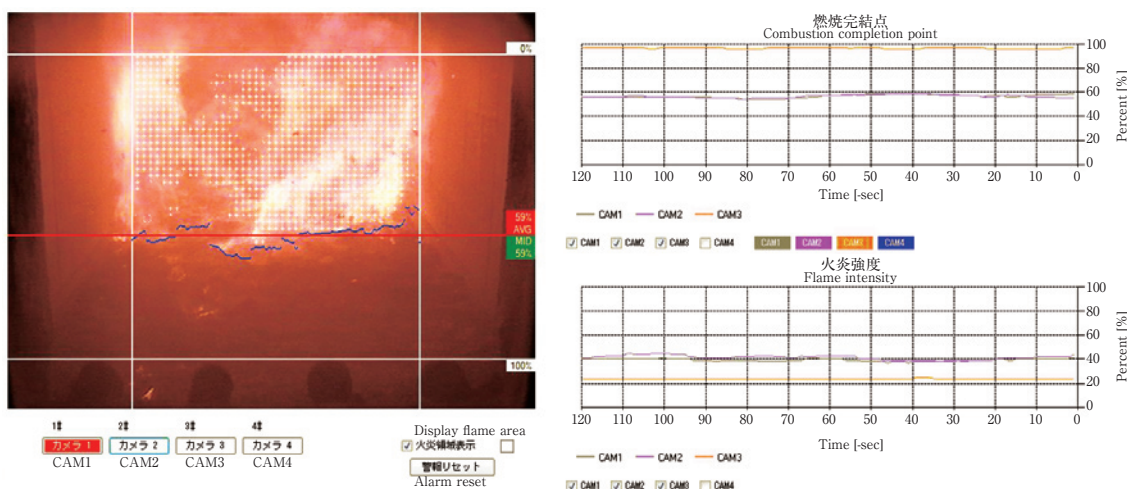


図7 燃焼完結点監視システム
Fig. 7 Combustion completion point monitoring system



12-74 04/236

写真4 炉内写真

Photo 4 Flame in the combustion chamber

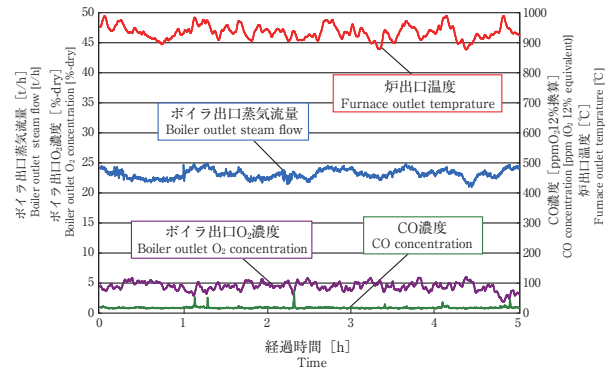


図8 運転状況トレンド

Fig. 8 Trends of operation status

表 性能試験データ

Table Results of the performance test

測定項目 Test items	判定基準 Guaranteed value	測定結果 Results	判定 Judgment
焼却能力 Capacity	150 t/d 100% 以上 or more	100%	良 Good
低位発熱量 Low calorific value	-	12052 kJ/kg	-
熱灼減量 Ignition loss	3% 以下 or less	<0.1%	良 Good
ばいじん濃度 Dust concentration	0.02 g/m ³ (12% O ₂) 以下 or less	<0.001 g/m ³ (12% O ₂)	良 Good
硫黄酸化物 SO _x	15 ppm (12% O ₂) 以下 or less	4 ppm	良 Good
塩化水素 HCl	20 ppm (12% O ₂) 以下 or less	12 ppm	良 Good
窒素酸化物 NO _x	50 ppm (12% O ₂) 以下 or less	23 ppm	良 Good
一酸化炭素 CO	15 ppm (12% O ₂) 以下 or less	<7 ppm	良 Good
水銀 Hg	0.05 mg/m ³ (12% O ₂) 以下 or less	0.024 mg/m ³ (12% O ₂)	良 Good
カドミウムまたはその化合物 Cd or its compounds	0.5 mg/m ³ (12% O ₂) 以下 or less	<0.001 mg/m ³ (12% O ₂)	良 Good
塩素 Cl	1 ppm 以下 or less	<0.01 ppm	良 Good
フッ素、フッ化水素及びフッ化ケイ素 F, hydrogen fluoride & silicon fluoride	2.5 mg/m ³ (12% O ₂) 以下 or less	<1.0 mg/m ³ (12% O ₂)	良 Good
鉛及びその化合物 Pb & its compounds	10 mg/m ³ (12% O ₂) 以下 or less	<0.01 mg/m ³ (12% O ₂)	良 Good
アンモニア NH ₃	50 ppm 以下 or less	<0.1 ppm	良 Good
シアン化合物 Cyanide	10 ppm 以下 or less	<0.15 ppm	良 Good
硫化水素 H ₂ S	10 ppm 以下 or less	<0.001 ppm	良 Good
ダイオキシン類 Dioxins	0.01 ng-TEQ/m ³ 以下 or less	0.00051 ng-TEQ/m ³	良 Good
白煙条件 Prevention of white plume emission	0°C, 相対湿度55%時 0°C at 55% relative humidity	白煙なし No white smoke	良 Good
放流水 Effluent	下水排出基準以下 Meeting the effluent standards	基準以下 Meeting the standard value	良 Good
	Dioxins : 10 pg-TEQ/l 以下 or less	0.000048 pg-TEQ/l	良 Good
飛灰固化 Solidified fly ash	溶出基準以下 Meeting the leaching standards	基準以下 Meeting the standard value	良 Good
	Pb : 0.3 mg/l 以下 or less	<0.01 mg/l	良 Good
	Dioxins : 3 ng-TEQ/g 以下 or less	2 ng-TEQ/g	良 Good
騒音・振動・悪臭 Noise, vibration, odor	-	基準以下 Meeting the standard value	良 Good

4. おわりに

本報告では、最新の当社HPCC21型ストーカ技術を導入した川崎市王禅寺処理センターの運転状況を説明した。性能試験において、設計どおりの性能が発揮されていることが確認できた。王禅寺処理センターは2012年3月に竣工し、衛生処理及びエネルギー有効利用のインフラ設備として現在安定稼動を継続している。今後は、より適切な運転管理と維持管理による長期安定運転を行うことで、より信頼される施設として社会に貢献していきたい。

最後に、本施設の建設に関して多大なるご指導を頂いた川崎市の方々と、関連会社を含め、関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省, 日本の廃棄物処理, 平成20年度版.
- 2) 全国都市清掃会議, ごみ処理施設整備の計画・設計要領2006改訂版.
- 3) Yoji sato, Teruaki tsukamoto., Operation status of MSW incinerator and development trend of new incineration technology, 4th i-CIPEC, P53-56, 2006.
- 4) 岡, 塚本ほか., 排ガス再循環を用いたストーカ式焼却プラントにおける低空気比燃焼, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, P641-643, 2003.
- 5) 佐藤, 塚本, 効果的なごみ発電プラント事例紹介, 都市清掃第60巻278号, P363-367, 2007.

