

平塚市向け「次期環境事業センター整備・運営事業」の 竣工と運営事業の開始

安倍 真也* 岡本 有弘* 栗津 一雄*

Hiratsuka City “Jiki Kankyo Jigyo Center (New Environment Management Center)”: Completion of the Construction and Start-up of the Operation and Maintenance Business

by Shinya ABE, Arihiro OKAMOTO & Kazuo AWAZU

We have completed the construction of the Hiratsuka City Kankyo Jigyo Center (Environment Management Center), a fluidized-bed waste incineration facility that treats waste collected from Hiratsuka City, Oiso Town, and Ninomiya Town. As an advanced facility with a capacity of 315 t/d, the Center is designed to be compatible with a recycling-based society, providing high-efficiency power generation, 100% residue recycling, and an advanced flue gas treatment system. We were awarded the DBO (Design-Build-Operate) contract for the Center in May 2010 and completed the construction in September 2013. In October 2013, we started a 20-year operation and maintenance business with the aim of achieving both operating cost reduction and provision of high quality service. This report outlines the facility and the business.

Keywords: Fluidized-bed, Waste, Incinerator, Energy from waste (EfW), High-efficiency power generation, Recycling, Sulfur oxide, Design-Build-Operate method, Partial load operation, Power output control

1. はじめに

平塚市北東部の大神地区に、流動床焼却施設「環境事業センター」を納入し、施設の運営事業を開始した(写真)。



14-03 01/243

写真 施設外観
Photo General view of facility

本施設は、隣接する旧ごみ焼却施設の老朽化に伴い、ごみ処理効率化のため新たに平塚市、大磯町、二宮町の1市2町によるごみ広域処理の中核施設として、公設民営となるDBO (Design, Build, Operate) 方式で、2010年5月に受注、2013年9月末に竣工し、2013年10月から20年間の運営事業を開始した。

当社としては8年ぶりの巡回流型流動床焼却炉(TIF)の納入となるが、「最良の技術と安全・安心な施設の提供」の本事業の理念に基づき、最新型施設として循環型社会の形成に貢献すべく、高効率発電プロセスや焼却残渣・排水のリサイクルシステム、環境負荷低減を図る排ガス自主基準値に対応した排ガス処理システムを導入している。

ここでは、施設の概要と、DBO方式による施設運営事業の特徴について紹介する。

2. 事業概要

図1に本事業の事業スキームを示す。公平性及び透明性の確保、民間事業者の創意工夫の観点から公募プロポーザル方式において優先交渉権者が選定される事業方式であり、市は中間処理施設の建設及び運営に係る資金調達を行い、施設の設計建設を荏原環境プラント(株)が行

* 荏原環境プラント(株)

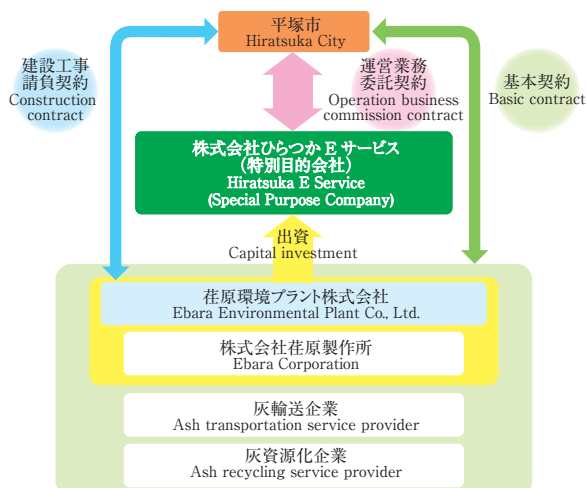


図1 事業スキーム
Fig. 1 Business scheme

う。竣工後の施設は市が所有し、その運営を特別目的会社（SPC）である(株)ひらつかEサービスが平成25年10月から平成45年9月までの20年間にわたって担う。

本事業の特徴として、以下の4点が挙げられる。

- (1) 灰及び不燃物の全量再資源化・最終処分量の低減
- (2) 売電収入が原資の過半を占める事業運営
- (3) 狭小敷地への建設
- (4) 周辺環境への配慮

前記を達成し、安全・安心かつ安定な事業運営を実現するための最適な技術として、当社の保有する様々な技術の中から、旋回流型流動床焼却炉（TIF）を採用した。後述するように、20年間にわたる安定な事業運営に耐え得る灰あるいは焼却残渣の再資源化手法の確立や、流動床炉ならではの炉内脱硫機能を生かした優れた環境特性の実現などにおいて、流動床焼却技術のもてるポテンシャルを最大限に生かすことによって、効果的・効率的な事業運営が可能となったものである。

また、ごみ処理に伴って発生する余熱の一部を場内及び温浴施設等の周辺施設で利用するとともに、高効率発電を行い、余電力を新電力（特定規模電気事業者：PPS）に売却することを前提に固定価格買取制度（フィード・イン・タリフ：FIT）の設備認定を受けている。とりわけ、本施設からの送電出力の安定性がSPCの収入の安定性を左右することから、旋回流型流動床焼却炉（TIF）ならではの発電安定性及び負荷追随性に大きな期待をるところである。

処理に伴い施設から発生する副生成物（鉄、アルミ、灰等）はリサイクルを行う。特に灰については、当社の関連会社である中部リサイクル(株)等において「還元溶融方式」によって全量再資源化されるスキームである。

3. 施設概要

3-1 建設概要

所在地：神奈川県平塚市大神3230番地

施設規模：315 t/d（105 t/24 h × 3 基）

敷地面積：12845.23 m²

建築面積：5455.53 m²

延床面積：10245.76 m²

工期：2010年5月～2013年9月

主要設備仕様：

- (1) ごみクレーン
切取容量 11 m³（定格4.4トン）/基 × 2基
- (2) ごみ破砕機
2軸せん断式 × 2基
- (3) 焼却炉
旋回流型流動床焼却炉（TIF） × 3基
- (4) ボイラ
最大蒸発量 14.8 t/基 × 3基
常用圧力 4.0 MPa
常用温度 400℃
- (5) 排ガス処理装置
減温塔（水噴射式） × 3基
集じん装置 × 3基
触媒反応塔 × 3基
- (6) 余熱利用（蒸気タービン）
抽気復水タービン 5900 kW
- (7) 煙突
高さ80 m × 内筒3基
- (8) 焼却残渣
不燃物 鉄・アルミを選別回収
飛灰 加湿処理（場外溶融処理）
- (9) 給排水
上水及び井水
プラント排水は処理後全量再利用（クローズドシステム）

3-2 プロセスフロー

本施設の概略プロセスフローを図2に示す。

(1) 受入供給設備

計量後の一般廃棄物をごみピットに受入れ、二軸せん断破砕機による簡易破砕処理をした後に破砕ごみピットに貯留する。この簡易破砕処理によって焼却炉へのごみの定量供給性が一層向上し、低空気比燃焼においても従来以上の安定運転が実現可能となる。また破砕ごみピットから焼却炉への供給とすることで、破砕機のトラブル

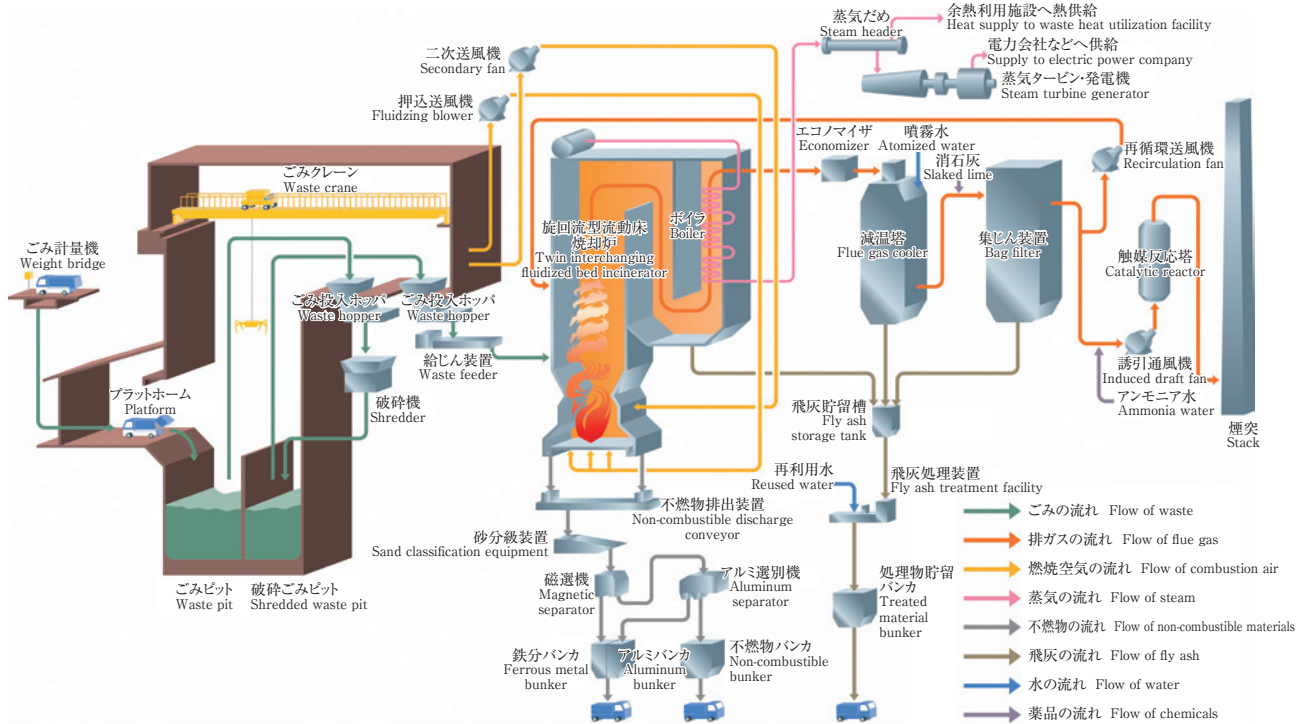


図2 概略プロセスフロー
Fig. 2 Schematic process flow

時にも操炉を継続することが可能である。

(2) 燃焼設備

焼却炉には最新型の巡回流型流動床焼却炉（TIF）を採用している。低空気比燃焼運転による高効率発電を実現するために、長年にわたる豊富な実績を有する従来型の流動床焼却炉をベースとしつつ、流動床ガス化溶融炉（TIFG）の経験も最大限に反映し、以下に列記する技術的改善を行った。

① 炉床面積のコンパクト化

従来と比べ炉床面積を約半分にした。炉床面積を小さくすることで流動化空気量（1次空気量）が低減でき、砂中燃焼量を抑えられるため、炉床への注水による砂層温度制御を行うことなしに、都市ごみの安定な焼却に最適な炉床温度（560～600℃程度）を維持することが可能となった。また、周辺機器も併せた配置のコンパクト化により、建屋面積を抑制することで狭小な敷地での建設に対応可能とした。

② 排ガス再循環の採用

低空気比運転による炉内温度の上昇を抑えるために、集じん装置出口の排ガスを引きぬき、焼却炉のフリーボード部に戻している。この再循環排ガス量は全排ガス量の10%程度であり、炉頂温度を安定させるべくガス量の制御を行っている。その結果、炉頂温度は1000～1050℃

の範囲で安定に保たれ、局所高温場の形成やクリンカの発生がなく安定な低空気比燃焼運転を実現している。

③ 制御系の充実

燃焼空気比管理の面から従来のジルコニア式酸素濃度計よりも時定数が小さく、メンテナンス性に優れたレーザ式酸素濃度計を導入し、フレイムセンサーとの併用による燃焼空気量制御によって、低空気比燃焼においても常に安定した燃焼状態を実現している。

④ 炉下熱回収設備の設置

流動床焼却炉では炉内の流動媒体を循環させ、砂と不燃物を分級して不燃物の抽出を行うが、流動媒体循環系統の主要機器である炉下シュート及び不燃物排出装置の冷却をボイラ復水で行うことによってボイラ効率を高めている。

(3) 燃焼ガス冷却設備

燃焼排ガスの冷却設備としてボイラ・エコノマイザ・減温塔を設置し、排ガスの冷却を行っている。本施設ではプラント排水は減温塔噴霧による蒸発処理を行うことで施設外に放流しないクローズドシステムを構築しているが、限界まで熱回収をすべくエコノマイザ出口温度は200℃程度としている。

(4) 排ガス処理設備

排ガス中のばいじんや有害ガス処理として、集じん装

置での集じん及び消石灰投入による酸性ガス（HCl・SO_x）除去、触媒反応塔でのNO_x及びダイオキシン類の分解を行っている。

触媒反応塔における排ガス温度は集じん装置入口排ガス温度と同様の170℃としている。一般には触媒反応塔での温度が200℃未満であると排ガス中の硫黄分による触媒劣化を引き起こすため、排ガス再加熱を行う必要があるが、本施設では流動床炉の大きな特徴である炉内脱硫機能によって排ガス中のSO_x濃度は低く、集じん装置出口では1ppm以下である。このため硫黄分による触媒劣化は過少であることから、本施設では、触媒反応塔入口での排ガス再加熱は行わない構成とすることで、再加熱用の蒸気利用を削減し発電効率の向上を図っている。

(5) 余熱利用設備

ボイラで回収した蒸気は全量蒸気タービンに送気し発電を行っている。発電出力は最大5900kWであり、場内消費を賄った上で余剰分を売電している。

(6) 飛灰処理設備

集じん装置で回収した飛灰は飛灰処理設備によって処理した上で施設外に搬出される。本施設で排出される不燃物、飛灰は後述するとおり複数の外部再資源化企業によって搬出・熔融処理されており、全量再資源化・最終処分量ゼロを実現している。

4. 施設運営の特徴

4-1 灰及び不燃物の再資源化スキーム

本事業の基本条件の一つとして、処理方式によらず焼却残渣全量の資源化を行うことが課せられていた。この条件に適う処理方式及び処理スキームについて、20年間もの長期間にわたる安定的な事業運営に耐え得るか否かという観点から種々検討を行った結果、施設内での灰の熔融処理は行わずに、当社の子会社である中部リサイクル(株)を含む複数の協力会社へ本施設で発生する灰を搬出し、協力会社において「還元熔融方式」によって全量再資源化することとした。これらの協力会社との間では、20年間の灰の引き取りについて確約を得ている。また、炉下不燃物のうち、有価金属を除いた残渣についても引き取りのルートを確認している。

加えて、流動床焼却炉ではごみ中の有価金属（鉄・アルミ類）を分離回収できること、また乾灰であるため最低限の加湿で済むことから引き取り時の灰質量が小さくなることも利点である。

4-2 炉内脱硫によるSO_x低減と灰量低減

本事業では、別置きの上処理施設で発生するし渣及

び脱水汚泥を処理対象物として含んでいるため、処理物中の硫黄分濃度が比較的高い。

本事業において採用している流動床焼却炉では、ごみ中に含まれるカルシウム分と硫黄分の流動床内における中和反応による炉内脱硫効果によって、重曹系の薬剤など高価な排ガス処理薬剤を用いずとも、排ガス中のSO_x濃度が低く保たれるという特徴がある。また、薬剤添加量の削減が可能のため、灰の排出量を低減することが可能である。

4-3 将来のごみ量・ごみ質変動への対応

近年の少子高齢化の進展に伴う人口の減少傾向、及び3R（リユース・リデュース・リサイクル）の推進によって、日本国内では今後一般にごみ排出量が減少していく傾向にある。平塚市においてもその傾向がみられ、「平塚市一般廃棄物処理基本計画」によれば、表1に示すように、基準年である平成19年のごみ排出量98937tに対して、平成32年のごみ排出量目標値は年間82813tと、12%以上の減少が見込まれている。

本施設においては、ごみ量が計画量の約10%以上減少した場合は常時2炉運転とし、更に減少した場合は2炉中1炉を部分負荷運転とすることによって、炉の起動停止に伴う燃料及び動力の消費量を極力削減する方針としている。したがって、部分負荷運転においても安定した操業が可能であることが経済的な施設運営を図る上で重要となる。

図3に本施設の計画性能曲線を示す。流動床焼却炉の特性として、対応ごみ質範囲が広いことと部分負荷運転範囲の広さが挙げられるが、本施設についても計画ごみ質範囲において公称定格量の70%までの部分負荷運転を安定に行うことができるよう計画している。表2に部分負荷運転時の排ガス性状及び発電出力等の実測データを示すが、約70%～100%負荷の範囲において良好な排ガス性状が得られており、安定したごみの処理及び発電運

表1 平塚市一般廃棄物処理基本計画におけるごみ排出量目標値
Table 1 Target of waste generation in Hiratsuka City municipal waste management master plan

| | ごみ排出量 Waste generation | 減少率 Reduction rate |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| 平成19年度（基準年） FY2007 (base year) | 98937 t | - |
| 平成22年度（実績値） FY2010 (actual result) | 88836 t | - |
| 平成27年度（中間目標値） FY2015 (intermediate target) | 85406 t | 12%減 12% decrease |
| 平成32年度（最終目標値） FY2020 (ultimate target) | 82813 t | 12%減以上 Over 12% decrease |

転ができていることがわかる。

なお、低質ごみを下回る低カロリーごみに対しては補助燃料を使用することで運転が可能であり、高質ごみを超えるごみについても負荷を下げることで支障なく処理を行うことができることから、ごみ中に占める家庭系生ごみやプラスチックごみの排出動向に左右される将来のごみ質の変化に対しても、柔軟に対応することが可能である。

4-4 グリーン電力発電所としての運用

前記のとおり、本施設において余熱利用によって得られた電力は、場内消費を賄った上で余剰分を新電力（特定規模電気事業者：PPS）に売電している。

電気事業法によって、各々の新電力事業者に対しては、需要家へ安定した電力を供給するため30分ごとに電力の需要量と供給量を極力一致させることが求められている（30分同時同量制度）。現行制度では需要量と供給量の誤差（インバランス）が±3%を上回った場合には、一般電

気事業者による周波数調整が必要となることを勘案し、インバランス損失と呼ばれるペナルティを一般電気事業者に対する託送料金に上乗せして支払う必要が生じる。

このため新電力事業者にとっては、計画どおりの送電量を安定して達成でき、更には刻々と変化する電力需要に対しても高い負荷追随性を有する発電所からの電力ほど、需要家への電力販売における価格競争力を高める上で魅力的であることになる。

流動床焼却炉は炉内での燃焼反応の時定数が小さく応答性が良いため、ボイラ蒸発量あるいは発電量・送電量の一定制御を実現することが技術的に容易である。本施設ではこの流動床焼却炉の特徴を生かし、安定なごみの処理を行いつつ発電出力の変動を極力抑えたグリーン電力発電所としての機能を最大限に発揮できる施設運用を指向している。

図4に発電量制御運転実施時の施設からの送電出力の予測値と実績値の比較、及び予測値と実績値の誤差推移の一例を示す。図4(a)に示すとおり、1日を30分単位で区切った計48コマごとに、当日の施設運用計画等を勘案して算定された送電出力の予測値に対し、実際に施設から送電された出力の実績値は非常によく一致しており、ほぼ計画どおりの出力が安定して得られていることがわかる。また図4(b)に示すとおり、予測値と実績値の相対誤差は、現状においても±3%の範囲に収まっている。今後は送電量一定制御（デマンド制御）を行うことによって、新電力事業者にとってより魅力的となる信頼性の高い発電施設としての運用を実現していく予定である。

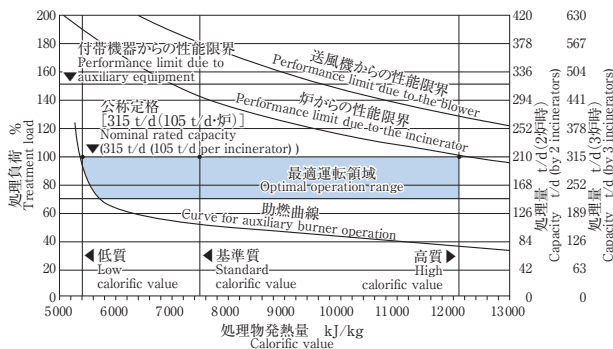


図3 性能曲線図
Fig. 3 Performance diagram

表2 部分負荷運転結果
Table 2 Results of partial load operation

| 項目 Item | 単位 Unit | 保証値 Guaranteed value | 9月27日 Sep. 27 | 9月26日 Sep. 26 | 10月22日 Oct. 22 | 11月5日 Nov. 5 | 備考 Notes |
|----------------------------------|------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|--|
| ごみ処理量 Amount of waste treated | t/d | - | 75.8 | 84.9 | 94.5 | 104.1 | |
| 処理負荷 Treatment load | % | - | 72.2 | 80.8 | 90.0 | 99.1 | |
| ごみ発熱量 Calorific value | kJ/kg | - | 8915 | 9063 | 9564 | 9091 | |
| 排ガスCO Flue gas CO | ppm | 30 | 11.8 | 7.8 | 7.0 | 2.3 | 日平均値 (O ₂ 12%換算) Daily average (O ₂ 12% conversion) |
| 排ガスNOx Flue gas NOx | ppm | 50 | 6.6 | 18.8 | 24.5 | 24.7 | 日平均値 (O ₂ 12%換算) Daily average (O ₂ 12% conversion) |
| 排ガスSOx Flue gas SOx | ppm | 30 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 日平均値 (O ₂ 12%換算) Daily average (O ₂ 12% conversion) |
| 排ガスHCl Flue gas HCl | ppm | 50 | 26.9 | 27.5 | 28.6 | 28.4 | 日平均値 (O ₂ 12%換算) Daily average (O ₂ 12% conversion) |
| 発電出力 Power output | kW | - | 3700 | 3750 | 4100 | 4320 | 2炉分 Amount treated by two incinerators |

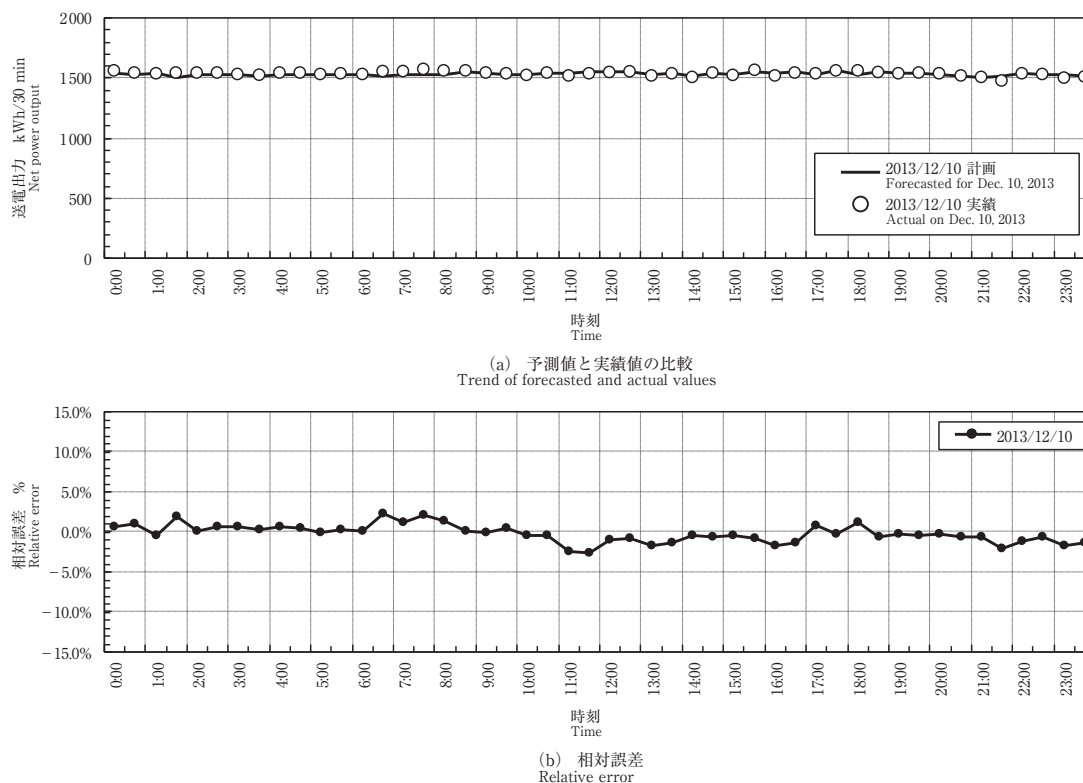


図4 発電量一定制御運転時の送電出力トレンド

Fig. 4 Trend of net power output in constant power output control mode

5. おわりに

人口減少と高齢化が進む我が国において今後建設される焼却施設は、将来にわたって一般廃棄物発生量の減少に柔軟に対応でき、かつ地域に根差した再生エネルギー拠点としての機能もより一層求められるようになるものと思われる。

この度平塚市向けに納入した当社最新の流動床焼却施設は、その特性から将来近隣の可燃性産業廃棄物や下水汚泥を、設備稼働率確保や燃料確保の観点から受け入れるような事態が生じて、供給系等の一部の機能を追加するだけで柔軟に対応することが可能な施設であり、近隣地域の将来の社会的便益確保も可能な施設となっている。

当社が行ったケーススタディにおいて3系列の流動床焼却炉のうち1系列を流動床ガス化溶融炉とすることで、より一層の運用柔軟性と経済性を有する施設とすることが可能という試算結果も得ており、将来提案の自由度が増した際にはそういった更なる社会的便益を追求した提案もしていきたいと考えている。

我が国の優れたプラント技術のより効率的・経済的な活用の追求が、国が推し進める環境技術の国際展開にも繋がるものと考えている。

最後に、本施設の建設に当たり多大なるご指導・ご協力を頂いた平塚市をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表する。