

# 環境

## Environmental Systems



三野 禎 男 Sadao Mino ①  
 増水 豊 Yutaka Masumizu ②  
 竹田 昌 弘 Masahiro Takeda ③

近藤 守 Mamoru Kondo ④  
 小林 利 治 Toshiharu Kobayashi ④  
 山崎 裕 義 Hiroyoshi Yamazaki ④

### 1. はじめに

当社は1960年代初頭より環境事業に取り組み、時代の要請に応じて地域冷暖房、廃棄物焼却・発電、粗大ごみ処理、廃水処理、および排ガス処理などに係る多くの製品を生み出してきた。廃水や排ガス処理などグループ会社に移管された製品を含め、多くの技術や製品が現在のHitzグループの環境事業に受け継がれている。

自社技術の開発とともに優れた海外技術を積極的に導入し、日本市場に受け入れられる製品化に取り組まれた先人達のご努力により環境事業の基礎が築かれた。約半世紀にわたる事業展開の中で積み重ねられた国内実績<sup>\*1</sup>は、都市ごみ焼却施設（ストーカ式、流動床式、ガス化溶融）186件、溶融施設18件、産業廃棄物処理施設46件、粗大ごみ処理・リサイクルおよびRDF製造施設107件に達する。これらはアフターサービス事業や長期運営事業などを展開する大きな財産と

なっている。また国内で培われた技術力をベースとして昭和50年代後半より海外へ事業展開しており、韓国、台湾、中国に21<sup>\*1</sup>件の都市ごみ焼却施設の実績を有している。

現在、環境事業は当社の柱事業のひとつであり、新施設の建設を担うEPCビジネスユニットと納入施設の運転・維持管理・メンテナンスや長期運営事業を担うソリューションビジネスユニットが協力して、更なる事業の成長と発展に取り組んでいる。また開発推進のため2011年4月にエンジニアリング本部内に開発センターが設置され、開発本部と協力して既存技術の改善・改良や新事業・新製品の開発スピードアップに取り組んでいるところである。

本稿では現在の環境事業の中心である都市ごみ焼却施設、産業廃棄物焼却施設、粗大ごみ処理・リサイクル施設、アフターサービス事業、長期運営事業について現在までのあゆみ、現況と将来展望について述べるとともに、新事業分野であるバイオマス利活用システムや土壌浄化・環境修復事業に係る取り組み状況について紹介する。

① Hitz日立造船(株) エンジニアリング本部 環境EPCビジネスユニット長  
 ② Hitz日立造船(株) エンジニアリング本部 環境ソリューションビジネスユニット長  
 ③ Hitz日立造船(株) エンジニアリング本部 開発センター副センター長  
 ④ Hitz日立造船(株) エンジニアリング本部 環境EPCビジネスユニット

<sup>\*1</sup> 累積受注件数 (2011年5月現在)

## 2. 都市ごみ焼却施設

**2.1 事始め** 当社が都市ごみ焼却処理施設建設を手がけるきっかけとなったのは、大阪市環境局旧西淀工場の建設である。

1965年竣工の当施設建設のために、1960年にVonRoll社（現Hitachi Zosen Inova AG）、丸紅、当社にて合弁会社である(有)日本デ・ロール社を設立し、さらに1962年にVonRoll社と技術援助契約を締結し、デ・ロール式焼却炉の技術を導入した。

図1に旧西淀工場の概要を示す。この旧西淀工場は日本初のボイラ・発電設備（2,450kW×2基）を備えた、当時としては画期的な施設であり、閉鎖されるまでの30年間、その設備・システムは陳腐化することなく日本のごみ焼却施設のモデルとなった<sup>1)</sup>。

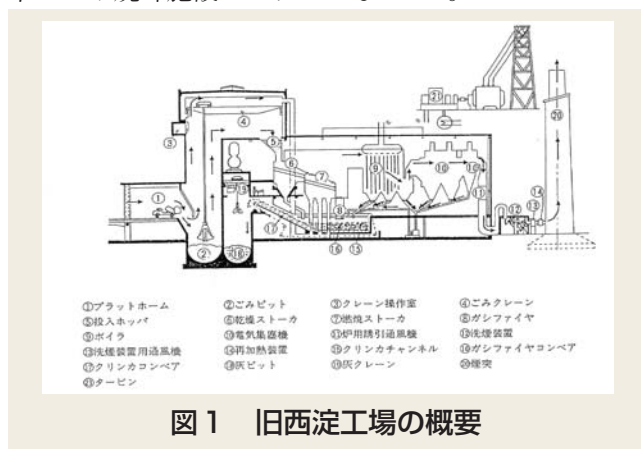


図1 旧西淀工場の概要

### 2.2 燃焼・溶融設備

**2.2.1 ストーカ式焼却炉** 旧西淀工場の建設を足がかりとして、ボイラ・発電付の施設を立て続けに東京都向けに2施設納入した。現在、ボイラ付発電無10施設、ボイラ・発電付63施設の実績を有している。

一方、燃焼ガス冷却方式には、廃熱ボイラ以外に水噴射方式がある。1968年に1号機を大阪市旧平野工場に納入後、102施設の建設実績を有している。

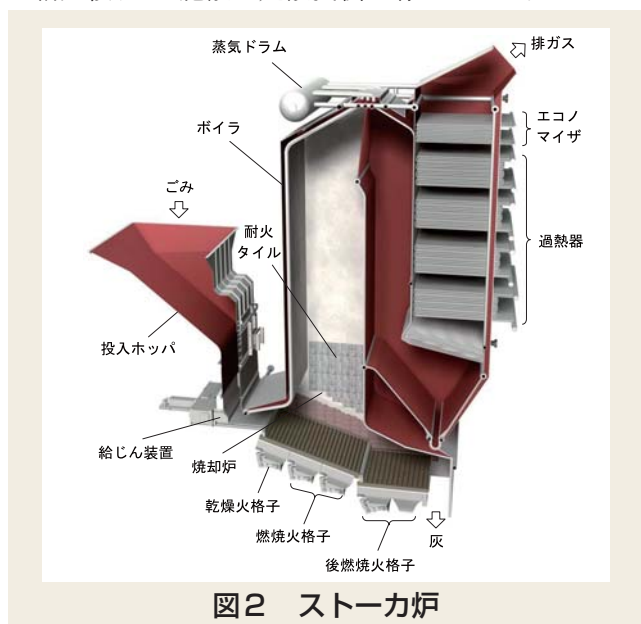


図2 ストーカ炉

さらに国内だけでなく、海外には1983年に韓国ソウル市木洞向け1号機を納入後、現在までに韓国向け8施設、台湾向け5施設、中国向け8施設の実績を有する。<sup>\*2</sup>

### 2.2.2 流動床式焼却炉

産業廃棄物処理用として1972年にCopeland System社から技術導入した。一般廃棄物処理用としては1990年からHICB型流動床炉の開発を進めており、1996年に佐渡市と吉田町牧之原市広域施設組合に納入した。

### 2.2.3 流動床式ガス化溶融炉

1996年に旧厚生省が中心となり次世代型ごみ焼却施設の開発を目的とした検討を行った結果、ガス化溶融処理が最も具現性のある将来技術に成りうるとの結論を受け<sup>2)</sup>、当社でも開発を始めた。環境総合開発センター（舞鶴）でのパイロット試験（200kg/h）、南濃衛生施設利用事務組合における実証試験（33t/日）を通じて各種設計データを取得し、1998年の桜井市および石川北部アール・デイ・エフ広域処理組合向けを受注した。現在、9施設の実績を有する。

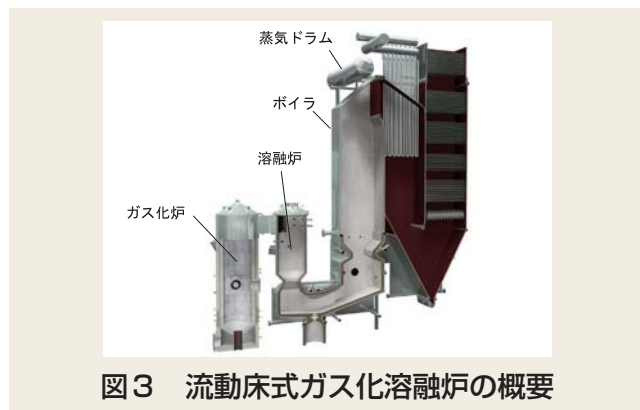


図3 流動床式ガス化溶融炉の概要

### 2.2.4 灰溶融設備

一般廃棄物最終処分場の残余年数が10年未満となった1990年代<sup>3)</sup>、都市ごみ焼却灰をそのまま処分場に持ち込むことが困難になりつつあった。

さらに集じん灰が1992年7月に施行された法改正により「特別管理一般廃棄物」に区分され、安定化处理（溶融、セメント固化、薬剤処理、酸抽出）が義務付けられた。

当社は灰の減容化、無害化、リサイクル化によりこれら課題に対応した灰溶融設備を開発し、製品化している。

#### (1) 電気式灰溶融炉

1992年より7年間にわたりプラズマ式灰溶融炉（6t/日）の実証試験を行い、技術を確認した。

1999年、可茂衛生施設利用組合に1号機を納入し、現在7施設の実績を有する。

#### (2) 燃料式灰溶融炉

##### ① バーナ式灰溶融炉

連続運転における灰処理の安定性・信頼性向上を第一の目的として、1989年より本格的にバーナ式灰溶融システムの開発に着手した。1994年に千葉県我孫子市で共同実証試験（15t/日）

\*2発電付、発電無、ガス化溶融炉含む

を実施し、翌1995年より実用運転を開始した。

本システムは液体燃料、気体燃料いずれにも対応可能であり、現在10施設の実績を有する。

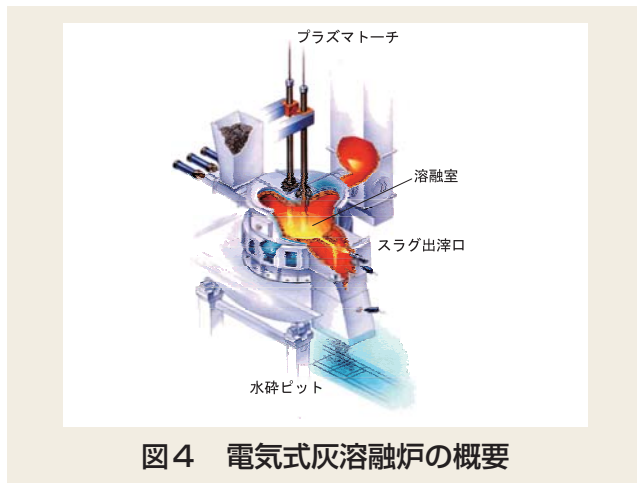


図4 電気式灰溶融炉の概要

② エコバーナ式灰溶融炉 一般に燃料式灰溶融炉は化石燃料により灰溶融に必要なエネルギーを得る。当社は化石燃料の使用量削減を目的として、廃プラスチックを燃料とするエコバーナ式灰溶融炉を開発し、2006年に田村広域行政組合に納入した。なお燃料とする廃プラスチックは「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（以下、容器包装リサイクル法と略す）」に基づき収集されたものである。

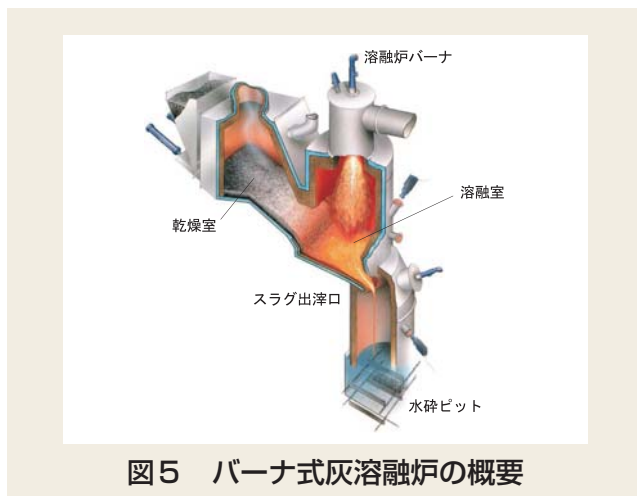


図5 バーナ式灰溶融炉の概要

2.3 熱回収設備 都市ごみ焼却施設では、ごみの燃焼エネルギーを回収するために廃熱ボイラや熱交換器を設置し、発生する蒸気、温水を発電設備や場内プロセス・場外余熱利用設備に供給して、周辺地域に還元する場合もある。

当社は日本におけるボイラ・発電付ごみ焼却施設のパイオニアであると自負しており、前述した旧西淀工場だけでなく、高温高压ボイラやスーパーごみ発電システムもいち早く採用・実用化し、国内1号機を建設している。

また従来は小規模ゆえに安定発電が困難であった小型焼却施設（施設規模100t/日未満）の技術課題解決にも取り組み、施設規模100t/日以上のもので併せ、

現在では国内63施設、326,588kWの実績を有するに至った。

2.3.1 旧西淀工場の概要 日本初の発電付ごみ焼却施設である大阪市環境局旧西淀工場の蒸気条件、タービン仕様を表1に示す。

現在の仕様から考えても非常に画期的であったが、過熱器管の腐食減肉が激しく、2年ごとの交換を余儀なくされた。

表1 旧西淀工場の蒸気条件およびタービン仕様

| 項目     | 仕様                       |
|--------|--------------------------|
| 蒸気条件   | 2.26 MPa、350 °C          |
| 過熱器管材質 | STB410                   |
| タービン   |                          |
| 形式     | 抽気復水タービン                 |
| 定格出力   | 2,450 kW（後日、2,700 kWに改造） |
| 基数     | 2基                       |
| 発電端効率  | 19 %                     |

国内2号機以降、蒸気条件は最高でも2.3 MPa、280°C程度で推移し、蒸気温度300°C超の施設は1995年まで建設されることはなかった。

2.3.2 高効率発電への取り組み 1990年代に資源エネルギー庁が発電端効率30%程度を目指す「高効率廃棄物発電の技術開発」を実施し、さらにごみ焼却施設の余剰電力を購入する方針が打ち出され、売電価格が見直されたため、自治体には発電設備能力を増強する機運が高まった。

当社はライフサイクルコスト（LCC）の観点から高効率廃棄物発電の実現には「高温高压化」が最も有利であると判断し、過熱器管の高温腐食対策に取り組んだ。その結果、蒸気温度400～450°Cに対応可能な焼却施設を開発し、高温高压ボイラを採用した国内1号機を1995年東埼玉資源環境組合に納入した。同施設の蒸気条件、タービン仕様を表2に示す。

なお、当施設は発電端効率20%以上となった国内最初の施設でもある。

表2 東埼玉資源環境組合の蒸気条件およびタービン仕様

| 項目     | 仕様                                      |
|--------|---|
| 蒸気条件   | 3.63 MPa、380 °C                         |
| 過熱器管材質 | 一次 STB410<br>二次 SUS309J2<br>三次 SUS310J1 |
| タービン   |   |
| 形式     | 抽気復水タービン                                |
| 定格出力   | 12,000 kW                               |
| 基数     | 2基                                      |
| 発電端効率  | 20.6 %                                  |

2.4 排ガス処理設備 ごみ焼却施設から排出される大気汚染物質には、ばいじん、塩化水素、硫黄酸化物、窒素酸化物、一酸化炭素、ダイオキシン類（以下、DXNsと略す）のほか、水銀などの重金属がある。

これら有害物質を、法に定める基準値よりさらに厳しい自主基準値の遵守が可能な、安定かつ最適なプロセスと装置開発を行い実用化している。

**2.4.1 湿式排ガス処理設備** 1977年6月の塩化水素排出基準に関する「大気汚染防止法施行規則」改正に先がけ、1971年より当該技術の開発に着手した。本開発は薬剤として苛性ソーダを使用し、排ガス中の塩化水素と硫黄酸化物の除去を目的とするものであった。大阪市旧平野工場および東京都旧大井清掃工場で実証試験を行い、1975年静岡市に1号機を導入した。現在38施設の納入実績を有する（外販含む）。

さらに塩化水素と硫黄酸化物に加え、窒素酸化物と水銀も併せて除去を試み、旧西淀工場で実証試験を行い、1号機を大阪市環境局鶴見工場に納入した。

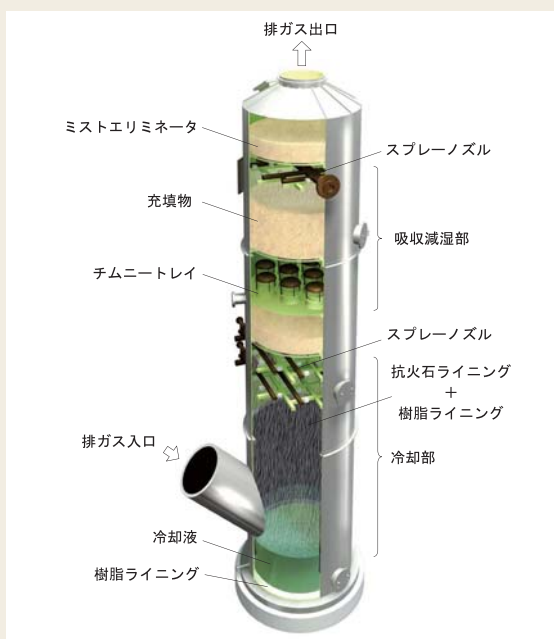


図6 排ガス洗浄塔の概要

**2.4.2 乾式排ガス処理設備** 本設備は元来、排ガス中のばいじん除去を目的として電気集じん器を設置していた。1号機は前述した旧西淀工場に納入しており、1990年代のバグフィルタ（ろ過式集じん器）登場まで当社納入のごみ焼却施設に採用された。

1985年ごろから湿式排ガス処理設備を使用しない脱塩処理方法が開発され、炉内への炭酸カルシウム吹込みや電気集じん器入口への消石灰吹込みによる乾式排ガス処理が始まった。さらに、ばいじん除去のためバグフィルタの採用が始まり、消石灰吹込みとの併用によって湿式排ガス処理とほぼ同等の脱塩性能を有する設備となった。

当社は1988年から城南衛生管理組合で実証試験を開始し、各種設計データ取得の後、1号機を春日井市に納入した。現在123施設の実績を有する。

バグフィルタは、ろ布の耐熱温度により入口排ガス温度を240℃以下とする設計上の制約があった。さらに、その脱塩性能は入口排ガス温度が低いほど高性能を示した。バグフィルタ採用初期のボイラ出口排ガス

温度計画値は300℃程度であったため、バグフィルタ入口排ガス温度を適正化する減温装置の開発が急務となった。そこで1992年より減温塔の開発に着手し、1995年に1号機を熊本市に納入した。

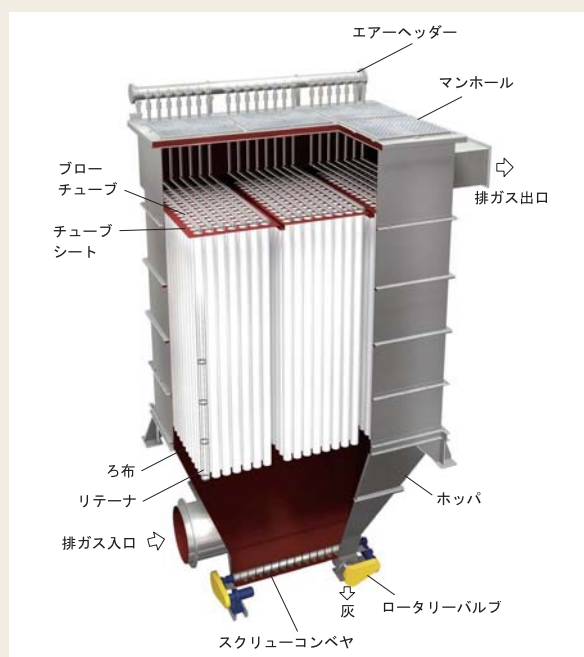


図7 ろ過式集じん器概念図

**2.4.3 脱硝設備** 本設備は排ガス中の窒素酸化物を除去する目的で設置され、無触媒脱硝および触媒脱硝の方式がある。各方式による設備の単独設置もしくは両設備の組合せにより、排ガス排出条件に応じた適切なプロセスを選定することが可能である。

(1) 無触媒脱硝 1978年に東京都大井清掃工場でNH<sub>3</sub>ガスによる実証実験を実施した。1985年には堺市でNH<sub>3</sub>水、尿素水による実証実験を実施し、1987年に東京都大井清掃工場に1号機を納入した。



図8 触媒反応塔の概要

(2) 触媒脱硝 1983年から1986年までの3年間、東京都葛飾清掃工場において東京都とごみ焼却炉メーカー4社による共同実験を実施し、1990年に東京都大田第2工場に1号機を納入し、現在43施設の実績を有する。

(3) 高効率無触媒脱硝 2009年に環境省「循環型社会形成推進交付金」の交付要件として高効率ごみ発電が加えられた。発電端効率向上策の一つとして、脱硝触媒入口に設置する排ガス再加熱器の蒸気使用量削減が挙げられる。<sup>4)</sup> 無触媒脱硝性能の向上により排ガス再加熱器および触媒脱硝装置の設置が不要となる場合も考えられ、従来の脱硝率(35%)を上回る高効率無触媒脱硝技術の実用化が急務となった。

そこで2010年に城南衛生管理組合で実証試験を行い、低空気比燃焼との組合せにより脱硝率65%以上、ボイラ出口窒素酸化物濃度40ppm以下を達成可能な高効率無触媒脱硝技術を確立した。

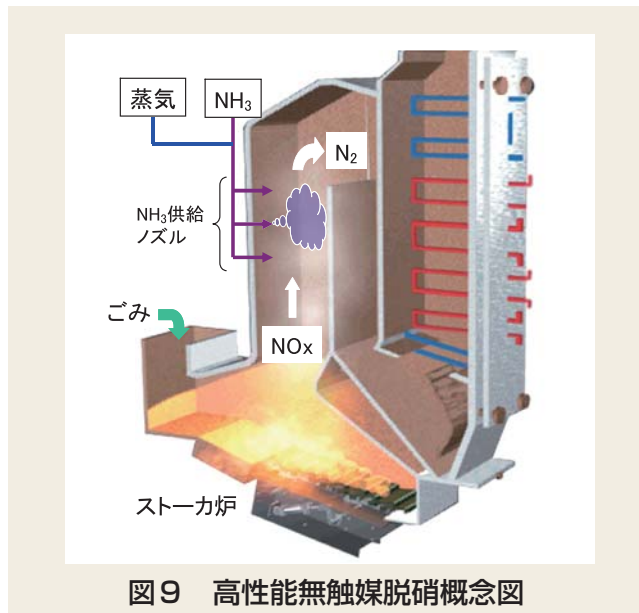


図9 高性能無触媒脱硝概念図

## 2.5 飛灰処理設備

### 2.5.1 重金属類不溶化処理装置

2.2.4で述べたとおり、集じん灰は1992年7月に施行された法改正により「特別管理一般廃棄物」に区分され、安定化処理(溶融、セメント固化、薬剤処理、酸抽出)が義務付けられた。

当社は法改正に先がけ、1982年に1号機を奈良市に納入しており、現在100施設の実績を有する。

なお1990年代前半までは、セメント添加による不溶化処理プロセスが主流であったが、「消石灰噴霧+バグフィルタ」システムの普及に伴い、キレート剤を用いた不溶化処理プロセスが大半を占めるようになった。

### 2.5.2 加熱脱塩素化装置

1977年、集じん灰中にDXNsの存在が認められ、その低減技術の開発が急務となった。<sup>5)</sup>

当社は1992年にDBA社(Deutsche Babcock Anlagen GmbH)と技術提携し、飛灰中DXNs低温熱分解に関するハーゲンマイヤープロセスの実施権を取得し、80kg/h規模の実証試験を行った。取得した設計データ

をもとに1995年、松戸市に1号機を納入し、現在36施設の実績を有する(外販含む)。



図10 加熱脱塩素化装置概要図

## 2.6 自動制御システム

当社は時代の要請に基づき、独自に制御システムの技術開発を行ってきた。

1973年に「ごみ搬入用自動計量装置」、「情報管理システム」を開発し、東京都大井清掃工場に納入して以降、1980年には「自動燃焼制御装置」を、1981年には、「ごみクレーン全自動運転装置」を開発し、ともに東大阪都市清掃組合に納入した。

1986年には制御機器の近代化に伴い、ごみ焼却設備に初めてDCS(分散形制御システム)を適用し、城南衛生管理組合折居清掃工場に納入した。また、ごみ焼却プラントの燃焼制御に対する要求の高度化(ごみの完全燃焼のみならず、有害ガスの低減、火格子などの機器保護、エネルギー有効利用としての安定電力供給など)に伴い、1992年には「ファジィ制御を導入した自動燃焼制御」を開発、導入した。

1994年には「ごみ焼却施設の運転訓練シミュレータ」、2002年には「マルチプラント管理システム(remon システム)」などのITツールも開発し、運用を開始している。remon(remote monitoring system)システムは複数のごみ焼却施設(サイト)から運転データ、点検・維持補修実績などを収集し、中長期データに基づく運転状態の解析、設備に潜在する問題の早期発見によるトラブルの未然防止と効果的な予防保全を目的としており、現在10施設で運用している。

自動燃焼制御の高度化についてはストーカ炉内の燃焼を直接的に、より正確に把握するため、仙台市との共同研究により、2002年に葛岡工場では赤外画像を用いた燃焼計測実験を行った。2006年には改善したシステムを城南衛生管理組合クリーン21長谷山1号炉に設置して長期連続運転を行い、システムの耐久性および燃焼エリアの制御性を確認している。

図11に赤外画像を用いた制御中計測画像を示す。

本システムは今後、低空気比燃焼における自動燃焼制御に適用する予定である。

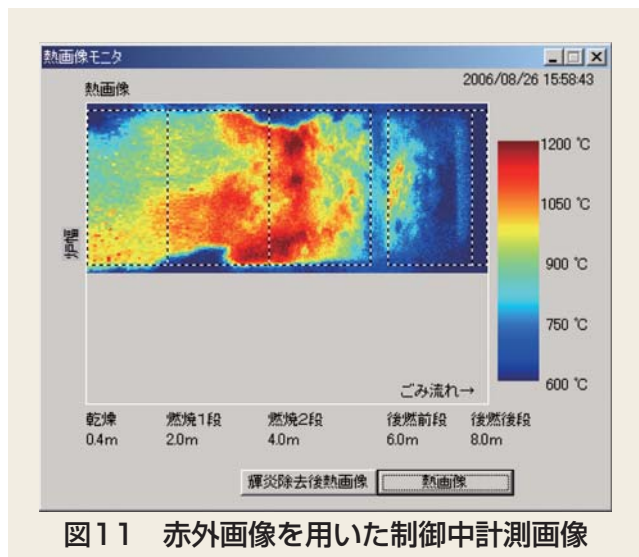


図11 赤外画像を用いた制御中計測画像

**2.7 目指すべき姿** 都市ごみ焼却施設は一般廃棄物を安定的かつ衛生的に処理することが第一義とされてきた。今後はこれらに加え、廃棄物から生じるエネルギーを有効活用する施設としての役割がより強く求められていく。

このような状況に鑑み、当社の都市ごみ焼却施設は安定運転・環境負荷低減の実現だけでなく、エネルギー回収に貢献できる施設となるよう、送電端効率の向上にも注力していきたい。

そのためには、以下に示す2項目の実現が必須である。

- ① 発電端効率の向上
- ② 消費電力の削減

ここで、消費電力削減の達成は省エネプロセスおよび省エネ機器の積極的採用に尽きる。

一方、発電端効率向上の実現には熱回収率の向上、プロセス使用熱量の削減が必要である。

それぞれの取り組み状況について、簡単に紹介する。

**(1) 熱回収率の向上** ボイラ本体における回収率を向上させるためには、ボイラ出口排ガス温度を下げるのが有効である。しかしながら、酸露点温度との兼ね合いがあり下限値が存在するものの、排水無放流の制約条件がなければ可能な限り排ガス温度を下げる。

さらに煙突から排出される排ガスからの熱回収や蒸気復水器から放出される熱の回収にも積極的に取り組んでいく。

**(2) プロセス使用蒸気熱量の削減** この実現には排ガス処理性能の向上、なかでも乾式排ガス処理設備と無触媒脱硝装置の性能向上を図ることが重要である。

従来、塩化水素、硫酸化物をともに10ppm以下とするには、湿式排ガス処理設備の採用以外に選択肢は存在しなかった。

当社では現在、湿式排ガス処理装置と同等の性能を持つ高効率乾式脱塩装置の開発を進めている。本

装置が実用化できれば、装置出口排ガス温度を150～200℃程度とすることが可能となる。施設の設計仕様によっては排ガス再加熱器だけでなく専用の排水処理設備も不要となり省エネ、省資源化にも貢献できる。

無触媒脱硝装置に関しては2.4.3 (3) 項で述べたとおり、低空気比燃焼との組合せによりボイラ出口の窒素酸化物濃度を40ppm以下にできることを確認している。施設の設計仕様によっては排ガス再加熱器および触媒脱硝装置が不要となり、触媒反応に適切な運転温度：180℃以上まで排ガスを加温する必要はない。

高効率乾式脱塩装置ならびに高効率無触媒脱硝装置を採用できれば、発電端効率として3ポイント以上の向上が見込まれる。

都市ごみの持つエネルギーは、発電電力量に換算すると2,110 MW程度（510万世帯の消費電力相当：算出根拠は下記を参照）となる。当社は、このエネルギーを安定的に供給し都市ごみ焼却施設が分散電源の一つとして機能するよう、優れた技術の実用化に向け開発を進めていく。

#### 【注記】

|                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| 発電電力量ならびに消費電力相当の算出方法 |                              |
| 焼却処理量                | 34,520,000 t/年 <sup>6)</sup> |
| 低位発熱量                | 8,800kJ/kg                   |
| 発電端効率                | 20%                          |
| 一世帯あたりの消費電力          | 300kWh/月                     |

$$\begin{aligned} \text{発電電力量} &= \frac{34,520,000 \text{ t/年} \times 8,800 \text{ kJ/kg}}{3.6 \times 10^3 \times 8,000 \text{ h/年}} \times 20\% \\ &= 2,110 \text{ MW} \end{aligned}$$

$$\text{消費電力量} = \frac{2,110 \text{ MW}}{300 \text{ kWh/月}} = 510 \text{ 万世帯}$$

### 3. 産業廃棄物焼却施設

事業活動に伴って発生する廃棄物を産業廃棄物と定義し、その種類は現在20種類に分類されている。1970年に制定された「廃棄物処理法」では、その産業廃棄物の排出者に対する処理責任、処理事業者に対する適正処理計画が責任として義務づけられた。このことで処理施設の引合いが活発となり、当社はこの情勢に対応した部門の強化を行ない、1973年武田薬品工業(株)向けに産廃焼却施設の1号機を完成納入した。<sup>7)</sup>

2000年「循環型社会形成推進基本法」による廃棄物の適正処理、リサイクルが推進されると、処理事業者の動機付けとなって施設の大型化およびエネルギー回収といった要望が高まった。これに合わせ、2002年に大型（199 kg/時）キルン・ストーカ炉の実験設備を開発センター（舞鶴）に設置し、自社技術の確立と客先要望に合わせた実験が行なえる体制を整え、受注活動を展開した。現在までキルン・ストーカ炉を中心とした46施設を納入した。

**3.1 キルン・ストーカ式焼却炉** 多種多様な廃棄物への適応性が広いロータリーキルン炉と一般廃棄物焼却で培ったストーカ炉を組み合わせた焼却炉である。特に、自社技術である中間空気吹込み式キルンは、キルン中央部に風箱と炉内に突出した空気吹込ノズル（長手方向に2列～3列設置）から燃焼空気を段階的に供給することで、燃焼温度の安定化が図れ、長期にわたって安定運転を実現している。2001年に完成した鹿島共同再資源化センター(株)向け焼却施設は、国内初となる一般廃棄物と産業廃棄物の混合焼却による高効率熱回収および安定稼働の実績が評価され、日本産業機械工業会会長賞を受賞した。



図12 中間空気吹込み式キルン

**3.2 高温キルン式焼却炉** 多種多様化する廃棄物をキルン内で高温焼却（1100℃～1300℃）することにより焼却残渣をスラグ化し、減容化と無害化（重金属類のスラグ中への封じ込め、溶出防止）を達成することができ、1998年に2施設納入した。

**3.3 今後の展望** 企業活動のグローバル化に伴い、日系企業の進出先として東南アジアの魅力が高まり工業団地や経済インフラの整備が進んでいる。

一方、急速な経済成長、産業施設の増加に伴い産業廃水、大気汚染、不適切な廃棄物処理とともにエネルギー不足が喫緊の課題となっている。

当社国内で培った産業廃棄物の適正処理および廃棄物発電技術をベトナムを中心とする東南アジアに導入し、環境保全と資源有効利用に貢献するとともに、維持管理およびコスト負担低減も勘案した施設・事業の展開を図っていく。

## 4. 粗大ごみ処理・リサイクル施設

国内経済は1950年代後半から高度経済成長期に突入し、生活が豊かになるにつれ、ごみの量も爆発的に増加し、ごみの質も多様化していった。

1970年には「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）」が制定されたが、ごみ減量やリサイクルの促進についての規定がほとんどないことから、

可燃ごみ以外の雑多なごみを対象とする「粗大ごみ処理施設」の建設が続いた。

1991年の「再生資源利用促進法（改正されて資源有効利用促進法）」の施行以降は3R（リデュース、リユース、リサイクル）の推進に向けて法整備が体系的に進められた。1995年には「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（容器包装リサイクル法）」の公布によりリサイクルの品目が規定され、リサイクルプラザ・センターなどの資源ごみを含めたりリサイクル施設の建設が活発となり、循環型社会の構築に向け大きく舵が切られた。

以下に粗大ごみ処理・リサイクル施設の主要機器および技術について述べる。

**4.1 破碎機** 小型粗大ごみを対象としたデ・ロール式櫛刃式破碎機を高松市にごみ焼却施設の前処理設備として1971年に納入したのが始まりであった。テレビ、洗濯機、冷蔵庫などの耐久消費財が粗大ごみとして加わり、当時は高カロリー、有毒ガス発生などの理由により焼却処分の難しかったプラスチック製品も急速に普及してきており、大型の破碎機が必要となってきた。当社は1972年にイギリスのブリティッシュ・ジェファリー・ダイヤモンド社と現在の破碎機の主流の一つである横型高速回転式破碎機の製造・販売提携し、商品名を「ハサイダー」(図13)と名付け、因島工場生産を開始した。<sup>7)</sup>

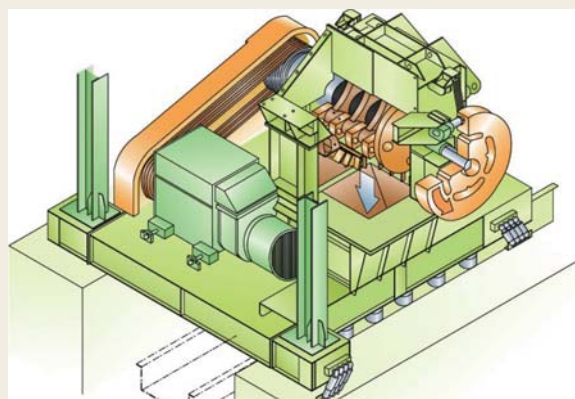


図13 横型高速回転式破碎機(ハサイダー)

1973年の船橋市西浦町事業所向け（100t/5時間）の1号機を皮切りに粗大ごみ処理施設の受注・建設に取り組んだ。ハサイダーは優れた性能と安定性を発揮し、現在も変わることなく高評価を得ている。このほか、自社開発の可燃性粗大ごみ用型型切断機についても生産体制を整え、可燃性・不燃性の区別なく処理が可能となり、受注分野は広範囲に及んだ。

近年に入ると、安全性の向上のため高速回転式破碎機での爆発防止対策が求められ、低速回転式破碎による爆発防止が主流となった。当社においても1992年カナダのシュレッドテック社と技術提携を行い、二軸せん断式破碎機(図14)製品メニューに加えた。<sup>8)</sup>

高速回転式破碎機の形式は横型と縦型があり、それぞれに特長を持つが、あらゆる客先ニーズに応えるため、縦型高速回転式破碎機（図15）を1996年アメリカのテックウッドウイリアムズ社と技術提携し、製品メニューに加えた。また1999年には廃プラスチックを粉碎できる一軸式破碎機を自社開発で製品化した。

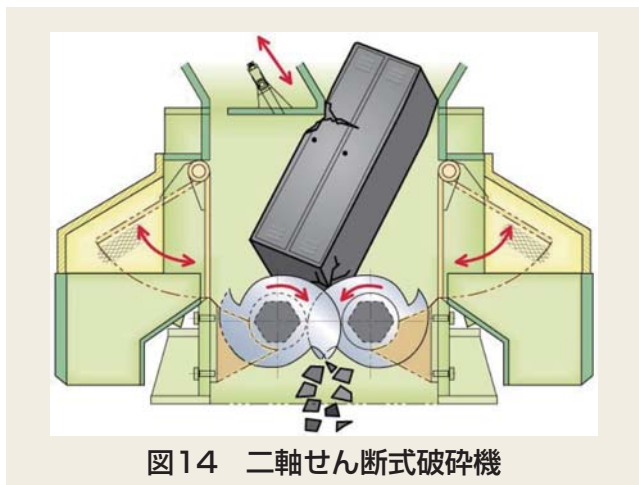


図14 二軸せん断式破碎機

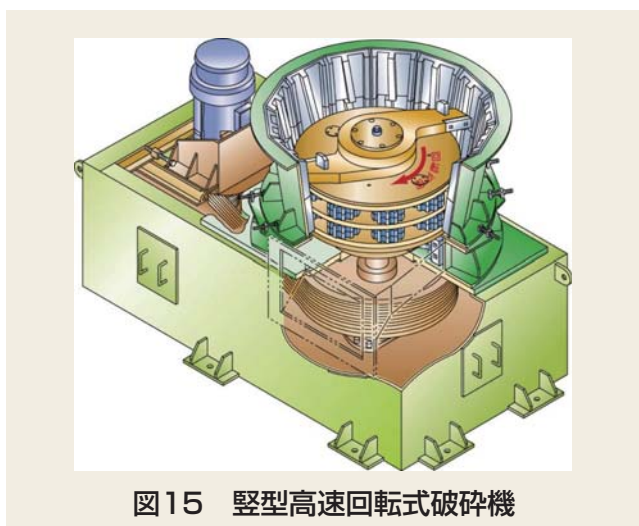


図15 縦型高速回転式破碎機

**4.2 選別装置（マテリアルリサイクル）** 容器包装リサイクル法により新たな資源系ごみ品目が加わったが、びん、ペットボトルなどの選別は当初、手選別に頼るしかなかった。

そうした中、当社は省人化のため自動選別機の開発に取り組み、1998年に「ガラスびん色自動選別装置」<sup>9)</sup>を、2001年には「プラスチックボトル自動選別装置」<sup>10)</sup>を開発・製品化した。1999年には多摩市資源化センター向けにガラスびん自動色選別装置の1号機を、2002年には桜井市グリーンパーク向けにペットボトル自動選別装置の1号機を納入した。

**4.3 ごみ固形燃料化技術（RDF製造技術）** 1993年、全国紙に「可燃ごみを固形燃料に」の大見出しが踊り、同年厚生省が国庫補助対象とすると、ごみ固形燃料化施設建設の動きは「脱焼却・脱埋立」の国内機運の高まりにも支持され、相次いで採用されていった。

当社においても1994年スイスのオルファ社と技術提

携を行い、その技術をベースに日立造船ORFA・RDF製造システム<sup>11) 12)</sup>を開発し、2004年うきは久留米環境施設組合向けRDF製造施設を竣工した。

また、この技術の流れを汲みエコバーナー式灰溶融炉のフラフ製造技術を構築し、2006年田村広域行政組合向けに納入した。<sup>13)</sup>

**4.4 今後の展望** 焼却施設の前処理破碎装置から出発した当社リサイクル技術の取り組みは、粗大ごみ処理施設からマテリアルリサイクル推進施設あるいはごみ固形燃料化施設へと広がりを見せてきた。1996年には東京二十三区清掃一部事務組合向けに日本最大規模（1800t/19時間）の中防不燃ごみ処理センター（第2プラント）を竣工し、2011年には昭島市向け環境コミュニケーションセンター竣工により、リサイクル施設として国内納入101施設を達成した。

地球温暖化ガス排出量削減、省エネ、最終処分場残余年数逼迫から今後ますます選別性能高度化の要求が高まると考えられる。

当社は高速回転式破碎機を自社製品として横型と縦型の二種を保有する数少ないごみ処理プラントメーカーであり、両破碎機の特徴を熟知している。この強みを生かして選別性能の高度化を図り、循環型社会の構築に向けて、高度化するマテリアルリサイクル技術を形あるものとして、安全・安心に、効率よく、環境に配慮した施設を提案していく。

## 5. アフターサービス事業

当社納入のごみ焼却施設は1965年竣工の旧西淀工場から始まり、現在はリサイクル施設を含めアフターサービス事業対象施設は205施設を数える。

アフターサービスの事業形態は、ごみ焼却施設竣工に伴い顧客と契約し、南港本社・東京本社を拠点として全国のごみ焼却施設を網羅する体制を整えている。

事業開始から現在まで、アフターサービス事業に要求される技術は大きく変わってきた。当初の「安全第一」「安定ごみ焼却」を主目的とした整備に加え、現在は「整備内容の品質向上」「メンテナンス期間の短縮」「作業環境の改善」「ライフサイクルコストの低減」などに配慮することが要求されている。

顧客満足度の向上を目的として当社の展開する、アフターサービス事業におけるメンテナンス技術と長期利用／延命化技術の代表例を紹介する。

### 5.1 メンテナンス技術

**5.1.1 品質向上・工期短縮【超高压水耐火材剥離装置】**

ごみ焼却炉用廃熱ボイラでは、定期整備時にボイラ水管壁に施工した耐火材のはつり（解体）作業が必要となる。従来、この作業を主にチップ・ピックなどによる手はつり工法により行なってきた。しかしながら耐火材の強度向上に伴い、はつり（解体）作業に費やす時間が増加するとともに、ボイラ水管を損傷し、その補修にさらに時間を要するという問題が



顕在化してきた。

これらの問題を解決するために超高压水を使用した耐火材剥離工法を確立した。<sup>14)</sup>

超高压水 (210 MPa) と特殊ノズルを開発した結果、高強度の耐火材のはつり (解体) の作業効率が向上し、ボイラ水管の損傷のないボイラ耐火材解体用超高压水耐火材剥離装置を完成した。

図16に超高压水耐火材剥離装置の概観と剥離状況を示す。

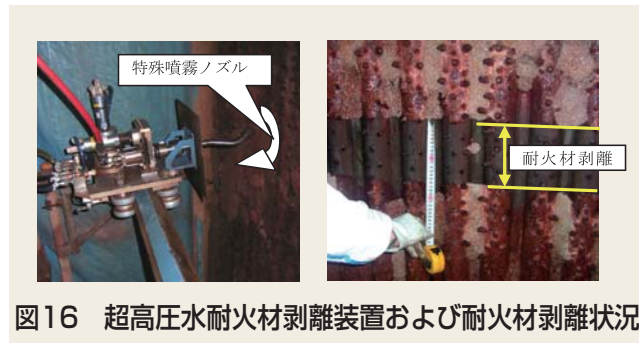


図16 超高压水耐火材剥離装置および耐火材剥離状況

**5.1.2 作業環境改善【湿潤装置】** 本装置は燃焼室内の整備工事および灰出し作業時に発生する粉じんを大幅に低減し、作業環境を改善することができる。

まず水道水を直接湿潤化装置に送り、ろ過器を介して加圧ポンプに供給する。次に高压ホース出口に設置している噴霧ノズルにて微細な霧を発生させる。この霧により整備作業時の浮遊粉じんを吸着、捕捉し沈降させる。この結果作業環境は大きく改善される。噴霧ノズルの使用水量は7.5 l /h(1チップあたり)で済む。

**5.1.3 ライフサイクルコスト低減【加熱脱塩素化処理装置】** 加熱脱塩素化処理装置とは、飛灰中のDXNs低減を目的として設置する装置である。加熱脱塩素化装置の主要機器である加熱器は、廃棄物処理施設から発生する飛灰を還元雰囲気状態で一様に加熱することによってDXNsの脱塩素化を図る。加熱器のケーシングはパドルによる飛灰攪拌により、経年的に摩耗・減肉が進行するため、ケーシング延命化技術として切断・反転工法の確立を図った。<sup>15)</sup>

当社の加熱器の構造は、ケーシング上部においてパドルと接触しないため減肉は生じない。そこでケーシング中央部において摩耗部位を上下反転させることにより、摩耗していない上部を下面として使用する工法を開発した。ケーシングの切断後の溶接作業時に、切断面の品質向上を念頭においてウォータージェット切断工法を採用した。

図17に加熱器の切断作業と反転時の状況を示す。

ケーシング延命化方法については、従来の肉盛補修工法、切断・反転工法の2つの技術をもとに損傷状態に応じて、最適工法を選択している。

新規の加熱器については大幅にLCCを削減できるケーシングのフランジ分割構造を提案している。これにより損傷部分の反転または部分交換が容易となる。



図17 加熱器の切断作業と反転時の状況

**5.1.4 今後のメンテナンス技術の展開** アフターサービス事業においては、最新の非破壊診断技術およびシミュレーション解析手法などを活用して、トラブルの早期解決に取り組んでいる。

今後は画像処理装置およびセンシング技術の積極的な活用を図って、設計精度の向上ならびにトラブルの未然防止を図る。

**5.2 長期利用／延命化技術** これらのほかにアフターサービス事業として、循環型社会の形成に貢献できるごみ焼却工場の長期利用／延命化にも取り組んでいる。この取り組みは、自治体の財政難・新炉建設難・ごみ焼却工場の老朽化などを背景とし、今後ニーズの高まりが予想される。

長期利用／延命化は単なる機能維持ではなく、最新技術を積極的に取り入れ、経済性と環境性を両立させてLCCのミニマム化を目指す整備手法である。

以下に主要設備の推奨項目を紹介する。

なお、( ) 内は設備更新にともなう効果を示す。

①燃焼設備

- ・燃焼室内のクリンカトラブル低減 (LCC低減)
- ・新型火格子採用による耐久性向上 (LCC低減・CO<sub>2</sub>削減)



図18 新型火格子更新状況および新型火格子外観

- ・赤外線画像制御による最適運転 (CO<sub>2</sub>削減)
- ②燃焼ガス冷却設備
  - ・肉盛二重管による水管保護 (LCCの低減)



図19 スートブロウドレンカット対策  
(チューブプロテクター)



図20 フィン付管型エコノマイザ設置状況  
(コンパクト化)

- ・低温エコノマイザ導入による調温塔の廃止 (CO<sub>2</sub>削減)
- ①余熱利用・発電設備 (CO<sub>2</sub>削減)
- ・余熱蒸気の積極的活用 (復水タービンへ変更)
- ・小型蒸気発電装置の設置
- ・水噴射炉への廃熱ボイラおよび発電機設置

近年の長期利用／延命化の実績は、合計4工場が計画通り完工している。また2010年度より「循環型社会形成推進交付金」の交付対象に一般廃棄物処理施設の基幹的設備の改良事業が加えられた。

これにより基幹改良 (長期利用／延命化) の具体的な案件が増加している状況である。

## 6. 長期運営事業

当社はごみ焼却施設やリサイクル施設の設計、建設後の長期間の運転・維持補修・用役管理を地方自治体から一括して請負う長期運営事業を展開している。長期運営事業のスキームには、地方自治体の財政難を背景に民間の資金を活用する手法を取り入れるPFI方式あるいは公設民営方式が採用され、当社が長年培ってきたノウハウを活用し、現在18施設 (内4施設は建設中) を受注し、国内トップクラスの実績を有する。

長期運営では運転管理のほか、維持補修管理、用役

管理などを含めた長期的な施設の包括運営が必要であり、これらの確実な実行と効率化のためには情報管理とノウハウの蓄積、有能な人材の確保・育成が重要となる。

当社ではIT技術を駆使し、これらの課題対応を効率的に行うためのツールとして「総合運営支援システム」の開発を進めている。

また運営現場を効果的に支援するための「遠隔監視・運転支援センター」を設立し、24時間対応による運転支援と維持補修などの技術支援を行っている。

以下に「総合運営支援システム」の概要と「遠隔監視・運転支援センター」の概要を紹介する。

**6.1 「総合運営支援システム」** 総合運営支援システムとは、2001年に業界に先がけて当社が実用化した、ごみ焼却施設を遠隔から監視・管理するシステム (前述：マルチプラント管理システム) に長期運営事業の業務効率化、維持補修の最適化、運転最適化、トラブルの削減など、ごみ処理の確実な実行と信頼性 (安全、安心、安定) 向上を図るための機能を付加した情報活用ツールである。本システムは各種運転 (プロセス、警報・操作記録) データ、維持補修データのほか、ITVカメラ・Webカメラの画像情報などを含めた情報・データの収集と管理、そして活用までを含めたシステムの総称を意味する。システム構成のイメージを図21に示す。

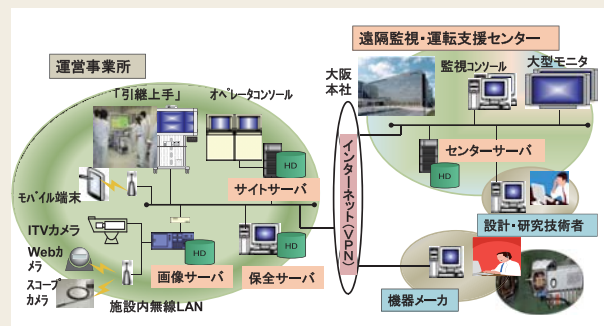


図21 総合運営支援システムイメージ図

本システムの主な機能は以下のとおりである。

### (1) 運転管理業務の支援

24時間遠隔監視によるトラブル発生時などの現場復旧作業支援として、トラブル状況の把握と対策内容の検討・アドバイスなどを行う。また緊急時の対応として連絡業務の代行のほか、DCS (施設運転制御・監視用コンピュータ) の遠隔操作機能により、一時的な施設の運転監視・操作を遠隔から行うことも可能である。

このほか燃焼制御最適化をはじめとする安定運転、用役費低減などの効率的な運転のための制御パラメータ類の最適化についてもタイムリーな遠隔調整が可能なシステムとなっている。

### (2) 保全管理業務の支援

施設を効率的に稼働させるためには、施設の保全管理を適切に行っていく必要がある。本システ

ムでは機器台帳、維持補修履歴データなどの保全情報のデータベース管理により、効果的な保全計画立案、実績フォローが可能なシステムとなっている。

またICT技術を駆使した画像情報の活用（収集、蓄積、リアルタイム配信）と設計技術者や機器メーカー技術者との連携により、従来にはない情報で現場の維持補修業務の効率化とレベル向上を目指すものである。

**6.2 「遠隔監視・運転支援センター」** 当社ではコージェネレーション設備の遠隔監視（発電遠隔監視室：COGENET）やごみ処理施設のマルチプラント管理システムによる遠隔監視（remonセンター）などにも積極的に取り組んできたが、このたび、全社的な遠隔監視のプロフィットセンターとして南港本社内に「遠隔監視・運転支援センター」(図22)を設立した。長期運営事業の信頼性向上、業務効率化を目指した「総合運営支援システム」開発の実行センターとして、24時間体制での現場の運転支援と運転最適化対応、トラブル対応、維持補修に対する技術支援を行っている。

また当センターには各運営事業所運営の運転データや管理情報などが集約されており、設計技術者による現場の技術支援のほか、施設建設計画・設計へのフィードバックデータとしても活用でき、情報センターとしての機能も有している。



図22 遠隔監視・運転支援センター景観

**6.3 今後の展開** 長期運営事業の拡大戦略をベースに長期運営業務の効率化、信頼性向上を目指し、今後もシステム機能のさらなる拡充・高度化に努めていく。情報活用、共有化はナレッジマネジメントの基本であり、ノウハウの蓄積・有効活用、そして情報共有と有能な人材確保・育成とは相応する課題である。

## 7. バイオマス利活用システム

1993年の環境基本法制定により、環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会構築の方向性が示され、当社では1994年に新環境事業部が発足した。

2000年循環型社会形成推進基本法、2002年バイオマス・ニッポン総合戦略、2005年京都議定書発効など時代の要請に沿って、当社で展開中の「低炭素社会」、

「循環型社会」、「自然共生社会」構築へ貢献する新事業分野について紹介する。

**7.1 コンポスト** 従来、焼却処理されてきた生ごみなどを有機資源として有効利用する技術開発用として1992年に大阪府産業技術総合研究所へ高速堆肥化実験機を納入、1994年に生ごみ処理機「偉力」の販売を開始した。2001年には大阪府中央卸売市場にロータリーキルン方式の生ごみ高速減容化施設を建設<sup>16)</sup>し、2010年まで自社施設として運営した。

**7.2 メタン発酵** 1996年に欧州メーカ（スイス・ビューラ社、当時）とバイオガスプラントで技術提携し、事業を開始した。販売戦略は実証機を含めて1号機は4社での共同受注とし、1号の建設、運転技術習得後、各社独自での営業展開を図るものであった。この技術はコンポガス方式と呼ばれる乾式高温発酵方式であり、1998年に京都市伏見区に実証プラントを設置<sup>17)</sup>し、2001年に全都清の技術検証を取得した。2005年には混合収集一般ごみの前処理として機械選別技術を開発し、ごみ焼却とのコンバインド型メタン発酵方式を展開中である。なお、現在本技術のライセンサーはスイスの電力会社アクスポグループ内のアクスポコンポガス社である。



図23 メタン発酵設備

**7.3 パールシステム** 1997年にベルギーのセガース社から污泥乾燥造粒技術を導入し、環境開発センター（舞鶴）に設置したパイロット装置により2003年に下水道污泥乾燥装置として技術認証を取得<sup>3)</sup>し、2007年には国交省ロータスプロジェクトにおいてバイオソリッド燃料化技術として認定された。2007年12月には宮城県から1号機を受注、2009年4月から当社グループ会社により3年間の維持管理運営中であったが、東日本大震災により被災した。なお1号機のバイオソリッド燃料は、近隣の製紙会社において石炭ボイラーの補助燃料として使用されていた。

**7.4 BDF** 2004年に京都市向けに国内最大級の廃食用油からのバイオディーゼル燃料（BDF）製造システム1号機を納入<sup>19)</sup>した。本製造システムの特長は、湿式洗浄法の採用により、独自の走行試験によって策定された京都市暫定品質規格を満足するバイオディーゼル燃料を製造できることにある。



図24 BDF製造設備

**7.5 バイオエタノール** 2003年から水熱法や酵素法によるセルロース系バイオマスの糖化技術の開発を開始し、2009年からは同時糖化発酵法（SSF法）による一般廃棄物からのバイオエタノール生産プロセスの開発<sup>20)</sup>を行っている。一方、2009年には独自に開発<sup>21)</sup>したゼオライト脱水膜エレメントを用いたバイオエタノールの脱水システム（HDS）を北海道バイオエタノール株式会社に納入した。

**7.6 木質系バイオマス** 2002年に岩手県衣川村にウッドチップなどの木質系バイオマスを熱分解ガス化して熱電供給を行う装置を納入した。本件は同時に村の活性化や里山保全にも寄与するとして導入されたものである。2010年には、福岡バイオ水素プロジェクト大牟田プラント建設工事を受注した。これは地域資源である間伐材などを熱分解およびガス化した後、改質・精製を行い、木材から高純度水素を製造するものである。

## 8. 汚染土壌浄化・環境修復事業

1991年土壌の汚染に係る環境基準が設定され、当社は1994年にドイツのノエル社と技術提携、土壌・地下水浄化事業に進出し、1997年にはドイツのデマージ社と間接加熱方式キルンで販売提携して本格的に土壌浄化分野に参入した。また2004年にはドイツのテックトレード社と技術提携し、間接加熱キルン<sup>22)</sup>を使用した還元加熱脱塩素方式で大阪府内の土壌浄化事業を実施した。今後は、農地や生態系に広がる汚染物質の浄化や有用資源回収といった農業環境保全技術への展開も目指していく。



図25 間接加熱キルン

## 9. おわりに

現在、わが国は、発生する都市ごみを全量焼却可能な施設を有しており、また都市ごみの発生量は減少傾向にあることから、施設の更新需要はあるものの新施設建設の大幅な拡大は望めない状況にある。一方、新興国では経済成長に伴い急増する廃棄物の処理や電力不足が課題になってきている。

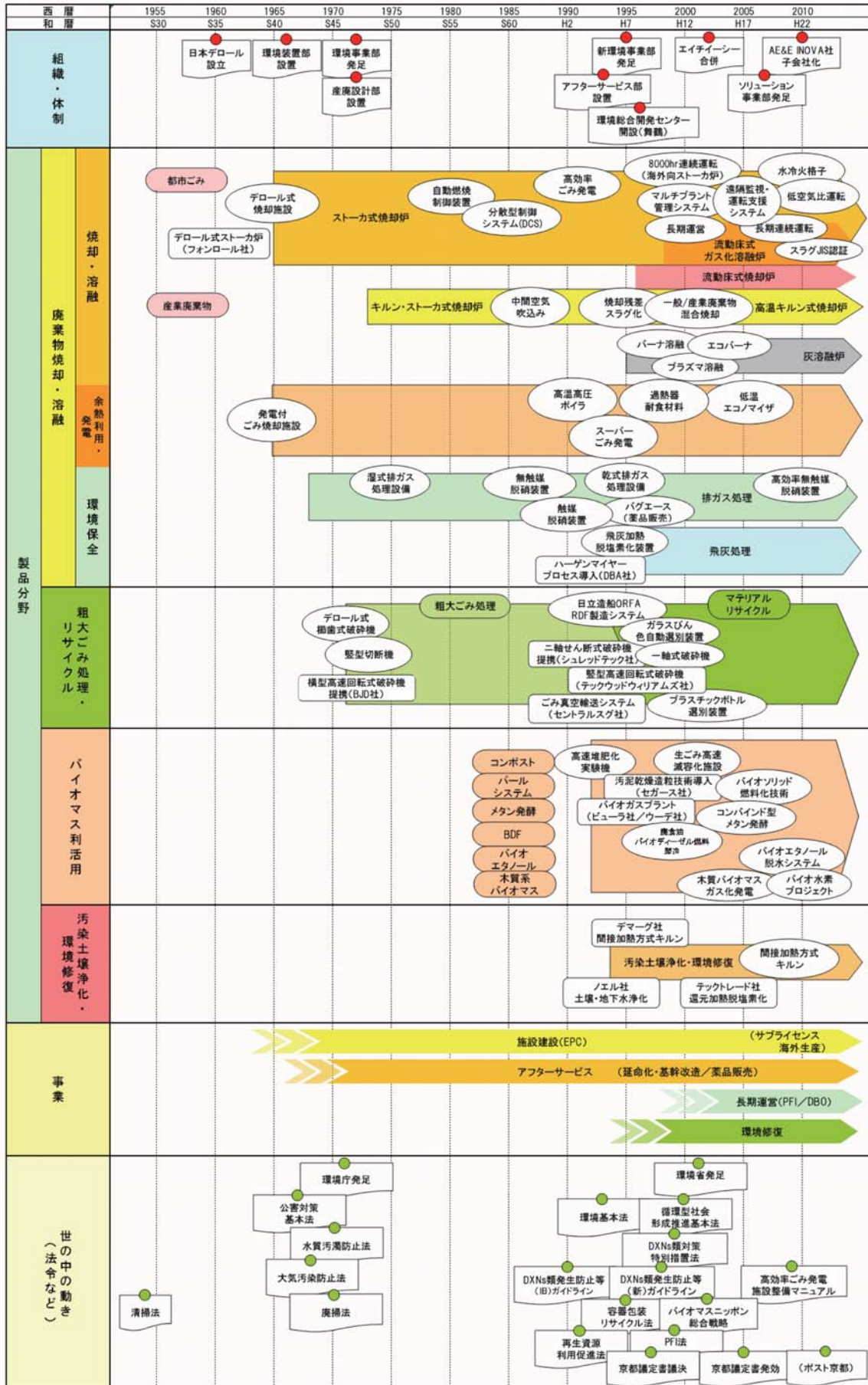
今後、当社は国内においては環境事業に係るトップ企業として、廃棄物からの資源やエネルギー回収技術および環境保全技術の高度化、地域に適合した廃棄物処理施設の建設、ならびに顧客との信頼関係に基づくアフターサービス、施設延命化や長期運営の拡大などに努めていく。また新興国に対しては廃棄物の安定処理や衛生処理に加え、資源やエネルギー回収の視点から施設の提供、ならびに国内で培った技術移転を行い、衛生的で文化的な生活環境の実現や循環型社会の形成に貢献したい。

グローバル化が進展する中で、環境事業の伸長に向けては、国内のみでなく世界を視野に入れた戦略が必要となることは言うまでもない。当社はグローバル展開に向け、2章で述べた当社環境事業の事始めとなった技術提携先であるVonRoll社（現Hitachi Zosen Inova AG）を2010年12月に完全子会社化し、さらに2011年5月には米国AE&E Inc社（現Hitachi Zosen Inova USA社）を傘下に収めた。これまで当社は中国、韓国、台湾などアジアを中心に海外事業展開に注力してきたが、Hitzグループとしてアジア、欧州、米国における環境事業の世界戦略を描けることとなった。変化の激しい時代ではあるが、これからの10年、30年を見据え、Hitzグループ環境事業の成長・発展シナリオを描き、先人たちが築いてきた環境事業の一層の成長、発展に取り組んでいきたい。

最後になりましたが、Hitzグループは人類の持続可能な発展を目指し、低炭素化社会、循環型社会形成や自然共生社会の実現に資する技術、製品を開発し、豊かな未来に貢献してまいります。今後とも、よろしくご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

# 環境事業年表

凡例  
 ○ トピックス  
 □ 製品・技術  
 ▭ 技術提携



## 参考文献

- (1) 高岡洋一ほか：未来への礎, 大阪市環境事業局西淀工場
- (2) (社) 廃棄物研究財団：次世代ごみ処理施設の開発研究報告書, 1997
- (3) 環境省編：循環型社会白書（平成13年度版）
- (4) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：高効率ごみ発電施設整備マニュアル, 2009
- (5) K.Olie, Vermeulen and O. Huntzinger : Chloro dibenzo-p-dioxins and Chlorodibenzofurans are Trace Components of Fly Ash and Flue Gas of Some Municipal Incinerators in the Netherlands, *Chemosphere*, 1997, 6 (8), 455
- (6) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成21年度）について
- (7) 日立造船株式会社：日立造船百年史, 日立造船株式会社, 1985
- (8) 日立造船株式会社：二軸せん断式破碎機, 日立造船技報, 1993, 54 (3), 71-72.
- (9) 高橋登ほか：ガラスびん色自動選別装置, 日立造船技報, 1998, 59 (1), 41-45.
- (10) 塚原正徳ほか：プラスチックボトル選別装置の開発, 日立造船技報, 2001, 62 (2), 48-51.
- (11) 石田美智男ほか：廃棄物のリサイクル技術－ORFA・RDF製造システム－, 日立造船技報, 1996, 57 (2), 44-48.
- (12) 東條千明ほか：ごみ固形化燃料（RDF）製造技術, 日立造船技報, 1998, 59 (1), 46-50.
- (13) 下谷英雄ほか：田村広域行政組合向けエコバーナー式灰溶融炉－田村西部環境センター, 日立造船技報, 2007, 67 (1), 46-49.
- (14) 岩崎真ほか：超高压水剥離工法によるボイラ水管耐火材解体ロボットの開発, *Hitz技報*, 2006, 67 (1), 38-41
- (15) 若林健一ほか：加熱脱塩素化処理装置の延命化技術の確立, *Hitz技報*, 2010, 71 (1), 20-25
- (16) 秋田実ほか：バイオガスシステム（コンポガスシステム）の開発, 日立造船技報, 2002, 63 (1), 20-25
- (17) 北野徳之ほか：生ごみ減容化物のリサイクルについて, 日立造船技報, 2005, 66 (1), 14-17
- (18) 村井健二, 池本昇：下水汚泥のバイオソリッド燃料化, 日立造船技報, 2005, 66 (1), 10-13
- (19) 久森弘至ほか：廃食用油からのバイオディーゼル燃料製造システム, 日立造船技報, 2005, 66 (1), 6-9
- (20) 世良豊ほか：セルロース系バイオマスの糖化技術の開発, *Hitz技報*, 2008, 68 (2), 40-45
- (21) 高木義信ほか：エタノール無水化技術の開発, *Hitz技報*, 2008, 68 (2), 34-39
- (22) 上田浩三ほか：間接加熱法によるダイオキシン類汚染土壌の浄化に関する研究, 日立造船技報, 2003, 64 (1), 22-25

## 【文責者連絡先】

Hitz日立造船(株) エンジニアリング本部  
環境EPCビジネスユニット  
三野禎男  
Tel : 06-6569-0160 Fax : 06-6569-0168  
e-mail : mino@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation  
Engineering Headquarters  
Environmental EPC Business Unit  
Sadao Mino  
Tel : +81-6-6569-0160 Fax : +81-6-6569-0168  
e-mail : mino@hitachizosen.co.jp



三野 禎 男



増 水 豊



竹 田 昌 弘



近 藤 守



小 林 利 治



山 崎 裕 義