

都市環境フォーラム 欧州廃棄物処理施設調査報告

The Report of Waste Treatment Plant in Europe
by “Forum for Energy & Environment”



藤田 淳*
Jun Fujita

2014年11月に、NPO 法人都市環境フォーラム主催の欧州廃棄物処理施設調査団に参加したので、その報告を行う。視察した都市は、フランクフルト（ドイツ）、アムステルダム（オランダ）、ブリュッセル（ベルギー）とパリ（フランス）であり、4つの廃棄物処理施設の視察とベルギー大手の廃棄物処理事業団体との意見交換を行った。欧州ではごみは廃棄物ではなく、エネルギー資源として位置づけられており、積極的に電気および熱としてエネルギー回収されている。

I participated in a study group of European waste treatment plant supported by NPO corporation Forum for Energy & Environment in November, 2014. The group visited four waste treatment plants in Frankfurt (Germany), Amsterdam (Netherlands), Brussels (Belgium) and Paris (French), and exchanged views with a major waste treatment enterpriser in Brussels. In Europe waste is regarded as an energy resource. The energy is recovered as electricity and heat.

Key Words :

都 市 ご み
廃 棄 物 処 理 施 設
欧 州 市 場
高 効 率 発 電

Municipal solid waste (MSW)
Waste treatment plant
Europe market
High efficiency power generation

ま え が き

2014年11月に、NPO 法人都市環境フォーラム主催の欧州廃棄物処理施設調査団に参加した。参加メンバーは、主に廃棄物処理業界および水処理業界の技術者であり、廃棄物処理施設の視察による市場調査と交流を目的としている。視察した都市は、フランクフルト（ドイツ）、アムステルダム（オランダ）、ブリュッセル（ベルギー）とパリ（フランス）であり、4つの廃棄物処理施設の視察とベルギー大手の廃棄物処理事業団体との意見交換を行ったので報告する。

1. 訪 問 日 :

2014年11月8日（土）—11月16日（日）

2. 訪問場所 :

- ・ドイツフランクフルト
Müllheizkraftwerk Frankfurt 焼却場
- ・オランダ SITA ReEnergy Roosendaal B.V. 焼却場
- ・ベルギーアントワープ The SLECO 焼却場
- ・ベルギーブリュッセル FEBEM 廃棄物処理事業団体
- ・フランスパリ ZI de Villers-Saint-Paul 焼却場

【ドイツフランクフルト Müllheizkraftwerk Frankfurt 焼却場】

1) 施設概要

- ① 処理能力：1 500 t/d（350 t/24 h × 4 炉）
- ② 方 式：全連ストーカ（レンチェス社）
- ③ 事 業 者：Mainova（フランクフルトでガス供

給，水道供給，熱供給，廃棄物処理
をしている民間企業)

- ④ 蒸気条件：6 MPa, 500℃, 62.7 t/h/炉，常時3
炉運転により合計190 t/hの蒸気を
発生。
- ⑤ 発電出力：定格26 MW, 47 MW（2基目は増設）
- ⑥ 処理フロー（図1）：ストーカ→ボイラ→減温塔
→バグフィルタ→誘引送風機→煙突

2) 施設調査内容

- ① フランクフルト市で最大の廃棄物処理施設である。1965年から稼動を開始し2009年に更新，増設
を行い現状の規模となっている。
- ② 排ガス処理は乾式で非常にシンプルである。ダイ
オキシン類の発生抑制のための燃焼管理は日本
と同様で850℃×滞留時間2秒とのこと。
- ③ 職員は106名であり，ごみ焼却場というより大
規模な工場というイメージ。一班15名で当時は3
炉運転であり中央制御室は5名対応。
- ④ フランクフルトでの一人当たりの生活ごみ発生
量は700 g/人・日で日本（628 g/人）と同程度。
- ⑤ プラットホームではごみ投入扉がなく，幅10 m
×高さ4 m程の開口が8箇所あり，ごみを投入
している。燃焼空気の吸引によりごみピット側を
負圧としており，それほど臭気は気にならない。

- ⑥ ボイラのスーパーヒータの減肉は0.1 mm/6 w =
0.8 mm/年程度でありこれまで，部分交換や，溶
射補修により対応し，全交換は実施していない。
- ⑦ 主灰は路盤材などでリサイクル，飛灰は塩鉱跡
に埋立てている。

3) 視察所感

フランクフルトでは，ごみ処理は自治体でなく民
間企業が事業として実施している。収集事業も民営
化され，合理化が進んでいる。また，ごみはエネル
ギとして位置付けられており，そこから最大限電力
や熱として回収する施設としている。日本での現在
の高効率発電は4 MPa × 400℃の蒸気条件が主流で
あるが，これよりはるかに高い条件にて発電を行っ
ている。

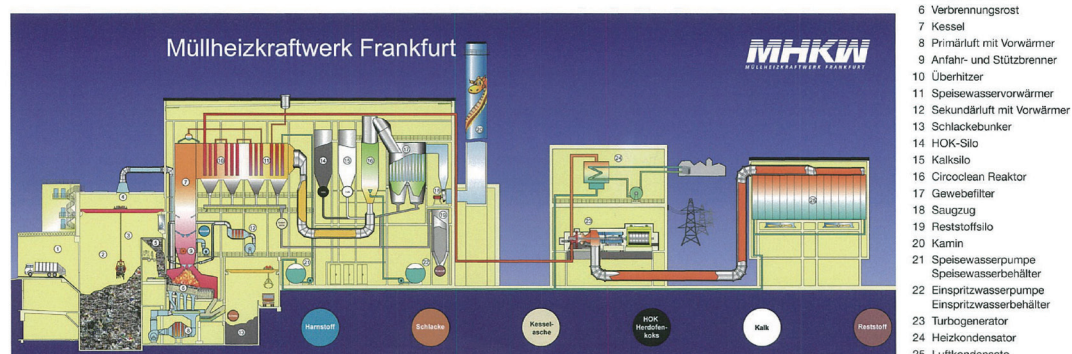
【オランダ SITA ReEnergy Roosendaal B.V.焼却場】

1) 施設概要

- ① 処 理 能 力：912 t/d（456 t/24 h × 2 炉）
- ② 方 式：全連ストーカ（フォンロール社）
- ③ 事 業 者：SITA-Re-energy 社
- ④ 蒸 気 条 件：6.5 MPa, 422℃, 75.6 t/h/炉
- ⑤ 発 電 出 力：定格32 MW
- ⑥ 処理フロー：ストーカ→ボイラ→電気集じん機
→バグフィルタ→触媒反応塔→誘
引送風機→煙突



Herzlich willkommen zur Führung durch das Müllheizkraftwerk Frankfurt



www.mainova.de

図1 フローシート（パンフレットより）

2) 施設調査内容

- ① 運転人員は61名。当時は2炉運転で中央制御室は5名対応。
- ② プラットホームにはごみ投入扉がなく、10 t～20 tほどの大型車での搬入がメインである（写真1）。
- ③ 設計ごみ質は11 700 kJ/kgであり発電効率26.1 %。
- ④ 煙突入口排ガスでボイラ給水を加熱することで、1 MW 分の発電量増加効果があるとのこと。その際、排ガスは170→130℃まで減温される。
- ⑤ 年間8 000 h（=333 d/年）を効率よく運転するための工夫として次のボイラ灰落としシステムについて強調していた。

- ・ウェットクリーニング：ボイラ1パス上部からホースを垂らし、水を炉壁に噴霧することで灰やクリンカを剥離しやすくする。数回／週実施している。
- ・explosion pulse 装置：水平煙道入口に2箇所設置した起爆装置で窒素、メタン、酸素を装置内で爆発させ、その際発生する衝撃波で炉内の灰を落とす。2回／日実施している。3千万円／基と高額であるが、継続的にボイラへの収熱維持を図るために必要な設備と位置付けており、当日もスイスの装置メーカー担当者が説明のためにわざわざ来場して説明対応をおこなっていた。
- ・ラッピング装置は、レール移動式の槌打ち装置。

3) 視察所感

民間企業が運営をしていることもあり、いかに発電効率を維持した状態で連続運転を継続するかということに注力している。搬入車両も大型であり、合理化が進んでいる印象。

【ベルギーアントワープ The SLECO 焼却場】

1) 施設概要

- ① 処理能力：1 800 t/d（600 t/24 h × 3 炉）
- ② 方式：全連流動床（炉は荏原環境プラントの技術提携）
- ③ 事業者：SLECO 社
- ④ 発電出力：定格34 MW
- ⑤ 処理フロー：流動床炉（尿素噴霧）→ボイラ→電気集じん機→減温塔→バグフィルター→湿式洗煙→誘引送風機→煙突

2) 施設調査内容

- ① 運転班は5名／班×3交代（運転1名、電力監視1名、クレーン1名、現場2名）であり、当時は3炉運転ながら中央制御室は1名で監視を行っていた。



写真1 プラットホームの大型車両

- ② 稼働率は92 %（8 000 h 以上）と非常に高い。
- ③ 本施設では、産業廃棄物と汚泥を混焼している。汚泥の混焼割合は30 %（設計は50 %）と高く、ヨーロッパでもっとも成功した流動床と言われているとのこと。助燃は立上時のみ使用している。
- ④ 砂層温度は850℃で管理しており、900℃を超えると砂がガラス化してくるため注意しているとのこと。
- ⑤ ベルギーでは、ストーカ方式より、流動床方式の方が雑多なごみに対応可能という点で評価が高い。また日本と同様に国土面積が小さく、最終処分場の確保の問題があり、ガス化熔融技術についての興味を持たれていた。

3) 視察所感

汚泥混焼率が高いからか砂層温度は850℃と高めで維持している。クレーン操作員はごみの発熱量演算値の推移を確認しながら、ごみを丹念に攪拌し投入しており、日本と同様に投入ごみの変動を小さくすることに細心の注意を払っていた。汚泥投入量は、自動制御であり、砂層温度により増減しているものと考えられる。3炉運転でありながら中央制御室は1名で運転しており、機械的なトラブルがほとんどないと想定された。

【ベルギーブリュッセル FEBEM 廃棄物処理事業団体との意見交換会】

1) 団体概要

ベルギーのごみの収集、運搬、リサイクル、廃棄物処理、バイオマスからのエネルギー利用、土壌浄化などを事業とする民間企業170社が加盟している団体である。本業界の構成員で、ベルギーで発生する家庭ごみの50 %、産業廃棄物の90 %以上を収集・処理している。

2) 視察内容

FEBEM から団体の紹介とベルギーのごみ処理の現状について説明と FEBEM 加盟企業 3 社のプレゼンテーションを受けた後、日本のごみ処理状況を紹介し、ディスカッションを行った。写真 2 にディスカッションの様子を示す。

(1) ベルギーにおける廃棄物処理の現状 (FEBEM 社より)

- ・ベルギーでは、焼却炉の建設は減少しており、リサイクル事業に多くの予算が当てられる。家庭ごみの 30 % は焼却、70 % がリサイクルされている。また、産業廃棄物では 15 % が焼却、80 % がリサイクル、5 % が埋立てされている。
- ・1 年間の廃棄物発生量は 62.5 百万トンであり (2010 年実績)、そのうち 90 % が産業廃棄物である。
- ・国内には焼却場が約 20 箇所しかなく、広域化が進んでいる。また、全ての施設で発電を実施している。

(2) REMONDDIS 社

- ・廃棄物、水処理関係では世界で 5 位の企業であり、500 の廃棄物処理施設で年間 3 000 万トンの処理を行っている。日本での実績はまだない。

(3) Recovel 社

- ・主に製鉄所から排出されるスラグなどのリサイクルメーカであり、廃棄物ゼロとする処理方法の開発を目指している。例えば、処理しにくい廃棄物であるスチールミルの工程で発生するスラグを炭化処理によりリサイクルを可能とし、再生材は主に路盤材として再利用されている。

(4) REPROCOVER 社

- ・ファイバークラス系の廃プラスチックをリサイクルできる世界で唯一の企業である。船体や、飛行機の翼、風車の羽根に使われるファイバークラス

や、その他、リサイクルが困難なプラスチックのリサイクルを行っている。船については 300 000 隻、風車の羽は 1 000 機分が処理待ちの状態とのこと。処理方法としては、粉碎、乾燥、混合成形し、マンホールカバー等の二次製品を製造している。また、線路の枕木にも利用されている。

3) 視察所感

ベルギーの面積は九州より小さく、天然資源がほとんどないこともあり、廃棄物に対してもマテリアルリサイクルを徹底している。リサイクルできない廃棄物についてのみ、焼却し、電気あるいは熱としてエネルギー回収を行っている。ごみ処理施設は集約化され、効率的にエネルギーを回収できていることがわかる。

【フランスパリ ZI de Villers-Saint-Paul 焼却場／リサイクル】

1) 施設概要

(焼却施設)

- ① 処理能力：520 t/d (260 t/24 h × 2 炉)
- ② 方式：全連ストーカ
- ③ 竣工：2004 年
- ④ 事業者：SMVO 社
- ⑤ 蒸気条件：4.5 MPa, 400 °C, 32 t/h × 2 缶
- ⑥ 発電出力：定格 14 MW
- ⑦ 処理フロー：ストーカ炉→ボイラ (尿素噴霧)→電気集じん機→バグフィルタ→誘引送風機→煙突

(リサイクル施設=選別梱包施設)

- ① 処理能力：120 t/14 h
- ② 方式：トロンメル選別+風力選別+光学式自動選別+手選別
- ③ 竣工：2004 年
- ④ 事業者：SMVO 社
- ⑤ 処理対象：不燃ごみ (ビン、ビニル・プラスチック類、包装紙、新聞紙など)
- ⑥ 排出物：鉄、アルミ、紙 (数種類)、ポリエチレン、ポリスチレン、ラップ、PET など 12 品目

2) 施設調査内容

- ① 自治体発注の DBO 案件を SMVO 社が受注し運営している。収集域人口は約 49 万人であり、可燃ごみ量は当初 350 kg/人/年 (= 170 000 t/年) と想定していたが、実際は減量が進み 255 kg/人/年 (= 125 000 t/年) となっている。そのため、稼働率が低くなっており、ごみの収集範囲を広くするよう周辺自治体と検討中とのこと。



写真 2 ディスカッションの様子



写真3 アームロール車への積み替え状況



写真4 全体写真

- ② 施設建設時の地元協定として、収集車両を極力増やさないう一部を鉄道輸送としている。なお、鉄道輸送は車両収集に比較し2～3倍のコストがかかるとのこと。列車にて搬入されたコンテナは、貨車車両を連結したまま斜め方向に回転し、アームロール車にて引出しごみピットに投入している。写真3にアームロール車への積み替え状況を示す。
- ③ 主灰についても、天蓋付きコンテナに入れ鉄道にて輸送し、道路業者に引渡している。主灰はエイジングし（屋外で寝かして酸化する）路盤材に利用している。飛灰発生量はごみに対し約2.5 %であり、埋立処理している。
- ④ 熱利用として、蒸気タービンの抽気蒸気で場外の工業団地に熱供給を行っている。
- ⑤ 排ガス処理は尿素噴霧、活性炭、重曹による乾式方式を採用している。欧州では重曹を採用している施設が多くあるように感じた。
- ⑥ リサイクル施設は、トロンメル、風力選別、プラスチック光選別、手選別から構成される。場内には、機械運転員数名と、最終の手選別ラインには30名ほどが作業に従事していた。
- ⑦ プラスチックは、ポリエチレン、ポリスチレン、ラップなど詳細に分けて、リサイクルを徹底している。

3) 視察所感

フランスでも、焼却する前に徹底してリサイクルしていることがうかがえた。ごみは紙・プラスチックを含め混合された状態で排出されたものから、人海戦術により12種類にも分別しリサイクルを行って

いる。マテリアルリサイクルの観点から多くの税金をリサイクル事業に当てているものと思われた。ごみの鉄道輸送は、レールなどのインフラ整備や車両からの積み替え作業・場所が必要なことからコストアップになるため、収集範囲・量などに課題があると考えられる。

むすび

ごみ処理に関しては先進といえるヨーロッパ4カ国の施設を訪問した。いずれの国においても、まずはリサイクルを優先としており、どうしても処理できない残ったごみを焼却し徹底してエネルギー回収するという考えが主流である。また、処理規模についても広域化が進んでおり、効率的にエネルギー回収を行っている。

また、ごみ処理フローについては、炉—ボイラー—尿素噴霧—(減温塔)—電気集じん機—バグフィルタ(重曹)—(湿式洗煙塔)—誘引送風機—煙突の施設が多く、乾式を取り入れているプラントも多くあった。炉形式としては、ストーカが多いが、ベルギーについては雑多なごみを処理できる点から流動床の方が優れているとの評価もあった。また、いずれの施設においてもクレーンでの攪拌・混合が非常に重要との意見であり、これは万国共通であると感じた。

今回の調査団では、欧州廃棄物処理施設の現状を肌で感じる事が出来たことはもとより、視察や団体行動を通じて業界の技術者と交流を深めることができ、非常に有益な調査となった。今後も関係を継続し意見交換やプラントの視察など技術交流を深められるよう努めていきたい。(写真4全体写真)

*環境プラント事業部 操業技術部 第一技術室