

海外廃棄物発電の市場環境と 当社の EPC 参入における取り組み

Overseas Waste to Energy Market Circumstances and Our Efforts to Enter the Related EPC Field

萩谷 宗高、川嶋 健太郎

Munetaka Hagiya, Kentaro Kawashima

日揮グローバル株式会社 インフラストラクチャー プロジェクトカンパニー
社会・産業プロジェクト部

Social & Industrial Project Department, Infrastructure Project Company
JGC Corporation

要旨

経済レベルの向上とともに廃棄物の発生量は増えるため、東南アジアなどの多くの国で廃棄物発電の導入機運が高まる傾向にある。廃棄物発電ではごみを衛生的に減容化処理できるとともに、例えば、ごみ低位発熱量が 8 MJ/kg の場合、ごみ 1 トンから 550 kWh 程度の電力を作ることができる。1,000 ton/日の施設では 550 MWh/日(=23 MW)の発電が可能であり、これは日本の約 6 万世帯分の電力に当たる。当社は、社会的意義の高い廃棄物発電プラントの受注、建設を進め、世界各国における廃棄物管理状況・衛生環境の改善、再生可能エネルギーの普及に貢献していく。

Abstract:

As the amount of waste being produced increases with the improvement of living standards, the introduction of WtE (Waste to Energy) plants is tending to increase in many countries in areas such as Southeast Asia. WtE plants can reduce the volume of waste material while improving the level of sanitation. In addition, assuming that the Lower Heating Value of the waste is 8 MJ/kg, it is possible to generate electric power of 550 kWh/ ton-waste. Generation of 550 MWh/day(=23 MW) is possible at 1,000 ton/day WtE plants. We will provide a more sanitary environment and waste management conditions and contribute to the expansion of renewable energy around the world by proceeding with the construction of WtE Plants.

1. はじめに

1950 年代以降、欧州やわが国では廃棄物を燃焼することで衛生的に減容するとともに、エネルギーに変換する廃棄物発電の導入が進められてきた。現在、世界には約 2,500 のごみ焼

却施設があり、そのうちの約半分の約 1,100 がわが国に存在する。わが国では、減容化を主目的に、自治体ごとに小規模な施設を有すること多いため、発電しているのはこのうちの 360 施設である。一方、海外は大規模処理が主体であることから、海外の約 1,400 施設のほとんどで発電や熱供給を行なっている。

廃棄物発電の導入には、多額の建設費用と運営費用を伴うことから、それを支払うことができる一定の経済レベルが必要である。一方で、多くの発展途上国では Fig. 1、Fig. 2 のように、廃棄物の衛生的な処理はなされず、埋立処分用地の確保も困難になりつつある。衛生環境の改善と廃棄物発電の導入の機運が、経済レベルの高い都市部を中心に高まっている。

一方、当社では海外のインフラ EPC プロジェクトへの取り組みを加速させており、環境改善に資する廃棄物発電も海外インフラ EPC の注力分野のひとつとして、案件開拓と受注活動を進めている。本稿では、海外廃棄物発電の市場環境と当社の取り組みについて報告する。



Fig. 1 Waste disposal site in Southeast Asia.



Fig. 2 Waste disposal sited in Island nations.

2. 廃棄物発電とは

2.1 廃棄物発電プラントの仕組みと構成

廃棄物発電プラントは多くの機器や設備で構成されており、公共インフラの中では、当社にとって身近な存在である。廃棄物発電では、家庭や事業活動から排出される廃棄物を燃焼させることで、病原菌や臭気などを無害化するとともに、有機物や水分を気化し灰分だけにすることで減容化し、燃焼により発生した廃熱を蒸気として熱回収する技術である。この蒸気はそのまま近隣の施設へ熱として供給したり、蒸気タービン発電機で発電することで有効利用される。一方、排ガスは HCl、SO_x、NO_x、ばいじん、CO、ダイオキシン類、重金属類などの基準値が国や地域ごとに指定されており、その基準値以下になるように、薬剤や活性炭の吹込み、バグフィルタ、触媒などを使って清浄なガスとして排出される。一般には、欧州指令(EU Directive)やアメリカ合衆国環境保護庁(USEPA)の基準値が広く適用されている。

2.2 ごみの燃料価値

燃焼して熱を回収するという観点では、石炭火力発電やバイオマス燃焼発電と同じであるが、廃棄物には水分や灰分が多く含まれている。水分や発熱量は廃棄物が発生する都市や地域の生活経済レベルに依存して異なる。廃棄物は水分を多く含むため含水率は 40%~70%であり、燃料価値は比較的低いが、Fig. 3 のように低位発熱量が 8 MJ/kg の都市ごみ 5 トンは石油 1 トン分の発熱量とほぼ同等になる。この 8 MJ/kg の都市ごみは、マレーシア クアラルンプールなどの東南アジアの主要都市から発生するごみ質に該当する。なお、マレーシアの隣のシンガポールのごみ質は 10 MJ/kg 程度、日本は 9.5 MJ/kg 程度²⁾に上昇する。

ごみの性状や発熱量を適切に把握するには、計画段階でのごみのサンプリング分析が重要であり、これが適切に実施されていれば、廃棄物発電施設はごみ質に応じた設計ができるため、性能面で問題になることはまずない。

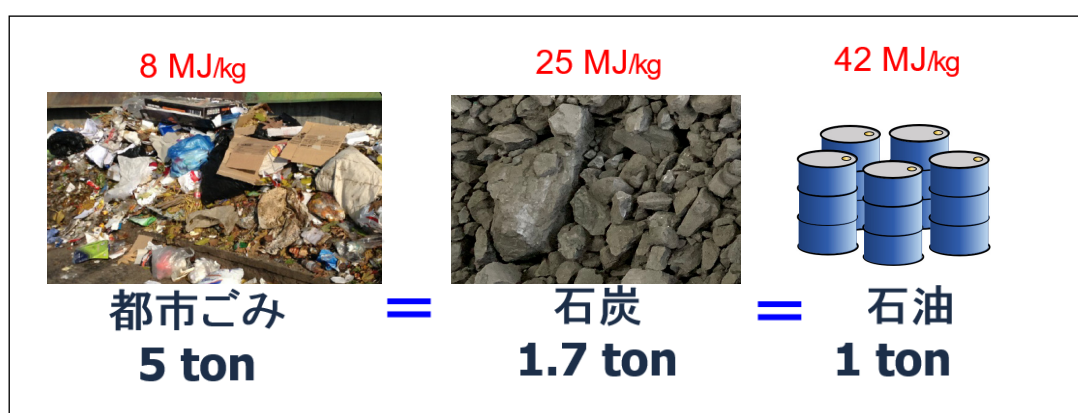


Fig. 3 Fuel Value of Waste.

2.3 発電能力

ごみには S や Cl などの腐食成分を多く含むことから、高温領域での腐食を防止するためにボイラ蒸気条件を高温高圧化することができず、発生させる蒸気は 4 MPa、400°C 程度が一般的である。そのため、発電効率(ごみ入熱に対して電力となった出熱)は石炭火力などに比べて低く、高めの発電効率でも 25% 前後になることが一般的である³⁾。

東南アジアでの代表的な例として、ごみの低位発熱量が 8 MJ/kg の場合、ごみ 1 トンから 550 kWh の電力を作ることができる。つまり、1,000 トン/日の施設で 550 MWh/日(=23 MW) の発電が可能である。但し、発電された電力のうち 20%(= ごみ 1 トン当たり 100 kWh)程度は所内動力として消費されるので、売電可能な電力はごみ 1 トン当たり 450 kWh 程度になる。

3. 廃棄物発電の市場環境

3.1 市場規模

(1) EPC 価格

規模にもよるが、海外の廃棄物発電プラントの EPC 価格は 1 件当たり概ね 100~600 Million USD (MMUSD) である。国によって EPC 単価レベルに大きな差異があり、概ね Table. 1 のような傾向にある。これは現地建設コストの差異のほか、建物の仕様や外観への要求の差も大きな要因である。なお、tpd(=ton/day)とは 1 日当たりのごみ処理能力

のことで、例えば 0.1 MMUSD/tpd の地域に 1,000 ton/day の廃棄物発電プラントを建設する場合、100 MMUSD となる。

Table. 1 Unit-rate of WtE plant EPC Price.

| 地域 | EPC 単価 | 備考 |
|--------|---------------------|----------------------------|
| 日本国内 | 0.8 ~1.0 MMUSD/tpd | 過去に 0.5 MMUSD/tpd の時代もあった。 |
| 欧州 | 0.2 ~0.3 MMUSD/tpd | |
| シンガポール | 0.17~0.20 MMUSD/tpd | |
| 東南アジア | 0.10~0.15 MMUSD/tpd | |
| 中国 | 0.07~0.10 MMUSD/tpd | |

(2) 経済成長に伴う新設案件の増加

経済レベルの向上とともに、廃棄物処理への支払い能力が向上し、途上国や東南アジアでは新規の建設案件が増加しており、参入機会が増えている。台湾には廃棄物発電プラントが既に 26 施設存在しており、中国ではこの 20 年間で新たに 200 施設以上が建設された。またシンガポールでは 6 番目のプラントが建設中で、マレーシア、タイ、ベトナム、フィリピン、モルディブなどでも廃棄物発電プロジェクトや入札が進行中である。特に、一人当たり GDP の伸びとともに廃棄物の発生量は増え、それとともに埋立処分用地の逼迫度合も増し、また廃棄物処理費用への支払い能力や生活の質が向上して、廃棄物発電の導入が進む。特に、GDP が 20,000 ドル/人・年を超えると多くの国で廃棄物発電の導入機運が高まる傾向にある。

(3) 建替え案件による需要

前述の通り、廃棄物には S や Cl を多く含むことから、炉やボイラは痛みやすく、ボイラでは灰による溶融塩腐食、排ガス処理では酸露点腐食による痛みも激しいため、廃棄物発電プラントの寿命は 20~30 年である。そのため、プラント全体を完全に建て替えることも多く、既存の約 2,500 施設がそれぞれ 20~30 年おきに建替えられることになる。現在、海外には廃棄物発電プラントが既に 1,400 施設以上存在することから、今後、40 件/年程度の建替需要が生じることも予測される。

3.2 ビジネススキームと契約形態

廃棄物発電プラントは一般的に公共事業として整備される。海外では Fig. 4 に示す PPP 方式で整備されることが多く、さらにその中でも BOT 方式(Build-Operate-Transfer ; 建設・運営・譲渡)で民間事業者が自ら資金調達を行ない、施設の設計・建設・運営を行なう方式が多い。PPP 方式の場合、EPC 業者の客先は、民間事業者が組成する特別目的会社(SPC : Special Purpose Company)になる。SPC は自治体または政府と契約して、ごみ処理費を収入として受け取り、また作った電力は売電して収入を得る。最近では多くの国で廃棄物発電により作られた電力を再生可能エネルギーと位置付け、電力固定価格買取制度(FIT : Feed in Tariff)の対象として高めの価格に設定されており、持続可能な開発目標(SDGs : Sustainable Development

Goals)の達成に向けて、案件の実現性もさらに高まっている。

Table. 2 には典型的な廃棄物発電のビジネスモデルの一例を示す。仮に、ごみ低位発熱量を 8.0 MJ/kg、ごみ処理量を 1,000 トン/日とした場合、総発電量は 23 MW、売電量は 18MW と なる。

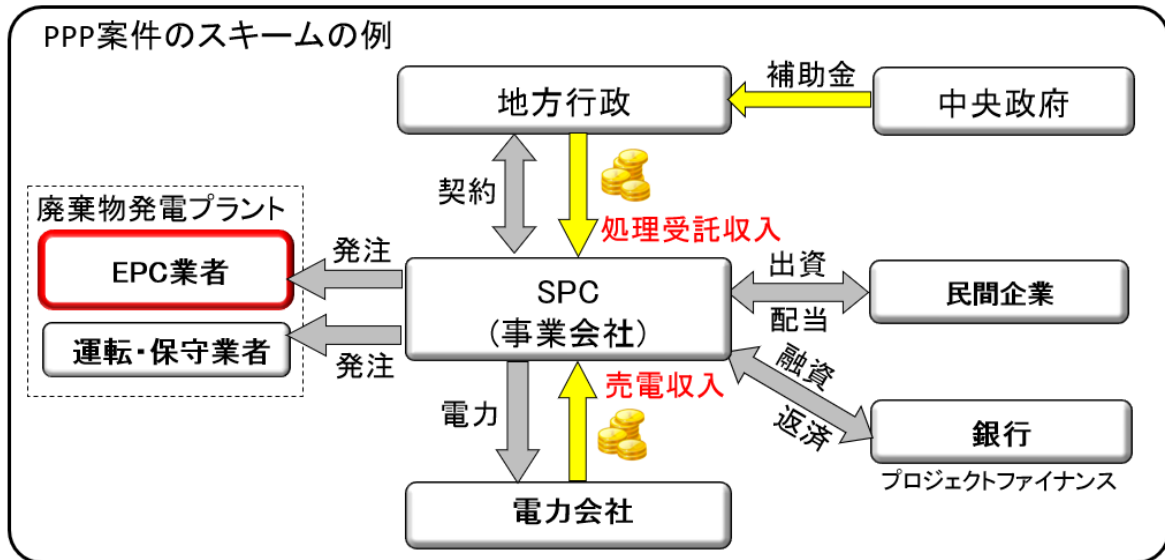


Fig. 4 PPP Scheme for WtE business.

Table. 2 Typical Business Model of WtE Project.

| | Item | Sample Value |
|---|--------------------|------------------------------|
| 1 | Plant Capacity | 1,000 tons/day |
| 2 | Availability | 90 % (Approx. 8,000 hr/year) |
| 3 | Annual Treatment | 330,000 tons/year |
| 4 | MSW Heat value | 8.0 MJ/kg (1,900 kcal/kg) |
| 5 | Power (Gross) | 23 MW |
| 6 | Power (Net) | 18 MW |
| 7 | Annual Power (Net) | 144,000 MWh/year |
| 8 | EPC Period | 3 years |
| 9 | Operation Period | 20 years |

4. 廃棄物発電プラント EPC の取り組み体制

4.1 EPC で適用する技術とパートナー

当社では廃棄物発電(焼却炉)の技術を有していないことから、世界中の焼却炉メーカーから技術を導入して、EPC に取り組むことになる。なお、欧州の焼却炉メーカーは欧州域内向けに、わが国の焼却炉メーカーは国内向けに EPC の Lump sum 遂行が可能である。しかしながら、東南アジアや中東などの海外地域では EPC の遂行経験がなく、EPC 業者と焼却炉メーカーが協業する機会がある。焼却炉メーカーは EPC 業者に対する機器の Supplier や Licensor、またはコンソーシアムや共同企業体(JV : Joint Venture)となって、EPC 業者とともに海外展開する。EPC 業者と焼却炉メーカーは、案件ごとにそれぞれの最適なパートナーの組み合わせとすることが多いことから、焼却炉メーカー各社の技術がライバルに漏れることのないように、EPC 業者は細心の注意を払って、遂行することが求められる。

4.2 EPC における EPC 業者の所掌範囲

焼却炉メーカーが必ず担当しなければならないのは焼却炉の中でも、特にストーカ(火格子)と呼ばれるユニットのみであるが、プロセス機器の全ての設計・調達を焼却炉メーカーの所掌範囲にすることも可能である。詳細は案件ごとに、EPC 業者と焼却炉メーカーの間で調整して決めることになる。Table. 3 には EPC における EPC 業者と焼却炉メーカーとの所掌区分の一例を示す。EPC 業者の所掌範囲は主に、上記以外の設備の EPC や、全体のプロジェクト監理、機械・電気・計装の各建設工事、土木建築の EPC などである。

Table.3 Sample Scope of Work for WtE Project.

| | 炉 ・ ボイラ | 排ガス処理 | 発電・灰処理・ユーティリティー | 土木・建築 |
|----------|---------|---------------------|---------------------|--------|
| プロジェクト監理 | EPC 業者 | | | |
| 基本設計 | 炉メーカー | 炉メーカー または EPC 業者 | 炉メーカー または EPC 業者 | EPC 業者 |
| 詳細設計 | 炉メーカー | EPC 業者 | EPC 業者 | EPC 業者 |
| 調達 | 炉メーカー | EPC 業者 | EPC 業者 | EPC 業者 |
| 建設工事 | EPC 業者 | EPC 業者 | EPC 業者 | EPC 業者 |

4.3 性能保証事項とリスク

廃棄物発電プラントに求められる一般的な性能保証事項とそのリスクの程度を、Table. 4 に整理した²⁾。その他に一般的な騒音や振動に対する要求ももちろんある。廃棄物を焼却、発電する技術は 50 年以上の歴史がある安定した技術であり、リスクを過大に捉える必要はないが、実績豊富な焼却炉メーカーと協業することが重要である。

Table.4 Guarantee items & Risks of WtE Project.

| No | 性能保証事項 | | リスクの程度 |
|----|-----------------|--------------------|---|
| 1 | ごみ処理能力 | | 運転時のごみ質が計画範囲外でも、処理能力曲線で評価が可能であり、問題にはならない。 |
| 2 | 焼却灰 | 熱灼減量 (LOI、TOC) | お客様が指定するごみ質と実際のごみ質に相違がある場合は協議するが、適切な燃焼状態を維持できれば問題にはならない。 |
| | | ダイオキシン類 | 適切な燃焼状態を維持できれば問題にはならない。 |
| 3 | 排ガス | ばいじん | バグフィルタ等による除去で十分に達成可能。適切に設計すれば問題にはならない。 |
| | | SOx | お客様が指定するごみ性状(S、Cl)か排ガス性状(SOx、HCl)の範囲で保証する。消石灰や苛性ソーダにより適切に処理が可能。 |
| | | HCl | |
| | | NOx | 基準値が厳しい場合は、適切な触媒反応塔や無触媒脱硝装置を設ければ、問題にならない。 |
| | | ダイオキシン類 | 二次燃焼温度、排ガス冷却、活性炭吹込みで対応可能。適切な運転も伴うことで、問題にならない。 |
| | | 一酸化炭素 | 二次燃焼室が適切に設計されて、ごみ質が設計ごみ質範囲内であれば、問題になることはない。 |
| 4 | 飛灰 | 重金属類含有量 重金属類溶出量 | 薬剤添加により溶出量の抑制は可能だが、提示されるごみ質に重金属類濃度は示されないことに注意が必要である。 |
| 5 | 燃焼温度、 ガス滞留時間 | | お客様が指定するごみ質の範囲以内で処理できればよいので、問題にならない。 |
| 6 | 発電量 | | お客様が指定するごみ質における発電量および所内消費電力を証明すればよく、問題にならない。 |
| 7 | 連続運転性能 | | 数ヶ月の連続運転は実績も多く、問題にならない。 |
| 8 | 年間稼働率 | | 一般に 90%以上の稼働率が要求され、その運転実績も多く、問題にならない。 |
| 10 | 薬品消費量 | | 消石灰や苛性ソーダ量などの消費量は、ごみ質に依存することを条件にしておく必要がある。 |

5. 廃棄物発電 EPC における当社の強み

当社が廃棄物発電プラントの EPC に取り組むうえでの強みは、以下の通りである。(Fig. 5)

- ① お客様の立場に立った最適な技術の提案、合理化。
- ② 世界有数の焼却炉メーカーとの協力関係。
- ③ 焼却炉、石炭火力、バイオマス発電、オイル&ガス ユーティリティなど類似分野での豊富な経験。
- ④ 海外グループ会社を最大限に活用することによる競争力。
- ⑤ 海外調達・ロジスティクス能力。
- ⑥ 海外での建設施工実績、海外のサブコントラクターやベンダーの監理能力。
- ⑦ 海外現地の法規、基準などの知見を活用した業務遂行。
- ⑧ お客様の運転最適化の検討および支援。
- ⑨ 廃プラガス化ケミカルリサイクルなど、環境分野の発展技術への展開。(Fig. 6)



Fig. 5 Unique Selling Point of JGC for WtE Project.

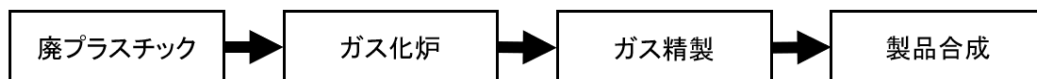


Fig. 6 Gasification of Waste Plastics for Chemical Recycling.

これらの強みを武器にして、社会的意義の高い廃棄物発電プラントの受注、建設を進めて、今後も世界各国における廃棄物管理状況・衛生環境の改善、再生可能エネルギーの普及に貢献していく。

引用文献

- 1) 「一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成 29 年度)について」環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課
- 2) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議
- 3) 「高効率ごみ発電施設整備マニュアル」環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部

以上