

日欧廃棄物発電の現状と欧州における高効率廃棄物発電施設事例

新日鉄住金エンジニアリング株式会社 ○倉橋文平、栗田雅也
Steinmüller Babcock Environment GmbH Thomas Maghon、柏原友、長沼弘樹

1. はじめに

日本国内において廃棄物発電(WtE：Waste to Energy)施設は、廃棄物を衛生的に無害化・減容化するだけでなく、近年は安定的な自立・分散型エネルギー供給施設としてその役割が注目されている。しかしながら未だ廃棄物処理そのものに重点が置かれており、まだまだ廃棄物エネルギー利用の高効率化の観点で改善の余地は十分に残されている。一方欧州では熱回収施設としての役割に重点が置かれており、ごみ収集地域を広域化し施設規模を大きくすることで、熱効率、処理の経済的効率も含めた施設全体の高効率化を図っているケースが多い。技術的な方策に関しても、日本と比較して高温高压ボイラや高度な蒸気サイクルを積極的に採用し、高効率発電を志向している事例も多く見受けられる。

本稿では日欧の廃棄物発電の現状に触れ、欧州高効率発電施設の事例を紹介する。

2. 日欧廃棄物発電の現状

平成 27 年度の日本全国ごみ焼却施設 1,141 施設の内、発電施設は僅か 348 施設 (30%) であり、まだまだ未利用の廃棄物エネルギーが多く存在する¹⁾ (図 1)。また、一般的に施設規模が大きいほど各種発電効率向上施策の費用対効果が見込め、さらにボイラや蒸気タービンでの熱損失割合も抑えられるため発電効率が高くなる傾向にあるが、日本においては発電をしている施設の半数以上が 300t/日未満の小規模施設である。尚、環境省の一般廃棄物処理実態調査結果 (平成 27 年度版) における施設整備状況²⁾を基に、日本国内の全連続式且つ発電を行っている施設の処理規模を平均すると 335 t/日 (14.0 t/h) であり、平成 23 年の欧州各国の WtE 施設平均³⁾と比較しても小さく、エネルギー利用の観点では不利といえる (図 2)。

技術的な面での日欧の取り組み状況を比較すると、特に蒸気条件や蒸気サイクルの点で差が見られる。日本での高効率発電施設を見ると 2000 年前後から蒸気条件 400℃ 4MPa が採用され始め、近年ではこれを超える条件も採用されつつある。一方欧州では 1960 年代から 400℃以上の蒸気条件を採用する施設が存在し、温度は 450℃~500℃、圧力は 6~9MPa という施設も見られる⁴⁾。また、欧州では再生サイクルや再熱サイクル等を積極的に採用し、エネルギー回収効率を可能な限り高めるような取り組みも多い。

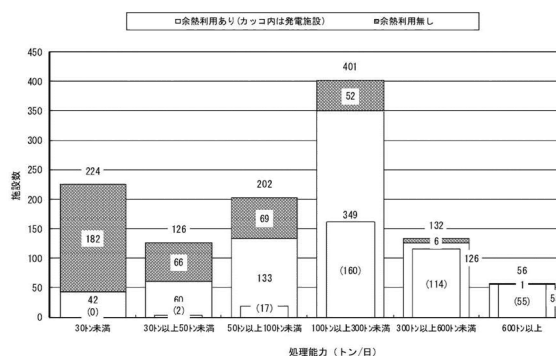


図 1 ごみ焼却施設の処理能力別の余熱利用状況 (平成 27 年度実績)¹⁾

出典：廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル

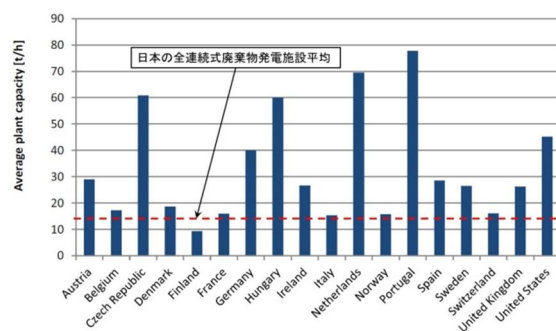


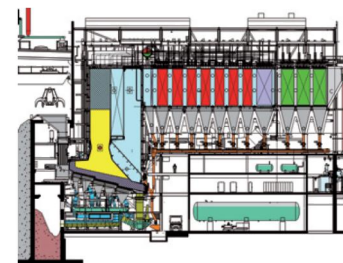
図 2 欧州各国及び日本の WtE 施設規模平均²⁾³⁾

出典：Waste to Energy State of the Art Report 6th Edition

これら高蒸気条件や高度な蒸気サイクルに対する取組みの違いの要因としては、単純に日欧ごみ質の違いによるボイラ腐食環境の差もあるが、前述のように欧州ではスケールメリットにより方策の費用対効果が大きいことも、技術的な挑戦を促していると考えられる。

3. 欧州における高効率発電事例

前述の通り、日本と比較して欧州では高効率発電に関する方策が積極的に採用されており、新日鉄住金エンジニアリンググループであるSteinmüller Babcock Environment GmbH(シュタインミュラー バブコック エンパイロメント社：以下 SBE_{NG} 社)も数多くの事例を有している。以下に SBE_{NG} 社が設計、供給した高効率発電施設の事例を2つ紹介する。



竣工	2012年
方式	ストーカ式焼却炉
施設規模	864 t/日×1炉
ごみ低位発熱量	9.0 MJ/kg
蒸気条件	460°C 65 bar

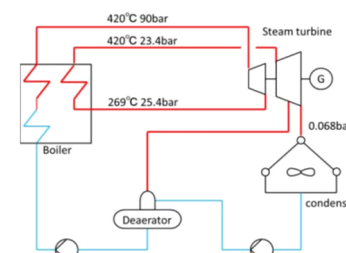
図3 ルーレーベンプラント概要

(1) Rührleben (ルーレーベン / ドイツ)⁵⁾

当施設ではテールエンド型ボイラー(図3)を採用し、各過熱器を適切なガス温度域に配置した上で、さらに最終段の過熱器を肉盛材で保護することで高温腐食を抑制している。これにより、460°C/65 bar (6.5 MPa)という高い蒸気条件でありながら、2012年の操業開始以来過熱器の腐食減肉は殆ど見られておらず、年間8,000h以上の安定運転と高効率発電の両立を実現している。

(2) Rüdersdorf (リュエーダースドルフ / ドイツ)⁶⁾

2008年に竣工した当施設では再熱サイクルを採用しており、これは廃棄物発電施設としては初の試みであった。420°C 90 barの蒸気を高圧タービンに送り、269°C 25.4 barまでタービンで仕事させた後、再度ボイラで加熱して低圧タービンに送っている。本システムの利点は、蒸気温度を極端に高くすることなく高効率発電が可能になるので、過熱器の腐食リスク増大を回避できる点にある。当施設では蒸気条件420°C/90 barにて発電効率29.9%を達成している。



竣工	2008年
方式	ストーカ式焼却炉
施設規模	655 t/日×1炉
ごみ低位発熱量	14.5 MJ/kg
蒸気条件	420°C 90 bar 269°C - 420°C 23.4 bar (再熱)

図4 リュエーダースドルフ
プラント概要

4. 最新のプラント事例

最新の欧州プラント事例として、新日鉄住金エンジニアリンググループで欧州廃棄物処理プラント建設を管轄する SBE_{NG} 社が受注し、プロジェクト実行中の施設を紹介する。

(1) Högbytorp (ヘグビートルプ / スウェーデン)

本施設はスウェーデンストックホルム北西部の次世代エネルギーパーク事業の一環として新設する廃棄物熱利用施設であり、当該地域の温熱需要の約80%を満たす計画となっている。また、廃棄物の1炉当たりの処理量では世界最大規模を誇る(表1)。なお、本施設では乾式の主灰冷却装置を採用しており、日本で主流の湿式灰冷却装置と比較し、大幅に資源回収率を高めることができる。廃棄物エネルギーの有効利用だけでなく、高度なマテリアルリサイクルも考慮された施設である。

表1 ヘグビートルプ プラント概要

竣工予定	2020年
方式	ストーカ式焼却炉
施設規模	基準ごみ時 738 t/d×1炉 (低質ごみ時 1,080 t/d)
ごみ低位発熱量	11.7 MJ/kg
蒸気条件	420°C 50 bar
余熱利用	発電、地域暖房等

(2)Vilnius (ヴィリニウス/リトアニア)

本施設はストーカ式廃棄物焼却炉 1 炉に加え、流動床式バイオマスボイラ 2 炉で構成され、3 社によるコンソーシアムプロジェクトとなっている。このうち SBE_{NG} 社のスコープはストーカ式廃棄物焼却炉のストーカ炉、ボイラ、排ガス処理設備、灰搬送装置等の設計、調達、据付及び試運転である。ボイラ蒸気条件 450 °C、70 bar を採用することで 27.4% という高い発電端効率が得られるとともに、水冷復水器での温水熱回収、排ガス処理設備での排ガス潜熱回収により、ごみ入熱（低位発熱量ベース）に対して 100%を超える総合熱利用率を実現可能としている。（表 2）。

表 2 ヴィリニウス プラント概要

竣工予定	2020年
方式	ストーカ式焼却炉
施設規模	672 t/d × 1炉
ごみ低位発熱量	9.0 MJ/kg
蒸気条件	450°C 70 bar
余熱利用*	発電 (発電端 27.4%) 地域暖房等 (85.8%)

*() 内数値はごみ熱量(低位発熱量ベース)に対する効率

(3)San Sebastian (サン・セバスティアン/スペイン)

本施設は排ガス規制値が非常に厳しい値となっているが(表 3)、湿式洗煙設備を用いず、乾式処理をベースとした 3 段階の排ガス処理を採用することで、高効率発電と高効率排ガス処理の両立を可能としている。排ガス処理の第 1 段階では重曹を用いた乾式吸着プロセスにより酸性ガスを除去、第 2 段階では触媒脱硝、第 3 段階では消石灰及び活性炭を用いた乾式吸着プロセスによりダイオキシン類及び残存する有害物質を最小限に抑える。

表 3 サン・セバスティアン プラント概要

竣工予定	2019年
方式	ストーカ式焼却炉
施設規模	300 t/d × 2炉
ごみ低位発熱量	11.9 MJ/kg
蒸気条件	420°C 55 bar
余熱利用*	発電 (発電端 26.0%)
排ガス規制値	O ₂ -12% 換算
HCl	2.8 ppm
SOx	3.2 ppm
NOx	30 ppm
ダイオキシン類	0.045 ng-TEQ/Nm ³

*() 内数値はごみ熱量(低位発熱量ベース)に対する効率

4. おわりに

本稿では日欧の廃棄物発電の現状と欧州の高効率発電（熱利用）施設の実例を紹介した。欧州では処理広域化による施設大型化に取り組むだけでなく、寒冷地域では電力だけでなく熱供給に比重を置いている施設も多く、蒸気条件や蒸気サイクル等各種高効率化方策の最適な組み合わせによりエネルギー利用率を最大化している事例が多い。ごみ質や施設規模、気候条件等の違いにより、欧州の高効率発電（熱利用）事例をそのまま日本の施設に適用することは難しいが、学ぶべき部分は多く、日欧の技術交流によりさらなる技術革新も可能である。

当社グループは日本及び欧州での数多くの実績を基に、今後は日本や欧州だけでなく、世界各地域において廃棄物のエネルギー有効活用に対する最適なソリューションを提案し、地球温暖化の抑制に貢献していく。

参考文献

- 1) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル、2017.3
- 2) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：一般廃棄物処理実態調査結果、
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/index.html
- 3) International Solid Waste Association, Waste to Energy State of the Art Report 6th Edition, 2012.8
- 4) 古林通孝、辻勝久、田熊昌夫、山田明弘、栗田雅也、西野雅明：国外の廃棄物焼却炉における高効率発電のための焼却技術、廃棄物資源循環学会誌. Vol. 26, No. 2, pp. 120-129, 2015
- 5) Bunpei Kurahashi, Masaya Kurita, Thomas Maghon, European and Japanese High Efficiency Power Generation Technology for Waste to Energy Plant, 9th i-CIPEC, Kyoto, Japan, Sep. 20-23
- 6) Armin Main, M. Sc. TU, P. E., Thomas Maghon, M. Sc. TH, P. E., CONCEPTS AND EXPERIENCES FOR HIGHER PLANT EFFICIENCY WITH MODERN ADVANCED BOILER AND INCINERATION TECHNOLOGY, Proceedings of the 18th Annual North American Waste-to-Energy Conference, NAWTEC18-3541, Orlando, Florida, USA, May 2010.