

高効率廃棄物発電

High Efficiency Waste to Energy Plant

横浜製作所 吉良雅治*¹ 高橋和義*²
米澤富任*³
技術本部 折田寛彦*⁴ 川原雄三*⁵

ごみ焼却からのエネルギー回収がますます注目されている中、廃棄物発電の効率向上は重要なテーマになっている。本報では、従来型のごみ焼却ボイラを用いた発電の高効率化における問題点と、現状で可能な対策について触れた後、高効率化の手法として、蒸気条件の高温・高圧化、タービン排気湿分分離、スーパごみ発電、別置き追いだき過熱器の方法を紹介する。さらに、最近の環境問題から小型焼却炉の代替えとして期待される RDF (Refuse Drived Fuel) 製造と RDF 発電を含め、当社が供給できる高効率発電システムについて、総合的に展望する。

A highly efficient plant for converting waste to energy have been researched and planned. Corrosion-resistant materials and coatings for boiler tubes used at high temperatures and in corrosive gas environments were developed in the development of the highly efficient waste-to-energy plant created by NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization). This paper summarizes the current studies taking place and plans regarding the technology of highly efficient waste-to-energy systems, such as the RDF product system, which is used for energy plant and gas turbine combined systems.

1. ま え が き

廃棄物発電における発電効率の大幅な向上が、サーマルリサイクルの柱として社会的に注目されている。

この背景には、平成6年度に総合エネルギー対策推進閣僚会議で決定された“新エネルギー大綱”に、現状約64万kWの廃棄物発電量を2000年に、200万kW、2010年には400万kWに増大させる指針が示されたことが挙げられる。この指針達成には、廃棄物発電施設の増加と、現状で8～15%である廃棄物発電効率を20～30%に上昇させることが必要となる。

廃棄物発電効率を向上させるために、当社では、補助燃料を用いない従来型発電方式でのボイラ蒸気条件及びタービン排気条件の改良並びに補助燃料を用いる発電システムの開発を行ってきた。

発電システム開発では、焼却炉ボイラの蒸気条件は従来のままで、異なる発電方式との併用で高効率化をねらった“ガスタービン/蒸気タービン併用発電方式”と“追いだき過熱器/蒸気タービン発電方式”を検討している。

一方、規模の小さい焼却炉では、プラントの効率改善のみでは発電効率の向上は期待できないことから、廃棄物をあらかじめ成形・固形燃料化し、これらを1箇所に集約し、大規模な施設で燃焼して発電を行わせる RDF (Refuse Drived Fuel) 発電システムの実用化を進めている⁽¹⁾。

当社は、これら廃棄物発電システムの高効率化に積極的、かつ総合的に取り組んでおり、最近の開発成果を以下に紹介する。

2. 従来型廃棄物発電の高効率化を阻害する要因と対策

2.1 要 因

廃棄物中には木材、紙、プラスチック等の可燃物のほか、様々な物質が不均一に混入しており、そのため、ごみ焼却炉燃焼ガスは一般の化石燃料燃焼装置に比べてガス温度、組成の変動が大きく、かつ HCl などの腐食性ガス成分及び燃焼ダストを多く含み、過酷な高温腐食環境を形成する。

燃焼ガスに暴露された材料表面に付着・たい積するダスト中に

は金属酸化物のほか、高濃度のアルカリ (Na, K 等)、アルカリ土類 (Ca 等)、重金属 (Pb, Zn 等) の塩化物、硫酸塩が含まれ、融点が、310～550℃と低いため、図1に示すように高温部材料の腐食速度は大きく増加する⁽²⁾。ガス温度が高いボイラ入口部では、CO, HC などの未燃ガス成分が多く存在し、また低 O₂ 条件も形成されやすいため、ごみ質高カロリー化、低 NO_x (低 O₂) 運転などの運転条件変化に伴って腐食が発生した例が報告されている。

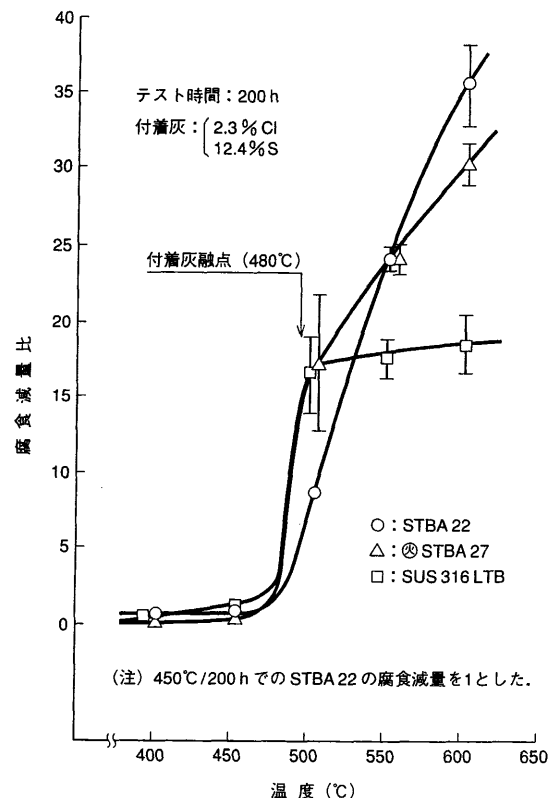


図1 高温部材料の腐食速度 ごみ焼却ボイラの高温部に使用される材料の高温腐食環境における腐食速度を示す。Corrosion weight loss speed of materials at high temperature

*1 環境装置技術部次長 *4 横浜研究所環境装置研究推進室主査
*2 環境装置技術部設計一課主務 *5 横浜研究所構造・強度研究室主務
*3 環境装置技術部機械設計課長

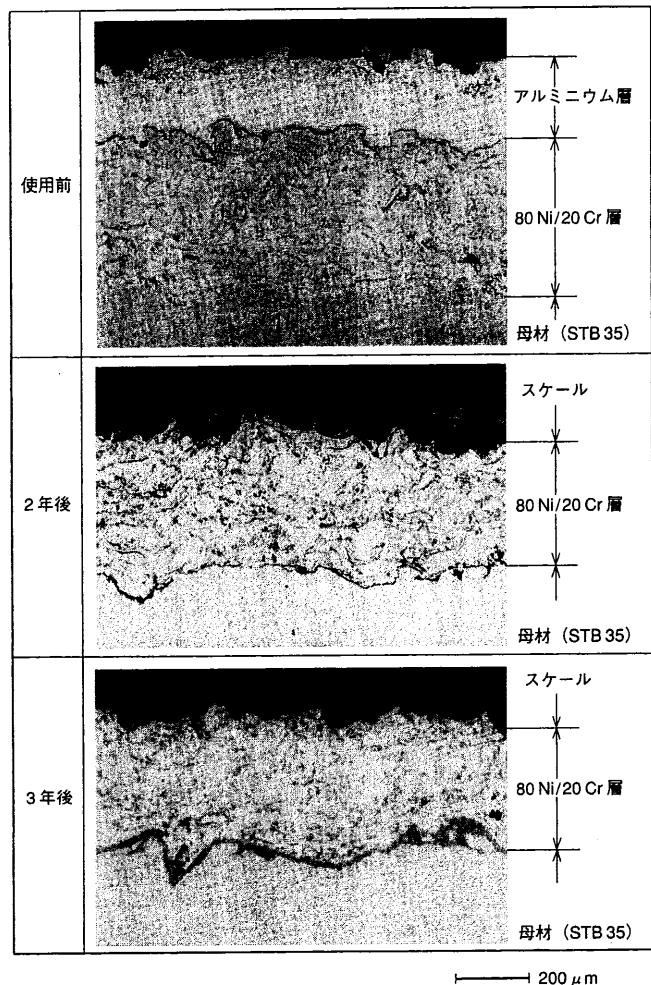


図2 溶射皮膜断面組織の経年変化例 腐食環境の厳しいプラントにて使用した溶射皮膜断面組織の経年変化例を示す。
Application of metal spray coating for boiler tube

2.2 対策

現在、腐食環境の厳しい国内既設プラントでは、現地施工が比較的容易な金属溶射を蒸発管保護のため早くから実用している。例えば、Al/80 Ni 20 Cr 火炎溶射皮膜は既設プラント蒸発管にて5年以上の耐食性を有しており、腐食環境の厳しいプラントを中心に適用例が増えてきている。図2に実機にて使用した溶射皮膜断面組織の経年変化例を示すが、皮膜/母材境界部での腐食発生、接着強度の低下が寿命に影響する。

現在、これらの点を改善した、更に耐久性良好な超音速フレイム溶射 (HVOF) など新プロセスの実用化も行っている⁽³⁾。

過熱器管の耐食性向上には、耐粒界腐食性も考慮して、Cr, Mo, Ni等の合金元素が有効と考えられ、例えば図3に示す長時間実炉試験データ⁽⁴⁾では、高Mo, Ni基の625合金が良好な耐食性を示すことが確認されている。また、400℃レベルの蒸気温度域では、低コストのSUS 316系ステンレス鋼の耐食性が良好な結果を示している。現在、当社が建設中のNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)パイロットプラント(蒸気条件500℃, 100 atg)では、これらの材料を過熱器管に使用している。

3. 高効率廃棄物発電システム

3.1 ごみ専焼方式(補助燃料なし)

(1) ボイラ蒸気条件の高温・高圧化

ボイラ蒸気条件の高温・高圧化は、蒸気タービン内の熱落差

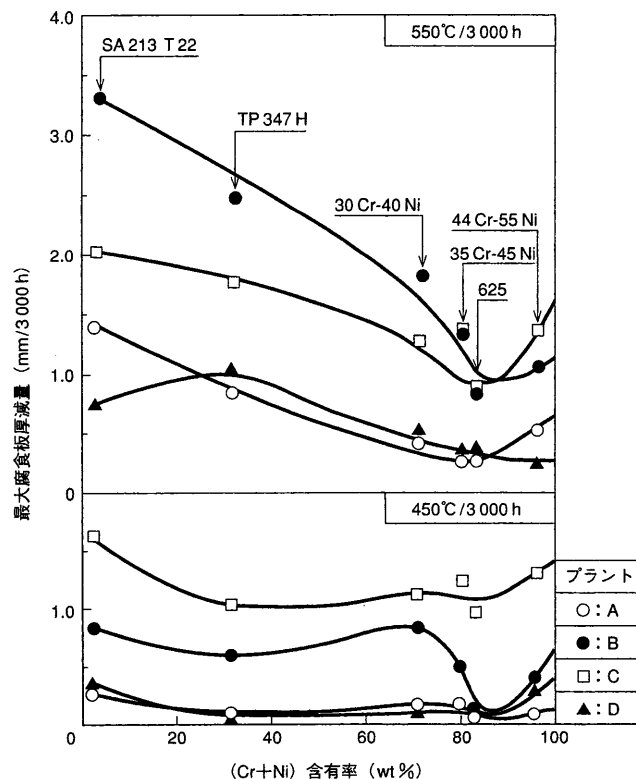


図3 長時間実炉試験データ 高Mo, 高Ni等の合金が長時間実炉試験で良好な耐粒界腐食性を示したデータ例。
Maximum corrosion weight loss change with (Cr+Ni) concentration of alloys

を大とすることにより、発電効率を高めようというものである。しかし、ごみ焼却プラント特有の炉内温度の変動及び排ガス中に多量に含まれる酸性ガスの影響等によるボイラ水管の腐食問題を克服するために、種々の対策が開発されたことについては前章にて紹介した。

国内では、従来から最高で300℃, 30 atgレベルの蒸気条件が多く採用され、発電効率も最高15%程度であったが、近年になってから400℃, 40 atgレベルの蒸気条件を採用する例が出始め、発電効率は20%台が可能となってきた。

一方で通産省の指導で、NEDOは、“高効率廃棄物発電技術開発”プロジェクトを平成3年度から8年計画で進めており、当社は高効率化に必要な種々の要素技術開発及びストーカ炉を用いたパイロットプラント建設の両面で開発に参画している。

本プロジェクトでは、耐腐食性過熱器管材料の開発、炉型や燃焼技術の改善による腐食環境の低減などの要素研究及びトータルシステムの研究を行うことにより、“温度500℃, 圧力100 atgの蒸気を安定的に発生することのできる焼却プラントの実現”を目標にしており、発電効率は、大形プラントで30%達成が予想されている。

平成9年度末には、これらの成果を盛込んだ図4に示すパイロットプラントが、神奈川県津久井郡に、容量50 t/d, 発電量800 kWで完成する予定である。

(2) 高圧・湿分分離方式

図5に示す高圧・湿分分離方式は原子力プラントにおいて、適用されているものを、ごみ焼却発電に応用したものである。現状の蒸気温度レベルをそのまま採用し、ボイラの高圧化により高効率化を図るものである。従来型の蒸気条件に比べ圧力を上昇させたケースでは理論的に熱効率は上昇するが、温度は従

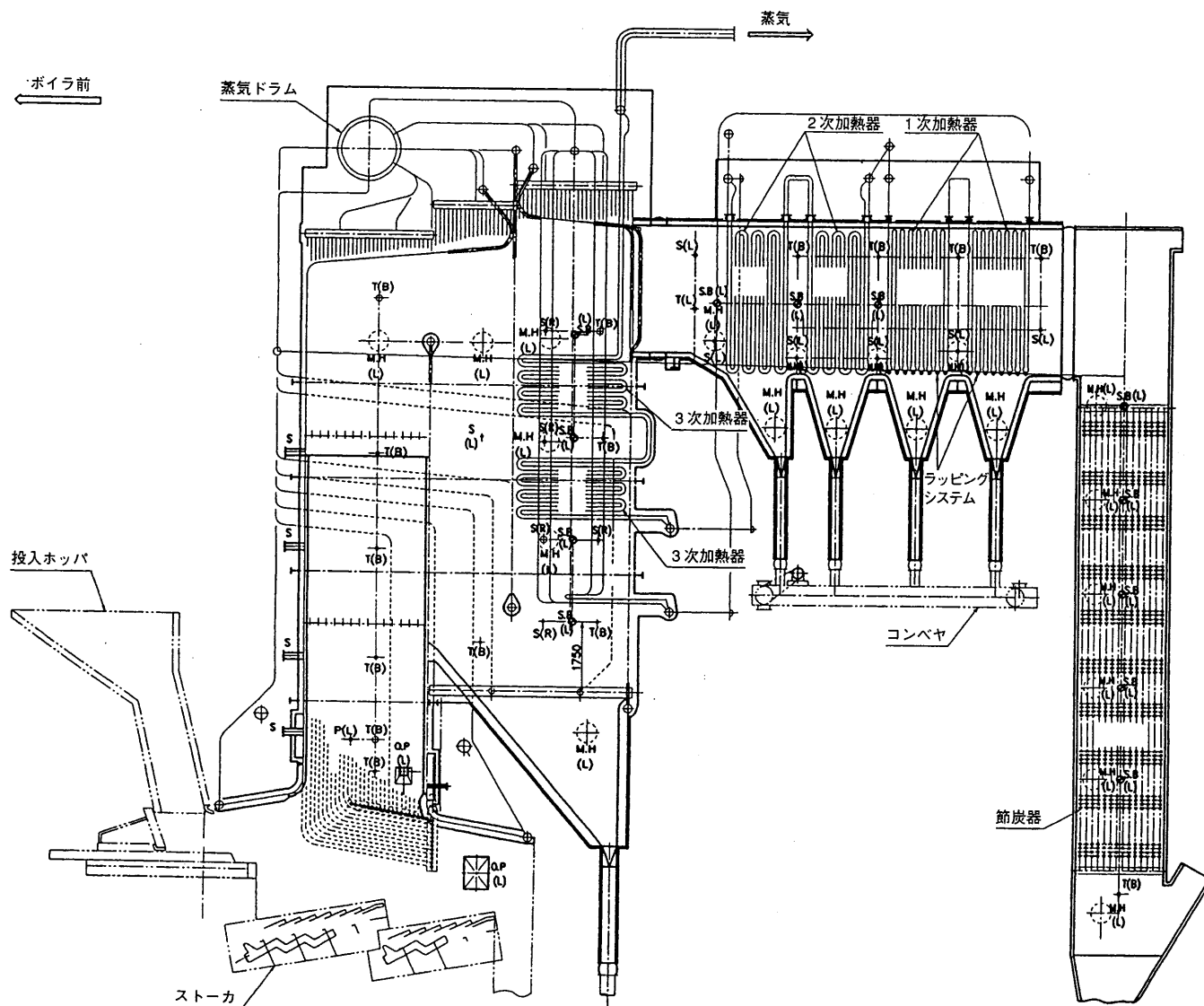


図4 NEDOパイロットボイラ 蒸気温度 500℃, 蒸気圧力 100 ata の NEDO の廃棄物発電プラントに設置のボイラを示す。
NEDO pilot waste to energy plant boiler

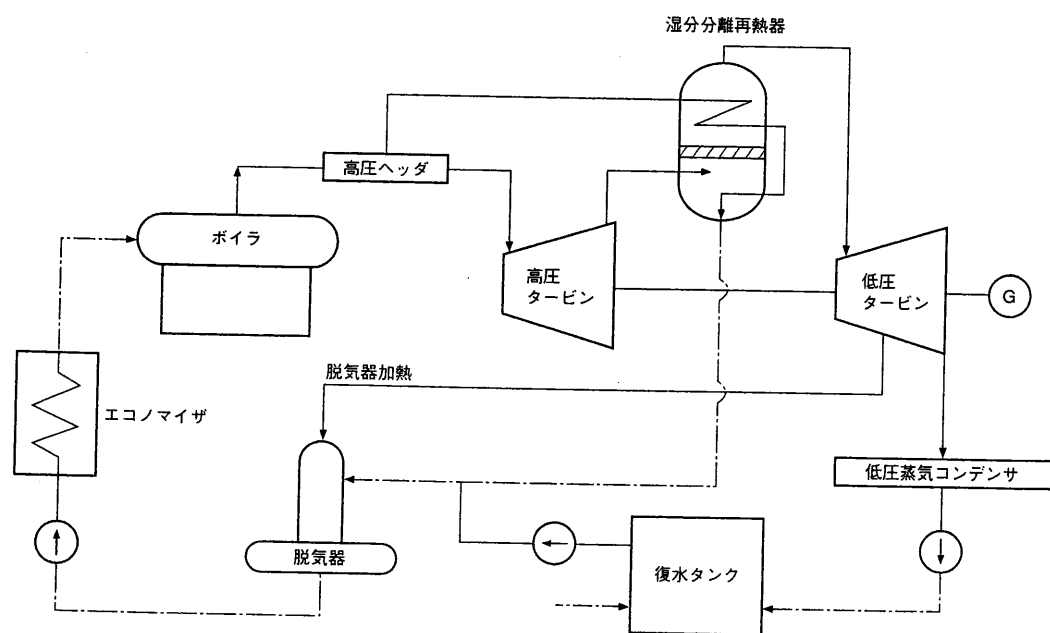


図5 高圧・湿分離方式 湿分離・再熱サイクルによる廃棄物発電の高効率化の方式を示す。
Energy plant applied with high pressure and separated humidity system

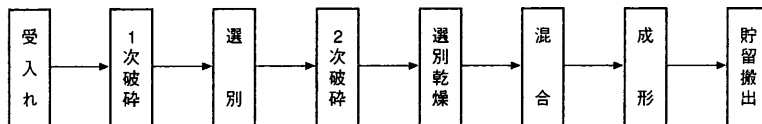


図6 RDF製造フロー 成形前に乾燥工程と不燃物除去を効率良く実施した当社のRDF製造フローを示す。
RDF product process flow



図7 廃棄物用流動層実証プラント 当社横浜製作所に設置している廃棄物用流動層実証プラントを示す。
Pilot plant of fluidized bed boiler

来型と同一なので、蒸気タービン内の湿り度が従来型に比べて上昇し、タービン内の内部効率も低下する。これを避けるために、タービン段落の途中で全量抽気して外部湿分分離器によりドレンを除去させ、かつ必要に応じて再燃後、タービンに戻し内部効率を回復させ、高効率発電を行うものであり、2%程度の効率向上に寄与できる。

3.2 ごみ、化石燃料共用方式（補助燃料あり）

(1) 追いだき方式

追いだき方式とは、ごみ焼却ボイラにより発生した蒸気をタービンへの経路途中で燃料追いだきによる外部式過熱器により過熱することによって蒸気温度を高温化し、高効率発電を達成しようというものである。

(2) ガスタービン複合によるスーパごみ発電

ごみ焼却発電の効率向上には、排熱回収ボイラの蒸気温度・圧力を上昇させる必要がある。蒸気温度を上昇させる手段として、ごみ焼却炉からの低温蒸気をガスタービンの排熱により過熱する方法がある。省エネルギー効果を試算してみると、発電端で約40%以上に改善される。

4. RDF製造と発電用燃料としての適用性

4.1 RDF製造

近年、都市ごみから固形燃料を製造する技術が実用段階に入りつつある。都市ごみRDFに添加されたCa化合物は不腐敗化、無臭化の効果があり、RDFペレット化により燃料としての取扱性、貯蔵性、運搬性を著しく向上させている。

当社は、高含水率の日本のごみを対象に、RDF製造から燃焼ま

での一貫したパイロットプラントを建設し、実証運転を行ってきた。

図6にRDF製造フローを示す。特徴は次のとおりである。

- (1) 高含水率の日本ごみに対応し、成形前に乾燥工程を実施。
- (2) 乾燥と不燃物除去を同時に効率良く実施。
- (3) 乾燥装置を立形（気流乾燥採用）にし、省スペース化。

図7にRDFの燃焼に適した廃棄物用流動層実証プラントを示す。本装置により、ダイオキシン類等の有害物質の発生が少ない燃焼条件が把握されている。

4.2 RDF発電

ごみの持つエネルギーの有効利用推進として、従来、発電が行われていなかった小規模施設においても、そこで製造されたRDFを集約し、大規模発電施設において発電用燃料として利用することが一般化している。RDFによるごみの均質化による安定燃焼及びRDFへの石灰混入や、流動層ボイラでの砂層からの熱回収技術によるスーパヒータ管の高温腐食の低減により、500℃、100 ataの蒸気条件でもスーパヒータ管に高級材料を用いる必要がなくなり、ボイラコストの低減が可能である。

5. まとめ

未利用エネルギーとしては最大のポテンシャルを有する都市ごみ等の廃棄物をエネルギーとしてとらえ、発電用燃料として積極的に活用することは、エネルギー資源の乏しい我が国にとって大きな意義がある。

各自治体等ユーザの事情に合った選定の中で廃棄物エネルギーの有効利用を進めて行く必要があるが、技術的支援上の課題としては、高温・高圧化による蒸気条件の向上、プラント内エネルギー消費量の低減と蒸気復水サイクル効率向上を目指したトータルシステムの最適化、環境対策技術の向上等がある。

当社は、環境装置を初めとする総合プラントメーカーとして、これまでの経験を生かし、これらの課題に総合的に取り組んでおり、今後も社会の要望にこたえるよう技術開発を進めて行く考えである。

参考文献

- (1) 折田寛彦ほか、高効率廃棄物発電プラントの現状と技術課題、圧力技術 Vol.34 No.34 (1996)
- (2) 川原雄三、高温材料の開発と適用——ごみ焼却プラントにおける高温耐食材料適用・開発の現状——、日本金属学会セミナーテキスト (1996) p.123
- (3) 川原雄三ほか、ごみ焼却ボイラへのNiベース合金溶射の実用化、第43回腐食防食討論会講演集 B-114 (1996) p.195
- (4) 折田寛彦ほか、廃棄物燃料燃焼ボイラの動向、省エネルギー Vol.48 No.14 (1996)