

廃棄物処理システムにおける 高効率なエネルギー・資源回収技術

■ Kawasaki 川崎重工業株式会社

プラント・環境カンパニー
環境プラント総括部 環境プラント部
〒650-8670 神戸市中央区東川崎町3-1-1
TEL：078-682-5083
FAX：078-682-5516

1. はじめに

安全・安心な処理を安定して行うことが基本である廃棄物処理システムは、地域に密着した社会インフラの1つとして重要な役割を担っている。一方、求められる技術・機能は、社会環境やライフスタイル等の変化とともに変わり、今日においては低炭素社会や循環型社会の構築に貢献していくことが望まれている。

当社は、焼却技術をコアハードとした製品・サービスの提供を中核事業と位置づけると共に、地域特性に応じた顧客ニーズに対応するため、ごみ焼却-バイオガス化複合システムやごみ炭化システムといった、非焼却技術を適用した廃棄物系バイオマス資源の活用促進を図る様々なごみ処理システムも提供している。

本稿では、豊富な実績に裏づけされた焼却技術を中心とした「カワサキアドバンストストーカシステム」ならびに非焼却処理技術の1つであるごみ炭化燃料化技術について紹介する。

2. 焼却処理技術

図1に『カワサキアドバンストストーカシステム』を示す。並行流型焼却炉を備える本システムは、以下に示す3つの特長を有している。

- ①低環境負荷焼却技術
- ②高効率熱回収技術
- ③高度な自動燃焼制御技術

2.1 低環境負荷焼却技術

並行流型焼却炉はごみ流れとガス流れが並行

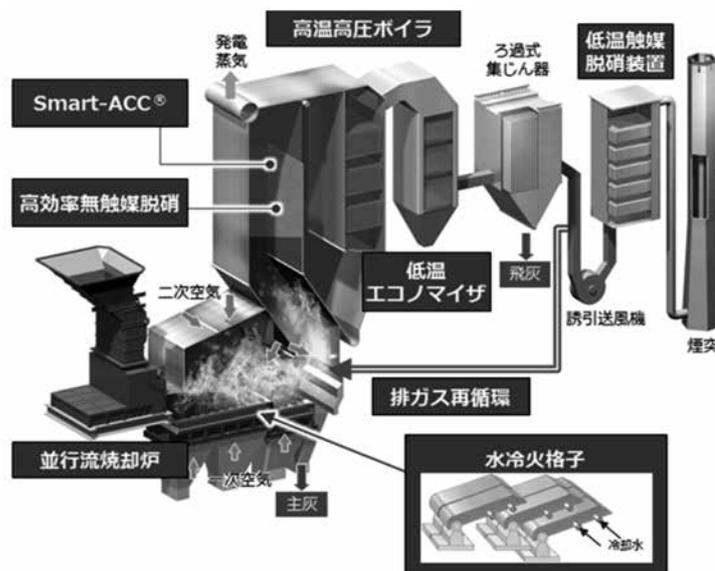


図1 カワサキアドバンストストーカシステム

なため、乾燥・乾留域で発生した未燃ガスは、強制的に高温燃焼ガス領域を通過することになる。また、燃焼ガスが反転することで反転部のふく射熱により後燃段における微量な未燃分も燃焼することから熱しゃく減量も極めて低く、セメント原料などに利用することができる。また、ガスは混合攪拌が促進される共に、適正な位置から2次空気を供給することができるため過剰な空気を必要としない。更に排ガス再循環ガス（EGR）システムを採用することにより、低空気比高温燃焼が可能である。

燃焼室出口におけるNO_x濃度は、現状においても十分に低い技術レベルにあるものの、無触媒脱硝技術における負荷をより抑えるために、燃焼制御のみによる更なる低減を図っている。

2.2 高効率熱回収技術

高効率な熱回収が可能となるボイラの高温高压化は、ごみに起因する腐食性物質によって生じる高温腐食のため、ボイラの維持補修費がかさみライフサイクルコスト（LCC）の増大を招く懸念がある。

この課題を解決するため、平成20年度から高温腐食対策技術を基盤技術として位置づけて、様々な研究開発に取り組んできており、その成果として低LCC型高効率発電ボイラを製品化している。

低LCC化を実現できた技術ポイントの1つに過熱器管配置の適正化が挙げられる。図2に一般的に高効率発電ボイラの過熱器管に用いられるSUS310系の「減肉マップ」を示す。図中のA領域における過熱器管の腐食に関するデータは既存の4MPa×400℃ボイラで豊富にあるため、この領域における腐食損傷リスクを基準として、様々な曝露温度環境での相対的なリスクを色の濃淡で表している。

また、この減肉マップを活用することで、更

なる発電効率が可能となる蒸気温度420℃条件においても、過熱器管の高耐久性を実現し、維持補修費を抑えて低LCC化を実現している。

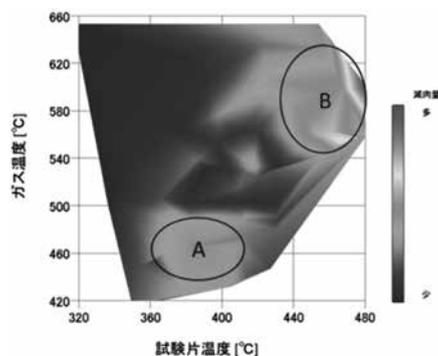


図2 減肉マップ(SUS310系)
※実際の図はカラー

2.3 高度な自動燃焼制御技術

ストーカ炉はごみ質（発熱量）変動に対する燃焼応答が流動床炉に比べて緩慢なため、この特徴を活かすことで主蒸気量の変動を抑えられる可能性がある。このため、当社独自の自動燃焼制御技術（Smart-ACC[®]）により給じん制御やストーカ制御による主蒸気量の安定性向上に加えて、ごみ質変動を予測することにより優れた負荷応答性の実現を目指している。

Smart-ACC[®]が備える蒸気安定性制御機能の1つとして「揺動モード」がある。これは、ストーカメイン動作のインターバルに揺動動作を行い、ごみのほぐし並びにごみと燃焼用空気との接触を安定させることで蒸気量の変動を抑制する技術である。図3に揺動モードが主蒸気流量の推移に及ぼす影響を示す。図から主蒸気流量設定値に対して変動幅が大きく低減していることが分かる。

ごみ質予測については、燃焼制御が可能となる時間を確保した予測が重要なポイントであり現状、燃焼室内のガス成分分析値を用いたごみ発熱量の推算手法を検討している。得られるごみ発熱量推算値を、燃焼基準値演算へ補正として組み込むことで、予測状態に対して先行して適正に制御するシステムを構築する。

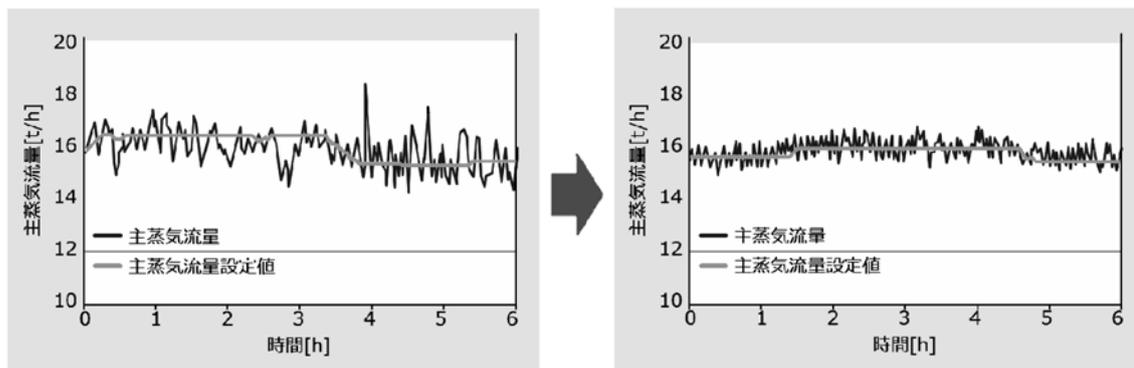


図3 主蒸気流量の推移 (左:揺動モード無、右:揺動モード有)

3. ごみ炭化技術

3.1 施設概要

平成27年7月から運営を開始した西海市炭化センターは、一般廃棄物と汚泥を対象に低い環境負荷で炭化燃料を製造する施設である。施設仕様を表1に示す。

炭化工程では一般廃棄物を全て燃やさないことから、発生する排ガス量やばいじん量が少ない。また、灰発生量が焼却方式に比べて20%以下に抑えられるため、最終処分量が削減でき環境負荷低減に貢献できる。

得られる炭化燃料は、発電所等に搬入し、石炭と混焼して利用する。そのため、炭化炉から排出される炭化物は、脱塩処理と異物除去を行い、脱水工程を経て造粒するシステムとしている。これにより、高品質な炭化物が製造できるため、利用用途が従来の炭化システムに比べて

表1 施設の仕様

処理能力	30t/日 (15t/日×2系列)
処理方式	間接外熱キルン炭化方式
燃焼ガス冷却方式	水噴射式
通風設備	平衡通風方式
排水処理設備	クローズド方式(プラント排水)
炭化物処理設備	脱塩・造粒方式

多いことを特長とする。

概略施設フローを図4に示す。ごみは破碎機にて細かく砕かれて、給じん機を介して高い気密性を有する「間接外熱キルン式」の炭化炉に投入され炭化処理される。炭化時に発生する熱分解ガスを燃焼炉で燃やし、その排ガスの一部を炭化炉の加熱源として循環利用する。大気への排出される排ガスは、ガス冷却後に排ガス処理設備で適切に処理されCO、NOx濃度は基準値よりも十分に低い。また、排ガス量は同規模のストーカ炉と比較すると、20%程度少ない。

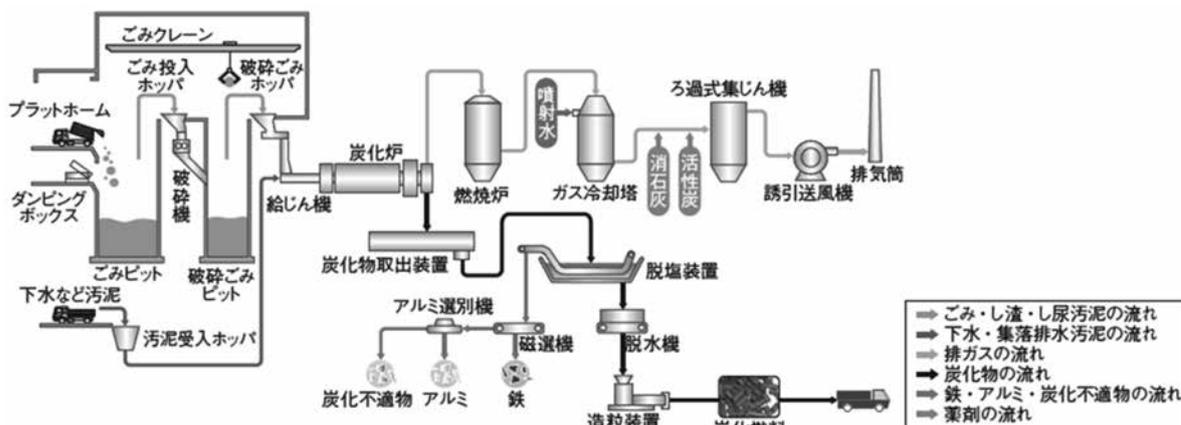


図4 西海市炭化センター 処理フロー

3.2 運転状況

運転開始以降、月当たりのごみ搬入量 600t 程度に対して順調に処理しており、炭化物搬出量は 17% 程度の毎月 100t 程度と計画通りの生産している。これまで、ごみや炭化物の詰り、炭化不良等の大きなトラブルもなく稼働している。

炭化燃料の外観を図 5 に、本施設における炭化燃料の品質基準を表 2 に示す。搬入したごみならびに炭化燃料の発熱量分析を毎月実施しており、ごみの発熱量は変動するのに対して、単価燃料の発熱量は安定的に 16,000kJ/kg 以上を保持している。また、全塩素は 3,000ppm 程度であり品質基準を十分に満足できている。

炭化燃料の搬出は、炭化燃料貯留槽の下に 15t 天蓋車を停車させて実施するが、炭化燃料はペレット状に造粒されているため、発塵や周辺の汚れが少ない搬出を行っている。



図 5 炭化燃料外観

表 2 炭化燃料の品質基準

品質項目		基準値
低位発熱量※	kJ/kg	13,000程度
塩素濃度	ppm	3,000程度
形状		ペレット状
		※無水ベース

3.3 炭化燃料の利用状況

製造した炭化燃料は、試運転期間を含めて 2015 年 4 月より石炭を燃料とする民間の発電施設で代替燃料として使用されており、その量

は燃料使用量に対して 3% 程度である。これまでの運転で燃料供給性の確認や混焼による燃焼状態の確認を実施してきており、2015 年 10 月ならびに 2016 年 3 月、10 月のボイラ開放点検では大きな問題は報告されておらず、現在も継続して利用されている。

このように炭化燃料を、石炭の代替燃料として利用することで、利用先での石炭使用量を削減することができ、発生する温室効果ガス (CO₂) の低減が可能となる。

また、単独では発電や熱利用が難しい小規模な施設において、ごみを燃料として回収して発電効率の高い発電施設で焚くことで、ごみのエネルギーを効率的に利用することが可能となる。

4. おわりに

今回、焼却技術と非焼却技術という観点で当社の技術紹介を行った。

焼却技術については、引続き今後も安心・安全なごみ処理と LCC を抑えたエネルギー回収の高効率化技術を提供することで低炭素社会の構築に貢献していく。

非焼却処理である炭化システムは、炭化燃料の利用先確保が前提となるものの、利用先となる発電所も含めたトータルシステムと捉えると、小規模なごみ処理事業におけるエネルギー回収利用の促進・温暖化防止対策の一つの選択肢として有効である。普及促進に向けた制度面での支援も期待したい。

今後、廃棄物処理システムを取り巻く環境も ICT や AI 技術の発展によって、大きく変わっていくことが考えられる。廃棄物処理に係わる膨大なデータを活用することで、オンサイトでの更なる安定操業技術の構築と、オフサイトでの遠隔監視・支援システムによって、これからの社会環境に適したごみ処理を実現していく所存である。