

次世代型流動床式ガス化燃焼炉



株式会社神鋼環境ソリューション
環境エンジニアリング事業本部 環境プラント事業部
プロポーザル部 設備改善推進室

課長 砂田 浩志

1. はじめに

都市ごみ処理施設は、ますます地産地消型の再生可能エネルギー供給施設として位置付けられ、なお一層省エネルギー技術、高効率発電技術が求められている。

この発電高効率化のニーズを受けて、流動層独特の燃焼特性を最大限に発揮して高効率発電が実現可能な「次世代型流動床式ガス化燃焼炉」の開発に取り組むこととなった。具体的には、ボイラ効率向上による発電効率向上と各種送風機動力の削減によって送電量の最大化が可能となる低空気比燃焼化（空気比1.5~1.6⇒1.3）と、蒸気タービン効率の向上によって発電効率の更なる向上が

可能となる高温高压ボイラの採用（4 MPa×400℃⇒6 MPa×450℃）を目標とした。特に6 MPa×450℃の高温高压ボイラは、国内で先駆けて採用する技術である。

本稿では、「次世代型流動床式ガス化燃焼炉」の特長と本装置を導入した施設の運転状況について報告する。

2. 装置説明

当社が開発した流動床式ガス化燃焼炉のフローシートを図1に示す。この装置は当社がこれまで培ってきた技術と新規開発技術の融合などにより、高効率発電に加えて、省エネ化に関する技術も備えたものであり、

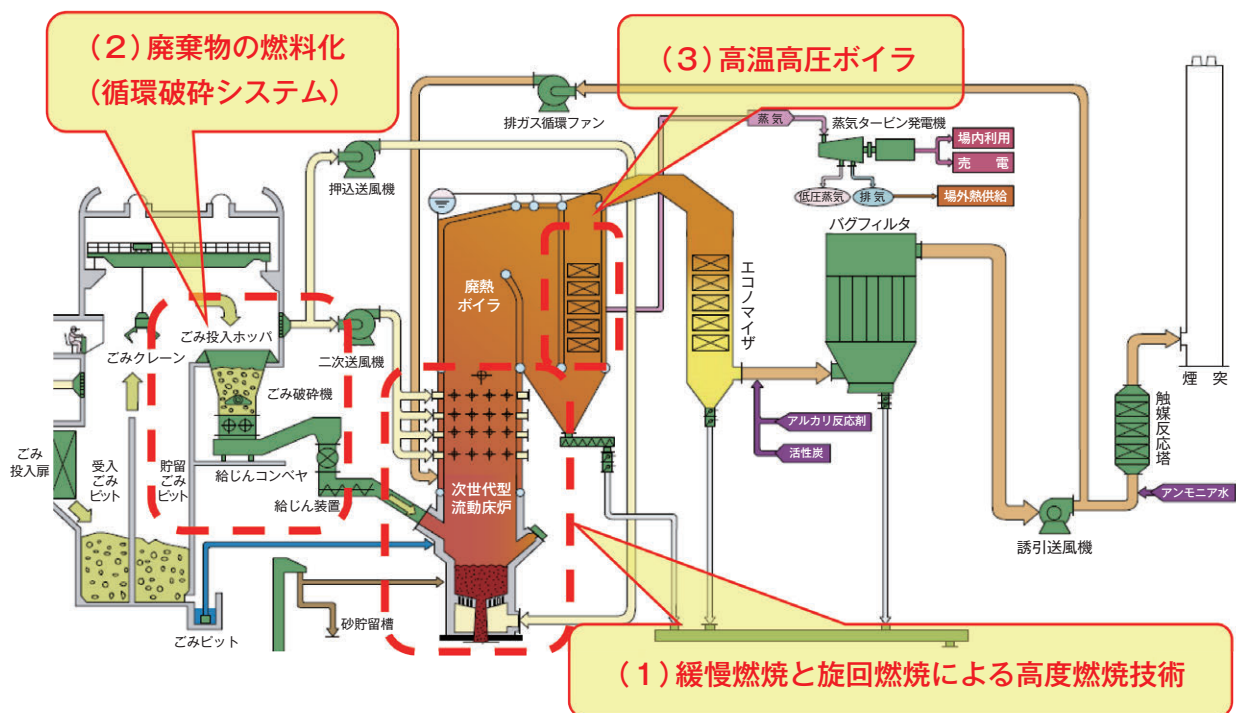


図1 流動床式ガス化燃焼炉フローシート

大きく以下の3点の主な特徴がある。

- (1) 緩慢燃焼と巡回燃焼による高度燃焼技術(ガス化燃焼)
- (2) 廃棄物の燃料化(循環破碎システム)
- (3) 高温高压ボイラ(6MPa×450℃)

(1) 緩慢燃焼と巡回燃焼による高度燃焼技術(ガス化燃焼)

流動床式ガス化溶融炉におけるガス化炉では、かつて構造指針記載の流動床式焼却炉の450kg/m²・hの倍以上の炉床負荷を採用している。本技術を採用することで、砂層の流動化空気量(燃焼空気量)を最小化することができ、ろ液注水等を用いることなく砂層温度を500~600℃の低温で緩慢燃焼することができる(図2)。すなわち、ろ液注水による熱損失を抑制しつつ、緩慢燃焼運転を行うことにより、エネルギー回収向上と安定燃焼の両立が実現できる。また、砂層の流動化空気量の低減により、送風機の機器コストの低減、消費電力削減につながり、省エネ化にも寄与する技術である。

二次空気に関しては、当社で培ってきた技術を採用しており、巡回方式の吹込みを行っている。これにより、効果的な攪拌・混合を行うことで、生成ガスの完全燃焼が可能となる。

(2) 廃棄物の燃料化(循環破碎システム)

流動床炉は、発電量制御に優れている等の利点がある一方、給じん(ごみの投入量、ごみ質)の変動が燃焼変動に大きな影響を与えるという特性がある。

炉規模(処理規模)が大きくなるにつれ、その給じんの変動の影響は小さくなるものの、中小型炉では破碎システムを導入した方が、発電量制御、低空気比燃焼などを実現しやすい。

廃棄物処理施設を廃棄物発電所と位置づけ、これまでの破碎システムよりも更にごみを“燃料化”するため、「循環破碎システム」を開発した(図3)。循環破碎システムは、通常の二軸破碎機の排出側に可動式の閉止板(循環ダンパ)を設けた構造である。循環ダンパを閉止した状態のままで廃棄物を投入することで、従来1回破碎だったものが、ダンパを開放するまでは繰り返し循環破碎することができる。これにより、より良質な“燃料”を生成することができる。一例だが、体積累積で見ると、従来型では細かく破碎されるものが約50%に留まるのに対し、循環型破碎機では約80%と大きく改善される。

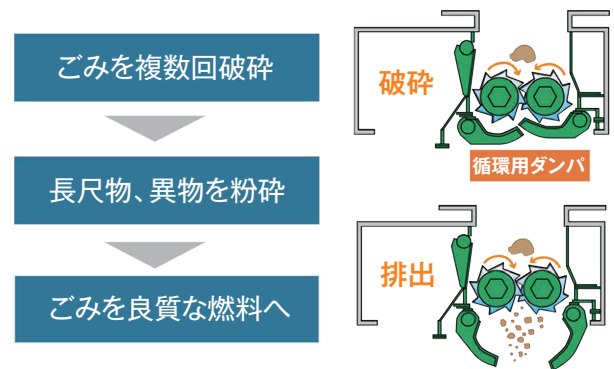


図3 循環破碎システム

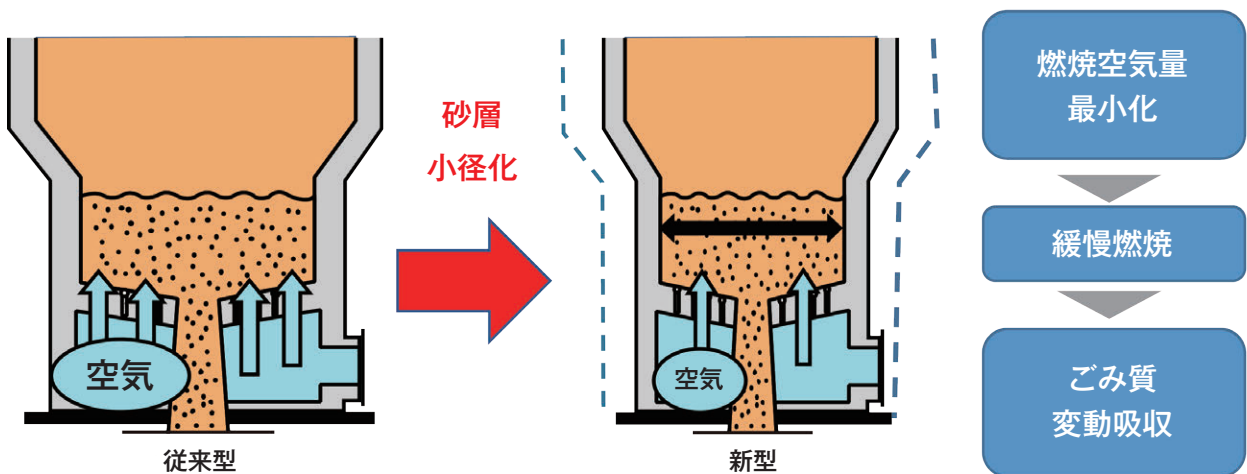


図2 新型流動床の砂層における緩慢燃焼

(3) 高温高压ボイラ(6MPa×450℃)

廃棄物発電の高効率化にはボイラ蒸気条件の高温高压化が効果的であるが、排ガス中の腐食成分による過熱器管の腐食が問題となる。日本国内においては4MPa×400℃クラスの蒸気条件が標準となっており、当社においても同様の蒸気条件(4MPa×400℃)を採用した発電施設を複数納入している。その腐食状況を確認したところ、5年以上経過後も過熱器管の減肉はほとんどなく、当社流動床炉では従来材の過熱器管をそのまま使い、適切な温度域に配置する設計によって、過熱器の腐食が効果的に抑えられるという優れた特長を有することが分かった。

そこで蒸気条件の更なる高温高压化が可能であると考え、蒸気条件450℃を想定した2年間にわたる暴露試験を実施した。暴露試験の結果、腐食メカニズムを解明することができ、従来材をそのまま使い、過熱器管を最適化な排ガス温度下に配置することで、過熱器管表面の付着灰を熔融させず、腐食減肉を低減することが可能であることが分かった。

この知見を基に設計した6MPa×450℃の高温高压ボイラを「はつかいちエネルギーセンター」にて国内で先駆けて採用した。2019年3月竣工後の3次過熱器管(蒸気温度450℃部)の減肉量は、1号系、2号系ともに平均減肉速度は0.1mm/年程度であり、過去の暴露試験と同様の減肉挙動であることを確認している。

本蒸気条件の高温高压化の効果として、一つの試算結果ではあるが、蒸気条件4MPa×400℃と比べて、発電量が10%以上増加する試算を得ており、高効率発電化には有効な手段である。

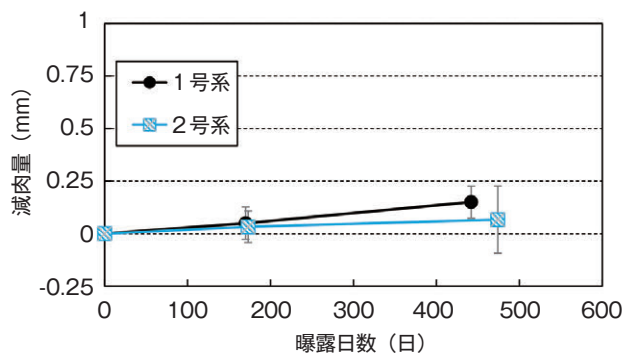


図4 実稼働中炉における3次過熱器管の減肉挙動

3. 性能

「次世代型流動床式ガス化燃焼炉」を採用した第1号機の施設である「はつかいちエネルギーセンター」の性能を説明する。当施設は、6MPa×450℃の高温高压ボイラの他に、低温エコノマイザ、低温触媒の採用など高効率発電に取り組んでいる。

加えて、従来の廃棄物発電施設では利用が難しいとされていた「タービン排熱」の有効活用を行っている。これまで大気放出されていたタービン排熱から温水を間接的に熱回収し、隣接する広島ガス廿日市工場への熱供給事業を行っており、エネルギー回収が非常に優れた施設である。当施設の操業状況について、(1)焼却運転、(2)発電・熱供給状況に分けて説明する。

(1) 焼却運転

焼却運転結果として、表1に引渡性能試験時の排ガス測定結果を示す。空気比約1.3の低空気比運転で安定した排ガス性状を確認することができた。竣工後も同様の排ガス性状で安定した運転を継続している。

また耐久性については、6MPa×450℃の高温高压ボイラについては上記のとおり、従来と同等の耐久性を確認している。循環破碎システムについては、破碎時間が多くなる分破碎刃の摩耗は増えるものの、容易に肉盛り補修できる構造であり、LCCを考慮した設計としている。

表1 各排ガス測定結果

項目	基準値	1号系	2号系
煙突ばいじん濃度(g/m ³ N)	0.005以下	0.001未満	0.001未満
煙突SO _x 濃度(ppm)	10以下	0.7未満	0.7未満
煙突HCl濃度(ppm)	10以下	4	3
煙突NO _x 濃度(ppm)	20以下	9	9
煙突CO濃度(ppm)	30以下	4	4未満
煙突DXNs濃度(ng-TEQ/m ³ N)	0.01以下	0.00012	0.00065
煙突Hg濃度(μg/m ³ N)	—	0.71	0.60
炉出口空気比	—	1.26	1.29

(2) 発電・熱供給

本施設では全炉停止期間以外はほぼ熱供給を行っているが、発電と熱供給はトレードオフの関係にあるため、発電効率の向上のみを追求するのではなく、発電と熱供給の最適なバランスを考慮しながら運転を行っている。一般的に発電効率を高めるためには、タービン排気圧をできるだけ下げた運転が有効であるが、本施設では温水利用先に供給する温水温度を要求レベルに維持するために、タービン排気圧を上げて調整し、発電と低温排熱をあわせたエネルギー利用率を最大化するよう運転を行っている。

上記のとおりタービン排気圧を上げた運転を行っているが、6MPa×450℃の高温高压ボイラの採用により2020年度平均で19.2%と高い発電効率（1炉運転時）を実現した。また2020年度の発電効率は16.1%（2炉運転時）、熱利用効率は25.6%、合わせたエネルギー効率は41.7%と非常に高いエネルギー利用を実現できている（図5）。この売電及び熱供給による年間CO₂削減量は、6,924t-CO₂及び7,235 t-CO₂で合計14,159 t-CO₂となり、計画値の9,700 t-CO₂の約1.5倍となっている。なお、本施設では、送電量制限のため2炉運転時は発電量を抑えた運転を行っているが、制限がない場合は、更にエネルギー効率を高めることが可能である。

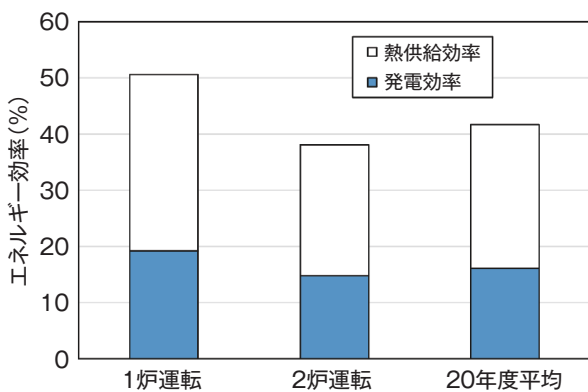


図5 エネルギー効率実績

4. おわりに

今後日本では人口減少により、自治体の財政はますます厳しくなり、また2050年に向けて脱炭素社会、カーボンニュートラルを目指す中、一般ごみ、下水汚泥、産業廃棄物等の垣根を越えた合理的・効率的な廃棄物処理システムの検討が進むものと考えられる。一方、流動床炉は、汚泥等の低カロリー物からプラスチック等の高カロリー物まで幅広い対象物を処理可能である特長を持ち、様々な雑多なものを同時に処理できる。

当社は今後も本装置の改良・改善を行い、更なるエネルギー回収の最大化を追求していくことで、合理的・効率的な廃棄物処理システムの一員として役割を担い、カーボンニュートラル社会に貢献していく所存である。