

# 次世代型ストーカ式焼却炉 ハイパー 21 ストーカシステム



## JFE 環境ソリューションズ 株式会社

エンジニアリング本部 設計部 焼却炉設計室  
〒 230-0044 神奈川県横浜市鶴見区弁天町 3 番地 7  
TEL 045-510-4640  
FAX 045-510-4752

### 1. はじめに

当社では廃棄物の多様性・不均一性に起因する本質的な燃焼不安定性を改善する目的で、工業炉の高性能化に有効である高温空気燃焼技術を廃棄物焼却炉へ適用することに着目し基本検討を行った。

1999年、通商産業省（現経済産業省）の補助のもと特殊法人（現独立行政法人）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により委託を受けた（財）省エネルギーセンターから再委託を受け、高温空気燃焼技術を応用した焼却炉への高温混合気吹込み低空気比安定燃焼技術について開発研究を開始し、廃棄物の焼却から灰処理まで一貫した高効率・環境負荷低減型の廃棄物処理システムを開発することを目的として系統的な試験を実施した。

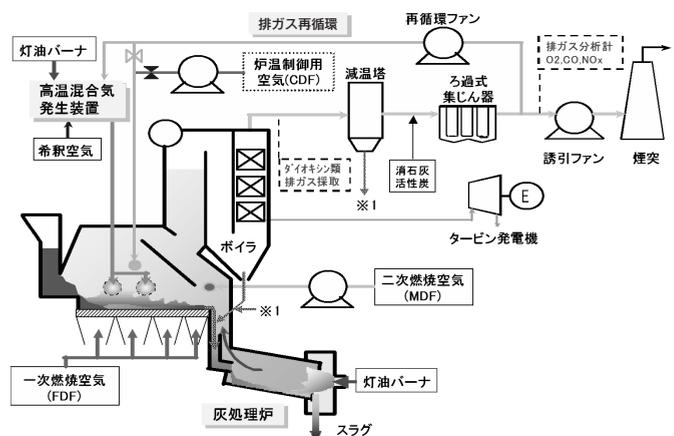
初期の基礎的試験の結果を踏まえ、当社内に建設した12t/d規模の実証試験プラントにおいて、一般廃棄物を試料とした低空気比燃焼試験と、灰処理炉を焼却炉へ一体化した灰処理試験を実施した後、それらの研究成果に基づき、実際の焼却炉における効果の実証と作業上の知見を得ることを目的として次世代型ストーカ式焼却炉の技術を105t/d規模の実炉へ適用し検証を実施した。

実施した炉の設備概要を第1表に、フローを第1図に示すが、検証においては、既存の従来型ストーカ式焼却炉に、排ガス再循環ラインと高温混合気発生装置および灰処理炉を追設し、

次世代型設備へ改造した後、燃焼安定性、熱回収効率、焼却灰処理燃費、燃焼ガス・スラグ性状等の比較検証を実施し、各種の改善効果、知見を得るに至った。

第1表 プラント設備概要

焼却炉形式	全連続式ストーカ炉
試験対象炉	1号炉
処理能力	105 t/day × 2炉
炉寸法	幅:3.2m 高:6.2m 奥行:8m
排ガス冷却設備	自然循環ボイラ(2.8MPa,300°C)+減温塔
排ガス処理設備	バグフィルタ+消石灰、活性炭吹込み
発電設備	復水タービン(2.6MPa,295°C)出力2000kW



第1図 試験設備フロー概要図

### 2. システムの概要

本システムの基本コンセプトは、長年の実績により信頼性が高く、運転安定性に優れたストーカ炉において、

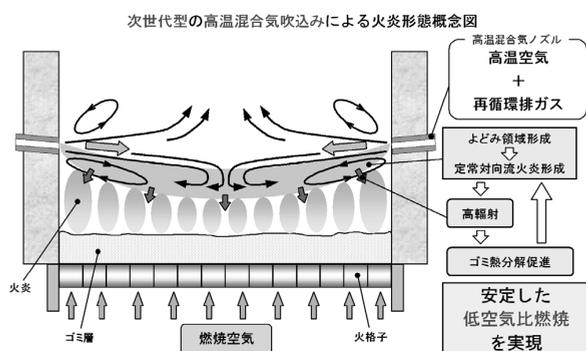
- ① 廃熱回収効率の大幅向上
- ② 環境負荷の低減

③設備のコンパクト化

④操業コストの低減 を実現する事である。

本システムは、当社ストーカ炉既存技術と、排ガス再循環、高温混合気吹込み、焼却炉一体型灰処理炉などの新技術を高度に組み合わせる事により上記コンセプトの達成を図っている。

本システムでは第2図に示すように、高温混合気と再循環排ガスを混合させた高温混合気を二回流式焼却炉の燃焼開始領域に供給している。これによりゴミ層直上に安定燃焼領域を形成させ、ここに安定した定常対向流の拡散火炎を定在させている。結果、従来ストーカ炉では達成できない低空気比条件（空気比1.3）での安定燃焼を実現している。この低空気比安定燃焼により、排ガス量の低減とそれに伴う熱損失の低減、NOx、ダイオキシン類の排出低減といった廃熱回収率の向上と環境負荷の低減が可能となる。



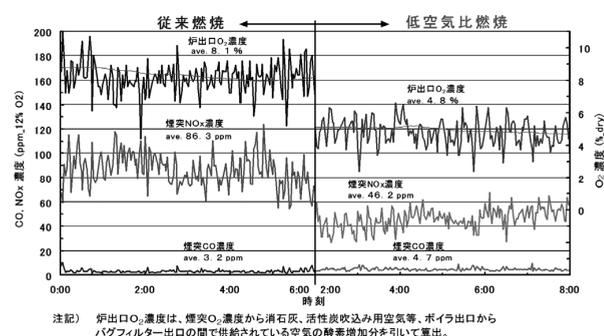
第2図 燃焼開始領域での火炎安定化イメージ

本システムにおけるもうひとつの特徴は焼却炉と灰処理炉の一体化である。本システムでは焼却炉から排出される焼却灰を複雑な前処理設備や搬送設備を介することなく灰処理炉に投入することが可能であり、さらに灰処理炉の排ガスを焼却炉に付帯したボイラにより熱回収すると共に、排ガス処理設備により処理することが可能である。これらにより灰処理炉設備の簡素化が図られ、設備費および設置面積の低減に有効であるだけでなく、ランニングコスト削減、運転要員の削減につながる。更に焼却灰の持ち込み熱および灰処理炉の廃熱を有効に利用することが可能となり、システム全体としての熱効率向上の面でも大きな効果が得られる。

3. 成果

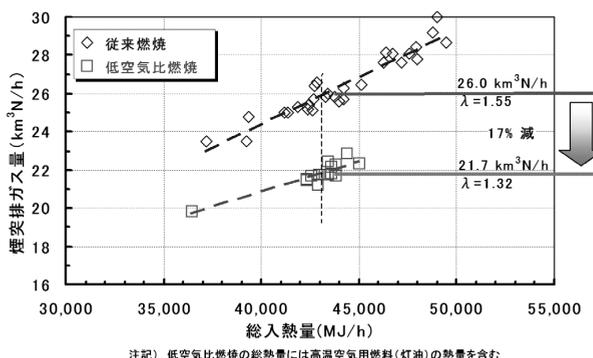
3-1. 低空気比燃焼

従来燃焼時と低空気比燃焼時の排ガス濃度の経時変化を第3図に示す。従来燃焼時の炉出口O<sub>2</sub>濃度が平均8.1%（空気比λ=1.6）に対して、低空気比燃焼時の炉出口O<sub>2</sub>濃度は平均4.8%であり、空気比λ=1.3を達成していることがわかる。低空気比燃焼時のCO濃度は、平均値5ppm未滿かつ20ppmを超えるピークも無く従来燃焼時と同様に低く抑えられており、低空気比燃焼時においても完全燃焼が達成できていることが確認できる。また、従来燃焼時のNOx濃度は平均86.3ppmであるのに対し、低空気比燃焼時は炉内水噴霧を行わずに約半分の平均46.2ppmを実現している。



第3図 排ガス濃度の経時変化

焼却炉への総投入熱量と排ガス量の関係を第4図に示す。低空気比燃焼時は従来燃焼時と比べ煙突排ガス量が17%低減し、排ガスの持ち出しによる熱損失が低減していることがわかる。



第4図 総入熱量と煙突排ガス量の関係

3-2. 焼却炉一体型灰処理炉

焼却炉一体型灰処理炉による焼却灰（ボイラ灰、減温塔灰を含む）の無害化処理は、灯油バ

ナーによる加熱溶融処理である。溶融スラグの管理温度は 1300 ~ 1400℃とした。

本溶融試験で得られた水砕スラグの性状を第 2 表に示すが、「道路用溶融スラグの骨材」(TR-A-0017)の規格および重金属類等の土壌含有量基準のいずれについても満足しており、路盤材やコンクリート二次製品などへの再利用が可能な性状であることが確認された。

第 2 表 水砕スラグ性状

道路用溶融スラグ骨材(TR A 0017) 試験結果			重金属等含有量分析結果		
試験項目	結果	規定値 TR A 0017 FM2.5	元素	含有量試験(mg/kg)	
				分析値	含有量基準
単位容積質量(kg/L)	1.77	-	カドミウム	< 5	150
絶対乾密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.88	2.45以上	鉛	31	150
吸水率(%)	0.16	3.0以下	六価クロム	< 2	250
金属鉄(%)	< 0.7	1.0以下	砒素	< 5	150
粒度分布	4.75mm	100	総水銀	< 0.05	15
通過質量	2.36mm	90	セレン	< 5	150
百分率(%)	0.075mm	2	シアン	< 5	50
溶出試験 (mg/L)	カドミウム	< 0.005	フッ素	36	4,000
	鉛	< 0.005	ホウ素	150	4,000
	六価クロム	< 0.04			
	砒素	< 0.005			
	総水銀	< 0.0005	0.0005以下		
セレン	< 0.005	0.01以下			

環告19号による

3-3. ダイオキシン類濃度

低空気燃焼下における焼却炉単独運転時のボイラ出口排ガス中ダイオキシン類濃度は、従来燃焼時(0.72ng-TEQ/m<sup>3</sup>N)に対し約70%低減し、0.15 ~ 0.24ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nという結果が得られた。灰処理炉を同時運転した場合においても同様に0.17 ~ 0.23ng-TEQ/m<sup>3</sup>Nと約70%のダイオキシン類濃度の低減が確認された。

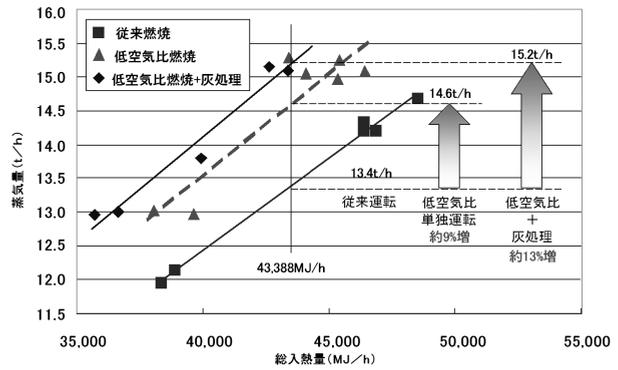
また、溶融スラグ中のダイオキシン類濃度は定量下限以下という結果を得た。

3-4. 廃熱回収率向上

焼却炉単独運転(低空気比燃焼時)および焼却炉と灰処理炉の同時運転における焼却炉ボイラによる廃熱の回収結果を第5図に示す。従来燃焼時に比べて低空気比燃焼時には蒸気回収量が約9%増加した。灰処理炉同時運転時では、さらに約4%増加し、合計約13%増加する結果を得た。これは熱量に換算すると約1,400MJ/hとなり、従来では回収不能であった灰処理炉への投入熱量(定格処理にて約3,400MJ/h)の約40%が蒸気として回収されていることになる。

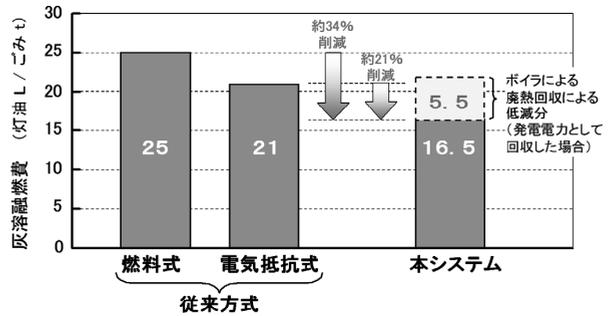
3-5. 焼却灰処理燃費の向上

灰溶融処理における従来方式と本システムの消費エネルギー(灯油換算値)の比較を第6図



注記) 低空気比運転には高温空気を燃料(灯油)の熱量を含み、灰溶融用燃料の熱量を含まない

第 5 図 廃熱回収量



年間 ごみ処理量 200t/d × 280日 = 56,000t/年 とした場合  
 燃料式と比較 476,000 litter/年 削減  
 電気式と比較 252,000 litter/年 削減

第 6 図 灰溶融処理燃費比較

に示す。本システムの場合、使用エネルギーの一部を廃熱ボイラにて回収できるため、総合的な処理燃費で見ると、従来の別置き燃料式と比べ約34%、また電気抵抗式と比較した場合でも約21%の処理燃費向上を実現している。

4. おわりに

近年、地球温暖化をはじめとした環境問題への関心が強まる中、廃棄物処理分野においても、ゴミを廃棄物として考えるのではなく、燃料として捕らえる傾向が強くなる傾向がある。本システムの適用により低空気比下における安定燃焼と廃熱回収率の大幅向上、有害物質排出量の大幅削減といった環境負荷の軽減が可能であり、環境問題の改善に大きく貢献できるシステムであるといえる。また本システムは新設の焼却炉のみならず、既存の焼却炉に適用することも可能であり、各要素技術は用途に応じた組み合わせが可能であるため、低コストで最適な廃棄物処理システムの提供が可能である。

# JFE –フェルント式木質 バイオマスガス化システム



## JFE 環境ソリューションズ 株式会社

第二エンジニアリング部バイオガス技術室  
〒230-0044 神奈川県横浜市鶴見区弁天町 3-7  
TEL 045-510-3890  
FAX 045-510-4743

### 1. はじめに

当社では、木質系バイオマスの利活用技術の一つとして、バブコック&ウィルコックスフェルント社(Babcock & Wilcox Vølund ApS、以下、フェルント社)より、発電を目的とした「JFE –フェルント式木質バイオマスガス化システム(以下、JFE –フェルント式ガス化システム)」を技術導入し、国内において既に3件の納入実績を有している。

ここでは、JFE –フェルント式ガス化システムの概要と、適用事例及び今後の展望について述べる。

### 2. システムの概要と特徴

JFE –フェルント式ガス化システムとは、チップ化した木屑等の木質バイオマスをガス化炉にて燃料ガスに転換するとともに、ガス中から回収される重質タールを有効利用するシステムである。本システムにガスエンジン発電機を適用した事例の概略フローを図1に示す。

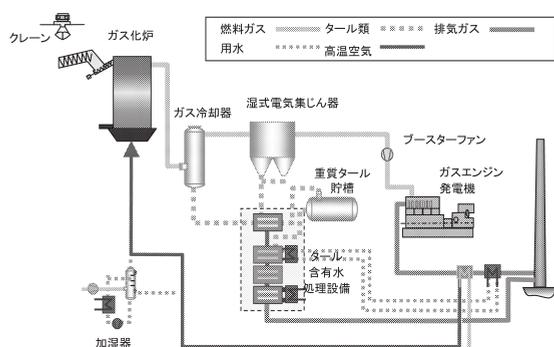


図1 ガス化発電システムの概略フロー

### 2-1 ガス化設備

JFE –フェルント式ガス化システムのガス化炉は、図2に示すように、内面を耐火物でライニングした円筒縦型の構造である。木質バイオマスは炉上部から投入される一方で、ガスの流れは、ガス化剤（空気及び水蒸気）を炉下から供給し、生成ガスを上部から取り出すことからアップドラフト式固定床ガス化炉に分類される。

ガス化炉内部には低速で回転するスモータが設置されており、レベル計の機能も果たしている。ガス化炉は起動停止が容易で、10%負荷へのターンダウンも数分で行うことができる。空気と蒸気を120℃程度に加熱後、炉下部の回転火格子を通して炉内に送風する。炉の下部から上方に向け、酸化、還元、熱分解、乾燥の各反応が連続的に起きる。灰は回転火格子から水封槽に落とし込んで冷却し、スクリーフィーダで掻き出し排出する。灰には、窒素、リン、カ

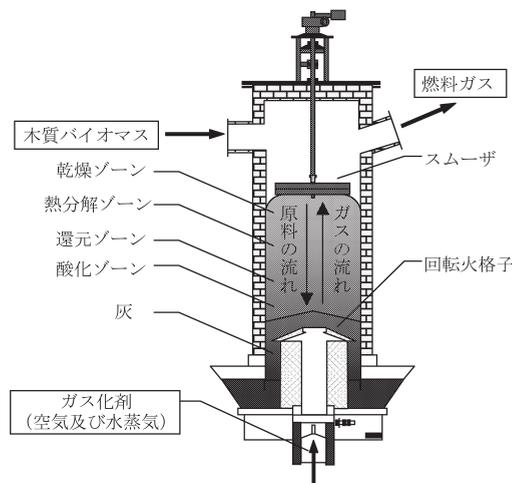


図2 ガス化炉の模式図

リウムが含まれており、ダイオキシンなどの有害物も含まないことから、植栽用肥料として利用可能である。

### 2-2 ガス精製設備

ガス化炉を約75℃で出た生成ガスには水蒸気と共に多様なタール分や酸類が含まれており、これらをガス冷却器(熱交換器)で冷却し、水分とタールを凝縮分離する。次いで、湿式電気集じん器を通して残留するタールミストとダストをガスエンジンで使用できるレベルまで除去する。精製後のガスは、ブースターファン等でガスエンジンなどの利用先に送る。

### 2-3 タール含有水処理設備

ガス冷却器と湿式電気集じん器から排出されるタール含有水は、比重分離器で重質タールと軽質タール含有水に比重分離する。

重質タールは系外に抜き出し、バーナの燃料や道路舗装用副資材等として利用可能である。

軽質タール含有水には木酢等が含まれているが、これはフェルント社が独自開発したシステム(TarWatC)で燃焼処理する。

ガスエンジンの高温排気または蒸気等高温の熱源を利用しタール含有水中の含有水分を気化させ、可燃性の軽質タールと粗スチームに分離する。次いで、この軽質タールを反応炉に送り燃焼させる。さらに、反応炉に粗スチームを吹込むことで、粗スチーム中に残存するタールを完全燃焼して浄化する。反応炉を出た高温の燃焼排ガスの排熱は回収し、システムで自家利用している。

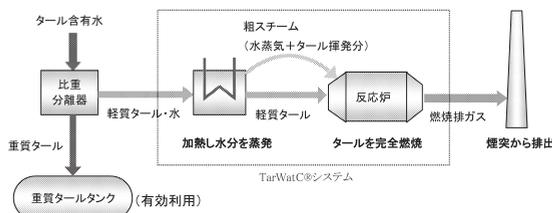


図3 タール含有水処理の概略フロー

### 2-4 発電設備

JFE-フェルント式発電システムでは、ガス化炉で得た燃料ガスをガスエンジン発電機で利用することにより発電を行っており、国外1件、国内2件の実績を有している。プラント発電効率は、各プラントの諸条件によって異なってくるが、約25~28%程度を達成している。

ガスエンジンの総運転時間は、国外の当社技術導入元であるフェルント社の施設(概要は表1を参照)においては、25,000時間を越えており、また国内の当社実績(表2参照)でも約4,000時間に至っており、長期間の安定運転を達成している。

表1 海外実績プラントの概要

所在地	デンマーク ハーボーレ
バイオマス投入量	41.2t/d
発電出力	1,384kW (最大)
稼動年	1993年 (但し発電は2000年より)
備考	コージェネレーションプラントとして、近隣約650世帯に温水を供給

### 3. JFE-フェルント式発電システムの特長

JFE-フェルント式発電システムの特徴を以下にまとめる。

- ・プラントでの発電効率25~28%程度の高効率発電が可能。
- ・生木のような高水分(水分35~50%程度)で、かつ一辺10~100mm程度の形状の木質バイオマスの利用に最適。
- ・ガス化炉は10%程度の低負荷運転へも速やかに移行が可能。
- ・TarWatCプロセスにより、有効利用可能な重質タールの回収と、残る軽質タール含有水の燃焼処理による無害化を達成。
- ・重質タールは、化石燃料代替としての利用や、化学原料としての利用が可能。

### 4. システムの適用例

#### 4-1 国内発電プラント実績

JFE-フェルント式発電システムの、これまでの国内での納入実績は、「やまがたグリーンパワー株式会社」殿、「いしかわグリーンパ

ワー株式会社」殿向けの2件である。表2にプラント概要をまとめる。

表2 国内実績（発電プラント）の概要

納入先	やまがたグリーンパワー株式会社殿	いしかわグリーンパワー株式会社殿
所在地	山形県村山市	石川県羽咋郡宝達志水町
バイオマス投入量	60t/日	69t/日
発電出力	2,000kW（最大）	2,500kW（最大）
竣工	2007年6月	2008年5月

#### 4-2 化石燃料代替の実施例

製造業においては、ここ数年においてCO<sub>2</sub>排出削減対策の観点から工業炉やボイラにおいて化石燃料からバイオマス燃料への燃料転換が進められていたが、近来、石油等の化石燃料の価格が不安定なこともあり、化石燃料からバイオマス燃料への燃料転換のニーズがより一層高まっている。その背景下、当社では大王製紙株式会社殿より、可児工場殿向けとしてJFE-フェルント式木質バイオマスガス化設備を受注した。

表3にプラントの概要をまとめる。

表3 国内実績（燃料代替プラント）の概要

納入先	大王製紙株式会社 可児工場 殿
建設場所	岐阜県可児市
バイオマス投入量	100t/日
竣工	2008年度下期 予定

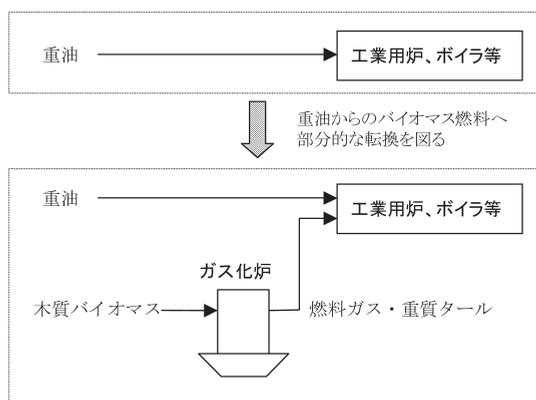


図4 燃料代替システムの概要

この設備では、図4に示すように、従来、重油を燃料としていた工業用炉に、ガス化炉設備で生成される燃料ガスと重質タールを導き、重油と混焼することにより、従来の化石燃料である重油からのバイオマス燃料への部分的な転換を図ることを目的としている。

本適用例では、化石燃料である重油の全面的な転換ではなく、一部を代替、併用する世界で初の試みであり、既設ボイラ等の規模によらず適用することか可能であり、燃料価格に応じた使い分けが可能となる。また、既設設備を大きく改造することなく木質バイオマス燃料を適用することが可能であることも大きな利点である。

#### 5. 今後の展開

本ガス化炉の利用に最も適している木質バイオマスは、水分35～50wt%程度の生木切削チップであるが、現在当社では利用できる木質バイオマスの範囲を拡大すべく、研究開発を進めている。一例としては、バーク材や建築廃材の適用について、実績工場において検証中である。

当社は、今後も木質バイオマスをエネルギー転換する下記2つのシステムでの営業展開を図っていく。

- 1) 地産地消型（小規模分散型）の熱電併給施設向けとして、生成ガスをガスエンジンにて利用するガス化発電システム
- 2) 重油・LNGなどを利用している事業者向けとして、生成ガス、重質タールをボイラ等で利用する化石燃料代替システム

#### 6. おわりに

当社では、JFE-フェルント式木質バイオマスガス化システムをはじめ、多様なバイオマス利用技術を保有している。今後も、市場のニーズに応えるべく、最適なソリューション提案していく所存である。