208 蒸気間接加熱式都市ごみ乾燥機の開発

Development of Municipal Solid Waste Dryer via Tubed Steam

○正 野間 毅 (東芝) 正 中島 良 (東芝) 正 金井 康晴 (東芝)
正 松井 宏 (東芝) 雨宮 隆 (東芝)

Tsuyoshi NOMA, Ryo NAKAJIMA and Takashi AMEMIYA, Toshiba Corporation, Kansei-cho
20-1, Tsurumi-ku, Yokohama

In municipal solid waste treatment plant, it is effective to get rid of water from waste before heating process. We adopted a tubed steam waste dryer which heats waste indirectly by steam for a 10 t/d municipal solid waste treatment demonstration plant. Demonstration test was conducted over 100 days including 35 days continuous operation. In this waste drying process, it is possible to utilize waste thermal energy of the plant by using steam. And also it is possible to exhaust harmless outlet gas of dryer because of low temperature heating. As a result of the test, high drying performance and superior harmless ability of the exhaust gas was verified and the system is proved to be an excellent waste drying method.

Key Words: Municipal solid waste, waste treatment, waste dryer, tubed steam

1. はじめに

一般廃棄物の処理において、ごみ中の水分を事前に取り除くことにより、その後段でのごみの熱分解処理などの高温化における熱負荷、および発生したガスの冷却における熱負荷の低減を図ることができる。また、ガス中の水分量が減ることにより、ブロー・集じん装置などのガス機器設備容量の低減をも図ることができるなど、乾燥機設置には様々なメリットがある。

このようなごみ乾燥機の満たすべき要件の一つとして、プラント内で発生する熱を乾燥機の加熱源として利用できることがあげられる。これによりプラントの熱利用効率を向上させることができる。また、乾燥機の満たすべきもう一つの要件は、低温度でごみの乾燥を行えるということである。高温でごみの直接加熱を行うと、ごみから乾燥機排気中へ熱分解ガス・塩化水素ガス・ダイオキシン類などの混入が生じることや、乾燥機内部での発火の可能性が高まる等の理由により、ごみの加熱温度は低くすることが望まれる。

以上のような要件を満たす乾燥機として蒸気間接加熱式のごみ乾燥機を開発し、一般廃棄物の熱分解ガス化改質処理方式⁽¹⁾による 10 t/d 処理の実証プラント^{(2)・(4)}において試験を行った。本実証試験においては、平成 12 年 9 月より平成 13 年 2 月の間に延べ 100 日以上の実証運転と 35 日間の連続運転を完了した。以下、この実証試験における乾燥機の運転結果について報告する。

2. ごみ処理プラント概要

図 1 に蒸気間接加熱式の乾燥機を採用した実証プラントのシステムフローを示す。都市ごみは前処理設備にて粗破碎され磁選機で鉄類が取り除かれる。破碎設備では $75 \times 75 \text{ mm}$ のメッシュフィルタが設置されており、このフィルタを通過したごみだけが乾燥機に投入され、メッシュを通らないごみは再び破碎機に戻される。乾燥機にて乾燥されたごみは間接加熱式のロータリーキルン式の熱分解炉(550℃)で低酸素濃度雰囲気にて熱分解ガスと熱分解残さに分離される。熱分解ガスはガスクラッカ(1100℃)で低分子化された改質ガスとなった後ガス冷却ボイラにて 200℃に急冷される。この後にガス洗浄装置(バグフィルタ、湿式スクラバ、脱硫装置)を経由し可燃分として一酸化炭素、水素を主成分とする清浄な燃料ガス、すなわちクリーンガスを取り出す。

Fig.1 System flow diagram of the 10 t/d demonstration plant

3. 乾燥機の概要

3.1 乾燥機の系統

図 1 に示す通り、本プラントにおいては熱分解炉の加熱に用いた後の燃焼排ガスの熱量を、排熱回収ボイラにより回収して蒸気を発生させている。また、改質ガスの急冷過程において発生する熱もガス冷却ボイラにて回収して蒸気を発生させており、二つのボイラで発生した蒸気を合わせて乾燥機の熱源として用いる構成としている。図 2 に乾燥機廻りの系統図を示す。ボイラで発生した蒸気は、減圧弁により適当な圧力に調整された後に、乾燥機内部に供給されて加熱に使われ、その後乾燥機内部で完全に凝縮した後に外部に排出される。乾燥機内部でごみから蒸発した水分は、乾燥機ごみ入口部から流入する空気(キャリアエア)に運ばれて乾燥機排気ラインへと排出され、集塵機を経由して排ガスファンにより燃焼炉へと導かれる。この時に乾燥機の排気は、その露点温度が 80℃以下となるように排気ファン手前の流量コントロールバルブで排気流量を変化させてキャリアエアの流量を調整する。すなわち、排気中の水分量が大きくなり露点が上がるとキャリア空気を多くして露点を下げる。一方、乾燥機内部での発火防止、および排気の燃焼処理に要する燃料を最小化するためにキャリアエア流量は最小限となるようにする。すなわち、排気中の水分量が少なくなるとキャリア空気の量を絞り、適

正な露点となるようにする。排気配管には排気温度が温度低下して露点温度以下とならないようにするために、スチームトレースを施して断熱性を高めている。

Fig.2 Schematic view of the waste dryer system

3. 2 乾燥機の仕様

乾燥機の形式は回転ドラム形式で、ごみの連続処理を行うものである。乾燥機の内部には伝熱チューブが配置されており、蒸気はその内側に供給され、一定圧力の元でチューブ壁面を介して熱伝導によりごみへの加熱が行われる。図3には乾燥機概略図を示し、表1に乾燥機の仕様を示す。

Fig.3 Schematic drawing of the waste dryer

Table 1 Specification of Dryer

Type	Rotary drum, steam tubes inlet
Steam	0.1~0.3MPa Saturation temperature
Waste size	Under □75×75mm
Input waste rate	10 ton/day, continuous

3. 3 乾燥機加熱温度

冒頭でも述べた通り、乾燥機加熱温度は必要最小限としなければならない。図4には数種類のプラスチックについて温度上昇と減量割合により熱分解特性の評価を行った結果を示す⁽⁵⁾。このうちポリエチレン(PE),ポリプロピレン(PP),ポリスチレン(PS)などは300℃前後にて分解が開始され、400℃以下で反応が完了する。塩化ビニル(PVC)については、200℃付近から急激な減量が見られるが、これは塩化ビニル中に含まれる脱塩化水素反応を示すものであり、さらに400℃近傍において熱分解が行われる。以上のことから、乾燥機における加熱温度を200℃よりも高くすると、乾燥機排気中へ熱分解ガスや塩化水素ガスが混入する。これを防止するために、本実証試験においては0.1MPa~0.3MPa 飽和の蒸気条件にて乾燥機の加熱を行った。

Fig.4 Pyrolytic characteristics of varied plastics⁽⁵⁾

4. 試験結果

4. 1 投入ごみ質

本実証試験における実際の供試ごみ質の分析結果を表2に示す。ごみ含水率23.8~74.0%までの広範囲のごみを処理した。図5には、投入したごみ含水率とその時の時間当たりのごみ処理量を示した。図中の破線の交点は、設計ごみ質（基準ごみ、低質~高質ごみ）を表す。また入口のごみ含水率に対して、所定の含水率まで乾燥を行うことのできる処理量を実線で示した。

Table 2 Analysis data of input waste

	Three components (wt%)			Chemical composition of combustible factor (wt %)						LHV (kJ/kg)
	water	ash	volatile	C	H	N	O	S	Cl	
Max	74.0	10.9	70.7	53.9	8.2	1.63	36.6	0.08	0.97	14300
Min	23.8	1.9	21.5	45.0	6.5	0.34	26.2	0.02	0.38	3230
Ave	41.9	5.9	52.2	50.2	7.3	0.75	31.0	0.05	0.61	10000

Fig.5 Water content and capacity of treatment

4. 2 乾燥性能

乾燥機出口ごみは一定時間おきにサンプリングを行い、赤外線加熱乾燥質量測定方式により含水率測定を行った。図6には、実証試験分析により計測した入口ごみ含水率を横軸にとり、その時の乾燥機出口ごみ含水率を縦軸にプロットした結果を示す。図中に示した実線は、ごみ処理量が10t/dである場合の設計性能曲線である。本乾燥機においては、10t/d処理時に入口ごみ含水率が60%を越えると、出口でのごみ含水率が一直線上昇する。これは、本乾燥機におけるごみから蒸発させられる水分量の上限を示すものである。

Fig.6 Waste water content

図7には、加熱蒸気-ごみ（キャリアエア含）間の総括伝熱係数の測定値を示す。ごみの持込エネルギー（投入量×ごみ低位発熱量）の大小に関わりなく総括伝熱係数は、ほぼ一定の値を示す。乾燥機内でのごみの挙動（流動状態、滞留時間等）を等しい条件となるようにすれば、この総括伝熱係数を用いて乾燥機のスケールアップ設計や蒸気条件を変化させた時の

Fig.7 Measured over-all heat transfer coefficient between steam and waste

性能予測が可能となる。

4. 3 乾燥機排気

表3には、実証試験における乾燥機排気中のダイオキシン類の分析結果を示す。表に示したとおり、乾燥機排気中のダイオキシン類濃度は極めて小さく例えば RDF 施設などの熱風式乾燥機（ガス温度入口 320°C、出口 150°C）などでの排気中のダイオキシン類濃度⁽⁶⁾よりも一桁小さい値となっている。

Table3 Analysis of dryer exhaust gas

DXNs	ng-TEQ/m ³ _N
Total PCDDs	0.001
Total PCDFs	0.025
Total (PCDDs+PCDFs)	0.026

PCDDs：ポリ塩化ジベンゾパラダイオキシン類

PCDFs：ポリ塩化ジベンゾフラン類

4. 4 熱利用状況

本実証プラントにおいては、改質ガスの急冷を行うガス冷却ボイラと熱分解炉燃焼排ガス排熱回収ボイラの二つのボイラで発生した蒸気を合わせて乾燥機の熱源として用いる構成としている。図8には、ごみの持ち込み熱量に対する乾燥機必

要蒸気量を破線で示し、また二つのボイラで発生する蒸気量の合計を線形近似したものを実線で示した。二つのボイラで発生する蒸気量はそれぞれプロットで示してある。ごみ質が低質になるほど乾燥機必要蒸気量は大きくなり、一方ボイラの発生蒸気量は減少する。ごみ質が二つの線の交点よりも低質側になると、プラント内部で発生する蒸気による運転ができなくなり、追い焚きによる加熱が必要となる。本実証プラントにおいては、基準ごみ質では、ほぼプラント内発生蒸気により乾燥熱源を賄うことができた。大型の実用機においては実証プラントに比べて相対的に熱損失が小さくなるため、有効に活用できる蒸気量の割合が増え、低質のごみであってもプラント内発生蒸気により乾燥を行うことができると考えられる。

Fig.8 Required steam flow rate for dryer

4. まとめ

連続処理タイプの蒸気間接加熱式乾燥機の開発を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 広範囲のごみ質に渡って設計通りの乾燥性能の高さが確認され、また、延べ116日の実証試験、内35日連続試験期間にわたりごみの乾燥を安定して行うことができた。
- (2) 0.1MPa～0.3MPa 飽和の比較的低温での加熱で乾燥を行ったが、高い乾燥性能を確認した。また乾燥機排気中のダイオキシン濃度が十分に小さいことを確認することができた。
- (3) 実証施設（10t/d）のような小型のプラントであっても、プラントで発生する余熱を蒸気に変換して、基準ごみ質のごみ乾燥の加熱源として有効に利用できた。相対的に熱損失の小さな大型の実用機においては、低質ごみの乾燥をもプラント内余熱で賄うことができる。

参考文献

- (1) 佐藤ほか、「廃棄物熱分解処理システムの開発—熱分解・改質装置と湿式処理装置によるごみ処理特性—」, 第10回環境工学総合シンポジウム2000 講演論文集, pp.127-129 (2000)
- (2) 野間ほか、「廃棄物熱ガス化改質システムに関する開発」, 日本機械学会第7回動力・エネルギー技術シンポジウム2000 講演論文集, pp.108-112 (2000)
- (3) 中込ほか「熱分解ガス化改質・溶融システムの開発」, 第22回全国都市清掃研究発表会論文集, pp.222-224 (2001)
- (4) 中島ほか、「廃棄物熱分解ガス化改質・溶融システムの開発」, 第11回環境工学総合シンポジウム2001 講演予定(2001)
- (5) 別冊化学工業, pp159-172, vol.26, No.4, 1982
- (6) 「循環型社会の構築に向けて」, 「新政策別冊」次世代型ごみ焼却処理施設の研究開発, pp5-7, Vol.1, Sep, 1998