

京都大学 工学部 正員 平岡 正晴  
 〃 武田 信生  
 学生員 ○酒井 伸一

1. はじめに

近年、下水汚泥や都市廃棄物も含めて廃棄物の総合的処理システム、再資源化システムの確立が急がれているが、エネルギーの有効利用という側面からクローズアップされてきたのが、この下水汚泥と都市廃棄物の混合焼却である。廃棄物のエネルギー回収利用には焼却により熱回収し、熱供給、発電を行なうとする方法や熱分解、メタン発酵等により燃料化する方法がある。その中において、下水汚泥と都市廃棄物の混合焼却は両者を一括焼却することにより都市ごみの持つエネルギーを直接的に低発熱量である下水汚泥に利用しようとするものである。今回は既設の都市ごみ焼却炉(回転ストーカ式)において汚泥を都市ごみと共に投入し、排ガス性状、ばいじん負荷、焼却効率等を把握し本方式による混合焼却に検討を加えた。また、焼却処理特性も知る上で重要であると思われる都市ごみ、汚泥の燃焼特性、燃料特性 に対する基礎的データを収集しつつあり、これらの特性から若干の考察を加える。

2. 実験

実験を行った焼却炉は6台の回転ストーカ式水噴射排ガス冷却装置、電気集塵機を設置してあり、焼却能力は150t/dayである。実験期間中の都市ごみ組成は湿重量ベースで紙類約50%、厨芥類25%、プラスチック類10%、繊維類6%、不燃物5%となっており、平均的な都市のごみ組成に比べて紙類の比率が高く、厨芥類が低くなっている。都市ごみ全体の含水率はおよそ40%で、低位発熱量は2000~2500 kcal/kgであった。一方、今回用いた下水汚泥の性状を表1に示す。表の前処理方法に記した通り

表1. 下水汚泥の各種性状

	A社汚泥	B社汚泥	
前処理方法	高分子兼注→加圧脱水 →乾燥→成型	熱処理→加圧脱水 →成型	
含水率	14.6%	30.5%	
見掛け密度	0.69 g/cm <sup>3</sup>	0.63 g/cm <sup>3</sup>	
低位発熱量	1520 kcal/kg D.S.	2120 kcal/kg D.S.	
強熱減量(800°C)	36.6%	39.4%	
元素組成	H	2.60%	3.02%
	C	14.8%	20.3%
	N	3.19%	2.55%
強熱後組成	H	0.00%	0.00%
	C	0.16%	0.24%
	N	0.02%	0.02%

り高分子兼注→加圧脱水→乾燥汚泥(A社)と熱処理→加圧脱水汚泥(B社)の2種類の汚泥をいずれもφ10×20程度の円柱形に成型したものである。この2種類のシステムは平岡ら<sup>1)</sup>が現行ごみ焼却方式と下水汚泥処理の結合方式として検討している通り都市ごみの平均的な低位発熱量1500 kcal/kgを得るためのシステムとして選定されたものである。実験を行った焼却炉は24時間連続運転で、汚泥は3日間4回(1日午前、午後それぞれ2時間ずつ、都市ごみの10~20%を10~15m<sup>3</sup>に投入した。分析、測定は燃焼状況、排ガス性状等を促える目的から排ガス組成のうちNO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、COの連続測定、排ガス流量・ばいじん濃度等の測定、落じん・焼却灰・EP灰の分析、冷却排水・洗煙排水の分析を行った。

3. 結果、考察

まず排ガスの連続測定、ばいじん等の分析結果を混焼時、非混焼時の平均値として表2に示す。表中換算NO<sub>x</sub>とはO<sub>2</sub>12%基準のNO<sub>x</sub>濃度である。表より換算NO<sub>x</sub>濃度はいずれの場合も150ppm前後で変わらず、他の排ガス性状値にも大きな差はみられない。しかし、汚泥混焼時にばいじん濃度が若干の増加をしており、集塵機負荷が増大していることが予想さ

表2 排ガス性状の比較(集塵機入口)

	非混焼時	混焼時
排ガス温度(°C)	287	287
排ガス圧力(mmHg)	-3.0	-3.0
排ガス流速(m/sec)	9.4	9.9
水分(%)	31.2	33.6
湿排ガス流量(Nm <sup>3</sup> /hr)	60,471	62,614
乾 " "	41,604	41,576
ばいじん濃度(g/Nm <sup>3</sup> )	1.120	1.760
NO <sub>x</sub> (ppm)	102	105
O <sub>2</sub> (%)	14.7	14.6
換算NO <sub>x</sub> (ppm)	14.7	150
CO <sub>2</sub> (%)	6.1	6.1
CO(ppm)	201	208

れる。ばいじん量は汚泥の投入形態、投入方法などにより、とても大きく変化すると思われ、混合処理システムの設計、操作に際して留意すべき点の一つである。次に図1に日次汚泥混焼時の回転火格子からの落じん量の経時変化を示し、図2に落じん中に含まれる汚泥の可燃分解率の変化を示す。但し、可燃分解率dは試料のI<sub>g</sub>-Lossをl<sub>s</sub>%, 残渣のI<sub>g</sub>-Lossをl<sub>r</sub>%として次式で定義した。

$$d = \left( 1 - \frac{100 - l_s}{l_s} \cdot \frac{l_r}{100 - l_r} \right) \times 100 \quad [\%]$$

図1、図2より汚泥の投入に伴い落じん量は増加しており、それと共に汚泥の分解率も低下している。非混焼時には80%以上の分解率を示しているが、混焼時には60%程度、特に混合比20%の予後には30%近くまで低下している。この分解率の低下と炉内の燃焼状態の

関係と把握するため、仮試汚泥の熱重量分析(TG)、示差熱分析(DTA)を行った。その結果を図3に示す。比較のために混合した都市ごみの代表組成の熱分析結果も示した。汚泥のTG・DTA曲線より、汚泥は理想的な条件下では200℃付近まで乾燥状態が続き、与熱量は水分蒸発の潜熱として使用され、その結果吸熱ピークが存在する。200℃前後から分解が始まり500℃付近まで熱分解、燃焼状態となり大きな発熱ピークが現れている。熱分析の詳細な解析は別の機会に譲るとして、混焼時の分解率が30%であるということは熱分解状態に遷移する以前、もしくは熱分解初期の残渣であると考えられる。しかも乾燥ゾーンにおいては汚泥の受ける熱量はそのほとんどが水分の蒸発潜熱に奪われるため吸熱反応である。これらのことと落じん量が混焼時に増加していることを考え合わせれば炉内の燃焼状態が悪化していることも予想され、少なくとも汚泥の投入に伴い未分解の状態を排出される汚泥が多いといえる。次に図3に共に示した都市ごみの熱分析結果をみると汚泥の熱分解、燃焼開始温度は都市ごみと大差はないが、分解・燃焼速度は小さいようである。また都市ごみの高温域の重量変化に比べて汚泥のそれは非常に緩やかである。これは汚泥の固定炭素燃焼のためであると思われるが、このことは汚泥、都市ごみの混合焼却を行う際の重要なポイントとなるであろう。

#### 4. おわりに

脱水ケーキを混焼炉(火格子炉)に直接投入するプラントがアメリカで建設中という報告もあり、今後下水汚泥と都市廃棄物の混合焼却はエネルギー的側面、処分地難という側面から普及すると予想される。そのシステムとして火格子炉における混焼が考えられ、実プラント実験に付する検討も熱分析結果と共に加えてきた。現在筆者らは本実験データを熱分析、熱分解がスクロマトグラフィ、一法などにより更に詳細に解析すると共に、混合熱分解、混合流動焼却等の他システムの可能性も検討している。

#### 参考文献

- 1) 平岡正勝、武田信生“都市ごみと下水汚泥総合処理方式(第1報・第2報)”都市と廃棄物 Vol 19, No.3, No.7
- 2) William F. Cosulich, et al “Incineration of sludge and refuse with heat recovery” Journal WPCF, Vol 51, No.7

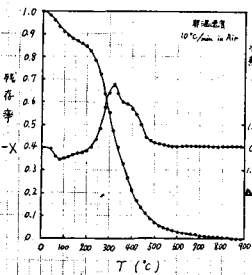


図3-1 日次汚泥のTG・DTA曲線

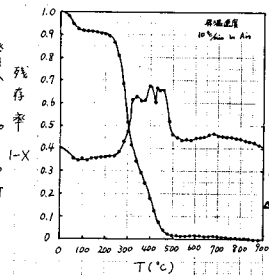


図3-2 新聞紙のTG・DTA曲線

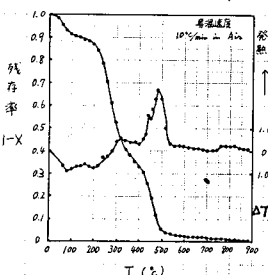


図3-3 植物性厨芥のTG・DTA曲線

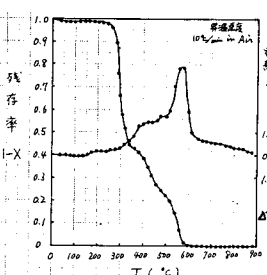


図3-4 硬質プラスチックのTG・DTA曲線

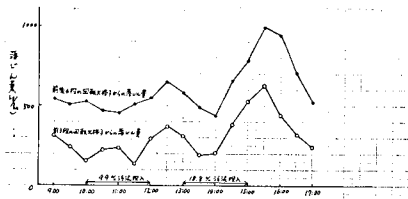


図1 ばいじん量の経時変化

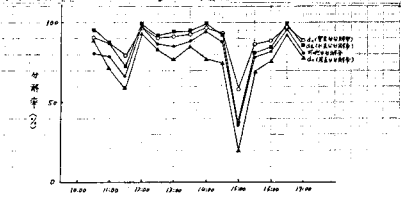


図2 落じん中の汚泥の可燃分解率の変化