

下水汚泥焼却炉における2段燃焼制御

嶋田 治*、伊藤泰弘*、宮本博司**、吉ヶ江武男**

* (財)神戸市下水道公社 向洋管理事務所
神戸市東灘区向洋町東2丁目1-1

** (株)神戸製鋼所 都市環境事業部 環境エンジニアリングセンター
神戸市灘区岩屋中町4丁目2-15

概要

下水汚泥を流動床炉によって焼却する場合、通常、燃焼空気の全量を砂層部に流動空気として供給しているが、筆者らは予熱した流動空気の一部を分岐してフリーボード部に吹き込めるよう実炉を改造し、2段燃焼実験を行った。その結果、フリーボード部の予熱空気の吹き込みによって、炉内のガスの混合性が向上し、より良好な排ガス性状が得られることが確認された。また、2段燃焼を行う場合の炉内温度制御方法を提案した。

キーワード

下水汚泥、2段燃焼

1 はじめに

神戸市では市内各下水処理場で発生した汚泥は、減量化および安定化を目的として、東部スラッジセンターにおいて集中焼却処理を行っている。本センターは昭和61年に供用を開始し、1日あたり約200tの汚泥を安定に処理し続けているが、今回、より環境負荷の低い焼却システムを確立することを目的に2段燃焼実験を行い、良好な結果が得られたので報告する。

2 設備概要

東部スラッジセンターのフローを図1に示す。廃熱の有効利用と補助燃料の低減を目的として、乾燥機付きの流動床焼却炉が採用されている。市内各下水処理場から密閉構造(天蓋付)のダンプカーで搬入される汚泥の含水率は80%程度であるが、乾燥機で含水率40%程度に乾燥された汚泥が混合されるため、焼却炉に供給される汚泥の平均含水率は70%程度となっている。

汚泥は流動床焼却炉において850℃程度の高温で焼却され、その排ガスからは十分な熱回収を行っている。まず廃熱ボイラで熱回収し400～450℃になる。続いて空気予熱器で、燃焼空気を約300℃に予熱するための熱回収によって250～280℃まで冷却される。その後、サイクロンおよび電気集塵機においてダストが捕集された後、排煙処理塔でSO_x、HCl等の酸性ガスが除去され、煙突より排出される。

廃熱ボイラでの熱回収によって発生した蒸気は、一部が白煙防止器に送られ、煙突から排出される排ガスの白煙防止に用いられている。残りの大部分は汚泥乾燥機に供給され、汚泥中の水分を蒸発させる熱源として利用されている。焼却炉に投入される汚泥の含水率を下げることで、補助燃料の低減に大きな役割を果た

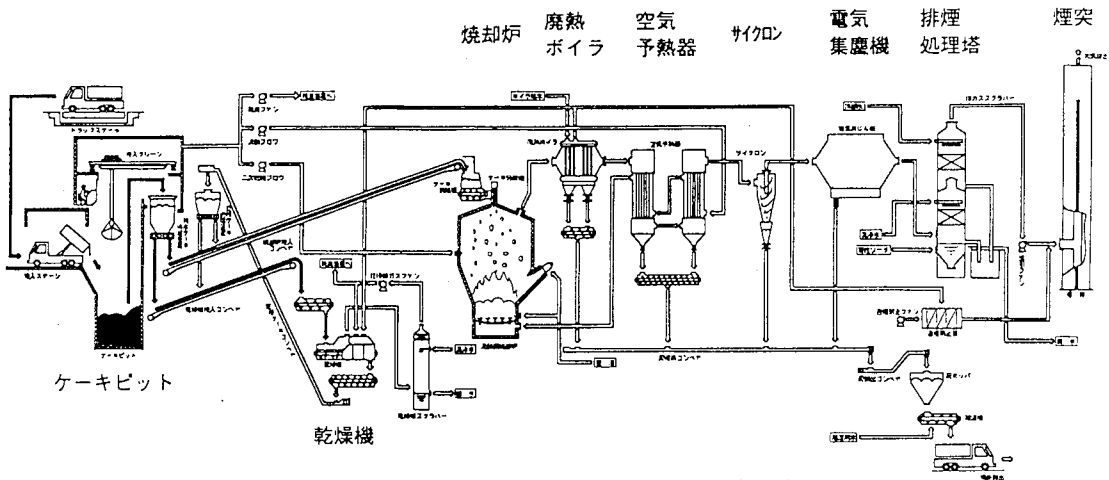


図1 東部スラッジセンターフローシート

している。また、排煙処理塔の温排水からも熱回収を行い、施設周辺地域への温水供給のための熱源提供も行っている。

3 現状の制御方法

本センターの焼却炉においては現在、砂層温度の設定値をもとに補助燃料の制御を行っている。それに加え、炉出口排ガスの酸素濃度が一定になるように燃焼空気量の制御を行っている。砂層温度の設定値はフリーボードが850℃程度になるように770～790℃程度とし、設定値以下になった場合には補助燃料として砂層部に重油が供給されている。また、焼却炉出口に酸素濃度計を設置し、排ガス中の酸素濃度を指標にして燃焼空気量を制御することで、酸素不足による不完全燃焼を防ぐとともに、空気の供給過剰で排ガス持ち出し顕熱が増加し、炉内温度が低下するのを防止している。

4 2段燃焼

2段燃焼とは燃焼空気を2分割して焼却炉に供給する燃焼方法で、今回、以下の2つの効果を期待して燃焼実験を行った。

- ①砂層に供給する燃焼空気を減らすことで砂層での燃焼割合を従来より抑える一方、2次空気を吹き込むフリーボードでの燃焼割合を高めることで、補助燃料を増加させることなくフリーボードを高温化し、有害物質の分解を促進させる。
- ②フリーボードへ空気を吹き込むことによって、炉内のガスの混合性を向上させ、より一層の燃焼促進を図る。

2次空気は、既設の2次燃焼ブロワから常温空気を吹き込むのではなく、図2に示すよ

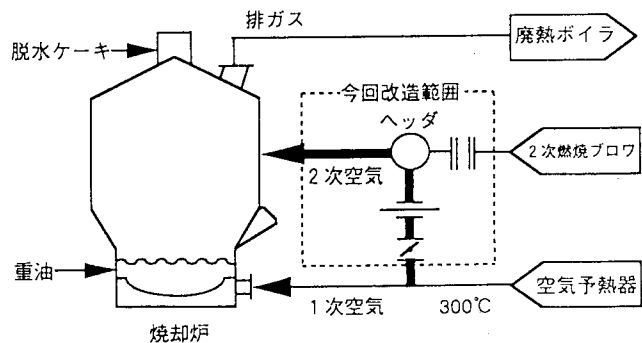


図2 2次空気供給方法

うな改造を行うことにより、約300℃に予熱した流動空気を一部分岐して吹き込んだ。これは、下水汚泥の場合、砂層で発生するガスの発熱量が低いため、常温2次空気を吹き込むとフリーボード部の温度低下を引き起こすが、高温空気をを用いることで温度低下を防ぐとともに、空気の膨張によって吹き込み流速を上昇させ、炉内のガスの混合能力を高めることが可能となるからである。

今回の実験では、2段燃焼の効果を確認するために、総燃焼空気量（総空気比）、重油量を固定し、1次・2次空気比のみを変化させてデータを取得した。

図3に1次空気比と炉内温度の関係を示す。総空気比1.3のもとで1次空気比を減少させていくと、砂層温度が低下することが確認できた。これは砂層での汚泥の燃焼率が抑えられたためで、1次空気比により砂層温度が制御できることがわかった。また、フリーボード温度は砂層温度にかかわらずほぼ一定であった。これによって、砂層で発生する未燃分がフリーボードでの2次空気の吹込みによって十分燃焼していることがわかる。

1次空気比とCO濃度の関係を図4に示す。2段燃焼を行って1次空気比を下げることによってCOは下がり、1次空気比が1.1程度においてCOが最も低くなることがわかる。しかし、1次空気比を1以下まで下げるとCO濃度も上昇している。これは、砂層温度の低下によって、砂層から発生するガス中の未燃カーボン等が増加したためと考えられる。

亜酸化窒素（N₂O）、アンモニア（NH₃）、シアン（HCN）について、単段燃焼と2段燃焼（1次空気比1.1、2次空気比0.2）での比較を表1に示す。いずれも2段燃焼によって良好な結果が得られた。

なお、2段燃焼を行うことによって、流動空気量（1次空気量）は減少するが、砂層の空塔速度は流動化開始速度の2.5倍程度であり、流動状態は良好に保たれている。

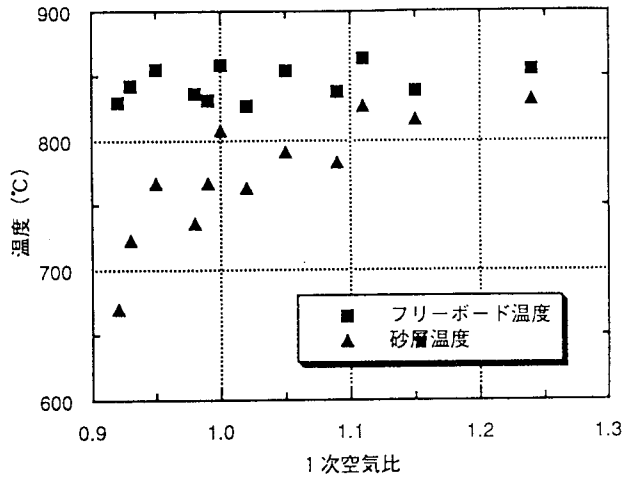


図3 1次空気比と炉内温度

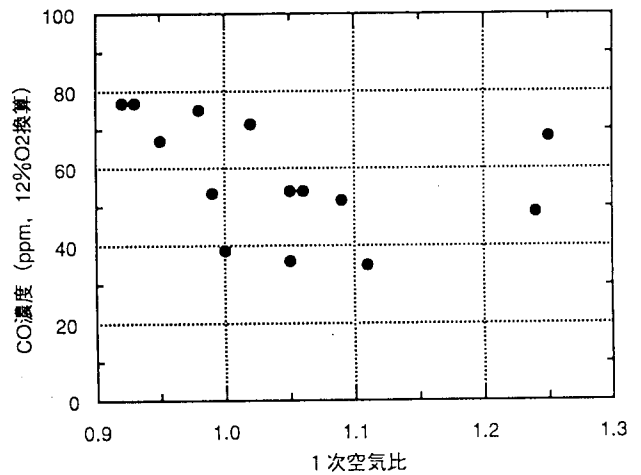


図4 1次空気比とCO濃度

表1 排ガス性状

		(12%O ₂ 換算)	
		単段燃焼	2段燃焼*
N ₂ O	ppm	131	83
NH ₃	ppm	11	1
HCN	mg/m ³ _N	<1	<1

* 1次：2次空気比=1.1：0.2

5 2段燃焼制御

2段燃焼を実際の連続運転に適用するにあたって、以下の制御方法を考えている。

- ①フリーボード温度・・・補助燃料による制御
- ②砂層温度・・・1次空気比による制御

制御のフローを図5に示す。

フリーボード温度を重油の供給量で制御し、設定値を下回った場合には、砂層オイルガンから重油を供給することで、設定値を維持する。一方、砂層温度は1次・2次空気配分を調整することによって制御する。砂層温度が設定値より高くなると1次空気量を減少させることで砂層での燃焼割合を抑え、砂層温度を下げる。逆に、砂層温度が設定値より低下した場合は、1次空気量を増加させることで、砂層部

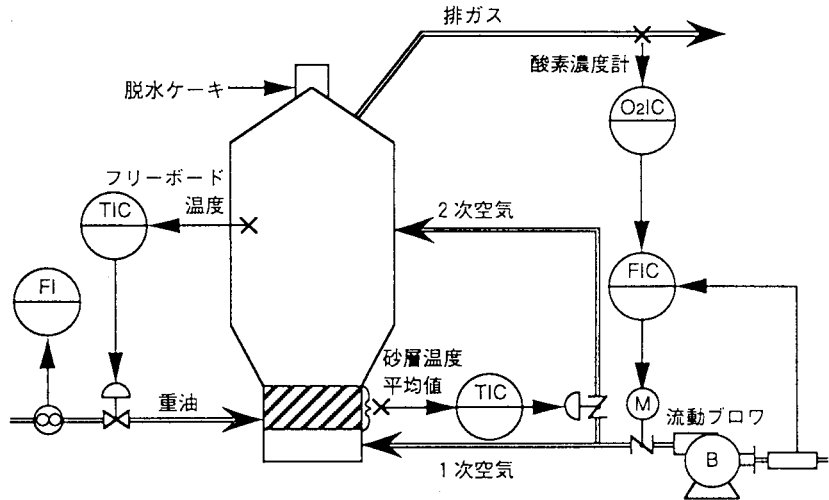


図5 2段燃焼制御フロー

での燃焼割合を高めて、砂層温度を上げる。現状の単段燃焼での運転では、炉内温度の制御を砂層温度のみで行っているため、フリーボード温度には多少の変動がみられる。したがって、安定的にフリーボード温度の目標値を維持するためには、2段燃焼を行い、フリーボード温度を設定値とする本制御を導入することが有効と考えられる。単段燃焼でフリーボード温度を設定値とした制御を行うと、フリーボード温度が設定値になるように砂層に補助燃料が供給されるが、このとき砂層温度を制御できる操作因子が他にないため、汚泥の性状によってはフリーボード温度だけでなく砂層温度も上昇し、排ガス中のNOx濃度が増加する原因になることが考えられる。しかし、本制御方法では、砂層温度、フリーボード温度とも安定的に維持することが可能であり、良好な排ガス性状を安定的に維持することができる。したがって、本制御方法を用いれば、汚泥の発熱量が低く砂層温度が低下しがちな場合は1次空気比を高め、汚泥の発熱量が高く砂層温度が上昇しがちな場合は1次空気比を低めにすることで、幅広い汚泥性状にも対応可能であるといえる。

6 まとめ

実プラントにおいて下水汚泥の2段燃焼実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ①2段燃焼を行うことによってCO、N₂O、NH₃の低減が可能であり、最適条件は1次空気比1.1、2次空気比0.2である。
- ②2段燃焼においては、フリーボード温度を補助燃料で、砂層温度を1次・2次空気比で制御することにより、フリーボード温度、砂層温度とも安定的に設定値を維持することが可能である。