

汚泥処理施設における温室効果ガスの排出特性の把握について

愛知県建設部下水道課 坂元 裕
愛知県建設部下水道課 有我 清隆
(財)愛知水と緑の公社下水道部〇 堤 俊憲

1. はじめに

下水処理場から排出される温室効果ガスは、電力、重油などのエネルギー消費に伴う二酸化炭素だけでなく、水処理、汚泥処理の過程でメタン、亜酸化窒素が排出される。特に亜酸化窒素については、地球温暖化係数が二酸化炭素の 310 倍であり、汚泥焼却の過程で多く排出されるため、その排出特性を把握する必要がある。本論文では、愛知県内の流域下水道の処理場において、汚泥処理施設における温室効果ガスの排出特性を把握すると共に、それを考慮した運転管理方法の検討を行うものである。

2. 調査概要

(1)調査対象

本調査は愛知県内の流域下水道処理場の内、濃縮、脱水以降の汚泥処理施設(焼却炉など)を有する箇所を対象として行った。調査対象の流域下水道処理場の施設概要を表 - 1 に示す。

表-1 調査対象の流域下水道処理場の施設概要 平成16年4月現在

流域名	供用開始年月	水処理施設(m ³ /日)		汚泥処理施設(現況) (t-ケーキ/日)
		全体計画	現況	
豊川	昭和55年12月	197,000	90,000	濃縮→脱水→焼却炉 (25t, 40t)
五条川左岸	昭和62年4月	159,400	83,700	濃縮→脱水→焼却炉 (50t)、コンポスト (5t)
境川	平成元年4月	386,700	120,000	濃縮→脱水→乾燥炉 (40t)、コンポスト (4t, 6t)
衣浦西部	平成3年4月	141,600	64,000	濃縮→脱水→焼却炉 (25t, 50t)
矢作川	平成4年4月	532,000	160,000	濃縮→脱水→焼却炉 (35t, 95t)

(2)調査方法

各汚泥処理施設からの温室効果ガス排出特性を把握するために、「下水道における地球温暖化防止対策の手引き」(平成 11 年度、(社)日本下水道協会)に基づき、それらの施設の運転を行うのに必要な電力、燃料の消費量からエネルギー由来の温室効果ガス排出量を把握する。また汚泥由来の温室効果ガスについては、排ガス中の平均的(濃度の時間変動の影響を考慮し、1 サンプルあたり 30 分間排ガスを吸引した)な亜酸化窒素濃度を把握することにより、汚泥処理に伴い排出される亜酸化窒素の排出特性を確認する。焼却炉については、運転方法(燃焼温度=フリーボード部温度、汚泥投入量)により燃料使用量、亜酸化窒素排出量が変化するため、運転条件を変化させて調査を行う。各施設の運転条件を表 - 2 に示す。なお、焼却炉は全て同じメーカーのものである。

表-2 各施設の運転条件

流域名	施設	処理能力 (t-ケーキ/日)	運転方法	燃焼温度 (フリーボード部)
豊川	焼却炉	25t	定格運転	850℃
				890℃
				860℃
				870℃
				880℃
五条川左岸	焼却炉	50t	定格運転	880℃
			90%運転	880℃
			定格運転	890℃
			定格運転	890℃
境川	乾燥炉	40t	定格運転	—
	コンポスト	4t	定格運転	—
衣浦西部	焼却炉	50t	定格運転	25t
				850℃
				850℃
				860℃
				870℃
				880℃
				890℃
矢作川	焼却炉	95t	定格運転	50%運転
				890℃
				880℃
				895℃

3. 調査結果

(1) 亜酸化窒素変換率

汚泥由来の亜酸化窒素排出量の変動については、汚泥処理施設に投入される脱水ケーキの含水率、T-Nを測定し、投入した窒素の亜酸化窒素変換率により把握する。今回の調査における焼却炉定格運転時の全ての亜酸化窒素変換率の分析結果を図-1に示す。亜酸化窒素の排出傾向としては、燃焼温度を上げれば減少することが既に明らかになっており、今回も同様の傾向を示している。同じ燃焼温度でも焼却炉ごとに異なっており、890℃で燃焼させた場合、豊川 0.43% < 衣浦西部 1.19% < 五条川左岸 2.30% < 矢作川 2.47% で豊川の40t炉が最も亜酸化窒素の発生量が少ない。原因については、砂層部の温度、フリーボード部の大きさ、滞留時間などが影響していると想定される。図-2に砂層上部温度が亜酸化窒素変換率に及ぼす影響を示す。各焼却炉によりばらつきは見られるが、概ねの傾向として、砂層上部温度が高いほど、亜酸化窒素変換率の低下が見られる。

乾燥炉、コンポストにおける亜酸化窒素変換率については、境川の施設の定格運転時において分析を行い、乾燥炉：0.10%、コンポスト 2.3%であった。

(2) 温室効果ガス排出量

図-3に各汚泥処理施設を定格運転した場合の脱水ケーキ1tあたりの温室効果ガス排出量を示す

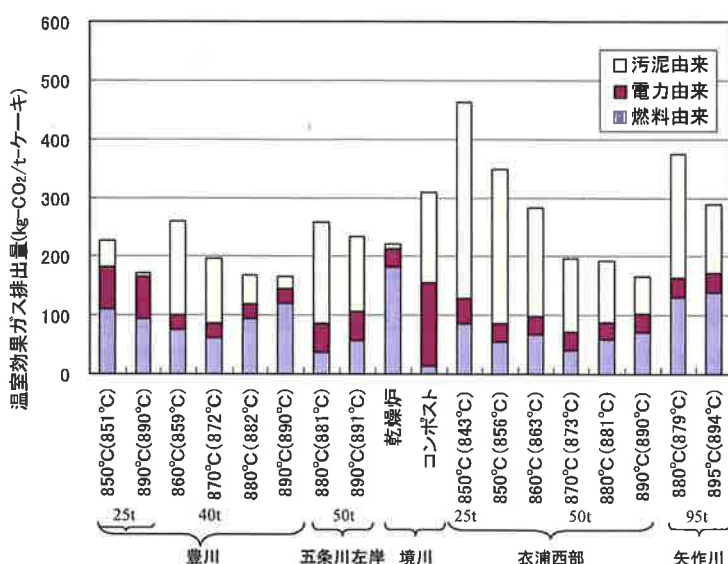


図-3 各汚泥処理施設の定格運転時の温室効果ガス排出量

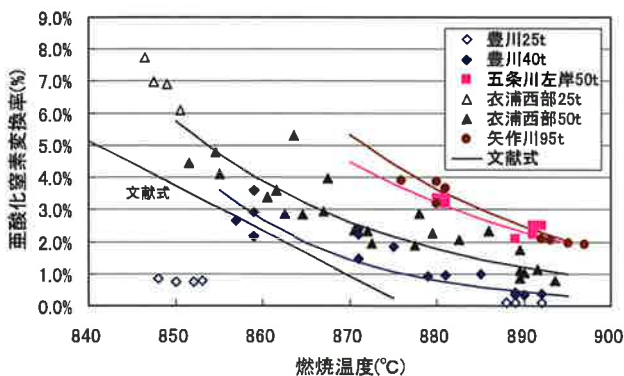


図-1 各焼却炉の亜酸化窒素変換率

文献式¹⁾: $y = (-0.1403t + 123)/100$

豊川40t: $y = 1.1441 \times 10^{21} \times \exp(-0.0606t)$

五条川左岸50t: $y = 1.711 \times 10^{11} \times \exp(-0.0333t)$

衣浦西部50t: $y = 2.0163 \times 10^{13} \times \exp(-0.0394t)$

矢作川95t: $y = 2.2438 \times 10^{13} \times \exp(-0.0387t)$

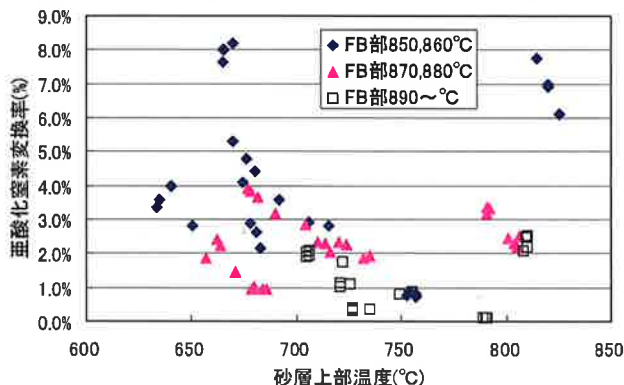


図-2 砂層上部温度が亜酸化窒素変換率に及ぼす影響

運転条件		燃料由来 ^{注1} (CO ₂ -kg/t)	電力由来 (CO ₂ -kg/t)	汚泥由来 (CO ₂ -kg/t)	合計 (CO ₂ -kg/t)
豊川	25t 850℃(851℃)	109.6	72.4	44.5	226.4
	890℃(890℃)	94.5	72.0	6.2	172.7
	40t 860℃(859℃)	76.3	24.1	159.7	260.1
	870℃(872℃)	62.1	24.1	110.5	196.7
	880℃(882℃)	94.7	24.2	49.2	168.0
五条川左岸	50t 890℃(890℃)	121.4	24.2	19.8	165.5
	880℃(881℃)	37.6	48.0	172.5	258.1
	890℃(891℃)	58.0	49.2	126.4	233.6
境川	乾燥炉	182.4	30.7	7.2	220.3
	コンポスト	14.3	140.7	153.3	308.3
衣浦西部	25t 850℃(843℃)	86.7	43.3	333.7	463.7
	50t 850℃(856℃)	55.3	31.1	260.8	347.2
	860℃(863℃)	68.2	29.8	184.8	282.8
	870℃(873℃)	41.0	31.6	123.1	195.7
	880℃(881℃)	59.3	29.7	104.1	193.1
	890℃(890℃)	72.2	31.2	63.4	166.7
矢作川	95t 880℃(879℃)	131.6	31.9	210.9	374.4
	895℃(894℃)	138.7	34.3	115.4	288.3

注1 燃料については、乾燥炉のみ灯油を使用、その他は全てA重油

注2 境川については、平成14年度の平均的な排出量を計算

注3 燃焼温度は設定温度(運転時平均)

各焼却炉において、燃焼温度を上げると、重油使用量は若干増加するが、亜酸化窒素の排出量が大きく減少するため、温室効果ガス総排出量としては減少する。豊川の40tについては、880℃から890℃に上げて排出量はほとんど変わらない。

汚泥投入量を定格投入量から90%、50%に減らした場合の温室効果ガス排出量を図-4に示す。投入量を減らした場合、亜酸化窒素変換率が低下するため、汚泥由来の排出量が減少し、定格よりも90%の方が温室効果ガス排出量も少ない。しかし、50%にまで減らした場合、汚泥由来の排出量は定格運転の1/9ほどにまで低下しているが、炉内温度を維持するために一部汚泥によって供給されていた熱量が不足し、その分を重油で補う必要がでてくることから、重油の使用効率が非常に悪く総排出量が増加するケースも出てくる。

(3) 燃焼温度高温化に伴う排出量削減のコスト

燃焼温度を高温化させた場合、重油使用量の増加により処理コストの増加が予想される。重油使用量については、燃焼温度、外気温、汚泥性状(含水率など)の影響を受けるため、衣浦西部の50t炉について、外気温約20℃における燃焼温度-重油使用量原単位の相関を確認し、燃焼温度高温化による温室効果ガス排出量と処理コストの推移を算出した。燃焼温度850℃における処理コストを基準とし、処理コスト増加分は重油使用量増加分(30,600円/kL)のみによると想定している。結果を図-5に示す。燃焼温度を850℃から895℃に上げるにより、ケーキ1tあたり約290円の処理コスト増で約230kg-CO₂が削減できることから、温室効果ガス1t-CO₂の削減コストは、約1,260円と算出される(炭素量に換算すると約4,620円/t-C)。温室効果ガスの削減コストについては、参考文献 1)においても議論されているが、燃焼温度高温化による温室効果ガス削減の経済的な妥当性について、検討を進める必要がある。

4. まとめ

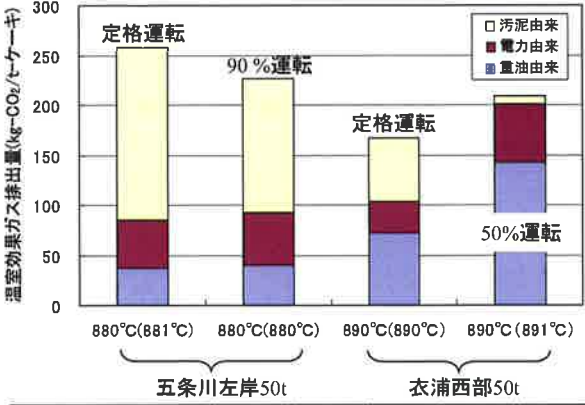
本論文では、各汚泥処理施設における温室効果ガスの排出特性の把握を行った。施設、運転方法ごとに温室効果ガスの排出特性が異なり、温室効果ガス削減が処理コスト増として影響してくる部分もあるため、今後、これらを十分考慮した施設の運転管理方法の検討を進める予定である。

参考文献

1) 原田一郎：下水汚泥焼却炉における温室効果ガス削減のコスト及びその効果の推計、下水道協会誌 pp.218-227、2002年10月

問合わせ先：愛知水と緑の公社下水道部管理課技術担当

〒460-0002 愛知県名古屋市中区三の丸3丁目19-30 tel 052-971-3054



運 転 条 件		N ₂ O変換率 (%)	重油由来 (CO ₂ -kg/t)	電力由来 (CO ₂ -kg/t)	汚泥由来 (CO ₂ -kg/t)	合計 (CO ₂ -kg/t)	
左 岸	50t	定格運転 880℃(881℃)	3.31%	37.6	48.0	172.5	258.1
		90%運転 880℃(880℃)	2.38%	40.3	52.1	134.5	226.8
西 部	50t	定格運転 890℃(890℃)	1.25%	72.2	31.2	63.4	168.7
		50%運転 890℃(891℃)	0.16%	142.7	58.5	7.7	209.0

注1 燃焼温度は設定温度(運転時平均)

図-4 汚泥投入量を変化させた場合の温室効果ガス排出量

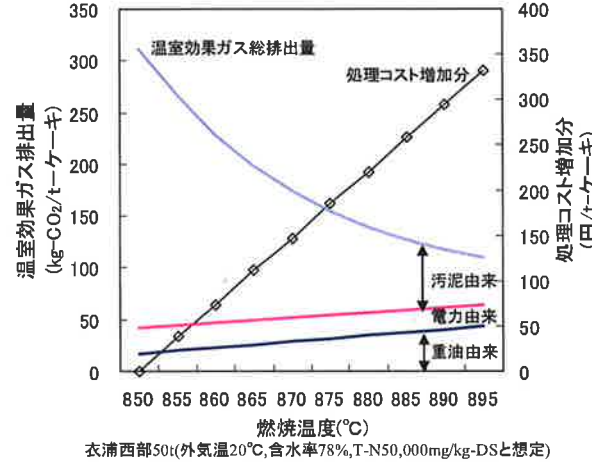


図-5 燃焼温度高温化による温室効果ガス排出量と処理コストの推移