

燃烧温度の仕様が異なる焼却炉から 排出される温室効果ガスの把握について

(財) 愛知水と緑の公社 ○ 加藤 隆史
丸山 司

1.はじめに

当会社では、浄化センターから排出される温室効果ガスの主要排出源である汚泥焼却炉に着目し、焼却炉からの亜酸化窒素の排出特性を調査^{1),2)}し、温室効果ガス排出量を考慮した運転管理方法の検討を行ってきた。亜酸化窒素は、炉内燃烧温度を高温にするほど、熱分解により排出量が削減されるものの、温度を維持するための補助燃料である重油使用量が増加するため、両者のバランスを考慮する必要がある。また、以前調査した当時の焼却炉は、炉内燃烧温度が800℃で設計されていたことから、設計温度以上の燃烧温度での運転は、炉本体や後段の排ガス処理施設の故障リスクを高めることとなるため、この点についても配慮が必要であった。

本論文では、高温焼却(850℃)と従来の800℃仕様の焼却炉との亜酸化窒素の排出特性の調査をし、その比較結果を踏まえ、今後の運転管理の参考とするため、考察を行うものである。

2.調査内容

調査対象の焼却炉を比較するため炉内燃烧温度850℃に設定し、脱水ケーキを定格能力で投入した。煙突出口部で排出ガスを採取し、その中に含まれる亜酸化窒素濃度を分析した。また、亜酸化窒素量を把握するため流量測定を行った。

亜酸化窒素量を評価する指標として、脱水ケーキに含まれる窒素の亜酸化窒素変換率を把握するため、投入脱水ケーキの全窒素、含水率の測定を行い、その結果から亜酸化窒素変換率を求めた。

3.施設概要

今回の調査対象である豊川浄化センター3号焼却炉と矢作川浄化センター3号焼却炉、燃烧温度の仕様の違いを明確にする為に比較対象とした矢作川浄化センター2号焼却炉の仕様を表-1に示す。豊川3号炉、矢作川3号炉が燃烧温度850℃の仕様、矢作川2号炉が800℃の仕様となっている。

表-1 調査対象の焼却炉の仕様

号機	豊川浄化センター		矢作川浄化センター	
	3号炉	3号炉	3号炉	2号炉
供用開始年度	平成22年度	平成19年度	平成19年度	平成13年度
型式	流動床式	流動床式	流動床式	流動床式
焼却能力	70t/日	95t/日	95t/日	95t/日
寸法	Φ4,300×16,342mm	Φ4,800×16,945mm	Φ4,800×16,945mm	Φ4,300×13,972mm
燃烧温度	850℃	850℃	850℃	800℃
フリーボード容積	約130m ³	約190m ³	約190m ³	約150m ³
投入汚泥の炉内滞留時間	約17秒	約15秒	約15秒	約12秒

4.調査結果

(1)焼却炉から排出される亜酸化窒素の排出量

亜酸化窒素、排出ガス流量等の測定結果を表-2に示す。

項目	豊川3号焼却炉				矢作川3号焼却炉				矢作川2号焼却炉				
	12:00~13:00	14:00~15:00	15:00~16:00	15:00~16:00	13:00~14:00	14:00~15:00	15:00~16:00	16:00~17:00	12:00~13:00	13:00~14:00	14:00~15:00	15:00~16:00	
亜酸化窒素(ppm)	17	10	16	41	16	18	19	26	43	41	36	39	
流量	湿り(miN/h)	26,000	21,400	24,200	22,100	22,400	22,800	22,700	23,000	23,700	23,500	25,400	25,500
	乾き(miN/h)	25,400	20,900	23,600	21,500	22,000	22,400	22,300	22,600	22,900	22,800	24,600	24,700
水分(%)	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	
O ₂ (%)	15	15	15	15	16	16	16	16	14	14	14	14	
CO ₂ (%)	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	

(2) 亜酸化窒素変換率の計算

亜酸化窒素変換率は以下で計算した。

- ① 亜酸化窒素排出量 (g/h) = 濃度(mg/m³) × 排ガス流量 (m³/h) / 1000
- ② 亜酸化窒素排出量 (N-g/h) = 亜酸化窒素排出量(g/h) × 28/44 (28 : N₂ の分子量 × 2, 44 : N₂O の分子量)
- ③ 窒素投入量 (g/h) = 脱水ケーキ投入量(tWS/h) × (1 - 含水率/100) × T-N (mg/kgDS)
- ④ 亜酸化窒素変換率(%) = 亜酸化窒素排出量 (N-g/h) / 窒素投入量(g/h) × 100

(3) 亜酸化窒素変換率と温室効果ガスの試算結果

亜酸化窒素変換率の試算結果を表-3、図-1に示す。

豊川3号炉の亜酸化窒素変換率は変動が大きく、他炉は変動が少ない結果となった。また、豊川3号炉は他炉との比較において排ガス流量の変動も大きかった。変動要因については、今後詳細な調査が必要である。

亜酸化窒素変換率の平均値は1.18%(豊川3号炉)、0.63%(矢作川3号炉)、1.28%(矢作川2号炉)となった。

表-3 亜酸化窒素変換率の試算結果

流域名	号機	サンプリング時間	脱水ケーキ		排ガス流量 (乾ガス, m ³ /h)	脱水ケーキ投入量 (t/h)	窒素投入量 (g/h)	N ₂ O変換率 (%)
			全窒素 (mg/kg-dry)	含水率 (%)				
豊川	3号	13:00	56,000	80.9	25,400	2.40	25,670	1.07%
		14:00			20,900	2.42	25,884	0.51%
		15:00			23,600	2.39	25,563	0.94%
		16:00			21,500	2.41	25,777	2.18%
		平均値			22,850	2.41	25,724	1.18%
矢作川	3号	13:00	52,000	78.3	22,000	3.96	44,685	0.50%
		14:00			22,400	3.96	44,685	0.57%
		15:00			22,300	3.96	44,685	0.60%
		16:00			22,600	3.96	44,685	0.84%
		平均値			22,325	3.96	44,685	0.63%
	2号	12:00	55,000	78.6	22,900	3.97	46,727	1.34%
		13:00			22,800	3.98	46,845	1.27%
		14:00			24,600	3.97	46,727	1.21%
		15:00			24,700	3.99	46,962	1.31%
		平均値			23,750	3.98	46,815	1.28%

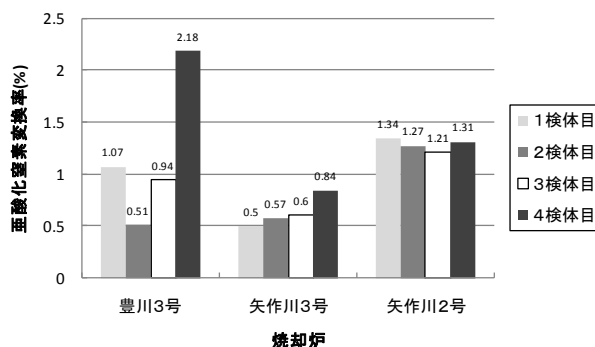


図-1 亜酸化窒素変換率の試算結果

(4) 温室効果ガス排出量の試算結果

温室効果ガス排出量の試算結果を表-4、図-2に示す。

温室効果ガス排出量(脱水ケーキ1tあたり)の合計は多い順に、186.9 CO₂-kg/t(wet)-ケーキ(矢作川2号炉)、153.8 CO₂-kg/t(wet)-ケーキ(豊川3号炉)、123.5 CO₂-kg/t(wet)-ケーキ(矢作川3号炉)となった。

温室効果ガスが排出する要因として

- ① 脱水ケーキ (=脱水ケーキ由来の亜酸化窒素、メタンの合計)
- ② 電力
- ③ 重油

以上の三点について試算した結果、

① 脱水ケーキ

矢作川3号炉 < 豊川3号炉 < 矢作川2号炉

② 電力

矢作川2号炉 < 矢作川3号炉 < 豊川3号炉

③ 重油

矢作川3号炉 < 豊川3号炉 < 矢作川2号炉

以上の結果となった。

表-4 温室効果ガス排出量の試算結果

流域名	号機	サンプリング時間	温室効果ガス排出量			
			重油 (CO ₂ -kg)	電力 (CO ₂ -kg)	脱水ケーキ (CO ₂ -kg)	合計 (CO ₂ -kg)
豊川	3号	13:00	168.5	115.2	133.9	417.6
		14:00	165.8	76.8	64.8	307.3
		15:00	151.9	115.2	117.1	384.2
		16:00	163.0	76.8	273.3	513.1
		平均値	162.3	96.0	147.2	369.7
		* 脱水ケーキ1tあたりの排出量 (CO ₂ -kg/t)	67.4	42.6	43.8	153.8
矢作川	3号	13:00	196.1	153.6	109.1	458.9
		14:00	223.8	153.6	125.0	502.4
		15:00	201.7	153.6	131.3	486.6
		16:00	171.3	153.6	182.2	507.0
		平均値	198.2	153.6	136.9	488.7
	* 脱水ケーキ1tあたりの排出量 (CO ₂ -kg/t)	50.1	38.8	34.6	123.5	
	2号	12:00	301.1	153.6	305.3	760.0
		13:00	314.9	115.2	289.8	719.9
		14:00	323.2	115.2	274.5	713.0
		15:00	328.7	153.6	298.6	781.0
平均値		317.0	134.4	292.1	743.5	
* 脱水ケーキ1tあたりの排出量 (CO ₂ -kg/t)	79.7	33.8	73.4	186.9		

* 温室効果ガス排出量の平均値からケーキ1tあたりの値を算出した。

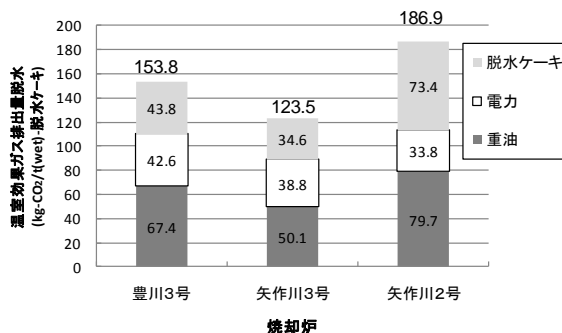


図-2 温室効果ガス排出量の試算結果

5. 亜酸化窒素変換率の評価

亜酸化窒素変換率の平均値は矢作川3号炉<豊川3号炉<矢作川2号炉になり、温室効果ガス排出量と同傾向の結果となった。その主な要因について検討した。

(1) 投入脱水ケーキの炉内滞留時間

脱水ケーキの燃焼する過程から発生した亜酸化窒素は焼却炉内温度が高温であると熱分解の促進により排出量が抑制される。まず、投入脱水ケーキが炉内に滞留している時間を調査した。

フリーボード部の容積から投入脱水ケーキの炉内滞留時間を試算した結果を表-1に示している。炉内滞留時間と亜酸化窒素変換率の相関を図-3に示す。滞留時間が長くなると亜酸化窒素変換率が減少することが確認出来た。

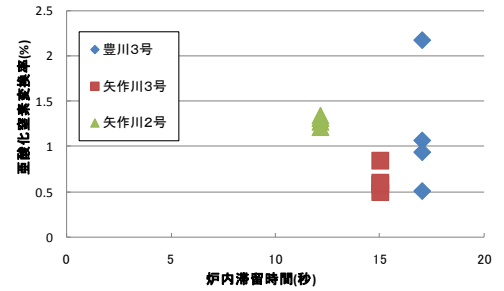


図-3 亜酸化窒素変換率と滞留時間

(2) フリーボード容積と流動空気量

炉内滞留時間を規定するフリーボード容積と流動空気量について考察する。図-4は、焼却能力とフリーボード部容積の関係を示したものである。豊川3号炉は他焼却炉と比較し、投入汚泥の量に対して炉容積が大きいいため、投入脱水ケーキの滞留時間が長くなる。それに対して、矢作川2号炉は投入脱水ケーキの量に対して炉容積が小さいため、投入脱水ケーキの滞留時間が短くなる。

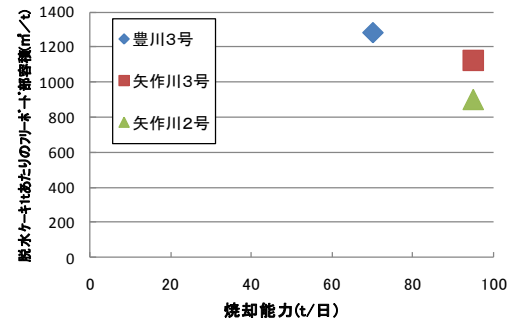


図-4 投入汚泥と焼却能力

つぎに図-5は、焼却能力と流動空気量の関係を示したものである。矢作川2号炉は、豊川3号炉と比較すると、投入脱水ケーキ量に対して供給する流動空気量が多いため投入脱水ケーキの滞留時間が短くなる。矢作川3号炉の流動空気量は矢作川2号炉より多いが、容積が大きく滞留時間が長くなる影響が強いため滞留時間が矢作川2号炉より長くなる。このような炉容積や流動空気量による要因のため、滞留時間が変動し、投入脱水ケーキを燃焼させた時の亜酸化窒素排出量に差が出ると考えられる。

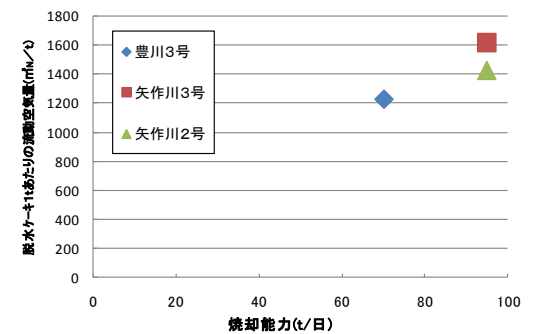


図-5 流動空気量と焼却能力

6. まとめ

本調査で、亜酸化窒素および温室効果ガス排出量の特徴の傾向を把握出来たため、各焼却炉で今後の運転管理は温室効果ガス排出量の抑制、重油・電力量の使用量低減等のトータルで、経済性を考慮した運用を進めていき、運転管理で活用できる多くのデータを蓄積し、データの解析や検討をすることにより焼却炉の特徴を把握し、各焼却炉に合った運転をしていきたい。

参考文献

- 1) 有我清隆、荒木忠之：温室効果ガスの排出量を考慮した焼却炉の運転管理、平成15年第40回下水道研究発表会
- 2) 坂元裕、有我清隆、堤俊憲：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、平成16年第41回下水道研究発表会

問合わせ先：(財)愛知水と緑の公社 矢作川事業所 〒444-0335 愛知県西尾市港町1番地

Tel : 0563-59-0711 Fax : 0563-59-0715 E-mail : awg-g-ya@pluto.plala.or.jp