

ボイラーからの亜酸化窒素及びメタンの排出実態

上野 広行 辰市 祐久 岩崎 好陽

1 はじめに

大気中の亜酸化窒素 (N₂O) 及びメタン (CH₄) は地球環境汚染物質として近年注目されている。しかし、これらの物質については、発生源が多岐にわたっておりデータ数も少ないため、各発生源からの排出量は必ずしも定量的には明らかになっていない。今後、地球環境汚染対策を検討する上で、各発生源からの排出実態を正しく把握することは必要不可欠であるといえる。

筆者らはこれまで、特にN₂Oの排出濃度が高いごみ焼却炉、污泥焼却炉について、排出量や排出要因を報告してきた¹⁾²⁾³⁾。ボイラーからのN₂Oについては、近年、Vitovecら⁴⁾、Linakら⁵⁾、横山ら⁶⁾により、流動層燃焼以外のボイラーでは排出濃度は5ppm以下という比較的低い値の測定結果が報告されている。しかし、ボイラーは都内の大気汚染防止法規制対象ばい煙発生施設の約8

割を占めるように、固定発生源の中で最も施設数が多いため、無視することはできない。

ここでは、都内ボイラーについてN₂Oの排出量を求めるため、都内19施設で調査を行った。また、あわせてCH₄も測定したので、その結果について報告する。

2 調査

(1) 調査対象施設

調査を行った施設の概要を表1に示した。都市ガスを燃料とするものが10施設、重油を燃料とするものが6施設、木くずを燃料とするものが3施設、計19施設である。

(2) 測定方法 試料の採取は、炉の後の排ガス用ダクトに付設したフランジより行った。採取口に試料採取管を挿入し、凝縮水トラップを通してダイアフラムポンプにより排ガスを吸引した。排ガスはポリふっ化ビニル製バ

表1 ボイラー調査結果

	燃料	伝熱面積 (m ²)	試料 数	N ₂ O (ppm)		CH ₄ (ppm)		NO _x (ppm)	O ₂ (%)	CO (ppm)
				ave.	min.~max.	ave.	min.~max.			
A	ガス	3.91	2	0.18	0.13~0.24	0.32	0.28~0.35	32	3.4	5
B	ガス	4.6	2	0.56	0.55~0.57	8.10	7.70 8.50	34	7.1	70
C	ガス	4.9	2	0.29	0.27~0.30	0.48	0.36~0.60	37	4.1	55
D	ガス	9.8		1.50				27	14	
E	ガス	95	3	0.33	0.27~0.43	0.30	0.20~0.48	37	4.5	60
F	ガス	496	3	0.24	0.23~0.26	0.50	0.13~0.62	110	4.1	0
G	ガス	550	3	0.24	0.22~0.27	0.13	0.12~0.13	72	3.0	
H	ガス	757	3	0.18	0.14~0.19	3.80	2.40~5.90	47	2.3	
I	ガス			3.5				850	2.5	
J	ガス		2	0.36	0.36~0.36	0.38	0.37~0.38	34	14.9	
K	LSA重油	48.5	3	0.72	0.48~0.90	0.10	0.10~0.10		4.9	
L	LSA重油	66.7	1					101	8	
M	LSA重油	74.1	3	18.0	14.1~25.9	0.90	0.80~0.90	30	13.6	0
N	LSA重油	176	3	0.06	0.05~0.07	0.57	0.57~0.57	55	4.0	
O	A重油	496	5	0.26	0.20~0.33	0.39	0.13~0.62	50	4.6	50
P	C重油	1343	4	0.49	0.37~0.62	0.21	0.18~0.23	174	5.4	
Q	木くず	260	5	6.77	5.09~8.37			52	14.6	
R	木くず		5	2.67	2.31~3.02			65	14.4	
S	木くず	357	5	12.8	5.86~21.1	25.9	0.90~120	146	14.0	1300

ック(容積15ℓ)に採取した。N₂Oの分析用には、Muzioら⁷⁾が指摘したサンプリングバッグ内でのN₂Oの生成を防ぐため、ソーダライム及び塩化カルシウムを通してバッグに採取した。

N₂Oの分析には電子捕獲型検出器(ECD)付ガスクロマトグラフを用いた。CH₄の分析には、水素炎イオン化検出器(FID)付ガスクロマトグラフを用いた。分析条件は前報³⁾の通りである。試料のガスクロマトグラフへの導入は、サンプリングバッグからガスタイトシリンジにより1mlを採取し、直接注入した。N₂Oの分析において特に濃度が低い場合には、液体酸素を用いて濃縮し導入した。

NO_xの測定は化学発光法で行ったが、一部については試料採取直後に検知管により測定した。O₂は磁気式酸素計により、COは検知管により測定した。

木くずの窒素含有量については、CHNコーダーにより分析した。

3 結果及び考察

調査結果の概要を表1に示した。N₂OとCH₄については平均値及び最大値、最小値を示した。NO_x、O₂、COについては平均値のみを示した。

(1) N₂Oの排出状況

これまでの研究結果²³⁾から、各種固定発生源からのN₂O排出濃度は、燃料中の窒素含有量に大きく依存すると考えられる。そこでここでは、燃料ごとに結果を検討していくことにする。なお、各燃料の窒素含有量は、都市ガスはN₂を除けばほぼゼロ、LSA重油及びA重油は0.01~0.02%、C重油は0.2~0.3%程度である。今回調査した施設で燃焼していた木くずをCHNコーダーで分析した結果は、平均で0.12%であった。

ガスボイラーからのN₂O排出濃度は、表1に示したように、0.1~3ppm程度であった。このようにガスボイラーで排出濃度が低いのは、燃料中に窒素分(N₂は除く)が含まれていないためと考えられる。

重油ボイラーにおける排出濃度も一施設を除けば、ガスボイラーとはほぼ同様であった。重油中の窒素含有量は、特にC重油では0.2~0.3%と、都市ごみ(0.45%程度)に近いが、C重油を燃料としているP施設でも0.5ppm程度で、ごみ焼却炉(10ppm程度³⁾)よりは低い値であった。このことは、ボイラーは一般に炉内温度が高く

燃焼状態が安定しているため、N₂Oが生成したとしても、消滅反応が優勢で排出濃度が低くなることを示している。重油ボイラーのうち、M施設だけは18ppmという高濃度で排出されていた。このときは表1に示したように、酸素濃度が13.6%と高く、負荷を下げていることがわかる。また、ガスボイラーにおいてもD施設では酸素濃度が14%と高いが、この場合のN₂O濃度も1.5ppmとガスボイラーの中ではガスエンジンを除くと最も高かった。このように負荷を下げるとN₂O濃度が高くなるのは、前報³⁾で明らかにしたように、炉内温度が重要な因子となっていると考えられる。すなわち、炉内温度が下がると、N₂Oの消滅反応が抑制されるためN₂O排出濃度が高くなる。この場合は、燃料供給量を抑え負荷を下げると、相対的に吹き込み空気量が多くなる。そのため、炉内温度が下がり、N₂O濃度が高くなったと考えられる。

木くずボイラーでは、N₂Oの排出濃度は3~12ppm程度であった。この値はごみ焼却炉の値(10ppm程度)に近い。このことは、前述したように木くずの窒素含有量が0.12%とごみ(0.45%程度)に近いことと対応している。また、木くずボイラーは、COの濃度が高いことからわかるように燃焼状態が悪く、不完全燃焼が起こりやすい。すなわち、炉内温度の分布が均一ではなく、局所的に低温部が存在するため、N₂Oが生成しやすい条件であるといえよう。

(2) 都内ボイラーからのN₂O総排出量の推定

表1に示したように、N₂Oの排出濃度はボイラーの規模(伝熱面積)によっては大きな差はなかった。また、LSA重油、A重油及びC重油の間での差異も認められなかった。そこで、おおまかではあるが、各燃料別(ガス、重油、木くず)にN₂O排出量を次のように推定した。なお、排ガス量が最も多く、N₂O排出量を推定する上で重要な発電ボイラーについては調査していないが、今回調査した重油ボイラーの測定値(M施設の高い値は除く)と同程度と仮定して計算した。

ガスボイラー、重油ボイラー、木くずボイラーの排ガス中N₂O濃度から、それぞれO₂0%換算した平均排出濃度を求め、これに理論乾き排ガス量を乗じ、単位燃料あたりのN₂O排出量、すなわち排出係数を算出した。これに環境保全局が調査した都内ボイラーについての燃料使用量を乗じ、年間総排出量を推定した。その結果を

参考文献

表2 都内ボイラーからのN₂O排出量推定値

	排出係数	排出量 (ton-N ₂ O/year)	環境への負荷量 (ton-N ₂ O/year)
ガスボイラー	22×10 ⁻³ g-N ₂ O/Nm ³	14	10
重油ボイラー	4.9(0.19 [*]) g-N ₂ O/l	162	144
木くずボイラー	0.12 g-N ₂ O/kg	22	22
ボイラーの合計		198	176
ごみ焼却炉	70 g-N ₂ O/t	280	280
汚泥焼却炉	400 g-N ₂ O/t	400	400

* 施設の測定値を除いた場合の排出係数

表2に示した。なお、ここで求めた排出量は、煙突から排出されている総量であるが、ボイラーのようにN₂O排出濃度が低い場合には、助燃空気中のN₂Oが無視できないため、実際の環境への負荷量はこれより小さくなる。そこで、助燃空気中のN₂O量を理論空気量から計算し、排出量から差し引いたものを環境への負荷量として同じく表2に示した。比較のため、表2には、ごみ焼却炉、汚泥焼却炉の推定値²³⁾も掲げた。なお、汚泥焼却量は下水道局の事業実績⁹⁾を用いた。

ここで算出したボイラーからのN₂O排出係数は、平木らが求めた排出係数⁹⁾と大きな違いはなかった。N₂O排出量は1990年度で、ガスボイラーが14トン、重油ボイラーが162トン、木くずボイラーが22トンであり、重油ボイラーからの排出が最も大きかった。また、ボイラーからの総排出量はごみ焼却炉や汚泥焼却炉より少ないものの、オーダー的には同程度であった。

なお、この他の都内の重要な固定発生源として、金属加熱炉等があるが、これについては今後調査を行う予定である。

(3) CH₄の排出状況

表1に示したように、ガスボイラー、重油ボイラーにおいては、一部の施設を除き、大気中の濃度(約1.8 ppm)以下のレベルであった。このことは、ボイラーがCH₄の消失源のひとつになっていることを示唆している。木くずボイラーからのCH₄は1~120ppmと変動が大きかった。これは、前述したように木くずボイラーでは、燃焼状態が不安定であり、不完全燃焼が起こりやすいためと考えられる。

- 1) 岩崎好陽ら：固定発生源から排出されるN₂Oに関する検討、東京都環境科学研究所年報1990,p25-28.
- 2) 岩崎好陽ら：固定発生源からのN₂O排出状況とその生成に関する考察、大気汚染学会誌,27,p85~91(1992).
- 3) 上野広行ら：ごみ焼却炉からの亜酸化窒素及びメタンの排出要因の検討、東京都環境科学研究所年報1992,p3~8.
- 4) W.Vitovec and A,Hackl : Pyrogenic N2O Emissions in Austria-Measurement at 45 Combustion Sources, Proc. of 5th International Workshop on Nitrous Oxide Emissions, Tsukuba, 2-1(1992).
- 5) W.P.Linak et al.: Nitrous Oxide Emissions From Fossil Fuel Combustion, J.Geophys.Res., 95,p7533-7541(1990).
- 6) 横山隆壽、松田祐光：火力発電所排ガス中のN₂Oに関する実態調査、電力中央研究所研究報告、T89045(1990).
- 7) L.J.Muzio et al.: Errors in Grab Sample Measurements of N2O from Combustion Sources, J.Air Poll.Control Assoc.,39,p287-293(1989).
- 8) 東京都下水道局：下水道事業概要平成3年度.
- 9) 平木隆年ら：日本における固定燃焼施設からの亜酸化窒素排出量、第33回大気汚染学会講演要旨集、p358(1992).