

&lt;報 文&gt;

## ばい煙発生施設から排出される 煙道排ガス中のアンモニアの測定\*

横山新紀\*\*・井村正之\*\*・星野 充\*\*  
石井克巳\*\*・堀本泰秀\*\*・石井栄勇\*\*\*

キーワード ①アンモニア ②ばい煙発生施設 ③煙道排ガス ④燃料種類 ⑤脱硝装置

### 要 旨

大気中のアンモニア (NH<sub>3</sub>) の主要な発生源の一つと見られるばい煙発生施設から排出されるアンモニアについて、千葉県内67施設で煙道排ガス中のアンモニアを測定し排出実態を把握した。アンモニアの生成は燃料種類およびアンモニア吹込みによる排煙脱硝装置や三元触媒の有無により影響を受けることが想定されるため、測定は燃料種類、施設種類、排煙脱硝装置等により区分して実施した。濃度レベルがもっとも高い施設種は三元触媒方式のガス機関であり、最高870ppm に達する高濃度の施設があった。ただし、希薄燃焼方式のガス機関はすべて定量下限値未満であり、三元触媒によりアンモニアが生成しているものと考えられた。産業廃棄物焼却炉では濃度範囲が大きく定量下限値未満～80ppm に及んだ。一般廃棄物焼却炉では定量下限値未満～15ppm と産業廃棄物焼却炉より濃度範囲が小さく平均3ppm程度だった。排煙脱硝装置付施設はおおむね2ppm以下だった。ガス、液体燃料燃焼施設は全施設で定量下限値未満であり、燃料油とアンモニア濃度の関係は見られなかった。石炭、コークス燃焼施設は定量下限値未満の施設はなく、1～3ppm程度でガス、液体燃料燃焼施設より濃度レベルは高かった。

### 1. はじめに

大気中のアンモニア (NH<sub>3</sub>) は、粒子状物質形成や降水汚染に大きく影響を与えており、大気環境中ではきわめて重要な大気汚染物質の一つである。これまで国内での発生源や発生量についてはMurano<sup>1)</sup>や神成ら<sup>2)</sup>の研究があるが、アンモニアの主要な人為発生源の一つと見られるばい煙発生施設からの排出実態は知見に乏しかった。

そこで今後の発生源インベントリー作成の基礎資料を得ることを目的として、ばい煙発生施設から排出される煙道排ガス中のアンモニアを測定し

た。

### 2. 調査の概要

#### 2.1 調査時期

2000～2002年度の3カ年間実施した。

#### 2.2 調査対象

アンモニアは燃料種類やアンモニア吹込みによる排煙脱硝装置、三元触媒の有無により煙道排ガス中の濃度レベルに違いが生ずることが想定されるため、測定対象施設を使用燃料種類、施設種類、排煙脱硝装置、三元触媒の有無により細かく区分

\* Measurement of Ammonia in Stack Gas from Stationary Sources

\*\* Shinki YOKOYAMA, Masayuki IMURA, Mitsuru HOSHINO, Katsumi ISHII, Yasuhide HORIMOTO (千葉県環境研究センター) Chiba Prefectural Environmental Research Center

\*\*\*Hideo ISHII (千葉県環境生活部大気保全課) Chiba Prefectural Government

して67施設で測定を実施した。

なお、廃棄物焼却炉のうち市町村ごみ焼却場では数施設に排煙脱硝装置つきの施設があったが、一般廃棄物焼却炉に一括区分した。また、排煙脱硝装置つきの施設についてはアンモニア還元法(尿素水吹込方式も含み触媒方式か否かは考慮していない)および三元触媒方式を対象とした。

### 2.3 測定方法

アンモニアはJIS K0099により、ホウ酸溶液を入れた2連のインピンジャーに試料ガスを吸収させ、イオンクロマトグラフにより分析した。なお、定量下限値はJIS K0099による0.62ppmとした。

また排ガスの条件測定は、O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>濃度はJIS K0301によるオルザットガス分析装置、水分量はJIS Z8808の吸湿管による方法、排ガス温度はJIS C1601の熱電温度計によった。

## 3. 結果および考察

脱硝装置がついていない施設のアンモニア測定結果を燃料種類別に表1に、脱硝装置のついていない施設の測定結果を表2に示した。表中には排ガス温度、水分量等の条件測定結果についても参考までに掲載した。また、表3に施設種類ごとの平均濃度および測定値の範囲をまとめて示した。

### 3.1 ガス、液体燃料燃焼施設のアンモニア濃度

ガス燃焼施設およびA重油、C重油、副生油の液体燃料燃焼施設のアンモニア濃度は、表3のとおり全施設で定量下限値未満であった。

アンモニアと同様に窒素化合物である窒素酸化物については、星野ら<sup>3)</sup>が燃料油と窒素酸化物濃度の関係について、ボイラーを例に排ガス中の窒素酸化物濃度は灯油、A重油の軽質油よりB重油、C重油の重質油の方が高濃度になると示した。また、鈴木ら<sup>4)</sup>は燃料中の窒素分については重質油に高い傾向があることおよび燃料中の窒素分と排ガス中の窒素酸化物濃度には直線的な関係があることを指摘した。

一方、本調査結果ではガス燃料燃焼施設および液体燃料燃焼施設において排ガス中のアンモニア濃度はすべて定量下限値未満であり、燃料油種類と排ガス中のアンモニア濃度レベルの間には一定の関係は見られないことから、窒素酸化物とは異

なり燃料中の窒素分と排ガス中のアンモニア濃度レベルの明瞭な関係はなく、濃度レベルも低いことが明らかになった。

### 3.2 石炭、コークス燃焼施設のアンモニア濃度

石炭、コークス燃焼施設は、表3のとおり定量下限値未満の施設はなく濃度範囲は1.3ppm～2.9ppmであり、測定数は2施設と少ないがガス、液体燃料燃焼施設より明らかに濃度レベルは高い。

### 3.3 廃棄物焼却炉のアンモニア濃度

廃棄物焼却炉のアンモニア濃度については、表3のとおりとくに産業廃棄物焼却炉で濃度差が大きく、濃度範囲は定量下限値未満～80ppmであった。また表1のとおり定量下限値未満の施設が8施設中5施設を占め濃度レベルの低い施設が多い中で、施設40、44のようにそれぞれ80ppmと48ppmと高い値の施設も見られた。

なお、表1にはアンモニア濃度に影響することも考えられるスクラバーの有無についても示したが、どの程度アンモニア測定結果に影響しているかについては今回の調査では十分な情報がなく、スクラバーの有無によるアンモニア濃度レベルへの影響については明らかにできなかった。

一般廃棄物焼却炉のアンモニア濃度は、表3のとおり定量下限値未満～15ppmで産業廃棄物焼却炉に比べて濃度差は比較的小さい。また一般廃棄物焼却炉全体の平均値は3.1ppmであった。このうち市町村一般廃棄物焼却炉には、表1のとおりNO<sub>x</sub>対策として尿素水吹込装置、ダイオキシン対策として活性炭吹込装置および活性炭吸着塔の排ガス処理装置が設置されているが、これらの有無によるアンモニア濃度の明瞭な違いは見られなかった。

施設28、32は他施設に比べて濃度レベルが高いが、これは電気集じん機の不調で炉の燃焼温度を十分上げられない状態のときに測定したもので、通常とは異なる操業状況時の測定値である。他の施設はすべて通常の操業状況の時の測定値であり、高くても3ppm以下であることから、通常の操業状況であれば15ppmにも達する高濃度にはならないと考えられる。

また、事業系一般廃棄物焼却炉は1施設のみの測定であるが、表1のとおり6.4ppmと一般廃棄

表1 アンモニア測定値および条件測定値(燃料種類別)

燃料種類	施設種類	施設名	測定値 (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	水分 (%)	温度 (℃)	湿りガス量 (m <sup>3</sup> N/h)	乾きガス量 (m <sup>3</sup> N/h)
ガス	ガスタービン	1	ND	2.9	15.3	6.7	156	19,000	17,000
		2	ND	5.1	14.1	13.7	182	180,000	160,000
	金属加熱炉 ボイラー	3	ND	2.5	16.3	12.2	180	75,000	66,000
		4	ND	10.7	2.4	18.6	153	1,900	1,500
	ガス機関(希薄燃焼)	5	ND	5.2	13.1	10.3	361	6,000	5,400
		6	ND	5.6	11.2	12.5	221	2,000	1,800
		7	ND	5.2	11.2	10.4	125	2,600	2,400
		8	ND	5.2	12.4	11.2	200	23,000	21,000
液体	ボイラー(A重油)	9	ND	11.1	5.3	14.3	192	8,100	6,900
		10	ND	5.6	13.4	10.7	231	3,300	3,000
		11	ND	10.7	7.2	11.5	322	9,000	8,000
		12	ND	13.1	3.4	11.0	182	5,500	4,900
		13	ND	9.8	7.4	9.3	195	5,500	5,000
		14	ND	13.0	4.6	13.4	147	8,800	7,600
	ボイラー(C重油)	15	ND	11.2	6.2	11.4	157	64,000	57,000
		16	ND	10.0	8.4	12.3	188	74,000	65,000
		17	ND	10.1	6.5	12.5	165	80,000	70,000
		18	ND	11.2	7.1	10.8	143	52,000	47,000
	ボイラー(副生油)	19	ND	7.0	10.5	10.4	170	14,000	12,000
		20	ND	8.6	9.2	11.9	185	5,700	5,000
	アルミ溶解炉(A重油)	21	ND	4.2	13.6	3.3	222	32,000	31,000
		22	ND	7.4	11.7	4.6	474	42,000	40,000
	ガラス熔融炉(C重油)	23	ND	4.4	14.9	5.9	108	24,000	22,000
	ディーゼル機関(A重油)	24	ND	5.3	13.6	6.2	252	5,000	4,700
石炭, コークス	ボイラー	25	1.3	13.4	5.2	8.1	164	280,000	260,000
	焼結炉	26	2.9	7.9	15.6	12.9	129	520,000	460,000
廃棄物	市町村一般 廃棄物焼却炉(活性炭吹込み)	27	1.3	3.6	15.9	21.2	173	26,000	21,000
		28	15	4.3	15.6	32.0	225	21,000	14,000
		29	2.8	5.7	14.8	26.7	208	18,000	13,000
		30	0.99	3.9	16.5	25.3	155	11,000	8,000
		31	ND	2.0	18.0	13.8	151	68,000	59,000
		32	4.2	8.5	11.2	32.1	223	17,000	12,000
		33	ND	2.5	16.9	16.6	167	100,000	84,000
		34	2.1	8.8	11.6	15.0	180	71,000	61,000
		35	ND	4.0	16.1	24.2	167	34,000	26,000
		36	ND	2.4	18.1	13.9	140	75,000	65,000
	37	2.1	5.6	14.5	13.6	175	32,000	28,000	
	事業系一般廃棄物焼却炉	38	6.4	6.4	13.5	37.6	174	26,000	16,000
	産業廃棄物焼却炉 (水スクラバー)	39	ND	7.7	10.3	40.2	189	28,000	17,000
		40	80	8.2	10.8	48.9	81	57,000	29,000
		41	ND	2.4	15.3	8.2	127	21,000	19,000
		42	ND	2.9	17.3	13.9	50	12,000	10,000
43		ND	10.3	7.5	19.5	60	5,200	4,200	
44		48	11.2	6.0	5.5	35	35,000	33,000	
(アルカリ水スクラバー)	45	0.97	5.0	11.6	33.2	72	2,300	1,600	
	46	ND	3.2	16.6	21.0	59	21,000	17,000	
アルミ乾燥炉	47	ND	2.0	17.6	3.4	98	12,000	12,000	

表2 アンモニア測定値および条件測定値（脱硝装置つき施設）

脱硝方法	施設種類	施設名	測定値 (ppm)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	水分 (%)	温度 (℃)	湿りガス量 (m <sup>3</sup> N/h)	乾きガス量 (m <sup>3</sup> N/h)
アンモニア吹込み	ボイラー	48	6.93	12.0	6.5	9.9	149	120,000	110,000
		49	ND	12.4	6.2	10.0	142	140,000	130,000
		50	ND	11.0	4.2	15.7	140	160,000	130,000
		51	0.63	9.4	10.7	5.9	152	76,000	71,000
	石灰焼成炉 セメント焼成炉	52	19	23.4	8.6	4.5	153	39,000	37,000
		53	ND	5.2	16.1	13.2	154	100,000	80,000
	ガスタービン	54	ND	3.9	14.5	17.3	213	78,000	64,000
		55	ND	4.1	15.6	7.4	183	89,000	84,000
		56	1.4	3.6	15.4	7.0	130	91,000	85,000
		57	2.7	4.2	13.9	27.0	108	74,000	54,000
		58	0.86	2.9	15.0	11.6	117	60,000	53,000
		59	ND	3.5	14.4	11.5	169	190,000	170,000
	ディーゼル機関	60	ND	2.7	14.1	6.7	281	350,000	330,000
	三元触媒	ガス機関	61	390	12.0	0.2	17.2	155	1,100
62			130	12.6	0.5	18.7	614	450	370
63			1.2	11.4	1.2	20.6	339	1,900	1,500
64			68	12.1	0.2	19.5	142	300	250
65			870	11.6	0.2	19.4	404	220	170
66			87	12.3	0.5	19.8	302	890	720
67			53	11.1	0.1	18.2	577	1,600	1,300

\*NDは0.62ppm未満

物焼却炉の中では濃度レベルはやや高かった。

### 3.4 脱硝装置つき施設のアンモニア濃度

三元触媒つきガス機関を除く排煙脱硝装置つきのボイラー、石灰焼成炉、セメント焼成炉、ガスタービン、ディーゼル機関のアンモニア濃度範囲は、表3のとおり定量下限値未満～19ppmと大きい。これらの施設はアンモニア吹込みによる脱硝方式で、未反応アンモニアの排出の把握を目的として測定したものである。

また、表2のとおり測定した13施設のうち7施設ではアンモニア濃度は定量下限値未満であり、一部の施設では19ppmと突出しているが、表3のとおりボイラーの平均値が2.2ppm、ガスタービンの平均値が1.1ppmであることから、未反応アンモニア濃度はおおむね高くても2ppm程度と見られる。

神成ら<sup>2)</sup>は、リークアンモニア濃度について選択接触還元法、非選択接触還元法では3ppm、無触媒還元法では5ppmを想定しており、今回の

測定結果はおおむねこのレベルにあるといえる。

ガス機関（三元触媒つき）の濃度レベルは、表3のとおり平均230ppmと他の施設種類に比べて極端に高い傾向が明瞭に出ている。ガス機関には希薄燃焼方式と三元触媒方式がある。希薄燃焼方式は表1のとおり4施設すべてで定量下限値未満であったが、三元触媒方式では定量下限値未満の施設はなく、最高870ppmというきわめて高濃度のアンモニアを排出する施設も見られた。

三元触媒におけるアンモニアの生成について、鷲山ら<sup>5)</sup>はシャシダイナモメータにより三元触媒装着車から排出される排ガスの実測を行い、三元触媒によりアンモニアが生成したと考えられると報告した。今回、三元触媒方式のガス機関7施設のうち6施設で50ppmを超える高濃度のアンモニアの排出が測定されたことは、固定発生源でも自動車と同様に三元触媒により高濃度のアンモニアが排出されることを示している。

表3 施設種類ごとのアンモニア測定結果(ppm)

区分	施設種類	平均値	測定値 範囲	測定数
ガス 燃焼施設	ボイラー	ND	ND	1
	金属加熱炉	ND	ND	1
	ガスタービン	ND	ND	2
	ガス機関(希薄燃焼)	ND	ND	4
液体 燃焼施設	ボイラー	ND	ND	12
	アルミ溶解炉	ND	ND	2
	ガラス熔融炉	ND	ND	1
	ディーゼル機関	ND	ND	1
石炭, コークス 燃焼施設	ボイラー	1.3	1.3	1
	焼結炉	2.9	2.9	1
廃棄物 焼却炉	一般廃棄物焼却炉	3.1	ND~15	11
	産業廃棄物焼却炉	16	ND~80	8
	アルミ乾燥炉	ND	ND	1
脱硝装置 つき施設	ボイラー	2.2	ND~6.9	4
	石灰焼成炉	19	19	1
	セメント焼成炉	ND	ND	1
	ガスタービン	1.1	ND~2.7	6
	ディーゼル機関	ND	ND	1
	ガス機関(三元触媒)	230	1.2~870	7

\*平均値についてNDの値は定量下限値(0.62ppm)として算出した

#### 4. ま と め

2000~2002年度に千葉県内の67施設のばい煙発生施設において煙道排ガス中のアンモニア濃度の測定を行い以下の知見が得られた。

- ① ガス,液体燃料燃焼施設は定量下限値(0.62 ppm)未満のレベルである。
- ② 石炭,コークス燃焼施設は1~3 ppmとガス,液体燃料燃焼施設に比べて濃度レベルは高い。
- ③ 産業廃棄物焼却炉は定量下限値未満~80 ppmと濃度範囲が大きい。また一般廃棄物焼却炉の濃度範囲は産業廃棄物焼却炉より小さく,平均値は3 ppm程度である。
- ④ 三元触媒つきガス機関を除く排煙脱硝装置つき施設の未反応アンモニアは定量下限値未満~19ppmと濃度範囲が大きい,おおむ

ね2 ppm以下のレベルである。

- ⑤ 三元触媒つきガス機関は定量下限値未満の施設はなく平均230ppm,最高870ppmと濃度レベルはかなり高い。希薄燃焼方式のガス機関はすべて定量下限値未満であり,高濃度のアンモニアは三元触媒により生成されたと考えられる。

以上のことより,ばい煙発生施設から排出されるアンモニアについての今後の焦点は,コージェネレーションの推進や電力自由化等の流れを受けて近年相次いで新設されている脱硝装置つきの発電用ディーゼル機関,ガスタービン,ガス機関であろうと思われる。とくに三元触媒つきガス機関については,全般的に排ガス量がかなり小さいものの高濃度のアンモニアの排出が見られ,これが複数立地しているところでは局地的な発生源として重要になる可能性もある。

したがって,今後も脱硝装置つきの発電施設を中心に,さらに施設によるアンモニア濃度範囲の大きい廃棄物焼却炉も合わせて継続して実態を把握していく必要があると考えられる。

#### 謝 辞

本調査に当たり,千葉県環境生活部大気保全課の職員の方々には多大のご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

#### 一 引 用 文 献一

- 1) Murano K., Hatakeyama S., Mizoguchi T. and Kuba N.: Gridded ammonia emission fluxes in Japan, Water Air and Soil Pollution, 85, pp. 1915-1920, 1995
- 2) 神成陽容, 馬場剛, 速水洋: 日本におけるアンモニア排出の推計, 大気環境学会誌, 36(1), pp. 29-38, 2001
- 3) 星野充, 鈴木将夫: 燃料の種類別に見たボイラーから排出されるNOx濃度について, 千葉県公害研究所研究報告, 16(1), pp. 27-32, 1984
- 4) 鈴木将夫, 飯村見, 星野充: ばい煙発生施設における石油系燃料油中の窒素分の実態並びに硫黄分及び排ガス中窒素酸化物濃度との関係, 千葉県公害研究所研究報告, 19(1), pp. 25-32, 1987
- 5) 鷺山享志, 中澤誠, 鈴木正明: 自動車からのアンモニア排出量調査, 神奈川県環境科学センター研究報告, 21, pp. 7-11, 1998