

II 報 文

1. 川崎市における固定発生源からの窒素酸化物排出実態調査

Investigation of Nitrogen Oxides Emissions from Stationary Sources in Kawasaki

柴田幸雄・石塚謙一・鈴木 勲・永田正信
行方源六・武川 満[※]・木村芳郎[※]

Yukio SHIBATA

Kenichi ISHIZUKA

Isao SUZUKI, Masamobu NAGATA

Genroku NAMEKATA

Mituru MUKAWA[※], Yoshio KIMURA[※]

1. はじめに

近年固定発生源に対する窒素酸化物排出規制強化により、各施設においてはそれぞれの排出抑制対策が配慮されている。川崎市では、窒素酸化物排出抑制対策の現状及び排出実態を把握するために、市内ばい煙発生施設のうち代表的な施設を対象に調査を行って来た。また第4次窒素酸化物排出規制の施行に当っては、排ガス量 $5,000\text{Nm}^3/\text{H}$ 未満の小規模施設を対象に、ボイラー、石油加熱炉、金属加熱炉などの施設について調査を行った。今回は3か年にわたる調査結果から各施設の窒素酸化物排出係数についてまとめたので報告する。

2. 目的

川崎市内のばい煙発生施設から排出される窒素酸化物の排出実態を調査することにより規制基準の遵守状況をは握するとともに行政指導上の基礎資料を得ることを目的とする。

3. 調査期間

昭和52年8月～昭和54年12月

4. 調査対象施設

ボイラー	33基
石油加熱炉	11基
金属加熱炉	10基
その他	8基
計	62基

※ 公害局大気課

5. 測定項目及び測定方法

5.1 排ガス中の窒素酸化物濃度

自動計測器：(1) 化学発光法 柳本製作所製 ECL-77

(2) 定電位電解法 東京工業(株)製 5300型

化学分析法：JIS K 0104-1979「排ガス中の窒素酸化物測定方法」

(1) フェノールジスルホン酸法

(2) 亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン法

5.2 残存酸素濃度

自動計測器：(1) 磁気式 柳本製作所製 EMG-77

(2) 定電位電解法 東京工業(株)製 5300型

5.3 その他

排ガス温度、排ガス中の水分量、排ガス流量については、JIS Z 8808-1977「排ガス中のダスト濃度の測定方法」、JIS B 8222-1975「陸用ボイラーの熱勘定方式」に準じて行った。燃焼排ガス組成の分析はオルザットによって行った。

6. 結果及び考察

6.1 施設別排出状況

本調査の結果から施設別、排ガス量別の平均排出係数を求め、併せてNO_x対策についてもまとめ、これを表1に示した。

(1) 大規模施設（排ガス量 5,000Nm³/H以上）の窒素酸化物排出係数

大気汚染防止法で昭和48年より順次規制対象となった大規模施設の排出係数は次のようであった。

発電ボイラーでは、ナフサ、A重油、ミナス重油と各種の燃料を使用し、各施設とも対策として排ガス再循環を行っていた。その結果、排出濃度も100~120ppm程度で、排出係数も31~35(NO₂kg/10⁸kcal、以下略す)とはほぼ同様な値であった。昭和51年の環境庁委託報告では、A重油焼き施設で平均50.7であったのに比べると大分低い値であった。

事業用ボイラーでは、大規模な施設ほど重油専焼または、重油と他燃料とを混焼しているものが多いが、これらの施設では低NO_xバーナー、排ガス再循環、低空気比運転等のNO_x対策が実施されており、排出係数も小さくなっていた。例えば昭和51年頃までの無対策施設のC重油専焼では、排出係数が平均57であったのに比べ、今回調査した低NO_x対策施設では平均排出係数は36.2に抑制されていた。その他、灯油やガス焼きの施設では特に燃焼対策はとられていなかった。排出係数は、使用燃料、対策方法の違いはあるが、概して排ガス量の大きい施設の方が高い値を示す傾向にあった。

表1 調査結果

施設種類	排ガス量 (Nm ³ /H)	燃料種類	施設 の数	平均排出係数 (NO ₂ kg/10 ⁸ Kcal)	NO _x 対策
発電ボイラー	25万以上	ナフサ, A重油	3	33.6	排ガス再循環
ボイラー	5万以上	C重油	3	56.2	低NO _x バーナー 排ガス再循環 [*]
		重油+ガス	5	35.9	
		A重油	1	25.0	
	1万~5万	A重油	2	20.2	低NO _x バーナー 低空気比
		灯油	2	25.4	
		重油+ガス	1	25.3	低NO _x バーナー #, 多段燃焼
		重油+灯油	3	19.1	
		重油混焼	1	22.8	低NO _x バーナー
		灯油+ガス	1	23.8	
	5千未満	都市ガス	1	13.4	
A重油		4	31.2		
特A重油		2	19.5		
灯油		3	16.8		
石油 加熱炉	1万~5万	都市ガス	1	19.1	
		C重油+ガス 未反応油	2 1	24.9 15.3	
	5千~1万	副生ガス	2	18.5	
金属 加熱炉	5千未満	副生ガス	6	23.6	
	5万以上	特A重油	1	19.8	
	1万~5万	A重油+灯油	1	28.8	
		L P G	1	15.6	
	5千未満 (バッチ炉)	特A重油	2	29.0	
		灯油	2	11.6	
		L P G	1	25.7	
アルミ溶融炉	5千未満	都市ガス	1	9.2(4.3~10.6)	
硝子溶融炉	1万~5万	C重油+灯油	2	130, 227	
"	5千未満	都市ガス	1	91.7(65~132)	
洗剤乾燥炉	1万~5万	灯油, 特A重油	2	16.9	蒸気混合
焼成炉	10万以上	C重油	1	14.0	
コークス炉	10万以上	Bガス+Cガス	1	19.6	多段燃焼

* 施設の一部について対策

石油加熱炉では、特A重油、灯油、ガス（都市ガス、LPG）等と良質燃料を使用し、特に燃焼対策はされておらず、排出係数は15.6～28.8であった。

洗剤乾燥炉は良質燃料を使用し、蒸気混合も行き、排出係数は平均16.9であった。

コークス炉は、ガスを使用し、多段燃焼を行い、排出係数は19.6であった。

硝子溶融炉では、C重油に灯油の混焼といった良質燃料添加が行われているが、タンク炉のため原料中の硝酸塩の影響を受け、排出係数は130、227と高い値であった。

セメント焼成炉ではC重油専焼で排出係数は140と高い値であった。

(2) 小規模施設（排ガス量 $5,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 未満）の窒素酸化物排出係数

小規模施設は第4次窒素酸化物排出規制により規制が加えられるようになったため、既存の施設では特に燃焼対策をしている施設はほとんどないが、燃料の良質なものが使用されていた。ボイラー、石油加熱炉、金属加熱炉の連続炉等では、ほとんどが操炉変動10%以内の安定稼働であった。

ボイラーでは、A重油焚き施設の排出係数が30～35と他燃料に比べ高く、特A重油、灯油、ガス焚き施設は平均16.8～19.5とほぼ同様な値であった。他都市（大阪市⁽²⁾、京都市⁽³⁾、札幌市⁽⁴⁾）におけるA重油焚きの排出係数は約20であるのに比べると、今回の調査結果はやや高い値であった。

石油加熱炉は燃料に副生ガスを使用し、排出係数は20～30位であり、施設型式による差は認められなかった。

金属加熱炉の連続炉では、炉内温度 $1,000\sim 1,200\text{ }^\circ\text{C}$ 位で運転され、排出係数は特A重油、灯油、都市ガスの順に低くなっていた。バッチ炉（焼鈍炉）においては、炉内温度を $200\sim 1,000\text{ }^\circ\text{C}$ まで徐々に昇温させるため、操炉条件が変わると排出係数も変化し、昇温時においては、炉内温度、負荷率の増加につれて排出係数も増加傾向（7～20）を示すが、温度保持時は、負荷の変化にかかわらずほぼ一定値（19～20）であった。

硝子溶融炉はClosed-pot型のルツボ炉で工程により炉内温度は変動し、排出係数は、金属加熱炉同様負荷率の変化よりも炉内温度の変化とよく対応していた。炉の構造により原料の影響を受けにくいので、タンク炉に比べて低い値であった。

アルミ溶融炉は溶解時と温度保持時の負荷変動が大きく、排出係数は負荷変動に対応していた。

6.2 燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量との関係

(1) 窒素酸化物抑制対策施設について

調査結果表1より、各種燃焼対策と燃料良質化の面から窒素酸化物排出抑制対策の取られているボイラーについて、燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量について検討してみた。表1の排ガス量 $5,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 以上のボイラー、発電ボイラーについて、排ガス再循環、低 NO_x バーナー、低空気比燃焼、多段燃焼等を採用している施設を燃焼方法対策施設とし、また重油とガス、軽質油との

混焼，灯油，ガスと燃料の良質化が図られている施設を燃料良質化施設とし，それぞれについて窒素酸化物排出量と燃料燃焼熱量の関係を求めてみると以下の様になる。

$$\text{燃焼方法対策施設} \quad W = 1.94 Q^{1.21} \quad r = 0.98$$

$$\text{燃料良質化施設} \quad W = 2.04 Q^{1.19} \quad r = 0.98$$

$$W = \text{窒素酸化物排出量 (kg/H)}$$

$$Q = \text{燃料燃焼熱量 (10}^7 \text{Kcal/H)}$$

両者は良く類似した回帰式を示していた。この関係から，燃焼方法対策施設はそれぞれに適した各種の燃焼方法がとられていること，また使用燃料も重油が多いとは言え，その他の燃料も用いられているのでこの点問題がないとは言えないが，概して燃焼方法対策施設の窒素酸化物排出量は燃料良質化施設程度に抑えられていた。また両対策施設全体的にみると， $W = 1.99 Q^{1.20}$ であった。以上の関係を図1に示した。

(2) その他の施設について

大規模施設のボイラーについては前項で述べたが，石油加熱炉，金属加熱炉においても重油とガスの混焼，ガス等と燃料は良質化しており，燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量の関係はボイラーの場合と良く一致していた。各施設を全体的に見ると， $W = 2.06 Q^{1.09} \quad r = 0.91$ であった。

また小規模施設のうち，安定稼働のボイラー，石油加熱炉，金属加熱炉についての燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量の関係を求めこれを図2に示した。各施設とも良質燃料を使用し，類似した傾向であり全体的に見ると，

$$W = 2.44 Q^{1.05} \quad r = 0.89$$

となり大規模施設同様に比例関係に近い傾向がうかがわれた。

7. まとめ

本調査から，川崎市内の固定発生源の各施設においては，燃焼方法の改善，燃料の良質化に重点をおいた窒素酸化物対策が進められている実態がは握された。

これらの調査から得られた排出係数は，川崎市内の固定発生源に起因する窒素酸化物排出量を試算するのに基礎資料として役立つものとする。今後，窒素酸化物の排出状況は，エネルギー事情，燃焼技術等の改善により変わってくると思われるので，固定発生源監視の意味も含め調査活動を行っていく必要がある。

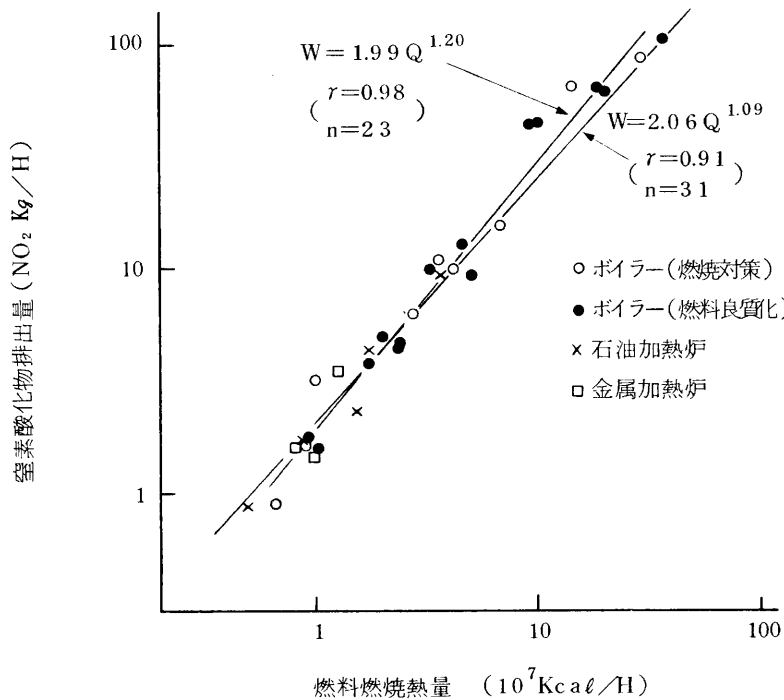


図1 大規模施設における燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量の関係

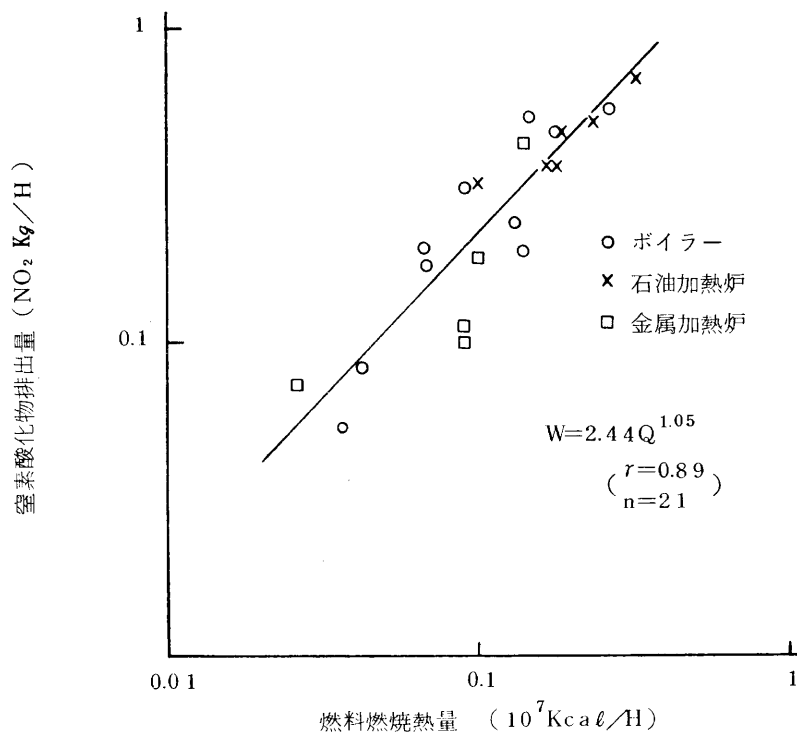


図2 小規模施設における燃料燃焼熱量と窒素酸化物排出量の関係

参考文献

- 1) 氷見康二他：固定燃焼施設における大気汚染物質の排出係数に関する調査報告（環境庁大気保全局委託調査）昭和51年3月，日本熱エネルギー協会
- 2) 中村道雄他：第16回大気汚染研究全国協議会大会抄録 384，1975
- 3) 山崎雅実他：第18回大気汚染研究全国協議会大会抄録 445，1977
- 4) 重松 渉他：第19回大気汚染学会抄録 457，1978
- 5) 柴田幸雄他：第21回大気汚染学会大会抄録 232，1980
- 6) 鈴木 勲他：川崎市公害研究所年報 6 6～9，1978
- 7) 鈴木 勲他：川崎市公害研究所年報 7 63～67，1979