

燃焼施設からの有害大気汚染物質の排出

星 純 也 中 村 健* 泉 川 碩 雄
(*現大気保全部)

要 旨

ベンゼン等の有害大気汚染物質について、それらの発生が疑われる燃焼施設からの排出実態調査を行った。平成10年度は燃焼処理による有機溶剤処理施設、給湯・冷暖房・製品生産用のボイラー、発電用ガスエンジンについて調査を行った。その結果、有機溶剤処理施設では処理施設の入口に比べ出口側の排ガスで有害大気汚染物質の濃度が増加していることはほとんどなかった。ボイラーについては排出濃度は全体的に低く、環境大気中濃度の1～5倍程度であった。ガスエンジンについてはNO_x対策の方式によってベンゼン等の有害大気汚染物質濃度に最大1,000倍程度の違いが見られた。また、今回調査した施設の中で、ボイラーの排出濃度から都内のLSA重油使用のボイラーからのホルムアルデヒドとベンゼンの排出量を推定した。その結果、ホルムアルデヒドは1,200kg/年、ベンゼンは65kg/年となり、自動車からの排出量の推定値と比べると0.1%以下の量であることが明らかとなった。

キーワード：有害大気汚染物質、有機溶剤処理施設、ボイラー、ガスエンジン

Exhaust of Hazardous Air Pollutants from Combustion Facilities

Junya Hoshi, Ken Nakamura* and Sekio Izumikawa

*Air Quality Protection Division

Summary

Hazardous air pollutants, including benzene, in exhaust gases from suspected emission sources were investigated. The surveyed facilities were selected from organic solvent combustion facilities; boilers for hot-water supply, district heating & cooling, and manufacturing; during FY 1997. Our findings show:

- (1) Concentration of air pollutants from organic solvent combustion facilities was not higher than before disposal;
- (2) Concentration of air pollutants from boilers was generally low and was one to five times that of ambient air;
- (3) For gas turbine engine exhausts, there was a difference of one thousand times the maximum due to NO_x emission reduction measures.
- (4) For boilers using LSA heavy oil, emission rates of formaldehyde and benzene in Tokyo were estimated to be 1200 kg/year and 65 kg/year, less than 0.1% of the estimated automobile emission, respectively.

Keywords : hazardous air pollutants, organic solvent disposal facilities, boiler, gas engine

1. はじめに

大気中の有害大気汚染物質については、平成8年度にベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの環境基準が定められるとともに、優先取組物質として22物質が設定された¹⁾。それとともに、環境中の有害大気

汚染物質濃度の測定データも徐々に蓄積が図られてきた^{1)~3)}。東京都においてもほとんどの測定地点でベンゼン濃度が環境基準を達成できていないなど有害大気汚染物質による大気汚染の実態が明らかになってきており、その発生源対策が急がれている。

一方、有害大気汚染物質の発生源である有機溶剤使用施設については、その使用量等から排出量が推定されている。しかし、芳香族炭化水素やアルデヒド類等は燃焼施設からも排出されると考えられるが、それらの知見は乏しいのが現状である。

筆者らは燃焼施設の一部（有機溶剤処理施設、ボイラー、ガスエンジン）について平成10年度に合計22施設の排出実態調査を行なったのでその結果を報告する。なお、ボイラー（LSA重油使用）については12施設と比較的多くの施設を測定しているの、ベンゼン、ホルムアルデヒドについて東京都内の排出量試算を行った。

2 測定施設の種類および規模

平成10年度は以下の3種類の施設について排出実態調査を行なった。

- (1) 有機溶剤排ガス処理装置のうち燃焼処理によって処理後に新たに有害大気汚染物質が増加する可能性のある施設（6施設）。
- (2) 条例による排ガス規制対象施設のうち都内の施設数が最も多い施設であるボイラー（給湯用、冷暖房用、製品生産用）（12施設）。
- (3) 定置型内燃機関であるガスエンジン（発電用）（4施設）。

これらの施設概要を表1～3に示した。

表1 有機溶剤処理施設の概要

施設No.	処理方法	規模(排風量) m ³ /hr
1	触媒再燃焼	3,000
2	触媒再燃焼	3,900
3	触媒再燃焼	9,600
4	触媒再燃焼	4,800
5	触媒再燃焼	22,200
6	触媒再燃焼	13,800

表2 ボイラーの概要

施設No.	ボイラー種類	バーナー型式	バーナー定格	燃料種類	設置年
1	水管	油圧式	73L	LSA	S52
2	炉筒煙管	油圧式	80L	LSA	S43
3	水管	高圧気流式	626L	LSA	S56
4	炉筒煙管	回転式	645L	LSA	H1
5	その他	油圧式	30L	LSA	S57
6	その他	油圧式	48L	LSA	S59
7	炉筒煙管	油圧式	679L	LSA	H5
8	炉筒煙管	回転式	820L	LSA	S44
9	炉筒煙管	油圧式	679L	LSA	H8
10	炉筒煙管	低NOXバーナー	180L	LSA	S37
11	炉筒煙管	低NOXバーナー	180L	LSA	S37
12	炉筒煙管	低NOXバーナー	180L	LSA	S37

表3 ガスエンジンの概要

施設No.	定格m ³ /hr	排ガス対策	燃料種類	設置年
1	75.4	希薄燃焼方式	13A	H7
2	75.4	希薄燃焼方式	13A	H7
3	55.0	三元触媒	13A	H6
4	13.7	三元触媒	13A	S61

3 測定物質および測定方法

本年度測定対象とした物質は計43物質であった。試料の採取はホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドについては2, 4-ジニトロフェニルヒドラジンを含浸させた市販のカートリッジに捕集した。捕集速度は約800ml/minで約30分捕集した。その他の揮発性有機化合物は内面をフューズドシリカでコーティングしたステンレス容器（キャニスター）に採取した。採取は内部をあらかじめ13kPa以下に減圧したキャニスターに約80ml/minで試料を採取できるオリフィスを装着し、20分～30分採取した。

採取した試料は実験室に持ち帰り、アルデヒド類はアセトニトリルで捕集したカートリッジから溶出させ、高速液体クロマトグラフを用いて定量した。その他の物質はキャニスター内の試料を冷却濃縮後、ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて定量した。分析条件を表4および表5に示した。

4 測定結果

(1) 有機溶剤処理施設

平成10年度に調査した有機溶剤処理施設の測定結果（主な有害大気汚染物質7種）を表6に示した。定量限界は試料の捕集量、キャニスターの希釈率によって各々の物質、試料毎に異なってくるが全体として0.03～14.5

表4 アルデヒド類の分析条件

検出器	吸光光度検出器 Waters Model 481 波長 360nm
カラム	Zorbax ODS-80A 内径 4.6mm 長さ 25cm
カラム温度	40°C
移動相	アセトニトリル:水 (60:40)
流量	1ml/min

表5 揮発性有機化合物類の分析条件

濃縮装置	Entech-7000
GC/MS	Hewlett Packard 6890/5972A
カラム	HP-1(メチルシリコン) 長さ 60m 内径 0.32mm 膜厚 1.0μm
カラム温度	40(5min)→5°C/min昇温→140°C→ 15°C/min昇温→220°C(3min)
インターフェイス温度	250°C
キャリアーガス	He 1.0ml/min
検出法	SIM法

表6 有機溶剤処理施設の測定値

施設No.	1		2		3		4		5		6	
	入口	出口	入口	出口	入口	出口	入口	出口	入口	出口	入口	出口
ホルムアルデヒド	330	94	88	40	5700	580	—	—	8600	5300	1700	72
アセトアルデヒド	50	48	N.D	N.D	400	110	—	—	N.D	370	1400	45
ベンゼン	700	11	12	7.4	20	4.1	53	8.8	43	7.4	13	1.8
トルエン	370	120	150	120	85	62	690	1800	5600	260	330	49
m, p-キシレン	190	150	220	190	18	14	310	69	3200	120	150	26
o-キシレン	250	160	240	230	11	9	33	49	3000	88	100	18
1, 3-ブタジエン	474	N.D	N.D	N.D	N.D	0.2	93	4.0	118	3.5	3.2	N.D

μg/m³の範囲であった。今回の測定では施設4のトルエン、o-キシレン及び施設5のアセトアルデヒドを除いて全ての施設、物質で処理装置入口濃度よりも出口濃度の方が低い値となった。低減率の平均もホルムアルデヒドで70%、ベンゼンで77%、トルエンで59% (増加した1試料を除く) となった。今回の測定からはベンゼン等の有害大気汚染物質が処理装置で新たに生成されて増加する可能性は少ないと考えられる。

(2) ボイラー

調査したボイラーの測定結果 (主な有害大気汚染物質7種及びNO_x) を表7に示した。定量限界は0.06~23.7μg/m³であった。排ガス中濃度は全般的に低く、ベンゼンは環境濃度の約1~5倍、トルエンについては平均では環境濃度より低い結果となった。しかし、施設3~6のホルムアルデヒドの排ガス中濃度は非常に高かった。これらのボイラーは種類、バーナー形式とも特殊な

表7 ボイラーの測定値

施設No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ホルムアルデヒド	19	6.5	320	790	700	320	10	6.7
アセトアルデヒド	350	71	46	520	N.D	430	96	61	25
ベンゼン	—	16	19	15	10	11	12	24	12
トルエン	—	7.1	3.3	19	15	7.6	10	5.2	1.8
m, p-キシレン	—	1.6	N.D	3.1	3.0	0.6	8.6	1.5	0.6
o-キシレン	—	1.4	N.D	3.0	2.6	N.D	4.8	1.2	0.5
1, 3-ブタジエン	—	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.1	0.5	0.4
NO _x (ppm)	78	90	86	100	100	110	89	100	79

施設No.	10	11	12
ホルムアルデヒド	4.4	N.D	N.D
アセトアルデヒド	16	15	62
ベンゼン	3.3	1.8	12
トルエン	28	4.0	21
m, p-キシレン	40	0.8	16
o-キシレン	17	0.3	7.9
1, 3-ブタジエン	N.D	N.D	N.D
NO _x (ppm)	79	90	86

(NO_xはO₂ 0%換算値)

ものではなく、また、同時に測定したNO_xの測定値も特に高い値を示しておらず、その原因は不明である。

(3) ガスエンジン

調査したガスエンジンの測定結果（主な有害大気汚染物質7種及びNO_x）を表8に示した。定量限界は0.06～14.5μg/m³であった。ガスエンジンについては測定した施設によって排ガス中濃度は大きく異なる結果となった。この原因として排ガスのNO_x対策方式の違いが考えられる。施設1、2はNO_x対策として希薄燃焼方式を採用している。この方式はNO_x低減にはある程度の効果は見られるが、ホルムアルデヒド、ベンゼンの排ガス中濃度は非常に高い結果となっている。一方、施設3、4はNO_x対策として三元触媒を用いている。三元触媒を用いた場合、希薄燃焼方式に比べNO_xは数分の1程度の濃度となっており、ホルムアルデヒド、ベンゼンは1/10～1/1000程度の濃度であった。濃度低減の割合はNO_xに比べこれらの有害大気汚染物質の方が大きく、今回の調査からは三元触媒が有害大気汚染物質の低減に大きな効果があると考えられた。

表8 ガスエンジンの測定値

施設No.	(μg/m ³)			
	1	2	3	4
ホルムアルデヒド	1500	1900	N.D	N.D
アセトアルデヒド	140	98	N.D	60
ベンゼン	390	560	13	40
トルエン	36	62	5.2	6.7
m、p-キシレン	3.8	9.0	1.1	1.3
o-キシレン	3.0	10	0.8	0.8
1,3-ブタジエン	N.D	N.D	4.7	N.D
NO _x (ppm)	178	105	29	46

(NO_xはO₂ 0%換算値)

5 都内排出量の推定

L S A重油使用のボイラーについては計12施設と比較的多くの施設を測定しているため、ボイラーから排出されるホルムアルデヒドおよびベンゼンの都内の排出量の推定を行なった。推定は以下の式によって行なった。

$$E = k \times C \times V / 1000000$$

E：排出量 (kg/年)

k：排ガス係数 (単位燃料を完全燃焼させるに必要な空気量) (8.6m³/ℓ)

C：平均排出濃度 (O₂ 0%換算) (μg/m³)

V：年間燃料使用量 (kℓ)

Vとして平成5年度の都内のL S A重油ボイラーの燃料使用量410,000kℓを用いて計算を行ったところ、ホルムアルデヒド、ベンゼンの排出量は下記ようになった。

ホルムアルデヒド 1,200kg/年

ベンゼン 65kg/年

これらの値は、都内の自動車からの推定排出量⁴⁾ (ホルムアルデヒド：2,204 t/年、ベンゼン434 t/年) に比べると0.1%以下の排出量となっており、L S A重油ボイラー排ガスが大気中のホルムアルデヒドおよびベンゼン濃度に対する寄与は少ないと考えられた。

6 おわりに

今回の調査結果から全体的に燃焼施設の排ガス中の有害大気汚染物質濃度は低いといえる。しかし、希薄燃焼方式のガスエンジンのように一部の施設からは比較的高濃度の有害大気汚染物質の排出が見られた。ボイラーについて都内の排出量の推定を行ったが、自動車からの推定排出量に比べると非常に少ない値となった。

今後はガスエンジン等の燃焼方式および排ガス処理対策に着目した排出量調査を行っていくと同時に、ごみ焼却施設、加熱炉等の燃焼施設についても有害大気汚染物質の排ガス中濃度を把握する予定である。

引用文献

- 1) 野田広ら：有害大気汚染物質を巡る動向と展望、環境と測定技術、25(3), p45-64 (1998)
- 2) 環境庁大気保全局自動車環境対策第二課：平成9年度有害大気汚染物質モニタリング調査結果について、環境と測定技術、25(8), p2-18 (1998)
- 3) 東京都編：平成9年度有害大気汚染物質モニタリング調査報告書、平成11年3月
- 4) 泉川碩雄ら：自動車から排出される有害大気汚染物質について、東京都環境科学研究所年報1999, p159