

## SM3) 중·소형 산업 및 난방용 연소시설의 질소산화물

### 배출계수 개발

### Development of NOx emission factor on the medium and small size industrial boilers

정봉진, 장영기, 최삼진, 구석본, 김관, 등중인<sup>1)</sup>, 홍지형<sup>2)</sup>

수원대학교 환경공학과,

<sup>1)</sup>서울시립대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>국립환경연구원 대기공학과

#### 1. 서 론

본 연구에서는 국내실정에 맞는 배출량 산정 및 평가에 있어서 중요한 요소 중 하나인 대기오염물질 배출계수를 국내실정에 맞도록 개발하는 사업의 일환으로, 여러 대기오염물질중 중·소형 연소 및 난방 시설에서 배출되는 질소산화물의 배출특성을 파악하고 이를 토대로 국내 실정에 맞는 질소산화물 배출계수를 개발하며 향후 국내 대기오염 배출계수 개발을 위한 기본체계 구축방안을 제시하는데 근본적인 목적이 있다.

#### 2. 연구 방법

중·소형 산업 및 난방용 보일러시설의 질소산화물 배출계수 조사를 위하여 사용연료와 연소특성, 보일러의 종류 및 용량을 고려하여 수도권에 위치해 있는 11기의 보일러를 선정하여 실측하였으며, NOx 배출계수 측정 절차를 그림 1에 나타내었다.

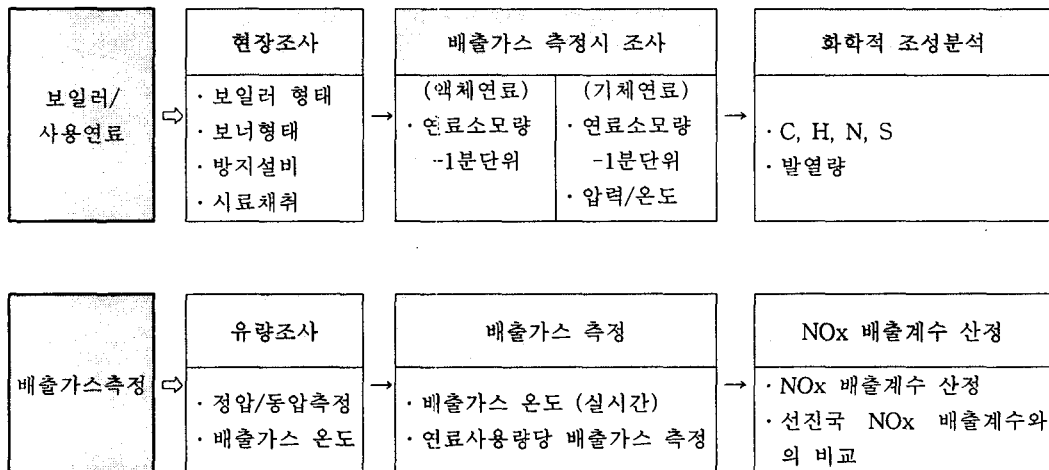


Fig. 1. NOx 배출계수 측정 절차

#### 3. NOx 배출농도 측정결과

중·소형 산업 및 난방용 연소시설의 질소산화물 배출농도를 측정하기 위하여 현장 조사를 실시한 보일러시설은 표 1과 같이 LNG 연소보일러가 4기 4회, LPG 연소보일러가 2기 2회, B-C유 연소보일러가 3기 3회, 그 외 보일러등유 연소보일러가 2기 2회로 총 11기 12회를 측정하였다. 현장에서 배출가스의 측정은 실시간으로 연소가스측정기(Enerac 2000)를 사용하였다.

Table 1. 배출농도 측정 보일러시설 현황

Site No.	보일러시설업체	시설용량 (ton/h)	사용연료	보일러 형식	버너 형식
1	JP	10	LNG	노통연관	
2	SI	10	B-C유	노통연관	Steam Air Jet 버너
3	SE	5	보일러등유	노통연관	Gun Type
4	MM	8	LPG	수관식	외부혼합식
5	MM	12	LPG	수관식	외부혼합식
6	RR	2.5	보일러등유	노통연관	DC-32
7	IW	12	B-C유	노통연관	로터리
8	SC	4	B-C유	노통연관	
9	SU	3	LNG	노통연관	Gun Type
10	SU	5	LNG	노통연관	외부혼합식
11	SU	1.5	LNG	노통연관	Gun Type

4. 측정 결과

보일러시설의 NOx 배출농도 측정시, 유입연료의 사용량, 기압, 온도는 1분 간격으로 조사하였고, 배출농도와 산소보정 배출농도는 표 2와 같다.

Table 2. 보일러시설의 연료소모량 및 NOx 배출농도

사용 연료	용량 (ton/h)	연료사용량	발열량	연료온도 (°C)	기 압	산소농도 (%)	NOx 배출농도 (ppm)
LNG	1.5	58.2 m <sup>3</sup> /hr	9540 kcal/m <sup>3</sup>	11.8	1.422(bar)	7.21	59.00
	3	90.5 m <sup>3</sup> /hr	9540 kcal/m <sup>3</sup>	10.6	1.418(bar)	5.6	68.79
	5	205.4 m <sup>3</sup> /hr	9540 kcal/m <sup>3</sup>	11.7	1.420(bar)	7.3	39.09
	10	650 m <sup>3</sup> /hr	9540 kcal/m <sup>3</sup>	9.8	1.370(bar)	9.9	29.34
LPG	8	186 ℓ/hr	6030 kcal/ℓ	65	0.8(kg/cm <sup>2</sup> )	5.9	142.2
	12	232 ℓ/hr	6030 kcal/ℓ	65	0.75(kg/cm <sup>2</sup> )	5.7	149.8
B-C유	4	337.5 ℓ/hr	9262 kcal/ℓ	☐	☐	13.3	99.25
	10	292 ℓ/hr	9262 kcal/ℓ	☐	☐	12.7	66.58
	12	430 ℓ/hr	9262 kcal/ℓ	☐	☐	16.9	69.62
보일러 등유	2.5	73 ℓ/hr	9262 kcal/ℓ	☐	☐	10.7	37.13
	5	255 ℓ/hr	9262 kcal/ℓ	☐	☐	9.6	49.59

5. 배출계수산출

중소형 산업 및 난방용 보일러시설의 질소산화물 배출계수를 산출하여 연료 및 용량별로 정리하면 표 3과 같다.

Table 3. 보일러시설의 NOx 배출계수 (용량 단위 : steam ton/hr)

사용 연료	배출계수	용량 ≤ 3	3 < 용량 ≤ 5	5 < 용량 ≤ 10	10 < 용량 ≤ 12	EPA 배출계수	EU 배출계수
LNG	kg/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	7794.26(1.5ton)	933.85	1656		1600~2240	3530
		5039.83(3ton)					
	kg/ton	9.65(1.5ton)	1.16	2.05		1.98~2.77	4.37
		6.24(3ton)					
	kg/Gcal	0.82(1.5ton)	0.098	0.17		0.17~0.23	0.28
		0.53(3ton)					

Table 3. Continue

사용 연료	배출계수	용량≤3	3<용량≤5	5<용량≤10	10<용량≤12	EPA 배출계수	EU 배출계수
LPG	kg/kl			2.8	2.56	1.49~ 2.18	2.23
	kg/ton			5.52	5.04	2.94~ 4.29	4.39
	kg/Gcal			0.46	0.43	0.25~ 0.36	0.28
B-C유	kg/kl		6.00	8.16	5.97	6.6	5.65
	kg/ton		6.32	8.59	6.25	6.95	5.95
	kg/Gcal		0.65	0.88	0.65	0.71	0.61
보일러 등유	kg/kl	4.04	9.27			6.6	5.65
	kg/ton	4.25	9.76			6.75	5.95
	kg/Gcal	0.44	1.00			0.71	0.61

- NO<sub>x</sub> factor(kg/kl or kg/m<sup>3</sup>) =  $\frac{\text{배기가스량}}{\text{연료사용량}} \times \text{NO}_x \text{ 농도} \times \text{NO}_x \frac{\text{분자량}}{22.4} \times \frac{273}{273 + \text{stack temp}}$
- NO<sub>x</sub> 배출계수 : NO<sub>2</sub>로 표현    - LNG : 1kg = 1.238m<sup>3</sup> ('98환경부 대기오염물질 배출량)
- LPG : 1kg = 1.97ℓ ('98환경부 대기오염물질 배출량)

**6. 결 론**

중·소형 산업 및 난방용 연소시설에서 배출되는 질소산화물의 배출특성을 파악하고 이를 토대로 국내에서 배출되는 질소산화물 배출계수를 산출하였으며, 대부분의 연료에서는 EPA 또는 EU의 배출계수와 유사한 경향을 나타내고 있다.

**감사의 글**

본 연구는 국립환경연구원의 "중·소형 연소시설의 질소산화물 배출계수 개발" 과제의 지원을 받아 수행한 것으로 관계자들에게 감사드립니다.

**참 고 문 헌**

1. Compilation of Air Pollution Emission Factors Vol. I (EPA AP-42 5th.)
2. Atmospheric Emission Inventory Guidebook. (EEA 2nd.)
3. '98 전국 배출량 조사(환경부)