

오일보일러 배출가스중의 황산화물 (SO_x) 과 질소산화물 (NO_x) 배출농도에 관한 조사(Ⅱ)

— A Study on the Emission Concentration of SO_x and NO_x in the Stack Exhaust Gas of Oil Boilers —

禹 在 均

(本協會開發部 測定分析課)

3. 결과 및 고찰

측정대상 boiler 별 배출가스의 측정성적은 Table 2와 같다.

황산화물의 농도는 Table 2와 같이 아주 다양한 분포를 보이고 있다. 이는 연료중의 S 함량, 운전부하량, acid dew point, 연소가스가 배출되는 연도의 상황등에 기인하는 것으로 본다. 서유황C중유(S 함량 1.6%이하)를 연소시킬때 이론적으로 생성하는 SO₂의 계산치는

아래와 같다.

$$G' = 1.867 C + 0.7 S + 0.8 N + (m - 0.21) A_o \dots\dots\dots(8)$$

여기에서

G' : 건조연소가스량(Nm³ kg⁻¹)

C : C성분의 중량백분율(%)

S : S성분의 중량백분율(%)

N : N성분의 중량백분율(%)

m : 공기비

A_o : 이론공기량(Nm³ kg⁻¹)

Table 2. Mesasured results of exhaust gas in each boilers.

BLR	BLR - A			BLR - B			BLR - C			BLR - D			BLR - E		
	M	R	S,D	M	R	S,D	M	R	S,D	M	R	S,D	M	R	S,D
Temp(°C)	132.0	66-194	28.9	183.1	136-258	29.2	77.2	42-118	19.1	148.4	74-197	24.8	125.1	74-149	18.4
Velocity (ms ⁻¹)	6.5	24-10.5	1.6	5.1	2.9-8.7	1.3	1.62	1.2-1.8	0.11	2.74	1.7-4.2	0.54	2.6	1.7-3.7	0.41
Excess air ratio	1.25	1.1-1.5	0.09	1.40	1.2-1.9	0.17	1.30	1.2-1.8	0.13	1.30	1.2-1.7	0.1	1.25	1.2-1.4	0.06
SO _x (ppm)	516.5	406.9-728.8	116.2	736.6	444.7-1412.8	186.4	625.9	403.0-829.4	113.6	632.6	441.7-777.4	94.1	650.7	466.2-863.4	94.6
NO _x (ppm)	121.5	62-192	31.3	177.4	98-273	42.8	111.5	48-200	36.8	165.7	94-212	30.2	109.7	73-167	20.8

* M : Mean
 * R : Range
 * S,D : Standard deviation

위식에 의하여 B, C유 1 kg을 연소시킬 때 생성되는 건조연소가스량은 약 11.443 Nm³ 가 생성된다.8)

또 시판되는 중유의 S함량 1.6%일때9), 10) 생성되는 SO₂의 양은

$$\frac{0.016}{32} \times 22.4 = 0.0112 \text{ (Nm}^3 \text{ kg}^{-1}\text{)}$$

따라서 건조배기가스중의 SO₂ 농도는

$$\frac{0.0112}{11.443} \times 10^6 \approx 978.8 \text{ ppm이다.}$$

이론적인 계산치와 실측치 사이에는 많은 차이가 있었으며, 개정되기전(1983.9.1) 환경보전법 11)의 배출허용기준 1,800ppm에 비교하면 각각 29%, 41%, 35%, 35%, 36%에 불과한 수치이며, 1,800ppm을 초과한 성적은 1회도 없었다. 1983.9.1 개정된 환경보전법의 황산화물(SO₂로서) 배출허용기준은 1,800ppm, 다만

연료용 유류의 유황함유량이 1.6% 이하인 액체연료를 사용하는 배출시설은 1,000 ppm 이하로 되어 있다. 11)

본 시험에서의 사용연료는 S함량 1.6% 이하인 C중유이므로 이것의 허용기준인 1,000ppm에 비교하면 52%, 74%, 63%, 63%, 65%에 해당하는 수치이며 1,000ppm 이상인 성적은 boiler B에서 4회 측정되었다. 따라서 현행의 황산화물 차등 배출허용기준은 극히 타당성 있고, 현실적인 조치였다고 생각되어진다.

한편 질소산화물의 농도도 연료중의 질소함유량, 연소의 특성등의 요인에 따라 다양한 분포를 보이고 있으며, 현행 환경보전법의 배출허용기준 250ppm에 비교하면 각각 49%, 71%, 45%, 66%, 44%에 불과한 수치이며, 250ppm을 초과한 성적은 boiler B에서 3회 측정되었다.

각 boiler 별 SO_x와 NO_x의 농도별 구성비는 Table 3, 4와 같다.

Table 3. Frequency distribution of SO_x concentration in each boilers.

SO _x (ppm)	BLR-A		BLR-B		BLR-C		BLR-D		BLR-E	
	NS	%	NS	%	NS	%	NS	%	NS	%
Below 500	24	49	2	4	7	15	3	8	2	5
501 - 600	14	29	11	14	13	27	11	28	12	28
601 - 700	9	18	9	19	14	29	16	40	16	38
701 - 800	2	4	10	21	9	19	9	22	8	19
801 - 900			9	19	5	10	1	2	4	10
Above 901			6	13						
Total	49	100	47	100	48	100	40	100	42	100

* NS : Number of samples

Table 4. Frequency distribution of NO_x concentration in each boilers.

NO _x (ppm)	BLR-A		BLR-B		BLR-C		BLR-D		BLR-E	
	NS	%	NS	%	NS	%	NS	%	NS	%
Below 50										
51 - 100	10	21	1	2	21	44	1	2	15	36
101 - 150	29	58	14	30	19	39	10	25	25	59
150 - 200	10	21	19	41	8	17	26	65	2	5
201 - 250			10	21			3	8		
Above 251			3	6						
Total	49	100	47	100	48	100	40	100	42	100

* NS : Number of samples

각 boiler의 온도별 배출가스의 상태는 Table 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5와 같으며, 배출가스의 온도가 높을수록 유속, 공기비, NO_x의 농도는 증가하는 경향을

보이고 있으나 SO_x의 배출농도에서는 통계적인 의의를 발견할 수 없었다. 이것은 1979년 환경연구소의 보고 1)와도 거의 일치하였다.

Table 5-1. Concentration of SO_x and NO_x in exhaust gas according to temperature from BLR-A

Temperature(°C)	Number of samples		Excess air ratio		Velocity (ms ⁻¹)			SO _x (ppm)		NO _x (ppm)	
	NS	%	Mean	Mean	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	
Below 100	7	14	1.21	4.7	2.4	2.4-7.3	513.2	447.5-578.9	115.6	84-160	
101 - 125	16	33	1.23	6.4	2.6	2.6-8.2	493.1	405.9-624.7	109.6	84-135	
126 - 150	13	27	1.25	6.8	5.3	5.3-8.4	578.4	427.4-728.8	126.6	60-187	
150 - 175	9	18	1.27	7.7	5.0	5.0-10.5	541.6	428.7-627.4	144.7	114-192	
176 - 200	4	8	1.33	7.3	6.2	6.2-8.4	457.6	413.9-505.4	166.3	120-185	
Total	49	100	1.26	6.6	2.4	2.4-10.5	516.8	405.9-728.8	132.6	60-192	

Table 5-2. Concentration of SOx and NOx in exhaust gas according to temperature from BLR-B

Temperature (°C)	Number of samples		Excess air ratio	Velocity (ms ⁻¹)		SOx (ppm)		NOx (ppm)	
	NS	%	Mean	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
125 - 150	7	15	1.38	4.9	3.2-6.0	644.9	506.2-749.4	140.0	103-172
151 - 175	12	25	1.44	5.7	3.7-8.3	709.5	533.7-1078.9	159.8	98-203
176 - 200	17	36	1.41	4.7	2.9-7.3	732.3	444.7-1186.8	175.9	108-127
201 - 225	6	13	1.52	5.0	3.4-8.7	889.8	679.5-1412.3	207.8	149-273
Above 226	5	11	1.50	5.3	4.4-6.9	770.9	519.3-903.8	232.6	182-269
Total	47	100	1.45	5.1	2.9-8.7	751.5	444.7-1412.3	183.2	98-273

Table 5-3. Concentration of SOx and NOx in exhaust gas according to temperature from BLR-C

Temperature (°C)	Number of samples		Excess air ratio	Velocity (ms ⁻¹)		SOx (ppm)		NOx (ppm)	
	NS	%	Mean	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Below 50	5	10	1.36	1.6	1.5-1.6	619.8	527.3-728.8	73.0	62-107
51 - 65	12	25	1.33	1.5	1.2-1.6	640.0	482.4-769.3	103.0	48-180
66 - 80	9	19	1.31	1.6	1.6-1.7	551.5	455.4-652.9	111.8	82-192
81 - 95	14	29	1.29	1.7	1.5-1.7	609.4	403.0-828.4	119.4	60-200
Above 96	8	17	1.31	1.8	1.7-1.8	721.5	587.6-829.4	134.1	108-162
Total	48	100	1.32	1.6	1.2-1.8	628.5	403.0-829.4	108.3	48-200

Table 5-4. Concentration of SOx and NOx in exhaust gas according to temperature from BLR-D

Temperature (°C)	Number of samples		Excess air ratio	Velocity (ms ⁻¹)		SOx (ppm)		NOx (ppm)	
	NS	%	Mean	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Below 100	1	2	1.44	2.8		661.0		110.0	
101-125	7	18	1.28	2.6	1.7-4.2	663.5	492.3-898.2	162.1	105-210
126-150	14	35	1.31	2.5	2.1-2.5	620.9	526.7-774.3	164.6	114-198
151-175	12	30	1.33	3.0	2.5-4.0	651.0	515.2-787.3	167.3	94-212
176-200	6	15	1.23	3.1	2.6-3.3	582.1	447.7-727.3	190.7	176-201
Total	40	100	1.32	2.8	1.7-4.2	635.7	441.7-808.2	158.9	94-212

Table 5-5. Concentration of SOx and NOx in exhaust gas according to temperature from BLR-E.

Temperature (°C)	Number of samples		Excess air ratio	Velocity (ms ⁻¹)		SOx (ppm)		NOx (ppm)	
	NS	%	Mean	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
Below 110	8	19	1.26	2.3	1.7-3.0	696.2	507.0-863.4	81.9	82-109
111-120	7	16	1.28	2.5	2.1-3.0	615.3	512.6-804.7	102.1	73-126
121-130	12	30	1.25	2.7	2.1-3.5	641.9	488.9-789.4	111.9	78-138
131-140	7	16	1.26	2.7	2.5-3.0	654.8	466.2-822.4	112.9	85-130
Above 141	8	19	1.27	2.8	2.5-3.7	645.9	569.2-723.0	126.8	98-167
Total	42	100	1.26	2.6	1.7-3.7	650.8	466.2-863.4	107.1	73-167

[다음호 계속]