

# 오일보일러 배출가스중의 황산화물 (SO<sub>x</sub>) 과 질소산화물 (NO<sub>x</sub>) 배출농도에 관한 조사

— A Study on the Emission Concentration of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> in the Stack Exhaust Gas of Oil Boilers —

禹 在 均

(本協會開發部 測定分析課)

## 1. 서 론

고도의 경제성장에 따른 인구의 집중과 각종 산업의 발전 또는 개발은 일부의 자연환경을 파괴하거나 오염시켜 인간의 건강이나 생활상의 피해를 주게 되었을 뿐만아니라 생태계까지 영향을 미치게 되었다. 특히 좁은 국토면적에서 단 시간내에 급격한 경제발전을 이룩한 우리나라는 더욱더 주택과 산업시설의 과밀을 초래하고 생활환경의 악화와 각종 오염문제를 가속화 시켜왔다. 개정된 환경보전법은 과거의 주민진정이나 피해발생에 대한 사후대책적인 조치로부터 사전예방을 주목적으로 한 개별발생원 중심의 배출규제대책과 총량규제의 개념인 배출부과금 제도가 대기에서는 황산화물, 불소, 먼지에 제한 시행되고 있다. 특히 유류가 모든 산업의 주 에너지원이 되고 있는 우리나라는 유황분과 질소분이 다량 함유되어 있는 원유를 도입 사용함으로써 황산화물(SO<sub>x</sub>)과 질소산화물(NO<sub>x</sub>)로 인한 대기오염문제가 심각하게 야기되고 있고, 그 피해 또한 막대한 것으로 추측하고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 원유나 배연에 탈황조작이나 탈질조작이 행하여 지지 못하고 있는 실정이다.

oil boiler 배출가스에 관한 연구가 여러 문헌에 실린바 있는데, 국립환경연구소<sup>1)</sup>에서는 boiler 배출가스중의 황산화물 배출량에 관한 실태조사를 하였고, Heywood<sup>2,3)</sup> 등은 Thermal Nox와 Fuel NOx의 생성과 공기비와의

관계를 연구하였고, Heap<sup>4)</sup> 및 Quan<sup>5)</sup> 등은 burner의 형식 및 공기의 송입장치에 따른 NOx의 배출량을 연구하였다.

본조사에서는 서울, 인천, 경기등 수도권지역에 저유황 C중유를 연료로 사용하고 있는 5개 업소에 대한 황산화물 농도와 질소산화물 농도를 실측하여, 현행 배출허용기준과 비교하였으며 배기가스온도, 유속, 공기비별로 황산화물농도와 질소산화물 농도를 비교하였으며, 이에 따른 boiler의 연소기술에 의한 오염물질의 저감 대책을 조사 연구하였다.

## 2. 조사대상 및 방법

### 1. 조사대상

서울, 인천, 경기등 수도권 지역에 있는 대기 오염 배출시설 업소중 저유황C중유(LSC, S 함량 1.6%이하)를 사용하고 있는 5개업소의 boiler에 대한 배출가스의 온도, 유속, boiler duct에서의 공기비, 황산화물 배출농도, 질소산화물 배출농도를 위한 조사 대상업소의 현황은 Table 1과 같다.

### 2. 기 간

boiler A, B, C는 1982. 2. 1부터 1983. 1. 31까지 주 1회씩 각각 49회, 47회, 48회 측정하였으며, boiler D, E는 1982. 4. 1부터 1983. 1. 31까지 주 1회씩 각각 40회, 42회 측정하였다.

Table 1. The present position for investigation of effluent facilities.

Division	Region	Boiler			Stack			Pollution Control Facility	Fuel
		Type	Capacity (Thr <sup>-1</sup> )	Bunner type	Material	Inside Diameter (m)	Height (m)		
BLR-A	Seoul	Water Tube	16	Steam jet	Steel	1	12	Multicyclone	LSC
BLR-B	Seoul	Smoke Tube	10	High-pressure and gun	Steel	0.8	9	Power-Z	LSC
BLR-C	Seoul	Water Tube	20	Rotary	Steel & concrete	3.2	120	Power-Z	LSC
BLR-D	Incheon	Water Tube	5	Rotary	Steel & concrete	1.4	22	Power-Z	LSC
BLR-E	Gyunggi	Water Tube	8	Rotary	Steel & concrete	1.2	18	Multicyclone	LSC

3. 측정방법

가. 배출가스의 온도

copper-constantan senser 형, 열전대온도계 (상용 300 °C)를 사용하여 시료가스의 채취점, A, B, C, D, E boiler의 연돌 하부지점에서 각각 7, 2, 8, 11 및 8 m인 지점에서 배출가스의 온도를 측정하였다.

나. 배출가스의 유속

double pitot tube (Y형, 계수 : 0.83)와 경사 manometer (Dewyer, U, S. A)를 사용하여 시료가스의 채취점에서 측정하였다.

다. 공기비

Orsat 가스분석기로 boiler duct에서 측정하였고, CO<sub>2</sub> 분석기, O<sub>2</sub> 분석기 (Dewyer, U, S. A)로 비교측정하였으며 다음식에 의하여 공기비를 결정하였다.<sup>6)</sup>

$$m = \frac{A \text{ (실제 공기량)}}{A_0 \text{ (이론 공기량)}} \dots\dots\dots(1)$$

$$m = \frac{N_2(\%)}{N_2(\%) - 3.76 O_2(\%)} \dots\dots\dots(2)$$

$$m = \frac{21}{21 - O_2(\%)} \dots\dots\dots(3)$$

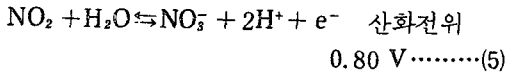
$$m = \frac{CO_2 \text{ max}(\%)}{CO_2(\%)} \dots\dots\dots(4)$$

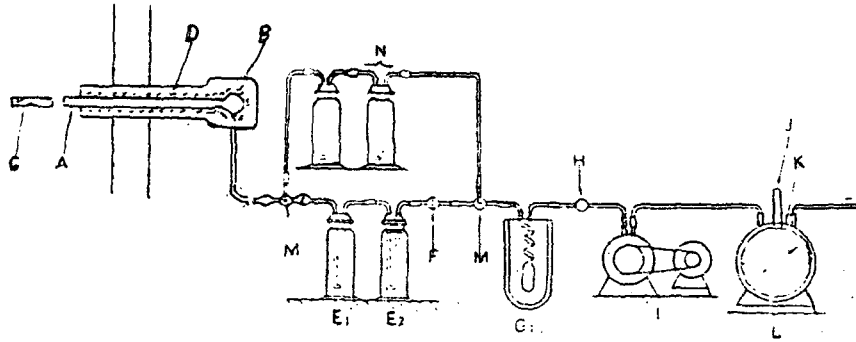
라. 황산화물 농도

환경오염공정시험법<sup>7)</sup> 제 3장에 규정된 연도 배출가스 시료채취방법에 따라 시료를 채취하여 중화적정법<sup>7)</sup>으로 측정하고, 때때로 Arsenazo III법<sup>7)</sup>으로 비교측정하였으며 본 시험에서의 황산화물 농도는 채취지점에서의 공기비 황산농도이다. 황산화물 시료채취장치의 구성은 Fig. 1과 같다.

마. 질소산화물의 농도

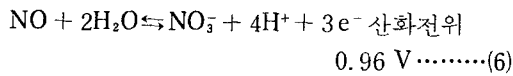
전기화학적 방법중 정전위전해법에 의한 자동분석기(KN-100 NOx analyzer, Japan, Koritus Rika Co, LTD)로 측정하였다. 이의 측정원리는 가스투과성 막막을 통하여 전해층 속의 전해질에 확산흡수된 NO 및 NO<sub>2</sub> 작용전극의 전위를 약 1.0 V로 설정해서 전해산화시킬때 발생하는 전해전류로 정량한다.





- |   |  |
|---|--|
| A : Stainless probe                         | H : Flux control valve                       |
| B : Adaptor                                 | I : Vacuum pump (0.5-5 l min <sup>-1</sup> ) |
| C : Glass wool                              | J : Thermometer                              |
| D : Heater and thmostat                     | K : Vacuum gauge                             |
| E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> : Impingers | L : Moist gas meter                          |
| F : Glass filter                            | M : Coke                                     |
| G : Drop                                    | N : By-pass                                  |

Fig 1. Apparatus for sampling of sulfur oxides in stack gas.



전해전류는 NO 및 NO<sub>2</sub>의 농도에 비례하고 다음식으로 얻어진다.

$$i = \frac{q \times F \times A \times C \times D}{\delta} \dots\dots(7)$$

여기서  $i$  = 전해전류 (A)

$q$  = 1 mole 당 반응하는 전자의 수

$F$  = Faraday 정수 (96,500 C)

$A$  = 가스 확산면의 면적 (cm<sup>2</sup>)

$D$  = 가스 확산계수 (cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)

$C$  = 전해질 중에서 산화된 가스의 농도 (mole ml<sup>-1</sup>)

$\delta$  = 확산층의 두께 (cm)

이 방법은 SO<sub>2</sub>의 영향율이 100%의 방해성분이지만 SO<sub>2</sub> scrubber에 의해 완전히 제거시켰고 CO의 영향율은 최대 0.2% 정도로 농도 1,000 ppm에 공존해도 2 ppm 정도이기 때문에 무시하였다. 정전위전해법에 의한 질소산화물 분석기 구성은 Fig. 2와 같다.

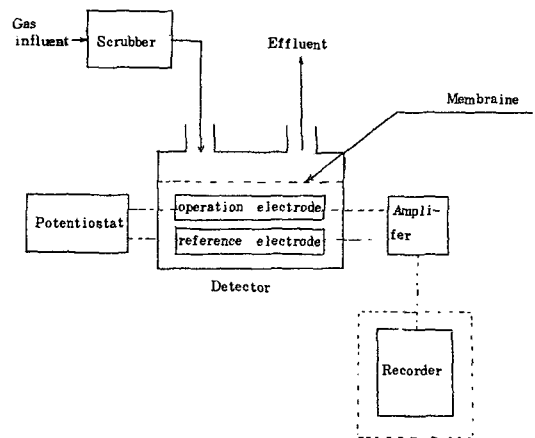


Fig 2. Schematic diagram for measurement of nitrogen oxides in controlled potential electrolysis.

<다음號 계속>