

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

— 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)

한편 공기비와 NO_x와의 관계는 Fig.7과 같다.

공기비가 증가할수록 NO_x의 농도는 현저하게 증가하였으며 이때 r의 값은 A, B, C, D, E

boiler가 각각 +0.79, +0.97, +0.90, +0.81, +0.98로 공기비에 따른 NO_x의 농도의 증가는 거의 직선적이었다.

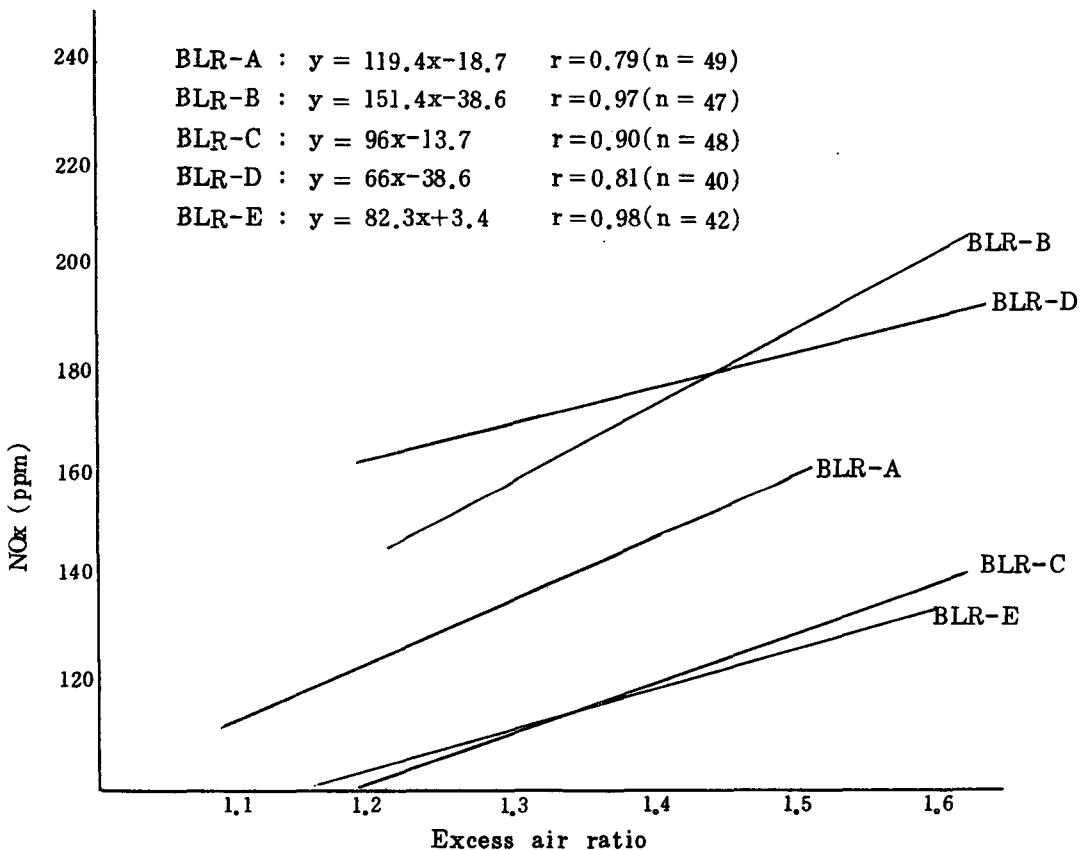


Fig 7. Correlation between excess air ratio and NO_x concentration.

일반적으로 연소에 의한 NO_x 의 생성은 보통 대기중의 질소분자의 산화에 의한 경우(Thermal NO_x)와 연료분자 중에 포함된 질소화합물의 산화에 의한 경우(Fuel NO_x)로 나누어진다. 연료중 질소를 포함하지 않은 기체연료의 예혼합연소에서는 공기비가 1.0 부근에서 NO_x 농도의 peak 치를 나타낸다. 저공기비 측에서 농도의 저하는 O_2 농도가 감소하기 때문이고, 고공

기비 측에서의 NO_x 의 감소는 연소온도가 낮기 때문이다. 그러나 확산연소 및 분무연소방식인 실용연소장치에서의 공기비와 NO_x 의 배출량과의 관계는 예혼합연소와 같이 간단하지 않다. Fig. 8, 9, 10은 boiler에 있어서 NO_x 농도와 공기비의 관계에 대한 대표적인 제측예를 나타낸 것이다.¹³⁾

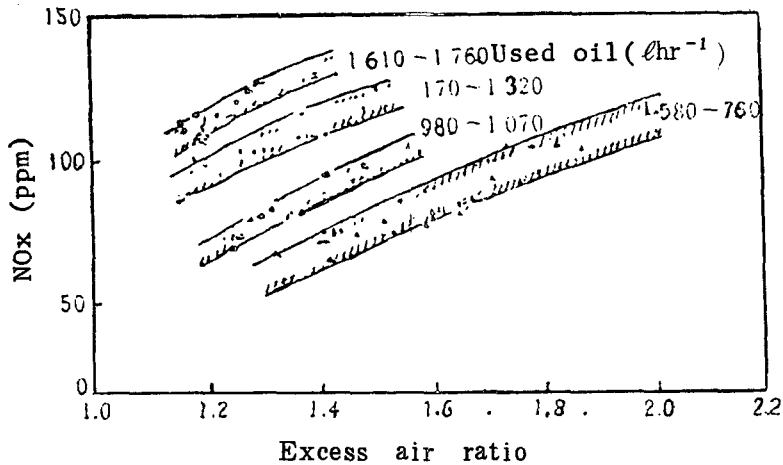


Fig. 8. Relationship between excess air ratio and NO_x concentration.

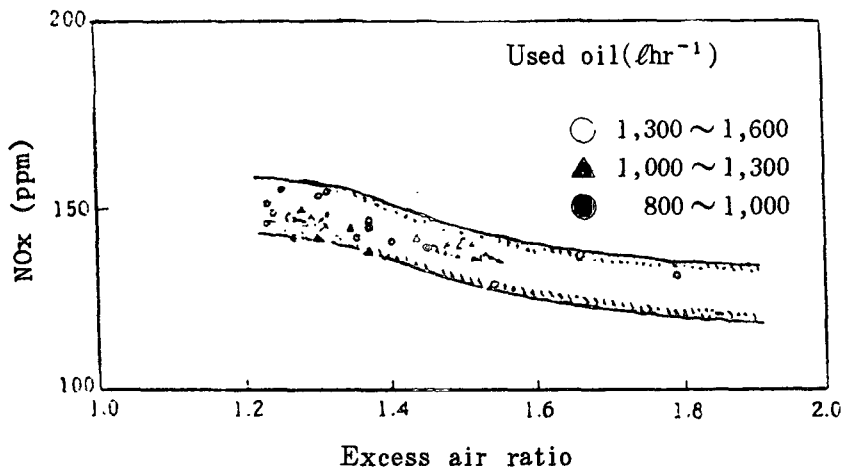


Fig. 9. Relationship between excess air ratio and NO_x concentration.

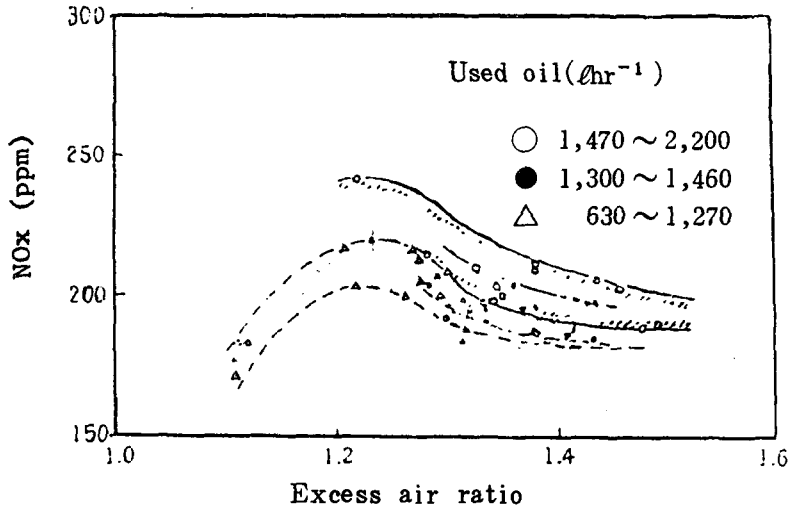


Fig. 10. Relationship between excess air ratio and NOx concentration.

이와같이 실용연소장치에 있어서 공기비와 NOx와의 관계는 3가지의 pattern이 있다. 공기비의 상승과 함께 NOx의 양이 증가하는것, 그 역으로 공기비가 상승하는 것에 대해서 NOx의 양이 감소하는것, 양쪽의 것을 합한 경향을 나타내는 것으로 구별된다. 연소장치가 이 3가지 pattern 중 어느 것인가 하는 것은 운전공기비의 범위와 연소실내의 연료와 공기의 혼합특성에 의해서 결정된다.

본조사에서 NOx의 농도는 공기비가 증가함에 따라 NOx의 농도가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다.

확산연소 및 분무연소의 경우에는 예혼합연소와 다르게 연소실내에서의 연료와 공기의 비율, 즉 국소적인 공기비가 일정한 것만이 아니고 꽤 넓은 범위의 분포를 가지고 있다. 이와같은 공기비의 분포는 O2 농도와 연소농도의 국부적인 변화를 일으키기 때문에 당연 NOx의 배출량에도 영향을 미치게 된다.

유압분무식 burner를 이용한 Heywood²⁾³⁾ 등의 연구에 의하면 Thermal NOx의 생성속도는 연소실 내의 연료와 공기의 혼합이 좋고, 공기비의 분포가 균일하게 되면, 공기비의 영향을 강하게 받지만 혼합이 나쁜 경우에는 별로 영

향을 받지 않는다고 한다. 또 혼합이 좋은만큼 고공기비에서는 Thermal NOx가 감소한다. 공기비 1부근에서 역으로 혼합이 좋게되는 만큼 증가한다고 한다. 그러나 Fuel NOx에 대해서는 혼합이 좋은만큼 농도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. Heywood의 실험에서는 분무압력은 혼합이 좋고 나쁨에 따라 변하고 있고 분무압력이 높은만큼 혼합도 양호하게 되고 있다.

또 연소용 공기류의 선회강도영향을 조사한 Heap⁴⁾ 등의 실험 및 Quan⁵⁾ 등의 이론적인 계산에서는 burner의 형식 및 공기의 송입장치에 의해 약간 다른 경향을 나타내지만 전체적으로 선회강도를 높이면 NOx의 배출량은 감소하는 결과를 얻고있다.

대형의 연소장치에서는 열효율의 향상을 위해 연소온도를 높이기 때문에 배가스와 열교환에 의해서 연소용 공기의 예열을 행하는 것이 많다. 연소용 공기를 예열하면 연소온도가 상승하기 때문에 NOx의 배출량은 증가하지만 확산연소의 경우 예혼합연소 만큼 현저하지는 않다.

또 Bracco¹⁴⁾의 이론적 연구와 실험에 의하면 Thermal NOx는 분무입경이 작은만큼 감소하지만 Fuel NOx는 증가하는 경향을 가지고

있는 것으로 나타났다. Thermal NO_x의 감소는 분무입경이 작게 되면 가스연소에 가깝고, burner 부근에서는 국소적으로 대단히 높은 온도의 영역이 있지만 전체적인 고온역에서의 체류시간이 감소하기 때문이다. Fuel NO_x의 증가는 그 생성이 연소반응이 대단히 빠른시간에 행해지는 것에 기인한다고 알려져있다.

본조사에서는 조사업소수의 미비로 boiler의 종류, boiler에서의 노내압, 연소형식별로 비교조사하지 못하여 유감이었다. 연소에 의한 NO_x의 발생은 연료중의 S함량에 의해 그 배출량이 추정이 가능한 SO_x와는 다르게 연료의 성상, 연소의 방법, 연소실의 구조등 말하자면 일반적인 연소특성에 의해 발생상황이 대목적으로 다르게 된다. 이것이 배출상황의 파악을 복잡하게 하고, 연소기술에 의한 저감대책의 다양성을 시사하고 있다. Thermal NO_x를 감소시키기 위해서는 연소온도의 저하, 연소에 있어서 O₂ 농도의 저감, 고온역에 있어서의 체류시간의 감소등을 들 수 있고, Fuel NO_x를 감소시키기 위해서는 질소화합물이 적은 연료로 전환해야 할 것이다.

IV. 결 론

1982.2.1 부터 1983.1.31 까지 수도권지역의 저유황C중유(S함량 1.6%이하)를 사용하고 있는 5개 업소 A,B,C,D,E boiler 배출가스 중의 황산화물 농도와 질소 산화물 농도를 측정연구한 결과는 다음과 같다.

1. 저유황C중유 연소보일러의 황산화물 배출농도의 평균은 A,B,C,D,E boiler 별로 각각 516.5ppm(405.9~728.8ppm), 736.6 ppm(444.7~1412.3ppm), 625.9 ppm(403.0~829.4ppm), 632.6ppm(441.7~777.4ppm), 650.7ppm(466.2~863.4ppm)이었다.

2. 저유황C중유 연소보일러의 질소산화물 배출농도의 평균은 A,B,C,D,E boiler 별로 각각 121.5ppm(62~192ppm), 177.4ppm(98~273ppm), 111.5ppm(48~200ppm), 165.7ppm(94~212ppm), 109.7ppm(73~167ppm)이었다.

3. 연소가스의 배출속도는 온도가 상승함에 따라 유속이 증가하지만, 황산화물 배출농도와는 관계가 없었다.

4. 배출가스 온도는 황산화물 농도와는 관계가 없었다.

5. 온도가 증가함에 따라 질소산화물의 배출농도가 증가하였다.

6. 공기비가 증가함에 따라 질소산화물의 배출농도가 증가하였다.

● 参 考 文 献 ●

1. 成有運 外 5人, "보일러 煙道排出가스중의 황산화물(SO_x) 배출량에 관한 實能調査", 국립환경연구소, vol. 1(1979).
2. F. Pompei and J.B. Heywood, Combust. Flame, 19, 407(1972).
3. J.P. Appleton and J.B. Heywood, 14th symp. on Combust., 777, The Combust. Inst. (1974).
4. M. P. Heap, et al., 14th symp. on Combust., 883 The Combust. Inst. (1974)
5. V. Quan, et al., Combust. Sci. Tech., 7. (1973).
6. 環境汚染公定試驗法, 제 23 항(1983. 9. 1)
7. ibid., 제 7 항(1983. 9. 1)
8. KS B 6205-82, 보일러 열정산방식(1976. 11. 21).
9. 경인에너지 정유과 자료(1982. 11).
10. 대한석유공사 정유과 자료(1982. 11).
11. 環境保全法 施行規則 第12條 別表 7 (1983. 9).
12. 崔益緩 外 3人, "H.R-에멀존燃料의 效果에 관한 實驗研究", 한국 종합에너지연구소(1980. 7).
13. 永田勝地, 燃料協會誌, 53(4), 273(1979).
14. F.V. Baracco, 14th symp on Combust. Inst (1974).

〈끝〉