

NO_x(NO+NO₂)의 측정 원리와 실제 측정값의 관계

NO_x(질소산화물)은 NO(일산화질소)와 NO₂(이산화질소)를 각각 분리 측정하여 NO+NO₂의 값을 합한 것을 NO_x라 한다. 그에 따른 측정 방법은 아래와 같이 대중적으로 흔히 사용하는 5가지로 분류할 수 있다.

- ① NDIR : Non-dispersive infrared (비분산 적외선법)
- ② UV : Ultraviolet Fluorescence (자외선 형광법)
- ③ CLD : Chemiluminescence (화학 발광법)
- ④ PAS : Photo-Acoustic Spectroscopy (광음향 분광법)
- ⑤ EC : Electrochemical (전기 화학식)

1) 여기서 ①, ③ 원리로는 NO₂를 직접 측정하여 실제값을 측정하는 NO₂ Sensor가 존재하지 않기 때문에 NO와 O₃의 반응에 의해서 NO₂가 생성된다는 비례 관계에 의해서 NO₂의 Converter(컨버터)를 이용하여 계산치(Calculation)로 측정하기 때문에 NO₂가 가스분석기 화면에 Display 되어도 이는 NO₂ 센서가 있어서 실제 측정값이 아니라 NO₂ 센서가 없기 때문에 NO₂의 농도는 계산치(Calculation Value) 값이다. 따라서 계산치(Calculation Value)의 NO₂ 농도값은 실제 NO₂ 농도와 차이가 많이 난다. (이것은 CO₂ 값의 계산치와 CO₂센서로 측정한 실제값과 차이나는 것처럼 유사함) 이런 원리는 상온에서는 NO₂가 많이 발생하지 않으므로 어느 정도 정확할 수 있으나 그러나 고온(High Temperature), 온도가 높아지면 플라즈마 효과처럼 NO₂ 농도값이 많이 발생하며, 오히려 Application 에 따라서는 NO₂가 NO 농도보다 많이 발생할 수 있는데 (예, 내연기관, 플라즈마 이온 등도) 이 때는 NO_x(NO+NO₂) 값이 실제값보다 아주 적게 측정될 수 있다는 단점이 있다. 따라서, 질소산화물(NO_x=NO+NO₂)을 정확하게 측정하기 위해서는 컨버터 (Converter)를 사용하여 산화, 환원 방식의 계산치 (Calculation Value method) 방법을 채택한 가스분석기(최대 20% 오차까지 날수있음)를 사용하는 것 보단 NO 센서와 NO₂ 센서가 장착이 되어 실제로 NO와 NO₂가 분리하여 측정되는 가스분석기를 사용하여야 정확한 질소산화물 (NO_x=NO+NO₂)의 농도값을 측정할 수 있다.

또한, 세계 최초로 컨버터(converter)를 사용하지 않고 PAS, UV 그리고 EC 측정 원리로 NO₂를 직접 실측함으로써 진정한 NO_x(NO+NO₂)가 측정되는 가스분석기 IR 9000을 선택하시면 됩니다.

• NOx 농도

NO_x = 97% NO + 3% NO₂ calculated

위의 식은 NO cell 만이 설치되어 있을 때에만 사용된다.

NO와 NO₂ cell이 모두 있는 분석기는 두 농도를 직접 더한 값을 사용한다.

• NO₂ calculated = NO_x expressed as NO₂ equivalent mg/Nm³

a) NO와 NO₂ cell이 모두 있는 분석기

$$NO_2 \text{ calculated} = NO_2 \text{ measured} + \left[\frac{2.05}{1.34} \times NO \text{ measured} \right]$$

※ 주의 : 모든 값은 mg/Nm³으로 표현

b) NO cell만 있는 분석기

NO(ppm vol.) = a% NO_x(ppm vol.)

a = 100 - b

NO₂(ppm vol.) = b% NO_x(ppm vol.)

NO(mg/Nm³) = NO_x(ppm vol.) × NO의 분자량

NO₂(mg/Nm³) = NO_x(ppm vol.) × NO₂의 분자량

$$NO_2 \text{ calculated}(mg/Nm^3) = NO_{mis}(mg/Nm^3) + \left[\frac{NO_2 \text{의 분자량}}{NO \text{의 분자량}} \right] \times NO_{mis}(mg/Nm^3)$$

NO의 분자량은 1.34

NO₂의 분자량은 2.05

• 주어진 산소의 %에 대한 가스 농도

$$mg/Nm^3 = \frac{ppm \times molecular \ weight}{22.414}$$

2) PAS, UV, 그리고 EC 원리는 NO 센서와 NO₂ 센서가 각각 존재하기 때문에 NO 농도값과 NO₂ 농도값을 분리하여 온도와 관계없이 각각 측정하기 때문에 NO_x 농도값이 더 정확할 수 있다. 표준가스 NO₂를 직접 측정해 보시면 정확하게 알 수 있습니다.

예시) 질소산화물(NOx)를 측정한다고 할 때 실제로 배출되는 질소산화물(NOx)=150PPM 배출하는데 이 중에서 실제로 배출되는 일산화질소(NO)=120PPM이고, 이산화질소(NO2)=30PPM이라고 한다면

1. NO 센서만 있는 장비로 측정할 때 NO = NOx = 120PPM을 나타냄(NO2를 측정하지 못하기 때문에)
2. NO 센서와 NO2 컨버터(CONVERT)만 있는 경우 NO(97%) + NO2(3%) = 120PPM + 4PPM = 124PPM
3. NO 센서와 NO2 센서가 전부 있는 경우 NOx = NO + NO2 = 120PPM + 30PPM = 150PPM이 되므로 정확하게 측정됨.

실제로 NOx를 정확하게 측정해야 하고 NOx(질소산화물)의 개념을 위해서라도 반드시 NO, NO2가 각각 측정이 되어야 함.

특히, 굴뚝에서 측정할 때 SO2 또는 NO2 가스 측정이 처음부터 안 되거나, 측정값이 현저히 낮게 측정되고, 처음에는 측정값이 나타났다가 갑자기 측정이 되지 않을 때 혹은 가스분석기의 측정 화면에는 SO2 농도가 0ppm으로 나타나지만 가스 샘플링 프로브를 Stack에서 빼면, SO2의 농도 수치가 나타날 때, 이러한 현상의 경우 SO2 농도가 분명히 존재함에도 불구하고 측정이 되지 않는 것은 가스 상의 수분이나 굴뚝 안의 뜨거운 온도가 가스 샘플링 호스로 흡입되면서 온도 편차에 의해 발생하는 응축수로 인해 나타나는 현상입니다. 따라서, 반드시 Cooling System 기능과 자동으로 응축수를 배출하는 2차 자동 수분 펌프가 내장된 가스분석기를 사용하여야 정확하게 SO2, NO2를 측정할 수 있습니다.

참고로, Water trap (응축수 트랩)은 이러한 기능과는 전혀 다른 용도로 SO2, NO2를 측정하는데 있어 어떠한 역할도 하지 못합니다. Water trap (응축수 트랩)은 단지 응축수를 잠시 보관해 주는 것으로 응축수 배출을 위해서는 가스 측정을 멈춘 후 직접 Water trap에서 응축수를 버려줘야 다시 가스를 측정할 수 있기 때문에 10-20분 이상은 연속으로 측정할 수 없을 뿐 아니라 응축수를 수동으로 비워주지 않을 경우, 응축수가 넘쳐 가스 센서 및 장비의 고장을 일으킬 수 있습니다. 어떤 장비는 측정 중 멈춰버리는 경우도 있습니다. 그러므로 수분이 많은 곳에서 측정하거나, 장시간 연속 측정을 원할 경우 Cooling System 기능과 2차 자동 수분 펌프, 자동 200°C 가열식 샘플링 호스가 있는 분석기를 사용하면 수분 문제를 완벽하게 해결할 수 있습니다. 이러한 기능은 전 세계적으로 GreenLine 9000과 MK 9000이 유일합니다.