

실내환경에서의 이산화질소(NO₂) 조사 - 방법 비교 조사 -

김미경[†]

경인여자대학 환경보건과

The Survey of Nitrogen Dioxide in Indoor Environment - Comparative Study on the Methods -

Mi-Kyung Kim[†]

Department of Human & Environment, Kyungin Women's College, Incheon 407-740, Korea

Received October 20, 2010/Accepted December 8, 2010

Indoor air qualities vary depending on a number of factors, including outdoor air pollution, indoor air pollutants, reactions between different pollutants, ventilation efficiency, and air penetration of building's wall. NO₂ is distributed widely in a house as an indoor air pollutant. Heating apparatus and cooking stove discharge high concentrations of NO₂. A stove without a smoke pipe such as space-heater and central heating system with an air supply equipment also discharge NO₂. In addition, smoking cigarette is a source of NO₂ emission. The term nitrogen oxide is typically referred to any binary compound of oxygen and nitrogen or to a mixture of such compounds. Among the nitrogen compounds, NO and NO₂ are the most harmful compounds. Especially, NO₂ is more harmful than ozone, aldehyde, ketone, and nitric acid, so an intensive study on NO₂ is needed. We surveyed the concentration of NO₂ in a class room, a laboratory, an office room, smoking and non-smoking rest rooms, and a computer room to reduce indoor air pollution.

Key words: indoor air quality, nitrogen oxide, smoking

1. 서 론

대기 중의 질소산화물은 N₂O, N₂O, NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₅로서 대기 중에서 문제가 되는 것은 N₂O, NO, NO₂이며, 일반적으로 질소산화물은 NO, NO₂를 일컫는다. 일반적으로 호흡에 의해 이산화질소 노출농도의 80~90%가 체내로 흡수될 수 있으며, 많은 연구에서 2 ppm 이상의 이산화질소의 농도가 건강한 성인의 폐기능을 약화시키거나 상당히 변화시킬 수 있다고 밝혀졌다¹⁾. 기관지 천식 환자가 0.1 ppm에서 1시간 노출후 기도저항의 증가 및 노출후 에어로졸 흡입에 대한 기도반응성이 나타났고, 0.3 ppm에서 2시간 폭로된 건강자의 혈중 히스타민이 증가하는 결과를 나타내

었다²⁾.

실내에서 보내는 시간이 많기 때문에 개인노출의 정도는 고정된 대기측정망에 의해 측정된 것보다는 오히려 실내와 실외를 모두 고려한 실내농도에 의해 결정된다³⁾. 실내 공기질에 영향을 줄 수 있는 요인은 크게 침투 등으로 유입되는 실외공기와 실내 발생원이다. 이산화질소(NO₂)는 고온연소의 부산물로서 실외에서는 주로 차량, 발전소 및 산업공정에서 주로 발생된다. 실내에서는 가스렌지, 석유난로, 난방기, 흡연 등과 같은 연소과정에서 발생된다⁴⁾. 한국의 경우 일반가정에서 요리를 하는데 주로 사용하는 것이 가스렌지이다. 가스렌지는 NO₂ 발생원이며, 실내공기오염의 발생원으로 잘 알려져 있다. 가스렌지와 같은 연소기구가 있을 경우에는

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail:

2. 실험

실외의 NO₂ 농도보다 실내의 농도가 더 높게 나타날 수 있다⁵⁾. NO₂의 노출은 주로 호흡을 통해 이루어지며, 1956년 NO₂가 사일로-필로병(silo-filler's disease)의 원인물질이라 밝혀진 후 현재까지 약 90여 예가 보고되고 있으며, 병원에서 나이트로셀룰로스(nitrocellulose) 방사선 필름의 화재로 발생한 질소산화물에 노출된 환자의 폐 손상, 실내 아이스 스케이트장의 얼음 표면 처리기계로부터 방출된 NO₂로 인한 하키 선수와 관중의 호흡기 질환이 보고되었다⁶⁾.

그렇다면 대학 건물내의 실내공간에서 발생하는 NO₂는 어느 정도인지와 두가지 분석방법에 의한 농도 차이를 조사하고자 하였다.

본 연구에서는 실내중에서도 대학 건물내에서 발생하는 오염물질중 NO₂의 오염정도를 파악하고, 두 분석방법의 농도 차이를 비교하고자 하였다.

대기 중의 질소산화물의 시료채취 장소로는 K대의 강의실(5층), 실험실(5층), 행정사무실(5층), 비흡연화장실(5층), 흡연화장실(5층), 컴퓨터실(5층) 등을 대상으로 시료채취는 KXC-60 Gas Sampler(Apex Instruments Model)를 사용했으며, 공정시험방법중 아연환원나프틸에틸렌디아민법과 페놀디설포산법으로 이산화질소의 농도를 측정하였다. 아연환원나프틸에틸렌디아민법⁷⁾은 질산이온을 분말금속아연을 사용하여 아질산이온으로 환원한 후 설파닐아마이드 및 나프틸에틸렌디아민을 반응시켜 얻어진 착색의 흡광도로부터 질소산화물을 정량하는 방법으로서 배출가스중의 질소산화물을 이산화질소로 하여 계산한다. 페놀디설포산법⁷⁾은 시료 중의 질소산화물을 산화흡수제(황산+과산화수소수)에 흡수시켜 질산이온으로 만들고 페놀디설포산을 반응시

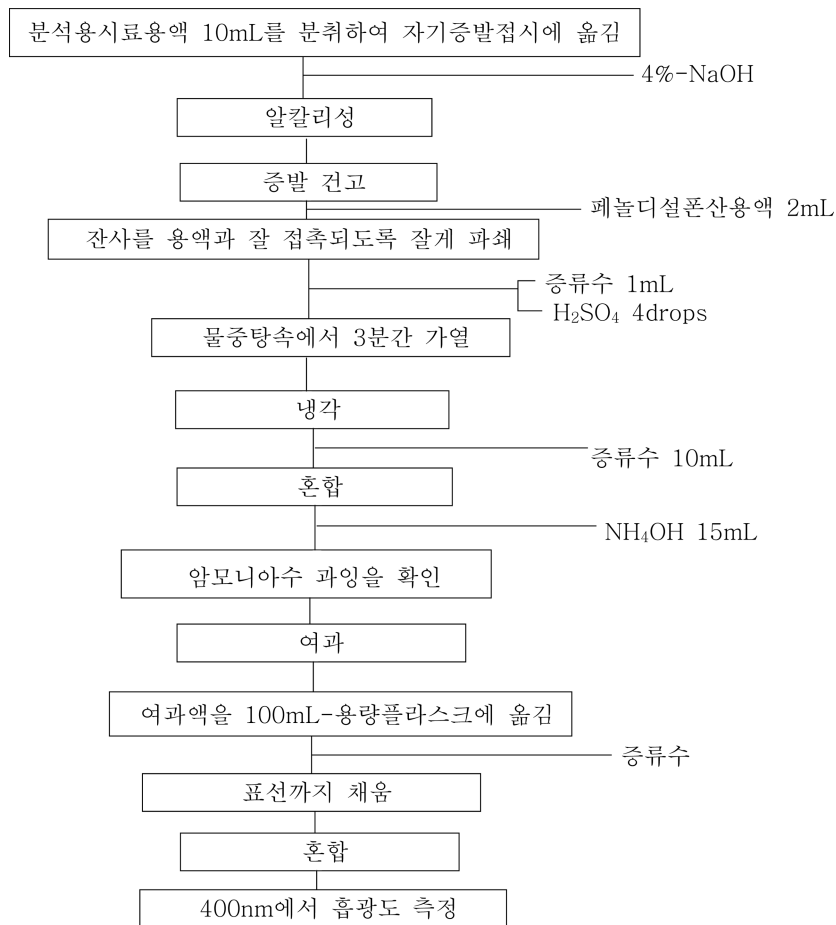


Fig. 1. The schematic diagram of zinc reduction-naphthyl ethylene diamine procedure.

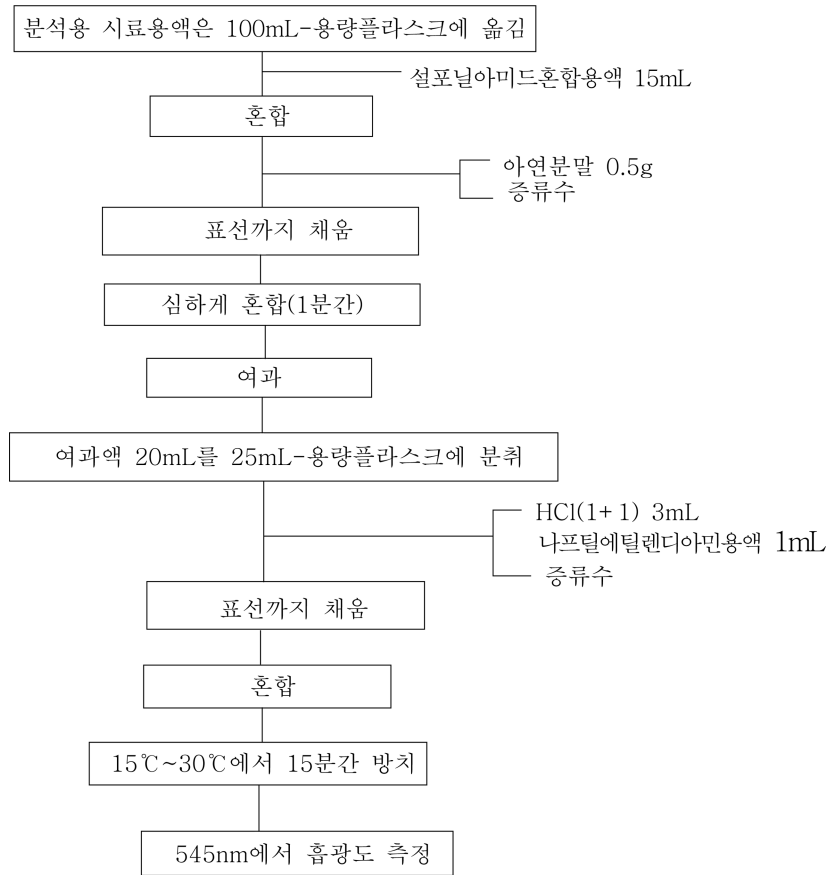


Fig. 2. The schematic diagram of phenol disulfonic acid procedure.

켜 얻어지는 착색액의 흡광도로부터 이산화질소를 정량하는 방법으로서 배출가스중의 질소산화물을 이산화질소로 계산한다^{8,9)}. Fig. 1은 아연환원나프틸에틸렌디아민법의 시험절차를 개략적으로 표시한 도식도이며, Fig. 2는 페놀디설포산법의 시험절차를 개략적으로 표시한 도식도이다.

시료채취방법은 대기오염공정시험기준에 따랐으며, 시료채취량은 시험기준의 2배로 채취하였다.

3. 결 과

3.1. 검량선 작성

아연환원나프틸에틸렌디아민법에서는 질산이온 용액 0, 10, 20, 30, 40, 50 mL를 단계적으로 취하여 공정시험방법에 따라 이산화질소량과 흡광도와의 관계선을 작성하였다(Table 1, Fig. 3). 회귀분석에 의해 선형회귀식 $y = 0.011x + 0.1054$ 과 상관계수(r) 0.9846을 얻었다.

Table 1. Data of the Calibration Curve (by zinc reduction-naphthyl ethylene diamine method)

Nitric acid ion (mL)	Absorbance (mean ± S.D.)
0	0.0654 ± 0.01286
10	0.2128 ± 0.09196
20	0.3800 ± 0.02604
30	0.4502 ± 0.08970
40	0.5550 ± 0.07628
50	0.6136 ± 0.07337
$y = 0.011x + 0.1054$	

페놀디설포산법에서는 질산이온 용액 0, 5, 10, 15 mL를 단계적으로 취하여 공정시험방법에 따라 이산화질소량과 흡광도와의 관계선을 작성하였다(Table 2, Fig. 4). 회귀분석에 의해 선형회귀식 $y = 0.0201x + 0.031$ 과 상관계수(r) 0.9985를 얻었다.

학교건물(지하 1층 포함 지상 5층)내의 같은 층(5층)의 강의실, 실험실, 사무실, 비흡연화장실, 컴퓨터실, 흡

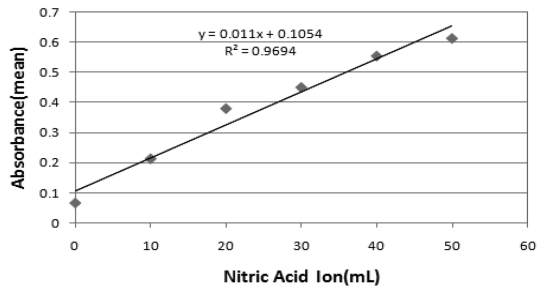


Fig. 3. The calibration curve by zinc reduction-naphthyl ethylene diamine method.

Table 2. Data of the Calibration Curve (by phenol disulfonic acid method)

Nitric acid ion (mL)	Absorbance(mean ± S.D.)
0	0.0277 ± 0.00049
5	0.1313 ± 0.00042
10	0.2417 ± 0.00011
15	0.3255 ± 0.00031

$y = 0.0201x + 0.031$

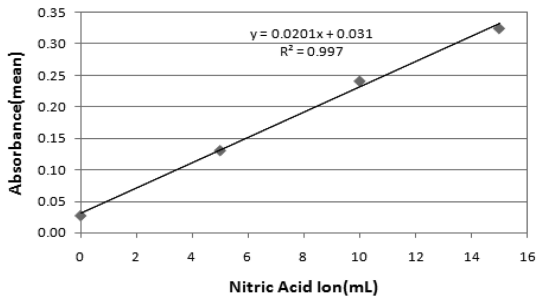


Fig. 4. The calibration curve by phenol disulfonic acid method.

연화장실의 이산화질소 농도를 조사한 결과는 Table 3 과 같았다. 같은 층의 공간이라 할지라도 그 용도에 따라 이산화질소의 농도가 다를 수 있었다. 이 건물은 건축된 지 약 18년이 된 건물이었다.

Table 3. The Concentration of Nitrogen dioxide in Various Spaces

Spaces	Concentration (ppm)
lecture room (5 floor)	0.01061
laboratory	0.01065
office	0.01063
non-smoking toilet	0.01058
computer room	0.01059
smoking toilet	0.01063

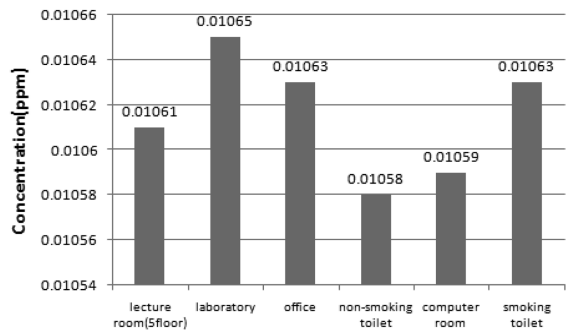


Fig. 5. The comparison of the nitrogen dioxide concentration by sites.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 실험실이 가장 높은 농도를 나타내었고, 그 다음이 흡연화장실과 사무실이었고, 가장 낮은 값을 나타낸 곳은 비흡연화장실이었다. 그렇지만 일반 강의실의 이산화질소 농도 수준이 컴퓨터실보다 높았으며, 흡연화장실보다는 조금 낮은 수준이었다.

Table 4는 흡연화장실과 비흡연화장실에 대해서 각각 두가지 분석방법으로 농도조사를 해본 결과이다. 아연 환원나프틸에틸렌디아민법으로 분석한 결과보다 페놀 디설포산법으로 분석한 결과가 약 3배 정도의 높은 값을 나타내었다. 같은 장소의 동일 오염물질이지만 분석 방법을 달리하였을 때는 이러한 차이가 있음을 알 수 있었다(Fig. 6).

이산화질소는 150 ppm 이상이면 치명적이며, 50~150 ppm에서는 만성적인 폐질환을 초래한다고 한다¹⁰⁾.

Table 4. The Comparison of Two Methods in Constant Sites

Site Method	Zinc reduction-naphthyl ethylene diamine method	Phenol disulfonic acid method
non-smoking toilet	0.01058 ppm	0.03196 ppm
smoking toilet	0.01063 ppm	0.03152 ppm

NO₂는 냄새로도 느껴져 0.12 ppm이면 감지된다. 0.075 ~0.26 ppm 정도에서는 암순응의 변조를 초래한다¹¹⁾. 호흡기계에 미치는 영향 등에 대해서는 호흡기계 질환의 감염증에 대한 저항력의 저하를 가져온다는 것이 동물실험에 의해 나타나 있다¹⁰⁾. 대기환경기준¹²⁾에서는 이산화질소의 농도는 연간평균치 0.05 ppm 이하, 24시간평균치 0.08 ppm 이하, 1시간평균치 0.15 ppm 이하로 정하여져 있으며, 실내공기질 권고기준에서는

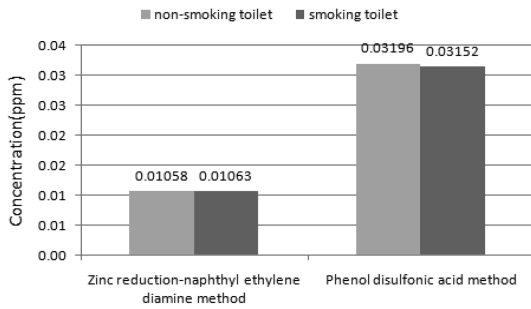


Fig. 6. The graph of two methods in showing a value difference.

0.05 ppm 이하로 정하여져 있다. 물론 이번 조사에서 실내공기질 권고기준에는 농도가 미치지 못하였지만 실내의 쾌적한 공기질을 유지하기 위해서는 환기 등을 이용하여 잘 관리하여야 할 것이다.

4. 결 론

학교건물에서 용도에 따라 다르게 사용되는 강의실, 실험실, 행정사무실, 비흡연화장실, 흡연화장실, 컴퓨터실 등의 공간에서 발생하는 이산화질소의 농도를 조사한 결과, 실험실과 흡연화장실에서의 농도가 다른 공간에서보다 높은 값을 나타내었다.

대기오염공정시험법중 2가지 방법을 수동으로 습식 분석이 가능한 것을 비교 분석하기 위하여 이 실험을 실시하였더니, 결과는 아연환원나프틸에틸렌디아민법으로 분석한 결과보다 페놀디설포산법으로 분석한 결과가 약 3배 정도의 높은 값을 나타내었다. 이런 차이는 환경분석에 있어 어떤 분석방법을 선택하느냐에 따라 달라질 수 있는 여지가 다른 항목에서도 있을 수 있다는 것을 보여준다.

실내공기질을 관리하는데 있어서 실내의 쾌적한 공기질을 유지하기 위한 기준으로 정해 놓은 것이 실내공기질 유지기준이며, 실내공기질 유지기준과는 별도로 쾌적한 공기질을 유지하기 위하여 환경부령이 정하는 권고기준에 맞게 시설을 관리하도록 다중이용시설의 소유자들에게 권고할 수 있는 것이 실내공기질 권고기준이다. 물론 이 기준들의 적용 범위는 다중이용시설 등

의 실내공기질관리법에서 정해 놓은 대상들이지만 학교건물 내에서도 최소한 이 기준에서 정해 놓은 기준으로 관리가 되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2008년 경인여자대학 교내연구비의 지원으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. WHO, *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO Rub. European Series Vol. 23, 1987.
2. Mohensin V., *J. Toxicol & Environ Health*, Mohensin V., Airway responses to nitrogen oxide in asthmatic subjects, **1987**, 22, 171-180.
3. Lai H.K., Kendall M., Ferrier H., Lindup I., Alm S., Hanninen O., Jantunen M., Mathys P., Colville R., Ashmore M.R., Cullinan P., *Atmosphere Environment*, Personal exposures and microenvironment concentration of PM_{2.5}, VOC, NO₂ and CO in Oxford, UK, **2004**, 38, 6399~6410.
4. Spicer, C.W., R.W. Coutant, G.F. Ward and D.W. Joseph, *Environmental International*, Rates and mechanism of NO₂ removal from indoor air by residential material, *Environmental International*, **1989**, 15, 634~654.
5. Nicolas L., Gilbert, Denis Gauvin, Mireille Guay, Marie-Eve Heroux, Genvieve Dupuis, Michel Legris, Cecilia C. Chan, Russell N. Dietz, Benoit Levesque *Environmental Research*, Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada, **2006**, 102, 1~8.
6. 김정호 외 7인, *대한산업의학지*, “질소산화물의 급성 노출로 인한 폐 손상 일례”, **2000**, 12(2), 302~309.
7. 동화기술편집부, **2007**, *대기오염공정시험방법*, 751, 동화기술.
8. 한국실내공기·산소연구회, **2004**, *실내공기와 건강*, 120~121, 신광문화사.
9. 최한영 외 2인, **2005**, *실내환경측정분석*, 237, 동화기술.
10. 박미진, **2001**, *실내공기오염의 메카니즘*, 33~40, 동화기술.
11. 손부순 외 1인, **2006**, *실내공기오염*, 18~19, 신광문화사.
12. 김미경 외 9인, **2004**, *대기오염개론*, 33~34, 동화기술.