

## 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러 개발에 관한 연구

### A Study on the Development of Long Term Exposure NO<sub>2</sub> Sampler

이 동 인\*·김 윤 선\*\*

Dong-In Lee·Yun-Seon Kim

#### ABSTRACT

The concentrations of NO<sub>2</sub> were measured to estimate a new developed long term exposure NO<sub>2</sub> sampler at Pusan City considering the meteorological factors from May to July, in 1994. The monthly mean concentration of NO<sub>2</sub> was 15.9 ppb and 36.2  $\mu\ell$ /day NO<sub>2</sub> and their high values were shown in the downtown of Pusan City which show potential pollution due to the increase of traffic activities and micrometeorological factors in and around the City.

As a result of statistical correlation between NO<sub>2</sub> concentration by new sampling method and NO<sub>2</sub> concentration by the handy air sampler and chemiluminescent nitrogen oxides analyzer, 1994, correlation coefficients were high( $r=0.93$ ) and showed more than 0.88 value in the high concentration data set, which was arbitrarily divided into 30  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub> concentration in an attempt to further investigate these relationships. Therefore, use of new developed long term exposure NO<sub>2</sub> sampler is good for NO<sub>2</sub> measurement and valuable for estimation of air quality in the urban and industrial area.

#### 1. 서 론

대기오염 문제를 생각할 때 오염 상황의 예측을 행하거나, 그 대책을 수립하기 위해서는 오염물질의 발생, 이동, 확산, 변화 등을 정확히 파악할 필요가 있다. 이를 위해서는 오염물질의 시간적 변화나 계절적 변동을 아는 것도 중요하지만, 이들

의 2차원, 3차원 공간에 있어서의 분포상태를 취급하는 것이 매우 중요하다 하겠다.

오염물질 분포를 알기 위한 가장 이상적인 방법은 농도 분포증 평면, 혹은 입체공간 내의 연속량으로 직접 측정하는 것으로써 주로 동시 다점 관측법을 이용하고 있다<sup>1-4)</sup>. 이 방법은 대상 공간 내에 설치 될 수 있는 측정점의 수가 많을수록 신뢰

\* 부산수산대학교 대기과학과

\*\* 인천대학교 산업안전공학과

성이 높다 하겠다.

그러나, 오늘날 대기중의 가스농도 측정에 있어서는 값비싼 자동측정기기를 이용한 몇개 지점의 관측에 의존하고 있는 실정이며, 측정지점의 농도자료가 그 지점의 대기질 농도를 대표하고 있는지? 그리고 도시내에서 배출된 오염물질이 어떠한 모양으로 확산하고 있는지? 등의 문제를 양적으로 측정한다는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 자동 측기를 사용하기 위하여는 적당한 동력원(전원)을 요하게 됨에 따라 도시 외곽의 산간부나, 시골지역 등에서는 기기설치의 어려움도 있다<sup>5)</sup>.

지금까지 대기중의 NO<sub>2</sub> 측정은 흡수액을 이용한 단기간 샘플링 방법 및 자동 연속 채취 장치를 이용하고 있으나<sup>6)</sup> 이들의 설치시에는 간이 Shelter(통풍이 잘 되고 비를 막을 수 있는 장치를 가진)를 만들어야 하는 불편과 현장에서의 설치 및 수거시 지형에 따른 어려움이 매우 많다<sup>7)</sup>.

따라서 본 연구의 목적은 이러한 점들을 고려하여 설치가 간단하고 전원을 필요로 하지 않으며, 비용도 거의 들지 않는 장기 노출 간이 NO<sub>2</sub> 샘플러를 개발하여 이를 평가하고 그 측정법을 확립하고자 하는데 있다.

### 2.1 장기 노출 NO<sub>2</sub> 샘플러의 구조

샘플러의 구조는 Fig. 1과 같고, 연고통을 용기

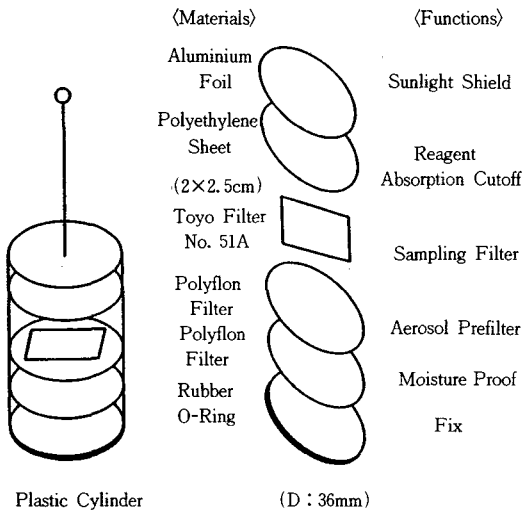


Fig. 1 Inner structure of a long term exposure NO<sub>2</sub> sampler

로 이용하였다. 용기의 내측으로부터 차광용의 알루미늄 호일, 용기 바닥에도 시약 흡수방지를 위한 폴리에틸렌 시트, NO<sub>2</sub> 가스 포집용 필터, 에어로졸 및 수분 제거용의 폴리프로판 필터 2장과 강우 침입 방지와 필터류 고정을 위한 고무링 순으로 삽입하여 고정시킨다. 만들어진 샘플러는 거꾸로 뒤집어 매어 달기 위하여 상부에 단단한 줄을 부착하도록 한다. 샘플러에 사용된 각 부품 및 NO<sub>2</sub> 가스 채취용 필터처리법은 다음과 같다.

#### (사용한 부품, 필터류)

- ① 알루미늄 호일 : 내경 36mm의 편치로 뚫은 것을 사용
- ② 폴리 에틸렌 시트 : 두께 0.05mm로써, 내경 36mm크기 사용
- ③ 폴리프로판 필터 : 동양여과지 polyflon filter를 내경 36mm 크기로 잘라서 사용 (PF 040, Advantec 동양(주))
- ④ O링 : 오일실전용 고무제품 O링(P-30, 오일실공업(주)제품)으로 용기에서 잘 빠지지 않도록 용기내경보다 약간 큰 것을 사용.
- ⑤ 용기 : 내경 36mm, 깊이 33mm의 연고통을 사용.

가스 채취시 용기의 입구가 밑으로 향하기 위하여 연고통의 외부 바닥과 측면 외부에 접착제를 바른 후 단단한 실을 부착하고 비닐 테잎으로 감는다.

### 2.2 NO<sub>2</sub>가스 채취용 필터의 전처리

2×2.5cm로 자른 동양여과지 No. 51A를 약 60℃의 순수수에 30분 정도 침투시킨후 세정하는 조작을 2회 실시한다. 6.6% Triethanol amine 수용액(Triethanol amine 33ml를 물에 용해시켜 전량을 500ml로 한다)에 30분 이상 침투시킨 여과지를 건조한 유리 글래스(세제를 이용하여 2~3회 충분히 씻어 행군뒤 증류수로써 깨끗이 세정한)판에 나열하여 50~60℃의 전기 건조기 속으로 청정공기(2개의 유리 원통에 각각 입자상 황성탄과 유리 섬유 필터 또는 석영 섬유 필터의 홀더를 연결하여 펌프로 공기를 통과 시킨)를 불어 넣으면서 약 1시간 급속 건조시킨다.

잘 세정한 플라스틱 용기에 면포로 싼 중립 실리카겔(1~2mm Mesh)을 넣고 여러개의 통기구멍을

뚝은 캔트지와 다시 두 장의 새로운 여과지를 놓고 그 사이에 만들어진 채취용 여과지를 넣어 보존한다.

### 2.3 샘플러의 조립

NO<sub>2</sub> 측정용 샘플러는 전술한 (1)항에 따라 핀셋으로 순서에 따라 삽입하고 고정시켜 뚜껑을 닫고 폴리에틸렌에 넣어 측정시까지 보존한다.

### 2.4 샘플러의 노출과 NO<sub>2</sub> 채취

조사 지점은 Fig. 2에 나타내었다. 부산은 도시가 남동쪽에 해안을 끼고 북북동에서 남남서로 길게 형성되어 있으며 해운업과 상공업이 발달된 인구 400만명, 면적 526km<sup>2</sup>의 대도시로서 도시구조가 공업지역, 상업지역 및 주거지역이 매우 복잡하게 산재해 있다.

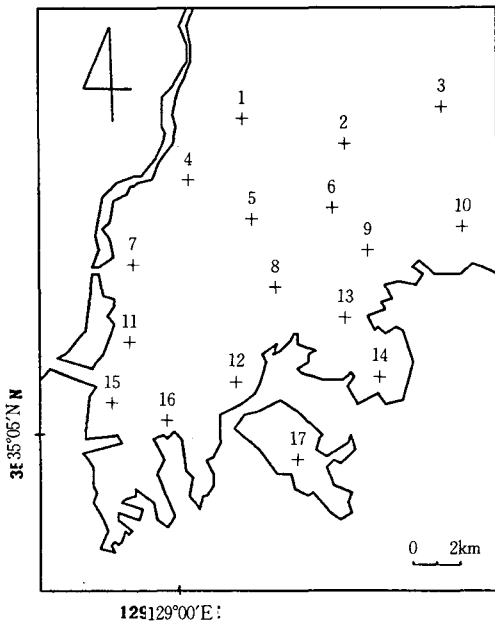


Fig. 2 NO<sub>2</sub> sampling sites in the Pusan City

이렇듯 도시 형태가 해안선을 따라 길게 형성되어 있고, 도처에 산이 있어 부산의 중심지역인 서면(관측점)을 기점으로 반경 2.2km의 동심원을 그린 후 도로망을 따라 관측지점을 부산시 대기오염

측정망 7개소를 포함한 총 17개를 선정하였다. 이때 관측지점은 도심지역, 교통혼잡지역, 주거밀집지역, 공단지역, 교외지역 등을 고려하여 결정하였다.

각 조사지점에 완성된 샘플러를 지상 1.5m 높이에 매어 달고 뚜껑을 열어 5월, 6월, 7월, 각 1개월 간씩 장기 노출 시킨 후 동시 수거하여 실험실에서 분석하였다. 시료 채취 일자 및 방법은 다음 Table 1과 같다. 장기 노출 NO<sub>2</sub> 샘플러의 평가를 위하여는 각 조사지점에 Chemiluminescent NO<sub>x</sub> Analyzer (Dasibi, USA Model 2108)과 휴대용 공기 Sampler(Kimoto, Japan, Model HS-7)를 운용하여 NO<sub>2</sub>의 기록과 분석을 실시하였다.

Table 1 Sampling period and methods in Pusan city in 1994

Sampling Period	Methods
1~31 May	Saltzman, Chemiluminescent
1~30 June	and New sampling method
1~31 July	

### 2.5 분석방법

#### 2.5.1 간이 샘플러에 의한 NO<sub>2</sub> 분석방법

방치후 회수한 샘플러 내의 필터를 약 30℃ 온수 25ml의 비이커에 취하여, 가볍게 흔들은 후 30분간 방치하여 추출시킨다. 추출액의 일부를 5배로 희석하여 그중 10ml를 시험관에 취한다. 슬파닐아미드 수용액(슬파닐아미드 20g을 증류수 약 100ml에 용해시켜 잘 혼합한 후 농인산 50ml를 첨가하여 다시 증류수를 가하여 전량을 1ℓ로 한다. 이 용액은 차가운 곳에 보존하면 1개월 동안 안정하다.) 2ml를 가하여, 가볍게 흔들어 혼합시킨 후 N-1-나프틸 에틸렌 디아민 2염산염 수용액(N-1-나프틸 에틸렌 디아민 2염산염 0.5g에 증류수를 가하여, 전량을 500ml로 한다. 이 용액은 차가운 곳에 보존하면 1개월동안 안정하다.) 0.5ml를 가하여 잘 흔들어 혼합하고 15~20분간 방치시켜 발색시킨다. 발색된 용액을(UV/Vis-Spectrophotometer, Hitachi, Japan, Model UV-3210) 1cm cell을 이용하여 540nm에서의 흡광도를 측정한다.

결과치는 다음 식에 의하여 산출하였으며, 이를 환경 농도(조사지점에 샘플러를 설치한 기간의 평

균농도)로 환산하였다.

$$C = (W_1 - W_2) \times a \times b \times 30 / n$$

C : 30일간의 채취량 ( $\mu\ell$  / day)

$W_1$  : 측정농도 ( $\mu\ell$  / ml)

$W_2$  : 공시험에 의한 농도 ( $\mu\ell$  / ml)

a : 회석배수

b : 추출액량(ml)

n : 방치일수(day)

### 2.5.2 Chemiluminescent Nitrogen Oxides Analyzer (CNOA)와 휴대용 공기 Sampler에 의한 NO<sub>2</sub> 분석방법

1994년 5월부터 7월까지 3개월간 장기 노출 NO<sub>2</sub> 샘플러의 검정을 위한 NO<sub>2</sub> 측정은 환경처에서 부산시 대기오염 측정망 7개지점에 매 시간별로 측정 사용되고 있는 화학발광법에 의한 Chemiluminescent Nitrogen Oxides Analyzer(CNOA) 분석기(Dasibi, USA, Model 2108) 시간별 자료를 이용하였다. 휴대용 공기 샘플러(Kimoto, Model HS-7)의 Impinger로써 NO<sub>2</sub>를 흡수액으로 채취한 후 Saltzman방법(대기오염 공정시험방법, 1993)에 의한 NO<sub>2</sub> 분석을 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 질소산화물

도시형 대기오염에 있어서 대표적인 오염물질인 질소산화물(NO<sub>x</sub>)은 연소로부터 발생하며, Robinson과 Robbins<sup>8,9)</sup>에 의하면 인공 오염원에 의한 NO<sub>x</sub> 발생량 중 석탄, 석유연료에 의한 발생량이 94%로 대부분을 차지한다고 한다. 또한 65°N-65°S의 육지에서 NO<sub>2</sub> 평균 농도가 4ppb이고, 전 세계 평균 농도는 2ppb이다. 주 발생원에는 고정 발생원으로서 공간, 폐기물 처리장 등으로부터의 배출, 이동 발생원으로서의 가솔린 자동차, 디젤 자동차 등으로부터의 배출 등이 있다.

측정기간(1994년 5월~7월) 동안의 CNOA와 휴대용 공기 샘플러에 의한 월별 평균 NO<sub>2</sub> 농도값은 Table 2 및 3과 같다.

월별 총 평균값은 15.9ppb(15.71-23.29ppb 범위)이며 Fig. 3의 NO<sub>2</sub>등 농도 분포에서 나타낸 바와 같이 주로 도시 중심부에서 높은 농도를 보이고 간선도로에 따라 주변부로 확대해 나가며 교외지

Table 2 NO<sub>2</sub> Concentration in Pusan City, 1994

(UNIT : ppb)

Site	Month	May	June	July	Ave.
	1	6.2	7.6	10.8	8.2
2	2.8	29.0	22.0	17.9	
3	5.8	6.8	10.6	7.7	
4	6.0	8.0	7.0	7.0	
5	10.8	10.2	12.4	11.1	
6	26.4	28.1	20.2	24.9	
7	28.0	27.0	16.2	23.7	
8	23.0	21.0	14.0	19.3	
9	25.0	29.8	22.2	25.7	
10	10.1	10.0	12.4	10.8	
11	10.1	12.8	14.0	12.3	
12	37.0	37.0	26.0	33.3	
13	28.0	25.0	17.0	23.3	
14	8.2	8.8	11.2	9.4	
15	13.0	13.0	8.0	11.3	
16	14.1	12.8	16.4	14.4	
17	10.0	9.8	10.8	10.2	
Ave.	15.6	17.5	14.8	15.9	
Min.	2.8	6.8	7.0	7.0	
Max.	28.0	37.0	22.2	33.3	

Table 3 NO<sub>2</sub> Concentration Values by long term exposure NO<sub>2</sub> samplers in Pusan City, 1994

(UNIT :  $\ell$  / day)

Site	Month	May	June	July	Ave.
	1	18.2	25.0	22.0	21.7
2	40.6	68.2	43.4	50.7	
3	12.0	19.1	32.4	21.2	
4	15.4	24.8	15.0	18.4	
5	21.2	24.0	25.2	23.5	
6	54.8	65.8	41.0	53.9	
7	52.1	52.0	45.2	49.8	
8	45.1	44.0	29.2	39.4	
9	46.8	80.1	32.1	53.0	
10	31.8	31.2	30.4	31.7	
11	23.1	28.5	20.5	24.0	
12	71.2	85.4	50.8	69.1	
13	55.4	60.4	32.1	49.3	
14	26.1	18.5	32.6	25.7	
15	32.3	24.8	14.5	23.9	
16	35.8	28.5	45.8	36.7	
17	21.0	30.1	20.8	24.0	
Ave.	35.4	41.8	31.4	36.2	
Min.	12.0	18.5	14.5	18.4	
Max.	71.2	85.4	50.8	69.1	

역 일수록 상대적으로 적은 농도 분포를 나타내었다. 이는 주로 도심지에서의 NO<sub>2</sub> 발생원은 차량이동에 의한 이동 오염원에 의한 영향으로 사료된다.

특히 광복동 지점(Site 12)에서 비교적 높은 농도를 나타내었는데 이는 주로 교통량이 많다는 이유뿐만 아니라 교통 흐름의 악화로 인한 자동차의 정지, 발진하는 회수가 많아져서 배기량 및 배가스 중의 NO<sub>x</sub> 농도가 증가된 것으로 판단된다.

또한 이들 농도는 다음 Fig. 4에서와 같이 전 지역에서 주간 보다는 야간에 적게 나타나며 하루 중 차량 교통량이 가장 많은 출·퇴근시에 NO<sub>2</sub> 농도가 높고 교통량이 적은 새벽벽에 NO<sub>2</sub>의 최소 농도를 볼 수 있었다.

### 3.2 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러의 평가

1994년 5월에서 7월까지의 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러 방법에 의한 NO<sub>2</sub> 농도 값은 Table 3과 같고, 이들 값의 검증 및 평가를 위하여 CNOA기기에 의한 NO<sub>2</sub> 농도 측정과 Saltzman법에 의한 NO<sub>2</sub>

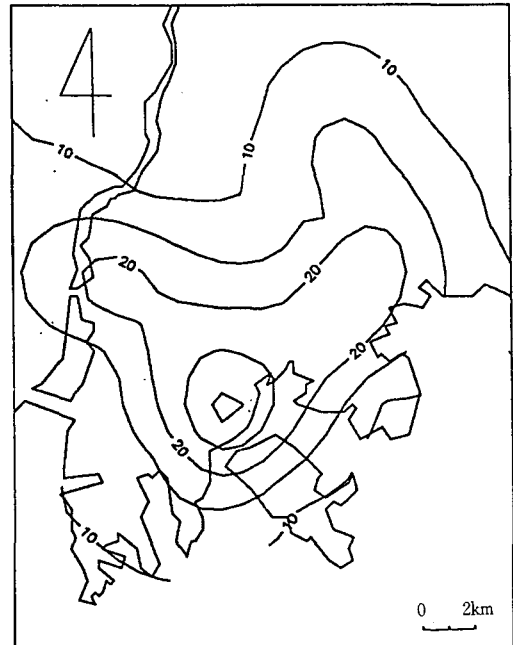


Fig. 3 Mean NO<sub>2</sub> concentration (ppb) in May-July 1994

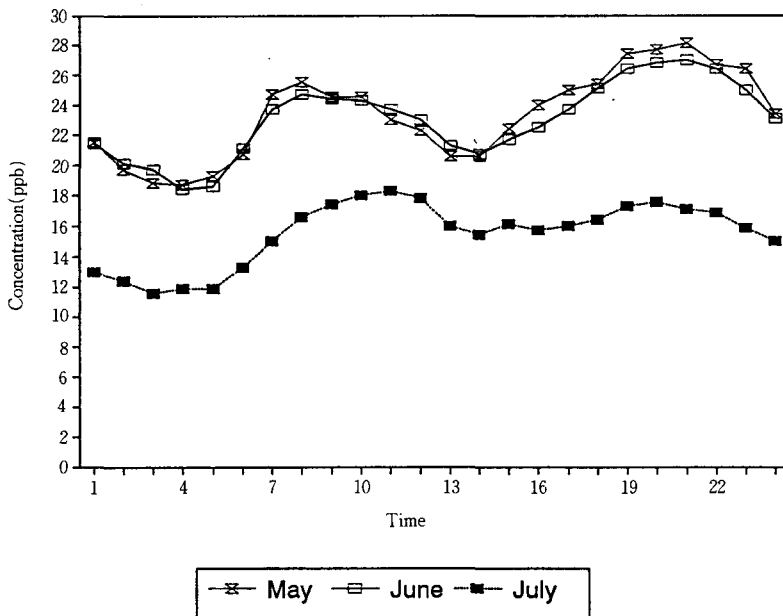


Fig. 4 Hourly variation of NO<sub>2</sub> concentration (ppb) in May-July 1994

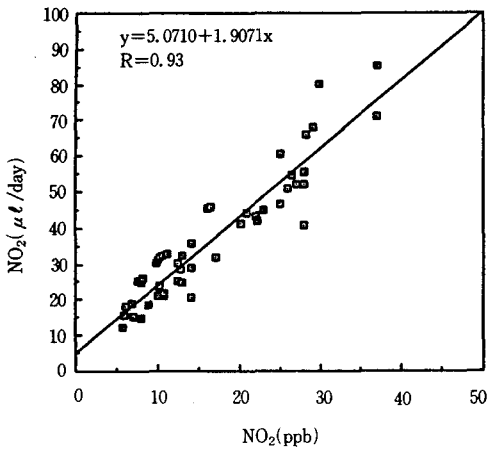


Fig. 5 Relationships between  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub> and ppb NO<sub>2</sub> concentrations in May-July 1994

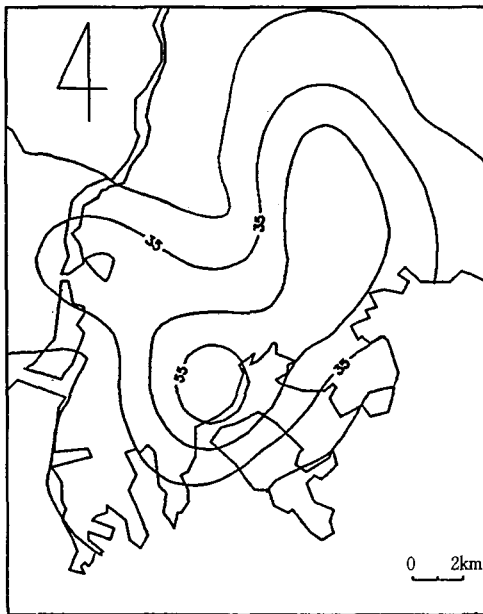


Fig. 6 Mean NO<sub>2</sub> concentration ( $\mu\ell$ /day) in May-July 1994

농도와 측정값과의 상관 분석을 실시하였으며 각 두조별 전기간의 관측값의 상관관계를 Fig. 5에 상관계수와 회귀직선식으로 나타내었다. 5월과 6월, 7월의 상관계수 r은 각각 0.95, 0.97, 0.85로

나타났으며, 전 기간동안의 월 평균 NO<sub>2</sub>등 농도 분포인 Fig. 3은 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러로 얻어진 월 평균 NO<sub>2</sub>등 농도분포도 Fig. 6과 상호 양호한 정 상관성을 보여주고 있다.

또한 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플방법의 측정 농도 범위에 따른 평가를 위하여 5, 6, 7월 기간중의 측정 자료수를 고려하여 농도범위에 따른 상호 상관성을 조사하였다<sup>4,10</sup>.

먼저 측정자료수의 약 절반 가량에 해당되는 농도 30  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub>를 기준으로 그 이하와 이상 값에 대

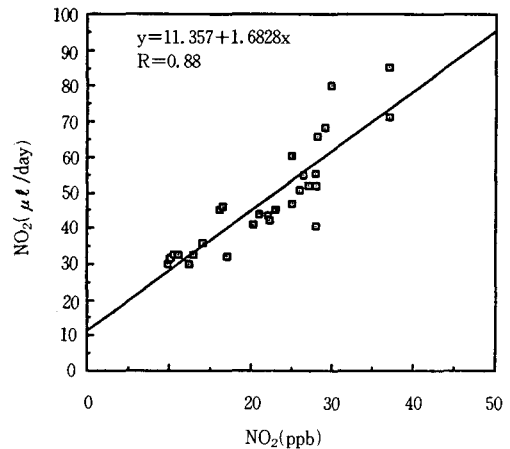


Fig. 7 Relationships between  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub> and ppb NO<sub>2</sub> concentrations at high (>30  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub>) concentrations level

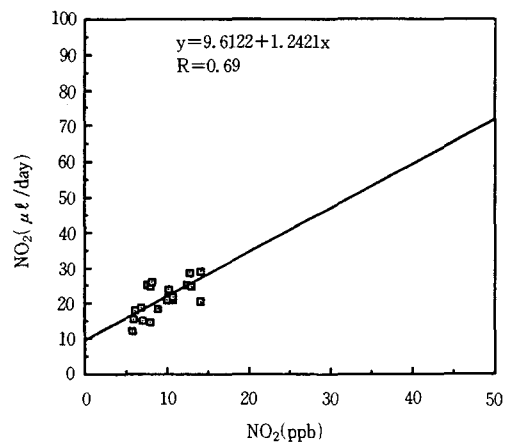


Fig. 8 Same as Fig. 7 but for low (<30  $\mu\ell$  NO<sub>2</sub>) concentrations level

역 일수록 상대적으로 적은 농도 분포를 나타내었다. 이는 주로 도심지에서의 NO<sub>2</sub> 발생원은 차량이동에 의한 이동 오염원에 의한 영향으로 사료된다.

특히 광복동 지점(Site 12)에서 비교적 높은 농도를 나타내었는데 이는 주로 교통량이 많다는 이유뿐만 아니라 교통 흐름의 악화로 인한 자동차의 정지, 발진하는 회수가 많아져서 배기량 및 배가스 중의 NO<sub>x</sub> 농도가 증가된 것으로 판단된다.

또한 이들 농도는 다음 Fig. 4에서와 같이 전 지역에서 주간 보다는 야간에 적게 나타나며 하루 중 차량 교통량이 가장 많은 출·퇴근시에 NO<sub>2</sub> 농도가 높고 교통량이 적은 새벽녘에 NO<sub>2</sub>의 최소 농도를 볼 수 있었다.

### 3.2 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러의 평가

1994년 5월에서 7월까지의 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러 방법에 의한 NO<sub>2</sub> 농도 값은 Table 3과 같고, 이들 값의 검증 및 평가를 위하여 CNOA기기에 의한 NO<sub>2</sub> 농도 측정과 Saltzman법에 의한 NO<sub>2</sub>

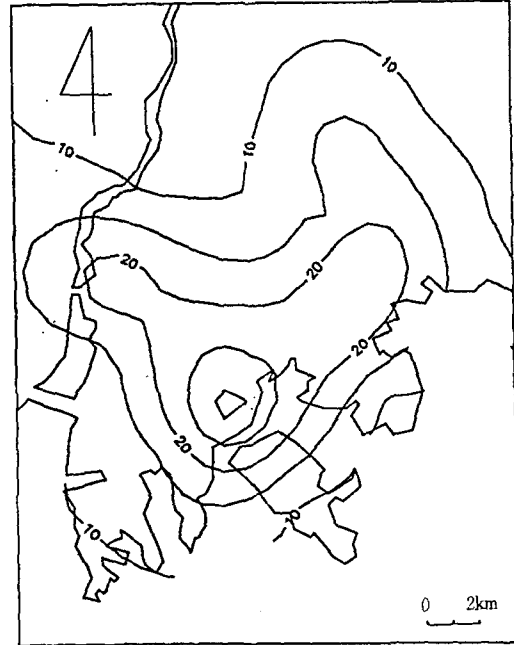


Fig. 3 Mean NO<sub>2</sub> concentration (ppb) in May-July 1994

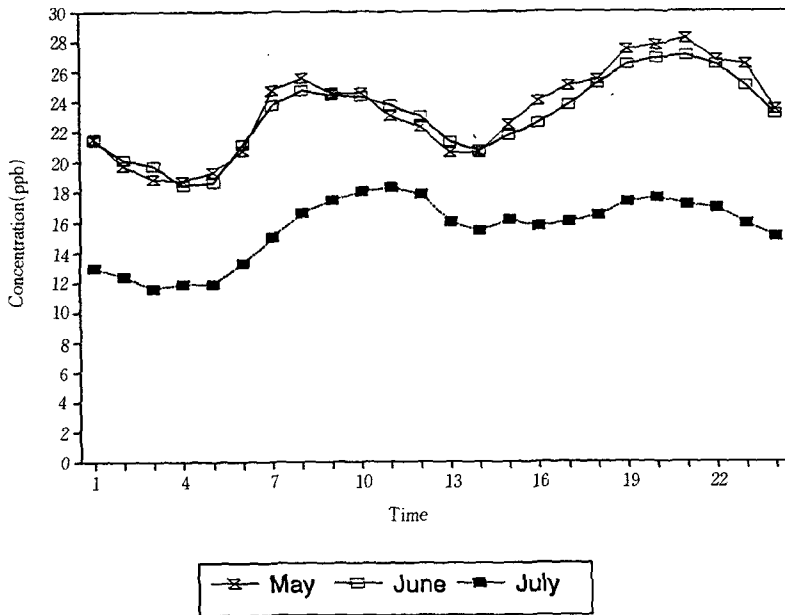


Fig. 4 Hourly variation of NO<sub>2</sub> concentration (ppb) in May-July 1994

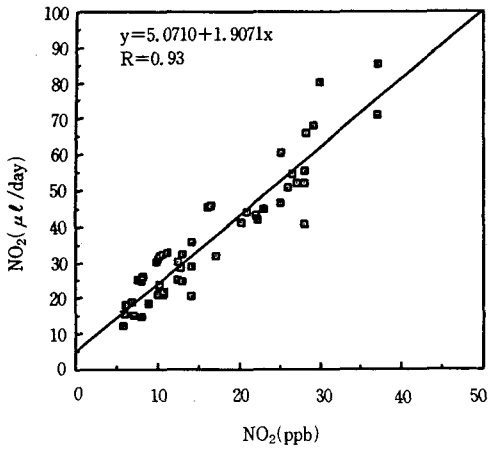


Fig. 5 Relationships between  $\mu\ell$   $\text{NO}_2$  and ppb  $\text{NO}_2$  concentrations in May-July 1994

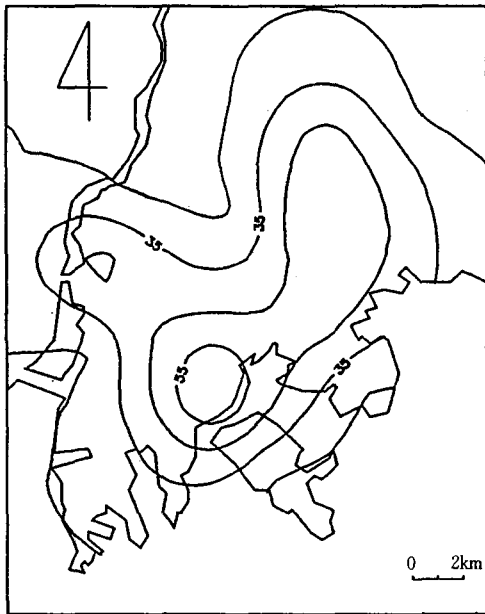


Fig. 6 Mean  $\text{NO}_2$  concentration ( $\mu\ell/\text{day}$ ) in May-July 1994

농도와 측정값과의 상관 분석을 실시하였으며 각 두조별 전기간의 관측값의 상관관계를 Fig. 5에 상관계수와 회귀직선식으로 나타내었다. 5월과 6월, 7월의 상관계수  $r$ 은 각각 0.95, 0.97, 0.85로

나타났으며, 전 기간동안의 월 평균  $\text{NO}_2$  등 농도 분포인 Fig. 3은 장기 노출  $\text{NO}_2$  간이 샘플러로 얻어진 월 평균  $\text{NO}_2$  등 농도 분포도 Fig. 6과 상호 양호한 정 상관성을 보여주고 있다.

또한 장기 노출  $\text{NO}_2$  간이 샘플방법의 측정 농도 범위에 따른 평가를 위하여 5, 6, 7월 기간중의 측정 자료수를 고려하여 농도 범위에 따른 상호 상관성을 조사하였다<sup>4,10</sup>.

먼저 측정자료수의 약 절반 가량에 해당되는 농도  $30\mu\ell$   $\text{NO}_2$ 를 기준으로 그 이하와 이상 값에 대

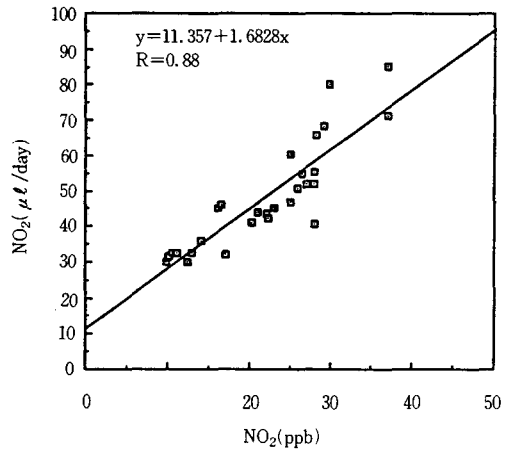


Fig. 7 Relationships between  $\mu\ell$   $\text{NO}_2$  and ppb  $\text{NO}_2$  concentrations at high ( $>30\mu\ell$   $\text{NO}_2$ ) concentrations level

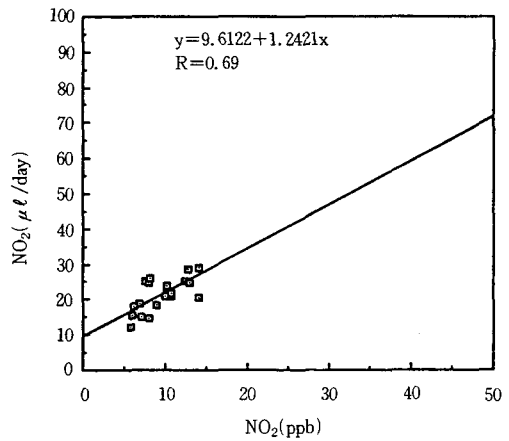


Fig. 8 Same as Fig. 7 but for low ( $<30\mu\ell$   $\text{NO}_2$ ) concentrations level



한 각각의 상관계수 및 회귀직선을 Fig. 7과 8에서 보면 상관계수 0.88, 0.69로써 모두 정 상관관계로 나타내었다. 이는 전반적으로 Saltzman 및 CNOA 분석 결과치와 높은 상관성을 가지고 있으며 특히 Fig. 9에서의 40 $\mu$ l NO<sub>2</sub> 이상의 농도에서도 상관계수가 0.78로 나타나 고농도에서의 상관성이 저농도에서 보다 다소 높게 나타남으로써 고농도 자료의 신뢰도가 높은 것으로 판단되었다.

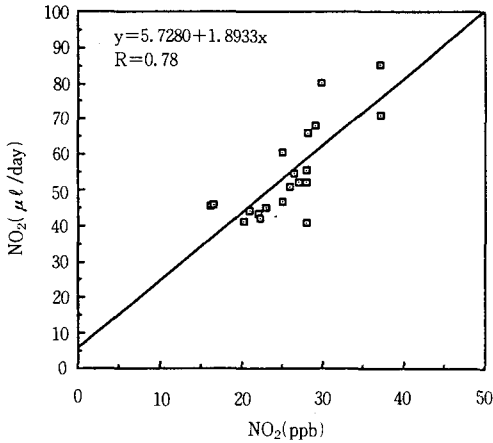


Fig. 9 Same as Fig. 7 but for high (>40 $\mu$ l NO<sub>2</sub>) concentrations level

이 결과로 보아 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러에 의한 NO<sub>2</sub> 측정은 값싸고 설치가 간단하여 농도측정이 쉽고, 특히 대기오염이 적은 시골 지역이나 교외지역보다 오염원이 많은 도심지역이나 공업단지 주변에서의 NO<sub>2</sub> 농도 분포 상태 취급시 매우 효과적일 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 간이 노출 NO<sub>2</sub> 샘플러를 개발하여 이를 평가하고 그 측정법을 확립하였다. NO<sub>2</sub> 측정은 이동오염원이 많은 부산지역 도심지 주변에서 1994년 5월에서 7월까지 실시하였다. 전기간 중 평균 NO<sub>2</sub> 농도값은 15.9ppb 및 36.2 $\mu$ l/day으로써, 전반적으로 대기환경기준치 보다는 낮게 나타났다. 지역별로 보아 시내 중심부인 광복동지점이 비교적 NO<sub>2</sub> 농도가 높고, 출·퇴근 시간대에 최대농도를 나타내며, 특히 자동차 도로를 따라 주

변부로 확대해 나가는 농도분포를 보이고 있다. 월별 장기 노출 NO<sub>2</sub> 간이 샘플러에 의한 NO<sub>2</sub> 농도와의 상관관계가 r=0.95, r=0.97, r=0.85이었으며, 특히 30 $\mu$ l/day NO<sub>2</sub> 이상의 농도에서 상관관계가 r=0.88이상으로 높게 나타났다. 따라서 동시다점관측법을 이용한 NO<sub>2</sub> 측정시 장기 노출 NO<sub>2</sub> 샘플러의 평가가 양호한 것으로 판단되며, 아울러 설치 및 수거와 분석에 매우 경제적이고 편리한 면도 있어, 금후 대기질의 NO<sub>2</sub> 측정에 기여할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

- 1) C.H. Choo, Kim, K.S., Choi, D.I., Lee, Y.R., Kim, J.T. and Son, B.K., Study on Air Pollution in Seoul City. Rep. of Nat. Inst. of Health, Seoul, Korea, pp. 265~280, 1970.
- 2) Ryu, I.K., Lee, C.Y. and Kang, Y.S., Study on environmental pollution in Gwang-Ju city, Vol. 4, J.Gwang-Ju Health Junior College, Vol. 5, pp. 19~32, Korean, 1980.
- 3) 이동인, 한영호, 온산 공업단지의 대기중의 아황산가스와 강하분진에 대하여, 부산수산대학 연구보고, Vol. 24, No. 1, pp. 153~162, 1984.
- 4) 이동인, 장기 노출 SO<sub>2</sub> 간이 샘플러 개발에 관한 연구, 한국환경과학회지 Vol. 2, No. 3, pp. 207~216, 1993.
- 5) Altshuller A.P., Atmospheric sulfur dioxide and sulfate distribution of concentration at urban and nonurban sites in United States. J. of Environmental Science & Technology, Vol. 7, No. 8, pp. 709~712, 1973.
- 6) 대기오염공정시험법, 동화기술사, p. 818, 1993.
- 7) Hirose, H., S.Yamanaka and S.Takada, A few problems of lead dioxide method for sulfur oxides in the atmosphere, 公害と對策, Vol. 12, No. 7, pp. 52~56, (In Japanese), 1976.
- 8) Robinson, E. and Robbins, R.C., Sources, abundance and fate of gaseous atmospheric

- pollutants(Supplement) Stanford Res. inst. Project PR-6755, Final Rep. 1969.
- 9) Robinson, E. and Robbins, R. C., Gaseous atmospheric pollutants from urban and natural sources global effects of environmental pollution(singer, S. F. ed). D.Reidel Pub. Co., pp. 50~64, 1970.
- 10) Meyers R. E. and E. N. Ziegler, Statistical correlation between ambient sulfate concentration and sulfur dioxide concentration, total suspended particulates, and relative humidity for 13 eastern states, J. of Environmental Science & Technology, Vol. 12, No. 3, pp. 302~309, 1978.
-