

고속도로 요금소 주변의 대기오염 현황에 관한 연구

A study on the condition of air pollution near tollbooths on highway

김 신 도*, 박 성 규**, 봉 춘 근**,
S. D. Kim, S. K. Park, C. K. Bong,
김 종 호***, 강 혜 진****, 이 의 상****
J. H. Kim, H. J. Kang, E. S. Lee

Key words: Air pollution(대기오염), Highway tollbooth(고속도로 요금소), TSP(총부유먼지), SO₂(아황산가스), NO₂(이산화질소), CO(일산화탄소)

ABSTRACT

The outdoor and indoor air quality surrounding highway have been measured, and the study on the design of the booth shape and the air-conditioning system also has been carried out. For the first step of the work, the air quality at the Seoul tollgate on the Kyeong-bu highway was monitored over a year. The measured indoor air quality shows seasonal average concentration 85.6-92.1 ppb of NO₂ and the SO₂ and CO lower than the EAQS(Environmental Air Quality Standards). The measured TSP concentration was much higher than the EAQS. In conclusion, there is necessity to improve the working environment of the tollbooths on highways, and the current air-conditions need to be modify for the purpose. In the process of modifying the air-conditioning system, particulate pollutants needs to be considered processing and the priority needs to be put on the booths for big vehicles.

1. 서 론

1997년 우리 나라 자동차 등록 대수는 1,000만대를 넘어섰고, 고속도로를 이용하는 자동차도 하루 약 230만대 이상을 기록하고 있다. 경부고속도로의 서울 관문인 궁내동 서울영업소는 국내 최대의 고속도로 요금소로서, 해마다 20 % 이상 증가하는 교통량으로 인하여 요금소와 그 주변 지역의 대기오염이 심화되고 있다.⁽¹⁾

현재 고속도로에는 139개소의 통행료 징수 요

금소가 운영되고 있는데, 요금소에서는 일반 고속도로 구간과는 달리 자동차의 공회전, 급격한 가속 등으로 인한 대기오염물질의 증가가 예상된다. 특히 최근에는 자동차 배기가스 중에 많이 포함되어 있는 중금속, 다환방향족 탄화수소류(PAHs ; Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 등이 건강에 큰 피해를 줄 수 있는 것으로 보고^(2,3)되고 있어서 이에 대한 주의가 요구된다. 이러한 여건에서 좁은 공간내에서 직접적으로 대기오염물질에 노출되는 고속도로 요금소의 부스 근무자에게는 건강에 큰 영향을 미칠 것으로 추정된다. 그러나, 아직까지 일반 근로자와는 달리 이들의 근무환경 특성에 따른 작업환경과 건강영향에 대한 연구^(4,5)가 미비한 실정이며, 특히 외부의 자동차 배기가스가 부스 내부로 유입될 경우 근무

* 정회원, 서울시립대학교 환경공학과
** 서울시립대학교 대학원
*** 한서대학교 환경공학과
**** 한국도로공사 도로연구소

자의 인체에 심각한 영향을 초래할 우려가 있어, 요금소에서 자동차 배출가스에 의한 오염 방지대책 수립이 요청된다. 따라서 고속도로 요금소의 대기환경적 요소 측정, 근무 부스내의 기류 및 오염물질의 거동 파악, 부스내의 공기조화시스템의 개선안을 제시하기 위한 기본적인 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 요금소 부스 근무자의 보다 나은 근무환경 개선을 위한 전단계로서, 요금소 및 그 주변지역의 대기환경적인 요소를 측정·분석하고, 현재의 근무환경과 기존의 대기오염 저감장치에 대한 실태를 파악하여 공기조화시스템 개선을 위한 기본자료로 이용하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

한국도로공사 서울 영업소는 성남시 궁내동에 위치하고 있고, 국내 고속도로 요금소 중 가장 규모가 큰 요금소로서 상·하행선 포함하여 총 32개 부스가 설치되어 있다. 요금소와 그 주변의 대기오염도를 조사하기 위하여 4계절에 걸쳐 SO₂, NO₂, CO, TSP의 농도를 측정하였으며, 측정 일정은 97년 4월, 8월, 11월, 98년 1월이었다.

가스상 오염물질의 농도측정은 대형 디젤자동차가 주로 통과하는 5번부스와 중·소형 가솔린자동차가 통과하는 10번부스를 1곳씩을 선정하여 부스의 내부와 외부에 튜브를 설치하여 측정하였다. 튜브의 설치높이는 부스 내부의 경우 근무자가 호흡하는 높이(부스 바닥에서 1.2 m)로 하였으며, 외부의 경우 근무자가 근무하는 부스의 창문 바로 위쪽(지면에서 약 2 m 높이)에 설치하였다. 입자상 오염물질의 농도측정은 부스와 비교적 가깝고 자동차가 출발한 뒤 최대농도를 나타낼 것으로 추정되는 부스 후단 약 3 m, 높이 1.5 m 지점에서 측정하였다. 또한 오염물질의 배경농도를 파악하기 위하여 서울 영업소의 옥상에서 SO₂, NO₂, CO, PM-10의 농도를 측정하였다. 각 오염물질의 농도측정 방법⁽⁶⁻⁷⁾과 사용한 측정기는 Table 1과 같다. 고속도로와 요금소 주변의 대기오염의 농도 분포를 파악하기 위하여, 요금소 주변의 50개 지점에 NO₂ Passive Sampler(Filter Badge NO₂, ADVANTEC TOYO, JAPAN)를 지면 약 1.5 m 높이에 부착하여, 약 48시간 정도 노출시킨 후 실험실에서 분석⁽⁸⁾하였다.

Table 1 Measuring instrument list

Item	Measuring Principle	Measuring Instrument
SO ₂	U.V. Fluorescence	Kimoto-366 Env. S.A. AF21M*
CO	Non-Dispersive Infrared	KIMOTO-ZAL
NO ₂	Chemiluminescent	KIMOTO-266 Env. S.A. AC31M*
TSP	Light Transmission	KIMOTO-TD10
PM-10	Mini Volume Air Sampler β-Ray Absorption	AIRMETRICS-1201 SIBATA-BAM102S*

* : Instrument used for measuring reference concentration.

대기오염과 밀접한 관계가 있는 기상인자의 측정을 위해 Weather Monitor II (Davis CO., USA)를 영업소 옥상에 설치하여, 풍향, 풍속을 측정하였다.

3. 현장조사 결과 및 고찰

3.1 부스 현황 및 공조 시스템의 운전실태

서울영업소는 총 차선수 32개, 40동의 부스가 운영되고 있으며, 부스의 크기는 길이 220 cm, 폭 120 cm, 높이 205 cm, 벽면의 두께 10 cm이다. 교통량은 주중과 주말의 차이는 다소 있으나 일일 평균 약 18-22만대가 통과하고 있다. 부스 근무자는 1일 3교대로 8시간 근무(2시간 근무 후 1시간 휴식) 형태로 운영되고 있다.

부스 외부에서 내부로 들어오는 대기오염물질의 유입을 방지하기 위하여 에어커튼이 부스 창문 위쪽 내부벽면에 설치되어 있다. 그러나 에어커튼의 가동유무는 근무자의 필요에 따라 운전되고 있었으며, 대부분 근무자의 불편 등으로 인해 운전되지 않는 경우가 많았다. 공기조화장치로는 부스 내부 후단 천장에 급기구와 배기구가 설치되어 입자상 오염물질을 제거하기 위한 전처리 필터와 소형 전기집진기가 장착되어 있었다.

또한, 부스 외부 창문 아래쪽에 확산팬(scatter fan)이 설치되어 부스전단에서 후단으로 강한 바람이 벽면을 타고 나오고 있지만 상시 운전되고 있는 것이 아니라 근무자에 따라 운전 유무가 결정되고 있었다.

3.2 아황산가스(SO₂)

아황산가스는 가솔린 자동차 배출가스 중에는

극히 미량이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 디젤유 중에 약간의 유황분이 함유되어 있어 디젤자동차에서는 배출가스 중에 아황산가스의 형태로 배출된다. Fig. 1은 서울영업소에서 주중의 아황산가스 측정결과를 나타낸 것이다.

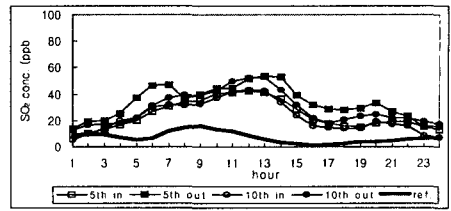
아황산가스의 농도를 계절별로 비교하여 보면, 봄철과 가을철의 농도가 여름철의 농도보다 높게 나타나고 있다. 아황산가스 농도의 일중 변동추이를 살펴보면 출근시간대에 증가하기 시작하여 낮시간대에 높은 농도를 유지한 후 퇴근시간 이후 농도가 감소하였다. 여름철 측정 결과는 출·퇴근 시간을 전후로 미세한 농도증가가 나타나고 있으나, 봄·가을철에는 뚜렷한 변화 경향을 보이고 있다. Fig. 1 (a)-(d)의 굵은선은 영업소 옥상의 배경농도로 부스 근처가 높게 나타나고 있는 것을 확인 할 수 있다.

연평균 각 부스별 계절평균 외부농도는 5번 부스 6.6-62.0 ppb(평균 27.9 ppb), 10번 부스 3.9-53.2 ppb(평균 19.1 ppb)의 범위로 나타났으며, 연평균 농도는 23.5 ppb로 일반 대기환경기준 연간 평균치(30 ppb) 이하로 나타났지만, 96년 서울의 연평균 농도^(9, 10) 13 ppb 보다는 높은 수준으로 나타났다. 부스별로는 10번 부스 보다는 5번 부스의 외부농도가 다소 높게 나타났는데, 이는 디젤자동차의 연료인 경유에 상대적으로 유황성분이 많이 포함되어 있기 때문으로 사료된다. Fig. 1 (e)는 오염도가 나타나는 빈도를 Fig. 1 (f)에는 외부와 내부의 농도를 보여준다.

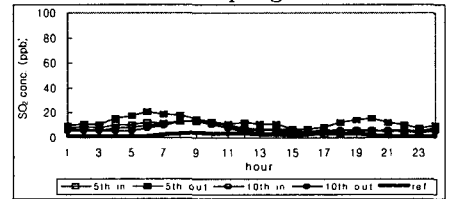
각 부스별 계절평균 부스의 내부농도는 5번 부스 2.7-42.4 ppb(평균 16.6 ppb), 10번 부스 4.2-43.1 ppb(평균 15.0 ppb)의 범위로 나타났으며, 연평균 농도는 15.8 ppb로 부스 내부농도는 외부농도의 약 68 % 수준으로 나타나 근무자가 근무하는 부스 내부는 외부보다 낮아서 근무자에게 큰 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

3.3 이산화질소(NO₂)

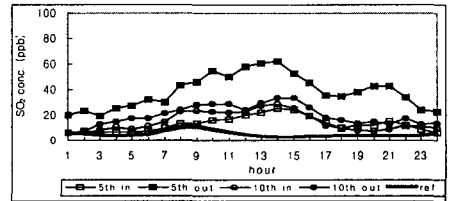
이산화질소는 화학적으로 불안정하며, 반응성이 커서 다른 물질과 반응하여 순간적인 농도의 변화⁽¹¹⁾가 나타나기 쉬우므로 측정결과는 다른물질의 농도와 비교해서 갑작스럽게 변화하거나 편차가 크게 나타났다. Fig. 2에 서울 영업소의 이산화질소 측정결과를 보여준다.



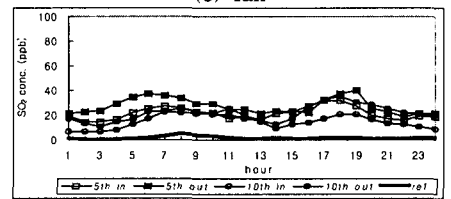
(a) spring



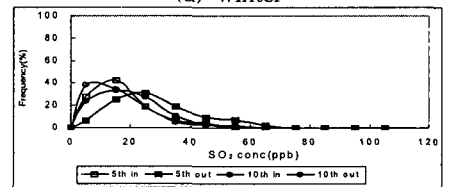
(b) summer



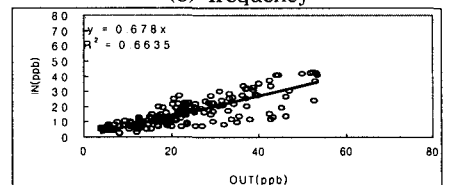
(c) fall



(d) winter



(e) frequency



(f) correlation of in and out of booth

Fig. 1 The condition of SO₂ concentration.

각 부스별 계절평균 외부농도는 5번 부스 22.3-174.0 ppb(평균 92.1 ppb), 10번 부스 10.6-163.6 ppb(평균 85.6 ppb)의 범위로 변동의 폭이 매우 크게 나타났다. 연평균 농도는 88.9 ppb로 일반대기환경기준 연간평균치(50 ppb)와 24시간 평균치(80 ppb)를 초과하고 있으며, 96년 서울의 연평균 33 ppb보다 약 3배 정도 높은 수준이다. 이는 요금소의 특성상 교통량이 집중되는 곳으로 요금을 정산하고 급·출발 등으로 인한 절대적인 배출량 자체가 많기 때문이다. 또한, 대형자동차가 통과하는 부스가 소형자동차가 통과하는 부스에 비해 전반적으로 농도가 높게 나타나 NO₂의 배출량은 대형자동차에 의한 기여도가 큰 것을 알 수 있었다.

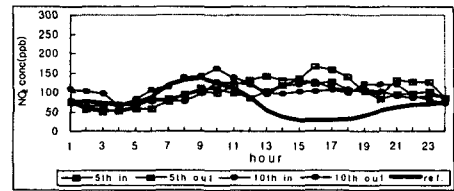
각 부스별 계절평균 내부농도는 5번 부스 22.2-165.2 ppb(평균 73.8 ppb), 10번 부스 9.6-127.1 ppb(50.3 ppb)의 범위로 나타났으며, 연평균 농도는 62.1 ppb로 평균적으로 부스 내부 농도는 외부농도의 약 71 % 수준으로 외부농도 보다는 다소 낮은 농도를 유지하고 있었다. 이는 노동부 산업안전보건법 기준치(3,000 ppb, 8시간) 보다는 낮은 농도이다.

3.4 일산화탄소(CO)

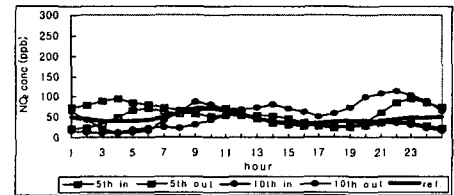
일산화탄소는 화석연료의 불완전 연소에 의해 생성되는 오염물질로서 호흡에 의해 혈액중 헤모글로빈과 결합하여 CO-Hb을 만들어 혈액의 산소운반 능력을 저하시킨다.⁽¹¹⁾ 현재 우리나라에서 생산, 판매되고 있는 대부분의 휘발유 및 LPG 자동차는 삼원촉매장치를 부착하고 있기 때문에 기존 자동차에 비하여 오염물질을 대폭 줄일 수 있다. Fig. 3은 서울영업소의 일산화탄소 측정결과를 보여준다.

각 부스별 계절평균 외부농도는 5번 부스 2.1-9.4 ppm(평균 5.0 ppm), 10번 부스 0.9-10.4 ppm(평균 5.6 ppm)의 범위로 나타났으며, 연평균 농도는 5.3 ppm으로 나타났다. 일반대기환경기준 8시간 평균치(9 ppm), 1시간 평균치(25 ppm) 이하로 나타났지만, 96년도 서울 연평균 1.1 ppm보다 높은 수준으로 일반 대도시 보다 자동차 배출 가스에 의한 기여율이 높음을 알 수 있다.

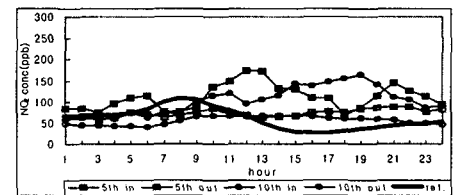
각 부스별 계절평균 내부농도는 5번 부스 2.2-9.0 ppm(평균 5.1 ppm), 10번 부스 0.9-9.6



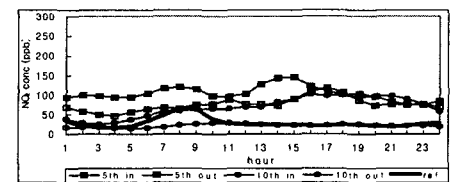
(a) spring



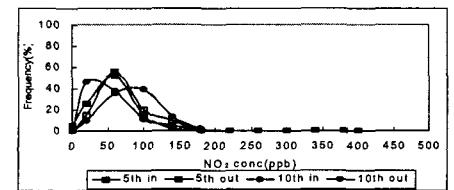
(b) summer



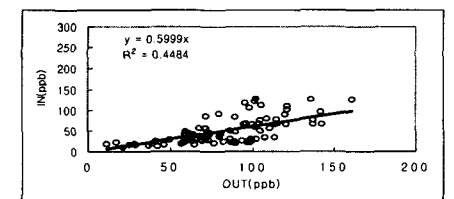
(c) fall



(d) winter



(e) frequency



(f) correlation of in and out of booth

Fig. 2 The condition of NO₂ concentration.

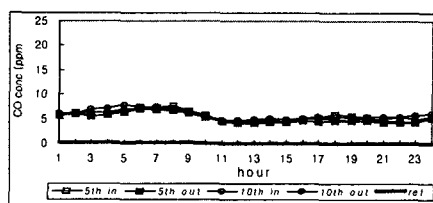
ppm(평균 5.2 ppm)의 범위로 나타났으며, 연평균 농도는 5.2 ppm으로 공중위생법의 실내환경기준 (10 ppm)과 산업안전보건법(8시간, 50 ppm)을 만족하고 있었다. 버스 내부농도는 외부농도의 약 95 % 수준으로 거의 외부농도와 유사한 수준을 유지하고 있었는데, 이는 SO₂, NO₂의 경우 반응성이 커서 수증기, 벽면 등에 의해 흡수, 흡착 될 가능성이 높은 반면 CO는 기타의 오염물질보다 상당히 안정한 비반응성 물질로서 흡수, 흡착 등의 반응이 잘 일어나지 않는 물질이기 때문에 버스 내부와 외부가 거의 유사한 농도로 측정된 것으로 판단된다.

3.5 총부유먼지(TSP)

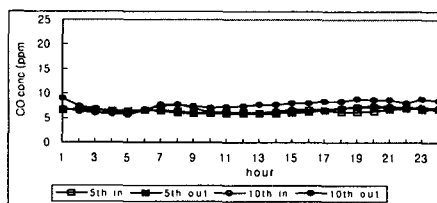
부유먼지는 가솔린 자동차보다는 디젤 자동차에서 많이 배출되는데, 촉매장치가 부착된 저공해 자동차에 비해 30-70배나 많이 배출되는 것으로 알려져 있다.⁽¹²⁾ 디젤 자동차에서 배출되는 입자상 오염물질은 평균직경이 0.1-0.3 μm인 아주 작은 입자로 대기중에 배출되므로 오래동안 대기 중에 떠돌아다니며 호흡에 의해 폐 깊숙이 침착되어 인체에 피해를 줄 수 있다.⁽¹³⁻¹⁶⁾ Fig. 4는 총부유먼지의 측정결과를 보여준다.

TSP의 농도는 전반적으로 오전에 증가하여 낮에 높은 농도를 보이고, 저녁이후 점차로 낮아지는 경향을 보이고 있다. 계절별 일평균농도를 살펴보면 봄철 1,039.3 μg/m³, 여름철 1,027.2 μg/m³, 가을철 1,105.1 μg/m³을 보이고 있는데, 이는 일반 대도시의 평균농도 80-90 μg/m³보다는 상당히 높은 농도를 나타내고 있다. 한편, 겨울철 TSP 농도는 일평균 451.8 μg/m³로 다른 계절의 절반수준으로 나타나고 있는데, 이는 IMF 직후의 경제적으로 인한 교통량의 감소 때문으로 추정된다. 각 버스별 계절의 평균 외부농도를 보면, 5번 버스의 외부는 326.7-1,633.0 μg/m³, 10번 버스의 외부는 41.7-965.8 μg/m³로 나타났고, 연평균 농도는 5번 버스는 915.4 μg/m³, 10번 버스는 398.0 μg/m³로 나타났다. TSP 특징은 대형·소형 자동차가 통과하는 버스의 농도 차가 뚜렷하게 나타났으며, 대형 자동차가 통과하는 버스 약 2배 이상 높은 농도를 나타내었다.

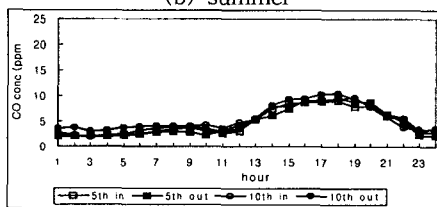
특히, PM-10농도(Mini-volume air sampler)는 5번 버스의 외부는 258.0 μg/m³, 10번 버스의 외



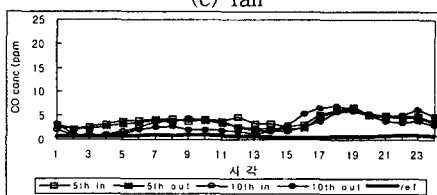
(a) spring



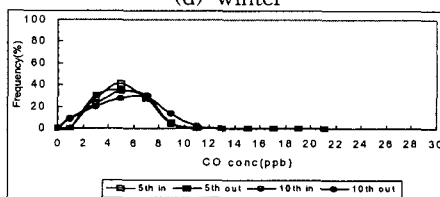
(b) summer



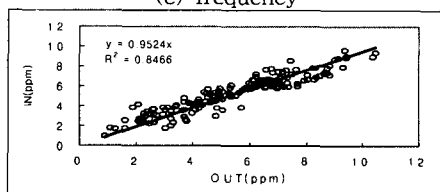
(c) fall



(d) winter



(e) frequency



(f) correlation of in and out of booth

Fig. 3 The condition of CO concentration.

부는 206.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 5번 부스의 내부 154.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 10번 부스의 내부는 121.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 자동차에서 배출되는 부유먼지는 크기가 작아서 폐 깊숙이 흡입될 뿐만 아니라 인체에 유해한 성분인 중금속, PAHs 등을 많이 포함하고 있다.⁽¹⁷⁻¹⁸⁾ 또한, 근무자가 시각적으로 느낄 수 있는 체감오염도를 증가시켜 불쾌감을 유발하므로 세심한 주의가 필요하다고 판단된다. 따라서 농도 경향을 볼 때 요금소에서 가장 세밀하게 검토되어야 할 항목으로 판단된다.

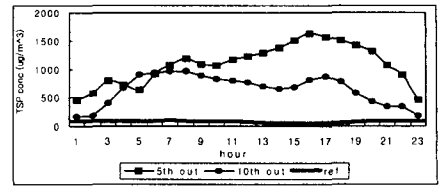
3.6 요금소 주변의 NO₂ 등농도 분포

NO₂ 다른 가스상 오염물질과 비교할 때 상대적으로 자동차에 의한 기여도가 크므로 자동차에 의한 배기가스를 평가하기에는 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 고속도로 주변의 자동차에 의한 오염도를 분석하기 위하여 NO₂ Passive Sampler 50개를 부착하여 NO₂ 농도를 측정하였다. 측정결과 농도분포를 Fig. 5에 나타냈다. 자동차에 의한 고농도영역이 도로를 따라 남북방향으로 나타났으며, 자동차가 정체되는 부스 부근은 매우 높은 농도를 나타내었다. 여름과 가을의 풍배도와 비교(Fig. 6)하였을 때, 여름의 주풍향은 서남풍이고 가을의 주풍향은 북풍으로, 여름과 가을의 고농도 영역은 주풍방향에 관계없이 도로와 평행하게 동쪽으로 치우쳐 나타나고 있다. 이는 동쪽 도로변을 따라 설치된 약 5 m 높이의 방음벽이 자동차에서 배출된 NO₂의 확산을 방해하여 축적되기 때문이라고 판단된다. 다른 이유는 동쪽 도로변으로 배기량이 큰 대형 자동차가 주로 통과하기 때문에 소형 자동차가 통과하는 도로중앙부보다 오염물질의 절대 배출량이 많아 고농도를 나타나는 것으로 보인다.

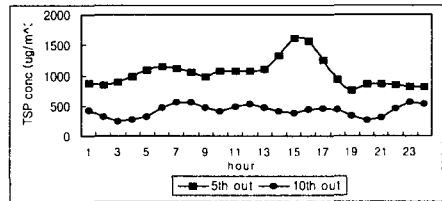
3.7 대기오염농도와 교통량의 상관관계

측정기간의 SO₂, CO, NO₂, TSP 농도와 교통량과의 상관관계는 Fig. 7-Fig. 8과 같으며, 대형·소형 자동차 통과 부스로 나누어 나타내었다. 풍향·풍속과 대기오염도와는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

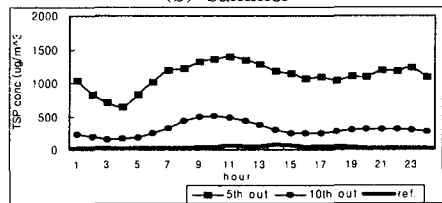
SO₂농도의 경우 대형 자동차가 통과하는 부스의 농도가 소형자동차가 통과하는 부스에 비하여



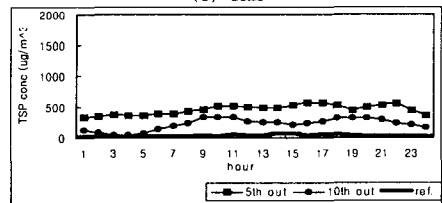
(a) spring



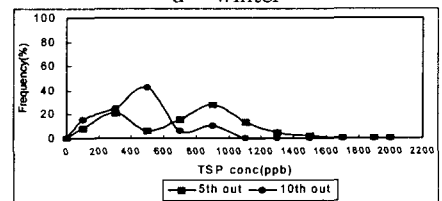
(b) summer



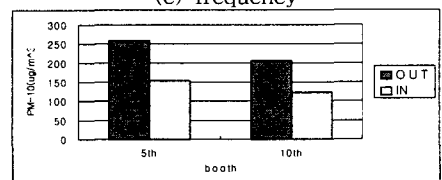
(c) fall



d : winter



(e) frequency



(f) PM-10 of in and out booth

Fig. 4 The condition of TSP and PM-10 concentration.

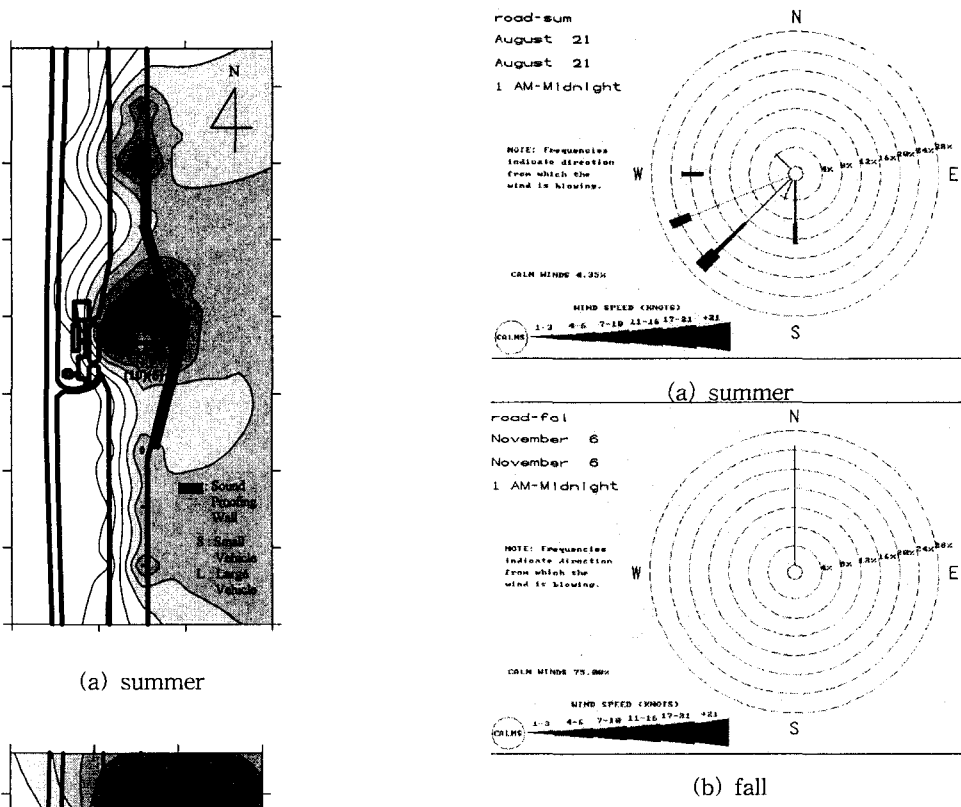


Fig. 6 Wind rose near Seoul tollbooth on Kyeong-bu highway.

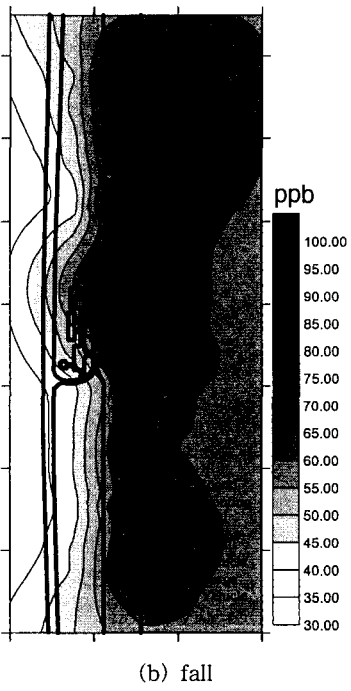
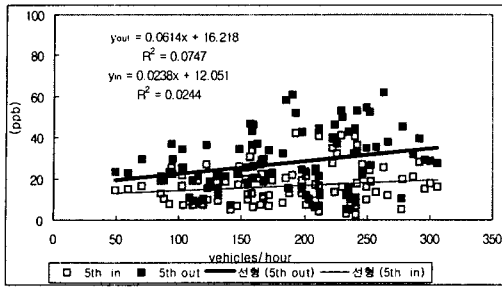
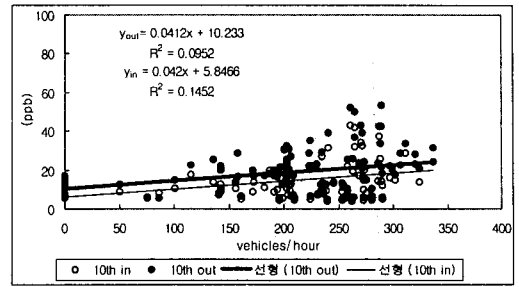


Fig. 5 NO₂ concentration near Seoul tollbooth on Kyeong-bu highway.

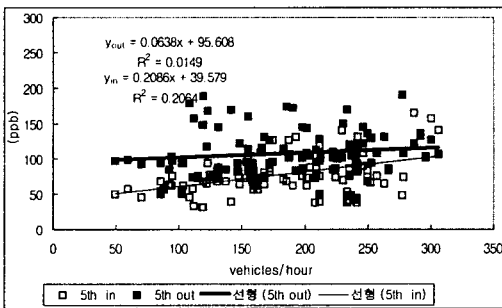
현저히 높게 나타났고 교통량과는 완만한 비례관계를 보였다. CO도 SO₂와 마찬가지로 교통량과 완만한 비례관계를 보였다. NO₂농도의 경우 소형 자동차 통과 부스의 농도는 교통량과 뚜렷한 비례관계를 이루어, 교통량이 많을 때에는 농도가 높고 교통량이 적을 때에는 농도가 낮게 나타났지만, 대형 자동차 통과 부스의 경우에는 교통량에 관계없이 항상 높은 농도를 유지하였음을 알 수 있었다. TSP농도는 대형 자동차 통과 부스의 경우 교통량과 비례관계를 보이며 전반적으로 높은 농도 수준을 나타내었다. 이에 비해 소형 자동차 통과 부스의 경우 대형 자동차 통과 부스에 비하여 매우 완만한 비례관계를 보이고, 전반적인 농도 수준도 상대적으로 낮아 TSP의 주배출원은 대형(디젤) 자동차임을 알 수 있었다.



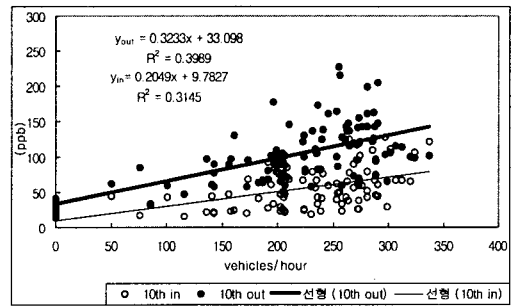
(a) SO₂ concentration and traffic volume



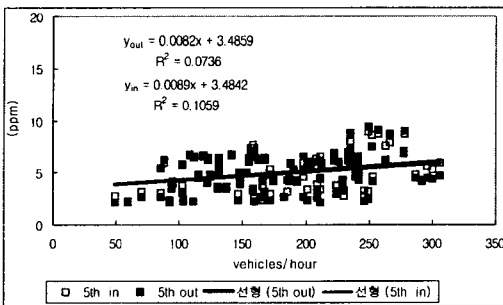
(a) SO₂ concentration and traffic volume



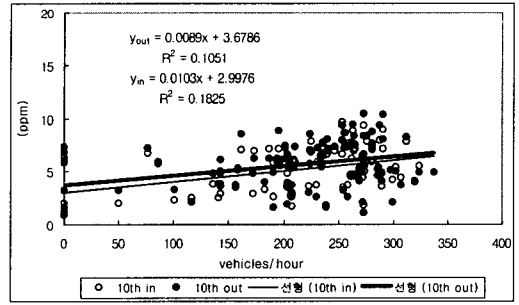
(b) NO₂ concentration and traffic volume



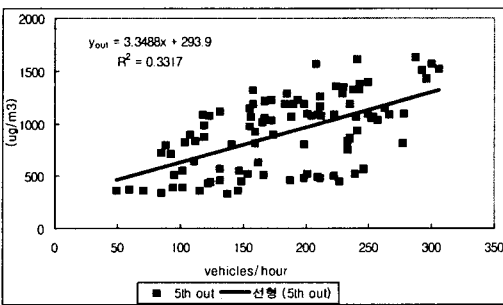
(b) NO₂ concentration and traffic volume



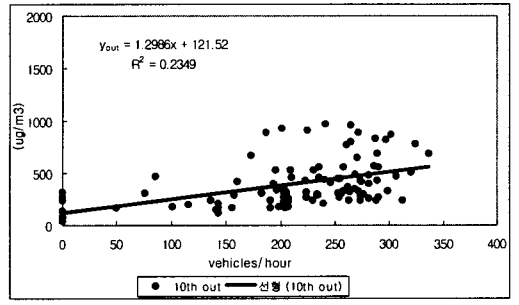
(c) CO concentration and traffic volume



(c) CO concentration and traffic volume



(d) TSP concentration and traffic volume



(d) TSP concentration and traffic volume

Fig. 7 The correlation of air pollution concentration and large vehicles.

Fig. 8 The correlation of air pollution concentration and small vehicles.

4. 결론

자동차는 인간에게 매우 중요하고 필요한 수단 이긴 하지만, 자동차 배기가스 중 대기 중으로 배출된 유해가스는 인간의 건강에 해를 미치는 데 큰 역할을 하고 있다. 우리 나라도 생활수준이 향상되면서 자동차에 의한 대기오염이 날로 심화되고 있다. 본 연구에서는 고속도로 주변에서도 대기오염이 심한 요금소에 장시간 노출이 되고 있는 부스 근무자의 근무환경을 파악하고, 부스의 외형 변화와 공기시스템의 개선을 통하여 근무자의 쾌적한 근무조건 개선안을 수립하기 위한 진단계로서 경부고속도로 서울 영업소의 요금소 부스 및 그 주변의 대기오염도를 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 요금소와 그 주변의 오염도 농도분포를 살펴본 결과, 자동차에 기인한 오염물질의 고농도 영역이 남북방향으로 분포되었고, 특히 자동차가 지체되는 부스 부근은 풍향·풍속 등 기상인자의 영향이 비교적 적고, 동쪽 도로변에 설치된 방음벽으로 인하여 자동차에서 배출된 오염물질이 확산되지 못하고 정체되어 매우 높은 농도분포를 나타낸 것으로 판단된다.

(2) 부스 외부의 대기오염도는 대기환경기준과 비교하여 SO₂, CO의 경우 기준을 만족하고 있지만 일반 대도시의 공기 질보다는 열악한 상황이며, NO₂의 경우 평균농도가 85.6-92.1 ppb로 대기환경기준 연간 평균치(50 ppb), 24시간 평균치(80 ppb)를 초과하고 있어서 가스상 오염물질 중에서 가장 주목해야 할 물질로 판단된다.

(3) 부스 내부의 오염도는 상대적으로 외부보다 낮은 수준이었지만, NO₂의 경우 외부 오염도가 절대적으로 높아 부스 내부에서도 타 오염물질에 비해 높은 수준이었다. 부스내부로 유입되는 오염물질을 차단하기 위한 장치로 에어커튼이 설치되어 있지만, 근무자의 불편 등으로 인해 실제 가동되지 않는 경우도 많아 창문으로 유입되는 양이 많아진 것으로 판단된다. 또한, 공기조화기가 가동되어 입자상 오염물질은 필터에 의해 제거가 되고 있지만 가스상 오염물질의 제거에는 기능을 발휘하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

(4) 먼지농도는 환경기준치를 크게 초과하고 있으며, 소형자동차가 통과하는 부스에 비해 대

형자동차가 통과하는 부스의 농도가 상대적으로 높게 나타났다. 특히 대형자동차가 통과하는 부스 외부의 TSP농도는 평균 915.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 내부의 PM-10농도는 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타나 먼지에 대한 대책이 가장 시급한 것으로 나타났다.

(5) 대기오염도와 교통량과의 상관관계에서 SO₂, CO는 완만한 비례관계를 나타내었고, NO₂는 소형자동차, TSP는 대형자동차가 통과하는 부스에서는 교통량에 따른 대기오염도 변화가 뚜렷하게 나타났다.

(6) 따라서, 고속도로 요금소 부스 근무자의 쾌적한 근무환경 개선을 위해서는 현재 설치되어 운전중인 부스의 공기조화 시스템의 급·배기 위치변경과 push-pull 에어커튼방식 개선 등의 추가되는 보완 시스템이 필요하다고 판단되며, 향후 공기정화 시설을 개선할 경우 대상오염물질은 가스상 오염물질(NO₂)과 입자상 오염물질을 대상으로 실내공기가 쾌적하도록 검토되어야 하며, 개선대상 부스는 대형자동차가 통과하는 부스로 우선 선정하는 것이 바람직하다고 사료된다. 또한, 고속도로 요금소와 그 주변의 대기환경을 정확하게 파악하고 기준이 될 수 있는 오염농도를 제시하는 것은 기존에 운영되고 있는 부스의 개선, 혹은 신설을 하는데 있어서 합리적인 설계방법 및 운전방법을 도출하는데 매우 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 한국도로공사와 공동으로 수행되었습니다. 이에 많은 도움을 주신 한국도로공사 관계자 여러분께 깊은 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. 김신도, 박성규, 이임학, 김종호, 강혜진, 이의상, 1998, 고속도로 요금소의 대기오염도 측정, 공기조화·냉동공학회, 하계학술대회 논문집, pp. 209-212.
2. 대기환경연구회, 1995, 대기오염 개론, 동화기술.
3. 박성은, 정 용, 1992, 서울시 대기부유분진의 농도와 다환방향족 유기오염물질에 의한 발암위해성, 한국대기보건학회지, 제8권, 제4호,

- pp. 247-256.
4. 고려대학교 부설 환경의학연구소, 1986, 영업소 근무환경 개선을 위한 자료조사 보고서.
 5. 권영근, 1988, 고속도로 요금소 주변의 대기오염에 관한 조사연구, 석사학위 논문, 고려대학교.
 6. 대기오염공정시험법, 1998, 동화기술.
 7. Gregory, D. W., 1994, Fundamentals of air sampling, Lewis publishers, New York, U.S.A..
 8. NIOSH, 1990, Manual of analytical method, Ohio, U.S.A..
 9. 환경부, 1996, 1997, 환경 통계 연감.
 10. 환경부, 1997, 환경백서.
 11. 최금찬, 임경택, 조정구, 김태형, 1996, PIXE 분석법에 의한 도로변 분진의 원소분석, 한국 대기보전학회지, 제12권, 제5호, pp. 523-528.
 12. 조강래, 엄명도, 김종춘, 홍유덕, 김종규, 한영출, 1993, 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산출에 관한 연구, 한국 대기보전학회지, 제9권, 제1호, pp. 69-77.
 13. 이해문, 김동술, 이진홍, 1996, PM-10 내 중금속의 장기간 평균농도 및 위해성평가, 한국 대기보전학회지, 제12권, 제5호, pp. 555-566.
 14. Parker, C. R., 1992, Aerosol Science & Technology, McGraw-Hill, U.S.A..
 15. Risto, K., 1995, Volatile organic compound in the indoor air of normal and sick house, Atmospheric Environment, Vol 29, No 6, pp. 693-702.
 16. 한의정, 정 용, 권숙표, 1986, 도시 분진의 유해성 입도 분포에 대한 조사연구, 예방의학회지, 제19권, 제1호, pp. 130-136.
 17. Farmer, J. G. and Jonhson, L. R. 1990, Assessment of occupational exposure to inorganic arsenic based on urinary concentrations and speciation of arsenic, British Journal of Industrial Medicine, Vol 47, pp. 342-348.
 18. Butler, J. D. and Crossley, P., 1997, An appraisal of relative airborne suburban concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons monitored indoor and outdoors, Science Total Environment, Vol 11, pp. 53-58.