

## 5A3) 지하철 역사의 공기 중 휘발성유기화합물의 농도 특성

### Characteristic of the VOCs Concentration in Subway Station

장정욱 · 손승연 · 조장제 · 구민호 · 김태오  
금오공과대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

도시인구의 과밀·집중화에 따른 교통문제로 지하철이 주된 교통수단으로 이용·확대되고 있다. 지하철은 효율적으로 공간을 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 지하 공간에서의 생활시간이 길어지고 지하 공간 내의 공기질 악화도 가속화되는 단점도 나타나고 있다. 또 이러한 지하철의 이용공간이 가지고 있는 밀폐성으로 인해 환기가 용이치 않고, 그로 인한 유해물질의 축적으로 인체에 대한 위해성이 대두되고 있다. 지하 공간의 공기를 악화시키는 원인중 하나인 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, 이하 VOCs)은 인체에의 유해성과 광화학스모그의 유발물질이라는 두 가지 환경학적 측면에서 중요시되고 있다. 휘발성 유기화합물질은 그 종류가 매우 다양하고 발생원이 복잡·다양하여 관리에 많은 어려움이 있으며 측정분석방법에 내재된 어려움으로 인하여 다른 대기오염물에 비해 상대적으로 연구가 미진한 항목으로 간주되어 왔다. 이에 본 연구에서는 지하공간 내 가스상 오염물질 즉, VOCs를 측정, 분석함으로써 지하역사내의 쾌적한 환경을 확보하기 위한 효과적인 방안을 정립하는데 일조하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구는 도심의 외곽지역을 통과하는 철도청 지하철 구간에서 실시되었다. 시료의 포집은 1:2:3차로 나누어 시행되었으며, 측정지점은 각 역사별 외기, 대합실, 승강장, 터널을 대상으로 하였다. 1차 측정은 2003년 2월 3일부터 11일 까지 9일 동안 7개 역사의 승강장과 대합실에서 이루어졌다. 2차 측정은 2003년 4월 7일부터 15일 까지 9일 동안 이루어 졌다. 또한 3차 측정은 2003년 7월 8일부터 16일 까지 9일동안 실시되었다. 각 측정은 동일한 역사에서 포집하였으며, 외기, 대합실, 승강장, 터널 4곳의 측정지점에서 실시되었다. 시료는 스테인레스 스틸 재질의 내면이 비활성 silica로 코팅되어 있는 canister(Entech silicocan, US)을 이용하여 포집하였다(US EPA, 1988). 본 연구에서는 VOCs를 안정적으로 포집하기 위해서 미국 EPA의 TO-14 방법에 준하였다. 포집시간은 오전 10시부터 18시까지 8시간동안 모든 시료 채취지점에서 동일하게 적용하였다. 포집된 시료의 분석과정은 전 처리 장치에 canister를 연결하여 GC(HP6890)/MSD(HP5973N)로 분석하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

Table 1은 1, 2, 3차 측정에서 측정된 outdoor와 indoor의 VOCs 물질 중 각 노선에서 공통적으로 높게 검출된 석유화학계 물질인 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)의 농도를 나타내었다. outdoor는 지하철 역사의 외기 농도이고, indoor는 대합실, 승강장, 터널에서의 농도를 평균한 값이다. 표에서 나타난 바와 같이 일산선의 Toluene의 농도가 가장 높은 농도로 검출되었고, 같은 노선의 Ethylbenzene의 3차 측정농도는 indoor의 농도가 outdoor의 농도의 약 9배 높은 농도로 분석되었다. 전체적으로 각 역사마다 실내와 실외의 농도는 비슷한 성분비를 보이고 있으나, 주로 outdoor보다는 indoor에서의 농도가 높게 검출되었음을 알 수 있다. 이는 외부에서 유입된 VOCs에 실내의 건축 내장재 등에서 자체적으로 발생한 VOCs가 더해져 실외보다 실내의 농도가 높아진 것으로 사료된다. outdoor의 농도가 indoor의 농도보다 높게 나온 역사는 다른 지역보다 많은 교통량, 신축 공사 현장의

도장작업 등의 영향에 의한 것으로 사료된다.

VOCs는 대기중 체류 시간이 길어 유동 인구가 많고 대기의 순환이 잘 이루어지지 않는 지하 공간에서는 특히 인체에 심각한 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 본 연구에서는 실내·외 공간의 VOCs 농도의 특성을 알 수 있었으며, 향후에는 단순한 I/O 비교만이 아닌 indoor내장재 등의 직접적인 발생원, 외부 공간에서 유입되는 VOCs의 농도특성, 환기체계 조사 등을 통하여 보다 정밀한 측정·원인 분석을 수행하여야 할 것이다.

Table 1. BTEX concentration of each station.

unit : ppb

| VOCs |    | Benzene |        | Toluene |        | Ethylbenzene |        | m,p-Xylene |        |
|------|----|---------|--------|---------|--------|--------------|--------|------------|--------|
| site |    | outdoor | indoor | outdoor | indoor | outdoor      | indoor | outdoor    | indoor |
| 인덕원  | 1차 | 3.70    | 7.04   | 15.91   | 27.77  | 3.70         | 6.23   | 4.38       | 11.80  |
|      | 2차 | 1.04    | 1.26   | 7.93    | 6.73   | 1.04         | 0.81   | 1.06       | 1.80   |
|      | 3차 | 1.85    | 0.84   | 11.45   | 11.78  | 1.85         | 1.02   | 0.86       | 1.27   |
| 경마공원 | 1차 | 1.66    | 2.29   | 13.88   | 14.80  | 1.66         | 1.54   | 2.46       | 3.23   |
|      | 2차 | 0.65    | 0.90   | 5.08    | 4.39   | 0.65         | 0.49   | 0.64       | 4.15   |
|      | 3차 | 0.73    | 0.83   | 9.97    | 12.68  | 0.73         | 1.05   | 0.81       | 1.18   |
| 선바위  | 1차 | 3.22    | 3.57   | 15.44   | 20.80  | 3.22         | 2.06   | 3.85       | 4.30   |
|      | 2차 | 1.14    | 1.20   | 8.35    | 9.77   | 1.14         | 0.99   | 1.21       | 1.82   |
|      | 3차 | 0.63    | 0.65   | 6.33    | 7.26   | 0.63         | 0.70   | 0.55       | 0.80   |
| 주엽   | 1차 | 3.78    | 3.33   | 38.16   | 35.39  | 3.78         | 3.03   | 3.54       | 7.17   |
|      | 2차 | 0.73    | 0.83   | 8.66    | 16.63  | 0.73         | 1.78   | 0.77       | 2.52   |
|      | 3차 | 6.06    | 14.53  | 82.64   | 109.21 | 6.06         | 53.42  | 20.90      | 63.38  |
| 대화   | 1차 | 5.98    | 2.43   | 40.67   | 26.50  | 5.98         | 2.17   | 2.68       | 4.08   |
|      | 2차 | 1.30    | 1.44   | 23.10   | 36.59  | 1.30         | 4.23   | 1.50       | 5.84   |
|      | 3차 | 1.07    | 1.60   | 29.86   | 27.19  | 1.07         | 3.63   | 2.16       | 4.39   |
| 모란   | 1차 | 1.76    | 2.35   | 10.27   | 14.74  | 1.76         | 1.30   | 2.26       | 2.97   |
|      | 2차 | 1.84    | 1.20   | 11.86   | 14.06  | 1.84         | 1.50   | 1.02       | 2.35   |
|      | 3차 | 1.16    | 0.97   | 10.52   | 17.84  | 1.16         | 1.97   | 0.89       | 1.92   |
| 태평   | 1차 | 2.93    | 1.52   | 4.33    | 12.46  | 2.93         | 1.41   | 2.15       | 2.73   |
|      | 2차 | 0.90    | 0.92   | 16.01   | 4.52   | 0.90         | 0.71   | 0.93       | 1.11   |
|      | 3차 | 0.940   | 1.30   | 15.37   | 25.79  | 0.940        | 2.75   | 1.02       | 2.77   |

### 참 고 문 헌

- US EPA (1988), Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air, EPA/600/4-89/017, Research Triangle Park, USA.
- B. Zabiegala, T. Gorecki, E. Przyk, J. namiesnik (2002), Permeation passive sampling as a tool for the evaluation of indoor air quality, Atmospheric Environment, vol 36, 2907-2916.
- 김용표, 나광삼, 문길주(1999), 울산공단지역의 휘발성 유기화합물 농도. 한국 대기환경 학회지, VOL. 15, NO. 5