

지하철역사에서의 휘발성 유기화합물 농도 평가

Evaluation of VOCs in Subway

최우진*, 배상호*, 박덕신**, 정우성**, 김태오***

Abstract

Volatile Organic Compounds(VOCs) contribute to the formation of ozone and PAN which are injurious to health through complex photochemical reactions. Growing consumption of fossil fuels results in significant emission of VOCs and other air pollutants into the atmosphere. In this study, Ambient air grab samples of VOCs were collected at the platform and the concourse of six stations in the subway from February 21th to 28th. Among the total contents, Toluene (118.74 ppm) showed the highest concentration in the Indukwon station platform while other contents were measured low concentrations. Also, the platform concentrations were higher than the concourse concentrations through the whole contents.

1. 서론

지하철은 다수의 시민이 이용하는 주된 대중교통수단으로 자리잡고 있으나, 외부와 거의 차단된 공간적인 한계를 지니고 있다. 이러한 지하공간은 상가시설과 유동인구의 증가, 환기시설의 미비 등으로 각종 유해오염원이 내부나 외부로부터 발생, 유입되면 축적될 가능성이 높아 일반시민의 인체에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 결국 지하공간은 환경적 관점에서 볼 때 매우 취약한 장소라 할 수 있다. 1980년 이후부터 일반시민들의 지하공간의 공기질에 대한 관심이 증대됨에 따라 오염원의 전반적인 원인분석과 관리방안 수립이 시급히 요구되고 있다.

실내 오염물질중 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds 이하 VOCs)은 발암성과 유전독성을 내포하고 있으며 대기중 장기간 체류하면서 인체의 감각능력에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 환경적 측면에서 VOCs는 지표면에서 광화학반응에 참여하여 오존을 생성하고, 성층권에선 오존층 파괴 및 지구 온난화를 가중시켜 지구 환경에 심각한 영향을 끼친다. 특히 지하

* 금오공과대학교 석사과정

** 한국철도기술연구원 철도환경·재료연구팀

*** 금오공과대학교 교수

공간에서의 VOCs는 실외 대기와는 달리 환기가 용이하지 않아 더욱 큰 문제가 될 것으로 추정된다.

이에 본 연구에서는 서울시와 인근 도시를 연결하는 교통 수단인 지하철 구간에서의 VOCs 농도를 측정하였다. 현재까지 지하공간에서의 VOCs에 관한 연구는 거의 진행되고 있지 않은 실정으로 이번 측정이 앞으로의 지하공간 공기질의 향상에 일조 하였으면 한다.

2. 연구 방법

2.1 시료 채취 장소 및 기간

본 연구의 측정 기간은 2002년 2월 21일부터 28일까지 7일간이었으며, 측정 장소는 철도청 지하철 구간의 환승역을 중심으로 이용객 수, 유동 인구와 통행량이 많은 역사를 대상으로 하였다. 이러한 선정 기준으로부터 인덕원역, 선바위역, 모란역, 태평역, 주엽역, 대화역을 선정하였으며, 각 역사의 대합실과 승강장에서 측정하였다.

2.2 시료채취 및 분석방법

VOCs의 시료 채취는 진공 처리된 스테인레스 스틸 재질의 6L canister를 조절기(restrictor)에 연결하여 포집하였다. 또한 인체의 피폭 영향을 고려하여 인간의 호흡기와 비슷한 높이인 1.5m 지점에서 포집하였다. Canister방법은 미국 환경보호청(US EPA)의 대기중 휘발성 및 반휘발성 유기화합물을 포집하는 방법인 TO-14에서 지정된 것으로(US EPA, 1988), 대부분의 유기화합물을 안정적으로 포집하는 것으로 알려져 있다(Brymer et al., 1996). 조절기(Restrictor PN : 39-23080, CS 1200)는 Canister로 유입되는 시료의 유량을 일정하게 유지시켜 주는 역할을 하며 내부에는 필터가 내장되어 있어 입자상물질을 제거시켜 준다. 분석 장치로는 GC/MS (Gas Chromatography-Mass Spectro meter, Model HP6890/5973N)를 이용하였다. 이 기기는 분자에 에너지를 가하여 생기는 이온들을 질량 값에 따라 분리하여 기록하는 장치로 물질의 분자량과 구조에 관한 정보를 얻을 수 있는 기기이다. GC/MS 분석법은 혼합물을 GC의 칼럼으로부터 분리한 후 이를 on-line으로 질량 분석기에 도입하는 방법으로 혼합물 중의 개개 화합물에 대한 질량 스펙트럼을 얻을 수 있다.

3. 결과 및 고찰

그림1에 지하철 역사의 대합실과 승강장에서 측정, 분석한 35개 휘발성 유기화합물의 농도를 나타내었다. 그림1에 나타낸 성분별 농도를 살펴보면, 벤젠(Benzene)의 경우 인덕원역 승강장에서 15.749ppb로 가장 높은 농도를 나타내었고, 대화역 승강장에서 0.378ppb로 가장 낮은 농도를 보였다. 벤젠(Benzene)의 배출원은 주로 자동차 배출 가스, 가솔린 증발 등의 형태로 배출되고, 석유정제 및 석유화학 공장 등에서 배출되고 있으나, 본 측정에서 고농도로 검출된 것으로 보아 미확인 배출원에 영향을 받은 것으로 사료된다. 톨루엔(Toluene)은 벤젠(Benzene)과 달리 독성은 강하지 않으나, 사업장 등과 같은 작업환경에서 100ppm 이상의 고농도로 폭로되면 눈, 목, 기도 및 피부

의 자극 현상과 간장과 신장 장애가 초래된다고 알려져 있다. 톨루엔(Toluene)의 경우 각 역사에서 1.072ppb-118.745ppb의 농도 범위를 보였고, 특히 인덕원역 승강장에서 118.745ppb로 가장 높은 농도를 나타내었다. m,p-자일렌(m,p-Xylene)은 0.317ppb-74.291ppb의 범위로 나타났고 인덕원역 승강장에서 74.291ppb로 가장 높은 농도를 나타내었다. 그의 성분들을 살펴보면 에틸벤젠(Ethylbenzene) 0.044ppb-9.302ppb, 스티렌(Styrene) 0.067ppb-3.509ppb, o-자일렌(o-Xylene) 0.181ppb-35.939ppb, 염화비닐(Vinylchloride) 0.000ppb-0.799ppb, 디클로로메탄(Di chloromethane) 0.159ppb-2.744ppb, 클로로포름(Chloroform) 0.068ppb-0.241ppb로 조사되었다. 인덕원역을 제외하고는 다른 성분들의 경우도 저농도로 측정되어 우려할 만한 수준은 아니었으나, 지하 공간은 환기가 잘 되지 않는다는 점을 고려한다면 앞으로 지속적인 관리가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

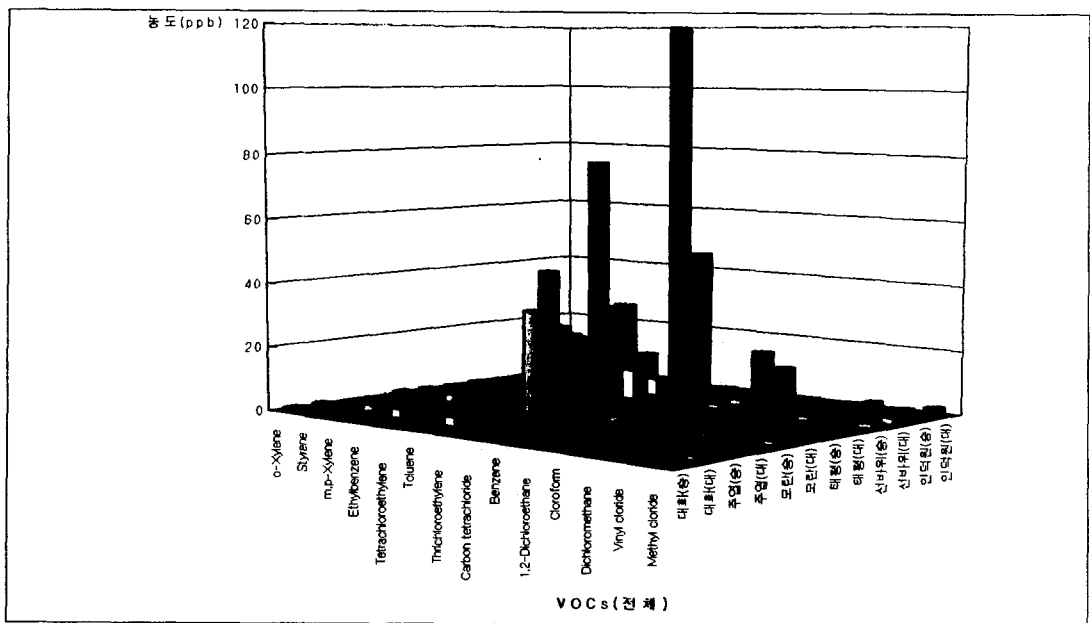


그림1. 전체 역사에서의 측정된 VOCs 농도

전체 성분들 중 가장 높은 농도를 보인 톨루엔(Toluene)을 그림2에 나타내었다. 이 결과에서 알 수 있듯이 인덕원역 승강장과 대합실이 가장 높은 수치를 나타냈다. 인덕원역 승강장에서 측정된 톨루엔의 평균농도 118.74ppb는 서울시 대기중 평균농도 10.228ppb(나광삼등, 1998)와 비교할때 상당히 고농도로 검출되었음을 알 수 있다. 톨루엔에 장기간 노출될 경우 간, 신장은 물론 중추신경계에 이상이 발생하고 톨루엔 중독에 의한 전신마비의 사례가 알려져 있어서 세심한 주의와 관심이 요구된다.

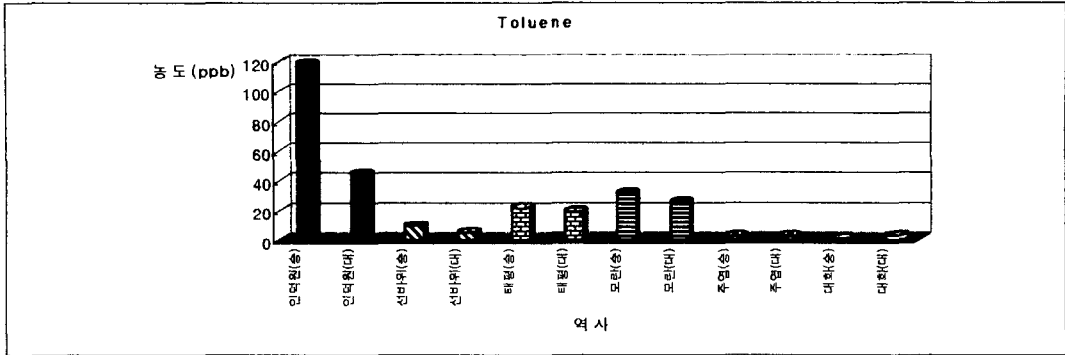


그림2. 각 역사별 Toluene 비교

그림3은 각 측정위치에서의 주요 VOCs성분의 평균농도를 비교한 것이다. 이 결과로부터 스티렌(Styrene)을 제외한 모든 성분이 승강장에서 높게 나타나고 있다. 이는 대합실의 경우 외부 환기에 직접적인 영향을 받은 것으로 생각이 된다. 이러한 일부 성분들의 측정위치별 농도차는 대합실의 경우 실외공기의 유입, 승강장의 경우 열차이동에 의한 오염원 운반현상으로 사료된다.

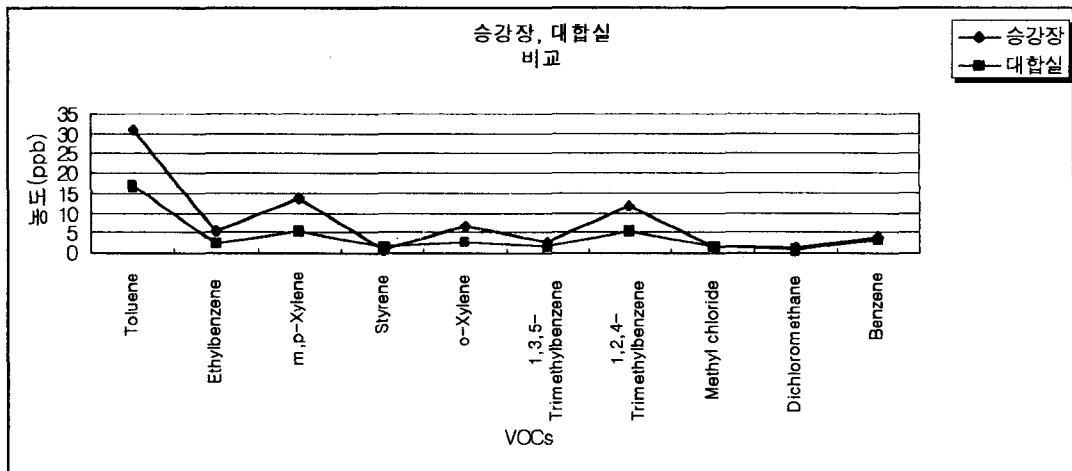


그림3. 승강장과 대합실의 VOCs평균농도 비교

4. 결론

본 연구 결과에서 알 수 있듯이 지하철 역사에서의 VOCs농도는 비교적 낮은 수치를 보였다. 전체 항목들 중 톨루엔(Toluene)이 가장 높은 농도를 보였으며, 특히 인덕원역 승강장이 가장 높

은 수치를 나타내었다. 인덕원역의 경우 몇가지 성분들이 고농도로 검출되어 추후 정밀한 배출원 조사가 필요하다고 생각된다. 대합실과 승강장의 농도를 비교하면 전체 항목중 스티렌(Styrene)을 제외한 모든 성분이 승강장에서 높게 조사되었다.

대부분의 VOCs는 대기중 체류 시간이 길어 유동 인구가 많고 대기의 순환이 잘 이루어지지 않는 지하 공간에서는 인체에 심각한 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 또한 이 결과치 만으로 지하역사 내의 VOCs에 대한 영향을 유추하기는 어려움이 있어, 보다 정밀한 측정과 원인 분석이 있어야 할 것으로 사료된다. 그리고 VOCs 농도가 높고 악취가 심각한 여름철 측정과 계절별 농도 변화 등 여러 가지 변수에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 나광삼, 김용표, 김영성 (1998), 서울 대기중에서 C2~C9 휘발성 유기화합물의 농도, 한국대기보전학회지, 14(2), 95-105.
2. 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.
3. Brymer, D., Ogle, L.D., Johnes, C. J., and Lewis, D.L.(1996), Viability of using SUMMA polished canisters for the collection and storage of parts per billion by volume organics., Environ. Sci. Technol.. 30, 188-195.