

## 4A5) 지하철 역사내 공간 구획에 따른 미세먼지 질량 및 이온성분 분포에 관한 연구

### Characteristics of PM-10 and Ion Component according to Space Division in Subway Station

박황수 · 선우영 · 우정현 · 김조천 · <sup>1)</sup>손종렬 · <sup>2)</sup>노철언 · 김수향 · 손운석  
건국대학교 신기술융합학과, <sup>1)</sup>고려대학교 보건과학대학 환경보건학과,  
<sup>2)</sup>인하대학교 화학과

#### 1. 서 론

급속한 경제 개발은 삶의 질 향상과 수도권으로의 인구 과밀이라는 두 가지 결과를 가져왔다. 수도권으로의 인구과밀로 인해 한정되고, 협소한 공간의 높은 인구 밀도로 인해 지상의 높은 빌딩 숲 사이로 한정된 도로위를 달리는 차보다, 단위 시간당 수송 분담율이 월등히 높은 지하철 시대개막을 촉진시키게 되었다. 현재 서울시는 1975년 지하철 개통을 시작으로 2009년 9호선까지 운행 중이다. 대부분 지하철 역사는 지하에 위치하고 있으며, 특히 5~8호선의 경우 거의 모든 역사가 지하에 위치하고 있다. 시민들의 지하철 이용시간이 늘어남에 따라 지하공간에 대한 사람들의 관심과 쾌적한 환경에 대한 요구가 늘어나고 있다.

지하역사는 많은 사람들이 이용하는 시설이며, 위치적 특성상 지상보다 많은 환기를 필요로 하고 있다. 그러나 현재 서울에서 운영중인 1~4호선의 경우 개통년도가 30년을 초과한 역사가 많고 환기 시설 역시 건설 당시의 기준을 적용하고 있다. 따라서 환기 시설이 유동인구에 비해 환기 용량이 적어 적절한 환기가 어려운 상황이며, 이들 미세먼지 중에는 열차 선로의 마찰에 의해서 생성되는 금속 성분도 많이 포함되어 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 서울시에서 운영중인 지하철 1~4호선 4개의 노선 중 1호선(J역)과 2호선(S역)을 각각 선정해서 겨울과 봄의 PM-10 질량농도 및 이온성분 특성을 파악하였으며 지하철 공기질 개선 등 기초 연구 자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

본 연구에서는 서울시에서 운영중인 지하철 1, 2호선 중에서 지하에 승강장이 위치한 역사 2곳(1호선 J역, 2호선 S역)에 각각 4개의 시료 포집 지점을 선정하였다. 선정된 지점은 역사와 역사 중간 터널, 승강장(플랫폼), 대합실(매표소), 외기(실외)의 4개 지점을 선정해서 각 호선별 상향 방향에서 2009년 2월 9일에서 5월 27일까지 총 4회에 20일간 시료 포집이 이루어 졌다. 시료 포집시간은 실내공기질 공정시험 방법에서 제시한 20시간 동안 시료 포집을 실시하였으며 시간상으로 지하철 첫 열차가 운행하기 시작하는 05시에서 마지막 열차가 운행을 종료하는 익일 01시까지 측정하였다.

P. S. D설치 유/무를 살펴보면, 대상 역사 2곳 중 1호선 J역은 P. S. D가 미설치된 역사이고, 2호선 S역의 경우 역사의 승강장과 선로를 완전 밀폐시켜 분리하는 형식인 완전 밀폐형 P. S. D가 설치 되어있다.

포집 및 분석 물질로는 지하역사내 부유중인 미세먼지(PM-10)과 양이온  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  5항목과 음이온  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  3항목으로 총 8종의 이온성분 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 일정 입경(PM-10) 시료 포집을 위해서 Cyclone 형식의 포집장치를 사용해서 시료 포집을 실시하였다. 장비의 구성은 상단부 Cyclone 샘플러(URG-2000-EH)와 포집 필터를 장착하는 47mm Teflon filter pack(Sarvillex-6T-473-4N), 포집 장치 내 유량을 조절하는 유량 조절부(rotometer), 시료 포집용 Vacuum Pump(GAST 1023, 1531)으로 장치를 구성하였다. 사용된 필터로는 47mm Zefluor(Pore-size 2.0 $\mu\text{m}$ ) 필터로 시료포집 전/후 72시간동안 항량 후 얻어진 무게차와 유량, 포집시간을 이용해서 질량 농도를 계산하였고, 시료 포집 동안 유량은 실내 공기질 공정시험방법에 명시되어 있는 16.7l/min으로 일정유량을 유지하였다.

이온분석 장비로는 양이온과 음이온 분석이 가능한 IC(Ion Chromatography, Dionex, ICS-2000)분석 장

비를 사용해서 양/음 이온성분 분석을 실시 하였다. 이온성분 분석에 사용된 서프्रेस러로는 음이온 ASRS 4mm, 양이온 CSRS 4mm, 칼럼은 음이온 AS18A, 양이온 CS12A가 사용되었다.

### 3. 결과 및 고찰

각 측정 지점별 겨울철 평균 질량농도는 P. S. D(Platform Screen Door)가 미설치된 1호선의 J역의 경우 외기  $104\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대합실  $139\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 승강장  $165\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 터널  $204\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 서울시 실내 공기질 권고 기준 ( $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 상회하는 결과를 나타냈으며, P. S. D가 설치된 2호선 S역의 경우 외기  $89\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대합실  $102\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 승강장  $97\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 터널  $385\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 결과를 나타내 사람들이 이용하는 대합실과 승강장은 실내 공기질 기준을 만족 하였다.

이러한 결과는 P. S. D로 인해서 터널과 승강장이 분리되고, 이로 인해 오염된 공기가 승강장으로 유입되지 않고 터널내에 정체되어 P. S. D가 설치된 역사의 터널내 오염도가 증가한 것으로 추정된다.

$\text{SO}_4^{2-}$ 와  $\text{NO}_3^-$ 의 경우 실외, 승강장, 대합실, 터널 순서로 질량 분율이 작아졌으며, 실외에 비해 대합실, 승강장, 터널의 질량 분율은 1호선 J역이 최대 3배, 2호선 S역은 4배 줄었다. 이는 측정 역사가 서울시 내 주요 도로 변에 위치하고 있어서 외부공기와의 접촉이 많은 순으로 이온농도를 나타냈다. 특히 P. S. D가 설치된 역사는 터널로 갈수록 음이온 성분 비율이 설치되지 않은 역사보다 더 작아지는 경향을 보인다.

$\text{Ca}^{2+}$ 의 경우 사람의 출입이 적은 터널방향으로 갈수록 양이온 성분 중 눈에 띄게 비중이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 이는 터널 내부의 자재가 철로를 제외하고 콘크리트로 및 자갈로 되어 있어서 지하철 운행에 따라 마모되어 생성되는 것으로 사료된다. 대체적으로  $\text{SO}_4^{2-}$ 와  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  성분은 외부의 배출원의 영향을 많이 받아 터널로 갈수록 양이 적어지는 반면, 양이온은 외부 오염원의 영향도 있지만 터널(자갈 등)에서 발생하는 토양입자로 인해 오히려 양이 증가하거나 일정한 경향을 나타냈다.

### 사 사

본 연구는 서울시정개발연구원 2007년도 서울시 산학연 협력사업 기술기반 구축(특정) 사업 '지하역사 및 터널의 인공지능형 공기질 제어 및 관리 시스템 개발 사업(CS070160)'의 지원으로 수행 되었습니다.

### 참 고 문 헌

- 김민영, 정일현 (1998) 서울 지하철 시청역 구내에서의 부유먼지 농도의 변동 패턴과 측정방법간 비교, 한국환경분석학회지, 1(3), 227-238.
- 김용표 (2006) 서울의 미세먼지에 의한 대기오염, 한국대기환경학회지, 22(5), 535-553.
- 송희봉, 신동철, 황승만, 박연준, 홍성희, 문영훈, 백성욱 (1999) 대구지역 지하철역사의 실내공기질 특성평가, 대한환경공학회지, 21(9), 1673-1688.
- 유수영, 최금찬, 김기현 (2005) ICP와 AAS를 이용한 대기 입자상 표준물질(SRM 1648) 금속성분의 정량에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 21(4), 423-430.
- 이정주 (2005) 지하철 역사에서의 미세먼지 오염도 특성, 용인대학교 자연과학연구소논문지, 10(1), 5-13.
- 이철민, 박화미, 노영만, 김윤신, 박동선 (2008) 서울시 지하철 객차 내 PM과  $\text{CO}_2$ 의 농도 분포, 한국환경보건학회지, 34(1), 34-41.