

AD1) 분진의 개수농도 및 원소농도에 입각한 서울시 지하철 역사내 오염원의 확인 및 기여도 추정 **Source Identification and Their Contributions In Seoul Subway Stations Based on Number and Elemental Composition**

최형욱, 황인조, 김동술, 김신도*

경희대학교 환경학과 대기오염연구실 및 환경연구센터

*서울시립대학교 환경공학과

1. 서론

도시 집중화로 교통난과 토지 과부족 현상이 야기되었으며, 초고층빌딩과 지하공간의 개발이 급속히 진행되고 있다. 또한, 지하공간의 이용률 급등에 따라 지하공기를 포함한 실내공기질에 관한 관심이 높아지고 있다. 기존 연구문헌에 의하면, 현대인의 대부분은 하루 중 80 ~ 95 %를 다양한 실내 공간에서 생활하고 있으며 (Wiley *et al.*, 1991), 실내오염원이 존재할 경우 실외대기보다 실내공기의 오염도가 극심하다는 연구결과도 있었다 (Hines *et al.*, 1993). 더욱이 지하공간의 경우 인위적 급·배기 설비에 의존하여 공기를 순환하는 특성을 지니고 있기 때문에, 내부 오염원이 존재하며 적절 환기량이 부족할 경우 심각한 공기오염을 초래할 수 있다. 최근 실내공기에 대한 커다란 관심에도 불구하고 지하공기질에 대한 기초연구는 매우 미진하며, 단순통계분석에 입각하여 오염현황 파악에 급급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대표적인 지하공간인 서울시 지하철역사에서 분진의 오염도를 측정하고, 미세분진의 물리·화학적 특성을 분석하였으며, 오염원 확인과 기여도를 계산하기 위해서 다양한 응용통계기법을 이용한 수용모델을 개발하고 분석하였다. 수용모델의 결과는 지하철역사 내 오염물질의 저감대책 수립에 기초적인 자료로 활용될 것으로 사료된다.

2. 시료의 채집 및 분석 방법

본 연구를 위해 2000년 2월 14일 종로3가역에서 미세분진의 입경분포에 따른 개수농도를 측정하였으며, 2000년 4월 10일에서 4월 27일까지 서울시내 전철역 중 환승역을 중심으로한 8개 역사에서 PM-10을 채취하였다. 개수농도의 측정은 Particle Size Analysis System (U.S.A., API, Aerosizer)을 사용하여 외기, 대합실, 승강장, 터널에서 총 69번 측정하였다. PM-10은 Mini-vol sampler (U.S.A., Airmetrics Co., Model 4.1)를 사용하여 채취유량 5 L/min으로 24시간 측정하였으며, 채취시간은 기기에 부착된 timer를 이용하여 조절하였다. 시료채취에 이용된 여지는 미국 Corning Costa사의 47 mm 멤브레인 여지를 사용하였다. 시료채취 후 여지는 전자 데시게이터에서 24시간 이상 항량시켰으며, 전자저울을 이용하여 칭량한 후 시료 채집 전·후의 무게차를 채집 유량으로 나누어 분진농도를 계산하였다.

채취된 PM-10 입자의 무기원소 분석을 위한 전처리법은 미국 EPA에서 1992년 10월 13일에 고시한 CWA의 microwave 전처리법을 준용하여, Questron (U.S.A., Questron, Model Q-15 MicroPrep)을 이용한 질산 전처리방법을 사용하였다. 전처리가 끝난 시료는 ICP-MS (U.S.A., HP, Model HP4500)를 이용하여 총 19종의 원소에 대하여 분석을 수행하였으며, 이 중 검출한계 이하의 값과 검출되지 않는 항목을 제외하고 총 11종의 원소 (Al, Na, Mg, Si, K, Ca, V, Fe, Cu, Zn, Pb)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

0.1 μm ~ 200 μm 까지 측정된 입경별 개수농도 자료 중 0.1 μm ~ 10 μm 의 30개의 채널에서 측정된 개수농도 (number concentration) 자료를 이용하여, 오염원을 분리 추출하였다. 69개의 측정자료를 측정지점별로 평균하였으며, 26개의 원자료 (raw data)로 사용하였다. 원자료는 통계적으로 해석하기 좋은

자료로 변환하기 위해서 자료의 전처리를 수행하였다. 그러나 개수농도 원자료는 정규분포 형태의 비슷한 농도 경향을 가지기 때문에 일반적으로 많이 사용하는 제곱근, 로그변환 등이 아닌 다른 다양한 변환을 수행하였으며, 최종적으로는 원자료를 4승하여 첨도 (kurtosis)를 과장한 후, 각각의 자료에 임경별 평균 농도와의 비율을 계산하여 5개의 오염원을 분리하였다. 분리된 오염원 자료는 다시 상관 분석을 통하여 분리의 정도를 확인하였으며, 그 결과를 그림 1에 나타내었다.

한편 PM-10의 무기원소 측정치를 통해 얻은 자료를 바탕으로 PMF/CMB 모델을 수행한 결과 철관련 오염원, 자동차관련 오염원, 토양관련오염원1, 토양관련오염원2의 4개 오염원을 분리하였으며, 최종적으로는 토양관련오염원1과 토양관련오염원2를 합하여 토양관련오염원으로 결정하여 3개의 오염원으로 분리하였다. 3개의 오염원이 지하역사 내에 존재한다고 가정하고 PMF 모델에서 계산되어진 오염원 분류표를 이용하여 CMB 모델을 수행하였으며, 그 결과는 그림 2에 나타내었다.

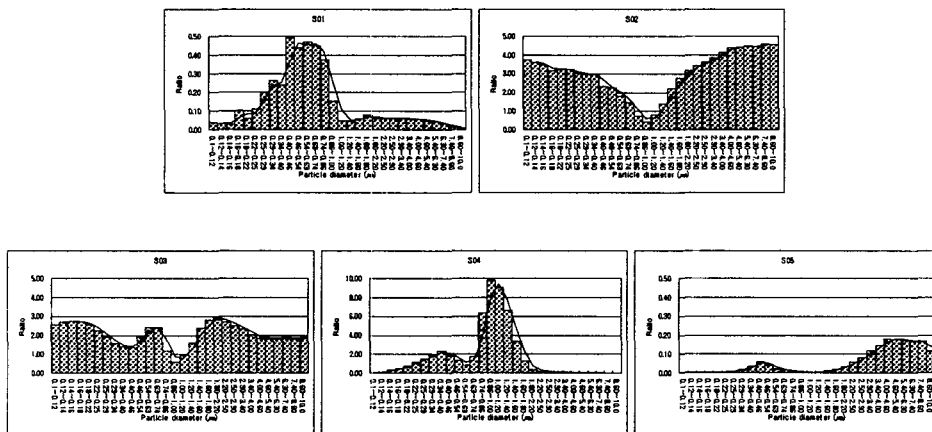


Fig. 1. The separated source patterns by ratio of number concentration.

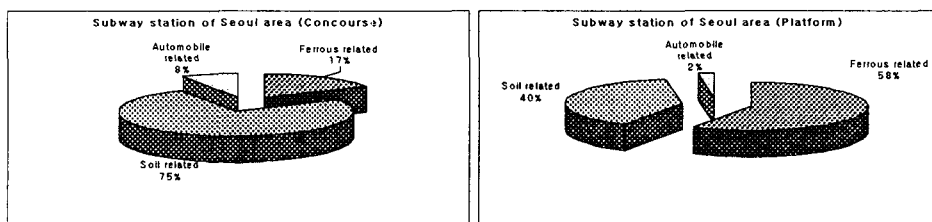


Fig. 2. Average source contributions in Seoul Subway Stations.

4. 사 사

본 연구의 일부는 1999년 한국건설기술연구원 산·학·연 공동연구개발사업 지원과제 (과제번호 : R&D/99토목II-02)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Hines, A.L., Ghosh, T.K., Loyalka, S.K., Warder Jr., R.C. (1993) *Indoor Air Quality & Control*, PTR Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 1-9.
 Wiley J.A., P.J. Robinson, T. Piazza, K. Garrett, Y. Cheng, and G. Marti (1991) *Activity Patterns of California Residents*, Final Report for the Research Division, California Air Resources Board. Contact N. Sacramento, CA, A6, 173.