

3A1) 흡착관법과 백방식에 기초한 방향족 VOC시료의 분석기법 비교

Comparison of Tube Method and Bag Method for the Analysis of Aromatic VOC

박신영·김기현

세종대학교 지구환경과학과

1. 서론

방향족 휘발성 유기화합물질(VOC: volatile organic compounds)은 석유화학공정, 액체 및 고체연료의 연소, 화학제품의 제조과정 등 다양한 배출원으로부터 방출이 이루어진다(Czaplicka and Klejnowski, 2002). 방향족 VOC 중에서도 벤젠은 발암성물질로서 엄격한 관리가 필요한 성분으로 알려져 있다(Heeb et al., 2000). 따라서, 환경계에 존재하는 벤젠을 포함한 방향족 VOC는 지속적인 관리가 필요하다(Khan and Choshal, 2000). 방향족 VOC는 오존의 전구물질로도 작용하기 때문에 대기화학적 관점에서의 연구도 활발하게 이루어져 왔다(Gan and Hopke, 2003; Heeb et al., 2000).

최근의 기술발전에 의해 일반환경 중에 포함되어있는 VOC를 분석하는 기법은 더욱 정밀하고 다양해졌다. 분석기법의 발전과 동시에 그에 대한 주변인자들(정도관리, 분석시스템의 기능, 연구자의 숙련도 차이 등)의 특성에 따라 발생가능한 오차의 종류역시 다양해졌다. 따라서, 일반적으로 수 ppb 수준의 극미량으로 존재하는 VOC를 정확하게 분석하기 위해서는 분석특성을 정확하게 이해하는 것이 중요하다(박신영과 김기현, 2006).

일반적으로, VOC 시료의 채취에는 흡착제를 충전한 흡착관방식이나, 백에 시료를 채취하는 백 방식을 사용한다. 최근들어, 많은 연구진들은 편의성과 경제성 측면에서 많은 이점을 가지고 있는 백 방식을 많이 선호한다(Sulyok et al., 2002). 그러나 백 방식은 시료내에 포함되어있는 수분에 의한 영향을 많이 받는다. 또한, 보관 및 분석 기간동안의 온도에 민감하게 변화한다. 따라서, 백방식으로 분석하는 데에 있어서는 많은 오차의 요인이 작용할 수 있다(Beghi and Guilot, 2006). 흡착관 방식 역시, 흡착제의 종류 및 충전한 흡착제의 양에 의해, 분석결과의 오차가 발생할 수 있다(Czaplicka and Klejnowski, 2002).

본 연구에서는 VOC 시료채취 방법이 갖는 오차의 특성을 평가하고자 하였다. 특히, 기본적으로 가장 많이 사용하고 있는 시료채취 방법인 백 방식과 튜브방식을 중심으로 실험을 진행하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 기본적으로 대기 중에서 검출빈도가 높고 인체에 유해성이 강한 것으로 알려진 C₆~C₁₀영역의 방향족 화합물을 대표하는 4가지 성분들(benzene, toluene, p-xylene, styrene)을 주 연구대상 물질로 선정하였다. 분석을 위해, VOC 분석에 가장 보편적으로 사용하는 GC/FID(Model Donam 6200, Korea) 시스템을 활용하였다. 4가지 방향족 VOC는 공기분배/저온농축-열탈착 전용기(Air server/thermal desorber(AS/TD))를 GC/FID 시스템과 결합하여 분석하였다.

검량을 위한 표준시료는 20ppm 수준의 등 농도대로 조제한 기체상 표준시료(Ri gas, Korea)를 사용하였다. 구체적으로, 3종의 VOC(benzene, toluene, p-xylene) 성분을 동시에 함유한 한 개의 실린더와 상대적으로 보존이 용이하지 않은 styrene을 단독으로 함유한 표준가스의 실린더를 각각 별도로 구매하여 사용하였다. 기체상 시료는 한 차례의 희석 과정을 거쳐 5, 10, 50ppb 수준의 작업용 표준시료로 조제하였다. 3 개의 농도대로 준비한 작업용 표준시료는 1차와 2차로 구분하여 분석하였다. 1차로 준비한 표준시료는 TD시스템을 이용하여, 부피고정 방식(FSV: Fixed standard volume)으로 분석하였다. 1차 분석을 마친 작업용 표준시료는 2차적으로 준비한 백과 흡착관을 사용하여 채취하였다. 이 때, 채취조건 (loading flow: 40ml/min, loading time: 5min)은 백과 흡착관 방식 모두 일정하게 유지하였다. 채취과정을 거쳐 준비한 2차 작업용 표준시료는 각각의 채취 용기특성에 맞는 방식으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

1차 실험과 백과 흡착관 방식을 적용한 2차 실험은 각각의 실험 조건 별로 3점 검량을 하였다. 그리고 검량기울기를 비교하는 방식으로 감도변화를 평가하였다. 1차 실험과 2차 실험의 결과를 그림 1에 제시하였다. 그림 1에 제시한 결과는 3회 반복실험한 결과의 평균값을 나타낸 것이다.

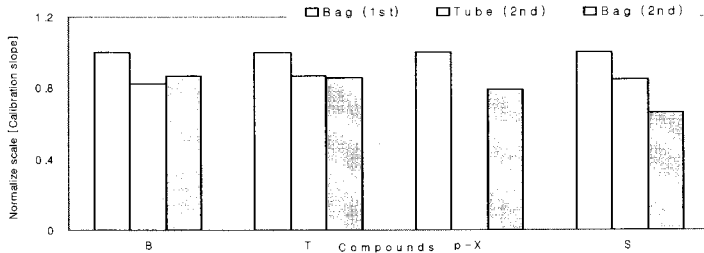


Fig. 1. Comparison of analytical sensitivity of different sampling method for analysis of aromatic VOC.

분석결과, 1차 시료를 2차적으로 준비한 흡착관을 사용하여 채취 후, 분석하였을 때, p-xylene을 제외한 3가지 성분의 회수율이 82~86% 수준으로 나타났다. P-xylene 성분의 경우, 알 수 없는 peak와 겹쳐서(연구실 차원에서 통상적으로 사용하고 있는) GC/FID 방식의 VOC 분석방법으로는 정성 및 정량이 어려웠다. 1차 시료를 2차적으로 준비한 백 방식으로 채취하여 분석을 진행한 결과, 4가지 성분별 회수율이 각각 benzene(86%), toluene(84%), p-xylene(79%), styrene(65%) 수준으로 나타났다. 이러한 결과를 통해, 본 연구에서 사용한 흡착관 방식과 백 방식 모두 시료의 채취 시 시료의 손실이 발생하는 것으로 나타났다. 시료채취 방식별로 회수율을 비교해 보았을 때, 백 방식이 흡착관 방식보다 손실이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 백 방식을 사용할 경우 상대적으로 분자량이 큰 물질들의 손실이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 박신영, 김기현 (2006) 휘발성유기화합물의 작업용 표준시료의 분석과 오차의 발생에 대한 특성: 회석과정이 분석결과에 미치는 영향, 냄새환경학회지, 5(2), 99-107.
- Beghi, S. and J.M. Guillot (2006) Sample water removal method in volatile organic compound analysis based on diffusion through poly(vinyl fluoride) film, *Journal of chromatography A*, 1127, 1-5.
- Gan, F. and P.K. Hopke (2003) Data mining of relationship between volatile organic components and transient high ozone formation, *Anlytica chimich acta*, 490, 153-158.
- Heeb, N.V., A.M. Forss, C. Bach, S. Reimann, A. Herzog, and H.W. Jackle (2000) A comparison of benzene, toluene, and C2-benzenes mixing ratios in automotive exhaust and in the suburban atmosphere during the introduction of catalytic coverter technology to the Swiss Car Fleet, *Atmospheric Environment*, 34, 3103-3116.
- Khan, F.I. and A.K. Ghoshal (2000) Removal of volatile organic compounds from polluted air, *Jurnal of Loss prevention in the process industries*, 13, 527-545.
- Klejnowski, K. and M. Czaplicka (2002) Determination of valatile organic compounds in ambient air Comparison of methods, *Journal of chromatography A*, 976, 369-376.
- Sulyok M., C. Haberhauer-Troyer, and E. Rosenberg (2002) Observation of sorptive losses of vlatile sulfur compounds during natural gas sampling, *Journal of chromatography A*, 946, 301-305.