

# 1D3) 실내VOC 측정의 주요 불확도 요소 평가 방법

## Evaluation of Major Uncertainty Factors in Measurement of Indoor VOC

최윤남<sup>1,2)</sup> · 허귀석<sup>1)</sup> · 김미언<sup>1)</sup> · 김용두<sup>1)</sup> · 이진홍<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한국표준과학연구원 환경연구단, <sup>2)</sup>충남대학교 환경공학과

### 1. 서 론

실내 공기오염에 대한 체계적인 관리를 위해서는 실내공기 오염에 대한 정확한 측정이 뒷받침 되어야 한다. 이를 위해서는 국내 실내공기오염 측정기관의 측정 신뢰성 확보가 매우 중요하다. 측정의 신뢰도는 측정결과의 불확도로서 표현되므로 불확도 평가는 측정의 질을 가늠하는 주요 지표가 될 수 있다. 그러나 측정과정의 불확도 요인을 제대로 파악하지 못하고 불확도 평가를 수행할 경우는 틀린 불확도로 인하여 측정결과의 질이 떨어질 수 있다. 그러므로 제대로 불확도 평가를 하는 것은 매우 중요하며 특히 주요 불확도 요인을 잘 파악하여 평가를 하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 실내 VOC 측정과정의 주요 불확도 요인을 실험 방법에 따라서 어떻게 평가하는 것이 바른 것인지를 검토하였다. 숙련도 시험에 참가한 기관들의 불확도 평가 방법을 비교하여 문제점을 파악하고 바른 불확도 평가방법을 제시하고자 한다.

실내에서 발생되고 있는 여러 종류의 유해오염물질은 매우 극미량의 농도에서 인체에 유해성을 나타낸다. 이를 정확하게 측정하기 위해서는 시료채취부터 분석까지의 측정과정의 전반적인 측정관리가 필요하다. 측정관리는 측정 전체 과정의 불확도 평가(ISO, 1993; 소현영 등, 2001)를 통해서 이루어질 수 있다.

### 2. 연구 방법

실내 VOC 6개의 성분(benzene, toluene, ethylbenzene, m-xylene, styrene, o-xylene)에 대한 측정에서 흡착관을 이용한 시료 채취부터 분석까지의 측정 전 과정에 대한 불확도 계산은 다음 모델 식(at 20 °C, 1 atm)을 이용하였다.

$$C_S = \left\{ \frac{(C_R \times (I_S/I_R) \times f_{CA} \times f_S)}{V_S} \times 1000 \right\} (\mu g/m^3)$$

Quantity	Unit	Definition
C <sub>S</sub>	μg/m <sup>3</sup>	실내 공기시료 내 VOC의 농도
I <sub>S</sub>		시료흡착관의 기기분석 감도
C <sub>R</sub>	ng	표준흡착관에 흡착된 VOC의 무게
I <sub>R</sub>		표준흡착관의 기기분석 감도
f <sub>CA</sub>		검량선 보정인자
f <sub>S</sub>		시료흡착관의 안정도 보정인자
V <sub>S</sub>	mL	20°C, 1기압 조건으로 환산된 실내 공기시료의 채취량

주요 불확도 요인에 대한 평가는 불확도 계산 프로그램, PRISM을 이용하였다. 본 연구에서는 숙련도 프로그램에 참가한 기관들의 불확도 평가 결과를 PRISM 프로그램을 사용하여 비교하였다. 또한 각 참가기관에서 보고한 불확도 평가방법과 결과를 비교하여 불확도 평가의 문제점을 파악하고자 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

실내VOC 측정과정의 불확도 요인은 크게 4가지다: 시료채취 불확도, 표준시료 불확도, 분석불확도,

흡착시료의 안정도 불확도. 여기서 분석불확도는 표준흡착관 분석불확도와 시료흡착관 분석 불확도, 그리고 검량선 불확도가 포함되어 있다.

### 3.1 시료채취불확도

시료채취 불확도는 펌프유량과 채취시간의 불확도로 평가된다. 펌프유량의 불확도는 펌프를 교정받아 교정성적서로부터 얻거나 실험자가 자체적으로 기준 유량계를 사용하여 펌프유량을 교정함으로써 펌프의 교정 불확도를 산출할 수 있다. 펌프 유량의 교정은 반드시 사용 범위에 따른 유량 교정을 하여야 하며, 사용범위에 따른 유량의 재현성 및 안정성, 직선성의 시험 결과로부터 펌프 유량 불확도가 산출되어야 한다

### 3.2 표준시료 불확도

표준흡착관을 제조하는 방법에는 크게 가스상 표준물질을 이용하는 방법과 액상 표준물질을 이용하는 2가지 방법이 있다. 각 제조방법은 고농도의 표준물질을 희석하여 표준흡착관을 제조하는 경우에는 희석과정의 불확도가 포함되어야 한다. 표준시료 제조과정에서 일정량의 부피나 무게를 잴 경우에는 반드시 측정기구의 신뢰성을 증거할 수 있는 교정 성적서를 갖추고 있어야 한다. 부피를 눈으로 보고 측정할 경우에는 시각적 측정에 기인한 불확도 요인을 반드시 파악하여야 한다.

1) 가스상 표준물질을 고농도 표준가스로서 제조할 경우에는 매우 소량의 부피를 취하여야 하므로 이를 취하는 방법에 따른 불확도를 평가하여야 한다. 사용한 표준물질의 성적서에 불확도가 명기되어 있지 않은 경우에 표준물질 불확도는 성적서에서 제시한 내용을 측정자가 판단하여 표준 불확도나 확장 불확도로 결정하여야 한다. 가스상 표준물질을 사용하는 경우에는 흡착유량과 관련하여 시료채취 불확도와 같은 방법으로 유량 불확도를 결정할 수 있다.

2) 액상 표준 물질을 사용하는 경우에는 흡착관에 흡착시킨 용액의 부피 측정 불확도를 구하여야 한다. 부피측정 불확도는 용액주입에 사용한 syringe 불확도와 사용자의 눈금측정 불확도로 부터 평가될 수 있다. 이 때 시린지의 불확도는 syringe의 교정 성적서로부터 구할 수 있으며, 눈금측정 불확도는 사용자가 반복적으로 용액을 취하는 시험을 한 후 최대 변이로부터 불확도를 구할 수 있다. 이 두 가지 불확도를 합성하여 용액의 부피측정 불확도를 구할 수 있다.

### 3.3 분석불확도

일반적으로 분석 불확도는 분석시스템의 관리와 흡착관의 관리에 따라 영향을 받을 수 있으며, 관리 조건에 문제가 생기지 않는 한 불확도가 크지 않아 전체 불확도에 미치는 영향이 비교적 작다. 표준흡착관분석 불확도는 검량선 작성에 사용한 표준흡착시료들 중 기기분석감도가 실제 시료흡착관의 기기분석감도와 가장 비슷한 수준을 나타내는 표준흡착관의 기기분석감도로부터 불확도 계산을 수행할 수 있다. 시료흡착관분석 불확도는 대기시료를 채취한 시료흡착관을 표준흡착관과 동일한 조건에서 분석하여 얻어진 기기분석감도를 입력함으로써 시료흡착관분석 불확도를 구할 수 있다. 검량선 불확도는 표준가스를 사용한 경우에는 흡착시킨 시간과 각 시간에서의 기기분석감도를 사용하고, 표준용액을 사용한 경우에는 흡착시킨 주입량과 각 주입량에서의 기기분석 감도로부터 구한다.

### 3.4 흡착관의 안정도 불확도

각 측정자가 자체적인 측정을 통하여 흡착관 내 각 성분의 안정도 불확도를 구하여 입력하거나 문헌에서 제공한 불확도 값을 그대로 적용하여 구할 수 있다.

## 4. 결 론

측정불확도 평가는 측정방법에 따라 조건이 달라지므로 평가 방법이 다를 수 있으나 기본적인 불확도 요인은 크게 바뀌지 않는다. 공정시험방법을 정해서 사용하는 목적은 측정자 마다 측정 방법의 차이로 인한 측정결과와 혼란을 피하고 객관적이고 신뢰할 수 있는 측정결과를 얻기 위함이다. 그러나 아직은 측정방법에 대한 불확도 평가 방법에 실험자 마다 차이가 있어 평가방법을 일관성 있고 객관적 있는 방

법으로 정리하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 현재까지 실내 VOC 측정자들의 사용하고 있는 불확도 평가 방법을 비교하고 문제점을 파악하여 일관성 있는 불확도 평가방법을 제시하고자 하였다.

#### **참 고 문 헌**

소현영, 우진춘, 황의진, 최종오 (2001) 화학분석의 불확도 평가, 한국표준과학연구원.  
ISO guide (1993) The expression of uncertainty in measurement, ISO.