

PA44) 동적 부피 혼합법을 이용한 고농도 VOC 표준가스의 제조 Preparation of High Concentration VOC Standard Gases Using Dynamic Volumetric Method

황은진 · 이상윤 · 이광우 · 전기준¹⁾ · 김현호¹⁾

(주)리가스 가스분석과학연구소, ¹⁾한국표준과학연구원 삶의질표준부

1. 서 론

휘발성유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)은 환경의 오염은 물론 건강에 대한 위해성이 잘 알려졌으며 이에 따라 규제 대상으로 지정 관리되어 오고 있다. 국내에서는 각종 VOC 화합물을 대기환경보전법, 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 등으로 규제하고 있다.

이러한 VOC 화합물은 성분의 다양성, 발생원의 다양성 등으로 인하여 측정 방법, 측정기 선정의 복잡성이 수반된다. VOC 화합물 측정에 있어서 공통적으로 측정값에 대한 소급성을 유지하여야 하며 이를 위해서 표준물질을 이용한 비교 분석이 필요하다. 측정기의 교정 등에 이용되는 VOC 표준가스의 제조는 생산자 입장에서도 다양한 방식의 기술이 요구되는 개발이 난이한 분야에 속한다.

본 연구에서는 동적부피혼합법 중 연속주입법을 이용하여 VOC 화합물에 대한 고농도 표준가스를 연속적으로 제조하였으며 그 결과에 대한 특성화 작업을 진행하였다.

2. 연구 방법

연속주입법을 이용한 동적 부피 측정법으로 VOC 표준가스를 실시간으로 제조하였다. 그림 1은 VOC 표준가스 제조 장치를 나타내었다.

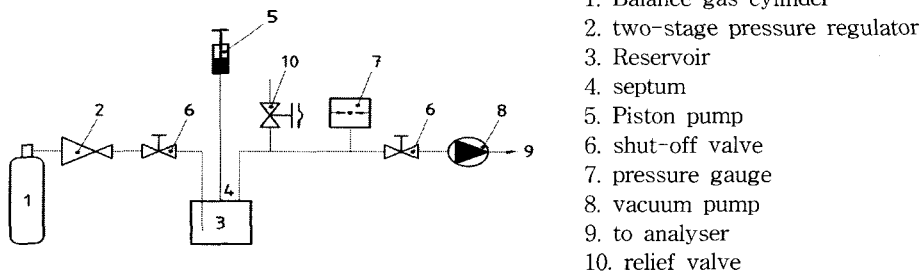


Fig. 1. 연속주입법을 이용한 VOC 표준가스 제조 장치.

본 연구에서는 고정도의 정량 피스톤 펌프를 이용하여 액체 성분 VOC를 연속 주입하여 기화시키고, MFC를 이용하여 보상 기체를 정량적으로 주입하여 각기 다른 농도의 VOC 표준 가스를 제조하였다.

이 방법으로 제조한 표준가스의 농도는 다음의 식과 같이 부피비로 계산되고, 계산된 부피비를 몰 농도로 환산하여 나타내었다.

$$\text{부피비, } C_A = \frac{q_A}{q_A + q_B} \begin{cases} q_A : \text{주입된 성분의 가스 부피 유속} \\ q_B : q_A \text{와 동일한 단위에서 표현되는 보상 가스의 부피 유속} \end{cases}$$

액체 성분이 정량 피스톤 펌프를 통과하는 유량을 측정하여 펌프의 유량 특성을 평가 교정하였으며, MFC를 통과한 보상 가스의 유량은 버블 유량계를 이용하여 교정하였다.

3. 결과 및 고찰

VOC 화합물 중 benzene, toluene, p-xylene, ethylbenzene 4가지 성분을 이용하여 실시간 표준 가스를 제조하였다. 각각의 성분에 대하여 benzene 100~27000 $\mu\text{mol/mol}$, toluene 230~2300 $\mu\text{mol/mol}$, p-xylene 200~6000 $\mu\text{mol/mol}$, ethylbenzene 200~9900 $\mu\text{mol/mol}$ 의 농도를 갖는 표준가스를 제조하였다. 실시간 제조된 VOC 표준가스를 이용하여 작성한 검량선 그래프를 그림 2에서 나타내었다. 검량선은 2차식을 나타내며, 제조된 VOC 표준가스가 측정에 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

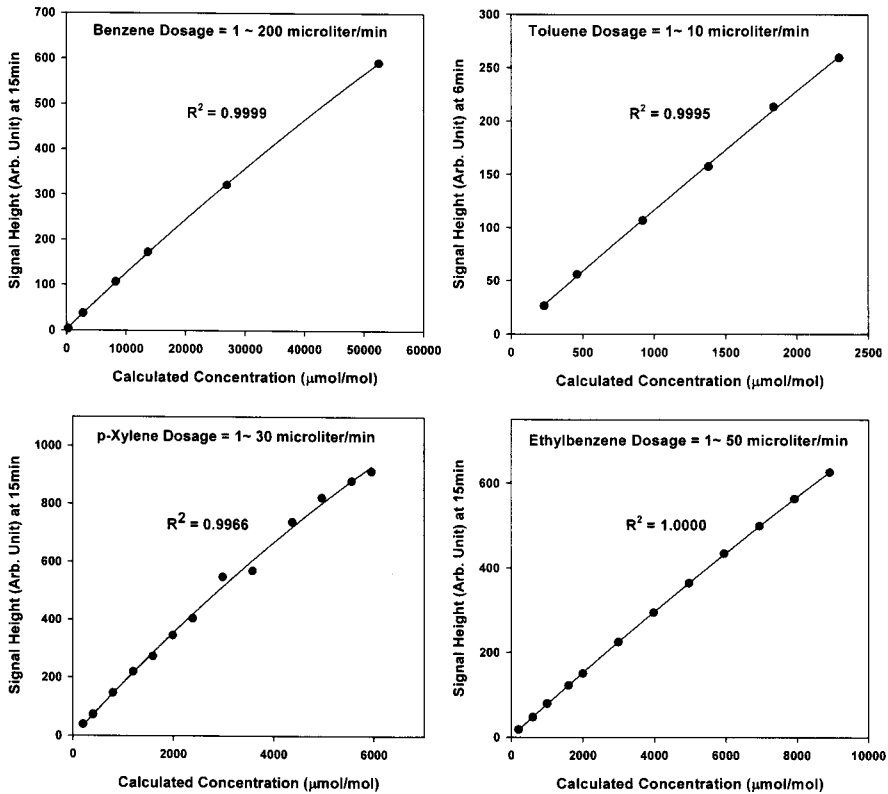


Fig. 2. VOC 표준가스의 검량선 그래프.

연속주입법의 사용은 저농도의 VOC 표준가스 뿐만 아니라 고농도 VOC 표준가스의 제조에 용이하다. 고농도 VOC 표준가스의 제조는 제조하고자 하는 성분 물질 고유의 증기압력에 따라 가능 여부가 결정된다. 또한 증량법에 의하여 실린더에 고농도 VOC 표준가스를 제조할 경우 증기압의 50% 이내의 표준 가스를 제조하는 것이 안정하고, 제조된 표준가스의 보관도 농도의 안정성을 유지하기 위해 관리해야 한다. 그러나 연속주입법의 경우에는 실시간으로 표준가스를 제조하므로 고농도 VOC 표준가스를 보다 안정적으로 공급할 수 있으며 사용자가 원하는 다양한 농도 수준의 표준가스를 제조할 수 있다. 또한 기존의 가열기화법을 이용한 고농도 표준가스의 제조 방법은 각각의 조성 물질이 갖는 고유의 증기압과 끓는점에 영향을 받아 다성분계 VOC의 경우 사용자가 원하는 다양한 농도 수준을 제조하는 것이 불가능하였다. 하지만 연속주입법을 이용한 방법은 복잡한 조성의 고농도 VOC 표준가스를 제조하는데 효과적으로 사용할 수 있다.

그 밖에 연속주입법 시스템의 장점으로는 주입 시스템 내면에서의 불균일 흡착, 손실 등이 발생하지 않기 때문에 전 농도 영역대에서 일정한 농도의 유지가 가능하고, 사용자가 원하는 다성분계의 혼합 증

기를 손쉽게 제조할 수 있으며, 수 일 또는 수 주 동안의 연속적인 증기 발생이 가능하다. THC 화합물 등의 고정 곡선 획득용, VOC 처리 공정 시험법, 동물 실험, 방독면 정화통 시험 평가 등 독성 가스를 이용한 다양한 실험에도 유용하게 사용할 수 있다.

참 고 문 헌

ISO 6145 Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures dynamic volumetric methods.

ISO 6145-4 Gas analysis - Preparation of calibration gas mixtures dynamic volumetric methods

- Part 4 : Continuous injection method.