

CA2) 대기 에어로졸 실험용 실내 스모그 챔버의 설계 및 성능 평가

Design and Performance Evaluation of an Indoor Smog Chamber for Atmospheric Aerosol Experiments

배귀남 · 송기범 · 김민철 · 임득용 · 진현철 · 문길주
한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서론

스모그는 다양한 경로를 통해 생성된 에어로졸에 의해 시정이 감소되는 현상으로 대도시 대기오염의 대표적인 예이다. 서울 스모그 현상은 잘 알려져 있지 않지만, 1차 오염물질에 의한 런던형 스모그 및 광화학 반응에 의한 로스엔젤레스형 스모그와는 다른 양상을 나타내고 있다. 스모그에 관한 연구는 크게 자연적으로 발생하는 스모그 현상에 대한 현장조사 연구와 스모그 생성과정을 인위적으로 밝혀내기 위한 스모그 챔버 연구로 구분된다. 그러므로, 서울 스모그 특성을 체계적으로 밝혀내기 위해서는 현장조사 연구뿐만 아니라 챔버 실험을 통한 스모그 생성과정에 대한 상세한 연구도 필요하다.

스모그 챔버는 크게 실외 챔버(outdoor chamber)와 실내 챔버(indoor chamber)로 구분된다 (Dodge, 2000). 실외 챔버는 대기 온도와 동일한 조건에서 태양을 사용하여 실험을 할 수 있는 장점이 있지만, 실험조건이 시간에 따라 변하므로 실험을 재현하거나 데이터를 해석하는데 어려움이 있다. 실내 챔버는 실험조건을 인위적으로 설정하여 다양한 실험을 수행할 수 있는 장점이 있지만, 인공 태양을 사용하므로 빛의 특성이 태양과 차이가 있어 실제와 다른 실험결과를 나타낼 수 있는 단점이 있다.

본 연구에서는 서울 스모그 특성을 밝혀내기 위하여 대기 에어로졸을 도입하여 실험할 수 있도록 체적이 약 8 m³인 2개의 실내용 스모그 챔버를 설계, 제작한 후 대표적인 성능을 평가하였다. 이 스모그 챔버는 1차 오염물질에 의한 스모그 현상뿐만 아니라 광화학 반응에 의한 스모그 현상도 규명할 수 있도록 설계하였다.

2. 스모그 챔버의 설계 및 제작

본 연구에서 설계한 실내용 스모그 챔버의 구성도와 설계사양을 각각 그림 1과 표 1에 나타냈다. 실내용 스모그 챔버는 습도, 광도 등의 변수가 스모그 현상에 미치는 영향을 정량적으로 비교하기 위하여 기존 챔버와 시험 챔버로 구성하였다. 주위 온도를 일정하게 제어할 수 있고, 입자 오염을 배제시키기 위하여 클린룸 시설내에 스모그 챔버를 설치하였다. 각 스모그 챔버는 몸체(housing), 테플론 백(Teflon bag), 광원, 외기 도입관, 샘플링관, 주입관 등으로 구성되어 있다. 벽면에서의 입자 손실을 최소화시키기 위해서는 표면적에 대한 체적 비가 작은 백이 좋으나, 클린룸의 공간적인 제약으로 인하여 백의 크기를 1.8×2.2×2.0 m³로 설계하였다. 반응용 백으로는 빛이 잘 투과되고 화학적으로 불활성이며, 공기의 양에 따라 수축 및 팽창이 용이한 테플론 필름(Korton FEP fluoropolymer film)을 사용하였다.

몸체의 프레임은 알루미늄 프로파일로 제작하였고, 광원이 설치된 캐비닛을 몸체의 양 옆면으로 사용하였으며, 나머지 4면은 빛의 반사율이 좋은 알루미늄 판(Specular PreMirror 41)을 안쪽에 부착시킨 합판을 사용하여 외부와 차단시켰다. 광원으로는 가격이 저렴하고, 290~330 nm 영역의 파장이 태양광과 비슷하여 널리 사용되고 있는 blacklight(Sylvania F40/350BL, 40W)를 사용하였다. 광도를 독립적으로 제어할 수 있고 쉽게 이동할 수 있도록 blacklight을 캐비닛에 설치하였다. 각 캐비닛에는 상하 간격을 130 mm로 유지하여 16개의 blacklight을 수평으로 설치하였으며, 챔버의 양측면에는 4개의 캐비닛을 설치하여 챔버의 벽면으로 사용하였다. 그러므로, 각 챔버에는 총 64개의 blacklight이 설치되어 있으며, 안정기 1대에 2개의 blacklight을 연결한 후 개별적으로 스위치를 만들어 광도의 세기를 다양하게 조절할 수 있도록 만들었다.

송풍기를 사용하여 직경이 20 cm인 합석관을 통하여 클린룸 지붕 위에 설치된 입구로부터 외기를 실내로 도입하였고, 합석관에 분기관을 설치하고 컴퓨터용 소형 팬을 사용하여 외기의 일부를 테플론 백에 주입시켰다. 스모그 챔버의 정면에는 4개의 포트를 설치하여 샘플링관 또는 주입관을 연결하도록 하였다.

3. 스모그 챔버의 성능평가

제작한 스모그 챔버의 성능을 파악하기 위하여 외기 도입 유량, 광도, 가습, 온도 상승, 가스 및 입자의 자연 감소율을 측정하였다. 광도는 석영관을 사용하여 NO₂의 광분해 속도(photolysis rate)를 측정하여 평가하였다. 가습기를 제작하여 가습 특성을 평가하였고, scanning mobility particle sizer(SMPS)와 aerodynamic particle sizer spectrometer(APSS)를 사용하여 0.01~20 μm 범위의 입자를 측정하여 챔버 내 입자의 자연 감소율을 평가하였다.

사 사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 : 2000-N-NL-01-C-184)의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

Dodge, M. C. (2000) Chemical Oxidant Mechanisms for Air Quality Modeling: Critical Review, Atmospheric Environment, 34, 2103-2130.

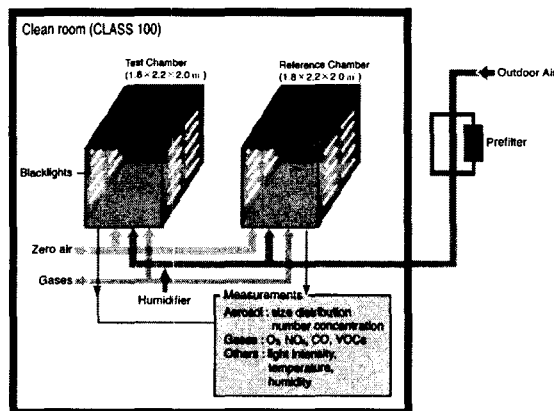


Fig. 1. Schematic diagram of the KIST indoor smog chamber.

Table 1. Specifications of the KIST indoor smog chamber.

Number of chamber	2 (reference chamber, test chamber)
Bag size	1.8×2.2×2.0 m ³ (surface to volume ratio : 3.0 m ⁻¹)
Bag material	2-mil thick Teflon film (Korton FEP fluoropolymer film)
Light source	64 blacklights (Sylvania F40/350BL, 40W), 32 ballasts
Injection port	outdoor air, zero air, gases, aerosol
Sampling port	gases, aerosol, chamber pressure
Utility	outdoor air supply system, humidifier, aerosol supply system, zero air supply system, gas supply system