

4D1)

쌍둥이 스모그 챔버를 이용한 광화학 반응 실험에서 테플론 반응백의 오염이 미치는 영향

Contamination Effect of Teflon Reaction Bags on Photochemical Reactions in Twin Smog Chambers

이승복 · 이영미 · 김민철¹⁾ · 배귀남 · 진현철 · 문길주

한국과학기술연구원 대기자원연구센터, ¹⁾ 삼양화학공업 분석장비개발센터

1. 서 론

본 연구팀에서는 서울시 스모그 생성 기작을 규명하기 위하여 실내 스모그 챔버에 실제 대기를 도입하여 광화학 반응 실험을 수행하고 있다 (배귀남 등, 2003). 한 개의 스모그 챔버를 이용하는 경우 외기의 특성상 매 실험마다 초기 조건이 달라지기 때문에 단일 인자의 차이에 따른 영향을 파악하기가 쉽지 않다. 따라서 두 개의 스모그 챔버를 이용하여 모든 조건이 일치하도록 하고 한 인자만을 다르게 하여 비교 실험을 수행하게 되었고, 특정 인자의 차이에 의한 영향을 알아보기 전에 테플론 반응백의 오염이 광화학 반응 실험 결과에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용한 실내 스모그 챔버의 본체, 외기 도입 설비, 청정공기 공급 설비, 광원, 테플론 백, 측정 기기 등에 대해서는 배귀남 등 (2003)에 자세히 기술되어 있다. 테플론 백은 체적이 약 6 m³ (1.8×1.8×1.8 m)인 정육면체 모양이며, 본 연구에서는 이미 50회 이상 외기의 광화학 반응 실험에 사용하였던 반응백 A와, 새로 제작한 반응백 B와 C를 이용하였다.

테플론 반응백의 오염이 광화학 반응에 미치는 영향을 살펴보기 기준 챔버에 새로 제작한 반응백을 설치하고, 시험 챔버에 오염된 반응백을 설치한 후 첫째, 외기에 존재하는 오염물질의 자연감소를 실험, 둘째, 외기의 광화학 반응 실험, 셋째, 순수공기로 세척한 반응백에 순수공기만을 주입한 후 광화학 반응 실험을 수행하였다.

자연감소율을 측정하기 위해 실제 대기를 기준 챔버 (반응백 B)와 시험 챔버 (반응백 A)에 똑같이 도입한 후 인공광원을 켜지 않은 채 가스상 물질의 농도(O₃, NO_x, CO, SO₂)를 연속가스 분석기로, 입자의 입경분포를 scanning mobility particle sizer로 두 챔버를 번갈아 가며 측정하였다.

또한 실제 대기를 기준 챔버 (반응백 B 또는 C)와 시험 챔버 (반응백 A 또는 B)에 똑같이 도입한 후 인공광원인 blacklight를 켜서 NO₂ 광분해율이 약 0.3 min⁻¹인 조건에서 약 4시간 동안 광화학 반응 현상을 관찰하였다. 새로 제작한 반응백 B와 C에 순수공기만을 주입한 광화학 반응 실험에서는 다른 실험과는 달리 매 실험 전 최소 12시간 동안 광원을 켜 상태에서, 그리고 최소 2시간 동안 광원을 끈 상태에서 순수공기를 계속 흘려줌으로써 백의 오염을 최소화 한 후 실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

실제 외기 중에 존재하는 오염물질의 자연감소율 실험은 총 2회, 외기의 광화학 반응 실험은 총 10회, 순수공기의 광화학 반응 실험은 총 8회 수행하였다.

실제 외기를 기준 챔버와 시험 챔버에 똑같이 도입시킨 후 가스상 물질의 농도 및 입자의 입경분포를 측정한 결과, 두 챔버간 CO와 NO₂의 농도는 잘 일치하였으나 O₃ 농도는 반응백 A를 이용한 시험 챔버에서 최고 2.4 ppb만큼 낮았다. 광원을 켜지 않은 상태에서 약 4시간 후에는 반응백 A의 O₃ 자연감소율이 약간 커서 O₃ 농도의 차이가 1 ppb만큼 더 커졌다. 이와 같은 차이는 반응백 A의 오염이 상대적으로 심했기 때문으로 판단된다. 입자의 자연감소율은 두 챔버간 잘 일치하였다.

실제 외기를 기준 챔버 (반응백 B)와 시험 챔버 (반응백 A)에 똑같이 도입시킨 후 인공광원을 켜던 대표적인 실험에서 오존 생성율은 약 28 ppb/hr로 반응백 B의 오존 생성율인 약 9 ppb/hr보다 약 3배 컸다. 초기 오존 농도가 낮을수록 두 챔버간 오존 생성율의 차이가 더 컸으며, 새로 제작한 반응백 B의

오존 생성율이 작을수록 두 챔버간 차이가 컸다. 입자의 총 개수농도는 초기에 반응백 B에 비하여 상대적으로 적었던 반응백 A에서 광화학 반응을 통해 약 1,000 개/cm³ 이상 더 많아졌고, 질량농도도 최고 약 10 µg/m³만큼 높았다. 두 챔버간 입자의 초기 농도가 차이가 난 것은 반응백 A를 이용한 시험 챔버가 외기 도입관의 블로우어로부터 상대적으로 가깝고, 입자 샘플링 관의 길이가 상대적으로 길기 때문인 것으로 생각된다. 가스상 물질과 입자 모두에서 광화학 반응 현상이 차이가 나는 것은 오염된 백에서 방출된 오염물질로 인해 생성된 라디컬의 양이 상대적으로 많아졌기 때문으로 생각된다 (Dodge, 2000).

새로 제작한 반응백 B와 C를 순수공기로 12시간 이상 세척한 후 이전 실험과 같이 외기의 광화학 반응 실험을 수행한 결과를 나타낸 그림 1에서 보듯이 가스상 물질과 입자의 입경분포 모두 두 챔버간 잘 일치하는 것을 확인하였다. 그림 1(a)는 약 15분마다 기준 챔버와 시험 챔버를 번갈아 가며 측정된 가스상 물질의 결과인데, 하나의 챔버를 측정한 것과 같이 연속적인 변화를 나타냈다. 그림 1(b)에서 보듯이 입자의 초기 개수농도는 시험 챔버에서 상대적으로 낮았지만 입경분포는 유사하였고, 4시간 동안의 광화학 반응 후 입경분포도 잘 일치하였다.

외기 광화학 반응 실험 후 순수공기로 세척한 반응백에 순수공기만을 주입하고 광화학 반응성을 조사한 결과 오존은 약 4시간 동안 최고 약 6 ppb 만큼 증가하고, 입자의 개수 농도는 최고 4,000 개/cm³ 까지 증가하였으나, 질량농도는 약 1.3 µg/m³ 이하로 매우 낮았다.

이상의 결과를 종합해 보면 쌍둥이 챔버에 도입한 외기 자체의 광화학 반응성이 활발하지 못한 경우에는 테플론 반응백의 오염도 차이에 의한 영향에 주의해야 하며, 순수공기를 이용하여 충분한 세척이 된다면 쌍둥이 챔버를 이용하여 단일 인자의 영향을 파악할 수 있다고 판단된다.

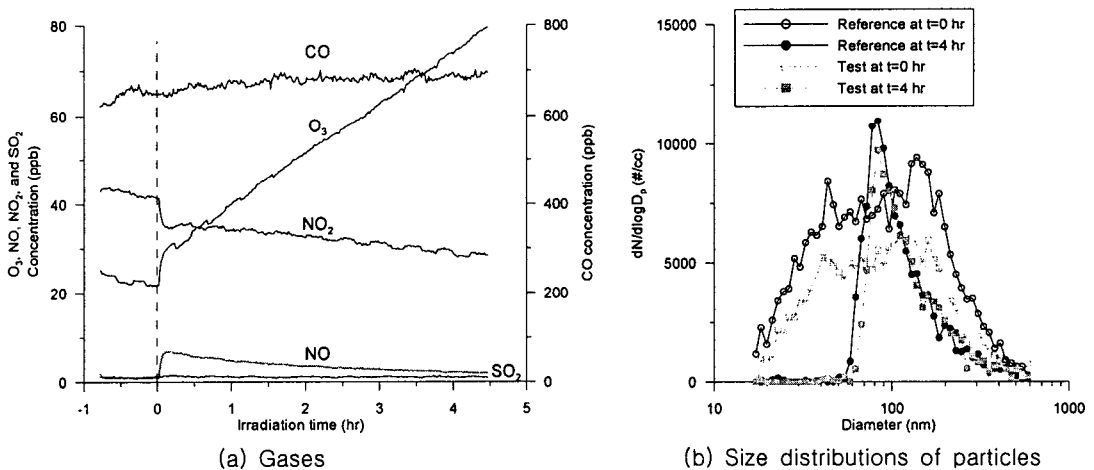


Fig. 1. Concentrations of gases and particles in twin smog chambers filled with ambient air.

사 사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호: M1-0204-00-0049)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 배귀남, 김민철, 이승복, 송기범, 진현철, 문길주 (2003) 실내 스모그 챔버의 설계 및 성능평가, 한국대기환경학회지, 19(4), 437-449.
- Dodge, M.C. (2000) Chemical oxidant mechanisms for air quality modeling: critical review, Atmospheric Environment, 34, 2103-2130.