

3B5) 초기 온도 변화가 톨루엔-NO_x-공기 혼합물의 광화학 반응에 미치는 영향

Effect of the Initial Temperature Variation on the Photochemical Reaction of Toluene-NO_x-Air Mixture

주옥정 · 배귀남 · 이승복 · 문길주 · 윤순창¹⁾

한국과학기술연구원 대기자원연구센터, ¹⁾서울대학교 지구환경과학부 대기과학과

1. 서 론

서울의 시정장애 현상을 설명할 수 있는 대표적인 스모그 현상의 하나인 광화학 스모그는 다양한 기상 인자들에 의해 영향을 받으며, 그 중 온도는 중요한 기상 인자 중 하나이다. 광화학 스모그 현상을 규명하기 위해 실험조건을 인위적으로 조절할 수 있어 널리 사용되는 실내 스모그 챔버 실험에서, 인공광을 켜게 되면 열에 의해 실험 초기 약 50분까지는 챔버 내 온도가 빠르게 상승한 후 평형 상태에 이르게 된다. 그러므로 본 연구에서는 인공광을 켜 후 열에 의해 자연스럽게 온도가 증가하는 경우와 초기 온도가 일정한 경우에 대한 실험을 수행하여 초기 온도 변화가 톨루엔-NO_x-공기 혼합물의 광화학 반응 현상에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 톨루엔-NO_x-공기 혼합물의 광화학 반응에서 초기 온도 변화가 가스상 및 입자상 물질의 반응에 미치는 영향을 파악하고자 실내 스모그 챔버 실험을 수행하였다. 가스상 및 입자상 오염물질을 제거시킨 청정공기로 채워진 테플론 백에 일정한 농도의 톨루엔(598~619 ppb)과 NO_x(189~190 ppb)를 주입하여 톨루엔/NO_x 농도비(ppbC/ppb)를 약 22로 고정시킨 후 인공광(blacklight: Sylvania F40/350BL, 40 W)을 조사하게 되면 챔버내의 온도가 증가하여 0분에서 50분까지의 초기 온도 변화가 9.5°C(N)인 경우와 실험시작 전에 인공광을 켜고 커튼으로 인공광을 가려서 빛은 차단하고 열은 통과시켜 초기 온도 변화를 2.8°C(C)로 줄인 실험을 비교하였다. 사용된 스모그 챔버는 부피가 약 5.8 m³(1.8×1.8×1.8 m)인 테플론 필름으로 제작한 정육면체 모양의 반응백으로 단위 체적당 표면적의 비는 약 3.3 m⁻¹이다. 온·습도 조절이 가능한 클린룸 내에 스모그 챔버를 설치하여 온도를 제어하였으며, 가스 주입방법과 측정, 스모그 챔버의 사양 및 구성요소 등에 관한 내용은 최지은(2005)에 자세히 기술되어 있다. 각 실험의 이름은 인공광에 의해 자연스럽게 온도가 증가하게 되는 경우는 N, 커튼을 이용하여 인위적으로 초기 온도를 일정하게 유지시킨 경우는 C이다.

3. 결과 및 고찰

조사시간 동안의 온도 변화를 나타낸 그림 1(a)을 보면, 인공광을 조사하면 초기에 온도가 급격히 올라가는데, 커튼을 사용하여 초기 온도를 거의 일정하게 유지시킨 C 실험은 조사시간 동안에 3°C 이내의 온도 변화가 있었으며, 인공광을 켜고 10분 후부터는 약 1°C 이내의 온도 편차를 보여 온도가 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 반면에 인공광의 조사에 의해 초기 온도가 급격히 변하는 N 실험에서는 조사시간 동안에 나타난 온도의 변화가 최대 12.4°C로 나타났으며, 105분 후부터는 약 1°C 이내의 온도 편차를 보여 안정적인 온도 변화를 보였다.

먼저 가스상 물질들의 변화를 살펴보면, 인공광을 조사하면 시간 경과에 따라 NO 농도는 감소하고 NO₂ 농도는 증가하는데, 초기 온도가 일정한 실험(C)에서 NO가 NO₂로 변환되는 시기가 빠르게 나타났으며, 더 많은 톨루엔이 소모되었다. 또한 조사시간 동안의 오존 농도 변화를 나타낸 그림 1(b)에서 알 수 있듯이 20 ppb의 오존이 생성되는 시간이 137분(C), 156분(N)으로 C 실험에서 오존이 더 빨리 생성되었다. 시간 경과에 따른 NO, NO₂, 오존 및 톨루엔의 농도 변화는 초기 톨루엔/NO_x 농도비가 약 20일

때 초기 톨루엔 농도가 높은 실험에서 더 빠르게 나타나지만(이영미 등, 2005), 본 실험에서는 초기 톨루엔 농도가 약 20 ppb 정도 높았던 N 실험 보다 초기 온도가 일정한 C 실험에서 가스상 물질들의 반응이 더 빠르게 나타난 것을 알 수 있다. 이것은 초기 온도 변화의 차이 때문인 것으로 생각된다.

또한 조사시간에 따른 에어로졸의 수농도 변화를 나타낸 그림 1(c)을 보면, 에어로졸이 생성되는 시간이 139분(C), 163분(N)으로 초기 온도가 일정한 경우(C)에 빠르게 나타났으며, 에어로졸이 생성된 후 약 30분 후의 수농도는 각각 7,361 particles/cm³(C), 6,183 particles/cm³(N)으로 C 실험에서 더 높았다. 수농도의 변화와 같이 에어로졸의 질량 농도의 변화, 입경 분포의 변화 또한 조사시간 동안 일정한 온도를 나타내는 C 실험에서 더 빨리 에어로졸이 커지는 것을 보였으며, 생성 속도를 나타내는 기울기는 비슷하게 나타났다. 이는 초기 온도 변화가 적고 일정할 때 에어로졸이 더 빨리 생성되고 성장하기 시작하여 같은 시간에 수농도 및 질량 농도가 더 크게 나타난 것을 알 수 있으며, 약 50분 동안의 초기 온도 변화가 약 150분 이후에 나타나는 에어로졸의 생성과 성장에도 계속적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

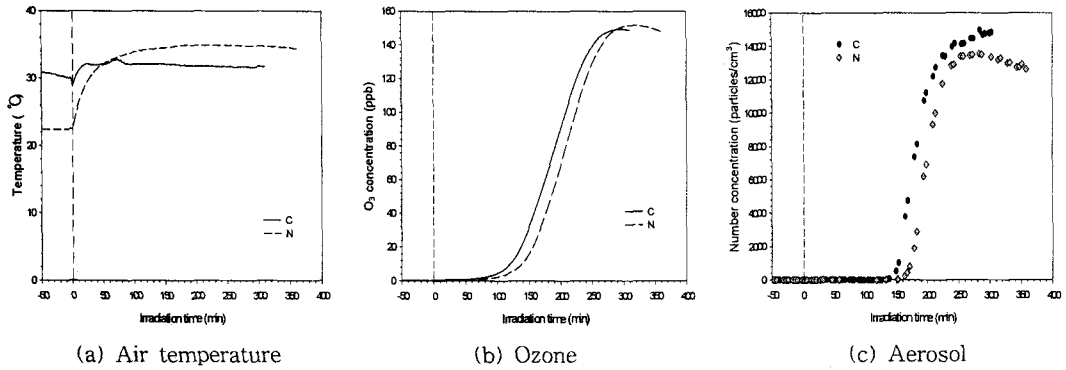


Fig. 1. Change of air temperature, ozone and aerosol during the irradiation.

사 사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 : M1-0204-00-0049)의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사를 드린다.

참 고 문 헌

이영미, 배귀남, 이승복, 김민철, 문길주 (2005) 초기 톨루엔 농도가 톨루엔-NO_x-공기 혼합물의 광산화 반응에 미치는 영향 - I. 가스상 물질의 변화, 한국대기환경학회지, 21(1), 15-26.
 최지은 (2005) 「광도와 알파피렌 농도가 톨루엔-NO_x 광화학 반응에 미치는 영향」, 서울대학교 대학원 석사학위논문.