

TOMS오존전량의시공간변동; 전구적인 추세 및 연직 분포

정은주* · 유정문

(이화여자대학교 과학교육과)

본 연구에서는 전구에 대한 오존전량의 추세 및 시공간 변동을 1979년-1992년(기간 A)과 1997년-2002년(기간B)의 두 기간에 대하여 비교 분석하였다. 후자 기간에 대하여는 Earth Probe/TOMS 복사계로부터 본 연구에서 유도된 월별 오존전량 자료를 사용하였고, 전자 기간에 대하여는 선행 연구 결과들(유정문과 전원선, 2000; 유정문과 이해란, 2000)을 이용하였다. 또한 열대 지역에서 대류권 오존의 계절별 연직 분포를 조사하기 위하여, 1998년-2003년 기간에 남반구 열대 지역의 여덟개 지점에서 관측한 SHADOZ 오존존데 자료를 이용하였다.

두 기간의 계절별 및 연평균 분포의 비교에서, 기간A에 비하여 기간B에 오존전량이 전지구적으로 10 DU 정도 감소한 반면에, 일부 지역(0-20 N의 아프리카, 남아메리카, 인도네시아)에서는 증가하였다.

두 기간 오존전량 자료에 대하여 전구를 다섯 개 지역(전구, 북반구, 남반구, 열대, 한반도) 그리고 해륙 분포(해양, 육지, 해양과 육지)에 따라 세분화하여 오존 경년 변화를 비교 분석하였다. 기간A의 오존전량 아노말리가 북반구에서 감소(-6.23 DU/decade), 남반구에서 감소(-6.60 DU/decade), 열대 지역에서 감소(-2.64 DU/decade)하여 전지구적으로 감소하였다(-6.30 DU/decade). 반면 기간B의 오존전량 아노말리는 북반구에서 감소(-3.60 DU/decade)하였으나, 남반구에서 증가(6.60 DU/decade)하고, 열대 지역에서도 증가(7.44 DU/decade)하여 전지구적으로 증가하였다(0.12 DU/decade). 따라서 오존전량의 추세는 1992년-1997년을 기점으로 감소에서 증가로 전환되었음을 알 수 있다. 오존전량 아노말리는 열대 지역(30 N-30 S)에서 엘니뇨 시기에 감소, 그리고 라니냐 시기에는 증가하였다.

오존전량의 시공간 변동을 조사하기 위하여 월평균 오존전량값과 그 아노말리에 대하여 각각 경험적교함수 분석을 전구 여덟개 지역별로 실시하였다. 본 연구 기간에 월평균 오존전량의 시공간 분석에서 연주기를 나타내는 모드1이 모든 지역에서 지배적이었다($\geq 42.9\%$). 모드2도 모드1과 비슷하게 연주기를 보였다. QBO와 QTO를 나타내는 모드

3에서 오존 최대값은 적도 부근의 70 hPa 고도에서 풍계가 동풍에서 서풍으로 바뀌는 시기에 나타났다. 또한 2000년 초에 태양 흑점 수 증가에 의한 태양 에너지의 감소로 인하여 오존의 광화학적 파괴 작용이 저하됨에 따라 대부분의 열대 지역에서 오존이 증가하였다. 엘니뇨를 반영한 모드4에서는 오존이 엘니뇨 기간(1997년 4월-1998년 6월)에 열대 동태평양에서 감소하였고, 열대 서태평양에서는 증가하였다. 반면, 라니냐 기간(1998년 7월-2000년 8월)에 열대 동태평양에서 증가하였고, 열대 서태평양에서 감소하였다. 엘니뇨/라니냐의 영향으로 열대 지역에서의 오존전량 변동이 동서 방향의 시소형태를 보였다.

한편, 오존전량 아노말리에 대한 시공간 분석에서 모드1은 1997/1998년 ENSO와 Nyamuragira 화산 폭발의 영향을 나타냈다. 방대한 양의 이산화황을 분출한 DR Congo 지역의 Nyamuragira 화산 폭발 후 대략 2년이 경과한 2001년 2월에 오존전량이 감소한 것으로 추정되었다. 모드2는 QBO 및 QTO, 그리고 모드4는 ENSO를 반영하였다.

열대 지역에서의 대류권 오존 최대값은 Natal, Ascension Is., Nairobi, La Reunion 지역에서, 그리고 최소값은 Am. Samoa, Watukosek, Fiji 지역에서 나타났다(Fig. 1). 대류권 오존의 연직 분포는 사계절 모두에서 동서방향 파수 1의 공간 변동 형태를 보였다. 오존은 계절에 따라 봄(3월-5월)에 감소하였고, 가을(9월-11월)에 증가하였다. 이는 선행 연구 결과에 비추어 생물 자원 연소, 대류, 성층권-대류권 상호작용, 번개, 대규모 순환, 엘니뇨 등의 복합적인 현상과 관련이 있는 것으로 추정되었다. 대류권계면 고도는 선행 연구 결과와 유사하게 봄에 가장 높았고(16 km), 가을에 가장 낮았다(13-15 km).

본 연구는 과거에 비하여 최근에 오존 감소 경향이 둔화되고 있음을 제시하며, 오존 연직 분포에 대한 분석이 대류권 오존 변동의 원인 규명에 도움이 될 수 있음을 보여준다.

주요어 : TOMS, 오존전량, 경험직교함수, 준2년 진동, 대류권 오존

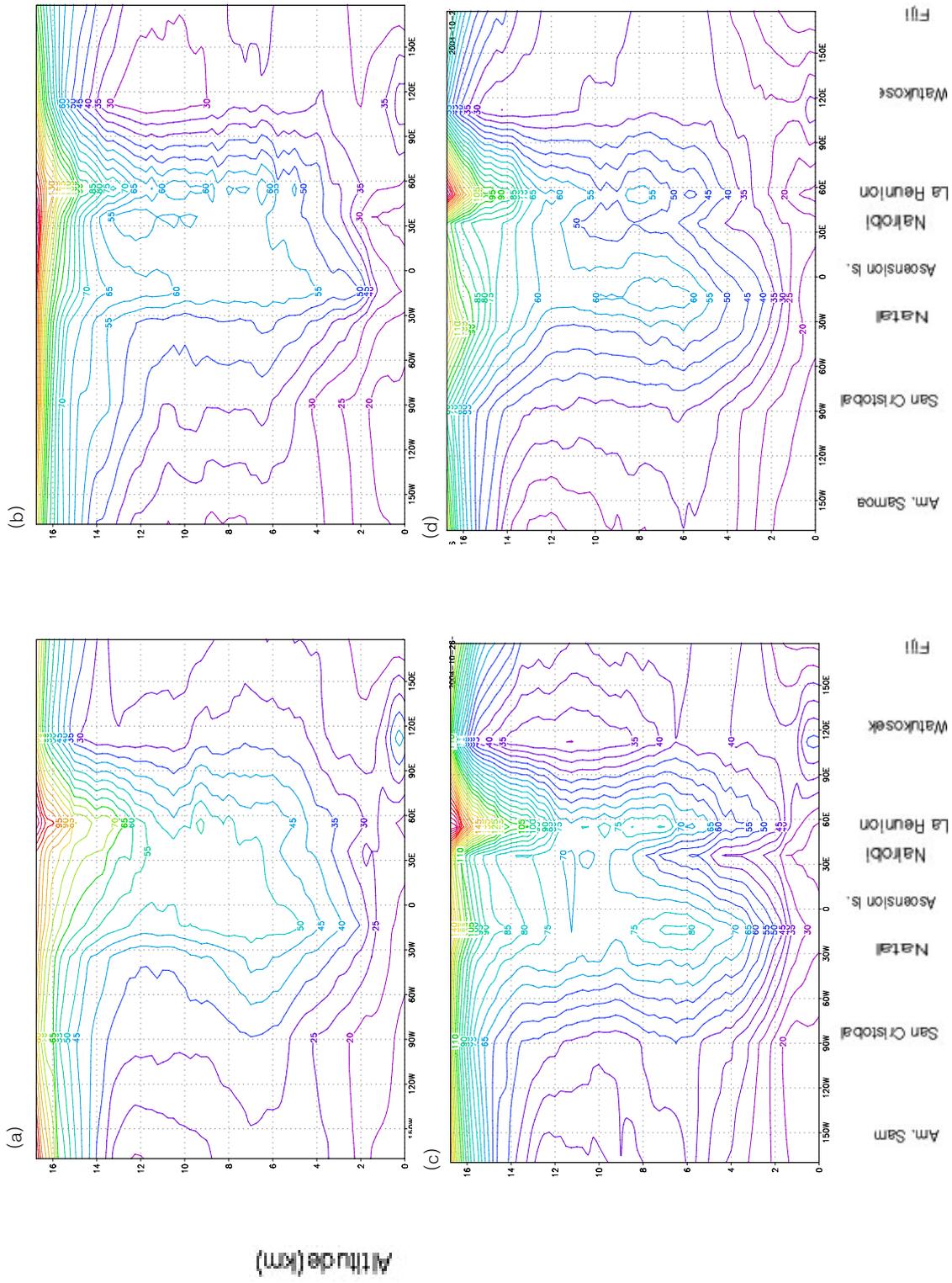


Fig. 1. Vertical profiles of tropical tropospheric ozone in (a) spring (March–May), (b) summer (June–August), (c) fall (September–November), and (d) winter (December–February). Contour interval is 5 ppbv.