

PA17) 연무의 장거리 이동과 연관된 종관기상 특성

Characteristics of Synoptic Meteorological Conditions in Association with Long-range Transport of Haze Phenomena and Its

조현영·김철희

부산대학교 지구환경시스템학부 대기과학전공

1. 서론

대기질을 악화시키는 에어로졸과 연관되는 기상현상에는 황사, 연무, 박무, 안개 등이 있다. 특히 연무는 자연적 배출원 뿐만 아니라 인위적인 오염원으로부터 직접 배출된 미세한 입자가 흡수, 산란 등에 의해 발생하여 대기질을 악화시킨다. 이러한 연무현상은 연중 내내 발생하며 대도시 지역에서 광화학 스모그 등으로 2차 생성되기도 한다(전영신 등, 2003). 현재 국내에서 연무에 대한 연구는 대기화학적 차원에서의 측정 분석적 연구는 활발한 반면 수용지(Receptor area)에서의 물리적 특성을 배출원(Source area)과 연관시켜 그 특성을 이해하는 연구는 드물지만 매우 중요하다. 특히, 우리나라 대도시에서 발생하는 연무가 자체 배출량에 의한 기여도 뿐 아니라 중국으로부터의 장거리 이동에 따른 경향이 더욱 커지고 있어 정량적 영향 연구는 중요하며 이를 수행하기 위한 모델링 연구 또한 중요하다.

본 연구는 한반도 연무 특성을 기상상태별 통계적으로 분류하고, 특히 발생한 연무의 발생원이 장거리 수송이 우세한 영향과 자체적으로 배출된 오염물질의 영향이 우세한 경우를 구분하여 분석하는 연구를 시도하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 연무발생일의 선정을 위하여 2000년~2007년 기상자료와 대기오염자료를 활용하여 서울과 부산의 모든 기상상태(강수, 황사, 연무, 박무, 안개, 눈, 청명한 날 등) 중에서 연무 발생 일을 기상청의 지상기상관측자료로부터 선정하였고 연무의 발생 특성을 동북아시아 장거리 이동과 연관시켜 연구를 수행한다는 관점에서 한반도 대도시 및 동북아 지역을 염두에 두고 진행하였다.

따라서 분류된 연무 발생 일에 대하여 그 발생원에 따른 기상상태를 크게 두 가지로 다시 구분하였다. 그 첫 번째 사례로서 주요 발생원이 우리나라 대도시 그 자체이며 한반도 상공의 정체성 고기압의 존재와 이로 인해 배출된 오염물질이 낮은 환기효과(ventilation effect)로 대기오염물질의 수송과 확산이 낮은 경우(이하 정체성 사례)이며 두 번째로는 주요 연무발생과 연관된 물리화학적 기여도가 중국을 포함한 외부에 더 큰 기여도가 있는 사례(이하 장거리 이동 사례)이다. 특별히 외부 기여도가 큰 장거리 이동 연무사례와 한반도 대도시 자체 배출오염물의 기여도가 큰 사례를 구분하여 각각 그 종관기상패턴으로 분류하였다. 분류에 사용된 종관기상 변수는 선행 연구에서 선정하였고 그 특징을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

연무 발생일 한반도에서의 연무발생일은 장거리 이동 사례(35.5%)보다 정체성 사례(64.5%)가 더 우세함을 알 수 있었다.

그림 1은 사례별 850 hpa 와도, 연직 대기안정도, 850 hPa 지균풍속의 분포를 PM_{10} 농도에 대하여 나타낸 그림이다. 와도의 경우 그 부호가 (-)인 정체성 사례의 경우 평균 $-1.1e-2(\pm 6.2e-3)$ s⁻¹, 그리고 이동성의 경우 $4.7e-3(\pm 3.9e-3)$ s⁻¹ 정도로 나타났으며, 특히 미세먼지 농도가 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 극한 사례의 경우는 모두 정체성 사례에서만 나타났다(그림 1(a)). 지균풍속의 경우 정체성의 경우가 약 2 m/s, 장거리 이동 사례가 약 6 m/s로서 큰 차이를 보였지만(그림 1(b)) 미세먼지 농도는 유사한 수준을 보인 것은 장거리 이동 사례의 심각성과 중요성 또한 간접적으로 알 수 있다. 하층 대기안정도의 경우 역시 다

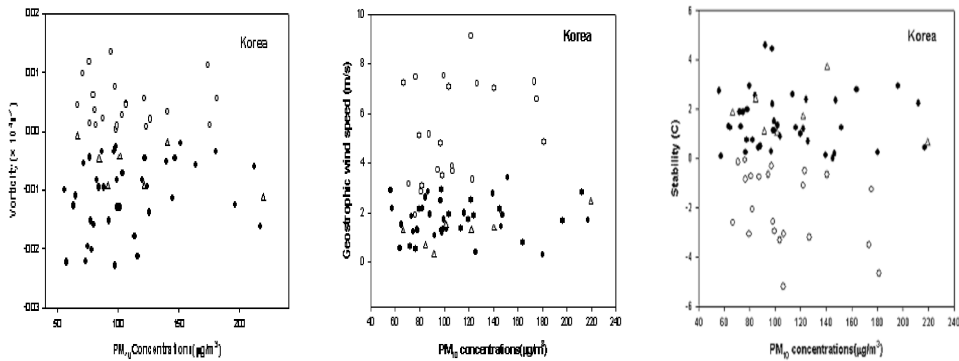


Fig. 1. Correlation between daily mean concentrations of PM₁₀ and Synoptic meteorological parameters 850 hpa (a) vorticity (b) wind speed, and (c) stability for the case of Haze event over Korea.

양한 안정도 범위를 보였으나 정체성 사례의 경우가 상대적으로 고른 안정도 범위를 보였다(그림 1(c)). 그림 2는 장거리 이동 사례를 더욱 심도 있게 분석하기 위하여 중국 고 배출지역 상공에서의 와도와 와도 이류를 사례별로 계산하여 나타낸 그림이다. 공간적으로 볼 때 장거리 이동 사례는 중국의 대기오염 배출이 높은 지역에서 계산된 와도는 우리나라의 경우와 상반된 값을 가지며(그림 2(a)) 와도이류에서는 정체성 경우에 음의 값을 나타내며 이동성 경우는 양의 값을 가지는 것을 볼 수 있다(그림 2(b)). 특히 장거리 이동 사례는 양의 와도이류값을 가지는데 이는 장거리 이동 사례는 중국 본토에 자리 잡은 고기압성 소용돌이에 의해 적절한 기압경도를 유지하였으며, 이로 인해 북서풍 계열의 바람을 유도하고 유도된 바람장에 대기오염물질이 이동하였음을 유추할 수 있다.

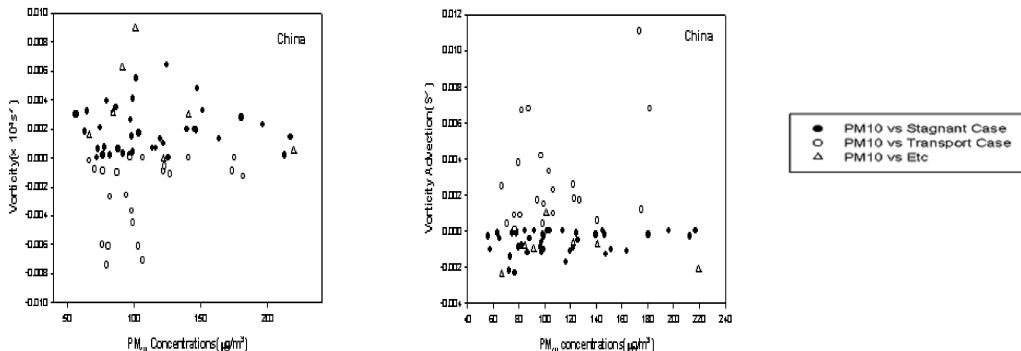


Fig. 2. Correlation between daily mean concentrations of PM₁₀ and Synoptic meteorological parameters 850 hpa (a) vorticity (b) vorticity advection for the case of Haze event over china.

결국 연무현상은 우리나라 자체 내부에서 발생하는 오염물질에 의한 원인뿐만 아니라 중국 고 배출지역에서 발생하는 오염물질에 의한 장거리 수송의 영향도 종관 기상 패턴에 유리한 상황에서 무시할 수 없는 빈도로 발생한 후 우리나라로 이동하고 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

진영신, 임주연, 최병철 (2003) 황사현상과 연무현상에 따른 서울의 봄철 에어러솔 특성, 한국기상학회지, 39, 459-474.