

5D1) 한반도에서 기상변수의 7일 주기 순환과 에어로솔의 연관성

Weekly Cycles of Meteorological Variables and Their Possible Relations of Aerosols in Korea

최민혁 · 김병곤 · 허창희¹⁾

강릉원주대학교 대기환경과학과, ¹⁾서울대학교 지구환경과학부

1. 서 론

에어로솔의 농도 변화는 복사, 에너지 수지, 구름방출 응결 및 성장 등의 대기물리 특성을 변화시키며 (Cerveny and Balling, 1998; Jin et al., 2005), 에어로솔의 종류와 주변 대기 상태에 따라 강수에 미치는 영향이 다르다(Bell et al., 2008; Rosenfeld et al., 2008; Stevens & Feingold, 2009). 이와 같이 에어로솔-구름-강수 상호작용에 대한 연구가 진행되고 있지만 인위적인 에어로솔이 지역 기후에 미치는 영향은 아직 불확실성이 매우 크며(IPCC, 2007) 그 원인은 에어로솔의 시공간적 분포 및 영향이 다양하기 때문으로 추정된다. 또한 실제 대기에서 나타나는 인위적인 영향을 연구하기 위하여 인공적인 실험 환경을 구축하는 것이 어렵기 때문에 모델을 이용한 분석 방법이 사용되고 있으나 기후모델에서 에어로솔과 구름과의 관계에 대한 이해는 여전히 취약한 분야이다(Ghan and Schwartz, 2007).

일반적으로 휴일인 주말에, 공장의 대부분은 가동되지 않고 따라서 교통량과 같은 수송 활동도 함께 감소한다. 동시에 주택지역과 발전소 같은 다른 배출원들도 주중에 비해 상대적으로 활동이 줄어든다(Gong et al., 2007). 우리나라의 경우 교통량에 따라 오염물질 배출량이 주말에는 약 30% 정도 감소하는 것으로 나타났다(Woo et al., 2008). 그러므로 전형적인 7일 주기의 인간 생활 양식의 반복은 인간 활동이 지역적인 기후에 미치는 영향을 연구하는데 적합한 실험 조건이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기상변수들과 PM₁₀의 7일 주기 순환을 분석하여 주중과 주말의 인간 활동 차이에 의한 에어로솔 농도 편차와 지역 기후변화와의 연관성을 살펴보았다.

2. 자료 및 분석 방법

한반도 전역의 10개 지점(서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 전주, 강릉, 고산, 원주, 마산)의 기상청 지상관측 자료(1975~2005)와 동일한 지점의 환경부 PM₁₀ 농도 자료(1999~2005)를 분석 대상으로 하였다(표 1). 10개 지점의 기온(최고, 최저, 평균), 일교차(DTR), 전운량, 일사량, 강우량, 강우강도, 상대습도와 같은 기상변수들과 지상 PM₁₀ 자료의 주 단위 주기성을 연구하였다. 연구 방법은 분석 기간 동안 요일별 자료 개수에 따라 가중치를 준 각 요일평균과 주평균의 편차를 구하였고(Baumer et al., 2008) 다른 변수들도 동일한 방법으로 편차를 산출하였으며 우리나라 기후의 특성을 고려하여 계절별 주기성도 살펴 보았다. 또한 t-test와 p값 분석을 이용하여 주별 변동성의 통계적 유의성을 파악하여 보았다. 그리고

Table 1. Location, altitude and population of the selected 10 stations in Korea within the available period.

Station	Altitude(m)	Coordinates		Period	Population(2005)
Seoul	86.02	37.57 N	126.97 E	1975 ~ 2005	9,763,000
Busan	69.23	35.10 N	129.03 E	1975 ~ 2005	3,513,000
Daejeon	57.64	35.89 N	128.62 E	1975 ~ 2005	2,456,000
Gwangju	70.53	35.17 N	126.89 E	1975 ~ 2005	1,414,000
Daejeon	68.28	36.37 N	127.37 E	1975 ~ 2005	1,439,000
Jeonju	53.48	35.82 N	127.15 E	1975 ~ 2005	622,000
Gangneung	25.91	37.75 N	128.89 E	1975 ~ 2005	221,000
Gosan	71.21	33.29 N	126.16 E	1988 ~ 2005	80,000
Wonju	149.81	37.34 N	127.95 E	1975 ~ 2005	284,000
Masan	11.25	35.19 N	128.57 E	1985 ~ 2005	427,000

PM₁₀과 같이 변동성이 큰 자료의 주기 분석에 적합한 Wavelet analysis를 실시하여 시계열 자료에 존재하는 7일 규모의 주기가 어떻게 나타나는지 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에서 전운량은 주 전반부(월요일~화요일)에 비해 주 후반부(수요일~금요일)로 갈수록 주 평균에 비해 증가하였고, 일사량은 주 후반부(금요일~토요일)가 전반부(월요일~화요일)에 비해 낮아지는 경향이 나타났다. 또한 최저기온은 주 후반부가 양의 편차를 보였고 일교차는 이와 반대 경향을 보였다. 주 후반부에 운량이 증가함에 따라 일사량이 감소하고 최저기온은 상승하여 일교차를 줄이는 것으로 판단된다. 이러한 기상변수들과 에어로솔의 연관성을 확인하기 위하여 같은 방법으로 PM₁₀ 농도를 분석하였다(그림 2). PM₁₀은 인간 활동이 활발해지는 주 전반부에 증가하다가 수요일에 최고값이 나타나고 주 후반부로 갈수록 점차 감소하여 주말(토요일)에는 음의 편차를 보였다. 특히 일요일에는 급격한 음의 편차가 나타남에 따라 인위적인 에어로솔의 주별 주기성을 확인 할 수 있었다. 따라서 기상변수들의 주기성은 전운량의 변화에 의해 주도되며 그 원인은 주중과 주말의 에어로솔 농도 변화에 의한 에어로솔-구름 상호작용 때문이라고 추정된다. 그리고 사계절이 뚜렷한 우리나라 기후의 특성을 고려하여 계절에 따른 주별 주기성을 분석한 결과 가을철에 주별 주기성이 더욱 뚜렷하게 나타났는데 가을철 주기성이 뚜렷한 이유는 추가분석이 요구된다.

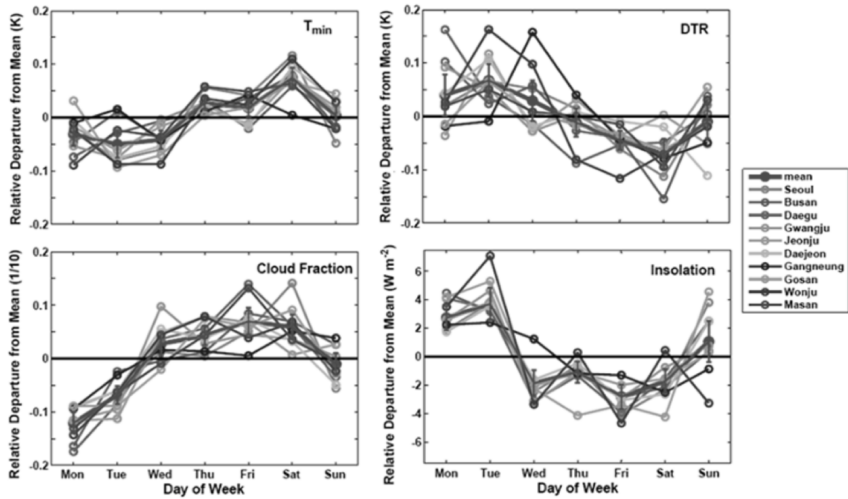


Fig. 1. Relative weekly variabilities of meteorological variables.

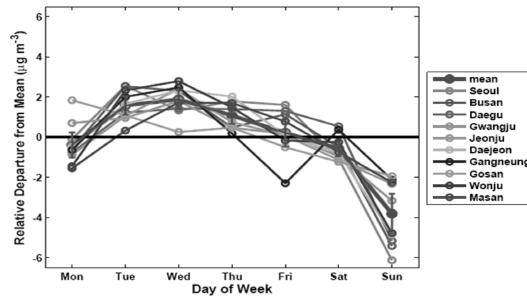


Fig. 2. Relative weekly variabilities of PM₁₀.

참 고 문 헌

- 김병관 등 (2007) 서울의 일교차 주말효과와 에어로솔의 연관성. 대기 17(2), 147-157.
- Baumer et al. (2008) Atmos. Chem. Phys., 8, 83-90.
- Bell, T.L. et al. (2008) J. Geophys. Res., 113, D02209. doi: 10.1029/2007JD008623.
- Cerverny, R.S. and R.C. Balling (1998) Nature, 394, 561-563.
- IPCC (2007) Climate Change 2007.
- Jin, M. et al (2005) J. Geophys. Res., 110. doi: 10.1029/2004JD005081.
- Kim et al. (2009) Atmospheric Environment, 43, 6058-6065.
- Porster, P.M. and S. Solomon (2003) Proc. Natl. Acad. Sci., 100, 11225-11230.
- Stevens & Feingold (2009) Nature 461, 607-613 (1 October 2009) doi:10.1038/nature08281 Review.