

GE3) 국지순환과 대기오염물질의 장거리 수송에 관한 연구

A Study for Long-Range Transport of Air Pollutants Related to the Local Circulation

이 화 운 · 김 유 근 · 정 우 식
부산대학교 대기과학과

1. 서 론

대기오염물질의 장거리 수송과 관련해서는 다음의 두 가지 과정이 지배적으로 나타난다. 하나는 종관바람장에 의해 먼 거리를 이동하는 과정을 들 수가 있고(Cox et al. 1975, Apling et al. 1977) 다른 한 가지는 열적으로 형성된 국지순환계에 의해 수송되는 과정을 들 수 있다.(Kurita and Ueda 1990) 이러한 과정 중에서 대기오염물질의 고농도에 의한 피해가 부각되는 것은 후자라고 할 수 있다. 이는 고농도의 대기오염물질은 종관장의 영향이 적어서 오염물질의 확산이 부진한 날에 나타나기 때문이다. 이러한 기상조건하에서는 각각의 지역에서 형성 가능한 여러 가지 국지순환계에 의한 오염물질의 수송이 중요한 문제로 부각된다. 이 경우, 내륙지역에서 늦은 오후나 야간에 대기오염물질의 고농도가 나타나게 된다.(Kurita et al. 1985; Kurita and Ueda, 1986) 우리나라의 경우, 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며 지형적 조건 또한 굴곡이 심한 산악성 지형을 형성하고 있으므로 종관장의 영향이 약한 경우, 연안지역에서는 대표적 중규모 국지순환계인 해륙풍계가 형성이 되며, 내륙지역에서는 지형의 굴곡과 경사에 의해 형성되는 산곡풍계가 형성이 될 수 있고 또한 고지대와 저지대의 열적 차이에 의해 형성되는 풍계가 있을 수 있다.(Mannouji 1982; Ueda et al. 1988; Kurita and Ueda 1990)

우리나라는 대부분의 대도시가 연안지역에 위치해 있고 이들 대도시는 대규모 공단지역을 포함하고 있어 오염물질의 거대한 배출원으로 작용하고 있으며 따라서 이들 지역에서 배출된 오염물질은 지역에 따라 형성된 각각의 국지순환계에 의한 내륙으로의 수송을 생각할 수 있다. 우리나라의 남동지역에는 대표적인 공업지대가 여러지역에 형성되어 있는데, 대표적인 항구도시인 부산광역시와 대규모 공업단지인 울산지역 그리고 포항제철이 위치한 포항 등을 들 수 있다. 이 지역들은 대규모 대기오염물질의 배출원으로 작용하여 종관장의 영향이 적은 날에는 이곳에서 배출된 오염물질의 내륙으로의 수송을 고려할 수 있다. 부산광역시와 울산광역시 지역의 내륙에는 고지대의 가지산 일대가 형성되어 있어 이곳에서 주간에는 형성되는 열적저기압의 영향으로 연안에서 내륙으로 공기의 이동이 있을 수 있으며 포항과 대구사이에도 비교적 저지대의 골을 형성하고 있어 이곳 또한 내륙으로의 수송경로가 될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 종관장의 영향이 적어서 국지순환계의 영향이 뚜렷한 날을 대상으로 경상남북도도에 설치된 대기오염측정망의 자료를 이용하여 대기오염물질의 농도와 이들의 수송에 대해 살펴보고자 한다.

2. 연구 방법

지형적 조건과 관련된 중규모 국지순환계의 형성과 대기오염물질 수송의 영향을 살펴보기 위하여 1999년 해풍일을 대상으로 기상청에서 설치한 경상남북도의 자동기상관측장비(AWS)의 자료를 이용하여 우리나라의 기압분포, 경상남북도의 풍향, 풍속, 기온분포 등을 분석하고 이날을 대상으로 수치모의를 실시하여 남동지역 순환장의 일변화를 살펴보고 이것과 경상남북도에 설치된 대기오염측정망의 자료를 이용하여 이 지역의 수평 오염농도분포 그리고 부산, 대구, 울산, 포항, 경주, 구미지역 대기오염물질의 시간별 일변화를 비교하여 농도와 국지순환과의 관계를 분석하여 보았다.

3. 결 과

그림 1은 연구대상으로 선정한 우리나라 남동지역의 지형을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 부산광역시지역과 울산광역시지역의 내륙 쪽에 가지산일대가 자리잡고 있는 것을 볼 수 있으며 포항과 대구 사이에 비교적 저지대가 형성되어 있으며 그 사이에 경주가 자리잡고 있다. 또한 구미가 대구의 북서방향으로 저지대를 따라서 이어져 있으며 그림의 북쪽 가운데에 안동이 자리잡고 있다.

그림 2는 경상남북도에 설치된 대기오염측정망에서 측정된 18시 오존의 수평분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 시간대에 대구와 구미지역에서 고농도의 값을 보이는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 1999년 5월 31일 18시의 기압분포를 살펴본 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 주간에 지면가열에 의해 내륙지역에서 연안지역보다 기압이 낮은 분포를 뚜렷이 볼 수 있다. 이는 주간에 육지에서 형성되는 열적 저기압을 나타내는 것이며 야간에는 지면의 냉각으로 인해 내륙지역보다 연안지역에서 기압이 높은 분포를 보이는 것이다.(Simpson, 1994)

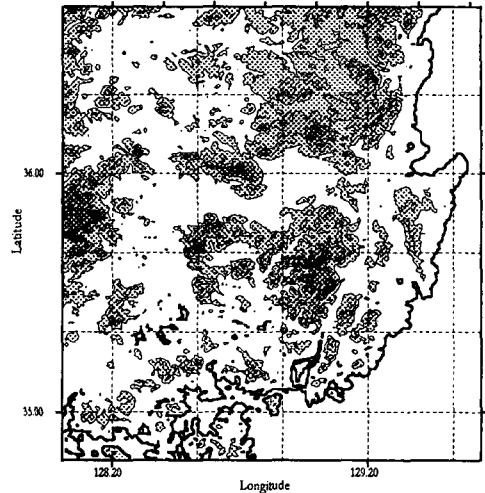


Fig. 1 The South-East area of Korea.
The marks represent observation site of Air pollutants.

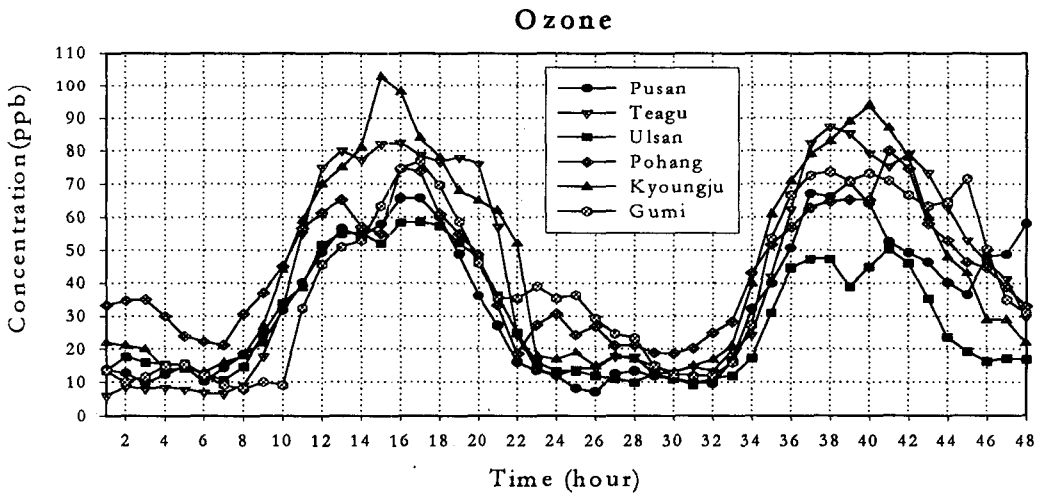


Fig. 2 The Diurnal variation of Ozone at several points on 30, 31 May 1999

그림 4는 1999년 5월 30일과 31일의 부산, 대구, 울산, 포항, 경주, 구미지역 오존의 시간별 일변화를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 때 5월 30일과 31일의 18시 이후에 대구와 구미의 농도값을 보면 다른 지역에 비해서 비교적 높은 값을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 또한 경주의 농도값을 보면 다른 지역에 비해 상당히 높은 값을 보이는 것을 알 수 있는데 경주의 경우 부산, 울산, 포항과 비교해 뚜렷한 대규모 오염원이 존재하지 않는다는 것을 고려한다면 이것은 국지순환계와 관련된 수송에 의한 것이라고 볼

수 있다. 또한 대구와 구미의 야간의 고농도의 경우도 주간에 형성된 국지순환계의 영향으로 볼 수 있다.

이상에서 보는 바와 같이 종관장의 영향이 적은 경우, 국지순환계에 의해 연안지역에서 배출된 대기오염물질의 내륙으로의 수송을 살펴 볼 수 있었다. 따라서 이러한 대기오염물질의 수송에 대한 정성적인 관찰과 분석을 통해 각 지역에서 나타나는 대기오염의 원인과 이들에 미치는 영향에 대한 연구를 바탕으로 다각적인 오염대책, 제어방안을 살펴볼 수 있을 것이다. 지금은 다루지 않은 대기오염물질들 각각에 대한 화학적인 특성이 고려된 과정을 포함하여 살펴본다면 이와 같은 상황에 대한 대기오염물질의 농도에 대한 정확하고 정량적인 예측을 제공할 수 있을 것이라 생각된다.

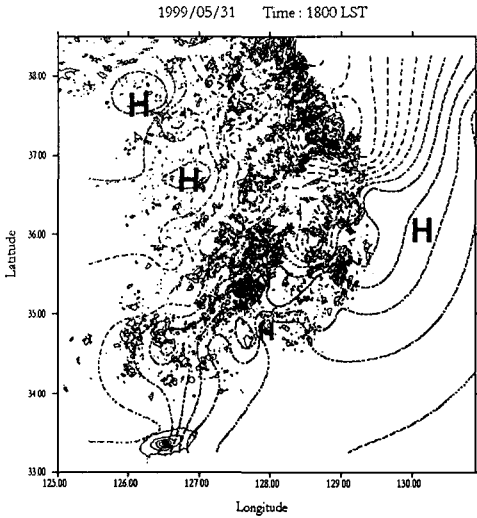


Fig. 3 The Distribution of Sea surface pressure around Korean peninsula.

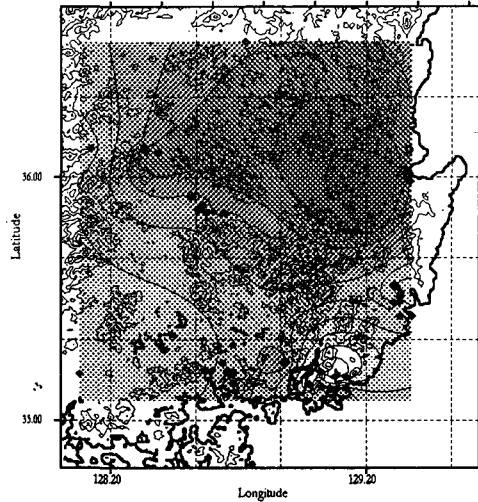


Fig. 4 The Distribution of Ozone around South-East area of Korea at 1800 LST on 31 July 1999.

참 고 문 헌

Apling, A. J., E. J. Sullivan, M. L. Williams, D. J. Ball, R. E. Bernard, R. G. Derwent, A. E. J. Eggleton, L. Hampton and R. E. Waller (1977) Ozone concentrations in south-east England during the summer of 1976. *Nature*, 269, 569-573

Cox, R. A., A. E. J. Eggleton, R. G. Derwent, J. E. Lovelock and D. H. Park (1975) Long-range transport of photochemical ozone in north-western Europe. *Nature*, 255, 118-121

Kurita, H., and H. Ueda (1985) Relation between synoptic scale meteorology, thermal low and long-range transport of air pollutant under light gradient winds. *J. Japan Soc, Air Pollut.*, 20, 251-260

Kurita, H. and H. Ueda (1990) Long-range transport of air pollutants under light gradient wind conditions - Combination of thermally driven local winds. *Encyclopedia of Environmental control Technology*.

Kurita, H., K. Sasaki, H. Muroga, H. Ueda and S. Wakamatsu (1985) Long-range transport of air

- pollution under light gradient wind conditions. *J. Climate Appl. Meteor.*, 24, 425-434
- Mannouji, N., (1982) A numerical experiment on the mountain and valley winds. *J. Meteor. Soc. Japan*, 60, 1085-1105
- Simpson, J. E. (1994) *Sea breeze and local winds*. Cambridge University Press.
- Ueda, H., S. Mitsumoto, H. Kurita, Y. Arisawa and T. Kawamura (1988) Formation of a large-scale wind system as a combination of local winds under light gradient wind conditions - Numerical experiment. Second International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality, International Organization Committee of ASAAQ, Tokyo.