A-4

부산 해안지역의 고농도 오존 발생 특성

전 병 일
신라대학교 환경학과

1. 서 론

대기 중의 오존농도가 일정기준이상 높게 나타났을 때 경보를 발령함으로써 지역주민들의 건강과 생활환경상의 피해를 최소화하기 위해 오존경보제가 1995년 7월부터 서울지역에 대해 시범 실시한 이래, 1997년 7월부터 부산, 대구 등 6대도시에 대해 확대·시행되고 있다. 또한 1998년에는 청주 등 도단위 시·군지역에 대해여도 지방자치단체장의 요청에 따라 오존경보제를 시행하고 있다. 부산시의 경우 1998년 5월 27일에 동삼동, 8월 26일과 9월 10일에 광복동에서 오존주의보가 세차례 발령되었다. 이와 같이 120ppb이상의 고농도 오존이 내륙이 아닌 해양과 접한 해안지역에서 발생되었고 특히 동삼동측정소은 영도구 해양대학교에 설치되어 오존의 기인물질이 없는 비교적 청정지역임에도 불구하고 고농도 오존이 발생한 것에 대해 부산시 오존경보 관계자들을 상당히 당황하게 만들었다. 더구나 부산시는 해안지역에 많은 시민들이 거주하고 활동하고 있어, 이러한 사람의 건강을 위해서라도 해안선과 인접한 지역에서의 고농도 오존발생에 대한 연구가 시급히 요구되고 있다.

부산지역의 지표오존농도에 관한 연구는 주로 오존농도를 기상학적인 측면에서 분석한 연구가 대부분을 차지하는 데, 전병일 등(1994)과 김유근 등(1996)은 해풍이 발생하였을 때의 대기오염농도는 그렇지 않은 날보다 높은 값을 나타내어, 부산의 대기오염농도 상승에 해풍이 상당한 역할을 한다는 것을 밝힌 바 있으며, 또한 전병일 등(1996)은 기상인자를 이용하여 오존농도의 특성을 분석하였다. 우리 나라 해안에 대한 오존농도에 대한 연구는 제주도 고산지역을 중심으로 이루어진 바 있는 데, 주로 대기오염농도를 직접 측정하여 그 특성을 분석하였다(홍민선 등, 1992; 박경윤 등, 1994; 장광미 등, 1996). 특히 우리 나라의 경우 도시부근의 해안지역에서 오존농도만을 대상으로 한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 부산광역시의 해안지역인 동삼동과 광복동의 환경부 산하 대기오염자동측정망에서 산출된 오존농도자료를 이용하여 근래 빈번히 발생하는 고농도 오존발생 특성을 구체적으로 고찰하고, 그 원인을 분석하므로서 향후 실시될 오존예보제에 있어 정확한 오존농도를 예측하는데 기여하는 데 있다.

2. 자료 및 분석방법

본 연구에 사용된 자료는 1997년 1월 1일부터 1998년 12월 31일까지 2년간 동삼동과 광복동의 지표오존농도자료를 사용하였으며, 부산광역시의 전반적인 오존농도특성을 비교·고찰하기 위해서 상기 두지점 외에 7개지점(범천동, 대연동, 감전동, 덕천동, 재송동, 신평동, 연산동)의 자료도 함께 사용하였으며, 고농도 오존 발생일에 대한 사례연구를 위해 오존의 기인물질인 NO_2농도자료를 함께 이용하였다. 또한 오존농도와 기상학요소와의 관계를 밝히기 위해서 부산지방기상청의 기상자료를 사용하였다(기상월보, 1997, 1998).

동삼동관측소가 위치한 해양대학교는 사면이 바다로 둘러싸여 있으며 관측장비가 설치된 파고관측소는 앞쪽으로 남해와 접해있고 뒷쪽은 산언덕이 있어 인위적인 오염물질은 학교에 출입하는 자동차에 의한 영향밖에 없는 매우 청정한 지역이라고 할 수 있다. 광복동 관측소는 해안과 접해 있는 지역이면서도 차량과 건물이 밀집된 광복동중심가에 있어 인위적인 오염물질에 영향을 크게 받는 상업지역이라고 할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 동삼동과 광복동의 오존농도의 계절 및 연평균 그리고 평균상대표준편차(r.s.d. : relative standard deviation)를 나타낸 것이며, 제주도 고산의 경우는 서명석 등(1995)의 연구결과를 인용하여 비교하여 보았다. 평균상대표준편차는 Mizoguchi *et al.*,(1985)이 일본에서의 오존측정소의 청정도를 분류하기 위해서 사용한 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$Ors = \left(\frac{1}{N}\right)\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{S}{M}\right) \quad (1)$$

여기서 Ors는 측정소의 청정정도를 나타내는 평균상대표준편차이고 N은 측정일수, S는 일별표준편차이며 M은 일평균값이다. 위식을 사용하여 남극 및 일본내의 청정지역의 평균상대표준편차는 0.03~0.30정도였으며(Mizoguchi *et al.*, 1985), 제주도 고산은 0.12로 비교적 청정한 지역으로 분류되었다(서명석 등, 1995).

Table 1. Seasonal mean and mean relative standard deviation of O_3 at Dongsamdong, Kwangbokdong and Kosan(Jeju).

Area \ Season		Spring	Summer	Autumn	Winter	Mean
Dongsamdong	mean(ppb)	35.4	26.8	25.6	22.2	27.5
	r.s.d.	0.39	0.36	0.48	0.44	0.42
Kwangbokdong	mean(ppb)	22.2	23.3	25.1	16.9	21.9
	r.s.d	0.45	0.49	0.52	0.48	0.49
Kosan(Jeju)	mean(ppb)	52.0	33.1	41.6	38.9	42.2
	r.s.d.	0.09	0.09	0.18	0.12	0.12

표 2는 최근 2년(1997, 1998)동안 부산광역시 9개지역에서 측정된 시간별 오존농도자료를 이용하여 60ppb이상의 고농도오존 발생특성을 조사한 것이다. 60ppb이상의 농도를 보면 동삼동이 전체의 26.2%인 543시간으로 가장 많이 발생하였으며, 그 다음이 광복동으로 374시간(18.05)을 나타내어 해안지역 두 지점이 전체의 44.2%를 차지해 부산에서의 고농도 오존 발생지임이 명확하게 드러났다. 그 외에 연산동과 재송동이 221시간(10.%)과 218시간(10.5%)으로 나타나 비교적 고농도 오존이 빈번히 나타났으며, 나머지 지역은 10% 이하로 낮은 발생빈도를 나타내었다. 따라서 부산지역의 고농도 오존은 해안지역에 위치하는 동삼동과 광복동에서 그 발생빈도가 높은 것으로 나타나 이 지역에서의 고농도 오존발생원인을 밝힌다는 것은 부산광역시의 대기환경관리측면에서 매우 중요하다고 판단된다.

Table 2 . Occurrence(hour) of high ozone concentration(≥60ppb) at Pusan area for 2 years(1997, 1998)

Concen. / Area	≥60ppb	≥80ppb	≥100ppb	≥120ppb
Dongsamdong	543	77	13	3
Kwangbokdong	374	78	19	3
Beomcheondong	119	22	2	1
Daeyeondong	95	12	1	
Gamjeondong	131	4		
Deokcheondong	187	24	1	
Jeasongdong	218	30	2	
Sinpyeongdong	186	24	2	
Yeonsandong	221	37	8	2
Total	2074	308	48	9

표 3은 위에서 살펴본 대로 동삼동과 광복동의 오존농도는 부산 어느 지역보다 고농도오존발생의 비중이 크게 나타난 바, 그에 대한 상세한 연구를 위해 1997년과 1998년을 계절별 고농도 오존 발생빈도를 조사하였다. Table 2에서 나타내지 않았지만 부산지역 9개지점에서 60ppb이상의 고농도 오존 발생시간수는 1997년에 742시간, 1998년에 1332시간으로 총 2074시간이었다. 그 중에 동삼동의 경우 1997년에 246시간 1998년에 297시간이었고, 광복동은 1997년에 87시간, 1998년에 287시간으로 두 지점 모두 1997년보다 1998년에 고농도 오존의 발생이 많았으며, 전년도에 대비해 동삼동은 20%, 광복동은 230%의 증가율을 나타내었다. 고농도 오존 발생특성을 계절별로 볼 때 동삼동의 경우 춘계의 발생빈도가 타 계절보다 높았으며, 특히 1998년의 춘계에 60ppb이상의 농도가 248시간이나 발생하여 타의 추종을 불허하였다. 한편 100ppb이상과 120ppb이상의 농도에서도 춘계의 농도는 매우 높게 나타난 것을 알 수 있다. 그러나 광복동의 경우 동삼동과 달리 하계와 추계의 고농도 오존 발생빈도가 높으며, 특히 1998년 추계에 60ppb이상의 발생빈도가 179시간으로 매우 높은 빈도를 나타내었다. 따라서 비교적 해양에 위치한 동삼동은 춘계에 고농도를 나타내고 육지에 접해 있으면서 비교적 교통량이 많은 광복동은 추계와 하계에 고농도 오존 발생수가 높게 나타났다.

Table 3. Seasonal frequency distribution of ozone concentration at Dongsamdong and Kwangbokdong for 2 years(1997, 1998)

Area / Concen.		Dongsamdong				Kwangbokdong			
		Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter
≥60ppb	1997	93	96	55	2	2	69	15	1
	1998	248	18	30	1	24	65	179	19
≥80ppb	1997	3	16	9			15	4	1
	1998	33	2	14		4	21	36	1
≥100ppb	1997		3				4	1	
	1998	10					6	8	
≥120ppb	1997								
	1998	3					1	2	

참고문헌

서명석, 박경윤, 이호근, 장광미, 강창희, 허철구, 김영준, 1995, 청정지역과 도시지역의 오존농도 특성 연구, 한국대기보전학회지, 11(3), 253-262.

전병일, 1997, 부산연안역의 고농도 오존일의 예측기법개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 박사학위논문, 119pp.

전병일, 김유근, 이화운, 부산지역의 오존농도특성과 기상인자에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 45-56(1995)

홍민선, 이상훈, 이동섭, 강창희, 박경윤, 1992, 제주도 고산에서의 대기오염물질 측정 및 분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(4), 257-261.

환경부, 1998, 1997년 대기오염도 분석, 21pp.

Angle, R. P., and H. S. Sandhu, 1988, Urban and rural ozone concentrations in Alberta, Canada, Atmos. Environ., 23, 215-221.

Bower, J. S. and Coauthors, 1989, Sutface ozone concentrations in the U.K., in 1987-1988, Atmos. Environ., 23, 2003-2016.

Chan, L. Y., Chan, C. Y., and Y. Qin, 1998, Surface ozone pattern Hong Kong, J. Appl. Meteor., 37, 1153-1165.

Mckendry, I. G., 1992, Ground-level ozone in Montreal, Canada, Atmos. Environ., 27B, 93-103.

Mizoguchi, T., Kunugi, M., and M. Nishikawa, 1985, Background air pollutant measurement and selection of background sites in Japan, Res. Rep. Natl. Environ. Study. Japan, No. 79.

Seinfeld, J. H., 1986, Atmospheric chemistry and physics of air pollution, John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.

Thompson, A.M., 1994, Oxidants in the unpolluted marine atmosphere, In Environmental oxidants, Ed. by J. O. Nriagu and M.S.Simmons, John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.