한국환경과학회지 제8권(제3호), 281~286, 1999
J. of the Korean Environmental Sciences Society

부산 동삼동 지역의 대기오염농도 특성

전 병 일
신라대학교 환경학과
(*1998*년 *11*월 *3*일 접수)

Characteristics of air pollution concentration on Dongsamdong, Pusan

Byung-Il Jeon
Dept. of Environmental Sciences, Silla University, Pusan, Korea
(Manuscript received 3 November, 1998)

This study was conducted to examine the monthly and seasonal variation of SO_2, TSP, O_3 concentration in Dongsamdong, Pusan coastal area. And the characteristics of air pollution of this area was compared to Kwangbokdong in Pusan and Taehadong in Ullungdo. Monthly mean concentration of SO_2 and TSP showed lower than Kwangbokdong, O_3 was higher than Kwangbokdong. In case of SO_2, seasonal variation of Dongsamdong was remarkabler than Kwangbokdong and the concentration difference of early morning and daytime was higher than Kwangbokdong. Taehadong showed very lower concentration as background area. In case of TSP, Dongsamdong was lower concentration and smaller diurnal change than Kwangbokdong, Taehadong showed very lower concentration as background area. In case of O_3, Dongsamdong was 10ppb higher than Kwangbokdong at daytime maximum concentration, diurnal change of concentration was higher, too. In case of frequency distribution of concentration, SO_2 and TSP at Dongsamdong showed higher frequency in low concentration class and O_3 showed in high concentration class as compared with Kwangbokdong.

Key words : Pusan coastal area, air pollution concentration, frequency distribution, background area, SO_2, TSP, O_3 concentration

1. 서 론

부산시는 약 400만의 인구를 가진 우리 나라 제 2의 도시이자 제 1의 항구도시로 한반도의 동해와 남해를 동시에 끼고 있어, 해안선과 접해 있는 면적이 어느 연안 도시보다 길고 넓어 해양의 영향을 크게 받는 도시라고 할 수 있다. 대기오염에 영향을 주는 인자를 대기오염배출량과 기상조건 그리고 지형으로 대별해 볼 때, 대기오염배출량의 측면에서 부산시는 해안 근처의 공업지역에서 배출되는 오염물질 외에 내·외항으로 출입하는 선박에 의한 오염물질의 배출이 있으며,[1] 해양과 내륙의 온도차에 의한 1일 주기의 해륙풍과 같은 국지풍의 영향을 받고 있는 등,[2,3] 대기오염농도를 상승시킬 수 있는 조건을 구비한 지역이라 할 수 있다.

부산지역의 대기오염에 관한 연구는 주로 대기오염농도을 기상학적인 측면에서 분석한 연구가 대부분을 차지하는 데, 전병일 등[4]과 김유근 등[5]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[6]은 기상인자를 이용하여 오존농도의 특성을 분석하였다. 부산의 SO_2 고농도는 낮은 풍속과 높은 기압이 있는 날, 이동성고기압이 우리 나라를 지배하는 하층대기가 안정한 날에 발생한다고 하였다.[7]

우리 나라 해안에 대한 대기오염의 연구는 제주도 고산지역을 중심으로 이루어진 바 있는 데, 주로 대기오염농도를 직접 측정하여 그 특성을 분석하였다.[8-10] 농촌지역에 대해서는 충청북도 청원군을 중심으로 연구가 이루었으며,[11,12] 배경지역에 대해서는 기상청이 소백산에 대기오염관측소를 설치하여 산악지역 즉 청정지역에서의 대기오염농도를 측정하여 분석한 바 있다.[13,14] 그리고 서명석 등[15]은 청정지역인 고산과 도시지역인 서울과 부산의 오존농도를 비교하여 그 특성을 연구한 바 있다. 그러나 도시부근의 해안지역에서 대기오염농도만을 대상으로 해양의 영향을 고려한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

환경부는 대기오염 자동측정망을 이용해 주거지역, 공업지역, 상업지역으로 나누어 대기오염농도를 측정하여 대도시에서의 대기오염관리를 위한 자료로 활용하고 있다. 그러나 도시지역에서는 도심지만 있는 것이 아니라 주변의 녹지지역이 많은 비중을 차지하고 있으며, 특히

부산은 해양과 접한 지역에 주민이 많이 거주·활동하고 있어, 이러한 사람의 건강을 위해서 해안선과 인접한 지역에서의 대기오염에 대한 연구가 필요하다고 본다.

부산시는 주거지역 3개 지점(덕천동, 연산동, 대연동), 상업지역 2개 지점(광복동, 범천동) 그리고 공업지역 2개 지점(신평동, 감전동)에 대기오염 자동측정망을 설치하여 부산시의 대기오염관리를 위한 자료를 확보해 왔다. 그러나 도시의 팽창으로 광역화가 이루어지면서 주변지역을 대표하는 지점의 증설이 요구되었고, 그에 따라 해운대지역의 재송동이 1995년 12월에 추가 설치되었다. 또한 앞에서 열거하였듯이 해안지역을 대표하는 지점으로 동삼동이 지정되었는 데, 그 동안 이 지점에 대한 지역적 특성과 대기오염특성의 파악이 요구되어 왔으나 자료의 미흡으로 제대로 시행되지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 부산시 영도구 동삼동 해양대학교 옥상에 설치된 대기오염 측정망에서 산출된 자료를 이용하여, 인공적인 영향이 배제되면서 해양의 영향이 고려된 동삼동지역에서의 대기오염의 특성을 부산시의 광복동과 울릉도의 태하동자료를 비교하면서 고찰하고자 한다.

2. 자 료

본 연구에 사용된 자료는 1997년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간 동삼동과 광복동의 대기오염자료를 사용하였다. 그리고 해양을 대표하는 배경지역과의 비교를 위해 1997년 4월부터 9월까지 6개월간의 울릉도 태하동의 자료를 이용하였다.

동삼동관측소가 위치한 해양대학교는 사면이 바다로 둘러싸여 있으며 관측장비가 설치된 파고관측소는 앞쪽으로 남해와 접해있고 뒤쪽은 산언덕이 있어 인위적인 오염물질은 학교에 출입하는 자동차에 의한 영향밖에 없는 매우 청정한 지역이라고 할 수 있다(Fig. 1 참조). 광복동 관측소는 해안과 접해 있는 지역이면서도 차량과 건물이 밀집된 광복동 중심가에 있어 인위적인 오염물질에 영향을 크게 받는 상업지역이라고 할 수 있다. 울릉도 태하동은 장거리 수송에 의한 영향을 고찰하기 위해 정책적으로 설치된 지점으로 우리 나라에서 몇 개 안되는 배경대기관측소이다.

유효자료는 전병일 등[7]과 같이 실측자료의 수가 전체 자료집단의 3분의 2이상(24시간 평균치는 16시간, 1개월 평균치는 20일 이상)일 때를 선정하여 사용하였는 데, 일

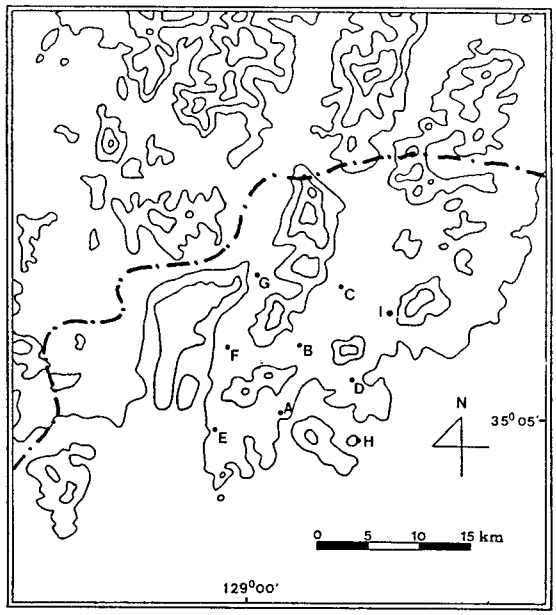

Fig. 1. Map of Pusan area. The air quality monitoring sites are marked as A~I are operated by the Environmental Protection Administration (A : Kwangbokdong, B : Beomcheondong, C : Meongryundong, D : Daeyeondong, E : Sinpyeongdong, F : Gamjeondong, G : Deokcheondong, H : Dongsamdong, I : Jaesongdong). The contour interval of topography is 200m.

부 기간에는 그 기준에 약간 못 미치는 자료가 있으나, 그 자료는 해석에 있어 큰 비중을 두지 않고 경향성만 찾는데 사용하였다. Table 1에 1997년 1년동안 동삼동과 광복동에서 관측된 유효자료의 수를 나타내었다. SO_2의 경우 1월의 광복동, TSP는 7월의 두 지점을 제외하고 모두 유효하였으며, O_3은 모두 유효한 자료였으며, NO_2의 경우 광복동은 모두 유효하였으나 동삼동의 경우 1월과 2월만이 유효하여 상호 비교하는 데 어려움이 있었으며, CO는 1월과 2월은 두 지역 모두 결측되었으며, 동삼동의 경우 7월부터 9월까지 유효기준에 미달되었다.

이상의 1997년의 자료를 볼 때 동삼동의 경우, SO_2와 O_3은 모든 월에 대해서 양호한 자료라고 볼 수 있으며, TSP의 경우는 7월이 19일로 기준에 비해 약간 미달되

Table 1. Number of available data at Dongsamdong and Kwangbokdong, 1997(Left is Dongsamdong and right is Kwangbokdong)

Mon. / Sub.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
SO_2	31/16	28/28	31/28	25/26	30/31	25/28	27/30	27/29	26/30	24/31	26/30	21/31	321/338
TSP	24/25	27/25	23/20	28/25	21/24	23/27	19/17	24/29	22/23	28/31	25/30	28/27	292/303
O_3	30/30	26/27	31/31	21/28	30/30	23/28	27/29	28/29	30/30	29/31	27/30	28/31	330/354
NO_2	30/27	23/27	18/31	9/30	3/31	4/30	7/29	13/29	4/28	3/31	3/30	2/31	119/354
CO	-	-	31/25	25/30	31/31	22/30	14/29	15/27	13/30	20/31	20/30	20/31	211/294

며, NO_2는 1월과 2월을 제외하고 자료성의 유효성이 매우 떨어진다. CO는 1월과 2월은 관측되지 않았으며, 7, 8, 9월도 관측의 회수가 기준에 미달된다. 따라서 본 연구에서는 동삼동과 광복동 모두 비교할 수 있도록 하기 위해 NO_2와 CO를 제외한 SO_2, TSP, O_3을 대상으로 하여 분석하였다.

3. 분석결과 및 고찰

3.1. 대기오염농도의 월변화

Fig. 2는 1997년 한해동안 해안지역인 동삼동과 광복동 그리고 부산 7개 지점의 월평균 농도[16]를 나타낸 것이다. 먼저 SO_2의 경우(Fig. 2a)를 보면 광복동을 제외하고 동삼동과 부산의 평균농도는 하계에 낮고 동계에 높은 양상을 나타내고 있으며, 동삼동은 광복동에 비해 전월에 걸쳐 낮은 농도를 나타내었으며, 특히 하계에 매우 낮은 농도를 나타내었다. 또한 부산의 평균농도에 비해서 낮은 농도를 나타내 비교적 청정지역으로서의 특징을 보였다고 할 수 있다. 동삼동은 11월과 12월을 제외하고 15ppb이하의 저농도를 보였으며, 특히 하계에는 10ppb이하로 상당히 낮은 농도를 나타내었다. TSP의 경우(Fig. 2b)를 보면, 전반적으로 SO_2와 같이 하계에 낮고 동계에 높은 농도를 나타내고 있으며, 동삼동은 광복동과 부산의 평균농도에 비해 상당히 낮은 농도를 나타내고 있으며, 특히 하계에 그 차이가 크게 나타났다. O_3의 경우를 보면(Fig. 2c) 전체적으로 춘·추계에 높은 농도를 나타내고 하·동계에 낮은 농도를 나타내었다. 태양 복사에너지가 강한 하계의 오존농도가 상대적으로 낮은 이유로서 6월말부터 7월 중순까지 발생하는 장마에 의한 일사량 감소에 의한 것과, 한 낮의 최고농도가 높은 날은 다음 날 새벽에 오존의 파괴가 크게 일어나기 때문이라고 할 수 있다. 동삼동의 농도는 광복동과 부산의 평균농도보다 높은 값을 나타내었고 특히 춘계에 높은 농도를 나타내었다. 이상의 월별농도로부터 SO_2와 TSP는 동삼동이 같은 해안지역으로 도심에 위치해 있는 광복동보다 낮은 농도를 나타내었고 O_3은 높은 농도를 나타내었다.

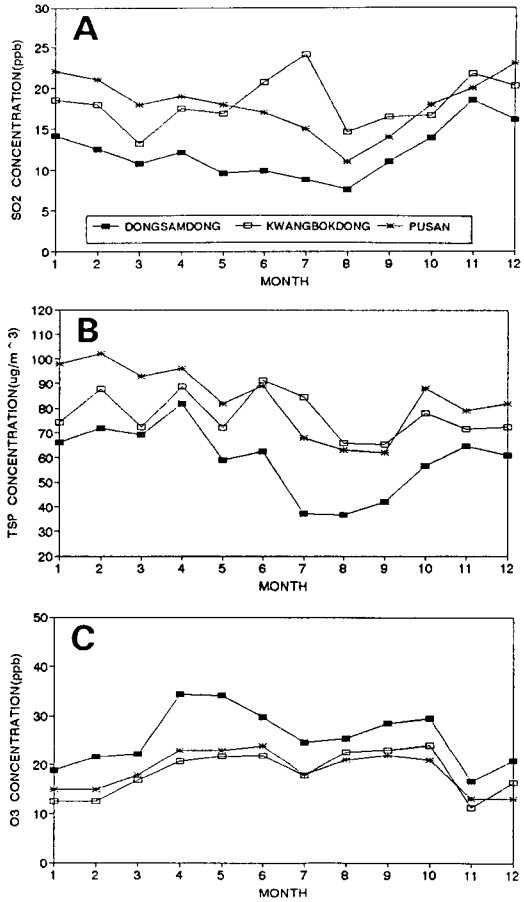

Fig. 2. Monthly variation of SO_2(A), TSP(B) and O_3(C) at Dongsamdong, Kwangbokdong and Pusan mean, 1997.

3.2. 계절별 대기오염농도의 일변화

Fig. 3은 동삼동과 광복동의 계절별 그리고 울릉도 태하동의 월별 SO_2 농도의 일변화를 나타낸 것이다. 동삼동의 경우, 전 계절 모두 오전 8~9시경에 최고농도를 나타내었고 오후 1시부터 6시까지 가장 낮은 농도를 나타내었으며, 야간부터 다시 약간 상승하는 경향을 나타내고 있다. 계절별 농도를 보면 가을이 가장 높고 다음이 겨울, 봄, 여름 순이었으며, 계절별 차이로 볼 때 이른 새벽과 오전 중에 그 편차가 크게 나타났다. 광복동의 경우, 시간별 변화는 동삼동과 거의 비슷하나 주간의 농도는 동삼동보다 높은 값을 나타내었으며, 이른 새벽의 농도가 주간의 농도에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 이는 주간에는 차량 통행량이 많고 새벽에 오염물질의 침적속도가 상대적으로 크기 때문으로 판단된다. 울릉도의 태하동의 경우, 4월부터 9월까지 전월에 걸쳐 5ppb정도의 농도를 나타내었으며 일편차가 거의 없는 청정지역로서의 양상을 나타내었다. 세 지역을 비교할 때 동삼동은 광복동에 비해 계절별 변화가 뚜렷하였으며 이른 아침과 주간의 농도차가 크게 나타났으며, 울릉도 태하동은 배경지역과 같은 매우 낮은 농도를 나타내었다.

Fig. 4는 동삼동과 광복동의 계절별 그리고 울릉도 태하동의 월별 TSP농도의 일변화를 나타낸 것이다. 동삼동의 경우 오전 10~11시경에 가장 높은 농도를 나타내었으며 다른 시각에서의 농도는 비슷하였다. 계절별로는 봄과 겨울의 농도가 높았고 가을, 여름의 순으로 낮게 나타났으며, 특히 여름은 $40\mu gm^{-3}$으로 매우 낮은 농도를 나타내었다. 광복동은 전반적으로 동삼동보다 전 시각에 걸쳐 높은 농도를 나타내었으며, 계절별로 볼 때 여름의 9시에서 13시까지 가장 높은 농도를 나타낸 것이 특이한 양상이라고 할 수 있으며, 동계의 주간에 타 계절보다 월등히 높은 값을 나타내었고 야간에는 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 대체로 동계에는 강한 바람에 의한 비산먼지가 많아 고농도가 발생하는 것이 보통이지만 특별히 1997년에 발생하였는지는 더 조사가 어루어져

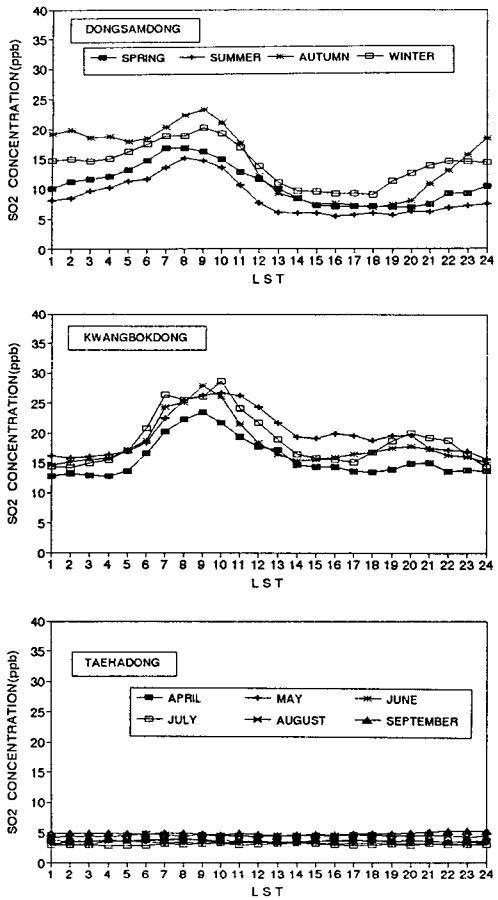

Fig. 3. Seasonal variation of SO_2 concentration(ppb) at Dongsamdong, Kwangbokdong and Taehadong.

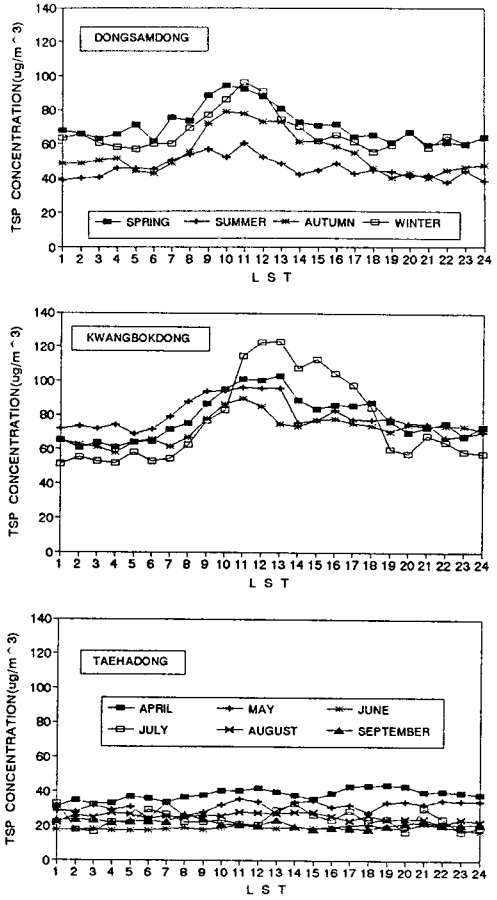

Fig. 4. Same as Fig. 3 except for TSP concentration(μgm^{-3}).

야 겠다. 그러나 주간을 제외하면 새벽과 야간에는 계절별로 큰 농도차가 나타나지 않았다. 울릉도 태하동은 4월이 다른 달에 비해 높게 나타났지만, 전 월에 걸쳐 $30\mu gm^{-3}$ 정도의 매우 낮은 농도를 나타내었다. 세 지역을 비교할 때, 동삼동의 TSP는 광복동에 비해서 낮은 농도와 작은 농도 일변화를 나타내었으며, 울릉도 태하동은 배경농도와 비슷한 매우 낮은 농도를 나타내었다.

Fig. 5는 동삼동과 광복동의 계절별 그리고 울릉도 태하동의 월별 O_3농도의 일변화를 나타낸 것이다. 동삼동의 경우 16시 부근에 겨울을 제외한 모든 계절에 40ppb에 가까운 최고농도를 나타내었고 아침 7~8시에 최저농도를 나타내었으며, 최고농도와 최저농도의 차가 25ppb 정도로 그 편차가 매우 크게 나타났으며, 계절별로 보면 주간의 경우 동계를 제외한 모든 계절에 비슷한 분포를 하고 이른 새벽에는 봄을 제외한 모든 계절에 비슷한 분포를 하고 있다. 광복동의 경우 14시부터 16시 사이에 1차 피크를 나타내고 새벽 4시부근에 2차 피크를 나타내는 양상을 나타내고 있으며, 아침 8시경에 최저농도를 나타내고 있다. 울릉도의 태하동은 주간과 야간의 농도차가 거의 없는 전형적인 배경농도의 양상을 나타내었으며, 춘·추계의 농도가 하계보다도 높게 나타났으며, 4월의 농도가 가장 높게 나타났는데 이는 성층권으로부터의 오존의 유입때문인 것으로 판단된다.[17-19] 앞에서도 제시하였듯이 하계의 농도가 30~40ppb정도로 춘계보다 낮은 농도를 나타내었는데, 이는 춘계에는 대류권계면 folding에 의해 성층권의 오존이나 대류권의 오존이 유입되는데 비해, 하계는 그러한 현상이 없고 또한 오존의 기인물질이 없는 상태에서 배경농도의 수준을 유지하고 있다. 세 지역을 비교하면, 주간의 최고농도에서 동삼동이 광복동보다 10ppb이상 높았으며, 최고농도와 최저농도의 차이가 동삼동이 광복동보다 크게 나타났다. 이러한 주간의 고농도와 일변동폭이 큰 이유는 해안에 가까운 지형적 특성으로 SO_2와 TSP와 같은 1차오염물질이 적어 태양복사에너지의 투과율이 커서 광화학반응이 상대적으로 크게 일어날 가능성이 있고 또 하나는 바닷물의 수증기(H_2O)가 산소원자로의 해리되는 양이 많아 오존의 생성량이 크게 되었다는 생각을 할 수 있다.[20,21] 울릉도의 태하동은 야간에 오존을 파괴하는 물질이 없는 관계로 일변동폭이 작은 청정지역의 전형적인 특성을 나타내고 있다.

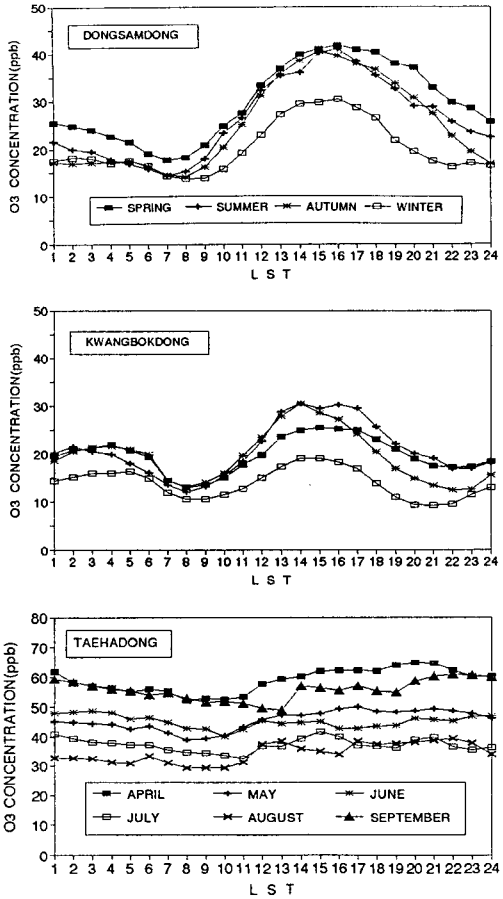

Fig. 5. Same as Fig. 3 except for O_3 concentration(ppb).

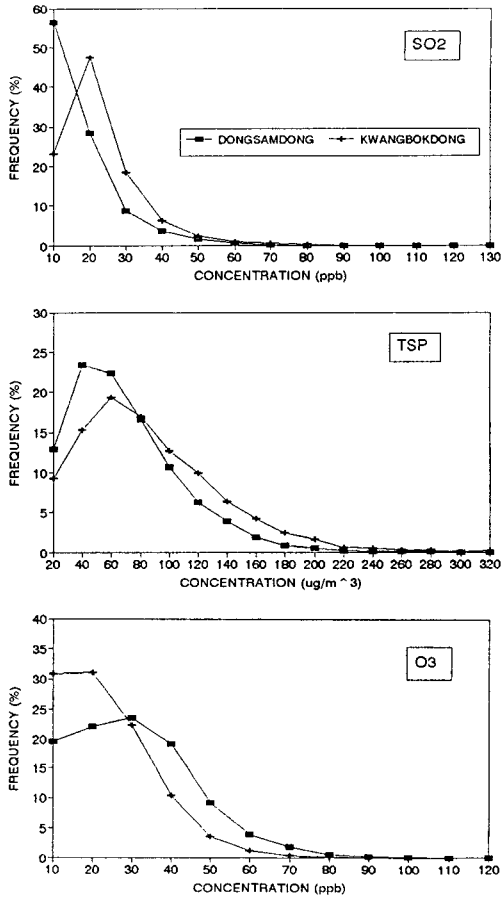

Fig. 6. Frequency distribution(%) of SO_2, TSP and O_3 according to concentration at Dongsamdong and Kwangbokdong, 1997.

3.3. 대기오염농도의 빈도수

Fig. 6은 동삼동과 광복동의 SO_2, TSP, O_3의 발생빈도수를 나타낸 것이다. 먼저 SO_2의 경우 동삼동은 10ppb의 발생빈도가 가장 높고 고농도로 갈수록 농도빈도분포는 기하급수적으로 감소하고 있다. 광복동은 10ppb보다 20ppb의 빈도가 높고 20ppb이상의 각 농도에서 동삼동보다 높은 발생빈도를 나타내었다 즉 광복동은 동삼동보다 고농도역에서 높은 빈도를 나타내었다는 것을 알 수 있다. TSP경우를 보면, $80\mu gm^{-3}$보다 낮은 농도에서는 동삼동의 발생빈도가 높고 $80\mu gm^{-3}$보다 높은 농도에서는 광복동의 발생빈도가 높은 것을 알 수 있다. O_3의 경우를 보면 TSP와는 반대로 30ppb보다 낮은 농도에서는 광복동이 높은 발생빈도를 나타내었고 30ppb보다 높은 농도에서는 동삼동이 높은 발생률을 나타내었다. 이상으로 SO_2와 TSP는 동삼동이 광복동보다 저농도에서 빈도가 높았으며, O_3은 동삼동이 광복동보다 고농도에서 높은 빈도를 나타내었다.

4. 결 론

1997년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간 부산 동삼동의 SO_2, TSP, O_3농도자료를 이용하여 부산시 해안지역의 대기오염특성을 광복동과 울릉도 태하동의 농도와 비교·고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

먼저, SO_2와 TSP의 월평균농도는 동삼동이 광복동보다 낮은 농도를 나타내었고 O_3은 높은 농도를 나타내었다. SO_2농도의 경우 동삼동은 광복동에 비해 계절별 변화가 뚜렷하였고 이른 아침과 주간의 농도차가 크게 나타났으며, 울릉도 태하동은 배경지역과 같은 매우 낮은 농도를 나타내었다. TSP의 경우 동삼동은 광복동에 비해서 낮은 농도와 작은 농도 일변화를 나타내었으며, 울릉도 태하동은 배경농도와 비슷한 매우 낮은 농도를 나타내었다. O_3의 경우 주간의 최고농도에서 동삼동이 광복동보다 10ppb이상 높게 나타났으며, 최고농도와 최저농도의 일변동폭이 동삼동이 광복동보다 크게 나타났다. 농도별 빈도분포의 경우 SO_2와 TSP는 동삼동이 광복동보다 저농도의 빈도가 높았으며, O_3은 고농도에서 높은 빈도를 나타내었다. 이상의 조사 결과로 볼 때, 동삼동은 배경농도를 나타내는 청정지역이라기 보다는 도심지의 영향을 받는 해안에 접해 있는 일종의 녹지지역이라고 하는 것이 타당하겠다.

앞으로 좀더 정확한 배출원의 추적 및 지형적 특성과 국지 기상학적 고찰을 통해서 해안지역에 있는 동삼동의 대기오염특성을 체계적으로 밝히는 것이 급선무라고 판단되며, 이 연구의 결과가 부산시의 토지이용과 도시규모에 따른 대기오염측정소의 적정배치에 있어 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

이 연구는 1998년도 신라대학교 연구비로 이루어졌음.

참 고 문 헌

1) 부산광역시, 1997, 부산 대기정책수립을 위한 선박오염 실태조사 및 예측, 93pp.
2) 전병일, 1993, 부산연안에서의 바람의 수치시뮬레이션에 관한 연구, 부산대학교 석사학위논문, 65pp.
3) 전병일, 1997, 부산연안역의 고농도 오존일의 예측기법개발과 오존농도 수치모의, 부산대학교 박사학위논문, 119pp.
4) 전병일, 김유근, 이화운, 1994, 해풍이 부산지역의 대기오염농도에 미치는 영향, 한국환경과학회지, 3(4), 357-365.
5) 김유근, 이화운, 전병일, 홍정혜, 1996, 부산연안역의 오존농도에 미치는 해풍의 영향, 한국환경과학회지, 5(3), 265-275.
6) 전병일, 김유근, 이화운, 1995, 부산지역의 오존농도특성과 기상인자에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 11(1), 45-56.
7) 전병일, 김유근, 이화운, 1994, 부산 지역의 SO_2 농도 변화 특성에 관한 고찰, 한국대기보전학회지, 10(4), 245-251.
8) 홍민선, 이상훈, 이동섭, 강창희, 박경윤, 1992, 제주도 고산에서의 대기오염물질 측정 및 분석에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 8(4), 257-261.
9) 박경윤, 이호근, 서명석, 장광미, 강창희, 허철구, 김영준, 1994, 제주도 고산측정소에서의 대기오염 배경농도 측정 및 분석, 한국대기보전학회지, 10(4), 252-259.
10) 장광미, 이호근, 서명석, 박경윤, 강창희, 허철구, 심상규, 1996, 1994년 자료에 나타난 제주도 고산에서의 SO_2농도 변화 특성, 한국대기보전학회지, 12(5), 541-554.
11) 송기형, 박용남, 정용승, 박국태, 1992, 충청북도 농촌지역의 강수의 산성도에 관한 기초연구, 한국대기보전학회지, 8(1), 38-44.
12) 윤마병, 정용승, 1995, 충북 청원군에서 관측된 지표면 부근의 오존, 한국대기보전학회지, 11(1), 85-93.
13) 최재천, 이민영, 이선기, 1994, 고산지역 강수의 화학성분 특성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 10(1), 64-72.
14) 이선기, 최재천, 이민영, 최만식, 1995, 소백산 대기중 입자상 물질의 화학적 특성에 관한 연구(Ⅰ), 한국대기보전학회지, 11(2), 179-184.
15) 서명석, 박경윤, 이호근, 장광미, 강창희, 허철구, 김영준, 1995, 청정지역과 도시지역의 오존농도 특성 연구, 한국대기보전학회지, 11(3), 253-262.
16) 환경부, 1998, 1997년 대기오염도 분석, 21pp.
17) Muramatsu, H., 1980, A case study of the transport of the stratospheric ozone into the troposphere, Papers in Meteorology and Geophysics, 31, 97-105.
18) Shapiro M. A., 1980, Turbulent mixing within tropopause folds as a mechanism for the exchange of chemical constituents between the stratosphere and troposphere, J. Atmos. Sci., 37, 994-1004.
19) Wakamatsu, S., I. Uno, H. Ueda, K, Uehara, and H. Tateishi, 1989, Observational study of stratospheric ozone intrusions into the lower troposphere, Atmos. Environ., 23, 1815-1826.
20) Seinfeld, J. H., 1986, Atmospheric chemistry and physics of air pollution, John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
21) 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.