

오염물질기준지수 (Pollutant Standards Index) 를

이용한 대기질의 평가

—서울특별시 대기오염도에 대하여—

연세대학교 의과대학 예방의학교실

정 용 · 장 재 연 · 권 속 표

= Abstract =

An Assessment of Air Pollution using Pollutant Standards Index (PSI): 1983~1984 in Seoul

Yong Chung, Ph.D., Jae Yeon Jang, M.S. and Sook Pyo Kwon, Ph.D.

*Department of Preventive Medicine and Public Health, Yonsei University
College of Medicine,*

In order to assess the general health effect due to air pollution and to determine the critical pollutant which is meant by the worst effect to health among various pollutants in Seoul, air quality measurements at 10 sites during 1983~1984 were analyzed using Pollutant Standards Index(PSI): This index has been ultimately proposed to describe the comprehensive degree of the air pollution by U.S. Environmental Protection Agency(EPA) since 1976.

Total average of PSI in Seoul during the two years was 139 that is described in "unhealthful". The highest PSI appeared in Winter 183 through the 2 years, the lowest in Summer 99, and Spring 129 and Fall 150 respectively.

PSI in Deungchon dong and Seongsu dong which are industrial areas were very high in terms of "very unhealthful", while shinlim dong was shown in low in terms of "good".

TSP was a priority pollutant in Seoul as the most frequently occurring critical pollutant. Its frequency was 76.4% in Spring, 86.0% in Summer, 78.0% in Fall and 44.2% in Winter during the 2 years. In Winter, TSP×SO₂ was an important term as the critical pollutant in Seoul.

Oxidant was the most frequently occurring critical pollutant in Kwangwhamoon through the whole seasons.

It was recommended that the PSI could be used to assess the air pollution administratively and legally in context with public health.

I. 서 론

1930년대 이래 급격한 산업화와 인구의 도시집중으로

인하여 대기오염이 급격히 증가함에 따라 세계 각국은 그 대책의 일환으로 대기오염도를 상시측정하고 있다.

우리나라의 경우도 환경보전법 6조에 의거하여 서울을 비롯한 대도시지역에서 대기오염을 상시측정하고

있다. 대기오염의 상시측정의 목적은 대기오염의 실태를 파악하는 것뿐만 아니라 대기오염현상에 관한 연구의 기본자료를 입수하며 대기오염 저감대책 수립의 근거 및 자료를 얻고 대책이 시행된 후의 효과를 측정하려 하는 것이다(Train, 1972)¹⁾.

대기오염 측정자료는 특정한 개별적인 오염물질의 대기중의 농도를 나타내는 수치로 표현되기 때문에 전문가 이외의 대중이나 정책결정자들에게는 이해되기 어렵다(Ott, 1978)²⁾. 또한 대기오염의 원인물질은 종류가 많기 때문에 개별적인 오염물질의 대기중의 농도만으로는 대기의 질을 종합적으로 평가하기가 곤란하다. 따라서 대기오염의 상태를 대중이나 정책결정자에게 이해하기 쉽도록 설명하고 대기의 질을 종합적으로 평가하기 위한 지수(指數, Index)가 필요하다.

대기오염도 지수로는 1966년에 발표된 Green's Index (Green, 1966)³⁾를 시초로 Fensterstock 등(1969)⁴⁾이 개발한 Air Quality Index(AQI), Babcock(1970)⁵⁾이 제시한 PINDEX, Bissele 등(1972)⁶⁾이 제시한 Extreme Value Index(EVI)등 수십종이 개발되어 사용되어 왔다. 미국의 경우에는 이런 지수들을 통일할 필요성에 의해 Pollutant Standards Index(이하 PSI라 함)를 공식적인 대기오염지수로 채택하였다(Hunt 등, 1976)⁷⁾ PSI는 대기오염도가 일반적으로 건강에 미치는 영향을 나타내고 그 주 오염물질을 지표하는 것으로 1984년 로스안젤레스 올림픽 기간 중에도 대기오염도를 표시하는 공식적인 방법으로 채택되었다.

우리나라의 경우에는 개별적인 오염물질의 대기중의 농도를 환경기준치와 비교하여 오염정도를 평가하고 있을뿐 아직까지 공식적으로 대기오염 지수를 사용한 종합적인 평가의 예가 없었다.

본 연구에서는 PSI를 사용하여 서울시의 대기오염도를 종합적으로 평가하고 가장 오염도가 문제되는 오염물질을 규명하려 하며 그 양상을 계절별, 지점별로 밝히고 우리나라에서의 대기오염지수로서 PSI의 사용을 검토하고 또한 제안하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 대 상

1983년 1월부터 1984년 12월까지의 서울시 대기오염 측정망에서 측정된 CO, NO₂, Oxidant, TSP, SO₂의 월평균치를 자료로 하였다. 대상지점은 측정자료의 결손이 적은 구의동, 반포동, 쌍문동, 오류동, 신림동,

Table 1. Coefficients for calculating PSI

| j | CO | | Oxidant | | NO ₂ | | SO ₂ | | TSP×SO ₂ ^(a) | | TSP(c) | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | b _j | a _j | α _j | a _j | α _j | a _j | α _j | a _j | α _j | a _j | α _j | d _j | α _j |
| 1 | 0 | 0.0 | 11.111111 | 0.0 | 1250.0000 | (b) | (b) | 0.0 | 1666.6667 | (b) | (b) | 0 | 0.6667 |
| 2 | 50 | 4.5 | 11.111111 | 0.04 | 1250.0000 | (b) | (b) | 0.03 | 454.54546 | (b) | (b) | 75 | 0.2703 |
| 3 | 100 | 9.0 | 16.666667 | 0.08 | 833.3333 | (b) | (b) | 0.14 | 625.00000 | (b) | (b) | 260 | 0.8700 |
| 4 | 200 | 15.0 | 6.666667 | 0.20 | 500.0000 | 0.6 | 166.66667 | 0.30 | 333.33333 | 24.82 | 1.3361839 | 375 | 0.4000 |
| 5 | 300 | 30.0 | 10.000000 | 0.40 | 1000.0000 | 1.2 | 250.00000 | 0.60 | 500.00000 | 99.66 | 1.9825535 | 625 | 0.4000 |
| 6 | 400 | 40.0 | 10.000000 | 0.50 | 1000.0000 | 1.6 | 250.00000 | 0.80 | 500.00000 | 150.1 | 2.7027027 | 875 | 0.8000 |
| 7 | 500 | 50.0 | 10.000000 | 0.60 | 1000.0000 | 2.0 | 250.00000 | 1.00 | 500.00000 | 187.1 | 2.7027027 | 1000 | 0.8000 |

a. The units of the product TSP×SO₂ are ppm.µg/m³

b. Index is not calculated; no standards or episode criteria at these levels.

c. For TSP, a_j is expressed in µg/m³.

Table 2. The statistical characteristics for five major pollutants at 10 sites in Seoul during 1983~1984 (Mean±Standard deviation)

| Sites(Dong) | Pollutant | | | | |
|----------------|-----------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | CO(ppm) | O ₃ (ppb) | SO ₂ (ppb) | TSP(μ g/m ³) | NO ₂ (ppb) |
| Gooi | 2.1±1.2 | 10.9±5.2 | 35.3±26.1 | 273.9±95.5 | 26.3±6.0 |
| Kwang wha moon | 2.3±1.0 | 51.9±26.6 | 72.8±43.0 | 57.3±20.0 | 35.9±10.2 |
| SSang moon | 4.3±2.3 | 9.0±6.3 | 61.5±39.3 | 241.7±85.1 | 21.1±6.3 |
| Jamsil | 1.8±1.8 | 9.1±4.8 | 34.0±22.0 | 301.6±99.0 | 22.2±5.4 |
| Oryu | 2.2±1.2 | 12.4±7.5 | 55.0±39.2 | 286.8±49.7 | 19.8±9.1 |
| Seong su | 2.7±1.6 | 6.0±2.4 | 77.5±40.2 | 397.6±128.3 | 27.1±10.7 |
| Kuro | 2.9±1.5 | 6.5±2.0 | 71.7±39.5 | 353.2±106.3 | 27.9±4.4 |
| Banpo | 1.4±0.5 | 12.7±8.3 | 49.9±28.3 | 320.3±153.5 | 27.4±9.2 |
| Shinlin | 1.9±1.2 | 30.1±21.0 | 17.1±13.3 | 59.6±17.5 | 15.5±3.5 |
| Deung chon | 2.1±1.1 | 13.4±10.6 | 63.5±40.6 | 422.3±104.2 | 41.8±14.4 |

잠실, 등촌동, 광화문, 구로동 및 성수동 10개 지점으로 하였다.

2. 방법

PSI는 SO₂, TSP, CO, NO₂, Oxidant의 오염도 및 TSP×SO₂ 값등 6개의 값에 의해 구해지는 지수이다. 각 오염물질에 의한 PSI 부지수값(subindex value)은 Ott와 Hun가 제시한 다음과 같은 방정식을 이용하여 구하였다(Ott, 1976)⁹⁾.

$$I = \frac{b_{j+1} - b_j}{a_{j+1} - a_j} (x - a_j) + b_j$$

for $a_j < X \leq a_{j+1}$

and $j=1, 2, 3, \dots, m$

j, a_j, b_j 등의 계수의 값은 Table 1에 나타낸 바와 같으며 X 는 오염물질의 농도이다.

이와 같이 구한 6개의 PSI 부지수값 중 최대값이 PSI 값이 된다.

즉 $\Psi = \max\{I_1, I_2, \dots, I_6\}$

Ψ : PSI 값

I : subindex 값이다.

이때 최대 PSI 부지수 값을 나타내는 오염물질을 주 오염물질(critical pollutant)라 한다.

이상과 같이 구한 PSI 값은 0~500의 범위의 값을 가지며 5개의 범위로 분류된다. 0에서 50까지의 PSI 값을 나타내면 '양호(Good)', 50에서 100까지는 '보통(Moderate)', 100에서 200까지는 '건강에 유해(unhealthful)' 200에서 300까지는 '건강에 매우 유해(very unhealthful)' 300에서 500까지는 '위험(Hazardous)'으로 판정한다. 이 용어를 '건강평가도(descriptor

Table 3. PSI values by season during 1983~1984 in Seoul

| Season | Mean | Standard deviation |
|--------|------|--------------------|
| Spring | 129 | 67 |
| Summer | 99 | 47 |
| Fall | 150 | 73 |
| Winter | 184 | 79 |

$p < 0.0001$

words)라 한다.

이상과 같은 방법으로 서울시 10개 지역의 PSI 값을 산출하였고 계절별 지역별 분포를 조사하였으며 주요 오염물질(critical pollutant)에 대해서도 계절별, 지역별 분포를 조사하였다.

III. 결과

연구자료로 사용된 1983년부터 1984년까지의 대기오염도 자료의 대략적인 통계치를 Table 2에 나타내었다.

조사 대상 기간중의 서울시내의 10개 지점의 평균 PSI 값은 139로, 서울지역의 대기는 '건강에 유해'한 범위에 해당하는 것으로 나타났다.

계절별로 보면 봄철(3~5월)의 평균 PSI 값이 129, 여름철(6~8월)에 99, 가을철에 150, 겨울철에 183으로 나타났으며 계절별로 PSI 값의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 3참조).

critical pollutant의 분포는 Table 4와 같이 TSP가 가장 높아 71.0%를 차지하였고 TSP×SO₂가 13.7

Table 4. Distributions of critical pollutants by season in Seoul; based on 1983~1984 data
(unit: %)

| Critical pollutants | Season | | | | Total |
|---------------------|--------|--------|------|--------|-------|
| | Spring | Summer | Fall | Winter | |
| CO | 1.8 | 0 | 2.4 | 0 | 1.1 |
| Oxidant | 1.8 | 11.6 | 9.8 | 0 | 5.5 |
| SO ₂ | 9.1 | 2.3 | 4.9 | 16.3 | 8.7 |
| TSP | 76.4 | 86.0 | 78.0 | 44.2 | 71.0 |
| NO ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TSP×SO ₂ | 10.9 | 0 | 4.9 | 39.5 | 13.7 |

Table 5. Statistical characteristics of PSI at 10 sites in Seoul(1983~1984)

| Site | Mean | Standard deviation | Highest | Lowest | Range |
|--------------|------|--------------------|---------|--------|-------|
| Gooi | 118 | 40 | 209 | 66 | 143 |
| Kwangwhamoon | 83 | 23 | 122 | 51 | 71 |
| Ssang moon | 117 | 56 | 215 | 63 | 152 |
| Jamsil | 139 | 56 | 243 | 52 | 191 |
| Oryu | 137 | 46 | 240 | 77 | 163 |
| Seongsu | 200 | 63 | 337 | 77 | 260 |
| Guro | 185 | 62 | 272 | 85 | 187 |
| Banpo | 153 | 79 | 280 | 65 | 215 |
| Shinlin | 45 | 16 | 89 | 27 | 62 |
| Deungchon | 217 | 56 | 301 | 88 | 213 |
| Total | 139 | 74 | 337 | 27 | 310 |

%로 다음으로 높았다. SO₂는 8.7%, Oxidant는 5.5%, CO는 1.1%를 차지하였다.

계절별로는 봄철에는 TSP가 76.4%, TSP×SO₂가 10.9%, SO₂가 9.1%의 순이었으며 여름철에는 TSP가 86.0%, Oxidant가 11.6%, SO₂가 2.3%이었다. 가을철에는 TSP가 78.0%, Oxidant가 9.8%이었으며 겨울철에는 다른 계절과는 달리 TSP의 비중이 44.2%로 낮은 반면 TSP×SO₂가 39.5%로 다른 계절에 비해 상대적으로 큰 비중을 차지하였다.

조사대상 기간중 각 지점의 PSI값의 평균값, 최대값, 최소값등을 Table 5에 나타내었다. 동촌지역의 PSI는 217, 성수지역이 200으로 높은 값을 나타내었고 신림이 45, 광화문이 83으로 비교적 낮은 PSI값을 나타내었다. 기타 6개지점은 100~200 사이의 값들을 나타내었다.

Fig. 1 및 2는 지점별로 PSI의 descriptor words(건

강명가도)와 critical pollutant(주오염물질)의 분포를 표시한 것이다.

신림지역은 조사대상 기간중 69%가 '양호'한 대기상태를 나타내었고 31%도 '보통'에 해당하는 대기질을 나타내어 10개 지점중 가장 PSI값이 낮은 지역이었다. 광화문, 쌍문지역도 각각 73%, 68%가 '보통'의 PSI를 나타내 다른 지역에 비해 비교적 대기상태가 양호하였다.

성수지역은 '건강에 매우 유해'한 상태의 기간이 59%, '위험'이 9%이었으며 동촌지역은 79%의 기간이 '건강에 매우 유해' 7%의 기간이 '위험', 오류지역은 54%의 기간이 '건강에 매우 유해' 23%의 기간이 '위험'의 대기상태를 나타내어 대기오염이 매우 높은 지역들이었다.

대기오염을 악화시키는 주 원인물질을 나타내는 critical pollutant는 대부분의 지역에서 TSP가 가장 높

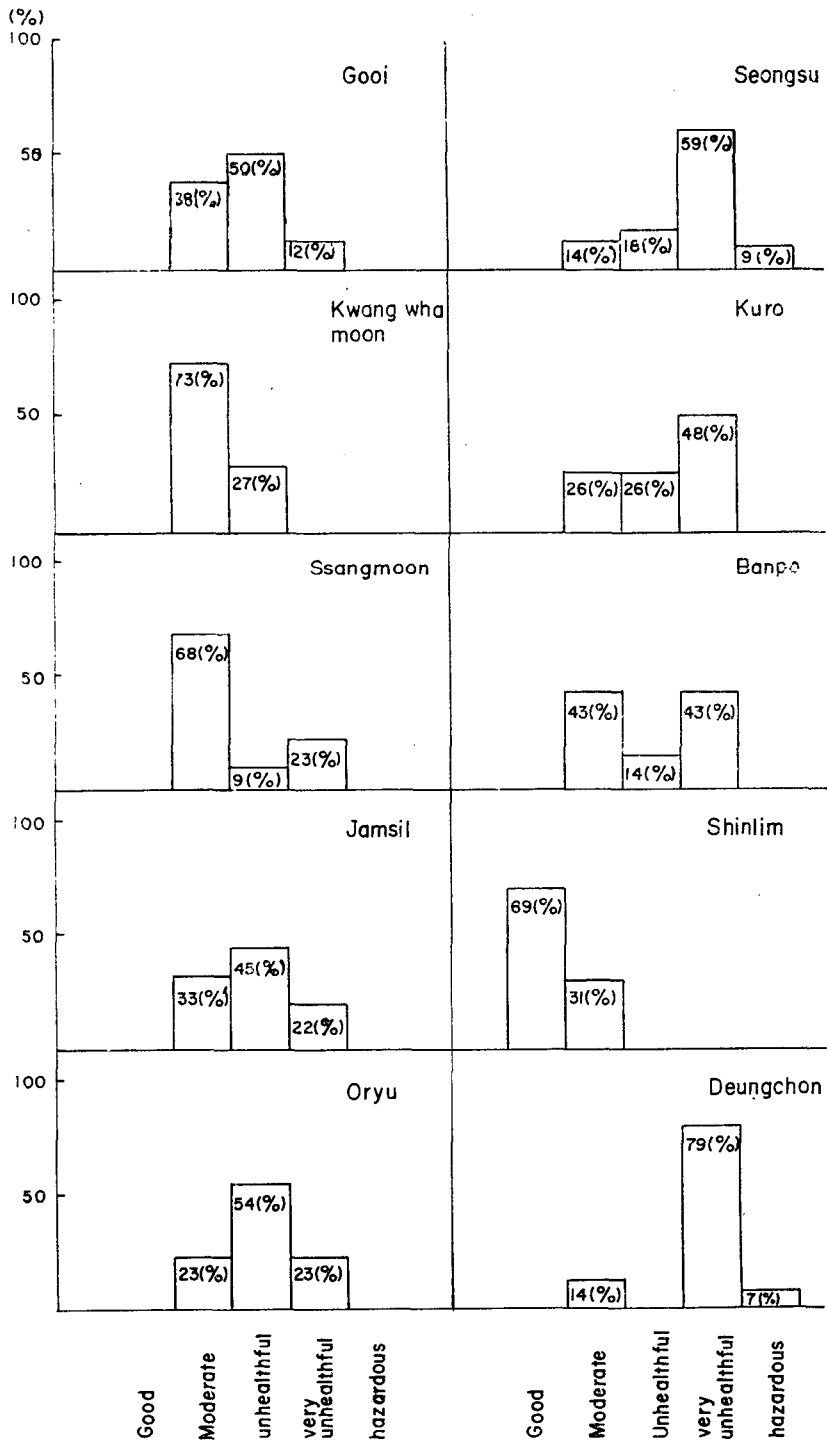


Fig. 1. Distribution of PSI descriptor words at monitoring sites in Seoul; based on 1983~1984 data

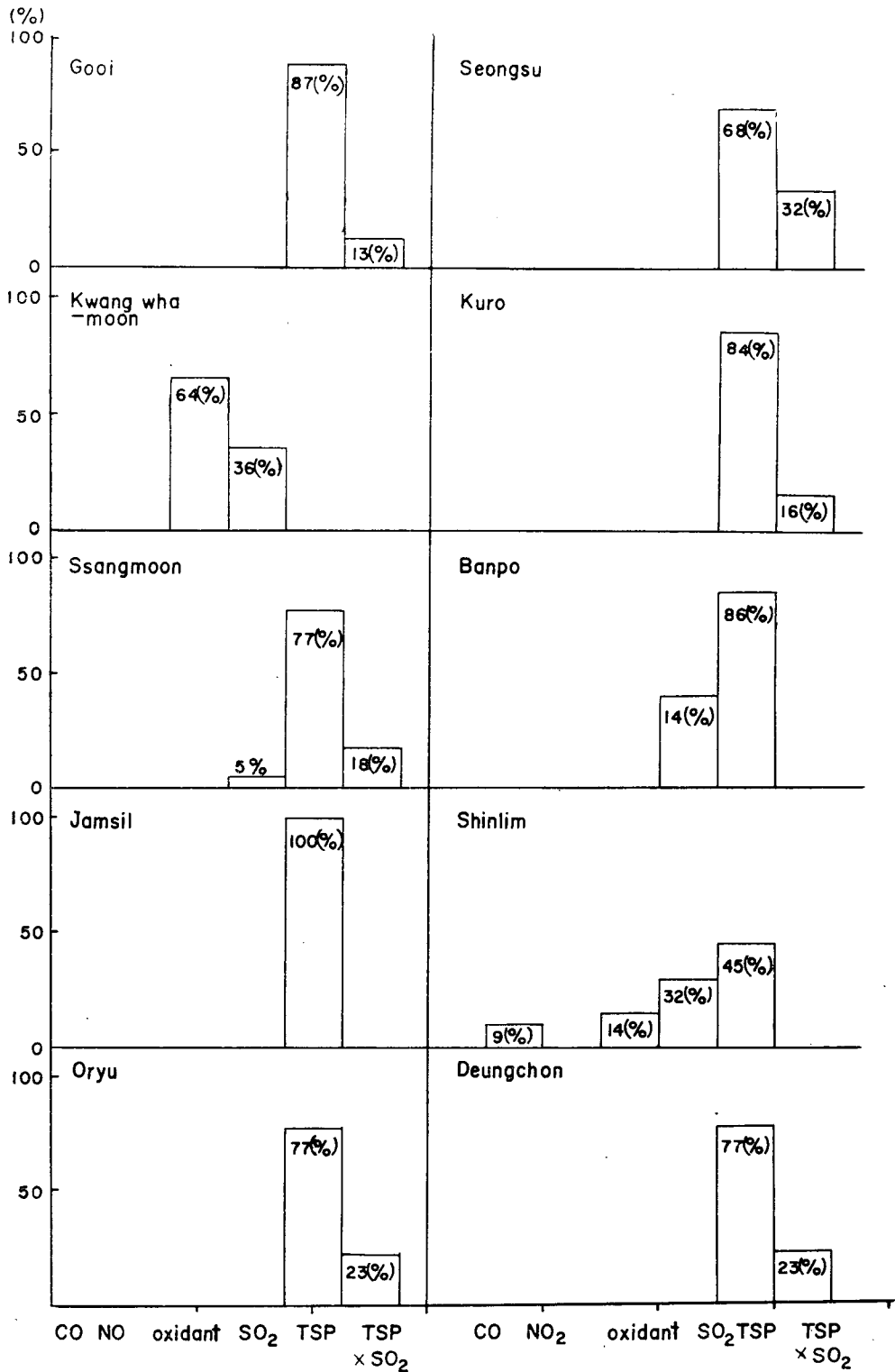


Fig. 2. Distribution of PSI pollutants at monitoring sites in Seoul; based on 1983~1984 data

Table 6. Distributions of critical pollutants by descriptor words in Seoul: based on 1983~1984 data (unit: %)

| Critical pollutants | CO | Oxidant | SO ₂ | TSP | NO ₂ | TSP×SO ₂ | Total |
|---------------------|------|---------|-----------------|------|-----------------|---------------------|-------|
| Descriptor words | | | | | | | |
| Good | 12.5 | 0 | 18.8 | 68.8 | 0 | 0 | 100 |
| Moderate | 0 | 12.7 | 15.9 | 71.4 | 0 | 0 | 100 |
| Unhealthful | 0 | 4.5 | 2.3 | 93.2 | 0 | 0 | 100 |
| Very unhealthful | 0 | 0 | 1.7 | 56.9 | 0 | 41.4 | 100 |
| Hazardous | 0 | 0 | 0 | 50.0 | 0 | 50.0 | 100 |

은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 잠실지역에서는 조사기간중 TSP가 critical pollutant의 100%를 차지하였고 구의지역에서는 87%, 반포지역에서는 86%, 구로지역에서는 84%, 등촌, 쌍문, 오류지역에서는 77%이었다. 광화문지역은 다른지역과는 달리 Oxidant가 64%, SO₂가 36%를 차지해 특색있는 양상을 나타내었다. TSP 이외에 주요 critical pollutant는 TSP×SO₂로 성수지역에서 32%, 등촌지역과 오류지역에서 23%, 쌍문지역에서 18%를 차지하였다.

Table 6은 PSI descriptor word별 critical pollutant의 분포를 나타낸 것이다. 모든 descriptor word에서 TSP가 가장 큰 비중을 보였으나 '건강에 매우 유해(very unhealthful)'한 대기상태일 때와 '위험(hazardous)'한 상태일 때는 TSP×SO₂도 매우 높은 비중을 차지하였다. CO가 critical pollutant일 때는 모두 '양호(good)'인 상태일 때였으며 Oxidant는 '보통(moderate)'일 때의 12.7%, '건강에 유해(unhealthful)'할 때의 4.5%를 차지하였다.

IV. 고 찰

PSI는 1970년대 중반까지 개발되어 사용되고 있던 많은 대기오염 지수를 통일시키기 위하여 개발된 지수로 그 기본적인 개념은 미국의 NAAQS(National Ambient Air Quality Standards)의 기준과 비교할 수 있으면서 여러 대기오염물질에 의한 건강에 미치는 영향을 간략하게 기술할 수 있도록 하려는 것이다.

이와 같은 목적으로 Thom과 Ott 등(1976)⁹⁾이 그동안 개발되어 왔던 대기오염 지수들을 종합하고, 10개의 기준(criteria)을 이용하여 개발한 SUAQI(Standardized Urban Air Quality Index)를 기본으로 하여 개발 및 검증을 거쳐 U.S. EPA에 의해 최종적으로 선택된 지수가 PSI이다⁷⁾.

PSI 100은 NAAQS(미국대기환경기준)에 해당하는

농도이며 200, 300, 400은 Federal Episode Criteria에서 규정한 Alert, Warning, Emergency Level에 해당하며 500은 미국 연방 정부가 제정한 Significant Harm Level에 해당한다⁷⁾. 이 Significant Harm Level은 대기오염이 건강에 미치는 영향에 관한 과학적인 지식을 근거로 하여 설정한 기준으로 이 농도에서는 인체의 건강에 매우 유해하며 많은 인구집단에 대해 여러 임상증세를 유발시키고, 환자나 노인들의 사망을 촉진시키는 많은 증거가 있다. 따라서 대기오염 관리에서 이 농도에는 절대로 도달해서는 안될 기준이다.

PSI의 특징 및 장점은 첫째 대기오염의 표현이 전문적인 용어와 수치에서 대중이 이해하기 쉬운 단순한 형태로 바뀌어진다는 것이며, 둘째로는 주요 대기오염 물질이 모두 포함되어 있고 PSI의 구조가 추후에 새롭게 문제가 되는 대기오염물질을 쉽게 추가시킬 수 있도록 되어 있다는 점이다. 셋째로는 환경기준치나 episode criteria 등을 근거로 구해진 값이기 때문에 이들 기준이 설정된 것과 같은 과학적인 근거를 갖고 있다는 것이며 네째로는 계산방법이 간단하고 시간, 일, 월변화를 쉽게 표현할 수 있다는 것이다(Ott 등, 1976)¹⁰⁾.

과거에 PSI에 의해 대기오염도를 평가한 예를 보면 대기오염이 세계적으로 높은 것으로 유명한 미국의 로스앤젤레스가 1976년도에 연평균 119의 값을 나타내었으며 같은 해에 시카고가 98.5, 시애틀이 44를 나타낸 것으로 보고되었다⁵⁾. 본 조사의 결과인 서울시의 1983년도의 평균 137, 1984년도의 평균 143은 이들 도시에 비해 월등히 높아 서울시의 대기오염도의 심각성을 나타내 주고 있다. 서울시에서도 지역별로 성수, 등촌지역은 PSI 값이 200을 넘고 있는 것으로 나타났다.

U.S. EPA의 보고서에 의하면 PSI 값이 100 이상이면 감수성이 높은 사람에게서 병적징후가 약간 악화되며 건강한 사람들에게서도 자극적인 징후를 나타내게

되는 '건강에 유해'한 대기오염 상태인 것으로 보고하고 있다. 또한 PSI가 200 이상이면 '건강에 매우 유해'한 대기이며 이때는 심장 또는 폐질환을 갖고 있는 사람들에게 심각한 증세의 악화가 나타나며 건강한 사람들에게서도 경후가 나타나는 것으로 보고되어 있다⁴⁾. 따라서 서울시의 대기오염 상태는 시민들에게 건강피해를 입히고 있을 것으로 추정된다. 대기오염에 의한 건강장애에 대해서는 구체적인 연구가 차후에 요망된다.

계절별 PSI값은 지금까지 보고되었던 SO₂오염도의 계절적 변화와(권등, 1985; 신등, 1980)^{11~12)} 같이 겨울철에 가장 높게 나타났으며 여름철이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 SO₂오염도는 봄과 가을철에는 비슷한 오염도를 나타낸 것으로 보고되었으나 PSI값은 봄철이 129, 가을철이 150으로 가을철이 다소 높게 나타난 것이 특색이라 할 수 있다.

critical pollutant의 발생분포를 보면, 서울지역에서 가장 문제가 되는 오염물질은 TSP인 것으로 나타났다. 지금까지 서울시에서 대기오염물질중 가장 관심의 대상이 되어 왔으며 또한 그에 대한 대책이 많이 강구된 오염물질은 SO₂이었다. 그러나 PSI 지수를 이용한 대기오염 평가의 결과는 TSP가 가장 심각한 오염물질인 것으로 나타나 이에 대한 적극적인 대책이 요망되며 보다 상세한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 1930년 뮤우즈 제곡의 대기오염 사전(Fricquet, 1931)¹³⁾이나 1952년의 런던의 대참사¹⁴⁾등의 원인 오염물질인 SO₂와 TSP의 복합오염이 서울의 경우에도 연간 13.7%, 특히 오염도가 높은 계절인 겨울철에는 39.5%나 발생하고 있는 것으로 나타났다.

Table 6의 PSI descriptor word별 critical pollutant의 분포에서도 PSI값이 높은때의 주요 오염이 TSP 또는 TSP와 SO₂의 복합오염인 것으로 나타나 있다. 따라서 서울지역은 연중 TSP가 보건학적으로 가장 문제가 큰 오염물질이며 겨울철과 같이 오염도가 특히 높을 때는 TSP오염, 또는 TSP, SO₂의 복합오염이 서울의 주된 대기오염의 형태라고 할 수 있다.

SO₂와 TSP의 복합오염은 석탄과 석유등의 화석연료가 주요오염원인 지역에서 발생하는 오염형태로 런던형 스모그로 분류되기도 하는 현상이다. 외국의 경우 TSP×SO₂의 값에 대해서도 환경기준이 정해져 있으나 우리나라의 경우는 이에 대한 기준은 설정되어 있지 않은 실정이다.

SO₂와 TSP의 복합오염은 Larsen¹²⁾의 연구결과 초과사망자(excess death)와 밀접한 상관이 있는 것으

로 밝혀진 바있고 우리나라의 대도시의 주요오염원인 만큼 이에 대한 환경기준의 설정 및 관리대책의 수립이 요망된다.

그외에 SO₂는 연간 8.7%, Oxidant는 5.5%, CO는 1.1%, NO₂는 0%로 critical pollutant로서의 비중이 낮은 것으로 나타났다. 계절별로도 겨울철을 제외하고는 TSP가 매우 높은 비중을 차지하였으며 SO₂, NO₂, Oxidant, CO는 상대적으로 낮은 비중을 차지하였다. Oxidant는 여름철에 다른 계절에 비해 11.6%로 다소 높은 빈도를 보여 광에너지에 밀접한 관계를 가진 특성을 나타내었다.

지역별 PSI값의 분포 및 critical pollutant의 분포를 나타낸 그림 1,2는 그지역의 오염도 특성을 간결하게 나타낼 수 있는 방법이다. 산업시설이 많이 위치하고 있는 성수, 구로, 등촌, 오류지역등이 특히 높은 오염도를 보이고 있으며 성수 및 등촌지역은 300 이상의 값을 나타낸 기간이 각각 9%, 6%로 심각한 오염도를 나타내었다. 신림지역은 측정소의 지리적인 위치에 의한 영향도 있으나 가장 양호한 상태를 나타내 조사지역중 유일하게 '양호'의 대기상태를 69%의 기간동안 유지한 것으로 나타났다. 신림지역은 critical pollutant의 분포도 다른 지역과 달리 비교적 다양하게 나타내고 있는데 이는 이 지역의 TSP 오염도가 다른 지역에 비해 낮기 때문인 것으로 생각된다. 광화문 지역도 다른 지역과는 다른 critical pollutant의 분포를 보여 Oxidant가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 이는 광화문지역이 도심지역인 관계로 다른 지역과 오염원의 형태가 다르기 때문인 것으로 생각된다. 자동차 배기가스가 주요오염원인 미국의 로스앤젤레스의 1974년도 조사결과 보면 critical pollutant의 분포가 oxidant가 58%, CO가 41%를 차지한 것으로 보고하고 있다⁸⁾. 광화문 지역은 도심에 위치하고 있어 자동차 배기가스가 주요 오염원인 것으로 생각되는데 oxidant가 critical pollutant의 분포에서 64%를 차지하여 로스앤젤레스와 같은 양상을 보였으나 SO₂가 그 다음의 비중을 차지하고 있는 점에서는 다른 양상을 보였다. 따라서 광화문 지역은 자동차 배기가스 이외에 빌딩 또는 관공건물등에서 사용되는 고유황합유연료가 주요오염원일 것으로 추측된다. 신림, 광화문 두 지역을 제외한 다른 지역에서는 critical pollutant의 양상이 비슷하여 오염원의 형태가 유사할 것으로 생각된다. 물론 각 지역에서의 오염원의 형태의 규명은 상세한 연구가 필요한 것이지만 PSI를 이용하면 대기오염의 양상이 규명되므로 복합적인 오염원의 형태에 대해서도

Table 7. Comparison of PSI values with pollutant concentrations, descriptor words, general health effects and cautionary statements

| Index Value | Air Quality Level | Pollutant Levels | | | | | Health Effect Descriptor | General Health Effects | Cautionary Statements |
|-------------|-------------------|--|--|--------------------------------------|--|---|--------------------------|---|---|
| | | TSP (24-hr) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SO ₂ (24-hr) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | CO (8-hr) (mg/m^3) | O ₃ (1-hr) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | NO ₂ (1-hr) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | |
| 500 | Significant | 1,000 | 2,620 | 57.5 | 1,200 | 3,750 | Hazardous | Premature death of ill and elderly. Healthy people will experience adverse symptoms that affect their normal activity. | All persons should remain indoors, keeping windows and doors closed. All persons should minimize physical exertion and avoid traffic. |
| 400 | Emergency | 875 | 2,100 | 46.0 | 1,000 | 3,000 | Hazardous | Premature onset of certain diseases in addition to significant aggravation of symptoms and decreased exercise tolerance in healthy persons. | Elderly and persons with existing diseases should stay indoors and avoid physical exertion. General population should avoid outdoor activity. |
| 300 | Warning | 625 | 1,600 | 34.0 | 800 | 2,260 | Very Unhealthful | Significant aggravation of symptoms and decreased exercise tolerance in persons with heart or lung disease, with widespread symptoms in the healthy population. | Elderly and persons with existing heart or lung disease should stay indoors and reduce physical activity. |
| 200 | Alert | 375 | 800 | 17.0 | 400 ^a | 1,130 | Unhealthful | Mild aggravation of symptoms in susceptible persons, with irritation symptoms in the healthy population. | Persons with existing heart or respiratory ailments should reduce physical exertion and outdoor activity. |
| 100 | NAAQS | 260 | 365 | 10.0 | 160 | b | Moderate | | |
| 50 | 50% of NAAQS | 75 ^c | 80 ^c | 5.0 | 80 | b | Good | | |
| 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | b | | | |

^a 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was used instead of the O₃ Alert level of 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

^b No index values reported at concentration levels below those specified by "alert level" criteria.

^c Annual primary NAAQS.

그 주원인물질을 파악할 수 있을 것이다.

이상과 같이 PSI를 이용하면 대기오염을 종합적으로 평가할 수 있으며 지역별 대기오염상태의 특징 및 건강상 문제가 가장 큰 대기오염물질을 규명할 수 있어 대기오염관리에 좋은 평가방법인 것으로 생각된다. 또한 대기오염의 예보체계를 시행할 경우 PSI는 일반 시민들에게도 알기쉽게 대기오염상태를 전달할 수 있는 방법이다.

대기오염은 오염물질의 발생량뿐 아니라 기상조건 등 여러 요소의 영향을 받기 때문에 같은 계절내에서도 오염도가 항상 변동하고 특이한 기상조건하에서는 고농도의 대기오염상태가 발생하기도 한다. 따라서 대기오염도에 대한 예보체제나 경보전달체제들이 필요하며 서독, 미국, 일본 등 여러나라에서는 이와같은 체제들을 시행하고 있다.

권등¹¹⁾이 서울시의 SO₂ 오염도를 조사한 결과에서도 풍속 등 기후요인들이 대기오염도에 영향을 미치고 있으며 겨울철의 경우에 특이한 오염물질의 확산이 어려운 기상상태가 발생할 경우 고농도 오염이 일어난 것으로 예측하고 있다.

우리나라에서도 대기오염사전에 대비한 예보체제가 갖추어져야 할 것으로 생각되며 이때 PSI는 유용한 대기오염의 평가방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 7은 U.S. EPA에서 제시한 PSI값과 그에 해당하는 오염물질의 농도와 일반적으로 건강에 미치는 영향 및 그때 취해야할 주의사항등을 요약한 것이다⁷⁾. PSI는 그 값의 산출이 1일 기준으로 하고 있어, 시간별 오염도나 월평균 오염도의 평가에도 적용할 수는 있지만 1일 평균오염도 자료를 이용하여 각종자료를 산출하는 것이 가장 바람직 하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 1일 오염도자료를 입수하기 어려운 실정때문에 월평균자료를 사용하여 PSI값을 산출하였다. 따라서 1일 오염도 자료를 이용하여 PSI값의 분포를 조사할 경우에는 연평균 PSI값등의 통계치는 같겠지만 높은 PSI값을 나타내는 빈도가 증가할 것으로 예측된다. 대기오염도의 연평균값도 중요한 의미를 갖지만 1일에서 수일간 발생하는 고농도의 대기오염 사건(Episode)이 대기관리나 보건학적으로 중요하기 때문에 이에 대한 연구가 차후에도 있어야 될 것으로 생각된다.

본 조사결과에서도 등촌지역과 성수지역에서 월평균 PSI값이 300을 넘는 기간이 7%, 9%씩 나타난 것을 고려해 볼 때 고농도의 대기오염이 발생하는 날이 상당히 많은 것으로 생각된다.

본 조사는 1983년부터 1984년까지 2년동안을 대상으로 조사한 결과이므로 올림픽등을 앞두고 대기보전대책이 시행되기 시작한 최근의 대기질에 관해서는 알 수 없으나 차후에도 대기보전대책의 수행과 더불어 PSI를 이용한 대기오염도의 평가가 수반되는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

서울시내의 10개 지역의 1983년, 1984년의 2개년 동안 대기오염도를 PSI를 이용하여 계절별, 지역별로 평가하고 대기오염의 주원인 물질 즉 critical pollutant의 분포를 지역별, 계절별로 조사하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 조사기간중 10개지역의 평균 PSI값은 139로 나타났다으며 그 건강평가도(descriptor word)는 '건강에 유해'한 수준이었다.

2) 계절별 평균 PSI값은 겨울철이 183으로 가장 높았고 여름철이 99로 가장 낮았으며 봄철에 129, 가을철에 150으로 나타났다.

3) 지역별로는 등촌동이 217, 성수지역이 200으로 '건강에 매우 유해'한 상태를 나타내었으며 신림지역이 44로 '양호'한 대기상태를 나타내었다. 기타 지역은 대부분 PSI값이 100에서 200 사이로 '건강에 유해'한 대기질을 나타내었다.

4) critical pollutant는 TSP가 가장 높은 빈도를 차지하여 71.0%이었으며 TSP×SO₂가 13.7%로 다음으로 높아 서울시에서 보건학적으로 가장 문제가 큰 오염물질들로 나타났다. 그외에 SO₂가 8.7%, oxidant 5.5%, CO가 1.1%를 차지하였다.

5) 계절별 critical pollutant의 분포는 봄, 여름, 가을은 비슷한 양상을 보여 각각 TSP가 76.4%, 86.0%, 78.0%로 대부분을 차지하였으나 겨울철에는 TSP가 44.2%, TSP×SO₂가 39.5%를 차지하였다. 겨울철에는 SO₂, TSP의 복합오염이 많이 발생하는 것으로 나타나 TSP×SO₂의 환경기준의 설정등 대책이 필요할 것으로 보인다.

6) 지역별 critical pollutant의 분포는 대부분의 지역에서 TSP가 큰 비중을 차지하였으나 광화문지역은 oxidant가 64%, SO₂가 36%로서 다른 지역과는 다른 양상을 보였으며 신림지역도 TSP가 43%, SO₂가 32%, oxidant가 14%, CO가 9%로 다양한 분포를 보였다.

7) descriptor word별 critical pollutant의 분포

에서 PSI 값이 높을때의 주요 오염물질은 TSP 와 TSP × SO₂인 것으로 나타났다.

8) PSI 는 서울시의 대기오염도의 종합적인 평가, 대기오염의 양상의 파악, 보건학적으로 가장 문제가 큰 오염물질의 규명등에 유용하게 사용될 수 있고 대기오염도를 시민들에게 쉽게 이해시킬 수 있는 지수로 평가된다.

참 고 문 헌

- 1) Tran Russel E. *The quest for environmental indices. Science* 1972; 178(4057):121
- 2) Wayne R Ott: *Environmental indices. Ann Arbor Scince Publisher Inc Ann Arbor Michigan, 1978*
- 3) Green Marvin H. *An air pollution index based on sulfur dioxide and smoke shade. J Air Poll Control Assoc* 1966; 11(12):703-706
- 4) Fensterstock JC, Goodman, K, Duggan GM, Baker WS. *The development and utilization of an air quality index, Paper No. 69-73, presented at the 62nd annual meeting of the Air Pollution Control Association. New York NY, 1969*
- 5) Babcock Lyndon R Jr. *A combined pollution index for measurement of total air pollution. J Air Poll Control Assoc* 1970; 20(10):653-659
- 6) Bisselle CC, Lubore SH, Pikul RP *National environmental indices: Air quality and outdoor recreation. Report No. MTR-6159, MITRE Corporation Mclean VA, 1972*
- 7) Hunt William F, Ott Wayne R, John Moran et. als. *Guideline for public reporting of daily air quality-pollutant standrads index(PSI), US EPA, EPA-450/2-76-013, 1976*
- 8) Ott Wayne R, Williams F. Hunt. *A quantitative evaluation of the pollutant standrads index. J Air Poll Control Assoc* 1976; 26(11):2050-2054
- 9) Thom Gray C, Ott Wayne R. *Air pollution indices: A compendium and assessment of indices used in the united states and canada. Ann Arbor Science Publishers Inc Ann Arbor MI, 1976*
- 10) Ott wayne R, Gary C Thom *A critical review of air pollution index systems in the United States and Canada. J Air Poll Control Assoc* 1976; 26(5):460-470
- 11) 권숙표, 정용, 장재연. 대기오염도에 영향을 미치는 기후요소분석. *환경보전* 1985; 6(2):1-10
- 12) 신재영, 김문영외 : 반자동 측정기에 의한 서울시 내대기오염도 조사. 서울특별시 보건연구소보 1980; 16:188
- 13) Firket J. *J Bull Acad R Med Belg* 1931; 11: 683
- 14) Ministry of Health. *Mortality and morbidity during the London fog of december 1952. Rep. of public health and related subject No. 95, HM Stationary Office, London, 1954*
- 15) Ralph I, Larsen. *Relating air pollutant effects to concentration and control. J Air Poll Control Assoc* 1970; 20(4):214-225