

우리나라의 대기투과율과 대기오염과의 관계

이협희 · 김영섭 · 한영호

부산수산대학교 해양과학대학 대기과학과
(1995년 3월 9일 접수)

Relationship between Atmospheric Transmissivity and Air Pollution in Korea

Hyup-Hee Lee, Young-Seup Kim and Young-Ho Han

*Dept. of Atmospheric Sciences, College of Marine Science and Technology, National
Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea*
(Manuscript received 9 March 1995)

Abstract

The temporal and spatial distribution of atmospheric transmissivity and depletion rate of solar radiation are investigated, and are compared to the concentration of several components of air pollution. The length of the data span is 11 years from 1983 to 1993. The data of radiation and sunshine rate recorded at 20 meteorological standard stations were used, and in order to investigate a relationship between the depletion rate of solar radiation and air pollution, the concentration data of air pollution observed in Seoul, Pusan, Taegu, Taejon and Kwangju were compiled from 1991 to 1993.

Regression coefficient a and b vary from 0.100 to 0.209, from 0.464 to 0.691, and their means are 0.163 and 0.533, respectively. Climatological atmospheric transmissivity is ranged from 0.68 to 0.83, and its mean is 0.75. Atmospheric transmissivity is relatively low in Pusan, Taejon, Kwangju and Incheon which have large population and are highly industrialized. However, that in Chinju, Mokpo, Cheju and Sosan appears to be large compared to the aforementioned stations. Insolation rate of clear days varies from 0.71 to 0.58, and its mean is 0.63. Insolation rate of Kangnung and Chinju are higher than those of Seoul and Pusan by 5%. From the correlation coefficients between depletion rate of solar radiation and air pollution concentration, the most significant factors related to the depletion rate of solar radiation is appeared to be TSP followed by SO₂. Ozone shows a negative correlation, and NO₂ does not show a obvious correlation with the depletion rate of solar radiation.

Key Words : Atmospheric transmissivity, Insolation rate, Sunshine rate, Depletion rate of solar radiation, TSP, SO₂, O₃, NO₂

I. 序 論

日射量의 정보는 농업은 물론 日氣와 氣候研究

에도 대단히 중요하다. 따라서, 이전부터 지표면에서의 日射量을 추정하고자 하는 많은 연구가 있어 왔다. 예를 들어, Ångström(1924)은 日照時間

(duration of sunshine)으로 日射量을 추정하는 간단한 經驗式을 제안하였고, 그 이후에도 Mosby (1936), Laevastu(1960), Beriland(1960), Seckle and Beaudry(1973) 등이 보다 많은 관측자료를 바탕으로 새로운 經驗式들을 제안하였다. 우리나라에서는 조희구(1968, 1974)가 Ångström의 방법을 이용하여 월평균 日射量과 日照率의 相關關係를 조사한 바 있고, 中央氣象臺(1974, 1977)가 서울과 수원에서 관측된 자료에 근거하여 日照時數에 의한 月別日射量 推定式을 제안하였다. 그리고 최근에는, 세계적으로 氣候變化에 대한 관심이 높아짐에 따라 大氣輻射에 대한 중요성이 강조되어 이에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다(Kiehl, 1994 ; Kobayashi, 1991 ; McKee and Cox, 1974).

엄밀한 의미에서 완전히 투명한 대기는 있을 수 없고, 반드시 여러가지 먼지등의 浮遊微粒子를 포함하고 있는데, 그 정도는 大氣混濁度(atmospheric turbidity)로 나타낸다. 大氣混濁度를 결정하는 요소 중 自然的인 것으로 건조공기 자체, 수증기, 먼지 등이 있으며, 人爲的인 것으로는 인간활동에 의해 배출되는 이산화황(SO₂), 이산화질소(NO₂), 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 오존(O₃), 총부유물질(TSP) 등과 같은 이른바 大氣汚染物質이 있다. 국내의 경우, 윤순창(1992)은 10년간 서울지역 平均大氣汚染濃度를 조사하고, SO₂, CO 및 TSP는 淸淨燃料의 사용과 규제의 강화로 감소하는 추세이고, 반면에 2次汚染物質인 NO₂와 O₃ 등은 자동차의 급격한 증가로 인한 총탄화수소(THC)와 함께 증가하고 있다고 보고하였다. 이러한 大氣混濁物質의 증가는 視程障礙, 光化學스모그 현상 등을 초래하여, 인간의 활동을 제약하는 이외에, 日射量을 減衰시켜 궁극적으로 氣候變化에 까지 영향을 미친다. 우리나라에서도 대도시나 공업단지를 대상으로 한 視程障礙나 光化學스모그 현상에 관한 조사·연구는 활발히 이루어지고 있다(박세옥 외, 1994 ; 정용승 외, 1992 ; 홍낙기 외, 1993).

이에 비해, 大氣汚染物質 증가에 따른 日射量 減衰에 대한 연구는 별로 이루어지지 않았다. 이종범과 김성삼(1976)은 지상의 水蒸氣壓, 태양의 天井距離, 雲量 등을 인자로 한 水平面日射量을 계

산한 바 있고, 조하만 외(1987)는 日射 및 日照觀測值를 이용하여 우리나라 주요 지점의 大氣透過率을 조사하였다. 이들의 연구는 日射量減衰와 크게 관련이 있는 氣象學的인 인자들을 선정하여, 그들 사이의 관계를 氣候學的인 관점에서 조사한 것으로 최근 급격히 증가하고 있는 大氣汚染物質의 영향을 인자로써 고려하지는 않았다.

본 연구에서는, 1983년부터 1993년까지 전국 20개 氣象測候所에서 측정된 全天日射量資料와 대도시에서 측정된 大氣汚染資料를 이용하여, 大氣透過率을 조사하고, 그 時空間的인 분포 특성과 大氣汚染物質 농도와의 相關性을 조사하였다. 연구의 목적 달성을 위하여, 1983~1993년까지 전국 20개 測候所에서 관측된 全天日射量 및 日照時間資料를 이용하여 각 지점별 大氣透過率의 氣候值를 계산하고 비교·분석하였으며, 透過率 결정에 가장 영향이 큰 구름의 효과를 배제한 晴天日만의 日射率을 따로 계산하고, 그 時空間的인 특징도 조사하였다. 그리고, 서울을 비롯한 5개 도시에서 1991년부터 1993년까지 관측된 大氣汚染 인자별 濃度資料를 이용하여 日射率과의 相關性을 조사하였다.

II. 資料 및 方法

1. 資料

우리나라의 경우, 1982년 5월 이후 熱電對式인 에플리日射計(Epley pyranometer)가 각 氣象測候所에 본격적으로 설치되었다(조하만 외, 1987). 본 연구에서는, 全天日射量과 日照率이 규칙적으로 관측되고 있는 전국의 20개 測候所(Fig. 1)의 자료를 氣象廳發行 氣象月報와 氣象年報를 통하여 수집하였으며, 그 기간은 1983년부터 1993년까지 11년간이다.

그리고, 大氣透過率變動과 大氣汚染物質 濃度와의 相關性을 조사하기 위하여, 環境處가 서울, 부산, 대구, 대전 및 광주에서 관측한 NO₂, O₃, TSP, SO₂의 日平均値資料를 수집하였다. 大氣汚染物質

의 자료 조사기간은 1991년부터 1993년까지 3년간이다.

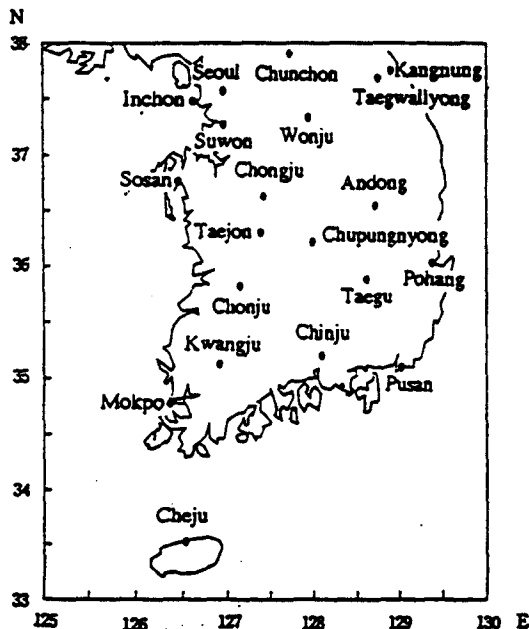


Fig. 1. Map showing the 20 meteorological standard stations.

2. 方法

Black *et al.* (1954)은 日射率과 日照率의 관계를 다음과 같이 나타내었다.

$$Q/Q_0 = a + b (S/S_0) \quad (1)$$

여기서, Q_0 는 大氣上端에서의 日射量, Q 는 지표면에서의 日射量, S 는 日照時間(duration of sunshine), S_0 는 可照時間(possible duration of sunshine), 그리고 a 와 b 는 어떤 지역의 日射에 관계되는 氣候特性을 나타내는 回歸係數(regression coefficient)이다. Q/Q_0 는 日射率(insolation rate)을, S/S_0 는 日照率(sunshine rate)을 나타낸다.

日射率과 日照率의 相關關係로부터 얻어지는 回歸係數($a+b$)는 日照率이 1일때의 日射率이므로, a 와 b 의 크기로서 大氣透過率을 정의할 수 있으며

다음식으로 나타낼 수 있다.

$$t = (a + b)^{1/m} \quad (2)$$

여기서, t 는 大氣透過率(atmospheric transmissivity)이고, m 은 光學空氣質量(optical air mass)이다.

大氣上端에서의 太陽輻射量은 다음 식으로 계산하였다.

$$Q_0 = \frac{s}{\pi} \left(\frac{dm}{d} \right)^2 (\sin \varphi \sin \delta \cdot H + \cos \varphi \cos \delta \sin H) \quad (3)$$

여기서, s 는 太陽常數(solar constant)로, $118.1 \text{ MJm}^{-2}\text{day}^{-1}$ (Frohlich and Brusa, 1981)을 채용하였다. dm 과 d 는 太陽에서 地球까지의 平均距離 및 距離이다. 그리고, φ 는 緯度, δ 는 赤緯(declination), H 는 時角(hour angle)이다.

太陽의 赤緯는 다음 식으로 계산하였다.

$$\delta = 23.5 \sin \left[\frac{2\pi(j-173)}{365.25} + \frac{\pi}{2} \right] \quad (4)$$

여기서, j 는 Julian day를 나타낸다.

光學空氣質量 m 은,

$$m = (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H)^{-1} \quad (5)$$

로 구하였다.

그리고, 1983년부터 1993년까지의 全調查期間中 雲量이 0인 晴天日만의 日射率 t_c 는,

$$t_c = Q / Q_0 \quad (6)$$

그리고, 일사의 감쇠율(depletion rate of solar radiation) t_d 를,

$$t_d = (1 - t_c) \quad (7)$$

로 정의하였다.

그리고, 1991년부터 1993년까지의 기간 중 서울, 부산, 대구, 대전, 광주에서 관측된 大氣汚染因子別 濃度資料와 같은 기간 동안의 日射率과의 相關關係를 回歸分析을 통하여 조사하였다.

Table 1. Statistical results at each station. Variable γ , (a+b), m, and t denote correlation coefficient, regression coefficients, optical air mass, and atmospheric transmissivity. x and y mean the sunshine rate and insolation rate, respectively

Station	Regression Equation	γ	(a+b)	m	t
Andong	$y = 0.177 + 0.499x$	$\gamma = 0.87$	0.67	1.25	0.73
Cheju	$y = 0.135 + 0.598x$	$\gamma = 0.85$	0.73	1.20	0.77
Chongju	$y = 0.141 + 0.537x$	$\gamma = 0.66$	0.68	1.25	0.73
Chonju	$y = 0.195 + 0.464x$	$\gamma = 0.87$	0.66	1.23	0.71
Chinju	$y = 0.209 + 0.553x$	$\gamma = 0.94$	0.76	1.22	0.80
Chunchon	$y = 0.156 + 0.516x$	$\gamma = 0.83$	0.67	1.27	0.73
Chupungnyong	$y = 0.156 + 0.537x$	$\gamma = 0.73$	0.69	1.24	0.74
Inchon	$y = 0.163 + 0.489x$	$\gamma = 0.86$	0.65	1.26	0.71
Kangnung	$y = 0.187 + 0.510x$	$\gamma = 0.89$	0.70	1.27	0.75
Kwangju	$y = 0.191 + 0.479x$	$\gamma = 0.91$	0.64	1.22	0.72
Mokpo	$y = 0.192 + 0.545x$	$\gamma = 0.86$	0.74	1.22	0.78
Pohang	$y = 0.176 + 0.504x$	$\gamma = 0.82$	0.68	1.24	0.73
Pusan	$y = 0.151 + 0.469x$	$\gamma = 0.68$	0.62	1.22	0.68
Sosan	$y = 0.187 + 0.537x$	$\gamma = 0.90$	0.72	1.25	0.77
Seoul	$y = 0.120 + 0.579x$	$\gamma = 0.75$	0.70	1.26	0.75
Suwon	$y = 0.129 + 0.554x$	$\gamma = 0.79$	0.68	1.26	0.74
Taegu	$y = 0.160 + 0.532x$	$\gamma = 0.85$	0.69	1.23	0.74
Taegwallyong	$y = 0.100 + 0.691x$	$\gamma = 0.95$	0.71	1.26	0.76
Taejon	$y = 0.146 + 0.560x$	$\gamma = 0.79$	0.79	1.24	0.83
Wonju	$y = 0.190 + 0.505x$	$\gamma = 0.75$	0.70	1.26	0.75

III. 結果 및 考察

1. 大氣透過率의 分布

전국 20개 氣象測候所에 있어서 月平均日射率 (Q/Q_0)과 日照率(S/S_0)의 相關關係를 조사하여, 그 回歸式, 相關係數, 回歸係數 a와 b의 합(a+b), 光學空氣質量 m 및 大氣透過率 t를 계산하여 Table 1에 정리하여 나타내었다.

우리나라의 경우, 回歸係數 a는 대관령의 0.100으로부터 진주의 0.209까지 변하며, 回歸係數 b는 전주의 0.464로부터 대관령의 0.691까지 변한다. a와 b의 全國平均은 각각 0.163과 0.533이다. 그리고, 回歸直線式의 相關係數는 청주의 0.66으로부터 대관령의 0.95까지이고, 평균은 0.83이다.

Table 1에서 보면, 절편 값인 a는 기온기 값인 b보다 그 값도 작고 변화도 적으므로, 日射率은 a보다 b에 훨씬 민감하다고 볼 수 있다. 다른 지역

에 비해 汚染이 적을 것으로 예상되는 대관령과 제주의 b값은 全國平均値 보다 훨씬 크고, 인천, 전주, 광주, 부산 등은 0.50이하의 낮은 값을 보여 大氣汚染과 상관이 있음을 보여 주고 있다. 조하만 외(1987)이 1982~1986년 동안의 자료를 이용하여 전국 18개 지점에서의 a와 b값을 계산한 바 있다. 그들에 의하면, a는 0.191, b는 0.511로 본 연구 결과와 비슷하다.

우리나라 大氣透過率 t의 값은 지역에 따라 상당히 다른데, 그 범위는 0.68~0.83이고 평균치는 0.75이다. 진주, 목포, 제주, 서산이 비교적 높은 값을 보인 반면, 부산, 전주, 광주, 인천 등에서 낮았다. Glover and McCulloch(1958)는 赤道 부근에서의 大氣透過率 값으로써 0.82를 얻은 바 있으며, Sekihara and Suzuki(1966)은 日本에서 0.74~0.80을 보고한 바 있다. 이들의 결과는 본 결과에 비해 다소 높은데, 이것은 지역에 따른 大氣透過率의 기본적인 차이와 자료를 얻은 日照計의 機械的

Table 2. Regression equations between the insolation rate (y) and sunshine rate (x) atmospheric transmissivities with respect to season for all stations

Season	Regression Equation	γ	(a+b)	m	t
Spring	$y = 0.186 + 0.486x$	$\gamma = 0.70$	0.67	1.24	0.73
Summer	$y = 0.191 + 0.481x$	$\gamma = 0.60$	0.67	1.24	0.73
Fall	$y = 0.178 + 0.500x$	$\gamma = 0.80$	0.68	1.24	0.73
Winter	$y = 0.131 + 0.585x$	$\gamma = 0.79$	0.72	1.24	0.76

인 차이로 여겨진다.

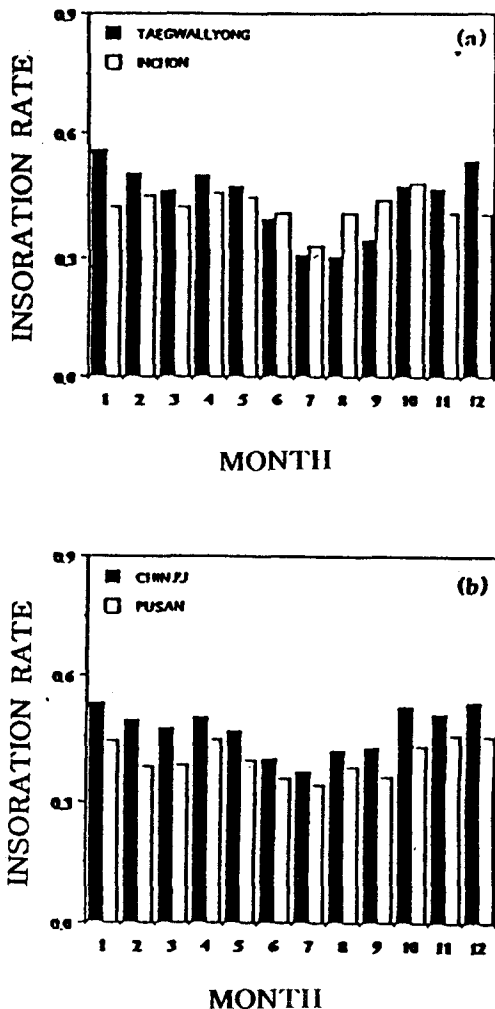


Fig. 2. The comparison of insolation rate between Incheon and Taegwallyong (a), Pusan and Chinju (b).

Table 2는 全測候所에 대해서 계절별로 日射率과 日照率의 相關을 정리한 것이다. 이것으로 보면, 日射率은 겨울철에 가장 높고 여름철에 낮으며, 가을철은 고르게 분포되면서 相關度도 높은 반면 봄철에는 相關度가 비교적 낮고 線形的인 相關이 다른 계절에 비해 뚜렷하지 않다. 이는 봄철에 안정된 氣團의 영향이 뚜렷하지 않고, 빈번한 低氣壓의 통과등으로 氣象要素의 變動率이 크기 때문으로 여겨진다. 大氣透過率은 겨울철이 0.76으로 가장 높고 다른 계절은 0.73으로 거의 비슷하였다.

Fig. 2는 거의 同緯度上에 위치하며, 都市化와 工業化의 영향이 뚜렷이 비교되는 대관령과 인천, 진주와 부산에 있어서의 日射率을 비교한 것이다. 전계절에 걸쳐 대관령과 진주의 日射率이 인천과 부산보다 큼을 알 수 있다. 대관령은 인천보다 5%, 진주는 부산보다 日射率이 12%나 크다. 만약, 부산의 日平均日射量이 약 $130 W/m^2$ 라고 하면, 이것의 12% 감소는 $15.6 W/m^2$ 에 해당한다. 이러한 에너지는 지면으로부터 고도 1 km 사이에 있는 공기의 온도를 약 $1.1 C/day$ 변화시킬 수 있는 양이다. 都市化나 工業化에 따른 大氣混濁度의 증가는 특정지역의 日射量의 減衰를 가져와 그 지역의 氣候까지 변화시킬 수 있으므로 계속적인 監視가 필요하다고 여겨진다.

2. 晴天日의 日射率과 大氣汚染과의 關係

大氣透過率 변동에 가장 큰 영향을 미치는 구름의 효과를 제거하면, 透過率 變動에 미치는 地理的 영향이나, 大氣汚染에 의한 영향 등을 유추해 낼 수 있다. 구름의 영향을 배제한 大氣透過率의 地域的·季節的 특성을 조사하기 위해 1983년부터

Table 3. Insolation rates in clear days at each station

Station	Q	Q ₀	Q/Q ₀	Station	Q	Q ₀	Q/Q ₀
Andong	16.8	28.1	0.60	Mokpo	19.3	29.4	0.66
Cheju	19.0	29.9	0.64	Pohang	17.6	28.4	0.62
Chongju	18.0	28.9	0.62	Pusan	16.8	28.4	0.59
Chonju	17.8	29.0	0.61	Sosan	19.3	29.0	0.67
Chinju	19.1	28.8	0.66	Seoul	16.9	28.0	0.60
Chunchon	17.8	27.8	0.64	Suwon	16.5	28.4	0.58
Chupungnyong	17.5	28.7	0.61	Taegu	17.4	28.4	0.58
Inchon	16.9	28.4	0.60	Taegwallyong	19.8	28.0	0.71
Kangnung	18.3	27.8	0.66	Taejon	18.0	28.7	0.63
Kwangju	18.5	29.0	0.64	Wonju	17.7	27.8	0.64

1993년까지의 全調査期間中の 雲量 0인 晴天日만 의 日射率을 조사하였다.

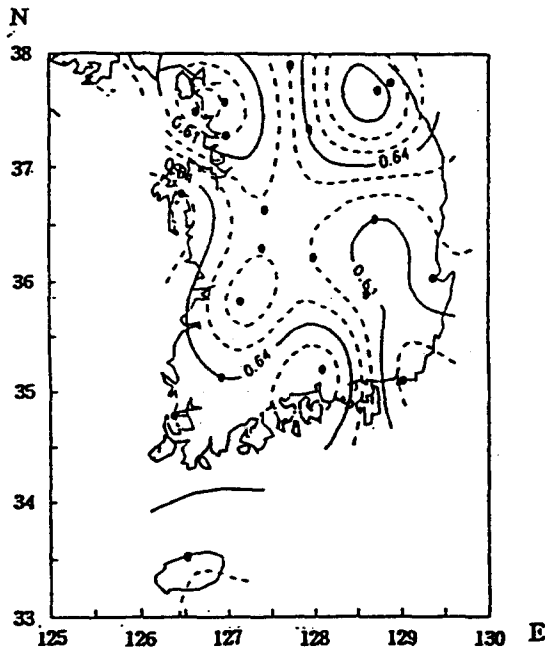


Fig. 3. The spatial distribution of insolation rate in clear days.

Fig. 3은 晴天日만의 日射率의 전국적인 分布圖이다. 수도권지역이나 부산, 대구지역과 같이 인구가 많고 産業活動이 활발한 지역에서의 日射率이

다른 지역에 비해 월등히 낮음을 알 수 있다. 반면에, 강원도지역과 南西海岸地域의 日射率은 0.64 이상으로 앞의 지역들과 좋은 대조를 이루고 있다. 이러한 지역적 차이는 氣象要素, 地理的要素 등의 영향도 포함되어 있을 것이나, 인구 集中化나 工業化의 영향이 뚜렷이 포함되어 있다고 볼 수 있다.

Table 3은 20개 조사지점에서의 Q/Q_0 , 즉 晴天日의 日射率 年平均値를 나타내고 있다. 전체적으로, 0.71부터 0.58까지 변하며 평균은 0.63이다. 日射率이 가장 낮은 수원의 0.58과 가장 높은 대관령 0.71과의 차이는 0.13이다. 이는 같은 太陽輻射量이 入射하더라도, 수원에서는 대관령 보다 13%나 더 많이 減衰된다는 의미이다. 都市化나 産業化가 진전된 곳으로 볼 수 있는 수원, 인천, 부산 등에서 낮고, 그렇치 않은 대관령, 서산, 진주 등에서 높게 나타났는데, 이는 Table 1에서의 결과와 거의 일치하는 사실이다. 계절적으로는 뚜렷한 차이가 인정되지 않았다.

Fig. 4는 거의 同緯度上에 위치하는 지역중 大氣汚染이 심한 곳과 그렇치 않은 곳을 비교해서 나타낸 것이다. 두 경우 모두 大氣汚染이 심한 대도시인 서울과 부산이 그렇치 않은 강릉과 진주보다 年平均 약 5% 정도 大氣透過率이 낮다. 이렇게 대도시의 日射率이 낮은 이유는 大氣汚染物質이 증가하고 光化學스모그 현상이 빈번히 나타나기 때문으로 여겨진다. 5%의 차이는, 日平均日射量을 $130 W/m^2$ 라고 할 때 $6.5 W/m^2$ 정도의 日射量 減衰를 의미하며, 이는 1 km 공기 기둥의 온도를

Table 4. Regression equations between the SO₂ (x) and depletion rate of solar radiation (y) and correlation coefficients in each station

Station	Regression equation	Correlation coefficient
Seoul	$y = 0.42 + 1.06x$	0.32
Pusan	$y = 0.34 + 1.95x$	0.32
Taegu	$y = 0.40 + 0.40x$	0.16
Taejon	$y = 0.33 + 1.72x$	0.48
Kwangju	$y = 0.30 + 2.70x$	0.55

전체적으로 약 0.5 °C/day 변동시킬 수 있는 양에 해당한다.

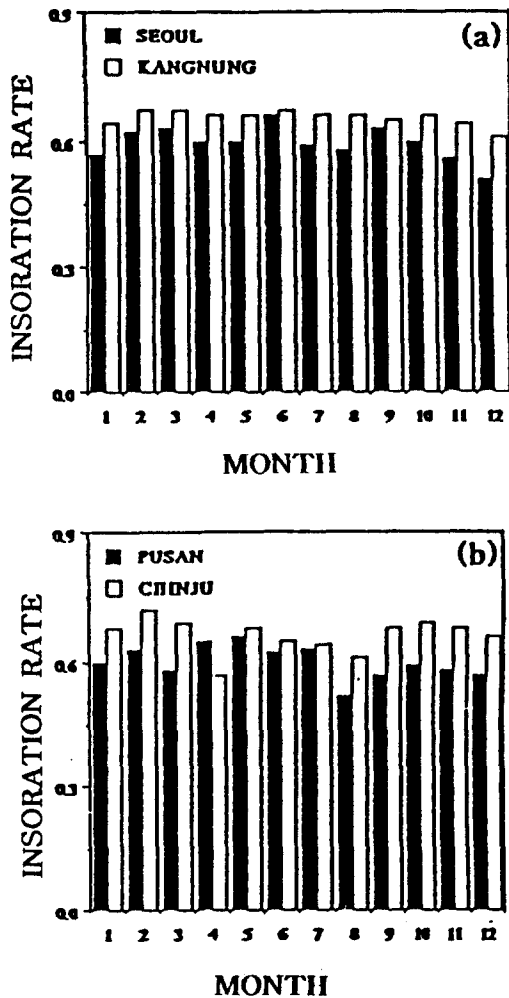


Fig. 4. The comparison of insolation rate in clear days between Seoul and Kangnung (a), Pusan and Chinju (b).

日射率變動에 관계가 있는 大氣汚染 인자별 영향을 조사하기 위하여 大氣汚染濃度 觀測이 규칙적으로 행하여지고 있는 서울, 부산, 대구, 대전, 광주의 5대 도시에서의 자료를 수집·분석하였다. 日射率變動과 大氣汚染濃度와의 관계를 알아 보기 전에, 먼저 각 汚染物質의 年變動 및 도시별 平均値를 조사하였다.

Fig. 5는 서울을 예로한 SO₂, O₃ 및 TSP의 年變動을 나타낸 것이다. SO₂의 경우는 여름철에 0.011ppm 정도로 낮고 겨울에 0.066ppm으로 높다. 그 이유는 겨울철 暖房用燃料 사용이 많기 때문으로 생각되며, 이것은 대구지방의 大氣汚染濃度를 조사한 이영옥과 정용승(1994)의 결과와 일치한다.

O₃은 SO₂와는 정반대의 年變動 경향을 보이는 데, 여름에 그 濃度가 높고 겨울에 낮다. 월평균 最大值는 0.019ppm으로 5, 6월에 나타나고, 最小値는 0.006ppm으로 12월에 나타난다. 이는 直達日射量(flux of direct solar radiation)이 가장 많은 夏至와 가장 적은 冬至에 최대와 최소가 나타난 것으로, 光化學反應의 강도와 관련이 있는 것으로 해석된다. TSP의 경우는 SO₂와 O₃ 경우와는 달리 계절별로 큰 차이는 보이지 않는다. 여름철의 平均濃度 80 µg/m³을 제외하고, 전년의 TSP 濃度가 높은 것은 都市化·工業化에 따라 연중 TSP 排出이 지속적으로 이루어지고 있음을 의미한다. 여름철에 濃度가 낮은 것은 成雨除去效果(rain out effect)와 함께, 여름철 우리나라를 지배하는 北太平洋氣團 자체에 먼지를 포함한 大氣汚染物質이 비교적 적기 때문으로 여겨진다.

大氣日射率變動에 미치는 大氣汚染因子別 영향을 평가하기 위하여, 3년(1991년~1993년)동안 晴

天日 때만의 日射量減衰率 t_c 와 大氣汚染因子別 濃度와의 相關關係를 조사하였다.

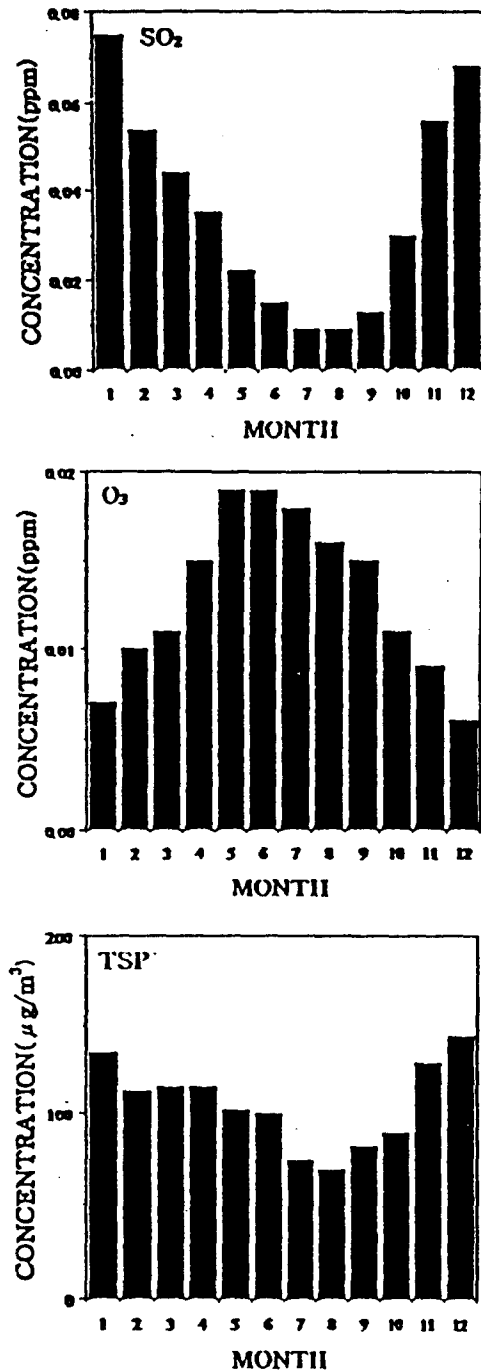


Fig. 5. The annual variation of concentration for SO₂, O₃ and TSP.

지역별 回歸式과 相關係數 등은 Table 4~7에 정리되어 있다. 전체적으로 相關係數는 크지 않았으나, 그중에서 相關이 높은 大氣汚染因子는 SO₂와 TSP이며, 이들은 陽의 相關을 보였다. 즉, SO₂와 TSP의 濃度가 증가하면 日射量減衰率 t_c 도 커진다. SO₂가 日射量減衰에 기여한다는 사실은, 이만희 외(1985)가 SO₄²⁻ 이온 및 이에 결부된 水分이 전체 視程惡化의 40% 정도 기여하고, 그 다음이 원소상 탄소 및 有機化合物이라고 한 사실과 일치하는 결과로 여겨진다. SO₂의 경우(Table 4), 각 지역별 절편값을 비교해 보면 광주가 0.3으로 가장 작고, 서울이 0.42로 가장 크다. 이것은 SO₂에 의한 영향이 전혀 없다면, 광주는 日射率이 0.70, 서울은 0.58이 된다는 것이다. 서울의 日射率이 이렇게 낮은 것은 광주에 비해 다른 복잡한 2次的인 大氣汚染物質의 영향이 그만큼 크다고 해석될 수 있다.

SO₂에 비해 NO₂의 경우(Table 5)는 相關係數도 작을 뿐만 아니라, 부산과 대구에서는 負의 相關을 보이고 있어서 NO₂에 의한 日射量減衰效果를 단정지우기 어렵다. 이영옥과 정용승(1994)도, 低視程 發生日數와 NO₂와의 관계는 相關이 있기는 하나 그 정도가 약하다고 보고한 바 있다.

Table 6에서 보면, O₃와 日射量減衰率의 관계는 負의 相關을 보인다. 이는 日射量이 많을 때, 즉 日射率이 클 때 오존이 많이 生成된다는 과정을 생각하면 당연한 결과로 여겨진다. 그러나, SO₂나 TSP의 경우에 비해 相關係數가 그리 높지 않은 것은 O₃에 의한 光化學스모그 현상 때문으로 여겨지기는 하나 분명하지 않다. O₃가 많이 生成되기 위해서는 日射에 의해 分離되어진 산소원자가 많이 존재해야 한다. 그러므로, O₃의 濃度가 높다는 것은 日射量의 減衰가 그만큼 적다는 의미로 볼 수 있다. 그러나, 生成된 O₃는 탄화수소와 결합하여 光化學스모그 원인 물질인 炭化水素化合物을 生成하여, 이것이 2次的으로 日射量의 減衰를 유발하므로 O₃와 日射量減衰 사이의 相關係數가 낮은 것으로 사료된다.

Table 5. Regression equations and correlation coefficients between NO₂ (x) and depletion rate of solar radiation (y) in each station

Station	Regression equation	Correlation coefficient
Seoul	$y = 0.41 + 1.10x$	0.28
Pusan	$y = 0.49 - 2.33x$	-0.26
Taegu	$y = 0.45 - 0.75x$	-0.12
Taejon	$y = 0.37 + 1.88x$	0.28
Kwangju	$y = 0.33 + 1.14x$	0.21

Table 6. Regression equations and correlation coefficients between O₃ (x) and depletion rate of solar radiation (y) in each station

Station	Regression equation	Correlation coefficient
Seoul	$y = 0.48 - 1.65x$	-0.22
Pusan	$y = 0.45 - 2.55x$	-0.12
Taegu	$y = 0.44 - 1.37x$	-0.09
Taejon	$y = 0.44 - 2.28x$	-0.22
Kwangju	$y = 0.40 - 3.01x$	-0.42

Table 7. Regression equations and correlation coefficients between TSP (x) and depletion rate of solar radiation (y) in each station

Station	Regression equation	Correlation coefficient
Seoul	$y = 0.40 + 7.70 \times 10^{-4}x$	0.38
Pusan	$y = 0.30 + 1.39 \times 10^{-3}x$	0.44
Taegu	$y = 0.34 + 6.35 \times 10^{-4}x$	0.34
Taejon	$y = 0.34 + 8.08 \times 10^{-4}x$	0.39
Kwangju	$y = 0.29 + 7.74 \times 10^{-4}x$	0.45

IV. 要約

우리나라 대기투과율의 時空間的인 分布特徵과, 대기오염에 의한 대기투과율 變動效果를 조사하였다. 調査期間은 1983~1993년까지이고, 전국 20개 氣象測候所에서 관측된 全日日射量 및 日照率資料와 서울, 부산, 대구, 대전, 광주에서 측정된 1991~1993년까지의 대기오염濃度 資料를 이용하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결과를 要約하면 다음과 같다.

1) 日射率과 日照率의 相關關係로부터 얻어진 回歸係數 a의 範圍와 平均値는 0.100~0.209, 0.163이고, b는 0.464~0.691, 0.533이었다.

2) 지역별 대기투과율의 氣候値는 0.68~0.83 범위에 있고, 그 平均値는 0.75였다. 상대적으로 汚染이 적은 진주, 목포, 제주, 서산 등에서 그 값이 크고, 부산, 전주, 광주, 인천 등에서 작았다.

3) 晴天日만의 日射率의 範圍와 平均値는 각각 0.71~0.58, 0.63였다. 同緯度上의 大도시와 全원도시에서의 日射率 차이는 약 5%였다.

4) SO₂ 및 TSP는 晴天日의 日射量 減衰率과 陽의 相關을, O₃는 負의 相關을 보였다. 그리고, NO₂에서는 뚜렷한 相關關係가 나타나지 않았다.

參考文獻

- 박세옥, 백남준, 김용표, 문길주, 김영성, 1994, 1980~1993년 기간의 서울의 시정 추이, 한국대기보전학회지, 10, 203~208.
- 윤순창, 1992, 한반도의 대기오염 분석 결과, 한반도의 국지기상 특징과 대기 환경 WORKSHOP, 서울대학교 대기환경연구소, 33~62.
- 이민희, 김양균, 원양수, 한의정, 신찬기, 정해동, 한자경, 1985, 수도권 대기중의 스모그 현상에 관한 연구, 국립환경연구원보, 7, 45~61.
- 이영옥, 정용승, 1994, 대구의 저시정과 대기오염에 관하여, II. 대기오염, 한국기상학회지, 30, 27~34.
- 이종범, 김성삼, 1976, 순간수평면 일사량의 추정에 관하여, 한국기상학회지, 12, 25~33.
- 정용승, 김태균, 정재섭, 1992, 도시의 대기오염과 시정감소에 관하여, 한국대기보전학회지, 8, 1~6.
- 조하만, 정귀원, 조천호, 1987, 지면에 도달하는 일사량과 관련기상 변수들과의 상관, 한국기상학회지, 23, 26~34.
- 조희구, 1968, 한국의 복사평형에 관하여, 한국기상학회지, 4, 8~12.
- 조희구, 1974, 일조율에 의한 한국의 일사량 연구, 연세논총, 연세대 대학원, 12, 107~119.
- 중앙기상대, 1974, 일사계 및 일조계 보정을 위한 비교연구, 중앙기상대, MR-74-4, 48 pp.
- 중앙기상대, 1977, 일조 일사 관측자료 활용을 위한 종합적 연구, 중앙기상대, MR-77-4, 98 pp.
- 홍낙기, 이종범, 김용국, 1993, 다변량해석을 이용한 서울시 하계 스모그의 형태 분류, 한국대기보전학회지, 9, 278~287.
- Ångström, A., 1924, Solar and terrestrial radiation, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 50, 121~126.
- Beriland, T. G., 1960, Methods of climatological computation of total incoming solar radiation, Meteor. Gidrol., 6, 9~12.
- Black, J. N., C. W. Bonython and L. A. Prescott, 1954, Solar radiation and the duration of sunshine, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 80, 231~235.
- Glover, J. and K. S. G. McCulloch, 1958, The empirical relation between solar radiation and hours of bright sunshine in the high-altitude tropics, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 84, 56~60.
- Frohlich, C. and R. W. Brusa, 1981, Solar radiation and its variation in time, Sol. Phys., 74, 209~215.
- Kiehl, J. T., 1994, Parameterization of clouds and radiation in general circulation models, Proc. 8th Conference on Atmospheric Radiation, Nashville, Tennessee, Jan., 23~28, 1994.
- Kobayashi, T., 1991, Reflected solar flux for horizontally inhomogeneous atmosphere, J. Atmos. Sci., 48, 2436~2447.
- Laevastu, T. G., 1960, Factors affecting the temperature of the surface layer of the sea, Comment. Phys. Math., 25, 1~36.
- Mckee, T. B. and S. K. Cox, 1974, Scattering of visible radiation by finite clouds, J. Atmos. Sci., 31, 1885~1892.
- Mosby, H., 1936, Verdunstung und Strahlung aufdem Meere, Ann. Meteor., 64, 281~286.
- Seckle, G. R. and F. H. Beaudry, 1973, The radiation from sun and sky over the North Pacific Ocean(abstract), Trans. Amer. Geophys. Union, 54, 114.
- Sekihara, K. and M. Suzuki, 1966, Solar radiation and duration of sunshine in Japan, Papers in Meteor and Geophy., MRI. Tokyo, 17, 190~199.