

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

*Journal of the Korean Solar Energy Society*

Vol. 27, No. 2, 2007

## 태양광에너지 측정을 통한 우리나라 주요 도시의 Global Dimming 현상 분석에 관한 연구 (대기의 청명도 분석을 중심으로)

조덕기\*, 강용혁\*

\*한국에너지기술연구원 (dokkijo@kier.re.kr / yhkang@kier.re.kr)

## A Study on the Analysis of Global Dimming Appearances Using the Solar Radiation Measurement in Korean Major Cities (Focused on Atmospheric Clearness Analysis)

Jo, Dok-Ki\*, Kang, Young-Heack\*

\*Korea Institute of Energy Research (dokkijo@kier.re.kr / yhkang@kier.re.kr)

### Abstract

---

Since the atmospheric clearness index is main factor for evaluating global-dimming of atmosphere environment, it is necessary to estimate its characteristics all over the major cities in Korea. We have begun collecting clearness index data since 1982 at 16 different cities and considerable effort has been made for constructing a standard value from measured data at each city. The new clearness data for global-dimming analysis will be extensively used by evaluating atmospheric environment as well as by solar PV application system designer or users.

From the results, we can conclude that

- 1) Yearly mean 61.9 % of the atmospheric clearness index was evaluated for clear day all over
- 2) A significant difference of atmospheric clearness index is observed between 1982-1989 and 1990-1997, 1998-2005 through 16 different cities in Korea.

**Keywords** : 청명도(Cleaness Indexs), 수평면 전일사량 (Horizontal Global Insolation)

---

접수일자 : 2007년 4월 9일, 심사완료일자:2007년 5월 4일

교신저자 : 조덕기(dokkijo@kier.re.kr)

## 기 호 설 명

$K_t$	: 청명도 (Clearness Index)
$E_x$	: 대기권밖 일사량
$H_o$	: 수평면 전일사량
$G_{sc}$	: 태양상수 ( $1,367 \text{ W/m}^2$ )
$n$	: 통산일 (julian date)
$\phi$	: 해당지방의 위도
$\delta$	: 일적위 = $23.45 \sin(360 \cdot 284n/365)$
$\omega_s$	: 일몰시간각 ( $\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta$ )
$\omega_{1,2}$	: 시간각 ( $\omega_2 > \omega_1, 15^\circ = 1\text{hr} : \text{A.M.}, \text{P.M.}$ )

## 1. 서 론

국민경제가 날로 성장하고 그에 따른 산업활동이 급격히 팽창함에 따라 인구는 자연적으로 도시로 집중되고, 거대해진 도시는 도시외곽 내지 전원지방간의 대기환경 조건이 판이하게 다르게 나타나는 현상에 직면하게 되었다. 이는 도시내의 지역별 기능의 특성 즉, 공업지역, 상업 및 서비스지대, 주거지역, 공원 등에 따라 혹은 도로나 강과 산 같은 지리적 여건에 따라 달라지기도 하지만, 그 보다 더 직접적인 원인은 산업활동에 따른 오염물질의 배출이 과다해 짐으로서 자체 정화능력을 초과한 때문일 것이다. 이로 인한 오염물질의 대기권 축적 현상은 인간의 건강을 저해하고 주변환경을 해치는 결과를 초래하게 된다.

1960년대 후반 이후의 급속한 산업발전과 도시화에 따라 도시기후가 큰 영향을 받고 있다. 우선, 도시지역에 인구가 집중됨에 따라 도시에서의 에너지 사용량, 특히 전력소비량이 급속히 증가하며, 이에 따른 에너지 소모량에 대처하기 위해서는 석탄이나 석유를 열원으로 하는 화력발전소나 도시가스 공장 등 관련 대소 공장들이 건설되어야 한다. 또한 여기서의 에너지 공급량과 사용량이 늘어남에 비례하여 발생하는 매연은 도시 전지역으로 확산되며, 이로 인한 태양광에너지의 감소는 도시기후에 큰 변화를 일으키게 한다. 동시에 도시화 할수록 도시지역을 중심으로 하는 수송량이 증가하며, 그

주요부분을 차지하고 있는 자동차는 공장에서 배출되는 연기와 비슷한 배기가스를 배출함으로써 역시 도시기후에 큰 변화를 가져오게 된다.

따라서, 도시에 입사되는 태양광에너지는 그 도시지역을 중심으로 한 특수기후가 형성되는 과정과 도시기후를 변화시키는 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 즉, 도시지역 내에는 매연이나 부유분진, 배기가스 등 대기오염물을 많이 포함하고 있는데, 이것들이 도시지역 내에 입사하는 태양광에너지의 투과를 방해하기 때문에, 대기오염이 심화되고 있는 대도시나 공업도시에 입사하는 태양광에너지를 도시외곽 내지 전원지역, 소도시에 입사되는 태양광에너지와 비교하여 볼 때 현저히 적게 나타나고 있다. 이와 같은 오염물질의 대기권 축적에 따른 태양광에너지의 감쇄현상은 주민건강 생활의 유지와 환경보존에 있어서도 매우 중요한 문제가 아닐 수 없다.

본 연구는 이와 같은 대기오염 상태가 도시지역에서 태양광에너지를 얼마나 차단하는지를 알아보고자, 전국 주요 16개 도시지역에서 1982년부터 2005년 사이에 구름의 영향을 거의 받지 않는 청명한 날에 한국에너지기술연구원에서 측정된 평균 태양광에너지, 즉 일사량 자료를 정리하여 분석하고, 그 결과를 통하여 도시지역별 혹은 도시지역간의 대기의 청명도, 즉 청명한 날에 측정된 수평면 전일사량에 대한 대기권밖 일사량 비율을 산출 분석하여 해당도시의 Global Dimming 현상분석에 그 목적을 두었다.

## 2. 이론적 배경

태양광에너지인 일사량은 대기권내의 여러 가지 작용을 거쳐 지표면에 도달하게 되므로 대기권 밖 일사량의 값은 지표면에 입사하는 수평면 전일사량에 비해 현저한 차이를 보이게 된다. 그러므로 청명한 날이나 대기상태가 오염되지 않은 조건 하에서의 일사량은 보다 증가할 것이며, 흐린 날이나

오염된 대기에서는 대기권내에서 흡수되는 일사량이 증가하여 상대적으로 지표면에 도달하는 일사량은 감소된다. 따라서 일사량은 태양광발전시스템의 설계자로서의 이용뿐만 아니라 대기상태의 분석에도 필연적인 것으로서 이에 대한 정확한 정보를 얻기 위해서는 대기권 밖 일사량의 산출 역시 필수 불가결한 것이다.

청명도,  $K_t$ 는 청명한 날에 측정된 수평면 전일사량,  $H_0$ 을 대기권밖 일사량,  $E_x$ 으로 나누어 그 값을 구하며, 다음 식에 의하여 산출할 수 있다.

$$K_t = H_0 / E_x \quad (1)$$

청명도는 값이 1에 가까울수록 천공상태가 맑다고 할 수 있으며, 구름의 영향을 전혀 받지 않는 청명한 날에 측정지역들간의 청명도를 서로 비교하여 봄으로써 이들 지역의 매연, 부유분진, 배기가스 등에 의한 대기오염 상태를 예측할 수 있다.

여기서, 청명한 상태의 정의는 하늘에 구름이 완전히 덮은 상태를 운량 1로 보고, 운량이 0 ~ 0.1 사이인 경우로서 기상청이 발표한 지역별 기상자료에 의한다.

한편, 대기권밖 일사량의 해석에 있어 Liu와 Jordan의 해석방법은 Klein Duffie와 Beckman<sup>1)</sup>에 의해 발전되어 시간별 및 일별에 따른 대기권밖 일사량을 식 (2)와 식 (3)과 같이 제시하였다.

$$I_0 = 12 \times 3600/\pi \text{ Gsc} [1 + 0.033 \cos(360n/365)] \times [\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + 2\pi(\omega_2 - \omega_1) / 360 \sin \phi \sin \delta] \quad (2)$$

$$H_0 = 24 \times 3600/\pi \text{ Gsc} [1 + 0.033 \cos(360n/365)] \times [\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + 2\pi\omega_s/360 \sin \phi \sin \delta] \quad (3)$$

또한, 월별 대기권밖 일사량은 일별 대기권밖 산출식인 식 (3)을 이용하며, 이때,  $n$ 과  $\delta$ 의 값은 표 1에 제시된 각 달마다 선정된 평균일의 대표값을 적용한다.

표 1. 월별 평균일에 따른 통산일 및 일적위 값

월	평균일	통산일 (n)	일적위 ( $\delta$ )
1	17	17	-20.9
2	16	47	-13.0
3	16	75	-2.4
4	15	105	9.4
5	15	135	18.8
6	11	162	23.1
7	17	198	21.2
8	16	228	13.5
9	15	258	2.2
10	15	288	-9.6
11	14	318	-18.9
12	10	344	-23.0

\*Klein(1976)

### 3. 분석결과

#### 3.1 양적 비교평가

우리나라 주요 16개소 도시지역에서 1982 ~ 2005년 사이에 측정된 대기의 청명도, 즉 청명한 날의 대기권밖 일사량에 대한 수평면 전일사량<sup>2)</sup>의 비를 '82 ~ '89년(A)과 '90 ~ '97년(B), 그리고 '98 ~ 2005년(C) 사이에 측정된 평균자료로 나누어 경년변화를 분석하여 보면, 표 2와 그림 1에서 나타남과 같이 전 기간에 걸쳐 매년 대부분의 도시지역에서 공히 대기의 청명도가 감소하고 있음을 확인할 수 있다. 표에서 보는바와 같이 '82 ~ '89년(A)에 비해 '90 ~ '97년(B)은 -2.6%, 그리고 '98 ~ '2005년(C)은 -4.8% 정도의 상당한 감소를 보였으며, '98 ~ '2005년(C) 기간 역시 '90 ~ '97년(B) 기간에 비하여 -2.2% 정도 감소

1) Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., pp. 3-145, (1991)

2). 기상청, "기상년·월보", 1982 ~ 2005.

를 보였다. 이와 같은 원인은 도시내의 가스와 대기오염물에 의하여 태양광에너지가 흡수됨으로서 태양광에너지와 대기오염물 등이 상호 작용하여 도시지역에 나타난 국지적인 현상으로 보인다.

또한, 우리나라 주요 16개 도시 전지역에서 관측한 계절별에 따른 대기의 청명도는 각 기간(A, B, C) 공히, 사계절 중에서도 가을과 겨울철이 타 계절보다도 다소 낮게 나타나고 있으며, 이로 인하여 특히 이들 철에 도심지의 난방으로 인한 대기오염물, 즉 이산화탄소의 발생이 타 계절보다도 많았기 때문인 것으로 쉽게 짐작할 수 있다. 계절별 경년변화를 기간별로 살펴보면, 봄과 여름철은 '82~'89년(A) 기간에 비해 '90~'97년(B) 기간과 '98~2005년(C) 기간은 각각 -2.9%, -4.9%, 그리고 -3.2%, -5.2% 정도 감소를 보였으며, 가을철에는 각각 -2.5%, -5.1%, 겨울철에는 각각 -1.9%, -3.8% 정도 감소현상을 보였다. 또한 '98~2005년(C) 기간은 '90년~'97년(B) 기간에 비해 봄철과 여름철은 공히 -2.0%, 가을철은 -2.6%, 겨울철은 -1.9% 정도로 '90~'97년(B) 기간이 '82~'89년(A) 기간과 서로 비교한 결과보다는 봄과 여름철에 낮은 감소현상을 보이고 있고, 가을과 겨울철은 거의 변화를 보이고 있지 않아 전반적으로 우리나라의 대기 청명상태가 점차 나아지고 있음을 알 수 있다.

표 2. 우리나라 주요 도시지역의 계절별 대기의 청명도 연평균치

(단위: %)

연도	계절				연평균
	봄	여름	가을	겨울	
'82-'89 (A)	65.5	66.4	64.1	61.9	64.5
'90-'97 (B)	62.6	63.2	61.6	60.0	61.9
'98-'05 (C)	60.6	61.2	59.0	58.1	59.7
B-A	-2.9	-3.2	-2.5	-1.9	-2.6
C-A	-4.9	-5.2	-5.1	-3.8	-4.8
C-B	-2.0	-2.0	-2.6	-1.9	-2.2

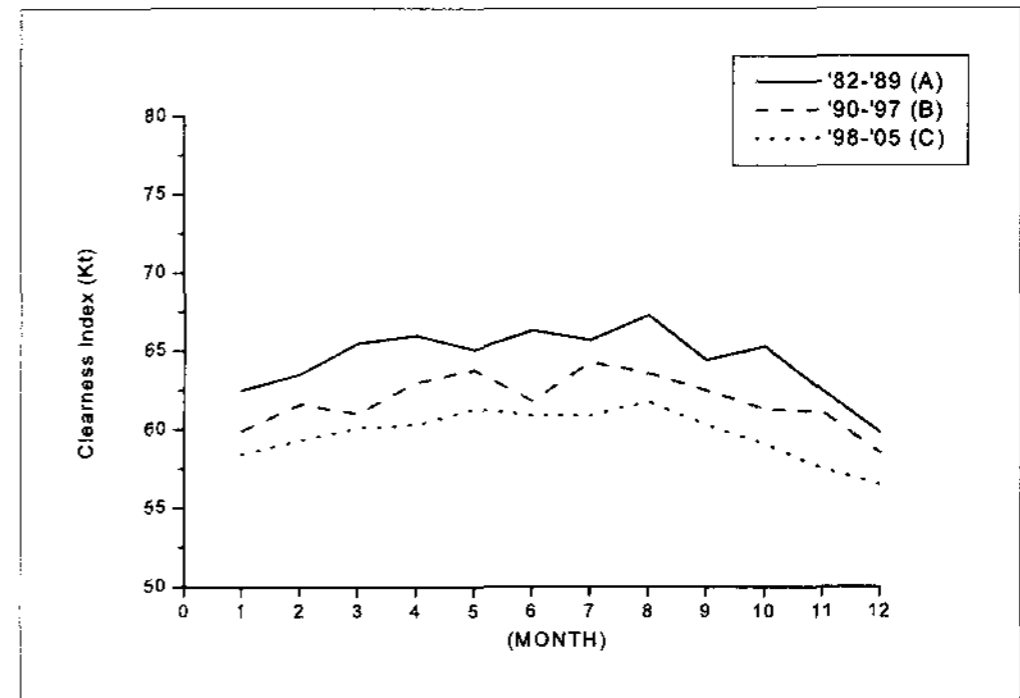


그림 1. 우리나라 주요 도시지역의 월별 대기의 청명도 경년변화

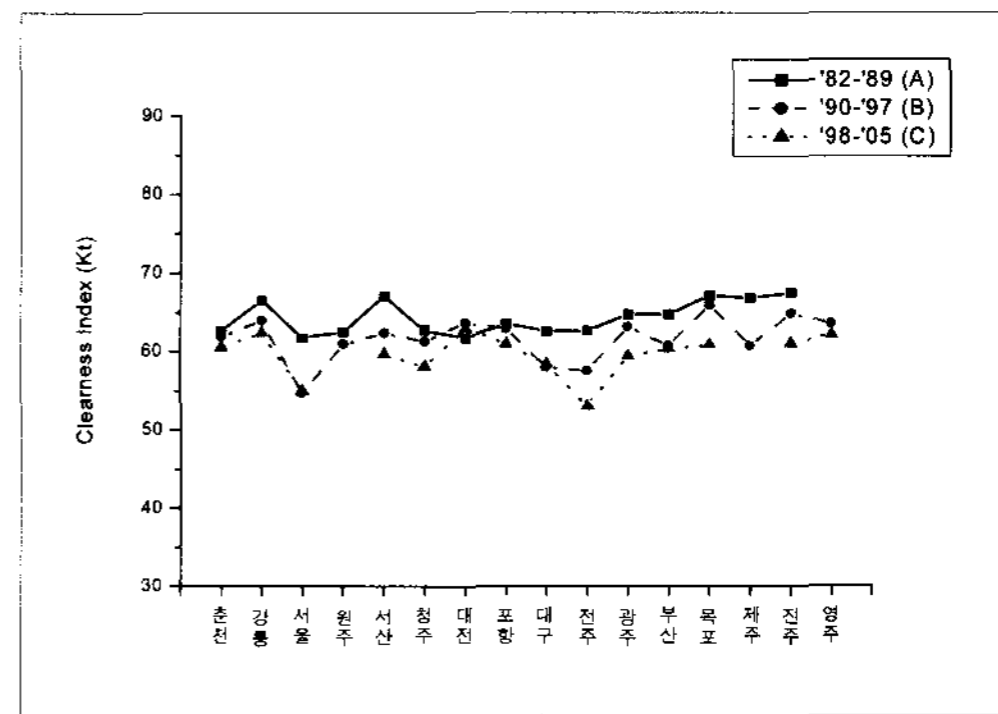


그림 2. 우리나라 주요 도시지역별에 따른 대기의 청명도 경년변화

한편, 전국 주요 도시의 지역별로 대기의 평균 청명도의 경년변화를 살펴보면, 그림 2와 표 3에서 보는 바와 같이 82년~'97년(A, B) 기간 동안에는 서울, 대구, 부산과 같은 대도시지역과 해안지역인 제주, 그리고 전 기간(A, B, C)에 걸쳐 대도시지역인 광주, 공단지역인 청주, 전주, 그리고 해안지역인 서산, 강릉, 목포, 그리고 해안지역과 인접한 진주지역에서 타 도시지역에 비해 대기청명도의 경년변화가 상대적으로 큰 것으로 나타나, 이들 지역이 대기오염에 의한 태양광에너지의 투과방지가 타 도시에 비해 빠르게 심화되고 있음을 알 수 있다. 그 중에서도 서해 상공지역에 위치한 서산, 전주, 광주지역은 근래에 들어 중국의 산업화에 따라 배출되는 대기오염물질이 편서풍을 타고 위도상 중위도에 위치한 우리나라로 장거리 반면

표 3. 우리나라 주요 도시지역에서 대기의 청명도 경년변화  
(단위 : %)

지역	계절 구분	계절					연평균
		봄	여름	가을	겨울		
춘천	'82-'89	63.5	65.8	61.7	59.5	62.6	
	'90-'97	61.9	63.8	61.7	60.1	61.9	
	'98-'05	58.2	61.9	61.7	60.0	60.5	
강릉	'82-'89	67.3	70.8	64.2	63.7	66.5	
	'90-'97	64.1	66.4	63.6	61.6	63.9	
	'98-'05	63.2	64.0	61.7	60.3	62.3	
서울	'82-'89	62.1	64.2	61.8	58.8	61.7	
	'90-'97	56.3	57.0	54.0	51.5	54.7	
	'98-'05	57.2	56.7	52.8	53.1	55.0	
원주	'82-'89	61.8	65.6	62.0	60.8	62.5	
	'90-'97	61.0	62.6	60.9	59.2	60.9	
	'98-'05	59.8		60.5	58.5		
서산	'82-'89	67.3	69.3	65.9	65.8	67.1	
	'90-'97	63.7	62.8	62.6	60.1	62.3	
	'98-'05	60.5	60.6	58.9	58.6	59.7	
청주	'82-'89	64.9	66.1	61.7	57.9	62.7	
	'90-'97	61.2	62.2	62.3	59.5	61.3	
	'98-'05	59.3	58.0	61.2	53.9	58.1	
대전	'82-'89	64.4	62.3	59.9	60.2	61.7	
	'90-'97	64.7	65.1	62.8	62.1	63.7	
	'98-'05	63.7	62.9	61.7	63.3	62.9	
포항	'82-'89	65.3	64.4	62.7	61.6	63.5	
	'90-'97	65.1	63.1	62.4	60.3	62.8	
	'98-'05	61.8	62.7	60.2	58.9	60.9	
대구	'82-'89	63.3	65.1	60.6	60.8	62.5	
	'90-'97	60.1	60.6	56.8	54.0	57.9	
	'98-'05	59.9	60.5	56.9	56.5	58.4	
전주	'82-'89	63.6	63.8	62.1	60.7	62.6	
	'90-'97	58.8	57.2	57.6	56.5	57.5	
	'98-'05	54.3	54.0	52.0	51.8	53.0	
광주	'82-'89	63.6	63.8	62.1	60.7	62.6	
	'90-'97	58.8	57.2	57.6	56.5	57.5	
	'98-'05	54.3	54.0	52.0	51.8	53.0	
부산	'82-'89	69.4	69.6	66.8	62.5	67.1	
	'90-'97	67.7	67.9	66.3	61.4	65.9	
	'98-'05	64.2	61.2	60.6	57.2	60.8	
목포	'82-'89	70.3	70.0	68.3	64.3	68.2	
	'90-'97	68.0	68.3	65.3	59.3	65.2	
	'98-'05	67.0	66.0	65.2	61.9	65.0	
제주	'82-'89	67.8	68.8	70.0	60.5	66.8	
	'90-'97	61.8	61.7	64.4	54.7	60.7	
	'98-'05	58.8		64.7	51.8		
진주	'82-'89	69.2	66.9	66.1	67.2	67.4	
	'90-'97	65.4	61.5	65.3	66.9	64.8	
	'98-'05	61.8	57.2	62.0	63.0	61.0	
영주	'82-'89	-	-	-	-	-	
	'90-'97	64.1	65.3	62.2	62.4	63.5	
	'98-'05	61.9	60.8	60.7	60.3	61.0	

에, 대도시 지역인 대전과 대규모 공업단지지역인 포항, 그리고 중북부 내륙지역인 춘천은 전 기간(A, B, C)에 걸쳐 타 도시에 비해 거의 전 기간을 통하여 경년변화를 보이고 않고 있으며, 이 중에서도 대전은 매 기간마다 다소 증가율을 보이고 있다. 또한 대도시지역인 서울, 대구, 부산은 '82 ~ '89년(A) 기간에 비해 '90년 ~ 2005년(B, C) 기간에는 상당한 감소를 보였으나, '90년 ~ 2005년(B, C) 기간 동안에는 각 지역 공히 거의 경년변화가 나타나지 않아 더 이상 대기오염이 심화되고 있지 않은 것으로 나타났다.

계절별에 따른 전국 주요 도시지역의 대기청명도 경년변화를 살펴보면, 표 3에서 보는 바와 같이 타 지역에 비하여 대도시 지역인 서울, 대구, 공단 지역인 전주지역에서는 봄과 가을철에, 그리고 서울과 전주지역은 여름철에 높은 경년변화 현상이 나타났다. 또한 난방기간인 겨울철에는 서울, 대구와 같은 대도시지역과 공단지역인 청주와 전주, 그

표 4. 우리나라 주요 도시지역의 월별 연평균 1일 대기청명도  
(단위 : %)

월/도시	월												HP 평균	전년
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
춘천	61.2	60.5	63.1	60.1	60.4	62.6	63.6	65.4	63.4	59.7	61.9	57.9	60.7	61.7
강릉	61.0	63.1	66.3	67.0	68.0	67.4	67.0	66.7	66.3	65.1	62.4	59.0	62.8	64.9
서울	55.8	57.3	58.1	58.4	59.0	59.2	58.4	59.9	57.3	56.2	54.5	50.2	55.4	57.0
원주	60.4	60.6	61.6	60.9	59.9	60.4	64.0	64.7	64.1	59.7	59.3	56.7	59.7	61.0
서산	62.6	62.8	62.7	64.4	64.5	65.9	63.0	66.4	63.6	62.8	61.2	59.3	61.9	63.3
청주	54.6	60.5	60.5	61.7	63.4	63.1	62.4	63.1	63.2	60.9	60.5	56.6	58.9	60.9
대전	61.3	65.3	65.2	64.7	62.9	62.1	62.2	65.9	61.5	61.2	62.2	59.5	62.5	62.8
포항	60.7	61.8	63.2	64.5	64.5	65.1	62.9	62.4	63.7	61.0	60.5	58.3	60.9	62.4
대구	58.0	58.7	59.7	61.5	62.1	62.0	63.0	61.8	59.7	57.3	57.3	54.7	57.6	59.7
전주	55.4	59.8	57.5	59.1	60.0	57.5	58.5	60.5	58.4	57.9	55.4	53.8	56.6	57.8
광주	61.2	63.0	61.4	64.2	64.1	63.3	63.5	65.8	62.6	62.0	60.2	57.9	61.0	62.4
부산	59.6	60.7	62.5	63.2	64.6	63.5	62.2	63.4	62.7	61.7	61.4	58.3	60.7	62.0
목포	61.0	63.1	66.3	67.0	68.0	67.4	67.0	66.7	66.3	65.1	62.4	59.0	62.8	64.9
제주	56.2	54.3	61.0	63.3	65.1	64.7	63.9	65.9	63.0	74.6	60.9	58.2	60.9	62.6
진주	67.1	65.6	66.0	66.3	64.1	61.7	62.2	61.9	63.6	64.7	65.4	64.4	65.5	64.4
영주	61.5	62.7	62.4	62.6	63.6	64.0	62.4	63.0	63.3	58.9	61.8	59.5	61.1	62.1
평균	59.9	61.2	62.3	63.1	63.4	63.1	62.9	64.0	62.7	61.8	60.5	57.7	60.6	61.9

\* HP : 난방기간 (10월~3월)

리고 해안지역인 제주에서 타 지역에 비하여 상당히 높은 경년변화를 나타내어, 특히 이들 지역에서 겨울철에 도심난방으로 인하여 배출되는 오염물질의 확산범위가 좁아 대기오염이 심화되고 있음을 예측할 수 있다.

참고로 우리나라 주요 도시지역에 대한 1982 ~ 2005년 기간 동안의 우리나라 주요 도시지역의 월별 연평균 1일 대기청명도 값을 표 4에 제시하였다.

### 3.2 주요 도시지역간 분포형태

그림 3은 지난 '82.1 ~ 2005.12 기간 동안 구름이 전혀 없는 매우 청명한 날에 예측된 자료의 평균치를 가지고 SURFER 프로그램으로 도해한 전국적인 대기청명도 분포현황도로, 이 기간 동안 연 평균치로 계산하였을 때 전국이 대략 61.9% 정도 대기의 청명도를 나타내고 있다.

이 중에서도 수도권지역, 그리고 대구와 같은 대도시지역과 전주와 같은 밀집된 공단지역에서는 전국에서 가장 낮은 대기청명도 분포를 나타내고 있다. 반면에 남해중서부지방, 그리고 동해북부지방에 위치한 도시지역은 64% 이상으로 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 목포는 전국에서 가장 높은 대기의 청명도를 기록하였다. 또한 중북부 산간지방에 위치한 도시지역에서는 대략 61% 내외로 비교적 대도시지역이나 공단지역이 위치한 도시에 비해 대기가 청명한 것으로 나타났다.

한편, 같은 기간 난방기간(10 ~ 3월) 동안에 산출된 대기청명도의 전국적인 분포특징을 살펴보면, 그림 4에서 보는바와 같이 그림 3과 거의 유사한 분포를 나타내어 이 난방기간 동안의 대기상태가 전년에 걸쳐 영향을 미치고 있음을 짐작할 수 있다.

그림 5 ~ 그림 8은 같은 기간동안 계절별 대기청명도의 분포특성을 나타낸 것이다. 즉, 우리나라 대기의 청명도는 겨울을 제외한 모든 계절에서 유사한 지역적 특성을 나타내 주고 있다. 분포특성을 좀 더 세분하면, 봄철은 내륙지방보다는 해안지역 지방이 좋으며, 여름철은 서울과 전주, 영주지역을

제외한 전국이 고른 분포를 나타낸 반면에 강릉과 목포지역은 타 지역보다 높게 나타났으며, 가을철은 서울, 대구와 같은 대도시지역과 공단지역인 전주에서 타 지역보다는 낮게 나타나 전국적으로 연평균과 유사한 분포를 보였다.

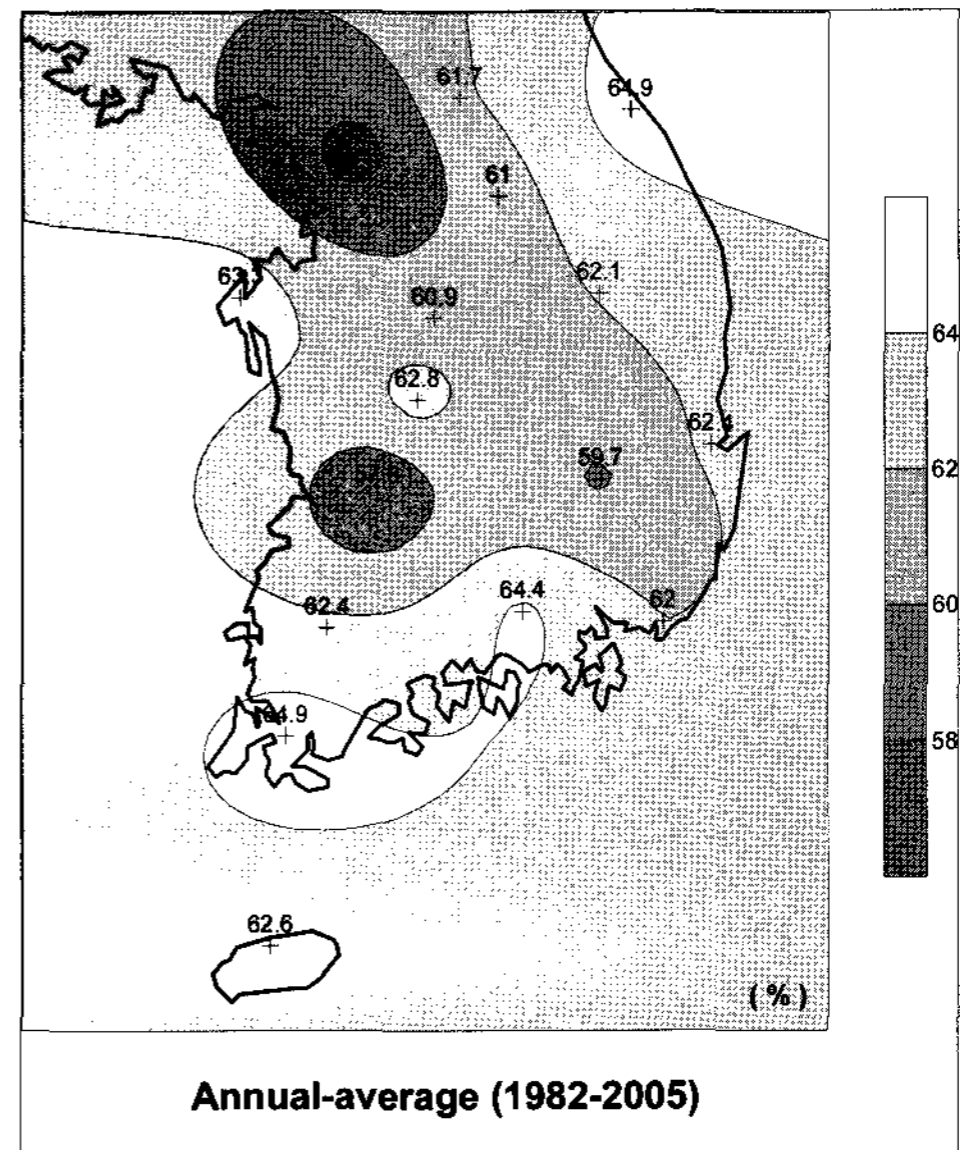


그림 3. 전국 연평균 1일 대기청명도 분포도

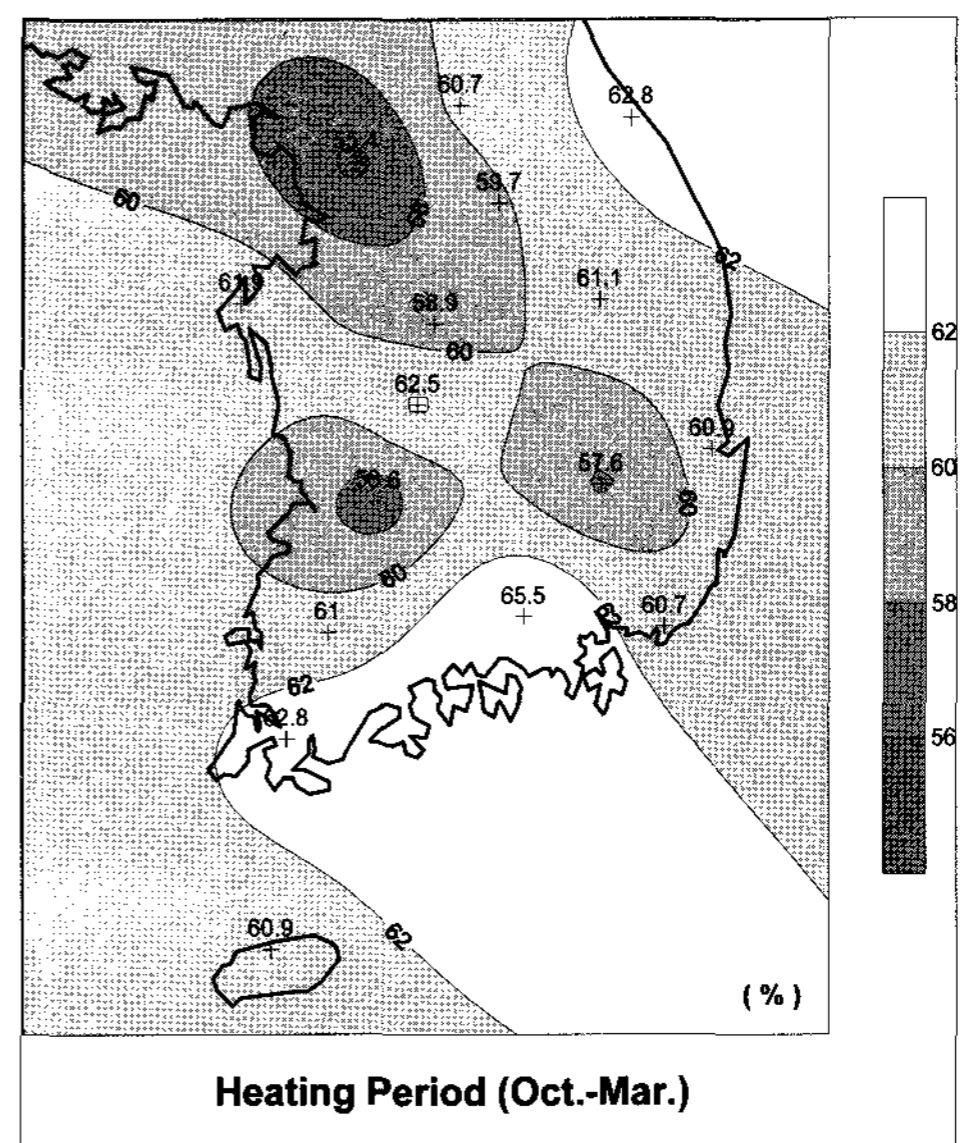


그림 4. 전국 연평균 1일 난방기간 대기청명도 분포도

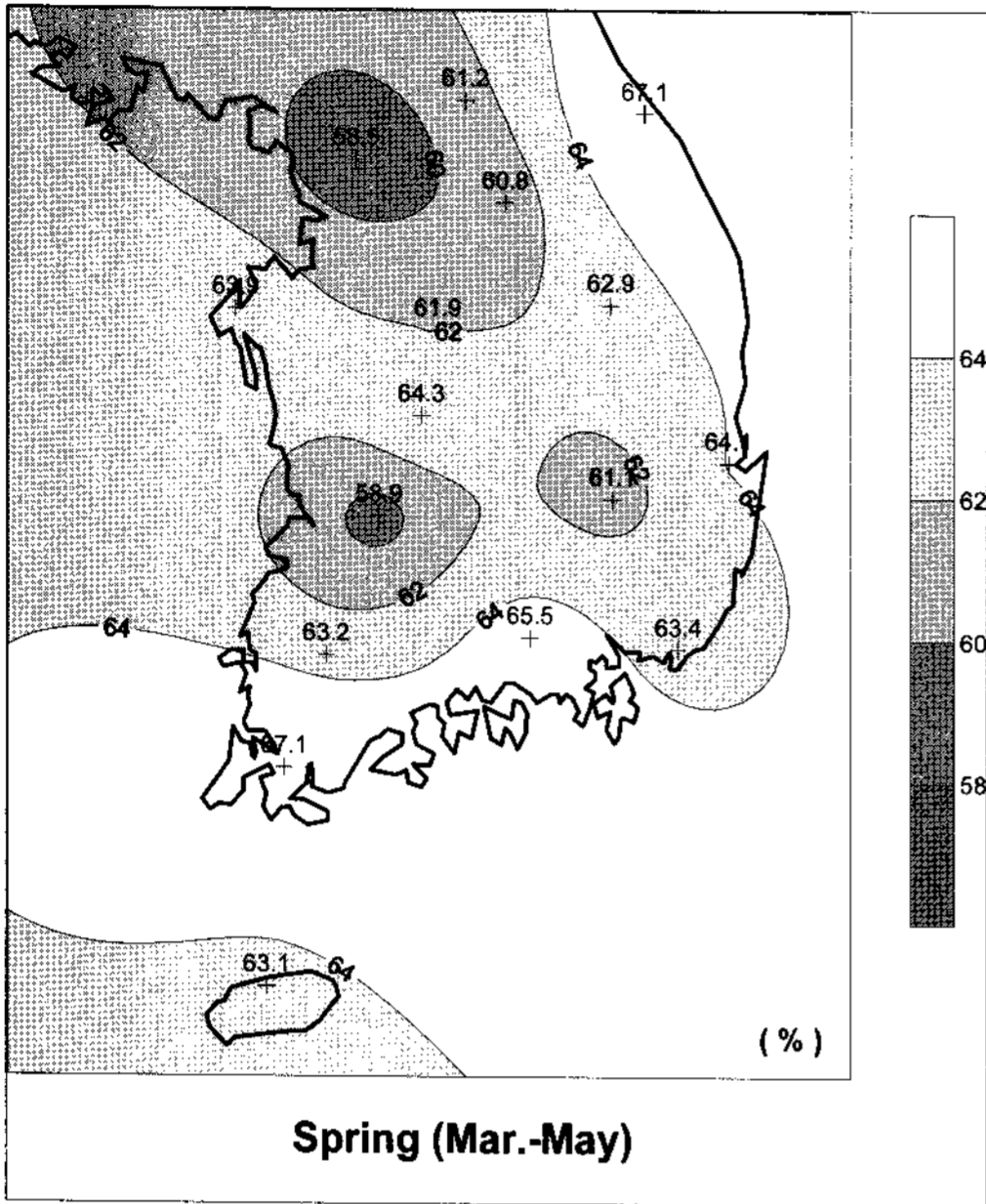


그림 5. 전국 봄철 일평균 대기청명도 분포도

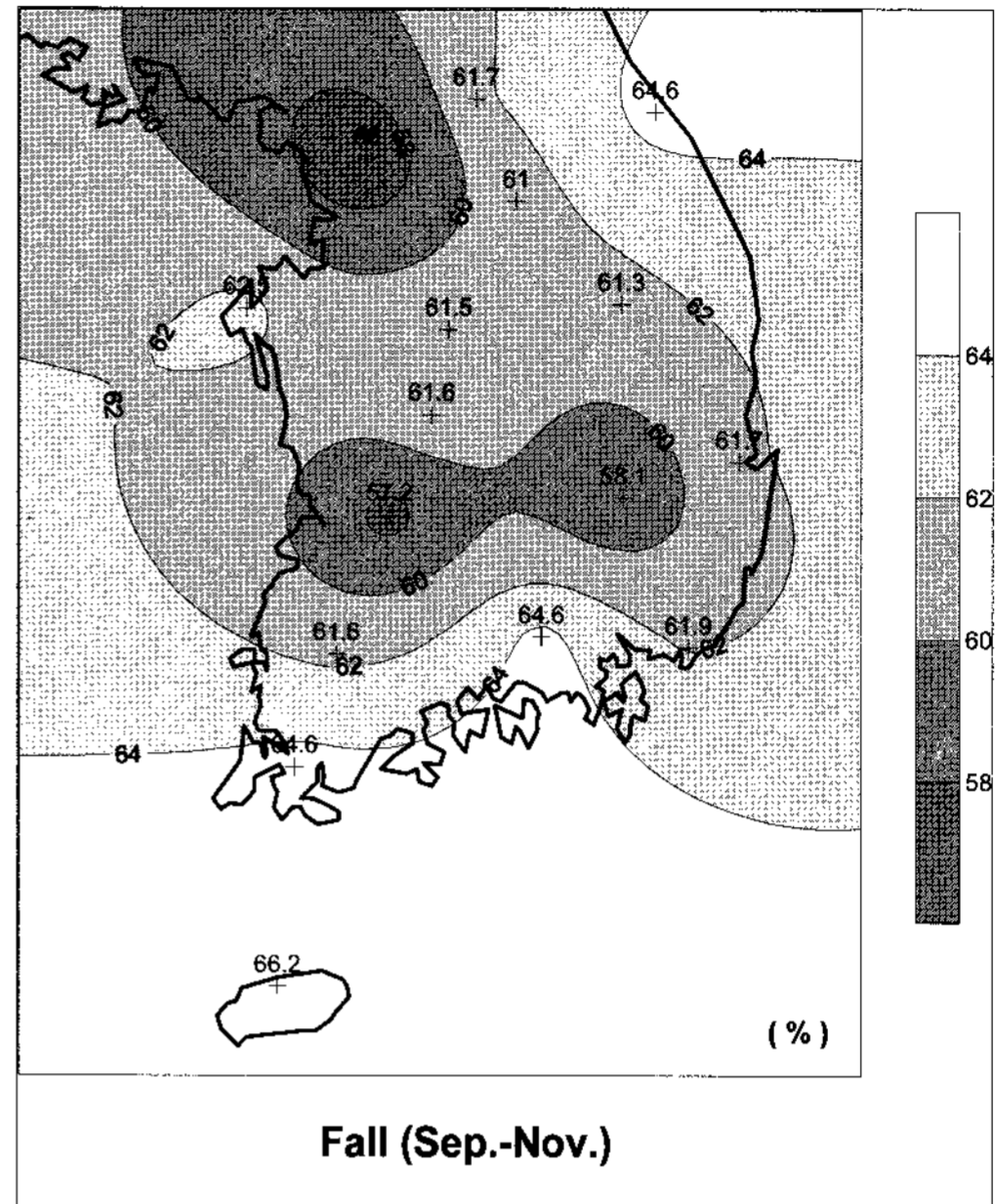


그림 7. 전국 가을철 일평균 대기청명도 분포도

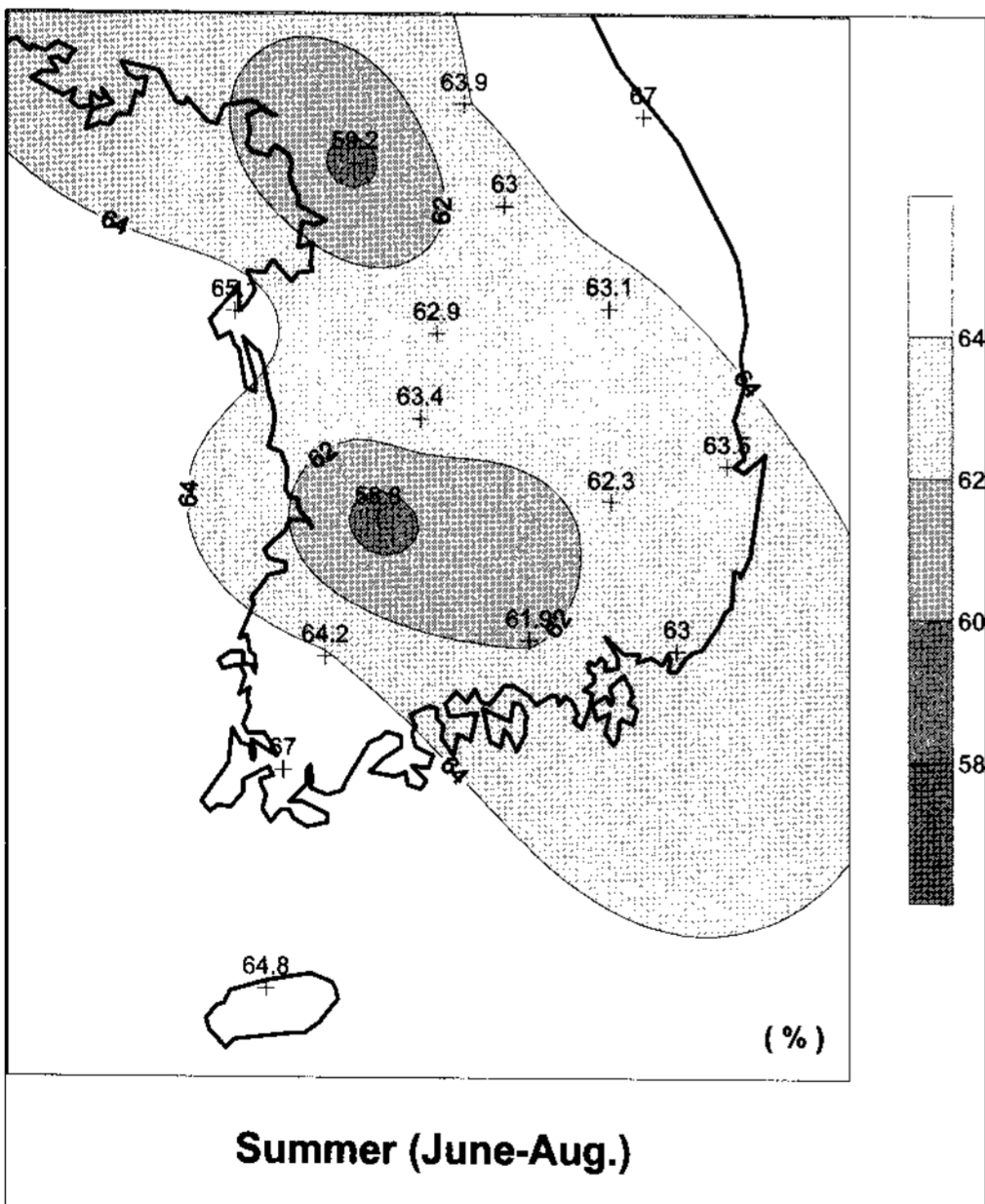


그림 6. 전국 여름철 일평균 대기청명도 분포도

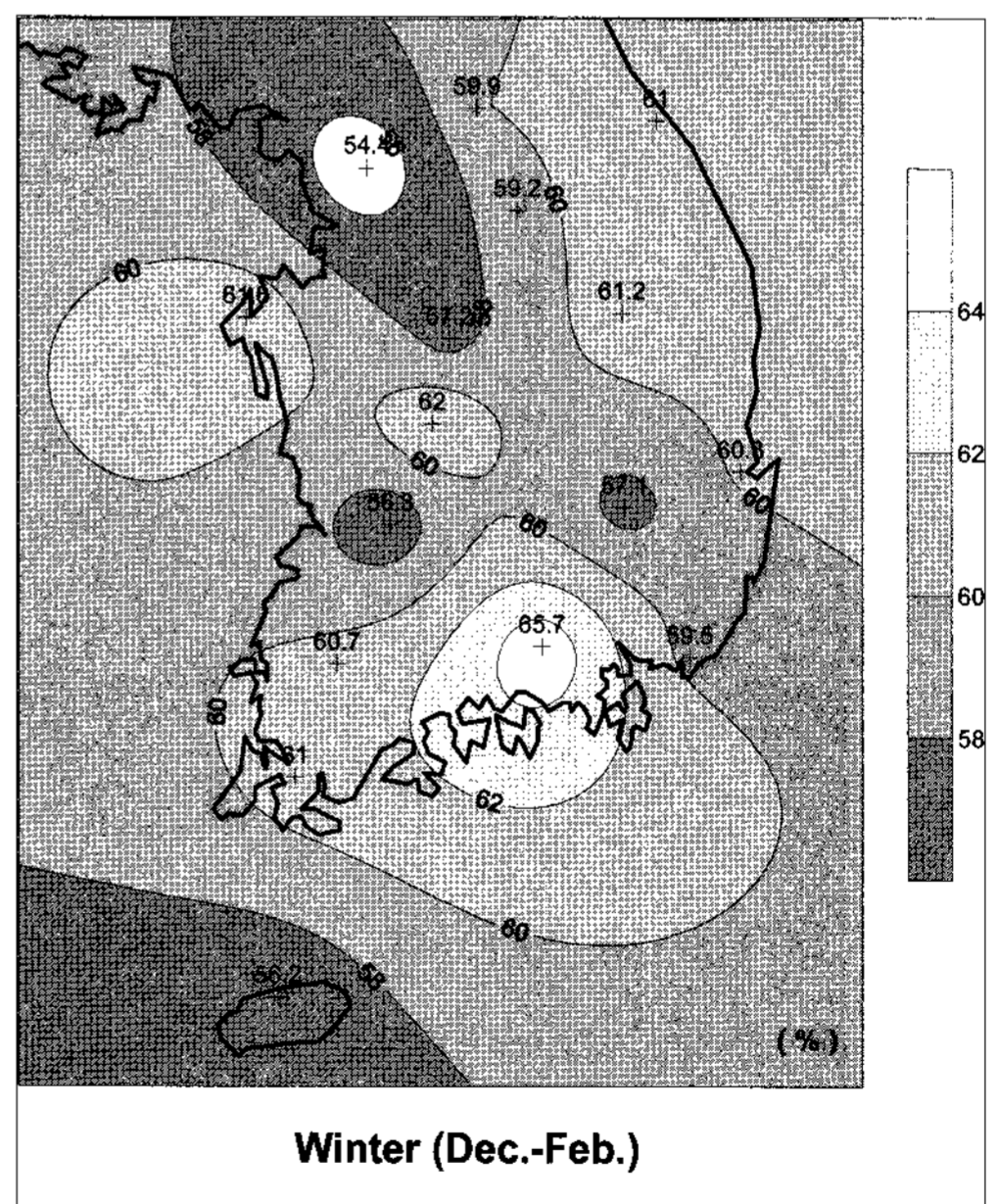


그림 8. 전국 겨울철 일평균 대기청명도 분포도

겨울철은 수도권지역을 비롯한 그 인접지역과 대도시지역인 대구, 부산지역, 공단지역인 청주, 전주, 그리고 해안지방인 제주지역이 타 지역보다도 낮은

형태를 갖고 있으나, 특히 남해중부지방인 진주는 상대적으로 타 지역보다 높은 형태를 갖고 있다. 이는 계절풍이 이 도시지역의 대기청명 상태에 상

당한 영향을 미치고 있기 때문인 것으로 믿어진다.

#### 4. 결론

본 연구는 대기오염 상태가 도시지역에서 태양광에너지를 얼마나 차단하는지를 알아보고 위해서 도시지역 내에서 태양광에너지 측정을 통하여 대기청명도를 측정, 분석하고, 그 결과를 통해 도시지역별 혹은 도시지역간의 대기의 청명도를 분석하여 해당도시의 Global Dimming 현상을 분석하였다.

- 1) 우리나라 주요 16개소 도시지역에서 1982 ~ 2005년 사이에 측정된 대기의 청명도는 '82 ~ '89년(A)에 비해 '90 ~ '97년(B)은 -2.6%, 그리고 '98 ~ '2005년(C)은 -4.8% 정도의 상당한 감소를 보였으며, '98 ~ 2005년(C) 기간 역시 '90 ~ '97년(B) 기간에 비하여 -2.2% 정도 감소를 보였다.
- 2) 계절별 경년변화를 기간별로 살펴보면, 봄과 여름철은 '82 ~ '89년(A) 기간에 비해 '90 ~ '97년(B) 기간과 '98 ~ 2005년(C) 기간은 각각 -2.9%, -4.9%, 그리고 -3.2%, -5.2% 정도 감소를 보였으며, 가을철에는 각각 -2.5%, -5.1%, 겨울철에는 각각 -1.9%, -3.8% 정도 감소현상을 보였다. 또한 '98 ~ 2005년(C) 기간은 '90년 ~ '97년(B) 기간에 비해 봄철과 여름철은 공히 2.0%, 가을철은 -2.6%, 겨울철은 -1.9% 정도인 것으로 나타났다.
- 3) 지난 '82. 1 ~ 2005. 12 기간동안 구름이 전혀 없는 매우 청명한 날에 연평균치로 계산하였을 때 전국이 대략 61.9% 정도 대기의 청명도를 나타내었다.
- 4) 이 중에서도 수도권지역, 그리고 대구와 같은 대도시지역과 전주와 같은 밀집된 공단지역에서는 전국에서 가장 낮은 대기청명도 분포를 나타내었다. 반면에 남해중서부지방, 그리고 동해북부지방에 위치한 도시지역은 64% 이상으로 전국에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 목표는 전

국에서 가장 높은 대기의 청명도를 기록하였다. 또한 중북부 산간지방에 위치한 도시지역에서는 대략 61% 내외로 비교적 대도시지역이나 도시지역 내에 공단지역이 위치한 도시에 비해 대기가 청명한 것으로 나타났다.

- 5) '82. 1 ~ 2005. 12 기간동안 난방기간(10 ~ 3월)에 산출된 대기청명도의 전국적인 분포특징은 같은 기간 전국 연평균 대기의 청명도 분포와 거의 유사한 분포를 나타내어 이 난방기간 동안의 대기상태가 전 기간에 걸쳐 영향을 미치는 것으로 나타났다.

그러나, 우리나라 전 도시 중 16개 도시만을 대상으로 측정하였기 때문에 현재까지 만의 결과를 가지고 우리나라 도시의 전반적인 대기환경의 특징을 정확하게 평가한다는 것은 불가능한 실정이다. 또한 국내에서는 이 분야에 대한 실험적 관측을 통한 연구사례가 전혀 없기 때문에 분석과정의 오류를 검증하는 데에도 많은 제약이 따를 수 밖에 없었다. 따라서 이와 같은 작업은 앞으로 측정도시의 확대와 이에 따른 지속적인 측정과 분석사업이 계속되어야 하며, 더불어 도시지역 대기오염에 의한 일사량의 변동형태 등 각종 관련 기후조건과의 연관성도 규명해 나아가야 할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 연구비지원으로 수행되었음 (과제번호 : 2004-N-PS04-P-03-0-000).

#### 참 고 문 헌

1. Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., 1991, pp. 3-145.
2. 기상청, "기상년·월보", 1982 ~ 2005.
3. 환경부, "환경백서", 2005.