

일조시간의 연변화에 따른 한국의 지역구분

문 영 수
경산대학교 환경과학과
(1996년 3월 3일 접수)

Regional Division According to the Annual Change of Sunshine Duration in Korea

Yung-Soo MOON

Dept. of Environmental Science, Kyungsan Univ., Kyungsan, Kyungpook 712-240, Korea
(Manuscript received 3 March 1996)

This study is an attempt to classify climatic regions of Korea based on the data of sunshine duration and to clarify the characteristics of sunshine for each divided regions. The data used in this study are the mean values of monthly and ten-daily sunshine duration, sunshine percentage, solar radiation and cloud amount obtained from 63 weather stations of the Korea Meteorological Administration during the period of 1974~1993. The characteristics of annual change of sunshine percentage, annual duration of sunshine, percentage of sunshine, annual radiation, amount of cloud, days of sunshine percentage above 80% and days of sunless are investigated by the mean values of the stations belong to divided regions. The ward method of hierarchical cluster analysis is adopted to the analysis of data for the regional division. The results obtained in this study are summarized as follows.

(1) The sunshine regions of Korea can be divided into six regions of the central west, central east, south west, south east, Ullung-do and Cheju-do. These are strongly affected by the distribution of inclined slopes taking account of the topographic characteristics of Korea.

(2) Annual distribution shows the sunshine duration of 1777~2287 hours, sunshine percentage of 40~53%, solar radiation of 3469~4637 MJ/m², cloud amount of 5.0~6.1, days of sunshine percentage above 80% of 53~116days and sunless days of 46~71days.

(3) The types of annual change of sunshine percentages is classified with four types of minimum in July and maximum in October, minimum in July and maximum in December, high in May and October and low in July and January, high in May and November and low in June and January.

(4) The long-term trend of sunshine duration decrease in peninsula area but increase in island area and the long-term inclination of cloud amount is almost zero. The author believe this tendency is related to a pollutional turbidity than a cloud amount in inland area.

Key words : sunshine, regional division, cluster analysis

1. 서 론

중위도 지대에 위치하고 있는 우리나라의 기후는 계절구분이 뚜렷한 전형적인 온대성 기후의 특성

을 나타내며, 지역에 따라 위도와 지형, 해류 등의 지리적 요인과 대기환류와 고·저기압, 기단 등과 같은 기상학적 요인에 의해 크고 작은 지역차를 나타내기도 한다. 특히 위도와 깊은 관련성을 가지

고 있는 일조는 가조시간의 경우 4월부터 9월까지의 난후기에는 북부지방일수록 길어지고, 10월부터 3월까지의 한후기에는 남부지방일수록 길어진다. 한 편 일조시간은 보통 지형과 대기의 상태, 운량, 대기혼탁도 등에 의해 가조시간보다도 더 짧아지게 된다(정창희, 1976). 따라서 일조율과 일조시간의 시간적 변화특성 즉 연변화유형은 위도와 지형, 계절풍, 대기상태 등의 영향에 의해 지역적으로 현저한 차이를 나타내게 된다. 이러한 일조의 지역성에 관련된 선행연구들을 국내외로 나누어 보면 다음과 같다.

먼저 국내 연구로서 이병곤(1976a)은 한국 주요 도시의 도시기후학적 고찰에서 20년간(1951~1970)의 일조시간이 서울과 인천 등지에서 뚜렷한 감소를 보이며, 특히 10년간(1961~1970)에는 1931~1960년의 평균치보다 7.2~7.5%나 감소하고 있음을 밝힌 바 있다. 또한 이병곤(1976b)은 1960년대 이후 도시화의 진행으로 인한 일조시간과 일조율의 경년변화를 조사하여, 일조시수와 일조율, 일조율 80% 이상의 일수가 감소함을 밝혔다. 김광식(1976)은 우리나라에 있어서 월일조시간의 연변화를 5개의 유형으로 구분하였으며, 노재식(1976)은 우리나라의 6개 주요도시에서 20년간의 일조시간과 일조율이 감소하고 있음을 밝힌 바 있다. 손형진·김혜정(1980)은 남한의 일조·일사는 해안이 크고 태백산맥과 지리산 서쪽이 작으며, 일조·일사의 고·저가 일치하는 지역에서 일조·일사간의 직선 회귀성이 명확하게 나타난다고 하였다. 이병곤·문영수(1985)는 30년간(1954~1983)의 일조율의 경년변화 및 도시와 교외간의 비교 분석을 통하여 연평균일조율은 1965년부터 감소하여 1975년 이후로는 증가경향을 나타내고, 8월 평균일조율은 1965년 이후 계속 감소경향을 나타내며, 1월은 뚜렷한 경향성을 찾아 볼 수 없다고 하였다. 조하만 등(1987)은 일조의 경험식을 유도하여 회귀분석 때 얻어지는 대기투과율을 구하고 이의 지역별 월별분포를 조사하였다. 김연옥(1987)은 30년간(1931~1960)의 평균치와 1960년 이후 5년 간격의 평균치를 비교하여 도시화가 급속히 일어난 1960년

대에서 70년대 초에 걸쳐 우리나라 5개 도시의 일조율이 감소함을 밝혔다. Park and Yoon(1987)은 남한의 지형을 고려한 경사면상에서의 태양복사에너지의 일변화 및 계절변화를 고찰하였다. 최근 이태숙(1993)은 20년간(1973~1992)의 월평균일조율의 연변화유형을 근거로 하여 우리나라 일조지역을 7개로 나누어 지역별 일조율의 특성을 밝혔다. 이상의 국내 선행연구들을 볼 때 한반도상에서도 일조의 지역성은 지역마다 매우 다른 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 일조율을 좌우하는 일조시간의 지역적인 차를 통계적으로 분석한 연구나, 또 일조와 관련된 일사와 운량 등의 지역적 특성을 밝힌 연구는 아직 부족한 실정이다.

다음 국외연구로서 Chandler(1965)는 영국의 런던과 그 주변에 있어서의 월평균 일조율을 조사하여 도시와 교외, 시골로 나누어 비교하여, 도시가 시골에 비해 적고 겨울이 여름보다 더 큰 차를 나타냄을 밝혔다. Jenkins(1969)는 런던의 일조율이 1956년 대기청정법(Clean Air Act)의 제정으로 인해 증가하였음을 밝혔다. Angell and Korshover(1975)는 1950년에서 1972년 까지의 일조율이 미국 전역에 걸쳐 운량의 증가와 오염에 의한 혼탁도의 증가에 의해 감소하고 있음을 밝혔다. Hoyt(1977)도 미국에서의 일조율과 운량과의 관계를, Changnon(1981)은 운량과 일조, 기온과의 관계를 연구하였다. 加藤(1983)는 1978년도의 일조시간 자료를 이용한 주성분분석과 클러스터분석을 통하여 북해도의 기후지역을 4개의 대지역으로 분류하였다. Angell et al.(1984)은 미국을 6개 지역으로 구분하여 101개 관측소의 1950~1982년까지의 운량과 일조율 자료를 이용한 선형회귀분석을 통하여, 운량은 3.7% 증가하고 일조율은 0.9% 감소하였음을 밝혔다. Angell and Korshover(1987)는 미국에 있어서 운량과 엘리노, 일조시간의 관계를 밝혔으며, Angell(1990)은 운량과 일조시간, 가뭄과의 관련성을 밝혔고, Cerveny and Balling(1990)은 일조자료의 동질화에 관한 연구를 하였다. 또 日本氣象廳(1989)은 1904~1985년까지 일본에 있어서 지역별의 연 및 계절별 일조시간의 증감경향을 밝

했다. 이상의 국외연구들도 운량이나 대기혼탁도의 증가에 따른 일조시간의 감소경향을 밝히고 있으며, 분석기법으로서는 클러스터분석이나 주성분분석법을 주로 활용하고 있는 경향이다.

최근에는 변수의 변동이나 변화에 의해서만 지역성을 고찰하게 되므로서 유사지역이 넓게 나타나는 주성분 분석법 보다는, 모든 주성분들의 고유치들간의 차이를 지점 상호간의 유사도나 거리로 계산하여 등질지역을 설정해 나가는 클러스터 분석법이 더 정확한 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 우리나라 63개 기상관측 지점들의 월별 및 순별 평균일조시간을 이용하여 클러스터분석에 의한 지역구분을 시도하며, 이들 구분된 지역별의 일조율의 연변화특성과 각 일조요소의 특성, 일조시간과 운량의 장기변동 등을 밝히고자 한다.

2. 자료 및 연구방법

본 연구에 이용한 자료는 기상청에서 측정한 일조시간과 일조율, 운량, 일사량의 순별 및 월별 자료이다. 분석 대상지점은 1993년까지 20년간 이상의 자료를 보유한 63개 지점들중 28개의 측후소들을 주된 지점(Main stations)으로 하고 35개의 관측소들을 보조 지점(Auxiliary stations)으로 하여 이용하였다 (Fig. 5 참조).

기후요소를 사용하여 지역특성을 파악하는 방법은 주로 평균치의 분포특성을 근거로 하는 기후구분에 의해 이루어지고 있으나, 같은 평균치의 분포특성일지라도 여러 다른 원인이 작용할 수 있는 문제점도 있다. 즉 지역적 기후특성을 파악할 때 평균치를 이용한 특성 파악이 물론 중요하지만, 역으로 평균치를 형성하는 원인을 명확히 규명함으로써 지역특성을 파악하는 것도 필요하다. 따라서 기후요소의 시간적 변동상태의 차이에 의해 지역특성을 밝히는 것은 대기의 상태를 서로 비교 검토하는 데에 유익한 방법이 된다 (加藤, 1983). 여기서는 먼저 일조의 지역성을 검토하기 위하여 가

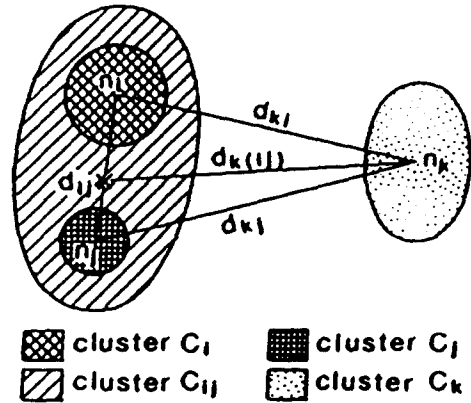


Fig. 1. Relation among C_i, C_j and C_k clusters (n_i, n_{i1} and n_{i2} represent the number of stations in the cluster C_i, C_{i1} and C_{i2})

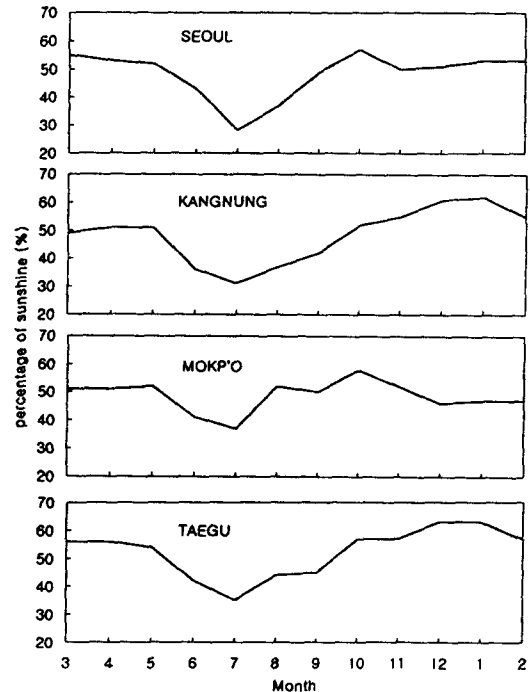


Fig. 2. Annual change of the mean monthly percentages of four representative stations during the period of 20 years, 1974~1993

능한 서로 멀리 떨어져 있는 임의의 4지점인 서울, 강릉, 목포, 대구를 택하여 이들 각 지점의 20년간 (1974~1993)의 평균 월일조율의 연변화도를 작성한다. 이 연변화도의 비교에 의해 일조지역구분의

타당성을 검토한다 (Fig. 2참조).

다음으로 지역구분을 위한 클러스터분석은 Fig. 1과 같이 복합 클러스터의 관계에 의한 유클리드거리 (Euclidian distance)를 기준으로 하여 상호 상관관계를 맺어 나간다. 분석변수가 36개의 순별 일조자료인 경우 클러스터 Ci와 Cj간의 거리 dij는 다음과 같이 나타내어 진다.

$$d_{ij} = [(C_{i1} - C_{j1})^2 + (C_{i2} - C_{j2})^2 + \dots + (C_{i36} - C_{j36})^2]^{1/2} = [\sum_{k=1}^{36} (C_{ik} - C_{jk})^2]^{1/2}$$

즉 먼저 변수가 36개이므로 36차원의 표본공간에서 두 클러스터간의 거리를 계산하게 된다. 다음으로 각 지점들이 클러스터화 되는 단계마다 소속된 클러스터 내에서의 평균거리와 각 지점들과의 거리차의 제곱 $d_{k(i)}$ 를 계산하여 가까운 지점부터

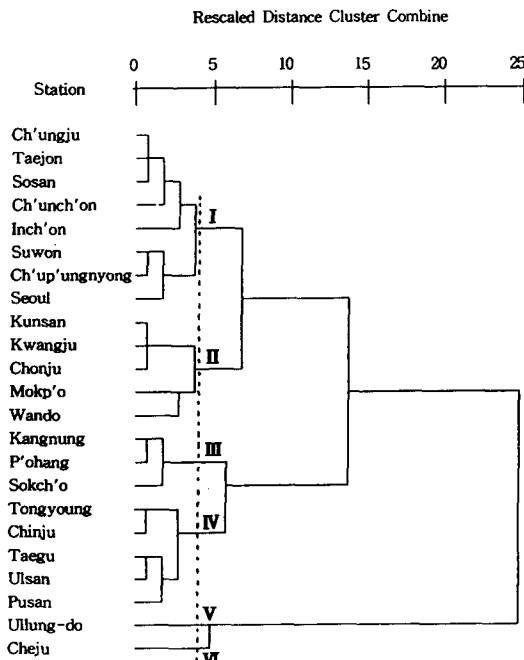


Fig. 3. Dendrogram of the 23 main stations constructed from the cluster analysis of the mean monthly hours of sunshine during the period of 20 years, 1974~1993

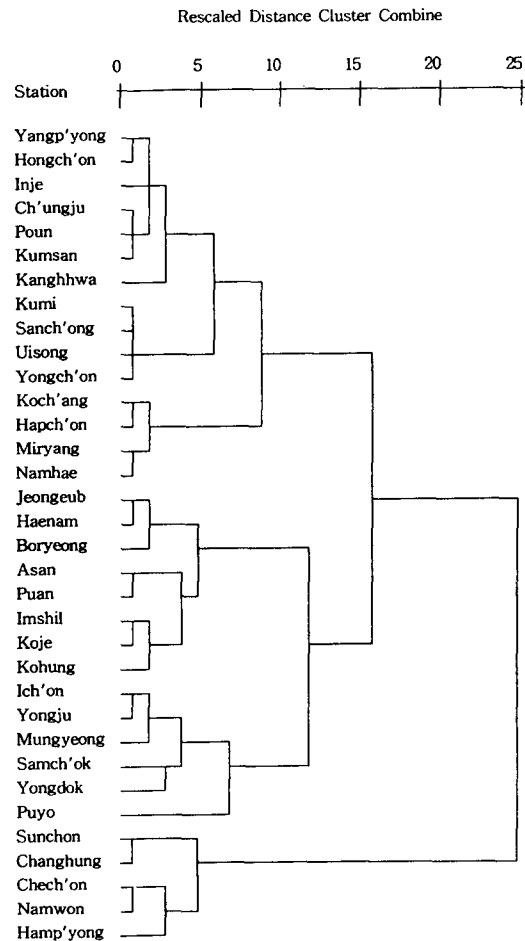


Fig. 4. Dendrogram of the 34 auxiliary stations constructed from the cluster analysis of the mean ten-daily hours of sunshine during the period of 20 years, 1974~1993

결합하게 된다 (Yanai and Takagi, 1986). 이 결합 단계의 수상도가 지역구분의 근거로 이용된다 (Fig. 3, 4 참조).

$$d_{k(ij)} = \left\{ \frac{1}{n_k + n_i + n_j} [(n_k + n_i) d_{ki}^2 + (n_k + n_j) d_{kj}^2 - n_k d_{ij}^2] \right\}^{1/2}$$

클러스터분석에서 얻어진 수상도를 근거로 하여 우리나라 지형을 고려한 지역구분도를 작성한다.

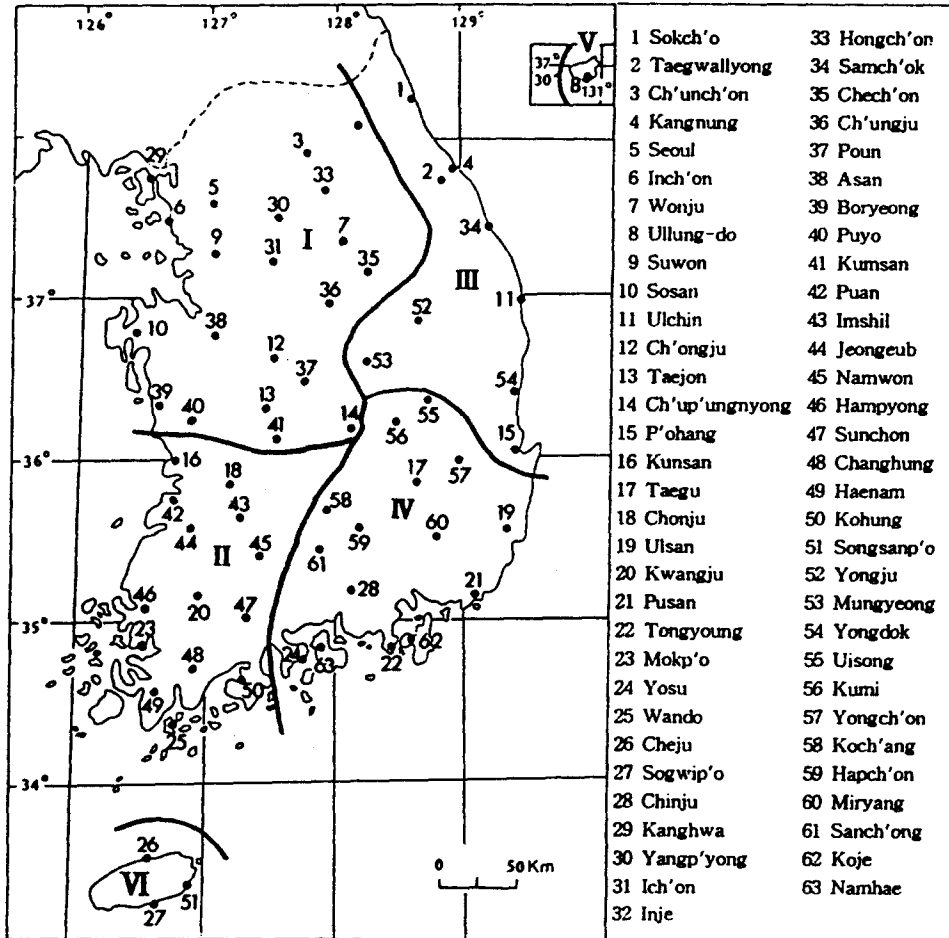


Fig. 5. Locations of 63 stations used in this study and regional division of Korea through the cluster analysis of the monthly and ten-daily means of sunshine hours during the period of 20 years, 1974~1993

(1~28: Main stations of the weather forecast offices,
29~63: Auxiliary stations of the weather observation stations)

지점군의 분류는 수상도상의 결합단계별 거리 차가 가장 큰 부분을 기준으로 한다. 비교적 자료의 신뢰도가 높게 나타난 23개의 측후소를 기준으로 하고 34개 관측소의 수상도는 경계선을 결정하는 보조 기준으로 활용한다 (Fig. 5, 6 참조). 일조의 지역특성은 구분된 지역들의 각 지역 내에 속하는 지점들의 일조시간과 일조율, 일사량, 운량, 일조율 80% 이상 일수, 부조일수 등의 평균치에 의해 조사한다. 끝으로 월평균 일조율의 연변화 유형을 분류하고, 구분지역별로 일조시간과 운량의 장기변동을 분석하여 그 회귀성을 찾는다.

3. 결 과

3.1 일조의 지역성 검토

일조지역 구분의 타당성을 검토하기 위하여 각각 멀리 떨어져 있는 임의의 4지점인 서울, 강릉, 목포, 대구를 택하여 20년간 (1974~1993)의 월별 평균치에 의한 일조율의 연변화를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2를 보면 7월의 일조율이 최소인 것은 공통이지만 최대인 달은 상당한 차이를 보이고 있으며 특히 가을인 9~11월에 많은 차를 나타낸다. 이는

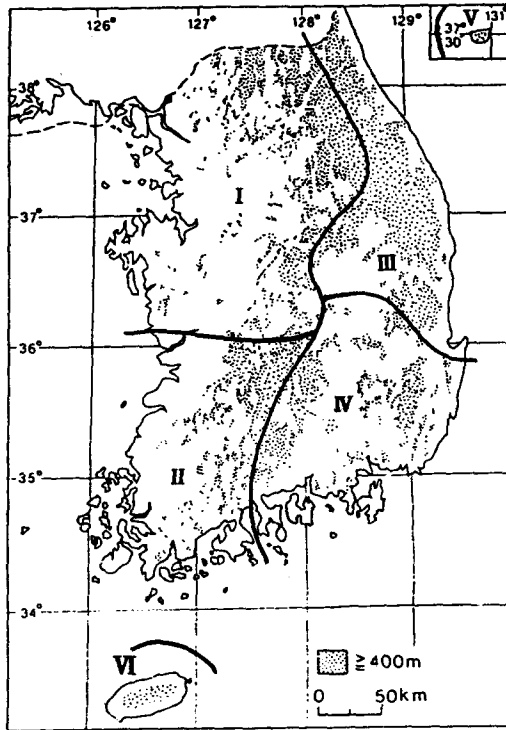


Fig. 6. As in Fig. 5 except for the topographic map with highland above 400 m

우리나라가 연중 계절별로 다른 기압배치에 의한 계절풍의 지배를 받기 때문인 것으로 여겨진다. 따라서 일조율은 그 지역의 일기를 잘 나타내는 지역성이 매우 강한 기후요소이기 때문에 일조시간의 연변화에 따른 지역구분은 매우 중요한 과제이다.

3.2 일조지역 구분

일조지역 구분을 위한 자료는 자료의 동질성 때문에 관측지점의 위도를 고려한 일조율보다 일조시간을 활용하며, 월별 및 순별 일조시간의 20년간(1974~1993)의 평균치를 사용한다. 측후소 중 자료의 신뢰도가 떨어지는 5개의 지점을 제외한 23개의 지점에 대한 20년간의 월평균 일조시간 12개를 변수로 하는 클러스터분석 결과의 수상도를 나타낸 것이 Fig. 3이다.

Fig. 3에서 0~25의 결합거리의 재조정된 유우크

리드거리이며, 결합단계의 차가 가장 큰 부분을 기준선으로 하여 I~VI의 군집으로 나누었다. 이들 지점군의 경계선 작성을 확실하게 하기 위하여 20년간의 순별 평균 일조시간 36개를 변수로 하고 34개의 관측소를 케이스로 하여 클러스터분석을 실시한 결과 그 수상도가 Fig. 4이다. Fig. 4를 보면 거제, 이천, 부여, 제천 등 4개의 지점을 제외하고는 인접한 지점들끼리 군집을 잘 이루고 있다. 따라서 Fig. 3과 Fig. 4를 기준으로하여 지점군들간의 경계선을 작성한 것이 Fig. 5이다.

Fig. 5를 보면 우리나라의 일조지역은 반도부에 4개의 지역과 울릉도와 제주도도 포함하여 6개의 지역으로 구분된다. 이들 경계선을 지형과 대비하기 위하여 해발 400 m 이상의 고지대가 표시된 지형도상에 지역경계를 나타낸 것이 Fig. 6이다.

Fig. 6을 보면 6개의 지역은 우리나라의 중서부와 중동부, 남서부와 남동부 그리고 두개의 섬지역으로서 지형과 잘 일치되고 있다. 이는 지표 경사면의 경사각과 방위에 따라 입사되는 태양에너지의 현저한 차를 잘 반영해주는 결과라 하겠다 (Park and Yoon, 1987).

3.3 구분지역별 일조특성

Table 1은 구분된 6개의 지역별로 조사한 측후소의 지점번호들과 평균 연일조시간, 연평균일조율, 평균 수평면 연일사량, 연평균운량, 일조율 80% 이상의 평균 연간일수, 평균 연부조일수 등을 나타낸 것이다. Fig. 5, 6의 지역구분과 Table 1을 종합한 각 지역별의 일조특성은 다음과 같다.

I 지역: 태백산맥 이서의 중서부지역으로서 가장 넓은 면적이며, 춘천과 서울, 인천, 원주, 수원, 서산, 청주, 대전, 추풍령 등을 포함한다. 평균 연부조일수가 46일로 최소이며, 평균 연일조시간은 2270 시간, 연평균일조율은 51%, 평균 수평면 연일사량은 3728 MJ/m², 연평균운량은 5.1, 일조율 80% 이상의 평균 연간일수는 86일이다.

II 지역: 지리산계의 남서지역으로서 남동계절풍에 대해 풍하측에 놓이며 남지나해를 거쳐 유입하

Table 1. Main stations, annual amount and annual mean of each elements in the 6 divided regions during 20 years, 1974~1993

| Region No. | Main Station No. | Duration of sunshine (hour) | percentage of sunshine | Radiation (MJ/m ²) | Amount of cloud | Classified days of sunshine percentage | |
|------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|--|---------|
| | | | | | | ≥ 80 | Sunless |
| I | 3,5,6,7,9,10,12,13,14 | 2270 | 51 | 3728 | 5.1 | 86 | 46 |
| II | 16,18,20,23,25 | 2185 | 49 | 4637 | 5.4 | 78 | 52 |
| III | 1,2,4,11,15 | 2273 | 52 | 3469 | 5.0 | 116 | 54 |
| IV | 17,19,21,22,24,28 | 2287 | 53 | 4592 | 5.0 | 107 | 54 |
| V | 8 | 1777 | 40 | . | 6.1 | 53 | 71 |
| VI | 26,27 | 1999 | 45 | 4561 | 6.1 | 82 | 66 |

는 온난다습한 남서기류에 대해선 풍상측에 놓이는 지역이다. 군산과 전주, 광주, 목포, 완도를 포함하는 남서해안의 영향이 큰 지역이다. 울릉도와 제주도를 제외하고는 평균 연일조시간과 연평균일조율이 각각 2185시간과 49%로 최소이며, 연평균운량은 5.4로서 최대이다. 한편 평균 수평면 연일사량은 4637 MJ/m²로서 최대인 지역이다.

III 지역: 영동지역과 영남북부지역을 포함하는 지역이다. 태백산맥과 북부소백산맥으로 인하여 서풍 계열과 북동풍 계열의 유입기류에 대한 지형적 영향이 잘 반영되어 나타나는 지역이다. 속초와 대관령, 강릉, 울진, 포항을 포함하며, 평균 연일사량이 3469 MJ/m²로 최소이며, 연평균운량이 5.0으로 IV 지역과 같이 최소이고, 일조율 80% 이상의 평균 연간일수가 116일로 최대이다.

IV 지역: 영남지역으로서 영남 내륙 분지와 남동해안지역, 태백산맥의 남단 산간지역을 포함하는 지역이다. 대구와 울산, 부산, 통영, 여수, 진주를 포함하며, 연평균일조율이 54%로 최대이고 연평균운량이 III 지역과 같이 5.0으로 최소이다.

V 지역: 울릉도로서 동해안에서 멀리 떨어진 해양성 기후역으로서 평균 연일조시간과 연평균일조율이 각각 1777시간과 40%로 최소이며, 연평균운량은 6.1로서 제주도과 같이 최대, 일조율 80% 이상의 평균 연간일수가 53일로 최소이며, 평균 연부조 일수는 71일로 최대이다.

VI 지역: 제주도로서 제주와 서귀포가 상당한 일조기후의 차를 보이긴 하지만 여기선 같은 지역의

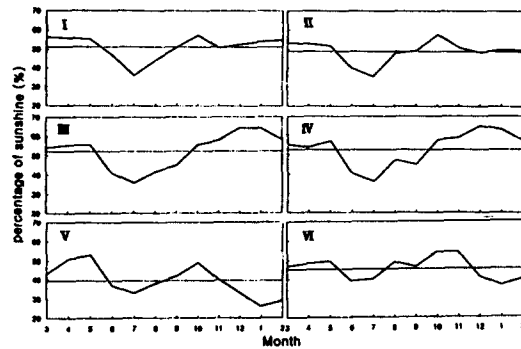


Fig. 7. Annual changes of the mean monthly percentages of sunshine for the 6 divided regions during the period of 20 years, 1974~1993

로 분류하였다. 연평균운량이 6.1로서 울릉도와 같이 최대이다.

3.4 지역별 연변화 및 장기변동 특성

Fig. 7은 6개의 지역별로 평균하여 구한 월평균 일조율의 연변화도이며, Fig. 8은 6개의 지역별 일조시간의 장기변동이고, Fig. 9는 6개의 지역별 운량의 장기변동을 나타낸 것이다.

Fig. 7을 보면 월일조율의 연변화 유형은 7월 최소 10월 최대인 태백·소백산맥 서부형 (I·II 지역형)과 7월 최소 12월 최대인 태백·소백산맥 동부형 (III·IV 지역형), 5월과 10월에 높고 7월과 1월에 낮은 울릉도형, 5월과 11월에 높고 6월과 1월에 낮은 제주도형 등 4개의 유형으로 분류된다.

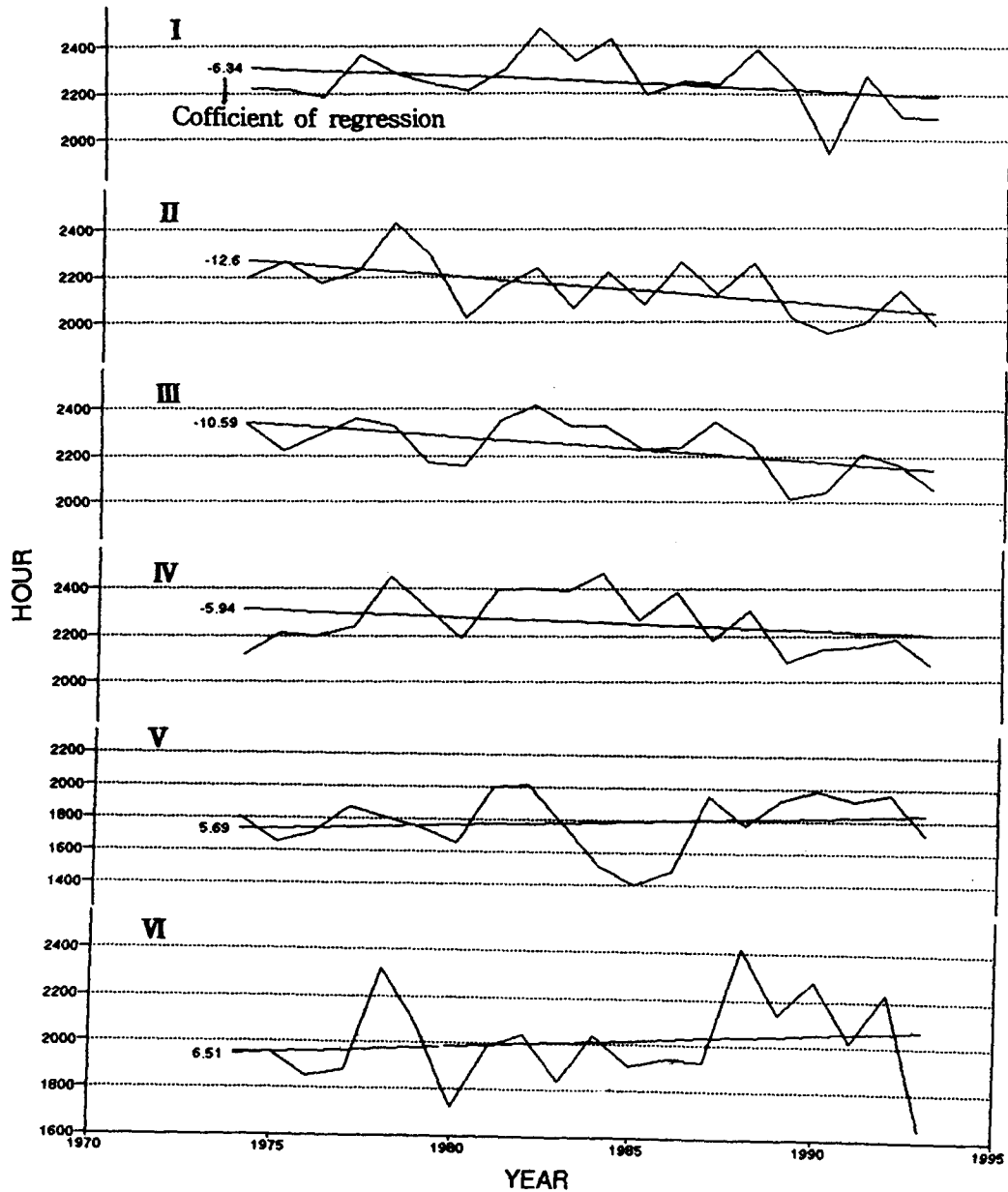


Fig. 8. Long-term variations of the mean annual hours of sunshine for the 6 divided regions during the period of 20 years, 1974~1993

즉 내륙쪽의 반도부는 한번의 진동을 하는 반면 해양지역은 두번 진동을 하는 연변화의 차를 나타낸다.

Fig. 8을 보면 우리나라 반도부는 전체적으로 일조시간이 감소하고 있는 추세로서 연간 6~12시간

정도의 감소 경향을 나타낸다. 반면에 울릉도와 제주도에는 증가추세에 있어서 좋은 대조가 되고 있다.

Fig. 9를 보면 운량은 거의 변화가 없는 편이지만 II, III, IV지역은 약하게 증가하는 경향이다. 이러한 결과는 운량의 증가가 일조감소의 원인으로

일조시간의 연변화에 따른 한국의 지역구분

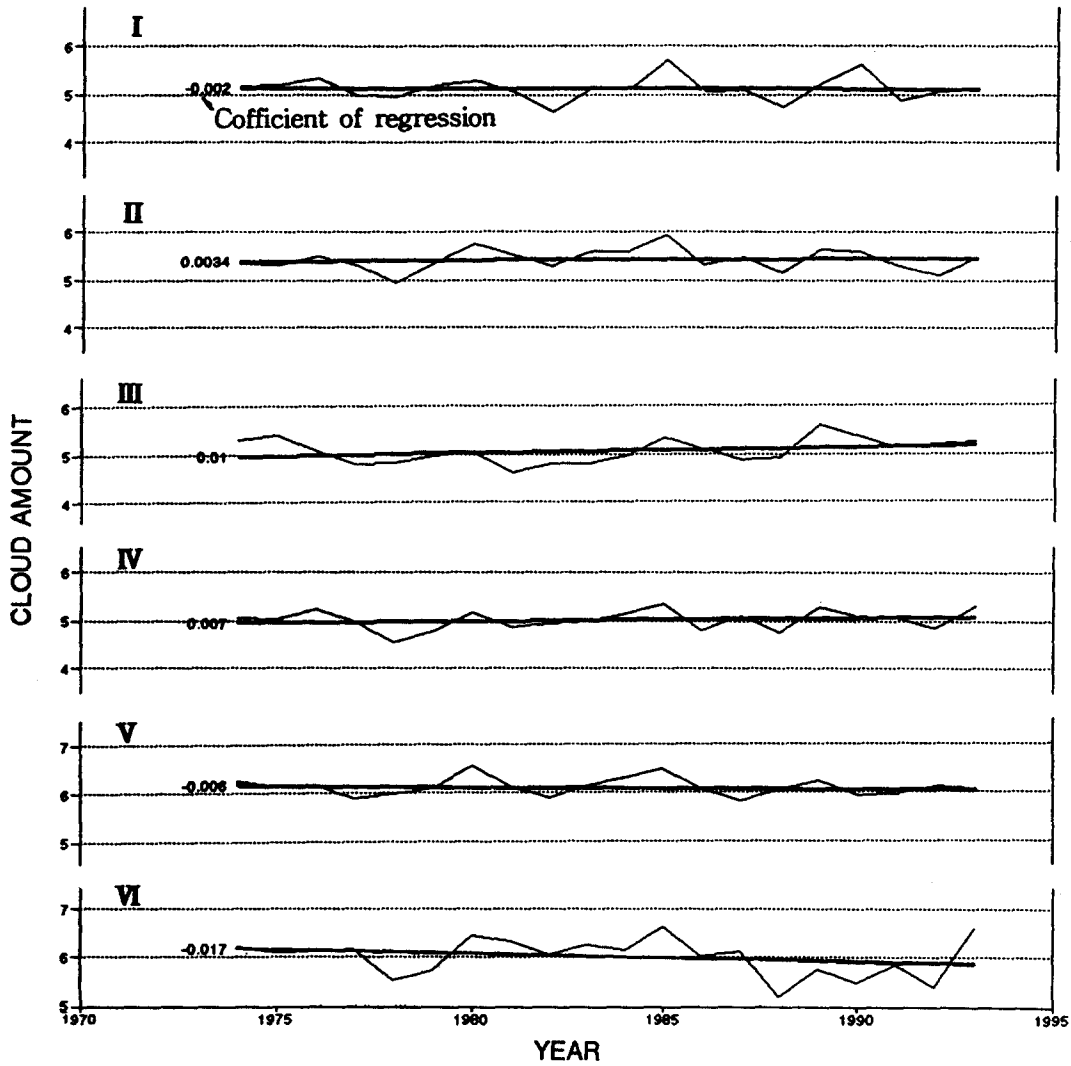


Fig. 9. As in Fig. 8 except for the cloud amount

밝혀진 외국의 결과 (Angell, 1990)와는 달리, 우리나라에선 대기혼탁도의 증가에 더 기인하는 것이 아닌가 하는 추측이 되어진다.

4. 결 론

우리나라의 63개 기상관측 지점들의 20년간 (1974~1993)의 월 및 순별 일조시간을 이용하여 클러스터분석에 의한 지역구분을 실시하고, 이들 구

분된 일조지역별의 일조율의 연변화특성과 일조시간, 일조율, 일사량, 운량, 일조율 80% 이상의 일수, 부조일수 등의 특성을 조사하였다. 그리고 구분지역별의 일조시간과 운량의 장기변동을 분석하였으며, 이들 분석결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 우리나라의 일조지역은 중서부, 중동부, 남서부, 남동부, 울릉도, 제주도 등 6개의 지역으로 구분된다. 이는 우리나라 지형특성에 의한 경사면의 분포를 잘 반영하고 있다.
2. 연간 일조시간은 1777~2287시간, 일조율은

40~53%, 일사량은 3469~4637 MJ/m², 운량은 5.0~6.1, 일조율 80% 이상의 일수는 53~116일, 부조일수는 46~71일의 분포를 하고 있다.

3. 일조율의 연변화유형은 7월 최소 10월 최대인 태백·소백산맥 서부형과, 7월 최소 12월 최대인 태백·소백산맥 동부형, 5월과 10월에 높고 7월과 1월에 낮은 울릉도형, 5월과 11월에 높고 6월과 1월에 낮은 제주도형 등 4개의 유형으로 분류된다.

4. 장기변동은 일조시간의 경우 반도부예선 감소경향 그리고 섬지역에선 증가경향을 나타내며, 운량은 거의 변화가 없는 상태이다. 이는 운량의 증가에 의한 일조시간의 감소보다도 대기혼탁도의 증가에 의한 영향이 더 큼을 제시하고 있다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단의 핵심전문연구비(과제번호: 951-0401-006-1) 지원으로 수행되었으며, 이의 지원에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

김광식, 1976, 기후요소의 분포, 한국의 기후(김광식 외, 일지사), 46~47.
 김연옥, 1987, 기후학개론, 정익사, 364~369.
 노재식, 1976, 도시의 일사, 한국의 기후(김광식 외, 일지사), 247~250.
 손형진·김혜정, 1980, 남한의 일조 일사 분포의 특징, 한국기상학회지, 16-2, 14~21.
 이병근, 1976a, 한국 주요도시의 도시기후학적 고찰, 경북대학교논문집, 21, 27~43.
 이병근, 1976b, 한국 주요도시의 일조·무 현상에 관한 연구, 경북대학교논문집, 22, 109~120.
 이병근, 문영수, 1985, 우리나라 주요도시와 그 인접지역에서의 기후변동 경향, 경북대 논문집, 39, 51~63.
 이태숙, 1993, 한국에 있어서 일조율의 분포 및 변

화특성, 경산대대학원 석사학위논문, 40 pp.
 정창희, 1976, 기후개요와 그 요인, 한국의 기후(김광식 외, 일지사), 10~12.
 조하만, 정귀원, 조천호, 1987, 지면에 도달하는 일사량과 관련기상 변수들과의 상관, 한국기상학회지, 23-1, 25~34.
 Park Soon-Ung and Ill-Hee Yoon, 1987, Diurnal and Seasonal Variations of Radiative Fluxes on Inclined Surfaces, J. of Korean Meteor. Soc., 23-3, 40~53.
 Angell, J. K. and J. Korshover, 1975, Variation in Sunshine Duration over the Contiguous United States between 1950 and 1972, J. of Applied Meteorology, 14, 1174~1181.
 Angell, J. K., J. Korshover and G. F. Cotton, 1984, Variation in United States Cloudiness and Sunshine, 1950~1982, J. of Applied Meteorology, 23, 752~761.
 Angell, J. K. and J. Korshover, 1987, Variability in United States Cloudiness and its Relation to El Nino, J. of Climate and Applied Meteorology, 25, 580~584.
 Angell, J. K., 1990, Variation in United Cloudiness and Sunshine Duration between 1950 and the Drought Year of 1988, J. of Climate, 3, 296~308.
 Cervený, R. S. and R. C. Balling, Jr., 1990, Inhomogeneities in the Long-Term United States' Sunshine Record, J. of Climate, 3, 1045~1048.
 Chandler, T. J., 1965, The Climate of London, Hutchinson, London, pp. 292.
 Changnon, S. A., 1981, Midwestern Cloud, Sunshine and Temperature Trends since 1901: Possible Evidence of Jet Contrail Effects, J. of Applied Meteorology, 20, 496~508.
 Hoyt, D. V., 1977, Percent of Possible Sunshine and Total Cloud Cover, Monthly Weather Review, 105, 648~652.

일조시간의 연변화에 따른 한국의 지역구분

- Jenkins, I., 1969, Increases in Averages of Sunshine in Greater London, *Weather*, 24, 52~54.
- Yanai, M. and H. Takagi, 1986, Multivariate analysis handbook, Kendai-mathmetics Co., pp. 235~237. (in Japanese)
- 加藤央之, 1983, 日照時間と日平均気温の變動形態から見た北海道の地形特性, *地理學平論*, 56-1, 1~16.
- 日本氣象廳, 1989, 異常氣象レポート'89, 近年における世界の異常氣象と氣候變動, 84~86.