

태양에너지 측정에 의한 한반도 주요 도시의 대기청명도 분석

조 덕기¹⁾, 강 용혁²⁾

Atmospheric Clearness Index Analysis of Major Cities in Korea Peninsula Using Solar Radiation Measurement

Dok-ki Jo, Young-Heak Kang

Key words : Atmospheric Clearness Index(대기청명도), Solar Radiation(태양복사)

Abstract : The amount of incident solar rays on inclined surfaces with various directions has Since the atmospheric clearness index is main factor for evaluating atmosphere environment, it is necessary to estimate its characteristics all over the major cities in Korea Peninsula. We have begun collecting clearness index data since 1982 at 16 different cities in South Korea and estimated using empirical forecasting models at 12 different stations over the North Korea from 1982 to 2006. This 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 application system designer or users.

1. 서론

최근 대기권도시에 입사되는 일사는 그 도시지역을 중심으로 한 특수기후가 형성되는 과정과 도시기후를 변화시키는 중요한 역할을 한다. 즉, 도시지역 내에는 매연이나 부유분진, 배기가스 등 대기오염물을 많이 포함하고 있어 이것들에 의해 도시지역 내에 입사하는 태양복사선의 투과를 방해하기 때문에, 대기오염이 심화되고 있는 대도시나 공업도시에 입사하는 일사량을 도시외곽 내지 전원지역, 소도시에 입사되는 일사량과 비교하여 볼 때 현저히 적게 나타나고 있다. 이와 같은 오염물질의 대기권 축적에 따른 일사의 감쇄현상은 주민건강 생활의 유지와 환경보존에 있어서도 매우 중요한 문제가 아닐 수 없다.

그러나, 일사량 측정을 위한 측정네트워크가 일부 남한지역에만 국한됨에 따라 북한지역을 포함한 한반도 전 지역에 대기환경 평가는 현실적으로 불가능 실정이다.

본 연구는 한반도 내에서 대기오염 상태가 도시지역에서 일사량을 얼마나 차단하는지를 알아보고자, 한반도 북한지역과 일부 특정지역에 대하여 선진국에서 이미 임의의 지점의 청명일사량

예측을 위한 경험적 분석기법을 적용하였으며, 남한지역은 전국 주요 도시지역에서 1982년부터 2006년 사이에 구름의 영향을 거의 받지 않는 청명한 날에 한국에너지기술연구원에서 측정된 평균 일사량 자료를 정리하여 분석하고, 그 결과를 통하여 한반도 주요 도시의 도시지역별 혹은 도시지역간의 대기의 청명도, 즉 청명한 날에 측정된 수평면 전일사량에 대한 대기권밖 일사량 비율을 산출 분석하여 전반적인 한반도 해당도시의 대기환경을 평가하고자 하였다.

2. 분석지역 선정

본 연구에서는 본 연구에서는 한반도의 일사량 광역분포 상태를 분석하기 위하여 관측지간의 평균거리를 약 100 km로 설정하고 전반적인 데이터의 정확도 평가를 위해 한반도 내에서 37개 지역, 즉 북한에서는 21개소를 대상으로 평양을 비롯한

1) 책임 저자의 소속
E-mail : dokkijo@kier.re.kr
Tel : (042)860-3561 Fax : (042)860-3538
2) 저자2의 소속
E-mail : yhkang@kier.re.kr
Tel : (042)860-3518 Fax : (042)860-3739

나진, 청진, 성진, 장진, 신포, 함흥, 혜산, 풍산, 강계, 희천, 신의주, 구성, 양덕, 평양, 남포, 사리원, 해주, 개성, 원산, 평강, 장전지역과 남한에서는 16개소로 대전, 춘천, 강릉, 서울, 원주, 서산, 청주, 대전, 포항, 대구, 전주, 광주, 부산, 목포, 제주, 진주, 영주지역을 선정하였다.

3. 한반도 대기청명도 분석

1982년 1월부터 2006년 12월까지 기간 동안 한반도 남한지방 16개소에서 한국에너지기술연구원이 청명한 날에 측정해 온 수평면 전일사량 실측자료와 Hottel(1976)의 청명일사량 산출 예측기법을 적용한 북한지방 21개소에서의 예측치를 가지고 한반도 주요 도시지역별로 대기청명도를 산출하여 서로 비교한 것이다.

분석결과에서 나타난바와 같이 우리나라(남북한) 주요 37개 전 지역에서의 대기청명도는 연 평균치로 계산하였을 때, 한반도 전국이 하루에 63.5% 정도로 나타났으며, 북한지방은 하루에 63.6% 남한지방은 하루에 63.4% 정도로 나타나 남한지방이 북한지방에 비하여 다소 낮게 나타나는 현상을 보였다. 그러나 남한지방의 대도시지역이 북한의 도시지역들에 비해 상대적으로 낮게 나타나고 있어, 태양복사선의 투과방지가 이들 도심지역에서의 대기오염과 가장 밀접한 관계를 갖고 있음을 알 수가 있다.

한편, 우리나라(남북한)의 월별 대기청명도를 일년을 기준으로 볼 때, 대기청명 조건이 가장 좋은 달은 5월로 하루에 65.3%인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 12월로 하루에 59.3%로 나타났다. 계절별로는 연중 여름철의 대기청명 조건이 가장 좋으며, 가을철과 겨울철은 연 평균치에도 훨씬 못 미치는 낮은 수준인 것으로 나타났다.

그림 1은 한국에너지기술연구원에서 운영하는 태양광측정네트워크(남한지방 16개소)에서 25여년간(1982. 1 ~ 2006. 12)에 걸쳐 청명한 날에 측정된 수평면 전일사량 자료의 평균치와 Hottel의 청명일사량 산출 예측기법을 적용한 북한지방 21개소에서의 예측치를 가지고 한반도 주요 도시지역별로 대기청명도를 산출하여 미국 Golden Software사에서 개발한 Surfer 8.0 프로그램을 사용하여 근접지역간의 대기청명도를 거리에 따라 균등하게 배분하여 임의 지점의 대기청명도를 산출하는 전산 시뮬레이션 기법으로 그린 전국적인 한반도 대기청명도이다.

전국 연평균 분포상의 특징을 대기청명도 조건이 좋은 순으로 지역대를 나누면, 그림에서 보는바와 같이 북한지방의 함경남도 개마고원과 그

인접지역인 백두산 일대, 강원도 평강과 개성을 잇는 일원, 평양남도 인진산 일대, 남한지방의 광주-목포-진주를 잇는 남해중서부 및 제주도, 그리고 태안반도와 설악산 일대의 대기청명 조건이 한반도에서 가장 좋은 곳으로 나타났으며, 그 다음은 호남 및 김해평야 일대, 중부이남, 그리고 북부 동해안 및 서해안 지방, 중부이북지방, 북부내륙지방 순으로 나타났고, 그리고 대구와 같은 대도시지역과 전주와 같은 밀집된 공단지역, 나진-청진-성진을 잇는 최북단 동해안지역은 한반도에서 낮은 대기청명도 분포를 나타내고 있으며, 대기오염이 심각한 서울지방은 한반도 내에서 가장 낮은 대기청명도를 기록하였다.

한편, 같은 기간 난방기간(10~3월) 동안에 산출된 대기청명도의 전국적인 분포특징을 살펴보면, 그림 2에서 보는바와 같이 그림 1과 거의 유사한 분포를 나타내어 이 난방기간 동안의 대기상태가 전년에 걸쳐 영향을 미치고 있음을 짐작할 수 있다.

그림 3 ~ 그림 6은 같은 기간동안 계절별 한반도 대기청명도의 분포특징을 나타낸 것이다. 즉, 우리나라 대기의 청명도는 겨울을 제외한 모든 계절에서 유사한 지역적 특성을 나타내 주고 있다. 분포특징을 좀 더 세분하면, 그림에서와 같이 봄철은 북한은 해안지방 지역보다는 내륙지방 지역이 좋으며, 반면에 남한지방은 대체로 내륙지방의 지역보다는 해안지방의 지역이 높은 것으로 나타났다.

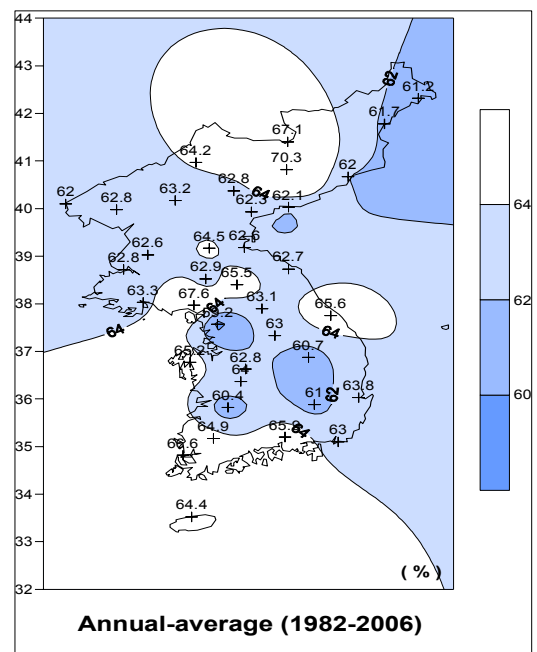


그림 1. 전국 연평균 1일 대기청명도 분포도

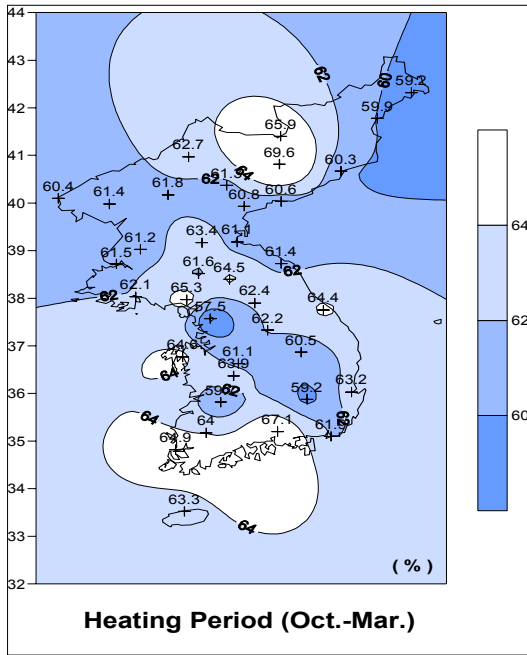


그림 2. 전국 연평균 1일 난방기간 대기청명도 분포도

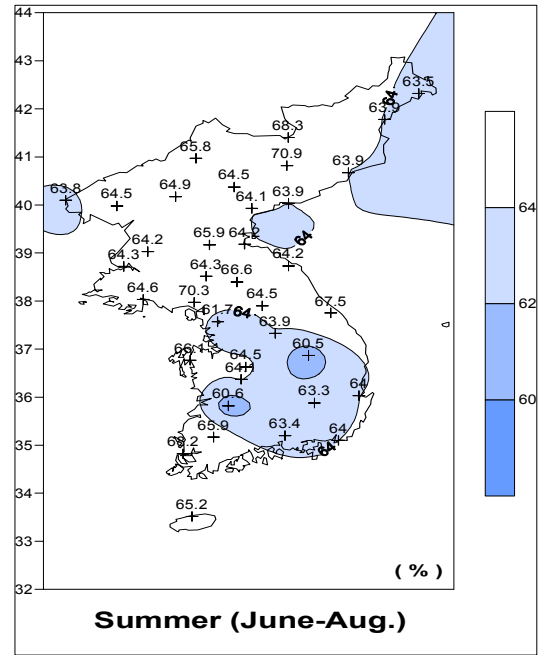


그림 4. 전국 여름철 일평균 대기청명도 분포도

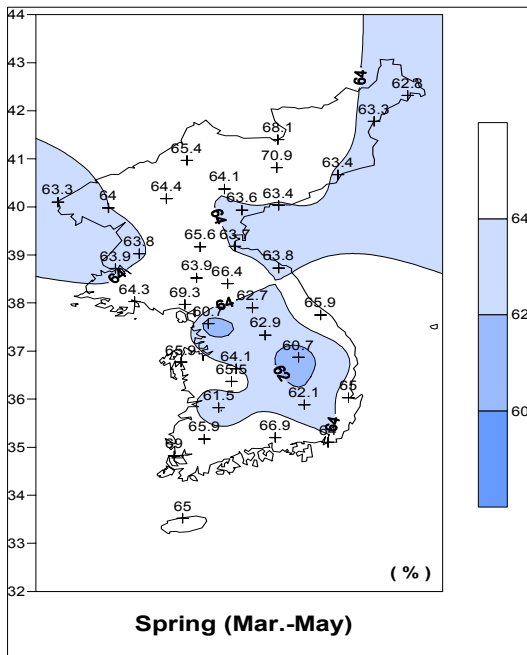


그림 3. 전국 봄철 일평균 대기청명도 분포도

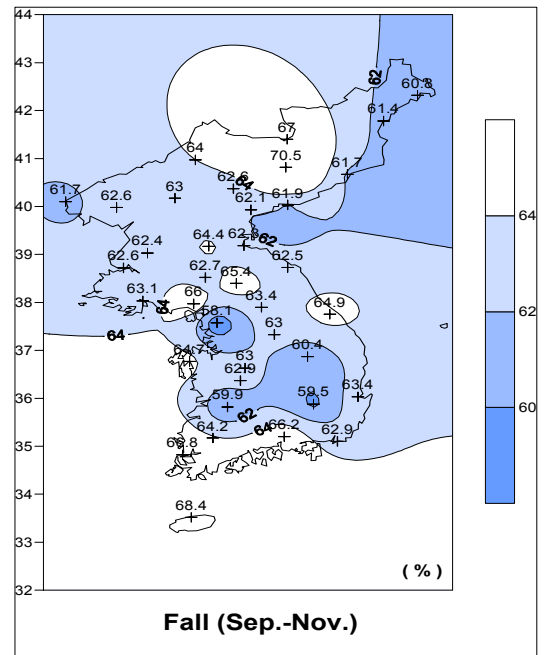


그림 5. 전국 가을철 일평균 대기청명도 분포도

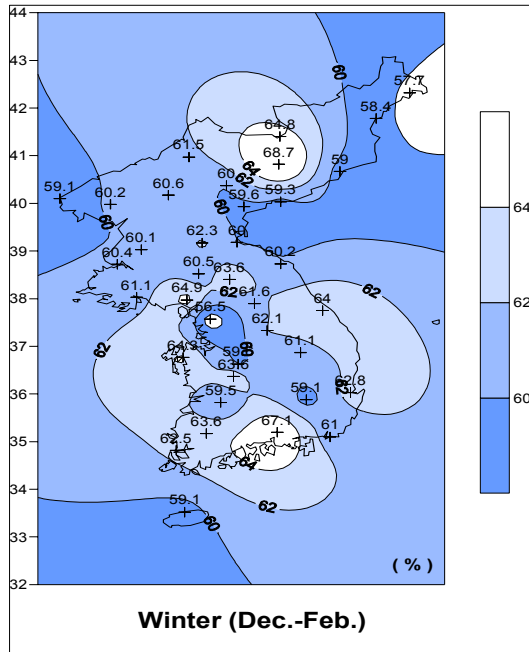


그림 6. 전국 겨울철 일평균 대기청명도 분포도

또한, 여름철은 남한 중부 내륙지역을 제외하고는 한반도 전국이 고른 분포를 나타내었으며, 가을철은 전국 연평균 분포와 거의 유사한 분포를 보였고, 겨울철은 남해 중부지역과 북한지방의 함경남도 개마고원과 그 인접지역인 백두산 일대를 제외하고는 대부분 지역이 낮게 나타나는 현상을 보였다.

4. 결론

본 연구는 대기오염 상태가 도시지역에서 태양광에너지를 얼마나 차단하는지를 알아보기 위하여 도시지역 내에서 태양광에너지 측정과 예측을 통해 대기청명도를 분석하고, 그 결과를 통하여 도시지역별 혹은 도시지역간의 대기의 청명도를 분석하여 해당도시뿐만 아니라 한반도 전 지역에 대한 전반적인 대기환경을 평가하고자 하였다.

그러나, 본 연구의 경우에 일사량의 고저에 따라 해당 도시지역의 대기오염 상태를 정확히 평가할 수 있는 것은 아니다. 일례로 구름이 많은 날은 청명도는 떨어지나 이것은 대기오염 뿐만은 아니라 오히려 황사가 심한 날은 대도시 지역의 청명도 평가에는 유리할 것으로 사료된다. 또한 같은 시간대라 하더라도 운량에 따라 다르다는 것을 계산한다면 구름이 자주 출몰하는 지역이 대기오염이 심각한 지역보다 더욱 대기 오염이 심각한 지역으로 오인될 소지가 있다. 따라서 이

와 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.

후기

본 연구는 산업자원부의 연구비지원으로 수행되었음 (과제번호 : 2007-N-NC04-P-02).

References

- [1] The Kenneth E. Johnson Environmental and Energy Center, Solar Radiation Data Sources-Applications and Network Design, DOE, U.S.A., 1978.
- [2] Duffie John A. and Beckman William A., Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley & Sons, Inc., pp. 73-76, 1991.
- [3] 기상청, “기상년·월보”, 1982~2006.