CNU Journal of Agricultural Science Vol. 41, No. 2, pp. 149-155, June 2014
DOI: http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2014.41.2.149

추풍령의 일사량과 대기투과율의 특성 분석

박진기[1] · 김봉섭[1] · 박종화[2]*

[1]충북대학교 지역건설공학과, [2]충북대학교 지역건설공학과

Characteristic analysis of solar radiation and atmospheric transmissivity at Chupungryeong

Jin Ki Park[1], Bong Seop Kim[1], Jong Hwa Park[2]*

[1]Department of Agriculture and Rural Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
2Department of Agriculture and Rural Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Received on 26 May 2014, revised on 17 June 2014, accepted on 23 June 2014

Abstract : The surface solar radiation is an important indicators for climate and agricultural research over the Earth system. For the climate and agricultural research, long-term meteorological data and accurate measured data are needed. The daily solar radiation from Jan. 2001 to Dec. 2010 have been employed in this study analyze atmospheric transmissivity for Chupungryeong. The corresponding daily value of atmospheric transmissivity is calculated for Chupungryeong meteorological data. In this paper, relationship analysis of daily solar radiation and atmospheric transmissivity is presented. It shows that atmospheric transmissivity over late December peaked in the 2000s, substantially decreased from the early-January, and changed little after that in summer. Reduction of solar radiation caused a reduction of more than 0.3 in atmospheric transmissivity during July to August. It was concluded that the atmospheric transmissivity could be very useful for evaluating solar radiation. Atmospheric transmissivity approach is suitable for daily-term simulation studies and useful for computing solar radiation.

Key words **:** Solar Energy, Solar Radiation, Extraterrestrial Radiation, Atmospheric Transmissivity, Meteorological Data

I. 서 론

지구상에 살고 있는 생물의 대부분은 태양으로부터 입사되는 에너지를 이용하고 있다. 이 방사에너지는 대기권, 지표 또는 물 표면에서 열 교환 작용을 하면서 대기의 기상작용 및 지표면 생물의 생명활동에 영향을 미친다. 즉 태양에너지는 태양방사 또는 일사로 불리고 대기 및 지표에 흡수되어 열로 바뀌면서 지구의 기상환경을 결정한다. 또한 일사는 식물의 광합성작용을 통해 생물이 이용 가능한 화학에너지로 변환되어 생명 활동의 에너지원으로 바뀐다. 이 중 식물에 흡수되는 일사는 광합성에 사용되어 열로 바뀌기도 하고 적은 양으로 성장이나 분화를 조절하는 중요한 요소가 되기도 한다. 따라서 이 태양에너지의 시공간적 특성을 밝히는 것은 식물의 성장과 작물의 작황을 파악하는데 매우 중요하다. 현재 이러한 태양에너지 분포 상황에 관한 정보를 필요로 하는 분야는 기상 기후학, 농학 및 수리수문학, 건축 분야 등 매우 다양하다(Abraha와 Savage, 2008; Allen 등, 1998; Park 등, 2013). 또한 그 응용분야는 최근에 주목을 받고 있는 신재생에너지 분야 중 태양광발전의 개발과 활용 및 효율화 분야 등이 있다(Paulescu 2008). 한편 대기를 투과하는 과정에서 일사는 질소(N_2) 및 산소(O_2) 등의 공기분자에 의해 산란되고, 부유 미립자에 의해 반사 또는 산란되기도 하며, 수증기 등에 흡수되어 일사의 양, 스펙트럼, 진행방향이 바뀌기도 한다. 기후변화 등으로 인한 일사량의 변화는 작물의 재배적지 이동 현상으로 이어지기도 하며 작물의 생산성과 지역 특화 작목 결정에도 많은 영향을 미치게 된다.

추풍령지역은 한국의 중부에 위치하면서 주변이 산으로

***Corresponding author:** Tel: +82-43-261-2577
E-mail address: jhpak7@cbnu.ac.kr

둘러싸인 지형을 형성하고 있다. 추풍령 인근에 위치한 충북의 영동군, 옥천군, 보은군 등은 이러한 기상환경을 이용하여 포도, 감, 사과 등의 작목을 주요 소득원으로 하고 있다. 지역조건에 적합한 작목을 선정하고 앞으로의 기후변화 등에 대응해 가기 위해서는 일사량 등의 태양에너지 활용 기술이 필요할 것이다.

추풍령기상대는 우리나라 최초로 세계기상기구(WMO)로 부터 표준기상관측소로 승인 받아 기상관측을 실시하고 있다. 우리나라와 같이 복잡한 지형과 빠른 산업화가 진행된 국가의 기상상황의 변화를 파악하기 위해서는 추풍령기상대와 같은 표준기상관측소 자료를 활용하는 방법이 매우 유용하다. 또한 추풍령 지역과 같은 환경과 지형의 미기상 분포 파악은 우리나라의 기후변화 패턴 파악은 물론 인근 지역에 적합한 작물과 작목 선정에 많은 도움이 될 것이다. 또한 시기별 태양에너지의 유효 이용과 태양광 발전 적지 선정에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다(Alexandrov와 Hoogenboom, 2000).

본 연구는 우리나라 유일의 표준기상관측소인 추풍령 기상관측소에서 2001년부터 2010년까지 10년 동안 관측된 기상자료를 이용하여 일사량과 대기투과율 특성을 분석하고 평가하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구대상지역

추풍령은 소백산맥과 노령산맥이 나누어지는 지점으로 동쪽의 묘함산(733m)과 서쪽의 눌의산(743m), 북쪽의 학무산(678m) 사이에 위치하며 경상북도 김천시 봉산면과 충청북도 영동군 추풍령면 사이에 위치해 있다. 추풍령 남쪽 사면은 낙동강 지류인 감천이 깊은 계곡을 형성하고, 급경사를 이루어 김천시까지 도달하며, 서쪽 사면은 비교적 완사면을 이루어 황간까지 평탄한 고갯길이 이어지고 금강의 지류인 송천이 황간에서 동쪽으로 분기하는 계곡과 이어진다.

추풍령기상대는 충북 옥천군, 영동군, 보은군과 충남 금산군 지역의 기상을 관할하고 있다. 추풍령기상대는 1935년 인천측후소 추풍령지소로 개소하여 2000년부터 추풍령기상대로 승격하였다. 추풍령기상대는 2008년 11월 우리나라 최초로 세계기상기구(WMO) 관측소 설치 환경 권장기준에 맞춘 표준기상관측소로 승인 받아 운영하고 있다. WMO 표준기상관측소 설치 권장기준은 기상자료가 넓은 지역의 대기상태를 대표할 수 있고, 건물 높이의 최소 10배, 숲 높이 보다 최소 20배 이상 떨어져 있는 지점으로 관측소 최소면적이 10,000 m^2 이상인 곳이다. 표준기상관측소 역할은 정확한 기상관측 자료를 생산하기 위한 관측표준을 제시하고, 기상측기 및 관측기술을 개발하기 위한 기상관측 장비 성능시험 및 비교 관측을 수행한다. 또한 표준기상관측소는 관측방법·관측자료·기상측기 성능 등 표준자료를 생산하고 보급하여 기상증명·기상자료 제공 및 기상과학 문화를 확산하는 역할을 담당한다. 이와 같이 추풍령기상대는 표준기상관측소로 우리나라의 기후변화를 가장 잘 파악할 수 있는 장소로 판단되어 연구대상지역으로 선정하였다(KMO, 2014).

2. 조사항목

추풍령기상대는 기상대 코드 135, 위도 36°13‘ N, 경도 127°59’ E, 고도 244.7 m지점에 위치해 있다. 추풍령기상대는 수직 10 km까지의 기온과 습도를 관측하는 ‘라디오미터’, 태양의 움직임에 따라 자동으로 위치를 추적하며 빛의 양과 빛이 비추는 시간을 측정하는 ‘일사·일조장비’ 등이 있다. 이 외에도 각 기상 제작사별 강수량계 등의 성능시험을 실시하고 있다.

본 연구에서는 추풍령기상대에서 2001년부터 2010년까지 10년 동안 관측된 기상자료를 수집하여 분석하였다(KMO, 2001~2010). 기상요소는 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온, 일조시간, 운량, 일사량 등을 수집하여 검토하였다. 추풍령기상대는 다양한 기상요소를 수집하여 제공하고 있으나 지금까지 연구된 결과에 기초하여 일사량과 가장 밀접한 관련성을 갖는 것으로 파악된 요소를 중심으로 검토하였다(Falayi와 Rabiu, 2005; Baek 등, 2012).

3. 대기권 밖 일사량 계산

일사량 관측은 세계적으로 매우 적은 관측지점에서 실시되고 있다. 일사량 관측지점은 기온 및 강수량 관측지점과 비교할 때 약 1/500 수준으로 매우 적다(Thornton과 Running, 1999). 따라서 한정된 일사량 관측지점 이외의 지역은 기온, 강수량, 일조시간, 운량 등을 이용하여 일사량을 추정

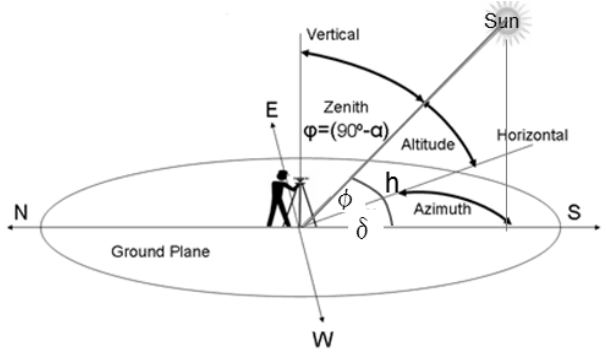

Fig. 1. The declination angle (δ), latitude (φ) and the solar altitude angle (h) for Sun.

하고 있다.

지구의 대기 상층 수평면에서 단위시간 동안 단위면적에 내리쬐는 일사량은 대기권 밖 수평면 일사량 ($MJ \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)이라고도 한다. 1일 평균 대기권 밖 일사량(H_0)은 1년 중 일변화에 따라 지구 상층권에서 식 (1)과 같이 표현된다(Duffie와 Beckman, 1991).

$$H_0 = \frac{24}{\pi} H_{sc} \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi J_{day}}{365}\right)\right] (\cos\phi \cos\delta \sin\omega_s + \omega_s \sin\phi \sin\delta) \quad (1)$$

여기서, H_{sc} 는 태양상수(1,367 $W \cdot m^{-2}$)이며, J_{day} 는 1월 1일을 기준으로 한 대상일수이고, Φ 는 추정하고자 하는 지역의 위도(degree, °), δ 는 일 적위(degree, °), ω_s 는 일몰시간각(degree, °)이다(Fig. 1).

일 적위 δ는 Fig. 1과 같이 Cooper(1969)가 제안한 식 (2)로 계산할 수 있다.

$$\delta = 23.45 \sin(360 \times 284 J_{day} / 365) \quad (2)$$

일몰시간각(ω_s)은 진태양시에서 0이 되고 관측시각에 따라 15°씩 변하게 되며 일몰시 태양의 시간각으로 정의된다.

$$\cos \omega_s = - \tan\phi \tan\delta \quad (3)$$

4. 대기투과율 계산

태양광은 강도 H_0로 지구 대기 표면에 도달한다. 태양광은 대기 중의 공기분자 및 수증기, 먼지 등에 의해 산란 흡수되고 남은 에너지가 지상에 도달한다.

이것이 직달일사량이다. 따라서 직달일사강도는 에너지가 대기 중을 통과하는 길이가 길수록 감소하게 된다. 따라서 대기투과율(Atmospheric transmissivity, P)은 대기권 밖 수평면 일사량(H_0)과 추풍령기상대에서 관측된 일사량(H) 값을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = \left(\frac{H}{H_0}\right)^{\sin h} \quad (4)$$

$$\sin h = \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\phi \cdot \sin\delta \quad (5)$$

여기서, P는 대기투과율(무차원)이며, H는 추풍령기상대에서 관측한 일사량, h는 태양고도(rad), ω는 시간각이다. 대기투과율은 0과 1 사이의 값을 갖는다.

III. 결과 및 고찰

1. 연중 일사량의 변화

추풍령 기상관측 지점은 충청북도 영동군 추풍령면의 244.7 m지점에 위치하고 있다. 동쪽에는 묘함산(733 m)과 서쪽에는 눌의산(743 m), 북쪽에는 학무산(678 m)으로 둘러싸인 분지의 농경지에 위치해 있다. 이러한 영향으로 추풍령기상대는 다른 관측소와 비교하여 주변 환경의 대기질 및 도시화에 따른 영향이 적은 특징을 가진다. 추풍령지역의 1년 동안의 대기밖 수평면 일사량 H_0 ($MJ \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)은 식(1)을 이용하여 구한 결과 Fig. 2의 실선과 같이 4차 다항식 관계가 있는 것으로 나타났다.

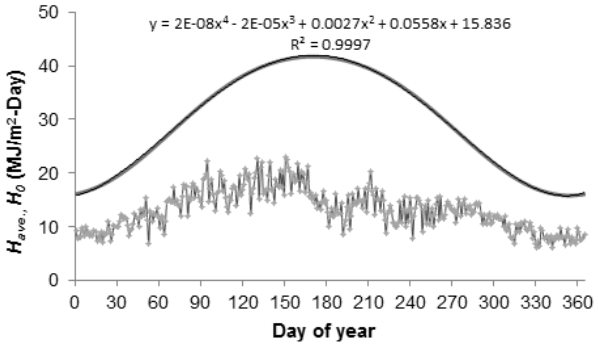

Fig. 2. Comparison between the extraordinary solar radiation and ten-year average solar radiation at Chupuongryeong Regional Meteorological Office.

$$H_0 = aDOY^4 - bDOY^3 + cDOY^2 + dDOY + e \quad (6)$$
$$(R^2 = 0.9997)$$

여기서, *DOY* (Day of year)는 관측일이고, *a, b, c, d, e*는 상수이다.

1년 동안의 대기권 밖 수평면 일사량은 겨울에 가장 적은 17 MJ·m^{-2}·day^{-1} 전후를 나타내며 봄부터 점진적으로 높아져 여름철에 가장 많은 41 MJ·m^{-2}·day^{-1} 전후로 추정되었다. 이후 가을부터는 점진적으로 낮아져서 겨울에 다시 17 MJ·m^{-2}day^{-1} 전후를 나타낸다. 이에 반해 추풍령기상대에서 관측된 10년 평균 일사량은 겨울에 9~10 MJ·m^{-2}·day^{-1}를 나타내지만 봄부터 점진적으로 높아지면서 6월 초순에 16 MJ·m^{-2}·day^{-1} 전후로 최고를 기록한다. 여름철인 6월 중순부터 가을까지는 8~12 MJ·m^{-2}·day^{-1} 범위에서 약간씩 적어지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 6~8월에 나타나는 장마 등으로 인해 많은 구름의 영향이 반영되어 나타난 결과로 해석된다.

2001년부터 2010년까지 10년간 관측된 일사량은 Fig. 3과 같이 정규분포곡선과 비슷한 분포경향을 보였다. Fig. 4는 Box plot를 이용하여 각 연도별 일사량을 나타낸 그림이다. 그림과 같이 추풍령지역의 일사량이 가장 높은 시기는 5월 중순부터 6월 중순 (17 MJ·m^{-2}·day^{-1} 전후)으로 파악되었다. 그리고 일사량 변화가 가장 적고 안정적인 월은 1월로 9~10 MJ·m^{-2}·day^{-1} 전후 이었으며 다음은 12월 (10 MJ·m^{-2}·day^{-1})로 나타났다. 한편 여름철인 6월 중순부터 7월과 8월의 일사량은 그 변화 폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 2001년부터 2010년까지 10년간 관측된 일사량의 차이는 Table 1과 같은 특징을 보였다. 전반적으로 2000년도 전반과 중반에 비해 후반의 일사량이 높아지는 경향을 보였다. 특히 2000년대 후반에 최저 일사량이 전반적으로 높아지는 특징을 보였다. 이러한 일사량의 변화는 짧은 기간임에도 일사량 상승이라는 기후변화 경향을 보여주는 결과로 해석된다.

2. 대기투과율의 변화

대기투과율은 대기 상단에 입사하는 일사량(대기밖 수평면 일사량)과 지상에서 측정한 일사량을 이용하여 계산할 수 있다. 측정 일사량 자료가 없는 경우는 일조시간과 운량 등을 이용하여 추정할 수 있다(Almorox와 Hontoria, 2004). 추풍령지역의 대기투과율은 일사량 자료가 있으므로 식(4)와 (5)를 이용하여 산정하였다.

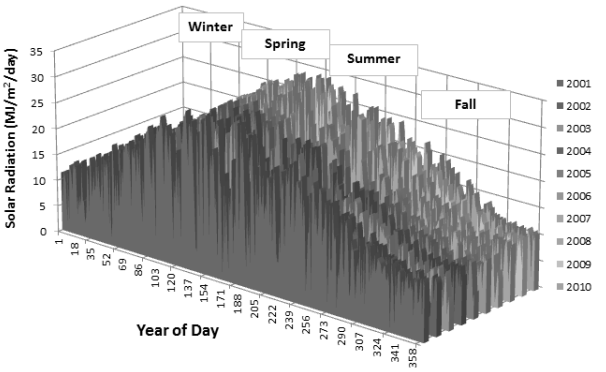

Fig. 3. Relationship between observed year and measured daily solar radiation at Chupungryeong Regional Meteorological Office.

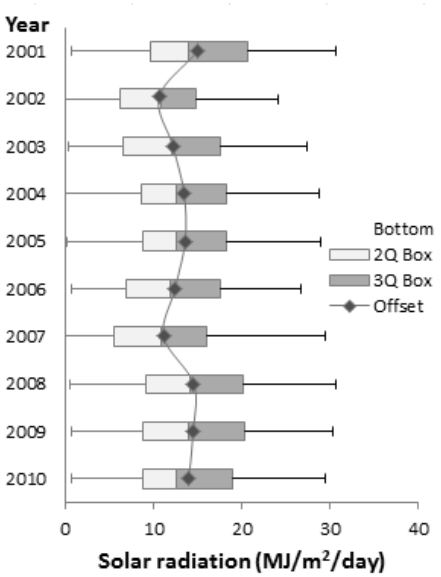

Fig. 4. Box plots of ten-year(from Jan. 2001 to Dec. 2010) solar radiation observed by Chupungryeong Regional Meteorological Office.

2001년부터 2010년까지 10년간의 대기투과율은 Fig. 5와 같으며 10년간의 평균 대기투과율은 Fig. 6과 같다. 대기투과율은 태양에너지가 통과하는 비율을 나타낸 것으로 추풍령의 경우 겨울에 0.5~0.8범위로 가장 높으며 여름철에는 0.2~0.5범위로 가장 낮았다. 봄은 0.3~0.6범위의 대기투과율을 보였으며, 가을은 0.25~0.8범위로 가장 폭넓게 나타났다. 차이는 봄에는 시간의 흐름과 함께 약간씩 낮아졌으나 가을에는 시간 흐름에 따라 점점 높아지는 경향을 보였다. 대기투과율이 높은 겨울은 대기중 수증기 양이 여름에 비해 적고 일사가 투과하는 비율이 높다는 것을

Table 1. Box-plots values of ten-year(from Jan. 2001 to Dec. 2010) solar radiation observed by Chupungryeong Regional Meteorological Office.

Labels	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Min	0.64	0	0.29	0	0.12	0.63	0	0.47	0.67	0.68
Q1	9.54	6.1	6.43	8.67	8.83	6.92	5.52	9.03	8.76	8.83
Median	13.94	10.75	11.95	12.52	12.61	11.88	10.91	14.07	13.85	12.62
Q3	20.66	14.76	17.49	18.33	18.2	17.57	16.09	20.21	20.35	18.99
Max	30.65	24.17	27.38	28.7	28.93	26.69	29.51	30.7	30.25	29.41
IQR	11.12	8.66	11.06	9.66	9.37	10.65	10.57	11.18	11.59	10.16
Q2-Q1	4.4	4.65	5.52	3.85	3.78	4.96	5.39	5.04	5.09	3.79
Q3-Q2	6.72	4.01	5.54	5.81	5.59	5.69	5.18	6.14	6.5	6.37
Q3+1.5*IQR	37.34	27.75	34.08	32.82	32.25	33.54	31.94	36.98	37.73	34.23
Q1-1.5*IQR	-7.14	-6.89	-10.16	-5.82	-5.22	-9.05	-10.33	-7.74	-8.62	-6.41
Upper Whisker	30.65	24.17	27.38	28.7	28.93	26.69	29.51	30.7	30.25	29.41
Lower Whisker	0.64	0	0.29	0	0.12	0.63	0	0.47	0.67	0.68
Wupper-Q3	9.99	9.41	9.89	10.37	10.73	9.12	13.42	10.49	9.9	10.42
Q1-Wlower	8.9	6.1	6.14	8.67	8.71	6.29	5.52	8.56	8.09	8.15

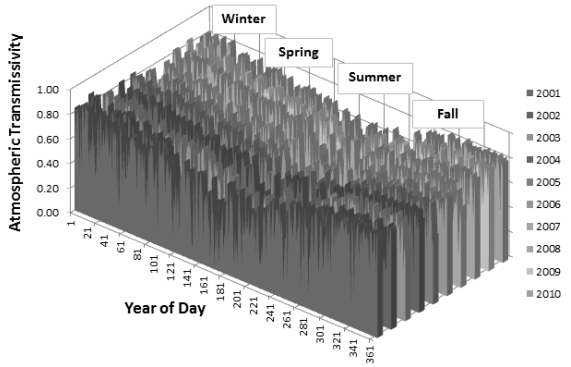

Fig. 5. Relationship between observed year and calculated atmospheric transmissivity at Chupungryeong Regional Meteorological Office.

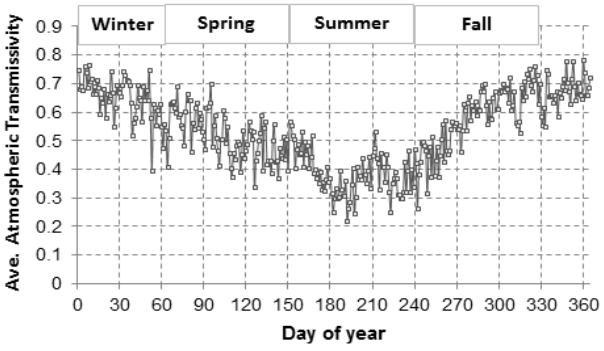

Fig. 6. Variation of ten-year (from Jan. 2001 to Dec. 2010) average atmospheric transmissivity.

알 수 있다. 이와 같이 대기투과율은 태양과 일사량 관측지점사이의 수증기량이 적고 구름 등으로 인해 산란되는 양이 적을수록 높게 나타나는 것으로 확인되었다.

연도별 대기투과율 변화는 Box plot를 이용하여 분석한 결과 Fig. 7 및 Table 2와 같이 일사량 분포와 매우 유사한 경향을 보였다. 대기투과율의 연도별 변화는 2008년부터 2010년까지 2000년대 후반의 대기투과율이 전반과 중반에 비해 약간 높아지는 경향을 보였다. 특히 2000년대 후반의 최저 대기투과율은 전반과 중반에 비해 높아지는 경향을 나타내어 일사량에도 비슷한 영향을 미친 것으로 분석된다. 특히 2002년과 2003년은 태풍 루사 등 대형 태풍 등이 우리나라에 유입된 영향이 반영되어 대기투과율을 낮게 한 것으로 판단된다.

한편 대기를 투과하는 과정에서 실제 투과되는 양과 계절에 따른 변화특성을 분석하였다. 대기투과율의 계절별 영향은 Fig. 8과 같이 대기 밖 일사량과 관측일사량의 비(H/H_0)와 대기투과율(P) 관계를 통해서 파악하였다. 그 결과 대기 밖 일사량은 그림과 같이 계절에 따라 대기, 구름 및 에어로졸에 의해 감쇠하여 산란되는 특성이 다르게 나타났다. 단순히 대기 밖 일사량과 관측일사량 비(H/H_0)는 계절에 따른 태양의 입사각 변화에 따른 대기투과율 차이를 반영하지 못한 것으로 나타났다. 대기투과율 P는 계절에 따라 운량, 대기의 두께, 그리고 수증기의 영향이 가장 적은 겨울에 가장 높게 나타났으며 여름에 가장 낮은 것으

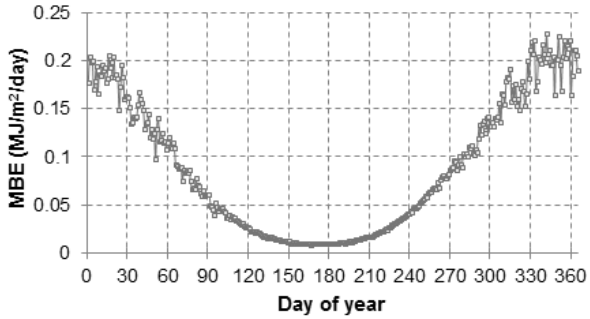

Fig. 9. Relationships between average H/H_0 and average atmospheric transmissivity.

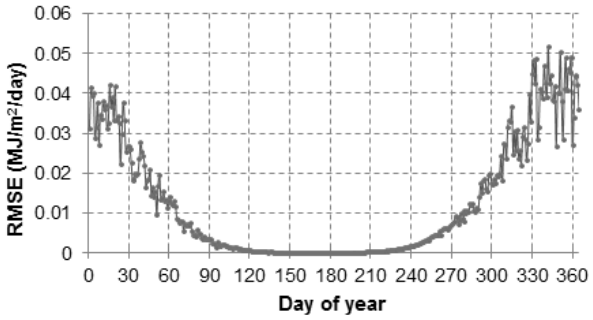

Fig. 10. Relationships between average H/H_0 and average atmospheric transmissivity.

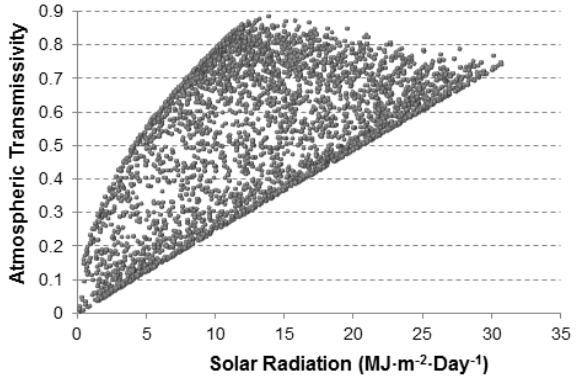

Fig. 11. Relationships between solar radiation and atmospheric transmissivity.

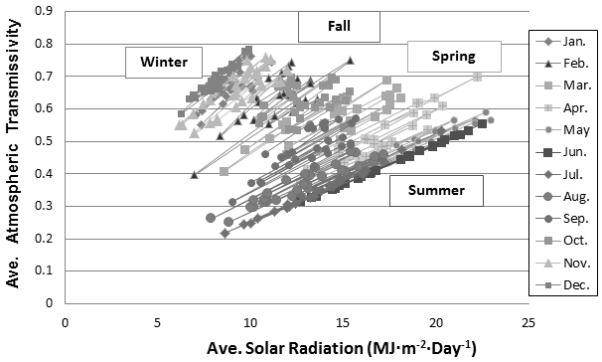

Fig. 12. Relationships between ten-year (from Jan. 2001 to Dec. 2010) average solar radiation and atmospheric transmissivity.

로 분석되었다.

계절별 대기투과율 평가는 MBE(Mean Bias Error)와 RMSE(Root Mean Squares Error)를 이용하여 실시하였다.

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - H/H_{0,i}) \quad (6)$$

$$RMSE = \left[\sum_{i=1}^{n}(\overline{P_i} - \overline{H/H_{0,i}})/n\right]^{1/2} \quad (7)$$

MBE와 RMSE 평가 결과는 각각 Fig. 9와 Fig. 10과 같이 여름에는 큰 차이가 없으나 봄과 가을에 점점 차이가 커지면서 겨울에 최대를 나타내었다. 이와 같이 겨울에는 적도와 이루는 각도가 커져 경사면 일사량의 형태로 지면에 도달하나 여름철에는 수평면 일사량과 거의 같은 값으로 지표면에 도달하는 것을 알 수 있다. 따라서 태양에너지를 이용해 태양광발전에 이용하는 경우 여름철에는 직달일사량 형태로 지표면에 과잉의 에너지가 도달하여 이를 제어할 필요성이 생기게 된다.

3. 일사량과 대기투과율의 특성

대기 상단에 입사하는 일사량(대기밖 수평면 일사량)은 대기층에 분포하는 수증기 등의 영향을 받게 된다. 지표면에서 관측되는 일사량이 계절에 따라 어떻게 변화하는지를 검토하기 위하여 2001년부터 2010년까지 10년간의 일사량과 대기투과율을 비교 검토하였다. 분석 결과, 일사량과 대기투과율은 Fig. 11과 같이 일정한 경향을 보였다. Fig. 12는 일사량과 대기투과율의 계절별 변화를 파악하기 위하여 10년간의 일평균 자료를 이용하여 상호관계를 비교한 그림이다. 그림과 같이 겨울의 경우 일평균 일사량은 낮으나 대기투과율은 상대적으로 높게 형성되는 특징을 보였다.

한편 여름철의 경우 일평균 일사량과 대기투과율은 넓은 범위에서 낮은 기울기로 일정하게 비례하는 특징을 보였다. 특히 여름철은 구름 등의 영향으로 일사량과 대기투과

율이 낮게 형성되는 날부터 대기투과율은 낮으나 일사량이 매우 많은 시기 등 폭 넓은 경향을 보였다. 또한 여름철은 다른 계절에 비하여 대기투과율이 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 한편 봄은 여름과 비슷한 경향을 보이나 같은 일사량에서도 대기투과율은 높게 형성되었다. 가을철은 여름과 겨울의 중간 영역에 분포하면서 일사량은 중간 영역에 분포하며 대기투과율은 높은 경향을 나타내었다.

이와 같이 일사량은 계절별로 대기를 투과하는 양이 서로 달라 작물의 서식 등에 많은 영향을 미친다. 특히 우리나라의 경우 여름철에는 많은 일사량이 대기 밖에 도달하나 구름 등의 영향으로 지표면에 도달하는 일사량은 낮은 대기투과율 때문에 적어지는 것으로 파악되었다.

IV. 결 론

본 연구는 우리나라 유일의 표준기상관측소인 추풍령 기상관측소에서 2001년부터 2010년까지 10년 동안 관측된 기상자료를 이용하여 일사량과 대기투과율 특성을 분석하고 평가하고자 하였다. 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 추풍령의 연중 대기밖 수평면 일사량 H_0 ($MJ \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)은 연중 경과일수와 4차 다항식 관계가 성립하는 것으로 파악되었다. 추풍령지역의 최고 일사량 시기는 6월 초순으로 파악되었으며, 가장 안정적인 일사량 공급 시기는 1월과 12월로 조사되었다.
2. 전반적으로 2000년도 후반 일사량이 전반과 중반에 비해 높아지는 경향을 보였다. 특히 2000년대 후반의 최저 일사량이 전반적으로 높아지는 특징을 보였다. 이러한 일사량의 변화는 짧은 기간임에도 일사량 상승효과를 보여 지구온난화 경향을 보여주는 결과로 해석된다.
3. 대기투과율은 겨울에 0.4~0.6범위로 가장 높으며 여름철에는 0.2~0.5범위로 가장 낮았다. 봄과 가을은 0.3~0.6범위로 비슷한 경향을 보였다. 대기투과율이 높은 겨울은 대기중 수증기 양이 여름에 비해 적고 일사 투과 비율이 높다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 대기투과율은 태양과 일사량 관측지점사이의 수증기량이 적고 구름 등으로 인해 산란되는 양이 적을수록 높은 것으로 확인되었다.
4. 계절별 일사량과 대기투과율의 특징으로 겨울의 일평균 일사량은 낮으나 대기투과율은 상대적으로 높게 형성되는 특징을 보였으며 여름에는 일평균 일사량 범위는 넓고 대기투과율은 낮은 범위에서 비례하는 특징을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(미래부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2012R1A1A2044123)

참 고 문 헌

Abraha MG, Savage MJ. 2008. Comparison of estimates of daily solar radiation from air temperature range for application in crop simulations. Agric. For. Meteorol. 148:401-416.

Alexandrov A, Hoogenboom, G. 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agric. For. Meteorol. 104:315-327.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration -Guidelines for computing crop water requirements- FAO Irrigation and drainage paper 56:2-10.

Almorox J, Hontoria C. 2004. Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain, Energy Conversion and Management 45(9):1529-1535.

Baek SC, Shin HS, Park JH. 2012. Analysis of Relationship Between Meteorological Parameters and Solar Radiation at Cheongju. KCID 19(1):48-57.

Duffie JA, Beckman WA. 1994. Solar engineering of thermal processes. 2nd Ed. John Wiley, New York.

Falayi EO, Rabiu AB. 2005. Modelling Global Solar Radiation Using Sunshine Duration Data. Nig. J. Physics 17:181-186.

KMO (Korea Meteorological Office). 2001~2010. Monthly weather report.

Park JK, Na SI, Park JH. 2013. Estimation of Solar Radiation Distribution Considering the Topographic Conditions at Jeju Island, Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 55(1):39-48.

Badescu V. 2008. Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface. Recent Advances. pp. 175-92. Springer, Berlin, Germany.

Thornton PE, Running SW. 1999. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity, and precipitation. Agricultural and Forest Meteorology, 93:211-228.

KMO (Korea Meteorological Office). 2014. http://www.kma.go.kr/

KMO (Korea Meteorological Office). 2001-2010. http://www.kma.go.kr/