

홍반자외선의 복사투과에 대한 구름효과

이윤곤¹, 조희구¹, 김준¹, 이방용²

¹연세대학교 지구환경연구소/대기과학과

²한국 해양연구소 극지연구실

1. 서론

태양의 단파 자외선 복사는 인체와 생태계에 매우 유해하다. 최근 오존층의 파괴에 따라 지표 자외선 복사의 증가에 과학자뿐만 아니라 일반인에게도 큰 관심사가 되고 있다. 이 자외선 복사의 세기는 대기 상태에 따라 큰 차이가 있다. 맑은 날씨의 경우는 오존, 에어로졸과 태양천정각에 따라 주로 변한다. 그러나 맑은 날씨가 아닌 경우에는 일반적으로 운량과 태양천정각이 증가함에 따라 지표 자외선 복사는 감소한다. 그러나 완전 흐린 날씨가 아닌 경우에 적운이 존재하여 적당 일사를 차단치 않았을 때는 적운이 없을 때 보다 지표 자외선 복사를 25%까지 증가 시켰다(Mims and Frederick, 1994). 이 연구에서는 남극 세종기지에서 1998년-2002년까지 관측한 홍반 자외선 복사량(EUV-B)/(280~320nm)과 운량을 이용하여 운량에 대한 EUV-B의 투과 효과를 알아보기 위하여 구름에 대한 EUV-B 투과율을 태양천정각과 운량에 따라 구하였다.

2. EUV-B 투과율

2. 1. 오존 보정

EUVB 복사에서 오존효과를 제거하기 위하여 기준 오존전량을 300DU로 정하고 이 기준 오존전량에 대한 오존보정인자, OCF(Ozone Correlation Factor)를 다음과 같이 구하였다.

$$OCF(\%) = \frac{\Omega - 300}{300} \quad (1)$$

여기에서 Ω 는 관측오존전량을 의미한다. 오존전량 1% 변화율에 대하여 EUVB 복사의 변화율을 나타내는 오존의 복사배율인자, RAF를 사용하여 오존전량에 대한 EUVB복사의 보정인자 UVF(UVB Correlation Factor)를 다음과 같이 구하였다.

$$UVF = RAF \times OCF \quad (2)$$

이 UVF로 UVB 복사를 다음과 같이 보정하였다.

$$Corrected\ UVB = UVB + UVB \times UVF \quad (3)$$

즉, 오존전량이 기준 오존전량보다 많은 경우에는 보정된 EUVB 복사량이 관측된 EUVB 복사량보다 많아진다.

2. 2. 태양천정각과 운량 효과

오존효과를 보정한 EUVB 복사를 운량 $0 \leq n < 3$,

$3 \leq n < 4$, $4 \leq n < 5$, $5 \leq n < 6$, $6 \leq n < 7$, $7 \leq n \leq 8$ 와 모든 날씨(all sky conditions)에 따라 분류하고 나아가서 EUVB를 주어진 운량 n 에서 태양천정각 SZA=θ의 다음 3차 다항 회귀식으로 구하였다.

$$EUVB_n(\theta) = a + b\theta + c\theta^2 + d\theta^3, \quad R^2 \geq 0.98 \quad (4)$$

태양천정각(SZA) 45°-75°의 범위에서 맑은 날씨($0 \leq n < 3$)와 완전 흐린 날씨($7 \leq n \leq 8$)의 경우 최대값 EUVB₀(θ)_{max}, 평균값 EUVB₀(θ)_{mean}과 최소값 EUVB₀(θ)_{min}을 Figure 1[a][b]와 같이 나타내었다.

맑은 날씨의 최대 EUVB 복사는 에어로졸과 그 밖의 UV 흡수 기체들의 효과가 거의 없었다고 볼 수 있다. 맑은 날씨의 평균 EUVB 복사는 그 관측점의 평균 에어로졸과 흡수기체의 평균 상태로 볼 수 있다. 그러므로 이 연구에서 구름의 EUVB 투과율을 아주 맑은 날씨 EUVB₀(θ)_{max}의 회귀식 계산 값에 대한 다른 회귀식 계산 값(흐린 날씨)의 비로서 다음과 같이 구하였다.

$$T_{EUV}(n, \theta) = \frac{EUVB_n(\theta)}{EUVB_0(\theta)} \quad (5)$$

Figure 1은 맑은 날씨($0 \leq n < 3$)와 완전 흐린 날씨($7 \leq n \leq 8$)에서 SZA에 따른 EUVB의 투과율 $T_{EUV}(n, \theta)$ 을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 $T_{EUV}(n, \theta)$ 는 주어진 SZA에서 변화의 폭이 있다. 이 변화폭은 SZA가 감소함에 따라 크게 나타났다. Figure 2, 3은 맑은 날씨 EUVB의 최대값 EUVB₀(θ)_{max}으로 하여 구름의 EUVB_n(θ) 투과율 $T_{EUV}(n, \theta)$ 을 주어진 운량 n 에서 SZA에 따라 구한 결과이다. EUVB의 투과율은 모든 운량계급에서 SZA 45°에서 60°까지 증가한 후에 75°까지 감소하였다. EUVB 투과율이 모든 운량에서 SZA 45°에서 60°까지 증가하는 경향은, 투과율 크기에 다소 차이는 있으나 Schafer 등(1996)의 결과와 같다. 그리고 SZA 50°와 70°사이에서 운량 $4 \leq n < 5$ 와 $5 \leq n < 6$ 에서 평균투과율은 비교적 크게 나타났다. 가장 적은 운량 $3 \leq n < 4$ 의 평균 투과율이 SZA 50°와 65° 사이에서 운량 $4 \leq n < 6$ 보다 작다는 사실은 맑은 날씨보다 구름이 부분적으로 있을 때 산란 일사량이 증가하기 때문이다(예: Mims and Frederick, 1994; Cho et al., 2003). Table 1은 $T_{EUV}(n, 60^\circ)$ 의 분석결과이다. 이

Table에서 보는 바와 같이 $7 \leq n \leq 8$ 의 경우 T_{\max} 는 운량 n 가 증가함에 따라 대체로 증가하여 120%까지 증가하였고 T_{\min} 는 10%까지 감소하였다. 모든 날씨의 경우 SZA 60°일 때 구름에 의하여 46%가 감소함을 알 수 있다.

3. 결론 및 요약

구름에 대한 EUVB의 평균 투과율은 SZA 60°와 운량 $4 \leq n < 5$ 에서 78%로 최대값을 나타내었다. 이 투과율은 SZA가 가장 작은 45°와 운량이 가장 적은 $3 \leq n < 4$ 에서 최대값이 나타날 것으로 기대한 65%보다 크다. 그 까닭은 적합한 운량의 구름에 의한 산란효과가 지표 EUVB를 증가시켰기 때문이라고 생각된다. 남극 세종기지에서 SZA 60°일 때 모든 날씨의 경우 구름에 의하여 평균 46%가 감소하였다.

참고 문헌

Cho, Hi Ku, Myeong J. Jeong, and Jhoon Kim, Dependence of diffuse photosynthetically active solar irradiance on total optical depth, *J. Geophys. Res.*, 108, D9, 4267-76, 2003.

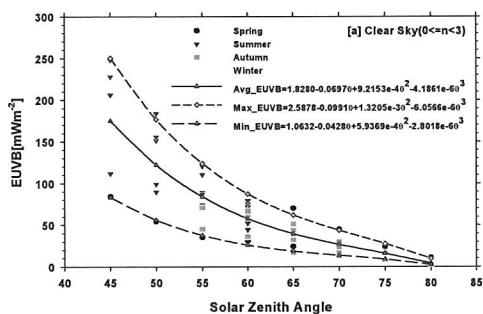


Figure 1[a]. Erythemal irradiance as a function of solar zenith angle(45° - 80°) for different sky conditions(1998-2002).

Schafer, J.S., V.K. Saxena, B.N. Wenny, W. Barnard, and J.J. De Luisi, Observed influence of clouds on ultraviolet-B radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 2625-2628, 1996.

Mims F.M., and J.E. Frederic, Cumulus clouds and UV-B, *Nature*, 371, 1994.

Table 1. EUVB transmission of cloud(maximum, mean, minimum EUVB) as a function of cloud amount at SZA 60°.

SZA (degree)	Cloud amounts(oktas)					all sky
	$3 \leq n < 4$	$4 \leq n < 5$	$5 \leq n < 6$	$6 \leq n < 7$	$7 \leq n \leq 8$	
60	max	0.86	0.96	1.07	0.98	1.20
	mean	0.74	0.78	0.77	0.68	0.50
	min	0.41	0.13	0.41	0.22	0.10

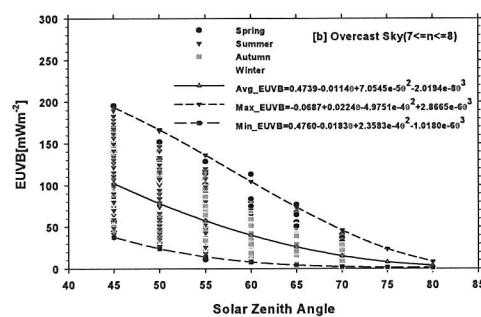


Figure 1[b]. Erythemal irradiance as a function of solar zenith angle(45° - 80°) for different sky conditions(1998-2002).

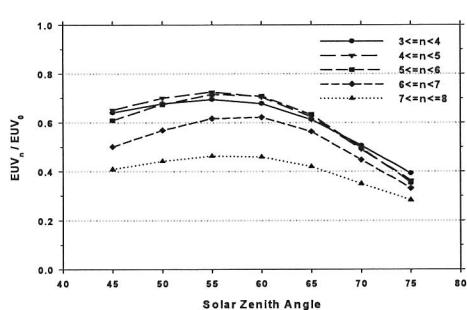


Figure 2. EUVB transmission of cloud amount as a function of SZA.

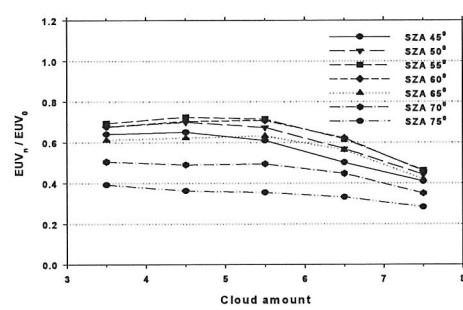


Figure 3. EUVB transmission of cloud as a function of cloud amount.