

PF2) 광릉수목원 침엽수림에서 토양열 플럭스의 시공간적 변화 Temporal and Spatial Variation of Soil Heat Flux within Coniferous Canopy in Kwangneung Arboretum

김현탁, 박운호⁽¹⁾, 김연희, 엄향희, 최병철
기상청 기상연구소 응용기상연구실, ⁽¹⁾기상청 예보관실

1. 서론

기상변동에 대한 적절한 해석을 위하여 장기관측을 통한 다양한 지표 생태계에서의 수분 및 에너지 순환에 대한 연구가 진행(Grelle, et al., 1997; Wilson and Baldocchi, 2000)되고 있으며, 모형을 이용한 연구에서도 이에 대한 검증과 보다 정확한 자료의 산출을 위해서 양질의 관측자료가 절대적이라 할 수 있다. 또한 대기에 비하여 상대적으로 그 영향이 오래 지속되는 토양특성에 대한 정확한 토양수분 자료를 사용할 경우 기후 및 기상 예측의 정확도 향상에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다(Atlas et al. 1993). 그러나 토양의 수분 및 온도의 시공간적 변동성이 크고 그 변동과 관련된 물리 과정에 대한 이해가 많이 부족한 실정이다. 특히 우리 나라의 경우 국토의 70%가 산림으로 구성되어 있으며, 이러한 산림에서의 토양 및 대기에서의 에너지순환에 대한 지속적인 연구가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 지표와 대기사이의 상호작용에 관련된 연구 중 광릉수목원 침엽수림 내에서 관측한 순복사에 따른 토양열 플럭스의 시공간적 변화를 살펴보고자 한다.

2. 관측지 및 연구 방법

한반도 지역 육상 생태계의 국지 규모에서 지역 규모까지의 에너지와 물, 탄소 등의 물질순환 및 수지의 감시체계구축, 지표-대기 물리과정 개선을 위해 광릉수목원 내 물푸레봉(해발 342m, 37°45' N, 127°9' E)지역 침엽수림에서 장기관측을 통한 미기상학적 연구를 수행하고 있다. 본 연구에서는 지표에서의 에너지 공간분포와 계절에 따른 에너지의 변동을 살펴보기 위해 관측타워 주변에서 관측된 1년간의 자료(2001년 9월~2002년 8월)를 사용하였다. 또한 순복사는 일출과 일몰시 태양각에 의한 오차를 줄이기 위해 100 W/m^2 이상인 자료만을 사용하였다. 분석을 수행한 변수는 토양열 플럭스(HFT, Campbell Science Inc, 이후 SCI, 관측타워 주변 6곳에 각각 깊이 0.1m의 토양열 플럭스), 토양온도(TCAV, SCI, 관측타워 주변 6곳에 각각 깊이 0.1m의 평균 토양온도), 토양수분(CS615, CSI, 서로 다른 두 곳에서 측정된 깊이 0~0.1m, 0~0.3m 및 0.3~0.6m의 평균 수분함량)과 관측 타워 상부 31m 높이의 순복사(CNR-1, Kipp & Zonen Co.)이다.

3. 결과 및 고찰

그림 1과 2는 각각 2001년 9월부터 2002년 8월까지의 일 평균된 순복사와 토양열 플럭스의 연변화를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 순복사와 토양열 플럭스는 계절에 따른 전형적인 변화를 나타내고 있다. 일평균 순복사 최대 값의 변동을 살펴보면, 가을인 9월초에 약 440 W/m^2 의 값을 보인 후 점차 감소하여 겨울동안인 1~2월에는 약 240 W/m^2 의 값을 보였다. 이후, 점차 증가하여 여름동안 약 500 W/m^2 의 최대 값을 보였다. 토양열 플럭스는 순복사와 비슷한 경향을 보이며 연변화 하였다. 9월초 약 $2\sim3 \text{ W/m}^2$ 에서 점차 감소하여 9월 중순부터는 음의 값을 보이기 시작하였고, 1월중에 약 -15 W/m^2 의 최소 값을 보였다. 이러한 음의 값은 2월말까지 지속되었고, 이후 양의 값을 보이며 지속적으로 증가하여, 4월말에 약 13 W/m^2 의 최대 값을 보인 후 여름철에 다소 낮은 값을 나타냈다. 여름철 토양열 플럭스가 봄철에 비해 다소 낮은 것은 여름철 동안 빈번한 강수와 식생성장에 따른 복사에너지의 차단에 의한 것으로 사료된다. 토양열 플럭스가 음의 값은 대기의 온도가 토양온도보다 낮아 에너지의 수송이 지표면에서 대기중으로 전달됨을 의미하는 반면, 양의 값은 겨울철과는 반대로 에너지의 수송이 대기에서 지표면으로 전달됨을 의미한다. 이러한 대기-지표간의 에너지 및 수분의 전달에 관한 연구(Herbst, 1995; Baldocchi, 1997; Haszpra, et al., 2001)뿐 아니라 에너지 및 수분 전달과정에서 대기 및 토양과 더불어 식생의 역할에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다(Kelliher, et al., 1993; Roberts, et al., 1990). 우리나라의 경우, 에너지와 수분의 전달 및 교환에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있으나(류상범, 김영아, 2000; 최태진, 김준, 2000), 식생과 연계된 입체적인 연구는 미비한 것이 사실이다. 따라서 이에 대한 연

구가 요구된다. 그림 3은 2002년 4월 18일과 19일 양일간 순복사에 따른 토양열 플럭스, 토양온도, 토양 수분의 변화이다. 4월 18일 순복사는 오후 1시경에 636 W/m^2 , 토양열 플럭스는 오후 3시경에 14 W/m^2 의 최대 값을 나타냈다. 이와는 달리 토양온도는 오후 4시경에 11°C 의 최대 값을 보였다. 토양수분의 변화는 토양열 플럭스의 변화와 밀접하게 관련되어 토양열 플럭스가 최대가 되는 시점에 최소 값을 보였다. 발표에서는 앞서 논의한 내용과 더불어 순복사 에너지에 대한 계절에 따른 변화 및 서로 다른 지점에서 측정된 토양열 플럭스간의 공간적 변화에 대한 내용을 소개하고자 한다.

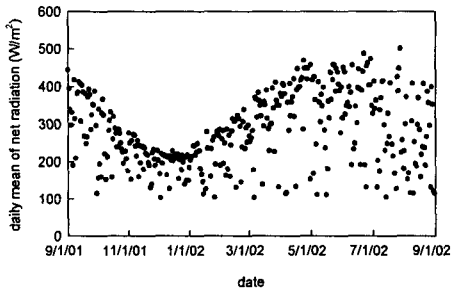


Fig. 1. Annual variation of daily mean net radiation from September 2001 to August 2002.

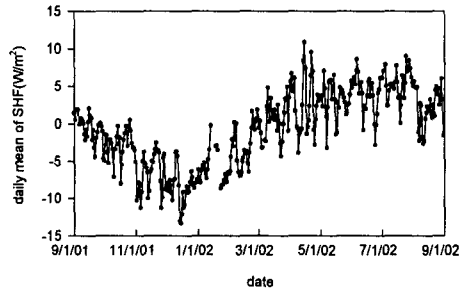


Fig. 2. Annual variation of soil heat flux (SHF) from September 2001 to August 2002.

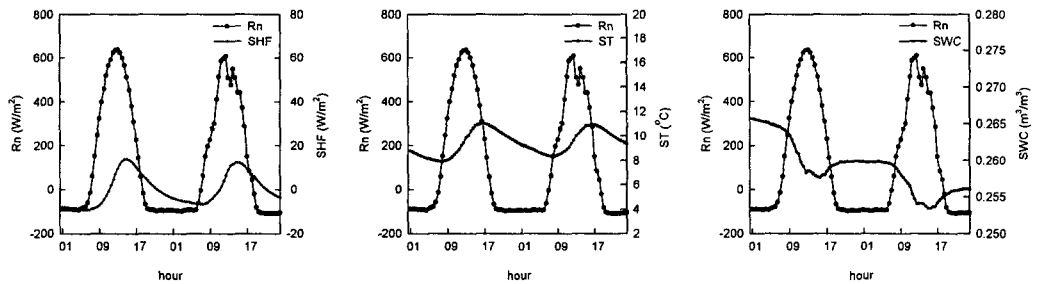


Fig. 3. The variation of net radiation (R_n), soil heat flux (SHF), soil temperature (ST) and soil water content (SWC) during 18-19 April 2002.

감사의 글

이 연구는 기상연구소 “한반도악기상집중관측사업”과 환경부 “차세대핵심환경기술개발사업”의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- 최태진, 김준, 2000: 광릉 활엽수림과 대기간의 운동량, 열, 수증기의 난류 교환. 한국기상학회 가을학술 발표회 249-252.
- 류상범, 김영아, 2000: 광릉수목원에서의 증발산량 변화: 가을에서 초겨울까지. 한국기상학회지. 36, 1, 43-50
- Atlas, R., N. Wolfson, and J. Terry, 1993: The effect of SST and soil moisture anomalies on GLA model simulations of the 1988 U.S. Summer drought, *J. Climate*, 6, 2034~2048.