

광릉과 해남의 플럭스 타워에서 관측된 미기상 자료에 대한 품질 검증

류영렬¹, 이재영², 박성빈², 변의용², 홍진규², 김준²

¹서울대학교 환경대학원, ²연세대학교 대기과학과

Quality assurance for micrometeorological data from Gwangneung and Haenam flux sites

Y. Ryu^{1*}, J. Lee¹, S. Park², U. Byun², J. Hong², and J. Kim²

¹Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University ²Department of Atmospheric Sciences, Yonsei University

(*Correspondence: ryuyr77@snu.ac.kr)

1. 서 언

광릉과 해남의 플럭스 타워에서 각각 2000년 4월과 2002년 7월부터 미기상 관측 자료가 집록되어오고 있다. 자료의 체계적인 품질관리(Quality Control)는 향후 수치 모형 및 원격 탐사 알고리즘 등의 검증 개선을 위해 자료를 분석하고 활용하기 위한 가장 기본적이고 중요한 작업이다. 미기상 자료에 대한 품질검증 과정은 여러 논문에서 소개된 바 있다(예를 들면, Meek and Hatfield, 1994; Choi *et al.*, 2005). 본 연구에서는 국내 타워플럭스 관측망인 KOFLUX 연구대상지 중에서 광릉과 해남의 미기상자료에 대한 품질검증 과정을 소개하며, 현재까지 진행된 예비결과를 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

모든 집록된 자료는 Excel파일에 정리가 되어 품질에 대한 기록도 함께 기록된다. 자료의 품질은 G (Good), D (Dubious), B (Bad), M (Missing)의 네 등급으로 구성되며, 각각 1, 0, -1, -1로 표기된다. G는 양질의 자료를, D는 의심스러우나 모형 작업 9시 하루 평균 혹은 누적 값이 필요할 때 사용이 가능한 자료를 의미하며, B는 저질의 자료로 이용이 불가능한 자료를, M은 집록이 되지 않은 자료를 지칭한다. 본 연구에서는 DADiSP 프로그램 (<http://www.dadisp.com>)을 사용하여 직접 눈으로 자료를 확인하며 여러 기준에 근거하여 품질 검증 과정을 수행하였다. 품질 검증 과정의 주요 목적은 양질의 자료를 선별하고 문서화하는 것이지만, 동시에 이 과정을 통해 수행자가 관측 자료에 익숙해짐으로써 정확하고 효율적인 자료의 분석과 이해가 가능해진다. 따라서 기계적인 과정을 통해서만 품질 검증을 하는 것이 아니고 자료 간 다양한 비교과정을 통해 산림과 농림생태계의 미기후를 폭넓게 이해하는 방향으로 진행된다. 작업을 진행하기 전에 모든 항목에서 공통적으로 기기의 오차를 먼저 파악하고, 관측될 수 있는 최대값과 최소값을 설정하였다. 본 연구에서는 광릉 1년 자료(2002년)와 해남 3년 자료(2002년 9월 - 2004년 8월)에 대한

품질 검증 과정을 수행하였으며 각 요소에 대한 평가기준 사항들은 다음과 같다.

2.1. 복사

하향단파복사: 상향단파복사와 비슷한 경향을 나타내며, 하향단파복사와 상향단파복사의 비율인 알베도의 전형적인 값을 참조하여 살펴본다. 하향단파복사가 급격히 줄어드는 경우는, 하향장파복사와 비교한다. 구름이 지나갈 경우 지표복사가 구름에 의해 반사되므로 하향장파복사는 증가하는 반면 하향단파복사는 감소하게 된다. 운량이 높거나 일조시간이 짧은 경우는 구름이 많은 날로 하향단파복사가 감소하게 된다. 하향단파복사의 일 평균값이 낮게 관측된 경우, 인근 기상대의 운량 및 일조시간 자료와 비교한다.

상향단파복사: 하향단파복사의 경향과 비교한다. 또한 알베도를 계산하여 인접한 다른 날의 알베도와 참고문헌으로부터 유사한 식생형의 알베도 값들과 비교한다.

하향장파복사: 인근 기상대의 운량 및 일조시간 자료와 비교한다. 운량이 많으면 하향장파복사는 증가한다. 또한 스테판-볼츠만 법칙으로부터 계산된 값과 비교한다. 이때 계산된 값은 맑은 하늘을 가정하고 있기 때문에, 관측된 값은 계산된 값보다 큰 값을 갖는다.

$$R_{ldn} = \epsilon_{sky} \sigma T_{air}^4 \quad \text{-----} \quad (1)$$

여기서 R_{ldn} 은 하향장파복사(Wm^{-2}), ϵ_{sky} 은 대기의 방출률($\epsilon_{sky} = 9.35 \times 10^{-6} T_{air}^2$, Swinbank (1963)), T_{air} 은 기온(K)이다.

상향장파복사: 광릉과 해남의 경우 군락 상부 각각 19m, 20m에 설치된 기온계로부터 스테판 볼츠만 법칙을 사용하여 상향장파복사를 계산한 후 관측값과 비교한다.

$$R_{lup} = \epsilon \sigma T_{air}^4 \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서 R_{ldn} 은 상향장파복사(Wm^{-2}), ϵ 는 방출률(1로 가정), T_{air} 은 캐노피 상부 기온(K)이다.

2.2. 기온과 상대습도

광릉의 경우 기온과 상대습도는 여섯 높이(29m, 19m, 14m, 9m, 4m, 0.3m)에서 관측하고 있으며 해남은 높이에 따른 추가 관측이 이루어지지 않고 있다. 광릉은 여섯 높이의 기온 값들을 상호비교하고, 참고문헌으로부터 산림에서의 연직기온분포와 비교하면서 품질검증을 진행한다. 군락 상부(19m)의 기온은 식 (2)를 이용해 관측된 상향장파복사로부터 계산해 비교한다. 최상층(29m)의 기온은 초음파 풍향풍속계(sonic anemometer)에서 관측된 가운데와 비교한다.

광릉의 상대습도는 여섯 높이의 상대습도 값들을 상호 비교한다. 또한 습도가 높은 날은 인근 기상대의 운량 자료 및; 하향장파복사자료와 비교한다. 최상층(29m) 지점의 상대습도는 에디공분산 시스템에서 관측된 자료로부터 추정된 상대습도와 비교한다.

2.3. 토양수분과 강수량

광릉은 여덟 곳에서, 해남은 네 곳에서 토양수분이 관측되고 있다. 각 지역에서 관측된 토양 수분값을 깊이별, 공간별로 상호 비교함으로써 자료의 품질을 검증한다. 또한 토양수분은 강수에 민감하게 반응하기 때문에 강수량 자료와 비교한다. 해남의 경우, 강수량계가 없기 때문에 인근 기상대의 강수량 관측값과 비교하며, 광릉의 강수량은 일적산값을 계산하여 인근 동두천 기상대에서 관측된 강수량값과 비교한다.

2.4. 토양열 플럭스, 토양온도, 나무온도

토양열 플럭스는 같은 지점에서 1cm와 10cm깊이별로 관측값을 비교하고, 같은 깊이의 관측값을 공간적으로 비교함으로써 품질검증을 수행한다. 토양온도는 광릉의 경우 0.4m 높이에 설치된 기온과 비교한다. 잎이 없는 시기에는 식 (2)의 상향장파복사로부터 추정된 지표온도와 토양온도를 비교한다. 나무온도는 광릉에서만 관측이 되고 있으며 공간별로 1m와 2m높이에서 관측되고 있다. 같은 지점에서 높이별로 비교하고, 같은 높이에서 공간별로 비교하며, 4m지점의 기온과 비교하여 품질검증을 수행한다.

2.5. 풍향과 풍속

광릉에서는 여섯 높이(29m, 19m, 14m, 9m, 4m, 0.3m)에서 삼배풍속계를 이용하여 풍속을 관측하며 29m 높이에서는 sonic anemometer로부터 풍향과 풍속이 관측된다. 여섯 높이의 풍속값을 상호비교하고, 참고문헌으로부터 산림의 풍속 연직 분포를 참고하여 비교한다. 29m지점의 풍속값이 양질의 자료로 판정되면 sonic anemometer에서 관측된 풍속값과 비교하며, sonic anemometer의 풍속자료에 이상이 있다고 판단되면 풍향도 같은 등급을 부여한다. 관측된 풍향과 풍속에 대한 품질검증은 향후 고속 반응(fast response) 자료의 검증 작업을 진행하면서 더 보완할 계획이다.

3. 결과 및 토론

광릉과 해남의 미기상 자료에 대한 품질검증 결과는 Table 1과 같다. 광릉은 토양수분자료의 품질에 가장 문제가 있는 것으로 분석되었고 해남의 경우 상향단파복사자료의 품질이 좋지 않게 분석되었다. 그러나 해남의 경우 상향단파복사 자료 중

Bad 판단을 내린 상당수의 자료들이 야간에 관측된 값으로 야간의 상향단파복사가 '0'이 아닌 것이 원인이었다. 이는 주변 환경이나 관측 기기 자체의 오차로 인해 '0'이 아닌 작은 값이 나타난 것으로 판단된다. 이러한 자료는 모형작업에 이용할 때 자료 값을 '0'으로 변환한 후 일평균 값이나 일 누적 값으로 사용해도 문제가 없을 것으로 사료된다.

Table 1. The grades compositions of the measured items in Gwangneung and Haenam flux sites. In each grade, G is Gwangneung (2002) and H is Haenam (July 2002 to Aug 2004).

	Good (%)		Dubious (%)		Bad (%)		Missing	
	G	H	G	H	G	H	G	H
Downward Short Radiation	99.97	88.75	0	0	0	0	0.03	16.02
Downward Long Radiation	99.97	88.75	0	0	0	0	0.03	16.02
Upward Short Radiation	99.79	48.22	0	0.65	0.17	39.90	0.03	16.02
Upward Long Radiation	99.97	74.81	0	0.00	0	0.00	0.03	16.02
Air Temperature	100	-	0	-	0	-	0	-
Relative Humidity	100	-	0	-	0	-	0	-
Wind Speed	90.8	-	7.44	-	0.05	-	1.72	-
Wind Direction	85.33	-	4.33	-	0.07	-	10.27	-
Soil Temperature	100	83.14	0	0.02	0	11.26	0	11.03
Soil heat flux	99.16	75.39	0.68	0.01	0.1	9.64	0.06	12.81
Soil Water Content	69	83.17	0	0.01	31	3.41	0	12.28
Precipitation	90.55	-	0.17	-	0	-	9.27	-
Bole Temperature	91.53	-	2.6	-	0.8	-	5.08	-

감사의 글

이 연구는 "환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 CarboKorea과제"와 "수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 HydroKorea과제"의 지원으로 수행되었다.

인용문헌

- Choi, T., J. - H. Lim, J. -H. Chun, D. Lee, and J. Kim, 2005: Micrometeorological characteristics observed from the Flux Tower in Gwangneung Forest Watershed. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 7(1), 35-44.
- Meek, D. W., and J. L. Hatfield, 1994: Data quality checking for single station meteorological databases. *Agricultural and Forest Meteorology* 69, 85-109.
- Swinbank, W. C., 1963: Long-wave radiation from clear skies. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 89, 339-348.