낙동강 주변지역에서 관측된 플럭스의 특징 및 변화

강금아[1*], 박영산[1], 권태헌[2], 김민식[1], 김근회[1], 유평원[1], 최영진[1]
[1]국립기상연구소 응용기상연구과
[2](재)차세대도시농림융합기상사업단

Characteristics and Variation of Flux Measurements near Nakdong River

K. Kahng[1*], Y. S. Park[1], T. Kwon[2], M. Kim[1], G. H. Kim[1], P. Yu[1], Y. J. Choi[1]
[1]*Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Research*
[2]*Weather Information Service Explorer*
(Correspondence: sanpark@korea.kr)

1. 서 언

태양으로부터 오는 복사열로 시작되어 복사 수지의 결과물인 순복사 에너지는 이상적인 지표면에서의 에너지를 구성하고 있는 잠열, 현열, 그리고 지중열의 원천이다. 미기상에서 플럭스를 관측함으로써 특정지역의 물과 에너지의 교환을 알 수 있다. 독일에서 증발산이 열환경에 미치는 영향을 알아보기 위해 1년간 도시와 교외에서 에디 공분산 방법을 이용해 플럭스 관측을 한 결과 교외에 비해 도시에서 현열이 20% 높게, 잠열은 90% 낮게 나타났다(Goldbach, 2012).

본 연구에서는 낙동강 강정고령보 및 칠곡보 주변지역 관측망에서 관측된 에너지 수지의 지점별, 시기별 변화를 비교 분석하고 강으로부터 받는 영향이 있는지 알아보며 “시범지역 수문기상 기술개발 사업”(NIMR, 2011)의 하천 개발 사업 영향평가 등 앞으로의 연구에 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 배경 및 방법

2.1 관측환경

낙동강 강정고령보 주변(지점명 N3, N7)과 칠곡보 주변(지점명 C3, C4)에 각각 플럭스 타워 2개를 설치하였다(Fig. 1). 플럭스 타워에서는 방재기상관측장비(AWS)에서 기본적으로 관측되어지는 기온, 습도, 풍향, 풍속 외에도 가스분석기 EC150과 3차원 초음파 풍향풍속계 CSAT3A에서 산출되는 현열 플럭스, 잠열 플럭스, 3차원 바람장, 그리고 토양 플럭스(HFP01, TCAV, CS616)와 순복사량(CNR1 또는 CNR4)이 관측되고 있다. N3에는 10 m 높이 타워가 논 주변 농경지에 위치해 있으며 N7에는 대구광역시 서쪽 공단에 있는 2층 건물 옥상에 15 m 타워가 설치되어있다. C3에는 10 m 타워가 허브 농장 안에 위치해 있으며 C4에는 10 m 타워가 비닐하우스 주변에 설치되어있지만 지표면은 비균질적이다.

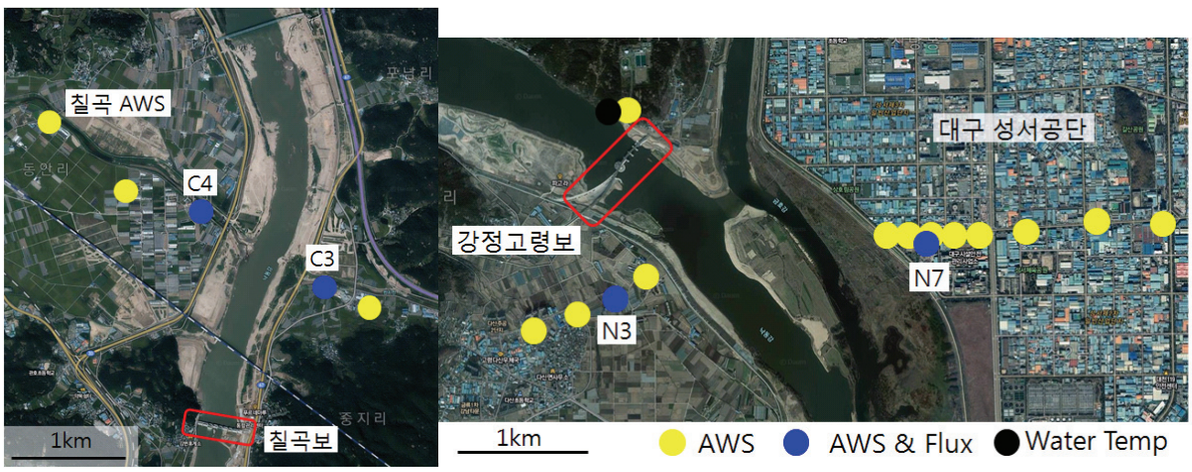

Fig. 1. Map of meteorological observation sites near Chilgok (left) and Gangjeong-Goryeong (right) weirs.

2.2 자료 및 방법

N3과 N7은 2011년 7월부터 2012년 3월까지, C3과 C4는 2011년 11월부터 2012년 3월까지(C3은 장비의 고장으로 인해 12월 말 - 2월 중순 자료 부재)의 자료를 사용하여 연구를 실행하였다. 10 Hz의 원시자료에서 계산되어진 30분 평균 플럭스 자료를 대상으로 품질관리를 통해 좌표변환 및 튀는 값 제거를 하였다. 이와 같이 보정을 거친 잠열과 현열, 그리고 지열, 순복사량을 지점간과 계절별로 비교하였다.

1) 하루 동안의 주간자료(0900-1700)를 누적해서 위의 기간동안 각 사이트의 보웬비(잠열에 대한 현열의 비)를 구하였다. 2) 각 지점에서 에너지 수지 닫힘이 얼마나 잘 일어나는지 알아보기 위해 일 주간자료를 평균하여 available energy (Rn-G)와 turbulent fluxes (LE+H)의 값을 비교하였다. Rn= LE+H+G로 보았을 때 available energy와 turbulent fluxes의 값이 비슷할수록 닫힘이 잘 이루어지는 것이다(NIMR, 2002). 3) 장기간 특징을 보기 위하여 각 플럭스 요소의 전 기간 자료를 시간대별로 평균을 내었다. 바람장미도 같이 나타내었는데 강정고령보 지점의 경우에는 N7의 1분 바람자료를, 칠곡보 지점의 경우에는 C4지점에서 1.6 km 떨어진 칠곡AWS의 1분 바람자료를 사용하였다. 4) 대구기상대에서 관측된 운량이 2 이하인 맑은날이며, N7 또는 칠곡 AWS를 기준으로 하루 평균 동풍(90°±30°)과 서풍(270°±30°)이 분 날로 나누어 풍향별 분석을 실시하였다. 칠곡 AWS의 경우 서풍은 관측되지 않았으며 동풍은 드물게 일어났으나 맑은 날이 아니었기 때문에 칠곡보 지점은 이 분석에서 제외하였다. 동풍의 경우에는 9월 26일과 27일의 30분 평균 플럭스 자료를 평균하였으며 서풍의 경우에는 9월 15일과 22일 자료의 평균을 구하였다.

3. 결 과

3.1 보웬비

대기가 건조해지는 겨울로 갈수록 보웬비가 증가하였으며 봄이 다가올수록 감소하는 형태를 띄었다. 지점별로 비교를 해보면 공단에 위치해있어 다른 지점에 비해 대기가 건조한 N7이 가장 높은 값을 보였다. N7과 농경지에 위치한 N3은 겨울이 되어갈수록

보웬비의 차이가 커졌다. 겨울에는 여름에 비해서 농경지와 공단의 대기 수증기 농도 차이가 많이 나는 것을 알 수 있다. C4와 N7 두 지점 모두 12월 중순부터 큰 값을 보이나 C4의 값이 먼저 감소한다. C3의 자료가 중간에 비어서 완전한 추세를 보기는 힘드나 전체적으로 C3의 값은 C4의 값보다 작으며 N3의 추세와 비슷한 모습을 보이고 있다.

3.2 에너지 수지 닫힘

네 지점 중 C4에서 available energy와 turbulent fluxes의 비율이 1에 가장 가까웠으며 N3에서는 값의 퍼짐이 가장 작았다. N7에서는 토양플럭스가 관측되지 않았기 때문에 두 값의 차이가 가장 컸다. Turbulent fluxes의 과소평가, 또는 available energy의 과대평가로 이러한 차이가 생기며 이는 에너지 수지 닫힘 관련 하여 꾸준하게 제기되어온 현상이다.

3.3 계절별 특징

11월에 C3의 잠열과 현열이 비슷해지고 C4에서도 같은 현상이 일어나는데 이는 주변 환경이 더 건조해지고 에너지가 현열로 더욱 분배되기 때문이다 (Fig. 2). 겨울에 N7이 특히 낮은 잠열값을 보이는 이유는 계절과 위치상의 이유로 대기가 건조해지기 때문이다.

2011년 여름에서 2012년 2월에 다가갈수록 잠열은 감소하였고 현열은 증가하였다. 지열이 음의 값에서 양의 값으로 변하는 시간이 2월에는 더 늦어졌다. 즉, 여름에서 겨울로 갈수록 순복사 에너지가 잠열보다 현열로 더 많이 쓰이며 지면을 데우는 열로 쓰이는 시간이 늦어지는 것이다. 칠곡보 지점 자료가 시작되는 11월부터 N3, C3, 그리고 C4에서의 잠열은 서로 두드러진 차이를 보이지 않으나 그에 비해 현열은 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

3.4 풍향에 따른 분석

서풍이 불 때 N3과 N7에서의 잠열 차이가 동풍이 부는 경우보다 작게 나타났다. 이는 서풍이 불 때 N7이 낙동강에서 불어오는 습한 바람의 영향을 받아 나타나는 현상으로 보인다. 동풍이 불 때는 상대적으로 더 건조한 성서공단의 영향을 받는다. 풍향에 관계없이 N3과 N7의 순복사량은 두 지점에서 모두 비슷하지만 N3의 잠열이 N7의 잠열보다 높으며 현열의 경우에는 그 반대이다. 이는 이들 지점의 지면피복 및 주변 환경 차이에서 비롯된 것이다.

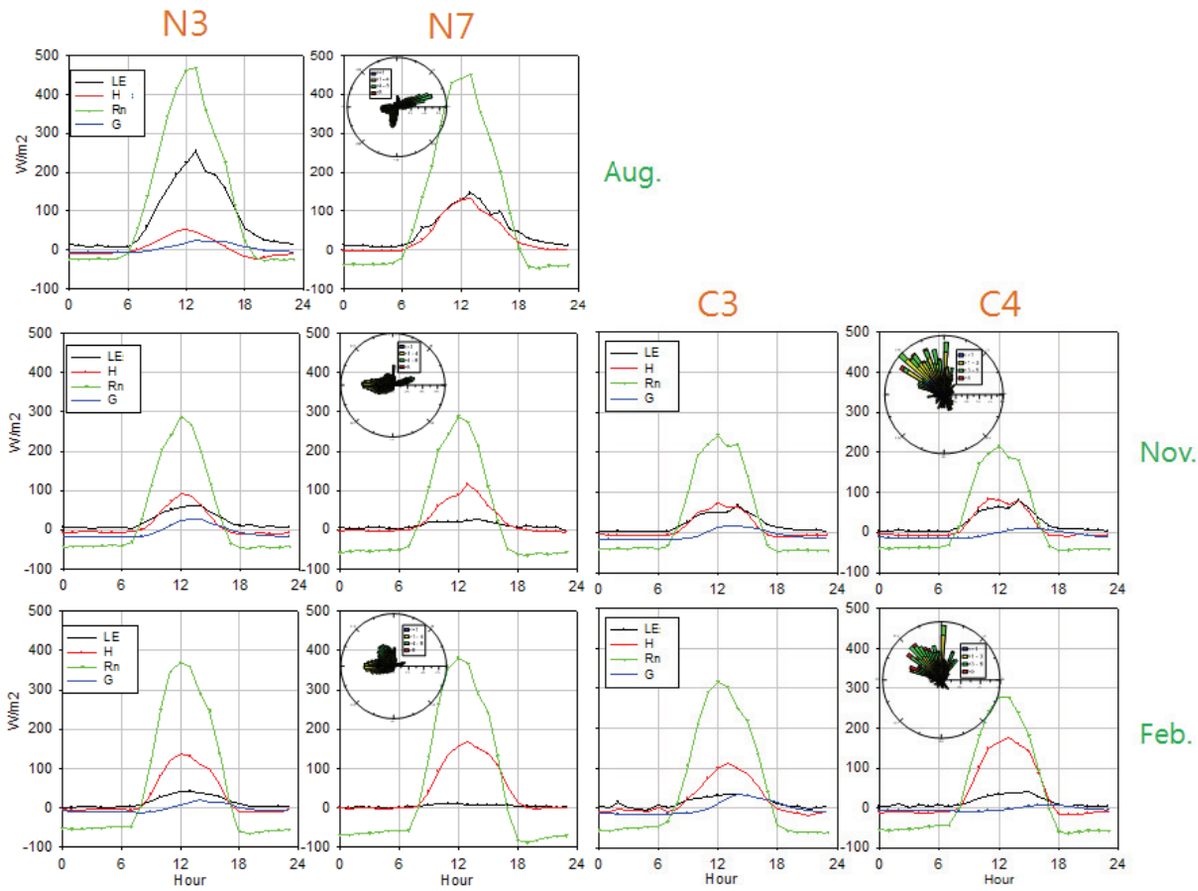

Fig. 2. Average of flux elements at every hour for data collected at N3, N7, C3, and C4 on Aug. and Nov., 2011, and Feb. 2012.

사 사

이 연구는 국립기상연구소 주요과제인 “시범지역 수문기상 기술 개발” 사업과 “녹색성장 지원기술 개발 연구” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

인용문헌

Goldbach, A., and W. Kuttler, 2012: Quantification of Turbulent Heat Fluxes for Adaptation Strategies Within Urban Planning. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.3437.

NIMR, 2002: Gwangneung Flux Observation – Complete Reference Book, pg. 16, 68-73.

NIMR, 2011: Hydrometeorology Research for the Test-bed Region (I), pg. 1-6, 66-71.