

NOAA/AVHRR 위성영상을 이용한 한반도 증발산량 산정

Estimation of Spatial Evapotranspiration of Korean Peninsula
using NOAA/AVHRR Satellite Images

권형중*(건국대) · 임혁진(건국대) · 신사철(안동대) · 김성준(건국대)

Kwon, Hyung Joong* · Lim, Hyuk Jin · Shin, Sha Chul · Kim, Seong Joon

ABSTRACT

The purpose of this study is to estimate monthly evapotranspiration (ET) using normalized difference vegetation index (NDVI) from NOAA/AVHRR Korea peninsula images. Morton actual ET for land surface conditions was evaluated by using 73 daily meteorological data, and the monthly averaged Morton ETs for each land cover were compared with the monthly maximum NDVIs of a year, 2001. There was a high correlation between monthly maximum NDVI and monthly averaged Morton ET. It was concluded that the monthly ET can be estimated from the NDVI information of NOAA/AVHRR.

1. 서론

증발산량은 여러 종류의 수문량중 특정지역의 물수지 및 물순환 체계를 규명하기 위한 중요한 지표이며, 토양면으로부터의 증발 및 식물체로부터의 증산을 통해서 지구 표면으로부터 대기 중으로의 수증기의 이동을 말한다 (김, 1992). 현재, 증발산량을 산정하는 범용적인 방법으로는 Lysimeter라는 증발산계를 사용하여 측정하는 방법과 물수지 및 에너지수지 계산에 의한 추정법, 기상자료를 이용한 방법 등이 있다. 이러한 방법들은 다양한 기상 속성의 입력자료를 필요로 하고, 지표저류량의 변화 및 지하수의 유동, 토양수분량의 변화 등으로 인해 유역의 저류량은 시·공간적으로 변화하므로 정확한 증발산량을 산정하기가 곤란하다. 또한, 특정한 지점의 증발산량을 계산하는 방법으로는 한반도와 같은 광역적인 증발산량이나 그의 공간적인 분포를 추정하기에 어려움이 있다.

1970년대 이후 인공위성의 성공적인 발사 및 운영이 시작되면서 전 지구적인 정보 지표정보의 획득과 주기적인 관측이 가능해 짐으로서, 인공위성 자료를 이용하여 증발산량을 추정하는 연구가 시도되었다. 특히, 1990년대 이후에는 Landsat TM 및 NOAA와 같은 자료를 이용하여 열수지 요소를 추정하기 위한 연구가 진행되고 있다. NOAA/AVHRR 위성영상은 1.1×1.1 km의 공간해상도와 동일한 지역을 하루에 두 번 관측하는 높은 시간해상도를 가지고 있다. NOAA 인공위성은 기상을 관측하기 위해 설계되었으나, 구름이 없는 맑은 기상조건에서는 지표면의 정보 획득이 가능하다.

Gurney와 Hall (1983)은 원격탐사 자료로부터 계산된 지표면 알베도 및 온도와 기상자료를 이용하여 열수지 성분을 보정하여 일별 증발산량을 계산한 바 있으며, Jackson 등(1985)은 원격탐사 자료를 이용하여 지표의 조건에 따라 변화하는 방사량 및 지표면 온도 등과 같은 열수지 요소를 계산하고, 태양복사에너지, 대기온도, 풍속 및 수증기압 등과 같은 기상자료를 결합하여 증발산량을 추정하는 기법을 제안한 바 있다. Shin(1996)은 NOAA/AVHRR 위성영상으로부터 추출한 식생자료를 이용하여 한반도 전역에 대한 증발산량을 산정하고, 물수지분석을 한 바 있으며, 채 등(2000)은 보청천유

역을 대상으로 Landsat TM 자료와 GIS 기법을 이용하여 지표면 에너지 수지 요소를 공간적으로 추출하고, 이를 이용하여 광역 증발산량을 추정한다.

본 연구에서는 전국 73개소의 기상관측소에서 관측된 기상 속성을 이용하여 Morton (1978)의 보완관계식에 의한 실제증발산량을 산정한 후, NOAA/AVHRR 위성영상에서 추출한 식생정보와의 중회귀분석을 통한 상관식을 이용하여 NOAA/AVHRR 위성영상으로부터 실제증발산량을 추정하고자 한다.

2. 식생정보 추출 및 피복분류

식생의 활력도를 평가하는 가장 보편적인 지표로서 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)를 이용하였다. NDVI는 식물의 잎이 가시 영역대와 근적외 영역대에서의 반사율의 차이로서 식물의 활력도를 나타내며, NOAA/AVHRR 위성영상을 이용하면 다음과 같은 식으로 정의될 수 있다.

$$NDVI = \frac{Ch.2 - Ch.1}{Ch.2 + Ch.1} \quad (1)$$

여기서, Ch.1과 Ch.2는 각각 NOAA/AVHRR 영상의 Channel 1(가시)과 2(근적외)의 반사율을 의미한다. 구름의 영향을 받는 지역은 정확한 지표면의 정보를 획득할 수 없으며, 이러한 지역의 NDVI 값은 과소 산정되는 경향이 있다. 따라서, 어느 기간중의 NDVI의 총량을 정량적으로 표현을 하기 위하여 iNDVI (integrated NDVI)가 이용되고 있다.

$$iNDVI = \frac{\sum (NDVI_j \times d_j)}{\sum d_j} \quad (2)$$

여기서, $NDVI_j$ 는 j번째의 NDVI이며 d_j 는 $NDVI_j$ 에 대응하는 관측일수이다. 본 연구에서 사용된 위성자료는 2001년 4월부터 11월까지로 적설의 영향으로 지표면의 정보획득이 불가능한 겨울철의 영상은 제외하였다. 1개월당 5-15개의 맑은 날의 영상자료를 선정하여 2001년도의 식생정보를 대표하는 iNDVI를 작성하였다. 또한, iNDVI의 히스토그램으로부터 피복 조건별로 고유의 특징적인 식생분포를 형성한다는 점을 이용하여, 히스토그램 분류방법으로서 한반도의 개략적인 피복분류를 수행하였다. 이것은 NDVI의 계절적인 변화화로부터 공통의 식생환경을 하나의 피복 항목으로 분류하는 것으로, 각 항목별 증발산량을 산정하기 위하여 수행된다.

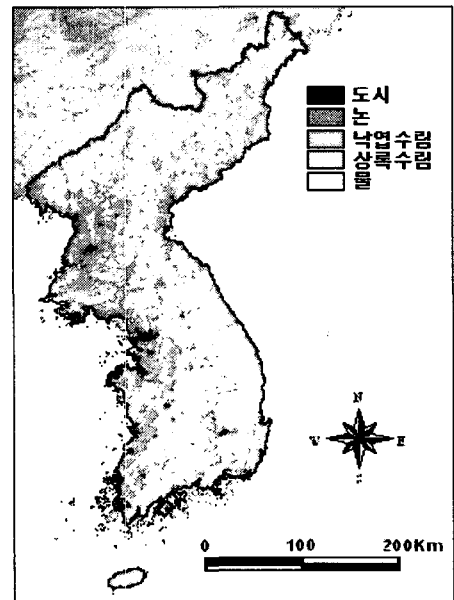


그림 2 한반도 토지피복도

3. 기상자료에 의한 증발산량 추정

기상관측 자료로부터 실제증발산량을 산정하는 기후학적 추정방법으로 제안된 보완관계식으로서 실제증발산량을 추정하였다. 이 방법은 Penman의 잠재증발산량에 대하여 보완적으로 변화한다는 사실을 이용한 방법으로서, Morton (1978)은 실제증발산량과 Penman 잠재증발산량은 서로 보완관계에 있으며 양자의 합은 Priestly-Taylor 잠재증발산량의 2배에 상당한다는 관계식을 제안하였으며,

다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_a = 2E_p - E_{pp} \quad (3)$$

여기서, E_a 는 실제증발산량(mm/day), E_p 는 Priestly-Taylor 잠재증발산량(mm/day), E_{pp} 는 Penman의 잠재증발산량(mm/day)이다. 실제증발산량 산정에 사용된 기상속성으로는 평균기온, 상대습도, 풍속, 일조시간, 일조량이며 각 화소의 기상속성과 피복 조건에 대한 albedo 및 soil heat flux 계수를 이용하여 피복조건별로 실제증발산량을 산정하였다.

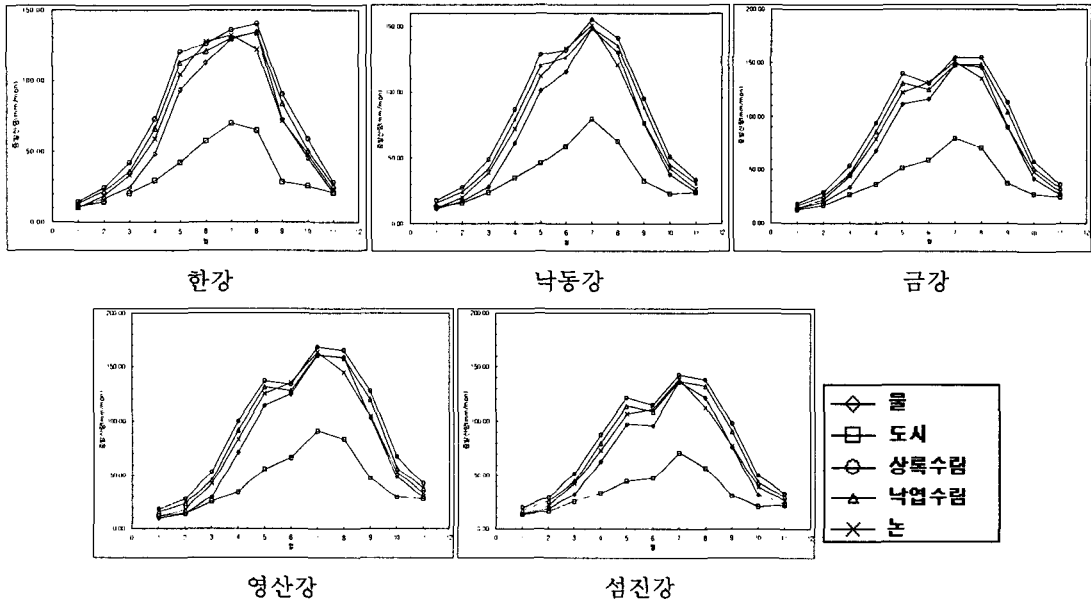


그림 2 기상자료를 이용한 증발산량 산정

4. NDVI에 의한 광역증발산량 추정

어느 지점의 NDVI는 그 지점의 식생상태를 잘 표현하는 지표이고, NDVI와 증발산량과는 기후조건과 밀접한 관계가 있다는 점에 착안하여, NOAA/AVHRR 위성영상을 이용하여 광역 증발산량을 추정한다. 신 등(1996)에 의하면 한반도와 같이 산림이 많은 지역에서는 NDVI와 증발산량과의 높은 상관관계가 있음이 확인되었고, NDVI의 히스토그램이 식생의 계절 변화를 잘 반영하고 있는 점으로부터 NDVI를 일정한 구간으로 분할하고, 각각의 화소수를 변수로 하는 중회귀분석을 피복 조건별로 실시함으로써 어느 지점의 NDVI에 대응하는 증발산량을 구할 수 있다.

$$E_a = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^n e_i p_i \quad (4)$$

여기서, e_i 는 증발산량을 나타내는 회귀계수이며, p_i 는 분할된 각 단계에서의 화소수, n 은 NDVI의 분할수, P 는 총화소수이다. 이러한 중회귀 분석을 통하여 피복 별로 $E_a = aNDVI + b$ 형태의 상관식이 도출되며 즉, 어느 화소에서의 NDVI를 위성자료로부터 구해 놓으면, 그 NDVI에 대응하는 e_i 값으로부터 증발산량을 추정할 수 있다.

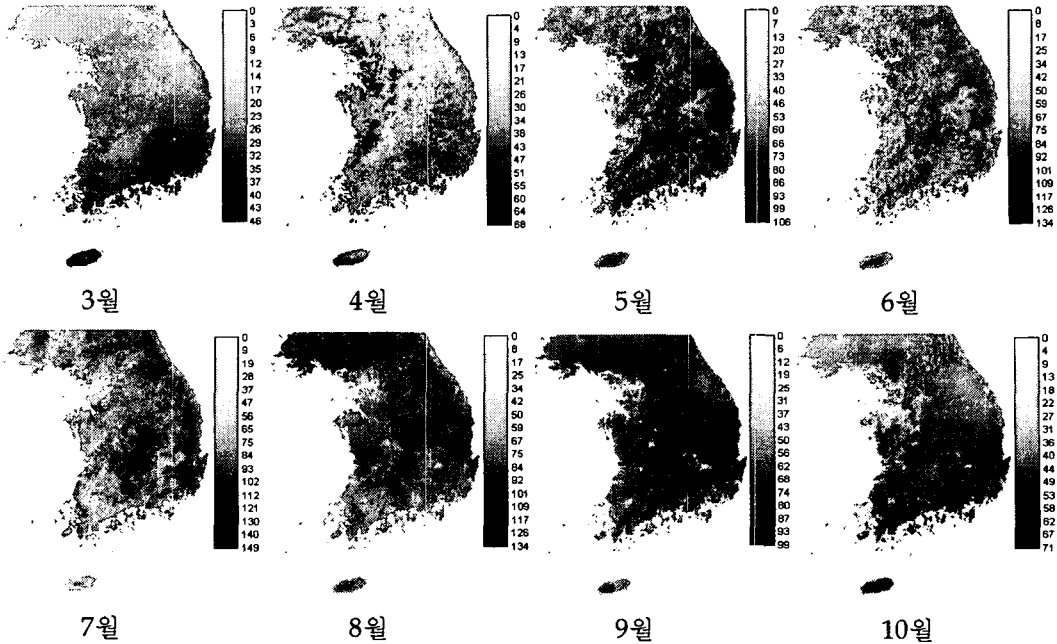


그림 3 월증발산량(mm/mon)

5. 요약 및 결론

5대 유역에서 NOAA/AVHRR 위성자료로부터 추출한 식생정보와 기상자료로부터 산정한 증발산량과의 높은 상관성을 이용하여 NOAA/AVHRR 위성자료로부터 직접 월별 증발산량을 추정하였다. 그 결과로서 NDVI와 증발산량과의 관계를 수식화 할 수 있으며, 관계식으로서 증발산량을 추정한 결과 0에서 150mm/mon의 증발산량을 보였다. 이는 기상자료로부터 계산한 실제증발산량과 비슷한 결과를 나타내었으며, 이러한 관계식을 이용하여 기상자료나 수문정보를 획득할 수 없는 지역에 있어서도 인공위성 자료만으로 증발산량 분포의 추정이 가능하다.

사 사

본 연구는 농업기반공사의 물관리정보화 사업에 의하여 지원되었으며, 사용된 NOAA/AVHRR 영상자료는 기상청으로부터 제공받았음.

참고문헌

- 김광식, 1992, 기상학사전, 향문사.
 신사철, 1996, 식생정보를 통한 광역증발산량 추정 방법의 개발, 한국측지학회지, 14(1), pp. 81-88.
 Gurney, R. J., and Hall, D. K., 1983, Satellite-derived surface energy balance estimates in the Alaskan sub-arctic, J. Climate Meteorol., 22, pp. 115-125.
 Morton, F. I., 1978, Estimating evapotranspiration from potential evaporation - practicality of an iconoclastic approach, J. of Hydrol., 38, pp. 1-32.
 Jackson, R. D., Hatfield, J. L., Reginato, K. J., Idso, S. B. and Pinter, J. R., 1983, Estimates of daily evapotranspiration from one time of day measurements, Agri. Water Mang., 7, pp. 351-362