

식생정보를 이용한 광역적 수문량 추출

신사철¹, 김성준²

¹안동대학교 토목환경공학과, ²건국대학교 지역생태시스템공학과

Areal Distribution of Water Quantities Based on Vegetation Monitoring

Sha Chul Shin¹ and Seong Joon Kim²

¹Department of Civil & Environmental Engineering, Andong National University; ² Department of Biological Systems Engineering, Konkuk University

(correspondence : scshin@andong.ac.kr)

1. 서언

다양한 수문량 중에서 증발산은 지표로부터 수분이 기화되어 대기 중으로 방출되는 현상으로서 특정지역의 물수지를 생각할 때 대단히 중요한 양임에도 불구하고, 넓은 지역에 대한 분포량을 지표면 상황을 직접 고려하여 산정 가능한 방법은 확립되어 있지 않다. 그러나 정확한 증발산량의 파악이 불가능한 이상 서로 연관되어 있는 각 물수지항의 분포를 파악한다는 것은 대단히 어려움에 봉착하게 된다. 따라서 본 연구에서는 인공위성자료로부터 비교적 용이하게 파악될 수 있는 식생정보를 토대로 증발산량을 직접 추정할 수 있는 방법을 개발하고 그에 파급되는 각 물수지항의 분포를 추정하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 식생정보의 획득과 토지피복분류

원격탐사의 가장 보편적인 응용의 하나는 식생의 평가 및 그의 모니터링이다. 식생상태를 평가하기 위한 지표로서 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)가 폭넓게 이용되고 있다. 넓은 지역의 개략적인 식생상태를 파악하기 위해서는 NOAA 위성에 탑재되어 있는 AVHRR 센서가 유효하다. NOAA/AVHRR 자료를 이용할 경우 NDVI는 다음 식으로 정의된다.

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

여기서 $Ch.1$ 은 channel 1의 반사율이며, $Ch.2$ 는 channel 2의 반사율이다.

식물의 잎에 포함되어 있는 클로로필은 가시역의 파장대를 잘 흡수한다. 그 결과 가시역의 적밴드의 반사율은 낮아지게 된다. 또한 근적외역에서는 반사율이 대단히 높아진다. 이와 같은 적밴드에서의 강한 흡수와 근적외 밴드에서의 강한 반사를 갖는 특수성에 의해 가시와 근적외 영역이 식생조사에 이용되고 있다. 또한, 각 피복조건별로 고유의 특징적인 식생분포를 형성한다는 점으로부터 NDVI를 이용하여 한반도의 개략적인 피복분류를 수행하였다.

2.2 증발산 추정 모형

다양한 지표면 과정이 관계하는 증발산량을 추정하기 위하여 광역에서의 토지이용 상황, 수문조건을 고려하여 얻을 수 있는 인공위성 자료의 이용이 특히 유효하다. 한반도는 그 대부분이 삼림으로 구성되어 있으며 식생을 변수로 하는 광역증발산 분포의 추정법은 대단히 유효하게 이용

될 수 있다. 어느 지점의 NDVI가 그 지점의 식생상태를 잘 표현하고 있다는 점은 이미 언급하였으며, NDVI와 증발산량과는 기후조건 등의 밀접한 관계가 있다는 점에 착안하여 인공위성 자료를 이용하여 광역면에서의 증발산량을 추정한다.

NDVI의 히스토그램이 식생의 계절변화를 잘 반영하고 있는 점으로부터 NDVI를 어느 일정한 값으로 분할하고, 각각의 화소수를 변수로 하는 다음의 중회귀분석을 피복 조건별로 연간을 통하여 실시함으로써 어느 지점의 NDVI에 대응하는 그 지점의 증발산량이 구해진다.

2.3 물수지 추정 모형

한반도의 주요유역별 물수지는 앞에서 얻어진 증발산량을 이용하여 간접적으로 추정할 수 있다. 또한 기후학적 물수지법은 기후구분을 위하여 Thornthwaite에 의해 개발된 이래, 다양한 수문학적 문제의 정량적인 정보를 얻는 하나의 방법으로서 응용되어 왔다.(Legates and Mather, 1992)

물의 공급(강수)과 기후학적 물수요(증발산량)와의 비교에 의해 복잡한 조건하에서의 물의 보유량 등의 정보가 파악 가능하다. 여기서 부족수분량은 기후학적 물수요와 실제의 공급량과의 차로 정의된다. 또한 과잉수분량은 식물에 의한 수요량 이상의 수분량으로 정의된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 증발산량 산정

NDVI의 히스토그램이 식생의 계절변화를 잘 반영하고 있는 점으로부터 NDVI를 어느 일정한 값으로 분할하고, 각각의 화소수를 변수로 하는 다음의 중회귀분석을 피복조건별로 연간을 통하여 실시함으로써 어느 지점의 NDVI에 대응하는 그 지점의 증발산량이 얻어진다.

$$E = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^n e_i p_i$$

여기서 E : 평균증발산량(mm/mon), P : 총화소수, e_i : NDVI에 대응하는 증발산량(mm/mon), p_i : 분할된 각 단계에서의 화소수, n : NDVI의 분할 수이다.

본 연구를 수행하기 위해서는 실제증발산량을 구할 필요가 있다. 그러나 현 단계에서 복잡한 지형 조건 등을 고려하여 직접 실제 증발산량을 구한다는 것은 불가능에 가깝기 때문에 기존의 방법을 이용하여 평균증발산량을 구하기로 한다. Morton(1978)은 실제증발산량과 Penman법에 의한 가능증발산량은 서로 보완관계에 있으며 양자의 합은 Priestly와 Taylor(1972)에 의한 가능증발량의 2배에 상당한다는 관계식을 제안하였다. 보완관계식으로부터 구한 증발산량을 목적변수, NDVI 자료로부터 구해지는 분할된 각 단계에서의 화소수를 설명변수로 하면, 회귀분석에 의해 n 개의 회귀계수 e_i 가 구해진다. 즉, 어느 화소에서의 NDVI를 위성자료로부터 구해 놓으면, 그 NDVI에 대응하는 e_i 의 값이 그 지점에서의 증발산량이 된다. 우선 우리나라 5대 유역에 대하여 1989년 4월부터 11월까지의 대표 NDVI를 이용하여 NDVI와 증발산량과의 관계를 계산하였다. 그 결과 피복조건별로 NDVI와 증발산량과의 관계를 추정할 수 있으며 이 양자의 사이에는 높은 비례관계가 확인되었다. 따라서, 이 관계를 한반도 전역으로 확장하여 피복조건별의 NDVI와 증발산량과의 관계를 구할 수 있으며 이를 적용하면 Fig. 1과 같은 증발산 분포가 얻어진다.

4. 한반도의 물수지

4.1 주요유역의 물수지

유역규모의 물수지를 검토하기 위한 물수지식은 지하수 유출이 무시가능한 경우 다음과 같은 식에 성립한다.

$$P = Q + E \pm \Delta S$$

여기서 P : 강수량($mm/year$), Q : 유출량($mm/year$), E : 증발산량($mm/year$), ΔS : 저류량의 변화($mm/year$)이다.

Fig. 2에 한반도에 대한 1989년의 물수지를 표시하였다. 우리나라의 경우, 강수량의 약 56%가 유출되며, 약 42%에 상당하는 양이 증발산에 의해 손실된다. 반면, 북한지역에 대해서는 강수량의 50% 이상이 증발산에 의해 손실되어 유출량은 증발산량의 비율이 크게 나타나 있다. 따라서, 북한지역의 물수지에 있어서는 증발산량의 역할이 상당히 중요함을 알 수 있다.

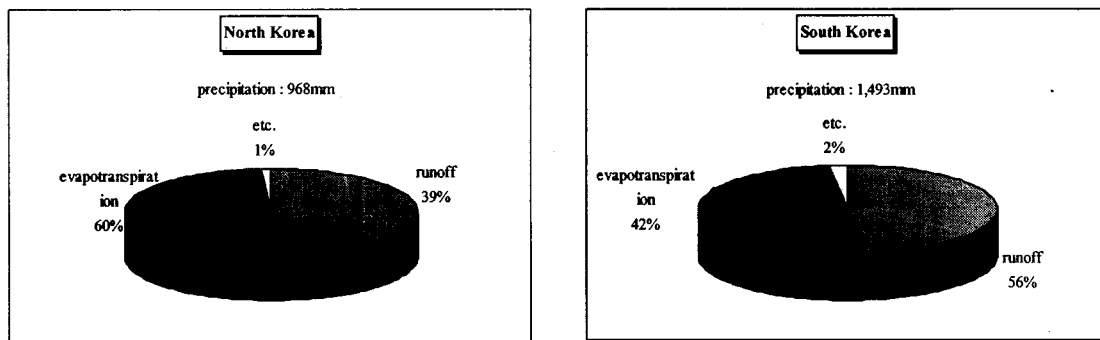


Fig. 2 Schematic diagram of average water balance over the Korean Peninsula

4.2 기후학적 물수지의 평가

본 연구에서는 기후학적 부족수분량 및 과잉수분량에 의해 한반도의 물수지를 평가한다. 부족수분량은 식물의 성장을 위하여 관개 등으로 공급되어야 할 양이며, 과잉수분량은 표면류와 중간류에 의한 유출량을 포함하고 있다.

$$S_i = P_i - E_i$$

$$D_i = PE_i - P_i$$

여기서 S_i : 과잉수분량($mm/year$), D_i : 부족수분량($mm/year$), P_i : 강수량($mm/year$), E_i : 실제 증발산량($mm/year$), PE_i : 가능증발산량($mm/year$)이다.

이 관계를 이용하여 한반도에 있어서 1989년의 과잉수분량과 부족수분량을 구할 수 있으며, 그 중 과잉수분량에 대한 결과를 Fig. 3에 표시하였다.

5. 결론

지역적인 수자원의 부족량의 평가와 관리에 대하여 불가결한 자료를 제공함을 목적으로, 한반도에서의 수문량에 대한 광역 공간분포의 특성 및 물수지에 대하여 검토를 수행하였다.

증발산량을 위성자료로부터 직접 구하는 방법을 이용함으로써 지상의 정보가 획득 불가능한 지역에 있어서도 증발산량의 분포가 용이하게 파악 가능하다. 본 연구로부터 자세한 기상정보나 수문 정보가 얻어지지 않는 조건하에서도 다양한 수문량의 분포가 파악 가능하며, 물순환을 구성하고 있는 수문시스템에 대한 입출력의 정량적 평가가 가능하다.

인용문헌

신사철, 최윤수, 안기원, 1996 : NDVI를 이용한 한반도의 피복분류, *대한토목학회 논문집*, 제 16권, 제Ⅲ-3호, pp. 139-146.

Legates, D.R., and Mather, J.R., 1992 : An evaluating of the average annual global water balance, *Geographical Review*, Vol. 82, pp. 253-267.

Morton, F.I., 1978 : Estimating evapotranspiration from potential evaporation, Pratically of an iconoclastic approach, *J. Hydrol.*, Vol. 38, pp. 1-32.

Priestly, C.H.B., and Taylor, R.J., 1972 : On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters, *Mon. weather rev.*, Vol. 100, pp. 81-92.

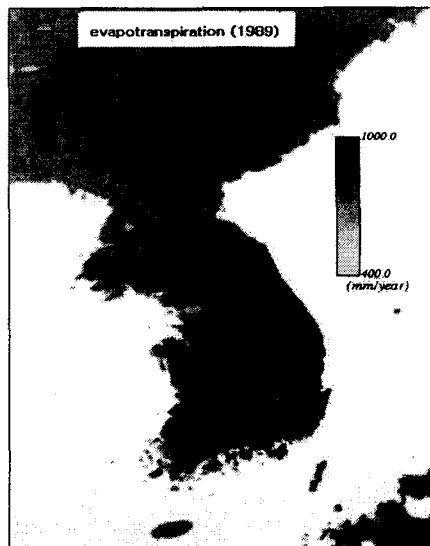


Fig. 1 Annual evapotranspiration

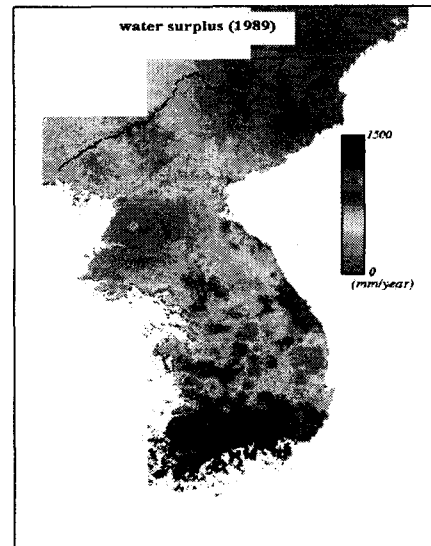


Fig. 3. Average annual surplus