

中部 山林 地域의 蒸發散量 推定^{1*}
金 載 水²

Estimation of Evapotranspiration in a
Forest Watershed in Central Korea^{1*}

Jesu Kim²

要 約

증발산량은 산원 수자원의 제한 요인이며, 한편으로는 임목의 생장, 분포에 관여하는 중요한 생태계의 요인으로 인식되고 있다. 식생에 의한 증산은 주로 기상학적 요인에 의하여 좌우된다. 조사 구역의 하부는 수고 8m의 소나무로 밀생되어 있으며, 상부는 생장이 불량한 소나무와 참나무류가 산생하고 있다. 1993년도 강수, 유출 조사 자료를 이용하여 증발산량을 구하고, Penman-Monteith 모델의 수관저항을 정하여, 이 모델에 의한 산림지역의 일 증발산량의 계절적 변이를 추정하고자 하였다. 연간 증발산량은 590.3mm이었으며 수관저항값은 99s/m로 결정되었다. 연간 증발산량 중에서 5월의 증발산량이 106.4mm로 가장 큰 값을 나타내며 이는 식생에 의한 수관차단 및 증산의 영향을 반영하고 있었다.

ABSTRACT

Evapotranspiration is one of important variables affecting ecosystem processes such as vegetation distribution and growth. It acts as a limiting factor for natural water resource management. The transpiration of vegetation is mainly determined by climatic factors. The lower slope of the study area was densely forested with *Pinus densiflora* S. et Z. of 8 m height, and the upper slope was covered with poorly grown *Pinus densiflora* S. et Z. and *Quercus* trees. The amount of evapotranspiration was estimated to 590.3 mm/yr by annual water budget method. The canopy resistance of Penman-Monteith model was determined as 99 s/m. Seasonal evapotranspiration can be estimated with the calculated evaporation and the canopy resistance. The amount of evapotranspiration peaked in May. That is considered from both the direct evaporation of intercepted rainfall and the transpiration of vegetation during the dry spring season.

Key words : evapotranspiration, Penman-Monteith model, canopy resistance, forest watershed

緒 論

증발산량은 산원 수자원의 제한 요인이며, 한편으로는 임목의 생장, 분포에 관여하는 중요한 생태계의 요인으로 인식되고 있다. 그 중요성에도 불구하고 산림 지역의 증발산량에 대한 조사

는 그다지 수행되지 못하고 있다. 산림 토양 내에는 많은 공극이 있어서 물을 보유하기도 하며 정확할 수 있으므로 산림지는 '푸른댐'이라고 불리는 자연적인 수자원의 보고이다. 황폐하였던 산이 1970년대와 1980년대의 제1차 및 제2차 치산녹화 10개년 계획이 성공리에 수행되어 푸르름

¹ 接受 1998年 11월 9日 Received on November 9, 1998.

² 충북대학교 산림과학부, kimjesu@cbucc.chungbuk.ac.kr,

School of Forest, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

* 이 논문은 한국학술진흥재단의 93지방대육성 연구비에 의하여 연구되었음

을 되찾고, 산림이 조성됨에 따라 산림이 환경 특히 수자원에 미치는 영향에 대하여 국민들의 관심도 높아지고 있다.

산림 유역 사면내의 증발산량을 시간적, 정량적으로 파악하기 위하여는 물의 전체적인 흐름 속에서, 즉 물의 순환 속에서 조사되어야 한다. 강우에 의하여 산림지역에 내린 물의 일부는 임관에 의하여 차단, 저지되고, 그 나머지는 산림 지표면에 스며들었다가 불포화 상태로 토양 공극 내를 흐르기도 하고 포화되어 지하수를 형성한다. 물의 일부는 증발되거나 수목에 의하여 증산된다.

식생에 의한 증산은 주로 기상학적 요인에 의하여 좌우되는 것이라고 생각되어 왔다. Penman-Monteith 모델이 제안된 이래로 산림의 여러 가지 특성이 증발산에 관여하는 인자임이 밝혀졌다. Penman-Monteith 모델을 이용한 증발산량의 추정이 현재에는 가장 일반적인 방법으로 인식되고 있다. 기상자료의 신빙성이 높다면 다른 어떠한 증발산량의 추정보다는 월등한 방법으로 평가받고 있다. 본 연구에서는 수수지법을 이용

하여 Penman-Monteith 모델의 수관저항을 추정하고, 이 모델의 산림지역의 일 증발산량 추정의 적용성에 대하여 검토하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 시험유역

본 연구의 조사는 충주의 남동쪽에 위치한 월악산 지역(N36° 52" E128° 05")에 설정하였다. 지역적 특성에 따른 산림의 기능 평가의 일환으로 3.5ha의 삼림 소유역을 대상으로 산지 사면에서의 물의 흐름 과정을 파악하는데 역점을 두어 중부 산림 지역인 충북 대학교 부속 연습림(월악산)내에 고정 조사지를 설치하여 수로를 흐르는 경시적 유출을 조사하였다. 설정된 조사 유역은 평균 경사도가 28°이며 상부 주계곡의 경사도는 35°인 급한 경사 지대이며, 상부유역과 주계곡은 너비 5m 정도의 암반이 노출되어 전체 유역 면적의 14.2%가 암반 노출지이다. 유역 좌단면에 수고 7-8m의 소나무가 밀생하고 여타 지역은 소나무, 진달래, 참나무류가 산생하는 척악 임지이다. 명확한 암반층을 형성하고 있어서 유역 외부로 누수가 없으리라고 생각되는 산림유역이다. 토심이 1m 이상 되는 곳은 유역의 좌측 하단뿐이며, 토심 50cm 이상이 되는 면적은 약 20%이다(그림 1). 급한 경사, 얇은 토층 및 암반 노출지가 많아서 강우에 대하여 빠른 유출 특성을 보이는 지역이다(김재수, 1993). 이 시험유역에서는 장기간 비가 오지 않아 토양이 건조할 때는 물이 흐르지 않는다. 유수량 측정을 위하여 폭 1.2m, 길이 1.8m, 높이 0.9m의 철제 유량 탱크를 설치하고 90° 각도의 V자 노치를 부착하여 수위를 계측 기록하였다. 강우는 0.5mm마다 1회 전도하는 전접식 강우계를 시험 유역 입구에 위치한 연습림 사무실 옥상에 설치하여 측정하였다.

2. 증발산량

1993년 1개년간의 강수량과 유출량을 60분단위로 조사하고 유역 수수지법에 의하여 연간 증발산량을 산출하였다. 계산된 연간 증발산량을 Penman-Monteith 모델의 파라미터를 결정하는데 표준데이터로 사용하였다. Penman-Monteith 모델은 증발 표면에서 수증기가 이탈되어 가는 과정을 공기 역학적 운반함수를 포함한 일사와 현열 이동에 대한 열수지 방정식을 포함하고 있

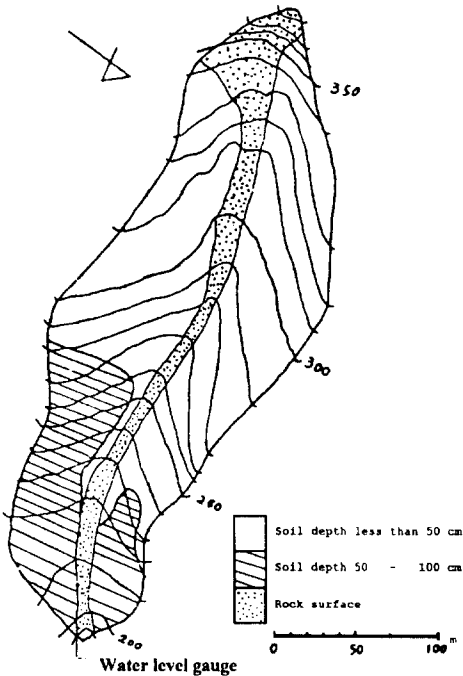


Fig. 1. The experiment forest watershed is located (N36° 52" E128° 05") in Wolak Mt in the temperate region of central Korea. Slopes are steep up to 35 degree with a mean of 28 degree. The watershed area is 3.5 ha.

다. Penman-Monteith 모델을 이용하기 위하여는 상세한 기상 자료가 필요하다. 온도, 습도의 자료는 직접 측정하였고, 풍속, 일조시간, 기압의 자료는 충주 기상대의 자료를 이용하였다. 몇 개의 추정 파라미터는 기존 문헌의 값을 적용하였다. 일 증발산량의 계절적 변이의 경향은 매년 유사하므로 일간 변이를 줄이기 위하여 7일 이동 평균치를 일 증발산량으로 나타내었다.

3. Penman-Monteith 모델

Penman은 물 표면에서의 증발은 복사에너지의 순유입량과 물 표면 위로 흐르는 공기에 의하여 일어나는 것임을 순수한 물리적 입장에서 기술하였다. 이를 바탕으로 Monteith는 수증기가 대기로 이탈할 때 바람의 마찰로 인하여 지표면과 수관에서 발생하는 공기동력학적 증발저항과 엽면 기공을 통하여 증발할 때의 수관저항의 개념을 Penman 모델에 결합하였다. 공기동력학적 저항에 대하여는 학자간에 일치하고 있으나, 수관저항에 관하여는 연구 대상 지역과 수종 그리고 토양조건에 따라 다른 연구결과를 보이고 있다(전설부, 1990, Calder, Gash and Stewart, Monteith, Rampisella, 1990). Penman-Monteith 식은 다음과 같다.

$$\lambda E = \frac{\Delta (Rn - G) + \rho_a C_p (e_a^* - e_a) / R_a}{\Delta + \gamma (1 + R_c / R_a)} \quad (1)$$

단, E , 잠재증발량(mm/day); λ , 증기화 잠열(cal/g); Δ , 포화증기압경사(mb/°C); R_n , 순복사에너지(mm/day); G , 토양유입에너지(mm/day); γ , 습도계상수(mb/°C); ρ_a , 공기밀도(g/cm³); C_p , 공기비열(cal/g/°C); e_a , 실제증기압; e_a^* , 포화증기압(mb/°C); R_a , 공기역학 저항(s/m); R_c , 수관저항(s/m)

순복사에너지를 계산할 때 필요한 albedo값은 0.23으로 하였다. 토양 유입에너지 G 는 순복사에너지 R_n 과 비교하여 상대적으로 작아서 무시하였다. Penman-Monteith식에서 공기역학 저항 R_a 와 수관저항 R_c 는 직접 측정할 수 없으며 추정하여야 한다. 본 연구에서는 측정된 강우와 유출량 자료에서 산정한 증발산량을 증발산량의 표준 자료로써 사용하여 Penman-Monteith 모델의 R_c 를 추정하였다.

1) 공기동력학적 저항

공기동력학적 저항은 Monteith가 제시한 식을 이용하였다.

$$R_a = \frac{[\ln(\frac{z-d}{z_0})]^2}{K^2 U_z} \quad (2)$$

단, K , von Karman 상수; d , 기준 높이 편차; z , 풍속계 높이; z_0 , 조도치; U_z , 풍속

공기 동력학적 저항의 추정식에서 기존 자료의 값을 이용하였다. 조도치는 수관높이의 0.208, 기준높이 편차는 수관높이의 0.667을 적용하였다(Rampisela et al, 1990). 이 계수를 구한 유역의 식생상황은 수고가 12m인 소나무와 편백나무가 혼효된 임상이다. 본 시험 유역과는 비슷한 상황으로 판단되어 같은 값의 이용이 가능하다고 판단하였다. Penman-Monteith 모델에서 수관저항을 무시한 경우는 Penman 식의 경우와 같으므로 증발집시에서의 증발량과 비교하여 Penman-Monteith 모델의 공기역학 파라미터에 관여하는 조도치와 기준높이의 적정성을 검토하였다.

2) 수관저항의 추정

수관이 건조할 때는 증산이 주로 일어나므로 수관저항 계수가 필요하다. 식 (1)에서 Calder (1977)는 잣나무 숲에 대하여 수관저항의 연간 일변화에 대하여 다음과 같이 제시하였다.

$$\gamma_{sd} = \gamma_s [1.0 - 0.3 \cos(2\pi(D - 222)/365)] / [1.0 - B(e_a^* - e_a)] \quad (3)$$

단, γ_s , 년평균수관저항; D , Julian day, 수관저항이 최저인 날은 222일이다; γ_{sd} , D 에 해당하는 날의 수관저항; B , 증기압차에 의한 계수

시험유역의 γ_s , B 를 추정하기 위하여 증발산량의 표준자료로서 1993년도 유역 수수지법에 의한 자료를 이용하였다. 그 수순은 Rampisela (1990)에 따랐다. 파라미터 γ_s , B 는 유역내의 임목 수종에 따라 다르다고 지적되어 있다. 일교차에 의한 수관 저항의 변이는 무시하고 일평균값을 이용하여 유역수수지법에 의한 증발산량에 적합하도록 파라미터 γ_s 를 정하고, B 는 Calder가 제안한 값인 0.045로 설정하였다.

結果 및 考察

1. 시험구역의 수문자료

그림 2, 그림 3에 주요 기상자료를 나타내었다. 연평균기온은 11.06℃이고 일평균기온이 -10℃-26℃의 분포를 보였다. -10℃-0℃인 날수가 62일, 0℃-10℃인 날수는 104일, 10℃-20℃인 날수는 101일, 20℃ 이상인 날수는 99일이었다. 연평균풍속은 1.34m/s이며 0.4-5.2m/s의 분포를 보였다. 1m/s 이하의 날수는 151일, 1-2m/s인 날수는 165일, 2-3m/s인 날수는 36일, 3m/s 이상은 14일로, 풍속 2m/s 이하의 바람이 주종을 이루고 있음을 알 수 있었다. 상대습도의 연평균은 71.80%이고, 50%이하인 날수는 51일, 50-70%인 날수는 97일, 70-90%인 날수는 105일, 90% 이상인 날수는 26일이었다. 상대습도 50% 이하는 4, 5월에 집중적으로 나타나고 있으며, 상대습도 90% 이상은 6, 7, 8월에 자주 나타나고 있었다. 4, 5월의 낮은 습도에 의하여 증발산이 많이 유발될 수 있다고 생각된다. 연평균 일조시간은 5.63 hr이며, 3 hr 이하는 104일, 3-5 hr은 59일, 5-7 hr은 43일, 7-9 hr은 83일, 9 hr 이상은 77일이었다. 8월의 일조시간이 낮았다.

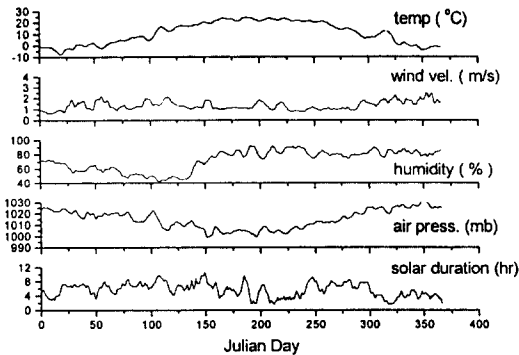


Fig. 2. Meteorological data shows typical pattern of dry spring time.

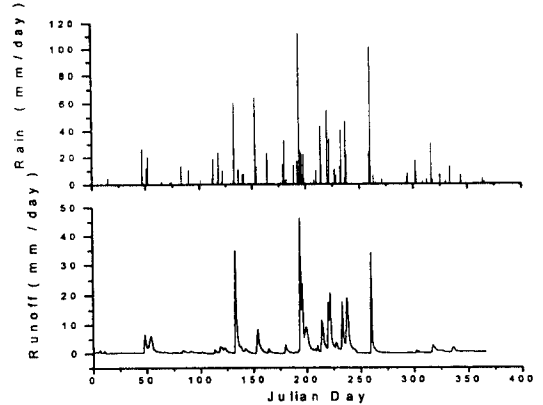


Fig. 3. Steep slope, shallow soil depth and large rock surface (14 % of watershed area) are the cause of rapid runoff. Annual precipitation 1215.4mm and runoff 625.1mm. Using water budget method, the evapotranspiration was calculated as 590.3mm during 1993.

대기압은 연평균 1,014.96 mb이었으며 7, 8월이 가장 낮은 경향이었다.

총주기상대의 22년 평균 강수량은 1161.1mm이며, 시험구역의 1993년도의 년강수량은 1215.4mm으로 4.7% 많이 내렸으나 시험구역의 산악기후를 고려하면 평균적인 강수량으로 생각된다. 무강우 일수는 264일이었다, 수관차단에 의하여 거의 유출에 영향을 미치지 않는 강우인 10mm 이하는 66일, 10-30mm는 25일, 30mm이상은 11일이었다고 일최대치는 111.5mm이었다. 시험구역의 유출은 토층이 얇은 관계로 인하여 강우에 민감하게 나타나고 지중수가 연속적으로 내려오지 않는다. 즉 물이 흐르지 않는 날이 많이 나타났다. 일평균유출은 1.71mm이며, 일강우 111.5mm일 때에 최고 46.13mm의 유출이 있었다. 0.1mm이하의 일유출이 65일, 0.1-2mm 이하는 240일, 2-4mm는 31일, 4mm 이상은 30일이었다

Table 1. Annual precipitation and runoff in Wolak experiment watershed during 1993.

	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Prec. mm	22.3	26.8	45.5	78.1	89.4	137.2	280.0	229.7	138.1	49.5	38.5	26.0	1161.1
Wolak Experiment	7.0	62.8	32.2	53.5	102.5	151.0	252.5	301.0	136.5	39.5	62.5	14.4	1215.4
Runoff mm	12.7	45.7	15.2	15.6	77.5	32.6	144.4	192.6	49.1	3.2	17.2	19.3	625.1

* Mean monthly precipitation in Chungju meteorological station (1971-1993)

다. 시험구역의 총유출량은 625.1mm로써 구역 내 토양수분 변동량이 없다고 가정하면 증발산량은 590.3mm로 계산되었다. 시험구역의 연강수량과 연유출량의 분포를 그림 3에 나타냈다.

2. 공기역학 저항

공기 동력학적 저항의 추정식에서 조도치는 수관높이의 0.208, 기준높이 편차는 수관높이의 0.667을 적용하였다. 즉 z_0 는 2.5m, d 는 8.0m이었다. 이 계수는 수관이 젖어서 수관저항이 없을 때만을 선정하여 계산하였으며, 이 계수를 구한 구역의 식생상황은 수고가 12m인 소나무와 편백나무가 혼효된 임상이다. 일반적으로 평지의 산림에서 조도치 z_0 는 0.7 - 1.2m의 범위를 가지므로(Campbell et al, 1998), 범위를 벗어난다고도 생각할 수 있지만, 경사진 산림 지역을 생각하면 조도치 2.5m의 값의 적용은 가능하다고 본다. 공기역학 저항의 파라미터의 값을 문헌에 의존하여 결정하였으나 수관저항을 무시한 경우는 Penman 식의 경우와 같으므로 이에 의하여 파라미터의 적정성을 검토할 수 있었다.

자유 수면 상태인 대형 증발접시의 증발량은 1024.6mm이었고, Penman Monteith 모델에서 수관저항이 없을 때는 1015.7mm이었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 적용한 조도치 및 기준높이 편차의 값으로 정할 수 있었다. 이 때의 오차 자승합 F1 값은 178.14, 절대 오차합 F2 값은 200.00, 오차의 분산은 0.49이었다.

3. 수관저항의 추정

평균수관저항 0, 100, 140, 150, 200 s/m에

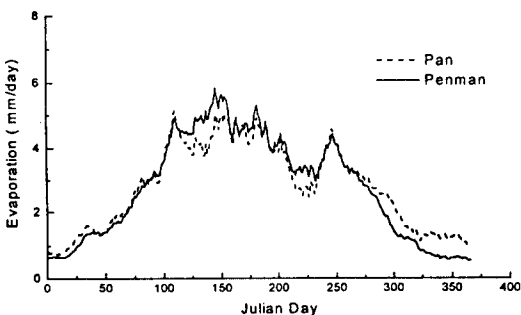


Fig. 4. Comparison of pan evaporation with Penman-Monteith evaporation when surface resistance equals to zero. F1 error was 178.14, F2 error was 200.00 and error variance was 0.49.

따른 연간 증발산량을 그림 5에 나타내었다. 각 수관 저항값에 따라 연증발산량은 각각 1015.7, 584.5, 432.1, 404.9, 310.6mm로 계산되었다. 따라서 연간 구역 물수지에 의하여 계산한 증발산량 590.3mm와 부합하는 산림지역의 증발산량은 평균수관저항값 99.0 s/m에 의하여 추정되었다. 그림 6은 평균 수관저항에 대한 파라미터의 반응 예민도를 나타내고, 수관저항의 변화에 따라 일증산량이 현격하게 달라짐을 보이고 있다. 또한 일증발산량의 계절간 변이를 나타내고 있다. Calder(1977)은 잣나무 숲에서 평균수관저항을 74.5로 산정하고, Rampisela 등(1990) 여러개의 파라미터 조합을 제시하여 평균수관저항의 범위가 65 - 162 s/m임을 말하고 있으나, 이번 연구에서는 99.0 s/m로써 Gash와 Stewart(1977)의 예와 근접하게 산정되었다.

4. 증발산량의 계절적 변이

표 2와 그림 8에 Penman-Monteith에 의한 증발산량의 계절적 변이와 증발접시에 계수를 곱한 값, Thornthwaite법의 잠재증발량을 비교하였다. 증발접시를 이용하여 총주호의 증발량을 추정할 때와 같이 전체적인 증발산량을 추정하는 데는 연간 오차자승합 F1은 136.2, 연간 절대오차합 F2는 161.6, 오차분산은 0.37로 작으므로 증발접시 계수 0.58을 적용할 수도 있으나, 그림 7과 표 2에서 보는 바와 같이 계절간 차이가 상당히 나는 것을 알 수 있다. 4, 5월의 오차분산은 각각 0.60, 1.61이었으며, 4, 5월을 제외한 오차분산은 연간의 오차분산 0.37 보다 작았다. 4, 5월에는 임목이 있을 피우고 생장이 왕성한 시기에 해당하므로 이 시기의 증산량이 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 임목이 무성하여짐에 따라서 수관차단에 의한 증발도 많이 작용한다고 생각된다. 단순히 증발접시계수만의 적용으로는 산림지역의 증발산량의 계절적 변이를 정확히 파악하기는 어렵다고 판단된다. 이점은 Thornthwaite 법에 의한 증발산량에도 같다고 할 수 있다. Thornthwaite 법은 기온만을 이용하여 증발산량을 산정하므로 간단하지만 과대치를 주는 경향이 있었다. 온도와 비례하여 증발산이 된다고 가정하므로 7월과 8월에 차이가 많이 나는 경향이 있었다. 4, 5월은 과소치를 보이고 있다. 4, 5월은 일반 농작물에서도 물이 많이 필요한 시기이다. 과거 황폐하였던 산야에 임목을 조성하므로써 4, 5월

의 유출이 감소되는 경향이 있다. 이에 대한 것이 Penman-Monteith 모델을 적용하여 증발산량의 계절간 추이를 파악하므로써 수치화 할 수 있었다고 생각된다.

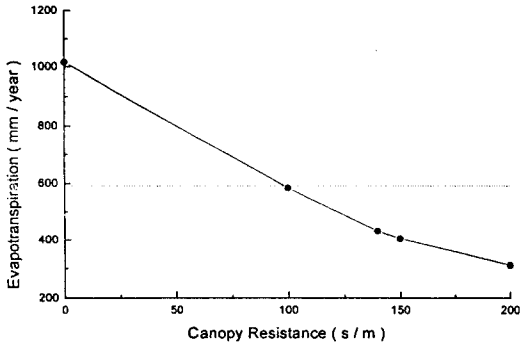


Fig. 5. Calculated evapotranspirations when canopy resistances were 0, 100, 140, 150 and 200 s/m. Horizontal line shows 590.3mm /yr of evapotranspiration by water budget method.

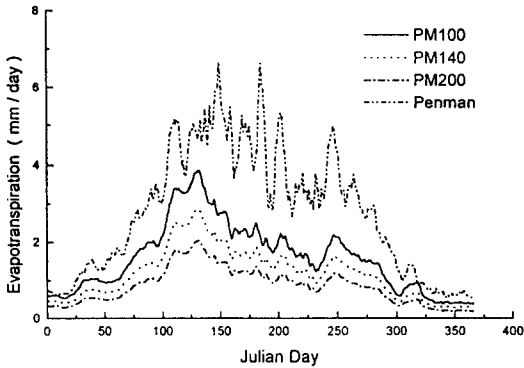


Fig. 6. Seasonal variations of calculated evapotranspirations. These also shows sensitivity of canopy resistance parameter. When canopy resistance was 100 s/m, the evapotranspiration rate 584.5mm/yr, which was close to the evapotranspiration by the water budget method.

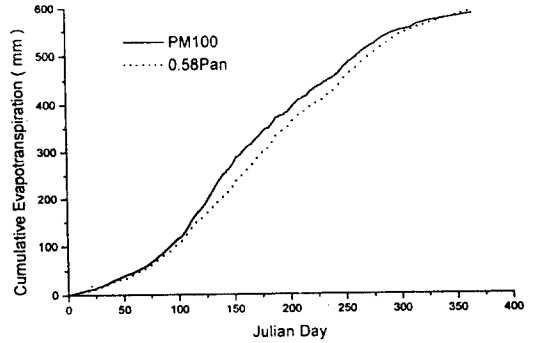


Fig. 7. Comparison of cumulative pan evaporation multiplied by coefficient 0.58 with cumulative Penman-Monteith evapotranspiration at 100 s/m of canopy resistance. F1 error was 136.2, F2 error 161.6 and error variance was 0.37. The error of whole year seemed to be acceptable.

結 論

Penman-Monteith 모델에 의하여 연간 증발산량의 추이를 살펴보았다. 증발산량은 산원 수자원의 제한 요인으로 작용하고 있다. 한편으로는 임목의 성장, 분포에 관여하는 중요한 생태계의 요인으로 인식되고 있다. 기상학적 요인과 결부되어 식생에 의한 차단과 증산의 영향이 4월 5월에 현격히 나타남을 알 수 있었다. 이에 따라 토양도 상당히 건조하여지며 유출이 감소하고 있다. 황폐하였던 산이 1970년대와 1980년대의 제1차 및 제2차 치산녹화 10개년 계획이 성공리에 수행됨에 따라 임목이 무성하여지고 물의 수요에 대한 경합을 생각할 수 있다. 4, 5월은 일반 농작물에서도 물이 많이 필요한 시기이다. 과거 황폐하였던 산야에 임목을 조성하므로써 4, 5월의 유출이 감소되는 경향이 있다. 이에 대한 것이 Penman-Monteith 모델을 적용하여 증발산량의 계절간 추이를 파악하므로써 수치화 할 수 있었다.

Table 2. Comparison of three methods estimating evapotranspiration. The evapotranspiration peaked in May with 106.4 mm/month in Penman-Monteith model. It seems Penman-Monteith model showed is the closest to the real situation of dry spring season of Korea.

\	Jan.	Feb.	Mar.	April	May	June	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Penman-Monteith	19.6	27.8	47.8	81.7	106.4	65.2	65.4	46.4	56.9	34.1	20.9	12.6	584.5
0.58Pan	17.5	24.8	44.6	68.7	78.7	72.2	76.4	51.5	64.2	45.3	24.6	21.8	590.3
Thornthwaite	0.0	0.0	12.1	48.1	90.4	126.8	153.6	143.8	90.0	46.0	12.1	0.0	722.9

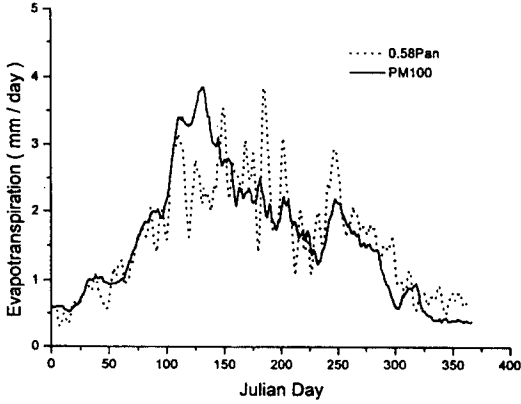


Fig. 8. Comparison of pan evaporation with Penman-Monteith evapotranspiration. Seasonal differences between them were significant. The error variances in April and May were 0.60 and 1.61 respectively. The error variance of the other months were less than the error variance 0.37 of the whole year.

본 연구는 연간수수지에 의하여 증발산량을 계산하였으나, 증발산량을 산정하기 위한 단기수수지법의 적용과 증발과 증산을 분리하여 임목의 광합성량의 추정, 임목의 성장과의 관계 등에 관한 것은 차후의 연구과제로 남아 있다.

引用文獻

1. 건설부. 1990. 유역 물관리시스템의 구축, 수자원관리기법개발연구조사보고서 103-276.
2. 김재수. 1987. 산림이 홍수량에 미치는 영향과 소유역내의 증발산량 추정. 임연연보 35 : 69-78.
3. 김재수. 1993. 중부 급경사 산림 소유역내의 지중수 변화. 충북대 농과연 11(1) : 140-151.
4. 김재수. 1991. 임내 사면에서의 근계 흡수 모델. 충북대 농과연 9(1) : 91-101.
5. Calder, I.R. 1977. A model of transpiration and interception loss from a spruce forest in Plynlimon, Central Wales. J. Hydrol. 33 : 247-265.
6. Campbell, G. S. and J. M. Norman. 1998. Environmental biophysics. Springer-Verlag, New York Inc, 223-246.
7. Gash, J.H.C. and J.B. Stewart. 1977. The evaporation for the Thetford forest during 1975. J. hydro 35 : 385-396.
8. Rampisela D.A., M. Suzuki and Y. Fukushima. 1990. Application of the Penman-Monteith model to the estimation of the evapotranspiration rate of a forested watershed. J. Jpn. For. Soc. 72 : 1-10.
9. Stefano, C.D. and V. Ferro. 1997. Estimation of evapotranspiration of Hargreaves formula and remotely sensed data in semi-arid mediterranean areas. J. Agric. Enging. Res. 68 : 189-199.
10. Suzuki, M., H. Kato, M. Tani and Y. Fukushima. 1979. Rainfall interception. J. Jpn. For. Sci. 61 : 391-398.