

# 서울 지역의 잠재증발산량 추정에 관한 연구

이 종 태\*, 박 성 용\*\*, 박 영 민\*\*\*

## 1. 서론

수문순환과정 중의 하나인 증발산현상은 강수를 발생시키는 중요한 원인이며, 수자원을 계획하고 운영하는데 있어 유출해석 및 물수지 분석 등에서 고려되는 주요항목이다.

현재 국내에서는 실제증발산량의 직접적인 관측이 용이하지 않은 관계로 실제증발산량의 실측 자료는 거의 전무한 상태이며, 수자원관련 실무 분야에서는 기상자료 중 기온, 일조시간을 이용한 수정 Blaney-Criddle 방법으로 잠재증발산량을 산정하여 왔다.

본 연구에서는 서울기상청의 기상자료를 활용하는 지역의 잠재증발산량 산정시를 가정하고, 대표적으로 1980년, 1990년 및 2001년 등 3개년의 관측된 기상자료를 이용하여 잠재증발산량을 추정하였다. 추정 방법으로는 실측법인 증발접시계수를 이용하는 방법, 기온 및 일조시간을 이용한 수정 Blaney-Criddle 방법, 에너지수지에 의한 방법인 Penman(1977, FAO-24) 방법, 공기동력학 및 Canopy 저항을 고려한 방법인 Penman-Monteith(1998, FAO-56) 방법 등을 사용하였다.

또, 상기 산정방법의 결과를 비교, 검토하므로써 실제증발산량의 실측자료가 없는 미계측지역에서 서울기상청의 기상자료를 이용할 경우, 가장 효율적인 잠재증발산량 방법의 적용방안을 제안하고자 한다.

## 2. 자료수집 및 연구방법

### 2.1 자료수집

증발산량을 산정하는데 필요한 기상학적 관측자료는 온도, 상대습도, 바람, 강수, 일조 및 가조 시간 등이다. 증발산량을 산정할 경우, 해당유역에 대해서 기상현상의 지역적 분포를 고려하여야 하지만 본 고에서는 서울기상청의 기상자료를 이용하여 증발산량 산정방법별로 적용가능성만을 판단하는 것으로 하였다. 기상자료는 대표적으로 1980년, 1990년 및 2001년 등 3개년의 관측자료를 이용하여 각 산정방법별로 적용하였다.

### 2.2 연구방법

#### 1) 증발접시계수 이용방법

증발접시계수 이용방법은 증발접시의 계기증발량에 기 산정된 증발접시계수를 이용하여 잠재증

\* 경기대학교 토목환경공학부 교수

\*\*명지대학교 토목환경공학과 박사과정

\*\*\* (주)도화종합기술공사

발산량을 산정하는 방법이다. 증발접시계수의 산정은 일평균 풍속과 습도자료로부터 구할 수 있으며 미국 NWS의 class A 접시와 Colorado sunken 접시에 대한 적용식이 달리 주어지고 있다.

국내에서 계기증발량을 산정하는데 사용되는 소형증발접시의 규격이 위 2가지 경우에 적용되는 접시규격과 달라 동일한 기준을 적용하는 것이 타당한가에 대해서 문제점을 제기할 수 있다. 그러나, 국내의 검증된 증발접시계수 산정식이 전무한 상태이고 기존의 연구사례에서도 경향만 동일하다면 큰 무리없이 사용할 수 있음을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 미국 NWS의 class A 접시의 놓인 주변환경이 초지상태인 경우 바람의 이송거리(fetch)구간을 적용하여 증발접시계수를 산정하고 선행연구<sup>1)</sup>와 비교하였다.

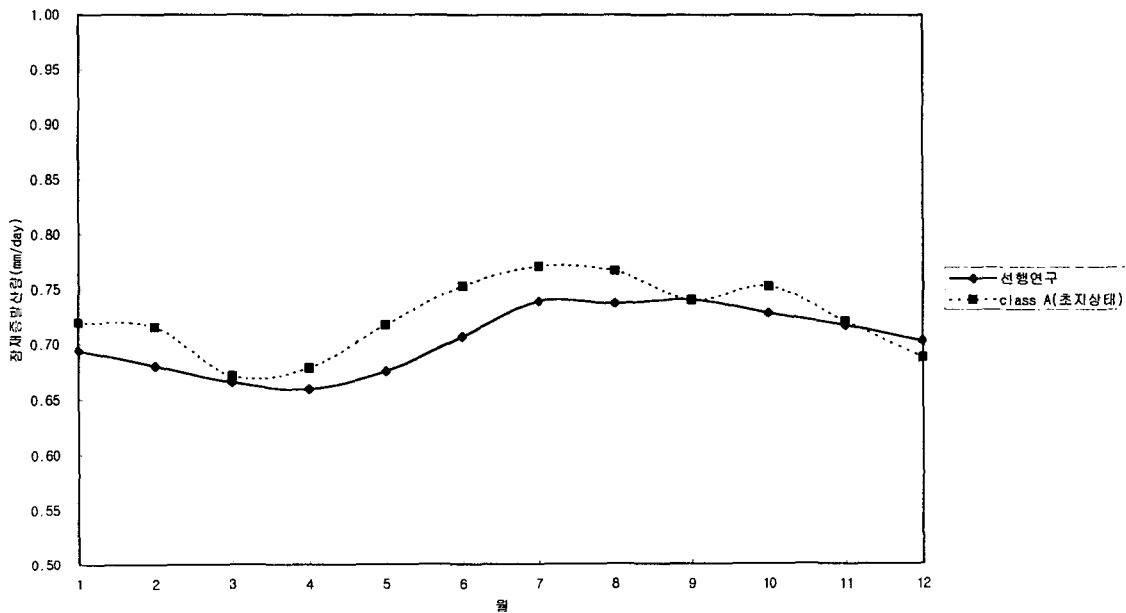


그림 1. 월별 증발접시계수의 변동

### 2) 기온 및 일조시간 이용방법

평균기온과 주간시간(월의 일평균 일조시간/연간 총 일조시간) 백분율로만 증발산량과의 관계를 경험적으로 구한 수정 Blaney-Criddle 방법은 입력자료를 수집하기가 수월해 가장 선호되는 방법 중의 하나이다.

$$E_t = K_t(0.46t + 8.13) \cdot p \quad (\text{식 1})$$

여기서,  $E_t$  : 잠재증발산량(mm),  $k_t$  : 온도 보정계수( $K_t = 0.0311t + 0.24$  ,  $t$ 는 평균기온(°C),  $p$ 는 주간시간 백분율)

### 3) 에너지수지에 의한 방법

에너지수지를 이용한 전형적인 예로 Penman에 의해서 제안된 잠재증발산 산정모형을 들 수 있으며, 미기상학적 분야에서 가장 많이 적용되고 있다. 현재 국내에서도 농경지의 증발산량 산정에 J.Doorenbos & W.Pruitt(1977, FAO-24)의 Penman(1977, FAO-24) 방법을 적용하고 있으나 공식에 적용되는 기상자료의 수집이 충분하지 않아 추정되는 값이 많은 편이다.

$$E_t = c \cdot [W \cdot R_n + (1-W)f(u)(e_s - e_a)] \quad (\text{식 2})$$

여기서,  $E_t$  : 잠재증발산량(mm/day),  $c$  : 기후조건에 따른 조정계수,  $W$  : 온도가중인자,  $R_n$  : 순일사량(mm/day),  $f(u)$  : 풍속과 관계된 함수,  $e_s$  : 포화증기압(milibar),  $e_a$  : 실제증기압(milibar)

#### 4) 공기동역학 및 Canopy 저항을 고려한 방법

Penman-Monteith(1998, FAO-56) 방법은 작물높이가 지표에서 0.12m로 일정하고 albedo가 0.23, 표면저항(surface resistance)이 70s/m인 조건의 가상의 작물이 지표면을 모두 덮은 상태에서 충분한 수분공급으로 생육이 왕성하다는 가정에서 산정하는 방법이다.

$$E_t = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{t+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (\text{식 3})$$

여기서,  $E_t$  : 잠재증발산량(mm/day),  $R_n$  : 순일사량(mm/day),  $U_2$  : 지상 2m 높이에서 측정된 풍속(m/sec),  $\Delta$  : 포화증기압곡선 경사(kPa/°C),  $\gamma$  : 건습구상수(kPa/°C),  $G$  : 토양의 열유동량(MJ/m<sup>2</sup>/day)

#### 5) 기타 방법

이 밖에도 Dalton(1802)식과 같은 질량전이에 의한 방법, 대기온도를 이용한 방법 등 여러 가지 방법이 있으나 이번 비교연구에는 적용하지 않았다.

### 3. 비교 및 고찰

#### 3.1 산정방법별 결과비교

각 방법별로 산정된 잠재증발산량을 년별로 비교한 결과 값의 크기는 대체로 Penman(1977, FAO-24) 방법, 수정 Blaney-Criddle 방법, 증발접시계수를 이용한 방법, Penman-Monteith(FAO-56) 방법 순으로 나타났다. 증발접시계수를 이용한 방법으로 산정된 잠재증발산량을 기준으로 연도별로 상대적인 비교를 한 결과는 다음과 같다.

표 1. 산정방법별 잠재증발산량의 비교

산정방법	1980년		1990년		2001년	
	상관계수	연간잠재증발산량	상관계수	연간잠재증발산량	상관계수	연간잠재증발산량
증발접시계수 이용방법	1.00	751.9	1.00	648.3	1.00	859.6
수정 Blaney-Criddle	0.85	849.3	0.86	1078.5	0.89	1117.6
Penman(FAO-24)	0.91	1309.4	0.90	1292.5	0.93	1342.2
Penman-Monteith (FAO-56)	0.50	318.2	0.25	260.3	0.32	309.2

산정방법별 잠재증발산량의 비교 결과 연간 변화추이는 서로 비슷한 경향을 나타내었으나, 수정 Blaney-Criddle 방법은 4~5월, 7~9월에 잠재증발산량이 세 방법에 비해 커지는 경향으로 나타났다. 이러한 이유는 대체로 그 기간에 기온과 일조시간의 값도 커지는 기간임에 기인한 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

이번 연구에서는 관측된 계기증발량에 서울지역의 월별 증발접시계수를 곱하여 산정한 잠재증발산량을 기준으로 1980년, 1990년 및 2001년 등 3개년의 잠재증발산량을 각 추정방법별로 비교하였다. 그 결과 상관성에 있어서는 수정 Blaney-Criddle 방법 및 Penman(FAO-24) 방법은 상관계수가 각각 평균 0.87, 0.91로 나타나 서로 상관성이 큰 것으로 나타났고, Penman-Monteith(FAO-56) 방법은 상관성이 작음을 알 수 있었다. 연간잠재증발산량의 경우는 수정 Blaney-Criddle 방법이 가장 근접한 값으로 나타났다.

산정과정에 있어서는 증발접시계수를 이용한 방법과 수정 Blaney-Criddle 방법이 간편하였으며, 기온외에도 주간시간백분율에 민감하게 변화됨을 알 수 있었다. 따라서 기존에 농업용수개발 필요수량기준(1980.11 농수산부,농업기반공사)에서 제시된 주간시간백분율을 전년에 일률적으로 적용하여 산정하는 방식은 지양하여야 할 것으로 사료된다.

Penman(1977, FAO-24) 방법과 Penman-Monteith(FAO-56) 방법은 현재 국내에서 제공받을 수 없는 기상자료를 외국에서 가정한 기준에 의존하여 추정해야하는 문제점이 있었다.

수자원계획 및 물수지를 분석하기 위해서 미계측지역의 잠재증발산량을 추정시에는 유역내의 토지이용상태를 파악하여 적합한 산정방법을 사용하여야 할 것이다. 증발산량의 실측값이 없는 상태에서 어떤 방법의 결과가 참값인지는 판단하기 어려우나 토지이용상태가 도시지역일 경우는 건조상태와 초지상태를 구분하여 산정하는 증발접시계수 이용방법이 효율적일 것이라 사료된다. 또, 농경지의 경우는 Penman(FAO-24) 방법과 Penman-Monteith(FAO-56)를 추천하고 있으나 수정 Blaney-Criddle 방법도 분석결과로 볼 때 현재 국내에서 제공되고 있는 기온과 일조시간만으로 이용할 경우는 비교적 효율적인 방법이라 사료된다.

#### 5. 참고문헌

1. 백경록, 김형수, 이동률, 김중훈(2001) "물수지분석에 기초한 일증발산량 추정", 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.483~488
2. 임창수(2000), "증발산량 산정에 관한 연구", 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.291~296
3. Doorenbos, J. and Pruitt, W. O.(1977). "Guidelines for Predicting Crop Water Requirements." FAO Irrigation and drainage paper 24.
4. Richard G ALLEN, Luis S.PEREIRA, Dirk RAES, Martin AMITH(1998). "Crop Evapotranspiration Requirements.(Guidelines for Computing Crop Water Requirements.)" FAO Irrigation and drainage paper 56.