

일 유출해석을 위한 논 용수 수요량 추정 모형 개발

Development of Model for Estimating Daily Paddy Water Requirements to Simulate Daily Streamflow

노재경*(충남대 교수) · 고익환(수자원 연구원 소장)

Noh, Jae Kyoung · Ko, Ick Hwan

Abstract

Model for estimating daily paddy water requirements was developed to simulate daily streamflow in upstream and downstream. Evapotranspiration in paddy fields was estimated using modified Penman equation. Daily water requirements in paddy fields were calculated from multiplication of paddy area to ponding depth decreased for one day. And model was constructed with a system form user-friendly and almost completely using controls of image, grid, and etc. in Visual Basic 6.0. The developed model was applied to estimate daily agricultural water requirements at 12 small watersheds during 20 years from 1983 to 2002 with paddy field areas of 3,332~26,422ha in small watersheds, and with agricultural water requirements of 37.22~294.53mcm on yearly average.

I. 서론

우리나라 유역에서 논이 차지하는 비중은 전국토의 11% 정도에 이르며, 논이 차지하는 면적의 비중을 고려할 때 농업용수가 유출에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 따라서, 농업용수 수요량을 다양하고 쉽게 추정할 수 있는 프로그램을 개발하여 유출 모의에 적용함으로써 보다 우리나라의 유출현상에 적합한 유출량을 생산할 필요가 있다. 또한, 수량, 수질 통합 실시간 수자원 관리 시스템을 운영하는데 상류, 하류의 유출 상황은 가장 기본이 되는 요소이다.

어느 지점의 유출량은 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 유역 상류의 각종 용수의 수요가 반영돼 나타난 결과라고 할 수 있다. 이 중에서 농업용수의 변화는 생활용수, 공업용수에 비해 변화폭이 크고 다양하게 나타난다. 그러나, 현재 사용되고 있는 유출모형은 용수 수요를 고려하지 못하고 있는 상태이다. 본 과제의 연구 목적은 수계 물관리의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 다목적댐의 상류, 하류 유역의 유출량 모의에 사용하기 위한 농업용수 수요량을 쉽게 추정할 수 있는 사용자 편의 프로그램을 개발하고, 금강수계 12개 소유역에 적용하여 농업용수 수요량을 추정, 제공하는데 있다. 여기서 농업용수는 유출에 회귀수 형태로 반영되는 논용수에 국한하였다.

II. 모형 개발

논의 용수 수요량은 벼의 증발산량과 침투량 및 유효우량을 고려하여 산정한다. 증발산량은 일조, 온도, 습도, 바람 등 기상 조건에 따라 변화하고, 침투량은 재배토양의 토성, 지하수위 등에 의해 영향을 받으며, 유효우량은 강우량에 의해 결정된다. 또한, 논이 필요

수량은 재배관리 용수량과 시설관리 용수량을 고려한다. 논 용수량은 감수심에서 유효우량을 고려하여 순용수량을 산정하고 손실율을 적용하여 조용수량을 산정한다.

현재 사용되고 있는 증발산량 공식은 Doorenbos & Pruitt(1977, FAO-24)의 Penman 수정공식이다. Penman식은 기상자료를 이용하여 일 단위의 잠재증발산량을 산정할 수 있어 관개계획 수립에 많이 이용되고 있다.

$$ET_0 = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (1)$$

여기서, ET_0 는 잠재증발산량(mm/day), W 는 기온과 관련된 가중계수, R_n 은 순일사량(mm/day), $f(u)$ 는 풍속 함수, $e_a - e_d$ 는 평균기온에서 포화수증기압과 공기의 평균 실제수증기압과의 차, C 는 주야의 기상조건에 따른 효과를 보정하기 위한 조정계수이다.

논벼의 경우 필지의 필요수량은 식(2)와 같다(농업생산기반정비사업계획설계기준, 관개편, 1998).

$$Req(t) = ET(t) + I - Re(t) \quad (2)$$

여기서, Req 는 답의 필요수량, ET 는 증발산량, I 는 일 침투량, Re 는 유효우량이다. 시간 단위 t 는 물꼬높이가 보통 60~80mm이고 유효우량은 이 답수심에 기여하는 정도를 나타내므로 일 단위로 논에서의 저류수심을 추적해 가면서 계산한다.

일 강우량이 물꼬높이 이상이 되면 유효우량은 물꼬까지의 강우량이 되나 전일의 답수심이 물꼬높이를 유지하고 있으면 유효우량은 0이다. 따라서 일별 답수심의 변화는 식(3)의 단일 필지에서의 물수지 식을 이용한다. 그러므로 유효우량은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 그러나 실제 논에서 답수심의 변화는 당일의 강우량과 필요수량 및 답수심의 관계에서 구해야 하며 이는 가정한 물꼬높이 D_{max} 및 상시관리 답수심 D_{min} 에 의해 제한된다.

$$D(t) = D(t-1) + Re(t) + Req(t) - U(t) \quad (3)$$

$$Re(t) = D(t) - D(t-1) - Req(t) + U(t) \quad (4)$$

여기서, D 는 답수심(mm), Re 는 유효우량(mm), Req 는 관개량(mm), U 는 소비수량으로서 실제증발산량(mm)과 침투량(mm/day)의 합이며, t 는 시간(일)첨자이다.

이앙재배에서 재배관리 용수량을 구성하는 요소는 묘대기간, 이앙일수, 본답기간 등이 있다. 묘대기간은 45일, 이앙일수는 15~20일 정도이며, 대체로 벼 재배기간은 묘대기간을 포함하여 4월 초순에서 9월 중순까지이다. 또한 무효분얼기에는 중간낙수를 해주며 생육시기별로 소요 답수심이 다르다.

시스템은 모형의 편의성과 확장성을 고려하고, 구조는 단순하고 기능은 최대가 되도록 설계하였다. 또한 그림과 표를 충분히 활용토록 설계하였다. 따라서, 픽처박스와 그리드를 겹쳐 나타내 구조를 단순하게 하여 모든 그림과 표를 나타내도록 하였다.

Fig. 1은 논 용수 수요량을 추정하기 위해 입력 화면을 설계한 것이다. 관개개시일은 못자리용수 공급 시작일이며, 관개면적, 침투량, 손실율 등을 입력하여야 한다. 위도와 경도를 이용하여 소유역에서 가장 가까운 기상관측소를 찾는다. 증발산량 계산에 필요한 일조시간, 온도, 습도, 풍속, 증발량 등 자료는 인근의 기상관측소의 값을 사용하게 된다.

Fig.2는 모의를 위해 논의 답수심이 60mm인지 80mm인지, 유효우량을 고려할 것인지

안 할 것인지, 관측 증발량을 사용할 것인지 추정 증발량을 사용할 것인지 선택하여 모의를 할 수 있도록 설계한 것이다. 3가지 조합으로부터 경우 수는 모두 12가지이지만 증발량은 어느 것을 선택하든지 경우를 구분하지 않았다. 따라서, 경우 수는 담수심 선택과 유효우량을 고려하는 경우와 그렇지 않는 경우 등 모두 4가지가 된다.

Fig. 3은 모의 결과를 알기 쉽게 보여주기 위해 다양한 그림과 표를 선택하도록 구성하였다.

입력

면적(km ²)	930
위도(예:36.5도)	35.49
경도(예:127.7도)	127.09
관개개시일	4 월 5 일
관개면적	6508 ha
침투량	5 mm/day
시설관리용수율	15 %
재배관리용수율	20 %

Fig.1 Input design

모의

담수심	<input checked="" type="radio"/> 60mm <input type="radio"/> 80mm
유효우량	<input checked="" type="radio"/> 고려 <input type="radio"/> 미고려
계기증발량	<input type="radio"/> 관측 <input checked="" type="radio"/> 추정
농업용수 수요량 계산	

Fig.2 Simulation condition

결과

전체년	S	L	1978
년별모의	6	선택	
년별모의		선택	總
가우량			
증발량			
증발산량			
담수심			
소비수량			

Fig.3 Output select

III. 모형 적용

Fig. 4와 같은 금강의 12개 소유역에 적용하여 일별 농업용수 수요량을 추정하였다. 분석기간을 1983년~2002년 20년 동안 유효우량을 고려하고, 담수심을 60mm으로 하고, 침투량은 5mm, 시설관리용수율 15%, 재배관리용수율 20%를 적용하여 일별로 모의하여 연별 평균한 값은 Table 1과 같으며, 소유역별로 37.22~294.53mcm에 이르렀다. Fig. 4는 금강수계 소유역을 분할한 것이며, Fig. 5는 소유역 1에서의 일별 모의 예로서 619.7mm, 연 증발량 1195.2mm, 연 증발산량 1010.4mm, 평균담수심 32.4mm, 논 용수 수요량 97.6백만m³을 보여주었다. 논 용수 수요는 4월에서 9월까지 이루어지며, 이 기간동안 논 용수는 평균 1일에 56만m³이 필요하며, 1일 평균 증발산량은 5.5mm이었다.

이상 제공한 농업용수 수요량이 유출해석에서 만족될 때까지 개발된 시스템을 이용하여 조건을 다르게 하여 쉽고 빠르게 농업용수 수요량을 반복 추정할 수 있다.

Table 1 Annual mean paddy water requirements in sub watersheds of the Keum river basin

item	sub 1	sub 2	sub 3	sub 4	sub 5	sub 6	sub 7	sub 8	sub 9	sub 10	sub 11	sub 12
watershed area(ha)	92,908	62,623	38,841	107,249	122,217	76,951	185,430	34,358	121,070	47,190	56,273	53,316
paddy field area(ha)	6,508	3,332	3,528	4,573	11,693	8,430	26,422	4,839	18,068	9,751	13,293	13,975
annual paddy water(mcm)	73.16	37.22	39.56	51.04	129.65	93.51	294.53	52.16	201.41	110.69	151.94	161.24

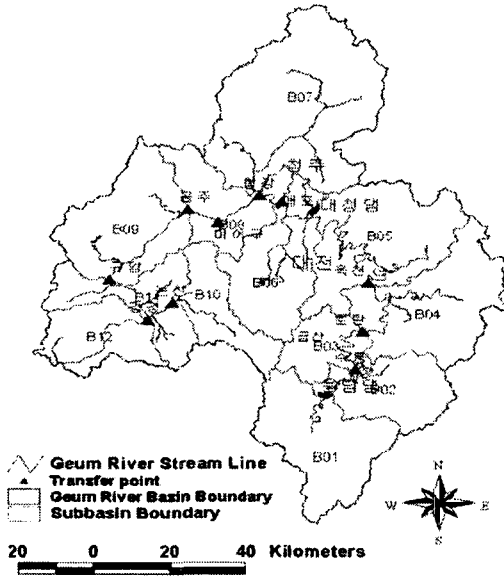


Fig. 4 12 sub watershed

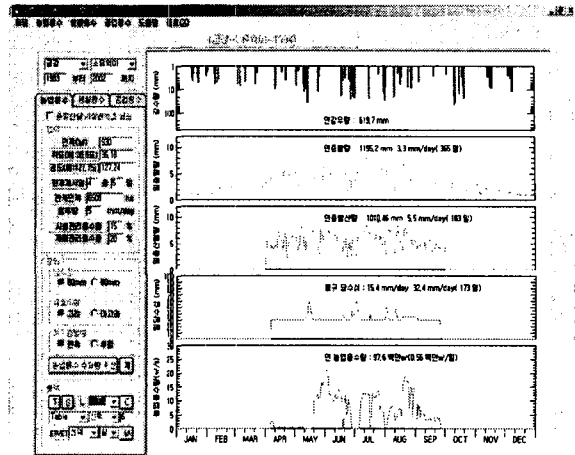


Fig. 5 Example of daily paddy water requirements simulated

IV. 결론

논 용수 수요량을 모의한 결과를 일 단위의 유출해석에 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 편의 프로그램을 개발하였다. 우리나라의 유출반응이 논 의 관개와 밀접하게 관련하여 일어나는 현상이라는 점을 고려할 때 논 용수 수요량을 고려한 유출해석의 의의는 매우 크다고 할 수 있다. 지금까지 이를 고려하여 일별로 유출해석한 예는 없는 것으로 파악되고 있으며, 유출반응의 획기적인 개선이 이루어질 것으로 기대하고 있다. 또한, 물수지 분석에도 본 과제에서 개발한 프로그램을 활용하여 단위 소유역별로 적용할 수 있다고 판단한다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호: 1-6-1)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부 · 한국수자원공사, 2000, 수자원장기종합계획 보고서
2. 노재경, 2002, 기상자료를 이용한 일 증발량 추정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집
3. 농업진흥공사, 1989, 소비수량 산정방법 실용화 연구
4. FAO, 1977, Crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24
5. FAO, 1998, Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56