

용수 수요를 고려한 DAWAST 모형의 적용성 평가 Applicability of the DAWAST Model Considered Return Flows

노재경*

Noh, Jaekyoung

Abstract

The DAWAST model was originally developed to consider the variation of water storage in the unsaturated soil zone and it is a conceptual lumped model. Return flows from agricultural, domestic and industrial water were included to the original result of model simulation to calibrate model parameters of watershed runoff. Agricultural water demand was estimated only in paddy fields supposing that return flow responded at stream was originated from paddy fields. Domestic and industrial water demand was estimated by average daily water demand multiplied monthly variation coefficient. Daily inflow to the Daechung multipurpose dam was applied to verify the DAWAST model considered return flows. On annual average from 1983 to 2001, inflows were simulated to 652.6 mm with return flows considered, which was approached more closer to observed inflow of 667.3 mm, compared with case of 606.8 mm with return flows not considered.

Keyword : return flows, water demand, DAWAST model, watershed runoff

요 지

개념적 집중형 일 유출모형인 DAWAST 모형을 선정하여 용수수요를 고려할 수 있는 가능성을 검토하였다. 기존 모형에 의한 모의 유량을 자연유량으로 보았고, 농업용수, 생활용수, 공업용수 등 회귀수량을 더한 값을 하천유량으로 가정하였다. 농업용수의 수요량은 회귀수량이 눈으로부터만 발생하는 것으로 보아 눈 용수량만을 고려하였으며, 수정 Penman 공식에 의한 증발산량, 침투량, 재배관리수량, 유효우량 등을 고려한 일별 감수심에 의해 일별로 계산하였다. 생활용수, 공업용수 수요량은 일 평균값에 월별 변동계수를 고려하여 일별로 계산하였다. 신뢰도가 높은 대청댐 운영실적의 유입량 자료를 이용하여 용수수요를 고려한 DAWAST 모형의 적용성을 평가하였다. 농업용수의 회귀율은 35 %, 생활용수의 회귀율은 65 % 적용하였으며, 1983년~2001년 연평균하여 강우량 1184.6 mm, 관측 유입량 667.3 mm, 모의 유입량 652.6 mm 로 용수수요를 고려하지 않은 경우의 모의 유입량 606.8 mm 에 비해 45.8 mm 가 높게 나타났으며, 모의/관측 유입량 비율도 90.9 % 에서 97.8 % 로 개선되는 결과를 얻었다.
핵심용어 : 회귀수량, 용수 수요량, DAWAST 모형, 유역 유출

* 충남대학교 생물자원공학부 지역환경토목전공 조교수

Assistant Prof., Department of Rural Infrastructure Engineering, Chungnam National University, Daejeon,

305 764, Korea

(E mail : jknoh@cnu.ac.kr)

1. 서 론

하천의 유출량은 자연유출량에 유역의 각종 용수의 회귀수가 더해진 수량으로 볼 수 있다. 특히 유역면적이 넓은 수계의 말단부에서의 유출은 각종 용수가 여러 차례 이용된 후 흐르는 것으로 보아야 한다. 수자원 계획에서는 수계 단위의 유역을 여러 개의 소유역으로 분할하고, 소유역별 유출을 자연유출로 보고 소유역별 용수 수요를 고려한 유역 물수지에 기반을 두고 있다. 이를 위해서 자연유출량을 모의하는 모형이 필요한데 아직 우리는 이러한 모형이 정립돼 있지 못한 실정이다. 수자원 장기 종합계획(건교부, 2000)에서 탱크모형을 적용하고, 낙동강 수계 실시간 최적 저수관리시스템(한국수자원공사, 1996)에서 SSARR 모형을 적용하였지만 이들 모형이 자연 유출량을 모의하는 것으로는 보지 않고 있다. 또한 DAWAST 모형(노재경, 1991)을 다수의 하천정비 기본계획 등에 적용하였지만 자연유출 모의 보다는 하천유량 자체를 모의한 것으로 보는 것이 타당하다.

토양수분저류에 의한 유출 모의 개념을 DAWAST 모형에 처음 도입한 이후 TPHM 모형(김현준, 2001)에서 쌍곡선 함수에 의해 이를 도입하였고, SWAT 모형(김철경과 김현준, 2003 등)에서는 CN 값으로 이를 표현하고 있다. 토양수분저류에 의해 유출모의를 획기적으로 개선한 부분은 분명하지만 아직 개선할 부분이 남아 있다. DAWAST 모형의 경우 연별 평가를 하면 대체로 유출량이 낮게 추정되는 경향이 있으며, 관개기와 용설기에 관측치와 다소 불일치되는 부분은 남아 있다. 한편, 최근 탱크 모형에 용설을 고려(이상호 등, 2003)하여 유출 모의를 크게 개선하였다. 이들 모형이 최근 국내에서 개발 또는 적용되어 온 것으로 볼 수 있으며, 모형에 용수수요를 고려하지는 않았다.

최근 유역의 토지이용 변화에 따라 용수수요도 크게 변화하였으며, 유출현상에 보다 적합한 유출해석을 하기 위해서는 용수이용에 따른 회귀수를 반영하여야 한다. 여기서는 비교적 신뢰도 높은 유입량 자료를 확보하고 있는 대청댐 유역을 대상으로 DAWAST 모형을 선정하여 각종 용수의 회귀수를 고려하여 유출모의에 용수 수요의 적용성을 판단하고자 한다.

2. DAWAST 모형

DAWAST 모형은 일 단위의 연속유출량을 크게 강우시와 무강우시로 구분하여 모의된다. 강우시에는 직접

유출량과 기저 유출량을, 무강우시에는 기저 유출량을 계산하여 총 유출량을 모의 발생 시작일부터 종료일까지 기간은 무한대로 연속적으로 계산할 수 있게 구성되어 있다. 입력 자료는 일별 강우량, 계기 증발량이다.

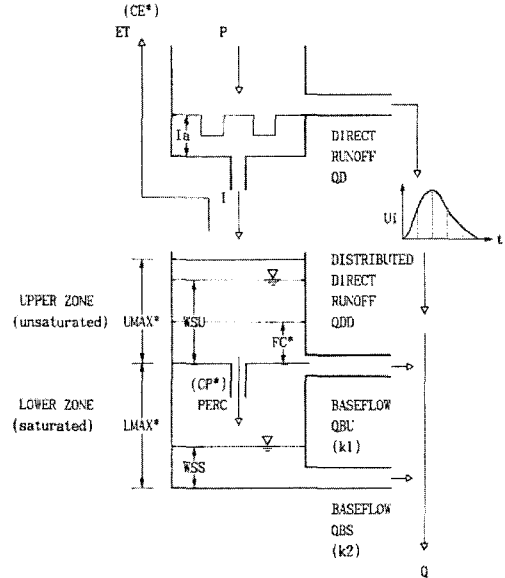


그림 1. DAWAST 모형 구조

DAWAST 모형의 매개변수는 $UMAX$, $LMAX$, FC , CP , CE 등 5개의 물수지 매개변수와 U_i , k_1 , k_2 등 3개의 추적 매개변수로 되어 있다.

DAWAST 모형의 구조는 상부의 불포화 토양층과 하부의 포화토양층으로 구분하여, 상부 토양층은 직접유출을, 하부 토양층은 기저유출을 담당한다. 직접유출은 강우, 증발산, 침투 등 물수지에 의해 상부토양층의 토양수분을 일별로 추적하여 이를 바탕으로 계산하며, 기저유출은 하부토양층의 수분량에 따라 감수곡선계수에 의해 계산한다.

DAWAST 모형의 추적 매수변수는 상수화시켜 놓았으며, 결정될 매수변수는 5개의 물수지 매개변수이다. DAWAST 모의 시스템(노재경, 1999)에는 매개변수 추정방법인 Simplex 방법(Nelder and Mead, 1965)이 탑재되어 있다.

개념적 집중형 모형인 DAWAST 모형으로부터 모의되는 유량에 용수수요에 따른 회귀수량을 반영하였을 때의 매개변수를 결정하여 적용가능성을 판단하였다.

3. 용수 수요량 추정

3.1 일별 용수 수요량 추정 방법

생활용수 및 공업용수는 월평균값에 월별 가중계수를 고려하여 일별로 용수 수요량을 계산하였다. 농업용수는 논용수, 밭용수, 축산용수 등으로 구성되지만 회귀수로 반영되는 것은 논용수에 국한하는 것으로 보아 수요량을 추정하였다.

논의 용수 수요량은 벼의 증발산량과 침투량 및 유효우량을 고려하여 산정한다. 증발산량은 일조, 온도, 습도, 바람 등 기상 조건에 따라 변화하고, 침투량은 재배 토양의 토성, 지하수위 등에 의해 영향을 받으며, 유효우량은 강우량에 의해 결정된다. 또한, 논이 필요수량은 재배관리 용수량과 시설관리 용수량을 고려한다. 논 용수량은 감수심에서 유효우량을 고려하여 순용수량을 산정하고 손실율을 적용하여 조용수량을 산정한다.

현재 사용되고 있는 증발산량 공식은 Doorenbos & Pruitt(FAO-24, 1977)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(농림부, 1998).

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

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

일 강우량이 물꼬높이 이상이 되면 유효우량은 물꼬까지의 강우량이 되나 전일의 담수심이 물꼬높이를 유

지하고 있으면 유효우량은 0이다. 따라서 일별 담수심의 변화는 식(3)의 단일 필지에서 물수지 식을 이용한다. 그러므로 유효우량은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 그러나 실제 논에서 담수심의 변화는 당일의 강우량과 필요수량 및 담수심의 관계에서 구해야 하며 이는 가정된 물꼬높이 D_{max} 및 상시관리 담수심 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 담수심(mm), Re 는 유효우량(mm), Req 는 관개량(mm), U 는 소비수량으로서 실제증발산량(mm)과 침투량(mm/day)의 합이며, t 는 시간(일)침차이다.

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

실시간 물관리 시스템의 요소인 금강수계의 소유역별 유출해석에 적용하기 위해 일별 감수심에 의한 논 용수 수요량 모의 시스템을 개발하였다(노재경과 고익환, 2003).

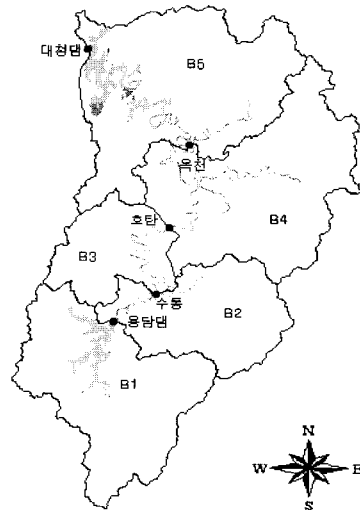


그림 2. 대청댐 유역 5개 소유역 분할

3.2 일별 용수 수요량 추정 결과

대청댐 유역을 5개 소유역으로 분할하여 전국용수가 용현황(한국수자원공사, 2001)으로부터 대청댐 유역을 포함하고 있는 12 시군의 통계자료를 정리하여 일별 생활용수, 공업용수자료를 생성하였다. 또한, 논 용수 수요량 추정 모형에 대청댐 유역의 논 면적 29,634 ha를 적용하여 일별 농업용수 자료를 생성하였다.

유효우량을 고려하고, 침투량 5 mm, 최대 담수심 60 mm, 시설관리용수량 15 %, 재배관리용수량 20 %를 적용하여 일별 논 용수량을 모의하였으며, 그림 3은 모의 예로서, 일별 강우량, 계기 증발량, 증발산량, 담수심, 논 용수 수요량 변화를 나타내고 있다.

자료수집현황을 고려하여 분석기간은 1983년에서 2001년까지로 하였으며, 그림 4는 논 용수의 일별 담수심과 수요량 변화를 중첩시킨 것으로서 생육시기별로 수요량 변화가 크게 나타났다.

그림 5는 1983년부터 2001년까지 대청댐 유역의 생활용수, 공업용수, 농업용수의 일별 수요량 변화를 나타낸 것으로서 생활용수, 공업용수는 양은 적지만 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타났으며, 농업용수는 최대값으로 볼 때 용수수요의 90 % 이상을 차지하는 결과를 나타내고 있다.

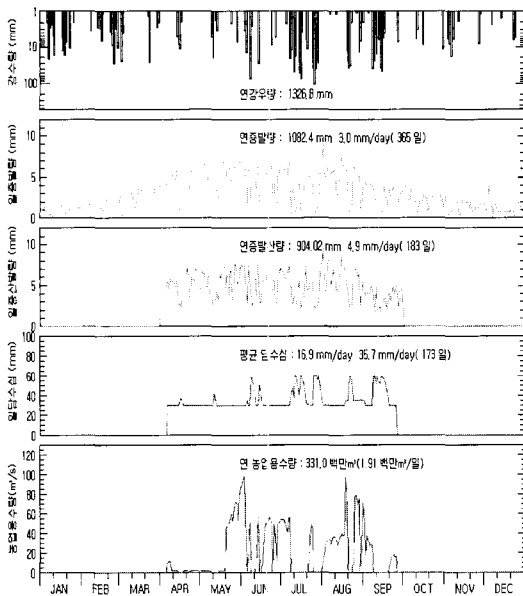


그림 3. 대청댐 유역 일별 논 용수 수요량 모의 예(1989)

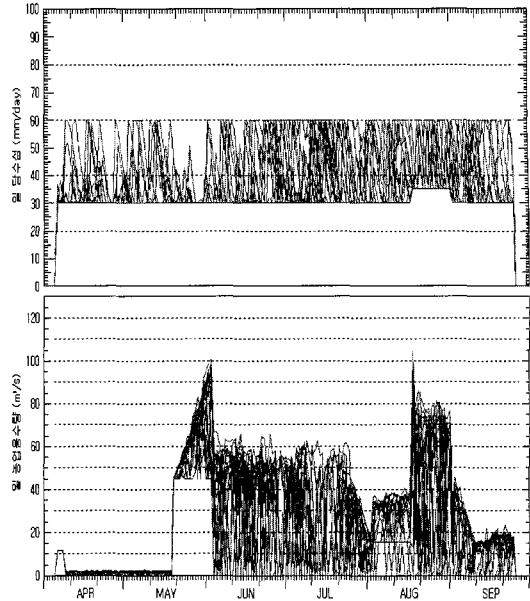


그림 4. 대청댐 유역의 논 용수 일 담수심 및 수요량 중첩(1983~2001)

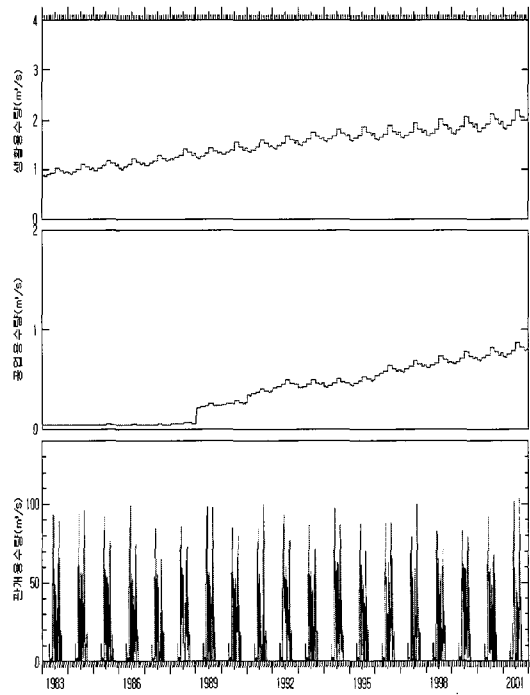


그림 5. 대청댐 유역의 일별 생활, 공업, 농업용수 수요량 변화 (1983~2001)

표 1. 대청댐 유역의 소유역별 논/밭 면적(ha)

구분 유역	시/군명	시/군 총면적	유역내 시/군 면적	시/군 논/밭 면적		유역내 논/밭 면적	
				논	밭	논	밭
소유역1	진안, 장수, 무주	195,440	92,908	12,074	10,711	6,508	5,037
소유역2	금산,영동,거창,진안,무주	364,581	60,723	23,801	23,427	3,332	3,439
소유역3	금산,영동,무주	205,280	37,541	12,553	14,634	3,528	2,710
소유역4	영동,옥천,상주,김천	355,695	103,249	17,027	25,457	4,573	7,925
소유역5	대전,청원,보은,옥천,영동, 금산,상주,김천	607,164	119,017	45,910	46,341	11,693	11,569
계	-	1,728,160	413,438	111,365	120,570	29,634	30,680

4. 용수수요를 고려한 유출 모의

유출 모형의 매개변수 결정은 최근 최적화 기법에 의해 의하고 있으며, 복합혼합진화(Shuffled Complex Evolution; SCE)기법(Duan, 1991)을 소개한 후 김현준(2001), 강민구 등(2002), 이상호 등(2003)이 이를 적용하고 있다. 그러나, 여기서는 DAWAST 모의 시스템(노재경, 1999)에 탑재되어 있는 최적화 기법인 Simplex 방법에 의해 매개변수를 결정하였다.

모의 결과의 검증을 위해서 보정기간과 검정기간을 다르게 설정하는 것이 보통이지만 전기간의 모의결과를 평가하기 위해 1983년부터 2001년까지 기간중 보정기간을 1989년~1991년 3년간으로 설정하였고, 검정기간을 전기간으로 하였다.

모의 결과의 평가방법으로 이상호 등(2003)은 평균 편차비율, 오차비율추정량, Nash-Sutcliffe 효율, 유출체적비 등을 사용하였으며, 강민구 등(2002)은 상관 계수, 표준오차, 평균편차비율, Nash-Sutcliffe 효율, 모형지속효율, 상대오차 등을 사용하였다. 이 연구에서는 용수수요를 고려하였을 때 전체 유출체적의 비교를 위해 유출체적비인 모의/관측 유출비율을 살펴보고, 일별, 순별 관측 모의 등가선에 의해 모의 결과를 평가하였다.

용수의 회귀율은 연도별로 강우량의 다소에 따라, 유역의 상·하류 등 위치에 따라 다양하게 나타난다. 그러나, 용수수요의 적용 가능성 평가를 위해 수자원장기 종합계획(2000)에 적용한 값을 사용하였다. 생공용수의 회귀율은 추정 일 생공용수 수요량의 65%, 농업용수의 회귀율은 모의한 일 농업용수 수요량의 35%를 적용하고 DAWAST 모형에 의한 유량을 더하여 매개변수를 결정하였다. 또한, 생공용수는 빠르게 농업용

수는 느리게 회귀수로 반응한다고 볼 수 있으나 정확한 시간을 알기 위해서는 면밀한 실험에 의하여야 하지만 생공용수는 하루 중에 반영되는 것으로 보았고 농업용수는 10 일 지체시켜 적용하였다.

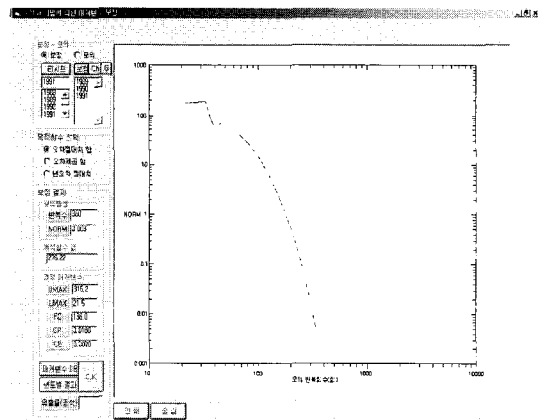


그림 6. 용수수요를 고려한 DAWAST 모형의 매개변수 결정

그림 6은 1989년~1991년 3년간의 대청댐 유입량 자료를 사용하여 Simplex 최적화 방법에 의해 용수수요를 고려한 DAWAST 모형의 매개변수를 결정된 결과를 보여주고 있다. 결정된 매개변수는 UMAX 315.2, LMAX 21.5, FC 136, CP 0.018, CE 0.007이었다.

그림 7은 결정된 매개변수에 의해 유입량을 모의한 예로서 1116.3 mm의 강우에 586.6 mm의 유입량이 모의되어 관측 유입량 580.5 mm에 대한 비율이 101.0%를 나타내 결과가 매우 양호하며, 수문곡선 형상도 홍수기, 평수기 모두 양호한 값을 나타내고 있다.

전기간 평균한 결과는 표 2와 같으며, 강우량 1184.6 mm 에 관측 유입량 667.3 mm, 모의 유입량 652.6 mm 를 나타내 모의/관측 유입량 비율은 97.8 % 를 보여주었다.

보정기간 1989년~1991년, 검정기간 1983년~2002년으로 설정하여 일별, 순별 관측-모의 유입량 등가선을 작성하였으며, 그림 8, 그림 9는 각각 보정기간에 대한 일별, 순별 등가선으로서 순별 등가선은 45°선을 중심으로 비교적 편차가 적게 고르게 분포하였으나 일별 등가선은 편차가 순별에 비해 크게 나타났다. 평균오차

제공근(Root Mean Square Error, RMSE)은 각각 1.71, 7.29 mm 로 나타났으며, 용수수요를 고려하지 않은 유출모의 값과 비교할 것이며 이 값은 작게 나올수록 모의결과가 양호한 것으로 판단한다. 그림 10, 그림 11은 각각 검정기간에 대한 일별, 순별 등가선으로서 보정기간과 마찬가지로 순별 등가선은 45°선을 중심으로 비교적 편차가 작고 고르게 분포하였으나 일별 등가선은 편차가 순별에 비해 크게 나타났으며, RMSE는 각각 2.04, 7.37 mm 이었다.

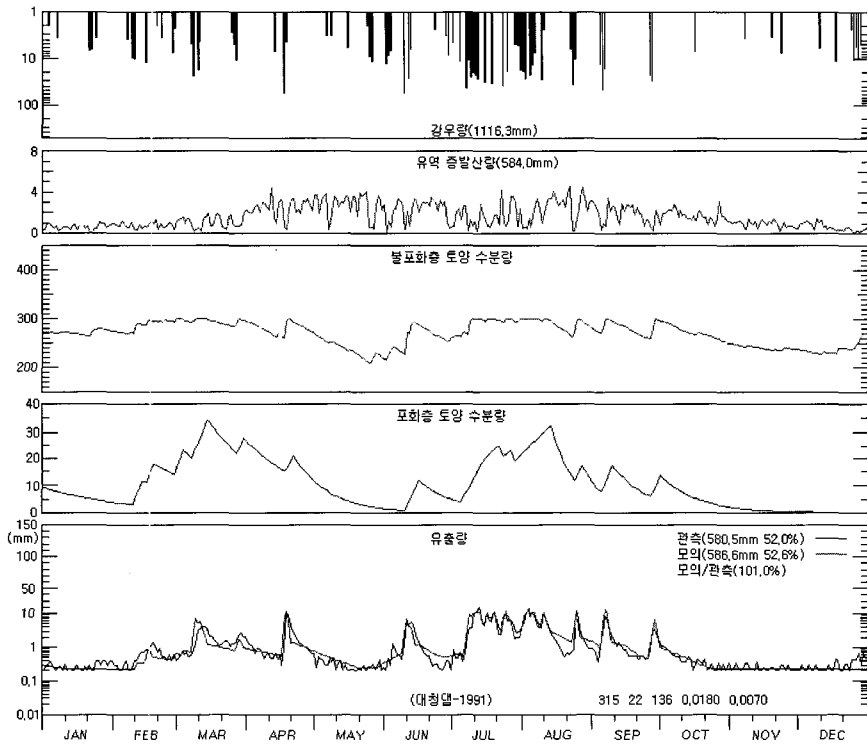


그림 7. 용수수요를 고려한 대청댐 유입량 모의 예(1991)

표 2. 용수수요를 고려한 경우 연평균 모의 결과(mm) (1983~2001)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년	유출률 (%)	모의/관측 (%)
OP	29.4	36.0	49.5	64.6	76.2	165.3	270.9	231.8	136.0	54.8	45.4	24.7	1184.6		
OQ	13.1	17.7	29.9	33.9	31.6	62.2	176.9	141.5	97.4	30.1	17.8	15.2	667.3	56.3	
EQ	9.4	13.0	18.7	27.3	28.2	67.8	179.8	147.2	100.2	31.5	14.6	14.7	652.6	55.1	97.8

주 : OP는 강우량, OQ는 관측 유입량, EQ는 모의 유입량

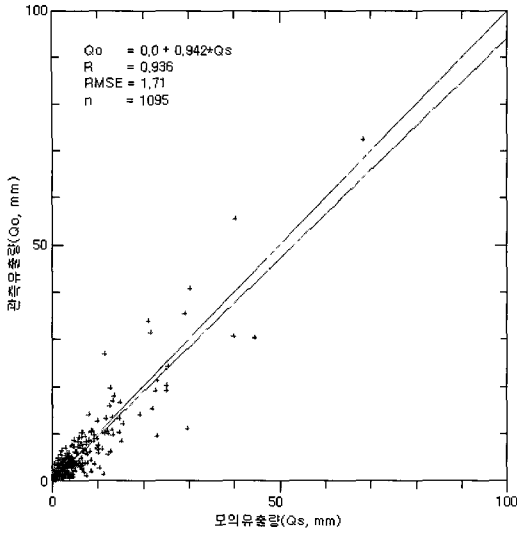


그림 8. 보정기간 일별 등가선 비교(용수수요고려)

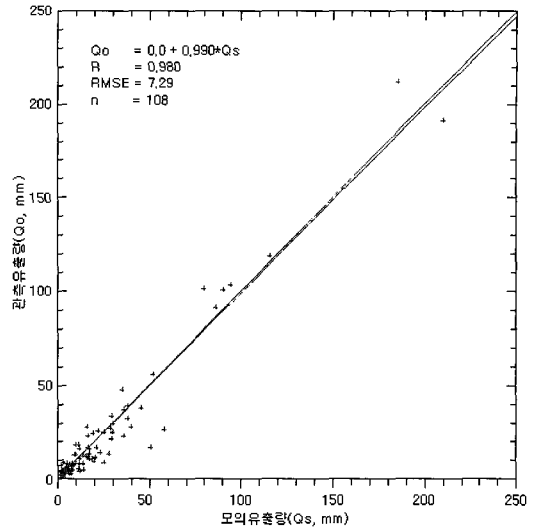


그림 9. 보정기간 순별 등가선 비교(용수수요고려)

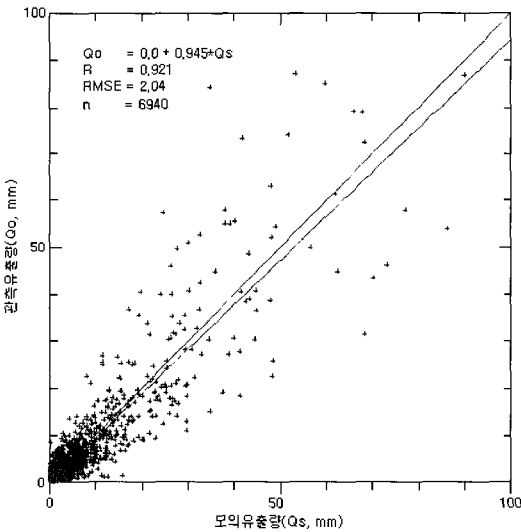


그림 10. 검정기간 일별 등가선 비교
(용수수요고려)

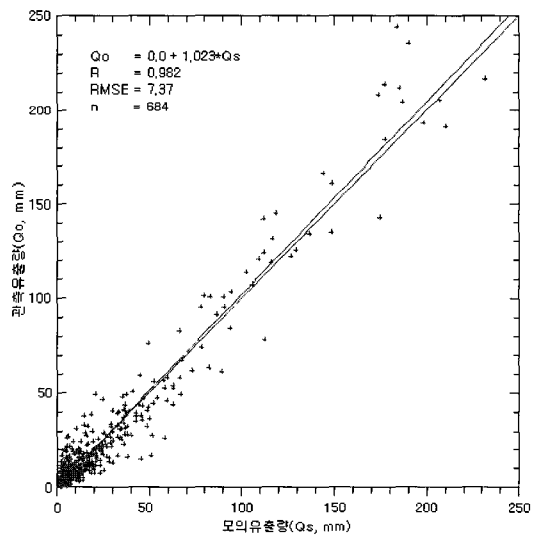


그림 11. 검정기간 순별 등가선 비교
(용수수요고려)

5. 용수수요를 고려하지 않은 유출 모의

용수수요를 고려하지 않은 기존의 DAWAST 모형에 의해 용수수요를 고려한 경우와 똑같은 조건으로 매개변수를 결정하고 관측-모의 등가선에 의해 모의 결과를 평가하였다.

1989년~1991년 3년간의 보정기간에 대해 대청댐 유

입량 자료를 사용하여 매개변수를 결정한 결과는 그림 12와 같으며, 결정된 매개변수는 UMAX 306.4, LMAX 25.3, FC 123.6, CP 0.0178, CE 0.0069이었다.

결정된 매개변수에 의해 모의한 예는 그림 13과 같으며, 1116.3 mm의 강우에 541.0 mm의 유입량이 모의되어 용수수요를 고려한 경우의 586.6 mm에 비해 45.6 mm가 적게 나타났으며, 관측 유입량

580.5mm 에 대한 비율도 93.2 % 로 용수수요를 고려한 경우의 101.0 % 에 비해 낮은 값을 보여주었다. 그러나 수문곡선 형상은 홍수기 평수기 모두 용수수요를 고려한 경우와 마찬가지로 양호한 값을 나타내고 있다. 1983년~2001년 연평균한 값은 강우량 1184.6 mm, 관측 유입량 667.3 mm, 모의 유입량 606.8 mm 를 나타내었으며, 모의/관측 유입량 비율은 90.9 % 로 용수수요를 고려한 경우의 97.8 % 에 비해 낮게 나타났고 모의 값이 적게 추정되는 결과를 얻었다.

용수수요를 고려한 경우와 똑같이 보정기간을 1989년~1991년, 검정기간을 1983년~2002년으로 설정하여 일별, 순별 관측-모의 유입량 증가선을 작성하였으며, 그림 14, 그림 15는 각각 보정기간에 대한 일별, 순별 증가선으로서 순별 증가선은 45°선을 중심으로 비교적 편차가 적게 고르게 분포하였으나 일별 증가선은 편차가 순별에 비해 크게 나타났다. RMSE는 각각 1.71, 6.92 mm 로 나타났으며, 용수수요를 고려한 경우와 일별값은 같았고 순별값은 오히려 작은 값을 보여주었다. 그림 15, 그림 16은 각각 검정기간에 대한 일별, 순별 증가선으로서 보정기간과 마찬가지로 순별 증가선은 45°선을 중심으로 비교적 편차가 작고 고르게 분포

하였으나 용수수요를 고려한 경우와 마찬가지로 일별 증가선은 편차가 순별에 비해 크게 나타났으며, RMSE는 각각 2.04, 7.25 mm 이었다.

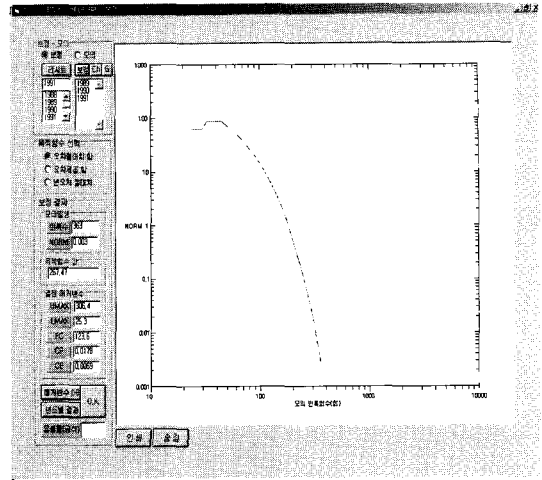


그림 12. 용수수요를 고려하지 않은 DAWAST 모형의 매개변수 결정

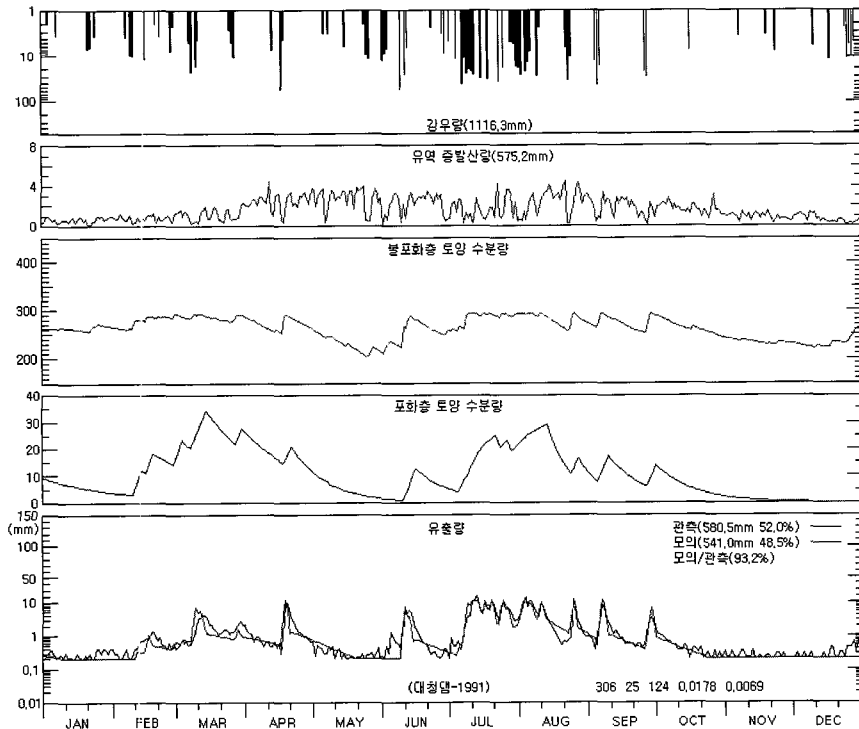


그림 13. 용수수요를 고려하지 않은 대청댐 유입량 모의 예(1991)

표 3. 용수수요를 고려하지 않은 경우 연평균 모의 결과(mm) (1983~2001)

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년	유출률 (%)	모의/관측 (%)
OP	29.4	36.0	49.5	64.6	76.2	165.3	270.9	231.8	136.0	54.8	45.4	24.7	1184.6		
OQ	13.1	17.7	29.9	33.9	31.6	62.2	176.9	141.5	97.4	30.1	17.8	15.2	667.3	56.3	
EQ	8.6	12.1	17.5	26.3	27.3	57.9	171.4	137.0	91.1	29.7	14.1	13.8	606.8	51.2	90.9

주 : OP는 강우량, OQ는 관측 유입량, EQ는 모의 유입량

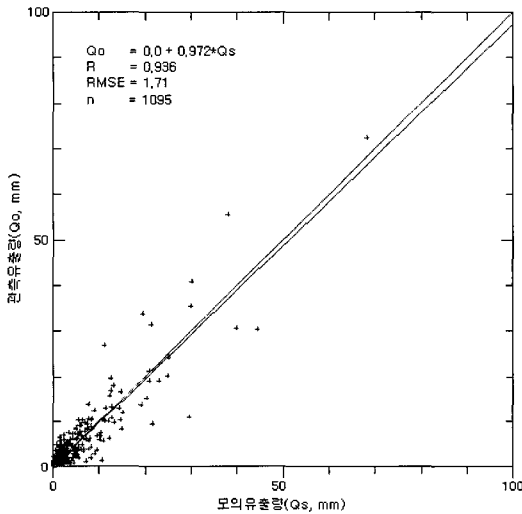


그림 14. 보정기간 일별 등가선 비교 (용수수요미고려)

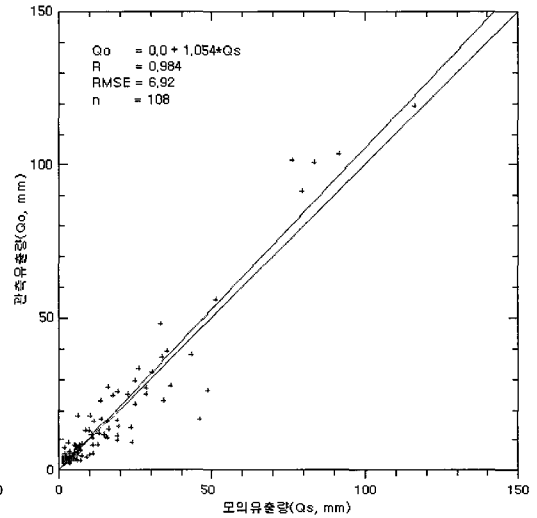


그림 15. 보정기간 순별 등가선 비교 (용수수요미고려)

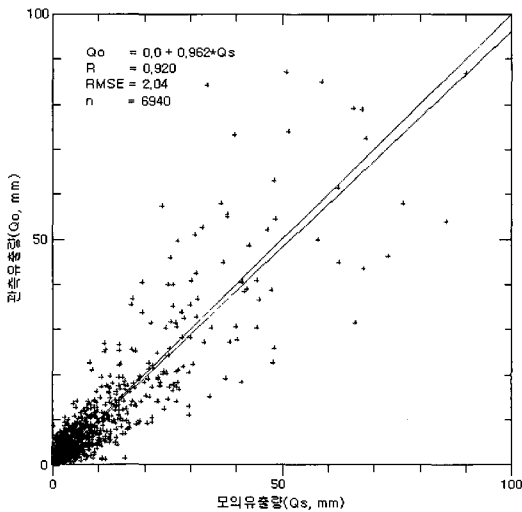


그림 16. 검정기간 일별 등가선 비교 (용수수요미고려)

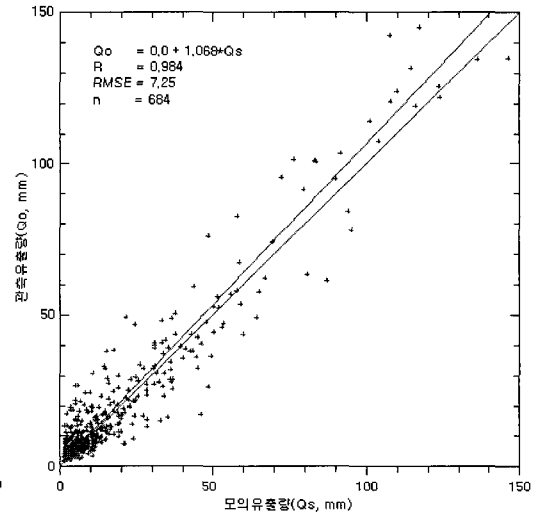


그림 17. 검정기간 순별 등가선 비교 (용수수요미고려)

6. 결과 및 고찰

용수수요를 고려하여 유출 모의를 한 경우 전체 유입량으로 판단할 때 1983년부터 2001년 기간동안 연평균하여 652.6 mm 로서 용수수요를 고려하지 않은 경우의 606.8 mm 에 비해 관측 유입량 667.3 mm 에 보다 접근하는 결과를 얻었다.

또한 관측-모의 유입량의 일별, 순별 증가선에서 비교하면 용수수요를 고려한 경우나 고려하지 않은 경우 모두 비슷한 결과를 보여주었다.

그림 18은 전기간 동안 용수수요를 고려한 경우와 고려하지 않은 경우를 일별로 비교한 것이며 육안으로는 거의 일치되어 보이지만 용수수요를 고려한 경우가 약간 높게 나타나고 있다. 이는 용수수요의 회귀수가 반영되어 나타나는 것으로 판단된다. 이를 자세히 살펴 보기 위해 일년 동안을 나타내면 그림 19와 같으며, 농업용수의 수요패턴이 많이 반영되어 나타나고 비관개기를 살펴보면 생공용수도 약간 반영되는 것을 볼 수 있다.

DAWAST 모형은 일별 토양수분변화에 근거하고 있으며, 기본 구조를 그대로 둔 상태로 유출모의에서 용수수요의 적용 가능성을 살펴본 결과 기존 DAWAST 모형에 의한 결과보다 양호한 결과를 얻었다. 대청댐 유입량의 19년간의 충분한 자료를 분석하여 얻은 성과로 판단해 볼 때 유출모의에 용수수요 적용 가능성은 충분하다고 판단할 수 있다.

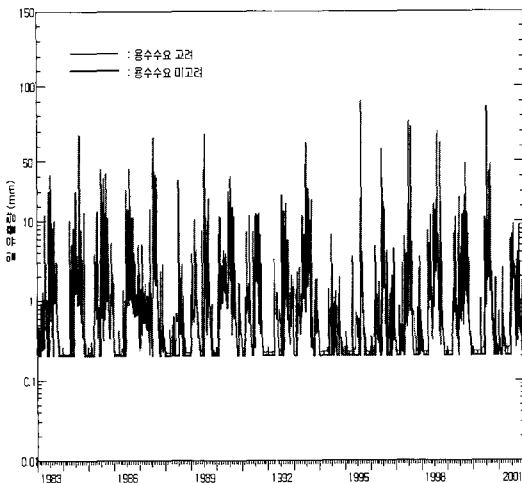


그림 18. 전기간 용수수요 고려-미고려 모의 일 유출량 비교

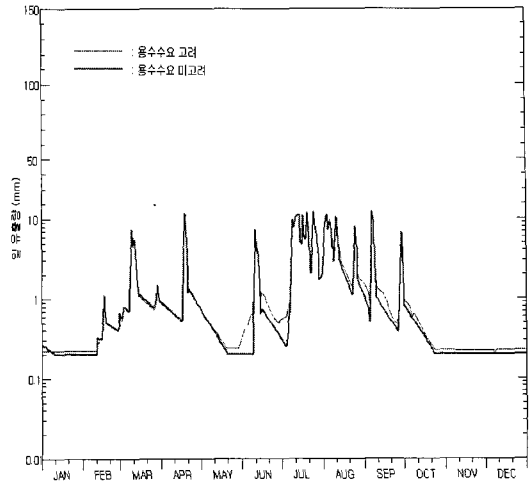


그림 19. 용수수요 고려-미고려 모의 일 유출량 비교 예(1991)

7. 결론

DAWAST 모형을 선정하여 용수수요를 고려한 경우 유출 모의의 적용성을 판단하였다. 대청댐 유입량 자료를 이용하여 분석하였으며, 1983년부터 2001년까지 19년간 연평균하여 강우량은 1184.6 mm, 관측 유입량은 667.3 mm 이었으며, 용수수요를 고려한 경우 모의 유입량은 652.6 mm, 고려하지 않은 경우 모의 유입량은 606.8 mm 로 나타났으며, 모의/관측 유입량 비율은 각각 97.8 %, 90.9 %로 나타났다. 즉, 용수수요를 고려한 경우가 관측값에 보다 가깝게 접근하는 결과와 수문곡선 형상도 용수수요를 고려하지 않은 기존 모형과 거의 유사하게 나타났으며, 일별, 순별 관측-모의 유출량 증가선 비교에서도 유사한 결과로부터 판단해 볼 때 유출 모의에 용수수요의 적용가능성은 충분하다고 판단한다. 아울러 용수수요의 적용 가능성을 확인하였다는 것은 자연유출 모의 모형으로의 발전 가능성도 크다고 할 수 있다.

또한, 최근 토양수분저류에 기반을 둔 SWAT 모형, TPHM 모형, DAWAST 모형 등 유출 모형이 각광을 받고 있으며, 용수수요를 토양수분저류의 수지 계산에 직접 적용할 여지도 있다는 가능성을 발견하였다. 수자원 계획에서 분산형 물리적 모형 보다는 개념적 집중형 모형이 지금까지 실무 적용에서 선호하고 있다는 사실로부터 개념적 모형의 발전도 추진해야 할 일이다. 즉, 이 연구에서 주장한 용수수요의 반영뿐만 아니라

지하수 개발현황, 용설 등을 함께 반영한 새로운 모형으로의 발전은 국토이용 변화에 따라 시대적으로 요구된다고 할 수 있다.

감사의 글

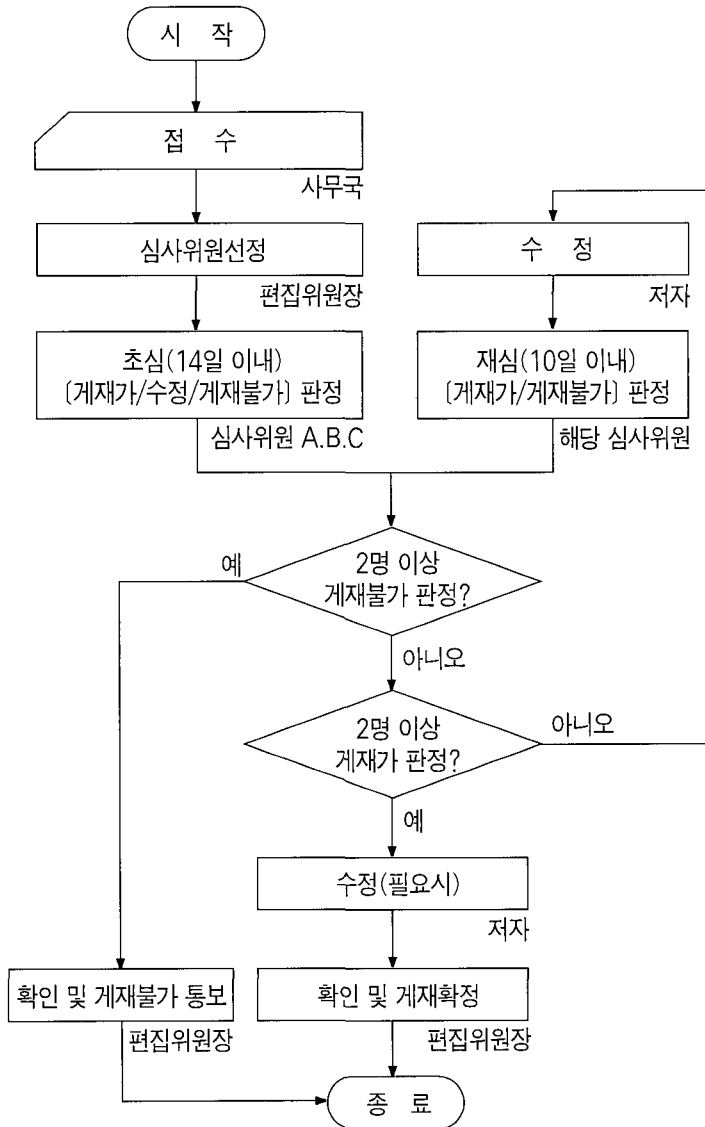
본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 2-4-1)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

건설교통부·한국수자원공사 (2000). **수자원장기종합계획(Water Vision 2020)**.
농림부 (1998). **농업생산기반정비사업계획설계기준, 관계편**.
한국수자원공사 (1996). **낙동강 수계 실시간 최적저수관리 시스템 개발**.
한국수자원공사 (2001). **전국 용수이용현황 자료집**.
농업진흥공사 (1989). **소비수량 산정방법 실용화 연구**.
FAO (1977). *Crop water requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper 24.
Duan, Q. (1991). *A global optimization strategy for efficient and effective calibration of hydrologic models*. Ph.D. dissertation, Univ. of Arizona, Arizona.
Kang, Min Goo·Park, Seung Woo·Park, Chang Eun (2002), "Comparison of automatic calibration for a tank model with optimization methods and objective functions." *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 44, No. 7, pp.1-13

Nelder J. A. and Mead R. (1965), "A simplex method for function minimization." *Computer Journal* Vol. 7, pp.308-313.
김철점·김현준 (2003), "SWAT 모형을 이용한 경안천 유역의 유출 및 유사량 추정." **2003년도 한국농공학회 학술발표논문집**, pp.519-522.
김현준 (2001). 2매개변수 쌍곡선형 일유출 모형의 개발. 박사학위논문, 서울대학교.
노재경 (1991). 토양수분저류에 의한 유역 일 유출량 모형. 박사학위논문, 서울대학교.
노재경 (1999). "DAWAST 일 유출 모의 시스템." **'99년 한국수자원학회 학술발표회 논문집**, pp. 69-74.
노재경·고익환 (2003), "일 유출해석을 위한 논용수 수요량 추정 모형 개발." **한국농공학회 학술발표회 논문집**, pp.435-438.
이상호·안태진·윤병만·심명필 (2003), "적설 및 용설 모의를 포함한 탱크모형의 소양강댐 및 충주댐에 대한 적용." **한국수자원학회논문집**, Vol. 36, No.5, pp.851-861.
장대원·김형수·서병하 (2003), "SWAT 모형을 이용한 보청천 유역의 장기 유출분석과 수질 모델링." **2003년도 대한토목학회 정기 학술대회 초청 및 구두발표 논문초록집 및 CD**, p167.
장철희·김현준·김남원 (2003), "BASINS SWAT을 이용한 소유역 및 HRU 구분에 따른 유출량 변화 분석-용담댐 유역을 중심으로-" **2003년도 한국농공학회 학술발표논문집**, pp.467-470.

(논문번호:03-105/접수:2003.11.17/심사완료:2003.11.29)



한국수자원학회 논문심사 흐름도

* 논문심사에 소요되는 기간은 초심(14일 이내)과 재심(10일 이내)을 포함하여 3개월 이내에 처리함을 원칙으로 하며, 논문심사와 관련된 행정처리는 학회 사무국이 담당한다. 저자가 6개월 이내에 논문수정에 응하지 않을 경우 게재불가로 처리한다. 토의 및 회답은 논문집 편집위원회에서 처리한다.